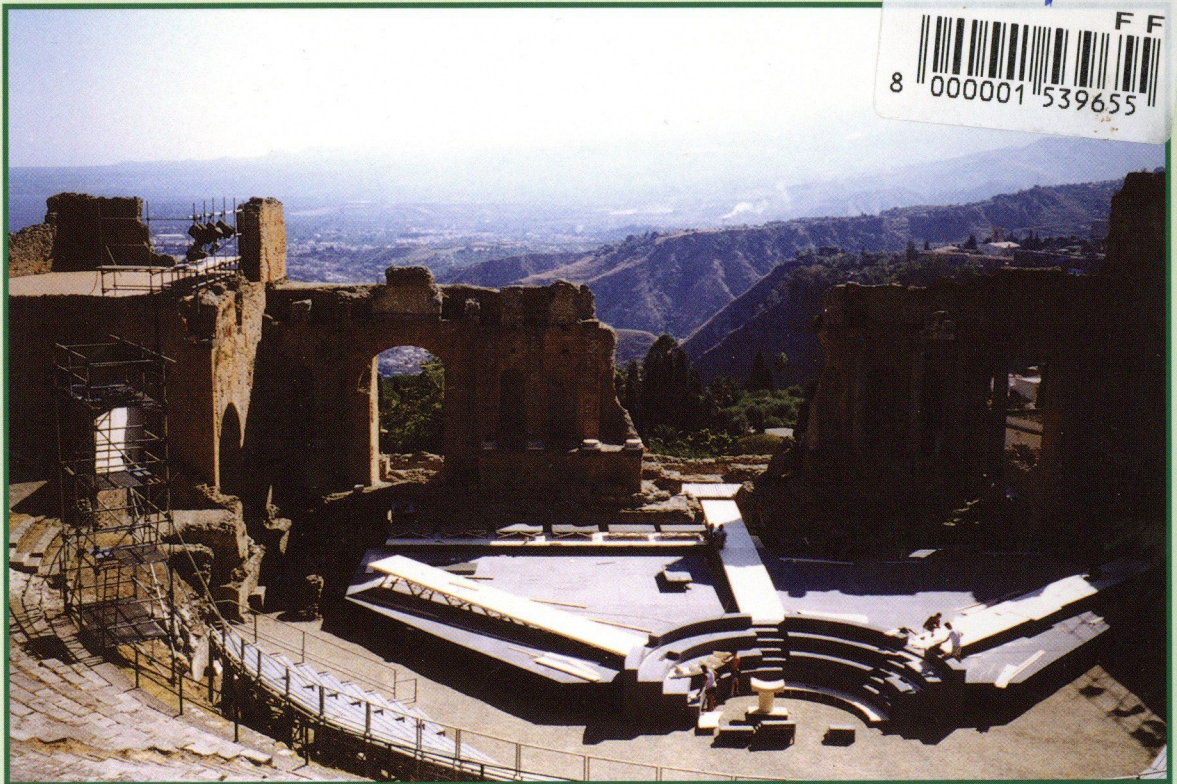


híradástechnika

VOLUME LVIII.

2003/8

Augusztus



Műsorkészítés, -szétosztás

Távközléspolitikai a szélessáv hasznosítására

Fényvezetők szélessávú berendezései

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom

HASZNOSÍTSUK A SÁVSZÉLESSÉGET! (AUGUSZTUS)

1

MŰSORKÉSZÍTÉS, -SZÉTOSTÁS

Dr. Falus László

A rádiótechnika alkalmazása a műsorkészítésben

2

Zigó József

A digitális videómoduláció

9

Dr. Sárkány Tamás

Földfelszíni és műholdas fejlesztések Japánban

13

Georgieff Zsolt, Wein Tibor

ATMux™ – műsorterjesztés digitális transzporthálózaton

15

TÁVKÖZLÉSPOLITIKA A SZÉLESSÁV HASZNOSÍTÁSÁRA

Takács György

Fényvezető hálózat hatása a stratégiára

22

Horváth Gyula

SAN tárolóhálózat

29

FÉNYVEZETŐK SZÉLESSÁVÚ BERENDEZÉSEI

Gulyás András, Pataki István

Tartományok közötti terjesztési algoritmus a ProFIS architektúrához

35

Pándi Zsolt

Optikai börszt- és csomagkapcsolás

41

Zólmay Attila

Extrém sávszélességű elosztott erősítők tervezése

47

VÉLEMÉNY

Simonyi Endre

Be lettünk hálózva!

54

Címlap: Évezredekkel ezelőtt is nagy súlyt helyeztek a műsor minőségére (Taormina)

Főszerkesztő
ZOMBORY LÁSZLÓ

Szerkesztőbizottság
Elnök: LAJTHA GYÖRGY

BARTOLITS ISTVÁN
BOTTKA SÁNDOR
CSAPODI CSABA
DIBUZ SAROLTA

DROZDY GYŐZŐ
GORDOS GÉZA
GÖDÖR ÉVA
HUSZTY GÁBOR

JAMBRIK MIHÁLY
KAZI KÁROLY
MARADI ISTVÁN
MEGYESI CSABA

PAP LÁSZLÓ
SALLAI GYULA
TARNAY KATALIN
TORMÁSI GYÖRGY

Hasznosítsuk a sávszélességet!

(AUGUSZTUS)



Világszerte keresik, hogyan lehetne a folyamatosan csökkenő költségű átviteli kapacitásokat értékesíteni. A fényvezetők szálanként és hullámhosszonként 10-40 GHz átvitelére képesek. Várhatóan nem lesz korlát az alkalmazandó hullámhosszakban sem, így a távlatban számolhatunk 100 hullámhosszal, ami egyetlen szálon már 4 THz kapacitást jelent. Egy szállal egy háztömböt vagy egy kisebb falut lehet ellátni, és így a 40-80 szálat tartalmazó kábellel számos települést vagy lakótelepet érhetünk el.

Ezekből a számokból is érzékelhető, hogy 1 bit átvitele néhány ezred vagy milliomod dollárcent értékű infrastruktúrát vesz csak igénybe. Jelentős bevételhez tehát jobban kellene használni a földben fekvő értékeket. Beszédátvitellel maximum néhány százszor 64 kbit/sec sávszélességet tudunk felhasználni. Ha szöveget akarunk átvinni, akkor egy nyomtatott oldal 4000 karaktert tartalmaz és nyomdai minőséghez is elegendő karakterenként 8 bit. Ebből is a beszédhez hasonló nagyságrend alakul ki, mert 1 oldal 32 kbit, és ha valaki 100 oldalnyi információt akar távoktatás vagy távkereskedelem céljára felhasználni, akkor is csak néhány Mbit-re vagy annak tízszeresére van szüksége. A rendelkezésre álló sávszélességen ez a másodperc tört része alatt átvihető. Az is természetes sem beszédéből, sem adatátvitelből egy lakás vagy egy üzlethelyiség nem kíván egyidejűleg több információforrást vagy információnyelőt a hálózatra csatlakoztatni.

Ezek alapján gyorsan változó, nagy sávszélességet igénylő információkat kell átvinni, amelyeket egy lakásban többféleképpen és több célra is hasznosítani lehet. Jelenleg ez a szórakoztató távközlés. Közelítő statisztikai adatok szerint az európai háztartásokban 2002-ben 3500 játékra alkalmas konzol csatlakozott a hálózatra. 2004-re ezt a számot már 800 ezerre, 2006-ban 5 millióra és 2007-ben 10 millióra becsülik. Ugyanakkor úgy értékelik, hogy ezeket a konzolokat a felhasználók kb. 50%-a 5 óránál kevesebbet fogja használni, és legalább 35%-a ül majd 5 óránál hosszabb ideig a játékkonzol előtt. Más statisztikák szerint a lakásoknak több mint 40%-ában lesz két vagy több műsorvetélre alkalmas készülék, melyeken egyenként naponta átlagosan 7 óra időtartamig néznek körülbelül 1,5 Mbit/sec sebességgel közvetített képeket. Bár a távközlési szolgáltatóknak előnyös lehet, ha játékokkal hasznosítják az összekötteté-

seket, de ez nem visz közelebb az információs társadalomhoz, sőt, esetleg rossz irányba tereli a fiatalságot. Remélhető, hogy a közös munka, a tervezési programok hamarosan oly mértékben elterjednek, hogy hasznosan alkalmazzák a rendelkezésre álló távközlési eszközöket.

Bár a játék és a szórakoztató igénybevétel sem bizonyítja, hogy ezek fel tudnák használni a többhullámhosszos fényvezető rendszerek (DWDM vagy CWDM) teljes kapacitását. Remélhető viszont, hogy, ha olcsón el tudjuk juttatni a lakásokba a nagy sávszélességet, akkor a tartalomszolgáltatók is érdekeltek lesznek abban, hogy minden korosztály és minden érdeklődési körű felhasználó számára vonzó műsorokat kínáljanak. Ezen a területen tehát elképzelhető, hogy egyidejűleg egy lakásban több műorra és több játékkonzolra lesz szükség. Ide csatlakozik a tárolók centralizálása, a SAN hálózatok kialakítása és a jelzésrendszerek szerepének növelése az IP alapú átvitel minőségjavítása érdekében. Mindezekkel a Fényvezetők szélessávú berendezései című fejezetben foglalkozunk.

Ezek a világszerte előtérben lévő gondolatok készítették arra, hogy ebben a számban a műsor-készítés és továbbítás kérdéseivel foglalkozunk. Igyekszünk bemutatni a rugalmas műsorkészítéshez szükséges rádiós eszközök használatát, bemutatjuk a digitális videó műsorszórás működési módját, és foglalkozunk a kábeltévés megoldások fejlődésével is. Röviden emlékeztetünk arra, hogy a fényvezetők nagymértékű elterjedése ellenére lesznek területek, ahol a műholdas műsortovábbítás és műsorszórás még mindig a legkedvezőbb megoldás.

A továbbiakban igyekszünk végiggondolni, hogy az új árviszonyok mit jelentenek a távközlési és informatikai szolgáltatóknak. Sokáig az átvitel meglehetősen korlátozott volt és a kapacitások kilométerenkénti ára határozta meg a szolgáltatások gazdaságos megvalósítását. Nagy szerepe volt a forgalom koncentrálásának és az információ komprimálásának. Ha a sávszélesség rendkívül olcsón és nagy mennyiségben áll rendelkezésre, akkor az valószínűleg nem csak a pillanatnyi helyzetet befolyásolja, hanem a gyártók és szolgáltatók stratégiájára is hatással lesz.

Lajtha György

A rádiótechnika alkalmazása a mősorkészítésben

DR. FALUS LÁSZLÓ

tanácsadó mérnök, l.falus@chello.hu

A rádió- és a televízió-műsorok, híradók készítése, a filmek felvétele ma már igényli az eszközök mozgékonyágát és ezzel a rádiótechnika alkalmazását. Az élő rádióműsorok jó minőségű hangtovábbítása, a szereplők kábelenküli, rádiómikrofonja, az autóversenyek, sportesemények kábelenküli rádiókamerái, a filmfelvételeknél a kamerák által látott, rögzített képek továbbítása a rendezőhöz mind-mind a rádiótechnika adta lehetőségeken alapulnak. A várható fejlődési irányok alapján a rádiótechnikai eszközök iránti igény rohamos növekedése várható. E feladat megoldását elősegíti a digitális moduláció, amely a mősorkészítési helyszíneken adott terjedési körülmények között is hibátlan jel továbbítást tesz lehetővé.

1. Áttekintés

A mősorkészítésben alkalmazott, korábban elektronikus hírgyűjtés és külső közvetítés (Electronic News Gathering/Outside Broadcasting – ENG/OB), újabban a mősorkészítés és mősorszórás kisegítő szolgálata (Service Ancillary to Programm making/Service Ancillary to Broadcasting – SAP/SAB) nevet viselő rádiótechnikai alkalmazás eszközei és azok alkalmazásai a következők szerint foglalhatók össze [1]:

Felvételi eszközök:

- Rádió- vagy vezeték nélküli mikrofon, egybeépített, v. ruhára csíptethető külön adóval;
- Rádió- vagy vezeték nélküli kamera egybeépített adóval és antennával;

Hordozható összeköttetések:

- Mikrofon(ok) ruhára csíptetett, vagy zsebben hordott adóval, a rádiómikrofonénál nagyobb hatósugárral;
- Kézikamera különálló, általában háton hordott adóval és antennával;

Mozgó összeköttetések:

Autón, versenyautón, motorkerékpáron, sporthajón stb. elhelyezett mikrofon és kamera jelének átvitele;

Ideiglenes ponttól-pontig összeköttetések

a helyszín és a stúdió, vagy az állandó közvetítésvonal végpontja között;

Egyéb eszközök:

- Műholdas hírgyűjtés, amelynek a közismerten túlmenő, újabb változata az INMARSAT műholdakon keresztül történő, viszonylag kis adatsebességű, videotelefon jellegű átvitel;
- Földfelszíni, mozgó televízió-átvitel (T-ENG);
- Fülhallgató monitor (elterjedten fülmonitor / in-ear monitor – IEM):

fülhallgatóval működő miniatűr vevőkészülék, amellyel az előadók a közvetített hangot hallják;

d) Talk-back (lehetne feleselőnek nevezni): a rendező és a közreműködők, az operatőrök, mikrofonosok, világosítók és egyéb munkatársak közötti folyamatos, kétirányú kapcsolata.

Az Európai Rádiótávközlési Bizottság (ERC) Frekvencia-gazdálkodási munkacsoportja 2000-ben felmérte az SAB/SAP eszközök elterjedtségét. A 111 helyről (igazgatóságoktól, műsorszolgáltatóktól stb.) érkezett válaszokból kitűnik, hogy az egyes eszközök közül mennyiségileg, 84%-kal a rádiómikrofonok emelkednek ki. Elsősorban a 174-230 MHz (33%) és a 230-470 MHz (28%) frekvenciatartományokat használják.

2. Hang kapcsolatok

Rádiómikrofonok

A rádiómikrofonok úgy a mősorszórásban, mint a színpadtechnikában a legszélesebben elterjedt eszközök. Az alkalmazás igényei szerint a kézi-, a zseb- és a ruhára csíptethető kiviteletet használják.

A kézi mikrofonoknál a mikrofonmodul és az adó egy egységet képez, amely az akkumulátort is tartalmazza (1. ábra). A különböző akusztikai iránykarakterisztikájú mikrofonfejek általában könnyen cserélhetők.

1. ábra Kézi rádiómikrofon (Sennheiser SKF 5000 UHF)

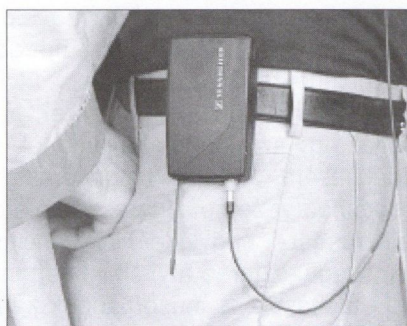


A kedvező súlyú kézi mikrofonokat elterjedten használják úgy énekeseknél, mint interjúalanyoknál. (E sorok írója némi iróniával megjegyzi, hogy a mikrofonok végére helyezett színes szivacs, amely a szél és a lélegzetvétel hatását hivatott csökkenteni és a hibás tartás következtében a szereplők arcának jó részét általában eltakarja, nem a nagyfrekvenciás átvitel miatt szükséges.)

A zsebben hordott és a ruhára, övre csíptetett változatnál a mikrofont és az adót kábel köti össze. A mikrofont a ruha alkalmas helyére, például a nyakendőre csíptetik vagy a fejre helyezik. Az adó, amelyet elterjedten mikroportnak neveznek, a műsorkészítés egyik legmostohább sorsú eleme, leejtik, ráülnek stb. A felcsíptetett mikrofonok helyzete sem könnyebb, a szereplő mozdulatai vagy ruhájának mozgása miatti súrlódás gyakran okoz igen zavaró zajokat (2. ábra).

2. ábra

Övre csíptetett rádiómikrofon adó (Sennheiser SK 1063)



Az analóg rádiómikrofonoknál nagylökötű (± 50 kHz) frekvenciamodulációt és a megkövetelt jel-zaj viszony érdekében általában az adóban dinamika kompressziót, a vevőben pedig expanziót alkalmaznak. A vivőfrekvencia a teljes sávban programozható és egyes mikrofonoknál a hangolási tartományon belül az előre beállítottak egyszerűen kiválaszthatók. A kisugárzott nagyfrekvenciás teljesítmény (EIRP) kézi mikrofonoknál általában 10 mW, ruhára csíptetett adóknál 50 mW.

A rádiómikrofonok működési környezete a stúdiók, színpadok és más, hasonló helyszínek a leggyakrabban alkalmazott deciméteres hullámok (UHF) terjedése szempontjából kedvezőtlen. További nehézséget jelent az antennával egybeépített adók elhelyezése és moz-

gása. A szabad térben közel kör alakú sugárzási karakterisztikát a szereplő teste jelentősen befolyásolja. A kézi rádiómikrofon főként előre, a ruha hátára csíptetett adó hátrafelé sugároz. A sugárzási karakterisztika előre-hátra viszonya elérheti a 20 dB-t.

A gyakran fellépő többutas terjedés a vételi szint jelentős, 40 dB-t is meghaladó ingadozását okozhatja. Ez az ingadozás a kedvezőtlen terjedési körülményekkel együtt elvezethet oda, hogy a vevőkészülék bemenőjele elégtelen lesz és az átvitelben kimaradások jelentkeznek.

Ennek elkerülésére diverziti vételt alkalmaznak, amelynek két, megfelelően elhelyezett antenna külön vevőkhöz csatlakozik. Egy elektronikus átkapcsoló ezek közül a nagyobb RF bemenőjelhez tartozó hangfrekvenciás jelet adja tovább. A diverziti vétel esetén az egyes vevőknél a jelminimum az adó különböző helyzeténél lép fel, az ingadozás nem haladja meg a 20 dB-t és így a teljes kimaradás elkerülhető. Akadálytalan terjedés esetén a ruhára csíptetett adónak a zaj által határolt működési távolsága a 450-900 MHz (UHF) tartományban 11-5,5 m között van, növekvő frekvenciával csökken.

Intermoduláció

A sok rádiómikrofonból álló stúdiók esetén és színházi nagy rendszereknél jelentős feladat az intermodulációs termékek hatásának elkerülése. Az intermoduláció következtében két vagy több jel jelenléte esetén egy nemlineáris elem nemkívánt zavaró termékek keletkeznek. Esetünkben az adóban és a vevőben egyaránt felléphet intermoduláció. Az adó végfokozatán nem csak a hasznos adóteljesítmény, hanem a közelben működő rádiómikrofontól az antenna által vett jel is megjelenik. A két jelből intermodulációs termék keletkezik. Hasonló a helyzet a vevőkészülék bemenetén.

A legegyszerűbb eset az, amikor két jel van jelen, a saját adó f_1 frekvenciájú jele és a vett f_2 frekvenciájú jel. Ekkor a legkisebb frekvenciatávolságban és legnagyobb színttel a harmadrendű

$$2 f_1 - f_2 = f_1 + (f_1 - f_2) \text{ és } 2 f_2 - f_1 = f_2 - (f_1 - f_2)$$

termékek jelennek meg.

A műsorkészítésnél használt eszközök számára engedélyezett frekvenciasávok

Alkalmazás	Európai ajánlás		Rádióalkalmazási táblázat	
	Hangolási sáv	Elsőbbségben részesül	Alkalmazás	Hangolási sáv
Rádiókamera	2025 – 2110 MHz 2200 – 2500 MHz 10,0 – 10,6 GHz 21,2 – 24,5 GHz 47,2 – 50,2 GHz	10,30 – 10,45 GHz 21,20 – 21,40 GHz 24,25 – 24,50 GHz	Általános alkalmazású (videóátviteli, stb. célú) kis hatótávolságú eszközök (SRD)	2400 – 2483,5 MHz 5725 – 5785 MHz 24,0 – 24,25 GHz
Hordozható videó összeköttetések	2025 – 2110 MHz 2200 – 2500 MHz 2500 – 2690 MHz 10,0 – 10,6 GHz	10,30 – 10,45 GHz	Videóátviteli alkalmazások (SRD)	10,434 – 10,50 GHz
Mozgó videó összeköttetések	2025 – 2110 MHz 2200 – 2500 MHz 2500 – 2690 MHz 3400 – 3600 MHz		Rádió- televízió hírányag és műsorátviteli célú analóg rádió összeköttetések	10,0 – 10,68 GHz 21,2 – 21,4 GHz 22,6 – 23,0 GHz

A zavaró jelek tehát a hasznos jelektől a frekvencia-különbséggel egyenlő távolságban jelentkeznek. Az adási frekvenciákat a tervezés során az intermodulációs frekvenciák közé helyezik el. A frekvenciák kijelölését számítógépes programok, kidolgozott táblázatok segítik. A vevőkészüléknél a zavarérzékenységet a nagyfrekvenciás védelmi aránnyal fejezik ki, amely a hasznos jelhez viszonyított frekvenciatávolság függvényében megadja a megengedhető szintet.

A vevőkészüléknek rádiómikrofonok sokasága és egyéb eszközök (kézi adó-vevők, mobil telefonok stb.) környezetben kell a beállított frekvencián sugárzott adást kifogástalanul vennie. Az első aktív elemet tartalmazó fokozatnak emiatt kitűnő nagyjel-tűréssel kell rendelkeznie, a keverő előtti meredek levágású szűrőnek pedig távol kell tartania a nem kívánt jeleket.

A vázba szerelhető, fiókos kivitelű vevőkészülékek mellett elterjedten alkalmazzák a kazettás rögzítővel egybeépített kamerákhoz, a kamkorderekhez alkalmazható egységeket. E készülékeket riportkészítésnél használják. Elhelyezésük a kamkorder hátsó szakaszán történik, áramellátásukat a közös akkumulátor szolgálja.

Digitális rádiómikrofonok

A műsorkészítésben elterjedten alkalmazzák a digitális rendszereket. A rádiómikrofonoknál a digitális moduláció bevezetését erősen szorgalmazzák, mégis nehezen valósul meg, annak ellenére, hogy ezt elsősorban a frekvenciagazdálkodási hatóságok szeretnék elérni, mivel ettől a spektrum kedvezőbb kihasználását remélik. A digitális átvitelhez az analógénál szélesebb RF csatornára van szükség, ami a közelmúltig nem állt rendelkezésre. A kérdésben előrelépést jelent, hogy a digitális rádiómikrofonok számára kijelölték az 1785-1800 MHz közötti, 50 MHz szélességű sávot, kézi mikrofonoknál 10 mW, ruhára csíptethető kivitelnél 50 mW teljesítménnyel. A digitális rádiómikrofon olyan alkatrészeket, chipkészletet igényel, ami az elektronikus egységnek az eddigi helyen, a mikrofon nyelében történő elhelyezését lehetővé teszi. Ezt a digitális hangjel-feldolgozó (DSP) integrált áramkörök elterjedésével a közeljövőben várhatóan rendelkezésre fog állni.

Egyike a már megjelent digitális rádiómikrofonoknak a Sennheiser cég Digital 1000 típusa. Érdekessége, hogy nem alkalmaz compandert. A készülék a 900-925 MHz tartományban működik, kimenő teljesítménye 0,5 mW. Dinamikája 120 dB, vevőkészüléke négyszeres diverzitit valósít meg. Áthidalható távolság átlátás esetén 85 m, kedvezőtlen körülmények között 24-40 m.

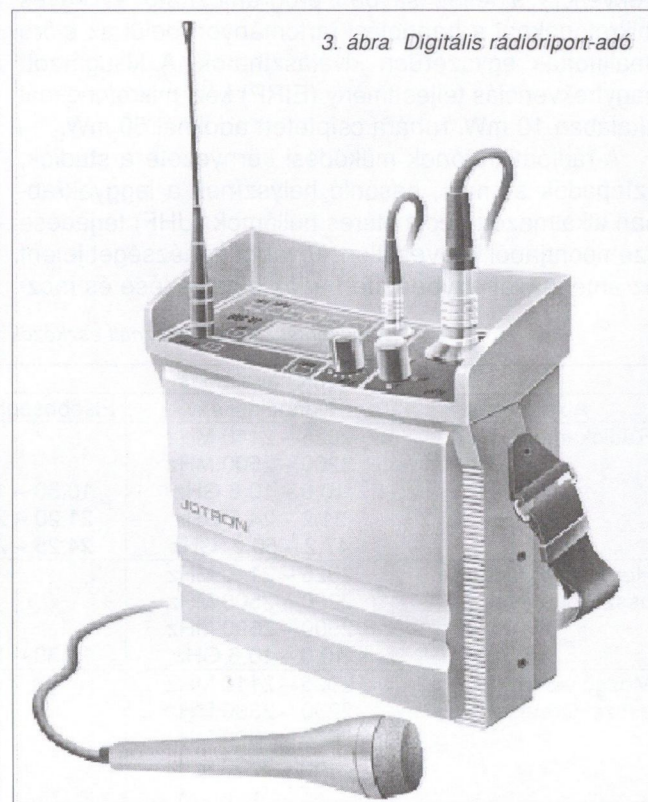
A teljes hangfrekvenciás sávszélesség és kiváló átviteli minőség lineáris kódolás esetén kb. 1 MHz RF csatornaszélességet igényel, szükség van tehát a bitsebesség csökkentésére, digitális kompresszió alkalmazására. Az analóg-digitális átalakítás, a digitális kompresszió és moduláció áramkörei jelentős helyigényvel és fogyasztással járnak, ami jelenleg meghaladja a kézi- de a ruhára csíptethető rádiómikrofonok lehetőségeit is. A fogyasztás üzemeltetési szempontból kri-

tikus, mivel a hosszú felvételek alatt szükséges telep-csere nehézséget okoz. Ezek a konstrukciós korlátok csak a megfelelő nagyintegráltságú áramkörök kifejlesztése esetén küzdhetők le. A rendelkezésre álló integrált áramköröket a tömeges darabszámú alkalmazásokhoz, pl. GSM készülékek beszéd átvitelére gyártják és azok sávszélessége és mintavételi sebessége közel sem felel meg a rádiómikrofonok igényének.

Fülmonitor

A szereplők, zenészek igényére alakult ki a fülmonitor (In-ear Monitor – IEM) rendszer, amellyel az előadók fülhallgatójukon a saját mikrofonjuk által felvett vagy a kevert jelet hallgathatják, ellenőrizhetik. A rádiós megoldással elkerülhetők, hogy a színpad szélén elhelyezett, befelé irányított hangdobozok gerjedés forrásai legyenek. A rendszer a keverőasztalhoz csatlakozó többnyire sztereó adóból, az előadónál elhelyezett zseb-vevőkészülékből és füldugós hallgatóból áll. Ezzel lehetőség van utasítások átvitelére is. A fülmonitort a színpadon a hangszerek hangja mellett használják, így az előadók hajlamosak a nagyobb hangerő beállítására. A nagy hangnyomás viszont halláskárosodáshoz vezethet, így ezzel óvatosan kell bánni. Az IEM rendszer nagylökötű frekvenciamodulációval kiváló minőségű, sztereó átvitelt valósít meg.

Utasítások és műsorhangok kamerák előtti szereplőkhöz történő, korlátozott minőségű átvitelére alkalmazzák a halláskárosultak számára készülő vevőket is. E füldugóba épített, miniatűr, gyárilag beállított frekvenciájú vevőkkel így olcsóbb megoldás is rendelkezésre áll.



3. ábra. Digitális rádióriport-adó

Hordozható és mozgó audio összeköttetések

Már a kezdeti idők óta jelen vannak a mősorkészítésben a rádiós átvitel eszközei. Kezdetben külön e célra készített adók továbbították a hajókról, repülőgépekről, léghajókról stb. a riporter hangját. A rádiótelefonokkal új eszköz jelent meg a lehetőségek között, ami egyben a stúdióból küldött szolgálati közlések átvitelét is biztosította. A lehetőség a mobil távközlés, a GSM elterjedésével jelentősen szélesedett. Ez sok esetben elfogadhatatlan minőséghez vezet, elsősorban azonban a tudósító felkészületlensége, illetve a mobilkészülék felületes elhelyezése, és nem a rendszer korlátai miatt.

Zenei minőségű átvitelhez az eszközök évtizedek óta rendelkezésre állnak. Korábban a még nem túlsúlyolt URH műsorszóró sávban, ma azon kívül biztosítanak frekvenciát e célra. A vállon hordozható vagy a gépkocsiba beépíthető adó kb. 10 W teljesítményével, kedvező frekvencia és terep esetén 10 km is áthidalható. Az élő műsorok lebonyolítása a visszirányú közlések lehetőségét igényli, aminek vételét beépített vevő szolgálja.

A gyártmányok között megjelentek a digitális modulációjú készülékek. Beműveljük analóg, vagy az AES/EBU szabványnak megfelelő digitális jel. Forráskódolásuk az ISO/MPEG 1 és 2 Layer II. rendszereknek felel meg (3. ábra).

3. Video-kapcsolatok

Rádiókamerák

A televízió adásoknál régóta igénylik, hogy a kamera ne kábellel, hanem rádióösszeköttetéssel kapcsolódjon a közvetítőkocsizhoz. Így nagyobb mozgékonyág valósítható meg (helikopterről, autóból, motorkerékpárról). A mozgó kamerák alkalmazására elsősorban sporteseményeken kerül sor. Ilyen volt a 2001. évi bécsi Maraton, amelyen helikopteren és motorkerékpáron elhelyezett kamerákat használtak. A motorkerékpárok adóinak jeleit helikoptereken lévő átjátszókon keresztül, a 2 GHz-es sávban továbbították a közvetítőkocsizhoz.

A rádióösszeköttetéssel csatlakozó kamerák első korszakában a felvételi oldalon két személyre volt szükség. Az operatőr vitte és kezelte a kamerát, ami kábellel csatlakozott a technikus által, a hátán szállított adóhoz. Az adóantenna a terjedési körülményektől és a távolságtól függően körsugárzó vagy irányított volt. Az utóbbit az adót szállító technikusnak kellett a vevőantenna felé fordítania. Kedvezőtlen esetben a vevőantennával is követni kellett az adó mozgását.

Az alkatrészek fejlődése lehetővé tette az adó méretének, súlyának és teljesítményfelvételének csökkentését és ezzel a kamerával egybeépíthető készülék kidolgozását. Az adó a kamera hátoldalára került, az antenna rövid rúdra szerelve emelkedik ki a környezetből. A kb. 100 mW teljesítményű, 1,5 GHz-nél nagyobb

frekvenciájú adó súlya 0,5-1 kg. A moduláció kb. ± 5 MHz löketű analóg frekvenciamoduláció. A megfelelő minőségű átvitel biztosítása, különösen a kamera mozgása, a nagy távolság és kedvezőtlen környezeti körülmények esetén igen nehéz. A fading és a többutas terjedés gyakran okoz zavart a közvetítésben. A megoldást a digitális átvitel teremti meg.

Digitális rádiókamerák

A digitális televízió fejlesztése a régóta folyó kísérletekhez kapcsolódva az 1980-as évek végén felgyorsult. A Mozgóképek Szakértői Csoport (MPEG) kidolgozta és szabványosította a kép és a hozzátartozó hang kódolási megoldását. Ez, az MPEG-2 néven elterjedt módszer gyakorlatilag megvalósítható sebességgel tette lehetővé a rögzítést és az átvitelt. A digitális televízió fejlesztésére 1993-ban alakult DVB Projekt dolgozta ki az átvitel különböző megoldásait és szabványait. E tevékenységben jelentős szerepük volt az angol BBC munkatársainak, akik 1998-ban megkezdték a digitális rádiókamera fejlesztését. [2]

A DVB Projektben a földfelszíni műsorszórásra kidolgozott szabvány és a részét képező ortogonális moduláció (COFDM) alkalmas a kamera jeleinek továbbítására a reflexiós, többutas terjedésű közegben. Később az adóegység DVCPRO kódolóból, továbbá COFDM modulátorból állt és a 2,3-2,5 GHz sávban 80 mW kimenő-teljesítménnyel működött. Fontos előrelépésként értékelték, hogy a jelfeldolgozás késleltetése a korábbi 18 képnek megfelelő időről 2,5 képre csökkent. A késleltetési idő azért lényeges, mert egy rendszeren belül együtt használnak rádióösszeköttetéssel és kábellel csatlakozó kamerákat. A kétféle módon csatlakozó kamerák által, azonos irányból felvett képek közötti nagyobb időkülönbséget átkapcsoláskor, vágáskor a néző érzékeli. Ugyancsak zavarólag hat a késleltetés a szájszinkronra, ami a kép késését jelenti a hanghoz képest. Ma már rendelkezésre állnak a rövid késleltetésű MPEG-2 kódolók.

A digitális rádiókamera a BBC kísérleteit követően kikerült a kutató laboratóriumból. A kereskedelmi forgalomba került professzionális rádiókamerák az adóból, a vevőből és az antennából állnak. A készülékek többségét kizárólag a 2 GHz-es sávra gyártják. Az adóegységek az elterjedt ENG kamerákra rögzíthetők, áramellátásuk a kamera akkumulátorából történik. A bemenetek illeszkednek a kamerák kimeneteihez. Az adó videó bemenete analóg kompozit (PAL), komponens és soros digitális (SDI), az audio bemenet analóg hangfrekvenciás (mikrofon vagy vonal-szintű) vagy digitális (AES/EBU) jelek fogadására alkalmas. A tömörítés kizárólag MPEG-2 rendszerű, az MP@ML (4:2:0) és 422@ML (4:2:2) profiloknak és szinteknek felel meg, így alkalmas az 1,5-50 Mbit/s sebességtartomány feldolgozására. A jelfeldolgozással összefüggő késleltetési idő, amely az adóból és a vevőből álló teljes rendszerre vonatkozik az 1-4 képnek megfelelő tartományban van és ez elfogadható.

A COFDM moduláció a DVB-T szabvány szerinti, az előre irányuló hibajavítás (FEC) és a védelmi intervallum értéke beállítható. A moduláció általában QPSK vagy 16QAM. Az adóteljesítmény tipikusan 100 mW. A tápfeszültség 11-18 V és illeszkedik a kamera akkumulátorához, a teljesítményfelvétel kb. 20-50 W. A fejlesztőknek sikerült a kamerához illeszkedő, kisméretű, a kódolót is tartalmazó adóegységet alkotniuk, amelyek súlya 1-2 kg.

A vevőoldali készülékek két egységből állnak. Az egyik az antennától érkező jelet az UHF TV sáv (470-862 MHz) választható csatornájára keveri le. A keverő oszcillátoránál kis fáziszajra törekedtek. A lekevert jelet fogadó egység tulajdonképpen a DVB-T vétel elterjedt, de a professzionális követelményeknek megfelelő egysége. Különös gondot fordítanak a késleltetési időre. Az analóg és a digitális kimenetek egyrészt illeszkednek a fogadó berendezés, a közvetítőkocsi bemeneteihez, másrészt kiegyenlítik az esetleg hosszú koaxiális kábel csillapítását. A teljes rendszer jellemzői a környezettől függően több száz méter áthidalását teszik lehetővé (4. ábra).

4. ábra Rádiókamera (Hitachi)



Hordozható és mozgó video-összeköttetések

A televízió műsorok készítői régóta igénylik a mozgó kamerák alkalmazását társadalmi rendezvények és sportesemények közvetítésénél. Fokozódó igény jelentkezik a váratlan események, nem tervezett helyszínről történő, a helyszínrre érkezés után azonnal megkezdhető élő adások, tudósítások iránt is. E célra, különösen az Egyesült Államokban régóta és elterjedten alkalmazzák a helikoptert, amelynek fedélzetéről a kamera által felvett képek és a tudósító hangjának jelét rádióösszeköttetés juttatja el a stúdióba. A helikopter előnye a mozgékonyaság, a jó rálátás és a kitűnő rádiós átlátás a vevőpontra, hátránya viszont, hogy általában nem tud a helyszínen leszállni és költséges. Ezek a körülmények vezettek a hordozható, könnyen telepíthető és az autóba szerelt rendszerekhez, melyek COFDM modulációt alkalmaznak és a DVB-T szabványon alapulnak. [3]

Nézzünk egy példát:

Az adóoldali egységeket komplett képvágó és hangkeverő pulttal együtt mikrobuszba építették. A berendezés analóg videó- és sztereó hangjelet, valamint digitális (SDI) videó- és (AES/EBU) hangjelet fogad. A forráskódolás az MPEG-2 4:2:0 formátumú, amelynek bővítését tervezik 4:2:2-vel. A nagyfrekvenciás csatorna szélessége 8 MHz, az adatsebesség 1,5-15 Mbit/s közötti. A 2k vivőkészlet modulációja QPSK vagy 16 QAM. A hibavédelem (FEC) és a védelmi intervallum beállíthatók. Az adófrekvencia sávja 2,3-2,5 GHz vagy 10,4-10,68 GHz. A kódolót, a modulátort és a 2 GHz-es sávú felkeverőt a kocsiba építették be. Az egy egységet alkotó adóerősítőt és antennát kitolható árboc végén lévő forgatható és billenthető fejre szerelték. A 2 GHz-es és a 10 GHz-es üzemnek megfelelően cseréljük az erősítő és antenna egységet. A 10 GHz-es egység a 2 GHz-ről 10 GHz-re felkeverőt is tartalmazza. Kétféle antennát használnak: a kb. 5 dB nyereségű körsugárzót mobil üzemben, a kb. 18 dB nyereségű irányított állóhelyben alkalmazzák. A vevőberendezést a Deutsche Telekom távközlési tornyaiba helyezik el. Az antennarendszerek hat irányított antennából állnak, amelyek kapcsolón keresztül csatlakoznak a vevőberendezéshez. A vétel így bármely irányból lehetséges úgy, mint egy forgatható antennával, de azt a torony csúcsán kellene elhelyezni, ami általában nem lehetséges. A vevő az antenna közelében elhelyezett előerősítőből, a mikrohullámú jelet 70 MHz-es középfrekvenciára lekeverőből, demodulátorból és dekódolóból áll. A kimenő jelek a továbbító hálózat számára analóg vagy digitális formában állnak rendelkezésre (5. ábra).

A hatósugár közvetett átlátás esetén, mindkét sávban 5 km, közvetlen átlátás esetén a 2 GHz-es sávban 20 km, a 10 GHz-es sávban 10 km, mobil üzemben a 2 GHz-es sávban 5 km. A tapasztalatok szerint a közvetítés szűk belvárosi utcákból és belső udvarokból, közvetlen átlátás nélkül is lehetséges. Mozgó közvetítőkocsiból sikeres volt az átvitel még városi közlekedésből is, 70 km sebességig. A rendszert különböző felvonulások és maratoni versenyek közvetítésénél alkalmazták Berlinben, Kölnben és Zürichben. A készülékeket fémdobozba, az erősítő és antenna egységet háromlábú állványra szerelve és yachtra telepítve tengeri vitorlásversenyt is közvetítettek. Kialakították a közvetítőkocsi és a vevőállomás közötti, GSM hálózaton keresztüli kapcsolatot. Ez az összeköttetés egyrészt tájékoztatja a kocsiban lévő kezelőt a vételi szintről, másrészt biztosítja az antennakapcsoló távvezérlését, így az antennák beállítása optimalizálható. A GPS helymeghatározó rendszer segítségével tervezik az antennák automatikus irányba állítását, továbbá a FlexRepo rendszernek Németország nagyvárosaiban történő kiépítését.

Video-asszisztens

A filmkamerára az optikai keresőn kívül általában videokamerát is fel lehet szerelni, ami ugyanazt a képet látja. Az előzővel a gép mögött ülő operatőr követi a felvett



5. ábra Digitális közvetítőkocsi antennaegysége (FlexRepo)

képet, az utóbbi egy, vagy több monitorhoz csatlakozik, amelyeken a rendező és munkatársai ellenőrzik a felvételt. Gyakran fordul elő, hogy a kamera helyzete vagy mozgása nem teszi lehetővé a videójel kábeles továbbítását és ekkor, a rádiókamerához hasonlóan történik a továbbítás a monitornál lévő vevőhöz. Az eszközt kábelnélküli video-asszisztensnek (wireless video assist) nevezik.

Műholdas átvitel

Az elmúlt néhány év eseményei, a háborúk és katasztrófák nyomán kialakult a televíziós tudósítások bejuttatásának új formája a távoli, korszerűtlen távközlési helyekről. Az ezekről a helyszínekről a normál műholdas közvetítés még a hordozható (fly away) berendezéssel is nehézségekbe ütközik. A megoldást a képtelevon (Videophone) szabványok és az átmeneti tárolási (Store and Forward) technika teremtette meg.

Az INMARSAT rendszer műholdjain keresztül a Föld bármely pontjáról, bármely országgal létesíthető ISDN kapcsolat. A Nemzetközi Távközlési Unió (ITU) keretében kidolgozott videokodek szabványok megalapozták a kép és a hang együttes átvitelét az ISDN hálózatokon. A televíziós híradók készítőinek a következő két lehetőségük van. Ha élő, egyidejű bejelentkezésre van szükség, akkor meg kell elégedniük a videotelevon képfelbontásával és a nagyfokú tömörítésből adódó nem folyamatos, „darabos” képátvitellel vagy ha a híra-

dók szokásos (ENG) minőséget igénylik és a tudósítás a helyszínen az adás előtt kellő idővel elkészül, akkor a közbenső tárolási megoldást választhatják.

A „tárol és továbbít” (Store and Forward) néven ismert megoldásnál a helyszínen a videó- és hangjelet az MPEG rendszernek megfelelően, az igényelt minőségnek megfelelő mértékben tömörítik, tárolják és a rendelkezésre álló INMARSAT ISDN kapcsolaton keresztül továbbítják. A fogadó oldalon az adatfolyamot tárolják, majd az eredeti adatsebességgel kiadják további felhasználásra. A megoldás természetesen lassú és a műholdas csatorna költsége miatt drága, de bejelentkezési lehetőséget biztosít a Föld bármely pontjáról.

Az élő bejelentkezésre alkalmas „Talking Head” elnevezésű, kizárólag épített készülék az ITU-T különböző kódolási szabványai szerint képes tömöríteni az átvitelre kerülő képet és hangot. Bemenetére kamkorde és mikrofon(ok) csatlakoztathatók. A kép ellenőrzését 16 cm átlóméretű színes kijelző biztosítja. A továbbítás külön egységet képező, ugyancsak táskaméretű, könnyen üzembe helyezhető INMARSAT telefontörténik. A „tárol és továbbít” rendszerre alkalmas a „VOYAGER LITE” készülék. Az MPEG-1 vagy MPEG-2 szabványnak megfelelő tömörítés és a tárolás Notebook-ban történik. Az INMARSAT telefon itt is külön egységet képez. A vételi oldalon az INMARSAT végberendezéshez csatlakoztatott Xchange nevű készülék a jelet visszaállítja PAL kompozit, komponens vagy Y/C jellé.

4. Nemzetközi és hazai dokumentumok

A rádiótechnikai eszközök alkalmazásának alapvető feltétele, hogy alkalmas frekvenciasávok legyenek felhasználhatók. A CEPT (Postai és Távközlési Igazgatások Európai Értekezlete) egyik bizottsága, az ERC (Európai Rádió-távközlési Bizottság), illetve újabban ECC (Elektronikus Távközlési Bizottság) a tagországok közreműködésével jelentős kutató munkát folytat. Ezek eredményeit mindenki számára hozzáférhető ajánlásokban és jelentésekben teszik közzé. A műsorkészítés rádiótechnikai eszközeinek területén régóta foglalkoznak a rádiómikrofonok, a hírgyűjtés (ENG) és a külső közvetítések (OB) témakörével.

Az ITU (Nemzetközi Távközlési Unió) és az ERC ajánlásai alapján, a magyar sajátosságok figyelembevételével adják ki a hazai jogszabályokat, amelyek alapján végzi a Hírközlési Felügyelet szabályozó és hatósági tevékenységét.

a) Ajánlás a rövidtávú eszközök (SRD) használatára (ERC REC 70-03)

Az Ajánlás kidolgozói abból indultak ki, hogy ma már számos kis hatótávolságú eszköz létezik. Ezek kis valószínűséggel okoznak zavart más készülékek kapcsolatában, így vonatkozásukban célszerű külön előírásokat alkalmazni. A műsorkészítésben leggyakrabban használt eszköz, a rádiómikrofon is ebbe a kategóriá-

ba tartozik. Főbb szabályozási jellemzőit az Ajánlás 10. számú melléklete tartalmazza.

b) Frekvenciasávok ideiglenes földfelszíni audio- és video SAP/SAB (ENG/OB beleértve) összeköttetésnél történő használatra (ERC REC 25-10)

Az Ajánlás valamennyi, a műsorkészítésnél alkalmazott rádiótechnikai eszköz által használható sávot tartalmazza.

c) A nemzetközi Ajánlás és a hazai előírás

Az ERC Ajánlásban és a hazai rendelkezésben a műsorkészítésnél használt eszközök számára engedélyezett frekvenciasávokat célszerű együtt áttekinteni (*lásd a cikk elején található táblázatot*).

A hazai előírást a Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázata (FNFT) alapján, a polgári frekvenciahasználatra készített, miniszteri rendelettel (6/2003. IHM rendelet) kiadott Rádióalkalmazási táblázat jelenti.

Rádiómikrofonok

A professzionális felhasználásra vonatkozó Ajánlás (ERC REC 25-10) a következő sávokat tartalmazza, a fülmonitoroknál (IEM) alkalmazhatókat is beleértve:

174-216 MHz
470-862 MHz
1785-1800 MHz

A 863-865 MHz sáv is alkalmazható, de azt nem-professzionális eszközök (vezetéknélküli fejhallgatók stb.) is használják. Előnyben részesítik az 1785-1800 MHz sávot. A kis hatótávolságú eszközökre vonatkozó ajánlás (ERC REC 70-03) tartalmazza még a 29,7-47,0 MHz sávot is, de ezt ma már professzionális célra gyakorlatilag nem használják.

A hazai szabályozás valamennyi, az ERC ajánlás szerinti sávot, a 863-864,1 MHz-t is engedélyezi azzal, hogy 864,1 MHz alatt analóg, az 1785-1800 MHz sávban digitális modulációt kell alkalmazni. A vonatkozó honosított európai szabványok az elektromágneses összeférhetőséget biztosító követelményeket tartalmazzák.

Analóg hang- és video összeköttetések

Hordozható (portable), mozgó (mobile) és ideiglenes pont-pont (temporary point-to-point) összeköttetések.

Az európai ajánlás (ERC REC 25-10) igen általánosan a VHF/UHF sávokat tünteti fel, mintegy az egyes országok hatóságaira bízva a szabályozást. Ezekre az eszközökre vonatkozólag a Rádióalkalmazási táblázat – részben összevonva a hang- és a video-összeköttetéseket – a következőket tartalmazza:

Rádióhírányag átvitele:	214-223 MHz
Televízióhírányag átvitele:	190-214 MHz
Változó telephelyű rádió- és televízió-hírányag átvitele:	470-654 MHz 678-734 MHz 742-782 MHz

A Rádióalkalmazási táblázat előírja még, hogy szerkesztetlen műsorok átvitelénél kódolási technikát kell alkalmazni.

Rádiókamerák (Cordless camera)

Hordozható, mozgó és ideiglenes pont-pont összeköttetések.

Az európai ajánlás (ERC REC 25-10) és a Rádióalkalmazási táblázat a *Táblázat* szerinti sávokat tartalmazza. Az európai ajánlásban különböző megjegyzések vannak arra, hogy az egyes országokban használt mobil távközlési, adatátviteli stb. összeköttetések miatt a sávokat részben vagy egészben műsorkészítési célra nem engedélyezik. Az ajánlásban és a Rádióalkalmazási táblázatban hivatkozott európai (EN) és honosított európai (MSZ EN) szabványok az elektromágneses összeférhetőségre vonatkozó előírásokat tartalmazzák.

5. Kitekintés

A rádió- és a televízió-állomások számának növekedésével együtt a közeljövőben jelentősen emelkedik majd a műsorkészítők által használt rádiótechnikai eszközök száma is. Ez a műsorcsatornák közötti verseny egyik legfontosabb összetevőjének, a gyors riportkészítésnek egyik alapeleme. Az egyik nagy londoni színházban jelenleg átlagosan 26 rádiómikrofon csatornát használnak, ami a következő években várhatóan a kétszeresére fog emelkedni. Ugyancsak Londonra vonatkozó becslés szerint tíz éven belül a TV híradók forgatócsoportjai számára 10-15 rádiókamera csatorna lesz szükség.

A fejlődés egyik meghatározó elemét a rendelkezésre álló frekvenciaterjedelem adja. Remélhető, hogy a digitális földfelszíni televízió műsorszórás elterjedésével nagy valószínűséggel felszabaduló csatornákból a műsorkészítés eszközei számára is jut majd.

Irodalom

1. Revised ERC Recommendation 25-10
Frequency Ranges for use of Temporary Terrestrial Audio and Video SAP/SAB Links
(Incl. ENG/OB)
2. The BBC Digital Radio Camera Project
BBC R&D White Paper WHP 024,
February 2002
3. Th. Bredenbeck, W. Bauer:
DVB-T-Nutzung für TV-Reportagen und
AV-Streaming_Anbindungen
Fernseh- und Kino-Technik,
10/2002. 577. oldal

A digitális videomoduláció

ZIGÓ JÓZSEF, mérnök

CableWorld Kft., cworld@axelero.hu

A digitális televíziótechnika hazai bevezetésével kapcsolatban sokszor hivatkozunk a pénzforrások szűkösségére és a törvényi szabályozottság hiányosságára, de meglehetősen ritkán beszélünk a szakmai felkészültség szintjéről. E cikk igyekszik áttekinteni a digitális televíziótechnika kérdéseit.

Bevezetés

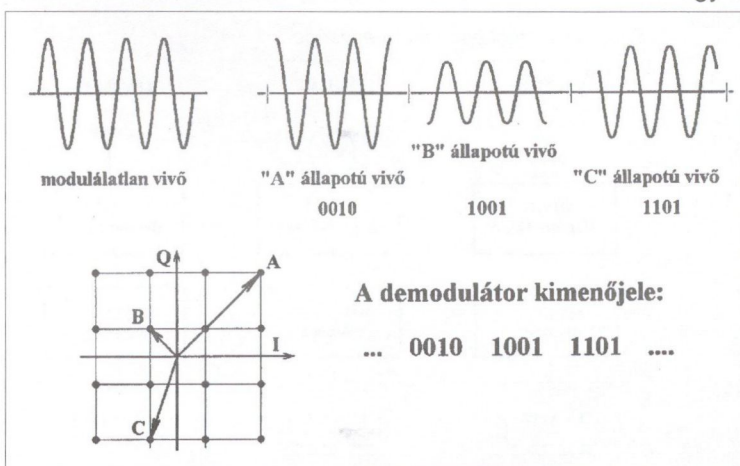
A digitális televíziótechnika alkalmazásánál az AM vagy FM moduláció helyett olyan modulációs módot választunk, amely jól igazodik a digitális adatfolyamhoz. Ezért

- a műholdas műsorszórásban a QPSK-,
- a kábeles átvitelnél a QAM-,
- a földi műsorszórásban az OFDM modulációt használják.

Mind a háromról egyszerű képet kaphatunk, ha megismerkedünk a QAM moduláció lényegével. A QAM modulációnál a vivőt egy jól meghatározott ideig előre megbeszélte amplitúdó- és fázishelyzettel továbbítjuk, majd ezt követően ugyanennyi ideig egy ismét másik, de a vevő által ismert amplitúdó- és fázishelyzettel továbbítjuk. Ily módon a moduláció nem áll másból, mint egymást követő adott amplitúdójú és fázisú szinuszhullám darabkák összegéből (1. ábra).

Az időtartományban nehéz megmutatni a pontos amplitúdó- és fázishelyzetet, ezért bevezették a konstellációs diagramot, amely nem más, mint a vivő darabkák „állandósult” amplitúdó- és fázishelyzetét szemléltető vektordiagram. Mivel a modulálatlan vivőnek a továbbiakban nincs szerepe, a vivőt ezen a rajzon már fel sem tüntetjük. A tengelyek melletti I és Q betűk még a vivővel azonos és az arra merőleges fázishelyzetet

1. ábra A QAM modulált jel szemléltetése az időtartományban



sugallják, azonban a továbbiakban a modulálatlan vivő elveszíti az analóg technikában megszokott jelentőségét. Amikor 16 QAM üzemmódban dolgozunk, akkor a fázis-amplitúdó „térképen” 16 különböző állapotot jelölünk ki. Az átvitel során mindegyik állapothoz egy bitkombinációt rendelünk, és amikor a vivő vektora egy-egy állapotra ugrik, akkor a kimenőjel az ehhez az állapothoz tartozó bitkombináció. A példaként említett 16 QAM moduláció esetében a 16 állapottal 4 bit kombinációi írhatók le, azaz egy-egy állapot 4 bitet visz át egyszerre (lásd az 1. ábrát).

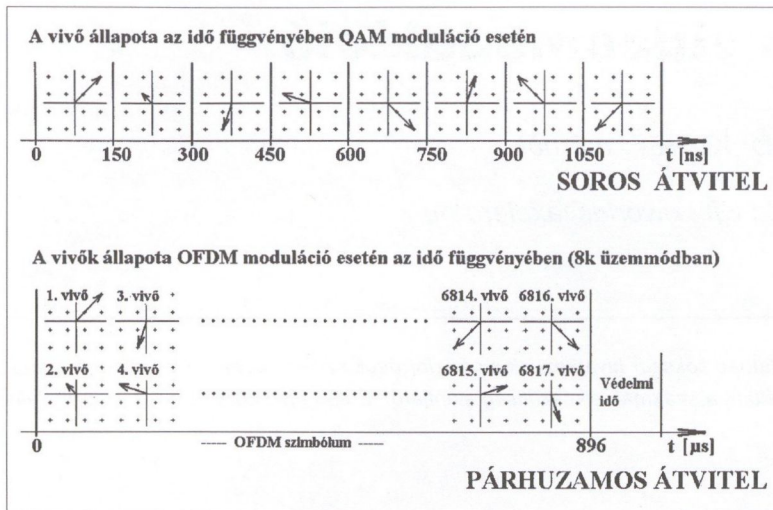
A műholdas átvitelnél használt QPSK modulációnál az amplitúdó nem változik, tehát a 4 QAM elfajuló esete.

A QAM és az OFDM moduláció összehasonlítása

A QAM moduláció megvalósítási nehézségei akkor derülnek ki, ha számolgatni kezdünk. A napjainkban szokásos kábeles alkalmazásoknál a szimbólumsebesség 6,875 és 7 MS/s között van. Ez azt jelenti, hogy egy-egy szimbólum, amely alatt a vivő amplitúdója és fázisa nem változik, kb 150 ns. 36 Mhz-es középfrekvencián ennyi idő alatt mindössze 5...6 periódus hosszúságú jel tud kialakulni. A tranziensek miatt az első egy-két és az utolsó egy-két periódus jelentősen torzul, így alig két-három periódus marad arra, hogy a pontos fázis- és amplitúdóhelyzetet meghatározzuk. Könnyen belátható, hogy demodulálásra az analóg fázisdetektorok nem használhatók. Digitális megoldásokat kell alkalmazni, melyek 150 ns alatt kiszámolják az aktuális állapotot.

Az OFDM modulációnál sok-sok vivőt állítunk elő egyszerre, ezeket mind külön-külön moduláljuk QAM üzemmódban, majd ezt az állapotot viszonylag sokáig fenntartjuk. A kimenőjel ennek a sok vivőnek az összegzett analóg jele.

8k üzemmód esetén a 8 Mhz-es csatornában 6817 vivőt helyezünk el és a modulált állapotokat 896 ms-os időtartományban változatlanul továbbítjuk. Ezt a folyamatot szemlélteti a 2. ábra.



2. ábra A QAM és az OFDM moduláció összehasonlítása az időtartományban

Az előbbi megállapítással összevetve itt az átvitel nagyon emlékeztet a párhuzamos átvitelre. A demodulálás megvalósításánál is igen gyors számítástechnikát kell bevetni.

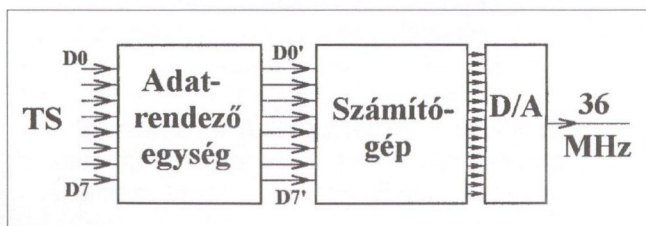
A QAM és az OFDM demodulátor kimeneti adatait is az átvitel jellegének megfelelően kapjuk meg. Könnyen belátható, hogy az 1. ábra szerinti QAM jel vételénél a demodulátor 150 ns-onként ad ki egy-egy 4 bites adatot, az OFDM demodulátorunk viszont sokáig nem ad ki semmit, majd a szimbólum végén jelzi, hogy az adatok demodulálva készen vannak. Mivel ilyen nagy mennyiségű adat egyszerre vezetéken vagy csatlakozón nem vihető át, így az adatok a demodulátor memóriájába kerülnek és onnan lehet kiolvasni azokat. A demodulátor valójában azt jelzi a szimbólum végén, hogy a memóriában lévő adatmennyiség valós, elvihető.

A QAM és az OFDM jelek előállításának lépései: az álvéletlen jel hozzáadása, a hibajavító kódok beültetése. A megvalósítás technológiai oldaláról ezeket a műveleteket a 3. ábrán rajzoltuk fel.

Ezzel a szemlélettel a modulátorok a következő három részre bonthatók:

- Az első egység egy adatrendező, amelyben a bemeneti adatokat dolgozzuk fel.
- A második egység egy számítógép, amely a bemenetére érkező adatokhoz olyan adatfolyamot rendel, amelyet a D/A átalakítóra adva megkapjuk a kívánt modulált kimenőjelet.
- A harmadik egység a digitál-analóg átalakító, melynek kimenetén analóg jel jelenik meg. A kimenőjel modulált, szűrt karakterisztikája zavarmentes, további jelformálásra, szűrésre alig van szükség.

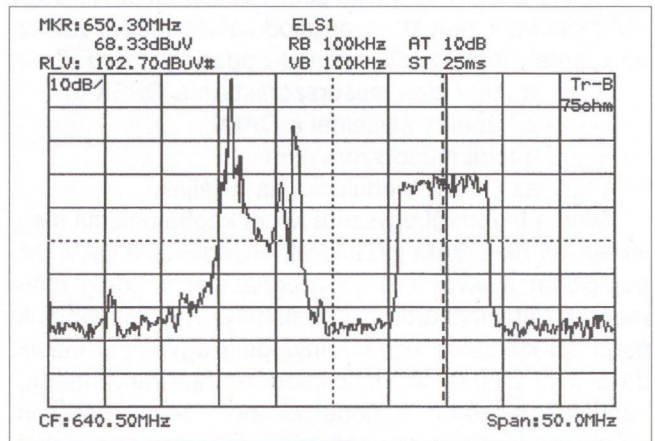
3. ábra A QAM és az OFDM modulátor felépítése



A QAM és az OFDM vevők felépítése

A vevőkészülék, ezen belül is elsősorban a DVB-T vevő kialakítása a feladatunk, ezért nézzük meg a bemenőjelet. Budapesten a földi digitális jelet a 43-as csatornán 1 kW-tal sugározzák. Alatta a 41-es csatornán egy 20 kW-os analóg adó működik. A vizsgálat helyén, a XI. kerületben felállított vevőantennán a 4. ábra szerinti spektrum jelenik meg.

A jel kiválóan alkalmas a vevők vizsgálatára, zavarokat nem tartalmaz, a 41. analóg csatorna jelét, mint zavaró jelet, a vevőnek el kell viselnie. Korábban, amikor a digitális adás teljesítménye még sokkal kisebb volt, a vevők bemenetén szűrőt kellett alkalmazni a 41. csatorna jelének részleges elnyomására.

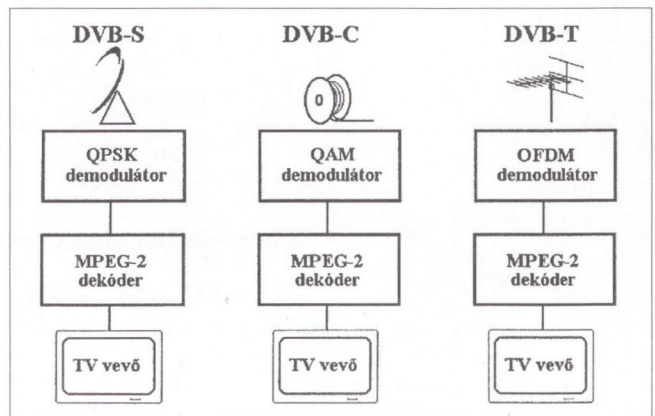


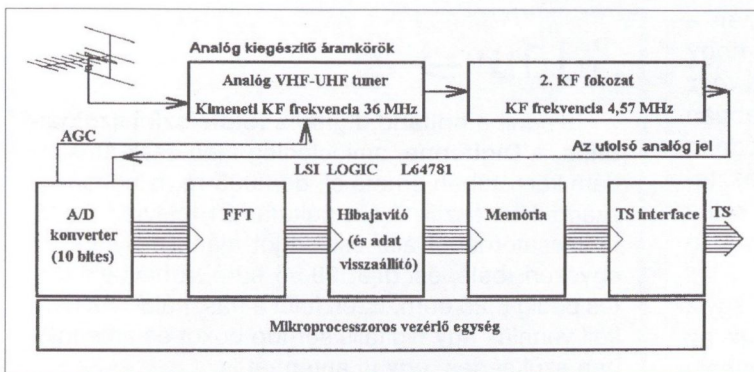
4. ábra A vételi jel spektruma, a bal oldalon: 41-es csatorna, analóg, 20 kW a jobb oldalon: 43-as csatorna, digitális, 1 kW

A digitális televíziótechnika vevőkészülékeivel napjainkban még csak a set top box formában találkozhatnak, és külön-külön készülék szolgál a műholdas, a kábeles és a földi jelek vételére. A készülékek felépítését mutatjuk be az 5. ábrán.

Mint látható, a három készülék struktúrája azonos, a bemeneti demodulátort egy MPEG-2 dekóder követi, s ennek kimenőjele kerül a tv-vevőkészülékre. Cél szerű

5. ábra A vevőkészülék fő egységei





6. ábra Az OFDM demodulátor felépítése

egy olyan univerzális vevő kialakítása, amelyben három bemeneti demodulátor van, illetve amelynél a három demodulátor egyesítve van. A távol-keleti gyártók így gyártják a különböző set top boxokat, csak a bemeneti demodulátort és a szoftvert cserélik. A vevők sorozatgyártása akkor indul, ha elkészül a három demodulátor típus egy IC tokba épített, összegyűrt változata.

Mint láttuk, a vevő vagy set top box bemeneti demodulátorból és MPEG-2 dekóderből áll. Most az OFDM demodulátor kialakítását mutatjuk be jelezve, hogy a QAM demodulátorok felépítése is hasonló.

Az OFDM demodulátor analóg tunerrel kezdődik, amely 36 Mhz-es középfrekvenciára keveri le a bemenőjelet. A megfelelő karakterisztikájú SAW szűrőket követően kétféle jelfeldolgozás terjedt el:

- az egyiknél a jelet 36 Mhz-en mintavételezi a demodulátor bemeneti A/D konvertere,
- a másikonál egy kristállyal 4,57 Mhz-es második középfrekvenciára keverik le a 36 Mhz-es KF jelet, és ezt mintavételezi a demodulátor bemeneti A/D konvertere.

A 6. ábra ezt megoldást szemlélteti.

Az OFDM demodulátor IC-ben a 10 bites A/D konvertert követően gyors Fourier transzformációval lépünk ki az időtartományból. Az OFDM demodulálás számítástechnikai igénye kb. egy Pentium II processzor

teljesítményével egyezik meg, ami talán már érzékelteti a megvalósítás problémáit. A demodulálást követően az adatok szimbólumonként memóriában állnak rendelkezésre, ahonnan a TS kimeneten keresztül soros vagy párhuzamos kiolvasással lehet átvinni az MPEG-2 dekóderbe. Az OFDM demodulátor IC áramköröit egy belső mikroprocesszor vezérli, amely általában az MPEG-2 dekóder processzorától kapja az üzemmódbeállító utasításokat.

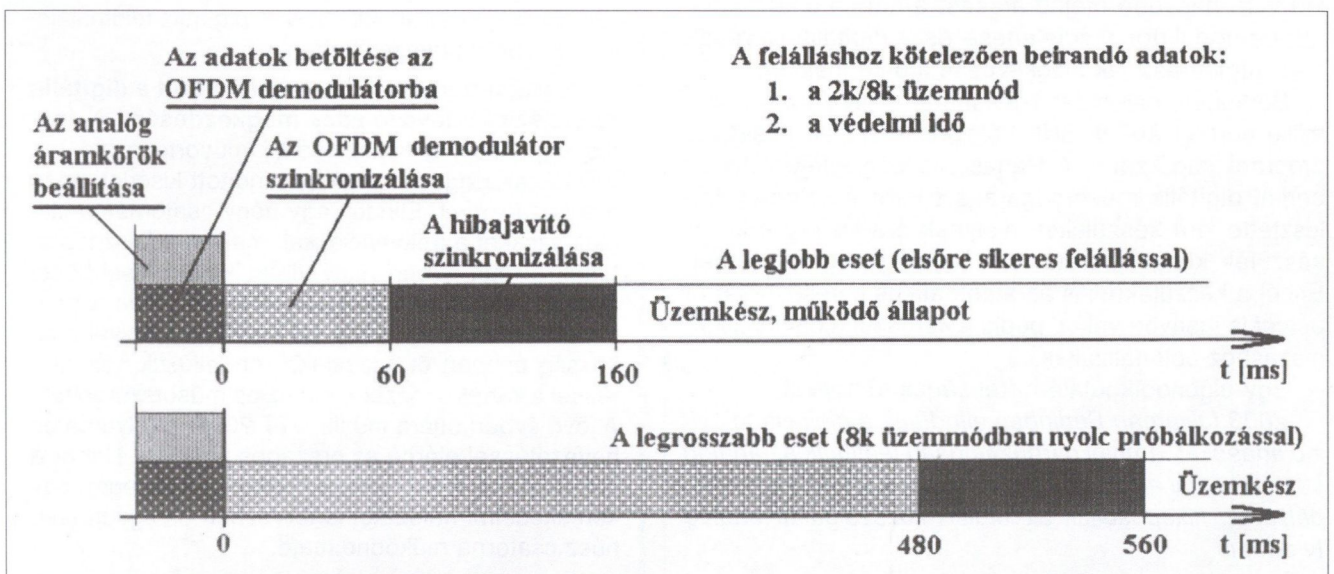
Az OFDM demodulátor működéséhez a tuner PLL áramkörrel vezérelt analóg lekeverő áramköreit pontosan a vételi frekvenciára kell állítani. Ezen áramkörök beállási idejét most ne vegyük figyelembe. Az időt attól a pillanattól számítjuk, amikor a demodulálás ténylegesen megkezdhető. A példaként bemutatott demodulátor IC esetében a resetet követően várjunk 60 ms-ot, majd nézzük meg, hogy az FFT szinkronizálás sikeres volt-e. Ha nem, akkor 8k üzemmódban ismételjük meg ezt nyolcszor, és csak ezek után mondjuk azt, hogy rossz a jel. Amennyiben a felállítás sikeres volt, adjuk ki a hibajavító áramkörök reset jelét, és várjunk 100 ms-ot.

A folyamatot a 7. ábrán mutatjuk be. A felső diagram a legjobb esetet mutatja be, amelynél 160 ms után üzemkés az áramkör, az alsó pedig a legrosszabb esetet szemlélteti, amelynél 560 ms kell a felálláshoz.

Ezen túlmenően ki kell emelni, hogy a 2k/8k üzemmódot és a védelmi idő nagyságát még az indítás előtt be kell állítani, mivel ezek a demodulálás kiinduló paraméterei. Az adás többi paramétere a demodulált jelből kiolvasható, ezeket nem kell előre megadni.

Az automatikus keresést szoftverrel kell megoldani, ami azt jelenti, hogy 2k majd 8k üzemmódban is megpróbáljuk felállítani a demodulátort. Mivel a védelmi idő mindkét üzemmódban négyféle lehet, minden frekvencián nyolcszor kell elindítani a felállási procedurát ah-

7. ábra Az OFDM demodulátor felállításának idődiagramja egy adott frekvencián és egyféle üzemmód beállításánál



hoz, hogy nemleges esetben kijelenthessük: ezen a frekvencián nincs jel. Könnyen kiszámítható, hogy egy-egy frekvencia vizsgálata 5-6 másodpercet vesz igénybe akkor, ha nem találunk rajta jelet. Gyorsabban befejeződik a procedura, ha valamelyik üzemmódban talál jelet a demodulátor. Mivel 100 csatorna tesztelése már közel tíz percig tart, külön nyugtatgatni kell a felhasználót is. Ilyenkor írják ki: „Ne lódd le a készüléket!”

A digitális televíziótechnikában jelenleg ez az egyik legnagyobb probléma a felhasználói oldalon, ez az oka annak, hogy a szoftverkészítők mindent megtesznek az automatikus keresés idejének csökkentésére. Ezért kell a keresés előtt a lehető legjobban leszűkíteni az ismeretlen paraméterek számát, ezért kell a keresési frekvenciatartományt és a csatornaszámot csökkenteni. Azon országok számára, amelyekben ismertek az adás paraméterei, külön keresőszoftvert írnak a set top boxokhoz. Például ha a 2k üzemmódot alkalmazzák, kihagyják a 8k-s keresést stb.

Külön ki kell emelni, hogy vizsgálatunkban csak a névleges csatornafrekvenciákon kerestünk. A demodulátor frekvenciabefogási tartományát is figyelembe vevő, a névleges vivők közötti frekvenciákat is megvizsgáló keresőprogram futási ideje már több óra.

Összefoglalásként célszerű megjegyezni, hogy a digitális technikában az automatikus keresést gondosan kell kezelni, ha a készülék nem találta meg a kívánt adókat, akkor részletesen meg kell vizsgálni azt, hogy a keresés milyen feltételekkel futott le.

A **set top boxok** ára a nagy darabszámú gyártás eredményeként már szinte az önköltséggel azonos. A DVB-C set top boxok ára egy évvel ezelőtt csökkent 100 USD alá, a következő években lassúbb ütemű, de monoton árcsökkenés várható.

A DVB-T set top boxok helyzete a legrosszabb, mivel ez a technika a legbonyolultabb, ezt szabványosították utoljára, és ma még a gyártási darabszámok is alacsonyak. A „T” vevők ára ma kevéssel 100 USD felett van, nagyobb ütemű áresést a három összeintegrált demodulátor megjelenése és a digitális tv-vevők sorozatgyártásának megkezdése indítja majd el.

Berlinben november 1-jén indult el hivatalosan az 5 milliárd euróért épített SNF hálózaton az első televíziós program sugárzása. A Panasonic cég kifejezetten a berlini digitális műsorsugárzás sikere érdekében fejlesztette ki a készüléket, melynek ára kb. 120 euró. A készülék könyv méretű, külső tápegységről üzemel. Ennél a készüléknél is az automatikus keresés akár öt percet is igénybe vehet, pedig a keresést a berlini alkalmazáshoz optimalizálták.

Egy elgondolkodtató hírrel zárjuk témánkat:

2003 folyamán Berlinben elindítják a digitális televízió adásokat, amivel párhuzamosan leállítják az analóg kereskedelmi adókat és a rádiótechnikai vásáron ünnepélyesen kikapcsolják az utolsó közszolgálati analóg tv-adót is.

Hírek

Elindult a **holland digitális földfelszíni szolgáltatás, a Digitenne**, ami jelenleg még csak Amsterdam körzetében érhető el, de 2005-re az egész országra kiterjesztik. A szolgáltatás 21 televízió és 16 rádiócsatornából álló csomagot ajánl, melynek az egyszeri „belépési díja” 29,95 euró, a havi előfizetés pedig 8,25 euró. Ezen felül a használóknak meg kell venniük egy digitális set-top-boxot és amennyiben szükséges, egy új antennát is.

A **franciaországi székhelyű DIBCOM** a járművekben is használatos integrált áramköröket fejlesztett ki a digitális televíziós földfelszíni műsorszórás vevőkészülékei számára. Az első ezek közül a DVB-T demodulátor chip, a „DIB3000-M”, ami gépkocsiban 150 km/h sebességig biztosít DVB-T vételt. A második a „DEV3000-D Diversity” fejlesztő csomag, egy kettős DVB-T front-ennel, ami alkalmas a mobil vétel teljesítményének a mérésére.

A **Slovak Telecom** beszercebányai székhelyű kutatási intézete, együttműködve a Slovak Telecom Office (TOSR) nevet viselő országos telekommunikációs szabályozó hatósággal, három **DTT pilot-projektet** készít elő a fővárosra koncentrálva, Pozsonyban, Besztercebányán és Zvolenben, Presovban és Kassán, 2004 második felére. A TOSR tájékoztatása alapján a szlovákiai DTT bevezetésének menetrendje szerint a három pilot-projekt elindításának napja 2004. június 30. lesz, a kereskedelmi indulásra 2005-ben kerülne sor, az analóg rendszer kikapcsolását pedig 2015-re tervezik.

A **dán kormány elvetette az analóg hálózatok 2007-es kikapcsolásának tervét**, és egyelőre még nem tette közzé az átállás új időpontját. Ezen kívül a kormány azt akarja, hogy a 2002. évi DTT tervekben említett négy helyett a rendszer csak egy multiplexszel induljon, amit a közszolgálati „Danmarks Radio-TV”-nek és a hamarosan privatizálandó kereskedelmi állomásnak, a „TV2”-nek tart fenn, amely igen aktív szerepet vállal a dán digitális földfelszíni műsorszórás bevezetésében.

A **svájci parlament engedélyt adott a digitális földfelszíni televízió adás megkezdésére**. A döntés egybeesik a közszolgálati műsorgetjesztő, az SRG által „Engadin” régióban indított kísérleti adás megkezdésével. Elindult egy négy csatornás multiplex azokkal a frekvenciákkal, melyeket felszabadítottak a múlt évben nagy vihart kavart kisebbségi nyelvű műsorsugárzás megszüntetése után. Engadin érdekes terület lesz a DTT számára, mivel a lakosság csupán öt százaléka rendelkezik hozzáféréssel a kábelrendszerű televíziós műsorszóráshoz. A jövő évben útjára induló DTT 2008-ra folyamatos bevezetéssel elérné az országos lefedést. Habár a közszolgálati műsorszórók kaptak elsőbbséget, egy kereskedelmi hálózatot is terveznek és együttesen húsz csatorna működne majd.

Földfelszíni és műholdas fejlesztések Japánban

DR. SÁRKÁNY TAMÁS, *fizikus*

sarkany.tamas@mail.datanet.hu

Japánban jelenleg – Európa nagy részéhez hasonlóan – a műsorszórás AM/FM rádióadásokból és földfelszíni analóg TV adásokból áll. Újabbban azonban a japán életstílus átalakulásával, az Internet-hálózat terjedésével a lakosság egyre inkább igényt tart az útközben elérhető szolgáltatások bővítésére is. A következőkben azokról a projektekről számolunk be, amelyek a földfelszíni és műholdas műsorszórás és pont-pont távközlés területén Japánban jelenleg folyamatban vannak.

Földfelszíni digitális rádió

Tokióban és Osaka-ban ez év végén fognak megindulni a kísérleti földfelszíni digitális rádióadások hét csatornában, az analóg adásokra kijelölt 188-192 MHz-es VHF sávban. Egyelőre két földfelszíni digitális TV-adó fog sugározni, Tokióban 100 W, Osakában 30 W teljesítménnyel. 2011-re tervezik a digitális adóhálózat kiépítését egész Japánra olyan lefedéssel, hogy az adásokat hordozható készülékekkel és autókban is lehessen majd fogni. Ekkorra várható az analóg rádióadások végleges beszüntetése is.

A tervezett vevőkészülékek között van zsebrádió, kártyás rádió, PDA készülékbe épített rádió, palmtop típusú rádió és autóba szerelhető sztereó rádió. A japán gyártók által kifejlesztett digitális rádióvevők tesztelése már meg is kezdődött egy kísérleti digitális adó körzetében.

Műholdas pont-pont távközlés

Japánban olyan műholdas rendszer fejlesztése kezdődik 2003-ban, körülbelül 12,3 milliárd yen költségvetési előirányzattal, amely mobil kommunikációs eszközök közötti kapcsolatot biztosít. Egy szokásos, egyenlítő síkjában „álló” geostacionárius műhold sugárzását Japán földrajzi pozíciójában kb. 45 fokos magassági szögben lehet venni. Ilyen magassági szögre állított földi antenna a kapcsolat gyakori megszakadását eredményezheti, ha a mobil eszköz magasépületek vagy tereptárgyak közelében halad.

Ennek elkerülésére a kvázi-zenit műholdas rendszert fogják kifejleszteni, amely három körpályán haladó műholdból áll. A műholdpályák az egyenlítő síkját 45 fokos inklinációs szögben metszik, a metszési pontok pedig 120 fokként következnek. Mindhárom műholdpálya földi vetülete a 24 órás keringési periódus alatt nyolcas alakú helygörbét ír le a föld felszínén, amely Japánt és Ausztrália nagy részét magában foglalja, kb. 12.000 x 2.500 km-es lefedéssel. (Szintén nyolcas alakú helygörbét ír le egy geostacionárius műhold földi vetülete

különbéle perturbáló behatások folytán, közel 100 kilométeres körzetben.) A három műhold keringését úgy időzítették, hogy egymást követően haladnak át a lefedési körzet fölött, és mindenkor csak a körzet fölött haladó műhold sugároz: amikor az egyik műhold elhagyja a körzetet, a sugárzást a következő műhold veszi át. A haladó műhold sugárzását 60 fokos magassági szögbe állított földi antennával lehet „látni”, ami lényegesen csökkenti az említett jelkiesést.

A japán kvázi-zenit rendszer, amely a 140 fokos keleti hosszúság környezetét fedi le, hasonló funkciót fog ellátni, mint az a geo-szinkron rendszer, amely már több mint egy éve üzemben van az Egyesült Államok rádióműsorral való lefedésére a 100 fokos nyugati hosszúság környezetében. Ez utóbbi három nyújtott elliptikus pályán haladó műholddal működik [3],[4].

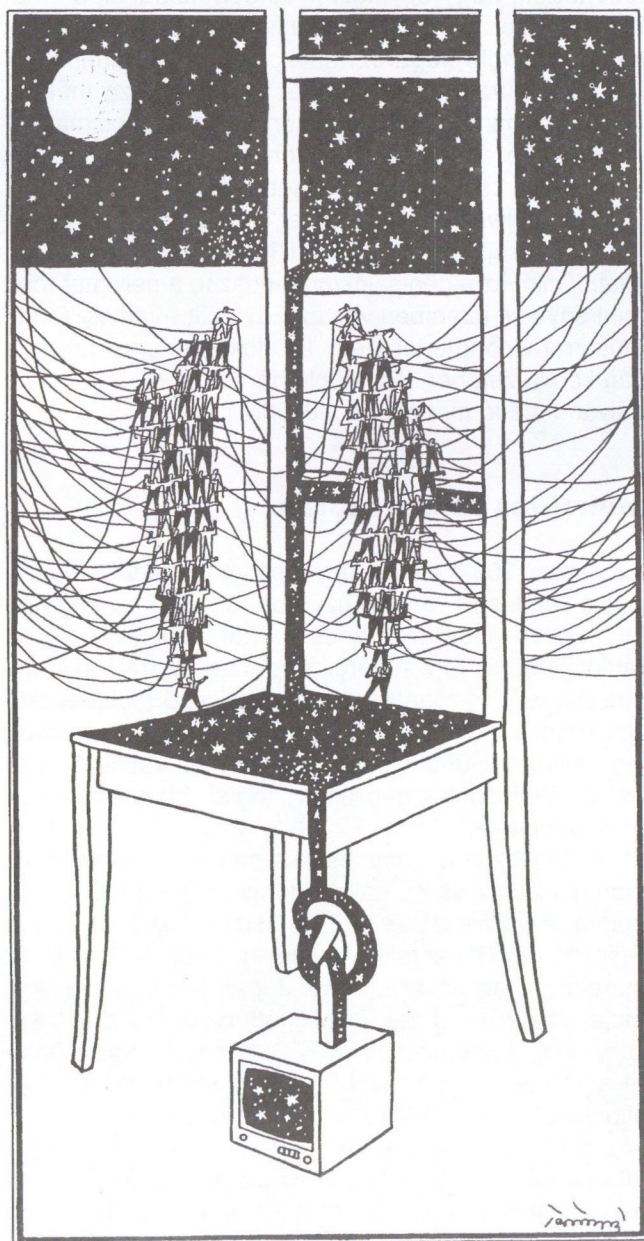
Műholdas műsorszórás

Japánban 2004 elején új mobil multimédiás műsorszóró rendszert fognak üzembe helyezni: a nagy teljesítményű geostacionárius műhold 10 tévé- és 60 rádiócsatornát fog sugározni, országszerte kis omnidirekcionális vevőantennával rendelkező mobil eszközök számára. Városi környezetben, ahol nincs közvetlen rálátás a műholdra, a szünetmentes vételt kis földi ismétlőállomások („gap filter”) fogják biztosítani még felhőkarcok között is.

A Tokióban üzembe helyezendő műsorszóró központ a 14 GHz-es Ku-sávban fogja fellőni a jelet a műholdra. A műsorszórás a 2,64 GHz-es frekvencián, az S-sávban 5 MW-os teljesítménnyel, az űrben kinyíló 12 méteres hatalmas antennával Japán egész területét el fogja érni. A rendszer CDM modulációt, hibajavításra konvolúciós kódolást és MPEG hang- és videotömörítést fog alkalmazni. Ez év elején kezdik a földi ismétlőállomások telepítését és a lefedési körzetek ellenőrzését, majd 2003 októberére tervezik a műhold pályára állítását és a szolgáltatás beindítását. A kódolt tévé- és rádióadások vételéhez havi 1-2 ezer yent kell majd fizetni, függően az igénybe vett szolgáltatásoktól.

Irodalom

- [1] Tatsuya Taguchi,
Research and development of satellite communication
and broadcasting services in Japan,
New Breeze, Winter 2003, p.5
- [2] Masaaki Igarashi,
S-band satellite mobile broadcasting services in Japan,
New Breeze, Winter 2003, p.23
- [3] Sárkány Tamás,
Digitális rádióadás sugárzása műholdról,
Híradástechnika, 2002/5, p.18
- [4] D.H. Layer,
Digital radio takes to the road,
IEEE Spectrum, July 2001, p.40
- [5] Masamichi Konoe,
Terrestrial digital radio broadcasting,
New Breeze, Winter 2003, p.17



Hírek

Az ITC („Independent Television Commission”) első negyedéves kutatásai szerint mára már **minden ötödik brit háztartás számára hozzáférhetőek a kódolatlan szolgáltatások**. A legutolsó a többszörös szolgáltatásokról szóló negyedéves jelentés szerint a kódolatlan műholdas és földfelszíni szolgáltatások előfizetőinek száma egy negyedév alatt 18%-al növekedett. Így ma már közel 660 ezer háztartás hozzáfér a kódolatlan műholdas szolgáltatásokhoz, a DTT pedig több mint 1,6 millió háztartásban érhető el.

Az **Axelero Internet** csatlakozott a Matáv Rt. programjához, amely szerint a távközlési szolgáltató a saját szolgáltatási területén található 42 településen az **ADSL bevezetéséhez szükséges fejlesztéseket megkezdi**. Olyan településekről van szó, amelyek méretük miatt csak tényleges ügyféligények alapján érdemes a beruházást végrehajtani. A Matáv vállalja, hogy 150 napon belül a műszaki feltételeket megteremti és a szolgáltatást bevezeti.

A hazai média egyik jellemző tendenciája, hogy míg **az online médiumok olvasottsága („reach”) továbbra is folyamatosan nő**, addig a nyomtatott sajtótermékeké lassan, de biztosan csökken. Ez a visszaesés abból ered, hogy a nyomtatott sajtón belül a bulvár sajtó olvasottsága stagnál, míg a politikai napilapoké esik, ami azt eredményezi, hogy egyes korcsoportokban – például a 18-29 közötti A-B jövedelmi kategóriába eső célcsoportban – az [origo] olvasóinak száma már megegyezik a legolvasottabb politikai napilapéval (mindkettő közel napi 40.000). Az Internet használóinál megfigyelhető tendencia, hogy számuk növekedésével összetételük egyre inkább megfelel a teljes népesség összetételének, azaz egy „átlagos” internetező egyre jobban hasonlít egy „átlagos” hazai lakosra vagy olvasóra. Az [origo] a hagyományos tartalmak fejlesztése és bővítése mellett folyamatosan újdonságokkal is megjelenik. Támogatja például Herendi Gábor most készülő Magyar vándor című filmjét. Az Axelero Internet a film exkluzív online médiatámogatójaként ismét egy újdonsághoz adta a nevét, hiszen a magyar filmek történetében ez lesz az első közönségfilm, amely már a bemutatása előtt szoros szimbiózisban fog együttélni az internettel.

Az internetes tartalmak fejlődését nagyban befolyásolja az elérés minősége. A hazai piacon a legmarkánsabb tendencia a szélessávú előfizetések, internethozzáférések számának intenzív növekedése. 2001 vége óta **az ADSL használóinak száma megtízszereződött**, a kábelt használóké megháromszorozódott és a vállalati szegmensben is a szélessávú kapcsolatok terjedése zajlik.

ATMux™ – műsorterjesztés digitális transzport-hálózaton

GEORGIEFF ZSOLT, értékesítési vezető; WEIN TIBOR, műszaki menedzser

HFC Technics Kft., zs.georgieff@hfctechnics.hu, t.wein@hfctechnics.hu

A nagy kapacitású, digitális gerinchálózatok kialakítására alkalmas ATMux™ rendszert mutatja be cikkünk. Segítségével helyi és regionális CATV szolgáltatók HFC hálózatainak igény szerinti centralizált ellátása oldható meg műsorjellel és egyéb video szolgáltatásokkal.

1. Bevezetés

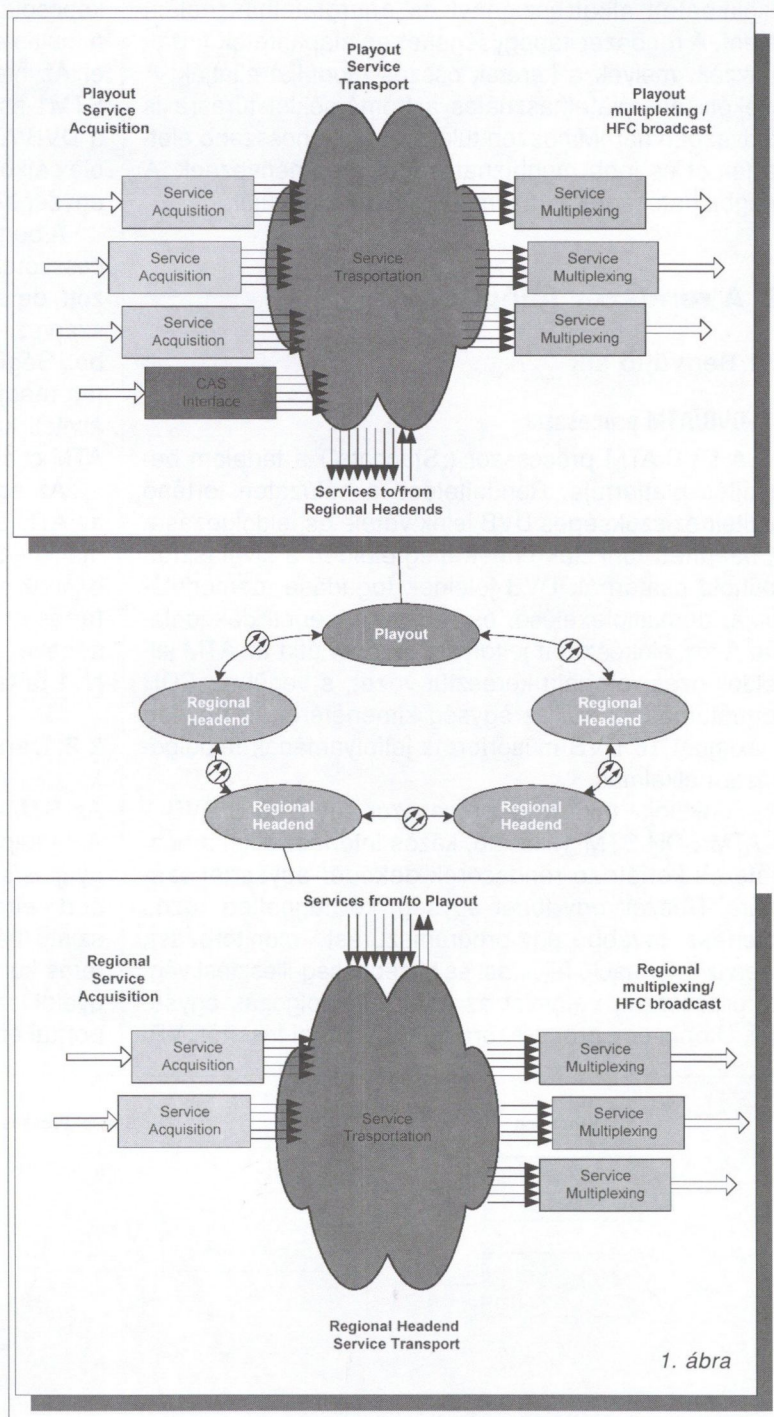
A rendszer funkciója három részre osztható, úgy mint program-begyűjtés (Service Acquisition), -továbbítás (Service Transportation), és -multiplexelés (Service Multiplexing). A rendszer architektúrája az 1. ábrán látható.

A begyűjtő sík funkciója a hálózaton terjeszteni kívánt programok vételezését (különböző digitális műhold transzponderekről és egyéb földfelszíni, vezetékes, helyi forrásokból), a tartalom szükség szerinti dekódolását és digitális átviteli előkészítését foglalja magában. A központi műsortartalom begyűjtése a célszerűen a fő- (Playout, v. Main HE), míg a helyi/területi műsoroké a regionális fejállomásokon (RHE) történhet.

A transzport sík az MPEG-2 alapú műsortartalmat SDH/SONET vagy ATM szabványú hálózatokhoz illesztett formátumban viszi át a központi fejállomás és a regionális fejállomások, mint hálózati csomópontok között. Ugyanez a sík biztosít átjárást egy központi hozzáférés korlátozó rendszer, valamint a hálózat vezérlését és felügyeletét ellátó rendszerek között.

A multiplex sík funkciója a digitális átviteli síkon alkalmazott átviteli formátum visszaalakítása DVB formátumba. Ezenkívül előállítja a QAM multiplex csomagokat, igény szerint tikosítja azokat és előkészíti a jel továbbítását HFC hálózatok RF csatornáin.

A teljes rendszer a felügyeleti és menedzsment rendszert, valamint a felhasználói interfészeket is magában foglalja. A szolgáltatási program struktúra SPTS-ek és MPTS-ek képzésével igény szerint alakítható. Ezeket a regionális fejállomások üzemeltetői egymástól függetlenül, kötetlenül kezelhetik. A regionális fejállomásokon a helyi/területi műsorok egy a rendszer szolgáltatásai közé tartozó PSI/SI szerkesztő program segítségével illeszthetők a helyi csatorna kiosztásba és/vagy adhatók fel a digitális gerinchálózatba.



Az ATMux™ rendszer főbb jellemzői az alábbiak:

- Az MPEG-2 jelfolyamok ATM AAL-1 és AAL-5 nyílt szabványoknak megfelelő formátumokba konvertált átvitele;
- Távkonfiguráció és rendszerfelügyelet a sávon belüli menedzsment hálózaton, vagy Etherneten keresztül;
- Redundáns gyűrűs struktúra, rugalmas pont-pont és pont-multipont útvonalak;
- Távközlési berendezésekre vonatkozó szabványoknak megfelelő megbízhatóság.

A rendszerben alkalmazott modulok alapja a legújabb integrált áramköri egységek alkalmazása, mely csökkentett alkatrészigényt és energiafelhasználást jelent. A rendszer-tápegységeket az alapkeretek tartalmazzák, melyek a keretek összes modulját ellátják. A csekély energiafelhasználás a hőmérséklet-tűrésre is kedvezően hat. Mindezen tulajdonságok hosszabb élettartamot és jobb megbízhatóságot eredményeznek. A megbízhatóságot az üzemi tartalékok is javítják.

2. A rendszer felépítése

2.1 Begyűjtő sík

DVB/ATM processzor

A DVB/ATM processzor („Staccato”) a tartalom begyűjtés platformja. Rendeltetése a hálózaton történő átvitelhez szükséges DVB jelek vétele és feldolgozása. A beépített funkciók ennek megfelelően a kiválasztott műhold csatornák DVB jeleinek fogadása, demodulációja, demultiplexelése, és szükség szerinti dekódolása. A így előkészített jelfolyam további útja az ATM jelfeldolgozás rétegein keresztül vezet, s végül az SDH formátumban kerül az egység kimenetére. Az egység maximum 16 DVB műsorforrás jelfolyamának feldolgozására alkalmas.

Funkcióját tekintve a processzor egy DVB-S/DVB-T – ATM/SDH STM-1 illesztő, közös interfészekkel a hozzáférés korlátozó rendszerek dekóder egységei számára. Részei: egy tuner egység, két független közös interfész, továbbá egy programszűrés, -monitorozást, szerviz-információ felülírást és bitsebesség-illesztést végző processzor, valamint az ATM jelfeldolgozás egységei. Utóbbi egy processzort, adaptív órajel frissítőt, VP/

VC mappert és ATM SDH felhasználói interfészt (UNI) tartalmaz. Az egység az ATM hálózat felé dekóderen keresztüli jeltovábbítás biztosítása céljából egy ASI interfésszel is rendelkezik. Valamennyi funkcionális egység egy kártyán foglal helyet. Az egység elvi felépítése a 2. ábrán látható.

A processzorok kimenetei STM-1 interfészek, amelyek a programok jelfolyamait egy „intelligens kábelrendezőn” keresztül továbbítják a fejállomási kapcsolómező és program-bank egység felé.

Intelligens kábelrendező (IPP)

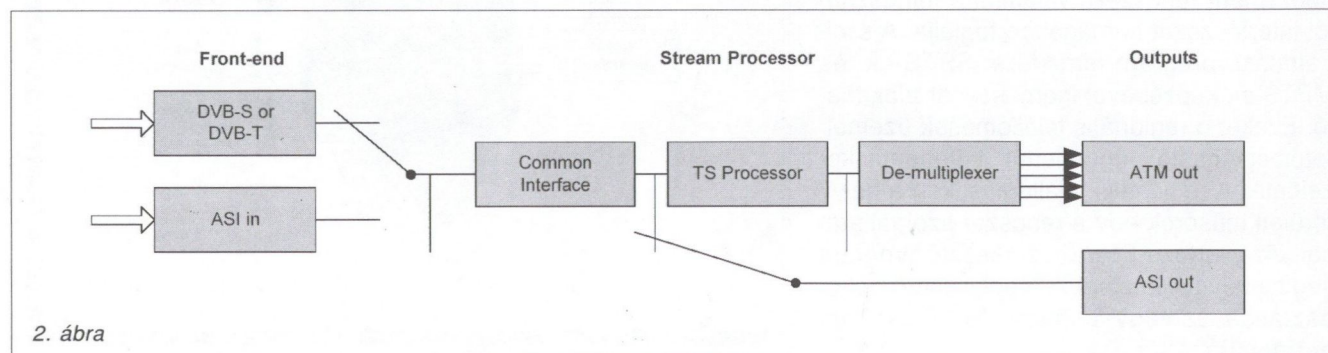
Ez a rendszerelem, elnevezésének megfelelően, jelentősen megkönnyíti a rendszer egységeinek összekapcsolását. Valójában azonban úgy a begyűjtő, mint a multiplex síkon a jelfeldolgozás jelentős funkcióit látja el. Az intelligens kábelrendező („Divisi”) lényegében egy STM1-es cross-connect egység, mely a begyűjtő síkon a DVB/ATM processzorok és a hálózati node, a multiplex síkon a hálózati node és az ATM/ DVB processzor egységek közé iktatható.

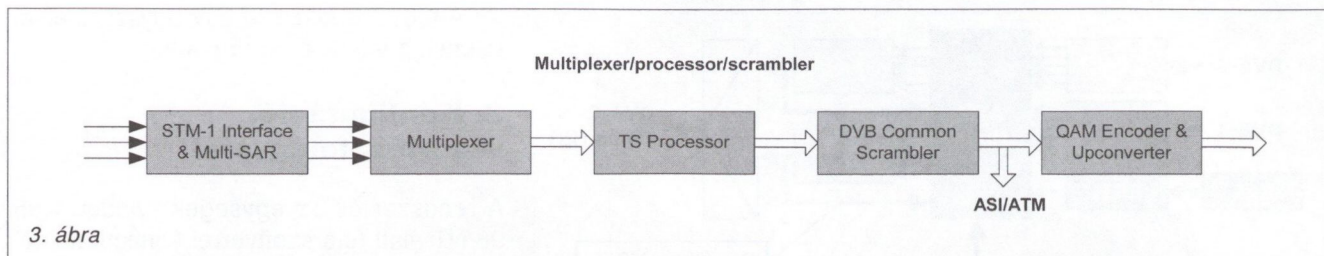
A begyűjtő síkon beiktatott egység a DVB/ATM processzorok által szállított, ATM/STM 1 formátumba ágyazott, de azok időréseit csak részben kitöltő jelfolyamait szervezi egy az STM 1 keret időréseit kitöltő jelfolyamba. Segítségével a DVB/ATM processzorok kimenetén megjelenő tartalom összevonható az STM1 keret átviteli kapacitásának határáig, csökkentve ezáltal az ATM csomópontban szükséges STM1 portok számát.

Az egység további funkciója a DVB/ATM, valamint az ATM/DVB processzorok tartalékolása. Az IPP automatikusan detektálja e hálózati elemek jelenlétét. A hibásnak érzékelt egységeket a jelfolyam-integritás megtartása mellett automatikusan kiiktatja. Az IPP segítségével a begyűjtő síkon 1+1, a multiplex síkon pedig N+1 tartalékolás valósítható meg.

2.2 Transzport sík

Az STM-1 szintre konvertált jelfolyam az IPP-ről egy ATM kapcsolómezőre kerül. Az egységek a műsor begyűjtés/szétosztás céljára STM-1 szintű helyi, transzport célra pedig típustól függően STM-4 vagy STM 16 szintű hálózati interfészekkel rendelkeznek. A hozzáférés korlátozó rendszer felé 10bT kapcsolattal, a felügyelet számára és konfigurációs célra pedig RS-232 porttal építhető ki. A regionális fejállomásokkal meglévő





SDH hálózaton vagy sötétszálon keresztül kapcsolható össze. Funkciójukat tekintve ezek az egységek a rendszer cellakapcsolásos ATM/SDH hálózati node-jai. Az ATM cella-irányítás interfésztől interfészig történik a cellák VPI/VCI-je szerint. Többutas jelfolyam irányításra is alkalmasak.

Az egységek STM interfészei többféleképpen kombinálhatók. A kétirányú STM-1 interfészek elektromos és optikai változatai is léteznek.

STM 4 szintű ATM hálózati node

A kisebbik átviteli kapacitású node („Vivace”) nyolc STM-1 és két STM-4 szintű nyílt szabványú optikai add/drop interfésszel rendelkezik. 64QAM üzemmódban az egység 622Mb/s-os átviteli kapacitása 12, 256 QAM-en 10 MPTS átvitelét teszi lehetővé. Programonként 5 Mbit/s átviteli sebességű SPTS-ekre vonatkoztatva ez 100 program átviteli kapacitásának felel meg.

A node típushoz az ITU csatorna-raszter felhasználó által meghatározott szabványos DWDM csatornáit használó különálló optikai hullámhossz váltó („Ancora”) tartozik. Segítségével az átviteli kapacitás nyolcszorosozási lehetőségén kívül a node optikai hatótávolsága is növelhető. Az egység 10 dB-es hozzájárulásával a hatótávolság 35 dB-re növelhető, amellyel egy EDFA magasabb költségigénye kiküszöbölhető.

STM 16 szintű ATM hálózati node

Az STM 16 szintű ATM hálózati node („Presto”) tizenhat STM-1 szintű add/drop porttal és két STM-16c szintű kétirányú gerinchálózati interfésszel rendelkezik. 64QAM üzemmódban az egység 2,5 Gb/s-os átviteli kapacitása 48, 256QAM-en 40 MPTS átvitelét teszi lehetővé. Az átviteli portok ennél a típusnál is többféle optikai interfésszel ültethetők be, az 1310 nm-es rövid távútól az 1550 nm-es nagytávolságúig. Az áthidalható optikai csillapítás 30 dB (kb. 100 km).

Az STM 16 szintű hálózati node beépített optikai hullámhossz váltót tartalmaz, melynek segítségével ezen típus átviteli kapacitása is a nyolcszorosára növelhető. A hálózati node-ok optimalizált működése érdekében egy PVC tart folyamatos kapcsolatot a fejállomások között.

Nagysebességű adatprocesszor

Az ATMux™ és a hozzáférés korlátozó rendszer (CAS) közötti adatkommunikációt egy nagyteljesítményű PC-re alapuló hardver platform („Brillante”) biztosítja. Az egység feladata a kapcsolatok felépítése és fenntartása az ECM generátorokkal, illetve EMM/PD injektorok-

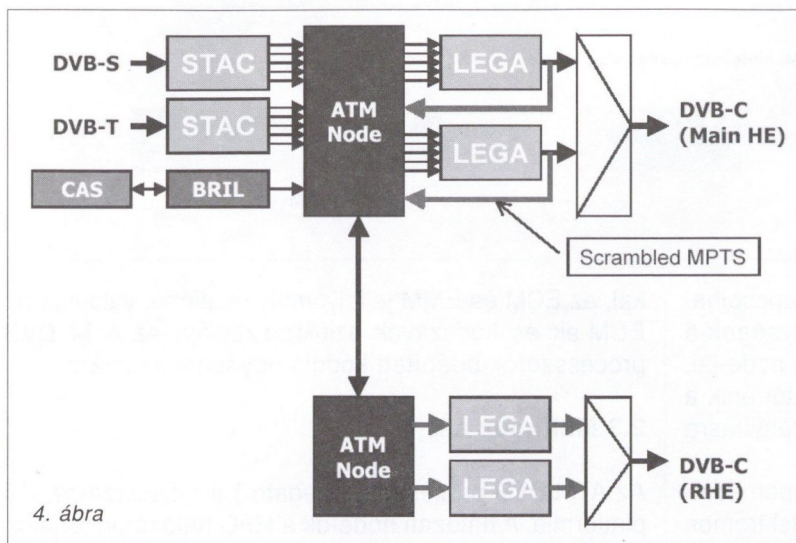
kal, az ECM és EMM jelfolyamok kezelése, valamint az ECM-ek és kódszavak szinkronizációja az ATM DVB processzorok beépített kódoló egységei számára.

2.3 Multiplex sík

Az ATM/DVB processzor („Legato”) a műsorterjesztés platformja. A hálózati node-ok a HFC hálózaton terjeszteni kívánt programokat ezen egységek felé irányítják. Az itt szükséges műveletek a begyűjtő sík műveletsorának értelemszerű fordítottjai, vagyis az ATM/DVB konverziót az SDH-ba ágyazott vételi jelből, a DVB-multiplexelést és -kódolást, valamint a QAM modulációt és RF konverziót. A DVB-C kimenet az ETS 300 429 szerinti QAM-modulált jelet állít elő.

RÖVIDÍTÉSEK

AAL	ATM Adaptive Layer
ASI	Asynchronous Serial Interface
ATMUX™	Advanced Technology Multiplexer
CA	Conditional Access
CAS	Conditional Access System
CBR	Constant bitrate
CS-PDU	Convergence Sublayer – Protocol Data Unit
CS-SDU	Convergence Sublayer – Service Data Unit
DVB(-C/-S/-T)	Digital Video Broadcasting (-Cable / -Satellite/ -Terrestrial)
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
EDFA	Erbium Doped Fibre Amplifier
EMS	Element Management System
ECM	Entitlement Control Message
EMM	Entitlement Management Message
FEC	Forward Error Correction
HFC	Hybrid Fiber-Coax
HE	Headend
IF	Intermediate Frequency
IPP	Intelligent Patch Panel
MPEG	Motion Picture Experts Group
MPTS	Multi Program Transport Stream
PD	Private Data
PDU	Protocol Data Unit
PSI/SI	Program Specific Information/System Inform.
PVC	Permanent Virtual Channel/Connection
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RF	Radio Frequency
RHE	Regional Headend
SPTS	Single Program Transport Stream
SAR	Segmentation and Reassembly
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SONET	Synchronous Optical Network
SNMP	Small Network Management Protocol
STM	Synchronous Transport Module
SVC	Switched Virtual Channel/Connection
TS	Transport Stream
UNI	User-Network Interfész
VC/VP(I)	Virtual Container/Virtual Path (Identifier)
WDM	Wavelength Division Multiplexing



4. ábra

Az ATM/DVB processzor funkcióját tekintve egy ATM/SDH STM-1/DVB-C modulátor, amely a következő részekből áll: ATM SDH interfész (UNI), adaptív órajel frissítő, AAL/(S)AR processzor, DVB TS multiplexer, CA kódoló, PSI/SI inzerter, QAM modulátor és RF konverter. Az egység elvi felépítése a 3. ábrán (előző oldal) látható.

A programok a DVB közös kódoló algoritmusával titkosíthatók. A programok egyedileg és csoportosan is kódolhatók. A PSI/SI táblázatokat a TS processzorba a helyi vezérlő egység írja be. Az ATM/STM-1 jelfolyam nyálábolása az ATM/DVB processzorok felé az IPP egység ismertetésénél leírt eljárással történik.

A QAM modulációra (kódolva vagy kódolatlanul) előkészített multiplex jelfolyam az egységből a közbenső ATM kimeneti interfészen keresztül kicsatolható és az ATM node gerinchálózati interfészei felé irányítható. A feldolgozott jelfolyam így visszatölthető a programbankba, ahonnan a többi regionális fejállomás felé továbbítható. (A részben vagy egészében azonos műsortartalmat terjesztő regionális fejállomások hardware költsége ezzel a megoldással jelentősen csökkenthető.)

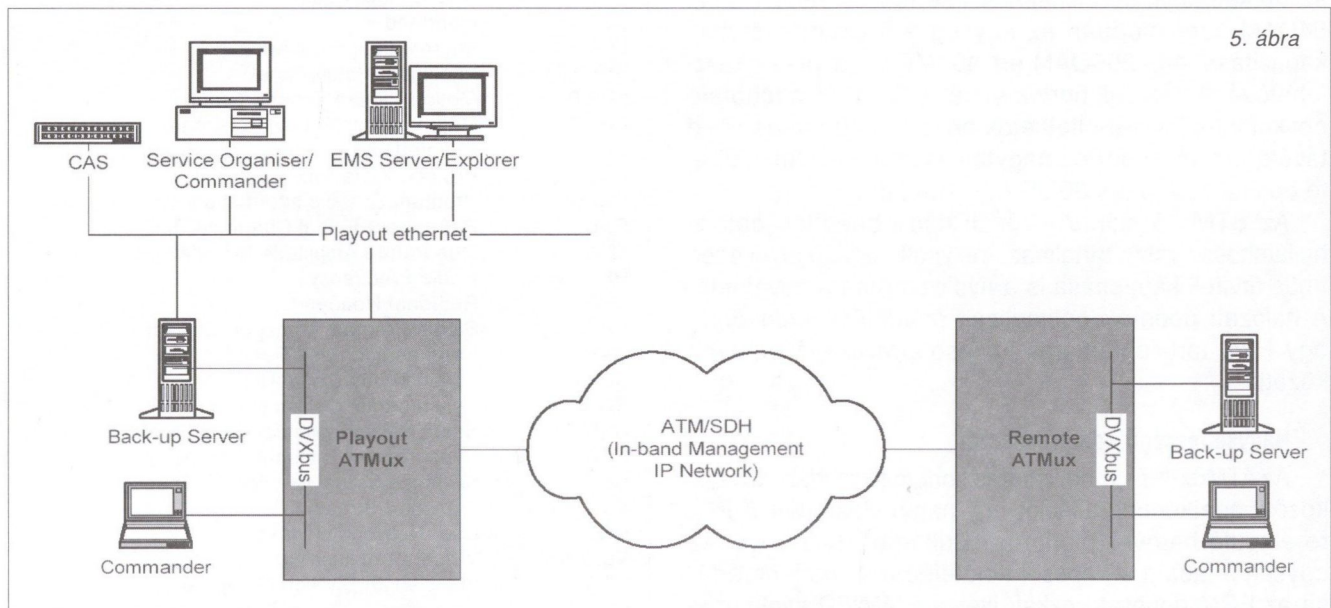
A teljes rendszerre egy egyszerű alkalmazási példa a 4. ábrán látható.

3. Konfiguráció, vezérlés, felügyelet

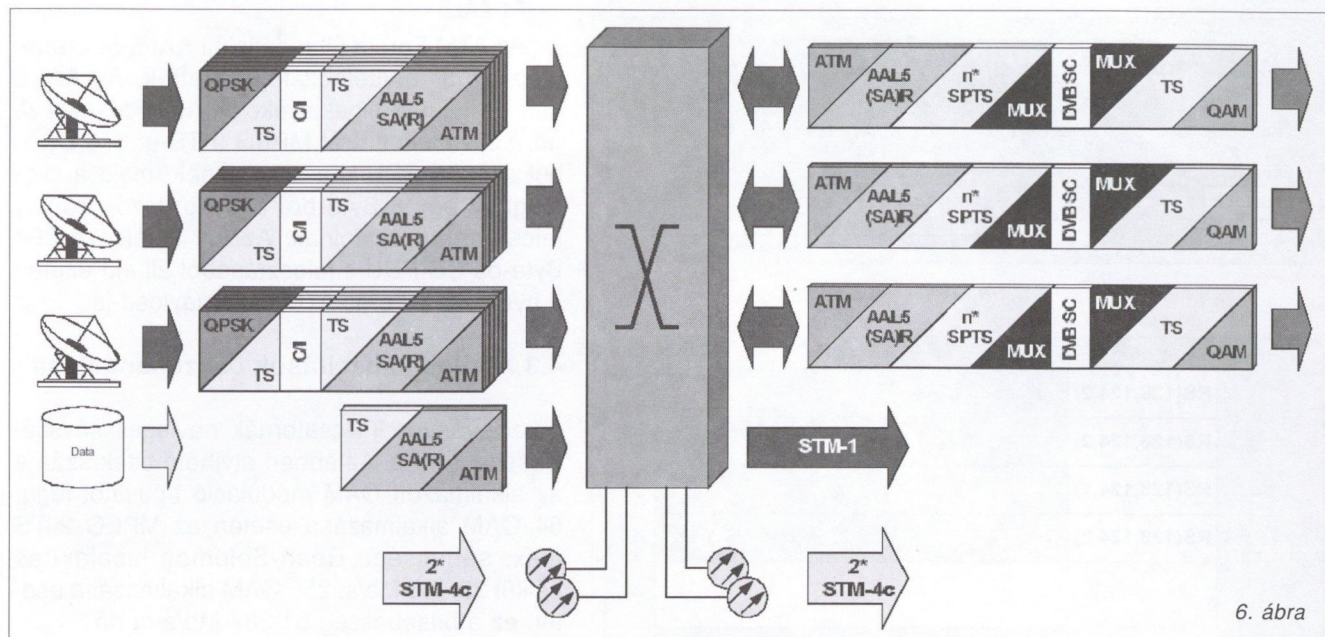
A rendszer és az egységek Windows 95/98/NT alatt futó szoftverrel konfigurálhatók (Commander). A menedzselte egységek helyben, azok helyi interfészein keresztül, távolról pedig IP hálózatokon át vezérelhetők. A Commander egy plug-and-play eszköz, amely az egységek konfigurálása céljából bármikor a rendszerhez kapcsolható, de a rendszer üzemszerű működéséhez nem szükséges.

A konfigurációs szoftver kijelző rendszere az egyes hálózati elem-típusokra nézve egységes, amely a digitális TV-hez kifejlesztett speciális szolgáltatásokat és grafikus konfigurációs lapokat kínál fel. A konfigurációs kijelző rendszer plug-in elemekből áll. A később beépítésre kerülő elemek új kijelzői a teljes eszköz bővítése nélkül illeszthetők. A platform lehetőséget biztosít a szoftver elemenkénti bővítésére, így a specifikus komponensek kezelésére is. Ezen program elemek egyike a PSI/SI Editor. Egy további ilyen elem a Service Organiser, egy kezelői program kiterjesztés az üzemeltető általi multiplex szolgáltatás összeállításokhoz.

Az elem-felügyeleti rendszer egy Client-Server alapú, hiba-, konfiguráció-, minőség- és biztonságkezelő eszközökből álló szoftvercsalád (CATVisor™). Segítségével a hálózat folyamatos ellenőrzése, üzemi paramétereinek módosítása lehetséges a központi fejállomásoktól a digitális gerinchálózati rendszeren át a HFC hálózatokig. A rendszer adatai SNMP-n keresztül külső felügyeleti rendszerek felé is továbbíthatók. A kliens/ szerver architektúra lehetővé teszi egy országos rendszer centralizált ellenőrzését és vezérlését.



5. ábra



6. ábra

A felügyeleti rendszer az alábbi funkciókra alkalmas:

- A hálózat elemeinek leltározása;
- A hálózat könyvtárstruktúra szerű ábrázolása;
- A hálózati elemek állapotának folyamatos lekérdezése;
- Belépés a hálózati elemek riasztásainak, figyelmeztetéseinek és emlékeztetéseinek kijelzéseihez;
- Esemény-adatok szűrése és osztályozása;
- Mérési adat bevitel és kijelzés;
- Jelszóval védett hozzáférés a rendszer-információkhoz és -elemekhez.

A felügyeleti rendszer elvi felépítése az 5. ábrán látható.

4. Az átviteli eljárás és előnyei

4.1 Célkitűzés

Az SDH átviteli rendszerek időres kiosztását a távbeszélő átvitelre vonatkozó ajánlások határozták meg. Ezek sem a DVB átvitelre vonatkozó szabványokkal, sem a HFC hálózatok rendszertechnikájával nincsenek összhangban. A DVB (MPEG 2) jelek közvetlen átvitele az SDH hálózatokon csak e rendszerek átviteli kapacitásának gazdaságtalan kihasználásával valósítható meg.

A probléma megoldását az ATM kínálja. Jóllehet, az ATM rögzített cella mérete az adat, hang és video jelek átvitelére ugyancsak nem optimális, de mindegyik kezelésére alkalmas. Rögzített kapacitású átviteli nyalábok alkalmazása helyett ugyanakkor lehetővé teszi a sáv szélesség aktuális igénynek megfelelő megválasztását. A DVB jelek ATM alapú átviteli eljárásait már kidolgozták. A feladat az ATM jelfolyam SDH infrastruktúrába ágyazott átvitele, melyet az ATMux™ az ide vonatkozó ITU, ETSI és ATM Forum ajánlások és szabványok összehangolásával valósít meg.

A 6. ábra a rendszer működési elvét szemlélteti.

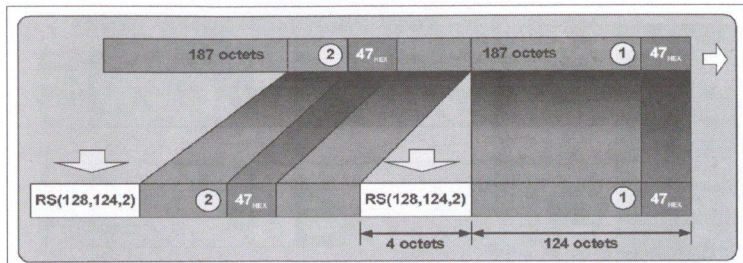
4.2 Az ATM működése

Az ATM protokoll referencia modell öt rétegű. Az átviteli rétegeket ebből az alsó három képviseli, ezek felülről lefelé az adaptációs, az ATM és a fizikai réteg. Mint azt a felépítésnél láttuk, az ATM átvitel a DVB jelfolyam ATM cellákba szegmentálását, majd az átvitelt követő újraegyesítést (SAR) teszi szükségesé. E funkciót az ATM adaptációs réteg (AAL) látja el. Az adaptációs rétegek szabványos típusai közül az állandó bitsebességeket (CBR) használjuk.

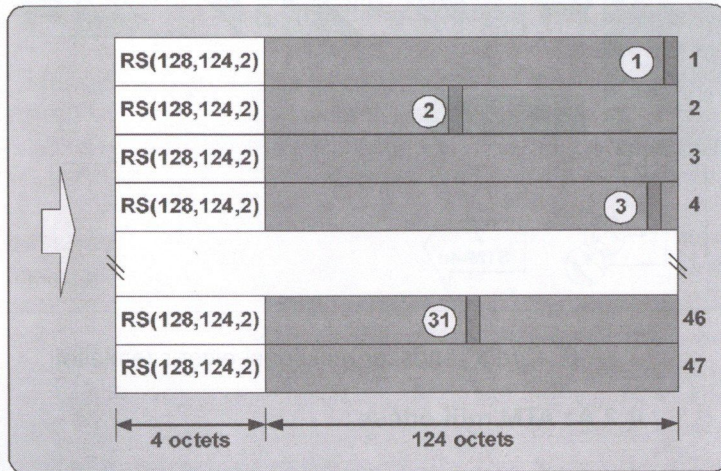
Az 53 Byte hosszúságú ATM cellák függetlenek a tartalom által igényelt sáv szélességtől. A cellák 5 Byte-os fejlécből, valamint 48 Byte-os hasznos információs mezőből (payload) állnak. A virtuális átviteli útvonalat (VP) és a virtuális csatornát (VC) meghatározó információt (egyebek mellett, lásd 7/c. ábra) a fejléc hordozza. Ezek előállítását az ATM réteg (VP/VC mapper) feladata. Minden cella egy adott VC/VP-hez rendelt. Az ATM kapcsolatok alapvetően kétfélek, ezek a kapcsolt és a permanens virtuális kapcsolatok (SVC, PVC). A SPTS-ek és MPTS-ek átvitele a CBR PVC-re alapul, rögzített VCI-vel és változó VPI-vel. Az ATM cellák kötegelését, a routing információk csatolását, a sebesség-illesztést, és a jelfolyam formátumának adaptációját az átviteli közege (SDH) a fizikai réteg végzi.

Az AAL1

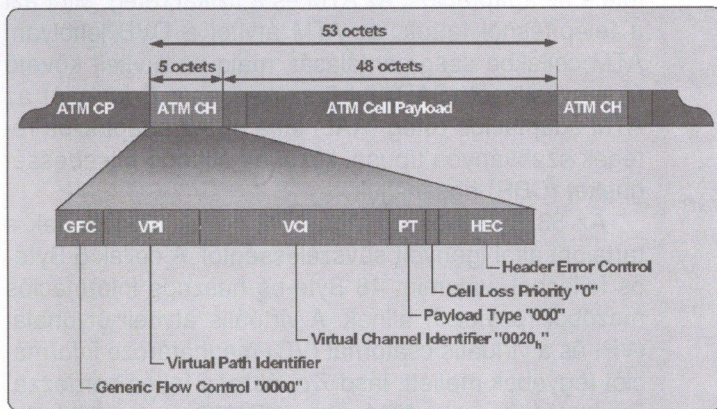
Az ETSI 300814 sz. szabvány (SDH hálózatok DVB interfészei) MPEG 2 átvitelre az AAL1-et határozza meg. Az AAL1-et előre-irányú hibakorrekcióval (FEC) ellátott, állandó bitsebességű real-time alkalmazásokhoz dolgozták ki. A 188 Byte-ból álló MPEG 2 TS-t 124 Byte-ból álló szegmensekre osztják. E szegmensekhez 4 Byte-ból álló Reed-Solomon FEC (RS 124,128) kódcsomagokat csatolnak (7/a. ábra).



7/a. ábra



7/b. ábra



7/c. ábra

Az így előállított, 128 Byte-ból álló csomagokat egy 47 tárolóból álló összegző mátrixra vezetik. A tárolókat a 128 Byte-ból álló csomagok folyamatosan töltik fel. A sorrendben első Byte-ok a 47 tároló minden teljes feltöltése után egyszerre kerülnek üritésre (lásd 7/b. ábra). Ez a 47 Byte nem más, mint az ATM cella payload-ja, melyhez az ATM rétegben az 5 Byte-os fejléccet csatolják (7/c. ábra).

A művelet sor gyűjtőneve konvergencia-alrétég protokoll-adat-egység (CS-PDU), mely 31 MPEG 2 TS-ből vagy 47 CS-SDU-ból (konvergencia-alrétég műsor-adat-egység) áll.

Az AAL5

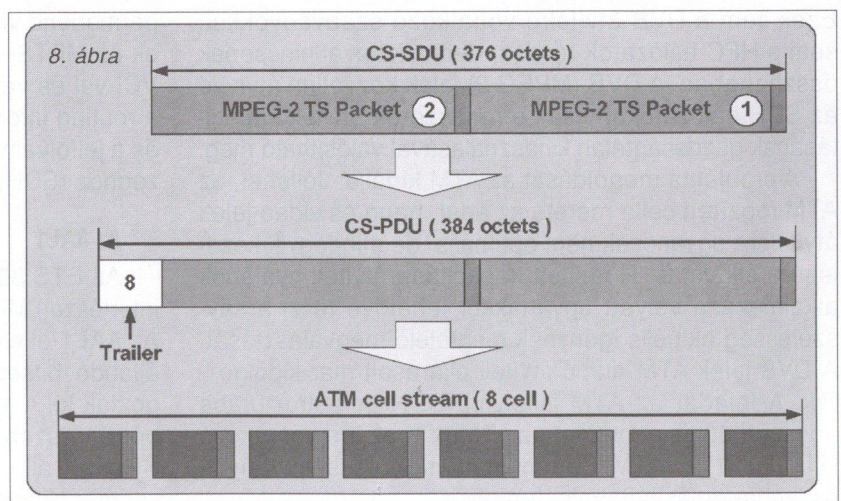
Az ATM Forum által definiált AAL5-öt eredetileg az IP átvitelhez fejlesztették. Az AAL5 nem tartalmaz hibakorrekciót. Működését a 8. ábra szemlélteti. Két MPEG 2 TS-et 376 Byte-ból álló CS-SDU-kba szerveznek, majd a csomaghoz egy 8 Byte-ból álló hordozó (trailer) jelcsomagot csatolnak. Az így keletkező 384 Byte-os CS-PDU-k felosztásából áll elő ezután a nyolc 48 Byte-os ATM cella payload-ja.

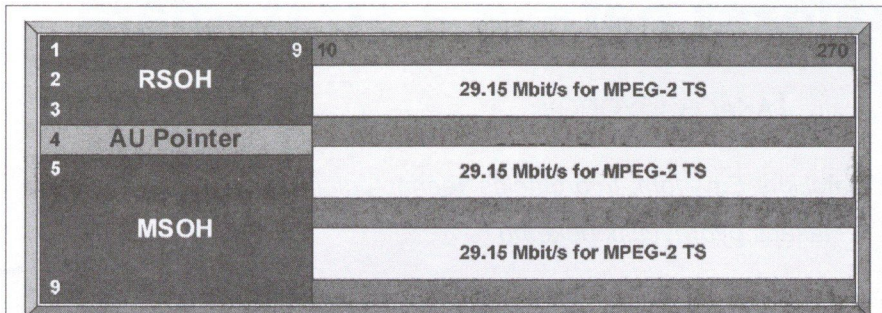
4.3 Átviteli kapacitások összehangolása

A szabványos TV-csatornák névleges sávszélessége 8 MHz. Az ebben átvihető bitek száma az alkalmazott QAM moduláció típusától függ. 64 QAM alkalmazása esetén az MPEG 2 TS max. sebessége Reed-Solomon hibajavítás nélkül 38,465 Mb/s. 256 QAM alkalmazása esetén ez a sebesség 51,287 Mb/s-ra nő.

Az MPEG 2 TS-ek európai szabványú, SDH alapú távközlő hálózatokon történő átviteli megoldása a közvetlen betáplálás lenne az E3 interfészen (34 Mb/s). Az STM1 multiplexelési struktúra három 34 Mb/s PDH formátumú jelfolyam átvitelét teszi lehetővé. A E3 interfész, mint hálózati adapter átviteli kapacitása az MPEG 2 TS-re nézve 64 QAM-nál azonban csak 29,15, 256 QAM-nál pedig 37,98 Mb/s. Ez a 8 MHz-es névleges sávszélesség QAM átviteli kapacitásának mindkét esetben csak kb. 75%-os kihasználását jelenti. A megoldás további hátránya, hogy az áttérést a 256 QAM-re nem teszi lehetővé, így ehhez a nem európai szabványú DS3 típusú (45 Mb/s) interfészt kellene alkalmazni.

A nyílt szabványú hálózatok (SDH, ATM) átviteli kapacitásának egy részét szerviz információk kötik le. A 155,52 Mb/s névleges sebességű STM1 modul payload (C-4 container) kapacitása így 149,76 Mb/s. Az E3 interfészen betáplált DVB jel átvitele ennek is mindössze 58%-át használja ki (lásd 9/a. ábra).



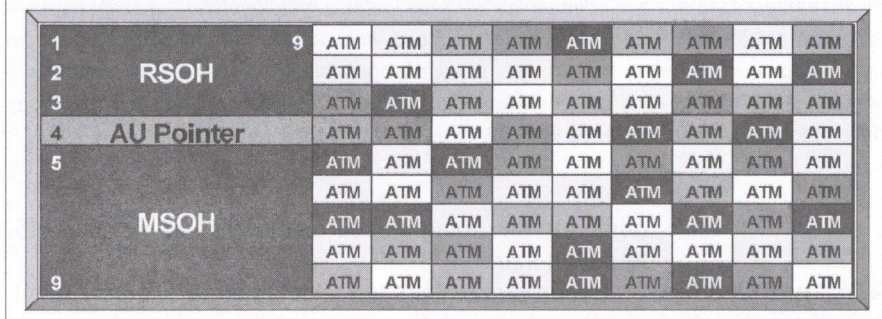


9/a. ábra

nek megvalósítása fizikai RF modulációra alapul. Az RF modulátorok lényegében a fenti fizikai sávszélesség, mint csatorna lefoglalói.

Mint működésénél láttuk, az ATM a VP/VC segítségével lényegében hasonló virtuális útvonalakat és csatornákat határoz meg. Az SPTS-eket és MPTS-eket hordozó komplex csatorna kétféle technológiájának találkozási pontja a regionális fejállomások (RHE) ATM node-ja, amely a műsorok jelfolyamait, leágztatja (10. ábra). VP/VC alapján bármelyik program igény szerint továbbítható bármelyik QAM modulátor felé. Ekképp alkotja a rendszer felépítésénél már említett program-bankot a transzport sík. A leágztatott jelfolyamok hagyományos útjukat ezután már típusuktól függetlenül QAM modulátorokon (MPTS) vagy re-multiplexereken keresztül

9/b. ábra



Az STM1 payload ATM cellákkal történő feltöltése az előbbi hatásfokot a távközlési alkalmazásához közel eső mértékűre növeli. Az AAL1 réteg alkalmazása 83, az AAL5-é 85%-os kihasználtságot eredményez (9/b. ábra). A 256 QAM TS betáplálása ennél alacsonyabb rendű európai szabványú tributary interfészen keresztül nem is lehetséges, az átállásnál az STM1 szintre mindenképpen át kellene térni. Alkalmazását ez indokolja.

Az ATM által biztosított hatásfok fentiekkel összefüggésben a 8 MHz névleges sávszélességű TV csatornák digitális átviteli kapacitásának teljes kihasználását is lehetővé teszi a HFC hálózatokban. A rendszer rendeltetése ezen összhang biztosítása a HFC hálózatok gazdaságos kiszolgálásához. A megoldás másik előnye rugalmasan alkalmazkodik a különböző bitsebesség igényekhez. Az ATM lehetővé teszi az STM1 payload kitöltését különböző bitsebességű jelek kombinációival. Ez a 30%-os sebesség növekedéssel járó 256 QAM-re áttérésnél várható.

A fentiekből következik, hogy STM1-en három 64QAM-ben modulált MPTS jelfolyam átvitelével azonos üzemmódban két 256 QAM-ben modulált MPTS is gazdaságosan átvihető. Ez sok SPTS átvitelének jövőben várható igényét kielégíti és kiterjeszti a független tartalom terjesztés korlátjait.

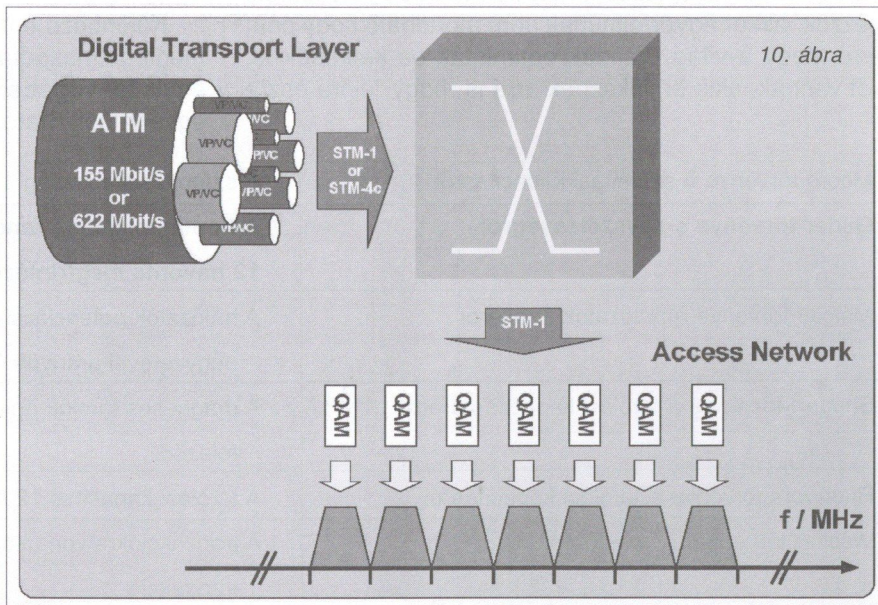
4.4 HFC hálózatok kiszolgálása

Az analóg VSB és a digitális QAM műsor csomagok átvitele a HFC hálózatok 8 MHz-es fizikai sávszélességű TV csatornáin történik, mely-

(SPTS) folytatják. Ez lehetővé teszi a helyi tartalom beillesztését és a PSI/SI információs tábla felülírását.

Irodalom

- [1] ATMux™ Advanced Technology Multiplexer / Teleste Access Systems - Headend Products (Gyártmányismertető / Teleste Corp., Finland 2002)
- [2] Jouni Johansson: The merits of ATM for DVB in CATV / CTE (The Journal of the Society of Cable Telecommunications Engineers), December 1999
- [3] ATMux™ system definition for distributed DVB multiplexing applications (Broadband Cable Networks, Teleste Corp. Finland 2003)
- [4] Stan Schatt: Hogyan működik az ATM?, Panem-McGraw-Hill, 1998.



10. ábra

Fényvezető hálózat hatása a stratégiára

TAKÁCS GYÖRGY

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai Kar

takacs.gyorgy@itk.ppke.hu

A távközlési és informatikai fejlődés jelenlegi forradalmi változásai több tényezőre vezethetők vissza. Ezek között emlegetik, hogy a felhasználók kritikus tömegének (azaz kb. egymilliárd ember) számára a mindennapjaik részévé váltak a mobiltelefonok, a számítógépek és az ezekhez kapcsolódó szolgáltatások, alkalmazások. További lényegesnek tartott tényező, hogy az ilyen termékeket áruló piacokon nemcsak egyszerűen versenyeznek, hanem a meghatározó helyeken igen éles, az újdonságok felé kíméletlenül űző verseny alakult ki, amelyben soha nincs végső győztes. Minden nap újra indul és új kategóriákkal bővül a vetélkedő. Nem szabad elfelejteni, hogy mindezek persze nem jöhetnek létre technológiai újdonságok nélkül és ezek lökdösik új és új irányokba a fejlődést.

1. Bevezető gondolatok

Melyek a leggyorsabb fejlődési irányok, mit hozhat ennek tükrében a jövő, mire kell készülnie gyártónak, felhasználónak, szolgáltatóknak, szabályozó testületeknek, kormányoknak? Miből lehet nagy üzlet, miből lehet állami bevétel, miből lehet a fogyasztóknak inkább áldást, mint átkot hozó újdonság?

Nagy és nehéz kérdések ezek! Nem lehet csalhatatlan jó szerepében tündökölni, nincsenek általános érvényű bölcs kinyilatkoztatások! Próbáljunk inkább gondolkodásra készíteni minden érintett felelős szakembert. Lehet, hogy pusztán provokációnak tűnik az alábbi okfejtés számos eleme, de ez nem baj. Észre kell venni, hogy ennek a vetélkedőnek egyik leggyorsabban fejlődő és közvetlen akadályokkal legkevésbé gátolt ága a sávszélesség növekedése. Bár ez a harmadsorban említett technológiai tényezők kategóriájába tartozik, mégis van esélye, hogy a lehetőségi (enabler) tényezők sorából az életfontosságú (killer) szintre emelkedhet! Ha a tőzsdei mutatók tükrében visszafelé nézzük, akkor egyértelműnek nem mondható hogy pont erre megy a világ. Vannak optimisták és kétkedők is, sőt vannak, akik emlékeznek arra is, hogy "előre észre

nem vett, de utólag igazolt" esetek milyen sokszor előfordultak már.

Ebben a szemléletben tekintsünk át jónéhány tény, még ha az elemek furcsa sorrendben is jönnek egymás után. Az elemzéseket elvégezzük, a következtetéseket csak sajátosan tesszük meg. Az igazit, a saját magára vonatkozót, inkább mindenki önállóan vonja le!

2. A technológia a sávszélesség növekedésének irányába fejlődik

Azon múlik a hálózatok és szolgáltatások várható jövőképe, hogy mi fejlődik gyorsabban, mi lesz jobb, mi lesz olcsóbb. Azon múlik melyik hálózat- vagy szolgáltatás-filozófia lesz életképes, hogy mit tudunk jobban:

- *feldolgozni egy bitet,*
 - *átvinni egy bitet vagy*
 - *tárolni egy bitet*
- és ez hogyan változik az időben?

Különböző emberek nevéhez kapcsolódó törvények megfogalmazódtak válaszul a fenti kérdésekre. Mind-egyik lényegében exponenciális növekedést kifejező egyenlettel írható le. Ez utóbbi tovább vizsgálandó, mi-

Moore törvénye a számítási kapacitásról	A számítási képesség 18 havonta megduplázódik
Gilder törvénye a sávszélességről	A kommunikációs rendszerek teljes sávszélessége 12 havonta megtriplázódik
Metcalf törvénye a hálózatok értékéről	A hálózatok potenciális értéke a felhasználók számának négyzetével arányos
Shugart törvénye a tárolási kapacitás áráról	A mágneses tárolók egy bitre vonatkozó ára 18 havonta feleződik
Ruettgers törvénye a tárolási kapacitásról	A tárolási kapacitás 12 havonta megduplázódik
Wacker törvénye a metaadatokról	A tranzakciókra vonatkozó információ értékesebb, mint maga a tranzakció

vel úgy tűnik, hogy az exponenciális növekedések közül a sávszélesség fejlődése kiemelkedik, pedig ezek eleve mind nagyon meredek görbék. Tehát az a lényeg, hogy a processzor teljesítmény másfél évente duplázódik, a sávszélesség átlagos teljes sávszélességben gondolkodva évente háromszorozódik és a tárolási kapacitás pedig évente duplázódik.

Hogy miért nyerőesélyes vagy nyerő a bitávitel, az kiadódik az exponens értékéből. Gyakran hallhatjuk, hogy azért kell nanotechnológia vagy más feldolgozási elv, mert ezek a technológiák a jelenlegi exponenciális növekedést nem bírják már sokáig, nagyon közeleg az az időszak, amikor a technológia közvetlen fejlődése felütközik a fizikai korlátokon, mert nehéz pár száz atomnál kisebb tranzisztort csinálni, a nagy sebességhez és teljesítményhez kapcsolódó hőmennyiséget elvezetni. Tiszteletben tartva az áramköri technológiák és tárolási technológiák fejlődését is és a meghaladott technológiák korlátainak átlépését, de megállapítható, hogy ilyen közvetlen elvi korlátok most éppen a sávszélesség növekedését nem akadályozzák.

Fényvezetőkben vivőként 10 Gbit/s elérhető. Egy szálon 1000 vivő alkalmazható és létezik hüvelykujj vastagságú, 1000 szálat tartalmazó fényvezető kábel is. Ezeket összeszorozgatva adódik, hogy a ma létező technológiákkal megvalósítható kábel kapacitása 10^{16} bit/s/kábel. Egy ilyen kábel átviteli sávszélessége gyakorlatilag végtelen!

Miért állítható, hogy ez már gyakorlatilag végtelen sávszélesség? Példával szemléltetve egy emberélet kb. 80 év, ez kb. $2,5 \times 10^9$ másodperc. Mai kódolási technikákkal elfogadható minőségű videojel letöltéséhez elegendő 1 Mb/s, tehát a példaként felhozott kábelen 1 másodperc alatt annyi videojel tölthető le, amit 4 ember 80 év alatt éjjel nappal folyamatosan videót bámulva képes megnézni. Ennek a 4 emberéletvideo/másodperc adattal jellemezhető kábelnek a sávszélessége gyakorlatilag már nyugodtan végtelennek tekinthető.

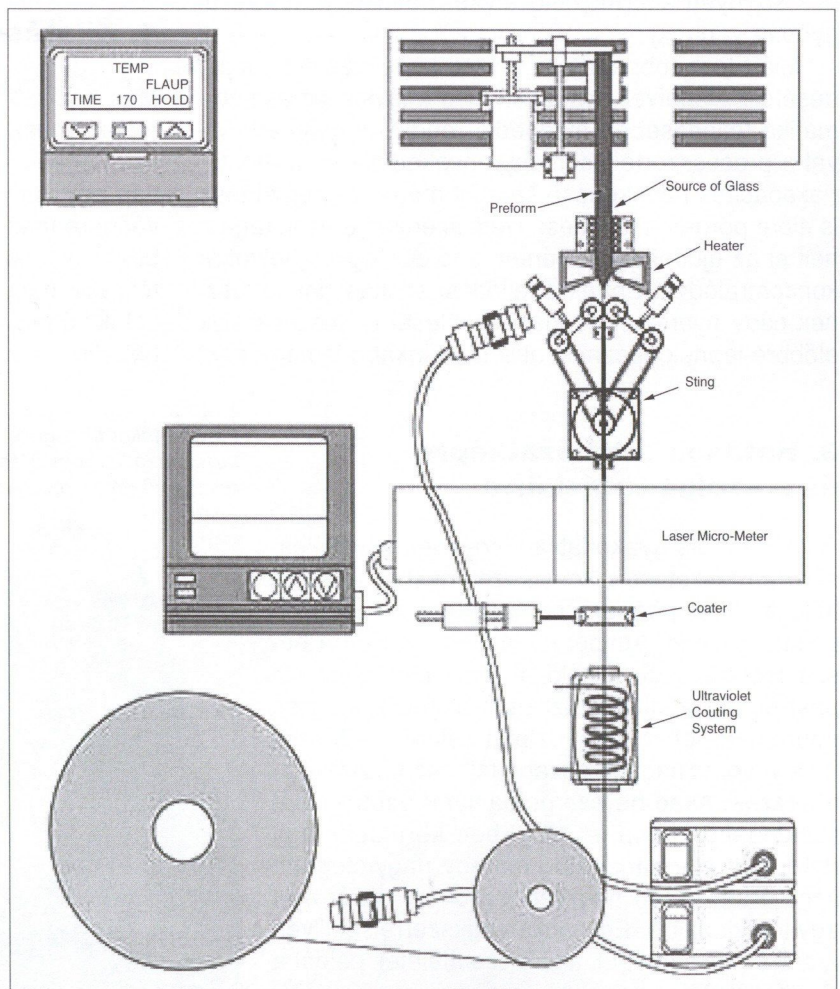
Ugyanakkor kijelenthető, hogy nemcsak a végtelen, hanem az ingyenes sávszélesség korába is elérkeztünk. Szolgáljon ismét konkrét számadat ennek igazolására. A magyar egyetemek jó része 1,5 Gb/s sávszélességgel, fényvezetővel csatlakozik az NIIF hálózatához. A Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Karának esetében 200 ezer Ft a csatlakozást megvalósító sötét szál havi bérleti díja, amit a távközlési szolgáltató a szál tulajdonosa számára fizet. Az más kérdés, hogy ehhez mennyi támogatás járul és mekkora az egyetemnek közvetlenül küldött számla. Az NIIF legnagyobb költsége egyébként a nemzetközi sávszé-

lesség. Nem túlzás erre azt állítani, hogy magán a csatlakozó fényvezető összeköttetésén a sávszélesség gyakorlatilag ingyenes. Azzal mérhető például, hogy a fenti összeköttetésen 1 Gb letöltése 7,9 fillérbe kerül. Egy gigabit letöltött adatmennyiség a fenti adatok szerint több, mint egynegyed órányi jóminőségű mozgóképet jelent. Vagy ha megnézzük, hogy a ma legkorszerűbbnek számító személyi számítógépeken a merevlemezzen mennyi hely van, akkor egy villamosjegy árért színültig lehet tölteni az elég drága tárolót. Ha tehát egy számítógép teljes háttértárának megtöltéséhez a sávszélesség költsége ekkora, akkor ezzel, mint költségtényezővel számolni nem érdemes.

Az megint más kérdés, hogy a sávszélességet ezen az áron megvesszük, de egy gőzmozdony igen rossznak tartott hatáskoránál nagyságrenddel rosszabb arányban hasznosítjuk. Fényvezető hálózati kapcsoltnál már nyugodtan lehet azzal számolni, hogy a sávszélesség gyakorlatilag ingyenes.

A fényvezető technológiák fejlődésének eredményeként ugyancsak állítható, hogy a földi távolságok teljesen legyőzhetőek. Egy ezred dB/km csillapítású fényvezető kábelt gyártottak már! Ez azt jelenti, hogy egyetlen szakaszban Magyarországról Kaliforniába fényvezető kábellel erősítés nélkül eljuthatunk akár az északi

1. ábra Fényvezető gyártási folyamata



sark felé vezetjük a kábelt, akár Európán és az Atlanti-óceánon és Amerikán keresztül, de el lehet érni Ázsián és a Csendes-óceánon keresztül is. A NASA honlapjáról letölthető az ilyen kábeleket előállító szerkezet részletes leírása. A Columbia űrrepülőgép fedélzetén vittek föl ilyen többször is és ezzel csináltak mikrogravitációs környezetben 0,001 dB/km csillapítású fényvezető kábelt. Az olvadékból mikrogravitációs környezetben húzott szálban speciálisan rendeződnek a részecskék és ennek eredménye a nagyon kis csillapítás.

Igaz viszont, hogy a korábbi áradatok nem erre a speciális kábelre vonatkoztak. A kereskedelmi forgalomban kapható kábel is 0,1 dB/km-nél kevesebbet csillapít, így ezzel is 300 km hidalható át erősítés nélkül, vagyis egy Budapest-München összeköttetés egy bécsi erősítővel üzemeltethető.

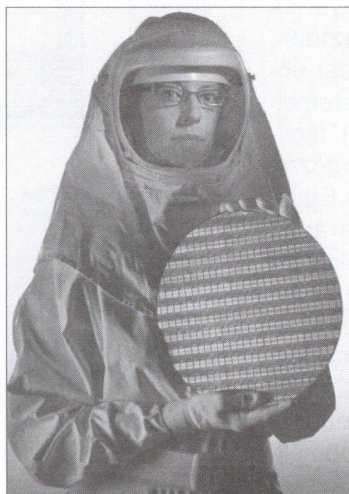
Az 1. ábrán látható, hogy a kábelgyártás folyamata igen egyszerű, ami objektíven is indokolja a fényvezető olcsóságát. A főbb gyártási lépések automatizálva vannak. Ha a fejlesztési költségek már megtérültek, akkor főként a mérési-ellenőrzési folyamatok, a szállítás és a kereskedelmi haszon szabja meg az árat. A szálvastagságot a húzás sebességével szabályozzák, a szálát azonnal védőburkolattal látják el. Lényeges megjegyezni, hogy a fényvezető szálak gyártásához szükséges alapanyagok gyakorlatilag kimeríthetetlenül rendelkezésre állnak a Földön (szemben például a rézzel, melynek könnyen kitermelhető érckészletei ugyancsak fogyóban vannak).

Miért lesz robbanás az átviteli kapacitás ilyen fejlődésétől? Alapelvek változnak meg a távközlés és informatika fejlődésében mégpedig rendkívül gyorsan. Mivel a processzorteljesítmény növekedése és a memóriakapacitás növekedése sem áll meg, ezek együttese is előre pörgeti a fejlődést. Nem is egyenletesen terjednek el az újítások, hanem a földön egyes helyekre koncentrálódnak. Ennek a fejlődési szakasznak is lesznek nagy nyertesei és igazi vesztesei is, lesznek akik előbbre lépnek, lesznek, akik még inkább lemaradnak.

3. Hatások a hálózatképre és a szolgáltatáskörre

A korlátlan és gyakorlatilag ingyenes sávszélesség természetesen következményeket jelent a hálózatok felépítésére, működtetésére és a szolgáltatásokra is. Amiből korlátlanul van és a beszerzési költsége a hálózat többi eleméhez képest elhanyagolható, azt nem becsülik meg és abból nem lehet nagy üzletet csinálni – kivéve ha a vevőket nagyon pazarló felhasználásra ösztönözzük. Akad persze példa ilyen esetre saját szakmánkon belül is. 1970-ben körülbelül egy dollár volt egy tranzisztor, ma egy nagyintegrált-ságú áramkörben negyven milliomod dollár esik egy tranzisztorra. Egy lapkán egyszerre sok ilyen áramkör készülhet el, amire szemléletes példát a 2. ábra mutat.

2. ábra
Félvezetőket tömegesen tartalmazó lap a gyártásban résztvevő hölgy kezében



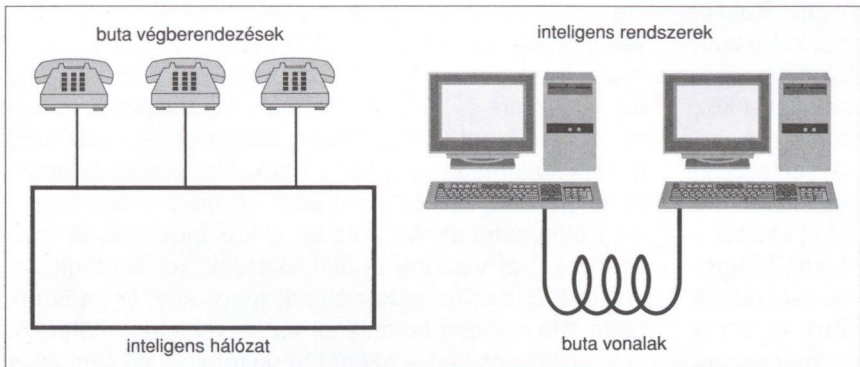
Mégis csak jól meg lehet élni ma abból, ha valaki tranzisztorokat jól gyárt. Gondoljunk bele, hogy ma egy korszerű személyi számítógépben hány száz millió tranzisztor van! Hiába mondhatjuk azt, hogy egy tranzisztor gyakorlatilag ingyenes, mert ára kifejezhetetlenül kicsi, mégis oly pazarlóan sokat használunk, hogy egy teljes eszköz már elég jó áron adható el. Kesergünk és kormányzati intézkedéseket sürgetünk, hogy ne maradjunk le a nemzetközi statisztika-versenyben, mely szerint személyi számítógépből csak pár százezer van Magyarországon! De mire is használjuk az ezekben lévő tranzisztorok ezer milliárdjait? Mennyiszer játszunk velük olyan kártyajátékot, amelyet egy pakli kártyával már évszázadokkal ezelőtt is játszottak elődeink? Vagy gondoljunk arra, hogy hány millió tranzisztorot használunk arra, hogy szép háttérképünk legyen a képernyőn vagy hogy egy aranyos kiskutya csóválja a farkát és lengesse fejét dokumentumkeresés közben.

Nem arról van szó, hogy baj a pazarló felhasználás, csak gondoljunk néha a szédítő műszaki fejlődés és a kíméletlen piaci verseny eredményeinek erre az oldalára is. Ez csak arra példa, hogy egyáltalán nem példátlan ebben a szakmában a mérhetetlen pazarlás. Érdemes előre gondolkodni azon, hogy miket eredményezhet, ha a műszaki fejlődés eredményeként a sávszélességgel is hasonlóan pazarlóan bánhatunk.

4. Kilátások

Más hálózati filozófiák, más hálózati csomóponti szerepek jönnek el a sávszélesség pazarló felhasználásával. Régebben a "távközlősöket" azzal jellemezték, hogy van egy nagyon intelligens hálózatuk és nagyon buta végberendezéseket kapcsolnak hozzá. Abban különbözött leginkább ez a társaság a számítástechnikusoktól, akik nagyon intelligens eszközöket raknak a hálózatok végére és a hálózat szinte csak átlátszó csövekből állt. Ha voltak egyáltalán ebben csomópontok, akkor azok nagyon egyszerű feladatokat hajtottak végre és főként a végpontok által megszabott módon. Alapvető különbség, hogy a folyamatok, a bitek irányítása, a hibák kezelése kinek a kezében van. A két szemléletmód lényegét ragadja meg a 3. ábra.

Az egyik vezető távközlési szállító cég szakmai rendezvényén egy multimédiás helyfüggő sok eszközgyártó szabványos berendezéseit is magába foglaló rendszerkonceptiót ismertetett. A hálózat strukturálásában is jól elkülöníthető a hálózatüzemeltető szerep, a távközlési szolgál-



3. ábra Hálózati filozófiák

tatói szerep és az alkalmazás-szolgáltatói szerep. Ele mi fontosságú itt a mozgó előfizető megtalálása, a szolgáltatás igénybevételével kapcsolatban a jogosultságok megállapítása, az igénybevevő és az alkalmazást nyújtó összehozása, a számlázáshoz szükséges dokumentumsorozat hiteles elkészítése, a szolgáltatás-alkalmazás láncban szereplő minden szereplő számára hatékony, biztonságos kapcsolatrendszert kell garantálni. Nem az a lényeg itt, hogy az egyes dobozoknak mi a neve és pontos funkciója, hanem az, hogy ezek szükségyszerűen nagy számban és szövevényes kapcsolatrendszerben szerepelnek.

A mai távközlési szolgáltatóknak az előfizetők elsősorban percdíjakat – azaz valamiféle sáv szélességen és időtartamon alapuló elszámolás alkalmazásával – fizetnek a hálózati intelligenciáért, magáért az informá-

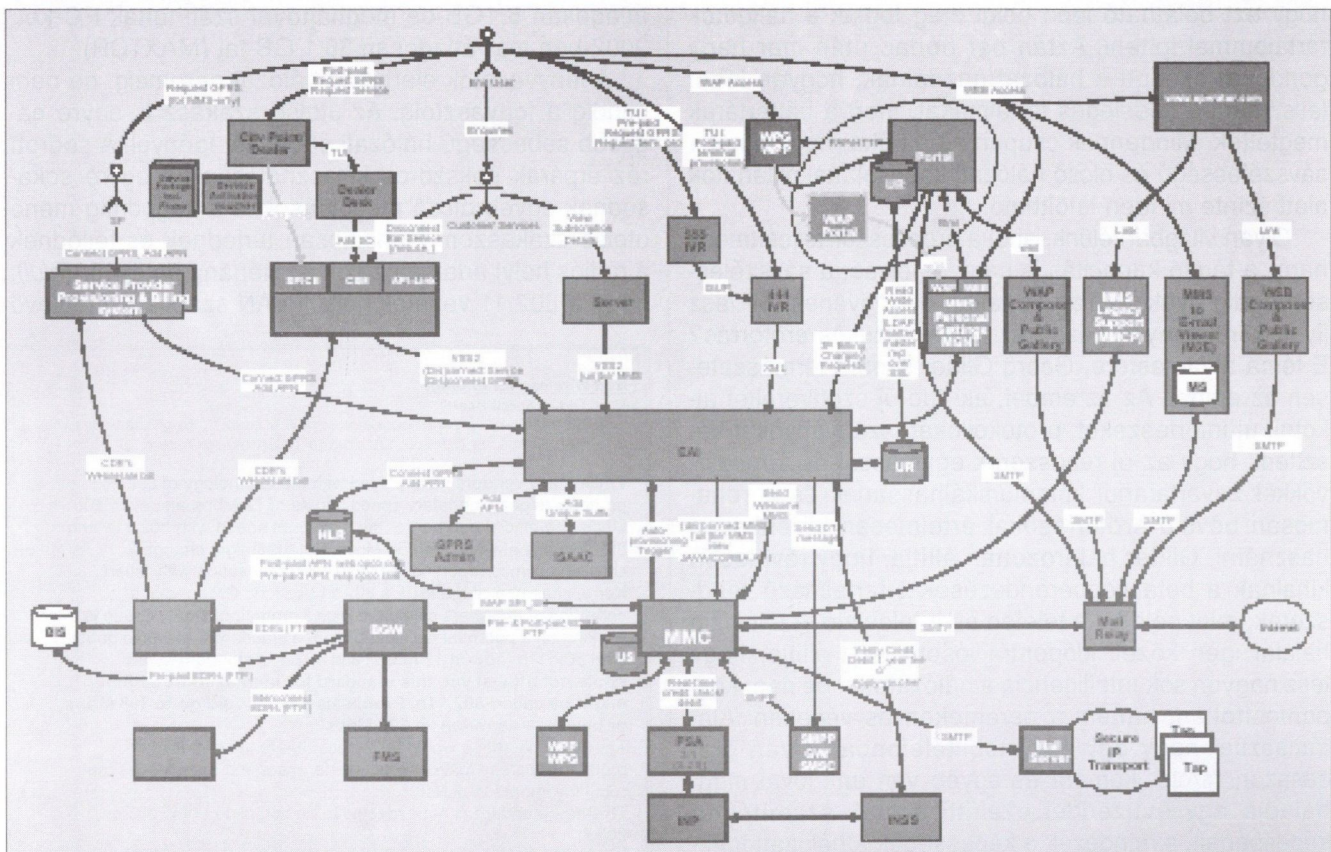
cióért is. Egy ilyen hálózatképből egyáltalán nem úgy néz ki, hogy az ingyenes sáv szélességre építő buta hálózatok irányába fejlődünk.

Az európai hálózatüzemeltetők kutatási és stratégiai együttműködése céljából létrehozott Intézet, a EURESCOM igazgatója Carelli úr a következőket mondta budapesti előadásában 2001-ben: hogy mikor célszerűbb a vonalkapcsolt technológia vagy inkább a csomagkapcsolás, az

attól függ, hogy a processzor teljesítmény olcsóbb vagy a sáv szélesség. Ha a processzor teljesítmény olcsó, akkor természetesen csomagkapcsolást kell használni, ha a sáv szélesség olcsóbb, akkor valami vonalkapcsolás szerű megoldást kell keresni. Az is kérdés, hogy a hálózati intelligencia mennyire koncentráltan vagy elosztottan helyezkedik el a hálózatban. Itt már régen nem csak árkérdés merül fel.

A fentebb említett létező, 10^{16} bit/s bitfolyamot szállítani képes kábelhez illesztett és ezt a bitfolyamot csomagkapcsolással kezelni képes processzor nemhogy drága, hanem a mai technológiákkal nem készíthető el! Ennek az ezredrésze sem megy. Ha valami így ömlik, akkor ott csomagkapcsolásról szó sem lehet. Ez a hálózatok világában egyáltalán nem új! Annyira nem, hogy amikor Bell kitalálta a telefont, akkor a hálózat pont olyan struktúra elemeket tartalmazott, mint ami a végtelen sáv szélességű fényvezetős rendszereknél adódik

4. ábra Egy jelenlegi hálózati struktúra



(szövevényes kapcsolat a végpontok között)! Puskás nagyszerű találmánya a telefonközpont sokkal ésszerűbben gazdálkodott a vonalakkal, vezetékekkel, azaz a sávszélességgel azért, hogy a végpontokat a központba kötötte be és a vonalakat kapcsolta.

Más megfogalmazással a végtelen sávszélességű fényvezető csatornákat úgy lehet használni, mint a földfelszíni rádióadásokat: ahogyan ott az éterbe, itt a fényvezető kötegbe kell az információt beelőkni. Minden kapcsolat nélkül menjen el mindenhova és kapkodja ki belőle az akinek ez szól vagy aki pont erre kíváncsi. Legfeljebb azt kell megoldani, hogy bizonyos információkat csak meghatározott csoportok, vagy kijelölt személy tudja saját részére kiválasztani vagy tartalmát megfejteni. Logikusan felmerülő kérdés az is, hogy hová lehet elhelyezni ennyi fényvezetőt? Adódik a válasz: behúzzható a meglévő alépítményekbe a rézvezetős kábelek helyére, vagyis nem kell emiatt újra feltúrni a városok járdáit.

Nagyon fontos következmény, hogy teljesen más fogyasztói szokások alakulnak ki a korlátlan és ingyenes sávszélesség rendelkezésre állásával. A szerző is többször rajtakapta már magát azon, hogy elmentett már egy dokumentumot a számítógépe egy könyvtárban valamilyen néven, de amikor hirtelen szükség volt rá, akkor egyszerűbb volt megkeresni a világhálón és újra letölteni, mint a saját memóriában felkutatni.

Ez év tavaszán helyeztük üzembe a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Karán a legkorszerűbbnek nevezhető számítógépek sorozatát. Akkora háttértár kapacitással rendelkeznek, ami pár évvel ezelőtt még elképzelhetetlen volt. Nem is gondoltuk, hogy ezt belátható időn belül meg fogják a hallgatók tartalommal tölteni. Aztán pár hónap után már nagy gondokat okozott a hálózat gazdáinak, hogyan lehet letisztítani a felesleges tartalmakat, mert a háttértárak megteltek. Mindennek csupán az az oka, hogy a nagy sávszélességű és olcsó hálózati kapcsolattal pillanatok alatt szinte minden letölthető.

Olyan világban élünk, ahol a processzor-teljesítmény nagy, a tároló kapacitás is nagy és olcsó, a sávszélesség pedig gyakorlatilag korlátlan és ingyenes. Mi lesz ilyen körülmények között az igazán szűkös erőforrás? E téma atyamestere, Georg Gilder szerint természetesen az ember. Az az ember, aki tud új szoftvereket alkotni, új interfészeket, protokollokat, szabványokat készíteni, hogy az új rendszerek egymással és a meglévővel zavartalanul kommunikálhassanak és a rohamosan bővülő erőforrásokat értelmesen ki lehessen használni. Gilder határozottan állítja, hogy rövidesen kihálnak a buta végberendezéseket tartalmazó rendszerek, mint például a telefon és a televízió. A televízió halálát igen közeli időpontra jósolta. Azt állítja, hogy lesz nagyon sok intelligencia a hálózatban, de nem központosítottan, hanem a peremeken és végeken. Alátámasztja, hogy egy-egy mobiltelefonban olyan processzor, tároló, kamera és egyéb van ami jóval meghaladja egy évtizeddel ezelőtti asztali számítógép képességeit, s mindezek a képességek a hálózati funk-

ciók szerves részét képezik. Azt állítja ehhez a hálózati filozófiához kapcsolódó eszmeáramlat, hogy ez előnyös, mert bármiféle tartalom letöltve szinte azonnal rendelkezésre áll. Olyan ez a mai műsorszolgáltató filozófiához képest Gilder szerint, mint a vonat és az autó közötti különbség. A vonathoz ki kell menni az állomásra és igazodni kell a menetrendhez, nem válogathatjuk meg útitársainkat. Az autóval akkor indulunk, amikor akarunk, azt viszünk el akit akarunk, az általunk választott útvonalon akkor állunk meg, amikor kedvünk tartja. Ha minden korlátlanul és ingyenesen letölthető, akkor ízlése és kedve szerint bárki fotelből fel sem állva összeszerkesztheti aktuális információszerző és szórakoztató programját.

Ehhez új nagy cégek kellenek. A jelenlegi nagy vállalatok még gyümölcsözőbbnek látják működésüket a hagyományos üzemmódban. Amint valaki (elég nagy és elég ügyes) megindul az új úton, már kénytelenek lesznek azonnal követni a többiek is. Várhatóan hirtelen, forradalmi módon megy végbe a hálózatok és szolgáltatások terén ez az átalakulás.

Hogyan állnak a kapcsolódó, rokon eszközök perspektívái? A processzor teljesítmény is töretlenül fejlődik, ennek egyik korlátja, hogy léghűtéssel már nehezen tartható a kívánt hőmérséklet a lapkán. Ki is állították már a 2003. évi CeBIT-en a vízhűtéssel működő asztali számítógépeket. A PC oldalán kint egy radiátorszerű szerkezet adja le a processzor belsejében keletkezett hőt. A tárolókapacitások is tiszteletre méltóan fejlődnek. Az IBM 2003-ban már 400 GB-os merevlemezű tárolókkal is szállít személyi számítógépeket (sajnos ezeket már nem Székesfehérváron gyártják). 1998-ban még átlagosan 5,1GB-os meghajtóval szállítottak PC-eket, 2002-ben már átlagosan 36,1 GB-tal (MAXTOR).

A fényvezetők elérnek a hálózat pereméig, de nem mindig a fogyasztóig. Az utolsó szakasz is egyre nagyobb sebességű hálózati elemeket igényel. A sodrott réz érpárok sokszoros kihasználásán túl egyre sokasodnak egyéb olcsó megoldások is a végpontig menő utolsó szakaszon. Rohamosan terjednek és fejlődnek a rádiós helyi adathálózatok is. Néhány hetes hír (*alul*), hogy a 802.11 vezeték nélküli LAN szabvány meglévő

Fixed Wireless Technology

802.11 To Get Speed Boost?

The IEEE has a study group pushing for new standards to officially bring throughput levels for wireless LANs up to 108Mbps—or faster.

While many vendors have played with the technology of 802.11 products to get proprietary speed boosts of 72 Mbps and even 108 Mbps, the official number for the maximum speed with 802.11a and 802.11g has always been 54 Mbps. But that might change.

Unstrung.com is reporting, based on a conversation with Stuart Kerry, chairman of the IEEE's 802.11 Working Group, that a collection of members called the High Throughput Study Group is working on a potential high-performance standard that would boost both 802.11b (now at 11 Mbps) and 802.11a standards.

While not official yet, this standard for increased throughput might be called 802.11n. Proposals say it could go to 108 Mbps or beyond—as much as 320 Mbps.

The speed increase would take place due to the handling of problems such as lost packets, interference, and other issues that regularly impact WLANs.

This new standard is not expected to be complete until 2005 or 2006.

és rohamosan terjedő „b” változatához képest (amely 11 Mb/s sebességű és annak is csak fele az átvitt hasznos információ) elkezdtek kidolgozni a 812.11.n változatot, amelyben 300 Mb/s(!) sebesség valósítható meg. Az öklömnyi bázisállomásig kell elmenni a fényvezetővel, a végberendezések ehhez nagy sebességű rádiós összeköttetéssel kapcsolódhatnak.

Jelenleg hat gyártó rendelkezik teljes chipkészlettel 802.11.b szabványhoz és néhányszor tíz dollárra ment le a számítógépbe dugható WLAN kártyák ára.

A szolgáltatások szintjén is nagy változásokat sejtet ez a technológiai fejlődés. Sokan vannak azon a véleményen, hogy a mindenütt hozzáférhető fényvezető a még el sem indult harmadik generációs mobil hálózatoknak kezdettől fogva komoly versenytársa lesz, főként Amerikában.

Példázza ezt egy elég friss hír szalagcíme:

Issue 11.05 UNWIRED –

A Wired Special Report - May 2003

Good-Bye 3G - Hello Wi-Fi

Frappuccino

Cellcos bet big on third-generation wireless - and took a big hit. Now T-Mobile's John Stanton has a grand convergence plan. Starbucks is just the beginning.

By Dan Briody

Eszerint a közlemény szerint a harmadik generációs mobil rendszereknek máris befellegzett Amerikában, és lelkesen üdvözik a WIFI néven ismertté váló vezeték nélküli helyi adathálózatra épülő „dolgot”. A T-Mobile amerikai leányvállalata szövetkezett a STARBUCKS kávéház lánccal. A kávéházakat szerelte fel vezeték nélküli hálózattal. Az ingyen kávé csak adalék az informatikai szolgáltatáshoz. Ezen természetesen nemcsak internetezni tud a kedves vendég, hanem telefonálni is. Nagyon érdekes ez olyan országban, ahol az európai vagy akár a magyar adatokhoz képest is jóval kisebb a mobiltelefonok használata vagy a hálózati lefedettség. Sok szolgáltatást, amelyet nálunk főként a harmadik generációs mobil támogat, megpróbálják ráépíteni a WIFI rendszerre. Internetezni, levelezni úgyszemint lehet metrón vagy autóban. Üljön be akinek ilyen dolga van egy kávéházba és ott megkaphatja ezeket a szolgáltatásokat is a kávé mellé. Itt aztán nem a sávszélességért kell fizetni! Még nem alakult ki, hogy az internetezéshez jár az ingyen kávé vagy a kávéhoz az ingyen internet.

Érdekes üzleti kérdések is felmerülnek. A cellkók (*sic!* – *micsoda új szó a cellás rádiótelefon hálózatok üzemeltető távközlési vállalatokra*) nagyon sokat fizettek a harmadik generációs mobil frekvenciákért Európában. Ezzel szemben a WIFI üzemeltetők ingyenesen használhatják a nyilvános frekvenciákat! Ebből még óriási harc lesz, mert termékeik részben egymással versenyeznek. Akár csődbe is mehet egyik vagy másik vagy

akár mindkettőt megölheti a verseny. Lehet, hogy például a kávé vagy ügyesen kapcsolt más szolgáltatás tudja kihúzni az egészet a bajból.

Az olcsó hozzáférés egyik érdekes következményének jóslják, hogy a szerzői jognak is befellegzik. A közelmúltban lezajlott vihar a zenei anyagok ingyenes (jogdíj-mentes) letöltésével kapcsolatban csak gyenge kezdet. Előbb utóbb minden filmhez, könyvhöz alkotások másolataihoz letöltés árán hozzájuthatunk. Nem is áll messze sok alkotótól, hogy műveik igazi közkinccsek legyenek. Nem is fogják tárolni az ingyenes sávszélesség világában! Letöltik megnézik, meghallgatják, eldobják. Ha ismét kell, újra letöltik.

Az ingyenes sávszélesség lakhatóbbá és fenntarthatóbbá teszi a Földet. Nem kell annyit autóba ülni és üzemanyagot pocsékolni munkába járás, tanulás, szórakozás kedvéért! Sokat pótolhat a távmunka, távtanulás, távjelenlét, de ehhez korlátlan sávszélesség kell.

A reklámra alapozott hatalmas médiaipar is átforgatható. Ha letölthetjük a tiszta műsort is, minek előtte, utána és közben elszünetelni a rengeteg hirdetést is.

A mérhetetlenül sok sávszélesség elhasználására egyik kézenfekvő mód, hogy rengeteg kamera képét küldik szerteszét. Ezzel kapcsolatban is rengeteg érdekes és friss hírbe lehet botlani a világhálón. Az alábbiak erre kínálnak csekély értékű példát:

Terrorista helyett kukkoló volt a luxushajón

Egy amerikai luxushajót ki kellett üríteni csütörtök este, mert az egyik utas arról értesítette a legénységet, hogy a női mosdóban gyanús szerkezetet talált, amelyből drótok lógnak ki. A hajó átkutatása után kiderült: nem bombát, hanem egy kisméretű kamerát rejtettek el a mosdóban.

A HP szakemberei olyan digitális kamera kifejlesztésén munkálkodnak, melyet a felhasználó öltözéke részeként hordhat és folyamatosan rögzítheti vele életének fontos eseményeit.

...Lehet, hogy gombként felvarrva különböző ruhadarabokra a kamerákat, teljes sorozatba rendezhetők az öltönyös események képei és a farmeres képek. A naplórás úgy is kiment a divatból, de egy ilyen gomb mindenkinek az életét dokumentálhatja szó szerinti képelemlékek sorával!

A távoktatás a végtelen sávszélesség alapján versenybe léphet a kontakt órákon alapuló hagyományos oktatással. Nagyon szép, letölthető kurzusok találhatók a világhálón (pl. MIT OpenCourseWare 2002). Terjedőben vannak a professzor nélkül egymást támogató távtanuló-körök (peer-to-peer communities of students). A szakértők és professzorok díj ellenében állnak rendelkezésre távkonzultációra. Oktatóként tapasztalom, hogy egymástól tényleg rengeteget tanulnak a diákok. Ez a szakma nem apáról fiúra száll, hanem sokszor fordítva. Ha nem értek meg valamit, megkérdem gyermekeimtől vagy hallgatóimtól és gyakran tudnak is segíteni! Mindezeknek lehet olyan hatása is, hogy a tudás igazolói nem a hagyományos egyetemek lesznek.

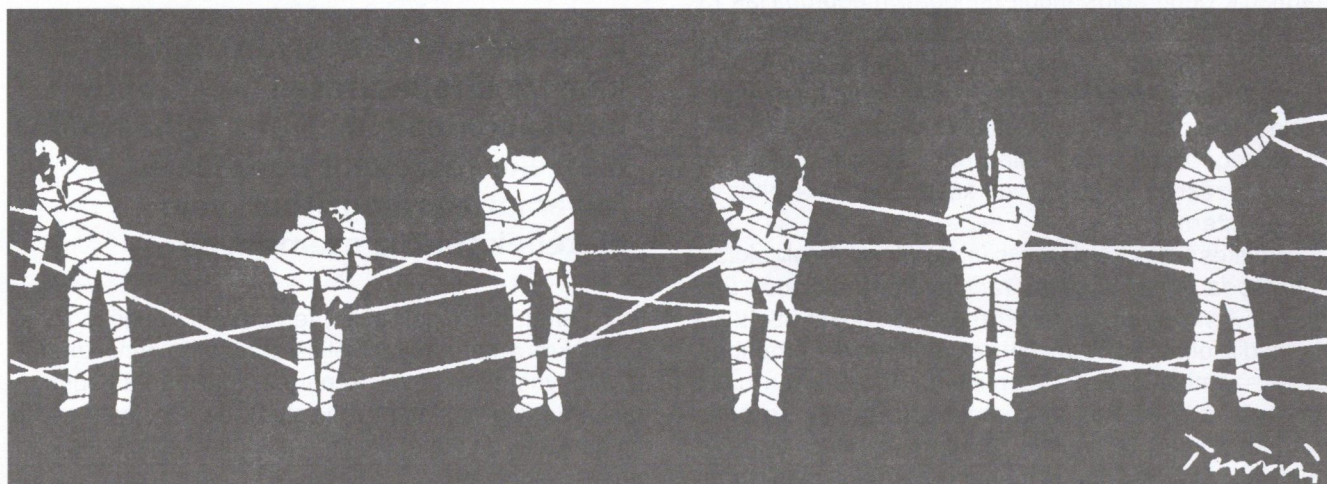
Ha igaz az út, amit fentebb elképzeltünk, hogy „mindent letölteni”, akkor azonnal felmerül a kérdés: hogyan találjuk meg, hogy mit töltünk le? Nagyon kell fejlődni a tartalom szerinti keresési technikáknak is. Szövegek-nél biztosan nem lesz elég a karaktorsorokra alapuló keresés. Kellenek a nyelvtechnológia fejlettebb eljárásait megtestesítő módszerek is. Az asszociáción alapuló keresésekhez nem illenek jól a hagyományos processzor-architektúrák. A képtartalomra, hanganyagok tartalmára építő keresések még a kezdetek kezdetén járnak.

5. Összegzés

Új távlatok nyíltak a távközlésben és az információs technológiák területén a sávszélesség bőségét megteremtő korszakban. A jó autópályák is serkentik a forgalmat, meg fog telni forgalommal a legbővebb hálózat is csak legyen érdemes kihasználni őket akár pazarló-nak tűnő módon is. A számpéldák arra készültek, hogy döbbenjünk rá hol is tartunk és merre száguldunk. Az alkalmazási példák is élő híradásokból válogatott darabok voltak. A következtetések tán túl merésznek tűnnek, de biztosan nem árt egy nagyobb esőre készülve nagy esernyőt vinni, és ha már nem kell, összecsukni, mint kicsit vinni és jól megázni.

Irodalom

- [1] Report of the Transatlantic Networking Committee
<http://www.uscms.org/s&c/reviews/doi-nsf/2001-11/docs/TAN-report-final.doc.pdf>
- [2] dr. Takács György:
Next generation networks – George Gilder gondolatai
PKI Tudományos Napok,
Budapest, 2002. november 19-20.
- [3] Wireless Networking
Wireless networking news, publications and reviews
<http://bengross.com/wireless.html>
- [4] Mobility Networks Overview
Bringing WLAN to Macro-networks
<http://www.mobilitynetworks.com>
- [5] Good-Bye 3G - Hello Wi-Fi Frappuccino
<http://www.wired.com/wired/archive/11.05/unwired/convergence.html>
- [6] Georg Gilder:
TELECOSM How the Infinite Bandwidth
Will Revolutionize Our World
The Free Press, New York 2000.
- [7] David Futrelle:
Was Georg Gilder Blinded by the Light?
www.business2.com/articles/web
- [8] Charle Sanders:
The Late, Great Telecosm?
www.spectator.org/AmericanSpectatorArticles
- [9] Gary Rivlin:
The Madness of King George
www.j-bradford-delong.net/Stray_Notes/gilder_wired_2002-07.html
- [10] David Isenberg:
The Dawn of the Stupid Network
www.isen.com/papers/Dawnstupid.html
- [11] David Isenberg:
Rise of the Supid Network
www.hyperorg.com/misc/stupidnet.html
- [12] Microgravity Fiber-Pulling Apparatus
www.nasatech.com/Briefs/Dec98/MFS26503.html



SAN tárolóhálózat

HORVÁTH GYULA, tanácsadó mérnök

horgyul@hdsnet.hu

A felhasználók tapasztalatai számos műszaki megoldás jövőjét meghatározhatják. Így van ez az adathálózatokban továbbított állományok tárolásával is. A felhasználók hamar tapasztalták annak előnyeit, ha háttéranyagokat vagy archiválendő írásműveiket a számítógépben tárolhatják. Egyre növekvő igényeik kielégítésére célszerű volt a tárolókat a munkaállomáson, személyi számítógépen kívül elhelyezni. Ennek a technikája évek óta rohamléptekkel fejlődik, jelenlegi állomása a SAN (storage area network – tárolóhálózat).

A SAN-hoz vezető út

Külső tárolók csatlakoztatására alkalmas, a személyi számítógépekbe beépített IDE (*integrated device electronics*) és azt megelőző típusú buszok csak 2-4 keménylemez-meghajtó csatlakoztatására alkalmasak. Külső tárolók csatlakoztatására kialakított, elterjedt megoldás a SCSI (*small computer system interface*, mikroszámítógépek interfészs szabványa), amelyben egy portra kötött, 15-25 m hosszú külső buszra már 15 meghajtót lehet rákapcsolni. Ily módon a gyakorlatban legtöbbször LAN típusú hálózat bármelyik szerveréhez lehet SCSI buszt kötni. Az effajta megoldásokat nevezik DAS-nak (*device attached storage*). Használatának legnagyobb korlátja, hogy az így megnövelt tárolókapacitású szerverek nem tudják egymás tárolókapacitását használni. Más szóval, a buszra kötött tárolók csak a szerver és kliensei számára közesek. Ezt a korlátot a hálózathoz csatlakozó tároló (NAS, *network attached storage*) megoldás szünteti meg, amelyben a tárolók szerverektől független eszközként vannak a hálózathoz kötve.

A fejlődés folyamatában ezt követi a SAN (*storage area network*), amely a tárolókat külön hálózatba szervezi, tehát a tárolandó/tárolt adatok átvitelére a LAN adatátviteli útjait nem veszi igénybe. 1998 óta új rendszereket szinte mindig a SAN technikával építenek ki. Elképzelések természetesen a fejlődés következő lépéséről is vannak.

Az előbb vázolt fejlődés során a következő fontos követelmények alakultak ki:

- igénytől függő (99,999%) használhatóság,
- a folyamatos üzem (24 órában az év 365 napján),
- lépésenként bővíthető (skálázható),
- adatok gyors eljuttatása és beírása a tárolókba,
- gyors hozzáférés a tárolt állományokhoz,
- gyors hibajavítás állományok elvesztése nélkül,
- hozzáférés megosztott tároló erőforrásokhoz,
- tökéletesített háttértárolás és helyreállítás,
- a szükséges fönntartó személyzet létszámának csökkentése,
- különböző szállítóktól származó részekeségekből is összerakható legyen.

A SAN tipikus eszközei

Ezek az adathálózatok ismert elemeinek a korábban említett szigorú követelmények teljesítése végett módosított változatai, valamint néhány, szabványok hiányában szükséges illesztő elem.

Csomópontok

A hálózatban csomóponti szerepet hubok, hidak, kapcsolók (*switch*) és útválasztók (*router*) játszanak, többé-kevésbé módosított formában. Hubot használnak hurokra fölfűzött csomópontok csatlakoztatására, míg sugaras szerkezetű részhálózatokat (*fabric*, szövet) kapcsoló segítségével vonnak be a hálózatba.

Szerverekhez a külső tárolók IDE vagy SCSI buszokon keresztül kapcsolódhatnak. Szerényebb igények esetén vagy amikor az alkalmazáshoz szükséges tárolandó adatok mennyisége korlátozott, az IDE olcsóbb is, mint az SCSI. Szükség esetén az IDE kimenethez SCSI illesztő hardver és szoftver kapcsolható. Más ismert típusú buszok az adathálózat elemeihez menő összeköttetések, továbbá esetleg meglévő NAS kapcsolódására szolgálhatnak. (NAS és SAN egymás mellett is üzemeltethető.) Bővíthető SAN számára eleve SCSI kábel vagy fényvezető csatorna (*fiber/fibre channel*, FC) csatlakoztatására alkalmas beépített portokkal ellátott szerverek kaphatók.

Gyártóspecifikus vagy a szokásostól eltérő szerverekhez a SAN felé menő átviteli utak és a szerver busza közé gazda-busz illesztőket (HBA, *host bus adapter*) telepítenek.

Átviteli utak

A párhuzamos SCSI busz architektúra rövid távolságokra azért is előnyös, mert nagy bitsebességű átvitelt tesz lehetővé a gyors hozzáférésű keménylemez tárolókhoz. Nagyobb távolságokra a fényvezető csatorna (*fibre channel*, FC) hódított teret, egymódusú szál, melyen az átvitelt az FC protokoll vezérli. Az átviteli sebesség legalább 100MB/s. Tipikus hatótávolsága: 10-50 km.

Ennél nagyobb, esetleg több ezer km távolságra, a jelek nagysebességű transzparens optikai hálózaton

keresztül (pl. Sonet vagy SDH) annak egy csatornájába ágyazva vihetők át. Erre lehet szükség például két, egymást esetleg tükröző SAN hálózat összekapcsolásakor.

Tárolók

A gyors hozzáférés és a gyors írás/olvasás említett követelményének teljesítéséhez nagy fordulatszámú (10,000-tól 20,000 fölötti), nagyméretű gyorsítótárral (cache) ellátott, 18-72 GB (rövidesen 144 GB) tárolókapacitású keménylemez-meghajtók kerülnek a következőkben ismertetett egységekbe.

JBOD

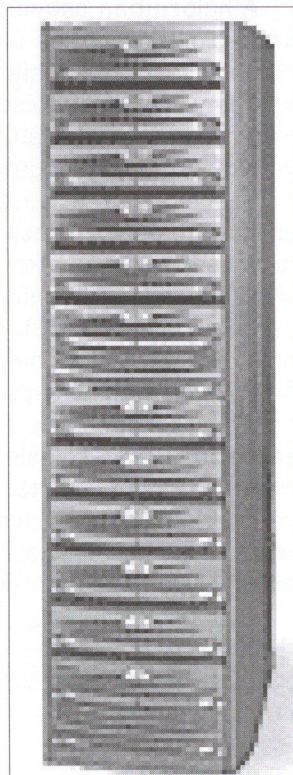
A háttértároló egységben lévő meghajtók között a feladatok elosztását, a keresett állományt tartalmazó keménylemezt a szerver vezérli. Ezt az architektúrát magyarul talán merevlemez-csokornak (*just a bunch of disks*) nevezhetjük. Elhelyezésükre külön e célra kialakított szekrényeket, benne fiókokat készítenek. Egyik változatuk jellegzetes adatai: 9 fiókban egyenként 12, azaz összesen 108 keménylemez-meghajtó. Számos szekrényben saját szünetmentes tápegységet és hűtő ventilátort találunk.

RAID

Tipikusan a korábban felsorolt szigorú követelmények kielégítésére továbbfejlesztett JBOD (1. ábra). Jellemző tulajdonsága, hogy vezérlője a tárolóterületen redundanciát képez. Egy keménylemez-meghajtó kiesésekor a redundanciát igénybevéve a kiesett meghajtón tárolt adatokat menti. A teljes biztonság elérése végett a RAID vezérlők is redundánsak, még meghibásodásuk sem vezet adatvesztésre. RAID csatlón keresztül csatlakozik a SCSI interfészen át a szerverhez és az FC hálózat fénykábeléhez.

Kisebb rendszerekben, ahol nincsenek nagyfokú rendelkezésre állást (megbízhatóságot) igénylő kritikus alkalmazások, a RAID vezérlő szükségtelen lehet.

RAID vezérlő gondoskodik a terhelés elosztásáról a keménylemezek között, a hibák feltárásáról és lokalizálásáról, több felhasználó esetén a tárolóterület megosztásáról vagy a felhasználók által hozzáférhető közös állományokhoz vagy állománycsoportokhoz. Az üzemelő hálózatot bővítő új elemeket fölismeri, és a rendszerbe illeszti.



1. ábra RAID keret 12 keménylemez-es tároló, vezérlők (Synergon)

Mágnesszalag

A mágnesszalagos tárolók, közismert nevükön videokazetták ritkán megnyitott állományok (például újságok, folyóiratok régebbi évfolyamai) tárolására olcsóságuk miatt kedveltek. Hátrányuk, hogy a hozzáférés időtartama változó, mert a keresett állomány kezdetét a szalagon meg kell keresni.

Hálózat kialakítása

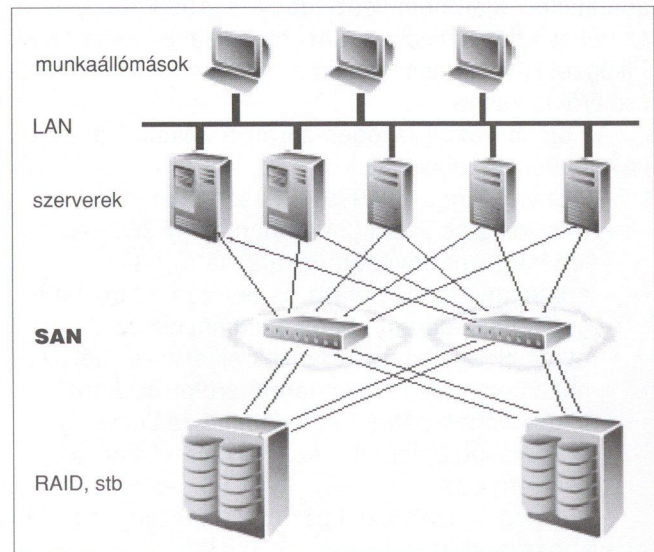
Topológia

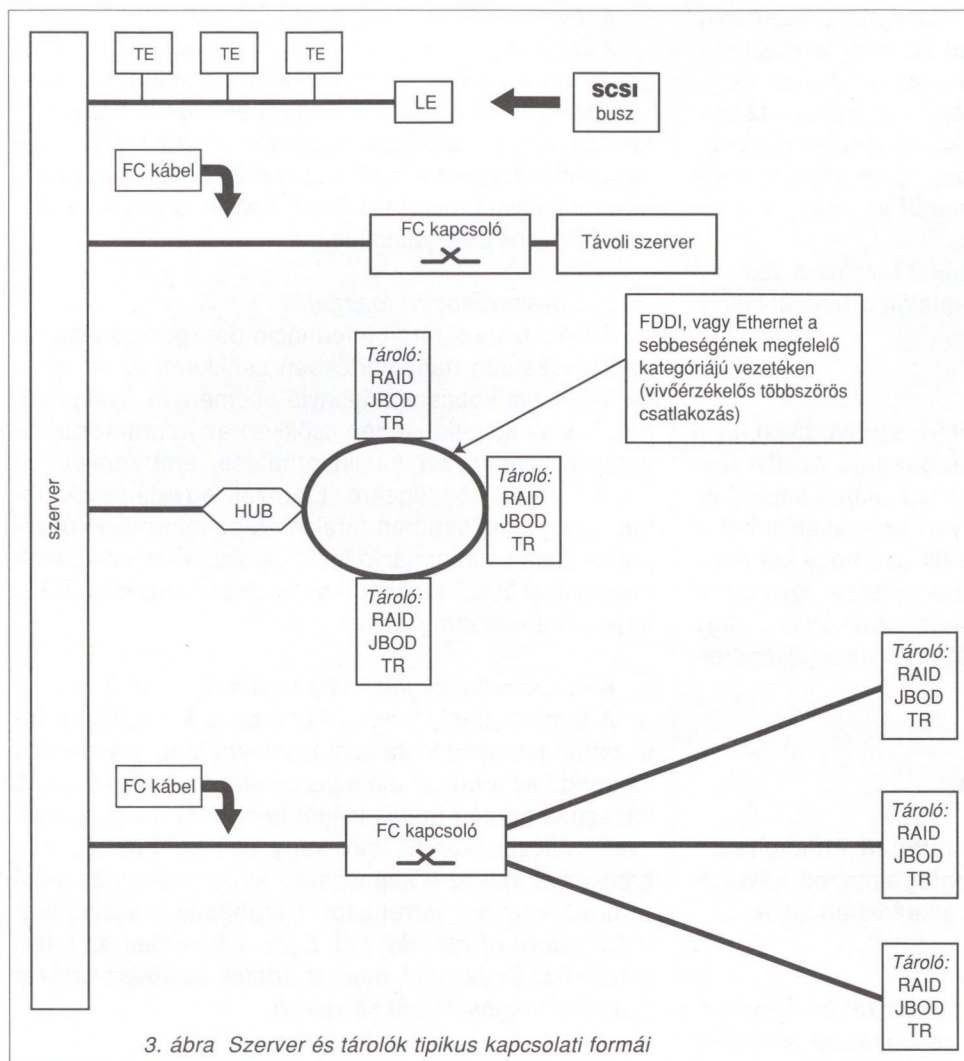
Az adathálózat és a SAN kapcsolatát a 2. ábra szemlélteti. Eszerint a munkaállomások szervereken keresztül csatlakoznak a SAN-hoz, amin át elérhetőek a tárolók. Sokan SAN-nak csak a hálózatnak a szervereket és a tárolókat összekötő részét nevezik. E cikk az adatátviteli hálózatot és a tárolókat összekötő szervereket és a tárolókat is tárgyalja.

Mint minden hálózattervezés alkalmával, a feladat SAN esetében is a gazdaságossági optimum megtalálása. SAN tervezésekor választható architektúra kialakításakor különös kötöttségek nincsenek, de figyelemmel kell lenni a cikk elején említett követelmények teljesítésére. A SAN-on belüli forgalomnak nincs még matematikai modellje, ezért az adathálózatokhoz hasonlóan a hálózat forgalmi kapacitását eleinte túlméretezik. Az üzemeltetés során, tapasztalati úton felismert szűk vagy éppen túl bő kapacitások a dugaszolható keménylemez-meghajtók átcsoportosításával mérsékelhetők.

Egyes hálózatigazgató szoftverek arra is képesek, hogy jelentik az egyes útszakaszok forgalmi terhelését jelző adatokat, melyek a bővítéshez vagy átcsoportosításhoz támpontul szolgálhatnak. Az állományok leggyorsabb átvitelét segíti elő, ha az átviteli utak sávszélessége, a kapcsolók és hasonló eszközök forgalmi át eresztő képessége sehol sem kisebb, mint a tárolók írási/olvasási sebessége.

2. ábra Tároló hálózat elvi elrendezése (Synergon)





3. ábra Szerver és tárolók tipikus kapcsolati formái

A tárolókat buszokra vagy hurokra fűzik föl vagy sugaras hálózaton keresztül éri el (3. ábra). Buszok esetén az SCSI technika, hurok alkalmazása esetén a hub 10/100/1000 Ethernet technikával FC vagy FDDI esetén egyszeres vagy kettős fényvezető gyűrű közvetítésével éri el a tárolóegységeket. A választási lehetőségeket a tárolók és a hub közötti távolság, valamint a kapcsolók relatív magas ára befolyásolja. Sugaras hálózatok többsíkúak is lehetnek, mert a kapcsolók kaszkádba köthetők. Ezekben és távoli tárolók elérésekor egyre gyakrabban az FC a célszerűnek mutatózó átviteli út. Sok cég termékválasztékában e célra az FC-hez közvetlenül csatlakozó kapcsolók, szerverek találhatók.

Szabványos vagy gyártóspecifikus részegységek?

A hardver és szoftver eszközöket, sokféle kiegészítőt, illesztőt számos gyártó és kereskedő készíti vagy szállítja. Egyes nagyvállalatok teljes, gyártóspecifikus SAN-t szállítanak, mások csak bizonyos fajta részegységeket. Utóbbiakból rendszerintegrátor cégek vagy végfelhasználók maguk is összeállíthatnak teljes SAN-okat a piacon gondos vizsgálat eredményeként egymással kompatibilisnek talált részegységekből. Rendszerintegrálással hazánkban is több cég foglalkozik.

A felhasználók szabványok létezésében érdekeltek, mert utóbbiak térnyerésekor a különböző gyártók szabványos termékei csereszabatosak lesznek és ennek ismert előnyei érvényesülnek. A SAN szabványosításával a SNIA nevű amerikai szervezet (*Storage Networking Industry Association*) foglalkozik, melynek vállalatokból és magánszemélyekből álló tagsága a 2002. évben lépte túl a 300-as létszámot. Az idén egyes nagy gyártók szövetségre léptek idevágó termékeik egymással kompatibilissá tételében.

Igény szerinti használhatóság, biztonsági másolatok

A felhasználó vállalat, intézmény stb. működése szempontjából kritikus alkalmazások esetén 99,999%-os („öt kilences”) rendelkezésre állást követelnek meg. A megkívánt használhatóság (A) és a várható kieső idő (DTR) összefüggése a következő:

$$A = \frac{\text{üzemképes idő}}{\text{teljes naptári idő}} \quad \text{melynél} \quad A = 1 - \text{DTR}$$

(A számításnál vigyázni kell a dimenziókra, mert a naptári idő egysége általában év, a kiesési idő pedig óra vagy perc.)

A kis hibák behatárolására is képes hibakereső rendszer útmutatása alapján javítás a dugaszolással kicserélt, a bedugaszolás után azonnal működésbe lépő (*plug and play*, más néven beépülő) részegységekkel végezhető. Hiba esetén a kényes helyeken lévő megkettőzött erőforrások, másutt a N+1 szervezésű vagy megkettőzött tartalékok automatikus belépése, automatikus átkapcsolás az említett redundáns elemekre, közben az adatvesztés elkerülését biztosító eszközök alkalmazása valósítja meg az előírt használhatóságot. A tartalékokat, különösen a megkettőzött keménylemezeket fürtökbe (*cluster*) szokás telepíteni.

Az adatokat mindkét lemezen tárolják, így a folyamatos áttérés a tartalékokra biztosított. A megbízhatósághoz járul hozzá az is, hogy a részegységek üzem közben is bedugaszolhatók, bővítéskor sem kell a rendszert leállítani, viszont nem minden vezérlő képes megjelenésüket fölismerni. Ekkor kézi telepítés szükséges.

Az adatvesztés elkerülését elősegíti a biztonsági másolatok automatikus készítése és azok távolabbi lemezekre való elhelyezése, hogy a tárolt információk elérhetők legyenek akkor is, amikor a hálózatnak az eredeti állományt tároló része vált üzemképtelenné. A biztonsági másolatok létezése ahhoz is hozzájárul, hogy a hálózaton kívüli okokból megsérült állományok helyreállítása gyorsan megtörténjen.

A rövidesen bekövetkező hibákat felismerő szoftver a várható hibaokot kiküszöböli, mielőtt a hiba bekövetkezik.

Hálózatigazgatás

A SAN részegységeit működtető szoftvereken kívül nagy jelentősége van a hálózatigazgató szoftvereknek, melyek a piacon gazdag választékban kaphatók. Az említettek kivül például olyan szolgáltatásokat is nyújtanak, amelyek lehetővé teszik azt, hogy két munkaállomás vagy szerver egyszerre olvassa ugyanazon állományt (igény szerinti videóhoz szükséges), vagy egyszerre keressen ugyanazon állományban (újságszerkesztést gyorsítja) stb.

Előnyök összefoglalása

A SAN eladásában és használatában érdekelték a SAN előnyeit a cikk elején megfogalmazott követelmények kielégítésén kívül a következőkben látják:

1. Függetlenség

SAN és az általa kiszolgált adathálózat önállóan tervezhető, mert egymással csak csatlakozási helyeiken kell kompatibiliseknek lenniük. Esetleg meglévő NAS további használatát a SAN megjelenése nem akadályozza, közöttük a feladatok felosztása üzemeltetési feladat. A SAN környezetben az optimális részegységek, adatátviteli útvonalak és másfajta eszközök, a meglévő adattárolási rendszerbe könnyen integrálhatók. Legfontosabb előnye a fokozatos, gyakorlatilag korlátlan bővíthetőség (skalázhatóság, *scalability*).

2. Fokozott üzembiztonság, megtakarítás

A megkívánt használhatóság követelményének teljesítése többletköltségekkel jár, amiket a költség/hasznon elemzéskor figyelembe kell venni. E tekintetben fontos mutató a használót a SAN várható élettartama alatti váratlan üzemszünet miatt sújtó kár, mert legalább is elvben, ennyi pénz áll rendelkezésre a többletköltségek fedezésére. Ennek ismeretében a tárolóhálózat leállítására kevésbé érzékeny felhasználók kisebb mértékű használhatósággal elégedhetnek meg.

3. Üzemszünet csökkenése

A konfigurálás az üzemelés befolyásolása nélkül hajtható végre. A redundancia kiküszöböli az alkalmazások közötti lehetséges hibahelyeket. A hálózatban tárolás mind a tervezett, mind a váratlan üzemszüneteket csökkenti.

4. Üzem közben korlátlanul bővíthető

A fokozatonkénti bővítésnek fizikai korlátai nincsenek, mert a tárolás a szerverektől független. Az információ-tároló kapacitás és az adatfeldolgozó képesség további tároló eszközök vagy alkalmazási szerverek hozzáadásával növelhető. Kapcsolók hozzáadásával a hálózat a kívánt méret eléréséig bővíthető anélkül, hogy a működésre befolyással lenne.

5. Egyszerűsödött igazgatás

A DAS alapon tárolt információ összpontosítása a tároló hálózatban nagymértékben csökkenti az az igazgatási beavatkozásokat igénylő események gyakoriságát. Ennek következtében csökken az információtechnológiai személyzet munkaterhelése, ami kedvezően hat a tárolási költségekre. Elemzők egyetértenek abban, hogy a hálózatban tárolás és az információ összpontosítása az információ-technológiai infrastruktúrának tulajdonlási összköltségét (*total cost of ownership, TCO*) figyelemremélően csökkenti.

6. A kapacitások jobb kihasználása

A tárolás áthelyezése hálózatba a kapacitások fokozottan felügyelt kiutalását teszi lehetővé. Kezdetben elegendő az adott alkalmazás céljára szükséges tároló kapacitás pontos mennyiségét telepíteni, majd az igények változásakor növelni vagy csökkenteni. Ezúton hatékonyabb lesz a kapacitások kihasználása és javul a tároló vagyont létrehozott beruházás megtérülése (*ROI, return of investment*). Ezen túlmenően az információkhoz férés javul, mert az adatok az egész hálózat számára megoszthatókká válnak.

7. Biztonsági másolat készítése

A szokásos biztonsági másolat-készítés és a sérült állományok helyreállítása olyan előre nem látható feladat, amikor a LAN forgalom illékonyágától nagy mennyiségű információt kell megvédeni. Tároló hálózat használatakor elmarad a LAN sávszélességének igénybevétele, gyorsabb lesz a védelem, és rövidebb a helyreállítás időtartama.

8. Védelem

A SAN részegységeit érő, nem meghibásodásból eredő hatás (katasztrófa) esetén, amely részben vagy egészben üzemképtelenséget okoz, az FC és az IP kapcsolók együttműködése igen nagy távolságú összeköttetések létesítésére ad lehetőséget, ami létfontosságú a helyreállítás és védelem számára.

9. Szélesebb körű információ-megosztás

A tároló hálózat ama képessége, hogy bármely elemét bármely másikkal össze tudja kötni, lehetőséget nyújt arra, hogy központosítottan tárolt információhoz mindegyik használó hozzáférést kapjon. A kapacitás megosztását SAN a szerverek és a munkaállomások, a NAS az alkalmazások között teszi lehetővé, pontosan a szükségletnek megfelelő arányban.

Kinek nem érdemes SAN-t venni?

Azoknak, akiknek körülményei között az előnyök nem érvényesülnek. Ilyenek a kevés helyen működő szervezetek, amelyeknél a SAN növeli a komplexitást, de a tárolás könnyebb igazgatásából adódó nyereség alig mutatkozik. Továbbá annak, aki a közeljövőben nem akarja adathálózatát és vele SAN-ját bővíteni, nem lesz gondja amiatt, hogy egyetlen szállítóához kötődik. Végül azok a szervezetek, amelyek növekedése stagnál, nem húznak hasznot a SAN méretezhetőségéből és abból, hogy a fokozatosan növekvő munkaerőt is képes kiszolgálni.

Ami még tökéletesítendő

Nem volt előrelátható a nagy változás, amit a SAN fog hozni. Szervezeti és kulturális vonalon, valamint a munkamódszerek terén szükséges a SAN által hozott új megoldások igazodása a meglévőkhöz. Nem folytatták le a SAN nagyarányú, többszörös kipróbálását. A különböző gyártók termékei egymással ritkán kompatibilisek, már pedig ekkor a szállító cég kiesésekor rendszerint fölmerülő problémákat alig lehet megoldani. Ennek oka az elfogadott szabványok hiánya. Ezen belül különösen fontos, hogy a szállítók és a felhasználók a háttértárolási és a helyreállítási eljárást egységesítsék. Végül nincs még minden szállító termékeit integráltan kezelő megoldás. Ugyanakkor emlékszünk arra is, hogy minden új konstrukció, például a digitális hálózatok is csak sokévi használat után váltak éretté.

A SAN technológia még nem tekinthető teljesen érettnek, mert mindegyik gyártó azt szeretné, hogy terméke *de facto* szabvány legyen. A SAN olyan céljainak elérését, mint az igény szerinti tárolás heterogén mátrixokon, nehezíti a rendszergazda munkáját. Végül még az egyediről a megosztott paradigmára áttéréstől való vonakodással is számolni kell.

Amióta az adatok továbbítása IP-vel is folyik, igen fontossá vált az adatbiztonság kérdése. FC SAN-ok védettek (csak az alkalmazottak véletlen hibái vagy rosszakaratú kártevésai okozhatnak bajt), míg az IP SAN-ok a szokásos biztonsági veszélyeknek vannak kitéve. Ezek ellen kézenfekvően rejtjelezéssel lehet védekezni. A rejtjelezést és a rejtjelek megfejtését a szerverek szokták elvégezni. Ennek egyik megoldása mindössze 12 μ s késést eredményez. Ennél fontosabb azoknak az adatoknak pontos azonosítása, amelyek védelme a használónak eleve érdeke. Ide tartozik például

4. ábra Gyártók részesedése a SAN piacából

Compaq	22%
IBM	14%
EMC	11%
Sun	7%
HP	7%
a többi	39%

minden olyan adat is, amelynek védelmét jogszabály írja elő, köztük személyi adatok. Ekkor a védelem útját és tárolási helyeit biztosítani kell.

A használók aggódni szoktak amiatt, hogy üzemzavar esetén a rejtjelezett adatok teljes egészükben visszaállíthatók maradnak-e. Ennek az aggodalomnak az eloszlata a hardver és a szoftver szállítóinak, valamint a rendszertervezőknek a feladata.

Esettanulmány

Az alsószászországi Hildesheim városban működött nagygépes községi számítóközpont, a hozzátartozó vezeték-hálózat, munkaállomások, helyenként sziget-szerű számítástechnikai megoldások elavulása miatt új rendszer kialakítása vált szükségessé. A versenytárgyalási felhívás a városban fennálló igények kielégítésére legalkalmasabb megoldás kiválasztására irányult.

A versenytárgyalás nyertese áttekintette a városi közigazgatás és városgazdálkodás informatikai igényeit, melyek kiszolgálására 500 munkahelyes, kábelhálózattal összekötött, nagygép nélküli rendszert épített ki.

A létrejött hálózat magjában a szervereket (Gigabit Ethernet), a kapcsolókat (Fast Ethernet), az alkalmazási szervereket és más egységeket 100 Mbit/s Ethernet-hálózat köti össze. A meglévő szerver-farmot (Windows NT4 és Meta-Frame 1.8) Windows 2000-re és Meta-Frame XPe-re cserélték. Jelenleg 400 munkaállomás működik. Legnagyobb hasznuk az, hogy a rendszer központi igazgatása következtében nem kellett a személyzet létszámát növelni, mivel lehetőség van a tartalom/dokumentum-kezelés bővítésére. A rendszert a forgalmi tapasztalatok felhasználásával fogják bővíteni.

Kilátások

Az átviteli utak árának csökkenése, az átviteli kapacitások növekedése egyre vonzóbbá teszik a központi adattárak használatát.

A műszaki megoldások területén folyik a SAN, LAN és WAN konvergenciája és a SAN alkotóelemeinek tökéletesítése. Ennek ígéretes elemeként létrejött az SCSI és az IP protokoll előnyeit egyesítő iSCSI szabvány, mely lehetővé teszi az SCSI parancsok és adatok továbbítását IP-alapú átviteli utakon. Ennek következtében nagyobb távolságú összeköttetések a SAN kizárólagos használatára létesített összeköttetéseken kívül akár meglévő IP hálózaton is létesíthetők. A folyamat másik eleme: a szabványok hiányát pótlandó, nagy amerikai vállalatok szövetségre léptek termékeik egymással kompatibilissá tétele végett.

A felhasználás terén ezért folytatódik a nagy tárolókapacitást igénylő további alkalmazások létrejötte és elterjedése. A nagyterjedésű infrastrukturális intézmények (kórházak, vállalatok, elektronikus könyvtárak stb.)

adathálózataiban növekedik a SAN szerepe. Hozzáfért igényelnek a kulturális örökség, a stúdiók, a filmgyárak, a napi-, időszakos- és szakajtó szerkesztése, a közhasznú adatbázisok szaporodása, az igény szerinti video szolgáltatás – mind központi adatbázisokat használnak majd.

Elemzői becslés szerint a külső tárolásból származó bevétel 2002-ben 21 Mrd. dollár volt, ami 2006-ra 23 milliárdra fog nőni. Ebből SAN-ra 2002-ben 6,5 Mrd., 2006-ban 13,5 Mrd. dollár fog jutni.

A tárolástechnikában akkor következnek be az átalakítások, amikor a keménylemezeket főlvtált új, várhatóan a holográfiát fólhasznált tárolóeszközök jelennek meg a piacon. Hosszabb távon a nanotechnológia fejlődése következtében tömeggyártásban készülő molekuláris, majd atomi méretű elemi tárolók hozhatnak újabb döntő változást.

Irodalom

- [1] Val Golan: A business model back-up
Telecommunications International,
2002 december
- [2] Intel Information Technology:
What Worked and What Did Not Work As Promised,
White Paper
www.pentium.hu/ebusiness/pdf/it/020805.pdf
- [3] Silicon Computer Kft.: SAN Hardwer
www.silicon.hu/modules.php?name/=Content&pa=showpage &pid=90
- [4] Dot Hill Systems Corp.: SAN Tutorial
www.dothill.com/tutorial/html_tutorial/topic01.htm
- [5] Cisco Small Medium Business Center:
Case Studies
www.cisco.com/warp/public/779/smbiz/netsolutions/find/alice/ibased/13.html
- [6] Inline Corporation: Storage Area Networks
www.inlinecorp.com
- [7] Cisco Systems: Introduction to iSCSI
www.cisco.com
- [8] Peter Warde–Trevor Housley:
Storage Area Networks
www.insyst.com.au, illetve www.housley.com.au
- [9] Ann Silverthorn:
Encryption – The Key to SAN Security
www.tidalwire.com

Hírek

A Cisco Hálózati Akadémia Program keretében Magyarországon elsőként a Budapesti Műszaki Főiskolán elindított Cisco Certified Networking Professional (CCNP) mérnökszintű képzés a közepes méretű (100-1000 végpont) intézményi hálózatok tervezésére, telepítésére, konfigurálására, hangolására és üzemeltetésére készíti fel a diákokat.

A képzési célban megfogalmazott legfontosabb elvárás, hogy a hallgatók az életszerű feladatokat önállóan oldják meg. Ilyen, a valósághoz közeli feladatokat csak megfelelő laborkörnyezetben lehet megoldani. A CCNP labor eszközparkja és kialakítása minden vonatkozásban életszerű és korszerű infrastruktúrát biztosít. A labor hálózati eszközei és az ezeket egymással vagy a számítógépekkel összekapcsoló, rugalmasan konfigurálható kábelrendszer sok hálózati konfiguráció kialakítására és vizsgálatára ad módot. A képzés résztvevői így valószínű környezetben sajátíthatják el a műszaki alkotás és problémamegoldás gyakorlatát. A 20 millió forint értékű hálózati laborfelszerelést a Cisco Systems Magyarországgal együttműködésben az Accenture, a CNA Program legnagyobb magyarországi szponzora bocsátotta rendelkezésére.

Az 1997-ben elindított Cisco Hálózati Akadémia (CNA) Programban a magyarországi közösséget 60 Akadémián több mint 1700 diák és 155 oktató alkotja. A Program 2001-ben bekerült az Országos Képzési Jegyzékbe (OKJ), amely alapján a diákok a vizsgák sikeres teljesítésével „informatikai hálózati rendszerépítő” képesítést kapnak.

A Cisco Hálózati Akadémia Programban az idei tanévben újabb 200 diák végez, ezzel 320 főre növelve az eddig végzett hallgatói összlétszámot. A végzős diákok többek között a Budapesti Műszaki Főiskola Neumann János Informatikai Karán, a hódmezővásárhelyi Kossuth Zsuzsanna Műszaki Szakközépiskolában és Gimnáziumban, a Veszprémi Egyetemen, a nyírbátori Bethlen Gábor Szakközépiskolában, a debreceni Mechwart András Szakközépiskolában, a szolnoki Pálffy János Szakközépiskolában és a Debreceni Egyetemen kialakított Cisco Hálózati Akadémiákon végeztek.

A végzős diákoknak Jakab János, az Oktatási Minisztérium szakképzésért felelős helyettes államtitkára, Sima Dezső, a BMF rektora, valamint Budafoki Róbert, a Cisco Systems Magyarország ügyvezető igazgatója nyújtotta át a diplomát.

Tartományok közötti terjesztési algoritmus a ProFIS architektúrához

GULYÁS ANDRÁS, PATAKI ISTVÁN

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Telematikai Tanszék,
Nagysebességű Hálózatok Laboratóriuma
ga210@hszk.bme.hu, pi205@axelero.hu

Reviewed

Cikkünk napjaink egyik legtöbbet kutatott témájával, az IP alapú hálózatok szolgáltatásminőség (QoS) [4] biztosításával foglalkozik. A fejlesztések hajtóereje a vevők egyre növekvő minőség, és megbízhatóság iránti igénye. A probléma felvázolása után ismertetjük munkánk eredményeit. Az IP alapú szolgáltatásminőség biztosítására számos megoldást dolgoztak ki, a legfőbb problémát egy általánosan elfogadott szabványosított megoldás megvalósítása jelentette. A foglalások kezelésének két ismert módja a központosított, és az elosztott eljárás. Az elosztott megközelítés a hálózati csomópontokat egymástól függetlennek tekinti, a foglalási útvonalon lévő csomópontok önállóan döntenek az érkező igények kielégíthetőségéről. A központosított eljárásoknál a hálózati csomópontokat tartományokká fogják össze, majd az egyes tartományokat hálózatmenedzser funkciókat ellátó alkalmazással kezeli. A hálózatmenedzselés két fő részre osztható, a tartományon belüli, és a tartományok közötti feladatokra. Jelen cikk a több tartományon áthaladó forgalom kezelését tárgyalja. A cikk végén egy megvalósított megoldást mutatunk be, amely végponttól végpontig terjedő IP alapú szolgáltatásminőség biztosítását teszi lehetővé, sávszélesség ügynökök által menedzselte megkülönböztetett szolgáltatású tartományokon keresztül.

1. Bevezetés

Cikkünk először rövid áttekintést ad az IP alapú szolgáltatásminőség biztosításról. A második részben a szolgáltatásminőség biztosításához szükséges feltételeket, majd az IntServ, és a DiffServ módszereket ismertetjük, amelyek az IP alapú szolgáltatásminőség biztosításának alpmódszerei. A szakasz végén a Bandwith Broker-t sávszélesség ügynököt használó módszerek, és a Telia Research AB által kifejlesztett ProFIS architektúrát ismerheti meg az olvasó, amely egy sávszélesség ügynököt alkalmazó központosított eljárás. A harmadik fejezetben bemutatjuk munkánk eredményét a Budapesti Műszaki Egyetem Távközlési és Telematikai Tanszékén, a ProFIS architektúrához kifejlesztett tartományok közötti kommunikációs protokollt.

2. A QoS biztosításának motivációja

A számítógépek teljesítményének, és az Interneten hozzáférhető sávszélesség mennyiségének növekedésével párhuzamosan nő a valós idejű Internetes alkalmazások száma. Ezen alkalmazások közös jellemzője, hogy érzékenyek a hálózat átviteli minőségére, és nem elegendő számukra az Internet által nyújtott „legjobb szolgáltatás elve” (Best Effort) garancia.

A szolgáltatásminőség (Quality of Service QoS [4]) biztosításának problémája máig megoldatlan általános feladat. A kifejlesztett módszerek a különböző szolgáltatási szintet igénylő csomagok elkülönítésére szolgáltatási osztályokat definiálnak, ez jellemzi a szolgáltatásminőség biztosítására az Internet Engineering Task Force (IETF) által kifejlesztett megkülönböztetett szolgáltatású (Diffserv) [1] hálózati architektúrát. Ez a hálózati modell a megkülönböztetett szolgáltatásokat nyúj-

tó csomópontokat tartományokká fogja össze, melyek megfelelő működéséhez azok menedzselése szükséges. A menedzsent feladata a gazdálkodás a tartomány erőforrásaival és a felhasználók igényeinek kielégítése.

Az IETF egy tartománymenedzser megvalósítást válasz föl a sávszélesség ügynök (Bandwidth Broker BB) [6] ismertetésekor. A tartománymenedzser két alpfeladata a tartomány erőforrásainak kiosztása, valamint a szomszédos tartományok menedzsereivel történő megegyezés. A megegyezéshez kommunikációs üzeneteket, szerződéseket használ. E szerződések meghatározzák a tartományok közötti forgalom paramétereit.

Napjaink Internetete nem biztosít eljárásokat az erőforrások menedzselésére, és az egyes folyamatok megkülönböztetésére. Minden egyes a hálózatban továbbított csomag azonos elbánásban részesül, függetlenül az általa szállított információ fontosságától, a hálózat csupán a csomagok útvonal-irányításában tesz különbséget a hálózat a célcím alapján. Emiatt minden egyes futó szolgáltatás minősége leromlik torlódáskor. A jelenlegi IP hálózatok egyik legfőbb hátránya tehát, hogy nem emel ki szolgáltatásokat. A problémára megoldást jelenthet, ha különböző szolgáltatási osztályok definiálása után az egyes osztályoknak megfelelő csomagbeengedési automatizmusokat határozzunk meg.

A fenti problémák megoldására, és az IP alapú hálózatok szolgáltatásminőségének biztosítására különböző alapelveket fejlesztettek ki:

- **Csomagosztályozás:** feladata a különböző szolgáltatási osztályok meghatározása. A csomag osztályozás alkalmazásával a hálózat képessé válik a különböző forgalmi kategóriákba tartozó csomagok közti különbségtételre. A forgalmat különböző paraméterek alapján osztályozhatjuk, ezek például a késleltetés, késleltetés ingadozás, sávszélesség, ár stb.

- *Izoláció:* feladata a meghatározott szolgáltatási osztályok szétválasztása, az osztályokba tartozó csomagok eltérő ütemezése, valamint az osztályok forgalmának szabályozása.

- *Gazdaságos erőforrás-kihasználás:* A szolgáltatások gazdaságosságának elengedhetetlen feltétele a rendelkezésre álló erőforrások optimális kihasználása.

- *Folyam beengedés:* feladata az egyes folyamatok beengedhetőségének eldöntése.

Bár a problémának számos más megközelítése létezik, alkalmazhatóság szempontjából két módszert ismertetünk röviden, az Integrált Szolgáltatású (IntServ) [3], és a Megkülönböztetett Szolgáltatású (DiffServ) [1] modellt. Az említett modellek széles körben elfogadottak, és mindkettő vagy ezek kombinációja alkalmas az IP alapú szolgáltatásminőség kezelésére.

3. Integrált szolgáltatású hálózatok

Az említett két módszer közül az IETF 1993-ban elsőként az integrált szolgáltatású hálózatokat javasolta. Az integrált szolgáltatású hálózatok esetében egy jelzés alapú koncepciót láthatunk, ahol az erőforrásigények végpontok közötti szállításáról a jelzések gondoskodnak. Az erőforrás foglalásra a Resource Reservation Protocol (RSVP) [5] protokollt javasolják, melynek célja az erőforrások lefoglalása, és az útvonalválasztók konfigurálása. A protokollt használhatja mind a végpont, – hogy a hálózattól minőségi garanciákat kérjen egy adott folyamra –, mind pedig a hálózati csomópontok, hogy terjesszék a QoS [4] információkat, valamint, hogy konfigurálják és menedzseljék az útvonalakat. Az RSVP kérés általános eredményeként az erőforrások beállítódnak az egész út mentén. Az erőforrások lefoglalása csak egy irányú. Ha az adó, és a vevő kétirányú kommunikációt akar folytatni, a kérést a vevőtől az adó felé is el kell indítani. Az RSVP nem routing protokoll, az adat-utak felépítése nem feladata, üzenetei a már meglévő útvonalak mentén terjednek.

Az RSVP protokoll négy üzenettípust támogat: RESV, PATH, ERROR/CONFIRMATION, valamint TEAR DOWN üzeneteket. Az útvonal lefoglalása szempontjából a két legfontosabbat emeljük ki ezek közül a PATH, és a RESV üzenetet.

PATH: Minden egyes forrás küld PATH üzenetet a cél csomópontok felé a routing protokollok által biztosított útvonalak mentén. A PATH üzenet feladata, hogy minden egyes csomópontban beállítsa az útvonal információt. Az útvonal információ alapján továbbítja majd a RESV üzeneteket az ellenkező irányba a céltól a forrás felé.

RESV: ezt a vevő végpontok küldik a küldő felé. Az üzenetek visszafelé végigkövetik az adatcsomagok útját a céltól egészen a forrásig. Az üzenet megérkezésekor két hatást vált ki egy köztes csomópontban. Lefoglalja a szükséges link kapacitást, ha nincs elegendő erőforrás hibaüzenetet küld vissza a cél felé. Valamint ha nem volt hiba továbbküldi a RESV üze-

netet a megfelelő küldő vagy küldők felé. A protokoll nem küld pozitív visszaigazolást a foglalás sikerességéről, csak a sikertelenségről szerez tudomást a célpont.

Kövessük végig az erőforrások lefoglalásának menetét! Első lépésként a PATH üzenet az IP cím alapján eljut a vevőhöz. Közben minden csomópontban beállítja az útvonal-információt. A PATH üzenet megérkezésekor a vevő RESV üzenetet küld, amely visszafelé végigköveti a PATH üzenet útját, s minden csomópontban lefoglalja a szükséges erőforrásokat. Amint a RESV üzenet megérkezik a küldőhöz, az megtudja, hogy az útvonal konfigurálva van, és a szükséges erőforrások le vannak foglalva. Az útvonal beállítását azonban időről időre frissíteni kell újabb PATH és RESV üzenetekkel. Ha a frissítési intervallumban nem érkezik újabb PATH majd RESV üzenet, a beállításokat törli a csomópontok. A protokoll ezzel a „soft state” megoldással teszi egyszerűvé a meghibásodott csomópontok vagy összeköttetések kiesésének kezelését.

Az eljárás kevés csomópont esetén ideális a szolgáltatásminőség biztosítására. A foglalásokat folyamanként kezeli, amelyeket minden egyes csomópontban kezdő, és végpontjuk azonosít. Egy Internet méretű rendszer esetén, melynek csomópontszáma már meghaladta a 120 milliót, ez a megközelítés nem szolgáltathat elfogadható megoldást. Az útvonalbejegyzések száma ugyanis a végpontok számával négyzetesen arányos, és a végpontok számát, valamint a jelenleg rendelkezésre álló számítási kapacitás következtében a módszer skálázhatósága nem megfelelő. Emiatt másféle útvonal-nyilvántartási eljárásra van szükségünk. A probléma megoldására az IETF a megkülönböztetett szolgáltatású hálózatok koncepcióját javasolja.

4. Megkülönböztetett szolgáltatású hálózatok

A megkülönböztetett szolgáltatású hálózat célja, hogy skálázható szolgáltatásminőséget biztosító architektúrát hozzanak létre, amely az IntServnél jobban skálázható, valamint több szolgáltatási osztály definiálását teszi lehetővé. A DiffServ modell két alapvető rétege a továbbítási réteg, valamint a menedzsment réteg.

A *továbbítási réteg* tartalmazza a csomópontok viselkedését a különböző csomagokra vonatkozóan, amelyeket csomag-kiszolgálási alapelvekkel, és a sorok kezelésének módszereivel lehet leírni. Ide tartozik továbbá a hálózatban levő forgalom mérése, ellenőrzése, melynek alapján a csomagról eldönthető, hogy belefér-e még az osztályának fenntartott sáv szélességbe.

A *menedzsment réteg* feladata a hálózati csomópontok beállítása az egyes csomagok kezelésének megfelelően. A megkülönböztetett szolgáltatású modell legkisebb eleme a megkülönböztetett szolgáltatású hálózati tartomány [1], amely olyan csomópontok összefüggő halmaza, amelyek támogatják a megkülön-

bőztetett szolgáltatású modellt. A tartományt határoló csomópontok a tartomány belseje felőli oldalon belső csomópontokhoz kapcsolódnak, kifelé vagy egy szomszédos tartomány határoló csomópontjával vagy egy végfelhasználóval vannak kapcsolatban.

A skálázhatóság problémáját azzal az egyszerű ötlettel oldja meg a DiffServ modell, hogy az intelligenciát a tartományok peremére tolja. A csomagok megjelölése, azaz a megfelelő osztályba sorolása ott történik, ahol a csomag belép a DiffServre képes hálózatba, tehát valamelyik határoló csomóponton. A belső csomópontok csak a számukra meghatározott viselkedési mód szerint továbbítják a csomagot. Nem kell foglalkozniuk annak megjelölésével vagy eldobásával. Tehát a csomagok osztályozása, a forgalom monitorozása, és formázása a hálózat peremén történik. A DiffServ tartomány definíciójából következik, hogy mérete nem korlátozott, így egy tartományban lehetnek eltérő minőségi paraméterekkel rendelkező linkek. Menedzselhetőségi szempontból a DiffServ tartományt célszerű kisebb tartományokra bontani, amelyek azonos minőségi paraméterekkel rendelkeznek. Nevezzük ezt a tartományt minőségi tartománynak.

A megkülönböztetett szolgáltatású hálózati tartományok menedzselésére az IETF a Sáv szélesség Ügynököt (Bandwidth Broker, BB) javasolja [6].

4.1. Bandwidth Broker

A DiffServ hálózat feladatát megvalósíthatja elosztott vagy központosított módon. A sáv szélesség ügynök létjogosultságát az adja, hogy egy átlagos végfelhasználótól nem várható el a szolgáltatási osztályok valamint a hálózati topológia ismerete. Egy megkülönböztetett szolgáltatású tartomány menedzselését a hozzá tartozó sáv szélesség ügynök látja el, aki elvégzi a tartományon belüli (intra-domain), valamint a tartományok közötti (inter-domain) funkciókat.

A tartományon belüli funkciók a következők. A sáv szélesség ügynök tartományának erőforrás-menedzsere, a konfigurációs ciklus elején a rendelkezésre álló információk alapján konfigurálja a határoló útvonalválasztókat. Mivel a forgalmat a határoló csomóponton osztályozzák és jelölik meg, a hálózaton belül statikus útvonalon haladnak a csomagok, így a belső csomópontok konfigurálására nincs szükség. A belső csomópontokban a működés megkezdése előtt kell beállítani az útvonalakat.

A BB ismeri a hálózati topológiát az összeköttetéseken lévő szabad kapacitásokkal együtt. Ezen információk alapján eldönti, hogy egy adott igény teljesíthető-e a hálózatban. A forrás- és célcím alapján végiglépked az útvonalhoz tartozó linkeken, és mindegyiken elvégzi az ellenőrzést, hogy az adott forgalmennyiség beengedhető-e. Ha a kívánt mennyiség mindenütt rendelkezésre áll, az igény teljesíthető. Ha az igény teljesíthető, akkor a következő konfigurációs ciklus elején a BB konfigurálja a határoló routereket, és elindulhat a forgalom, tehát a BB lényegében hívásbeengedést végez.

A tartományok közötti működésnek a több tartományon keresztül haladó végponttól végpontig terjedő minőségbiztosításban van szerepe. Az erőforrások lefoglalása, valamint a megegyezés történhet központosított módon, a tartomány menedzser inter-domain funkcióinak segítségével, de elosztott megoldások is léteznek. A sáv szélesség ügynök feladata szomszédos tartománnyal vagy végfelhasználóval történő megegyezés is, valamint a megegyezés alapján az erőforrások lefoglalása a teljes útvonal mentén. Mivel több tartományon keresztülhaladó forgalom esetén, az egyes tartományokon belül intra-domain foglalások szükségesek a tartományokon belüli, és a tartományok közötti menedzsment szorosan összekapcsolódik. A sáv szélesség ügynök információkkal rendelkezik arról, hogy tartománya mely tartományokhoz kapcsolódik. Információkat szolgáltat arról, hogy rajta keresztül mely tartományok érhetőek el, és milyen paraméterekkel. Ezt az információt a szomszédossági információ alapján juttatja el a kapcsolódó tartományok menedzsereinek. A tartományok közötti működés legfontosabb lépései tehát a következők:

- Az elérhetőségi információk terjesztése a szomszédos tartományok felé.
- A beérkező igények teljesíthetőségének ellenőrzése.
- A határoló csomópontok konfigurálása, következő ciklusra érkező igények összegyűjtése.

Megjegyezzük, hogy központosított eljárás is csak a tartományok szempontjából nevezhető valóban központosítottnak. Mivel az erőforrásokat a tartományok szerint foglalja le, az útvonal szempontjából nézve a központosított eljárás is lényegében elosztott.

4.2. A ProFIS architektúra

A megegyezési algoritmus alapja a ProFIS architektúra, amely egy teljes specifikáció a végponttól végpontig terjedő szolgáltatásminőség biztosítására. A rendszer sáv szélesség ügynök alapú, vagyis a hálózati tartományokat központosítva menedzselik. A sáv szélesség ügynök feladata az általa menedzselte tartomány erőforrásainak kezelése. A kapott igényekről eldönti, hogy beengedhető-e a tartományba, valamint a beérkező foglalások alapján a tartományhatároló routereit konfigurálnia kell.

A végponttól végpontig terjedő QoS-hez a már meglévő sáv szélesség ügynököt egészítettük ki egy a tartományok közötti kommunikációt ellátó modulal. Ez a megközelítés azért lehet előnyös, mert így az egyes tartományokon belüli problémákat nem kell külön kezelni, hiszen a sáv szélesség ügynök pontosan ezeket hivatott feloldani. További előnyt jelenthet az is, hogy egy olyan eszköz, amely átlátja a hálózati tartomány teljes felépítését, hatékonyabban kezelheti a rendelkezésre álló erőforrásokat. Az algoritmus tehát két hálózati tartomány kapcsolatát két sáv szélesség ügynök kommunikációjával valósítja meg.

A ProFIS algoritmusát nem egyes foglалások például egyetlen video-forgalom, hanem összesített igények kezelésére tervezték, így foglалásokat nem végfelhasználók kötnek, hanem hálózati szolgáltatók, amelyek igényei nem véletlenszerűen jelentkeznek. Ezek a kérések általában nagy sávszélességűek, és sávszélesség-ingadozásuk kicsi. Ezt figyelembe véve a teljes rendszer egy adott állapota nem tér el számottevően az azt megelőző állapottól. A rendszer olyan állapotát, amelyben a végfelhasználók igényei állandónak tekinthetők és ezekről az igényekről a megfelelő időben forgalmi előrejelzést küldenek, a továbbiakban állandósult állapotnak fogjuk nevezni.

QoS tartomány: olyan hálózati tartomány, amelyben minden csomópont, ugyanazokkal minőségi paraméterekkel érhető el (rokon fogalom a megkülönböztetett szolgáltatású hálózati tartománnyal).

Átviteli tartomány (ÁT): olyan hálózati tartomány, mely egy-egy folyam szempontjából nincs közvetlen kapcsolatban sem az adóval, sem a vevővel.

Szélső tartomány (SZT): belépő vagy kilépő tartomány.

Belépő tartomány (BT): az a hálózati tartomány, amelyhez az adó közvetlenül kapcsolódik.

Kilépő tartomány (KT): az a hálózati tartomány, amelyhez a vevő közvetlenül kapcsolódik.

Szolgáltatás-leíró (SZL): kommunikációs üzenettípus, amely egy QoS tartomány minőségi paramétereit tartalmazza (céltartomány neve, saját tartomány neve, elérhető sávszélesség, késleltetés, csomagvesztési paraméter, szolgáltatási osztály neve, és az erre használandó TOS (Type of service) vagy DSCP (DiffServ Code Point).

Forgalmi előrejelzés (FE): amelyben egy vevő vagy sávszélesség ügynök jelezheti forgalmazási igényét egy adott szolgáltatási osztályban (céltartomány neve, saját tartomány neve, sávszélesség, szolgáltatási osztály neve, és a TOS (Type of service) vagy DSCP (DiffServ Code Point).

Az algoritmus Diffserv hálózathoz készült. Lényege, hogy definiálunk egy terjesztési algoritmust az architektúrához (ehhez használjuk az SZL-t), és forgalmi előrejelzésekkel megpróbáljuk fenntartani az állandósult állapotot. Ezeket az előrejelzéseket a szélső tartományoknak a felhasználók küldik minden ciklusban, az átviteli tartományokban pedig automatikusan generálódnak az algoritmus lépéseivel.

A terjesztési algoritmus feladata, hogy minden tartomány értesüljön arról, hogy milyen más tartományok érhetőek el, milyen elérhetőségi paraméterekkel. A ProFIS architektúra definiál egy konkrét terjesztési módszert, arra az esetre, amikor már kialakult egy állandósult állapot, vagyis minden tartomány rendelkezik szolgáltatás leíróval, minden elérhető tartományról. A terjesztési lépés ilyen állapotban csak akkor szükséges, ha bármely tartomány elérhetőségi információjában változás történt. Az implementációs rész konkrétan leír-

ja a terjesztési algoritmus lépéseit állandósult állapotra. Az architektúra nem foglalkozik azzal a kérdéssel, hogy mi történik abban az esetben, ha például új BB csatlakozik a tartományok közötti kommunikációhoz, vagyis nem specifikálja az állandósult állapot eléréséhez szükséges lépéseket. Ezt a feladatot megoldja terjesztő algoritmusunk, amelyet az 5. fejezetben ismertetünk.

Az algoritmus lényege az, hogy a QoS tartományok minden időszakban (szabadon választható, lehet, pl. hónap, hét stb.) forgalmi előrejelzéseket küldenek azon tartomány sávszélesség ügynökének, amelyhez kapcsolva vannak. Ebben specifikálják a sávszélesség-igényüket egy adott szolgáltatási osztályra. Ezeket a forgalmi előrejelzéseket a sávszélesség ügynök összegzi, és meghatározott időben összesített kérésként továbbítja ahhoz a sávszélesség ügynökhöz, amelyik a következő az adott minőségi tartományhoz vezető úton. A sávszélesség ügynökök időről időre elemzik az addig beérkezett forgalmi előrejelzéseket, és ezek alapján átkonfigurálják az általuk felügyelt hálózati tartomány szélső routereit. A konfiguráció végén a rendszer új állandósult állapotba kerül.

5. A terjesztési algoritmus

A módszer kifejlesztése a Telia Research AB által kiírt Denise projekt feladata volt, amelynek eredményeként létrejött egy elméleti modell. Az algoritmust 2001 nyarán készítettük el Stockholmban, és működő verzióját október 4-én mutattuk be. A módszer két folyamatból áll. Az egyik folyamat célja, hogy minden sávszélesség ügynökhöz eljusson az összes szolgáltatás-leíró, tehát minden tartomány „lássa”, az onnan elérhető minőségi tartományokat. A másik folyamat a forgalmi előrejelzések alapján a rendszer átvezetése a következő állapotba, az erőforrások lehetőség szerinti optimális kihasználásával. A két folyamatnak külön nevet is adtunk, az első folyamat az SZL terjesztés, a második pedig a FE feldolgozás.

5.1. SZL terjesztés állandósult állapotban

A folyamat célja tehát a megfelelő szolgáltatás-leírók eljuttatása minden sávszélesség ügynökhöz. A terjesztés végeredményeként minden sávszélesség ügynök minden elérhető minőségi tartományról pontosan egy SZL-el rendelkezzen minden szolgáltatási osztályhoz, és az legyen a legjobb. A legjobb kifejezés itt azt jelenti, hogy a „legnagyobb sávszélességű, vagy az azonos legnagyobb sávszélességűek közül a legkedvezőbb késleltetési tényezőjű”. Ennek érdekében minden sávszélesség ügynöknek elemi lépéseket kell végrehajtania.

Mivel az általános működés során a rendszer egy állapota lényegesen nem tér el az azt megelőzőtől, minden sávszélesség ügynök rendelkezik egy legjobb SZL-el minden minőségi tartományról. Az SZL terjesztés így csak a hálózatban mért késleltetések miatti SZL változásokra vonatkozik. Az architektúra nem specifi-

kálja, hogy mi történik, ha egy új sávszélesség ügynököt kapcsolnak a rendszerbe (eddig nem ismert QoS tartományokkal). Ilyenkor a mérőrendszer jelzi, hogy valamely bejövő és kimenő kapcsolat között a késleltetés értéke megváltozott. A sávszélesség ügynök újraszámolja azokat az SZL-eket amelyeket érint a változás, és szétküldi az érintett sávszélesség ügynököknek. Nézzük, mi történik tehát egy sávszélesség ügynökben, ha SZL érkezik hozzá:

Meg kell határoznunk, hogy a kapott SZL-t tároljuk-e a meglévő helyett. Fontos még itt megjegyezni, hogy a kapott SZL-t az azonos szolgáltatási osztályú tárolt SZL-el kell összehasonlítani.

- Ha az SZL ugyanattól a sávszélesség ügynöktől jött, mint a tárolt akkor biztosan felül kell írni a tároltat, még ha ez az SZL rosszabb is. Ilyen akkor fordulhat elő, ha valahol megnövekszik a késleltetés.
- Ha az SZL nem ugyanattól a sávszélesség ügynöktől jött, mint a tárolt, akkor elsősorban a sávszélesség szerint döntünk. Ha a sávszélességek egyenlők, akkor a kedvezőbb késleltetésű SZL-t tartjuk meg. Ha azok is egyenlők, akkor a tároltat tartjuk meg

Az előző két pont alapján egy sávszélesség ügynök egyértelműen ki tudja választani, hogy melyik SZL-t kell megtartani, így az SZL terjesztés végén mindig egyetlen egy SZL marad minden szolgáltatási osztályban. Ha a kapott SZL-t tartjuk, meg akkor tároljuk az adatbázisban is. Az adatbázis az Interneten keresztül is elérhető, így minden hálózati szolgáltató meg tudja nézni, hogy milyen minőségi tartományok milyen paraméterekkel érhetőek el az egyes szolgáltatási osztályokban. Mivel nem lehet előre eldönteni, hogy ki nézi meg az adatbázis tartalmát, nem használhatjuk a pontos (bejövő és kimenő kapcsolat között) késleltetés értékeit, így az SZL-t tárolásakor hozzáadjuk a tartomány átlagos késleltetését.

Ha a kapott SZL-t tároltuk, akkor az új szolgáltatás-leíró terjesztetni kell minden szomszédos sávszélesség ügynöknek! Ebben a megoldásban a szomszédos sávszélesség ügynökök nyilvántartását szintén konfigurációs állomány használatával oldottuk meg. Azt tároljuk, hogy egy szomszédos sávszélesség ügynök melyik kapcsolattal csatlakozik a tartományhoz. A kapcsolatokat a szélső routerek kimenő interfészével jellemeztük.

A terjesztés a következő lépésekkel történik, minden egyes szomszédos sávszélesség ügynökre:

- Késleltetések meghatározása az adott útra. A késleltetés értékeit a mérőrendszer adatbázisából vesszük. A kimenő kapcsolat az a kapcsolat, amelyik az SZL-t küldő sávszélesség ügynök felé vezet. A bemenő kapcsolat a soron következő sávszélesség ügynökhöz vezető kapcsolat. Az ehhez a két végponthoz tartozó késleltetés értékét hozzáadjuk a tárolt (előtte természetesen kivonjuk a tartomány átlagos késleltetését).

- Az így kiszámolt SZL elküldése a megfelelő sávszélesség ügynöknek.

Ezeket a lépéseket minden kapott SZL-re megtéve, az összes tartománymenedzser tudomást szerez az SZL változásokról a rendszerben. Fontos itt megjegyezni, hogy hurkok is lehetnek a hálózatban, és egy ilyen minden irányba terjedő algoritmussal végtelen ciklusok keletkezhetnének a hálózatban. Ezt a problémát az oldja fel, hogy minden sávszélesség ügynök ki tudja választani a legjobb SZL-t a sok közül, és egy idő után (amikor a legjobb beérkezett) már nem kap jobb SZL-t. Ha viszont nincs SZL változás, akkor a terjesztés is megáll, és pontosan abban az állapotban, amikor mindenki a lehető legjobb SZL-el rendelkezik. Előfordulhat még olyan eset, mikor a sávszélesség ügynök kap egy „nagyon jó” SZL-t és emiatt eldob néhány elég jó SZL-t, majd attól, aki küldte a nagyon jót, kap egy rosszabbat. Így egy rosszabb SZL-t tárolunk, mint ami elérhető lenne. Erre a problémára még visszatérünk.

5.2. Az állandósult állapot elérése

Mint említettük, az architektúra nem tér ki arra, hogy a rendszer hogyan jut el stabil állapotig, ahol előbb leírt terjesztési mechanizmus működik. Az algoritmust tehát kiegészítjük egy olyan résszel, amely viszonylag gyorsan, és kevés üzenettel eléri az állandósult állapotot, újonnan bekapcsolt hálózati tartomány esetén is. Ennek érdekében egy speciális SZL-t típust vezetünk be, amelyre ÚjsZL-néven hivatkozunk, és az SZL-től az üzenet fejlécében különböztetjük meg. Ilyen üzenetet bekapcsoláskor küld a sávszélesség ügynök. A sávszélesség ügynök bekapcsolódási működése a következő:

- Az első helyi SZL-t ÚjsZL-ként küldjük ki minden szomszédos sávszélesség ügynöknek.
- A többi helyi SZL-t szétküldjük minden szomszédos sávszélesség ügynöknek.

Ezzel azt érjük el, hogy egy új tartomány bekapcsolás után az így elérhető minőségi tartományokról tudomást szerez minden ügynök.

Hátra van még az újonnan bekapcsolt tartománymenedzser tájékoztatása az összes elérhető QoS tartomány SZL-jéről. A megoldáshoz felhasználtuk, hogy az összes már előzőleg bekapcsolt sávszélesség ügynök állandósult állapotban van, tehát az összes minőségi tartományról rendelkezik egy SZL-el. Így nem kell mást tenni, csupán a szomszédoktól lekérni a teljes SZL-adatbázisukat. Erre a célra szolgál az ÚjsZL terjesztése, ami ugyanúgy történik, mint az SZL-é kivéve, hogy annak a sávszélesség ügynöknek, amelyik küldte az ÚjsZL nem csak azt az egy SZL-t kell kiküldeni, hanem a teljes SZL-adatbázist.

Az ÚjsZL kezelése tehát a következő:

- Hasonlóan az SZL kezeléshez eldöntjük, hogy az ÚjsZL jobb-e, mint a tárolt.
- Kiszámítjuk a megfelelő késleltetéseket, hozzáadjuk az ÚjsZL-éhez és kiküldjük minden szomszédos sávszélesség ügynöknek. Ha az a sávszélesség ügynök következik, amelyik az ÚjsZL-t küldte akkor az összes tárolt SZL-t, a megfelelő késlel-

tetéseket hozzáadva, visszaküldjük. Így az újonnan bekapcsolt tartománymenedzser is rendelkezni fog minden információval, és felveszi az állandósult állapotot.

Bizonyos időközönkénti ÚJSZL küldésével kezelhető bizonyos sávszélesség ügynökök hálózatból való kiesése is. A feladat megoldásához a „soft-state” elvet alkalmazzuk. Azaz az SZL-ek érvényességi idővel vannak ellátva, azokat periodikusan frissíteni kell, egyébként az SZL-ben szereplő minőségi tartományok nem elérhetőek többé.

5.3. Forgalmi előrejelzés feldolgozás

A tényleges sávszélesség foglalások mechanizmusát lépésekben tekinthetjük át (egy ciklus egy időszaknak felel meg):

- Forgalmi előrejelzések beküldése a minőségi tartományokból (a ciklus eleje).
- Az előrejelzések összegzése céltartomány szerint. Az összegzett kérések archiválása, és automatikus forgalmi előrejelzés küldése az összegzett igényekből a megfelelő tartományba (a ciklus végén).
- Az összes beérkezett forgalmi előrejelzés alapján az igények beküldése a sávszélesség ügynöknek ami elvégzi a hálózati tartomány konfigurálását (a ciklus végén).

A 2. és a 3. lépés csak logikailag különül el és lényegében egyszerre hajtódnak végre a ciklus végén.

Ez a módszer az egyes sávszélesség ügynököket teljesen külön egységként kezeli, vagyis egymástól teljesen független és véletlenszerű időpontokban hajtják végre az egyes pontokat. Így előfordulhat, hogy egy sávszélesség ügynök pont azelőtt konfigurálja a tartományt, mielőtt egy FE bejött hozzá. Ez a kérés csak a következő időszakban kerülhet tehát kiszolgálásra. Előfordulhat, az is, hogy egy teljes út mentén ilyen helyzet alakul ki, ilyenkor egy igény kielégítése akár több időszakot is késlekedhet. Az alapfeltétel, miszerint az igények csak kismértékben térnek el egymástól elfedi ezt a problémát, hiszen ebben az esetben mindegy, hogy egy kérést mikor szolgálunk ki, mert már van sok időszakkal korábbról származó hasonló előrejelzés. Így minden szolgáltató úgy érezheti, hogy teljesítve van az igénye, pedig lehet hogy valamelyik korábbi előrejelzése az aktuális éppen.

6. Konklúzió

Munkánk során javaslatot adtunk végponttól végpontig terjedő szolgáltatásminőség biztosítására, megkülönböztetett szolgáltatások nyújtására képes sávszélesség ügynök által menedzselt hálózatokon. A módszer természetesen csak egy lehetőség az IP alapú szolgáltatásminőség biztosítására, mégis számos előnyös tulajdonsága van.

Ezek közül kiemelkedik, hogy állandósult állapotban minden egyes szélső tartomány egyetlen szolgáltatásleíró küld, és az algoritmus gyorsan konvergál a konstans állapothoz. Hátránya viszont, hogy rendkívül érzékeny a hibás előrejelzésekre, valamint, hogy az előrejelzések késleltetése rendkívül nagy lehet, ha a feldolgozás az egyes sávszélesség ügynökökben eltérő időpontban történik.

Végül megjegyezzük, hogy a tartományok közötti protokollal üzenetformátumának szabványosnak kell lennie az összekapcsolódó architektúrák változatossága miatt. Erre a célra az Extended Markup Language (XML) nyelvet javasoljuk számos előnyös tulajdonsága miatt. Az XML szabványos nyelv, amely ember számára könnyen érthető, és a www alkalmazásokkal kompatibilis. Az emberi olvashatóság azért kiemelt fontosságú, mert egyes feldolgozási lépések nem automatizálhatók teljes mértékben, azoknál üzleti szempontok szerint időnként ad hoc döntésekre van szükség, így az emberi beavatkozás egyes helyeken elkerülhetetlen.

Irodalom

- [1] S. Blake et al., „An Architecture for Differentiated Service”, IETF RFC, rfc2475.txt
- [2] Zsuzsanna Ladányi, András Gulyás, István Pataki, Gábor Balogh, László Nagy, Péter Füzési, „Implementing End-to-End QoS over DiffServ Networks”, HSNLAB Workshop 2001 spring, poster
- [3] Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview. R. Braden, D. Clark, S. Shenker. June 1994, IETF RFC, rfc1633.txt
- [4] Wroclawski, "Specification of the controlled load quality of service" RFC 2211, IETF, 1997, szeptember.
- [5] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) Version 1 Functional Specification." RFC 2205, IETF 1997, szeptember
- [6] A Two-bit Differentiated Services Architecture for the Internet. K. Nichols, V. Jacobson, L. Zhang. July 1999, RFC 2638.
- [7] Extensible Markup Language (XML) 1.0 (2nd Edition) W3C Recommendation 6 October 2000, <http://www.w3.org/TR/2000/REC-xml-20001006>

Optikai börszt- és csomagkapcsolás

PÁNDI ZSOLT, PhD. hallgató

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

Reviewed

A távközlő hálózatokban alkalmazott optikai átvitel számára új kihívásokat jelent a továbbítandó csomagkapcsolt forgalom növekvő mennyisége. A hálózatok hatékony üzemeltetése a megváltozott forgalmi terhelés mellett új technológiai megoldások kidolgozását teszi szükségessé. A cikk két, lehetséges továbblépési iránnyal, az OBS-sel (Optical Burst Switching) és az OPS-sel (Optical Packet Switching) foglalkozik, áttekinve e két technológia működésének alapelveit, és megkísérli elhelyezni a technológiákat egy átfogó hálózati képben. Kitér továbbá az alkalmazással kapcsolatban felmerülő elvi és gyakorlati kérdésekre is, valamint a teljesség igénye nélkül áttekinti, hogy a bemutatott problémákra eddig milyen megoldások születtek.

Bevezető

A távközlő hálózatokban alkalmazott optikai átviteli technológia hagyományosan áramkörkapcsolt működésű volt, amelynek eredete a telefonhálózatokban történő alkalmazásra vezethető vissza. A szállítandó forgalom tulajdonságai azonban időközben jelentősen megváltoztak.

A jellemzően csomagkapcsolt adatforgalom volumenének és a továbbítandó forgalmon belüli arányának drasztikus növekedése miatt az optikai átviteltechnika is kénytelen volt közeledni a számítógép hálózatokban kialakult megoldásokhoz. Ezzel kapcsolatban azonban számos probléma merült fel. Ezek egy része abból adódott, hogy a csomagkapcsolt forgalmak (pl. IP forgalom) olyan új kérdéseket vetettek fel, mint az átlátszóság, a skálázhatóság vagy a kellően kis léptékű kapacitásfelosztás. Mindemellet e forgalmak meglehetősen nehezen jellemezhető viselkedésűek, börsztök és a bennük kiépülő kapcsolatok általában csak rövid időtartamúak, tehát az alkalmazandó átviteli technológiának rugalmasnak és könnyen konfigurálhatónak is kell lennie. A problémák másik része abból származott, hogy a csomagkapcsolás megoldására az optikai technológia még nem, vagy csak korlátozottan készült fel [1]. Ugyancsak a továbblépést motiválta az, hogy a fényvezetők által biztosított átviteli kapacitások kihasználtsága – részben a továbbítandó forgalom megváltozott jellemzői miatt – viszonylag alacsony volt.

A megfelelő válaszok keresése közben született meg az ASON (Automatically Switched Optical Network), amely rugalmasan és könnyen konfigurálhatóan képes nagy kapacitású szemi-permanens csatornákat felállítani, de a további optikai kapacitás-tartalékok kihasználására nem nyújt igazi megoldást [2].

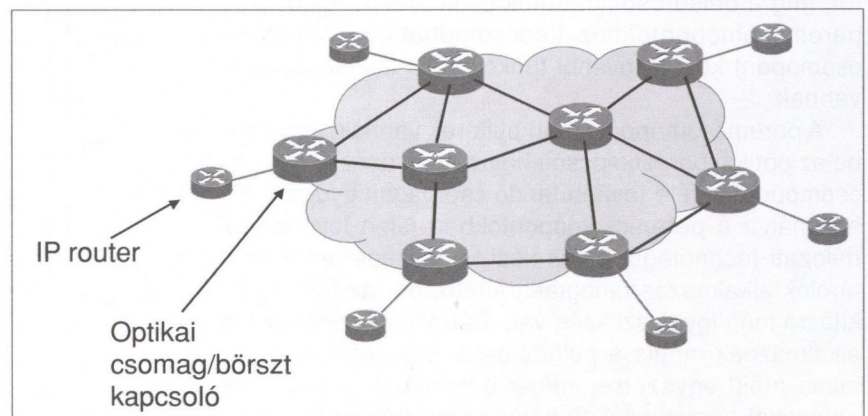
Így jutott el arra a pontra a fotonika, ahol komolyan felvetődött lehetséges továbblépési irányként a csomagkapcsolás elvének alkalmazása, vagy legalábbis egy olyan megoldás kidolgozása, amely megfelelő megoldást ad a csomagkapcsolt forgalmak továbbítására.

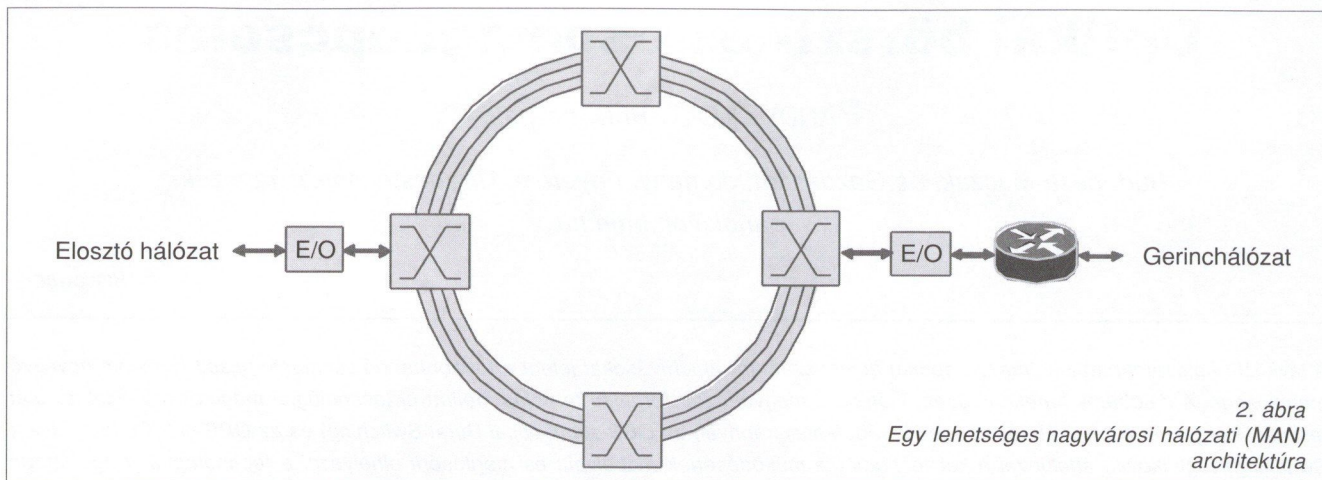
A cikk két, lehetséges továbblépési iránnyal, az OBS-sel (Optical Burst Switching, optikai börsztkapcsolás) és az OPS-sel (Optical Packet Switching, optikai csomagkapcsolás) foglalkozik.

Hálózati kép

Egy olyan optikai technológia, amely képes a csomagkapcsolt forgalom hatékony továbbítására, kitűnően működik együtt a jelenlegi hálózati architektúrákkal. Az 1. ábrán egy olyan hálózati elrendezést mutatunk be, amely egy IP-over-OBS vagy IP-over-OPS típusú megoldást alkalmaz, azonban az IP hálózatot kiszolgáló optikai technológia a korábbi, IP-over-SDH vagy IP-over-WDM megoldásokhoz képest nem csupán csatornákat biztosít az IP forgalom továbbításához, hanem képes a továbbítandó forgalom tulajdonságaihoz alkalmazkodva hatékonyan kihasználni az optikai erőforrásokat.

1. ábra IP hálózat OPS/OBS hálózat felett





Egy másik lehetséges, ezúttal nagyvárosi környezetben felmerülő hálózati képet mutat be a 2. ábra [3]. Az ábrán látható hálózatban az optikai puffereket meg lehet takarítani, mert minden hálózati csomópontban van egy E/O átalakító, amelyet kihasználva a szükséges puffereket elektronikai támogatással elvégezhető. További előnye a felvázolt megoldásnak, hogy a gyakran gyűrűs szerkezetű nagyvárosi hálózatok már lefektetett fényvezetőit hasznosítja.

Mivel a 2. ábrán egy nagyvárosi hálózatban az optikai csomag- vagy börsztkapcsolt hálózat a felhordó hálózat (feeder network) szerepét tölti be, ezért az egyes hozzáférési pontokon különböző helyi hálózatok: például egyetemi campusok vagy vállalati hálózatok, a kilépési pontokon pedig gerinchálózat kapcsolódhat hozzá.

Optikai börsztkapcsolás

Az optikai börsztkapcsolás megkísérli egyesíteni az áramkörkapcsolás és a csomagkapcsolás előnyös tulajdonságait, mindemellett az optikai technológiának elsősorban olyan képességeire épít, amelyek többé-kevésbé már most is a rendelkezésre állnak [4].

Az optikai börsztkapcsolt hálózat kétféle csomópontot tartalmaz: *perem* (edge) és *belső* (core) csomópontot. Az peremcsomópontok egy más technológiájú, csomagkapcsolt hálózattal kötik össze a börsztkapcsolt hálózatot, míg a belső csomópontok csak másik belső vagy peremcsomópontokhoz kapcsolódhatnak. A kétféle csomópont között további funkcionális különbségek is vannak.

A peremcsomópontokban pufferek vannak, amelyekbe az optikai börsztkapcsolt hálózat ugyanazon peremcsomópontjai felé továbbítandó csomagok gyűlnek. Kihasználva a peremcsomópontokban jelen levő másik hálózati technológia puffereket a megkísérelhető, bár az E/O átalakításra még így is szükség van. Bármilyen megoldást is alkalmaznak mégis a puffereket, egy-egy puffer tartalma majd egyszerre, immár börsztként továbbítódik az optikai börsztkapcsolt hálózatban. Amikor a perem-

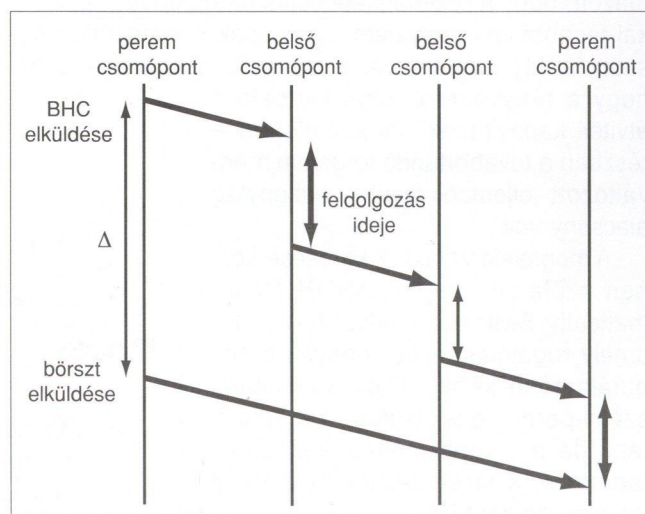
csomópont úgy dönt, hogy továbbítja az összegyűlt csomagokat, először egy BHC-t (Burst Header Cell, börszt fejléc cella) küld az optikai börsztkapcsolt hálózatba, amely mindig dedikált csatornán továbbítódik. A BHC funkciója tulajdonképpen az, hogy a hálózaton keresztülhaladva jelezze, hogy börszt érkezik, és egyúttal az is, hogy a börszt számára kijelölt útvonalon lefoglalja a börszt továbbításához szükséges erőforrásokat.

A BHC-t a peremcsomópont Δ idővel a börszt továbbítása előtt bocsátja ki, amely időnek elegendőnek kell lennie a BHC (és később a börszt) által bejárt úton levő csomópontok feldolgozási késleltetésének és az útvonalon jelentkező terjedési késleltetés összegének kompenzálására (3. ábra). A BHC-re nem érkezik sem nyugta, sem más válasz. A peremcsomópont a Δ idő letele után feltétel nélkül beengedi a hálózatba a börsztöt.

A BHC tartalmazza a börszt célállomását, méretét, a csatorna azonosítóját, amelyen a BHC-t fogadó csomópontba érkezik, valamint a Δ időt.

A belső csomópontok a BHC megérkezésekor a BHC-ben levő információk és a (legfeljebb Δ idő múlva érkező) börszt továbbításának idején majdan rendelkezésre álló kimeneti csatornák függvényében megkí-

3. ábra A BHC elküldése és a börszt elküldése



sérelnek meghatározni egy csatornát, amelyen a börsztöt továbbítani lehet. A BHC tartalmát és saját foglaltsági nyilvántartásukat ennek megfelelően módosítják, majd egy szintén dedikált csatornán a börszt útvonalán következő csomópontnak továbbítják. Amennyiben nem sikerült szabad erőforrást találni a börszt továbbításának idejére, a belső csomópontok eldobják a BHC-t, következésképpen az érkező börszt elveszik.

A belső csomópontok tehát a börszt érkezőkor már tudják, hogy azt merre kell továbbítani, és erre időben fel is tudnak készülni a megfelelő bejövő és kimenő csatornák összekapcsolásával, tehát a börsztöt nem kell pufferben tárolniuk, és az erőforrásokat felszabadíthatják, amint a BHC-ben jelzett adatmennyiség keresztülhaladt rajtuk. A börszt tartalma ennek köszönhetően az optikai börsztkapcsolt hálózatokban mindig az optikai tartományban maradhat.

A Δ idő nagyságának becsléséhez gondoljuk végig a következőket. A csomópontokban jelentkező feldolgozási késleltetés a beérkező jelre történő szinkronizáláshoz [5], az O/E konverzióhoz, a kapcsoló beállításához [6] és a kimenő BHC generálásához szükséges idők összegeként adódik. Ha ezeknek a műveleteknek az időigényét összességében a 10-100 μ s nagyságrendűre becsüljük, és figyelembe vesszük, hogy a szálban a fény ennyi idő alatt hozzávetőlegesen 2-20 km-t tesz meg, láthatjuk, hogy a Δ idő nagyságának meghatározásakor a terjedési idő lesz domináns. Az optikai eszközök várható további fejlődése és gyorsulása is ezt támasztja alá.

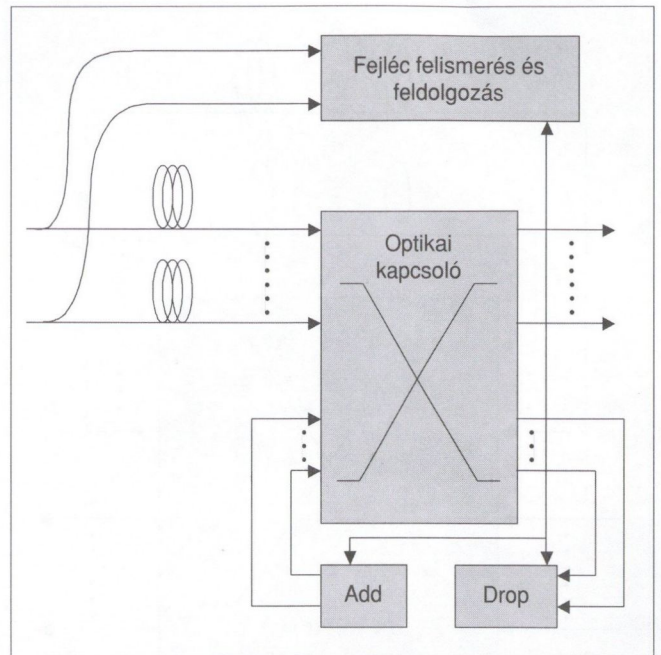
Az itt leírt működés csupán az optikai börsztkapcsolás alapelvét illusztrálja. A bemutatott jelzésrendszer számos variációját kidolgozták, amelyekről áttekintést [7]-ben találhat az érdeklődő olvasó.

Optikai csomagkapcsolás

Az optikai csomagkapcsolás működése teljesen analóg az elektronikában már megvalósított csomagkapcsolással [8]. A vezérlési információk együtt utaznak a csomaggal, annak fejlécében. Következésképpen minden egyes csomópontban tárolni kell a csomagokat, legalább a fejléc feldolgozásának és újragenerálásának idejére. Az optika biztosította sáv szélességek kihasználása végett kerülni kell az O/E/O (optikai-elektronikai-optikai átalakítással járó) megoldások alkalmazására, ezért legalább a csomag tartalmát végig az optikai tartományban kell tartani – a tárolás idejére is.

Az optikai csomagkapcsolt hálózatok csomópontjai a csomag továbbításáról a fejléc feldolgozásakor döntenek, az útvonalválasztásra gyakorlatilag bármilyen megoldás alkalmazható.

Az optikai csomagkapcsolt hálózatok működésüket tekintve lehetnek *réselt* (slotted) vagy *nem réselt* (un-slotted) hálózatok. A réselt típusú hálózatokban csak egyforma méretű csomagokat lehet továbbítani, és működésükhöz az SDH-SONET technológiánál már felmerült globális csomópont-szinkronizációra van szükség.



4. ábra Optikai csomagkapcsolást végző csomópont szerkezete

A réseletlen hálózatokban ezzel szemben változó lehet a csomagméret.

A 4. ábrán egy optikai csomagkapcsolást végző csomópont blokkvázlata látható. Megjegyezzük, hogy az ábra nem tartalmazza az ütközések feloldásához (lásd később) szükséges funkcionális elemeket.

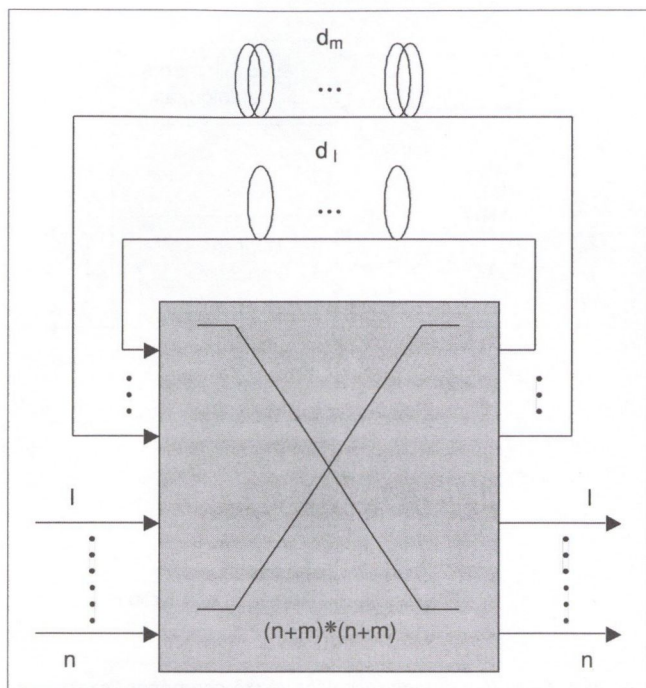
Megoldandó elvi és technológiai problémák

A következőkben röviden áttekintjük azokat a problémákat, amelyek megoldására szükség van az ismert technológiák bevezetéséhez. A preferált megoldások közös tulajdonsága, hogy elkerülik az O/E/O átalakítást, mert ennek hatására egyrészt sérül az átlátszóság követelménye, másrészt az elektronika működési sebessége korlátozni fogja a feldolgozási kapacitást.

Optikai pufferelés

Az optikai tartományban történő adattárolás az egyik alapvető probléma. Optikai csomagkapcsolt hálózatokban minden csomópontban szükség van erre a funkcióra, míg optikai börsztkapcsolásnál akár teljesen elhagyható, mivel a peremcsomópontokban van csak erre szükség, ahol mindig jelen van egy másik technológia is, amelynek esetleges pufferelési képességei kihasználhatók.

Az optikai pufferelésnél leggyakrabban FDL-alapú (Fiber Delay Loop, késleltető fényvezetőhurok) megoldásokat alkalmaznak, amelyek úgy működnek, hogy a „tárolás” ideje alatt egy kellő hosszúságú szálkötetben utaztatják a tárolandó adatokat. A tárolási időt a szálhurok hosszának megválasztásával lehet szabályozni.



5. ábra Egyszakaszos, visszacsatolt optikai tárolóegység

A technológiai megoldásokat többféleképpen is csoportosíthatjuk. Lehetnek egy- vagy többszakaszosak, attól függően, hogy a tárolt adatok egy vagy több szálon haladnak keresztül a tárolás ideje alatt. Egy másik osztályozási szempont az előrecsatolt vagy visszacsatolt működés. Az előbbi esetében a tárolt adatok a tárolóegység bármely pontján legfeljebb egyszer járnak, míg az utóbbinál akár több kört is megtehetnek tárolón belül.

Az 5. ábrán egy példát mutatunk az optikai tárolás megvalósítására [9]. Az ábrán látható megoldás egy m tárolóhellyel rendelkező, n portos kapcsolóként viselkedik. A különböző tárolóhelyeken elhelyezett adatok különböző idő múlva jelennek meg a kapcsoló valamelyik kimenetén, de természetesen a $d_1..d_m$ késleltetéseket kombinálva is alkalmazhatjuk a visszacsatolási lehetőség miatt.

A korábban említett becslést újra alkalmazva az optikai csomagkapcsolás esetében szükséges tárolókra arra juthatunk, hogy 2-20 km-nyi utat tesz meg a fényvezetőben egy-egy csomag, amíg a csomópont felkészül a továbbítására. Az imént bemutatott megoldást alkalmazva azonban nincs szükség arra, hogy ez egyetlen darabban álljon rendelkezésre, ugyanis 40 Gb/s átviteli sebességet és 10 kb-os csomagméretet feltételezve egy csomag csupán 400 m-t foglal el a fényvezetőből. Legalább ekkora szálhurok kombinációjával könnyen előállítható a szükséges késleltetés kevesebb szál felhasználásával is.

Optikai kapcsolás

Az optikai tartományban történő kapcsolás talán az a terület, amelyen már több, különböző jellegű eredményt sikerült eddig felmutatni. Már kereskedelmi for-

galomban is kaphatók a MEMS-alapú (Micro-Electro-Mechanical Systems, mikro-elektromechanikai) kapcsolóegységek. Ezek különböző helyzetben (például két-dimenziós kapcsolómátrixban vagy két vonal mentén) elhelyezett apró, elektronikusan vezérelhető tükrök mozgatásával irányítják a lézerek sugarakat a megfelelő helyre. Emellett persze léteznek más megoldások is (például a hagyományos, mechanikus szálkapcsolás, vagy a buborék-reflexiók módszere, vagy a guided-wave solid-state, azaz a különböző kristályok befolyásolható fényvezetési tulajdonságait kihasználó megoldás), de a MEMS-alapú megoldás tűnik a legsikeresebbnek [8].

Szinkronizáció

A réselet csomagkapcsolt optikai hálózatokban fontos probléma a szinkronizáció kérdése [8]. Egyrészt szükség van a szinkronizálásra a beérkező csomag órajeléhez, másrészt szükség van a kimenet késleltetéséhez való igazítására. Az első elősegítésére alkalmaznak az ún. *guard time*-ot. Ennek a megoldásnak az a lényege, hogy a csomag fejléce és tartalma nem tölti ki teljesen az időrést, hanem az időrés határai, a csomag fejléce és tartalma között vannak az adattovábbítás szempontjából kihasználatlan időtartományok, amelyeket a vételi szinkronizálására használnak.

A kimenet szinkronizálására többféle megoldás is elképzelhető. N darab kaszkádított 2×2 -es optikai kapcsolóelemmel például $1/2^n$ csomaghossznyi felbontású késleltetést készíthetünk, ha az i . kapcsoló vagy egyenesen továbbkapcsolja a szomszédos kapcsolónak a jelet, vagy pedig a jelútba beiktat még egy $1/2^i$ csomaghossznyi késleltetést okozó szálhurokot. Egy másik lehetséges megoldás egy erősen diszperzív fényvezetőhurokból és egy hullámhossz-konverterből áll, és a különböző hullámhosszú fény különböző terjedési sebességét kihasználva a megfelelő késleltetés előállításához a megfelelő hullámhosszra konvertálja a beérkező jelet.

Mindkét megoldásnak vannak hátrányai is: a kaszkádított kapcsolók a jel-zaj viszony súlyos romlását idézhetik elő, míg a hullámhossz-konverteres megoldásnak korlátozott a felbontási képessége.

Optikai hullámhossz-konverzió

Az optikai tartományban történő hullámhossz-konverzióra a börszt- és csomagkapcsolásnál egyaránt az optikai erőforrások mind teljesebb kihasználása érdekében van szükség. A probléma megoldása jelenleg még csak a laboratóriumi kísérletezés fázisában tart. A legtöbb jelenleg vizsgált megoldás nemlineáris effektusok kihasználására épít. Kétféle ilyen jelenség ismert: a Kerr-effektus és a szóródási effektus [10].

Kerr-effektus alatt általában háromféle jelenséget értenek. Mindháromnak az az alapja, hogy a szál magjának törésmutatója válik a továbbított fény intenzitásának függvényében. Ez tulajdonképpen a Kerr-effektus, amely egyrészt sajátfázis-modulációt (egy hul-

lámhossz szomszédos hullámhosszakra való kiterjedését) okozhat, másrészt keresztfázis-modulációt (több különböző hullámhossz egymás hatására jelentkező kiterjedést), harmadrészt pedig négyhullámos keverést (két vagy több hullámhossz együtt hoz létre egy új hullámhosszat) okozhat.

A szóródási effektusnak két változata van. A Raman-féle stimulált szóródásnál a fény energiát veszít, amikor a hullámvezető molekuláinak ütközik, amely energia nagyobb hullámhosszon kibocsátott fény formájában távozik. A Brillouin-féle stimulált szóródásnál a szálban a fény hanghullámokat kelthet, amelyekből a fény különböző hullámhosszokra szóródhat.

Léteznek alternatív megoldások is, például amelyek félvezető alapú optikai erősítőket alkalmaznak (SOA, Semiconductor Optical Amplifier), de ezekkel itt nem foglalkozunk. A lehetséges megoldásokról az érdeklődő olvasó például [11]-ben olvashat bővebben.

Ütközések feloldása

Ütközésről beszélünk, ha egyszerre kétféle adatot kell továbbítani ugyanazon a kimeneti csatornán, legyen szó akár börsztokról, akár csomagokról [8]. Ennek a versenyhelyzetnek a megoldását háromféle dimenzióban lehet keresni: időben (az optikai tárolót kihasználva), hullámhosszban (optikai hullámhossz-konverter segítségével), valamint térben (deflection routing, azaz eltérítő útvonalválasztás felhasználásával). Ez utóbbi dimenzió alkalmazható az optikai tároló használatának elkerülésére is (például a hot-potato, azaz forró krumplics elven működő útvonalválasztás esetében), mindazonáltal fontos korlátozni a csomagok vagy börsztök élettartamát, célszerűen egy időbélyeggel, és nem pedig az IP-alapú hálózatokban már bevált TTL (Time To Live) fejlécmező segítségével, mivel ez utóbbi a fejléc módosítását követelné meg minden egyes, a csomag vagy börszt által érintett csomópontban.

Összegzés

A cikk megkísérelte összefoglalni az optikai átvitel aktuális fejlődési irányai közül kettőnek, az optikai börszt- és csomagkapcsolásnak pillanatnyi helyzetét, a megvalósításukkal kapcsolatban felmerülő problémákat, és ezeknek néhány lehetséges megoldását. A cikk nem foglalkozott minden kutatási iránnyal, viszont érdemes néhány, még mindig kihívást jelentő fontos problémát megemlíteni, amelyeket részletesen nem tárgyaltunk: a változó méretű csomagok vagy börsztök méretének megválasztása, prioritáskezelés, multicast forgalom hatékony kezelése, hibátűrő útvonalválasztás, előzetes matematikai teljesítményelemzés, még gyorsabb kapcsolók fejlesztése, és optikai RAM implementálása.

Általánosságban elmondható, hogy a fejlesztések igyekeznek kiküszöbölni az O/E/O átalakításokat a jelútból, és egy kisebb rétegszámú hálózati architektúra felé törekednek, amelyben egyre több funkciója lesz az

optikai rétegnek. Az optikai börsztkapcsolás a csomagkapcsolás és az áramkörkapcsolás előnyös tulajdonságait egyesítve nagyrészt már létező technológiák felhasználásával próbál választ adni a csomagkapcsolt forgalom továbbítása jelentette kihívásra. Ezzel szemben az optikai csomagkapcsolás széleskörű alkalmazásához még mindig számos problémát kell megoldani.

Köszönetnyilvánítás

A szerző ezúton szeretne köszönetet mondani Jakab Tivadarnak, Lakatos Zsoltnak és Horváth Gábornak az irodalom feldolgozásában nyújtott segítségükért, valamint Dr. Do Van Tiennek a munkát segítő ötleteiért. Köszönet illeti továbbá Dr. Lajtha Györgyöt, akinek tanácsai sokat javítottak a cikk színvonalán.

Irodalom

- [1] Zs. Pándi, Introduction to Optical Burst and Packet Switching, Third Hungarian WDM Workshop, Budapest, 2003. április
- [2] B. F. Caignou et al., Network Operator Perspectives on Optical Networks – Evolution towards ASON, 10th International Telecommunication Network Strategy and Planning Symposium (Networks 2002), München, Németország, 2002. június
- [3] A. Jourdan et al., The Perspective of Optical Packet Switching in IP-Dominant Backbone and Metropolitan Networks, IEEE Communications Magazine, 2001. március
- [4] J. S. Turner, Terabit Burst Switching, Journal of High Speed Networks, Volume 8 (1999)
- [5] V. W. S. Chan et al., Architectures and Technologies for High-Speed Optical Data Networks, IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol. 16., No. 12., pp. 2146-2168, 1998. december
- [6] Q. Yang et al., WDM Packet Routing for High-Capacity Data Networks, IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol. 19., No. 10., pp. 1420-1426, 2001. október
- [7] M. Nord et al., OPS or OBS in the Core Network? (COST 266), Proceedings of the 7th IFIP Working Conference on Optical Network Design & Modelling, Budapest, 2003. február
- [8] S. Yao et al., Advances in Photonic Packet Switching: An Overview, IEEE Communications Magazine, 2000. február
- [9] M. J. Karol, A Shared-Memory Optical Packet (ATM) Switch, 6th IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks, 1993
- [10] D. Penninckx et al., New Physical Analysis of 10 Gb/s Transparent Optical Networks, IEEE Photonics Technology Letters, Volume 15, Issue 5, 2003. május
- [11] J. M. H. Elmirghani et al., All-Optical Wavelength Conversion: Technologies and Applications in DWDM Networks, IEEE Communications Magazine, 2000. március

Hírek

A **Cisco Systems** a 2002 novemberében először átadott **Navigátor vándordíjjal** azoknak az ügyfeleknek a tevékenységét ismeri el, amelyek az innovációban rejlő lehetőségeket egyesítik a hatékonysági és gazdaságossági szempontokkal. Az előző évben – Magyarországon először – a Raiffeisen Bank kapta meg a vándordíjat egy tűzfal alapú hálózatbiztonsági rendszer tervezéséért és megvalósításáért. 2003. első félévében a Cisco Systems magyarországi leányvállalata a vándordíjat – a kormányzatban elsőként végrehajtott, átfogó IP telefonhálózatának kiépítéséért – a Központi Statisztikai Hivatalnak ítélte, azért a gazdálkodási rendszerében végrehajtott jelentős reformért, melynek fókuszában a decentralizált költséggazdálkodásra épülő, takarékos működtetés áll.

A KSH középtávú tervek alapján fejlesztve IT infrastruktúráját, koncentrálva az egyre újabb műszaki lehetőségekre, az adatfeldolgozás és a telekommunikáció iránt rohamosan növekvő igényekre, 2001-ben kezdte meg az IP telefónia bevezetési lehetőségének vizsgálatát. A műszaki alapozó munkák 2002-ben fejeződtek be, amelyek immár biztos háttérrel jelentettek az IP telefónia bevezetéséhez. Az IP telefonhálózat mellett szóló érv az volt, hogy a hagyományos helyi telefonközpontok elavultak, a hivatal vezetői ebben perspektívát már nem láttak.

A Foglalkoztatáspolitikai és Munkaügyi Minisztérium Esélyegyenlőségi Főigazgatósága által negyedik alkalommal meghirdetett pályázatán az **Ericsson Magyarország** elnyerte a „**Családbarát Munkahely**” díjat. Ezzel az elismeréssel azokat a munkaadókat jutalmazzák, akik maximálisan figyelembe veszik az alkalmazottak családi kötelezettségeit és olyan munkakörülményeket biztosítanak, amelyek jól működő feltételrendszere hozzájárul a hatékonyabb teljesítmények eléréséhez.

Az Ericsson tartósan rendezkedett be Magyarországon. Ez a stratégia azt is jelenti, hogy alkalmazottainak hosszú távon szeretne munkát biztosítani. A hazai távközlési piac egyik meghatározó szereplőjeként számos nagy jelentőségű, jövőbe mutató technológiát alkalmazó újítást vezettek már be a hazai piacon és Kelet-Közép Európában. Ezek együttesen mind a kollégák kitartó munkáját dicsérik. A nyugodt, inspiráló légkört számos technikai eszköz segíti, amelyek egy része a család számára is hozzáférhető. Az Ericsson Magyarország helybe hozta a kultúrát is: képzőművészeti galériát, kasszínházat, házimozi hívtak életre és volt már ebéd utáni szieszta-koncert is.

Az **Axelero Internet és a Cisco Systems Magyarország** a pécsi Széchenyi István Gimnázium és Szakközépiskolában létrehozott a **Cisco Hálózati Akadémia (CNA)** keretén belül egy újabb hálózati labort. A programnak eredményeképpen 400 hálózati szakember végez az idei évben.

A helyszín kiválasztásakor az iskola profilját, felkészültségét, valamint a helyi képzési és munkaerőpiaci igényeket vették figyelembe. A képzésre az oktatási intézmény minden tanulója jelentkezhet, a szintenként 4-4 szemeszter a résztvevők számára ingyenes. A következő tanévtől kezdve évente 20-30 hálózati szakember fog végezni e szakmai képzés keretében. A magyarországi CNA közösséget jelenleg 58 Akadémián 160 oktató és 1700 diák alkotja. Az öt éve indított program lényege, hogy csökkentse a hálózati szektorra jellemző szakemberhiányt. A nemzetközi példák kiindulva a problémára megoldást jelenthet a vállalati szektor bevonása, így a cégek a közoktatási intézményekkel szorosan együttműködve olyan oktatási struktúrát alakíthatnak ki, amilyenre éppen piaci igény mutatkozik.

A **Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem** új, várhatóan 2003 novemberére elkészülő **Központi Tanulmányi Hivatala** átveszi az eddig a karok dékáni hivatalai által intézett tanulmányi ügyeket a hallgatók jobb, hatékonyabb kiszolgálása érdekében. A tervek szerint így megszűnik a sorbanállás a csúcsidőszakok – beiratkozás, tantárgyfelvétel, vizsgára jelentkezés – idején. Az átépítés és az informatikai struktúra kiépítése után a KTH az Egyetem „R” épületének földszintjén kap helyet. Az új hivatalban közel ötven fő fogja a 15 ezer nappali, esti és levelező tagozatos hallgató ügyeit intézni.

Az Egyetem döntése értelmében a Hivatal teljes Cisco informatikai hálózati infrastruktúrával látják el, amely magában foglal két Cat 4500 LAN switch-et, a tanulmányi hivatalban tárolt bizalmas információk védelme érdekében egy redundáns Cisco PIX tűzfalat, valamint 70 db IP telefont. A telefonok a hangposta mellett többek között úgynevezett Interactive Voice Response (IVR) szolgáltatással is rendelkeznek. Ennek lényege, hogy egy integrált menürendszer segít eligazodni a telefonon is elérhető információk között. Így például automatikusan lekérdezhetőek a különböző határidők és vizsgaidőpontok. Az IP telefónia által lehetővé tett hang-adat integrációnak köszönhetően a hallgatók internetes alapon (a Neptun hallgatói rendszer segítségével), és az IP telefon rendszerrel is intézhetik tanulmányi ügyeiket.

Extrém sávszélességű elosztott erősítők tervezése

ZÓLOMY ATTILA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Szélessávú Hírközlőrendszerek és Villamosságtan Tanszék

Reviewed

Az egyre növekedő átviteli sebesség igények miatt előfordulhat, hogy a jövő intelligens optikai hálózataiban két leágazás között több szabványos WDM csatorna (40 Gbit/sec) ideiglenes összefűzésével kell igen nagy kapacitású optikai csatornát létrehozni. Ebben az esetben az optikai adó- vagy vevőoldali elektronikus szakaszoknak extrém sávszélességűeknek kell lenniük. Ekkor már a legalapvetőbb funkciónak, a jelek megfelelő erősítésének a biztosítása is kritikus lehet. Egyetlen erősítő típus, az elosztott erősítő képes csak erre. A cikk szisztematikus módszert ad meg tápvonalakat és diszkrét aktív eszközöket tartalmazó elosztott erősítők tervezéséhez. A módszer alapja az a felismerés, hogy a tápvonalakat tartalmazó erősítő ki- és bemeneti vonalainak sávszélessége és impedanciája függetlenül állítható a tápvonal tulajdonságok megfelelő változtatásával, még kötött tranzisztor paraziták esetén is. Ennek segítségével tetszőlegesen változtatható a ki és bemeneti vonal közti szekciónkénti fázistolás különbsége (fázisillesztetlenség) és így az erősítés-karakterisztika frekvenciamenete.

Bevezetés

Egy N fokozatú elosztott erősítő sematikus ábrája az 1. ábrán látható. Az erősítő bemeneti vonala az aktív eszközök bemeneti parazitáiból és az elválasztó induktívításokból vagy tápvonalakból álló létrahálózat. Az aktív eszközök kimenetei az erősítő kimeneti vonalához csatlakoznak, amely az egyes aktív eszközök kimeneteiről érkező jeleket elvileg fázisban összegzi, és a kimeneti illesztett, a vonal hullámimpedanciájával egyező lezárásra juttatja.

Az összes ismert erősítőtípus közül ezzel lehet elérni a legnagyobb sávszélességet. A publikált legnagyobb felső határfrekvencia GaAs monolit technológiával eléri a 110GHz.-et [1]. A látványos eredmények azonban főleg a technológia fejlődésének voltak köszönhetőek, amelyek során az alkalmazott aktív eszközök határfrekvenciája növekedett, illetve parazitáinak értéke csökkent.

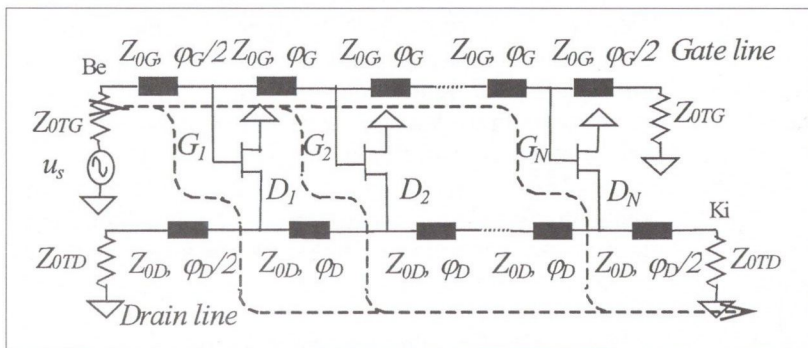
A mai napig hiány van azonban hatékony tervezési módszerekben. Az irodalom túlnyomó többsége csak analízist tartalmaz [2]. A gyakorlatban tervezéshez általában számítógépes optimalizációs eljárásokat alkalmaznak. Sajnos azonban a paraziták miatt, főleg sok-

fokozatú erősítőknél, az optimalizációs hibafüggvény igen sok lokális minimummal rendelkezik, így az optimális megoldás (globális minimum) megtalálása tetszőleges kiindulási állapotból általában nehéz és hosszadalmas feladat. Célratörőbb módszer, ha megismerve a leglényegesebb paraziták hatását, azokat szisztematikus eljárásokkal kompenzáljuk, majd az így kiadódó egyszerűsített, de az optimálishoz közeli struktúrát használjuk kiindulásként az összes többi parazitát is magába foglaló, kifinomult számítógépes optimalizáció számára. Ezt a filozófiát követik [3]-ban is, ahol egy az előzőekben publikált, mai napig egyedülálló szisztematikus tervezési módszert [4] használnak kiindulási alapként.

Az említett tervezési módszer az aktív eszköz veszteségeit manipulálja, emiatt elsősorban monolit integrált technológiánál alkalmazható. A cél, hogy fázisszinkron esetén az átvitelben megjelenő pólust eltüntesse a felső határfrekvencián. Baj, azonban, hogy ehhez elsősorban a bemeneti oldali veszteséget (ill. veszteség/kapacitás arányt) kell jelentősen megnövelni, amely egyrészt korlátozza az aktív eszköz tervezőjének lehetőségeit, másrészt a zajtulajdonságok romlásához vezethet. A módszer alapját képező analitikus számítá-

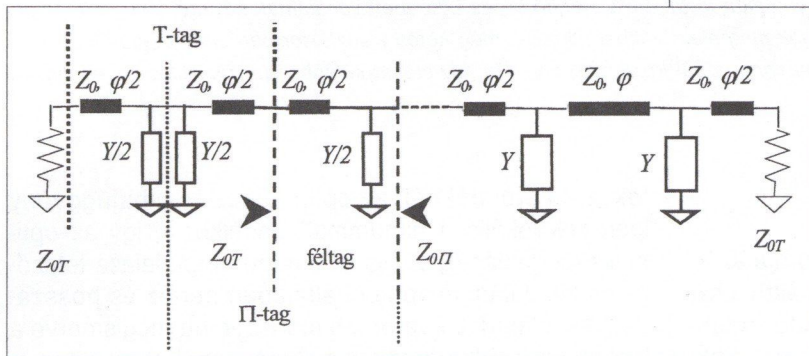
soknál az erősítő koncentrált induktívításokat tartalmaz, valamint igen egyszerű a felhasznált unilaterális aktív eszköz modell is: csak a ki- és bemeneti kapacitásokat és a veszteségeket tartalmazza. Emellett a módszer igényli a fázisszinkron biztosítását az erősítő vonalai között. Ez azonos lezáró impedanciák között működő erősítőnél a mai félvezetős aktív eszközökkel nehezen biztosítható, hiszen általában ezek bemeneti kapacitása nagyságrendekkel nagyobb, mint a kimeneti. Soros bemeneti vagy párhuzamos kimeneti kapacitás

1. ábra Elosztott erősítő sematikus ábrája



beiktatásával elvileg ez a probléma orvosolható, azonban a megjelenő csatlakoztatási paraziták lekorlátozzák az adott eszközzel elérhető sáv szélességet, valamint az első esetben nehézkessé válik az eszközök DC előfeszítése is.

A jelen cikkben ismertetett eljárás az aktív eszközhöz idomítja az erősítő struktúrát, amely akár tápvonalakat, illetve csatlakoztatási parazitákat is tartalmazhat. Egyetlen megkötés az eszköztervezővel szemben a visszaható kapacitás, illetve a veszteségek minimalizálása, amely azonban egyébként is alapvetően fontos nagy határfrekvenciájú, kiszajú eszközök tervezésénél. Az egyenletes erősítéskarakterisztikát a be- és kimeneti vonalak közti fázisillesztetlenség megfelelő beállításával éri el, számítógépes optimalizáció alkalmazása nélkül.



2 ábra Elosztott erősítő vonalainak struktúrája

Elméleti háttér

Elosztott erősítő vonalainak általános létrastruktúráját a 2. ábra mutatja. Koncentrált elemű erősítő esetén a tápvonalak helyén induktivitások helyezkednek el. Ez a struktúra felosztható elemi T- illetve Pi-tagokra, illetve ezek tovább féltagokra. Ilyen struktúráknál előnyös a láncmátrix (angol irodalomban ABCD mátrix) alkalmazása.

Bármelyik elemi tag láncmátrixa felírható az alkotó elemek láncmátrixainak szorzataként, például féltag esetén:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) & jZ_0 \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \\ jY_0 \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) & \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{2} I \\ -I_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Koncentrált elemű erősítő esetén az 1. kifejezésben a tápvonal helyett az induktivitás láncmátrixa szerepel. A láncmátrix ismeretében bármilyen átviteli mennyiség (feszültség-, áram-, teljesítmény-erősítés, fázistolás stb.), és a \$Z_{OT}\$, \$Z_{OII}\$ hullámimpedanciák is felírhatóak a 2. egyenletek segítségével:

$$Z_{OT} = \sqrt{\frac{B}{C} \frac{A}{D}}; \quad Z_{OII} = \sqrt{\frac{D}{C} \frac{B}{A}}; \quad e^{-\theta} = \sqrt{\frac{V_2}{V_1} \frac{-I_2}{I_1}}$$

$$\Theta = \operatorname{arccosh} \sqrt{AD}, \quad \frac{V_2}{V} = \sqrt{\frac{D}{A} \frac{1}{\sqrt{AD + \sqrt{BC}}}}, \quad \frac{-I_2}{I_1} = \frac{A}{D} \frac{V_2}{V_1} \quad (2)$$

Ahol \$A, B, C, D\$ a vizsgált kétkapus láncmátrixának az egyes elemei. Az elemi T-tagok átviteleinek ismeretében felírható az \$N\$ fokozatú erősítő \$k\$-dik jelútvonalának különféle átvitelei (1. ábra). Például a feszültségátvitel:

$$V_K = V_{TG}^{(K-1)} V_{TD}^{(N-K)} \quad (3)$$

ahol \$V_{Tr}\$ annak a T-tagnak az átvitele, amely bemenete a bemeneti- (gate-) vonalon, kimenete viszont a kimeneti- (drain-) vonalon van. A teljes erősítő átvitele az összes jelút átvitelének összege:

$$V = V_{Tr} \sum_{K=1}^N V_{TG}^{(K-1)} V_{TD}^{(N-K)} \quad (4)$$

Legegyszerűbb esetben, amit a továbbiakban ideális esetnek nevezünk, a tranzistor csak a ki- és bemeneti kapacitásokból és a tranzkonduktanciából áll. Ekkor a ki- és bemeneti vonal egyszerű LC létrahálózat, és a hullámimpedanciák, a terjedési tényező, valamint a teljesítmény-erősítés képlete az 5. kifejezésekkel adottak. Láthatóan a T hullámimpedancia értéke zérus, a Pi hullámimpedancia értéke végtelen a levágási frekvencián.

$$P = \frac{gm^2}{4} Z_{0TG} Z_{0TD} e^{re(\theta_G - \theta_D)} e^{-2Nre(\theta_D)} \sum_{K=1}^N e^{K(\theta_D - \theta_G)} \sum_{K=1}^N e^{K(\theta_D - \theta_G)^*}$$

$$Z_{OT} = \sqrt{\frac{L}{C} \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_c^2}\right)}, \quad Z_{OII} = \sqrt{\frac{L}{C} \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_c^2}\right)^{-1}}, \quad (5)$$

$$\Theta = \operatorname{arccos} h \left(1 - \frac{2\omega^2}{\omega_c^2}\right), \quad \omega_c = \frac{2}{\sqrt{LC}}$$

A terjedési tényező tisztán képzetes a levágási frekvencia alatt és tisztán valós felette. A teljesítményerősítés arányos a vonalak Pi hullámimpedanciájával, az eszközök tranzkonduktanciájával (továbbiakban \$gm\$), és egy összeg taggal, amelynek frekvenciamenete kizárólag a vonalak terjedési tényezőinek különbségétől (fázisillesztetlenség) függ (az áteresztő sávban \$\theta\$ tisztán képzetes, így a képlet közepén lévő tagok értéke 1).

Fázisszinkron esetén az erősítés-sáv szélesség szorzat arányos a hullámimpedancia-sáv szélesség szorzatokkal, ha a \$gm\$ frekvenciafüggését elhanyagoljuk. Ekkor az erősítés pólussal rendelkezik a levágási frekvencián. Ez az átviteli pólus kompenzálható megfelelő mértékű fázisillesztetlenség létrehozásával. Mivel azonban a hullámimpedanciák értékei az \$L/C\$ hányados gyökével egyenesen arányosak, adott tranzistor kapacitások és lezáró impedanciák között működő erősítő esetén a vonalak \$L\$ értékei és így a levágási frekvencia is kiadódik. Így a vonalak szekciónkénti fázistolása és a köztük lévő fázisillesztetlenség mértéke sem változtatható. Egyetlen lehetőség kismértékben erre a

vonalak hullámimpedanciájának megváltoztatása még azon az áron is, hogy így elromlik az erősítő illesztése.

Elosztott erősítők illesztési problémái

Realizációs okok miatt, a gyakorlati erősítők általában T-tagban végződnek. Ennek megfelelően az erősítő frekvenciában monoton csökkenő impedanciákat mutat a külvilág felé. Konstans impedanciás lezárások között (ált. 50 Ohm) a felső sávokban ez illesztetlenség okoz. Ekkor bemeneti (vagy kimeneti) reflexió abszolút értéke, egy Z_L (konstans, frekvenciafüggetlen) lezárás esetén a 6. egyenlettel számítható ki:

$$|\Gamma(\omega)| = \left| \frac{Z_{be}(\omega) - Z_L}{Z_{be}(\omega) + Z_L} \right|, Z_{be}(\omega) = Z_{OT}(\omega) \quad (6)$$

A továbbiakban az erősítő azon sávzélességét határozzuk meg, amelyen belül az illesztés egy előírt reflexiókorlátot belül marad. Ez az erősítő működési sávzélessége (továbbiakban MS). Feltételezve, hogy $Z_{be}(\omega) \leq Z_L$ a kritikus frekvencia környékén, Z_{OT} kifejezésének behelyettesítése után kiadódik az előírt reflexióhoz tartozó relatív (levágási frekvenciához viszonyított) sávzélesség adott Z_L lezárás mellett (7. képlet). Például, ha a lezárás Z_{AF} -al egyenlő, és -20dB-nél jobb illesztés szükséges, akkor az erősítő a levágási frekvencia 57,5%-ig használható. Ez az érték növelhető a lezáró impedancia értékének csökkentésével.

$$\omega_{\Gamma rel} = \frac{\omega_{\Gamma}}{\omega_c} = \frac{\sqrt{(1+|\Gamma|)^2 - (Z'_L)^2 (|\Gamma|-1)^2}}{(1+|\Gamma|)}, Z'_L = \frac{Z_L}{Z_{AF}} = \frac{Z_L}{\sqrt{L/C}} \quad (7)$$

Ekkor az illesztés elromlik a hullámimpedanciák kezdeti lineáris szakaszán (MS alsó részén), így a csökkentés addig folytatható, míg a reflexió még éppen az előírt értéken belül marad.

A relatív sávzélességeket néhány reflexió értékre az alábbi táblázat adja meg. Az első sor a Z_{AF} impedanciával (7. képlet), történő lezárás esetét, a második sor a csökkentett lezárás esetét mutatja. Látható, hogy a növekedés jelentős (>10%), különösen a szigorúbb reflexiók követelmények esetén. Mivel a levágási frekvencia értéke változatlan, így a relatív sávzélesség növekedésével arányosan nő MS is.

	$\omega_{\Gamma rel}$	
	$\Gamma = -10 \text{ dB}$	$\Gamma = -20 \text{ dB}$
Ha $Z_L = Z_{AF}$	0.854	0.575
Ha $Z_L = Z_{AF} \frac{1-\Gamma}{1+\Gamma}$	0.963	0.741
$\Sigma \alpha$ ütközési	0.9 dB	0.086 dB

Az erősítés értéke azonban az illesztetlenség okozta ütközési csillapítás megjelenése miatt csökken. Egy bizonyos reflexió érték felett (kb. -12 dB) az erősítés csökkenésének mértéke meghaladhatja az MS növekedését. Ekkor már a működési erősítés-sávzélesség

(továbbiakban MES) szorzat csökken, így az eljárás alkalmazása csak akkor célszerű, ha az egyedüli cél a MS növelése. Elvileg a lezáró impedancia csökkentéséhez hasonló hatás érhető el a hullámimpedancia (L/C hányados) növelésével. Azonban ilyenkor, egyrészt az L/C hányados értékének változása miatt nő az erősítés, másrészt nő az LC szorzat is, azaz a levágási frekvencia értéke csökken. Emiatt előfordulhat, hogy a relatív frekvencia növekedése ellenére csökken a működési sávzélesség.

Az említett eljárások általában a bemeneti vonalon alkalmazhatóak a nagy keresztági kapacitásérték miatt.

Fázisillesztetlenség hatása

A nagyságrendekkel nagyobb bemeneti kapacitás miatt a bemeneti (gate-) vonal sávzélessége általában kisebb, mint a kimeneti (drain) vonalé, így biztosan fellép fázissebesség különbség. Az illesztetlenség megszüntethető L értékeinek (és így a vonalimpedanciáknak) olymértű megváltoztatásával, hogy az LC szorzatok kiegyenlítődnek. Ilyen módon az illesztetlenség egyik mérőszáma lehet a hullámimpedanciák és a kapacitások szorzatának a hányadosa. Ez tulajdonképpen az LC szorzatok gyökének a hányadosa, amely a levágási frekvenciák hányadosával fordítottan arányos. Ez a q -val jelölt mennyiség általában nagyobb 1-nél és a 8. kifejezéssel lehet megadni:

$$q = \frac{Z_{OTG}(\omega=0) C_G}{Z_{OTD}(\omega=0) C_D} = \frac{\omega_{CD}}{\omega_{CG}} = \frac{\sqrt{L_G C_G}}{\sqrt{L_D C_D}} \quad (8)$$

Az erősítés kisfrekvenciás értékre normalizált értékét a 9. kifejezés adja meg:

$$\Delta P(\omega) = \frac{P(\omega)}{P(0)} = \frac{1}{N^2} \frac{e^{re(\theta_G - \theta_D)} e^{-2Nre(\theta_D)}}{\left(\sqrt{1 - \omega^2 \frac{L_D C_D}{4}} \right)^* \sqrt{1 - \omega^2 \frac{L_G C_G}{4}} \left| \sum_{k=1}^N e^{k(\theta_G - \theta_D)} \right|^2} \quad (9)$$

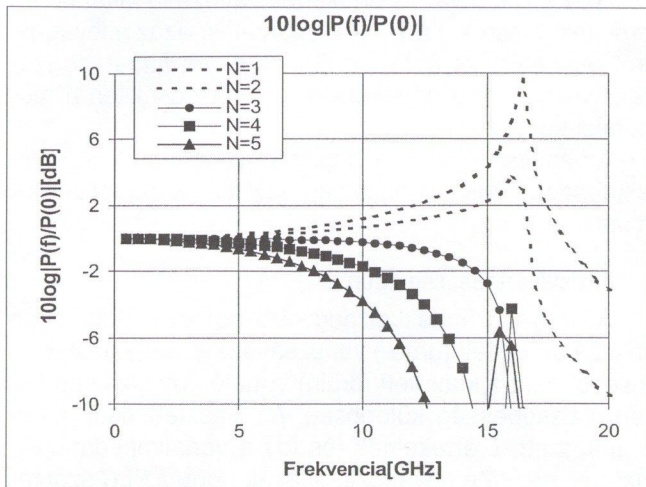
A fázisillesztetlenséget leíró összeg tag egy mértani sor összege, így kifejezhető zárt alakban. A 9. kifejezést ennek megfelelően átalakítva, valamint q és a kisebbik, tehát a bemeneti levágási frekvenciára vonatkoztatott relatív frekvencia függvényében kifejezve a 10. egyenletnek megfelelően néz ki:

$$\Delta P(\omega_{rel}) = \frac{P(\omega_{rel})}{P(0)} = \frac{1}{N^2} \frac{1}{\left(\sqrt{1 - \omega_{rel}^2 \frac{1}{q^2}} \right)^* \sqrt{1 - \omega_{rel}^2}} \left| \frac{\sin\left(\frac{N}{2} \Delta \theta\right)}{\sin\left(\frac{\Delta \theta}{2}\right)} \right|^2 \quad (10)$$

ahol: $\Delta \theta = \theta_D - \theta_G = a \cosh\left(1 - \frac{2\omega_{rel}^2}{q^2}\right) - a \cosh(1 - 2\omega_{rel}^2)$

Megfigyelhető, hogy a frekvenciamenet kizárólag csak q , és N függvénye. A 3. ábra a 10. kifejezést mutatja, logaritmus skálában, különböző fokozatszámok esetén, $q=2$ esetre ($C_G=0.4 \text{ pF}$, $Z_0=50 \text{ Ohm}$). A vízszintes tengelyen a relatív frekvencia helyett, az ab-

szolút frekvencia van feltüntetve, amely a relatív frekvencia és a bemeneti vonal levágási frekvenciájának szorzata. Megfigyelhető, hogy adott q érték esetén csak egy bizonyos fokozatszámnál egyenletes a frekvencia-menetet.



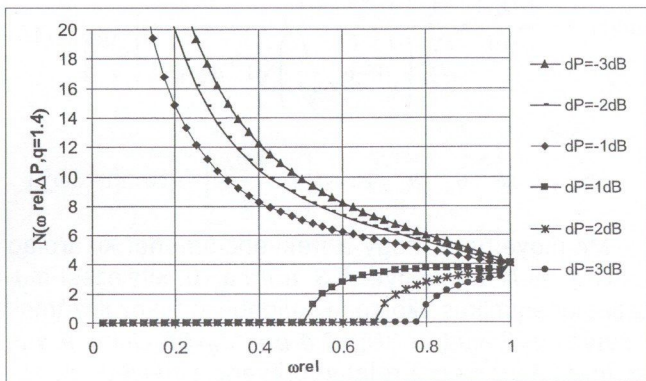
3. ábra Normalizált teljesítményerősítés

Ekkor a fázisillesztetlenség kompenzálja a levágási frekvencia körül tapasztalható kiemelést. Ha a fokozatszám ennél kevesebb kiemelés, ha ennél több levágás figyelhető meg. A szinusz függvények sorbafejtésével, és a magasabb rendű tagok elhagyása után 10. kifejezésből közelítő analitikus összefüggések származtathatóak mind N -re, mind q -ra. A 11. képlet például a fokozatszámra vonatkozik. Ezt a relatív frekvencia függvényében a 4. ábra ábrázolja. A görbék paramétere a ΔP eltérés.

$$N(\omega_{rel}) = \sqrt{\frac{40 - \sqrt{-320 + (1920 - 80\Delta\theta^2 + \Delta\theta^4)(1 - \omega_{rel}^2)^4} \left(1 - \frac{\omega_{rel}^2}{q^2}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\Delta P}}{\Delta\theta^2}}$$

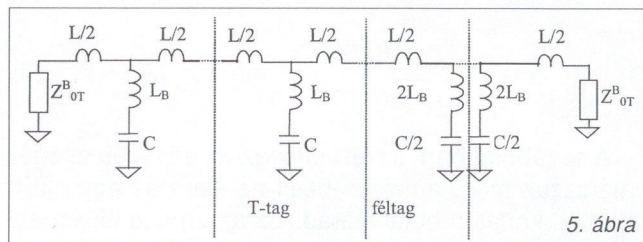
Láthatóan, ahogy a relatív frekvencia növekszik egyre szűkebb az a fokozatszám tartomány, amelyen belül az eltérés kisebb egy előírt értéknél. A teljes működési sávban egyenletes átvitelt pedig csak egy meghatározott fokozatszám (pl. a 3. ábrán $N=4$) ad. Ha növeljük q értékét, csökken, ha csökkentjük q értékét nő az egyenletes átvitelt eredményező fokozatszám érték.

4. ábra Adott ΔP eltéréshez tartozó fokozatszám



Csatlakoztatások hatása

Az aktív eszközök csatlakoztatása az erősítő vonalaihoz sajnos újabb paraziták megjelenését eredményezi. Ezek közül legjelentősebb a soros induktivitás. Ennek hatása különösen a bemeneti vonalon jelentős egyrészt a nagyobb kapacitás érték, másrészt amiatt, hogy a leggyakrabban használt FET-eknél a gate elektródát, a többi láb fémezése miatt csak egy hosszú, vékony hozzávezetésen keresztül lehet bekötni. A koncentrált elemű erősítő vonalainak struktúrája ilyenkor a 5. ábrának megfelelő.



5. ábra

A hullámimpedanciák, terjedési tényező és a levágási frekvencia a 12. képlettel adottak.

$$Z^B_{OT} = \sqrt{\frac{L}{C} \left(1 - \omega^2 \left(L_B C + \frac{LC}{4}\right)\right)}, Z^B_{on} = \sqrt{\frac{L}{C} \frac{1 - \omega^2 L_B C}{1 - \omega^2 \left(L_B C + \frac{LC}{4}\right)}}$$

$$\theta^B = \arccos \left(1 - 2 \left(\frac{\omega^2 LC}{4(1 - \omega^2 CL_B)}\right)\right), \omega_c^B = \frac{1}{\sqrt{C(L_B + L/4)}} \quad (12)$$

Amint látható az induktivitások radikálisan lecsökkentik a levágási frekvenciát és megnövelik a szekciónkénti fázistolást. Ennek megfelelően a jelenség káros, különösen a bemeneti vonalon, mert csökkenti a MES szorzatot. Az eddigiekhez hasonlóan kiszámolható a normalizált erősítés, illetve 11. kifejezéshez hasonlóan a fokozatszámokra vonatkozó képlet. Ezeket mutatják a 13. és 14. kifejezések, a parazita induktivitás domináns hatása esetén.

$$\Delta P(\omega_{rel}) \approx \frac{1}{(1 - \omega_{rel}^2)^{3/2} (q^2 - \omega_{rel}^2)^{3/2}} \left| \frac{\sin\left(\frac{N}{2} \Delta\theta\right)}{\sin\left(\frac{\Delta\theta}{2}\right)} \right|^2 \quad (13, 14)$$

$$N(\omega_{rel}) = \sqrt{\frac{40 - \sqrt{-320 + (1920 - 80\Delta\theta^2 + \Delta\theta^4)(1 - \omega_{rel}^2)^4} \left(1 - \frac{\omega_{rel}^2}{q^2}\right)^{\frac{3}{4}} \sqrt{\Delta P}}{\Delta\theta^2}}$$

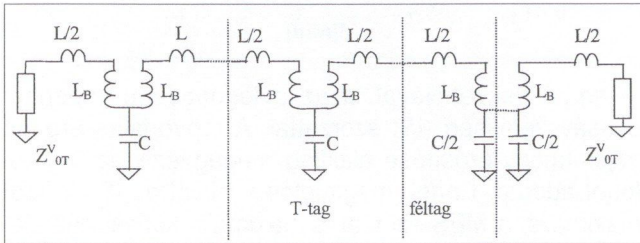
Ahol a q megint a levágási frekvenciák hányadosa, azaz:

$$q = \frac{\omega_{cd}^B}{\omega_{cg}^B} = \sqrt{\frac{C_G(L_G + 4L_{BG})}{C_D(L_D + 4L_{BD})}} \quad (15)$$

Ha a 3. ábrához hasonlóan ábrázoljuk a 14. kifejezést, $L_B=0.4nH$ és az adott q érték (1.41) esetén $N=7$ -nél kapunk egyenletes erősítést 4 helyett, azaz jobban kell kompenzálni a kiemelést. Ráadásul ugyanaz a relatív frekvencia érték kisebb fizikai frekvenciát jelent a

levágási frekvencia csökkenése miatt. A jelenség bármennyire károsnak tűnik is, olyan esetekben, mikor a kimeneti vonal sáv szélessége sokkal nagyobb, mint a bemeneti vonalé, előnyösen alkalmazható. Ilyenkor ugyanis elvileg lehetővé teszi q hatékony csökkentését, azaz az egyenletes frekvenciamenetet eredményező N , és így az erősítés növelését a hullámimpedanciák értékének változatlansága mellett. A gyakorlatban azonban a parazita induktivitás értékének pontos beállítása nehéz.

A bemeneti vonalon ezt a jelenséget csökkenteni kell. Ennek érdekében az úgynevezett V csatlakoztatói struktúra használata célszerű (6. ábra).



6. ábra V-csatlakoztatás sematikus ábrája

A V-csatlakoztatás lényege, hogy a bejövő és a továbbmenő hosszági induktivitást (esetleg tápvonalat) külön-külön csatlakoztatja az aktív eszközhöz. Így a paraziták a hosszágból a keresztágakba transzformálódnak. A levágási frekvencia, és pl. a T-hullámimpedancia V csatlakoztatás esetén a 16. képletekkel adottak.

$$Z_{ort}^v = \sqrt{\frac{2L_B + L}{C} \left(1 - \frac{\omega^2 (2L_B + L) C}{4} \right)}, \omega_c^v = \frac{2}{\sqrt{(L + 2L_B) C}} \quad (16)$$

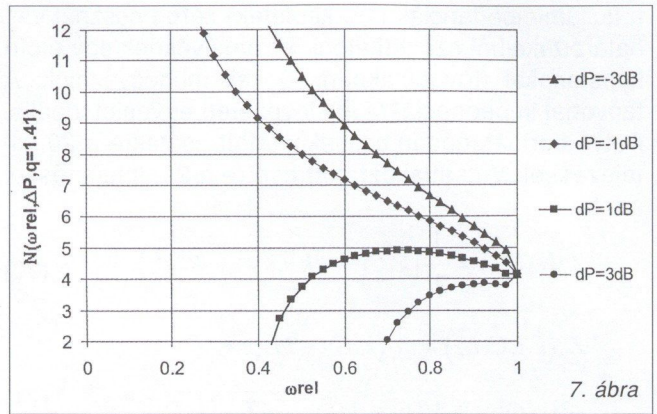
Láthatólag a hullámimpedanciák értéke megnő, és a levágási frekvencia kevésbé radikálisan csökken. Ráadásul a parazita induktivitások hatása csökkenthető vagy akár megszüntethető, a hosszági induktivitásokból történő részleges vagy teljes kivonásuk által.

Az elmondottaknak megfelelően igen előnyös az úgynevezett hibrid struktúra, ahol a bemeneti vonalon V-, a kimeneti vonalon normál csatlakoztatást használunk. A normalizált erősítés hibrid struktúrában a 17. kifejezéssel, a fokozatszámra vonatkozó összefüggés a 18. képlettel adható meg, a kimeneti vonali hosszági induktivitás hatásának elhanyagolása esetén.

$$\Delta P(\omega_{rel}) \approx \frac{1}{(1 - \omega_{rel}^2)^{1/2}} \frac{q^3}{(q^2 - \omega_{rel}^2)^{1/2}} \left| \frac{\sin\left(\frac{N}{2} \Delta\theta\right)}{\sin\left(\frac{\Delta\theta}{2}\right)} \right|^2 \quad (17, 18)$$

$$N(\omega_{rel}) = \sqrt{\frac{40 - \sqrt{-320 + (1920 - 80\Delta\theta^2 + \Delta\theta^4)(1 - \omega_{rel}^2)^4} \left(1 - \frac{\omega_{rel}^2}{q^2}\right)^3 \sqrt{\Delta P}}{\Delta\theta^2}}$$

A 18. képletet mutatja az eddig használt q és L_B értékkel a 7. ábra. Láthatóan az egyenletes erősítés $N=5$ fokozatszámra érhető el, azaz az ideális és normál módon csatlakoztatott erősítő fokozatszámuk közeli.



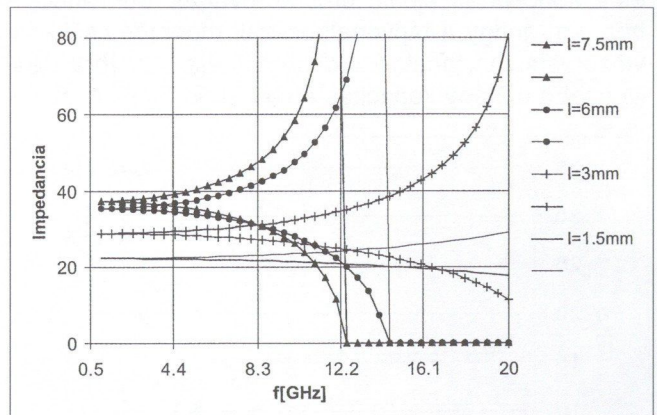
7. ábra

Tápvonalakat tartalmazó erősítők

Magasabb frekvenciákon a tranzisztorok között tápvonalak használata szükséges. Részletes tárgyalásuk [5,6]-ban található. Ilyen erősítő vonalainak hullámimpedanciáit a 19. összefüggés mutatja:

$$Z_{ort} = Z_0 \sqrt{\frac{2_j \sin(\varphi) + Z_0 Y(\cos(\varphi) - 1)}{2_j \sin(\varphi) + Z_0 Y(\cos(\varphi) + 1)}}, Z_{on} = \frac{2Z_{ort}}{2 + jYZ_0 \tan(\varphi)}$$

ahol Z_0 a tápvonal hullámimpedanciát, φ az elektromos hosszát jelenti a pillanatnyi frekvencián. Y pedig a keresztági admittancia, amely akár tartalmazhatja a normál csatlakoztatás induktivitását is. A hullámimpedanciák frekvenciamenetét a 8. ábra mutatja csatlakoztatási induktivitások nélküli struktúrára, adott kapacitás értékeknél, különböző fizikai tápvonalhosszaknál (l). A görbék jellege igen hasonló a koncentrált elemű esethez, azaz a Π -hullámimpedancia pólussal a T-hullámimpedancia zérussal rendelkezik a levágási frekvencián.



8. ábra Hullámimpedanciák tápvonalas esetben

Megfigyelhető még, hogy csökkenő fizikai hosszal nő a levágási frekvencia és csökken a hullámimpedanciák értéke az aktív eszköz kapacitásuk egyre erősödő hatása miatt (az elosztott induktivitások értéke csökken). A hullámimpedanciák értéke elvileg állandó értékkel tartható a tápvonal impedanciák megfelelő állításával. Ehhez a tápvonalakat „induktívabbá” kell tenni, a fizikai hossz csökkentésekor, azaz növelni kell tápvonal impedanciákat. Adott hullámimpedancia érték tartásához szükséges tápvonal impedanciák kiszámítása

a hullámimpedanciák (19. képletek) zéró hosszánál vett határértékeiből számíthatók ki, amelyeknek egy előírt konstanssal (továbbiakban: k) kell megegyezniük. A tápvonal impedanciákra így levezetett egyenlet ideális, illetve normál módon csatlakoztatott esetekre a 20. kifejezéssel, V-csatlakoztatott esetre a 21. kifejezéssel adottak.

$$Z_0(k, l, C) = \frac{1}{2l} \left(k^2 C v + \sqrt{k^4 C^2 v^2 + 4l^2 k^2} \right) \quad (20)$$

$$Z_0(k, l, C, L_B) = \frac{1}{2l} \left(k^2 C v - 2L_B v + \sqrt{k^2 C^2 v^2 + 4l^2 k^2 + 4L_B^2 v^2 - 4L_B v^2 k^2 C} \right) \quad (21)$$

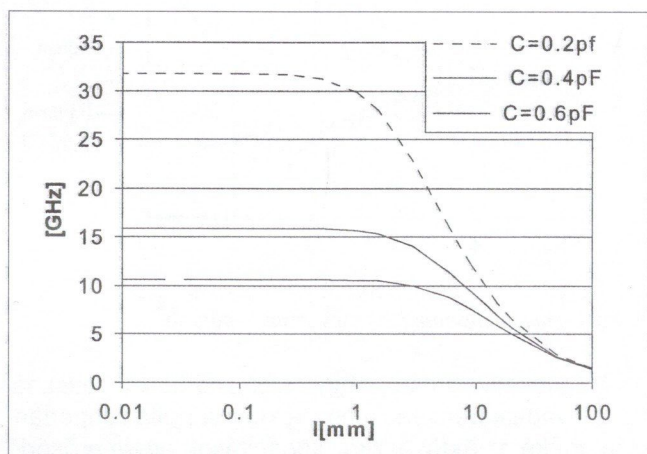
A tápvonal impedanciák fenti kifejezései monoton növekszenek l csökkentésekor és végtelenhez tartanak, ha l tart zérushoz. Ekkor a tápvonalak koncentrált induktivitásokba mennek át.

A levágási frekvencia a 22., illetve V-csatlakoztatott esetben a 23. kifejezésből számítható ki Z_0 képleteinek (20, 21) behelyettesítése után, abból a feltételből, hogy az áteresztő sávban θ -nak tisztán képzetesnek kell lennie, azaz az arcosh argumentumának abszolút értékben egynél kisebbnek kell lennie.

$$\theta = \operatorname{arccosh} \left(\cos(\varphi) + j \frac{YZ_0}{2} \sin(\varphi) \right) \quad (22)$$

$$\theta = \operatorname{arccos} h \left((\cos(\theta)(1 + YZ_B) + j \sin(\theta) \left((2Z_B + Y(Z_0^2 + Z_B^2)) / 2Z_0 \right)) \right) \quad (23)$$

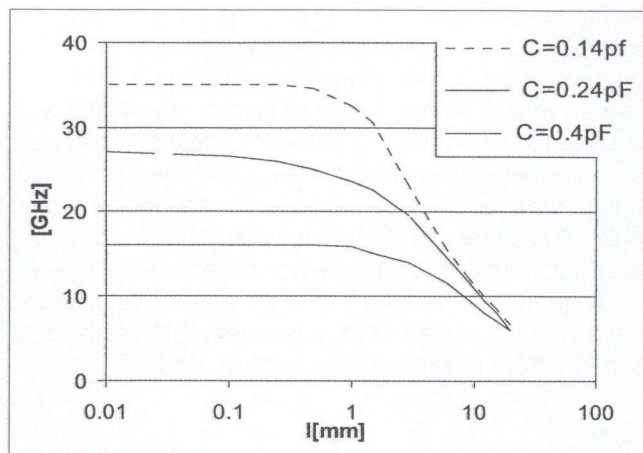
Kimutatható, hogy a levágási frekvencia monoton nő és a koncentrált elemű erősítő levágási frekvenciájához tart, ahogy a tápvonalhosszak monoton csökkenve zérushoz tartanak. Ezt demonstrálja a 9. ábra ideális esetre néhány kapacitás értéknél ($k=50 \Omega$, $v=c$).



9. ábra Levágási frekvencia l függvényében

A görbék jellege igen hasonló a csatlakoztatás induktivitásának megjelenése esetén is. PI. hibrid struktúrára $L_B=0.3 \text{ nH}$ esetén ezt a fenti, 10. ábra mutatja.

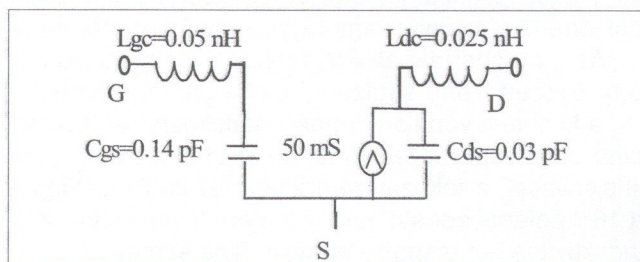
Ezek alapján kijelenthető, hogy adott k érték mellett a koncentrált elemű erősítő rendelkezik a legnagyobb



levágási frekvenciával, azaz a legnagyobb impedancia-sáv szélesség (IS) szorzattal. A tápvonalas erősítő teljesítmény-erősítése alakilag megegyezik az 5. képlettel adottal. Ennek megfelelően, mivel az IS szorzat maximális, a MES szorzat is maximális koncentrált elemű erősítő esetén. A tervezés során tehát minimalizálni kell a tápvonalhosszakat.

Tervezési példa

Legyen a specifikációban előírt erősítés minimum 14 dB. A feltételezett unilaterális tranzisztormodell a 11. ábrával adott, amelyen megjelennek a tokozatlan tranzisztor fémzési induktivitásai is. Feltételezzük még, hogy technológiai okokból a csatlakoztatási induktivitások legkisebb értéke 0.3 nH és a tápvonalak legkisebb hossza $l=0.5 \text{ mm}$. Az 5. képletek alapján 50Ω -os erősítőnél legalább négy fokozat szükséges 14 dB erősítés eléréséhez (összeg tagok értéke N^2 kisfrekvencián).



11. ábra Felhasznált tranzisztor modell

Az erősen eltérő kapacitásértékek miatt a hibrid struktúra használata célszerű. Ha a tranzisztorok között csak a két csatlakoztatási induktivitás ($2L_B$) helyezkedne el, azaz zérusra csökkenne a hosszági induktivitás, a V-struktúrájú gatevonalon a hullámimpedanciák kisfrekvencián $Z_{AF}=(2L_B/C)^{0.5}=65 \Omega$ értéket vennének fel (16. képlet). Azonban 50Ω -os generátor esetén -20dB -nél jobb illesztés eléréséhez maximum 60Ω -os Z_{AF} engedhető meg, így tápvonalak beiktatása szükséges. A 22. kifejezés alapján 0.5mm hosszánál ez 38Ω tápvonal impedanciánál adódik ki.

Ilyenkor az illesztés a – már korábban közölt – táblázat alapján $0.74 \omega_{rel}$ értékig jobb, mint -20dB . A levá-

gási frekvencia gate fémezés jelentős soros induktivitása (L_{gc}) miatt a 24. képlettel számítható ki:

$$f_{cG} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_{gs}(L_{gc} + 2L_B/4)}} = 30.08\text{GHz} \quad (24)$$

A V-struktúra megfelelő görbéje (10. ábra) alapján kimutatható kb. 0.71GHz csökkenés a levágási frekvenciában a tápvonalak alkalmazása miatt. Így közelítőleg $(30.08-0.708)*0.74=21.7$ GHz frekvenciáig lesz a bemeneti illesztés jobb -20 dB-nél. Megjegyezendő még, hogy a 60 Ω -os gate hullámimpedancia miatt az erősítés a tisztán 50 Ω -ra számoltnál 20%-al, azaz 0.8 dB-el nagyobb lesz.

A drain vonalon a csatlakoztatások induktivitásai a keresztágban vannak, így 50 Ω -ra tervezett Z_{AF} esetén a kiadódó hosszági induktivitás érték koncentrált elemű esetben $L_D=0.075$ nH lenne. A levágási frekvencia a 25. képlet alapján számítható:

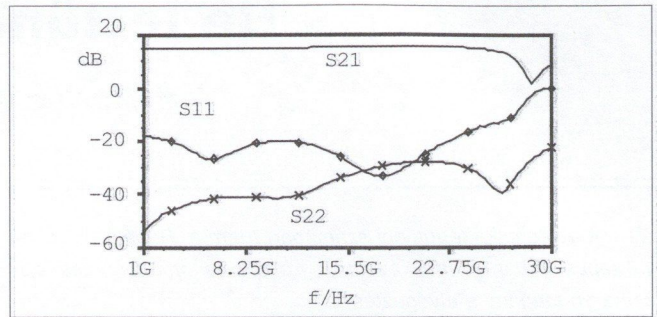
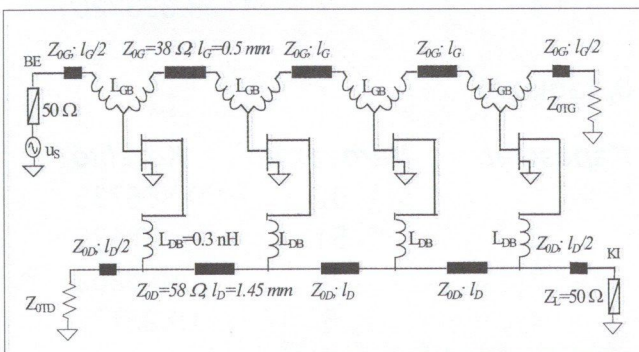
$$f_{cD} = \frac{1}{\pi\sqrt{C_{ds}(4(L_B + L_{dc}) + L_D)}} = 49.56\text{GHz} \quad (25)$$

Sajnos ebben az esetben a q értéke 1.69, amely négyfokozatú erősítőnél már túlzott levágást okozna a 18. képlettel végzett vizsgálatok alapján. Egyenletes erősítés $q=1.55$ -nél kapható, amelyhez a drain levágási frekvenciát 45.4 GHz-re kell csökkenteni. Ez a hosszági induktivitások tápvonalra cserélésével érhető el. A szükséges tápvonalhossz a csatlakoztatási induktivitás beszámításával felrajzolt, a 9. ábrához hasonló görbéről olvasható le ($C=0.03$ pF és $L_B=0.3$ nH). A kiadódó hossz $l=1.45$ mm, $\epsilon_r=1$ azaz $v=c$ esetén. A szükséges tápvonal impedancia a 21. kifejezés alapján $Z_{OD}=58$ Ohm.

A kiadódó négyfokozatú erősítő séma a 12. ábrával adott. Az erősítő APLAC 7.5 programmal szimulált (nem optimalizált) S-paramétereit a 13. ábra mutatja. Az előzőekben megjósolt tulajdonságok (működési frekvencia, reflexió, erősítés értéke) igen jól visszaköszönnek. A q további csökkentésével (nagyobb kiemelés) igen jól kompenzálható a mai aktív eszközök tipikus veszteségeinek hatása is.

A szükséges csökkentés kis mértékű: pl. figyelembe véve egy $R_g=5$ Ohm soros gate, illetve $R_{ds}=250$ Ohm párhuzamos drain-source ellenállást, a q szükséges új

12. ábra Kiadódó erősítő struktúra



14. ábra Szimulált S-paraméterek

értéke 1.44, amely a drain tápvonalak 0.35 mm-es növelésével és impedanciájuk 56 Ω -ra csökkentésével megoldható. A visszaható kapacitás értéke kritikus. Azonban, ha értéke kisebb, mint a drain kapacitás 40%-a, akkor kiindulva az unilaterális tranzisztorttal tervezett struktúrából, számítógépes optimalizációval igen hamar elérhető az egyenletes átvitel.

Összefoglalás

A cikk elméleti eredményekre alapozva elosztott erősítők újfajta tervezési módszerét ismerteti, amely alkalmas maximális ES szorzat mellett, tápvonalakat tartalmazó erősítő szisztematikus szintézisére. Ehhez az erősítő vonalai közti fázisillesztetlenség mértékét manipulálja, így az aktív eszközzel szemben egyedül a visszahatás, illetve a veszteségek alacsony tartása az elvárás.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetét fejezi ki Berceli Tibor professzornak és Dr. Hilt Attilának az állandó ösztönzésért, szakmai segítségért, valamint az OTKA (No. T-17295, F-024113, T030148, T026557), illetve az E.U. COPERNICUS kutatási programoknak az anyagi támogatásért.

Irodalom

- [1] Yuhki Imai et al: "New Distributed Amplifier Design Using Transmission-Gate FET's", IEEE Microwave And Guided Wave Letters, Vol. 6, No. 10, pp. 357-359 October 1996.
- [2] T. T.Y.Wong: "Fundamentals of Distributed Amplification", Artech House, Boston, London, 1993. ISBN 0-89006-615-9
- [3] M.K. Vai: "Computer-aided design of monolithic MES-FET distributed amplifiers", IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., Vol. 38, pp. 345-349, 1990.
- [4] J.B. Beyer et al: "MESFET Distributed Amplifier Design Guidelines" IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., Vol. 32 pp. 268-275, 1984.
- [5] A.Zólyom: "Gain-Bandwidth Performance Comparison of Lumped and Distributed Element Distributed Amplifiers", MIKON'2000 Conference proceedings, Vol.1, pp.101-104, Wroclaw, Poland, May, 2000.
- [6] A. Zólyom: "Synthesis Method for Distributed Amplifiers", MIKON'2002 Conference proceedings CD, Gdansk, Poland, May 20-22, 2002

Be lettünk hálózva!

SIMONYI ENDRE, újságíró

A Híradástechnika legutóbbi számában írtam a „Behálózva” c. könyvről. Dicsértem. Mindössze a következtetések megalapozottságával kapcsolatban intettem óvatosságra az olvasót. Ellenőrzést ajánlottam mielőtt valaki alkalmazásokat alapozna ezekre. Az ellenőrzést azóta én magam is elvégeztem...

Ellenőrzést végeztem tehát, mégpedig a Szerző (és csoportja) azon felfedezésével kapcsolatosan, mely szerint az ilyen rendszerek hatványfüggvény-eloszlással írhatók le. Az ilyen rendszerekben „a pontok folytonos hierarchiáját figyelhetjük meg, amely a kevés középponttól a sok kicsi pontig terjed. A legnagyobb középpont két vagy három, valamivel kisebb középpont követi szorosan, majd egy tucat még kisebb következik és így tovább, végül elérkezünk a sok kis pontig.”

Miért foglalkoztam az ilyen típus vizsgálatával?

Erre a könyv 101. oldalának a következő mondata ad választ: „Miatán kiderült, hogy a természetben a legtöbb komplex hálózatra érvényes a hatványfüggvény-eloszlás, a skálafüggetlen hálózatok elnevezés gyorsan elterjedt a legtöbb olyan területen, ahol komplex hálózatok fordulnak elő.”

A könyvben az ilyen hálózat típus bemutatására a 99. oldalon egy ábra egyik része egy légitársaság Egyesült Államokban kiépített útvonal hálózata. Az ábrán egy térkép látható, amibe berajzolták ezeket, valamint egy függvényábra, melyen a kapcsolatok számának függvényében a kapcsolódási pontokat ábrázolták. Az ábra egy monoton csökkenő függvényt mutat.

A hozzá tartozó szöveg szerint: „...egy skálafüggetlen hálózat hatványfüggvény szerinti fokszámeloszlása azt jelzi előre, hogy a legtöbb pontnak csak kevés kapcsolata van, amelyet néhány, sok összeköttetéssel rendelkező középpont tart össze... Vizuálisan ez nagyon hasonló a légiforgalmi rendszerhez, amelyben sok kicsi repülőteret néhány fő középponton át lehet összekötni.”

Valóban hatványfüggvények írják le a legtöbb komplex hálózatot? Ilyenek az Egyesült Államok légitársaságainak a repülőter - útvonal összefüggései is?

Ennek ellenőrzésére a Northwest Airlines adatait vizsgáltam.

A Társaság a 2000. év nyarán 187 városba indított járatot. Az útvonalszám 625 volt. Az 1. táblázat oszlopai a kapcsolatszám, az ennyi kapcsolattal rendelkező városok száma, az ilyen kapcsolatszámú városok aránya. Látható, hogy az első négy sorban a városok száma (y) a kapcsolatszám (x) függvényében monoton módon csökken. Eddig tehát a viselkedés hasonló a könyvbelihez.

Innen kezdve azonban már teljesen más. A további sorokban nincs változás. Függetlenül a kapcsolatok számától a városszám változatlan. (Nincs is sok lehetőség további csökkenésre, hiszen a városszám már csak 1.)

A 110 kapcsolaton felül pedig már nem folytatódik a táblázat. Ennél nagyobb kapcsolatszám nincs, azaz ettől kezdve már a városszám nulla.

Amennyiben standard deviáció alkalmazásával meghatározzuk a táblázat adataihoz legjobban illeszkedő hatványfüggvényt, az eredmény siralmas. Az adódik, hogy az eltérés a „legjobb” hatványfüggvény és a táblázat közt óriási. Van ahol a „közelítő” több mint hat-százszorosa a közelítettnek. Jobb a közelítés, ha nem

1. táblázat

Kapcsolat	Városszám	%
1	97	51.571
2	51	27.272
3	28	14.973
4	5	2.674
9	1	0.535
14	1	0.535
19	1	0.535
64	1	0.535
106	1	0.535
110	1	0.535

2. táblázat

Kapcsolat	Városszám	Közelítő
1	97	131.2493
2	51	34.99971
3	28	16.15388
4	5	9.333226

3. táblázat

Kapcsolat	Városszám	Közelítő
1	97	9.466736
2	51	10.182
3	28	10.6252
4	5	10.95131

az abszolút standard deviációval, hanem a relatívval dolgozunk. Így „csak” a helyes érték százada lesz egyik közelítő érték.

Lényeges javulás érhető el, ha nem egyetlen egyenlettel kívánjuk leírni a kapcsolatot, hanem kettővel. Az első négy pontot közelítjük egy hatványfüggvénnyel, a többit pedig az

$$y = 1$$

vízszintes egyenessel. (Ez utóbbit persze szintén tekinthetjük hatványfüggvénynek, csak nulladfokúnak.)

Így az abszolút értékekkel a 2. táblázat adódik. Ez már sokkal jobb közelítés, mert még a legkedvezőtlenebb értéknél is a hiba „csak” mintegy 85 %. A 3. táblázatban közölt relatív értékek viszont lényegesen pontatlanabbak. A legrosszabb esetben itt a közelítő érték kevesebb mint a tizede a helyes értéknek.

Megállapítható, hogy a könyv példájánál a hatványfüggvénnyel történő leírás hibás. (És akkor még nem is törődtünk azzal, hogy, sem nemegész-számú város, sem nemegész-számú kapcsolat nem létezik!)

Eddig a vizsgálat tisztán matematikai volt. A matematikai vizsgálat azonban nem ad választ arra, hogy mi az oka a közelítés hibás voltának.

A választ ennek a hálózatnak a kialakulás-története adja meg. A Northwest Airlines járatain már több mint 20 éve utazom, ezért a hálózat bővülés egy szakaszáról van némi közvetlen ismeretem is. (A táblázatokban csak az USA-n belüli vonalakat dolgoztam fel, ezért a hálózat-történelemtől is csak ezzel foglalkozom.) A Társaság először egy, majd még egy központi repülőtérrel rendelkezett, ahol a repülőgépek karbantartását végezték, és ahonnan indult, illetve ahová érkezett minden járat. Először a kis, ún. ráhordó, rövidtávú járatokat működtető társaságokkal kötöttek együttműködési szerződéseket, majd egy vásárlással hozzájutottak a harmadik csomópontozhoz. Időnként többé-kevésbé tartós kapcsolatokat építettek ki közepes nagyságú társaságokkal, azok egyes vonalain történő kölcsönös szállításra.

Ezen történések miatt néhány pontnak kiemelkedő szerepe volt. Mások ezt nem vehették el. Az ország egészét annak nagy mérete miatt egyetlen középponttal nem lehetett kiszolgálni. Az egyes országrészek forgalmi igényeinek különbözősége a középpontok közt is különbséget tett.

Amennyiben a hálózat kialakulását pontok versényének tekintjük (ez is szerepel a könyvben), úgy az nem egyenértékű pontoké. (Nem beszélve itt a más hálózatokkal történő együttműködésről, és a kis társaságok által szolgáltatott alközpontokról.) Ezek minden nagy légitársaságnál meglévő, el nem hanyagolható zavaró hatásokként jelentkeznek egy nagyon egyszerű modell felállításánál.

E miatt nemcsak a hatványfüggvény modell hibás, hanem minden olyan kísérlet is eleve eredménytelen, ami az egész hálózatot egy egyszerű összefüggéssel, és ugyanakkor megfelelő pontossággal kívánja leírni.

Hát ezért célszerű az óvatosság a könyv használatánál!

Hírek

Nincs új a nap alatt...

...ugyanis 1791-ben az aggódó tömeg megtámadott és lerombolt egy rejtélyes szélmalmost, mert azt hitte, hogy a francia forradalom ellenzékének segítésére épült. Az igazság éppen az ellenkezője. Az építmény a Claude Chappe által javasolt, a távíró történetéből jól ismert (mai fogalmaink szerint optikainak nevezhető) távíró rendszer egyik első állomása volt. A rendszer 1805-ben már ezer állomással szolgált a forradalom utáni idők mindennél fontosabb távközlését.

Svédországban 2003-ban 3G-ellenes aktivisták három sikertelen kísérlet után negyedszerre mégis le tudtak rombolni egy adótoronyt, amit optikai távközlést is használó 3G mobil számára emeltek. Úgy, ahogyan Chappe tette több, mint 200 évvel ezelőtt, ma is sok 3G üzemeltetőnek kell energiát és erőforrásokat fordítani a közönség felvilágosítására és robusztus létesítményekre. A modern építők vigaszt lelhetnek abban, hogy Chappe találmánya végül is sikeres lett és neve ma a távközlés történetéből ki-törölhetetlen. (H.Gy.)

Bár nem a szakmához tartozik, de érdekes...

Claire Nelson hetedéves egyetemi hallgató azt tanulta, hogy a dyethylhexyadapate (DEHA) megtalálható a műanyag csomagoló anyagokban, pedig ez egy veszélyes rákot okozó anyag. Azt is tudta, hogy a Szövetségi Egészségügyi Társaság soha nem vizsgálta a mikrohullámú sütőben műanyag edényben melegített ételeket. Claire azon tűnődött: Át tud-e szivárogni a rákot okozó anyag a műanyagból az ételbe mikor az mikrohullámoknak van kitéve?

Három évvel később, egyik egyetemi tanárának buzdítására Clairenek az az ötlete támad, hogy megfigyeli a mikrohullámú sugárzás hatását a műanyagba csomagolt ételre. A vizsgálatok elvégzésében a Nemzeti Toxikológiai Kutató Központ segített neki. A műanyag csomagolóanyagot tiszta olívaolajba helyezte és nézte, milyen hatást váltanak ki a mikrohullámok. Négy különböző csomagolást vizsgált és azt találta, hogy „nem csak a carcinogen de a xenoestrogen is átszivárgott az olajba...” A xenoestrogen alacsony sperma mennyiséget okoz férfiaknál és mellrákot a nőknél. Vizsgálatai azt mutatják, hogy a DEHA 200-500 egysége szivárgott át az olajba milliónként. Az FDA által engedélyezett szint 0,05 db/milliárd. Azóta más szerzők is igazolták eredményeit. Egy reggeli televíziós műsorban Dr. Fujimoto többek közt elmondta, hogy nem ajánlja mikrohullámú sütőben műanyag edény használatát. A zsír, a magas hőmérséklet és a műanyag egyesülésekor dioxin kibocsátás van, ami bekerül az ételbe és végül a szervezetbe. A műanyag helyett üveg vagy kerámia edényeket javasolnak, melyekben a melegítés ugyanolyan hatásos, de az egészségügyi kockázat kiküszöbölhető.

LET'S EXPLOIT BANDWIDTH!

The sale of transmission capacities with continually decreasing costs is a hot topic all over the world. Optical fibers are able to carry 10 to 40 GHz per fiber and wavelength. Since the available wavelength is unlikely to drop, in the long run one can expect one hundred wavelengths which is equal to a capacity of 4 THz.

DIGITAL VIDEO MODULATION

Problems regarding the introduction of digital television in Hungary are often related to limited budgets and the low level of regulation. This article focuses on a rarely mentioned factor: the availability of professional skills and present an overview of current issues of digital television.

TERRESTRIAL AND SATELLITE TECHNOLOGY IN JAPAN

Broadcasting in Japan – just as in most part of Europe – consists of AM/FM radio broadcasts and terrestrial analogue TV broadcasts. However, with the advent of Internet and globalization life style in Japan is getting to change and people are claiming more and more services under way. Some remarkable projects in the field of terrestrial and satellite broadcasting as well as point-to-point communications are discussed.

ATMUX' – OVER DIGITAL TRANSPORT NETWORK

Our article introduces the ATMux' system which can be used for the deployment of digital backbones. Local and regional CATV operators can use this system for a centralized provision of HFC networks with program signals and other video services.

THE IMPACT OF OPTICAL NETWORK ON STRATEGY

The revolutionary changes in the development of telecommunications and information technology can be attributed to several factors. One of them is the observation that mobile phones, computers and related applications have become part of the everyday life of a critical mass of users. It is an equally important aspect that on markets of these products not a simple competition but a fierce competition prevails, especially for killing products and services, and there is no final winner as yet. The competition re-starts and market is extended every day.

SAN STORAGE NETWORK

Demands based on users' own experiences often contribute to the success of technical solutions. This is the case for the storage of files transmitted over data networks. Users soon realized the benefits of storing their background documents and archive files on the computer.

The increasing need for data storing led to the necessity of placing storage devices beyond personal computers and work stations. This technology has been advancing with giant strides, the cutting edge solution is now SAN (storage area network).

INTER-DOMAIN DEVELOPMENT ALGORITHM...

This articles discusses one of the most intensively studied issues: the guaranteed QoS of IP networks. Main driving force behind development is the increasing sensitivity of users regarding quality and reliability. After a short overview of the problem we introduce our activity in the field. Finally an implementation is showed which allows for an end-to-end provision of IP QoS with the use of service differentiated domains managed by bandwidth agents.

OPTICAL BURST AND PACKET SWITCHING

The increasing quantity of transmitted packet switched traffic is a new challenge for the optical transmission used in telecommunications networks. In this scenario the efficient operation of networks requires the development of novel technological solutions. This article introduces two possible trends of development: Optical Burst Switching (OBS) and Optical Packet Switching (OPS). Basic operational principles and future implementations are also discussed.

DESIGN OF DISTRIBUTED AMPLIFIERS...

The demand for increasing transmission speeds might lead to a situation where in an intelligent optical network a very high capacity optical channel has to be established between two branches by provisional interlacing of several standard (40 Gbit/s) WDM channels. In this case the optical transmission or reception side electronic sections have to be of extremely high bandwidth. In these conditions even the most basic function, i.e. due amplification of signals might be critical. There is only one type which can be used for this task: distributed amplifier. This article provides for a methodology for the design of distributed amplifiers with transmission lines and discrete active devices.

WE HAVE GOT LINKED!

In the past issue of this magazine I wrote a review on the title "Linked" by Albert-László Barabási. I praised it but I also proposed some alertness regarding the well-foundedness of its conclusions. I recommended a verification before designing any applications on them. In the meantime I performed the verification of the finding of the author (and his research team) regarding the fact that these systems can be described by a power-function distribution.



Contents

<i>LET'S EXPLOIT BANDWIDTH! (AUGUST)</i>	1
PRODUCTION AND DISTRIBUTION OF PROGRAMS	
Dr. László Falus On the use of radio technology in program production	2
József Zigó Digital video modulation	9
Dr. Tamás Sárkány Development of terrestrial and satellite technology in Japan	13
Zsolt Georleff, Tibor Wein ATMux™ – program distribution over digital transport network	15
TELECOMMUNICATIONS POLICY FOR THE USE OF BROADBAND TECHNOLOGY	
György Takács The impact of optical network on strategy	22
Gyula Horváth SAN storage network	29
BROADBAND EQUIPMENT IN FIBER OPTICS	
András Gulyás, István Pataki Inter-domain development algorithm for ProFIS architecture	35
Zsolt Pándi Optical burst and packet switching	41
Attila Zólmoy Design of distributed amplifiers with extreme bandwidth	47
VIEW	
Endre Simonyi We have got linked!	54

Cover: *The quality of program was of high concern several thousand years ago as well (Taormina)*

Szerkesztőség

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451, e-mail: hte@mtesz.hu

Hirdetési árak

1/1 (205x290 mm) 4C 120.000 Ft + áfa
Borító 3 (205x290mm) 4 C 180.000 Ft + áfa
Borító 4 (205x290mm) 4 C 240.000 Ft + áfa

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

BME Szélessávú Hírközlő Rendszerek
Budapest XI., Goldmann Gy. tér 3.
Tel.: 463-1559, Fax: 463-3289,
e-mail: zombory@mht.bme.hu



Előfizetés

HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451
e-mail: hte@mtesz.hu

2003-as előfizetési díjak

Hazai közületi előfizetők részére:
1 évre bruttó 30.000 Ft
Hazai egyéni előfizetők részére:
1 évre bruttó 6.000 Ft

Subscription rates for foreign subscribers:

12 issues 150 USD, single copies 15 USD

www.hte.hu

Felelős kiadó: MÁTÉ MÁRIA
Lapmenedzser: Dankó András

HU ISSN 0018-2028

Layout: MATT DTP Bt.
Printed by: Regisztrer Kft.

