

# HÍRADÁSTECHNIKA

## Átmenet az analógból a digitális távbeszélő-hálózatba — a probléma technológiai észrevételei\*

PROF. DR. KARL-HEINZ KLEINAU  
HOCHSCHULE FÜR  
VERKEHRSWESEN DRESDEN

A távbeszélő-hálózat 100 év alatt fejlődött ki és ma minden országban milliárdos értéket képvisel. Új technológiák érnek meg és követelik a fejlődési irány felülvizsgálatát és egy mennyiségi változás lehetőségeinek keresését. Döntő jelentőségű, hogy az új technika milyen költséggel alkalmazható. Egyetlen technika sem kerül alkalmazásra csak újdonsága alapján. A távbeszélő hálózatok továbbfejlesztésének döntő tényezője továbbra is a gazdaságosság. S itt nemcsak a távbeszélő hálózat egy részéről van szó. A jövő kulcsa az egész távbeszélő hálózat komplex szemlélete, mivel a kölcsönös egymásrahatások egyre inkább nagy jelentőségűek. Három tényező van ma, amelyek a változásra döntő hatással vannak. Ezek a következők:

- az elektronikus és félvezető-technika nagyarányú fejlődési folyamata, különösen az LSI- és VLSI-technika fejlődése a vásárló által specifikált áramköröknél és a mikroprocesszoroknál;
- a mindig hatásosabbá váló elektronikus adatfeldolgozás a moduláris software és támogató software fejlődése következtében;
- a fényvezetőtechnika gyors fejlődése, amely a 80-as években érik meg alkalmazásra.

Mindhárom befolyásoló tényező alapos vizsgálata szükséges a jövő távbeszélő-hálózatainál való alkalmazás szempontjából.

### Távbeszélő-hálózat vagy szolgáltatásokat integráló távközlő-hálózat?

Gyakran vitatják a kérdést, hogy vajon a további elektronikus fejlődésnél az önálló távbeszélő-hálózatnak megvan-e még a létjogosultsága. Ebben az összefüggésben gyakran beszélünk a szolgáltatásokat integráló távközlő-hálózatról\* és ezen a távbeszélő-

forgalom, telexforgalom, táviratforgalom és az általános adatátviteli forgalom lebonyolítását értjük egy egységes „integrált digitális hírközlőhálózatban” (IDH).

Egész általánosságban megállapíthatjuk, hogy egy nap műszakilag nem fog nehézséget okozni e cél elérése, de a következő 20...30 évben a következő tényezők szólnak ellene:

- a) E hálózatok mindegyikének forgalma (telexhálózat, távbeszélő-hálózat stb.) egy minimális költségű hálózatban bonyolódik le. Minden egyesítés ezért többletköltségekhez vezet, mely csak olcsóbb technikával valósítható meg. Például a távbeszélő-hálózat a beszéd redundanciája miatt jelenleg nagy hibaarányal ( $10^{-3}$ ) működik, ha azt egyedül távbeszélés céljára használják. A hálózat adatátvitelre történő használatánál általában az egész hálózat számára költséges biztonsági intézkedések lennének szükségesek.
- b) A távbeszélő-hálózat a leglényegesebb hálózat és marad is következő évtizedekben. A hivatalokban bonyolódó távközlésre (ezek keltik a legnagyobb távbeszélőforgalmat!) vonatkozó becslések a „digitális szolgáltatások” — ahogy ma telex-, gentex- és adatátviteli szolgáltatásokat gyakran nevezik — viharos növekedése ellenére 1990-re tízszer annyi végberendezést jeleznek, mint az összes többi szolgáltatásra együttvéve [1].

Mivel a távbeszélő-hálózat mind a forgalom forrásait, mind a forgalmat tekintve évente világszerte 5...8%-kal növekszik, nem áll fenn „veszély” arra nézve, hogy a digitális szolgáltatások be tudnák hozni. A táviratforgalom visszafejlődik, a telexforgalom növekedési aránya 10% körül van és az adatátviteli forgalomra nincsenek egyértelmű számok, mivel e forgalom legalább 50%-a magán-, önálló hálózatokban bonyolódik.

E két fő érv mellett még van egy sor tényező, mely egyértelműen egy külön távbeszélő-hálózat mellett szól. Az 1. táblázat foglalja ezeket röviden össze. Új

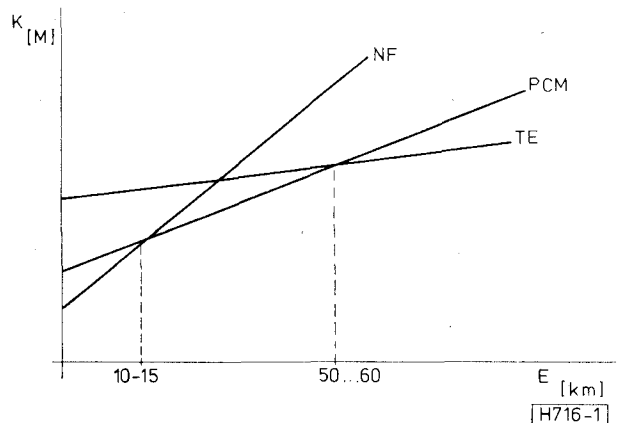
\* A szerzőnek 1979 szeptemberében Budapesten a Híradástechnikai Tudományos Egyesületben és Győrben a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán megtartott előadásainak összefoglalása.

	Távbeszélés	Gentex, Telex, adatátvitel
A hálózatfelépítés gazdaságos	4...5 fokozattal	2...3 fokozattal
Forgalomeloszlás	főleg közeli forgalom	nagyarányban távolba irányuló forgalom
Sáv szélesség	300...3400 Hz	50 bit/s...48 kbit/s
Forgalomkeltő források számának aránya	100...200	1-hez
Vonalkapcsoló központ	szükséges	nem feltétlenül szükséges
Üzenetkapcsoló központ	nem lehetséges	előnyös
Átviteli mód	nincs biztosítva	biztosított
Forgalom fajtája	dialóg	nem csak dialóg
Redundancia	nagy	kicsi
Sebességváltozás a hálózatban	nem	előnyös
Információátadás időtartama	rövid (3 perc)	rövidtől nagyon hosszúig
Készülék költségei	alacsony	nagy

szolgáltatások, mint a faksimile-képátvitel szolgáltatás (pl. távmásolás) [2], hivatali távgépírás [3], videoszöveg vagy telexszöveg [4] sem változtatják meg ezt az irányvonalat.

#### Az elektronika hatása a távbeszélő-hálózatra

Az elektronika állandóan új területeket hódít meg [5]. A távközlésnél megállapíthatjuk, hogy a mikroelektronika betörése csak most kezdődött meg. A gazdaságosságtól függően a következő évtizedekben mélyreható változások várhatók, melynek konkrét hatása még nem határozható meg teljes egészében. Az elektronizálás kiindulópontja mai értelemben a PCM átviteltechnika volt, amellyel a digitális technika az analóg távbeszélő-hálózatba behatolt. Ez oly mértékben haladt előre, hogy a digitális technika helyi hálózatokban vivőhullámú technika valós konkurensévé vált. A digitális technika előnyei ismertek. Alkalmazás a szokásos hangfrekvenciás kábeleken a csatornakapacitást a 4...10-szeresére emeli. A végkészülékek alacsony költsége sajnos szemben áll a regenerátor költségeivel, amely növekvő távolság esetén ma még számottevő (1. ábra). Az LSI és VLSI technika alkalmazásánál várható, hogy a regenerátorok olcsóbbá válnak és a PCM technika szélesebb körű alkalmazást nyer.



1. ábra: Az NF, TF és PCM átviteli berendezések gazdaságos üzemi távolsága, K — egyszeri költségek, E — távolság

Időközben nagy csatornaszámú PCM rendszereket alkalmaznak és fejlesztenek tovább. Döntő szerepet játszik a multiplexer költségeinek csökkentése új eljárással [6], a nagy sebességű LSI áramkörök fejlesztése, a mérési eljárás és az átviteli kód megválasztása [7]. A jelenlegi helyzetet a 2. táblázat mutatja. Az 5. és 6. csoportra még nincs elég tapasztalat. A 10 800 csatornával rendelkező érett vivőhullámú rendszereket általában előnyben részesítik, bár a több mint 10

2. táblázat

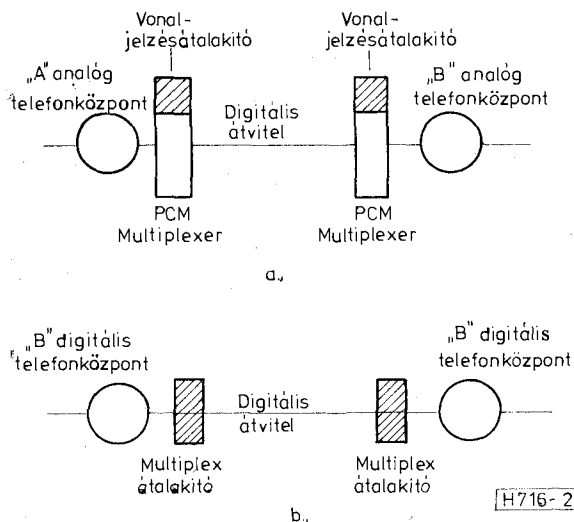
#### A digitális átviteltechnika helyzete és kábeleken történő alkalmazása

Csoport	Mbit/s	Csatorna	Kábel	Erősítő regenerátor-távolság (km)	Észrevételek
1.	2,048	30	szimm. kábel	2,0	} szabványosítva a CCITT által, piacon
2.	8,448	120	szimm. kábel	2,0	
3.	34,368	480	spec. szimm. kábel 0,7/2,9 mini koax 1,2/4,4 kis koax 2,6/9,5 normál koax	2,0 2,0 4,0 9,3	
4.	139,264	1 920	1,2/4,4 kis koax 2,6/9,5 normál koax	2,0 4,7	} rövidesen a piacon
5.	565	7 680	2,6/9,5 normál koax	1,6-től 2,3-ig	} üzemi próbák
6.	1150	15 360	2,6/9,5 normál koax	1,6	

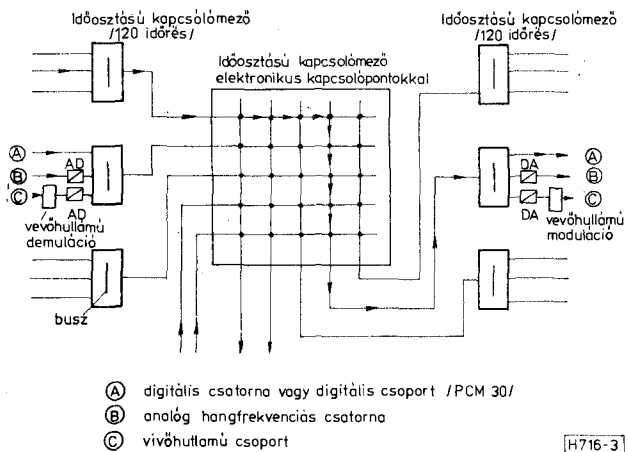
csatornával rendelkező kábel sok országban még nem elfogadott (6). Pár ország, mindenekelőtt Nagy-Britannia az átviteltechnikai hálózat digitalizálásának gyorsabb útját járja. Már 10 000 PCM 32-es rendszert helyeztek üzembe és 1983-ban 140 Mbit/s-os rendszereket akarnak a nagy távolságú koaxiális kábelek számára bevezetni [8].

A digitális átviteltechnika e fejlődésével párhuzamosan szólunk most a kapcsolástechnikáról. A digitális kapcsolást, mint célt már 15 éve kergetik. A világ sok kísérleti rendszere eddig azt bizonyítja, hogy az analóg átkapcsolás egy térosztásos kapcsolómezőben reed jelfogókkal gazdaságossági előnyökkel jár.

Az integrált félvezető-technika az elektronikus vezérléssel együtt azonban fordulatot fog hozni. A Nemzetközi Kapcsolástechnikai Szimpózium (International Switching Symposium) 1979-ben azt a végkövetkeztetést hozta, hogy a 80-as években mind a helyi hálózat, mind a tranzitközpontok kapcsolástechnikájában a digitális kapcsolás fog tért hódítani. E fejlődés előnye elsősorban a nagyintegráltságú félvezető-áramkörök állandó árscökkenésében és a komplex hálózat összhangjában rejlik. A 2. ábra mutatja azokat a műszaki ráfordításokat, amelyekre a PCM átviteli út és az analóg kapcsolástechnika összekötéséhez szükség van, összehasonlítva a PCM átviteli út és a digitális kapcsolástechnika közötti összekötéssel. Az a) esetben az A telefonközpont összekötését kell a PCM-Multiplexben amplitúdókorlátozással, időrésosztással, kódolással egy PCM csatornára átalakítani. A beszéd mellett szükséges jelzések számára (választási impulzusok, hívás, bontás jele stb.), amelyeket analóg kapcsolásnál a beszédcsatornán továbbítanak, szintén időosztásos átalakítás szükséges, amely a jelzésátalakítóban történik meg. Ennek költsége igen nagy, mivel a PCM készülékek e feladatára egy közös csatornával rendelkeznek az összes beszédcsatorna számára. \*Legtöbbször\* még jelfogókat alkalmaznak e célra, úgy hogy a jelzésátvivő nagyobb lesz, mint maga a PCM berendezés. Ez nem szükséges a b) esetben. A beszédjel már kódolva van, a vonaljelzéseket már a telefonközpontban elkülöní-



2. ábra: A PCM átvitel összehasonlítása analóg és digitális kapcsolás esetén, Vst A, B — telefonközpontok



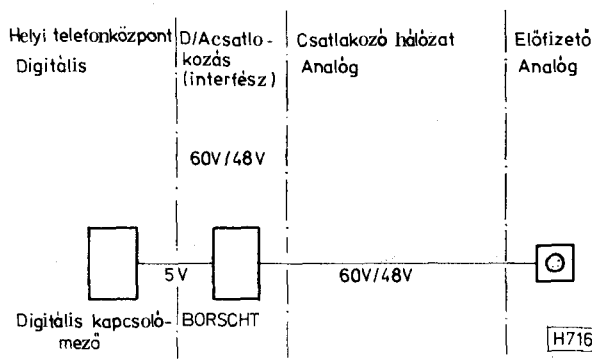
3. ábra: A 4. számú ESS kapcsolómezeje, (idő — tér — idő osztású feladat)

tik, úgy hogy a multiplex vonalú átalakítója a jelzéseket legfeljebb az átviteli rendszer megfelelő időhelyzetébe kelljen tennie. Mivel a digitális átvitel gyakorlatilag négyhuzalos és a digitális kapcsolás szintén, egy további előny adódik, amely főleg a tranzitközpontoknál (4 huzalos átkapcsolás) használható ki. Ezért a digitális kapcsolás kezdetben a tranzitközpontok síkján várható általánosan. A Bell Laboratóriumok a 4. számú ESS rendszer bevezetésével nagy forgalmi viszonyokra (10 000 Eri) 1976-ban 10 évi fejlesztés után tették meg a kezdő lépést és javítottak most ezen a rendszeren [9]. A kapcsolómező egy 120 időcsatornás változat, amelyben a csatornák egy térosztású fokozatban elektronikus kapcsolópontokkal tetszés szerint összekapcsolhatók (3. ábra.) Hangfrekvenciás, vívfrekvenciás és PCM vezetékek csatlakoztathatók hozzá. Különböző országok vizsgálatai azt mutatták, hogy a 2. ábrán ábrázolt interface költségek döntő szerepet játszanak. Így állapította meg a Német Szövetségi Posta, hogy már 30%-ban PCM-mel működő csatlakozó vonalaknál gazdaságos a digitális tranzitközpont [6]. Nagy-Britannia 1979-ben megállapította, hogy egy digitális kapcsolású és átviteltechnikájú távbeszélő-hálózat költsége csak 50%-át teszi ki egy hagyományos hálózat költségeinek [8].

Figyelembe veendő még, hogy egy országos hálózatban nem végezhető tetszőleges számú analóg-digitális átalakítás, mivel az ennél fellépő zörejek a csillapítási tervet kedvezőtlenül befolyásolják.

Egy távbeszélő-hálózat teljes digitalizálása jelenleg még jelentős nehézségekbe ütközik. Míg a tranzitközpontok síkja magától kínálkozik a digitális technikára, a helyi hálózatban több probléma van. Ennek oka a következő:

- A csatlakozó vezetékeken „durva üzem” van, amely az alacsony feszültségű félvezetők kapcsolási feltételeivel nincs összhangban (mindenfajta idegen befolyású túlfeszültség-levezetés, elektromágneses idegen feszültségek [ $\sim 1000$  V] légköri viharoknál).
- A nagy áramerősségű váltóáramú hívás és az előfizető táplálása, amely jelenleg 48 V ill.



4. ábra: A digitális helyi távbeszélő-központ és az analóg hálózat csatlakozási pontja (interfész)

60 V-os feszültséggel ~5 km-es távolságot hidal át, a digitális átvitelnél alacsony feszültséggel (~5 V) nem lehetséges. Új előfizetői készülékek szükségesek, amelyek helyi tápáramellátással rendelkeznek, vagy amelyeket a központi tápáramellátásból műkapcsolás segítségével kell ellátni.

- c) A 48 V és 60 V-os hívófeszültségeket nem lehet többé a kapcsolómezőn keresztül vezetni. Kerülő áramkörök lesznek szükségesek.

Ebből világosan látszik, hogy a telefonközpont, a csatlakozó vezeték és előfizetői készülék műszakilag egységes rendszert alkotnak, amely nem minden további nélkül változtatható. A helyi hálózat felvázolt nehézségei alapján az az általános irányzat figyelhető meg, hogy célszerű a helyi központot digitalizálni, de a csatlakozó hálózatot az előfizető-készülékekkel változatlanul analóg üzemeltetni, mint eddig. A fejlesztések ezért a telefonközpont és a csatlakozó hálózat közti interfészre koncentrálnak, amely a beszédjel analóg-digitális átalakítása mellett a csengetőáram rákapcsolását és az előfizető táplálását biztosítja. Különböző utakon lehet haladni, amelyeket a BORSCHT (battery, overvoltage protection, ringing, signalling, coding, hybrid, functions) [10, 11] fogalom fejez ki. Ezek integrált áramkörök (tömegcikk!), amelyek a gyakorlat számára nemsokára rendelkezésre fognak állni (4. ábra). Számolhatunk vele, hogy a távbeszélő-hálózatok digitalizálásának e formáját a 80-as években érjük el. Néhány fejlődő ország, amelynek nem kell a történelmi fejlődést figyelembe vennie, műszakilag igen modernül szerelheti fel magát (pl. Szaúd-Arábia).

### A vezérlés elektronizálása

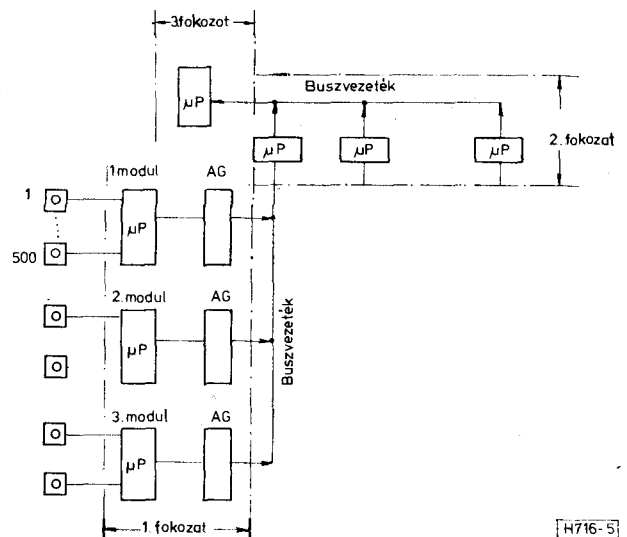
Amikor 1966-ban az 1. számú ESS telefonközpont-rendszer a legelső komplex elektronikus vezérléssel a piacon megjelent, a 2. generációjú komputervezérlésről volt szó. Nagy előfizetői szám (>10 000) biztosította a számítógép messzemenő leterhelését és ezzel annak gazdaságosságát. Mivel Európának jelentősen kisebb a földrajzi előfizetői koncentrációja, mint az USA-nak, nagy számítógépekkel rendelkező telefonközpontok és adatfeldolgozó berendezésekkel

rendelkező kihelyezett mellékközpontok vagy koncentrátorok fejlődtek ki. Olyan rendszerek keletkeztek, mint a Metaconta, EWS, AXE. Közben a mikroprocesszor kezdi meg behatolását a technika minden területére. Ennek a következménye lett a nagy számítógépek fokozatos leváltása a kapcsolástechnikában is.

Akadályt jelentett itt

- a számítógép kismértékű címezhetősége 8 Bit-es szóhossz miatt,
- a túlzottan kis sebesség a számítási folyamatban.

Ennek az lett a következménye, hogy először csak kis, 100...200 előfizetővel rendelkező központokat tudtak egy mikroszámítógéppel vezérelni. 1976-ban alkalmaztak először több mikroprocesszort az alközponti technikában, amelyek részfeladatokat láttak el és adataikat buszvezetékeken keresztül cserélték ki [12]. Ma megállapítható, hogy a 80-as években 2 és 3 fokozatú mikroszámítógép-vezérelt telefonközpontok fogják a piacot uralni. Sok megoldás van, amely még nem értékelhető. A legkisebbtől a legnagyobb kapacitásig terjedő rendszer családok képezhetők. Különböző mikroprocesszor-típusokat terveznek, feladattól és sebességtől függően (MOS-technika, bipoláris technika). Nagyon nagy kapacitásnál (5000 előfizető) a központi vezérlés számára modern, nagy számítógépeket alkalmaznak [13]. A probléma abban áll, hogy a vezérlési feladatot ott kell kivitelezni, ahol az a legcélszerűbben oldható meg. A legideálisabb az lenne, ha az egész vezérlés egy 100...500 előfizetővel rendelkező modulhoz lenne hozzárendelhető és a nagyobb telefonközpontokká történő bővítéskor csak egy következő szintű processzor-fokozatot kellene csatolni (5. ábra). Ezzel a rendszerrel a hagyományos fokozatonként vezérelt telefonközpont ismétlése jönne létre modern formában. Ezzel a földrajzi szerkezethez való nagyfokú illeszkedés válna lehetővé, a megbízhatóság és a jóság fok a modulok önállósága alapján igen magas szintű lenne. Jelenleg



5. ábra: Ideális kapcsolórendszer mikroprocesszor-hierarchiája, μP: mikroprocesszor, AG: csatlakozó

azonban minden arra mutat, hogy a mikroprocesszor-struktúrák a korábbi előfeldolgozások nagyszámítógép-rendszereket modern eszközökkel utánozzák. Ennek a software az oka. Egy előfizető meghatározásához olyan sok adatra van szükség, hogy a modulon kívüli minden összeköttetésnél az adatbuszvezeték szokatlanul nagy leterhelése lenne szükséges. Ezenkívül az összes kapcsolatfelépítési, kapcsolástechnikai és mérési stb. adatnak — amelyekre a rendszerben csak egyszer van szükség — meg kellene lennie minden modulban. Ennek következtében központi vezérlésnek a mikroprocesszor-vezérlés mellett továbbra is megvan a jelentősége. Ezért ezt megbízhatósági okokból duplán alkalmazzák.

Közben a megbízhatóságra éppen a híradástechnikai rendszerekben még más módon is szükség van.

Nagy tömegű software (az egész software több, mint 50%-a) van az állandó rutin- és vizsgálati folyamatok számára előírva. A számítástechnika több éves tapasztalata tette lehetővé a meleg tartalékok alkalmazását, így egy szabálytalanság azonnal kijavítható és kijelezhető.

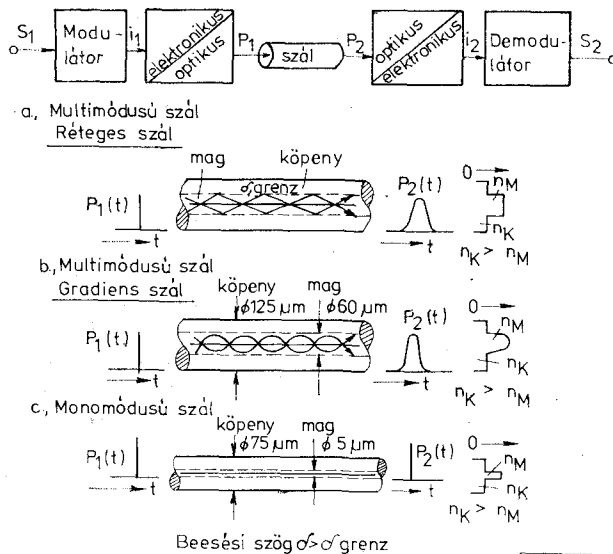
Egészében véve a vezérlési problémák új szakaszba kerültek, s ezek legjobb megoldásainak először még be kell válniuk.

## A fényvezetőtechnika hatása a távbeszélő-hálózatokra

A fényvezetőtechnika az utóbbi években olyan szintet ért el, hogy a 80-as években már számolhatunk az alkalmazásával [14]. Előnyei a következők:

- réz megspórolása, annak belföldi nyersanyagok általi pótlása,
- csekély súly, flexibilis fektetési lehetőség (1...2 cm-es átmérő), behúzási hossz a csatornába 1 km-ig (Cu-kábelnél 80 m) és az 5 cm-es hajlítási sugár fokozza a fektetés hatékonyságát,
- áthallás és behallgatás a mágneses tér hiánya miatt gyakorlatilag kizárt (katonai híradástechnika!),
- idegen elektromágneses zavaróterek nem hatékonyak,
- az adó és vevő különböző potenciálon lehet, mivel csak az elektromosan szigetelő fényvezető által vannak összekötve (mérési adatok átvitele energiaüzemekben!),
- a hőmérséklettől való csekély függés nem kíván kompenzációt, mint a Cu-kábeleknel,
- nem szükséges a torzításkiegyenlítés, mint a Cu-kábeleknel,
- a regenerátortávolságok nagy sávzélességnél nagyobbak, mint összehasonlításképpen a koaxiális kábeleknel,
- széles frekvenciasáv kihasználása különféle szolgáltatásokra (telefonálás, adatátvitel, szélessávú távközlés).

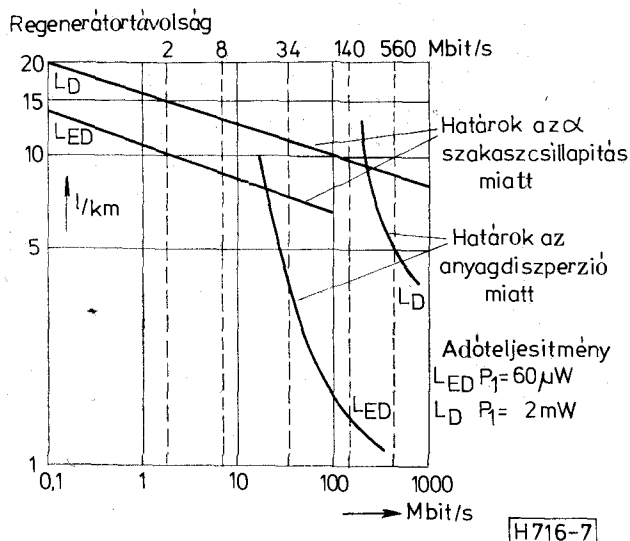
A kábeltípusra vonatkozóan a távközlésben a gradiens szál élvez előnyöket (6. ábra). A jelnek a szálban relatív csekély a hosszirányú csillapítása ( $\alpha < 5$  dB/km), mivel a törésszámok parabolaformájú



6. ábra: A réteges szál, gradiens szál és monomódusú szál összehasonlítása

csökkenése által a kábelköpenyben (lásd 6. ábra jobbra) csak csekély anyagdiszperzió jön létre (=időtorzítás, lásd még 6. ábrán jobbra fent a réteges szál). Ideális lenne a monomódusú szál (6. ábra lent). Előállításában azonban technológiailag jelentős nehézségeket okoz, úgyhogy jelenleg nem vehető figyelembe. A fényvezetőrendszerek költségei egyrészt az adó, a vevő, a fényvezető és másrészt a regenerátor költségei által meghatározottak. Ezért az a cél, hogy az egyes elemekre alacsony költség jusson és a regenerátortávolságok nagyok legyenek. Jelenleg a 10...20 km-es regenerátortávolság tekinthető realitásnak, ahol a lézerek nagy adóteljesítménye (mW-terület) segít a távolságot növelni (7. ábra).

Léteznek költségvizsgálatok, melyek a perspektíva igen kedvező feltételezéseivel (pl. 1 m fényvezetőkábel 10...20 Pfennig, most 5...8 M) bizonyítják be,



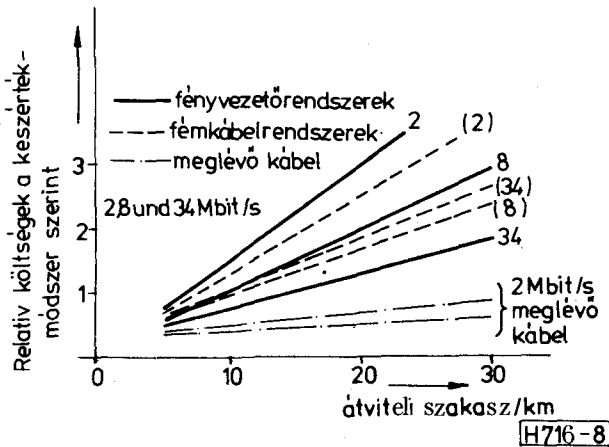
7. ábra: Regenerátortávolság a fényvezetőkben az adók (LED+LD) és az anyagdiszperzió függvényében

hogy a fényvezetőrendszerek legkevesebb 480 csatorna=34 Mbit/s esetén lesznek gazdaságosak [15] (8. ábra).

Minden gondolatok oda vezettek, hogy a fényvezető kábeleket először a helyi hálózatokban alkalmazzák és a regenerátorról lemondjanak. Ezzel a regenerátor tápáramellátásának tápkábeleit sem szükségesek. Ez az út a szükségleteket illetően is célszerű.

Egy országos hálózat felső hálózati síkjában a lefektetett 6...12 csatornás vivőhullámú kábelek biztosítják a 10 800 csatornás vivőhullámú rendszerek általi nagyfokú kihasználást több évtizedre. Ettől csak kevés ország tér el [16] (pl. Nagy-britannia).

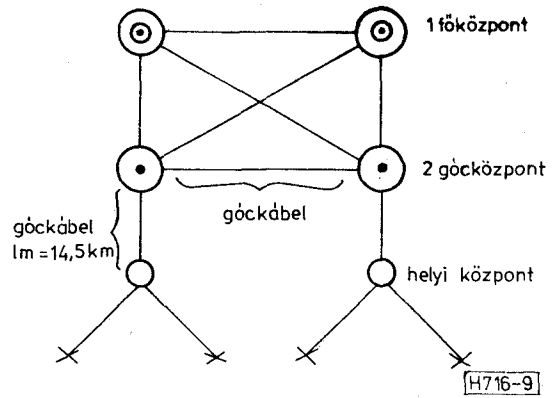
Az NDK számára az a lehetőség adódik, hogy a góckábeleket üzemeltesse szükség esetén fényvezető kábelként. Ezek közepes hossza  $l_m=14,5$  km



8. ábra: Fényvezető-rendszerek gazdaságossága

(9. ábra). A helyi hálózatban összekötő kábelként adódik alkalmazási lehetőség. Ezzel szemben áll az a tény, hogy a távközlésileg fejlett országokban jól kiépített gerinchálózatok és helyi összekötő kábelhálózatok vannak. Ha ezek kapacitása ki van merítve, így ez a PCM 30, PCM 120 vagy PCM 480 (szimmetrikus vivőhullámú kábel!) alkalmazásával növelhető jelentősen a hangfrekvenciás és vivőhullámú alkalmazással szemben. Csak akkor, ha ez a tartalék ki van merítve, vagy a kábelek első lefektetésénél van fényvezetőnek jogosultsága. Ebben áll a távközlésileg visszamaradott országok nagy lehetősége a modern technika előnyös alkalmazására.

A fényvezető kábelek széles alkalmazását lényegében a hírközlés szüksége fogja meghatározni. Mivel a fényvezető a fentiekén kívül további szolgáltatásokat, mint adatokat, szélessávú távközlést tud felvenni, a mai távbeszélő-hálózatot egy nap egy tökéletes fényvezető-hálózat fogja leváltani. Effajta kísérletek már ismertek [17]. Realizálása a jelenlegi



9. ábra: Góckábelek a fényvezető-technikában

hálózat nagy beruházási költsége és annak PCM általi, előttünk álló kapacitásbővítése miatt nem jósolható meg. Egészében véve azonban a fényvezető a következő évtizedben az országok távbeszélő-hálózatába egyre inkább be fog hatolni.

#### I R O D A L O M

- [1] Távközlés a hivatalban. NTZ 31 (1978), 6. füzet, 406.
- [2] Grapen, R.; Gaiser, R.: Távmásolás, NTZ 29 (1976), 3. füzet, 215—218.
- [3] Helmrich, H.; Rupp, K.: Hivatali távgépírás — a jövő egyik távközlési formája, NTZ 29 (1976), 3. füzet, 218—221.
- [4] Rey, P.: Képernyő — szövegtávközlés, Nachrichtentechnik-Elektronik, (NDK) 28 (1978), 2. füzet, 71—72.
- [5] Paul, R.: Mikroelektronika — tegnap, ma, holnap, Nachrichtentechnik-Elektronik, (NDK) 27 (1977), 8. füzet, 314—322.
- [6] Kunze, H.: A digitális távbeszélő-hálózatra történő áttérés lehetőségei, NTG-értekezlet: Új fejlődés a hírátvitelben, 1978 április NTG-tudósítás, 64. kötet, 29—35.
- [7] Catchpole, R. J., Norman, P. többek között: Digitális átvitel 565 Mbit/s-mal koaxiális kábelekkel, Elektrisches Nachrichtenwesen 54. kötet, 1979/1 szám, 39—47.
- [8] Whyte, S.: Britannia a digitális technika felé halad, Report ISS 1979; Session 11/A; Ouverture 25—30.
- [9] Giloth, P. K.: A 4. számú ESS funkciója és teljesítőképessége, ISS 79 — Report 43A1
- [10] Usuda, S.: A BORSCHT a digitális helyi hálózatban, ISS 79 — Report 41B4
- [11] Euler, K.: A digitális kapcsolás alkotóelemeinek technológiai haladása, ISS 79 — Report 41B5
- [12] Caravalla, R. C.: Új digitális alközponti család, ISS — Report 1976, 432—434
- [13] Suckfüll, H.: Új digitális kapcsolású rendszeresalád kiépítése, ISS 79 — Report, 20A4
- [14] Kleinau, K-H.: Fényvezetők a hírközlőhálózatokban, Fernmeldetechnik 19 (1979), 4. füzet 147—150.
- [15] Collier, M. E., Hosley, A. W.: Száloptikus átviteli rendszerek alkalmazási lehetőségei, Elektrisches Nachrichtenwesen 53 (1978), 2. füzet, 136—144.
- [16] Kleinau, K-H.: Gondolatok a távbeszélő-hálózatok fejlődéséről mai szemmel, Fernmeldetechnik 18 (1978), 6. füzet 204—209.
- [17] Kawahata: Hi-ovis (Higashi Ikona Optical Visual Information System), Development Fibre Communications Tokyo 1977.