

# Multimédiás szolgáltatások lokális adaptációja rétegek közötti kommunikáció felhasználásával

KOVÁCS ÁKOS, TAKÁCS ATTILA

Traffic Lab., Ericsson Magyarország Kft.  
{akos.kovacs, attila.takacs}@ericsson.com

**Kulcsszavak:** multimédia, vezeték nélküli hálózatok, rétegek közötti kommunikáció

Vezeték nélküli hálózatokat egyre szélesebb körben és feladatokra használunk, sőt egyre dinamikusabban nő a vezeték nélküli multimédiás szolgáltatások iránti igény is. Számos kutatás és fejlesztés célozta meg a kihívásokkal teli valós idejű adatátvitel problémáit. Az egyik újra és újra napirendre kerülő téma a rétegek közötti kommunikáció. Az eredmények azt mutatják, hogy jelentős szolgáltatás-minőség javulás érhető el a szigorú rétegstruktúra fellazításával. Cikkünkben egy olyan lokális adaptáción alapuló eljárást mutatunk be, mely a skálázható audio/video kódoló adta lehetőségeket kihasználva a multimédia-forgalom átvitelének hatékony támogatására alkalmas. Ahhoz, hogy a vezeték nélküli csatorna képességeihez mérten a legjobb minőséget lehessen a felhasználónak biztosítani, kiaknázzuk a rétegek közötti kommunikáció nyújtotta előnyöket.

## 1. Bevezetés<sup>1</sup>

A vezeték nélküli hálózatok és a multimédiás szolgáltatások gyors elterjedése miatt, az utóbbi időben egyre nagyobb az igény egy olyan átfogó koncepció kialakítására, amely a mai és a jövőbeni heterogén, vezetékes és vezeték nélküli, hálózatokon egyaránt hatékony, a felhasználók felé transzparens multimédia-átvitelt tesz lehetővé. Fontos tervezési feltétel, hogy amennyire lehet, a rendszer független legyen mindenféle média-típustól és hálózati architektúrától.

A multimédiás adatforgalom két lényeges pontban különbözik a szakirodalomban már sokat vizsgált TCP alapú szolgáltatásoktól. Az első különbség, hogy a „valós idejűség” követelménye miatt a késleltetést és a jittert szoros korlátok közé kell szorítani. A másik eltérés, hogy nincsen szükség adatvesztés mentes átvitelre, hiszen a multimédiás tartalom bizonyos veszteséget tolerálni képes. Alkalmas kódoló alkalmazása esetén lehetnek például olyan csomagok, amelyek csak minőséget javító információt hordoznak, ezért kisebb prioritásúak egy film visszajátszása szempontjából. Olyan kódolási eljárás is létezik, ahol még egy csomagon belül is megkülönböztethetők különböző fontosságú bájtcsoportok.

Egyre inkább terjednek a vezeték nélküli hálózati megoldások. A vezeték nélküli csatorna sajátos karakterisztikája (például a többutas terjedés okozta késleltetés és késleltetés-ingadozás) miatt a valós idejű forgalom átvitele sokkal kritikusabb, mint a hagyományos vezetékes hálózatokban. A jelentős hibázási valószínűség miatt a sűrűn használt adatkapcsolati rétegbeli újraküldési mechanizmus a késleltetést megnöveli. Ahhoz, hogy egy ilyen közegben a lehető legjobb videó-átviteli minőséget tudjuk biztosítani, nem elegendők a rétegtől hálózati architektúra által nyújtott rétegek kö-

zötti kommunikációs lehetőségek. Az alkalmazási szintű minőségi igények az alsóbb (például hálózati vagy adatkapcsolati) rétegekben sérülhetnek, ami rontja az átvitt videó-folyam minőségét. Ennek kiküszöbölésére megoldást nyújthat egy részletesebb kommunikációt is megengedő, rétegek közötti (Cross-Layer) üzenetváltásokon alapuló jelzésrendszer [5,6]. Ezzel a módszerrel alkalmazási szintű információt tudunk biztosítani az eltérő fontosságú videó keretekről hálózati és adatkapcsolati szintnek.

Megfelelő eljárásokkal és a rétegek közötti kommunikáció előnyeinek kiaknázásával megtervezhető egy olyan multimédia átvitelére alkalmas rendszer, amely dinamikus módon alkalmazkodni képes a vezeték nélküli hálózat okozta átviteli hibákhoz. Két hatékonyan alkalmazható eljárás a sávszélesség adaptáció (Rate

### Rövidítések

<b>AVC</b>	Audio Video Coding
<b>CL</b>	Cross-Layer
<b>E2E</b>	End-to-End Feedback – végpontok közötti visszacsatolás
<b>EEP</b>	Equal Error Protection – egyenlő hibavédelem
<b>LA</b>	Local Adaptation – lokális adaptáció
<b>L-ld</b>	Layer ID
<b>NALU</b>	Network Abstraction Layer Unit
<b>NF</b>	Network Feedback – hálózati visszacsatolás
<b>Q-ld</b>	Quality ID
<b>RA</b>	Rate Adaptation – sávszélesség adaptáció
<b>RFL</b>	Réteg-Független Leíró
<b>SVC</b>	Scalable Video Coding – skálázható videó kódolás
<b>T-ld</b>	Temporal ID
<b>UEP</b>	Unequal Error Protection – változó erősségű (egyenlőtlen) hibavédelem

<sup>1</sup> Munkánkat részben az EU IST M-Pipe projekt támogatta.

Adaptation) és a változó erősségű hibavédelem (Unequal Error Protection). A RA célja, hogy az átvitt adat mennyiségét csökkentsük a kevésbé fontos adatok eldobásával. Ezzel lehetőség nyílik a változó rádiós csatorna aktuális átviteli képességeihez való alkalmazkodásra. Az UEP egy hálózati szintű csomagon vagy adatkapcsolati szintű kereten belül alkalmazható hibavédelmi módszer. Az adat különböző fontosságú részeinek eltérő erősségű védelmére használják. Az UEP lehetőségeit például az AMR kódoló is kihasználja [1].

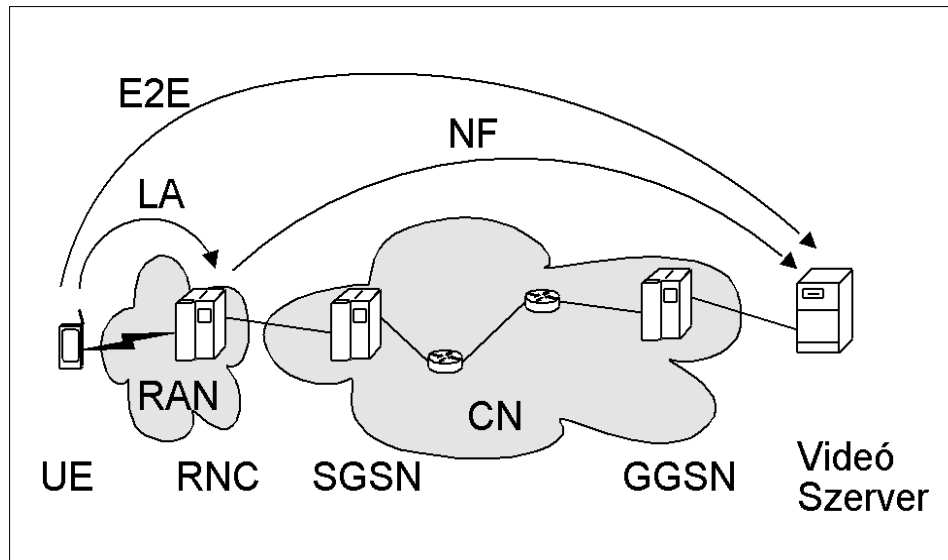
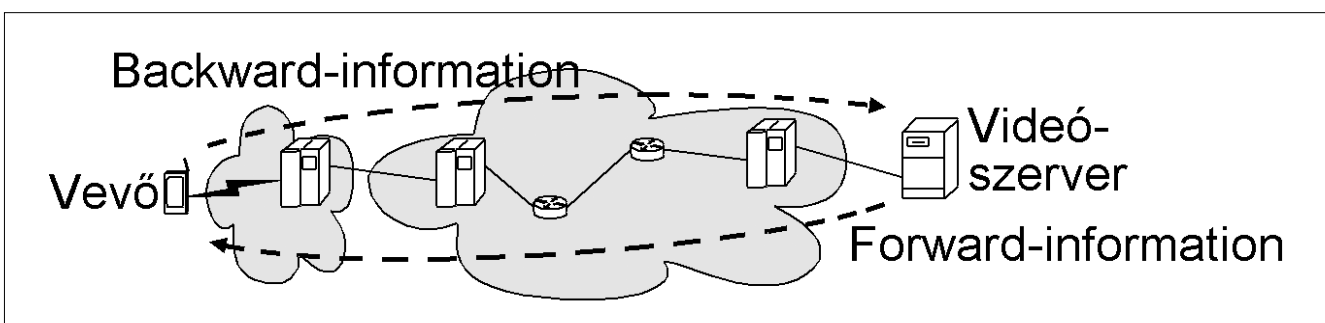
Ahhoz, hogy a RA és UEP technikákat a vezeték nélküli csatornán használni tudjuk, szükség van alkalmazási szintű információk összegyűjtésére és a csomópontok között való szétterjesztésére. Cikkünkben erre adunk javaslatot. A következőkben bemutatjuk a különböző szolgáltatás-adaptációs lehetőségeket. A harmadik fejezetben áttekintést adunk a kódolási eljárásokról, kiemelve az adaptációt elősegítő skálázható kódolókat. A negyedik fejezet a lokális adaptációra általunk javasolt megoldás eszközeit ismerteti, míg az utolsó részben konkrét példán mutatjuk be működését.

## 2. Szolgáltatás-adaptációs lehetőségek áttekintése

Az adaptációs mechanizmusok két fő információfolyamra bonthatóak. Az első, az úgynevezett Visszajelzés (Backward Information), ami tulajdonképpen nem más, mint a visszacsatolás a manapság is működő megoldásokban. Az adaptáció szükségességének jelzésére szolgál, és legtöbbször a vevő alkalmazás küldi a forrásnak, például Real-Time Control Protocol (RTCP) [2] vagy Real-Time Streaming Protocol (RTSP) [3] üzenetek formájában.

A második típus az úgynevezett Szerver Oldali Információ (Forward Information), ami a forrás oldalon mű-

1. ábra  
Adaptív szolgáltatásokhoz szükséges információfolyamok



2. ábra  
A legfontosabb adaptációs helyek egy UMTS hálózatban

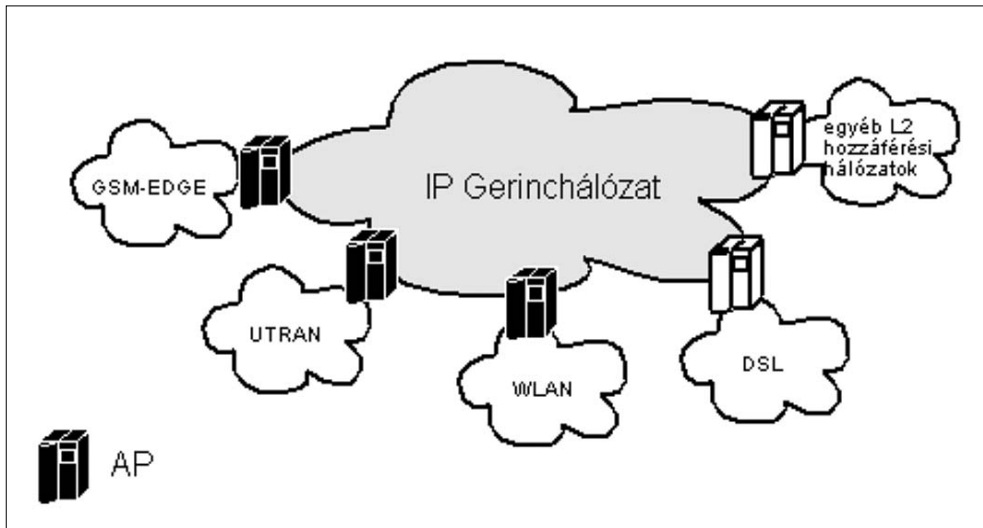
kódó kódoló alkalmazás nyújtotta adaptációs lehetőségekről nyújt információt a hálózat számára. A kétféle jelzési mechanizmust mutatja az 1. ábra.

A jelzési mechanizmusok által szolgáltatott információt a hálózatban különböző helyeken használhatjuk fel. Alapvetően háromféle szabályozási kört különböztethetünk meg attól függően, hogy hol végezzük, illetve hol kezdeményezzük a szolgáltatás adaptációt.

Az első típus a végpontok közötti visszacsatolás (E2E Feedback), a második a hálózati visszacsatolás (Network Feedback), a harmadik pedig, a lokális adaptáció (Local Adaptation). Ezek lehetséges helyét szemlélteti a 2. ábra egy UMTS hálózatban.

Ezek az adaptációs mechanizmusok általános hálózati architektúrákban is azonosíthatóak. A telekommunikáció fejlesztése az „All-IP” szemléletet követi. Az IP protokoll segítségével a legkülönbözőbb átviteli technológiák összekapcsolása és ezzel egy globális telekommunikációs hálózat létrehozása valósulhat meg. Egy lehetséges hálózati architektúrára mutat példát a 3. ábra.

Az E2E adaptáció természetesen itt is alkalmazható. A NF helye a hozzáférési hálózat elérését biztosító hálózati elem lehet, amit vezeték nélküli hálózatokban, az egyszerűség kedvéért, hozzáférési pontnak (Access Point) jelöltünk. Az LA pedig tipikusan a hozzáférési hálózatok hatékony eszköze lehet.



3. ábra  
A jövő hálózati architektúrájának egy lehetséges vázlata

Míg az E2E egy alkalmazási szintű visszacsatolás, a NF és a LA rétegek közötti információcserét igényel. E2E esetén nincs feltétlenül szükség rétegek közötti üzenetváltásokra, mivel egy ilyen megoldás szükségtelenül túlbonyolítaná a valós idejű szolgáltatásokhoz mérten amúgy is lassú üzenetváltásokat. Az alkalmazásokat futtató végpontok az alsóbb rétegek számára transzparens módon cserélnek információt. A vevő oldal figyel a kapott minőséget, figyelembe véve többek között a sávszélességet, a puffer telítettség szintet, csomagvesztést stb. Periodikusan, vagy ha a minőségromlás/javulás meghalad egy előre definiált szintet, üzenetet küld a forrásnak. A forrás a kapott információk alapján változtatja a küldési sebességet vagy a kódolást, a megfelelő mértékű adaptáció eléréséhez. A visszacsatoláshoz RTCP vagy RTSP üzenetek használhatók [2,3]. E2E adaptáció esetében előfordulhat, hogy a megfelelő adaptációhoz elvégzett mérések érvényességüket veszítik, mire azok az adaptálódó félhez kerülnek [7,8,9].

Röviden tehát, az E2E visszacsatolás egy alkalmazási rétegbeli jelzéseken alapuló módszer. Leginkább időben hosszabb távú adaptációhoz alkalmazható, a CL adaptációs módszerek kiegészítésére, illetve ahol a rétegek közötti kommunikáció nem megoldott.

### 2.1. Hálózati visszacsatolás – NF

A hálózati visszacsatolás kiküszöböli az E2E megoldás hiányosságait CL jelzések felhasználásával. A legtöbb esetben a hálózati elemek explicit információval rendelkeznek a felhasználó által érzékelhető minőséget befolyásoló hálózati körülményekről. Kiváltképp igaz ez a hozzáférési pontokra (Access Point), melyek pontosan tudják, hogy milyen változások zajlanak a vezeték nélküli csatornán: mennyi a felhasználók számára aktuálisan rendelkezésre álló sávszélesség, milyen az aktuális hiba karakterisztikája stb. Ezek alapján az AP jelzéseket tud küldeni a forrásnak, informálva azt a hálózat képességeiről.

Ilyen jelzések segítségével a folyam sávszélességét viszonylag gyorsan és pontosan a megváltozott erőforrás-viszonyokhoz lehet igazítani. Születtek már megoldások UMTS rendszerben NF alapú jelzésmegoldásra [10]. UMTS esetén a Radio Network Controller (RNC) feladata egyezik meg az említett AP-k feladatával és képességeivel. Az RNC felügyeli a rádiós csatornát, optimalizálja az adatátvitelt. Az RNC felhasználónkénti ál-

lapotokat használ, ami lehetővé teszi az összes, a vezeték nélküli csatornát használó alkalmazás nyomon követését. Ez által az RNC képes explicit jelzéseket adni az egyes felhasználók felé amikor alkalmazásaikat érintő változások történnek a rádiós interfészen. Ezeket a jelzéseket nevezik a szerzők Radio Network Feedbacknek (RNF) a [10]-es referenciában.

Általánosságban, az NF jelentős, közepesen gyors hálózati változások jelzésére alkalmas az AP-k és a forrás között, ahogy a 2. ábra is mutatta.

### 2.2. Lokális adaptáció – LA

Mivel a vezeték nélküli csatorna okozta gyors minőségbeli változásokat a NF típusú visszacsatolások képtelenek követni, szükség van egy gyorsabb mechanizmusra is. Ez a Lokális Adaptáció (LA), amit lokális hálózati elemek végeznek, hiszen ha a végpontokat is bevonnánk, az lelassítaná a reakcióidőt, lehetetlenné ténvé a csatorna gyors változásaihoz való igazodást.

A lokális adaptáció egyik eszköze, hogy átmeneti torlódás esetén a kevésbé fontos csomagokat az AP egyszerűen eldobja (Rate Adaptation). Ez a valós idejű forgalmak már korábban említett tulajdonságai miatt lehetséges. A csatorna minőségének romlásával erősebb hibavédelmet is lehet alkalmazni a visszajátszás szempontjából fontosabb csomagokon (Unequal Error Protection). Lokális adaptációnál lehet a legjobban mind a RA, mind pedig az UEP által nyújtott előnyöket kihasználni.

Létező megoldások lokális adaptációra kifinomult ütemező és buffer-menedzsment eljárásokat használnak. Ezek mellett kiemelt fontosságú az alkalmazási szintű QoS paraméterek hálózati, illetve alsóbb szintű leírókra történő leképzése [11,12,13]. Adatkapcsolati szinten bonyolult csatorna-adaptációs eljárásokra van szükség [14,15].

A jelenlegi megoldások csak az alkalmazási szintű információk igen szűk körét veszik figyelembe. Sokkal hatékonyabb működés érhető el egy generikus megoldással, amely bővebb alkalmazási szintű információk figyelembevételét teszi lehetővé. Mivel a lokális mecha-

nizmusok nem működtethetők távolról, például a forrás által, ezért a működésük alapjául szolgáló alkalmazási szintű információkat el kell juttatni hozzájuk. Cikkünk egy ilyen megoldásra tesz javaslatot.

### 3. Kódolási eljárások

Lokális adaptációhoz olyan multimédia kódolásra van szükség, amely a lehető legjobban támogatja a RA-t. Bitsebesség szempontjából három kategóriába sorolhatók a kódolók. Az egyszeres bitsebességű (Single Rate) kodekek önmagukban képtelenek bármiféle adási sebesség változtatásra. Adaptáció csak a videó lejátszása közbeni kódoló-cserével lehetséges. A második típus a többszörös bitsebességű (Multi Rate) kódolók csoportja. Ezek a típusok működés közben is képesek a bitsebesség megváltoztatásra. Mivel a forrás (a kódoló) és a LA egymástól távoli hálózati elemekben található, kifinomult és gyors adaptációra nem ad lehetőséget egyik típusú kódoló sem. Az SR és MR megoldások az E2E és a NF megoldásokhoz használhatóak fel eredményesen, köztes hálózati csomópontokban azonban nem lehetséges az adaptáció.

Ahhoz, hogy a felhasználók igényeit megfelelően ki lehessen szolgálni, és az aktuális forgalmi igényekhez mérten a legjobb minőségű videó-folyamot lehessen átvinni, a legjobb megoldás a skálázható kódolók (Scalable Codecs) gyors fejlődése jelenti. Az ebbe a kategóriába tartozó kódolók előnye, hogy nem a forrás változtatja a bitsebességet, hanem olyan folyamat állít elő, mely a hálózati elemekben biztosítja a skálázhatóságot. Skálázható kódolók alkalmazásával az AP a kevésbé fontos javító rétegeket eldobhatja, így érzékeny és gyors adaptáció érhető el. Ez az LA igényeinek is megfelel.

Egy ilyen kódoló szabványosítása folyik a Joint Video Team által az ITU-T keretében belül. A H.264-en alapuló MPEG-4 AVC szabvány skálázhatóvá való kiterjesztése [16,17] a cél. A H.264/MPEG4 SVC (Scalable Video Coding) lehetővé teszi, hogy bizonyos csomagok eldobásával kisebb jel-zaj viszonyú és/vagy kisebb felbontású és ezáltal kisebb sávszélesség-igényű folyamathoz jussunk. A videó keretek fontosságát és az általuk hordozott képminőséget három paraméter határozza meg.

Az első az L-Id (Layer ID). A magasabb L-Id számú keret nagyobb felbontást jelent. A második a T-Id (Temporal ID). A T-Id = 0 jelű keretek jelentik az I képkockákat, a magasabb sorszámúak jelölik a P és B kereteket, amelyek magasabb képértékelési frekvenciát biztosítanak. Az utolsó paraméter a Q-Id (Quality ID), ami az egyes képkockákon belüli minőséget adja. Ha gyorsan, nagyobb mértékű sávszélesség-csökkentés szükséges, akkor a magasabb L-Id-vel rendelkező csomagokból eldobva ugyanolyan minőség mellett, kisebb felbontást kapunk. A T-Id keretektől dobva kisebb frame-rate-ű folyamat kapható, ami minőségromlás nélkül, a mozgások folyamatosságának rovására csökkenti a sávsz-

lességet. A Q-Id csomagok a legkisebb mértékű adaptáció eszközei lehetnek.

Ez az osztályozás lehetővé teszi, hogy megfelelő sorbanállási modellek alkalmazásával kontrolláltan, hirtelen nagymértékű minőségromlás nélkül alkalmazkodjon a folyam az aktuális sávszélességi lehetőségekhez.

A skálázható kódolók által létrehozott folyamatok dobható, és dobható vagy vágható csomagokat tartalmaznak, valamint olyanokat, amelyek a dekódolás szempontjából kiemelten fontosak: ezek nem dobhatók és nem is darabolhatók. Az előbbieknél megfelelően a csomagokhoz egy elsődleges prioritási sorrend rendelhető. Az egy védelmi szinten belüli, de különböző minőségjavítást biztosító kereteknek pedig, egy másodlagos prioritási sorrend adható. Ezeknek a fontosságoknak megfelelően kell az útvonalválasztóknak és az AP-nak kezelni az átvitt videó-kereteket, hogy a vevő oldalon megfelelő minőségű, dekódolható videót kapjunk.

Ahhoz viszont, hogy a kódoló nyújtotta előnyöket ki tudjuk használni a LA-hoz, szükséges a keretekre vonatkozó információt az AP-okhoz eljuttatni. Ez a már említett FI, amire még nem létezik általánosan elfogadott megoldási javaslat. Lehetséges eszköze lehet egy fejléc-kiterjesztés, amire egy példát mutatnak [4]-ban, vagy ennek egy általunk módosított változata, amit a következő fejezetben mutatunk be.

### 4. Szerver oldali információ biztosítása lokális adaptációhoz

Ahhoz, hogy a hálózati elemek hozzáférhessenek az alkalmazás szempontú csomagfontossági sorrendekhez, szükség van a FI-re. Egy hálózati pont nem tudja, hogy az egyes csomagokat hogyan kezelje a dekódoló szemszögéből. Természetesen lehetséges lenne az információ megszerzése az alkalmazásfüggő Real Time Protocol (RTP) fejlécekből is [2], de ez két ok miatt sem javasolható. Egyrészt nehézkes a rétegelt struktúrájú architektúrában a felsőbb szintű fejléc-tartalmak olvasása egy alsóbb (például a hálózati) rétegben. Másrészt pedig, az új alkalmazások megjelenésével új struktúrájú fejléc kiterjesztések jelenhetnek meg. Ez a fejléc értelmezésének módosulását jelenti, ami alsóbb rétegek működésére is kihatással lenne. Az említett problémák miatt szükség van egy általános megoldásra, ami alkalmazás-független módon segíti a Lokális Adaptációt applikációs szintű információk biztosításával.

Ahogy korábban már említettük, a skálázható kódolók sajátossága, hogy fokozatos adaptáció érhető el velük a megfelelő csomagok eldobásával vagy vágásával. Ez a valós idejű forgalom csomagvesztéssel szembeni toleranciája miatt lehetséges. A hálózati elemeknek tudnia kell tehát a kódoló által megkövetelt dobási/vágási precedenciáról, hogy torlódás esetén annak megfelelően dobja vagy vágja a torlódott csomagokat. Mindezen felül, a vezeték-nélküli csatorna előtt célsze-

<b>Forgalmi Osztály</b>	Skálázható?	:igen
	Adaptív Alk.?	:igen
	Stb.	
<b>Csomagdobási Osztály</b>	Dobási Pref.?	:1
	Dobási függőség?	:0
	Vágható?	:igen
	Alap-hossz	:70[byte]
	Explicit vágási pont	:igen
	Offszet#1	:150[byte]
Offszet#2	:400[byte]	
Stb.		
<b>Hibavédelmi Osztály</b>	Hibás kézbesítés?	:nem
	Csomagvédelmi szint?	:2
	UEP a csomagban?	:igen
	Védelmi szint#1	:4
	Offszet#1	:70[byte]
	Védelmi szint#2	:2
	Offszet#2	:370[byte]
	Védelmi szint#3	:4
Offszet#3	:470[byte]	
Stb.		

4. ábra Példa RFL

rú alkalmazni a hibavédelmet is. Ez azért van így, hogy a hálózatot feleslegesen ne terheljük a védelem okozta redundanciával, és mert az AP tudja csak pontosan a csatorna jelenlegi állapotából, hogy milyen erősségű védelem szükséges a hatékony átvitelhez. Az említett UEP a rádiós csatornán igen hatékony védelmi megoldást jelent. Míg az egyenlő hibavédelem (Equal Error Protection) az egész csomagot védi, mindenhol egyformán, az UEP képes a csomagon belül, az applikációs szintű preferenciák figyelembe vételével eltérő mértékű védelmet biztosítani a különböző fontosságú részeknek.

Az általános minőségbiztosítási (Quality of Service) paraméterek mellett (adatsebesség, késleltetési korlátok, késleltetés ingadozás stb.) sokkal részletesebb, csomag-szintű információra is szükség van. Összegyűjtöttük ezért a hálózati réteg számára általunk fontosnak vélt alkalmazási szintű információkat. A fejezet további részében az ezeket leíró struktúrát ismertetjük. Bevezetjük a Réteg-független Leíró (RFL) fogalmát, mely a RA és UEP működéséhez szükséges információt tartalmazza a hálózati elemek számára. (Meg kell jegyezni, hogy bár lokális adaptációról beszélünk, NF-hez, vagy más, a hálózat többi részén előforduló adaptációs problémák kezelésére is felhasználható a RFL információtartalma.)

A RFL három fő osztályt tartalmaz: (1) Forgalmi Osztály, (2) Csomagdobási Osztály, (3) Hibavédelmi Osztály. A legfontosabb leíró mezőket a 4. ábra mutatja.

A Forgalmi Osztály leírói jelzik, ha a forgalom skálázható illetve a végpontok-

ban adaptív/skálázható alkalmazások helyezkednek el. A Csomagdobási Osztály mutatja a csomag dobási precedencia alapján való besorolását, illetve jelzi, ha vágható a csomag. Vághatóság esetén szükséges annak a minimális adathossznak a jelzése is, ami alatt a hordozott információ értelmét veszti, azaz aminél kisebbre nem lehet vágni. Ennek megfelelően tartalmaznia kell az összes olyan ofszetet is, mely a lehetséges vágási pontokat jelöli ki a csomagon belül.

Dobással érhető el a leggyorsabb reakció torlódás esetén, a vágás finomabb skálázhatóságot ad.

A Hibavédelmi Osztály írja le a csomagokra alkalmazható UEP, EEP típusát. Definiálható az egész csomagra (EEP) illetve csomagon belül is (UEP) a védelmi szint. Az UEP-hez meg kell adni az egyes csomagdarabok kezdeteit jelölő ofszeteket, valamint a hozzájuk tartozó védelmi szintet, ahogy azt a 4. ábra is mutatja.

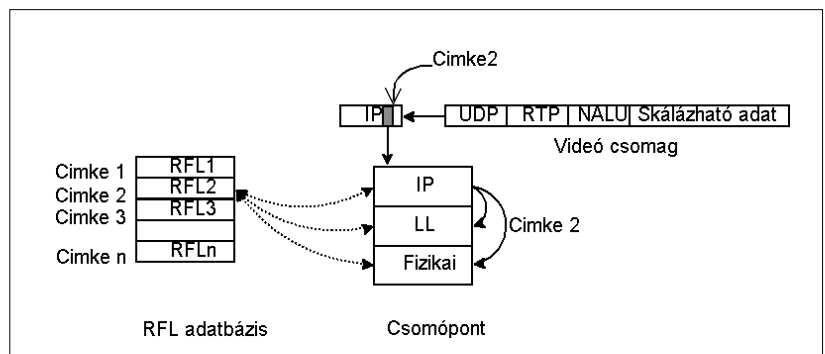
A következő fejezetben bemutatunk egy példát a RFL használatára.

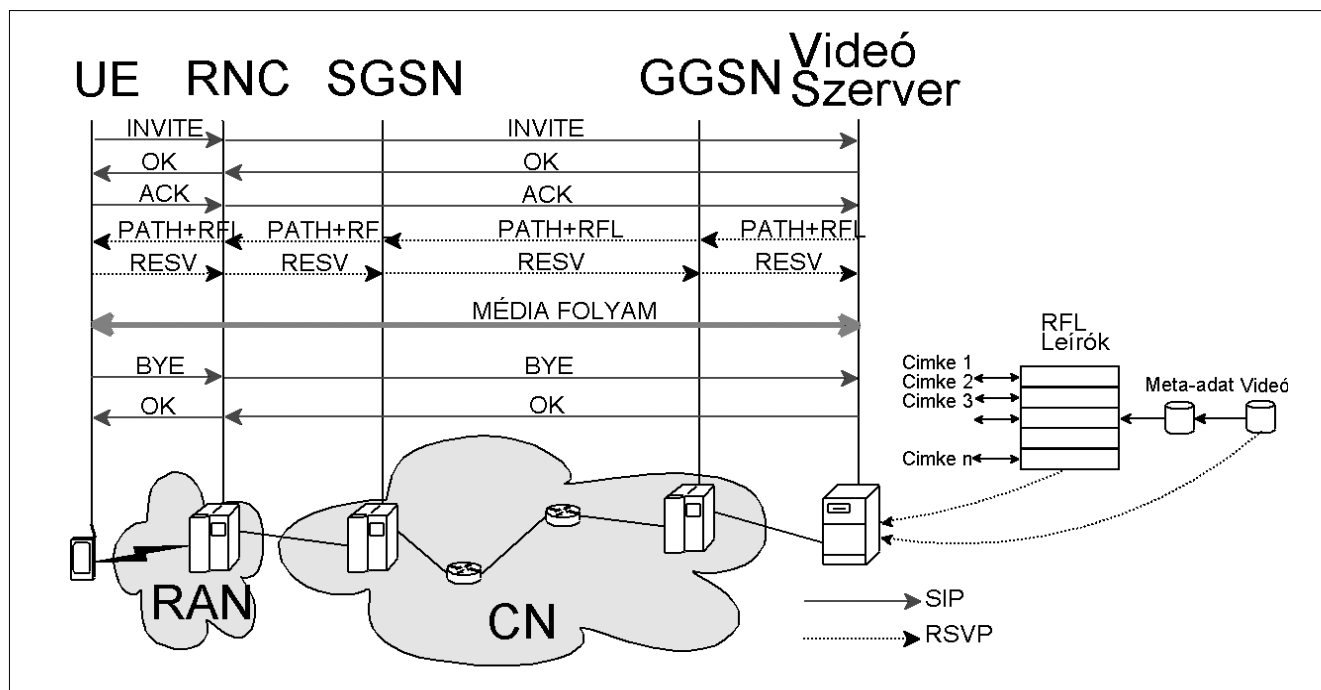
### 5. Kapcsolatfelépítés és a RFL terjesztése

Ahhoz, hogy a köztes hálózati csomópontok az alkalmazás által megkövetelt módon kezeljék a folyamat, minden csomagnak tartalmaznia kellene a rá vonatkozó RFL által leírt információt. Mivel ez egy elég robusztus megoldást jelentene, és egyúttal jelentős többletinformációt is, egy sokkal dinamikusabb módszerre van szükség. A RFL-eket elég csak a viszony kezdetén terjeszteni az adaptációban résztvevő csomópontok között, a csomópontok elraktározzák azokat a hozzájuk rendelt azonosítóikkal együtt. A videófolyam adása alatt az egyes RFL-ekhez rendelt azonosítókat kapják csak meg a csomagok, ezzel jelezve az útvonalválasztóknak és az AP-nak, hogy milyen forgalmi precedenciájú osztályba tartoznak. A RFL-eket azonosító számok, mint Címkék (Label) átvihetők például az IP fejlécben, vagy egy kiegészítő fejlécben, vagy akár DiffServ CP-ben [18,12].

A hálózati csomópontokban a rétegek közötti kommunikáció az úgynevezett bróker-alapú megoldáson működhet. A bróker egy olyan egység, mely központosítottan tárol információkat, esetünkben a RFL-eket. A

5. ábra Bróker alapú Címke-RFL összerendelés





6. ábra Példa üzenetváltás

kommunikációban résztvevő többi elem ezeket rajta keresztül éri el. Ez a megoldás lehetővé teszi, hogy minden hálózati csomópont egyetlen adatbázist használjon és egyszerű adatbázis-hozzáférést biztosítson az összes réteg számára. Ezek alapján tehát egy csomópont IP rétege a kapott csomagból lekérdezi a megfelelő RFL-hez tartozó paramétereket, majd az így kinyert információknak megfelelően rendelkezik a csomaggal.

Ha – például AP esetében – szükség van a hálózati réteg alatt is a RFL-ek tartalmára, akkor az IP réteg egy előre definiált CL interfészen keresztül átadja a címkét, ami alapján az alsóbb, LL réteg is hozzáférhet a leírókhoz a brókeren keresztül. Így még hatékonyabb működést lehet elérni, mintha a RFL-eket rétegekhez kötve használnánk, hiszen az amúgy is szükséges címke segítségével a leírók halmazát rétegfüggetlenné tettük. A bróker alapú hozzáférést mutatja az 5. ábra.

A következőkben egy példával illusztráljuk, hogyan terjeszthetők FI keretében a folyamra jellemző RFL-ek, és azok hogyan és hol alkalmazhatók a hálózatban adaptációs célokra.

Példánkban a felhasználó egy videó-szerverhez csatlakozik, ahonnan egy filmet igényel. A megfelelő kodek és annak paraméterei, valamint az egyéb képességegyeztetések SIP/RTSP [19,3] protokoll segítségével történik. Természetesen az RNC-n SIP proxy-nak kell futnia ahhoz, hogy a hívásfelépítés létrejöhessen. Az említett információkon felül, az általunk bevezetett és a kiválasztott filmhez tartozó RFL-ek a hozzájuk rendelt címkékkel együtt szintén szétterjesztésre kerülnek. Célzerű erőforrás-foglaló protokollt használni erre a célra. A feladatra alkalmas lehet az RSVP [20], ahol a PATH üzenetek vihetik át a videóra vonatkozó információkat. Ahhoz, hogy az RNC-n (SGSN, GGSN, MGW) adaptációt alkalmazhassunk, futnia kell az RSVP protokollnak.

Az RSVP alkalmazása csomópontonkénti CAC-t (Call Admission Control) biztosít, és támogatja az alkalmazások által definiált objektumok átvitelét [21]. RSVP nélkül is megoldható a RFL-ek terjesztése. Ha SIP protokollt használunk a hívásfelépítéshez, akkor az OK üzenetben az SDP protokoll kiegészítéseként lehet elküldeni a RFL-eket.

A RFL-ek összeállítása a médiából kinyert meta-adatok alapján történik. Például egy skálázható H.264/AVC kódolót használó alkalmazás által generált videó-keretek az úgynevezett NALU (Network Abstraction Layer Unit) fejléccel kezdődnek. Ezek a fejlécek hordozzák a prioritásra vonatkozó információt. Mivel a NALU struktúrája állandó, a keretre vonatkozó meta-adat előállítására közvetlenül alkalmas, melyből végül egyszerűen fordítással kaphatjuk a videó-kerethez tartozó RFL-et. A RFL-ek terjesztése és a meta-adatok összeállítását mutatja a 6. ábra.

A videó adás megkezdésével a kódoló csak az adatcsomaghoz rendelt megfelelő címkét adja át egy interfészen az IP-rétegnek. A csomag fontosságát és egyéb tulajdonságait ezek után egész útján ez az egy azonosító határozza meg: ez alapján működnek a csomópontokban a RA és UEP mechanizmusai. Például, ha torlódás van a hálózatban, vagy egyszerűen a bősztős videó-forgalom miatt, a várakozási sor hossza hirtelen megnő, akkor az IP szinten alkalmazhatjuk a RFL biztosította információkat hogy a kisebb dobási precedenciájú csomagokat dobjuk el a torlódás kezelésekor. Így lehetséges az, hogy a vevő a torlódás miatt csak kismértékű minőségromlást észlel. A RFL Hibavédelmi Osztályának információit az adatkapcsolati vagy fizikai réteg is felhasználhatja az AP-ban. Segítségünkkel a csatorna jobb kihasználtsága érdekében más modulációs technikára válthat.

## 6. Összefoglalás

Vezeték nélküli hálózatokat egyre szélesebb körben és feladatokra használunk. A multimédiás szolgáltatások iránti igény dinamikus növekedésével számos kihívásnak kell megfelelnie a jövő kommunikációs hálózatának. Jelentős mértékű szolgáltatás-minőség javulás érhető el, ha a szigorú rétegstruktúrát fellazítva kihasználjuk a rétegek közötti kommunikáció adta előnyöket. A multimédia tartalmú forgalom tulajdonságaiból adódóan a megfelelő minőségű videó-átvitelhez szükség is van CL információkra.

Cikkünkben a valós idejű videó forgalom esetében alkalmazható adaptációs lehetőségeket világítottuk meg. Irányelvet adtunk, hogyan javítható az alkalmazott technikák teljesítőképessége az átvitt videófolyam minősége szempontjából, ha alkalmazási szintű, rétegfüggetlen leírókat használunk. Összegyűjtöttük a fontosabb, RFL-ekhez tartozó információkat, melyek a RA és UEP, mint a lokális adaptációs eszközök működéséhez szükségesek. Definiáltunk egy lehetséges RFL formátumot, majd javaslatot tettünk alkalmazására. Végül konkrét példán keresztül bemutattuk a javasolt módszer működését, ismételten rávilágítva alkalmazásának lehetőségeire.

A cikkben a rétegek közötti kommunikáció egy megvalósítási lehetőségét vázoltuk fel. A bemutatott módszer részletes kidolgozása, pontosítása jövőbeni kutatási témánk.

### Irodalom

- [1] Johan Sjöberg, Magnus Westerlund, Ari Lakaniemi, Stephan Wenger: RTP Payload Format for Extended AMR Wideband (AMR-WB+) Audio Codec. DRAFT, Februar 14, 2005.
- [2] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC 3550 (Standard), July 2003.
- [3] H. Schulzrinne, A. Rao, R. Lanphier: Real Time Streaming Protocol (RTSP). RFC 2326 (Proposed Standard), April 1998.
- [4] L. Larzon, U. Bodin, O. Schelen: Hints and notifications. In: IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Orlando, Florida, USA, 2002.
- [5] Q. Wang, M. A. Abu-Rgheff: Cross-layer signalling for next-generation wireless systems. In: IEEE Wireless Communications and Networking Conf. (WCNC), New Orleans, Louisiana, USA, 2003. Nr.1., pp.1084–1089.
- [6] V. Kawadia, P. R. Kumar: A cautionary perspective on cross layer design. IEEE Wireless Communication Magazine, July 2003.
- [7] P. M. Ruiz, E. García: Adaptive multimedia applications to improve user-perceived QoS in multihop wireless ad hoc networks. In: IEEE International Conf. on Wireless LANs and Home Networks (ICWLHN), Atlanta, USA, Aug. 2002, pp.673–684.
- [8] J. Widmer, R. Denda, M. Mauve: A survey on TCP-friendly congestion control. IEEE Network, 15(3):28–37, 2001.
- [9] J. W. Byers, G. Horn, M. Luby, M. Mitzenmacher, W. Shaver: FLID-DL: Congestion control for layered multicast. October 2002.
- [10] S. Chemiakina, L. D'Antonio, F. Forti, R. Lalli, J. Petersson, A. Terzani: QoS enhancement for adaptive streaming services over WCDMA. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 21(10), December 2003. Recent Advances In Wireless Multimedia.
- [11] H. Zhu, M. Li, I. Chlamtac, B. Prabhakaran: A survey of quality of service in IEEE 802.11 networks. IEEE Wireless Communications, pp.6–14, August 2004.
- [12] W. Kumwilaisak, Y. T. Hou, Q. Zhang, W. Zhu, C.-C. Kuo, Y.-Q. Zhang: A cross-layer quality-of-service mapping architecture for video delivery in wireless networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 21(10):1685–1697, December 2003.
- [13] A. Gurtov, R. Ludwig: Lifetime packet discard for efficient real-time transport over cellular links. (4):32–45, October 2003.
- [14] R. Ludwig, A. Konrad, A. D. Joseph: Optimizing the end-to-end performance of reliable flows over wireless links. In: Proceedings of ACM/IEEE MobiCom'99, 1999.
- [15] R. Ludwig, B. Rathonyi: Link layer enhancements for TCP/IP over GSM. In: Proceedings of IEEE INFOCOM'99, 1999.
- [16] H. Schwarz, D. Marpe, T. Wiegand: MCTF and scalability extension of H.264/AVC. In: Proc. of PCS, San Francisco, USA, Dec. 2004.
- [17] H. Schwarz, D. Marpe, T. Wiegand: Combined scalability extension of H.264/AVC, 2005.
- [18] J. Shin, J. Kim, C.-C. J. Kuo: Quality-of-service mapping mechanism for packet video in differentiated services network. IEEE Transactions on Multimedia, 3(2), June 2001.
- [19] R. Mahy, B. Biggs, R. Dean: The Session Initiation Protocol (SIP) "Replaces" Header. RFC 3891 (Proposed Standard), September 2004.
- [20] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin: Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1: Functional Specification. RFC 2205 (Proposed Standard), September 1997. Updated by RFCs 2750, 3936.
- [21] J. Wroclawski: The use of RSVP with IETF Integrated Services. RFC 2210, September 1997.