

ISPORUKA KONTINUALNE INFORMACIJE U REALNOM VREMENU PREKO INTERNETA

RTP I RTCP

SIP

QoS, RSVP I COPS

Audio i video prenos i reprodukcija

- ◆ Određene aplikacije zahtevaju prenos zvuka i/ili slike u realnom vremenu.
- ◆ Primer je interaktivan telefonski poziv u kom se govorna informacija mora prenositi između učesnika u realnom vremenu.
- ◆ Ako se npr koristi PCM kodiranje, sa učestanošću odabiranja od 8kHz, pošiljaoc očitava A/D pretvarač svakih 125 μ s, a primalac istim ritmom upisuje primljene odbirke u D/A pretvarač.
- ◆ Kako obezbediti isporuku toka podataka istom učestanošću?

Telefonski sistem

- ◆ Ima izohronu arhitekturu.
- ◆ Ceo sistem je projektovan i izrađen tako da podatke isporučuje učestanošću koja je korišćena na ulazu.
- ◆ Ako postoji više putanja između neke dve tačke, sistem se mora napraviti tako da je kašnjenje za sve putanje isto.

IP Internet

- ◆ Nije izohron (datagrami mogu da kasne, da se umnožavaju i da se pojave van redosleda).
- ◆ U Internetu su česete male promene kašnjenja (jitter).
- ◆ Problem umnožavanja i isporuke van redosleda se rešava brojanjem paketa.
- ◆ Problem promenljivog kašnjenja se rešava vremenskim pečatima (time stamp), koji upućuju prijemnik kad treba da reprodukuje podatke iz paketa, i uvođenjem bafera za reprodukciju.

Kašnjenje reprodukcije

- ◆ Da bi se kompenzovale promene kašnjenja, prijemnik na početku sesije odlaže reprodukciju sve dok se bafer za reprodukciju ne napuni do zadatog praga.
- ◆ Taj prag se naziva tačka reprodukcije (playback point), kojoj odgovara kašnjenje od K vremenskih jedinica.
- ◆ Reprodukcijska započinje kad prijemnik primi podataka za K vremenskih jedinica, i nastavlja se do kraja sesije.
- ◆ Podaci koji nedostaju, bilo zato što su izgubljeni, ili previše zakašnjeni, se jednostavno zamenjuju tišinom (mute).

Dimenzionisanje bafera za reprodukciju

- ◆ Ako je K suviše malo, sistem nije dovoljno otporan na veće varijacije kašnjenja.
- ◆ Ako je K suviše veliko, korisnicima može smetati preveliko kašnjenje.

RTP (Real-Time Transport Protocol)

- ◆ Služi za prenos zvuka i slike preko Interneta.
- ◆ RTP **ne** obezbeđuje pravovremenu isporuku.
- ◆ RTP **obezbeđuje** dva osnovna mehanizma: (1) brojanje paketa i (2) njihovo vremensko pečaćenje.
- ◆ RTP paket počinje uvek istim delom zaglavja, čiji sadržaj određuje tumačenje ostalih polja zaglavlja, kao i podataka koji se prenose.

Format uvek istog dela zaglavlja RTP paketa

VER(0,1), P(2), X(3), CC(4-7), M(8), TIP	REDNI BROJ
VREMENSKI PEČAT	
IDENTIFIKACIJA IZVORA SINHRONIZACIJE	
IDENTIFIKACIJA POLAZNIH IZVORA	
...	

Objašnjenje polja zaglavlja RTP paketa

- ◆ VER (verzija) trenutno ima vrednost 2.
- ◆ REDNI BROJ paketa se na početku bira slučajno.
- ◆ Kad je postavljen, bit X ukazuje da se u RTP paketu nalazi proširenje zaglavlja.
- ◆ Značenje ostalih polja određuje sadržaj polja TIP podataka koji se prenose.
- ◆ Bit P određuje da li nakon podataka sledi popuna nulama, što se koristi kod šifrovanja sa blokovima iste dužine.
- ◆ Bit M (marker) koriste aplikacije da bi označile neke tačke u toku podataka.

Zaglavlje RTP paketa -- nastavak

- ◆ Početna vrednost polja VREMENSKI PEČAT se bira na slučaj. On treba da se povećava ritmom koji zavisi od aplikacije, i koji omogućava vremensko pozicioniranje sa potrebnom tačnošću.
- ◆ Npr. ako se prenose PCM odmerci govora, prirodan ritam vremenskog pečaćenja je umnožak od $125\mu\text{s}$.
- ◆ Ako se prenosi slika, ritam mora da bude brži.
- ◆ Standard dopušta da dva RTP paketa imaju isti vremenski pečat, pod uslovom da sadrže istovremeno odabrane podatke.

Tokovi, mešanje tokova, i višeutične veze (multikasting) (1/2)

- ◆ RTP podržava prevođenje (promena načina kodiranja) i mešanje (kombinovanje više tokova podataka u jedan tok) u prolaznim stanicama.
- ◆ Mešanje tokova se koristi kod videokonferencija.
- ◆ Za mešanje tokova je zadužen tzv. mikser.
- ◆ Računari koji učestvuju u konferencijskoj vezi uspostavljaju vezu sa mikserom, koji meša izvorišne tokove podataka i šalje rezultat kao jedinstven tok.
- ◆ Polje IDENTIFIKACIJA IZVORA SINHRONIZACIJE identifikuje miksera, a polje IDENTIFIKACIJA POLAZNIH IZVORA, izvore čiji tokovi su pomešani.

Tokovi, mešanje tokova, i višeutične veze (multikasting) (2/2)

- ◆ Polje IDENTIFIKACIJA POLAZNIH IZVORA je promenljive dužine (može da sadrži do 15 identifikatora).
- ◆ Polje CC određuje koliko polaznih tokova je pomešano.
- ◆ RTP je usklađen sa višeutičnim vezama (multicast), kod kojih je od interesa upravo mešanje tokova.
- ◆ Stanice u konferencijskoj vezi šalju svoje tokove mikseru, koji formira jedinstven tok, i šalje ga svima po višeutičnoj vezi.
- ◆ Na taj način se ograničava opterećivanje mreže.

Prenos RTP paketa

- ◆ RTP paketi se prenose kroz UDP pakete.
- ◆ Na taj način više aplikacija na istom računaru može da koristi RTP.
- ◆ RTP ne koristi rezervisani broj UDP prolaza, već se prolaz dinamički dodeljuje, a udaljena strana se obaveštava o izabranom broju.
- ◆ Po konvenciji RTP koristi parne brojeve prolaza, a RTCP koristi prvi sledeći broj.

RTCP (RTP Control Protocol)

- ◆ Služi za nadgledanje mreže u toku veze i komunikaciju krajnjih tačaka izvan opsega.
- ◆ Npr u slučaju zagušenja mreže, moguće je preći na kodiranje sa većim faktorom kompresije, ili npr prijemnik može da menja veličinu reproduktionog bafera u slučaju promene mrežnog kašnjenja.
- ◆ Mehanizam komunikacije izvan opsega omogućava formiranje dodatnog paralelnog toka podataka (npr tekst koji prati video tok – “titl”).
- ◆ Pošto su RTCP poruke kratke, moguće je preneti više njih u jednom UDP paketu.

5 osnovnih tipova RTCP poruka

TIP	ZNAČENJE
200	Izveštaj predajnika.
201	Izveštaj prijemnika.
202	Poruka opisa izvora podataka.
203	Poruka pozdrava.
204	Poruka svojstvena aplikaciji.

Objašnjenje RTCP poruka

- ◆ Predajnik povremeno šalje **izveštaj predajnika** koji sadrži apsolutni vremenski pečat. Napominje se da je to jedini mehanizam koji omogućava prijemniku da sinhronizuje više tokova.
- ◆ Prijemnik povremeno šalje **izveštaj prijemnika** koji izveštava predajnika o uslovima prijema:
 - (1) Predajnik saznaje uslove prijema kod svih prijemnika.
 - (2) Prijemnici mogu da prilagode učestanost izveštavanja i tako ograničavaju opterećivanje mreže i predajnika.

Izveštaj prijemnika

- ◆ Identifikuje svaki izvor sinhronizacije (mikser) i sadrži poseban odeljak za svakog od njih.
- ◆ Odeljak sadrži:
 - (1) najveći redni br paketa dobijen od predajnika,
 - (2) zbir i procenat izgubljenih paketa,
 - (3) vreme od prethodno primljenog izveštaja predajnika, i
 - (4) promenu kašnjenja (jitter).


Objašnjenje RTCP poruka - nastavak

- ◆ Poruka **opis izvora** podataka sadrži opšte podatke o korisniku koji je vlasnik izvora, ili ga kontroliše. Ona sadrži po jedan odeljak za svaki izvor. Jedino obavezno polje sadrži ime korisnik@računar.
- ◆ Neobavezna polja sadrže e-mail, broj telefona, geografska lokacija, aplikacioni program i drugo.
- ◆ Predajnik šalje **poruku pozdrava** kad zatvara tok.
- ◆ Poruka **svojstvena aplikaciji** omogućava aplikaciji da definiše svoj vlastiti tip poruke.

IP telefonija i signalizacija

- ◆ Tehnologije potrebne za realizaciju IP telefonije su: (1) RTP i RTCP, (2) mehanizam za uspostavu i raskid telefonske veze, i (3) kvalitet posluživanja i rezervacija resursa.

- ◆ U telefoniji, postupak uspostavljanja i raskidanja veze se naziva signalizacijom.
- ◆ Primeri su pristupna signalizacija DSS1 i mrežna SS7.
- ◆ U IP telefoniji postoji više standarda za signalizaciju: ITU-T H.323, IETF SIP (Session Initiation Protocol), XMPP sa proširenjem Jingle.
- ◆ Telefonska mreža i Internet se povezuju preko VoIP (voice over IP) konvertora signalizacija.

- 
- ◆ Danas je široko korišćen projekat otvorenog koda WebRTC koji omogućuje komunikaciju u realnom vremenu korišćenjem web pregledača

SIP (Session Initiation Protocol)

- ◆ **Pokriva** samo **signalizaciju**.
- ◆ Ne nalaže upotrebu RTP/RTCP niti određenih kodeka.
- ◆ Zasniva se na klijent-server arhitekturi.
- ◆ Razlikujemo korisničke agente i posrednike.
- ◆ Korisnički agent se izvršava u IP telefonu, ima ID korisnik@lokacija. To je program preko koga krajnji korisnik pristupa uslugama mreže.
- ◆ Posrednik obavlja prosleđivanje poziva.

SIP - nastavak

- ◆ Posrednik radi kao **zastupnik** (proxy) koji dolazni poziv može da prosledi sledećem zastupniku, ili kao **server za preusmeravanje**, koji obaveštava pozivajuću stranu kako da stigne do odredišta.
- ◆ SIP koristi prateći protokol, SDP (Session Description Protocol) radi obezbeđivanja informacije o pozivu: primenjeni kodeci, brojevi prolaza protokola, i adrese višeutičnih veza.

Kvalitet posluživanja i rezervisanje resursa

- ◆ Pojam **kvalitet posluživanja** (QoS – Quality of Service) se odnosi na garancije statističkih performansi mreže u pogledu gubitaka, kašnjenja, propusne moći, i promene kašnjenja.
- ◆ Telefonska mreža garantuje zadati QoS, dok ga IPv4 ne garantuje.
- ◆ Da li je QoS nužan za VoIP? Ako da, kako ga obezbediti?

Parametri QoS

- ◆ Često korišćeni parametri su: gubitak paketa, kašnjenje s-kraja-na-kraj (latency), jitter, brzina prenosa (throughput), raspoloživost usluge (uptime)
- ◆ Eksperimentalno se došlo do toga da su za VoIP potrebni kašnjenje ispod 200 ms, jitter od otprilike 30ms, gubitak paketa ispod 1%
- ◆ U Internetu ovi uslovi često nisu zadovoljeni, naročito gubitak paketa

QoS, iskorišćenost i kapacitet

- ◆ Pitanje iskorišćenosti: ako mreža ima dovoljno resursa za ceo saobraćaj, QoS garancije nisu potrebne (dovoljna je best effort usluga). Ako saobraćaj prevaziđe kapacitet mreže, QoS ne može da zadovolji zahteve svih korisnika.
- ◆ Zastupnici QoS ističu: (1) “pravednije” deljenje resursa, i (2) oblikovanje Sb-a svakog korisnika omogućava veće iskorišćenje bez opasnosti od kolapsa.
- ◆ Argument protiv je poboljšanje performanse mreže. Sve dok ubrzano raste, QoS je nepotreban balast. Ako potražnja postane veća od kapaciteta, QoS može postati ekonomsko pitanje – viša cena za viši nivo posluživanja.

Mrežna neutralnost

- ◆ Pitanje uvođenja kvalitete usluge u Internet okruženje je povezano sa problemom mrežne neutralnosti (Net Neutrality)
- ◆ To je tradicionalni pristup koji kaže da nema davanja prioriteta saobraćaju prema izvoru ili njegovom sadržaju: saobraćaj je saobraćaj
- ◆ Protivnici ovog koncepta predlažu two-tiered Internet koncept prema kom prioritet dobija premium saobraćaj (saobraćaj korisnika koji su platili za premium uslugu)

IntServ i DiffServ

- ◆ Postoje dve razvijene arhitekture za realizaciju QoS: IntServ (integrisane usluge) i DiffServ.
- ◆ U DiffServ, saobraćaj se klasifikuje i prioritizira (različite QoS klase imaju različite prioritete). Klase predstavljaju agregate tokova, čime se izbegava obrada na nivou tokova i čuvanje njihovog stanja (per-flow processing and per-flow state) u mreži jezgra, što je tipično za IntServ.

IntServ

- ◆ Razvijana tokom 90tih ova arhitektura nije ušla u značajniju upotrebu
- ◆ QoS se obezbeđuje na nivou tokova: flow based
- ◆ Pre komunikacije se formira tok, i zauzimaju resursi na prolaznim usmerivačima
- ◆ Arhitektura nije prilagođena za slučaj kada se dinamički uspostavlja i raskida veliki broj tokova (drugim rečima ima problem sa skalabilnošću)
- ◆ Takođe zahteva izmene u programskom kodu usmerivača – što otežava njeno uvođenje
- ◆ Osnovni protokol u ovoj arhitekturi je RSVP

Uvođenje QoS u IP okruženje - IntSrv

- ◆ RSVP (Resource Reservation Protocol) je protokol za rezervisanje resursa.
- ◆ COPS (Common Open Policy Services) obezbeđuje usluge zajedničke otvorene politike.

DiffServ

- ◆ Class based
- ◆ DiffServ arhitektura je pokazala zadovoljavajuću skalabilnost, ali korišćenje klasa kao agregata tokova, predstavlja sa jedne strane prednost a sa druge manu, jer ne omogućuje precizno definisanje i realizaciju kvaliteta usluge za pojedine tokove.
- ◆ DiffServ se oslanja na mehanizme kao što je MPLS, da bi obezbedila traženi kvalitet

- ◆ QoS se ne može dodati samo na aplikativnom nivou. QoS je funkcija koja zahvata više nivoa Internet protokol steka.
- ◆ Na aplikativnom nivou, koriste se web komutatori (web switch), koji realizuju podelu opterećenja između web servera, kao i web caching, kojim se web sadržaj približava krajnjem korisniku. Primer su Content Distribution Networks (CDN).
- ◆ Da bi se uveo QoS prema IntSrv, mora se promeniti infrastruktura: prolazni čvorovi mreže moraju da pristanu da rezervišu resurse za svaki protok između dve krajnje tačke.

Aspekti uvođenja QoS prema IntSrv

- ◆ (1) Oblik **signaliziranja**: pre slanja podataka, krajnja tačka mora da pošalje zahtev za potrebnim resursima, i svi prolazni čvorovi moraju da pristanu da te resurse rezervišu.
- ◆ (2) **Kontrola saobraćaja**: u toku prenosa podatka, prolazni čvorovi moraju da nadgledaju i kontrolišu saobraćaj.
- ◆ Rukovanje redovima čekanja treba da: (1) zadovolji garantovane okvire kašnjenja, i (2) da ublaži nalete paketa (pretvaranjem bujice u ravnomerni tok).
- ◆ Ublažavanje naleta paketa se naziva oblikovanjem saobraćaja (traffic shaping).

RSVP (1/2)

- ◆ RSVP se bavi rezervacijom resursa u prolaznim čvorovima mreže.
- ◆ Krajnja tačka pošalje zahtev za određivanjem putanje (path). Ovaj zahtev sadrži posebno upozorenje (router alert) za prolazne čvorove.
- ◆ Nakon prijema odgovora na prethodni zahtev, krajnja tačka šalje zahtev za rezervaciju resursa, koji sadrži željenje granice QoS.
- ◆ Ako svi čvorovi na putanji prihvate ovaj zahtev, krajnja tačka dobija pozitivan odgovor, a u suprotnom, negativan.

RSVP (2/2)

- ◆ RSVP tok podataka je jednosmeran (simplex).
- ◆ Ako aplikacija zahteva QoS garancije u oba smera, svaka krajnja tačka mora, putem RSVP, zahtevati poseban tok, od nje ka željenom odredištu.
- ◆ S obzirom da RSVP koristi postojeće čvorove mreže, RSVP tokovi se mogu prenositi nezavisnim putanjama.

COPS (1/2)

- ◆ Nakon prijema RSVP zahteva, čvor mreže mora da proveriti: (1) **izvodljivost** (da li ima dovoljno resursa), i (2) **politike** (da li zahtev zadovoljava ograničenja usvojene politike).
- ◆ Izvodljivost proverava lokalno.
- ◆ Nametanje politike zahteva globalnu saradnju – čvorovi moraju da usvoje isti skup politika. Za ove potrebe koristi se dvoslojni model i arhitektura klijent-server.
- ◆ Nakon prijema RSVP zahteva, čvor postaje klijent, koji se obraća PDP (Policy Decision Point) serveru, kako bi utvrdio da li se zahtev uklapa u ograničenja politike.

COPS (2/2)

- ◆ Ako PDP odobri zahtev, čvor mora da preuzme ulogu PEP (Policy Enforcement Point) i osigura da Sb ne prekorači odobrenu politiku.
- ◆ Iako COPS poruke imaju sopstveno zaglavlje, osnovni format ima zajedničkih polja sa RSVP porukama.
- ◆ To znači da kad čvor primi RSVP zahtev, on izdvaja stavke koje se odnose na politiku, kopira ih u COPS poruku, i nju šalje PDP serveru.