

Kommunikációs hálózatok 2

IPTV rendszerek

Orosz Péter

BME TMIT

2017. március 27.



A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő, kábel-TV és optikai hálózatokon
- **3. IPTV, Internet TV** ←
- 4. VoIP, beszédkódolók
- 5. Mobiltelefon-hálózatok
- 6. Jelzésátvitel
- 7. Gerinchálózati technikák

Digitális TV/rádió műsorszórás

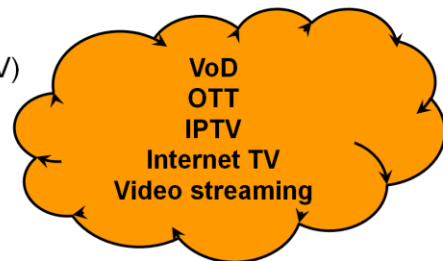
□ DVB (Digital Video Broadcasting) rendszerek

- DVB-T – Terrestrial, azaz földfelszíni digitális sugárzás
- DVB-C – Cable, digitális kábeltelevízió
- DVB-S – Satellite, digitális műholdas műsorszórás

Egyéb digitális TV szabványok: ATSC (Észak Amerika), ISDB (Dél Amerika), DTMB (Ázsia)

□ IP alapú műsorszórás

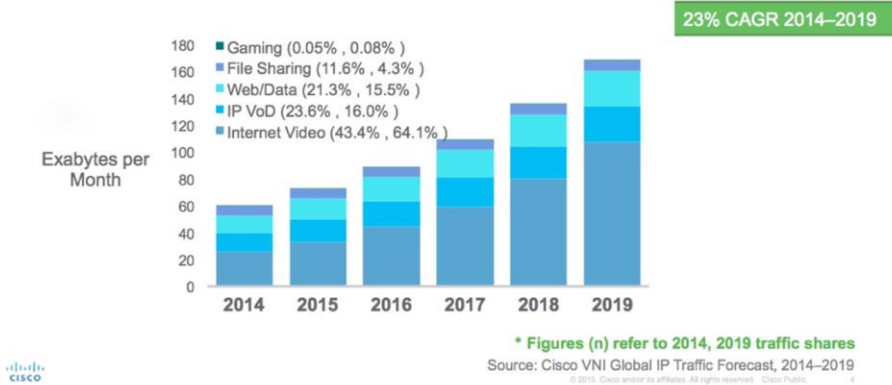
- Internet Protocol Television (IPTV)
- Internet TV



Videó adatforgalom alakulása

Global IP Video Traffic Growth

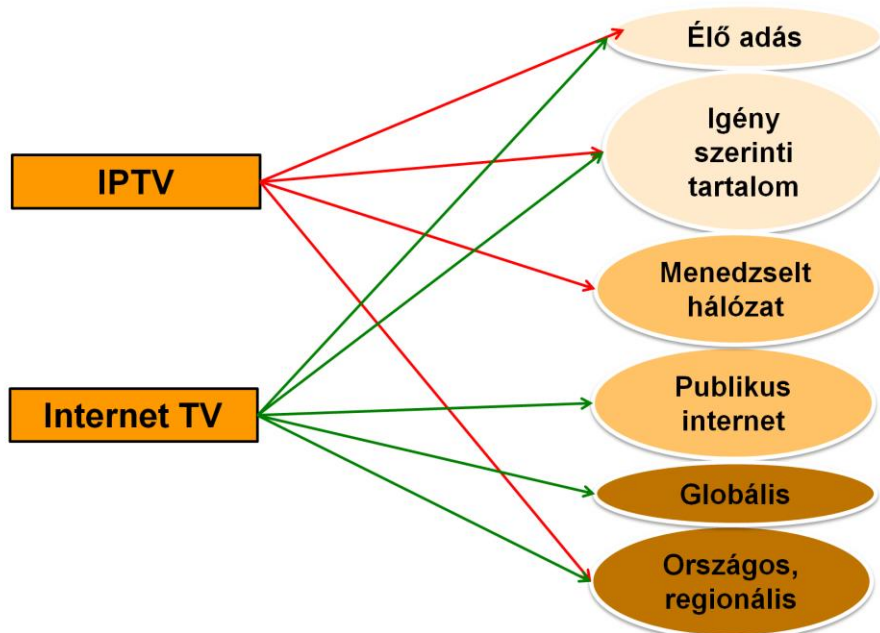
IP Video Will Account for 80% of Global IP Traffic by 2019



IPTV = Internet TV?

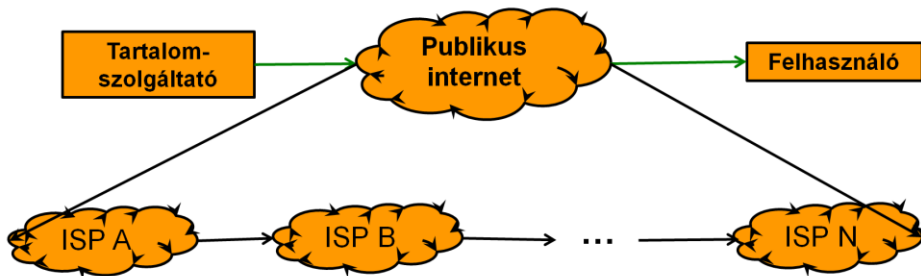
- Tartalom kötöttsége
 - Élő adás – specifikus sugárzási időpont
 - Igény szerinti tartalom (Video on Demand) – tetszőleges időpont
- Terjesztési modell
 - Menedzselt hálózaton, átviteli garanciák mellett
 - Publikus hálózaton, garanciák nélkül
- Szolgáltatás kiterjedése
 - Országos, regionális, városi
 - Globális

IPTV != Internet TV



Internet TV

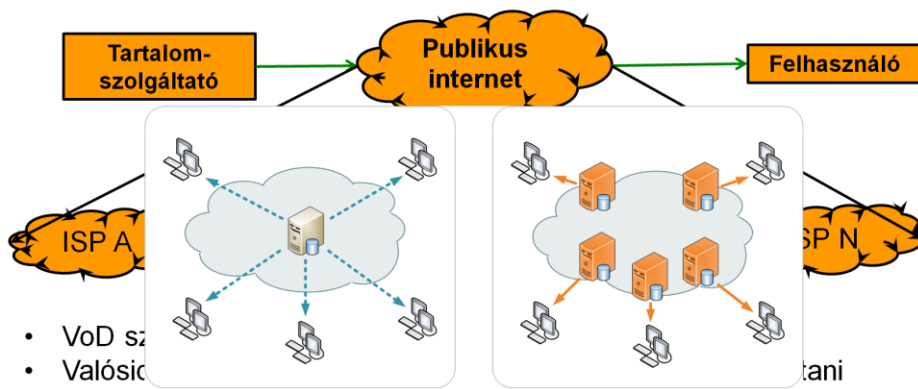
Over-the-top (OTT) terjesztési modell



- VoD szolgáltatók: Youtube, Netflix, TV.Go, stb.
- Valós idejű forgalmat best effort (BE) hálózaton kell továbbítani (nincs garancia az átvitel minőségére)
- Unicast kliens-szerver modell: nagy erőforrásigény (rossz skálázhatóság) – megoldás: Content Delivery Network (CDN)

Internet TV

Over-the-top (OTT) terjesztési modell



- VoD szolgáltatás
- Valós idejű terjesztés (nincs garancia az átvitel minőségére)
- Unicast kliens-szerver modell: nagy erőforrásigény (rossz skálázhatóság) – megoldás: Content Delivery Network (CDN)

Valósidejűség best effort hálózaton

Az IP protokoll best effort jellegű átvitelt valósít meg, mely során nem garantált, hogy ...

- az üzenet minden darabja megérkezik a címzetthez,
- sorrendhelyesen valósul meg az átvitel,
- alacsony mértékű és alacsony ingadozású az átvitel késleltetése a teljes útvonalon (end-to-end).

Valósídejűség - kihívások

- Az IP hálózatokban megjelent valósídejű szolgáltatások jelentős része korábban dedikált fizikai infrastruktúrán működött (pl. telefonhálózat, kábel tv hálózat, videókonferencia rendszer, stb.).
- A dedikált hálózatok műszaki paraméterei a szolgáltatás jellegéhez igazodtak, magas rendelkezésre állást biztosítottak.
- A kedvező kiépítési és üzemeltetési költségek, valamint a rugalmas konfigurálhatóság hatására a legtöbb interaktív szolgáltatás ma már növekvő arányban IP feletti szolgáltatásként érhető el.

Valósídejűség - megoldás

Műszakilag fenntartható megoldásokat kell adni az új átviteli követelmények kielégítésére.

- Az IP útválasztók eredendők demokratikus (FIFO jellegű) csomagtovábbítási mechanizmusát új mechanizmusok váltották fel a különböző forgalomtűpusok igényeinek dinamikus kiszolgálásához.
- Végponttól végpontig kell garanciákat nyűjtani
- A szolgáltatás minőségének megfelelő szinten tartásához a hálózat forgalmát osztályozni kell és az erőforrásokot az osztályok között fel kell osztani:
Quality of Service (QoS)

Az IPTV szolgáltatás elterjedése

- Jellemzően távközlési szolgáltatók saját hálózatukban, saját előfizetőik számára nyújták
- A hagyományos távbeszélő szolgáltatásokból egyre kevesebb bevétel származik, ezért új szolgáltatásokkal kell az ügyfeleket fogyasztásra ösztönözni
- Ehhez a meglévő infrastruktúrán is működnie kell a szolgáltatásnak (Triple Play)

IPTV szolgáltatások

- Élő TV és rádió adás továbbítása IP hálózaton
- Digital Rights Management (DRM)
- Electronic Program Guide (EPG) – műsorújság
- Teletext
- Élő adás felvétele (kliens oldal)
- Kép a képben ([PiP](#))
- Time shifting
- Egyidőben több felvétel + élő adás (az internet szolgáltatás sávszélessége korlát lehet)
- Programozott felvétel műsorújság alapján
- Video on Demand – videótéka (TV műsorok, filmek, sorozatok, stb.)
- Alkalmazások futtatása (hírek, időjárás, árfolyamok, messaging, stb.)

IPTV

Terjesztés menedzselt hálózaton

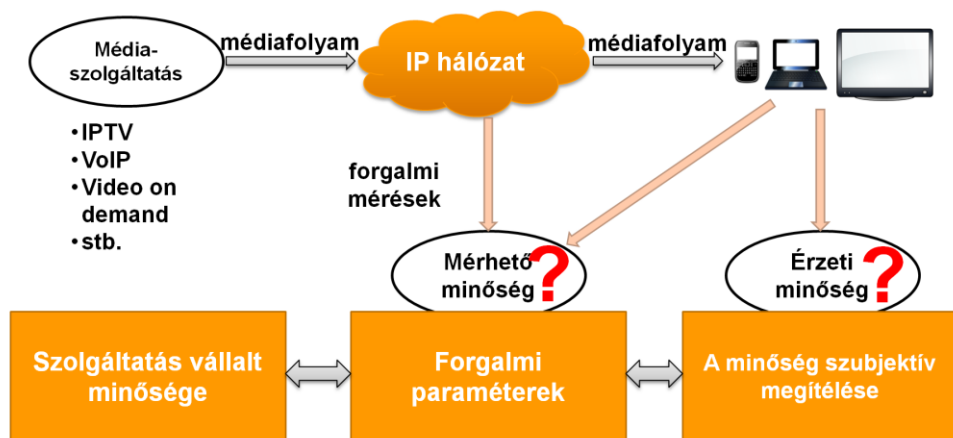


A rendszer elemei:

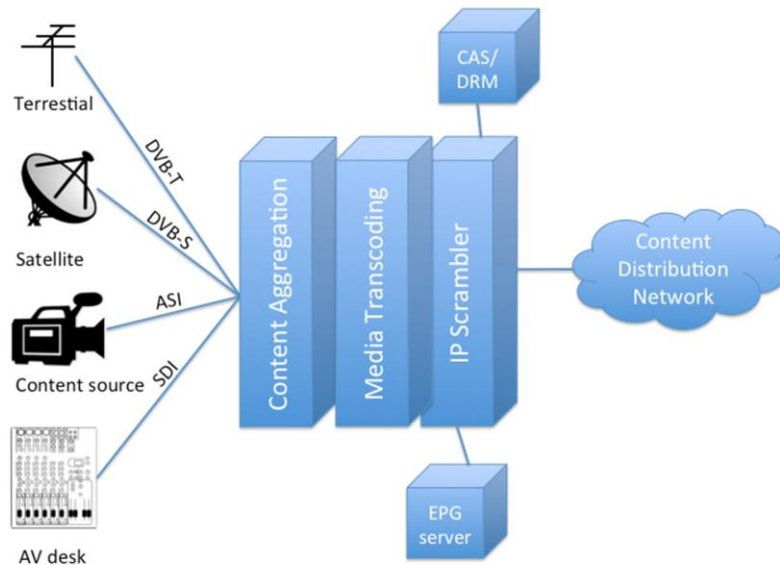
- TV headend
- VoD kiszolgáló
- Transzport hálózat
- Home gateway
- Set-top-box

- A szolgáltató saját hálózatában szolgáltatásminőségi (QoS) garanciákat biztosít a médiafolyam továbbításához
- Skálázhatóság: multicast továbbítási modell

Szolgáltatás minősége



IPTV headend vázlatos felépítése



15

Content aggregation: műsorfolyamok összegyűjtése különböző forrásokból. A tartalom szolgáltatója (jellemzően a TV társaság) többféle technológiával is eljuttathatja a műsort az IPTV szolgáltatónak: DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial - földfelszíni digitális TV), DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite, műholdas digitális TV), SDI (Serial Digital Interface), ASI (Asynchronous Serial Interface)

Media transcoding: a médiafolyam (kép és hang) újrakódolása az IPTV rendszer követelményeinek megfelelően: sávszélesség-igény, kulcs videókeretek gyakorisága, felbontás, stb.

IP Scrambler: Az újrakódolt médiafolyamból IP hálózaton továbbítható adatcsomagok készítése: IP/UDP/RTP/MPEG-2 TS/ES beágyazás

CAS/DRM (Conditional Access System/Digital Rights Management): hozzáférés-szabályozást (adott előfizető melyik csatornához, illetve on-demand tartalomhoz férhet hozzá), valamint a digitális tartalmak jogi és technikai védelmét megvalósító alrendszerek

IPTV médiafolyam

Tulajdonságok	Standard Definition	High Definition
Sávszélesség-igény	2-2,5 Mbit/s	8-10 Mbit/s
Képfelbontás	720 x 576 px	1920 (1440) x 1080 px
Videókódoló	H.264/MPEG-4 AVC	
Hangkódoló	AAC/AC3	
Médiakonténer	MPEG-2 TS (ISO/IEC 13818-1)	
Szállítási protokoll	Real-time Transport Protocol (RTP)	
Továbbítási modell	IP multicast	

IPTV protokoll készlet

- IPv4/IPv6
- IGMPv3/MLDv2/PIM
- UDP
- RTP/RTCP
- MPEG-2 Transport Stream
- PES

Médiakódolás:

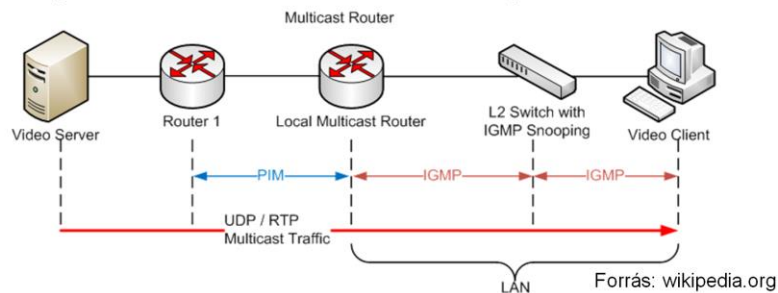
- H.264/H.265 (videókódoló)
- AAC (hangkódoló)

Multicast IP címek

- Multicast üzenettovábbításra: 224.0.0.0/4 (D osztályú) címtartomány
- Egy multicast cím csomópontok egy jól definiált csoportját azonosítja: multicast csoport
- A csoporttagság dinamikus
- IPTV rendszerekben egy multicast IP cím egy adott TV csatorna aktív nézőit azonosítja a hálózaton
- A TV műsor médiafolyamát a hozzá rendelt D osztályú IP címmel rendelkező csoport tagjainak továbbítja a hálózat

IGMP - Internet Group Management Protocol

- ❑ Multicast csoporttagságok menedzsmentje hálózaton belül
- ❑ IGMP üzenetváltás: IP végpontok és a helyi útválasztó között
- ❑ OSI besorolás: az IP protokollkészlet része, a hálózati réteghez tartozik
- ❑ Szereplők: IGMP host – IGMP querier



19

Az IGMP kommunikációs protokoll alkalmazásával az IP végpontok és útválasztók a multicast csoporttagságokat menedzselhetik. Az IGMP üzenetváltás a végpont és egy szomszédos multicast útválasztó között zajlik. Az üzenetek közvetlenül IPv4 csomagokba ágyazódnak be. Rétegbesorolást tekintve az ICMP-hez hasonlóan az IP protokollkészlet része, a hálózati rétegben működik.

IGMPv2/v3 üzenettípusok

- Membership Query - Csomópontok multicast csoporttagságát kérdezi le a hálózathoz kapcsolódó útválasztó (IGMP querier).
- Membership Report – Tagság(-ok) jelentése a multicast útválasztó (IGMP querier) felé. A csomópont ugyanezzel az üzenettel tud feliratkozni egy multicast csoportba.
- Leave Group – csoport elhagyásának explicit jelzése

- v2 változat: explicit csoportelhagyás (leave group)
- v3 változat: forrás-specifikus multicast csoportok

20

A v2-es protokollváltozat legfontosabb újdonsága volt, hogy bevezette a csoportelhagyás explicit jelzését (Leave Group üzenet). Az aktuális v3-as verzióban ezen felül bekerült a forrás-specifikus (source-specific) multicast támogatása. Erről bővebben a PIM protokoll leírásánál olvashat. IPTV rendszerekben jellemzően az IGMPv2 vagy IGMPv3-as verziókat alkalmazzák. Az IGMPv2 előnye, hogy a Leave Group üzenet lehetővé teszi, hogy a multicast router alacsony késleltetéssel le tudja állítani az adott csoport címére küldött forgalmat, amennyiben nincs aktív tagja egy adott hálózati szegmensben.

IGMPv3 forrásszűrés

- Megadhatunk a forráscsomópont címére vonatkozó megkötéseket (szűréseket): forrás-specifikus multicast
 - Include mode
 - Exclude mode

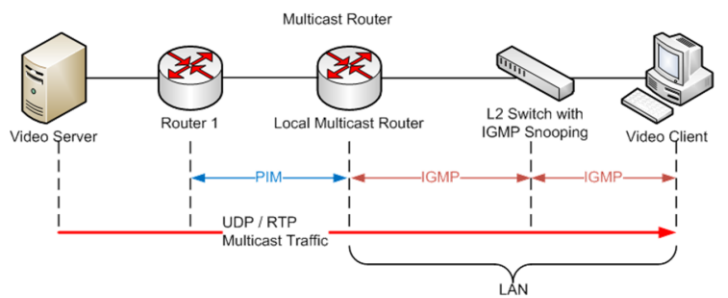
Megelőzhetőek a jogosulatlan forrásból származó Denial-of-Service támadások.

Multicast IP útválasztás

□ Protocol Independent Multicast (PIM)

- PIM Sparse mode (SM)
- PIM Dense mode (DM)
- PIM Source-specific multicast (SSM)

IPTV rendszerekben: SM és SSM



22

A PIM nem egyetlen protokoll, hanem egy multicast útválasztási protokollcsalád. Három változata terjedt el.

PIM-SM (PIM Sparse Mode) - A multicast fát, melynek gyökere az ún. Rendezvous-point (RP) útválasztó, explicit IGMP kérések alapján építi fel a protokoll. A működési modell jó illeszkedik a WAN hálózati környezetben, fizikailag elszórt multicast vevők kiszolgálásához.

PIM-DM (PIM Dense Mode) - Első lépésben a multicast forgalmat elárasztással továbbítja a teljes hálózaton, később pedig IGMP üzenetek alapján felfüggeszti a továbbítást azokba a hálózati szegmensekbe, amelyekben nincs aktív vevő. Ezzel a módszerrel implicit építi fel a multicast fát a protokoll. A működés első fázisában megvalósított elárasztásos továbbítás intenzív sávszélesség-igénye miatt a protokoll nagy kiterjedésű hálózatokra rosszul skálázható.

PIM-SSM (PIM Source-specific Multicast) - A multicast fa gyökere egy előre definiált forrás csomópont (pl. egy IPTV headend). A multicast csoport megadása a forrás-/csoportazonosító párossal történik: (S,G), ahol S a forrás unicast IP címe, G pedig a csoportot azonosító multicast IP cím. A forrás címének explicit megadásával megelőzhetőek a csoporton belüli, jogosulatlan forrástól származó Denial-of-Service támadások.

PIM SM és SSM

Sparse mode: A multicast fát, melynek gyökere az ú.n. Rendezvous-point (RP) útválasztó, explicit IGMP kérések alapján építi fel a protokoll.

A működési modell jó illeszkedik a WAN hálózati környezetben, fizikailag elszórt multicast vevők kiszolgálásához.

Source-specific: A multicast fa gyökere egy előre definiált forrás csomópont. A multicast csoport megadása a forrás-/csoportazonosító párossal történik: (S,G)

Real-time Transport Protocol (RTP)

Dedikált transport protokoll valós idejű médiaátvitel támogatására: IETF RFC 3550

Alkalmazási területek:

- VoIP
- Videókonferencia
- IPTV
- Streaming audio és video

RTP szolgáltatások

- Kezeli a hálózati csomagátrendeződést,
- időzítést biztosít az üzenetdarabok megfelelő időben történő lejátszásához (jitter kompenzáció),
- hang és képi tartalmak továbbítására egyaránt alkalmas.
- IP multicast támogatása
- Alkalmazás-szintű keretezésen alapul (Application-level Framing, ALF)

RTP fejléc

RTP packet header							
Bit offset ^[b]	0-1	2	3	4-7	8	9-15	16-31
0	Version	P	X	CC	M	PT	Sequence Number
32	Timestamp						
64	SSRC identifier						
96	CSRC identifiers						
	...						
96+32×CC	Profile-specific extension header ID					Extension header length	
128+32×CC	Extension header						
	...						

Forrás: wikipedia.org

26

A vizsgára elegendő az alábbi három mezőt ismerni az RTP fejlécből:

1. Sequence number – az RTP csomag sorszáma
2. Timestamp – a kiküldés (pontosabban a csomag elkészítésének) időbélyege
3. SSRC - forrásazonosító

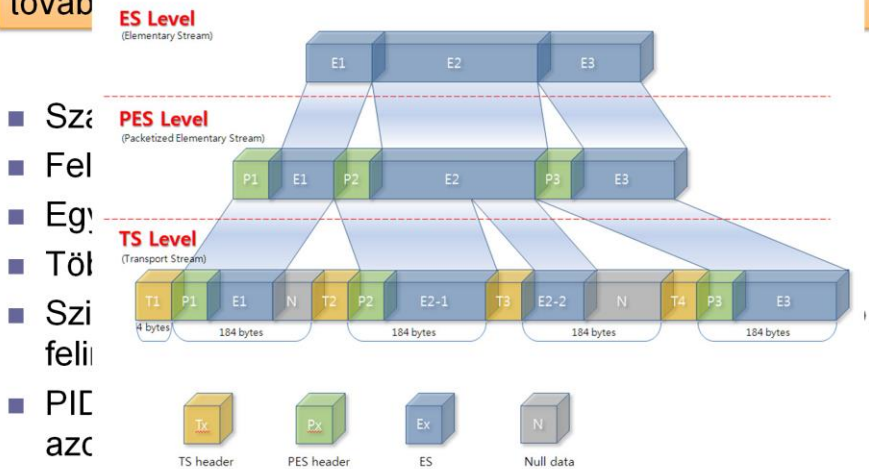
MPEG-2 Transport Stream

Szabványos konténer formátum mozgókép, hang és program-, illetve szolgáltatás-információs üzenetek (műsorújság, teletext, feliratok, stb.) multiplexelt továbbítására.

- Szabvány hivatalos elnevezése: ISO/IEC 13818-1
- Felhasználási terület: DVB, IPTV
- Egy TS-ben több elemi médiafolyam
- Több hangsáv egyidejű továbbítása
- Szinkronizáció az elemi folyamatok között (pl. hang, kép, felirat)
- PID (packet identifier) – minden elemi folyamat egyedi azonosítóval rendelkezik

MPEG-2 Transport Stream

Szabványos konténer formátum mozgókép, hang és program-, illetve szolgáltatás-információs üzenetek (műsorújság, teletext, feliratok, stb.) multiplexelt tovább



Forrás: bytheway.wordpress.com 27

MPEG-2 információs táblák

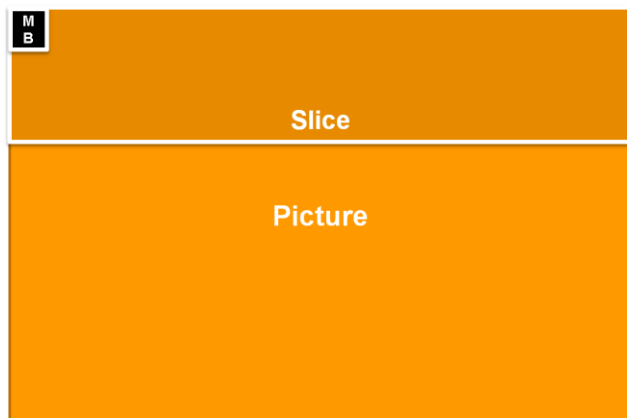
TV csatorna = Program

- Program Association Table (PAT): A transport streamben továbbított csatornák (programok) azonosítóit tartalmazó tábla.
- Program Map Table (PMT): Az egyes programokhoz tartozó elemi folyamatok PID azonosítóit tartalmazó tábla.
- Event Info Table (EIT): Az EPG alrendszer az EIT tábla információi alapján készíti el a műsorújságot.
- Program Clock Reference (PCR): Az elemi folyamatok szinkronizációjára használt referencia-óra.

H.264

- Veszteséges tömörítési eljárás
- Konstans vagy változó bitráta
- YCbCr színtér
- Profilok és szintek
- Képcsoportok (Group of Pictures)
- Mb-Slice-frame kapcsolat
- I-slice, P-slice és B-slice
- Makroblokkok
- FMO, ASO

H.264 építőkövek



3
0

Egy képkocka több szeletre (slice) osztható. A makroblokk (MB) diszkrét koszinusz transzformáció (DCT) alapuló képi feldolgozási egység, mely változó méretű blokkokból áll: 16x16, 16x8, 8x8, 8x4, 4x4.

H.264 kerettípusok

- I-frame (intra coded frame)
A képkocka előállításához nincs szükség további keretekre. A képcsoport kezdő kerete.
- P-frame (predictive coded picture)
Korábbi I vagy P keretet használ referenciaként, a változást mozgásvektorokkal írja le.
- B-frame (bi-predictive coded picture)
Korábbi és későbbi I vagy P kereteket is felhasznál referenciaként.

H.264 kódolású folyam makroszerkezete

- Meghatározható, hogy adott IP csomag milyen típusú videó-keretet tartalmaz.
- Egy H.264 kódolású adatfolyam Group Of Pictures (GOP) blokkokra osztható.
- Minden GOP I-frame-mel kezdődik, melyet előre definiált sorrendben P és B-frame-ek követnek.
- Új I-frame a következő GOP kezdetét jelzi.

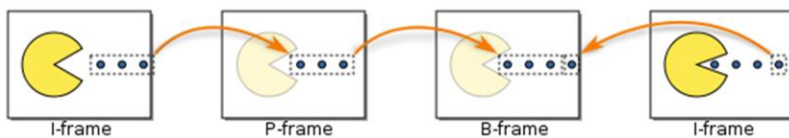
GOP-szerkezet



Lejátszási sorrend



Dekódolási sorrend



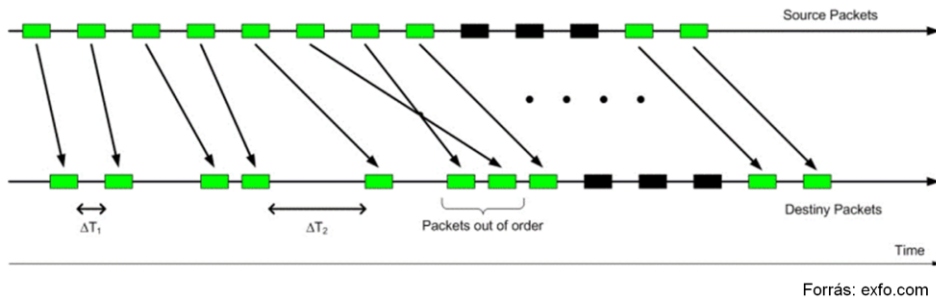
3
3

Szolgáltatásminőség mérése

- Az átvitt média érzeti minőségét befolyásoló IP-szintű elemi hálózati metrikák:
 - Késleltetés (delay, ms)
 - Késleltetés ingadozása (jitter, ms)
 - Csomagvesztés (packet loss, %)
 - Csomagsorrend átrendeződés (packet reordering, %)
 - Átviteli teljesítmény (throughput, bps)
- Az átvitt média érzeti minőségét befolyásoló összetett hálózati metrikák:
 - MDI (media delivery index) – kettős metrika
 - késleltetési tényező (delay factor)
 - média veszteségi ráta (media loss rate)
- Egyéb szolgáltatási minőséget befolyásoló metrikák:
 - Csatornaváltási idő (zap time)
 - EPG betöltési idő

Jitter és átrendeződés

A médiakódolók meghatározott rátával, adott sorrendben küldik a médiacsomagokat, ezzel szemben a videó- és hangfolyamok IP csomagjai a hálózat működéséből adódóan nem fix késleltetéssel és nem feltétlenül garantált sorrendben jutnak el a forrástól a címzettig.



Kulcskeretet érintő csomagvesztés

Két képcsoportot
(GOP) tartalmazó
videó minta

A második GOP
kulcs-keretének
eldobása

A második GOP-ban
megjelenő mozgás-
vektorok nem
releváns képi
elemeket mozgatnak



Forrás: The Internship (Regency Enterprises, Wild West Picture Show
Productions, 21 Laps Entertainment)

3
6

Kulcskeretet érintő csomagvesztés

Két képcsoportot
(GOP) tartalmazó
videó minta

A második GOP
kulcs-keretének
eldobása

A második GOP-ban
megjelenő mozgás-
vektorok nem
releváns képi
elemeket mozgatnak



Forrás: The Internship (Regency Enterprises, Wild West Picture Show
Productions, 21 Laps Entertainment)

3
6

Kulcskeretet érintő csomagvesztés

Két képcsoportot
(GOP) tartalmazó
videó minta

A második GOP
kulcs-keretének
eldobása

A második GOP-ban
megjelenő mozgás-
vektorok nem
releváns képi
elemeket mozgatnak



Forrás: The Internship (Regency Enterprises, Wild West Picture Show Productions, 21 Laps Entertainment)

3
6

De-jitter puffer

- A pufferbe változó időközökkel érkező csomagok fix rátával kerülnek kiolvasásra onnan: késleltetési ingadozás kiegyenlítése
- Negatív hatása: megnöveli a késleltetést, melyet valós idejű alkalmazásoknál kívánatos alacsony szinten tartani.
- Fontos tervezési szempont a pufferméret helyes megválasztása a hálózati jitter és az elvárt késleltetés ismeretében.
- IPTV set-top-box jellemző puffermérete: 80-200 ms

Csatornaváltás (Zap Time)

A váltás idejét meghatározó faktorok:

- Csoportváltás (IGMP leave és join)
- Multicast disztribúciós fa bővítése (PIM routing)
- Végponti pufferek (playout buffering)
- Következő kulcs videókeret (I frame) bevárása



Köszönöm a figyelmet!