Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

DBBT Digital Broadcasting & Broadband Technologies

MULTIMEDIJALNO INZENJERSTVO - MASTER STRUKOVNIH STUDIJA

INTERNETSKA TELEFONIJA

- predavanje 4 -

PREDMET: MULTIMEDIJALNI INTERNET PRENOS

Visoka skola elektrotehnike

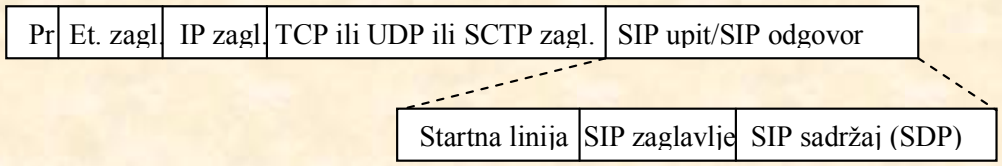
i racunarstva strukovnih studija

- Sadržaj predavanja 4:
  - SIP protokol
  - SIP-T protokol
  - SIP-I protokol
  - Pretvaranja SIP - ISUP, SIP-T – ISUP, SIP – QSIG, SIP – H.323
  - Funkcije *softswitch*-a, *media gateway*-a, *signaling gateway*-a, *media gateway controler*-a
  - SIGTRAN i SCTP protokol
  - Protokoli MGC i MEGACO
  - IAD
  - Komutacija u ATM i FR tehnici
  - Prenošenje paketizovanog signala kroz mrežu: učaurenje, dupleksni i poludupleksni Eternet
  - PPP, FR i ATM učaurenje
  - Upravljanje tokovima paketa

Paketska telefonska signalizacija (2)

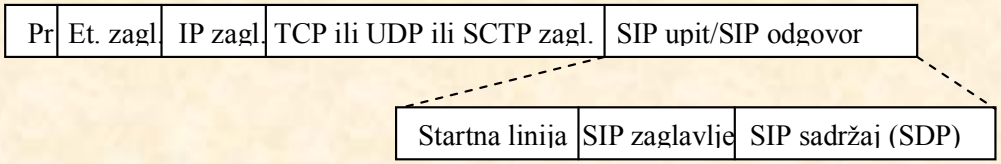
- SIP (*Session Initiation Protocol*): ostvaruju se, dopunjavaju i raskidaju multimedijske konferencijske veze. Nastao od HTTP i SMTP protokola, prenosi tekstualne poruke. Korišćeni termini: grupe podataka=*resursi*, grupe signalizacionih poruka =*metodi*, virtuelne veze=*perzistentne veze*.
- Razlika H.323 i SIP: H.323 obuhvata standarde signalizacije, kodovanje i kompresiju glasa i slike, protokole prenosa (RTP, RTCP). SIP se odnosi na signalizacione poruke i podatke o korisničkoj informaciji, koja sledi (podatak da se prenosi audio signal, podatak o vrsti kodera, itd.).
- Osnovno načelo SIP-a: komunikacija između tražioca usluge (*User Agent Client*, UAC) i davaoca usluge (*User Agent Server*, UAS). UAC i UAS mogu biti telefoni, radne stanice, GW. Odnos UAC-UAS važi samo za posmatranu komunikaciju, u sledećoj komunikaciji se menja, tako da svaki SIP korisnik ima UAC i UAS funkcije.

- Razlika SIP-a i HTTP-a: po vrsti poruka (HTTP prenosi *web* stranice, SIP ostvaruje telefonske veze) i po transportnom protokolu (TCP za HTTP, TCP, UDP i SCTP za SIP).



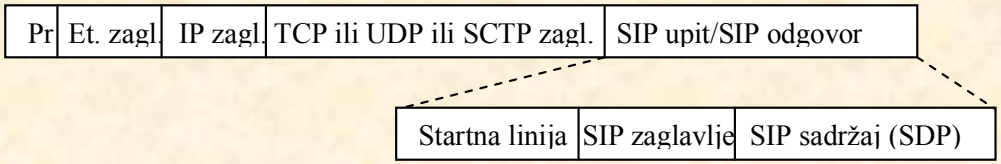
- Osnovne vrste SIP poruka: SIP upiti (*Requests* – šalje UAC) i SIP odgovori (*Responses* - šalje UAS).
- Delovi poruke: startna linija (*start line*), zaglavlje (*header*) i sadržaj (*body*), međusobno razdvojeni sa CRLF (*Carriage Return Line Feed*).
- Startna linija upita (*request line*): prvi deo SIP upita, ima 3 tekstualna dela razdvojena sa SP (*SPace*): ime signala (metoda – na pr.: *INVITE*), adresa sledeće tačke na putu paketa (*Request URI* – na pr.: sip:nodea@source.com), verzija SIP (na pr.: *SIP 2.0*).

- Startna linija odgovora: linija stanja (*status line*), 3 dela: verzija SIP-a, trocifreni kôd poruke (*status code* – na pr.: *200*, ime poruke (*reason phrase* – na pr.: *OK*).
- SIP zaglavlje upita sadrži podatke o signalnoj poruci u obliku *ime:vrednost,* na pr.: *Via* – prethodni put poruke: IP adresa i port koji šalju poruku (*via: 195.37.77.100:5040*); *Max-Forwards* – najveći broj deonica od izvora do odredišta (*Max-Forwards:10*); *From* – pošiljaoc (*From: usera@source.com*); *To* - krajnji primaoc (traženi) (*To: userb@target.com*, *To: 123456789@targetGW.com* u telefonskoj mreži, 1...9 – telefonski broj traženog, *targetGW.com* – domensko ime gejtveja preko koga se stiže do traženog pretplatnika);



- *Contact* - *Call-ID*: IP adresa i port gde se očekuje odgovor; *Content Type* – oblik u kome se daju podaci sadržaja (*body*) (*Content-Type: SDP); Content Length* – dužina sadržaja u oktetima. Granica između zaglavlja i sadržaja: prazna linija.

- SIP zaglavlje odgovora: isti podaci uglavnom istih vrednosti kao i SIP upit: *Via*, *From*, *To*, *Call-ID*; *Contact:* IP adresa i port za komunikaciju od pozivajućeg ka pozvanom.



- SDP (*Session Description Protocol*): skup pravila o predstavljanju korisničkih podataka: potreban protok (*b*=...), vreme aktivnosti veze (sesije) (*t*=...), vrsta korisničkog sadržaja (*m*=audio...), inicijator veze (*o*=...), transportni protokol, format korisničkih informacija. SDP u odnosu na SIP kao signalni H.245 deo u signalizaciji H.323. SIP sadržaj se prikazuje preko SDP.
- SIP upit: zaglavlje opisuje svojstva veze, sadržaj opisuje korisničke 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 na strani inicijatora.

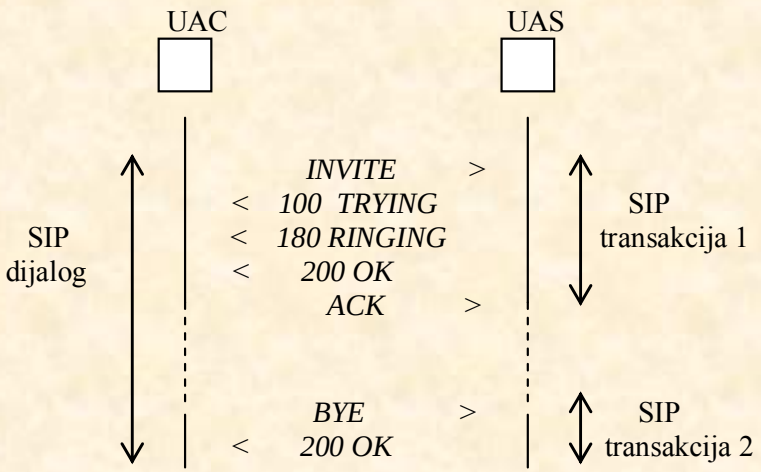
- SIP odgovor: sličan sadržaj za istu vezu, format ne mora biti isti.

- Poruke SIP upita: INVITE-početak sesije, ACK-potvrda, BYE-završetak veze, CANCEL-odustajanje, OPTIONS-zahtev da druga strana pošalje svoje mogućnosti, REGISTER-registracija kod servera, INFO-prenos informacija u toku veze, MESSAGE-brzi prenos kratkih poruka, NOTIFY-zahtev drugoj strani da javi svoje stanje,...
- Grupe SIP odgovora: o privremenom stanju veze (*100 Trying*, *180 Ringing*, itd.) i o konačnom stanju veze (2XX - o uspešnom ishodu, 3XX- o preusmeravanju, 4XX- o greškama tražioca usluge,5XX- o greškama servera, 6XX- o globalnim greškama).

  1. 2XX: *200 OK*, *202 Accepted*.
  2. 3XX: *301 Moved permanently*, *302 Moved Temporarely, 305 Use proxy,* itd.
  3. 4XX: *400 Bad request*, *404 Not found*, itd.

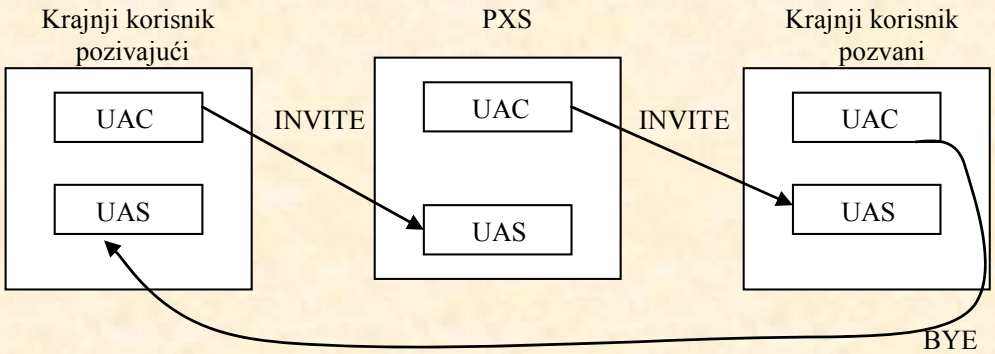
4. 5XX: *502 Bad gateway*, itd.
5. 6XX: *600 Busy everywhere*, *604 Does not exist anywhere*, *606 Not acceptable, itd*.

- Postupak uspostave i raskidanja jednostavnije SIP veze



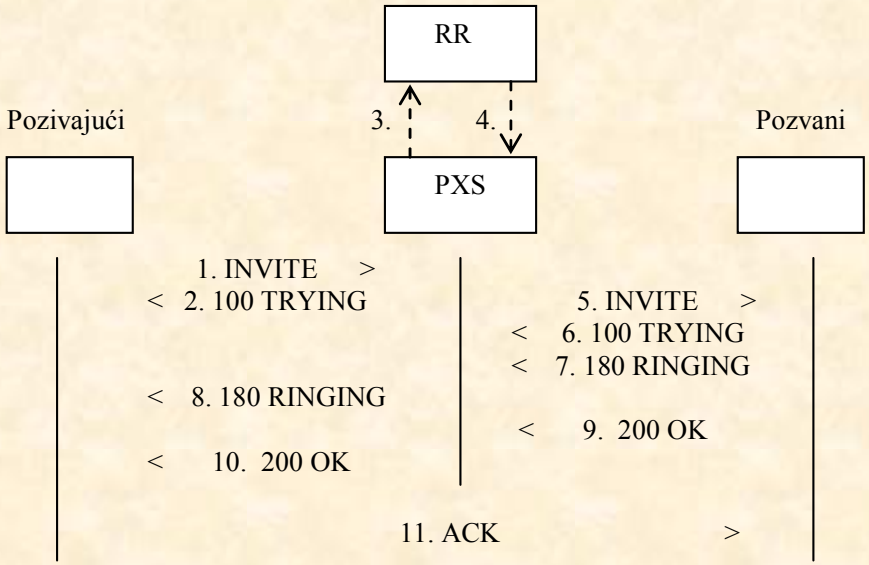
- SIP transakcija: SIP upit i SIP odgovori koji slede
- SIP dijalog: transakcije koje se odnose na jednu sesiju. Poruke jednog dijaloga imaju iste vrednosti u poljima *Call-ID*, *From* i *To*.

- <u>SIP proksi server</u> (*proxy* – PXS): analogija telefonske centrale u telefonskoj mreži. Drži podatke o krajnjim korisnicima i upućivanju ka njima. Pri uspostavi veze UAC pozivajućeg korisnika se obraća UAS-u PXS-a, a UAC u PXS se obraća UAS-u traženog korisnika. Raskidanje je bez učešća PXS-a.



- <u>Preusmerački server</u> (*Redirect* – PUS): na upit INVITE šalje kao odgovor neku od poruka grupe 3XX sa informacijama o mogućim adresama traženog. Posle toga pozivajući ponavlja INVITE ka traženom ili ka PXS-u. PUS ne uspostavlja vezu, samo komunicira sa inicijatorom veze.

- Registrar (RR): server koji od korisnika REGISTER porukom dobija adresne informacije (IP adresa, port, adresa elektronske pošte). Služi kao baza podataka. Korisnik RR-a je PXS. Obično je to softverska celina u okviru PXS. RR i PXS u SIP podsećaju na gejtkiper u H.323 mreži.
- Uspostava složenije SIP veze



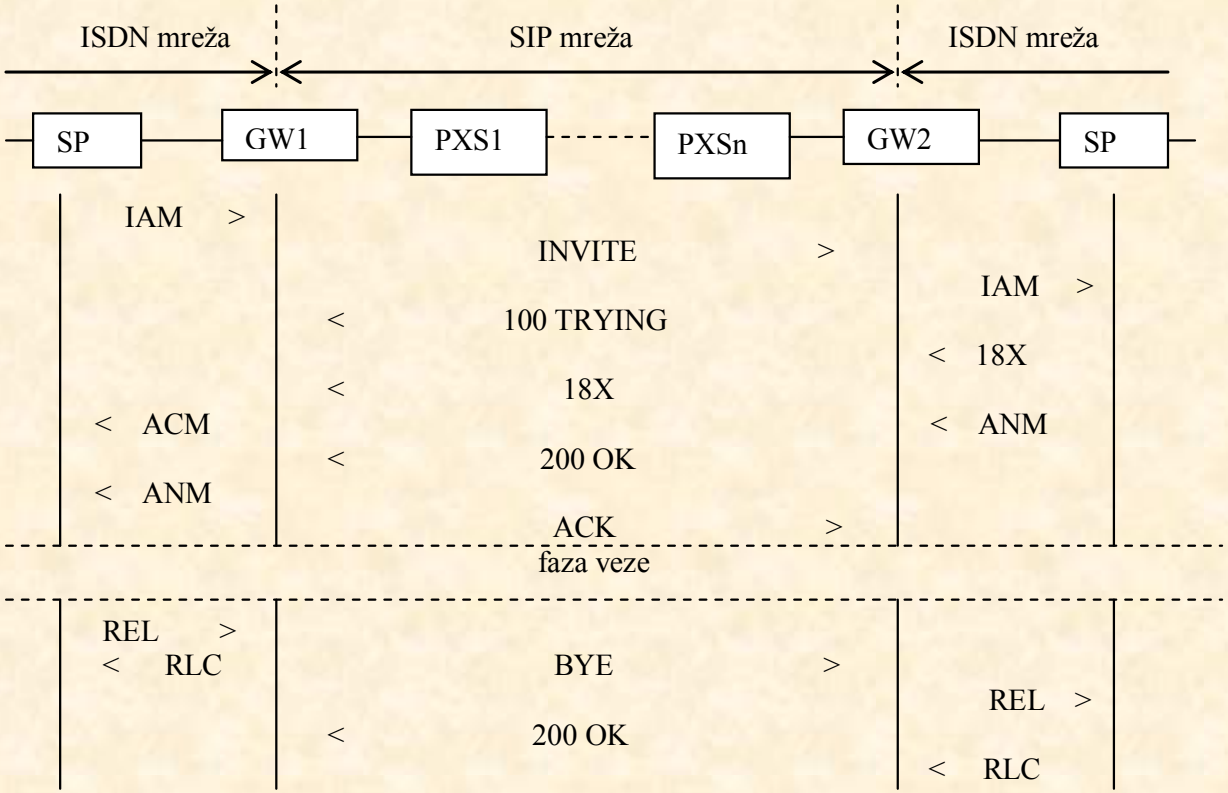
- Komunikacija PXS – RR (koraci 3. i 4.) ne obavljaju se SIP upitima.
- Odgovor 200 OK (korak 9.) sadrži adresnu informaciju pozvanog (polje *Contact*), dalja komunikacija je bez učešća PXS.

- SIP gejtvej (SIP GW): uređaj ili softver na sučelju SIP mreža i neke ne-SIP mreže. Vrši dvosmerno pretvaranje signalizacije i korisničkog signala.

- SIP-T (*SIP for Telephones*): poboljsanje SIP-a, omogućava međusobni rad ISDN i SIP mreže i prevođenje signalnih poruka CCS7 ISUP i SIP poruka. Primena:
  - u slučaju veze dva ISDN korisnika koja jednim delom ide preko SIP mreže (SIP premošćenje (*SIP bridging*))
  - kad je pozivajući ISDN korisnik, a traženi u SIP mreži
  - kad je pozivajući u SIP mreži, a traženi ISDN korisnik
- Razlozi primene SIP-T za premošćenje umesto TDMoIP: u SIP mreži se koristi proksi server koji omogućava korišćenje različitih puteva za premošćenje, dok TDMoIP koristi samo jedan put i nema mogućnosti upućivanja kroz SIP mrežu.
- Učaurenje (*encapsulation*): na prelazu iz ISDN u SIP mrežu – CCS7 ISUP poruka se smešta u SIP poruku kao deo sadržaja, koristi se samo u (signalnom) GW na izlazu iz SIP mreže.

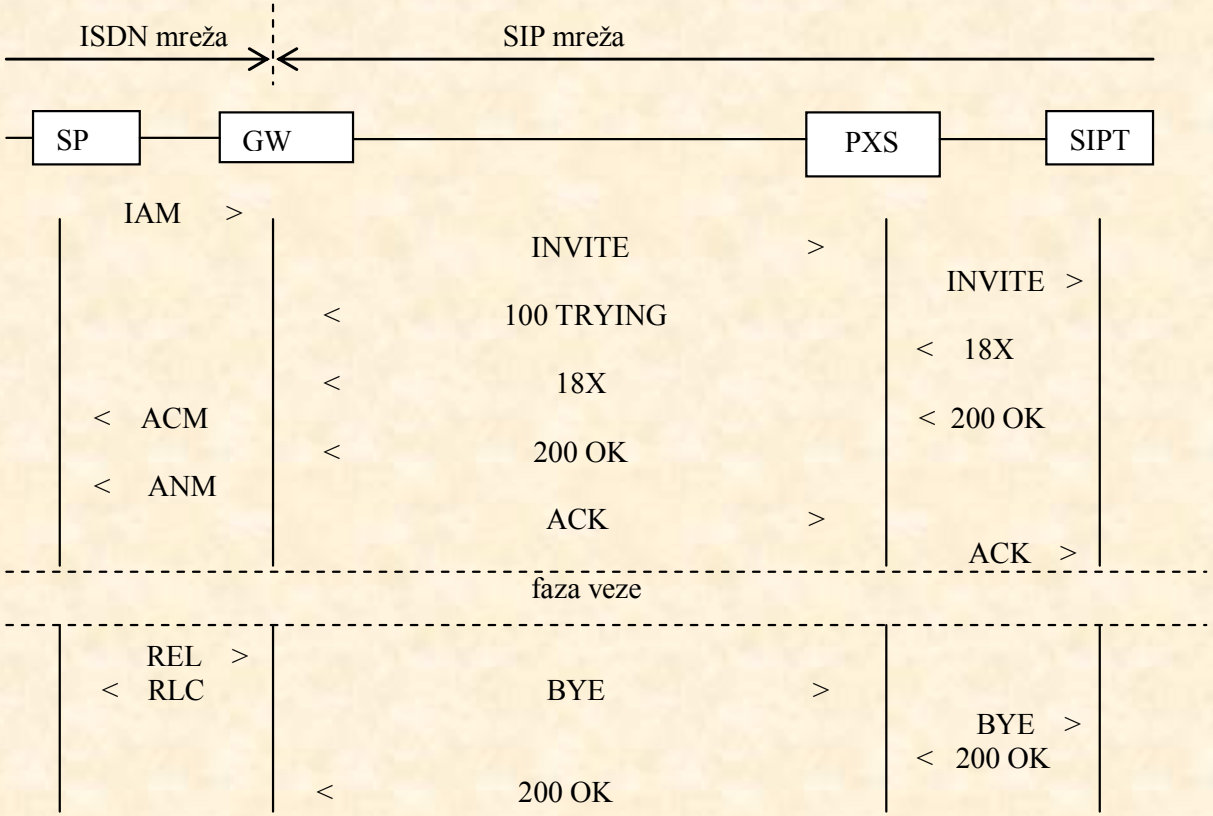
- Prevođenje (*translation*): pretvaranje SIP poruka u ISUP poruke i obratno. Prvi korak - utvrđivanje odgovarajuće poruke (na pr. ISUP poruci IAM odgovara SIP poruka INVITE). Drugi korak – prenos odgovarajućih parametara iz jedne u drugu poruku *(na pr.: Called Party Number* iz ISUP IAM poruke prenosi se u polje *Request URI* startne linije ili u polje *To* SIP zaglavlja u SIP poruci INVITE).
- U signalnom GW na sučelju ISDN prema SIP mreži se ISUP signalne poruke istovremeno svaka prevodi i učauruje, jer GW-u nije poznato da li će se poruka iskoristiti u SIP mreži (prevođenje) ili u ISDN mreži (učaurenje).
- U signalnom GW na sučelju SIP mreže prema ISDN mreži se poruke samo prevode, jer ne postoji premošćenje u ISDN mreži.

- Razmena poruka ISUP – SIP-T – ISUP (SIP premošćenje)



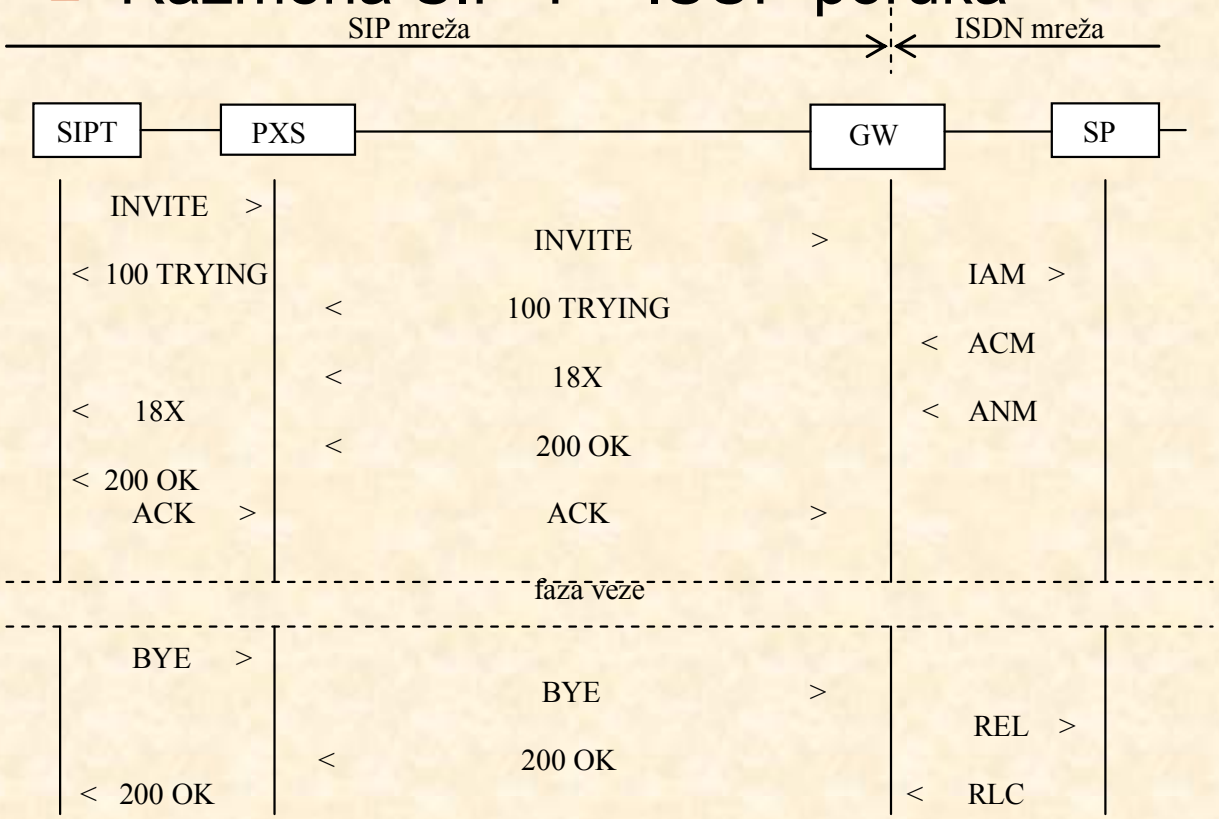
- U SIP mreži poruke se razmenjuju u koracima (GW1 – PXS1 -...- PXSn - GW2.
- SP – signalna tačka u ISDN mreži.
- GW1 vrši učarenje i prevođenje ISUP poruka, GW2 koristi samo učaurene ISUP poruke.

Razmena poruka ISUP - SIP-T



- GW vrši učaurenje i prevođenje poruka, PXS koristi samo prevedenu poruku.

- Razmena SIP-T – ISUP poruka



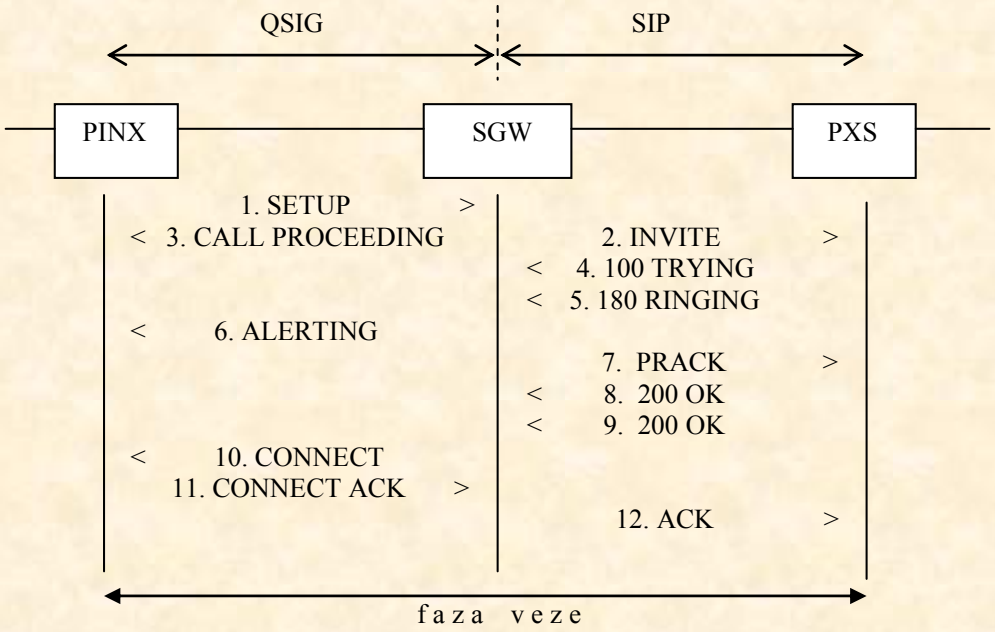
- GW samo prevodi poruke.

- BICC (*Bearer Independent Call Control*) – univerzalni ISUP. ISUP se počeo razvijati kada su sve mreže bile TDM, tako da su neki delovi namenjeni samo TDM-u (na pr. polje *Circuit Identification Code* (CIC)). Kad su se javile paketske mreže, uveden je BICC. Na granici BICC i ne-BICC oblasti koristi se *Interface Serving Node* (ISN).
- Razlika BICC i ISUP: u BICC se razdvajaju delovi koji se odnose na ostvarenje veze i delovi koji se odnose na mrežu. Signalna poruka se ne menja na granici mreža (IAM), deo koji se odnosi na mrežu se menja (umesto polja CIC dodaju se delovi ATM ili IP zaglavlja).
- Signalni protokol po ITU-T preporuci Q.1912.5: omogu-ćava rad ako je u jednoj mreži BICC ili ISUP, a u drugoj SIP. Pretvaranje poruka u signalnom prenosniku *Inter Working Unit* (IWU).

- SIP-I (*SIP for Interworking*): deo protokola Q.1912.5 za prenos učaurenih ISUP signalnih poruka kroz SIP oblast.
- U smerovima ISUP-SIP i obrnuto mogu se koristiti različite varijante SIP-I, varijanta se naznačuje u SIP zaglavlju.
- Razlika SIP i SIP-T, SIP-I i Q.1912.5: SIP za rad u potpuno paketskoj mreži, ostala tri su za rad u mešovitoj SIP-ISDN mreži.
- Razlika SIP-T i SIP-I: tvorac SIP-T je IETF (*Internet Engineering Task Force*), tvorac SIP-I (Q.1912.5) je ITU-T; SIP-T je namenjen mrežnom (NNI) i korisničkom (UNI) sučelju, SIP-I samo NNI. SIP-T prenosi učaurene i prevedene ISUP poruke, SIP-I samo učaurene.
- Upoređenje osobina SIP i H.323: H.323 je stariji, izgrađeniji, korisnik ima puni skup mogućnosti, usklađenost novih i starih verzija (*backward compatibility*), teži za dogradnju, ima prednosti pri mešovitom radu sa ISDN mrežama.

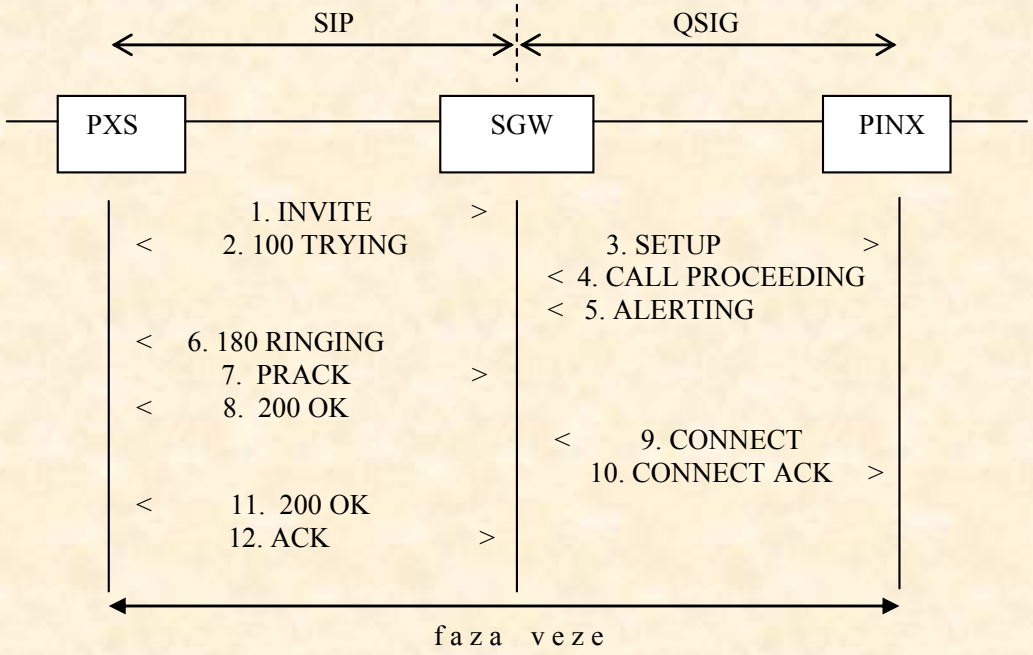
- Upoređenje osobina SIP i H.323: SIP je otvoreniji, njegovi standardi su jednostavniji, nema sve dodatne korisničke mogućnosti, nema usklađenost sa prethodnim verzijama. Ima mogućnost rada u novijim mrežama mobilne telefonije, jedinstvenost signalizacije na korisničkim (SIP telefon - SIP proksi) i mrežnim interfejsima (SIP proksi – SIP proksi).
- Signalizacija u privatnim paketskim mrežama: samo jednim protokolom, dovoljno jer su ograničene veličine.
- Mešovita privatna telefonska mreža: klasični deo i paketski deo. Potrebno je očuvati veliki skup korisničkih mogućnosti, pa su potrebni delotvorni pretvarači signalizacije na granici IP i ne-IP oblasti. Signalizacije koje se koriste: QSIG u klasičnom delu, H.323 ili SIP u paketskom.

- Pretvaranje signalizacije QSIG-H.323 i obratno: QSIG i deo *H.225.0 Call Signaling* u H.323 nastali su na osnovu korisničke ISDN signalizacije → poruke na granici oblasti ne menjaju ime i značenje, već se samo podešavaju informacioni elementi.
- Pretvaranje signalizacije QSIG-SIP:



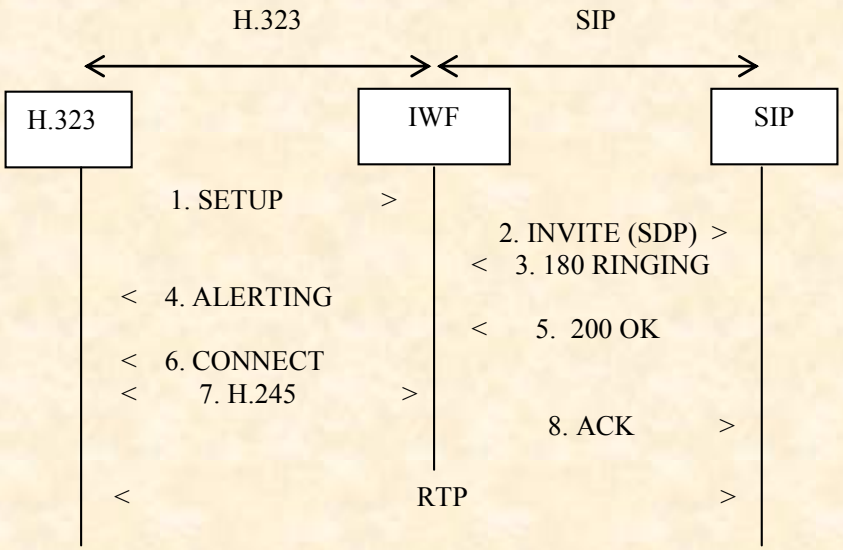
- Veza polazi iz PISN, završava u IP
- Poruka 7. PRACK (*Provisional ACK*) – privremena potvda poruke
- Poruka 8. – potvrda poruke 7., poruka 9. je oznaka javljanja traženog.

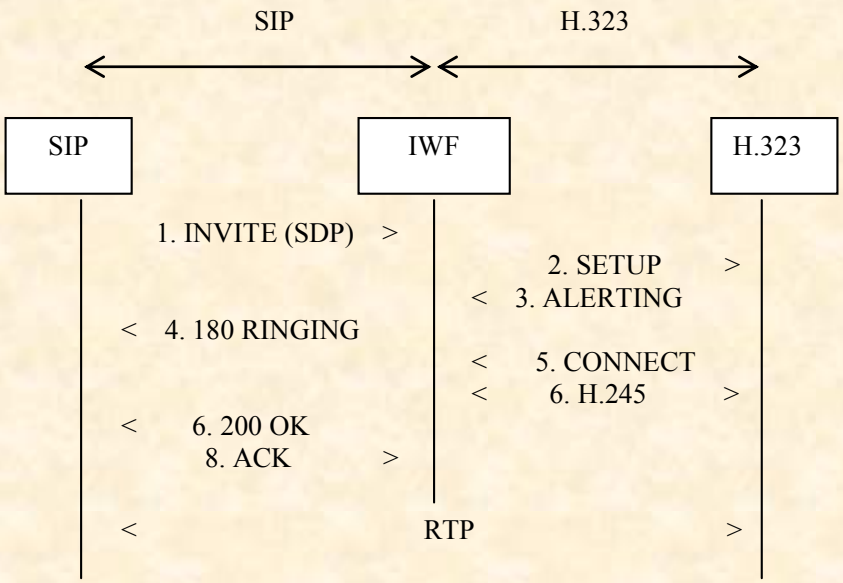
- Pretvaranje signalizacije SIP-QSIG



- Pretvarači signalizacije na granici SIP i H.323 mreža zovu se IWF (*InterWorking Function*). Za razmenu podataka o korisničkom sadržaju i mogućnostima terminala između H.323 korisnika i IWF-a koristi se H.245 signalizacija, između SIP korisnika i IWF-a koristi se sadržaj SDP u prvoj INVITE poruci.

- Najjednostavniji slučajevi signalizacije preko IWF-a



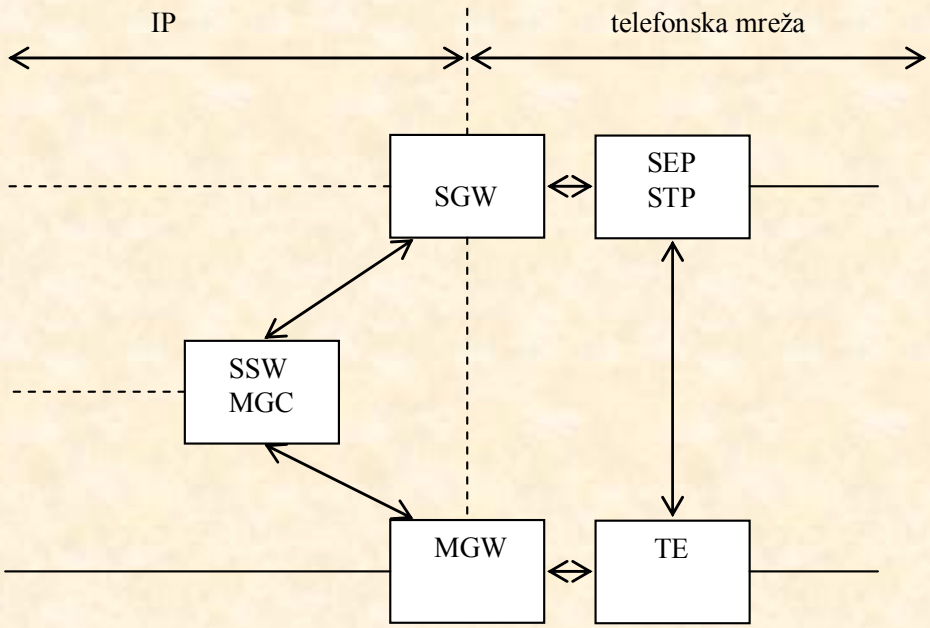


- Dat je primer ostvarenja veze između H.323 i SIP korisnika, i obrnuto.

- Postoje i složeniji slučajevi koji uključuju GK-e, PXS-e, veze između dva H.323 korisnika razdvojena SIP oblašću i obrnuto.

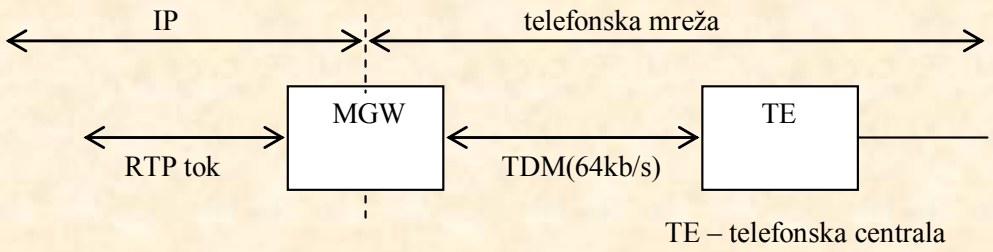
- Migracija PSTN ka IP telefonskoj mreži: proces kojim se mogućnosti i tehnologija PSTN unapređuju tako da mreža postaje sve više paketska.
- Način ostvarenja kompatibilnosti telefonske i IP mreže: korisničke mogućnosti se zadržavaju u mešovitoj mreži, govorni signal i signalizacija se prevode iz jednog oblika u drugi i prenose iz mreže u mrežu.
- Suprotstavljena načela u izgradnji IP i mešovitih mreža: centralizacija (jednostavnost ugradnje novih funkcija, jednostavnost rada, jer se podaci o upućivanju i korisničkim svojstvima nalaze u centralnom uređaju – mreže sa GK i centalnim serverom) i decentralizacija (mrežna inteligencija u krajnjim tačkama gde se daju usluge – SIP telefoni u SIP mrežama imaju velike mogućnosti.

- *Softswitch* (SSW) – upravljački uređaj ili softver IP mreže koji se graniči sa klasičnom telefonskom mrežom i omogućava bešavni rad mešovite mreže. Postupci ostvarenja veze (upravljačke funkcije) odvajaju se od pretvaranja oblika govornog signala. Alternativni nazivi: *Media Gateway Controller*, *itd*.

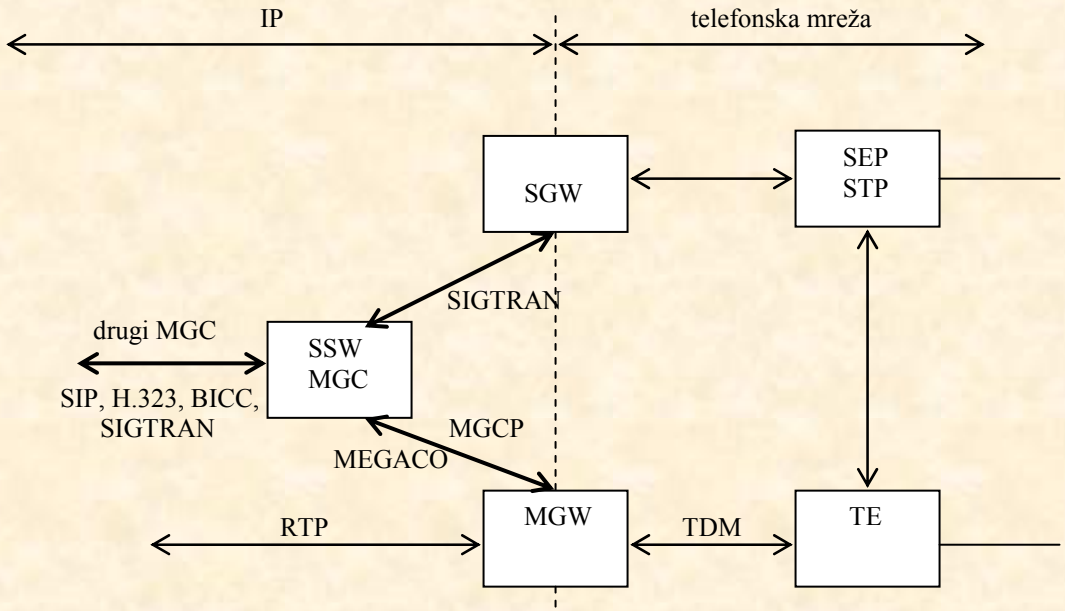


- Elementi mreže zasnovane na SSW načelima: signalni prenosnik (*Signaling Gateway* – SG), prenosnik medija (*Media Gateway* - MG ili MGW), SSW ili *Media Gateway Controller* (MGC).

- Postupci primenjeni u mreži na SSW načelima: signalni prenos (*Signaling Transport*, SIGTRAN), protokoli za komunikaciju između elemenata mreže (MGCP, MEGACO).
- *Media Gateway* (MG ili MGW) – prenosnik korisničkog (medijskog) sadržaja između dve mreže koje rade na različitim načelima (na pr. klasična telefonska ili ISDN (TDM) i IP (RTP paketi)). MG može biti na sučelju dve paketske mreže (na pr. javne i privatne) ili mreža s različitom tehnologijom (FR, ATM, IP).



- *Signaling GateWay* (SG ili SGW) – pretvarač (SIP-T pre-vodi SIP u ISDN poruke) ili prenosnik signalizacije (SIP premošćenje pomoću SIP-T) na sučelju dve različite mreže.
- *Media Gateway Controller* (MGC) – upravljačka jedinica MG-a. MGC posebnim signalnim protokolima upravlja MG.
- Signalne veze MGC-a:

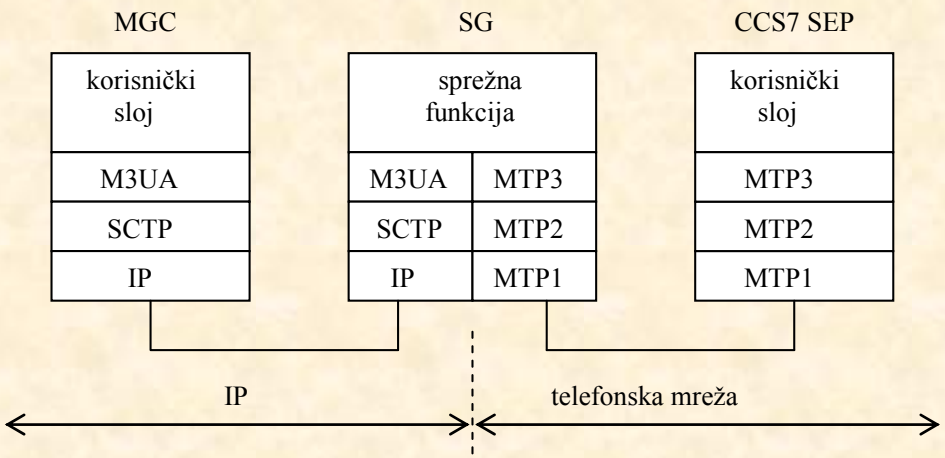


- Komunikacija MGC-SG: CCS7 i ISDN signali-zacija SIGTRAN postup-kom ako je susedna tele-fonska ili ISDN mreža;
- Između dva MGC: SIP, H.323, BICC, SIGTRAN;
- Između MGC i MG: MGCP i MEGACO.

- Najčešće se SG i MG nalaze u istom uređaju (korezidentnost funkcija SG i MG), jer linkovi klasične i ISDN mreže nose zajedno govorne i signalne kanale. Kod CCS7 govorni i signalni kanali mogu biti odvojeni (*non-associated signaling*).

- SIGTRAN (*SIGnaling TRANsport*) – postupak prenosa signalizacija korišćenih u telefonskoj i ISDN mreži (CCS7 i ISDN) kroz paketsku mrežu. Namena: prenos signalizacija javne telefonske i ISDN mreže između SG i MGC; prenos između dva SG, kojima su preko IP mreže spojene dve signalne CCS7 tačke; prenos signalizacije između MGC-a. Ne koristi se za prenos CAS (*Channel Associated Signaling*) signalizacije kroz paketsku mrežu.

- Način rada SIGTRAN-a: CCS7 poruke se prenose između SG-a i tačaka u IP mreži bez prevođenja, već se uvode nova zaglavlja koja čine prilagodni sloj:
  - *MTP2 Peer to Peer adaptation layer* (M2PA) i *SS7 MTP2 User Adaptation Layer* (M2UA): prilagođenje MTP2 sloja CCS7 i slanje MTP3 poruka; SS7 MTP3 *User Adaptation Layer* (M3UA): prilagođenje MTP3 sloja CCS7;



V5.2 User Adaptation Layer (V5UA): prilagođenje V5.2 protokola; *ISDN Q.921 User Adaptation Layer* (IUA): prilagođenje ISDN Q.921 sloja; *SCCP User Adaptation Layer* (SUA): prilagođenje korisničkog SCCP dela.

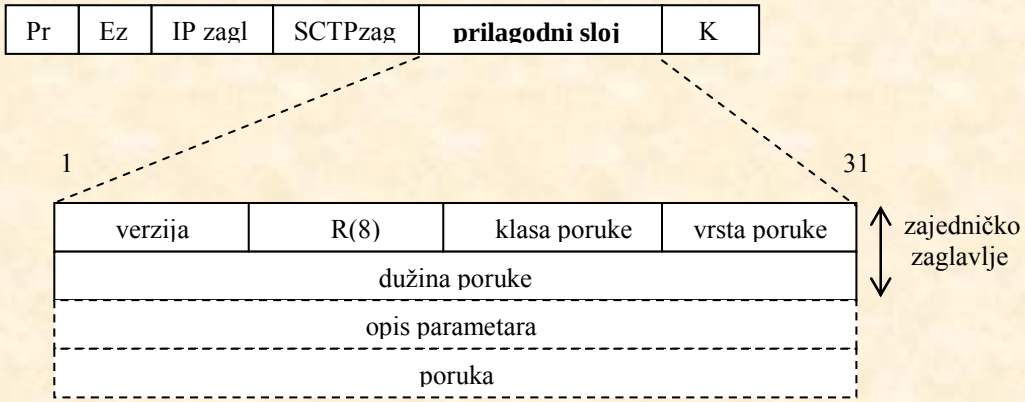
Prilagodni sloj stvara i tumači iste primitive u odnosu na viši sloj kao i izvorni CCS7 sloj (na pr. prilagodni M3UA u odnosu na korisnički ISUP se ponaša kao izvorni MTP3).

- Uslovi koje prenos CCS7 signalizacije kroz paketsku mrežu mora da zadovolji su isti kao i kroz TDM mrežu: neraspoloživost signalnog puta maksimalno 10 minuta u toku godine, 1 od 10 milijardi poruka može biti neotkrivena, 1 od 10 miliona izgubljena, 1 od 10 milijardi može stići na odredište van redosleda. Zahtevi u pogledu vremena prenosa poruka kroz mrežu obezbeđuju da kašnjenje od završetka biranja do početka kontrole poziva (*post dialing* (*selection*) *delay*) bude do nekoliko sekundi kao i u TDM mreži.

  - SCTP (*Stream Control Transport Protocol*) se koristi kao transportni protokol za SIGTRAN (a ne TCP) zbog brzine prenosa.

  - SIGTRAN ima širu primenu nego SIP-I i SIP-T: nije vezan za SIP i H.323, SIP-I i SIP-T se koriste na sučelju SIP i ISDN mreže.

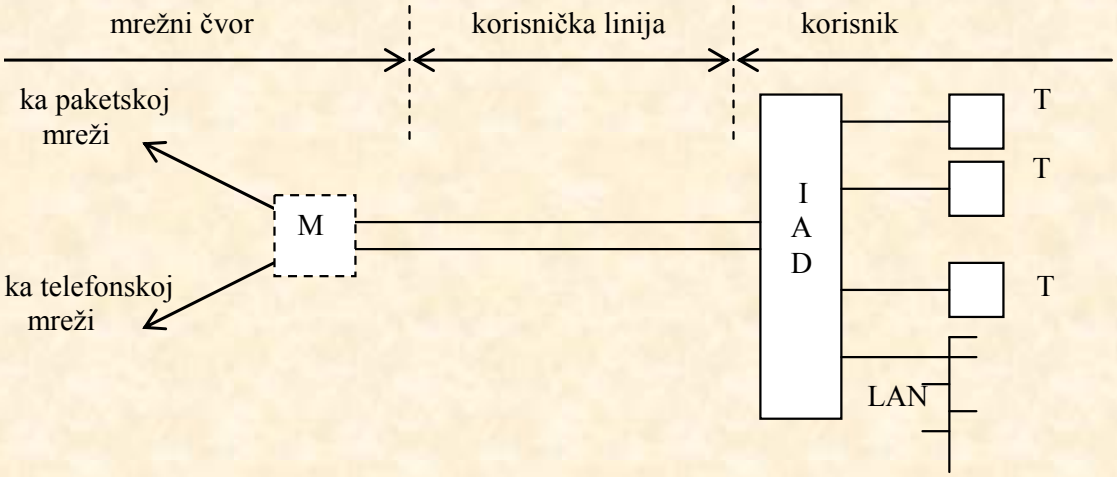
- Svi prilagodni slojevi: zajedničko zaglavlje čiji su delovi verzija prilagodnog sloja, polje klase i polje vrste poruke. Klasa određuje koja se signalizacija ili signalizacioni sloj prenose (1-M3UA, 2-poruka upravljanja SS7 signalnom mrežom, 5-IUA, 6-M2UA, 7-SUA *Connectionless* poruka, 8-SUA *Connection-Oriented* poruka, 9-poruka upućivanja za M3UA, 10-poruka o interfejsu u M2UA, itd). Vrsta poruke u okviru klase određuje konkretnu poruku (na pr. u okviru klase 1 poruka *Payload Data* (vrsta poruke 1) prenosi polja koja čine sadržaj poruke ISUP, TUP ili SCCP (prenosi OPC, DPC). Vrednosti polja SIO, SIF smeštaju se u deo "poruka"; FSN, BSN posle zajedničkog zaglavlja.



- MGCP – prvi protokol korišćen na sučelju IP i TDM mreže između MGC i MG. Nesimetričan protokol: MGC ima glavnu, a MG izvršnu ulogu. Postoji 8 komandi u smeru MGC→MG (*EndpointConfiguration*, *NotificationRequest*, *CreateConnection*, *ModifyConnection*, *DeleteConnection*, *AuditEndpoint,AuditConnection*) i 3 u smeru MG→MGC (*Notify*, *Delete Connection*, *RestartInProgress).* MGCP koristi UDP kao transportni protokol. Nedostatak MGCP: nemogućnost dogradnje i proširenja.
- MEGACO – usavršena verzija MGCP, nije kompatibilan sa MGCP. Alternativni naziv H.248 (nastao saradnjom IETF i ITU-T). Koristi UDP i TCP kao transportne protokole. Termini koje koristi: resursi (koderi, generatori tonskih i pozivnih signala, transkoderi, modemi), završeci (*termination*) (celine koje generišu i primaju *media* tok – telefonski kanali, RTP tokovi, virtuelna kola (VC) ATM-a).

- MEGACO – veza ostvarena u MG zove se kontekst (*context*). Dva učesnika u vezi: završeci stavljeni u isti kontekst. Funkcije MG: rezervacija resursa, nadgledanje resursa, komutacija, obrada govornog signala, održavanje veze sa MGC, analiza broja korisnika kod završnog MG. Komunikacija MGC i MG vrši se komandama koje definišu parametre završetaka i resursa za njihovo stavljanje u kontekst: ADD – pridružuje učesnika kontekstu, MODIFY – menja svojstva učesnika, SUB-TRACT – razdvaja učesnika od konteksta (raskid ili isključenje iz konferencije), MOVE – prebacivanje učesnika sa jedne veze na drugu ili sa čekanja u vezu itd. Šalju se MGC→MG. U oba pravca šalju se NOTIFY – obaveštenje o nekoj promeni, Service-Change – drugoj strani se šalju podaci o predstojećoj promeni usluge (prekid veze, povratak u konferenciju).

- IAD – uređaj objedinjenog pristupa (*Integrated Access Device*) – zajedničko ime uređaja na korisničkoj strani za pristup telefonskoj mreži i mreži za podatke. Na IAD se priključuju telefonski aparati i računarska mreža. Zavisno od vrste prenosa na korisničkoj liniji: *TDM IAD* i *packet IAD*. U mrežnom čvoru (jedinica M) razdvajaju se govor i podaci.



- Vrste veza preko IAD-a: prema klasičnoj telefonskoj mreži, prema mreži za podatke i IP telefonske veze.
- Jednostavnije vrste IAD-a samo udružuju govorni signal i podatke i rade samostalno. Složeniji imaju ugrađenu signalizaciju (na pr. MGCP)→elementi su *softswitch* mreže.

- Sličnosti i razlike ISDN-a i IAD-a:
  - ISDN – tehnika komutacije kola sa začecima paketizacije (signalnih poruka); IAD – prelaz ka potpuno paketskim mrežama, omogućava pristup do obe mreže.
  - Sličnost namene – korisnik preko pretplatničke linije ostvaruje vezu sa telefonskom mrežom i mrežom za podatke, obe u imenu imaju termin objedinjen (*integrated*).
  - ISDN – standardizovan interfejs, linijski kodovi, signalne poruke, broj i vrsta korisničkih priključaka, obaveznost rada u slučaju prekida napajanja. IAD – mogući različiti korisnički uređaji po broju i vrsti, koriste se različite tehnike (DSL, zaštitni softver, razni protoci, različita adresiranja, adresna pretvaranja, protokoli).
  - IAD tehnika višeg reda: ISDN priključak može biti jedan od priključaka IAD-a.

- Prelazak sa TDM mreže na paketsku (*PSTN to IP migration*) – svi delovi mreže treba da rade, a korisnik ne primećuje različitost mreža (bešavni (*seamless*) rad). Korisničke mogućnosti se ne gube pri prelasku iz mreže u mrežu, omogućeno razvojem dobrih prevodilaca signalizacije, učaurenjem poruka, razvojem SIGTRAN-a.
- TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) – projekat organizacije ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*) koji obezbeđuje da sve vrste telekomunikacionih mreža nesmetano rade jedna sa drugom uz održavanje starih i dogradnju novih usluga (*interoperability*, *interworking*, *internetworking*). Zajednički rad mreža ne zavisi od rešenja primenjenih u pojedinim mrežama.

Komutacija u paketskim mrežama

- Komutacija je najdelotvornija u ATM: paralelno komutiranje više ćelija. Komutaciono polje (*Cell Switch Fabric*, CSF) prespaja ćelije od ulaza (*input port*) ka izlazu (*output port*). U komutiranje su uključeni i baferi za privremeno zadržavanje ćelija da se izbegne sudar i gubitak ćelija ako ćelije sa različitih ulaza treba spojiti na isti izlaz. Ćelije manjeg prioriteta mogu biti izgubljene ili zakašnjene.
- Ćelije su kratkog trajanja i protok velik→komutaciju ne može da vrši poseban organ, već se koriste rešenja samoupućivanja i paralelnog komutiranja.
- Način rada komutacionog polja: ulazna jedinica ATM čvora dodaje ćeliji adresu izlaza kome se ćelija upućuje. Gubitak može nastati ako više ćelija traži uslugu iste međuveze ili elementa – sprečavaju baferi→dobija se komutaciono polje bez gubitaka (*lossless*).

- Osnovna svojstva ATM komutacionog organa: protok i broj dolaznih linkova, protok međuveza, propusnost (mogućnost unutrašnjih gubitaka i gubitaka na izlazima).
- Samoupućivanje (*self-routing*) – ATM ćelija se upućuje kroz komutaciono polje na osnovu adresa za upućivanje, bez učešća nekog centralnog organa.
- Banijanove mreže (*Banyan*) – višestepene blokirajuće mreže čiji komutacioni elementi obezbeđuju da između bilo kog ulaza i izlaza postoji samo jedan put.
- Bečerove mreže (*Batcher sorting network*) – ćelije na izlazu su uređene po vrednostima adresa bez obzira u kakvom su poretku na ulazu. Eliminisane su unutrašnje blokade. U ATM komutatoru Bečerove mreže prethode Banijanovim mrežama. Delotvornost ATM komutacije je bazirana na Bečerovoj, Banijanovoj mreži i samoupućivanju.

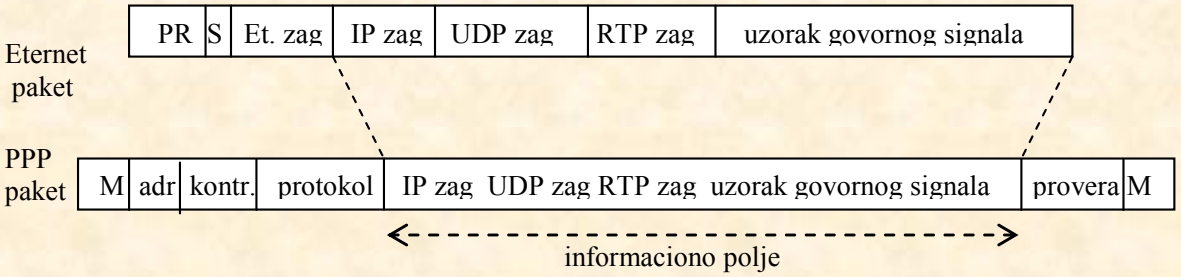
- Komutacija u FR tehnici: na početku veze signalnim paketima ostvaruje se put kroz FR mrežu i obezbeđuju potrebni resursi. U čvorovima mreže formiraju se tabele koje povezuju dolazne i odlazne identifikatore veza, skup parova ovih identifikatora predstavlja virtuelnu vezu i na osnovu njih se zatim šalju korisnički podaci. Identifikatori se nalaze u drugom sloju→upućivanje je brže nego kad oznaka veze pripada trećem sloju.
- Komutacija u IP tehnici: prosleđivanje IP paketa. Slično kao u FR, ali je sporije. Nedostatak: spor i složen postupak upućivanja svakog IP paketa. Postupak je ubrzan primenom MPLS tehnike.
- Uzroci zadržavanja paketa u IP čvorovima: zauzetost čvora obradom ranije prispelih paketa, pretraživanje tabela upućivanja, zauzetost linka slanjem ranije obrađenih paketa.
- Vremena komutiranja: ukupno 5-26ms, od čega fiksni deo 2-10ms, promenljivi 3-16ms.

Prenos paketizovanog signala kroz mrežu

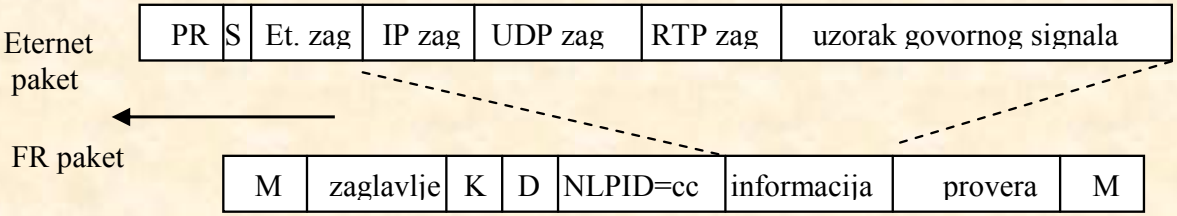
- Učaurenje (*encapsulation*) – ugradnja jedne strukture podataka u drugu radi prenosa kroz funkcionalni sloj ili mrežu: IP paket u Eternet paket, CCS7 ISUP poruke u SIP-T pakete, Eternet paket u ATM ćelije.
- Razlozi uvođenja učaurenja: Eternet na bazi CSMA/CD postupka je ograničenog dometa zbog sigurnog otkrivanja sudara (poludupleksni Eternet), između računarskih mreža postoje druge, drugačije, mreže. Paket mora da ima dovoljno minimalno trajanje, dvostruko vreme prenosa ne sme biti veće od propisanog (ova vremena zavise od osnovnog intervala (*time slot*)).
- Potpuno dupleksni Eternet: dvosmerni Eternet po odvojenim putevima za svaki smer, domet je ograničen samo karakteristikama medija prenosa, jer nema sudara.

- Razlike poludupleksnog i potpuno dupleksnog Eterneta:
  - poludupleksni tehnika rada lokalne mreže, potpuno dupleksni tehnika prenosa Eternet paketa;
  - teorijski najveći protok po poludupleksnom je pola protoka po dupleksnom zbog broja vodova. Praktično je ova razlika i veća zbog mogućnosti sudara, dela odbačenih paketa i retransmisija;
  - najmanje trajanje paketa: kod poludupleksnog paket se dopunjuje do propisanog trajanja da bi bilo jednako osnovnom intervalu;
  - gigabitski poludupleksni Eternet: kratki paketi se mogu grupno slati, razdvojeni IPG (*InterPacket Gap*) uz slanje dodatnih bitova koji ne nose informaciju, ali sprečavaju da vod zauzme neko drugi;
  - u dupleksnom moguće izbegavanje zagušenja slanjem paketa zastoja (PAUSE) od prijemnika ka predajniku.

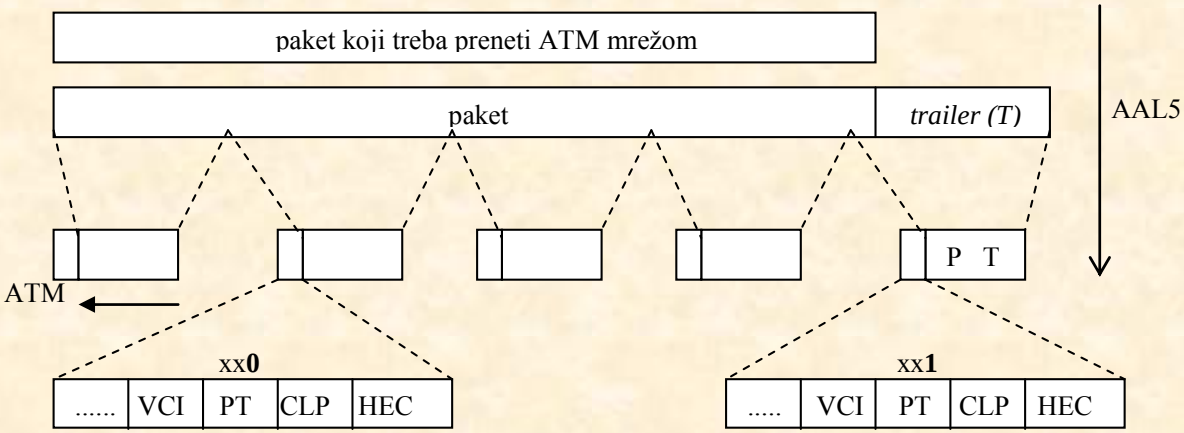
- PPP učaurenje: prenos paketizovanih telefonskih signala PPP protokolom. Koristi se na nisko propusnim linkovima. Polje protokol govori šta je učaureno u PPP paket. PPP je veza između određenih tačaka→ne treba prenositi Eternet zaglavlje. PPP ima svoje međe→ne treba prenositi prethodnicu (PR) i graničnik (S) iz Eternet paketa.



- FR učaurenje: prenos IP paketa FR tehnikom. FR paket se dopunjava sa 3 polja: kontrolno polje (K), dopuna (D) ako je potrebno, polje koje određuje šta je učaureno (NLPID (*Network Level Protocol Identifier)).*

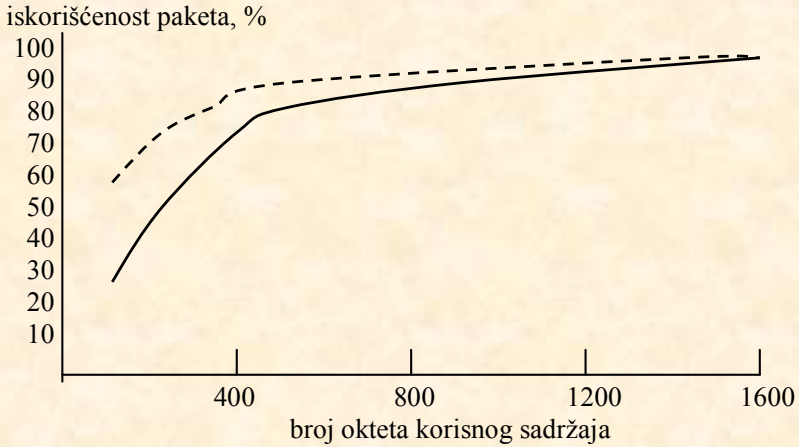


- Vrednosti NLPID: 8E – Internet paket IPv6, CC – Internet paket IPv4, CF – PPP.
- ATM učaurenje: paketi se dele na delove dužine 48 okteta (fragmentacija), jer ATM ćelija uvek ima 48 okteta u sadržaju, na prijemu se paketi obnavljaju (*reassembly*). ATM prilagodni sloj broj 5 (*ATM Adaptation Layer 5* (AAL5)): pripriprema paketa na predaji i obnavljanje na prijemu – paketu se dodaje upravljački dodatak (*trailer*, T) i dopuna (*padding*, P) do standardne dužine. Poslednja ćelija označena bitom najmanje važnosti =“1” u polju vrsta poruke (PT) ATM zaglavlja.



- Nedostatak ATM učaurenja: nema standardizovanih identifikatora protokola (kao polje protokol kod PPP i NLPID kod FR). Umesto toga:
  1. dogovor korisnika o protokolu koji se učauruje u pojedina virtuelna kola (*VC multiplexing*): bolje iskorišćenje paketa, brža obrada, potreba za većim brojem VC.
  2. dogovor korisnika da se neki od identifikatora koristi za označavanje vrste protokola – slično NLPID-u: univerzalnost korišćenja virtuelnih kola.
- Višestruko učaurenje: cilj preneti paket preko više mreža. Postupak: potpuni paket jedne mreže (zaglavlje i sadržaj) je korisni sadržaj druge mreže, kome se dodaje zaglavlje druge mreže – može nekoliko puta. Odnos zaglavlja/sadržaj raste kod višestrukog učaurenja, tj. iskorišćenost protoka opada, posebno izraženo kod paketizacije govora, jer se paketi ne spajaju da se ne bi povećalo kašnjenje.

- Delotvornost prenosa paketa = korisni sadržaj/ukupni sadržaj paketa u funkciji veličine korisnog sadržaja. Isprekidana linija – najveća iskorišćenost, puna – najmanja. Duga zaglavlja i mali korisni sadržaj smanjuju iskorišćenost.



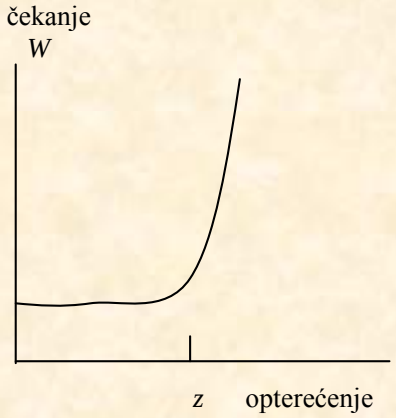
- Glavni problem prenosa govornih paketa: zagušenje (*congestion*) u toku veze→kašnjenje paketa, promenljivo kašnjenje, gubitak paketa→smanjenje kvaliteta primljenog signala. Zato se primenjuju postupci nadgledaja paketskih tokova i mere upravljanja zagušenjima.

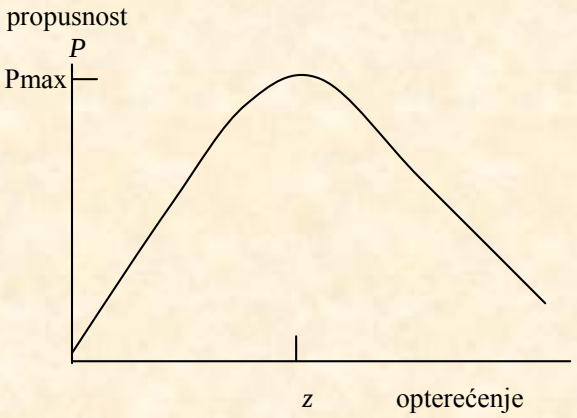
- Mrežni čvor – sistem usluge sa ograničenim najvećim protokom paketa, dolazni tok paketa je promenljiv. Bafer – privremeno prihvata pakete u trenucima vršnih vrednosti dolaznog toka paketa → model probušenog (curećeg) suda za tečnost (*leaky bucket*, LB): ulazni tok u sud (bafer) promenljiv, izlazni ograničen. Ako je sud (bafer) pun, dotok prelazi u gubitak.
- Model:
  - LB povećava sadržaj kad stigne novi paket, smanjuje kad pošalje; ako bafer nije prazan, slanje paketa je u jednakim vremenskim razmacima;
  - slanje prestaje ako je LB prazan;
  - ako LB dostigne maksimum, MB, dolazni paketi se gube.
- Osnovni parametri LB: najveća vrednost odlaznog toka i broj mesta u LB. Veliki bafer smanjuje gubitke; smanjuje brzinu reagovanja na opterećenje, povećava kašnjenje.

- Nedostatak LB: nema podataka o zagušenjima nizvodno (*ingress*) od čvora i nema mogućnosti delovanja na izvor paketa uzvodno (*egress*). LB deluje lokalno i *naslepo*.
- Tehnika upravljanja zagušenjima – koristi povratne informacije o stanju resursa i prijemnika u čvorovima i prilagođava tok stvaranja ćelija (upravljanje tokovima sa povratnom spregom). Naročito važno u komunikacijama visokog protoka.
- Ograničenje vrednosti broja nepotvrđenih paketa, BNP: najstarija tehnika povratne informacije o zagušenjima; potvrde služe za otkrivanje grešaka i upravljanje tokom izvora: kada se dostigne najveći broj nepotvrđanih poruka (*window size*), slanje se obustavlja. Nedolazak potvrde u određenom vremenu je znak mogućeg zagušenja.

- Postupak upravljanja generisanjem paketa na osnovu (ne)potvrđivanja poruka:
  - CCS7 – osnovni metod retransmisije (*basic retransmission method*) – najviše 127 nepotvrđenih poruka, na dalje svaka potvrđena poruka izaziva slanje nove poruke;
  - korisnička signalizacija uskopojasnog ISDN-a – 7 nepotvrđenih poruka za signalni B kanal;
  - TCP – svaka sledeća retransmisija nepotvrđenih paketa vrši se posle dvostruko dužeg vremena.
  - FR – najdelotvornije, čvor koji predviđa zagušenje menja vrednost bitova FECN i BECN (*Forward*, *Backward Explicit Congestion Notification*) u paketima ka odredištu i izvoru→informacija izvoru o mogućem zagušenju i čvorovima ka prijemniku o povećanom opterećenju.
  - ATM – mere se preduzimaju u čvoru gde počinje zagušenje, bit CLP (*Cell Loss Priority*) u ATM zaglavlju služi da se razlikuju ćelije koje je moguće odbaciti kod zaguše-zagušenja. Bitno brzo delovanje zbog visokog protoka.

- Zagušenja u čvorovima sprečavaju se postupcima ranog otkrivanja početaka zagušenja i postepenog smanjivanja izvorišnog toka (povratnom spregom). Postupak je sličan ranom otkrivanju preopterećenja procesora telefonske centrale: meri se intenzitet novih poziva i, u slučaju potrebe, smanjuje se ovaj intenzitet zakašnjavanjem poziva→mere zaštite od zagušenja/preopterećenja pretvaraju se u mere izglađivanja vršnih opterećenja.
- Dobro uređena mreža: kašnjenje prenosa paketa kroz čvorove minimalno, a baferi su prazni. Povećanjem dolaznog toka→baferi se pune→čekanje raste→ protok raste. Tačka *z* je početak zagušenja, od nje baferi se naglo pune čekanje naglo raste, propusnost pada.





Optimalna radna tačka – ona vrednost opterećenja pri kojoj odnos propusnosti i srednjeg vremena čekanja (P/W) ima najveću vrednost. Zaključak: mere zaštite od zagušenja treba preduzeti pre nego što opterećenje dostigne vrednost *z*.

- Pokazatelji mogućeg zagušenja u čvorovima: popunjenost bafera i vreme čekanja paketa na uslugu. Kada se za ove veličine dostigne prag, izvoru se šalje zahtev za smanjenje toka. To smanjenje se postiže smanjenjem granice broja poslatih paketa bez potvrde - BNP. Nedostatak ovakvog upravljanja: oscilovanje (tok izvora se periodično povećava i smanjuje) i nestabilnost (upravljanje se svede na prigušenje izvora ili zagušenje virtuelne veze). Oscilovanje u umerenim granicama se može podneti i to se postiže dobro odmerenim algoritmima.

- Upravljanje zagušenjem na osnovu BNP: ako iz mreže stigne signal o mogućem zagušenju, smanjuje se BNP, ako ih nema, BNP se oprezno povećava. Ako se mreža sastoji od izvora, odredišta i M-1 čvorova, najveći odnos propusnost/kašnjenje za BNP=M (ako čvorovi rade nezavisno i ako se zanemari vreme prostiranja). M je početna vrednost BNP; BNP se smanjuje ako je više od pola čvorova na pragu zagušenja, u protivnom se povećava.
- Elementi u izgradnji postupka upravljanja zagušenjima:
  - početak zagušenja. Vezano za stanje bafera u čvoru. Ako je dostignut prag zauzetosti, signalizira se izvoru;
  - postupak smanjenja BNP: mora biti nelinearan. Izvorni tok se smanji na nulu ili vrednost koja ne može da stvori zagušenje. Ovaj odgovor mora biti brz zbog opasnosti od brzog povećanja čekanja pri zagušenju.
  - postupak povećanja BNP je blag (linearan) zbog opasnosti od oscilovanja.

- početak delovanja mera protiv zagušenja određuje se tako da odnos propusnost/srednje vreme čekanja (W/P) bude najveći.
- vremenski interval promene vrednosti BNP je vreme za koje stigne 2M potvrda primljenih paketa.

- Smanjivanje verovatnoće oscilacija i njihovo prigušenje: izvoru se šalju podaci o prosečnom broju paketa na čekanju, a ne o trenutnom; smanjivanje koraka u kojima se smanjuje vrednost BNP (ovako se smanjuje brzina delovanja, može biti problem u slučaju velikog saobraćaja).
- Upravljanje zagušenjem u ATM: *Resource Management* (RM) ćelije. *Payload Type* (PT) za RM ćelije 110 (za korisničke (0xx)). Postoji bit po kome se razlikuje smer slanja (unapred ili unazad). Način dojave: bit u RM koji nosi informaciju o postojanju zagušenja u nekom čvoru 0→1 (*Congestion Indication* – CI) ili PT korisničke ćelije 00x→01x u čvoru sa zagušenjem.

- Postupak regulacije protoka u ATM: izvor šalje RM ćeliju sa CI=0, a zatim korisničke ćelije sa PT=00x; protok je A_{max} i postepeno se smanjuje do A_{min}. Ako povratna RM kasni ili se prima sa vrednošću CI=1, izvor nastavlja da šalje korisničke ćelije protokom A_{min}. Ako povratna RM ne kasni i primi se sa CI=0, izvor počinje da šalje korisničke ćelije protokom A_{max}.
- Način kako se ATM izvoru signalizira moguće zagušenje:
  - RM ćelija prolazi unapred kroz čvor sa zagušenjem;
  - dve uzastopne RM ćelije nisu prošle kroz čvor sa zagušenjem, između njih prošle su korisničke ćelije i u njima se menja PT sa 00x na 01x, na osnovu čega se u odredištu generiše povratna RM sa CI=1;
  - RM ćelije i korisničke ćelije unapred nisu naišle na zagušenje, ali jeste povratna RM, koja postavlja CI=1.

  Uloga CI je slična kao FECN i BECN u FR.

- Kvalitet paketizovanog govora zavisi od kašnjenja paketa, zato se uvodi prioritetno usluživanje govornih paketa:
  - IP: bit u polju *Type of Service* (ToS) u IP zaglavlju ako je “1”, paket ima prioritet pri usluživanju;
  - ATM: bit CLP u zaglavlju ATM ćelija;
  - MPLS: klase usluga se razlikuju po prioritetima (FEC).

  Zajednička karakteristika: smanjivanje kašnjenja paketa (ćelija) višeg prioriteta izaziva povećanje kašnjenja paketa nižeg prioriteta.