



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
RAČUNARSKA TEHNIKA I RAČUNARSKE KOMUNIKACIJE

**NOVI NAČIN PROCENE
SAOBRAĆAJNIH SVOJSTAVA MEŠOVITE
KOMUNIKACIONE MREŽE MERENJEM
VREMENA ODZIVA POZVANE STRANE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:
prof. dr Miroslav Popović

Kandidat:
mr Vladimir Matić

Novi Sad, 2015. godine



UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
COMPUTER ENGINEERING AND COMPUTER COMMUNICATIONS

**NEW EVALUATION METHOD OF
MIXED COMMUNICATION NETWORK
TRAFFIC PROPERTIES BY MEASURING
OF POST SELECTION DELAY**

DOCTORAL DISSERTATION

Mentor:
prof. Miroslav Popović, Ph.D.

Candidate:
Vladimir Matić, M.Sc.

Novi Sad, 2015.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

| | |
|--|---|
| Redni broj, RBR: | |
| Identifikacioni broj, IBR: | |
| Tip dokumentacije, TD: | Monografska dokumentacija |
| Tip zapisa, TZ: | Tekstualni štampani materijal |
| Vrsta rada (dipl., mag., dokt.), VR: | Doktorska disertacija |
| Ime i prezime autora, AU: | Vladimir Matić |
| Mentor (titula, ime, prezime, zvanje), MN: | Prof. dr Miroslav Popović |
| Naslov rada, NR: | Novi način procene saobraćajnih svojstava mešovite komunikacione mreže merenjem vremena odziva pozvane strane |
| Jezik publikacije, JP: | srpski / latinica |
| Jezik izvoda, JI: | srpski / engleski |
| Zemlja publikovanja, ZP: | Srbija |
| Uže geografsko područje, UGP: | Vojvodina |
| Godina, GO: | 2015. |
| Izdavač, IZ: | Autorski reprint |
| Mesto i adresa, MA: | Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6 |

| | |
|--|---|
| Fizički opis rada, FO: | 9 poglavlja / 178 stranice / 66 slika / 36 referenci |
| Naučna oblast, NO: | Tehničko-tehnološke nauke |
| Naučna disciplina, ND: | Računarska tehnika i računarske komunikacije |
| Predmetna odrednica, ključne reči, PO: | Telefonska mreža, brzina uspostavljanja veze, signalizacija, vreme odziva pozvane strane, mreža Elektroprivrede Srbije, detektor neispravnih veza, numeracija u mreži |
| UDK: | |
| Čuva se, ČU: | Biblioteka Fakulteta tehničkih nauka |
| Važna napomena, VN: | |

Novi način procene saobraćajnih svojstava mešovite
komunikacione mreže merenjem vremena odziva pozvane strane

| | |
|--|---|
| Izvod, IZ: | Osnovna svojstva telefonske mreže, koja opisuju njen kvalitet, su kvalitet prenetog govornog signala i kvalitet u uspostavljanju telefonske veze. Na kvalitet uspostavljanja veze utiču mogućnost i brzina uspostavljanja veze. Brzina uspostavljanja veze se izražava vremenima za koje se obave određene aktivnosti u pojedinim fazama uspostavljanja veze. Trajanje ovih faza je propisano normama, koje su određene međunarodnim propisima i date su u publikovanim preporukama. Osnovni činilac brzine uspostavljanja veze je vreme odziva pozvane strane. Ovaj parametar se definiše kao vremenski interval od slanja poslednjeg adresnog parametra traženog korisnika od strane pozivajućeg korisnika, do početka odgovora mreže. U disertaciji je izvršena analiza vremena odziva pozvane strane u telefonskim mrežama i njegovih svojstava. Usled razlika u prenošenju adresnih informacija u klasičnim i savremenim paketskim mrežama, uslovi koji se odnose na vreme odgovora pozvane strane nisu isti. Ovaj zaključak je formulisao u predlogu za izmenu postojećih normi koje se odnose na savremene mreže. U nastavku je opisana mogućnost korišćenja vremena odziva pozvane strane u mešovitoj mreži kao što je elektroprivredna telefonska mreža, u cilju donošenja zaključka o radu mreže. U takvoj mešovitoj mreži, različite signalizacije i različito trajanje vremena odziva pozvane strane mogu se iskoristiti za nadgledanje ispravnosti pojedinih delova mreže odnosno detekciju neispravnih veza u njoj. Koristeći ovu osobinu, predložen je detektor predalarmnog stanja tj. neispravnih veza u mešovitoj telefonskoj mreži Elektroprivrede Srbije. |
| Datum prihvatanja teme od strane Senata, DP: | 09. 07. 2015. |
| Datum odbrane, DO: | |
| Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status), KO: | predsednik: dr Miodrag Temerinac, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad; član: dr Žarko Markov, naučni savetnik, Iritel a.d. Beograd član: dr Nikola Teslić, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad; član: dr Ilija Bašićević, vanredni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad; član, mentor: dr Miroslav Popović, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad. |

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FAKULTY OF TECHNICAL SCIENCES

KEY WORD DOCUMENTATION

| | |
|------------------------------|--|
| Accession number, ANO: | |
| Identification number, INO: | |
| Document type, DT: | Monograph documentation |
| Type of record, TR: | Textual printed material |
| Contents code, CC: | Doctoral dissertation |
| Author, AU: | Vladimir Matić |
| Mentor, MN: | Prof. Miroslav Popović, Ph.D. |
| Title, TI: | New evaluation method of mixed communication network traffic properties by measuring of post selection delay |
| Language of text, LT: | Serbian / Latinic |
| Language of abstract, LA: | Serbian / English |
| Country of publication, CP: | Serbia |
| Locality of publication, LP: | Vojvodina |
| Publication year, PY: | 2015. |
| Publisher, PU: | Autor reprint |
| Publication place, PP: | Novi Sad |

| | |
|----------------------------|--|
| Physical description, PD: | 9 chapters / 178 pages / 66 figures / 36 references |
| Scientific field, SF: | Technical and Technological Sciences |
| Scientific discipline, SD: | Electrical and Computer Engineering |
| Subject, Key words, SKW: | Telephone network, connection setup speed, signalization, post selection delay, electric power utility network, faulty link detector, network numeration |
| UC: | |
| Holding data, HD: | Library of Faculty of Technical Sciences |
| Note, N: | |

| | |
|----------------------------|---|
| Abstract, AB: | <p>Main features of telephone network which describe its service quality are the quality of speech signal and the quality of connection setup. The quality of connection setup is affected by the ability and the speed of connection setup. The speed of connection setup is expressed by the time needed for executing of some connection setup phases. Duration of these phases is prescribed by recommended target values, determined in international recommendations. The key indicator of connection set-up speed is post selection delay. This parameter is defined as the time interval from the moment when the complete address information about the called subscriber is sent from the calling subscriber to the network, till the moment when the answer is received from the network. The analysis of post selection delay in telephone networks and its characteristics is performed in the dissertation. Due to differences in transmission of address information in classic and modern telephone networks, conditions dealing with the post selection delay are not same. This conclusion is formulated in the proposition for changing existing target values related to modern packet networks. In addition, the possibility of using post selection delay in mixed network, such as the telephone network of electric power utility, for monitoring the network operation is described. In such mixed network, different signaling systems i.e. different durations of post selection delay can be used for checking of proper operation of the network parts and detection of faulty connections. Applying this feature, the pre-alarm state detector is proposed.</p> |
| Accepted on Senate on, AS: | 09. 07. 2015. |
| Defended, DE: | |
| Thesis Defend Board, DB: | <p>president: Miodrag Temerinac, Ph.D., full professor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad;</p> <p>member: Žarko Markov, Ph.D., scientific advisor, Iritel a.d. Beograd</p> <p>member: Nikola Teslić, Ph.D., full professor, profesor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad;</p> <p>member: Ilija Bašićević, Ph.D., assistant professor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad;</p> <p>member, mentor: Miroslav Popović, Ph.D., full professor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad.</p> |

POSVETA

*Ovaj doktorat posvećujem uspomeni na moje roditelje.
Siguran sam da su očekivali to od mene, ali na žalost nisu
uspeli da ga dočekaju.*

REZIME

Osnovna svojstva telefonske mreže, koja opisuju njen kvalitet, su kvalitet prenetog govornog signala i kvalitet u uspostavljanju telefonske veze. Na kvalitet u uspostavljanju veze utiču mogućnost i brzina uspostavljanja veze. Brzina uspostavljanja veze se izražava vremenima za koje se obave određene aktivnosti u pojedinim fazama uspostavljanja veze. Trajanje pojedinih faza je propisano normama tj. preporučenim najvećim vrednostima vremena obavljanja, koje su određene međunarodnim propisima i date su u publikovanim preporukama.

Osnovni činilac brzine uspostavljanja veze i najvažniji pokazatelj brzine rada telefonske mreže je vreme odziva pozvane strane. Ovaj parametar se definiše kao vremenski interval od slanja poslednjeg adresnog parametra traženog korisnika od strane pozivajućeg korisnika, do početka odgovora mreže. Njegove preporučene najveće vrednosti određene su normama za najduže srednje vreme i najduže dozvoljeno vreme u kome će se za 95 % veza dobiti odgovor pozvane strane.

U disertaciji je izvršena analiza vremena odziva pozvane strane u telefonskim mrežama i njegovih svojstava. Usled razlika u prenošenju adresnih informacija u klasičnim i savremenim paketskim mrežama, uslovi koji se odnose na vreme odgovora pozvane strane u njima nisu isti. Kao posledica toga, odstupanje vremena odziva pozvane strane od srednje vrednosti u mrežama novih generacija znatno je manje od onog u klasičnim mrežama. Ovaj zaključak je formulisan u predlogu za izmenu postojećih normi koje se odnose na savremene mreže.

U nastavku je opisana mogućnost korišćenja vremena odziva pozvane strane u mešovitoj mreži kao što je elektroprivredna telefonska mreža, u cilju donošenja zaključka o radu mreže. U cilju postizanja visoke raspoloživosti mreže koriste se različite tehnologije. U takvoj mešovitoj mreži, različite signalizacije odnosno različito trajanje vremena odziva pozvane strane, mogu se iskoristiti za nadgledanje ispravnosti pojedinih delova mreže i detekciju neispravnih veza u njoj. Koristeći ovu osobinu, predložen je detektor predalarmnog stanja tj. neispravnih veza u mešovitoj telefonskoj mreži Elektroprivrede Srbije. Detektor radi na principu utvrđivanja razlike u vremenu odziva pojedinih centrala u mreži. U disertaciji su izvedeni izrazi i zaključci o verovatnoći lažnog pred alarma, verovatnoći promašaja i srednjoj vrednosti vremena detekcije.

ABSTRACT

Main features of telephone network which describe its service quality are the quality of speech signal and the quality of connection setup. The quality of connection setup is affected by the ability and the speed of connection setup. The speed of connection setup is expressed by the time needed for executing of some connection setup phases. Duration of these phases is prescribed by recommended target values, determined and published in international recommendations.

The key indicator of connection set-up speed is post selection delay. This parameter is defined as the time interval from the moment when the complete address information about the called subscriber is sent from the calling subscriber to the network, till the moment when the answer is received from the network. Recommended target values of post selection delay are defined with the greatest mean value and the longest time while the network answer is received in 95 % cases.

The analysis of post selection delay in telephone networks and its characteristics is performed in the dissertation. Due to differences in the transmission of address information in classic and modern telephone networks, conditions dealing with the post selection delay are not same. As a consequence, the post selection delay variance from its mean value in modern telephone networks is much less than its in classic networks. This conclusion is formulated in the proposition for changing the existing target values related to modern packet networks.

In addition, the possibility of using post selection delay in mixed network, such as the telephone network of electric power utility, for monitoring the network operation is described. In order to achieve the high availability of this network, different technologies are used. In such mixed network different signaling systems i.e. different durations of post selection delay can be used for checking of proper operation of the network parts and detection of faulty connections. Applying this feature, the pre-alarm state detector in electric power utility network is proposed. The detection is based on determination of particular network nodes response time differences. The conclusions and expressions of the probability of false pre-alarm and the probability of missing are derived in the dissertation.

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA | 4 |
| 2.1. TELEKOMUNIKACIONE MREŽE..... | 4 |
| 2.2. PREDMET ISTRAŽIVANJA | 5 |
| 2.3. CILJ ISTRAŽIVANJA | 8 |
| 2.4. STANDARDIZACIJA U TELEKOMUNIKACIONIM MREŽAMA | 9 |
| 3. TELEFONSKE TEHNIKE I MREŽE | 12 |
| 3.1. TELEFONSKE TEHNIKE | 12 |
| 3.1.1. Klasične telefonske tehnike | 12 |
| 3.1.2. Savremene telefonske tehnike | 13 |
| 3.2. KLASIČNA TELEFONSKA MREŽA | 15 |
| 3.2.1 Organizacija mreže | 15 |
| 3.2.1.1. Osnovne funkcije | 16 |
| 3.2.1.2. Tehnička struktura | 16 |
| 3.2.1.3. Forme organizacije | 16 |
| 3.2.1.4. Hijerarhijska organizacija | 18 |
| 3.2.2. Elementi mreže | 19 |
| 3.2.2.1. Distributivni deo mreže | 19 |
| 3.2.2.2. Komutacioni deo mreže | 19 |
| 3.2.2.3. Transmisioni deo mreže | 22 |
| 3.2.3. Osnovne karakteristike mreže | 23 |
| 3.3.2.1. Plan numeracije | 23 |
| 3.3.2.2. Plan usmeravanja | 24 |
| 3.3.2.3. Plan tarifiranja | 24 |
| 3.3.2.4. Plan prenosa | 25 |
| 3.3.2.5. Signalizacija | 25 |
| 3.3. DIGITALNA MREŽA INTEGRISANIH SLUŽBI | 25 |
| 3.3.1. Opšte o ISDN-u | 26 |
| 3.3.2. Organizacija mreže | 27 |
| 3.3.2.1. Sprega korisnika na mrežu u uskopojasnom ISDN-u .. | 28 |
| 3.3.2.2. Pristup korisnika centrali u uskopojasnom ISDN-u | 31 |
| 3.3.3. Širokopojasni ISDN | 32 |

| | |
|---|----|
| 3.4. PAKETSKA TELEFONSKA MREŽA | 32 |
| 3.4.1 VoIP | 33 |
| 3.4.2. Generisanje paketizovanog govornog signala | 34 |
| 3.4.2.1. Kompresija | 35 |
| 3.4.2.2. Paketizacija i korišćeni protokoli | 38 |
| 3.4.3. Realizacija paketske telefonske mreže | 40 |
| 3.4.3.1. Načini formiranja paketizovanog govornog signala | 40 |
| 3.4.3.2. Integracija paketske i klasične telefonske mreže | 41 |
| 3.4.4. Osnovne karakteristike paketske telefonske mreže | 43 |
| 3.4.4.1. Adresiranje | 43 |
| 3.4.4.2. Upućivanje | 45 |
| 3.4.4.3. Numeracija | 46 |
| 3.4.4.4. Kvalitet usluge | 46 |
| 4. TELEFONSKI SISTEMI SIGNALIZACIJE | 50 |
| 4.1. FUNKCIJE SIGNALIZACIJE | 50 |
| 4.1.1. Tehnike signalizacije | 50 |
| 4.1.2. Signalizacija između komutacionog sistema i korisničkog terminala | 51 |
| 4.1.3. Signalizacija između dva komutaciona sistema | 52 |
| 4.2. PODELE SISTEMA SIGNALIZACIJE | 53 |
| 4.2.1. Signalizacije prema načinu prenošenja | 53 |
| 4.2.2. Različite podele signalizacija | 54 |
| 4.3. SISTEMI SIGNALIZACIJE U KLASIČNIM TELEFONSKIM MREŽAMA | 56 |
| 4.3.1. Sistem signalizacije D1 | 56 |
| 4.3.2. Sistem signalizacije R2 | 57 |
| 4.3.3. Sistem signalizacije SS7 | 60 |
| 4.3.3.1. Osnovne karakteristike | 60 |
| 4.3.3.2. Arhitektura | 61 |
| 4.3.3.2. Formati poruka i scenario signalizacije | 64 |
| 4.3.4. Signalizacija u ISDN-u | 66 |
| 4.3.4.1. Pristupna signalizacija | 66 |
| 4.3.4.2. Mrežna signalizacija | 70 |
| 4.3.4.3. QSIG signalizacija | 73 |

| | |
|--|-----|
| 4.4. SISTEMI SIGNALIZACIJE U PAKETSKIM TELEFONSKIM MREŽAMA | 74 |
| 4.4.1. Signalizacija u paketskim telefonskim mrežama | 74 |
| 4.4.2. Signalizacija H.323 | 76 |
| 4.4.3. Signalizacija SIP | 81 |
| 4.4.4. Signalizacija u privatnim i mešovitim paketskim mrežama | 89 |
| 5. BRZINA RADA TELEFONSKE MREŽE | 92 |
| 5.1. BRZINA USPOSTAVLJANJA VEZE | 92 |
| 5.1.1. Uticaj tipa signalizacije na brzinu uspostavljanja veze | 93 |
| 5.1.2. Brzina uspostavljanja veze u klasičnim i paketskim mrežama | 94 |
| 5.2. NORME ZA POJEDINE FAZE PROCESA USPOSTAVLJANJA VEZE | 95 |
| 5.2.1. ITU-T preporuka E.721 | 96 |
| 5.2.2. ITU-T preporuka Q.543 | 98 |
| 5.2.3. ITU-T preporuka Q.725 | 108 |
| 5.2.4. ITU-T preporuka E.671 | 110 |
| 6. VREME ODZIVA POZVANE STRANE I ODREĐIVANJE REALNIJIH VREDNOSTI NJEGOVIH NORMI | 112 |
| 6.1. PDD U INŽENJERSKOJ PRAKSI | 112 |
| 6.1.1. Definicija i značaj | 112 |
| 6.1.2. Norme za PDD | 113 |
| 6.2. PDD U PAKETSKIM MREŽAMA | 115 |
| 6.3. REALNIJE VREDNOSTI NOMI ZA PDD | 121 |
| 6.3.1. Savršen snop | 121 |
| 6.3.2. PDD segmenti | 123 |
| 6.3.3. PDD kao slučajna veličina | 124 |
| 6.3.4. PDD kao suma komponenata | 125 |
| 6.3.5. Usluživanje u mrežnom čvoru | 127 |
| 6.3.5.1. Usluživanje u jednom organu | 127 |
| 6.3.5.2. Usluživanje u nekoliko organa | 130 |
| 6.3.5.3. Ukupno vreme PDD | 132 |
| 7. TELEFONSKA MREŽA EPS-a | 134 |
| 7.1. TELEKOMUNIKACIJE U ELEKTROPRIVREDI | 134 |
| 7.2. SVOJSTVA TELEFONSKE MREŽE ELEKTROPRIVREDE SRBIJE | 136 |
| 7.2.1. Klasična telefonska mreža EPS-a | 136 |
| 7.2.2. Mešovita paketska telefonska mreža EPS-a | 138 |

| | |
|---|-----|
| 7.3. KONCEPT TELEFONSKE MREŽE EPS-a | 139 |
| 7.3.1. Slojevitost | 139 |
| 7.3.2. Topologija | 143 |
| 7.3.3. Signalizacija | 143 |
| 7.3.4. Numeracija | 144 |
| 7.3.5. Raspoloživost | 144 |
| 7.3.6. Kvalitet govornog signala | 146 |
| 7.3.7. Dozvoljeno kašnjenje signalizacionih i govornih paketa | 146 |
| 7.3.8. Broj tranzita, A/D konverzija i paketizacija | 147 |
| 7.4. PRIKAZ TELEFONSKE MREŽE EPS-a | 148 |
| 8. CENTRALIZOVANA DETEKCIJA NEISPRAVNIH VEZA U MEŠOVITOJ TELEFONSKOJ MREŽI EPS-A | 153 |
| 8.1. MOGUĆNOST DETEKCIJE NEISPRAVNIH VEZA | 153 |
| 8.1.1. Model, definicije i pretpostavke | 153 |
| 8.1.2. Vreme uspešnog prenosa adresne informacije između centrala | 155 |
| 8.2. DETEKTOR NEISPRAVNIH VEZA | 158 |
| 8.2.1. Princip rada detektora | 158 |
| 8.2.2. Proračun i svojstva verovatnoća lažnog predalarma i promašaja | 159 |
| 8.3. RAD CENTRALNOG DETEKTORA U TELEFONSKOJ MREŽI EPS-A | 162 |
| 8.4. UTICAJ NUMERACIJE NA EFIKASNOST CENTRALNOG DETEKTORA | 163 |
| 8.5. POREĐENJE CENTRALNOG I LOKALNOG DETEKTORA KVAROVA U ELEKTROPRIVREDNIM MREŽAMA | 166 |
| 9. ZAKLJUČAK | 168 |
| LITERATURA | 172 |
| SPISAK KORIŠĆENIH SKRAĆENICA | 175 |
| BIOGRAFIJA AUTORA | 178 |

SADRŽAJ SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Administrativna organizacija telefonske mreže | 17 |
| Slika 2. Hijerarhija komutacionih centara u nacionalnoj mreži | 18 |
| Slika 3. Tehnička struktura telefonske mreže | 20 |
| Slika 4. Različite vrste veza u komutacionom sistemu | 21 |
| Slika 5. ISDN službe | 26 |
| Slika 6. Arhitektura osnovnog modela ISDN | 27 |
| Slika 7. Referentna konfiguracija sprege korisnika na ISDN | 28 |
| Slika 8. Interfejsi centrale prema pristupu korisnika | 30 |
| Slika 9. Pristupi korisnika ISDN lokalnoj centrali | 31 |
| Slika 10. Komponente VoIP sistema za formiranje paketa govornog signala | 34 |
| Slika 11. Generisanje paketa govornog signala | 35 |
| Slika 12. Struktura VoIP paketa | 40 |
| Slika 13. Povezivanje paketske i javne telefonske mreže | 42 |
| Slika 14. Razmena signala pri uspostavljanju i raskidanju veze na relaciji korisnički terminal - komutacioni sistem | 51 |
| Slika 15. Razmena signala pri uspostavljanju i raskidanju veze terminala priključenih na različite komutacione sisteme | 53 |
| Slika 16. Repertoar signala u sistemu signalizacije D1 | 57 |
| Slika 17. Razmena signala u sistemu signalizacije R2 | 60 |
| Slika 18. Arhitektura sistema signalizacije SS7 | 62 |
| Slika 19. Format poruka u sistemu signalizacije SS7 | 65 |
| Slika 20. Tipični scenario signalizacije u sistemu SS7 | 66 |
| Slika 21. Format okvira podataka protokola LAPD | 68 |
| Slika 22. Procedura signalizacije u postupku uspostavljanja veze između ISDN korisnika na nivou mreže | 69 |
| Slika 23. Format poruke korisničkog dela ISUP | 71 |
| Slika 24. Primer procedure signalizacije u ISDN mreži | 71 |
| Slika 25. Procedura signalizacije u ISDN mreži | 72 |
| Slika 26. Procedura signalizacije u privatnoj ISDN mreži | 73 |
| Slika 27. Elementi paketske telefonske mreže u H.323 oblasti | 77 |
| Slika 28. Slojevita predstava skupa H.323 preporuka | 78 |
| Slika 29. Direktna način procesa H.323 signalizacije | 79 |
| Slika 30. Razmena H.245 signalizacionih poruka | 81 |
| Slika 31. Opšti oblik paketa i SIP poruke | 83 |
| Slika 32. Procedura signalizacije u jednostavnoj SIP vezi | 85 |
| Slika 33. Procedura signalizacije u SIP vezi preko PXS-a | 86 |
| Slika 34. Elementi SIP mreže i tok poruka između njih | 86 |

| | |
|--|-----|
| Slika 35. Procedura signalizacije u složenijoj SIP vezi | 87 |
| Slika 36. Procedura signalizacije u ISDN - SIP mreži | 88 |
| Slika 37. Procedura signalizacije u mešovitoj QSIG - SIP mreži | 89 |
| Slika 38. Mešovita telefonska mreža | 90 |
| Slika 39. Funkcionalni dijagram vremena prenosa T_{cu} | 109 |
| Slika 40. Povezivanje klasičnih mreža preko IP mreže | 110 |
| Slika 41. Različiti tipovi referentne veze | 111 |
| Slika 42. Definisane vremenske intervale PDD | 112 |
| Slika 43. Dijagram toka uspostavljanja poziva u ISDN mreži | 117 |
| Slika 44. Uspostavljanje poziva u paketskoj mreži - scenario 1 | 119 |
| Slika 45. Uspostavljanje poziva u paketskoj mreži - scenario 2 | 119 |
| Slika 46. Uspostavljanje poziva u paketskoj mreži - scenario 3 | 120 |
| Slika 47. Uspostavljanje poziva u paketskoj mreži - scenario 4 | 120 |
| Slika 48. Uspostavljanje veze u telefonskoj mreži | 123 |
| Slika 49. Zavisnost odnosa $\sigma(k) / \mu(k)$ i $t(k)_{95} / \mu(k)$ od broja deonica | 123 |
| Slika 50. Zavisnost verovatnoće $P(T > 2t_{mmax})$ od ponuđenog saobraćaja A | 129 |
| Slika 51. Funkcija raspodele verovatnoća vremena čekanja | 130 |
| Slika 52. Zavisnost odnosa t_{95E} / t_{mE} od broja faza usluživanja k | 131 |
| Slika 53. Okosnica paketske mreže | 141 |
| Slika 54. Pristupna mreža | 142 |
| Slika 55. Okosnica paketske mreže EPS-a | 148 |
| Slika 56. Paketska mreža EPS-a | 150 |
| Slika 57. Načelni prikaz telefonske mreže EPS-a | 151 |
| Slika 58. Model uspostavljanja veze u mešovitoj mreži EPS-a | 154 |
| Slika 59. Raspodela verovatnoća trajanja vremena prenosa adresne poruke po PLC vezi za petocifrenu numeraciju | 156 |
| Slika 60. Gustina raspodele dužine trajanja vremena prenosa adresne poruke | 157 |
| Slika 61. Način uspostavljanja veze kroz mrežu u slučajevima ispravnog (a) i neispravnog (b) ISDN ili IP kanala | 158 |
| Slika 62. Vrednosti PDD-a za različite prenosne puteve | 159 |
| Slika 63. Određivanje verovatnoće lažnog predalarma druge vrste | 160 |
| Slika 64. Detekcija deonice na kojoj je nastalo predalarmno stanje | 163 |
| Slika 65. Uticaj plana numeracije (prva cifra je 8 ili 9) na kumulativnu funkciju raspodele vremena prenosa adresne informacije | 164 |
| Slika 66. Zavisnost verovatnoće lažnog predalarma od vrednosti praga PDD_T | 165 |

SADRŽAJ TABELA

| | |
|---|-----|
| Tabela 1. Standardizovani koderi govornog signala | 36 |
| Tabela 2. Linijski signali u sistemu signalizacije R2 | 58 |
| Tabela 3. Frekvencije i signalizacioni kod u sistemu signalizacije R2 | 58 |
| Tabela 4. Registarski signali unapred u sistemu signalizacije R2 | 59 |
| Tabela 5. Registarski signali unazad u sistemu signalizacije R2 | 59 |
| Tabela 6. Norme za parametre stepena usluge mreže u ISDN-u | 98 |
| Tabela 7. Preporučene vrednosti za kašnjenje dolaznog odgovora | 99 |
| Tabela 8. Preporučene vrednosti za kašnjenje zahteva za pozivom (analogna pretplatnička linija) | 99 |
| Tabela 9. Kašnjenje zahteva za pozivom (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „sa preklapanjem”) | 100 |
| Tabela 10. Kašnjenje zahteva za pozivom (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „svi zajedno”) | 100 |
| Tabela 11. Kašnjenje uspostavljanja poziva za tranzitne veze | 100 |
| Tabela 12. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze (analogna pretplatnička linija) | 100 |
| Tabela 13. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „sa preklapanjem”) | 100 |
| Tabela 14. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „svi zajedno”) | 101 |
| Tabela 15. Kašnjenje kroz centralu za tranzitne i odlazne veze | 101 |
| Tabela 16. Kašnjenje kroz centralu za lokalne i dolazne veze (digitalna pretplatnička linija) | 102 |
| Tabela 17. Kašnjenje slanja indikacije za lokalne i dolazne veze (pozivi se završavaju analognom pretplatničkom linijom) | 102 |
| Tabela 18. Kašnjenje slanja indikacije za lokalne i dolazne veze (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „sa preklapanjem”) | 103 |
| Tabela 19. Kašnjenje slanja indikacije za lokalne i dolazne veze (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „svi zajedno”) | 103 |
| Tabela 20. Kašnjenje slanja spremnosti za dolazne veze (pozivi se završavaju digitalnom pretplatničkom linijom) | 103 |
| Tabela 21. Kašnjenje slanja spremnosti za lokalne veze (pozivi sa digitalne pretplatničke linije koji se završavaju analognom pretplatničkom linijom) | 103 |
| Tabela 22. Kašnjenje slanja spremnosti za lokalne veze (pozivi između digitalnih pretplatničkih linija) | 104 |
| Tabela 23. Kašnjenje prekida poziva za tranzitne veze | 104 |
| Tabela 24. Kašnjenje prekida poziva za odlazne, dolazne i lokalne veze | 104 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 25. Kašnjenje slanja odgovora za tranzitne veze (signalizacija po pridruženom kanalu) | 105 |
| Tabela 26. Kašnjenje slanja odgovora za tranzitne veze (linijska signalizacija u nacionalnom delu veze) | 105 |
| Tabela 27. Kašnjenje slanja odgovora za dolazne veze | 105 |
| Tabela 28. Kašnjenje slanja odgovora za odlazne veze | 105 |
| Tabela 29. Kašnjenje potvrde signalizacije | 106 |
| Tabela 30. Kašnjenje prenosa signalizacije za odlazne i dolazne veze | 106 |
| Tabela 31. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze („sa preklapanjem”) | 107 |
| Tabela 32. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze („svi zajedno”) | 107 |
| Tabela 33. Kašnjenje veze kroz centralu za odlazne i tranzitne veze..... | 107 |
| Tabela 34. Kašnjenje veze kroz centralu za odlazne i tranzitne veze..... | 108 |
| Tabela 35. Kašnjenje slanja indikacije za dolazne i lokalne veze (slanje „sa preklapanjem”) | 108 |
| Tabela 36. Kašnjenje slanja indikacije za dolazne i lokalne veze (slanje „svi zajedno”) | 108 |
| Tabela 37. Kašnjenje prekida veze | 108 |
| Tabela 38. Preporučene vrednosti za vreme prenosa T_{cu} | 109 |
| Tabela 39. Preporučene vrednosti za vreme odziva pozvane strane | 111 |
| Tabela 40. Proračunate vrednosti PDD za svaku nacionalnu komponentu veze | 117 |
| Tabela 41. Proračunate vrednosti PDD za međunarodnu vezu | 117 |
| Tabela 42. Proračunate vrednosti PDD za različite scenarije | 118 |
| Tabela 43. Predložene vrednosti odnosa t_{95}/t_{mmax} u odnosu na preporuku E.721..... | 133 |
| Tabela 44. Lokacije ivičnih rutera i povezanost sa okosnicom | 150 |

1. UVOD

Telefonska mreža je od svih komunikacionih mreža najmasovnije korišćena i najviše rasprostranjena. Osnovna svojstva telefonske mreže, koja opisuju njen kvalitet, su kvalitet prenetog govornog signala i kvalitet u uspostavljanju telefonske veze. Na kvalitet u uspostavljanju telefonske veze utiču dve veličine: mogućnost uspostavljanja veze i brzina uspostavljanja veze.

Veza u telefonskoj mreži se ostvaruje nakon biranja adrese odredišta, u koracima koji ostvaruju vezu od jednog mrežnog čvora do drugog, od izvora do odredišta. Pozivajući korisnik predaje mreži informaciju o adresi traženog korisnika, a mreža mu daje informacije o stanju veze i stanju mreže. Izostanak pravovremene informacije od mreže izaziva nedoumicu kod korisnika i može dovesti do neuspešnog poziva.

Brzina postupka uspostavljanja veze zavisi od geografskog položaja izvora i odredišta, načina prenosa kroz mrežu, od tipa signalizacije i od saobraćajne opterećenosti mrežnih čvorova i opterećenosti prenosnih puteva. Ona se izražava vremenima za koje se obave određene aktivnosti u pojedinim fazama uspostavljanja veze.

Zbog svoje složenosti, proces uspostavljanja veze najduže traje i zbog toga je trajanje pojedinih faza ovog procesa propisano normama. Norme odnosno preporučene najveće vrednosti vremena obavljanja pojedinih faza u toku uspostavljanja veze se određuju međunarodnim propisima i date su u publikovanim preporukama. Ove vrednosti su određene za klasične telefonske mreže, ali se danas one primenjuju i u savremenim paketskim mrežama. Signalizacione performanse paketske telefonske mreže moraju biti uporedive sa onima u klasičnoj mreži kako bi se omogućio zajednički rad oba sistema u mešovitoj mreži i korisnici uopšte prihvatili servise paketske telefonije.

Osnovni činilac brzine uspostavljanja veze je vreme odziva pozvane strane. Ovaj parametar se definiše kao vremenski interval od izbora poslednjeg adresnog parametra traženog korisnika od strane pozivajućeg korisnika, do početka odgovora traženog (pozivanog) korisnika.

Vreme odziva pozvane strane je najznačajniji pokazatelj brzine ostvarenja veze sa gledišta tehnike, a i sa gledišta korisnika. Tehnički, ova faza je najsloženija s obzirom da se najveći deo poslova oko uspostavljanja veze mora izvršiti u ovom ograničenom vremenskom intervalu. Istovremeno, u ovoj fazi korisnik očekuje pozitivan odgovor i sklon je odustajanju od poziva. Vreme odziva pozvane strane zavisi od više činilaca: vrste veze tj. broja čvorova kroz koje prolazi veza, vrste i načina signalizacije, opterećenja mreže tj. mrežnih čvorova i načina obrade signalizacionih poruka u njima.

U disertaciji se istražuju vreme odziva pozvane strane u telefonskim mrežama i njegova svojstva, kako bi se došlo do odgovora na dva pitanja. Prvo pitanje se odnosi na stepen zadovoljavanja postojećih normi koje se tiču vremena odziva pozvane strane u savremenim paketskim mrežama, obzirom na činjenicu da se koriste norme definisane u klasičnim mrežama. U istraživanju je pokazano da se u savremenim paketskim mrežama prosleđivanje adresne informacije, osnovne veličine koja utiče na vreme odgovora pozvane strane, vrši u relativno velikom broju faza i sa čekanjem. Kao rezultat toga, vreme odziva pozvane strane predstavlja sumu svih kašnjenja u prenosu signalizacionih informacija između pojedinih čvorova u mreži od pozivajućeg ka traženom korisniku i obrnuto. Nakon izvršene analize izveden je zaključak da je relativna varijacija ukupnog vremena odziva pozvane strane manja od relativnih varijacija njegovih pojedinih komponenata. Na osnovu njega je predložena izmena postojećih normi u savremenim paketskim mrežama, što predstavlja teorijski doprinos disertacije.

Drugo pitanje se odnosi na mogućnost korišćenja vremena odziva pozvane strane u mešovitoj mreži kao što je elektroprivredna telefonska mreža, u cilju donošenja zaključka o određenim svojstvima te mreže. Kao primer jedne takve mreže je opisana telefonska mreža Elektroprivrede Srbije. Osnovni zahtev koji treba da ispuni telefonska elektroprivredna mreža je vrlo visoka raspoloživost. U tom cilju veza se ostvaruje svim prenosnim putevima, bez obzira na tehnološku realizaciju, i nehijerarhijskom organizacijom mreže. U jednoj takvoj mešovitoj mreži, različite signalizacije odnosno različito trajanje vremena odziva pozvane strane mogu se iskoristiti za nadgledanje ispravnosti pojedinih delova mreže i detekciju neispravnih veza u njoj. Koristeći ovu osobinu, predložen je detektor predalarmnog stanja tj. neispravnih veza u pojedinim delovima mešovite telefonske mreže Elektroprivrede Srbije. Detektor radi na principu otkrivanja razlike u vrednostima vremena odziva pozvane strane u slučajevima korišćenja različitih prenosnih puteva, na osnovu koje se može zaključiti da je određena veza neispravna. Ovaj predlog postupka otkrivanja nekih kvarova u mešovitim telefonskim mrežama, na osnovu posmatranja vremena odziva pozvane strane u toku uspostavljanja telefonske veze, predstavlja praktični doprinos disertacije.

Istraživanje odnosno disertacija ima pet osnovnih delova. U glavi 2. su izloženi predmet i ciljevi istraživanja. Prvi deo disertacije (glava 3.) se odnosi na telefonske mreže i tehnike, kako bi se sveobuhvatno razmotrila svojstva vremena odziva pozvane strane. U njemu su dati osnovni pojmovi o telekomunikacionim mrežama i pregled telefonskih tehnika, kao i organizacija, elementi i osnovne karakteristike klasične telefonske mreže i digitalne mreže integrisanih službi. Na kraju su opisani princip rada, realizacija i karakteristike paketske telefonske mreže.

Sledeća dva dela disertacije se odnose na upoznavanje problema koji treba da se reši u istraživanju. Drugi deo (glava 4.) bavi se telefonskim sistemima signalizacije, kao osnovnom činiocu koji utiče na vrednost vremena odziva pozvane strane. U ovoj glavi su opisane funkcije sistema signalizacije u telefonskim mrežama, dat je pregled sistema signalizacije u klasičnim telefonskim mrežama, sa posebnim osvrtom na signalizaciju SS7 i signalizaciju u digitalnoj mreži integrisanih službi. Na kraju je dat kratak prikaz postupaka signalizacije u paketskim telefonskim mrežama i opis dva najkorišćenija sistema signalizacije, H.323 i SIP.

Treći deo disertacije (glava 5.) razmatra brzinu rada telefonskih mreža. U njemu su definisani brzina uspostavljanja veze i parametri koji utiču na nju. U nastavku su izloženi propisi odnosno norme za obavljanje pojedinih faza u toku uspostavljanja veze, u cilju isticanja značaja vremena odziva pozvane strane.

Četvrti deo disertacije (glava 6.) se odnosi na vreme odziva pozvane strane, najvažnijeg parametra brzine uspostavljanja veze. U ovoj glavi su date definicija ovog parametra i propisane norme koje važe za klasične mreže, a dat je i pregled nekih postupaka za definisanje normi u paketskim mrežama. Nakon toga je izvršena analiza vremena odziva pozvane strane kao slučajne veličine, a na osnovu dobijenih rezultata, razmatrana je mogućnost primene postojećih normi u paketskim telefonskim mrežama i predložene su realnije vrednosti propisanih normi.

Peti deo disertacije razmatra mogućnost korišćenja vremena odziva pozvane strane u telefonskoj mreži za nadgledanje njenog rada. U glavi 7. je opisana privatna telefonska mreža Elektroprivrede Srbije, kao primer telefonske mreže u kojoj se predložena osobina može primeniti. Princip detekcije neispravnih veza u ovoj mreži, princip rada detektora u njoj i uticaj plana numeracije na njegovu efikasnost izloženi su u glavi 8.

Na kraju disertacije su data zaključna razmatranja i spisak korišćene literature.

2. PREDMET I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

2.1. TELEKOMUNIKACIONE MREŽE

Razmena informacija je oduvek bila od velikog značaja za ljude, što je naročito izraženo u današnje vreme, u kome laka i brza razmena informacija omogućuje efikasnu organizaciju niza poslovnih i privatnih aktivnosti. U svim slučajevima kada razmenu informacija nije moguće ostvariti neposrednim korišćenjem ljudskih čula, ona se ostvaruje telekomunikacijama. Telekomunikacije predstavljaju granu ljudske delatnosti koja se bavi prenošenjem poruka, vesti ili saopštenja, od jednog mesta do neke udaljene tačke, posredstvom određenih tehničkih sistema. Pri tome, prenošene informacije mogu se javiti u različitim oblicima: govor, pisani tekst, podaci, muzika, nepokretna i pokretna slika itd. Zavisno od toga, postoji više telekomunikacionih službi: telefonija, telegrafija, prenos podataka, televizija, difuzija zvuka i dr.

Zadatak savremenih telekomunikacija je da se informacija dovoljno brzo obradi i prenese, a da to bude po prihvatljivoj ceni. Pri tome nije samo važno preneti neku informaciju, već ponuditi korisnicima širok spektar telekomunikacionih službi. Pod telekomunikacionom službom se podrazumeva organizovani sistem za pružanje odgovarajućih usluga korisnicima. Tehničko sredstvo koje omogućava realizaciju ovakvog sistema je telekomunikaciona (komunikaciona) mreža.

Osnovni zadatak telekomunikacione mreže je da omogući prenošenje poruka od mesta njihovog nastajanja do mesta odredišta. U tu svrhu, svaka služba se sastoji od skupa usluga, unapred utvrđenih obaveza koju vlasnik mreže treba da izvrši za korisnika. U zavisnosti od službi koju podržavaju, razlikuju se i telekomunikacione mreže, tako da postoje: telefonske, telegrafske, mreže komunikacije podataka, radio-difuzije, televizije itd.

Razvoj telekomunikacionih mreža direktno zavisi od raspoloživih tehnološko-tehničkih resursa. Velika prekretnica u njihovom razvoju nastala je digitalizacijom mreža odnosno uvođenjem digitalnih sistema prenosa i komutacije. Dugo vremena telefonija, telegrafija i teleks su bile glavne službe koje su podmirivale sve telekomunikacione potrebe korisnika. Razvojem računarskih komunikacija, dolazi do potreba korisnika za nizom novih telekomunikacionih službi, tako da ih danas postoji znatno više. Za njihovu realizaciju je potrebno obezbediti odgovarajuće telekomunikacione resurse. Ranije je to organizovano na takav način da je svakoj službi odgovarala posebna, specijalizovana mreža. Porastom broja službi pojedinačne telekomunikacione mreže postala su kompleksna i skupa rešenja, što se nepovoljno odražavalo kako na

korisnike, tako i na davaoce usluga tj. vlasnike tih mreža. Ovo je nametnulo razvoj i pojavu jedinstvene mreže integrisanih službi, kojom se prenose poruke različitih vrsta. Ova mreža je poznata po opšte prihvaćenoj skraćenici ISDN (*Integrated Services Digital Network*). Osnovna koncepcija ISDN-a je da se u okviru jedne iste mreže realizuje veliki broj telekomunikacionih službi na bazi govornih i negovornih poruka. ISDN nudi niz pogodnosti u pogledu funkcionalnosti, komfora, ekonomičnosti i dr.

Još jedna značajna prekretnica u razvoju telekomunikacionih mreža predstavlja pojava i širenje Interneta. Internet, kao svetski sistem umreženih računarskih mreža, koji povezuje ogroman broj računara širom sveta na jedan nehijerarhijski način, je transformisao način na koji funkcionišu telekomunikacioni sistemi. Internet je jedan od ljudskih pokušaja da se napravi univerzalna telekomunikaciona mreža. Ovi pokušaji se čine iz jednog osnovnog razloga: univerzalna mreža je uvek jeftinija od posebnih mreža za posebne usluge. Već odavno je poznato korišćenje telefonske mreže za prenos podataka (ISDN). U slučaju Interneta se čini obrnuti pokušaj, od mreže koja je prvenstveno namenjena prenosu podataka, pravi se univerzalna mreža tako što se ostvaruje mogućnost prenosa govora u realnom vremenu preko Interneta. To je dovelo do razvoja VoIP (*Voice over Internet Protocol*) tehnologije i pojave paketske telefonije. Ova savremena telefonska tehnika koristi Internet kao mrežu, načela, protokole i resurse Interneta za uspostavljanje i raskidanje telefonske veze i prenos telefonskog razgovora u realnom vremenu. Osnovne dobre karakteristike Interneta za telefoniju su njegoja univerzalnost što znači niska cena, vrlo moćni resursi i globalna rasprostranjenost.

2.2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Disertacija se bavi telefonskom mrežom, najviše korišćenom komunikacionom mrežom. Posebno se razmatra jedna od karakteristika kojom se opisuje kvalitet telefonske mreže.

Kvalitet prenetog govornog signala i kvalitet u uspostavljanju telefonske veze su osnovna svojstva telefonske mreže koja opisuju njen kvalitet. Na kvalitet u uspostavljanju telefonske veze utiču dve veličine: mogućnost uspostavljanja veze i brzina uspostavljanja veze. Oblast ovog istraživanja je upravo ova karakteristika telefonske mreže, brzina uspostavljanja veze.

Veza u telefonskoj mreži se ostvaruje nakon biranja adrese odredišta, u koracima koji ostvaruju vezu od jednog mrežnog čvora do drugog, od izvora do odredišta. Pozivajući korisnik predaje mreži informaciju o adresi traženog korisnika, a mreža mu daje informacije o stanju veze i stanju mreže. Izostanak pravovremene informacije od

mreže izaziva nedoumicu kod korisnika i može dovesti do odustajanja odnosno neuspešnog poziva.

Brzina postupka uspostavljanja veze zavisi od:

- geografskog položaja izvora i odredišta,
- načina prenosa kroz mrežu (analogni, digitalni, paketski),
- tipa signalizacije,
- saobraćajne opterećenosti mrežnih čvorova i prenosnih puteva.

Ona se izražava vremenima za koje se obave određene aktivnosti u pojedinim fazama uspostavljanja veze.

Zbog svoje složenosti, proces uspostavljanja veze najduže traje i zbog toga je trajanje pojedinih faza ovog procesa propisano normama. Norme predstavljaju preporučene najveće vrednosti vremena obavljanja pojedinih faza u toku uspostavljanja veze. One se određuju međunarodnim propisima i date su u publikovanim preporukama. Pri tome se ove norme odnose na četiri različita podslučaja: za uslove sa normalnim i povećanim saobraćajnim opterećenjem, a definišu se kao najveće dozvoljene srednje vrednosti vremena do odgovora mreže i najveće dozvoljeno vreme odgovora u kome će bar 95 % zahteva biti usluženo.

Vrednosti normi su određene za klasične telefonske mreže, ali se danas one primenjuju i u mešovitim i paketskim mrežama. Važno je istaći za ovo istraživanje da za savremene telefonske mreže zasnovane na paketskoj tehnici još nisu određeni propisi o ovim vremenima, već se koriste propisi koji važe za prethodnu tehnološku generaciju (ISDN).

Da bi paketska telefonija postala opšte prihvaćena tehnika i korisnici uopšte prihvatili servise paketske telefonije, kvalitet servisa, a samim tim i dužina vremena uspostavljanja veze u paketskoj mreži morao bi da bude bolji ili bar jednako dobar kao u klasičnoj mreži. Pored toga, signalizacione performanse paketske telefonske mreže moraju biti uporedive sa onima u klasičnoj mreži kako bi se omogućio zajednički rad oba sistema u mešovitoj mreži.

Osnovni činilac brzine uspostavljanja veze je vreme odziva pozvane strane. Ovaj parametar se definiše kao vremenski interval od izbora poslednjeg adresnog parametra (cifre) traženog korisnika od strane pozivajućeg korisnika, do početka odgovora traženog (pozivanog) korisnika.

Vreme odziva pozvane strane je najznačajniji pokazatelj brzine ostvarenja veze sa gledišta tehnike, a i sa gledišta korisnika. Tehnički, ova faza je najsloženija obzirom da se najveći deo poslova oko uspostavljanja veze mora izvršiti u ovom ograničenom vremenskom intervalu: prijem, analiza adrese, određivanje upućivanja, prosleđivanje

adrese, čekanje potvrde o uspešnom slanju u svakom mrežnom čvoru do određene centrale, provera postojanja i stanja pozvanog korisnika u određenoj centrali, slanje odgovora ka izvorišnoj centrali. Istovremeno, u ovoj fazi korisnik očekuje pozitivan odgovor i sklon je odustajanju od poziva. Odgovor mreže može biti pozitivan (traženi korisnik je dostupan i šalje mu se pozivni signal) ili negativan (nema resursa u mreži, ne postoji traženi korisnik ili nije dostupan). Vreme do pozitivnog odgovora, koje je predmet ovog istraživanja, očigledno je duže od vremena do negativnog odgovora.

Vreme odgovora tj. odziva pozvane strane zavisi od nekoliko činilaca:

- vrste veze tj. broja čvorova kroz koje prolazi veza,
- vrste i načina signalizacije,
- opterećenja mreže tj. mrežnih čvorova,
- načina obrade signalizacionih poruka u njima.

Signalizacije savremenih mreža u kojima signalizacione poruke sadrže celokupnu adresu traženog korisnika imaju prednost nad signalizacijama klasičnih mreža u kojima su se slale pojedinačne cifre. Sa druge strane, način signalizacije u nekim klasičnim mrežama gde poruke razmenjuju samo centrale pozivajućeg i traženog korisnika, a sve preostale centrale između njih ih samo propuštaju, ima prednost nad savremenim signalizacijama koje prenose poruke od čvora do čvora i signale izmenjuju sve susedne centrale. Saobraćajno opterećenje mreže tj. pojedinih čvorova utiče tako što se u čvorovima, koji obrađuju signalne poruke redosledno, stvaraju redovi čekanja pa se u svakom čvoru na vreme usluge mora dodati i vreme čekanja.

Predmet istraživanja u disertaciji je ispitivanje vremena odziva pozvane strane u telefonskim mrežama. Metodologija istraživanja sastoji se u sledećem:

- analiza procesa uspostavljanja telefonske veze u klasičnim mrežama,
- analiza procesa uspostavljanja telefonske veze u paketskim mrežama,
- nalaženje razlika u procesima uspostavljanja veze kod paketskih i klasičnih mreža,
- analiza međunarodnih propisa i normi za obavljanje pojedinih faza u toku postupka uspostavljanja veze,
- definisanje i analiziranje karakteristika vremena odziva pozvane strane u paketskim mrežama,
- definisanje raspodele verovatnoća slučajnih veličina vremenskih intervala obrade signalizacionih informacija u procesima ostvarenja veze u paketskim mrežama i definisanje modela usluživanja u mrežnim čvorovima,
- utvrđivanje najstrožijih kriterijuma za dužinu trajanja vremena odziva pozvane strane kod pojedinih vrsta veza u paketskim mrežama,

- analiza mogućnosti korišćenja postojećih normi za vremena odziva pozvane strane u slučaju paketskih mreža i utvrđivanje predloga novih vrednosti koje bi se primenjivale u njima,
- utvrđivanje mogućnosti korišćenja vremena odziva pozvane strane za nadgledanje ispravnosti pojedinih delova mešovite telefonske mreže i opis principa detekcije neispravnih veza.

2.3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je pokušaj davanja odgovora na dva pitanja. Prvo pitanje se odnosi na stepen zadovoljavanja postojećih normi koje se tiču vremena odziva pozvane strane u savremenim paketskim mrežama, obzirom na činjenicu da se koriste norme definisane u klasičnim mrežama. Drugo pitanje se odnosi na mogućnost korišćenja vremena odziva pozvane strane u mešovitoj mreži kao što je elektroprivredna telefonska mreža, u cilju donošenja zaključka o određenim svojstvima te mreže.

U istraživanju je pokazano da u savremenim paketskim mrežama prosleđivanje adresne informacije, osnovne veličine koja utiče na vreme odgovora pozvane strane, vrši u relativno velikom broju faza i sa čekanjem. Kao rezultat toga, vreme odziva pozvane strane predstavlja sumu svih kašnjenja u prenosu signalizacionih informacija između pojedinih čvorova u mreži od pozivajućeg ka traženom korisniku i obrnuto. Svi intervali kašnjenja su slučajne veličine. Kako je ukupno vreme odgovora slučajna veličina, koja predstavlja zbir slučajnih veličina vremena usluživanja pojedinih faza, može se izvesti sledeći zaključak: relativna varijacija ukupnog vremena odziva pozvane strane manja je od relativnih varijacija njegovih pojedinih komponentata. To znači da se najveće dozvoljeno srednje vreme vremena odziva pozvane strane javlja kao stroži kriterijum od njegove varijacije, izražene kroz vreme potrebno da 95 % poziva dobije odgovor mreže. U cilju ujednačenja kriterijuma, vreme potrebno da 95 % poziva dobije odgovor mreže bi trebalo smanjiti na realnije vrednosti, manje od onih datim u međunarodnim propisima i normama. Ovaj zaključak, kao teorijski doprinos disertacije, je formulisano u predlogu za izmenu postojećih normi za nove mreže.

Drugi, praktični doprinos disertacije se sastoji u predlogu postupka otkrivanja nekih kvarova u mešovitim telefonskim mrežama, na osnovu posmatranja vremena odziva pozvane strane u postupku uspostavljanja telefonske veze. Kao primer jedne takve mreže je opisana telefonska mreža Elektroprivrede Srbije.

Osnovni zahtev koji treba da ispuni telefonska elektroprivredna mreža je vrlo visoka raspoloživost. Usled toga je izgrađena izdvojena, privatna telefonska mreža. U cilju postizanja visoke raspoloživosti, veza se ostvaruje svim prenosnim putevima, bez obzira na tehnološku realizaciju, i nehijerarhijskom organizacijom mreže. Korišćenje različitih tehnologija povećava raspoloživost, ali se javlja problem usaglašavanja različitih signalizacija i oblika govornog signala. Međutim, u jednoj takvoj mešovitoj mreži, različite signalizacije odnosno različito trajanje vremena odziva pozvane strane, mogu se iskoristiti za nadgledanje ispravnosti pojedinih delova mreže i detekciju neispravnih veza u njoj. Koristeći ovu osobinu, predložen je detektor predalarmnog stanja tj. neispravnih veza u pojedinim delovima mešovite telefonske mreže Elektroprivrede Srbije. Detektor radi na principu otkrivanja razlike u vrednostima vremena odziva pozvane strane u slučajevima korišćenja različitih prenosnih puteva, na osnovu koje se može zaključiti da je određena veza neispravna. U disertaciji je pokazano da verodostojnost rada ovog detektora zavisi od primenjene numeracije u mreži.

2.4. STANDARDIZACIJA U TELEKOMUNIKACIONIM MREŽAMA

Sa razvojem telekomunikacija sve više se ukazivala potreba za odgovarajućom standardizacijom. Danas bez nje ne može da se zamisli funkcionisanje telekomunikacionih mreža. Standardizacija ima za cilj da integriše odgovarajuća tržišta. Na taj način se tržište proširuje, uvodi se međunarodna konkurencija između proizvođača, smanjuje se cena i otklanjaju sve nekompatibilnosti koje mogu nastati u slučajevima da standardi ne postoje ili da nisu dovoljno precizni.

Organizacije koje se bave standardizacijom u oblasti telekomunikacija mogu se svrstati na tri nivoa: međunarodne, regionalne i nacionalne.

Standardizacija telekomunikacija posmatrana na globalnom planu podeljena je na tri nezavisna sektora u okviru kojih se nalaze odgovarajuće organizacije. To su:

- Međunarodna organizacija za standardizaciju (*International Standard Organization* - ISO), specijalizovana agencija za standardizaciju sa zadatkom da razvija međunarodne standarde;
- Međunarodna elektrotehnička komisija (*International Electrotechnical Commission* - IEC), organizacija specijalizovana za elektrotehničke standarde;
- Međunarodna unija za telekomunikacije (*International Telecommunication Union* - ITU), specijalizovana agencija odgovorna za pitanja koja se tiču informacionih i komunikacionih tehnologija.

ITU je organizacija sa zadatkom da uspostavlja i stalno proširuje međunarodnu saradnju u pogledu racionalne primene svih vrsta telekomunikacija, unapređuje razvoj tehničkih resursa i optimizira njihov rad, a s tim u vezi da poboljša efikasnost telekomunikacionih službi i što više ih stavi na raspolaganje društvu. ITU obuhvata tri sektora: za radio-komunikacije (ITU-R), za standarde (ITU-T) i za razvoj (ITU-D). Prva dva tela neposredno rade na problematici standardizacije. ITU-R, nekadašnji međunarodni konsultativni komitet za radio (*International Radio Consultative Committee - CCIR*), bavi se međunarodnim radio-frekvencijskim spektrom i satelitskim komunikacijama. ITU-T, nekadašnji međunarodni konsultativni komitet za telefoniju i telegrafiju (*International Telephone and Telegraphy Consultative Committee - CCITT*), odgovoran je za globalne telekomunikacione standarde osim za radio.

Sistem međunarodne standardizacije se proširuje u formi regionalnih organizacija. Tako u Evropi postoje tri organizacije koje su pandani odgovarajućim svetskim organizacijama. To su:

- Evropski komitet za standardizaciju (*European Committee for Standardization Organization - CEN*), po delatnosti predstavlja analognu organizaciju ISO-u;
- Evropski komitet za standardizaciju u elektrotehnici (*European Committee for Electrotechnical Standardization - CENELEC*), po delatnosti odgovara IEC-u;
- Institut za evropske telekomunikacione standarde (*European Telecommunications Standard Institute - ETSI*), postavlja jednoobrazne telekomunikacione standarde za Evropu, na osnovu kojih treba da se omogući povezivanje nacionalnih mreža.

Razvojem i promocijom standarda koji se odnose na Internet bavi se telo pod nazivom IETF (*Internet Engineering Task Force*), blisko saradujući sa organizacijama ISO i IEC, kao i sa W3C konzorcijumom (*World Wide Web Consortium, W3C*), međunarodnom organizacijom zaduženom za izradu standarda Interneta. IETF je jedna od operativnih grupa pod nadzorom komiteta za Internet arhitekturu (*Internet Architecture Board - IAB*). IETF je otvorena organizacija, bez formalnih članova, organizovana u veliki broj radnih grupa i neformalnih diskusionih grupa. Ona uređuje RFC (*Requests For Comments*) standarde, koji određuju postupke Interneta. Stvaranje ovih standarda se razlikuje od stvaranja ostalih. Dok je uobičajeni postupak da se standardi stvaraju u krugu eksperata nekog standardizacionog tela, RFC standari se stvaraju od početka do kraja u Internet zajednici koju čine svi oni koji su zainteresovani.

Paketska telefonija koristi sve standarde koji se odnose na telekomunikacije i paketsku tehniku. Ove standarde doneli su ITU-T, ETSI, IETF, FR (*Frame Relay*) forum, ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) forum i dr. Poslednjih godina je primetna saradnja različitih organizacija na izradi zajedničkih standarda.

Pitanjima na međunarodnom planu iz područja proizvodnje, prenosa i distribucije električne energije i elektroenergetskih sistema, bavi se međunarodna organizacija CIGRÉ (francuski: *Conseil International des Grands Réseaux Électriques* - CIGRÉ). U okviru jednog od studijskih komiteta ove organizacije se razmatraju i donose preporuke u oblasti telekomunikacija u elektroprivredi.

Svaka zemlja ima sopstvenu organizaciju koja se bavi pitanjima standardizacije nacionalnih telekomunikacija. Sve one su povezane sa regionalnim i međunarodnim organizacijama za standardizaciju i imaju zadatak da definišu standarde za funkcionisanje nacionalnih telekomunikacionih mreža odnosno telekomunikacionih uređaja i sistema koji rade u okviru njih. U našoj zemlji, organizacija koja se ranije bavila standardizacijom u telekomunikacijama je bila Zajednica Jugoslovenskih pošta telegrafa i telefona (ZJPTT), a sada je za ove aktivnosti nadležna Republička Agencija za elektronske komunikacije (RATEL).

3. TELEFONSKE TEHNIKE I MREŽE

Telefonija je posle telegrafije najstarija telekomunikaciona služba, ali je zbog izuzetnog značaja koji ima za društvo ona oduvek bila najmasovnije korišćena služba. Telefonija omogućuje prenos govora na daljinu. Govorni signal sačinjen je iz promena vazdušnog pritiska koje izaziva ljudski glas. On se prevodi u električni oblik tako što promene pritiska prati odgovarajuća promena električne struje. Za razumljiv prenos govora potrebno je preneti opseg učestanosti od 300 Hz do 3400 Hz. Kada se iz govornog signala izdvoje komponente u ovom frekvencijskom opsegu dobija se telefonski signal.

Postoje tri oblika prenosa telefonskog signala: analogni, digitalni i paketizovani. Analogni telefonski signal omogućava prenos kontinualnog električnog signala koji se prenosi kroz celu mrežu, od mikrofona do slušalice. Digitalni telefonski signal omogućava prenos niza diskretnih vrednosti, dobijenih postupkom digitalizacije kontinualnog električnog signala. Paketizovani telefonski signal predstavljen je skupom paketa koji nose delove digitalnog telefonskog signala određenog trajanja (10 - 50 ms).

3.1. TELEFONSKE TEHNIKE

Uporedo sa razvojem nauke i tehnologije, razvijale su se telefonske tehnike pomoću kojih se ostvarivao prenos telefonskog signala.

3.1.1. Klasične telefonske tehnike

Klasična telefonija obuhvata sve telefonske tehnike do mobilne i paketske telefonije. To su, po najgrubljoj podeli: analogna, digitalna, ISDN i svi mogući prelazni oblici ovih tehnika. U analognoj telefonskoj tehnici govorni signal se prosleđuje u analognom obliku od govornika do slušaoca. U digitalnoj telefonskoj tehnici, kojoj kao podvrsta pripada i ISDN, govorni signal se digitalizuje i kontinualno prosleđuje od govornika do slušaoca u obliku niza cifara. ISDN predstavlja poslednji korak usavršavanja klasične telefonije. Uprkos nazivu, ova digitalna tehnika objedinjenih usluga je ipak najveću primenu našla u telefoniji.

U razvoju klasične telefonije uočljive su tri faze. Prva fazu karakteriše analogna tehnika. Svi sklopovi, kako terminali tako i komutacioni čvorovi, su analogni. Ova tehnika bazirana je na mehaničkim kolima za komutaciju što za posledicu ima sporu komutaciju. Obzirom da je veza između korisnika potpuno analogna, značajno je prisustvo šuma u analognim kolima.

Drugu fazu karakteriše digitalizacija komutacionih čvorova. Na taj način je ostvareno značajno unapređenje kvaliteta i obima saobraćaja. Pored brže komutacije sa manjim uticajem šuma, uvođenjem digitalnog multipleksiranja ostvareno je i višestruko uvećanje kapaciteta prenosnih puteva između centrala. Ipak, i pored značajnih poboljšanja, postoje brojni nedostaci ove tehnike. I dalje dva telefona zahtevaju dve fizički odvojene linije između terminala i komutacionog centra, pa nije omogućen multipleks od kraja do kraja u cilju boljeg iskorišćenja resursa. Pored toga, analogni deo linije i analogno-digitalne (A/D) i digitalno - analogne (D/A) konverzije prouzrokuju izvesno prisustvo šuma na liniji, čime se narušava kvalitet govornog signala.

U trećoj fazi je izvršena digitalizacija govornog signala odmah na početku prenosnog puta, u samom telefonu, tako da se ostvaruje potpuno digitalna veza u svim segmentima. To dovodi do brojnih poboljšanja. Usled eliminacije višestrukih konverzija i analognog dela linije, značajno se povećava kvalitet samog signala. Kako je veza između terminala i komutacionog čvora digitalna, može se ostvariti multipleks u lokalnoj petlji i time omogućiti slanje različitih tipova podataka (govor, podaci, slika) preko jedinstvenog fizičkog medijuma.

Osnovno svojstvo klasične telefonije je postojanje pridruženog kanala ili kola za svaki telefonski razgovor od njegovog početka do kraja. To znači da je jednoj telefonskoj vezi posvećen jedan govorni kanal od pozivajućeg do traženog korisnika, bez obzira koliko ga sagovornici koriste i on se ne može koristiti istovremeno i za druge razgovore. Ovo svojstvo se naziva komutacija kola i predstavlja jedan od dva osnovna principa komutacije. Komutacija kola omogućuje kontinualni dvosmerni put za razmenu poruka, pri čemu one praktično ne kasne pri prenosu. Put stoji na raspolaganju dok postoji potreba za odgovarajućom vezom, a može se realizovati primenom različitih tehničkih rešenja. Tako se razlikuju komutacija na bazi prostorne raspodele i komutacija na bazi vremenske raspodele [1].

Javna klasična telefonska mreža se naziva mrežom sa komutacijom kola ili češće komutiranom telefonskom mrežom (*Public Switched Telephone Network* - PSTN).

3.1.2. Savremene telefonske tehnike

U savremene telefonske tehnike se ubrajaju paketska telefonija i mobilna telefonija.

Prenos govora preko klasične javne telefonske mreže još uvek predstavlja najznačajniji servis u današnjim telekomunikacionim mrežama, kako sa aspekta obima saobraćaja tako i sa aspekta ostvarenog profita. Međutim, ubrzano širenje Interneta i razvoj paketskih mreža poslednjih godina uticalo je na porast interesovanja za prenos govora u realnom vremenu preko ovih mreža i danas postoji trend njihove sve veće

upotrebe. Razvoj paketske telefonije prvobitno je bio podstaknut niskom cenom poziva na velikim rastojanjima, a kasnije i većom fleksibilnošću servisa koje nude paketske mreže u odnosu na klasične. Ova fleksibilnost nastala je usled povećanja signalizacionih mogućnosti novih telefona i njihove sposobnosti da podrže različite tipove medija.

Prenosom govora preko Interneta, Internet provajderi ostvarili su veliku prednost u odnosu na klasične telefonske kompanije u pogledu cene, a korisnik može u svakom trenutku imati uvid u troškove ovakvog prenosa. Pored toga, korisnici nisu limitirani na govornu komunikaciju, jer osim prenosa audio signala, oni su u mogućnosti da paralelno šalju i video signal, faks ili podatke.

Paketska telefonija je savremena telefonska tehnika koja omogućava obavljanje telefonskih poziva upotrebom Internet veze umesto klasične telefonske linije. U ovoj tehnici se koriste tzv. paketizovani signali i primenjuje se princip komutacije paketa odnosno komutacija na principu skladištenja i prosleđivanja, drugi od dva osnovna principa komutacije.

Komutacija na principu skladištenja i prosleđivanja ne zahteva stalno uspostavljanje puta između izvora i odredišta poruke, već je on potreban samo za vreme prosleđivanja poruke. U svakom komutacionom čvoru poruka se izvesno vreme skladišti, a potom prosleđuje dalje, što prouzrokuje izvesno kašnjenje. U zavisnosti od dužine kašnjenja razlikuju se komutacija poruka i komutacija paketa. Kod komutacije poruka, celokupna poruka se prosleđuje kroz mrežu i kad dođe u komutacioni čvor ona se skladišti u memoriji sve dok se ne steknu uslovi za njeno dalje prosleđivanje. Usled toga je kašnjenje izraženo. Komutacija paketa značajno ubrzava postupak prosleđivanja (komutacije) poruke kroz mrežu time što se poruke rastavljaju na manje blokove podataka, na tzv. pakete koji se prosleđuju kroz mrežu, a po njihovom dolasku u odredište od njih se sastavlja originalna poruka. Paketi se znatno manje zadržavaju u komutacionim čvorovima, pa je samim tim i kašnjenje značajno smanjeno.

Primena principa komutacije paketa u paketskoj telefonskoj tehnici predstavlja njeno osnovno svojstvo i veliku prednost, jer omogućuje da se organi tj. resursi u mreži zauzimaju samo za vreme prenosa paketa, a posle toga se oslobađaju za druge pakete. Ovo je omogućeno adresama odredišta koje nosi svaki paket, tako da ne mora postojati posvećenost resursa datoj vezi. Resursi postaju upotrebljivi za sve paketske telefonske veze i sve paketske tehnike, pa je na taj način iskorišćenost resursa postala veća, a cena korišćenja resursa niža.

Mobilna telefonija je telefonska tehnika koja omogućuje mobilnost korisnicima tj. oni imaju mogućnost da uspostavljaju vezu i razgovaraju dok su u stanju kretanja. Deo veze ili kompletna veza se pri tome ostvaruje bežičnim prenosom, kao radio-veza. Telefonska mreža mobilnih korisnika se naziva mreža mobilne telefonije. Mreža

mobilnih korisnika je mreža koja se zasniva na radio-prenosu, kao i na korisnicima koji mogu menjati geografski položaj. Ova mreža može biti javna i privatna. Njeni osnovni elementi su korisnički aparati, bazne stanice i komutacioni centar. Mreža mobilne telefonije je povezana sa klasičnom javnom telefonskom mrežom, sa ISDN mrežom i sa drugim mrežama mobilne telefonije.

3.2. KLASIČNA TELEFONSKA MREŽA

Klasična telefonija se realizovala posebnim telekomunikacionim mrežama tzv. telefonskim mrežama. One omogućuju komunikaciju bilo kog korisnika telefona sa skoro bilo kojim drugim. Sve telefonske mreže se mogu podeliti na dve kategorije: javne ili nacionalne telefonske mreže i privatne ili funkcionalne telefonske mreže.

Svaka zemlja na svetu ima svoju javnu telefonsku mrežu koja po pravilu omogućuje govornu komunikaciju korisnika na čitavoj teritoriji zemlje. Javne telefonske mreže ljudima služe za komuniciranje, a vlasniku mreže da na njoj ostvaruje zaradu. Svako lice može da sklopi ugovor o korišćenju javne mreže. Sve nacionalne telefonske mreže su međusobno povezane, omogućujući korisnicima na bio kom kraju sveta da komuniciraju. Javna telefonska mreža je globalna mreža koja se prostire po celom svetu.

Sa druge strane, specifični korisnici kao što su policija, vojska, elektroprivreda, železnica, kao i velike firme sa dislociranim objektima, imaju potrebu za sopstvenim telefonskim mrežama. One obično moraju da zadovolje specifične zahteve korisnika, pa se zbog toga nazivaju privatnim ili funkcionalnim telefonskim mrežama. Privatne telefonske mreže su vlasništvo organizacija koje pomoću njih olakšavaju svoju osnovnu delatnost. Ostvarivanje zarade putem ove mreže obično nije među njenim osnovnim namenama, već su to tajnost i zaštita komunikacija, kao i visoka raspoloživost. Vlasnik privatne mreže organizuje mrežu prema svojim potrebama. U ovoj mreži se ne moraju poštovati sva pravila koja važe za javnu telefonsku mrežu, ona se moraju poštovati jedino za veze sa korisnicima javne mreže. Često se u privatnim mrežama mogu naći posebne signalizacije, plan numeracije, priključci i terminali nesvojstveni javnoj mreži.

3.2.1. Organizacija mreže

Organizacija telefonske mreže je važan preduslov za njeno efikasno funkcionisanje. Da bi se postavila adekvatna organizacija, potrebno je sagledati sve faktore koji na nju utiču: osnovne funkcije mreže, njenu tehničku strukturu, kao i geografske, administrativne i hijerarhijske aspekte organizacije [1].

3.2.1.1. Osnovne funkcije

Osnovne funkcije koje telefonska mreža mora da obavi kako bi realizovala svoju glavnu namenu, obezbeđenje puta za istovremeni dvosmerni prenos govornih signala između bilo kog para korisnika, su sledeće:

- ostvarivanje privremenih veza između korisnika, kojima se na taj način omogućuje dijalog govornim signalima;
- signalizacija na relaciji korisnički terminal - komutacioni sistem i između komutacionih sistema, kojom se uspostavlja, nadgledaju i oslobađaju veze između korisnika;
- razmenu i obradu podataka i komandi, koje obezbeđuju efikasno održavanje i administraciju resursa mreže (merenje saobraćaja, rekonfiguraciju organa u slučaju greške itd.).

Ove funkcije su karakteristične za konvencionalne (klasične) telefonske mreže. U savremenim telekomunikacionim mrežama one se često razdvajaju, tako da postoje tri nezavisne mreže, za prenos govora, signalizaciju i održavanje i administraciju.

3.2.1.2. Tehnička struktura

Tehnička struktura mreže definiše put koji mora biti realizovan da bi se povezala dva korisnička aparata, kao i uređaje kojima se to ostvaruje. Tipičnu tehničku strukturu mreže čine tri karakteristična dela:

1. distribicioni deo, koji obuhvata razvođenje korisničkih linija od glavnog razdelnika do korisničkog uređaja;
2. komutacioni deo tj. komutacioni centar, koji čini telefonska centrala;
3. transmisioni deo, sastavljen od sistema prenosa tj. prenosničkih vodova ili nekog drugog medijuma prenosa, kojima se ostvaruju veze između komutacionih centara.

3.2.1.3. Forme organizacije

Na forme organizacije telefonskih mreža utiču različiti aspekti. U slučaju nacionalnih telefonskih mreža, veoma su važni geografski i administrativni faktori, a za njih je takođe tipično da se organizuju na principu hijerarhije.

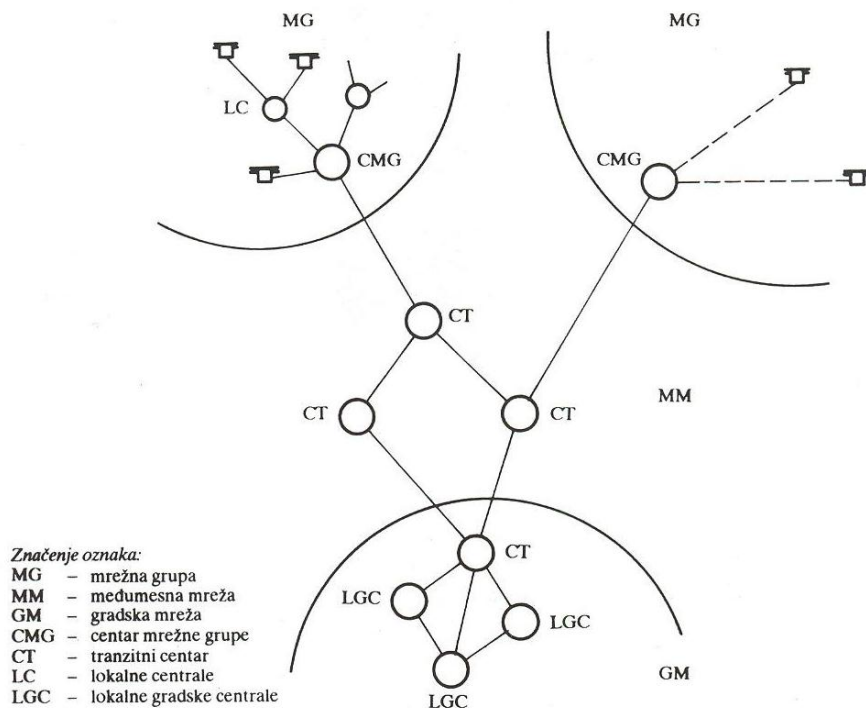
Posmatrajući sa stanovišta čisto geografskih faktora, mogu se razlikovati tri oblika organizacije telefonske mreže:

- urbana ili gradska mreža, karakteriše je velika gustina korisnika, po pravilu veliki saobraćaj po korisniku, relativno kratka rastojanja između korisnika i centrala i između centrala;

- ruralna mreža, karakteristična je po maloj gustini korisnika, njihovoj raštrkanosti, malom saobraćaju i veoma dugim rastojanjima između korisnika i centrala;
- međumesna mreža, koja međusobno povezuje prethodne dve vrste mreža.

Administrativna organizacija telefonske mreže odnosno njena podela na administrativna područja zavisi od više faktora: geografske podele, političko-teritorijalne povezanosti, ekonomije, tehničkih karakteristika (na primer plan prenosa), tehnologije sistema prenosa i komutacije koji se primenjuju, ali i drugih faktora, kao što je plan tarifiranja. Svaka zemlja ima sopstvenu administrativnu organizaciju nacionalne telefonske mreže, primerenu specifičnostima navedenih faktora.

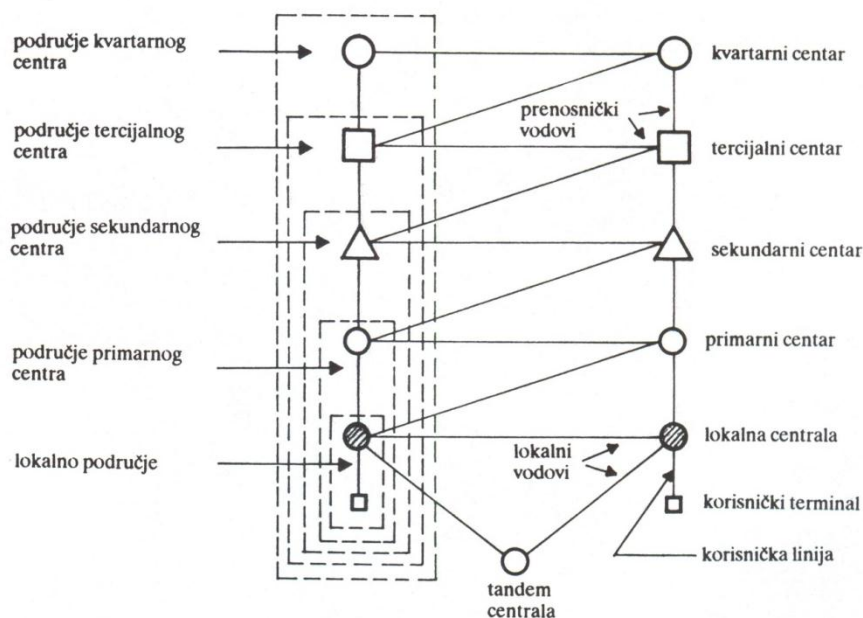
Na slici 1. je dat primer administrativne organizacije klasične telefonske mreže. Mreža je podeljena na određena područja, koja se nazivaju mrežnim grupama. To su geografski definisane oblasti u kojima su svi korisnici priključeni na lokalne (mesne) centrale, a one su povezane na centar mrežne grupe. Sve mrežne grupe su međusobno povezane posredstvom međumesne mreže tj. tranzitnih centara (međumesne centrale). Na ovakav način može se tretirati oblast ruralne mreže. Što se tiče područja velikih gradova sa velikom gustinom telefonskih korisnika, potrebno je u okviru mrežne grupe organizovati posebnu mrežu za usmeravanje lokalnih poziva. Ovakva gradska mreža se sastoji od više lokalnih gradskih centrala, koje se povezuju na poseban tranzitni centar tzv. tandem centralu.



Slika 1. Administrativna organizacija telefonske mreže (preuzeto iz [1])

3.2.1.4. Hijerarhijska organizacija

Za klasičnu telefonsku mrežu bilo je karakteristično da se organizuje na principu hijerarhije. Ovo se naročito odnosi na nacionalne telefonske mreže. Zbog toga je za ove mreže CCITT definisao hijerarhiju komutacionih centara, koja je prikazana na slici 2.



Slika 2. Hijerarhija komutacionih centara u nacionalnoj mreži (preuzeto iz [1])

Prema prikazanoj hijerarhijskoj organizaciji mreže, svi korisnici su priključeni svojim terminalima na lokalnu centralu. Oblast u kojoj se nalaze korisnici koje poslužuje ta centrala naziva se lokalno područje. Iznad njega se nalazi četiri, a u nekim slučajevima i pet nivoa komutacionih centara. Više lokalnih centrala se povezuje na tzv. primarni centar, koji u smislu tokova saobraćaja pokriva određeno područje. Više primarnih centara se povezuje na tzv. sekundarni centar, koji takođe pokriva određeno područje itd. Na ovaj način, veze korisnika priključenih na istu lokalnu centralu ostvaruju se komutacijom u njoj, dok se veze korisnika različitih lokalnih centrala moraju ostvarivati komutacijom na odgovarajućem hijerarhijskom nivou.

Nazivi centrala u okviru označene hijerarhije obično se razlikuju u klasičnim nacionalnim mrežama. U slučaju naše nacionalne telefonske mreže bili su usvojeni sledeći nazivi [2]:

- krajnja centrala (mesna centrala u centralizovanoj mesnoj mreži),
- čvorna centrala (međumesna centrala na koju je vezano više krajnjih centrala),
- glavna centrala (centar mrežne grupe),
- tranzitna centrala (najviši nivo međumesnih centrala, centar tranzitnog područja),

- međunarodna centrala (na nju su povezane međumesne centrale, a ona je dalje povezana sa međunarodnim centralama drugih zemalja),
- reonska centrala (krajnja centrala u decentralizovanoj mesnoj mreži),
- tandem centrala (čvorna centrala u decentralizovanoj mesnoj mreži) .

Lokalna gradska centrala naziva se reonskom, a zadržan je internacionalni naziv za tandem centralu. Pri tome se centralizovanom mesnom mrežom naziva telefonska mreža nekog mesta koja je povezana na jednu centralu, za razliku od decentralizovane mesne mreže koja označava mrežu nekog uglavnom većeg mesta, koju čini nekoliko međusobno povezanih krajnjih centrala.

Naznačenu hijerarhiju CCITT je definisao još sredinom prošlog veka i ona je karakteristična za epohu analognih telefonskih mreža. Međutim, pojava i razvoj novih tehnika, pre svega digitalizacije sistema prenosa i komutacije, uslovio je značajne transformacije po pitanju organizacije telefonskih mreža. Kruta hijerarhija analognih mreža zamenjuje se fleksibilnijim i ekonomičnijim digitalnim rešenjima.

3.2.2. Elementi mreže

Svi elementi mreže se mogu sagledati iz tehničke strukture mreže, šematski prikazane na slici 3. Njena tri osnovna dela su distributivni, komutacioni i transmisioni.

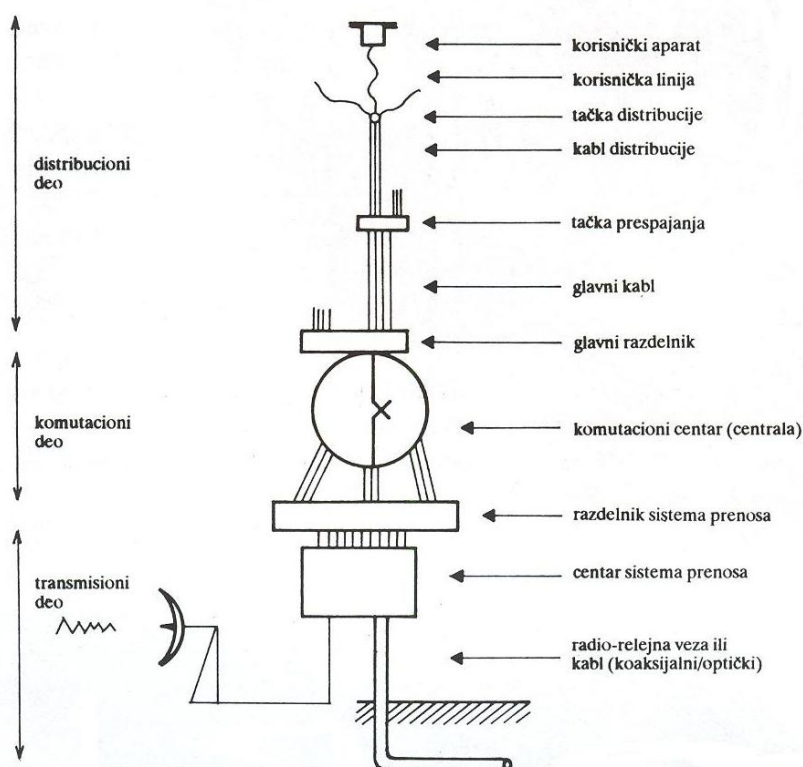
3.2.2.1. Distributivni deo mreže

Distributivni deo obuhvata sve elemente mreže od korisničkog terminala do glavnog razdelnika: telefonski aparat, korisničku mrežu i glavni razdelnik. Ovaj deo mreže predstavlja veliki procenat ukupnih investicija u telefonsku mrežu (oko 40 %).

Telefonski aparat je korisnički terminal u telefonskoj mreži, pomoću koga korisnik ima mogućnost pristupa i upravljanja u mreži. Korisničku mrežu čini razvod korisničkih linija od glavnog razdelnika tj. od telefonske centrale do telefonskih aparata. Glavni razdelnik s jedne strane prihvata kablove sa paricama iz korisničke mreže, a s druge strane parice od korisničkih organa iz telefonske centrale.

3.2.2.2. Komutacioni deo mreže

Komutacioni deo telefonske mreže čine telefonske centrale. Pri tome se razlikuju lokalne centrale, koje uspostavljaju veze između korisničkih linija odnosno korisničkih linija i prenosničkih vodova (od ili ka drugim centralama) i tranzitne centrale, koje uspostavljaju veze između prenosničkih vodova.



Slika 3. Tehnička struktura telefonske mreže (preuzeto iz [1])

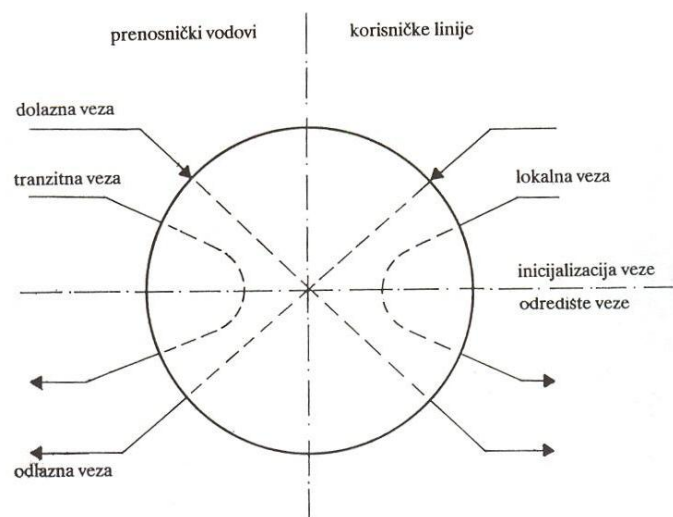
Obzirom na različitost javnih i privatnih telefonskih mreža, postoje i razlike između odgovarajućih centrala. Komutacioni sistemi u okviru privatnih telefonskih mreža se nazivaju privatne telefonske centrale (*Private (Automatic) Branch eXchange - P(A)BX*). One predstavljaju određen oblik udaljenog komutacionog bloka, koji ima potpunu autonomiju rada u odnosu na komutacioni sistem na koji je povezan i često ima posebne funkcionalne mogućnosti. Privatne centrale su povezane između sebe, ali skoro redovno imaju vezu prema javnoj telefonskoj mreži, sa kojom se povezuju grupom korisničkih linija. Korisnici privatne telefonske centrale, povezani na nju posredstvom internih priključaka, po pravilu ostvaruju pristup u javnu mrežu direktnim biranjem, a dolazni poziv iz javne mreže ka njima se može realizovati i posredstvom operatora.

Da bi se obavio proces komutacije u komutacionom čvoru, komutacioni sistem mora da obavi određene funkcije. Sve funkcije se mogu svrstati u tri osnovne kategorije: komutaciju, signalizaciju i upravljanje. Funkcijama komutacije neposredno se ostvaruje komutacioni proces, što podrazumeva uspostavljanje i raskidanje privremenih veza u komutacionom sistemu između korisničkih linija i/ili prenosničkih vodova priključenih na ovaj sistem. Pri tome je neophodno da komutacioni sistem razmenjuje podatke potrebne pri posluživanju poziva sa korisničkim linijama/prenosničkim vodovima, a to se obavlja funkcijama signalizacije. Podaci dobijeni ovom razmenom moraju se u njemu

obraditi pre nego što se upotrebe za realizaciju komutacionog procesa. Obrada primljenih podataka i aktivnosti koje su njena neposredna posledica (upravljajnje aktivnostima pri posluživanju poziva) čine funkcije upravljanja.

U zavisnosti od položaja i uloge koju ima u telefonskoj mreži, komutacioni sistem može da ostvari različite vrste veza, koje su definisane na slici 4. Dva faktora, naznačena na ovoj slici, utiču na to koja će se veza realizovati. Prvi faktor se odnosi na način priključivanja korisnika koji utiču u vezi tj. da li su u pitanju korisničke linije ili prenosnički vodovi. Drugi faktor vodi računa o lokacijama inicijatora i odredišta veze tj. da li su one u posmatranom komutacionom sistemu ili nisu. U zavisnosti od njih, u komutacionom sistemu se mogu ostvariti sledeće vrste veza:

- lokalna veza, inicira se u posmatranom komutacionom sistemu i tu joj je i odredište, što podrazumeva da je to veza dve korisničke linije;
- odlazna veza, inicira se u posmatranom komutacionom sistemu, a odredište joj je izvan njega, to je veza korisničke linije i odlaznog prenosničkog voda;
- dolazna veza, inicira se izvan posmatranog komutacionog sistema, a odredište joj je u njemu, to je veza dolaznog prenosničkog voda i korisničke linije;
- tranzitna veza, inicira se izvan posmatranog komutacionog sistemu i odredište joj je izvan njega, to je veza dolaznog i odlaznog prenosničkog voda.



Slika 4. Različite vrste veza u komutacionom sistemu (preuzeto iz [1])

Obzirom da je pri uspostavljanju veze, a i kasnije sve do njenog raskidanja bitno voditi računa ko je njen inicijator, uvedena je odgovarajuća terminologija. Korisnik koji inicira vezu je pozivajući korisnik, a korisnik sa kojim se želi uspostaviti veza je pozivani ili traženi korisnik.

3.2.2.3. Transmisioni deo mreže

Transmisioni deo obuhvata sisteme prenosa između centrala. Oni predstavljaju sva tehnička sredstva kojima se prenose govorni signali i pridružene signalizacije informacije na ovoj relaciji, podrazumevajući adekvatan kvalitet prenosa. Prenos između centrala je moguće ostvariti po različitim transmisionim medijumima: simetričnim paricama bakarnih vodova, koaksijalnim kablovima, radio-relejnim vezama, optičkim kablovima i dr. Koristeći pomenute medijume primenjuje se nekoliko sistema prenosa, koji se međusobno razlikuju u pogledu metoda obrade signala (modulacija, multipleksiranje i dr.) i kapaciteta.

Prenos signala u govornom (osnovnom) opsegu primenjuje se samo na kratkim rastojanjima, manjim od 10 km. Pri tome svako telefonsko kolo ima sopstvenu paricu po kojoj se signali prenose u svom originalnom (prirodnom) obliku, bez ikakve obrade. Osnovni razlog za primenu ovakvog načina prenosa je konkurentna cena prenosničkog voda, dok na većim rastojanjima ona značajno raste zbog povećanja količine bakra.

Za rastojanja veća od 10 km znatno ekonomičnije je primeniti neku od tehnika multipleksiranja, kojom se ostvaruje više istovremenih telefonskih veza po zajedničkom medijumu. Jedna od najčešće korišćenih tehnika je bila visoko frekventni (VF) analogni prenos, kod koje se vrši prenos analognih signala multipleksiranjem na bazi frekventnijske raspodele. Osnovni princip ove tehnike je da se telefonski signali iz osnovnog frekvencijskog opsega (300 - 3400 Hz) premeštaju u odgovarajuće opsege na višim frekvencijama i prenose u obliku tako formiranog multipleksa frekvencijskih kanala. Broj kanala koji se multipleksiraju je standardizovan u grupe od po 12, 60, 300 i 900. Na bazi ovih standarda formiraju se odgovarajući sistemi prenosa, koji u zavisnosti od potrebe mogu imati različite kapacitete kanala. Ovi sistemi prenosa su bili realizovani koaksijalnim kablom ili radio-relejnog vezom.

Digitalni prenos u telefonskoj mreži podrazumeva primenu multipleksiranja na bazi vremenske raspodele (*Time Division Multiplex* - TDM). Digitalizacija tj. pretvaranje analognih signala u digitalne se vrši postupkom impulsne kodne modulacije (IKM), a zatim se formira vremenski multipleks. On podleže strogoj standardizaciji i obično se predstavlja u obliku standardnog formata, okvira širine 125 μ s koji sadrži 32 vremenska kanala i čiji je protok 2 Mbit/s (za Evropu). Na strukturi ovog IKM (*Pulse Code Modulation* - PCM) multipleksa, CCITT je bazirao hijerarhijsku strukturu sistema digitalnog prenosa. Svaki od pet hijerarhijskih nivoa obuhvata određeni broj vremenskih kanala (30, 120, 480, 1960 i 7840) po kojima se prenose signali. Sistemi digitalnog prenosa realizuju se po različitim transmisionim medijumima: simetričnoj parici, koaksijalnom kablom, radio-relejnog vezi, optičkom kablom ili satelitskoj vezi.

U telefonskoj mreži Elektroprivrede Srbije (EPS) se kao poseban način prenosa govornih signala koristi VF tehnika odnosno analogne VF veze po dalekovodima [3]. Vodovi visokog napona tj. dalekovodi su dugo godina predstavljali osnovni vid povezivanja telekomunikacionih čvorova mreže EPS-a. Ova tehnika je uvedena prvenstveno iz ekonomskih razloga, obzirom da su čvorišta odnosno objekti koje je trebalo spojiti telekomunikacionom mrežom već bili spojeni dalekovodima. To su u najvećem broju slučajeva jednokanalne veze sa amplitudskom modulacijom, koje u svakom smeru zauzimaju opseg 4 kHz, na unapred definisanim učestanostima u opsegu 20 - 500 kHz. Pored govornog signala, po jednom faznomvodu prenosi se i energetska signal odnosno visokonaponska struja učestanosti 50 Hz. Razdvajanje govornog i energetskog signala se vrši pomoću LC kola čija impedansa zavisi od učestanosti.

3.2.3. Osnovne karakteristike mreže

Osnovne karakteristike mreže su: plan numeracije, plan upućivanja, plan tarifiranja, plan prenosa i signalizacija.

3.2.3.1. Plan numeracije

Da bi se korisnici telefonske mreže međusobno razlikovali i mogli jedan drugog da pozivaju, svaki od njih ima pozivni broj. Pozivni brojevi svih korisnika u mreži čine plan numeracije te mreže. U telefonskim mrežama se primenjuju tri tipa numeracije: otvoreni, zatvoreni i poluotvoreni, a razlikuju se po tome da li biranje pozivnog broja zavisi od lokacije pozivajućeg korisnika. Otvoreni plan numeracije vodi računa o lokaciji pozivajućeg i traženog korisnika, a pozivni broj se razlikuje u zavisnosti sa koje lokacije u mreži se bira, sa iste ili druge centrale. Ovaj plan je napušten. Poluotvoreni plan numeracije je karakterističan po tome da se pozivni broj ne menja unutar nekog dela mreže, a izvan njega se razlikuje u 2 - 3 cifre. Na ovaj način se otklanjaju nedostaci prethodnog plana. Zatvoreni plan numeracije ne vodi računa o lokacijama korisnika, pa je pozivni broj uvek isti, bez obzira iz koje centrale u mreži se bira.

U našoj nacionalnoj telefonskoj mreži se primenjuje poluotvoreni plan numeracije. Zemlja je podeljena na područja koja se nazivaju mrežnim grupama. Za pozive u okviru mrežne grupe bira se samo tzv. korisnički broj, čija dužina može biti 5-7 cifara. U ovom slučaju pozivni broj je jednak korisničkom broju. Kada se bira korisnik u nekoj drugoj mrežnoj grupi, prvo se mora izabrati tzv. međumesni prefiks i međumesni kod mrežne grupe, a tek onda korisnički broj. Slična situacija se dešava i u međunarodnoj telefonskoj mreži. Da bi se uputio poziv korisniku potrebno je izabrati tzv. međunarodni broj korisnika, koji sadrži međunarodni prefiks, zatim međunarodni kod zemlje i najzad nacionalni broj korisnika. Specijalne službe i usluge numerišu se skraćeno sa 2 - 4 cifre.

Za razliku od javne telefonske mreže, u privatnim mrežama, kao što je telefonska mreža EPS-a, primenjuje se zatvoreni plan numeracije. Jedinostvenost EPS-a kao poslovno-tehničkog sistema zahteva ovakvu numeraciju [4].

3.2.3.2. Plan upućivanja

Pod pojmom upućivanje (rutiranje) se podrazumeva traženje puteva u mreži. Definisane plana upućivanja je veoma važan uslov za njeno efikasno funkcionisanje.

U slučaju da dva korisnika nisu povezana na istu telefonsku centralu, potreban je bar jedan prenosnički vod za uspostavljanje veze između njih. Međutim, sa tehničkog i ekonomskog stanovišta je nerezonski da između svih parova centrala u mreži postoje grupe prenosničkih vodova. Umesto toga se uvode komutacioni centri viših hijerarhijskih nivoa, u okviru kojih se obavlja tranzitiranje veza. Na taj način, više manjih tokova saobraćaja se superponira kroz zajedničku grupu prenosničkih vodova ka/od tranzitnog centra. Ostvarena efikasnost mora da kompezuje tri dodatna troška koja se unose: cenu uvedenog tranzitnog centra, korišćenje dva prenosnička voda umesto jednog i moguće povećanje dužine puta prenosa.

U cilju ostvarivanja veće efikasnosti mreže, koristi se upućivanje po alternativnim putevima. Ukoliko je direktni put između dve centrale, po kome se u normalnim uslovima upućuje saobraćaj (put prvog izbora), saobraćajno preopterećen ili blokiran, traži se alternativan put (put drugog izbora). Na taj način, preusmeravanjem poziva na alternativan put preko treće centrale, neće doći do gubitka poziva. U slučaju hijerarhijski rangiranih centrala u mreži, postoje pravila upućivanja saobraćaja. Ako nema slobodnog direktnog puta, onda se definiše alternativni put preko tranzitnog centra na prvom sledećem hijerarhijskom nivou.

Broj alternativnih puteva je ograničen i definiše se u skladu sa potrebama u svakoj nacionalnoj telefonskoj mreži. U našoj javnoj telefonskoj mreži alternativno upućivanje nije uvek moguće. Za razliku od toga, u privatnoj telefonskoj mreži EPS-a ova osobina je omogućena u svim centralama.

3.2.3.3. Plan tarifiranja

Korisnici za obavljanje razgovora u javnoj telefonskoj mreži plaćaju adekvatnu naknadu, koja se definiše planom tarifiranja. Ovaj plan treba da postavi uslove tarifiranja u mreži, što podrazumeva definisanje parametara i metoda određivanja tarife za usluge učinjene korisnicima, kao i definisanje računa koji se ispostavljaju korisnicima.

Za obračunavanje usluga koje se pružaju korisnicima u okviru telefonske mreže mogu se uzeti u obzir sledeći parametri: dužina trajanja veze, rastojanje između pozivajućeg i traženog korisnika, vreme u toku dana i dan u godini, područje na kome živi

korisnik. Prva dva parametra se odnose na proporcionalno korišćenje resursa mreže. Treći parametar treba da motiviše korisnike da upućuju pozive u vremenu van časa najvećeg opterećenja ili za vreme vikenda. Četvrti parametar se zasniva na rezonu da korisnik u gradu treba da plaća veću pretplatu od onog u ruralnom području, jer ima mogućnost da poziva znatno veći broj korisnika lokalnog područja. Konkretna primena ovih parametara pri definisanju plana tarifiranja varira od jedne do druge zemlje.

U klasičnim telefonskim mrežama se najčešće primenjuje metod tarifiranja koji se bazira na slanju periodičnih tarifnih impulsa ka odgovarajućem uređaju za njihovo registrovanje. Ovakvim uređajem, koji ima svaki korisnik, registruje se ukupan broj impulsa primljenih u toku svih veza koje je korisnik ostvario za posmatrano vreme. Perioda tarifnih impulsa zavisi od rastojanja centrala pozivajućeg i traženog korisnika. Pri tome svaki impuls predstavlja jednu osnovnu tarifnu jedinicu pri definisanju računa.

Za razliku od javne mreže, u privatnim mrežama ne postoji tarifiranje.

3.2.3.4. Plan prenosa

Osnovni zadatak plana prenosa telefonske mreže je da korisnicima obezbedi zadovoljavajući kvalitet ostvarene veze uz postizanje optimalne ekonomičnosti. U tom cilju, planom prenosa se definišu vrednosti svih parametara čije prekoračenje bi izazvalo degradaciju kvaliteta izvan dozvoljenih granica. U digitalnoj mreži se posmatraju sledeći parametri: slabljenje, odjek, izobličenje kvantizacije, varijacija položaja impulsa, sinhronizacija, stepen greške bita itd.

Plan prenosa treba da zadovolji sledeći uslov: korisnik ne sme da primeti razliku u ostvarenoj vezi po direktnom putu i po alternativnim putevima.

3.2.3.5. Signalizacija

Signalizacija je veoma bitna karakteristika telefonske mreže, jer direktno omogućuje njeno funkcionisanje. O signalizaciji će biti reči u glavi 4.

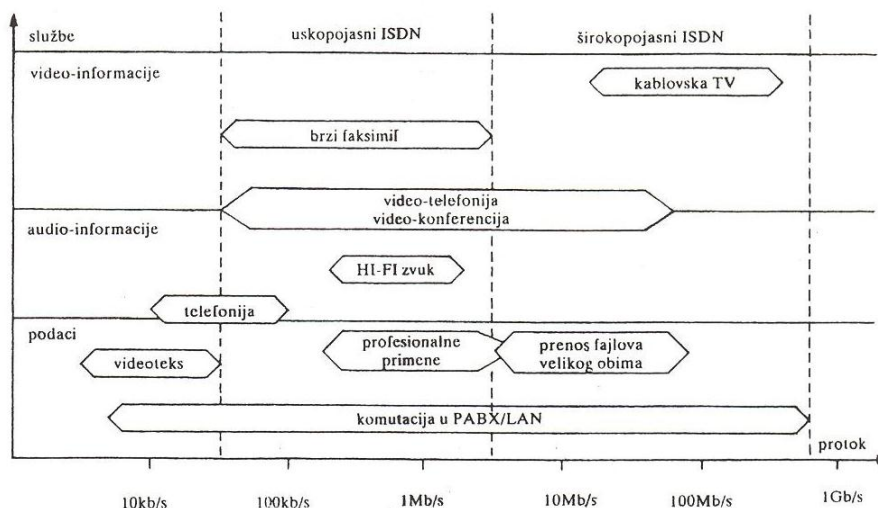
3.3. DIGITALNA MREŽA INTEGRISANIH SLUŽBI

Digitalna mreža integrisanih službi, poznata pod opšte prihvaćenim skraćenim nazivom ISDN, je bila prvi tehnološki pokušaj da se korisniku telefonske mreže pruže nove usluge i krajem prošlog veka bila je jedan od glavnih trendova razvoja telekomunikacija. Osnovna koncepcija ISDN-a je integracija više službi u okviru jedinstvene telekomunikacione mreže, a preduslovi za ostvarivanje toga su se stekli koincidencijom niza tehničkih i tehnoloških faktora, kao što su: razvoj kompleksnih mikroelektronskih

komponentata, digitalizacija telefonske mreže, primena programskog upravljanja, nove tehnike prenosa, uvođenje signalizacije po zajedničkom kanalu itd. Neposredna posledica realizacije koncepcije ISDN-a je ekspanzija telekomunikacionih službi.

3.3.1. Opšte o ISDN-u

Razvoj ISDN-a može da se podeli na dve etape. Prvu etapu predstavljaju mreže koje podržavaju integraciju službi na bazi protoka 64 kb/s, tzv. uskopojasni ISDN. U okviru njega su integrisane neke službe (telefonija, telegrafija, prenos podataka). Drugu etapu čine mreže koje podržavaju integraciju službi za koje se zahteva korisnički protok veći od 128 kb/s, koji ide i preko 150 Mb/s, tzv. širokopojasni ISDN. On je sposoban da podrži integraciju svih službi. Na slici 5. su prikazane telekomunikacione službe integrisane u okviru ISDN-a, posmatrane u funkciji protoka odnosno širine propusnog opsega mreže. Službe su svrstane u tri kategorije: prenos video-informacija, audio-informacija i podataka, a naznačeni su domeni uskopojasnog i širokopojasnog ISDN-a.



Slika 5. ISDN službe (preuzeto iz [1])

Integracija velikog broja službi na bazi govornih i negovornih poruka u okviru jedne iste mreže realizovana je primenom samo nekoliko višenamenskih interfejsa na relaciji korisnik - mreža. To je podrazumevalo sledeća nova tehnička rešenja [1]:

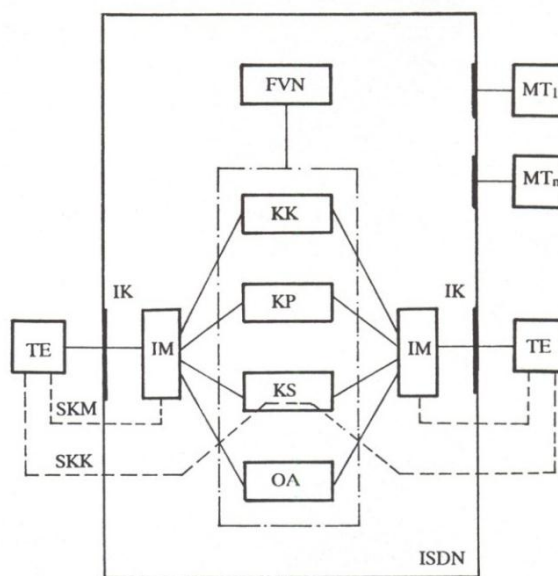
- svi signali u ISDN-u se prenose u digitalnom obliku u celoj mreži,
- signalizacija u mreži se zasniva na tehnici signalizacije po zajedničkom kanalu,
- višenamenski interfejs korisnik - mreža omogućuje da se sa iste pristupne tačke ostvaruju različite službe.

ISDN tehnika je po prvi put ponudila digitalnu telefonsku liniju, korisničku signalizaciju po zajedničkom kanalu, korisničku uslugu sa protokom većim od 64 kb/s, istovremeni rad više korisničkih terminala, lokalno generisanje pozivnog signala i mogućnost slanja podataka malih protoka kanalom za signalizaciju.

Osnovna razlika između ISDN-a i dotadašnjih telefonskih tehnika je u korisničkim mogućnostima. Cilj mreže objedinjenih usluga je da se postojeća pretplatnička mreža iskoristi za prenos digitalnog signala i za pružanje novih usluga korisnicima. Usled toga u ovim mrežama korisnički uređaj nije samo telefon već to mogu biti i razni uređaji koji primaju i šalju podatke. Da bi se ovo ostvarilo, korisnička oprema je morala biti složenija tj. morala je imati bar dve nove mogućnosti: postojanje jednostavne komutacije i složeniju signalizaciju između korisničke opreme i ISDN centrale.

3.3.2. Organizacija mreže

Integracija velikog broja službi, neophodnost rigorozne standardizacije, primena različitih tehnika i tehnologija, čine organizaciju ISDN-a veoma složenom. Arhitektura osnovnog modela ISDN mreže je prikazana na slici 6.



Značenje oznaka:

| | | | |
|----|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| TE | - korisnički terminal | SKM | - signalizacija korisnik-mreža |
| IK | - korisnički interfejs | SKK | - signalizacija korisnik-korisnik |
| IM | - mrežni interfejs | OA | - održavanje i administracija |
| KK | - komutacija kola | FVN | - funkcije višeg nivoa |
| KP | - komutacija paketa | MT ₁ , MT _n | - mreže određenih službi |
| KS | - komutacija signalizacionih puteva | | |

Slika 6. Arhitektura osnovnog modela ISDN (preuzeto iz [1])

Veliki broj službi u ISDN-u nameće određene zahteve u pogledu komutacije, kojima se prilagođavaju organizacije digitalnih komutacionih sistema, korišćeni u mreži. Primenjuje se princip razdvajanja komutacionih polja na bazi različitih tehnika: protok signala koji se prenose, princip komutacije, način uspostavljanja veze itd. Zbog primene signalizacije po zajedničkom kanalu, postoji više mogućih signalizacionih puteva koji se razlikuju od puteva korisničkih informacija i za njih postoji posebna komutacija. U mreži postoji centar za održavanje i administraciju, a postoji mogućnost uvođenja tzv. funkcija višeg nivoa (konverzija protokola, brzina i dr.).

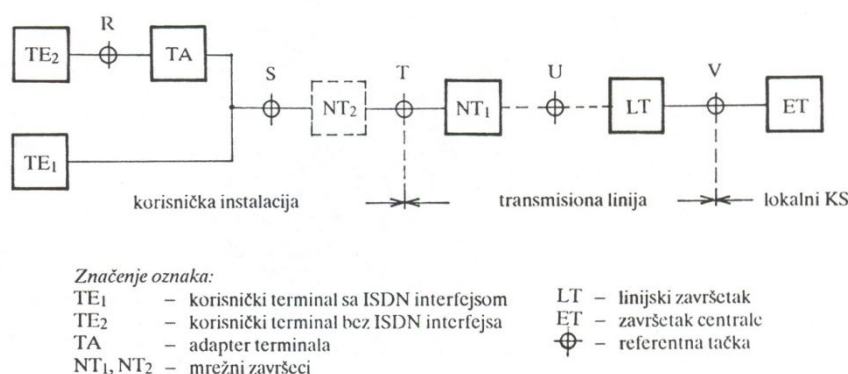
3.3.2.1. Sprega korisnika na mrežu u uskopojasnom ISDN-u

Jedna od bitnih tehničkih karakteristika ISDN-a je sprega korisnika na mrežu. U vezi sa tim postoje odgovarajuće ITU-T preporuke koje definišu korisnički interfejs i interfejs komutacionog sistema.

Sprega korisnika na mrežu se definiše pomoću tzv. referentne konfiguracije ISDN-a. Ona je prikazana na slici 7. Osim toga, definišu se još dva karakteristična pojma: referentna tačka i funkcionalna grupa.

Referentna tačka predstavlja teorijski pojam, uveden da bi se razdvojile funkcionalne grupe. Ona može, ali ne mora, da odgovara stvarnim interfejsima. Razlikuju se:

- referentna tačka R, definiše terminalni interfejs;
- referentne tačke S i T, odgovaraju interfejsu korisnik-mreža;
- referentna tačka U, predstavlja transmisionu liniju;
- referentna tačka V, definiše mrežni interfejs na strani komutacionog sistema.



Slika 7. Referentna konfiguracija sprege korisnika na ISDN (preuzeto iz [1])

Funkcionalna grupa obuhvata funkcije objedinjene u istoj tački, kao napajanje, kodovanje, multipleksiranje itd. Na slici 7. su prikazane sledeće funkcionalne grupe:

- Terminalni uređaj ili terminal (TE) ima funkcije na svim nivoima službi koje podržava, a može da ima i pomoćne funkcije, kao što su napajanje i održavanje; razlikuju se terminali sa ISDN interfejsom i terminali sa drugačijim interfejsom.
- Adapter terminala (TA) obuhvata funkcije prilagođenja za priključivanje terminala koji nisu predviđeni za ISDN na interfejs korisnik - mreža.
- Mrežni završetak 1 (NT_1) obuhvata tzv. funkcije prvog nivoa koje odgovaraju interfejsu (S/T) sa korisničke strane i transmisionoj liniji sa druge strane, kao: funkcije završetka digitalne transmisiona linije, napajanja, povezivanje više tačaka itd.
- Mrežni završetak 2 (NT_2) obuhvata funkcije višeg nivoa, kao: multipleksiranje kanala, koncentraciju saobraćaja i sekundarnog održavanja (testiranja); on služi za priključenje privatne centrale, lokalne mreže i dr., a koristi se samo po potrebi.
- Linijski završetak (LT) obavlja funkcije prvog nivoa između transmisiona linije (U) i ulaza u lokalnu centralu (V): funkcije prenosa, aktiviranja linije, napajanja itd.
- Završetak centrale (ET) grupiše funkcije centrale koje se odnose na određeni ulaz: nadgledanje, multipleksiranje/demultipleksiranje, obradu sadržaja D kanala itd.

Korisnički interfejsi se baziraju na principu određenih konfiguracija kanala. Pri tome su kanali podeljeni na sledeće kategorije:

- B kanal, protoka 64 kb/s, sposoban da nosi sve vrste informacija, a komutira se na principu komutacije kola;
- D kanal, protoka 16 kb/s ili 64 kb/s, koristi se za signalizaciju i službe na bazi podataka, a komutira se na principu komutacije kola;
- H kanali, protoka $n \times 64$ kb/s, imaju karakteristike identične B kanalu.

ITU-T preporukama su obuhvaćena dva korisnička interfejsa kojima se definiše priključenje korisnika na uskopojasni ISDN. To su interfejsi baznog pristupa i primarnog pristupa. Za njihovo specificiranje se primenjuju različite strukture kanala.

Interfejs baznog pristupa (*Basic Rate Interface* - BRI) se locira u referentnim tačkama S i T. Struktura kanala baznog pristupa je $2B + D$, pri čemu je D kanal protoka 16 kb/s, što zajedno čini protok 144 kb/s. Sadržaji ovih kanala se prenose po korisničkoj liniji na principu vremenskog multipleksa. U cilju minimizacije broja bita koji se dodaju za određene namene (sinhronizacija), okvir je umesto uobičajene širine 125 μ s proširen na 250 μ s i on obuhvata 48 bita. Na taj način, za interfejs BRI definisan je protok od 192 kb/s. Pomoću njega je moguće ostvariti priključenje jednog ili više terminala. Pri tome, mrežni završetak može da podrži do 8 korisničkih terminala.

Interfejs primarnog pristupa (*Primary Rate Interface* - PRI) se primenjuje u slučajevima korisničkih instalacija većeg kapaciteta. Može se koristiti u S i T referentnim tačkama, a za razliku od prethodnog, interfejs PRI nema mogućnost priključivanja više

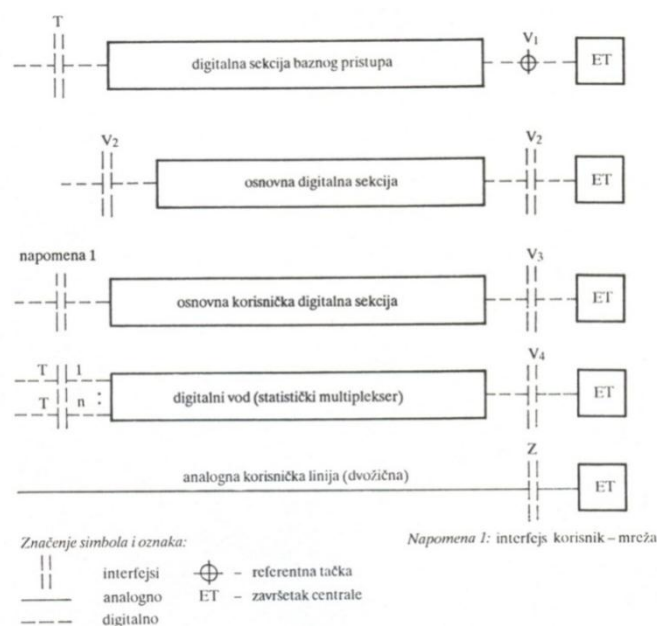
terminala. On ima strukturu kanala 30B + D, dok u ovom slučaju protok D kanala iznosi 64 kb/s, tako da je ukupni protok 1984 kb/s (evropski standard).

Digitalni prenos po korisničkoj liniji, U interfejs, nije posebno specificiran, već je ostavljena sloboda nacionalnim administracijama da ga definišu.

Korisnički terminali mogu biti ISDN telefonski aparati, faksimil aparati, računari, video-telefoni itd. To su korisnički uređaji koji svoj bitski protok mogu svesti na 64 ili 128 kb/s. Može ih biti do 8, od kojih samo dva mogu istovremeno obavljati vezu.

CCITT je preporukama generalno definisao interfejs centrala u odnosu na pristup korisnika, što je šematski ilustrovano na slici 8. Ti interfejsi su locirani u referentnoj tački V između linijskog završetka i završetka centrale. Razlikuju se:

- interfejs V1, koristi se za spregu centrale sa pojedinačnim baznim pristupom;
- interfejs V2, osnovni digitalni interfejs koji se primenjuje za povezivanje uređaja posredstvom tzv. digitalne sekcije, što omogućuje bilo kakvu kombinaciju analognih, digitalnih ili ISDN pristupa korisnika (nije predviđen isključivo za ISDN);
- interfejs V3, digitalni interfejs koji se koristi za povezivanje digitalne privatne centrale preko tzv. osnovne korisničke digitalne sekcije;
- interfejs V4, digitalni interfejs za spregu sa digitalnim vodom koji obuhvata statički multiplekser sa nekoliko digitalnih sekcija baznog pristupa;
- interfejs Z, osnovni analogni interfejs definisan sa strane centrale prema analognoj korisničkoj liniji, primenjuje se za spregu sa korisničkim uređajem tj. telefonskim aparatom ili privatnom centralom.

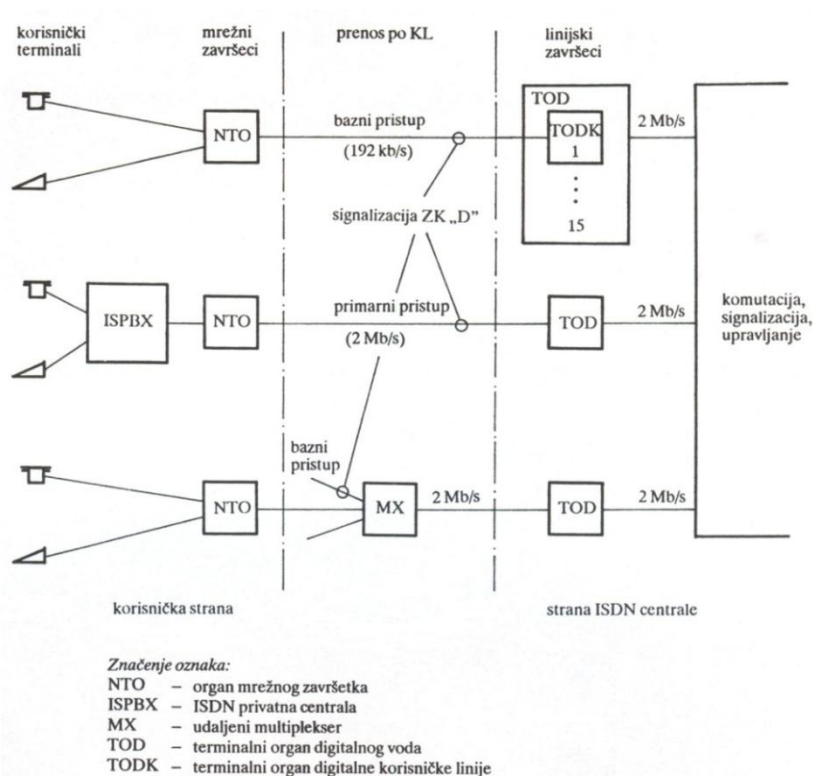


Slika 8. Interfejsi centrale prema pristupu korisnika (preuzeto iz [1])

U privatnoj telefonskoj mreži EPS-a korisnici se na ISDN priključuju na sledeći način. Interfejs baznog pristupa se primenjuje za veze sa javnom telefonskom mrežom, a interfejs primarnog pristupa za međumesne veze.

3.2.3.2. Pristup korisnika centrali u uskopojasnom ISDN-u

Korisnik pristupa konvencionalnom digitalnom komutacionom sistemu po analognoj korisničkoj liniji i pri tome postoji odgovarajući terminalni organ koji služi za sva potrebna električna i funkcionalna prilagođenja, lociran u komutacionom sistemu. Za razliku od toga, pristup korisnika ISDN centrali se obavlja po digitalnoj liniji, a odgovarajući prilagodni organi su locirani i na strani korisnika i na strani centrale. Na slici 9. su prikazani tipični pristupi korisnika lokalnoj ISDN centrali. Korisničku stranu čine mrežni završeci, predstavljeni odgovarajućim organom mrežnih završetaka. Stranu centrale čine linijski završeci, obuhvaćeni terminalnim organima digitalnih vodova.



Slika 9. Pristupi korisnika ISDN lokalnoj centrali (preuzeto iz [1])

U slučaju baznog pristupa korisnika ISDN centrali, korisnički terminali (telefon i terminal podataka) su spregnuti na organ mrežnog završetka. On je posredstvom digitalne korisničke linije protoka 192 kb/s povezan na odgovarajući terminalni organ digitalne korisničke linije. Izlazi više ovakvih organa se grupišu i formiraju 2 Mb/s

multipleks, koji predstavlja standardni ulaz digitalnog komutacionog polja. Tipično za bazni pristup je da se korisničke informacije prenose po dva B kanala, a prateća signalizacija za svaki od njih je obuhvaćena zajedničkim D kanalom.

Drugi oblik povezivanja korisnika na ISDN centralu je primarni pristup. On je pogodan za veće kapacitete korisnika, na primer kad se povezuje privatna centrala koja ima mogućnost posluživanja integrisanih službi (*Integrated Service Private Branche Exchange* - ISPBX). U ovom slučaju odgovarajući organ mrežnog završetka je spregnut sa ISDN centralom posredstvom digitalnog voda protoka 2 Mb/s, koji se na strani centrale završava u terminalnom organu digitalnog voda. Tipično za primarni pristup je da se korisničke informacije prenose po 30 B kanala, a odgovarajuća signalizacija je obuhvaćena zajedničkim D kanalom.

3.3.3. Širokopolasni ISDN

Sredinom osamdesetih godina prošlog veka, zbog neadekvatne tehnologije i malog protoka uskopojasnog ISDN-a, interes se pomerio ka širokopolasnim uslugama, koje zahtevaju veći protok od 128 kb/s. Kao logičan nastavak uskopojasnog ISDN-a, zamišljena je i uvedena univerzalna širokopolasna telekomunikaciona mreža, definisana kao širokopolasni ISDN (*Broadband ISDN - B-ISDN*). On pruža korisnicima nove usluge kao što su video-telefon i video-konferencija, za koje uskopojasni ISDN nije imao potreban kapacitet kanala. Širokopolasni ISDN je započeo kao proširenje uskopojasnog ISDN-a. Međutim, sličnosti između ove dve mreže su samo konceptijske [1].

Viziju B-ISDN-a je preuzela tehnologija Interneta. Može se reći da je ISDN začetak širokopolasnih usluga koje se danas ostvaruju drugim tehnikama.

3.4. PAKETSKA TELEFONSKA MREŽA

Jedan od trendova u svetu modernih telekomunikacija je zamena telefonske mreže sa komutacijom kola namenjene za prenos govora, kao što je PSTN, mrežom namenjenom za prenos podataka, kao što je Internet. Sve veći interes za prenosom govora preko paketskih mreža je prouzrokovan iz sledećih razloga: zahtev za nižim cenama, zahtev za multimedijalnim komunikacijama i zahtev za objedinjavanjem mreže za prenos govora i mreže za prenos podataka [5]. Sva tri zahteva se ispunjavaju primenom paketske telefonije. Bolje iskorišćenje resursa koji se koriste za prenos govora omogućuje vlasnicima paketskih mreža da naplaćuju nižu cenu korisnicima, posebno za pozive na velikim rastojanjima. Istovremeno, korisnici su u mogućnosti da pored govornog signala prenose i video signal, faks ili podatke.

3.4.1. VoIP

U klasičnoj digitalnoj telefonskoj mreži prenosi se standardni digitalni telefonski signal odnosno telefonski govorni signal obrađen koderom po standardu G.711. Ova obrada se sastoji od uzimanja odbiraka analognog telefonskog signala 8000 puta u sekundi i predstavljanjem svakog od njih sa po 8 bita. Postupak se primenjuje na celokupni signal, uključujući i pauze u govoru. To znači da je protok ovog signala 64 kb/s. Međutim, pitanje je da li je za prenos govora zaista neophodan toliki protok ?

Savremene tehnike digitalne kompresije govornog signala omogućavaju značajno smanjenje broja bita potrebnog za kodovanje govornog signala. Tako se protok od 64 kb/s, uz minimalna oštećenja signala (gotovo neprimetna za ljudsko uvo) lako može svesti na samo 5.3 kb/s. Iz ovog podatka se može naslutiti da se u klasičnim telefonskim mrežama, baziranim na komutaciji kola, ostvaruje veoma slabo iskorišćenje resursa. Naime, ako se signal može komprimovati na 10 % od originalnog protoka, jasno je da se 90 % kanala ne koristi na adekvatan način. Kada je uspostavljena komunikacija po jednoj liniji, a za prenos govora je dovoljno 10 % njenog kapaciteta linije, ta linija je 100 % angažovana za datu komunikaciju i ne može se u tom trenutku iskoristiti ni za kakvu drugu namenu.

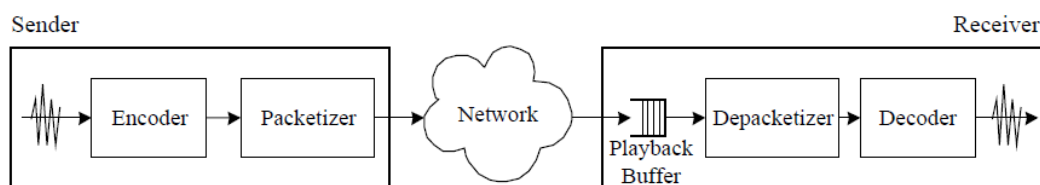
Bolje iskorišćenje resursa, a samim tim i popunjavanje postojećih praznina korisnim podacima, dobija se primenom principa komutacije paketa. Paketi podataka predstavljaju grupe bita, pri čemu svaka grupa ima određene identifikatore koji označavaju njen izvor i odredište. Umesto da identifikuju podatke na osnovu njihove pozicije u toku prenosa, što je bio slučaj sa komutacijom kola, komutacioni centri identifikuju pakete na osnovu oznake izvora i odredišta i vrše njihovo usmeravanje (rutiranje). Ukoliko se prenos govora organizuje na opisan način, moguće je postići mnogo veću efikasnost. Obzirom da se mreže za prenos podataka od ranije realizuju ovom tehnikom, nije potrebno graditi namenske mreže za prenos govora, već se, uz određene modifikacije, u tu svrhu mogu iskoristiti postojeće mreže za prenos podataka. Postoji više ovakvih realizovanih mreža i za prenos govora može se iskoristiti bilo koja od njih, bez obzira na korišćeni protokol. Ona koja se sama nametnula kao najbolje rešenje jeste najrasprostranjenija mreža na svetu - Internet. Istovremeno korišćenje Interneta je jeftinije u odnosu na klasične mreže za prenos podataka (X.25, FR, ATM). Od ove ideje koja se prvi put pojavila krajem prošlog veka, nastao je sistem za prenos govora preko Interneta, VoIP, popularna oznaka za paketsku telefonsku tehniku.

VoIP predstavlja prenos govornog signala i pridruženih upravljačkih informacija u realnom vremenu preko mreže bazirane na protokolu IP (*Internet Protocol*). VoIP tehnika se brzo razvijala, tako da se danas prenos govora sve više odvija preko mreža za prenos podataka. Ove mreže su projektovane za aplikacije koje se ne odvijaju u realnom

vremenu. Sa druge strane, VoIP zahteva isporuku paketa na vreme, sa malim kašnjenjem i malim gubicima paketa. Kako bi se ovi ciljevi ostvarili, VoIP tehnika mora da osigura ispunjenje zahteva prenosa u realnom vremenu po postojećim IP mrežama.

3.4.2. Formiranje paketizovanog govornog signala

Da bi se mogao vršiti prenos govora preko mreže sa komutacijom paketa, neophodno je na odgovarajući način od govornog signala u analognom obliku formirati pakete govornog signala. Osnovne komponente VoIP sistema pomoću kojih se formira paketizovani govorni signal na predaji, a vraća nazad u analogni oblik na prijemu, prikazane su na slici 10.

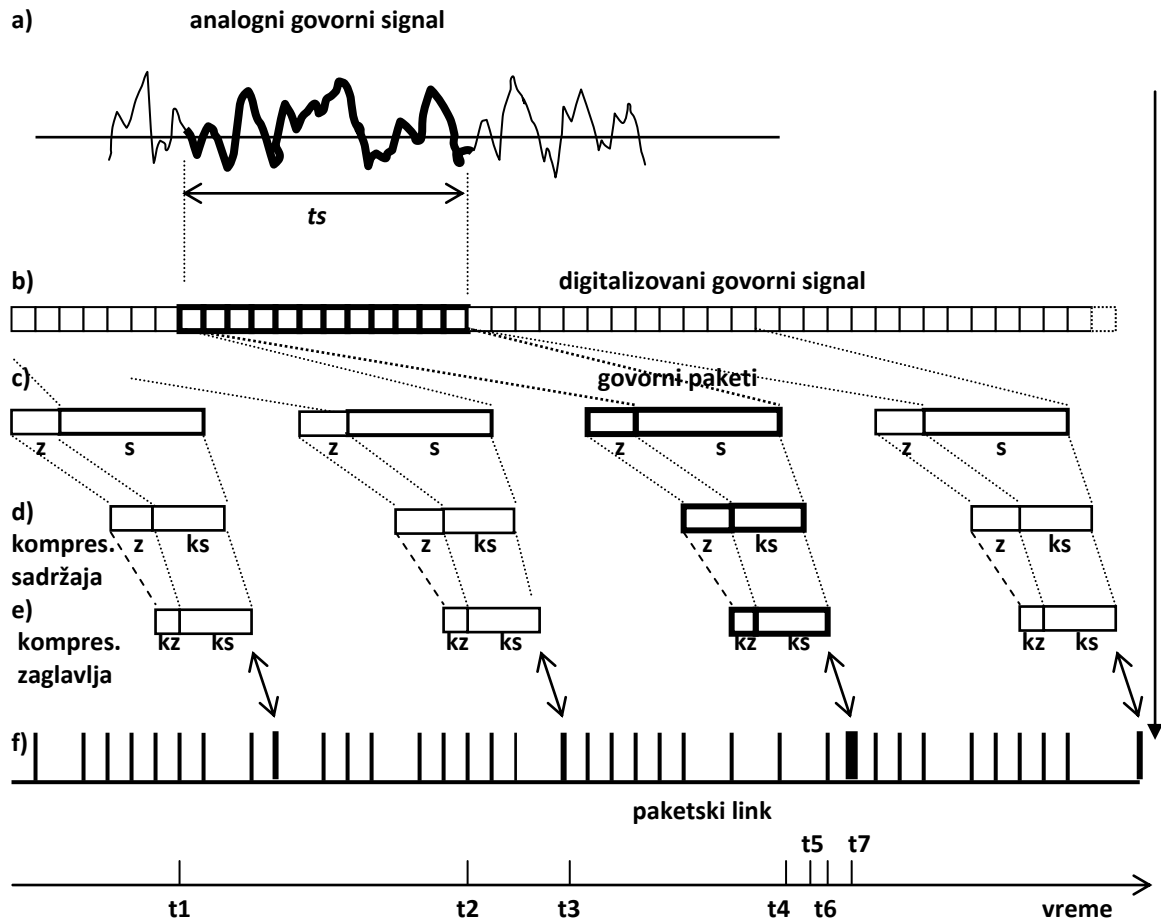


Slika 10. Komponente VoIP sistema za formiranje paketa govornog signala

(preuzeto iz [6])

Na predaji se u okviru kodera prvo vrši digitalizacija govornog signala saglasno standardu G.711, čime se dobija niz bita sa protokom 64 kb/s. Zatim se digitalnim filtriranjem može izvršiti obrada signala, a onda i njegova kompresija, u cilju smanjenja protoka i uštede propusnog opsega. Nakon toga u narednom bloku (*packetizer*), određen broj odbiraka govora formira paket, pri čemu se dodaju zaglavlja. Ovaj postupak u kome se delovi govornog signala (tzv. odsečki) smeštaju u nezavisnu jedinicu za prenos, paket, naziva se paketizacija govornog signala. Ovako formirani paketi šalju se preko Interneta kao bilo koji drugi paketi podataka. Na prijemnoj strani paketi najpre prolaze kroz poseban bafer (*playback buffer*) čija funkcija je da absorbuje različita kašnjenja paketa i obezbedi njihovo konstantno kašnjenje. Zatim se obavlja inverzni proces od onog na predaji. U sledećem bloku (*depaketizer*) se iz paketa ekstrahuju odsečki govornog signala, a nakon toga se u dekoderu vrši dekompresija signala i njegova konverzija u analogni oblik.

Svaki odsečak se sastoji od više digitalizovanih odbiraka govornog signala. Paketi mogu nositi kraće ili duže odsečke govora. Kraći odsečki povećavaju protok, ali daju bolji kvalitet govornog signala na prijemu. Postupak generisanja paketizovanog govornog signala prikazan je na slici 11.



s – sadržaj, z – zaglavlje, ks – komprimovani sadržaj, kz - komprimovano zaglavlje

Slika 11. Generisanje paketa govornog signala (preuzeto iz [7])

Obrada analognog govornog signala (a) započinje digitalizacijom (b), nakon čega sledi paketizacija (c). Odsečki govornog signala trajanja t_s smeštaju se u pakete i predstavljaju njihov sadržaj, a svakom paketu se dodaje zaglavlje. Posle ovih obaveznih postupaka mogu se, ali ne moraju, primeniti kompresija govornog signala (d) i kompresija paketskog zaglavlja (e). Komprimovani signal ima manji bitski protok. Poslednja faza je slanje paketa po linku visokog protoka (f). Kao što se vidi sa slike, svi pomenuti postupci zakasne originalni govorni signal za vreme $t_1 - t_7$.

3.4.2.1. Kompresija

Primenom kompresije smanjuje se protok i zahtevana širina kanala po pozivu, uz nešto veće (prihvatljivo) kašnjenje i malu degradaciju kvaliteta signala na prijemu [6].

Prilikom generisanja paketizovanog govornog signala primenjuju se dva nezavisna postupka kompresije: kompresija samog signala i kompresija paketskog zaglavlja.

Postupci kompresije koji se primenjuju na govorni signal se mogu podeliti u dve grupe. Prvi su oni koji smanjenim bitskim protokom prenose takvu informaciju koja omogućava da se na prijemnoj strani obnovi signal sličnog talasnog oblika kao i izvorni signal. Druga vrsta je usmerena ka prenosu karakterističnih parametara govornog signala. Shodno tome, postoje talasni i parametarski kompresori [7].

Za talasne kompresore je svojstveno da je potreban veći bitski protok, ali zato oni daju bolji kvalitet govornog signala na prijemu. Jedan od talasnih kompresora je već pomenuti postupak G.711, koji se češće naziva koderom, kod koga odsečak govornog signala koji se prenosi paketima obično traje 10, 20 ili 30 ms. Drugi postupak zasnovan je na adaptivnoj diferencijalnoj impulsnoj kodnoj modulaciji (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation - ADPCM*), definisan u okviru preporuke ITU-T G.726. Algoritam se bazira na utvrđivanju i kodovanju razlike uzastopnih odmeraka, a ne na njihovoj apsolutnoj vrednosti kao kod postupka G.711. Rezultat toga je digitalno kodovani govorni signal protoka 40, 32, 24, ili 16 kb/s, u zavisnosti od broja korišćenih bita.

Parametarski kompresori se zasnivaju na algoritmima koji uzimaju u obzir specifične karakteristike govornog signala prilikom njegove kompresije. Najpoznatiji su:

- Koder - kompresor definisan preporukom G.728, koristi algoritam LD-CELP (*Low Delay - Code Excite Linear Prediction*) i u osnovnoj verziji daje komprimovani govorni signal protoka 16 kb/s (može smanjiti na 12.8 kb/s i 9.6 kb/s).
- Kompresor definisan preporukom G.729, obezbeđuje u osnovnom izvođenju kompresiju govora na 8 kb/s, pri čemu se koristi algoritam CS ACELP (*Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction*), a odsečak govora koji se komprimuje traje 10 ms (proširenje standarda omogućava protoke 11.8 kb/s i 6.4 kb/s).
- Koder - kompresor definisan preporukom G.723.1, obezbeđuje kompresiju govornog signala na 5.3 kb/s, pri čemu se koristi ACELP algoritam (*Algebraic Code Excited Linear Prediction*) i 6.3 kb/s, kada se koristi MP-MLQ (*Multipulse Maximum Likelihood Quantization*), a odsečak govora koji se komprimuje traje 30 ms.

Tabela 1. Standardizovani koderi govornog signala

| standard | algoritam | kompresija | dužina odsečka | protok govora | vreme obrade | algoritamsko kašnjenje |
|----------|-----------|------------------------|----------------|-----------------------------|--------------|------------------------|
| G.711 | PCM | 1 | 20 ms | 64 kb/s | 0.125 ms | 0.125 ms |
| G.726 | ADPCM | 4 / 2.7 / 2 / / 1.6 | 20 ms | 16 / 24 / 32 / / 40 kb/s | 0.125 ms | 0.125 ms |
| G.728 | LD-CELP | 4 | 20 ms | 16 kb/s | 0.625 ms | 0.625 ms |
| G.729 | CS-ACELP | 8 | 10 ms | 8 kb/s | 10 ms | 15 ms |
| G.723.1 | MP-MLQ | 10.2 | 30 ms | 6.3 kb/s | 30 ms | 37.5 ms |
| G.723.1 | ACELP | 12.3 | 30 ms | 5.3 kb/s | 30 ms | 37.5 ms |

Osnovne karakteristike navedenih kompresora su date u tabeli 1. Algoritamsko kašnjenje izazvano je postupkom kodovanja i kompresije na polaznoj strani veze [7].

Kvazikomprimovani govorni signal je signal čiji se protok smanjuje odstranjivanjem onih delova koji predstavljaju pauze u govoru. Smatra se da pauze čine značajan deo govora telefonskog govornika (više od 50 %). Pauze u govoru mogu ili ne moraju da se prenose. U slučaju da se ne prenose, moguće je smanjiti bitski protok. Naime, po otkrivanju pauze u govoru, prestaje njegovo slanje i na taj način se potreban protok znatno smanjuje. Ovu funkciju obavljaju tzv. „potiskivači tišine” ili detektori aktivnog izvora govora (*Voice Activity Detector - VAD*). Za razliku od kompresije, kod koje se izvorni govorni signal ne može obnoviti (proces nije reverzibilan), kvazikomprimovani signal zadržava nepromenjene bitne delove izvornog signala.

Kompresijom zaglavlja se ona svode na neophodan broj bita i time doprinose većoj iskorišćenosti paketa i protoka za korisnu informaciju. Kompresori zaglavlja imaju osobinu reverzibilnosti pošto se zaglavlja moraju obnoviti u izvornom obliku. U paketskoj telefonskoj vezi šalje se vrlo veliki broj paketa (50 u sekundi), koji nose govorne odbirke između dve tačke u mreži. Zaglavlja svih paketa jedne telefonske veze se sastoje od velikog broja istih polja (npr. adrese), a sadržaj promenljivih polja se menja postupno i u malim količinama. Kompresija zaglavlja se sastoji od zamene svih nepromenljivih veličina (polja) jednim brojem tj. identifikatorom veze i od zamene veličina koje se menjaju veličinom ovih promena. Na taj način se zaglavlje paketa dužine 40 bajtova može smanjiti na 2 - 4 bajta. Kompresija zaglavlja, zbog obrade, unosi kašnjenje govornih paketa pa utiče na smanjenje kvaliteta govora na prijemu.

3.4.2.2. Paketizacija i korišćeni protokoli

Kao što je to čest slučaj u telekomunikacionim modelima, Internet ima svoju slojevitost predstavu. U skladu sa referentnim modelom za otvoreno povezivanje sistema OSI (*Open Systems Interconnection Basic Reference Model*), arhitektura Internet mreže se opisuje sa 4 sloja: fizički sloj, sloj mreže, sloj transporta i sloj primene.

Zadatak fizičkog sloja je da prijem i predaju podataka u korisničkoj ili mrežnoj tački prilagodi mediju za prenos (simetrični, koaksijalni ili optički kabl ili radio-prenos). Zbog toga se on naziva i mrežnim interfejsom, koga čine mrežna kartica i pripadajući softver tzv. drajver. Mrežni sloj omogućava upućivanje po Internetu kao mreži. Transportni sloj određuje vrstu prenosa kroz mrežu, preko ostvarene veze ili u jednom paketu. Sloj primene je zadužen za konkretnu uslugu koja se koristi i njegov rad se zasniva na korisničkim podacima koji se, pomoću tri niža sloja, razmenjuju između tačaka u mreži.

Komunikacija između određenih entiteta telekomunikacione mreže se obavlja po određenom protokolu tj. skupu pravila koje poštuju svi učesnici. U Internetu protokoli

postoje u svim slojevima. Za protokole su karakteristična tzv. zaglavlja protokola koja određuju kome je upućen protokolski paket i način njegovog korišćenja. U svakom sloju paket se sastoji od zaglavlja i sadržaja. Zaglavlje sledećeg, višeg sloja pripada sadržaju prethodnog, nižeg sloja.

U najnižem, fizičkom sloju se koristi bilo koja od raspoloživih tehnologija, a jedna od najkorišćenijih je lokalna računarska mreža (*Local Area Network - LAN*). Načešći metod povezivanja računara u ovakvoj mreži predstavlja Ethernet (*Ethernet*) tehnika, opisana standardom IEEE 802.3.

U mrežnom sloju se najviše primenjuje protokol IP (*Internet Protocol*), čija je još uvek aktuelna verzija 4 (IPv4) dokumentovana u standardu RFC 791. To je protokol koji sadrži informacije o adresiranju, čime se omogućuje da svaki mrežni uređaj povezan na Internet ima jedinstvenu adresu pomoću koje se može lako identifikovati u celoj mreži. Pored toga, on sadrži i kontrolne informacije koje omogućuju paketima da budu prosleđeni na osnovu poznatih IP adresa. Paketi se mogu prenositi različitim putevima između krajnjih tačaka, koji se oslobađaju za drugog korisnika, tako da se ne zahteva stalno uspostavljanje puta između predaje i prijema, kao što je to slučaj kod komutacije kola. IP omogućava svim računarima povezanim na Internet da međusobno komuniciraju i razmenjuju podatke, bez obzira da li su u istoj lokalnoj mreži. Sve to ga čini vrlo efikasnom podrškom za prenos govora u realnom vremenu [5].

U transportnom sloju se u zavisnosti od vrste prenosa kroz mrežu koriste dva protokola. Prenos se može izvršiti preko ostvarene virtuelne veze (*connection oriented transfer*) ili u jednom paketu (*connectionless transfer*). U izvornom Internetu, u prvom slučaju koristi se TCP (*Transmission Control Protocol*), a u drugom slučaju UDP (*User Datagram Protocol*) protokol. TCP je najkorišćeniji transportni protokol u Internetu. Njegovo osnovno svojstvo je uspostavljanje virtuelne veze između neke dve tačke u Internetu. Postupak se sastoji od faza uspostavljanja veze, trajanja veze tj. prenosa podataka i raskidanja veze. UDP je transportni protokol kod koga nema uspostavljanja virtuelne veze, a transport se vrši samo jednokratnim datagramima (osnovna jedinica prenosa u mrežama sa komutacijom paketa). UDP je primer čistog paketskog protokola i smatra se jednostavnijim, nepouzdanijim i bržim protokolom od TCP-a [7].

Sloj primene ostvaruje svoju namenu raznim protokolima kojih ima znatno više nego u nižim slojevima. Neki od njih su Telnet, SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), FTP (*File Transfer Protocol*), SNMP (*Simple Network Management Protocol*), HTTP (*HyperText Transport Protocol*).

Princip obrade paketa kroz slojeve je sledeće. Paket koji dolazi u mrežnu tačku ima zaglavlje najnižeg sloja, Ethernet zaglavlje. Ovo zaglavlje se koristi da se odredi sledeća tačka u mreži koja prihvata paket. Ukoliko je paket namenjen posmatranoj tački

onda se on upućuje sledećem (mrežnom) sloju ali bez zaglavlja najnižeg sloja. Obrada u mrežnom sloju koristi IP zaglavlje i prosleđuje paket ka transportnom sloju bez IP zaglavlja. U transportnom sloju koristi se zaglavlje TCP ili UDP da bi se paket uputio odgovarajućoj jedinici primene. U ovom sloju se dobijaju korisnički podaci posle oslobađanja od zaglavlja sloja primene.

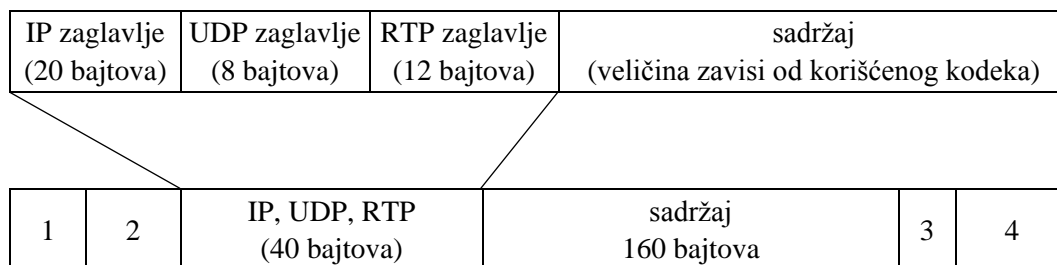
Transportni protokol TCP je pogodan način za ostvarenje signalizacije veze između dva korisnika paketske telefonske mreže preko Interneta, a on takođe može da prenosi signalizaciju između dve tačke klasične telefonske mreže između kojih postoji Internet. Signalizacija, kao svojevrsni prenos podataka, se u telefonskoj mreži mora obavljati bez grešaka. TCP zadovoljava ovaj uslov jer se prenos vrši sa proverom ispravnosti sadržaja, vremenskim kontrolama i retransmisijama. Međutim, ovaj protokol ima neke nedostatke kao što su nepostojanje negativne potvrde i predugo predviđeno vreme čekanja potvrde, što prouzrokuje veliko inicijalno kašnjenje i velike varijacije kašnjenja paketa. Usled toga, korišćenje TCP protokola za prenos govornog signala nije prihvatljivo. Sa druge strane, UDP protokol ne nudi korekciju neispravnog redosleda paketa niti ima mogućnost detektovanja gubitaka paketa, pa je i njegovo korišćenje neprihvatljivo.

Pomenuti nedostaci se izbegavaju korišćenjem RTP protokola (*Real-time Transport Protocol*). On je definisan standardima RFC 1889 i 3550 i koristi se za prenos vremenski osetljivih podataka (govor, video) u realnom vremenu. Ovaj protokol pripada sloju primene i može se smatrati korisničkim, dok za transport koristi UDP datagrame. RTP ima svoj kontrolni protokol RTCP (*RTP Control Protocol*), on vrši nadgledanje svih parametara prenosa koji čine da on ima svojstva prenosa u realnom vremenu (kašnjenje datagrama, razlika u kašnjenju datagrama i gubitak datagrama). Zbog potreba prenosa u realnom vremenu RTP ne omogućava potpuno pouzdan prenos poruka i ne garantuje da je redosled poslatih poruka jednak redosledu slanja. Ipak, on u svom zaglavlju nosi podatke koji omogućavaju da se utvrdi koje su i koliko poruka izgubljene u prenosu i da se redosled slanja obnovi na prijemnoj strani. RTP u zaglavlju nosi i oznaku vremena nastanka poruke pomoću koje se može utvrditi kašnjenje poruke i obnoviti izvorišni vremenski odnos nastanka poruka na prijemnoj strani.

U postupku paketizacije govornog signala od odsečaka govora se formiraju paketi, pri čemu se svaki odsečak sastoji od više digitalizovanih odbiraka govornog signala. Ovaj deo paketa se naziva sadržaj, a njemu se dodaju zaglavlja koja identifikuju tačke koje komuniciraju, vrstu protokola, dužinu sadržaja itd. To se obavlja u tri faze:

1. Formiranje RTP paketa dodavanjem zaglavlja od 12 bajtova;
2. Dodavanje UDP zaglavlja od 8 bajtova;
3. Dodavanje IP zaglavlja od 20 bajtova.

Ukupna dužina zaglavlja VoIP paketa iznosi 40 bajtova. U slučaju prenosa preko Eterneta dodaje se još 38 bajtova. Struktura paketa je prikazana na slici 12.



G.711 kodek, trajanje paketa 20 ms

1 - Ethernet preambula (8 bajtova), 2- Ethernet zaglavlje (14 bajtova),
3 - Ethernet provera ispravnosti (4 bajta), 4 - Ethernet razmak (12 bajtova),

Slika 12. Struktura VoIP paketa (preuzeto iz [8])

Iskorišćenost VoIP paketa je vrlo mala. Ukoliko se prenosi nekomprimovani govorni signal (G.711) odsečak od 20 ms sadrži 160 bajtova. Osnovno zaglavlje paketa se sastoji od 40 bajtova, što čini 20 % od celog paketa. Uz dodavanje Ethernet zaglavlja i kompresiju govornog signala, ovaj odnos se još više povećava. Kao posledica toga, povećava se zahtevani protok za prenos paketizovanog govornog signala. U cilju efikasnijeg prenosa u pogledu iskorišćenja propusnog opsega, moguće je grupisati više odsečaka govora u jedan paket. Međutim, za formiranje paketa sa više odsečaka je potrebno duže vreme, što značajno povećava kašnjenje i degradira kvalitet na prijemu. Zbog toga su obično dva ili tri odsečka obuhvaćena u jedan paket [8].

3.4.3. Realizacija paketske telefonske mreže

Da bi se paketska telefonija mogla praktično primeniti, potrebno je razviti odgovarajuću infrastrukturu za korišćenje VoIP tehnike. To uključuje znatno više radnji od prostog dodavanja funkcija kompresije postojećoj paketskoj mreži. Kao i kod klasične telefonske mreže, svakom korisniku se mora omogućiti da može da pozove bilo kog drugog korisnika, bez obzira na lokaciju i način na koji pristupa mreži (telefon, PC računar ili neki drugi uređaj).

3.4.3.1. Načini formiranja paketizovanog govornog signala

Postoji više načina na koji se može formirati paketizovani govorni signal. Najjednostavniji je korišćenje samo PC računara i posebnog softvera, koji omogućuje uspostavljanje veze sa drugim računarom, takođe povezanim na Internet. Računar je opremljen mikrofonom, zvučnicima i multimedijalnom karticom, koja mora da omogućiti

obavljanje svih procesiranja u realnom vremenu. U tu svrhu razvijena je PC kartica namenjena za VoIP, koja preuzima dobar deo posla od procesora i povećava brzinu obrade. Ovako opremljen računar može se povezati na Internet preko LAN mreže i rutera ili preko javne telefonske mreže i modema (Internet provajdera). Za uspostavljanje telefonske veze neophodan je odgovarajući softver.

Govorna komunikacija preko Interneta se može obaviti i korišćenjem klasičnih telefona, koje je neophodno prilagoditi paketskoj telefoniji. Telefonski aparat može se osposobiti za VoIP komunikaciju preko PC računara i pomenute kartice, na koju se priključuje. Kao i u prethodnom slučaju, koristi se i identičan softver. Ukoliko postoji potreba za priključenjem većeg broja telefona, koristi se varijanta u kojoj VoIP server igra ulogu privatne centrale. On predstavlja interfejs između većeg broja telefona i IP mreže, konvertuje analogni govorni signal u digitalni i formira pakete govora i obrnuto. VoIP server se može realizovati na dva načina. Prvi je VoIP server odnosno PC računar opremljen odgovarajućim hardverom i softverom. Konvencionalni telefoni priključuju se na PC koji je preko LAN mreže i rutera povezan na Internet. Ovakva konfiguracija omogućava i dodatne telefonske usluge (interaktivni govorni odziv, automatska distribucija poziva, govorna pošta itd.). U cilju smanjenja cene, koristi se namenski VoIP server (*Telephone Hub*), kao značajno jeftiniji. Na njega se može priključiti veći broj telefona, ali su korisnicima omogućene samo osnovne telefonske usluge.

Najsavremeniji koncept predstavlja korišćenje IP/Ethernet telefona. U ovom slučaju nema nikakvog posrednika i konvertora, već se namenski IP telefon direktno priključuje na LAN mrežu i tako ostvaruje direktan pristup Internetu. Umesto klasičnog telefonskog priključka, telefon poseduje Ethernet priključak. Sam uređaj vrši obradu govornog signala i generiše VoIP pakete, koji se preko rutera šalju putem Interneta. Obzirom da je rešenje potpuno hardversko, obrada se obavlja velikom brzinom, sa veoma malim kašnjenjem. Korisnik se ponaša isto kao na klasičnom telefonu, osim što umesto biranja telefonskog broja on ukucava IP adresu pozvanog terminala.

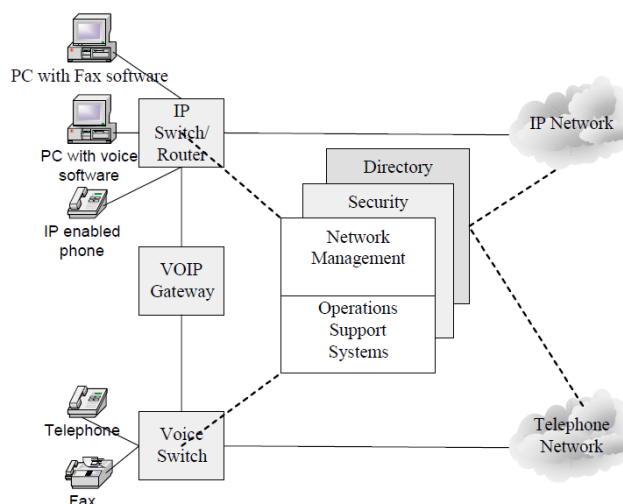
3.4.3.2. Integracija paketske i klasične telefonske mreže

Dok VoIP označava način prenosa govornog signala korišćenjem određene grupe protokola Interneta, paketska telefonija predstavlja složen sistem integracije VoIP i klasične telefonske mreže. U cilju postizanja masovnije komunikacije preko Interneta, neophodno je na neki način omogućiti priključenje javnih telefonskih centrala na njega, da bi usluge paketske telefonije postale dostupne i korisnicima sa klasičnim telefonskim aparatima. Drugim rečima, potrebno je ostvariti konverziju govornog signala sa javne telefonske mreže u govorne pakete i obrnuto. Za tu namenu se uvodi poseban uređaj koji se naziva pretvarač (*gateway*). On govorne signale sa javne klasične telefonske

centrale, po opisanom algoritmu konvertuje u pakete govora i šalje na njihovo odredište putem Interneta. Obrnuto, pakete koji stižu do njega pretvarač raspakuje i konvertuje u govorne signale, a zatim ih prosleđuje do aparata korisnika kome je poziv upućen.

Objedinjavanjem svih terminalnih uređaja, mreža i načina njihovog povezivanja dobija se paketska telefonska mreža. Ulogu komutacionih centara u njoj igraju ruteri. Neke od funkcija zahtevanih u paketskoj mreži su: upravljanje, konfigurisanje, tarifiranje, adresiranje, autorizacija. Primer mešovite paketske i klasične telefonske mreže je prikazan na slici 13. Ovakvu mrežu čine:

- Internet mreža sa svim pripadajućim elementima (podmrežama, ruterima),
- javna telefonska mreža sa svojim prenosnim putevima i komutacionim centrima,
- terminalni uređaji (PC računari, klasični telefoni, IP telefoni),
- pretvarači.



Slika 13. Povezivanje paketske i javne telefonske mreže (preuzeto iz [5])

Pretvarač je na slici prikazan kao poseban blok, ali on može biti integrisan u telefonsku centralu ili u ruter. Njegovim korišćenjem omogućeno je premošćavanje klasične telefonske mreže sa komutacijom kola pomoću Interneta. Ovaj uređaj treba da obezbedi vezu između dve različite mrežne tehnologije. Realizacija pretvarača je bio jedan od ključnih koraka u razvoju paketske telefonije, obzirom da je klasični telefon najjednostavniji, najjeftiniji i najčešće korišćen terminalni uređaj na svetu. Pretvarač preuzima standardni telefonski signal, digitalizuje ga (po potrebi), obavlja kompresiju podataka, formira VoIP pakete i usmerava ih ka odredištu preko Interneta. Na drugom kraju, on prihvata pakete, dekomprimuje ih i pretvara u oblik pogodan za prenos do krajnjeg telefonskog uređaja. Primopredaja paketa i telefonskog signala vrši se simultano, omogućujući *full-duplex* konverzaciju.

Pretvarač je najčešće razdvojen na dva podsistema:

- *Media Gateway* (MGW), koji prenosi samo korisničke informacije (govor);
- *Media Gateway Controller* (MGC), kontroler koji prenosi signalizaciju i upravlja radom MGW-a.

Protokol namenjen za vezu između ova dva podsistema i za upravljanje njima definisan je u dokumentima RFC 3435 i 3661, pod nazivom MGCP (*Media Gateway Control Protocol*). Funkciju obavlja kroz niz transakcija, koje se sastoje iz komande i odgovarajućeg odgovora. MGCP se koristi kod različitih varijanti pretvarača: između klasične i paketske mreže (*trunking gateway*), krajnjeg korisnika klasične mreže i paketske mreže (*residential gateway*), PBX centrale i paketske mreže (*access gateway*) [5]. Osim MGCP-a, za istu namenu se koristi savremeniji MEGACO protokol, zajednički definisan od strane IETF-a (RFC 5125) i ITU-T-a (ITU-T H.248) On je projektovan kao interni protokol u distribuiranom komutacionom okruženju, koji se ka spoljašnjem svetu pojavljuje kao jedan VoIP pretvarač.

Korišćenjem pretvarača može se ostvariti komunikacija između telefona i multimedijalnog PC računara (u tom slučaju dovoljno je koristiti samo jedan pretvarač), kao i komunikacija na relaciji telefon - telefon (potrebna su dva pretvarača, sa svake strane veze po jedan). Korisnik koji želi da obavi telefonski razgovor putem Interneta sa klasičnog analognog telefona, poziva preko javne centrale broj najbližeg prenosnika. Po uspostavljanju veze, nastavlja sa unošenjem telefonskog broja sa kojim želi da uspostavi vezu. Pretvarač analizira taj broj i pronalazi srodni uređaj koji je geografski najbliži lokaciji na kojoj se nalazi pozvani broj, te na njegovu IP adresu upućuje govorne pakete sa podacima telefonskog broja na koji ih treba isporučiti. Prijemni pretvarač poziva taj broj i po uspostavljanju veze konvertuje IP govorne pakete u analogni govorni signal, čime je komunikacija uspostavljena.

3.4.4. Osnovne karakteristike paketske telefonske mreže

3.4.4.1. Adresiranje

U Internetu postoji nekoliko tipova adresa. Sa gledišta telefonske tehnike, najvažnije tri adrese su: IP adresa, hardverska adresa i domensko ime.

IP adresa je ona na osnovu koje se upućuje paket kroz Internet. Ona se sastoji od četiri bajta ili četiri broja čija je vrednost između 0 i 255 a koji se razdvajaju tačkama. Hardverska adresa se sastoji od 48 bita ili 12 heksadecimalnih cifara. Mrežni interfejs prepoznaje paket samo preko hardverske adrese. Korisnici Interneta najlakše pamte i

najviše koriste domensko ime kao adresu, a ono se sastoji od nekoliko (ne manje od dva) alfanumeričkih zapisa razdvojenih tačkama.

Dakle, korisnici se obraćaju Internetu domenskim imenima, paketi se prosleđuju kroz Internet na bazi IP adresa, a korisnička radna stanica prihvata pakete na osnovu hardverske adrese. Shodno tome, u Internetskoj komunikaciji moraju da postoje bar dva adresna pretvaranja. Jedno je pretvaranje domenskog imena u IP adresu koje vrši celina zvana DNS (*Domain Name System*), a drugo je pretvaranje IP adrese u hardversku adresu, koju obavlja protokol ARP (*Address Resolution Protocol*).

DNS je skup programskih celina, protokola i baza podataka koji omogućavaju da se na osnovu domenskog imena nalaze IP adrese tačaka Interneta i obrnuto. Obzirom da korisnici Interneta radije koriste imena, a Internet vrši upućivanja na osnovu IP adresa, neophodno je u svakoj vezi preko Interneta povezati ove dve adrese. Kako je broj tačaka Interneta veliki, adrese se ne mogu držati u svakoj tački već u tzv. serverima imena (*name servers*). Ovi serveri sadrže tabele u kojima su povezana imena i IP adrese. Pošto ni jedan od ovih servera ne može sadržati sve veze IP adresa i imena, u svakom od njih postoje IP adrese nekih drugih servera koji mogu pomoći u traženom prevođenju. Serveri imena su tako povezani da uvek postoji zamena za server koji je neispravan tj. kvar jednog servera ne može da utiče na rad DNS-a. Na vrhu hijerarhije DNS servera nalazi se primarni korenski server preko kojega se vrše sve promene u DNS podacima. Ovaj server je povezan sa više sekundarnih korenskih servera koji svaka tri sata prihvataju nove podatke od primarnog servera [7].

Komunikacija DNS pretvaranja se obavlja DNS upitima i odgovorima. Upit i odgovor mogu da se odnose na pretvaranje domenskog imena u IP adresu ili IP adrese u domensko ime. Komunikacija se obavlja transportnim protokolom UDP.

Uspostavljanje Internetske veze se vrši u tri koraka. Prvi korak je nalaženje IP adrese odredišta od strane izvorišta i obavlja se DNS-om. Drugi korak predstavlja upućivanje paketa kroz mrežu. Treći korak se dešava u odredišnoj lokalnoj mreži i predstavlja nalaženje hardverske adrese odredišta na osnovu IP adrese odredišta. Ovaj korak se naziva ARP (RFC 826).

Otkrivanje odredišne hardverske (fizičke ili Ethernet ili MAC) adrese se obavlja u odredišnoj lokalnoj mreži, u fizičkom, prvom sloju. Otkrivanje ima nekoliko faza. Prvo se utvrđuje da li je paket upućen nekoj radnoj stanici koja pripada toj lokalnoj mreži. Ovom paketu nedostaje samo ciljna MAC (*Media Access Control*) adresa. Radna stanica ili ruter koji ima paket za neku od radnih stanica date lokalne mreže, šalje svim ostalim radnim stanicama ARP upit. Jedno polje ARP upita se popunjava IP adresom za koju se traži MAC adresa. Sve radne stanice prihvataju ARP upit, a samo u jednoj se utvrđuje usklađenost sopstvene IP adrese i odredišne IP adrese iz ARP upita. Ta stanica

šalje ARP odgovor sa traženom odredišnom MAC adresom. Izvorišna radna stanica ili ruter primaju ARP odgovor i iz njega koriste odredišnu MAC adresu kako bi se paket upotpunio. Paket se šalje u lokalnu mrežu i biva prihvaćen od odredišne radne stanice.

3.4.4.2. Upućivanje

Komutacija u paketskoj tehnici je proces koji se svodi na upućivanje tj. prosleđivanje paketa. Upućivanje (*routing*) je skup pravila i postupaka pomoću kojih se paketi vode od izvorišta do odredišta. Upućivanje paketa u Internetu se uvek vrši na osnovu odredišne IP adrese. Tačka u računarskoj mreži može biti radna stanica ili ruter. Mrežni sloj je zadužen za upućivanje i u radnoj stanici i u ruteru. On može dobiti paket od višeg, transportnog sloja ili od nižeg fizičkog, iz mreže. Sa gledišta upućivanja paketa razlika između radne stanice i rutera je sledeća: Radna stanica može da šalje svoje pakete ili prima pakete iz mreže, a ruter da šalje svoje, da prima pakete iz mreže i šalje primljene. U poslednjem slučaju radi se o prosleđivanju (*forwarding*). Ukoliko radna stanica dobije paket iz mreže sa IP adresom koja nije njena, taj paket se odbacuje.

Između upućivanja u paketskoj i klasičnoj telefonskoj mreži postoji bitna razlika. Postojanje traženog korisnika se u Internetu proverava na početku traženja, a u telefonskoj mreži na kraju. Posledica toga je da je u telefonskoj mreži moguće upućivanje poziva ka nepostojećem broju, dok u Internetu to nije moguće. Naime, u telefonskoj mreži izvorišna tačka upućuje poziv na osnovu prvih cifara biranog broja (kod zemlje, oblasti ili centrale) bez obzira da li je broj pretplatnika postojeći. U Internetu je moguće tražiti nepostojeće domensko ime, ali upućivanje neće početi jer ne postoji ispravna IP adresa u DNS odgovoru.

Sa gledišta telefonske tehnike IP komutacija je nepovoljna u odnosu na ostale paketske tehnike jer zahteva relativno spor i složen proces upućivanja svakog paketa sa govornim sadržajem. Da bi se prevazišli ovi problemi razvijena je tehnika MPLS (*Multi Protocol Label Switching*), opisana u dokumentima RFC 3031 i RFC 3032. To je tehnika brzog prosleđivanja paketa kroz mrežne čvorove Interneta (rutere), nezavisna od protokola i tabela upućivanja. Kod klasičnih protokola upućivanja, odluka o upućivanju paketa se donosi nezavisno u svakom koraku (*hop*). Izbor sledećeg koraka se vrši na osnovu IP adrese odredišta i analize tabele upućivanja, a ovaj postupak se ponavlja za svaki paket. Kod MPLS tehnologije, zaglavlje paketa se analizira samo jednom, pri njegovom ulasku u MPLS mrežu. Kada se izabere put do odredišta, svaki paket dobija labelu kojom se opisuje kako će se on prosleđivati kroz mrežu. U svakom koraku paket se upućuje na osnovu sadržaja labele, čije promene sadržaja definišu put kroz mrežu. Kada paket dođe do izlaza iz MPLS mreže, labela se uklanja, a on postaje ponovo običan IP paket. MPLS omogućuje fleksibilnije upravljanje saobraćajem s obzirom da

se podaci mogu prenositi kombinovanjem bilo kojih tehnologija, uz podršku različitih mrežnih protokola i jedno je od rešenja kojim se poboljšava kvalitet prenosa u paketskoj telefoniji [8].

3.4.4.3. Numeracija

U mešovitoj klasičnoj i paketskoj telefonskoj mreži je neophodno ujednačiti sistem numeracije u klasičnoj mreži i način adresiranja u paketskoj mreži. Jedan od osnovnih problema je da korisnik običnog telefona ne može jednostavno da bira adresu nekog IP terminala sa svoje tastature ili broјčanika. Ovaj se problem može rešiti primenom postupka ENUM [7].

Skraćenica ENUM, pored nekoliko tumačenja same skraćenice (*tElephone NUMbering*, *E.164 NUmber Mapping*, *tElephone NUmber Mapping*), ima i nekoliko značenja. Po najširoj definiciji, ENUM je postupak koji omogućava da imenik u mešovitoj telefonskoj mreži bude jedinstven. Njegova primena je i šira od prostog univerzalnog telefonskog imenika. Naime, ovaj postupak omogućava biranje ne samo IP telefona već i drugih IP resursa. Suštinska definicija ENUM-a je da je to postupak povezivanja kvalifikovanog telefonskog broja i identifikatora pojedinih resursa u paketskoj mreži. Ideja ENUM-a je da se svakom IP terminalu dodeli kvalifikovani telefonski broj. To omogućava korisnicima koji imaju samo telefonski aparat da jednostavno biraju IP terminale. ENUM se zasniva na E.164 numeraciji i DNS-u.

E.164 numeracija je plan numeracije usklađen sa ITU-T preporukom E.164. Jedan deo preporuke E.164 se odnosi na geografske brojeve i u njoj se kaže da se pozivni broj nekog korisnika telefonske mreže sastoji od koda dežave (1 - 3 cifre), koda oblasti i pretplatničkog broja, uz uslov da sva tri dela nemaju više od 15 cifara. Podrazumeva se da se pri korišćenju ovih brojeva koriste međunarodni i međumesni prefiksi, ali oni nisu deo preporuke E.164. Brojevi koji zadovoljavaju strukturu propisanu preporukom E.164 nazivaju se E.164 brojevi ili kvalifikovani brojevi. Na taj način se, posmatrajući kvalifikovani telefonski broj s leva na desno, može utvrditi da hijerarhijski red opada (kod države, međumesni kod, pretplatnički broj). Analiza broja pri upućivanju počinje od hijerarhijski najznačajnijeg dela tj. sa leve strane. Brojevi korisnika privatnih, kućnih centrala i mreža mogu, ali ne moraju zadovoljavati preporuku E.164.

3.4.4.4. Kvalitet usluge

Bilo koja tehnologija da se koristi za prenos govora, za vlasnike mreže uvek ostaje isti imperativ - garantovani kvalitet usluge. Kod klasičnih mreža za prenos podataka performanse sistema zavise od verovatnoće gubitaka paketa, ali njihovo kašnjenje nije funkcionalni imperativ. Međutim, govor je proces koji se odvija u realnom vremenu

i kao takav ne toleriše neodređene karakteristike mreže u smislu nepoznatog kašnjenja i varijacije kašnjenja. Iz ovih razloga, tehnologije poput IP, koje same po sebi ne garantuju kvalitet usluge (*Quality of Service - QoS*), moraju biti unapređene kako bi podržale prenos govora.

Najveći problem koji se javlja u paketskoj telefoniji predstavlja obezbeđivanje kvaliteta usluge korisnicima koji oni imaju u klasičnim telefonskim mrežama. Za razliku od PSTN-a, u kojima se veza dodeljuje pre uspostavljanja poziva, u paketskim mrežama se koristi statističko multipleksiranje mrežnih resursa. To dovodi do uštede u troškovima, ali ne garantuje kvalitet usluge koji se nudi korisnicima [5].

Kvalitet usluge u paketskoj telefoniji zavisi od dva glavna faktora: setovanja kodeka i uslova u mreži duž puta prenosa. Korišćenje kompresora smanjuje kvalitet govornog signala na prijemu po dva osnova. Prvi je uticaj obrade govornog signala u postupku kompresije i dekompresije, a drugi razlog smanjenja kvaliteta je dodatno kašnjenje koje izaziva postupak kompresije.

Osnovni problem koji se javlja kod prenosa govornih paketa kroz paketske mreže je problem zagušenja mrežnih čvorova u toku trajanja uspostavljenih paketskih telefonskih veza. Ova pojava nije bila poznata u klasičnim telefonskim mrežama gde je zagušenje moglo da se pojavi kod uspostavljanja veze, ali nikako i tokom veze. Neki od uzroka zadržavanja paketa u mrežnim čvorovima su: čekanje paketa na obradu zbog zauzetosti čvora obradom ranije pristiglih paketa, čekanje zbog pretraživanja tabela upućivanja i čekanje na odlazni prenosni put zbog njegove zauzetosti slanjem ranije obrađenih paketa. Zagušenje mrežnih čvorova (i prenosnih puteva) izaziva kašnjenje paketa, promenljivo kašnjenje paketa i gubitke paketa. Sve ove pojave utiču negativno na kvalitet primljenog govornog signala. Zbog toga se u paketskim mrežama primenjuju postupci nadgledanja paketskih tokova i mere upravljanja zagušenjima.

Kašnjenje u paketskim mrežama se razlikuje od kašnjenja u klasičnim telefonskim mrežama po broju uzroka, mestu nastanka i vrednosti. Od zanemarljivog činioca u klasičnim mrežama, kašnjenje je postalo ključni činilac kvaliteta paketskih telefonskih veza. Kašnjenje kroz mrežu nastaje zbog obrade paketa u ruterima i prenosa po prenosnim putevima. Iznad vrednosti kašnjenja od oko 50 ms govorniku počinje da smeta sopstveni odjek, za kašnjenja preko 250 ms govornici počinju istovremeno da govore misleći da sagovornik sluša (*double-talk*). Preporuka ITU-T G.114 sugeriše da kašnjenje paketa u jednom smeru ne sme biti veće od 150 ms, međutim pokazano je da se kašnjenja do 200 ms mogu smatrati prihvatljivim [9].

Na prijemnoj strani govorni paketi stižu sa različitim kašnjenjem. To se dešava usled različitih puteva koje pojedini paketi prelaze, vremenski promenljivog opterećenja mrežnih tačaka i zagušenja delova mreže. Razlika najveće i najmanje vrednosti kašnjen-

nja se naziva promenljivim delom kašnjenja ili džiterom (*jitter*). Na prijemu se mora uspostaviti jednak vremenski odnos paketa odnosno kašnjenje treba da se izgladi. To se postiže dodatnim zakašnjenjem svih paketa kako bi se dostiglo kašnjenje paketa sa najvećim kašnjenjem. U tu svrhu se koristi bafer za izgladivanje džitera (*de-jitter buffer* ili *playback buffer* na slici 10.). Ovaj postupak doprinosi dodatnom kašnjenju paketa.

Elementi mreže unose promenljivo kašnjenje nezavisno jedan od drugog. Zbog toga se može desiti da u nekom vremenu svi elementi mreže unose promenljivo kašnjenje najveće vrednosti. Izgladiivački bafer bi u ovom slučaju morao da unosi suviše veliko kašnjenje na prijemu. Zbog toga se on proračunava tako da se, u retkim slučajevima ekstremnih kašnjenja, paketi odbacuju kao suviše zakasneli.

Gubitak paketa predstavljaju oni paketi koji uopšte ne stignu do odredišta, oni koji stignu oštećeni ili stignu suviše kasno. Paketi koji sadrže grešku, preneti protokolom RTP, odbacuju se na prijemu. U intervalima zagušenja mreže, mrežni čvorovi eliminišu neke pakete kako bi se zagušenje smanjilo. Kvarovi u paketskoj mreži kao i preusmeravanja u upućivanju, takođe mogu dovesti do gubitaka paketa.

Izgubljeni paketi koji nose signalizacione informacije se moraju ponovo poslati. Informacija koju nose ovi paketi je važnija od rada u realnom vremenu. Za razliku od toga, kod paketa koji nose govorne informacije je obrnut slučaj, rad u realnom vremenu je najvažniji. Retransmisija govornih paketa se ne vrši jer bi se na taj način povećalo kašnjenje govornog signala na prijemu. Kvalitet koji bi se dobio prenosom svih paketa izgubio bi se zbog prevelikog kašnjenja.

U cilju smanjenja uticaja gubitaka paketa, primenjuju se dve vrste mera. Prve su one koje smanjuju verovatnoću gubitaka paketa, a druge koje vrše nadoknadu izgubljenih paketa. U grupu mera za smanjenje posledica gubitaka spada slanje paketa sa dva govorna uzorka, jedan sa neparnim brojevima, a sledeći sa parnim. U istu grupu spada i višestruko (n) slanje istih uzoraka govora (*Forward Error Correction* - FEC), postupak koji se primenjuje na predajnoj strani i dozvoljava gubitak $n-1$ paketa bez posledica.

U grupu mera za nadoknadu izgubljenih paketa spada ponavljanje poslednjeg paketa umesto nedostajućeg. Ova jednostavna mera je zadovoljavajuća za gubitke pojedinačnih paketa. Međutim, u slučaju gubitaka uzastopnih paketa, ponavljanje istog uzorka govora umesto nekoliko uzastopnih izgubljenih paketa izaziva primetne smetnje. Složenije mere se sastoje u proceni svojstava govornog signala u toku njegovog trajanja. Ova svojstva se čuvaju za period neposredne prošlosti. Ukoliko se dogodi gubitak paketa moguće je, na osnovu sačuvanih svojstava, generisati izgubljene uzorke govora. Kada pravi paketi ponovo počnu da stižu na odredište, potrebno je izvršiti postepeni prelaz sa sintetizovanog govora na pravi. Ova nadoknada izgubljenih paketa u literaturi se naziva PLC (*Packet Loss Concealment*). Postupci PLC su razvijeni za sve kodere koji

se koriste u paketskim mrežama. Sam postupak PLC zahteva neko vreme (5 ms), pa samim tim doprinosi povećanju kašnjenja odnosno smanjenju kvaliteta.

Odjek ili eho je smetajuća pojava kada govornik ili slušalac čuju ponovljeni signal. Odjek postoji i u analognim i digitalnim klasičnim telefonskim mrežama, ali se kao značajna smetnja pojavljuje tek u paketskoj telefoniji. Razlog tome je činjenica da povratni signal odjeka utoliko više smeta ukoliko je više zakašnjen u odnosu na primarni signal. U klasičnim telefonskim mrežama ovo kašnjenje je uglavnom određeno vremenom prostiranja signala i ono iznosi 4 - 6 ms / 1000 km. Vidi se da ovo kašnjenje ne može da dostigne kritičnu vrednost od 50 ms čak ni u najdužim vezama. Zbog toga je odjek u klasičnim telefonskim mrežama, izuzimajući satelitske veze, zanemarljiva pojava. U paketskim telefonskim mrežama slušalac može čuti odjek za kašnjenja veća od 25 ms, tako da se zahteva primena mera za smanjivanje uticaja odjeka. U tu svrhu se primenjuju prigušenje (*echo suppressor*) ili poništavanje (*echo canceller*) odjeka, koji se zajednički nazivaju postupkom za upravljanje signalom odjeka (*ES&C*).

Kvalitet paketske telefonije u širem smislu se odnosi na sve faze telefonske veze. U užem smislu se misli na kvalitet govornog signala tj. na razliku ovog signala između odredišta i izvorišta. Kvalitet u užem smislu se ocenjuje subjektivnim i proračunskim metodima. Najpoznatija subjektivna ocena je MOS (*Mean Opinion Score*), opisana u ITU-T preporuci P.800 [10]. Definiše se kao srednja subjektivna ocena kvaliteta govora, dobijena od više različitih ocenjivača koji slušaju specijalne test sekvence govora. Ocene uzimaju vrednosti od 1 (loš) do 5 (odličan), pri čemu se ocena 4 smatra kao nivo kvaliteta tipičan za lokalnu vezu u klasičnoj telefonskoj mreži (*toll quality*), a kvalitet ispod ocene 3 je neprihvatljiv za komunikaciju [5].

Najpoznatiji proračunski metod je tzv. E - model, opisan u ITU-T preporuci G.107 [11]. Ovaj model služi za ocenu kvaliteta telefonskih veza u planiranju i organizaciji mreže pomoću jednačine koja povezuje ukupni činilac dobrote jedne veze (*Rating factor - R*), sa pokazateljima uticaja terminalnih uređaja, mreže i okruženja. Ukupno ima 20 ovih parametara, međutim u paketskim telefonskim mrežama se obično koristi pojednostavljena verzija u kojoj se pretpostavljaju unapred definisane vrednosti za većinu njih osim za kašnjenje i gubitak paketa. Faktor R ima vrednosti u opsegu 0 - 100, oceni 4 u MOS metodu odgovaraju vrednosti R u opsegu 80 - 90. Maksimalna vrednost koja se može postići je $R = 93.2$, što odgovara oceni MOS = 4.41, dok se korišćenjem kodeka G.711 može ostvariti $R \geq 80$ tj. MOS u opsegu 4 - 4.4 [5].

4. TELEFONSKI SISTEMI SIGNALIZACIJE

Jedna od osnovnih aktivnosti komutacionog sistema prilikom posluživanja poziva je njegova interakcija sa okolinom. Pri tome se pod okolinom komutacionog sistema podrazumevaju sve korisničke linije i prenosnički vodovi priključeni na sistem, a pod interakcijom razmena podataka odnosno upravljačkih poruka koje odgovaraju pojedinim etapama posluživanja poziva. Ovi podaci se prenose signalima, a njihova razmena posredstvom signala naziva se signalizacija. U užem smislu, signalizacija se odnosi na informacije koje se prenose unutar telefonske mreže, a služe za uspostavljanje, nadgledanje i raskidanje veze. U širem smislu, signalizacija označava bilo koji protok podataka vezan za upravljanje neke telefonske mreže, njenih internih elemenata ili baza podataka. Ti podaci omogućuju servise kao što su tarifiranje, roming u mobilnoj telefoniji, pozivanje besplatnih brojeva, *televoting* itd.

4.1. FUNKCIJE SIGNALIZACIJE

Signali se u toku posluživanja poziva međusobno razlikuju u zavisnosti od podataka tj. upravljačkih poruka koje nose i mogu se razvrstati u četiri kategorije:

- signali kojima se zahteva veza ili njeno oslobađanje;
- signali koji nose podatke o adresama;
- signali koji daju obaveštenje o stanju veze i etapi posluživanja;
- signali koji su rezultat nadgledanja posmatrane veze.

Skup više signala različitih kategorija omogućuje kompletan ciklus posluživanja poziva u komutacionom sistemu. Takav skup predstavlja sistem signalizacije.

4.1.1. Tehnike signalizacije

Pod tehnikom signalizacije podrazumevaju se načini i sredstva kojima se realizuju signali u okviru pojedinih sistema signalizacije. U svakom od njih potrebno je međusobno razlikovati signale koji nose različite upravljačke poruke. Za raspoznavanje signala koristi se neka od karakteristika: amplituda, polaritet, frekvencija ili trajanje. U zavisnosti od toga postoji nekoliko tehnika signalizacije [1]. Najčešće se koriste:

- tehnika prekidanja signalizacione petlje,
- višefrekvencijska tehnika,
- tehnika komunikacije porukama.

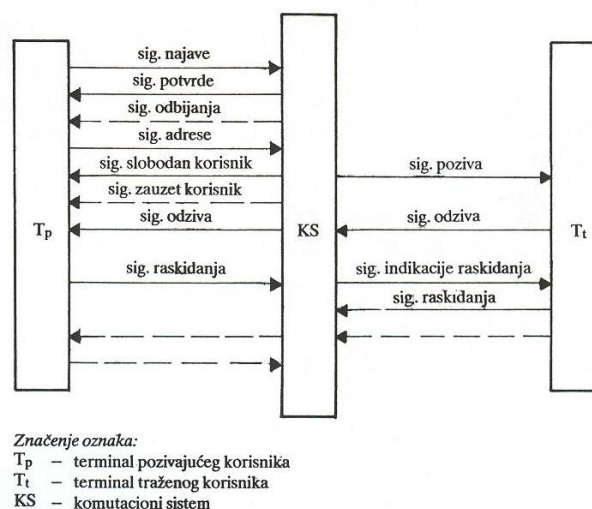
Tehnika prekidanja signalizacione petlje je najstarija tehnika signalizacije. Princip dobijanja signala se zasniva na prekidanju i uspostavljanju toka jednosmerne struje u kolu koje čini tzv. signalizacionu petlju. Ova tehnika se podjednako primenjuje za signalizaciju centrale sa korisničkim terminalima i signalizaciju između centrala. Rad svih telefonskih aparata sa broječanikom se zasniva na korišćenju ove tehnike.

Princip višefrekvencijske tehnike se zasniva na kodovanju signala. Svaki signal se formira određenom kombinacijom frekvencija iz skupa unapred odabranih frekvencija. Ova tehnika se primenjuje kod telefona sa tastaturnim biranjem, kao i u sistemima signalizacije za međusobni rad telefonskih centrala. Karakteristično za ovu tehniku je neophodnost primene posebnih organa, predajnika i prijemnika frekvencija.

U tehnici komunikacije porukama signali su poruke u obliku određenih formata. Format poruke sadrži polja u kojima se smeštaju adrese odredišta i izvorišta, upravljački podaci, signalizaciona informacija i podaci za proveru ispravnosti prenosa poruke. Kada se poruka formira, šalje se ka definisanom odredištu. Ukoliko se utvrdi greška, upućuje se zahtev mestu nastanka poruke za njen ponovljeni prenos. Poruke koje se odnose na dati poziv ne moraju se sve upućivati istim putem. One prenose prema algoritmu upućivanja, u zavisnosti od mogućnosti i opterećenja raspoloživih puteva.

4.1.2. Signalizacija između komutacionog sistema i korisničkog terminala

Razmena signala pri uspostavljanju i raskidanju veze na relaciji korisnički terminal - komutacioni sistem šematski je prikazana na slici 14. U datom modelu, dva terminala su priključena na isti komutacioni sistem i omogućeno je istovremeno posmatranje signalizacije terminala pozivajućeg i traženog korisnika sa njim.



Slika 14. Razmena signala pri uspostavljanju i raskidanju veze na relaciji korisnički terminal - komutacioni sistem (preuzeto iz [1])

Svi prikazani signali se mogu podeliti u dve grupe, signale ka centrali i signale od centrale. Signali od telefonskog aparata ka centrali razlikuju se u zavisnosti da li se radi o pozivajućem ili traženom korisniku. Signali od pozivajućeg korisnika su: signal najave, adresne poruke i signal raskidanja unapred, dok su signali od traženog korisnika: signal odziva i signal raskidanja unazad.

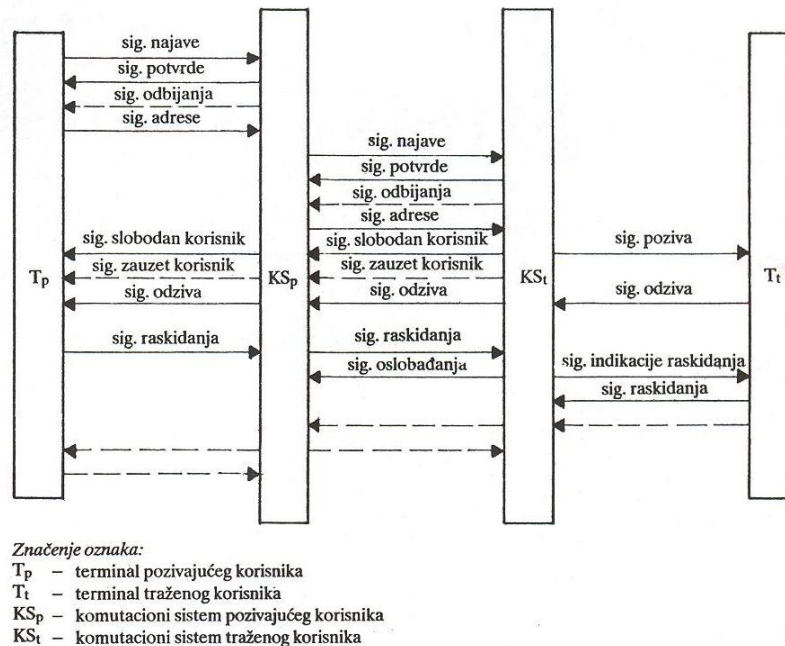
Adresne poruke se dobijaju na dva tipična načina: tehnikom prekidanja signalizacije petlje i tehnikom višefrekvencijskog kodovanja. U prvom slučaju (telefonski aparati sa broјčanikom), svaka cifra pozivnog broja predstavljena je skupom biračkih impulsa, čiji broj odgovara brojnoj vrednosti date cifre. Pri tome, svaki birački impuls čine impuls i pauza, unapred definisanog trajanja. U drugom slučaju (telefonski aparati sa tastaturom), pritiskom na ma koji taster šalju se dve frekvencije iz unapred definisnih skupova nižih odnosno viših vrednosti. Na ovaj način se biranje broja ostvaruje znatno brže, jer je vreme raspoznavanja ovih frekvencija u centrali manje od trajanja impulsa.

Signali koji se upućuju od centrale ka telefonskom aparatu su tonski i pozivni signali. Tonskim signalima se pozivajući korisnik obaveštava o određenim etapama uspostavljanja veze. Tako, u zavisnosti da li je centrala spremna za posluživanje zahteva korisnika koji želi da inicira vezu, ona kao odgovor na signal najave šalje signal potvrde ili signal odbijanja. Nakon primljenih adresnih signala, centrala odgovara nekim od signala stanja: signal slobodnog korisnika ili signal zauzetog korisnika, u zavisnosti da li je traženi korisnik angažovan u nekoj drugoj vezi ili nije odnosno da li postoje raspoloživi resursi da se ostvari veza sa njim ili ne postoje. Na kraju, kao odgovor na zahtev jednog od korisnika za oslobađanjem veze tj. signal raskidanja, centrala šalje signal indikacije raskidanja. Pozivnim signalom se aktivira zvučni indikator u telefonskom aparatu tj. šalje indikacija traženom korisniku da je pozvan.

4.1.3. Signalizacija između dva komutaciona sistema

Razmena signala pri uspostavljanju i raskidanju veze između korisnika priključenih na različite komutacione sisteme šematski je prikazana na slici 15. Pored posmatrane signalizacije između dve centrale, modelom su obuhvaćene i signalizacije između terminala pozivajućeg odnosno traženog korisnika i komutacionog sistema.

Poređenjem slika 14. i 15. generalno se može zaključiti da se signali po značenju praktično podudaraju, pa se koriste i isti nazivi. Jedina razlika postoji pri raskidanju veze, kada se komutacionom sistemu koji je uputio signal raskidanja ka drugom sistemu šalje potvrda da je veza oslobođena, u obliku signala oslobađanja. Međutim, u praksi se realizacije sistema signalizacije između komutacionih sistema značajno razlikuju u odnosu na sisteme signalizacije između terminala i centrale. Oni su znatno složeniji, sadržajno bogatiji, realizuju se drugačijim tehnikama i koriste različite načine prenosa.



Slika 15. Razmena signala pri uspostavljanju i raskidanju veze terminala priključenih na različite komutacione sisteme (preuzeto iz [1])

Svi signali u okviru sistema signalizacije između centrala u klasičnoj telefonskoj mreži dele se na dve grupe. Prvu grupu čine linijski signali, koji učestvuju u etapama uspostavljanja i raskidanja veza. U drugoj grupi su registarski signali, koji nose adresne poruke i ostale podatke o korisnicima. Razmena signala se obavlja sa potvrdom. To znači da centrala za svaki primljeni signal šalje odgovarajući signal potvrde, čime se značajno podiže nivo efikasnosti i pouzdanosti rada centrala.

Postoji više sistema signalizacije između centrala. Oni se razlikuju po repertoaru signala, tehnikama njihovog izvođenja, načinima prenosa, električnim karakteristikama itd. Razlike postoje i zbog drugačijih propisa nacionalnih i međunarodnih administracija. Koji će se sistem signalizacije koristiti u mreži, zavisi od konkretne potrebe u telefonskoj mreži odnosno hijerarhijskog ranga centrala, tehničko-tehnološkog rešenja centrala i sistema prenosa i dr.

4.2. PODELE SISTEMA SIGNALIZACIJE

4.2.1. Signalizacije prema načinu prenošenja

Signali bilo kog sistema signalizacija po pravilu se odnose na određeni poziv tj. vezu, kojom se obavlja razmena korisničkih podataka. U zavisnosti od toga kakav je položaj kanala (kola) kojim se prenose ovi signali u odnosu na kanal korisničkih poruka,

razlikuju se signalizacija po pridruženom kanalu (*Channel Associated Signaling - CAS*) i signalizacija po zajedničkom kanalu (*Common Channel Signaling - CCS*).

Signalizacija po pridruženom kanalu podrazumeva da se signali prenose kanalom po kome se prenose korisničke poruke ili po posebnom signalizacionom kanalu, koji je stalno pridružen kanalu korisničke poruke. Postoji više rešenja za realizaciju ovog tipa signalizacije, a razlikuju se u zavisnosti od konkretne primene, vrste prenosa, primenjene tehnike signalizacije itd. Ovaj način prenosa signala se u početku primenjivao u telefoniji. Međutim, on ima više ograničenja: mali repertoar signala, relativno mala brzina prenošenja, uske tolerancije signala (vreme, frekvencija), teško izvodljiva proširenja itd. Sve to značajno otežava primenu ovog načina signalizacije.

U slučaju signalizacije po zajedničkom kanalu, signali koji odgovaraju većem broju kanala korisničkih poruka šalju se u formi poruka po posebnom zajedničkom kanalu. Realizacija i prenošenje poruka obavlja se tehnikom komunikacije porukama. Svaki signal je predstavljen porukom, koja pored signalizacione informacije koju treba preneti sadrži i sve relevantne podatke o vezi na koju se odnosi, pa zbog toga može biti odvojena od kola po kome je data veza ostvarena. Razdvajanje signalizacionog kola od kola korisničkih poruka pruža mogućnost za formiranje signalizacione mreže, nezavisne u odnosu na mrežu kojom se prenose korisničke poruke. Ovaj tip signalizacije ima niz prednosti nad prethodnim: velika brzina prenosa, velike mogućnosti u pogledu repertoara signala, mogućnosti naknadnog proširenja, detektovanja i otklanjanja grešaka u prenosu, jednostavniji signalizacioni organi itd.

Signalizacija po zajedničkom kanalu predstavlja značajnu etapu u razvoju savremenih telekomunikacionih mreža. Njena prva primena je ostvarena u telefoniji, ali se brzo proširila i na druge telekomunikacione službe.

4.2.2. Različite podele signalizacija

U odnosu na trajanje signala, signalizacije se mogu podeliti na one sa stalnim signalima, impulsnim signalima i signalima do potvrde. Signalizacija stalnim signalima je vrlo jednostavna, spora i omogućava razmenu samo osnovnih signalizacionih informacija (zauzimanje, raskidanje, biranje). Ona se uglavnom više ne koristi, a jedna od njenih retkih primena predstavlja E&M signalizacija u VF vezama po dalekovodima [4], u telefonskoj mreži EPS-a. Signalizacija impulsnim signalima pruža veće mogućnosti za razmenu signalizacionih informacija. Osnovni nosioci informacije su ovde: postojanje ili nepostojanje signala, njihova frekvencija i trajanje impulsa. Signalizacija signalima do potvrde nije ni stalna ni impulsna, ali obuhvata najbolje osobine oba tipa. Kod ove signalizacije signal se šalje sve dok se ne dobije potvrda da je signal primljen (ili i primljen i protumačen kako treba).

U zavisnosti od frekvencijskog opsega korišćenih signala, postoje signalizacije u govornom opsegu i van njega. Signalizacija u govornom opsegu ima na raspolaganju ceo govorni opseg učestanosti 300 - 3400 Hz. Kada se veza ostvari, slanje signala mora biti završeno da signali ne bi ometali razgovor. Stoga se ne mogu koristiti stalni signali, a takođe i komponente govora mogu oponašati signalizacione učestanosti. Signalizacija van govornog opsega je ograničena na opsege 0 - 300 Hz i 3400 - 4000 Hz. Ona se zbog ograničenosti ovih opsega izvodi jednom učestanošću i zbog toga je znatno sporija.

U pogledu načina slanja adresnih signala, razlikuju se signalizacije „svi zajedno” i „sa preklapanjem”. U slučaju slanja signala „svi zajedno” (odlazna ili tranzitna veza), u centrali se čeka da bude primljen (od pretplatnika ili dolaznog voda) potpuni broj traženog pretplatnika, pa se tek onda pristupa traženju odlaznog voda i slanju signala. Obzirom da se tada šalju svi podaci o izabranom broju, ovaj način signalizacije se naziva „svi zajedno” (na francuskom *en bloc*). Njena dobra strana je što se odlazni vod ne zauzima pre trenutka kada se po njemu može poslati potpuna signalizaciona informacija. Nedostatak je u tome što se vreme između poslednje izabrane cifre i signala prvog poziva (i tonskog signala kontrole prvog poziva) produžava, pa kod korisnika može stvoriti utisak sporosti ili neispravnosti mreže.

Za razliku od prethodnog načina, kod slanja signala „sa preklapanjem” se na osnovu prvih primljenih cifara određuje odlazni pravac, tako da se zauzima odlazni vod i započinje slanje cifara pre nego što se prime sve cifre od pozivajućeg pretplatnika ili dolaznog voda. U ovom slučaju se vrši preklapanje prijema i predaje signala, pa se ovaj način signalizacije naziva „sa preklapanjem” (*overlap*). Dobre i loše strane ovog načina su obrnute od prethodnog. Naime, kod signalizacije „sa preklapanjem” se odlazni vod zauzima znatno pre početka razgovora pa to doprinosi njegovom lošem saobraćajnom iskorišćenju. Zauzvrat, pozivajući pretplatnik će ranije dobiti tonski signal kontrole poziva tj. bolju uslugu jer je od izbora poslednje cifre potrebno proslediti samo još deo izabranog broja, a ne ceo broj, kao u prvom slučaju. U savremenim mrežama brza usluga predstavlja preči zahtev od iskorišćenja kanala, pa se smatra da je signalizacija „sa preklapanjem” bolja od signalizacije koja radi na načelu „svi zajedno”.

U odnosu na broj centrala koje razmenjuju signale, razlikuju se signalizacije „deonica po deonica” i „od početka do kraja”. Ukoliko signale izmenjuju uvek susedne centrale odnosno centrale vezane na dva kraja iste veze (iste grupe kanala), radi se o signalizaciji „deonica po deonica” (*link by link*). Ovakav način razmene signala u telefonskoj vezi kroz mrežu je spor, obzirom da svaka centrala kroz koju veza prolazi učestvuje u prijemu, tumačenju i ponovnom slanju signala.

U suprotnom slučaju, ako signale razmenjuju centrala pozivajućeg korisnika i centrala koja je najudaljenija od nje u procesu uspostavljanja veze, a sve preostale

centrale između njih samo propuštaju tj. tranzitiraju date signale, radi se o signalizaciji „od početka do kraja” (*end to end*). Ovakav način razmene signala je delotvorniji jer omogućava brže uspostavljanje veze, a samim tim i bolje iskorišćenje mreže.

Sa razvojem telefonske mreže razvijali su se i odgovarajući sistemi signalizacije, tako da ih ima veliki broj u eksploataciji. Koji će se od njih primeniti zavisi od više faktora: namene, tehničko-tehnoloških rešenja sistema prenosa i komutacije, organizacije mreže itd. Svi ovi sistemi signalizacije podležu strogoj standardizaciji na planu nacionalnih i međunarodnih telekomunikacionih mreža.

4.3 SISTEMI SIGNALIZACIJE U KLASIČNIM TELEFONSKIM MREŽAMA

4.3.1. Sistem signalizacije D1

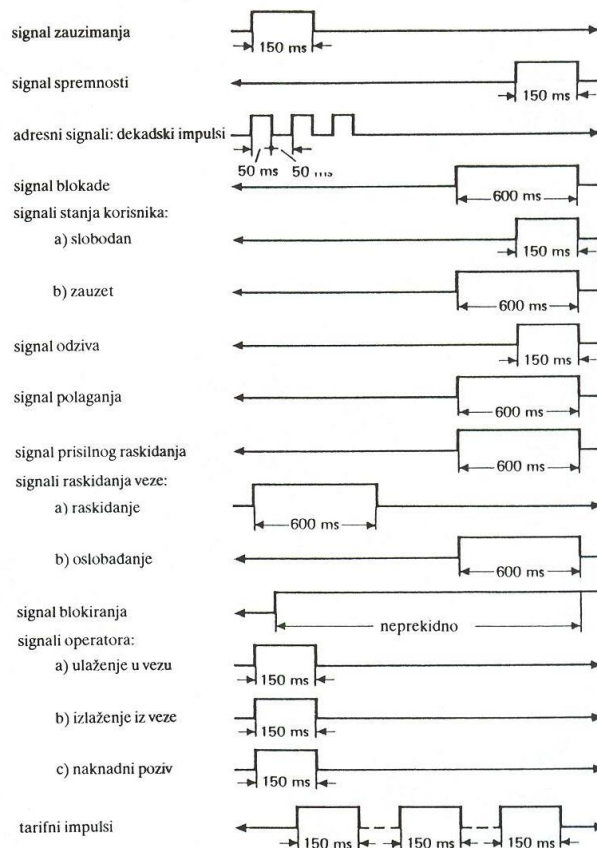
Sistem signalizacije D1 je obično korišćen za međusobni rad centrala koje se nalaze na nižim hijerarhijskim nivoima nacionalnih telefonskih mreža. To je primer impulsne signalizacije pridružene kanalu, čiji je nosilac van govornog opsega i koja prosleđuje signale na načelu preklapanja prijema i predaje signala. Odgovarajući signali se u centralama realizuju tehnikom prekidanja signalizacione petlje. Međusobno se razlikuju u zavisnosti od njihovog trajanja, a to se kombinuje sa stanjem posluživanja poziva. Signali se između centrala prenose po pridruženom kanalu, ukidanjem i uspostavljanjem naizmenične struje frekvencije 3825 Hz u odgovarajućem ritmu.

Na slici 16. je prikazan repertoar signala kod sistema signalizacije D1. Nominalno trajanje linijskih signala iznosi 150 ms ili 600 ms. Registarski (adresni) signali su u ovom slučaju dekadski impulsi nominalnog trajanja impulsa i pauze po 50 ms i signali stanja korisnika.

Jednostavnija verzija ove signalizacije predstavlja već pomenuta signalizacija E&M. Ona se realizuje pomoću dolaznog provodnika E (*ear*, uvo) i odlaznog provodnika M (*mouth*, usta), koji mogu biti u slobodnom ili u zauzetom stanju. Koriste se samo 4 tonska signala najave, čija je frekvencija 400 - 450 Hz. To su:

- signal slobodnog biranja (Morzeova „s” učestanost, 20 - 30 ciklusa u minuti),
- signal kontrole prvog poziva uključujući prvo zvonjenje (1 s tonski signal, 4 s pauza, trajanje prvog zvonjenja je 1 - 2 s),
- signal zauzeća (1 s tonski signal, 1 s pauza),
- signal trećeg u vezi (povorka impulsa trajanja 20 - 60 ms tonski signal i 1 s pauza).

E&M signalizacija je spora i sa malim repertoarom signala, ali je pouzdana pa može imati nekih prednosti u vanrednim okolnostima. To je posebno važno u privatnim telefonskim mrežama kao što je mreža EPS-a.



Slika 16. Repertoar signala u sistemu signalizacije D1 (preuzeto iz [1])

4.3.2. Sistem signalizacije R2

Sistem signalizacije R2 je korišćen u evropskim zemljama, u nacionalnom i u međunarodnom telefonskom saobraćaju [1]. Sastoji se od linijskog i registarskog dela. Linijski deo se obavlja stalnim signalima, van govornog opsega. Registarski deo se obavlja višefrekvencijski, u govornom opsegu (kanalu), signalima do potvrde. U oba slučaja se koristi način prenošenja signala po pridruženom kanalu. Tip signalizacije je „sa preklapanjem” odnosno „od početka do kraja”.

Prema preporukama ITU-T-a za ovaj sistem signalizacije linijski signali se mogu izvesti u dve varijante, analognoj i digitalnoj. U analognoj varijanti prenos se vrši uključivanjem (UK) i isključivanjem (ISK) naizmenične struje frekvencije 3825 Hz van govornog opsega (signal se šalje kad je struja isključena). Digitalna varijanta predviđena je za IKM sisteme prenosa, a koriste se po 2 bita za signale unapred (a_f i b_f) i 2 bita za signale unazad (a_b i b_b). Pri tome, signali unapred se šalju od pozivajuće ka traženoj centrali, a signali unazad u suprotnom smeru. U tabeli 2. dat je skup linijskih signala.

Sistem signalizacije R2 je karakterističan po velikom broju registarskih signala, znatno većem nego što je to bio slučaj u sistemu D1. Registarski signali se dobijaju višefrekvencijskom tehnikom kodovanja na principu „2 od 6”. Svaki signal predstavljen

je kombinacijom 2 frekvencije iz grupe od 6 unapred određenih frekvencija, pri čemu se koriste posebni skupovi od po 6 frekvencija za formiranje signala unapred i signala unazad. Ove frekvencije i odgovarajući kod signala dati su u tabeli 3.

Tabela 2. Linijski signali u sistemu signalizacije R2

| signal | smer | analogna varijanta | | digitalna varijanta | | | |
|--------------------|------|--------------------|-----------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | unapred | unazad | unapred | | unazad | |
| | | | | a _f | b _f | a _b | b _b |
| slobodan vod | ↔ | UK | UK | 1 | 0 | 1 | 0 |
| zauzimanje | → | ISK | UK | 0 | 0 | 1 | 0 |
| potvrda zauzimanja | ← | – | – | 0 | 0 | 1 | 1 |
| odziv | ← | ISK | ISK | 0 | 0 | 0 | 1 |
| raskidanje | → | UK | ISK (UK*) | 1 | 0 | 0 (1*) | 1 |
| oslobađanje | ← | ISK | UK | 1 | 0 | 1 | 0 |
| blokiranje | → | UK | ISK | 1 | 0 | 1 | 1 |

* primenjuje se jedan od kriterijuma u zavisnosti da li je traženi korisnik prekinuo vezu ili nije

Tabela 3. Frekvencije i signalizacioni kod u sistemu signalizacije R2

| signali | frekvencije [Hz] | | | | | | |
|---------|------------------|------|------|------|------|------|------|
| | unapred | 1380 | 1500 | 1620 | 1740 | 1860 | 1980 |
| unazad | 1140 | 1020 | 900 | 780 | 660 | 540 | |
| 1. | × | × | | | | | |
| 2. | × | | × | | | | |
| 3. | | × | × | | | | |
| 4. | × | | | × | | | |
| 5. | | × | | × | | | |
| 6. | | | × | × | | | |
| 7. | × | | | | × | | |
| 8. | | × | | | × | | |
| 9. | | | × | | × | | |
| 10. | | | | × | × | | |
| 11. | × | | | | | | × |
| 12. | | × | | | | | × |
| 13. | | | × | | | | × |
| 14. | | | | × | | | × |
| 15. | | | | | × | | × |

Svi registarski signali su podeljeni u četiri grupe: signali unapred koji imaju primarno značenje (grupa I), signali unapred koji imaju sekundarno značenje (grupa II), signali unazad koji imaju primarno značenje (grupa A) i signali unazad koji imaju sekundarno značenje (grupa B). Signali iz svih grupa u opštem slučaju su prikazani u tabelama 4. i 5. Sa signala primarnog značenja se prelazi na signale sekundarnog značenja pomoću signala A3, ali ne postoji mogućnost vraćanja.

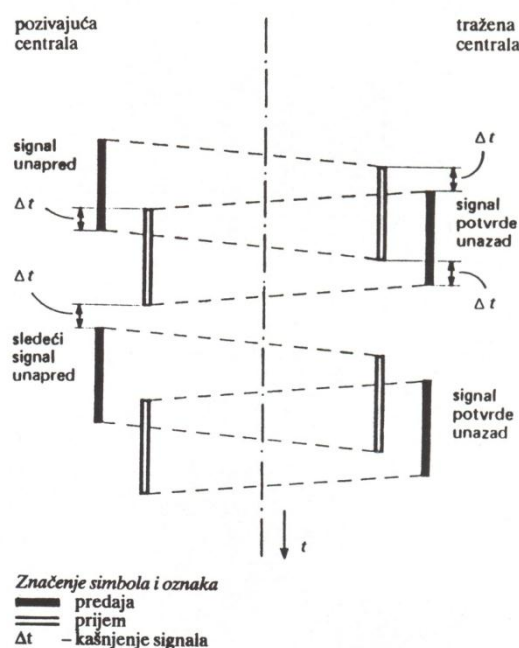
Tabela 4. Registariski signali unapred u sistemu signalizacije R2

| signali | grupa I - adresne poruke | grupa II - odgovor na A-3 i A-5 |
|---------|---|-------------------------------------|
| 1. | cifra 1 | poziv od korisnika |
| 2. | cifra 2 | prioritetni poziv |
| 3. | cifra 3 | poziv od uređaja za održavanje |
| 4. | cifra 4 | rezervni signal |
| 5. | cifra 5 | poziv od operatora |
| 6. | cifra 6 | prenos podataka |
| 7. | cifra 7 | poziv od korisnika (međunarodni) |
| 8. | cifra 8 | prenos podataka (međunarodni) |
| 9. | cifra 9 | prioritetni poziv (međunarodni) |
| 10. | cifra 0 | poziv od operatora (međunarodni) |
| 11. | poziv operatoru | |
| 12. | a) poziv polaznoj međunarodnoj centrali b) odbijanje zahteva | rezervni signali (nacionalna mreža) |
| 13. | pristup uređaju za održavanje | |
| 14. | rezervni signal | |
| 15. | završetak biranja | |

Tabela 5. Registariski signali unazad u sistemu signalizacije R2

| signali | grupa A | grupa B |
|---------|---|---|
| 1. | poslati sledeću cifru (n+1) | signal za nacionalnu mrežu |
| 2. | poslati pretposlednju cifru (n-1) | promenjen pozivni broj korisnika |
| 3. | preći na prijem B signala | korisnik zauzet |
| 4. | blokada | blokada |
| 5. | poslati kategoriju PK | nepostojeći pozivni broj |
| 6. | uspostaviti govornu vezu | korisnik slobodan - tarifiranje |
| 7. | poslati cifru (n-2) | korisnik slobodan - nema tarifiranja |
| 8. | poslati cifru (n-3) | korisnička linija u kvaru |
| 9. | rezervni signal | signal za nacionalnu mrežu |
| 10. | signal za nacionalnu mrežu | signal za nacionalnu mrežu |
| 11. | poslati međunarodni kod zemlje | |
| 12. | poslati cifru za raspoznavanje jezika | |
| 13. | poslati lokaciju odlaznog R2 međunarodnog registra | rezervni signali (međunarodna mreža) |
| 14. | zahtev za informacijom o eh | |
| 15. | zagušenje u međunarodnoj centrali | |

Na slici 17. je prikazan princip razmene registarskih signala kod signalizacije R2. Slanje signala nije vremenski ograničeno. Od početka prijema do trenutka prepoznavanja signala prođe neko vreme (Δt). Tek tada počinje slanje odgovarajućeg signala potvrde u suprotnom smeru. Po isteku vremena prepoznavanja (Δt) prestaje slanje prvog signala, što ima za posledicu i prestanak slanja na drugoj strani, uz pomenuto kašnjenje.



Slika 17. Razmena signala u sistemu signalizacije R2 (preuzeto iz [1])

4.3.3. Sistem signalizacije SS7

Signalizacija po zajedničkom kanalu, mnogo fleksibilnija i moćnija u odnosu na signalizaciju po pridruženom kanalu, veoma je pogodna da podrži zahteve ISDN mreže. Kao rezultat tranzicije primene signalizacije u telefonskim mrežama od CAS do CCS, nastao je sistem signalizacije SS7 (*Signalling System No. 7* ili *Signalling System #7*) ili CCS7 (*Common Channel Signalling No. 7*).

SS7 je definisan kao univerzalni sistem za signalizaciju u telekomunikacionim mrežama i predstavlja jedan od glavnih resursa organizacije savremenih telekomunikacionih službi. Realizuje se tehnikom komunikacije porukama, dok se signali prenose po zajedničkom kanalu. Raniji naziv ovog sistema signalizacije je bio CCITT No. 7, a poticao je od činjenice da ga je preporučila organizacija CCITT pod brojem 7, u seriji preporuka Q.7xy (ukupno ih ima 53, što dovoljno govori o njegovoj kompleksnosti).

4.3.3.1. Osnovne karakteristike

Sistem signalizacije SS7 ima niz karakteristika koje ga čine veoma pogodnim za različite primene u telekomunikacionim mrežama. To su [1]:

- tehnika komunikacije porukama,
- prenos signala po zajedničkom kanalu,
- standardizacija na međunarodnom planu (uz moguće nacionalne varijacije),
- pogodnost za primenu u nacionalnim i međunarodnim mrežama,
- primenljivost na različite telekomunikacione službe,

- visoke performanse i fleksibilna koncepcija, što garantuje ispunjenje novih zahteva,
- mogućnost širokog repertoara signala,
- visoka pouzdanost prenosa poruka i mogućnost korigovanja grešaka,
- struktura poruka prilagođena radu procesora (poruke su multipli 8 bita),
- ne postoji nikakvo uslovljavanje vremena prenošenja signala, jer se signalizacija obavlja po posebnom kolu u odnosu na kola korisničkih poruka,
- korišćenje različitih medijuma prenosa (bakarni kabl, optički kabl, radio-relejne veze, satelitske veze),
- velika brzina prenosa (uglavnom 64 kb/s, tipično za digitalne mreže),
- mogućnost automatskog nadgledanja i upravljanja signalizacionom mrežom.

4.3.3.2. Arhitektura

U sistemu SS7 signalizacioni kanali su odvojeni od govornih, tako da se može govoriti o zasebnoj signalizacionoj mreži. Svi čvorovi ove mreže nazivaju se signalizacione tačke (*Signaling Point - SP*). To su osnovni delovi signalizacione SS7 mreže koji imaju mogućnost da razlikuju poruke odnosno da pročitaju adresu i odrede da li je poruka namenjena tom čvoru. SP obezbeđuju pristup SS7 mreži, prenos SS7 poruka i pristup bazama podataka koje koriste komutacioni sistemi unutar i izvan mreže. One su povezane signalizacionim kanalima (vezama). Susedne SP su one koje su povezane bar jednom signalizacionom vezom. Skup podataka koji se šalje signalizacionom mrežom kao celina naziva se signalizaciona jedinica (*signal unit*) [2].

U signalizacionoj mreži SS7 se razlikuju :

- krajnja signalizaciona tačka (*Signal End Point - SEP*),
- servisna komutaciona tačka (*Service Switching Point - SSP*),
- tranzitna signalizaciona tačka (*Signal Transfer Point - STP*),
- servisna upravljačka tačka (*Service Control Point - SCP*).

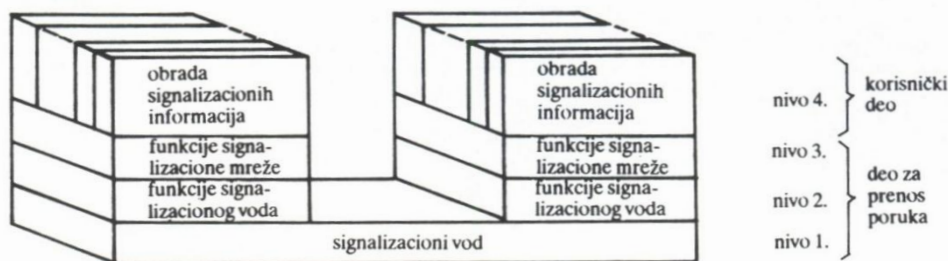
Krajnja signalizaciona tačka može biti polazna, ona čiji korisnički deo šalje poruku i odredišna, ona čijem korisničkom delu je namenjena poruka. Servisna komutaciona tačka predstavlja lokalnu centralu u telefonskoj mreži. Ona konvertuje podatke dobijene od pozivajućeg korisnika u SS7 poruke i prosleđuje ih dalje susednoj centrali u mreži. Sve SS7 poruke od jedne do druge SSP prolaze kroz najmanje jednu STP. Kroz nju prolazi signalizaciona poruka, a korisnički deo ove tačke nije uključen u njenu obradu. Tranzitna signalizaciona tačka ima ulogu rutera u SS7 mreži i obezbeđuje korisnicima niz servisa. STP služi kao interfejs ka bazama podataka u kojima se čuvaju informacije neophodne za mogućnost obrade posebnih poziva (korisnički servisi, validacija kartica za pozivanje, zaštita od prevara itd.).

Signalizacione veze su dvosmerne (*full duplex*) i obezbeđuju brzinu neophodnu za prenos SS7 poruka. Brzina se kreće u opsegu 4.8 kbit/s do 1.536 Mbit/s, u zavisnosti od standarda koji se primenjuje u datoj nacionalnoj mreži. Postoji šest različitih tipova signalizacionih veza, koje se razlikuju po načinu na koji se one koriste u toku prenosa poruka i njihovog uzajamnog dejstva sa upravljačkim delom mreže [12].

Obzirom da se signalizacija SS7 realizuje tehnikom komunikacije porukama, postoji protokol odnosno skup pravila po kojima se obavlja komunikacija između određenih entiteta telekomunikacione mreže. Usled toga, pored funkcionalne arhitekture mreže, izraz arhitektura se primenjuje i za opisivanje strukture protokola korišćenih u SS7. Kao i u OSI modelu, sve funkcije signalizacije raspoređene su na određene nivoe, koji su funkcionalno nezavisni. Pri tome je između susednih nivoa dozvoljena međusobna komunikacija. Na taj način se postiže to da izvršavanje funkcija signalizacije na određenom nivou bude uslovljeno i obavljanjem funkcija na svim nižim nivoima.

Na slici 18. je predstavljena arhitektura sistema signalizacije SS7. Ona sadrži četiri funkcionalna nivoa:

- nivo 1, vod signalizacionih podataka (*signaling data link*),
- nivo 2, funkcije signalizacionog voda (*signaling link*),
- nivo 3, funkcije signalizacione mreže (*signaling network*),
- nivo 4, korisnički delovi.



Slika 18. Arhitektura sistema signalizacije SS7 (preuzeto iz [1])

Prva tri nivoa čine deo za prenos poruka (*Message Transfer Part* - MTP). Ovaj deo obezbeđuje način prenošenja poruka između korisnika, kroz SS7 mrežu. On je univerzalan tj. nezavisan u odnosu na vrstu korisnika. Za razliku od toga, korisnički delovi su orijentisani prema određenim telekomunikacionim službama. Do sada je razvijeno više korisničkih delova.

MTP je transportni protokol i podeljen je na tri različita nivoa, koji imaju istu funkcionalnost kao i prva tri nivoa OSI modela. Vod (veza) signalizacionih podataka je prvi, najniži, funkcionalni nivo signalizacije SS7. On definiše fizičke, električne i

funkcionalne karakteristike veze po kojima se obavlja signalizacija, kao i odgovarajuće interfejsne organe. U digitalnim telekomunikacionim mrežama za signalizacionu vezu se koristi vremenski kanal protoka 64 kb/s. Shodno tome, neki od standardnih protoka su: E1 (2 Mbit/s - 32 kanala 64 kb/s) i DS1 (1.544 Mbit/s - 24 kanala 64 kb/s). Kod primene u analognim mrežama, analogna signalizaciona veza se koristi u sprezi sa modemima. Minimalni protok takvog kola je 4.8 kb/s, čime se raspoloživi signalizacioni kapacitet proporcionalno smanjuje.

Drugi nivo sadrži funkcije signalizacionog voda, koje definišu procedure za korektnu razmenu poruka po signalizacionom vodu (detekcija i korekcija grešaka). Jedna od bitnih funkcija predstavlja nadgledanje frekvencije grešaka na signalizacionoj vezi. Za tu namenu se primenjuje princip brojanja grešaka. Ukoliko se u određenom vremenu pređe unapred definisani broj grešaka, data signalizaciona veza se odstranjuje iz rada.

Dok se funkcije prva dva nivoa odnose na signalizacionu vezu, funkcije na trećem nivou poslužuju signalizacionu poruku i upravljaju signalizacionom mrežom. Posluživanje obuhvata predaju i prijem poruka. U slučaju predaje, poruke dobijene od korisničkih nivoa ili sopstvene poruke nivoa 3. se usmeravaju ka odgovarajućoj signalizacionoj vezi (nivo 2.). To je funkcija usmeravanja poruke. U slučaju prijema poruke od signalizacione veze (nivo 2.), ona mora biti isporučena odredištu. Odredište može biti neki od korisničkih delova ili neka druga signalizaciona veza, što utvrđuje funkcija diskriminacije poruke. Ukoliko je u pitanju neki korisnički deo, aktivira se funkcija distribucije poruke, koja ga identifikuje i upućuje poruku ka njemu. U suprotnom, poruka se usmerava ka odredištu u signalizacionoj mreži odnosno slučaj se svodi na predaju. Sve navedene funkcije zasnivaju se na analizi podataka za usmeravanje poruke, koje se nalaze u tzv. labeli. Labela je deo polja signalizacione informacije, koju ima svaka signalizaciona poruka, a ona sadrži podatke o adresama odredišta, izvorišta i signalizacionog voda.

Drugu grupu funkcija na nivou 3. čine funkcije upravljanja signalizacionom mrežom. To su funkcije koje se odnose na rad signalizacione mreže. U nacionalnim telekomunikacionim mrežama se može nalaziti i nekoliko hiljada komutacionih sistema, između kojih se moraju usmeravati signalizacione poruke. Signalizaciona mreža sadrži čvorove u kojima se ove poruke usmeravaju. Poruke se usmeravaju na osnovu adresa čvorova. Svaka poruka sadrži adresu čvora u kome je nastala (izvorište) i adresu čvora kome je namenjena (odredište). U čvorovima postoje odgovarajuće tabele usmeravanja, koje na bazi adrese odredišta upućuju poruke po unapred definisanim signalizacionim vezama. Funkcije koje obezbeđuju ovakvo upravljanje zavise i od usvojene arhitekture mreže, odnosno koncepta i organizacije sistema signalizacije SS7 u nacionalnoj mreži.

Na četvrtom nivou se nalazi korisnički deo, koji je zadužen za obradu signalizacionih informacija nastalih kao rezultat izvršavanja određene telekomunikacione službe. Na ovom nivou definišu se signali koji su rezultat obrade poziva, a koje treba razmeniti sa drugim komutacionim sistemima u mreži.

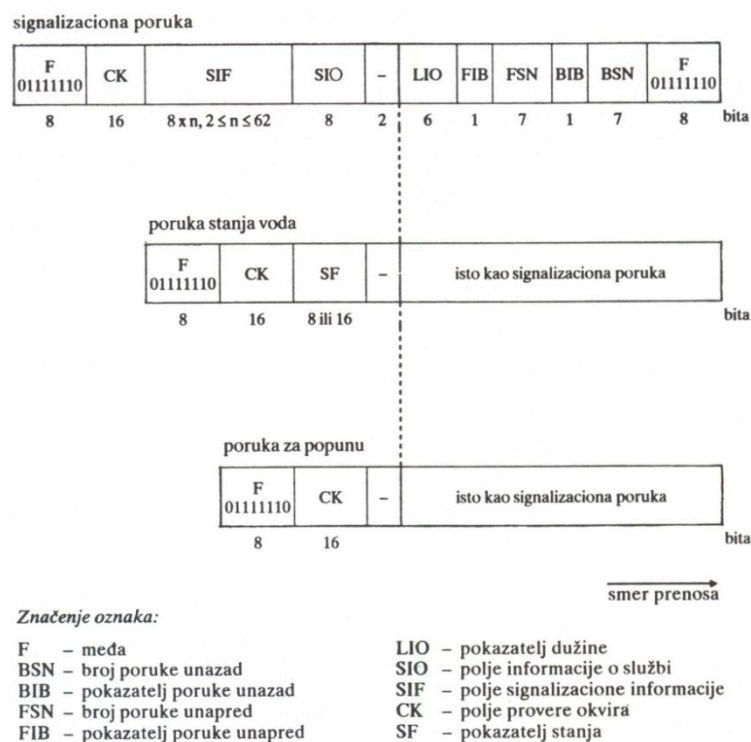
Zbog svoje funkcije korisnički deo je orijentisan na određenu telekomunikacionu službu. CCITT je specificirao korisničke delove za više telekomunikacionih službi: telefonski korisnički deo (*Telephone User Part - TUP*), korisnički deo za prenos podataka (*Data User Part - DUP*), korisnički deo za ISDN (*ISDN User Part - ISUP*), deo za upravljanje vezama signalizacije (*Signalling Connection Control Part - SCCP*), deo transakcija koji omogućuje komunikaciju između dva čvora mreže (*Transaction Capabilities Application Part - TCAP*) itd. Za sve njih je karakteristično da upotrebljavaju isti, univerzalni deo za prenos poruke. To posmatrani sistem signalizacije čini otvorenim za razvoj novih korisničkih delova i njegovo proširenje na druge službe.

4.3.3.3. Formati poruka i scenario signalizacije

Signalizacione jedinice odnosno poruke kojima se prenose signalizacione informacije se pakuju u određene formate. Formati ovih poruka su prikazani na slici 19. Pri tome, postoje tri osnovne poruke:

- signalizaciona poruka, služi za prenošenje signalizacione informacije dobijene sa višeg funkcionalnog nivoa (*Message Signal Unit - MSU*);
- poruka stanja veze, sadrži informacije o signalizacionoj vezi i koristi se za inicijalizaciju signalizacije i upravljanje tokom poruka (*Link Status Signal Unit - LSSU*);
- poruka za popunu, ne sadrži informacije, šalje se kad je potrebno održati ciklus signalizacije za vreme dok nema signalizacionih poruka (*Fill-In Signal Unit - FISU*).

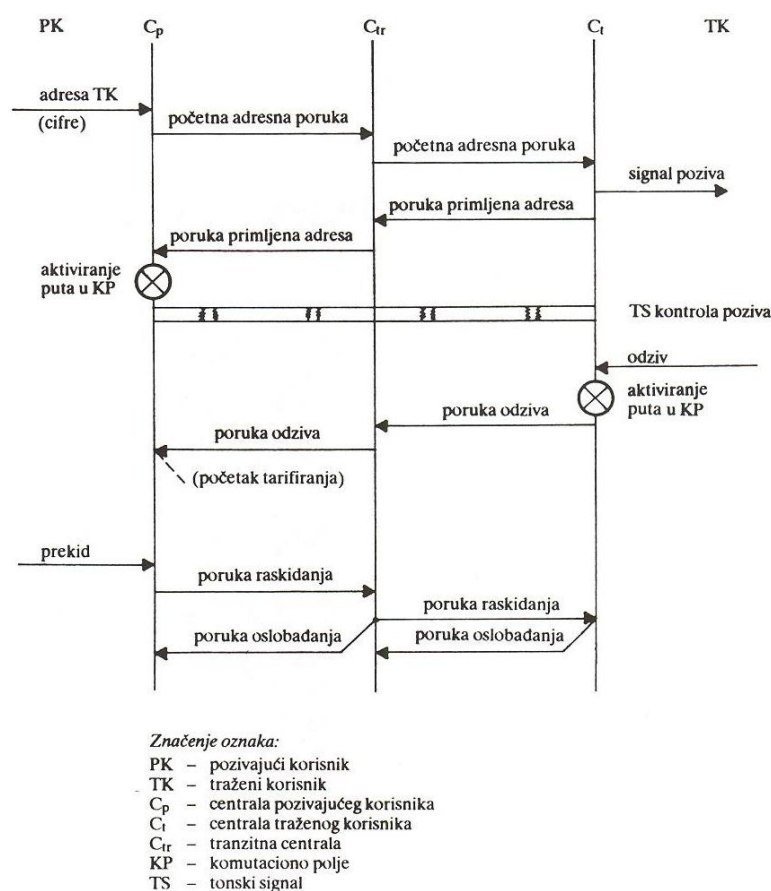
U okviru formata se nalaze određena polja, čija su značenja navedena na slici. Svako polje ima svoju ulogu u toku obavljanja funkcija razmene poruka po signalizacionoj vezi. Međom na početku i kraju svake poruke postiže se međusobno razdvajanje poruka, a za tu namenu se koristi karakteristična kodna reč. Polje signalizacione informacije, koje imaju samo signalizacione poruke, sadrži signalizacionu informaciju. Polje provere okvira služi za proveru ispravnosti prenošenja date poruke. Polja broj poruke unazad, broj poruke unapred, pokazatelj unazad i pokazatelj unapred koriste se za realizaciju postupka retransmisije, u cilju korekcije grešaka. Pokazatelj dužine je polje u kome se definiše broj bajtova u okviru polja signalizacione poruke. Formati svih tipova poruka sadrže ova polja. Za signalizacionu poruku je karakteristično polje informacija o službi, u kome se definiše služba na koju se odnosi signalizacija i daju osnovni podaci o njoj. Pokazatelj stanja je polje u okviru poruke stanja veze u okviru koga se definišu statusni podaci pri prenosu poruka, potrebni za inicijalizaciju signalizacije.



Slika 19. Formati poruka u sistemu signalizacije SS7 (preuzeto iz [1])

Na slici 20. je prikazan tipičan scenario signalizacije na bazi telefonskog korisničkog dela za vezu koja obuhvata dve lokalne centrale, C_p na koju je priključen pozivajući korisnik i C_t na koju je priključen traženi korisnik, kao i tranzitnu centralu C_{tr} . Početna adresna poruka (*Initial Address Message* - IAM) sadrži sve potrebne podatke za uspostavljanje veze tj. adresu traženog korisnika, podatke o pozivajućem korisniku, parametre koji se odnose na prenos i dr. Kada centrala traženog korisnika dobije kompletnu adresnu poruku i uspešno izvrši etapu uspostavljanja veze, ona vrati ka centrali pozivajućeg korisnika poruku primljena (potpuna) adresa (*Address Complete Message* - ACM). Na bazi nje se u C_t aktivira komutaciono polje, tako da pozivajući korisnik može da čuje tonske signale ili zapisane poruke iz nje. Ako se traženi korisnik odazove, u C_p se prosledi poruka odziva (*ANswer signal Charge* - ANC), a u C_t se aktivira put u komutacionom polju i tada započinje tarifiranje. Kada pozivajući korisnik prekine vezu, razmene se poruka raskidanja - signal prekida (*CLear-Forward signal* - CLF) i poruka oslobađanja - signal potvrde prekida (*ReLease Guard signal* - RLG) između posmatranih centrala. Nakon toga, kola koja čine govorni put se oslobađaju.

Sve navedene poruke pripadaju signalizacionim porukama. One se razlikuju po sadržaju polja signalizacione informacije, koje zavise od etape obrade poziva. Obzirom na predviđenu dužinu ovog polja, postoji mogućnost definisanja velikog izbora signalizacionih poruka, što predstavlja jednu od značajnih pogodnosti signalizacije SS7.



Slika 20. Tipični scenario signalizacije u sistemu SS7 (preuzeto iz [1])

4.3.4 Signalizacija u ISDN-u

Osnovna karakteristika signalizacije u ISDN-u je da se u okviru cele mreže primenjuje signalizacija po zajedničkom kanalu. Za razliku od telefonske integrisane digitalne mreže, kod koje se signalizacija po zajedničkom kanalu primenjuje samo između komutacionih sistema u mreži, u slučaju ISDN-a se ovaj način signalizacije primenjuje i na relacijama između korisničkih terminala i mreže. Signalizacija u ISDN mreži je definisana ITU-T preporukama, čime je omogućen unificiran rad u nacionalnim mrežama, kao i njihovo uključjenje u međunarodnu mrežu.

4.3.4.1. Pristupna signalizacija

Pristupna signalizacija na relaciji korisnički terminal - centrala definisana je ITU-T preporukama Q.921 i Q.931. Obavlja se po D kanalu, paketskim porukama sa potvrdom. Ona mora da podrži sve predviđene vrste veza između ISDN korisnika, obuhvatajući različite telekomunikacione službe. U tu svrhu ova signalizacija se obavlja po tri funkcionalna nivoa: fizičkom, nivou voda podataka i mrežnom.

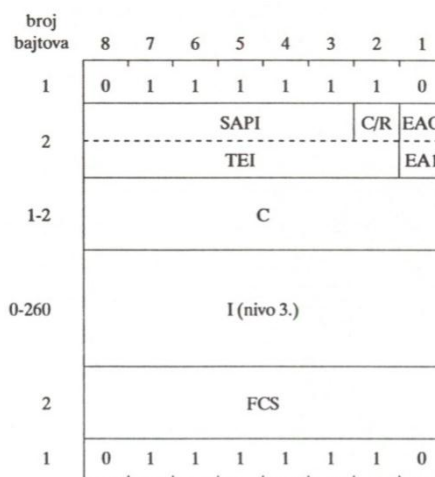
Nivo 1. ili fizički nivo ima zadatak da obezbedi prenos informacija između korisničkog terminala i mreže. Kod baznog pristupa koristi se struktura kanala $2B + D$. Posmatrane funkcije fizičkog nivoa u tom slučaju obezbeđuju: podršku B kanalima pri prenosu korisničkih informacija, podršku za prenos signalizacionih informacija po D kanalu, deaktiviranje terminala i mrežnih završetaka tj. stavljanje u režim minimalnog napajanja kad nema poziva itd. U slučaju primarnog pristupa se primenjuje struktura kanala $30B + D$. Pri tome, D kanal je zajednički kanal kojim se ostvaruje signalizacija za ostalih 30 B kanala, po kojima se prenose korisničke informacije. U 32-kanalnom IKM multipleksu, D kanal je 16. vremenski kanal.

Na nivou 2. primenjuje se protokol pristupa vezi po D kanalu, poznat po skraćenim nazivom LAPD (*Link Access Procedure for a D channel*). Bazira se na protokolu LAPB (*Link Access Protocol Balanced*), definisanom ITU-T preporukom X.25 za nivo voda podataka. Oba pomenuta protokola za osnovu koriste protokol za upravljanje vodom podataka na visokom nivou, poznatiji kao HDLC (*High level Data Link Control*), definisan od strane ISO i široko prihvaćen za primene komunikacije po vodu podataka.

Protokoli LAPB i LAPD koriste osnovnu proceduru komunikacije po vezi. Odnose se na konfiguraciju tačka - tačka (u posmatranom slučaju preporuke X.25 to znači DTE - DCE), pri čemu obe strane u komunikaciji mogu da upravljaju vezom. Razmena podataka se obavlja u formi okvira tj. uređenog niza bita. Okvirom se obuhvataju podaci koji se odnose na korisničke i upravljačke informacije. Okviri koje šalje strana koja upravlja razmenom podataka nazivaju se komande, a okviri koje šalje druga strana su odgovori.

Na slici 21. je prikazan format okvira podataka LAPD. U prikazanom formatu se razlikuje više polja podataka. Međa ograničava okvir sa oba kraja jednoznačno definisanim nizom bita i istovremeno služi za sinhronizaciju predajne i prijemne strane. Polje adrese sadrži adresu odredišta prijema u slučaju komande odnosno adresu odredišta kome se upućuje odgovor. Adresiranje se obavlja pomoću dva polja: identifikator službe (SAPI), pomoću koga se definiše služba za koju se obavlja signalizacija datim okvirom i identifikator terminala (TEI), kojim se definiše terminal na korisničkoj liniji. Kombinacijom ove dve adrese se određuje jedinstvena adresa terminala. Pri tome, bit C/R definiše da li je poruka komanda ili odgovor, a biti EA ukazuju na moguća proširenja. Polje upravljačkih informacija označava tip komande ili odgovora i po potrebi sadrži redne brojeve okvira. U zavisnosti od upravljačkih informacija razlikuju se tri tipa formata ovog polja: I, S i U. I format se primenjuje pri prenosu numerisanih korisničkih informacija, S format se koristi za numerisane funkcije nadzora, a U format se koristi u slučaju nenumerisanih dodatnih upravljačkih funkcija. Polje korisničke informacije sadrži signalizacionu informaciju koja se dobija od trećeg funkcionalnog nivoa. Ono

može sadržati bilo koju kombinaciju bita i obuhvata do 128 bajtova pri normalnoj primeni, a može se proširiti do 260 bajtova u slučaju da se D kanal koristi za prenošenje paketa podataka. Polje provere okvira koristi se za proveru ispravnosti prenosa podataka. Za tu namenu primenjuje se metod ciklične provere redundansi (CRC) [1] .



Značenje oznaka:

- SAPI – identifikator službe
- TEI – identifikator terminala
- C/R – bit komanda/odgovor
- EA – bit proširenja adrese
- C – polje upravljačkih informacija
- I – polje korisničkih informacija
- FCS – polje provere rama

Slika 21. Format okvira podataka protokola LAPD (preuzeto iz [1])

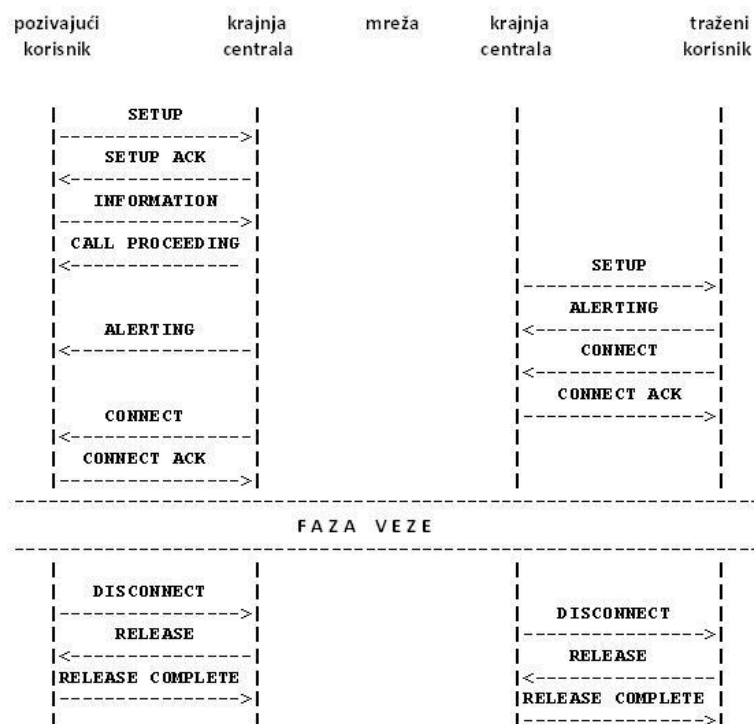
Osnovni zahtev koji se postavlja pred LAPD je da obezbedi sigurne veze tj. veze bez greške između dve krajnje tačke fizičkog medijuma na relaciji korisnički terminal - mreža. Na ovom nivou signalizacije obavljaju se sledeće funkcije: sinhronizacije veze, adresovanja, detekcije, korekcije greške i dr.

Na nivou 3. ili nivou mreže obavljaju se funkcije uspostavljanja, nadgledanja i raskidanja veze. Zbog velikog broja službi u ISDN-u, na ovom nivou se mogu specificirati različiti slučajevi mogućih veza. Prvi protokoli su definisani za službe koje se zasnivaju na komutaciji kola, dok su kasnije definisani i slučajevi komunikacije podataka paketima, dodatnih službi i dr. Poruke koje se prenose obuhvaćene su poljem korisničke informacije okvira podataka nivoa 2. Veliki je izbor poruka koje odgovaraju različitim službama i različitim vrstama veza, odnosno etapama njihovog posluživanja.

Jedan primer signalizacije na nivou mreže je prikazan na slici 22., na kojoj je ilustrovana procedura signalizacije pri uspostavljanju i raskidanju veze komutacijom kola između dva korisnika, po protokolu LAPD. Prikazano je uspostavljanje proste veze u kojoj vezu prekida pozivajući korisnik, pri čemu je vremenska osa orijentisana na

dole. Sve oznake su na engleskom jeziku, kako se najčešće i pišu u stručnoj literaturi. Skraćenica *ACK* (*Acknowledgement*) označava potvrdu, a značenje poruka je sledeće:

- *SETUP* - zahtev za uspostavljanje veze,
- *INFORMATION* - dodatne informacije,
- *CALL PROCEEDING* - uspostavljanje poziva,
- *ALERTING* - spremnost,
- *CONNECT* - poziv prihvaćen,
- *DISCONNECT* - raskidanje veze,
- *RELEASE* - oslobađanje,
- *RELEASE COMPLETE* - potvrda oslobađanja.



Slika 22. Procedura signalizacije u postupku uspostavljanja veze između ISDN korisnika na nivou mreže (preuzeto iz [2])

Sa prethodne slike se može primetiti da se potpune informacije o vezi šalju posle početne poruke *SETUP*, a da mreža počinje da obrađuje poziv tek po dobijanju potpunih informacija o traženom korisniku.

Između pristupne ISDN signalizacije i SS7 signalizacije postoje brojne sličnosti. Obe su nastale od HDLC protokola, poruke se obavljaju paketima različite dužine, sastav signalizacionih poruka je sličan, od tri vrste poruka samo jedna nosi signalizacionu informaciju. Signalizacije se obavljaju od jednog do drugog mrežnog čvora (*link*

by link), sa potvrdom, a u slučaju neispravnog prenosa vrši se retransmisija. Između njih postoje i neke razlike, koje proističu iz specifičnosti primene. Po signalizacionom SS7 kanalu se šalje samo signalizacija, a po ISDN D kanalu i podaci. Kod SS7 signalizacije postoje mrežni mehanizmi upućivanja i preliivanja signalizacionog saobraćaja, a kod ISDN korisničke signalizacije, ovo nije potrebno. SS7 se obavlja isključivo kanalima protoka 64 kb/s, a ISDN signalizacija i kanalom protoka 16 kb/s.

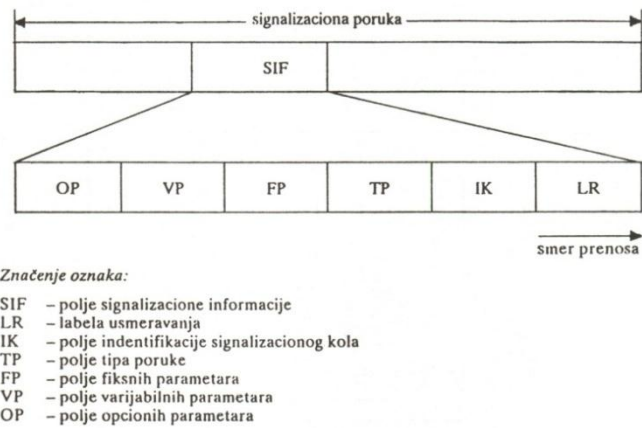
Opisana pristupna (korisnička) signalizacija se često naziva i signalizacijom digitalnog pretplatnika broj 1 (*Digital Subscriber Signaling system No 1 - DSS1*). Pošto je razvoj signalizacije za ISDN mrežu počeo u raznim firmama pre njene standardizacije, u svetu su se pojavile razne varijante. Neke od njih su [2]: *National ISDN-1* i *National ISDN-2* (razvijene u firmi *Bellcore* i primenjevane u SAD), 5ESS (razvijena u firmi AT&T i veoma primenjivana u SAD), VN3 i VN4 (Francuska), 1TR6 (Nemačka, predstavlja deo varijante preporučene od ITU-T), NTT (japanska verzija) itd.

U privatnim mrežama se koriste dve varijante signalizacije DSS1. Jedna od njih je korisnička signalizacija koja se primenjuje u mreži privatnih centrala DPNSS1 (*Digital Private Network Signaling System No 1*). Druga je mrežna signalizacija QSIG. Ona se primenjuje za povezivanje ISDN centrala u privatne mreže. U potpunosti se podudara sa DSS1 u prva dva nivoa, ali se razlikuje u trećem.

4.3.4.2. Mrežna signalizacija

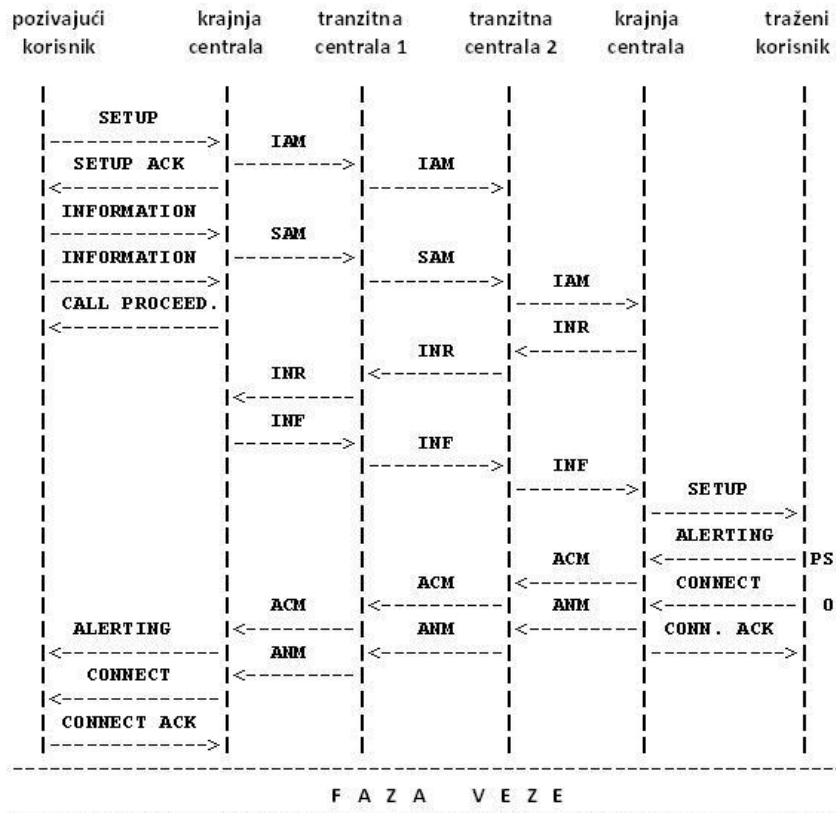
Mrežna signalizacija između centrala u ISDN mreži ostvaruje se sistemom signalizacije SS7, pri čemu je specijalno za tu namenu definisan korisnički deo ISUP. Njime se obezbeđuje uspostavljanje veza između centrala. Korisnička ISDN poruka koja se primi u centrali, pored potvrde koja se šalje terminalu - inicijatoru poruke, izaziva slanje SS7 poruke od centrale (kao signalizacione tačke) ka drugoj signalizacionoj tački u mreži. Svi podaci koji su potrebni za ostvarenje veze ili za neke usluge se iz ISDN poruke prenose u SS7 poruku.

Na slici 23. je prikazana opšta struktura formata poruke za slučaj ISUP-a. U labeli usmeravanja se nalaze adrese odredišta, izvorišta i signalizacionog kola. Polje identifikacije signalizacionog kola povezuje poruku sa određenim kolom. Polje tipa poruke definiše funkcije i formate poruka, obzirom da postoje različite vrste poruka (poruka inicijalne adrese, primljene adrese, odziva, raskidanja, oslobađanja itd.). Poruka koristi različite parametre, tako da u skladu sa tim postoje polje fiksnih parametara (parametri fiksnih dužina npr. vrsta veze), polje varijabilnih parametara (npr. adresa za nalaženje puta do tražene centrale) i polje opcionih parametara (npr. pozivni broj pozivajućeg korisnika). Procedura signalizacije je slična onoj prikazanoj na slici 20. za telefonski korisnički deo u sistemu SS7.



Slika 23. Format poruke korisničkog dela ISUP (preuzeto iz [1])

Na slici 24. je prikazan primer međusobnog rada ISDN pristupne signalizacije i SS7 (ISUP). Predstavljen je jednostavan slučaj uspostavljanja ISDN veze koja prolazi kroz dve tranzitne i dve krajnje centrale. Signalizacija kroz prvu krajnju i prvu tranzitnu centralu se odvija po načelu preklapanja prijema i predaje (*overlap*), po kome se signalizaciona informacija prenosi nekompletna, ali se upućivanje može izvršiti vrlo brzo. Potom se šalje ostatak informacije (čiji se prijem preklapa sa slanjem prethodnog dela).

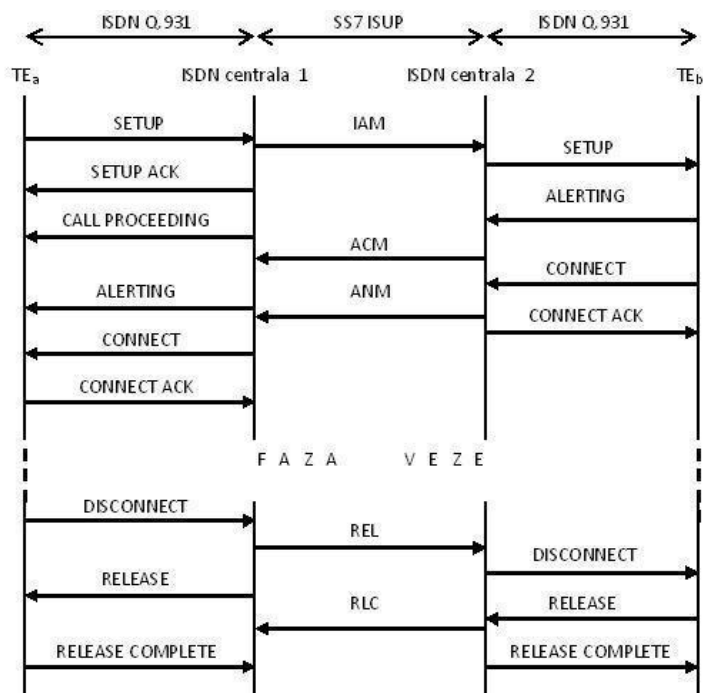


Slika 24. Postupak uspostavljanja veze u ISDN mreži (preuzeto iz [2])

Na slici su korišćene sledeće oznake procesa i signalizacionih poruka iz ISUP:

- *IAM* (*Initial Address Message*) - početna adresa,
- *SAM* (*Subsequent Address Message*) - dodatna adresa,
- *INR* (*Information Request*) - zahtev za informaciju,
- *INF* (*Information*) - informaciona poruka,
- *ACM* (*Address Complete Message*) - adresa je potpuna,
- *ANM* (*Answer Message*) - odziv,
- *PS* - vreme lokalnog generisanja pozivnog signala,
- *O* - odziv traženog.

Na slici 25. je prikazan osnovni signalizacioni ciklus u javnoj ISDN mreži odnosno uspostavljanja i raskidanja ISDN veze. U datom primeru biranje vrši korisnički terminal TE_a koji bira broj terminala TE_b . Veza se ostvaruje kroz dve ISDN centrale (1 i 2). Poruke *SETUP* (*ACK*), *CALL PROCEEDING*, *ALERTING*, *CONNECT* (*ACK*) su standardne ISDN signalizacione poruke trećeg sloja a *IAM*, *ACM*, *ANM*, *REL* (*Release message*) i *RLC* (*Release Complete message*) su standardne SS7 ISUP poruke. Neke od njih su korišćene i u primeru sa slike 20. (početna adesa poruka *IAM*, primljena potpuna adresa *ACM* i poruka odziva *ANC*), dok se umesto signala prekida *CLF* koristi poruka raskidanja *REL*, a umesto signala potvrde prekida *RLG* poruka oslobađanja *RLC*. Sa slike se može videti da na prelazu sa pristupne na mrežnu signalizaciju ne postoji podudarnost signalizacionih poruka, ni po broju, ni po imenu, ni po strukturi.



Slika 25. Procedura signalizacije u ISDN mreži (preuzeto iz [7])

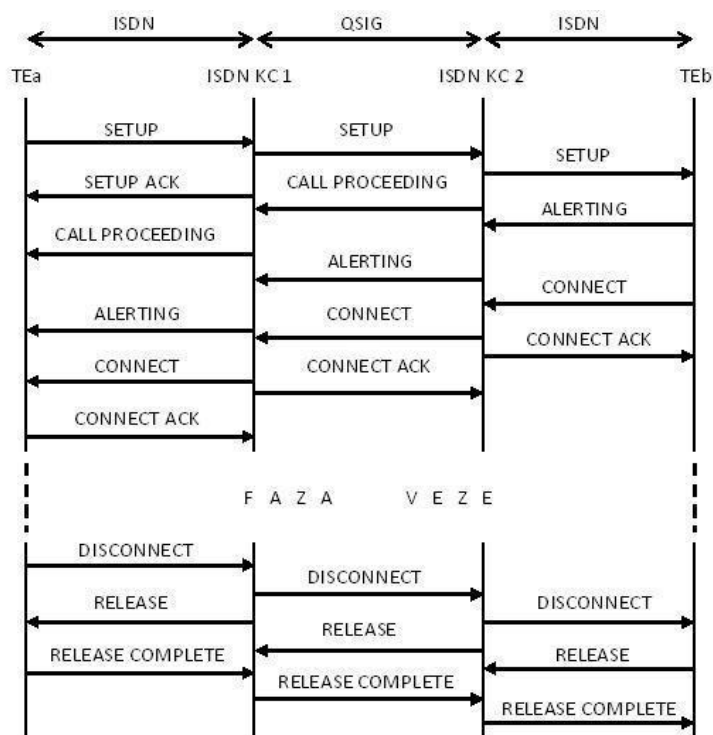
4.3.4.3. QSIG signalizacija

QSIG je mrežna signalizacija za povezivanje kućnih ISDN centrala odnosno to je mrežna signalizacija privatnih ISDN mreža (*Private Integrated Services Network - PISN*). Zasniva se na ISDN pristupnoj signalizaciji (standard Q.931.), a propisala ju je organizacija ETSI.

QSIG i pristupna ISDN signalizacija se razlikuju u izjednačavanju signalizacionih tačaka koje razmenjuju signalizacione poruke. Naime, u pristupnoj ISDN signalizaciji se neki parametri veze nikada ne šalju u oba smera jer je to razmena signala korisnika i centrale. Prilikom razmene QSIG poruka tačke koje razmenjuju poruke su ravnopravne i svi parametri se mogu prenositi i u jednom i u drugom smeru [7].

Mrežna signalizacija QSIG se obavlja signalizacionim vezama koje prate govorne kanale na koje se odnosi i može se ostvarivati samo sa pridruženim načinom (*associated mode*). Zbog toga se ne može reći da postoji signalizaciona QSIG mreža.

Na slici 26. je prikazan osnovni signalizacioni ciklus u PISN mreži. U ovoj vezi biranje vrši korisnički terminal TE_a koji bira broj terminala TE_b . Inicijator prekida veze je takođe TE_a . Razlika pristupnih i mrežnih signalizacionih poruka je mnogo manja nego kod javne ISDN mreže.



Slika 26. Procedura signalizacije u privatnoj ISDN mreži (preuzeto iz [7])

4.4. SISTEMI SIGNALIZACIJE U PAKETSKIM TELEFONSKIM MREŽAMA

4.4.1. Signalizacija u paketskim telefonskim mrežama

Kao i kod klasične telefonske mreže, signalizacija u paketskoj mreži mora da bude brza, bez grešaka u prenosu i jednoznačna u pogledu tumačenja signala. Brzina mora da omogući korisniku da ne oseća predugo vremensko kašnjenje od kraja biranja do signala odgovora. Signalizacija mora da se prenese bez grešaka pa se za njen prenos kroz mrežu koriste tehnike prenosa sa kontrolom ispravnosti, pozitivne i negativne potvrde i višestruko slanje. Jednoznačnost signala je njegova osobina da svaki ima što detaljnije značenje. Tako je poželjno da poseban signal neuspešnog poziva postoji za svaki od mogućih razloga usled koga je dati poziv neuspešan: nepostojeći traženi korisnik, zagušenje u mreži, zauzet traženi korisnik.

Izraz telefonska signalizacija u paketskim mrežama označava više različitih postupaka. Pod njime se podrazumeva [7]:

- Trivijalan prenos signalizacije preko paketske mreže tzv. TDMoIP tehnikom. Ova tehnika se sastoji u paketizovanju standardnih TDM signala (E1), prenosu preko paketske mreže i vraćanju signala u TDM oblik na prijemu.
- Prenos klasičnih signala (birački i tonski signali) od klasičnog telefonskog aparata i ka njemu, korišćenjem neke od paketskih tehnika. Ovaj postupak zahteva učeurenje (*encapsulation*) telefonskih signala i njihov prenos, sa ili bez tumačenja njihovog značenja u paketskom delu mreže.
- Prenos mrežnih signala klasične telefonije (analognih i digitalnih) korišćenjem paketskog prenosa. Ovakav prenos se često zove paketski ili IP trunk (*trunk*).
- Prenos telefonskih signala između delova klasične i paketske telefonske mreže. Ovaj postupak zahteva pretvarače signalizacije tj. tumačenje značenja pojedinih signala. U ovom slučaju se zahteva da skupovi signala klasične i paketske telefonske signalizacije imaju odgovarajuće (prevodive) signale.
- Prenos telefonskih signala u potpuno paketskoj mreži. U ovom postupku telefonski aparati i mrežni čvorovi ostvaruju veze na potpuno novim načelima signalizacije.

Tehnika TDMoIP se koristi u slučaju kad se dva dela klasične mreže, u kojima se vrši TDM prenos, povezuju paketskom mrežom. Postupak paketizacije TDM (E1) signala se obavlja u pretvaraču (*gateway*). Delovi TDM signala se smeštaju u polje korisne informacije internetskih paketa. Ovakav najjednostavniji vid paketskog prenosa unosi najmanje kašnjenje jer su u postupcima paketizacije i depaketizacije izbegnuti složeni procesi kompresije i dekompresije govornog signala, razdvajanje signalizacije i govorne informacije i tumačenje signalizacije.

Telefonski signali koji se prenose kroz paketsku mrežu su signali iz područja govornih učestanosti, koji svojom učestanošću pokazuju značenje signala. Oni pripadaju signalizacijama DTMF (*Dual Tone MultiFrequency*), MFC (*MultiFrequency Coded*) R1 i MFC R2. Pored toga, prenose se i linijski CAS signali iz 16. kanala multipleksnog signala E1 (ili odgovarajući bitovi signala T1), poznati pod nazivom ABCD bitovi.

Od korisničkih tonских signala, kroz paketsku mrežu moraju da se prenesu birački signali. Ostali signali se mogu proizvesti i na učesničkoj strani. Osnovni problem koji se javlja u prenosu biračkih signala u paketskoj tehnici je mogućnost razlikovanja biračkih signala iz govornog opsega od govornog signala. Naime, govorni signal se podvrgava postupcima kompresije koji bi, ukoliko se primene na biračke impulse, uneli prevelika oštećenja. Ovo je posledica činjenice da su zahtevi za prenos biračkih signala strožiji od zahteva za prenos govornog signala. Usled toga se primenjuju odvojeni postupci paketizacije signala i govora.

Praktično svi telefonski signali se mogu prenositi preko Interneta. Od svih paketskih tehnika, IP protokol pruža najveće mogućnosti za prenos telefonskih signala. Moguće je prenositi korisničke (stanje slušalice, DTMF i tonske signale), mrežne CAS i mrežne CCS signale. Ukoliko se preko Interneta prenose mrežni signali onda se ta veza popularno naziva IP trunk.

Telefonski signali se preko Interneta prenose na tri načina. Prvi je TDMoIP tj. prenošenje paketizovanog digitalnog multipleksnog TDM signala. Za prenošenje se često koristi protokol UDP, ali sa korišćenjem provere prenosa. Pošto se u okviru ovog signala nalaze i mrežni signali, može se reći da je, uslovno, i ovo prenos telefonske signalizacije Internetom. Drugi način se sastoji u određivanju svojstava (parametara) signala na prelazu iz telefonskog dela mreže u Internet i prenošenju tih svojstava do drugog dela telefonske mreže, gde se oni obnavljaju na osnovu prenetih svojstava. Treći način podrazumeva prepoznavanje signala na ulazu u Internet i prenošenje koda tog signala do tačke u kojoj će biti vraćen u izvorni oblik.

Za prenos signala preko Interneta se kao transportni protokol koristi RTP. On je pogodan zbog svoje brzine, a i zato što ima sve pokazatelje koji omogućavaju obnavljanje signala: oznaku vrste poruke, redni broj paketa, identifikator izvora i vremensku odrednicu. Postupak koji se primenjuje u prenosu telefonskih signala preko Interneta sastoji se od deljenja telefonskog signala na odsečke trajanja 50 ms, nakon čega se za svaki odsečak signala formira RTP paket.

U potpuno paketskim telefonskim mrežama primenjuju se dva sistema signalizacije, koji se popularno nazivaju H.323 i SIP.

4.4.2. Signalizacija H.323

H.323 je deo familije ITU-T preporuka sa zajedničkom oznakom H.32x koje se odnose na multimedijalne komunikacije preko različitih mreža (H.324 za mreže sa komutacijom kola, H.320 za ISDN mreže, H.321 za B-ISDN mreže, H.322 za lokalne mreže sa garantovanom uslugom). H.323 je standard koji definiše komponente, protokole i procedure koji omogućavaju usluge multimedijalnih komunikacija preko mreža na bazi komutacije paketa. U trenutku usvajanja, ovaj skup preporuka bio je namenjen vezama po kojima se ostvaruju video konferencije preko paketske mreže. Najkorišćeniji deo ovog standarda se odnosi na paketsku telefonsku vezu između dva učesnika, pa se danas često ova oznaka odnosi na tehniku signalizacije u paketskoj telefoniji [7].

H.323 standard definiše četiri komponente koje predstavljaju osnovne elemente paketske telefonske mreže u kojoj se on primenjuje. To su:

- terminal,
- pretvarač (*Gateway* - GW),
- *Gatekeeper* - GK,
- upravljačka jedinica za više tačaka (*Multipoint Control Unit* - MCU).

H.323 terminal se koristi za dvosmernu multimedijalnu komunikaciju u realnom vremenu. To je korisnički terminal koji kao osnovnu funkciju ima mogućnost uspostavljanja paketskih telefonskih veza, a kao dodatne funkcije može podržavati video komunikaciju i prenos podataka. H.323 terminal je PC računar opremljen posebnim softverom ili IP telefonski aparat, koji se mogu priključiti direktno na paketsku mrežu i signalizacije i govorne informacije šalju i primaju u paketskom obliku. Jedna od posebnosti H.323 terminala je da je on određen i telefonskim brojem i internetskom adresom (*Uniform Resource Identifier* - URI).

GW služi kao interfejs između dve mreže kojim se omogućava povezivanje dve različite mreže, one u kojoj se primenjuje H.323 standard (H.323 mreža) sa drugim mrežama, koje nisu bazirane na njemu. Ovo povezivanje različitih mreža omogućeno je prevođenjem protokola za uspostavljanje i raskidanje poziva, konverzijom formata, komunikacionih procedura i kodera različitih mreža, kao i prenosom informacija između mreža koje povezuje dati GW. To znači da GW na prelazu između dve mreže mora da izvrši (de)paketizaciju govornog signala i prevođenje signalizacionih poruka. GW se ne zahteva kod komunikacije dva terminala u H.323 mreži.

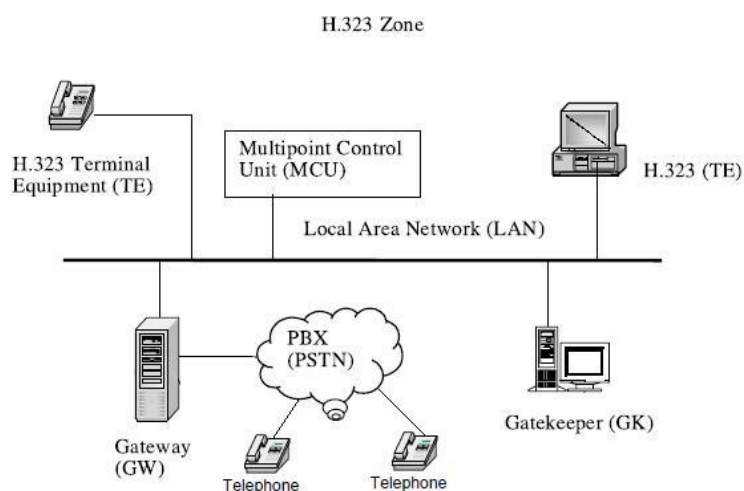
GK nije obavezna komponenta u H.323 mreži (jednostavnije mreže mogu funkcionisati bez njega), ali ukoliko je prisutan on izvršava niz zadataka. Cilj njegovog uvođenja je da se razdvoje funkcije procesiranja signala koje obavlja GW i funkcije upravljanja mrežom koje izvršava GK. Prema svojoj nameni, GK se može uporediti sa

upravljačkim organom telefonske centrale u klasičnoj telefonskoj mreži. On je sabirna tačka za sve pozive u okviru mreže i omogućava neke od važnih servisa kao što su: adresiranje, autorizacija i utvrđivanje identiteta terminala i GW-a, upravljanje propusnim opsegom, formiranje računa i naplata troškova, a može pružati i usluge usmeravanja poziva.

MCU pruža podršku za konferencijsku vezu tri ili više H.323 terminala. Svi terminali koji učestvuju u konferenciji uspostavljaju vezu sa MCU, koji upravlja konferencijskim resursima i vrši usklađivanja između terminala radi utvrđivanja korišćenih audio ili video koda/dekoda.

Međusobnim povezivanjem pomenutih osnovnih elemenata mreže formira se H.323 oblast (zona) [13]. To je privatna paketska mreža ili deo paketske mreže, koja funkcioniše na primeni H.323 standarda. Ona predstavlja skup svih terminala, GW-a i MCU-ova kojima upravlja jedan GK. Sa susednim paketskim i nepaketskim mrežama, ova mreža je spojena preko GW-a, koji omogućavaju pretvaranje signalizacije i korisnog signala iz oblika usvojenih u datoj H.323 zoni u druge oblike i obrnuto. Nezavisna je od mrežne topologije i može se sastojati od više mrežnih segmenata međusobno povezanih ruterima ili drugim uređajima. Ukoliko u nekoj oblasti nema GK-a, moguće je uspostaviti samo veze unutar te oblasti jer svaki terminal može imati adrese svih ostalih terminala u oblasti. U slučaju da u oblasti postoji GK, tada su omogućene i veze između terminala koji pripadaju različitim oblastima, a problem određivanja adrese traženog terminala se rešava signalizacionom komunikacijom između GK-a.

Osnovni elementi mreže i njihovo povezivanje pomoću LAN mreže u jednoj H.323 oblasti su prikazani na slici 27.



Slika 27. Elementi paketske telefonske mreže u H.323 oblasti (preuzeto iz [13])

Skup preporuka H.323 obuhvata preporuke koje određuju kodovanje i komprimovanje govornog (G.71x, G.72x) i video (H.26x) signala i preporuke koje određuju signalizaciju tj. način upravljanja vezama (H.225 i H.245) [7]. Preciznije, samo deo preporuke ITU-T H.323, koji se nalazi u preporukama H.225 i H.245, se odnosi na signalizaciju. Uobičajena slojevita predstava skupa H.323 preporuka je data na slici 28.

| sloj audio primene | sloj video primene | sloj upravljanja | | |
|---|--------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| G.711 G.722 G.723.1 G.728 G.729 | H.261 H.262 | H.225.0 SIGGK RAS | H.225.0 upravljanje vezom | H.245 upravljanje kanalima |
| RTP | | | | |
| UDP | | | TCP | |
| IP | | | | |
| Ethernet | | | | |

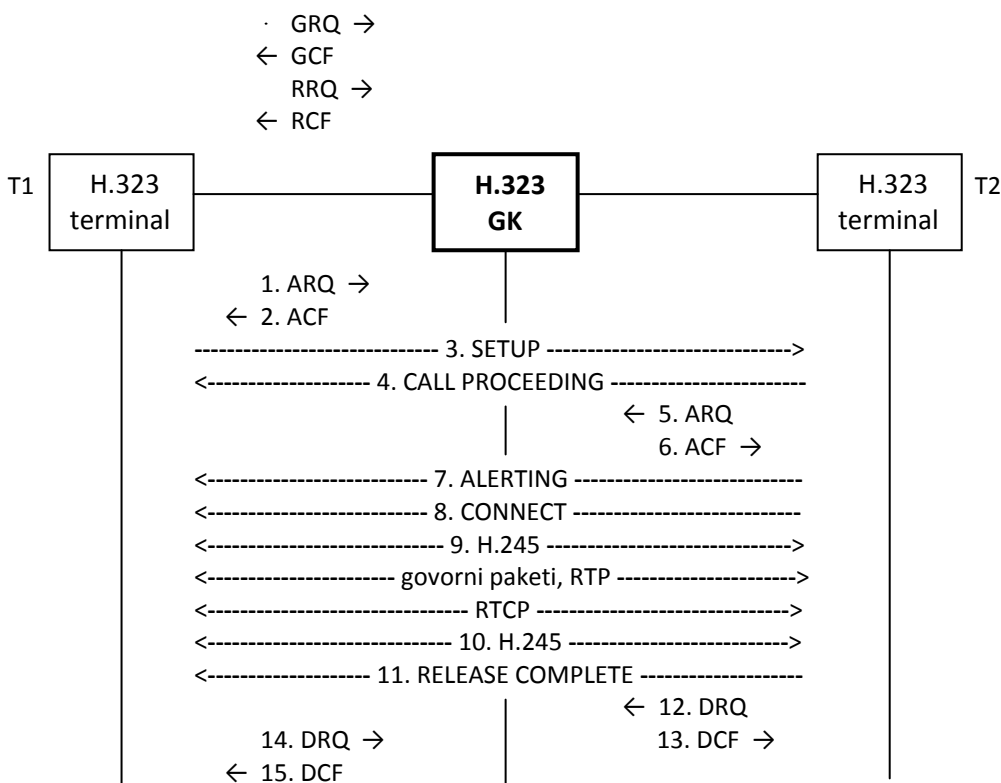
Slika 28. Slojevita predstava skupa H.323 preporuka (preuzeto iz [7])

Sa slike se vidi da se u sloju primene za obradu audio signala koriste preporuke iz serije G, a za obradu video signala preporuke H.261 i H.262, dok se prenos vrši u realnom vremenu primenom protokola RTP. U oblasti upravljanja, deo preporuke H.225.0 sa oznakom RAS (*Registration, Admission and Status*) reguliše signalizaciju između terminala i GK-a (SIGGK). Prenos ovih poruka se vrši primenom protokola UDP. Drugi deo preporuke H.225.0 se odnosi na signalizaciju između terminala. Ona obuhvata uži skup signalizacionih poruka trećeg sloja pristupne signalizacije ISDN, datih preporukom Q.931. Preporuka H.245 uređuje uspostavljanje tzv. logičkih kanala između terminala kojima se obavlja prenos korisničkih informacija. Upravljačke informacije se uglavnom prenose primenom pouzdanog protokola TCP.

Signalizacija H.323 se obavlja u tri koraka. Prvi korak je komunikacija terminala i GK-a. Ovaj deo se u literaturi naziva *H.225.0 RAS* signalizacija. Terminal se obraća GK-u preko tzv. RAS (pseudo) kanala. Drugi korak je uspostavljanje kanala kojim će se razmenjivati korisničke informacije tj. telefonski razgovor. Ovaj proces se naziva *H.225.0 Call Signaling*. Signalizacione poruke iz ovog koraka signalizacije po nazivima i značenju su iste kao i poruke uskopojasnog korisničkog ISDN pristupa, određene ITU-T preporukom Q.931. Treći korak je razmena poruka o mogućnostima terminala koji će učestvovati u vezi, a naziva se *H.245 Conference Control Signaling*.

Prvi korak služi za pronalaženje GK-a i ovaj postupak je prikazan na slici 29. Terminal, inicijator poziva, šalje zahtev ka GK-u (*Gatekeeper ReQuest - GRQ*). Poziv se može slati svim dostupnim GK-ima ili poznatom GK-u. Odgovor GK-a može biti pozitivan (*Gatekeeper ConFirm - GCF*) ili negativan (*Gatekeeper ReJect - GRJ*). Kod pozitivnog odgovora, smatra se da je terminal pronašao GK. Sada se pristupa postupku registracije terminala u GK-u. U tu svrhu se šalje poruka *RRQ (Registration ReQuest)*, koja pored ostalog sadrži i podatke o adresi terminala koji se registruje i vreme za koje se zahteva trajanje registracije (*TTL*). Pozitivni odgovor je poruka *RCF (Registration ConFirm)*, a odgovor može biti i negativan. U slučaju potvrđene registracije terminala u GK-u, adresa registrovanog terminala vezuje se za registracioni broj koji služi u daljim koracima. Adresa je najčešće pozivni broj, a ona se može predstaviti i u obliku adrese elektronske pošte ili URI-a. U jednoj H.323 oblasti jedan broj odgovara samo jednom terminalu, tako da konferencijski pozivi zahtevaju uslugu GK-a.

Posle postupka registracije terminala (H.225.0 RAS) proces signalizacije može se izvršiti na tri načina. Prvi je direktni način, u kome se delovi signalizacije H.225.0 *Call Signaling* i H.245 *Conference Control Signaling* obavljaju bez učešća GK-a. Drugi je da se H.225.0 *Call Signaling* izvodi preko GK-a, a H.245 *Conference Control Signaling*, direktno između terminala. Treći način je da se celokupni postupak signalizacije vrši preko GK-a, a da se paketi sa govorom šalju direktno između terminala.



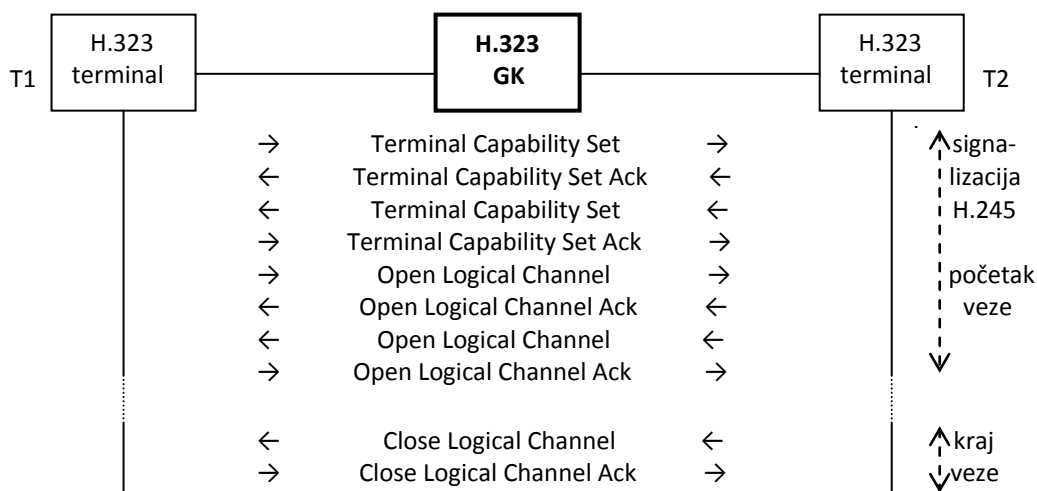
Slika 29. Direktnan način procesa H.323 signalizacije (preuzeto iz [7])

Postupak signalizacije na direktni način je prikazan na slici 29. Na početku, registrovani pozivajući terminal T1 najavi vezu GK-u *ARQ* (*Admission ReQuest*) porukom, koja pripada signalizaciji H.225.0 RAS. Ova poruka nosi puno informacija, ali je za samu signalizaciju suštinski važna informacija o pozivnom broju traženog terminala. Samo na osnovu ovog broja GK može da odredi adresu (i broj porta) na koju pozivajući terminal može da šalje sledeće signalizacione poruke. GK odgovara pozitivnom porukom *ACF* (*Admission ConFirm*) koja sadrži ovu adresu. Ukoliko GK uzvrati negativnom porukom *ARJ* (*Admission ReJect*) ovaj postupak se prekida kao neuspešan. Pozivajući terminal šalje poruku *SETUP* direktno traženom terminalu T2 koji odgovara potvrdom *CALL PROCEEDING*. Terminal T2 je registrovan ranije, ali mora poslati poruku GK-u *ARQ* o svom pristupanju vezi, dok GK potvrđuje sa *ACF*. Sada traženi terminal šalje poruke *ALERTING* i *CONNECT* direktno pozivajućem terminalu.

Posle uspostavljanja veze moraju se razmeniti podaci o terminalima, porukama H.245. Nakon toga, sledi razmena korisničkih informacija za koje se koristi protokol RTP. Istovremeno se koristi RTCP za nadgledanje toka medijskih paketa. U datom primeru, traženi terminal je inicijator prekida veze. Prekid veze takođe uključuje sva tri signalizaciona koraka. Najpre se otkazuje korišćenje terminala porukama iz skupa H.245. Zatim se od strane inicijatora šalje poruka *RELEASE COMPLETE* (iz skupa H.225.0 *Call Signaling*) o prekidu veze. Najzad, terminali se odjavljuju GK-u porukama *DRQ* (*Disconnect ReQuest*), a GK ih potvrđuje porukom *DCF* (*Disconnect ConFirm*). Obe poslednje poruke pripadaju signalizaciji H.225.0 RAS.

Ukoliko se postupak signalizacije vrši na drugi način, u kome se signalizacija H.225.0 *Call Signaling* obavlja preko GK-a, a H.245 *Conference Control Signaling* direktno između terminala, broj signalizacionih faza je veći nego u prethodnom slučaju. Kod trećeg načina, celokupna signalizacija se obavlja preko GK-a, a broj signalizacionih koraka je još veći.

Pri uspostavljanju i raskidanju veze se koriste signalizacione H.245 poruke, koje se mogu slati preko GK-a ili direktno i prikazane su na slici 30. Na početku veze postoje dve vrste poruka koje se šalju u oba smera i potvrđuju u suprotnim smerovima. Prva poruka *Terminal Capability Set* sadrži mogućnosti terminala. Poruka u suprotnom smeru *Terminal Capability Set Ack* je potvrda prethodne. Posle ovoga slede iste poruke, ali u suprotnim smerovima. Sledeća poruka *Open Logical Channel* označava otvaranje jednosmernog logičkog kanala kojim će se prenositi govorni paketi. Njena potvrda je *Open Logical Channel Ack*. Ovim porukama se utvrđuje da će postojati logički tj. medijski RTP kanal (i RTCP kanal), bez obzira na to što se paketi prenose protokolom UDP koji nema osobinu da obrazuje virtuelnu vezu (*connectionless*). Na kraju veze potrebno je prvo prekinuti vezu u oblasti signalizacije H.245 tj. ukinuti logičke kanale.



Slika 30. Razmena H.245 poruka (preuzeto iz [7])

Pored ovih, postoji još desetak grupa H.245 poruka. To je razumljivo jer signalizacija podržava složene veze kao npr. multimedijalne konferencijske veze. Neke od grupa ovih poruka su: određivanje prioritnog terminala u ostvarenoj komunikaciji ili zahtevi prijemne strane o načinima prenosa koje će primeniti predajnik.

4.4.3. Signalizacija SIP

Ova signalizacija zasnovana je na protokolu SIP (*Session Initiation Protocol*). To je protokol kojim se ostvaruju, dopunjavaju i raskidaju multimedijalne konferencijske veze u paketskoj mreži, a opisan je u IETF standardu RFC 3261 [14]. SIP je nastao od protokola HTTP. Pripada sloju primene, a za transportni protokol može da koristi UDP, TCP i SCTP (*Stream Control Transport Protocol*). Po uspostavljanju veze, korisnički podaci se prenose primenom protokola RTP.

Za razliku od postupka H.323 čiji naziv obuhvata standarde signalizacije, obrade glasa i slike za prenos (kodovanje i kompresija) i protokole prenosa, SIP označava ime za signalizacioni postupak u paketskoj telefonskoj mreži. SIP prenosi samo signalizacione poruke i podatke o korisničkoj informaciji koja sledi posle poruka. Dok H.323 uzima u obzir postojeće mreže sa komutacijom kola, SIP je zasnovan na načelima Interneta. Ovaj protokol podržava fleksibilno adresiranje, pri čemu adresa traženog korisnika može biti adresa elektronske pošte, veb adresa ili broj u skladu sa E.164 numeracijom [13].

U elemente arhitekture SIP mreže spadaju korisnički agenti i mrežni serveri. Korisnički agenti iniciraju i završavaju komunikaciju i obuhvataju klijente (*User Agent Client - UAC*) i servere (*User Agent Server - UAS*). Osnovni princip SIP signalizacije je princip komunikacije između klijenta i servera. UAC je tražilac usluge, jedinica koja

započinje neku aktivnost u ostvarivanju veze. UAS je davalac usluge, jedinica koja odgovara na zahtev tražioca. Odnos UAC - UAS za dve tačke u SIP mreži je privremen i važi samo za posmatranu komunikaciju. Uređaji u SIP mreži koji imaju funkciju korisničkog agenta mogu biti IP telefoni, radne stanice, pretvarači (GW), servisi za davanje automatskog odgovora itd. Svaki SIP krajnji korisnik sadrži obe celine, i UAC i UAS.

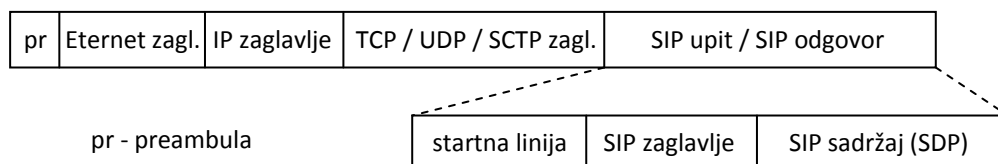
Mrežni serveri obuhvataju proksi servere, preusmerivačke servere i lokacijske servere (registrare). Proksi server (*ProXy Server* - PXS) u SIP mreži je analogija telefonske centrale u klasičnoj telefonskoj mreži. On prima zahtev za vezom i prosleđuje ga ka sledećem serveru, koji može biti drugi PXS ili ciljani UAS. Ima ulogu i klijenta i servera, a u sebi sadrži podatke o krajnjim korisnicima i o upućivanju ka korisnicima. Preusmerivački (*redirect*) server ne obavlja proces uspostavljanja veze već komunicira samo sa inicijatorima veza. On prima zahtev za uspostavljane veze od klijenta i šalje mu odgovor o adresama narednog PXS-a ili traženog korisnika. Pozivajući korisnik tada ponavlja početni upit ili ka traženom korisniku ili ka PXS-u. Lokacijski (*location*) server (registrar) od krajnjih korisnika povremeno dobija poruke u kojima se nalaze njihove adresne informacije. Na taj način se u registraru formira (i obnavlja) baza podataka koja povezuje sve adresne podatke o nekom korisniku. Korisnik registrara kao osnove za upućivanje je PXS, a registrar najčešće predstavlja samo softversku celinu, pridruženu PXS-u. Registrar i PXS u funkcionalnom smislu podsećaju na komponentu GK u H.323 mreži.

U SIP-u postoje dve osnovne vrste poruka: upiti (*requests*) i odgovori (*responses*). Upite šalje UAC ka UAS a odgovore šalje UAS ka UAC. Na upit od inicijatora veze uvek se šalje odgovor pozvanog korisnika, a inicijator potvrđuje prijem odgovora. Jedan SIP upit i SIP odgovori koji slede čine SIP transakciju. Transakcije koje se odnose na jednu sesiju nazivaju se dijalog. Sve poruke koje pripadaju jednom dijalogu imaju iste vrednosti identifikacije izvorišta i odredišta [7].

SIP poruke su tekstualne i sadrže adresne informacije, podatke o vezi i korisničke podatke. Opšti oblik paketa i SIP poruke je prikazan na slici 31.

SIP polje sadrži tri dela međusobno razdvojena CRLF (*Carriage Return, Line Feed*) karakterima, kao kod HTTP-a: startnu liniju, zaglavlje i sadržaj. Oni imaju svoje specifičnosti u upitu i odgovoru. Osim po vrsti poruka, SIP se od HTTP-a razlikuje i po transportnom protokolu, koji u slučaju HTTP-a može biti samo TCP.

Startna linija upita (*request line*) se sastoji od tri tekstualna dela međusobno razdvojena karakterom SP (*SPace*): ime signala tj. metoda, adresa (*request URI*) neke od tačaka na putu do cilja i verzija SIP protokola. Startna linija odgovora se naziva linija stanja (*status line*) i takođe se sastoji iz tri dela: verzije SIP-a, trocifrenog koda poruke (*status code*) i imena poruke (*reason phrase*).



Slika 31. Opšti oblik paketa i SIP poruke (preuzeto iz [7])

Zaglavlje upita sadrži podatke o datoj signalizacionoj poruci. Broj podataka može biti različit. Podaci se nalaze u obliku *ime:vrednost* i neki od važnijih su sledeći:

- *Via* - određuje prethodni put poruke, na primer IP adresu i port koji šalje poruku;
- *Max-Forwards* - definiše najveći broj dopuštenih deonica od izvorišta do odredišta;
- *From* - određuje pošiljaoca;
- *To* - određuje (krajnjeg) primaoca (ovaj podatak se razlikuje od adrese iz startne linije koja označava sledeću tačku);
- *Contact* - definiše IP adresu i port na koje se očekuju odgovori;
- *Call-ID* - identifikator veze na koju se odnosi poruka (sve signalizacione poruke upita i odgovora koje se odnose na istu vezu imaju istu vrednost *Call-ID*);
- *Content-Type* - određuje oblik u kome se daju podaci sadržaja;
- *Content-Length* - određuje dužinu sadržaja u bajtovima.

Oznaka granice između zaglavlja (upita ili odgovora) i sadržaja je prazna linija.

Zaglavlje odgovora sadrži podatke čije su vrednosti u velikom delu iste kao i vrednosti u zaglavlju upita. Vrednosti *Via*, *From*, *To*, *Call-ID* se iz upita kopiraju u odgovor. Neki podaci mogu biti i različiti kao što je *Content-Length*. U polju *Contact* se stavljaju adresni podaci (IP adresa i port) koji će nadalje služiti za direktnu komunikaciju od pozivajućeg ka traženom korisniku. Sve poruke koje pripadaju jednom dijalogu imaju iste vrednosti u poljima *Call-ID*, *From* i *To*.

Podatak o krajnjem primaocu (*To*) predstavlja njegovu adresu. Ukoliko je odredište u telefonskoj mreži, tada podatak sadrži traženi telefonski broj u mreži i domensko ime GW-a preko koga se može doći do telefona sa traženim brojem. Telefonski broj ne mora zadovoljavati E.164 strukturu već može pripadati i privatnoj telefonskoj mreži.

Često se sadržaj daje u obliku koji je propisan protokolom SDP (*Content-Type: SDP*). SDP (*Session Description Protocol*, RFC 2327) je skup pravila o predstavljanju korisničkih podataka. Ovi podaci se odnose na potreban protok, vreme aktivnosti veze (sesije), vrstu korisničkog sadržaja, transportni protokol i format korisničkih informacija. SDP se kao deo SIP-a smatra analogijom sa H.245 delom signalizacije H.323.

Za razliku od podataka iz zaglavlja koji opisuju svojstva veze, podaci iz sadržaja uglavnom opisuju korisničke podatke koji će se razmenjivati u toku veze. UAC šalje

upit koji u svom sadržaju nosi podatke o: verziji SDP-a, inicijatoru veze, tipu adrese inicijatora veze i adresi, vrsti korisničkog sadržaja (audio, video), zaštiti tajnosti sadržaja, transportnom protokolu, formatima korisničkih podataka koji mogu biti primljeni na strani inicijatora itd. Sadržaj odgovora čine podaci vrlo slični sadržaju upita koji se odnosi na tu vezu. Format korisničkih podataka pri tome ne mora biti isti u oba smera.

Poruke SIP upita su sledeće:

- *INVITE* - poruka kojom počinje veza tj. sesija,
- *ACK* - poruka potvrde,
- *BYE* - poruka završetka veze,
- *CANCEL* - odustajanje,
- *OPTIONS* - zahtev da druga strana pošalje svoje mogućnosti,
- *REGISTER* - poruka registracije kod servera,
- *INFO* - prenos informacija u toku veze,
- *MESSAGE* - brzi prenos kratkih poruka,
- *NOTIFY* - zahtev drugoj strani da javi svoje stanje,
- *PRACK* - privremena potvrda,
- *PUBLISH* - poziv da se objavi stanje,
- *REFER* - zahtev da se primalac obrati resursu,
- *SUBSCRIBE* - zahtev kojim se prijavljuje stanje,
- *UPDATE* - obnova podataka o korisničkim podacima.

Postoje dve vrste grupa poruka SIP odgovora: grupa poruka o privremenom stanju veze i nekoliko grupa poruka o konačnom stanju veze. U prvu grupu spadaju poruke čiji kod pripada prvoj stotini, 1xx. Ovoj grupi pripadaju poruke:

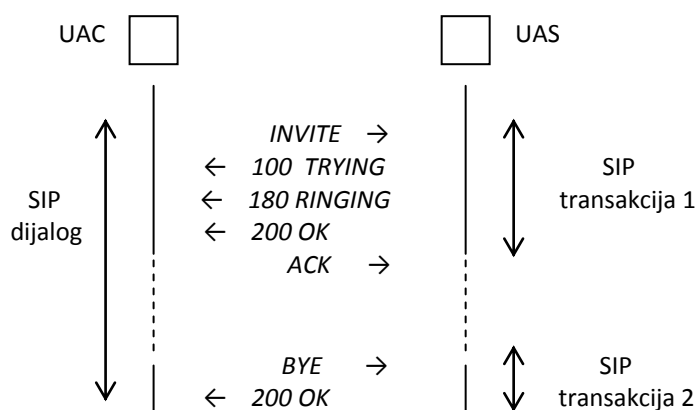
- *100 Trying,*
- *180 Ringing,*
- *181 Call is being forwarded,*
- *182 Queued,*
- *183 Session progress.*

Druga grupa poruka SIP odgovora se može podeliti u pet grupa:

- poruke uspešnog ishoda (kod 2xx): *200 OK,*
202 Accepted;
- poruke preusmeravanja (3xx): *300 Multiple choices,*
301 Moved permanently,
302 Moved temporarily,
305 Use proxy,
380 Alternative service;

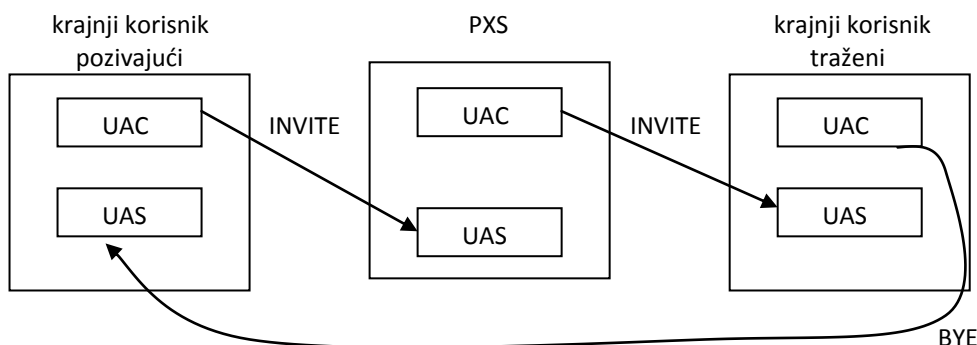
- poruke o greškama tražioca usluge (4xx), ima ih preko 30, od kojih su neke:
 - 400 Bad request,*
 - 401 Unauthorized,*
 - 403 Forbidden,*
 - 404 Not found,*
 - 408 Request timeout,*
 - 483 Too many hops);*
- poruke o greškama servera (5xx), ima 8 poruka od kojih su neke:
 - 500 Server internal error,*
 - 502 Bad gateway,*
 - 504 Server timeout,*
 - 513 Message too large;*
- poruke o globalnim greškama (6xx):
 - 600 Busy everywhere,*
 - 603 Decline,*
 - 604 Does not exist anywhere,*
 - 606 Not acceptable.*

Postupak uspostavljanja i završetka jednostavne SIP veze, u kojoj se komunikacija između UAC i UAS obavlja direktno, je prikazan na slici 32.



Slika 32. Procedura signalizacije u jednostavnoj SIP vezi (preuzeto iz [7])

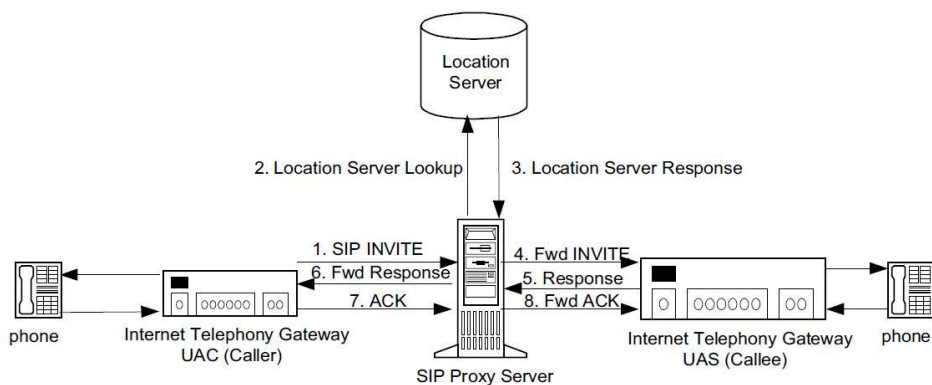
U složenijim vezama neophodno je korišćenje proksi servera, preusmeračkih i lokacijskih servera. PXS prosleđuje vezu ka odgovarajućem korisniku. On u sebi sadrži UAC i UAS. Primer postupka uspostavljanja i raskidanja veze preko PXS-a je prikazan na slici 33. Prilikom uspostavljanja veze UAC pozivajućeg korisnika obraća se UAS-u PXS-a, a UAC PXS-a se obraća UAS-u traženog korisnika. Raskidanje veze se obavlja bez učešća PXS-a.



Slika 33. Procedura signalizacije u SIP vezi preko PXS-a (preuzeto iz [7])

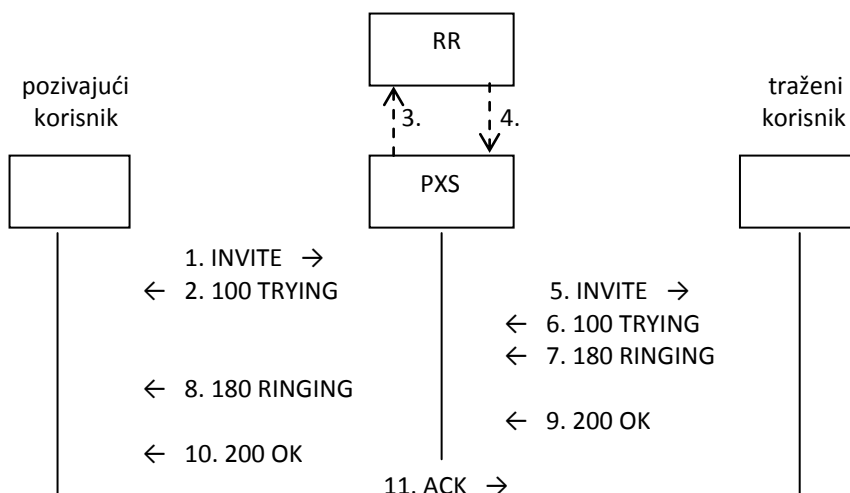
Preusmerivački server služi da na početni upit (*INVITE*) inicijatoru upita pošalje odgovor (neku od poruka iz grupe 3xx) koji sadrži informacije o mogućim adresama traženog krajnjeg korisnika, a pozivajući korisnik tada ponavlja početni upit ka jednoj od njih. Lokacijski server prihvata poruke (*REGISTER*) od krajnjih korisnika koji mu povremeno šalju adresne informacije (IP adresa, port, adresa elektronske pošte). On krajnjem korisniku potvrđuje primljenu informaciju (*200 OK*).

Na slici 34. su prikazani elementi SIP mreže, kao i redosled i tip poruka koje se razmenjuju između njih.



Slika 34. Elementi SIP mreže i tok poruka između njih (preuzeto iz [5])

Postupak uspostavljanja složenije SIP veze je prikazan na slici 35. U opisanom slučaju obraćanje proksi servera PXS registraru (korak 3. i odgovor registrara, korak 4.) se ne obavlja SIP upitima, već bilo kojom tehnikom korišćenja baza. Zahtev za uspostavljenjem veze (sesijom) i odgovori na njega (koraci 1, 2, 5 - 8) se šalju PXS-u. Međutim, poruka traženog korisnika *200 OK* (korak 9.) sadrži adresnu informaciju o njemu (polje *Contact*), pa se dalja komunikacija obavlja bez učešća PXS-a.



Slika 35. Procedura signalizacije u složenijoj SIP vezi (preuzeto iz [7])

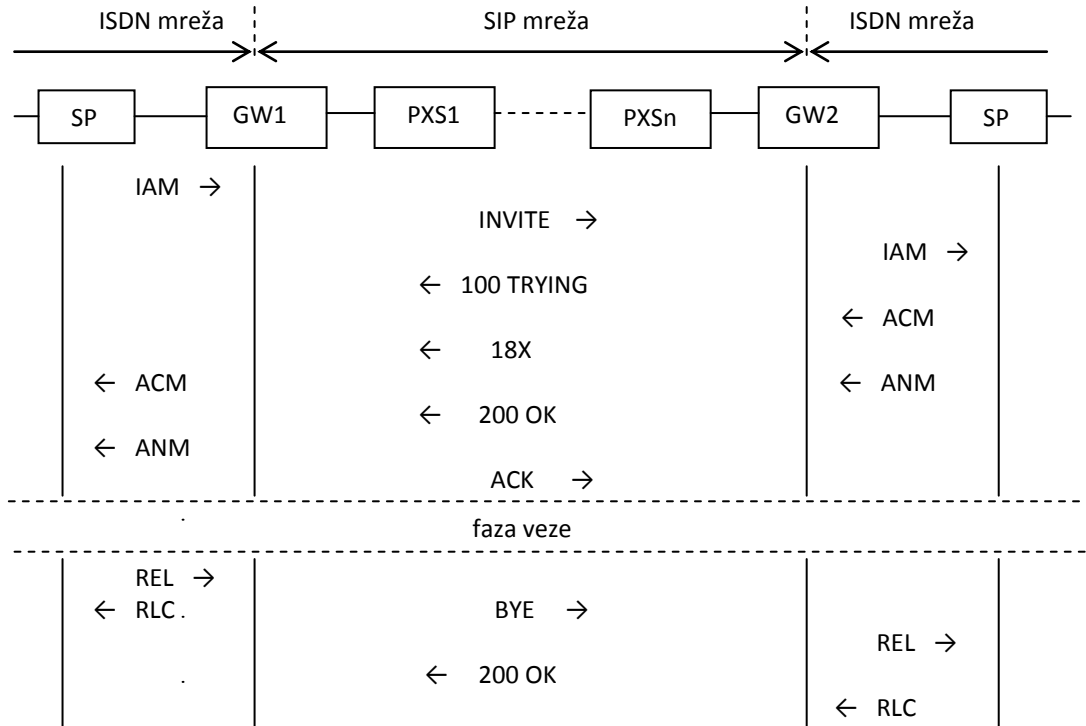
Za rad SIP paketskih mreža koje se graniče sa klasičnim ISDN mrežama značajni su protokoli SIP-T i SIP-I [7].

SIP-T (*SIP for Telephones*, RFC 3372) predstavlja poboljšanje SIP-a koje omogućava međusobni rad ISDN mreže i SIP mreže bez gubitka korisničkih mogućnosti. U ovom protokolu se koriste dva postupka na granici između SIP i ISDN mreže: učajurenje i prevođenje. Učajurenje se vrši na prelazu od ISDN ka SIP mreži. To je postupak u kome se izvorna SS7 ISUP signalizaciona poruka smešta u SIP poruku kao deo sadržaja. Ovaj sadržaj se prenosi kroz SIP mrežu, ali se ne koristi u proksi serverima već samo u pretvaraču signalizacije (signalni GW) na izlazu iz SIP mreže. Prevođenje je pretvaranje SIP poruka u ISUP poruke i obrnuto. Ovaj postupak se sastoji od dva koraka. Jedan je utvrđivanje odgovarajuće poruke, a drugi je prenos parametara potrebnih za uspostavljanje veze iz jedne poruke u drugu.

SIP-T omogućava da se signalizacione poruke SS7 ISUP mogu prenositi učajurene kroz SIP mrežu i prevoditi u SIP poruke i da se SIP poruke mogu prevoditi u ISDN poruke. ISUP poruke se prevode u SIP-T poruke u signalnom GW-u, koji se nalazi na granici između ISDN mreže i SIP mreže. Postupak obuhvata i prevođenje poruka i učajurenje. Naime, u signalnom GW-u je nepoznato da li će se poziv završiti u SIP mreži (gde će se iskoristiti prevedene poruke) ili u ISDN mreži (gde će se iskoristiti učajurene poruke). SIP-T poruke se prevode u ISUP poruke u signalnom GW-u, koji se nalazi na prelazu od SIP mreže ka ISDN mreži. Ovde se vrši samo prevođenje poruka jer ne postoji ISDN premošćenje SIP mreže.

Primer razmene poruka ISUP - SIP-T - ISUP (SIP premošćenje) je prikazan na slici 36. Razmena poruka *INVITE* je prikazana simbolično kao razmena poruke od jednog signalnog GW-a do drugog. To se, naravno, događa u koracima GW1, PXS1, ...,

PXS_n, GW2. SP je oznaka za signalnu tačku u ISDN mreži. GW1 vrši i učeurenje poruke *IAM* i njeno prevođenje u *INVITE*. GW2 iz poruke *INVITE* koristi samo učeurenu poruku *IAM*. Ova konstatacija važi za sve poruke u oba smeru.



Slika 36. Procedura signalizacije u ISDN - SIP mreži (preuzeto iz [7])

SIP-I (*SIP for Interworking*) je deo protokola Q.1912.5 (ITU-T), koji se odnosi na prenos učeurenih ISUP signalizacionih poruka kroz SIP oblast i prevođenje ISUP i SIP poruka jednih u druge. Formalna razlika protokola SIP-T i SIP-I je u izvorima standarda (IETF odnosno ITU-T). Suštinske razlike nisu velike, ali postoje. Protokol SIP-T je namenjen i mrežnom i korisničkom interfejsu, a protokol SIP-I samo mrežnom.

Razvoj SIP mreža doveo je do toga da se one počinju graničiti sa H.323 oblastima. To je nametnulo potrebu da se reši pitanje signalnih pretvarača između ovih mreža. Signalni pretvarači se u ovom slučaju nazivaju IWF (*InterWorking Function*).

Kao noviji protokol izrastao iz računarske tehnike, SIP je u odnosu na H.323 otvoreniji i lakši za dogradnju, određen jednostavnijim standardima, ali nema sve (dodatne) korisničke mogućnosti telefonskih korisnika i nema potpunu usklađenost sa prethodnim verzijama. Dva svojstva, ipak, izdvajaju SIP kao novu i naprednu signalizaciju: mogućnost rada u nekim novijim mrežama mobilne telefonije i jedinstvenost signalizacije na korisničkim i mrežnim interfejsima. Savremene paketske mreže u Srbiji koriste SIP signalizaciju.

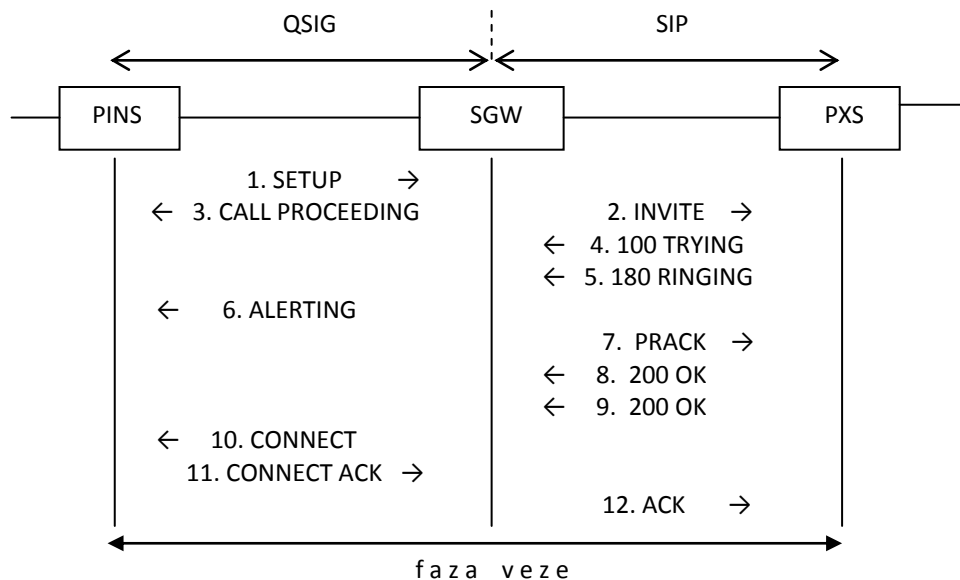
4.4.4. Signalizacija u privatnim mešovitim paketskim mrežama

Signalizacija u privatnim paketskim mrežama se najčešće vrši samo jednim signalizacionim protokolom, H.323 ili SIP-om. Privatne mreže su ograničene veličine tako da se obično izgrađuju u jednom koraku, pa se tada uvodi jedinstvena tehnika.

Mešovita privatna telefonska mreža se sastoji od klasičnog i paketskog dela mreže. Najinteresantnija mešovita mreža je ona čiji je klasični deo ISDN. Ova mreža se označava kao PISN, a mrežna signalizacija koja se koristi u njima je QSIG. U mešovitoj mreži je potrebno očuvati bogat skup korisničkih mogućnosti, pa je usled toga potrebno koristiti efikasne pretvarače signalizacije na granici paketske i ISDN oblasti [7].

U mešovitoj privatnoj mreži se koriste QSIG u klasičnom delu i H.323 ili SIP u paketskom delu mreže. Pretvaranje QSIG - H.323 signalizacije vrši se relativno jednostavno. Deo H.323 signalizacije poznat pod nazivom *H.225.0 Call Signaling* nastao je na osnovi pristupne ISDN signalizacije, baš kao što je slučaj i sa QSIG. Signalizacione poruke na granici QSIG i H.323 oblasti ne menjaju ime i značenje već se informacioni elementi poruka samo podešavaju da nose podatke o vezi, terminalima i uslugama koji se mogu tumačiti u ciljnoj mreži.

Način pretvaranja QSIG - SIP signalizacije i tok razmene poruka između centrale PINS i proksi servera PXS je prikazan na slici 37. Veza koja se uspostavlja polazi iz klasične mreže, a završava se u IP mreži.

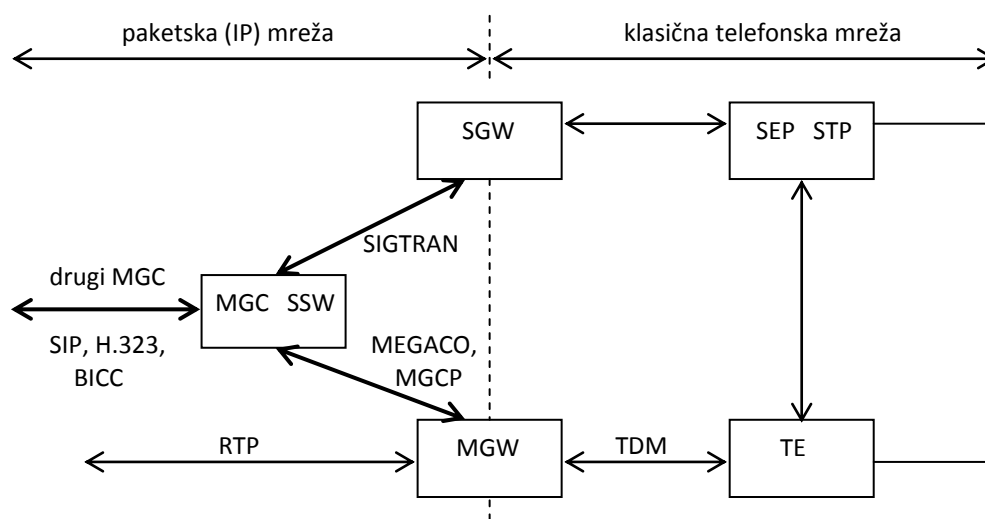


značenje oznaka: PINS- centrala u privatnoj ISDN mreži; SGW - signalni pretvarač; PXS - proksi server.

Slika 37. Procedura signalizacije u mešovitoj QSIG - SIP mreži (preuzeto iz [7])

Upravljački uređaj ili softver paketske mreže koja se graniči sa klasičnom telefonskom mrežom, a koji omogućava „bešavni“ rad mešovite mreže naziva se *softswitch* (SSW). Njegovo osnovno svojstvo je da se upravljačke funkcije odvajaju od funkcija pretvaranja govornog signala iz jednog oblika u drugi. Ovakve mreže pripadaju mrežama sa centralizovanim upravljanjem. Zavisno od proizvođača opreme, SSW sa ovim funkcijama naziva se još i: *Media Gateway Controller*, *Proxy Gatekeeper*, *Call Server*, *Call Agent* ili *Switch Controller*.

Tehnika izgradnje mešovite mreže na SSW načelima je prikazana na slici 38. Ona se zasniva na tri elementa mreže i nekoliko postupaka. Elementi mreže su signalizacioni pretvarač (*Signaling Gateway* - SGW), pretvarač medija (*Media Gateway* - MGW) i SSW ili kontroler MGC. Elementi SSW tehnike su posebne logičke ili funkcionalne celine, ali neke od njih mogu fizički biti smeštene u isti uređaj (npr. MGW i MGC). Osnovni postupci koji se primenjuju u ovakvoj mreži su signalizacioni prenos (*Signaling Transport* - SIGTRAN) i nekoliko protokola za komunikaciju između elemenata mreže (MGCP, MEGACO).



značenje oznaka: SEP, STP - signalizaciona SS7 tačka; SSW - *softswitch*;
SGW - signalizacioni pretvarač; MGW - *media gateway*;
MGC - *media gateway* kontroler; TE - telefonska centrala.

Slika 38. Mešovita telefonska mreža (preuzeto iz [7])

SGW je pretvarač signalizacije između dve različite mreže. To je funkcionalni sklop sa dvojakom funkcijom: da upravljačke signale korišćene u jednoj mreži pretvara u signale koji se mogu koristiti u drugoj mreži (npr. prevođenje SIP poruka u ISDN poruka u protokolu SIP-T) ili da signale jedne mreže prenosi kroz drugu mrežu do tačke koja ih razume odnosno može da ih koristi (SIP premošćenje pomoću protokola SIP-T).

MGW je pretvarač korisničkog (medijskog) signala između dve mreže koje rade na različitim osnovama. U slučaju klasične i paketske telefonske mreže, on oblik govornog signala korišćen u klasičnoj mreži (TDM) pretvara u oblik koji se koristi u paketskoj mreži i obrnuto. MGC je upravljačka jedinica za MGW-ove koji se nalaze na interfejsu između dve mreže. Na osnovu signala dobijenih od drugih signalizacionih i upravljačkih entiteta, MGC posebnim signalizacionim protokolima upravlja MGW-om.

U komunikaciji MGC i SGW se koriste signalizacije SS7 i ISDN, ako je susedna mreža telefonska ili ISDN. Ova komunikacija se obavlja u paketskoj mreži, posebnim postupkom koji se naziva SIGTRAN (*SIG*naling *TRAN*sport). SIGTRAN funkcioniše tako što se SS7 signalizacione poruke prenose između tačaka na granici mreža (SGW) i tačaka u paketskoj mreži bez prevođenja. Prenos kroz paketsku mrežu se vrši uz dodatna zaglavlja, koja obrazuju tzv. prilagodni sloj. Prilagodnih slojeva ima više i svaki od njih služi za prenos posebnih slojeva ili SS7 korisničkih delova. Kao transportni protokol se upotrebljava SCTP protokol, obzirom da, inače vrlo korišćeni i pouzdani, TCP ne može da zadovolji uslove koji se odnose na brzinu rada. SCTP je definisala radna grupa SIGTRAN (IETF, RFC 4960) kao transportni protokol za telefonsku signalizaciju, ali je on koristan u širokom opsegu primena [12].

Signalizacija između dva MGC-a se može obavljati protokolima SIP, H.323, BICC (*Bearer Independent Call Control*) ili SIGTRAN postupkom. BICC je definisan u ITU-T preporuci Q.1901, a predstavlja signalizacioni ISUP protokol koji ne zavisi od vrste mreže [7].

Signalizacija između MGC-a i MGW-a se obavlja protokolima MGCP i MEGACO, koji su pomenuti u poglavlju 3.4.3.

5. BRZINA RADA TELEFONSKE MREŽE

Vlasnici telefonske mreže, bez obzira na korišćenu tehniku za prenos govora, imaju uvek imperativ da korisnicima pruže garantovani kvalitet usluge (servisa), *QoS*. Pojam *QoS* je definisan u ITU-T preporuci E.800 (ranije G.106 - Crvena knjiga) kao „sveukupan efekat karakteristika servisa koji određuje stepen zadovoljstva njegovih korisnika”. Ova definicija je široka i sadrži u sebi mnoge oblasti delovanja, uključujući i subjektivno zadovoljstvo korisnika. Međutim, u datoj preporuci razmatranje kvaliteta usluga je ograničeno na prepoznavanje parametara koji se mogu direktno posmatrati i meriti, u tačkama u kojima korisnici pristupaju tom servisu. Ostali parametri, koji su po prirodi subjektivni odnosno zavisni od subjektivnog mišljenja ili akcije korisnika, nisu specificirani u preporuci.

Kvalitet usluge označava sveukupne karakteristike rada neke mreže, posebno videne od strane korisnika te mreže. Ukoliko se radi o telefonskoj mreži, *QoS* obuhvata zahteve u svim vidovima veze, kao što su: vreme odgovora mreže, gubici, prekidi, eho, preslušavanje, odnos signal/šum, frekventni odziv, nivoi jačine itd. Među ove karakteristike svakako spada i brzina uspostavljanja veze.

5.1. BRZINA USPOSTAVLJANJA VEZE

Osnovna svojstva bilo koje telefonske mreže, koja opisuju njen kvalitet, su kvalitet prenetog govornog signala i kvalitet u postupku uspostavljanja veze. Kvalitet u uspostavljanju veze se često naziva stepenom usluge mreže [7]. Dve veličine utiču na stepen usluge: mogućnost tj. verovatnoća uspostavljanja veze i brzina uspostavljanja veze. Tako, dobro opremljene i organizovane telefonske mreže imaju kratko vreme uspostavljanja veze, zanemarljivu vrednost neuspešnih pokušaja uspostavljanja veze i govorni signal na prijemu koji se vrlo malo razlikuje od govornog signala na predaji.

Veza u telefonskoj mreži se uspostavlja nakon biranja željene adrese odredišta, u koracima koji ostvaruju vezu od jednog mrežnog čvora do drugog, od izvora do odredišta. Pozivajući korisnik predaje mreži informaciju o adresi traženog korisnika, a mreža mu daje informacije o stanju (uspostavljanja) veze i stanju mreže. Izostanak pravovremene informacije od mreže izaziva nedoumicu kod korisnika i on čini radnje koje mogu dovesti do neuspeha u ostvarivanju veze. Tako, izostanak ili zakašnjenje signala slobodnog biranja u klasičnoj telefonskoj mreži izaziva prevremeno biranje telefonskog broja koje se završava neuspešnim pokušajem poziva.

Brzina postupka uspostavljanja veze se izražava vremenima za koje se obave aktivnosti u pojedinim fazama uspostavljanja veze odnosno vremenima prenosa signalizacionih poruka koje se razmenjuju. Vreme prenosa bilo koje signalizacione poruke ima tri osnovne komponente:

- vreme obrade signalizacionih informacija u čvorovima mreže, ono zavisi od saobraćajnog opterećenja i od broja tačaka kroz koje poruke prolaze;
- vreme čekanja na slanje (i vreme slanja) poruka po signalizacionoj vezi, može se smatrati najvažnijom komponentom, koja zavisi od saobraćaja, broja signalizacionih veza i u velikoj meri od kvaliteta prenosa tj. od verovatnoće greške u prenosu;
- vreme prenosa (tj. prostiranja) signalizacione poruke između signalizacionih tačaka, ono predstavlja značajnu komponentu samo na velikim razdaljinama.

Jedna od faza u postupku uspostavljanja veze predstavlja vreme koje protekne od završetka biranja adrese (broja) traženog korisnika do odgovora mreže. Ovo vreme se naziva vreme odziva pozvane strane i jedan je od osnovnih pokazatelja brzine uspostavljanja telefonske veze.

Brzina postupka uspostavljanja veze zavisi od geografskog položaja izvora i odredišta, načina prenosa kroz mrežu (analogni, digitalni, paketski), tipa signalizacije i od saobraćajne opterećenosti mrežnih čvorova i opterećenosti prenosnih puteva. Očigledno, brzina uspostavljanja veze je utoliko veća ukoliko su njeni izvor i odredište na međusobno kraćem rastojanju, kao i u uslovima što manje saobraćajne opterećenosti čvorova i prenosnih puteva.

5.1.1. Brzina uspostavljanja veze u klasičnim i paketskim mrežama

Suštinska razlika kod razmatranja brzine uspostavljanja veze u klasičnim i paketskim telefonskim mrežama je sledeća. U klasičnoj telefonskoj mreži nedostatak resursa izaziva nemogućnost uspostavljanja veze odnosno gubitke ili čekanje na ostvarenje veze, a po uspostavljanju veze saobraćajna svojstva korisnika i resursa ne mogu uticati na kvalitet govornog signala. Sa druge strane, u paketskoj mreži praktično ne postoje gubici poziva zbog nedostatka resursa. Ukoliko su resursi mreže preopterećeni, povećava se kašnjenje paketa, što dovodi do smanjenja kvaliteta govornog signala na prijemu. To znači da nedostatak resursa u klasičnoj mreži izaziva manji broj veza od željenog, ali su veze dobrog kvaliteta, dok u paketskoj mreži nedostatak resursa izaziva pad kvaliteta veza, ali se sve veze ostvaruju.

U klasičnim i paketskim mrežama se koriste različiti sistemi signalizacije, pa se razlikuju i vremena prenosa signalizacionih poruka, a samim tim i brzina uspostavljanja veze u ovim mrežama.

5. 1.2. Uticaj tipa signalizacije na brzinu uspostavljanja veze

Signalizacije savremenih mreža koje sadrže celokupnu adresu traženog korisnika imaju prednost nad signalizacijama u kojima su se slale pojedinačne cifre. Obrnuto, način signalizacije „od početka do kraja“ u nekim klasičnim mrežama ima prednost nad savremenim signalizacijama koje prenose poruke od čvora do čvora tj. „deonicu po deonicu“. Saobraćajno opterećenje mreže odnosno pojedinih čvorova utiče tako što se u čvorovima, koji obrađuju signalizacione poruke redosledno, stvaraju redovi čekanja pa se na uslugu u svakom čvoru na vreme usluge mora dodati i vreme čekanja. Pored toga, u čvorovima nekih savremenih mreža signalizaciona poruka se obrađuje u više faza pa se model posluživanja dodatno usložnjava.

U najstarijim telefonskim tehnikama u kojima se primenjuje dekadski signalizacija, jedan signal predstavlja jedan birački impuls. Brzina signalizacije je bila oko 100 ms po jednom biračkom impulsu cifre izabranog broja, a slanje jedne cifre se odvijalo brzinom koja je bila približno jedna cifra u sekundi.

Kod registarske R2 signalizacije jedan signal predstavlja jednu cifru. Ova signalizacija, kao jedna od najbržih signalizacija sa pretvaračima, obavlja se brzinom od oko jedne cifre za 100 ms. Prednost ove signalizacije u pogledu brzine rada je princip slanja od početka do kraja, što znači da se poslednje cifre ne zadržavaju u tranzitnim tačkama između odlazne i dolazne centrale.

U signalizaciji po zajedničkom kanalu jedna poruka tj. jedan signal može predstavljati ceo izabrani broj. Zbog toga je uspostavljanje veze znatno ubrzano, tako da se vreme od poslednje izabrane cifre do dobijanja tonkog signala „kontrola poziva“ može svesti na oko 1 s. Za jednu vezu sa dva tranzitiranja kroz elektronske centrale ovo vreme je oko 0.8 s u slučaju sistema signalizacije po zajedničkom kanalu, a oko 3.5 s ukoliko je signalizacija višefrekvencijska i pridružena kanalu [2].

Kod signalizacije SS7 šalje se ceo izabrani telefonski broj u jednoj poruci koja traje desetak milisekundi. Nažalost, svaka poruka se obrađuje u svakoj tranzitnoj signalizacionoj tački, tako da ova činjenica, donekle, doprinosi smanjenju brzine.

Propusnost signalizacione SS7 mreže predstavlja njenu sposobnost da prenese potreban broj signalizacionih poruka u dovoljno kratkom vremenskom intervalu. Svi delovi mreže uslužuju poruke sa čekanjem tako da su broj poruka i ukupno vreme usluge (čekanje i usluga) neposredno zavisni: što je broj poruka veći vreme usluge je duže, a propusnost manja i obrnuto. Osnovni uslov koji određuje propusnost SS7 mreže je gornja granica vremena za uspostavljanje telefonske veze. Jasno je da ova granica ne može biti veća od granica u mrežama sa starijom vrstom signalizacije. Dakle, osnovni uslov i pokazatelj propusnosti mreže je ukupno vreme prenosa signalizacionih poruka kroz mrežu.

U signalizacijama H.323 i SIP koje se koriste u paketskim mrežama, u pogledu vremena prenosa signalizacionih poruka između mrežnih čvorova važi isto što je rečeno i za SS7 signalizaciju, obzirom da se tražena adresa prenosi jednom porukom. Osnovni uzrok smanjenja brzine uspostavljanja veze u savremenim mrežama je taj što se ovaj postupak odvija isključivo po principu „deonica po deonica” tj. od čvora do čvora.

5.2. NORME ZA POJEDINE FAZE PROCESA USPOSTAVLJANJA VEZE

Zbog svoje složenosti, proces uspostavljanja veze najduže traje i zbog toga je trajanje pojedinih faza ovog procesa propisano normama, kako za polaznu stranu, tako i za tranzitne mrežne čvorove i dolaznu stranu. Pored toga, date norme se posebno odnose za veze u lokalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj mreži.

Norme odnosno dozvoljene najveće vrednosti vremena obavljanja pojedinih faza u toku uspostavljanja veze, se određuju međunarodnim propisima, a date su u preporukama ITU-T. Propisane norme se odnose na četiri podslučaja, koji obuhvataju različite uslove saobraćajnog opterećenja i različita vremena za koje treba da se obavi određena faza procesa uspostavljanja veze.

Za opisivanje uslova saobraćajnog opterećenja mreže se koriste tzv. referentna opterećenja. Tako se razlikuju:

1. normalno opterećenje (*load A*) i
2. povećano opterećenje (*load B*).

Normalno opterećenje pokazuje normalni srednji nivo aktivnosti organa usluge. To je opterećenje sa kojim se oni često sreću i potrebno je da ga savladaju takvim stepenom usluge da korisniku izgleda kao da je usluga idealna. Povećano opterećenje pokazuje povećan nivo, iznad normalnih planiranih nivoa aktivnosti organa u mreži. To je opterećenje koje može retko da nastane kao posledica kvarova u mreži ili nekih nepredviđenih događaja koji izazivaju povećanu ponudu. Komunikacioni organi moraju i u ovom slučaju da ponude visok stepen usluge, mada se dozvoljava manja propusnost od one za normalno opterećenje.

Normalno opterećenje ponuđenog saobraćaja za centrale se definiše kao srednja vrednost dobijena iz deset najvećih procenjenih dnevnih vrednosti ponuđenog saobraćaja u času glavnog opterećenja (ČGO) iz jednogodišnjeg perioda. Slično, povećano opterećenje ponuđenog saobraćaja za centrale se definiše kao srednja vrednost dobijena iz pet najvećih procenjenih dnevnih vrednosti ponuđenog saobraćaja u ČGO iz istog perioda iz kojeg je dobijeno i normalno opterećenje [2].

Za oba pomenuta podslučaja referentnog opterećenja se posebno propisuju norme, koje se odnose na dve vrednosti vremena za koje treba da se završi neka faza uspostavljanja veze:

1. najveća dozvoljena srednja vrednost vremena (t_{mmax}) i
2. najveća dozvoljena vrednost vremena u kome će bar 95 % zahteva biti usluženo (t_{95}).

O ovim vremenima će biti više reči u poglavlju 6.2.

U klasičnim telefonskim mrežama, norme za vremena obavljanja pojedinih faza u procesu uspostavljanja veze, koje se odnose na brzinu rada mreže, objavljene su u ITU-T preporuci E.721 [15]. Norme koje se odnose na brzinu rada centrala objavljene su u ITU-T preporuci Q.543 [16], kao i u preporuci Q.725 [17], za slučaj primene signalizacije SS7.

U paketskoj telefonskoj mreži se takođe moraju poštovati standardi koji propisuju brzinu uspostavljanja veze. Ovi standardi bi trebalo da propišu najveći broj mrežnih tačaka kroz koje veza može da prođe i najduže vremenske intervale za koje se neke operacije moraju obaviti.

Telefonska mreža zasnovana na paketskoj tehnici ne sme imati lošija svojstva u pogledu brzine uspostavljanja veze od klasičnih mreža. Brzina uspostavljanja veza u paketskim mrežama je precizno određena samo za ATM mreže (preporuka ITU-T E.726). Za savremene telefonske mreže zasnovane na paketskoj tehnici još nisu definisani propisi odnosno preporuke o ovim vremenima, već se koriste propisi koji važe za prethodnu tehnološku generaciju (ISDN). Jedini parametar za koji postoje norme je vreme odziva pozvane strane, koje su objavljene u preporuci E.671 [18].

5.2.1. ITU-T preporuka E.721

Preporuka E.721 daje parametre koji opisuju stepen usluge telefonske mreže za servise zasnovane na komutaciji kola u ISDN-u, kao i njihove preporučene najveće vrednosti. Ovi parametri se mogu izraziti kao verovatnoće blokiranja ili kašnjenja, koja nastaju usled činjenice da je kapacitet obrađenog saobraćaja u mreži konačna veličina, a da je zahtevani saobraćaj po prirodi stohastički. Pored toga, pretpostavljeno je da su mreža i njene komponente u potpunosti funkcionalni i uzeti su u obzir priroda i mogućnosti ISDN-a i signalizacije SS7.

Uspostavljanje i realizovanje poziva u ISDN-u za sve servise zasnovane na komutaciji kola preko B-kanala (govor, podaci, slika) koristi procedure definisane u preporuci Q.931 i protokole signalizacije SS7. Pri tome su definisani sledeći parametri stepena usluge mreže:

- vreme prvog odziva mreže (*pre-selection delay*), za način slanja adresnih signala „sa preklapanjem”,
- vreme odziva pozvane strane (*post-selection delay*), za način slanja adresnih signala „sa preklapanjem” i „svi zajedno”,
- vreme odziva pozitivnog odgovora mreže (*answer signal delay*),
- kašnjenje raskidanja veze (*call release delay*),
- verovatnoća blokiranja veze (*probability of end-to-end blocking*).

Vreme prvog odziva mreže se definiše kao vremenski interval od trenutka kada pozivajući terminal prosledi pristupnom sistemu signalizacije prvi bit poruke *SABME*, do trenutka kada pozivajući terminal primi poslednji bit poruke *SETUP ACK*.

Vreme odziva pozvane strane (slanje adresnih signala „sa preklapanjem”) se definiše kao vremenski interval od trenutka kada pozivajući terminal prosledi pristupnom sistemu signalizacije prvi bit poruke *INFORMATION*, koja sadrži poslednju cifru, do trenutka kada pozivajući terminal primi poslednji bit prve poruke koja označava karakter poziva (poruka *ALERTING* u slučaju uspešnog poziva).

Vreme odziva pozvane strane (slanje adresnih signala „svi zajedno”) se definiše kao vremenski interval od trenutka kada pozivajući terminal prosledi pristupnom sistemu signalizacije prvi bit poruke *SETUP*, koja sadrži sve cifre, do trenutka kada pozivajući terminal primi poslednji bit prve poruke, koja označava karakter poziva (poruka *ALERTING* u slučaju uspešnog poziva).

Vreme odziva pozitivnog odgovora mreže se definiše kao vremenski interval od trenutka kada traženi terminal prosledi pristupnom sistemu signalizacije prvi bit poruke *CONNECT*, do trenutka kad pozivajući terminal primi poslednji bit poruke *CONNECT*.

Kašnjenje raskidanja veze se definiše kao vremenski interval od trenutka kada korisnički terminal koji prekida vezu prosledi pristupnom sistemu signalizacije prvi bit poruke *DISCONNECT*, do trenutka kad isti terminal primi poslednji bit poruke *RELEASE* (pokazujući time da terminal može da inicira ili primi novi poziv).

Verovatnoća blokiranja veze predstavlja verovatnoću da će pokušaj poziva biti neuspešan usled nedostatka mrežnih resursa.

Dozvoljene najveće vrednosti prethodno navedenih parametara su posebno date za lokalne veze, za tranzitne veze u okviru nacionalne mreže i za međunarodne veze. Pri tome su uzeti tipični brojevi komutacionih čvorova koji se koriste za uspostavljanje veza u ISDN mreži:

- 1 - 4 čvora za lokalnu vezu,
- 5 - 7 čvorova za tranzitnu vezu,
- 8 - 10 čvorova za međunarodnu vezu.

U tabeli 6. su date preporučene najveće dozvoljene srednje vrednosti i najveće dozvoljene vrednosti u kome će bar 95 % zahteva biti usluženo, za normalno i povećano saobraćajno opterećenje posebno.

Tabela 6. Norme za parametre stepena usluge mreže u ISDN-u

| parametar | normalno opterećenje | | povećano opterećenje | |
|--|----------------------|----------|----------------------|----------|
| | t_{max} | t_{95} | t_{max} | t_{95} |
| vreme prvog odziva mreže | 0.6 s | 1.0 s | 1.0 s | 2.0 s |
| kašnjenje raskidanja veze | 0.4 s | 0.6 s | 0.6 s | 1.0 s |
| vreme odziva pozvane strane * | | | | |
| lokalna veza | 3.0 s | 6.0 s | 4.5 s | 9.0 s |
| tranzitna veza | 5.0 s | 8.0 s | 7.5 s | 12.0 s |
| međunarodna veza | 8.0 s | 11.0 s | 12.0 s | 16.5 s |
| vreme odziva pozitivnog odgovora mreže | | | | |
| lokalna veza | 0.75 s | 1.5 s | 1.0 s | 2.0 s |
| tranzitna veza | 1.5 s | 3.0 s | 2.0 s | 4.0 s |
| međunarodna veza | 2.0 s | 5.0 s | 3.3 s | 6.5 s |
| verovatnoća blokiranja veze | | | | |
| lokalna veza | 2 % | NP | 3 % | NP |
| tranzitna veza | 3 % | NP | 4.5 % | NP |
| međunarodna veza | 5 % | NP | 7.5 % | NP |

* način slanja adresnih signala „svi zajedno” NP - nije primenljivo

5.2.2. ITU-T preporuka Q.543

Preporuka Q.543 daje projektovane ciljne karakteristike za digitalne lokalne, tranzitne i međunarodne centrale u IDN i ISDN mrežama, koje se odnose na njihove tehničke mogućnosti odnosno na brzinu rada upravljačkih organa centrala. Njihovom primenom se osigurava da će pomenute centrale biti sposobne da podrže preporučeni stepen usluge mreže, dat u preporukama serije E.500.

Projektovane ciljne karakteristike su date za dva referentna saobraćajna opterećenja: normalno i povećano opterećenje. One su predstavljene u obliku parametara kojima se opisuju različita kašnjenja u procesu uspostave veze. Pri tome su posebno razmatrane klasična ili mešovita (analogno - digitalna) mreža i ISDN mreža.

U slučaju klasične ili mešovite mreže neki od definisanih parametara su sledeći:

- kašnjenje dolaznog odgovora (*incoming response delay*),
- kašnjenje zahteva za pozivom lokalne centrale (*exchange call request delay*),
- kašnjenje uspostavljanja poziva (*exchange call set-up delay*),
- kašnjenje veze kroz centralu (*through-connection delay*),
- kašnjenje slanja indikacije (*incoming call indication sending delay*),

- kašnjenje slanja spremnosti (*alerting sending delay*),
- kašnjenje prekida poziva (*exchange call release delay*),
- kašnjenje slanja odgovora centrale (*answer sending delay*).

Kašnjenje dolaznog odgovora za tranzitne i dolazne veze je karakteristika koja se može primeniti u slučaju signalizacije po pridruženom kanalu. Definiše se kao vremenski interval od trenutka kada se prepozna signal zauzimanja dolaznog kola, do trenutka kada centrala pošalje nazad odgovarajući (*proceed-to-send*) signal. U tabeli 7. su date preporučene najveće dozvoljene srednje vrednosti i najveće dozvoljene vrednosti u kome će bar 95 % zahteva biti usluženo.

Tabela 7. Preporučene vrednosti za kašnjenje dolaznog odgovora

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 300 ms | ≤ 400 ms |
| t_{95} | 400 ms | 600 ms |

Kašnjenje zahteva za pozivom lokalne centrale za analogne pretplatničke linije definiše se kao vremenski interval od trenutka kada se na interfejsu pretplatničke linije centrale prepozna stanje podignute slušalice, do trenutka kada centrala počne da šalje signal biranja ka liniji. Ovaj period odgovara početku pokušaja poziva u kome centrala nije u mogućnosti da prima bilo kakve adresne informacije od pretplatnika. U tabeli 8. su date najveće dozvoljene preporučene vrednosti ovog parametra.

Tabela 8. Preporučene vrednosti za kašnjenje zahteva za pozivom
(analogna pretplatnička linija)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 400 ms | ≤ 800 ms |
| t_{95} | 600 ms | 1000 ms |

Kašnjenje zahteva za pozivom za digitalne pretplatničke linije i slanje adresnih signala „sa preklapanjem” definiše se kao vremenski interval od trenutka kada se od pretplatničkog sistema signalizacije primi poruka *SETUP*, do trenutka kada se poruka *SETUP ACKNOWLEDGE* prosledi nazad pretplatničkom sistemu signalizacije. U slučaju digitalne pretplatničke linije i slanja adresnih signala „svi zajedno”, dati parametar se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se od pretplatničkog sistema signalizacije primi poruka *SETUP*, do trenutka kada se poruka procedure poziva prosledi nazad pretplatničkom sistemu signalizacije. U tabelama 9. i 10. su date najveće dozvoljene preporučene vrednosti ovog parametra za navedene slučajeve.

Tabela 9. Kašnjenje zahteva za pozivom (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „sa preklapanjem”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|------------|----------------------|----------------------|
| t_{mmax} | ≤ 400 ms | ≤ 800 ms |
| t_{95} | 600 ms | 1000 ms |

Tabela 10. Kašnjenje zahteva za pozivom (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „svi zajedno”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|------------|----------------------|----------------------|
| t_{mmax} | ≤ 600 ms | ≤ 900 ms |
| t_{95} | 800 ms | 1200 ms |

Kašnjenje uspostavljanja poziva za tranzitne i odlazne veze se definiše kao vremenski interval od trenutka kada je potrebna informacija za izbor odlaznog kola dostupna za obradu u centrali ili kada je od sistema signalizacije primljena signalizaciona informacija potrebna za uspostavljanje poziva, do trenutka kada se signal zauzimanja pošalje sledećoj centrali ili odgovarajuća signalizaciona informacija prosledi sistemu signalizacije. U tabelama 11 - 14. su date preporučene najveće dozvoljene vrednosti za tranzitne veze u kojima se koristi signalizacija po pridruženom kanalu ili kombinovanje signalizacija po pridruženom i zajedničkom kanalu.

Tabela 11. Kašnjenje uspostavljanja poziva za tranzitne veze

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|----------|----------------------|----------------------|
| t_m | ≤ 250 ms | ≤ 400 ms |
| t_{95} | 300 ms | 600 ms |

Tabela 12. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze (analogna pretplatnička linija)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|------------|----------------------|----------------------|
| t_{mmax} | ≤ 300 ms | ≤ 500 ms |
| t_{95} | 400 ms | 800 ms |

Tabela 13. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „sa preklapanjem”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|------------|----------------------|----------------------|
| t_{mmax} | ≤ 400 ms | ≤ 600 ms |
| t_{95} | 600 ms | 1000 ms |

Tabela 14. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „svi zajedno”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 600 ms | ≤ 800 ms |
| t_{95} | 800 ms | 1200 ms |

Za tranzitne veze između kola koja koriste signalizaciju SS7, primenjuje se preporuka Q.725.

Kašnjenje veze kroz centralu se definiše kao vremenski interval od trenutka kada informacija potrebna za određivanje veze kroz centralu postane raspoloživa za obradu u centrali ili se od sistema signalizacije primi signalizaciona informacija potrebna za određivanje veze kroz centralu, do trenutka kada odgovarajući prenosni put za saobraćaj između ulaznog i izlaznog kraja centrale postane raspoloživ. Ovo kašnjenje se može pridodati kašnjenju uspostavljanja poziva. U tabeli 15. su date preporučene najveće dozvoljene vrednosti za tranzitne i odlazne veze.

Tabela 15. Kašnjenje kroz centralu za tranzitne i odlazne veze

| norma | normalno opterećenje | | povećano opterećenje | |
|-----------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | bez pomoćne opreme | sa pomoćnom opremom | bez pomoćne opreme | sa pomoćnom opremom |
| t_{max} | ≤ 250 ms | ≤ 350 ms | ≤ 400 ms | ≤ 500 ms |
| t_{95} | 300 ms | 500 ms | 600 ms | 800 ms |

Kašnjenje veze kroz centralu za lokalne i dolazne veze, koje se završavaju analognim pretplatničkim linijama, je vremenski interval od trenutka u kom se na interfejsu pretplatničke linije centrale prepozna stanje podignute slušalice pozvanog korisnika, do trenutka kada se veza kroz centralu uspostavi i postane raspoloživa za prenos saobraćaja ili kad centrala pošalje nazad odgovarajući signal. Maksimalne vrednosti koje se primenjuju na ovaj parametar su uključene u vrednosti kašnjenja slanja indikacije (tabela 17.). U slučaju lokalnih i dolaznih veza koje se završavaju digitalnim pretplatničkim linijama, kašnjenje veze kroz centralu je vremenski interval od trenutka u kome se od sistema signalizacije primi poruka *CONNECT*, do trenutka kada se veza kroz centralu uspostavi i postane raspoloživa za prenos saobraćaja, a što se indikuje prosleđivanjem poruka *ANSWER* i *CONNECT ACKNOWLEDGE* odgovarajućim sistemima signalizacije. U tabeli 16. su date preporučene najveće dozvoljene vrednosti za dati slučaj.

Tabela 16. Kašnjenje kroz centralu za lokalne i dolazne veze
(digitalna pretplatnička linija)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 250 ms | ≤ 400 ms |
| t_{95} | 300 ms | 600 ms |

Kašnjenje slanja indikacije za lokalne i dolazne veze i pozive koji se završavaju analognim pretplatničkim linijama se definiše kao vremenski interval od trenutka kada je u centrali dostupna za obradu poslednja cifra pozvanog broja, do trenutka kada centrala pošalje signal poziva pozvanoj pretplatničkoj liniji. Preporučene najveće dozvoljene vrednosti zbira kašnjenja slanja indikacije i veze kroz centralu su date u tabeli 17. Preporuka je da kašnjenje slanja indikacije ne prelazi 90 % datih vrednosti odnosno da kašnjenje veze kroz centralu ne prelazi 35 % vrednosti iz tabele 16.

Tabela 17. Kašnjenje slanja indikacije za lokalne i dolazne veze
(pozivi se završavaju analognom pretplatničkom linijom)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 650 ms | ≤ 1000 ms |
| t_{95} | 900 ms | 1600 ms |

U slučaju lokalnih i dolaznih veza koje se završavaju digitalnim pretplatničkim linijama, kašnjenje slanja indikacije je vremenski interval od trenutka u kome se od sistema signalizacije primi potrebna signalizaciona poruka, do trenutka kada se poruka SETUP prosledi sistemu signalizacije pozvane pretplatničke linije. U tabelama 18. i 19. su date preporučene najveće dozvoljene vrednosti, posebno za slučajeve slanja adresnih signala „sa preklapanjem” i „svi zajedno”.

Kašnjenje slanja spremnosti, za dolazne pozive koji se završavaju analognim pretplatničkim linijama, definiše se kao vremenski interval od trenutka kada je u centrali dostupna za obradu poslednja cifra pozvanog broja, do trenutka kada centrala pošalje nazad signal poziva pozivajućem korisniku. Preporučene najveće dozvoljene vrednosti su one iz tabele 17. U slučaju digitalne pretplatničke linije, ovaj parametar se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se od pretplatničkog sistema signalizacije primi poruka *ALERTING*, do trenutka u kome se prosledi poruka *ADRESS COMPLETE* sistemu signalizacije centrale ili se pošalje nazad signal poziva pozivajućem korisniku. Preporučene najveće dozvoljene vrednosti su date u tabeli 20.

Tabela 18. Kašnjenje slanja indikacije za lokalne i dolazne veze (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „sa preklapanjem”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 400 ms | ≤ 600 ms |
| t_{95} | 600 ms | 1000 ms |

Tabela 19. Kašnjenje slanja indikacije za lokalne i dolazne veze (digitalna pretplatnička linija, slanje adresnih signala „svi zajedno”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 600 ms | ≤ 800 ms |
| t_{95} | 800 ms | 1200 ms |

Tabela 20. Kašnjenje slanja spremnosti za dolazne veze (pozivi se završavaju digitalnom pretplatničkom linijom)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 200 ms | ≤ 350 ms |
| t_{95} | 400 ms | 700 ms |

Kašnjenje slanja spremnosti za lokalne pozive koji se završavaju analognim pretplatničkim linijama definiše se kao vremenski interval od trenutka kada je signalizaciona informacija dostupna za obradu u centrali, do trenutka kada počne da se šalje signal poziva pozivajućoj analognoj pretplatničkoj liniji ili kada se pošalje poruka *ALERTING* sistemu signalizacije pozivajuće digitalne pretplatničke linije. Za pozive sa analogne pretplatničke linije, preporučene najveće dozvoljene vrednosti su iste one iz tabele 17., a za pozive sa digitalne pretplatničke linije, preporučene vrednosti su date u tabeli 21. Kod lokalnih poziva koji se završavaju digitalnim pretplatničkim linijama, a nastaju sa analognih, ovaj parametar se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se od sistema signalizacije pozvane pretplatničke linije primi poruka spremnosti, do trenutka kada počne da se šalje signal poziva pozivajućoj pretplatničkoj liniji. I u ovom slučaju se koriste vrednosti iz tabele 17. Konačno, za lokalne pozive između digitalnih pretplatničkih linija, preporučene najveće dozvoljene vrednosti date su u tabeli 22.

Tabela 21. Kašnjenje slanja spremnosti za lokalne veze (pozivi sa digitalne pretplatničke linije koji se završavaju analognom pretplatničkom linijom)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 300 ms | ≤ 500 ms |
| t_{95} | 500 ms | 800 ms |

Tabela 22. Kašnjenje slanja spremnosti za lokalne veze
(pozivi između digitalnih pretplatničkih linija)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 200 ms | ≤ 350 ms |
| t_{95} | 400 ms | 700 ms |

Kašnjenje prekida poziva se definiše kao vremenski interval od trenutka kada je u centrali raspoloživa za obradu poslednja informacija potrebna za raskidanje veze, do trenutka kada komutaciona mreža u centrali više nije raspoloživa za prenos saobraćaja i kada se signal raskidanja pošalje sledećoj centrali. Ovaj interval ne uključuje vreme potrebno za detektovanje signala raskidanja. U tabelama 23. i 24. su date preporučene najveće dozvoljene vrednosti u dva slučaja: za tranzitne veze u kojima se koristi signalizacija po pridruženom kanalu ili se kombinuju signalizacija po pridruženom i zajedničkom kanalu i za odlazne, dolazne i lokalne veze.

Tabela 23. Kašnjenje prekida poziva za tranzitne veze

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 250 ms | ≤ 400 ms |
| t_{95} | 300 ms | 700 ms |

Tabela 24. Kašnjenje prekida poziva za odlazne, dolazne i lokalne veze

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 250 ms | ≤ 400 ms |
| t_{95} | 300 ms | 700 ms |

Preporučene vrednosti za kašnjenje prekida poziva u slučaju tranzitnih veza između kola koja koriste signalizaciju SS7 su date u tabeli 37.

Kašnjenje slanja odgovora definiše se kao vremenski interval od trenutka kada centrala primi indikaciju odgovora, do trenutka kada centrala prosledi indikaciju odgovora pozivajućem korisniku. Namena ovog parametra je da se minimizuju mogući prekidi prenosnog puta u toku inicijalnog odgovora pozvanog korisnika.

Za tranzitne veze se posebno razmatraju slučajevi korišćenja signalizacije po pridruženom kanalu ili kombinovanja signalizacija po pridruženom i zajedničkom kanalu i linijske signalizacije u govornom opsegu, u nacionalnom delu veze. Preporučene najveće dozvoljene vrednosti su date u tabelama 25. i 26.

Za tranzitne veze između kola koja koriste signalizaciju SS7, primenjuje se preporuka Q.725.

Tabela 25. Kašnjenje slanja odgovora za tranzitne veze
(signalizacija po pridruženom kanalu)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 100 ms | ≤ 150 ms |
| t_{95} | 150 ms | 300 ms |

Tabela 26. Kašnjenje slanja odgovora za tranzitne veze
(linijska signalizacija u nacionalnom delu veze)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 50 ms | ≤ 90 ms |
| t_{95} | 100 ms | 180 ms |

Za veze u dolaznoj centrali, kašnjenje slanja odgovora se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se na interfejsu analogne pretplatničke linije dolaznog poziva prepozna stanje podignute slušalice ili od sistema signalizacije digitalne pretplatničke linije primi poruka *CONNECT*, do trenutka kada se pošalje nazad indikacija odgovora ka pozivajućem korisniku. Preporučene vrednosti su date u tabeli 27.

Tabela 27. Kašnjenje slanja odgovora za dolazne veze

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 250 ms | ≤ 350 ms |
| t_{95} | 300 ms | 700 ms |

Za veze u odlaznoj centrali kašnjenje slanja odgovora se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se od sistema signalizacije odlaznog kola ili u slučaju lokalnog poziva od pozvane pretplatničke linije primi indikacija odgovora, do trenutka kada se pošalje indikacija odgovora pozivajućem korisniku. Kod odlaznog poziva sa digitalne pretplatničke linije, indikacija odgovora je poruka *CONNECT* koja se šalje sistemu signalizacije digitalne pretplatničke linije. Ukoliko je odlazni poziv sa analogne pretplatničke linije, indikacija odgovora se ne mora poslati. Preporučene najveće dozvoljene vrednosti su date u tabeli 28.

Tabela 28. Kašnjenje slanja odgovora za odlazne veze

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 250 ms | ≤ 400 ms |
| t_{95} | 300 ms | 700 ms |

U slučaju ISDN mreže definisani su sledeći parametri:

- kašnjenje potvrde signalizacije (*user signalling acknowledgement delay*),
- kašnjenje prenosa signalizacije (*signalling transfer delay*),
- kašnjenje uspostavljanja poziva (*call set up delay*),
- kašnjenje veze kroz centralu (*through-connection delay*),
- kašnjenje slanja indikacije (*incoming call indication sending delay*),
- kašnjenje prekida veze (*connection release delay*).

Kašnjenje potvrde signalizacije se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se od sistema signalizacije pretplatničke linije primi signalizaciona poruka, do trenutka kada se poruka kojom se potvrđuje prijem te poruke prosledi nazad od centrale ka sistemu signalizacije pretplatničke linije. Primeri ovakvih parova poruka su : *SETUP ACKNOWLEDGEMENT - SETUP*, *CONNECT ACKNOWLEDGEMENT -CONNECT* i *RELEASE ACKNOWLEDGEMENT - RELEASE*. U tabeli 29. su date preporučene najveće dozvoljene vrednosti.

Tabela 29. Kašnjenje potvrde signalizacije

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 400 ms | ≤ 800 ms |
| t_{95} | 600 ms | 1000 ms |

Kašnjenje prenosa signalizacije predstavlja vreme potrebno centrali da prenese poruku od jednog do drugog sistema signalizacije, sa minimalnim ili nikakvim drugim zahtevanim akcijama centrale. Vremenski interval se meri od trenutka kada sistem signalizacije primi poruku, do trenutka kada se odgovarajuća poruka prosledi drugom sistemu signalizacije. Primeri ovih parova poruka su: *ALERT - ADDRESS COMPLETE*, *CONNECT - ANSWER* i *RELEASE - DISCONNECT*. U tabeli 30. su date preporučene najveće dozvoljene vrednosti za odlazne i dolazne veze. Za tranzitne veze treba primeniti preporuke odgovarajućeg sistema signalizacije (Q.725).

Tabela 30. Kašnjenje prenosa signalizacije za odlazne i dolazne veze

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 200 ms | ≤ 350 ms |
| t_{95} | 400 ms | 700 ms |

Kašnjenje uspostavljanja poziva se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se od dolaznog sistema signalizacije primi signalizaciona informacija potrebna za selekciju odlaznog kola, do trenutka kada se odgovarajuća signalizaciona informacija

prosledi odlaznom sistemu signalizacije. Za slučaj odlaznih 64 kbit/s veza sa komutacijom kola i slanja „sa preklapanjem”, ovaj interval počinje kada primljena poruka sadrži indikaciju „*sending complete*” ili je kompletirana adresna informacija za uspostavljanje poziva. U slučaju slanja „svi zajedno”, interval počinje kada korisnički sistem signalizacije primi poruku *SETUP*. U tabelama 31. i 32. su date preporučene najveće dozvoljene vrednosti za oba navedena slučaja.

Za tranzitne veze između kola koja koriste signalizaciju SS7, primenjuje se preporuka Q.725.

Tabela 31. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze („sa preklapanjem”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 400 ms | ≤ 600 ms |
| t_{95} | 600 ms | 1000 ms |

Tabela 32. Kašnjenje uspostavljanja poziva za odlazne veze („svi zajedno”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|-----------|----------------------|----------------------|
| t_{max} | ≤ 600 ms | ≤ 800 ms |
| t_{95} | 800 ms | 1200 ms |

Kašnjenje veze kroz centralu za slučaj odlaznih i tranzitnih 64 kbit/s veza sa komutacijom kola se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se od dolaznog sistema signalizacije primi poruka potrebna za određivanje veze kroz centralu, do trenutka kada prenosni put za saobraćaj između dolaznog i odlaznog kraja centrale postane raspoloživ. Preporučene najveće dozvoljene vrednosti su date u tabeli 33.

Tabela 33. Kašnjenje veze kroz centralu za odlazne i tranzitne veze

| norma | normalno opterećenje | | povećano opterećenje | |
|-----------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | bez pomoćne opreme | sa pomoćnom opremom | bez pomoćne opreme | sa pomoćnom opremom |
| t_{max} | ≤ 250 ms | ≤ 350 ms | ≤ 400 ms | ≤ 500 ms |
| t_{95} | 300 ms | 500 ms | 600 ms | 800 ms |

Za lokalne i dolazne 64 kbit/s veze sa komutacijom kola, kašnjenje veze kroz centralu se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se od sistema signalizacije pozvane linije primi poruka *CONNECT*, do trenutka kada se uspostavi veza kroz centralu i poruke *ANSWER* i *CONNECT ACKNOWLEDGEMENT* proslede odgovarajućim sistemima signalizacije. Preporučene vrednosti su date u tabeli 34.

Tabela 34. Kašnjenje veze kroz centralu za odlazne i tranzitne veze

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|------------|----------------------|----------------------|
| t_{mmax} | ≤ 250 ms | ≤ 400 ms |
| t_{95} | 300 ms | 600 ms |

Kašnjenje slanja indikacije za dolazne i lokalne veze se definiše kao vremenski interval od trenutka u kom se od sistema signalizacije primi potrebna informacija, do trenutka kada se poruka *SETUP* prosledi sistemu signalizacije pozvane pretplatničke linije. Preporučene najveće dozvoljene vrednosti u slučaju slanja „sa preklapanjem” i „svi zajedno” u dolaznom sistemu signalizacije, su date u tabelama 35. i 36.

Tabela 35. Kašnjenje slanja indikacije za dolazne i lokalne veze
(slanje „sa preklapanjem”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|----------|----------------------|----------------------|
| t_m | ≤ 400 ms | ≤ 600 ms |
| t_{95} | 600 ms | 1000 ms |

Tabela 36. Kašnjenje slanja indikacije za dolazne i lokalne veze
(slanje „svi zajedno”)

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|------------|----------------------|----------------------|
| t_{mmax} | ≤ 600 ms | ≤ 800 ms |
| t_{95} | 800 ms | 1200 ms |

Kašnjenje prekida veze se definiše kao vremenski interval od trenutka kada se od sistema signalizacije primi poruka *DISCONNECT* ili *RELEASE*, do trenutka kada veza više nije raspoloživa za dati poziv i odgovarajuća poruka *RELEASE* ili *DISCONNECT* se prosledi drugom sistemu signalizacije koji je uključen u vezu. U tabeli 37. su date preporučene najveće dozvoljene vrednosti.

Tabela 37. Kašnjenje prekida veze

| norma | normalno opterećenje | povećano opterećenje |
|------------|----------------------|----------------------|
| t_{mmax} | ≤ 250 ms | ≤ 400 ms |
| t_{95} | 300 ms | 700 ms |

5.2.3. ITU-T preporuka Q.725

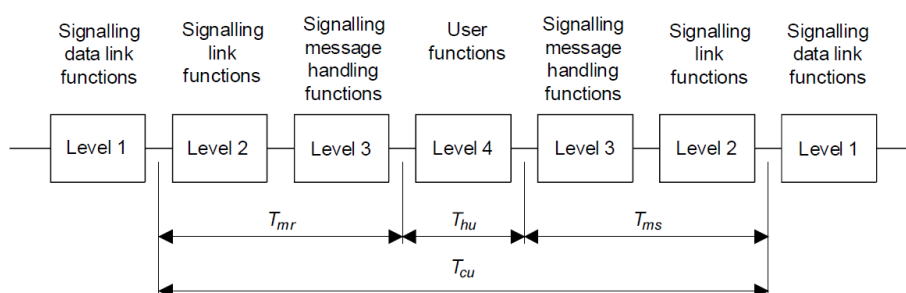
Preporuka Q.725 propisuje zahteve kod telefonske primene sistema signalizacije SS7. Definisane su funkcionalne referentne tačke i komponente vremena prenosa, koje

su prikazane na slici 39. Komponente vremena se odnose na obradu i prenos TUP poruka u tranzitnoj centrali.

U cilju primene ove preporuke, uvedena su dva parametra:

1. vreme prenosa T_{cu} (*cross-office transfer time*),
2. vreme obrade TUP T_{hu} (*Telephone User Part handling time*).

Vreme prenosa T_{cu} definisano je kao period koji počinje kada poslednji bit signalizacione jedinice napusti dolaznu vezu signalizacionih podataka, a završava se kada poslednji bit signalizacione jedinice dođe do odlazne veze signalizacionih podataka po prvi put. Ovaj period obuhvata prijemno MTP i predajno MTP vreme (ova vremena su definisana u preporuci Q.706 [19] koja se odnosi na deo za prenos poruka MTP u okviru signalizacije SS7), kao i vreme obrade TUP T_{hu} , period koji počinje kada poslednji bit poruke dođe do korisničkog dela (TUP), a završava se kada poslednji bit dobijene poruke napusti TUP.



Slika 39. Funkcionalni dijagram vremena prenosa T_{cu} (preuzeto iz [17])

Preporučene vrednosti vremena prenosa T_{cu} za signalizacioni protok 64 kbit/s su date u tabeli 38.

Tabela 38. Preporučene vrednosti za vreme prenosa T_{cu}

| tip poruke | opterećenje centrale pokušajima poziva | T_{cu} [ms] * | |
|---------------------------------------|--|------------------|------|
| | | srednja vrednost | 95 % |
| jednostavna (neka poruka odgovora) | normalno | 110 | 220 |
| | + 15 % | 165 | 330 |
| | + 30 % | 275 | 550 |
| intezivno procesiranje (IAM) | normalno | 180 | 360 |
| | + 15 % | 270 | 540 |
| | + 30 % | 450 | 900 |

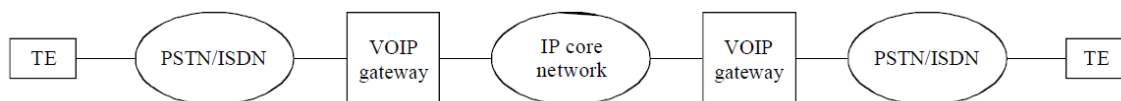
* provizorne vrednosti

5.2.4. ITU-T preporuka E.671

U preporuci E.671 je predloženo najduže dozvoljeno vreme odziva pozvane strane (*post-selection delay*), kao parametar kojim se opisuje stepen usluge telefonske mreže u slučaju kada je deo klasične mreže (PSTN/ISDN) zamenjen paketskom mrežom zasnovanom na IP protokolu. Najveće dozvoljene vrednosti (norme) ovog parametra su predložene pod pretpostavkom da su mreža i komponente mreže u potpunosti funkcionalne. Vreme odziva pozvane strane je definisano u preporuci ITU-T E.721, i to posebno za načine slanja adresnih signala „sa preklapanjem” i „svi zajedno”.

Kada se paketska IP telefonska mreža koristi da zameni deo PSTN/ISDN mreže sa komutacijom kola, korisnici očekuju uporedive vrednosti vremena odziva pozvane strane sa onima koja se javljaju u slučaju kompletne klasične mreže. Shodno tome, u preporuci su provizorno specificirane najveće vrednosti ovog parametra, a za njegove preciznije vrednosti su neophodna dodatna istraživanja.

Preporuka razmatra tip referentne veze PSTN/ISDN - PSTN/ISDN preko IP magistralne mreže, koja je prikazana na slici 40. IP magistralna mreža (*IP backbone*) je okosnica mreže koja obezbeđuje pokrivanje velikih oblasti i među-povezivanje domena. VoIP pretvarač (*gateway*) je odgovoran za translaciju i obradu poziva između klasične PSTN/ISDN i IP delova mreže.



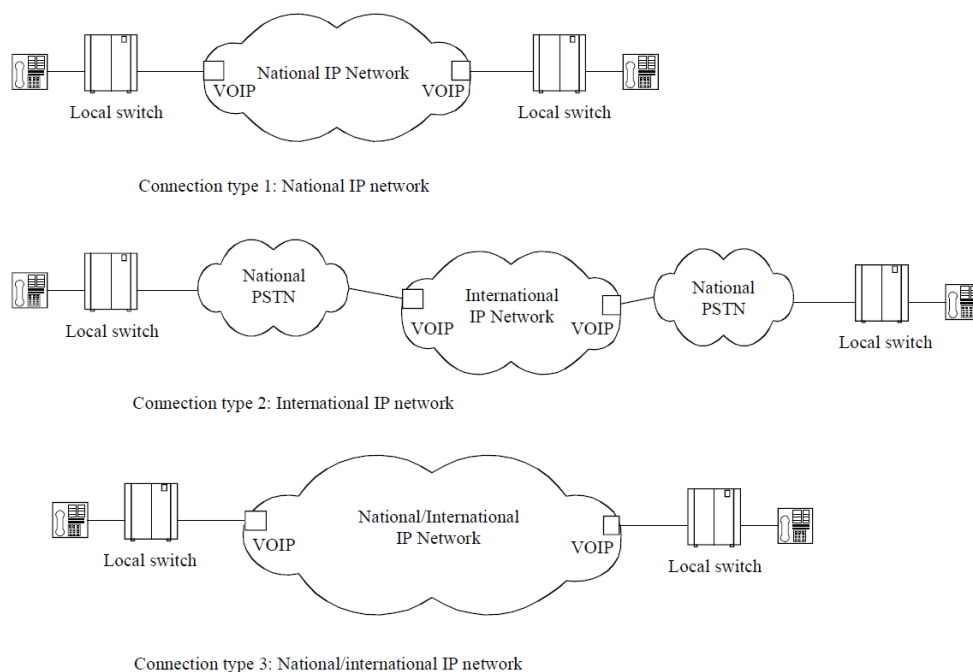
Slika 40. Povezivanje klasičnih mreža preko IP mreže (preuzeto iz [18])

U referentnoj vezi se definišu posebni standardi IP dela mreže za tri slučaja:

1. IP mreža je nacionalna mreža u kojoj ona zamenjuje nacionalnu PSTN/ISDN mrežu u vezama velike razdaljine,
2. IP mreža je međunarodna mreža u kojoj ona zamenjuje međunarodni deo međunarodne veze; u ovom slučaju PSTN/ISDN mreža može biti zamenjena IP mrežom na jednom od krajeva, polaznom ili odredišnom ili ni na jednom od njih,
3. IP mreža je mreža od kraja do kraja u kojoj ona zamenjuje i nacionalni i međunarodni deo međunarodne veze.

Pomenuta 3 slučaja su prikazana na slici 41. Preporučene najveće dozvoljene vrednosti vremena odziva pozvane strane za svaki od ovih slučajeva su date u tabeli 39. Pri tome se u međunarodnoj telefonskoj IP vezi dozvoljava da jedna deonica bude ostvarena satelitskom vezom.

Novi način procene saobraćajnih svojstava mešovite
komunikacione mreže merenjem vremena odziva pozvane strane



Slika 41. Različiti tipovi referentne veze (preuzeto iz [18])

Tabela 39. Preporučene vrednosti za vreme odziva pozvane strane

| referentna veza | normalno opterećenje | | povećano opterećenje | |
|----------------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|
| | t_{max} | t_{95} | t_{max} | t_{95} |
| nacionalna IP mreža | 5.0 s | 8.0 s | 7.5 s | 12.0 s |
| međunarodna IP mreža | * | * | * | * |
| IP mreža od kraja do kraja | 8.0 s | 11.0 s | 12.0 s | 16.5 s |

* neophodna dodatna ispitivanja

Poređenjem podataka iz tabele 39. sa onim iz tabele 6. (poglavlje 5.2.1.) može se videti da je veza u nacionalnoj IP mreži ekvivalentna tranzitnoj vezi u ISDN mreži (preporuka E.721), a da je veza u nacionalnoj/međunarodnoj IP mreži ekvivalentna međunarodnoj vezi u ISDN mreži. Za veze u međunarodnoj IP mreži vrednosti vremena odziva pozvane strane su provizorne i zahtevaju dodatna ispitivanja.

6. VREME ODZIVA POZVANE STRANE I ODREĐIVANJE REALNIJIH VREDNOSTI NJEGOVIH NORMI

Osnovni činilac brzine uspostavljanja veze je vreme odgovora ili odziva pozvane strane. Ono se u stručnoj literaturi na engleskom jeziku naziva *Post Dialing Delay - PDD*, *Post Selection Delay - PSD* ili *Call Setup Delay - CSD*. U nastavku teksta je za ovaj parametar usvojena skraćenica PDD.

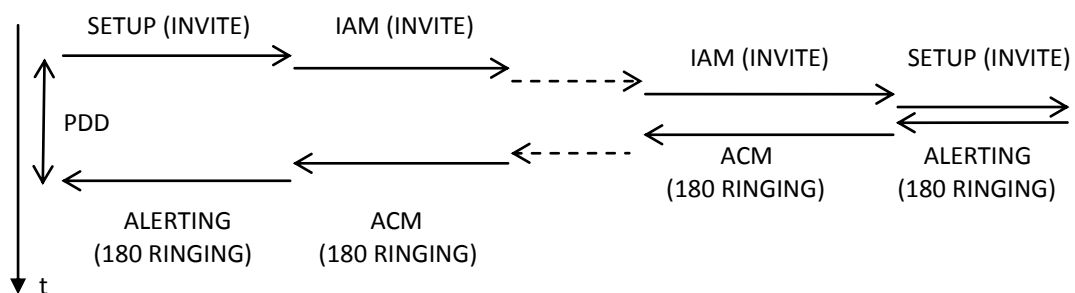
6.1. PDD U INŽENJERSKOJ PRAKSI

6.1.1. Definicija i značaj

Vreme odziva pozvane strane (PDD) se u svim vrstama mreža definiše kao vremenski interval od izbora poslednjeg adresnog parametra (cifre) traženog korisnika od strane pozivajućeg korisnika, do početka odgovora traženog korisnika (signal kontrole poziva - *ringing tone*, signal preusmeravanja poziva, signal zauzetosti - *busy tone*). Pomenuta definicija je detaljnija za pojedine mreže gde PDD označava vremenski interval između konkretnih signalizacionih poruka (od poruke *SETUP* do poruke *ALERTING* u tehnici ISDN) ili metoda (od upita *INVITE* do odgovora *180 RINGING* u SIP signalizaciji). Ovaj vremenski interval je prikazan na slici 42.

U literaturi se mogu naći različita tumačenja parametra PDD u SIP signalizaciji. Tako je na slici 42. usvojeno da se interval PDD završava preliminarnom porukom *180 RINGING*. PDD se može definisati i kao interval koji se završava preliminarnom porukom *100 TRYING*, kao u radu [20], ili finalnom porukom *200 OK*, kao u radu [21], ali obe definicije ne opisuju precizno vreme PDD.

Vreme odziva pozvane strane je najznačajniji pokazatelj brzine ostvarenja veze i sa gledišta tehnike, jer je ova faza najsloženija i sa gledišta korisnika, jer u njoj korisnik očekuje pozitivan odgovor tj. sklon je odustajanju od pokušaja pozivanja.



Slika 42. Definisavanje vremenskog intervala PDD

Tehnički, PDD predstavlja interval vremena u kome se obavlja najveći deo operacija u procesu uspostave veze: određuje se vrsta poziva (lokalni, odlazni, dolazni), određuje se put (ili putevi) upućivanja, vrši se analiza adrese, razmenjuje se signalizacija, vrši se prevođenje signalizacije, čeka se potvrda o uspešnom slanju u svakom mrežnom čvoru do odredišne centrale, utvrđuje se postojanje i status traženog korisnika, šalje se odgovor ka izvorišnoj centrali. Odgovor mreže može biti pozitivan (traženi korisnik je dostupan i šalje mu se pozivni signal) ili negativan (nema resursa u mreži, ne postoji traženi korisnik ili nije dostupan). Jasno je da je vreme do pozitivnog odgovora (PDD), koje je predmet ovog istraživanja, duže od vremena do negativnog odgovora. Kako je broj čvorova kroz koje prolazi veza različit za lokalne, međumesne i međunarodne veze, razlikovaće se i vremena PDD za ove vrste veza.

Istovremeno, korisnik vremenski interval do odziva pozvane strane oseća kao period u kome treba da se pokaže da je telefonska mreža ispravna. Što je interval PDD duži, korisnik više veruje u nefunkcionalnost mreže. Usled toga verovatnoća odustajanja od poziva raste, a time i verovatnoća ponovljenog poziva. Ovo je posebno izraženo u klasičnim telefonskim mrežama, u kojima nema nikakve povratne zvučne informacije između biranja adrese i slanja odgovora, tako da preterano kašnjenje može navesti pozivajućeg korisnika da pomisli da „nešto nije u redu“ i da odustane od poziva. Paketska telefonija u ovom pogledu ima prednost, jer se tokom uspostavljanja veze mogu obezbediti dodatni povratni zvučni signali. Tako, SIP serveri mogu slati više proizvoljnih odgovora koji ukazuju na napredak u procesu slanja adrese ili neke druge akcije od strane mreže.

Vreme odziva pozvane strane zavisi od nekoliko činilaca, od kojih su najvažniji:

- vrsta veze,
- broj čvorova kroz koje prolazi veza,
- vrsta i način signalizacije,
- opterećenje mreže odnosno mrežnih čvorova,
- način obrade signalizacionih poruka u čvorovima.

6.1.2. Norme za PDD

Kao što je uobičajeno za sve parametre stepena usluge mreže, tako su i za PDD propisane norme odnosno preporučene najveće vrednosti, kako bi se ostvarila dobra usluga korisnika. Norme koje se odnose na klasične telefonske mreže su date u ITU-T preporuci E.721., a norme koje važe za mešovite paketske telefonske mreže su date u ITU-T preporuci E.671. Granične vrednosti vremena potrebna za prosleđivanje poruka između susednih čvorova u ISDN mreži su date u ITU-T preporuci Q.543, dok ITU-T preporuka Q.725 propisuje vremena koja važe za signalizacionu SS7 mrežu.

Normama se određuju: najduže srednje vreme za PDD (t_{mmax}) i najduže vreme PDD u kome će se za 95 % veza dobiti odgovor pozvane strane (t_{95}). Norme se definišu za lokalne, tranzitne i međunarodne veze. Ove norme se u matematičkoj formi mogu izraziti na sledeći način:

$$t_m \leq t_{mmax} \quad (1),$$

$$P(T > t_{95}) \leq 0.05 \quad (2),$$

gde vreme T predstavlja interval PDD, njegova srednja vrednost je t_m , a $P(T > t)$ je verovatnoća da je ovaj interval duži od vrednosti t . Ponuđeni saobraćaj mora biti određen na taj način da oba kriterijuma budu zadovoljena.

U preporuci [15] se navodi da su $t_{mmax} \leq 3$ s, 5 s i 8 s, a $t_{95} \leq 6$ s, 8 s i 11 s za lokalne, tranzitne i međunarodne veze (respektivno) u uslovima normalnog saobraćajnog opterećenja. Za povećano opterećenje su date vrednosti $t_{mmax} \leq 4.5$ s, 7.5 s i 12 s, a $t_{95} \leq 9$ s, 12 s i 16.5 s za lokalne, tranzitne i međunarodne veze, respektivno. Može se zapaziti da su odnosi najvećih preporučениh vrednosti t_{95} i t_{mmax} , $t_{95} / t_{mmax} = 2$ (lokalne veze), $t_{95} / t_{mmax} = 1.6$ (tranzitne veze) i $t_{95} / t_{mmax} = 1.375$ (međunarodne veze) i podjednaki su za oba referentna opterećenja.

Najduže srednje vreme prenosa poruke između dve mrežne tačke tj. za aktivnosti jedne deonice i jednog čvora mreže se može označiti sa t_{mmax1} , a najduže vreme za koje se prenese 95 % poruka na jednoj deonici tj. za koje će se aktivnost obaviti na jednoj deonici u slučaju 95 % veza sa t_{95-1} . Norme za vremena karakterističnih parametara date su u preporuci [16]. Tako, propisano najduže dozvoljeno srednje vreme t_{mmax1} je 600 ms (normalno opterećenje) odnosno 800 ms (povećano opterećenje). Najduže propisano vreme t_{95-1} iznosi 800 ms (normalno opterećenje) odnosno 1200 ms (povećano opterećenje). U ovom slučaju se odnos t_{95-1} i t_{mmax1} kreće u intervalu $1.25 \leq t_{95-1} / t_{mmax1} \leq 1.33$ (normalno opterećenje) i $1.33 \leq t_{95-1} / t_{mmax1} \leq 1.66$ (povećano opterećenje).

U preporuci [17] se za vreme prenosa T_{cu} za signalizacije SS7 poruke pri normalnom saobraćajnom opterećenju i složenim porukama propisuje da najduže srednje vreme iznosi 180 ms, a najduže vreme za koje će 95 % signala biti prosleđeno je 360 ms. U uslovima povećanog opterećenja najduže srednje vreme je 450 ms, a najduže vreme za koje će 95 % signala biti prosleđeno je 900 ms. Može se primetiti da je ovde odnos $t_{95-1} / t_{mmax1} = 2$.

Na osnovu preporuke [18], propisane norme za PDD u slučaju paketske mreže koja zamenjuje nacionalnu PSTN/ISDN mrežu su ekvivalentne normama iz preporuke E.721. za tranzitne veze, a norme za paketsku mrežu koja zamenjuje i nacionalni i međunarodni deo međunarodne veze su ekvivalentne normama iz preporuke E.721. za

međunarodne veze. Norme za paketsku mrežu koja zamenjuje međunarodni deo međunarodne veze nisu propisane.

6.2. PDD U PAKETSKIM MREŽAMA

Da bi paketska telefonija postala opšte prihvaćena tehnika, kvalitet servisa u paketskoj mreži morao bi da bude bolji ili bar jednako dobar kao u klasičnoj mreži. Sa stanovišta korisnika, kvalitet servisa obuhvata pouzdanost i dužinu vremena uspostavljanja veze, kao i kvalitet prenetog signala. Pored toga, signalizacione performanse paketske telefonske mreže moraju biti uporedive sa onima u klasičnoj mreži kako bi se omogućio zajednički rad oba sistema u mešovitoj mreži.

Kvalitet servisa u klasičnim telefonskim mrežama je dugo bio predmet brojnih istraživanja. Skorašnja pojava paketske telefonske tehnike i znatno veća raznovrsnost infrastrukture su uticali na manji obim proučavanja kvaliteta servisa u ovim savremenim telefonskim mrežama. Početna istraživanja odnosila su se na kvalitet govora koji se dobija primenom novih kodera i kompresora. Međutim, do sada je objavljeno malo naučnih radova koji se bave brzinom uspostavljanja veze i kašnjenjem u prenosu signalizacionih poruka.

Vreme PDD ima u normama svoje preporučene najveće vrednosti, koje su navedene u poglavlju 5.2.4. Ove vrednosti su određene za ISDN mrežu, ali se danas primenjuju u mešovitim i paketskim mrežama. U radu [22] je izvršena analiza kvaliteta VoIP tehnike u bežičnoj W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) mreži. Za ocenu brzine uspostavljanja veze su primenjene norme koje su definisane za klasičnu mrežu. Dobijena su nešto veća kašnjenja, u zavisnosti od korišćenog protoka.

U radu [20] je opisan jedan simulacioni postupak određivanja vremena PDD u paketskoj telefonskoj mreži. Razmatrani su posebno slučajevi korišćenja dve najvažnije signalizacije u paketskoj telefoniji (H.323 i SIP), kao i uspostavljanje veze u mešovitoj (PSTN/IP) mreži. Pokazano je da TCP protokol koji se koristi u H.323 mrežama utiče na povećanje vremena PDD u poređenju sa onim koji se dobija primenom UDP protokola korišćenog u SIP signalizaciji.

Rad [21] analizira procenu brzine uspostavljanja veze u bežičnoj WLAN (*Wireless Local Area Network*) mreži, u kojoj se koristi SIP protokol. Predložen je analitički model za određivanje vremena koje protekne od trenutka kad je zahtev za pozivom ispravno obrađen do trenutka kad se veza uspostavi, a dobijeni rezultati su provereni simulacijom. Dati vremenski interval je duži od PDD-a.

Jedan predlog o utvrđivanju granica za najveće dozvoljene vrednosti vremena pojedinih faza uspostavljanja veze u paketskoj telefoniji izložen je u referenci [23]. Na žalost, ova ideja nije usvojena kao standard nego je ostala kao predlog (*Internet Draft*). I pored toga, rad zaslužuje posebnu pažnju jer je u njemu pomoću parametara PDD izvršeno poređenje signalizacionih performansi u klasičnim i paketskim mrežama. Dato poređenje će iz tog razloga biti detaljnije izloženo.

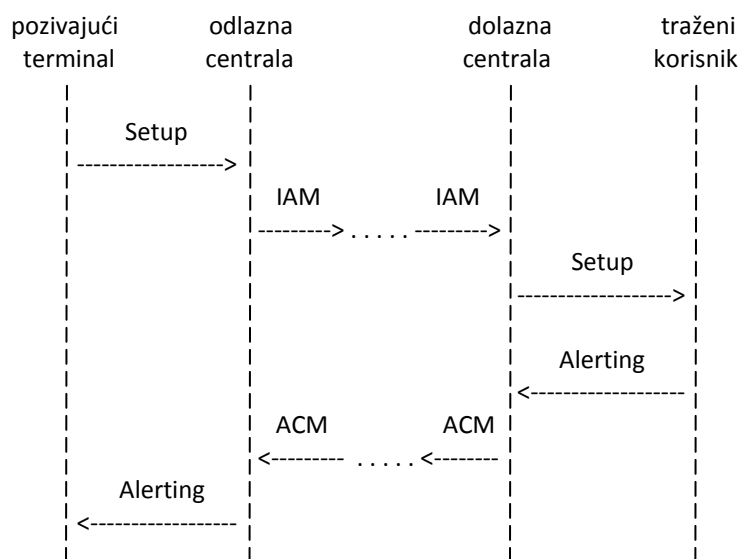
Autori rada [23] su kao parametar za upoređivanje signalizacionih karakteristika predložili PDD odnosno T_{cu} (*cross-office transfer time*) iz ITU-T preporuke Q.725. Poređenje je izvršeno na bazi hipotetičke signalizacione referentne veze (*Hypothetical Signaling Reference Connection - HSRC*). HSRC je specificirana u ITU-T preporuci Q.709, a sastoji se od niza povezanih signalizacionih tačaka, u cilju ostvarivanja signalizacione veze, pri čemu se razlikuju njene nacionalne i međunarodne komponente. U preporuci su date dozvoljene vrednosti broja signalizacionih tačaka u obe komponente HSRC i to posebno za zemlje srednje i velike veličine.

Zahtevi u pogledu performansi klasičnih telefonskih sistema (PSTN) dati su preko posebnog parametra *Switch Response Time - SRT*, koji odgovara vremenu prenosa T_{cu} , a primenjuje se pri normalnom opterećenju. SRT je period koji započinje kada centrala primi poslednji bit poruke sa dolaznog signalizacionog voda, a završava se kada centrala pošalje poslednji bit poruke odlaznom signalizacionom vodu. Ovaj period predstavlja sumu vremena obrade centrale i vremena kašnjenja odlaznog voda. Vreme obrade poziva u centrali se obavlja u više faza, a kao pogodan način za predstavljanje različitih faza obrade poziva se koriste tzv. segmenti poziva centrale. Pri tome je svaka poslata ili primljena signalizaciona poruka obuhvaćena jednim segmentom poziva centrale. U radu su specificirana kašnjenja različitih signalizacionih poruka tj. njihove vrednosti SRT. Osim toga, u analizi je razmatrano i kašnjenje poruke u svakoj signalizacionoj tački (STP) - STP kašnjenje (*cross-STP delay*).

Pod pretpostavkom da je raspodela SRT svakog segmenta poziva normalna i da su vrednosti SRT različitih centrala nezavisne, proračunata je vrednost SRT od početka do kraja tj. od odlazne do dolazne centrale. U proračunu je za STP kašnjenje uzeta vrednost 20 ms, a nije uračunato kašnjenje usled propagacije, koje zavisi od tipa prenosnog puta (žica, optika, radio). Na osnovu toga je izvršen proračun vremena PDD. Za definisanje intervala PDD, korišćen je jednostavan dijagram toka uspostavljanja poziva sa ISDN korisničkim terminalima koji koriste Q.931 poruke (*SETUP* i *ALERTING*), prikazan na slici 43.

Uzimajući u obzir sve pomenute zaključke, proračunata su vremena PDD, data u tabelama 40. i 41., posebno za nacionalne i međunarodne komponente veze. Pri tome su posebno proračunata srednja vrednost vremena PDD i vrednost vremena PDD u kome

će bar 95 % zahteva biti usluženo, za zemlje srednje i velike veličine i za 50 % i 95 % veza. Dobijene vrednosti se mogu protumačiti kao zahtevi za najgore moguće slučajeve.



Slika 43. Dijagram toka uspostavljanja poziva u ISDN mreži (preuzeto iz [23])

Tabela 40. Proračunate vrednosti PDD za svaku nacionalnu komponentu veze

| veličina zemlje | procenat veza | srednja vrednost PDD [ms] | vrednost 95 % PDD [ms] |
|-----------------|---------------|---------------------------|------------------------|
| velika | 50 % | 2590 - 2682 | ≤ 3007 - 3099 |
| | 95 % | 3040 - 3158 | ≤ 3497 - 3615 |
| srednja | 50 % | 2140 - 2206 | ≤ 2513 - 2579 |
| | 95 % | 2590 - 2682 | ≤ 3007 - 3099 |

Tabela 41. Proračunate vrednosti PDD za međunarodnu vezu

| veličina zemlje | procenat veza | srednja vrednost PDD [ms] | vrednost 95 % PDD [ms] |
|-------------------|---------------|---------------------------|------------------------|
| velika - velika | 50 % | 5290 - 5538 | ≤ 5909 - 6157 |
| | 95 % | 6230 - 6530 | ≤ 6903 - 7203 |
| velika - srednja | 50 % | 5740 - 6014 | ≤ 6387 - 6661 |
| | 95 % | 6680 - 7006 | ≤ 7378 - 7704 |
| srednja - srednja | 50 % | 6190 - 6490 | ≤ 6863 - 7163 |
| | 95 % | 7170 - 7522 | ≤ 7893 - 8245 |

Nakon izvedenih zahteva koji se odnose na PDD u klasičnoj PSTN mreži, izvršena je provera da li VoIP sistemi i paketska mreža mogu ispuniti ove zahteve. Ispitivanje VoIP sistema je zasnovano na protokolu MEGACO WG. Parametar PDD

zavisi od vremena odgovora svakog elementa mreže i kašnjenja u prenosu između elemenata mreže. Slično kao i u slučaju klasične mreže, vreme odgovora se može podeliti na vreme obrade i vreme kašnjenja odlaznog voda.

U cilju poređenja performansi dva sistema, pretpostavljeno je da elementi mreže imaju slična vremena obrade za izvršenje istih ili sličnih funkcija u toku procesa uspostavljanja poziva. Ovo poređenje se može izvršiti na osnovu kompleksnosti sistema (broja komponenata) i seta poruka (broj i tip komandi) potrebnih da se dati proces izvrši. Razmatrane su samo poruke *ADD*, *MODIFY* i *NOTIFY*, pri čemu su definisana vremena odgovora različitih komponenti sistema na ove poruke, kao i vremena kašnjenja u prenosu između tih komponenata.

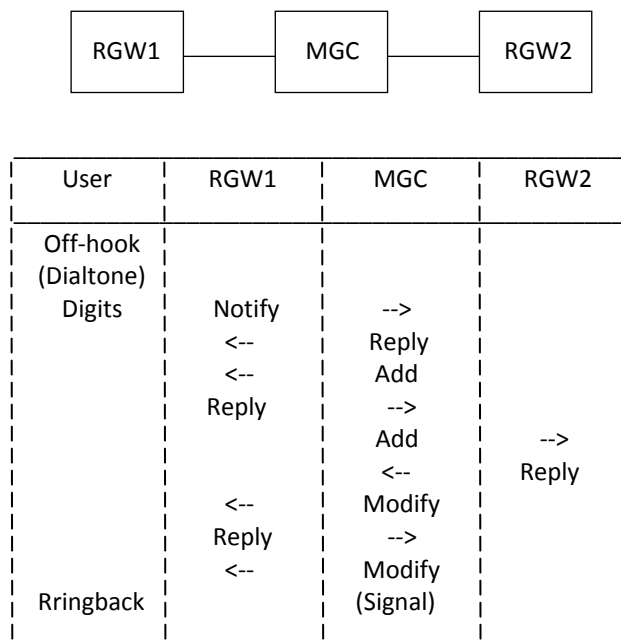
U analizi su razmatrana četiri moguća scenarija uspostavljanja poziva, prikazana na slikama 44 - 47. Oni se razlikuju po broju komponenata sistema uključenih u proces:

1. dva RGW (*Residential Gateway*) kojima upravlja isti MGC (*Media Gateway Controller*), što odgovara slučaju u PSTN kad su pozvani i traženi korisnik povezani na istu lokalnu centralu;
2. dva RGW (*Residential Gateway*) kojima upravljaju različiti MGC, to odgovara slučaju u PSTN kad pozvanog i traženog korisnika poslužuju različite lokalne centrale;
3. dva ISDN terminala sa AGW (*Access Gateway*) kojima upravljaju različiti MGC,
4. PSTN korisnici OLE i TLE povezani na SGW (*Signaling Gateway*) odnosno TGW (*Trunking Gateway*) kojima upravljaju različiti MGC.

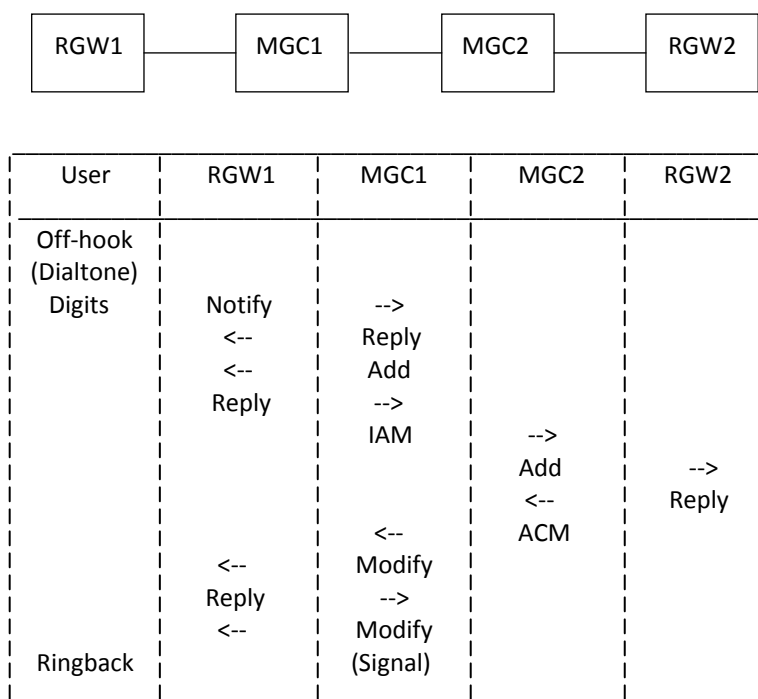
Za svaki od ovih scenarija je prikazan i dijagram toka uspostavljanja poziva. Na osnovu tih dijagrama i definisanih vremena odgovora odnosno kašnjenja za svaku od korišćenih komandi, proračunata su vremena PDD, data u tabeli 42. U tabeli su date i vrednosti PDD dobijene za odgovarajući slučaj u klasičnoj mreži, u cilju poređenja. Kao što se može videti, dobijene vrednosti su uporedljive, osim u prvom scenariju, kada su pozivajući i traženi korisnik povezani na istu centralu. Međutim, i u tom slučaju je razlika u vrednostima PDD-a manja od 1 sekunde.

Tabela 42. Proračunate vrednosti PDD za različite scenarije

| scenario | PDD | | | |
|----------------------------------|-----------|------|-----------|------|
| | VOIP [ms] | | PSTN [ms] | |
| | 50 % | 95 % | 50 % | 95 % |
| 1. RGW1-MGC-RGW2 | 720 | 909 | 150 | 282 |
| 2. RGW1-MGC1-MGC2-RGW2 | 920 | 1156 | 904 | 1127 |
| 3. AGW1-MGC1-MGC2-AGW2 | 906 | 1140 | 2140 | 2513 |
| 4. SGW1-TGW1-MGC1-MGC2-TGW2-SGW2 | 1626 | 1936 | 1295 | 1620 |

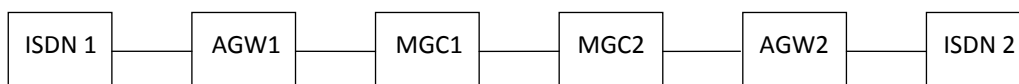


Slika 44. Uspostavljanje poziva u paketskoj mreži - scenario 1 (preuzeto iz [23])



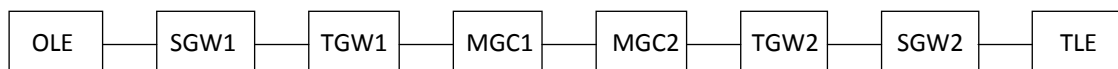
Slika 45. Uspostavljanje poziva u paketskoj mreži - scenario 2 (preuzeto iz [23])

Novi način procene saobraćajnih svojstava mešovite
komunikacione mreže merenjem vremena odziva pozvane strane



| Caller | AGW1 | MGC1 | MGC2 | AGW2 | Callee |
|--------|-------|----------|-------|-------|----------|
| Setup | --> | --> | | | |
| | <-- | Add | | | |
| | Reply | --> | | | |
| | | IAM | --> | | |
| | | | Add | --> | |
| | | | <-- | Reply | |
| | | | Setup | --> | --> |
| | | | <-- | <-- | Alerting |
| | | <-- | ACM | | |
| | <-- | Modify | | | |
| | Reply | --> | | | |
| <-- | <-- | Alerting | | | |

Slika 46. Uspostavljanje poziva u paketskoj mreži - scenario 3 (preuzeto iz [23])



| OLE | SGW1 | TGW1 | MGC1 | MGC2 | TGW2 | SGW2 | TLE |
|-----|------|-------|--------|------|-------|------|-----|
| IAM | --> | | --> | | | | |
| | IAM | --- | Add | | | | |
| | | <-- | --> | | | | |
| | | Reply | IAM | --> | | | |
| | | | | Add | --> | | |
| | | | | <-- | Reply | | |
| | | | | IAM | --- | --> | |
| | | | | | | IAM | --> |
| | | | | | | <-- | ACM |
| | | | <-- | ACM | --- | ACM | |
| | | <-- | Modify | | | | |
| | | Reply | --> | | | | |
| | | --- | ACM | | | | |
| <-- | <-- | | | | | | |
| | ACM | | | | | | |

Slika 47. Uspostavljanje poziva u paketskoj mreži - scenario 4 (preuzeto iz [23])

6.3. REALNIJE VREDNOSTI NORMI ZA PDD

6.3.1. Savršeni snop

Da bi se parametar PDD mogao odrediti, on se mora predstaviti kao slučajna veličina. U tu svrhu se koristi pojam savršenog snopa iz teorije telekomunikacionog saobraćaja. Savršeni snop (grupa potpune dostupnosti - *full available group*) je grupa organa usluge čije je osnovno svojstvo da svaki poziv može u svakom trenutku da zauzme svaki slobodan organ. Sam savršeni snop može da vrši uslugu sa gubicima ili sa čekanjem. Usluga sa gubicima je ona gde se gubi svaki poziv koji je došao u trenutku kada su svi organi snopa zauzeti. Usluga sa čekanjem je ona kod koje postoje „mesta za čekanje” tako da poziv, koji dođe kada su svi organi snopa zauzeti, ide na čekanje tj. zauzima jedno od čekajućih mesta. Po oslobađanju jednog od organa snopa poziv sa čekanja neposredno ide na uslugu [2].

Osnovno svojstvo savršenog snopa je broj istovremeno zauzetih organa usluge i mesta za čekanje. Ovo svojstvo se naziva stanjem snopa. Smatra se da je savršeni snop potpuno određen u saobraćajnom smislu ako je poznata raspodela verovatnoća stanja. Ukoliko se snop nalazi u stanju $\{j\}$ tada je intenzitet dolazaka poziva λ_j .

Verovatnoća gubitaka B je verovatnoća da će poziv, koji je došao u slučajnom trenutku, napustiti snop zbog nemogućnosti da bude uslužen. Za snopove sa gubicima, očigledno je verovatnoća gubitaka jednaka delu poziva koji se ne mogu uslužiti. Za snopove sa čekanjem, gde je verovatnoća ostajanja u snopu $P(j) = 1$, nema gubitaka.

Gubici po vremenu E (*time congestion*) se u sistemima usluge sa gubicima definišu kao deo vremena kada nije moguće primiti poziv na uslugu, bez obzira da li je on došao ili nije. Jasno je da su gubici po vremenu jednaki zbiru verovatnoća stanja kada su svi organi u snopu zauzeti. Gubitke po vremenu treba razlikovati od gubitaka poziva B (*call congestion*). Ukoliko intenzitet poziva ne zavisi od stanja snopa tj. kada je $\lambda_j = \lambda = const.$, gubici po vremenu su brojno jednaki gubicima poziva odnosno $B = E$.

Snop koji uslužuje pozive sa gubicima, dok je ponuđeni intenzitet poziva konstantne vrednosti i u odnosu na vreme i u odnosu na stanje snopa, naziva se Erlangov snop. Konstantni intenzitet poziva postoji u slučaju beskonačno velikog broja izvora saobraćaja tako da je broj zauzetih izvora (koji su zauzeti telefonskim vezama) uvek zanemarljiv u odnosu na broj slobodnih izvora koji proizvode pozive. U praksi, to je slučaj kada je broj organa u snopu n daleko manji od broja izvora saobraćaja (10 i više puta). Erlangov snop se naziva još i Erlangov model. Smatra se da je u svim stanjima intenzitet poziva jednake vrednosti tj. $\lambda_j = \lambda = const.$, a ponuđeni saobraćaj iznosi:

$$A = \lambda \cdot t_m \quad (3),$$

gde je t_m srednje vreme trajanja razgovora. Verovatnoća gubitaka se određuje pomoću Erlangove formule za gubitke (*Erlang loss formula*). Ona je poznata i kao Erlangova formula prve vrste i označava se sa $E_{1,n}(A)$ ili $ERL(A,n,n)$ [24].

Erlangov snop sa čekanjem je jedan od brojnih modela snopa sa čekanjem čija su osnovna svojstva: pozive proizvodi beskonačno veliki broj međusobno nezavisnih izvora saobraćaja odnosno intenzitet pozivanja λ ne zavisi od stanja snopa, a ponuđeni saobraćaj je kao i kod snopa sa gubicima $A = \lambda \cdot t_m$; broj mesta za čekanje je beskonačan; vreme čekanja nije ograničeno; ponuđeni saobraćaj je manji od broja organa u snopu n ; ponuđeni saobraćaj jednak je usluženom saobraćaju obzirom da nema gubitaka ($B = 0$); pozivi se sa čekanja na usluživanje uzimaju po redu dolaska u snop (*first in first out* - FIFO). Verovatnoća čekanja se u ovom slučaju određuje pomoću Erlangove formule druge vrste, koja se označava sa $E_{2,n}(A)$ [24].

Propusnost je osnovno svojstvo centrale i mreže. Najvažniji pokazatelj propusnosti snopa sa čekanjem je raspodela vremena čekanja. Pod time se podrazumeva raspodela verovatnoća (V) da neki poziv, došavši u slučajnom trenutku, čeka na uslugu duže od nekog određenog vremena x :

$$P(> x) = V(\text{vreme čekanja slučajnog poziva} > x) \quad (4).$$

Izraz (4) pokazuje smisao ove verovatnoće i njenu oznaku. Sa druge strane, funkcija raspodele vremena čekanja (kumulativna funkcija raspodele) je:

$$F(x) = V(\text{vreme čekanja} \leq x) \quad (5).$$

Pri tome važi:

$$P(> x) + F(x) = 1 \quad (6).$$

U opisivanju organa usluživanja se razlikuju četiri bitna svojstva:

1. Svojstvo dolaznih poziva tj. svojstvo procesa ili toka dolaznih poziva.
2. Svojstvo koje pokazuje ponašanje poziva koji je uzet na uslugu, a odnosi se na vreme provedeno u sistemu usluge.
3. Svojstvo koje opisuje ponašanje sistema u slučaju kada su svi organi usluge zauzeti.
4. Svojstvo kojim se opisuje način zauzimanja organa usluživanja odnosno opterećenje pojedinih organa usluge.

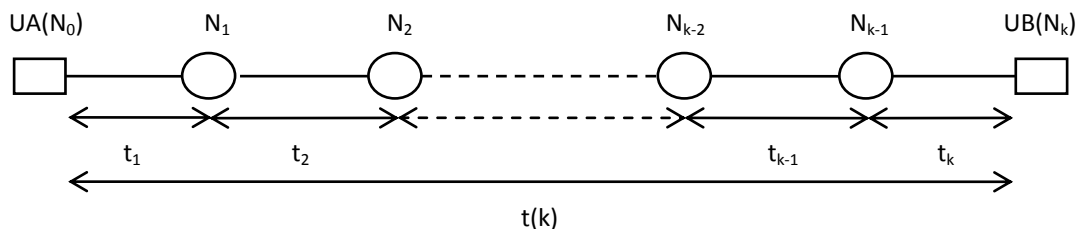
Da bi se olakšalo označavanje usluživanja u savršenom snopu usvojeno je tzv. Kendalovo označavanje sistema usluživanja [2]. Ono se često koristi kod opisivanja savršenog snopa. Po ovom načinu, koje se uopšteno može označiti sa $A/B/N/K/M$, opisuju se sledeća svojstva usluživanja:

- A opisuje dolazni tok, najčešće raspodelu dužine trajanja između uzastopnih poziva. Ukoliko je upotrebljeno slovo G radi se o proizvoljnoj (*general*) raspodeli, M označava eksponencijalnu raspodelu tj. Markovljevo svojstvo itd.;
- B opisuje vreme usluživanja poziva a pomenuta slova za A i ovde imaju isto značenje;
- N označava broj organa usluživanja;
- K označava broj mesta u sistemu (kapacitet sistema), a izostavljanje ovog slova znači da je broj mesta za čekanje beskonačan;
- M označava broj klijenata tj. mogućih izvora zahteva (poziva), ukoliko je ova oznaka izostavljena radi se o beskonačnom broju.

Prema usvojenom načinu označavanja Erlangov model sa gubicima skraćeno se označava sa $M/M/N/O$, a Erlangov model sa čekanjem sa $M/M/N$.

6.3.2. PDD segmenti

Na slici 48. je prikazan način uspostavljanja jedne veze u telefonskoj mreži. Put veze se sastoji od k deonica. Interval PDD se može predstaviti sumom $2k$ intervala vremena. Ovi intervali se odnose na jedan mrežni čvor i prenos informacije do sledećeg mrežnog čvora. Oni postoje i za prenos od pozivajućeg ka traženom korisniku i u suprotnom smeru. Operacije koje obavlja jedan čvor i jedan prenosni put (tj. jedna deonica) u literaturi se nazivaju segmenti poziva (*subcall* ili *call segment*) [23].



značenje oznaka: UA - user A (pozivajući korisnik), UB - user B (traženi korisnik)

Slika 48. Uspostavljanje veze u telefonskoj mreži

Dužina trajanja vremena prosleđivanja adresne informacije na deonici i tj. između čvorova N_{i-1} i N_i je označeno sa t_i , ($i = 1, 2, \dots, k$). Vreme t_i je slučajna veličina koja zavisi od vrste operacija koje se izvode u datom mrežnom čvoru i na prenosnom putu. Te operacije obuhvataju procesiranje signalizacione poruke i prosleđivanje poruke po prenosnom putu ka sledećem mrežnom čvoru. U nekim čvorovima postoji i potreba za obraćanje bazi. Sve slučajne veličine t_i međusobno su nezavisne.

Matematički gledano, PDD je zbir vremenskih intervala koji su potrebni da se prenesu poruke između susednih mrežnih čvorova, dužinom cele veze odnosno to je zbir vremenskih intervala u kome se obavljaju svi segmenti poziva.

Vreme PDD se menja saglasno stanju mreže i zavisi od saobraćajnog opterećenja mrežnih čvorova i prenosnih puteva. Jasno je da, usled slučajnosti saobraćajnog procesa, PDD isto predstavlja slučajnu veličinu koja ima svoju (nepoznatu) raspodelu verovatnoća trajanja.

6.3.3. PDD kao slučajna veličina

Posmatra se proces uspostavljanja veze u telefonskoj mreži, koja se sastoji od k deonica (slika 48.). Kao što je objašnjeno, vreme prosleđivanja adresne informacije na deonici i (t_i) je slučajna veličina.

Gustina raspodele verovatnoća trajanja vremena prosleđivanja adresne informacije na deonici i , $f(t_i)$, nije poznata. Njena srednja vrednost se može označiti sa μ_i , a disperzija sa σ_i^2 . Za svaku slučajnu veličinu t_i postoji i vrednost t_{95i} , takva da važi:

$$\int_0^{t_{95i}} f(t_i) dt_i \geq 0.95 \quad (7).$$

Posmatrajmo sada slučajnu promenljivu $t(k)$ kojom se može predstaviti vreme PDD. Ova veličina je očigledno suma komponenata odnosno međusobno nezavisnih slučajnih veličina t_i , ($i = 1, 2, \dots, k$). Gustina raspodele verovatnoća slučajne veličine $t(k)$ se može označiti sa $f_k(t)$. Za ovu veličinu se mogu označiti srednja vrednost $\mu(k)$, a varijansa (disperzija) sa $\sigma^2(k)$. Isto kao i za vreme t_i , za slučajnu veličinu $t(k)$ postoji vrednost $t(k)_{95}$, takva da važi:

$$\int_0^{t(k)_{95}} f_k(t) dt \geq 0.95 \quad (8).$$

Poznato je da se srednja vrednost sume nezavisnih slučajnih veličina računa kao:

$$\mu(k) = \sum_{i=1}^k \mu_i \quad (9).$$

Slično, varijansa sume nezavisnih slučajnih veličina određuje se na osnovu izraza:

$$\sigma^2(k) = \sum_{i=1}^k \sigma_i^2 \quad (10).$$

Ukoliko nezavisne slučajne veličine t_i imaju još i istu raspodelu verovatnoća, tada važi: $\mu_i = \mu$, $\sigma_i^2 = \sigma^2$ i $t_{95i} = t_{95}$, pa je na osnovu toga:

$$\mu(k) = k \cdot \mu \quad (11),$$

$$\sigma^2(k) = k \cdot \sigma^2 \quad (12).$$

Merilo disperzije neke slučajne veličine oko njene srednje vrednosti predstavlja koeficijent varijacije (CV). On se definiše kao odnos standardne devijacije i srednje vrednosti σ/μ . Na osnovu toga, koeficijent varijacije slučajne veličine t_i se određuje na osnovu izraza:

$$CV(1) = \sigma / \mu \quad (13).$$

Slično, koeficijent varijacije slučajne veličine $t(k)$ se određuje kao:

$$CV(k) = \sigma(k) / \mu(k) \quad (14).$$

Zamenjujući izraze (11) i (12) u prethodni izraz, dobija se:

$$CV(k) = (\sqrt{k} \cdot \sigma) / (k \cdot \mu) < \sigma / \mu = CV(1), \quad k > 1 \quad (15).$$

Kao što je i očekivano, slučajna veličina koja predstavlja zbir slučajnih veličina ima manju relativnu varijaciju. Polazeći od činjenice da je za bilo koju raspodelu vreme t_{95} proporcionalno standardnoj devijaciji ($t_{95} \sim \sigma$), može se zaključiti da je i odnos vremena t_{95}/t_{max} manji za slučajnu veličinu koja predstavlja zbir slučajnih veličina :

$$t(k)_{95} / \mu(k) < t_{95} / \mu \quad (16).$$

6.3.4. PDD kao suma komponenata

Prethodni izraz (16) se može protumačiti na sledeći način. Relativna varijacija vremena PDD, kao sume komponenata, manja je od relativnih varijacija pojedinih komponenata. Kao posledica toga, najveće srednje vreme PDD ($\mu(k)$) dato u preporuci E.721 [15] predstavlja strožiji kriterijum od najveće varijacije vremena PDD, izražene kroz vreme potrebno da 95 % poziva dobije odgovor mreže ($t(k)_{95}$). To znači da, ako se zadovolji kriterijum srednjeg vremena, biće zadovoljen i kriterijum t_{95} , ali obrnuto ne važi. Da bi se kriterijumi ujednačili, vreme potrebno da 95 % poziva dobije odgovor mreže treba smanjiti na realnije vrednosti, manje od onih u preporuci E.721. Ovo će biti očiglednije iz sledećeg primera.

Odnosi najvećih preporučenih vrednosti t_{95-1} i t_{max-1} (poglavlje 6.1.2.) kreću se u intervalu $1.25 \leq t_{95-1} / t_{max-1} \leq 2$. Raspodela verovatnoća koja najviše zadovoljava ovaj odnos, koji se pretpostavlja za vreme prosleđivanja adresne informacije između dva mrežna čvora tj. na jednoj deonici, je uniformna raspodela čija je gustina:

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1/t_{max} & 0 \leq t \leq t_{max} \\ 0 & t_{max} < t \end{cases} \quad (17).$$

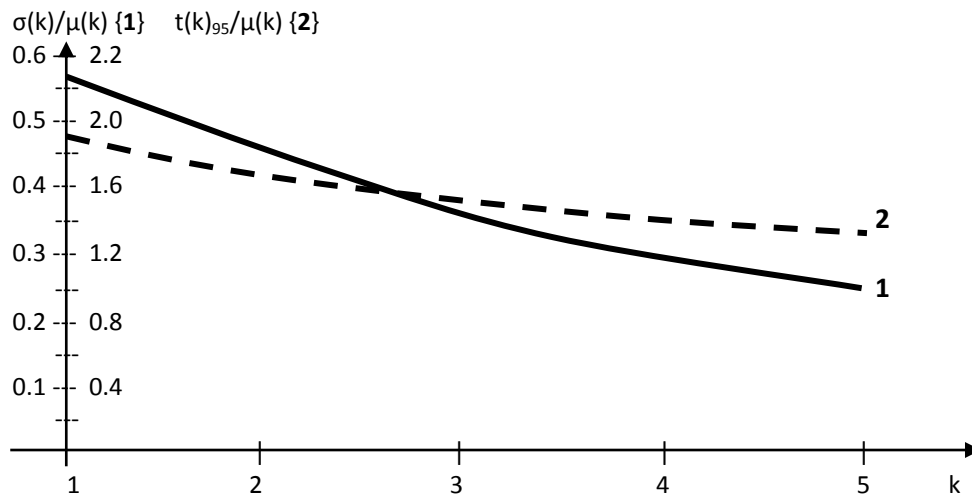
Uniformna raspodela ima sledeće parametre:

- $\mu = t_{max} / 2$,
- $\sigma = t_{max} / 12^{0.5}$,
- $t_{95} = 0.95 \cdot t_{max}$,
- $t_{95} / \mu = t_{95} / \mu = 1.9$.

Slučajna veličina $t(k)$ koja predstavlja zbir k slučajnih veličina (17) se može izraziti Irwin-Hallovom raspodelom, stavljanjem $t_{max} = 1$ [25].

Na slici 49. je prikazana promena koeficijenta varijacije $CV(k) = \sigma(k) / \mu(k)$ i odnosa $t(k)_{95} / \mu(k)$ sa promenom broja deonica koje se koriste u procesu uspostavljanja veze. Sa datog grafika je vidljivo da se povećanjem broja komponenta PDD-a smanjuje relativna varijacija sume, a isto važi i za odnos $t(k)_{95} / \mu(k)$.

Treba napomenuti da broj komponenta (k) obuhvata broj deonica kada se poruke šalju unapred i unazad, tako da je on znatno veći od onog prikazanog na slici 49.



Slika 49. Zavisnost odnosa $\sigma(k) / \mu(k)$ i $t(k)_{95} / \mu(k)$ od broja deonica

PDD predstavlja sumu svih kašnjenja u prenosu signalizacionih informacija kroz mrežu od pozivajućeg ka traženom korisniku i obrnuto. Svi intervali kašnjenja su slučajne veličine. Zbog toga je relativna varijacija PDD-a manja od relativnih varijacija njegovih pojedinih komponenta. To sa druge strane znači da se najveće dozvoljeno srednje vreme iz preporuke [15] javlja kao strožiji kriterijum od varijacije vremena PDD, izražene kroz vreme potrebno da 95 % poziva dobije odgovor mreže. U cilju ujednačavanja kriterijuma, vreme potrebno da 95 % poziva dobije odgovor mreže bi

trebalo smanjiti na realnije vrednosti, manje od onih iz preporuke E.721 [15], navedenih u tabeli 6. (poglavljje 5.2.1.). Dakle, odnos $t(k)_{95} / \mu(k)$ za ukupni PDD na svim deonicama (na celom prenosnom putu), dat u preporukama [15] i [19], mora biti manji nego odnos t_{95-1} / t_{mmax1} za jednu deonicu, koji je dat u preporukama [16] i [17].

Predložene nove vrednosti odnosa t_{95} / t_{mmax} za ukupno vreme PDD date su na kraju ove glave.

6.3.5. Usluživanje u mrežnom čvoru

U cilju preciznijeg definisanja najdužih dozvoljenih srednjeg vremena PDD (t_{mmax}) i vremena PDD za koji će se za 95 % veza dobiti odgovor pozvane strane (t_{95}), kao i njihovog poređenja, potrebno je izvršiti analizu procesa usluživanja u jednom mrežnom čvoru.

Vreme potrebno za obavljanje jednog segmenta poziva je slučajna veličina koja zavisi od saobraćajnog opterećenja čvora i prenosnog puta i složenosti signalizacione poruke. Može se reći da raspodela verovatnoća dužine trajanja jednog segmenta poziva zavisi od načina usluživanja u čvoru i broja usluživanja u jednom čvoru i deonici.

Kao što je uobičajeno, nastajanje poziva se opisuje Poasonovim procesom. Usluživanje poziva se vrši sa čekanjem, pri čemu postoji beskonačni broj mesta za čekanje i beskonačni broj mogućih izvora poziva. Usluživanje se vrši po redosledu dolazaka (FIFO). Pozivi se obrađuju u više faza (segmenti poziva). Trajanje vremena obrade segmenta poziva je slučajna veličina, srednje vrednosti t_s i inteziteta poziva λ , pri čemu je ponuđeni saobraćaj $A = \lambda \cdot t_s$.

Verovatnoća raspodele dužine trajanja vremena obrade segmenta poziva zavisi od vrste poziva (lokalni, tranzitni, odlazni, dolazni) i od konkretnog segmenta poziva (analiza adrese, uspostavljanje puta, signalizacija). Usled toga se raspodela ne može precizno definisati. Da bi se izbegao ovaj problem, razmatraju se dve raspodele: vreme trajanja obrade signalizacione poruke je konstatno i raspodela trajanja ovog vremena je negativno-eksponencijana. Pri tome se posmatraju dva posebna slučaja:

- usluživanje u mrežnom čvoru se vrši u jednom organu,
- usluživanje u mrežnom čvoru se vrši u više organa.

6.3.5.1. Usluživanje u jednom organu

U ovom slučaju se pretpostavlja da je vreme koje adresna signalizaciona poruka provede u mrežnom čvoru i na prenosnom putu do sledećeg mrežnog čvora izazvano jednim uskim grlom odnosno vremenom čekanja na procesorsku obradu signalizacione poruke ili čekanjem na slanje po prenosnom putu. Preciznije rečeno, vreme provedeno u

čvoru je zbir vremena usluživanja i vremena čekanja na uslugu. U periodima velikog saobraćaja, vreme usluge se može zanemariti u odnosu na vreme čekanja.

Kao što je napomenuto, dužina vremena obrade signalizacije poruke (t_s) je konstantno ili se radi o negativno-eksponencijalnoj raspodeli dužine ovog vremena. U prvom slučaju sistem usluživanja je tipa M/D/1 a u drugom o M/M/1. To znači da su svi ostali organi usluge sem jednog predimenzionisani tj. pružaju uslugu bez značajnog čekanja. Čekanje je izazvano ponuđenim saobraćajem A samo na jednom organu i može se predstaviti slučajnom promenljivom T_D ili T_M .

U cilju poređenja kriterijuma (1) i (2), poglavlje 5.2., koji definišu norme za vrednost vremena PDD, izvršena je analiza odnosa najvećih preporučenih vrednosti vremena t_{max} i t_{95} . Odnos t_{95} / t_{max} za različite faze uspostavljanja poziva kreće se u opsegu 1 - 2 [16]. Radi jednostavnije analize, pretpostaviće se da je ovaj odnos konstantan odnosno da je:

$$t_{95} / t_{max} = 2 \quad (18).$$

Koristeći ovu pretpostavku, potrebno je odrediti vrednost ponuđenog saobraćaja A koji će zadovoljiti taj odnos.

Model M/D/1

Srednje vreme čekanja t_m i verovatnoća čekanja dužeg od vremena t , $P(T_D > t)$, se za slučaj modela M/D/1 mogu odrediti na osnovu sledećih izraza [24]:

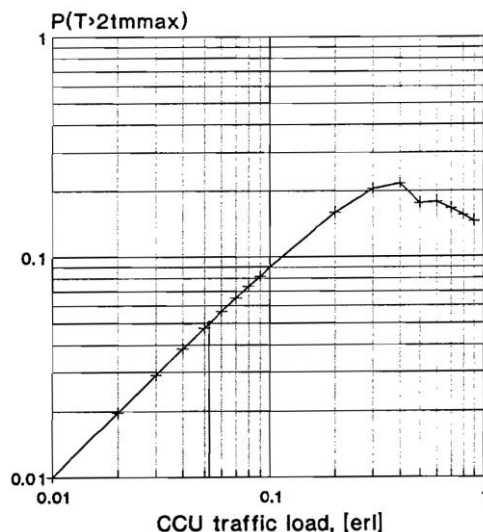
$$t_{mD} = t_s \frac{A}{2(1-A)} \quad (19),$$

$$P(T_D > t) = 1 - (1-A) \sum_{i=1}^k \frac{-A(t/t_s - i)^i}{i!} \cdot e^{A(t/t_s - i)} \quad (20).$$

gde su: t_s - srednje vreme usluge, A - ponuđeni saobraćaj i k - ceo broj količnika t / t_s .

Numeričkim rešavanjem izraza (18), uz korišćenje (19) i (20), dobija se zavisnost verovatnoće $P(T > 2t_{max})$ od ponuđenog saobraćaja A , koja je data na slici 50.

Sa grafika se može videti da je verovatnoća $P(T > 2t_{max}) = 0.05$ za vrednost ponuđenog saobraćaja $A_0 = 0.0525$ Erl, pri kome su kriterijumi (1) i (2) podjednako strogi. Može se pokazati da je kriterijum (1) strožiji ako je $P(T > 2t_{max}) < 0.05$ tj. za vrednosti $0 < A < A_0$, dok je kriterijum (2) strožiji ako je $P(T > 2t_{max}) > 0.05$ tj. za vrednosti $A_0 < A < 1$ [26].



Slika 50. Zavisnost verovatnoće $P(T > 2t_{mmax})$ od ponuđenog saobraćaja A
(preuzeto iz [26])

Model M/M/1

Srednje vreme čekanja t_m i verovatnoća čekanja $P(T_M > t)$ se u slučaju modela M/M/1 mogu odrediti na osnovu sledećih izraza [24]:

$$t_{mM} = t_s \frac{A}{(1 - A)} \quad (21),$$

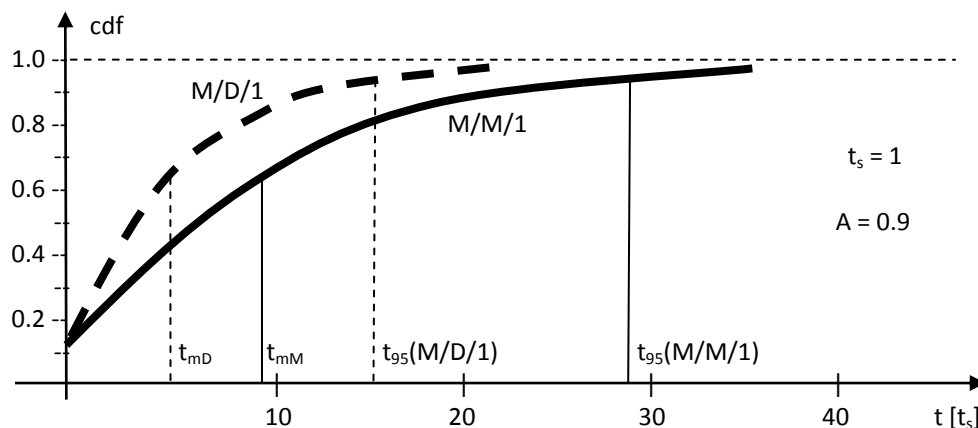
$$P(T_M > t) = A \cdot e^{-(1-A)t/t_s} \quad (22).$$

Zamenom $t_m = t_{mmax}$ u izrazu (21) i $t = t_{95}$ u izrazu (22), veličine t_{95} i t_{mmax} se mogu izraziti kao funkcije od ponuđenog saobraćaja A . Rešavanjem izraza (18), uz korišćenje na ovaj način izvedenih veličina t_{95} i t_{mmax} , dobija se vrednost ponuđenog saobraćaja $A_0 = 0.0559$ Erl, pri kome su kriterijumi (1) i (2) podjednako strogi. Lako se izvodi da je za vrednosti $0 < A < A_0$ odnos $t_{95} / t_{mmax} < 2$, a za vrednosti $A_0 < A < 1$ je odnos $t_{95} / t_{mmax} > 2$ [26]. To znači da je i u slučaju modela M/M/1 kriterijum (1) strožiji u uslovima malog saobraćaja, dok je kriterijum (2) strožiji pri većem saobraćaju (kao i kod modela M/D/1).

Analiza

Na slici 51. su prikazane funkcije raspodele verovatnoća za modele M/D/1 i M/M/1, dobijene za vrednost saobraćaja $A = 0.9$. Pri tome je kao jedinica vremena korišćeno vreme usluge t_s . Kao što se sa grafika vidi, srednje vreme čekanja je kraće kod modela M/D/1, nego kod modela M/M/1, ali se konstantno vreme usluge (M/D/1) retko

pojavljuje u praksi. Kod oba modela u uslovima velikog saobraćaja odnos t_{95} / t_m iznosi približno 3, tako da je strožiji kriterijum (2), onaj koji se odnosi na t_{95} , odnosno njega je teže zadovoljiti [27].



Slika 51. Funkcija raspodele verovatnoća vremena čekanja

Dakle, ukoliko je kašnjenje u jednom mrežnom čvoru posledica usluživanja u samo jednom organu (procesor, prenosni put), tada za funkciju raspodele verovatnoća važi eksponencijalna raspodela. Ako je glavni uzrok čekanja prenosni put, vreme usluživanja je u tom slučaju proporcionalno trajanju paketa koji se šalju po njemu. Sa druge strane, kada je signalni procesor organ koji izaziva čekanje, tada disperzija vremena usluge pojedinih signalizacionih poruka može biti veća od disperzije dužine trajanja pojedinih poruka.

Brzina uspostavljanja veze je veoma važna karakteristika, pogotovu u uslovima velikog saobraćajnog opterećenja, za vrednosti ponuđenog saobraćaja $A > 0.5$ Erl. Stoga se prilikom projektovanja i ocenjivanja rada neke telefonske centrale može koristiti samo strožiji kriterijum (2), koji se odnosi na vreme t_{95} . Ukoliko je on ispunjen, znači da je ispunjen i kriterijum (1) kojim se definiše vreme t_m . Međutim, obrnuto ne važi, ispunjenjem kriterijuma (1) ne osigurava se istovremeno ispunjenje i kriterijuma (2).

6.3.5.2. Usluživanje u nekoliko organa

Za razliku od prethodnog slučaja, ovde se posmatra jedan mrežni čvor i prenosni put tj. jedna deonica u kojoj se nagomilavanje može desiti na nekoliko organa: signalni procesor, baza, odlazni bafer itd. Sada je vreme koje adresna signalizaciona informacija provede u posmatranom čvoru i na prenosnom putu zbir vremena usluživanja i vremena čekanja u svakom od organa usluge na datoj deonici. U opštem slučaju, proračun ovog vremena je složen i zbog toga se usvajaju dve pretpostavke. Prva je da se u svakom sistemu usluge čvora vrši usluga iste vrste, a druga je da je vreme utrošeno na jednoj

deonici (čvor + prenos) slučajna veličina koja je zbir k slučajnih veličina vremena utrošenih na pojedine faze u čvoru i prenosnom putu, gde je k broj faza usluživanja na jednoj deonici, ($k = 2, 3, 4, \dots$).

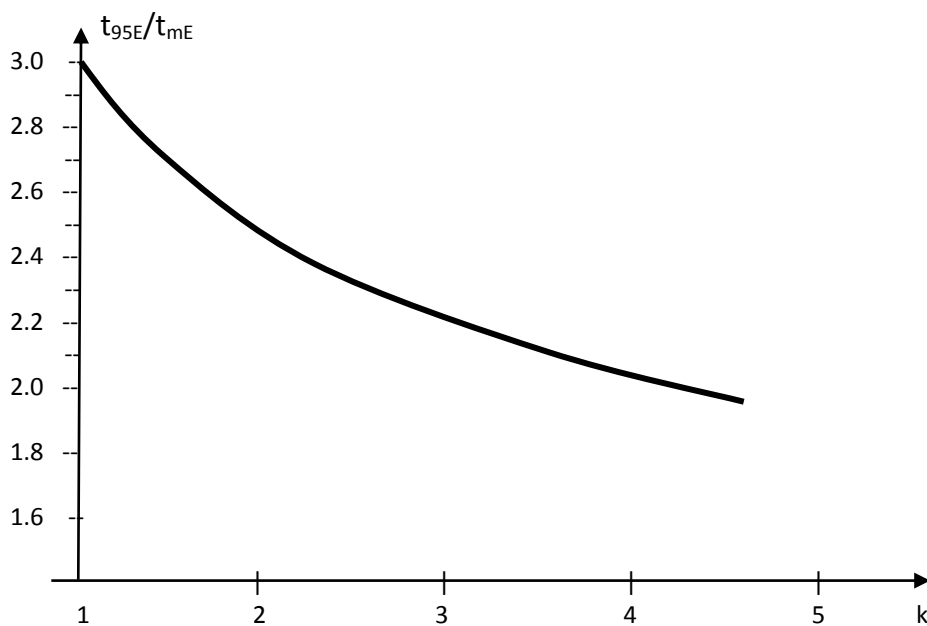
Neka je u fazi usluživanja jedne deonice vreme utrošeno u toj fazi slučajna veličina sa eksponencijalnom raspodelom dužine trajanja i srednjom vrednošću $1/\lambda$. U svakoj fazi se uslužuje puno različitih zahteva, koji su nezavisni jedni od drugih. Zbog toga je raspodela ukupnog vremena T_E provedenog na jednoj deonici sa k faza, dobro poznata Erlang- k raspodela [24]:

$$P_E(T_E > t) = \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-(\lambda t)} \quad (23).$$

Srednja vrednost t_{mE} slučajne promenljive T_E za koju važi Erlang- k raspodela je k/λ . Za ovu raspodelu se može odrediti takva vrednost t_{95E} da važi:

$$1 - P_E(T_E > t_{95E}) = P(T_E \leq t_{95E}) \geq 0.95 \quad (24).$$

Koristeći izraz (23) i numeričkim rešavanjem izraza (24), može se naći odnos parametara t_{95E} i t_{mE} (t_{95E} / t_{mE}) za ukupno vreme utrošeno na jednoj deonici, u toku uspostavljanja veze tj. za slučajnu promenljivu T_E za koju važi Erlang- k raspodela [27]. Dobijeni rezultat je prikazan na slici 52. Na njoj je data zavisnost odnosa t_{95E} / t_{mE} od broja faza usluživanja k . Sa grafika se može videti da odnos t_{95E} / t_{mE} opada sa porastom faza usluživanja.



Slika 52. Zavisnost odnosa t_{95E} / t_{mE} od broja faza usluživanja k

Upoređujući slučajeve usluživanja u jednom i nekoliko organa, pri čemu se uzimaju iste srednje vrednosti vremena utrošenog u jednoj deonici, $t_{mD} = t_{mM} = t_{mE}$, može se zaključiti da je usluživanje u nekoliko organa povoljnije sa aspekta disperzije, obzirom da je odstupanje vremena utrošenog na jednu deonicu od srednje vrednosti manje nego u slučaju usluživanja u jednom organu. Ovaj zaključak je proistekao iz činjenice da je kod usluživanja u nekoliko organa utrošeno vreme slučajna veličina koja predstavlja zbir k slučajnih veličina.

6.3.5.3. Ukupno vreme PDD

Vreme PDD je očigledno slučajna veličina koja se dobija kao zbir međusobno nezavisnih slučajnih veličina vremena pojedinih segmenata poziva. U sastavu PDD nalaze se segmenti poziva poruka koje se upućuju unapred (SETUP, IAM, INVITE) i unazad (ALERT, ACM, 180 RINGING) tj. $2k$ segmenata, kao što je to prikazano na slici 42. Međutim, najveći deo vremena PDD čini slanje poruka unapred, jer su ove poruke složenije i zahtevaju odluke o upućivanju i prihvatanju u svakom od čvorova. Svojstva PDD-a će dakle biti jednaka svojstvima slučajne veličine koja predstavlja zbir $2k$ nezavisnih slučajnih veličina.

Kao što je poznato, srednje vreme PDD (t_{mPDD}) će biti jednako zbiru svih srednjih vremena pojedinih segmenata poziva:

$$t_{mPDD} = \sum_{i=0}^{2k} t_{mi} \quad (25).$$

U opštem slučaju, precizno izračunavanje vremena t_{95} za veličinu PDD (t_{95PDD}) je složeno. Ali, obzirom da je poznato da za standardnu devijaciju PDD i pojedinih segmenata poziva važi relacija:

$$\sigma^2_{PDD} = \sum_{i=0}^{2k} \sigma_i^2 \quad (26),$$

i shodno činjenici da je $t_{95} \sim \sigma$, može se reći da je vreme PDD za koje će se za 95 % veza dobiti odgovor tražene strane proporcionalno kvadratnom korenu broja deonica:

$$t_{95PDD} \sim \sqrt{2k} \quad (27).$$

Na osnovu izraza (25) i (27), odnos vremena t_{95PDD} i t_{mPDD} je:

$$t_{95PDD}/t_{mPDD} \sim \sqrt{2k}/2k = 1/\sqrt{2k} \quad (28).$$

Prethodni izraz pokazuje da se povećanjem broja deonica odnos t_{95PDD} / t_{mPDD} smanjuje. To znači da je odstupanje vremena PDD od srednje vrednosti utoliko manje

ukoliko je veći broj segmenata poziva. Može se zaključiti da se kroz mrežu srednja vrednost t_{mPDD} uvećava proporcionalno broju deonica koje pređe signalizaciona poruka, ali da se odstupanje vremena PDD od srednje vrednosti (disperzija) smanjuje porastom broja deonica. Ovo smanjivanje je najveće za međunarodne veze (16 - 20 deonica), a najmanje za lokalne veze (2 - 8 deonica). Ukoliko je u mrežnoj tački obrada signalizacione informacije podvrgnuta višestrukum usluživanju, disperzija se još više smanjuje.

Razmatrajući uticaj broja deonica telefonske veze na norme za PDD može se zaključiti sledeće. U vezama sa malim brojem deonica norme za vrednosti t_{95PDD} se teže zadovoljavaju. Sa druge strane, u vezama sa većim brojem deonica norme za vrednosti t_{mPDD} su strožije.

Na osnovu sprovedene analize, u radu [25] su predložene nove vrednosti odnosa t_{95} / t_{mmax} za ukupno vreme PDD, realnije od onih iz preporuke E.721. One su date u tabeli 43., za lokalne, tranzitne i međunarodne veze.

Tabela 43. Predložene vrednosti odnosa t_{95} / t_{mmax} u odnosu na preporuku E.721

| t_{95} / t_{mmax} | preporuka ITU-T E.721 | predložene vrednosti |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|
| lokalne veze | 2 | 1.6 |
| tranzitne veze | 1.6 | 1.3 |
| međunarodne veze | 1.375 | 1.2 |

7. TELEFONSKA MREŽA EPS-a

Vreme odziva pozvane strane se osim za definisanje stepena usluge telefonske mreže može iskoristiti i za nadgledanje njenog rada. Mogućnost ove primene će biti pokazana na primeru telefonske mreže Elektroprivrede Srbije, koja je iz tog razloga opisana u ovoj glavi.

7.1. TELEKOMUNIKACIJE U ELEKTROPRIVREDI

Upotreba električne energije je danas preduslov za sve ljudske aktivnosti, pa se podrazumeva da je ona svima dostupna. Zato u savremenom svetu pravo na korišćenje električne energije predstavlja javno dobro. Da bi se ovo pravo ostvarilo, neophodno je snabdevanje korisnika električnom energijom, što predstavlja osnovni zadatak elektroprivrednih organizacija (elektroprivrede).

Za efikasan rad elektroprivrede veoma je važno korišćenje telekomunikacionih službi. Od posebnog značaja je pružanje usluge telefonije, jer ona omogućava obavljanje radnih zadataka zaposlenog osoblja koji rade u geografski razduženim objektima. Ovaj servis omogućava radnicima da izvršavaju svoje operativne i administrativne zadatke. Osnovna funkcija telefonske mreže elektroprivrede je pružanje usluge govorne komunikacije za operativne (dispečerske) sisteme, ali je u cilju podrške njihovog rada važna i govorna komunikacija za administrativne službe. Pored toga, na raspolaganju su i drugi servisi, kao faks ili telemetrija [28].

Da bi se obezbedila telefonska usluga, moguće je koristiti javnu telefonsku mrežu (fiksnu ili mobilnu) ili telefonsku mrežu posebne namene (tzv. korporacijska ili privatna mreža). Javna mreža omogućava obavljanje razgovora, ali nije dobro rešenje za telefonsku mrežu elektroprivrede. Osnovni problem je što se ne garantuje ostvarivanje telefonskih poziva onda kada je to potrebno. U javnoj mreži je unapred definisan dozvoljen procenat poziva koji se ne mogu ostvariti, a posebno je nepovoljno što je taj procenat veći u međumesnim nego u lokalnim razgovorima.

U javnoj telefonskoj mreži napravljena je podela na rad u normalnom i u povećanom opterećenju, na osnovu intenziteta pozivanja. Prilikom rada javne telefonske mreže u povećanom opterećenju, dozvoljeni su veći gubitak poziva i veće kašnjenje. U mreži elektroprivrede u vreme povećane aktivnosti na održavanju elektroenergetskog sistema očekuje se i povećanje opterećenja u telefonskoj mreži. U ovim, kritičnim periodima za rad elektroenergetskog sistema, vreme za donošenje i sprovođenje odluka

je ograničeno i kratko, pa je stoga nedopustivo narušavanje kvaliteta telefonske usluge. U mreži elektroprivrede verovatnoća ostvarenja telefonske veze, njena brzina uspostavljanja i vreme prenosa signala treba da budu uvek u unapred definisanom opsegu.

Najvažnija funkcija koju treba da pruži telefonska usluga u elektroprivredi svakako je bezuslovno ostvarivanje telefonskih poziva. Najznačajniji korisnici telefonske mreže elektroprivrede su dispečeri, jer oni koriste telefone u kritičnim situacijama. Vreme reakcije u ovakvim situacijama mora biti veoma kratko. Usled toga se zahteva visoka pouzdanost i raspoloživost sistema. Kao rezultat toga, u ovim mrežama mogu se naći neuobičajene i posebne konfiguracije, rešenja i oprema [29].

Izborom da telekomunikaciona mreža elektroprivrede bude privatna omogućava joj nezavisnost od javne ili bilo koje druge mreže. To dalje znači da se mogu iskoristiti sva potrebna tehnička rešenja, pa i ona koja ne moraju da budu usklađena sa propisima koji važe za javnu mrežu (takva mreža može imati posebnu numeraciju, sinhronizaciju unutar nje i dr). Korisnici ove mreže su ovlašćeni i poznati, i zato ne postoji ozbiljnija opasnost od zloupotreba u korišćenju. Usled toga, nije neophodno uvoditi mere zaštite koje postoje u javnoj mreži. Još jedna značajna razlika u odnosu na javnu mrežu je da se telefonski signal prenosi i po vodovima visokog napona (VF veze), što olakšava izgradnju telefonske mreže elektroprivrede.

Telefonska mreža matične elektroprivrede povezana je sa telefonskim mrežama drugih elektroprivreda, kao i sa javnim telefonskim mrežama (fiksni i mobilni). Telefonske veze sa mrežama drugih elektroprivreda omogućavaju brzo i efikasno dogovaranje razmene i trgovine električnom energijom. Veza sa javnim mrežama omogućuje razmenu telefonskog saobraćaja između njih i privatne mreže, a može da se iskoristi i kao poslednji obilazni put za telefonski saobraćaj odnosno kao dodatna mogućnost za upućivanje razgovora između dva korisnika.

S obzirom da se potrebe korisnika privatne mreže menjaju tokom vremena, potrebno je projektovati mrežu na način da ona bude otvorena za uvođenje novih usluga i nadogradnju postojećih.

Inovacije u telefonskim mrežama posebno su izražene u privatnim mrežama, zbog slobode koja postoji u korišćenju tehničkih rešenja. Njihovom primenom teži se omogućavanju mobilnosti usluga i njihovog korišćenja na daljinu (*tele-workers*). To znači da radnici mogu na bilo kojoj lokaciji da koriste sve usluge u mreži kao na svom radnom mestu, sa istim kvalitetom. Da bi se to omogućilo, mreže nove generacije zasnovane su na paketskom prenosu koji objedinjuje sve vrste korisničkih usluga.

Prateći savremeni trend brzog pomeranja telekomunikacione infrastrukture ka paketskim IP mrežama i sistemima, VoIP postaje novi obavezujući servis za telefonske mreže elektroprivreda. Međutim, u slučaju mreža elektroprivrede prelaz sa klasičnog

TDM prenosa govora ka VoIP tehnologiji se odvija nešto sporije nego kod ostalih javnih i privatnih mreža. Razlog tome je mogući rizik i nepovoljni uticaj mogućeg prekida servisa, koji može nastati zbog tog prelaza, a koji često nadjačava dobitak koji donosi VoIP. Zahtevi u pogledu rada mreže elektroprivreda strožiji su nego u drugim mrežama, a u praksi se pokazalo da rešenja koje nude proizvođači često ne zadovoljavaju te zahteve direktno [29].

7.2. SVOJSTVA TELEFONSKE MREŽE ELEKTROPRIVREDE SRBIJE

Elektroprivreda Srbije (EPS) predstavlja složeni sistem, koji je sastavljen iz većeg broja organizacija čija je delatnost elektroprivreda. Ustanovljena je kao javno preduzeće koje je osnovala Vlada Republike Srbije.

7.2.1. Klasična telefonska mreža EPS-a

Rešenje problema telefonske komunikacije u okviru EPS-a rešeno je uvođenjem privatne klasične telefonske mreže, nastale u prethodnoj jedinstvenoj organizaciji preduzeća. Dato rešenje imalo je sledeće dve osnovne karakteristike:

1. to je privatna, korporacijska mreža, u potpunosti namenjena potrebama preduzeća,
2. saglasno osnovnim potrebama, njeno glavno tehničko svojstvo, kome su podređena ostala pojedinačna svojstva, je visoka raspoloživost mreže u pogledu ostvarivanja razgovora tzv. operativne (dispečerske) telefonije.

Korišćenje izdvojene mreže posebne namene uzrokovano je potrebama prioritnog saobraćaja. Usled toga je bilo neophodno obezbediti visoku raspoloživost u okviru mreže, što je dobijeno korišćenjem sopstvenih prenosnih puteva i vezom sa javnom mrežom. Koristili su se isključivo prenosni putevi u sopstvenoj mreži. Veza sa javnom mrežom koristila se kao poslednji alternativni put prilikom upućivanja poziva. Na onim mestima gde je bilo moguće da se preko više linija izvrši povezivanje na javnu mrežu, birane su pretplatničke linije sa različitih centrala. Na taj način se povećavao broj alternativnih putanja kroz javnu mrežu.

U radu telefonske mreže EPS-a najvažnije je da se u kritičnim trenucima obezbedi prenos odluka vezanih za rad elektroenergetskog sistema. Njih donose dispečeri, čiji je zadatak da imaju stalni uvid u stanje elektroenergetske mreže, da brzo donose odluke vezane za njeno održavanje i da na osnovu relevantnih podataka mogu da planiraju njen budući razvoj. Stoga su upravo razgovori koje oni obavljaju od najvećeg značaja u kritičnim trenucima. Tako je postavljen zahtev da u bilo kom trenutku može

da se ostvari veza između dispečera u različitim objektima u mreži. Da bi se ovaj zahtev ispunio, uobičajeno rešenje sa međusobno ravnopravnim pozivima, koje se koristi u javnoj mreži, nije bilo zadovoljavajuće.

U mreži EPS-a uvedena su dva tipa saobraćaja: dispečerski (operativni) i poslovni. Oni se ne obrađuju ravnopravno. Saobraćaj između dispečera ima prednost i treba da se ostvari uvek. Dispečerima su omogućene i druge posebne usluge. Tako oni mogu da rezervišu kanale ili da prekidaju poslovne veze koje su u toku. Poslovni saobraćaj obavljaju sve ostale službe, i za njega važi da se ostvaruje u najvećoj mogućoj meri. Ovaj saobraćaj ne zahteva posebne usluge, pa one nisu ni omogućene, kako time ne bi bio ugrožen rad dispečera.

Poređenjem tehničkih rešenja primenjenih u EPS-u sa rešenjima u drugim elektroprivredama pokazuje se da nema nekih bitnijih razlika u realizaciji telefonske mreže. Specifičnosti potreba pojedinih elektroprivreda nalažu posebnosti u detaljima pristupa, ali nema razlika na nivou upotrebljenih tehnologija i ciljeva.

Pojedinačne karakteristike klasične mreže EPS-a su sledeće [30] :

- Topologija mreže je jednoslojna, bez postojanja hijerarhije. Ovakva mreža omogućava obilazno upućivanje poziva, kojim se traži put do birane centrale (ne najkraći).
- Mreža je organizovana kao jedna mrežna grupa.
- Sve centrale, osim rubnih, ponašaju se i kao tranzitne i kao krajnje, tako da omogućavaju razmenu saobraćaja drugih centrala u mreži i saobraćaj svojih korisnika.
- Koristi se zatvoreni sistem numeracije (pozivni broj korisnika ne zavisi od njegove pozicije).
- U svim čvorovima mreže postoje komandno-telefonski posrednički uređaji (KTP) na kojima se prikazuju veze prema susednim energetske objektima; ovi uređaji omogućavaju nadgledanje i upravljanje saobraćajem (zauzimanje slobodnih i prekidanje postojećih veza).
- Uvedene su funkcije koje ne postoje u javnoj mreži, kao što su mogućnost biranja nakon signala zauzeća, prekidanje veze od strane traženog i pozivajućeg korisnika radi efikasnijeg korišćenja resursa, rezervacija kanala itd.
- Svi kanali su i odlazni i dolazni, a centrala ima mogućnost rada i u ispadu. Pod tim se podrazumeva ostvarivanje odabranih (važnih) veza čak i kada je deo centrale u kvaru. Ovo važi i ukoliko veze izlaze u javnu mrežu. Da bi se pomenuti zahtevi mogli ispuniti odabrana je odgovarajuća signalizacija.
- U cilju iskorišćenja postojeće infrastrukture za prenos električne energije, kao prenosni putevi korišćene su isključivo VF veze po dalekovodima. Veze su korišćene za prenos telefonskog saobraćaja i za prenos podataka, na osnovu podele dostupnog opsega.

- Govorni signal se prenosi sa komprimovanom dinamikom, signalizacija se prenosi sa učestanošću izvan govornog opsega.
- Prema tehničkim uslovima, srednje vreme između kvarova centrale treba da iznosi bar 1000 sati, dok je srednje vreme otklanjanja kvara treba da bude kraće od jednog sata.
- Najduže veze između dve tačke su kraće od 200 km.

7.2.2. Mešovita paketska telefonska mreža EPS-a

Nakon donošenja odluke o modernizaciji telefonske mreže EPS-a, izabrana je strategija prelaza ka paketskoj telefoniji, kao najmanje rizična i najekonomičnija. Ona se sastojala u zameni trećine postojećih, najstarijih, centrala, izgradnji nove paketske mreže sposobne da podrži višestruke komunikacione servise i aplikacije i integraciju preostalih postojećih centrala u novu IP infrastrukturu, a sve to bez značajnih prekida telefonskog servisa.

Projektovanje paketske mreže EPS-a izvršeno je prema dva osnovna načela [30]:

1. Mreža je jedinstvena, bez obzira na broj i organizaciju elektroprivrednih firmi;
2. Uvedena usluga paketske telefonije se ostvaruje unutar privatne paketske mreže, preko koje se obavljaju i druge usluge koje nude mreže nove generacije.

Telefonska mreža EPS-a je mešovita mreža, čime se označava jedinstvo klasične i paketske mreže. Prednost ovakve mešovite mreže je mogućnost korišćenja postojećih resursa prilikom izgradnje nove mreže. Jednoobrazna, potpuno paketska, mreža ima dosta prednosti: jedinstvenost rešenja, mogućnost nabavke opreme od jednog proizvođača, čime se olakšava mogućnost nadgledanja i održavanja, smanjuju se troškovi pretvarača, obuke i rezervnih delova. Međutim, izgradnja ovakve telefonske mreže u kratkom roku nije moguća.

U telefonskoj mreži EPS-a izvršeno je objedinjavanje klasične i paketske telefonske mreže, u cilju uvođenja novih usluga. Ovo je moglo da se izvede potpunom zamenom postojeće opreme novom, ili dodavanjem nove opreme u postojeću mrežu. Primenjeno je drugo rešenje, tzv. evolucioni redizajn, čime se nisu odbacila rešenja koja su bila u upotrebi, već su ona postala deo krajnjeg rešenja. Ovakav način razvoja mreže smatra se najpovoljnijim za vlasnika opreme, a ujedno je to način zaštite postojeće investicije. S druge strane, složenije je postići skladan rad ovakve mreže nego kada je mreža izgrađena u istoj tehnologiji.

Danas je telefonska mreža EPS-a zasnovana na sledećim tehničkim uslovima:

- Nova mreža je posvećena delatnosti firme saglasno načelima na kojima su građene i mreže prethodnih tehnoloških generacija, a opšti tehnički uslovi koji su važili u njima ostaju na snazi. To znači da je stalna mogućnost ostvarivanja veza operativne

telefonije cilj izgradnje mreže, a pružanje savršene usluge poslovnoj telefoniji se takođe podrazumeva.

- Saglasno osnovnom načelu mreže EPS-a, raspoloživost u najširem smislu mora biti najveća moguća tj. takva da energetska objekat nikada ne može ostati bez telefonske veze sa mrežom. Zadovoljavanje ovog zahteva omogućeno je organizacijom mreže, postupcima predviđanja kvarova i zagušenja, korišćenjem višestrukih resursa i obilaznog načina upućivanja saobraćaja, uvođenjem redundatnih protokola i signalizacija, zaštite resursa i podataka od zlonamernih korisnika, sistema nadgledanja i održavanja, nabavkom rezervnih delova i obučavanjem ljudstva na održavanju.
- Paketska mreža je projektovana i izgrađena tako da je moguće dodavanje novih usluga ili mogućnosti, koje danas nisu ugrađene zbog neekonomičnosti ili nekog drugog razloga. To je zahtevalo posebnu pažnju prilikom proračuna resursa i korišćenje standardnih rešenja za protokole, signalizaciju, kompresore i sl.
- Mreža je projektovana kao mešovita (kombinovana), a njen paketski deo radi u potpunoj saglasnosti sa postojećom klasičnom mrežom. To podrazumeva da ova dva dela mreže u funkcionalnom smislu rade kao jedna mreža sa jedinstvenim imenom, pretvaračima govornog signala i signalizacije/protokola, upućivanjem koje vodi računa o najmanjem broju prelazaka iz jedne u drugu mrežu itd. Pri tome je zahtevan visok kvalitet govornog signala (*Rating factor* $R \geq 80$).
- Prilikom izgradnje paketske mreže uzete su u obzir osobine susednih mreža (izbor koda i kompresora govornog signala, signalizacije, protokola i interfejsa) sa kojima korisnici mreže EPS-a ostvaruju veze. To su javna fiksna telefonska mreža Telekom Srbija, mobilne javne mreže i mreže susednih elektroprivreda.

7.3. KONCEPT TELEFONSKE MREŽE EPS-a

Koncept telefonske mreže EPS-a je postavljen saglasno njenim osnovnim zahtevima, rada u realnom vremenu i raspoloživosti. Pri tome se razmatraju slojevitost, topologija, signalizacija, numeracija, raspoloživost, kvalitet govornog signala, broj tranzita, broj A/D konverzija i broj TDM/IP pretvaranja govornog signala [30].

7.3.1. Slojevitost

Za klasičnu telefonsku mrežu EPS-a se može reći da je jednoslojna i nehijerarhijska, obzirom da centrale u mrežnim tačkama imaju ista, sveobuhvatna svojstva (tranzitne funkcije i korisničke interfejse). Za razliku od toga, mešovita mreža ima dva sloja, okosnicu (magistralna mreža) i pristupni ili korisnički deo (ivična mreža).

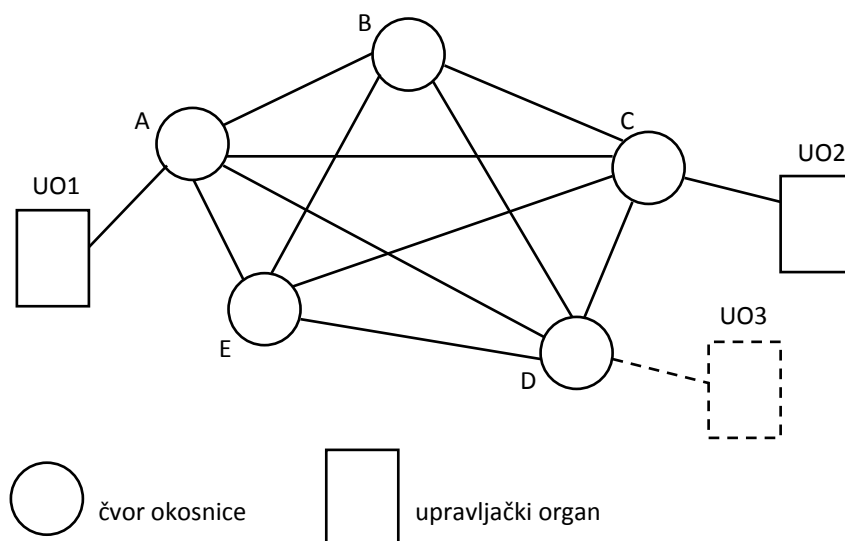
Okosnica paketske mreže je najviši nivo mreže koji objedinjuje niže slojeve i ima funkciju tranzitiranja paketskog saobraćaja cele mreže. Njeni osnovni elementi su čvorovi okosnice (ruteri) i veze. I jedne i druge karakterišu visoki bitski tj. paketski protoci, reda Gb/s. Ruteri okosnice su povezani vezama na takav način da otkaz jednog rutera ili veze nema teških posledica po funkcije paketske mreže (redundantna topologija). Ruteri imaju svojstva upućivanja paketa i razmene podataka o upućivanju. Ove tačke nemaju korisničke funkcije i interfejse.

Važni elementi okosnice su i upravljački organi za telefonske usluge. Oni se sastoje od softvera za uspostavljanje i raskidanje veza, baza za vođenje podataka o korisničkim priključcima, aplikativnih servera, i sl. Upravljački organi koji se koriste za tu namenu su: softsvičevi (SSW) na granici paketske i klasične mreže, pretvarači (GK) u H.323 paketskim mrežama i proksi serveri (PXS) u SIP paketskim mrežama.

U postupku organizovanja okosnice potrebno je zadovoljiti dva osnovna uslova: raspoloživost i saobraćajnu delotvornost. Raspoloživost okosnice zavisi od ispravnosti elemenata okosnice, mogućih zagušenja mreže, upotrebljenih mehanizama za sprečavanje konfliktnih situacija (sudara, petlji) itd. Cilj izgradnje okosnice je da ona radi bez ikakvih prekida u radu. Saobraćajna delotvornost znači da okosnica mora da pruža uslugu koja je unapred propisana u pogledu gubitaka veza i čekanja.

Okosnica je nosilac sveukupnog paketskog saobraćaja mreže. Određivanje potrebnih saobraćajnih svojstava je od velike važnosti da bi se obezbedio profesionalni kvalitet paketske telefonske usluge. Pri tome je potrebno zadovoljiti nekoliko zahteva. Obavljanje saobraćaja i kvalitet telefonske usluge ne mogu biti ugroženi niti smanjeni kvarom bilo kojeg elementa okosnice. To je postignuto njenom arhitekturom i definisanjem takvih saobraćajnih svojstava da se nadmašuju zahtevi i u slučajevima najvećih saobraćajnih opterećenja. Obzirom da okosnica uslužuje različite tipove paketa (usluga), oni se obrađuju po unapred utvrđenom prioritetu, kako bi usluge osetljive na kašnjenje imale prednost i izvršavale se pravovremeno. Kašnjenje paketa u okosnici mora da bude takvo da ga korisnici mreže ne smeju primetiti. Pored toga, u okosnici treba da budu primenjena sva sredstva koja mogu sprečiti ugrožavanje saobraćajnih svojstava: upućivanje po najkraćem putu, sprečavanje petlji, rano otkrivanje zagušenja i prebacivanje na obilazne puteve itd.

Okosnica paketske telefonske mreže EPS-a sastoji se od 5 rutera, koji su svi međusobno povezani, kao što je prikazano na slici 53. Za pružanje telefonske usluge okosnici ovog tipa dodaju se bar 2 upravljačka organa, takvog saobraćajnog kapaciteta da svaki od njih može da savlada najveće telefonsko saobraćajno opterećenje. Upravljački organi ne mogu biti vezani za isti ruter. Broj UO može biti i veći od 2 (UO3).



Slika 53. Okosnica paketske mreže (preuzeto iz [30])

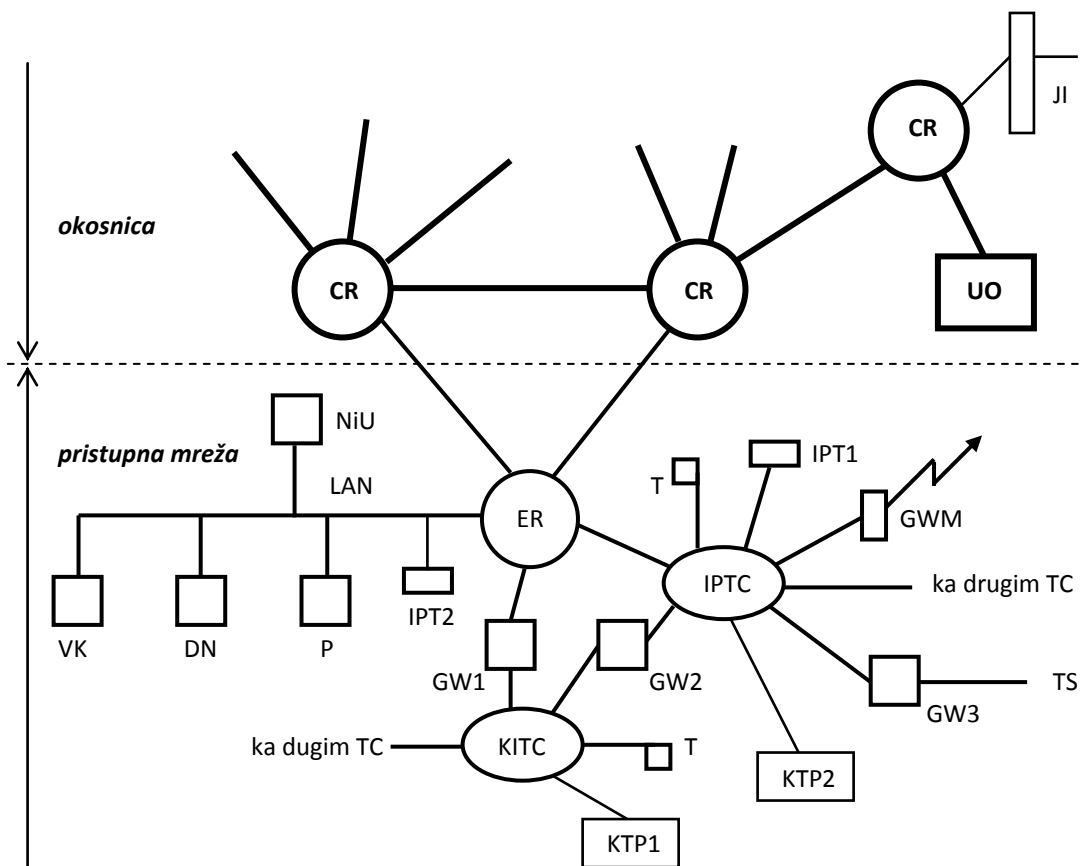
Zahtevane veličine za okosnicu po pitanju saobraćajnih svojstava su sledeće. Na okosnici ne sme postojati gubitak poziva (usluživanje se mora obavljati sa čekanjem tj. trenutni nedostatak resursa ne sme izazvati gubitak poziva, što znači da uvek moraju postojati resursi između dva sagovornika u mreži) i paketa (omogućena su obilazna upućivanja i dovoljno veliki baferi). Najduže vreme prenosa kroz okosnicu iznosi 10 ms (odnosi se na visoku propusnost veza, ona treba da je takva da su baferi u normalnom radu uglavnom prazni). Vreme prenosa kroz ruter okosnice (kašnjenje) ide do vrednosti 2 ms, a varijacija ovog vremena do 3 ms.

Pristupna mreža se oslanja na okosnicu. U pristupnoj mreži se nalaze sve mrežne tačke (centrale) na koje su priključeni korisnički uređaji. U njoj se koriste sve tri tehnike prenosa govora, zastupljene u telefonskoj mreži EPS-a: analogna, digitalna i paketska.

Pristupna mreža omogućava korisnicima povezivanje na okosnicu korišćenjem standardizovanih pristupnih tačaka. Pri tome važi pravilo da se na okosnicu direktno mogu vezivati jedino ruteri koji prenose paketski saobraćaj (ivični ruter). Centrale koje su analogne ili digitalne moraju biti spojene na pretvarače, preko kojih se vezuju za ivične rutere. Njihova uloga je konverzija signala između dve mreže (paketska mreža sa jedne strane, a digitalna ili analogna mreža sa druge strane). Tipična pristupna mreža je prikazana na slici 54.

Osnovni element pristupne mreže i jedini direktno vezan na okosnicu je ivični ruter (ER), preko koga svi paketizovani signali pristupaju okosnici. U paketske terminale spadaju: daljinsko nadgledanje (DN), nadzor i upravljanje elektroenergetskog sistema (NiU), videokonferencije (VK), računari, koji preko lokalne mreže pristupaju ivičnom ruteru, kao i IP ili hibridne telefonske centrale (IPTC) i pretvarači (GW), koji

su takođe povezani na ivični ruter. Klasične centrale (KITC) su spojene na pretvarače, preko kojih se vezuju za ivične rutere. Telefonske centrale (IP i klasične) imaju i alternativne puteve, a ostali korisnici dosežu okosnicu samo preko ivičnog rutera. Posebne alternative telefonskom saobraćaju su veze preko mreže mobilnih telefona (GWM) i preko javne fiksne telefonske mreže Telekom Srbija (TS).



značenje oznaka: CR - core ruter, UO - upravljački organ za IP telefoniju, JI - javni Internet, ER - ivični (edge) ruter, IPTC - hibridna ili IP telefonska centrala, KITC - klasična telefonska centrala, NiU - nadzor i upravljanje EE sistema, LAN - lokalna mreža, VK - video konferencija, DN - daljinsko nadgledanje, P - podaci, GW1,2 - pretvarači između klasičnih i IP centrala, GW3 - pretvarač između IPTC i mreže TS, TS - mreža Telekom Srbija, GWM - pretvarač za mobilnu mrežu, KTP1 - klasični KTP, KTP2 - KTP na IPTC, IPT1,2 - IP telefoni, T - klasični telefon

Slika 54. Pristupna mreža (preuzeto iz [30])

Pristupna mreža mora da pruži telekomunikacione usluge koje su uobičajene u profesionalnoj mreži. To znači da se u telefonskoj komunikaciji mora održati kvalitet bar kao u klasičnoj mreži, a u prenosu podataka ne sme biti gubitaka. Signali NiU se moraju prenositi najvećom brzinom i kvalitetom. Ne dozvoljava se kompresija govornog signala niti paketskog zaglavlja. Kapaciteti pristupne mreže su takvi da nema kašnjenja govornih paketa većeg od nekoliko milisekundi. Ukoliko dođe do gubitka, za

sve tipove paketa, izuzev govornih, koriste se postupci njihove nadoknade. I ovde se, kao kod okosnice, koristi prioritarno usluživanje, u zavisnosti od vrste paketa. U komunikaciji sa drugim mrežama postoji nadgledanje i identifikacija pristupa i korišćenja mreže. Temperaturni opseg rada opreme je prilagođen uslovima u objektu.

Savremene centrale sastavljene su od elektronskih komponenata visoke gustine, koje su osetljive na prenaponske smetnje. Da bi se njihov uticaj izbegao, prilikom smeštanja opreme za okosnicu biraju se objekti u kojima će ove smetnje biti bez uticaja. Prilikom smeštanja opreme za ivičnu mrežu nije moguće birati objekte, jer oprema mora biti u svakom objektu u kome se mreža koristi. Obzirom da elektroenergetska postrojenja mogu uzrokovati smetnje, važno je da se obezbedi kvalitetna prenaponska zaštita.

7.3.2. Topologija

Topologija utiče na razna mrežna svojstva. Za telefonsku mrežu EPS-a od najvećeg značaja je raspoloživost mreže, tj. kako se topologijom mreže može doći do visokog stepena raspoloživosti. U tom cilju, mreža je izgrađena na principu zvezdastopetljaste fizičke strukture.

U tesnoj vezi sa topologijom i raspoloživošću je način upravljanja telefonskom funkcijom u mreži. Postoje dva načina upravljanja paketskim telefonskim mrežama: centralizovani i decentralizovani. Centralizovani način je pogodan za dogradnju novih funkcija i promene u mreži, a mana mu je nedovoljna raspoloživost. Decentralizovani način onemogućava havarije u mreži, ali zato promene u mreži zahtevaju intervencije u svakom autonomnom upravljačkom organu. Centralizovana funkcija omogućuje: priključivanje IP telefona u bilo kojem delu mreže bez posredstva centrale, lakšu ugradnju novih funkcija i promenu plana numeracije i upućivanja. Radi povećanja raspoloživosti, upravljačka funkcija mora da bude bar udvostručena. Kapacitet obrade poziva upravljačkih jedinica treba da omogući upravljanje čak iako svi telefoni budu paketski.

7.3.3. Signalizacija

U klasičnoj mreži svaka telefonska centrala ima svoj upravljački organ, svoj komutacioni organ i svoj plan upućivanja, pa se može reći da su upravljanje vezama i tabele upućivanja u potpunosti decentralizovani i nalaze se raspoređeni po mrežnim tačkama, a signalizacija ima svoje puteve. Za razliku od toga, u paketskim mrežama, mrežni čvorovi se mogu shvatiti kao komutacioni organi, ali ne i kao upravljački organi i baze koje služe za upućivanje paketa. Te poslove može vršiti centralni upravljački organ koji vrši upravljanje svim vezama u delu mreže i takođe koristi centralni plan upućivanja. Funkcije upravljanja paketskim telefonskim vezama mogu biti centralizovane, a fizički putevi za korisničke i signalizacione informacije se ne razlikuju.

Pri izboru signalizacije u paketskoj mreži EPS-a vodilo se računa o nekoliko faktora. Telefonska signalizacija mora biti savremena tako da se lako mogu dograditi nove funkcije i usluge. Ova signalizacija takođe mora biti standardizovana kako bi se omogućilo korišćenje opreme različitih proizvođača. Po mogućstvu, treba birati signalizaciju koja je bliska onima koje se koriste u mrežama sa kojima komunicira mreža EPS-a. Signalizacija u paketskoj telefonskoj mreži treba da bude takva da je na prelazu između paketske i klasične mreže poznato i standardizovano pretvaranje signalizacije.

Na osnovu ovih faktora, predloženo je da mrežna signalizacija (između mrežnih tačaka) u paketskoj mreži bude SIP. Korisnička signalizacija treba da se prilagodi mrežnoj. Korisnička SIP signalizacija je identična mrežnoj, što je i jedna od njenih prednosti. Signalizacija između paketskog i klasičnog dela telefonske mreže EPS-a se u mešovitoj mreži obavlja preko pretvarača signalizacije. Signalizacija između telefonske mreže EPS-a i javne telefonske mreže se obavlja na dva načina. Signalizacija između paketskih delova mreža se obavlja preko pretvarača koji usklađuju govorni signal i adrese sagovornika. Signalizacija između mešovite mreže EPS-a i klasičnog dela javne mreže se obavlja preko pretvarača koji pretvara oblik govora i signalizaciju.

7.3.4. Numeracija

Numeracija paketske telefonske mreže mora da se uklopi u postojeću četvorocifrenu numeraciju i u planiranu šestocifrenu. Pored telefonske numeracije, čvorovi u paketskoj mreži moraju imati i IP adrese. Čvorovi okosnice imaju IP adrese, ali ne i karakteristične brojeve centrala. Prevođenje adresa korisničkih terminala, centrala i pretvarača u pozivne brojeve i obrnuto se obavljaju u upravljačkom organu okosnice ili u IP centralama sa sopstvenim upravljanjem.

Postojeća numeracija koja se primenjuje u mreži EPS-a je stara nekoliko decenija. Numeracija je zatvorenog tipa. Korisnički brojevi su četvorocifreni, od čega dve cifre (od treće do sedme dekade) predstavljaju karakteristični broj centrale, a druge dve cifre broj korisnika. Maksimalan broj centrala je 50, pri čemu svaka od njih može imati najviše 100 korisničkih priključaka. Numeracija ne omogućava prioritarno razlikovanje operativnog i administrativnog saobraćaja. Ne postoje prefiksi za izlaz u druge mreže sem javne telefonske mreže. U radu sa javnim mrežama moraju se poštovati pravila numeracije javnih mreža.

7.3.5. Raspoloživost

Kod razmatranja raspoloživosti, najvažnijeg svojstva mreže EPS-a, na prvom mestu se ima u vidu verovatnoća ostvarivanja telefonske veze operativne (dispečerske) telefonije iz nekog objekta. Ova verovatnoća treba da je što bliža vrednosti 1. Uzroci

koji mogu dovesti do toga da se veza ne ostvari su saobraćajna preopterećenost mreže i kvarovi. U mreži EPS-a propusna moć mrežnih čvorova i prenosnih puteva su predimenzionisani. Pored toga, operativni telefonski saobraćaj se prioritarno uslužuje, pa se može smatrati da saobraćajna preopterećenost nema uticaja na smanjenje raspoloživosti mreže za operativnu telefoniju. To znači da se raspoloživost razmatra samo sa gledišta kvarova, koji izazivaju nemogućnost telefoniranja.

Određivanje broja i međusobne povezanosti elemenata okosnice ima osnovni cilj da se od što manjeg broja elemenata ograničene raspoloživosti sačini mreža koja će imati vrlo visoku, skoro idealnu, raspoloživost (99.999 %). Proračun raspoloživosti je rađen za slučaj da u jednom trenutku može da bude u kvaru samo jedan element okosnice, kao i uz uslov da saobraćajno opterećenje neispravnog dela okosnice mogu da prihvate njeni ostali delovi. Proračun je pokazao da su minimalni broj tačaka okosnice i njihova povezanost i upućivanje paketa koji garantuju dovoljnu raspoloživost sledeći: okosnica ima četiri rutera, između svake dve tačke okosnice postoji direktni i dva okolna puta. Međutim, za okosnicu je usvojena pojačana varijanta, koja se sastoji od pet rutera koji su svi međusobno povezani, pri čemu svaki ruter mora imati kapacitet višestruko veći od potreba paketskog telefonskog saobraćaja. Postoji više razloga zbog kojih je predložen povećan broj elemenata okosnice i poboljšanje povezanosti. Veći broj organa i puteva u odnosu na proračun omogućava rad mreže i u vanrednim okolnostima. Pored toga, neki ruteri će biti smešteni u objektima koji se nalaze u blizini energetske postrojenja i mogu biti više ugroženi. Konačno, okosnica sa pet rutera i potpunom povezanošću može u nekim slučajevima da funkcioniše i kada su dva elementa okosnice van rada.

U pristupnoj mreži koja se nalazi na jednom objektu, u pogledu raspoloživosti razlikuju se tri vrste usluga tj. uređaja. U prvu grupu spadaju ivični ruter i veze prema okosnici i oprema za NiU. Ovde jedan kvar ne sme ugroziti ni usluge ni njihov kvalitet, pa su udvostručeni: veze ka okosnici, hardver vezan za prenosne puteve, hardver za NiU, napajanje i centralni organi. Saobraćajni kapacitet svakog prenosnog puta je dovoljan za ostvarivanje punog saobraćaja. Drugu grupu čine telefonske centrale i veze kojima su one povezane sa ruterom i međusobno. Kvar na njima ne sme izazvati prekid komunikacije u mreži i ugrožavanje saobraćaja KTP-a. Dozvoljeno je smanjenje mogućnosti u lokalnom saobraćaju na objektu. Treću grupu čini oprema koja nije u funkciji operativnog saobraćaja: videokonferencija, daljinsko nadgledanje, računari itd. Ovde je moguće da jedan kvar privremeno ugrozi rad ove opreme. Raspoloživost ivičnog rutera i veza prema okosnici treba da je bar 0.99999, a to isto važi i za opremu za NiU i tehniku u pogledu operativnog saobraćaja. Raspoloživost ostale opreme treba da bude bar 0.9999.

Za ostvarenje željene raspoloživosti u telefonskoj mreži EPS-a, potrebno je ispuniti više ulova. Napajanje uređaja u mrežnom čvoru mora biti decentralizovano tj. uvišestručeno i da se sastoji od više jedinica uvek uključenih, pri čemu kvar jedne od njih nema uticaja na rad i kontinuitet rada paketskog čvora. Upravljačke jedinice su takođe uvišestručene, uvek uključene i takvih svojstava da u slučaju kvara jedne od njih preostale mogu da prihvate ceo upravljački saobraćaj bez umanjenja kvaliteta usluge u odnosu na rad svih jedinica. Veze prema mreži moraju biti višestruke. Ova višestrukost se ogleda i u potpunoj međusobnoj nezavisnosti veza. Naime, više veza ostvarenih po istom kablju se ne smatra dovoljno raspoloživom povezanošću. Hardverski sklopovi za različite veze treba da budu u što većoj meri razdvojeni. Takođe se smatra da sve tzv. tačke drugog nivoa (centrale ili ruteri) moraju imati vezu i prema okosnici i prema susednim tačkama istog nivoa. Sve centrale/ruteri moraju imati veze bar prema dva mrežna čvora, ali ne po istom kablju.

7.3.6. Kvalitet govornog signala

Kvalitet govornog signala se može oceniti korišćenjem subjektivnog MOS metoda [10] ili proračunskog E - modela [11], kao što je već napomenuto u poglavlju 3.4.4.4. Pri tome, najveći realno ostvariv kvalitet govornog signala iznosi $R \approx 94$ ili $MOS \approx 4.4$ i smatra se da je to kvalitet lokalne ISDN veze.

Kvalitet telefonskih veza u mešovitoj mreži EPS-a treba da zadovolji sledeće uslove:

- kvalitet potpuno paketskih veza ostvarenih kroz IP mrežu treba da ima vrednost $R \geq 90$ ili $MOS \geq 4.2$;
- kvalitet mešovitih veza koje se ostvaruju kroz IP i ISDN mrežu EPS-a treba da ima vrednost $R \geq 80$ ili $MOS \geq 4$;
- kvalitet mešovitih veza koje se ostvaruju kroz IP, ISDN i analogni deo mreže EPS-a treba da ima vrednost $R \geq 70$ ili $MOS \geq 3.6$.

Kompresija govornog signala smanjuje kvalitet govornog signala. Usled toga, kompresori govornog signala se ne upotrebljavaju u telefonskoj mreži EPS-a, već će se za paketizaciju koristiti nekomprimovani digitalni govorni signal dobijen po ITU-T preporuci G.711. i odsecci govornog signala trajanja 10 ms.

7.3.7. Dozvoljeno kašnjenje signalizacionih i govornih paketa

Kašnjenje signalizacionih i govornih paketa se razlikuju po svom uticaju na paketske telefonske veze. Kašnjenje signalizacionih paketa može imati uticaj samo na početku veze. Ovi paketi se ne smeju izgubiti jer nose vitalnu informaciju, pa se zahteva

njihova retransmisija tj. dozvoljava se kašnjenje zbog retransmisije. Vreme uspostavljanja veze u paketskoj mreži treba da je kraće od 1.5 s, a u mešovitoj mreži kraće od 3 s. Ovaj uslov treba da važi za celu mrežu izuzev veza u kojima učestvuju VF veze koje prenose dekadno biranje. Posledica predugog vremena uspostavljanja veze kroz mrežu je subjektivni utisak o neispravnosti mreže, napuštanje pokušaja ostvarivanja veze i stvaranje ponovljenih poziva, koji ne smeju postojati u telefonskoj mreži EPS-a.

Izgubljeni paketi su oni koji uopšte ne stignu do odredišta, stignu oštećeni ili suviše kasno. U intervalima zagušenja mreže, mrežni čvorovi eliminišu neke pakete kako bi se zagušenje smanjilo. Paketi, preneti protokolom RTP, koji sadrže grešku, odbacuju se na prijemu. Takođe, previše zakasneli paketi, a potrebni za rad u realnom vremenu, postaju praktično izgubljeni. Govorni signal na prijemu je oštećen ako se u mreži izgube govorni paketi. Oštećenje signala nije jednako za govorne signale obrađene različitim koderima i kompresorima. Na kvalitet govornog signala najveći uticaj ima upravo nekomprimovani govornog signal dobijen koderom G.711. Ovaj koder je najkvalitetniji ali i najosetljiviji na gubitke paketa.

U telefonskoj mreži EPS-a nisu dozvoljeni gubici paketa, tako da se moraju koristiti postupci nadoknade izgubljenih paketa (PLC). Pored toga, zahteva se se da ukupno kašnjenje kroz paketsku mrežu ne bude veće od 70 ms, a varijacija kašnjenja mora biti manja od 10 ms. Ovo se ne odnosi na veze sa drugim paketskim mrežama, u kojima eventualno postoji dodatna obrada i povećano kašnjenje.

7.3.8. Broj tranzita, A/D konverzija i paketizacija

Broj tranzita tj. broj mrežnih tačaka kroz koje prolazi jedna veza ima dvostruki značaj. Prvi se odnosi na brzinu uspostavljanja i kvalitet veze. U klasičnim mrežama se smatra da se veze sa više tranzita sporije uspostavljaju i imaju lošiji kvalitet veze. Zbog toga je u klasičnoj telefonskoj mreži EPS-a postojao prsten centrala drugog nivoa preko kojih su korisnici iz nekog kraja mreže dosegali drugi kraj mreže uz mali broj tranzita. Ovo omogućuje okosnica u paketskoj mreži EPS-a. Prema toj koncepciji broj tranzita u 95 % slučajeva može da bude najviše 6. Naime, u najgorem slučaju bi to bila dva tranzita do okosnice, dva u okosnici i dva od okosnice do drugog korisnika. Drugi značaj broja tranzita se odnosi na greške u upućivanju i sprečavanje petlji. Naime, u paketskim mrežama tabele upućivanja nisu fiksno utvrđene već se ponekad menjaju dinamički, pa je moguće stvaranje petlji tj. upućivanje paketa tako da se on vrati u tačku iz koje je upućen. Zbog toga se uvode razne metode za sprečavanje ovih petlji [31].

U potpuno paketskoj mreži dozvoljava se samo jedna analogno-digitalna (A/D) i jedna digitalno-analogna (D/A) konverzija. U posebnom slučaju, kada se za komunikaciju koristi VF veza po dalekovodu, dozvoljava se još jedan par ovih konverzija. U

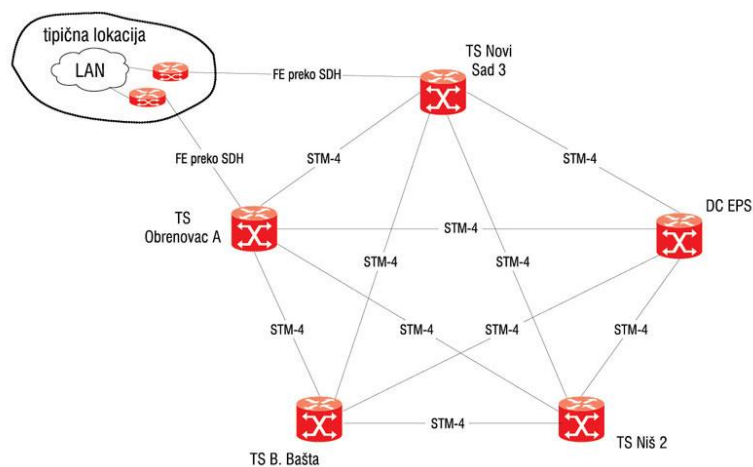
mešovitoj paketskoj mreži moguće je da se veza ostvaruje sa nekoliko A/D i D/A konverzija. Pogodnim upućivanjem i izborom obilaznih upućivanja ovaj broj treba što više smanjiti, pošto svaka konverzija govornog signala unosi šum kvantovanja.

Postupci paketizacije (TDM/IP pretvaranja) unose kašnjenje u prenos paketizovanog govornog signala pa mu na taj način smanjuju kvalitet na prijemu. U paketskoj IP mreži EPS-a broj postupaka paketizacija i depaketizacija je ograničen na po jedan. Ostvarivanje jedne veze u mešovitoj mreži može imati više postupaka paketizacije i depaketizacije. Postupcima upućivanja njihov broj treba smanjiti na najmanju meru.

7.4. PRIKAZ TELEFONSKE MREŽE EPS-a

Pri projektovanju paketske telefonske mreže EPS-a poštovana su neka načela na kojima je izgrađena klasična mreža. Jedno od njih je da se objekti tj. tačke u mreži dele po značaju na nekoliko grupa. Najvažniji objekat (prvi nivo) je dispečerski centar (DC) EPS. Objekti druge grupe po značaju su: mrežno regionalni centar (MRC) Beograd, MRC Novi Sad, MRC Valjevo, MRC Kruševac, regionalno postrojenje (RP) Mladost, MRC Bor, trafo stanica (TS) Kraljevo 3, TS Bajina Bašta, TS Niš 2, hidroelektrana (HE) Đerdap 1.

Okosnica paketske mreže je prikazana na slici 55. Ruteri okosnice (sem onoga u Novom Sadu) nalaze se u sledećim objektima prvog i drugog nivoa: DC EPS (1), TS Novi Sad 3 (2), TS Obrenovac A (3), TS Bajina Bašta (4) i TS Niš 2 (5). Nepostojanje bar dve nezavisne veze visokog protoka iz objekta MRC Novi Sad je razlog što u ovom objektu nije smešten ruter okosnice.



Slika 55. Okosnica paketske mreže EPS-a (preuzeto iz [32])

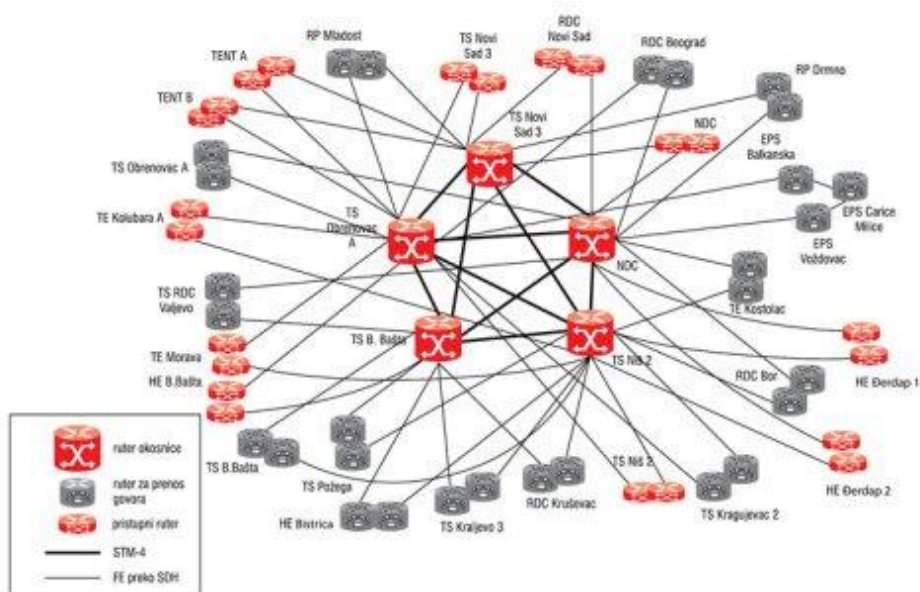
Okosnicu čine pet rutera okosnice Cisco 7606, povezanih svaki sa svakim preko interfejsa STM-4 na SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) uređajima. Povezivanje je izvršeno preko interfejsa STM-4, a ne preko Ethernet porta zbog brže identifikacije otkazu veze, što je za servis operativne telefonije od velike važnosti. Veze su realizovane pomoću optičkih kablova u zemljovodnom užetu dalekovoda. Kao osnovni protokol za upućivanje je podignut OSPF (*Open Shortest Path First*). Pri tome je primenjena tehnologija MPLS, tehnika klasifikovanja i brzog prosleđivanja paketa kroz mrežne čvorove, zasnovana na prepoznavanju vrlo jednostavnog zaglavlja. Na taj način se paketski saobraćaj oblikuje po prioritetima i svakoj saobraćajnoj klasi obezbeđuje odgovarajući kvalitet usluge.

U pristupnom delu mreže trenutno je povezano 27 lokacija, uključujući sve tačke drugog nivoa. Na svakoj lokaciji su zbog zahtevane velike raspoloživosti instalirana dva nezavisna rutera Cisco 3845 povezana sa bar dva rutera okosnice što je moguće nezavisnijim putevima (izuzetak su lokacije upravnih zgrada EPS-a u Balkanskoj ulici, ulici Carice Milice i na Voždovcu, sa ruterom CISCO 3945). Povezivanje je izvršeno preko Ethernet interfejsa protoka 100 Mb/s na uređaju SDH rezervisanog propusnog opsega, na osnovu proračuna saobraćajnih tokova za svaku lokaciju. Ovi ivični ruteri udružuju saobraćaj različitih usluga i upućuju ga ka okosnici, a u suprotnom smeru oni dobijaju udruženi paketski saobraćaj od rutera okosnice i upućuju ga ka nižim slojevima. Na ivičnim ruterima je za potrebe pojedinih servisa korišćena VRF tehnologija (*Virtual Routing and Forwarding*). Za telefonski servis kreirana je „VRF Voice“ aplikacija, a sav saobraćaj u okviru nje propagiran je kroz mrežu MPLS pomoću protokola BGP (*Border Gateway Protocol*) [32].

Paketska telefonska mreža EPS-a je prikazana na slici 56. Prvi servis koji je realizovan kroz mrežu je telefonski servis. On omogućava komunikaciju operativnog osoblja odgovornog za nadzor, upravljanje, eksploataciju i održavanje elektroenergetskog sistema i administrativnog osoblja odgovornog za poslovno upravljanje elektroprivrede. U tabeli 44. su date lokacije ivičnih rutera i lokacije rutera okosnice na koji su povezani.

Tehnički koncept telefonske mreže EPS-a bazira se na centralizovanom upravljanju pozivima u mreži sa dva upravljačka organa (*softswitch*), na dve odvojene lokacije, kako bi se u slučaju kvara na jednom od njih zadovoljio zahtev u pogledu raspoloživosti. U tom slučaju obradu signalizacionog saobraćaja preuzima drugi upravljački organ u vremenu kraćem od 6 sekundi. Kapacitet obrade poziva je 60.000 poziva po satu, sa maksimalnim kapacitetom od 15.000 učesnika. Upravljački organi povezani su za rutere okosnice u DC EPS i TS Obrenovac A.

Novi način procene saobraćajnih svojstava mešovite komunikacione mreže merenjem vremena odziva pozvane strane



Slika 56. Paketska mreža EPS-a (preuzeto iz [32])

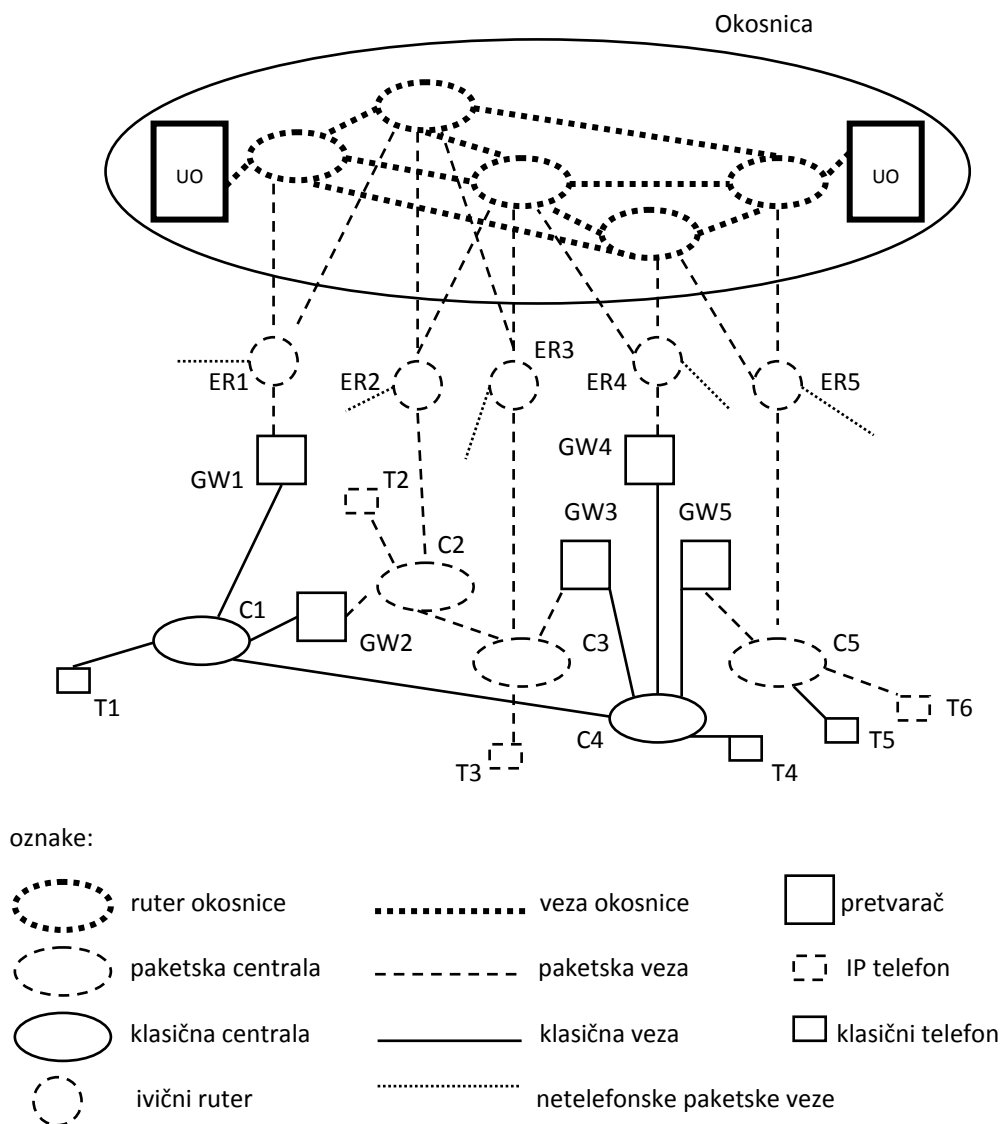
Tabela 44. Lokacije ivičnih rutera i povezanost sa okosnicom

| lokacije ivičnih rutera | lokacije rutera okosnice | lokacije ivičnih rutera | lokacije rutera okosnice |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| NDC | (1), (2) | RP Mladost | (2), (3) |
| RDC Novi Sad | (1), (2) | TS Obrenovac A | (1), (3) |
| TS Novi Sad 3 | (2), (3) | RDC Valjevo | (1), (4) |
| TENT A | (2), (3) | TS Bajina Bašta | (4), (5) |
| TENT B | (2), (3) | TS Požega | (4), (5) |
| TE Kolubara | (3), (5) | HE Bistrica | (4), (5) |
| TE Morava | (3), (5) | TS Kraljevo 3 | (4), (5) |
| HE Bajina Bašta | (3), (4) | RDC Kruševac | (4), (5) |
| TS Niš 2 | (3), (5) | TS Kragujevac 2 | (3), (5) |
| HE Đerdap 1 | (1), (5) | RDC Bor | (1), (5) |
| HE Đerdap 2 | (1), (5) | TE Kostolac | (1), (5) |
| RDC Beograd | (1), (3) | RP Drmno | (1), (2) |

Načelni prikaz mešovite telefonske mreže EPS-a mreže je dat na slici 57. U mešovitoj mreži postoje sledeće vrste veza: analogne veze po dalekovodu, digitalizovane veze po dalekovodu, TDM veze (E1) i paketske veze. Shodno tome, u ovoj mreži se javljaju različite vrste centrala: analogne centrale sa dvožičnom i četvorožičnom komutacijom, digitalne centrale, kućne ISDN centrale, paketske IP-TDM centrale i čisto paketske centrale.

Klasične centrale se vezuju na pretvarače. Oni mogu biti različiti, u zavisnosti od kapaciteta i vrste klasične centrale na koju je vezan, tj. signalizacije klasične centrale.

Pod paketskom centralom se podrazumeva sklop (ruter) koji poseduje interfejsa za povezivanje na paketsku mrežu, interfejsa za povezivanje sa paketskim i klasičnim centralama u okruženju poprečnim vezama, kao i interfejsa za povezivanje telefonskih terminala raznih vrsta. Upravljanje procesom ostvarivanja veza može biti lokalno tj. decentralizovano ili centralizovano. Paketske centrale su uvek vezane na okosnicu (posredno ili neposredno), a pored toga mogu biti vezane poprečnom paketskom vezom. Za razliku od drugih paketskih mreža, koje se povezuju samo hijerarhijski, u paketskoj mreži EPS-a ima i poprečnih paketskih veza, zbog povećanja raspoloživosti. Paketske centrale mogu imati klasične i IP telefone. IP telefoni imaju i IP adrese i pozivne brojeve, a klasični telefoni samo pozivne brojeve. Ruteri i pretvarači imaju samo IP adrese.



Slika 57. Načelni prikaz telefonske mreže EPS-a (preuzeto iz [30])

Postoje centrale koje se ne mogu svrstati u strogo klasične ili strogo paketske. Ove centrale predstavljaju hibridna IP-TDM rešenja i vezuju se za TDM i IP mrežu, a mogu imati IP i klasične terminale.

Od pomenutih 27 lokacija u pristupnom delu mreže EPS-a, na 16 lokacija su ivični ruteri istovremeno IP telefonske centrale (*voice gateway*). To je omogućeno ugradnjom odgovarajućih kartica za povezivanje sa postojećim TDM centralama i javnom mrežom. Na ruterima je konfigurisana funkcionalnost SRST (*Survivable Remote Site Telephony*) koja omogućava da u slučaju prekida komunikacije kroz paketsku mrežu prema upravljačkom organu korisnici zadrže osnovne telefonske funkcije na samoj lokaciji. Kako su sve lokacije međusobno povezane i poprečnim TDM vezama realizovanim preko uređaja SDH, poziv prema mreži može se ostvariti tranzitiranjem ili potpuno kroz TDM mrežu do željene lokacije ili samo delom, do tačke do koje bi poziv imao mogućnost da ponovo izađe na IP mrežu [30].

U paketsku mrežu je preko ivičnih rutera uključeno 6 objekata, koji predstavljaju velike proizvodne ili upravljačko-administrativne centre. To su: TENT A, TENT B, TE Kolubara, TE Morava, nacionalni dispečerski centar u okviru Elektromreža Srbije (EMS-NDC) Beograd i regionalni dispečerski centar (EMS-RDC) Novi Sad. U njima su instalirane nove IP-TDM centrale. IP terminali su registrovani na lokalni server za obradu poziva na tim lokacijama (*call server*), koji su povezani SIP trankom sa IP-TDM centralom. U slučaju pada lokalnih servera na ovih šest lokacija, obradu poziva preuzimaju dva redundantna servera na lokacijama TS Obrenovac A i NDC Beograd.

Pet lokacija sa relativno savremenim TDM centralama (HE Bajina Bašta, HE Đerdap 1, HE Đerdap 2, TS Niš 2 i TS Novi Sad 3), uključene su direktno u paketsku telefonsku mrežu preko ivičnih rutera. Ostale lokacije sa starijim centralama, uključene su u jedinstvenu telefonsku mrežu EPS-a preko uređaja SDH na nivou E1 ili četvorožičnih kanala.

8. CENTRALIZOVANA DETEKCIJA NEISPRAVNIH VEZA U MEŠOVITOJ TELEFONSKOJ MREŽI EPS-A

Osnovni zahtev za izgradnju posebne telefonske mreže elektroprivrede je bio vrlo visoka raspoloživost. U cilju postizanja takve visoke raspoloživosti, koriste se sva moguća sredstva, od kojih su najvažnija: ostvarivanje veza svim prenosnim putevima, bez obzira na tehnološku realizaciju, i nehijerarhijska organizacija mreže (obilazno upućivanje). Korišćenje različitih tehnologija (optički kablovi, metalni kablovi, radio) povećavaju raspoloživost, ali se ovo plaća rešavanjem problema usaglašavanja različitih signalizacija (CAS, ISDN, IP) i oblika govornog signala (analogni, digitalni, paketski) različitim signalnim i medijskim pretvaračima [33]. Međutim, jedna takva mešovita mreža elektroprivrede, pored problema *interworking-a* može da iskoristi različite vrste signalizacija odnosno različito trajanje vremena odziva pozvane strane za nadgledanje ispravnosti pojedinih delova mešovite mreže i detekciju neispravnih veza u njoj.

Kao primer primene pomenute osobine, u ovom poglavlju je opisan detektor predalarmnog stanja tj. neispravnih ISDN ili IP prenosnih puteva u mešovitoj telefonskoj mreži EPS-a. Princip rada detektora je otkrivanje razlike u vrednostima PDD-a u slučajevima korišćenja različitih prenosnih puteva, na osnovu koje se može zaključiti da je određena veza neispravna.

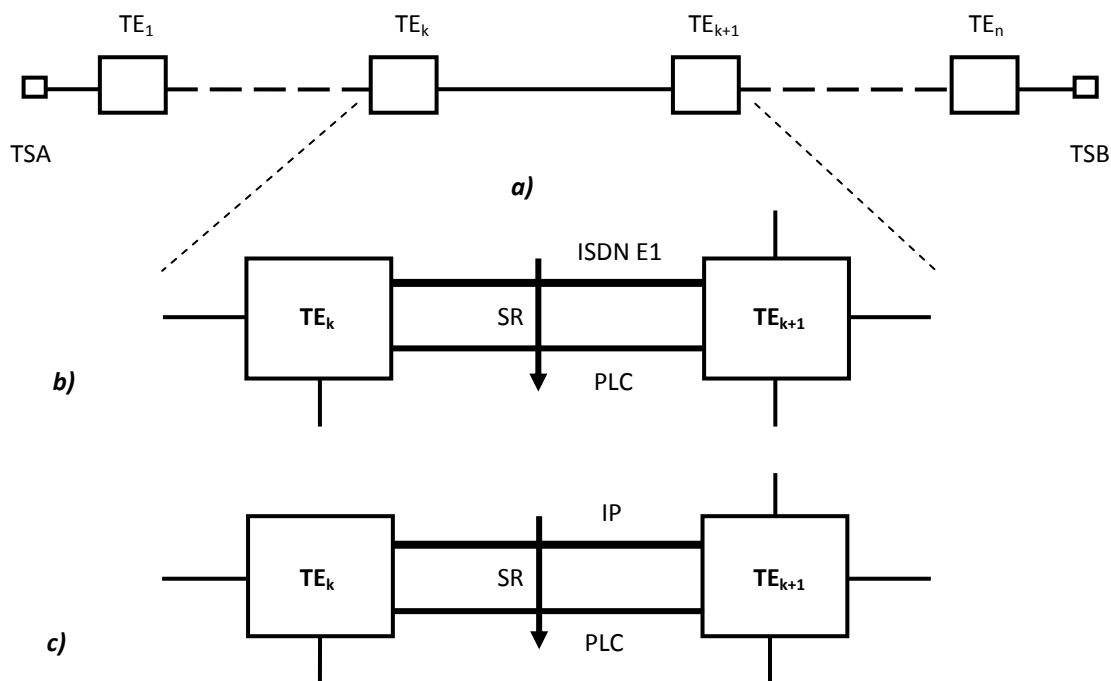
8.1. MOGUĆNOST DETEKCIJE NEISPRAVNIH VEZA

8.1.1. Model, definicije i pretpostavke

Telefonska mreža EPS-a je mešovita mreža, u kojoj je izvršeno objedinjavanje klasične i paketske telefonske mreže, kao što je detaljno opisano u glavi 7. Jedna od značajnih razlika u odnosu na javnu telefonsku mrežu je mogućnost prenosa telefonskog signala po vodovima visokog napona. To su tzv. VF veze ili veze po dalekovodu (*Power Line Carrier - PLC*), na kojima je počivala stara mreža. PLC je tehnika obrazovanja telefonskog kanala korišćenjem energetske kablova za prenos. Ova tehnika se u mešovitoj mreži EPS-a zadržava zbog povećanja raspoloživosti. Njena osnovna svojstva su korišćenje spore signalizacije E&M sa dekadnim prenosom cifara i nešto lošiji kvalitet prenosa govornog signala [34].

Na slici 58. je prikazana jedna veza kroz mešovitu telefonsku mrežu EPS-a. Data mreža se sastoji od telefonskih centrala (TE) i prenosnih sistema koji mogu biti klasični (ISDN), paketski (IP) ili veze po dalekovodu (PLC). Veza se uspostavlja između dva

korisnika odnosno telefonskih aparata TSA i TSB, slika 58 (a). Ponuđeni saobraćaj grupi prenosnih puteva je označen sa A. Broj kanala ISDN veza ili najveći broj mogućih veza po IP prenosnom putu je n . Veza prolazi kroz m čvorova. Posmatraju se dva susedna čvora kroz koje prolazi veza, slike 58 (b) i (c).



Slika 58. Model uspostavljanja veze u mešovitoj mreži EPS-a

Telefonske centrale TE_k i TE_{k+1} su povezane ISDN ili IP vezom, a iz prethodne (klasične) mreže one su i dalje povezane PLC-om. Ostvarivanje veza između centrala TE_k i TE_{k+1} se vrši prema unapred definisanom pravilu izbora (*Selection Rule - SR*), po kome se uvek prvo bira ISDN kanal ili paketska veza, a ukoliko oni nisu dostupni bira se PLC. Ovakav način izbora je posledica bržeg uspostavljanja veze i boljeg kvaliteta govornog signala preko digitalnih veza nego preko PLC-a. Pored toga, kod ISDN-a su biranja u suprotnim smerovima definisana na takav način da se verovatnoća sudara svede na najmanju meru.

Normalno stanje (normalan rad) je ono u kome su ispravne sve veze između centrala. Stanje alarma se definiše u slučaju kada se ne može ostvariti veza između centrala TE_k i TE_{k+1} usled neispravnosti svih prenosnih puteva između ovih centrala. Stanje predalarma se definiše u slučaju kada se veza ne može ostvariti putem prvog izbora tj. ISDN ili IP kanalom zbog neispravnosti, već se može ostvariti samo PLC-om. Važno je da se u ovom stanju ipak mogu ostvariti neke veze, npr. dispečerske.

Pretpostavlja se da se u mreži primenjuje petocifrena numeracija i da je prenos svih brojeva jednako verovatan (uniformna raspodela). Parametar PDD je definisan kao vremenski interval od poslednje izabrane cifre do početka odgovora pozvane strane tj. signala kontrole poziva. Osnovne komponente PDD-a su vremena prenosa informacije o izabranom broju između čvorova mreže. Zbog toga treba upoznati svojstva ovih vremena u slučajevima korišćenja digitalnih kanala i PLC-a.

8.1.2. Vreme uspešnog prenosa adresne informacije između centrala

Vreme uspešnog prenosa signalizacione informacije o izabranom broju između čvorova mreže je najvažnija komponenta PDD-a. Ovo vreme zavisi od vrste signalizacije, načina prenosa, saobraćajnog opterećenja prenosnih puteva i čvorova. Usled toga, ono se smatra slučajnom veličinom. Da bi se zadovoljio zahtev da vreme PDD bude dovoljno kratkog trajanja, uvedeni su propisi o dozvoljenoj dužini trajanja vremena prenosa signalizacione informacije o izabranom broju između mrežnih čvorova. Dati propisi se razlikuju za različite tehnike i opisani su u prethodnim poglavljima.

U klasičnom delu telefonske mreže koristi se ISDN tehnika i signalizacija SS7. Najduža dozvoljena vremena rada centrala data su u preporukama [16] i [17]. Od svih propisanih normi u pomenutim preporukama, najveće su one koje se odnose na ISDN tehniku, poruku koja nosi adresnu informaciju i signalizaciju tipa „svi zajedno”. Najduže dozvoljeno srednje vreme za aktivnosti jedne deonice i jednog čvora mreže je 600 ms (*load A*) odnosno 800 ms (*load B*). Najduže vreme za koje će se data aktivnost obaviti u slučaju 95 % veza je 800 ms (*load A*) odnosno 1200 ms (*load B*).

Raspodela verovatnoća trajanja vremena prosleđivanja adresne informacije je eksponencijalna, a osnovna komponenta ovog vremena je vreme čekanja na uslugu signalnog procesora. Vreme usluge procesora može biti jednakog ili eksponencijalnog trajanja [26]. Ovde se pretpostavlja da signalni procesor uslužuje zahteve tako da je vreme usluge raspodeljeno po eksponencijalnoj raspodeli. Pretpostavka je uvedena iz dva razloga: poslovi signalnog procesora za različite poruke su različitog trajanja, a na ovaj način se dobijaju pouzdaniji (konzervativniji - *on the safe side*) rezultati.

Delovi telefonske mreže koji su realizovani paketskom tehnikom za ostvarivanje veza koriste protokol SIP. Adresna informacija za ostvarenje veze se nalazi u poruci *INVITE* ili *INVITE REQUEST*, nakon čega se očekuje potvrda nekim od odgovora iz grupe 1xx. Poruka *INVITE* se može slati i nepouzdanim protokolom UDP, pa se tada mora vršiti preventivna retransmisija. Prva retransmisija se vrši posle 500 ms [14]. Realna je pretpostavka da će u privatnoj mreži, kakva je mreža EPS-a, vreme od 500 ms biti dovoljno da se dobije odgovor na 95 % zahteva *INVITE*. Moguće je pretpostaviti još

da za vreme prenosa adresne poruke između dva mrežna čvora paketskom tehnikom važi isto ono što je rečeno za vreme prenosa po ISDN vezi.

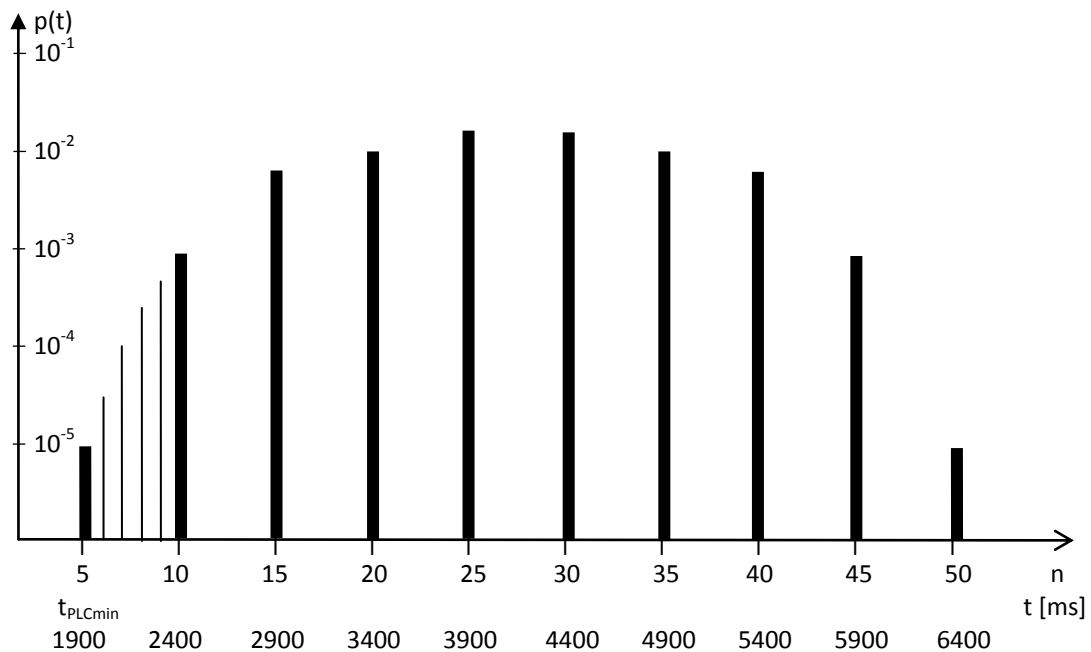
Na osnovu propisanih normi i uvedenih pretpostavki može se zaključiti da je najduže dozvoljeno vreme prenosa adresne informacije između dva čvora digitalne veze ono koje važi za 95 % veza pri povećanom saobraćajnom opterećenju i iznosi 1200 ms.

U PLC tehnici cifre se prosleđuju u dekadnom obliku i bez potvrde. Zbog toga se smatra da je posle završetka slanja izabranog broja završen i prenos adresne informacije između centrala [35]. Vreme prenosa adresne informacije između centrala u ISDN i paketskoj tehnici zavisi od opterećenosti procesora i kanala tj. signalnih resursa, a neznatno zavisi od trajanja signalizacione poruke. Nasuprot tome, u slučaju tehnike PLC vreme prenosa adresne informacije između centrala zavisi od trajanja adresne informacije tj. od broja dekadnih impulsa.

Vreme prenosa adresne informacije po PLC vezi je slučajna veličina koja uzima diskretne vrednosti. Ovo se može videti iz sledećeg primera. Ukoliko je numeracija petocifrena odnosno u mreži ima više od 10000 korisnika, tada se vreme prenosa adresne informacije t_{PLC} može izračunati kao:

$$t_{PLC} [\text{ms}] = 4 \cdot t_p + 100 \cdot i, \quad i = 5, 6, \dots, 50 \quad (29),$$

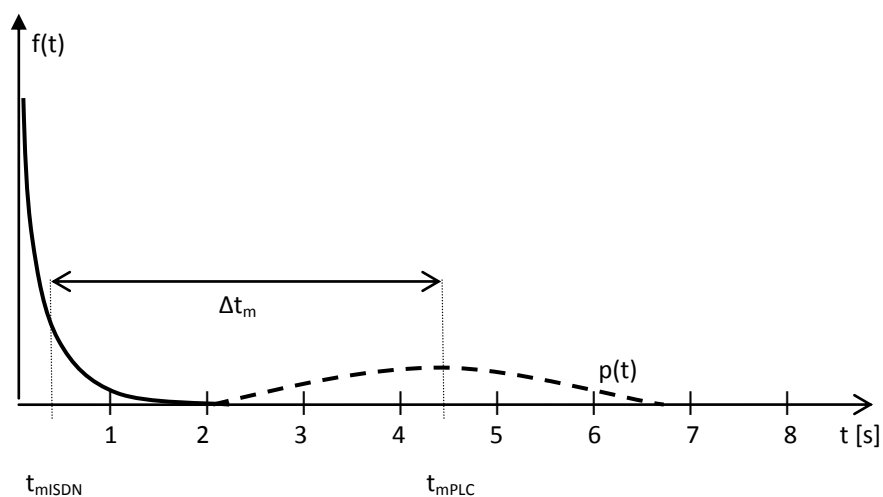
gde je t_p vreme pauze između cifara koje iznosi 350 ms, a i broj dekadnih impulsa, čije trajanje iznosi 100 ms. Raspodela verovatnoća trajanja ovog vremena data je na slici 59.



Slika 59. Raspodela verovatnoća trajanja vremena prenosa
adresne poruke po PLC vezi za petocifrenu numeraciju

Sa slike se jasno vidi da je reč o diskretnoj slučajnoj veličini i da je vrednost verovatnoće različita od nule samo za vrednosti $t = 1400 + 100 \cdot n$ [ms], gde je n ceo broj odnosno samo za vrednosti $t = 1900, 2000, 2100, \dots, 6300$ i 6400 ms (na slici 59. je prikazana svaka peta vrednost).

Gustina raspodele dužine trajanja vremena potrebnog za prenos adresne poruke po ISDN kanalu $f(t)$ je prikazana na slici 60. Jasno je da se u ovom slučaju radi o kontinualnoj slučajnoj veličini, čija je srednja vrednost označena sa t_{mISDN} . Na istoj slici je isprekidanom linijom prikazana i raspodela verovatnoća vremena prenosa adresne informacije po PLC vezi i za petocifrenu numeraciju $p(t)$. Ova slučajna veličina je diskretna, a njena srednja vrednost je označena sa t_{mPLC} .



Slika 60. Gustina raspodele dužine trajanja vremena prenosa adresne poruke

Na osnovu grafika na slici 60., može se zaključiti da se vreme prenosa adresne informacije između dva susedna čvora u mešovitoj mreži EPS-a u slučaju ISDN ili IP kanala (t_{ISDN}) i PLC veze (t_{PLC}) značajno razlikuje. Kod ISDN-a ili paketskog prenosa signalizacija o uspostavljanju veze obavlja se razmenom poruka koja traje nekoliko desetina ili stotina milisekundi. Sa druge strane, osnovno svojstvo PLC-a je korišćenje spore signalizacije E&M sa dekadnim prenosom cifara, tako da prenošenje signala potrebnih za uspostavu veze traje nekoliko sekundi. Kao što se na slici 60. vidi, srednja vrednost razlike u vremenu prenosa adresne informacije između dva susedna čvora u slučaju petocifrene numeracije iznosi oko 4 s.

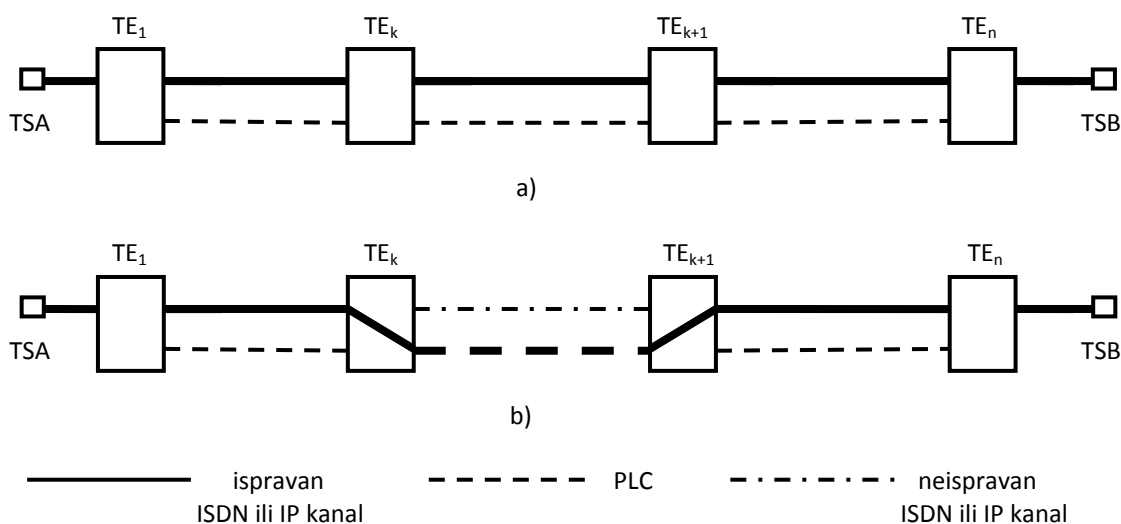
Pomenuta razlika u vremenu prenosa adresne informacije između dva susedna čvora za različite prenosne puteve se može iskoristiti za proveru njihove ispravnosti tj. za detekciju neispravnosti nekog od njih, što će biti izloženo u sledećem poglavlju.

8.2. DETEKTOR NEISPRAVNIH VEZA

8.2.1. Princip rada detektora

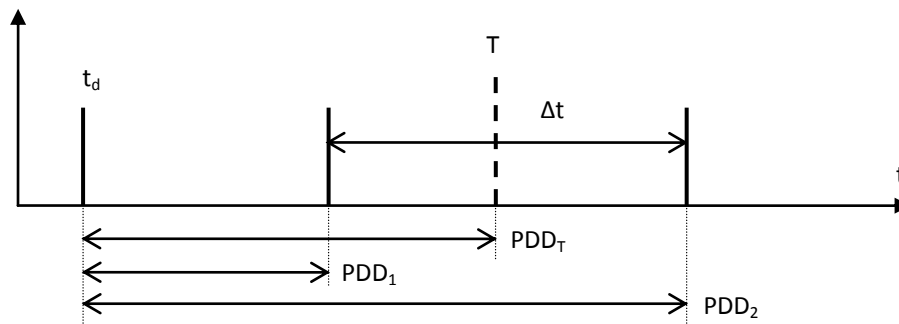
Centralni detektor predalarmnog stanja vrši proveru ispravnosti prenosnih puteva između dva susedna čvora u mreži. Osnovni princip rada detektora se zasniva na tome da on generiše ispitne telefonske pozive u mreži i upoređuje izmereno vreme PDD sa uobičajenim vrednostima. U slučaju velikih odstupanja, detektor proglašava stanje pred alarma. Predloženi princip rada detektora je predstavljen na slikama 61. i 62.

Na slici 61. (a) je prikazan način uspostavljanja veze kroz mrežu u normalnom stanju tj. u slučaju kada su svi ISDN i IP kanali ispravni. Na slici 61. (b) prikazano je uspostavljanje veze između telefona TSA i TSB, u slučaju da je na jednoj deonici neispravan ISDN ili IP kanal i usled toga je zamenjen PLC-om. Uspostavljena veza je na slici prikazana podebljanom linijom.



Slika 61. Način uspostavljanja veze kroz mrežu u slučajevima ispravnog (a) i neispravnog (b) ISDN ili IP kanala

Slika 62. prikazuje vremenske vrednosti veličine PDD. Trenutak slanja ispitnog poziva je označen sa t_d . Vreme od slanja do odgovora pozvane strane u slučaju ispravnosti svih ISDN i IP kanala na putu do pozvanog telefonskog aparata, slika 61 (a), je označeno sa PDD_1 a vreme odgovora pozvane strane u slučaju neispravnosti nekog ISDN ili IP kanala, slika 61. (b), je označeno sa PDD_2 . Razlika u dužini vremena prenosa adresne informacije (Δt) na deonici koja je u predalarmnom stanju, obuhvaćena je ukupnim vremenom PDD-a. Vreme PDD_T je unapred definisana vrednost praga. Ukoliko je $PDD > PDD_T$, tada se proglašava stanje pred alarma.



Slika 62. Vrednosti PDD-a za različite prenosne puteve

Obzirom da je rad detektora zasnovan na posmatranju slučajnih veličina, moguće su i neplanirane posledice: lažni predalarm i promašaj detektora. Lažni predalarm je pojava da su sve veze ispravne, a detektor pokazuje postojanje pred alarma. Promašaj detektora predstavlja obrnutu pojavu, postoji kvar na ISDN ili IP vezi, ali detektor to ne pokazuje. Lažni predalarm se može desiti u slučajevima povećanog saobraćajnog opterećenja kada su svi prenosni putevi ispravni, a veza se ostvaruje PLC-om. Promašaj u otkrivanju predalarmnog stanja se može desiti u slučaju izabrane isuviše velike vrednosti praga PDD_T .

8.2.2. Proračun i svojstva verovatnoća lažnog pred alarma i promašaja

Posmatraju se dve mrežne tačke u telefonskoj mreži EPS-a, koje pripadaju jednoj vezi, kao na slici 61. Razmatra se realan slučaj kada se kvar dešava samo na jednoj deonici. Centralni detektor predalarmnog stanja je uključen i u njemu je postavljena granična vrednost vremena odziva pozvane strane PDD_T . Predalarmno stanje se proglašava ukoliko je $PDD > PDD_T$. Lažni predalarm može nastati u dva slučaja:

1. Ako telefonski saobraćaj ima veliku vrednost, pa iako su ISDN ili IP kanal ispravni, oni su zauzeti prethodnim pozivima, pa se sledeća veza se upućuje po PLC-u.
2. Ako signalizacioni saobraćaj između mrežnih tačaka koje čine vezu ima veliku vrednost, pa je vreme slanja adresne informacije suviše veliko, što utiče da ukupno vreme odziva pozvane strane bude $PDD > PDD_T$.

Verovatnoća dešavanja lažnog pred alarma, koji nastaje usled velikog telefonskog saobraćaja tj. verovatnoća lažnog pred alarma prve vrste P_{fal} očigledno je jednaka verovatnoći gubitaka u Erlangovom snopu sa gubicima od n kanala i ponuđenim saobraćajem A . Ona se može odrediti pomoću Erlangove formule prve vrste $E_{1,n}(A)$:

$$P_{fal} = B = E_{1,n}(A) \quad (30),$$

gde je:

$$E_{1,n}(A) = \left(\frac{A^n}{n!}\right) / \left(\sum_{i=0}^n \frac{A^i}{i!}\right) \quad (31).$$

Verovatnoća lažnog predalarma, koji nastaje zbog prevelike vrednosti signalizacionog saobraćaja tj. verovatnoća lažnog predalarma druge vrste, može se izračunati na sledeći način. Posmatra se raspodela vremena prosleđivanja adresne informacije između čvorova mreže u ISDN ili IP kanalu. Kao što je već rečeno, ova funkcija gustine raspodele je negativno-eksponencijalna (slika 60.). Ona je ponovo prikazana na slici 63. i predstavlja se sledećim izrazom:

$$f(x) = \lambda \cdot e^{-\lambda x}, \quad x \geq 0 \quad (32).$$

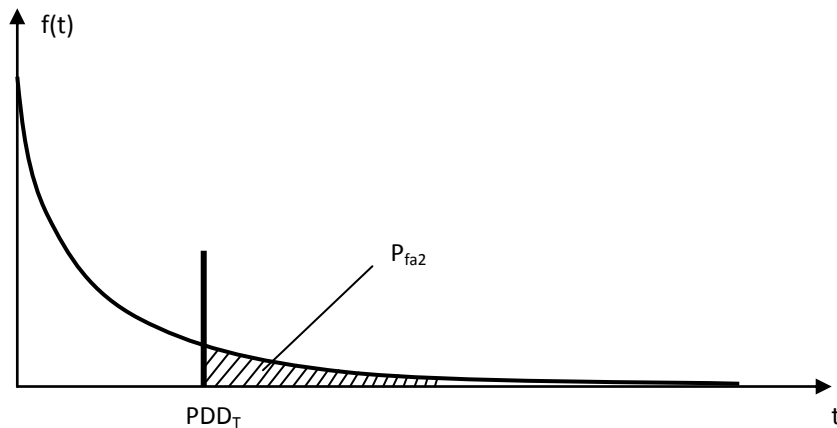
Kumulativna funkcija raspodele tj. verovatnoća da je $t \leq x$, $F(x) = P(t \leq x)$, je:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (33).$$

Očigledno je da se verovatnoća lažnog predalarma druge vrste P_{fa2} , dobija kao:

$$P_{fa2} = P(t > PDD_T) = 1 - F(PDD_T) \quad (34).$$

Geometrijski, verovatnoća lažnog predalarma druge vrste P_{fa2} je površina ispod krive $f(x)$, desno od tačke PDD_T , kao što je prikazano na slici 60.



Slika 63. Određivanje verovatnoće lažnog predalarma druge vrste

Ukupna verovatnoća lažnog predalarma se izračunava kao:

$$P_{fa} = 1 - (1 - P_{fa1}) \cdot (1 - P_{fa2}) \quad (35).$$

Obzirom da je $P_{fa1} \ll 1$ i $P_{fa2} \ll 1$, za izraz (35) približno važi:

$$P_{fa} \approx P_{fa1} + P_{fa2} \quad (36).$$

Način određivanja verovatnoće lažnog predalarma se može videti iz sledećeg primera. Posmatra se primarna grupa ISDN kanala ($n = 30$), kojoj je ponuđen saobraćaj od 20 Erlanga. Vrednost praga detektora je postavljena na $PDD_T = 1.5$ s. Na osnovu izraza (30) i (31), dobija se $P_{fa1} = 0.00846$. Uzimajući najduže dozvoljeno vreme rada centrale iz ITU-T preporuka, po kome vreme čekanja za 95 % poziva mora biti manje od 1200 ms, određuje se vrednost inteziteta poziva λ :

$$F(x) = 1 - e^{-1200\lambda} = 0.95 \rightarrow \lambda = 2.5 \text{ s}^{-1} \quad (37).$$

Koristeći izraze (33) i (34), za izabranu vrednost praga se dobija $P_{fa2} = 0.0235$. Ukupna verovatnoća lažnog predalarma je tako na osnovu izraza (36):

$$P_{fa} = P_{fa1} + P_{fa2} = 0.03194 \quad (38).$$

Verovatnoća lažnog predalarma prve vrste je jednaka verovatnoći gubitaka u Erlangovom snopu kanala i ona očigledno zavisi od vrednosti ponuđenog saobraćaja. Ako se ponuđeni saobraćaj u prethodnom primeru poveća sa 20 Erlanga na 26 Erlanga, tada će se P_{fa1} povećati sa 0.00846 na 0.06661, što iznosi oko 8 puta. Smanjenje ove verovatnoće može da se izvede dvostrukim testiranjem, pa ako oba pokušaja pokažu predalarmno stanje verovatnoća lažnog predalarma prve vrste će pasti na $P_{fa1} = 0.0044$.

Verovatnoća lažnog predalarma druge vrste je u obrnutoj je zavisnosti od vrednosti postavljenog praga PDD_T . Ukoliko se u već pomenutom primeru vrednost PDD_T poveća sa 1.5 s na 2 s, tada će se P_{fa2} sa vrednosti 0.0235 smanjiti na 0.0067. Vrednost verovatnoće lažnog predalarma druge vrste se na ovaj način može smanjivati po želji. Međutim, kao što je već napomenuto, povećanje praga PDD_T posle neke vrednosti dovodi do mogućnosti promašaja detektora u otkrivanju predalarma.

Promašaj u otkrivanju predalarmnog stanja nastaje ukoliko je izabrana isuviše velika vrednost praga PDD_T . To znači da verovatnoća promašaja postoji samo u slučajevima kad je vrednost vremena praga veća od donje granice vremena prosleđivanja adresne informacije po PLC vezi ($PDD_T > t_{PLCmin}$), kao što je prikazano na slici 59. Tada će, za vrednosti vremena $PDD \ t_{PLCmin} < PDD < PDD_T$, stanje predalarma ostati neotkriveno. Verovatnoća dešavanja promašaja P_{miss} je jednaka verovatnoći da je vreme prosleđivanja adresne informacije po PLC-u manje od praga PDD_T :

$$P_{miss} = \sum_i P(t_{PLCi} < PDD_T) \quad (39).$$

Način određivanja verovatnoće promašaja se može videti iz sledećeg primera. Ukoliko je u mešovitoj mreži primenjena petocifrena numeracija, a za vrednost praga izabrana vrednost $PDD_T = 2.25$ s, tada je na osnovu slike 59. i izraza (39):

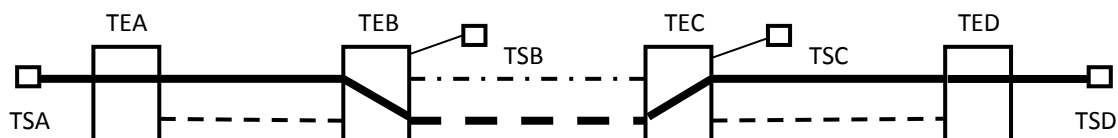
$$P_{miss} = p(1.9 \text{ s}) + p(2 \text{ s}) + p(2.1 \text{ s}) + p(2.2 \text{ s}) = 0.00056 \quad (40).$$

Promašaj detektora se može izbeći izborom odgovarajuće vrednosti praga PDD_T ($PDD_T < t_{PLCmin}$), ali ukoliko se želi u potpunosti smanjiti verovatnoća P_{fa2} , tada povećanje vrednosti praga detektora ($PDD_T > t_{PLCmin}$) neminovno dovodi do situacije da je verovatnoća $P_{miss} > 0$.

8.3. RAD CENTRALNOG DETEKTORA U TELEFONSKOJ MREŽI EPS-A

Centralni detektor predalarnih stanja tj. neispravnih ISDN i IP kanala radi na osnovu činjenice da postoji razlika u vremenu odziva pozvane strane za slučajeve neispravnih i ispravnih digitalnih veza. Detektor se nalazi u centru mreže i sadrži plan numeracije cele telefonske mreže. U stanju kada su sve veze ispravne, detektor obavlja probne pozive usmerene ka ispitnim priključcima u čvorovima mreže. Nakon slanja inicijalne signalizacione poruke za ostvarenje veze, uključuje se merač vremena. Po prijemu odgovora i očitavanja vremena, utvrđuje se standardna vrednost PDD-a. Ovaj podatak se memoriše u detektoru, kako bi se kasnije mogao uporediti sa izmerenim vrednostima PDD-a. Pored toga, na osnovu izabranog broja (adrese) čvora i utvrđene standardne vrednosti PDD-a, za dati čvor se određuje prag PDD_T . Opisani postupak se sukcesivno ponavlja za svaki čvor u mreži.

Testiranje se vrši tako što se prvo pozivaju priključci najudaljenijih čvorova, a zatim sve bliži. Ukoliko je izmerena vrednost PDD-a manja od praga, $PDD < PDD_T$, prelazi se na ispitivanje sledećeg čvora. Ako se za neki udaljeni čvor ustanovi da je izmerena vrednost PDD-a veća od praga, $PDD > PDD_T$, potrebno je odrediti na kojoj deonici je nastalo predalarmno stanje. Ova situacija je prikazana na slici 64. Pretpostavlja se da se sa korisničkog aparata TSA vezanog na centralu TEA bira aparat TSD u centrali TED. Izmereno vreme odziva PDD odstupa od standardne vrednosti više nego što prag dozvoljava. To znači da je na jednoj od deonica TEA - TEB, TEB - TEC ili TEC - TED nastalo predalarmno stanje. U centralnom detektoru postoje podaci za standardne vrednosti PDD-a za veze TSA - TSD, TSA - TSC i TSA - TSB. Sukcesivnim pozivanjem korisničkih aparata TSC i TSB sa aparata TSA se može lako utvrditi na kojoj deonici je nastalo predalarmno stanje (u primeru na slici 64. deonica TEB - TEC).



Slika 64. Detekcija deonice na kojoj je nastalo predalarmno stanje

Predloženi centralni detektor predstavlja jednostavno i jeftino rešenje. On ima veliku prednost jer se svi prenosni putevi u mreži mogu ispitati iz jedne tačke. Uslov za to je da su PLC veze u mreži ispravne, što se proverava na poseban način. U slučaju neispravnosti nekog PLC-a, veza bi se mogla ostvariti i obilaznim digitalnim kanalima, pa bi odziv pozvane strane bio dovoljno brz i kvar bi na taj način ostao neotkriven.

Srednje vreme od kvara do njegove detekcije je jednako polovini vremenskog intervala između dve uzastopne provere ispravnosti. Ovo vreme bi se moglo znatno skratiti ukoliko bi detektor bio dodeljen nekom vrlo aktivnom aparatu, kao što je dispečerski telefonski aparat.

Verovatnoća lažnog alarma se može smanjiti potvrđivanjem velike vrednosti PDD-a dvostrukim biranjem istog broja (detektor u dva koraka).

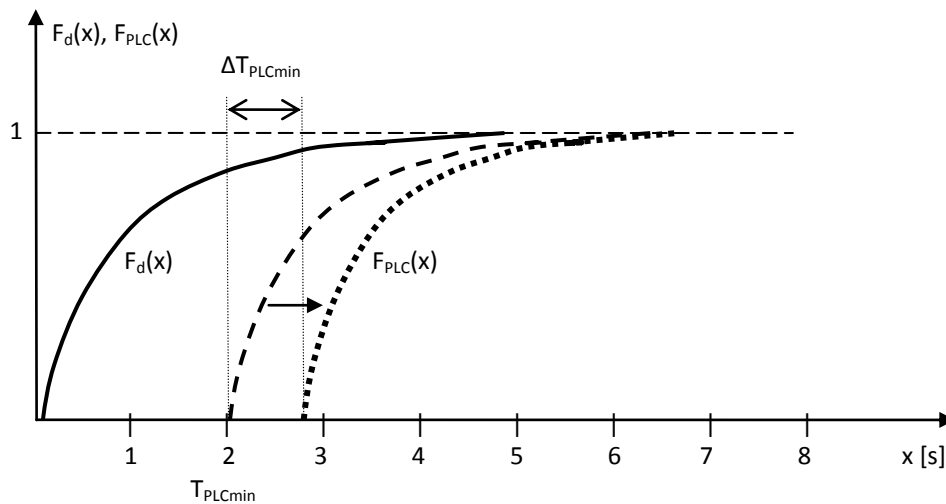
Centralni detektor se po svom položaju i principu rada razlikuje od lokalnih detektora čiji se rad zasniva na posmatranju saobraćaja [33].

8.4. UTICAJ NUMERACIJE NA EFIKASNOST DETEKTORA

Visoka raspoloživost telefonske mreže EPS-a se ostvaruje korišćenjem svih raspoloživih prenosnih puteva. Mogućnost obilaznog upućivanja telefonskih poziva je značajna osobina mreže. Međutim, kao posledica toga se javljaju neželjeni efekti. Osim mogućeg generisanja petlji u mreži, u mrežama sa obilaznim upućivanjem je znatno otežana detekcija neispravnih kanala između čvorova. Razlog tome je što ukoliko korisnici uspostavljaju vezu preko obilaznih puteva, neispravna veza može ostati nepri-mećena. Jedan od načina prevazilaženja ovog problema je primena centralnog detektora predalarmnih stanja, opisanog u prethodnom poglavlju.

Osnovni nedostatak opisanog centralnog detektora je pojava lažnog predalarma odnosno pojave da se signal odziva pojavi sa velikim kašnjenjem (PDD ima veliku vrednost), a svi kanali su ispravni. Verovatnoća lažnog predalarma ima dve komponente, pri čemu je dominantna verovatnoća lažnog predalarma druge vrste. Usled toga je potrebno razmotriti mogućnost njenog smanjenja.

Kao što je već rečeno, vreme prenosa adresne informacije između dve mrežne tačke je slučajna veličina. Kumulativna funkcija raspodele ove slučajne veličine je prikazana na slici 65. Punom linijom je označena kumulativna funkcija raspodele vremena T_d , $F_d(x) = P(T_d \leq x)$, za slučaj digitalnih ISDN i IP kanala. Isprekidanom linijom je označena kumulativna raspodela vremena T_{PLC} , $F_{PLC}(x) = P(T_{PLC} \leq x)$, za slučaj PLC veze i petocifrene numeracije. Funkcija $F_{PLC}(x)$ je stepenasta, ali je na slici prikazana kao kontinualna pošto je broj stepenica dosta veliki (45).



Slika 65. Uticaj plana numeracije (prva cifra je 8 ili 9) na kumulativnu funkciju raspodele vremena prenosa adresne informacije

Verodostojnost detektora predalarma je utoliko veća ukoliko je veća vrednost praga PDD_T . Naime, ako je $PDD_{T1} > PDD_{T2}$ tada je:

$$F_d(PDD_{T1}) = P(T_d \leq PDD_{T1}) > F_d(PDD_{T2}) = P(T_d \leq PDD_{T2}) \quad (41).$$

U primeru iz prethodnog poglavlja je za prag $PDD_T = 1.5$ s dobijena vrednost $P_{fa2} = 0.0235$. Ukoliko se detektor postavi na vrednost $PDD_T = 2.5$ s, verovatnoća lažnog predalarma druge vrste smanjiće se za red veličine, $P_{fa2} = 0.00193$.

Jasno je da vreme praga ne sme biti veće od T_{PLCmin} , tj. mora da važi relacija: $PDD_T < T_{PLCmin}$, slika 59. U suprotnom, za $PDD_T > T_{PLCmin}$ neki slučajevi predalarma ne bi bili detektovani.

Verovatnoća lažnog predalarma druge vrste se može smanjiti izborom pogodne numeracije s obzirom da razlika vremena odziva pozvane strane po PLC-u i digitalnom kanalu direktno zavisi od broja biračkih impulsa u izabranom broju. Tako, biranje telefonskog broja sa velikim brojem biračkih impulsa omogućava da se prag PDD_T

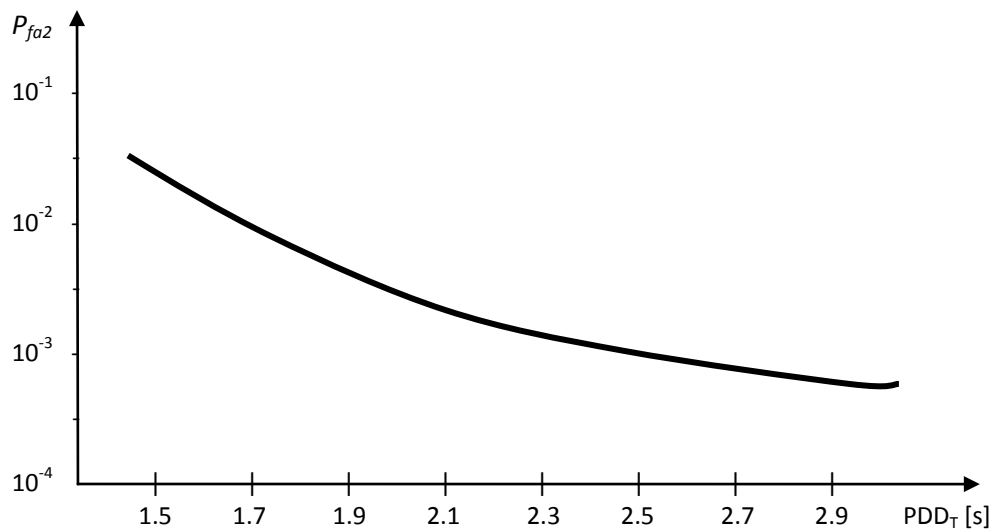
postavi na veću vrednost, a samim tim se smanjuje P_{fa2} . U slučaju da se bira broj 11111, a prag detektora je $PDD_T = 1.9$ s, verovatnoća promašaja je u ovom slučaju $P_{miss} = 0$, a $P_{fa2} = 0.00865$. Ukoliko se bira broj 11199, prag detektora se može povećati na 3.5 s, pa je $P_{fa2} = 0.000158$, uz, i dalje, zadovoljen uslov $P_{miss} = 0$.

Pretpostaviće se slučaj kada u mreži ima 20000 korisnika i da pozivni brojevi ovih korisnika nisu uniformno raspoređeni od 11111 do 00000, već između 81111 do 90000 tj prve cifre su uvek 8 ili 9. (Napomena: u dekadnom biranju telefonskih brojeva „0“ je najveća cifra pošto sadrži 10 dekadnih impulsa). Jasno je da će zbir cifara koje se šalju PLC vezom sada biti od 12 do 50, a ne od 5 do 50 kao u slučaju uniformne raspodele pozivnih brojeva. Vrednost T_{PLCmin} se u ovom slučaju povećava sa 1900 ms na 2600 ms, a kumulativna funkcija raspodele vremena se menja i na slici 65. je označena tačkastom linijom. Vreme praga detekcije PDD_T se sada može postaviti na veću vrednost što, saglasno nejednačini (41), povećava verodostojnost detektora.

Na slici 66. je prikazana promena verovatnoće lažnog predalarma druge vrste sa promenom praga detektora PDD_T (za vrednost $\lambda = 2.5$ s⁻¹), uz uslov:

$$PDD_T = T_{PLCmin} - 400 \text{ ms} \quad (42).$$

Vrednost 400 ms je usvojena za sigurnosnu marginu između PDD_T i T_{PLCmin} .



Slika 66. Zavisnost verovatnoće lažnog predalarma od vrednosti praga PDD_T

Opisani detektor pokazuje porast verodostojnosti detekcije sa porastom sume cifara pozivnog broja koji se bira. Ovo se može postići izborom pogodnog imenika ili biranjem ispitnog telefona sa velikom sumom cifara pozivnog broja.

8.5. POREĐENJE CENTRALNOG I LOKALNOG DETEKTORA KVAROVA U ELEKTROPRIVREDNIM MREŽAMA

U radu [36] je opisan lokalni detektor predalarmnih stanja u mešovitoj elektroprivrednoj mreži. Rad detektora je zasnovan na posmatranju saobraćajnih tokova na vezama koje postoje između dve centrale u elektroprivrednoj telefonskoj mreži. Veze su mešovite ISDN ili IP i bar jedna VF veza po dalekovodu. Situacija koja opisuje ove dve centrale prikazana je u ovoj disertaciji na slici broj 58., centrale TE_k i TE_{k+1} , a takođe i na slici 64., centrale TEB i TEC. Detekcija stanja predalarma se vrši u slučaju kada VF veza počne neuobičajeno često da se zauzima. Pri tome su definisani detektori u jednom ili u više koraka, u zavisnosti od broja zauzimanja VF veze posle kojih se proglašava stanje predalarma.

Pomenuti lokalni detektor i centralni detektor opisan u poglavlju 8.3. mogli bi se koristiti za detekciju kvarova u telefonskoj mreži EPS-a. Oni imaju sličnosti i razlika, koje će u nastavku biti istaknute.

Osnovni pokazatelji verodostojnosti lokalnog detektora su, kao i kod centralnog detektora, verovatnoća lažnog predalarma i verovatnoća promašaja. Pokazatelj delotvornosti lokalnog detektora je i srednje vreme od kvara tj. početka predalarmnog stanja do njegovog detektovanja.

Verovatnoća lažnog predalarma kod lokalnog detektora raste sa porastom saobraćajnog opterećenja. Veoma efikasno smanjenje verovatnoće lažnog predalarma može se postići povećanjem broja koraka detekcije.

Mogućnost promašaja u detekciji predalarma kod lokalnog detektora uvek postoji i ona zavisi od slučajnosti saobraćajnog procesa. Ovaj promašaj u detekciji kod lokalnog detektora nema značajnih posledica, osim što povećava vreme do detekcije predalarma.

Srednje vreme do detekcije predalarma kod lokalnog detektora zavisi od saobraćaja tj. vremena između dva uzastopna poziva i dužine vremena razgovora.

Oba detektora su zasnovana na procesima telefonskih veza. Osnova rada lokalnog detektora predstavlja utvrđivanje razlike u saobraćajnom procesu u ispravnom i predalarmnom stanju. Sa druge strane, osnova rada centralnog detektora je utvrđivanje razlike u vremenu odziva pozvane strane u ispravnom i predalarmnom stanju.

Verovatnoća lažnog predalarma kod oba detektora se povećava sa porastom saobraćajnog opterećenja.

Verovatnoća promašaja kod lokalnog detektora zavisi od saobraćaja, a kod centralnog detektora se može izbeći pogodnim izborom praga vremena detekcije.

Vreme detekcije predalarmnog stanja se kod lokalnog detektora smanjuje sa povećanjem saobraćaja, dok kod centralnog detektora ono zavisi od vremena između dva ispitna poziva.

Kao prednost lokalnog detektora se može istaći automatski rad tj. detekcija na osnovu saobraćaja u mreži. Za razliku od toga, kod centralnog detektora se obavljaju ispitni pozivi.

Veliku prednost centralnog detektora predstavlja njegova centralizovanost tj. mogućnost ispitivanja cele mreže iz jedne ispitne tačke. Druga prednost centralnog detektora je mogućnost povećanja njegove verodostojnosti odnosno smanjenje verovatnoće lažnog predalarma izborom pogodnog telefonskog imenika.

9. ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju se detaljno proučava jedna od karakteristika telefonske mreže kojom se opisuje njen kvalitet, a to je vreme odziva pozvane strane. Na kvalitet telefonske mreže utiču kvalitet prenetog govornog signala i kvalitet u uspostavljanju telefonske veze. Sam kvalitet u uspostavljanju telefonske veze zavisi od mogućnosti uspostavljanja veze i brzine uspostavljanja veze. Brzina postupka uspostavljanja veze se izražava vremenima za koje se obave određene aktivnosti u pojedinim fazama uspostavljanja veze. Dužine trajanja određenih faza ovog procesa propisane su normama odnosno preporučenim najvećim vrednostima vremena potrebnih za njihovo obavljanje. One su određene međunarodnim propisima u publikovanim preporukama.

Vreme odziva pozvane strane se definiše kao vremenski interval od izbora poslednjeg adresnog parametra traženog korisnika od strane pozivajućeg korisnika, do početka odgovora traženog korisnika. Pokazuje se da ovaj parametar predstavlja jedan od osnovnih činilaca brzine uspostavljanja veze i da je on najvažniji pokazatelj brzine rada telefonske mreže. Najveći deo poslova oko uspostavljanja veze se mora izvršiti u ovom ograničenom vremenskom intervalu. Osim toga, on je smešten na početak uspostavljanja telefonske veze, kada korisnik još može biti sumnjičav u pogledu ispravnosti mreže te napustiti započeti proces uspostavljanja veze i započeti novi. Pošto ponovljeni pokušaji uspostavljanja veze mogu biti veoma štetni, vrlo je važno da vreme odziva pozvane strane bude u propisanim granicama.

Na vreme odziva pozvane strane utiče veliki broj činilaca. Oni se mogu podeliti u dve grupe. Prvu grupu činilaca čine oni koji su nepromenljivi i koji su vezani za svojstva mreže i postupak uspostavljanja veze. To su:

- tehnologija mreže (telefonska, paketska sa telefonijom),
- vrsta i namena mreže (javna, privatna),
- arhitektura mreže (slojevita, jednoslojna),
- vrsta signalizacije,
- broj centrala koji razmenjuju signale („korak po korak“ ili „od početka do kraja“),
- način slanja signala („sa preklapanjem“ ili „svi zajedno“).

U drugu grupu činilaca spadaju oni koji se tiču saobraćajnog opterećenja mreže. Ovde spadaju kapacitet mrežnih resursa, način usluživanja i, kao najvažniji, ponuđeni saobraćaj od zainteresovanih korisnika. Potrebno je naglasiti da se ovi činoci posmatraju samo u uslovima najvećeg iskorišćenja tj. da će u ostalom delu vremena pokazatelji brzine mreže imati povoljnije vrednosti.

U cilju sveobuhvatnog razmatranja svojstva vremena odziva pozvane strane, u disertaciji su izloženi osnovni pojmovi o telekomunikacionim mrežama, kao i organizacija i osnovne karakteristike klasične i paketske telefonske mreže. Obzirom da je tip signalizacije najvažniji činilac koji utiče na vrednost vremena odziva pozvane strane, u nastavku su opisane funkcije signalizacije i najkorišćeniji sistemi signalizacije: SS7 u klasičnim (ISDN) mrežama odnosno signalizacije H.323 i SIP u paketskim mrežama.

U disertaciji se dalje razmatra brzina rada telefonskih mreža, definisani su parametri koji utiču brzinu uspostavljanja veze i izloženi propisi i norme za obavljanje pojedinih faza u toku uspostavljanja veze. Pri tome su istaknute razlike u procesima uspostavljanja veze kod klasičnih i paketskih i mreža. Pokazano je da nedostatak resursa u klasičnoj mreži izaziva manji broj veza od željenog, ali su one dobrog kvaliteta, dok nedostatak resursa u paketskoj mreži izaziva pad kvaliteta, ali se sve veze ostvaruju.

Značajan deo istraživanja je posvećen opisu propisanih normi za brzinu rada mreže tj. njenih delova (mrežnih čvorova i prenosnih puteva). Obzirom da su parametri kojima se opisuje brzina rada mreže slučajne veličine, propisi su uvek određeni kao verovatnoće. U ovom delu disertacije su navedeni svi propisi koji se odnose na najveću dozvoljenu srednju vrednost vremena izvršavanja pojedinih faza uspostavljanja veze i na najveću dozvoljenu vrednost vremena za koju se obavi data faza za bar 95 % veza. Opis ovih propisa ima dva svojstva koja su istaknuta, jer ona vode ka jednom od ključnih originalnih zaključaka ovog rada. To su detaljno date brojne vrednosti svih propisanih veličina i napomena da za mreže novih generacija ne postoje posebni propisi već se za njih koriste propisi doneti za mreže starijih tehnoloških generacija.

Kao najvažniji parametar brzine uspostavljanja veze, posebno se razmatra vreme odziva pozvane strane (PDD). Njegove preporučene najveće vrednosti određene su normama za najduže srednje vreme PDD-a i najduže dozvoljeno vreme PDD-a u kome će se za 95 % veza dobiti odgovor pozvane strane.

Parametar PDD se posmatra kao slučajna veličina i na osnovu izvršene analize doneti su sledeći zaključci. Srednja vrednost PDD-a se uvećava proporcionalno broju deonica koje pređe signalizaciona poruka, ali se odstupanje vremena PDD od srednje vrednosti (dispersija) smanjuje sa porastom broja deonica. Dispersija se dodatno smanjuje ako je u nekoj mrežnoj tački obrada signalizacione informacije podvrgnuta višestrukum usluživanju. U vezama sa malim brojem deonica norme za PDD u kome će se za 95 % veza dobiti odgovor se teže zadovoljavaju i obrnuto, u vezama sa većim brojem deonica norme za srednju vrednost PDD-a su strožije.

Na osnovu ovih zaključaka razmatrana je mogućnost primene postojećih normi koje se odnose na klasične mreže u savremenim paketskim mrežama. To je važno iz razloga što norme za PDD u mešovitim i paketskim mrežama dosada nisu određene, a u

njima se primenjuju norme definisane za ISDN mrežu. Signalizacione performanse paketske mreže moraju biti uporedive sa onima u klasičnoj mreži kako bi se omogućio njihov zajednički rad u mešovitoj mreži.

Na kraju disertacije se razmatra mogućnost korišćenja vremena odziva pozvane strane u mešovitoj telefonskoj mreži za nadgledanje njenog rada. Opisana je privatna telefonska mreža Elektroprivrede Srbije, kao primer telefonske mreže u kojoj se predložena osobina može primeniti, kao i princip detekcije neispravnih veza u toj mreži.

Prvi osnovni doprinos disertacije se sastoji u nalaženju razlike između mreža starijih i novih generacija. Te razlike su dvojake. Prva je da se prosleđivanje adresne informacije, osnovne veličine koja utiče na vreme odgovora pozvane strane, u mrežama nove generacije uvek vrši po principu „deonica po deonica“. Druga razlika je u načinu slanja adresne informacije iz mrežnih čvorova. U mrežama starijih tehnologija često je svaki informacioni kanal imao i svoj signalizacioni kanal, pa je signalizaciona informacija mogla da se šalje bez čekanja. U novim mrežama se koriste zajednički resursi pa se u vremenu najvećeg opterećenja prosleđivanje informacija uvek vrši sa čekanjem.

Pomenute dve razlike utiču na to da se u novim mrežama prosleđivanje adresne informacije (unapred) i odgovora na nju (unazad) vrši u relativno velikom broju faza. Kako je ukupno vreme odgovora slučajna veličina, koja predstavlja zbir slučajnih veličina vremena usluživanja pojedinih faza, može se izvesti sledeći zaključak: uslovi koji se odnose na vreme odgovora pozvane strane mogu se postaviti na drugi način. Naime, srednja vrednost vremena odgovora se može vezati za kapacitet pojedinih resursa, pa se ova norma može zadržati ista kao što je bila u propisima za mreže starije generacije. Za drugu normu, koja se odnosi na najveće dozvoljeno vreme za obradu bar 95 % veza, mogu se uzeti manje vrednosti, pošto ona zavisi od varijanse vremena odgovora. Obzirom da ovo vreme predstavlja zbir više komponenata, jasno je da je odstupanje vremena odziva pozvane strane od srednje vrednosti u mrežama novih generacija znatno manje od onog u mrežama starijih tehnologija. Ovaj zaključak, kao teorijski doprinos ove disertacije, je formulisano u predlogu za izmenu postojećih normi za nove mreže. Ovaj predlog je dat u zaključku rada [25].

Drugi osnovni doprinos disertacije je praktične prirode i sastoji se u predlogu postupka otkrivanja nekih kvarova u mešovitim telefonskim mrežama iz jedne tačke u mreži (centralni detektor). Ovi kvarovi, koji ne doprinose potpunom otkazu dela mreže, nazivaju se predalarmnim stanjima ili predalarmima. Poznato je iz klasične teorije raspoloživosti da neki organ može biti ispravan ili neispravan tj. u stanju alarma. Ovde se uvodi i staje predalarma, što ima uticaj na povećanje raspoloživosti. Mešovite mreže koriste različite elemente i signalizacione postupke. U disertaciji se pokazuje da se, uz željenu verodostojnost, mogu otkriti neki neispravni delovi mešovite mreže na osnovu

posmatranja vremena odziva pozvane strane u postupku uspostavljanja telefonske veze. Time se značajno može povećati raspoloživost mešovite mreže, što može biti veoma važno u slučaju posmatrane telefonske mreže elektroprivrede. Ovde treba naglasiti da je telefonska elektroprivredna mreža izgrađena u jednom sloju (nehijerarhijska) zbog ostvarenja mogućnosti obilaznog upućivanja poziva. Obilazno upućivanje poziva je vrlo važno sredstvo povećanja raspoloživosti, ali se na taj način otežava mogućnost otkrivanja kvarova od strane korisnika. Upravo zbog te činjenice, opisani centralni detektor posebno dobija na značaju.

Postupak detekcije se sastoji u utvrđivanju razlike u vremenu odziva pojedinih centrala u mreži u odnosu na uobičajene vrednosti. Pri tome su uobičajene vrednosti vremena odziva one koje važe za potpuno ispravnu mrežu tj. za veze koje su ostvarene prioritetnim putevima preko resursa koji pripadaju najnovijim tehnikama.

Obzirom da je vreme PDD slučajna veličina, postupak utvrđivanja kvarova uvek ima svoju meru verodostojnosti tj. verovatnoću ispravnog značenja. Kao merilo verodostojnosti postupka uzimaju se verovatnoće lažnog predalarma i promašaja. Pored toga, može se posmatrati i brzina detekcije predalarmnog stanja preko srednjeg vremena do otkrivanja kvara. U disertaciji su izvedeni izrazi i zaključci o verovatnoći lažnog predalarma, verovatnoći promašaja i srednjoj vrednosti vremena detekcije, pa se ovi zaključci mogu smatrati pojedinačnim doprinosima u ovom istraživanju.

Objašnjeno je da verovatnoća lažnog predalarma zavisi od numeracije u mreži kakva je EPS-ova i od saobraćajnog opterećenja. Verovatnoća lažnog predalarma opada sa povećanjem zbira cifara u pozivnom broju traženog korisnika. Pokazuje se da sa promenom numeracije u elektroprivrednoj telefonskoj mreži sa npr. četvorocifrene na petocifrenu numeraciju, verovatnoća lažnog predalarma značajno opada. Izveden je i zaključak je da se ova verovatnoća može još više smanjiti uvođenjem ispitnog broja u svakoj centrali čije su poslednje dve ili tri cifre „00“ („99“) ili „000“ („999“).

U disertaciji se takođe pokazuje da se pogodnim izborom praga vremena odziva pozvane strane promašaj u detekciji može potpuno izbeći. Vreme detekcije stanja predalarma se može smanjivati po želji smanjivanjem vremena između ispitnih poziva.

Poređenje centralnog detektora predalarmnih stanja sa lokalnim detektorom prealarmnih stanja u mešovitoj elektroprivrednoj telefonskoj mreži, pokazuje da je centralizovanost detektora njrgovo vrlo pogodno svojstvo. Ono se ogleda u mogućnosti da se kvar otkrije u bilo kojem delu mreže pozivanjem iz jedne tačke u mreži. Sa druge strane, lokalni detektor ima dobro svojstvo da nije potrebno stvarati ispitne pozive pošto on deluje automatski na osnovu uobičajenih telefonskih poziva.

LITERATURA

- [1] Stanislav Matić: Principi komutacije u telekomunikacijama, Javno preduzeće PTT saobraćaja „Srbija“, Beograd, 1993.
- [2] Žarko Markov: Klasična telefonska tehnika i teorija telefonskog saobraćaja (600 pitanja i odgovora), Iritel, Beograd, 2010.
- [3] Žarko Markov: Tehnički uslovi za telefonsku mrežu Elektroprivrede Srbije, Elektroprivreda, br. 2, 2009., str. 97-101.
- [4] Žarko Markov: Trideset godina rada telefonskih centrala ETCE, Elektroprivreda, br. 2, 2005., str. 83-89.
- [5] Ejaz Mahfuz: Packet loss concealment for voice transmission over IP network, master's thesis, Department of Electrical Engineering, McGill University, Montreal, Canada, September 2001.
- [6] Khaled Salah: On the deployment of VoIP in Ethernet networks - methodology and case study, Computer Communications no.29, 2006, pp. 1039-1054.
- [7] Žarko Markov: Savremena telefonska tehnika (600 pitanja i odgovora), Iritel, Beograd, 2012.
- [8] Eugene Myakotnykh: Adaptive speech quality in voice over IP communications Ph.D. dissertation, Faculty of the Telecommunications Program, Graduate School of Information Sciences, University of Pittsburgh, 2008.
- [9] Jim H. James et al.: Implementing VoIP - a voice transmission performance progress report, IEEE Communications Magazine, July 2004., pp. 36-41.
- [10] ITU-T: Methods for subjective determination of transmission quality, Recommendation P.800, August 1996.
- [11] ITU-T: The E model: a computational model for use in transmission planning, Recommendation G.107, December 2011.
- [12] Ivan Arias Rodrigez: Stream control transmission protocol - the design of a new reliable transport protocol for IP networks, master's thesis, Helsinki University of Technology, Electrical and Communications Engineering Department Networking Laboratory, February 2002.

- [13] Bhumip Khasnabish: *Implementing voice over IP*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2003.
- [14] IETF: RFC 3261, SIP: Session Initiation Protocol, June 2002.
- [15] ITU-T: Network grade of service parameters and target values for circuit-switched services in the evolving ISDN, Recommendation E.721, May 1999.
- [16] ITU-T: Digital exchange performance design objectives, Recommendation Q.543, March 1993.
- [17] ITU-T: Signaling System No7 - signaling performance in the telephone application, Recommendation Q.725, March 1993.
- [18] ITU-T: Post-selection delay in PSTN/ISDN networks using Internet telephony for a portion of the connection, Recommendation E.671, March 2000.
- [19] ITU-T: Signaling System No7 - message transfer part signaling performance, Recommendation Q.706, March 1993.
- [20] Tony Eyers and Henning Schulzrinne: Predicting Internet Telephony Call Setup Delay, Proceedings IP Telephony Workshop, April 2000.
- [21] Sangheon Park and Hojin Lee: Call Setup Latency Analysis in SIP-Based Voice over WLANs, IEEE Communications Letters, Vol. 12, No 2, 2008., pp. 103-105.
- [22] Andres Arjona et al: Towards High Quality VoIP in 3G Networks an Empirical Approach, Int. Journal of Communications, Network and System Sciences, No. 4, 2008., pp. 350-361.
- [23] Huai-An P. Lin et al.: VoIP Signaling Performance Requirements and Expectations, Internet draft, IETF, October 1999.
- [24] Villy Iversen: Teletraffic engineering and network planning, DTU Course 34340, Technical University of Denmark, 2011.
- [25] Vladimir Matić, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Žarko Markov: Determination of more realistic target 95 % values of post selection delay in modern telephone networks, *Radioengineering*, vol. 21, no. 1, April 2012., pp. 364-367.
- [26] Žarko Markov, Ivana Manević: Determination of more stringent criterion for common control unit of digital telephone exchange, Int. Journal of Electronics and Communications, vol. 52, 1998., pp. 101-103.

- [27] Vladimir Matić, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Miroslav Dukić: Estimation of post dialling delay in telephone networks, *Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)*, R. 88, NR 5b, 2012., pp. 154-156.
- [28] Ekularn Dhavarudha and Prawit Denvorakul: The design of reliable VoIP for power utilities' voice service, CIGRE 2007 Colloquium, Lucerne, Switzerland, Study Committee D2, 2007., paper D2-01 C11.
- [29] Nenad Krajnović: The design of a highly available enterprise IP telephony network for the power utility of Serbia company, IEEE Communications magazine, April 2009., pp. 118-122.
- [30] Adaptacija i inovacija projekta telefonske mreže sa aspekta primene IP tehnologije i nove organizacije Elektroprivrede, ETF, Beograd, 2007.
- [31] Mladen Mileusnić, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Žarko Markov: Method for reduction indefinite routing loops probability in the mixed telephone network of Electric Power Utility, *Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)*, R. 89, NR 3a/2013., pp. 136-140.
- [32] Ljiljana Čapalija, Slavoljub Lukić: Realizacija paketske telefonske mreže Elektroprivrede Srbije, Telekomunikacije, br. 7, 2011.
- [33] Vladimir Matić, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Žarko Markov: Influence of numbering scheme on the efficiency of failure detector in electric power utility, *Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)*, R. 89, NR 9, 2013., pp. 319-322.
- [34] Siemens: Power Line Carrier System ESB2000i, System Description 7VR52
- [35] Analog E&M Voice Signaling Overview, Document ID: 14003,
www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/h323/14003-e-m-overview.html.
- [36] Mihailo Stanić, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Žarko Markov: Detection of pre-alarm state in mixed telephone network of Electric Power Utility, *Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)*, R. 89 NR 2a/2013., pp. 130-133.

SPISAK KORIŠĆENIH SKRAĆENICA

| | |
|----------|--|
| ACELP | <i>Algebraic Code Excited Linear Prediction</i> |
| ADPCM | <i>Adaptive differential Pulse Code Modulation</i> |
| AGW | <i>Access Gateway</i> |
| ARP | <i>Address Resolution Protocol</i> |
| ATM | <i>Asynchronous Transfer Mode</i> |
| BGP | <i>Border Gateway Protocol</i> |
| BICC | <i>Bearer Independent Call Control (protokol)</i> |
| B-ISDN | <i>Broadband ISDN</i> |
| BRI | <i>Basic Rate Interface</i> |
| CAS | <i>Channel Associated Signaling</i> |
| CEN | <i>European Committee for Standardization Organization</i> |
| CENELEC | <i>European Committee for Electro-technical Standardization</i> |
| CCS | <i>Common Associated Signaling</i> |
| CS ACELP | <i>Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction</i> |
| CCIR | <i>International Radio Consultative Committee</i> |
| CCITT | <i>International Telephone and Telegraphy Consultative Committee</i> |
| DC | dispečerski centar |
| DNS | <i>Domain Name System</i> |
| DPNSS1 | <i>Digital Private Network Signaling System No 1</i> |
| DSS1 | <i>Digital Subscriber Signaling system No 1</i> |
| DTMF | <i>Dual Tone MultiFrequency (signalizacija)</i> |
| DUP | <i>Data User Part</i> |
| E&M | <i>Ear & Mouth (signalizacija)</i> |
| EMS | Elektromreža Srbije |
| ENUM | <i>Telephone NUmber Mapping</i> |
| EPS | Elektroprivreda Srbije |
| ES&C | <i>Echo Suppressor & Cancellor</i> |
| ETSI | <i>European Telecommunications Standard Institute</i> |
| FEC | <i>Forward Error Correction</i> |
| FIFO | <i>First in First Out</i> |
| FISU | <i>Fill-In Signal Unit</i> |
| FR | <i>Frame Relay</i> |
| FTP | <i>File Transfer Protocol</i> |
| GK | <i>Gatekeeper</i> |
| GW | <i>Gateway</i> |
| HDLC | <i>High Level Data Link Control</i> |
| HE | hidroelektrana |
| HSRC | <i>Hypothetical Signaling Reference Connection</i> |

HTTP *HyperText Transfer Protocol*
IDN *Integrated Digital Network*
IEC *International Electrotechnical Commission*
IETF *Internet Engineering Task Force*
IKM impulsna kodna modulacija
IP *Internet protocol*
IRC *Internet Relay Chat*
ISPBX *Integrated Service Private Branche Exchange*
ISDN *Integrated Services Digital Network*
ISO *International Standard Organization*
ISUP *ISDN User Part*
ITU *International Telecommunication Union*
IWF *InterWorking Function*
KTP komandno-telefonski posrednički uređaj
LAN *Local Area Network*
LAPB *Link Access Protocol Balanced*
LAPD *Link Access Procedure for a D Channel*
LSSU *Link Status Signal Unit*
MAC *Media Access Control* (adresa)
MFC *MultiFrequency Coded* (signalizacija)
MCU *Multipoint Control Unit*
MGC *Media Gateway Controller*
MGCP *Media Gateway Control Protocol*
MGW *Media Gateway*
MOS *Mean Opinion Score*
MPLS *MultiProtocol Label Switching*
MP-MLQ *Multipulse Maximum Likelihood Quantization*
MRC mrežno regionalni centar
MSU *Message Signal Unit*
MTP *Message Transfer Part*
NDC nacionalni dispečerski centar
OSI *Open Systems Interconnection* (referentni model)
OSPF *Open Shortest Path First*
PBX *Private Branch eXchange*
PDD *Post Dialing Delay* (vreme odziva pozvane strane)
PISN *Private Integrated Services Network*
PLC *Packet Loss Concealment*
PLC *Power Line Carrier*
PRI *Primary Rate Interface*
PSTN *Public Switched Telephone Network*
PXS *ProXy Server*

QoS *Quality of Service*
RAS *Registration, Admission and Status*
RDC regionalni dispečerski centar
RFC *Requests For Comments*
RGW *Residential Gateway*
RP regionalno postrojenje
RTCP *RTP Control Protocol*
RTP *Real-time Transport Protocol*
SCTP *Stream Control Transport Protocol*
SDH *Synchronous Digital Hierarchy*
SDP *Session Description Protocol*
SEP *Signaling End Point*
SGW *Signaling Gateway*
SIGTRAN *Signaling Transport (postupak)*
SIP *Session Initiation Protocol*
SMTP *Simple Mail Transfer Protocol*
SNMP *Simple Network Management Protocol*
SR *Selection Rule*
SRST *Survivable Remote Site Telephony*
SRT *Switch Response Time*
SS7 *Signalling System No. 7*
SSW *Softswitch*
STP *Signaling Transfer Point*
TCP *Transmission Control Protocol*
TDM *Time Division Multiplex*
TDMoIP *TDM over IP*
TGW *Trunking Gateway*
TS trafo stanica
TUP *Telephone User Part*
UAC *User Agent Client*
UAS *User Agent Server*
UDP *User Datagram Protocol*
URI *Uniform Resource Identifier (adresa)*
VAD *Voice Activity Detector*
VF visoko frekventni
VoIP *Voice over Internet Protocol*
VRF *Virtual Routing and Forwarding*
W3C *World Wide Web Consortium*
W-CDMA *Wideband Code Division Multiple Access*
WLAN *Wireless Local Area Network*

BIOGRAFIJA AUTORA

Mr Vladimir S. Matić je rođen 26.10.1963. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu i srednju školu, prirodno-tehničkog usmerenja. Na Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu upisao se 1981. godine i po odsluženju vojnog roka počeo sa studiranjem školske 1982/83. Diplomirao je 1989. godine na katedri za telekomunikacije. Iste godine upisao je poslediplomske studije, smer telekomunikacije, koje je završio 1994. godine, odbranivši magistarsku tezu pod nazivom: "Eksperimentalni izbor i provera pogodnog metoda predikcije nivoa električnog polja u urbanoj sredini za opseg 900 MHz".

Vladimir Matić se 1990. godine zaposlio u EI Istraživačkom-razvojnem Institutu, današnjem Institutu za telekomunikacije i elektroniku - IRITEL, u Beogradu. Radi u Sektoru za radio-komunikacije, kao rukovodilac projekta od 2003. godine, a kao rukovodilac odeljenja za montažu od 2012. godine. Tokom rada aktivno je učestvovao u razvoju i realizaciji većeg broja tehničkih rešenja, uređaja i softverskih aplikacija u oblasti digitalne obrade signala.

Vladimir Matić je položio stručni ispit 2002. godine i član je Inženjerske komore Srbije od 2003. godine. Posедуje licence odgovornog projektanta i odgovornog izvođača radova u oblasti telekomunikacionih mreža i sistema. Kao odgovorni projektant, izradio je ili učestvovao u izradi 300 projekata digitalnih radio-relejnih veza za mobilne telekomunikacije. Kao rukovodilac radova je vodio instalacije baznih stanica i digitalnih radio-relejnih veza na 200 lokacija.

Vladimir Matić ima od 1998. godine istraživačko zvanje istraživač-saradnik, a stručno zvanje stručni savetnik od 2010. godine. Učestvovao je na 4 projekta Ministarstva za nauku i tehnologiju Srbije, u kategorijama strateških projekata i projekata tehnološkog razvoja. Do sada je objavio 40 radova, od kojih su 23 saopštena na nacionalnim skupovima, 9 radova na međunarodnim konferencijama, 3 rada su objavljena u domaćim, a 5 u međunarodnim časopisima. Njegovi radovi u oblasti digitalne obrade i automatske klasifikacije radio-signala u realnom vremenu su više puta citirani u međunarodnim publikacijama drugih autora.