

E 870

# HÍRADÁSTECHNIKA

XLV. ÉVFOLYAM

1994. ÁPRILIS

## TÁVKÖZLÉSI HÁLÓZATOK FEJLŐDÉSE

Bevezető gondolatok .....	Husztly G.	1
Mikrohullámú rádiórelék az SDH hálózatokban .....	Kása I.	3
STM-1 jelátvittele mikrohullámú csatornán .....	N. Q. Binh	13
Úton az ATM felé .....	G. Lentiez	18

### **Gazdaság – Kutatás – Oktatás**

A MATÁV Rt. tervei a privatizáció után .....	Bartolits I.	22
Előfizetői hálózatok korszerűsítése .....	Zorkóczy Z.	24

### **Termékek – Szolgáltatások**

A MATÁV Rt. csoport SAT-NET Kft-je .....	Sárkány T.	27
Az SFMT-Montana Telecom Kft. ....	Dárdai Á.	29
Hungaro DigiTel: A megoldás .....	Koller I.	30

### **Egyedi cikkek**

Az elektromágneses tér határfeltételeiről .....	Vágó I.	32
---	---------	----

### **Hírek – Események**

Megalakult a Távközlési Mérnöki Minősítő Bizottság .....		39
Mikroelektronikáról a Távközlési Klubban .....	Kormány T.	39
Puskás Tivadar díjasok .....		39
Pollák-Virág díjasok .....		39



# HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA  
SZPONZOROK

Főszerkesztő  
BARANYI ANDRÁS

Rovatvezetők  
BATTISTIG GYÖRGY  
KORMÁNY TERÉZ  
PRÓNAY GÁBOR  
SOMOGYI ANDRÁS

Szerkesztők  
BARTOLITS ISTVÁN  
KÁSA ISTVÁN  
LADVÁNSZKY JÁNOS  
FÖLDVÁRINÉ OROSZ JULIANNA  
ANTALNÉ ZÁKONYI MAGDOLNA  
WILK NÓRA

Szerkesztőbizottság  
TÓFALVI GYULA  
elnök

BERCELI TIBOR  
FRAJKA BÉLA  
FRIGYES ISTVÁN  
GORDOS GÉZA  
MOJZES IMRE  
PAP LÁSZLÓ  
SALLAI GYULA

Szerkesztőség  
Budapest II., Gábor Áron u. 65.  
1525 Budapest, Pf. 15.  
Telefon: 135-1097  
201-7471  
Telefax: 135-5560  
201-7471

Előfizetési díj  
Hazai közületi előfizetők részére  
1 évre 5300,- Ft, egyes számok 650,- Ft  
Hazai egyéni előfizetők részére  
1 évre 860,- Ft, egyes számok 110,- Ft  
Külföldi előfizetők részére  
1 évre 6 angol szám 90 USD, 12 szám 150 USD, egyes számok 24 USD



**ERICSSON** 

Ericsson Technika

**SIEMENS**

Siemens Telefongyár Kft



"AZ ÉPÍTÉS FEJLŐDÉSÉÉRT"  
ALAPÍTVÁNY

MAGYAR  
SAJTÓALAPÍTVÁNY

HÍRADÁSTECHNIKA megjelenik havonta váltakozva magyar és angol nyelven. Kiadja a TypoTeX Elektronikus Kiadó Kft. 1015 Budapest, Batthyány u. 14. Telefon: 202-1365. Fax: 212-2211. Felelős kiadó: Votisky Zsuzsa. Készült a Dabasi Jegyzetnyomdában. Szövegszedés: TypoTeX Kft. A lap példányonként megvásárolható a nagyobb könyvesboltokban és a kiadónál.  
HU ISSN 0018-2028



# BEVEZETŐ GONDOLATOK



A távközlés fejlődésének nemzetközi trendjei azt mutatják, hogy e fejlődésnek alig vannak korlátai. A vezetékes távközlés (PSTN, PSPDN, CSPDN, ISDN) mennyiségi és minőségi lehetőségeit sokszorozzák a különféle mobil szolgálatok (PLMN: NMT, GSM, DECT, személyhívók, stb.) és a kommunikáció legkülönbözőbb úrtávközlési eszközei és ígéretes lehetőségei (VSAT, Iridium projekt, műholdas műsorszórás).

A hálózatok területén az egyre nagyobb biztonságot nyújtó megoldások olyan struktúrák és tartalékolási rendszerek alkalmazását tették napi gyakorlattá, melyekről néhány éve a tervezők esetleg nem is hallottak. A kommunikációra ma már valóban érvényes a globális kifejezés, a szolgáltatások sokrétűsége soha nem látott választékot nyújt. Egy átlagos alközpont-hoz csatlakozó digitális készülék több tucatnyi lehetőséget kínál a felhasználónak. A nem beszéd szolgálatok területén a protokoll kommunikáció a helyi és elosztott intelligencia integrált kihasználásának lehetőségét nyújtja. A vezetékes és vezeték nélküli technológiák közötti hagyományos versengés helyett az egymást kiegészítő és szinergia hatást kiváltó együtt fejlődés a domináns. Ennek a folyamatnak egyik ága a PSTN előfizetői hálózatában telepíthető vezeték nélküli eszközök alkalmazása, a másik pedig maga a mobil telefónia. Az átviteltechnikában az SDH rendszerek ma már olyan helyen is megjelentek, ahol korábban a PDH technika szinte egyeduralgó volt: a csatorna allokáció új lehetőségeit már a rurál környezet alacsonyabb hálózati síkjain is igyekeznek kihasználni a tervezők. Az ATM technológia és általában is a csomag kapcsolás egyre inkább előtérbe kerül. A felső frekvencia ill. kapacitás határok a távközlés majd minden területén bőven a „giga”-tartományban találhatóak. A szélessávú kommunikáció és a multimédia további és nem is távoli lehetőséget jelent.

Néhány, korábban fergeteges sikert ígérő megoldáshoz fűződő várakozások még nem teljesedtek be. Jellemzően ilyen az ISDN, mely a vezetékes távközlésben a prognózisok ellenére még messze nem vált uralkodóvá. Az erőfeszítések mégis átütő sikert hoztak, hiszen a mobil telefónia GSM rendszere gyakorlatilag az ISDN protokollokra épül, így közvetve ma már millió feletti előfizető használja a protokoll kommunikáció eszközeit. Ugyanakkor a korábban intelligens hálózati megoldásként bevezetett eljárások tömeges térhódításának lehetünk tanúi, elsősorban az értéknövelt szolgáltatások területén.

A távközlésben egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a minőségi kérdések, a kompatibilitás és globalitás, évek óta folyamatosan nő a nemzetközi szabványosítás szerepe. Jóllehet a fejlett világ távközlési ellátottsági mutatói igen jók, a mennyiségi fejlődés elsősorban a mobil eszközök miatt igen számottevő.

Hol tartunk mi? Ma már szinte közhely, hogy a távközlésben az elmúlt négy évben korszakos változások történtek Magyarországon. Sokan már ma is élvezik az új lehetőségek széles körét, mások azonban esetleg kielégítetlen telefon kérelmük évtizedes évfordulóját „ünneplik”. A távközlési „olló” ma erősen nyitott.

A nemzeti szolgáltató Matáv Rt. jelentős külföldi tőkebefektetéssel átalakul(t) vegyes tulajdonú Országos Koncessziós Társasággá. A koncessziós pályázatok lezárásával tucatnyi új, koncessziós – magán telefontársaság alakul. A mobil telefóniában három szolgáltatás vehető igénybe, ebből kettő rövidesen globális, Európában szinte teljes elérhetőséget nyújtó: GSM. A személyhívó tender lezárása után a jelenlegi egyetlen rendszer mellett további kettő, ugyancsak globális rendszer: ERMES üzembeállása várható. A hazai távközlési piacon VSAT szolgáltatók versengenek a felhasználók megszerzéséért. Az oly nagyon áhított külföldi tőke bevonása nagyrészt megtörtént és remélhetőleg hosszú ideig eredményesen fog itthon működni.

A hazai távközlési ipar, úgy tűnik, drámai veszteségek után és csak erősen lecsökkent mértékben tud a piacon maradni. A nagy nemzetközi konszernek tulajdonába került kapacitások azonban a távközlési szakember állomány komoly részét ma is foglalkoztatják.

A távközlési szolgáltatások területén a külföldi tőke és a külföldi tapasztalatok belépése rendkívüli lehetőségeket nyújthat, de csak akkor, ha a meglévő hazai ismeretekkel ötvözve együttműködve lép akcióba. Nem szabad elfelejteni, hogy a távközlés fejlesztésében elsősorban az anyagiak hiányoztak, a meglévő szaktudás mindig is számottevő volt. Hosszú ideje ismert történetek terjednek a régebben idegenbe szakadt magyar mérnökök alkotóképességéről, sikeréről. Az elmúlt évek esetenként sanyarú gazdasági körülményei alighanem valóban az átlagosnál kreatívabb hazai szakember gárdát alakítottak ki, ám ezt valóban ki kell még egészíteni a megfelelő gazdasági – üzleti szemlélettel is. A privatizációs és koncessziós folyamatok keretében a magyar piacon megjelenő külföldi szereplők felelőssége és érdeke is, hogy a helyi ismereteket az itthoni szakemberektől szerezzék be. Sok esetben a külföldi partner olyan piacról érkezik, ahol évszázados, töretlenül fejlődés áll vállalata mögött. Valamennyi külföldi munkatárs többnyire beleszületett egy fejlődési folyamatba. A mi piacunk azonban – jóllehet komoly tradíciókkal rendelkezünk – ma inkább hasonlít egy zöldmezős telepítéshez, hiszen a gazdasági – politikai változások miatt számtalan dolgot újra előről kell kezdeni. Az újrakezdésben alighanem különleges tapasztalataink vannak. Ebben a munkában az iránymutatás és az eszközrendszer a külföldi mintán alapulhat, de a hazai kreativitás és helyismeret nélkül nem vezethet sikerre a külföldi fél munkája sem.

Az összkép, úgy tűnik pozitív. Természetesen az elmúlt mintegy 20 hónap csak a lehetőségeket teremtette meg, most a szolgáltatókon és az előfizetőkön a sor, hogy egymásra találjanak. A piacon sok esetben verseny lesz. A verseny kockázatot, nyereséget és sikert, de veszteséget és bukást is hozhat. Hiba lenne már most azt hinni, hogy a távközlési versenypiac működik: még messze nem alakultak ki a megfelelő etikai normák, esetenként még nem tiszta a liberalizált piac és a gazdasági szabadság közötti különbség. A paternalista távközlés szabályozási rendszere már lebomlott, de még hosszú idő kell a tényleges etikus piaci magatartásformák kialakulásához.



A telefónia nyomasztóan sürgető problémái várhatóan a következő két-három év során megoldódnak. Ugyanakkor a nem beszéd szolgálatok terén a hazai fejlődés trendjei még korántsem ilyen kialakultak. Jóllehet e területen a piaci verseny kell, hogy szabályozza a szereplők működését, a meghatározó elem mégis a meglévő alap-infrastruktúra lesz. A digitális gerinchálózat és a digitális átvitel lehetőségét nyújtó helyi hálózatok kialakulása teremtheti majd meg az igazi alapot e szolgálatok gyorsabb fejlődéséhez. Addig a különböző, pl. adatszolgálati felhasználók bizonyos nyomvonalaknál esetenként az optimálisnál nagyobb mértékben kell hogy egyéb, alternatív megoldásokat is igénybe vegyenek (pl. VSAT). A hazai pénzügyi tranzakciók területén is akkor várható igazi áttörés, amikor a hálózati szolgáltatók majd problémamentesen, rövid idő alatt és méltányos áron fogják nyújtani a szükséges adatátviteli kapacitásokat.

A lehetőségek különleges csoportja az értéknövelt szolgáltatások köre. A nemzetközi tapasztalatok bizonyítják, hogy e területen nagyok a lehetőségek, de idő kell még a megfelelő piaci verseny és az etikus szolgáltatási kultúra kialakulásáig. A hálózati szolgáltatóknak, az értéknövelt szolgáltatást nyújtóknak és a szabályozóknak is sokat kell még tenni annak érdekében, hogy konszolidált helyzet alakuljon ki.

A magyar társadalomra a következő két-három évben alighanem agresszív távközlési piaci nyomás fog nehezéni.

A következő két év során sok százezer vezetékes és mobil állomás lép majd üzembe, új távközlési szolgáltatások tucatjai teszik majd könnyebbé életünket. Lesznek (vannak?) azonban árnyoldalai is e fejlődésnek. A magánélet „integritását” állandóan és könnyűszerrel meg lehet majd sérteni, hiszen ha a vezetékes telefonon nem lehet elérni valakit, akkor ott lesz a mobil, esetleg több is, ha az sem válaszol, akkor valamelyik üzenetrögzítő, vagy a személyhívó, vagy az elektronikus postaláda, de lehet fax-üzenetet is küldeni, akár a keresett személy otthoni számítógépébe is. Az új lehetőségek példátlan változásokat fognak okozni mindannyiunk életében. Ezt a kommunikációs nyomást nem szabad alábecsülni, célszerű felkészülni a fogadására.

A hazai távközlési piac átstrukturálása szabályozási szempontból már túljutott a féldőn, a piaci szereplők többsége felvonult, a játék azonban most kezdődik. A szabályozott verseny, a tőkebevonás után a megfelelően domináns hazai szerep megtartása, a szakmai önbecsülés és az előfizetők szolgálatának szem előtt tartása valóban meghozhatja az oly régen várt magas színvonalú távközlési szolgáltatásokat.

Ebben a számban a távközlés fejlődési irányainak néhány olyan elemét mutatjuk be melyek a hazai továbblépés szempontjából is lényeges szegmenst jelenthetnek.

HUSZTY GÁBOR



**Huszty Gábor** 1976-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnika szakán. 1976 és 1991 között a Posta Kísérleti Intézetben, később jogutódjánál dolgozott tudományos főmunkatársként, majd tudományos osztályvezetőként. Kutatási területe a digitális átviteltechnika, kapcsolástechnika, fenntartástechnika és rendszertechnika, majd az ISDN. Egyetemi doktori címét 1985-ben szerezte. Egy évtizeden keresztül

vett részt a CCITT munkájában. Mintegy 40 publikáció szerzője, 5 szabadalom társhelfalálója. Számos OMF munká kidolgozásában vett részt. Több éven át mérnöktovábbképző tanfolyamok oktatója. 1991 és 1993 között a Kontrax Telekom távközlési igazgatója. Közreműködésével alakul meg az Első Pesti Telefonszolgálat, melynek egyik első, választott igazgatója volt. Aktív szerepet játszott abban, hogy a Helsinki Telefonszolgálat és a professzionális átviteltechnika területén a Nokia cég belépessen a magyar távközlési piacra. A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Intéző Bizottságának tagja. A Pollák-Virág díjat három alkalommal nyerte el. Aktívan részt vesz az új távközlési törvény regulációs munkáiban. Jelenleg a számos koncessziós pályázat kidolgozásában is aktív szerepet vállaló független Entel távközlési fejlesztő, tervező és tanácsadó kft. ügyvezető igazgatója.



# MIKROHULLÁMÚ RÁDIÓRELÉK AZ SDH HÁLÓZATOKBAN

KÁSA ISTVÁN

MATÁV RT., PKI TÁVKÖZLÉSFEJLESZTÉSI INTÉZET  
1097 BUDAPEST, ZOMBORI U. 1.

A távközlési hálózatok technikájában az utóbbi évek egyik fontos új eredménye a szinkron digitális (SDH) hálózatok megjelenése, ezek várhatóan még ebben az évtizedben mélyreható változást hoznak a távközlési rendszerekben. Bár az SDH technikát elsősorban a fényvezetős átvitel figyelembevételével dolgozták ki, a fejlesztési eredmények nyomán hamarosan kitűnt, hogy az SDH kisebb átviteli sebességű szintjein helye van a mikrohullámú rádiórelé rendszereknek is, amelyek sok alkalmazásban előnyös megoldást kínálnak. Ugyanakkor azonban az is kiderült, hogy az SDH rádiórelé nem egyszerűen azt jelenti, hogy a fényvezető szakasz helyett egy rádiórelét iktatnak be, hanem mind átviteli minőség, mind pedig hálózatmenedzselés terén továbblépésre van szükség. A cikkben először röviden ismertetjük az SDH technika és a mikrohullámú rádiórelé technika alapjait, majd részletesebben megvizsgáljuk azokat a műszaki kérdéseket, amelyeket az SDH jelek vezeték nélküli átviteléből adódnak és azokat technikai megoldásokat, amelyeket az SDH rádiórelé rendszerekben alkalmaznak, majd rövid áttekintést nyújtunk az SDH rádiórelé alkalmazási kérdéseiről.

## 1. BEVEZETÉS

A földfelszíni szélessávú távközlési rendszereknek sok évtizeden át fontos részét képezték a mikrohullámú rádiórelé, amelyeket főként a sokcsatornás telefonátvitelben és a TV-átvitelben használtak. A kezdetben alkalmazott analóg rendszerek után a hetvenes évek végétől a digitális technika fejlődésével egyre inkább előtérbe kerültek a digitális rádiórelé, ezeket a távolsági és a kistávolságú forgalomban egyaránt nagy számban alkalmazták pleziokron (PDH) hálózatokban, és még jelenleg is sok országban a gerinchálózat fontos részét képezik.

Időközben a földfelszíni rádiórelé mellett más szélessávú átviteli közegek és átviteli technikák is megjelentek; a műholdas (mikrohullámú) átvitel és a fényvezetős átvitel. Ezek közül különösen a fényvezetős rendszerek által elérhető nagy átviteli kapacitás és a nagytávolságú átviteli lehetőség hozott mélyreható változást a digitális távközlési rendszerekben és mind a távolsági, mind a kistávolságú összeköttetésekben új lehetőségeket kínált. Ugyanakkor az is kitűnt, hogy a digitális átvitelben alkalmazott PDH technikának több kedvezőtlen jellegzetessége van, amelyek korlátozást jelentenek.

Az új átviteli közeg és technológia által kínált lehetőségek kiaknázására, a rohamosan növekvő digitális átviteli igények kielégítésére és a PDH technikában fellépő korlátozások kiküszöbölésére először az Egyesült Államokban fejlesztettek ki új, szinkron digitális rendszert (SONET), majd a CCITT átfogó ajánlást dolgozott ki a szinkron digitális (SDH) hálózatokra.

Bár az SDH rendszert elsősorban a fényvezetős átvitel szem előtt tartva dolgozták ki, a fejlesztési eredmények nyomán hamarosan kitűnt, hogy legalábbis az SDH kisebb átviteli sebességű szintjein helye van a mikrohullámú rádiórelé rendszereknek is, amelyek sok alkalmazásban előnyös megoldást kínálnak. Ugyanakkor azonban az is kiderült, hogy az SDH rádiórelé nem egyszerűen azt jelenti, hogy a fényvezető szakasz helyett egy rádiórelét iktatnak be, hanem mind átviteli, mind pedig hálózatmenedzselési szempontból továbblépésre van szükség. Az alábbi cikkben

azokat a problémákat szeretnénk áttekinteni, amelyek az SDH rádiórelé berendezések kifejlesztése, megvalósítása és alkalmazása során lépnek fel, ezek megértése nélkül az SDH rádiórelé szerepének objektív megítélése és az alkalmazási területek kijelölése nehezen képzelhető el.

A cikkben először röviden ismertetjük az SDH technika és a mikrohullámú rádiórelé technika alapjait, majd részletesebben megvizsgáljuk azokat a műszaki kérdéseket, amelyeket az SDH átvitel során a vezeték nélküli átvitelből adódnak és azokat technikai megoldásokat, amelyeket az SDH rádiórelé rendszerekben alkalmaznak, majd az SDH rádiórelé alkalmazási kérdéseiről nyújtunk áttekintést.

## 2. AZ SDH TECHNIKA ALAPJAI

A szinkron digitális technikát (SDH – Synchronous Digital Hierarchy) a CCITT, illetve ITU-T egy nemzetközi ajánlás-, illetve szabványrendszerben definiálja, amely a nagysebességű, szinkron digitális átvitelre vonatkozik, de ugyanakkor biztosítja az együttműködést a PDH rendszerekkel is. 1986-tól számos olyan ajánlás jelent meg, amelyek a szabványos átviteli sebességeket, a jelformátumokat, a multiplex struktúrákat és a jelek multiplexálását, valamint a hálózatmenedzselést (a felügyeleti rendszert és a hálózat vezérlését) szabályozzák. Bár a legfontosabb jellegzetességek szabályozása már 1988-ra elkészült, és így lehetővé tette, hogy a berendezéseket és hálózatokat egységes szabványnak megfelelően fejlesszék, az ajánlásrendszer még mindig fejlődik, különösen a hálózatmenedzselés terén vannak még nyitott kérdések. E cikkben nem lehet célunk az SDH rendszer részletes ismertetése, így arra szorítkozunk, hogy azokat az alapvető ismereteket tekintsük át, amelyek a rádiórelé alkalmazásához nélkülözhetetlenek.

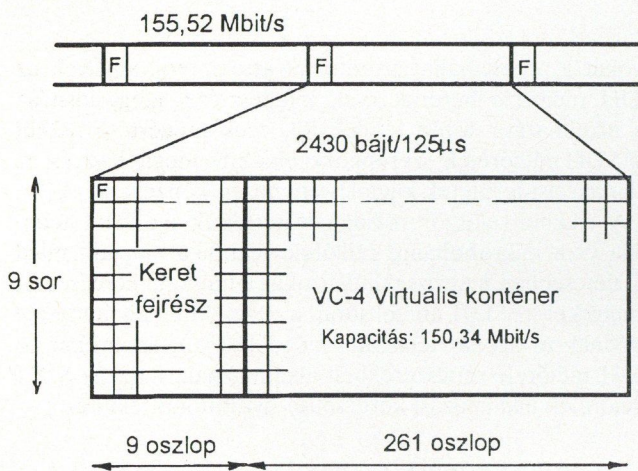
Az SDH technika fő jellegzetességét két vonatkozásban szeretnénk megragadni, egyrészt az SDH jelformátumok, másrészt az alkalmazott hálózati struktúrák és elemek oldaláról. Természetesen ez a két oldal nem elválasztható, egymást kölcsönösen feltételezik.



## 2.1. SDH jelstruktúrák

Az SDH átviteli rendszerekben a jelek továbbítása az SDH keretstruktúrában történik. Részletesebben a vezetőknélküli átvitel szempontjából is kiemelkedően fontos STM-1 elsőrendű transzfer modul keretszervezését vizsgáljuk meg.

Az STM-1 keretszervezése az 1. ábrán látható. Az SDH keret kétdimenziós formában szokták ábrázolni, a keret 9 sort és az átviteli sebességtől függő számú oszlopot tartalmaz a keret 9 sorból és 270 oszlopból áll. Az STM-1 keret bájtonként van szervezve, a keret egyes pontjaihoz egy bájttal tartozik, ez egy 64 kbit/s bitsebességű csatornának felel meg. A kereteken belül az egyes bájtok helyzetét a keret kezdetét jelző bájthoz képest adják meg. Az egyes keretek időtartama 125  $\mu$ s, ez a 8 kHz mintavételi frekvenciának megfelelő keretidő. Az STM-1 keret két részre oszlik, ezek az adminisztratív rész vagy keret fejrész és a virtuális konténer, amelyben az átvendő információ van elhelyezve.



1. ábra. Az STM-1 keret felépítése

	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1		
RSOH	B1	(RF)	(RF)	E1	(RF)		F1		
	D1	(RF)	(RF)	D2	(RF)		D3		
Mutató	H1			H2			H3	H3	H3
	B2	B2	B2	K1			K2		
MSOH	D4			D5			D6		
	D7			D8			D9		
	D10			D11			D12		
	Z1	Z1	Z1	Z2	Z2	Z2	E2		

2. ábra. A keret fejrész (SOH)

Az adminisztratív rész vagy keret fejrész (*Section Overhead – SOH*) a keret első néhány oszlopát alkotja, és azokat a kiegészítő üzemviteli, illetve menedzsment információkat (szolgálati csatornák, alarmok, hibajelzések stb.), amelyek a csomópontok közötti megbízható átvitelhez, il-

letve az SDH hálózat működtetéséhez szükségesek (2. ábra). Ezek a járulékos bájtok igen fejlett hálózatfelügyeleti, illetve üzemviteli feladatok ellátását teszik lehetővé. Látható az is, hogy számos bájttal funkciója jelenleg még nincs definiálva, ezek lehetőséget nyújtanak a most még pontosan meg nem határozható jövőbeni igények kielégítésére is. Az SOH tartalmazza a multiplexer szakasz fejrészét (MSOH, 5x9 bájttal), valamint a generátor szakasz fejrészét (RSOH, 3x9 bájttal). Az egyes bájtok funkcióinak ismertetését mellőzzük, egyedül azt emeljük ki, hogy a B1 bájttal és B2 bájttal a regenerátor szakasz, illetve a multiplexer szakasz bithibáit detektálják, BIP (Bit Interleaved Parity) ellenőrzéssel. Az adminisztratív rész a fentiekben kívül még a mutató (*pointer*) bájttal is tartalmazza, ezek közül a ténylegesen felhasznált öt bájttal fontos szerepe van a virtuális konténer szinkronizálásában. A mutató bájttal nem részei sem az RSOH, sem az MSOH fejrészeknek.

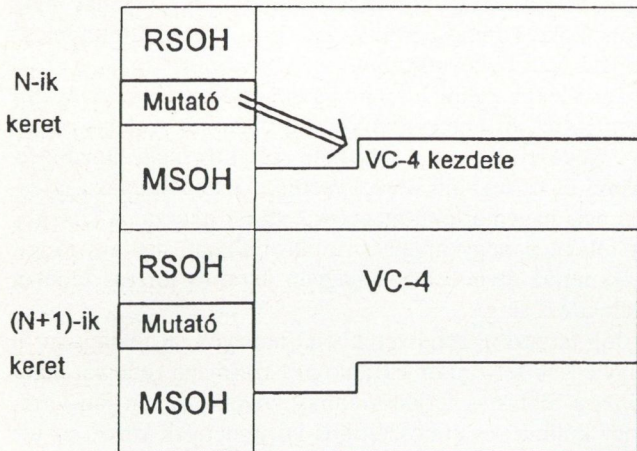
A virtuális konténer (*Virtual Container – VC*), a belépési és kilépési csomópont között átvendő információt tartalmazza. Az STM-1 keretbe illeszkedő VC-4 virtuális konténer mérete 9x261 bájttal. Az SDH átviteli rendszer a virtuális konténert változatlan formában továbbítja a belépési és kilépési pontok között, szükség esetén több csomóponton keresztül is. A virtuális konténer maga is tartalmaz egy fejrész (*Path Overhead – POH*), amely bizonyos üzemviteli információkat (alarm, átviteli minőség figyelése) átvitelét biztosítja a végpontok között, és szintén tartalmaz hibafigyelést is. A POH a virtuális konténer első oszlopát foglalja el.

Az SDH átvitel fontos jellegzetessége, hogy a keret fejrész és a virtuális konténer átvitel elválik egymástól. A virtuális konténert az SDH hálózatba való belépésnél hozzák létre és a kilépési pontig változatlan formában és (közel) változatlan bitsebességgel viszik át. Ezzel szemben a keret fejrész az SDH hálózat egyes csomópontjaiban lebontják, illetve újra generálják, a fejrész sebessége a csomópont órajel sebességének felel meg. A virtuális konténer nem kapcsolódik mereven az STM-1 kerethez, ahhoz képest eltolódhat, tehát egy virtuális konténer átvitele gyakorlatilag két STM-1 keretben valósul meg (3. ábra). A virtuális konténer kezdetét az STM-1 kezdőbájttalhoz képest a mutató bájttal adják meg. A mutató bájttal megoldás lehetővé teszi, hogy az STM-1 keretben kissé eltérő sebességű virtuális konténert vigyenek át, anélkül, hogy a PDH technikában alkalmazott kitöltő biteket vagy kiegyenlítő tárolókat alkalmazni kellene. Ennek nagyon fontos következménye, hogy az SDH átvitel során az átvitt információ, tehát a virtuális konténer minden egyes bájttaljának a pontos helyzete mindig meghatározható.

A 140 Mbit/s-os összetevő jel a VC-4 konténerbe közvetlenül beilleszthető. A PDH hierarchia alacsonyabb szintű összetevő (*tributary*) jelei megfelelő szintű SDH keretekbe leképezve beilleszthetők az SDH struktúrába, így tehát az SDH hálózat alkalmas arra, hogy 2, 34 vagy 140 Mbit/s sebességű PDH jelfolyamokat átvigyen. A kisebb bitsebességű összetevő jelfolyamokat alacsonyabb szintű, kisebb sebességű virtuális konténerekbe csomagolva viszi át az SDH hálózat. A 2 Mbit/s-os összetevő jel a VC-12 jelű részkonténerbe, a 34 Mbit/s-os összetevő jel pedig a VC-3 jelű részkonténerbe képezhető le, a részkonténerek átvitelére pedig alacsonyabb szintű keretek (TU – Tributary Unit) szolgálnak, ennek részleteit nem ismertetjük. A



részkonténerek, illetve TU keretek pontos szabályok szerint illeszthetők be a VC-4 konténerbe.



3. ábra. Az AU mutató bájtok szerepe

A szinkron átviteli technika tárgyalásánál különleges figyelmet kell szentelni a szinkronizálás kérdésének. Ideális esetben az SDH hálózatban minden csomópont ugyanarról az óráról van szinkronizálva, ekkor az SOH és a VC-4 relatív helyzete nem változik. Ha azonban az egyes csomópontok órafrekvenciája eltér (pl. központi órajel kiesése vagy különböző órafrekvenciájú hálózatok találkozása esetében) a mutató bájtok módosulnak, a virtuális konténer elmozdul a keret kezdetéhez képest. Ugyancsak ez a helyzet, ha a virtuális konténer egy eltérő órafrekvenciájú összetevő (tributary) jelet tartalmaz.

Az STM keret szinkronizálása az SOH-ban lévő keret-szinkron bájtok segítségével történik, erre az STM-1 keretben 6 bájttal (A1, illetve A2 bájttal). Mint már említettük, a virtuális konténer kezdetét a mutató bájtok (H1 és H2) segítségével történik. A H1 és H2 mutató bájtok tartalmazzák a VC-4 virtuális konténer első bájtyának címét. Mivel a mutató bájtokban az átvitelre vonatkozó fontos információ van elhelyezve, a mutató bájtok nagy redundanciát tartalmaznak és hibajavító tulajdonsággal rendelkeznek. Hasonlóan robusztus hibavédelem biztosítja a kisebb sebességű virtuális konténerek (VC-12, VC-3) helyes szinkronizálását is.

## 2.2. SDH hálózatok

Az SDH hálózat az SDH jeleket feldolgozó csomópontokból és az azokat összekapcsoló SDH átviteli rendszerekből áll. Az SDH jelek kapcsolását, irányítását a vezérelt digitális rendezők (Digital Cross-Connect) végzik el, ezek olyan kapcsoló elemek, amelyek az SDH jelutak állandó jellegű vagy tartós átirányítását végzik, beállításukat a hálózatmenedzselő rendszer a forgalmi viszonyoknak megfelelően vezérli. A csomópontok egy része a külső berendezésekhez vagy külső (PDH) hálózathoz kapcsolódik, és az SDH jelek továbbításán kívül a PDH összetevő (tributary) jelek és az SDH jelek közötti leképezést valósítja meg. Ezek a berendezések a beiktató és leágazó multiplexerek (ADM – Add-Drop Multiplexer) valamint a végződő multiplexerek (TM – Terminating Multiplexer). Az átviteli rendszerek a csomópontok között az SDH jelek átvitelét

valósítják meg. A továbbiakban részletesebben ezekre az átviteli rendszerekre térünk ki. Az SDH rendszerekben különféle átviteli szakaszokat különböztetünk meg, ezek az alábbiak:

- **Átviteli útvonal (path).** Ez a csatlakozó pontok közötti logikai kapcsolatként van definiálva. Az SDH rendszerben ezeken pontokon állítják össze, illetve bontják le a virtuális konténereket, ezért a virtuális konténerek az átviteli útvonalon változatlanul haladnak át. A csatlakozó pontokon lehet SDH jelformátummal csatlakozni, de jelenleg a túlnyomórészt PDH jelekkel csatlakoznak a hálózathoz.

- **Multiplexer szakasz (multiplexer section).** Ez a két csomópont közötti információátviteli berendezéseit foglalja magába. Az SDH átvitelben a multiplexer szakasz jelentősége abban van, hogy az SDH hálózat ezen a szinten nyújt védelmet (tartalékolást) az átviteli minőség romlása vagy az átvitel megszakadása esetén.

- **Regenerátor szakasz.** Ez egy csomópont és egy regenerátor vagy pedig két regenerátor közötti szakasz, amely az SDH rendszerben egyedileg nincsen tartalékolással ellátva. Az SDH rendszerben a sajátos jelstruktúra következtében az összetevő jelek úgy vannak beiktatva, hogy magasabb szinteken is közvetlenül, fokozatos demultiplexálás nélkül is hozzáférhetők, kicsatolhatók vagy beiktathatók. Az SDH technika lehetőséget nyújt arra, hogy különféle adatebességű jeleket összefogjanak, és hozzáférjenek az alacsonyabb sebességű összetevő jelekhez anélkül, hogy fokozatos demultiplexálást hajtanának végre.

Az SDH jelstruktúrában jelentős átviteli kapacitást biztosítanak a hálózatmenedzselés céljaira, és a hálózatmenedzselés feladataira, és az átfogó távközlési hálózatmenedzselési hálózat (TMN – Telecommunication Management Network) szabványosítására nagy erőfeszítéseket tettek. Az SDH keretstruktúrában a teljes átviteli kapacitásnak mintegy 4-5 %-át a hálózatfelügyeleti rendszer átviteli szükségleteire tartják fenn. Az SDH rendszerekben a TMN nélkülözhetetlen, gyakorlatilag minden távközlési berendezés a TMN felügyelete és irányítása alatt áll. A szabványos protokollok fogadását az SDH berendezések szabványos interfészei és funkcionális felépítése biztosítják.

Bár a 140 Mbit/s-nál magasabb szintek elvileg megjelennek a PDH hierarchiában, de az egységes nagykapacitású távközlési hálózatok kiépítése a magasabb SDH szintek felhasználásával valósíthat meg. Az SDH-ban az elsőrendű transzport modul (STM-1) sebessége 155,52 Mbit/s. Magasabbrendű transzport modulok szintén szabványosítottak, ezek bitsebessége a STM-1 bitsebességének pontos többszöröse. A jelenleg szabványosított transzport modulok bitsebességeit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat. Az SDH hierarchia bitsebességei

Megnevezés	Közelítő bitsebesség	Pontos bitsebesség
STM-1	155 Mbit/s	155,52 Mbit/s
STM-4	622 Mbit/s	622,08 Mbit/s
STM-16	2,5 Gbit/s	2488,32 Mbit/s

Az SDH technika lehetővé teszi, hogy mind a nagytávolságú átvitelben, mind helyi hálózatokban azonos technikával, egységes szabvány alapján oldják meg a távközlési feladatokat. A gerinchálózati és részben a regionális szinten várhatóan az STM-16 és STM-4 modulokat használják, a



kisebbséggű STM-1 modulnak főként a regionális és helyi hálózatokban van jelentősége.

Az SDH hálózat topológiájának kialakítása során nagy gondot fordítanak a kerülő útvonalak biztosítására, a többszörös összeköttetési lehetőségekre. Valamely távközlési szakasz megszakadása esetén a TMN segítségével új fizikai útvonalat lehet kijelölni, és így a csatlakozási pontok között a logikai összeköttetés, az átviteli út (path) fenntartható. Kedvelt topológia a gyűrű, amely a csomópontokban elhelyezett ADM berendezések segítségével egy távközlési szakasz megszakadása esetén „önjavító” tulajdonsággal rendelkezik.

Jelenleg világszerte már viszonylag nagyszámú SDH vonal és kisebb összetett struktúra (pl. gyűrű) kísérleti telepítése és üzembehelyezése megtörtént, de kiterjedtebb hálózatokra vonatkozóan még kevés tapasztalat áll rendelkezésre. Nagyobb összefüggő SDH hálózatok kialakítása, illetve üzembeállítása az 1994-95-ös évektől kezdődően várható.

### 3. MIKROHULLÁMÚ DIGITÁLIS RÁDIÓRELÉK

Az SDH rádiórelék tárgyalása előtt célszerű röviden áttekinteni a mikrohullámú rádiós szakasz és a rádiórelék néhány sajátos vonását.

#### 3.1. A mikrohullámú átvitel sajátosságai

A vizsgált témakör szempontjából az alábbi lényeges sajátosságokat kell számításba venni:

- A szabadtéri csillapítás következtében számottevő szakaszcsillapítás lép fel.
- A rádiórelék rendszerekben felhasználható frekvenciasávok erősen korlátozott erőforrást jelentenek. Mikrohullámú rádiórelék csak kijelölt frekvenciasávokban, adott frekvenciaraszter szerint telepíthetők.
- A rendszer fizikai nyitottsága következtében az átviteli útban más távközlési vagy egyéb rendszerekből származó zavarójelek, interferenciák jelenhetnek meg. Ennek következtében ilyen célra felhasználható frekvenciasáv frekvenciáinak ismételt felhasználása csak korlátozottan, a lehetséges interferenciák figyelembevételével, megfelelő koordináció után történhet meg.
- Miután a hullámterjedés a földi atmoszférában megy végbe, az átviteli jellemzők (főként a szakaszcsillapítás) erősen ki vannak téve a földi légkör változásainak, az időjárási tényezőknek, ennek következtében fédingek lépnek fel.

Az említett tényezők gondos tervezéssel, a frekvenciasáv, az útvonal, az antennakaraktisztikák és adóteljesítmények célszerű megválasztásával figyelembe vehetők. Különös gondot kell fordítani a fédingek hatásának lehetőség szerinti csökkentésére. A mikrohullámú rádiórelék technikáját erősen meghatározza az a küzdelem, amely a fédingek kedvezőtlen hatásainak kivédésére irányul. A földfelszíni mikrohullámú átvitel szempontjából fédingek alapvetően két csoportra oszthatók fel:

- szélessávú féding (flat fading),
- szelektív féding.

A szélessávú féding okai főként olyan jelenségek, amelyek egyutas terjedés esetén lépnek fel és kevésbé frekvenciafüggők. A szélessávú féding elsődleges oka a csapa-

décsillapítás, hazai viszonyok között főként az esőcsillapítás. Kis valószínűséggel nagy csillapítások is felléphetnek, egyetlen rádiócsatornán véges valószínűséggel (tehát rövid időszakokra) minőségromlás, illetve az összeköttetés megszakadása is bekövetkezhet.

A szelektív féding a többutas hullámterjedés következtében lép fel, és nemcsak a szakaszcsillapítás szelektív megnövekedését, hanem a futási idő szelektív megváltozását is jelenti és ez digitális átvitel esetén a szimbólumközi interferencia nagymértékű megnövekedését okozza. A közepes és főként a nagykapacitású mikrohullámú digitális rádióreléknél az átviteli hibák nagyon jelentős forrása lehet a szelektív féding.

Jól tervezett rendszerekben, amelyek a földfelszínről vagy egyéb felszíni objektumokról származó reflexiót elkerülik, a többutas terjedés annak következtében jön létre, hogy különleges atmoszférikus körülmények között az atmoszférában inhomogenitások jelennek meg. Ez a körülmény több (többnyire két vagy három) terjedési útvonal kialakulását idézi elő, amelyekben a hullámok közel azonos amplitúdóval terjednek. A szelektív fédinget a különböző úton terjedő hullámok közötti interferencia hozza létre. A szelektív féding során az átvitelben viszonylag keskeny zárósáv jelenik meg, amelynek frekvenciája és mélysége az időben változik. A bonyolultabb analízist mellőzve az állítható, hogy a szelektív féding valószínűsége a növekvő szakasztávolsággal és sáv szélességgel növekszik, és a többszintű modulációs rendszerek érzékenyebbek a szelektív fédingre.

Karakterisztikus különbség van a kistávolságú és nagytávolságú rádiórelék rendszerek között abból a szempontból, hogy az átvitel során milyen féding dominál, tehát milyen fédinget kell a tervezés során figyelembe venni. Elhanyagolható szerepe van a többutas terjedésnek és a szelektív fédingnek akkor, ha a rövid (5-15km-es) összeköttetéseket alkalmaznak, ilyenkor a frekvenciafüggetlen féding dominál. Miután az esőcsillapítás korlátozó hatása miatt a magasabb frekvenciákon egyre rövidebb mikrohullámú szakaszokat lehet alkalmazni, a 15 GHz feletti frekvenciasávokon elsősorban az esőcsillapítás korlátozó hatásával kell számolni, a szelektív féding hatása itt elhanyagolható.

A digitális mikrohullámú rádiórelék viselkedését a szelektív féding körülményei között jelentősen javítani lehet (idő-, illetve frekvencia-tartományban működő) adaptív kiegyelöltőkkel, ezenkívül helydiverziti, szögdiverziti, esetleg frekvenciadiverziti alkalmazásával.

#### 3.2. Frekvenciasávok

A korábban elterjedt analóg mikrohullámú vonalak főként a 10 GHz alatti sávokban működtek, a 2, 4, 6, 7 és 8 GHz-es sávokban. A digitális rádiórelék megjelenésével igény jelent meg újabb frekvenciasávokra, részben egyszerűen a nagy átviteli igények miatt, részben pedig a meglévő rendszerekkel való interferencia elkerülésére. Ez az oka, hogy a korábban felhasznált 2 és 8 GHz közötti frekvenciák után új sávokat, a 11, 13 és 15 GHz-es sávokat is igénybe vették. A digitális rádióreléket számos olyan alkalmazásban is felhasználják, ahol rövidebb szakaszokat kell áthidalni, ekkor a magasabb mikrohullámú frekvenciák is számításba jönnek. Bár a csapadécsillapítás komoly kor-



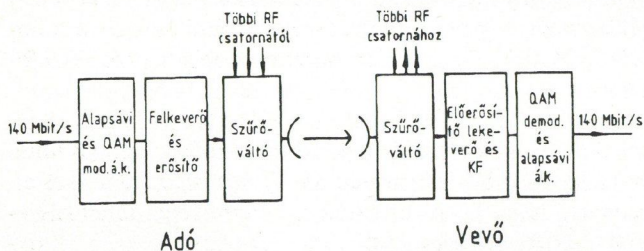
látozó tényező, rövidtávú átvitelre a 18, 23 és 26 GHz-es sávok alkalmazása egyre elterjedtebb. A szélessávú átvitel céljaira az egyes sávokban 30, 40, illetve 55 MHz osztású frekvenciatervek vannak szabványosítva.

Végül a fokozódó frekvenciaigények kikényszerítették még magasabb frekvenciasávok kijelölését (rövidtávú) rádiórelé célokra, ezek a 38, 42, 55 és 58 GHz-es sávok, amelyekben már szintén kerültek kereskedelmi forgalomba rádiórelé berendezések.

A hazai igényeket és lehetőségeket figyelembe véve jelenleg maximálisan a 26 GHz-es sávot célszerű számításba venni, a magasabb sávok felhasználása az alacsonyabb frekvenciájú sávok telítődésétől függően később válhat szükségessé.

### 3.3. Digitális rádiórelék felépítése

A digitális mikrohullámú rádiórelé összeköttetés egyszerűsített, csak az alapfunkciókat feltüntető vázlata a 4. ábrán látható. Az adó egységre érkező digitális jelsorozat az interfész egység fogadja, majd alapsávi jelprocesszállás következik, amelynek során a jelsorozathoz hozzáfűznek egy fejrészt, amely a hálózatfelügyelethez szükséges jeleket (pl. szolgálati kommunikációs csatornákat) tartalmazza, valamint az esetleges hibajavító kódolást végrehajtják.

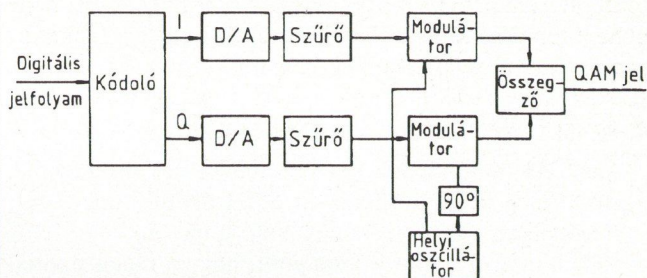


4. ábra. Digitális rádiórelé funkcionális vázlata

Ezután a modulátor fokozattal (általában középfrekvenciás) modulált jelet állítanak elő, amely további analóg átalakítás (felkeverés és teljesítményerősítés) után az antennára jut. A kisugárzott mikrohullámú jel a vevőantennára kerül, az antennához (esetleg kiszájú előerősítő közbeiktatásával) a lekeverő és a demodulátor csatlakozik. A demodulált és dekódolt a digitális jel az interfész egységen át kapcsolódik a külső hálózathoz. Az alkalmazások szempontjából meghatározó fontossága van a moduláció típusának és megvalósítási módjának, ez döntő módon meghatározza az átviteli kapacitást és a rádiórelé egyéb fontos paramétereit.

A rendelkezésre álló korlátozott frekvenciasáv minél jobb kihasználására a mikrohullámú rádiórelékben sokálapotú modulációs eljárásokat használnak, ezek ugyan a sávzélesség nagymértékű csökkentését teszik lehetővé, de ugyanakkor a modulációs állapotok számának növekedtével egy adott hibarányhoz egyre nagyobb jel/zaj viszonyt igényelnek. A QAM (Quadrature Amplitude Modulation) moduláció lényegében két olyan vivőjel amplitúdó modulációjával valósítható meg, amelyek egymáshoz képest  $90^\circ$ -os fáziseltolásban vannak. A modulátor működési elvét az 5. ábrán vázoltuk fel. A moduláció során a bemenő jelsorozatot két jelsorozatra hasítják, és ezeket egy digitál/analog átalakítás és jelformáló szűrés után a kiegyenlített modulá-

torokra vezetik. A két fáziskvadratúrában lévő jelsorozatot egyesítve a QAM jel előáll.



5. ábra. QAM modulátor sémája

Mivel a mikrohullámú rádiórelé rendszer a rendelkezésre álló véges frekvenciatartomány miatt sávkorlátozott, nagy jelentősége van a sávkihasználási hatásfoknak, ami azt mutatja meg, hogy egységnyi sávzélességben hány bit/s információsebesség valósítható meg. Az egyszerű QPSK vagy 4QAM modulációt általában csak a kisebb igényű rendszerekben használják, de van olyan berendezés is a 23 GHz-es sávban, amelyben ilyen modulációt 140/155 Mbit/s-os jel átvitelére alkalmaznak. Nagyobb átviteli sebességek esetén 16QAM, 64QAM és esetleg 256QAM a számításba veendő modulációs eljárások, ezekkel 6,5–7 bit/s/Hz sávkihasználás is elérhető, illetve túlszárnyalható.

A rádiórelék átviteli minősége és használhatósága (rendelkezésre állása) az átvitelben fellépő bithiba gyakoriság (BER – Bit Error Rate) alapján értékelhető. A BER érték a demodulátor bemeneti jel/zaj viszonyától függ, és a mikrohullámú átvitel során a féding következtében változik. A féding következtében a jel/zaj viszony lecsökken és így a vonali BER érték megnövekszik. A hibarány növekedése az átviteli minőség romlását és bizonyos határon túl az átvitel megszakadását, használhatatlanságát eredményezi. Adott modulációs módszer esetén hibajavító kódolás (FEC – Forward Error Correction) alkalmazásával az átviteli sebesség kismértékű megnövelése árán a hibarány, vagy más megközelítésben az adott hibarányhoz szükséges jel/zaj viszony számottevően csökkenthető, ezért már a hagyományos digitális rádiórelékben gyakori a FEC beiktatása.

Miután a fédingek miatt a berendezések hibátlan üzeme esetén is véges valószínűsége van a minőségromlásnak, illetve a rádiós szakasz kiesésének, nagy gondot kell fordítani a rádió szakaszok megfelelő tartalékolására és szükség esetén a szinkronizált (hitless) átkapcsolásra. A hibamentes átkapcsolás akkor lehetséges, ha a mikrohullámú átvitel során a kialakuló (szelektív) fédinget idejekorán sikerül észlelni, mivel ekkor lehet a tartalékcsoportot szinkronizálni. Váratlan meghibásodás vagy gyors féding esetén csak helyettesítő tartalékolás lehetséges.

Az üzembeállított digitális mikrohullámú rendszerek többsége a PDH hierarchia valamely sebességének átvitelére alkalmas, 2 és 140 Mbit/s között. A rádióberendezésen belül alkalmazott sebesség az átvendő jel sebességénél kissé nagyobb, mivel a rádiórendszer céljaira a forgalmi jelekhez szolgálati célú rádiós fejrész (RFOH) járul, amely a rádiószakasz üzemviteléhez szükséges figyelő és riasztási jeleket, az átkapcsoláshoz szükséges információkat, valamint szolgálati csatornákat is átvvisz, ezenkívül sokszor a már említett hibajavító kódolást is alkalmazzzák.



A fentiekben vázolt műszaki megoldások alapján nagyszámú mikrohullámú PDH rádiórelét valósítottak meg. A továbbiakban azt vizsgáljuk meg, hogy az SDH átvitel és az ahhoz kapcsolódó járulékos követelmények milyen hatást gyakoroltak a rádiórelék technikájára.

#### 4. AZ SDH RÁDIÓRELÉ TECHNIKAI KÉRDÉSEI

Az SDH rádiórelének két feltételhez kell illeszkednie, egyrészt meg kell valósítania az SDH átviteli funkciókat, funkcionálisan egyenértékűnek kell lennie a fényvezetős átvittel, másrészt fontos szempont, hogy a rádiós átvitelből, a rádiórelé felépítéséből származó speciális követelményeket is figyelembe kell venni. Követelmény, hogy meg kell őrizni az egyes frekvenciasávokban korábban szabványosított frekvenciaterveket, mivel várható, hogy a meglévő PDH (sőt analóg) rádiórelék és az újabb SDH rendszerek hosszabb időszakon át közösen veszik igénybe a frekvenciaspektrumot és gyakran ugyanazt a rádiórelé infrastruktúrát használják. Ugyanakkor az SDH rádiórelénél a rádiós átvitelből, a rádiórelé felépítéséből származó speciális követelményeket is figyelembe kell venni.

Az alábbiakban azokat a kritikus kérdéseket tekintjük át, amelyek a fenti célkitűzés megvalósítása során vetődnek fel. Az első szembeötlő problémát az jelenti, hogy a nagyobb az átvendő információmennyiség, de az SDH átvitel mikrohullámú rádiórelével történő megvalósítása több annál, mintha csupán nagyobb átviteli sebességet valósítanának meg, az átvitel minősége és a hálózatmenedzselési problémák is komoly kihívást jelentenek.

A rendelkezésre álló sávszélesség, illetve átviteli közeg korlátozó hatása miatt a mikrohullámú rádiórelékben elősorban az STM-1 modulnak van jelentősége. Ennek bitsebessége közel van a jelenlegi digitális rádiórelékben széles körben alkalmazott 140 Mbit/s bitsebességhez, így a 140 Mbit/s sebességű összetevő jelfolyamok viszonylag egyszerűen beágyazhatók az STM-1 transzport modulba.

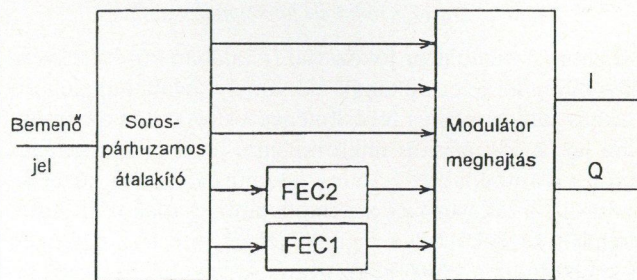
- **Bitsebesség, sávszélesség.** Egy 140 Mbit/s-os jel átvitelénél az SDH technikában mintegy 11 %-kal több információt kell átvinni, mint a PDH átvitel során, ennyivel nagyobb bitsebességre van szükség, tehát azonos modulációs technikát feltételezve 11 %-kal nagyobb sávszélességet kellene igénybe venni. Bár a helyzetben kismértékben javíthat, hogy a PDH átvitel során szükséges rádiós overhead, amely szolgálati csatornákat, alarm jeleket és egyéb hálózatfelügyeleti információ átvitelére szolgál, az SDH átvitel jelentősen csökkenthető vagy elhagyható, mivel ezek a hálózatfelügyeleti információk az SDH overheadben vihetők át, de még ezt is figyelembe véve azonos kapacitású SDH átvitel lényegesen nagyobb bitsebességet igényel. Már utaltunk rá, hogy a kompatibilitás a korábbi rendszerekkel lényeges követelmény, tehát a frekvenciaraszter nem változtatható meg. Nyilvánvaló, hogy hatékonyabb modulációs módszerekre van szükség. Mivel ezekben a rendszerekben többszintű modulációs eljárásokat használnak, kézenfekvő módszer lehetne a modulációs szintek számának egyszerű növelése, ez azonban kevésbé járható út, elsősorban azért, mert megnövelné az átvitel érzékenységét a különféle zavarokra (fédingek, interferencia). Ez a megoldás az átviteli sebesség viszonylag kismértékű növeléséért túlságosan nagy ár lenne.

Már a PDH rádiórelék ismertetésénél utaltunk rá, hogy

a hibajavító kódolással számottevően javítani lehet az átvitel minőségén. Ennek szerepe az SDH rádiórelékben még sokkal fontosabb. A sávszélesség és a minőség problémájára a megoldást a különleges csatornakódolási módszerek alkalmazása, a csatornakódolás és a moduláció összekapcsolása jelenti, de a modulációs eljárás továbbra is a QAM valamilyen továbbfejlesztett változata (TCM vagy MLC).

Az elmúlt néhány évben nagy figyelmet keltett a **trellis kódolás (TCM – Trellis Code Modulation)**. A TCM moduláció során csak meghatározott átmeneteket és átmenetsoportokat engednek meg, ezáltal a megengedett szekvenciák számát korlátozzák az összes lehetséges esetekhez képest. A modulációs szintek számát megnövelik ugyan, de ez ebben az esetben nem jár a zavarérzékenység növelésével. A kódolási séma alkalmas megválasztásával ugyanis elérhető, hogy a megengedett szekvenciák egymástól jól megkülönböztethetők legyenek és így még számottevő kódolási nyereséget is el lehet érni, tehát külön hibajavító kódolásra nincsen szükség. A gyakorlatban többféle TCM eljárást fejlesztettek ki, ezek a megoldások lehetővé tették, hogy sávszélesség és spektrális szempontból az SDH rendszerek a korábban definiált frekvenciaraszterekbe jól beilleszthetők.

Újabb egy másik modulációs eljárás került előtérbe, a **többszintű kódolás (MLC – Multi Level Coding)** kínál kedvező tulajdonságokat. Az MLC eljárás során az átvendő jelfolyamot egy soros/párhuzamos átalakítón párhuzamos jellel alakítják, és azokra a bitekre, amelyek a többszintű kódolás során a finom felbontást adják, hibajavító kódolást (akár konvolúciós kódolást, akár blokk-kódolást) alkalmaznak. Ennek sémáját a 6. ábrán vázoltuk fel. Az MLC moduláció során kismértékű (5–7 %) redundanciával viszonylag nagy (4–6 dB) kódolási nyereséget lehet elérni ( $10^{-6}$  BER érték esetén).



6. ábra. MLC kódoló sémája

- **Átviteli minőség.** Az SDH rádiórelékkel szemben nagy kihívást jelent az elfogadható átvitel minőség biztosítása. A korábbi előírások (pl. CCITT G. 821, illetve CCIR Rec. 634) az átviteli minőségre bizonyos engedményeket tettek abban az esetben, ha az átviteli útban rádiós szakasz is van. Ez is hozzájárulhatott ahhoz, hogy a fényvezetős rendszerek megjelenése után sokan arra az álláspontra helyezkedtek, hogy a rádiórelé rendszerek megbízhatósági és minőségi szempontból kevésbé kedvező megoldást kínálnak. Miután az SDH rádióreléket valamilyen SDH hálózatban kívánják alkalmazni, természetes követelmény, hogy a rádiós szakaszoknak ugyanolyan követelményeknek kell eleget tenni, mint a vezetékes összeköttetéseknek, tehát a rádiós szakaszokra nem tehető engedmény. Az újonnan kidolgozott és elfogadás alatt álló *G. 826 ajánlás*, amely a hibajel-



lemzőkre vonatkozik, nem tesz különbséget a földfelszíni átviteli technológiák között. Ez az ajánlás, amelyet már az SDH figyelembevételével dolgoztak ki, a rádiórelék szempontjából a korábbi előíráshoz képest számottevő szigorítást jelent, amit a berendezéstervezés terén a hibakorrekciós technikák fokozottabb alkalmazásával, az összekötött tervezés terén pedig a nagyobb fédingtartalékok és a korszerű diverziti technikák alkalmazásával lehet biztosítani.

Az átvitel során elfogadható maximális fédinget közvetlenül meghatározza a tervezett fédingtartalék. A megfelelő fédingtartalék biztosítására a rádiórelé adójának viszonylag nagy szinten kell adnia. Miután a mély fédingek ritkán (az üzemidőnek kevesebb, mint 0,1–1 %-ában) lépnek fel, az idő nagy részében a nagy adóteljesítmény indokolatlan, sőt inkább kedvezőtlen, mivel más vonalakon interferenciát okozhat.

A korszerű digitális rádióreléekben egyre kiterjedtebben alkalmazzák az *adaptív adóteljesítmény szabályozást* (ATPC – *Adaptive Transmit Power Control*), amellyel azt lehet elérni, hogy a terjedési csillapítás változása, a féding ellenére a vett szint közel állandó marad. Eszerint a fédingmentes időszakokban az adóteljesítményt számottevően (mintegy 10–15 dB-lel) csökkentik, és az adóteljesítményt csupán a féding idején növelik meg. Az ATPC dinamika tartományát és a változás sebességét a féding statisztikák alapján kell beállítani. Az ATPC megvalósítása egy visszacsatoló hurok létesítését teszi szükségessé, ez a vételi oldalról juttat vissza vezérlési információt az adóhoz. Ezt az információt is a rádiószakasz overheadjében szokták továbbítani.

Az SDH rádióreléekben az átviteli kapacitás megkészeztetését lehet elérni oly módon, hogy a korábbi rádióreléktől eltérően ugyanazon a rádiószakaszon egyidejűleg mindkét (vízszintes és függőleges) polarizációt felhasználják. A hagyományos rádióreléekben egy átviteli irányban csak az egyik polarizációt használják, a csatornakiosztást úgy tervezik, hogy a függőleges és vízszintes polarizációjú szakaszok felváltva helyezkednek el. Ennek oka az, hogy még jó minőségű antennák esetében is komoly gondot jelent a keresztpolarizáció. Számottevő keresztpolarizáció léphet fel a szelektív fédingek idején, és ez az interferencia megnövekedését, a minőség tűrhetetlen leromlását eredményezné. A korszerű digitális rádióreléekben, a korszerű digitális jelfeldolgozási módszerek alkalmazásával lehetőség nyílik a keresztpolarizációs *interferencia kioltó* (XPIC = *Crosspolar Interference Canceller*) alkalmazására. Ez a berendezés az ortogónálisan polarizált másik csatorna jelenléte felhasználásával lehetővé teszi a keresztpolarizáció által okozott torzítások és hibák kompenzálását. Ezzel lehetővé válik mindkét polarizációjának egyidejű alkalmazása, anélkül, hogy a keresztpolarizáció zavarokat okozna. Az XPIC alkalmazása esetén a két polarizációban azonos órafrekvenciát kell használni. A keresztpolarizáció kioltására felhasznált digitális jelfeldolgozási módszerek hasonló az időtartománybeli kiegyenlítésnél használt módszerekre, a felhasznált áramkörök felépítése hasonló a kiegyenlítőkhöz alkalmazott áramkörökhöz.

• *Hibacsomagok hatása.* Van az SDH rádiórelének egy olyan vonatkozása, amely abból származik, hogy a rádióreléekben a hibák eloszlása nem egyenletes hanem a hibás bitek csomósodása lép fel, hibaburst-ök jelennek meg, és ennek az SDH átvitelben kellemetlen következményei le-

hetnek. A hibacsomósodást előidéző főbb okok a kódolási és dekódolási eljárások (Gray-kódolás, differenciális kódolás, hibajavító kódolás, önszinkronozó szkrembler, Viterbi dekóder) valamint az átviteli rendszerben lévő nemlinearitások és interferenciák. Az SDH keretek ismertetésénél láttuk, hogy a virtuális konténer szinkronizálása a mutató bájtok segítségével történik. Ezek a bájtok a fényvezetős átvitel során fellépő hibaeloszlás esetére nagyon robusztus hibavédelemmel rendelkeznek, de ez a védelem a hosszabb hibaburst-ökkel szemben eléggé hatástalan. A következmény az, hogy a hibaburst következtében egy vagy több teljes transzfer modulra kiható keretszűrés lép fel, ami a hiba megsokszorozódását okozza.

A probléma egy lehetséges megoldását a bitösszefűzés (bit interleaving) jelenti, amely a hibaburst ellen hatékony védelmet nyújt, és csak viszonylag kismértékű járulékos késleltetést jelent.

• *Tartalékolás.* A minőségi követelményekkel kapcsolatos az a kérdés is, hogy a rendszer miként tudja kezelni a fédingekből származó megszakadásokat, hogyan működik a tartalékolási rendszer. A rádiós tartalékolás terén különbséget kell tenni a 15 GHz feletti kistávolságú és 15 GHz alatti nagytávolságú összeköttetések között. A kistávolságú rádiórelé tartalékcatornái ugyanazon a rádiószakaszon és ugyanabban a frekvenciasávban működnek, ezért általában a szélessávú féding ugyanúgy befolyásolja a működést. Ilyen féding esetén a tartalékra történő átkapcsolással az átvitel nem javítható, a tartalékolás ilyen esetben lényegében a berendezéshibák hatásának kiküszöbölésére szolgál.

Teljesen más a helyzet a távolsági összeköttetésekénél, ahol a szelektív féding hatása dominál. A szelektív féding nem károsítja egyidejűleg a sáv összes rádiócsatornáját, ezért a tartalékolásnak fontos szerepe van. Általában több üzemi csatornához egy (vagy esetleg kettő) tartalékcatornát rendelnek. Az átkapcsolás az átviteli paraméterek romlása esetén, lehetőség szerint szinkronizáltan történik. Az átkapcsolásnak gyorsabban kell végbemenni, mint ahogyan a féding által előidézett minőségromlás kialakul. A szinkronizált átkapcsolás során az üzemi és tartalékcatorna közötti késleltetést, amely 100 kbit-et is felülmúlhat; ki kell egyenlíteni. Az SDH rendszerekben ilyenkor arra kell tekintettel lenni, hogy a mutató bájtok kezelése nem történhet az adóoldali kapcsoló után, mivel a szinkronizálás során meg kell változtatni a mutató tartalmát. Ezt a mutató transzformációt az átkapcsolási rendszeren kívül kell elvégezni.

A tartalékolás módja szoros összefüggésben áll az alkalmazási kérdésekkel, az alkalmazás módjával is, hiszen az SDH hálózat fejlett hibafigyelési és hálózatmenedzselési rendszerének köszönhetően alkalmas az átviteli útvonalak átkapcsolására. Az SDH rádiós szakaszok tartalékolását ezért mindig az SDH hálózattal együttesen célszerű kialakítani. Így például elképzelhető, hogy egy STM-1 önjavító gyűrűben tartalékolás nélküli rádiórelét alkalmaznak, ugyanis egy ilyen gyűrűben csak az egyik irány az üzemi összeköttetés, a másik irány a tartalékolás.

## 5. AZ SDH RÁDIÓRELÉ FELÉPÍTÉSE

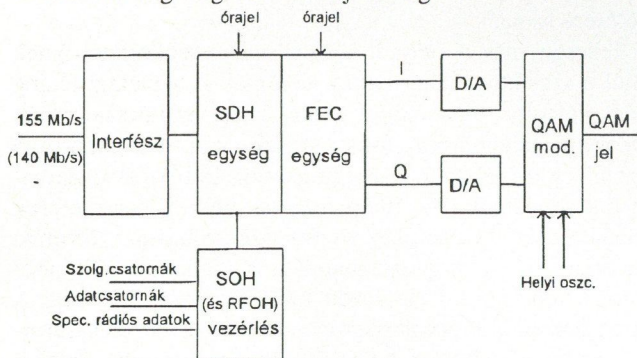
A korszerű SDH rádiórelé alapfelépítése nem tér el a



4. ábrán látható sémától, de a tényleges felépítésben mind a funkciókat, mind az áramköri megvalósításokat tekintve igen lényeges különbségek vannak. Az eltérések mind a nagyfrekvenciás (analóg), mind a digitális fokozatokban megnyilvánulnak, és a nagysebességű digitális jelprocesszáló áramkörök széleskörű alkalmazását jelentik.

Az adóoldalon a QAM modulátort meghajtó fokozatok két fő funkciót látnak el (7. ábra):

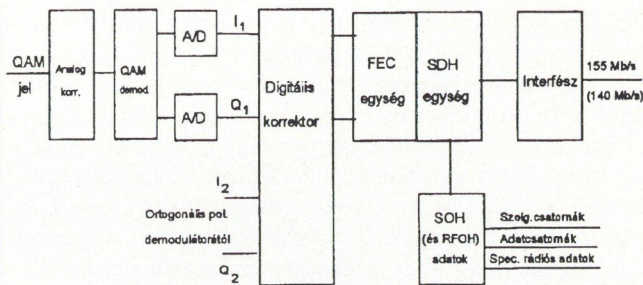
- Az SDH egység elvégzi az SDH jelkezelést, tehát fogadja a csatlakozó SDH jelek fejrészét (SOH), beépíti azokat az információkat, amelyek az adott csomóponttól indulnak, ezenkívül olyan esetben, amikor nem SDH összetevő jelek is csatlakoznak, elvégzi a leképzést és létrehozza a POH útvonal fejrészét.
- Az SDH egység kimenetén egy szabványos formátumú és sebességű SDH jelsorozat jelenik meg.
- A FEC egység megnöveli a bitsebességet a rádiócsatorna nagyobb bitsebességének megfelelően, és elvégzi a QAM modulációhoz szükséges kódátalakítást (Gray-kódolás) és a hibajavító kódolást. Amennyiben a rádiórelében külön rádiós fejrész (RFOH) is beiktatnak, akkor ezt is ebben a fokozatban hajtják végre. A FEC egység kimenetén két digitális jelfolyam (I és Q) jön létre, amelyek digitál/analóg átalakítók után a modulátorra kerülnek és létrehozzák a QAM jelet. A spektrális okból szükséges jelformálást az újabb rendszerben a digitális jelen, digitális szűrők segítségével hajtják végre, így módon a jelátalakítás minden lényeges lépését a digitális technika segítségével valósítják meg.



7. ábra. SDH rádiórelé adó alapsávi és modulátor fokozatai

A digitális jelalakítást általában nagysebességű alkalmazás-specifikus (ASIC) integrált áramkörökkel realizálják, ez a technika teszi lehetővé, hogy az igen bonyolult jelfeldolgozást megvalósítsák. Az egyes nagybonyolultságú integrált áramkörökben a kapuk száma százazres nagyságrendű.

A vételi oldal (8. ábra) sok szempontból bonyolultabb felépítésű, mint az adó, mivel itt olyan funkciókról is gondoskodni kell, mint a vivő és az órajel kinyerése a beérkező jelsorozatból, valamint az átvitel során fellépett torzítások és interferencia jelek kiküszöbölése, illetve minimális szintre csökkentése. A rádiófrekvencián vagy középfrekvencián végrehajtott jelkorrekciókat analóg áramkörökkel hajtják végre (frekvenciatartománybeli korrektor, vevőszűrő), az alapsávban azonban a korrekciókat is digitális jelfeldolgozás útján, nagybonyolultságú integrált áramkörökkel valósítják meg.



8. ábra. SDH rádiórelé vevő demodulátor és alapsávi fokozatai

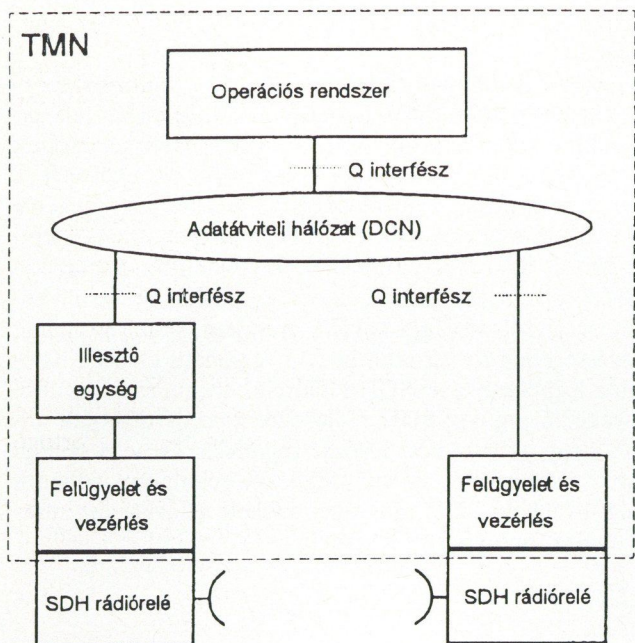
Az adaptív alapsávi korrektorok digitális szűrőkből vannak felépítve és egyrészt az átviteli torzítások kiküszöbölését teszik lehetővé, másrészt (szükség esetén) az ortogonálisan polarizált jelet is felhasználva a keresztpolarizációs minimalizálják (XPIC). Ez a korrekció természetesen csak akkor hajtható végre, ha a két ortogonálisan polarizált jel azonos órajelével működik, ez a feltétel az SDH rádiószakaszokon nehézség nélkül betartható. A 8. ábrán csak az egyik csatorna korrekcióját mutatjuk be, ugyanilyen korrektort kell beiktatni a másik polarizációs csatornába is. Az adaptív szűrőkben megfelelő algoritmusok biztosítják a befogást és az optimális beállást; a konstelláció torzulások és a keresztpolarizációs interferencia hatásának minimalizálását.

A QAM demodulátor áramkör kimenetein a helyreállított órajel, valamint analóg/digitális átalakítás után az I és Q jelsorozatok jelennek meg. A vételi oldalon szintén megtalálható a kétféle funkciónak megfelelő FEC egység, illetve SDH egység. A korrektorok után a korrigált I és Q jel a FEC egység bemenetére kerül, ahol a dekódolás során a hibajavító kódolás és a Gray-kódolás inverz műveleteit hajtja végre, és ennek eredményeként (szabványos SDH bitsebességgel kiolvasva) egy SDH jelsorozatot juttatnak az SDH egységre. Az SDH egység leválasztja vagy módosítja az SOH fejrészét (valamint szükség esetén a POH) fejrészét.

A korábbiakban említettük már, hogy a rádiószakaszok a PDH rádiórelékben is külön overheadet tettek szükségessé a mikrohullámú átvitel speciális igényei miatt. A rádiószakasz megbízható működéséhez az SDH rendszerben is nagymennyiségű adat (szintinformáció, hibaarány, kapcsoló vezérlés, stb.) átvitelét kell biztosítani. Az RSOH overhead néhány bájtja felhasználható a többletinformáció átvitelére, de ezek nem nyújtanak elegendő átviteli kapacitást, és ezért a kifejlesztett SDH rádiórelékben sokszor továbbra is felhasználnak külön rádiós overheadet is. Bár az SOH overheadben számos jelenleg kihasználatlan bájt van, de szabványos SDH megoldás hiányában a rádiórelé gyártók gyakran továbbra is speciális megoldásokat, saját rádiószakasz overheadet alkalmaznak, de arra is van példa, hogy az SOH szabványban nem definiált bájtjait használják fel.

A rádiórelé szakaszok az SDH hálózatba akár regenerátor, akár multiplexer szakaszként beiktathatók, de várhatóan a multiplexer szakasz alkalmazás lesz az elterjedtebb. Az SDH rádiórelét a hálózat további részéhez egy illesztő egység vagy egy multiplexer kapcsolja, amely STM-1 jel vagy PDH jelek csatlakozását egyaránt lehetővé teszi.





9. ábra. Az SDH rádiórelé és a TMN kapcsolata

Az SDH hálózat felügyeletét a TMN hálózat biztosítja, ezért azoknak az SDH hálózatba illeszkedő rádiórelé berendezéseknek is rendelkezni kell azokkal a funkcionális lehetőségekkel és interfészekkel, amelyek az összeköttetést biztosítják a távoli operációs központhoz és a helyi felügyelethez (Q- és F-interfészek). A 9. ábrán a rádiórelé és a TMN kapcsolatát vázoltuk fel. Tekintettel arra, hogy a TMN ajánlások még nem teljesen lezártak, a rádiórelé berendezések gyakran egyedi megoldású interfészekkel (pl. QD2) rendelkeznek, amelyeknek együttműködését a TMN hálózattal egy további illesztő egység teszi lehetővé. A legújabb fejlesztésű berendezések már közvetlenül képesek a TMN hálózathoz csatlakozni. Ez a kérdés természetesen a TMN által kezelt SDH tartalékolással is összefügg. Jelenleg nincs egységes álláspont arra vonatkozólag, hogy egy SDH rádiórelében a hálózatfelügyelet szempontjából mit kell hálózati elemnek tekinteni. A probléma egyszerűbb abban az esetben, amikor 1+1 tartalékolású rendszereket alkalmaznak, mivel ilyen esetben az üzemi és tartalékszatórna egyértelműen összerendelhető. N+1, illetve N+M tartalékolás esetén viszont a tartalékszatórna kezelése problémát jelent. Két megközelítés létezik, az egyik szerint egy állomáson az összes rádiórelé berendezés a tartalék szatórna berendezésekkel együtt egyetlen NE elemet képez, a másik szerint viszont minden rádiócsatórna berendezése külön-külön alkotnak egy-egy elemet, és ilyenkor a tartalékszatórna kezelése eléggé bonyolult.

A nyitott kérdések ellenére az SDH rádiórelé berendezések együttműködése a TMN rendszerrel biztosított, és így módon a rádiós átviteli szakaszok alkalmasak arra, hogy az SDH hálózatok teljesértékű részét képezzék.

## 6. ALKALMAZÁSI KÉRDÉSEK

A korszerű fejlesztési eredmények következményeként a rádiórelé berendezések alkalmasakká váltak SDH jelek átvitelére, SDH átviteli szakaszok megvalósítására. Ez azon-

ban még csak lehetőséget jelent, széleskörű alkalmazásukra csak akkor kerülhet sor, ha ezt műszaki és gazdasági indokok meggyőzően alátámasztják.

Az rádiórelé rendszerek alkalmazását az SDH hálózatokban az alábbi szempontok indokolhatják:

- Átviteli utak létesítése kedvezőtlen földfelszíni vagy domborzati viszonyok esetén.
- Összeköttetések gyors létesítésének lehetősége (elsősorban városi környezetben) még abban az esetben is, amikor később fényvezetős rendszereket fognak telepíteni.
- Tartalékútvonalak létesítése, SDH gyűrűk zárása. Az átviteli utak eltérő megvalósítása védelmet nyújt a természeti katasztrófák vagy kábelszakadás ellen.
- Meglévő rádiórelé infrastruktúra felhasználása (tornyok, antennák stb.)

Mindezek az előnyös lehetőségek azt eredményezik, hogy a rádiórelék kis és közepes átviteli kapacitásokra nagyon sok esetben kisebb költséggel, gazdaságosabban telepíthetők, mint a fényvezetős összeköttetés. Különösen érvényes ez, ha a kezdeti létesítési költségeket vesszük figyelembe. A rádiórelék létesítési költsége bizonyos határokon belül gyakorlatilag független az átviteli távolságtól, míg a vezetékes összeköttetések esetében közel arányos azzal, tehát a körülményektől függően néhány km távolság felett a rádiórelé létesítése olcsóbb. Végül is a gyorsabb telepítés mellett ez a költségtényező lehet a döntő szempont és érv az SDH rádiórelék alkalmazása mellett.

Az SDH rendszerek magasabb szintjein, a gerinchálózatban és nagyrészt a regionális hálózatban is legalább STM-4 átviteli modult alkalmaznak, és ezekben az átviteli utakat fényvezetőkké valósítják meg. A helyi hálózat és a regionális hálózat szintjén azonban sokszor lehet az STM-1 modul átvitelével számolni, és itt széleskörű lehetőség nyílik az SDH rádiórelék alkalmazására is. Ennek figyelembevételével várható, hogy a kialakuló SDH hálózatokban nemcsak fényvezetős átviteli utak lesznek, hanem különösen az STM-1 szintű összeköttetésekben a mikrohullámú rádiórelékre is fontos szerep vár. A fokozódó érdeklődésnek megfelelően a szabványosítási tevékenység ezen a téren is megindult (ITU-R Rec. 750). Az SDH rádiórelé alkalmazások között fontos és növekvő helyet foglalhatnak el a távközlési hálózat hozzáférési (access) összeköttetései. Ezekben a részhálózatokban az STM-1 modul megfelelő kapacitást biztosít. Ezeket az átviteli feladatokat néha még kisebb kapacitású PDH összeköttetésekkel is meg lehet oldani, de ha az SDH átvitel előnyeit, elsősorban a sokoldalú hálózatmenedzselési lehetőségeket szeretnék kihasználni, célszerűbb SDH típusú átvitelt, STM-1 vagy esetleg Sub-STM-1 átvitelt alkalmazni.

Végezetül érdemes még kitérni arra is, hogy fel lehet-e használni mikrohullámú rádióreléket STM-4 vagy STM-16 átvitelre. Ez egyben azt a kérdést is jelenti, hogy várható-e a mikrohullámú rádiórelék alkalmazása az SDH hierarchia magasabb szintjein. Ilyen átvitel a jelenlegi műszaki lehetőségek mellett többvívós rendszerben valósítható meg, erre példa a kétvívós módszerrel megvalósított 2xSTM-1 átvitel, de ilyen megoldás ennél nagyobb SDH sebességekre eddig még nem jelent meg. Ugyanakkor már a jelenlegi eszközökkel is megvalósítható több STM-1 modul parallel átvitele, ekkor tehát az STM-N átvitel helyett NxSTM-1 átvitelt valósítanak meg. Ez a megoldás N=4 esetében ké-



zenfekvő és könnyen járható út,  $N=16$  esetében azonban egyrészt túlságosan bonyolult, másrészt egy ilyen transzport modul gyakorlatilag egy teljes mikrohullámú sávot elfoglalna. A jelenlegi ismeretek szerint STM-16 szintű mikrohullámú rádiórelék üzembeállítása nem valószínű.

## 7. ZÁRÓ MEGJEGYZÉSEK

A cikkben áttekintést adtunk azokról a motivációkról, alkalmazási lehetőségekről és problémákról, amelyeket figyelembe kell venni, ha mikrohullámú rádióreléket SDH hálózatban kívánunk alkalmazni. Rámutattunk, hogy az SDH rendszer STM-1 szintjén a mikrohullámú rádiórelé az SDH hálózatba jól beilleszthető, a fényvezetős átvitel azonos minőségű összeköttetés megvalósítását teszi lehetővé, ugyanakkor sokszor gyorsabban és kevesebb költséggel létesíthető, különösen abban a gyakori esetben, ha a

## IRODALOM

- [1] Townsend, A. A. R.: Digital line-of-sight radio links: a handbook. Prentice Hall, 1988.
- [2] Noda, S.: Digital Microwave Radio Systems in SDH Network, 6th World Telecommunication Forum. 1991. Part 2, pp. 159-163.
- [3] Paoli, G.: Synchronous Radio: A System Solution to Integrate Microwave and Optical Techniques, 6th World Telecommunication Forum. 1991. Part 2, pp. 137-141.
- [4] De Luca, O.: Introduction of STM-1 Transmission on Digital Radio-Relay Systems using about 30 MHz Spacing. 6th World Telecommunication Forum. 1991. Part 2, pp. 143-147.
- [5] de Vitry, J.: Microwave in the SDH Era, Telecommunications. July, 1992. pp. 82-86.
- [6] Nigrin, J., Benterud, K. P., Hickie, D., Mansour, N. and Tanous, C.: Error Performance Requirements for Synchronous Digital Hierarchy Compatible Digital Radio Systems, *IEEE Conference on Communications (ICC'93)*, pp. 885-892.

mikrohullámú hálózat korábbi infrastruktúráját fel lehet használni.

Ezzel kapcsolatban rá kell mutatni arra változó szerepre, amelyet a mikrohullámú rádiórelék a távközlési hálózatokban betöltenek. Míg korábban a rádiórelék jelentették a nagykapacitású nemzeti és nemzetközi összeköttetések átviteli technikáját, a jövőben ezt a szerepet a fényvezetős átviteli rendszerek veszik át. Mindez azonban nem jelenti azt, hogy rádiórelék eltűnének az átviteli rendszerekből. Bár az alkalmazások volumenét és hálózaton belüli helyét országról országra sokféle szempont befolyásolhatja, összességében az várható, hogy a regionális és helyi hálózatok kiépülésével az SDH rádiórelék száma és kapacitása növekedni fog. Az SDH rádiórelék hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a távközlési hálózat regionális és helyi szintjei gazdaságosan valósuljanak meg, és a belátható jövőben a még továbbélő PDH rádiórelék mellett a távközlési infrastruktúra fontos részei lehetnek.

- [7] ITU-T Rec. G. 826: Error Performance Parameters and Objectives for International Constant Bit Rate Digital Paths At and Above the Primary Rate. 1993.
- [8] Barth, H. and Rockenbach, G.: TMN aspects regarding radio-relay systems for SDH and PDH signals, *Fourth European Conf. on Radio-Relay Systems*. 1993. pp. 148-153.
- [9] Dionisi, S., Lazzaro, P., Scorrano, G. and Zou, P. L.: Considerations on SDH radio-relay system managements, *Fourth European Conf. on Radio-Relay Systems*. 1993. pp. 162-166.
- [10] Bourdon, W., Mörz, G. und Müller, G.: Moderne Richtfunktechnik in Nachrichtennetzen, *NTZ*, Heft 9. 1993. pp. 658-665.
- [11] Langer, O. M.: SDH-Richtfunk im Synchronnetz von Telekom, *Telekom Praxis*, 11/1993. pp. 16-23.
- [12] ITU-R Rec. 750.: Architectures and Functional Aspects of Radio-Relay systems for SDH-based Networks. 1992.

# MICROWAVE RADIO-RELAYS IN THE SDH NETWORK

I. KÁSA

HUNGARIAN TELECOMMUNICATION COMPANY LTD.  
PKI TELECOMMUNICATIONS DEVELOPMENTS INSTITUTE H-1097 BUDAPEST; ZOMBORI U. 1.

One of the recent new results in the telecommunication technology was the development of synchronous digital (SDH) network, this will have a radical impact on the future telecommunication systems. Although the SDH was defined primary for lightwave transmission, it was shortly proved that the microwave radio-relays may perform well in lower rate SDH systems. However, the SDH radio-relay means more than a radio substitutions for lightwave sections, considerable improvements are necessary in the transmission quality and network management. In the paper the problems of SDH radio technology and applications are discussed. At first an introduction to the SDH and radio-relay technologies is given, then the specific technical problems and solutions of the SDH radio-relay transmission are presented. Finally a brief survey of application aspects is provided.



**Kása István** a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki oklevelet 1960-ban. Ugyancsak itt szerzett mikrohullámú szakmérnöki oklevelet és doktori fokozatot. A műszaki tudomány kandidátusa fokozatot 1974-ben kapta meg. 1960 és 1991 között a Távközlési Kutató Intézetben (TKI) dolgozott különféle kutató, illetve vezető beosztásokban és számos kutatás-fejlesztési programban vett részt

az alábbi témákban: mikrohullámú mérések, mikrohullámú aktív és passzív integrált áramkörök, mikrohullámú vevőrendszerek, mikrohullámú távközlés. 1991. júniusától a Magyar Távközlési Részvénytársaság PKI Távközlésfejlesztési Intézetében (PKI-FI) tudományos tanácsadó, a digitális földfelszíni és műholdas távközlés kérdéseivel foglalkozik. Mintegy 50 szakmai cikk, 10 találmány és két szakkönyv szerzője, a BME címzetes docense, valamint a HTE tagja.



# STM-1 JEL ÁTVITELE MIKROHULLÁMÚ CSATORNÁN

NGUYEN QUOC BINH

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM  
MIKROHULLÁMÚ HÍRADÁSTECHNIKA TANSZÉK  
1111 BUDAPEST, GOLDMAN GY. TÉR 3.

A szinkron digitális hálózat (SDH: Synchronous Digital Hierarchy) első hierarchia szintje, a 155,52 Mbit/s-os STM-1 (STM: Synchronous Transport Modul) több mint 10 %-os átviteli kapacitás többletet igényel a létező 140 Mbit/s-os adatsebességű aszinkron hierarchia szinthez képest. Éppen ezért meglehetősen nehéz feladat az SDH átvitele a meglévő frekvencia kiosztással és modulációs formákkal. Mégis létezik néhány módszer a kérdés megoldására a létező frekvenciatervek átalakítása nélkül. Ezek a módszerek magasabb fokszámú szűrőket, illetve kisebb sávzélesség igényű modulációs módszereket alkalmaznak (64 QAM, vagy nagyobb). A cikk néhány, az ASTRAS (Analog Simulation of Transmission Systems) programcsomag által szolgáltatott eredményt ír le a következő kérdésekkel kapcsolatban: átvihető-e az STM-1 64 QAM modulációs módszert alkalmazva 28 MHz-es, illetve 29,65 MHz-es csatornatávolságú mikrohullámú rádiócsatornán?

## 1. BEVEZETÉS

A nem telefon jellegű információk továbbításának növekvő igénye szükségessé teszi a B-ISDN bevezetését (B-ISDN: Broadband Integrated Services Digital Network). Hálózattechnikai szempontból az egyik fontos cél a hálózatok szinkronizálása.

A világon jelenleg használt rendszerek 6,3 Mbit/s-ig szinkronizáltak, magasabb adatsebességnél aszinkron rendszereket alkalmaznak, háromféle hierarchiában (észak-amerikai, európai, japán). A három rendszer közötti eltérés nehézségeket jelent egy egységes szabvány létrehozását illetően.

1986-ban a CCITT mégis ajánlást tett az új szinkron digitális hálózat bevezetésére (SDH), melynek alapelveit a CCITT G707-G709 [5] ajánlásokban foglalták össze.

A digitális mikrohullámú rádiórendszerek a korszerű távközlési hálózatok fontos részei. Nem hagyható figyelmen kívül ugyanakkor, hogy az STM-1 átvitele nehézségekbe ütközik a már létező rádiórendszereken.

A probléma megoldására találhatunk javaslatokat néhány cikkben és könyvben [1], [2], [3], [7], [8], [9], [10]. Az egyik lehetőség többállapotú modulációs módszer alkalmazása (64 QAM, 256 QAM).

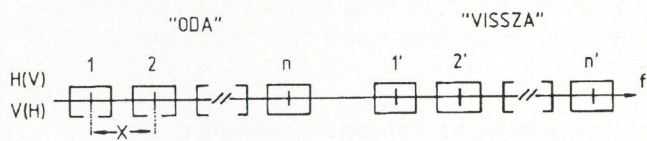
## 2. FREKVENCIATERVEK ÉS A SZIMULÁLT RENDSZER BLOKKSÉMÁJA

### 1.) Frekvenciatervek:

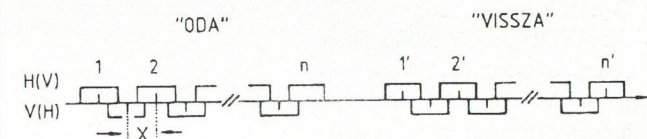
A CCIR ajánlásai két fő csatorna tervet fogalmaznak meg.

- Co-channel frekvenciaterv (CFP — Co-channel Frequency Plan — 1. ábra).
- Átlapolásos frekvenciaterv (IFP — Interleaved Frequency Plan — 2. ábra).

A csatornatávolságok 28, 29,65, 40 MHz stb. lehetnek. A cikkben a 28 MHz-es és a 29,65 MHz-es csatornatávolságot vizsgáljuk.



1. ábra. CFP frekvenciaterv



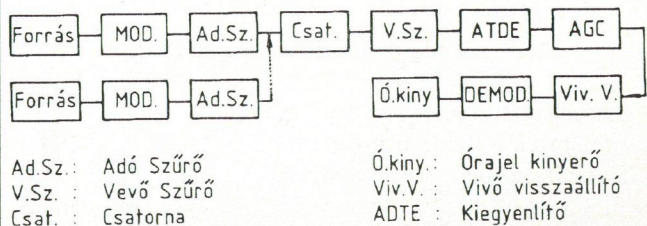
2. ábra. IFP frekvenciaterv

### 2. Szimulált rendszer blokksémája (3. ábra)

Az átviteli rendszerben a csatorna — Rummler modellel jellemzett, a regenerátorok AGC-t, órajel kinyerőt, vivő visszaállítót és adaptív időtartománybeli kiegyenlítőt (ATDE: Adaptive Time Domain Equalizer) tartalmaznak. Az adó- és vevőszűrők különböző szűrőtípusból választhatók, illetve adhatók meg átviteli függvényükkel. A szomszéd csatornák és a keresztpolarizáció által okozott interferencia is figyelembe vehető.

A rendszer paraméterei az ASTRAS programrendszerben [4] interaktív módon adhatók meg. Az adatok változásával vizsgálható a rendszer viselkedése és minősége, illetve a nem ideális körülmények hatása.

A legfontosabb minőségjellemző kimenő paraméter a bit hibaarány görbe (BER: Bit Error Ratio).



3. ábra. A szimulált rendszer blokksémája



### 3. A SZIMULÁCIÓ EREDMÉNYEI

A rendszer minőségét alapvetően befolyásolják az adó- és vevőszűrők, továbbá a szomszédos és keresztpolarizációs csatornák által okozott interferenciák. A csatornaközi áthallást a szintén STM-1-et átvivő csatornák okozzák.

A szimuláció során használt szűrők a következő feltételeknek felelnek meg:

- minimalizálják a szimbólumközi áthallást;
- elválasztják a csatornákat (minimalizálják a csatornaközi áthallást);
- realizálhatók.

A szűrőkarakterisztikákat két részre osztjuk: a közepe ideális gyök emelt koszinuszos szűrőkből (a szimbólumközi áthallás minimalizálására), két oldala pedig pl. Butterworth szűrőkből származik. A kötés szintje kb.  $-17$  dB, ezen a szinten a jel energiája a teljesnek néhány százaléka.

A szűrők nem ideális volta szimulálható a késleltetésnek és az amplitúdóhibának a valóságos szűrők szerinti beállításával.

#### A CFP-nek megfelelő csatornák szimulációja

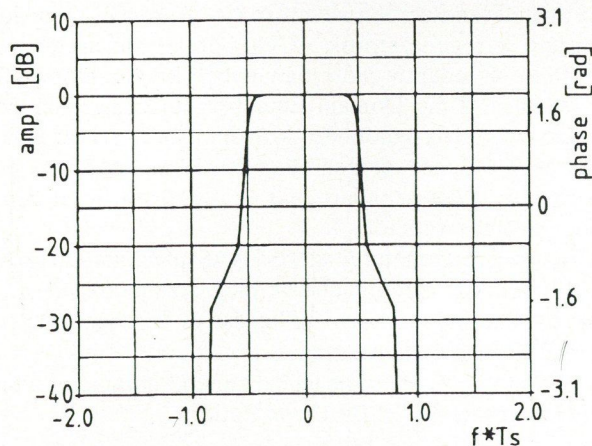
1.) 28 MHz-es csatornatávolság esetén:

A rendszer felépítése és paraméterei a következők:

- Órajel kinyerő, vivő visszaállító és AGC ideálisak;
- Az ATDE megcsapolásainak száma = 5;
- A szűrők elhangolása = 0 Hz;
- Rummler modell: leszívási frekvencia = vivőfrekvencia, leszívás mélysége = 3,8 dB.

a) A csatorna interferencia figyelembevétele nélkül:

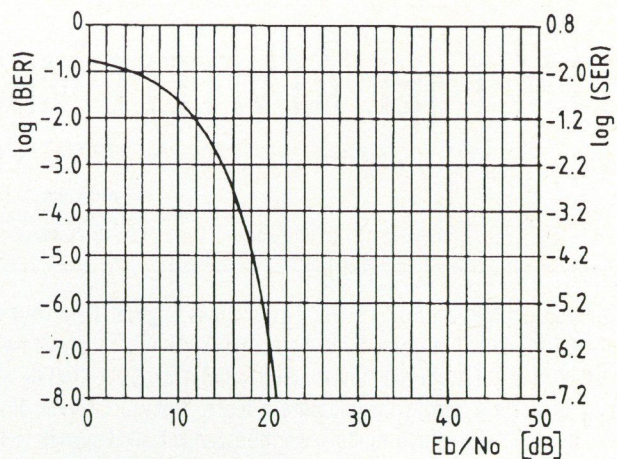
A szűrőket egy ideális gyök emelt koszinuszos szűrő (lekerekítés paramétere  $\alpha = 0,08$ ) és egy 5-öd fokú Butterworth szűrő segítségével képezzük (4a. ábra).



4a. ábra. Szűrőkarakterisztika (CFP,  $x = 28$  MHz)

A szimuláció eredménye:

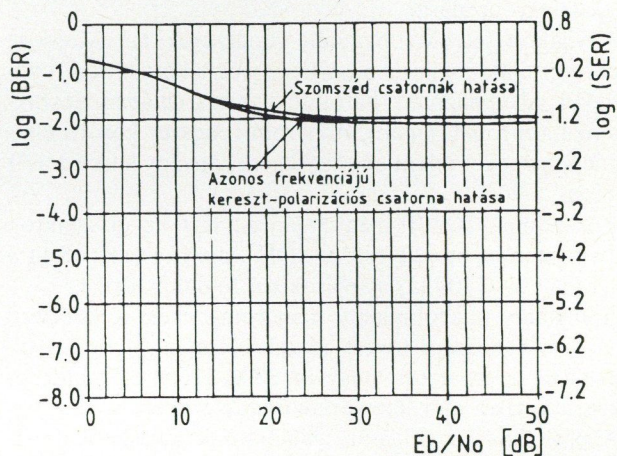
- szemábra 67 %-ban nyitott;
- hibaaránygörbe a 4b. ábra szerinti.



4b. ábra. Hibaaránygörbe (CFP,  $x = 28$  MHz)

b) A csatornaközi áthallás figyelembe vételével:

Ebben az esetben a szimulált rendszer blokk-sémája két ágból áll. A mély fading hatása figyelembe vételével az XPD = 20 dB (Cross Polarization Discrimination – Keresztpolarizáció csillapítás). Az eredmény az 5. ábrán látható.



5. ábra. Hibaaránygörbe (CFP,  $x = 28$  MHz)

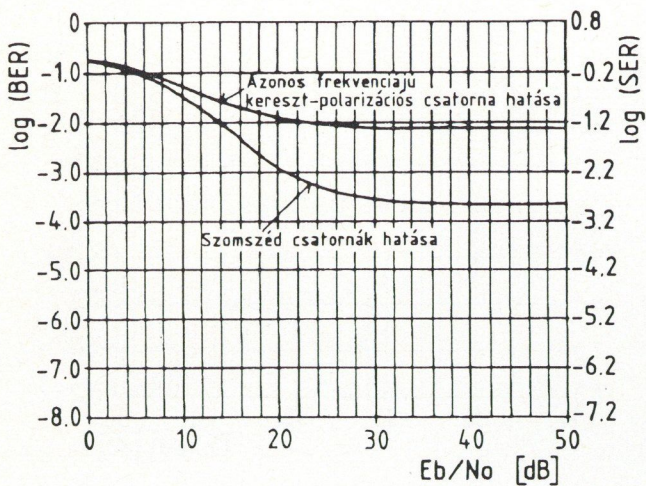
Abban az esetben, ha jobb szűrőt használunk, amely ideális gyök emelt koszinuszos szűrőből és nem-praktikus 15-öd fokú Butterworth szűrőből áll, a szimuláció eredménye a következő:

- szemábra 69 %-ban nyitott;
- a csatornaközi áthallást figyelembe vevő hibaarány a 6. ábrán látható.

Megjegyzendő, hogy az eredmények lineáris modell figyelembe vételével születtek egyéb ideális feltételek mellett. Ha nem ideális tényezőket is figyelembe veszünk, akkor az eredmények rosszabbak.

Ebből az a következtetés vonható le, hogy az STM-1 hierarchia 64 QAM modulációval a CFP 28 MHz-es csatornatávolságú mikrohullámú csatornákon nem vihető át megfelelő minőségben.





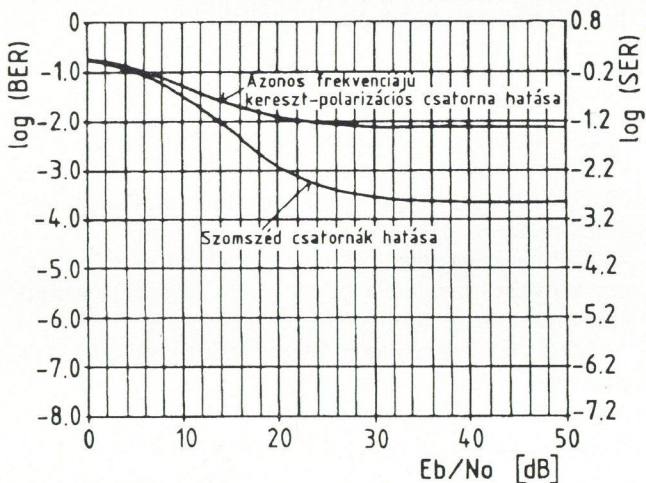
6. ábra. Hibaaránygörbe CFP,  $x = 28$  MHz)

2.) A CFP 29,65 MHz-es csatornatávolságú csatornák szimulációja:

A szimulált rendszer bloksémája azonos az előzőével.

A szűrők paraméterei: Ideális gyök emelt koszinuszos szűrő + 13-ad fokú Butterworth szűrő.

Két szomszédos csatorna hibaaránygörbéje a csatornák közti hatás figyelembevételével a 7. ábrán látható.



7. ábra. Hibaaránygörbe (CFP,  $x = 29,65$  MHz)

Az ábrából szintén az a következtetés vonható le, hogy az STM-1 hierarchia a CFP 29,65 MHz-es csatornatávolság esetén sem vihető át 64 QAM modulációval.

Az IFP-nek megfelelő csatornák szimulációja

Ebben az esetben az azonos polarizációjú csatornák között a távolság elég nagy (56 MHz, illetve 59,3 MHz). A 28 MHz-es vagy 29,65 MHz-es csatornatávolságú csatornák ortogonális polarizációja miatt az interferencia várhatóan kisebb. Így remélhető, hogy az STM-1 átvihető 64 QAM modulációval ezeken a csatornákon.

A szimuláció eredményei a következők:

1.) Az IFP 28 MHz-es csatornatávolság esetén:

Az azonos polarizációjú csatornák közötti nagyobb távolság miatt nem szükséges magas fokszámú szűrőt alkalmazni.

A szűrők ez esetben ideális gyök emelt koszinuszos ( $\alpha = 0.25$ ) és 5-öd fokú Butterworth szűrőkből állnak.

A szűrők nem ideális beállítását a következőkkel vettük figyelembe:

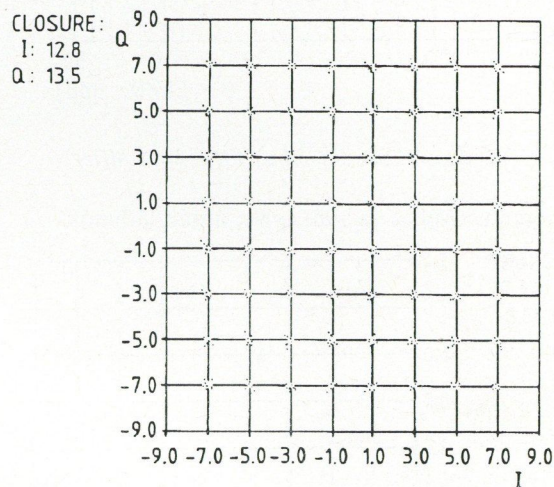
- lineáris amplitúdó hiba 0,50 dB;
- négyzetes amplitúdó hiba 0,02 dB;
- késleltetés lineáris hibája 0,20;
- késleltetés négyzetes hibája 0,10;

Az alkalmazott ATDE megcsapolásainak száma: 5.

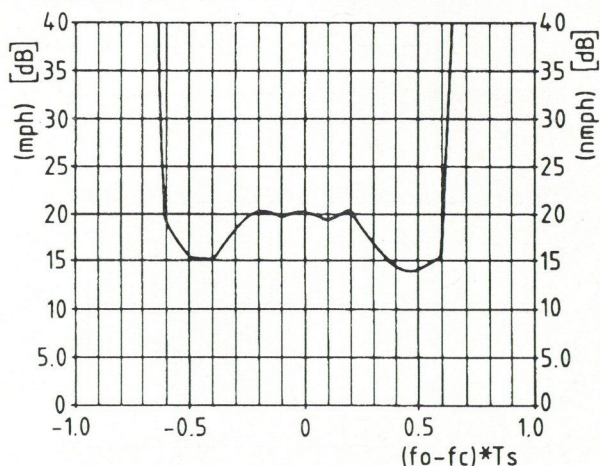
A Rummler modell adatai:

- leszívási frekvencia = vivőfrekvencia;
- leszívás mélysége 3,8 dB.

A vivő visszaállító hibáját is figyelembevéve az eredmények a 8a., 8b. és 8c. ábrákon láthatók. (Csatornáközi áthallásként 2 szomszédos nem azonos polarizációjú csatorna lett feltételezve.)



8a. ábra. Konstellációs ábra (IFP,  $x = 28$  MHz)



8b. ábra. Jellemző görbe (IFP,  $x = 28$  MHz)

2.) 29,65 MHz-es csatornatávolság esetén:

A rendszer paraméterei a következők:

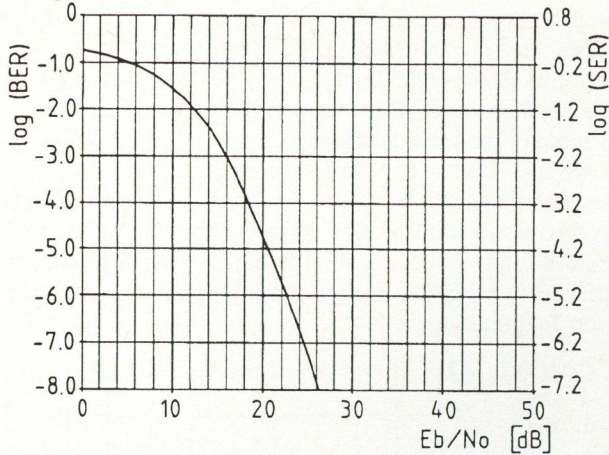
- lineáris amplitúdó hiba 0,50 dB;
- négyzetes amplitúdó hiba 0,10 dB;
- szinuszos amplitúdó hiba 0,05 dB;
- szinuszos hiba fázisa 0;
- periódusok száma 1;



- késleltetés lineáris hibája 0,02;
- késleltetés négyzetes hibája 0,10.

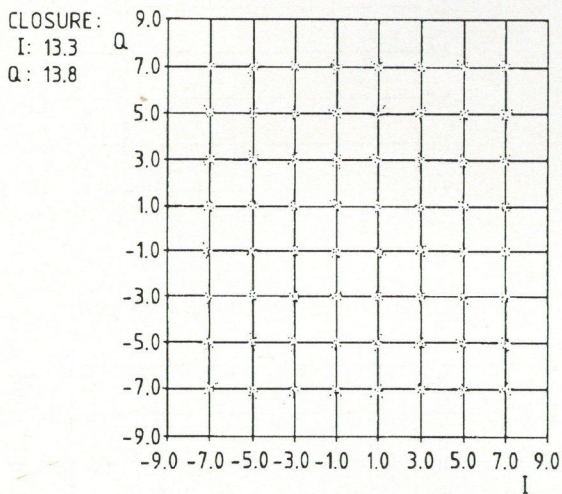
Az ATDE megcsapolásainak száma: 7.

Rummler modell ugyanaz, mint a 28 MHz-es csatornatávolság esetén.

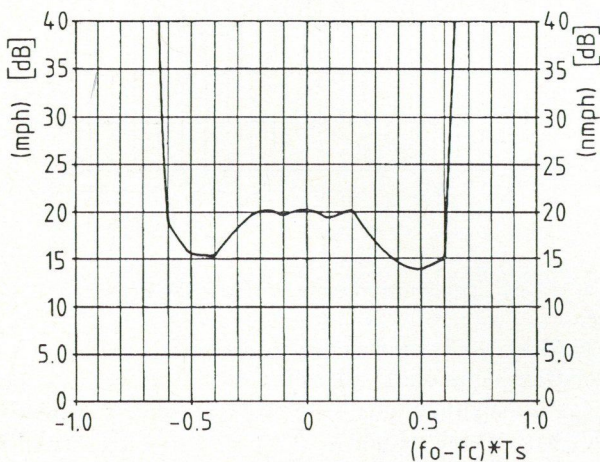


8c. ábra. Hibaaránygörbe (IFP,  $x = 28$  MHz)

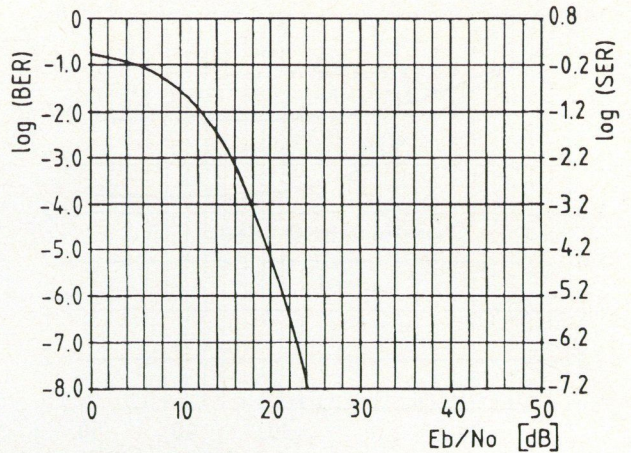
Az eredmények a 9a., 9b. és 9c. ábrán láthatók.



9a. ábra. Konstellaációs ábra (IFP,  $x = 29, 65$  MHz)



9b. ábra. Jellemző görbe (IFP,  $x = 29, 65$  MHz)



9c. ábra. Hibaaránygörbe (IFP,  $x = 29, 65$  MHz)

A jellemző görbékéből fenti rendszerek megszakadási valószínűségei:

$$P_{out\ 28} \approx 4,346 \cdot 10^{-3};$$

$$P_{out\ 29,65} \approx 4,212 \cdot 10^{-3}.$$

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS VÉLEMÉNYEK

### 1. Következtetések

- A CFP frekvenciaterv esetén 64 QAM moduláció nem alkalmas az STM-1 hierarchia átvitelére, 28 MHz vagy 29,65 MHz csatornatávolságú létező mikrohullámú rádiócsatornákon.
- Az IFP frekvenciaterv esetén megfelelően „lineáris” végerősítővel és megfelelő előtorzítóval az STM-1 hierarchia továbbítható 64 QAM modulációval, 29,65 MHz és 28 MHz csatornatávolságú létező mikrohullámú rádiócsatornákon.

A fenti állítás bizonyossága azonban még vizsgálat tárgyát képezi, figyelemmel a nemlinearitás hatására.

### 2. Vélemények

Előbbi következtetések és vizsgálatok feltételezték, hogy a szomszédos csatornák, amelyek a csatornák közötti interferenciát okozták, szintén STM-1 átvitelére használatosak ugyancsak 64 QAM modulációval. Más adatsebesség és moduláció esetén (pl. 16 QAM, 34 Mbit/s) a csatornaközi áthallás kisebb.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző ezúton fejezi ki köszönetét tudományos vezetőjének Frigyes Istvánnak értékes tanácsaiért. Szintén köszönetét fejezi ki kollégáinak a BME Mikrohullámú Híradástechnika Tanszéken odaadó segítségükért, valamint azért, hogy lehetővé tették az ASTRAS programcsomag használatát, ami nélkülözhetetlen volt a szükséges szimulációk elvégzéséhez.



## IRODALOM

- [1] Frigyes I., et al: Digital Microwave Transmission. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989.
- [2] Frigyes I., et al: Annual International Courses on Microwave and Radar Technology, *Course No. 148*. CEI-EUROPE ELSEVIER, 1991.
- [3] Frigyes I., et al: Computer Simulation of Microwave Systems for Digital Communication, *Microcoll Workshop Proceeding*, Session No. 3, paper No. 1. Sep. 1990. Budapest
- [4] Benedek A., Frigyes I., Molnár B.: ASTRAS-Felhasználói és rendszer-dokumentáció BME Budapest, 1989.
- [5] CCITT Rec. G707-G709. *CCITT Blue Book* 1986.
- [6] CCIR Rec.-s, 1986, 1990.
- [7] Report AM/9: Radio Relay Systems in an SDH *CCIR document 9/1034-E*, 8 Dec. 1989. (XVIIIth Plenary Assembly-Düsseldorf).
- [8] K. Sasaki, et al: Digital Microwave Radio Systems in Synchronous Networks. GLOBECOM'91.
- [9] Ferdo Ivanek, et al: Terrestrial Digital Microwave Communications Artech House, Inc. 1989.
- [10] ICC 87, *Session No. 1*. (papers No. 1. 1-1.6).

# STM-1 TRANSMISSION OVER MICROWAVE RADIO

NGUYEN QUOC BINH

TECHNICAL UNIVERSITY OF BUDAPEST  
DEPARTMENT OF MICROWAVE TELECOMMUNICATION  
H-1111 BUDAPEST, GOLDMAN GY. TÉR 3.

An SDH microwave radio, which uses a bit rate of 155.52 Mbps for transmission of an STM-1 payload, requires more than 10 % additional transmission capacity compared to existing asynchronous 140 Mbps. It is therefore rather difficult to use an SDH radio with standard RF frequency allocations and existing modulation schemes. There are some methods to deal with this problem without rearranging existing standard RF frequency allocations. They are to use the tighter filters, to use the higher level modulation schemes (64 QAM or greater) etc. In this paper some results of computer simulations carried out by using ASTRAS program package are presented to check the capability of using 64 QAM to transmit an STM-1 payload over the existing 28 MHz, 29,65 MHz separation microwave radio channels.



**Nguyen Quoc Binh** a Vietnami Haditechnikai Akadémia Rádiótechnikai Mérnöki Karán fejezte be tanulmányait 1978-ban. 1978-tól 1989-ig oktatóként dolgozott a Vietnami Haditechnikai Akadémián, 1986-tól a Távirat- és Adatközlés csoport vezetői funkcióját töltötte be. Ez idő alatt a katonai távközlés alkalmazásával foglalkozott. 1989-től a BME Mikrohullámú Híradástechnika Tanszék aspiránsa. A Vietnamban kiadott Távirat- és Adatközlés című könyv társszerzője. Több kitüntetést kapott haditechnikai kutatásaiért.



# ÚTON AZ ATM FELÉ

G. LENTIEZ

FRANCE TELECOM  
1012 BUDAPEST, LOVAS U. 31/B.

A cikk beszámol a France Telecom-nak az ATM-mel kapcsolatban folytatott kísérleteiről. Az ATM kiépítéséhez az út az infrastruktúra felépítésén vagy közvetlenül a szolgáltatások ajánlásán keresztül vezet. A nagysebességű digitális vonalrendező bázisán videó, multimédia és nagysebességű adatátviteli szolgáltatások valósíthatók meg.

## 1. IGÉNY A NAGYSEBESSÉGŰ ADATÁTVITELRE

Mínt hogy mindig és mindenütt az ATM-ről és a nagysebességű szolgáltatásokról beszélnek, végül is ez az új világ meg fog valósulni.

Valóban, ha 1992 még a bejelentések éve, 1993 során láthatókká válnak az első valós viszonyok között működő ATM hálózati kísérletek.

Párhuzamosan világosabbá válik a szolgáltatások és a piac felosztásának jövőbeli képe, és közeledni fognak az igények és az őket kielégíteni képes technológiák.

Először is figyelniük kell a felhasználók szélessávú adatátviteli igényeire. A nagysebesség iránti igények folyamatosan növekednek három tényező összekapcsolódásával:

- a távközlést igénylő egységek száma rohamosan növekszik, az adatfolyamok mérete exponenciálisan nő. A vállalati hálózatok adatforgalma 18 hónaponként megduplázódik;
- a munkaállomások és PC-k adatfeldolgozó képessége drámaian fokozódik, ezáltal lehetséges hatalmas információmennyiség — pl. képek — feldolgozása;
- a legfontosabb érv: a gazdaság szereplői és az elosztott információs rendszerek által elvárt válaszidőknek egyre csökkenniük kell.

A növekvő felhasználás és a válaszidők csökkenése igényli a nagyobb sebességet.

Ez a nagysebesség főként kissebességű alkalmazások forgalmának összegződésével jön létre. Még egy FDDI (Fibre Distribution Data Interface) lokális hálózatban a munkaállomásokon futó alkalmazások sem gyakran kívánják a 64 kbit/s-nál nagyobb sebességet, de a használat intenzívebbé válása szűk keresztmetszetet hoz létre, a LAN-ok összekapcsolása pedig felnagyítja ezt a jelenséget.

Újabb megjelenik egypár új alkalmazás, amelyek valóban nagy átviteli sebességet igényelnek: főleg a számítógéppel segített tervezés és a tudományos számítások, a folyadékmechanika, a biológia, a meteorológia területén. A modellezés bonyolultsága igényli a nagysebességű szuper-számítógépekhez való hozzáférést. Ezek az alkalmazások nincsenek már akadémiai intézetekhez vagy kutató csoportokhoz kötve, hanem áthelyeződnek az iparba, és sok „látszólagosan valóságos” alkalmazás kerül előtérbe.

Egy másik alkalmazás a katasztrófa elhárítás: cégek, elsősorban a banki és biztosító szférában, adatközpontjuk megerősítésére törekednek, és teljes biztonságot kívánnak, párhuzamosan futó alkalmazások felhasználásával.

Végül, a szélessávú hálózatok fejlesztése mögött ott van egy teljesen új távközlés lehetősége: képek átvitele. Már az ISDN, mint pl. a Numéris, a francia ISDN,

bepillantást enged abba, hogy mi újat jelenthetnek a képek a távközlésben, mégis a szélessávú ISDN fog elegendő kapacitást hozni a kiváló minőségű képek átvitelére.

Ma már a képátviteli szolgáltatások széles választéka működik, és sok további alkalmazás, amelyet ma még nem ismerünk, fog előbukkanni. Ezek általában multimédia szolgáltatások, egyszerre tartalmazzák a képet, az adatot és a hangot.

A legjellemzőbbek között megemlíthetjük a következőket:

- A személyes távközlés, mint a képteleson; videókonferencia az asztali számítógépen keresztül.
- A televízióval kapcsolatos szolgáltatások:
  - televíziós programok sugárzása, egy olyan szolgáltatás, amely már ma is jól ismert, kétségtelenül jelentős változáson fog keresztül menni a következő évtized során. Az integrált ATM hálózat koncepcióját hihetővé teszi az elosztó hálózatok és képkódoló módszerek fejlesztése. (Ilyen minőségű képek átvitelét 10 Mbit/s sebességgel javasolják az ISO MPEG 2 szabványtervezetben.) Ez a hálózat azután egyéb audio-videó szolgáltatások hordozója is lehet;
  - a stúdiók közötti programcsere, a szükséges utólagos feldolgozás miatt, az előző alkalmazását meghaladó minőségű képeket kíván;
  - a nagy felbontóképességű televízió (HDTV), amely most van feltörőben, fokozatosan fel fogja váltani a jelenlegi televízió szabványt, valószínűleg digitális lesz.
- Állókép adatbázis lekérdezése, amely nehezen osztályozható szolgáltatás. Természetesen digitális képeket szolgáltat, de az átvitel ideje biztosan nem jelent korlátozást, mert a szolgáltatás egyirányú, és a megtekintés ideje ritkán lehet rövidebb egy másodpercnél a professzionális alkalmazásokban. Az időre vonatkozó tulajdonsága miatt ez az audio-videó alkalmazás az (egyszerű) adatátvitelhez is sorolható.
- A mozgókép adatbázis lekérdezése ténylegesen szélessávú hálózatot igényel, a jó minőségű képek (tehát nagy bitsebesség) miatt, de ez mégis kapcsolt szolgáltatás. Bár ez is, az előzőhöz hasonlóan egyirányú, az átviteli idővel kapcsolatos megszorítások a televízióhoz teszik hasonlóvá.

Bár a képek igénylik leginkább a szélessávú hálózatot, a hangról sem feledkezhetünk meg. A hangkódolásban az utóbbi időben elért eredmények éppolyan látványosak, mint a képkódolásbeliek, amit bizonyít, hogy HIFI hang 128 kbit/s, telefon minőségű hang pedig 16 kbit/s sebességgel közvetíthető. A szélessávú ISDN a képet és a hangot egymás mellé rendeli, mint külön, egymást kiegészítő



lehetőségeket, amelyek egymást kiegészíthetik vagy kizárhatják: pl. a hang és a kép közötti fáziskülönbséget szigorú határok között kell tartani, hogy megtartsuk a szinkronizmust a beszélő hangja és ajkának mozgása között.

A felhasználó számára azonban folyamatos az átmenet a keskeny- és szélessávú átvitel között. Fokozatosan és zökkenők nélkül kíván haladni a nagyobb átviteli kapacitás felé anélkül, hogy a használt berendezésekben és az általa fizetett számlákban radikális változást kívánna tapasztalni. Különösen nem szeretne állandóan az alkalmilag fellépő csúcsebességnek megfelelően fizetni.

A nagysebességű forgalomnak három jellemzője van:

- Állandóság: Jellemzően ilyen a forgalom egy vállalati gerinchálózaton, amely különböző adatfolyamokat (hangot, videót, adatot) multiplexálva állít elő.
- Nagy sebesség igény szerint: jellegzetesen egy kihelyezett bankfiók forgalma az adatfeldolgozó központ felé, előre ismert forgalmi csúccsal pl. adatmentés egy ügylet lezárása után. A kívánalom ebben az esetben az éppen szükséges sáv szélesség biztosítása.
- Nagy sebesség szakaszos működéssel: jellegzetesen ilyen a LAN-ok forgalma vagy a kliens-szerver alkalmazások előre becsülhetetlen adatsomagjai.

A felhasználók mindegyik fajta forgalom kiszolgálását elvárják, és nemcsak a megfelelő sáv szélességet, hanem a hálózatfelügyeleti szolgáltatásokat és a két végpont közötti garantált átvitelt is.

Összefoglalva, a szélessávú átvitel jelenleg még csak kis szelete a piacnak, amelyet azonban nagyon komolyan kell venni, mert ezek az igények fogják a piac többi részét is meghatározni.

## 2. HOGYAN SEGÍT AZ ATM EZEN IGÉNYEK KISZOLGÁLÁSÁBAN?

Az ATM ma még csak technológia, a felhasználók pedig nem fogalmazznak meg technológiai kívánalmakat. Ugyanakkor az ATM több olyan tulajdonsággal rendelkezik, amelyeknek a segítségével a szolgáltatók kielégíthetik a fogyasztók igényeit.

Az ATM segítségével nagy bit-sebességű állandó összeköttetések biztosíthatók igen rugalmas módon. Ma csak a pleziokron hierarchia (2, 8, 34 vagy 140 Mbit/s-os) átviteli sebességei lehetségesek, az ATM azonban lehetővé fogja tenni a közbeeső értékek választékát is. A felhasználó pontosan a neki szükséges bit-sebességet kaphatja. Az ATM-mel előre, igény szerinti sáv szélességek is lefoglalhatók lesznek: előre meghatározott helyettesítő hálózat, kiváló minőségű videokonferencia.

A France Telecom ilyen szolgáltatást Virtuális Útvonalú ATM néven 1994-95-ben indít.

Az ATM a kapcsolt szolgáltatásokat hatékonyabbá fogja tenni. A csomagkapcsolt szolgáltatások jól illeszkednek a szakaszosan érkező adatsomagokhoz, amelyeket igen gazdaságosan tudnak kezelni. A Transpac hálózat már most tud ilyen szolgáltatásokat biztosítani egészen 2 Mbit/s sebességig, X.25, Frame Relay, IP és HDLC interfészekkel. A kutatási szféra számára a France Telecom a 34 Mbit/s sebességű IP szolgáltatást ajánlja, RENATER néven, amely csatlakozik az NSFNET-hez és az európai hálózatokhoz. Az ATM bázisán 1994-ben a kapcsolt szolgáltatások új

generációja kerül bevezetésre: a kapcsolatmentes CBDS szolgáltatás, 34 Mbit/s sebességgel, közvetlenül az ATM digitális rendező (cross-connect) hálózatra építve.

Az ATM keretén belül a kapcsolat-orientált szolgáltatásokat is vizsgálják. A kiépített ATM hálózatra alapozott szolgáltatások lehetővé teszik az átviteli erőforrások jobb hozzárendelését, és így gazdaságosabb szolgáltatást eredményeznek.

Ebben a megvilágításban nincs versengés a különböző rövidítésekkel megadott szolgálatok között, ahogy mindenütt olvasható volt, nincs tehát verseny a Frame Relay, a CBDS és az ATM között, hiszen ezek csupán eltérő szintű szolgáltatások. Ezt az utat követte a több helyszínen elhelyezkedő LAN-ok összekapcsolása, Transrel néven, amely LAN interfészeket ad, és egy IP szolgáltatás, amely a különböző forgalmi mintáknak megfelelően különböző átviteli hordozó közeget (bearer service) használ.

Az ATM utolsó említendő előnye az a képessége, hogy eltérő típusú adatokat képes szállítani, és igen alkalmas közeg a multimédia számára (még szerencse, hiszen erre találták ki!).

## 3. EIŐREHALADÁS ÉS FELADATOK

A fent említett előnyök most már lassan a felhasználóhoz is eljutnak:

Kísérletek vannak folyamatban: Távoli LAN-ok összekapcsolásának kísérleti üzeme folyik a CBDS felhasználásával a Thomson/Syseca/Experdata által fejlesztett ATM digitális rendező berendezéseken, a CNET hálózatban 1992 decembere óta.

Az Alcatel és a TRT Bréhat projektje a távoli LAN-ok összekapcsolását, a videokonferenciát és az áramkör emulációt vizsgálja, szerviz multiplexerek felhasználásával.

A France Telecom megegyezést írt alá más jelentős európai szolgáltatókkal, hogy 1994-ben kísérleti hálózatot hoz létre ATM digitális rendező berendezésekkel.

Mindezen kísérletek műszaki kérdésekkel fognak foglalkozni. De a problémák ma már nem pusztán technikai jellegűek. Az ATM-et, amelyet a 80-as évek eleje óta alaposan tanulmányoznak a CNET-ben, ma már a felhasználó telephelyén elhelyezett berendezésekben is alkalmazzák. (hub-ok, router-ek stb.)

A nagy adathálózatok kezelésében szerzett tapasztalat igen fontossá válik olyan kérdések megoldásában, mint a forgalomirányítás, forgalmi zavarok elhárítása és a jelzések átvitele. Ezért csatlakozott a France Telecom olyan hamar az ATM Fórumhoz, hogy ezeket a problémákat mind figyelembe lehessen venni.

## 4. AZ ATM BEVEZETÉSE A TÁVKÖZLŐ HÁLÓZATBA

A fent ismertetett perspektivikus alkalmazások alapján megpróbálhatunk néhány logikai irányelvet megfogalmazni az ATM telepítésével kapcsolatban. Ténylegesen mind ezen alkalmazások erősen alapoznak egy már korábban letelepített digitális rendezőhálózat meglétére. Így először ennek a gerinchálózatnak a létrehozására kell gondot fordítanunk.

Mihelyt ez a gerinchálózat elegendően fejlett, egyszerű lesz bevezetni egy új szolgáltatást bármilyen nagyságú és területi elhelyezkedésű igények kielégítésére.



A szolgáltatást támogathatja közvetlenül a digitális rendező gerinchálózat, vagy lehet olyan alkalmazás, amely dedikált szervereket is igényel. Minthogy nincs megszorítás ezen szerverek földrajzi elhelyezkedésére vonatkozólag, célszerű számukat pontosan a szolgáltatási igényekhez igazítani. Természetesen, fokozatosan alakul ki a kritikus mennyiség, de az újabb alkalmazások jelentősége egyre kisebb a már megvalósított infrastruktúrához viszonyítva. Tehát csak el kell indítani a folyamatot.

Két megközelítés merülhet fel, amelyek együtt vagy egymás helyett alkalmazhatók, a helyzettől függően: telepítés a felajánlott szolgáltatásoknak megfelelően vagy az infrastruktúra fejlesztése szerint.

Mindkét esetben elsődleges a befektetés megtérülése. Bár az infrastruktúra, aztán pedig a felajánlott szolgáltatások gyakran megelőzik az új távközlési eszközök fejlesztési igényét, az előbbieket nem előzhetik meg az utóbbiakat sem természetüket, sem a termelt mennyiséget illetően.

### 4.1. Digitális rendező hálózat létrehozása

Létezik olyan igény, amely előmozdítja az infrastruktúra változtatásának mielőbbi megkezdését. Ha nyitott lélekkel, gondosan figyelünk az üzleti kommunikációs igényekre, amelyek akár pontosan meg vannak fogalmazva, akár csak tendenciaként említik őket, néhány fontos szükségszerűség feltárul előttünk.

A rövidtávú igény, amely bérelt vonalakra vonatkozik, teljesen egyértelmű: optimalizálni kell a bérelt vonalak használatát, amelyek költsége viszonylag magas; garantálni kell ezen vonalak minőségét, és megfelelő felügyelő- és információs mechanizmusokat kell biztosítani; valamint a béreltvonalai hálózat könnyű átkonfigurálhatóságát.

Ez az igény elsősorban az egymástól távol elhelyezkedő helyi hálózatok összekapcsolására vonatkozik, amely manapság az érdeklődés homlokterében van, a viszonylag kicsiny piaci érdeklődés ellenére. Azonban, ez előre vetíti a béreltvonalai hálózatbeli igények változásának valószínűségét.

Az ATM interfésszel rendelkező routerek összekapcsolása a digitális rendező hálózaton keresztül lehetővé teszi, hogy az összeköttetéseket a valóságos igénynek megfelelően kapcsoljuk össze, és virtuális béreltvonalai hálózatot hozzunk létre. A LAN formátumú üzenetkapcsolás lehetséges a végpontok között. Egy dedikált overlay hálózat létrehozásán keresztül az átviteli hordozó közege szabvány definíciója (CBDS/SMDS) további lehetőségeket kínál:

- a szerverek közötti összeköttetések optimalizálását, statisztikus multiplexálás segítségével, amely kihasználja a LAN-ok között cserélt üzenetek véletlen jellegét;
- szolgáltatást lehet nyújtani olyan felhasználóknak is, akiknek szórványos adatforgalma miatt a CBDS kapcsoló szerverektől eltérő módon megvalósított állandó összeköttetés nem lenne indokolt.

Emellett persze szükséges az ATM fejlesztése a gyors kapcsoló mechanizmusok irányába, amelyek az üzenetkapcsolást emulálják, kihasználják a statisztikus multiplexálás előnyeit, és végsősoron elavulttá teszik a CBDS hálózatot.

### 4.2. Nagysebességű kapcsolt szolgáltatások bevezetése

Megfelelően hangsúlyoztuk a digitális rendező hálózat

bevezetése első fázisának fontosságát, bár nem emeltük ki, hogy ez a második fázis útját készíti elő. A félig permanens összeköttetések iránti igény miatt azonban nem hanyagolhatjuk el a kevésbé világosan megfogalmazott, de valószínűleg létező igényeket a következő kétféle szolgáltatás iránt:

- az eljárások már említett automatizálása, amely a bérelt vonalakat felügyeli, megfelelő, hálózatútvonal vezérlő egység által irányított jelzésátviteli erőforrások alkalmazásával;
- olyan egyedi távközlési igények, amelyeknek átviteli sebessége (egyől néhány tucat Megabit/s-ig) és időtartama (néhány perctől durván egy óráig) természetesen a hagyományos kapcsolt szolgáltatást juttatja eszünkbe. Az ATM digitális rendező hálózat úgy tűnik, a nagysebességű hálózatok irányában az első lépés az igen nagy (Gigabit/s) sebességű SDH-ra alapozott infrastruktúra kialakításában, és választ tud adni szolgáltatási igényekre:
- ez az igény korlátozott hatókörű, és szükséges egyéb alkalmazásokat is keresni. A hagyományos kapcsoló központok leváltásának részeként, elsősorban arra gondolkunk, hogy tranzit központokat lehet felváltani ATM digitális rendező hálózattal, amelyek rugalmassága jobb alkalmazkodást tesz lehetővé a forgalmi viszonyokhoz, beleértve a napközben bekövetkező forgalmi változásokat is.
- sürgősen be kell vezetni a digitális rendező hálózatban a kapcsolt alkalmazásokat, hogy biztassuk és ne gátoljuk az iránta megmutató igények felmerülését.

### 4.3. Kapcsolat-orientált nagysebességű kapcsolt szolgáltatások

Miért van szükségünk kapcsolt szolgáltatásra, és miért éppen kapcsolat-orientált módban? Egyszerűen fogalmazva, ezt a szolgáltatást igénylik a felhasználók, akik 30 Mbit/s sebességű összeköttetést kívánnak létesíteni, előre meg nem határozott célállomással, naponta egyszer 30–40 perc időtartamra, garantált átviteli minőséggel. Más szóval ez az egyetlen gazdaságilag elfogadható megoldás a garantált minőségi jellemzőkkel kínált szolgáltatásra, mivel a kapcsolt szolgáltatás biztosítja, hogy időben bármikor hozzáférjünk a garantált erőforrásokhoz.

Az igen nagysebességű adat- és a videó szolgáltatásokat figyelembe véve, az állandó kapcsolatot nem jelentő CBDS üzenetkapcsolt szolgáltatás jelenleg korlátozott.

Különösen a minőség és a tarifák kérdése nincs megnyugtatóan rendezve. A mai állapot szerint ez a szolgáltatás csak zárt magánhálózati szolgáltatásként működik megfelelően (azonosított felhasználók, állandóan lekötött összekapcsoló erőforrások), korlátozott sebességgel, a valós időre vonatkozó megszorítások nélkül.

Azok a szolgáltatások, amelyek igen nagy fájlkat visznek át, távoli munkaállomások számára adnak el számítható kapacitást, vagy amelyek több gépre szétosztott számításokat ajánlanak, igen nehezen fogadhatják el ezeket a korlátozásokat. A bit-sebesség növekedése, új szolgáltatások indítása és az ügyletek természete szükségszerűen változtatásokat kényszerít ki a távközlés módozatait illetően.

A videó képek alkalmazási köre igen széles. Műszaki rajzok és diagrammok, orvosi és időjárásjelentéssel kapcsolo-



latos képek, gyártók és postai utánvéttel szállítók katalógusai mind jelentős mennyiségű képet tartalmaznak, amelyek mennyisége néhány száztól néhány millió kilóbájtot tehet ki. A felhasználó-barát működés megkívánja, hogy az egyenként átvitt képek nagyságrendben 1 másodperc alatt megérkezzenek. A megkívánt átviteli sebesség nyilvánvaló. Egyes alkalmazások képek sorozatát tartalmazzák, ami egyre inkább a mozgó képekhez hasonlít, és hozza magával a valós-időből eredő korlátozásokat.

A videokonferenciával kapcsolatban megállapíthatjuk, hogy manapság a szolgáltatás fő hibája a merevség, mivel különlegesen sok helyet és megkötöttségeket igényel. A kapcsolt szolgáltatás mindkét akadályt képes elhárítani, és lehetővé teszi a szolgáltatás terjedését és fejlődését az asztali számítógéppel megvalósítható videokonferencia felé. Hangsúlyozni kell, hogy ez multimédia szolgáltatás.

Ami a kiváló minőségű hang és mozgó film sugárzását illeti, egy ATM hálózatban programelosztó fastruktúrák létrehozása rendkívül egyszerű, és csupán korlátozott infrastruktúrális erőforrásokat igényel.

A videó esetén, három szolgáltatási mód prognosztizálható:

- videó könyvtár szolgálat, 1,5 Mbit/s sebességgel kódolt képekkel (ISO MPEG 1: Moving Pictures Experts Group Standard); ez a bit-sebesség, a compact discnek megfelelően, durván a VHS videó kazettás magnetofonnal elérhető minőséget nyújtja.

Olyan kártyák, amelyek ennek a szabványnak felelnek meg, és szabványos hálózati interfészt biztosítanak, hamarosan meg fognak jelenni a személyi számítógépek piacán. Néhányan azt állítják, hogy ez a bit-sebesség a helyi telefon hálózatokban ma alkalmazott rézvezetékekkel is elérhető.

Így elhárulhat a széles közönség számára fejlesztett digitális képminőség útjában álló két akadály. A rádiófrekvenciás adóhálózat és a rádió vevőkészülékek helyett PC-k lehetnek a végberendezések, a hozzáférést pedig a telefonhálózat biztosítja:

- igen jó minőségű televíziós képeket sugárzó szolgáltatás (a D2MAC-hez hasonló), 5–15 Mbit/s bitsebességgel (a munkafolyamatban, MPEG 2 szabvány),
- HDTV szolgáltatás 30–70 Mbit/s adatsebességgel. Az ilyen digitális formátumú mozgó képek megneveltették az embereket. Az Egyesült Államokban az FCC ala-

posan tanulmányozza ezt a lehetőséget; a kitűzött cél az, hogy 1993-ban digitális HDTV jelet sugározzanak 6 MHz széles csatornán.

## 5. INTEGRÁLT VAGY DEDIKÁLT LEGYEN-E A HÁLÓZAT?

Azt javasoljuk, hogy integrált hálózati infrastruktúrát kell építeni, amely sok szolgáltatásra alkalmas; nem megfelelő viszont egy integrált szolgáltatású hálózat elképzelése. Az integráltság javasolt szintje az ATM virtuális útvonalak hálózata, más szóval a digitális rendező hálózat, amelyre a többé kevésbé dedikált részhálózatok ráültethetők.

Valójában ma már senki sem kérdőjelezi meg, hogy a távközlési hálózatok integráltságának minimális szintje a digitális hálózat. A szinkron digitális infrastruktúra telepítését sem ellenzi senki. Néhány alkalmazás már ezen a szinten megindítható; ám viszonylagos rugalmatlansága és az a tény, hogy nem eléggé egyengeti a nagysebességű kapcsolt hálózat útját, azt sugallja, hogy az integrálást végezzük eggyel magasabb szinten. A hálózat üzemeltetőinek szoros és bevált pragmatizmusa és minden műszaki kompromisszum természetűe azt jelenti, hogy nincs általánosan érvényes és végleges megoldás.

Az ATM egyes érdekes tulajdonságainak áttekintésével, és alkalmazási területekre vonatkozó javaslatokkal, a technológia jövőbeli fejlesztésének irányát kívántuk megjelölni.

Tíz évvel ezelőtt az aszinkron időosztásos technológia kísérleti stádiumban volt a laboratóriumokban. Manapság a szabványok elegendően pontosak ahhoz, hogy a gyártók termékeket fejlesszenek. Bár nem hatalmas a piac, megfelelő változáson ment át ahhoz, hogy a technológia telepítése elkezdődhessen.

Mostanáig, az előfizetői vonal — a szabványos összeköttetés a felhasználó és a helyi telefonközpont között, valójában egy koncentrátor — tisztán helyi átviteltechnikai fogalom volt. Ha egy leágazó (drop-insert) egység vagy egy SDH vagy ATM digitális rendező társul ehhez a vonalhoz, ez a felépítésbeli fogalom nagy változáson megy át. Ténylegesen nem jelent megkötöttséget a felhasználó, a koncentrátor és a telefonközpont földrajzi elhelyezkedése, eltekintve attól, hogy optimalizálni kell a forgalmat. Ennek számos fontos következménye van. Ennek fényében újra át kell tekinteni a feladatok elosztását a hálózat elemei között.

## ON THE ROAD TO ATM

G. LENTIEZ

FRANCE TELECOM  
H-1012 BUDAPEST, LOVAS U. 31/B.

The paper reports on the experiments of France Telecom in the territory of ATM. The road to build up ATM leads either through building the infrastructure or directly through offering services. Based on a high-speed cross-connect network, video, multimedia and high-speed data services can be introduced.

Gérard Lentiez diplomás mérnök, tanulmányait a Párizsi Műszaki Egyetemen és a Távközlési Főiskolán végezte. Pályafutása során a France Telecom csoport különböző részlegeinél dolgozott. 1990 óta a France Telecom csoport budapesti képviselője.



## A MATÁV RT. TERVEI A PRIVATIZÁCIÓ UTÁN

A MATÁV Rt. március 24-én sajtótájékoztatót tartott abból az alkalomból, hogy a március 17-i igazgatósági ülésen elfogadták az 1994-es év üzleti tervét. Egyúttal itt mutatkozott be az újonnan megválasztott vezérigazgató, Tomka Emil úr, aki 1993 október óta az igazgatóság tagjaként, a december 22-i privatizáció óta pedig az igazgatóság elnökeként alakítja a MATÁV Rt. arculatát. Bár előzőleg nem a MATÁV-nál dolgozott, de mégis szakmabeliként ülhet be a vezérigazgatói székbe, hiszen pályafutását fejlesztőmérnökként kezdte a mikrohullámú távközlés területén.

Tomka úr bevezetőjében megköszönte a bizalmat, külön kiemelve, hogy Helmut Ricke úr, a Deutsche Bundespost Telekom elnöke személyesen is bizalmáról biztosította. A MATÁV Rt. stratégiájáról szólva az emberi felelősséget emelte ki. A felelősségteljes munka az Rt.-n belül a csoportos eredmények, kifelé az ügyfélszolgálati munka színvonalán javíthat.

A stratégiai célok elérésében a megvalósulás három hátfeltételéről beszélt Tomka úr. Ezek: az ügyfélkapcsolat, a koncessziós szerződések és a tulajdonosi befektetések megtérülése.

Az ügyfélkapcsolat javítására az igazgatóság máris javaslatokat fogadott el, itt elsődleges cél a számlapanaszok kulturáltabb kivizsgálása. Hasonlóan fontos az önkormányzatokkal fennálló ügyfélkapcsolat javítása, hiszen ezen a szálon keresztül végső soron a társadalom igényei tükröződnek.

A koncessziós szerződések területén a kiírások szerint legalább 15,5 %-os fejlesztést kell végrehajtani. Ezt a célt a MATÁV Rt. ebben az évben szeretné túlteljesíteni. Hasonlóan fontos téma a második nemzetközi telefonközpont megépítése is. Ennek nem csak a hazai telefónia, hanem az egész régió szempontjából nagy jelentősége van. Tomka úr kiemelte, szeretné elérni, hogy a magyar beszállítói hányad és a magyar munkaerő ennél a beruházásnál a lehető legmagasabb legyen.

A tulajdonosi beruházások megtérülése szintén fontos hátfeltétel, mert a befektetők elvárják a kívánt szintű profitot. Erre a 15,5 %-os előfizetői bővítés már önmagában is garancia, de a gyorsabb, biztosabb megtérüléshez új szolgáltatások bevezetésére, új ügyfelekre is szükség van. A szolgáltatások terén — megfelelő igények esetén — a választék pl. nemzetközi VSAT szolgáltatásokkal, műholdas bérelt vonalakkal bővíthető. Jelentős forgalmat és új ügyfélkört jelenthet a világkiállítás, melyet a MATÁV Rt. kiemelt üzleti vállalkozásként kíván kezelni.

Fentiek megvalósítására Tomka úr szerint két komoly pillér áll rendelkezésre: egyrészt a MATÁV elmúlt években elvégzett munkája, másrészt a tőkeemelés és az ezzel együtt bejött szakértelem. Az Ameritech pénzügyi hozzáértése és a DBT szakmai tudása nagy mértékben lendítheti előre a fejlődést a MATÁV Rt. által ellátott 39 primer körzetben.

Az elmúlt évek teljesítményeit bemutatandó, a sajtóanyagban külön rész foglalkozik a három éves terv sikeres befejezésével. Eszerint a MATÁV a három év alatt fél millió új állomást kapcsolt be, s ezzel a főállomások száma meghaladta a másfél milliót. Az elektronikus központok előfizetői vonalkapacitása már meghaladta a 320 ezret. A három év alatt 25 ezer nyilvános készüléket szereltek fel, ebből 5000 darab új telepítésű volt. A készülékek közel fele már kártyával működik. Kiépült a nagy teljesítményű csomagkapcsolt adathálózat is, budapesti és 19 vidéki kapcsolóközponttal.

A Trans Europe Line (TEL) keretében — melynek a MATÁV az egyik alapító tagja — megvalósult a Budapest-Pozsony-Prága-Frankfurt-Varsó és a Budapest-Zágráb optikai kábeles összeköttetés. Bővültek az úrtávközlési lehetőségek is, az Intelsat rendszerbe kapcsolódó két új úrtávközlési földi állomás jelentősen javítja a távbeszélő forgalom lehetőségét az amerikai kontinenssel, Ausztráliával és a Távol- és Közép-Kelettel.

Sikeresen befejeződött a hazai digitális gerinchálózat kiépítése is, melynek során 1800 km mikrohullámú és 2700 km optikai kábeles hálózat épült meg. Ezzel az összes primer körzeti központ bekapcsolódhat a digitális hálózatba. Ezek az eredmények és a privatizáció révén elérhető új lehetőségek alapozzák meg a stratégiai célok elérését. Ennek első lépése az 1994-es terv, mely eddig azért nem készülhetett el, mert meg kellett várni a regionális koncessziós pályázat végeredményét. Ennek kihirdetése után tisztázódott, hogy a MATÁV Rt. 39 primer körzet szolgáltatója marad, induló vonalszáma pedig 1 millió 295 ezerre csökkent, miután a konkurens társaságok 205 ezer vonalat kapnak meg a jelenlegi hálózatból.

A terv pénzügyi vonatkozásait Ray Stewart úr, gazdasági vezérigazgató-helyettes ismertette. Bejelentette, hogy a március 17-én elfogadott anyag szerint a MATÁV Rt. 1994-ben 253 ezer fővonalat kapcsol be a hálózatba, azaz az év végére a MATÁV szolgáltatási területén újra 1,5 millió felett lesz a vonalszám. Ez a terv 19 %-os fővonali szaporulatnak felel meg, tehát a minisztérium által előírt 15,5 %-ot már az első évben sikerül túlteljesíteni. A MATÁV Rt. erre a beruházásra 64,5 milliárd forintot biztosít. Ebből több, mint 50 %-ot a cég saját forrásaiból fog fedezni. 34 milliárdot kívánnak az országos koncessziós területek fejlesztésére (29 primer körzet), 9 milliárdot a helyi koncessziókra (10 primer körzet) és 21,5 milliárdot egyéb fejlesztésekre fordítani. Ez utóbbi összeg 20-25 tételből áll, jelentősebb summát tesz ki a tranzit hálózat fejlesztése, de fontos a támogató alrendszer, tudakozó s egyéb számítógépes rendszerek továbbfejlesztése. Ezen kívül tartalmaz olyan tételeket, melyek nem távbeszélő jellegű kiadások, pl. a világkiállítás kapcsán.

Elképzeléseik szerint a 94. évi terv végrehajtását létszámleépítés nélkül hajtják végre, pontosabban a cég létszáma csak azzal az 1900 fővel csökken, akik azokon a



koncessziós területeken dolgoznak, melyek más társaságokhoz kerültek.

A beruházások műszaki tartalmáról Ulrich Schaumann úr, műszaki vezérigazgató-helyettes tartott tájékoztatót. Elmondta, hogy a 64,5 milliárdos befektetést oly módon kívánják felhasználni, hogy néhány alapvető célkitűzés megvalósulásához közelebb vigyen. Ezért amellet, hogy a koncessziós területeken biztosítják az előírt mértékű fejlesztést, el szeretnék érni, hogy az összes MATÁV által lefedett területen minden település rendelkezzen nyilvános szolgáltatással az év végére. Meg szeretnék indítani az ISDN szolgáltatást Budapesten és előre szeretnék lépni a régió távközlési centrummá válásának folyamatában. Ehhez feltétlenül szükséges a második nemzetközi kicserélő központ, melynek már a No. 7-es jelzésrendszerrel is együtt kell működnie. Ez a GSM szolgáltatók nemzetközi kapcsolatai miatt is alapvető fontosságú.

Ulrich Schaumann úr kiemelte, hogy mindezen célok elérésében az előírt 25 %-os mértéket jóval meghaladón szeretnék hazai szállítókra támaszkodni.

Az 1994-es tervben szereplő bővítésekről elmondta, hogy a 253 ezer vonalból 75 ezer Budapesten, 41 ezer pedig a Budapest vidéki igazgatóság területén lép üzembe. Közel 38 ezer vonalas bővítésre számíthat a debreceni igazgatóság, 27 ezer vonalra a miskolci, 29 ezerre a pécsi, 33 ezerre a soproni és 10 ezerre a szegedi igazgatóság. Az erős különbségek itt részben abból adódnak, hogy az eddigi igazgatóságok területeit különböző mértékben érintette a regionális koncessziók végeredménye. Azt is hangsúlyozta Schaumann úr, hogy az átmeneti időszakban a MATÁV az egész ország területén vállalja az üzemeltetést és a már aláírt szerződéseinek ott is eleget tesz, ahol időközben más szolgáltató nyerte a koncessziót.

A beruházások összegszerűségét ismertető grafikonon a 93-as és a 94-es adatok voltak összevethetők, ebből kiderült, hogy a 39 primer körzetben a tavalyi 25,7 milliárd forint helyett 43 milliárd forintot ruház be a MATÁV. A különbségek különösen a Budapest vidéki és a debreceni igazgatóság területén jelentősek.

Igazgatóság	1993	1994 (milliárd Ft)
Budapest vidéke	3	7,36
Debrecen	3	7,83
Miskolc	2,7	4,83
Pécs	3,5	6,73
Sopron	2,1	4,2
Szeged	2,5	1,49
Budapest	8,9	10,56

Mint a táblázatból látható, idén is kiemelt területként kezeli a MATÁV Rt. a budapesti hálózatot, ahol gyorsított fejlesztésű területeket jelöltek ki az ellátottság jelentős javítása érdekében. Ezek a területek: a pesti oldalon Kaposztásmegyér, Rákospalota és Újpalota; a budai oldalon Zugliger teljes területe egészen a város határáig, a Krisztina, a Városmajor, a Lágymányos központ teljes területe, valamint Gazdagrét és Kelenföld. Ez a felsorolás Buda középső harmadát fedi le teljes egészében. Ehhez társul

még Budakeszi, Budaörs és Törökbálint. Technikai újdonságot jelent, hogy a gyorsított fejlesztésű területeken 8500 vezeték nélküli előfizetői hurok telepítését is tervezik. A berendezések egy részét olyan előfizetők ellátására használják fel, akiknél a hagyományos réz érpár odavezetése nem gazdaságos, de ideiglenesen felhasználják olyan területen is, ahol a gyors hálózatfejlesztés nem lehetséges. A vezeték nélküli előfizetői hurok berendezéseinek szállítót tendereztetés keretében választják ki.

Az ISDN-re térve Schaumann úr kifejtette, hogy a ve-vőorientált MATÁV Rt. köteles figyelembe venni néhány nagyfogyasztó erre való igényét, így Budapesten létrehozna egy ISDN központot, mely lehetővé teszi, hogy rácsatlakozzanak mindazok az ISDN képességekkel is rendelkező alközpontok, melyek ezt igénylik. A hálózatban már több ilyen felhasználó is van, így a lehető leghamarabb és a lehető leggazdaságosabban igyekszik a MATÁV Rt. lépni a kérdésben. A telepített rendszer az EURO-ISDN előírásainak fog megfelelni, erre célszerű az igénylő alközpontokat is felkészíteni. A várható érdeklődés Budapesten a legnagyobb, így 1994-ben itt kezdődik a rendszer bevezetése.

Kérdésekre válaszolva a műszaki vezérigazgató-helyettes elmondta, hogy a rotary 7A2 központok cseréjét mihamarabb meg kell kezdeni, de a teljes folyamat hosszabb időt vesz igénybe. Ezért a rotary központok elektronizálása — melyet az "Elektronika 77" cég végez el — létjogosult. Hasonlóan vélekedett az ikervonalak megszüntetéséről is, ez a hátrányos helyzet nem számolható fel addig, míg a rotary központok üzemben vannak. Nem tartja viszont helyesnek a külföldi partner a beruházási hozzájárulást a fővonalak telepítéséhez, így azt, amint a lehetőségek megengedik, meg fogják szüntetni.

Szintén kérdés formájában merült fel a MATÁV Rt. leányvállalatainak a helyzete. Tomka Emil válaszában jelezte, hogy helyesebb MATÁV-csoportról beszélni, hiszen több tevékenység működik valamilyen leányvállalati formában. Ezeket a MATÁV annak idején helyesen hozta létre, de ezek fenntartása felülvizsgálatra szorul. Aminek továbbra is ilyen formában kell működnie, azok megmaradnak, de a többi társaságot lehet, hogy le kell választani a MATÁV-ról vagy vissza kell integrálni. Ezek a döntések azonban előkészítést igényelnek, várhatóan csak fél év múlva esedékesek.

Végezetül Lipp István ismertette a MATÁV Rt. vezetésének jelenlegi felállítását.

A MATÁV Rt. elnök-vezérigazgatója tehát Tomka Emil, négy vezérigazgató-helyettese pedig Dr. Láng János, Dr. Sallai Gyula, Ulrich Schaumann és E. Ray Stewart lett. A vezérigazgató távollétében Tomka úr helyettesítését Dr. Sallai Gyula látja el. A négytagú Ügyvezető Bizottság tagjai: John L. Draheim, akit április elsejétől John Anderson úr vált fel, Paul B. Grosse, Dr. Láng János és Tomka Emil. Az igazgatóságot továbbra is Tomka Emil vezeti, tagjai: András B. Bande, Dr. Csuhai V. Imre, Dr. Klaus W. Grewlich, Dr. Norbert Knoppik, Künszler Béla, Dr. Láng János, Mózs József, Dr. Sallai Gyula, Sugár András és Kenneth H. Volz.

BARTOLITS ISTVÁN  
BHG Rt. Fejlesztési Intézet



# ELŐFIZETŐI HÁLÓZATOK KORSZERŰSÍTÉSE

1994. március 1-én a Híradástechnikai Tudományos Egyesület és a Magyar Távközlési Részvénytársaság PKI Távközlésfejlesztési Intézetének közös szervezésében a PKI Andrassy úti konferenciatermében szemináriumot tartottunk az előfizetői hálózatok korszerűsítése témában. A távközlés eme szűk területének kiválasztását a téma aktualitása indokolta, és az időszerűséget a vártnál jóval nagyobb érdeklődés is bizonyította. A hallgatóság, melynek létszáma meghaladta a százat nem csupán a MATÁV Rt. szakembereinek köréből került ki. Nagy számban voltak jelen a nagy magánhálózatok és a távközlési piac képviselői is.

A gerinchálózat és kapcsolástechnika területén megvalósuló digitális átmenet, a szolgáltatási lehetőségek bővülése az előfizetői hálózattal szemben támasztott követelmények megváltozását eredményezi. A jelenlegi égető mennyiségi hiány kielégítését úgy célszerű megoldani, hogy a hálózat alkalmas, vagy előkészített legyen a már ma láttható, később bevezetésre kerülő új szolgáltatások megvalósítására.

A hagyományos, a központtól az előfizetőig vezetett réz érpáron megvalósított fizikai átvitel mellett az elmúlt években számos új megoldás született az előfizető elérésére, melyek a következők:

*Rézvezetős megoldások, a rézvezetős hálózat újrafelhasználása:*

- digitális vonaltöbbszörözők,
- nagytávolságú előfizetői PCM berendezések előfizetői primer hozzáféréshez, alközpont csatlakozáshoz,
- HDSL előfizetői primer hozzáféréshez, alközpont csatlakozáshoz,
- ADSL TV-video szolgáltatásokra.

*Fénytvközlés eszközei az előfizetői hurokban (FITL megoldások):*

- PDH multiplexálás és optikai átvitel az előfizetői hurokban,
- passzív optikai rendszerek a lakás előfizetői kiszolgálásától az üzleti alkalmazásig,
- SDH előfizetői alkalmazása városi és rurál környezetben,
- optikai megoldások kiegészítése szélessávú szolgáltatások eszközeivel: TV-video szétosztás B-ISDN, LAN, MAN kapcsolat, ATM.

*Rádiós elérés városi és rurál környezetben:*

- pont–pont rádiós hurok,
- pont–multipont rendszerek.

Az új technikák bevezetésének célja ugyan kezdetben a mennyiségi igények kielégítése, de már ma fel kell készülni az új szolgáltatások fogadására, ezért az előfizetői hálózat alkalmas kell hogy legyen:

- távbeszélő készülék csatlakoztatására,
- az analóg úton megvalósított nem-beszéd jelek átvitelére (modem, fax),
- analóg bérelt vonal kiszolgálására,
- 64 kbit/s sebességű bérelt vonali szolgáltatás jelének átvitelére,

- 2 Mbit/s sebességű bérelt vonali szolgáltatásra,
- alközpontok analóg és digitális (2 Mbit/s) csatlakoztatására,
- ISDN alap és primer sebességű kiszolgálására,
- kapcsolt adathálózati hozzáférés biztosítására,
- épület távvezérlés, távellenőrzés jeleinek átvitelére,
- biztonsági rendszerek bekötésére,
- nyilvános adatbázisok elérésére,
- LAN-ok összekapcsolására,
- TV-video szolgáltatás jeleinek átvitelére.

Az előfizetők eltérő igényei, a különböző helyi lehetőségek miatt egységes, minden körülmények között gazdaságosan alkalmazható megoldást ajánlani nem lehet.

A rézvezetős megoldások kedvező tulajdonsága az, hogy a meglévő hálózat újrafelhasználásával, a kapacitás megsokszorozásával a gazdaságos bővítés lehetőségét kínálják.

A nagytávolságú, réz érpárat használó előfizetői primer PCM átviteli készülékek vonali kódolása, vonali paramétereit a szokásos PCM vonali berendezéseknek felelnek meg, de a vevő dinamika tartománya 40 dB nagyságrendű, így — a réz érpárok átmérőjének függvényében — 2,5...3,5 km áthidalására alkalmasak. A hagyományos helyi hálózatoknál az előfizetők 80–90 %-a ezen a távolságon belül található a helyi központ környezetében, így ennek alkalmazása a kapacitás bővítés gazdaságos módja lehet.

HDSL megoldások (*High Bitrate Digital Subscriber Line*) az előzőhöz hasonlóan primer hozzáférést tesz lehetővé meglévő két vagy három réz érpár felhasználásával. A sávzélesség-takarékos vonali kódolás, az adó-vevő párok nagy dinamika tartománya és a vevők zajvédelme biztonságos átvitelt kínál 3,5...6 km távolsáig. Ez a megoldás jól tolerálja a rézvezetős előfizetői hálózatokban előforduló, a hálózat különböző szakaszaiban alkalmazott eltérő kábelek miatt megjelenő huzalátmérő, érpár típus ugrásokat.

ADSL (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*) előre és visszairányban aszimmetrikus adatsebességű hozzáférést biztosít az előfizető számára. Tipikus elérési távolság 4 km. Az előfizető irányába 2 Mbit/s sebességű szimplex átvitelt, kétirányú vezérlési célú 16 kbit/s sebességű adat csatornát és távbeszélő vagy ISDN alap hozzáférést biztosít. Az eltérő előre és vissza irányú bitsebesség miatt az ADSL kevésbé érzékeny a közelvégi áthallásra mint a HDSL rendszer. Ez az átviteli megoldás a szélessávú műsorszóró és keskenysávú kapcsolt szolgáltatások integrálását teszi lehetővé és ezzel a jövő interaktív multimédia szolgáltatásainak eszköze lehet.

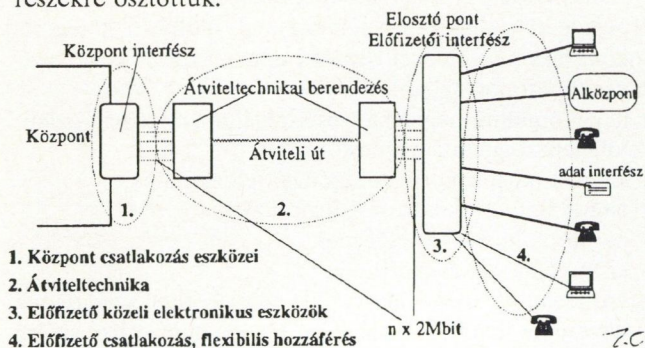
Az optikai megoldások a közeljövő előfizetői kiszolgálásának eszközei, a tömegigények gazdaságos és minőségi ellátását teszik lehetővé. Jelenleg még technikailag nem indokolt és nem gazdaságos az előfizető közvetlen optikai bekötése az üzleti nagyfogyasztók kivételével. Technikai áttörés akkor következik be ezen a területen, ha megindul — az elsősorban video/TV célú és mellékesen telefont, adatátvitelt is kiszolgáló — optikai lakáskészülékek tömeggyártása. Jelenleg az utolsó elosztó pontig történő



optikai átvitel gazdaságos, ahonnan az előfizető bekötése rézvezetékkel történik, melynek hossza célszerűen 50–500 m nagyságrendű.

A rádiós elérés eszközei jól ellátott országokban a ritkán lakott területek kiszolgálását biztosítják. Alacsony fejlettség esetén a vezetékes hálózat kiépítéséig a gyors, ideiglenes csatlakozás eszközei lehetnek.

Az egyszerű összehasonlíthatóság, az egyes technikák vegyes, kevert alkalmazásának redundanciamentes leírása érdekében az előfizetői hálózatot az 1. ábrán bemutatott részekre osztottuk.



1. ábra. Az előfizetői hálózat részei

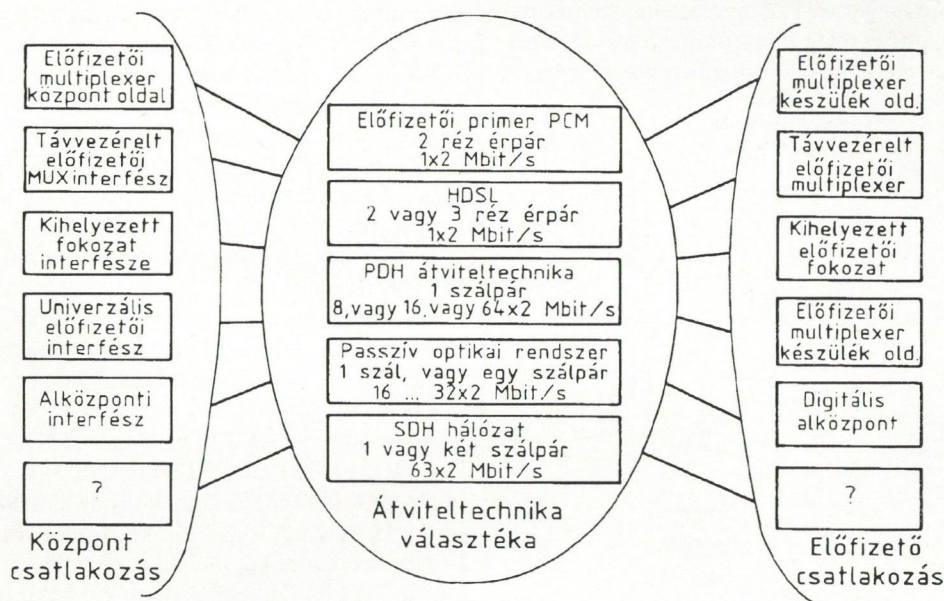
Az 1. ábra szerint felépített előfizetői hálózat rugalmassága abból adódik, hogy a 3. számmal jelölt elosztóponton jelentős, átrendezhető kapacitás és a szolgáltatások teljes skálája rendelkezésre áll.

Az adott terület tervezésénél az elsődleges adat a hosszú távon várható előfizető szám (vagy a 64 kbit/s ekvivalens) becslése, melynél végcélként, távbeszélőre az 1. táblázat adatai alkalmazhatók.

1. táblázat. Irányszámok az elérendő ellátottságra

Terület	Ellátottság (száz lakosra)
Budapest	80
Nagyváros	65
Város	50
Üdülő terület	55
Község (és külváros)	30

A kezdetben elérendő ellátottság meghatározása a tényleges igények és ésszerű tartalékok alapján történhet a járulékos szolgáltatások kapacitásigényének figyelembevételével, de a bővíthetőséget célszerű legalább a táblázatban megadott határokig tervezni.



2. ábra. A nagykapacitású előfizetői rendszerek eszközválasztéka

A végcélként tekintett kiépítettség adatokból következik, hogy a kiskapacitású megoldások csak átmenetileg képesek az igényeket kielégíteni. A tömeges előfizető kiszolgálás eszközeinek bemutatása a 2. ábrán látható, az előfizetői hálózat korábban vázolt szakaszokra bontásának megfelelően. Az előfizetői elosztó hálózatokban is szabványos, egységes 2 Mbit-es csatlakozások miatt az átviteltechnika különböző megoldásai bármely interfész párt kiszolgálhatnak és a különböző megoldások jól illeszthetők az eltérő kapacitás igényekhez. Sajnálatos, hogy a központcsatlakozás eszközei még kevésbé univerzálisak milyenségük az előfizetői interfész fajtájához (legtöbb esetben csak saját gyártón belül) kötődnek.

Ezen a területen a V5... szerinti központ interfészek bevezetése jelenti a megoldást. A V5.1 szabvány (ETS 300 324-1...4) szerinti központ interfész távbeszélő és ISDN alap hozzáférést tesz lehetővé, 2 Mbit/s-os központ csatlakozással. A V5.2 interfész az 5.1 szolgáltatásai mellett ISDN primer hozzáférést, alkőzponti és koncentrátor csatlakozást is támogat. Bevezetésével szükségtelenné válik a központ interfészek széles választékának alkalmazása, ezért a nagy európai távközlési szolgáltatók már kinyilvánították az említett szabványok szerinti előfizetői központ interfészek rendszeresítését hálózatunkban.

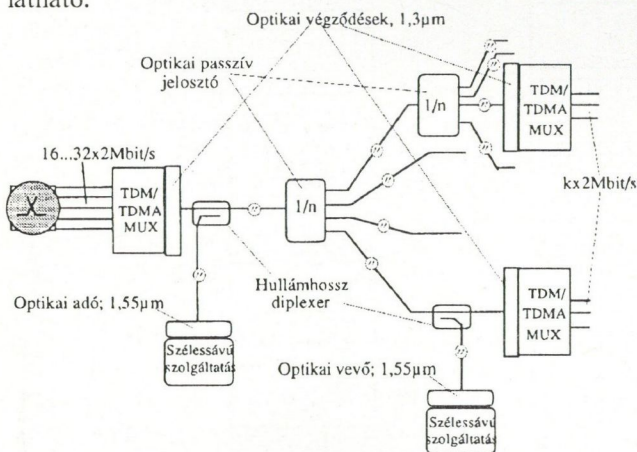
Az alkalmazható átviteltechnika széles választéka a szükséges kapacitás kielégítéséhez szükséges rendszervá-



lasztás mellett az adott területhez jól illeszkedő, gazdaságosan alkalmazható topológia kiválasztását is megteremti. Az előfizetői primer PCM, HDSL és ADSL berendezések a pont-pont kapcsolat, a PDH alapú hálózat az aktív csillag, a passzív optikai megoldás a passzív csillag, pont-multipont elérés, az SDH átviteli rendszer elsősorban a gyűrű struktúra eszközkészletét jelenti.

A nagykapacitású előfizetői elosztó hálózatokban alkalmazható PDH és SDH rendszerek azonosak a központi és gerinchálózati alkalmazásra tervezett rendszerekben alkalmazott berendezésekkel, így ezt az átviteltechnikát alkalmazva nagy távolságok áthidalhatók: a városi alkalmazás mellett a rurál előfizetői hálózatok eszközei lehetnek.

A passzív optikai elosztó rendszerek kifejlesztése előfizetői alkalmazás céljára történt, így ez az átviteltechnika eszközeiben, módszereiben a hagyományostól jelentősen eltér. Az optikai elosztó hálózat teljesen passzív, így az elosztó hálózat nem korlátozza az alkalmazást, nincs korlát az átviteli módra, hullámhosszra, sáv szélességre, így ez a megoldás jelentősen jövőtálló. Az adás irányban a multiplexálási mód hagyományos TDM. A különböző távolságokban lévő és ezért eltérő késleltetési idővel elérhető végponti berendezések miatt a multiplexálás vissza irányban TDMA. A tipikus hálózat méret — elsősorban késleltetés korlát miatt — 10 km nagyságrendű, így a passzív optikai megoldás elsősorban nagyvárosi környezetben alkalmazható. A 3. ábrán egy kettős csillag struktúrájú szélessávú szolgáltatásokkal kiegészített passzív optikai rendszer vázlata látható.



3. ábra. Kettős csillag struktúrájú PON vázlata

A passzív optikai hálózatban az adás- és vételirány szétválasztása hagyományosan kétszálú megoldással vagy egyetlen szálon hullámhossz multiplexeléssel vagy irányérzékeny optikai csatolók alkalmazásával lehetséges. Egyszálú, egyhullámhosszú megoldás rendkívül takarékos, de érzékeny a reflexiókra, ezért elterjedése csak kisebb kapacitású rendszerekben várható. Az egyszálú kéthullámhosszú megoldásnál tipikusan 1,3 µm hullámhosszat alkalmaznak előre irányban, és 1,55 µm-t vissza irányban. A kétszálú megoldásnál a kapcsolt szolgáltatás átviteli rendszere pl. 1,3 µm hullámhosszon működhet, így szabad marad az

1,55 µm-es hullámhossz a szélessávú szolgáltatásokra. A kétszálú megoldás hátránya a kétszeres szálfelhasználás és a dupla mennyiségben szükséges passzív osztó. A 3. ábrán vázolt 2 Mbit/s sebességű jelszétosztás mellett számos kisebb kapacitású végberendezés áll az optikai eszközkészletben rendelkezésre, melyek közül sokban a rendszerbe integrálva jelenik meg a fizikai csatlakozás végződéskészlete, az előfizetői csatlakozó kártya is. Az előfizetői oldal még gazdaságos méretét 4x64 kbit/s-ban (négy távbeszélővonal) határozták meg.

A lehetséges új megoldások ésszerű alkalmazása érdekében a helyi hálózatok tervezésénél előfizetői kategóriánként más-más elveket célszerű alkalmazni. A következő előfizetői csoportokban:

- nagy forgalmú hagyományos szolgáltatást igénylő üzleti,
- többlet szolgáltatást igénylő üzleti,
- kiemelt megbízhatóságot igénylő felhasználók,
- nagyszámú csatlakozást igénylő üzleti,
- nagyforgalmú lakás-előfizető,
- kisforgalmú lakás-előfizető

eltérő technikai megoldásokat, az adott körben gazdaságos módszereket lehet alkalmazni melyhez a bemutatott széles és állandóan bővülő eszközválaszték áll rendelkezésre.

Az új előfizetői elérési módszerek tömeges elterjedése alapvetően megváltoztathatja a jelenlegi hálózatképet; a központok számát, méretét és előfizetői területét, már nem a korlátozott képességű és méretű előfizetői hálózathoz kell igazítani. A központok mérete beruházás és üzemeltetés szempontjából optimalizálható, mely a jelenleg meg szokottnál várhatóan jóval nagyobb lesz.

A vázolt technikai lehetőségek köré csoportosítva, kiemelve az optikai megoldások fontosságát, a március 1.-i szeminárium előadásai négy szekcióban hangzottak el:

1. A fénytávoközlés berendezései az előfizetői hurokban, FITL megoldások
2. Különleges technológiák az optikai előfizetői hálózatban
3. Rádiós elérés városi és rurál környezetben
4. Rézvezetős megoldások, adat, video-szolgáltatások, szélessávú átvitel.

Az előadók az ALCATEL Austria, NKT, MALICO, Philips TRT, PKI-FI és OPTOTRANS Kft. szakemberei voltak. A felsorolásból látható, hogy az előadók két körből kerültek ki: részben a gyártók képviselői voltak, akik termékeiket, rendszereiket műszaki megoldásaikat ismertették, másrészt a PKI szakemberei, akik a hálózati megoldásokat, a rendszerekkel szemben támasztott követelményeket a választékból történő kiválasztás szempontjait mutatták be. Kedvező volt, hogy az egyes megoldások műszaki szakmai ismertetése összehasonlítása mellett jelentős hangsúlyt kapott a megoldás ára, a gazdaságossági kérdések vizsgálata is.

A szeminárium egy sikeres kezdeti próbálkozás volt, melynek tapasztalatai és a távközlés ezen területének gyors fejlődése miatt az esemény rendszeres megismétlését tervezzük.

Az előadásokból a Magyar Távoközlés márciusi számában válogatás jelent meg.

ZORKÓCZY ZOLTÁN  
PKI Távoközlésfejlesztési Intézet



## A MATÁV RT. CSOPORT SAT-NET KFT.-JE

A SAT-NET Műholdas Szolgáltató Kft. kb. 30 kvalifikált híradástechnikai mérnököt foglalkoztat, akik közül egyesek nemzetközi szervezetekben is aktív tevékenységet folytatnak (IEC, CCIR, CCITT). A Kft. munkatársai szoros kapcsolatban állnak a magyarországi nagy számítástechnikai szervezetekkel (SZKI, KFKI, DEC, IBM, BME), és ez az együttműködés a legkorszerűbb átviteli rendszerek gyors megvalósítását teszi lehetővé.

### 1. TEVÉKENYSÉGI KÖR

A SAT-NET Kft., amely a MATÁV Rt. tulajdonában van, 1991 decemberében alakult. Fő tevékenysége üzleti úrtávközlési kapcsolatok létesítése a földi vezetékes hálózattól független műholdas összeköttetések gyors megvalósításával, magyarországi és nemzetközi adatátviteli összeköttetések biztosítására. A kft. több mint kétszáz műholdas VSAT terminált telepített Magyarországon, amelyek folyamatosan üzemelnek, igen megbízhatóak, rugalmasan illeszkednek a felhasználók különleges igényeihez, és kívánságra csatlakoztathatók a magyar, és ezen keresztül a nemzetközi csomagkapcsolt adathálózatokhoz.

Az összeköttetések megvalósításán túlmenően a SAT-NET Kft. feladatkörébe tartozik az ügyfelek kommunikációs igényének felmérése, a kívánt távközlési hálózat tervezése és rendszerbe integrálása. A Kft. két és fél éves tevékenysége során számtalan ügyféllel és külföldi szolgáltatóval hozott létre gyümölcsöző kapcsolatot, a magyarországi műholdas szolgáltatók közül a legtöbb VSAT terminált üzemelteti, és immár évek óta úttörő tevékenységet fejt ki a hazai műholdas hírközlés elterjesztésében. Ennek eredményeképpen jöhettek létre azok a kiterjedt műholdas hálózatok, amelyek bankfiókok és kereskedőhálózati egységek között a nap minden órájában gyors és megbízható adatátviteli kapcsolatot biztosítanak. A Kft. sikereit nem utolsósorban sokféle szolgáltatást átfogó tevékenységének köszönheti: a szolgáltatási „csomag” kiterjed az ügyfelek kommunikációs igényeinek felmérésére, az összeköttetések tervezésére és rendszerbe integrálására, a helyszínek feltérképezésére, a berendezések telepítésére és átadására, majd hosszú évek során az üzemvitelre és a karbantartásra.

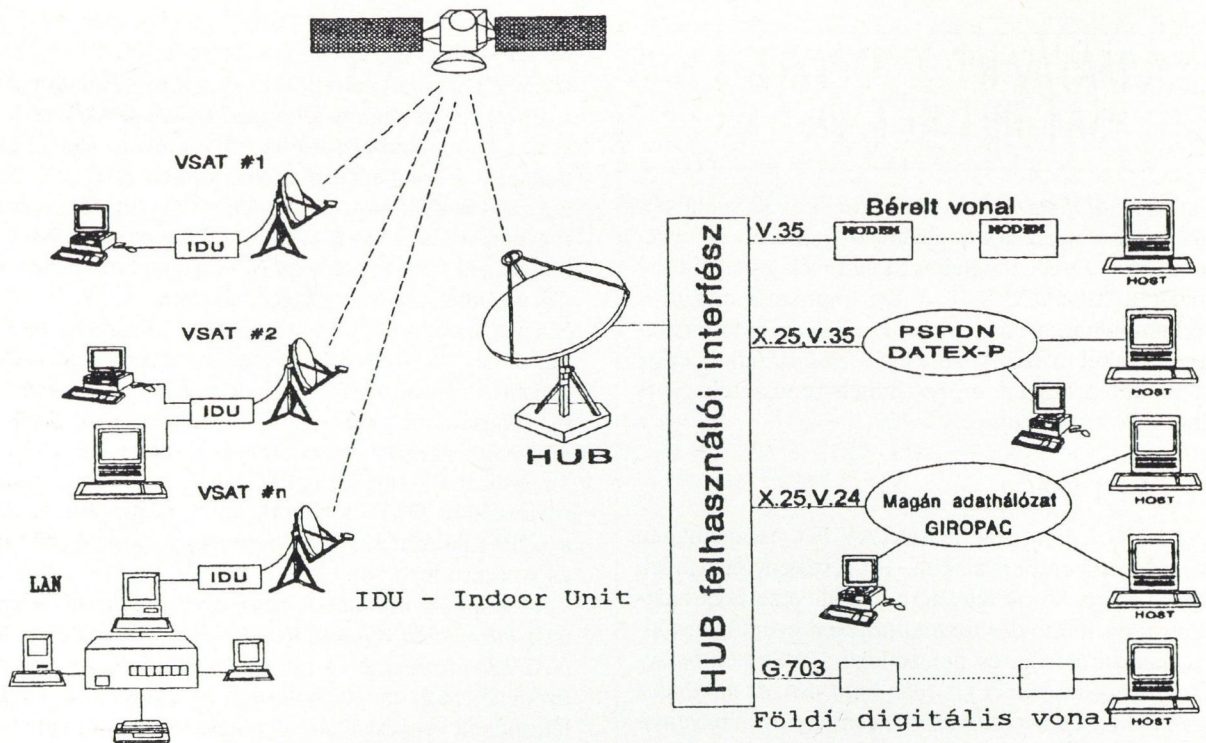
### 2. SZOLGÁLTATÁSOK

1. A SAT-NET vállalja hazai pénzintézetek és több telephelyes hazai vállalatok adatátviteli hálózatának teljeskörű kialakítását TDM/TDMA rendszer és központi (hub) állomás alkalmazásával. A Kft. egyik legnagyobb folyamatban lévő projektje, amelynek keretében 1994 februárig 30 terminál telepítésére került sor, a Lippai-Hajnal Kft. autóalkatrész raktárkezelő hálózat kialakítása. A Magyar Külügyminisztérium budapesti központi állomása több külföldi magyar nagykövetséggel tart kapcsolatot a SAT-

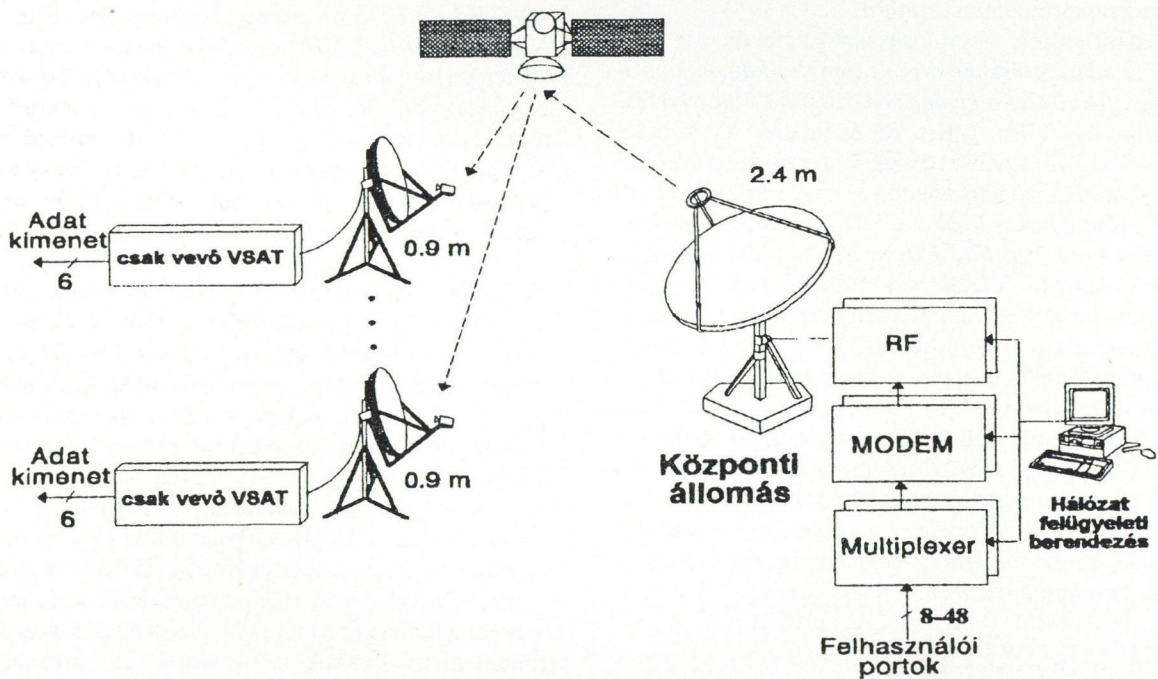
NET Kft. által telepített VSAT terminálokkal (Bukarest, Moszkva, Kiev, Prága), az MTI pedig 20 TDM/TDMA terminált üzemeltet tudósítói és az MTI adatbank közötti kétirányú adatátvitel biztosítására. A SAT-NET műholdas kapcsolata biztosít összeköttetést az IBUSZ Bank budapesti, zalaegerszegi és kecskeméti fiókjai, valamint a Közép-európai Hitelbank budapesti, győri, pécsi és nyíregyházi irodái között, és hasonlóképpen a SAT-NET termináljaival épül ki a Cereol Növényolajipari Vállalat és a Coca-Cola Hungary országos hálózata.

- Magyarországon a tisztán műholdas összeköttetéseknel talán még nagyobb jelentőségű a vegyes műholdas/földi vonalas hálózat: a PLEASE Adatátviteli Szolgáltató Kft. nyilvános csomagkapcsolt X.25 hálózatát 70 SAT-NET műholdas állomás hosszabbítja ki olyan helyszínekre, amelyek földi vonallal nem érhetőek el, ily módon biztosítva számos OTP és Kereskedelmi Bank fiók, valamint a GIRO hálózat számára a pénzügyi tranzakciók gyors és korszerű lebonyolítását.
- Több mint 30 műholdas nemzetközi pont-pont összeköttetés hazai földi állomásai külföldön is öregbítik a SAT-NET Kft. hírnevét: ezek nagy kapacitású és folyamatosan üzemelő, nagy megbízhatóságú adatátviteli kapcsolatot létesítenek vegyesvállalatok magyarországi telephelye és a külföldön már üzemben lévő adatátviteli hálózat között, külföldi szolgáltatók közreműködésével (Unisource, Teleport Europe, Telecom Denmark, Bundespost Telekom, ANT Bosch Telecom, France Telecom, Spaceline, Orion Network Systems). Néhány ilyen megvalósított összeköttetés: Budapest-Stockholm (Ericsson), Törökbálint-Nürnberg (Schöller-Budatej), Budapest-Frankfurt (Reuters), Győr-Ingolstadt (Audi), Budapest-Amsterdam (Budapesti Holland Nagykövetség), Budapest-Franciaország (VISA/Postabank), Budapest-Brüsszel (Squire amerikai ügyvédi iroda), Budapest-Düsseldorf (Westdeutsche Landesbank).
- Kiépülőben van a SAT-NET mikrohullámú digitális elosztó hálózata 64 kbps sebességű adatátvitel biztosítására Budapest és környéke térségében, amely az ügyfelek nagysebességű adatátviteli igényeinek kielégítésére szolgál. Ún. sub-rate multiplexer kártya alkalmazásával arra is lehetőség van, hogy egy 64 kbps-os csatorna több kisebb sebességű csatornára legyen alásztva: pl. négy 9,6 kbps-os csatorna adatjelek, PCM alapú távbeszélő jelek és/vagy telefax jelek egyidejű átvitelét biztosíthatja egyetlen 64 kbps-os csatornán. A hálózat központi állomása Gödöllőn van elhelyezve az MTI telephelyén, a Jánoshegyen pedig ismétlőállomás szolgál a körzet mikrohullámú átlátásának biztosítására. Ilyen összeköttetést használ a MALÉV a ferihegyi repülőtéren lévő terminálja és a Hyatt szállodában lévő számítóközpontja között, továbbá a Cereol Növényolajipari Vállalat két budapesti számítóközpontja között. A tervek szerint a SAT-NET Kft. műholdas hálózatának saját hub állomása is Gödöllőn fog felépülni, ami lehetővé teszi majd az adatátvitel késleltetési idejének lényeges csökkentését: a budapesti ügyfelek „hub-host” összeköttetéseit műholdas útvonalak helyett a mikrohullámú hálózat útvonalai biztosíthatják majd.





1. ábra. A SAT-NET Kft. műholdas TDM/TDMA hálózata



2. ábra. A SAT-NET Kft. műholdas adatszóró hálózata

5. Hírányagok elosztására szolgál a SAT-NET Kft. adatszórési (data broadcast) szolgáltatása hírügynökségek, szerkesztőségek, rendőrségi szervek és pénzügyintézetek számára, az MTI Naphegy téri központjában a SAT-NET által telepített adóállomással. Az MTI 1993 májusától alkalmazza ezt a korszerű adatszórési rendszert: 40 „csak vevő” típusú terminál működik Magyarországon és a környező országokban, amelyek szerkesztőségekben és külföldi

hírügynökségekben biztosítják az MTI szöveges hírányagainak, továbbá színes és fekete-fehér képanyagainak percrekésztételét. A rendszer kiváló minőségű adatcsatornát biztosít  $10^{-11}$  hibaarányal az idő 99,9 %-ában, az átviteli sebesség aszinkron átvitel esetén max. 19,2 kbps, szinkron átvitel esetén max. 64 kbit/s. Az adatszóró állomás külföldi szolgáltatók számára is rendelkezésre áll: ezek közül elsőként a pozsonyi FINSAT pénzügyi



információs szolgáltató biztosítja ügyfelei számára tözsdei árfolyamok és hitelkártya érvényességi adatok vételét olyan műholdas állomásokkal, amelyek a Budapestről sugárzott adatokat veszik.

6. A SAT-NET Kft. támogatja a londoni székhelyű globális INMARSAT hálózat magyar felhasználóit az INMARSAT terminálok forgalmazásával, továbbá üzemeltetésének és karbantartásának biztosításával, valamint bemutatók szervezésével. Az INMARSAT nemcsak a hálózat műholdas termináljai között, hanem valamelyik műholdas terminál és a nemzetközi távbeszélő hálózat bármely állomása között is biztosít összeköttetést. 1993 márciusában Fa Nándor híres földkörüli vitorlázása során többször került sor üzenetváltásra a SAT-NET Kft. telephelyén üzemelő INMARSAT Standard C típusú terminál közvetítésével.
7. Tervezés alatt áll video-konferencia szolgáltatás bevezetése nemzetközi konferenciák, nemzetközi vegyes vállalati tanácskozások és oktatási célt szolgáló előadások lebonyolítására a BCN, a CENTEL és a SAT-NET Kft. közös szervezésében. 1993 márciusában a SAT-NET Kft. már megvalósított egy nemzetközi video-konferenciát a Magyar Távirati Iroda központja és a német ANT BOSCH TELECOM vállalatnak a hannoveri CEBIT vásáron létesített kiállítási standja között.

### 3. NEMZETKÖZI KAPCSOLATOK

A SAT-NET Kft. számos nagy külföldi szolgáltatóval hozott létre együttműködési szerződést, és szoros kapcsolatokat épített ki szolgáltató és gyártó partnerekkel. Ilyenek például az INTELSAT, EUTELSAT, INMARSAT, TELESPAZIO, TELEPORT EUROPE, FRANCE TELECOM (FCR), BRITISH TELECOM, TELECOM DENMARK, UNISOURCE, ANT BOSCH TELECOM (mint szolgáltató és mint gyártó), COMSAT, DEUTSCHE BUNDESPOST TELEKOM, AT&T TRIDOM, COMSTREAM, ORION NETWORK SYSTEMS, SPACELINE.

Összefoglalólag megállapítható: a SAT-NET Kft. kiterjedt kapcsolatrendszere garancia arra, hogy a kft. a legjobb gazdasági és műszaki feltételek biztosításával és rövid időn belül tudja kielégíteni ügyfeleinek kommunikációs igényeit.

SÁRKÁNY TAMÁS  
MATÁV SAT-NET Kft.

## AZ SFMT-MONTANA TELECOM KFT. ÉS TEVÉKENYSÉGÉNEK BEMUTATÁSA

Az SFMT-Montana Telecom Kft. az igen eredményesen működő Montana csoport távközlésre, informatikára, VSAT technikára és a kapcsolatos szolgáltatásokra specializálódott tagja. Az SFMT-Montana teljeskörű távközlési és informatikai szolgáltatásokat nyújt régi és új üzleti partnereinek.

Az SFMT-Montana létrejött a Montana Holding, a neves magyar számítástechnikai és távközlési magáncég és az amerikai SFMT Inc. szerződéséhez fűződik. A szerződést 1993 végén írták alá és 1994. január 13-án közös sajtóköz-

leményben tették közzé. A szerződés alapján az SFMT Inc. a Montana Telecom Kft. 75 %-os részét szerezte meg.

Az SFMT Inc. egy amerikai pénzügyi, befektető társaság. A társaság sikeres vállalkozással rendelkezik az USA-ban. Az SFMT évek óta különös figyelmet fordít Kelet-Közép-Európa távközlési piacaira. A volt KGST-országok – így a SZU, illetve a FÁK – távközlése egyik úttörőjének tekinthető. Ezekben az országokban adatkommunikációs és távbeszélő hálózatok tulajdonosa, résztulajdonosa.

A Montanával létrejött megállapodása révén az SFMT piacokhoz jut Közép-Európában, egyidejűleg az SFMT-Montana Telecom Kft. 200 millió forint alaptőkéjű vállalkozásként folytatja munkáját és hozzájut a növekedéshez szükséges forrásokhoz.

A Montana Telecom Kft. még megalakulása előtt, már 1991 óta foglalkozott a VSAT technikával és szolgáltatásokkal, a VSAT technika hazai meghonosításával. A Montana véleménye szerint a műholdas távközlés, a műholdas adatkommunikáció igen nagy lehetőségeket rejt magában, figyelemmel a hazai távközlési infrastruktúra fejlettségi viszonyainak jellegzetességeire.

#### Az SFMT-Montana Kft. főbb szolgáltatásai:

- a kívánt rendszer építőelemeinek leszállítása,
- meglévő rendszerekkel való integrálása,
- gazdaságilag és műszakilag optimalizált megoldás kidolgozása,
- magasszintű távközlési és informatikai szolgáltatások nyújtása,
- színvonalas oktatás,
- gyors, hatékony szervíz,
- ügyfélcentrikus vevőszolgálat.

A Montana az általa Magyarországon bevezetendő VSAT technológia kiválasztásakor arra törekedett, hogy a megrendelőit, üzletfeleit világszínvonalú eszközökhöz és kommunikációs lehetőségekhez juttassa. Így eshetett a választás a világhírű AT&T amerikai cégre, illetve annak egyik leányvállalatának, az AT&T Tridom amerikai vállalatnak Clearlink rendszerére, amely kiváló műszaki paraméterei mellett igen előnyös ár/teljesítmény tulajdonságokkal is rendelkezik. A választással a Montana az AT&T hazai forgalmazójaként is megjelenik.

Az AT&T Tridom Clearlink VSAT rendszere klasszikus csillag architektúrájú. A VSAT rendszer, beleértve a HUB állomást is, az OSI (Open Systems Interconnection) modell szerint került kialakításra. A rendszer az X.25 interfésszel és protokollal működik, de egyéb interfészek és protokollok is használhatók széles választékban. Egy VSAT rendszer hálózati központjában egy megfelelő számítógép, pl. DEC, VAX számítógép láthatja el a vezérlési, feldolgozási és felügyeleti feladatokat.

A Clearlink rendszer számos hagyományos és értéknövelő (VAS – Value Added Services), valamint üzleti célokra kiválóan alkalmas szolgáltatást kínál a felhasználók és az üzemeltető számára. Rendszer-felhasználók lehetnek a szolgáltatók, magán (privát) felhasználók, kormányzati szervek.

A Clearlink rendszer hagyományos jellegű, de mint VSAT rendszer, újszerű szolgáltatásokat nyújt:

- beszédkommunikáció,
- üzleti video-, illetve képátviteli szolgáltatások,



- interaktív és kötegelte adatátvitel (BATCH),
- adat- és video- (kép, grafika) szórás.

A Clearlink rendszer főbb adatkommunikációs tulajdonságai és szolgáltatásai:

- VSAT terminálok kapcsolódása a Hub-hoz műholdon keresztül, hostok, terminálok, távoli terminálok csatlakozása,
- VSAT hostok, terminálok kapcsolódása távközlési hálózatokhoz, folyamatos szolgálat-opció, PSTN, illetve PSPDN kapcsolódás, CCITT szerinti modem kapcsolódási lehetőségek,
- VSAT terminálok és vezérjeles gyűrű átjáró (token ring gateway) csatlakozása, kapcsolódás LAN rendszerekhez,
- VSAT terminálokhoz adatvonal kapcsoló rendszer megosztott Hub felhasználásokhoz és LAN-LAN hálózatok közötti kapcsolódásokhoz,
- fejlett hálózat management, diagnosztikai rendszer és szolgáltatásai.

A Clearlink rendszer család figyelemre méltó tagja a Clearlink System 400 VSAT rendszer, amely fejlett, integrált (adat, beszéd, video) szolgáltatásokat tesz lehetővé a felhasználók számára. A System 400 VSAT rendszer szoftverrel konfigurálható modemet tartalmaz. Ez lehetővé teszi egy sor műholdas átviteli mód beprogramozását és igénybevételét. Mind a Clearlink VSAT, mind a Clearlink System 400 VSAT rendszerek a C és a Ku sávokban egyaránt alkalmazhatók.

Az SFMT-Montana Telecom Kft. a VSAT rendszervlasztással és a szolgáltatásokkal kapcsolatos tevékenysége igazolta, hogy a VSAT technika és a kapcsolódó szolgáltatások a Montana csoport legdinamikusabban fejlődő üzletágává váltak. A Montana nevéhez fűződik több, a hazai és nemzetközi viszonylatban is jelentős VSAT alapú kommunikációs hálózat megvalósítása. Így példaként említhetők a Colonia Biztosító Rt., a Magyar Köztársaság Külügyminisztériuma, a Nemzeti Üdülési és Utazási Iroda Kft., a Szerencsejáték Rt. számára létesített, illetve üzemeltetett VSAT rendszerek. A Szerencsejáték Rt. fogadóirodáinak számára összesen 83 végponttal rendelkező országos rendszert telepített.

Az SFMT Montana Telecom Kft. az IBM céggel is sikeres együttműködést folytat, amelynek keretében 1994 elején újabb 24 VSAT terminállal már 115-re növelte eddigi végpontjainak számát. A társaság az év végéig további 150-200 VSAT telepítését tervezi, így az állomások száma mintegy 300-ra emelkedik.

A Montana VSAT rendszereinek megfelelő üzemeltetése azonban már megkívánja egy hazai Hub létesítését, amelynek telepítése mintegy 3 millió USD beruházási költséget igényel. Ennek megvalósítása már az SFMT-Montana keretében fog megtörténni. Az AT&T Tridom Clearlink Hub földi állomása, amely mind a C, mind a Ku sávban üzemelhet, igen alkalmas a fentiekben ismertetett szolgáltatások színvonalas megvalósítására, valamint fejlett hálózat- és átvitel-management és -felügyelet megvalósítására.

A VSAT terminálok számára 1,2-3,5 m, a Hub számára 3,5-6,1 m átmérőjű parabola antennák használhatók a frekvenciasávtól, valamint a rendszertervezési feltételektől függően.

Az SFMT-Montana által megvalósított, üzemeltetett

rendszerek mindig a nemzetközileg elfogadott szabványok szerint és a legfejlettebb technika felhasználásával létesülnek. Ennek következtében a rendszerek folyamatos, gazdaságos fejlesztése, bővítése mindenkor lehetséges. A Montana minőségi termék választéka, magasszintű szakmai munkája, igen magasan kvalifikált szakemberei és felhasználó-orientált szolgáltatásai az üzleti sikerek és a működési stabilitás zálogát nyújtják.

Az SFMT-Montana Telecom Kft. sikereinek folytatását jól szolgálja az amerikai SFMT Inc. megjelenése a Kft.-ben. A Kft. további sikeres működése érdekében tevékenykedik Mr. Louis T. Toth, az SFMT közép-európai igazgatója, Pesti István, a Montara Telecom Kft. ügyvezető igazgatója és munkatársai. Terveik között szerepel, hogy vállalatuk Közép-Európa távközlési piacain igen erős pozíciókat szerezzen.

DÁRDAI ÁRPÁD

## HUNGARO DIGITEL: A MEGOLDÁS

A Hungaro DigiTel Kft. 1990-ben vegyevsállalként alapított távközlési szolgáltató cég, alaptőkéje 241 millió Ft. Meghatározó tulajdonosai: az Antenna Hungaria Rt., amely kimagasló háttérrel rendelkezik a rádiókommunikációs távközlés terén, valamint a MARCONI Communications Global SA., mely biztosítja Portugália teljes kontinentális távközlési forgalmának lebonyolítását. További tulajdonosok: a Műszertechnika Holding Rt. és a Távközlési Kutató Intézet.

A Hungaro DigiTel az a műholdas szolgáltató, amely Magyarországon elsőként telepített műholdas feladó állomást (hub-ot) is magában foglaló VSAT hálózatot. Ez a kísérleti hálózat az ország legnagyobb biztosító társaságával, az ÁB-AEGON Általános Biztosító Rt.-vel együttműködve került üzembe helyezésre 1992-ben. A rendszer az ÁB-AEGON budapesti központját kötötte össze a vidéki fiókokkal.

A Hungaro DigiTel országos kiterjedésű VSAT hálózata a jelenleg hozzáférhető legmodernebb, AT&T Tridom által nyújtott technológiára épül. A világranglistán vezető helyet elfoglaló rendszer ár, teljesítőképesség, valamint a szolgáltatások támogatása tekintetében nagy elismertségnek örvendő és számos díjat nyert. A legújabb generációs AT&T Tridom Clearlink System 400 rendszer mögött több, mint tíz éves műholdas tapasztalat áll.

A Hungaro DigiTel teljeskörű szolgáltatást kíván megvalósítani, így döntésénél nemcsak a technológia kiemelkedő minőségét, hanem az AT&T Tridom felhalmozott szolgáltatói tapasztalatait is figyelembe vette. Az AT&T Amerika legnagyobb távközlési szolgáltatója, míg maga a Tridom cég a legnagyobb VSAT osztott rendszerű hub-szolgáltató. Felhalmozott tapasztalatait egy speciális program keretében mind a Hungaro DigiTel rendelkezésére állnak.

A szolgáltatás megteremtéséhez a Hungaro DigiTel 3,4 millió USA dollár értékben írta alá a beszállítói szerződést. Ennek keretében a Hungaro DigiTel egy 8,1 méter átmérőjű antennával rendelkező hub-ot telepít Budapesten. A kiválasztott berendezés, valamint a nagyméretű hub antena lehetővé teszi a Hungaro DigiTel számára, hogy a fel-

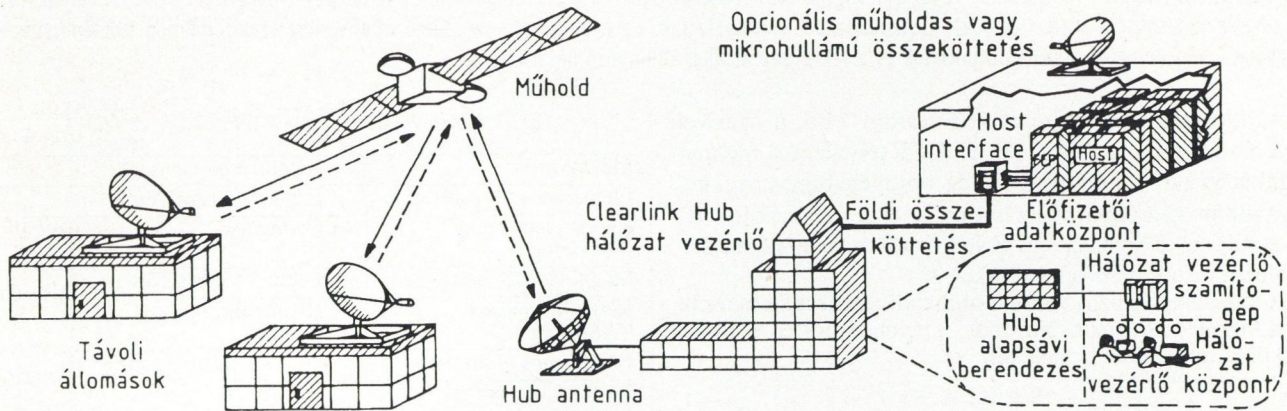


használók telephelyein a hagyományos 1,8 méter átmérőjű antennáknál kisebbeket telepítsen. Mindezt természetesen a szolgáltatás színvonalával szemben támasztott magas követelmények megtartása mellett. Az 1,2 méter átmérőjű antennák használata még gyorsabb telepíthetőséget és jelentős költségmegtakarítást eredményez a felhasználók számára. A hub telepítése megkezdődött, üzembe állítása 1994 tavaszán fejeződik be.

A rendszer a számítógépes protokollok nagy választé-

kát biztosítja. Ezek között megtalálható az összes elterjedt szabványos szinkron/aszinkron protokoll, emellett a rendszer közvetlen LAN csatlakozást is lehetővé tesz.

Az AT&T Tridom rendszer rugalmasságát mutatja a műholdas csatorna használata is. Ez ahelyett, hogy egy adott jellegű forgalomhoz (pl. ATM, file-átvitel, hang) mereven illeszkedne, dinamikusan alkalmazkodik az éppen átvitt forgalom jellegéhez, s így jelentősen kedvezőbb műholdas csatornakapacitás kihasználtság érhető el vele.



1. ábra. A Hungaro DigiTel VSAT hálózat elemei

A Hungaro DigiTel VSAT rendszer a következő főbb egységekből épül fel: hub, Host interface, VSAT-ok, központi hálózatfelügyeleti rendszer és a műhold (lásd az 1. ábrát). A hub foglalja magában a központi kapcsológépet, a szükséges átviteli berendezéseket és a hálózatvezérlő (NMS) rendszert.

A Host interface-hez, amely a hub-nál vagy a felhasználói adatközpontban helyezkedik el, csatlakozik a felhasználó Host-számítógépe. A felhasználó telephelyein lévő berendezéseket a VSAT-ok kapcsolják a rendszerhez. A központosított hálózatfelügyeletet a hálózatot vezérlő központ biztosítja, amely folyamatosan figyeli a teljes hálózat mű-

ködését. Maga a műhold, a hub és a VSAT terminálok között átjátszó szerepet tölt be. A felhasználói hálózat csillag topológiájú, a központban álló hub-ot Ku-frekvenciasávú műholdas csatornák kötik össze a VSAT-okkal.

A Hungaro DigiTel megrendelőinek a ma létező legmodernebb technológiák felhasználásával magas szintű szolgáltatást ajánl versenyképes árakon. A fő hangsúlyt a színvonalas szolgáltatásra helyezi, melynek újbóli megteremtése a magyar távközlésben elengedhetetlen. A Hungaro DigiTel célkitűzése, hogy két éven belül a magyarországi VSAT-piac 50 százalékát mondhatta magáénak.

Hungaro DigiTel Kft.  
1118 Dayka G. u. 3/b.



## AZ ELEKTROMÁGNESES TÉR HATÁRFELTÉTELEIRŐL

VÁGÓ ISTVÁN

A Maxwell egyenletekben szereplő  $H$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $E$  térjellemező mennyiségek a különböző közegek határfelületén határfeltételeknek tesznek eleget. A határfelületen felléphetnek egyszeres vagy kettős rétegek. Gyakran ezen rétegek zárják le az elektromágneses teret. A térjellemező mennyiségeket sokszor skalár- és vektorpotenciálokból származtatjuk. Ez a dolgozat – a szerző által ismert szakirodalmon túlmenően is – tárgyalja a térjellemezők, a skalárpotenciálok és a vektorpotenciálok különböző határfeltételeit.

Az elektromágneses teret közvetlenül leíró, a Maxwell egyenletekben szereplő  $H$ ,  $B$ ,  $E$ ,  $D$ ,  $J$  térjellemező mennyiségeket gyakran határozzuk meg potenciálfüggvényekkel. Így szokásos az elektromos  $\varphi$  skalár- és  $A$  vektorpotenciál, ill. a mágneses  $\psi$  skalár- és  $F$  vektorpotenciál alkalmazása. Előfordul ezek módosított alakja is.

A  $\varphi$  skalár- és az  $A$  vektorpotenciált akkor alkalmazzák, ha a vizsgált tartományban nincs mágneses töltés és áram. Ekkor a tartomány belsejében

$$B = \text{rot } A \quad (1)$$

$$E = -\text{grad } \varphi - \frac{\partial A}{\partial t} \quad (2)$$

A  $\psi$  skalár- és az  $F$  vektorpotenciál alkalmazása esetén a vizsgált tartományban nincs elektromos áram és töltés. Ekkor

$$D = \text{rot } F \quad (3)$$

$$H = -\text{grad } \psi + \frac{\partial F}{\partial t} \quad (4)$$

(1)-ből, illetve (3)-ből következik, hogy tetszőleges  $c$  görbe által határolt  $S$  felületre:

$$\int_S B \, dS = \oint_c A \, dl, \text{ ill. } \int_S D \, dS = \oint_c F \, dl \quad (5)$$

A potenciálok a Maxwell egyenletekből levezethető parciális differenciálegyenleteknek (Laplace-Poisson-, Helmholtz-, hullámegyenletnek) tesznek eleget, amelyek egyértelmű megoldásához megfelelő határfeltételeket kell megadni. A határfeltételeket két csoportba soroljuk: a folytonossági feltételeknél a határfelületnek mindkét oldalán fellép elektromágneses tér, a peremfeltételeknél pedig a határfelület egyik oldalán nincsen tér. Utóbbi esetben a határfelületet peremfelületnek hívjuk. A peremfeltételek két alaptípusa a Dirichlet, illetve a Neumann típusú peremfeltétel. Dirichlet típusú peremfeltételnél a peremfelületen a skalárfüggvény értéke, a vektoriális függvény érintő irányú komponense, Neumann típusúnál a skalár gradiensek normális, a vektor rotációjának érintő irányú komponense előírt. Vegyes típusú a peremfeltétel, ha a peremfelület egy részén Dirichlet, más részén Neumann típusú a peremfeltétel.

A határfelületen valamilyen egyszeres vagy kettős töltés- vagy áramréteg helyezkedhet el. Az ilyen határrétegek elnevezését, a jellemzésükre használt mennyiségeket és ezek jelét foglalja össze az 1. táblázat. Ilyen réteg a peremfelületeken mindig fellép, ilyen esetben ez a réteg zárja le az elektromágneses teret.

1. táblázat. Felületi rétegek jellemzője és jele

Megnevezés	Jellemző mennyiség	Jel
Elektromos töltésréteg	Felületi töltéssűrűség	$\rho_s$
Kettős elektromos töltésréteg	Nyomaték	$\underline{\underline{\nu}}$
Mágneses töltésréteg	Felületi töltéssűrűség	$\eta_s$
Kettős mágneses töltésréteg	Nyomaték	$\underline{\underline{\kappa}}$
Elektromos áramréteg	Felületi áramsűrűség	$J_s$
Kettős elektromos áramréteg	Nyomaték	$\underline{\underline{\lambda}}$
Mágneses áramréteg	Felületi töltéssűrűség	$K_s$
Kettős mágneses áramréteg	Nyomaték	$\underline{\underline{\chi}}$

A továbbiakban a határfelület egyik oldalán a közegek térjellemezőket, valamint a potenciálokat 1 indexszel, a másik oldalán pedig 2 indexszel jelöljük.

### 1. A POTENCIÁLOK FOLYTONOSSÁGI FELTÉTELEI HATÁRRÉTEG NÉLKÜLI FELÜLETEKRE

A térjellemezők ismert folytonossági feltételeit [1], [2], [3] a 2. táblázat tartalmazza arra az esetre, ha a határfelületen nincs semmiféle töltés- vagy áramréteg. ( $n$ -nel a felületre merőleges egységvektort jelöljük.) Ebből (2), illetve (4) alapján időben állandó térre a határréteg nélküli esetre felírhatók a skalárpotenciálok folytonossági feltételei (3. táblázat).

2. táblázat. Térjellemezők folytonossági feltételei határréteg nélküli felületen

$n \times (E_1 - E_2) = 0$	$n(D_1 - D_2) = 0$
$n \times (H_1 - H_2) = 0$	$n(B_1 - B_2) = 0$

A (2), illetve a (4) egyenletben a skalárpotenciál gradiense szerepel, így a vizsgált tartomány egy pontjában a potenciál értéke szabadon választható és ez a választás a határfelülettel elválasztott térrészekben egymástól független lehet. Célszerű olyan választással élni, hogy a számítás a legegyszerűbb legyen. Ez gyakran azt jelenti, hogy a különböző térrészek zérus potenciálú helyét egy közös pontban választjuk. Ekkor a határfelületen a skalárpotenciál folytonos, ha itt nincs határréteg.



3. táblázat. Időben állandó skalárpotenciálok folytonossági feltételei határréteg nélküli felületen

$\varphi_1 - \varphi_2 = 0$	$n(\epsilon_1 \text{grad } \varphi_1 - \epsilon_2 \text{grad } \varphi_2) = 0$
$\psi_1 - \psi_2 = 0$	$n(\mu_1 \text{grad } \psi_1 - \mu_2 \text{grad } \psi_2) = 0$

Dirichlet típusú peremfeltétel kielégítése egyúttal meghatározza a zérus potenciálú helyet, Neumann típusú peremfeltételénél azonban ezt fel kell venni.

(1), illetve (3) a vektorpotenciálok rotációját adja. A vektorpotenciálok divergenciája szabadon választható. Leggyakoribb a Coulomb-mérték szerinti

$$\text{div } \mathbf{A} = 0, \text{ ill. } \text{div } \mathbf{F} = 0 \quad (6)$$

vagy homogén, izotrop közeg esetén alkalmazható Lorentz-feltételnek megfelelő

$$\text{div } \mathbf{A} = -\mu\epsilon \frac{\partial \varphi}{\partial t}, \text{ ill. } \text{div } \mathbf{F} = \mu\epsilon \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (7)$$

választás.

Az időben változó tér egyenleteiből a Lorentz-feltétellel (2)-ből, illetve (4)-ből a skalárpotenciálok kiküszöbölhetők. Ekkor kapjuk a

$$\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = -\frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} + \text{grad} \left( \frac{1}{\mu\epsilon} \text{div } \mathbf{A} \right) \quad (8)$$

$$\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = \frac{\partial^2 \mathbf{F}}{\partial t^2} - \text{grad} \left( \frac{1}{\mu\epsilon} \text{div } \mathbf{F} \right) \quad (9)$$

összefüggéseket.

A vektorpotenciált divergenciájának megválasztásával még nem tettük egyértelművé. Ha a vektorpotenciálhoz hozzáadjuk a  $\mathbf{v} = \text{grad } \alpha$  vektort, ahol  $\Delta \alpha = 0$ , akkor  $\text{rot } \mathbf{v} = 0$ ,  $\text{div } \mathbf{v} = 0$  és így az  $\mathbf{A}$ , ill.  $\mathbf{F}$  vektorpotenciál rotációja és divergenciája ugyanaz, mint az

$$\mathbf{A}_0 = \mathbf{A} + \text{grad } \alpha, \text{ ill. } \mathbf{F}_0 = \mathbf{F} + \text{grad } \alpha \quad (10)$$

potenciáloké. Vagyis, ha az  $\mathbf{A}$ , illetve az  $\mathbf{F}$  vektorpotenciál kielégíti a rá vonatkozó egyenleteket, akkor  $\mathbf{A}_0$ , illetve  $\mathbf{F}_0$  is kielégíti ugyanezeket. Ha a vektorpotenciál Dirichlet típusú peremfeltételt elégíti ki, akkor szükségszerű, hogy a peremfelületen  $\mathbf{n} \times \text{grad } \alpha = 0$  legyen. Ez azt jelenti, hogy a peremfelületen  $\alpha$  állandó, ez pedig egyszerűen összefüggő peremfelület esetén csak úgy lehetséges, ha a tartomány belsejében  $\text{grad } \alpha \equiv \mathbf{0}$  és  $\alpha \equiv$  állandó.

Ha a vektorpotenciál Neumann típusú peremfeltételnek tesz eleget, akkor — miután  $\text{rot } \text{grad } \alpha \equiv \mathbf{0}$  — ez az  $\alpha$ -ra nem jelent megkötést, vagyis a vektorpotenciál a vizsgált tartomány egy pontjában tetszőleges értékűre választható. Ezen választás után a vektorpotenciál a vizsgált tartományban egyértelmű.

Mínt hogy különböző jellemzőkkel bíró két közeg határréteg nélküli határfelületén a  $\mathbf{B}$  mágneses indukció, illetve a  $\mathbf{D}$  eltolási vektor normális komponense folytonos (2. táblázat),  $\mathbf{A}$  és  $\mathbf{F}$  tangenciális komponense folytonosnak vehető fel. A határfelület tetszőleges  $c$  görbe által határolt  $S$  felületére ugyanis

$$\int_S \mathbf{B}_1 d\mathbf{S} = \int_S \mathbf{B}_2 d\mathbf{S}, \quad \int_S \mathbf{D}_1 d\mathbf{S} = \int_S \mathbf{D}_2 d\mathbf{S} \quad (11)$$

és így (5) alapján

$$\oint_c \mathbf{A}_1 d\mathbf{l} = \oint_c \mathbf{A}_2 d\mathbf{l}, \quad \oint_c \mathbf{F}_1 d\mathbf{l} = \oint_c \mathbf{F}_2 d\mathbf{l} \quad (12)$$

Ez biztosan teljesül, ha

$$\mathbf{n} \times (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2) = \mathbf{0}, \text{ ill. } \mathbf{n} \times (\mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2) = \mathbf{0}. \quad (13)$$

Ez nem következik szükségszerűen (12)-ből, mert (10) szerint (12) különböző  $\alpha$  értékek mellett is teljesül.  $\alpha$  értéke választható úgy, hogy (13) a határfelület egy pontjában fennálljon. Ha viszont (13) egy pontban teljesül, akkor (12) alapján a határfelület minden pontjában fennáll.

A vektorpotenciálok normális komponensére vonatkozó folytonossági feltételt először időben változó térre  $\varphi = 0$ , illetve  $\psi = 0$  esetén vizsgáljuk. Ekkor a Lorentz-feltétel a Coulomb mértékbe megy át, vagyis  $\text{div } \mathbf{A} = 0$ , ill.  $\text{div } \mathbf{F} = 0$ . (8), illetve (9) alapján:

$$\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}, \text{ ill. } \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial t} \quad (14)$$

Határréteg nélküli felületre  $\mathbf{E}$ , illetve  $\mathbf{H}$  normális komponensére vonatkozó folytonossági feltételből idő szerinti integrálással kapjuk, hogy

$$\mathbf{n}(\epsilon_1 \mathbf{A}_1 - \epsilon_2 \mathbf{A}_2) = 0 \quad (\text{div } \mathbf{A} = 0, \varphi = 0) \quad (15)$$

$$\mathbf{n}(\mu_1 \mathbf{F}_1 - \mu_2 \mathbf{F}_2) = 0 \quad (\text{div } \mathbf{F} = 0, \psi = 0) \quad (16)$$

Ha a vektorpotenciál divergenciájára a Lorentz-feltétel vonatkozik, akkor felbontjuk a vektorpotenciált normális és tangenciális összetevőre

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}_n + \mathbf{A}_\tau, \text{ ill. } \mathbf{F} = \mathbf{F}_n + \mathbf{F}_\tau \quad (17)$$

Kimutatható [4], hogy az általánosság megszorítása nélkül lehetséges a

$$\text{div } \mathbf{A}_\tau = 0, \text{ ill. } \text{div } \mathbf{F}_\tau = 0 \quad (18)$$

választás. Ekkor a (8), ill. a (9) egyenlet alapján:

$$\frac{\partial E_n}{\partial t} = -\frac{\partial^2 A_n}{\partial t^2} + \frac{1}{\mu\epsilon} \frac{\partial^2 A_n}{\partial n^2},$$

ill.

$$\frac{\partial H_n}{\partial t} = \frac{\partial^2 F_n}{\partial t^2} - \frac{1}{\mu\epsilon} \frac{\partial^2 F_n}{\partial n^2} \quad (19)$$

A vektorpotenciálok normális irányú komponense  $\mathbf{J} = \mathbf{0}$  esetén eleget tesz a

$$\Delta A_n - \mu\epsilon \frac{\partial^2 A_n}{\partial t^2} = 0, \text{ ill. } \Delta F_n - \mu\epsilon \frac{\partial^2 F_n}{\partial t^2} = 0 \quad (20)$$

homogén hullámegyenletnek. A  $\Delta$  operátort felbontjuk tangenciális és normális irány szerinti operátor összegé-re:

$$\Delta = \Delta_\tau + \frac{\partial^2}{\partial n^2}, \quad (21)$$

így

$$\epsilon \frac{\partial E_n}{\partial t} = -\frac{1}{\mu} \Delta_\tau A_n, \text{ ill. } \mu \frac{\partial H_n}{\partial t} = \frac{1}{\epsilon} \Delta_\tau F_n \quad (22)$$

A 2. táblázatból következik, hogy a (22) egyenletek bal oldala a határréteg nélküli felületen folytonos, így a jobb oldala is az.  $\tau$  szerinti kétszeres integrálással kapjuk, hogy

$$\frac{1}{\mu_1} A_{1n} = \frac{1}{\mu_2} A_{2n},$$

$$\mathbf{n} \left( \frac{1}{\mu_1} \mathbf{A}_1 - \frac{1}{\mu_2} \mathbf{A}_2 \right) = 0 \quad (\text{div } \mathbf{A} = -\mu\epsilon \frac{\partial \varphi}{\partial t}) \quad (23)$$

$$\frac{1}{\epsilon_1} F_{1n} = \frac{1}{\epsilon_2} F_{2n},$$

$$\mathbf{n} \left( \frac{1}{\mu_1} \mathbf{F} - \frac{1}{\mu_2} \mathbf{F}_2 \right) = 0 \quad (\text{div } \mathbf{F} = \mu\epsilon \frac{\partial \psi}{\partial t}), \quad (24)$$



ahol az integrálási állandókra zérus adódik. (Megjegyezzük, hogy  $\mathbf{J} \neq 0$  esetén is ugyanez az eredmény.)

A numerikus térszámításnál előnyös, ha a határfelületen a vektorpotenciál mindkét komponense folytonos. A tangenciális komponensre — mint láttuk — ez teljesíthető. (2), illetve (4) értelmében a vektorpotenciál normális komponensének és a skalárpotenciál gradiense normális komponensének együttesen kell a folytonossági feltételt biztosítani. Így a vektorpotenciál normális irányú komponensének folytonosságát biztosíthatjuk azáltal, hogy a skalárpotenciál gradiense normális komponense speciális folytonossági feltételt teljesít. A (2) és a 2. táblázat alapján írható, hogy

$$\varepsilon_1 \left( \frac{\partial A_{1n}}{\partial t} + \mathbf{n} \text{ grad } \varphi_1 \right) = \varepsilon_2 \left( \frac{\partial A_{2n}}{\partial t} + \mathbf{n} \text{ grad } \varphi_2 \right). \quad (25)$$

Ha

$$A_{1n} = A_{2n} = A_n, \quad \mathbf{n} (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2) = 0, \quad (26)$$

akkor

$$\mathbf{n} (\varepsilon_1 \text{ grad } \varphi_1 - \varepsilon_2 \text{ grad } \varphi_2) = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \frac{\partial A_n}{\partial t}. \quad (27)$$

A (4) és a 2. táblázat alapján

$$\mu_1 \left( \frac{\partial F_{1n}}{\partial t} - \mathbf{n} \text{ grad } \psi_1 \right) = \mu_2 \left( \frac{\partial F_{2n}}{\partial t} - \mathbf{n} \text{ grad } \psi_2 \right). \quad (28)$$

Ha

$$F_{1n} = F_{2n} = F_n, \quad \mathbf{n} (\mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2) = 0, \quad (29)$$

akkor

$$\mathbf{n} (\mu_1 \text{ grad } \psi_1 - \mu_2 \text{ grad } \psi_2) = (\mu_1 - \mu_2) \frac{\partial F_n}{\partial t}. \quad (30)$$

A vektorpotenciálok folytonossági feltételeit határréteg nélküli felületre a 4. táblázat tartalmazza. Az első három sorban a vektorpotenciál normális komponensére vonatkozó folytonossági feltételek találhatók. A negyedik sorban a tangenciális komponens folytonossága van felírva, amelynek — mint (13) után láttuk — nem kell szükségszerűen teljesülnie.

A vektorpotenciálok folytonossági feltételei ismeretében az időben változó skalárpotenciálok folytonossági feltételeire tehetünk megállapításokat. (2), (4) és a 2. táblázat alapján felírható az elektromos és a mágneses térerősség folytonossági feltétele határréteg nélküli felületre:

$$\mathbf{n} \times \left( \frac{\partial \mathbf{A}_1}{\partial t} + \text{grad } \varphi_1 \right) = \mathbf{n} \times \left( \frac{\partial \mathbf{A}_2}{\partial t} + \text{grad } \varphi_2 \right), \quad (31)$$

ill.

$$\mathbf{n} \times \left( \frac{\partial \mathbf{F}_1}{\partial t} - \text{grad } \psi_1 \right) = \mathbf{n} \times \left( \frac{\partial \mathbf{F}_2}{\partial t} - \text{grad } \psi_2 \right). \quad (32)$$

(13) figyelembevételével

$$\mathbf{n} \times \text{grad } (\varphi_1 - \varphi_2) = 0, \quad \varphi_1 = \varphi_2, \quad (33)$$

ill.

$$\mathbf{n} \times \text{grad } (\psi_1 - \psi_2) = 0, \quad \psi_1 = \psi_2 \quad (34)$$

az időben állandó esetre kapott eredménnyel megegyezően.

4. táblázat. Vektorpotenciálok folytonossági feltételei határréteg nélküli felületen

	megkötés		megkötés
$\mathbf{n} (\varepsilon_1 \mathbf{A}_1 - \varepsilon_2 \mathbf{A}_2) = 0$	$\text{div } \mathbf{A} = 0$ $\varphi = 0$	$\mathbf{n} (\mu_1 \mathbf{F} - \mu_2 \mathbf{F}) = 0$	$\text{div } \mathbf{F} = 0$ $\psi = 0$
$\mathbf{n} \left( \frac{\mathbf{A}_1}{\varepsilon_1} - \frac{\mathbf{A}_2}{\varepsilon_2} \right) = 0$	$\text{div } \mathbf{A} = -\mu \varepsilon \frac{\partial \varphi}{\partial t}$	$\mathbf{n} \left( \frac{\mathbf{F}_1}{\varepsilon_1} - \frac{\mathbf{F}_2}{\varepsilon_2} \right) = 0$	$\text{div } \mathbf{F} = \mu \varepsilon \frac{\partial \psi}{\partial t}$
	megkötés		megkötés
$\mathbf{n} (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2) = 0$	$\mathbf{n} \left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \text{ grad } \varphi_1 - \text{grad } \varphi_2 \right) =$ $= \left( 1 - \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right) \frac{\partial A_n}{\partial t}$	$\mathbf{n} (\mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2) = 0$	$\mathbf{n} \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} \text{ grad } \psi_1 - \text{grad } \psi_2 \right) =$ $= \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} - 1 \right) \frac{\partial F_n}{\partial t}$
$\mathbf{n} \times (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2) = 0$		$\mathbf{n} \times (\mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2) = 0$	

## 2. TÖLTÉSRETEGEK ÉS KETTŐS TÖLTÉSRETEGEK

Az elektromos és a mágneses tér határfeltételei a töltésrétegeken és a kettős töltésrétegeken az 5. táblázat szerintiek.

A kettős töltésréteg két egymástól  $\Delta l$  távolságra ( $\Delta l \rightarrow 0$ ) lévő töltésrétegből áll és az egyik töltésréteg  $\Delta S_1$  felületén a felületi elektromos, illetve mágneses töltéssűrűség  $\rho_s$ , illetve  $\eta_s$ ,  $\Delta S_1$ -től  $\Delta l$  távolságra a másik töltésréteg  $\Delta S_2$  felületelemén pedig  $-\rho_s$ , ill.  $-\eta_s$  ( $\Delta S_1 = \Delta S_2$ ). A kettős töltésréteg jellemzője a  $\underline{\nu}$ , illetve a  $\underline{\kappa}$  kettősréteg nyomatók, amelyet a

$$\underline{\nu} = \mathbf{n} \nu = \rho_s \Delta l, \quad \text{ill.} \quad \underline{\kappa} = \mathbf{n} \kappa = \eta_s \Delta l \quad (35)$$

definiál, ahol  $\Delta \mathbf{l} = \Delta l \mathbf{n}$  és  $\mathbf{n}$  iránya  $\Delta S_2$ -től  $\Delta S_1$  felé mutat.

Az 5. és a 6. táblázat első sora arra az esetre vonatkozik, ha a határfelületen  $\rho_s$  elektromos felületi töltéssűrűség van. A második sor a határfelületen elhelyezkedő  $\eta_s$

mágneses töltéssűrűség esetére érvényes és az első sorral analóg összefüggéseket tartalmaz.

5. táblázat. Térjellemzők folytonossági feltételei töltésrétegeken és kettős töltésrétegeken

$\rho_s$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2) = 0$	$\mathbf{n} (\mathbf{D}_1 - \mathbf{D}_2) = \rho_s$
$\eta_s$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{H}_1 - \mathbf{H}_2) = 0$	$\mathbf{n} (\mathbf{B}_1 - \mathbf{B}_2) = \eta_s$
$\underline{\nu}$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2) = \frac{1}{\varepsilon_d} \text{rot } \underline{\nu}$	$\mathbf{n} (\mathbf{D}_1 - \mathbf{D}_2) = 0$
$\underline{\kappa}$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{H}_1 - \mathbf{H}_2) = \frac{1}{\mu_d} \text{rot } \underline{\kappa}$	$\mathbf{n} (\mathbf{B}_1 - \mathbf{B}_2) = 0$



Az 5. és a 6. táblázat harmadik sora a határfelületen lévő  $\underline{\nu}$  momentumú elektromos, a negyedik sora a  $\underline{\kappa}$  momentumú mágneses kettős töltésrétegre tartalmaz folytonossági feltételeket.  $\epsilon_d$ , illetve  $\mu_d$  a két réteg közötti homogén közeg permittivitását, illetve permeabilitását jelöli. Az 5. táblázatban a harmadik sor második oszlopa — amelyet az irodalom eddig nem közölt — a 6. táblázat harmadik sorának második oszlopában lévő egyenletből következik:

$$\begin{aligned} \mathbf{n} \times \text{grad} (\varphi_1 - \varphi_2) &= \\ &= \mathbf{n} \times (\mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_1) = -\frac{1}{\epsilon_d} \mathbf{n} \times \text{grad} \nu \end{aligned} \quad (36)$$

6. táblázat. Időben állandó skalárpotenciálok folytonossági feltételei töltésrétegeken és kettős töltésrétegeken

$\rho_s$	$\varphi_1 - \varphi_2 = 0$	$\mathbf{n}(\epsilon_1 \text{grad} \varphi_1 - \epsilon_2 \text{grad} \varphi_2) = -\rho_s$
$\eta_s$	$\psi_1 - \psi_2 = 0$	$\mathbf{n}(\mu_1 \text{grad} \psi_1 - \mu_2 \text{grad} \psi_2) = -\eta_s$
$\underline{\nu}$	$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\nu}{\epsilon_d}$	$\mathbf{n}(\epsilon_1 \text{grad} \varphi_1 - \epsilon_2 \text{grad} \varphi_2) = 0$
$\underline{\kappa}$	$\psi_1 - \psi_2 = \frac{\kappa}{\mu_d}$	$\mathbf{n}(\mu_1 \text{grad} \psi_1 - \mu_2 \text{grad} \psi_2) = 0$

Kimutatható, hogy sima felületen  $\text{rot} \mathbf{n} = \mathbf{0}$  és így

$$\text{rot} \underline{\nu} = \text{rot} \mathbf{n} \nu = \text{grad} \nu \times \mathbf{n}, \quad (37)$$

azaz

$$\mathbf{n} \times (\mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2) = \frac{1}{\epsilon_d} \text{rot} \underline{\nu}. \quad (38)$$

A 6. táblázat második oszlopa azzal a feltételezéssel érvényes, hogy a határréteggel elválasztott két térrész zérus potenciálú helye azonos. Ennek megfelelően egyszeres töltésrétegek esetén a potenciál folytonos a határfelületen, míg a kettősrétegeken a potenciál  $\nu/\epsilon_d$ -vel, illetve  $\kappa/\mu_d$ -vel ugrásszerűen változik.

Az 5. és a 6. táblázat alapján felírhatók a folytonossági feltételek  $\rho_s = 0$ ,  $\eta_s = 0$ ,  $\underline{\nu} = \mathbf{0}$ ,  $\underline{\kappa} = \mathbf{0}$  esetre. Ekkor megkapjuk a 2. és a 3. táblázatnak megfelelő összefüggéseket.

7. táblázat. Térjellemezők peremfeltételei töltésrétegeken és kettős töltésrétegeken

$\rho_s$	$\mathbf{n} \times \mathbf{E} = \mathbf{0}$	$\mathbf{n} \cdot \mathbf{D} = \rho_s$
$\eta_s$	$\mathbf{n} \times \mathbf{H} = \mathbf{0}$	$\mathbf{n} \cdot \mathbf{B} = \eta_s$
$\underline{\nu}$	$\mathbf{n} \times \mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_d} \text{rot} \underline{\nu}$	$\mathbf{n} \cdot \mathbf{D} = 0$
$\underline{\kappa}$	$\mathbf{n} \times \mathbf{H} = \frac{1}{\mu_d} \text{rot} \underline{\kappa}$	$\mathbf{n} \cdot \mathbf{B} = 0$

A peremfeltételek is felírhatók az 5. és a 6. táblázat alapján (7. és 8. táblázat). Ekkor a vizsgált tartomány határán fellépő töltésréteg, illetve kettős töltésréteg egyik oldalán nincs elektromágneses tér. Így pl. a 2. indexszel jelölt térjellemezők nullával egyenlőek, a  $\varphi_2$ , illetve a  $\psi_2$  skalárpotenciál pedig állandó ( $\mathbf{n} \times \text{grad} \varphi_2 = \mathbf{0}$ ,  $\mathbf{n} \times \text{grad} \psi_2 = \mathbf{0}$ ). Az 1. indexet elhagytuk.

8. táblázat. Időben állandó skalárpotenciálok peremfeltételei töltésrétegeken és kettős töltésrétegeken

$\rho_s$	$\mathbf{n} \times \text{grad} \varphi = \mathbf{0}$ $\varphi = \text{áll.}$	$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = -\frac{\rho_s}{\epsilon}$
$\eta_s$	$\mathbf{n} \times \text{grad} \psi = \mathbf{0}$ $\psi = \text{áll.}$	$\frac{\partial \psi}{\partial n} = -\frac{\eta_s}{\mu}$
$\underline{\nu}$	$\mathbf{n} \times \text{grad} \varphi = -\frac{1}{\epsilon_d} \text{rot} \underline{\nu}$	$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0$
$\underline{\kappa}$	$\mathbf{n} \times \text{grad} \psi = -\frac{1}{\mu_d} \text{rot} \underline{\kappa}$	$\frac{\partial \psi}{\partial n} = 0$

### 3. ÁRAMRÉTEGEK ÉS KETTŐS ÁRAMRÉTEGEK

Ismert, hogy elektromos áramrétegen a mágneses térerősség tangenciális komponense ugrásszerűen változik, míg a mágneses indukció normális komponense folytonos. Mágneses áramrétegnél az elektromos térerősség tangenciális komponense változik ugrásszerűen, és az eltolási vektor normális komponense folytonos (9. táblázat).

9. táblázat. Térjellemezők folytonossági feltételei áramrétegeken és kettős áramrétegeken

$\mathbf{J}_s$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{H}_1 - \mathbf{H}_2) = \mathbf{J}_s$	$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{B}_1 - \mathbf{B}_2) = 0$
$\mathbf{K}_s$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2) = -\mathbf{K}_s$	$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{D}_1 - \mathbf{D}_2) = 0$
$\underline{\lambda}$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{H}_1 - \mathbf{H}_2) = \mathbf{0}$	$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{B}_1 - \mathbf{B}_2) = \mu_d \text{div} \underline{\lambda}$
$\underline{\chi}$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2) = \mathbf{0}$	$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{D}_1 - \mathbf{D}_2) = -\epsilon_d \text{div} \underline{\chi}$

A térkomponensek folytonossági feltételeiből kapjuk  $\text{rot} \mathbf{A}$ , illetve  $\text{rot} \mathbf{F}$  normális és tangenciális komponensének folytonossági feltételeit (10. táblázat).  $\mathbf{B}$ , illetve  $\mathbf{D}$  normális komponense az elektromos, illetve mágneses áramrétegen folytonos és így élhetünk azzal a feltételezéssel, hogy folytonos  $\mathbf{A}$ , ill.  $\mathbf{F}$  tangenciális komponense is.

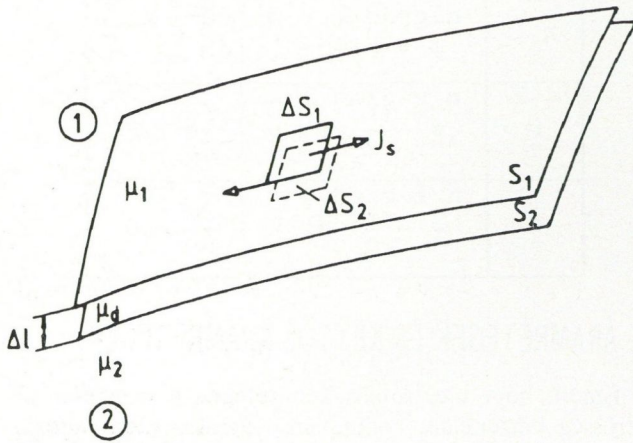
Kettős elektromos, illetve mágneses áramrétegen az  $S_1$  felület  $\Delta S_1$  elemén  $\mathbf{J}_s$ , illetve  $\mathbf{K}_s$  az  $S_2$  felületnek  $\Delta S_1$ -től  $\Delta l$  távolságban lévő  $\Delta S_2$  elemén  $-\mathbf{J}_s$ , illetve  $-\mathbf{K}_s$  az áramsűrűség ( $\Delta l \rightarrow 0$ ,  $\Delta S_1 = \Delta S_2$ ), (1. ábra).



10. táblázat. Vektorpotenciálok folytonossági feltételei áramrétegeken és kettős áramrétegeken

$J_s$	$\mathbf{n} \times \left( \frac{1}{\mu_1} \text{rot } \mathbf{A}_1 - \frac{1}{\mu_2} \text{rot } \mathbf{A}_2 \right) = \mathbf{J}_s$	$\mathbf{n}(\text{rot } \mathbf{A}_1 - \text{rot } \mathbf{A}_2) = 0$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2) = 0$
$K_s$	$\mathbf{n} \times \left( \frac{1}{\epsilon_1} \text{rot } \mathbf{F}_1 - \frac{1}{\epsilon_2} \text{rot } \mathbf{F}_2 \right) = -\mathbf{K}_s$	$\mathbf{n}(\text{rot } \mathbf{F}_1 - \text{rot } \mathbf{F}_2) = 0$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2) = 0$
$\underline{\lambda}$	$\mathbf{n} \times \left( \frac{1}{\mu_1} \text{rot } \mathbf{A}_1 - \frac{1}{\mu_2} \text{rot } \mathbf{A}_2 \right) = 0$	$\mathbf{n}(\text{rot } \mathbf{A}_1 - \text{rot } \mathbf{A}_2) = \mu_d \text{div } \underline{\lambda}$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2) = -\mu_d \underline{\lambda}$
$\underline{\chi}$	$\mathbf{n} \times \left( \frac{1}{\epsilon_1} \text{rot } \mathbf{F}_1 - \frac{1}{\epsilon_2} \text{rot } \mathbf{F}_2 \right) = 0$	$\mathbf{n}(\text{rot } \mathbf{F}_1 - \text{rot } \mathbf{F}_2) = -\epsilon_d \text{div } \underline{\chi}$	$\mathbf{n} \times (\mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2) = \epsilon_d \underline{\chi}$

1. ábra



A kettős felületi elektromos, illetve mágneses áramréteg egy pontjában a mágneses térerősség érintő irányú komponensére a 2. ábra jelöléseivel az

$$\mathbf{n} \times (\mathbf{H}_1 - \mathbf{H}) = \mathbf{J}_s \quad (39)$$

és az

$$\mathbf{n} \times (\mathbf{H} - \mathbf{H}_2) = -\mathbf{J}_s \quad (40)$$

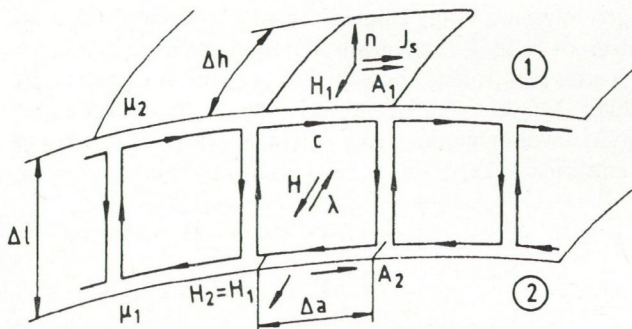
összefüggés írható fel. Ezekből pedig

$$\mathbf{n} \times (\mathbf{H}_1 - \mathbf{H}_2) = \mathbf{0}, \quad (41)$$

vagyis kettős elektromos áramrétegen a mágneses térerősség tangenciális komponense folytonos. Ebből (1) felhasználásával

$$\mathbf{n} \times \left( \frac{1}{\mu_1} \text{rot } \mathbf{A}_1 - \frac{1}{\mu_2} \text{rot } \mathbf{A}_2 \right) = \mathbf{0}. \quad (42)$$

2. ábra



A kettős áramréteget a 2. ábrán látható módon

$$I = J_s \Delta h \quad (43)$$

áramú,  $J_s$ -re merőlegesen  $\Delta h$  mélységű,  $\Delta a$  szélességű, áramhurkokból állónak tekintjük. Egy-egy ilyen áramhurkok elektromágneses momentuma:

$$\mathbf{m} = \Delta l \times \mathbf{J}_s \Delta h \Delta a, \quad (44)$$

ahol  $\Delta l = \Delta l \mathbf{n}$  iránya a  $\Delta S_2$ -től a  $\Delta S_1$  felé mutat. A kettős áramréteg  $\underline{\lambda}$  nyomatékát a

$$\underline{\lambda} = \frac{1}{\Delta a \Delta h} \mathbf{m} = \Delta l \times \mathbf{J}_s, \quad \lambda = J_s \Delta l \quad (45)$$

összefüggéssel definiáljuk.

A vektorpotenciált a két réteg között  $\mathbf{A}^d$ -val jelölve és ezt a két réteg által alkotott  $\mathbf{m}$  elektromágneses momentumú áramhurkok mentén integrálva

$$\oint_c \mathbf{A}^d dl = (A_{1\vartheta}^d - A_{2\vartheta}^d) \Delta a = \mu_d H_b \Delta a \Delta l \quad (46)$$

összefüggést kapjuk, ahol  $\mu_d$  a két réteg közötti homogén közeg permeabilitása.  $\vartheta$  indexszel az egyik,  $b$  indexszel az erre merőleges másik tangenciális komponenst jelöljük. Ebből

$$H_b \Delta l = \frac{1}{\mu_d} (A_{1\vartheta}^d - A_{2\vartheta}^d). \quad (47)$$

(39), (45) és (47) alapján írható, hogy

$$H_b \Delta l - H_{1b} \Delta l = \frac{1}{\mu_d} (A_{1\vartheta}^d - A_{2\vartheta}^d) - H_{1b} \Delta l = -J_s \Delta l = -\lambda. \quad (48)$$

Ha  $\Delta l \rightarrow 0$ , akkor  $H_{1b} \Delta l \rightarrow 0$ , így

$$\frac{1}{\mu_d} (A_{1\vartheta}^d - A_{2\vartheta}^d) = -\lambda. \quad (49)$$

Az irányok figyelembevételével írható, hogy

$$\mathbf{n} \times (\mathbf{A}_1^d - \mathbf{A}_2^d) = -\mu_d \underline{\lambda} \quad (50)$$

A 10. táblázat szerint az  $\mathbf{A}$  vektorpotenciál tangenciális komponense az elektromos áramrétegen folytonos, vagyis  $A_{1\vartheta}^d = A_{1\vartheta}, A_{2\vartheta}^d = A_{2\vartheta}$ . Így

$$\mathbf{n} \times (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2) = -\mu_d \underline{\lambda} \quad (51)$$

Ez azt jelenti, hogy a vektorpotenciál érintő irányú komponense a kettős áramrétegen  $\lambda$ -val arányosan ugrásszerűen változik.

(51) divergenciája:

$$\begin{aligned} \text{div} [\mathbf{n} \times (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2)] &= \\ &= (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2) \text{rot } \mathbf{n} - \mathbf{n} \text{rot } (\mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2) = -\mu_d \text{div } \underline{\lambda}. \end{aligned} \quad (52)$$



Figyelembe véve, hogy sima felületen  $\text{rot } \mathbf{n} = \mathbf{0}$ ,

$$\mathbf{n}(\mathbf{B}_1 - \mathbf{B}_2) = \mu_d \text{div } \underline{\underline{\lambda}}. \quad (53)$$

A kettős mágneses áramréteg nyomatóka:

$$\underline{\underline{\chi}} = \Delta \mathbf{l} \times \mathbf{K}_s. \quad (54)$$

A kettős mágneses áramréteg hatása az előbbihez hasonlóan tárgyalható. Kettős mágneses áramrétegen az elektromos térerősség tangenciális komponense folytonos

(9. táblázat). A kettős mágneses áramrétegen  $\mathbf{D}$  normális irányú komponense ugrásszerűen változik:

$$\mathbf{n}(\mathbf{D}_1 - \mathbf{D}_2) = -\varepsilon_d \text{div } \underline{\underline{\chi}}, \quad (55)$$

ahol  $\varepsilon_d$  a két áramréteg közötti homogén közeg permittivitása. (51)-hez hasonlóan a kettős mágneses áramrétegen az  $\mathbf{F}$  vektorpotenciál tangenciális komponense ugrásszerűen változik:

$$\mathbf{n} \times (\mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2) = \varepsilon_d \underline{\underline{\chi}}. \quad (56)$$

A peremfeltételeket a 11. táblázat tartalmazza.

11. táblázat. Peremfeltételek áramrétegeken és kettős áramrétegeken

$\mathbf{J}_s$	$\mathbf{n} \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_s$	$\mathbf{nB} = 0$	$\mathbf{n} \times \mathbf{A} = 0$	$\mathbf{n} \times \text{rot } \mathbf{A} = \mu \mathbf{J}_s$	$\mathbf{n} \text{ rot } \mathbf{A} = 0$
$\mathbf{K}_s$	$\mathbf{n} \times \mathbf{E} = -\mathbf{K}_s$	$\mathbf{nD} = 0$	$\mathbf{n} \times \mathbf{F} = 0$	$\mathbf{n} \times \text{rot } \mathbf{F} = -\varepsilon \mathbf{K}_s$	$\mathbf{n} \text{ rot } \mathbf{F} = 0$
$\underline{\underline{\lambda}}$	$\mathbf{n} \times \mathbf{H} = 0$	$\mathbf{nB} = \mu_d \text{div } \underline{\underline{\lambda}}$	$\mathbf{n} \times \mathbf{A} = -\mu_d \underline{\underline{\lambda}}$	$\mathbf{n} \times \text{rot } \mathbf{A} = 0$	$\mathbf{n} \text{ rot } \mathbf{A} = \mu_d \text{div } \underline{\underline{\lambda}}$
$\underline{\underline{\chi}}$	$\mathbf{n} \times \mathbf{E} = 0$	$\mathbf{nD} = -\varepsilon_d \text{div } \underline{\underline{\chi}}$	$\mathbf{n} \times \mathbf{F} = \varepsilon_d \underline{\underline{\chi}}$	$\mathbf{n} \times \text{rot } \mathbf{F} = 0$	$\mathbf{n} \text{ rot } \mathbf{F} = -\varepsilon_d \text{div } \underline{\underline{\chi}}$

#### 4. EKVIVALENS RÉTEGEK

Összevetve az 5. táblázatot a 9.-kel, megállapítható, hogy a határfeltételeket illetően bizonyos rétegek ekvivalensek egymással. Így

$$\rho_s = -\varepsilon_d \text{div } \underline{\underline{\chi}} \quad (57)$$

esetén az elektromos töltésréteg és a kettős mágneses áramréteg egyenértékű. Hasonlóképpen a mágneses töltésréteg és a kettős elektromos áramréteg ekvivalens, ha

$$\eta_s = \mu_d \text{div } \underline{\underline{\lambda}}. \quad (58)$$

A mágneses áramréteg és a kettős elektromos töltésréteg

$$-\mathbf{K}_s = \frac{1}{\varepsilon_d} \text{rot } \underline{\underline{\nu}} \quad (59)$$

az elektromos áramréteg és a kettős mágneses töltésréteg

$$\mathbf{J}_s = \frac{1}{\mu_d} \text{rot } \underline{\underline{\kappa}} \quad (60)$$

fennállása esetén ekvivalens.

Időben változó tér esetén még további ekvivalenciák írhatók fel a

$$\text{div } \mathbf{J}_s = \frac{\partial \rho_s}{\partial t}, \text{ ill. } \text{div } \mathbf{K}_s = \frac{\partial \eta_s}{\partial t} \quad (61)$$

folytonossági egyenletek alapján. (57), illetve (58) idő szerinti deriváltját véve kapjuk, hogy

$$\frac{\partial \rho_s}{\partial t} = -\varepsilon_d \text{div } \frac{\partial \underline{\underline{\chi}}}{\partial t}, \text{ ill. } \frac{\partial \eta_s}{\partial t} = \mu_d \text{div } \frac{\partial \underline{\underline{\lambda}}}{\partial t}. \quad (62)$$

(61)-et és (62)-t összevetve megállapítható, hogy azok biztosan teljesülnek, ha

$$\mathbf{J}_s = \varepsilon_d \frac{\partial \underline{\underline{\chi}}}{\partial t}, \text{ ill. } \mathbf{K}_s = -\mu_d \frac{\partial \underline{\underline{\lambda}}}{\partial t}. \quad (63)$$

Ez levezethető abból a megfontolásból is, hogy a mágneses áramszakasz elektromos áramhurokkal, az elektromos áramszakasz pedig mágneses áramhurokkal realizálható.

A kettős mágneses töltésréteg és a kettős mágneses áramréteg egyenértékűségének feltétele (60) és (63) alapján:

$$\text{rot } \underline{\underline{\kappa}} = \mu_d \varepsilon_d \frac{\partial \underline{\underline{\chi}}}{\partial t}. \quad (64)$$

A kettős elektromos töltésréteg és a kettős elektromos áramréteg ehhez hasonlóan egyenértékű, ha

$$\text{rot } \underline{\underline{\nu}} = \mu_d \varepsilon_d \frac{\partial \underline{\underline{\lambda}}}{\partial t}. \quad (65)$$

Az előzőekből következik, hogy időben változó terek esetén elegendő kétféle réteg figyelembevétele. Ez lehet pl. az elektromos és a mágneses áramréteg. Peremfeladatoknál elektromos áramréteg ideális vezetőkön (elektromos falon), mágneses áramréteg ún. mágneses falon lép fel. Az elektromos fal ekvivalens az elektromos töltésréteggel, a mágneses kettős töltésréteggel és a mágneses kettős áramréteggel, a mágneses fal egyenértékű a mágneses töltésréteggel, az elektromos kettős töltésréteggel és az elektromos kettős áramréteggel a megfelelő összefüggések teljesülése esetén.

A 12. táblázatban összefoglaltuk a kétféle falra a homogén (zérussal egyenlő) peremfeltételeket. A táblázatból megállapítható, hogy elektromos falon az  $\mathbf{A}$  vektorpotenciál homogén Dirichlet feltételt elégíti ki és a  $\varphi$  skalárpotenciál állandó, az  $\mathbf{F}$  vektorpotenciál pedig homogén Neumann feltételnek tesz eleget. A mágneses falon homogén Dirichlet feltétel vonatkozik az  $\mathbf{F}$  vektorpotenciálra és a  $\psi$  skalárpotenciál állandó, az  $\mathbf{A}$  potenciálra Neumann feltétel vonatkozik. Ez csak akkor igaz, ha a teret vagy az  $\mathbf{A} - \varphi$ , vagy az  $\mathbf{F} - \psi$  potenciál párosból származtatjuk. Ha az  $\mathbf{A}$ -t és  $\mathbf{F}$ -et egyidejűleg alkalmazzuk, akkor az eredő térjellemzőkre kell a határfelületeket teljesíteni.

A 4. oszlopban az  $\mathbf{A}$  és az  $\mathbf{F}$  tangenciális komponenseinek zérus értéke van feltüntetve. A levezetésből ez állandónak adódik. Minthogy azonban ez az állandó tetszőleges értékű lehet, célszerű ezt zérusnak válsztani. Az 5. oszlop egyenletei ezen felvétel mellett érvényesek.



12. táblázat. Homogén peremfeltételek elektromos és mágneses falon

elektromos fal	$n \times E = 0$	$nB = 0$	$n \times A = 0$	$n \operatorname{rot} A = 0$	$n \times \operatorname{grad} \varphi = 0$	$n \times \operatorname{rot} F = 0$
mágneses fal	$n \times H = 0$	$nD = 0$	$n \times F = 0$	$n \operatorname{rot} F = 0$	$n \times \operatorname{grad} \psi = 0$	$n \times \operatorname{rot} A = 0$

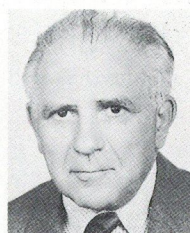
## IRODALOM

- [1] Simonyi: Elméleti villamosságatan. Tankönyvkiadó, 1967.  
 [2] Simonyi, Fodor, Vágó: Elméleti villamosságatan példatár. Tankönyvkiadó, 1967.  
 [3] Vágó: Villamosságatan II. Tankönyvkiadó, 1988.  
 [4] Vágó: A TM és a TE módusú elektromágneses tér számításáról. Híradástechnika, 1988. 10. szám. pp. 466-468.

# ON THE BOUNDARY CONDITIONS OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD

## I. VÁGÓ

The field quantities **H**, **B**, **E**, **D**, satisfy some interface and boundary conditions on the boundary surface of two media. On the boundary surfaces there can be present electric or magnetic single or double charge or current layers. This article describes interface and boundary conditions for quantities **H**, **B**, **E**, **D** and for scalar and vector potentials. To the best knowledge of author some of these conditions have not been published.



Vágó István 1924-ben született. 1950-ben villamosmérnöki oklevelet szerzett. Eddigi pályafutása alatt dolgozott mint műszerész, műszaki tisztviselő, tervező és kutató mérnök, és mint egyetemi oktató. 1958-ban adjunktusként került a Budapesti Műszaki Egyetem Elméleti Villamosságatan Tanszéke-re. 1963-ban docenssé, 1972-ben egyetemi tanárrá nevezték ki. Tíz évig volt a Villamosmérnöki Karon dékánhelyettes, hat évig pedig a dékáni tisztséget töltötte be. Négy évig a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskolán a főigazgatói teendőket látta el. 1991-ben nyugdíjba ment. 1993-tól a Gábor Dénes Műszaki Informatikai Főiskolán főigazgató-helyettesi teendőket lát el. 1965-ben a műszaki tudomány kandidátusa, 1970-ben pedig a műszaki tudomány doktora tudományos fokozatot szerzte meg. Több mint száz publikációja jelent meg. Öt könyv, illetve könyvrészlet szerzője. Öt aspiránsnak volt aspiránsvezetője. Tudományterülete: elektromágneses terek és villamos hálózatok elmélete, távvezeték-ek, antennák, gráfelmélet alkalmazása villamos hálózatokra.



## MEGALAKULT A TÁVKÖZLÉSI MÉRNÖKI MINŐSÍTŐ BIZOTTSÁG

Mint arról 1993. júniusi számunkban hírt adtunk, a Híradástechnikai Tudományos Egyesületre hárult az a feladat, hogy a KHVM miniszter megbízásából létrehozza a Távközlési Mérnöki Minősítő Bizottságot (TMMB). A Bizottság létrehozását a Távközlési Törvény írta elő. Miután a KHVM miniszter, Schamschula György jóváhagyta a névsort és a Szervezeti és Működési Szabályzatot, így a HTE állandó bizottságaként létrejött testület tagjai 1993. július 1-jei hatállyal megkapták megbízólevelüket. Mint az a múltkori híradásunkban is olvasható volt, a TMMB feladata szakmai jellegű, tipikus tevékenysége a kormányrendeletek, miniszteri rendeletek, alapvető műszaki tervek műszaki minősítése, véleményezése.

A TMMB tagjai: Dr. Géher Károly (elnök), Antalné Zákonyi Magdolna (titkár), Dr. Auer Richárd, Dr. Bartolits István (alelnök), Bély András, Dr. Csaba László, Dr. Eisler Péter, Ferenci Ferenc, Fodor István, ifj. Frischmann Gábor, Haffner János, Hazay István, Dr. Heller Krisztina, Jutasi István, Krizsai Tibor, Dr. Lajtha György, Dr. Mazgon Sándor, Mersich Béla, Mihók János, Nyerges Ernőné, Oprics György (alelnök), Dr. Pap László, Dr. Plank György, Dr. Sallai Gyula, Dr. Schmideg Iván (alelnök), Dr. Takács György, Tóth Tamás, Vörösmarti Mihály ■

## MIKROELEKTRONIKÁRÓL A TÁVKÖZLÉSI KLUBBAN

Három HTE szakosztály szervezésében és a "Mikroelektronikáért" Alapítvány támogatásával csaknem száz szakember tanácskozott a mikroelektronika oktatásának, kutatásának és az eszközgyártásnak hazai lehetőségeiről 1994. március 17-én a Távközlési Klubban. A rendezvénynek az volt a célja, hogy a szakma elismert képviselői vitaindítóként és felkért hozzászólóként elmondhassák gondolataikat, elképzeléseiket; ismertessék jelenlegi tevékenységüket és a vitában résztvevők véleményét is figyelembe véve fogalmazzák meg — ha lehet — a jövőbeni teendőket is.

A vita során megerősítést nyert, hogy bár a keleti piacok elvesztésével sokan a hazai mikroelektronika teljes összeroppanásával számoltak, az nem következett be. Az új Kft-k, illetve részvénytársaságok külföldi bér munkával (elsősorban az INTERBIP Rt. gyöngyösi gyáregységében évi több száz millió Ft-os termelési értékű dióda- és tranzistor gyártásával, TELEFUNKEN és MOTOROLA kooperációban), az érzékelőgyártással stb. fenntartják magukat. A későbbi gazdasági fellendülés során pedig életképes gócai lehetnek a hazai mikroelektronikai iparnak.

Nem csökkent az eredményessége az egyetemi és akadémiai K+F tevékenységnek sem. A hazai mikroelektronikai kutatóhelyek (beleértve néhány új Kft-t és részvénytársaságot is) léteznek és részt vesznek olyan nemzetközi kutatási együttműködésekben, mint az EURÉKA, a PECO, a COPERNICUS. Ezeket a tevékenységeket támasztja alá a színvonalas és a TEMPUS program révén az európai diákok oktató-cserében résztvevő egyetemi, főiskolai képzés.

A vitázók azonban nagyon különbözőképpen ítélték meg az elméleti és gyakorlati ismeretek oktatásának kívánatos arányát.

A jövőt illetően az alkalmazás-orientált integrált áramkörök (ASIC) tervezését, előállítását és felhasználását tekintették meghatározónak. Ez az a terület, ahol a szolgáltatási körben a hazai műszer-, készülék- és berendezésgyártóknak újat nyújthat a mikroelektronika.

KORMÁNY TERÉZ

## PUSKÁS TIVADAR DÍJASOK

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Elnöksége több éves kiemelkedő egyesületi tevékenységük elismeréseként 1994-ben a következő személyeket részesítette Puskás Tivadar Díj kitüntetésben:

**G. Tóth Károly**, az Antenna Hungária Rt. stratégiai igazgatója, a HTE Adástechnikai Szakosztályának elnöke; **Kauszer Dénes**, a Siemens Rt. tanácsadója, a HTE Megbízhatósági és Minőségügyi Szakosztályának vezetőségi tagja; **Paksy Géza**, a PKI-FI osztályvezetője, a HTE Távközlési Szakosztályának titkára;

**Sallai Gyula**, a MATÁV Rt. vezérigazgató-helyettese, a HTE Intézőbizottságának tagja;

**Szenes Katalin**, a MATÁV Rt. Távközlési Informatika Intézetének főmunkatársa, a HTE Számítástechnikai Szakosztályának elnöke;

**Sztahura László**, a HTE Borsod Megyei Területi Szervezetének elnöke;

**Trón Tibor**, a BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar Távközlési és Telematikai Tanszék docense, a HTE Villamoskari Csoport titkára. ■

## POLLÁK-VIRÁG DÍJASOK

A POLLÁK-VIRÁG Díjbizottság javaslata alapján a HÍRADÁSTECHNIKA folyóirat 1993. évi 1.–12. számában megjelent cikkek közül POLLÁK-VIRÁG díjban részesültek:

**Dobreff Csaba, Kaszavitz Iván, Kocsis Ferenc,**

**Pápics József:**

Üzleti irtávközlés (1993. február)

**Sztipanovits János, Pataki Béla:**

Neurális hálóval vezérelt rezonátoros szűrőrendszer tanítási algoritmus (1993. március-április)

**Tatai Péter, Osváth László:**

Távbeszélő jelzések kezelése és vizsgálata digitális jelfeldolgozó processzor segítségével (1993. március-április)

**P. Tatai:**

DSP-based telecommunication testing, a universal approach (September-October 1993)

**A. G. Radványi:**

Using CNN to "SEE" random-dot stereograms — dual CNN models of stereo vision (May 1993)

**K. Tarnay, A. Poppe, T. Kocsis, F. Masszi:**

Evaluation and interpretation SD Monte Carlo simulation results of submicron MOS transistors (July 1993)

POLLÁK-VIRÁG díjban részesült **Péceli Gábor** A digitális jelfeldolgozás című szám (1993. március-április) vendégszerkesztéséért. ■



## TELEFONKÖZPONTOK KÁBELKAPCSOLATAIT ELLENŐRZŐ BERENDEZÉS

### Dial And Riport Telecommunicaiton Supervisor DARTS

Az előfizetői berendezések és a telefonszám kapcsolatát a telefonközpontokhoz érkező előfizetői hálózat és a központ közötti kapcsolat — másképpen az előfizetői port és a központi port kapcsolata — határozza meg.

A portok rendeltetésszerű kapcsolatát egy adatbank jellegű lista rögzíti. A telefonhálózat fejlesztése, esetleg az előfizetők költözései miatt a portok egymáshoz rendelését leíró adatbankot is változtatni kell.

A tapasztalat szerint így az évek folyamán akár az adatbank 20 %-át is fel kell újítani.

Ha a listák javítása emberi közreműködéssel történik, a tévedések lehetősége megengedhetetlenül magas.

#### Következmények

Új előfizetők bekapcsolása korábban létesített hálózaton keresztül, vagy akár új telefonközpont telepítése, hibás lista esetén sok komplikációt okoz. Ha a hibakeresés ilyenkor hagyományosan, egyedi tárcsázással és méréssel történik, a hiba elhárítása általában nagyon időigényes.

Tapasztalat szerint ezzel a módszerrel egy 500 vonalra kiterjedő ellenőrzés 2-3 szakember egy napi munkaidejét is igénybe veheti.

#### Megoldás

Ezt a problémát oldja meg a német **TeleInt** cég 1993-ban kifejlesztett berendezése, a DARTS.

A berendezés PC-hez kapcsolva a meglévő lista (adatbank) szerint automatikusan végigtárcsázza az előfizetőket. Ellenőrzi, hogy a hívás melyik központi portra érkezik, valamint, hogy az melyik előfizetői porttal áll kapcsolatban.

Így a tényleges helyzetre vonatkozó listát (adatbankot) generál, és részletesen kijelzi az eltéréseket a meglévő listához képest. Ezen kívül az átvitel egyes paramétereinek (polaritás és jelszint) ellenőrzését is elvégzi. A Deutsche Telekom ma már kb. 300 DARTS berendezést használ.

#### Előnyök

- automatikusan generált lista
- automatikusan generált hibalista
- kb. 4-szer gyorsabb tesztelés
- a vizsgálat nem zavarja az előfizetőt

#### Részegységek

- mikroprocesszor-vezérelt központi egység
- PC-vezérelt **TeleInt** tárcsázó modul
- megrendelés szerint kialakított csatlakozó
- teljes szoftver ellátás

**TeleInt** GmbH, Dieselstr. 4, D-64347 Griesheim

Tel.: 49-6155/83800; Fax: 49-6155/838080

**HEBA** Telekommunikationsgesellschaft mbH, Bornstraße 8, D-66557 Illingen

Tel.: 49-6825/495300; Fax: 49-6825/495399

## TÁJÉKOZTATÓ SZERZŐK RÉSZÉRE

A folyóirat egyes számai az elektronika egy-egy fontos témaköréről adnak átfogó képet. A tematikus cikkeken kívül a folyóiratnak a következő állandó rovatai vannak:

- **EGYEDI CIKKEK:** a kitzűzött témakörön kívüli cikkek számára.
- **TERMÉKEK—SZOLGÁLTATÁSOK:** eszközökről, berendezésekről, szoftvertermékekről és szolgáltatásokról közöl információt.
- **GAZDASÁG—KUTATÁS—OKTATÁS:** gazdasági összefüggésekről, kutatási lehetőségekről, szakemberképzésről ad tájékoztatást.
- **HÍREK—ESEMÉNYEK:** elektronikai vállalatokról, fontosabb rendezvényekről számol be.
- **NÉZETEK—VÉLEMÉNYEK:** az olvasók észrevételeit, megjegyzéseit közli.

A cikkeket két példányban kell beküldeni a lap felelős szerkesztőjének címére (lásd a belső borítón). A cikkek max. terjedelme 30, kettes sortávolságú gépelt oldal (minden ábrát 1 oldalnak számolva), a cikk elején 100—200 szavas magyar és angol nyelvű kivonattal. A szerzők rövid életrajzát és kontrasztos fényképét mellékelni kell. A **TERMÉKEK—SZOLGÁLTATÁSOK** és a **GAZDASÁG—KUTATÁS—OKTATÁS** rovatok cikkei legfeljebb 16, kettes sortávolságú oldal terjedelműek lehetnek.

Az ábrák tussal, fehér papírra készített eredeti példányát kell mellékelni. Az ábrákon nagybetűs feliratokat kell alkalmazni olyan méretben, hogy azok az ábrák egy vagy két hasábos kicsinyítése esetén is jól olvashatók legyenek. Az ábrafeliratokat külön lapon kell mellékelni. Lehetőség szerint kerülni kell a fényképek használatát.





## 6. TELEVÍZIOTECHNIKAI KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület szervezésében, az Antenna Hungária Rt. támogatásával 1994. május 18–20. között Budapesten kerül megrendezésre a 6. Televíziótechnikai Konferencia és Kiállítás, melynek fő célja:

### "Új irányvonalak a televíziótechnikában"

A konferencia programja:

1. Televízió stúdióberendezések és rendszerek
2. Digitális jelfeldolgozás és átvitel
3. Analóg és digitális adótechnika és műsorszórás
4. Kábeltelevízió rendszerek
5. Fényvezető rendszerek

Az öt szekcióban 65 előadás megtartására kerül sor.

A konferencián meghívott előadóként

- **D. Smart** (Kábeltelevíziós Mérnökök Egyesülete, U.K.)  
"Kábeltelevízió- és távközlési szabványok"
- **A. G. Tóth** (Eastman Kodak Co., USA)  
"Az analóg televízió fejlődése a teljesen digitális állókép-, video- és multimédia kommunikációban"
- **R. Nickelson** (Radiocommunication Bureau, USA)  
"Digitális televízió adórendszerek ajánlásainak fejlődése"

címmel tart előadást. A konferencia hivatalos nyelve angol és magyar, szinkrontolmácsolással.

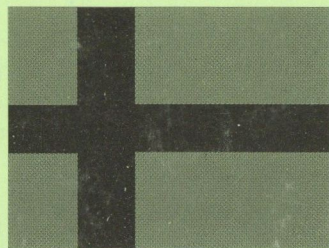
A konferencia részvételi díja magyar szakembereknek: 9.000 Ft.

A konferenciával egyidőben 27 kiállító részvételével kiállítást is szervezünk, mely május 18-án 10–18 óráig, május 19-én 8–18 óráig és május 20-án 8–16 óráig tart nyitva.

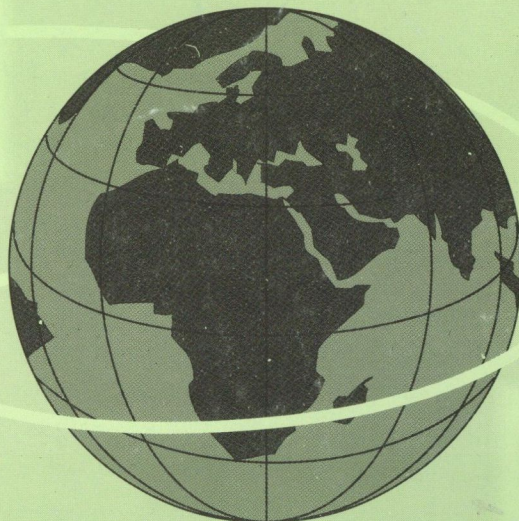
Kérjük tájékoztassa érdeklődő kollégáit, hogy a kiállítás ingyenesen megtekinthető. Minél több szakembert várunk.

További információ, részletes program és jelentkezési lap a HTE Titkárságon Tézsla Mária rendezvényszervezőtől kérhető (tel.: 153-1027, fax: 153-0451).






SVÉDORSZÁG



MAGYARORSZÁG

Digitális telefon-főközpontok  
Mikrohullámú és optikai átviteltechnika  
Digitális mobil telefonos rendszerek  
Zártláncú rádiótelefon rendszerek  
Hálózatépítő elemek  
Kulcsrakész vállalkozások  
Távközlési szoftverek  
Távközlési klímaberendezések  
Távközlési rendszerek áramellátása

Ericsson Technika Kft.  
Budapest X., Venyige u. 3.  
Levél: 1475 Budapest, Pf. 154.  
Tel.: 147-6590  
Fax: 127-6040

**ERICSSON**   
Ericsson Technika