

Razvoj telefonije u poslednjih pedeset godina - Od dvojničkog priključka do video telefonske veze

ŽARKO M. MARKOV, Visoka škola elektrotehnike i računarstva
strukovnih studija, Beograd

Pregledni rad
UDC: 621.395
DOI: 10.5937/tehnika2002199M

U ovom kratkom radu izvršen je pregled promena u telefonskoj tehnici koje su vršene u poslednjih 50 godina. Pomenuta je elektromehanička tehnika, poluelektronska, elektronska, digitalna i paketska. Sa promenom tehnike menjala se i struktura komutacionog polja: od skupog prostornog multipleksa do elegantnog vremenskog multipleksa. Data su osnovna svojstva paketske i mobilne telefonije. Za svaku tehniku su pomenuta nova svojstva. Posebno su pomenute promene u signalizaciji, numeraciji, teoriji telekomunikacionog saobraćaja. Razvoj moderne telefonije je sve više uključivao programe za simulaciju slučajnih procesa radi provere saobraćajnih proračuna.

Ključne reči: telefonska tehnika, internet, mobilna telefonija

1. UVOD

U ovom kratkom radu se opisuje razvoj telefonske tehnike u poslednjih pedeset godina. Opisane su promene u skoro svim svojstvima ove tehnike tj. u: prenosu glasa, obliku prenošenog glasa, organizaciji telefonske centrale i mreže, korisničkoj signalizaciji, mrežnoj signalizaciji, prenosnim putevima za signal, vrstama numeracija u centralama i mrežama. Takođe je dat i osvrt na promenu načina proračuna svojstava telefonskih usluga koji su pratili razvoj uređaja i mreže.

2. STANJE TELEFONSKE TEHNIKE 1970. GODINE U SVETU I KOD NAS

Može se slobodno reći da je promena telefonske tehnike od pronalaska telefona (oko 1877) do 1970 višestruko manja od promena koje su se desile poslednjih pet decenija. Naime, za prvih oko sto godina svojstveno je da su uređaji elektromehanički, da se signal prenosi u analognom obliku odmah po stvaranju. Dve osnovne funkcije u telefonskoj tehnici su: pretvaranje glasa (promene zvučnog pritiska) u električni signal (i obrnuto) u telefonu i prespajanje ovog signala između sagovornika (tzv. komutacija u centralama) su u vrlo dugom vremenskom periodu rešavane na isti način.

Adresa autora: Žarko Markov, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, Vojvode Stepe 283

e-mail: zarko.markov@gmail.com

Rad primljen: 13.01.2020.

Rad prihvaćen: 05.02.2020.

Govorni signal se u analognom obliku prespajao tzv. mehaničkim biračima. Skup sklopova u kojima se vršilo prespajanje govornih signala u električnom obliku je nazivan komutacionim organom. Pored nekih nedostataka dobra osobina ovakvog prenosa signala je odsustvo kašnjenja. Dobra osobina elektromehaničkih birača je da se prespajanje u njima vrši kvalitetnim kontaktima tj. bez slabljenja govornog signala.

Nedostaci ovakve tehnike su brojni. Osnovni nedostaci mehaničkih birača su bili skupoća i potreba za stalnim održavanjem. Ovi nedostaci su imali posledicu da se paralelno sa razvojem telefonske tehnike razvija i teorija telefonskog saobraćaja i usluživanja kako bi se birači što ekonomičnije koristili. Istovremeno su proučavani postupci zauzimanja birača kako bi se uticalo na troškove održavanja.

Posledice nedovoljno dobrog predviđanja povećanja stanovništva naseljenih mesta i razvoja telefonske mreže su dovele do nedostatka dovoljnog broja pretplatničkih linija. Postavljanje novih dodatnih linija je veoma skupo pa se kao rešenje problema povećanja broja korisnika pojavljuju tzv. dvojnički priključci. Dvojnički priključak na telefonskoj centrali omogućava dvojici korisnika korišćenje jedne linije. Nažalost, za vreme korišćenja linije od jednog korisnika, drugi korisnik je isključen, tako da nema ni mogućnost ostvarivanja hitnih poziva (lifeline) što se, danas, smatra nestandardnim rešenjem.

Nedostatak prenosa telefonskog signala u analognom obliku je mogućnost uticaja spoljašnjih činilaca (preslušavanje, slabljenje) na govorni signal koji bi

prenosom gubio svoj originalni oblik. Posledice ovog svojstva su istraživanja koja bi dala otporniji oblik govornog signala na spoljašnje smetnje i nove vrste birača koji bi smanjili troškove održavanja.

U razvoju telefonske tehnike se mogu razlikovati neke od velikih promena koje bi se mogle nazvati revolucionarnim. U periodu do 1970. godine istinski revolucionarna promena je bila prelazak sa manuelne telefonije na automatsku (sagovornik se bira brojem) oko 1890. godine. Poznata je priča kako je pogrebnik Strauger (kod nas, često: Stroudžer) pronašao telefonski birač. On je, naime, želeo da spreči da supruga njegovog konkurenta, zaposlena kao operator manuelne centrale, poslovne pozive upućuje svome suprugu.

Može se reći da je relativno dugo razdoblje vremena postojala telefonska tehnika zasnovana na elektromehaničkoj tehnologiji i prenosu analognog govornog signal. U ovoj tehnici upravljački organ centrale (CCU, Common Control Unit) i tzv. komutacioni organ (SU, Switching Unit) nisu tako strogo podeljeni kao u sledećim generacijama tehnike. Svaka telefonska veza je imala svoje provodnike a kao što je poznato ova tehnika se naziva prostorni multipleks (SDM, Space Division Multiplex).

Najzad, može se reći da je u ovom vremenu relativni broj telefona predstavljao i meru razvijenosti društva. Naime, zavisnost broja telefona na sto stanovnika je bila slična zavisnosti društvenog proizvoda po stanovniku.

3. RAZVOJ RELEJNIH I HIBRIDNIH CENTRALA

Razvoj poluprovodničke tehnologije i kvalitetnih električnih prekidača (rid releja) izazvao je pojavu novih ideja u razvoju telefonskih centrala. Odmah je rođena ideja da se od jeftinih i brzih poluprovodničkih komponenata gradi upravljački organ centrale a od rid (reed, cev) releja komutacioni organ. Poluprovodnički upravljački organ je predstavljao prekidačku mrežu koja je delovala kao jednostavni računar. Komutaciono polje od releja je i dalje bilo skupo ali nije zahtevalo održavanje. Kontakti ovih releja su bili od plemenitih metala a bili su zatopljeni u staklene cevčice punjene gasom. Broj operacija ovih kontakata bez promene kvaliteta je bio daleko veći od onih u staroj elektromehaničkoj tehnici. Za ove centrale u pogledu organizacije upravljačkog i komutacionog dela se može reći da su to hibridne centrale. Upravljački organ radi na načelu vremenskog multipleksa (TDM, Time Division Multiplex) dok komutaciono polje radii dalje na načelu prostornog multipleksa. Zbog elektronskog upravljačkog organa i relejnog komutacionog polja ove centrale su se ponekad nazivale i poluelektronskim. Ovakve centrale su realizovane i korišćene na svim nivoima tadašnje telefonske mreže. U ovoj tehnologiji

su u domaćoj industriji razvijene i korišćene centrale za lokalni nivo javne telefonske mreže i nekoliko tipova centrala za privatne mreže. To su uređaji JK-100 i JK-300 za javnu mrežu, ETCE-60 i ETCE-120 za elektroprivrednu mrežu, razvijeni u Elektronskoj industriji, Iritelu i Fabrici Pupin.

U literaturi je postojalo nekoliko primera razvoja sličnih centrala sa računarskim upravljanjem i komutacionim poljem u prostornom multipleksu. Umesto rid releja, zbog jeftinoće, korišćene su elektronske komponente kao komutacioni elementi. Ova tehnika bi se po korišćenim komponentama mogla nazvati potpuno elektronskom ali je po korišćenju dva multipleksa (vremenskog u upravljanju i prostornog u komutiranju) i dalje bila hibridna. Nažalost, osetljivost poluprovodničkih komponenti u komutacionom polju na prenaponске smetnje i gubici govornog signal na komutacionim elementima su sprečili masovno korišćenje ovakvih centrala.

Kod ovih hibridnih centrala je bilo veoma važno dobro iskoristiti (relativno skup) komutacioni organ. Ovaj organ se sastojao od nekoliko delova (Multistage Switching Network) što je omogućavalo postojanje više govornih puteva između dve tačke kroz komutaciono polje. Postojanje računarskog upravljačkog organa omogućilo je razvoj jedne potpuno nove mogućnosti u poboljšanju rada centrala. To je preuređenje (rearrangement) postojećih veza da bi se oslobodili organi za novu vezu koja se bez preuređenja ne može ostvariti.

U isto vreme su vršeni pokušaji sa jednom vrlo naprednom tehnikom za to vreme. To su centrale sa računarskim upravljačkim organom i komutacijom zasnovanom na impulsnoj modulaciji. Naime, delovi govornog signala su se u vremenskom multipleksu komutirali u svom prirodnom impulsnom nekodovanim obliku.

Osnova ove komutacije su brzi elektronski prekidači i, naravno, teorema odmeravanja. Celo komutaciono polje se sastojalo samo od elektronskih prekidača (dva po svakom priključku) i bilo je veoma jeftino. Loše svojstvo ovog komutiranja je nešto veći gubitak snage govornog signala na elektronskim prekidačima. Ovo svojstvo je ograničilo ovo rešenje na primenu samo u jednostepenom komutacionom organu. Domaća industrija je razvila dve vrste centrala na ovom načelu za privatne mreže (Ei, Iritel „kućne“ centrale KEATC-100 i ŽEATC-100 za železničku mrežu).

Uvođenje vremenskog multipleksa u rad novih centrala se može smatrati revolucionarnom promenom tehnike. Ova tehnika koja koristi iste resurse za različite veze se od tada mnogo koristi u raznim oblicima telekomunikacija.

Međumesne veze su se koristile frekvencijskim multipleksom (FDM, Frequency Division Multiplex) radi što boljeg iskorišćenja međumesnih kablova i potrebe za velikim brojem kanala u vremenu velikog telefonskog saobraćaja.

Za vrlo skupe kanale tj. međunarodne i međukontinentalne kablovske telefonske veze korišćena je posebna vrsta vremenskog multipleksa (Time Assignment Speech Interpolation, TASI). Ona koristi svojstvo govornog signala da sadrži pauze u govoru koje čine više od 50% vremena. U istom kanalu se dakle u pauzama jednog govornog signala šalju aktivni delovi drugog govornog signala tako da se istovremeno može prenositi više telefonskih veza nego što ima kanala. Na ovaj način su kanali bili bolje iskorišćeni tj. cena razgovora je bila niža.

4. RAZVOJ ELEKTRONSKIH CENTRALA

Razvoj računarske tehnike, kodovanja govornog signala i optičkog prenosa je uslovio razvoj potpuno elektronskih centrala. U ovim centralama je računar upravljao procesima u centrali a komutacioni organ se sastojao od elektronskih kola u kojima se komutacija govornih signala obavljala u vremenskom multipleksu kanalima koji su nosili impulsno kodovani govorni signal predstavljen sa 8 bita. Ovakav komutacioni organ je bio malih dimenzija, relativno jeftin ali je zahtevao primenu mera prenaponske zaštite. Od stare telefonske tehnike ostala je samo korisnička signalizacija i analogna pretplatnička linija.

Kao nepoznati nedostatak do tada, ovde se pojavljuje preopterećenje računara koji vrši ulogu upravljačkog organa. Naime, u periodima izuzetno velikog saobraćaja koji prevazilazi procenjeni najveći saobraćaj, upravljački organ radi sve sporije. (Jedan zabeležen primer preopterećenja upravljačkog organa centrala je posledica telefonskog glasanja u isto vreme u jednoj popularnoj TV emisiji).

Nezadovoljni korisnici napuštaju započetu vezu i ponavljaju pozive što još više usporava rad centrale, i nastupa lavinski process. Razvijene su razne mere zaštite upravljačkog procesora od preopterećenja. Kao jedan primer ovih mera je kasnija dodela signal slobodnog biranja pri novim pozivima. Na taj način se upravljačkom procesoru ostavlja više vremena da „obavi nagomilane poslove“. Za testiranje velikih centrala tj. njihovih upravljačkih procesora ozbiljni proizvođači su koristili hardverske simulatore koji su mogli imitirati korisnike sa velikim brojem poziva.

Zahvaljujući sposobnostima računara, ovakve centrale su omogućavale dodatne korisničke usluge. Jedna od njih je identifikacija pozivajućeg korisnika. Interesantno je da su za ovu mogućnost vezane

primedbe da kvari odnose među ljudima, u nekim slučajevima neodazivanja.

Domaća industrija je razvila ovakve centrale za korisničku ravan javne mreže i uspešno ih ugrađivala u mrežu (Ei Iritel i Ei Pupin, centrale DKTS-20 i DKTS-30).

5. IDEJA O ISDN

Telefonska mreža je dugo bila jedina svetska mreža. To je navelo tvorce ideje o mreži objedinjenih telekomunikacionih službi da poveruju da se svetska mreža objedinjenih službi može izgraditi usavršavanjem telefonske mreže. Da bi usluge, sem telefonske, mogle da se koriste u stanu korisnika bilo je potrebno analognu korisničku liniju učiniti propusnijom a zadržati i sve postojeće funkcije. Na tom poslu su učinjeni brojni naponi. Razvijeni su postupci digitalizovanja pretplatničke linije, razvijeni brojni kompresori digitalnih signala, razvijena posebna signalizacija. Pozivni signal, do tada generisan u centrali, svojim visokim naponom je predstavljao opasnost za osetljiva kola u centrali. Slanje klasičnog pozivnog signal po digitalnoj liniji nije bilo moguće. U ovoj mreži je konačno izvor pozivnog signal iz centrale pomeren na periferiju tj. kod korisnika. Jedan od nedostataka priključaka digitalne mreže objedinjenih službi (ISDN, Integrated Services Digital Network) je potreba za napajanjem kod korisnika što nije bio slučaj kod klasične telefonije. Zbog ostvarivanja mogućnosti hitnih poziva ovaj problem je rešen tako što se u slučaju nestanka napajanja kod korisnika linija napaja iz centrale ali se neke od standardnih ISDN mogućnosti gube. U ovoj tehnici su povećane korisničke mogućnosti. Primer ovoga je istovremeno korišćenje više od jedne veze u isto vreme po istoj ISDN liniji.

Za ideju o ISDN mreži se može reći da je bila revolucionarna ali da nije ostvarena. Naime, razvoj paketske tehnike je učinio da je i paketska mreža postala svetska a nije imala ograničenja u kapacitetu kao ISDN mreža.

6. DALJI PRAVCI RAZVOJA TELEFONSKE TEHNIKE

Razvoj paketske tehnike je neminovno zahvatio i oblast telefonije. Ovde se mora naglasiti uloga standardizacionog tela za Internet IETF (Internet Engineering Task Force). Ovo telo proizvodi nova pravila tj. preporuke koje se zovu RFC (Request For Comments). Ovih preporuka ima na hiljade i postupak njihove izgradnje je brz i delotvoran. Predlog nove preporuke kao i izmene postojećih može dati bilo koji zainteresovani stručnjak i o predlogu se izjašnjavaju svi zainteresovani. Na taj način se vrlo brzo dolazi do nove preporuke uz pomoć vrlo velikog broja „recenzenata“.

Prvi koraci korišćenja Interneta u telefonskoj mreži su bili povezivanje telefonskih centrala Internetom. Osnovni posao koji je ovom prilikom trebalo uraditi je prevođenje telefonske signalizacije u internetsku i obrnuto. Drugi postupak u slučaju digitalne telefonske signalizacije je bilo učeurenje signalne informacije u pakete i obrnuto. Jasno je da prevođenje mora da bude sveobuhvatno i jednoznačno. Delotvornost postupka izgradnje internetskih preporuka, pomenuta na početku ovog odeljka, se može videti iz preporuke RFC 5244 i RFC4733, u čijoj su izgradnji učestvovali i domaći autori (<https://tools.ietf.org/html/rfc5244>, <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4733.html>). Dalji razvoj novih vrsta telefonije je išao u dva pravca.

Prvi je razvoj tzv. mobilne telefonije tj. telefonske mreže u kojoj se korisnici mogu kretati bez ograničenja.

Drugi je razvoj tzv. Internet telefonije čiji je popularni naziv dugo bio VoIP (Voice over Internet Protocol). Jasno je da su obe novije telefonske mreže (mobilna i internetska) povezane sa klasičnom telefonskom mrežom i zajedno čine svetsku telefonsku mrežu.

7. INTERNETSKA TELEFONIJA

Ova vrsta telefonske tehnike je razvijana od pomenutog paketskog povezivanja klasičnih centrala preko paketskog linka do poslednjeg stepena paketske video telefonije visokog kvaliteta. Velika prednost internetske tj. paketske tehnike je da se tzv. resursi ove mreže mogu koristiti od više korisnika tj. ne postoji posvećenost resursa jednoj vezi (Circuit Oriented Telephony).

U potpuno paketizovanim delovima mreže postoje samo mikrofoni i zvučnici koji su se zadržali iz klasične telefonije. Svi ostali činioci mreže su novi. Za ovu telefonsku tehniku su razvijene nove funkcije kompresora, signalizacije, numeracije, komutacije i korisničkih uređaja.

Kompresori su razvijeni da bi se internetska telefonska mreža mogla izgraditi i u delovima sa manjim bitskim protocima.

Razvijene su posebni postupci signalizacije tako da mogu poslužiti i samo telefonskoj usluzi ali i sve češće primenivanoj videotelefonskoj usluzi.

Numeracija u internetskoj telefonskoj mreži se zasniva na IP adresama pa se u procesu ostvarivanja veze podrazumevaju neka adresna pretvaranja.

Komutacija se u ovoj tehnici vrši ruterima (pre)-usmeravanjem paketa.

Nažalost, ova tehnika ima i svojih nedostataka. Jedan je načelo upućivanja paketa. Paketi se uvek upućuju „deonica po deonica“ (link by link) za razliku

od nekih klasičnih mreža gde se upućivanje signala vrši od početka do kraja (end to end, E2E). Mada kratko, zadržavanje paketa u svakom čvoru kroz koji prođe u zbiru daje kašnjenje paketa. Kašnjenje paketa izaziva kašnjenje govornog signala. Ova pojava je u klasičnoj telefonskoj mreži bila zanemarljiva sem u slučaju satelitskih veza. Kašnjenje govornog signala se u kvalitetnim mrežama mora svesti na propisanu meru zbog uticaja na kvalitet veze i zbog uticaja na pojavu odjeka koji, takođe, pogoršava kvalitet veze. Gubitak paketa je, takođe, činilac koji pogoršava kvalitet govornog signala na prijemu. Za ocenu kvaliteta govornog signala u paketskoj mreži razvijen je tzv. E model koji uzima u obzir sve negativne uticaje i prikazuje ih kao zajedničko umanjeње kvaliteta vrze.

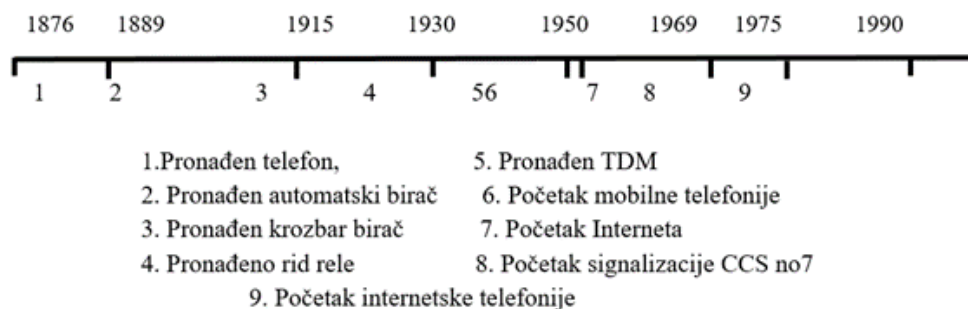
8. MOBILNA TELEFONIJA

Mreža mobilnih korisnika (popularno ali pogrešno: mobilna mreža) je izgrađena na načelima koja su bliža klasičnoj telefoniji nego paketskoj. Naime, ona koristi tehniku komutacije kanala a ne komutacije paketa. Mada se informacije često šalju i primaju u obliku jedinica sličnih paketima (blok bita, bit burst) ipak se za svaku vezu koristi kanal koji, uglavnom, ne mogu slobodno da koriste ostali korisnici.

Zbog kretanja korisnika se mora koristiti radio prenos. Ograničenost radio spektra predstavlja glavni problem mobilne telefonije pošto je broj radio kanala ograničen. Najrasprostranjenija mobilna mreža GSM (Global System Mobile) koristi frekvencijski i vremenski multipleks kako bi se broj kanala povećao. Pojedine učestanosti se koriste višestruko ali u udaljenim delovima mreže kako bi se sprečile smetnje a uvećao broj kanala. Pa i pored toga rast saobraćaja je takav da se čine naponi na povećanju kapaciteta postojećih kanala. Uvećanje može biti prenošenjem manjeg protoka za jednu vezu (half rate) i posebnom novom modulacijom VAMOS (Voice service over Adaptive Multi-user channels on One Slot) koja skoro udvostručava kapacitet.

Osnovna razlika mobilne telefonije i tzv. fiksne telefonije je pokretljivost korisnika. Ova pokretljivost zahteva stalno nadgledanje korisničkog uređaja, njegove snage, položaja. Tu se javlja postupak handovera (handover) koji se mora obaviti kad korisnik iz jedne ćelije prelazi u drugu. Tada se u toku veze zbog kretanja korisniku moraju dodeliti kanali nove ćelije i podaci o novoj ćeliji a da korisnik ne oseti promenu resursa.

Mobilna telefonija je počela da se primenjuje dosta rano (slika 1) ali je pretrpela puno izmena tj. usavršavanja. Počevši od analognog prenosa i frekvencijskog multipleksa dodavani su digitalni prenos, vremenski multipleks, prenos podataka tj. paketski prenos.



Slika 1 - Vreme dešavanja nekih značajnih događaja u telefonskoj tehnici

9. RAZVOJ SIGNALIZACIJE

Signalizacija predstavlja osnovu telefonske mreže koja omogućava uspostavu veza i druge mogućnosti savremenih mreža kao što je nadgledanje. Sa promenom tehnologije u telefonskoj mreži menjala se i signalizacija. Od jednostavne i spore signalizacije sa malim brojem signala u elektromehaničkim centralama došlo se do vrlo velikog broja signala koji su, na sreću, kratkotrajni ali omogućavaju veći broj funkcija. Dekadni birački impulsi su u prvim centralama trajali nekoliko stotina milisekundi samo za jednu biračku cifru. U današnjim mrežama signalizacija se izvodi signalnim porukama u kojima čitava korisnička adresa može trajati par milisekundi. Osnovno svojstvo savremenih signalizacija je da se slanje i prijem signalnih poruka vrši sa proverom ispravnosti, potvrdom ispravnosti ili ponovnim slanjem (retransmisijom). Signalizacija sa potvrdom je počela da se koristi još u nekim savremenijim klasičnim centralama. Brzini savremenih signalizacija je doprinela signalizacija digitalnim porukama. Ova signalizacija ne koristi pretvarače koji su u svim ranijim generacijama doprinosili sporosti (signalizacije DTMF i R2, na primer). Ono što doprinosi usporavanju je slanje paketa po, već pomenutom, načelu „deonica po deonica“. U klasičnoj telefoniji je bilo moguće slati poslednje delove izabranog broja od pozivajuće centrale do pozvane centrale bez zadržavanja u centralama između njih. U starijim signalizacijama signali su pratili govorne puteve. Nekada su to bili signali koji su se slali govornim kanalom pre uspostave veze (in band), a nekada kanalima pridruženim govornim, CAS (Channel Associated Signaling). Nove signalizacije koriste posebnu signalnu mrežu za slanje signalne informacije koja ne mora da prati govorne signale. Ova signalizacija se naziva signalizacijom po zajedničkom kanalu CCS (Common Channel Signaling). Najčešće se koristi verzija 7 (CCS no 7). Ova signalizacija ima nekoliko delova i počela je da se primenjuje u klasičnoj telefonskoj mreži (TUP, Telephone User Part). Postoje delovi ove signalizacije namenjeni prenosu podataka, mreži integrisanih usluga, itd. Signalizacija CCS no 7 ima deo namenjen

mobilnoj telefonskoj mreži. Ovakva organizacija signalne mreže omogućava i obilazno (alternativno) upućivanje signalne informacije ako se ukaže potreba. Složena signalizacija i veliki broj signala u savremenim paketskim mrežama se opravdavaju činjenicom da će ista signalizacija bez izmena moći da se koristi i u videotelefonskom saobraćaju.

Postoje dve vrste signalizacija koje se koriste u internetskim vezama. To su tzv. H.323 i SIP. Prva od njih je izgrađena u međunarodnoj zajednici telekomunikacija (ITU-T) i predstavlja skup tehničkih preporuka (H.32x) koje su namenjene multimedijskoj komunikaciji. Druga signalizacija je izgrađena u telu koje donosi preporuke za rad internet (IETF) i predstavlja internetski protocol.

10. RAZVOJ NUMERACIJE (ADRESIRANJA)

Sistem adresiranja je u početku telefonskog saobraćaja mogao biti zatvoren i otvoren. Otvoreni sistem, koji je zahtevao od korisnika poznavanje strukture telefonske mreže, je u mrežnim grupama napušten. Adresiranje u telefonskoj mreži, poznato pod popularnim nazivom numeracija je na početku korišćenja automatskog telefonskog saobraćaja bilo vrlo jednostavno: svaki aparat je imao svoj pozivni broj, svako mesto međumesni kod a svaka država državni kod. Ovu numeraciju određuje ITU-T preporuka E.164. Ova preporuka određuje da je najveći broj cifara u svetskoj mreži 15. Od ovoga 1-3 cifre označavaju kod državne mreže a 14 –12 cifara se deli na kod oblasti (međumesni kod) i pozivni broj korisnika. U ove brojeve cifara se ne računaju tzv. prefiksi za međumesni poziv («0») i međunarodni poziv («00»). Brojevi koji zadovoljavaju preporuku E.164 nazivaju se kvalifikovanim telefonskim brojevima. Ovakvi imenici (ili tačnije: adresari) su nekada nazivani geografskim jer se po kodovima i brojevima mogao odrediti položaj korisnika. U ovakvim mrežama pozivni brojevi predstavljaju istovremeno i brojeve za upućivanje poziva. Ovi imenici su sadržavali manji broj negeografskih adresa kao što su, na primer, brojevi hitne pomoći i vatrogasaca, koji su isti u svim

delovima mreže ali se do traženog aparata veza uspostavlja posle pretvaranja negeografskog broja u broj za upućivanje.

U savremenim telefonskim mrežama se ne koriste geografski imenici, a često se adrese navode kao imena. Pojava više različitih mreža zahtevala je da se među njima daju iste šanse da ih korisnik izabere. Zbog toga se pojavila mogućnost prenošenja istog pozivnog broja iz mreže u mrežu (Number Portability). Ova mogućnost je otežavala prepoznavanje položaja korisnika na osnovu pozivnog broja.

U internetskoj telefonskoj mreži postoje kvalifikovana domenska imena korisnika pomoću kojih se mogu pretraživati baze za određivanje IP adrese nekog korisnika koja se u ovom slučaju naziva URI (Uniform Resource Identifier). URI može biti bilo koja adresa u Internetu pa, naravno, i telefona. Vidi se da popis URI-ja uopšte ne podseća na klasične telefonske imenike.

U mreži mobilnih korisnika se na prvom koraku tj. od korisničkog uređaja u pokretu do bazne stanice koristi radio veza. Radio vezu je vrlo lako „prislušiti“ pa se za mobilni telefon koristi nekoliko identifikatora (IMEI, IMSI, MSISDN) da bi se sprečilo lako presretanje veze.

Jasno je da u svetskoj telefonskoj mreži moraju svi delovi raditi kao jedinstvena mreža a to znači da na sučelju bilo koje dve vrste mreža moraju postojati delotvorni pretvarači oblika adresa.

11. PROMENA PARAMETARA TELEFONSKE VEZE

Osnovna svojstva koja su uticala na kvalitet klasičnog telefonskog signala kao što su slabljenje ili preslušavanje u savremenim mrežama nisu više prvorazrednog značaja. Nažalost, neka druga svojstva savremenih mreža su postala bitna za kvalitet prenosa. Neka od njih su sledeća (koja u klasičnim mrežama ili nisu postojala ili su bila zanemarljiva).

Kašnjenje telefonskog signala se ne može izbeći zbog prirode prenosa paketa (deonica po deonica).

Posledice kašnjenja su odjek i gubitak paketa u slučaju prevelikog kašnjenja.

Kompresija govornog signala, koja se ne može izbeći u mobilnoj telefoniji a ponekad i u paketskoj mreži, doprinosi slabljenju kvaliteta signala.

Postoje još neka svojstva koja su bila kvalitetnija u klasičnim mrežama:

Nepostojanje signala slobodnog biranja i signala kraja veze, zbog nedovoljnog broja kanala u mobilnim mrežama.

Nepostojanje signalizacije sa preklapanjem (istovremenim prijemom i predajom signala kod internetske i mobilne telefonije) pošto je imenik takav da se

mora sačekati kraj adrese pozvanog. (Signalizacija sa preklapanjem kod klasične telefonije doprinosi kraćem čekanju pozivajućeg).

Nepostojanje sinhronizma slanja pozivnog signala i njegove kontrole, pošto su organi iz kojih se oni šalju različiti.

Jedno od najlošijih rešenja u mreži mobilnih telefona je tzv. kasna dodela kanala (late assignment). Naime, zbog ograničenosti broja kanala a da bi se kanali što kraće koristili, kanal se dodeljuje jednoj vezi tek po odzivu traženog. U nekim slučajevima u tom trenutku ne postoji ni jedan slobodan kanal pa veza propada. Ovaj slučaj nije poznat u klasičnoj telefoniji.

12. RASPOLOŽIVOST

Verovatnoća da je u slučajnom trenutku mreža ispravna, raspoloživost, najviše zavisi od centralnih organa koji nisu udvostručeni. Ova verovatnoća ima veoma visoku vrednost (0,9999 do 0,99999) što znači da se vreme neispravnosti meri minutima ili desetinama minuta u toku godine. Zahtevani stepen raspoloživosti se postiže delovanjem na uzroke i delovanjem na posledice.

Uzroci centralnih kvarova se mogu smanjiti mogućnostima višestrukog obilaznog upućivanja (alternat routing) i rezervnim upravljačkim jedinicama. Ovaj postupak je poznat još iz vremena savremenih klasičnih centrala, gde udaljeni stepeni centrale mogu ostvarivati lokalne veze u slučaju kvara centralnog upravljanja.

Delovanje na posledice je vezano za brzo održavanje i snabdevenost rezervnim delovima.

Zbog mogućnosti kretanja korisnika u mreži mobilnih telefona, kvar jedne bazne stanice se može nadoknaditi povezivanjem korisnika na susedne bazne stanice.

13. TEORIJA SAOBRAĆAJA

Kao što je poznato, telefonska mreža je oduvek morala zadovoljiti tehničke uslove ali i ljudske navike u telefoniranju. Zbog toga se mreža projektuje da skoro u potpunosti zadovolji potrebe u intervalima vremena kada korisnici imaju najveću potrebu za telefoniranjem (glavni saobraćajni čas, busy hour). Teorija koja opisuje procese u telefonskoj mreži je teorija telefonskog (telekomunikacionog) saobraćaja.

Ova teorija se od početka zasniva na teoriji slučajnih procesa i tzv. teoriji usluživanja. Teorija usluživanja sa gubicima se koristi pretežno u klasičnim centralama i delimično u mreži mobilnih telefona. Najčešće korišćeni modeli su Erlangov i Engsetov model. U internetskoj telefoniji često se koristi teorija usluživanja sa čekanjem, a najčešće model M/M/1.

U savremenoj telefonskoj tehnici pojavljuju se neka svojstva nepoznata u klasičnoj teoriji saobraćaja.

Promena veličine čekanja paketa na uslugu u paketskoj telefoniji u toku veze dovodi do promene kvaliteta veze u toku trajanja, što je nepoznato u klasičnoj tehnici.

Verovatnoća gubitaka poziva posle odziva pozvanog u mreži mobilnih telefona prilikom pomenutog „kasnog zauzimanja“ je veća od nule što je takođe novost u teoriji.

U mreži mobilnih telefona postoji mogućnost prekida veze ako korisnik prelazi u novu ćeliju u kojoj nema slobodnih kanala, što je takođe bilo nepoznato u klasičnoj telefoniji.

14. SIMULACIJA

Softverski programi za simulaciju saobraćajnog procesa služe za proveru teorijskih modela usluživanja. Treba ih razlikovati od pomenutih hardverskih simulatora koji proveravaju rad izgrađene telefonske centrale. Već dugi niz godina se svi novi modeli usluživanja podvrgavaju simulacionoj proveru.

Jasno je da se ovi programi koriste za oponašanje procesa u intervalima najvećih saobraćajnih opterećenja. Mada su prvi simulacioni programi na načelu proizvodnje slučajnih brojeva (Monte Karlo) razvijeni za klasične modele sa gubicima oni se mogu koristiti i za proveru modela sa čekanjem koji su češći kod paketske telefonije.

U domaćoj industriji su razvijeni originalni simulacioni programi za proveru modela sa neispravnim organima usluge, sa sudarom poziva na istom kanalu, za ocenu potrošnje energije u mreži mobilnih telefona, za ispitivanje uticaja površinske raspodele mobilnih telefona na potrošnju energije i sl. Rad prvih simulacionih programa od pre 50 godina trajali su dugo i nisu mogli imati veliki broj resursa. Kod savremenih računara simulacioni program za nekoliko miliona poziva traje nekoliko minuta.

15. ZAKLJUČAK

Telefonska tehnika je pretrpela velike promene u poslednjih 50 godina. Može se slobodno reći da su

neke od promena bile korenite tj. takve da su se menjala načela rada pojedinih delova mreže. Prenos glasa u digitalnom umesto analognom obliku, uvođenje virtuelnih umesto fizičkih veza, rad signalizacije sa potvrdom, itd., se često nazivaju revolucionarnim promenama. Nove tehnike su često nosile i nove nedostatke kao što su pojava velikog kašnjenja kod paketske telefonije, nemogućnost primene postupka „od početka do kraja, E2E“ u ostvarivanju veze, ostvarivanje logičke veze bez zauzetih resursa (late assignment). Novi postupci su primenjeni uz manje ili više uspešno savlađivanje ovih problema. Upoređujući savremenu telefonsku tehniku i onu od pre 50 godina, može se reći da korenitu promenu nisu pretrpeli samo pretvarači glasa u električni signal (i obrnuto) tj. Mikrofon (i zvučnik) u telefonskom aparatu.

15. NAPOMENA

Ovaj rad je napisan kao rezultat autorovog pedesetogodišnjeg iskustva u ovoj oblasti.

LITERATURA

- [1] Brockmeyer E, Halstrom H. L, Jensen A, *Life and work of A. K. Erlang*, Transaction Dan. Academy of Technical Sciences, 1948.
- [2] Bellamy J, *Digital telephony*, John Wiley & Sons, 1982.
- [3] Iversen V. B, *Teletraffic engineering and network planning*, Technical university of Denmark, 2011.
- [4] Schwartz M, *Mobile wireless communications Cambridge University Press*, 2005.
- [5] Rappaport, Th: *Wireless communications*, Prentice Hall, 2002
- [6] Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Žarko Markov, Tomislav Šuh, Mladen Mileusnić, Predrag Jovanović, Vladimir Matić, Branimir Trenkić, Miroslav Popović, Željka Tomić, Petar Daković, Ivan Vidaković, Borivoje Mitrović, *Development of Methods for Traffic Simulation of Telecommunication Processes in IRITEL over last 45 year, Technics*, Special edition 2017, ISSN 0040-2176, pp 78-86

SUMMARY

THE DEVELOPMENT OF TELEPHONY IN THE LAST FIFTY YEARS - FROM THE TWO-PARTY LINES TO THE VIDEO-PHONE CONNECTIONS

This short paper reviews the changes in telephone technology that have taken place over the last 50 years. Electromechanical technique, semi-electronic, electronic, digital and packet is mentioned. The structure of the switching field changed as well: from expensive space multiplex to elegant time multiplex. Basic features of packet and mobile telephony are given

New properties were mentioned for each technique. The changes in signalling systems, numbering, theory of telecommunication traffic were mentioned. The development of modern telephone technics has increasingly included programs to simulate random processes, for checking the traffic calculations.

Key words: telephony, internet, mobile telephony