

# A szélessávú jövő – egy gyártó szemével

KÁKONYI ISTVÁN

Cisco Systems  
ikakonyi@cisco.com

**Kulcsszavak:** Carrier Ethernet aggregációs hálózat, FTTH, FTTB, intelligens video transzport, MPLS transzport, Triple Play, IPTV

Jelen cikkben áttekintjük a szélessávú távközlési szolgáltatások lehetséges fejlesztési irányait. Leírjuk a hozzáférési és az aggregációs hálózatokban alkalmazott legújabb technológiákat és a hálózati alkalmazásokat. Áttekintjük a „Carrier Ethernet” rendszertechnikát alkalmazó aggregációs hálózatok elemeit.

## 1. Bevezetés

Napjainkra szinte egyeduralkodóvá vált a szélessávú Internet-hozzáférés, legyen szó akár vezetékes, akár vezeték nélküli kapcsolatokról. Ezek a technológiák a modem-es-betárcsázós lehetőségekhez képest jóval nagyobb sáv szélességet biztosítanak és korábban elképzelhetetlen alkalmazások (magas fokú interaktivitás, multimédia stb.) használatát teszik lehetővé.

A cikkben áttekintjük a szélessávú szolgáltatások biztosítására szolgáló hálózati architektúrát és felvázoljuk, hogy az egyes infrastrukturális elemek és a szolgáltatások várhatóan milyen irányba fognak fejlődni. A cikk a vezetékes távközlési szolgáltatók szemszögéből vizsgálja ezeket a kérdéseket.

## 2. Szolgáltatások, sáv szélességek

A távközlési szolgáltatásokat szokás residential (lakossági) és business (üzleti) szolgáltatásokra osztani. Az üzleti világban szinte közhely a sáv szélesség igény rohamos növekedése, ezzel részleteiben nem foglalkozunk. A lakossági szolgáltatások piacán azonban érdekes tendenciák észlelhetők. Természetesen otthon is mindenki nagyobb sáv szélességet szeretne, de a legmagasabb követelményeket a lakossági alkalmazások közül az IPTV (Triple Play: Internet, VoIP és video egy csomagban) szolgáltatás előretörése okozza.

A vezetékes szolgáltatókat erőteljesen sújtja a meglévő lakossági előfizetői kör lemorzsolódása, amelyet főként a mobiltelefonía előretörése okoz. Ennek az ellensúlyozására fejlesztik a Triple Play szolgáltatásokat. Az ok kézenfekvő: egy csomagban lehet adni az előfizetőnek többféle távközlési szolgáltatást, mindezt rugalmas, testre szabható módon. A technológiai kihívás azonban hatalmas: az ADSL/VDSL hozzáférést használó hálózatok elérték teljesítőképességük határát a sáv szélesség (10-20 Mbit/s) és a hibaarány tekintetében.

Egy SD videocsatorna átviteléhez 3-5 Mbit/s egy HD csatorna átviteléhez 5-10 Mbit/s sáv szélességre van szükség (a ma használt MPEG-2 és MPEG-4 kódolások

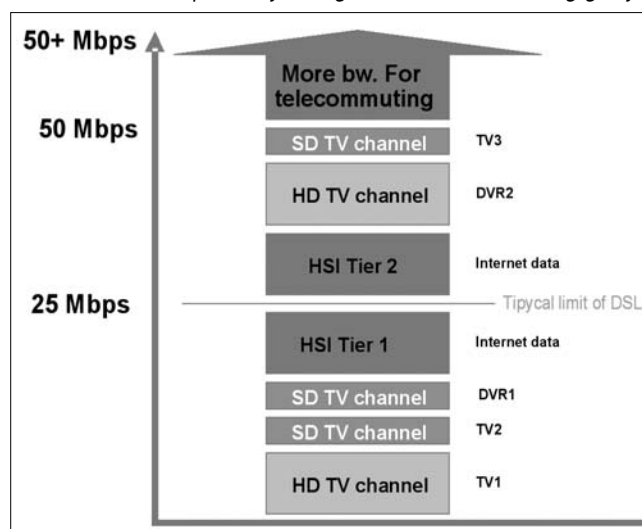
használatával). Mindemellett a video – az MPEG kódolás sajátosságai miatt – rendkívül érzékeny a csomagvesztésre. Mindezek miatt internetezésre és VoIP alkalmazásokra kiválóan alkalmas ADSL hozzáférések nem felelnek meg minden szempontból a Triple Play hálózatokban való alkalmazásra. Vagy rövidíteni kell az előfizetői hurkok hosszát (ami nagy költséget jelenthet) vagy új technológiák után kell nézni.

Az 1. ábrán láthatjuk egy igényes háztartás (3 tévékészülék, 2 Internetre kötött PC) sáv szélesség igényét Triple Play szolgáltatás igénybevétele esetén.

Látható, hogy hamar elérjük a 100 Mbit/s környékét. A sokféle szolgáltatás és a megnövekedett sáv szélesség ugyanakkor az Aggregációs Hálózat felé is fokozott követelményeket támaszt. Egy „szimpla” Internet hozzáférés esetén az előfizető a BRAS-on keresztül jól kontrollálható, per-session QoS alkalmazása esetén a VoIP szolgáltatás is jól megvalósítható. A video színrelépésével azonban új, komplex szituáció alakul ki. Az aggregációs hálózatnak egy sor új szolgáltatást kell biztosítania:

- Multicast támogatás (40-400 csatorna egyidejű vétele)

1. ábra Triple Play szolgáltatás sáv szélességigénye



- Call admission control (a Video on Demand szolgáltatások által igényelt sávszélesség kontrollja miatt)
  - Az átvitel során fellépett hibák korrigálása (alkalmazás szintű FEC, a videojel IP feletti átvitele esetén RTSP enkapszulációt használnak)
  - A csatornaváltás gyorsítása
  - Jó rendelkezésreállítás biztosítása
- A továbbiakban sorra vesszük a rendszer fő alkotórészeit és megvizsgáljuk, hogy azok milyen feladatokat látnak el.

### 3. A Triple Play szolgáltatás hálózati architektúrája

A 2. ábrán látható annak a hálózati struktúrának a vázlatos rajza, amely képes a bevezetőben leírt szolgáltatások megvalósítására. A továbbiakban (a rajzon balról jobb felé haladva) végigmegyünk az egyes elemeken és azok funkcióján.

#### 3.1. Hozzáférési hálózat, CPE-k

Ma a szélessávú hozzáférések területén az ADSL/VDSL technológia az uralkodó. Ezek a hálózatok a már meglévő rézépár-alapú előfizetői hurok felhasználásával (a PSTN szolgáltatástól spektrálisan elválasztva) biztosítanak nagy sávszélességű hozzáférést. A videoszolgáltatások előretörésével azonban a szolgáltatók beleütköztek ezen hálózatok korlátaiba. Az igényes videoszolgáltatáshoz nem elegendő a biztosított sávszélesség és nem tartható a videoszolgáltatáshoz szükséges rendkívül alacsony (körülbelül  $0,3 \times 10^{-6}$  PLR) megengedett csomagvesztés. Ezért ma a vezetékesszolgáltatók tömegesen térnek át a nagyobb sávszélességgel kecsegtető VDSL technológiára az ADSL-ről. Ehhez azonban nem minden esetben felelnek meg a túl hosszú vagy esetenként rossz minőségű előfizetői szakaszok.

Mind a sávszélesség, mind pedig a hibaarány szempontjából ideális megoldás a *Fiber to the Home /Fiber to the Business (FTTx)* hozzáférési hálózat, mely üvegszálal átvitelt alkalmaz az előfizető és a szolgáltató között. Itt nyilván nem kérdéses a rendelkezésre álló sávszélesség és az átvitel minősége, a hálózat kiépítése azonban sok pénzbe kerül. Ma két különböző technológia áll rendelkezésre, a *PON (Passive Optical Networks)* és az *Ethernet*.

### Rövidítések

#### AtoM (*Any transport over MPLS*)

– különböző L2 protokollok (Ethernet, ATM, Frame Relay, PPP) szabványos átvitele MPLS hálózatokon

#### ADSL (*Asynchronous Digital Subscriber Line*)

– aszimmetrikus digitális szélessávú előfizetői hálózat

#### BRAS (*Broadband Remote Access Server*)

– szélessávú Internet hozzáférést és esetenként VoIP szolgáltatást megvalósító router, mely nagyszámú PPP vagy IP session-t kezel; itt valósítják meg a hozzáférési policy-eket és állítják be az előfizető QoS paramétereit is

**BNG** (*Broadband Network Gateway*) – lásd BRAS

#### CAC (*Call Admission Control*)

– hozzáférésszabályozás, mely esetünkben a Video on Demand session-ök számára vonatkozik

#### CPE (*Customer Premises Equipment*)

– felhasználói végberendezés

#### Carrier Ethernet

– azon technológiák és szabványok összessége, amelyek az Ethernet protokoll távközlési környezetben történő alkalmazását segítik elő

**EoMPLS** (*Ethernet over MPLS*) – lásd AtoM

#### IGMP (*Internet Group Multicast Protocol*)

– a multicast receiverek és routerek között alkalmazott jelzésrendszer

#### mLDP (*multicast Label Distribution Protocol*)

– az LDP továbbfejlesztése, multicast képességekkel

#### MPLS NNI (*MPLS Network-to-Network Interface*)

– gyűjtőfogalom; MPLS hálózatok összekapcsolásakor a szolgáltatásoknak is transzparensnek kell lenni, melyre különböző szabványok léteznek (például Carrier Supporting Carrier, Inter-AS VPN stb.)

#### PON (*Passive Optical Networks*)

– optikai hozzáférési hálózati technológia

#### PIM (*Protocol Independent Multicast*)

– a multicast routerek közötti forgalomirányításra használatos; a PIM-SM (Sparse Mode) esetén az adott router csak akkor épít ki Multicast Tree-t, ha van aktuálisan hozzákapcsolódott kliens, mely az adott multicast group-hoz csatlakozni kíván; a PIM-SSM (Source-specific Multicast) esetén csatlakozáskor nem csak a group, hanem a forrás címét is megadhatjuk

#### PLR (*Packet Loss Ratio*)

– az átvitel során elveszett IP csomagok száma

#### REP (*Resilient Ethernet Protocol*)

– a Spanning Tree Protocol-nál egyszerűbb és gyorsabb konvergenciát biztosító, L2 hálózatokban, Ethernet környezetben alkalmazott, redundáns adatutak kezelésére alkalmazott protokoll

#### Residential Gateway

– szélessávú hozzáférési hálózatokban alkalmazott előfizetői berendezés, a szolgáltatás határa

#### Triple Play

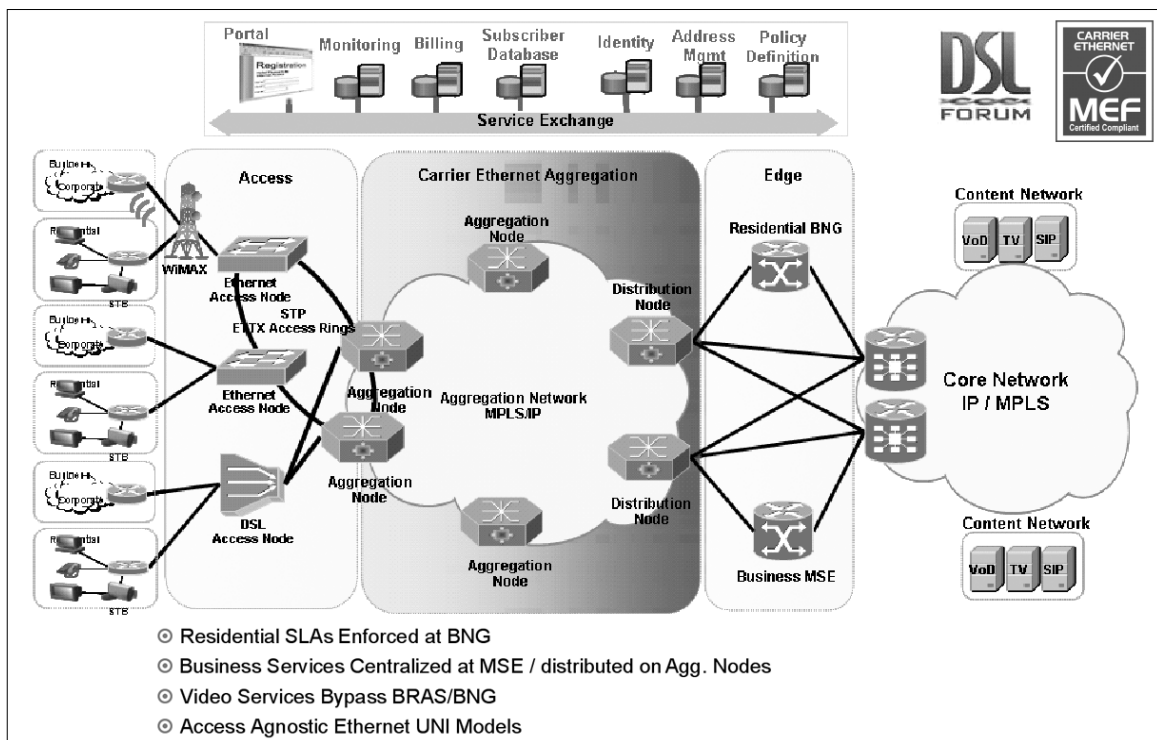
– integrált távközlési szolgáltatás, amely a szélessávú Internet hozzáférés mellett VoIP és video szolgáltatást is tartalmaz

#### TE FRR (*Traffic Engineering Fast Reroute*)

– az MPLS hálózatokban használatos protokollok rendszere, amely egy router vagy adatátviteli vonal hibája esetén nagyon rövid idő (<50 ms) alatt képes a forgalmat egy tartalék útvonalra terelni

#### Video Middleware

– IPTV rendszerek „operációs rendszere”, amely a video szerverek, a hálózat és a kliensek, azaz set-top-boxok működését vezérli, menedzseli



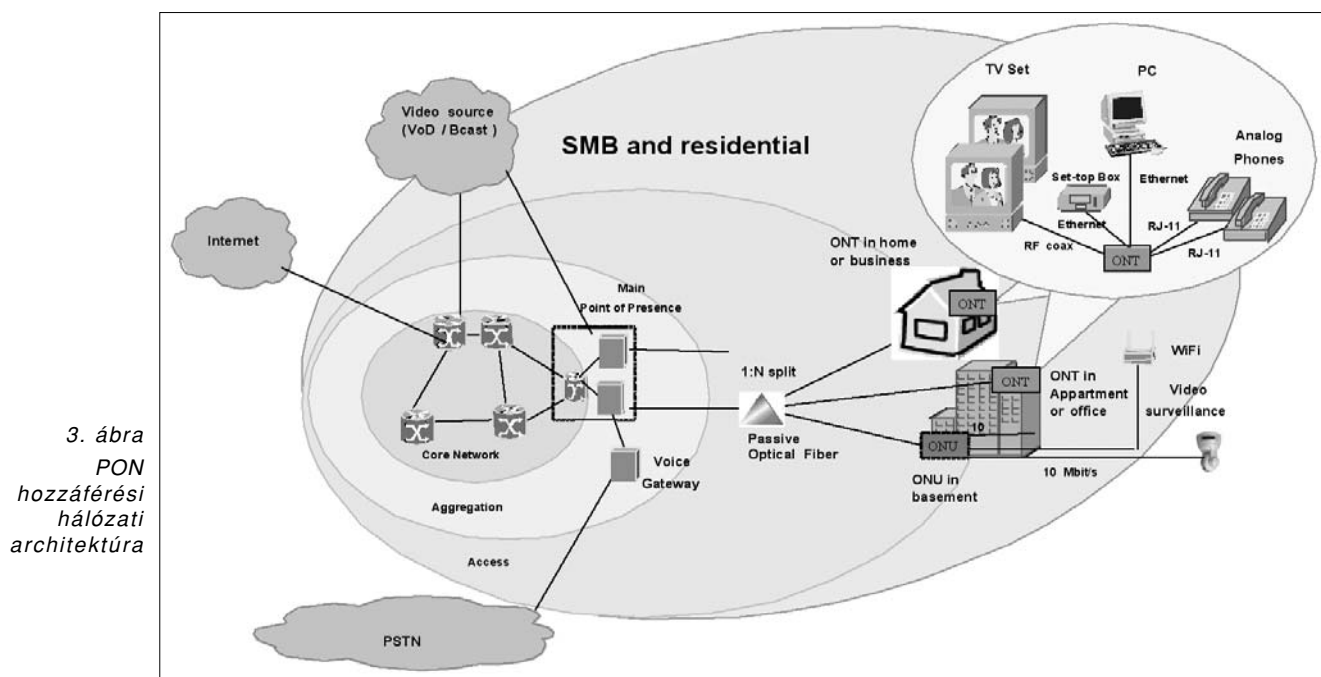
2. ábra  
Carrier Ethernet aggregációs hálózat

A PON technológiát elsősorban a tradicionális, az átviteltechnikában nagy múlttal rendelkező szállítók favorizálják. Ez gyakorlatilag egy olyan rendszer, amely a szolgáltató telephelye és az előfizetőhöz közel elhelyezett splitter között csak egy optikai szálát igényel. A splitter-től (amely valóban egy egyszerű optikai osztó) vezetnek az egyes előfizetőkhöz a különálló optikai szálak.

A hozzáférési protokoll hasonló a DOCSIS hálózatokban alkalmazottnak: a központi egységből (OLT) érkező jel (1490 nm hullámhosszon) minden CPE-hez (ONT) eljut. Az egyes CPE-k különálló, MAC-address-szerű azonosítóval rendelkeznek, így csak a nekik szóló csoma-

gokra figyelnek. Az ONT→OLT irányú kommunikáció időosztásos, az CPE csak a számára kijelölt időablakban juthat szóhoz és más hullámhosszon (1310 nm) zajlik. Egy splitter 32-64 előfizetőt szolgál ki, természetesen az előfizetői szám növelésével az egy előfizetőre jutó sáv szélesség csökken. Ma több PON szabvány van használatban, de nincs kompatibilitás az egyes gyártók termékei között, a DOCSIS szerű MAC protokoll miatt pedig erős titkosítást kell alkalmazni, ha üzleti előfizetőket is ki akarunk szolgálni. A legelterjedtebb szabvány a GPON, amely 2,5 Gbit/s downstream és 1,25 Gbit/s upstream sáv szélességet biztosít.

A PON architektúrát a 3. ábra mutatja.



3. ábra  
PON hozzáférési hálózati architektúra

Az *Ethernet* protokoll alkalmazása az előfizetői hálózatban ugyan bonyolultabb optikai hálózatot igényel (a legutolsó *Ethernet* node és az előfizetők között egy pár optikát kell kiépíteni), de a rugalmassága is sokkal nagyobb (4. ábra).

Teljes körű az egyes gyártók közti interoperabilitás, könnyen lehetséges az egyes *Ethernet* szabványok (10, 100, 1000, 10000 Mbit/s) közötti átmenet és ma már egy optikai szálon is működik az *Ethernet*, a PON-hoz hasonló WDM technológiát használva (100BASE-BX) az irányok elkülönítésére. Mivel az *Ethernet* előfizetői hurok nem alkalmaz osztott hozzáférést, nagyon könnyű a lakossági és a magasabb biztonsági szintet igénylő üzleti szolgáltatások egyidejű biztosítása az ilyen hálózatokon. Ma már a nagy rendelkezésreállítás és a menedzsment sem lehet kérdéses. Az újabb, a Spanning Tree Protocol alternatívájaként kifejlesztett mechanizmusok segítségével akár 100 ms alatt is képes konvergálni egy több node-ból álló *Ethernet* hálózat (ez a Cisco Systems esetében a REP, Resilient Ethernet Protocol). A menedzsment funkciók megvalósítására szabványos megoldások léteznek, amelyek a hibakeresést és a CPE eszközök automatikus installálását segítik (IEEE 802.1 ag, 802.3 ah, ITU-T Y.1731, E-LMI stb.).

Nem szabad megfeledezni az előfizetői berendezésekről (CPE) sem. Az üzleti szolgáltatások esetén ez általában egy router, amelyen az alapfokú funkciókon kívül egy csomó más szolgáltatást (Firewall, Session Border Controller, IP telefónia hívásvezérlés stb.) is megvalósítanak.

A Triple Play szolgáltatás esetén ez a berendezés az úgynevezett Residential Gateway. Ez az eszköz biztosítja mindhárom szolgáltatáshoz a hálózati hozzáférést és a megfelelő QoS-t. Általában egy legalább két porttal rendelkező analóg VoIP gateway-t is tartalmaz. A video szolgáltatás igénybevételéhez szükséges a set-top-box. Ez az eszköz biztosítja a videojel dekódolását,

illetve a Digital Right Management/Decryption funkciók megvalósítását is. Bizonyos esetekben merevlemez-alapú videorekordert is tartalmaz.

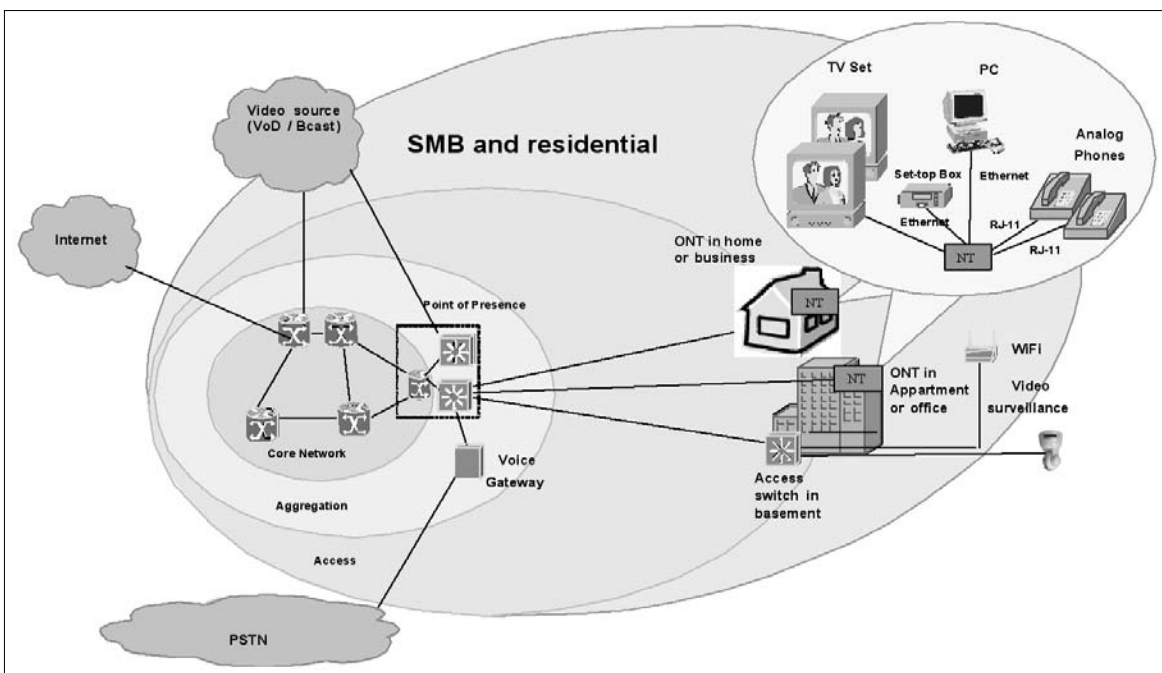
A *WiMAX* (IEEE 802.16, 802.16e) vezeték nélküli hozzáférési technológia elsősorban olyan országokban, területeken jelent versenyképes alternatívát, ahol a vezetékes előfizetői hurok nem érhető el teljes körűen. Ez ritkán lakott területeken, vagy olyan országokban fordul elő, ahol a vezetékes telefónia mint szolgáltatás sem érhető még el minden területen. A mobil *WiMAX* pedig egyfajta sajátos alternatívája lehet mobiltelefoníának. A *WiMAX* kliensek gyártására ugyanis komoly cégek (Intel, Samsung stb.) álltak rá, így az árak rohamos csökkenésére lehet számítani.

A *WiMAX* technológia a bázisállomásonként rendelkezésre álló limitált sáv szélesség és a multicast támogatás hiánya miatt videoalkalmazásokra csak korlátozottan alkalmas, de mindentféleképp meg kell említeni mint szélessávú hozzáférési hálózati alternatívát. Jelen pillanatban jelentős *WiMAX* hálózatépítések zajlanak a Közel-Kelet és Afrika országaiban. Miután a *WiMAX* már az ITU elismerését is bírja, mint „3G” technológia, a jövőben gyorsabb elterjedésére számíthatunk.

### 3.2. Aggregációs hálózat

A 2. ábra középső részén látható az *aggregációs hálózat*. Ez az a terület, ahol ma – és ez minden jelentős gyártó esetén igaz – az úgynevezett *Carrier Ethernet* technológiák előretörése és a régebben alkalmazott L2 (Spanning Tree, Rapid Spanning Tree) hálózati transzport helyett az *MPLS* transzport alkalmazása a jellemző.

A **Carrier Ethernet** fogalomkör leegyszerűsítve azt jelenti, hogy egyre inkább az olcsó Gigabit-Ethernet és 10 Gigabit-Ethernet technológiát alkalmazzák ezekben a hálózatokban (a jövőben 100 Gigabit-Ethernet is elérhető lesz...). Mint már említettük a hozzáférési hálózatok kapcsán, az *Ethernet* olcsósága és a menedzsel-



4. ábra  
*Ethernet*  
hozzáférési  
hálózati  
architektúra

hetőség egyre magasabb szinten történő megvalósítása miatt az alkalmazása egyre inkább előtérbe kerül. A szolgáltatások és a rendszertechnika szabványosításával a Metro Ethernet Forum foglalkozik.

Az MPLS mint transzporttechnológia alkalmazása egyértelműen a skálázhatóság és a rendelkezésre állási követelmények növekedése miatt került előtérbe. Az MPLS és az AtoM (Any transport over MPLS) alkalmazásával az aggregációs hálózat skálázhatósága egy nagyságrenddel növekedett. Ma könnyen elérhető a 16-32 ezer virtuális áramkör (EoMPLS pseudowire) routerenként. Az MPLS Traffic Engineering Fast Reroute technológia alkalmazásával a hálózati kapcsolatok és hálózati elemek hibája esetén a rendszer 50 ms-nál rövidebb idő alatt képes a forgalmat az alternatív adatútra terelni, ami az SDH hálózatokban megszokott magas szintű rendelkezésre állást biztosít.

A 2. ábrán látható aggregációs hálózatnak a következő elemei vannak:

Az **Aggregation Node** olyan router, amely tipikusan sok Gigabit Ethernet interfésszel rendelkezik és a hozzáférési hálózatról érkező forgalmat fogadja (ADSL DSLAM, WiMAX sector controller, PON ONT, Ethernet uPE switch). Ezt a forgalmat aztán – rendszerint MPLS pseudowire-k formájában –, 10 Gigabit Ethernet interfészekon a *Distribution Node-ok* felé továbbítja. Jellemző a magas fokú skálázhatóság és az a képesség, hogy bármelyik előfizetői VLAN bármilyen szolgáltatáshoz (L2, L3, MPLS VPN stb.) korlátozások nélkül csatlakoztatható (Flexible UNI). Alapkövetelmény a per-VLAN (azaz előfizetőkénti) QoS, szolgáltatásminőség biztosítása.

A **Distribution Node** egy nagyteljesítményű router, amely összegyűjti az aggregation node-októl származó forgalmat és bizonyos hálózati szolgáltatások (mint például a VPLS, a pont-multipont L2 transzparens adatátviteli szolgáltatás) is itt kerülnek megvalósításra. A statisztikus multiplexingből származó, úgynevezett *oversubscription* mértéke az aggregációs hálózatban 5-20 között ingadozik. A Distribution Node jellemzően sok (többször tíz darab) 10 Gigabit Ethernet interfésszel rendelkezik. Az MPLS transzport miatt az aggregációs hálózat (amely egy nagy szolgáltató esetén természetesen több, területileg elválasztott domain-re bomlik) és a gerinchálózat között MPLS NNI kerül alkalmazásra.

A **BRAS** vagy **BNG (Broadband Network Gateway)** jellemzően az előfizető Internet szolgáltatásának, esetleg a VoIP szolgáltatásának a megvalósítására szolgál. Ma még az Internet szolgáltatás hozzáférési protokollja általában PPP. Ez a BNG-n terminálódik. Itt kerülnek beállításra az előfizetőspecifikus QoS, policy (annak meghatározása, hogy az előfizető milyen hálózati erőforrást használhat) és a kvóta-paraméterek is. Az aggregációs hálózat EoMPLS pseudowire transzportot (amely L2 szinten transzparens) biztosít az előfizető és a BNG között. A BRAS a jövőben elosztott módon, az egyes *Aggregation Node-okon* fog megvalósításra kerülni, ami a skálázhatóság növelése érdekében szükséges. Ugyanakkor várható, hogy a PPP helyett a kisebb overhead-del járó IP protokoll kerül majd alkalmazásra.

Az **MSE (Multiservice Edge)** az üzleti szolgáltatások megvalósítására szolgál. Ezek jellemzően a L3 VPN (MPLS VPN), a L2 pont-pont és pont-multipont szolgáltatások (E-Line és E-LAN, a MEF terminológia szerint). Az MSE-n mint dedikált eszközön kerülnek kialakításra a fenti szolgáltatások. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy az aggregációs hálózat többi eleme MPLS pseudowire transport segítségével az egyes szolgáltatásokhoz tartozó VLAN-okat az MSE megfelelő – rendszerint 10 Gigabit Ethernet – interfészéhez kapcsolja. Itt a szolgáltatások elkülönítése érdekében az enkapszuláció IEEE 801.1q vagy 802.1ad (QinQ). Az egyes MPLS L2 és L3 VPN-ek aztán az MSE routeren kerülnek kialakításra. Meg kell jegyezni, hogy az MSE alkalmazása opcionális, funkcióit az Aggregation Node-ok (L3 VPN) és a Distribution Node-ok (H-VPLS) is átvehetik.

Érdeemes néhány szót ejteni a *video transzport* megvalósításáról is. Mint már a bevezetőben említettük, itt különösen fontos szerepe van az aggregációs hálózatnak. A broadcast video átvitele ma még általában natív L3 multicast (PIM-SM és PIM-SSM protokoll) alkalmazásával történik. A PIM protokoll alkalmazása egészen az *Aggregation Node-ig* tart, innentől általában IGMP v2 és v3 protokoll segítségével történik a multicast átvitele a hozzáférési hálózatban. A PIM alkalmazása rendkívül jól skálázható, de nem képes biztosítani az 50 ms alatti konvergenciát hálózati hiba esetén (a valóságban 1 s körüli érték érhető el). Az MPLS alapú multicast átvitel szabványai jelenleg kialakulóban vannak. Ezek segítségével itt is elérhető lesz az 50 ms alatti konvergencia is megvalósítható lesz (mLDP és pont-multipont TE FRR alkalmazása).

A video transzport szempontjából különös jelentősége van az aggregációs hálózat „intelligenciájának”. Ebben a témában a Cisco Systems az alábbi területeken végez intenzív fejlesztéseket:

**Video Call Admission Control:** A video CAC a video-on-demand alkalmazások által igényelt sáv szélességet képes kontrollálni. Minden egyes *downstream* (azaz az előfizető felé mutató) interfészen nyilvántartja a rendszer a VoD által elfoglalt sáv szélességet. Ha az előzetesen beállított sáv szélességet elérte a felhasználás, akkor a hálózat értesíti a Video Middleware-t és az nem enged több VoD sessiont kiépíteni. Így a meglévő session-ök szolgáltatásminősége nem fog hirtelen elromlani. A video CAC az RSVP (Resource Reservation Protocol) alkalmazásán alapul.

**Forward Error Correction:** Az aggregációs hálózatban alkalmazott intelligencia képes a set-top-boxok visszajelzése alapján észlelni az elvesztett video csomagokat és ezeket szelektíven újraküldeni (unicast transzport). Ez a gyengébb minőségű ADSL vonalakon is (ahol magas a hibaarány és az ebből fakadó csomagvesztés) jobb minőségű video átvitelt tesz lehetővé.

**Fast channel change:** A broadcast video esetén komoly problémát jelenthet a hagyományos kábel TV, DVB-S és DVB-T szolgáltatáshoz képest magas késleltetés, ami a csatornaváltáskor fellép. Ez azért van, mert az MPEG dekóder szokásos feléledési idejéhez (várni kell

a következő MPEG I-frame-re...) még hozzájön az IGMP jelzést váltás és a hálózati eszközök által okozott késleltetés is. A régi multicast adatfolyamot meg kell szüntetni, az újat el kell indítani. Ezt a késleltetést a hálózat úgy tudja csökkenteni, hogy a set-top-box jelzése alapján azonnal elkezd a kérdéses eszköz felé unicast transzporttal továbbítani az új csatorna jelét. Miután a multicast adatút is kiépült, a set-top-box újabb jelzése alapján a unicast transzport megszüntethető.

**Video Quality Monitoring:** Az *Aggregation Node* az összes üzemben levő set-top-box adatait figyelembe véve statisztikát készít a video átvitel minőségéről. Ezzel lehetővé válik proaktív hibaelhárítás, a hibás vonalak kiszűrése még az előfizetői panaszok megjelenése előtt.

Az itt felvázolt rendszertechnikát a Cisco Systems eszközeiből épített hálózatokon világszerte alkalmazzák. (A Cisco nem gyárt ADSL/VDSL hozzáférési hálózati elemeket, de az összes többi területen piacvezető vagy jelentős piaci részesedéssel rendelkezik.) Ezek között olyan nagy Triple Play hálózatok is vannak, mint például a Neuf Cegetel (Franciaország), a CityNet (Amsterdam), vagy a Hong Kong Broadband.

### 3.3. Az aggregációs hálózat elemeinek méretezése

Természetesen jelen cikk keretein belül nem mehetünk bele mélyen ezekbe a kérdésekbe, de az alapelveket megpróbáljuk érzékeltetni. Az „egyszerű” szélessávú Internet hozzáférések esetén a legfontosabb méretezési elv az volt, hogy mekkora *garantált* sávszélesség jut egy felhasználóra. Ez a mai hálózatokban 64 kbit/s és 128 kbit/s közötti érték, a BNG teljesítményét általában így mérezték. A Triple Play szolgáltatás azonban ennél jóval bonyolultabb, különösen akkor, ha üzleti előfizetők is vannak a hálózaton. Nézzük át röviden, hogy milyen adatokból lehet kiindulni:

- Broadband Video: 300-1000 Mbit/s, konstans
- Video-on-Demand: 5 Mbit/s/session, rendkívül dinamikus
- VoIP: 80 kbit/s/session, dinamikus
- Internet access: 128 kbit/s/előfizető ADSL esetén, 500 kbit/s + FTTH esetén, elasztikus forgalom

Az 5. ábrán látható a fenti sávszélességek alakulása a hálózat egyes pontjain.

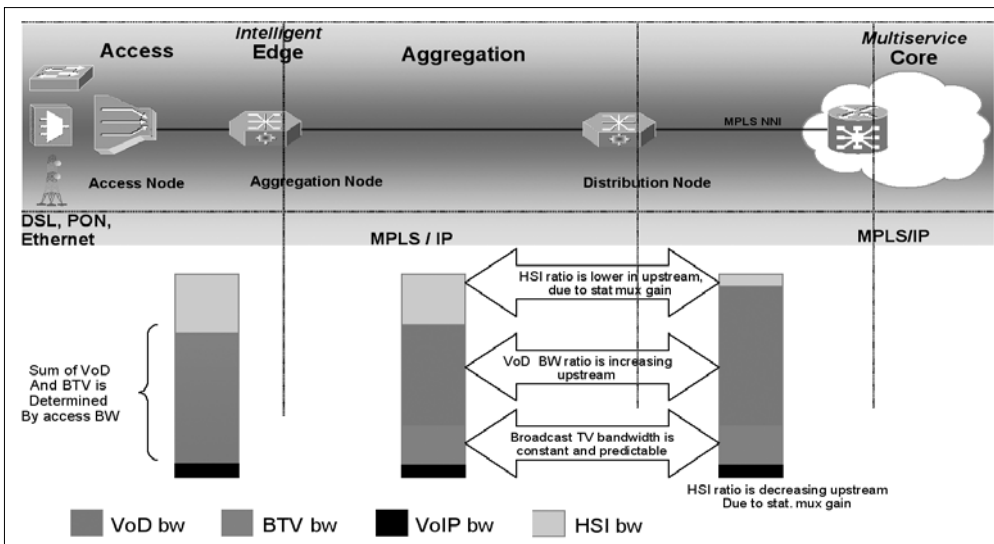
Könnyen belátható, hogy a méretezés legfontosabb kérdése a VoD sessionok száma. Az Egyesült Államokban több olyan, már bejártott IPTV szolgáltató van, ahol ez az alkalmazás veszi igénybe a hálózati erőforrások zömét. Ez visszaigazolja a Video CAC fontosságát. Mivel egy aggregációs domain általában 2x10 Gbit/s kapacitással rendelkezik a gerinchálózat felé, könnyen belátható, hogy egy ilyen domain-ben 20 ezer FTTH, vagy 80-100 ezer ADSL hozzáféréssel rendelkező előfizetőt lehet kiszolgálni (illetve ezek valamilyen kombinációját). Ekkor azt feltételeztük, hogy a gerinchálózati kapcsolat kapacitásának körülbelül a felét veheti el az Internet szolgáltatás. Ezek az aggregációs domain-ek 2 *Distribution Node*-ből és 4-8 *Aggregation Node*-ből állnak.

## 4. Összefoglalás

A szélessávú szolgáltatások terén a közeljövőben a mind nagyobb előfizetői sávszélesség és a video (Triple Play) szolgáltatások általánossá válása várható. Ehhez az szükséges, hogy az aggregációs hálózatok intelligensebbé váljanak, a gerinchálózatoknak pedig alkalmasra kell válniuk a multicast forgalom átvitelére is. Az aggregációs hálózatokban is általánossá válik az MPLS transzport technológia alkalmazása. Az előfizetői hálózatokban a jelenleginél sokkal szélesebb körben fognak optikaiszál-alapú rendszereket alkalmazni.

### A szerzőről

**Kákonyi István** villamosmérnöki diplomáját a Budapesti Műszaki Egyetemen szerezte. Első munkahelye az Optotrans Kft. (később Synergon Rt.), ahol különböző beosztásokat végigjárva a LAN és WAN hálózatok specialistája lesz. Ebben a munkakörben több országos hálózat kiépítésében is részt vett (MATÁV országos ATM gerinchálózat, IP platform). 2000-től a Cisco Systems Magyarország Kft.-nél dolgozik, a távközlési szolgáltatók műszaki tanácsadásával foglalkozik. 2004-től a Cisco-nál a vezetékes távközlési szolgáltatók hálózati architektúráis kérdéseivel foglalkozik, immár nemzetközi szinten.



5. ábra  
Sávszélesség felhasználás alkalmazások szerint