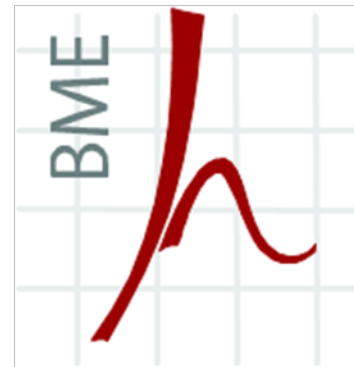




# MULTIMÉDIA TOVÁBBÍTÁSA AZ IP FELETT

1. rész

*Bevezető áttekintés*

*Médiakezelő protokollok (RTP, RTCP, RTSP)*

Dr. Szabó Csaba Attila

egy. tanár

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

szabo@hit.bme.hu

- *A multimédia alkalmazások fő csoportjai:*
  - Tárolt audió- és videó-streaming
  - Élő audió- és videó-streaming
  - Interaktív real-time audió és videó
  
- *Szolgáltatásminőség-igényeik:*
  - Késleltetés-érzékenyek  
(késleltetés és késleltetés-ingadozás)
  - Adatvesztésre általában nem érzékenyek
  - Éppen ellentétesen az adatkommunikációval

# Médiastreaming fogalma

- „Azonnali” adatfolyam
  - általában tömörített multimédiás információ
  - **azonnaliságra összpontosít**, nem a multimédiás tartalom teljes hűségű visszaállítására
- Hagyományos média fájlok: egyetlen nagy csomagban letöltés az értelmezéshez
  - Ezzel szemben itt folyamatos csomagözön
- Elterjedéséhez kellett:
  - megnövekedett CPU és operációs rendszer képességek csomópontokban
  - magas adatátviteli ráták, különösen „utolsó mérföld”
  - hatékonyabb tömörítési algoritmusok

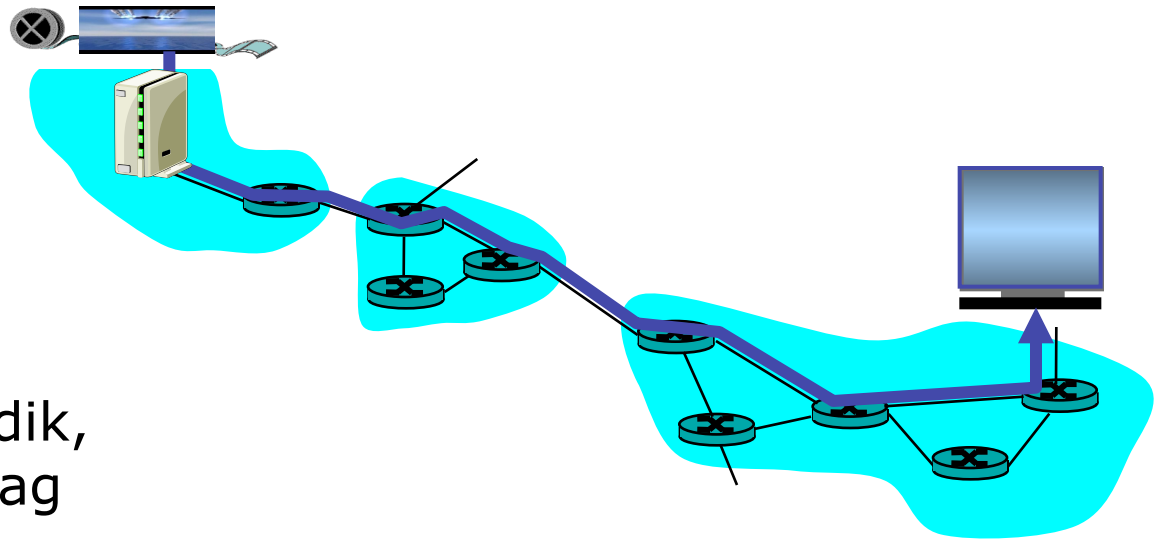
# Tárolt médiastreaming

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.)

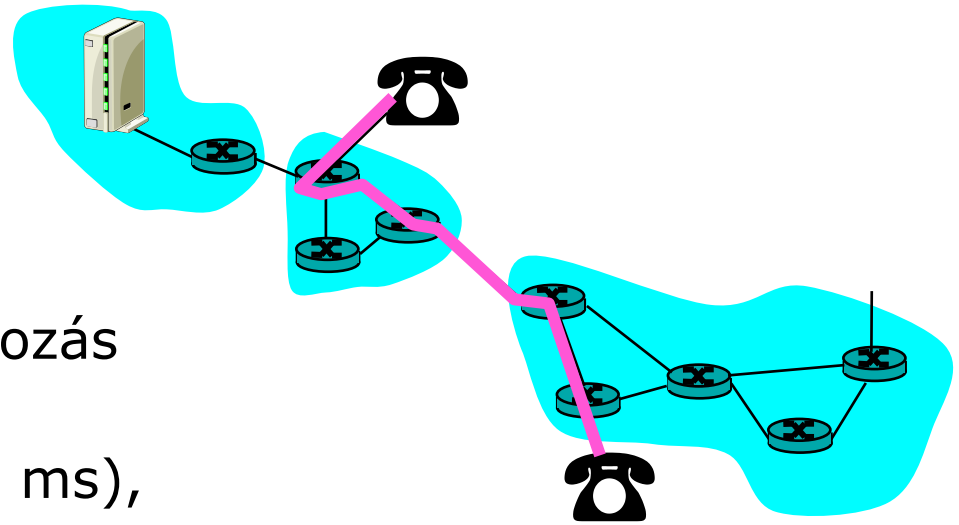


- Alkalmazási példák:
  - rádió-, TV-állomások az interneten
  - élő előadások („webinar”)
  - élő sportesemények
  
- Streaming:
  - playback-tár
  - lejátszás késleltetéssel
  
- Interaktivitás:
  - néhány, a tárolt média lejátszásánál használt funkció (persze pl. gyors előre nincs)

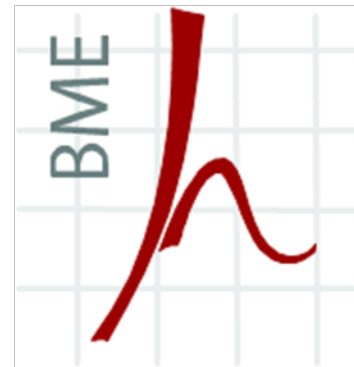
# Interaktív real-time audió és videó

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

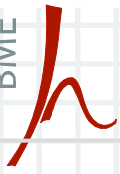
- Igények:
  - kis késleltetés,
  - kis késleltetésingadozás
  - pl. beszédnél:  
150 ms (max. 300 ms),  
ingadozás pár 10 ms



- Új funkció: hívásvezérlés



# Példa: mit kell tudni a beszédről a VoIP-hez?



# Beszédjel feldolgozása 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  $\mu$ s-nként

## ■ Az inaktív szakaszok kivonása

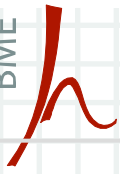
- Szünet/aktivitás detektálás (VAD - Voice Activity Detection)

## ■ Redundanciák kivonása a beszédminta-folyamból, tömörítés

- A kiiindulási 64 kbit/s forrássebesség csökkentése felére, negyedére,...

## ■ Csomagokká alakítás

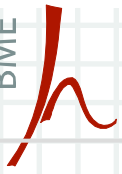
- A beszédcsomag mérete függ a forrássebességtől és hogy milyen hosszú beszédszakaszt teszünk bele egy csomagba.



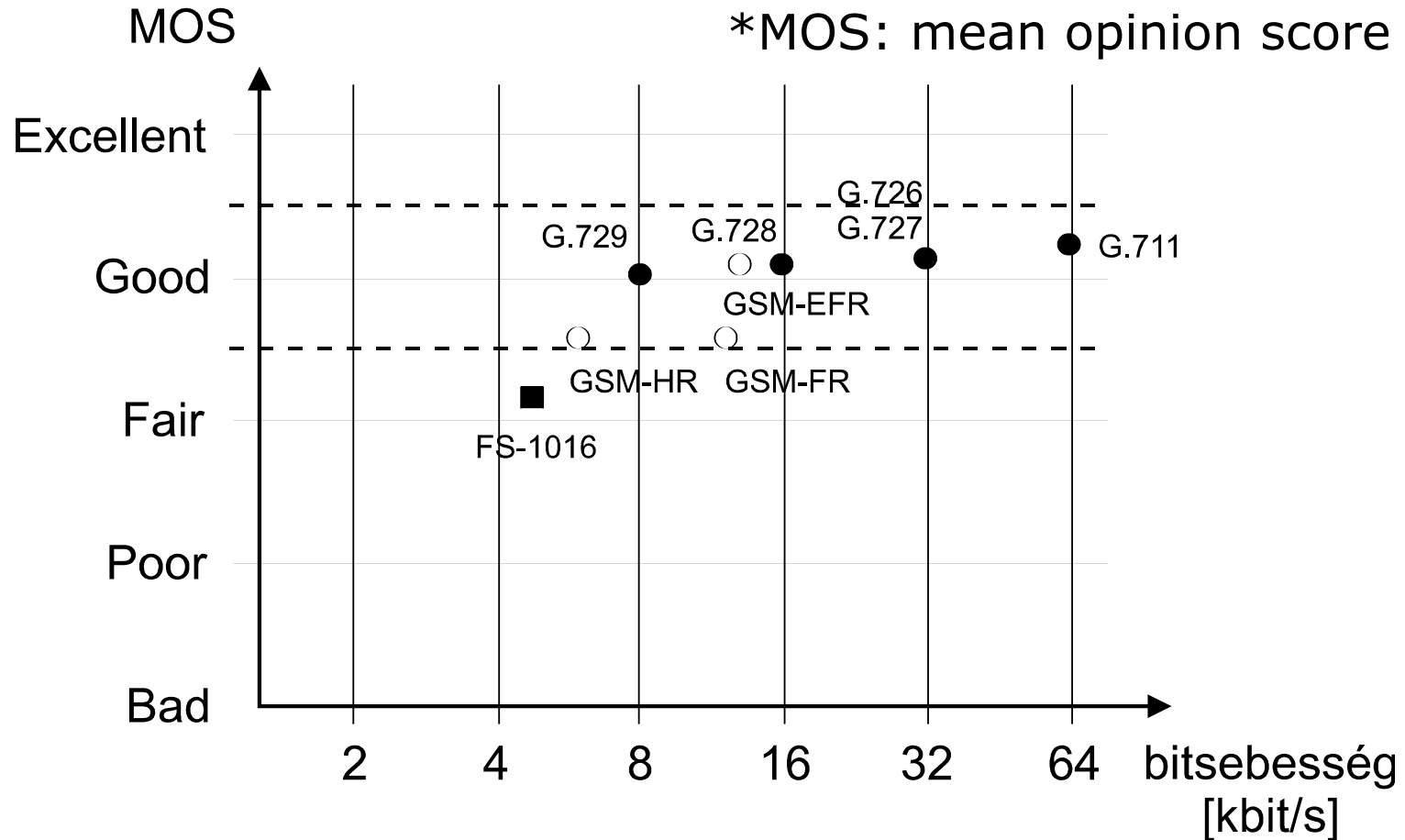
# Néhány beszédömörítési szabvány összehasonlítása

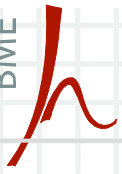
| Szabvány* | Kódolási módszer | Bitsebesség [kbit/s] | Bonyolultság | Késleltetés [ms] |
|-----------|------------------|----------------------|--------------|------------------|
| G.711     | PCM              | 64                   | 1            | 0,125            |
| G.726     | ADPCM            | 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             |

\* ITU-T szabványok

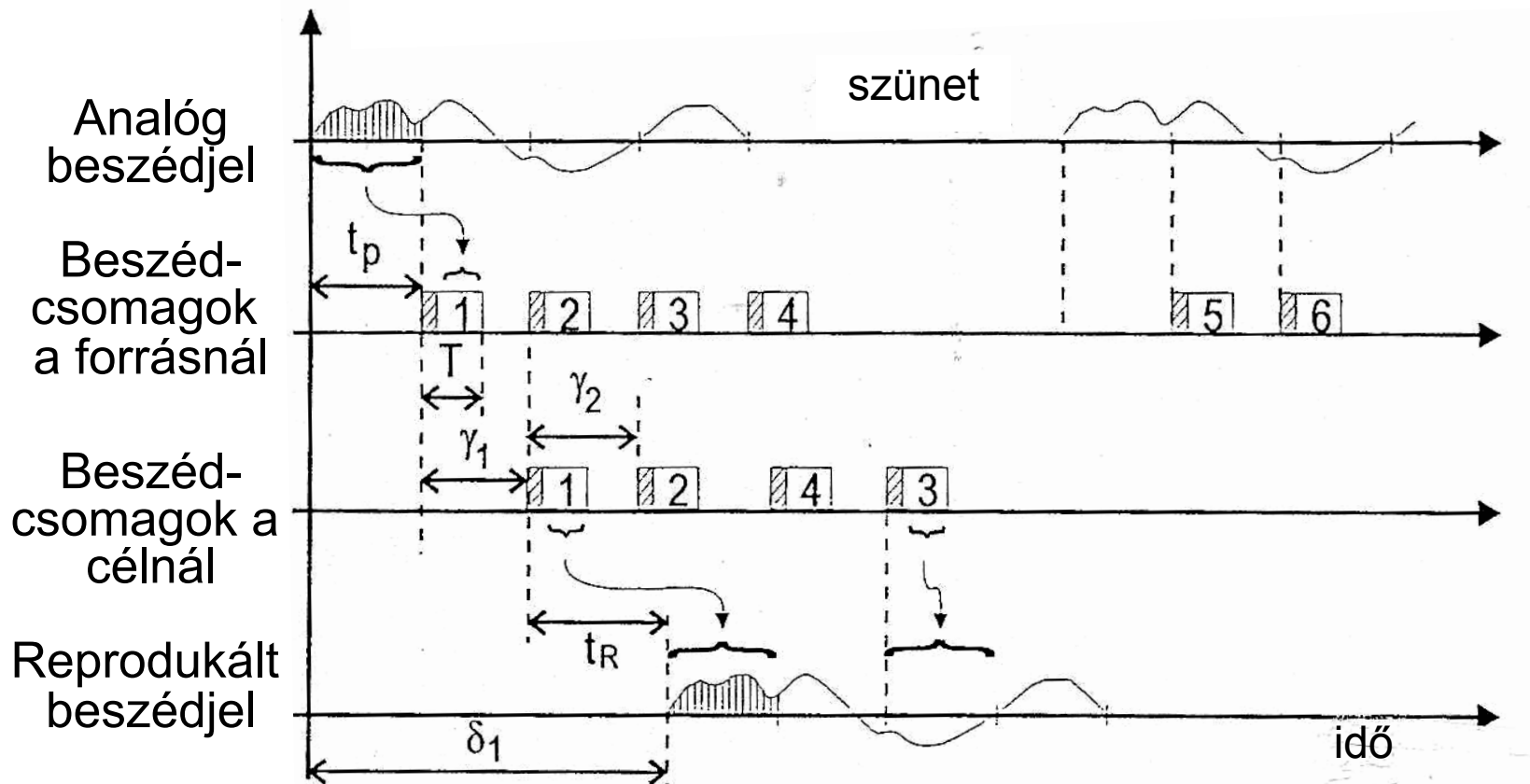


# Néhány beszéd-tömörítés-szabvány szubjektív minősége (perceptual quality) - MOS

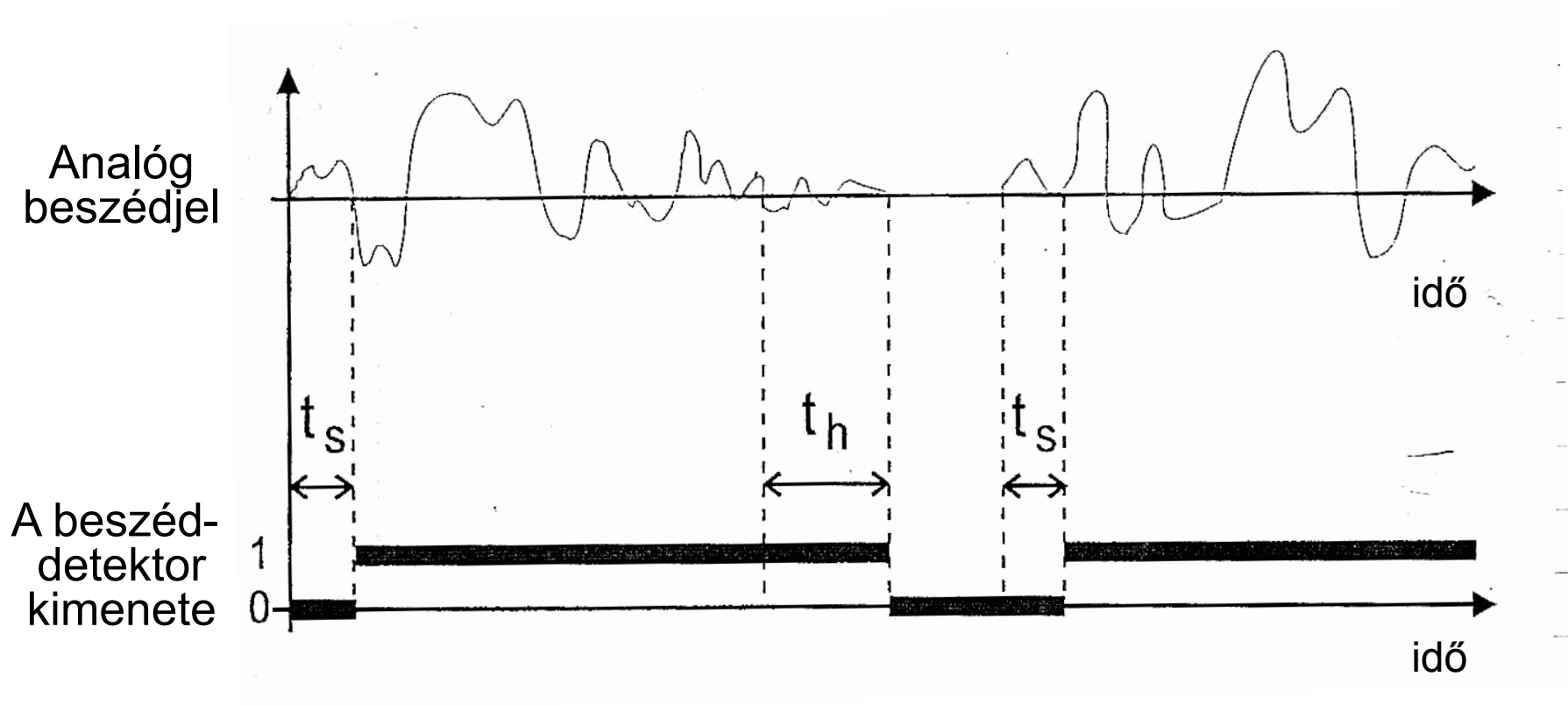




# Beszédcsomagolás és -visszaállítás



# Szünet/aktivitás-detektálás



# Tipikus beszédcsomag-méretek

- Pontosabban: payload-méretek.
- Tipikus beszédszakasz, amelyet egy csomaggá alakítunk át: néhány 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.
  - Gyakorlati értékek: 10 ms, 20 ms.
- 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.

# Videó-tömörítési formátumok

- MPEG-1
  - Kb. VHS videó, CD audió minőség, 1,5 Mbit/s
- MPEG-2
  - DVD, digitális tv-adások, 3...10 Mbit/s (SD minőség), 10...20 Mbit/s (HD minőség)
- MPEG-4
  - Nagyobb tömörítés, jobb minőség az MPEG-2-hez képest
    - Tipikusan 1,5 Mbit/s (SDTV), 8 Mbit/s (HDTV)
  - MPEG-4 AVC (H.264), Blue-ray-kben is

# Médiakommunikáció IP felett?

Mire van még szükségünk az eddig megismert protokollokon túl?

- IP:
  - „Best effort”-szolgáltatás, datagram-átvitel a hálózaton a végpontok között.
  - Nincs késleltetés-garancia.
- TCP vagy UDP:
  - Kommunikáció a végpontok alkalmazásai között.
  - UDP összeköttetésmentes, nincs lényeges plusz az IP-hez képest.
  - TCP összeköttetés-alapú, megbízható átvitel, késleltetés.
  - Eddig még a payload bármi lehetett, nem kezeltük, hogy milyen.

# Mire van még szükségünk?

*Feladatcsoportok és jellegzetes protokollok:*

- Médiakezelés
  - RTP, RTCP, RTSP (1. rész)
- Hívásvezérlés
  - (H.323) és SIP (jövő félévben)
- Szolgáltatásminőség biztosítása
  - A DiffServ módszer (2. rész)

# Médiakezelő protokollok - tartalom

---

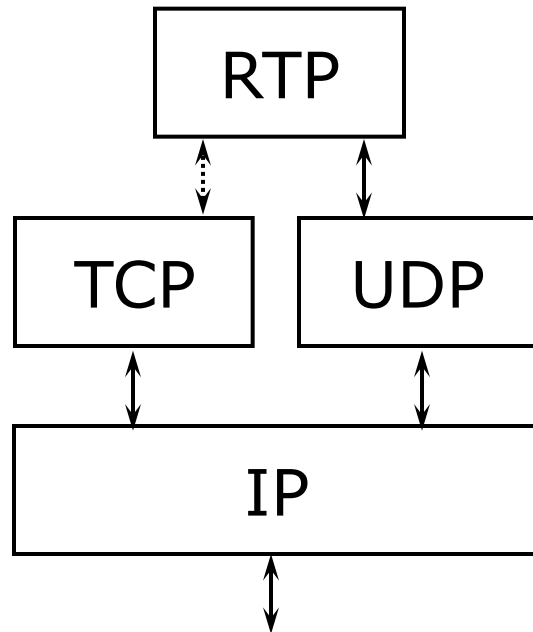
- Bevezetés
- RTP – Real-time Transport Protocol
- RTCP – Real-Time Transport Control Protocol
- RTSP – Real-Time Streaming Protocol
- Összefoglalás

# 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 nem nyújt QoS-garanciát.
- RTCP:
  - A végpontok közötti QoS-**monitorozás** eszköze.
- Különböző UDP portokat használnak párban
  - RTP: páros számú portot
  - RTCP: a következő páratlant
- RTP, RTCP: az RFC-t 1889-ben specifikálták először (1996), majd felváltotta az RFC 3550 (2003)

# Az RTP helye az IP protokollcsaládban

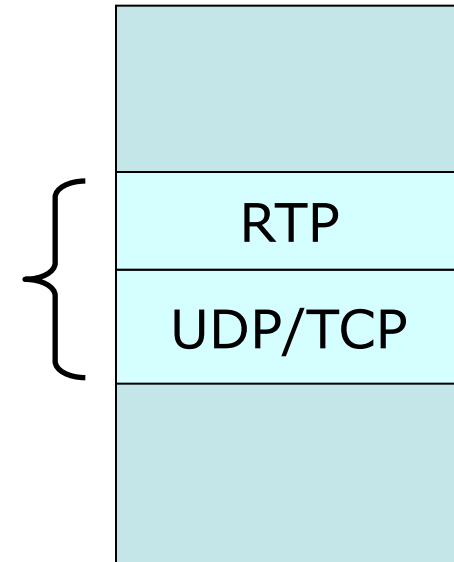
## Rétegek



Alkalmazási

Szállítási  
(Host-to-host)

Hálózati

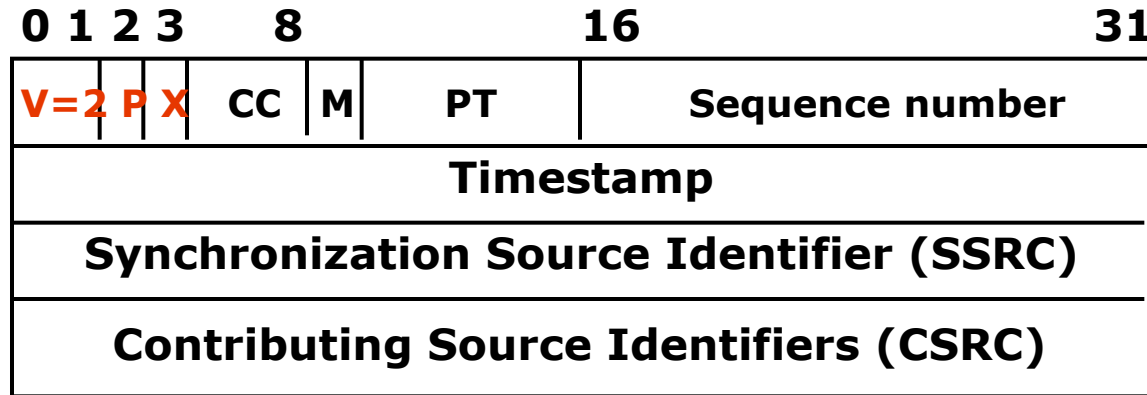


\* az RTP-t néha a szállítási rétegbe sorolják

# Az RTP szolgáltatásai

- **Payload-típusok (médiatípusok, tartalomtípusok) kezelése**
- **Sorszámozás**
- **Időbélyeg**
  
- **RTCP:**
  - QoS szolgáltatáshoz ad segítséget
  - A QoS paramétereknek végpontok közötti monitorozása
  - Médiastream-ek közötti szinkronizálás
  
- **5% RTCP forgalom, a többi RTP**

# RTP: csomagfejrész-formátum (1)



## 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

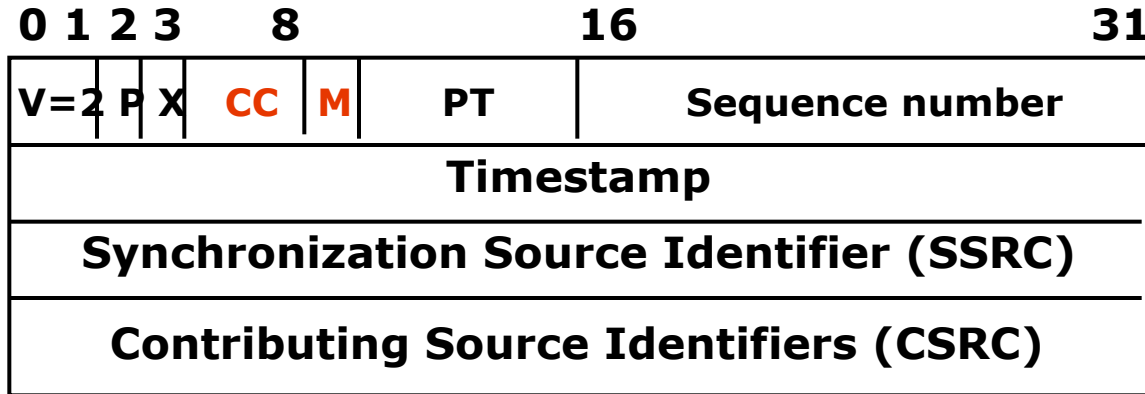
## Extension (X, 1 bit)

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

Ha van kiterjesztés: első 2 byte a hosszát adja meg

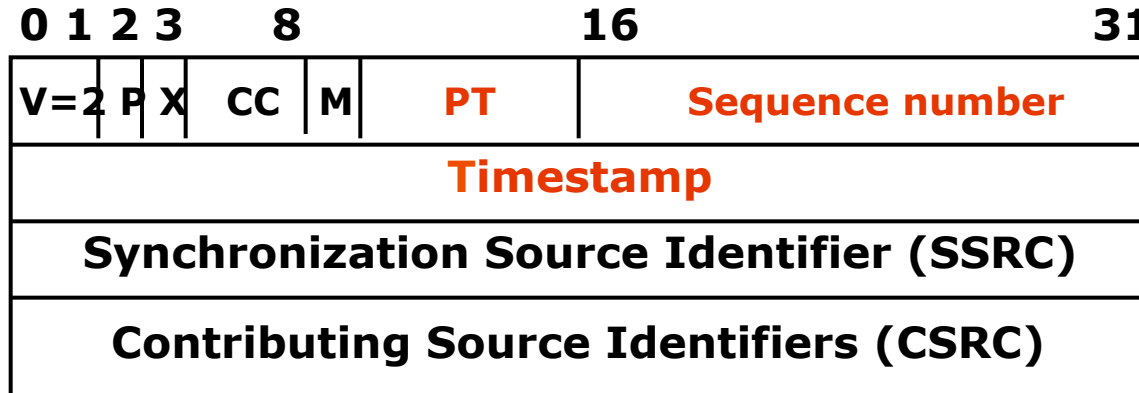
A kiterjesztés a fix fejrész utolsó érvényes mezője után következik

# RTP: csomagfejrész-formátum (2)



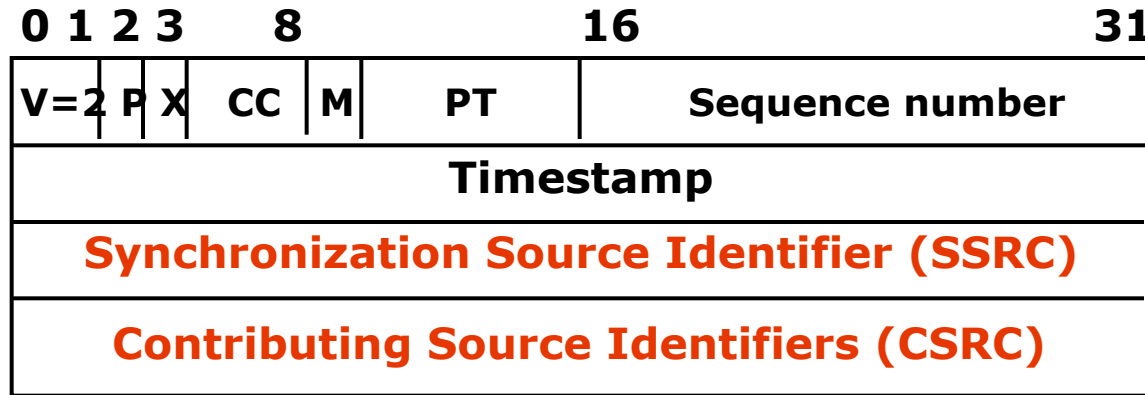
- CSRC count (CC, 4 bits)
  - a CSRC azonosítók száma = a multiplexált források száma (a források megadása: a CSRC mezőben)
  - csak egy forrás: CC = 0
- Marker (M, 1 bit)
  - a csomagfolyam szignifikáns eseményeinek megjelölése
  - példák:
    - kerethatárok a különféle kódolási módszereknél
    - a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

# RTP: csomagfejlesztés-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 oktettségének megfelelő pozíció valódi ideje a médiafolyamban

# RTP: csomagfejrész-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):

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

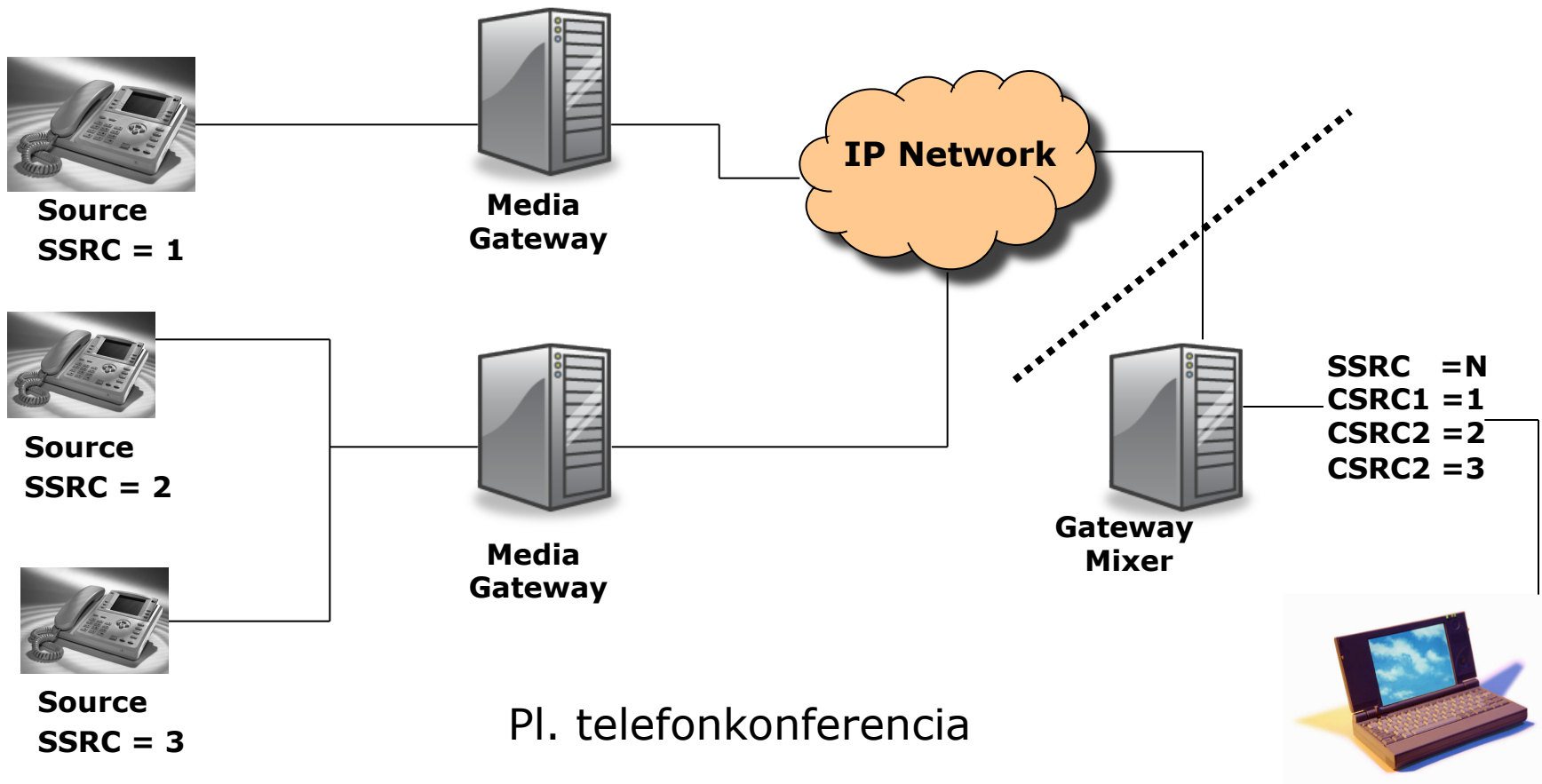
Videó-payload-ok pl.: 26: JPEG, 33: MPEG2

# SSRC, Synchronization source

- A stream forrását azonosítja, **független a hálózati címtől**
  - Véletlen szám, egyedi kell hogy legyen a session-on belül
  - Pl. mikrofon, kamera
- Ha több stream-et generál ugyanazon forrás egy session-on belül: **mindegyiknek más SSCR**
  - Pl. videójel több kamerától
- A vevő ez alapján válogatja egy csoportba a csomagokat pl. playback esetén
- Változtathatja az adatformátumot időben

- 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 a CSRC-ben felsorolja az eredeti forrásokat

# RTP Mixer



# RTP csomag megjelenítése hálózatmonitoron

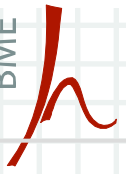
## RTP Header

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.. .....
...
  
```

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



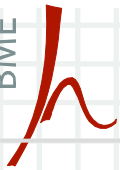
# RTCP – Real-time Transport Control Protocol

- Végpontok között információt szolgáltat a minőségről a kapcsolat résztvevőinek:
  - késleltetés
  - jitter
  - vett csomagok, elveszett csomagok stb.
  - RTT
- RTCP = nem jelzésátviteli protokoll!
- Hatására az alkalmazás kodeket válthat, vagy folyamatot korlátozhat
- 3. fél is monitorozhat végig

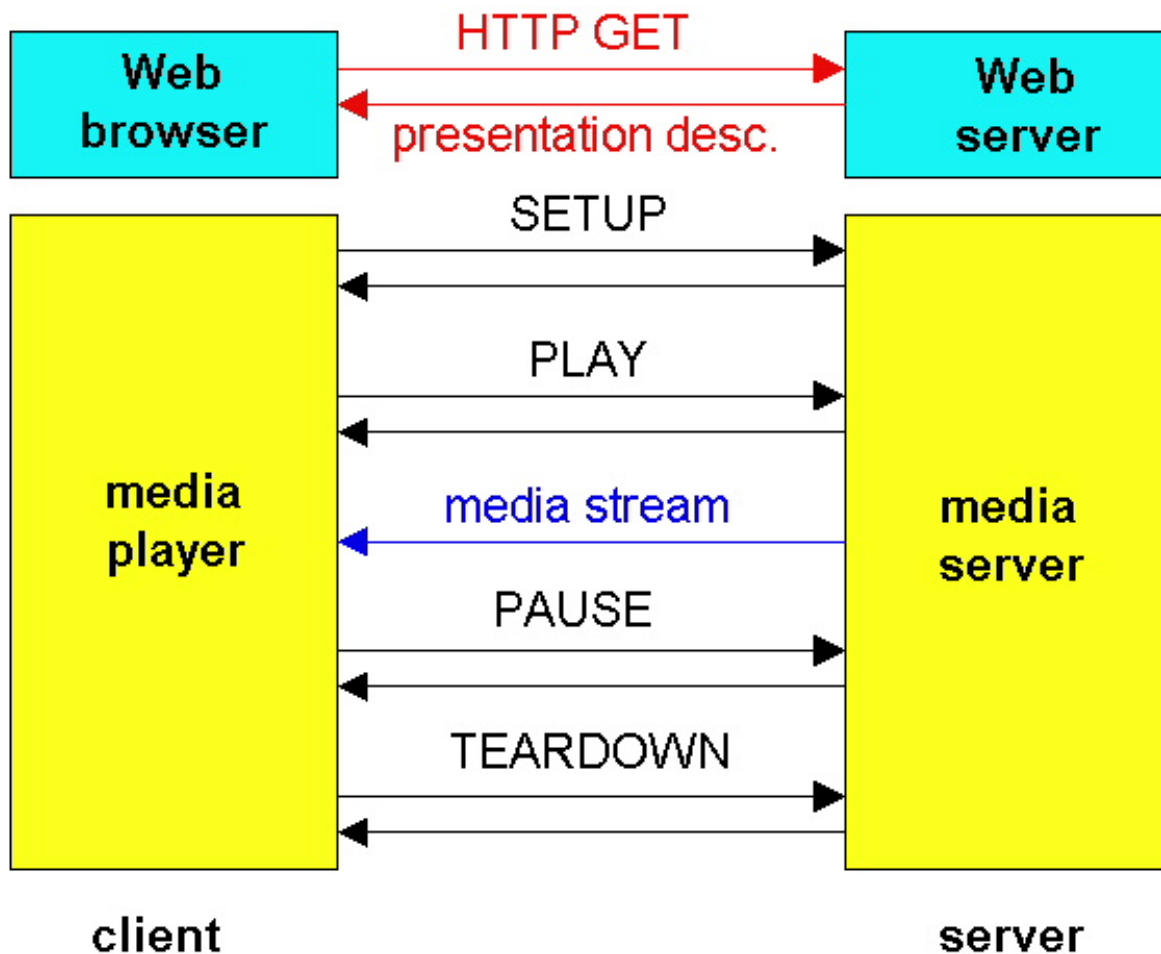
# Gondok az RTCP-vel

- Ha sok felhasználó és hosszú sessionok: ritkán jön RTCP jelentés (az 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 a QoS szempontjából
- Megoldás: hierarchikus aggregáció
  - Több jelentés összevonása egy összefoglaló jelentésbe
  - Összevonás: node-ok hierarchiája, fastruktúra

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



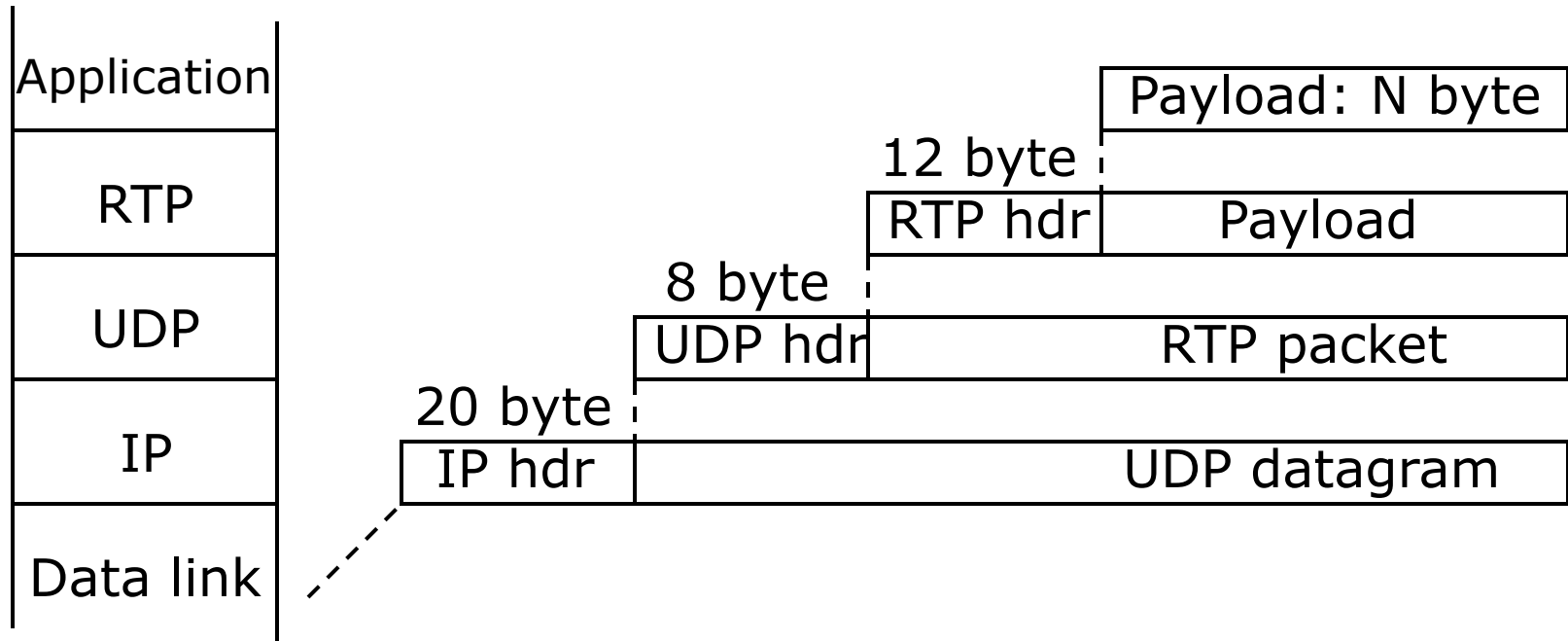
# Az RTSP működése



- 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)
    - Portsámok RTP-re és RTCP-re
    - Szerver: jóváhagyja és elküldi saját portszámain
  - PLAY: egy vagy több médiastream lejátszása
    - Megadható a lejátszási intervallum is
- Mit nem csinál az RTSP?
  - Nem kezeli a médiaformátumokat
  - Nem nyújt semmilyen támogatást a szolgáltatásminőség megvalósításához

# Most már túl sok protokollunk van 😊

## Átvitelisebesség-igény a fejrész-halmazódás miatt?



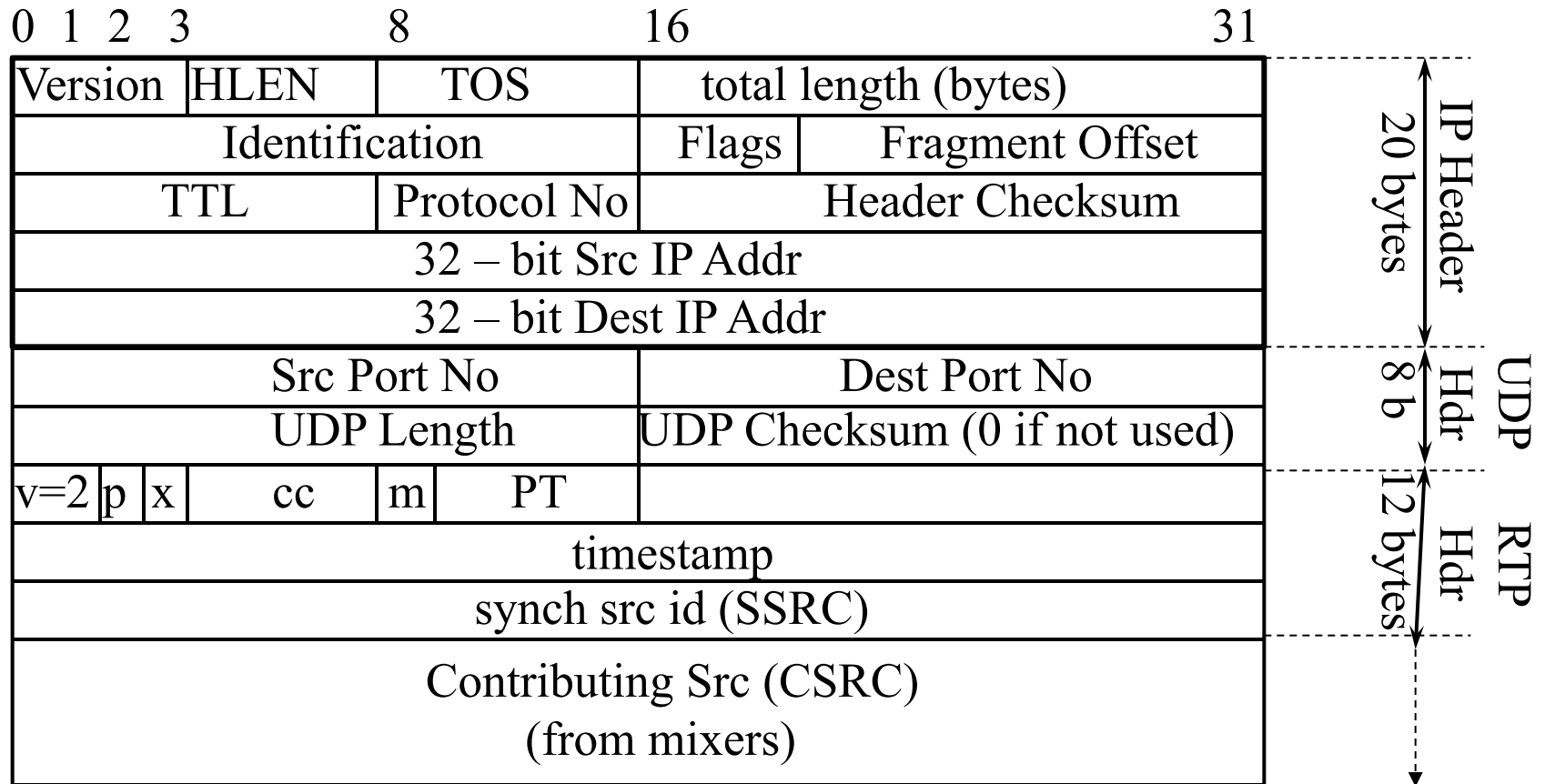
Overhead = 40 byte plusz az adatkapcsolati réteg fejrésze  
 Egy médiacsomag hossza =  $40 + N + \text{link layer header}$

# Fejrésztömörítés (1)

- Cél: az overhead csökkentése
  - Kezeljük együtt mindhárom protokollt (IP + UDP + RTP)!
  - Elv: a kapcsolat kezdete után kis változások a fejrészekben
- 
1. Redundáns információ (pl. megvan az adatkapcsolati fejlécben)
  2. Sok mezőben nincs változás a kapcsolat alatt
  3. Vannak mezők, amelyek változnak, de jósolható módon, pl. sequence number
- 
- 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 (2)

## Nézzük meg az együttes fejrészt!



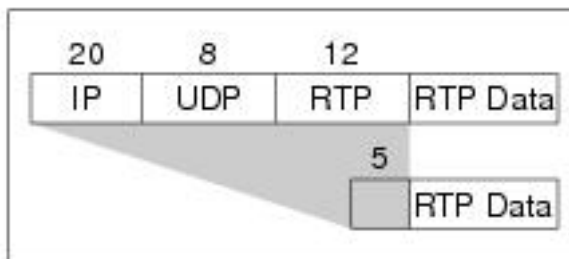
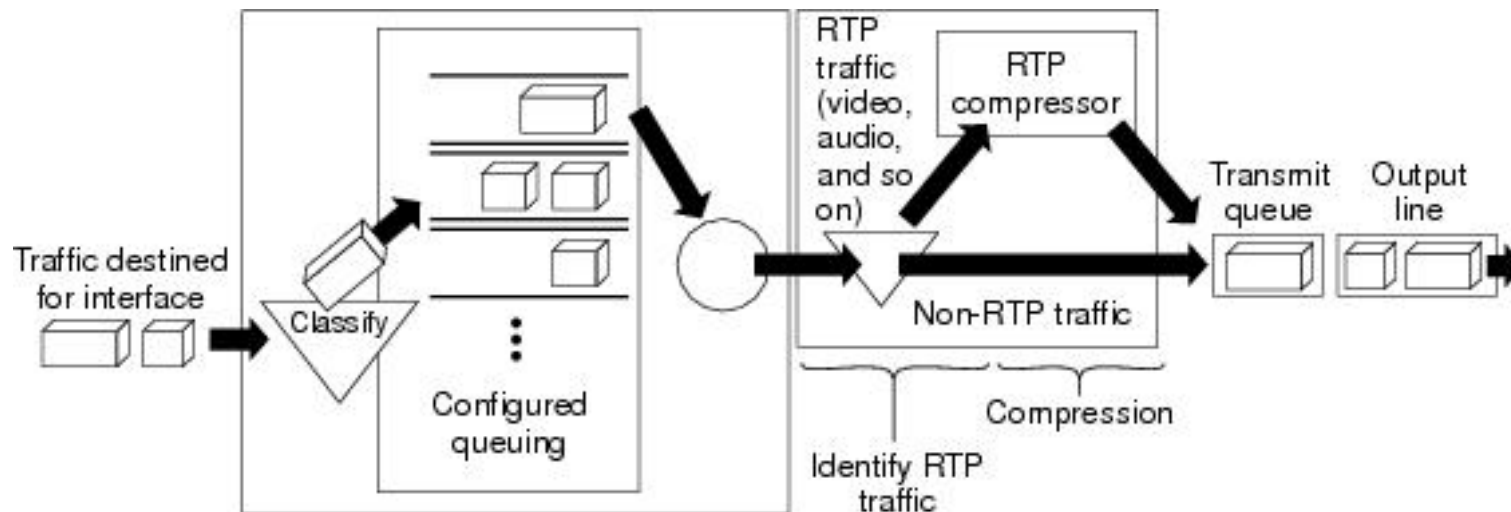
# Fejrésztömörítés (2)

- Csak a következők változnak:
  - IP-nél:
    - Teljes hossz: ezt az adatkapcsolati fejrész is tartalmazza, nem kell átvinni
    - Header checksum: elhagyható, adatkapcsolatra bízva
    - Identification: 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 (5)



| Traffic type | Payload   | Packet size reduction* |
|--------------|-----------|------------------------|
| VoIP G.729   | 20 bytes  | ~ 58%                  |
| VoIP G.711   | 128 bytes | ~ 21%                  |

\*Also ~5-ms reduction in serialization delay at 64 kbps

13473

# A fejrésztömörítés alkalmazása

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

# 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 - médiakezelő protokoll
  - UDP felett működik
  - Különböző médiakódolási formátumokat támogat
  - Az átvitelért felelős, a QoS-ért nem
  - A fejrészt (az UDP+IP-vel 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!**

