



Prenos govora pomoću IP protokola – *Voice over IP* (VoIP)

Mr Nenad Krajnović

E-mail: krajko@etf.bg.ac.rs



VoIP – IP telefonija

- VoIP predstavlja samo način prenosa govornih informacije posredstvom IP grupe protokola
- IP Telefonija predstavlja složeni sistem integracije VoIP-a sa PSTN-om
- IP Telefonija obuhvata VoIP



Šta je problem?

- Kako efikasno preneti govorni signal uz minimalno kašnjenje i varijaciju kašnjenja?
- Korišćenje TCP protokola nije prihvatljivo jer ima veliko inicijalno kašnjenje i veliku varijaciju kašnjenja zbog retransmisija i kontrole toka (*sliding window* mehanizam) podataka



UDP protokol?

- Pošto TCP protokol nije prihvatljivo rešenje za prenos govora, preostaje UDP protokol
- UDP protokol ne nudi korekciju neispravnog redosleda paketa niti ima mogućnost detektovanja gubitaka paketa
- Potrebno je obezbediti funkcije koje nedostaju



RTP

- RTP – *Real-time Transport Protocol*
- Definisani u RFC-u 1889 (*proposed standard*)
- Kasnije u potpunosti definisani u RFC-u 3550 (standard STD0064)



Namena RTP-a

- Obezbeđuje transportne funkcije s kraja na kraj mreže (*end-to-end*) za aplikacije koje prenose vremenski osetljive podatke (*real-time data*) kao što su audio i video podaci
- Može da radi posredstvom *unicast* i *multicast* tipa mreža
- Ne zavisi od tipa mreže (na nižim slojevima protokolskog steka)



Namena RTP-a

- usled grešaka pri prenosu paketi se mogu izgubiti, zakasniti, stizati preko reda...
- RTP omogućava prijemu da detektuje ove greške i ispravi ih u nekoj meri;
- funkcije RTP-a:
 - ***sequencing***;
 - ***intramedia synchronization*** (kompenzacija džitera);
 - ***payload identification*** (dinamička promena *codec*-a zbog uslova u mreži);
 - ***frame indication*** (gde je kraj, a gde početak rama, *M-frame marker bit*);
 - ***source identification*** (u *multicastu* - ko šalje paket)

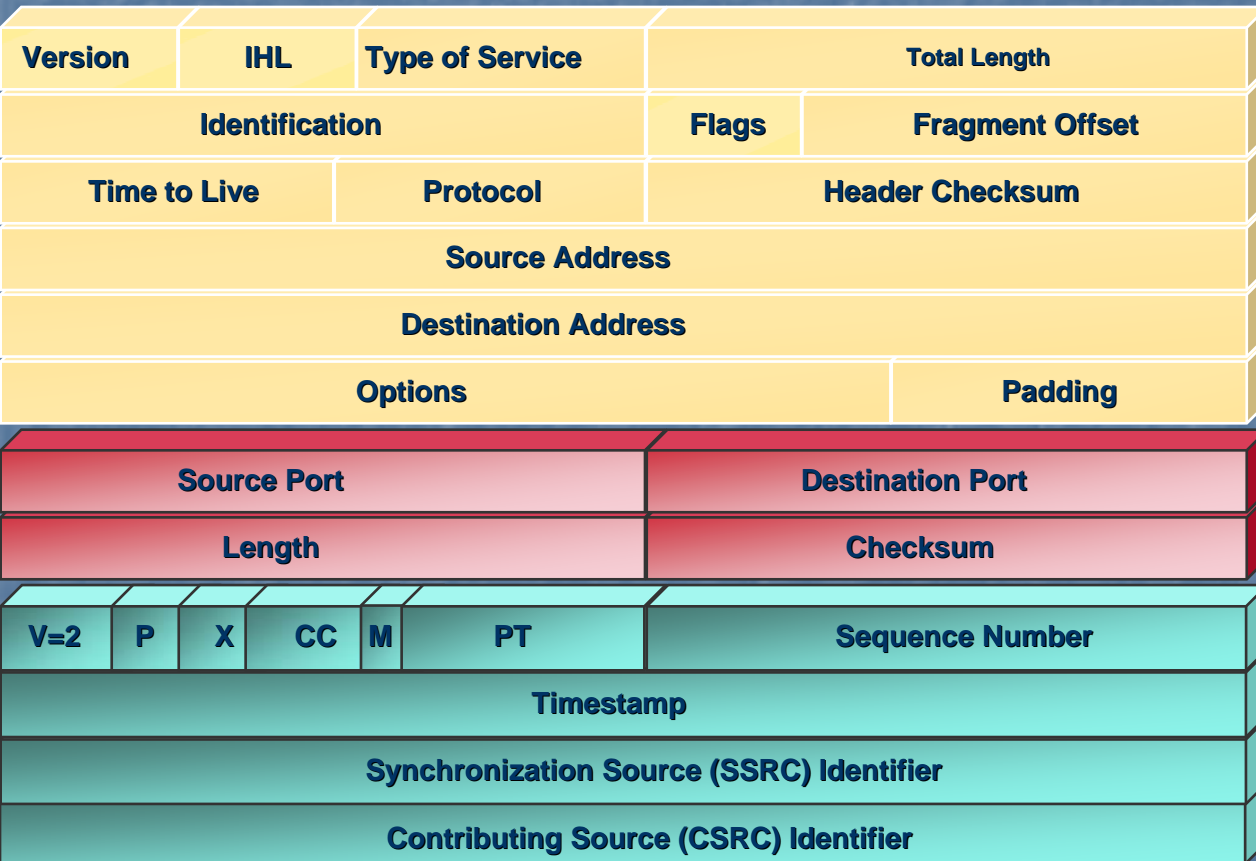
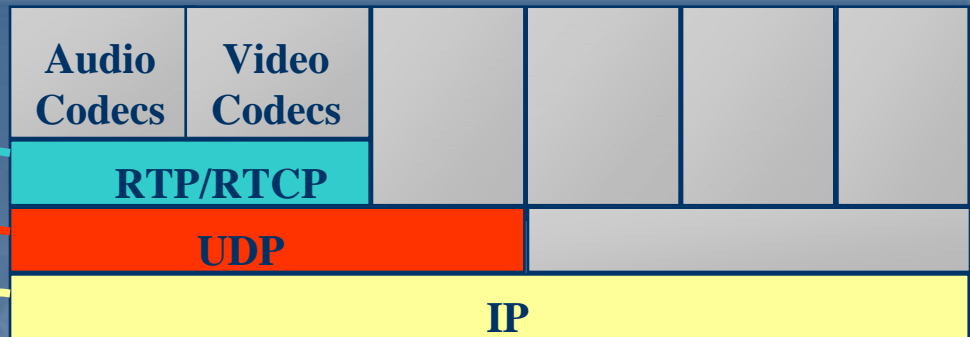


Šta RTP ne radi?

- **Ne omogućava** rezervaciju resursa u mreži
- **Ne garantuje** kvalitet servisa (QoS) za vremenski osetljive servise
- Za ove funkcije se moraju koristiti protokoli koji se nalaze ispod RTP-a u protokolskom steku



RTP



Overhead:

IP header (20)

UDP header (8)

RTP header (12)

ukupno 40



Zaglavlje RTP paketa

- **V – Version** (2 bita) – označava verziju protokola; draft standarda je koristio $V=1$ a sadašnja verzija standarda koristi $V=2$
- **P – Padding** (1 bit) – ako je setovan to znači da na kraju RTP paketa postoje *padding* paketi koji povećavaju veličinu paketa do potrebnog broja (npr. za kriptosisteme)



Zaglavlje RTP paketa

- **X – *eXstension bit*** (1 bit) – ako je setovan fiksno zaglavlje mora da ima tačno jedno proširenje zaglavlja
- **CC – *CSRC Count*** (4 bita) – predstavlja broj CSRC polja koje se nalaze posle fiksnog zaglavlja
- **M – *Marker*** (1 bit) – značenje ovog bita definisano je profilom



Zaglavlje RTP paketa

- **PT – *Payload Type*** (7 bita) – definiše format korisnog dela RTP paketa i određuje na koji način će aplikacija da interpretira taj sadržaj;
Default vrednosti za mapiranje audio i video sadržaja date su u RFC-u 3551. Prijemnik mora da ignoriše sadržaj za koji ne zna šta znači vrednost u PT.



Zaglavlje RTP paketa

- ***Sequence number*** (16 bita) – sadrži redni broj RTP paketa u nizu paketa koji se šalju od pošiljaoca ka primaocima

Inicijalna vrednost ovog broja treba da bude slučajna vrednost u cilju sprečavanja pogađanja broja kod pokušaja dekriptovanja sadržaja kada se vrši kriptovanje.

Koristi se za detektovanje gubitaka paketa u prenosu i za ispravno postavljanje datog paketa u niz paketa koji se primaju.



Zaglavlje RTP paketa

- ***Timestamp*** (32 bita) – vremenska referenca za sinhronizaciju medija koji se prenosi

Rezolucija referentnog časovnika mora da bude takva da omogući traženu sinhronizaciju i izračunavanje *jitter*-a (zavisi i od *codec*-a).

Inicijalna vrednost ovog brojača mora da bude slučajna, kao i kod *sequence number*-a



Zaglavlje RTP paketa

- **SSRC – *Synchronization SouRCe identifier*** (32 bita) – identifikator izvorišta sinhronizacije

Nije obavezno da to bude izvor saobraćaja već to može da bude i mikser koji je formirao novi RTP tok saobraćaja.

Bira se na slučajan način da bi se sprečilo da u komunikaciji učestvuju dva sagovornika sa istom indentifikacijom



Zaglavlje RTP paketa

- **CSRC – *Contributing SouRCe identification*** (32 bita svaki zapis) – lista učesnika na osnovu kojih je mikser generisao zbirni tok podataka; Kada se formira zbirni tok podataka tada Mikser formira novi SSRC a na osnovu SSRC-a izvornih podataka formira CSRC polja. Može da bude od 0 do 15 CSRC polja u jednom zaglavlju.



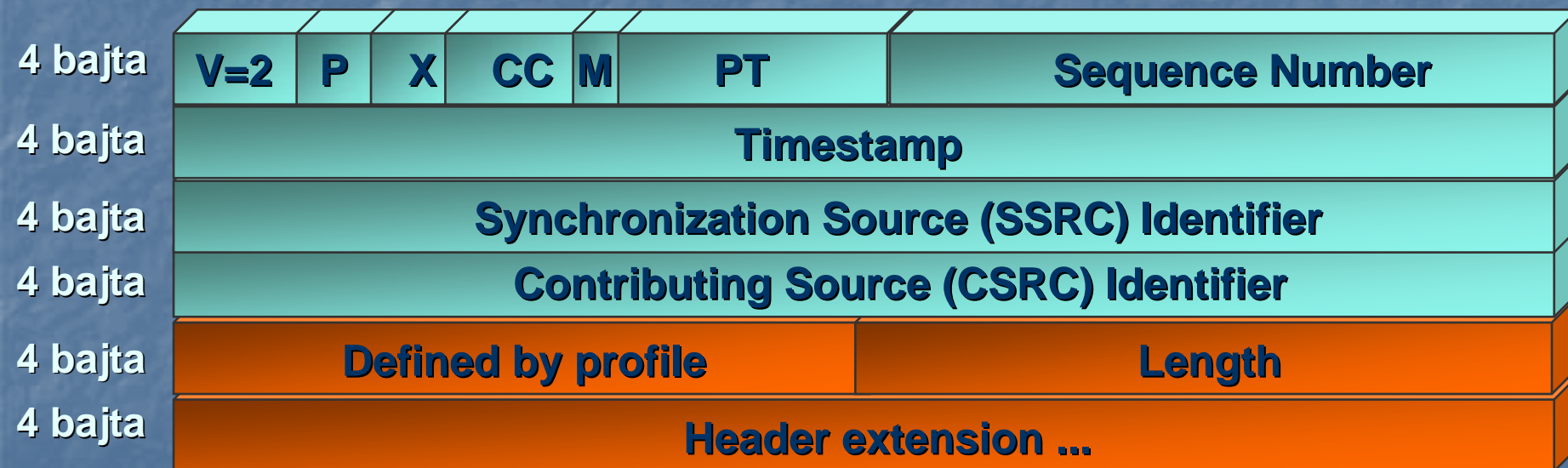
Proširenje zaglavlja

- Prethodna definicija zaglavlja zadovoljava većinu standardnih aplikacija
- Prilikom razvoja novih aplikacija i servisa javlja se potreba da se zaglavlje proširi ili promeni
- Proširenje zaglavlja se obezbeđuje setovanjem X bita u zaglavlju



Proširenje zaglavlja

- Ako je X bit setovan tada se posle CSRC polja dodaje proširenje promenljive dužine





Proširenje zaglavlja

- Prvih 16 bita proširenja zaglavlja je ostavljeno da se definiše u okviru profila koji je zahtevao modifikaciju
- ***Length*** (16 bita) – polje definiše veličinu proširenja izraženu u broju 32-bitnih reči
- Ostatak proširenja promenljive dužine zavisi od zahteva aplikacije koja je uvela proširenje



Audio i video

- Ako se tokom neke konferencijske veze koriste i audio i video zapisi, tada se za svaki tip medija uspostavlja posebna RTP sesija
- Isto važi i za RTCP protokol koji radi u paru sa RTP protokolom



Mikseri i translatori

- Kada imamo više učesnika u komunikaciji, često se javlja situacija da nisu svi učesnici povezani u mrežu linkovima istog kapaciteta
- Korisnici sa slabijim linkovima zahtevaju korišćenje *codec*-a sa manjim protokom uz prihvatanje degradacije kvaliteta audio zapisa
- Ovaj zahtev nije prihvatljiv korisnicima sa linkovima većeg kapaciteta



Mikseri i translatatori

- Mikser – *RTP-level relay* koji ima zadatak da usaglašava različite *codec*-e i da vrši resinhronizaciju audio zapisa na manji protok koji odgovara korisnicima sa manjim linkovima
- Mikser može da generiše pakete kako za *unicast* tako i za *multicast* komunikaciju



Mikseri i translatore

- Kada se koristi *firewall* on, po pravilu, ne propušta *multicast* saobraćaj
- U takvim situacijama se postavljaju dva translatora (sa svake strane *firewall*-a po jedan) koji imaju zadatak da tuneluju RTP *multicast* saobraćaj kroz *firewall*



RTCP

- RTCP – RTP *Control Protocol*
- Deo specifikacije RTP protokola u RFC-u 3550
- Zadužen za praćenje kvaliteta servisa i prenos informacija o učesnicima sesije



RTCP – 4 osnovne funkcije

- **Primarna funkcija** je slanje povratnih informacija o kvalitetu servisa za podatke koji su poslani korisnicima. Ova funkcija se obavlja slanjem SR i RR tipova paketa.
- **Druga funkcija** je slanje stalnog identifikatora izvora koje nazivamo *Canonical name* (CNAME).



RTCP – 4 osnovne funkcije

- Pošto postoji mogućnost da se SSRC menja u toku komunikacije (zbog kolizije identifikacija), neophodno je da se izvor može jedinstveno identifikovati od strane učesnika komunikacije. Za to se koristi CNAME. CNAME je takođe neophodan kada jedan izvor generiše više tokova podataka (audio i video podaci) da bi bila moguća međusobna sinhronizacija.



RTCP – 4 osnovne funkcije

- Prve dve funkcije su obavezne za sve učesnike u komunikaciji. Na osnovu tih informacija koje prima svaki učesnik, mogu da se izračunaju potrebni intenziteti slanja ovih paketa (**treća funkcija**).
- **Četvrta funkcija** je opcionalna. Omogućava da se u toku sesije korisnicima prikazuju minimalne informacije o učesnicima.



RTCP – formati paketa

- **SR – *Sender Report*** – za slanje i primanje statističkih podataka od strane učesnika koji aktivno šalju sadržaje (*senders*)
- **RR – *Receiver Report*** – za prijem statističkih podataka od učesnika koji ne šalju aktivno sadržaje i u kombinaciji sa SR za slanje izveštaja na više od 31 izvora



RTCP – formati paketa

- **SDES** – *Source DEScription* – opis izvora saobraćaja što uključuje i slanje CNAME podataka
- **BYE** – završetak učešća u konferencijskoj vezi
- **APP** – *APPLication specific functions*



RTCP – SR tip paketa

Sender info

Report block 1

V=2	P	RC	PT=SR=200	Length
SSRC of Sender				
NTP timestamp, most significant word				
NTP timestamp, least significant word				
RTP timestamp				
Sender's packet count				
Sender's octet count				
SSRC_1 (SSRC of first source)				
Fraction lost		Cumulative number of packets lost		
extended highest sequence number received				
interarrival jitter				
last SR (LSR)				
delay since last SR (DLSR)				



RTCP – SR tip paketa

- **V – *Version*** (2 bita) – verzija protokola; kao i kod RTP-a, ovde je vrednost 2
- **P – *Padding*** (1 bit) – ako je setovan bit, paket ima dodatnih paketa na kraju
- **RC – *Reception report Count*** (5 bita) – broj *reception report* blokova koji se nalaze u paketu; može da bude i nula



RTCP – SR tip paketa

- **PT** – *Packet Type* (8 bita) – sadrži broj 200 koji identifikuje paket tipa SR
- **Length** (16 bita) – sadrži dužinu paketa izraženu u 32-bitnim rečima umanjeno za jedan;
- **SSRC** (32 bita) – identifikacija izvora SR paketa



RTCP – SR tip paketa

- **NTP *timestamp*** (64 bita) – predstavlja vremensku referencu kada je poslat ovaj izveštaj
- **RTP *timestamp*** (32 bita) – predstavlja istu vremensku referencu kao NTP *timestamp* ali u istim jedinicama i sa istim *offset*-om kao kod RTP paketa



RTCP – SR tip paketa

- ***Sender's packet count*** (32 bita) – predstavlja ukupan broj RTP paketa koji su poslani do trenutka slanja SR izveštaja
- ***Sender's octet count*** (32 bita) – predstavlja ukupan broj korisničkih okteta koji su poslani (bez zaglavlja i *padding* okteta) od početka emitovanja



RTCP – SR tip paketa

- **SSRC_1** – SSRC prvog izvora čiji podaci su stigli do čvora koji šalje SR paket; u svakom bloku za izveštaj se nalaze podaci za samo jedan izvor saobraćaja
- ***Fraction lost*** (8 bita) – predstavlja odnos broja paketa koji su izgubljeni i broja očekivanih paketa od trenutka dobijanja poslednjeg SR ili RR paketa



RTCP – SR tip paketa

- ***cumulative number of packets lost*** (24 bita) – ukupan broj izgubljenih paketa koji potiču od izvora SSRC_1 a koji su poslani od trenutka početka slanja.
- ***extended highest sequence number received*** (32 bita) – donjih 16 bita sadrži najveći *sequence number* koji je primljen od SSRC_1 u RTP paketu; gornjih 16 bita sadrži broj odgovarajućih *sequence number* ciklusa



RTCP – SR tip paketa

- ***interarrival jitter*** (32 bita) – procena statističke varijacije međuvremena (*interarrival time*) dolaska RTP paketa mereno u *timestamp* jedinicama.
- ***last SR timestamp (LSR)*** (32 bita) – srednja 32 bita od 64-bitnog NTP *timestamp*-a poslednjeg primljenog SR RTCP paketa



RTCP – SR tip paketa

- ***delay since last SR (DLSR)*** (32 bita) – kašnjenje izraženo u jedinicima $1/65536$ između prijema poslednjeg SR paketa od SSRS_1 i trenutka slanja ovog reception bloka.



RTCP – RR tip paketa

Report block 1

Report block 2

V=2	P	RC	PT=RR=201	Length
SSRC of Sender				
SSRC_1 (SSRC of first source)				
Fraction lost		Cumulative number of packets lost		
extended highest sequence number received				
interarrival jitter				
last SR (LSR)				
delay since last SR (DLSR)				
SSRC_2 (SSRC of second source)				
Fraction lost		Cumulative number of packets lost		
extended highest sequence number received				
interarrival jitter				
last SR (LSR)				
delay since last SR (DLSR)				

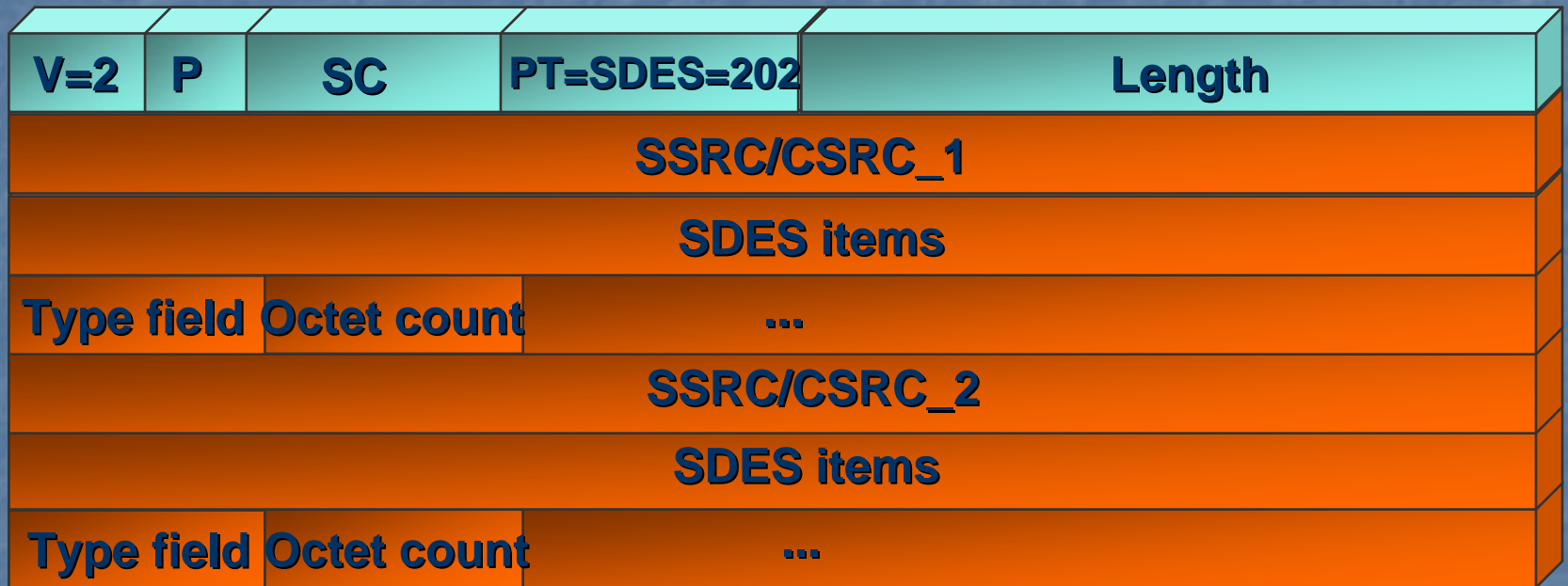


RTCP – RR tip paketa

- Značenje pojedinih polja je isto kao kod SR tipa paketa samo polje $PT=RR=201$



RTCP – SDES tip paketa





RTCP – SDES tip paketa

- **SC – *Source Count*** (5 bita) – sadrži informaciju o tome koliko se SDES blokova nalazi u paketu
- Svaki blok koji sledi sastoji se od SSRC/CSRC identifikatora, polja tipa i polja sa brojačem koji definiše veličinu ostatka bloka u kome se nalazi tekstualni naziv parametra



RTCP – SDES tip paketa

- Za parametar CNAME, polje tipa ima vrednost 1
- Treba da bude jedinstven za sve učesnike sesije

CNAME=1	Length	User and domain name ...
---------	--------	--------------------------

doe@sleepy.example.com

doe@2201:056D::112E:144A:1E24

doe@192.0.2.89

sleepy.example.com



RTCP – SDES tip paketa

- Za parametar NAME, polje tipa ima vrednost 2
- Treba da predstavlja stvarno ime učesnika u komunikaciji



John Doe, Bit Recycler



RTCP – SDES tip paketa

- Za parametar EMAIL, polje tipa ima vrednost 3
- Treba da predstavlja e-mail adresu učesnika u komunikaciji



John.Doe@example.com



RTCP – SDES tip paketa

- Za parametar PHONE, polje tipa ima vrednost 4
- Treba da predstavlja telefonski broj učesnika u komunikaciji



+1 908 555 1212



RTCP – SDES tip paketa

- Za parametar LOC, polje tipa ima vrednost 5
- Treba da predstavlja geografsku lokaciju učesnika u komunikaciji

LOC=5	Length	Geographic location of site ...
--------------	---------------	--

Room 2A244, AT&T BL MH



RTCP – SDES tip paketa

- Za parametar TOOL, polje tipa ima vrednost 6
- Treba da predstavlja naziv aplikacije koja se koristi za generisanje toka podataka

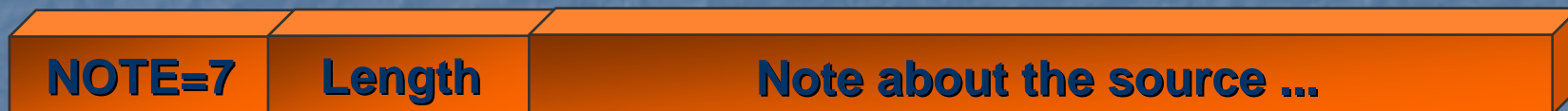


videotool 1.4



RTCP – SDES tip paketa

- Za parametar NOTE, polje tipa ima vrednost 7
- Obaveštenje o trenutnom statusu sagovornika



On the phone, can't talk



RTCP – BYE tip paketa

- Koristi se za indikaciju da jedan ili nekoliko izvora nisu više aktivni

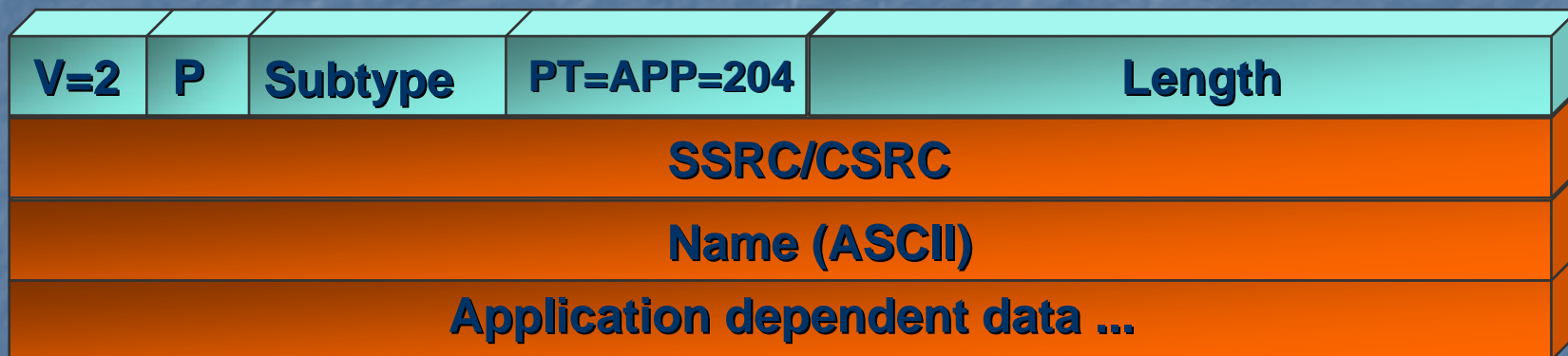


Poslednja dva polja su opciona



RTCP – APP tip paketa

- Ovaj tip paketa je namenjen za eksperimentalno korišćenje sa novim aplikacijama





RTP + RTCP

- Protokoli RTP i RTCP su osnovni protokoli za prenos vremenski osetljivih podataka preko IP mreže (audio, video...)
- Najveći broj implementacija VoIP rešenja koristi ove protokole
- Pojavljuju se *proprietary* rešenja koja se baziraju na nekim drugim protokolima (IAX kod Asterisk-a)



Prenos govora pomoću IP protokola – *Voice over IP* (VoIP)

Mr Nenad Krajnović

E-mail: krajko@etf.bg.ac.rs