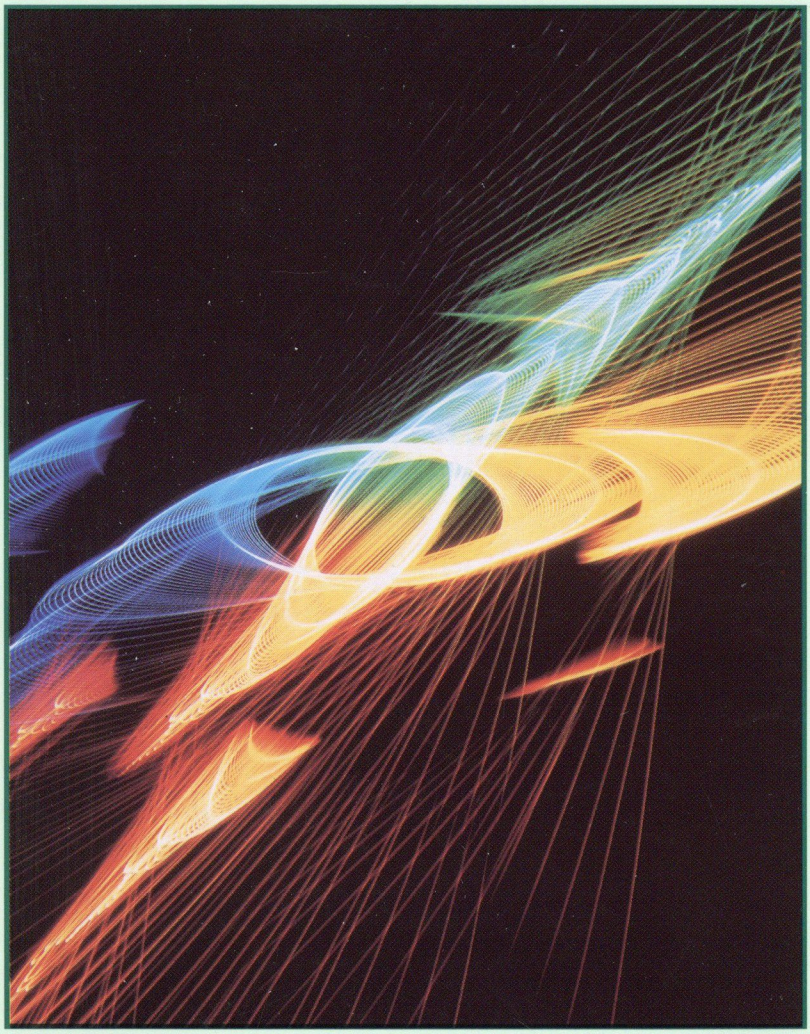
híradástechnika

VOLUME LVI.

2001/2 Május

E870 FF
8 000001 190672



Fénytechnika alkalmazása

Digitális műsorszórás

Mobil távközlés

Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Műszaki Információs Központ és Könyvtár
Olvasóterem
2001

Dr. Lajtha György:
E havi számunk 1

FÉNYTECHNIKA ALKALMAZÁSA

Dr. Cinkler Tibor – Fülöp Levente:
Hullámhosszirányítás hullámhossznyalábolt hálózatokban 3
Rácz Sándor – Telek Miklós – Fodor Gábor:
A harmadik generációs-mobil gerinchálózatok hívásszintű teljesítményelemzése 11
Tétényi István:
Hol tart ma az NIIF-Program? I. rész 19

DIGITÁLIS MŰSORSZÓRÁS

Ágoston György:
A digitális televízió bevezetésének dilemmái Magyarországon 25
Zigó József:
A digitális földi műsorsugárzás, a DVB-T rendszer bemutatása 29
Stefler Sándor:
A kábeltelevízió mint sokszolgáltatású multimédia platform 33

MOBIL TÁVKÖZLÉS

Földesi András, Homolya György – Horváth Cz. János – dr. Imre Sándor:
Bevezetés a mobil ad hoc útvonalválasztó protokollok világába 39
Németh Dániel- Halász László- dr. Imre Sándor:
Makromobilitás támogatása az IPv4 és az IPv6 protokollokban 47
Liptay Gabriella:
A mobil internetes újdonságok 51
Takács Orsolya – Várkonyiné Kóczy Annamária:
Szoft számítási eszközök anytime rendszerekben 55
Horváth Gyula:
A tüzelőanyag-cellák előretörése 61

Angol nyelvű tartalom 64

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

E havi számunk

Május

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Műszaki Információs Központ és Könyvtár
Olvasójegy
2001

A távközlési és informatikai üzlet pillanatnyi visszaesésének kompenzálására különböző stratégiák léteznek. Ezeket két csoportra lehet bontani. Az egyik a fizetőképes kereslet növelésével igyekszik elérni a gazdasági egyensúlyt és a piaci sikereket, a másik a jobb szervezéssel, takarékossággal akarja kiadásait a csökkenő bevételhez igazítani. Van ezen kívül számos út, mely e két eljárás kombinációját alkalmazza.

Az újság májusi számának tematikáját az első stratégia szerint tett legutóbbi lépések határozták meg. A cikkek az utóbbi hetekben elhangzott tudományos előadásokhoz, szakmai ismertetésekhez kapcsolódnak. A fejlődés várható irányára és az előttünk lévő feladatokra ezekből igyekszünk tanulságokat levonni.

Az összejövetelek közül egyik kiemelkedő volt a PKI-Matáv rendezésében a BME és az MTA támogatásával tartott Második Magyar WDM Workshop. A nagy érdeklődés azt mutatta, hogy sokan a távközlés fellendülését a szélessávú infrastruktúrától várják. Mind a hivatalokban, mind a lakásokban a több Mbit/sec sebességű információszolgáltatások vonzóak lehetnek. Ennek gazdaságos kialakítása a hullámhossz multiplex rendszerekkel képzelhető el. Így gondolták a PKI, a Műegyetem és a Magyar Tudományos Akadémia előadói, és hasonló álláspontot képviseltek az angol, a német, az amerikai, az osztrák, az olasz és a francia előadók is. Az előadások az új műszaki megoldások bemutatása és az új szolgáltatások kialakítása terén eddig alig ismert elképzeléseket mutattak be.

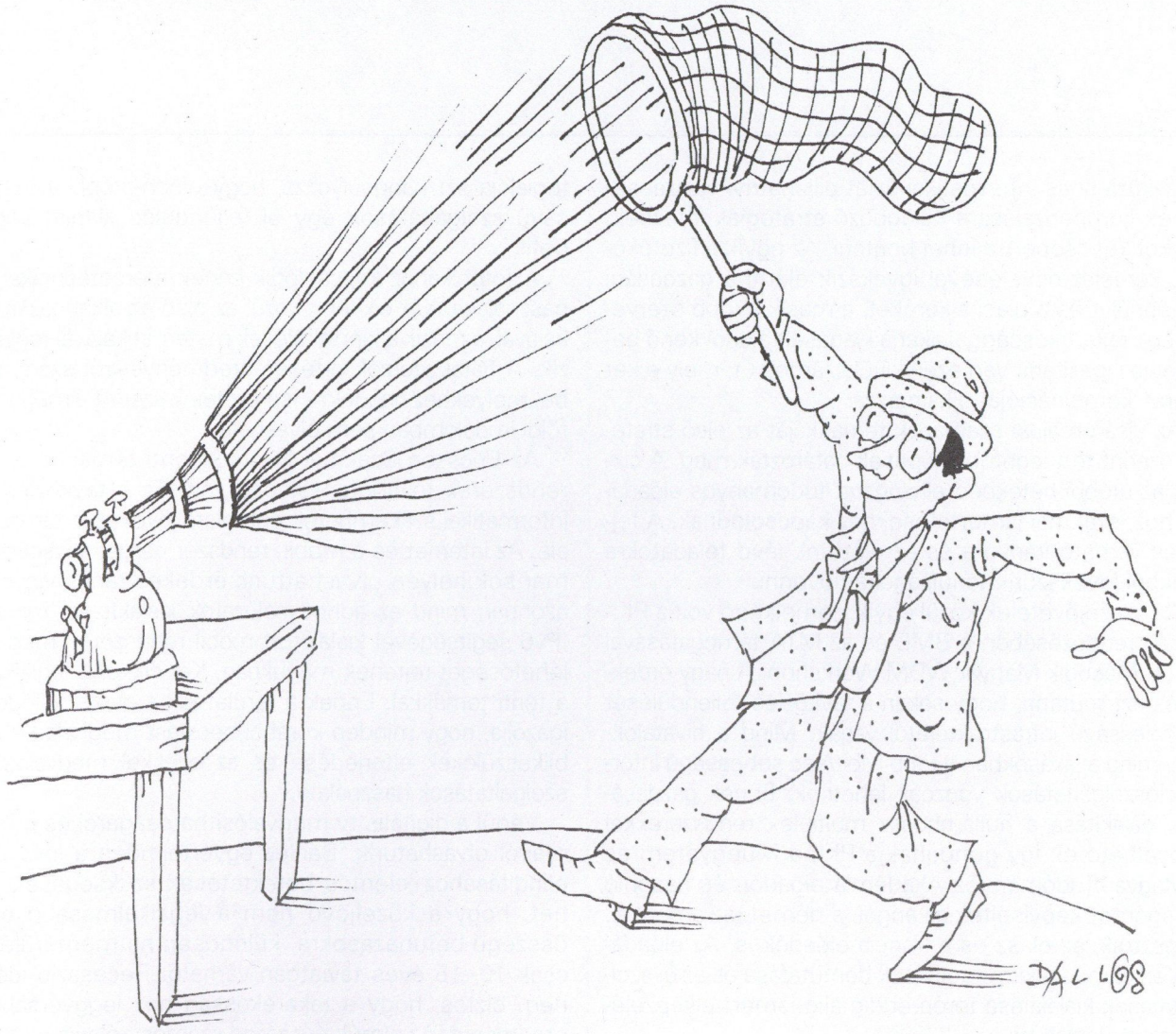
Bár számos új fizikai kutatási eredményt is megismerhettünk, ezeket csak a következő számunkban mutatjuk be. Most az alkalmazásokra helyezzük a hangsúlyt. Ezek közül igen érdekesek voltak a hálózat kialakításával foglalkozóak, példaképpen kettőt mutatunk be. Erre a témára a következő hónapokban még visszatérünk. Mind jelen számunk, mind a Workshop összefoglalója azt hangsúlyozza, hogy előbb-utóbb a szélessávú szolgáltatások egy új fellendülés alapját képezhetik.

A fotonikához kapcsolódik ennek méréstechnikai felhasználása. Két cikkünk közül az első az alkalmazás fizikájával, a másik a kiértékelések matematikájával foglalkozik. A fiatal szerzők értékes eredményeikről számolnak be, melyekhez hasonló – ismereteink szerint – még a külföldi irodalomban sem olvasható.

Az Ericsson Szakmai Nap központi témája a mobilrendszerek továbbfejlesztése volt. Ez a távközlési és informatikai szakemberek optimista jövőképét támasztja alá. Az internet és a mobil rendszer összekapcsolásáról már sok helyen olvashattunk érdekes tanulmányokat, azonban mind az adhoc hálózatok kialakítása, mind az IPv6 segítségével kialakított mobil rendszerek még sok lehetőséget rejtenek magukban. Két cikkünk foglalkozik a fenti témákkal. Ennek a területnek a gyors fejlődését igazolja, hogy minden korábbi becslést meghalad a mobilkészülékek elterjedése és az ezekkel megvalósított szolgáltatások használata.

Végül a digitális tv megvalósíthatóságáról és problémáiról olvashatunk. Bár ez egyértelműen a jövő útja, elindításához jelentős befektetések szükségesek. Lehet, hogy a közeljövő nem a legalkalmasabb nagy összegű beruházásokra, különösen ha megtérülésük csak 10–15 éves távlatban várható. Recesszió idején nem biztos, hogy a takarékosság hoz leggyorsabban eredményt. Az elmúlt évszázad számos példája mutatta, hogy azon iparágak, vagy azon országok tudtak a leggyorsabban kilábalni a bajokból, melyek a nehéz időket a fejlesztések felgyorsítására használták ki. Ezzel tudjuk indokolni, hogy feltétlenül helyet adunk az újságban azoknak a kutatásoknak is, melyek várhatóan egy ideig veszteségesek és csak a recesszió elmúltával lesznek a gyorsuló gazdaság eszközei.

Dr. Lajtha György
szerkesztőbizottság elnöke



Hullámhosszirányítás hullámhossznyalábolt hálózatokban

DR. CINKLER TIBOR–FÜLÖP LEVENTE

Nagysebességű Hálózatok Laboratórium
Távközlési és Telematikai Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)
cinkler@ttt-atm.ttt.bme.hu », fulop@ttt-atm.ttt.bme.hu »

Az még vitatható, hogy a hálózatok területén a közeljövőben, az IP (Internet Protocol), az ATM (Asynchronous Transfer Mode) vagy MPLS (MultiProtocol Label Switching) lesz a meghatározó de az igen valószínű, hogy mindez optikai hálózatokon valósul meg. Cikkünk a fénytechnikai hálózatok irányítási kérdéseit tekinti át, és javasol egy új igényelvezetési módszert.

Áttekintés

A fényvezetős hálózatokat csoportosítani lehet többek között az alkalmazott nyalábolási technikák szerint:

- optikai időosztásos nyalábolás (OTDM: Optical Time Division Multiplexing),
- optikai térosztásos nyalábolás (OSDM: Optical Space Division Multiplexing),
- optikai kódosztásos nyalábolás (OCDM: Optical Code Division Multiplexing),
- hullámhosszosztásos nyalábolás (DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing).

Ezen technikák közül kettő vagy három együttes használata is előnyös lehet.

Az OTDM technika várhatóan 8-10 év múlva terjed majd el, mivel a csomagfejrész optikai feldolgozása, vagyis az optikai jelfeldolgozás – melyre az optikai csomagkapcsolók nagy mértékben támaszkodnak – még gyerekcipőben jár. Jelenleg elektronikus megoldást használnak, ami lassítja a kapcsolást. Emiatt az optikai csomagok között nagy időréseket hagynak (guard time) a jel átalakítására, feldolgozására és a kapcsolómező kívánt átállítására.

Az OCDM technikával ritkán, kisebb hálózatokban találkozhatunk. Csillag-csatoló segítségével osztott optikai közeget hoznak létre, ahol a felhasználók a 3G mobil vagy Bluetooth hálózatokban használatos közeghozzáféréshez hasonlóan „társalognak" egymással.

A térosztásnál (OSDM) a kábelek egyes fényvezető szálai szétválasztva továbbítják a jeleket. E fényvezető szálakat rendezzük vagy kapcsoljuk, így az azokban haladó jeleket elkülönítve továbbítjuk.

A DWDM technikánál egy-egy szálon belül osztjuk szét a forgalmakat egymástól független hullámhosszcsatornákba. Így a hullámhosszcsatornákat rendezzük vagy kapcsoljuk, feltéve, hogy egy kiválasztott kimenő fényvezetőben még nem használtuk azt a hullámhosszt amit oda irányítanánk. A legígéretesebb megoldásnak – különösen szállító hálózatokban a – WR-DWDM (Wavelength Routing DWDM) mutatkozik, ahol az egyes hullámhosszrendezőket (vagy kapcsolókat) úgy állítjuk be, hogy az adott bemenet kiválasztott hullámhosszcsatornáját a kijelölt kimenő szálon továbbítsa. Így a jelteljesítmény sem csökken mint a BaS-DWDM (szórásválasztás: Broadcast and Select DWDM) rendszereknél és a hullámhosszakat is újrahasznosíthatjuk.

A szűk keresztmetszetek

Amennyiben egy tiszta elektronikus hálózatot építünk, rá kell döbbennünk, hogy az elektronika sebessége korlátozza a sávszélességet. Például a technika mai állása szerint kapunként a 10 Gbit/s bitsebesség jelenti a korlátot, de talán a 40 Gbit/s még elérhető. Továbbá az egyes csomópontok áteresztőképessége korlátozott. Egyszerűbb elemekből párhuzamos architektúrákat alakítanak ki, melyek feldolgozóképessége a párhuzamosítás által megtöbbszöröződik. Azonban ahol forgalomfolyamokat nyalábolunk össze a térkapcsolás mellett időkapcsolást is végeznünk kell. Amennyiben csomagkapcsolást szeretnénk megvalósítani az egyes csomagokat továbbítás előtt az ütközések elkerülése érdekében sorba állítjuk, azaz puffereljük. Ez többletkésleltetést okoz.

A tisztán optikai megoldásoknak is van hátránya. Míg kisebb hálózatokban minden pontpárt összeköthetünk közvetlen végponttól végpontig egy hullámhosszat használó csatornával, addig nagyobb hálózat esetén ez már lehetetlen. Ugyanis a szükséges hullámhosszak száma a csomópontok számának növelésével négyzetesen nő. További hátránya e megoldásnak, hogy noha az egyes csatornák sávszélessége jellemzően 2,5 vagy 10 Gbit/s, ezen nem tud több pontpár osztozni. Ezt rossz granularitásnak nevezik. További hátrányként említhetjük, hogy amennyiben e rossz ki-

használtságú optikai áramkörkapcsolt megoldásról optikai csomagkapcsolt megoldásra szeretnénk áttérni, akkor annak a korábban említett jelfeldolgozási és kapcsolási sebesség szab határt.

Nem marad más hátra, mint a fenti két módszert ötvözni előnyeik kidomborításával.

Forgalomnyalábolás időben és térben

Célunk egyrészt az adott hálózat átviteli képességét növelni mind a szálak, mind a hullámhosszcsatornák jobb kihasználásával, hogy elérjük a tisztán elektronikus hálózatok kihasználtsági szintjét, jó granularitását. Másrészt viszont az egyes kapcsolópontok terheltségét és a késleltetéseket csökkentjük úgy, hogy az elektromos réteg terhelését átadjuk az optikai rétegnek, vagyis amennyiben egy csomóponton keresztül egy adott bemenő kapuról ugyanarra a kimenő kapura nagyobb mennyiségű forgalom irányul, akkor ezzel nem kell feltétlenül ezt a kapcsolót terhelni. Helyette a két szomszédos csomópont e forgalmat átirányítja az optikai rétegbe, így csomópontunk alatt halad el e forgalom anélkül, hogy azt terhelné. A forgalom ilyen nyalábolása lehetővé teszi, hogy az egyes útvonalak rövidebbek legyenek, mint ha minden pontpár közt egy hullámhosszúton szállítanánk forgalmunkat, és ezáltal csökkenti egy hálózat kialakításának költségét. E megoldás segítségével korlátozott hullámhossz-számú rendszerrel is lehet nagyobb, rugalmasabb hálózatot kialakítani.

Erre példaként említhetnénk az SDH/SONET o WR-DWDM (SDH/SONET: Synchronous Digital Hierarchy/ Synchronous Optical Network over DWDM), az ATM o SDH/SONET o WR-DWDM vagy a közvetlen ATM o WR-DWDM megoldásokat. Amennyiben a talán legelterjedtebb hálózati megoldásnak, az IP-nek szeretnénk megfelelő átvitelt biztosítani, akkor vagy „ráültetjük" az előbbi megoldások egyikére, vagy az alábbiak közül választunk:

- IP o MPLS o WR-DWDM vagy IP o MPLS o MPλS (MultiProtocol Lambda Switching),

vagy közvetlenebbül

- GE vagy 10 GE (1 vagy 10 Gigabit Ethernet) o WR-DWDM

megoldáshoz folyamodunk .

És ezzel el is jutottunk az IETF (Internet Engineering Task Force) szorgalmazta GMPLS (Generalised MPLS) vagy az ITU-T szorgalmazta G.astn (Automatic Switched Transport Network) javaslatokhoz. Az OIF (Optical Interworking Forum) és ODSI (Optical Domain Service Interconnect) tevékenysége is hasonló. Valamennyi lényege a több hálózati réteg egymásra építése, miközben lehetővé teszi, hogy a felhasználó igényét jelezve, pillanatok alatt hozzájusson a kívánt erőforrásokhoz. Ez nyilván jól definiált interfészeken keresztül szabványos jelzésrendszer kialakításával valósulhat meg.

Például az IETF GMPLS (általánosított MPLS) tervezete az alábbi öt hálózati réteget említi:

1. Csomagkapcsolt, mely kisebb csomagok, cellák kezelésére alkalmas (pl. ATM, IP, MPLS).
2. Időosztásos (TDM) réteg, mely nagyobb, keretszervezésű adategységek kezelésére alkalmas (pl. SDH STM-1, STM-4).
3. -λ kapcsolt (hullámhossz-kapcsolt) réteg, mely nem más mint a WR-DWDM vagy MPS.
4. Hullámsávkapcsolt réteg, mely több szomszédos hullámhossz együttes kezelésére alkalmas.
5. Fényvezetőkapcsolt réteg, mely a szálakat teljes forgalmukkal együtt képes kezelni.

E rétegelt felépítés számtalan nehézséget és gondot rejt. Például, ha egy szál csak egyetlen hullámhosszcsatornát szállít, már nem adhatjuk oda egy olyan új felhasználónak, aki az egész szálat igényelné, még akkor sem, ha többszörösét fizeti, mint az egy hullámhosszcsatornás felhasználó, aki előbb érkezett. Ilyenkor esetleg megkísérelhetjük átterelni e csatornát más útvonalra, de ez tovább bonyolítja a protokollt. A továbbiakban néhány elvet tekintünk át előnyeikkel és hátrányaikkal, melyek tarkasága bonyolítja a hatékony hálózatmenedzselő algoritmusok kidolgozását.

Átlátszó hálózat vagy forgalomnyalábolás

Mint már említettük az előbbi fejezetben az optikai eszközök jelenlegi fejlettsége indokolja a forgalmak nyalábolását. Amennyiben nyalábolunk a forgalmakat, a hálózat nem lesz átlátszó, azaz a hálózat végpontjai nem „látják" egymást. A hálózat akkor átlátszó, ha minden csatornán tetszőleges bitsebességgel, tetszőleges vonali kódolással, tetszőleges protokoll szerint küldhetjük információinkat. Tekintsük át e két eljárás előnyeit és hátrányait.

Az átlátszó hálózat hátránya, hogy a rossz granularitás miatt rosszabb lesz az egyes csatornák kihasználtsága, továbbá több csatornára lesz szükség, és ezek átlagban hosszabbak is, mint a forgalomnyalábolás esetében. Más szóval egy adott hálózat ha átlátszó, kevesebb forgalmat képes továbbítani, mint egy nyalábolásos.

Az átlátszó hálózat előnye viszont, hogy itt csak a terjedési idő jelent (szinte elhanyagolható) késleltetést, míg nyalábolásos hálózatoknál a forgalmak bontása, újranyalábolása és a pufferelés jelentős késleltetést, késleltetés-ingadozást okozhat. További előnye, hogy tetszőleges, akár csatornánként is eltérő magasabb rétegeket valósíthatunk meg felette, míg nyalábolás esetén e felső rétegnek az egész hálózatra egységesnek és minden szóba jöhető szolgálatra hatékonynak kell lennie, ami bonyolítja és valamelyest rontja is hatásfokát. Az átlátszó hálózatok konfigurálása egyszerűbb, mivel itt csak egy hálózati rétegre optimalizálunk, míg nyalábolás esetén ezt két rétegre együttesen tesszük.

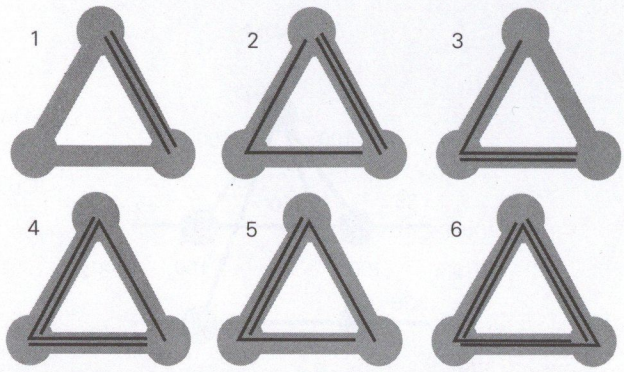
Optikai vagy elektronikus magja legyen a kapcsolónak?

Amennyiben a kapcsoló magja optikai, a hullámhosszcsatornák teljes forgalmát optikai úton továbbítjuk. Elektronikus mag esetén minden csatorna jelét elektronikusra alakítjuk, kapcsoljuk, majd visszaalakítjuk fényjellé. A közelmúltban az elektronikus mag terjedt inkább, azonban napjainkban a MEMS (Micro Electro-Mechanical Switches) mindinkább előtör. Bár ezt már majd 10 éve ismerik, a mozgó részek megbízhatatlansága, rövid élettartama, illetve pontatlansága miatt nem terjedt. Korábban kétdimenziós mátrixban helyezték el az egy tengely körül mozgatható apró tükröket, újabban viszont két tengely körül mozgatható tükrökből kialakított mátrixok segítségével lényegesen rugalmasabb, nagyobb kapuszámú kapcsolókat tudnak kialakítani, melyek élettartama, megbízhatósága, pontossága és kapcsolási sebessége is mind nagyobb. E cikk írásával egyidőben szállították az első olyan MEMS-rendszert, amelynek segítségével szolgáltatnak, nem csak kísérleteznek.

Az elektronikus mag előnye, hogy olcsóbb és jobban használja a hullámhosszszakaszokat, mivel minden hullámhosszcsatornának többletköltség nélkül változtathatja hullámhosszát. További előnye, hogy az O/E/O (opto-elektro-optikai) átalakítás miatt a jelet rendszeresen regenerálja, és beállítja a teljesítményszinteket is. Ezen hálózatok konfigurálása egyszerűbb, hisz eltekinthetünk a hullámhosszinformációtól, és csak darabszámukat kell figyelembe venni. Hátránya viszont, hogy már nem átlátszó, csak áttetsző lesz. Amennyiben a MEMS kapcsolási sebességét tovább növelik, várhatóan nemcsak áramkör, de csomagkapcsolásra is alkalmas lesz.

Bérelt vagy kapcsolt hálózati réteg?

Mindkét rendszert ismerjük korábbról. Például az SDH-hálózatokban bérelt összeköttetéseket alakít ki az üzemeltető, míg az ATM-hálózatok esetén a kapcsolt üzemmód is támogatott. Bérelt vonalas hálózat esetén egy összeköttetés (csatorna) kialakítása elhúzódhat napokig, és akkor is erőforrást foglal, ha nem használjuk. Kapcsolt hálózatnál az összeköttetés jelzésrendszer révén pillanatok alatt létrejön, és ha nem kell, rögtön bonthatjuk is. Míg a bérelt vonalas hálózatok központosított módon egyszerűen kezelhetők, kapcsolt hálózatokban teljes jelzésrendszer kell, és a hálózat állapotát jellemző információk terjesztése többlet forgalmi terhelést jelent. A védelem konfigurálása mindkét esetben bonyolítja a helyzetet. Kapcsolt hálózatoknál a megosztott védelem csak akkor lehetséges, ha központosítjuk az útvonalválasztást, vagy megtöbbszörözzük az információárasztást. A kapcsolt hálózatoknál további gondot jelent, hogy nem egy forgalommátrix áll rendelkezésre a hálózat konfigurálásához, hanem egy előre ismeretlen forgalomminta, mely a hálózatot

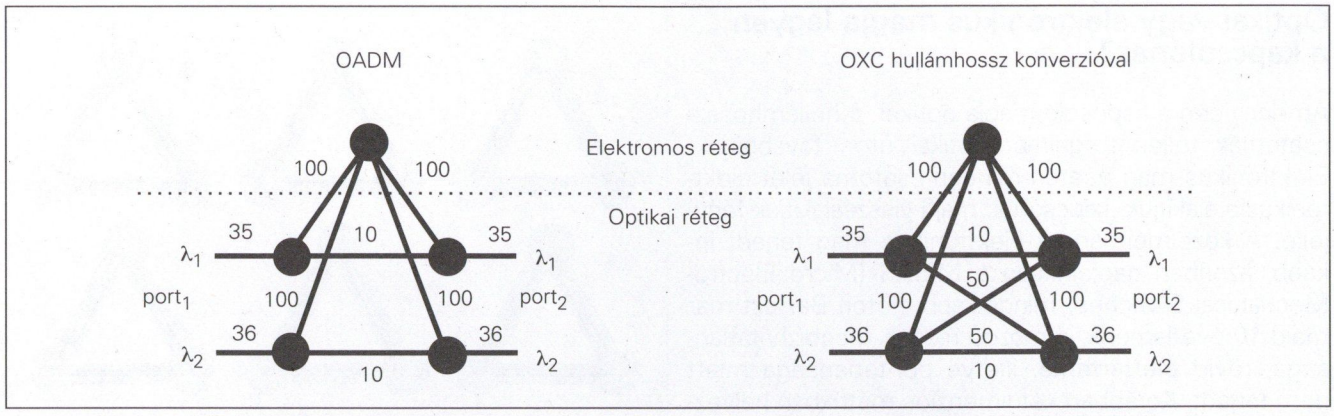


olyan állapotba viheti, ahol az erőforrások jelentős hányada foglalt, de az átvihető forgalom és a kielégíthető igények száma kicsi. A fenti rajzsor szemlélteti e helyzetet.

A rajzon látható három csomópontos hálózat mindhárom éle két egységnyi kapacitású, minden fekete vonallal szemléltetett igény egy egységnyi kapacitást foglal le. A 2. rajzon látjuk, hogy a harmadik igénynek az adott pontpár közti hosszabb utat kell választania, mert a rövidebb már telítődött. Miután megszűnik a két igény, mely a rövidebb utat használja, és érkezik egy új igény, mely telít egy élt, 3. rajz a telített szakasz két végpontját megint hosszabb úton kell összeköt nünk. Ha most megszűnik az összeköttetés – mely telítette az ábra alsó élét – és érkezik egy új igény, azt már csak egy úton tudjuk elvezetni (6. rajz), és látjuk, hogy a hálózat csak fele annyi forgalmat szállít, mint amenynyire képes lenne. Ebből az állapotból, külső beavatkozás nélkül nehéz visszatérni az optimálisba. Ha nem fogadtuk volna el a 2. rajz szemléltetett 3. igényt, vagy ha a 3. rajz hosszabb útvonalának forgalmát a rövidebbre tereljük, akkor elkerülhetők a későbbi gondok. A fenti egyszerű példához hasonló esetek előfordulnak bonyolultabb hálózatokban, és ezek a hálózatot az optimális működéstől távoli állapotba vihetik.

Csak a legfelső vagy több réteg legyen kapcsolt?

Míg csak a felső réteg kapcsolt és az alatta lévő rétegek bérelt vonal jellegűek, addig a helyzet könnyebb – csak a fenti problémára kell ügyelni, miközben az alsó rétegeket időnként dinamikusan átkonfiguráljuk. Igen ám, de ha egy igény nem a legfelső hanem az alsó rétegek egyikén jelentkezik, azt már kapcsolt módon nem tudjuk kezelni, csak „bérelt" módon, azaz konfigurálással. Ha viszont minden réteg kapcsolt, akkor az a hálózat stabilitását veszélyezteti. Felmerül a kérdés, hogy mikor kell a hálózatüzemeltetőnek közbeszólnia, illetve, hogy milyen átirányító mechanizmust építsünk be a hálózatba a forgalmak átterelésére a hosszabb útról a rövidebbre. Lesznek olyan összeköttetések is, melyeknek forgalma nem engedélyezi az efféle átirányítást.



1. ábra Csomóponttípusok

A továbbiakban egy olyan modellt és algoritmuscsoportot ismertetünk, melyek alkalmasak a fent felsorolt problémák kezelésére. Vizsgálataink során hozzárendelt védelmet használtunk, amely noha több erőforrást használ, mint a megosztott, a menedzselt hálózatok esetében könnyen átalakítható megosztottra, de kapcsolt hálózatban elosztott útvonalválasztással nem használható, mert akkor minden csomópontot kellene ismernie nemcsak a hálózat topológiáját és terheltségét, hanem minden egyes igény elvezetésének mind üzemi, mind védelmi útvonalát. Ezen információk terjesztése viszont túlterhelné a hálózatot kiszorítva a bevételt hozó forgalmat. A módszer ismertetése során egyidőben csak két hálózati réteggel foglalkozunk. Működik több rétegre is, de akkor bonyolódik a modell. Szerencse viszont, hogy egy többrétegű hálózatnak is egy csomópontja jellemzően egyidőben két rétegnél többet nem kezel.

Hullámhosszgráf

Ha a hálózatot gráfként modellezzük, akkor a hálózati berendezéseknek a modellben egy-egy részgráf felel meg. Kétféle csomópontot ismertetünk, az OADM (Optical Add-Drop Multiplexer, optikai be/kicsatoló multiplexer) és az OXC (Optical CrossConnect, optikai rendező) típusokat, a modell részletesebb leírása és további berendezéseknek megfelelő részgráfok ismertetése megtalálható az [1]-ben. Egyes OXC berendezések optikai tartományban is képesek hullámhosszváltásra. Az 1. ábrán a kétféle csomópontnak megfelelő részgráf látható.

OADM esetén a részgráf *pn×wn+1* csomópontot és *pn×wn×((pn-1)/2+1)* élt tartalmaz, míg hullámhossz konverzióra képes OXC esetén pnxwn+1 csomópontból és *pn×wn×((pn-1)xwn/2+1)* élből áll, ahol pn a portok wn pedig a hullámhosszak száma. Az átmenő élek költsége az ábrán látható példában *10*, az elektromos rétegbe felmenő éleké *100*, a hullámhossz konverziót jelentő éleké *50*. Minden fizikai linknek a modellben wn darab párhuzamos él felel meg, melyek a csomópontokat reprezentáló részgráfok adott portjain a hullámhossznak megfelelő ponthoz csatlakoznak, az egyes hullámhosszak költsége rendre *35*, *36*, *37*, stb. Az egyes költségek természetesen szabadon változtathatók az optimalizáció céljainak megfelelően.

Az alkalmazott algoritmusok

Az üzemi és a védelmi utakat pontfüggetlenül próbáljuk létrehozni, mivel ez érdekes algoritmikus problémákat vet fel, bár a gyakorlati alkalmazások esetén a legtöbb esetben elég az élfüggetlenségre törekedni. Továbbá a pontfüggetlenséget garantáló algoritmusaink apró módosításokkal csak élfüggetlen utakat kereső módszerekké alakíthatók, ha erre van szükség.

M0: Párhuzamosan növelő algoritmus, csak üzemi utakra

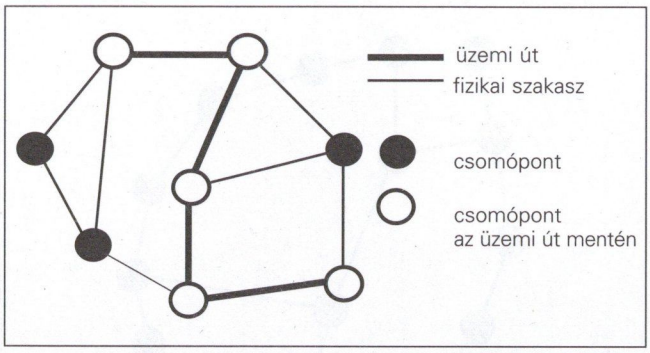
Ezzel a módszerrel minden igényre csak az üzemi utakat keressük meg . Ezt az algoritmust összehasonlítási alapként használjuk a védelmi utat is kereső módszerek eredményeinek kiértékelésekor. Az igények kielégítésére szolgáló utakat egymással párhuzamosan, élenként, két irányból építjük fel.

Kezdetben minden igénynek két nulla hosszú részutat feleltetünk meg, az egyiknek az igény forrása, míg a másiknak az igény nyelője a kezdőpontja. Továbbá minden igényhez hozzárendelünk egy kezdeti súlyt, amely az igény nagyságával egyenes, a végpontok közötti távolsággal fordított arányban áll. A súly jelenti az igények kiválasztási valószínűségét. A kezdeti súlyok ilyen beállításával azt érjük el, hogy a nagyobb súlyú és a kisebb távolságra levő igények épüljenek ki előbb.

Az algoritmus folyamán az utakat párhuzamosan, élenként növeljük. A súlyok által meghatározott valószínűséggel véletlenszerűen kiválasztott igény egyik részútjához a Dijkstra algoritmussal kiszámított legrövidebb út következő élét adjuk hozzá. Bizonyos p_1 valószínűséggel azonban útnövelés helyett csökkentjük az utat egy éllel, és p_2 valószínűséggel az egész utat töröljük. Az algoritmus $p_1 = 0,04$ és $p_2 = 0,02$ értékek esetén működik a leghatékonyabban. Ha egy igény két részútjának van közös pontja, akkor a kétirányú, élenkénti növelés során „összeért" a két részút, egyesíteni lehet őket, a forgalmat sikerült elvezetni, a súlyát nullára kell állítani. Az algoritmus akkor ér véget, ha már az összes igényt sikerült kielégíteni.

M1: Védelem, ha lehetséges

Az üzemi utak elvezetése után szeretnénk minden igény számára fizikai szinten független védelmi útvona-



2. ábra Az üzemi útvonal lehetetlenné teszi védelmi út kiépítését

lat is meghatározni, azonban előfordulhat az az eset, hogy a meghatározott üzemi út lehetetlenné teszi a védelmi út kiépítését *(2. ábra)*. Ennél a módszernél ha ilyen akadályba ütközünk, az adott igénynek nem lesz védelmi útja.

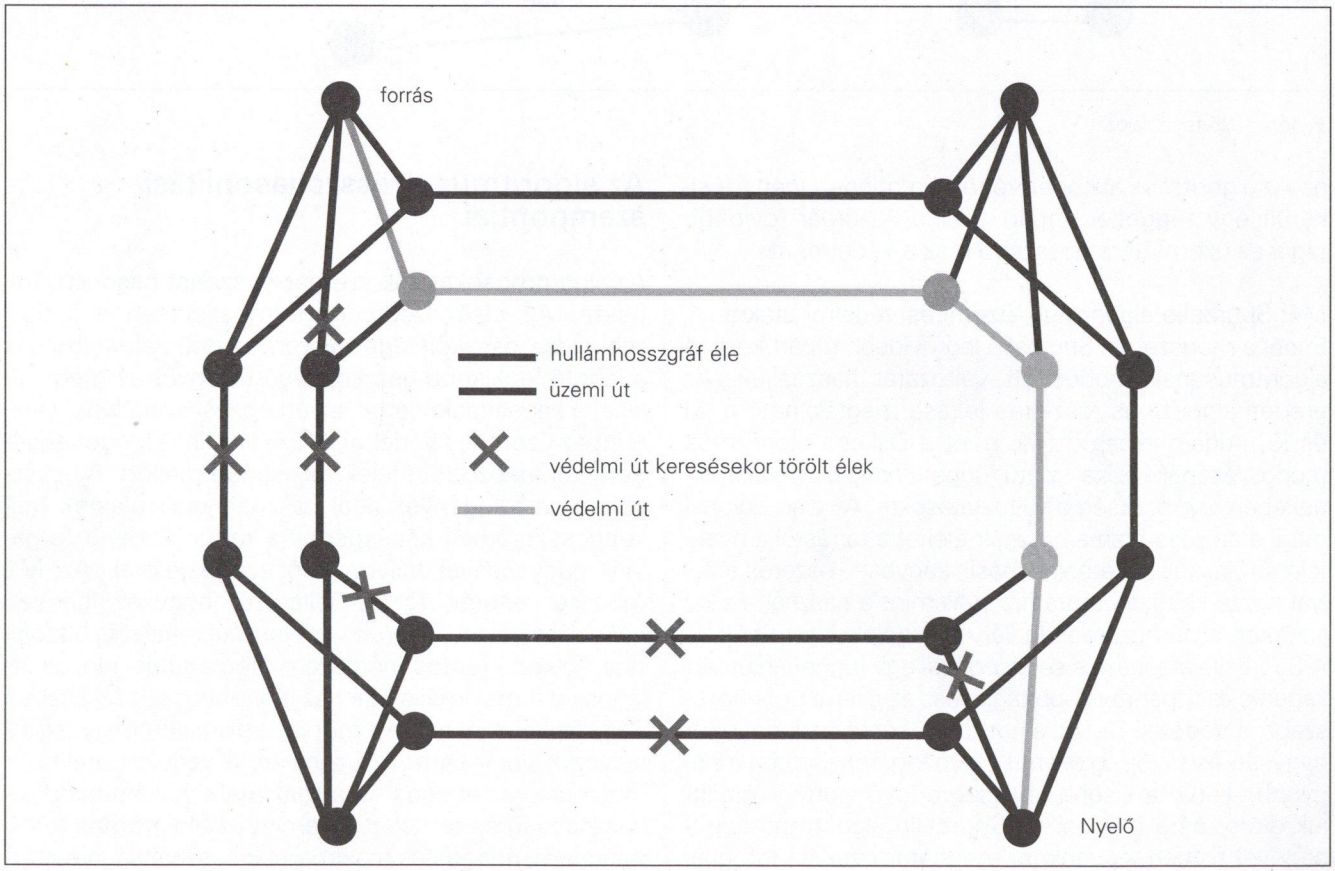
A fizikai szintű függetlenség biztosítására módosítani kell a legrövidebb út kereső algoritmust. A hullámhosszgráfban a védelmi út által használt éleket és pontokat átmenetileg törölni kell a védelmi út keresésekor, természetesen a két végpont kivételével, valamint a csomópontok közti fizikai szakaszokon az üzemi úttal párhuzamos hullámhosszélek törlésére is szükség van *(3. ábra)*.

M2: Párhuzamosan növelő algoritmus üzemi és védelmi utakra

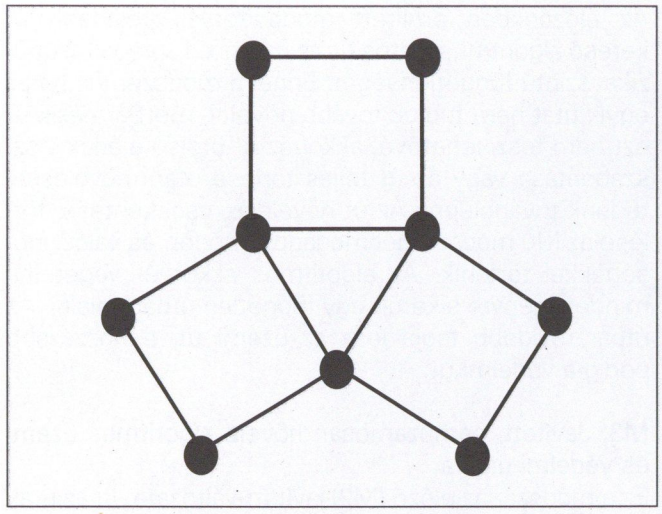
Ennél a módszernél az üzemi és a védelmi útvonalakat egyszerre, egymással párhuzamosan, élenként építjük. Az előzőekben említett módosított legrövidebb út kereső algoritmus biztosítja az üzemi és a védelmi út fizikai szintű függetlenségét. Ennél a módszernél, ha az egyik utat nem tudjuk tovább növelni, mert a másik út ezt nem teszi lehetővé, akkor az út utolsó élének visszabontása vagy az út teljes törlése utáni növeléssel tudunk továbblépni. Az út növelése, csökkentése, törlése az M0 módszernél megadott módon és valószínűségekkel történik. Az algoritmus akkor ér véget, ha minden igényre sikerült egy független útpárt találni. Az útpár rövidebb tagja lesz az üzemi út, a hoszszabb pedig a védelmi út.

M3: Javított, párhuzamosan növelő algoritmus üzemi és védelmi utakra

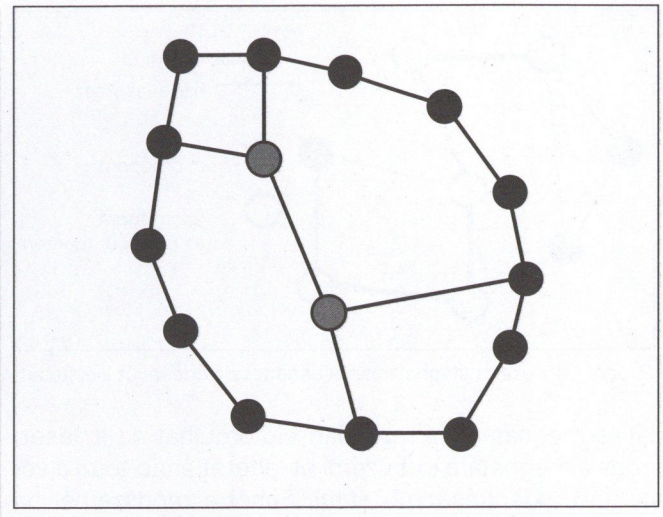
Ez a módszer az előző (M2) javított változata. Itt az utak keresése két fázisban zajlik. Az első fázisban először sorban megkeressük és lefoglaljuk a szomszédos csomópontok közötti igények üzemi útvonalát (ezek mindig egy fizikai szakaszt érintenek, és az első hullámhosszt használják). Ezeket az utakat a továbbiakban már nem módosítjuk. Ezután a többi üzemi utat foglaljuk le egyenként, ezzel az első fázis véget ér. A második fázisban a védelmi utakat próbáljuk párhuzamos növeléssel kiépíteni. Ha egy védelmi út kiépítését az üzemi út meggátolja, akkor az üzemi utat addig csökkentjük, míg lehetővé válik a védelmi növelése. Az üzemi utat újból aktívvá tesszük, és a védelmivel párhuzamosan addig növeljük, amíg nem sikerül mindkettőt az igény forrásától a nyelőjéig független útpáron elvezet-



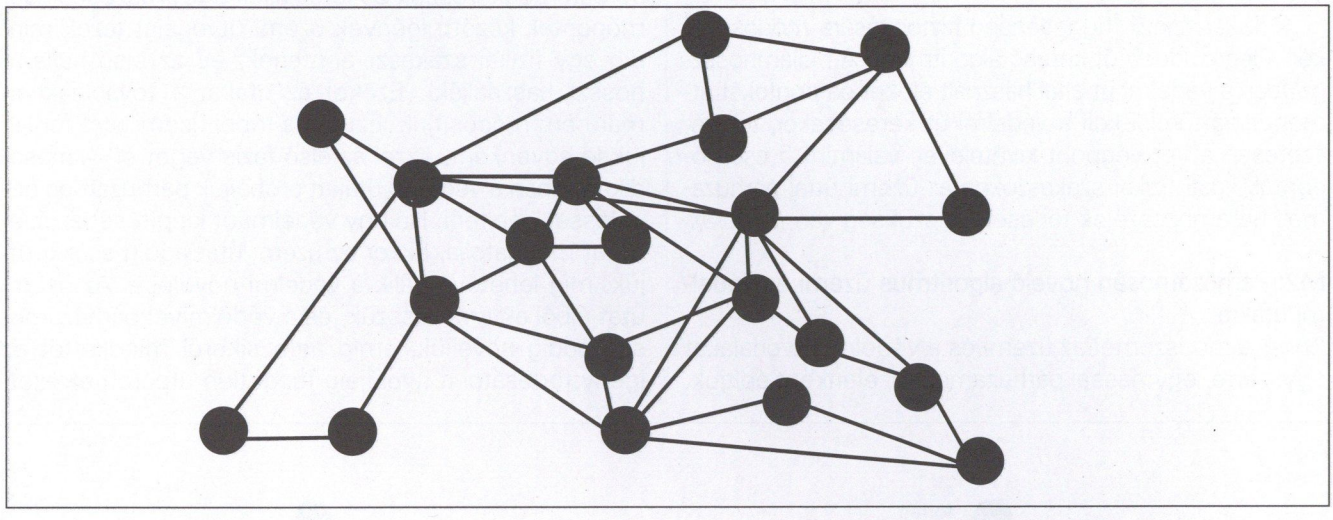
3. ábra Törölt élek a védelmi út keresésekor a hullámhosszgráfban



4. ábra N3 teszthálózat



5. ábra N4 teszthálózat



6. ábra N5 teszthálózat

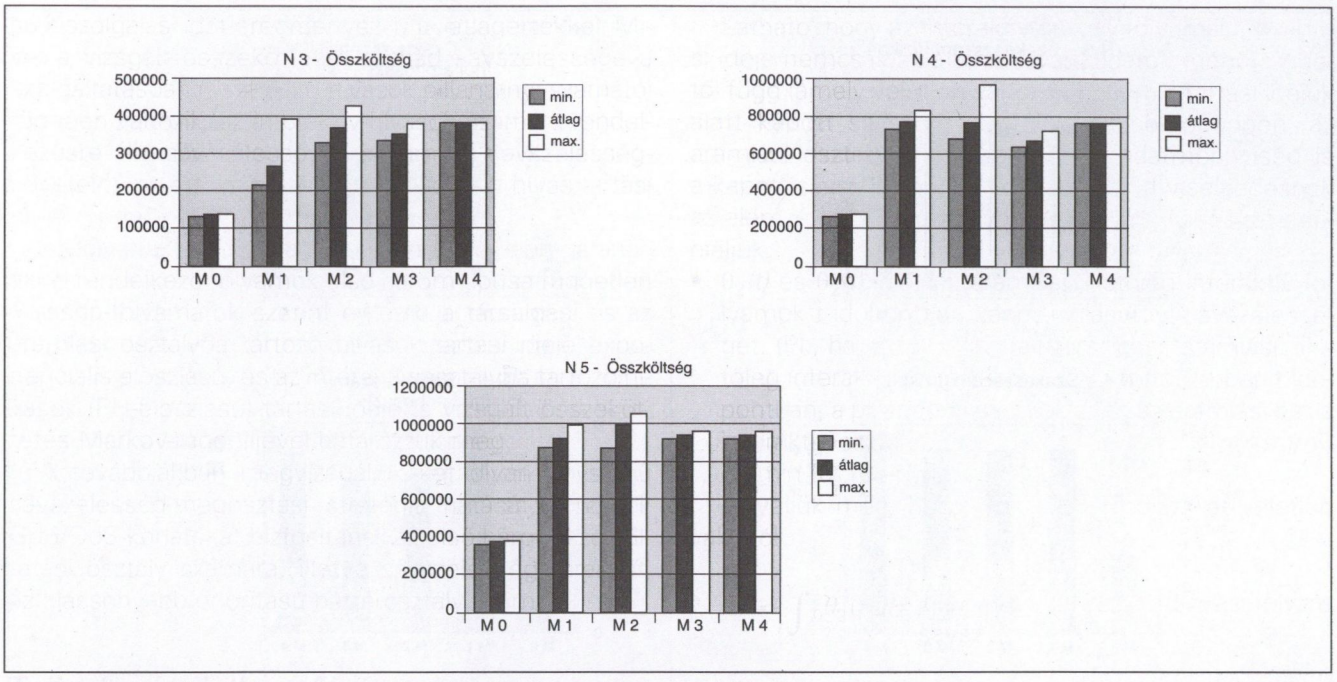
ni. Az algoritmus akkor ér véget, ha minden igényre sikerült egy független útpárt találni. Az útpár rövidebb tagja az üzemi út, a hosszabb lesz a védelmi út.

M4: Suurballe algoritmus, üzemi és védelmi utakra

Ennél a módszernél Suurballe legrövidebb útpárt kereső algoritmusának módosított változatát használjuk. Az eredeti algoritmus részletes leírása megtalálható a [2] és [3] irodalmakban. Itt is, mint a Dijkstra algoritmus módosításánál a fizikai szintű függetlenség biztosítása érdekében van szükség a változtatásokra. Az első útvonal meghatározása után a használt éleket a forrástól a nyelő felé törölni kell a gráfból, a másik irányban -1-szeres súllyal hozzá kell adni a gráfhoz, valamint a használt fizikai linkeken a párhuzamos hullámhosszéleket törölni kell. A Suurballe algoritmus segítségével egy független útpárt kapunk, az útpár rövidebb tagja lesz az üzemi út, a hosszabb a védelmi út. Az algoritmus során az igényeket nagyság és távolság szerint súlyozott sorrendben a nagyobb, illetve a kisebb távolságra levő igényeket állítjuk előre, és a módosított Suurballe algoritmus segítségével sorban, egyenként meghatározzuk és lefoglaljuk számukra az üzemi és védelmi utakat.

Az algoritmusok összehasonlítási szempontjai

Az algoritmusokat sok szempont szerint hasonlítottuk össze. Az első szempont természetesen a kapott megoldás összköltsége, hiszen az optimalizáció célja a lehető legkisebb összköltségű út együttes megtalálása, a kapacitáskorlátok, az útképzési szabályok, valamint az üzemi és védelmi út fizikai szintű függetlenségére vonatkozó feltételek teljesítése mellett. Az összköltséget az igények által használt utak éleinek hullámhosszgráfbeli költségének a rajtuk átmenő forgalom nagyságával súlyozott összege jelenti. Az M1 módszer esetén fontos jellemző, hogy az igények hány százalékára sikerült védelemi útvonalat is biztosítani. További fontos mérőszám még a futási idő, az átlagos és a maximális úthossz hullámhossz-szakaszban vagy fizikai szakaszban mérve, a forgalomnagysággal súlyozva vagy sem, az üzemi és a védelmi utakra, a minimum, az átlagos és a maximális hullámhossz kihasználtság és terhelés, valamint az elektromos réteg minimum, átlagos és maximális kihasználtsága és terhelése.



7. ábra Az összköltségek minimuma, átlaga és maximuma a három teszthálózatra

Teszthálózatok

A 4.–6. ábrákon látható hálózatok esetén kapott eredményeket a következő fejezetben ismertetjük. A 4. ábrán szereplő N3 teszthálózat 9 csomópontból áll, minden pontpár között 10 egység az igények nagysága. Az 5. ábrán látható N4 hálózat 15 csomópontot tartalmaz, ezek közül 13 egy gyűrűt alkot, a további 2 csomópont optikai tartománybeli hullámhossz konverzióra is képes, a rajtuk átmenő linkek átkötéseket létesítenek a gyűrű néhány pontja között. Az igénynagyság minden pontpárra 50. Végül a 6. ábrán az N5 nevű, 20 csomóponttal rendelkező Európa hálózat található. Az egyes csomópontok európai fővárosokat jelképeznek, a köztük levő forgalmak nagysága 25 és 100 között változik.

Numerikus eredmények

Mind az öt algoritmust 10-szer lefuttattuk. Az összköltségek alakulása mindegyik hálózatra, a 7. ábrán látható. Megállapítható, hogy az M0 és az M4 esetén nagyon kicsi az eredmények szórása. Az M2 algoritmus szolgáltatta a legjobb eredményeket, viszont ennek volt a legnagyobb a futási ideje is. Az M3 módszer csak kicsit nagyobb költségű megoldásokat talált, viszont 10-40-szer gyorsabban. Az M4 módszer is csak kismértékű többletköltséggel bíró eredményeket adott az M3-nál is egy nagyságrenddel gyorsabban. Az M1 módszer szintén meglehetősen gyorsan szolgáltatott megoldást, de csak az igények kb. 90%-át volt képes védelemmel is ellátni.

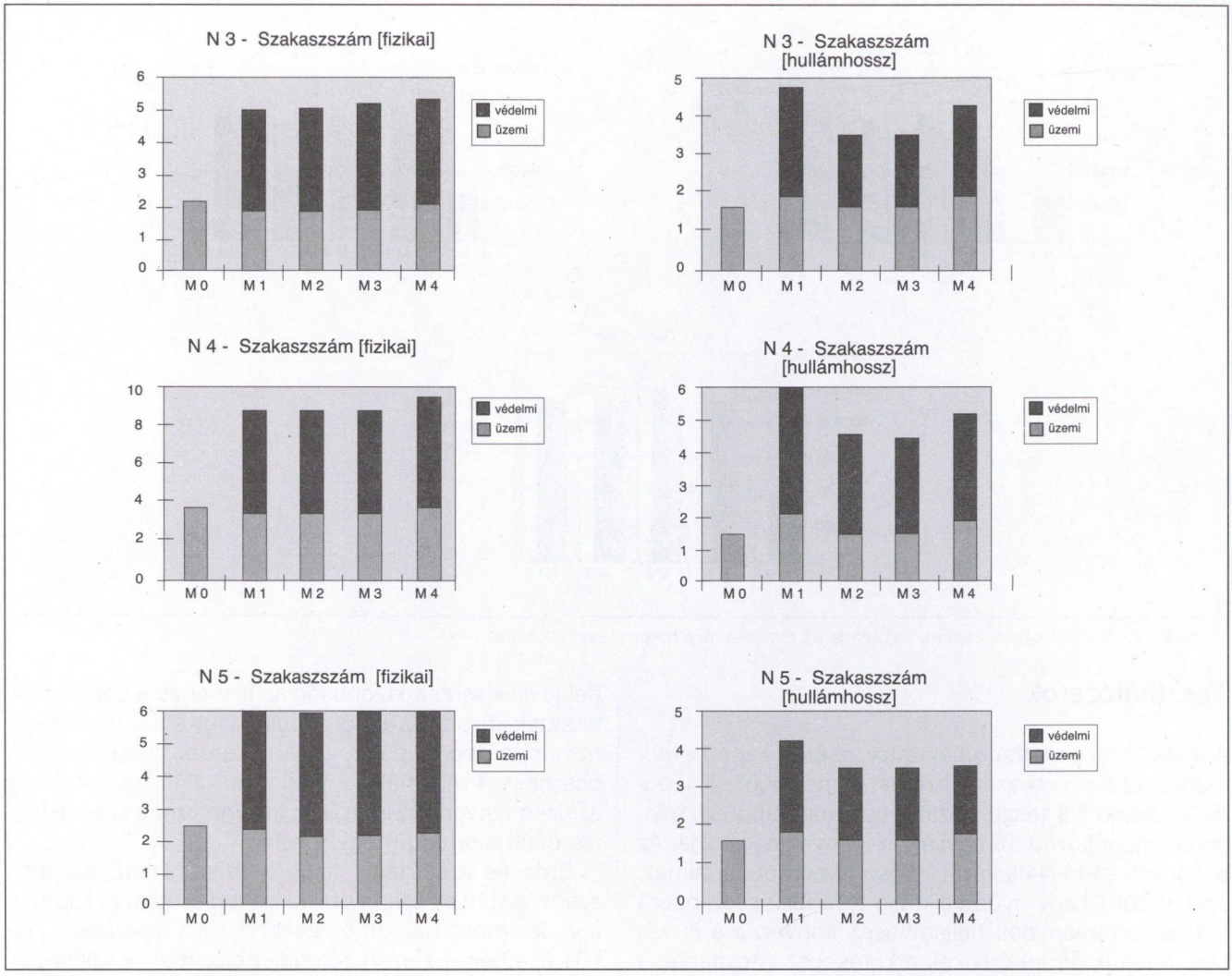
A 8. ábra a fizikai és a hullámhossz-szakaszban mért szakaszszámokat jeleníti meg. A védelmi utak természetesen mindenütt hosszabbak, mint az üzemiek, hiszen mindig a rövidebb út az üzemi. Az M4 módszernél jóval kisebb a különbség az üzemi és a védelmi úthosszak között. Ez abból adódik, hogy a Suurballe algoritmus a legrövidebb útpárt keresi meg, melyek összhossza minimális, így könnyen előfordulhat, hogy az üzemi útvonal nem a Dijkstra algoritmus szerinti legrövidebb úton fog megvalósulni.

Érdekes eredmény, hogy a fizikai szintű szakaszszám esetén az üzemi utakra kisebb értékeket kaptunk a védelemmel ellátott esetekben, mint a védelem nélküli esetben. Ez azért fordulhat elő, mert a költségek minimalizása miatt érdemesebb olyan utat választani, amely több fizikai szakaszt használ, mint a legrövidebb út, de végig az optikai rétegben halad, mint egy rövidebb, de elektromos rétegbeli felmenetelt tartalmazó útvonalat.

A fizikai szintű szakaszszámok nagyjából hasonlóan alakultak az összes módszerre, míg a hullámhossz-szakaszban mért úthossz esetén M2 és M3 szolgáltatták a legjobb megoldásokat. A forgalom nagyságával súlyozott szakaszszámok mindig kisebbek a súlyozatlan esetnél, mivel az algoritmusok előbb a nagyobb igényeket vezetik el, így a nagyobb súllyal latba eső forgalmak útjai rövidebbek lesznek.

A hullámhosszak kihasználtsága 90% körül alakult minden hálózatra az M2-M4 algoritmusoknál, a legkisebb értéket (86,1%) az M4 módszer szolgáltatta az N3 teszthálózaton, a legnagyobb kihasználtságot az M2 és az M3 érték el szintén az N3 hálózaton (97,2%). Megállapítható tehát, hogy ezeknél a módszereknél sikerült a rendelkezésre álló hullámhosszakat jó hatásfokkal kihasználni.

Az elektromos rétegbeli felmenetelek száma az M2-M4 módszerek esetén csak kis eltéréseket mutatott ebben a kategóriában is. Mint az összköltségek tekintetében az M2 érte el a legjobb eredményt, majd az M3 és az M4 következett. Ez azért is indokolt, mert az



8. ábra A fizikai szakaszban és hullámhosz-szakaszban mért szakaszszámok

elektromos réteg használata jelentős költségnövekedést jelent az alkalmazott hullámhosszgráf beállított paramétereinek megfelelően.

Összegzésül megállapítható, hogy az egyszerű mohó módszer, az M1 gyors, de csak az igények kb. 90%-át képes védeni, és a költség tekintetében sem optimális. Az M2 algoritmus szolgáltatja a legjobb megolást, hátránya a nagy futási idő. Kompromisszumos megoldásként az M3 és az M4 kis mértékű költség növekedést jelentenek, de nagyságrendekkel gyorsabban szolgáltatnak eredményt.

Irodalom

1. Cinkler, D. Marx, C.P. Larsen, D. Fogaras: Heuristic Algorithms for Joint Configuration of the Optical and Electrical Layer in Multi-Hop Wavelength Routing Networks, IEEE INFOCOM 2000, Tel Aviv, March 2000
2. J.W. Suurballe: Disjoint Paths in a Network, Networks Vol.4. pp. 125-145, 1974
3. R. Bhandari, Survivable Networks: Algorithms for Dierse Routing, 1999, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-8381-8

A harmadik generációs-mobil gerinchálózatok hívásszintű teljesítményelemzése

RÁCZ SÁNDOR
Ericsson Research Hungary, Budapest, Sandor.Racz@eth.ericsson.se,
TELEK MIKLÓS
Budapesti Műszaki Egyetem, Híradástechnikai Tanszék, Budapest, telek@hit.bme.hu
FODOR GÁBOR
Ericsson Research, Kista, Sweden: Gabor.Fodor@era-t.ericsson.se

Ebben a cikkben bemutatjuk az UMTS-gerinchálózatok hívásszintű modelljét, ahol a négy UMTS-szolgáltatási osztálytól, valamelyikéhez tartozó hívások véletlenszerűen érkeznek be. A beérkező hívások számára garantált szolgáltatási szint a hívásszolgáltatási osztálytó, a szükséges maximális és minimális sávszélességtő és a beérkezéskor rendelkezésre álló hálózati erőforrásoktól függ. A cikk a 9., 10. és 11. publikációk eredményeinek magyar nyelvű összefoglalója.

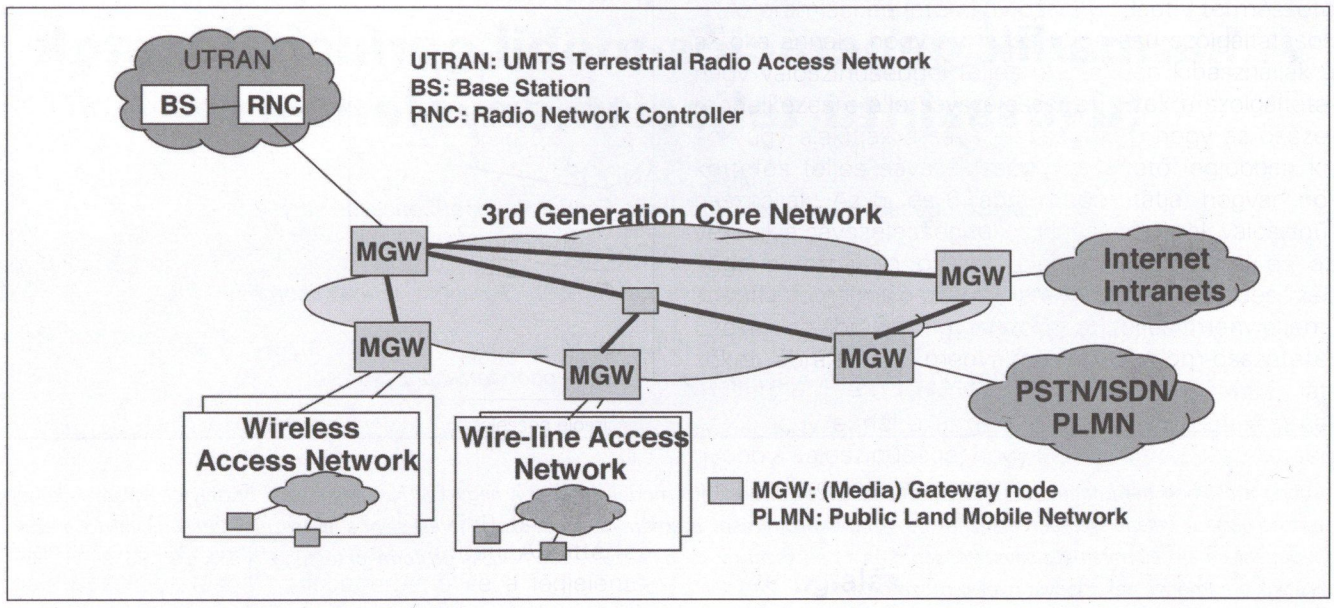
Bevezetés

Architektúra szempontjából a harmadik generációs mobilhálózatok egyik kulcsfontosságú jellemzője a hozzáférési rész és a gerinchálózat elválasztása. Ez az elválasztás hozzájárul a különböző hozzáférési technológiák és a gerinchálózat által biztosított új szolgáltatások folyamatos fejlődéséhez [3., 4.]. Ezért az UMTS/IMT-2000 hálózatok magja olyan többszolgáltatásos há1ózat, amely GoS- (a blokkolási valószínűségre) és QoS- (a sávszélességre) garanciát kínál a szolgáltatási osztályok következő négy típusa számára [16.]:

- A társalgási osztály *(conversational class)* jó minőségű hozzáférést, biztosít számos különböző szolgáltatáshoz, következő négy bitsebességű szolgáltatásokhoz is. Ez az osztály olyan igényes felhasználók számára hasznos, akik az ATM CBR osztályáéhoz hasonló sávszélesség-garanciát kívánnak kapni.
- Az áramlási osztályt *(streaming class)* nagy sávszélességű, változó bitsebességű szolgáltatások, például közepes vagy igen jó minőségű video- vagy konferenciabeszélgetési szolgáltatások nyújtására fejlesztették ki. Az ehhez az osztályhoz tartozó hívások egyik közös vonása, hogy tartási idejük független a rendszerben tartózkodási idejük alatt kapott aktuális sávszélességtől.
- Az interaktív osztály *(interactive class)* kevésbé igényes, tipikusan a jelenlegi „best effort" IP-hálózatok által támogatott szolgáltatásokat nyújt, például fájlátvitel, webböngészés, illetve telefonos alkalmazások. Az UMTS-hálózatoktól azt várják, hogy valamiféle sávszélesség-garanciát nyújtsanak még az ilyen típusú szolgáltatások esetén is. Az interaktív osztályú hívások tartási ideje függ a sávszélességtől (kétszeres sávszélesség mellett például egy fájl továbbítása feleannyi időbe telik).
- A háttérosztály *(baskground class)* „best effort" típusú kiszolgálást kap, azaz a háttérhívások a magasabb prioritású szolgáltatási osztályokba tartozó hívások után megmaradó sávszélességet kapják meg. Ide tartozik az elektronikus levelezés és a gyengébb minőségű fájlátvitel. A tartási időt illetően ez az osztály hasonló az interaktív osztályhoz.

Az 1. ábra ismerteti az UMTS-gerinchálózat néhány jellemzőjét, nevezetesen a különböző hozzáférési hálózatok elválasztását a gerinchálózattól átjárócsomópontokkal, amelyek a hívások beléptetésének felügyeletét végzik. Ami az alkalmazandó technológiákat illeti, a gerinchálózat valószínűleg valamilyen kapcsolatorientált erőforrás-tartalékolási mechanizmussal kiegészített gyors csomagkapcsolási technikákon alapul majd, mint például ATM vagy IP/MPLS [14., 17.]. Az UMTS-hálózatok méretezése és teljesítményelemzése megköveteli, hogy a blokkolási valószínűség és a sávszélesség közti kompromisszumot a dinamikusan változó környezetet (hívások véletlenszerűen érkezése és távozása) figyelembe vevő hívásszintű modellek alapján határozzuk meg. Ahogyan a következő fejezetben részletezzük, az áramkörkapcsolt [12.] és az ATM- [5.] hálózatok esetén széles körben rendelkezésre álló hívásszintű modellek nem alkalmazhatók közvetlenül az UMTS-környezetben, mivel nem veszik figyelembe az UMTS-specifikus szolgáltatási osztályok meghatározását. Jóllehet számos tanulmány foglalkozik a különböző hozzáférési hálózatokkal [13., 15.], ebben az írásban a gerinchálózatra koncentrálunk, ahol a fő cél a sávszélesség-megosztási lehetőségek elemzése annak érdekében, hogy az UMTS-szolgáltatási osztályok GoS/QoS-követelményei teljesüljenek, és a sávszélesség-kihasználás nagy maradjon.

E tanulmány két dologgal is hozzájárul e cél eléréséhez. Egyrészt kiterjesztjük a klasszikus különböző sávszélességű szolgáltatásmodelleket, amelyek így tartalmazni fogják az UMTS-szolgáltatási osztályokat is. Másrészt az első három osztály sávszélességének biztosítása mellett, a háttérosztály teljesítményére koncentrálva, egyszerű sávszélesség-megosztási mód-



1. ábra UMTS gerinchálózat különböző hozzáférési hálózatokkal

szert javasolunk, amellyel nagyobb teljesítmény érhető el, mint a sávszélességre és a blokkolási valószínűségre vonatkozó tökéletes megosztással.

Tanulmányunk a következőképpen épül fel. A második fejezet a hálózati modellt ismerteti. A harmadik fejezet a teljesítmény jellemzőit és a hozzájuk tartozó sávszélességkorlátokat határozza meg. A negyedik fejezet az UMTS-gerinchálózat egyszerűen megvalósítható sávszélesség-megosztási módszereit tartalmazza. Az ötödik fejezetben a különböző vegyes forgalmakat feltételező számszerű eredményeket ismertetjük, a hatodik fejezetben pedig összefoglaljuk az eredményeket.

Az UMTS-gerinchálózat modellezése

Mivel a gerinchálózat átviteli összeköttetésenként ellenőrzi a belépési feltételek teljesülését (CAC), ezért egyetlen átviteli összeköttetés Markov-modelljét készítettük el. Ezen az absztrakciós szinten modellünk egyaránt alkalmas ATM-kapcsolat vagy MPLS címkekapcsolási útvonal modellezésre. Az UMTS-szolgáltatási osztályok ismertetéséből világossá válik, hogy az UMTS-szolgáltatási osztályok forgalmi viselkedése megfeleltethető például bizonyos ATM-forgalmi osztályok viselkedésének. Az általunk alkalmazott modell ezért megegyező forgalmi viselkedés esetén nem csak az UMTS-gerinchálózatok elemzésére alkalmazható. Ebben a cikkben leírt vizsgálat során modellezzük a sávszélesség-garanciával rendelkező (azaz társalgási, áramlási és interaktív) szolgáltatási osztályokat, és kiszámítjuk a háttérosztály számára fennmaradó sávszélesség középértékét és eloszlását.

A tárgyalt rendszer egy C sávszélességű átviteli összeköttetés. C-t egész számnak tekintjük valamilyen használatos sávszélesség-egységben, mondjuk *Mbps*-ban. A vizsgált összeköttetésre érkező hívások az alábbi három forgalmi osztály egyikéhez tartoznak:

- A társalgási szolgáltatásba tartozó hívásokat b_1 sávszélesség-követelmény λ_1 beérkezési intenzitás és μ_1 távozási intenzitás jellemzi.
- Az áramlási osztályra b_2 maximális sávszélesség, b_2^{min} minimális sávszélesség-követelmény, μ_2 beérkezési intenzitás és λ_2 távozási intenzitásjellemző. Habár az áramlási hívások által elfoglalt sávszélesség a forgalomtól függően változhat, tényleges tartási idejüket nem befolyásolja a rendszerben tartózkodásuk teljes ideje alatt kapott sávszélesség. Ez az eset áll fenn például a videokodeknél, amely a sávszélesség romlásakor gyengíti a videokép minőségét, és így kisebb sávszélességet foglal, de a videoprogram vetítési ideje nem változik.
- Az interaktív osztályú folyamokat b_3 maximális sávszélesség, b_3^{min} minimális sávszélesség-követelmény, λ érkezési intenzitás és μ_3 maximális sávszélesség melletti (ideális) távozási intenzitás jellemzi. Az ideális távozási intenzitás csak a maximális sávszélesség rendelkezésre állásánál tapasztalható. A valódi pillanatnyi távozási intenzitás a folyamok sávszélességétől függ.

A 2. osztályú (áramlási) és 3. osztályú (interaktív) folyam számára kiosztott tényleges sávszélességet a rendszer egy adott állapotában b_2^r és b_3^r-al jelöljük, ahol b_2^r és b_3^r változik a különböző osztályú összeköttetések érkezésével és távozásával. Az áramlási és interaktív osztályok összenyomhatóságának határa $r_{min} = b_{min}/b$. Egy interaktív osztályú hívást úgy tekinthetünk, mint amely exponenciális eloszlású szolgáltatási követelményből sorsolt W továbbítandó adatmennyiséggel rendelkezik beérkezéskor. A továbbítandó adatmennyiség elosztása

$$G(x) = \Pr(W < x) = 1 - e^{-\frac{b_3}{\mu_3}x},$$

amely a hívás teljes ideje alatt b_3 maximális sávszélesség rendelkezésre állása esetén exponenciális eloszlá-

sú kiszolgálási időt eredményez $1/\mu_3$ átlagértékkel. Mivel a vizsgált összeköttetés szabad sávszélessége a szolgáltatásban részt vevő hívások pillanatnyi számától függően változik, az interaktív hívások számára rendelkezésre álló sávszélesség a maximális sávszélességkövetelmény értéke alá eshet, amikor is a hívás tartási ideje megnő.

Ahogyan a 2. ábrán látható, a sávszélesség-garanciákkal rendelkező folyamok első három típusa független Poisson-folyamatok szerint érkezik, a társalgási és az áramlási osztályba tartozó hívások tartási ideje exponenciális eloszlású, és az interaktív osztályba tartozó hívások (PH-eloszlású) tartási idejét a vizsgált összeköttetés Markov-modelljével határozzuk meg.

A továbbiakban megvizsgáljuk két olyan egyszerű sávszélesség-megosztási stratégia hatását, amelyek GoS/QoS-korlátokat biztosítanak az első három szolgáltatási osztály számára, illetve sávszélesség-garanciát az alacsonyabb prioritású háttérosztály számára.

Teljesítményjellemzők és szolgáltatásminőségi korlátok

A klasszikus többsávszélességű modellekkel [12.] ellentétben, modellünk lehetővé teszi az elfoglalt sávszélesség ingadozását, és így számítható teljesítményjellemzők a blokkolási valószínűség és az osztályokra vonatkozó sávszélesség értéke is. A sávszélesség-megosztás hatékonyságának megítéléséhez az osztályokra vonatkozó sávszélességértékek és a hozzájuk tartozó korlátok pontos meghatározására van szükség.

Sávszélesség definíciója

A társalgási hívások sávszélessége egyszerűen a kiosztott sávszélesség, amely állandó érték (b_1).

Látható, hogy az interaktív osztály folyamainak tartási ideje nemcsak az átvinni kívánt adatok mennyiségétől függ (amely véletlen változó), hanem a tartási idejük alatt kapott sávszélességtől is. Hasonlóképpen, az áramlási osztályon keresztül átvitt adatmennyiség is a kapott sávszélességtől függ. Ennek a viselkedésnek az elemzése céljából a következő mennyiségeket definiáljuk.

- $\theta_2(t)$ és $\theta_2(t)$ jelöli az áramlási, illetőleg interaktív folyamok t időpontban kapott pillanatnyi sávszélességét. (Pl., ha n_1, n_2, n_3 darab társalgási, áramlási, illetőleg interaktív folyam van jelen a rendszerben t időpontban, a pillanatnyi sávszélesség az áramlási és az interaktív osztályban min $(b_2, (C - n_1 b_1 - n_3 r_3 b_3)/n_2)$ és min $(b_3, (C - n_1 b_1 - n_2 r_2 b_2)/n_3)$.

  Figyeljük meg, hogy $\theta_2(t)$ és $\theta_3(t)$ diszkrét véletlen változók.

- $\tilde{\theta}_t = \frac{1}{t}\int_0^t \theta_2(\tau)d\tau$ jelöli a t tartási idejű áramlási folyam sávszélességét.

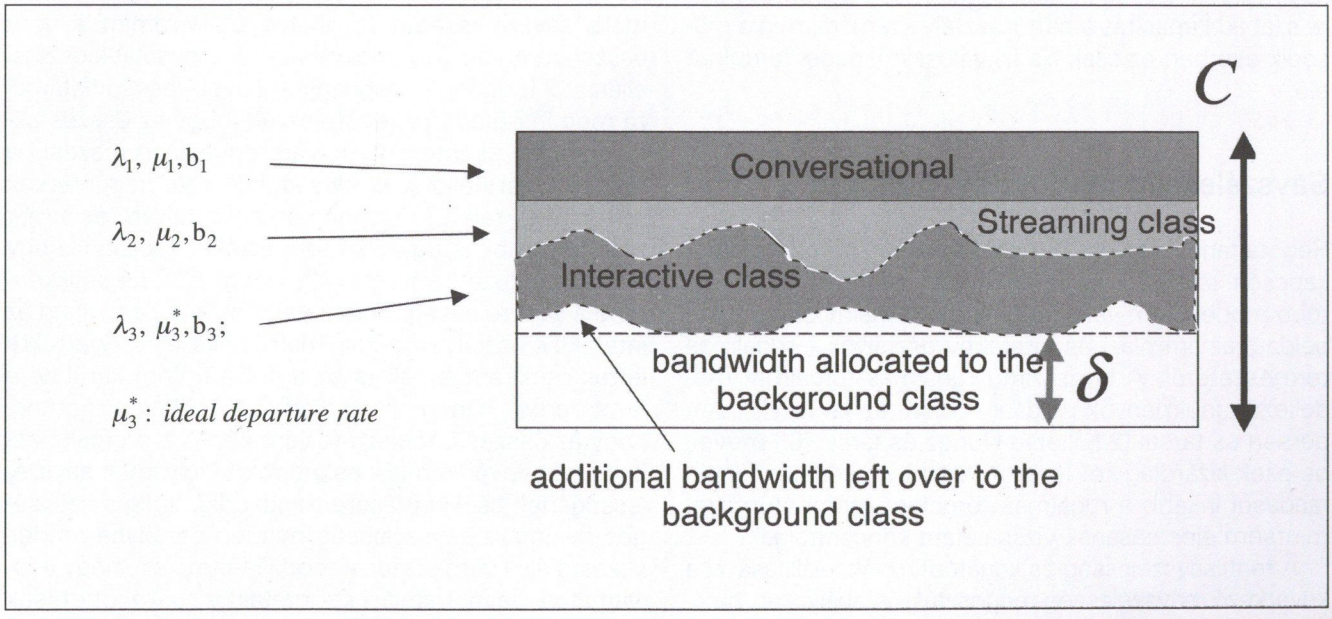
- $\tilde{\theta} = \int_0^\infty \tilde{\theta}_\tau dF(\tau) = \mu_2 \int_0^\infty \tilde{\theta}_\tau \, e^{-\mu_2 \tau} d\tau$

  jelöli az áramlási folyam sávszélességét, ahol F(t) j elöli az exponenciális eloszlású tartási idő eloszlásfüggvényét.

- $T_x = \inf\{t \mid \int_0^t \theta_3(\tau)d\tau \geq x\}$ (véletlen változó) jelöli azt az időt, amennyi egy interaktív folyam x adatmennyiségének átviteléhez szükséges.

- $\tilde{\theta}_x = x / T_x$ jelöli az interaktív folyam sávszélességét x adategység átvitele alatt. $\theta_x$folytonos véletlen változó.

- $\tilde{\theta} = \int_0^\infty \hat{\theta}_x dG(x) = \mu_3 / b_3 \int_0^\infty \hat{\theta}_x e^{-x\mu_3/b_3} dx$ (véletlen vál-



2. ábra Sávszélesség-megosztás a 4 UMTS-szolgáltatási osztály között

tozó) jelöli az interaktív folyam sávszélességét, ahol az átvitt adatmennyiség μ_3/b_3 paraméterű exponenciális eloszlású.

A következőkben feltételezzük, hogy az alkalmazott hívásengedélyezés (CAC) olyan, hogy biztosított a társalgási, áramlási és interaktív forgalmi osztályokhoz rendelt maximálisan elfogadott blokkolási valószínűség (B_1^{max}, B_2^{max}, illetve B_3^{max}) és az áramlási és interaktív hívások minimálisan elfogadott sávszélessége ($\tilde{\theta}^{min}$, $\hat{\theta}^{min}$) [9.]. Mivel a háttérosztály esetén nincsen minimálisan garantált sávszélesség, ezért ezen osztálynál a következő két sávszélességkorlátot vesszük figyelembe.

Sávszélességkorlátok háttérforgalomra

Ha n_1, n_2, n_3 társalgási, áramlási, illetőleg interaktív folyamok vannak jelen a rendszerben t időpontban, a (legalacsonyabb prioritási szintű) háttérosztály számára biztosított pillanatnyi sávszélesség a következő:

$$\theta_4(t) = \max(0, C - n_1 b_1 - n_2 b_2 - n_3 b_3)$$

A háttérosztály egyensúlyi állapotbeli sávszélességét θ_4-el jelöljük (θ_4 diszkrét véletlen változó).

A háttérosztály számára fennmaradó sávszélesség jellemzésére a következő két sávszélességkorlátot határozzuk meg:

- átlagos sávszélességkorlát:
  $$E(\theta_4) > \theta_4^{min},$$
  ami azt követeli meg, hogy a háttérosztály számára fennmaradó sávszélesség átlaga nagyobb legyen, mint θ_4^{min};
- sávszélességküszöb-korlát:
  $$Pr(\theta_4) > \theta_4^{min} > \varepsilon$$
  ami azt követeli meg, hogy a háttérosztály számára fennmaradó sávszélesség értéke ε valószínűséggel nagyobb legyen, mint θ_4^{min}.

A két korlát között az a gyakorlati szempontból lényeges különbség, hogy az első úgy is teljesíthető, hogy nagy ($>>\varepsilon$) valószínűséggel nem áll rendelkezésre szabad kapacitás a háttérosztály számára, míg a második esetben ez csak kis (ε) valószínűséggel fordulhat elő.

Sávszélesség-megosztási politikák

Régóta tanulmányozzák a sávszélesség megosztását a kapcsolt távközlő és az ATM-hálózatokban, de a legtöbb modell nem vesz tudomást a forgalmi osztályok – például az áramlási és interaktív osztályok – rugalmas természetéről. A hívásszintű rugalmas forgalmat modellező tanulmányok például Altman és társai [1.], Andersen és társai [2.], illetve Nunez és társai [6.] művei, de ezek kizárólag két forgalmi osztályra korlátozódnak, ráadásul inkább a rugalmas forgalom momentumaira, mintsem elosztásának vizsgálatára koncentrálnak.

A fenti sávszélesség és korlátdefiníciók felállításával a következő sávszélesség-megosztási szabályokat határozhatjuk meg. Az alábbiakban $C - \delta$ jelöli a sávszélességnek azon részét, amely az első három szolgáltatási osztályhoz van rendelve, és δ jelöli a kizárólagosan a háttérosztály számára fenntartott sávszélességet. A numerikus példákban a következő két politikát elemezzük: $\delta = 0$ (1. módszer: teljes megosztás) és $\delta > 0$ (2. módszer: teljes partícionálás). Sávszélesség-megosztási módszereinket a műszaki megvalósíthatóság és – ahogyan számszerű eredményekből látni fogjuk – az a megérzés indokolja, hogy mivel a magas prioritású rugalmas osztályok hajlamosak elfoglalni az összes rendelkezésre álló sávszélességet, ezért a háttérosztályok hajlamosak elfoglalni az összes rendelkezésre álló sávszélességet, ezért a háttérosztály számára szükséges lehet fenntartott sávszélesség biztosítása, hogy elfogadható szolgáltatásminőséget nyújtson különböző forgalmi szituációkban.

- Ha elegendő sávészélesség áll rendelkezésre az összes folyam számára, hogy megfeleljenek maximális sávszélességi követelményeiknek, akkor a 2. és 3. osztályú folyamok b_2, illetve b_3 sávszélességet foglalnak le.
- Ha a sávszélesség-csökkentésre van szükség, azaz $n_1 \cdot b_1 + n_2 \cdot b_2 + n_3 \cdot b_3 > C\text{-}\delta$, akkor a folyamok sávszélességét úgy kell csökkenteni, hogy $r_2 = r_3$, ahol $r_2 = b_2^r/b_2$ és $r_3 = b_3^r/b_3$, amíg mindkét osztálynál teljesül a minimális sávszélességkorlát, (azaz $b_2^{min}/b_2 < r_2 < 1$ és $b_3^{min} / b_3 \le r_3 \le 1$).
- Ha további sávszélesség-csökkentésre van szükség, de a két osztály valamelyike új folyam érkezésekor már nem csökkentheti tovább a sávszélességét, mert r_i már b_i^{min}/b_i, valamelyik $i = 2$ vagy $i = 3$ osztályra, akkor a tovább csökkenthető szolgáltatási osztály összekötetései egyenlő mértékben csökkentik a sávszélességüket mindaddig, amíg a minimális sávszélességük még biztosított.

Érdemes megemlíteni a fenti szabályokra (és a modellre) vonatkozó három alapvető feltevést. Először is feltételezzük, hogy mind az áramlási, mind az interaktív folyamok falánkak, azaz mindig elfoglalják a kapcsolat maximálisan lehetséges sávszélességét. (A maximális sávszélességet b_2, illetve b_3, valamint a nem összenyomható folyamok által – a kapcsolat-kiosztási eljárástól függően – meghagyott sávszélesség határozza meg.) Másodszor feltételezzük, hogy az összes aktív áramlási és interaktív folyam egyenlően részesül a rendelkezésre álló sávszélességből (azaz az r_i értékek egyenlőek), tehát az újonnan érkezett folyam és a már zajló folyamok is ugyanazt az r_i értéket kapják. Ha egy újonnan érkezett folyam b_2^{min}, illetve b_3^{min} alá csökkentené a sávszélességet (azaz mind az áramlási, mind az interaktív osztályok a minimális sávszélességértékre lettek csökkentve), akkor az új folyam nem kerül be a rendszerbe, hanem blokkolódik és elveszik. Fontos, hogy az összes beérkező folyam képes a szolgáltatásban részt vevő áramlási és interaktív folyamok sávszélességének csökkentésére mindaddig, amíg a szükséges minimális sávszélesség minden osztályba rendelkezésre áll. Harmadszor, a modell feltételezi, hogy a folyamatban lévő áramlási és interaktív összeköttetések sávszélesség-vezérlése ideális abban az értelemben,

hogy bármilyen rendszerállapot-változást (pl. kapcsolat belépése vagy távozása) követő végtelenül kicsiny idő alatt a forgalomforrások újraállítják aktuális sávszélességüket. Bár ez nyilvánvalóan ideális feltételezés, feltesszük, hogy az IP-csomagrétegen lévő pufferek elég nagyok ahhoz, hogy elnyeljék az IP-csomagokat addig, amíg pl. a TCP vagy bármelyik másik felső rétegi protokoll csökkenti a kapcsolatokon az adatküldési sebességet.

Alkalmazási példák

A rendszer Markov-modelljének felépítése és megoldása

A közös erőforrást használó különböző kommunikációs folyamok QoS/GoS-paramétereit már elemezték Markov-modellek segítségével [6., 1., 9.]. E megközelítés alkalmazásának két fő nehézsége van: az (általában nagy) Markov-modell automatikus generálása és megoldása. Mi az interneten hozzáférhető MRMSlove elnevezésű Markov-hozam modellszámító programmal végeztük számításainkat, amely a modell magas szintű leírása alapján végzi el automatikusan mindkét lépést [8.].

A vizsgált átviteli rendszer ismertetése

A társalgási, az áramlási és az interaktív forgalmi osztályok felajánlott forgalmát és a teljes felajánlott forgalmat a következőképpen definiáljuk:

$$\rho_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i} b_i,\ \mathrm{i} = 1,\ 2,\ 3;\ \rho = \sum_{\mathrm{i}=1}^{3} \rho_{\mathrm{i}},$$

A vizsgálat összeköttetésen kialakuló forgalom különbözik a felkínált forgalomtól a hívásblokkolás és a sávszélesség-csökkenés miatt. Ha a folyamatban lévő áramlási és interaktív hívások maximális tömörítése után sincsen elég szabad sávszélesség, akkor az újonnan beérkező hívások elvesznek. Az így elutasított hívások következtében elvesző terhelést korlátozzák a maximálisan elfogadható blokkolási valószínűségre vonatkozó értékek ($B_1^{\max}$, $B_2^{\max}$, illetve $B_3^{\max}$).

Az áramlási és interaktív folyamok sávszélessége a vizsgált összeköttetés forgalmi terhelésétől függően ingadozik. Az interaktív folyamok sávszélesség-ingadozása nem eredményez semmilyen terheléscsökkenést, mivel az interaktív osztályú összeköttetésen átvitt adatmennyiség független a rendelkezésre álló sávszélességtől (az alacsonyabb sávszélesség hosszabb szolgáltatási időt okoz). Ugyanakkor az áramlási folyamok ingadozása további terheléscsökkenést idéz elő, hiszen az áramlási osztályú összeköttetésen átvitt adatmennyiség az összeköttetés alatt rendelkezésre álló sávszélességgel arányos.

A vázolt jelenség mennyiségi jellemzésére két veszteségre vonatkozó jellemzőt vezettünk be:

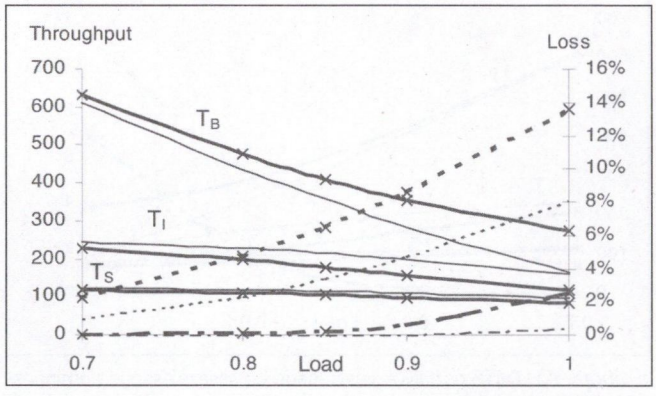
$$B_{call} = B_1^{\rho_1} + B_2^{\rho_2} + B_3^{\rho 3}$$

$$B_{bw} = B_1^{\rho_1} + \left(B_2 + (1 - B_2) \frac{b_2 - E(\theta_2)}{b_2} \right) \frac{\rho_2}{\rho} + B_3^{\rho 3}$$

B_{call} csak a hívásblokkolás okozta veszteségekre vonatkozik, míg B_{bw} a hívásblokkolás és a sávszélesség-csökkenés miatt bekövetkező veszteségeket együttesen jellemzi.

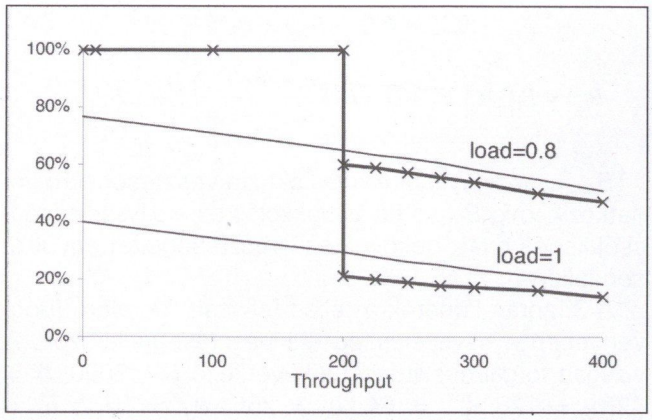
A 3. ábrán láthatók a teljes felkínált forgalom függvényében a sávszélesség- és veszteségjellemzők. A vizsgált forgalmi szituáció a következő C = 2000, b_1 = 12, b_2 = 128, b_1^{min} = 64, b_3 = 256, b_3^{min} = 51.2, μ_1 = 1/180, μ_2 = 1/300, μ_3 = 1/30, a nagy prioritású osztályok felajánlott forgalma megegyezik, $\rho_1/\rho = \rho_2/\rho = \rho_3/\rho$ = 1/3. (A hívások beérkezési intenzitása ennek megfelelő.) Két módszert hasonlítottunk össze. Az első esetben a teljes sávszélességet használhatja az összes szolgáltatási osztály (teljes megosztás), d = 0, míg a második esetben fenntartott sávszélességrészt kap a háttérforgalom, d = 200. Az első esethez tartozó eredmények vékony, míg a második esethez tartozó eredmények vastag vonallal vannak ábrázolva. A sávszélesség, a B_{call} és a B_{bw} görbék folyamatos, szaggatott, illetve pontvonallal vannak jelölve. T_I és T_S az interaktív és az áramlási osztály összeköttetéseinek átlagos sávszélességét, míg T_B a háttérforgalom számára rendelkezésre álló összes sávszélesség átlagértékét jelöli.

Látható, hogy gyakorlatban tipikus forgalmi terhelésnél, $\rho < 0.9$ a csökkenthető sávszélességű osztályok-



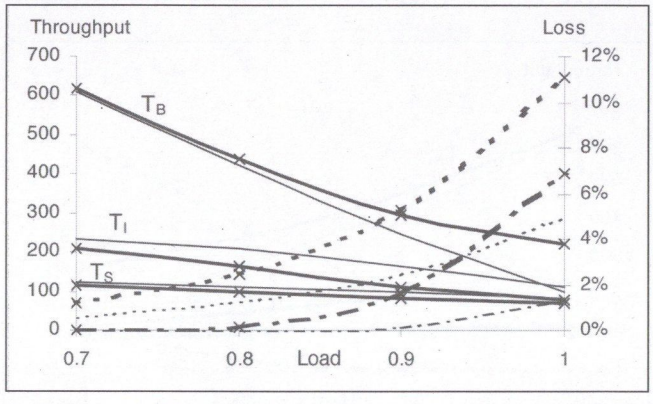
3. ábra UMTS-forgalmi osztályok vesztesége és sávszélessége egyenletes forgalmi terhelés esetén

nál némi sávszélesség-csökkenést és alacsony hívásblokkolási valószínűséget, $B_{call} < 2\%$ tapasztalunk, míg a kombinált veszteség mértéke, B_{bw} sokkal magasabb értéket mutat. Nagy terhelésnél, $\rho > 0.9$ folytatódnak ezek a trendek. Érdekes módon nem jelentkezik a háttérforgalom számára dedikált sávszélesség fenntartásának, d = 200 jelentős kedvező hatása a háttérforgalom átlagos sávszélességére ($E(\theta_4)$). Azonban az átlagos sávszélesség a háttérforgalom számára rendelkezésre álló sávszélességnek nem elég pontos jellemzője. A sávszélesség-fenntartás valódi előnye a 4. ábrán válik láthatóvá, amely θ_4 elosztását mutatja (azaz $\Pr(\theta_4 > x)$). Annak ellenére hogy a háttérforgalom átlagos

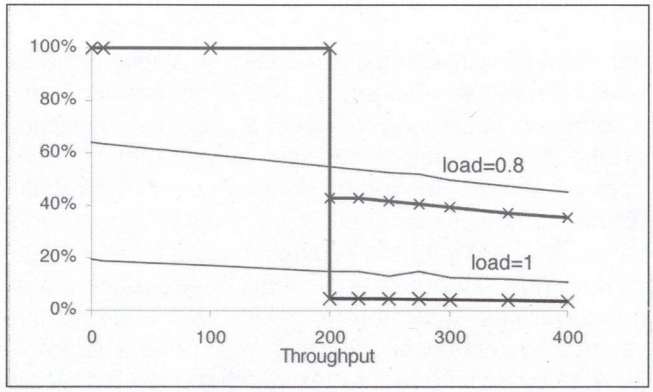


4. ábra A háttérforgalom számára elérhető sávszélesség eloszlása egyenletes forgalmi terhelés esetén

sávszélessége nem különbözik jelentősen, ha d=200 θ_4 eloszlása teljesen más ebben az esetben. A háttérforgalmi szolgáltatások minőségére nézve a legjelentősebb különbség az, hogy annak valószínűsége, hogy nincs rendelkezésre álló sávszélesség a háttérforgalom számára, $Pr(\theta_4 = 0)$, lényegesen kisebb. Ha δ =0, akkor nagy (20%–60%) a valószínűsége, hogy a nagyobb prioritású szolgáltatások teljesen kihasználják a rendelkezésre álló sávszélességet, és a háttérszolgáltatások számára egyáltalán nem marad sávszélesség. Ugyanakkor, ha δ = 200, akkor ez a minimális sávszélesség mindig rendelkezésre áll a háttérosztályba tartozó szolgáltatások számára.



5. ábra Az UMTS-osztályok vesztesége és sávszélessége domináns összenyomható forgalom esetén



6. ábra A háttérforgalom számára rendelkezésre álló sávszélesség eloszlása domináns összenyomható forgalom esetén

Az áramlási és interaktív osztály adaptív természete az oka annak, hogy a magas prioritású szolgáltatások nagy valószínűséggel teljes mértékben kihasználják a rendelkezésre álló sávszélességet. Ezek a szolgáltatások úgy alakítják a sávszélességüket, hogy az összeköttetés teljes sávszélességét a lehető legjobban kihasználják. Az 5. és 6. ábra megmutatja, hogyan növekszik a sávszélesség teljes kihasználásnak valószínűsége a forgalom összetételének változásával és az adaptív forgalmi osztályok arányának növekedésével. Ezeken az ábrákon ugyanazokat az teljesítményjellemzőket ábrázoltuk, megváltozott forgalom-összetétel mellett: $\rho_1/\rho = 0.1, \rho_2/\rho = 0.1, \rho_3/\rho = 0.8$ A 6. ábrán látható, hogy ennél a forgalom-összetételnél sokkal nagyobb a valószínűsége, hogy nem marad sávszélesség a háttérforgalom számára.

Összefoglalás

E tanulmányban kiterjesztettük a széles körben használt különböző sávszélességű szolgáltatások veszteségi modelljét az UMTS-forgalmi osztályokra. Azaz egységes modellt készítettünk, amelybe belevettük a rugalmas osztályok két fő, a harmadik generációs mobilhálózatok (UMTS) számára szabványosított típusát, az áramlási és az interaktív osztályt. E két osztály viselkedése között nagyon fontos különbség (bár ezt gyakran figyelmen kívül hagyják), hogy tartási idejük és ténylegesen átvitt forgalmuk eltérő módon függ a rendszer terhelésétől.

A kialakított modell segítségével a blokkolási valószínűségre és a bevezetett sávszélesség korlátokra vonatkozó teljesítményértékeket határozzuk meg két egyszerű sávszélesség-megosztási módszer felhasználásával. Arra a következtetésre jutottunk, hogy a sávszélesség egy részének az alacsonyabb prioritású hátterosztályhoz rendelésével ennek az osztálynak a szolgáltatásminőségét hatékonyan javíthatjuk anélkül, hogy számottevő blokkolást vagy sávszélesség-csökkenést okoznánk a magasabb prioritású osztályoknak. Ez az intuitív elvárásoknak ellentmondó eredmény az áramlási és az interaktív osztály rugalmas természetének következménye, mert ezek az osztályok – az vonalkapcsolt rendszerekkel ellentétben – hajlamosak az összes rendelkezésre álló sávszélesség felhasználására.

A kidolgozott modell és a segítségével számítható eredmények általánosan hasznosíthatók a jövő integrált szolgáltatású hálózatainak kialakításában.

Irodalom

1. Eitan Altman, Damien Artiges and Karim Traore: On the Integration of Best-Effort and Guaranteed Performance Services, INRIA Research Report No. 3222, July, 1997.
2. Allan T. Andersen, Sören Blaabjerg, Gábor Fodor and Miklós Telek: A Partially Blocking-Queueing System with CBR/VBR and ABR/UBR Arrival Streams, 5th IFIP International Conference on Telecommunications System, Nashville, TN, USA, March 1997.

3. Emano Berruto, Giovanni Colombo, Pantelis Monogioudis, Antonella Napolitano and Kyriacos Sabatakis: Architectural Aspects for the Evolution of Mobile Communications Toward UMTS, IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 8, pp. 1477-1487, October 1997.
4. G. Fodor, G. Malicsko, S. Malomsoky: A Joint Radio- and IP Resource Reservation Scheme in All-IP 3rd Generation Networks, accepted to the IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Chicago, IL, USA, September 2000.
5. D. Mitra, J. A. Morrison and K. G. Ramakrishnan: ATM Network Design and Oprimization: A Multirate Loss Network Framework, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 4, No. 4, pp. 531-543, August, 1996.
6. R. Nunez Queija, J. L. van den Berg, M. R. H. Mandjes: Performance Evalution of Strategies for Integration of Elastic and Stream Treaffic, International Teletraffic Congress, UK, 1999.
7. T. Ojanpera and R. Prasad, eds.: Wideband CDMA for Third Generation Mobile Comunications, Artech House, 1998.
8. S. Rácz, B. P. Tóth, and M. Telek: MRMSlove: Numerical analysis of large markov reward models, in Tools 2000, pp. 337-340, Springer. LNCS 1786, 2000.
9. S. Rácz, M. Telek, and G. Fodor: Link capacity sharing between guaranteed- and best effort services on an atm transmission link under GoS constraints, in System Performance Evaluation: Methodologies and Applications (E. Gelenbe, ed), pp. 69-79, CRC Press, 2000. Ch. 5.
10. S. Rácz, M. Telek, and G. Fodor: Link capacity sharing between guaranteed- and best effort services on an atm transmission link under GoS constraints, to appear in Telecomunication System Journal, 2001. 05. 13.
11. S. Rácz, M. Telek, and G. Fodor: Call level performance analysis of 3rd generation mobile core network.ICC 2001, Helsinki, Finnland, June, 2001.
12. K. W. Ross: Multi-service Loss Models for Broadband Telecommunication Networks , Springer Verlag London Limited, ISBN 3-540-19918-7, 1995.
13. Third Generation Mobile Systems in Europe , IEEE Personal Communications Magazine, April 1999.
14. The Evolution of TDMA to 3G , IEEE Personal Communications Magazine, June 1999.
15. Multiple Access for Broadband Wireless Networks, IEEE Communications Magazine, July 2000.
16. 3GPP TS 23.107, Services and System Aspects: QoS Concept and Architecture, ver. 3.2.0, 2000.
17. 3GPP TR 23.922, Architecture for an All-IP Network, ver. 1.0.0, 1999.



OKTATÁSI MINISZTÉRIUM PÁLYÁZATI FELHÍVÁSA

Az Európai Unió 5. Kutatási, Technológiafejlesztési és Demonstrációs Keretprogramjának tematikus hálózataiban való részvétel elősegítése

A pályázat célja, hogy elősegítse a hazai szakmai közösségek kapcsolódását az Európai Unió 5. Keretprogramja (EU 5. KFT) alapján létrehozott és működtetett szakmai hálózatokhoz (ezek a hálózatok az adott K+F célkitűzés érdekében társuló gyártók, felhasználók, egyetemek és kutatóközpontok együttműködésének támogatására alakulnak).

Pályázatot az alábbi célok megvalósítására lehet benyújtani: Részvétel a Keretprogram tematikus hálózataiban, a pályázatban megfogalmazott és ez alapján végrehajtott projektterv alapján. Támogatás kérhető a következő tevékenységekhez:

- Nemzetközi hálózati munkában való részvételhez. (Az EU Bizottság által támogatott hálózati tevékenységgel összefüggő eseményeken való részvétel, hírlevél készítése, kapcsolattartási költségek, a K+F eredmények elterjesztésével, hasznosításával kapcsolatos technológiai információs szolgáltatások, technológiai információs szolgáltatások, technológiatranszfer szolgáltatások);
- Tematikus hálózati tevékenység folytatása érdekében szükséges, a részletes pályázati kiírásban felsorolt tevékenységekhez, amelyek az EU Bizottság által vagy más közpénzből támogatásban nem részesülnek;
- A hálózat magyar részének felállítását, összehangolt működését szolgáló akciókhoz (rendezvényeken való részvétel, ill. rendezvényszervezés, dokumentumok fordítása, hitelesítése, jogi/pénzügyi tanácsadás igénybevétele stb.):
- EU-hálózat információs rendszeréhez, információs szolgáltatásához kapcsolódás feltételeinek megteremtéséhez (honlap, projektek webkapcsolata, adatbázis feltöltése és aktualizálása, adattartalom harmonizálása, adatszolgáltatás szabályozása).

A projekthez elnyerhető vissza nem térítendő támogatás mértéke: az Európai Únió Keretprogramjából elnyerhető és az egyéb támogatásokkal együtt legfeljebb a költségek 90%-áig terjedhet, de nem lehet több, mint 10 M HUF.

A projekt megvalósításának időtartama: legfeljebb 3 év.

Pályázhat, illetve a pályázatban részt vehet: minden belföldi székhelyű jogi személy, jogi személyiség nélküli társaság és egyéni vállalkozás, továbbá ezek konzorciumai. A külföldön bejegyzett jogi személyek csak a projektre elkülönített saját forrás meglétének igazolása esetén vehetnek részt a konzorciumban.

A pályázat forrása: a Központi Műszaki Fejlesztési Alapprogram Célelőirányzat elkülönített kerete.

Beadási határidő: folyamatos.

A díjmentes pályázati csomag, amely a részletes pályázati feltételeket és a szükséges űrlapokat is tartalmazza, átvehető az alábbi címen:

OM Kutatás-fejlesztési Helyettes Államtitkárság
1052 Budapest, Szervita tér 8.
A pályázati csomag letölthető az internet http://www.om.hu Kutatás/Pályázatok 2001 címről
További információ: Kutatási-fejlesztési Pályázati és Költségvetési Főosztály
Tel: 06-1-317 5900

Hol tart ma az NIIF-program?

I. rész

TÉTÉNYI ISTVÁN

villamosmérnök, NIIF MT

A hazai csomagkapcsolt technológia bevezetése már 20 éve elkezdődött. Az Internet Protokoll alapján működő országos hálózat I²F rövidítéssel rendkívül népszerűvé vált. Az egyetemek, akadémiai intézetek és közgyűjtemények ingyen használták a hálózatot. Ennek fejlődéséről és jelenlegi képességeiről számol be a cikk. Kitér az üzemeltetés és a gazdálkodás kérdéseire is.

A cikk két részben foglalja össze a Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Program (NIIF-program) legújabb eredményeit, és körvonalazza a közeljövő feladatait.

Az NIIF-programnak kormányhatározat szerinti feladata a magas színvonalú kutatási infrastruktúra biztosítása felhasználói számára. A felhasználói kör a felsőoktatás, kutatás és közgyűjteményi intézményrendszer és a Miniszterelnöki Hivatal. Mindez a teljes felsőoktatási intézményi kört, az összes akadémiai kutatóhelyet és múzeumokat, könyvtárakat jelenti. A kutatói közösség tehát a fenti intézményekben dolgozó kutatókat, oktatókat, munkatársakat és a felsőfokú oktatásban résztvevő diákokat jelenti. A kutatói hálózat egyrészt jelenti azt a szervezeti rendszert, amit a kb. 400 intézmény együttesen alkot. A kutatói számítógéphálózat neve: HBONE. A hazai kutatói hálózat nemzetközi szintéren a Hungarnet nevet viseli. A Hungarnet egy sor nemzetközi szervezetnek a tagja, pl: TERENA, RIPE, ISOC, stb. A TERENA http://www.terenal.nl/ az NIIF/Hungarnet-hez hasonló szervezeteket fogja össze európai méretekben.

A múlt

Szakaszok

A nagy informatikai rendszereknek történetük van. Az IIF (NIIF) program eredményei három szakaszra bonthatók:

- az 1991 előtti úttörő időszak (az X.25 adathálózat, az ELLA elektronikus levelező rendszer és egy sor hálózaton keresztül is elérhető adatbázis létrehozása),
- 1992–99 a hazai kutatói internethálózat kiépülése (Europanet, TEN-34, TEN-155, webtechnológia, tömeges felhasználás),
- 1999-től kezdődő időszak (nagy sebességű kutatóhálózat, GEANT, szuperszámítógép).

Az elmúlt 13 év eredményeit sokféle szempont alapján lehet értékelni. A kutatói közösség szempontjából a legfontosabb azonban mindig a pragmatikus, feladatalapú megközelítés volt. Mindig konszenzus volt abban a kérdésben, hogy a kutatói közösség információs infrastruktúráját koncentráltan és kooperatívan kell megteremteni, majd kiépíteni, végül tömegessé tenni. (Ez a megközelítés nem egyedi, kezdve az amerikai NSF-NSFNET-tel és folytatva egy sor európai kutatói hálózati szervezettel.)

A 90-es évek közepén két meghatározó kérdésre kellett választ találni:

- Milyen szervezeti keretekben működjön az NIIF-program?
- Hogyan lehet finanszírozni egy exponenciálisan növekvő rendszert?

A kérdések hosszú ideig megválaszolatlanok maradtak. A hazai kutatói közösség egyre inkább kényszerpályára állt, sőt a korábbi struktúra felszámolása is felmerült. A műszaki fejlesztések – igaz nagyon korlátozott mértékben – továbbfolytak. 1997-ben megvalósult a TEN-34 csatlakozás, amivel a hazai távközlés főszereplője kilépett a nemzetközi színtérre. A mélypont 1998 őszén volt.

Hosszas kormányzati egyeztetés után jóváhagyás született arról, hogy az EC Quantum projekthez Magyarország csatlakozhat. Ezzel szabad út nyílt a TEN-155 csatlakozás felé, ami 1999 decemberében 34 Mbps kapacitással meg is valósult.

Az első kérdésre a hivatalos válasz 1999 nyarán született meg a kormány rendeletével. Ezzel a kb. 10 évig „sehova se tartozik az NIIF" állapot megszűnt. A határozat szerint az NIIF-programot az oktatási miniszter felügyeli, és a minisztérium költségvetési fejezetébe tartozik. A döntést egy sor szempont alapján nagyon részletesen lehetne még tovább indokolni, értelmezni. A jövő szempontjából talán a leglényegesebb a finanszírozási modell stabilizálhatósága. Ezzel megszűnt az a tár-

• alaphálózat – X.25 és e-mail (ELLA)	88–89
• vegyes nemzetközi hálózati rendszerek EUnet, BITNET, internet	90–91
• a városi hálózatok és Ip-technológia meghatározóvá válnak	92–93
• expanzív szakasz a felhasználói kör teljes lefedettsége, finanszírozási problémák megjelenése elvitathatatlan eredmények a hazai internetkultúra megteremtésében TEN-34	94–97
• műszaki eredmények, pl. TEN-155, de finanszírozási/menedzsmentválság, felelős vezetők	98–99
• új struktúra 1999 augusztusától	1999
• nagy sebességű belföldi gerinchálózat	2000

1. ábra Az NIIF program eredményeinek áttekintése

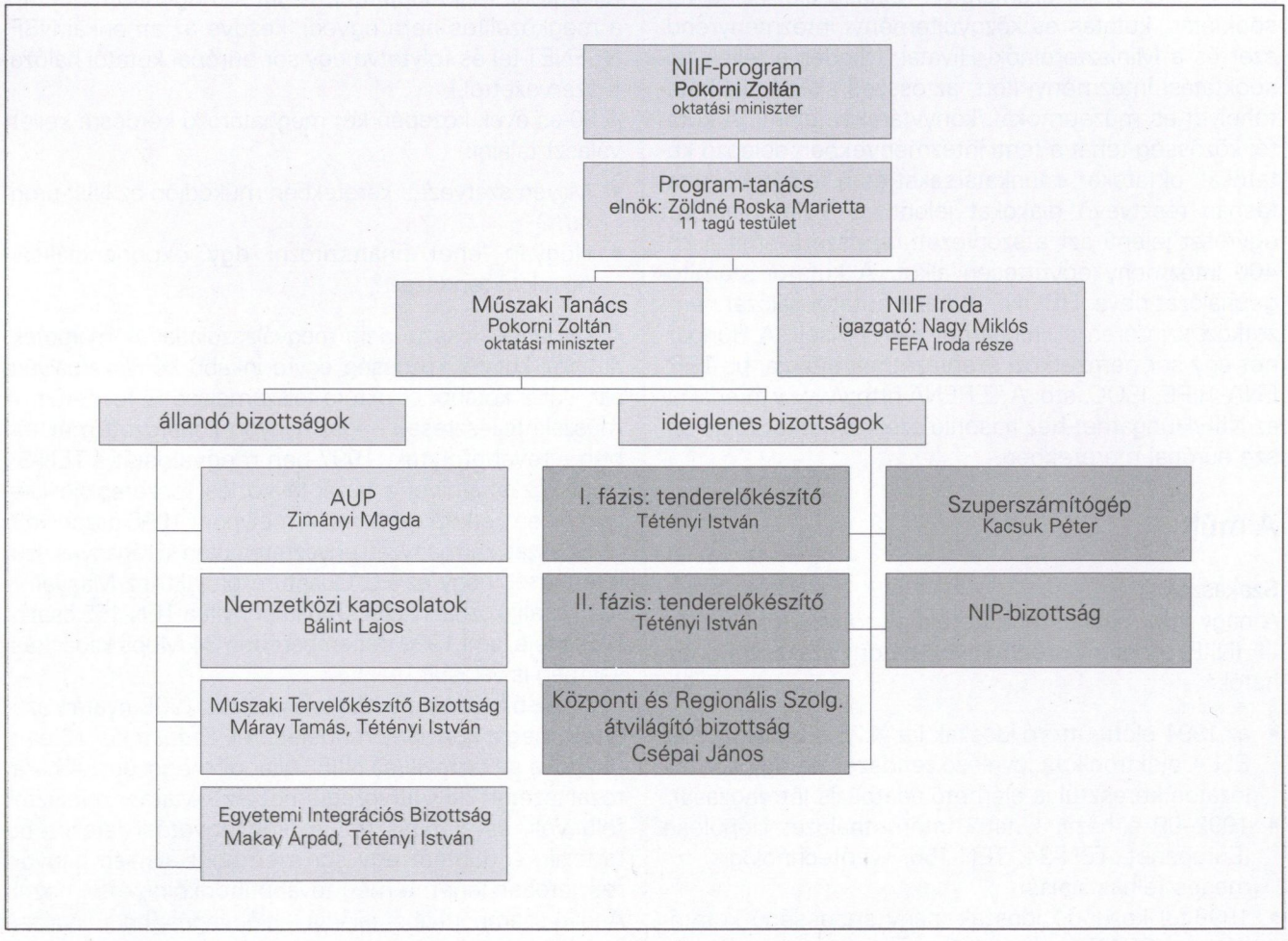
caközi, kijáráson alapuló finanszírozása az NIIF-programnak, ami folyamatos bizonytalanságot jelentett, miközben a felhasználók egyre magasabb szolgáltatási színvonalat és stabilitást igényeltek. Az új szervezeti struktúrát az 2. ábra mutatja.

A második kérdésre a választ a hazai távközlési versenypiac kiépülése adta. 1999-től a hazai távközlési ipar adatkommunikációs szolgáltatói valóban versenyeznek egymással. Az árakra vonatkozó nemzetközi tendenciák itthon is érvényesek: nem árkedvezmények, hanem versenyárak vannak. Ez újabb lényegi felismeréssel egészíti ki az NIIF-modellt. A korábbi paternalista, majd kijárásos beszerzést egy, a versenypiachoz alkalmazkodó beszerzési politika váltotta fel.

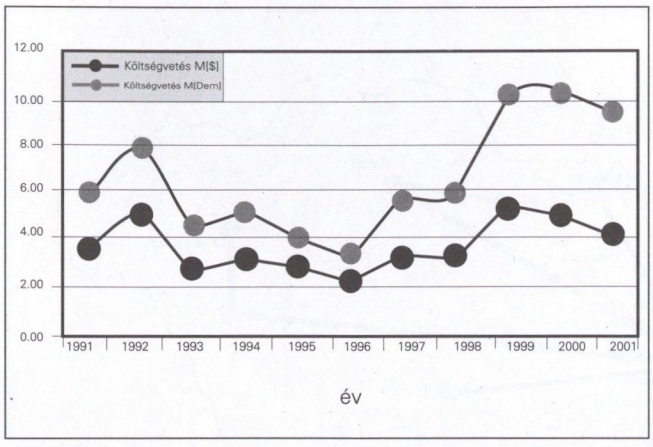
Összefoglalva: A múlt 1999 végével lezárult. A kormány döntött az NIIF jogállásáról, feladatairól, struktúrájáról. Az NIIF vezető szervezetei létrejöttek, megszülettek az első jelentős műszaki eredmények. A döntés eredményeképpen a szervezeti és költségvetési stabilitás megteremtődött.

Az NIIF-program finanszírozása

Az NIIF-program finanszírozása alapvető kérdés. Az új kormányhatározat éppen ezen a területen jelentett válto-



2. ábra Az NIIF program szervezeti struktúrája



3. ábra Az NIIF-program költségvetésének alakulása

zást. Az NIIF beszerzési modell hatékony működéshez szükséges a „kritikus" tömeg elérése. A 3. ábra az NIIF-program finanszírozását mutatja be az utolsó 10 évben. Az egy felhasználóra jutó költség lényegesen alacsonyabb ma, mint a 90-es évek elején. Az ábra másik tanulsága, hogy hálózati technológiaváltáskor megugranak a költségek. Ez egyrészt triviális, másrészt éppen 2001-2002 optikai internet terveit tekintve nagyon lényeges.

A kutatói gerinchálózat

Nagy sebességű összeköttetések

A kutatói gerinchálózat kapacitása az utóbbi két évben összességében kb. két nagyságrenddel növekedett. (Ma kb. 3,5Gbps – 1999-ben max. 35Mbps volt.) A gerinchálózati összeköttetéseket két közbeszerzési eljárás keretében váltottuk le. Az első 11 új, nagy sebességű kapcsolat 2000 januárjától üzemel, 2000 októberétől a gerinchálózat 24 további új, nagy sebességű összeköttetéssel bővült. Az összeköttetéseket SDH (szinkron digitális hierarchia) alapján biztosítják a szolgáltatók. A közbeszerzési eljárást eredetileg egy sor adatátviteli technológiára kellett kiírni, mivel 1999-2000-ben nem lehetett még meghatározni, hogy a szolgáltatóknak és az NIIF-nek mely technológiai megoldás optimális. Utólag az eredmény elég nyilvánvaló, azonban 1999-ben nem volt még az SDH-szolgáltatás a piacon.

Miről is van szó? A hazai távközlési szolgáltatók alaptechnológiája az SDH. Az SDH egy kiforrott technológia, kényelmesen felügyelhető, telepíthető. Jelentős hazai gyakorlat és szakismeret áll rendelkezésre az SDH-rendszerek telepítésében és üzemeltetésében. Kicsit leegyszerűsítve a távközlési vállalatok először kiépítik optikai rendszereiket, erre alaptechnológiaként SDH-t ültetnek, majd ezen a transzportszolgáltatási platformon indulnak tovább újabb „csomagolt" szolgáltatások bevezetésével. A közvetlen optikai összeköttetéseket leszámítva (fekete üvegszál), a közös platform az SDH. Mivel ennek a legkisebb a további beruházásigénye, a legkedvezőbb ár/teljesítmény érhető el. Ez is történt. Az első 11 kapcsolat létrejötte alapvetően megváltoztatta a kutatói hálózat struktúráját; kilobitekről megabitekre tértünk át. Az SDH-szolgáltatás minőségi paramétereit tekintve Európában mindenütt azonos. A legfontosabb tulajdonsága azonban a tartalékoltság. Az SDH-rendszerek lényegében 100%-os rendelkezésre állásúak. A szolgáltatók 99,9%-os rendelkezésre állást és négy órás hibajavítást garantáltak. Az eddigi 16 hónap tapasztalatai azt mutatják, hogy a szolgáltatási színvonal biztosítható.

A második tender azonos eredményt hozott, mint az első. Az SDH volt változatlanul a legolcsóbb szolgáltatás. A HBONE-hálózat aktuális térképe a 4. ábrán található.

A két közbeszerzési eljáráson az Matáv Rt. és a V-COM Rt. (PartnerCom, Vivendi) nyerte el a jogot, hogy az összeköttetéseket megvalósítsa.

Az 1999. év végi tendernek komoly nemzetközi visszhangja volt. Az EC Kutatási Minisztereinek 2000. márciusi lisszaboni, előkészítő anyagában mint pozitív nemzetközi példa szerepelt a magyar kutatói hálózat bővítése. A későbbiekben részletezendő GEANT-projekt szempontjából is nagyon lényeges mindez.

Összefoglalva: 2000 őszére a hazai kutatói hálózat 35 nagy sebességű összeköttetéssel rendelkezett. A hálózat lényegében lefedi az országot nagy sebességű összeköttetésekkel. Gerinchálózat tekintetében a magyar kutatói infrastruktúra Európa fejlettebbik felébe került, megelőzve egy sor uniós országot is. Magyarországra egy sor területen jellemző vidék-főváros szeparáltság a kutatási infrastruktúrát tekintve meghaladható volt. Ma a kaposvári vagy békéscsabai kutató-oktató azonos „hálózati" szolgáltatást kap, mint a fővárosi. A hálózathasználati profilok is azonosak.

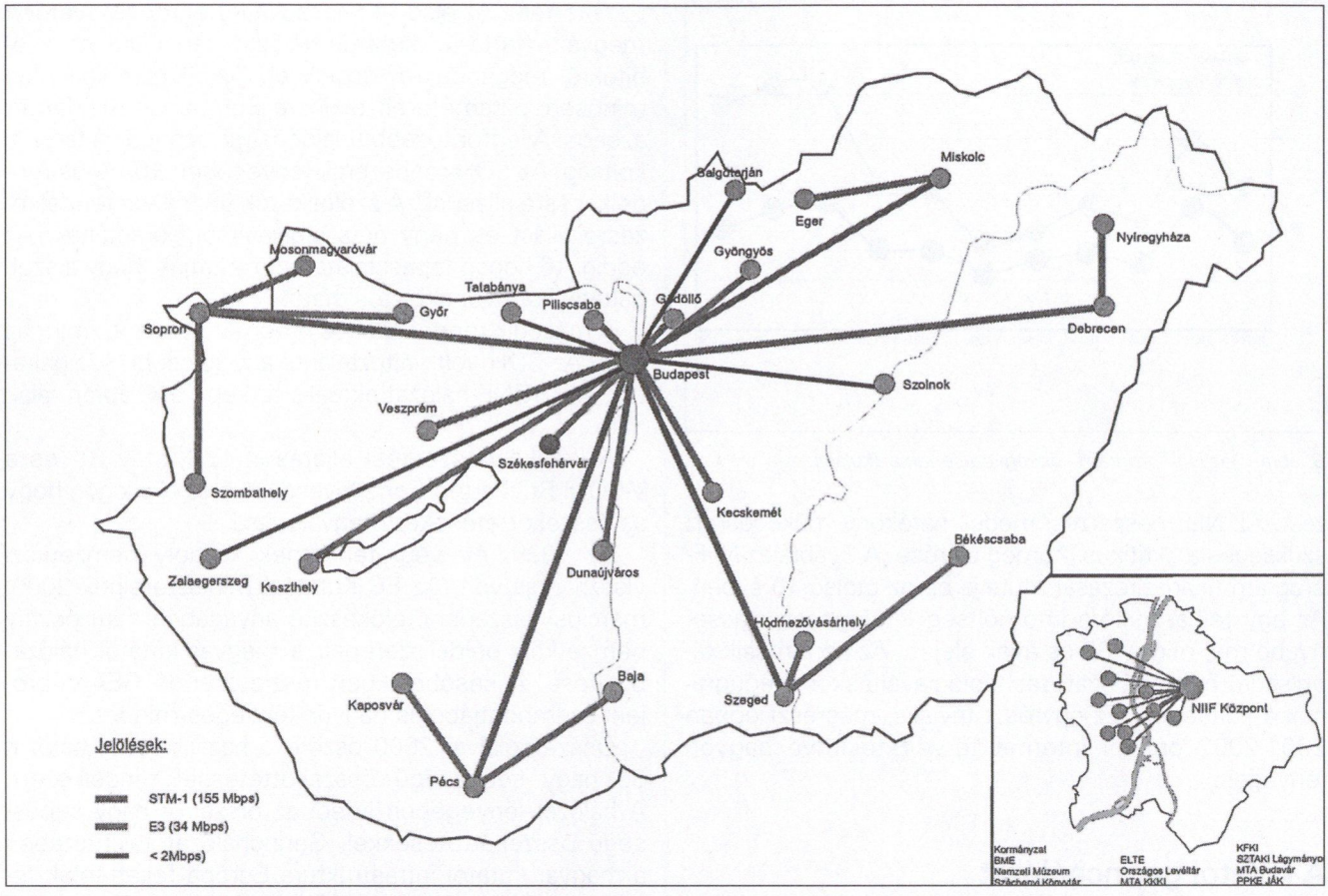
A digitális összeköttetések

Digitális összeköttetéseken az alacsonyabb sebességű 64-2048 kbps sebességű összeköttetéseket értem.

Az NIIF hosszú története miatt az összes mára elavulttá vált digitális összeköttetési eljárást alkalmazta. Egyrészt célszerű volt a váltás a csatornázott E1 áramkörök alkalmazása felé. Az ilyen összeköttetések lényegesen stabilabbak és költséghatékonyabbak, bővítésük egyszerűbb.

Másrészt sikerült megállapodnunk a Matáv Rt-vel, hogy azonos árért évente majdnem kétszeres kapacitást és meghatározott számú bővítési kontingenst nyújt. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a végfelhasználó intézmények igény esetén kétszeres kapacitáshoz juthatnak évente. Ennek a megállapodásnak a keretében tovább egységesült a szolgáltatási határ az NIIF és a távközlési szolgáltatók között.

Összefoglalva: jelentős előrelépés történt a felhasználói intézmények becsatlakozásának növelésével. A felhasználó intézmények jelentős részének egy tervezhető bővítési lehetőség áll rendelkezésére. A szerződés 2002-ben le fog járni, de az addig megvalósuló új és bővülő összeköttetések kb. 60-70Mbps aggregált forgalmat fognak jelenteni.



4. ábra A HBONE nagysebességű gerinchálózata 2001 tavaszán

A gerinchálózati eszközök

A gerinchálózati eszközök beszerzése szintén több lépésben valósult meg. A meghatározó műszaki felismerés: távközlési minőséghez, távközlési kategóriájú eszközökre és belső struktúrára van szükség. (Mindez triviális, ha valaki egy távközlési vállalatnál dolgozik, azonban az NIIF alapvetően egy felhasználói igényeket kiszolgáló szervezet.) A nagy sebességű rendszer magjának kiépítésekor a 11 végpontra rack, UPS, router, ethernet switch, hálózatfelügyeleti szerver és hálózatfelügyeleti munkaállomás került. Tipikus POP – point of presence – infrastruktúra épült ki.

Az NIIF-központban több kisebb lépésben megújult az infrastruktúra. Itt egy igazán komoly teljesítményű Cisco 12012 ún. gigabit router települt. Egyértelmű, hogy egy igazán nagy sebességű hálózat középpontjában nagy teljesítményű IP-kapcsolóeszközre van szükség.

A további nagy sebességű végpontokra Cisco 7206 és Cisco 2651 kategóriájú eszközök kerültek. Az eszközök installálása 2001 áprilisában fejeződött be.

Az eszközöket a Synergon Rt. szállította. A Synergon munkatársai a telepítés és a rendszerintegráció feladataiban is részt vettek.

A gerinchálózati eszközök telepítése mellett az elavult készülékek visszavonása is megtörténik. Célunk, hogy a korszerű technológiákat támogató és megfelelő IP-kapcsolási teljesítménnyel rendelkező eszközök legyenek a HBONE-csomópontokon.

Összefoglalva: 2001 áprilisára a gerinchálózati eszközök 95%-át sikerült lecserélni és újakat telepíteni az NIIF nagy sebességű végpontjaira.

A gerinchálózati technológiák

A HBONE ma megőrizve valamennyit a múltból és elfogadva a felhasználók potenciális igényeit, ATM- és POS-keretezést egyaránt használ a nagy sebességű belső összeköttetéseken. Ma a HBONE-ban három Cisco LS1010 típusú ATM-kapcsoló is működik. Mindezek mellett a HBONE kizárólag IP-szolgáltatást nyújt.

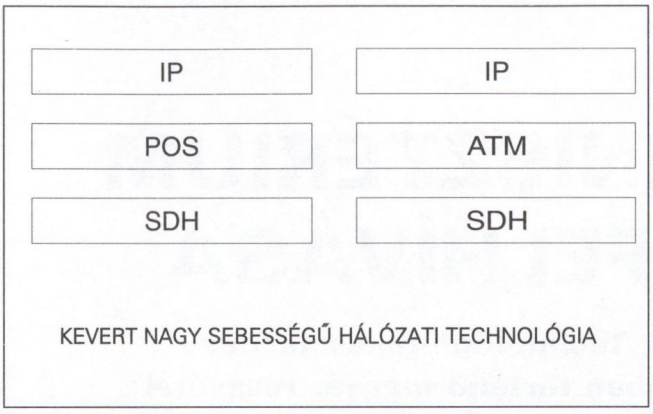
Technológiai szempontból a legnagyobb váltást az MPLS (Multiprotocol Label Switching) bevezetése jelenti. Ezzel a technológiai eljárással több lényeges követelmény teljesül egyszerre:

- a felhasználók nem „látják" a hálózat belső struktúráját;
- egységes szolgáltatási határ kialakítására van mód;
- virtuális magánhálózatok (VPN) megvalósítása lehetséges;
- csökkenti a rendszer egyes elemeinek a terhelését.

Az MPLS bevezetését komoly tesztek előzték meg 2000 nyarán. Eddig 8 hónapnyi tapasztalat van mögöttünk az MPLS felhasználásában. Az elvárásokat egyértelműen teljesíti, stabilitása megfelelő. Ugyanakkor a gyártói támogatás nem zökkenőmentes.

A VPN-téma több szempontból kiemelt jelentőségű:

- az egyesült egyetemek belső rendszereit (gazdálkodási, tanulmányi) védetten kell összekapcsolni,



5. ábra A HBONE-gerinchálózati technológiák

- ugyanez az igény felmerül más NIIF-tagintézmények részéről is,
- szolgáltatás biztosítása más nagy társrendszerek számára.

A Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma számára egy kb. 50 végpontból álló zárt VPN-hálózat valósult meg 2001 tavaszára.

A külső kapcsolatok

A nemzetközi összeköttetés

A nemzetközi kapcsolat a TEN-155 hálózat keretében 2000 decemberétől 155 Mbps lett, ebből 70 Mbps amerikai kapcsolat. 2001 nyarára egy közvetlen új 155 Mbps amerikai összeköttetés is rendelkezésre fog állni.

A nemzetközi vonal rendelkezésre állása kiemelkedő: 99,94%. A TEN-155 hálózatban az NIIF felhasználói forgalmaznak a legtöbbet, havonta kb. 21000 Gbyte-ot. A nemzetközi vonal telített, ezért az új összeköttetésre nagy az igény.

A BIX-kapcsolat

A belföldi internetkicserélő központtal a kapcsolat 2001 februárjától gigabit kapacitású lett. A napi csúcsok meghaladják a 200 Mbps-t. A forgalom az utóbbi fél évben duplájára nőtt. A hazai szolgáltatások felét nagyjából az NIIF-kör használja.

A Sulinet-kapcsolat

A Sulinet-kapcsolat az utóbbi időben nem változott. A kapcsolat 9 Mbps, és erősen telített az iskolák részéről.

Hálózatfelügyelet

Konfigurációfelügyelet

Egy HBONE-méretű rendszer megfelelő konfigurációfelügyelete önmagában komplex feladat. 2000 során az összes eszköz konfigurációja CVS kódverziókövető rendszer alá került. A routerek, switchek konfigurációi naprakészen hozzáférhetők, összehasonlíthatók, webalapon is tanulmányozhatók. Ez a váltás ugyan kis lépésnek tekinthető, azonban a rendszer stabilitása szempontjából meghatározó, mivel korábbi konfigurációs állapotok pontosan visszaállíthatók.

Mérések

A HBONE-rendszer több száz paraméterét folyamatosan mérjük, naplózzuk. Gyakorlatilag az összes hálózati interfész forgalma, a routerek terhelése, csomagvesztés és egyéb paraméterek mérése történik meg. A mérési adatokat az RRDTOOL vizualizációs eszközzel, webalapon publikáljuk. A legfontosabb forgalmi és egyéb adatok tehát rendelkezésre állnak.

Hiányosság azonban, hogy nem használunk kiterjedt módon netflow-analízist a forgalom mérésére. Várhatóan 2001-ben a netflow-alapú forgalommérést is széles körben sikerül bevezetni. A netflow bevezetése az NIIF AUP szigorúbb betartatását is lehetővé teszi.

A mérések célja a szűk keresztmetszetek és a trendek azonosítása. A jelenlegi mérésekkel a HBONE-rendszer lényeges paramétereit nyomon lehet követni.

Hálózatfelügyeleti eljárások

A HBONE-magban public domain és HP Openview felügyeleti rendszereket alkalmazunk. A felügyelet célja a hálózati hibák azonosítása és a megfelelő elhárító lépések megtétele.

A HP Openview-rendszer még nem teljes funkcionalitással, de üzemszerűn működik. A HBONE-mag nagy sebességű vonalainak állapotát lehet nyomon kísérni az eszközzel.

Az alkalmazott public domain rendszer a Netsaint. Jelentős fejlesztéseket végeztünk annak érdekében, hogy a hálózat konfigurációs adataiból közvetlenül lehessen Netsaint konfigurációt készíteni. A teljes funkcionalitású HBONE-felügyelet azonban még nem Netsaint-alapú.

Összefoglalva: Az alkalmazott felügyeleti rendszerek összességükben lehetővé teszik a hibák azonosítását. További fejlesztéseket tervezünk a rendelkezésre állás és a minőségi paraméterek mérésének terén.

Hibajegykezelés

A hálózatfelügyelet 2001-től adatbázis-alapú hibajegykezelő rendszert alkalmaz. A rendszer lényegesen flexibilisebb, és az operátorok, valamint az NIIF számára egyaránt további előnyöket jelent.

Hálózati nyilvántartások

A HBONE-felügyelet számára 2001 során egy teljes, adatbázis-alapú nyilvántartás áll majd rendelkezésre. Ezzel megoldódik az a régi probléma, hogy a végponti intézményekről nincs megfelelő, naprakész, on-line adat az üzemeltetés kezében. Az intézményekre vonatkozó legfontosabb adatok (elérés, telefon, fax, kapcsolattartók, eszközök, vonali azonosítók stb.) adatbázisban vannak tárolva.

OKTATÁSI MINISZTÉRIUM PÁLYÁZATI FELHÍVÁSA

Az Európai Unió 5. Kutatási, Technológiafejlesztési és Demonstrációs Keretprogramjában történő magyar részvétel támogatására, keretprogram-pályázatok, valamint konzorciumok alakításának előkészítésére

A pályázat célja, hogy állami eszközökkel is elősegítse az Európai Unió 5. Kutatási, Technológiafejlesztési és Demonstrációs Keretprogram (EU 5. KTF Keretprogram) pályázati felhívásaihoz kapcsolódóan a magyar részvételt, a keretprogram-pályázataira beadandó projekttervek kidolgozását, konzorciumok létrehozását, az EU Bizottság által elfogadott pályázatok esetén a szerződéskötés indítását.

Pályázatot az alábbi célok megvalósítására lehet benyújtani:

a) Nemzetközi projektkonzorciumok létrejötte érdekében, illetve azok előkészítéséhez:
- részvétel a külföldön tartandó, a közös projekt előkészítését célzó üléseken (konzorciumi megbeszéléseken, a Bizottság képviselőivel folyatandó konzultációkon, illetve ahol a pályázati kiírás nem ezt a formát írja elő, más előkészítő megbeszéléseken);
- hazai azonos célú rendezvény, videokonferencia szervezése és lebonyolítása;
- saját projekt, ill. a konzorciumi projekt megszervezése érdekében szükséges előkészítő munkához külső jogi és/vagy pénzügyi, projektszervezési tanácsadás igénybevétele.

b) Az Európai Bizottság által elfogadott pályázatok esetén:
a szerződéskötés előkészítése érdekében szükséges kiutazások, szolgáltatások igénybevétele.

Igényelhető támogatás mértéke: legfeljebb 1 M HUF.

A projekt időtartama: az 5. KTF Keretprogram időtartama alatt.

Pályázhat, illetve a pályázatban részt vehet: minden belföldi székhelyű jogi személyiségű nonprofit szervezet.
A támogatás forrása a Műszaki Fejlesztési Alapprogram Célelőirányzatából elkülönített kerete.

Beadási határidő: meghirdetés után folyamatosan.

A díjmentes pályázati csomag, amely a részletes pályázati feltételeket és a szükséges űrlapokat is tartalmazza, átvehető az alábbi címen:

OM Kutatás-fejlesztési Helyettes Államtitkárság
1052 Budapest, Szervita tér 8.
A pályázati csomag letölthető az internet
http://www.om.hu Kutatás/Pályázatok 2001 címről
További információ: Kutatási-fejlesztési Pályázati és Költségvetési Főosztály
Tel: 06-1-317 5900

A digitális televízió bevezetésének dilemmái Magyarországon

ÁGOSTON GYÖRGY

műszaki igazgató, Magyar Televízió

(Dublinban, a DVB Word 2001 konferencián 2001. március 7-én elhangzott angol nyelvű előadás magyarra fordított s átdolgozott változata)

Magyarország kis európai ország gyorsan fejlődő gazdasággal. A televíziózással foglalkozó magyar szakemberek fölismerték ugyan az új digitális szolgáltatások előnyeit, az új technológiák megvalósításának körülményei azonban még különböznek a fejlettebb országok lehetőségeitől. Ezért a szakemberek összefogtak, s kidolgoztak egy stratégiai tervet, amellyel a hivatalos szerveket arra ösztönzik, hogy hozzák meg a szükséges döntéseket a digitális földfelszíni televíziózás mielőbbi magyarországi bevezetése érdekében. Az alábbiakban ennek a tervnek a célkitűzéseiről lesz szó, s részben igyekszünk megválaszolni a „miért és hogyan" kérdéseket is.

Bevezetés

Magyarország kis ország, de nem kevesebb mint hét szomszédos ország veszi körül, közöttük olyan hatalmas állam is, mint Ukrajna. Sok szomszédot tudni magunk körül, egyes esetekben nem rossz dolog, máskor viszont kevésbé előnyös. Nincs könnyű dolga a mi frekvenciahatóságunknak, amikor frekvenciákat akar koordinálni, majd kiosztani mindazoknak a digitális szolgáltatásoknak, amelyeket nálunk a belátható jövőben meg kívánnak valósítani.

Egy másik érdekes dolog: mértékadó statisztikák szerint európai összehasonlításban a magyar emberek töltik el naponta a leghosszabb időt a képernyők előtt, miközben legalább három országos (egy közszolgálati és két kereskedelmi) földi csatorna, számos regionális és helyi műsor között válogathatnak. A választékot egy sor – az Astra és a Hot Bird műholdakról lesugárzott szabad hozzáférésű – analóg és digitális (meg néhány fizetős) csatorna bővíti azok számára, akik valamilyen kábelhálózathoz csatlakoznak (a lakosság mintegy 45%-a), illetve akik analóg vagy digitális műholdvevő készülékkel rendelkeznek (a lakosság mintegy 20%-a).

Valószínűleg a média iránt megnyilvánuló különösen nagy érdeklődés, valamint a szocialista érában a médiára kifejtett erős politikai hatások következményeként rögtön a rendszerváltást követően már 1990-ben elkeseredett és hosszú médiaháború kezdődött a politikai erők között, ami aztán egészen 1996-ig eltartott. Akkorra a politikai pártok nagy nehezen egyezségre jutottak, amelynek eredményeképpen Magyarországon elfogadásra került az első médiatörvény. A médiatörvény végrehajtása során ugyan később számos probléma merült föl, mindazonáltal széles kaput nyitott a kereskedelmi média számára, melynek mindaddig nem voltak gyökerei Magyarországon.

A törvény alkotóinak szándéka az volt, hogy a verseny ne csak a közszolgálati és a kereskedelmi média között induljon meg, hanem az egyidejűleg létrehozott több kereskedelmi televízió és rádió egymással is versenyezzen. Ezért az egy évvel később megalakult Országos Rádió és Televízió Testület két országos kereskedelmi televíziónak, a TV2-nek és a magyar RTL Klubnak juttatott műsorszolgáltatási engedélyt.

A rendelkezésre álló frekvenciakészletből azonban mindössze három országos földfelszíni televíziós hálózat volt kialakítható. Ezért az 1997-ig két országos földfelszíni csatornával rendelkező Magyar (közszolgálati) Televízió egyik csatornájának frekvenciakészletét elvették, s átadták a kereskedelmi televíziónak. Azóta a Magyar Televízió második közszolgálati csatornáját az egyik Hot Bird műholdon keresztül sugározzák.

A digitális pirkadat

A 90-es évek közepén néhány leleményes üzletembernek az a gondolata támadt, hogy ha már az emberek annyira szernek televíziózni Magyarországon, miért ne tegyenek a kedvükre, s biztosítsanak számukra minél több nézhető programot. A megoldás kulcsát az éppen megjelenő DVB-S szabvány szerinti digitális műholdas programsugárzásban látták, amely egyidejűleg tette lehetővé a szórakoztatást és egy újfajta, kitűnőnek látszó üzlet indítását.

Így 1997-ben a magyar műsorszóró vállalat, az Antenna Hungária egy erre specializálódó izraeli céggel közösen útjára bocsátotta az első magyar digitális programcsomagot az ÁMOS műholdon keresztül. A csomag négy magyar nyelvű tv-műsort tartalmazott. A kábeltelevíziós hálózatok üzemeltetőinek többsége örömmel adott helyet ezeknek a műsoroknak, amelyeket több, mint 3 millió ember élvezhetett (a tv-nézőknek legalább a 40%-a csatlakozott akkoriban a kábelhálózatokhoz). Ezek a programok bizonyos szempontból egyedülállók voltak, ugyanis a nézők többsége sajnos

nem beszél egyetlen idegen nyelvet se, így számukra élvezetet jelentett a folyamatos szövegértés.

Azóta a programcsomag tartalma többször megváltozott, népszerűsége azonban nem csökkent. Sőt, egyre nő a csomagban lévő és más digitális műsorok vételére is alkalmas digitális műholdvevő készülékek száma.

A magyar Digitális Platform

Amikor a DVB-T digitális terresztriális szabvány a műholdas szolgáltatásokhoz képest még további programlehetőségeket teremtett, a televíziózáshoz valamilyen formában kötődő magyar intézmények (Antenna Hungária, Magyar Televízió, Műegyetem, KHVM, HÍF, ORTT és más szervezetek) szakembereinek egy csoportja tanácskozni kezdett a DVB-T lehetséges magyarországi jövőjéről. A digitális műholdas adások kedvező fogadtatása alapján nem volt kétséges számukra a DVB-T jövőbeli sikere sem. Arra a meggyőződésre jutottak, hogy a digitális földfelszíni televíziózás egészen különleges lehetőségeket kínál, ugyanakkor jelentős kihívásokkal jár majd együtt.

1998 elején ugyanezek a szakemberek, a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület keretében megalapították a magyar DVB-kört, amely a digitális földfelszíni televíziós szolgáltatások magyarországi bevezetésének műszaki, gazdasági, pénzügyi és jogi feltételeinek alapos vizsgálatát tűzte ki céljául. Tagjai fő feladatuknak tekintették olyan fontos kérdések megválaszolását, mint például: milyen előnyei lehetnének Magyarországon a digitális földfelszíni televíziós szolgáltatásoknak, vagy: hogyan és mikor vezethető be a digitális televízió hazánkban?

A Kör tagjai folyamatosan tanulmányozták a digitális földfelszíni televíziózás bevezetésére irányuló különféle módszereket, különösen a brit modellt. Igyekeztek kitalálni, hogyan lehet adaptálni ezeket a tapasztalatokat Magyarországon. Hamarosan rájöttek, hogy a digitális földfelszíni televíziózás bevezetése során számos probléma merülhet föl. Néhány ezek közül általánosnak mondható, és valamennyi országra tipikus, jó néhány azonban kizárólag a specifikus földrajzi és gazdasági viszonyokkal rendelkező Magyarországra jellemző.

Tevékenységének első szakaszában (kb. 1999 végéig) a Kör számos – a digitális földfelszíni televíziózás bevezetésével összefüggő – műszaki, pénzügyi és politikai kérdéssel foglalkozott.

Technikai kérdések

A Magyar Televízió 1990-ben az elsők között vezette be a digitális műsorgyártást, s a kereskedelmi televíziózás elindulását követően a jelentős kereskedelmi televíziókat is digitális technikával szerelték föl. Figyelembe véve a műsorok technikai minőségét és a digitális műsorszórásban rejlő további szolgáltatási lehetőségeket, nyilvánvalónak tűnik, hogy a magyarországi tartalomszolgáltatók érdekeltek lehetnek abban, hogy a digitális formában előállított műsorjeleiket digitális formában továbbítsák a nézőkhöz.

A magyar vevőkészülék-piac viszonylag kicsi, nincs értelme tehát nem szabványosított, gyártóspecifikus megoldások kialakításának, éppen ellenkezőleg, mindenki – beleértve a néhány készülékgyártót is – a szabványosított DVB-MHP kezdeményezést fogadta el.

A szolgáltatások elindításához szükséges frekvenciák kijelölése az egyik legfontosabb és legproblematikusabb kérdésnek tűnik. Mint ahogy arra korábban utaltunk, jelenleg három országos analóg televíziós csatorna s egy sor további helyi kis adó működik Magyarországon. Mindennek következtében a III-as sávban egyáltalán nincs szabad frekvencia, a IV-es és V-ös sávban (470-862 MHz) rendelkezésre álló frekvenciák is mindössze három, úgynevezett digitális programmultiplex kialakítását teszik lehetővé. Ráadásul a három multiplex teljessé tételéhez szükséges néhány frekvencia még mindig katonai célokat szolgál (a 61-69 tv-csatornák közül), mégpedig olyan katonai berendezéseket, amelyek a volt Varsói Szerződés katonai arzenáljából maradtak fönt. Magyarország nemrég a NATO tagja lett, s így várható, hogy egyes – jelenleg katonai célokat szolgáló – frekvenciák fölszabadulnak, és felhasználhatók lesznek a digitális televíziózás számára. Ugyanakkor további koordinációs nehézségek merülhetnek föl néhány olyan szomszédos országgal, ahol a katonai eszközök váltása egyenlőre nem várható, s ezek a frekvenciák valószínűleg továbbra is katonai használatban maradnak. Nagy kérdés az is, hogy mennyire lesz majd sikeres a frekvenciakoordináció azzal a Jugoszláviával, amely eddig nem írta alá a Chester'97-es megállapodást.

A magyar frekvenciahatóság idejekorán felismerte, hogy közös érdekünk a szomszédos országokkal a frekvenciaspektrum minél hatékonyabb kihasználása. Egyértelműen világossá vált, hogy a digitális hálózatok frekvenciatervezésében és koordinációjában minden késlekedés jelentősen rontja pozícióinkat a szomszédos országok relációjában. A koordinációs nehézségek, valamint a rendelkezésre álló frekvenciakészlet struktúrája az első három multiplex esetében kizárólag úgynevezett multifrekvenciás hálózatok létrehozását teszi lehetővé. A magyar frekvenciahatóság számításai szerint igen kedvező lehetne, ha sikerülne megteremteni a jövőben néhány egyfrekvenciás országos és regionális hálózatot is. Az előbb említett problémák miatt azonban kiterjedt egyfrekvenciás hálózatok létrehozására csak az analóg szolgáltatások beszüntetését követően – illetve figyelemmel a földrajzi elhelyezkedésre – abban az esetben kerülhet sor, ha a szomszédos országok megfelelően gondos koordinációval szintén egyfrekvenciás hálózatokat fognak tervezni.

További fontos technikai (de ugyanúgy pénzügyi) kérdés, hogy milyen mértékben sikerül újra felhasználni az analóg infrastruktúrát mind az adó, mind pedig a vevő oldalon (az Antenna Hungária alapos vizsgálatokat végzett már e területen, s az eddigi eredmények kedvezőnek mondhatók).

Érdekes szempont, hogy Magyarország földrajzi elhelyezkedése következtében várhatóan fontos szere-

pet fog játszani Európa közlekedésében, ezért a digitális földfelszíni tv-hálózat tervezésekor kívánatos figyelembe venni a mobil vétel lehetőségét is.

Pénzügyi kérdések

Magyarország gazdasága ugyan most már gyorsan fejlődik, azonban a 40 évig tartó szocialista gazdálkodás hatásaként, a GDP és az átlag életszínvonal ma még alacsonyabb, mint az EU országaiban. Ennek következtében a média finanszírozásában különösen fontos szerepet játszó reklámpiac egyelőre viszonylag korlátozott. Erre a korlátozott piacra támaszkodik valamennyi kereskedelmi tv és rádió, de a közszolgálati média is, amely a médiatörvény szerint ugyancsak részesedik a reklám bevételekből, és meglehetősen nehéz pénzügyi helyzetben van.

Összegzésképpen felvetődik a kérdés: annak ellenére, hogy az érdeklődés az új lehetőségek kihasználása iránt igen nagy, ki fogja finanszírozni az új digitális szolgáltatásokat, ugyanis a teljes médiaszektor (beleértve a kereskedelmi és a közszolgálati médiát is) komoly pénzszűkében szenved?

Az analóg-digitális átállás valószínűleg jó üzlet lehetne a hazai vevőkészülék-gyártóknak és az elektronikai alkatrészeket beszállítóknak is (akik elsősorban kis- és közepes méretű magyar vállalkozások). Az egész történet sikere azonban elsősorban attól a nagyon fontos tényezőtől függ, hogy lesz-e valaki, aki (a brit példához hasonlóan) majd a vevőkészülék-piacot szponzorálja. Ha nem, az egész bevezetési folyamat elcsúszhat, ugyanis a nézők tömegei egyszerűen képtelenek lennének arra, hogy 300 (vagy akár 400) angol fontnak megfelelő forintot kifizessenek egy digitális „set-top-box"-ért.

Jelenleg a kormány tűnik az egyetlen olyan szereplőnek, amely segítheti a folyamatot, melynek lehetséges útja a pénzügyi támogatás a digitális szolgáltatások „kritikus tömegének" elérésig, amikor a piac már átveheti az irányítást. A kormánynak kellene finanszíroznia részlegesen a digitális hálózatok létesítését, a közszolgálati média ingyenes részvételét az első multiplexek egyikében, valamint a vevőkészülék piacot. Az természetesen kérdéses, hogy a kormánynak szándékában áll-e, illetve képes-e magára vállalni ezeket az egyáltalán nem egyszerű feladatokat.

A kormány – mint ahogy a nyilatkozatok erre többször is utaltak – támogatja az eljövendő információs társadalom technológiájának és infrastruktúrájának fejlesztését. A szakértők felelőssége abban rejlik, hogy világossá tegyék a kormány számára, hogy a földfelszíni digitális televízió ennek az infrastruktúrának igen fontos része lehet.

Jogi és politikai kérdések

Az 1996-os médiatörvényben semmilyen utalás nem található az új digitális szolgáltatásokra. Ezért a digitális szolgáltatások zökkenőmentes bevezetése érdekében a törvény megfelelő paragrafusait meg kell változtatni. Ehhez azonban legalább 2/3-os szavazattöbbségre lenne szükség a parlamentben. Sajnos 1998-ban nem sokkal az új kormány megválasztását követően a médiaháború újra fellángolt, s most megjósolhatatlan, hogy mikorra sikerül 2/3-os többséget szerezni a médiatörvény bármilyen (akár ilyen egyszerű, technikai) jellegű megváltoztatásának végrehajtásához. A most tárgyalt egységes hírközlési törvény a DVB-kör aktív lobbizása hatására szabályozza a digitális televíziózás néhány igen fontos aspektusát.

A DVB-kör tagjai egyetértettek abban, hogy a földfelszíni analóg televíziózás valamennyi jelenlegi résztvevőjének ingyenes digitális műsorszolgáltatási engedélyt kell kapnia annak érdekében, hogy „simulcast" jellegű digitális földfelszíni sugárzást folytathasson. Ez egyrészt megelőzné esetleges ellenállásukat, másrészt elősegítené a nézők érdeklődésének fokozását a digitális szolgáltatások iránt.

Gyakorlati lépések

Elemezve az európai helyzetet, valamint a fent körvonalazott specifikus kérdéseket, a DVB-kör résztvevői elkészítettek egy dokumentumot, amelyben összegezték vizsgálódásaik eredményeit és az ezekből fakadó következtetéseket. Felsorolták a további tanulmányozást igénylő témaköröket is. A dokumentumot eljuttatták minden érdekelthez: a döntéshozókhoz, a televíziókhoz és a szolgáltatókhoz.

A reflexiók elég vegyes képet mutattak. A televíziók (valószínűleg pénzügyi helyzetüknél fogva) meglehetősen tartózkodóak voltak, míg a szolgáltatók, mint például az Antenna Hungária nagy érdeklődést tanúsítottak az új digitális szolgáltatások bevezetése iránt. A döntéshozók: a Minisztérium és az ORTT kifejezték elkötelezettségüket a digitális földfelszíni televíziós szolgáltatások mint az információs társadalom egy szeletkéjének mielőbbi bevezetése mellett.

1999 közepén az Antenna Hungária elindított egy DVB-T pilot projektet, amelynek keretében egy 80 W-os DVB-T adóberendezés segítségével egyetlen multiplexet sugároznak ki három digitális tv-programmal (a Magyar Televízió két csatornájával és a Duna Televízió adásával). A kísérleti adó vételkörzete Budapest középső és déli részére terjed ki. A közeljövőben tervezik a meglévő adó teljesítményének növelését, és egy második adóberendezés üzembe helyezését. A két adóberendezés egyfrekvenciás hálózatot fog képezni, amely besugározza majd Budapest egész területét és környezetét is. A csatornák számát is megnövelik a multiplexben: egy további csatorna tesztelési célokat szolgál majd, egy másik pedig adatokat fog továbbítani. A tervek azóta jelentősen bővültek, s a jelenlegi elképzelések szerint a projekt 4 adóberendezést integrál, s lehetőség lesz az MFN és az SFN hálózatok tanulmányozására, továbbá a mobil vétel vizsgálatára is. Ugyancsak tervezik az EPG és az interaktív szolgáltatások tesztelését is.

Az ORTT (a minisztériummal egyetértésben) felkérte a HÍF-et, kezdje tervezni legalább két országos digitális multiplex nemzetközi koordinációját. A tervek elkészültek, s megkezdődött a két multiplex nemzetközi koordinációja is.

Egy a jogi, adminisztratív és pénzügyi kérdések tisztázására felkért szakértői csoport javasolta a kormány-

nak, hogy mondja ki, hogy a kitűzött cél a DVB-T mielőbbi bevezetése, ugyanis a DVB-T szolgáltatások elindulása és fölfutása számos előnnyel járna. Jóval hatékonyabbá válhatna a frekvenciaspektrum kihasználása, lehetőség nyílna új típusú tv- és multimédia-szolgáltatások bevezetésére, s ez elősegítené a verseny fokozódását a médiapiacon. A DVB-T bevezetése elvezet az analóg szolgáltatások megszüntetéséhez, ami a frekvenciaspektrum egy részének felszabadítását eredményezi majd más típusú szolgáltatások számára.

A csoport néhány fontos határidő kitűzését is szorgalmazta. A digitális multiplexek, illetve a digitális földfelszíni programok pályáztatásának meghirdetésére valószínűleg 2002 lenne a reális időpont. A digitális földfelszíni szolgáltatások kezdési időpontja 2004 első fele lehetne. Javasolták, hogy az ORTT azonnali határidővel szüntesse meg az analóg műsorszolgáltatási engedélyek kiadását. Rendkívül fontos lenne az is, hogy a harmadik multiplex kialakításához szükséges, de még katonai használatban lévő frekvenciák felszabadítására a kormány mielőbb intézkedéseket tegyen. A csoport tagjai fontosnak ítélték azt, hogy ki vagy melyik szervezet fogja koordinálni a DVB-T bevezetési folyamatát. Javaslatként fölvetődött egy e célra létrehozott nonprofit szervezet megalapítása.

A csoport azt javasolta, hogy a kormányelőterjesztés szorgalmazza a programmultiplexekkel kapcsolatos alapvető kérdések eldöntését is. Mint a fentiekből kiderül, kezdetben nincs frekvencia háromnál több multiplex részére, azonban ez mint minimum feltétlenül szükséges. A jelenlegi műsorszolgáltatók simulcast adásai mellett ugyanis elegendő helyet kell biztosítani a nézők érdeklődését fokozó új szolgáltatások számára is. A csoport tagjai sokat vitatkoztak azon a kérdésen, hogy vajon kik lehetnek a leendő multiplex szolgáltatók, illetve milyen procedúra alapján lehet megszerezni a multiplex szolgáltatói engedélyt. A jelenleg parlamenti vitán lévő EHT remélhetőleg ezt a kérdést megnyugtatóan eldönti. A multiplexek tartalmi struktúrája, a szabad és fizetős csatornák aránya, s a már emlegetett simulcast – vagyis a jelenlegi csatornákkal kapcsolatos politika – szintén fontos és eldöntendő kérdések. Ezekkel valószínűleg a médiatörvényeknek lenne illendő foglalkoznia.

Az analóg műsorszolgáltatási engedélyek kiadását a médiatörvény szabályozza. Valószínű, hogy a tartalmi vonatkozású szabályozás minden további nélkül alkalmazható lesz a digitális műsorok műsorszolgáltatási engedélyeinek kiadásához is. Mindenesetre a kormánynak célszerű fölkérnie az ORTT-t a procedúra kidolgozására.

A csoport foglalkozott a DVB-T-vel kapcsolatos legfontosabb technikai kérdésekkel is. A résztvevő szakemberek fontosnak tartották, hogy mielőbb szülessenek döntések olyan jellegű műszaki kérdésekben is, mint a sugárzási rendszer technikai jellemzői (2k-8k, MFN-SFN), a digitális hálózatok vételkörzetei, a mobil vétel lehetősége, a set-top-box-ok technikai jellemzői (MHP, közös interfész), valamint a frekvencia újrafelhasználás kérdései az analóg szolgáltatások kikapcsolásának időszakában. A szakemberek ugyanakkor azt remélik, hogy minden fontos kérdésre hamarosan választ kapnak, máskülönben a késedelem elkerülhetetlenné válik, s mint ahogy arra korábban rámutattunk, a pozíciónk egyre kedvezőtlenebbé válhat.

Következtetések

A hazai televíziós szakemberek fontos kérdésekben elfoglalt nézetei és ambíciói nem térnek el jelentős mértékben a nyugat-európai országokban tevékenykedő kollégáik elgondolásaitól és szándékaitól. A lehetőségek, a méretek, a „tól–ig határok" és a határidők azonban különbözhetnek. Mindazonáltal, Magyarországon arra jöttünk rá, hogy minden erőfeszítést meg kell tennünk annak érdekében, hogy ne maradjunk le a digitalizálás folyamatában. Felmértük ugyanis, hogy milyen jelentős előnyökkel jár, ha lépést tartunk, s részt vehetünk a legkorszerűbb technológiák cseréjében.

Mi magyarok gyönyörű, de teljesen egyedülálló nyelvet beszélünk. A média kitűnő eszköz lehet arra, hogy védjük és fejlesszük szintén egyedülálló kultúránkat, közelebb hozva ezzel is az embereket egymáshoz. Ha a digitális földfelszíni televíziózás segíthet, meg kell ragadnunk ezt a lehetőséget, és ki kell használnunk, amennyire csak lehetséges.

World News

Hungary

Hungary is a nation of telly-addicts, with one of the highest eyeball-hours ratings in Europe, and eager for additional service Following an impressive 30 per cent uptake of DVB-S services in four years, a DTT launch is planned for 2004, building on the current pilot project which covers parts of Budapest. The platform would use DVB-MHP since, as Gyorgy Agoston of MTV told the Dublin DVB conference in March, "we are not interested in any proprietary solutions". Planning for two of the three multiplexes envisaged is complete, and international frequency co-ordination has begun. This is a daunting task, given that Hungary borders no fewer than seven neighbouring countries. But, as Agoston stressed, the 10 million population of Hungary speak "a beautiful but unique language," and the opportunities presented by DTT for a greatly increased choice of home produced programmes "will help to protect and develop our unique cultural heritage".

A digitális földi műsorsugárzás, a DVB-T rendszer bemutatása

ZIGÓ JÓZSEF

ügyvezető igazgató, CableWorld Kft.

A földfelszíni műsorsugárzás és szétosztás követelményeinek áttekintése után ezek teljesítésének lehetőségeit vizsgáljuk. A videoátvitel különböző zavarainak lehetőségeit vizsgáljuk. A videoátvitel különböző zavarainak kiküszöbölésére egyik lehetőség az ortogonális frekvenciaosztásos multiplexelés (OFDM) alkalmazása. A cikk ennek elveit ismerteti, röviden kitérve a felmerülő problémákra. Végül a felhasználási terület függvényében értékeli a vázolt megoldásokat.

Történelmi áttekintés

A földi digitális műsorsugárzás DVB-T (T- terrestrial) szabványának elkészítésére a műholdas és a kábeles átvitel szabványainak kidolgozása után került sor. (ETS 300 744). A DVB-T rendszert úgy alakították ki, hogy az átmeneti időszakban együtt lehessen működtetni a PAL- vagy SECAM-rendszerű analóg adókkal, és azokat a lehető legkisebb mértékben zavarja. Új technikáról lévén szó, a tervezésnél fontos követelmény volt az, hogy a digitális földi műsorsugárzás a jövőben sokkal jobban használja ki a rendelkezésre álló frekvenciatartományt, mint azt az analóg adók teszik. Az első változat az UHF sávra készült, 8 MHz-es csatorna-sávszélesség figyelembevételével. A 7 MHz-es változatot ebből alakították ki órajelcsökkentéssel, ami egyben az átviteli kapacitás 7/8-os csökkenését is jelenti.

A DVB-T tervezési szempontjai

A digitális földi műsorsugárzás szabványa úgy készült, hogy a mozgó vételt is lehetővé tegye. A vételi oldalon a következő háromféle vevőkészülékkel számoltak:

- fixen telepített vevő,
- hordozható vevő (pl. botantennával), amelyet mozgás közben nem néznek és
- mozgás közben nézett vevő (pl. autóbuszba telepített vevőkészülék).

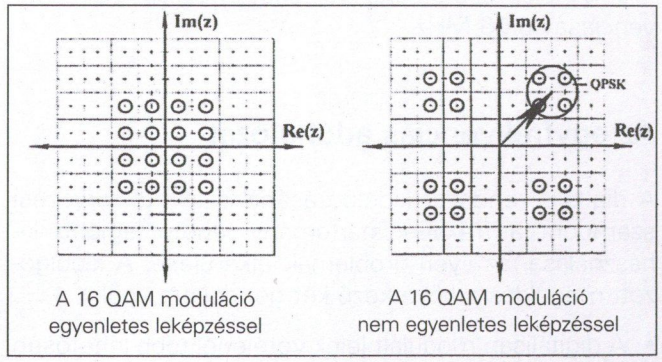
A mozgó vétel biztosításából még nem következik egyértelműen, de a DVB-T rendszer megértése szempontjából jó, ha tisztázzuk, hogy a földi műsorsugárzás lényegesen különbözik a műholdas rendszertől.

- A műholdas és a kábeles digitális átvitelnél fix átviteli útunk van, ülünk a vevőkészülék előtt, és folyamatosan jó minőségű a vétel.
- A földi digitális átvitelnél vagy azért változnak a terjedési viszonyok, mert mi mozgunk a vevőkészülékkel, vagy a vételi körzet határán vagyunk, és egyéb tényezők hatására változnak. A vevőkészüléken nem lesz mindig azonos a vett műsor minősége: jobb terjedési viszonyok esetén részletdúsabb, mozgékonyabb lesz a kép, máskor egyszerűbb, kisebb felbontású, lassúbb. Hasonlóan fog változni a kép, mint a mostani sztereó URH-átvitelnél a hang, amikor a vevőkészülék hol sztereó, hol monó üzemmódra vált. A leírások szerint az átlagos dekóderek váltása nem lesz folyamatos, a képnél 0,5 s-os, a hangnál 0,2 s-os átkapcsolási időre kell számítanunk.

OFDM moduláció

Az Orthogonal Frequency Division Multiplexing magyarra ortogonális frekvenciaosztásos multiplexelésnek fordítható. Az OFDM modulációnál kétféle üzemmódot definiáltak. Az egyszerűbb a 2k, a bonyolultabb a 8k. 2k módban 1512 darab, 8k módban 6048 vivőt állítunk elő, és ezeket külön-külön moduláljuk.

A vivőket 16 vagy 64 QAM modulációval látjuk el, azonban ez a QAM moduláció kissé különbözik a kábeles átvitelnél alkalmazottól. Az 1. ábra bal oldalán bemutatjuk a már ismert változatot, amikor az állapotok egyenlő tá-



1. ábra A 16 QAM moduláció átalakítása a földi műsorsugárzáshoz

volságra vannak egymástól. A jobb oldali azt a – földi műsorsugárzásnál alkalmazott – QAM modulációt szemlélteti, amelynél a tengelyek irányába széttoljuk egy-egy negyed szimbólumcsoportját. Ezzel a QPSK-jelleg megerősödött. Zajos jelnél, gyenge vétel esetén meg tudjuk állapítani, hogy a vektor melyik negyedben helyezkedik el, azaz a QPSK-moduláció visszanyerhető, de a QAM modulációval átvitt bitek elvesznek.

Ezt a fajta QAM modulációt többszintű vagy MR-QAM modulációnak is nevezik. Rajtunk múlik, hogy az alapinformáció (QPSK) és kiegészítő információ (QAM) erősségének arányát hogyan állítjuk be. Természetesen a splitter által szétválogatott adatcsomagok tudatosan úgy kerülnek a modulátorba, hogy a fontosabbik adatfolyamot a QPSK-demodulációval teljes egészében vissza lehessen nyerni. A teljesség érdekében még meg kell említeni azt is, hogy a modulált vivők közé pilotjeleket is ültetnek.

Az OFDM-jel előállítása

Az OFDM modulátorban a bemeneti adatfolyamból egy gyors processzor olyan vezérlő adatfolyamot állít elő, amelyet digitál-analóg konverterre vezetve, az elmondottak szerinti sokvivős modulált jelet kapjuk. A processzor által elvégzett művelet az Inverz Fast Fourier Transzformáció (IFFT). A vevőkészülék demodulátorában a jel egy analóg-digitál konverterre kerül, majd a vevő processzora az adatsorozatból előállítja a továbbított adatjeleket. A processzor által elvégzett művelet a Fast Fourier Transzformáció (FFT).

A műveletek elvégzésére rendelkezésre álló idő még éppen elérhető korunk legfejlettebb technikájával. Emiatt mind a modulátorból, mind a vevőkészülékből még igen kevés van a piacon, és azok sem tökéletesek.

A 2k módban 1705 tényleges vivő kerül előállításra, amelyekből 1512 darab az adathordozó vivő, 193 darab pedig a pilotjel szerepét látja el. A vivők egymástól való távolsága 4464 Hz, az elfoglalt frekvenciasáv 7,61 MHz.

8k módban 6817 tényleges vivő kerül előállításra, amelyekből 6048 darab az adathordozó vivő, 769 darab pedig a pilotjel szerepét látja el. A vivők egymástól való távolsága 1116 Hz, az elfoglalt frekvenciasáv 7,61 MHz.

7 MHz-es csatornaraszter esetén az elfoglalt frekvenciasáv 6,66 MHz.

Az egyfrekvenciás adóhálózat

A digitális rendszer kidolgozásánál alapvető tervezési szempont a frekvenciatartomány lehető legjobb kihasználása, az ilyen problémák elkerülése. A kidolgozott megoldás a következő két gondolatra épül:

- A digitálisan modulált jelek vételénél több lehetőség van a reflexiók hatásának kiküszöbölésére, mint az analógnál, ezért az utóbbi évtizedben a digitális modulációk vételéhez kiváló módszereket dolgoztak ki a reflexiók hatásának kiküszöbölésére. Célszerű ezeket az eredményeket a DVB-T rendszerben is alkalmazni.
- Ha két digitális adót azonos frekvencián, azonos időben, azonos módon modulálunk, akkor a vételi ponton a másik adó zavaró jele úgy jelentkezik, mintha reflexió lenne.

Az azonos frekvenciájú vagy egyfrekvenciás adóhálózatot az irodalomban az SFN-nel (Single Frequency Network) jelölik. Ennek megvalósítására került a DVB-T szabványba a szimbólumokat elválasztó védelmi idő, amely alatt lehetőség nyílik a reflexiók kiszámítására és korrigálására. Ahhoz, hogy a másik adó jelét reflexióként lehessen feldolgozni, az adókat teljes szinkronban kell járatni. Az adókat úgy kell telepíteni, hogy a közöttük lévő távolság nem lehet nagyobb, mint az a távolság amelyet a fény (pontosabban az elektromágneses hullám) a védelmi idő alatt megtesz.

Képletben:

$$l_{max} = t_{védelmi} * 3 * 10^8 [m]$$

ahol:

l_{max} az adók közötti maximális távolság m-ben,
$t_{védelmi}$ a védelmi idő s-ban.

Az 1. táblázatban szereplő legkisebb védelmi idő 7μs, ehhez 2,1 km, a legnagyobb idő 224 μs, ehhez 67,2 km tartozik.

Mód	2k			
Védelmi idő	1/4	1/8	1/16	1/32
Szimbólumidő	2048 x T = 224μs			
Véd. időtartam	56 μs	28 μs	14 μs	7μs
Periódusidő	280 μs	252 μs	238 μs	231μs
Moduláció	Hasznos adatsebesség Mbit/s			
QPSK	10,8	12	12,7	13,1
16 QAM	21,6	24	25,4	26,2
64 QAM	32,4	36	38,1	39,3
Mód	8k			
Védelmi idő	1/4	1/8	1/16	1/32
Szimbólumidő	8192 x T = 896μs			
Véd. időtartam	224 μs	112 μs	56 μs	28 μs
Periódusidő	1120 μs	1008 μs	952 μs	924 μs
Moduláció	Hasznos adatsebesség Mbit/s			
QPSK	10,8	12	12,7	13,1
16 QAM	21,6	24	25,4	26,2
64 QAM	32,4	36	38,1	39,3

1. táblázat

Az adatsebesség meghatározásához a másodpercenként átvitt szimbólumok számát kell kiszámítani. A szimbólumot szünet követi (guard interval – védelmi idő), amely alatt nincs adatátvitel. Ennek hossza a szimbólumidő 1/4, 1/8, 1/16 vagy 1/32 része. Az adatsebességet megkapjuk, ha az egy szimbólum alatt átvitt bitek számát megszorozzuk a szimbólumfrekvenciával, a szimbólumidő és a védelmi idők összegének reciprokával. Az adatsebesség és a rendszer paraméterei közötti összefüggés:

$$v_{adat} = n_{hasznos} * \frac{n_{bitszám}}{T_u * (1+\Delta)}$$

ahol:

v_{adat} az adatsebesség Mbit/s-ban,

$n_{hasznos}$ az adatátvitelre használt (hasznos) vivők száma
- 2k üzemmódban 1512 db
- 8k üzemmódban 6048 db

$n_{bitszám}$ a vivó(k) modulációját létrehozó bitek száma
- QPSK esetén 2
- 16 QAM esetén 4
- 64 QAM esetén 6

T_u a szimbólumidő µs-ban

Δ a védelmi idő arányszáma (1/4, 1/8, 1/16, 1/32)

A DVB-rendszerben a hasznosnak nevezett adatsebesség az adatfolyamot növelő, például a Reed-Solomon hibajavító kódokkal együtt értendő, azaz csak a moduláció szempontjából értelmezzük a hasznos adatsebességet.

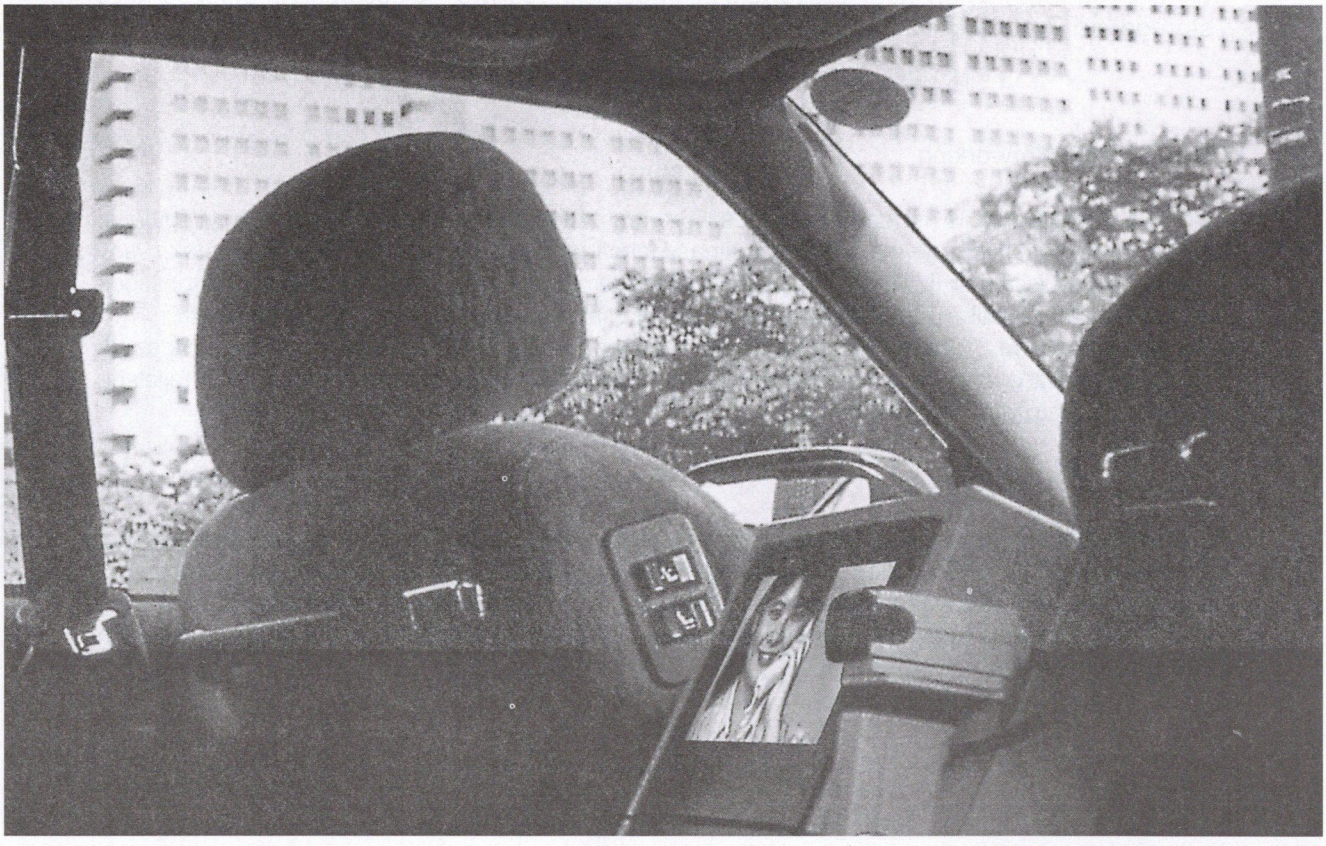
Következtetések

Hazánkban a 8k rendszer bevezetése tűnik optimálisnak. A választás nehézségét szemléltetik a következő szembeállítások:

- A mozgó vétel főként a 2k rendszerrel valósítható meg, viszont a 8k rendszer sokkal kisebb számú adóval realizálható.
- A 2k rendszer egyszerűbb, megvalósítása könnyebb, a 8k rendszer sokkal bonyolultabb és megvalósítása lényegesen drágább.
- A védelmi idő növelésével az egyfrekvenciás hálózatban az adók száma csökkenthető, az adók közötti távolság nagyobb lehet, viszont a védelmi idő növelése csökkenti a hasznos adatsebességet, és ezzel csökken a műsorszórásért elkérhető díj is.
- A modulációs mód egyszerűsítésével növekszik a besugározható terület nagysága, viszont csökken az adatátviteli sebesség.

Zigó József

1976-ban a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki karán, híradástechnika szakon szerzett diplomát. 16 évet dolgozott a Híradástechnika Szövetkezet fejlesztésén, ahol először különböző szerviz- és mérőműszereket fejlesztett, majd az európai műholdas műsorszórás beindulásakor nyugatnémet cégeknek kezdett különböző modulátorokat fejleszteni. Ezeken a munkákon keresztül ismerkedett meg a kábeltelevízió-rendszerekkel és a televíziós adóberendezésekkel. 1993 óta a CableWorld Kft. ügyvezetője. Mostani fejlesztéseik központjában a digitális televíziótechnika áll.



Hírek

A jobpilot tájékoztatón mutatkozott be. A cég az emberi erőforrás gazdálkodáshoz nyújt támogatást, segítségével kevésbé időigényessé válik a munkaerő-toborzás. Ez a teljes online munkaerő-felvételi eljárást segíti. A globalizáció a munkaerőpiac megközelítésében is szemléletváltással jár. A nemzetközi adatbázis nem csak a vállalatoknak nyújt segítséget, hanem a munkavállalóknak is, hiszen hozzájárul az egyes országok közötti munkaerő-áramláshoz. Magyarország számára ez elsősorban az Európai Uniós csatlakozási folyamatok miatt fontos kérdés.

A hálózaton munkaerőt toborzó cégek alkalmazkodnak az internetet felhasználó közönségre jellemző végzettségekhez és szakterületekhez. Ezért elsősorban felsőfokú végzettséget és nyelvtudást igénylő – főként az IT-szektorhoz kapcsolódó – munkakörökbe keresnek jelölteket. Áprilistól a magyar érdeklődők is világra, régióra és országra bontott, naprakész listák között kutathatnak a jobb pozíció megszerzése érdekében.

Az álláskeresők különböző okok miatt helyezhetik el anonim önéletrajzukat redszerünkön:

- Ugyan nem aktív álláskereső, de egy ígéretes ajánlat felkeltené érdeklődését,
- Valamely terület, iparág szekértője, aki szívesen csatlakozna egy számára érdekes vállalathoz,
- Aktív álláskeresése mellett, kiegészítésként önéletrajzát is elhelyezi online.

Lokális site-jaik segítségével nemzetközi szinten hirdethetik meg pozícióikat.

A vállalatok hirdetését részletesen kiértékeljük és kategorizáljuk. Így az álláskeresők könnyedén rátalálnak a hirdetésekre. Ezért minden pozíció külön hirdetésként jelenik meg.

❖

Magyarországon két évvel ezelőtt alakult meg a Sun platformintegrációval foglalkozó Professional Services részlege, amely nagy szakértője az integrációt igénylő – elsősorban adatközponti és „storage area network" (hálózatba kapcsolt tárolási – megoldások kivitelezésének.

❖

Cisco Storage Networking

Az SSP-k egyetlen közös hálózati és tárolóeszköz-infrastruktúrába szervezhetik valamennyi ügyfelük tárolási erőforrásait. Ez javítja a hálózat kihasználtságát és a hozzáférés-vezérlési listák, vagy a logikai egységszámok (LUN-ok) leképezése közös tárolóeszközökön tárolt adatainak biztonságos szétválasztását. Továbbá garantált, hogy az ügyfelek csak a saját adataikhoz férhetnek hozzá.
A Network Attched Storage (hálózatra kötött tárolóeszközök, NAS) szabvány már most is az IP-hálózatokat használja. A nagy teljesítményű, intelligens TCP/IP-hálózatok megfelelnek a fájlalapú tárolóeszköz-hálózatok igényeinek.

❖

Az Artesyn Technologies megnyitotta új tápegységgyárát Magyarországon. A gyártóberendezésekkel felszerelt, 7 millió dollár összköltségből megvalósított üzem tápegység- és tekercsgyártásra alkalmas. Az elkövetkező évekre a vállalatcsoport további 4 millió dollárnyi beruházás mellett döntött a gyártás jelentős bővítése érdekében. A tervek szerint 2003-ra a dolgozói létszám 1200 főre növekszik.

A kábeltelevízió mint sokszolgáltatású multimédia platform

STEFLER SÁNDOR

villamosmérnök, az Antenna Hungaria szakértője

A képátviteli rendszerek feladatai már ma is túlmutatnak a tv-programok eljuttatásán.a felhasználókhoz. A jövőben általános lesz nagyobb Mb/s sebességű bitfolyamok használata. A cikk a várható igényeket csoportosítja. A megoldásokat a kábelmodemek és a kábeltelefónia példáján mutatja. A monopoljogok megszűnése után ezek a ktv-rendszerek alkalmasak lehetnek arra, hogy további értékes szolgáltatásokat is kínáljanak a szélessávú hozzáférési hálózatok tulajdonosai számára. Természetesen ehhez már most ki kell alakítani a megfelelő képességeket és biztosítani kell a szükséges minőséget.

A ktv-hálózatok ma még szinte az egész világon mint szélessávú műsorjelelosztók működnek, melyek lényegében a 80-as évek technikáját képviselik. Túlnyomó részben koaxiális kábeleket alkalmaznak fizikai átvivő közegként, amiben akár 30 trunkerősítő is sorba kapcsolódhat (kaszkádrendszerek). A modern hálózatok azonban már hibrid, koaxiális és fényvezető, (azaz **HFC**) átviteli közeget használnak, ezek sokkal fejlettebbek, és a a jövő hozzáférő-hálózati technológiájaként emlegetett **FTTC** (fibre to the curb) topológia első reális megvalósításának tekinthetők. A HFC jó kompromisszumot képez a jövőbiztosság (nagy átviteli sebesség) és az egy előfizetőre jutó rendszerköltségek között. Egy ilyen rendszer legfontosabb építőelemei a következők:

- fejállomás,
- jelelosztó központ,
- optikai csomópont,
- hálózatinterfész.

A **fejállomáson** a műholdakról vagy a földfelszíni adókról vett, más esetben helyileg előállított analóg és digitális műsorjeleket dolgozzák fel (adott esetben újra modulálják) és összegezik, E/O átalakítást végeznek rajta stb., majd az így kapott jelkomplexumot betáplálják a hálózatba. Digitális interaktív szolgáltatások esetén itt helyezkednek el a különféle tartalom- (videó, internet, adat-) szerverek és a helyi információkhoz való hozzáférést biztosító egyéb elemek (útvonal-irányítók, kapcsolók, átjárók azaz routerek switch-ek, gateway-k stb.) is. Az átvitelhez és a szolgáltatásokhoz való (adott esetben korlátozott.) hozzáféréshez szükséges különféle modulációkat, frekvenciatranszponálásokat és titkosításokat is itt valósítják meg.

A **jelelosztóközpont** egy optikai pont-többpont jellegű fényvezetős összeköttetés-rendszeren keresztül juttatja el az analóg és digitális jeleket a fejállomásról az optikai végpontokba (optical network unit, azaz **ONU** vagy optical network terminal, azaz ONT). Kisebb HFC-hálózatok esetén hiányozhat az elosztóközpont, és a fejállomás ilyenkor közvetlenül csatlakozik az ONU-khoz. Nagy rendszerek esetében viszont a digitális, ill. helyi szolgáltatások jeleit a távközlési hálózatokból (PDH, SDH, ATM, MAN, WAN) közvetlenül az elosztó központba, innen pedig a trunkhálózatba vezetik.

Az **ONU-kban** az optikai jeleket elektromos jellé alakítják, és ez kerül betáplálásra a koaxiális hálózatba. Ebben a hálózati síkban a HFC-rendszereknél már csak legfeljebb 2-3 erősítő van sorba kapcsolva, ami nagymértékben javítja (a klasszikus ktv-hez képest) az átviteli paramétereket (a nemlineáris, pl. intermodulációs torzításokat). Egy ilyen előfizető-közeli ONU tipikusan 500 előfizetőt szolgál ki műsorokkal és adatokkal.

A hálózati interfészegység (network interface unit, NIU) képezi a rendszer előfizető-oldali lezárását. Ez már az épületen (lakáson) belül is elhelyezhető, legfontosabb tulajdonsága azonban az, hogy előfizető-specifikus szolgáltatások biztosíthatósága érdekében címezhető. Viszont néha (ha a ktv távközlési szolgáltatást is nyújt) problémát jelent az, hogy az adatátvitel folyamatossága, az állandó rendelkezésreállás érdekében a szünetmentes tápellátást is biztosítani kell.

Egy flexibilis, jövőbiztos hálózatnak fel kell készülnie olyan szolgáltatásokra is, melyek ma még nem általánosak (lásd az 1. ábrát). Ilyen pl. a multimédia, a különféle távszolgáltatások, pl. távvásárlás, távoktatás, távolból végzett banki és egészségügyi tranzakciók stb.

Az ábráról látható, hogy a különböző szolgáltatások eltérő átviteli igénnyel lépnek fel. Egy szolgáltatás egyik legjellemzőbb paramétere az a sávszélesség, amely a szükséges bitsebesség átvitelét maradéktalanul biztosítja.

A különböző szolgáltatások osztályozása céljából ezeket szolgáltatásminőségi **(QoS)** osztályokba lehet sorolni. Minden szolgáltatást hozzá lehet rendelni egy át-

Szolgáltatás	Átviteli sebesség		Minőség		Izokron átvitel	
	Főirány	Visszirány	Főirány	Visszirány	Főirány	Visszirány
Kábeltelefónia	64 kb/s	64 kb/s	CBR	CBR	*	*
Internet-hozzáférés	64 kbps–2 Mb/s	64 kb/s	VBR	VBR	***	***
Távoktatás	64 kbps–2 Mb/s	64 kb/s	CBR/VBR	VBR	**	***
Távmunka	n×64 kbps–8 Mb/s	n×64 kb/s	CBR/VBR	CBR/VBR	*	*
NVOD	2–8 Mb/s	kb/s	CBR	VBR	*	***
VOD	2–8 Mb/s	kb/s	CBR	VBR	*	*
Videó-konferencia	n×64 kb/s-8 Mb/s	n×64 kb/s–8 Mb/s	CBR	CBR	*	*
Telemetria	kb/s		ABR	ABR	***	***

1. ábra Különböző multimédia-szolgáltatások átviteli jellemzői

viteli erőforrás minőségi osztályhoz. A szolgáltatási osztályok 4 kategóriába sorolhatók:

Állandó bitsebességű (constant bit rate, CBR). Ennél állandó és stabil az átviteli sebesség, így biztosítható a legjobb átviteli minőség (pl. a max. megengedett késleltetés és dzsitter). Ez a QoS-osztály az olyan igényes szolgáltatásoknál indokolt, mint pl. az igény szerinti videó (VOD).

Változó bitsebességű (variable bit rate, VBR). Ez a szolgáltatási osztály az átlagosan elvárható bitsebességgel és a maximálisan fellépő burst-aránnyal jellemezhető. A kevésbé kritikus alkalmazások (pl. internet) számára alkalmas.

Nem specifikált bitsebességű (undefined bit rate, UBR) A maximális átviteli sebesség adott, de nem garantált. Az átviteli rendszer még szabad erőforrásainak számítására használható. Az olyan paraméterek, mint pl. a dzsitter vagy látencia nincsenek figyelembe véve.

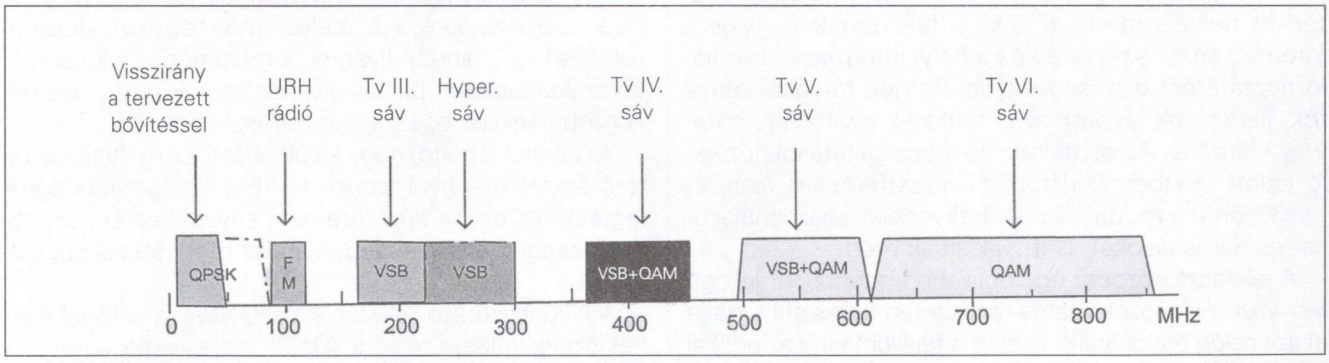
Rendelkezésre álló bitsebességű (available bit rate, ABR). A más szolgáltatásminőségi osztályba be nem sorolt szolgáltatások számára marad. A különböző modulációs eljárások különböző igényeket támasztanak az átvivő rendszerrel szemben.

Az a modulációs eljárás, ami a ktv-rendszerekben a digitális adatok továbbítására alkalmas, megkövetel egy, a céltól függő, elérendő adatsebességet. Ezt pedig egy, a csatornában megvalósítható vivőfrekvenciás jel-zaj viszony (C/N) mellett kell elérni, egy adott sávszélességben. A bithibaarány (BER) legfeljebb 2×10^{-4} lehet, mivel a hibajavítás az ennél rosszabb értékeket rendszerint nem tudja korrigálni. A nagy adatátviteli sebesség nagy C/N-et követel meg. Ahol ez nem valósítható meg, ott robusztusabb modulációs eljárásokat kell alkalmazni, melyek lehetővé teszik az átvitelt a zavarok szempontjából különösen kritikus (pl. a visszirányú) frekvenciasávokban is. Az elvileg megcélozható sávszélesség-kihasználás a valós rendszerekben – többek között a spektrum korlátozottsága miatt – nem érhető el, a tényleges értékek azonban csak csekély mértékben vannak az elvi érték alatt. A fentiek miatt a gyártók többsége a főirányú átvitel céljaira a 64 QAM-et, míg a visszirányú átvitelre a QPSK modulációs módot választotta.

Az aktuális multimédia-szolgáltatásoknak a ktv-hálózatokba történő bevitelét a következőkben két tipikus példán keresztül szeretnénk megvilágítani. Nevezetesen a nagysebességű kábelmodemek segítségével történő internet-hozzáférés és a kábeltelefónia példáján.

Kábelmodemek és kábeltelefónia

Azért, hogy a ktv-hálózaton telefonálni és adatokat átvinni lehessen, kétirányú jelátvitelt, tehát a főirányon kívül megfelelő visszirányú csatornát és átviteli kapacitást (sávszélességet) is kell biztosítani. Amennyiben ezek az előfeltételek nem adottak, a hálózatot megfelelően fel kell javítani. Egy 862 MHz-ig kibővített rendszer frekvenciaterve a 2. ábrán látható. A mai hálózatokban rendszerint az 5–30 MHz-es tartomány áll a visszirány rendelkezésére. Ahhoz azonban, hogy a jövőben várható kapacitásigényeket is ki lehessen elégíteni, a visszirány



2. ábra A korszerű ktv-hálózatok frekvenciaterve

sávszélességét legalább 65 MHz-ig ki kellene terjeszteni, ami azt jelentené, hogy az I. tv-sávot (47-68 MHz) nem lehet tovább tv-műsorok továbbítására használni. Tehát az itt még működő csatornák áthelyezéséről kell – megfelelő egyeztetések után – gondoskodni.

A kábelmodemek alkalmazása

A kábelmodemeket a kétirányú jelátvitelre alkalmas ktv-rendszerekben pont-sokpont közti gyors adatátvitelre és helyi hálózatok összekötésére (LAN-LAN) lehet felhasználni, teljes duplex üzemmódban. Ma a leggyakoribb alkalmazásuk a gyors internet-hozzáférés biztosítása a ktv-hálózatok előfizetőinek. Ez már nálunk is kereskedelmi méretekben folyik. A kábelmodemek a teljesen koaxiális kábelekre épült hálózatokban éppúgy alkalmazhatók, mint a korszerű HFC-hálózatokban. Ezek a modemek – az analóg testvéreikkel összehasonlítva – a jelentősen bővült funkciókkal jellemezhetők. Pl. egy router képessége mellett bemeneti RF hangolóegységgel (tv-tunerrel), valamint hálózatmenedzselő és diagnosztizáló szoftverrel is el vannak látva. Néhány kábelmodem még további képességekkel, így pl. hozzáférés-korlátozó, ill. felhasználás-jogosító (autorizáló) funkcióval is rendelkezik. A kábelmodemek főirányban az USA-ban 6 MHz, Európában pedig 8 MHz széles csatornát igényelnek és frekvenciaagilisek. A visszirány eléggé eltérő az egyes rendszerekben, de tipikusan valahol 5 MHz és 120 MHz között van. Kábelmodemek automatikusan megkeresik a kijelölt sávban a „legtisztább" spektrumrészt, és oda hangolják magukat.

A ktv-hálózaton létesített teljes adatátviteli rendszer az alábbi főbb elemekből áll:

- kábelmodem,
- csomóponti adó-vevő,
- csomóponti adatvezérlő (speciális kábelmodem, interfésszel a bridge-ek, routerek és switch-ek felé).

Előfizetői oldalon a kábelmodem RF csatlakozóval (F-típusú), és Ethernet-interfésszel rendelkezik (IEEE 802.3), RJ-45/UTP csatlakozóval, ide tipikusan egy munkaállomást, de néha egy hubon keresztül több PC-t is lehet csatlakoztatni. Az adatsebesség 6 MHz-es csatornánként akár 30 Mbps-ig is terjedhet a főirányban és 10 Mbps-ig a visszirányban.

A ktv-hálózatban rendelkezésre álló sávszélességtől függően több 6 MHz-es csatornát is lehet párhuzamosan működtetni és ezeket az Ethernet-irányelvek és szabványok szerint összekapcsolni. A legtöbb kábelmodem az SNMP szabvány szerint a egy hálózatmenedzselő rendszerbe is bekapcsolható.

A csomóponti adó/vevő (node transceiver) egy olyan frekvenciaáttevő, amely a visszirányból vett adatokat a fejállomáson, vagy az elosztó központban a főirányba „fordítja át". Nagy üzembiztonság érdekében ezt a frekvenciaáttevőt gyakran kiegészítik egy redundáns egységgel és automatikus átkapcsolóval.

A csomóponti adatvezérlő (node data controller) képezi a kapcsolatot a ktv-hálózat és a távközlési hálózat között. Műszakilag ez az egység tulajdonképpen egy kábelmodem, járulékos tulajdonságokkal, pl. egy routerre való kapcsolás lehetőségével.

Egy meglévő rendszer ésszerű kiegészítése az ún. csomóponti remodulátorral (node remodulator) való integrálás. Ez a csomóponti adó/vevő KF-jelének feldolgozásával szétválasztja a fő- és a visszirányú jeleket, és azokat alapsávi adatjellé konvertálja. A csomóponti remodulátor egyúttal korrigálja is a jelek időzítését, eltávolítja a zavaró jeleket a visszirányból, és regenerált kimenőjelet produkál definiált jelszinttel a fejállomáson. A csomóponti remodulátor ott használható előnyösen, ahol a visszirányú sávban nagyon erős zavarójelek vannak.

Kábeltelefónia

A nyilvános, kapcsolt távbeszélő-szolgáltatás liberalizációjával (nálunk 2002. jan.1-jétől) a távközlés legutolsó részterülete is megnyílik a szabad verseny előtt. Ez a ktv-szolgáltatók előtt új lehetőségeket nyit meg. Ha ezt gazdaságilag bírják, reményük lehet az alaptevékenységük kiegészítésére és arra, hogy korlátozás nélküli távközlési szolgáltatóvá váljanak. Különösen a kábeltelefónia azonban jelentősen megnövelt követelményeket támaszt a műszaki infrastruktúrával szemben.

A kábeltelefóniát rendszertechnikailag két eltérő módon lehet megvalósítani: IP-alapon és a kapcsolt hálózaton keresztül. Ma még ez utóbbi a gyakoribb, bár kétségtelen, hogy az IP az igazi megoldás, de ez költségesebb.

A kábeltelefónia rendszer-architektúrájának fontos eleme az elosztópont , valamint az előfizetői koaxiális hálózatvégződés (NIU). Az elosztópontok képviselik az átmenetet kapcsolt vagy bérelt vonalon keresztül a távközlési rendszer és a HFC között. Ebben a következő funkciók valósulnak meg:

- a beszéd- és adatjelek modulációja/demodulációja,
- az előfizetői jelzések feldolgozása és átalakítása,
- az adat- és beszédforgalom koncentrálása (V. 5.2)
- interfész a kapcsolt és a bérelt vonalas hálózatok között,
- interfész a hálózatmenedzselés felé.

Az NIU realizálja az átmenetet a HFC-hálózatból az előfizető felé. Ennek fontosabb funkciói a következők:

- beszéd- és adatjelek modulációja/demodulációja,
- az RF-jelek áttevése alapsávba,
- a bithibaarány mérése és figyelése,
- visszahurkolás hibabehatárolás céljából,
- a koaxiális RF-interfész átfűzése további végberendezések (pl. tv-készülék) csatlakoztatásához.

Mivel csak kivételes esetben fordul elő, hogy a távbeszélőkapcsoló-központ a fejállomás közvetlen közelében van, az elosztópont interfészeinek lehetővé kell tenniük, hogy ezek szabványos átviteli rendszereken (pl. PDH, SDH vagy ATM) a kapcsolóközpont felé csatlakozhassanak. Hasonlóképen történik az elosztópontnak egy távoli kapcsolóközponttal történő szabványos,

koncentráló vagy nem koncentráló 2 Mb/s-os interfészen összekötése.

Azért, hogy az új hálózatüzemeltetők a régi távközlési szolgáltatókkal konkurálhassanak, legalább azokéval megegyező szolgáltatási spektrumot kell, hogy kínáljanak. Ez azt jelenti, hogy a következő szolgáltatásokra kell felkészülniük:

- POTS (analóg alapszolgáltatás), hálózatkimaradás esetén is,
- ISDN-alaphozzáférés,
- ISDN-primermultiplex csatlakozás,
- bérelt vonali szolgáltatás n x 64 kb/s-al (V.11, X.21) és/vagy 2 Mb/s (G.703/G.704 szinkron).

Az előfizetőnkénti műszaki költségek minimális értéken való tartása érdekében előnyös, a NIU számára POTS- és ISDN/bérelt vonali lehetőségeket nyújtani. Így az előfizető ki tudja választani a számára szükséges variánsokat. Fontos szempont a hálózat üzemkészsége áramkimaradás esetén. Mivel sok meglévő ktv-hálózat nem teszi lehetővé a NIU távtáplálását, ezeket többnyire a helyi váltóáramú hálózatból kell táplálni. Áramkimaradáskor így nem lehet telefonálni, hasonlóképpen mint a mai zsinórnélküli telefonoknál. Azonban mindig akadnak olyan előfizetők, akik(nek) épp ilyenkor akarnak (vagy kell) telefonálni. Ezen ügyfelek számára telepes szükségüzemet kell biztosítani, tehát szükség van olyan NIU-variánsra is, amelyik alkalmas erre.

Hálózatmenedzselés

Az új szolgáltatások jelentősen magasabb követelményeket támasztanak a ktv-infrastruktúra megbízhatósága és teljesítőképessége felé, mint a tisztán elosztóhálózatok esetében. Ahhoz, hogy pl. a telefonszolgáltatási követelményeket teljesíteni lehessen, a ktv-hálózatüzemeltetőnek sokkal alaposabb ismerete kell hogy legyen a hálózata állapotáról, mint az eddig szokásos volt.

Ez azt jelenti, hogy a megnövekedett hálózati követelményeknek megfelelően egy olyan hálózatmenedzselő rendszert is ki kell építeni, amely a következő főbb funkciókat látja el:

- lehetőleg valamennyi hálózati elem felügyelete,
- hiba esetén automatikus átkapcsolás a tartalékrendszerre,
- a kritikus rendszerparaméterek folyamatos figyelése,
- mindezek jól áttekinthető és a karbantartást segítő formájú, grafikus megjelenítése.

Az ún. elemkezelő-rendszer sok különböző egységgel kommunikál a hálózatban, hogy kiértékelje a lekérdezett rendszer-információkat. Egy komplex hálózatban nagyszámú, különféle elemkezelő-rendszer lehet, amelyek mindegyike a megfelelő hálózati elem speciális igényeinek megfelelően van kialakítva. Ilyen elemek lehetnek pl. az erősítők, passzív építőegységek, fejállomások, vagy éppen a kábelmodemek. Az elemkezelő a következőket vizsgálja:

- paraméterek, szintek, mérési értékek,
- riasztójelzések,
- a rendszer teljesítőképességének figyelése,
- sávszélesség- és forgalommenedzselés,
- rendszervizsgálatok,
- biztonságmenedzselés,
- spektrumanalízis.

Az elemkezelő-rendszer egy magasabb szintű, ún. domain-menedzser rendszer alatt dolgozik, és az összes elemkezelő-rendszer által szolgáltatott információt fogja össze, és jelzéseit szabványos interfészen (pl. Small Network Management Protokol=**SNMP**) keresztül a legfelsőbb szintű hálózatmenedzser felé továbbítja. Egyúttal tömöríti is az elemkezelőkből származó óriási mennyiségű információt a szervizmenedzser számára. Itt futnak össze a hálózatmenedzselő és az ügyfél-menedzselő rendszerek információi, a költségtakarékos és hatékony hálózatüzemeltetés érdekében.

A teljes lánc legmagasabb szintjén áll az üzletmenedzselő rendszer (business-management), amely pl. előfizető-kezelő rendszert **(SMS)** is tartalmazhat.

Migráció a ktv-től az interaktív digitális hálózatig

A szélessávú kábelhálózat értékét közvetlenül befolyásolja, hogy milyen profittermelő feladatokat tud ellátni. Ez pedig komoly következményekkel jár a hálózattervezésre, ill. módosításra nézve, hiszen lényegében ettől függ, hogy az milyen szolgáltatások nyújtására lesz képes az elkövetkező 3-4 évben. Tehát a beruházási döntések előtt a következő kérdések megválaszolása alapvető fontosságú:

- milyen a hálózat viszonya az internethez,
- hogyan kezeli a visszirányú kommunikációt,
- milyen mértékű információbiztonságot tud garantálni.

A digitális korszak beköszöntével a hálózatok gyors ütemű konvergenciája, integrálódása figyelhető meg. Ez azt jelenti, hogy menthetetlenül kialakul a távközlési hálózatok és a ktv-hálózatok összekapcsolódása, azaz az „összekapcsolt hálózatok hálózata", televíziós műsorok, távbeszélő-összeköttetések, különböző célú (elsősorban internetes) adatátvitel biztosítása céljából a professzionális felhasználók és a lakosság céljaira egyaránt.

Ilyen szemmel nézve a ktv:

- nem maradhat tovább egyirányú műsorelosztó rendszer, hanem át kell alakulnia szélessávú, interaktív hálózattá, aminek mai felfogásunk szerint legjobban a HFC-struktúra felel meg;
- számolni kénytelen jelentős versennyel a szórakoztatóipar médiái és a távközlési szektor kihívásai között.

A fentiek realizálása érdekében a következő döntéseket kell meghozni:

- a nyújtandó szolgáltatások piaci és műszaki hátterének elemzése
- mindezek időzítése,
- a technikai feladatok (analógról digitálisra, koaxiálisról fényvezetőre, egyirányú átvitelről kétirányú átvitelre való áttérés, csupán lokális funkciók ellátásától a legalább regionális funkciók ellátásig, a felügyelet nélküliségből a teljes hálózatmenedzselésig, a korlátozások nélküli műsorelosztástól a szolgáltatások korlátozott hozzáféréséig [CA] és megfelelő információbiztonságú rendszerek kialakításáig terjedő) migrációlépéseinek meghatározása,

Az eddig elmondottakból következnek azok a követelmények, amelyekkel az interaktív digitális hálózatoknak rendelkeznie kell, nevezetesen:

- nagy sávszélesség,
- valós idejű, skálázható visszirányú csatorna,
- titkos/nyilvános kulcsú biztonsági és hitelesítő rendszer,
- végponttól végpontig történő IP-alkalmasság,
- fejlett hálózatmenedzselő rendszer,
- fejlett, szabványos hálózati interfészek és végberendezések (set-top-box-ok).

Míg kétségtelen, hogy a hálózatok határozzák meg a nyújtható szolgáltatások választékát, külön ki kell hangsúlyozni a set-top-boxok kulcs-szerepét a szolgáltatások elérhetőségének lehetőségében, biztonságában és kényelmében. A korszerű set-top-boxok tulajdonképpen hálózatorientált célszámítógépek, sokféle távközlési-, CA- és médiainterfésszel, fejlett, IP-centrikus operációs rendszerrel (pl. OpenTV, MediaHighway, Multimedia Home Platform), nagy memóriával és fejlett grafikai képességekkel. Fontos, hogy hatékonyan kezelje a visszirányú kommunikációt, és tegye lehetővé az egyszerű migrációt az újabb képességek felé. Mindezek mellett nagyon stabilnak és felhasználóbarátnak kell lennie. Tehát a set-top-boxok kritikusak a digitális szolgáltatások sikere szempontjából, de csak a hálózat egészével harmóniában képesek feladatukat maradéktalanul teljesíteni.

Összefoglalás

A modern ktv-hálózatok műszakilag nagyteljesítményű és egyidejűleg gazdaságos infrastruktúrát biztosítanak a szélessávú alkalmazások számára. A jövőbiztos hálózatok bővített frekvenciasávval és szélessávú vissziránnyal, valamint sokoldalú fejállomással és előfizetői végberendezésekkel rendelkezzenek a sok nagysebességű interaktív multimédia-szolgáltatásnak az előfizetőkig történő biztosíthatósága érdekében. Az itt bemutatott internet- és kábeltelefon-szolgáltatások egy sor új, értéknövelő, pl. távszolgáltatás bevezetésének az előhírnökei.

A mai ktv-hálózatok a liberalizálás után már teljes értékű adat- és beszédátviteli hálózatként működhetnek, ha erre fel vannak készítve. Ez azt jelenti, hogy idővel a mai tisztán műsorelosztó-hálózatokból teljes szolgáltatású (FSN) hálózatok lesznek. Természetesen ez megköveteli a modernizálásukat és újfajta építőelemekkel való kiegészítésüket. Ez pedig már az interaktív digitális televízió korszaka lesz.

Stefler Sándor

1960-ban végzett a BME Villamosmérnöki Karának Gyengeáramú tagozatán. Pályáját az Elektromechanikai Vállalatnál kezdte, mint a televíziós mérőrendszerek fejlesztője és laborvezető 1974–2001-ig a PKI-ban dolgozott mikrohullámú, műsorszóró, utóbbi időben pedig kábeltelevíziós területen. Szakmai tevékenységét munkahelyén kívül a HTE és több nemzetközi szervezet keretén belül végezte. Publikációinak száma több száz, ezen kívül számos hazai és külföldi konferencia előadója volt. Kiterjedt tevékenységeit a HTE (ahol 1960 óta aktív) és a Matáv, ill. elődjei sok kitüntetéssel jutalmazták. Széles körű oktatási tevékenységet is folytatott, így a ktv-szakma hazai és nemzetközi síkon is elismert szakértője.

Hír

Az Ericsson Magyarország Kutatási-fejlesztési Igazgatóságán működő kutatólaboratórium konformancia központjának munkatársai részt vettek a 2001. március 1-8. között San Jose-ban tartott Connectathon együttműködési vizsgálatokon. Az összejövetel célja kettős, egyrészt megvizsgálják, hogy a résztvevők szoftvereszközei mennyire képesek egymással együttműködni, másrészt az esetleg fellépő kompatibilitási problémákat igyekeznek kiküszöbölni. Alapkövetelmény, hogy az általuk használt protokollok összhangban legyenek a vonatkozó szabvánnyal, hiszen ellenkező esetben nem lesznek kompatibilisek más gyártók termékeivel. A szabványok meghatározzák, hogy milyen üzenetre milyen válasznak kell érkeznie. Az Ericsson Magyarország kutatói nemrégen olyan tesztkészleteket fejlesztettek ki, amelyeket San Hoseban sikeresen alkalmaztak a Mobil IPv6 protokoll konformancia vizsgálatára.

OKTATÁSI MINISZTÉRIUM PÁLYÁZATI FELHÍVÁSA

Az Európai Unió 5. Kutatási, Technológiafejlesztési és Demonstrációs Keretprogramjában való magyar részvételt elősegítő tevékenység támogatására, regionális, illetve tematikus kapcsolattartó irodai feladatok ellátására

A pályázat célja, hogy az EU 5. KFT Keretprogramjában való magyar részvételt elősegítő – nonprofit formában végzett – szolgáltatási tevékenységeket támogassa, egyben ezen tevékenységeket végző szervezetek hálózatának kialakulását is elősegítése.
Pályázatot az alábbi célok megvalósítására lehet benyújtani:

a) Regionális irodai alapfeladatok:
- A feladatokat konzorciumnak kell ellátnia, melynek biztosítania kell egyrészt a régió területi lefedettségét, másrészt a Keretprogram szakprogramjaihoz illeszkedő szakterületi lefedettséget;
- a régió felsőoktatási intézményeiben, kutatóintézeteiben, vállalataiban tevékenykedő kutatók folyamatos tájékoztatását a Keretprogrammal kapcsolatos alapinformációkról, annak változásairól;
- konzultációs lehetőséget kell biztosítania a pályázatírás, szerződés előkészítése, a pályázatok átdolgozása témaköreiben a pályázatok formai, pénzügyi követelményeinek teljesítésére összpontosítva, a „Nemzeti Koordinációs Pontok" hálózatával együttműködve.

b) Tematikus irodai alapfeladatok:
- Az irodáknak folyamatosan tájékoztatniuk kell a választott szakterület kutatásával foglalkozókat a szakprogramról;
- konzultációs lehetőséget kell biztosítaniuk a pályázatírás, szerződés előkészítése, a pályázatok átdolgozása témaköreiben a pályázatok szakmai követelményeinek teljesítésére összpontosítva, a szakprogram „Nemzeti Koordinációs Pontjával" együttműködve.

Az elnyerhető vissza nem térítendő támogatás mértéke: a pályázó költségeinek maximum 50%-a, minimum 4 M HUF, legfeljebb 15 M HUF.
A támogatott szolgáltatás megvalósításának időtartama: az 5. KTF Keretprogram alatt.

Pályázhat, illetve a pályázatban részt vehet:
- felsőoktatási intézmények, költségvetési kutatóintézetek, az MTA intézetei,
- innovációs szolgáltatásokat nyújtó szakmai szövetségek,
- az 1997. évi CLVI. tv. szerint közhasznú szervezetként nyilvántartásba vet kutatóintézetek, regionális vállalkozásfejlesztési, illetve kis- és középvállalkozási tanácsadással, oktatással foglalkozó szervezetek (pl. Kht),
- az 1999. évi CXXI. és az 1994. évi XVI. törvény szerinti kamarák.

A támogatás forrása a Műszaki Fejlesztési Alapprogram Célelőirányzat elkülönített kerete.
Beadási határidő: 2001. április 30.

A díjmentes pályázati csomag, amely a részletes pályázati feltételeket és a szükséges űrlapokat is tartalmazza, átvehető az alábbi címen:

OM Kutatás-fejlesztési Helyettes Államtitkárság
1052 Budapest, Szervita tér 8.
A pályázati csomag letölthető az internet <http://www.om.hu> Kutatás/Pályázatok 2001 címről
További információ: **Kutatási-fejlesztési Pályázati és Költségvetési Főosztály**
Tel: 06-1-317 5900

Bevezetés a mobil ad hoc útvonalválasztó protokollok világába

FÖLDESI ANDRÁS, HOMOLYA GYÖRGY
villamosmérnök hallgatók

HORVÁTH CZ. JÁNOS
első éves doktorandusz hallgató, BME Híradástechnikai Tanszék

DR. IMRE SÁNDOR
villamosmérnök, BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar

A mobil ad hoc hálózat mobil eszközök által létrehozott, önszervező, gyorsan telepíthető hálózat, amelyben nincs kiépített gerincvezeték és a hálózati topológia sem meghatározott. A mobilitás és az ismeretlen topológia által okozott nehézségek miatt mindezidáig nem sikerült olyan rendszert létrehozni, amely általánosan minden körülmény között alkalmazható. Emiatt rengeteg egyedi konstrukció született a különböző területeken felmerülő problémák megoldására. Bármennyire is eltérők a létrehozott ad hoc hálózatok, az alkalmazott protokollok szerint három nagy osztályba sorolhatók: reaktív, proaktív és – az előzőek kombinálásából származó – hibrid protokollok.

A reaktív, vagy más néven *igény szerinti protokollok* alapelve: minden mobil csomópont minimális topológia-információt tárol, ha a csomópontok kommunikálni akarnak egymással, akkor az adatcsere előtt határozzák meg a szükséges útvonal-információt. Ez az elv igen előnyös abból a szempontból, hogy a csomópontoknak viszonylag kevés memóriát kell fenntartaniuk az útvonalbejegyzések számára, ami a mobil készülékek fontos tényezője a szűkös erőforrások miatt. Ugyanakkor a kommunikáció előtti útkeresés jelentős késleltetést okoz az adatok átvitelében, így a hálózat gyakorlatilag alkalmatlanná válik a valós idejű (pl.: multimédia) alkalmazások kiszolgálására.

Az előzővel ellentétes a *proaktív protokollok* alapötlete: a csomópontok mindig rendelkeznek a teljes hálózatra kiterjedő, legfrissebb topológia-információval. Ennek eredményeként az adattovábbítás előtti késleltetés minimális, viszont az erőforrásigény jelentős.

További előnyöket és hátrányokat is lehet említeni mindkét protokolltípus esetében, azonban jól látható, hogy a két alapelv szöges ellentéte egymásnak. Az ellentétek kibékítésére alakították ki a hibrid protokollokat, amelyek sokkal szélesebb körben alkalmazhatók, mint a tisztán reaktív vagy proaktív protokollok. A jövő valószínűleg a hibrid protokollokat alkalmazó hálózatoké, így ez a cikk is nagy hangsúlyt fordít a bemutatásukra.

A proaktív protokollok

A proaktív protokollok alapkoncepciója: a csomópontok friss, konzisztens forgalomirányító adatokat tartanak fenn minden más csomópontról a hálózatban. Ezt forgalomirányító táblákkal és rendszeres frissítő üzenetekkel próbálják elérni. A következő részben három ilyen protokoll sajátosságait vizsgáljuk meg.

Távolságvektor-alapú protokoll – Destination Sequenced Distance Vector (DSDV)

Ez a protokoll egy javított Bellman-Ford útkereső algoritmuson alapszik, amellyel kiszűrhetők a körkörös hivatkozások. Minden csomópont a többi csomóponthoz vezető útvonalat a forgalomirányító táblájában tárolja. A tábla egy bejegyzését a következő mezők alkotják: cél azonosítója (címe), a következő csomópont a célhoz vezető úton, a távolság és egy egyedi sorszám. A sorszám a céltól származik. A protokoll periodikus és kiváltott üzenetekkel biztosítja a táblák konzisztenciáját. A periodikus üzenetekben a protokoll az adott csomópont által elérhető összes „routing" információt küldi el akár több protokoll-adategység felhasználásával. A kiváltott üzenettel csak az utolsó periodikus üzenet óta megváltozott információkat küldi a csomópont, így a hálózati jelzési forgalom jelentősen csökkenhet. Ez az üzenet egy protokoll-adategységben elfér, és tartalmazza a cél címét, a távolságát valamint egy sorszámot. A csomópontok a legnagyobb sorszámú utat használják. Ha két ugyanolyan sorszámú kiváltott üzenet érkezik egy csomóponthoz, akkor a rövidebb úthosszt tartalmazót használja a csomópont a táblafrissítéshez, azaz a rövidebb útra optimalizál a protokoll. A csomópontok a frissítő üzenetek kiküldése előtt várnak egy bizonyos ideig (stabilizálódási periódus), ezáltal tudják az egymás után érkező, egyre rövidebb utakat tartalmazó üzenetek nem kívánt hatását kiküszöbölni. Ugyanis ilyen esetben a csomópont minden újabb üzenet hatására új frissítő üzenetet küldene a szomszédainak. A stabilizálódási idő kivárásával az ilyen esetek kezelhetővé válnak, mivel ezen idő alatt beérkezett frissítő üzenetekből ki lehet választani a legrövidebb úthosszt, és ezt tovább lehet küldeni.

Klaszter-átjáró elvű protokoll – Cluster-Gateway Switching Routing (CGSR)

A CGSR protokoll esetében a csomópontok logikailag hierarchiába vannak rendezve: a hálózat különböző

szintű csomópontokból és ezek csoportjaiból áll. Három különböző szintű vagy típusú csomópont létezik: az átjáró (két csoporthoz is csatlakozik), a csoportirányító és az egyszerű csomópont.

Csoportirányító alkalmazásával a csoporton belül lehetőség nyílik a kódelkülönítésre, a csatorna és a sávszélesség hatékony elosztására. A csoportirányítót elosztott algoritmus szerint választják meg. A sok csoportirányító-változás lecsökkenti az adatátviteli időt, ezért a protokoll az LLC (Least Clusterhead Change) algoritmust használja, hogy minél kevesebb csoportirányító változás legyen. Ezzel az algoritmussal csoportirányító-választás csak akkor kezdődik, ha két csoportirányító egymással közvetlenül kapcsolatba kerül, vagy egy csomópont kikerül az összes csoportirányító körzetéből.

A CGSR a DSDV-n (a távolság vektoros) alapul, de a DSDV-t módosították, hogy a hierarchikus szerkezet előnyeit ki lehessen használni: utak csak csoportirányítókon és átjárókon keresztül vezetnek a rendszerben. Ha egy csomópont üzenetet szeretne küldeni, akkor azt a csoportirányítónak küldi el, és a csoportirányító továbbítja a következő átjáróhoz. Ennek az az előnye, hogy a csoportokon belül csak a csoportirányítóhoz vezető utakat kell karbantartani.

A módosított DSDV itt két táblát használ: a forgalomirányító táblát és az ún. klasztertag (cluster member) táblát. A forgalomirányító táblában minden célcsoporthoz megtalálható a következő csomópont, amelynek az üzenetet küldeni kell, a távolság és egy sorszám. A cluster member táblában pedig a célcsomópontcsoport-hozzárendeléseket találjuk.

Egy tipikus útvonal a hálózatban a következőképpen néz ki:

$$C_1G_1C_2G_2 \ldots C_iG_iC_{i+1},$$

ahol C_i egy csoportirányító, G_i egy átjáró

Az átjáró-átjáró útvonalirányítás nincs megengedve, ennek az oka az, hogy a kódelkülönítés miatt lehet, hogy a két átjáró csak jelentős többletköltséggel tudna kommunikálni (kódegyeztetés), ezen kívül a csoportirányítónak üzenetküldéskor mindig nagyobb a prioritása, mint a többi csomópontnak.

A protokoll hátránya, hogy a DSDV útfenntartó frissítő üzenetein kívül a csoport karbantartásáról is gondoskodni kell frissítő üzenetek felhasználásával, ugyanis a klasztertag táblákat is frissíteni kell a hálózatban.

Vezeték nélküli útvonalválasztó protokoll – Wireless Routing Protocol (WRP)

A protokoll célja, hogy forgalomirányító információkat tartson karban az összes csomópont között. Minden csomópont négy táblát használ: távolságtábla, forgalomirányító tábla, kapcsolat-költség tábla, üzenetismétlési lista (MRL) tábla.

Üzenetismétlési lista (MRL) tábla

Minden MRL bejegyzés tartalmazza a frissítő üzenet sorszámát, az üzenetismétlési számot, a „nyugtázás szükséges" jelzőbitvektort egy-egy bejegyzéssel minden szomszéd számára és egy listát, hogy milyen adatok voltak a frissítő üzenetben. Az MRL tábla tárolja, hogy mely frissítést szükséges megismételni, és hogy melyik szomszédnak kell a frissítő üzenetet nyugtáznia. Egy frissítő üzenet több frissítést tartalmaz, amelyben a kapcsolatok változását közlik az egységek a szomszédaikkal. Egy frissítési adat a következő mezőkből áll: a cél címe, a cél távolsága, a célt megelőző csomópont.

Ha két csomópont között megszűnik a kapcsolat, az érintett csomópontok frissítő üzeneteket küldenek a szomszédaiknak. A szomszédok módosítják a távolságtáblájukat, és új utat keresnek. Ha sikerül új utat találniuk, akkor ezt visszaküldik az érintett csomópontoknak.

A csomópontok „megtanulják" a szomszédaik meglétét a nyugta- és más üzenetekből. Ha egy csomópont egy bizonyos időn belül nem küld adatot egy szomszédjának, akkor a szomszéd úgy veszi, hogy ez a kapcsolat megszűnt. Ezért minden csomópont ún. „hello" üzeneteket küld a szomszédainak, ha egyébként más üzenetet nem küldene.

A WRP protokoll előnye az a módszer, ahogy a körmentességet megoldja. A csomópontok közlik minden célcsomópont távolságát és az őt megelőző csomópont címét a hálózatban. Az útkereső algoritmus elkerüli a „count-to-infinity" problémát, mivel kikényszeríti az elődinformációk konzisztenciavizsgálatát. Ezzel gyorsabb a konvergálás egy kapcsolat megszűnése esetén.

A reaktív protokollok

Az alapelv: az útvonalat a forrástól a célig csak akkor határozza meg, amikor a forrás igényli azt. Ilyenkor a forrás segítségül hív valamilyen útválasztó algoritmust, amely megvizsgálja a lehetséges útvonal-permutációkat. Ha az útvonalat sikerül meghatározni, akkor az fennmarad egészen addig, amíg a forrás igényli, illetve amíg a cél elérhető ezen az útvonalon keresztül.

Ad hoc igény szerinti távolságvektoros útvonalválasztó protokoll – Adhoc On-Demand Distance Vector (AODV)

Az AODV a DSDV protokoll továbbfejlesztése. Előnye a DSDV-vel szemben, hogy kevesebb üzenetszórást igényel, és a csomópontoknak nem szükséges több útra vonatkozó információt tárolniuk a forrás és a cél között. Azok a csomópontok, amelyek nincsenek egyetlen útvonalon sem, semmilyen útvonal-információt sem tárolnak. Ez a memóriagazdálkodás szempontjából fontos.

Amikor egy csomópont (a forrás) kapcsolatba akar lépni egy másik csomóponttal (a céllal), megvizsgálja, hogy van-e érvényes útvonal közöttük. Amennyiben nincs, a forrás elindítja az útvonalválasztó folyamatot. Először egy-egy útvonaligénylő csomagot küld a szom-

szédainak (RREQ – route request). A szomszédok a megkapott csomagokat továbbküldik a saját szomszédaiknak és így tovább. Ez a folyamat addig tart, amíg valamely RREQ csomag el nem éri a célt, vagy egy olyan közbenső csomóponthoz nem érkezik, amely rendelkezik érvényes útvonallal a célig (fresh enough route).

A fenti algoritmust alkalmazva előfordulhat, hogy a meghatározott útvonal köröket tartalmaz, illetve a csomópontok nem a legújabb útvonal-információt tárolják. Ezen problémák elkerülésére az AODV protokoll egy sorszámozási módszert használ. Minden csomópont rendelkezik egy saját sorszámmal (sequence number) és egy üzenetszórás-azonosítóval (broadcast ID). A forrás az üzenetszórás-azonosítót minden útvonalkérés esetén megnöveli. Az üzenetszórás-azonosító a csomópont azonosítójával (IP-címével) együtt egyértelműen azonosít egy adott útvonalkérést. A forrás a RREQ csomagban elhelyezi az üzenetszórás-azonosítót és a célcsomópont – általa legújabbnak tartott – sorszámát. Ha egy közbenső csomópont egy RREQ csomagot kap, akkor csak abban az esetben küldi tovább a szomszédainak, ha az általa tárolt célsorszám kisebb, mint a csomagban lévő.

Az RREQ csomagok továbbítása közben minden közbenső csomópont feljegyzi annak a szomszédjának a címét, akitől az első RREQ csomagot kapta. Amikor egy RREQ csomag eljut a célig, vagy egy a célhoz érvényes úttal rendelkező közbenső csomópontig, akkor a csomagot fogadó csomópont egy RREP (route reply) üzenetet küld annak a szomszédjának, akitől a RREQ csomagot kapta. A szomszédos csomópont a RREP csomagot továbbítja az általa feljegyzett, az útvonalon lévő szomszédjának és így tovább. A RREP üzenetnek a forrás felé továbbítása közben minden csomópont feljegyzi, hogy kitől kapta a RREP üzenetet. Amikor a forrás megkapja a RREP csomagot, akkor az útvonalban szereplő összes csomópont tudni fogja, hogy a forrástól érkező csomagokat melyik szomszédjának kell majd küldenie, így az útvonal felépültnek tekinthető.

A csomópontok minden útvonalbejegyzéshez nyilvántartanak egy-egy időzítőt is. Ha egy előre rögzített időn belül nem használják az utat, akkor a bejegyzés érvénytelenné válik. Az útvonalbejegyzések akkor is érvénytelenné válhatnak, ha az úton lévő valamelyik csomópont elmozdul. Ilyenkor az elmozdult csomópont forrás felőli szomszédja egy sikertelen összeköttetéslétesítés (link failure) üzenetet küld a forrás irányába. Minden csomópont, amely ilyen üzenetet kap, érvényteleníti az útvonalbejegyzését. Ha a forráshoz érkezik az üzenet, akkor a forrásnak újabb útvonalkérést kell kiadnia, amennyiben szüksége van az összeköttetésre.

A protokoll kialakítása miatt az AODV csak szimmetrikus kapcsolatok esetén alkalmazható.

Dinamikus útvonalválasztó protokoll – Dynamic Source Routing (DSR)

Ennél a protokollnál a csomópontok rendelkeznek útvonal-gyorsítótárakkal (route cache). Ezekben a gyorsítótárakban tárolják az általuk használt utak bejegyzéseit. A gyorsítótár tartalma akkor frissül, amikor a csomópont egy új útvonalbejegyzést készít.

Ha egy csomópont csomagot akar eljuttatni egy másik csomóponthoz, akkor először megvizsgálja, hogy van-e érvényes útvonalbejegyzés a gyorsítótárban. Ha van, akkor ezt a bejegyzést használja a csomag továbbításához. Ellenkező esetben egy-egy útvonalkérő csomagot (route request) küld el a szomszédainak. Ez a csomag a forrás IP-címét, a címzett IP-címét és egy egyedi azonosítót tartalmaz. Ha egy csomópont megkap egy ilyen csomagot, akkor megvizsgálja, hogy a saját gyorsítótára tartalmaz-e érvényes útvonalbejegyzést a célhoz. Amennyiben igen, akkor egy válaszüzenetet (route reply) generál. A válaszüzenet mindenképpen létrejön, ha a csomagot vevő csomópont a cél. A válaszüzenet tartalmazza az útvonalkérő csomagban lévő teljes útvonal-információt (route record). Ha a csomópont nem talál érvényes útvonalbejegyzést a célhoz, akkor elhelyezi a csomagban a saját IP-címét és továbbküldi a szomszédainak. Az üzenetszórást úgy korlátozza a protokoll, hogy a csomópont csak azokat az üzeneteket dolgozza fel, amelyekkel még nem találkozott, illetve amelyekben még nem szerepel a saját IP-címe.

Amikor a válaszüzent létrejön, a létrehozó csomópontnak el kell azt juttatnia a forráshoz. Ha az adott csomópont rendelkezik érvényes útvonalbejegyzéssel a gyorsítótárában a forráshoz, akkor ezt használja a válaszcsomag elküldéséhez. Ha nincs érvényes bejegyzés, akkor két eset lehetséges. Vagy szimmetrikus összeköttetéseket használ a rendszer, így a csomag visszaküldhető a feladónak a megfordított útvonalon, vagy az összeköttetések nem szimmetrikusak, ezért a csomópontnak saját útvonalkérést kell elindítania.

A gyorsítótárak karbantartása hibacsomagok (error packets) és nyugták (acknowledgments) használatával történik. Ha egy csomópont sikertelenül próbál kapcsolatba lépni egy másik csomóponttal, akkor egy hibacsomag generálódik, aminek hatására a csomópont érvényteleníti a másik csomóponthoz tartozó gyorsítótár-bejegyzését. Szintén érvénytelen lesz a gyorsítótár-bejegyzés, ha az elküldött csomagokra nem érkezik nyugta.

Asszociativitás-stabilitás alapú útvonalválasztó protokoll – Associativity-Based Routing (ABR)

Ez a protokoll biztosítja a rendszerben a körmentességet, a holtpontmentességet, és megakadályozza a duplázott csomagok megjelenését. A működés az asszociativitás stabilitásának mértékén alapul. Minden csomópont periodikusan küld életjelet magáról a szomszédos csomópontok számára. Az életjel hatására a csomópontok megnövelik az általuk tárolt, a küldő csomóponthoz tartozó változójuk értékét. A változó értéke jelzi az asszociativitás stabilitásának mértékét. Ha egy csomópont sokáig marad egy helyben, akkor ez a mérték nagy lesz, ami megbízható összeköttetéseket tükröz. A csomópontok az általuk tárolt változókat akkor nullázzák, ha a változókhoz tartozó csomópontok a kommunikációs távolságon kívül kerülnek.

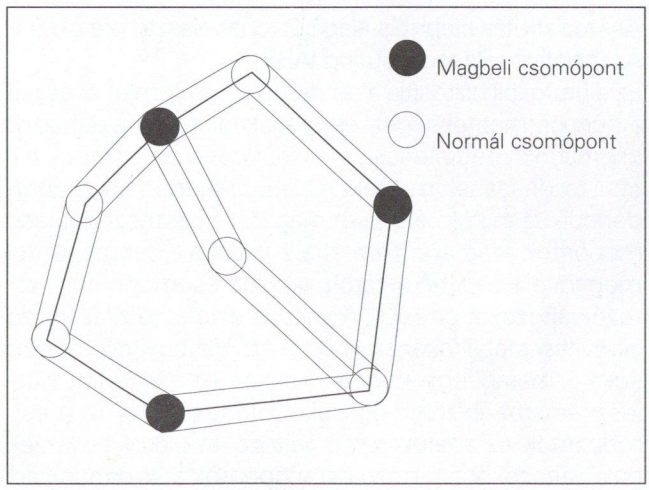
Az ABR protokoll célja a minél hosszabb életű útvonalak biztosítása. Amikor egy csomópont útvonalat szeretne kérni egy másik csomóponthoz, akkor elküld egy BQ (Broadcast Query) üzenetet a többi csomópontnak. Ha a többiek észlelik a BQ csomagot, akkor hozzáfűzik a saját címüket, a QoS-információt és – az általuk tárolt – a szomszédos csomópontjaikhoz tartozó asszociativitás-stabilitási mértékeket, majd továbbküldik a csomagot. A célcsomópont a beérkező csomagokban szereplő adatokból választja ki azt az utat, amelyik a legstabilabb. Ha több egyformán stabil út is van, akkor a célcsomópont a legkevesebb lépést (hop) tartalmazó utat választja. A cél ezt követően egy REPLY üzenetet küld vissza a kiválasztott úton a forrás számára. Minden olyan csomópont, amely megkapja a REPLY üzenetet, aktív állapotúvá teszi a kiválasztott útvonalhoz tartozó bejegyzését. Mivel mindig csak egyetlen út van kiválasztva, a csomagismétlődés kizárt.

Amennyiben a forráscsomópont elmozdul, akkor egy RN[1] üzenetben kéri az úton lévő csomópontokat, hogy töröljék az útvonalbejegyzéseiket, és egy új BQ-REPLY ciklust kezdeményez. Ha a cél mozdul el, akkor az útvonalon hozzá legközelebb lévő csomópont egy LQ(H) (Localized Query) üzenetet küld a cél felé, ahol a H a lépések számát jelenti. Ha a cél megkapja ezt az üzenetet, akkor visszaküld egy választ a legjobb útvonalon, egyébként a küldő csomópontnál lejár egy időzítő, és a próbálkozás joga átkerül a küldő csomópont forrás felőli szomszédjához. A próbálkozás jogának átadása egy RN[0] üzenet elküldésével érhető el. Ha ez a módszer sikertelen marad az útvonal feléig, akkor egy új BQ folyamatot kezd a forrás.

Ha egy útvonalra már nincs tovább szükség, akkor az RD (Route Delete) csomag elküldésével törölhető.

Jelstabilitás-alapú útvonalválasztó protokoll – Signal Stability Routing (SSR)

Az SSR két együttműködő protokollból áll: az egyik egy dinamikus (DRP), a másik pedig egy statikus (SRP) útvonalválasztó protokoll. A DRP feladata a jelstabilitási táblák (SST – Signal Stability Table) és az útvonaltáblák (RT – Routing Table) karbantartása. Az SST tárolja az adott csomópont szomszédainak jelerősségét. A tábla frissítése periodikusan történik a szomszédok által küldött életjelek alapján. A DRP a szomszédos csomópontokkal lévő kapcsolatokat erős vagy gyenge kapcsolatnak minősíti. Minden átvitel a DRP-n keresztül valósul meg. Miután a DRP frissíti a táblabejegyzéseit, a csomagokat átadja az SRP-nek. Abban az esetben, ha az adott csomópont a cél, az SRP átadja a csomagot a veremnek, egyébként továbbküldi az RT-ben bejegyzett csomópontnak. Ha az RT-ben nincs ilyen bejegyzés, akkor egy útvonalkeresés (route search) indul.



1. ábra CEDAR hálózati topológia

Az útvonalkereső csomagot csak akkor továbbítják a csomópontok, ha erős csatornán keresztül jött, és még nem volt feldolgozva. A célcsomópont csak az első útvonalkereső csomagot fogadja el, mert valószínűleg ez jött a legerősebb útvonalon. Az első csomag megérkezése után a cél egy válaszüzenetet küld a fordított útvonalon. A választ megkapó csomópontok frissítik az RT-jüket.

Abban az esetben, ha a forrás egy megadott időn belül nem kap választ, akkor a keresőcsomag fejlécében megváltoztatja a PREF bit értékét jelezve, hogy a gyenge csatornák is elfogadhatók, majd újra elküldi a csomagot.

Ha az útvonal valahol megszakad, akkor a közbenső csomópontok értesítik a forrást a hibáról, minek következtében a forrás egy új útvonalkeresést indít el. Ha a forrásnál szakad meg az összeköttetés, akkor a forrás értesíti a többi csomópontot a hibáról.

A hibrid protokollok

Ezeket a protokollokat nem lehet egyértelműen az előző két osztályba sorolni, mindkét típus előnyeit próbálják egyesíteni, ezért általában többszintűek, és a különböző szinteken más-más típusú „alprotokollokat" alkalmaznak.

Magkiterjesztéses elosztott útvonalválasztó algoritmus – Core Extraction Distributed Ad hoc Routing Algorithm (CEDAR)

Az ad hoc hálózat egy csoport mobilegység között létező dinamikus hálózat, amelyben a csatorna közös használatú és „drága" erőforrás. Az alkalmazásoknak viszont megfelelő minőségű kapcsolatokra van szükségük. Ezért a CEDAR létrehozásakor a következő célokra törekedtek a fejlesztők:

- Elosztott útszámítási algoritmus alkalmazása.
- A lehető legkevesebb csomópont vegyen részt az útszámításban és az útfenntartásban.
- Minden csomópont csak az ő célcsomópontjaihoz vezető utakat tartsa karban.
- A régi, nem használt utakat fel kell deríteni, és meg kell szüntetni.
- Ha a topológia stabilizálódik, a hálózatnak az optimális felé kell konvergálnia.
- Lehetőség szerint legyen egy tartalékút, ha az elsődleges út megsérül, és újraszámítás alatt van.

- Az algoritmus legyen robusztus, akár az optimalitás csökkenése révén is. *(1. ábra)*

A protokoll működése a következő: első lépésként egy elosztott választási algoritmussal létrehozza a hálózat magját, azt a csomópontrészhalmazt, amellyel lefedhető a hálózat úgy, hogy bármely egységtől legfeljebb kétugrásnyira legyen magbeli egység (1. ábra). A nem magbeli csomópontok nem vesznek részt útszámításban, hanem a legközelebbi magbeli csomóponttól kérnek útvonalat, ha kommunikálni szeretnének egy másik csomóponttal. Így teljesül, hogy a lehető legkevesebb egység vesz részt az útszámításban, és kevés egység között kell frissítőüzeneteket továbbítani. A magbeli csomópontok útvonalszámításhoz csak a náluk lokálisan elérhető adatokat használják. Ezeknek az adatoknak a frissítése is egyedülálló módon, úgynevezett növelő és csökkentő hullámokkal történik. Segítségükkel a stabil összeköttetések adatai elterjednek a hálózatban, míg a gyakran változó instabil összeköttetések adatai csak kis környezetben terjednek el. Tehát az útszámításkor nagy valószínűséggel még létező összeköttetések alapján számol egy távoli csomópont is.

A magbeli csomópontok egymással egy speciális többes-küldéses üzenetküldéssel kommunikálnak, ez az ún. core-broadcast. Ennél a módszernél egy csomópont a csomagot nem továbbítja minden szomszédjának, hanem szoros együttműködésben a közeghozzáférési (MAC) réteggel csak bizonyos csomópontoknak. Azaz feltételezzük, hogy minden csomópont ideiglenesen tárolja az összes kapott vagy hallott core-broadcast üzenet egyedi azonosítóját. Így a csomagismétlések jelentős része kiszűrhető.

A hálózatban két magbeli csomópont között legfeljebb két nem magbeli egység lehet, az ilyen „szomszédos" magbeli csomópontok virtuális összeköttetést tartanak fenn, amely több valódi összeköttetésből áll, így a közbülső egységeknél lehetőség van a fölösleges csomagok kiszűrésére. Fontos megjegyezni, hogy egy csomópont csak egy magbeli csomóponttól kérhet útvonalat, viszont több magbeli csomóponttal is kommunikálhat, ha része a virtuális összeköttetésnek.

A kapcsolatok állapotinformációit a protokoll ún. növelő és csökkentő hullámokkal terjeszti. Minden kapcsolatnál az egyik csomópont felelős a sávszélesség figyeléséért és az informálásért, és ha a kapcsolat kétirányú, ez igaz mindkettőre. Ha a sávszélesség megváltozik, sorban értesítik az irányítójukat (a hozzájuk legközelebb eső magbeli csomópontot), hogy indítson növelő vagy csökkentő hullámot. Ezeket a hullámokat az irányítók core-broadcasttal elterjesztik a mag egy részén. Minden magbeli csomópontnak két üzenetsora van: az egyikbe kerülnek a növelő hullám üzenetek, ez a növelő sor, a másikba a csökkentő hullám üzenetek, ez a csökkentő sor.

A növelő sor elemeit a csomópont periodikusan küldi tovább, viszont ha csökkentő sorban van egy üzenet, az azonnal továbbküldésre kerül, így a csökkentő hullámok sokkal gyorsabban terjednek, mint a növelő hullámok. A csökkentő hullámok kioltják a növelő hullámokat, így egy dinamikusan változó kapcsolat lokális környezetben lesz csak ismert, míg egy stabil kapcsolat adatai távolra is elterjedhetnek. A hullámok menetközben átalakulhatnak egymásba. Azután hogy egy üzenet TTL (Time To Live) szintje eléri a nullát, a további csomópontok olyan csökkentő hullámot kapnak, ahol a kapcsolat sávszélessége 0, és TTL szintje végtelen (így törlődik a kapcsolat bejegyzése), viszont ez a hullám sem halad végig az egész hálózaton, mivel ha egy csomópontnak nincs bejegyzése az üzenetben szereplő kapcsolatra, eldobja a csökkentő hullám üzenetet, és nem küldi tovább. Így minden „távoli" csomópont kitörli az adott kapcsolatra vonatkozó elévült adatait.

A nagy „overhead" elkerülése érdekében a csomópontok csak akkor generálnak hullámokat, ha a változás meghalad egy küszöbszintet. Logaritmikus összehasonlítást érdemes itt bevezetni, hogy az adott kapcsolaton folyó ténylegesen kihasznált sávszélességhez lehessen viszonyítani a változást.

Az útszámításkéréskor a forráscsomópontnak meg kell adnia egy Quality of Service paramétert is, konkrétan a kívánt sávszélességet. Ezután a forrás irányítója megpróbál egy megfelelő sávszélességű utat találni a célhoz. Először megkeresi a cél irányítóját core-broadcast segítségével. A forrás irányítója és a cél irányítója között lévő most kiépült utat (core-út) már fel lehet használni – az adott kritériumoknak megfelelő – út kereséséhez, hiszen ezen út mentén a magbeli csomópontok ismerik az összes összeköttetést és azok sávszélességét. A helyi információkat és topológiát felhasználva a forrás irányítója megpróbál utat találni a forráscsomópont és a core-úton legmesszebb lévő olyan irányító egy csomópontja között, amely biztosítja a kívánt sávszélességet. Ezután ez a távoli irányító keres megfelelő utat a cél felé. Végül kialakul a megfelelő út, és a csomagok ezután nem a core-úton haladnak, hanem a megtalált új úton. A core-utat tehát csak a megfelelő út megtalálásáig használják a magbeli csomópontok.

A CEDAR robusztus és adaptív protokoll, amely gyorsan és hatékonyan reagál a hálózat változásaira. Nagy valószínűséggel stabil, megfelelő sávszélességű utakat alakít ki, nem generál nagy többletforgalmat még nagyon dinamikus hálózatok esetében sem (hullámok).

Zónaalapú hierarchikus útvonalválasztó protokoll – Zone-based Hierarchical Link State (ZHLS)

A ZHLS egy GPS-en (Global Positioning System) alapuló ad hoc útvonalválasztó protokoll. Ennél a protokollnál a hálózatot egymást nem fedő zónákra osztják. Minden csomópont ismeri a saját GPS-koordinátáit (ezáltal a saját zónájának az azonosítóját), a saját zónáján belüli topológiát és a zónák közötti kapcsolatokat. Az útválasztás két szinten zajlik: a zónán belül, illetve a zónák között. A protokoll – a hierarchikus jellege ellenére – nem igényel kitüntetett csomópontokat (pl.: clusterhead), ezáltal nem alakul ki szűk keresztmetszet a hálózatban és a csomópontok kiesése sem okoz proble-

mát. Az útválasztáshoz csak a célócsomópont zónaazonosítójára és csomópont-azonosítójára van szükség, ezért az út adaptívan változhat a forrás és a cél között a hálózati topológiaváltozás függvényében. A protokollal kapcsolatban ismertetett szimulációs eredmények azt mutatják, hogy a ZHLS kevesebb üzenetváltást igényel az útkeresés és a topológiainformációk frissítése során, mint az elárasztáson alapuló igény szerinti útválasztó algoritmusok (pl.: LSR – Link State Routing protokol). Az egymást nem fedő zónák lehetővé teszik a frekvenciák újrafelhasználását.

Zónatérkép

A ZHLS-ben a hálózat zónákra van osztva. Minden csomópont meghatározza a saját földrajzi helyzetét valamilyen helyzetmeghatározó rendszer (pl.: GPS) segítségével, majd a földrajzi helyzet tudatában meghatározza, hogy melyik zónában tartózkodik.

A zónaazonosító megállapításához a csomópontok rendelkeznek egy zónatérképpel, amelyet a rendszer tervezői a tervezés során rögzítenek. A zónák mérete függ a csomópontok mozgékonyságától, a hálózat sűrűségétől, a közlési erősségtől és a terjedési karakterisztikától. A felosztás történhet egyszerű geográfiai vagy rádióhullám-terjedéses alapon. A geográfiai felosztás egyszerűbb, míg a rádiós felosztás bonyolultabb a frekvenciaújrahasznosítási igények miatt. A rádiós felosztás olyan esetekben alkalmazható, ahol a terjedési viszonyok mérése még a tervezési szakaszban elvégezhető.

A ZHLS hierarchikus struktúrája

A hálózati topológiának két szintje van: csomópontszintű és zónaszintű topológia. Ha két csomópont a kommunikációs távolságon belül kerül egymáshoz, akkor közöttük fizikai összeköttetés alakul ki. A csomópontszintű topológiainformációk írják le a csomópontok között kialakult fizikai összeköttetéseket. Ha legalább egy fizikai összeköttetés van két szomszédos zóna között, akkor a zónák között virtuális összeköttetés is van. A zónaszintű topológiainformációk a zónák között kialakult virtuális összeköttetéseket írják le.

A topológia-információk közlésére a csomópontok kétféle üzenetet (LSP – Link State Packet) használnak: csomópont LSP-t és zóna LSP-t. A csomópont LSP egy adott zónán belül kerül továbbításra, míg a zóna LSP a teljes hálózaton továbbítódik.

Útválasztó táblák felépítése

Zónán belül

Minden csomópont elküld egy-egy link request csomagot. Azok a szomszédos csomópontok, amelyek vesznek egy ilyen csomagot, válaszolnak egy <zónaazonosító, csomópont-azonosító> formájú üzenet visszaküldésével. Miután az összes válasz megérkezett a kiindulási csomópontba, a csomópont egy csomópont LSP üzenetet generál. A csomópont LSP csomag a zónán belüli szomszédos csomópontok azonosítóit, valamint a zónán kívüli szomszédok zónaazonosítóit tartalmazza. A csomópont LSP üzenet a zónán belül kerül továbbításra. A csomópontok a csomópont LSP csomagok alapján, valamely legrövidebb útkereső algoritmus felhasználásával felépítik az útválasztó tábláikat.

A mozgások következtében fizikai összeköttetések szűnhetnek meg, és újak jöhetnek létre, ezért a fenti eljárást periodikusan kell végrehajtani. Előfordulhat, hogy egy csomópont átvándorol egy másik zónába, ezért a táblabejegyzésekhez időzítőket rendelnek, és a lejárt bejegyzéseket törlik.

Zónák között

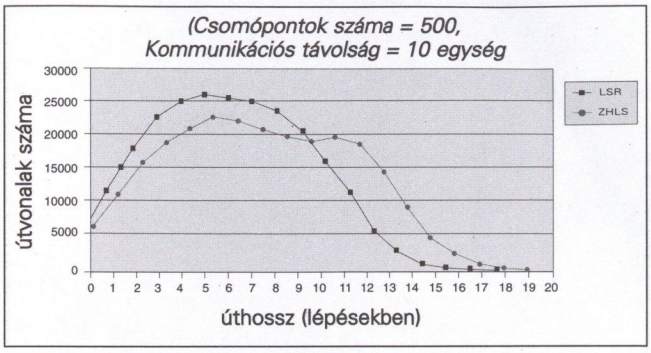
Azokat a csomópontokat, amelyek fizikai összeköttetésben vannak valamely szomszédos zónában lévő csomóponttal vagy csomópontokkal, átjárócsomópontoknak nevezzük.

Mivel minden csomópont LSP tartalmazza a kapcsolódó zónák zónaazonosítóit, minden csomópont tudni fogja, hogy mely szomszédos zónák vannak virtuális kapcsolatban a saját zónájával. Az egy zónában lévő csomópontok ezért ugyanazt a zóna LSP-t fogják létrehozni és továbbítani a hálózaton. A zóna LSP-ket az átjárócsomópontok továbbítják a többi zóna felé. Végül a zóna LSP-k az egész hálózaton ismertté válnak, így a csomópontok tudni fogják az aktuális zónaszintű topológiát. A zónaszintű útválasztó táblák létrehozására itt is valamilyen legrövidebb útkereső algoritmust használnak. A fenti eljárás szintén periodikusan kerül végrehajtásra.

Az átjáró csomópontok csak azokat az LSP-ket küldik tovább, amelyek még nem kerültek továbbításra, így csökken az LSP-k által okozott hálózati forgalom. A zóna LSP-k esetében nem alkalmaznak időzítőket, az útválasztó táblák csak akkor változnak, ha egy virtuális összeköttetés megszakad, vagy egy új összeköttetés létesül.

Helymeghatározás és útválasztás

Tegyük fel, hogy egy **a** csomópont adatokat akar továbbítani a **z** csomópontnak. Első lépésben **a** megvizsgálja a saját zónájához tartozó útválasztó tábláját. Amennyiben **z** szerepel a táblában, **a** azonnal továbbíthatja az adatait. Egyébként a **z** egy másik zónában található, így az **a** egy helymeghatározási kérést indít el <**a**, a saját zónaazonosítója, **z**, X> üzenetek kiadásával, ahol X egy-egy másik zónát jelöl. Az üzeneteket vevő csomópontok továbbítják a csomagokat a saját zónaszintű tábláiknak megfelelően az X zónák irányába. Ha valamelyik átjáró csomópont megtalálja **z**-t a saját csomópontszintű táblájában, akkor egy válaszüzenetet generál <**z**, **z** zónaazonosítója, **a**, **a** zónaazonosítója> formában. Ha a megkapja ezt a csomagot, akkor rendelkezni fog **z** zónaazonosítójával és csomópont-azonosítójával, így képes lesz az adatok elküldésére. Minden olyan csomópont, amelyik nem **z** zónájában van a zónaszintű tábláját, míg a **z** zónájában lévő csomópont a csomópontszintű tábláját használja a csomagok továbbítására.



2. ábra Az úthosszak eloszlása a hálózatban szereplő minden egyes csomópontpár között

A 2. ábra a ZHLS protokoll által kialakított útvonalak hosszának eloszlását szemlélteti összehasonlítva egy tisztán reaktív protokoll (LSR) által létrehozott utak hosszának eloszlásával.

Összefoglaló

Szeretnénk kiemelni, hogy az itt ismertetett protokollokon kívül számos egyéb megvalósítás létezik, de egyikük sem alkalmas magában az ad hoc környezetben felmerülő összes probléma hatékony megoldására. A Quality of Service és a biztonság még nem teljesen kidolgozott területek ezen protokollok körében. Egyes algoritmusok részlegesen megvalósítják ugyan a QoS-t, de ez még nem éri el az internetes protokollok által nyújtott szintet.

Ugyanakkor érdemes figyelemmel kísérni a mobil ad hoc hálózatok területét, mert dinamikusan fejlődik, és jelentős előrelépések várhatók a közeljövőben.

Irodalomjegyzék

Mario Joa-Ng, I-Tai Lu: A Peer-to-Peer Zone-Based Two-Level Link State Routing for Mobile Ad Hoc Network
IEEE Journal vol. 17, no. 8, pp. 1415-1425, 1999.
(ZHLS)

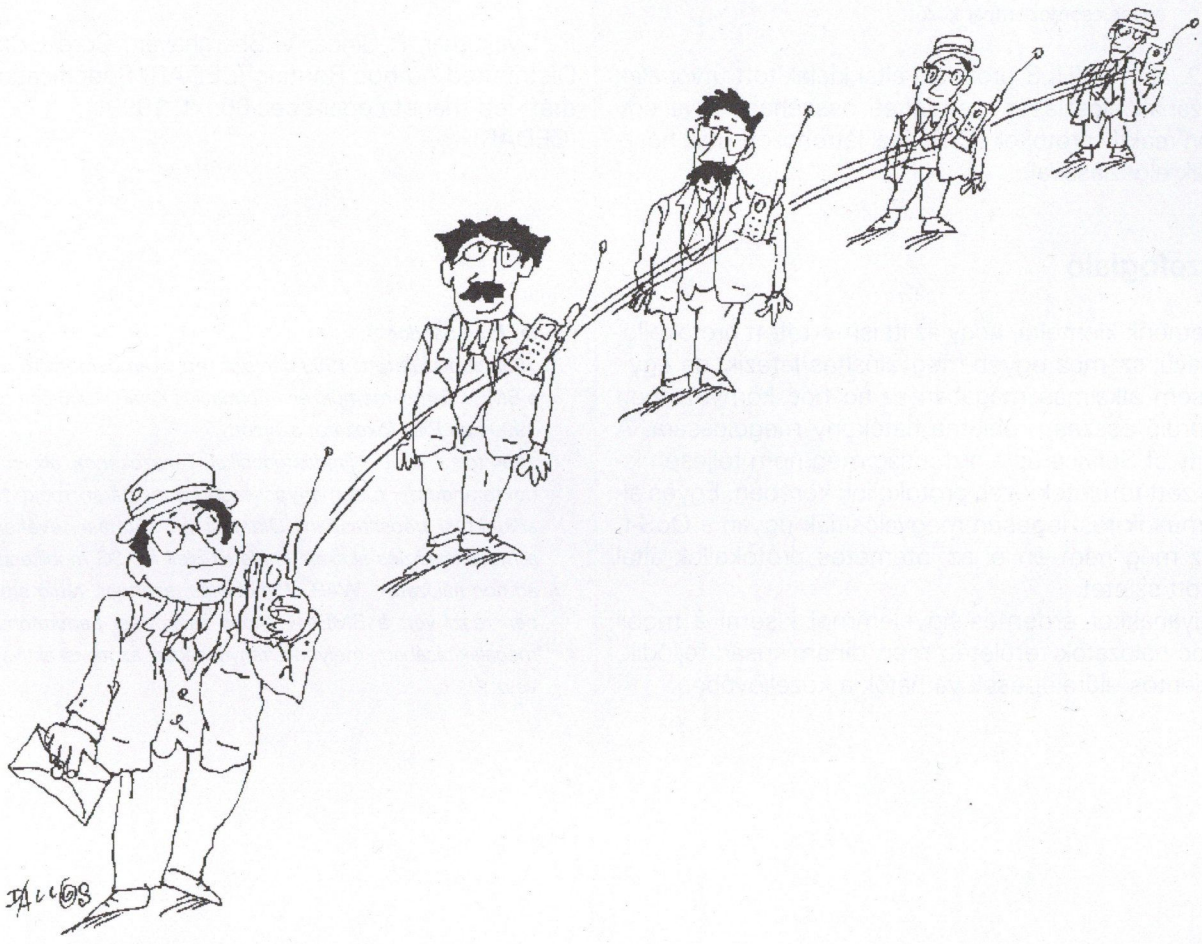
E. M. Royer, Chai-Keong Toh: A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks
IEEE Personal Communications April, pp. 46-55, 1999
(DSDV, CGSR, WRP, AODV, DSR, ABR, SSR)

R. Sivakumar, P. Sinha: V. Bharghavan, Core Extraction Distributed Ad hoc Routing (CEDAR) Specification
draft-ietf-manet-cedar-spec-00.txt, 1999
(CEDAR)

dr. Imre Sándor

1969-ben született, 1993-ban szerzett villamosmérnöki diplomát a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán. 1996-ban dr. univ., 1999-ben PhD-fokozatot szerzett.

1994-től a BME Híradástechnikai Tanszékének alkalmazottja, doktoranduszi, tudományos segédmunkatársi, majd 1999-től adjunktusi beosztásban. Oktatási és kutatási tevékenysége a mobil távközlés aktuális területeit öleli fel: 3G mobilrendszerek, ad hoc hálózatok, WAP, IP-mobilitás, szoftver, rádió stb. 1997-ben részt vett a BME-HT Mobil Távközlési Laboratóriumának megalakításában, melynek irányításában azóta is aktívan részt vesz.



Makromobilitás támogatása az IPv4 és az IPv6 protokollokban

NÉMETH DÁNIEL–HALÁSZ LÁSZLÓ–DR. IMRE SÁNDOR

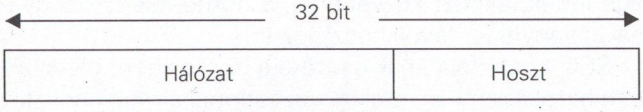
Az internetet használók száma gyorsan nő és hasonlóképpen növekszik a felhasználók mobilitás iránti igénye is. Cikkünkben az IP-mobilitás témakörét szeretnénk körüljárni. A napjainkban bevezetés alatt álló IPv6 viszont már tartalmazza a mobilitást támogató funkciókat.

Bevezetés

Az internetet használók száma gyorsan nő, és hasonlóképpen növekszik a felhasználók mobilitás iránti igénye is. A mobilitás fogalma többféleképpen is értelmezhető. Eszerint beszélhetünk makro- és mikromobilitásról IP-környezetben. Makromobilitás alatt azt értjük, hogy a felhasználó a terminálját (PC, laptop stb.) a hóna alá kapva elutazik akár a világ túlsó felére, és ott mindenféle külső segítség nélkül automatikusan úgy tud belépni a hálózatba, hogy valamennyi számára küldött IP-csomagot megkapja annak ellenére, hogy közben megváltozott a címe. Mikromobilitásról akkor beszélünk, ha a felhasználó rádiós linken keresztül csatlakozik a hálózatra, és mozgása következtében gyakran megváltoztatja a hálózati csatlakozási pontját (bázisállomást vált).

Az egységes infokommunkációs hálózat kialakításához elengedhetetlen a két technika ötvözése, hiszen a WAP (Wirless Application Protocol) sikere is jól mutatja milyen nagy az igény a mobilinternetezésre, jóllehet a WAP nyújtotta kényelem lényegesen elmarad az IP-alapú mobilinternetezéstől. Cikkünkben az IP makromobilitás témakörét szeretnénk részletesen körüljárni, a mikromobilitással pedig egy későbbi írásunkban foglalkozunk.

A csomagkapcsolt hálózaton való kommunikációra jelenleg használatos IPv4 (Internet Protocol 4-es verzió) eredetileg nem tartalmaz olyan funkciókat, melyek a mobilitás megvalósítását segítenék. A megoldást az IPv4 számára a szabvány utólagos kiegészítéseként megalkotott Mobile IP jelenti. A következőkben kitérünk az IPv4 hátrányaira, valamint a Mobile IP nyújtotta kiegészítőleges megoldásokra. Az IPv4 egyéb problémái mellett többek között a szűkös címtartomány miatt vált szükségessé az IP újabb verziójának kialakítása (Internet Protocol 6-os verzió, IPv6). Ez már szervesen tartalmazza a mobilitást kezelő funkciókat, melyeket az alábbiakban szintén ismertetünk.



1. ábra IP-cím szerkezete (IPv4)

IPv4 és a mobilitás

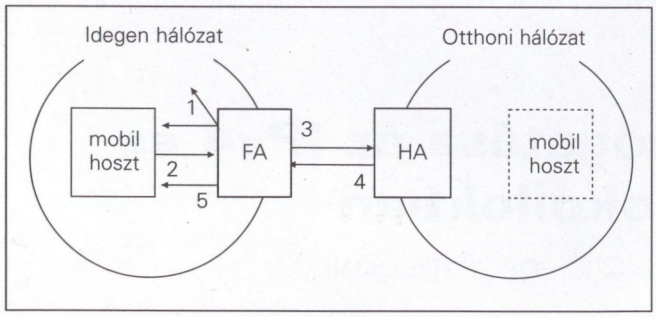
Az Internet Protokoll 4-es verziója a csomagkapcsolt hálózatba kötött számítógépek kapcsolatát kezelő protokoll. Minden, az internetre kapcsolt gép (hoszt) rendelkezik egy IP címmel. Ez a 32 bites szám két funkciót lát el: azonosítja a számítógépet, valamint annak helyét (alhálózatát) az interneten. Felépítése az 1. ábrán látható.

A cím első része azonosítja azt az alhálózatot, melyhez a hoszt tartozik. Az elküldött csomagokban szerepel a célcím. Az irányítást végző routerek a cím hálózati része alapján választják ki azt az útvonalat, melyen a csomagot továbbküldik. Ha egy számítógépet ilyen feltételek mellett lekapcsolunk otthoni hálózatáról, és máshol akarjuk az internetre visszakötni, alkalmatlan lesz az IP-alapú kapcsolat felépítésére, ugyanis a neki szánt csomagok mind az otthoni hálózatába jutnak, és ott további feldolgozás nélkül elvesznek.

A megoldandó probléma tehát a következő részletekből áll: a hoszt ismerje fel, hogy idegen hálózatba kapcsolták be, vegye fel valahogyan a kapcsolatot otthoni hálózatával, és az otthoni hálózatban valaki továbbítsa a hosztnak szánt csomagokat úgy, hogy azok el is jussanak a mobil hoszt új helyére.

Mobile IP

Az IPv4-ben a mobilitás támogatása érdekében bevezetett Mobile IP új funkciókkal bíró hálózati elemei a következők:



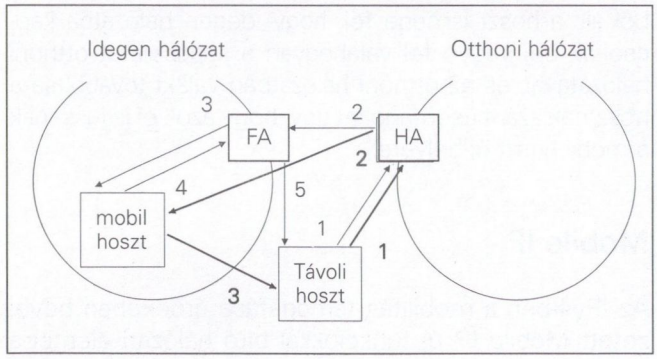
2. ábra Regisztráció Mobile IP-ben

- *Mobile node* (mobil csomópont, mobil hoszt) egy számítógép, amely képes felismerni, ha otthoni hálózatától távol működik, és képes elindítani azon folyamatokat, amelyek a kommunikációs kapcsolat felépítéséhez szükségesek.
- *Home agent* (otthoni ügynök, HA) az otthoni hálózatban működő gép tipikusan router, amely nyilvántartja a hálózattól távol működő gépeket, valamint azok aktuális elérhetőségét, és a megfelelő módon továbbítja az otthoni címre érkező csomagokat.
- *Foreign agent* (idegen ügynök, FA) az idegen hálózatban működő router, amely nyilvántartja saját hálózatában a kívülről érkezett gépeket, részt vesz a home agenttel történő kapcsolatfelépítésben, és részt vehet a home agent, és a mobil hoszt közötti későbbi adatkommunikáció lebonyolításában is. (A home agent és a foreign agent funkciókkal bíró routereket közös szóval mobility agenteknek nevezzük.)

Azt a folyamatot, melynek során a mobility agenteknél a bejegyzések létrejönnek, regisztrációnak nevezzük. Ez a 2. ábrán szemléltetett üzenetváltásokkal történik.

A foreign agent időről időre hirdeti szolgáltatásait (1) a saját hálózatában. Ez minden géphez eljut az adott alhálózatban, többek között megkapja az újonnan érkezett mobil hoszt is. A hirdetés ICMP (Internet Control Message Protocol) üzenetekkel történik. A mobil hoszt feldolgozza a foreign agent üzenetét. Amennyiben nem kapott a fentieknek megfelelő ICMP üzeneteket, akkor megszólító üzenetet küld, amire a hálózatban működő foreign agenteknek válaszolniuk kell. Ezek közül kiválaszt egyet, és megkezdi a regisztrációt.

A mobil hoszt regisztrációs kérelmet (registration request) küld a foreign agentnek (2). Ez tartalmazza a mobil hoszt otthoni hálózatában működő home agent címét.



3. ábra Adatkommunikáció – háromszög alapú útvonal

A foreign agent feldolgozza a kérelmet, majd továbbítja a home agentnek (3).

A home agent feldolgozza a kérelmet. Ha ki tudja szolgálni a mobil hosztot akkor elfogadja, ha nem, akkor elutasító választ küld a foreign agentnek (4). A foreign agent végül továbbítja a választ a mobil hosztnak (5).

A lehetséges home agentek címét még az otthoni hálózatban kell felderíteni. A mobil hoszt egy általa jól ismert broadcast címre küld regisztrációs kérelmet. Ezt az alhálózat home agentjei megkapják, majd elutasító választ adnak rá (mivel a hoszt nincs idegen hálózatban), ezt választ megkapja a hoszt. A válasz üzenetek tartalmazzák a küldő home agentek címét, ezeket tárolja későbbi használatra a mobil hoszt. A regisztráció a későbbi kommunikációban használt alagutak (tunnels) útvonalát épít ki a home agent és a mobil hoszt között. A home agent feladata, hogy a mobil hosztnak címzett csomagokat ezen az alagúton át továbbítsa.

A mobil hoszt az idegen hálózatban állandó IP-címe mellé egy ideiglenes címet is kap, ez a care-of address (COA). A home agent erre a címre továbbítja a mobil hosztnak címzett csomagokat. A COA hozzárendelése szerint két esetet különböztetünk meg. Amennyiben a mobil hoszt a foreign agent címét használja (ez a COA), akkor a fent említett algút a foreign agentig tart. A másik esetben regisztráció során a mobil hoszt egy új IP-címet kér az idegen hálózat címteréből (co-located care-of address, CCOA). Ilyenkor a home agentnél ez a cím kerül bejegyzésre, ide küldi a csomagokat. A további adatkapcsolatban a foreign agent már nem vesz részt.

Amennyiben a hoszt a saját hálózatában működik, ilyen regisztrációra nincs szükség. Ha a regisztráció sikeresen lezajlott, akkor a hoszt megkezdheti az IP-alapú átvitelt bármely, az internetre kapcsolt géppel. Ezt a 3. ábra szemlélteti.

Az ábrán a vékony nyilak szemléltetik a COA, a vastag nyilak a CCOA használatát. Minkét esetben első lépésként a távoli hoszt csomagokat küld a mobil hoszt otthoni címére (1 és **1**), mivel neki nincs információja annak hollétéről. A home agent ezeket a csomagokat „elkapja".

Ez azt jelenti, hogy a hálózatba bejövő csomagokat megvizsgálja, és ha olyan célcímet talál, amiről tudja, hogy nem otthoni hálózatában van, akkor azt beágyazza olyan IP-csomagokba, melyek célcíme a COA (2), vagy a CCOA (**2**). A foreign agent címét használó esetben a további működés a következőképpen zajlik: a foreign agent valamely közvetlen interfészén – melyre az adott mobil hoszt csatlakozik – továbbítja a home agent által küldöttekből kicsomagolt eredeti IP-csomagokat (3). A távoli hoszt által küldött csomag tehát eljutott a mobil hosztig, aki ebben az esetben válaszolni is akar a csomagra. Válaszát (4) továbbítja a foreign agent-nek, aki azt közvetlenül, a home agent kihagyásával irányítja a távoli hoszthoz (5).

CCOA használatának esetére a home agent olyan IP-cím birtokában van, amivel közvetlenül a mobil hosztot tudja az idegen hálózatban megcímezni. A beágyazott

csomagok így egyből a mobil hoszthoz irányulnak (2), ezeket ő maga csomagolja ki. Visszirányú kommunikációnál szintén nincs szüksége a home agentre (3).

Mindkét esetben jól látható a háromszögalapú útvonal. Nem azonos útvonalon történik a kétirányú adatkommunikáció. A mobil hoszt felé irányuló forgalmat a home agenten keresztül továbbítják, ami az optimálishoz képest késleltetéseket okozhat. Amennyiben például a távoli hoszt fizikailag közel, a mobil hoszttal egy alhálózatban található, a távoli hoszt által küldött csomagoknak akkor is át kell haladniuk a home agenten, ami akár másik földrészen is lehet.

Ha a mobil hoszt hazatér hálózatába, deregisztrációt kell végrehajtania. Vagyis jeleznie kell, hogy már itthon van (megkapja az otthoni címére küldött csomagokat) és a home agentnek nem kell COA-ra továbbítania a címére érkező üzeneteket. A mobil hoszt ismét a saját IP-címét használja.

Az IPv6 bevezetésének szükségességéről

Egyéb okok mellett az IPv4 egyre szűkösebb felhasználható címtartománya és a router táblák bonyolultsága tette elkerülhetetlenné az új Internet Protokoll kialakítását. A napjainkban vizsgálatban lévő IPv6 nemcsak ezen szűkös erőforrásokon segít, hanem beépített funkciókkal támogatja makromobilitás megvalósítását is. Ilyenek például a környezetfelderítő protokoll (Neighbour Discovery) és az automatikus címkonfiguráció (Address Autoconfiguration), melyekre az alábbiakban a mobilitás megoldásának ismertetése mellett kitérünk.

Mobilitás alapjai az IPv6-ban

Az IPv6-ban megvalósított mobilitás leginkább abban különbözik a Mobile IP-től, hogy foreign agentre nincs szükség. Annak feladatait a hálózat és maga a mobil hoszt látja el.

A Neighbour Discovery protokoll a hálózatban elhelyezkedő entitások (csomóponti gépek és útvonalválasztók) feltérképezésére szolgál. Információt szolgáltat az útvonalválasztóknak, a munkaállomásoknak a környezetükben található gépek elérhetőségéről és címéről. Többek között a következő problémákra igyekszik megoldást nyújtani:

- router (útvonalválasztó) felderítése,
- prefix felderítése,
- címfeloldás (IP cím ismeretében meghatározni a fizikai címet),
- következő ugrás meghatározása (IP-cím leképzése annak a csomóponti gépnek a címére, ahova a csomagot továbbítani kell),
- címismétlődés érzékelése.

A Protokoll az ICMPv6 (Internet Control Message Protocol version 6) csomagokat használva oldja meg a fent említett feladatokat. A Neighbour Discovery céljaira öt féle ICMPv6 csomagot definiáltak: útvonalválasztó kérelmezés és hirdetés (Router Solicitation, Router Advertisements), szomszéd kérelmezés és hirdetés (Neighbour Solicitation, Neighbour Advertisements) valamint átirányítás (redirect). Ezek funkciói a következők:

- Útvonalválasztó kérelmezés: csomóponti számítógép üzenete, amelyre az útvonalválasztó hirdetési üzenettel köteles válaszolni.
- Útvonalszalasztó hirdetés: az útvonalválasztók ezzel az üzenettel hirdetik magukat, vagy ezzel válaszolnak az útvonalválasztó kérelmezésre.
- Szomszéd kérelmezés: a csomóponti gép ezzel az üzenettel tudja megkapni valamely szomszédja (csatoló egységének, pl. Ethernet) címét, avagy megállapítani, hogy az általa tárolt címen elérhető-e még a csomópont. Ugyancsak ez az üzenet gondoskodik a már használt címek többszöri felhasználásának elkerüléséről.
- Szomszéd hirdetés: a csomópont válasza a fenti szomszéd kérelmezés üzenetre, de lehet egy csomópont nem kérelmezett hirdetési üzenete is abban az esetben, ha megváltozott fizikai címét akarja közölni.
- Átirányítás: ez az üzenetátirányítók információs üzenete, amelyben a csomóponti gépeket más (kedvezőbb útvonal megválasztásáról informálják.

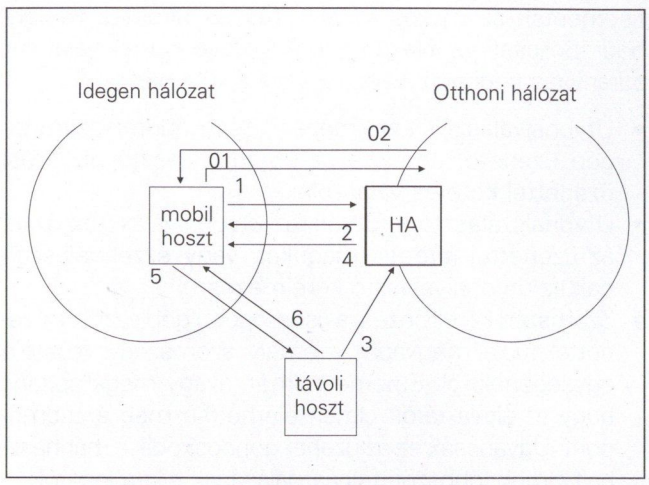
Az automatikus címkonfiguráció (Address Autoconfiguration) célja a számítógépek gyors és egyszerű felcsatlakoztatása a hálózatra. Lehetővé teszi, hogy a hálózatra kapcsolt berendezés beavatkozás nélkül megkaphassa a főbb hálózati paramétereket: hálózati cím (link local address), valamint egyéb konfigurációs paramétereket.

Az állapotmentes automatikus konfiguráció esetén nem szükséges a hálózatba külön kiszolgáló a kívánt adatok megszerzéséhez. Az újonnan érkezett számítógép a felcsatlakozásához szükséges adatokat már ismertetett hirdetési üzenetek segítségével a hálózatból nyeri ki. Nem-állapotmentes (stateful) konfiguráció esetén a hosztok ugyanazon kiszolgálótól szerzik be a címeket, a konfigurációs információkat és egyéb paramétereket. Ez esetben a kiszolgáló adatbázist tart fenn, melyben a hosztokat és a hozzájuk tartozó címeket tartja nyilván. Az állapotmentes és nem-állapotmentes automatikus címkonfiguráció jól kiegészíti egymást. Például egy hoszt használhatja az állapotmentes konfigurációt IP-címének meghatározásához, ugyanakkor más információkat nem-állapotmentes konfiguráció segítségével is beszerezhet.

Az IPv6 címek csak egy meghatározott ideig érvényesek, azt követően más csomópontnak osztják ki. A cím egy speciális címelőtagból (link-local address prefix) és egy, a hálózati modult meghatározó címből kombinálják össze. Ezt követően a csomópont ellenőrzi (Neighbour Solicitation), hogy az így kialakított cím egyedüli-e a hálózaton. Amennyiben nem, akkor kézi beavatkozásra lehet szükség.

Mobilitás támogatása az IPv6-ban

Amikor a mobil hoszt elhagyja az otthoni hálózatát és csatlakozik egy másik hálózatra, a fent említett autókonfigurációs mechanizmusok segítségével felvesz egy ideiglenes, az idegen hálózat címtartományába



4. ábra Kötődés és kommunikáció (IPv6)

eső IP-címet. Amint az új cím érvényes, a hoszt kötés frissítés felhívást (Binding Update) küld home agentének (1) (4. ábra).

A mobil hoszt rendszerint ismeri saját home agentjét, de bizonyos esetekben elképzelhető, hogy az áttelepülés alatt a HA kilép a hálózatból (pl. meghibásodás miatt). Ilyenkor a DHAD (Dynamic Home Agent Discovery) mechanizmusával él a mobil hoszt, azaz kötésfrissítést (01) küld a home agentek anycast címére az otthoni hálózaton. Az anycast címére küldött üzenetre legalább egy home agent válaszol (02), és elküldi a lehetséges home agent-ek listáját. A mobil hoszt ebből a listából választ magának home agentet.

A kötésfrissítést feldolgozva a home agent regisztrálja a mobil hoszt új címét, mint elsődleges ideiglenes címet (Primary Care-of Address), és erről kötésvisszaigazolást (Binding Acknowledgement) küld (2) a mobil hosztnak. A változási felhívást, valamint a visszaigazolást IPSec protokoll segítségével hitelesítik az illegális forgalomeltérítés megakadályozása érdekében.

Az új IPv6 cím regisztrálása után a home agent a mobil eszköz otthoni címére érkező csomagokat (3) átveszi, és az elsődleges ideiglenes címére továbbítja (4) IPv6 beágyazás segítségével.

Amennyiben a mobil eszköz egyik idegen hálózatból átlép egy másik idegen hálózatba, akkor is kötés frissítés felhívást küld saját home agentjének, valamint az elhagyott hálózat routerjeinek, hogy azok ideiglenes home agentként továbbítsák számára a régi hálózatba érkező csomagokat. Az otthoni hálózatába visszatérő mobileszköz megfelelő kötésfrissítés küldésével tudatja home agentjével a visszatérését.

Az IPv6 mobilitás változást jelent azon csomópontoknál is, amelyek mobil állomással kommunikálnak. Ha egy távoli hoszt egy mobil állomással áll kapcsolatban, akkor kezdetben a mobil eszköz otthoni címére küldi a csomagokat (3). A fent leírt mechanizmusok segítségével ezek a csomagok eljutnak a mobil állomásig (4), amely észleli, hogy a forgalom közvetve – a home agenten keresztül – érkezik hozzá. Ekkor egy kötésfrissítési felhívást küld a távoli hosztnak (5), aki tárolja az ideiglenes címet és az eredeti honos címet.

További kommunikációban (6), ha olyan címre irányul egy csomag, amely címhez létezik ideiglenes cím, akkor a távoli hoszt közvetlenül, a home agent nélkül lép kapcsolatba a mobil csomóponttal. A mobil egységekhez csatlakozó állomások bármikor kérhetnek kötésfrissítést a mobileszköztől kötéskérés (Binding Request) formájában.

Mivel a mobil IPv6 eszközök minden körülmények között elérhetők otthoni címükkel, ezért ennek a címnek kell szerepelnie minden, az adott eszköztől induló csomag forráscímében. Ez akkor okoz problémát, ha aktuális idegen hálózata nem enged ki olyan csomagot, amelyek forráscíme nem a hálózat címtartományából való.

A megoldást egy új opcionális fejléc, a Home Address" adja. Ezt minden IPv6 implementációnak ismernie kell. A mobil eszköz küldéskor az ideiglenes címet helyezi el az IPv6 csomag fejlécében forráscímnek, és a Home Address fejlécében jelzi honos címét. A célállomás a csomag vétele során felismeri a honos címet, és a vett csomagban behelyettesíti a forráscím helyére.

Összefoglalás

Az előzőekben bemutattuk az IP makromobilitást és ennek lehetséges megoldásait IPv4 és IPv6 környezetben. A feladat lényege az IP-alapú kommunikáció kiterjesztése nomád felhasználók számára, azaz lehetőség a számítógép otthoni környezetéből való áttelepülésére másik hálózatba úgy, hogy az adatforgalom manuális újrakonfigurálás nélkül is megbízhatóan továbbműködjön. IPv4-ben láttuk ennek a külön hozzátoldott Mobile IP-vel történő megvalósítását, mely azonban nem tökéletes például a háromszög alapú kommunikáció esetében. A napjainkban bevezetés alatt álló IPv6 viszont már szervesen tartalmazza a makromobilitást támogató funkciókat. A kérdés ezek után a mikromobilitási elképzelések áttekintése marad. Az ennek megvalósítására történő próbálkozásokra egy későbbi cikkben szándékozunk kitérni.

Irodalom

1. Charles E. Perkins: Mobile IP: Design Principles and Practices. (Addison-Wesley Wireless Communications Series, 1998)
2. David B. Johnson, Charles Perkins: Mobility Support in IPv6 (2000-11-17) http://www.ietf.org/Internet-drafts/-draft-ietf-mobileip-ipv6-13.txt
3. TIPSTER6 konzorcium: IPv6 ismertető (2000-11-30). http://tipster6.ik.bme.hu/papers/overview
4. T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson: RFC 2461: Neighbor Discovery for IP Version (1998-12) http://-www.ietf.org/rfc/rfc2461.txt
5. S. Thomson, T. Narten: RFC2462: IPv6 Stateless Address Autoconfiguration (1998-12) http://www.ietf.org/-rfc/rfc2462.txt
6. J. Bound, M. Carney, C.Perkins, R. Droms (ed.): Dinamic Host Configuration Protocol for IPv6 (2001-03-01) http://www.ietf.org/Internet-draft-ietf-dhc-dhcpv6-17txt

A mobilinternetes újdonságok

LIPTAY GABRIELLA

kommunikációs igazgató

A mobilinternet korszakában egy új rétegzett hálózati architektúra van kialakulóban, amely elválasztja a szolgáltatásokat, illetve az alkalmazásokat a felhasználókhoz eljuttató hálózattól. Ez a megoldás az összekötő hálózattól és a hozzáférési technológiától független, új mobilinternetes szolgáltatások létrehozásának és a felhasználókhoz való eljuttatásának lehetősége. A felhasználók számtalan, személyre szabott szolgáltatást érhetnek el tartózkodási helyüktől függetlenül, akár vezetékes, akár mobilkészülék használatával.

Az Ericsson szakmai nap központi témája az új mobiltechnológiák bevezetése volt. Ezek szakmai részleteire később még visszatérünk. Most csak az általuk választott fejlesztési irányokat mutatjuk be és a hálózat strukturálására vonatkozó elképzelésekről részleteket.

A mobilinternet a mobil- és internetes technológiák, termékek és alkalmazások kombinációján keresztül jut el hozzánk, egyesítve a mobilhálózatokat, a végberendezéseket, a 3G technológiákat, a multimédiás alkalmazásokat, a szolgáltatói minőségű IP-gerinchálózati rendszereket és a professzionális szolgáltatásokat. Az Ericsson teljes körű, végpont-végpont megoldásokat kínál.

Rétegzett hálózati architektúra

A hatékony hálózat és a rugalmas szolgáltatásválaszték kiépítéséhez rétegzett hálózati architektúrára van szükség. Általában egy réteg nyújtja a **szolgáltatások**at – ez a mobilmaghálózat részét nem képező szolgáltatási hálózat –, két másik pedig a **felügyelet**ért és a **kapcsolat**ért felelős, és ezek együtt alkotják a mobilmaghálózatot.

A szolgáltatási hálózat mobilinternetes szolgáltatások létrehozására és telepítésére kifejlesztett, IP-szerveralapú platform. A maghálózati architektúrának és a felügyeleti és kapcsolati hálózati rétegek alkotórészeinek szolgáltatást „áteresztő"-nek kell lennie, azaz lehetővé kell tennie új végfelhasználói szolgáltatások bevezetését a felügyeleti és kapcsolati rétegek módosítása nélkül.

A 3G hálózatokban az IP-alapú multimédiás hívásfelügyelet lehetővé teszi majd a szabványos technológián alapuló valós idejű multimédiás kapcsolatot. Ezt a technológiát kezdetben speciális multimédiás hívásokra, például videotelefonálásra használják majd. Nehéz megjósolni, mikor válik valóra az áttérés a „mindent IP-n" technológiára, de bizonyos technológiai és üzleti tényezők miatt arra következtethetünk, hogy a távközlés még egy ideig a jelenlegi technológia segítségével üzemel majd. A felügyeleti és a kapcsolati réteg elválasztása rugalmasságot tesz lehetővé az átviteli technológiák kiválasztásánál, amelyek ATM- vagy IP-technológiát tartalmazhatnak. Ez azt jelenti, hogy eltérő átviteli és jelzéstechnológiák használhatók a különböző vezetékes és mobil hozzáférési hálózatok (pl. internet, ISDN és PSTN, valamint 2G és 3G rádió-hozzáférési hálózatok) összeköttetésére.

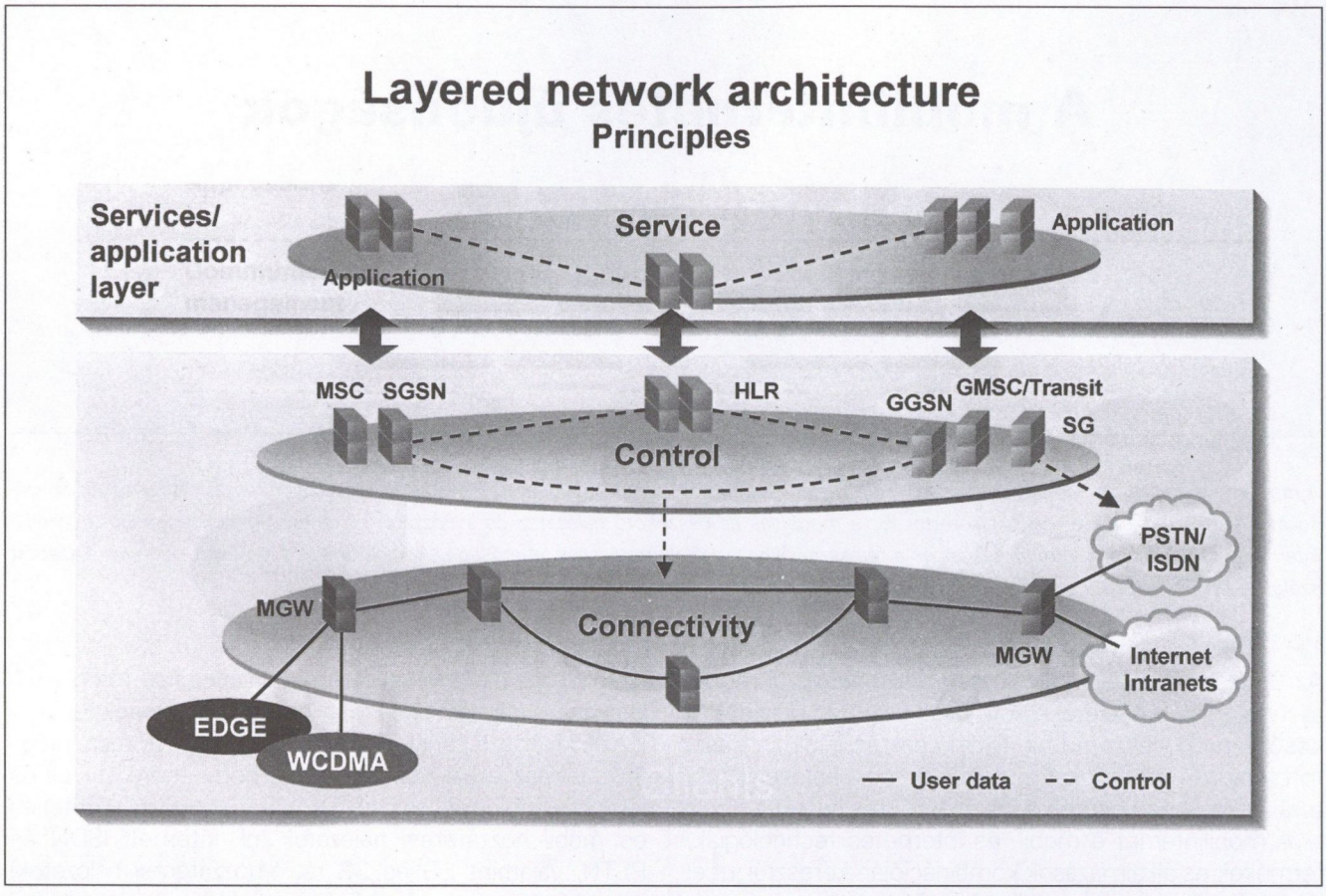
Ugyanazok a multimédiás szolgáltatások elérhetők lesznek vezetékes hozzáférési és fix–mobil hozzáférési technológiák (pl. vezeték nélküli helyi hálózat vagy Bluetooth vezeték nélküli technológia) révén is.

A felügyeleti réteg számos hálózati szervert tartalmaz, köztük a mobil-kapcsolóközponti (MSC) szervert, a GPRS támogató csomópont (GSN) szervert és a kezdő pozíciót regisztráló (HLR) szervert. Ezek felelősek a végfelhasználó által kezdeményezett hívásokért és kapcsolatokért és megszakításáért, a felügyeleti biztonságért, a mobilitás kezeléséért, valamint az áramkörkapcsolt kiegészítő szolgáltatásokért. Az MSC- és GSN-szerverek felügyelik a kapcsolati réteg médiaátjáróit (MGW-k) az átjáró-felügyeleti protokollon (ITU H.248) keresztül.

A kapcsolati réteg MGW-ket használ az áramkör- és csomagkapcsolt végfelhasználói adatok feldolgozására, mint például kódolás és dekódolás, visszhangzár, többrésztvevős áthidalás, protokollátalakítás és QoS-leképezés. Az MGW-k hozzáférési kapcsolókként szolgálnak a gerinchálózati kapcsolók és útválasztók felé, ezenkívül felelősek a felhasználói adatokat szállító vivőkapcsolatok felépítéséért is.

Haladás a teljesen IP-alapú hálózatok felé

Az IP folyamatosan fejlődő fontos technológiacsoport. A következő kulcsfontosságú fejlesztés, az Internet Protokoll 6. verziója (IPv6), majdnem korlátlan címkapacitást ígér.



1. ábra Hálózati síkok hierarchiája

A mobilhálózatokban az alábbi két különböző szinten kezdik alkalmazni az IP-t:

- **Alkalmazási** szint: Az IP a mobilinternet számára fejlesztett összes új alkalmazás alapjaként szolgál. Ezen a szinten az IP végponttól végpontig tart az egyes végberendezések (felhasználói készülékek) vagy a végberendezések és az alkalmazásszerverek között.
- **Átviteli** szint: Az IP átviteli vagy kapcsolati technológiaként szolgál a hálózati csomópontok között. Az IP-csatlakozás és a rétegzett IP-architektúra rugalmasságot és költséghatékonyságot biztosít a mobilinternetes alkalmazások és a mobiltávközlési szolgáltatások számára.

A mobilhálózatot üzemeltetők számára létezik néhány elsöprő érv az IP bevezetése vagy akár a „teljesen IP-alapú" hálózatra való áttérés mellett. Az egyik a bevételnövekedés. A tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a hang- és adatszolgáltatások kombinálása mindkét területen megnöveli a forgalmat – és így a bevételt is.

Az IP leggyakoribb felhasználási területe a szerveren keresztüli információ-visszakeresés és kommunikáció. A mobilinternet ugyanakkor az a végberendezések közötti IP-kapcsolaton keresztül létrejövő egyszintű kommunikáció felé mutat, így lehetővé téve a multimédiás társalgási szolgáltatások bevezetését. A multimédiás társalgási szolgáltatások bevezetése új előfizetőket vonz, és hozzájárul a meglévők megtartásához.

Az IP mint hálózati technológia

Jelenleg a mobilhálózatok forgalmának nagy része az áramkörkapcsolt hangátvitelből adódik. Ugyanakkor az adatforgalom mennyisége is növekszik. Az IP átviteli technológiaként való alkalmazása a hozzáférési rádióhálózatokban egyszerűsíti a csomagkapcsolt adatszolgáltatások bevezetéséből eredő vegyes forgalom kezelését.

A rétegzett IP-architektúrának vannak előnyei. Ha például IP-t használunk a kapcsolati rétegben, akkor a hálózatfelügyelet egyszerűbbé válik, a hálózatüzemeltetési költségek pedig csökkennek a könnyebb kezelhetőség miatt (például plug-and-play és automatikus útválasztási frissítések).

Más átviteli technológiák – például az aszinkron átviteli mód (ATM) – az IP-hez hasonló előnyöket kínálnak az összeköttetés terén. Mivel az ATM jelenleg fejlettebb többszolgáltatásos technológiának számít, ezért választották éppen ezt az UMTS/WCDMA rádióhálózatok átviteli szabványává. Ugyanakkor az IP további fejlődésével tartalmazni fogja az ATM kínálta összes funkciót.

GSM: fejlesztés a GPRS, az EDGE és az UMTS/WCDMA felé

A GSM-hálózatot üzemeltetők számára a GPRS telepítése az első fontos lépés a 3G mobilkommunikáció felé vezető úton. Ez a csomagkapcsolás bevezetését je-

lenti a meglévő GSM-hálózatokba. A GPRS 30-40 kbps átlagos felhasználói adatsebességet tesz lehetővé. Ez elég ahhoz, hogy útközben küldjünk, és fogadjunk e-mailt. Az EDGE – a meglévő frekvenciasávokon a GSM/GPRS rádióillesztő kódolását fejlesztő 3G rádiótechnológia – telepítésével a GSM-hálózatot üzemeltetők 100–120 kbps átlagos és 384 kbps maximális felhasználói adatsebességet kínálhatnak.

Az UMTS segítségével a 2 GHz rádióspektrummal rendelkező GSM-hálózatüzemeltetők széles sávú rádió-hozzáférést vezethetnek be, így maximum 2 Mbps felhasználói adatsebességet kínálhatnak. Valószínűsíthető az EDGE telepítése az UMTS kiegészítéseként, mivel igen gyorsan és gazdaságosan bevezethető meglévő GSM-hálózatokba.

TDMA: új fejlesztési stratégia

A GSM/GPRS lehetővé teszi majd az EDGE és esetleg a WCDMA/UMTS irányába való elmozdulást.

Egyik lehetséges módja annak, hogy a TDMA-hálózatüzemeltetők a GSM-en keresztül áttérjenek a 3G-re, hogy először telepítik a GSM-et az 1900 MHz-es frekvenciasávon, majd A GSM/GPRS szolgáltatások iránti igény növekedésével a 800 MHz-es sáv is átadható a GSM lefedésnek. A TDMA-hálózatüzemeltetők másik lehetősége, hogy jelenlegi hálózataikat továbbfejlesztik a CDMA 2000 technológiára.

PDC: lépések az UMTS/WCDMA felé

A japán PDC-szabvány a GSM- és TDMA-rendszerekben használatoshoz hasonló időosztásos többszörös hozzáférési technológián alapul, de a PDC-üzemeltetők nem lépésről lépésre haladnak majd a fejlesztésben, hanem rögtön bevezetik az UMTS/WCDMA technológiát a 800 és az 1500 MHz-es frekvenciasávban.

A PDC-hálózatok már most csomagkapcsolt adatátvitelt nyújtanak. A mobilinternetes szolgáltatások, például az NTT DoCoMo i-Mode szolgáltatása rendkívül népszerű Japánban: 15 millió előfizetővel rendelkezik.

UMTS/WCDMA: nagy sebességű, multimédiás hozzáférés

A széles sávú kódosztásos többszörös hozzáférés (WCDMA) az UMTS-ben (univerzális mobiltávközlési rendszer) és a japán ARIB 3G szabványoknak megfelelő rendszerekben használt, IMT-2000-kompatibilis, széles sávú rádióillesztő-technológia.

A WCDMA nagyobb felhasználói adatsebességet és a rádióspektrum hatékonyabb kihasználását teszi lehetővé.

Például mindössze egy 5 MHz-es WCDMA-vivőhullám képes többféle szolgáltatást kezelni, 8 kbps sebességtől egészen 2 Mbps-ig, a felhasználói készülékek pedig számos különböző szolgáltatást érhetnek el egy időben. A WCDMA jövőbeli fejlesztése akár 8 Mbps maximális adatsebességet is lehetővé tesz.

A CDMA2000 szabvány több fázisra oszlik, így megkönnyíti az új technológia korai bevezetését. Ez a megközelítés lehetővé teszi a hálózatüzemeltetők számára, hogy nagyobb kapacitást vezessenek be a hangszolgáltatások számára, miközben a szünetekben nő az adatátviteli sebesség, ami megfelel a növekvő piaci igénynek. A CDMA2000 magában foglalja a Mobile IP-t is, amely transzparens hozzáférést nyújt az internethez és a vállalati intranetekhez a mobilfelhasználók számára.

Hírek

Az Ericsson a TIM-nek (Telecom Italia Mobile) szállítandó, WCDMA technológiára épülő megoldását UMTS-nek Universal Mobile Telecommunications System is nevezik, ugyanis ez a 3G európai elnevezése. A TIM rövid időn belül szeretne több millió ügyfele számára mobilinternetes, multimédia, elektronikus kereskedelmi és adatátviteli szolgáltatásokat kínálni. Az olasz társaság ma majdnem 21 millió előfizetőt szolgál ki Olaszországban.

❖

Fehéregyházy János a Siemens magyarországi szoftverházának, a Sysdata Kft.-nek igazgatója. Az új vezető a bécsi Műszaki Egyetem elvégzése után a Siemenshez került, ahol távközlési fejlesztőként dolgozott. A Sysdata előtt a Siemens intelligens hálózati (IN) projektjeit fejlesztő részleg vezetője volt. A Sysdata 2000 októberében Szegeden megnyitotta második magyarországi irodáját. Az 500 fejlesztő elsősorban a távközlési ágazat számára készít szoftvereket, melyek Siemens rendszerek elemeiként kerülnek a világpiacra és Magyarországra. A cég árbevétele az elmúlt évben meghaladta a 4,6 milliárd forintot.

❖

Az Ericsson bázisállomásokat és új rendszerszoftvert szállít a Cingular Interactive Mobitex alaphálózatához. A Mobitex olyan digitális mobil adathálózat, amely csomagkapcsolt adatátvitelt alkalmaz a hatékony szolgáltatás érdekében.

Hírek

Elismerés Kovács Győzőnek

A budapesti Neumann János Számítástechnikai Szakközépiskolában a minden évben szokásos iskolanapok az iskola által a harmadik évezred kezdete alkalmából alapított emlékérmet elsőként Kovács Győzőnek adták át. Czigléczky Gábor 12. évfolyamos tanuló méltatásában kiemelte, hogy Kovács Győző mérnöki munkáját kezdettől fogva a számítástechnika vonzáskörében végezte. Alapító tagja Magyarország első számítástechnikai intézményének, a Magyar Tudományos Akadémia Kibernetikai Kutatócsoportjának. Munkája, elméleti kutatói tevékenysége az adathordozó rétegek mágneses tulajdonságainak vizsgálatával és a mozgó mágneses elemekkel volt kapcsolatos. Számítógép-építői úttörő munkája mellett a Közgazdaságtudományi Egyetemen is tanított. Irányította az Országos Vezetőképző Központ számítóközpontját, amelyet létrehozott. Létrehozó szervezője volt a számítástechnikával foglalkozó első magyarországi civil szervezeteknek. Megalakulásakor a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság főtitkárává választotta. E tisztséget 10 éven át töltötte be. Több mint 20 szakcikket, több könyvet, közöttük Neumann János életéről és munkásságáról szólót és három egyetemi jegyzetet írt. Nyugdíjasként szervezi a teleház-mozgalmat, részt vállal a Neumann centenárium előkészítésében és a számítástechnika, informatika népszerűsítésében.

Ezzel a Mi Újságból válogatott szemelvénnyel gratulálunk az elismeréshez, hozzátéve, hogy újságíróként is számos maradandót alkotott.

❖

Egymillió DSL-port a Simenstől – rekordidő alatt

A Simens április 27-én szállította ki az egymilliomodik DSL-csatlakozást. A DSL (Digital Subscriber Line) révén az előfizetőnek nagy sebességű internetelérésre van lehetősége. A Simens felismerve a növekvő DSL-keresletet, ez év februárjában több mint 100 millió német márka értékű beruházással bővítette 1928-ban létrehozott buchsali híradástechnikai gyárában a szélessávú elérés technológia gyártókapacitását, és ennek köszönhetően ma már heti 100 000 DSL-csatlakozáshoz szükséges eszközt tud gyártani. A szélessávú elérési hálózati termékspektrumába mind különféle előfizető-oldali (CPE) végberendezések, mind szolgáltató-oldali (ún. DSLAM-) berendezések is tartoznak.

❖

Csökken a hálózaton töltött idő az Államokban – Tovatűnik az újdonság varázsa?

Forrása: http://www.boston.com/

Minden úttörő technológia esetében megfigyelhető, hogy korai évei is sok izgalmas felfedeznivalót kínáltak a felhasználóknak. Érvényes ez az internetre is. Később azonban megszokottá, mindennapossá válik. Egyes szakértők szerint lassan az internet is csatlakozik a telefonhoz és a televízióhoz a szükséges, ám egyre kevésbé lenyűgöző eszközök sorában. Az internet iránti lelkesedés azonban még mindig újjáéledhet, amint az ipar képes lesz biztosítani a beígért adattovábbítási sebességet, az újszerű megoldásokat és a vezeték nélküli szélessávú technológiákat.

A Yankelovich kutatócég tavalyi felméréséből az derült ki, hogy az 1999-re jellemző 64 százalékkal szemben a felhasználóknak már csak 56 százaléka vélte, hogy az internet révén nagyobb hatékonyságra tettek szert. Hasonlóképpen, a megkérdezettek egyre kisebb arányban látják úgy, hogy a technológia több szabadidőhöz juttatja őket. Mindez nem jelenti azt, hogy az emberek szakítanának a hálóval. Az internetes üzleti vállalkozások kudarcai dacára továbbra is nő az internetfelhasználók tábora és az e-kereskedelmi forgalom is. A Center for Communication Policy tavalyi felmérése során a megkérdezettek több mint fele állította, hogy amióta használják a netet, nőtt a produktivitásuk. A fogyasztók továbbra is élnek az e-mail, az azonnali üzenetküldés és a csevegőszobák adta kényelmes kommunikációs lehetőséggel, szívesen kihasználják az e-kereskedelem előnyeit.

Az elmúlt két év folyamán a legtöbb felhasználó néhány, az érdeklődésre leginkább számot tartó site formájában elkezdett kis szeleteket kihasítani magának a hatalmas kiterjedésű világhálóból. Tavaly a felhasználók körülbelül 59 százaléka látogatta újra meg újra ugyanazt a néhány oldalt, míg tavalyelőtt ez arány csak 45 százalék volt.

Szoft számítási eszközök anytime rendszerekben

TAKÁCS ORSOLYA

PhD-hallgató, Méréstechnika és Információs rendszerek Tanszék Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)

VÁRKONYINÉ KÓCZY ANNAMÁRIA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)

Napjaink alkalmazásaiban egyre gyakrabban merül fel az az igény, hogy az alkalmazott rendszer korlátozott idő és erőforrások felhasználásával adjon elfogadható választ, vagy az erőforrások idő időleges további korlátozását is tolerálja. Ezekben az esetekben az anytime technikák használhatók. Az egyre népszerűbb fuzzy és neurális eszközök alkalmazását ezen rendszerekben korlátozza, hogy nincs univerzális módszer a szükséges komplexitásuk megbecslésére, és ez a gyakorlatban gyakran nagy, redundáns fuzzy rendszereket, neurális hálókat eredményez. A cikk bemutat egy lehetséges megoldást fuzzy és neurális eszközök anytime rendszerekben való alkalmazására, a szinguláris érték felbontáson (SVD) alapuló komplexitáscsökkentés segítségével.

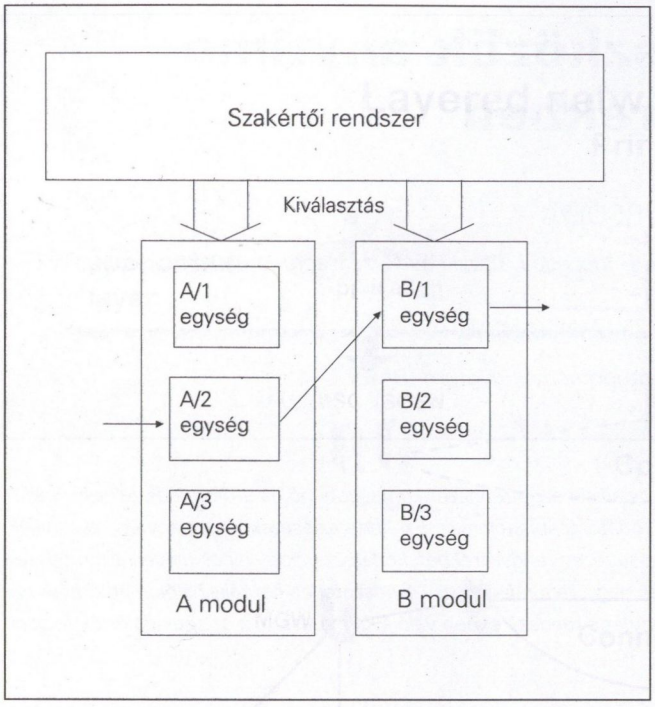
Napjainkban mind több és több olyan alkalmazás található, ahol a számításokat korlátozott mennyiségű erőforrás használatával „on-line" módon, garantált válaszidővel kell végrehajtani. Gyakran a rendelkezésre álló idő és az erőforrások mennyisége is változhat működés közben. Ezekben az esetekben az anytime rendszerek használhatók eredményesen, melyek az igényelt számítási kapacitás és idő tekintetében igen rugalmasak.

A fenti problémás esetekre példák a modern monitorozó és hibadiagnosztikai rendszerek, melyek képesek komplex ipari folyamatok felügyeletére, az optimális viselkedéstől való eltérések észlelésére, az optimális működés visszaállításához szükséges akciók kiválasztására és egyes esetekben végrehajtására. Érdemes megjegyezni, hogy az optimális viselkedéstől való eltérést nem feltétlenül csak hétköznapi értelemben vett hibák okozhatják, az ok lehet egyszerűen a használt alapanyag vagy egyéb körülmények megváltoztatása is. Ennek megfelelően a szükséges elhárító akció sokféle lehet, a szabályozási eljárás – akár automatikus – módosításától a karbantartó személyzet közreműködését igénylő hibajavításig. Ezeknél a rendszereknél az eltérések detektálására általában a folyamat folyamatosan kiértékelt modelljét használják. A modellből származó és a mért adatok különbsége alapján állapítják meg, hogy szükséges-e valamilyen beavatkozás. Az alkalmazások komplex jellege újabb követelményeket támaszt a használt módszerekkel szemben. Mind gyakrabban fordul elő, hogy a klasszikus módszerek nem használhatók, illetve nem adnak megfelelő pontosságú eredményt, ezért terjednek az úgynevezett szoft – fuzzy, neurális vagy genetikus – számítási módszerek. Ezek előnye, hogy pontos matematikai-fizikai formulák nélkül is képesek kielégítő eredményt adni. A komplex ipari folyamatok modellje például gyakran nem ismert, de szakértőktől származó információra és a rendszerből származó mért adatokra támaszkodva egy fuzzy vagy neurális modell mégis elkészíthető.

Sajnos nincs általános módszer fuzzy rendszerek és neurális hálók szükséges komplexitásának – a szabályok és neuronok számának – meghatározására. Bár az egyes esetekben sokszor található ésszerű kompromisszum a nagyobb komplexitást igénylő pontosság és a számítási kapacitás igény között. A szükséges komplexitást a biztonság kedvéért gyakran felülbecslik, ami nagyméretű redundáns szabálybázisokat, neurális hálókat eredményez. Mindez gátolja ezen eszközök anytime követelményeket támasztó rendszerekben való használatát. Éppen ezért felmerül az igény fuzzy rendszerek és neurális hálók komplexitásának csökkentésére. Különösen kedvező lenne, ha olyan módszert találnánk, melynek segítségével – természetesen kompromisszumok árán – a szoft számítási eszközök anytime rendszerekben is használhatók lennének. A következőkben erre a problémára mutatunk be egy lehetséges megoldást a szinguláris érték felbontáson (Singular Value Decomposition – SVD) alapuló komplexitáscsökkentési eljárás segítségével.

Anytime rendszerek

Ipari alkalmazásokban általában nem elegendő, ha a használt számítási módszer kellő pontosságú eredményt ad. A pontosság mellett az is fontos, hogy az eredmény adott időn belül rendelkezésre álljon. Ráadásul a változó körülményekkel együtt a rendelkezésre álló idő és a számítási kapacitás is változhat. Ennek megfelelően a használt számítási módszerekkel szemben elvárás a rugalmasság, mely lehetővé teheti például, hogy egy hibadiagnosztikai rendszer a hiba esetén felmerülő túlterheltség ellenére is képes legyen a rendszer-modell kiértékelésére. Az ezen követelmé-



1. ábra Anytime rendszer moduláris architektúrával

nyeknek megfelelő rendszereket hívjuk anytime rendszereknek. Természetesen, bár az információk feldolgozása folyamatos, egyes modulok komplexitását csökkenteni kell, ami általában az eredmények pontosságát csökkenti. [1]

Az anytime rendszerekben használható algoritmusoknak, a számítási módszereknek meg kell felelniük az alábbi követelményeknek:

- előre ismert – garantált – válaszidő és pontosság,
- alacsony komplexitás,
- rugalmasan változtatható komplexitás/válaszidő,
- ismert hiba: a működés közbeni komplexitás-csökkentésből eredő hibát előre ismerni kell, hogy a végeredmény pontossága meghatározható legyen.

Az iteratív algoritmusok kedvelt eszközök az anytime rendszerekben, mivel komplexitásuk rugalmasan változtatható. Ezek az algoritmusok rövid időn belül előállítanak egy – esetleg nem túl pontos – eredményt, majd az idő teltével egyre jobb, pontosabb eredményt adnak. Így a számításokhoz rendelkezésre álló időt se szükséges előre megbecsülni, az algoritmus mindig az addig eltelt idő alatt előállítható legjobb eredményt adja. Sajnos sok esetben nem található az adott problémára hatékony iteratív kiértékelési mód, vagy az iteratív algoritmus pontossága nem ismert előre.

Az iteratív algoritmusok mellett a számítási módszerek széles köre használható anytime rendszerekben moduláris felépítés alkalmazásával (1. ábra). Ennek a módszernek a rugalmassága kisebb, és némi extra tervezést és számítást igényel, de használható akkor is, amikor nem található a problémára megfelelő iteratív algoritmus. Ebben az esetben minden adott feladatot végző modult több módon valósítunk meg. Ugyanarra a feladatra több egység létezik ugyanazokkal a bemenetekkel és kimenetekkel, de különböző komplexitással és pontossággal. Egy adott időpillanatban az aktuális körülmények (elvégzendő feladatok, rendelkezésre álló idő és erőforrások, szükséges pontosság stb.) figyelembevételével egy szakértői rendszer választja ki az aktuális konfigurációt, azaz a használandó egységeket.

A szakértői rendszernek az egyes egységekről szüksége van bizonyos adatokra:

- helye a rendszerben – milyen modult valósít meg az adott egység;
- komplexitás – idő- és erőforrás igény;
- pontosság – az egység kimenetein jelentkező abszolút hiba (pontos bemeneteket feltételezve);
- hibaátviteli karakterisztika – a bemeneten jelentkező adott mértékű hiba/pontatlanság esetén a kimeneten milyen abszolút hiba várható.

Ez utóbbi a rendszer kimenetének eredő hibájának meghatározásához szükséges. Az egyes modulok hibái az adatút mentén összeadódnak. Feltételezzük, hogy az adott egység belső hibái – számítási pontatlanság, zaj stb. – egy additív komponenssel írhatók le. Így, ha a B egység használja az A által előállított adatokat, a belső hibák rendre E_B és E_A, akkor az eredő hiba B egység kimenetén: $f_{E,B}(E_A)+E_B$, ahol $f_{E,B}$ a B egység hibaátviteli karakterisztikája.

Ebben a moduláris architektúrában már használhatók fuzzy és neurális rendszerek is egy-egy egység megvalósítására. Ugyanakkor a tényleges használhatósághoz továbbra is szükséges a fuzzy és neurális rendszerek komplexitásának csökkentése.

SVD-alapú komplexitáscsökkentés

Fuzzy és neurális rendszerek SVD (Singular Value Decomposition) alapú komplexitás-csökkentése azon alapul, hogy ezen rendszerek által megvalósított leképzés megadható-e egy adott mátrixos formában, majd az ebben szereplő mátrixok mérete redukálható-e. A redukció a mátrixok szinguláris értékekre való bontásán (SVD) alapszik.

Bármelyik F mátrix felbontható az alábbi módon [2]:

$$F_{(n_1 \times n_2)} = A_{1,(n_1 \times n_1)} B_{(n_1 \times n_2)} A_{2\,(n_1 \times n_2)}^{T},$$

ahol az A_k mátrixok ortogonálisak ($A_k A_k^T = E$), és a B diagonál mátrix tartalmazza a λ_i szinguláris értékeket csökkentő sorrendben. A nemzérus szinguláris értékek száma maximum $n_{SVD} = \min(n_1, n_2)$. A kapott mátrixok az alábbi módon particionálhatók [3]:

$$A_k = \left| A^r_{k,(n_k \times n_r)} \; A^d_{k,(n_1 \times n_d)} \right| \text{ és } \mathrm{B_k} = \begin{matrix} B^r_{(n_1 \times n_r)} & 0 \\ 0 & B^d_{((n_l - n_r) \times (n_2 - n_r))} \end{matrix},$$

ahol r jelöli a redukált értékeket és $n_r \le n_{SVD}$

Ha B^d csak zérus szinguláris értékeket tartalmaz, akkor B^d és Adk elhagyható: $F = A_1^r B^r A_2^{rT}$

Ha B^d tartalmaz nemzérus szinguláris értékeket is, akkor az $F' = A_1^r B^r A_2^{rT}$ mátrix egy közelítése F-nek és

a maximális eltérés F és F' elemei között nem nagyobb, mint az elhagyott szinguláris értékek összege [4]:

$$E_{RSVD} = |F - F'| \le (\sum_{i=n_r+1}^{n_{SVD}} \lambda_1) 1_{(n_1 \times n_2)}.$$

További transzformációkkal szükség esetén biztosíthatók az Ak mátrixok speciális tulajdonságai (SN – Sum Normalization: minden sor összege 1: NN-Non-negativeness: a mátrix minden eleme nemnegatív: NO-Normalization: minden oszlopban található egy 1 értékű elem).

Fuzzy rendszerek komplexitáscsökkentése

Tekintsünk egy úgynevezett PSGS (Product-Sum-Gravity-Singleton) fuzzy rendszert két bemenettel! A bemeneti fuzzy halmazok Ruspini-particióban vannak (összegük bármely pontban 1) és a következmények szingletonok.
Tehát a szabályok:

$R_{i,j}$: *If* x_1 *is* $A_{1,i}$ *and* x_2 *is* $A_{2,j}$ *then* $y=y_{i,j}$

ahol i=I...n_1 és j=I...n_2.

A fuzzifikálási módszer szingleton, a következtetés során szorzat- és összegnormákat használunk. A következtetés végeredménye az (x_1^*, x_2^*).

$$y^* = \sum_{i_1,.i_2} y_{i_1,.i_2} \mu_{A_{1,i_1}}(x_1^*) \mu_{A_{2,j}}(x_2^*).$$

Legyen F egy mátrix, mely tartalmazza az $y_{i,j}$ értékeket! A fent leírt redukciós eljárás alkalmazásával megkapható az $F \approx F' = A_1 B A_2^t$, ahol A_1 és A_2 SN és NN. Az új szabályok:

$R'_{i,j}$: *If* x_1 *is* $A'_{1,j}$ *and* x_2 *is* $A'_{2,j}$
then $y = y'_{i,j}$,

ahol i = I...n_1^r, j = I...n_2^r, $y'_{i,j}$-ka B mátrix elemei és az új tagsági függvények:

$$\mu_{A'_{k,i}}(x_k) = \sum_j \mu_{A_{k,j}}.(x_k) A_{k,j,i}.$$

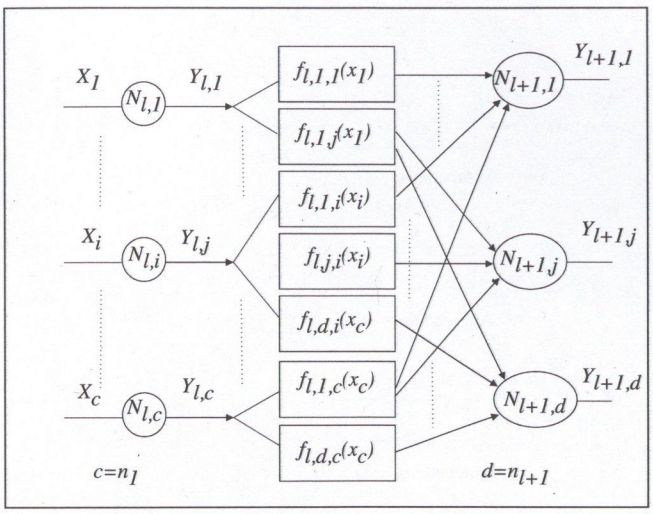
A redukált szabálybázis csak n_r^2 szabályt tartalmaz az eredeti $n_1 * n_2$ helyett, és a redukció hibája a fentiek szerint becsülhető az elhagyott szinguláris értékekből.

A redukciós eljárás kiterjeszthető n bemenetű fuzzy rendszerekre is. Ebben az esetben az eredeti F_1 mátrix n-dimenziós, és a redukció is n lépésben történik. Az i. lépésben kiterítjük a – már részben redukált – F_i mátrixot (mérete; $n_1^r \times ... \times n_{i-1}^r \times n_i \times ... \times n_n$) az i. irányába, és az így kapott kétdimenziós S_i mátrix ($n_i \times (n_1^r * ... * n_{i-1}^r * n_{i+1} * ... n_n)$) redukciójával kapjuk az A_i mátrixot:

$$S_i \approx A_i B A'^T_i = A_i S_i^*,$$

ahol A_i mérete $n_i \times n_i^r$ és

S_i^* mérete $n_i^r \times (n_1^r * ... * n_{i-1}^r * ... * n_n)$.



2. ábra Általánosított neurális háló

A redukált S_i^* mátrix visszaalakítható az F_{i+1} n-dimenziós mátrixszá, melynek mérete n_1^r x...x$n_i^r \times n_{i+1}$x...x...x_n. Az n. lépés után rendelkezésre áll az összes – kétdimenziós – A_i mátrix, illetve a redukált szabálybázis következmény részeit tartalmazó F_n n-dimenziós mátrix. Az új tagsági függvények:

$$\mu_{A'_{k,i}}(x_k) = \sum_j \mu_{A_{k,j}}.(x_k) A_{k,j,i}.$$

A redukált szabálybázis csak $n_1^r * ... * n_n^r$ szabályból áll, az eredeti $n_1 * ... * n_n$ helyett. A redukció hibája bármely pontban kisebb vagy egyenlő, mint az elhagyott szinguláris értékek összege.

Az SVD-alapú redukciós eljárás kiterjeszthető nemszingleton kimenetekkel rendelkező (PSGN), [5] és Takagi-Sugeno [6.7] szabálybázisokra is.

Általánosított neurális hálók komplexitáscsökkentése

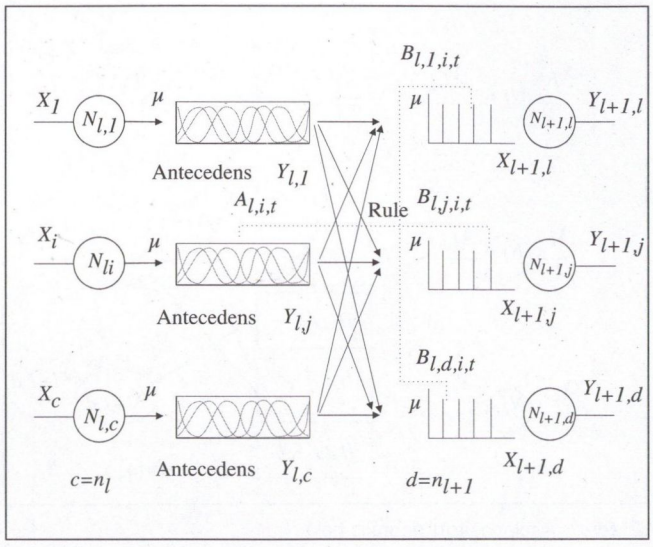
A többrétegű neurális hálók általánosíthatók, ha a nemlineáris transzferfüggvényt áthelyezzük a csomópontokból a linkekbe. Így az egyes csomópontok csak egy összegzést végeznek, a linkek edig konstans súlyok helyett nemlineáris súlyfüggvényekkel jellemezhetők.

Az l+1. réteg j. neuronjának ($Nl_{+1,j}$) kimenete:

$$y_{l+1,j} = \sum_{i-l}^{n_l} f_{l,j,i}(y_{l,i}),$$

ahol n_l a neuronok száma az l. rétegben, az $f_{l,j,i(yl,i)}$-k pedig a súlyfüggvények (2. ábra).

Mivel a tanítás során a súlyfüggvények is taníthatók, az általánosított neurális háló igen jó approximációs képességekkel rendelkezik. A háló tanításához szükséges számítási kapacitás elviselhető szinten tartására egy lehetőség az ismeretlen súlyfüggvények ismert függvények kombinációjaként való leírása, és csupán a paraméterek tanítása.



3. ábra Transzferfüggvények becslése fuzzy rendszerrel

A súlyfüggvényeket egybemenetű-egykimenetű PSGS fuzzy rendszerekkel becsülve, az $Nl_{+1,j}$ neuron kimenete:

$$y_{l-1,j} = \sum_{i-l}^{n_l} f_{l,j,i}(y_{l,i}) = \sum_{i=l}^{n_l} \sum_{t=l}^{m_l,j} \mu_{l,j,t}(y_{l,i}) b_{l,j,i,t},$$

ahol $m_{l,i}$ a használt bemeneti tagsági függvények száma (3. ábra).

Általánosított neurális hálókra is alkalmazható az SVD-alapú komplexitás csökkentés [8]. A fenti egyenlet mindig átalakítható a következő alakra:

$$y_{l-1,j} = \sum_{z=l}^{n_{l+1}^r} a_{l,j,z} = \sum_{i=l}^{n_l} \sum_{t=l}^{m_{l,j}^r} \mu_{l,i,t}^r(y_{l,i}) b_{l,z,i,t}^r,$$

ahol „r" a redukált háló paramétereire utal, továbbá

$$n_{l+1}^r \le n_{l+1} \text{ és } \forall i : m_{l,i}^r \le m_{l,i}.$$

A redukált alak úgy tekinthető, mint egy neurális háló egy extra réteggel az *l.* és *l+1.* réteg között a súlyfüggvényeket a redukált PSGS fuzzy rendszerek állítják elő, míg az *l+1.* réteg egyszerűen az új réteg kimeneteinek (konstanssal) súlyzott össegét ($a_{l,j,z}$) képezi (4. ábra)

A redukció során a $B=[b_{lj,i,t}]$ 3-dimenziós mátrix kerül redukálásra, két lépésben. Az első lépésben az első dimenzió szerinti redukálás során előállnak az $a_{l,j,z}$ értékek, míg a második lépésben az új tagsági függvények kerülnek meghatározásra [8]. A redukció hibája most is az elhagyott szinguláris értékek összegéből becsülhető, a különbség annyi, hogy az első lépésben elhagyott szinguláris értékek *n1*-szeresen számíanak [9].

Az új réteg miatt néhány extrém esetben – amikor a neuronok száma 2 vagy három – előfordulhat, hogy a kapott neurális háló az eredetinél nagyobb komplexitású. Azonban az új réteg mérete általában relatíve kicsi, így a linkek száma – és ezzel együtt a komplexitás – csökken.

Az SVD-alapú redukciós eljárás kiterjeszthető olyan általánosított neurális hálókra is, ahol a súlyfüggvényeket nem-szingleton következményű PSGN fuzzy rendszerek becslik [10].

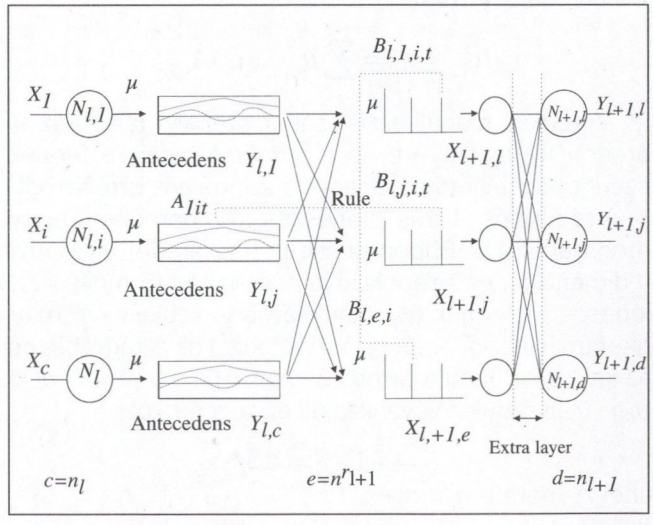
Fuzzy és neurális eszközök anytime rendszerekben

A fent ismertetett SVD-alapú redukciós eljárás segítségével lehetővé válik egyes szoft számítási eszközök használata anytime rendszerekben, ahol nemcsak az alacsony komplexitás, de a bizonyos fokú rugalmasság is szükséges.

Az SVD-alapú redukció egy automatikus módszert nyújt a már meglévő fuzzy rendszerekben, továbbá az általánosított neurális hálókban meglévő redundancia kiszűrésére. Az eredeti rendszer létrehozható valamely már bevált módon – szakértői tudás, mintákban tárolt tudás felhasználásával – anélkül, hogy a redundancia és a komplexitás miatt külön eljárásokat kellene alkalmazni, majd a kész rendszer redukálható, optimalizálható. Ráadásul lehetőség nyílik további, nem pontos redukcióra is. Különböző megengedett hibaszinteket meghatározva, különböző komplexitású fuzzy rendszerek és neurális hálók hozhatók létre, ugyanarra a feladatra, melyek később felhasználhatók a 2. fejezetben leírt moduláris architektúrájú anytime rendszerekben,mint egy adott modult megvalósító különböző egységek. Ezzel lehetőség nyílik a sok esetben igen jól használható szoft számítási módszerek egy részének használatára olyan rendszerekben is, ahol a rendelkezésre álló idő és erőforrások korlátozottak, és mennyiségük működés közben változhat.

Összegzés

Míg a fuzzy rendszerek és neurális hálók gyakran igen jól használhatók olyan esetekben, amikor a klasszikus eszközök nem, a gyakorlatban alkalmazásukat korlátoz-



4. ábra Redukált neurális háló

za, hogy nem létezik univerzális módszer a szükséges komplexitásuk megbecslésére. Ez különösen nehezíti, illetve lehetetlenné teszi használatukat azokban az esetekben, amikor a rendelkezésre álló erőforrások nemcsak korlátozottak, de időben is változhatnak.

Az SVD-alapú komplexitáscsökkentés lehetővé teszi a redundancia kiszűrését, és rugalmasan további nem pontos redukciót is, míg a redukált rendszer hibája mindig becsülhető marad. Ezáltal lehetővé válik ezen eszközök alkalmazása anytime rendszerekben moduláris architektúra használatával.

Ugyanakkor további megválaszolandó kérdések is felmerülnek. A hibabecslés javítása, illetve a redukciós eljárás más rendszerekre való kiterjesztése mellett fontos kérdés a felmerülő tranziensek vizsgálata. A különböző egységek közti átkapcsolás ugyanis nem kívánt tranziens jelenségeket okozhat, amiknek kézben tartása ugyancsak szükséges a gyakori alkalmazhatósághoz. Szintén további megfontolásokat igényel a hiba időbeli viselkedése dinamikus rendszerekben. Itt ugyanis a rendszerben lévő memóriajellegű elemek miatt az ideiglenes komplexitáscsökkentés által okozott hiba a teljes pontosság visszaállítása után is befolyásolhatja a rendszer kimenetét.

Irodalom

1. S. Zilberstein: Using Anytime Algorithms in Intelligent systems, AI Magazine, 17(3), 1996, pp. 73-83.
2. Y. Yam: Fuzzy approximation via grid point sampling and singular value decomposition, In IEEE Trans. On System., Man, Cybernetics, vol. 27, pp. 933-951, Dec. 1997.
3. Y. Yam adn C. T. Yang:Singular value-based fuzzy apporoximator: a case study, In Int. Panel Conference Soft Intell. Computing, Budapes, Hungary, Sept. 30-Oct. 3., 1996, pp. 305-312.
4. Y. Yam, P. Baranyi, C. T. Yang: Reduction of Fuzzy Rule Base Via Singular Value Decomposition, In IEEE Trans. On Fuzzy Systems, Vol. 7., No. 2., Apr., 1999, pp. 120-132
5. P. Baranyi and Y. Yang: Singular value-based approximation with non-singleton support, In Seventh int. IFSA World Congress, Prague, June 25-29, 1997., pp. 127-132
6. P. Baranyi, Y. Yam:Singular Value-Based Approximation with Takagi-Sugeno Type Fuzzy Rule Base, In IEEE Int. Conf. On Fuzzy Systems, 1997., pp. 265-270.
7. P. Baranyi, Y. Yam, C. T. Yang, A. R. Várkonyi-Kóczy: Gomplexity Reduction of a Rational General Form, In IEEE Int. Fuzzy Systems Conf., Aug. 22-25, 1999, Seoul, Korea, pp. 366-371.
8. Baranyi P., K.F. Lei, Y. Yam: Complexity Reduction of Singleton Based Neuro-fuzzy Algorithm, accepted to IEEE Conf on System, Man and Cybernetics 2000, 2000, Nashville, Tennessee, USA, pp. 2503-2508
9. Takács O., Nagy I.; Error bound of the SVD based neural Networks, Proc. Of the IFAC Symp. On Artificial Intelligence in Real Time Control, AIRTC 200, Budapest, Hungary, Oct. 2-4., 2000. Pp. 139-145.
10. Takács O., Várkonyi-Kóczy A. R.: Error-Bound for the Non-Singleton Consequents, IEEE Instrumentation and Mesaurement Technology Gonference, IMTC/2001, Budapest, Hungary, May 21-23, 2001.

Takács Orsolya

1999-ben végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, jelenleg az egyetem Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszékén PhD hallgató.
Kutatási területe a fuzzy eszközök és az anytime rendszerek.

Várkonyiné Koczy Annamária

1981-ben okl. villamosmérnöki, 1983-ban mérnök-tanári oklevelet, 1996-ban PhD-fokozatot szerzett a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1991 óta a BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszéken dolgozik, jelenleg docensi beosztásban. Kutatási területe a digitális jelfeldolgozás, bizonytalanság kezelés, módszerek, anytime és hibrid technikák alkalmazásaintelligens mérő- es irányítórendszerekben. Tagja az IEEE-nek (senior member), a EURASIP-nek, a Magyar Mérnökakadémiának, a Neumann János Számítógéptudományi Társaságnak,valamint a Méréstechnikai és Automatizalási Tudományos Egyesületnek. A Magyar Fuzzy Társaság alelnöke.

Hírek

Az Ericsson Magyarország Kutatási-fejlesztési Igazgatóságán működő Netperf egység a távközlési hálózatok tervezésére szolgáló szoftverek fejlesztésével foglalkozik. A NetPerf (Network Performance Analysis Product Unit) gyökerei 1995-re nyúlnak vissza, amikor prototípus szinten kifejlesztették az ATM-hálózatok szimulációjára alkalmas szoftvert. Ebből alakult ki az átfogó hálózattervezési koncepció és szoftverplatform – a Plasma. A Plasma a hálózattervezés fő irányvonalaihoz kapcsolódóan végez fejlesztéseket a hálózatok gerinc (Core, Backbone) és hozzáférési (Access) részének tervezésére. Ezen belül most a harmadik generációs mobil hálózatokra helyezi a hangsúlyt. A magyarországi egység tevékenysége már túlmutat a fejlesztésen, hiszen szoftvereit a világpiacon is értékesítik.

❖

Fehéregyházy János a Siemens magyarországi szoftverházának, a Sysdata Kft.-nek igazgatója. Az új vezető a bécsi Műszaki Egyetem elvégzése után a Siemenshez került, ahol távközlési fejlesztőként dolgozott. A Sysdata előtt a Siemens intelligens hálózati (IN) projektjeit fejlesztő részleg vezetője volt. A Sysdata 2000 októberében Szegeden megnyitotta második magyarországi irodáját. Az 500 fejlesztő elsősorban a távközlési ágazat számára készít szoftvereket, melyek Siemens rendszerek elemeiként kerülnek a világpiacra és Magyarországra. A cég árbevétele az elmúlt évben meghaladta a 4,6 milliárd forintot.

❖

Az elmúlt években a Unisys, a Microsoft, az Intel, az EMC és a Cisco dollármilliárdokat költött az új informatikai infrastruktúra kifejlesztésére, hogy a „kiszámíthatatlant" kézben lehessen tartani. A 2000. évben az ötök együttes forgalma 91 milliárd dollárt ért el, kutatás-fejlesztésre 11,5 milliárd dollárt költöttek. Ennek során többek között kifejlesztették az Unisys ES7000 szervert.

Ez a teszt során Windows 2000 Datacenter szerveren futott, a Microsoft operációs rendszerével mainframe osztályú teljesítménnyel, skálázhatósággal és megbízhatósággal, a Microsoft's SQL Server 2000 adatbáziskezelő rendszerével és az SAP R/3 4.6C verziójával.

A konfiguráció a szimulált felhasználói terhelés során átlagosan 1,83 másodperces választ ért el, amely óránként 1,460,670 sortétel feldolgozásának felel meg. Az eredményeket SAP standard alkalmazási összehasonlító teszt (Standard Application Benchmark) módszerrel kapták, amely a szerverek és alkalmazások teljesítményének mérésére szolgáló elfogadott módszer. Egy összehasonlító vizsgálat során adatbázisszerverként működő Unisys ES7000 szerver 24 darab 700 MHz-es Intel Pentium III Xeon processzorral, 8 Gbyte memóriával és 16 Mbyte harmadik szinti (level 3 Cache) gyorsítótárral működött. A szerveren Microsoft Windows 2000 Datacenter Server operációs rendszer, Microsoft SQL Server 2000 Enterprise Edition, és SAP R/3 4.6C változat futottak. Az adatbázisszerver CPU kihasználtsága 89% volt.

A tüzelőanyag-cellák előretörése

HORVÁTH GYULA

távközlési tanácsadó mérnök

Számos körülmény indokolja az energiaellátási lehetőségek bővítését. A környezetvédelem, a korlátozottan rendelkezésre álló energiaforrások kímélése és az energiaszállító rendszerek kiépítése mind szem előtt tartandó tényezők. Az intenzíven folyó kutatások eredményeiből emel ki egyet cikkünk.

Amióta az LB-rendszerű telefonkészülékek kiszorultak a közcélú telefonhálózatokból, azóta általánossá vált a villamosenergia-ellátó hálózatból egyenirányított áram alkalmazása a távközlő berendezések működtetésére tartalék áramforrásként. Mind a szolgáltatók, mind a használók hozzászoktak, hogy a telefon áramkimaradás esetén is üzemképes.

A mikrohullámú és az URH-láncok után a mobil telefontechnika megjelenése és elterjedése felerősítette azokat a gondokat, amelyeket a lakott területektől távoli bázisállomások és más berendezések villamos hálózatra csatlakoztatásának költségessége jelentett. Hazánkban már a 70-es évek végén napelemekről táplálták egy gátőrház mellett létesített URH-telefont. Napjainkban az országos lefedettség biztosítása végett a mobilszolgáltatók a településeken kívül is létesítenek bázisállomásokat és azokat összekötő mikrohullámú láncot, és ezzel még csak a közforgalmú mobilhálózatokat említettük. Több más helyen is gazdaságos lehet tüzelőanyag-cella felhasználása.

A hálózatból táplálás másik problémája az áramszolgáltatás megszakadása üzemzavar esetén. Ahol az ebből származó károk megelőzésére bevezetett szünetmentes áramforrások megbízhatósága nem elegendő, ott ugyancsak szerephez juthat valamilyen modern primer áramforrás.

Tüzelőanyag-cella, a modern primer áramforrás

Alapelve már 160 éve ismert, aminek mai alaptípusát, a protoncserélő polimerelektrolites (PEM) cellát ismertetjük [1]. A PEM-nek sajátos tulajdonsága, hogy protonokat átenged, de elektronokat és gázokat nem.

A cellában két, porózus, speciális katalizátort tartalmazó szénelektród között foglal helyet a PEM-ből készült membrán. A két elektród közül az anódra a hidrogént, a katódra oxigént, a gyakorlatban levegőt vezetnek. A hidrogén atomok a porózus anódba jutva érintkeznek a katalizátorral, ami azokat hidrogén ionokra, protonokra és elektronokra bontja. A protonok az elektroliten keresztül eljutnak a katódra, míg az elektronok – amiket az elektrolit nem enged át – az anódon maradnak. Ha az anódot és a katódot külső terhelő áramkörön át összekötjük, azon az elektronok már eljutnak a katódhoz, ahol a protonokkal és az oxigénnel egyesülve vizet alkotnak.

A tipikusan kb. 50%-os hatásfokú eljárás tiszta, mert melléktermék csupán hő és víz. Előnye, hogy a villamosenergia előállításában termikus folyamat nem vesz részt.

Mi legyen a tüzelőanyag?

Legtisztább üzemanyag a hidrogén, fajlagos égéshője is nagy (150 MJ/kg), de túl könnyű, még összenyomva is nagy térfogatot foglal el. 1 liter 35 MPa (kb. 350 atmoszféra) nyomású hidrogén tömege csak 31 gramm, amiből csak 4,4 MJ energia hozható ki. A közönség jó része különösen a németek (a Hindenburg-léghajó katasztrófájára emlékezve), túl veszélyesnek tartja a hidrogént, bár a széltében-hosszában használt benzin sem sokkal kevésbé az. Nagy hátránya még, hogy hidrogénellátás céljára új infrastruktúrát kellene kiépíteni.

Az ellátási problémák kiküszöbölhetők, ha motorbenzint vagy metilalkoholt (metanol) sikerül tüzelőanyagként felhasználni. Ezekből hidrogén kivonására a reformernek nevezett kompakt kémiai berendezések szolgálnak. Továbbfejlesztésük során azt a súlyos hátrányukat, hogy nem kifogástalan karbantartás esetén veszélyes környezetszennyezést okoznak, ki kell küszöbölni.

A tüzelőanyag-cella néhány más megoldása

Érdekes kezdeményezés a primer és szekunder áramforrásként egyaránt használható kompakt szilárdtest cella. Ebben az alumínium anód, a gyártóspecifikus membrán

és a katód három, egymásra tekercselt rétegből áll. Mint akkumulátor, kisütés alatt az alumínium oxidálódik, majd töltés alatt redukálódik. Ha mint primer áramforrás működik, a kisütés alatt oxidálódott alumíniumtekercset tiszta alumíniumtekercsre cserélik.

Ígéretesnek mutatkozik a nikkelfém-hibrid elem is. Speciális fémövözeteket fejlesztettek ki, amely saját tömegük 7%-ának megfelelő mennyiségű hidrogént képesek tárolni a már könnyen kezelhető 200 kPa nyomáson. A fejlesztők szerint így 6 kg hidrogént kb. 120 literes tartályba lehet tárolni.

A világ számos kutatóközpontjában – főleg Európában – nagy munka folyik miniatűr tüzelőanyag-cellák (600 mm^2 felület, 2,5 mm vastagság) kifejlesztésére, a hagyományos szárazelemekhez képest tízszer hosszabb élettartammal. Használatban vannak viszont már Amerikában másfajta (foszforsav és olvadt nátrium- vagy kálium-karbonát elektródos), köztük 200 kW teljesítményű tüzelőanyag-cellák.

A tüzelőanyag-cella várható helye a távközlésben és az informatikában

A különféle alkalmazásokra szánt tüzelőanyag-cellák teljesítménye a néhány száz kW-tól az 1 W alatti teljesítményig terjed. Fejlesztői vagy fejlesztését támogatók között Amerikában a nagy autóipari konszernektől kezdve (pl. Ford) a vegyi üzemeken át (pl. Millennium Cell Inc.) az elektronikai alkatrészeket gyártó vállalatokig (pl. Motorola) számos különféle vállalkozást megtalálunk. Gyártásukkal már önálló cégek is foglalkoznak (pl. Sure Power Corp.).

Bázisállomások táplálása

Ha bőven számítva egy bázisállomás táplálásához 100 W szükséges, akkor a fenti adatokkal negyedéves energiafogyasztása 219 kWh, azaz 788 MJ. Ez fentiek szerint 5,25 kg hidrogénből állítható elő, amit ha 120 literes tartályban helyezünk el, akkor abban tartalék tüzelőanyagnak is jut hely. Elméletileg elég tehát negyedévenkénti – nagyobb tartály birtokában ritkább – utántöltésre berendezkedni, és egyetlen központi hidrogéntermelő üzemet fönntartani.

Egy bank mint úttörő felhasználó

A főleg bankkártyákkal foglalkozó First National Bank of Omaha (Nebr., USA) 1999 közepén adatfeldolgozó központjának energiaellátását alapvetően tüzelőanyag-cellákra alapozta [4.]. Másodlagos energiaforrásként a helyi villamosenergia-szolgáltatókra, harmadikként dízelmotoros áramfejlesztőre támaszkodnak.

A négy cellából álló rendszer rendelkezésre állása hét kilences (99,99999%), szemben a villamos hálózat, a dízel generátor és a szünetmentes áramforrások együttes 3 kilencesével (99,9%). Gyakorlatibb formában kifejezve ez mindössze évi 0,3–3 másodperces, illetve 53 perces váratlan áramkimaradást jelent.

A rendszer a maga nemében még nem a legfejlettebb technika, mert üzemanyaga földgáz, melléktermék széndioxid és gőz. Viszont a keletkező hő 70-80%-a visszanyerhető. A rendszer 3,4 millió dollárba került, de öt év alatt 350 000 dollár megtakarításra számítanak.

Hordozható elektronikus készülékek táplálása

A várt hosszú élettartamuk reményében elképzelhető, hogy tüzelőanyag-cellákat látunk majd laptopokban és kedvező árfekvésük következtében egyre többféle más hordozható elektronikus készülékekben [3]. Ezek lítium-akkumulátorokat, gombelemeket és hagyományos szárazelemeket szorítanak majd ki.

Más fontos alkalmazások

Személy- és teherautók

Mivel a tüzelőanyag-cellák fejlesztésének fő iránya a villanyautó, fő gyakorlati alkalmazásukat is az autók energiaellátásban keresik. Az említett nehézségek miatt a csupán hidrogénnel hajtott autó még várat magára, egyelőre hibrid megoldásokkal kísérleteznek.

Ügyes energetikai megoldás az, amelyben a szokásosnál kisebb teljesítményű benzin- vagy dízelmotort optimális üzemi állapotban járatják, a hozzákapcsolt generátorral villamosáramot termelnek, és mind a négy kerékre villamos motort szerelnek. Az esetenként keletkező többletterhelést hagyományos akkumulátor veszi föl. Erre pl. gyorsításkor, hegymenetben, esetleg teljes terheléskor van szükség. Az akkumulátor töltésére a kocsin termelt villamos energiát használják föl, de a fékpedál lenyomásakor a villamos motorokat a mozgási energia visszatáplálására kapcsolják át. A fékpedálra hevesen rátaposva azonban a hagyományos fék is működésbe jön (vészfékezés).

Áramellátás biztonságára érzékeny tevékenységek

A már említetthez hasonló igényű informatikai rendszereken kívül ide sorolhatók a kórházak, kisebb áruházak, katonai rendszerek, idősek otthonai, szállodák, motelek, kollégiumok, börtönök [2]. Tüzelőanyag-cellákat alkalmaztak már űrrepülőgépeken, tengeralattjárókon. A magas költségek miatt azonban alaposan megfontolják, hogy a rendelkezésre állást kifejező százalékos adat további kilencesekkel növelése megéri-e a többletköltségét.

Kilátások

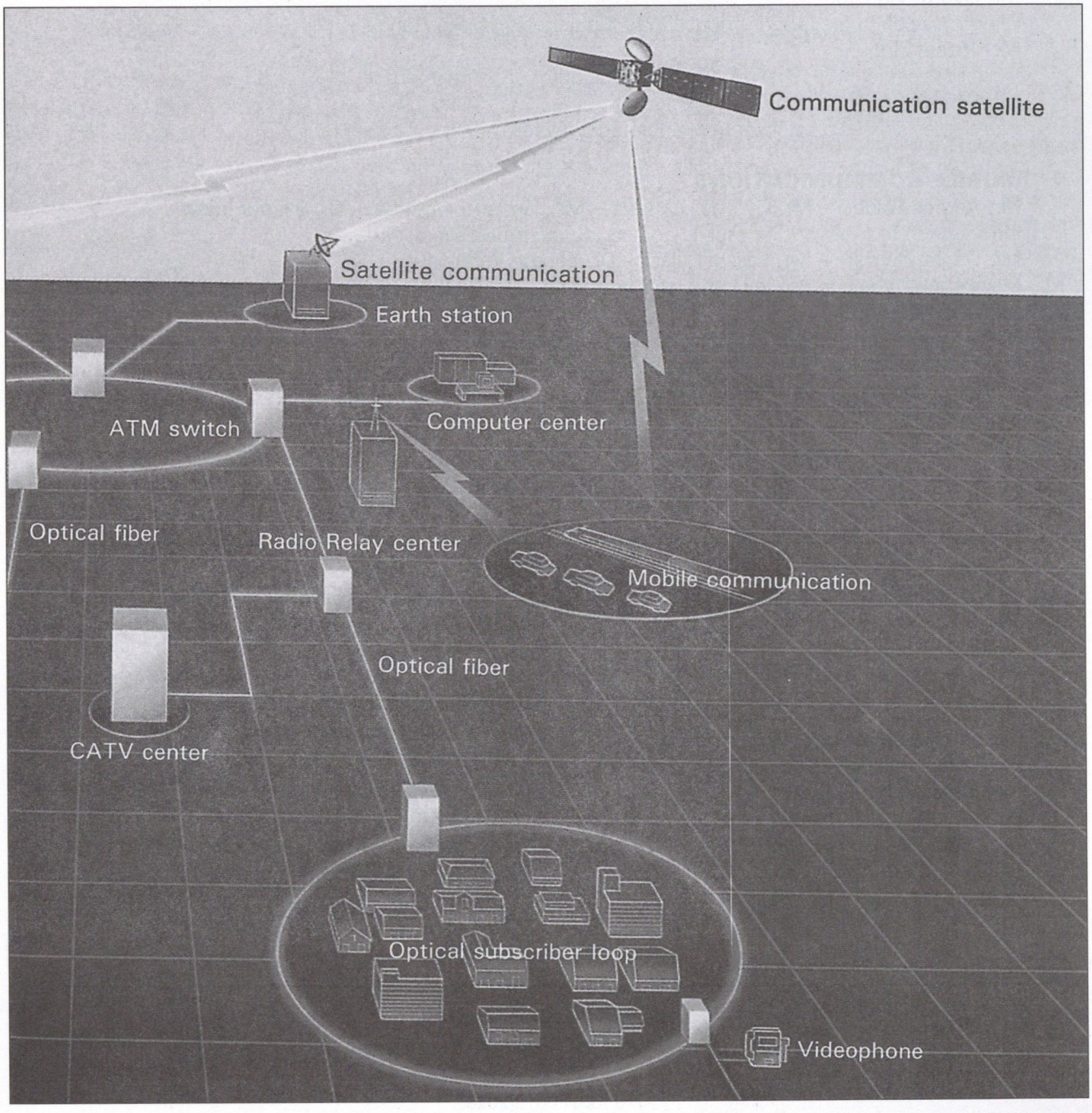
A Toyota cég „Prius" néven kihozott hibrid hajtású kocsijából 1999-ben Japánban kb. 40 000 darabot adott el [1]. Lassú menetben pl. dugóban csak az akkumulátor árama hajtja. A tüzelőanyag-celláknak a nagy autógyárak által támogatott fejlesztése gyors ütemben folyik, amire a gyárak a legtöbb országban egyre gyorsabban szigorodó környezetvédelmi előírások miatt is kényszerülnek.

A tüzelőanyag-cellák jelentős mértékű elterjedése döntően költségességükön múlik. Egy telepített tüzelőa-

nyag-cellákból álló primer áramforrás költsége az Egyesült Államokban 2–6-szor nagyobb, mint egy azonos teljesítményű hőerőműé. Ezért megjelenésük hamarabb várható olyan helyeken – köztük a távközlésben – ahol a közcélú villamosenergia-elosztó hálózathoz való csatlakozás kiépítés költségesebbnek mutatkozik, vagy ahol a nagyfokú üzembiztonság okvetlenül szükséges. A fejlődő országokban a tüzelőanyag-cellák a még nem villamosított területeken jutnak majd szerephez. Itt a dízelmotorral hajtott generátorokhoz képest jóval kedvezőbb hatásfokuk, mozgó alkatrészt nem tartalmazó, tehát jóval megbízhatóbb, kevesebb karbantartást igénylő szerkezetük, kényelmesen szállítható üzemanyaguk jelentenek előnyt. Elterjedésüket a közlekedésben viszont lassítja, hogy az autókban alkalmazott regenerátor miatt költségük jóval magasabb, mint a telepítetteké.

Irodalom

1. Riezenmann, J. R.: Fuel Cells for the Long haul, Batteries for the Spurts, IEEE Spectrum, 2001/január
2. Wolfner András: Tüzelőanyag-cellák lakások és kórházak áramellátására, Természet Világa, 2000. Szeptember
3. Jack NcCarthy: Motorola develops fuel cell for electronis devices http://www2.infoworld.com/articles/en/xm1/00/01/19/000119enmotcell.xml?Template=/storypages/printaricle.html (2001.03.29)
4 Brett Mendel: Natural-gas fuel cells keep Omaha bank in the green http://www.2.infoworld.com/cgi-bin/displayStory.-pl?/mentor/990726mentors.htm (2001.04.03)



Contents

Dr. György Lajtha:
This month's issue 1

APPLICATION OF FIBRE OPTICS TECHNOLOGY

Dr. Tibor Cinkler – Mr. Levente Fülöp:
Wavelength management in wavelength division multiplexing (WDM) networks 3
Mr. Sándor Rácz – Mr. Miklós Telek – Mr. Gábor Fodor:
Call level performance analysis of third generation mobile backbone networks 11
Mr. István Tétényi:
Results achived so far in the frame of the National Information Infrastructure Development (NIIF) Program. Part 1. 19

DIGITAL BROADCASTING

Mr. György Ágoston:
Dilemmas concerning the introduction of digital television in Hungary 25
Mr. József Zigó:
Digital terrestrial broadcasting, the presentation of DVB-T system 29
Mr. Sándor Stefler:
Cable television as a multiservice multimedia platform 33

MOBILE COMMUNICATIONS

Mr. András Földesi – Mr. György Homolya – Mr. János Horváth Cz. – Dr. Sándor Imre:
Introduction to the world of mobile ad hoc routing protocols 39
Mr. Dániel Németh – Mr. László Halász – Dr. Sándor Imre:
Macromobility support in Ipv4 and Ipv6 protocols 47
Ms. Gabriella Liptay:
Mobile Internet novelties 51
Ms. Orsolya Takács – Mrs. Várkonyiné Annamária Kóczy:
Soft calculation tools in anytime systems 55
Mr. Gyula Horváth:
Fuel cells are gaining ground 61

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

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is
BME Mikrohullámú
Híradástechnikai Tanszék
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

2001-ES ELŐFIZETÉSI DÍJAK
Hazai közületi előfizetők részére
1 évre bruttó 30 000 HUF
Hazai egyéni előfizetők részére
1 évre bruttó 6 000 HUF
Subscription rates for foreign subscribers
12 issues 150 USD, single copies 15 USD

www.hte.hu

Felelős kiadó: MÁTÉ MÁRIA

Design by: Kocsis és Szabó Kft.
Printed by: Regiszter Kft.

HU ISSN 0018-2028

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM Műszaki Információs Központ és Könyvtár 2001 Olvasójegy