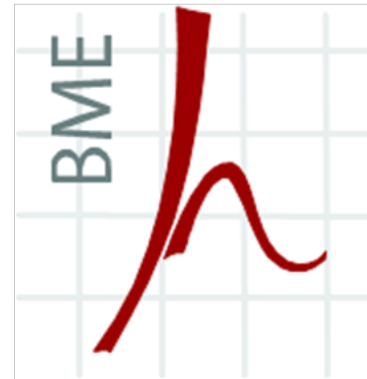




MULTIMÉDIA TOVÁBBÍTÁSA AZ IP FELETT

1. rész

Bevezető áttekintés

Médiakezelő protokollok (RTP, RTCP, RTSP)

Dr. Szabó Csaba Attila

egyetemi tanár

BME Híradástechnikai Tanszék

szabo@hit.bme.hu

April 23, 2013
Budapest

- *A multimédia alkalmazások fő csoportjai:*
 - Tárolt audió- és videóstreaming
 - Élő audió- és videóstreaming
 - Interaktív real-time audió és videó

- *Milyen igényeik vannak a hálózattal szemben („szolgáltatásminőség”: l. kicsit később)*
 - Késleltetés-érzékenyek
(késleltetés és késleltetés-ingadozás)
 - Adatvesztésre általában nem érzékenyek
 - Éppen ellentétesen az adatkommunikációval

Tárolt média letöltése streaminggel

Streaming?

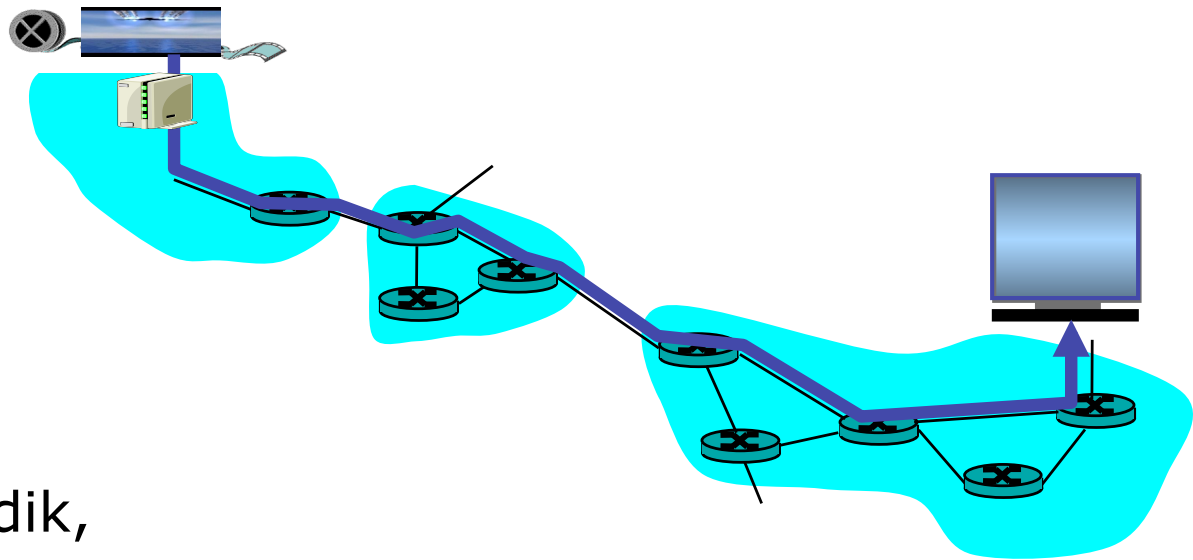
Szemben a hagyományos médiafájl-letöltéssel, amikor egyetlen nagy csomagban töltődik le a tartalom, itt folyamatos csomagküldés és közben feldolgozás a vevőben

A tartalom a forrásnál tárolódik (médiaszerver)

Lejátszásra kerül a kliensnek

A lejátszás elkezdődik, mielőtt a teljes anyag megérkezik

Interaktivitás: videomagnó-szerű funkciók szükségesek (előre-hátra, szünet, állj stb.)

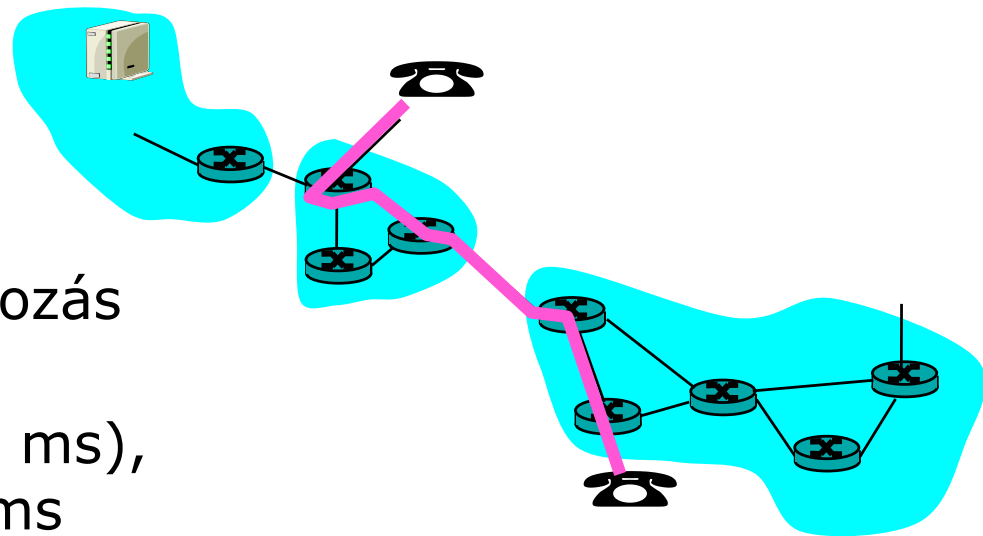


- Alkalmazási példák:
 - rádió-, TV-állomások az interneten
 - élő előadások („webinar”)
 - élő sportesemények
- Streaming:
 - playback-tár
 - lejátszás késleltetéssel
- Interaktivitás:
 - néhány, a tárolt média lejátszásánál használt funkció (persze pl. gyors előre nincs)

Interaktív real-time audió és videó

- Alkalmazási példák:
 - VoIP, IP feletti telefonálás
 - videokonferencia

- Igények:
 - kis késleltetés,
 - kis késleltetésingadozás
 - pl. beszédnél:
150 ms (max. 300 ms),
ingadozás pár 10 ms

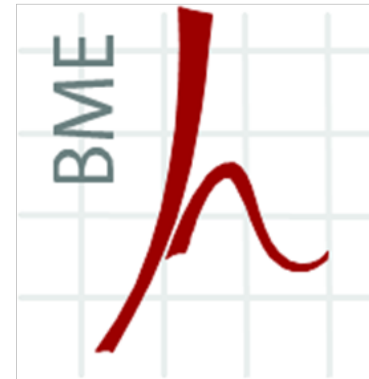


- Új funkció: hívásvezérlés

Szolgáltatásminőség

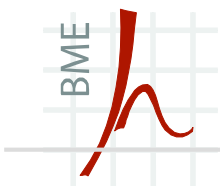
QoS – Quality of Service

- Mi a **QoS** = végpontok közötti garanciák, adott időszakra és adott forgalom mellett, az alábbi és hasonló paraméterekre vonatkozóan:
 - Rendelkezésreállítás
 - Átviteli sebesség, „sávszélesség”
 - Késleltetés, késleltetésingadozás
 - Adatvesztés
- **QoS-paraméterek** – pl. csomagkésleltetés, csomagvesztés
- **Forgalomleírók** – pl. csomagsebesség (csúcs-, átlagos)
- **QoS- (szolgáltatási) osztályok** (IP: best effort?)
- **A QoS biztosításának eszközei:**
 - Torlódásvezérlés
 - Preventív: beengedésszabályozás
 - Reaktív: torlódásvezérlés



Példa: beszéd- csomagkommunikáció, beszédátvitel IP felett

April 23, 2013
Budapest



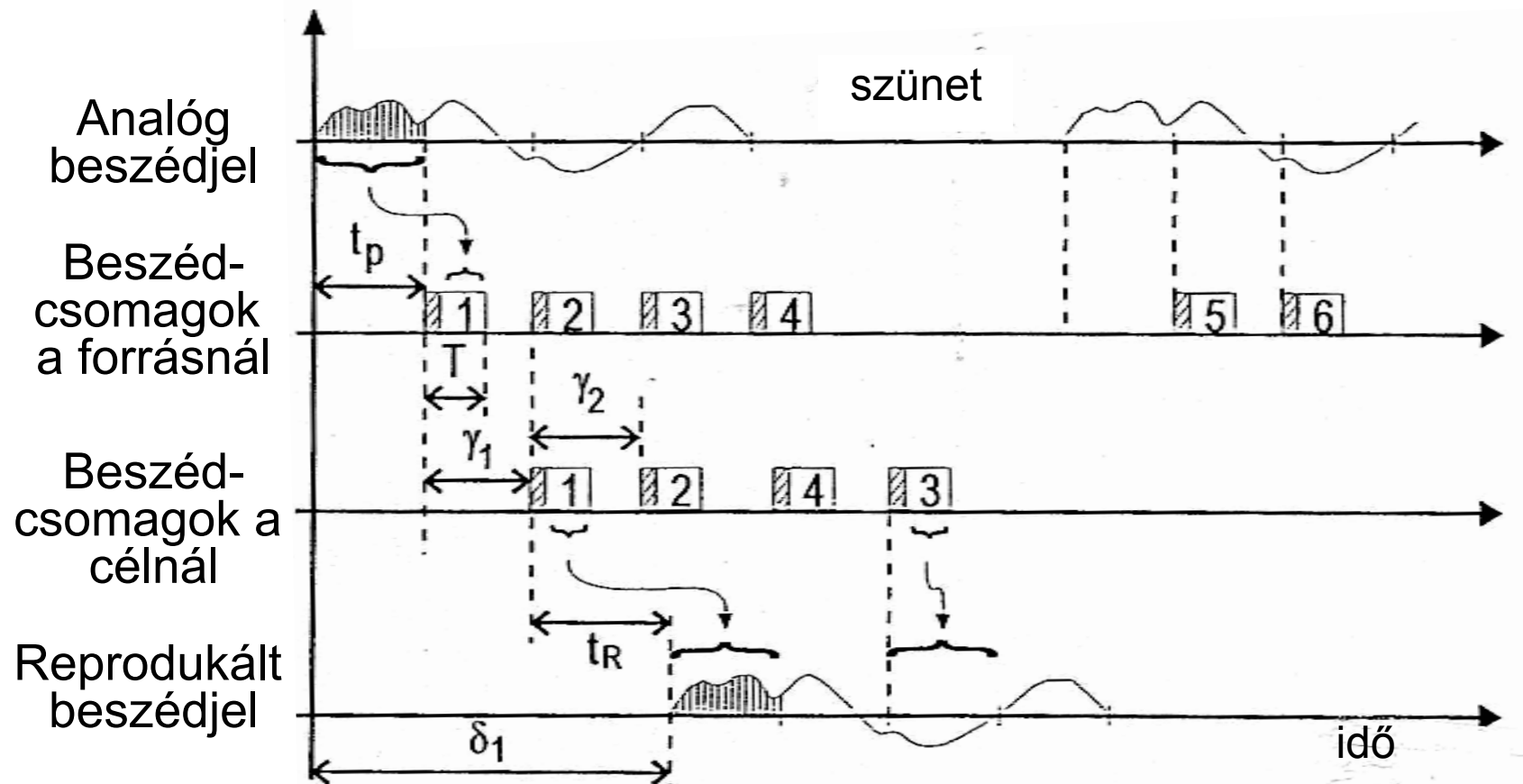
Beszédfeldolgozás beszédcsomag-kommunikációs rendszerekben

- **Analóg-digitális átalakítás**
 - A 64 kbit/s-os beszéd:
 - mintavétel 8 kHz-cel, azaz 125 mikroszekundumonként
 - a minták ábrázolása 8 biten (kerekítése 256 szintre)
 - tehát 8 bit 125 μ s-nként
 - „PCM” – pulse code modulation, az eljárás neve a klasszikus digitális telefóniában
- **Redundanciák kivonása a beszédminta-folyamból**
 - Tömörítési eljárások: PCM-DPCM-ADPCM-CELP
- **Az inaktív szakaszok kivonása**
 - Szünet/aktivitás detektálás (VAD - Voice Activity Detection)
- **Csomagokká alakítás**
 - A beszédcsomag mérete függ a forrássebességtől és hogy milyen hosszú beszédszakaszt teszünk bele egy csomagba.

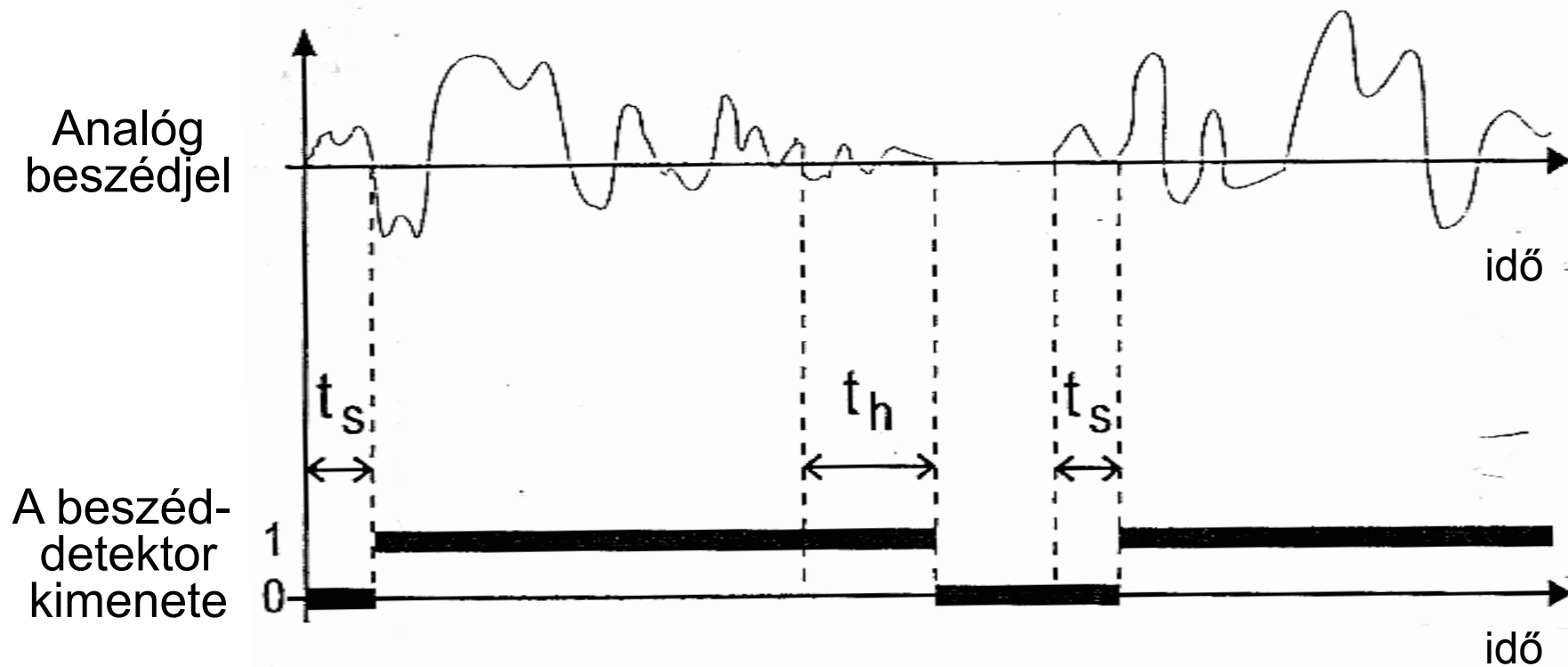
Néhány beszéd-tömörítés-szabvány összehasonlítása *

ITU-T szabvány	Kódolási módszer	Bitsebesség [kbit/s]	Bonyolultság	Késleltetés [ms]
G.711	PCM	64	1	0,125
G.726	ADPCM	32	10	0,125
G.728	Low Delay-CELP	16	50	0,625
G.729	CS-ACELP	8	30	15
G.723.1	ACELP	6,3/5,3	25	37,5

Beszédcsomagolás és -visszaállítás



Szünet/aktivitás-detektálás



Tipikus beszédcsomagméretek

- Pontosabban: payload-méretek
- Tipikus beszédszakasz, amelyet egy csomaggá alakítunk át: néhánytól ms-tól néhány 10 ms-ig
 - a csomagolás fix kezdeti késleltetési komponenst okoz
 - ha a csomag elveszik (nincs pótlás): viszonylag rövid szakasz essen csak ki
- 1. példa: 10 ms és tömörítés nélkül 80 byte.
- 2. példa: 20 ms és 2-szeres tömörítés esetén 80 byte.
- 3. példa: 6 ms és tömörítetlen beszéd esetén 48 byte.

Multimédia kommunikáció: Mire van még szükségünk az eddig megismert protokollokon túl?

- IP:
 - „best effort”-szolgáltatás, datagram átvitel a hálózaton **a végpontok között**
 - nincs késleltetés-garancia, sőt semmilyen garancia arra, hogy a csomagok egyáltalán eljutnak a címzetthez
- TCP vagy UDP:
 - kommunikáció támogatása **a végpontok alkalmazásai között**
 - eddig még a payload bármi lehetett, nem kezeltük, hogy milyen
 - IP, UDP összeköttetésmentes,
TCP összeköttetés-alapú, de ez még nem „hívásvezérlés”

Mire van még szükségünk?

Feladatcsoportok és jellegzetes protokollok

- **Médiakezelés** – médiaformátumok kezelése, médiaátvitel „támogatása”
 - RTP, RTCP, RTSP (1. rész)
- **Hívásvezérlés** – kapcsolatok létrehozása, bontása, menedzselése a kommunikáló felek/alkalmazások között
 - (H.323) és SIP (2. rész)
- **Szolgáltatásminőség biztosítása** – a médiakommunikáció igényeinek kielégítése
 - IntServ*, DiffServ*, RSVP (3. rész)
 - * *nem protokoll, hanem módszer*

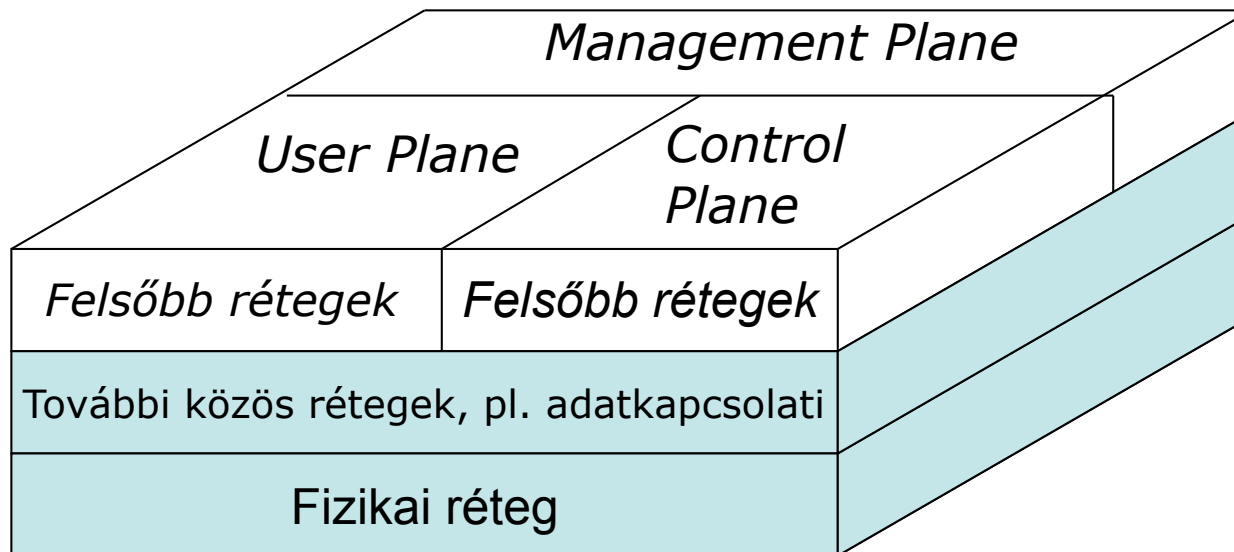
Egy kis „rendcsinálás”: továbbfejlesztett architektúráis modellre lenne szükség *

- Egyre feljebb megyünk az architektúrán:
 - egyre kevésbé lesznek tisztán besorolhatók a funkciók egy-egy rétegbe az OSI szerint, ill.
 - mostantól kezdve minden az alkalmazási réteg része, a TCP/IP szerint.
- Az egyes funkcionalitások nem is homogének:
 - nem mindegyik közvetlen része a felhasználói adatkommunikáció folyamatának,
 - vannak olyanok, amelyek ehhez segítséget nyújtanak,
 - vannak olyanok, amelyek magának a hálózatnak a fenntartásához szükségesek.
- Ezért „többsíkú” modelleket találtak ki, amiről már beszéltünk a hálózati architektúrák bevezetésekor.

A távközlésben használatos rétegezett (és többsíkú) architektúra *

A B-ISDN szabványosítási környezetében vezették be
User, Control, Management Planes

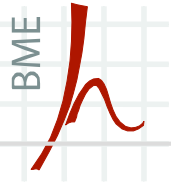
Felhasználói (adat) sík
Vezérlő sík
Menedzsment sík



Az egyes síkok
közös alsóbb rétegekre
támaszkodhatnak és
saját felsőbb rétegekkel
rendelkeznak

Vezérlősík: pl.
hívásvezérlő
protokollok

Menedzsmentsík:
hálózatmenedzsment



Multimédia kommunikáció 1. rész: Médiakezelő protokollok

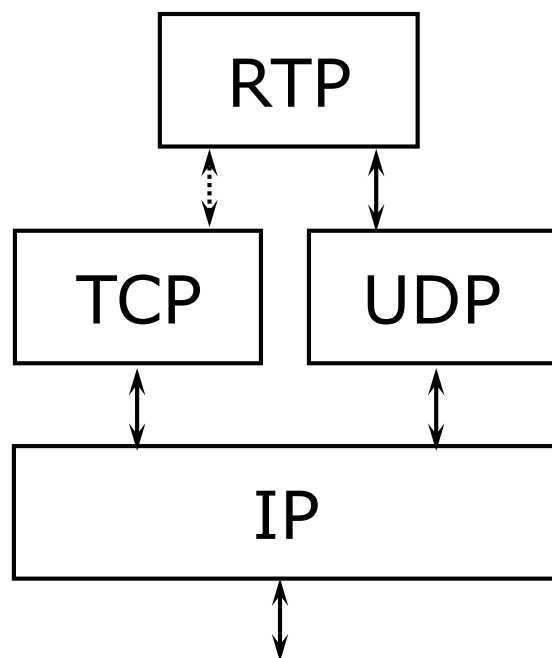
- **RTP – Real-time Transport Protocol**
- **RTCP – Real-Time Transport Control Protocol**
- **RTSP – Real-Time Streaming Protocol**
- *Ezek mind IETF-protokollok, RFC-kben vannak definiálva*

RTP és RTCP

- Mi az **RTP** és mi nem:
 - a payloadjában média-, pl. beszédinformációt hordoz
 - szállítási protokoll felett működik
 - „támogatja” a médiafolyamok (streamek) szállítását
 - de önmagában nem nyújt QoS-garanciát
- RTCP:
 - végpontok közötti QoS-monitorozás eszköze
- Különböző UDP portokat használnak párban
 - RTP: páros számú portot
 - RTCP: a következő páratlant
- RTP, RTCP: az RFC 1889-ben specifikálták

Az RTP helye az IP protokollcsaládban

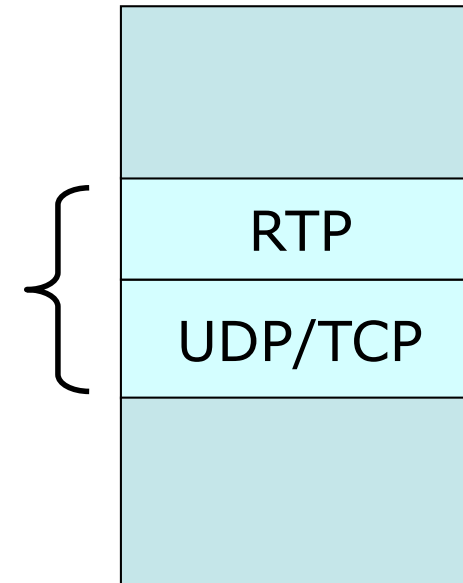
Rétegek



Alkalmazási

Szállítási
(Host-to-host)

Hálózati



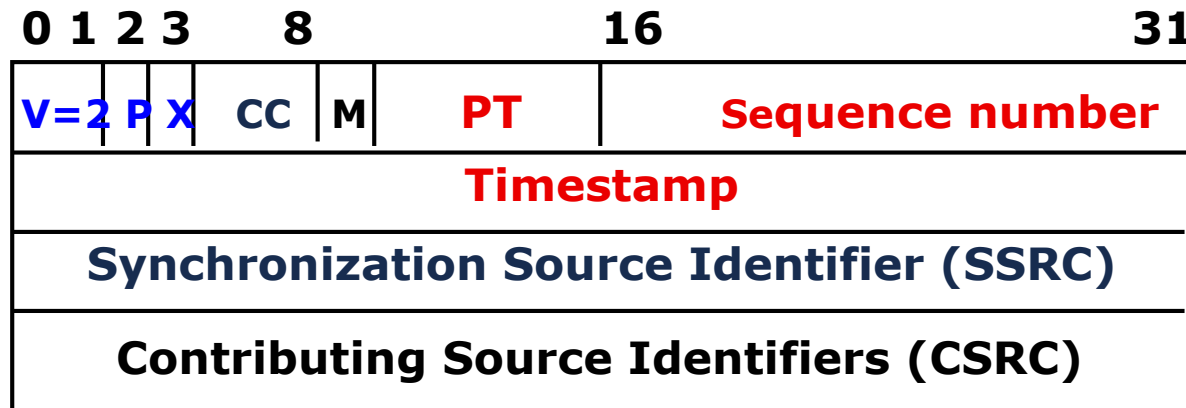
* az RTP-t néha a szállítási rétegbe sorolják

Az RTP szolgáltatásai

- Payload-típusok (médiatípusok, tartalomtípusok) kezelése
- Sorszámozás
- Időbélyeg - a médiafolyam jellegzetes időpontjainak megadása

- Mivel a szabvány párban definiálja az RTP-t és RTCP-t, utóbbi:
 - QoS-monitorozási szolgáltatás
 - Médiastreamerek közötti szinkronizálás
- 5% RTCP forgalom, többi RTP

RTP: csomagfejlesztés-formátum (1)



A legfontosabb mezők a pirossal jelzettek, de azért nézzük a többit is.

Version (V, 2 bits)

Az RTP verziószáma; az RFC 1889-ben definiált módon

Padding (P, 1 bit)

Ha 1-es: van padding az RTP csomag végén

Padding - utolsó byte: hányat kell figyelmen kívül hagyni

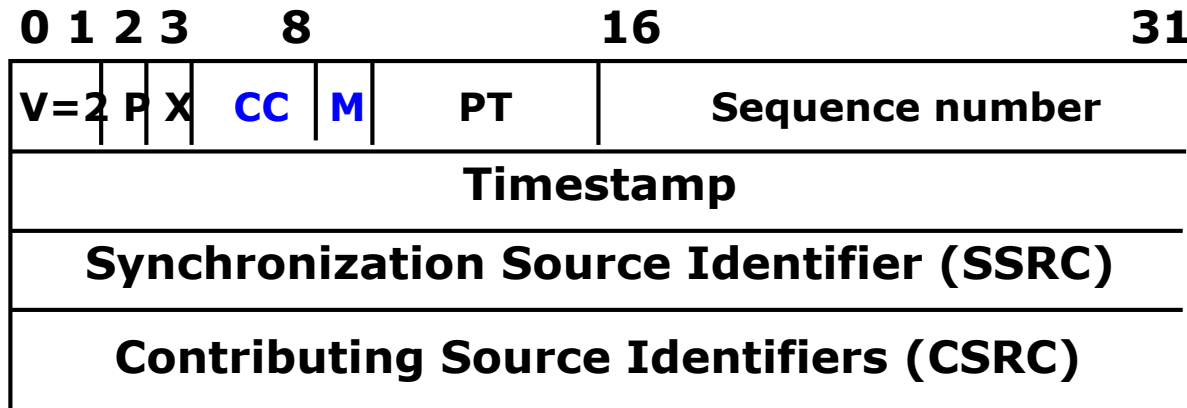
Extension (X, 1 bit)

Ha 1-es: a fejléc után változó hosszúságú fejléc kiterjesztés.

Ha van kiterjesztés: első 2 byte a hosszát adja meg

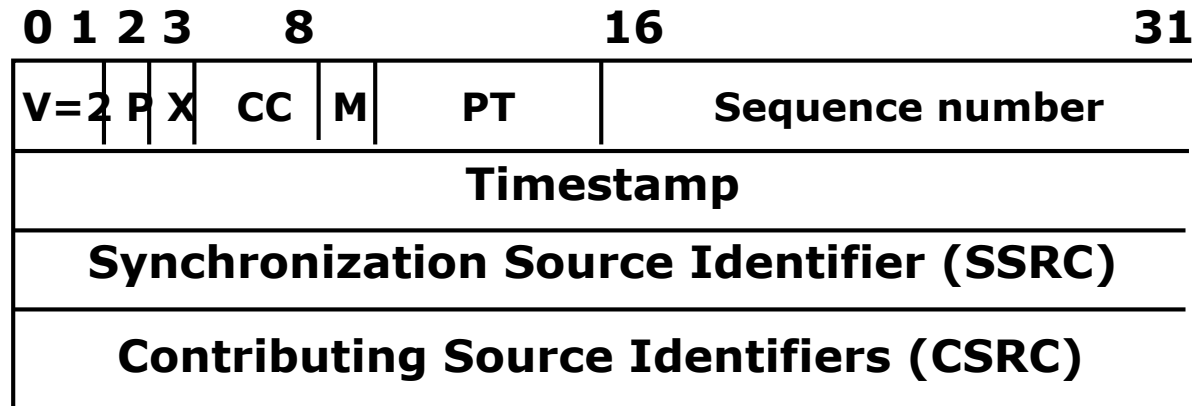
A kiterjesztés a fix fejléc utolsó érvényes mezője után következik

RTP: csomagfejrész-formátum (2)



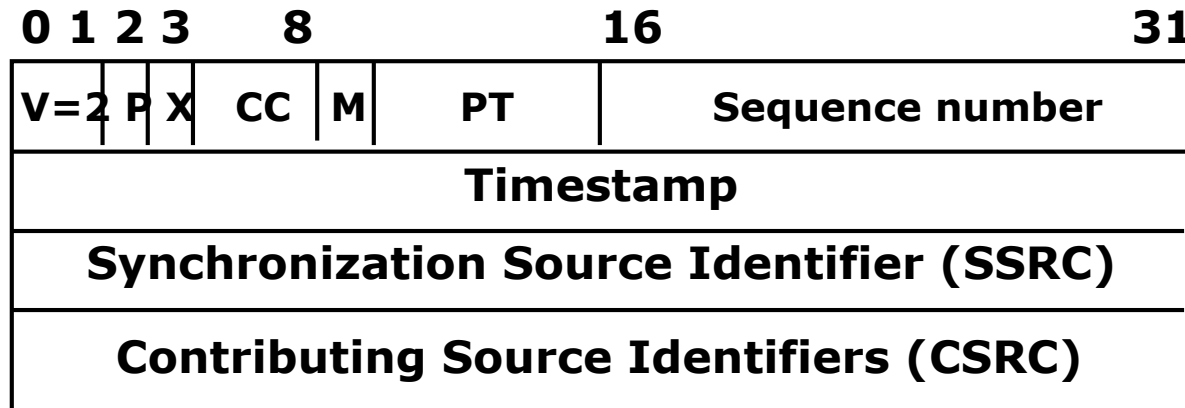
- CSRC count (CC, 4 bits)
 - a CSRC azonosítók száma = a multiplexált források száma (a források megadása: a CSRC mezőben)
 - csak egy forrás: CC = 0
- Marker (M, 1 bit)
 - a csomagfolyam szignifikáns eseményeinek megjelölése
 - példák:
 - kerethatárok a különféle kódolási módszereknél
 - a beszéd aktív időszakainak kezdete/vége
 - az aktuális interpretációt a "profile" adja meg

RTP: csomagfejrész-formátum (3)



- **Payload type (PT, 7 bit)**
 - “profile”, amely legtöbbször a médiakódolási típusokat kezeli, azoknak payload-formátumokat feleltet meg
- **Sequence number (16 bit)**
 - lehetővé teszi az elveszett csomagok detektálását és a csomagsorrend helyreállítását
 - kezdőértéke véletlen szám (l. később); minden elküldött RTP csomag után eggyel növekszik
- **Timestamp (32 bit)**
 - Az RTP csomag első oktettjének megfelelő pozíció valódi ideje a médiafolyamban

RTP: csomagfejlesztés-formátum (4)



- SSRC (32 bit)
 - Az RTP csomagfolyam forrását azonosítja, az RTCP rendeli hozzá, véletlenszerűen
- CSRC (0...15-ször 32 bit)
 - contributing source: az „RTP mixer” által létrehozott kombinált csomagfolyam komponensét azonosítja

RTP „profile”-ok

= A médiakódolást felelteti meg payload-formátumoknak
Példák beszédátvitelnél (továbbiakat specifikál az RFC):

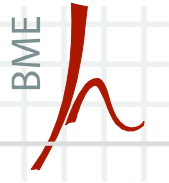
Média kódolás	Mintavételi seb., kHz	Adatsebesség, kbit/s	RTP payload type
G.711 *)	8	64	0
G.722 *)	16	48-64	9
G.728 *)	8	16	15
GSM	8	13	3
„Comfort noise”	-	-	19

Videó-payloadok pl.: 26: JPEG, 33: MPEG2
*) ezek ITU-T beszédkódolási szabványok

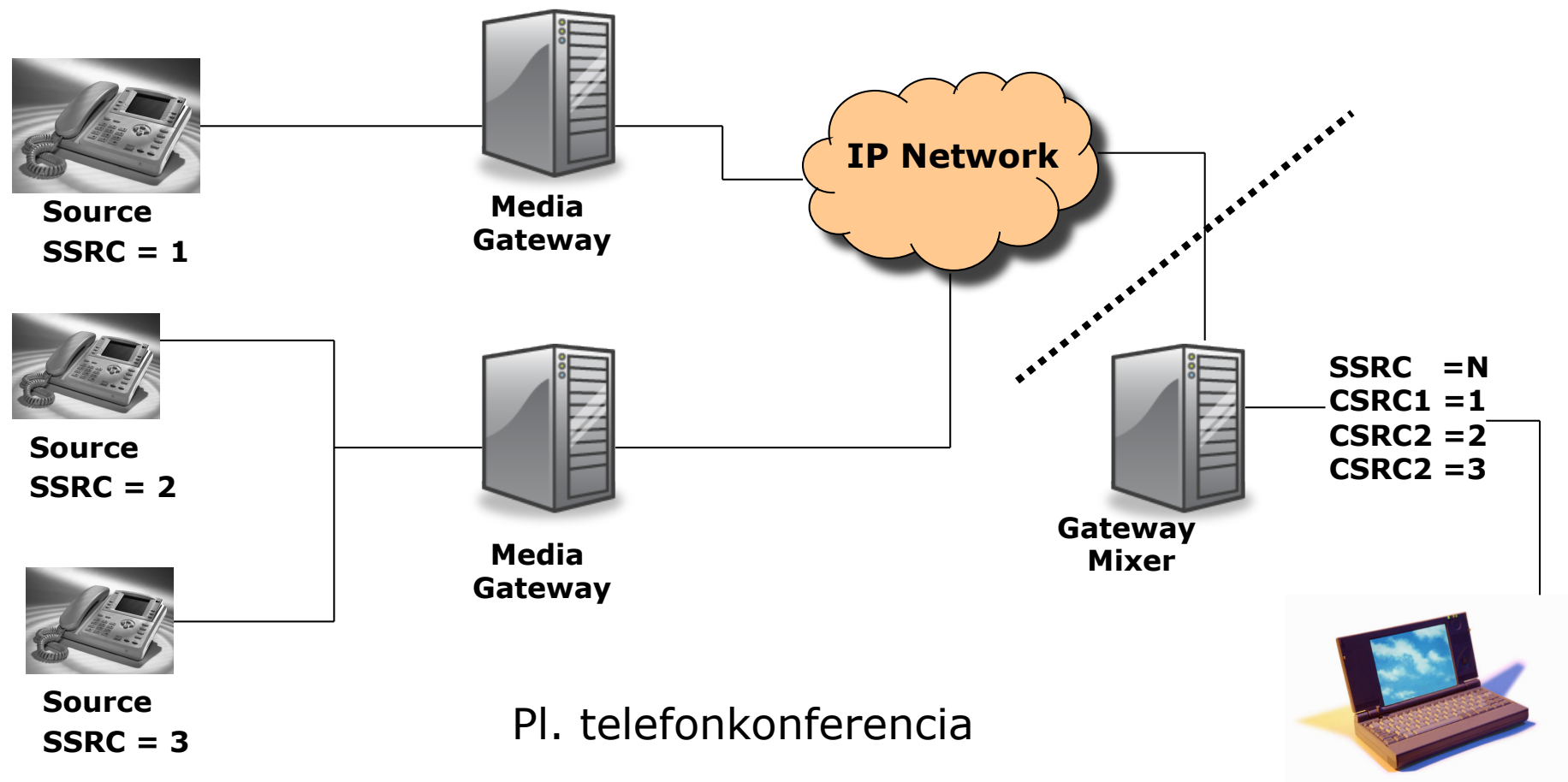
SSRC, Synchronization source

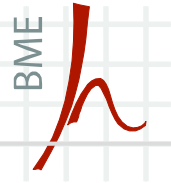
- A stream forrását azonosítja, független a hálózati címtől
 - Véletlen szám, egyedi kell hogy legyen a session-on belül
 - Pl. mikrofon, kamera, vagy akár mixer
- Ha több streamet generál ugyanazon forrás egy session-on belül: mindegyikhez más SSRC-t rendel hozzá
 - Pl. több kamerától
- A vevő ennek alapján válogatja egy csoportba a csomagokat pl. playback esetén

- Közbülső rendszer, amely fogadja az RTP csomagokat egy vagy több forrásból
 - megváltoztathatja az adatformátumot
 - kombinálja a csomagokat
 - új RTP csomagként továbbítja
 - kombinált streamre új időzítés
- Mixer által összerakott új csomagok SSRC-je a mixer lesz
- Viszont CSRC-ben felsorolja az eredeti forrásokat



RTP Mixer





RTP csomag megjelenítése hálózathálózaton

RTP Header

RTP: Version = 2

RTP: P Bit = 0 (Padding Does Not Exist)

RTP: X Bit = 0 (No Extension Header Follows)

RTP: CSRC Count = 0

RTP: Marker Bit = 0

RTP: Payload Type = MU-Law Scaling (PCMU) (0)

RTP: Sequence Number = 19382

RTP: Time Stamp = 7241.899 seconds

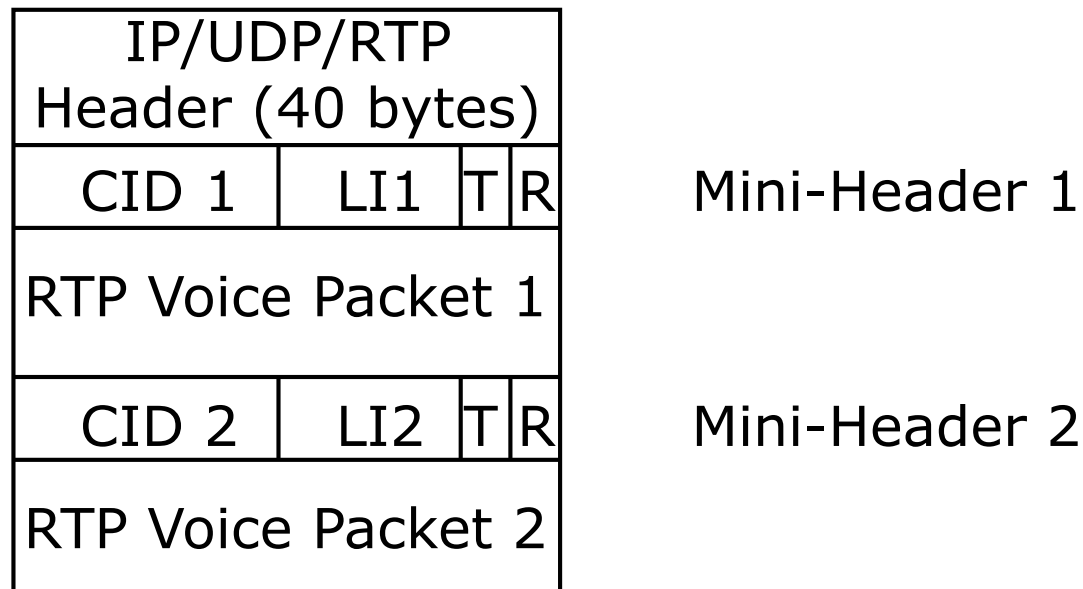
RTP: Synchronization Source Identifier = 0x1C1A054A

RTP: 160 Bytes Of PCMU Payload Data

00 90 a0 00 00 73 00 90	a0 00 00 95 08 00 45 00	s..	E.
00 c8 00 37 00 00 78 11	a1 cb 0a 01 46 11 0a 01	...7..x.	F...
46 10 04 02 04 05 00 b4	00 00 80 00 4b b6 03 74	F.....	K..t
05 58 1c 1a 05 4a ff ff	ff ff ff ff ff ff ff ff	.x...J..	
...			

RTP payload-multiplexelés

Javítja a sávszélesség-kihasználást
Példa: 2 beszédforrás



CID: Channel ID, LI: Length Indicator,
T: Transmit bit, R: Reserved

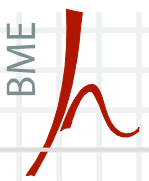
RTP-t használó alkalmazások

- *QuickTime (Apple)* – audió- és videóstreaming
- *RealAudio, RealVideo (RealNetworks)* – médiastreaming
- *NetMeeting (Microsoft)* – IP telefonía, whiteboard, text chat, alkalmazásmegosztás
- *CU-SeeMe* – a NetMeeting-hez hasonló
- *IP/TV (Cisco)* – jó minőségű videó/audió, élő, VoD

RTSP – Real Time Streaming Protocol

- Kapcsolat felépítése és ellenőrzése a session végpontjai között
- VCR-jellegű funkciók, azaz lejátszás-vezérlés:
 - elindítás tetszőleges pozícióból
 - előre, hátra, megállás, folytatás
 - különböző lejátszási sebesség kérése
 - különböző bitsebesség beállítása
- RTSP szerverek nagy része RTP-t használ

- Hasonló mint a HTTP, de ez állapotfüggő protokoll, több kérés típussal
 - kliens-médiaszerver kapcsolat
- Pl. kérésekre:
 - SETUP: specifikálja hogy kell átvinni az adott média stream-et (PLAY kérés előtt)
 - Portszámok RTP-re és RTCP-re
 - Szerver: jóváhagyja és elküldi saját portszámait
 - PLAY: egy vagy több médiastream lejátszása
 - Megadható a lejátszási intervallum is



RTCP – Real-time Transport Control Protocol

- Végpontok közötti információt szolgáltat a minőségről a kapcsolat résztvevőinek:
 - késleltetés
 - jitter
 - vett csomagok, elveszett csomagok stb.
 - RTT – round trip time – teljes átviteli idő
- RTCP = nem jelzésátviteli protokoll!
- Hatására az alkalmazás módosíthatja a session jellemzőit (kódolás váltása, folyam korlátozása)
- Minden session résztvevőnek CNAME egyedi azonosítót biztosít
 - SSRC azonosító változhat végpontonként, de ez nem
 - 3. fél is monitorozhat végig

RTCP csomagtípusok

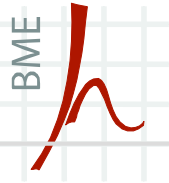
- SR (Sender Report)
 - Aktív adók statisztikái
 - Egy session minden résztvevőjét informálja
 - Abszolút időbélyeggel: audió és videó stream szinkronizálása
- RR (Receiver Report)
 - Passzív résztvevőktől (nem forgalmaznak RTP csomagokat) származó információk

Sávszélesség-hozzárendelés az SR/RR forgalom számára

- *Max: a teljes sávszélesség 5%-a*
 - *Ennek 75%-a az RR számára, 25%-a az SR-nek*
- SDES: Source description
 - CNAME elküldése a session résztvevőinek
 - További infók a forrás tulajdonosáról (név, e-mail cím, telefon)
- BYE: End of participation
 - Pl. a forrás közli, hogy elhagyja a konferenciát, mindenki hallja

Gondok az RTCP-vel

- Ha sok felhasználó és hosszú sessionok: ritkán jön RTCP jelentés (5% korlát miatt)
 - Pl. IPTV esetén, több perc vagy akár óra után csak, miközben 10 mp az elfogadható
- Elavult jelentések miatt a forrás rossz intézkedéseket hozhat QoS szempontjából
- Megoldás: hierarchikus aggregáció
 - Több jelentés összevonása egy összefoglaló jelentésbe
 - Összevonás: node-ok hierarchiája, fastruktúra

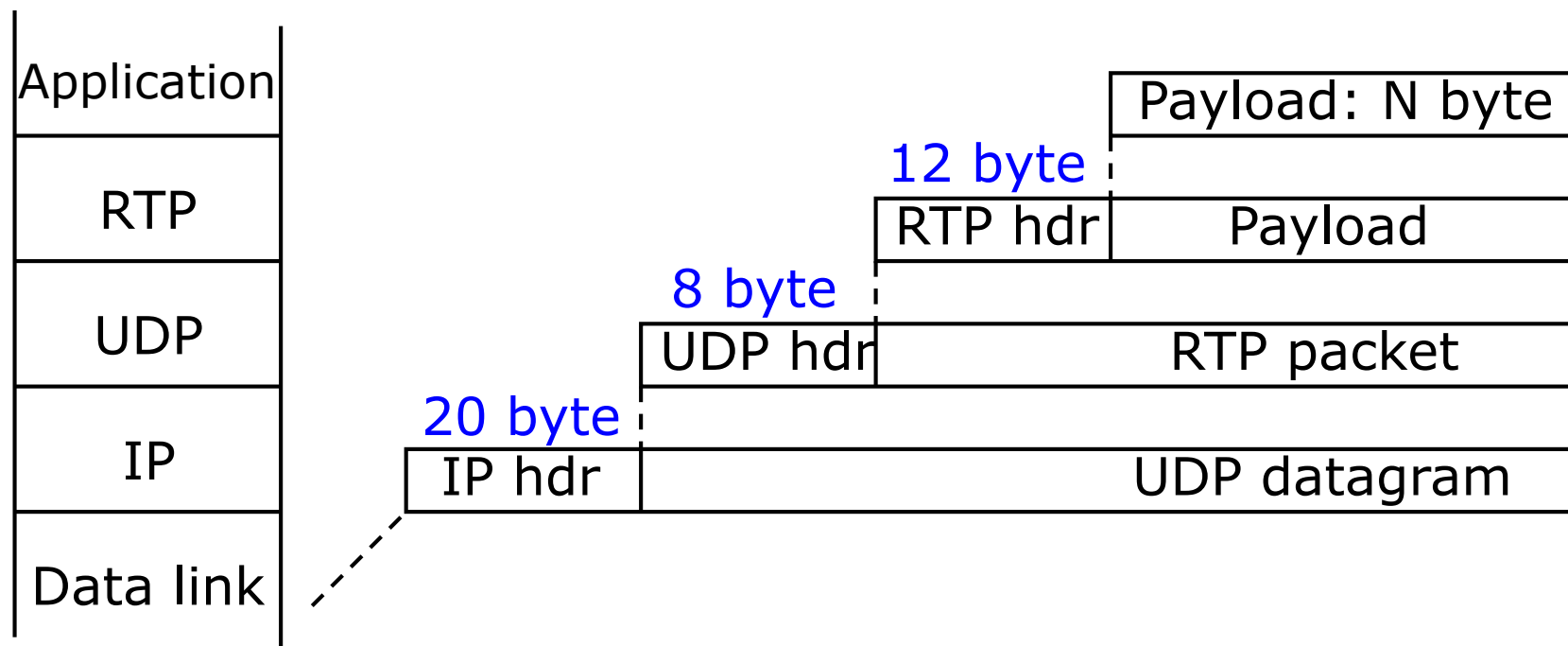


RTCP Sender Report formátum *

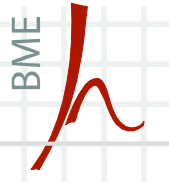
0	1	2	3	8	16	31
V = 2	P	rc	PT = SR = 200	length		
SSRC of sender						
NTP timestamp, MSW						
NTP timestamp, LSW						
RTP timestamp						
Sender's packet count						
Sender's octet count						
SSRC_1 (SSRC of first source), block 1						
Sender's packet count						
fraction lost		cumulative number of packets lost				
Extended highest sequence number received						
Interarrival jitter						
Last SR (LSR)						
Delay since last SR (DLSR)						
SSRC_2 (SSRC of second source), begin block 2						
...						
Profile specific extensions						

Most már túl sok protokollunk van ☺

Átvitelisebesség-igény a fejrész-halmazódás miatt?

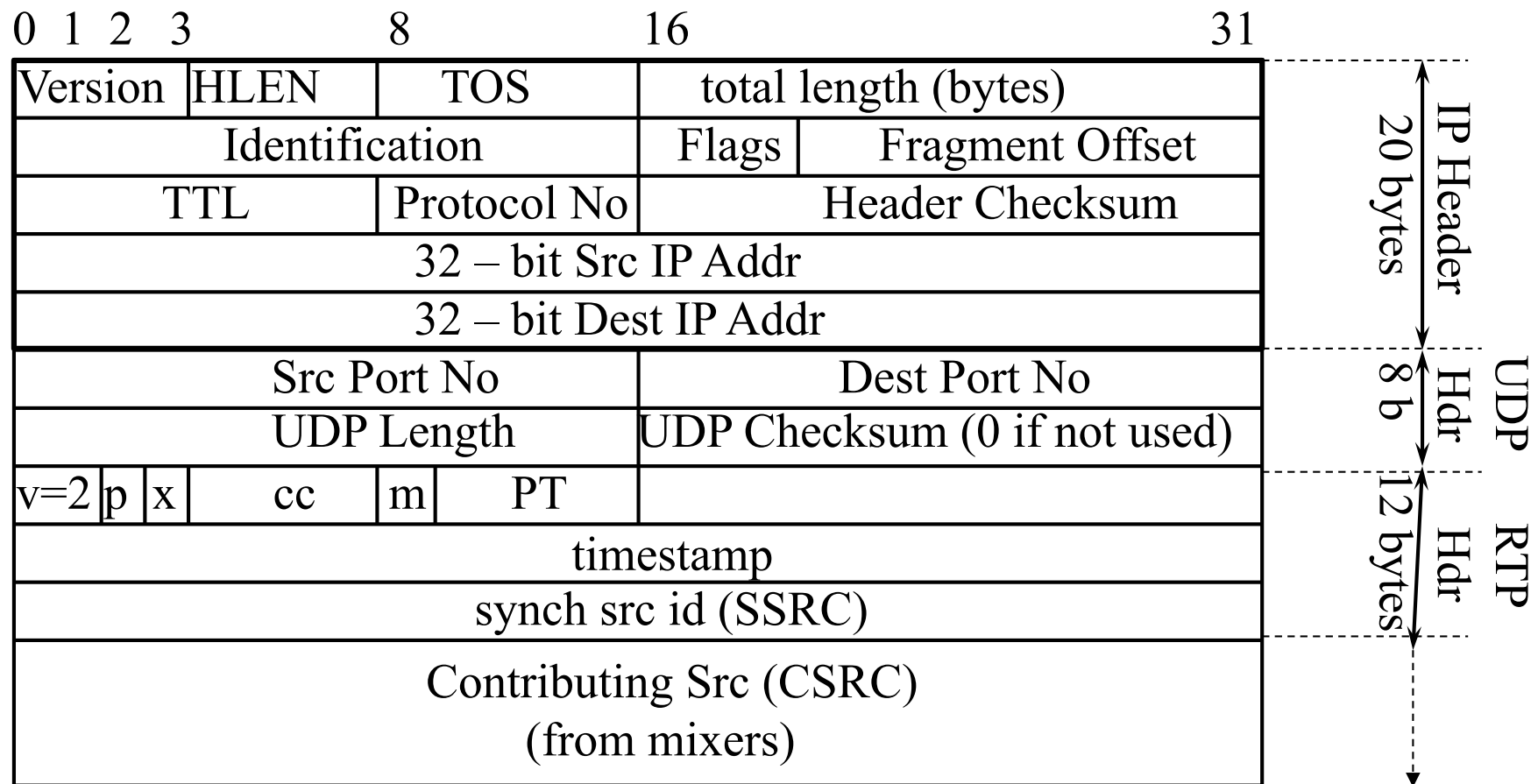


Overhead = 40 byte plusz az adatkapcsolati réteg fejrésze
 Egy médiacsomag hossza = 40+N+ link layer header



Fejrésztömörítés (1)

Nézzük meg az együttes fejrészt!



Fejrésztömörítés (2)

- Cél: az overhead csökkentése
- Kezeljük együtt mindhárom protokollt (IP + UDP + RTP)!
- Elv: a kapcsolat kezdete után kis változások a fejrészekben
 - Sok mezőben nincs változás a kapcsolat alatt
 - Vannak mezők, amelyek változnak, de jósolható módon, pl. sequence number
- Továbbá: redundáns információ (pl. megvan az adatkapcsolati fejlécben)
- Először tömörítetlen és teljes fejrész elküldése
- Utána a kompresszor és a dekompresszor megállapodnak egy Context Session ID-ben (CID);
(8/16 bit hosszú) és a tömörítés formátumában
 - CID: IP címek, UDP portok, RTP SSCR halmazát azonosítja

Fejrésztömörítés (3)

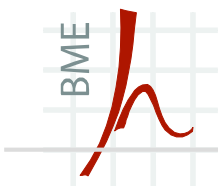
- Csak a következők változnak
 - IP:
 - Teljes hossz: ezt az adatkapcsolati fejléc is tartalmazza, nem kell átvinni
 - Header checksum: elhagyható, adatkapcsolatra bízva
 - ID: inkrementálódik, IPv6-nál már nincs
 - UDP:
 - Ugyanaz az első kettő, mint IP-nél
 - RTP:
 - Seq. number: inkrementálódik
 - Időbélyeg: mintavételi időkkal növekszik
 - M bit
 - CSRC lista ritkán, csak akkor kell átvinni

Fejrésztömörítés (4)

- Compressed RTP (cRTP) protokoll
- 4 formátum
 - FULL_HEADER: teljes tömörítetlen fejrészek plusz CID és Sequence No
 - Seq. No: csomagvesztés ellen kom. és dekom. között
 - COMPRESSED_UDP:
 - IP + UDP tömörített (2 v 6 byte), RTP tömörítetlen
 - Ha változik az RTP payload típus
 - COMPRESSED_RTP:
 - normál eset, minden fejrész tömörítve
 - Delta kódolás
 - COMPRESSED_NON_TCP:
 - IPv4 ID mező tömörítetlen
 - védekezés nagy csomagvesztés esetén

Fejrésztömörítés alkalmazása

- Kis sebességű linkeken érdemes csak használni, és
- ahol alacsony a hibaarány
 - Pl. vezeték nélküli környezetben nem
- Szolgáltatások:
 - Interaktív: videokonferencia, IP telefonía



Voice over RTP adatátviteli-sebesség számolása (adatkapcsolati réteg nélkül)

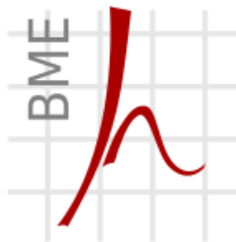
Payload-formátum	Névleges sebesség	Csomagolási idő [ms]	Payload méret [byte]	Átvitelisebesség-igény, tömörítetlen fejrészek [kbit/s]	Átvitelisebesség-igény, tömörített fejrészek [kbit/s]
G.711	64 kbit/s	20	160	80	64.8
G.711		10	80	96	65.6
G.729	8 kbit/s	20	20	24	8.8
G.729		10	10	40	9.6

RTP/RTCP, RTSP: összefoglalás

- RTP - médiakezelő protokoll
 - UDP felett működik
 - Különböző médiakódolási formátumokat támogat
 - Az átvitelért felelős, a QoS-ért nem
 - A fejrészt (az UDP+IP-val együtt) kompresszióval lehet csökkenteni
- RTCP az RTP társprotokollja
 - Nem jelzésprotokoll
 - Nem QoS protokoll
 - Hasznos segédeszköz a QoS megvalósításához
- RTSP: VCR-jellegű funkciók

Kérdések?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Híradástechnikai Tanszék

Dr. Szabó Csaba Attila
egyetemi tanár

BME Híradástechnikai Tanszék
szabo@hit.bme.hu