



INTERNETSKA TELEFONIJA

- predavanje 6 -

Visoka škola elektrotehnike
i računarstva strukovnih studija



■ Sadržaj predavanja 6:

- Adresiranje u paketskim i mešovitim mrežama;
- ENUM postupak;
- Prenosivost broja;
- Četiri scenarija realizacije prenosivosti broja;
- Proračun saobraćajnih resursa u klasičnim i paketskim mrežama – poređenje;
- Osnovni cilj i matematički modeli saobraćajnih proračuna u paketskim mrežama;
- Standardi u paketskim tehnikama;
- Neke skraćenice i termini korišćeni u paketskoj tehnici: prosleđivanje, upućivanje, eho, dvosmernost veze, FXS, FXO, BRI, PRI;
- Računski primeri.

Adresiranje u paketskim i mešovitim mrežama

- Razlike klasične i IP mreže:
 1. u signalnim postupcima – rešava se pretvaranjem i učeurenjem signalizacije (SIP-T, SIP-I, SIGTRAN);
 2. oblik prenosa govornog signala – rešava se u MG-ovima;
 3. u adresiraju – u klasičnim mrežama koriste se pozivni brojevi i brojevi za upućivanje, tabele za upućivanje se nalaze u centralama ili centralizovanim bazama; u IP mreži koriste se negeografski kodovi tj. ravni imenik, internetske adrese se često ne mogu birati sa telefona.
- ITAD (*IP Telephony Administrative Domain*) – skup servera, GW-a i terminala jednog vlasnika. Što se tiče numeracije, to je IP mreža uređena kao celina: ITAD je IP ekvivalent klasične telefonske mreže jednog vlasnika.
- TAD (*Telephony Administrative Domain*) – administrativna celina u klasičnoj telefonskoj mreži.

- 
- Kvalifikovani telefonski brojevi – geografski tel. br. prema ITU-T preporuci E.164: kôd zemlje (1-3 cifre), kôd oblasti i pretplatnički broj (maksimalno 15 cifara). Hijerarhijski red u broju opada s leva u desno. Analiza pri upućivanju počinje od hijerarhijski najznačajnijeg dela – *big endian*.
 - Kvalifikovana domenska imena – imena kojima se pretražuje DNS baza. Moraju biti registrovana, imaju ograničenja po broju delova i karaktera u delovima imena. Hijerarhijski red delova imena raste s leva u desno (korisnik, firma, mreža, državna mreža). Analiza počinje od hijerarhijski najvažnijeg dela – s desna u levo.
 - URI (*Uniform Resource Identifier*) adrese – adresa SIP terminala, H.323 terminala, elektronske pošte, kvalifikovani telefonski broj, adresa *web* stranice.

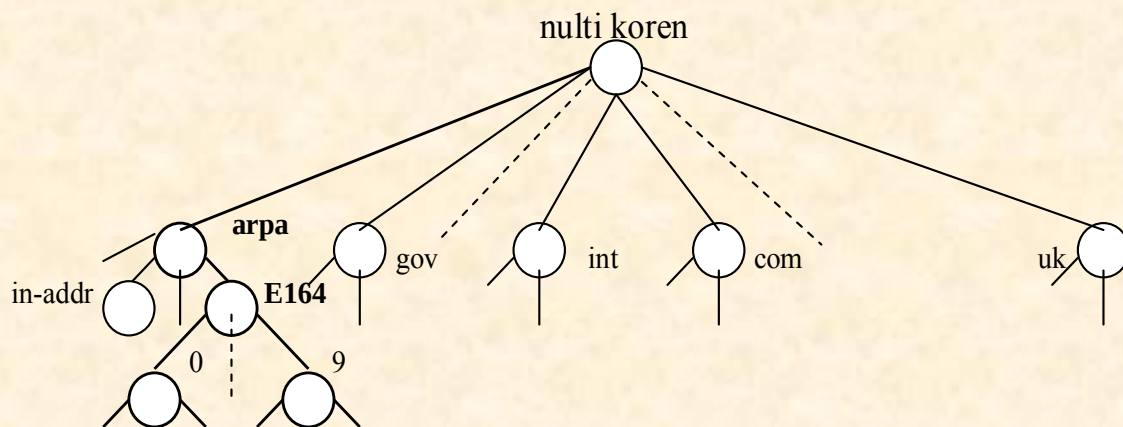
- 
- Problemi adresiranja u mešovitoj PSTN – IP mreži:
 1. poznat je telefonski broj korisnika u klasičnoj mreži, taj korisnik ima i IP terminal čiju URI adresu treba odrediti. Sa običnog telefona ne može se birati URI adresa IP terminala – rešava se postupkom ENUM;
 2. poznat je telefonski broj traženog u klasičnoj mreži, poziv počinje u IP mreži. Treba odrediti GW koji obezbeđuje optimalnu vezu do traženog, jer svi GW-i nemaju podatke o optimalnom povezivanju pozivajućeg IP terminala i pozvanog telefona → problem automatskog osvežavanja pravila upućivanja u IP mreži primenom TRIP protokola;
 3. automatsko osvežavanje planova upućivanja u klasičnoj mreži – može se rešiti CTRIP protokolom.

- 
- ENUM (*Electronic NUMbering, tElephone NUMbering, E.164 NUmbering Mapping, tElephone NUmber Mapping, Enchanced NUMbering*) – postupak koji omogućava da imenik u mešovitoj (digitalnoj i IP) mreži bude jedinstven. Omogućava i biranje drugih resursa pored IP telefona. ENUM povezuje kvalifikovani telefonski broj i identifikatore pojedinih resursa u IP mreži.
 - ENUM se zasniva na E.164 numeraciji i DNS-u. Cilj je da se svakom IP terminalu dodeli kvalifikovani telefonski broj, tako da korisnici koji imaju samo telefone mogu lako da biraju IP terminale.

- 
- Osnovni koraci ENUM postupka: pretvaranje kvalifikovanog telefonskog broja u domensko ime, slanje DNS upita, pretraživanje DNS baze, prijem DNS odgovora sa URI adresama IP terminala koji odgovaraju telefonskom broju.
 - Primer pretvaranja kvalifikovanog telefonskog broja u domensko ime:
 - broj ENUM korisnika 30-73-400 dodavanjem međunarodnog i međumesnog koda pretvara se u kvalifikovani broj +381-11-30-73-400;
 - odbacuje se sve osim cifara: 381113073400;
 - broj se obrće: 00437031183;
 - dodaju se tačke između cifara: 0.0.4.3.7.0.3.1.1.8.3.;
 - dodaju se dva vršna dela domenskog imena .e164.arpa: 0.0.4.3.7.0.3.1.1.8.3.e164.arpa
 - Redosled cifara se obrće, jer pretraživanje počinje od dela domenskog imena najvišeg nivoa, koji se nalazi desno.

- 
- Iza svake cifre u domenskom imenu se stavlja tačka, jer ona može (ne mora) biti deo domenskog imena. Primer:
.1.e164.arpa je ekvivalent domenskog imena iz Amerike;
.44.e164.arpa je ekvivalent domenskog imena *uk*;
.381.e164.arpa je ekvivalent domenskog imena *rs*.
 - Zahtev za pretvaranje domenskog imena u URI adresu šalje se standardnim DNS zahtevom (polja vrsta DNS zahteva = 35) → u odgovoru se očekuju podaci u obliku NAPTR RR (*Naming Authority Pointer Resource Record*). URI adrese se traže u domenu .arpa (*Address and Routing Parameter Area*). ARPA je domen prvog sloja koji vodi do domena drugog sloja koji pretvara IP i IPv6 adrese u domenska imena, domenska imena u URI adrese, itd.

- E164.arpa je domen drugog sloja koji sadrži veze (*mapping*) domenskih imena dobijenih od kvalifikovanih telefonskih brojeva i URI adrese terminala koji pripadaju tom telefonskom broju.



- NAPTR RR je oblik zapisa podataka u DNS bazama. Svakom domenskom imenu dobijenom od telefonskog broja odgovara jedan ili više NAPTR RR zapisa – URI adrese svih terminala koji pripadaju tom telefonskom broju. Primer: NAPTR RR za telefonski broj 30-73-400 sadrži sve brojeve telefona koje koristi vlasnik broja 30-73-400, adresu SIP telefona, broj faksa 381113073434, adresu elektronske pošte info@iritel.com. Zavisno od želje pozivajućeg, jedna od adresa se bira za komunikaciju.

- 
- Primer pretvaranja domenskog imena u URI adrese \$ORIGIN 4.3.2.1.6.7.9.8.6.4.e164.arpa.

IN NAPTR 10 10 "u" "sip+E2U" "!^.*\$!sip:sven@sips.se"

IN NAPTR 10 10 "u" "mailto+E2U" "!^.*\$!mailto:sven@ispa.se" .

IN NAPTR 10 10 "u" "http+E2U" "!^.*\$!http://svensson.ispa.se" .

IN NAPTR 10 10 "u" "tel+E2U" "!^.*\$!tel:+46-8-9761234"

Traženi korisnik ima SIP telefon, mail adresu i http URI, bira se adresa SIP telefona.

- Svaki od zapisa u NAPTR RR ima sledeći format:

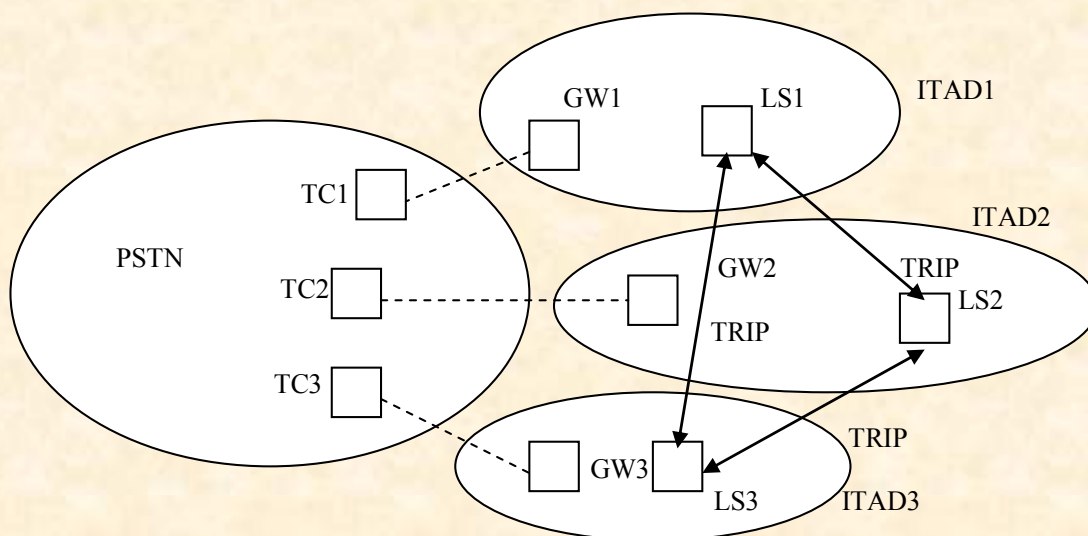
0	15
redosled	
prednost	
oznake	
usluga	
regexp	
zamen	

- Za ENUM postupak koriste se polja prednost (*preference*), usluga (*service*) i *regexp*. Polje prednost određuje koji se od zapisa prvi obrađuje, polje usluga određuje koja se usluga može koristiti URI adresom iz ovog zapisa, po-

lje *regexp* sadrži adresu terminala usluge.

- Popularni naziv ENUM-a: *E2U (E.164 to URI)* pretvaranje.
- Privatni ENUM: postupak koji povezuje telefonske brojeve koji nemaju E.164 strukturu (u privatnim, korporacijskim, mešovitim telefonskim mrežama) i URI adrese.
- TRIP (*Telephony Routing over IP*) – protokol koji omogućava razmenu podataka o upućivanju između lokacijskih servera (LS) različitih ITAD-a da bi se poziv iz IP u klasičnu mrežu uputio na jednoznačan i optimalan način.

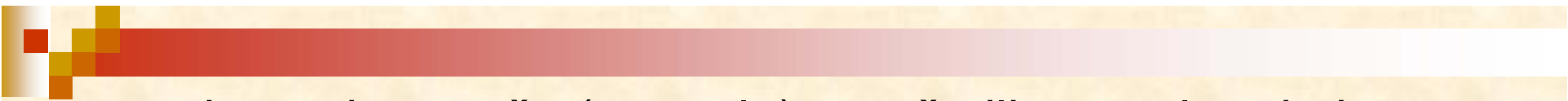
LS može biti proksi server u SIP mreži i gejtkeeper u H.323 mreži. Razmena je interdomenska, tj. vrši se između LS različitih ITAD-a.



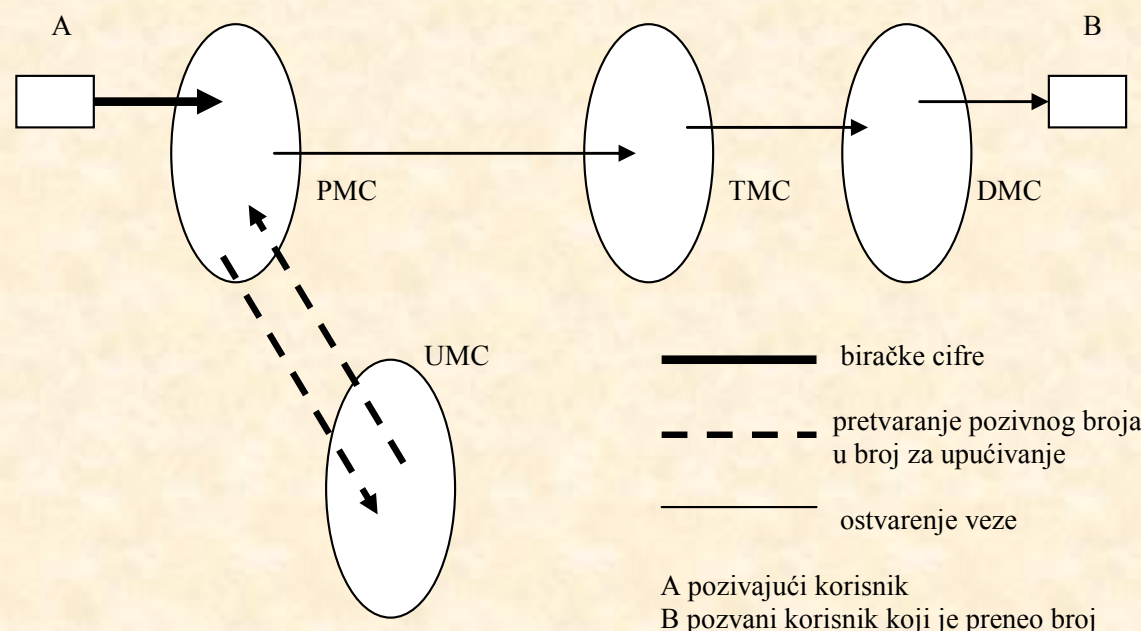
- Razlog potrebe da postoji TRIP u IP mreži (u klasičnim mrežama ne treba, jer su sledeće osobine drugačije):
 - obim IP mreže se stalno povećava;
 - tabele upućivanja se često osvežavaju u lokacijskim serverima, pa osvežavanje postaje jako složeno;
 - moguće su zatvorene petlje u planovima upućivanja;
 - vlasnika IP mreže (*IP provajder*) ima više;
 - vlasnici mreže često nisu vlasnici GW-a prema klasičnoj mreži.

- 
- TRIP rešava problem lokalizacije GW-a za pozive od IP prema klasičnoj mreži.
 - CTRIP – protokol koji u PSTN mreži rešava problem upućivanja u IP mrežu, analogno TRIP-u u IP mreži.
 - TRIB (*Telephone Routing Information Base*) – mesto gde se drže podaci u lokacijskom serveru. Podela: baza podataka o eksternim LS-ovima (pripadaju drugim ITAD), baza podataka o internim LS-ovima, baza lokalnih podataka.
 - Način obavljanja TRIP: uspostavlja se TCP veza. Posle uspostave TCP veze i pregovaranja, LS-ovi razmenjuju sadržaj svojih baza. Šalju se podaci o svakoj promeni baze. Cilj je da LS-ovi znaju preko kojih GW-a su dostupni koji telefonski brojevi.
 - CTRIP (*Circuit Telephony Routing Information Protocol*): u klasičnoj mreži vrši distribuciju podataka o upućivanju. Na granici ITAD-TAD TRIP se pretvara u CTRIP i obratno.

- 
- Prenosivost broja (*Number Portability*) – mogućnost da korisnik zadrži svoj pozivni broj ako promeni davaoca usluge (prelaz iz 064 u 063 mrežu), vrstu usluge (obična telefonska usluga prelazi u ISDN), lokaciju (preseljenje), pri čemu se ne narušavaju kvalitet i pouzdanost usluge.
 - Razlog uvođenja prenosivosti broja: ujednačavanje konkurentnosti svih ponuđača usluga. Bira se lako novi ponuđač ako se zadržava isti broj.
 - Termini koji se koriste vezano za prenosivost broja:
 - korisnički broj prema E.164 (bez prefiksa “00” i “0”), tj. sadrži kôd države (*country code*), međumesni kôd (*area code*), broj korisnika (*subscriber number*) – do 15 cifara;
 - preneti broj – korisnički broj koji je prenet;
 - broj za upućivanje (*Routing Number*) – broj koji se koristi da bi se poziv uputio kroz mrežu do traženog korisnika sa prenetim brojem;

- 
- donorska mreža (centrala): mreža ili centrala gde je posmatrani broj prvi put bio registrovan;
 - polazna mreža (centrala) (PM): mreža ili centrala iz koje polazi poziv prema korisniku koji je preneo broj;
 - dolazna mreža (centrala): mreža ili centrala u kojoj je korisnik sa prenetim brojem;
 - uslužna mreža (centrala) (UM): sadrži podatke o prenetim brojevima i iz nje se može dobiti broj za upućivanje;
 - tranzitna mreža (centrala) (TM): može (ali ne mora) se nalaziti između dve od mreža (centrala): polazne, dolazne, uslužne, donorske.

■ Osnovni princip ostvarenja veze sa korisnikom koji je pre-



neo broj: prvo se ostvaruje veza sa uslužnom centralom, odakle se dobija broj za upućivanje, posle čega se ostvaruje veza. Često PM i UM (TM i UM) ista mreža.

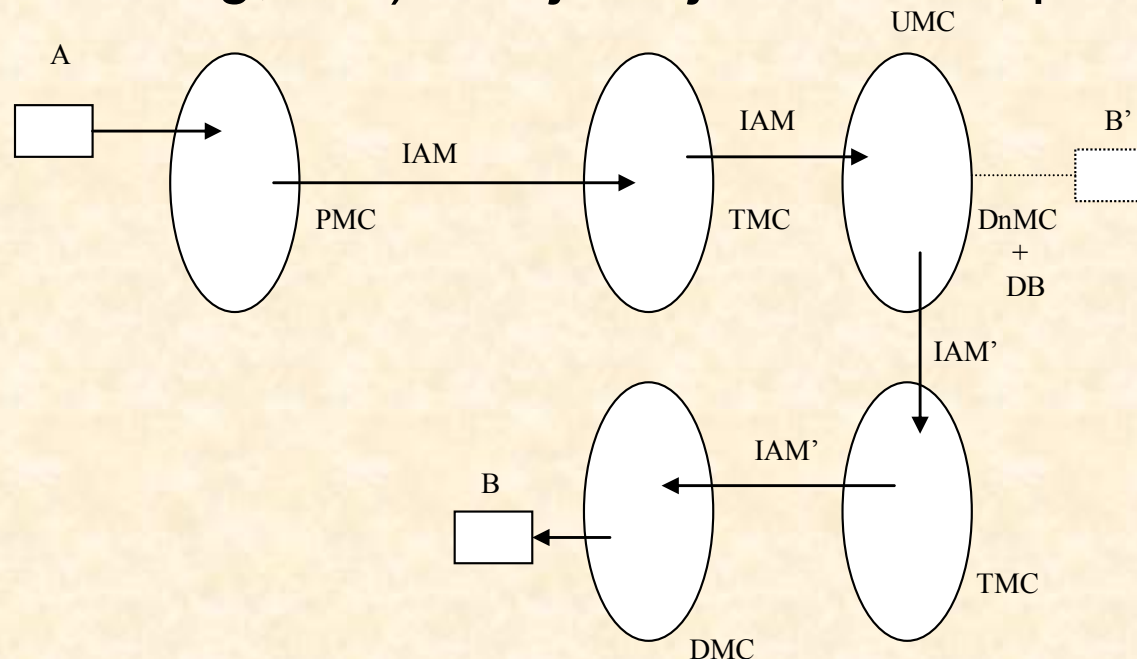
PMC, UMC, TMC, DMC – polazna, uslužna, tranzitna, dolazna mreža ili centrala

Potrebne promene u mreži za prenosivost broja:

- numeracija: imenik postaje ravni umesto geografskog (hijerarhijskog), tj. on je popis virtuelnih brojeva;
- signalizacija: postaje složenija;
- postupak upućivanja: od hijerarhijskog na osnovu pozivnog broja prelazi u pretvaranje pozivnog broja u broj za upućivanje;

- 
- Sistem naplate: menja se, jer ne postoji čvrsta veza broja iz imenika i resursa koji se koriste za vezu.
 - U realizaciji mreže sa prenosivošću broja broj za upućivanje može biti adresa pozvanog telefona, dolazne centrale, dolazne mreže ili neke tačke u mreži preko koje se može doći do traženog korisnika. U prvom slučaju broj za upućivanje je dovoljan za ostvarenje veze, u ostalim treba još korisnički broj pozvanog.
 - Prenosivost broja je uslovljena korišćenjem signalizacija koje prenose različite podatke (CCS7). Izabrani broj u poruci IAM (*Initial Address Message*) se u uslužnoj centrali zamenjuje brojem za upućivanje u poruci IAM', koja sadrži broj za upućivanje i prvoizabrani broj.

- Prvi postupak: preusmeravanje u donorskoj centrali (*Onward Routing, OR*) – najmanje efikasno, postoje 2 veze.



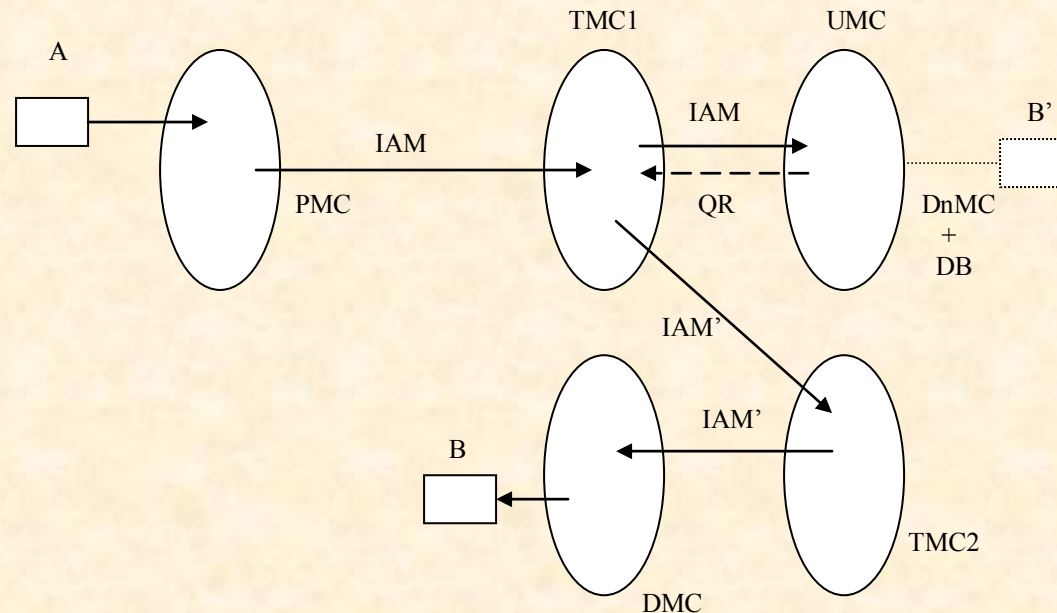
A (B) pozivajući (pozvani) korisnik, B' traženi pretplatnik pre prenošenja broja

PMC, UMC, TMC, DMC, DnMC – polazna, uslužna, tranzitna, dolazna, donorska mreža ili centrala

DB baza podataka o prenetim brojevima

Donorska centrala sadrži bazu prenetih brojeva. Ona je, samim tim, uslužna centrala. Po prijemu IAM poruke upućuje upit bazi podataka, dobija broj za upućivanje i ugrađuje ga u novu IAM' poruku za traženog korisnika.

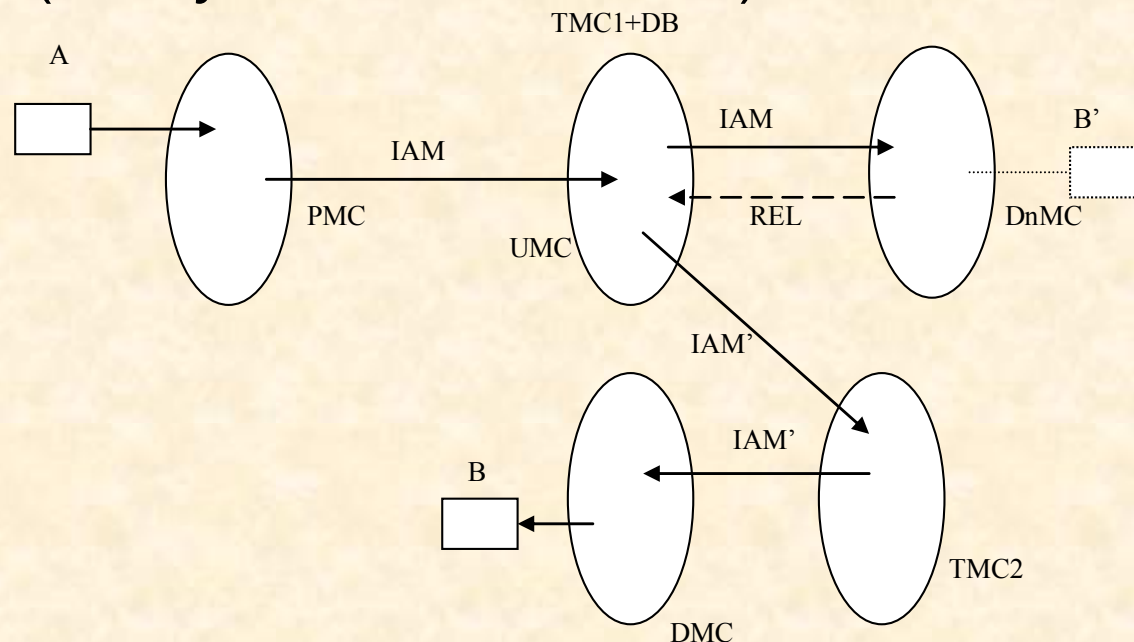
- Drugi postupak: preusmeravanje posle “slepog” zauzimanja donorske centrale (*dropback* ili *Return To Pivot, RTP*)



A (B) pozivajući (pozvani) korisnik, B' traženi pretplatnik pre prenošenja broja
 PMC, UMC, TMC, DMC, DnMC – polazna, uslužna, tranzitna, dolazna, donorska mreža ili centrala
 DB baza podataka o prenetim brojevima

Baza podataka je u donorskoj centrali. Ona ne preusmerava poziv, nego vraća nazad (*dropback*) informaciju sa brojem za upućivanje (QR) do centale koja može da promeni IAM poruku u IAM'.

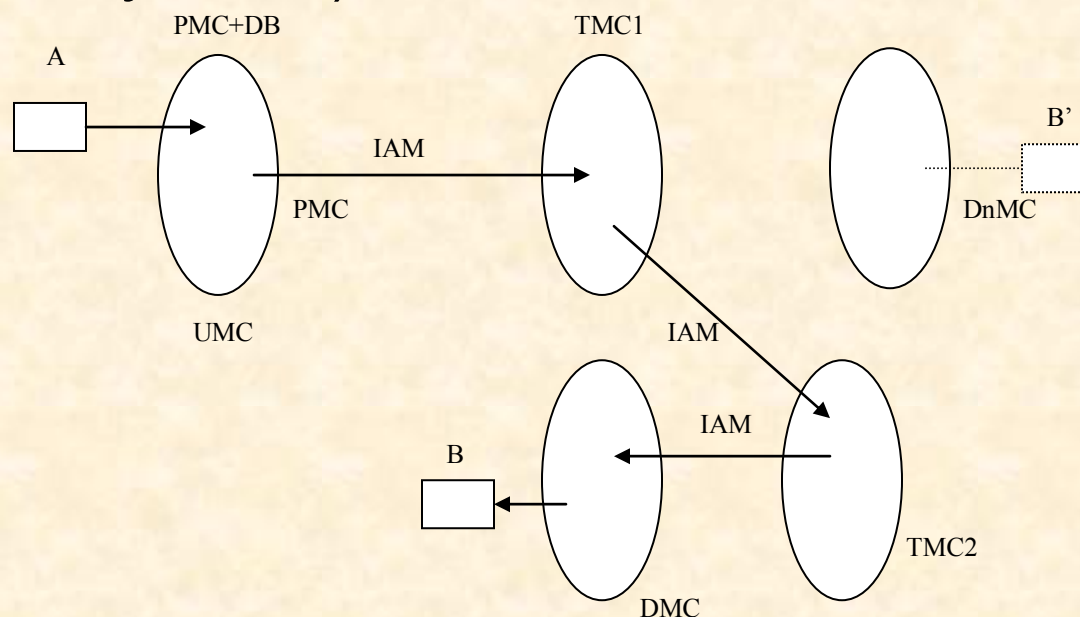
- Treći postupak: preusmeravanje posle prekida iz donorske centrale (*Query on Release, QoR*)



A (B) pozivajući (pozvani) korisnik, B' traženi pretplatnik pre prenošenja broja
 PMc, UMc, TMC, DMc, DnMc – polazna, uslužna, tranzitna, dolazna, donorska mreža ili centrala
 DB baza podataka o prenetim brojevima

Baza podataka je u tranzitnoj centrali (TC). Poziv stiže u donorsku centralu, ona prekida poziv signalnom porukom REL koja sadrži podatak da je broj prenet. U TC se šalje upit (*Query on Release, QoR*) bazi i dobijeni broj za upućivanje ugrađuje u IAM' poruku.

- Četvrti postupak: preusmeravanje u jednom koraku (*All Call Query, ACQ*)



A (B) pozivajući (pozvani) korisnik

B' traženi pretplatnik pre prenošenja broja

PMC, UMC, TMC, DMC, DnMC – polazna, uslužna, tranzitna, dolazna, donorska mreža ili centrala

DB baza podataka o prenetim brojevima

Baza podataka je u polaznoj (ili prvoj tranzitnoj) centrali. Odmah se šalje upit u bazu i broj za upućivanje dobija u jednom koraku. Nema slepih zauzimanja, donorska centrala ne učestvuje u preusmeravanju.

- 
- Realizacija prenosivosti broja u IP mreži: promenom podataka u DNS bazi i primenom ENUM postupka. Kad telefon pređe u drugu mrežu, menja URI adresu i to se registruje u DNS domenu *.e164.arpa*. Na DNS upit dobija se NAPTR RR zapis sa promenjenom URI adresom.
 - Realizacija veze iz IP mreže sa PSTN telefonom koji je preneo broj: ako nema CTRIP-a, promenom u TRIP bazi lokacijskih servera. Moguće je da posle prenosa neki drugi GW može da ostvari optimalan put ka traženom broju. Podatke treba promeniti u PSTN, DNS, LS što brže. Ako postoji CTRIP, on distribuira podatke po mreži.
 - Realizacija veze iz PSTN mreže sa IP telefonom koji je preneo broj: koristi se TRIP-CTRIP distribucija podataka.
 - Naplaćivanje: princip da je prenošenje broja besplatno za korisnike.

Proračun paketskih resursa

- Nedostatak paketskih mreža u odnosu na klasičnu mrežu: u klasičnoj upravljačke jedinice se odnose na jednu centralu, u paketskim (proksi serveri u SIP mreži, gejtkeperi u H.323 mrežama) se odnose na celu mrežu→kvar pogađa veći broj korisnika. Zato u paketskoj mreži postoji više jedinica koje mogu da zamene neispravnu. Jedna jedinica je glavna i u njoj se vrše promene vezane za mrežu, promene se u kratkim vremenskim intervalima dostavljaju preostalim uređajima – njegovim kopijama →rešenje za preživljavanje (*survivable system*).

- 
- Poređenje proračuna resursa klasične i IP mreže:
 - u klasičnoj mreži nedostatak resursa→ne može se ostvariti veza (gubici, *loss*, *blocking*) ili se čeka ostvarenje veze, saobraćajna svojstva resursa ne utiču na kvalitet veze kad se ona ostvari;
 - u paketskoj mreži nema gubitaka zbog nedostatka resursa, preopterećenje resursa→povećano kašnjenje paketa→gubitak paketa (*packet loss*)→smanjenje kvaliteta govornog signala na prijemu, veze se ostvaruju;
 - upravljanje kvalitetom veze u toku njenog trajanja: u paketskim mrežama se prati opterećenje i smanjuje intenzitet izvora koji nisu vezani za rad u realnom vremenu, u klasičnoj mreži nije potrebno;



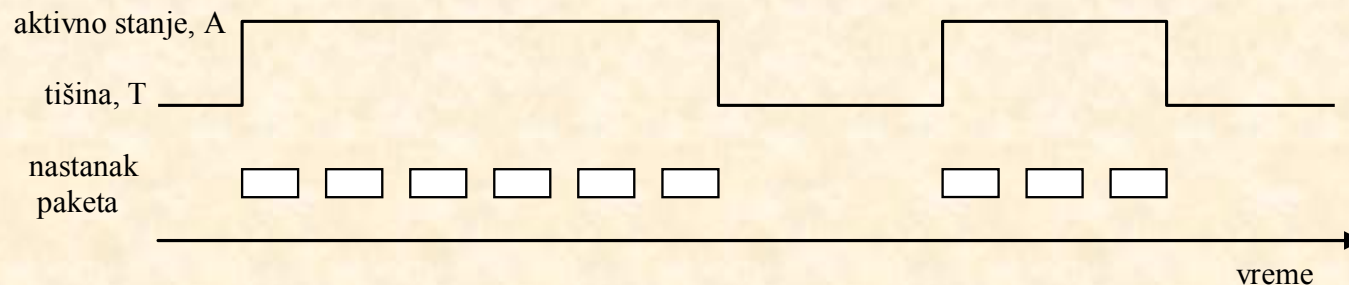
- zajednički uticaj saobraćajnih i nesaobraćajnih veličina na kvalitet govornog signala u paketskoj mreži (šum, eho, veličina bafera, čekanje i gubitak paketa), u klasičnoj telefoniji saobraćajne veličine utiču na broj uspostavljenih veza, kvalitet signala na prijemu zavisi od električnih i prenosnih karakteristika mreže (šum, preslušavanje, kodovanje).

- Osnovno pitanje saobraćajnog proračuna u paketskoj mreži: koliki protok na linkovima i koliki bafer su potrebni da kašnjenje i broj izgubljenih paketa budu ispod propisane vrednosti ako je poznat paketski protok korisnika.
- Saobraćajni model ISDN-a ima elemente klasične telefonije (B kanali se zauzimaju prema modelu sa gubicima – ako su svi kanali zauzeti, sledeći poziv se ne može uslužiti) i paketske telefonije (D kanal prenosi paketizovanu signalizaciju i podatke, paketi čekaju ako je zauzet, nema gubitaka).

- 
- Sličnost proračuna resursa u paketskim i klasičnim mrežama: načelo statističke ravnoteže dolazaka zahteva (poziva, paketa) i procesa usluživanja, ovi prosečni zahtevi se ne menjaju sa vremenom.
 - Saobraćajni pokazatelji u IP mreži: vreme aktivnosti (neaktivnosti) izvora paketa, protok od jednog izvora, raspodela vremena između dolaska dva paketa, srednje vreme trajanja paketa, najveći protok linka, iskorišćenost linka, veličina bafera, gubici paketa.
 - Zadatak saobraćajnih proračuna u paketskoj telefoniji: dimenzionisanje paketskog linka i bafera na osnovu broja korisnika i njihovog saobraćajnog modela. Link treba da bude dovoljno iskorišćen, ali ne previše da bafer može da obezbedi da se ne izgubi previše paketa.

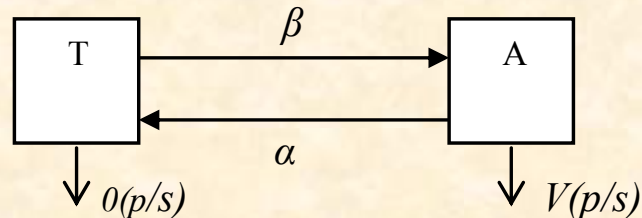
- 
- Proračun za govorne i signalne pakete se razlikuju. Signalni se ne smeju izgubiti → prenose se protokolima sa proverom prijema i retransmisijom (TCP, SCTP), za govorne bitna brzina → prenose se brzim RTP protokolom. Ako se RTP koristi za signalizaciju bez retransmisije, višestruko se šalju paketi. Gubici govornih paketa vode padu kvaliteta govornog signala (činioca kvaliteta R). Kad je veliko opterećenje, usporava se signalizacija, tj. usporava se uspostava i raskidanje veze, nema gubitaka.
 - Model izvora paketizovanog govornog signala:
 - nekomprimovani signal ima stalni protok – na 30-kanalnom E1 linku $30 \cdot (pz + 64) \text{ kb/s}$, gde je pz protok zaglavlja;
 - komprimovani signal u kome se odbacuju pauze u govoru → broj izvora saobraćaja je promenljiv, protok manji nego kod nekomprimovanog signala.

■ Model izvora govornog signala sa kompresijom:



- odbacuju se pauze u govoru (*silence removal*): aktivna stanja (trajanje $T_\alpha=0,4-1,2s$, srednja vrednost $1/\alpha$) i stanje pauze (trajanje $T_\beta=0,6-1,8s$, srednja vrednost $1/\beta$). U aktivnom stanju tok paketa je konstantan.

- Model govornog signala sa kompresijom: u stanju tišine (T) ne stvaraju se paketi, u aktivnom stanju (A) stvara se V p/s. β – intenzitet prelaska u aktivno stanje, α – intenzitet prelaska u stanje pauze.

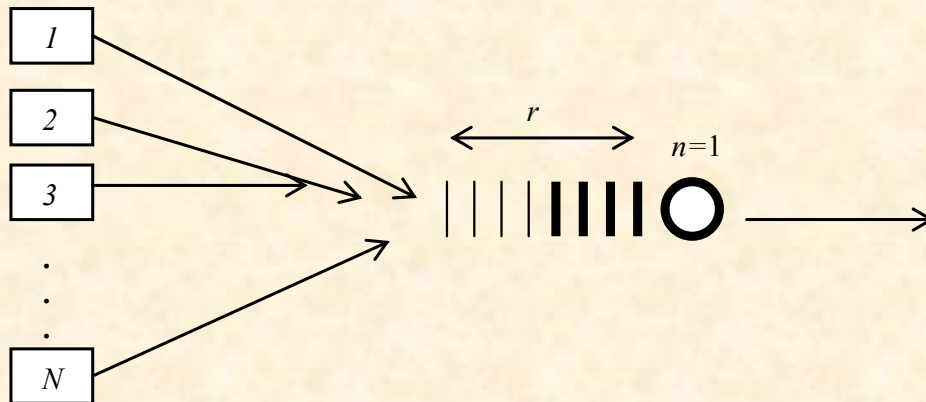


Potreban protok za paketizovani govor:

$\rho_i V$ (p/s), gde je činilac aktivnosti izvora $\rho_i = \frac{\beta}{\alpha + \beta}$

■ Matematički model paketskog multipleksera sa baferom:

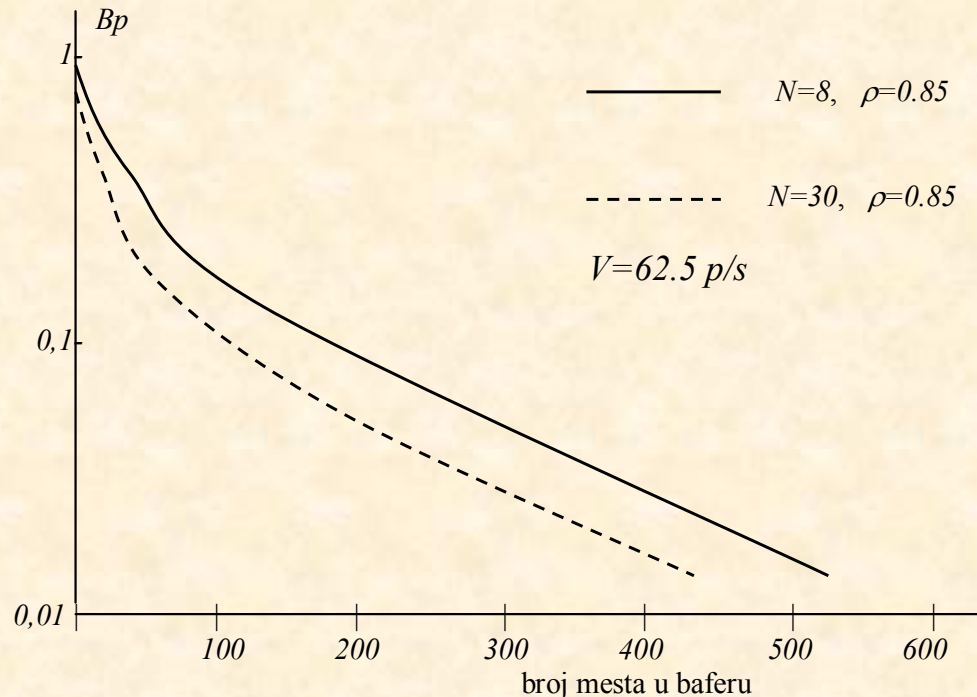
izvori



- N izvora govornog signala, $n=1$ organ usluživanja (odlazni link protoka CV i saobraćaja ρ), r mesta za čekanje koja primaju po jedan paket, zajedno čine bafer.

- Problem određivanja veličine bafera: određuje se broj mesta (r) ako su poznati intenziteti prelazaka α i β , broj izvora govornog signala (N), protok na linku (CV), saobraćaj linka (ρ) tako da gubici budu manji od propisanih.

■ Gubici u zavisnosti od broja izvora



- protok na linku je srazmeran broju izvora paketa (N);
- najveći gubici za mali broj izvora saobraćaja, za isti broj mesta u baferu gubici se smanjuju kad N raste, pri čemu srazmerno broju izvora saobraćaja povećavamo protok na linku.



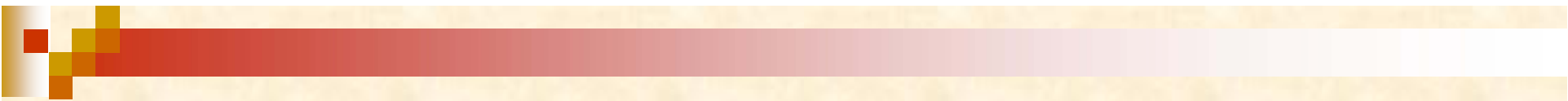
- Postoji velika zavisnost vremena čekanja govornih paketa na obradu od dužine negovornih paketa, jer vreme čekanja zavisi od srednje dužine svih paketa i standardne devijacije dužine svih paketa. Negovorni su duži i promenljivog trajanja, pa znatno uvećavaju čekanje.

- Čekanje se smanjuje usluživanjem sa prioritetom bez prekidanja započete usluge (*non-preemptive priority queueing system*). Paketi se dele po prioritetu na nekoliko klasa, usluživanje je po prioritetu klasa, unutar klase po redu dolaska, ne prekida se usluga paketa nižeg prioriteta ako je usluga započeta. Govornim paketima se dodeljuje najviši prioritet, a uticaj dugih paketa ostvaruje se samo preko već početog usluživanja negovornih paketa.

Standardi u paketskim tehnikama

- Internetski standardi: RFC (*Request For Comments*) uz dodatak 3-cifrenog ili 4-cifrenog broja. Uređuje ih IETF (*The Internet Engineering Task Force*). Stvaraju se od početka do kraja u IP zajednici (svako može da učestvuje) – uobičajeno je da standarde stvaraju eksperti. Prva faza je postupak predlaganja i diskusije (bar 6 meseci – *draft*), posle usvajanja mogu biti: S – *Standards Track*, E – *Experimental*, B – *Best Current Practice*, I – *Informational*. Novije verzije sa novim brojevima menjaju stare.
- FR mreže: IA (*Implementation Agreements*), oznaka FRF X.Y (X je broj IA, Y broj verzije). Najvažniji FRF.10.1 i FRF.11.1. Održavao ih je FR forum, sada *MPLS and Frame Relay Alliance*.

- 
- ATM standardi (*Approved Specifications*): razvrstani u grupe koje se odnose na arhitekturu, signalizaciju, itd. Za telefoniju grupa *Voice&Telephony over ATM (VToA)*. Održava ih ATM Forum. Oznake standarda: *af-vtoa-abcd.efg* ($a, b, \dots, g = 0, 1, \dots, 9$); a, b, c, d - broj standarda, e, f, g - verzija.
 - IP telefonija koristi standarde telekomunikacija i paketske tehnike. Te standarde stvorili su ITU-T, IETF, FR Forum, ATM Forum, ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), ANSI (*American National Standards Institute*), ECMA (*European Computer Manufacturers Association*). Postoji saradnja na izradi nekih standarda; primer: IETF i ITU-T zajedno izradili MEGACO protokol.
 - CCS7 je razvila organizacija ITU-T za potrebe klasične telefonije. IETF grupa SIGTRAN je kasnije razvila standarde koji omogućavaju primenu CCS7 u paketskim mrežama.

- 
- QSIG signalizaciju u privatnim ISDN mrežama određuju ECMA (*European Computer Manufacturers Association*) standardi, ETS (*European Telecommunication Standard*) standardi, ISO/IEC (*International Standardization Organization and International Electrotechnical Commission*) standardi. ECMA standardi propisuju pretvarače signalizacije SIP-QSIG.
 - Posebna vrsta standardizacije je udruživanje zainteresovanih proizvođača u cilju proizvodnje kompatibilne opreme. Primer: Memorandum o razumevanju (*Memorandum of Understanding*) radi proizvodnje korporacijskih ISDN centrala sa QSIG signalizacijom.

Značenje skraćenica

- IP i TCP/IP – protokoli, ali često celokupna paketska tehnologija. Sreću se izrazi: *IP cloud* – deo mreže gde se koristi paketska tehnologija; *IP world* – IP svet; *IP community*, *IP entity* – IP zajednica.
- Skraćenice u Internet telefoniji: uglavnom od naziva protokola. Često ista skraćenica nema isto značenje (RTP – *Real-Time Transport Protocol* i *Routing Table Protocol*) ili se koristi i u drugim oblastima (RTP – *Rapid Thermal Processing*, *Regional Transportation Plan*). Mogu imati višestruko tumačenje za isto značenje (RTP – *Real-time Transport Protocol*, *Real Time Protocol*, *Real time Transfer Protocol*) ili se odnositi na različite stvari (SIP – *Session Initiation Protocol* i *Session Invitation Protocol* se odnosi na istu stvar, a *Simple Internet Protocol* je različita stvar → potrebno je uporediti izvorne i najsvežije RFC preporuke).

- 
- Poreklo skraćenice ENUM: *Electronic NUMbering, tElephone NUMbering, E.164 Number Mapping, tElephone Number Mapping* (izvorni standard je RFC2916).
 - Poređenje termina *routing* i *forwarding*:
 - u našem jeziku za oba termina je prevod upućivanje;
 - u klasičnoj telefoniji proces u mrežnoj tački (centrali) kojim se određuje pravac upućivanja veze - statični;
 - u Internetu potrebna dinamička promena pravila upućivanja: upućivanje (*routing* – usklađivanje pravila prosleđivanja) i prosleđivanje (*forwarding* – proces određivanje naredne deonice veze);
 - prosleđivanje je postupak u mrežnom čvoru koji se u klasičnim mrežama zvao upućivanje;
 - prosleđivanje je proces koji se dešava u jednom mrežnom čvoru, upućivanje je algoritam koji uzima u obzir celu mrežu, tj. skup prosleđivanja od izvora do odredišta.

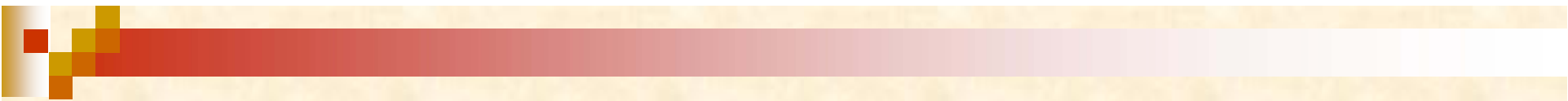
- Pojava odjeka (*echo*):

1. neizbežna i štetna kad se radi o zakašnjenom signalu govornika na strani govornika ili slušaoca, ne može se sprečiti međusobni uticaj korisnog signala i odjeka;
2. korisna u korisničkom delu ISDN mreže između *k*-tog terminala (TE_k) i mrežnog završetka (NT): D bitovi se šalju TE_k→NT, E bitovi su isti kao D bitovi, šalju se u smeru NT→TE kao potvrda da je poruka poslata po D kanalu u smeru NT→centrala.

- Termini za paket: datagram, frejm, okvir, ćelija, segment.
- Termini za (virtuelnu) vezu: LAP veza (ISDN), sesija (SIP), asocijacija (SCTP), kontekst (MEGACO), perzistentna veza (HTTP).
- Termini za upravljačku jedinicu dela mreže: *Media Gateway Controller*, *Proxy Server*, *(Proxy) Gatekeeper*, *Call Server*, *Call Agent*, *Softswitch*, *Switch Controller* (zavisno od proizvođača, namene).

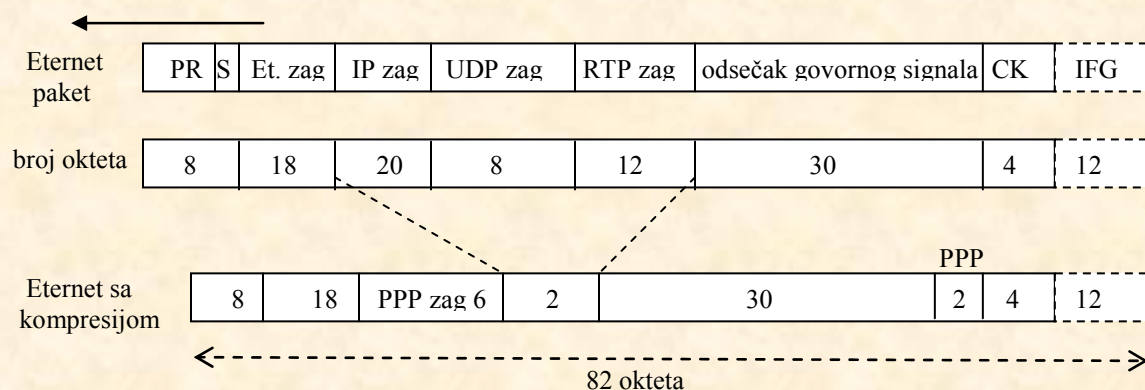
- 
- Jedinice na granicama mreža i njihove funkcije: GW (*GateWay*), IWU (*InterWorking Unit*) na granici BICC (ISUP) i SIP, *edge router*, *BICC (interface serving node)* najčešće se nazivaju gejtvej. Mogao bi se koristiti termin prenosnik. Funkcije: promena formata korisne informacije (paketizer - depaketizer), transkodovanje (G.711-G.729), prevođenje ili učaurenje signalizacije (signalni GW), prevođenje pozivnog broja (iz URI u telefonski broj), prevođenje protokola (TRIP u CTRIP i obratno).
 - Dvosmernost veze: odnosi se na slanje i prijem signalizacije i korisničkih podataka. Za signalizaciju: simetrične (izbalansirane) veze – između centrala (QSIG, CCS7) i nesimetrične veze – između neravnopravnih elemenata (MGC-MG, ISDN terminal - ISDN centrala).
 - *Full duplex* – dvosmerna veza koja može da prenese korisnički signal u oba smera istovremeno (Ethernet između dve tačke, TCP, korisnički ISDN uz poništenje odjeka).

- 
- *Both-way* – mogućnost dvosmernog prenosa signalizacije (početka veze), ali ne istovremeno (ISDN korisnički kanal može se zauzeti u oba smera, za svaku vezu posebno u jednom smeru se šalje).
 - *Simplex* – prenos se vrši samo u jednom smeru (veza između prvih računara i štampača).
 - *Semi-duplex (half duplex)* – veza u oba smera, ali ne istovremeno (Ethernet računarska mreža na CSMA/CD načelu).
 - BRI, PRI (*Basic, Primary Rate Interface*) i BRA, PRA (*Basic, Primary Rate Access*) – koristi se ravnopravno, ali sve više za povezivanje korporacijskih centrala i javne mreže (mrežno povezivanje), pa je pravilnije BRI (PRI).

- 
- FXS (*Foreign eXchange Subscriber*), FXO (*Foreign eXchange Office*) – označavanje priključnih tačaka (interfejsa): tačka centrale na koju se priključuje telefonska linija prema telefonu je FXS, tačka na telefonu na koju se priključuje linija prema telefonu je FXO → skraćenica je prema strani na koju se povezuje.
 - Oznake za veze između mrežnih čvorova:
 - u javnoj klasičnoj telefonskoj mreži trankovi (*trunk*) ili linkovi između centrala (*interexchange link*);
 - u paketskim mrežama NNI (*Network to Network Interface, Network Node Interface*);
 - u telefonskoj tehnici IP trunk za (virtuelnu) paketsku vezu dve centrale.

- Zadatak 24: Koliko najviše telefonskih veza može da se ostvari po polovini Eternet protoka 100Mb/s uz kompresiju zaglavlja i govornog signala (G.729)?

Rešenje: najviše veza se ostvari ako je period paketizacije najduži, tj. 30ms, odnosno 33.33 paketa/s. G.729 ima protok 8kb/s, odnosno 1kbyte/s. IP, UDP i RTP zaglavlje se komprimuju u 2 bajta. Koristi se PPP protokol ako se Eternetu pristupa preko linije malog protoka (zaglavlje 6 okteta, provera 2). Preambula 8 byte, provera (CK) 4 byte. Eternet zaglavlje: standardni deo 14byte + *VLAN tag* 4byte. Broj veza:

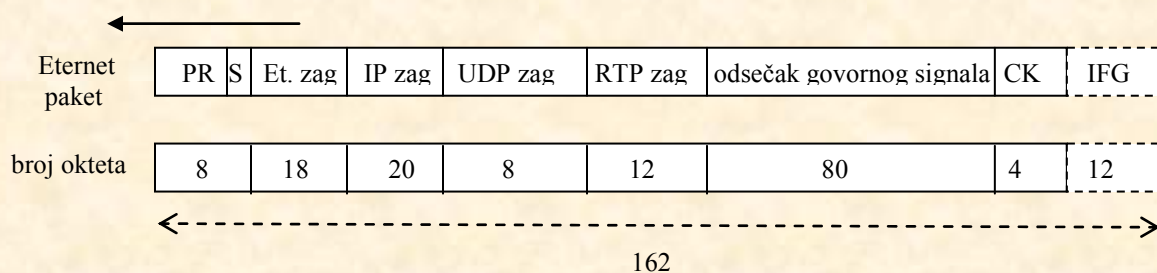


$$N = \frac{50 \cdot 10^6}{33.33 \cdot 8 \cdot 82} = 2286$$

- Zadatak 25: Koliko najmanje telefonskih veza može da se ostvari po polovini Eternet protoka 100Mb/s?

Rešenje: najmanje veza se ostvari ako je period paketi-
zacije najkraći (10ms), odnosno 100 paketa/s, jer najveći
deo kapaciteta odlazi na zaglavlje. Potrebna je najveća
dužina korisnog sadržaja (koder G.711) i najveća dužina
zaglavlja (bez kompresije). G.711 ima protok 64kbit/s,
odnosno 8kbyte/s. Zaglavlja su: IP - 20 byte, UDP - 8 by-
te, RTP - 12 byte. Međuprostor (*Interframe Gap - IFG*) –
12 byte, preambula (PR) – 8 byte, provera (CK) – 4 byte.

Broj veza:

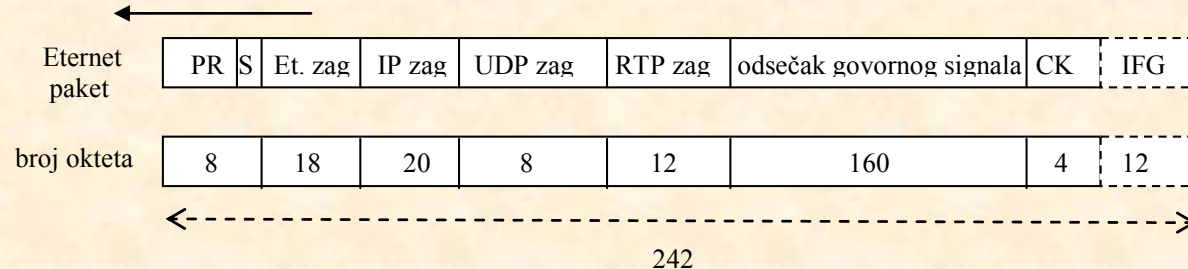


$$N = \frac{50 \cdot 10^6}{100 \cdot 8 \cdot 162} = 385$$

- Zadatak 26: Koliko se IP telefonskih veza može preneti po jediničnom bitskom protoku 1Mb/s u slučaju Eterneta, FR i ATM (20ms govor, bez kompresije)?

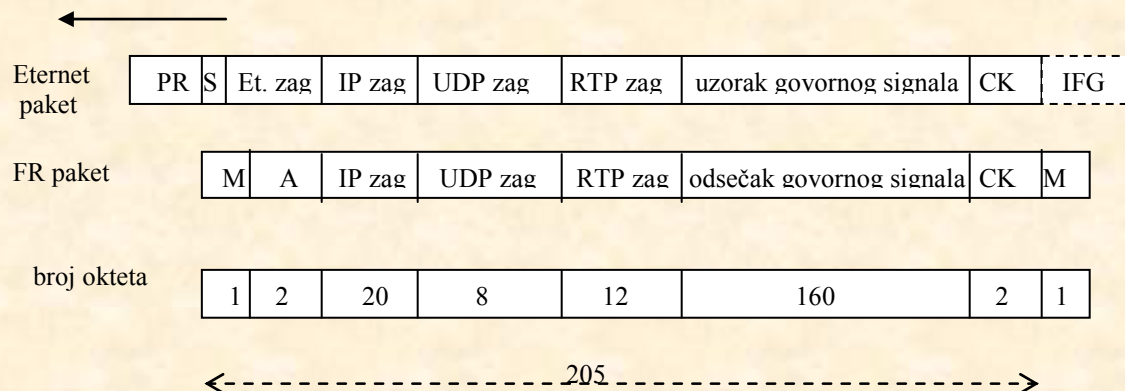
Rešenje: za period paketizacije 20ms ima 50paketa/s.

Eternet paket



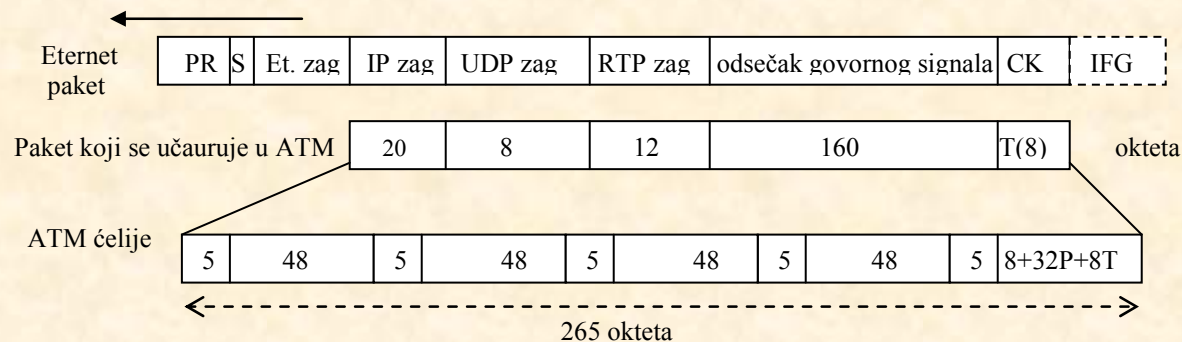
$$N = \frac{10^6}{50 \cdot 8 \cdot 242} = 10$$

FR paket: međa (M) -1 bajt, adresa (A) - 2 bajta umesto preambule i Eternet zaglavlja



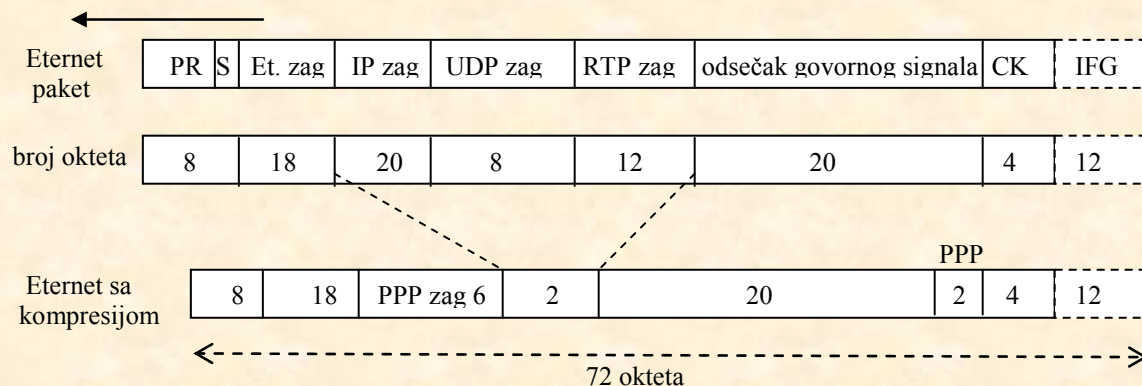
$$N = \frac{10^6}{50 \cdot 8 \cdot 205} = 12$$

- ATM paket: upravljački deo (trailer (T)) – 8 bajta, dopuna (padding) do celog rama -32 bajta.



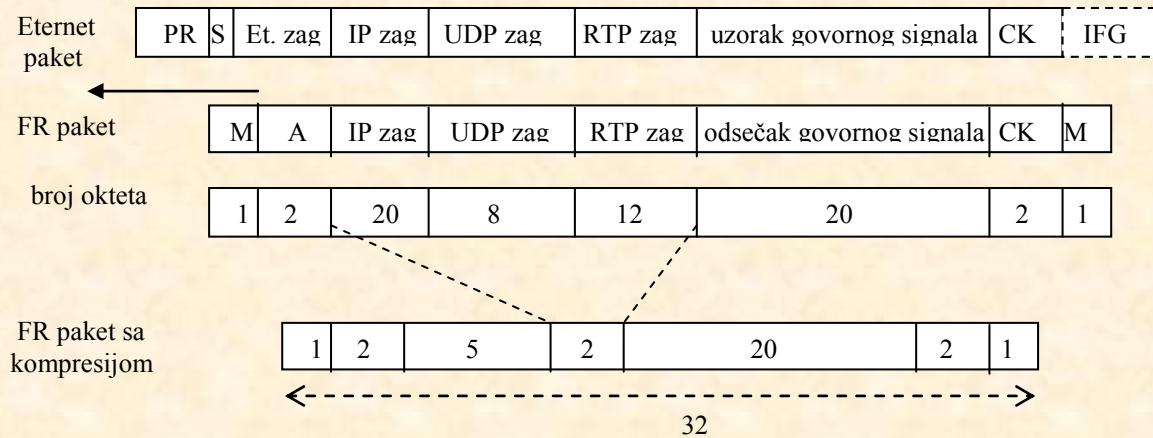
$$N = \frac{10^6}{50 \cdot 8 \cdot 265} = 9$$

- Zadatak 27: Koliko se IP telefonskih veza može preneti po jediničnom bitskom protoku 1Mb/s u slučaju Eterneta, FR i ATM (20ms govor, kompresija zaglavlja i sadržaja po G.729)?



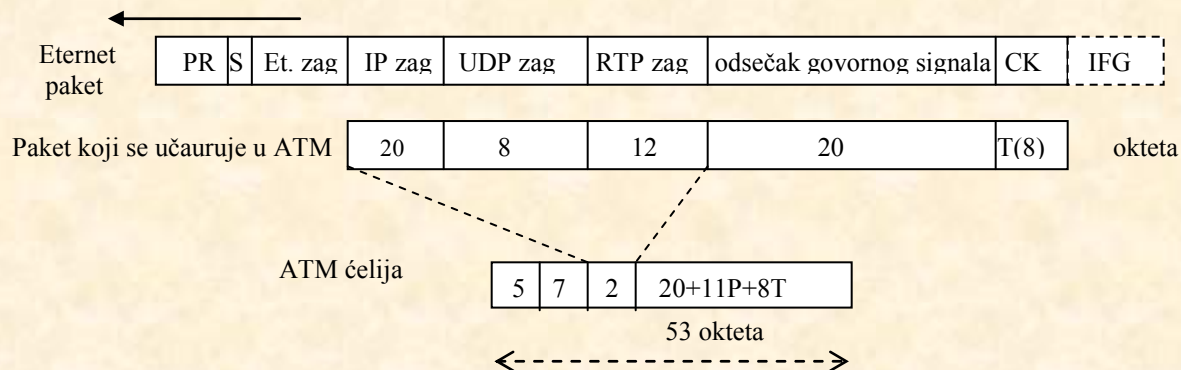
$$N = \frac{10^6}{50 \cdot 8 \cdot 72} = 34$$

FR paket



$$N = \frac{10^6}{50 \cdot 8 \cdot 32} = 78$$

ATM paket

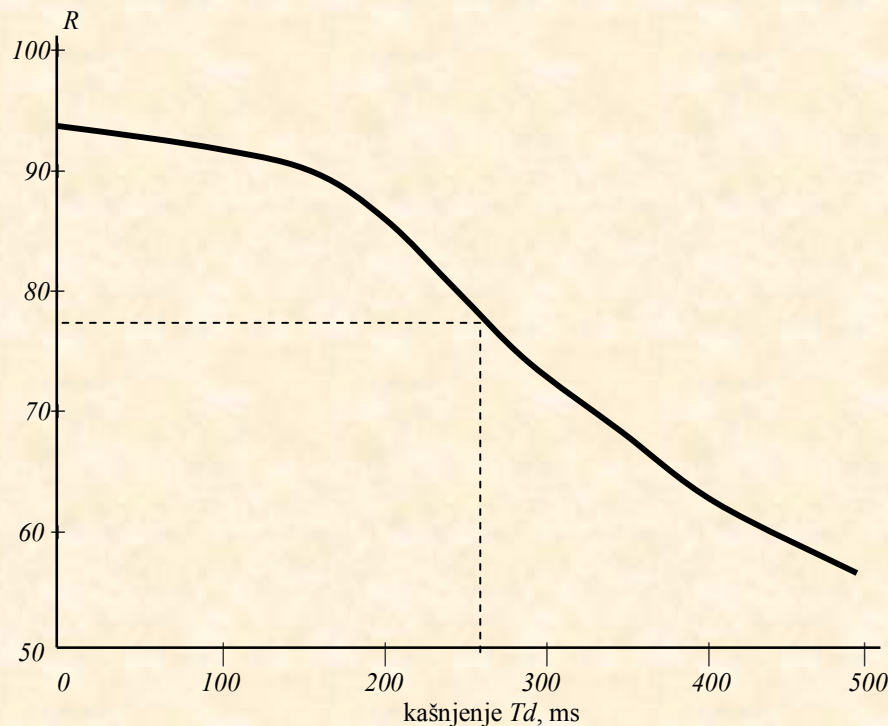


$$N = \frac{10^6}{50 \cdot 8 \cdot 53} = 47$$

- Zadatak 28: Koliko je kašnjenje signala preko satelita ako je njegova visina 40000km, a brzina prostiranja radio talasa 300000km/s? Za koliko opadne pri tome kvalitet IP telefonske veze?

Rešenje: Signal sa Zemlje stigne do satelita za:

$$t_{zs} = \frac{40000km}{300000 \frac{km}{s}} = 0,133s$$



Kašnjenje signala iznosiće:

$$t_{del} = 2 \cdot t_{zs} = 0,266s$$

Kvalitet opadne sa idealnih $R=94$ na $R=77$.

- Zadatak 29: Zahtevani kvalitet veze je $R \geq 80$, a kašnjenje svih elemenata mreže je 180ms. Kakve su kombinacije uticaja sada moguće?

Pod uticajem kašnjenja pad kvaliteta veze iznosi:

$$I_d = 180ms \cdot \frac{0,0222}{ms} \cong 4$$

odnosno pod uticajem kašnjenja postaje $R=90$.

Koder	Protok, kb/s	smanjenje kvaliteta, I_e
G.711	64	0
G.726,G.727	40	2
G.721,G.726,G.727	32	7
G.726,G.727	24	25
G.726,G.727	16	50
G.728	16	7
G.728	12,8	20
G.729	8	10
G.729A+VAD	8	11
G.723.1	6,3	15
G.723.1	5,3	19
GSM 06.10	13	20
GSM 06.20	5,6	23
GSM 06.60	12,2	5

Za ostale uticaje ukupno ostaje mogućnost smanjenja $\Delta R=10$. U obzir dolaze svi koderi (kompresori), čije je $I_e \leq 10$.

Ako se koristi G.729, nisu dozvoljeni gubici ni odjek (veći od -65dB).

Ako se koristi G.711, uzima se formula za E-model:

$$I_e = \frac{95 \cdot P_{pl}}{\frac{P_{pl}}{BurstR} + B_{pl}} \rightarrow P_{pl} = \frac{B_{pl} \cdot I_e}{95 - \frac{I_e}{BurstR}} \quad (1)$$

Neka postoje samo slučajni gubici, tako da je $BurstR=1$.

Vrsta kodera
ili kompresora

G.729+VAD

G.723.1+VAD

GSM 06.60

G.711

G.711+PLC

Otpornost na
gubitak paketa (Bpl)

19

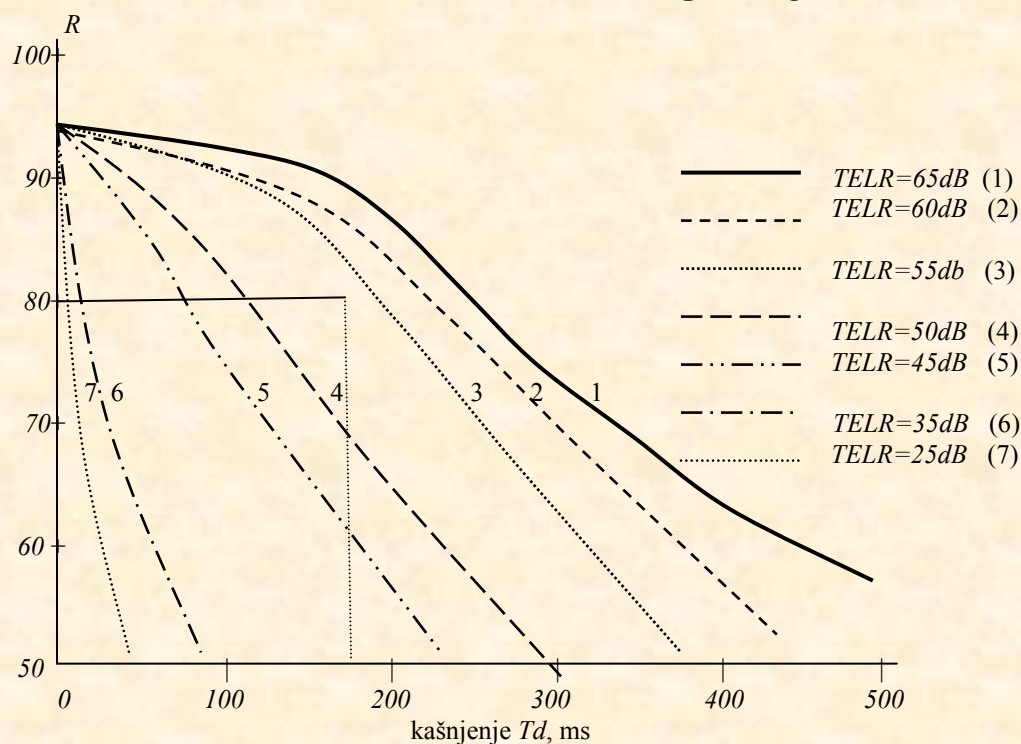
16,1

10

4,3

25.1

Zamenom u formulu (1), dobija se $P_{pf} \approx 0,5\%$ ako se koristi G.711 bez nadoknade izgubljenih paketa, a $P_{pf} \approx 3\%$ ako se koristi nadoknada izgubljenih paketa (PLC).



Ako nema kompresije i gubitka paketa, prema grafiku dozvoljen je odjek **TEL_R=55dB**.

- Zadatak 30: Koliki je kvalitet govornog signala na prijemu kada je kašnjenje mreže 100ms, veza prolazi kroz dva postupka kompresije-dekompresije po G.723.1 (6,3kb/s, $I_e=15$)? Između deonica veze gde je signal komprimovan nalazi se deonica gde se govorni signal prenosi u digitalnom (G.711) ali nekomprimovanom obliku (*tandeming*). Uticaj odjeka i gubitka paketa se mogu zanemariti.

Koder	Protok, kb/s	smanjenje kvaliteta, I_e	Koder	Protok, kb/s	To ms	Tla ms	Polazno kašnjenje, ms	
G.711	64	0	G.711	64	0,125	0	0,25	0,375
G.726,G.727	40	2	G.726,G.727	40	0,125	0	0,25	0,375
G.721,G.726,G.727	32	7	G.721,G.726,G.727	32	0,125	0	0,25	0,375
G.726,G.727	24	25	G.726,G.727	24	0,125	0	0,25	0,375
G.726,G.727	16	50	G.726,G.727	16	0,125	0	0,25	0,375
G.728	16	7	G.728	16	0,625	0	1,25	1,875
G.728	12,8	20	G.728	12,8	0,625	0	1,25	1,825
G.729	8	10	G.729	8	10	5	25	35
G.729A+VAD	8	11	GSM 06.10	13	20	0	40	60
G.723.1	6,3	15	GSM 06.20	5,6	20	0	40	60
G.723.1	5,3	19	GSM 06.60	12,2	20	0	40	60
GSM 06.10	13	20	G.723.1	6,3	30	7,5	67,5	97,5
GSM 06.20	5,6	23	G.723.1	5,3	30	7,5	67,5	97,5
GSM 06.60	12,2	5						

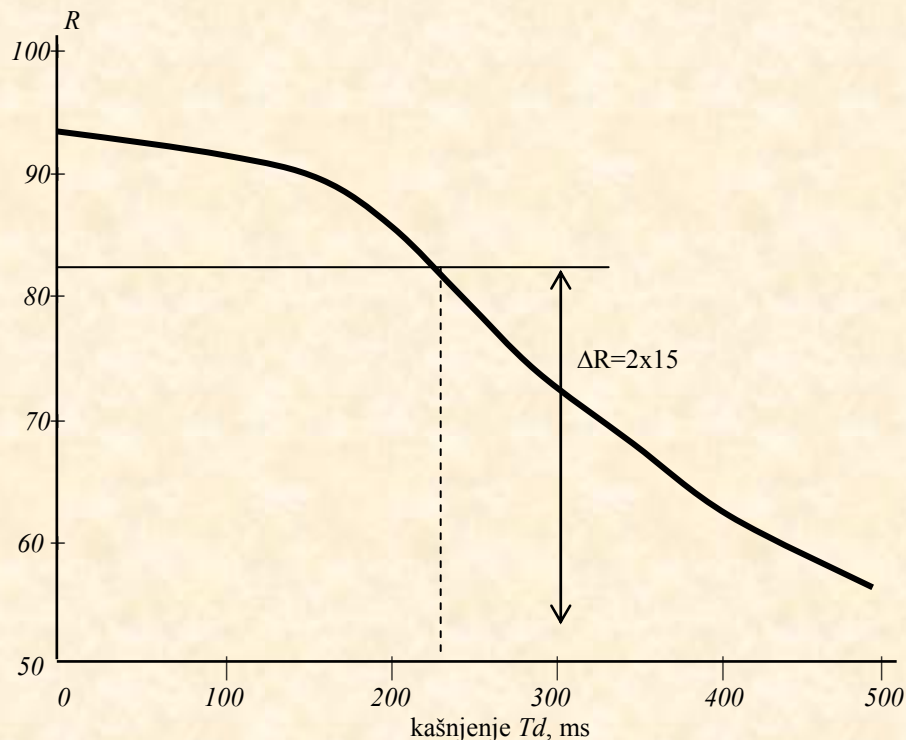
Kašnjenje zbog primene G.723.1 kompresije je po

$\geq 67,5\text{ms}$ u svakom od dva kompresora u vezi, pa je ukupno kašnjenje:

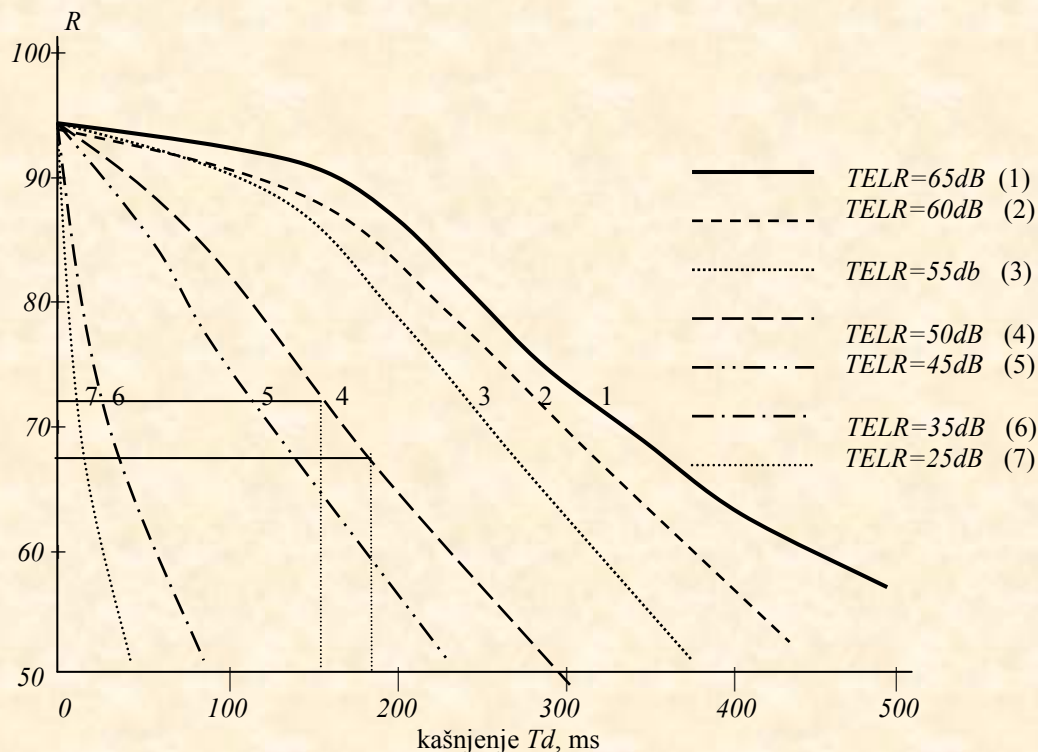
$$t_{del} = 100\text{ms} + 2 \cdot 67,5\text{ms} \cong 235\text{ms}$$

Kvalitet zbog kašnjenja je pao na $R \approx 83$.

Dvostruko komprimovanje u G.723.1 smanjuje kvalitet za još $le=30$ jedinica, tako da je kvalitet ove veze $R \approx 53$.



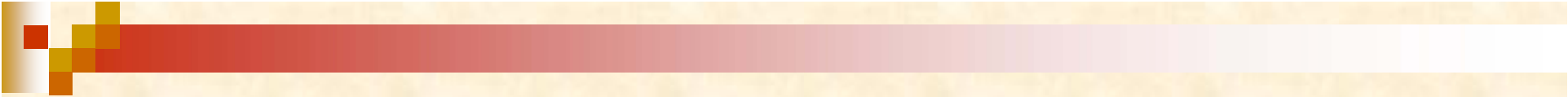
- Zadatak 31: U jednoj telefonskoj paketskoj mreži je kašnjenje 190ms od čega 50ms otpada na prijemni bafer za izgladivanje džitera, čime se eliminišu gubici paketa. Signal odjeka je -50dB. Kodovanje je po G.711. Šta će se desiti ako se u baferu za izgladivanje džitera kašnjenje smanji na 20ms i tada izazovu gubici paketa od 1%, a ostali uticaji se mogu zanemariti?



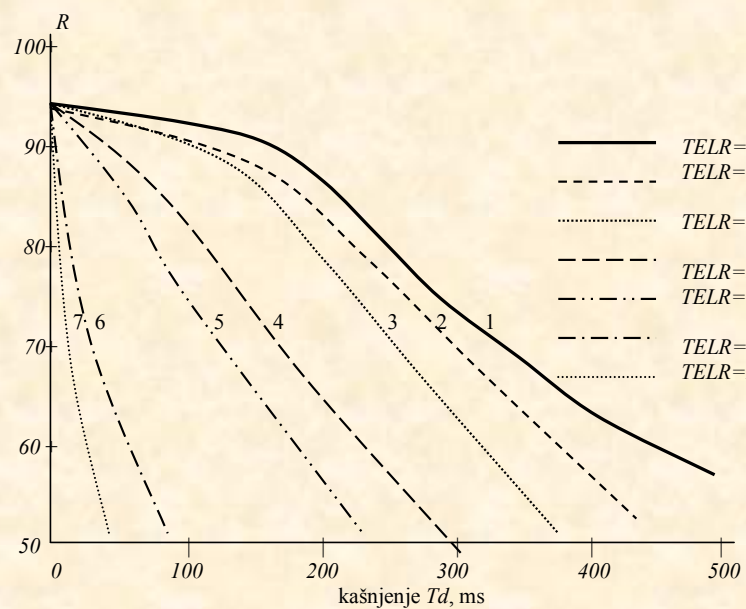
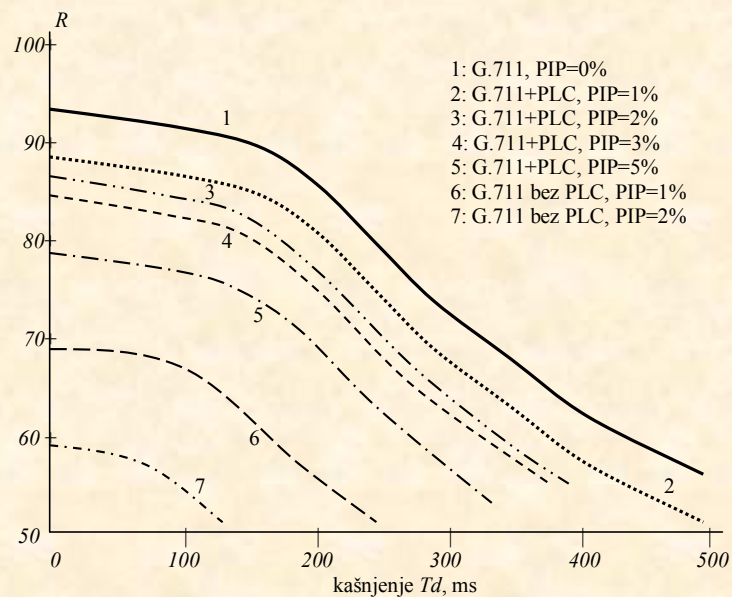
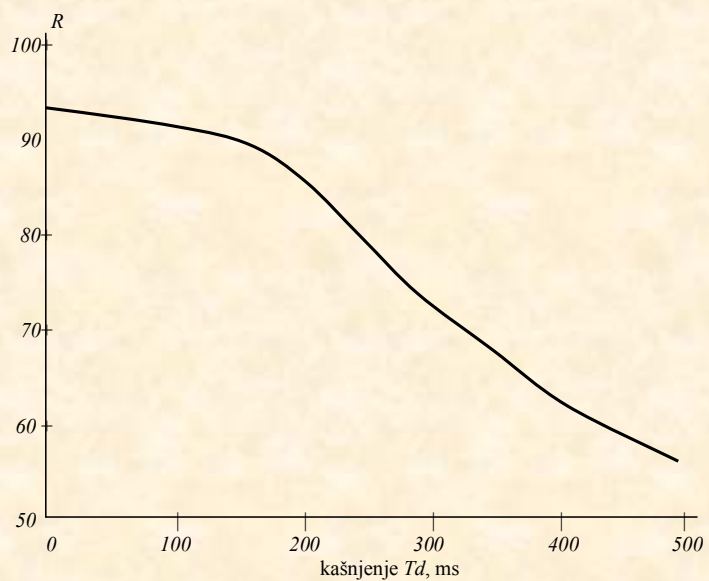
Zbog smanjenja kašnjenja kvalitet veze poraste sa $R \approx 67$ na $R \approx 72$, ali zbog (slučajnih) gubitaka paketa opadne za:

$$I_e = \frac{95 \cdot P_{pl}}{\frac{P_{pl}}{BurstR} + B_{pl}} = \frac{95 \cdot 1}{\frac{1}{1} + 4,3} \approx 18$$

tj. $R \approx 54$.



PRILOZI



Koder	Protok, kb/s	smanjenje kvaliteta, Ie
G.711	64	0
G.726,G.727	40	2
G.721,G.726,G.727	32	7
G.726,G.727	24	25
G.726,G.727	16	50
G.728	16	7
G.728	12,8	20
G.729	8	10
G.729A+VAD	8	11
G.723.1	6,3	15
G.723.1	5,3	19
GSM 06.10	13	20
GSM 06.20	5,6	23
GSM 06.60	12,2	5

koder kompresor	vreme obrade To, ms	look ahead, Tla, ms	algoritamsko kašnjenje, ms
G.711	0,125		0,125
G.729	10	5	15
G.723.1	30	7,5	37,5

100	94	90-100	vrlo zadovoljavajući	4,3-5	5
		80-90	zadovoljavajući	4-4,3	4,4
		70-80	neki korisnici nezadovoljni	3,6-4	
		60-70	mnogi korisnici nezadovoljni	3,1-3,6	
		50-60	skoro svi korisnici nezadovoljni	2,6-3,1	
50		<50 neprihvatljivo <2,6			2,6
0					1,0

Koder	Protok, kb/s	To ms	Tla ms	Polazno kašnjenje, ms	
				od	do
G.711	64	0,125	0	0,25	0,375
G.726,G.727	40	0,125	0	0,25	0,375
G.721,G.726,G.727	32	0,125	0	0,25	0,375
G.726,G.727	24	0,125	0	0,25	0,375
G.726,G.727	16	0,125	0	0,25	0,375
G.728	16	0,625	0	1,25	1,875
G.728	12,8	0,625	0	1,25	1,825
G.729	8	10	5	25	35
GSM 06.10	13	20	0	40	60
GSM 06.20	5,6	20	0	40	60
GSM 06.60	12,2	20	0	40	60
G.723.1	6,3	30	7,5	67,5	97,5
G.723.1	5,3	30	7,5	67,5	97,5

Vrsta kodera ili kompresora	G.729+VAD	G.723.1+VAD	GSM 06.60	G.711	G.711+PLC
Otpornost na gubitak paketa (<i>Bpl</i>)	19	16,1	10	4,3	25,1

■ Karakteristike paketskog prenosa po Eternetu, FR-u i ATM-u u zavisnosti od dužine vremenskog odsečka za

10ms, 20ms i 30ms, koristi se polovina protoka, bez kompresije zaglavlja.

		G.711			G.729		
	Koder kompresor						
	Bitski protok, kb/s		64		8		
Eternet	Odsečak govora, ms	10	20	30	10	20	30
	IP sadržaj, okteta	80	160	240	10	20	30
	Ceo IP paket, okteta	120	200	280	50	60	70
	Eternet paket, okteta	150	230	310	80	90	100
	Eternet protok po jednom razgovoru, kb/s	130	96,8	85,9	73,6	40,8	29,9
Frame Relay	Broj razgovora po 10Mb/s	38	51	58	67	122	167
	Broj razg. po 100Mb/s	385	516	582	679	1225	1674
	Broj razg. po 1Gb/s	3855	5168	5823	6793	12254	16742
	Frame Relay paket, bajta	124	204	284	54	64	74
	FR protok po razgovoru, kb/s	100	82,0	76,0	44,0	26,0	20,0
ATM	Broj razg. po 64kb/s	0	0	0	0	1	1
	Broj razg. po 128kb/s	0	0	0	1	2	3
	Broj razg. po 384kb/s	1	2	2	4	7	9
	Broj razg. po 512kb/s	2	3	3	5	9	12
	Broj razg. po 1,54Mb/s	7	9	10	17	29	38
	Broj razg. po 2,048Mb/s	10	12	13	23	39	51
	Broj razg. po 45Mb/s	225	274	296	511	865	1125
	ATM ćelija po uzorku govora	3	5	6	2	2	2
	ATM sadržaj, okteta	120	200	280	50	60	70
	ATM protok po razgovoru, kb/s	127,2	106,0	84,8	84,8	42,4	28,3
	Broj razg. po 1,54Mb/s	6	7	9	9	18	27
	Broj razg. po 2,048Mb/s	8	9	12	12	24	36
	Broj razg. po 45Mb/s	176	212	265	265	530	796
	Broj razg. po 155Mb/s	609	731	914	914	1827	2742

■ Karakteristike paketskog prenosa po Eternetu, FR-u i ATM-u u zavisnosti od dužine vremenskog odsečka za

10ms, 20ms i 30ms, koristi se polovina protoka, izvršena kompresija zaglav-
lja i PPP ućaurenje.

		G.711			G.729		
	Koder kompresor						
	Bitski protok, kb/s		64		8		
	Odsečak govora, ms	10	20	30	10	20	30
	IP sadržaj, okteta	80	160	240	10	20	30
	Ceo IP paket, okteta	82	162	242	12	22	32
Eternet	Eternet paket, okteta	120	200	280	50	60	70
	Eternet protok po jednom razgovoru, kb/s	106	84,8	77,9	49,6	28,8	21,9
	Broj razgovora po 10Mb/s	47	58	64	100	173	228
	Broj razg. po 100Mb/s	473	589	642	1008	1736	2286
	Broj razg. po 1Gb/s	4734	5896	421	10080	17361	22868
Frame Relay	Frame Relay paket, bajta	91	171	251	21	31	41
	FR protok po razgovoru, kb/s	73,6	68,8	7,2	17,6	12,8	11,2
	Broj razg. po 64kb/s	0	0	0	1	2	2
	Broj razg. po 128kb/s	0	0	0	3	5	5
	Broj razg. po 384kb/s	2	2	2	10	15	17
	Broj razg. po 512kb/s	3	3	3	14	20	22
	Broj razg. po 1,54Mb/s	10	11	11	43	60	68
	Broj razg. po 2,048Mb/s	13	14	15	58	80	91
	Broj razg. po 45Mb/s	305	327	334	1278	1757	2009
ATM	ATM ćelija po uzorku govora	3	4	6	1	1	1
	ATM sadržaj, okteta	89	169	249	19	29	39
	ATM protok po razgovoru, kb/s	127,2	84,8	84,8	42,4	21,2	14,2
	Broj razg. po 1,54Mb/s	6	9	9	18	36	54
	Broj razg. po 2,048Mb/s	8	12	12	24	48	72
	Broj razg. po 45Mb/s	176	265	265	530	1061	1592
	Broj razg. po 155Mb/s	609	913	914	1827	3655	5484