

Videós szolgáltatások megvalósítása adatátviteli hálózatokon

LOIS LÁSZLÓ

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék
lois@hit.bme.hu

Kulcsszavak: videó átvitel, IP hálózat, video streaming

Az adatátviteli hálózatok egyre nagyobb adatátviteli sebességet ígérnek a felhasználóknak, miközben a videó forráskódolás területén végbemenő fejlődés eredményeként a videó átvitelhez szükséges sávszélesség igény is egyre kisebb. A növekvő sávszélességnek köszönhetően a távközlés területén is felmerült az igény, hogy – bizonyos korlátokkal és kompromisszumokkal – videós szolgáltatásokat valósítsanak meg a szabad kapacitások kiaknázásával. Ez a cikk technológia megközelítésből ismerteti a jelenleg elterjedt és a közeljövő hálózati videós szolgáltatások technológiáját általános célú adatátviteli hálózatok esetében.

1. Bevezetés

A digitális média terjesztésére a műsorkészítés, műsorosztás, műsorszétoztás és műsorszórás területén már régóta születtek hatékony megoldások. Ezen technológiák sokkal hamarabb elterjedtek, mint az adatátviteli hálózati videós megoldások, ahol a videó átvitel inkább csak járulékos szolgáltatásként kapott szerepet a többi szolgáltatás mellett.

A műsorterjesztés területén már régóta alkalmazzák az egy, illetve többprogramos MPEG-2 TS (Transport Stream) nyelvi technológiát [1] az SDTV és HDTV tartalom átvitelére. Napjainkban már többféle hatékony és jól működő eljárás alkalmazható egy vagy sokcsatornás televíziós tartalom nagy távolságba való eljuttatására dedikált hálózaton, legyen szó akár pont-pont átvitelről, akár egy kábeltelevíziós fejállomásokat ellátó sokcsatornás műsorterjesztő rendszer gerinchálózatáról. A nagy rendelkezésre állás, a kis jelcsillapítás és gazdaságosság miatt földfelszínen általában optikai hálózatot alkalmaznak. A nagy távolságú átvitelnél többnyire dedikált hálózati adaptereket célszerű használni, amelyek ráadásul elfedik az átviteli hálózat tulajdonságait a forrás és a célállomás között.

A professzionális műsorterjesztés területén már régebben kialakult és elterjedt az a gyakorlat, hogy a hálózati adapterek IP csomagokban fogadják a digitális média forgalmat és a célba juttatás helyén is IP csomagokban adják azt vissza. Az alkalmazott interfész általában Ethernet feletti IP, így már a professzionális videó technika területén kialakult az a tudás és technológia, mely lehetővé tette az MPEG-2 TS vagy az ehhez hasonló elven működő multiplexek hatékony illesztését az IP hálózathoz és az a különböző adatkapcsolati szintű csomagokhoz.

A kommersziális vezeték nélküli adatátvitelnél ma az adatkapcsolati szinten az Ethernet interfész tekinthető a legelterjedtebb megoldásnak. Azok a technológiai megfontolások, amelyek megszülettek az MPEG-2 TS IP-re és

Ethernet-re való illesztéséhez, könnyen adaptálhatók digitális videó IP feletti átvitelnél más multiplexekre (például MPEG-4 alapon csomagolt bitfolyamokra [2]) és más hálózati interfészekre (pl. rádiós hozzáférési hálózatokra).

A kommersziális vezeték nélküli hozzáférési hálózatok uralkodó hálózati rétegű protokollja az IP. Az IP-hálózaton történő videós átvitel szempontjából fontos körülmény, hogy nem csupán IP-csomagok formájában történik az információ átadása a hozzáférési hálózatnak, hanem az IP hálózaton belül is az OSI 3. rétegének megfelelő kapcsológépek továbbítják egymásnak az IP csomagokat. Így a média bitfolyam átvitele úgy történik, mintha az egy adatfolyam lenne és a média több jellegzetessége nem kap szerepet a hálózati átvitel során, úgy mint:

- A videó és audió lejátszás azt igényli, hogy a képkockák, illetve a hangkeretek a képváltási, illetve a mintavételi frekvenciának megfelelő időközönként érkezzen be a dekóderbe, valamint a kép és hang közötti szinkron (az ún. ajakszinkron) is megmaradjon. A képkockák és hangkeretek bitfolyamának átvitele csomagokban történik, így értelemszerűen ezt az időbeli szabályszerűséget ezen csomagokra kellene biztosítani. Mivel ezt a csatorna többnyire nem biztosítja, ezért ezt a vevőkészüléken belül kell pufferelemmel megoldani. Ezzel a pufferelemmel egyúttal az ajakszinkron is megvalósítható.
- A videó és audió minták átvitele nem igényel hibamentes átvitelt, ezért forráskódolást alkalmazhatunk a bitsebesség csökkentése érdekében. Hibamentes átvitel esetében a forráskódolás tömörítésének erősségét úgy választjuk meg, hogy a pillanatnyi csatorna kapacitás mellett a bitfolyam átvihető legyen. A forráskódolt bitfolyam azonban már érzékeny a csatorna hibára. Egy csomag elvesztése csatorna hibaként jelenik meg, de a média lejátszás szempontjából ugyanígy elveszettnek számít egy csomag akkor is, ha később érkezik meg, mint amikor a dekódolását el kellene kezdeni. Azonban a hibázó csatorná-

nak is van kapacitása, nemcsak a hibamentesnek, ezért a hibával rendelkező átvitelnél is a forráskódolás tömörítésének erősségét szabályozzuk olyan módon, hogy a média bitfolyam átvihető legyen a becsült csatorna kapacitáson. Ezt a szabályozást más néven a küldési sebesség vezérlésének nevezzük.

Jelen dolgozat felépítése a következő. A 2. szakasz a média forráskódolás alapjaival és az átviteli hálózat releváns paramétereivel, valamint a hálózati média lejátszó modelljével és a média átviteli protokollokkal foglalkozik. A következő rész a három jellegzetes média átviteli sémát mutatja be, kiemelve az ezek közötti hasonlóságot és különbséget, és a fejezet végén az összehasonlítás egyik legfontosabb elemét, a puffertelést külön is tárgyalja. A 4. szakasz azokat az adaptációs sémákat mutatja be, amelyek célja a pillanatnyi csatorna paraméterek mellett a lehető legjobb kép- és hangminőség biztosítása a küldési sebesség vezérlésével. Az elméleti jellegű fejezetek után az 5. szakasz a jellegzetes szolgáltatások megvalósítását ismerteti, végül pedig az utolsó rész tartalmazza az összefoglalást.

2. Média átvitel heterogén hálózati környezetben

Egy média átviteli szolgáltatás minőségét alapvetően az alábbi négy tényező határozza meg:

- a szolgáltatással kapcsolatos fogyasztói és szolgáltatói minőségi követelmények,
- az alkalmazott hálózat vagy heterogén hálózatok QoS paraméterei,
- az alkalmazott felhasználói végberendezések,
- a szolgáltató által használt vagy használható kiszolgáló elemek és média formátumok.

Ezek a követelmények nem függetlenek egymástól, és műszaki szempontból két fontos szempontrendszerre fordíthatók le: a média átviteli technológiára és a média forráskódolási technológiára.

Egy videószerzés megvalósításához – többek között – a továbbításban érintett teljes hálózati rendszer QoS paramétereinek meghatározását kell elvégezni a megfelelő átviteli technológia kiválasztásához. Technológiai szempontból a másik lényeges feltétel az alkalmazott média kódolási formátum, amely az átküldendő adatmennyiség méretbeli és időbeli tulajdonságait, valamint hibátűrő képességéhez kapcsolódó paramétereit határozza meg.

2.1. Média kódolás

Technológiai szempontból az egyik lényeges feltétel az alkalmazott média kódolási formátum, amely legfontosabb jellemzői:

- Képméret és a képváltási frekvencia,
- Hangcsatornák száma, mintavételezési frekvenciája,
- Az adott minőségi szinthez tartozó, a teljes kódolt bitsebesség, amely áll:
 - a tömörített videó és hangcsatornák átviteléhez szükséges bitsebességből,

- a hangkeretek és képkockák szinkronizálásához, az átviteli késleltetési idő ingadozása ellenére folyamatos lejátszáshoz és időben megfelelő megjelenítéséhez szükséges segédinformációk által elfoglalt bitsebességből,
- az átvitel és a felhasználó menedzseléséből adódó bitsebességből,
- a fentiek csomagolásához szükséges bitsebességből.
- A változó bitsebességű lejátszáshoz való adaptivitás képessége.

A rendszerben gyakran kötöttségként jelenik meg a médiakódolási formátum, hiszen a végberendezések gyakran csökkentett média-dekódolási képességűek, e miatt nem biztos, hogy a legkorszerűbb algoritmusokat is képesek valós időben futtatni. További korlátozást jelenthet a sokféle különböző végberendezés típus, mert ekkor csak olyan formátumot szabad választani, amelyet minden végberendezés támogat. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a készülékek gyártói vagy forgalmazói implementálják bizonyos népszerű (szabványos vagy elterjedt) formátum média lejátszóját és a szolgáltatás nyújtójának ehhez kell alkalmazkodni.

A média forráskódolási formátum egyik fontos tulajdonsága a hálózati hibákkal szembeni ellenálló képesség. A jelenleg szinte kizárólagosan használt IP hálózatokon a csomagon belüli hiba a CRC kódszó alkalmazása miatt gyakorlatilag nem fordul elő, mert a hibás CRC-jű csomagokat nem kapjuk meg. Ezért a hálózati hibák esetében a csomagvesztéssel kell csak számolnunk a gyakorlatban. A csomagvesztés ellen jelenleg általában az alábbi intézkedéseket tehetjük meg a média kódolás szintjén:

- *Újraszinkronizálás és csomagolás*: egy képen belül több újraszinkronizáló jelet és fejléceket helyezünk el, így a kép egyes részei önállóan is dekódolhatókká válnak.
- *Adat particionálás*: a hiba lokalizálását könnyebbé teszi az adatparticionálás (Data Partitioning) alkalmazása. Ekkor egy kép már részlegesen dekódolhatóvá válik akkor, ha a prediktív képnél a mozgásinformáció, I típusú képnél pedig a DC együtthatók dekódolhatóak.
- *Reverzibilis kódszavak használata*: a hiba lokalizálását és a hiba mértékének csökkentését lehetővé teszi a Reversible Variable Length Code (RVLC) alkalmazása. Ezt CRC hibás csomagokon alkalmazhatjuk, ha a rendszer hozzáférést biztosít az ilyen csomagokhoz. A dekódoláshoz azonban az szükséges, hogy a csomagon belül legyenek olyan szinkronizációs pozíciók, amelyek integritásában biztosak lehetünk és az ilyen helyeken nemcsak előre, hanem visszafelé olvasva is képesek lehetünk adatok kinyerésére.
- *Nem predikált (intra) képrészletek számának növelése*: a képek közötti becslés a hiba továbbterjedését okozza. Ha azonban a forrás tulajdonságához képest sokkal gyakrabban alkalmazunk intra képeket vagy képrészleteket (például makroblokkokat), akkor a hiba

időbeli szétterjedését korlátozhatjuk, a megszakadt becslési folyamatot pedig gyakori intra kódolás alkalmazásával újra tudjuk indítani.

A forráskódolás mellett a csatornakódolás területéről is alkalmazhatunk megoldásokat a hibavédelem érdekében. Mivel főleg csomagvesztésre kell felkészülni, így a hiányzó csomagok pótlása érdekében átszövéses kódolást is alkalmazhatunk. Az átszövés másképp kell tervezni burst-ös csomagvesztés vagy időben egyenletesen eloszló csomagvesztés esetére. Mivel a csomagokat sorszámokkal látjuk el, így az átszövéses hibajavító kódolás esetén a hiányzó csomag pótlása törléses hiba javításához vezet (a hibahely ismert), ami kevesebb járulékos információt jelent, mintha a hiba helyét is meg kellene határoznunk.

Amennyiben a vevő jelentős puffertelést alkalmaz, a hiányzó csomag újraküldését használó protokoll is alkalmazható. Ennek egy speciális, forráskódolással egybekötött megoldását is alkalmazzák már, ahol a vevő megadhatja, hogy melyik képek állnak a rendelkezésre referenciaképként, és ekkor a szerver nem az alapértelmezett referenciaképet, hanem a vevő által megadott referenciaképet használja az újraküldött kép forráskódolásánál. Ez az eszköz a megszakadt predikciós láncolat folytatását is lehetővé teszi.

2.1.1. Skálázható videó kódolás

A videó formátum fontos tulajdonsága a skálázhatóság vagy léptékelhetőség. A skálázható videó átvitel területén jelentős kutatás folyt már a videó kódolás kezdeteitől, így az MPEG-2 Video [3,4] és MPEG-4 Visual [5] szabványok már tartalmazzák léptékelhető videó kódolást.

Egy bitfolyamot akkor nevezünk léptékelhetőnek, ha a teljes bitfolyam olyan rész-bitfolyamokra osztható, hogy bizonyos rész-bitfolyamokat elhagyva szintén visszakapjuk a komplett bitfolyamnak megfelelő videó tartalmat, csak rosszabb minőségi paraméterekkel (például kisebb méretben és/vagy kisebb képváltási frekvenciával és/vagy rosszabb képminőséggel), továbbá ezen rész-bitfolyamokból (ha 1-nél több van) is elhagyható rész-bitfolyam, amivel még rosszabb minőségben, de visszanyerhető a videó tartalom.

Más megközelítésben a skálázható videó bitfolyamot úgy is tekinthetjük, hogy egy adott alaprétegnek megfelelő rész-bitfolyamhoz hozzáadva egy következő rétegű bitfolyamot egy – alap réteg + 2.réteg összetételű – jobb minőségű és magasabb bitsebességű videót kapunk, ezután ehhez a két rétegből álló rész-bitfolyamhoz hozzáadva egy harmadikat még magasabb minőségű és bitsebességű anyagot kapunk (azaz alap réteg + 2.réteg + 3.réteg), és így tovább. Röviden érdemes megjegyezni, hogy a skálázhatóság elképzelhető úgy is, hogy például az alap réteg + 2.réteg összetételű rész-bitfolyamhoz hozzáadva a sorszám szerint 4-ik bitfolyamot egy más módon léptékelt 3 rétegből álló rész-bitfolyamot kapunk, de ez nem ugyanaz lesz, mint az alap réteg + 2.réteg + 3.réteg összetételű szintén 3 rétegű rész-bitfolyam.

A skálázhatóságnak alapvetően három változatát alkalmazzák:

- Időbeni skálázás: javító réteg hozzáadásával a képváltási frekvencia többszöröződik.
- Képméret skálázás: javító réteg hozzáadásával a kép mérete többszöröződik.
- Minőség skálázás: a javító réteg hozzáadásával azonos képméret és képváltási frekvencia mellett javul a kép minősége.

Heterogén hálózati környezetben a skálázható videó előnye a nem-skálázható videóval szemben egyértelmű: a komplett bitfolyam rögzített szabályok szerint rész-bitfolyamra redukálható úgy, hogy bár rosszabb minőségben, de visszanyerhető a videó tartalom. A redukció mértékét pedig a rendelkezésre álló átviteli kapacitás szabja meg úgy, hogy a redukált rész-bitfolyam beleférjen a pillanatnyilag igénybe vehető sáv szélességbe.

Valódi médiaátviteli hálózat esetében a redukciót nem a szerver végzi el, hanem a hálózati kapcsoló elemek képesek az adott viszonyok mellett (torlódás vagy átviteli kapacitás hiánya esetén) a túl nagy sáv szélességű videó átvitelénél a skálázható videóból a szükséges számú rész-bitfolyamot eldobni. Ilyen jellegű kapcsoló elemekről adatátviteli hálózatok esetében nem beszélhetünk, ekkor a szerver és kliens algoritmusai, illetve a közöttük lévő protokoll üzenetek révén valósítható meg a megfelelő rész-bitfolyam kiválasztása.

A megfelelő rész-bitfolyam kiválasztását a végberendezés képességei is meghatározhatják, hiszen értelmetlen a készülék által befogadhatónál és kezelhetőnél nagyobb bitsebességű/képméretű/képfrekvenciájú anyagot küldeni.

Meg kell említeni, hogy azonos kódolási eszközkészlet esetén esetében egy rögzített videó minőségben való továbbítás legjobb esetben is legalább 10%-kal hatékonyabb sáv szélesség felhasználást jelent a nem skálázható formátum (az időbeli skálázás kivételével, hiszen itt képek beszúrásáról/elhagyásáról van szó). Ekkor azonban az alábbi hátrányokkal kell szembenézni:

- a videó szerveren az összes lehetséges bitsebességre külön-külön le kell gyártani a tárolt tartalmat, vagy a kijátszás során valós időben kell a kódolást elvégezni – az egyrétegű tartalmak összességében nagyobb tárhelyet foglalnak el, mint a rétegzett tartalom;
- média átviteli hálózat esetében nem skálázható bitfolyamnál a rész-bitfolyamokra osztás a hálózati kapcsoló elemekben nem lehetséges (de ez adatátviteli hálózaton ez egyébként sem lehetne);
- multicast esetében a több különböző bitsebességű, egyrétegű videót simulcast módon lehet csak kijátszani, azaz annyi formátumban kell a szervernek kijátszani az egyrétegű videót, amennyi különböző formátumra van pillanatnyilag igény – skálázható formátumnál a szerverből kijövő kijátszási sebesség kisebb;
- skálázható formátumnál minden rész-bitfolyamhoz külön-külön tud a kliens csatlakozni, és így a kliens a szervertől független(ebb)ül tudja szabályozni a lejátszás minőségét vagy költségét.

A média forráskódolás részletesebb ismertetése meghaladja ezen cikk kereteit. A következő szakaszban a hálózati QoS paraméterek kérdéseit fogjuk megvizsgálni, de az azt követő 3. szakaszban a média lejátszó ismertetésénél még részletesebben kitérünk a média kódolás egyes aspektusaira.

2.2. A médiaátviteli végző hálózat szolgáltatás minőségének legfontosabb paraméterei

A média átvitel szempontjából az alábbi QoS paraméterek számítanak a legfontosabbnak:

- garantált bitsebesség,
- maximális átviteli késleltetés,
- maximális átviteli késleltetés ingadozás,
- bithiba arány,
- csomagvesztés vagy csomaghiba arány,
- maximális körbefordulási idő,
- maximális szolgáltatás kimaradási idő.

Ezen paraméterek mindegyike fontos szerepet játszik nemcsak a tervezés, hanem az átvitel során is.

2.2.1. Garantált bitsebesség

Amennyiben a hálózat képes egy garantált bitsebességet biztosítani, akkor ezen a bitsebességen lehetséges a médiafolyam átvitele úgy, hogy ne akadjon meg.

A médiakódolási bitsebességet és esetlegesen ennek következtében a formátumot is a garantált bitsebességnek megfelelően kell kiválasztani egy adott csatornára. A média maximális bitsebességét először el kell osztani az audió és videó csatornák között és meg kell határozni, hogy a csomagolási és egyéb járulékos információk mekkora részt foglalnak el a teljes bitsebességből. Az így fennmaradt videó és audió nettó bitsebességből, illetve a kliensekben rendelkezésre álló kodekek alapján már meghatározható, hogy milyen videó és audió formátumokat alkalmazzunk. A kliens vagy a rendszer képességei is megszabhatják a lehetséges forráskódolási algoritmusokat, illetve azok bonyolultságát. Így videó esetében ez a képméret és képváltási frekvencia, audió esetében pedig tipikusan a mintavételi frekvencia és a többcsatornás jellemzők már tervezhetők.

2.2.2. Maximális átviteli késleltetés

Ez az érték mondja meg, hogy mekkora a maximális késleltetés a szerver és a kliens között. Ennek az értéknek különösen nagy a jelentősége olyan rendszeren belül, ahol cellaváltás (roaming vagy handover) történhet, mert a régi hálózat minimális késleltetési értéke és az új hálózat maximális késleltetési értéke közötti időkülönbség késleltetési ingadozásként jelentkezik a kliens számára, amely így olyan nagy érték lehet, amit önmagában egyik csatornán sem tapasztalhat a kliens.

A maximális késleltetés teljes szerver-kliens útvonalon általában függvénye a szerver és kliens közötti fizikai távolságnak is és nagyban befolyásolja az átviteli késleltetést az is, hogy milyen jellegű hálózati részeket (például dedikált vagy közcélú, műholdas vagy vezeték nélküli kapcsolat) halad át a forgalom.

A maximális átviteli késleltetés kizáró kritériuma lehet az on-line videó átvitelnek, hiszen videó konferencia rendszer esetében a dekódolási és megjelenítési időt is figyelembe véve néhányszor 100 msec-os késleltetésnél nagyobb érték már nem engedhető meg.

2.2.3. Maximális átviteli késleltetés ingadozás

Ez az érték mondja meg, hogy mekkora a késleltetés maximális ingadozása. Amennyiben a kliens a média tartalmat a mintavételnek megfelelően egyenletesen kívánja lejátszani, úgy ezt az ingadozást ki kell egyenlítenie. A késleltetés ingadozása miatt a szerver és kliens órájának szinkronizációja is megoldandó feladat.

Cellaváltás vagy útvonalváltás alatt azonban nem ez az érték, hanem a régi hálózati útvonal minimális késleltetési értéke és az új hálózati útvonal maximális késleltetési értéke közötti időkülönbség is jelentkezik késleltetési ingadozásként.

A késleltetés ingadozás kiegyenlítésére puffert kell alkalmazni. Konstans átviteli késleltetés esetében nyilvánvalóan semmiféle pufferre nincs szükség ebből a szempontból, de a média dekódoláshoz ebben az esetben is szükséges média dekóder puffer alkalmazása. Konstans átviteli késleltetés esetén azonban a szerver és kliens óráját nagyon egyszerű összehangolni.

Ingadozó késleltetésű csatornán a bejövő pufferrel azt kell biztosítani, hogy a média dekóder számára mindig elérhető legyen a következő keret dekódolásához szükséges adat, illetve a puffer méretét megfelelő méretűre kell választani ahhoz, hogy a bejövő adatok miatt ne legyen puffer túlcserélés. Az ingadozó késleltetéssel beérkező csomagoknál a pufferelés célja a forrás órajelének koherens visszaállítására is.

2.2.4. Bithiba arány

A csatornán megjelenő bithiba arány is befolyásolhatja az átvitelt. Az UDP-IP és TCP-IP hálózatoknál önmagában a vett csomagban bithiba közvetlenül nem fordul elő a gyakorlatban, mert a hibás csomagokat a hálózat, illetve az operációs rendszer vagy eldobja (UDP), vagy pedig újraküldi (TCP).

2.2.5. Csomaghiba arány

A csatornán megjelenő csomagvesztési arány UDP átvitel esetén jelentkezik. A csomagvesztési hiba kezelése a média lejátszó számára fontos feladat, hiszen így egy több csomagból álló keret bármelyik része lehet hiányos, ezért a lejátszónak fel kell készülnie arra, hogy értelmetlen bitsorozatot is kaphat bemenő információként.

A csomaghiba ellen hibajavító kódolással vagy újraküldéssel védekezhetünk, ha ezen eszközök használatára van lehetőség.

2.2.6. Maximális körbefordulási idő

Ez a paraméter a szerver és kliens közötti oda- és visszaútvonal maximális idejét jelenti.

Ennek az értéknek a jelzécsoporton való kommunikáció során van szerepe, valamint a hibakezelésre lehet még hatása úgy, hogy a kliens tudja, hogy egy kérését

a maximális körbefordulási időn belül tudja a szerver kiszolgálni. Így egy csomag elvesztése vagy meghibásodása esetén a csomag újraküldését érdemes lehet kérni a szervertől, ha a hiányzó csomagra csak a maximális körbefordulási időn túli időpillanatban van szükség.

2.2.7. Maximális szolgáltatás kimaradási idő

A maximális szolgáltatás kimaradási idő az az időszak, ami alatt a szerver és kliens közötti hálózati útvonal nem továbbít semmit. Ez a jelenség lényegében késleltetés ingadozasként is kezelhető, így megfelelően méretezett pufferrel megoldható a probléma kezelése. A hálózat kimaradása miatt azonban célszerű mégis különválasztani a késleltetés ingadozástól, hiszen ekkor az egyébként elenyésző sávszélességet igénylő jelzés-csatornák sem működnek.

Ha a maximális szolgáltatás kimaradási idő alacsony, akkor csak 1-2 csomag elvesztéséről beszélhetünk, de nagyobb értékek esetében akár több képre kiterjedő kimaradás is lehetséges. A dekóderben a puffereleési stratégia tervezésekor figyelembe kell venni azt is, hogy mekkora időszakokra esik ki a hálózati szolgáltatás. Amennyiben a kimaradási idő olyan hosszú is lehet, hogy puffereleéssel sem hidalható át (jellegzetesen az 5 másodpercnél nagyobb értékeket már ilyennek tekintjük), akkor értelemszerűen nem kell figyelembe venni a puffereleési tervezésekor, de ekkor a rendszer egyik jellemző hibájaként kell számon tartani ezt a jelenséget.

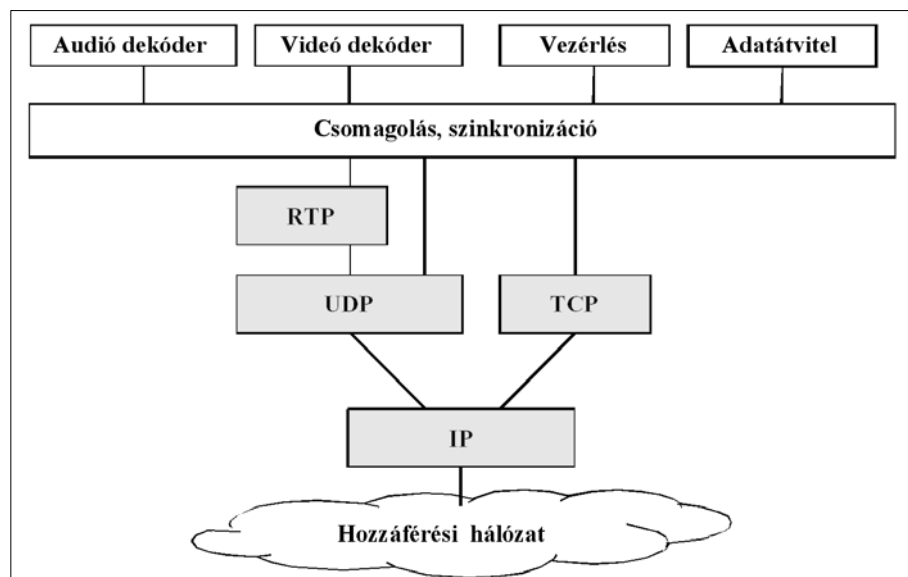
2.3. Hálózati média lejátszó réteges logikai modellje

Az OSI hét rétegéhez hasonlóan egy IP feletti átvitelrel táplált média lejátszó is megadható réteges logikai szerkezetben. Erre mutat példát az 1. ábra.

A média lejátszó szempontjából a legalsó réteget az IP és az ez alatti hálózati rétegek jelentik. Az IP átvitelre vagy UDP, vagy pedig a TCP protokoll épül rá attól függően, hogy a videó átvitelrel szemben milyen minőségi követelményeket fogalmazunk meg. A médiafolyam keretszervezéséhez UDP átvitelnél a RTP protokollt szokták alkalmazni, míg TCP esetében a keretszervezés fájl jellegű is lehet.

Általánosságban azt mondhatjuk, hogy kis késleltetés és sávszélesség-hatékonyság szempontjából az UDP/RTP átvitelt érdemes választani, míg ha a tartalom hibátlan letöltése a cél, akkor a TCP-re érdemes az átvitelt alapozni.

1. ábra
Média átviteli hálózati rendszer réteges modellje



Az UDP átvitel fontos jellemzője a TCP alapú átvittel szemben, hogy a hálózati kapcsolóelemek a küldést nem nyugtázzák az UDP szinten, ezáltal az átvitel a TCP-vel szemben gyorsabb lehet (de nem biztos, hogy ez minden hálózat esetében így is van). Az UDP hátránya ennek megfelelően az, hogy a torlódás vagy bithiba miatt elveszett vagy eldobott csomagok nem érkeznek meg és az ilyen jellegű csomagvesztésre a média lejátszónak fel kell készülnie.

A gyakorlatban azonban léteznek olyan hálózatok is, amelyek az IP csomagokat rendszer-specifikusan továbbítják beágyazott módon, ezáltal nem tesznek különbséget az UDP és TCP csomagok átvitele között. Ha egy ilyen jellegű hálózat döntő befolyással bír a teljes átviteli út minőségi paramétereire (csatorna kapacitás, késleltetési idő, csomagvesztési arány), akkor az UDP és TCP átvitel között a minőségi paraméterek tekintetében nem lesz lényeges különbség. Ebben a helyzetben a TCP átvitel használata előnyösebb, mert a média lejátszónak nem kell a hiányzó csomagok problémájával megküzdeni. Továbbá csak a TCP átvitel használható abban a kényszerű esetben, amikor egy olyan tűzfal is része az átviteli útnak, amely csak HTTP forgalmat engedti át.

Ellentétben egyes rögzítési megoldásokkal, ahol a képkockák mellé rögzítik a hozzá tartozó összes hangmintát, a legtöbb média átviteli rendszer az audiót és videót külön csatornáként kezeli, és a két csatorna között időbélyeggel oldják meg a szinkronizációt. Mivel a videó és hang csatornákat csomagolva továbbítják, ezért a csomagolásnak köszönhetően a többféle médiatartalom akár egyetlen adatátviteli csatornán is továbbítható és a szinkronizáláshoz szükséges időbélyeg, a csomag sorszámra, valamint a csomag azonosításához szükséges egyéb adatok a csomag fejlécben található meg.

2.3.1. Videó és audió kódolási réteg

A kódolóban ez a réteg felelős azért, hogy az adott sávszélességnek megfelelő formátumban álljon elő a videó és audió jel, a dekódolóban pedig ez a réteg végzi el a videó és audió tartalom visszaállítását.

A videó és audió kódolás tesztek szerint nagyobb mértékű bitsebesség csökkentés esetén sokkal kevésbé zavaró bizonyos szintű sávkorlátozás hatása, mint a kódolásból adódó melléktermékek megjelenése. Ez azt jelenti, hogy az eredeti formátumú (képméret, képváltási frekvencia) videó anyag kódolásakor egy adott bitsebesség eléréséhez nemcsak a tömörítési arány növelését, hanem a képméret, illetve a képváltási frekvencia megfelelő csökkentését kell megtenni ahhoz, hogy az adott bitsebességen a lehető legjobb minőséget érjük el. Ezt a gyakorlatban úgy érjük el, hogy a forrás képméretét és képváltási frekvenciáját egy adott bitsebesség korlátig változatlanul hagyjuk, de ezen bitsebesség alatt felezzük a képméretet minden irányban, majd egy újabb bitsebesség szint alatt már a képváltási frekvenciát felezzük.

A képméret felezése bizonyos esetekben kézenfekvő: az SDTV felbontásnak az 576 soros 50Hz-es váltott soros formátum felel meg az európai rendszerben, azonban a megjelenítő eszközök általában progresszív képeket támogatnak. Így a képméret negyedelése jellemzően az egyik félkép eldobásával és a megmaradt félkép horizontális felezésével érhető el, amivel már egy CIF méretű (352x288) 25 Hz-es progresszív formátumhoz jutottunk. Még kisebb bitsebességekre a képméret további negyedelése, illetve a képváltási frekvencia felezése helyett a harmadolás vagy negyedelés a lehetséges megoldás.

A hálózati kapcsolatok jellemző bitsebességét, azon belül a videó csatorna bitsebességét és a megfelelő videó formátumot az 1. táblázat mutatja be.

A videó kódolásnál fontos eszköz lehet a réteges kódolás is. Az MPEG-4 Visual [5] esetében három különböző skálázási módszer található: időbeli, térbeli és finom granularitású (Fine Granular Scalability, FGS). Hasonló eszközök találhatók az MPEG-4 AVC [6] skálázható kiterjesztésében [7] is.

MPEG-4 Visual esetében az időbeli skálázás az alapréteg egy alacsonyabb képváltási frekvenciájú bitfolyam, a javító rétegek bitfolyamjaival pedig sorra lehet ezt a frekvenciát növelni. Hasonlóan ehhez, a térbeli skálázás

esetén az alapréteg egy kisebb képméretű bitfolyam, és a javító rétegek dekódolásával pedig sorra növekszik a képméret.

Az FGS séma jelentősen eltér az előző kettőtől. Az FGS egy 2 rétegű jel-zaj viszony skálázási módszer, ahol a DCT együtthatókat bitszeletekre osztjuk és minden együtthatóból a legfontosabb bitet néhány következő bittel együtt küldjük el, mint alapréteget, ezután pedig a maradék bitekből küldünk el valamennyit, mint javító réteget. A rugalmasságot tehát az adja meg, hogy a bitszeletek megállapításánál milyen szeparációt alkalmazunk, amivel az alap- és javító réteg bitsebességét a lehetőségekhez képest tág határok között tudjuk változtatni.

A skálázhatóság gyakorlati alkalmazhatóságára jelenleg nincs egységesen elfogadott metodológia. A skálázott átvitel esetében mindig az a kérdés, hogy a bitsebességekhez vagy pedig a minőségi szintekhez ragaszkodunk-e, illetve melyik bitsebesség korlátot vagy minőségi szintet akarjuk betartani. Az előző példát tekintve elképzelhető lenne egy sokrétegű skálázás, ahol a 24 kbit/s-os GPRS-re szánt videó folyamat egy 96 kbit/s-os javító réteggel UMTS-hez illeszkedő videó folyamattá tudunk léptékelni a képváltási frekvencia duplázásával, majd rétegenként a képméret és a képváltási frekvencia duplázásával végül elérjük az SDTV felbontást. Ebben az esetben a sáv szélesség korlát betartásával a képminőség nem fogja elérni azt a szintet, amit ugyanazon bitsebességen elérne egy egyrétegű videó.

A hálózati környezetben a videó és audió dekódereknek különösen hibátűrőnek kell lenniük. Ez egyrészt jelenti a csomagvesztéssel szembeni robusztusságot, de jelenti azt is, hogy egyes adaptív rendszerekben a bitsebesség ingadozással gyakran együtt járó formátumváltást is kezelni kell tudni. A videó dekódernek általában mindig egy adott téglalpra kell tudnia felrajzolni a videót úgy, hogy a képpont méretarányt is korigálni kell, és ha formátum váltás miatt például negyedelődik a képméret, akkor a megfelelő nagyítást is el kell tudnia végezni.

Hálózati kapcsolat	Teljes bitsebesség	Videó bitsebesség	Képméret	Képváltási frekvencia
<i>GPRS</i>	32 kbit/s	24 kbit/s	160x120	6 1/4 Hz
<i>EDGE</i>	50 kbit/s	48 kbit/s	160x120	8 1/3 Hz
<i>UMTS</i>	128 kbit/s	112 kbit/s	160x120	12 1/2 Hz
<i>UMTS, WLAN</i>	192 kbit/s	176 kbit/s	320x240	12 1/2 Hz
<i>HSDPA, WLAN</i>	256 kbit/s	224 kbit/s	320x240	12 1/2 Hz
<i>WLAN, DSL</i>	320 kbit/s	288 kbit/s	320x240	12 1/2 Hz
<i>DSL</i>	512 kbit/s	448 kbit/s	352x288	25 Hz
<i>DSL</i>	1800 kbit/s	1500 kbit/s	704x576	50 Hz

1. táblázat
Adott hálózati kapcsolathoz tartozó formátumok a jelenlegi technológiák mellett

2.3.2. Hálózati absztrakciós réteg

Ennek a rétegnek a fő feladata, hogy a forrásnál még szinkronizált videó és audió tartalom ugyanolyan módon legyen lejátszható a vevőkészülékben, függetlenül az ezen réteg alatt lévő hálózati technológiától. A hálózati absztrakciós réteg tehát az időzített és szinkronizált média tartalmat csomagolja be és látja el járulékos adatokkal úgy, hogy az így kapott adatfolyamot már a hálózati adatátvitelnek megfelelő módon lehessen továbbítani.

A hálózati absztrakciós réteg feladata még a média átvitelhez szükséges vezérlő üzenetek és adatok továbbítása is, illetve a hívások felépítése és karbantartása. Szintén ennek a rétegnek a feladatai közé tartozik a fizetési és számlázási információk beágyazása, ami általában magas adatintegritású bizalmas csatornán valósul meg.

2.3.3. Protokollok

A protokollok közül a hálózati és szállítási protokollok, azaz az IP, a TCP/IP és UDP/IP az operációs rendszer részei, de a rájuk épülő magasabb szintű protokollokat már az alkalmazásoknak kell megvalósítani.

Az IP egy „Best effort” szolgáltatás, de az IP csomagok átvitele során a késleltetés és a bitsebesség is ingadozhat, ráadásul a csomagok sorrendje is megváltozhat, sőt duplikált kézbesítés is lehetséges. Az IP csomag elvesztésének oka lehet valamelyik kapcsoló elem várakozási sorának túlcsoordulása, illetve okozhatja ezt csatornahiba is.

Az UDP annyival bővíti ki az IP-t, hogy az IP csomagban átvitt tartalmat kiegészíti egy adó és vevő porttal, hossz mezővel és ellenőrző összeggel. A TCP-vel szemben itt továbbra sincs hibakezelés, sorrend kezelés és torlódás vezérlés a hálózaton belül, viszont torlódáskezelés nélkül kisebb a késleltetés a hálózati továbbítás során.

A TCP ezzel szemben veszteség nélkül továbbítja a küldött folyamat, mert itt a hálózaton keresztül végig megtörténik az átviteli hibák kezelése. A jelenlegi IP hálózati elemek a TCP csomagok küldését úgy végzik, hogy sikeres továbbítás esetén egyre inkább növelik a küldési ablak méretét, és amikor ez olyan nagy lesz, hogy egy megadott idő alatt nem lehet már az IP csomagokat továbbítani, akkor felezik az ablakméretet (Additive Increase, Multiplicative Decrease). Ez az algoritmus adatátvitelre kiváló, de ugyanennek az algoritmusnak az eredménye az, hogy a nagy ablaknyi adat elvesztése és újraküldése a média számára túl nagy késleltetést jelen és állandósult hálózati helyzetben is nagyon ingadozó küldési sebességet okoz. A média átviteli alkalmazás inkább azt igényli, hogy az ingadozás nélküli átlagos átviteli kapacitás „látszódjon” és maga dönthessen az újraküldésről.

Ebből a szempontból az UDP átvitel sokkal előnyösebb a média átvitelre. Ki kell emelni azt, hogy olyan videó átvitelre dedikált adatátviteli hálózaton, amely tisztán vezetékes és a szerver és kliens közötti média forgalom mellett lényegében nincs más forgalom, az UDP

szolgáltatás is hibamentes átvitel tud eredményezni. E példa szélsőséges ellentéte egy olyan adatátviteli hálózat, ahol a tűzfalak és a címfordítás (Network Address Translation, NAT) miatt csak a HTTP forgalom tud áthaladni a hozzáférési hálózat és a nyilvános hálózat között. Ilyen hálózaton a tűzfal és NAT beállítások általában olyanok, hogy csak a HTTP forgalmat engedik át: ilyen helyzetben nincs más lehetőség a videó forgalom továbbítására, csak a HTTP feletti átvitel.

Az IETF (Internet Engineering Task Force) multimédia protokoll készlete az alábbi elemekből áll:

- RTP (Real-time Transport Protocol) és RTCP (Real-time Control Protocol) [8]: e két társprotokoll hajtja végre a média átvitelt és annak vezérlését vételi jelentésekkel. Működhet TCP és UDP felett is, általában az utóbbit szokás alkalmazni.
- SIP [9] (Session Initiation Protocol): felépíti és újrakonfigurálja a multimédia átvitelt
- RTSP [10] (Real Time Streaming Protocol): VCR jellegű funkciók megvalósítása
- SDP [11] (Session Description Protocol): média-átviteli paraméterek közlése és rögzítése

A fenti protokollok nem részei az operációs rendszereknek és általában az átviteli hálózatnak sem, ezért ezeket az alkalmazásoknak kell megoldani. A médiaátvitelt is támogató hálózatokon azonban kezdenek megjelenni RTP és SIP protokollokat kezelő alkalmazásszintű kapcsolók, illetve átjárók, de ezek valójában inkább csak kísérleti fázisban vannak, igazi elterjedésről nem beszélhetünk.

Egyes alkalmazásokhoz digitális jogkezelés is szükséges, ezért azt is vizsgálni kell, hogy az operációs rendszer és az alatta lévő hardver, valamint a hálózat megfelelő részei (egy-egy szerverek) milyen kriptográfia lehetőségeket tesznek lehetővé az alábbi feladatok végrehajtásához: felhasználó azonosítás, média titkosítás, kulcsforgó és kulcskezelés, fizetés és számlázás stb.

3. Videó átviteli sémák

A lejátszás időbeli hűsége szempontjából jelenleg elterjedt videó szolgáltatások alapvetően három kategóriába oszthatók fel. Az időbeli hűség szempontjából elsősorban két paraméter, a lejátszás időbeli folytonossága, valamint a küldés és lejátszás között eltelt időkülönbség jelenti. Az off-line séma egyik paramétert sem vizsgálja, a near-line séma már az időbeli folytonosságot tekinti elsődleges szempontnak, míg az on-line séma már minimális időkülönbséget céloz meg és az időbeli folytonosságot csak ezen túlmenően biztosítja.

Nyilvánvalóan minden séma esetében törekedni kell a lehető legjobb kép- és hangminőség elérésére. Ennek egyik fontos eszköze a megfelelő pufferelési stratégia, amivel nemcsak a késleltetés ingadozását, hanem az időbeli folytonosságot is lehetséges biztosítani, továbbá az esetleges újraküldéssel vagy átszövéses hibajavítással. a csomagvesztés kezelése is lehetséges.

Ebben a fejezetben a három átviteli sémát és a puffereelési stratégiát mutatjuk be.

3.1. Off-line átviteli séma

Az off-line átviteli séma a hálózati átvitel szempontjából legegyszerűbb séma, hiszen nem szükséges sem a real time feltétel (garantált minimális sávszélesség), sem pedig a gyors válaszidő kielégítése (kis késleltetési és körbefordulási idő). IP hálózatot alapul véve ebben az esetben a TCP-IP protokoll és az ezen alapuló magasabb szintű protokollok (pl. HTTP) alkalmazhatók.

Az off-line átvitel során a hálózat időszakos elérhetősége (amely több másodperc lehet) sem okoz problémát, csupán az elvi sávszélességből adódó letöltési időt növeli meg a kiesés idejével, egyedül a hosszú idejű hozzáférhetetlenség lehet gond. A fájl alapú médiaátvitel jellemző megvalósítását a 2. ábra mutatja be.

3.2. Near-line átviteli séma

Ez az átviteli séma annyival bővíti az off-line sémával kapcsolatos követelményrendszert, hogy a lejátszásnak egy bizonyos késleltetési idő elteltével el kell indulni, de az indulás után folyamatos lejátszást kell végezni. A késleltetett indulás utáni folyamatos lejátszás az átvitelnek a szükséges puffereelésnek a megtörténtét feltételezi, valamint azt, hogy a média átvitel számára szükséges bitsebesség megválasztható úgy, hogy beleférjen a csatorna által garantált bitsebességbe. A bitsebesség megválasztása általában automatikus, a szerver és kliens közötti vezérlési üzenetek alapján történik meg a szerver, a kliens vagy mindkettő által.

Míg az off-line átvitel szinte kizárólag TCP alapú, a near-line átvitel már UDP alapú is lehet, sőt inkább UDP alapon implementálják. UDP hálózat esetében a csomagok sorszámozása által lehetőség van a csomagrend helyreállítására, illetve csomag újraküldés esetén az újraküldött csomag szintén a csomagrend helyreállításával kerül bele a letöltési pufferen belül a megfelelő helyre.

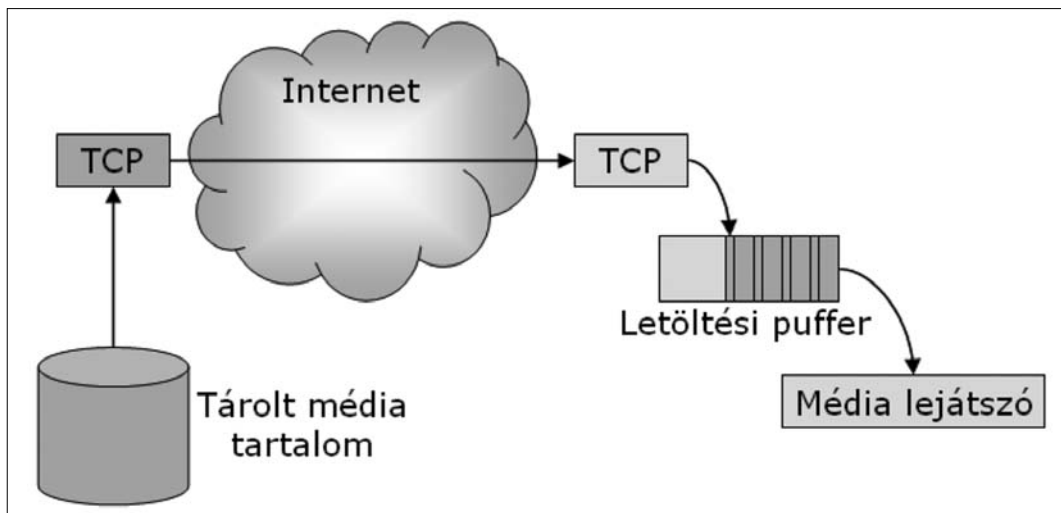
Heterogén hálózati környezetben a csatorna paraméterei (bitsebesség, késleltetés, csomagvesztési arány) időszakosan változhatnak, ezért ezeket valamilyen mó-

don mérni kell és alkalmazkodni kell hozzájuk. A mérést és az adaptációt a kliens és szerver egyénileg vagy közösen végzi el, de minden esetben szükség van valamilyen visszajelzésre a klientsől a szerver felé. Ezt a kliens egy kis sávszélesség igényű visszairányú vezérlési csatornán teszi meg, ahol a beérkezett és elvesztett csomagok számát, a puffer állapotát tudja visszajelezni, valamint a körbefordulási idő méréséhez is szolgáltathat adatokat. A bitfolyam küldési sebességét, az alkalmazott hibavédelmi megoldást és a puffer méretét ezen vezérlési üzenetek eredményeképpen határozzák meg.

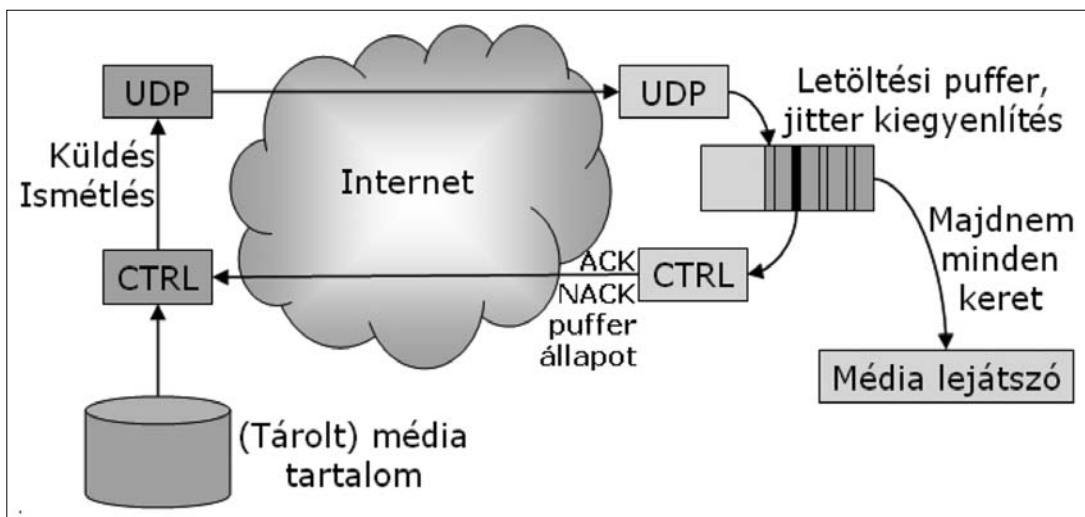
A puffereelés célja a késleltetési idő ingadozásának megszüntetése, a bitfolyam csomagjainak helyes sorrendbe állítása (UDP esetén) és a hálózat esetleges időszakos kiesésének az áthidalása. A puffert tehát úgy kell méretezni, hogy mindhárom feltételt kielégítsük, azaz a követelményekből származó pufferméretek legnagyobbikát kell választani. A jelenlegi Internetes streaming alkalmazások tipikusan near-line jellegűek, ahol egy néhány másodperces puffereelés után indul csak el a lejátszás, éppen az előbbi célok miatt.

Az UDP alapú near-line médiaátvitel jellemző megvalósítása esetén a 3. ábrán látható. Meg kell azonban említeni, hogy TCP alapon is implementálható a fenti megoldás. Mivel TCP esetében csomagvesztés nem fordulhat elő, ezért az ábrán „Ismétlés” üzemeltetelt jelzett csomagismétlést nem kell megvalósítani. Továbbá a csomag beérkezését (ACK) vagy be nem érkezését (NACK) jelző vezérlési üzenetekre sincs szükség, elégséges az adott időszakig letöltött vagy elküldött csomagok vagy bajtok számát figyelni. Ez alapján a szerver és/vagy a kliens el tudja dönteni, hogy a pillanatnyi média sávszélesség illeszkedik-e a TCP csatorna kapacitásához. Túl kicsi vagy túl nagy sebesség esetében a megfelelő bitsebességű kijátszásra kell átkapcsolni, azaz a küldés sebességét kell csak vezérelni.

A TCP alapú near-line média átvitel tipikus példája a Windows Media [12,13] rendszer, amelyben a szerver Multiple Bitrate (MBR) [13] technológiával előállított fájlokat képes a lejátszó számára továbbítani HTTP protokoll felett. Az MBR fájl több különböző bitsebességen tartalmazza ugyanazt a videó tartalmat.



2. ábra
Fájl alapú
médiaátvitel jellemző
megvalósítása



3. ábra
Near-line média
streaming jellemző
megvalósítása
UDP hálózaton

Ebben a rendszerben a kliens dönti el, hogy melyik videó és audió bitfolyamot akarja lekérni az MBR fájlból, a szerver pedig a kulcskép pozíciókban képes a váltásra. A kérést nemcsak a lejátszás elején, hanem menet közben is elküldheti a kliens, utóbbi esetben a kliens feladata, hogy megfelelő módon összekapcsolja a bitfolyam váltás előtti és utáni bitfolyamokat.

Speciális esetben az off-line TCP alapú átvitel megfelel a near-line átvitelnek: amikor az átviteli csatorna kapacitása biztosan meghaladja az átvitt bitfolyam bitsebességét. Ekkor a kliens pufférének feltöltését nem kell közvetlenül figyelni, a szervernek csak arra kell ügyelni, hogy a kijátszási sebessége megfeleljen a dekódolt média lejátszási sebességének.

3.3. On-line átviteli séma

On-line átvitel jellemzően akkor fordul elő, amikor videó konferenciát alkalmazunk. Ekkor a cél a körbefordulási idő minimalizálása, amely idő a videokonferenciában részt vevő partner reakcióidejét jelentősen növelő tényező.

Ebben az esetben a késleltetést minimálisra kell választani, amely az átvitel szempontjából egy kritikus paraméter. Itt a pufferelement is minimalizálni kell és a hálózat időszakos kiesésének az áthidalása már nem történhet meg egy nagyobb pufferelement megvalósításával. A hibás csomagok, illetve a hálózat kiesését csak extrém kicsi maximális késleltetéssel és nagy sávszélességgel lehetne orvosolni, tehát az on-line séma esetén a csomaghiba és szolgáltatás kiesés általában nem orvosolható probléma.

Az on-line átviteli séma megvalósítása hasonló a 3. ábrán láthatóhoz annyi különbséggel, hogy itt a letöltési puffer hossza mindössze legfeljebb egy-két kép lehet, így a vezérlésnek (CTRL) és a vételről való visszajelzésnek sokkal kisebb a szerepe: a vezérlést lényegében az átviteli út paramétereinek a becslésére használhatjuk, de a rövid pufferméret miatt újraküldésre már nem alkalmas. A letöltési puffer célja elsősorban csak a késleltetés ingadozás (jitter) kiegyenlítése és a csomagrend visszaállítása, így ennek megfelelően kell a lehető legrövidebb pufferméretet alkalmazni.

3.4. Pufferelési kérdések

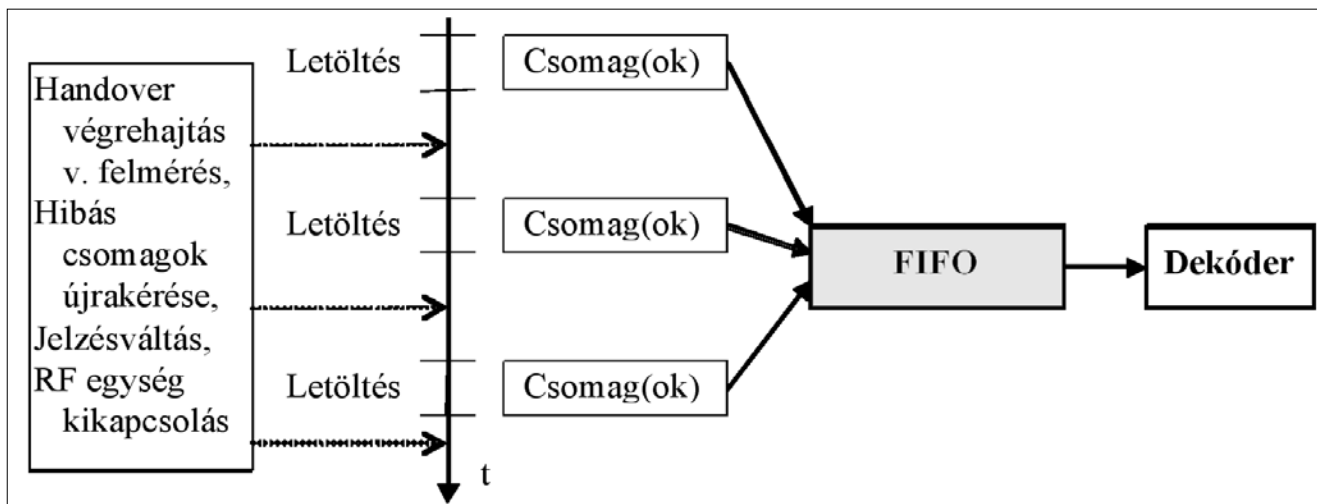
Az előző három átviteli sémánál a megválasztott pufferelementi stratégia alapvetően különbözött. Az előző pontokban már szó esett a három különböző séma pufferelementi megoldásainak ismertetésére. Az alábbiakban két különleges helyzetre, a nagy sávszélességű csatornára és a csomagvesztéssel rendelkező csatornára vonatkozó pufferelementi szempontokról lesz szó.

3.4.1. Pufferelement nagy sávszélességű csatornán

A újabb generációs hálózatoknál már feltételezhetjük, hogy nagyobb sávszélesség áll a rendelkezésre, mint amennyi átlagosan szükséges a média átvitelre. Ez a többletkapacitás kihasználható fejlettebb szolgáltatások megvalósítására, például fejlettebb hibavédelmi, pufferelementi vagy akár hálózatváltási célra.

Az ilyen helyzetben alkalmazott megoldás alapötlete a DVB-H (Digital Video Broadcasting for Handheld devices) rendszerből származik. A DVB-H-nál a nagy sávszélességű csatornán a szükséges bitfolyam csak az idő kis részében töltődik le, így a készülék nagy fogyasztású rádiós interfészét nem kell állandóan teljes üzemben tartani. A kézi készülékhez szükséges kis bitsebességet egy ennél lényegesen nagyobb átviteli sebességű csatorna biztosítja, amely így az egy keretre jutó adatot a keretidő töredéke alatt képes biztosítani. A letöltés tehát burst-ös jellegű lesz, ahogyan azt a 4. ábra szemlélteti.

On-line átvitel esetében az egy burst-ben letöltött egységek legfeljebb képi szintűek lehetnek, azonban a near-line tartalom esetében ennél sokkal nagyobb csomagegység is elképzelhető. Ilyen módon a két letöltés közötti időben újrakérhetőek lehetnek a hiányzó csomagok, de természetesen csak megfelelően alacsony csomagvesztési valószínűség esetén (jellemzően 10⁻²-nél alacsonyabb értéken). Az újrakérés kommunikációs késleltetéssel jár a kliens és a szerver között, emiatt ez a szempont a rendszer tervezése során a burst-ök méretének és így a két burst közötti szabad időszak növelésének irányába hat. Természetesen ezzel ellentétes szempontot jelent a vevőkészülék korlátos puffermérete.



4. ábra Pufferelés végrehajtásának szemléltetése burst-ös átvitelnél

Ennek a megtervezése a konkrét mérési eredmények után lehetséges, ahol az alábbi szempontok játszanak szerepet:

- videó forráskódolási paraméterek:
 - átlagos bitsebesség, képváltási frekvencia,
 - átlagos bitsebesség I és P típusú képekre,
- csatorna garantált bitsebessége
- csatorna csomagmérete, csomagvesztési valószínűsége, csomagvesztési burst jellemző statisztikája (pl. max. szolgáltatás-kimaradási idő)
- kliens-szerver kommunikáció késleltetési ideje:
 - körbefordulási idő, kért kép kiszolgálásának maximális késleltetési ideje, kért csomag újraküldésének maximális késleltetési ideje
- vevőkészülék szabad kapacitása:
 - maximális pufferméret minden hálózati interfészt figyelembe véve, egyetlen videó dekódolásán túl fennmaradt számítási- és tárkapacitás

3.4.2. Pufferelés átviteli hibával rendelkező csatornán

A valóságos csatornán ingadozó sebességgel és késleltetéssel érkeznek be a csomagok, és a UDP esetén a csomagok egy része elveszhet és a sorrend is megcserélődhet. Ezen problémák kezelésére pufferelést kell alkalmazni a lejátszó bemenetén.

Az ingadozó késleltetés kiküszöbölése és a forrás órajelének regenerálása a pufferelés elsődleges célja. A pufferbe kerüléssel azonban a csomagsorrend hibát is kezelni lehet. A csomag sorrendezését csomagsorszámozással lehet megoldani, a pontos időpontban való megjelenítést, a forrás órajelének visszaállítását és az audio és videó közötti szinkron időbélyeggel lehet kezelni. Ezeket a szolgáltatásokat az RTP protokoll üzeneteivel biztosítani lehet.

A pufferelés során lehetőség van előre tekinteni a beérkezett csomagokra. Egy T idejű pufferelés azt jelenti, hogy az éppen lejátszott kép és a legfrissebb csomaghoz tartozó kép között átlagosan T időkülönbség van. T értéke tipikusan 1-5 mp közötti. Nagyobb T értékek esetén, amikor T a körbefordulási időnél nagyobb, a hiányzó csomagok pótlását kérhetjük a szervertől. Az újraküldés

és a vevő esetén nem okozhat zavart, hiszen UDP átvitelnél a beérkező csomagok sorrendezését mindenképp végre kell hajtani, a duplikált küldést pedig el kell dobni.

A hiányzó csomag újraküldése nyilvánvalóan növeli az átvitelhez szükséges sávszélességet, a növekedés mértéke a csomagvesztési arány függvénye. A másik lehetőség a hiányzó csomagok pótlására a hibajavító kódolás, amely alkalmazása szintén a sávszélesség növelésével jár. A csomagvesztésre alkalmazható hibajavító kódolás lehet átfűzéses kódolás, illetve kifejezetten csomagvesztésre alkalmas hibajavító kódok, mint például az LT [14] és Raptor [14,15] kódok – az utóbbi szisztematikus változata 3GPP ajánlásban is szerepel [16].

4. Adaptációs technikák a hálózati média átvitel során

Az adaptációs technikák célja a hálózat paramétereinek ingadozásához való igazodás, amely alapvetően az alábbi, egymást kiegészítő eszközökre épül:

- Küldő alapú séma:

Az átvitelben résztvevő hálózati komponensek kommunikációja alapján választja meg a médiát küldő eszköz (szerver vagy a kliens közvetlenül kiszolgáló média-proxi) a médiafolyam bitsebességét. A döntés alapja az átvitelben résztvevő hálózati komponensek – elsősorban a kliens – által mért hálózati paraméterek.

- Vevő alapú séma:

Ebben a sémában a küldő több reprezentációt, például tipikusan több réteget küld el és a vevő az aktuális hálózati paramétereknek megfelelően kapcsolódik a szükséges reprezentációhoz vagy reprezentációkhoz. A küldő többszörös kiszolgálást végez egyetlen vevő számára, amely bizonyos esetekben felesleges, mert nem kerül felhasználásra.

- Kódoló/transzkódoló alapú séma:

A kódolási formátumot változtatjuk meg úgy, hogy a mért hálózati paraméterekhez minél kedvezőbben illeszkedjen a formátum. Ez lehet a szerveren is (kódoló), de lehet akár a rádiós hálózat határán lévő proxiban is, vagy a kettő között bárhol a hálózaton (transzkódoló).

4.1. Küldő vezérelte adaptációs séma

A küldő vezérelt adaptációs séma alapját az képezi, hogy egy médiafolyamnak egy adott bitsebességen többféle reprezentációja létezik. A küldő alapú adaptációs sémákban a küldő határozza meg, hogy milyen sávzélességű kiszolgálást célszerű alkalmazni és ennek alapján pumpálja ki a biteket szabályozott módon. Ennek hagyományos eszköze, hogy többféle formátumban is letárolták a videó anyagot és az aktuális sávzélességnek megfelelőt játsszák csak ki.

Ennek a megoldásnak egy finomított változata a skálázható átvitel. Egyesadás (unicast) esetben küldő alapú sémaként is implementálható a réteges átvitel, amikor a küldő végzi el a döntést a kliens által mért hálózati paraméterek alapján és csak akkor és annyi javító réteget továbbít, amennyire lehetőség van az adott átviteli kapacitás szempontjából. Ekkor a vevőben az alapréteg kereteinek kell megérkezni és amennyiben a javító rétegből kap keretet, akkor azt is felhasználja a dekódoláshoz, egyébként pedig nem. Intelligensebb hálózat esetében lehetőség van az alap- és javító réteg közötti prioritás megadására és ilyen módon akár a videó szerver helyett a hálózat belső elemei is eldönthetik, hogy továbbítják-e a javító réteg csomagjait, így a döntési kompetencia is eloszlik a hálózaton belül, ettől azonban még küldő alapú marad a séma.

A csomagvesztés hatásának csökkentését a mozgásbecslés beállításának megválasztásával, illetve hibajavító kódokkal teheti meg a küldő, míg a sávzélesség tartósabb ingadozását a kódolás megváltoztatásával kell kezelni.

A mozgásbecslés beállításával azt lehet befolyásolni, hogy a csomagvesztés során okozott képek elvesztése mekkora hatással legyen a dekódolt videó minőségére. Gyakori csomagvesztés esetén csak I képekből álló átvitelt érdemes megvalósítani, míg egyre ritkább csomagvesztés esetén egyre inkább lehet a mozgásbecslést erősíteni.

4.1.1. Mozgásbecslési beállítás

a hálózati paraméterek függvényében

Amennyiben nem alkalmazunk mozgásbecslést, azaz tisztán I típusú képeket használunk, akkor általános esetben egy adott bitsebesség ez okozza a legnagyobb kódolási hibát egy hibamentes csatornán. Azonban ha a csatorna jellegzetesen burst-ös hibákat produkál, akkor ez a struktúra nem terjeszti tovább egy adott képrészlet elvesztéséből adódó hibát a következő képekre, hiszen nincs képek közötti predikció.

Az I, P és B típusú képek alkalmazásával hibamentes csatornán a viszonylag sok becsült kép eredményezi a legjobb minőséget. Azonban ha a csatornahiba miatt egy referenciakép hibás lesz, akkor ebben a struktúrában a hiba tovaterjed a képek közötti predikció során és a következő I képig nem is javul meg a képtartalom.

A legfeljebb egyirányú predikció, azaz B típusú képek kihagyása a középút a két módszer között. Ekkor a kódolási hatékonyság a hibamentes csatornán nem lesz maximális. Itt is igaz, hogy „nyugodt képtartalom”

esetén a P típusú képek gyakoriságának növelésével általában javul a képminőség egy adott bitsebességen. A csatornahiba miatti referenciakép meghibásodás a hiba tovaterjedését okozhatja és a hibavédelmi eszközök nélkül ennek eredményeképpen általában 2-3 kép után a teljes kép élvezhetetlenné válik. Emiatt az I képek gyakoriságát növelni kell, ami azonban a kódolási zajt növeli a képen.

4.1.2. Küldési sebesség változtatása

A küldési sebességet úgy kell megváltoztatni, ha a sávzélesség elegendő legyen a valós idejű továbbításra. Mivel a rendelkezésre álló sávzélesség ingadozik, ezért azt valamilyen módon becsülni kell. A legelterjedtebb megoldások a rendelkezésre álló sávzélességet a vevő puffer telítettségének vizsgálatából, illetve a csomagvesztési arány és a körbefordulási idő értékekből becslik.

A kódolás bitsebességének változása magával hozhatja a képméret változtatására is, így nagyobb meghibásodással jellemezhető időszakokban a kisebb képméretben könnyebb a kisebb bitsebességű továbbítást megvalósítani, de ilyenkor a kép nagyfrekvenciás összetevőit veszítjük el.

Hasonlóan csökkenthető a bitsebesség a képváltási frekvencia csökkentésével is. A képméret csökkentéséhez hasonló megoldás az, amikor a blokkok frekvenciatartománybeli együtthatói közül dobjuk el a nagyfrekvenciásakat, egyfajta spektrális kiválasztást elvégezve. Így a képméret nem változik, de a frekvenciatartománybeli tartalom szabályozható mértékben csökken. Míg a képméret változtatásánál általában csak a felezés, negyedelés stb. jöhet szóba, a frekvenciatartománybeli együtthatók eldobásával a sávzélesség csökkentést finomabb lépésekben lehet végrehajtani, miközben a képméret nem változik.

4.2. Kódoló-transzkódoló alapú adaptációs sémák

A küldő alapú sémák egyik speciális és fontos eleme a kódoló (és transzkódoló) alapú sémák. Ennek a sémának a kiindulási esete az, amikor élő felvételt kell kódolni úgy, hogy a pillanatnyilag alkalmazandó bitsebességet és esetleg egyéb paramétereket a hálózati átvitel sávzélességének ingadozásához kell igazítani. Ekkor a kódoló az alábbi foratókönyvet követheti:

- A sávzélesség kismértékű csökkenésével vagy növelésével csökkenti/növeli a bitsebességet.
- Egy adott szint alá csökkent sávzélességnél változtat a formátumon: pl. képváltási frekvencia csökkentés, képméret redukció, képek közötti predikció növelése.
- Ha a sávzélesség egy adott szint felé kerül, akkor változtat a formátumon a javuló minőség irányában: pl. képváltási frekvencia növelés, képméret növelés.
- Csatornahiba esetén is változhat a kódolási paraméter, például:
 - nagyobb csomagvesztési arány mellett a képek közötti predikciót csökkenteni kell;

- nagyobb csomagvesztési arány mellett egy prediktív képen belül az intra kódolású blokkok számát növelni kell, szélsőséges esetben az összes blokk intra típusú lesz;
- áttérhet a kódoló reverzibilis VLC kódolásra, vagy hibajavító kódolást is alkalmaz.

A kódolást azonban egy kódolt anyag dekódolásával és újrakódolásával is megtehetjük, ekkor azonban jelentősen terheljük a szerveret. Érdekes és fontos terület az, amikor a kódolás-dekódolás lépéseket nem teljesen, hanem részlegesen hajtjuk végre (transzkódolás), vagy akár csak bitfolyam elemzéssel csökkentjük a sáv szélességet a megfelelő bitek megtartásával.

Az újrakódolás egyik tipikus esete az, amikor a mozgáskompenzáció miatti hibaterjedés miatt szükség vagy egy I típusú „kulcs”-kép küldésére azon a helyen, ahol csak egy prediktív képet tároltunk a szerveren. Ekkor a képet dekódolni kell, majd pedig újrakódolni, ily módon egy I típusú kép jut el a klienshez. Ekkor azonban elvileg az összes képet újra kellene kódolni ettől a ponttól kezdve addig, amíg nem jutunk el egy újabb I típusú képhez. Ez problémás lehet, ezért inkább javasolt az a megoldás, hogy a csatorna tulajdonságainak előzetes ismeretében az intra típusú blokkok minimális számát célszerű megszabni úgy, hogy egy referenciakép elvesztése után is felépüljön a kép néhány képidő múlva.

A bitfolyam elemzés alapú újrakódolás egyik jellegzetes és hatékony példája nem skálázható átvitel esetén a kvantált és transzformált együtthatók adaptív szelektálása, valamint skálázható esetben a finom granularitású skálázhatóság, az előző a progresszív JPEG kódolás spektrális kiválasztásához, az utóbbi pedig a szukcesszív approximációs technikához hasonló.

A kvantált együtthatók adaptív szelektálása esetében a progresszív JPEG kódolás spektrális kiválasztásához hasonlóan a bitsebességet úgy csökkentjük/növeljük, hogy adott I indexig tartjuk meg a kvantált frekvenciatartománybeli együtthatókat, a többi pedig 0-nak tekintjük. Mivel a kvantált frekvenciatartománybeli együtthatók az emberi látás szempontjából vett fontossági sorrendben állnak egy blokkon belül, így az együtthatók 0..I indexig való megtartása valóban a legfontosabb I+1 együtthatót tartja meg minden blokkban. Ilyen módon a blokkokra eső bitmennyiség csökken I csökkentésével, és I növelésével pedig nő, tehát a módszer alkalmas a videó bitfolyam sáv szélességének adaptív változtatására. Amennyiben több I határpontot alkalmaznánk, úgy lehetőség lenne javító rétegek definiálására is. A módszer hibája a finom granularitású skálázhatósággal szemben az, hogy nehezebb megtalálni a kapcsolatot a blokkonkénti együtthatók száma (I) és a bitsebesség között.

A finom granularitású skálázhatóságnál az egyenletes skalár kvantálással kvantált együtthatókat bitszelektálással osztjuk és minden együtthatóból a legfontosabb bitek néhány következő bittel együtt küldjük el, mint alapréteget, ezután pedig a maradék bitekből küldjük el a következőket, mint javító réteget és így tovább folytatjuk a bitszelektálással. Az MPEG-4 videó dekódolás ismeri

ezt a módot, az MPEG-4 Part 2 Amendment 4 (Streaming Video Profile) két ilyen üzemmódot; az FGS (Fine Granular Scalability) és FGST (FGS Temporal scalability) üzemmódokat definiálja, ez utóbbiban a javító réteg új képeket is beszur a meglévők közé a képváltási frekvencia növelése érdekében. Ez a két üzemmód 1 alap- és 1 javító réteget alkalmaz a dekódolás során és a videó kijátszás rugalmasságát az adja meg, hogy a két bitszelet szeparációja változtatható futás közben is.

Mivel azonban az MPEG szabványok csak a dekódot határozzák meg, így lehetősége van a szervernek több javító réteg küldésére is, amelyek közül a vevő választ egy megfelelőt és csak azt dekódolja az alapréteggel együtt. A kétrétegű kijátszás számítási komplexitása ilyen módon jelentősen csökken a többi transzkódolási sémához képest.

A kétrétegű kijátszás számítási komplexitása azonban még tovább csökkenthető akkor, ha ismerjük a csatorna minimális sáv szélességét. Ekkor az alap réteget a minimális sáv szélességen való kiszolgálásra kell kódolni, a javító réteget pedig a szerver állítja elő az egy előre lekódolt maximális (vagy annál nagyobb) sáv szélességű javító réteg bitfolyamából az aktuális átviteli kapacitásnak megfelelően. Ilyen módon egyetlen szerver egy viszonylag egyszerű bitfolyam elemzéssel képes kiszolgálni egyetlen klienst, a szokáson számítási komplexitástól alig nagyobb terheléssel. Ezzel egybehangzóan, egy szerver lényegében alig kevesebb klienst képes kiszolgálni FGS módon, mint anélkül. Másrészt az FGS esetében minimálisra tehető az a bitfolyam növekedés, ami abból adódik, hogy két rétegben küldtük el a dekódernek a biteket, ilyen formában a tömörítés hatékonyságát lényegében nem csökkenti az FGS alkalmazása.

4.3. Vevő vezérelte adaptációs sémák

Ebben a sémában azt a döntést, hogy egy vagy több szerver által küldött azonos médiatartalom azonos vagy különböző reprezentációi közül melyik vagy melyek kerülnek dekódolásra, a vevő végzi el.

Tipikus példája az ilyen alkalmazásnak a rétegzett átvitel többesadással, ahol az alapréteg mellé javító réteget vagy rétegeket is küldünk, általában a javító réteget kisebb prioritással. A javító réteget azonban csak akkor használjuk fel egy képnél, ha az alapréteget dekódolni tudtuk, majd pedig ezután a javító réteget is. Ezen túlmenően a vevőkészülékek teljesítménybeli különbsége is befolyásolhatja, hogy mely folyamatokat képesek dekódolni.

5. Jellegzetes videós szolgáltatások megvalósítása

A jellegzetes videó átviteli szolgáltatások a technológia szempontjából 3 nagy csoportra oszthatók fel:

- Adatátviteli jellegű szolgáltatások:
 - A média bitfolyamot fájlként kezeljük: ftp, http, levelezés, fájlcsere alkalmazások stb.
 - Fájl átvitel alapú videó szolgáltatások az off-line átviteli séma szerint:

letöltés és visszánézés, ahol a tárolás lehet időleges (pl. egy napig) vagy állandó.

- Streaming szolgáltatások:
 - Ezeknél a megoldásoknál igazából a média átviteli megoldások képezik a jellemző alkalmazásokat, mind pl. az internetes rádió és TV adások, élő web-kamerás sugárzás kamera kiválasztással és esetleg mozgatással stb.
 - Többnyire near-line átviteli séma szerint, ritkábban lehetséges az on-line is.
- Interaktív alkalmazások:
 - Jellemző hálózati megoldások: játékok, chat.
 - Hasonló videó szolgáltatások: főleg videó-konferencia-alkalmazások tartoznak ide, de egyes web-kamerás sugárzások is ide érthetők.
 - Szinte kizárólag on-line séma szerint, ritkán azonban a near-line átviteli séma is lehetséges.

Fontos hangsúlyozni, hogy a fizetős vagy korhatáros videós szolgáltatások nyújtásának fontos feltétele, hogy kriptográfiai eszközökkel védjük mind az átvitt vagy esetleg letárolt tartalmat, mind pedig az érzékeny és bizalmas adatokat tartalmazó járulékos adatátvitelt (szám-lázási információk).

5.1. Adatátviteli jellegű videós szolgáltatások

Ezeket a szolgáltatásokat általában TCP/IP vagy HTTP felett valósítják meg és célja a tartalom letöltése ideiglenesen vagy állandó jelleggel. Speciális esetben, például egy 100 Mbit/s-os Ethernetre alapuló dedikált IP-TV hálózaton azonban az UDP átvitel is már lehet annyira hibamentes, hogy akár UDP felett is megoldható a letöltés.

A szolgáltatás lényege, hogy egy nagy kapacitású tárolóval rendelkezik vagy a végkészülék, vagy a végberendezés közelében valamelyik hálózati elem és erről a tárolóról lényegében elhanyagolható késleltetéssel képes a végberendezés a tárolt tartalmat kijátszani. A cél a tartalom biztonságos kinyerése, a késleltetés csak másodlagos szempont. A lejátszás már akkor is megindulhat, ha már elegendő mennyiség megérkezett ahhoz, hogy a lejátszást el tudjuk kezdeni az elejétől úgy, hogy ne kelljen megállni. Szükség esetén a megállás elfogadható.

A végberendezésen tárolt adat illetéktelen másolásának veszélye miatt ebben az esetben valamilyen kriptográfiai eljárással kell védeni a tartalmat és a rejtjelezés feloldásához szükséges kulcsokat pedig nem szabad a berendezésen tárolni, hanem azt minden esetben a hálózattól kell megkapni. A kulcs csere protokoll megvalósítása a teljes videó tartalom letöltéséhez képest elhanyagolható, így ez nem okoz kényelmetlenséget a szolgáltatás igénybe vételénél akkor, ha a hálózati kapcsolat állandóan rendelkezésre áll.

5.2. Streaming szolgáltatások

A streaming szolgáltatásokat általában UDP/IP vagy RTP felett valósítják meg. Itt nem csak egyedül a tartalom célba juttatása, hanem az időbeli hűség is fontos. Néhány másodperces késleltetést elviselünk az indulá-

sig, de ha már elegendő mennyiség megérkezett ahhoz, hogy a lejátszást el tudjuk kezdeni, akkor folyamatos lejátszást kell biztosítani. Ezek a szolgáltatások tehát megengednek kismértékű késleltetést, azonban a késleltetés minimalizálása és az időbeli folyamatosság már itt is cél, ezért az UDP átvitel terjedt el inkább.

5.3. Interaktív videós szolgáltatások

Az interaktív szolgáltatásokat az különbözteti meg a streaming szolgáltatásoktól, hogy itt az időbeli hűség az elsődleges szempont és a megbízhatóság ennek alá van rendelve. A jellegzetes interaktív szolgáltatás a videó konferencia vagy videós telefonhívás.

Interaktív videós szolgáltatások esetén az azonnali indulás fogadható csak el, a körbefordulási idő ideálisa 200 ms, de legfeljebb is csak max. 400 msec lehet. Ezt a követelményt általában egy országos méretű általános célú IP hálózat már nem tudja kielégíteni, így ennek a szolgáltatásnak igazából csak a közelítése képzelhető el a jelen helyzetben. Az adatátviteli hálózatok szolgáltatás minőségének fejlesztésével képzelhető csak el az interaktív videós szolgáltatások valódi megvalósulása adatátviteli hálózaton.

Az interaktív videós szolgáltatásoknál a megbízhatóság csak másodlagos szempont: a kódolás és átvitel minőségét természetesen a lehető legjobbra kell választani, de ez semmiképpen sem ronthat az időbeliségen. Fontos szempont lehet még az, hogy a végberendezés képes legyen a videó kis késleltetésű kódolására is úgy, hogy közben dekódolnia kell a többi résztvevőtől kapott videófolyamokat is, ami sok résztvevő esetében már önmagában jelentős komplexitás lehet. Ez az utóbbi szempont azt eredményezi, hogy a videó forráskódolás komplexitását sem lehet erősre választani – ez a szempont pedig ismét csak a dekódolt anyag minőségét rontja.

5.4. Mobil készülékek videós szolgáltatásainak integrálása

Az újabb mobil készülékek egyszerű videós szolgáltatásokat is képesek nyújtani, amelyek a fenti osztályokba is besorolhatók, de a videó minősége még jelentősen alatta van annak, amit a számítógépes környezetben biztosítani lehet.

A jelenlegi helyzetben lapvetően négy kategóriát lehet meghatározni mobil készülék és számítógép (bizonyos esetben ide értve a videó szervert is) közötti média átvitelre:

- Rögzített kép, illetve videó elküldése MMS-ként:

Ennél a megoldásnál a mobil készülékre rögzítjük a képet, illetve a felvételt és amikor a készülék befejezte a kódolást, akkor a kész fájlt adatátviteli módon továbbítjuk a célállomásra.

- Streaming videó megtekintése mobil készülékkel:

Ezeknél a szolgáltatásoknál a tartalom szolgáltató – gyakran a mobil szolgáltató transzkóderein keresztül – a készülék által ismert formátumban továbbítja a videó folyamat, jellemzően UDP felett. Elterjedt megoldás a Real Video és Windows Media alkalmazás, mivel ezeket a lejátszókat a legtöbb mobil készülékre implementálják.

A jelenlegi hálózati és készülék képességek miatt jellemzően 32...128 kbit/s-os átvitel lehetséges QCIF vagy CIF felbontással, kis képváltási frekvenciával.

- Kép vagy mozgókép felvételek elküldése IP felett:

A készüléken futó alkalmazás a készülék kamerájáról vett jelet kódolja le és küldi tovább UDP vagy RTP csomagokban. A készülékek kis kapacitása miatt QCIF vagy CIF felbontás és extrém kicsi, 1-2 Hz-es képváltási frekvencia érhető el.

- Videóhívás mobil készülék és számítógép között:

Ebben az esetben a mobil szolgáltató a hálózatának határán egy olyan protokollt konvertert alkalmaz, amelynek köszönhetően a mobil készülék a külső hálózaton lévő számítógépet mobil készüléknek, a számítógép pedig a másik számítógépnek látja. A protokoll konverzió általában teljes átkódolással jár.

Röviden érdemes megemlíteni, hogy IP hálózat felett működik a DVB-H és a DMB média átvitele is, de ezek nem általános célú adatátviteli hálózatok, így ezekre itt nem térünk ki.

6. Összefoglalás

A adatátviteli hálózatok egyre növekvő kapacitásának köszönhetően már videós szolgáltatásokat is képesek kiszolgálni. Ezek a hálózatok azonban a forráskódolt és csomagolt videó és audió bitfolyamokat ugyanolyan jelleggel továbbítják, mint a hagyományos adatfolyamokat, hiszen nincs lehetőség a csomagok ilyen jellegű megkülönböztetésére és a hálózati elemek nem képesek a csomagokat videó és audió keretként kezelni. Ez a cikk technológia megközelítésből mutatta be, hogy általános célú adatátviteli hálózatok esetében a jelenleg elterjedt és a közeljövő hálózati videós szolgáltatások megvalósítására milyen technológiát alkalmaznak.

A pillanatnyi csatorna-paraméterek három legfontosabb eleme az átviteli kapacitás, a csomagvesztési arány és a körbefordulási idő. Ezeket az időben változó paramétereket a média átviteli rendszernek kell becsülni az átvitel során. A média átviteli rendszer célja a lehető legjobb kép- és hangminőség biztosítása. A hálózati átvitel hibái és ingadozó kapacitása miatt a média forráskódolás területén előtérbe került a léptékkelhető kódolás és a csomagvesztésre való érzékenység csökkentése.

A jelenlegi szolgáltatások alapvetően három média-átviteli sémába sorolhatók be, ezek a sémák az on-line, near-line és off-line megoldások. A sémák között alapvetően a különbséget az jelenti, hogy mennyire ragaszkodunk az időbeli folytonossághoz a lejátszás során és mekkora várakozási időt engedünk meg a képkocka elküldése (vagy élő felvételnél a helyszíni felvétel) és lejátszása között. Az on-line és near-line sémákon belül az átviteli hálózat pillanatnyi paramétereire való alkalmazkodásra kidolgozott adaptációs sémákat is bemutattuk, amelyek célja a pillanatnyi csatorna paraméterek mellett a lehető legjobb kép- és hangminőség biztosítása a küldési sebesség vezérlésével. Ezen elméleti jellegű fejezetek után néhány fontosabb jellegzetes szolgáltatások megvalósítását mutattuk be.

Irodalom

- [1] ISO/IEC 13818-1: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems.
- [2] ISO/IEC 14496-1: Information technology – Coding of audio-visual objects, Part 1: Systems.
- [3] ISO/IEC 13818-2: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video.
- [4] ITU-T Recommendation H.263: Video coding for low bit rate communication, 2001.
- [5] ISO/IEC 14496-2: Information technology – Coding of audio-visual objects, Part 2: Visual.
- [6] ITU-T Recommendation H.264, ISO/IEC 14496-10 AVC, Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services, v3: 2005.
- [7] H. Schwarz, D. Marpe, T. Wiegand, Overview of scalable H.264/MPEG4-AVC extension, ICIP, Atlanta, GA, USA, October 2006.
- [8] RFC 1889 – RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>
- [9] RFC 3261 – SIP: Session Initiation Protocol, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>
- [10] RFC 2326 – Real Time Streaming Protocol (RTSP), <http://www.ietf.org/rfc/rfc2326.txt>
- [11] RFC 2327 – Session Description Protocol (SDP), <http://www.ietf.org/rfc/rfc2327.txt>
- [12] <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/howto/articles/intstreaming.aspx>
- [13] <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms983668.aspx>
- [14] M. Luby, "LT-codes," in Proc. 43rd Annu. IEEE Symp. Foundations of Computer Science (FOCS), Vancouver, Canada, November 2002., pp.271–280.
- [15] Amin Shokrollahi, "Raptor Codes", IEEE Transactions On Information Theory, Vol. 52, No.6, June 2006., pp.2551–2567.
- [16] 3GPP TS26.346 V6.4.0, Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Protocols and codecs.