

Nagysebességű digitális átvitel (Tudományos helyzetkép)

DR. LAJTHA GYÖRGY
Magyar Posta Központja

DR. SZOKOLAY MIHÁLY
Budapesti Műszaki Egyetem

DR. TÓFALVI GYULA
Távközlési Kutató Intézet

ÖSSZEFOGLALÁS

A Magyar Tudományos Akadémia Távközlési Rendszerek Bizottságának gondozásában rendszeresen jelennek meg olyan tudományos helyzetképek, amelyek a szakterület egészének, vagy egyes részeinek fejlődését elemzik, szintetizálják. A nagysebességű digitális átvitel kérdésének vizsgálatára a Bizottság három tagját kérték fel, majd a tudományos helyzetkép elkészítése után, annak tartalmát, a TRB plénuma 1987. évben megvitatta.

Bevezetés

A helyzetkép kidolgozását a nagysebességű digitális átvitel témakörben, több tényező is indokolta. Mielőtt azonban az indokok felsorolását megkezdénénk, tisztázni kell néhány kérdést: Mit jelent a nagy sebesség? Miben különbözik a nagy sebesség, a széles sávától? Mire terjed ki ez a helyzetkép?

A digitális átviteltechnikában a 64 kbit/s sebességű csatornát tekintik alapegységnek. A digitális előfizetői központok általában ilyen sebességű csatornákat kapcsolnak. Egy ilyen csatorna, a beszédkapcsolat létrehozásán felületi szolgáltatásokra is alkalmas, miután ezek a csatornák képesek átvinni a multiplexeit adat-, lassú kép-, táviró- stb. jeleket is. Az ennél kisebb sebességű csatornákat keskenysávú csatornáknak, az ennél nagyobb bitsebességet átvivőket pedig szélessávú csatornáknak nevezzük. A digitális hierarchia szerint a 0,7, illetve a 2 Mbit/s az a következő jelsebesség, melyet alkalmaznak és amelyet már szélessávú csatornának neveznek. A szélessávú csatornán tehát nagysebességű bitfolyamatot lehet átvinni. A szélessávú csatorna alkalmas lehet több-tíz, több ezer alapegységű csatorna átvitelére is. Abban az esetben, amikor a szélessávú csatornát úgy használjuk ki, hogy abban egy-egy információhoz tartozó átvitel sebesség is több, mint 64 kbit/s, akkor a helyzetet jobban jellemzi a nagysebességű átvitel fogalma. A nagysebességű digitális átviteli helyzetkép kidolgozását az indokolta, hogy számos új szolgálat és új átviteli közeg csomópontjában, a nagysebességű átvitel helyezkedik el.

Kezdve a digitális képátviteltől, melyet akár szórakoztató, akár professzionális célra használunk, csatlakoztatva ehhez a videokonferencia elterjedé-

sének lehetőségét, majd más területeket nézve pl. a számítástechnikában a gyors adatközlést, a programok átvitelét, vagy a különböző érzékelők információinak gyors átvitelét stb. mind nagy sebességet igényelnek és általában ez a sebesség 34 Mbit/s-os, vagy annál is nagyobb sebességtartományokba esik. Az új átviteli közegek, lehetőséget adnak a nagysebességű digitális átvitelre, mind a földfelszíni, mind a szatellit mikrohullámú technika, mind a fényvezető felhasználásával. Az itt csak vázolt igények és lehetőségek középpontja a nagysebességű digitális átvitel, melyek elterjedése elősegíti az igények kielégítését és központi szerepet kap az új technikai lehetőségek bevezetésében.

A helyzetkép első része a nyilvános hálózatokkal foglalkozik, mely első fejezetében részletesebben áttekinti a lehetőségek és igények alakulását és ezek kölcsönhatásából kialakuló rendszereket. A második fejezetben az ISDN és a nagysebességű digitális átvitel kapcsolatát tárgyaljuk, mert első sorban az integrált szolgáltatások bevezetése indokolja a nagysebességű átvitelt.

Ezt követően a leglényegesebb pont, a hazai helyzet áttekintése, melynek során megállapítjuk, hogy az egyenlőtlen fejlődés nehézségeit csak nagyon gondos tervezéssel lehet áthidalni.

A második rész a magánhálózatokkal foglalkozik, külön tárgyalva a LAN és a MAN esetét. Az utolsó fejezet, a kábeltelevízióval foglalkozik. Az itt részletesen kifejtett témák, a nyilvános, kapcsolt hálózat fejlesztését is befolyásolják. A harmadik részben a fejlesztési célokat fogalmazzuk meg.

1. Nyilvános hálózatok

1.1. Előzmények

A nagysebességű digitális átvitel kialakulása a következő forrásokra vezethető vissza:

a) A digitális technika (rendszerek és berendezések) megjelenése és ennek nyomán a lehetőségek fejlődése. 1966—67-től megkezdődött a PCM-berendezések távközlési célokra történő felhasználása. Ezt követően 1972-ben kialakult a 30 csatornás (2 Mbit/s) PCM-rendszer európai szabványra. Az elektronikai fejlődés hamarosan

lehetővé tette a 480 csatornás (34 Mbit/s) és az 1920 csatornás (140 Mbit/s) PCM-berendezések és rendszerek előállítását, melyek alkalmazása azonnal megkezdődött.

A 80-as évek elején az ezekre vonatkozó CCITT ajánlások is megjelentek.

A fejlődés nem állt meg. A 7680 csatornás, 560 Mbit/s-os rendszer kidolgozása és alkalmazása a fejlett iparú országokban már igen előrehaladott és kiterjedt munka folyik, a Gbit/s-os berendezések és rendszerek kidolgozása terén. A fejlődés tehát tovább halad, mert erre az elektronika fejlődése megvalósítási lehetőséget ad.

A csatornaszám növekedésével egyidejűleg, a mikroprocesszoros technika fejlődése megteremtette a PCM-től eltérő, digitális átviteli módok kidolgozásának lehetőségét is. A különböző predikciós eljárásokkal a beszéd-átvitel 64 kbit/s-os alapegysége mellett, a 32 és a 16 kbit/s-os eszközök kialakítása is megkezdődött.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a digitális átviteltechnika az alkalmazási lehetőségek igen széles skáláját teremtette meg.

b) Az előzmények második csoportja az igényoldalra vezethető vissza. A számítógépek közötti információcsere, a gyors vezérlőrendszerek kidolgozása, a televíziójel digitális átvitele, a távérzékelés stb., a 64 kbit/s-os alapegység nél gyorsabb átvitelt igényel. Egy primer PCM-rendszernek megfelelő 2 Mbit/s jelátvitel általában számítástechnikai célokra elegendő lenne, azonban a képátvitel legalább 34 Mbit/s-os, vagy ennél is nagyobb sebességű átvitel megvalósítását igényli. Ugyanezt a sebességet fel tudjuk használni közvetlen számítógép együttműködési célokra és nagyon gyors folyamatok ellenőrzésére, vezérlésére (pl. haditechnika) is. A digitális jelek átviteli igényével együtt jelent meg a digitális jelek kapcsolásának igénye. Ezért kidolgozták a 34 Mbit/s-os rendszerek kapcsolóit is. 8/16-os, 16/16-os és 8/32-es kapcsolómezőket fejlesztettek, amelyek a szélessávú átvitel mellett, a szélessávú kapcsolást, a kettő együtt pedig a szélessávú, nagysebességű, digitális hálózatok megvalósításának lehetőségét eredményezte.

Összegezve megállapíthatjuk, hogy a nagysebességű digitális átvitelre és hálózatra megvan az igény és ezen igény kielégítéséhez szükséges műszaki előfeltételek is kialakultak.

c) Az előzmények harmadik csoportja a nagysebességű átvitel fejlődését előmozdító, szélessávú átviteli utak, új átviteli közegek megjelenésére vezethető vissza.

Itt elsősorban a fényvezetőre kell gondolni, ahol egy szálon, a 34 Mbit/s-os átvitel, a jelenlegi technikai szinten, 50–60 km-es ismétlődő nélküli összeköttetést tesz lehetővé. Számos területen már gyakorlati alkalmazásban vannak a 40–60 km-es ismétlődő távolságú, 140 Mbit/s-os átviteli utak, és a fejlődés még ennél is nagyszerűbb lehetőségeket ígér.

A monomódusú technikával, az 1300 nm-es hullámsávban, 100 km feletti ismétlődő távolságok is valós célok, ugyanakkor a mikroelektronika, a távközlési technológia, újabb közegek (anyagok) és hullámhosszak alkalmazása, az 1000 km feletti szakasztávolságokat is elképzelhetővé teszi. Gyakorlati tapasztalatok vannak már az 560 Mbit/s-os rendszerek alkalmazásában és a laboratóriumokban már működnek a több Gbit/s-os átviteli rendszerek is.

A fényvezető átviteli rendszerek által biztosított műszaki lehetőségek mellett említést érdemel a fényvezető szál árának folyamatos, igen gyors csökkenése. Az egymódusú szál most már olcsóbb, mint az öt évvel ezelőtt használt többmódusú szál. A korábbi prognózisok által megjelölt távlati 200 \$/szál/km árat az egymódusú szál már ma elérte.

Tíz szálat tartalmazó kábel ára védőrétegekkel, terhelésmentesítővel, párnázatokkal és köpenyvel együtt 4000 \$/km alatt van, amely a kábelben átvitt csatornák számával elosztva (5 rendszerrel és rendszerenként 2000 csatornával számolva) 0,4 \$/csatorna/km értéknél is kisebb árat jelent, amely minden más alapáramkörnél olcsóbb. Digitális környezetben az A/D átalakítók sem jelentenek külön költséget, tehát ez sem növeli az árat egy adott határ fölé.

1.2. ISDN és a nagysebességű digitális átvitel

Az elmúlt hat évben a digitális átvitel és digitális kapcsolás nyomán, megkezdődött az integrált szolgáltatású digitális hálózat kialakítása is. Ennek első lépése 64 kbit/s-os alapegységű hálózat. Az ehhez szükséges kapcsoló berendezések rendelkezésre állnak és bevezetésük a világ legtöbb országában megkezdődött. Mint átviteli utak, a 64 kbit/s jelsebesség többszöröse is rendelkezésre állnak és az előfizetők egy, vagy két ilyen csatornával csatlakoznak a hálózathoz. Ez a megoldás előnyösnek látszik:

- a nagymértékű szabványosítás lehetősége;
- a hálózat költségeinek csökkentése;
- egyszerű tarifarendszer kialakítása;
- a rendelkezésre álló eszközök jobb kihasználtsága, és nem utolsósorban
- a távközlési szolgáltatások bővítési lehetősége miatt.

Kialakult a hálózatok fejlesztésének rendje is: a digitalizálást, a magasabbrendű központokból kiindulva, fentről lefelé valósítják meg. A nagykapacitású központok közötti kapcsolathoz rendelkezésre állnak a nagysebességű fényvezető átviteli utak és ezek biztosítani tudják a hálózat felső síkjában szükséges nagy csatornaszámokat. A szolgáltatások közül a telex, a teletex, a faximile, a videotex stb. könnyen megvalósítható ezekkel a rendszerekkel. Szükség esetén rendelkezésre állnak a 2–8–34 Mbit/s jelsebességű csatornák is.

A digitalizálás halad az előfizetők felé is, de ez a folyamat napjainkban még lassú. Jelenleg inkább közületek igénylik, hogy a digitális bitfolyam egészen az alközpontig eljusson és így a digitális

irodatávközléshez is alapot teremtsen. A magán előfizetők döntő többsége még analóg távbeszélő készülékekkel csatlakozik a hálózathoz. Egyelőre még nem igényli a képi, vagy írott információ átvitelét, ugyanakkor a rádió- és televízió műsorszóráshoz külön kábeles analóg hálózat áll rendelkezésre.

Kísérleti létesítményeket hoztak létre a képi- és zenei műsorszórás, valamint a 64 kbit/s-os távbeszélőhálózat összevonására. Ezekben az esetekben a fényvezetős átvitel az előfizetői hálózatokban is megjelent. Ez a megoldás viszont még nem minden esetben gazdaságos, elsősorban azért, mert a meglévő hálózat — minden további beruházás nélkül is — legalább egy évtizedig kielégíti az előfizetői igényeket és ezért nehéz indokolni az új, nagysebességű előfizetői hálózatok kiépítésének sürgősségét. Azok a felhasználók, amelyek számítástechnikai, automatizálási és vezérlési célokra nagysebességű összeköttetéseket igényelnek, közvetlenül a nagykapacitású központok között létrehozott több mint száz, illetve több száz Mbit/s-os átviteli utakkal csatlakoznak. Saját fénytávközlő rendszerükkel a nyilvános hálózatba kapcsolódva, bérelt összeköttetéseket üzemeltetnek.

Távközlésileg legfejlettebb országok tehát a következő fejlesztési stratégiát és időrendet követik:

- a) 64 kbit/s-os digitális alaphálózat kiépítése a hálózati hierarchiában, fentről lefelé,
- b) nagysebességű, 140, illetve 560 Mbit/s-os fényvezetős átviteli utak létrehozása a hálózat felsőbb síkjai,
- c) nagysebességű, bérelt összeköttetések — a rendelkezésre álló, nagykapacitású gerinchálózat felhasználásával — számítástechnikai és egyéb célokra,
- d) integrált szolgáltatású digitális hálózat kiépítése nagyforgalmú közületi előfizetők céljára, az irodai távközlés integrálása a nyilvános kapcsolt hálózatba,
- e) kísérleti hálózatok létesítése, kapcsolt 34 Mbit/s-os folyamatokkal, a magán előfizetők távbeszélő és egyéb igényének kielégítésére,
- f) a 34 Mbit/s-os, nagysebességű, kapcsolt szolgáltatás bevezetése. (Ezt a szolgáltatást még a legfejlettebb távközléssel rendelkező országok is csak az ezredforduló utánra tervezik.)

Meg kell még említeni a digitális műholdas átviteli rendszerekkel kapcsolatos fejlesztési elképzeléseket is. A távközlési műholdak, valamint a hozzájuk kapcsolódó földi állomások nagy eszközértéket képviselnek. Létesítésük csak akkor gazdaságos, ha nagy forgalmat tudnak lebonyolítani. A kívánatos forgalom viszont csak olyan esetben biztosítható, ha egyetlen műholdhoz nagyszámú, többségükben kisebb forgalmi igényű, földi állomás tud hozzáférni. Ilyen esetekben, a földi állomások közötti összeköttetéseket a műhold vezérlési rendszere építi fel.

1.3. Hazai helyzet

A digitalizálás, a PCM-berendezések terjedésével megkezdődött. Mind kábeles, mind mikrohullámú rádióösszeköttetések, mind fényvezetős összeköt-

tetések, üzemelnek már a hazai hálózatban 64 kbit/s-os beszédcsatornával, 34 Mbit/s-os átviteli utakkal. Az időosztásos kapcsolástechnika bevezetése azonban — a fejlett távközlési iparral rendelkező országok érvényben lévő technológiai exportkorlátozásai miatt — nem kezdődhetett meg. Ez azt jelenti, hogy még a 64 kbit/s-os hazai alaphálózat kialakítása is csak a jövőben várható. A tervező munkánál azonban figyelembe kell venni, hogy az import lehetőségek miatt átmeneti időre, más fejlesztési stratégiát kell kialakítani.

Jelentős erőfeszítésekkel indult a kábel-tv hálózat kiépítése. Ezt politikai jelentősége miatt erősen támogatják, ugyanakkor fejlesztésénél nincs olyan jelentős korlátozó feltétel, mint ami a távbeszélő hálózatban, az időosztásos központok bevezetésénél jelenleg fennáll. Jelenleg a kábel-tv hálózatok kiépítésének alapelve a koaxiális kábel. A műsorok között az előfizetői ponton lehet választani, tehát központi kapcsoló berendezésre, ebben a megoldásban nincs szükség. A programokat helyi stúdió táplálja be, amely a két hazai program mellett, a szomszédos országok programjait, továbbá helyi programot biztosít az előfizetők számára.

Az elmúlt években felmerült annak lehetősége, hogy a meglévő, rendkívül nagyértékű kábel-tv hálózatot egyéb átviteli célokra is felhasználják. A kísérletek riasztási jelzések átvitelére, számítástechnikai összeköttetések létrehozása irányába kezdődtek. Ezzel egyidejűleg megindult annak tervezése is, hogy a korlátolt sávszélességű és elsősorban analóg átviteli céljaira előnyös koaxiális kábel helyett, fényvezetővel legyenek kiépítve az új kábel-tv hálózatok. Mivel a fényvezetők átviteli sávszélessége további lehetőségeket biztosít különböző információk átvitelére, a hálózat struktúráját is célszerű lenne ehhez illeszteni. Idehaza is jelentős kutatás folyik abban az irányban, amely lehetővé teszi, hogy a jelentős költséggel kiépülő fényvezetős kábel-tv hálózat, az adott terület teljes távközlési igényét is kielégítse.

A hazai helyzet elemzése arra mutat, hogy

- a nagysebességű digitális átvitel kiépítéséhez (bérházak és lakótelepek központjai, valamint a stúdió és távbeszélő nagyközpontok között) a szükséges elképzeléseink megvannak, de megvalósításuk programja egyelőre még vitatott;
- a távközlési gerinchálózaton rövidesen rendelkezésünkre állnak majd a digitális nagysebességű bitfolyamatok, megteremtve a hálózatfejlesztés gyorsításának lehetőségét.

1.4. A hálózattervezéssel kapcsolatos megfontolások

A nagysebességű digitális utak igen gazdaságosak az egységnyi információátvitelre vonatkoztatva, ugyanakkor kiépítésük összességében költséges. Általános irányelvként kezd kialakulni, hogy a pillanatnyi igényeket messze meghaladó mértékben érdemes ezeket a nagysebességű utakat kiépíteni. Ez gyakorlatilag fényvezető összeköttetések kiépítését jelenti. Ezt indokolja az is, hogy az információátviteli igények fejlődése nehezen

prognosztizálható, de az már többszörösen bebizonyosodott, hogy a lehetőség, rendkívül erősen dinamizálja az igények fejlődését. Ezért érdemes a jelenleg megítélhető igényeknél lényegesen nagyobb kapacitású átviteli utakat kiépíteni. Amennyiben rendelkezésre állnak a nagysebességű átviteli utak, a hálózattervezés lényege, hogy a meglévő forgalmi csomópontok között kiválassza, hogy a meglévő igények kielégítése, hol és milyen kapacitást köt le. Újabb igények megjelenésekor, a rendelkezésre álló nagysebességű utak forgalmi kapacitásának átrendezése és újrairányítása a fő feladat. Ez az elképzelés jól illeszkedik a hazai helyzethez, mert addig ameddig, időosztásos kapcsolástechnikával, az egész hálózatra kiterjedően nem rendelkezünk, megkezdődhet a nagysebességű, nagykapacitású digitális átviteli utak kiépítése.

2. Magánhálózatok

A magánhálózatokat — a nyilvános hálózatokkal ellentétben — szűkebb előfizetői, vagy felhasználói kör igényeinek kielégítése céljából hozzák létre. A magánhálózatokra éppen ezért jellemző a térbelileg kisebb kiterjedés, valamint a résztvevők kisebb száma.

Ebben a helyzetképben elsősorban az olyan magánhálózatokkal foglalkozunk, amelyeket alapvetően digitális információkat továbbítanak és a nagysebességű digitális átvitel szempontjából — akár ma, akár a jövőben — jelentőséggel bírnak. Ilyen hálózatok főként számítóközpontok, számítástechnikai eszközök, számítógépek, gyors folyamatokat vezérlő központok stb. között létesítenek átvitelt. A vizsgálatból nem zárjuk ki teljesen azon hálózatokat sem, amelyek analóg jelátvitelre (pl. TV műsorszórtásra), szolgálnak, de emellett alkalmasak digitális kapcsolat létesítésére is.

A számítógépek közé telepíthető digitális hálózatok kialakulásának kezdete a hatvanas évekre tehető. Az első hálózatok felépítésükben még a kapcsolt telefonhálózatra hasonlítottak, amennyiben az egyes elemek egy hálózatvezérlő egységen keresztül kerülhettek egymással kapcsolatban. (Ebből az elgondolásból fejlődött ki a soros, illetve párhuzamos „IEC busz” rendszer). Nemsokára megjelentek az olyan hálózatok is, amelyek inkább a számítógépek belső busz-struktúráját utánozták.

Hamarosan kiderült, hogy a számítógépek közötti hálózatnak igen sok olyan feladatot is meg kell oldani, amelyek az akkori kapcsolt telefonhálózatokban még nem jelentkeztek. Így pl. a kapcsolat felvétele, fenntartása és bontása mellett gondoskodni kellett arról is, hogy a különféle résztvevők „értsék” egymás „nyelvét”, utasításait, vagy üzenetformáit. Szükség mutatkozott továbbá egy olyan egységes hálózati eljárásra, amely a különféle felépítésű hálózatok, valamint az igen eltérően viselkedő hálózatelemek együttműködését biztosítani tudja. A digitális magánhálózatok felépítésére, illetve működésére ma már számos nemzetközi, vagy társasági ajánlás vonatkozik.

A következőkben a magánhálózatok eddig kialakult formáit tekintjük át. A magánhálózatok protokollrendszerének áttekintése az „F” függelékben található.

2.1. Lokális hálózatok (LAN)

A lokális hálózatok — feladatukat tekintve — korlátozott számú résztvevő között létesítenek átvitelt. Az adatátvitelhez általában szélessávú összeköttetés szükséges.

A lokális hálózatok kiterjedése általában korlátozott (pl. épületen, vagy épületcsoporton belül), tehát kb. 10—1000 m összeköttetés távolságig használhatóak, bár a LAN-ok esetében nem az átviteli távolság a legfontosabb jellemző.

A hálózatok topológiájának kialakítására többféle forma alakult ki. A lehetséges összeköttetésformákat a 2.1./a—f ábrákon láthatjuk.

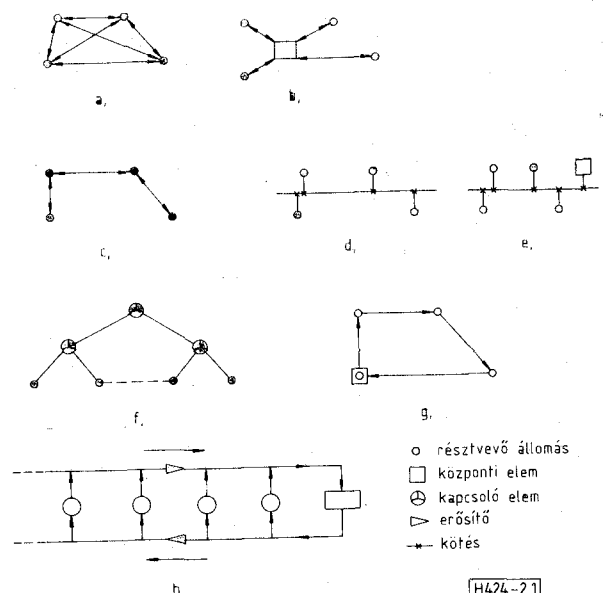
A 2.1. ábra a) elrendezésnél a hálózat valamennyi résztvevőjét külön átviteli vonal köti össze a többivel. (Mindenkivel, mindenkivel közvetlen kapcsolatban lehet.)

A 2.1. ábra b) elrendezésében az egyes állomások egy közösen használt központon át juthatnak egymással kapcsolatba. (Csillag elrendezés.) Lokális hálózatokban az ilyen központok a jeleket nemcsak továbbítják, hanem egyéb forgalmi vagy logikai feladatokat is ellátnak.

A 2.1. ábra c) hálózatában minden résztvevő csak a két legközelebbi szomszédjával tart kapcsolatot. Itt az egyes állomásokon, az adatok tranzit továbbítását is meg kell oldani.

A 2.1. ábra a—c) elrendezéseinek duplex kapcsolat szükséges a résztvevők között.

A 2.1. ábra d) hálózatánál valamennyi résztvevő párhuzamosan, egyetlen közös fizikai vezetőre kapcsolódik. Az adást minden résztvevő maga kezdeményezi, ha a hálózatot a résztvevő szabadnak találja. A hálózat-protokollnak azon-



2.1. ábra. LAN-hálózatok topológiája

H424-21

ban tartalmaznia kell ütközésetektort, amely érzékeli, ha egy időben, véletlenül két, vagy több résztvevő is kezdeményezett adást (CSMA/CD eljárás).

A párhuzamos hálózatok jelenleg a leginkább elterjedt LAN-rendszernek tekinthetők és itt igen sokféle megoldás található. Legismertebbek az ETHERNET típusú LAN-hálózatok.

A 2.1. ábra *e*) hálózati elrendezés hasonló a *d*)-hez, de itt egy közös vezérlőelem is található. Ilyenkor az ütközés lehetősége kizárt. Figyelemre méltók itt az olyan vezérlő elemek, amelyek a hálózat üzemének szervezése mellett a résztvevők bizonyos adatfeldolgozási igényeit is ki tudják elégíteni.

A 2.1. ábra *d*) és *e*) hálózatainak fizikai kiterjedését a vezetékcsillapítás korlátozza. Erősítést a vezetékben akkor alkalmazhatnak, ha az átvitel iránya szerint valamilyen módon különbséget teszünk. Az irány szerinti szétválasztás egyik lehetőségét a frekvencia-transzponálás nyújtja.

A 2.1. ábra *h*) szerinti lokális hálózatában a kétirányú átvitel, két különböző frekvenciasávban történik. A résztvevő állomások frekvenciatranszponáló modemet tartalmaznak. A kétirányú összeköttetés fizikailag ugyanazon a vezetéken — rendszerint koaxiális kábelben — történik. A vezeték végén egy közös transzponáló elem található, amely az információáramlást visszafordítja. Az ilyen — szűrőváltókkal ellátott — megoldású lokális hálózat a tv-műsorelosztó kábelhálózaton is üzemeltethető.

A 2.1. ábrán lévő *g*) hálózat gyűrűs elrendezést mutat. Itt az információáramlás egyirányú. Bármelyik résztvevőtől kiinduló forgalom végigjárja a gyűrűt, és a címzett állomás (vagy állomások) átveszik az információt. Ha az adóállomás is visszakapja a gyűrűből saját jelét, úgy ellenőrizheti, hogy a hibamentesen végigjárta-e a rendszert. Az egyik állomás, a forgalom megindításáról és folyamatos fenntartásáról gondoskodik. A gyűrűs rendszerben — általában — egyidőben csak egy állomás ad. Az állomás a közleményt kísérő „szervező” adatcsoportban egy jellel jelzi, van-e még továbbítandó közleménye. A gyűrűs sorrendben következő állomás csak akkor kezd adni, ha van átviendő közleménye és a megelőző állomás az adást befejezte. A gyűrűs hálózat, a párhuzamos hálózatok mellett a másik, gyakran alkalmazott LAN-átviteli rendszer.

Elterjedőben vannak olyan lokális hálózatok is, melyek kapcsoló elemet is tartalmaznak. Ilyen konfiguráció látható a 2.1. ábra *f*) változatában. A kapcsoló elemek beállításával két (vagy több) résztvevő között hierarchikus kapcsolási út hozható létre. A kapcsolt lokális hálózat alkalmazása nagy adatsebesség esetén előnyös, így ezek elterjedése inkább a jövőben várható. A hálózat elemeinek sérülésével, meghibásodásával számolva, némi elem között, kiegészítő összeköttetés építhető. Ezt az utat az ábrán szaggatott vonal jelöli. Hiba esetén ez, mint kerülő irány, átveheti a forgalmat.

A lokális hálózatok jelentős hányadát számítástechnikai központok és eszközök közötti adatfor-

galom lebonyolítása céljából hozták létre. Figyelembe kell azonban venni, hogy az utóbbi időben a beszéd és adat, valamint a kép és adat egyidejű továbbításának igénye megnövekedett és a jövőben ez várhatóan még csak fokozódik. A beszédkapcsolat szükségessége az egymáshoz közel élő emberek, vagy pedig az egy munkahelyen dolgozók között természetes és ez egyre indokoltabbá teszi az ilyen, integrált szolgáltatású lokális hálózatok kialakítását. A korszerű vezetés azonban megkívánja a kép- és írásátvitelt is, amikor megbeszéléseket videokonferencia rendszerrel úgy lehet összehozni, hogy a résztvevőknek munkahelyüket nem kell elhagyni.

A fent körvonalazott szolgáltatások ellátásához különböző átviteli sebességű hálózatok szükségesek.

a) A csak adatot továbbító hálózatokban a résztvevők átviteli sebességigénye többnyire 19,2 kbit/s alatti érték. Mivel azonban az egymással forgalmazó állomások száma legalább 256 (vagy ennek sokszorososa) lehet, a közös hálózat az adatsebesség sokkal nagyobb. A jelenleg elterjedt rendszerek alapsávi, vagy vivőhullámú modulációkat alkalmaznak. Az alapsávi, lokális hálózatokban az adatátviteli sebesség többnyire ≈ 10 Mbit/s, de forgalomban vannak már ennél gyorsabb rendszerek is (pl. az Apollo cég Domain, vagy a Network Systems cég Hyperchannel rendszere). Hierarchiájukat tekintve ezek párhuzamos gyűrűs, vagy csillaghálózatok lehetnek. A vivőhullámú lokális hálózatokat (gyakran ezeket is szélesávúnak nevezik) nagyobb távolságok esetében szokásos használni és ez gyakran több felhasználót is jelent. A szélesávú rendszerek között gyakori a 10 Mbit/s-nél nagyobb adatsebesség. A vivőhullámú moduláció többnyire FSK, CPFSK, illetve AMPSK rendszerű. Ez utóbbit az IEEE 802 ajánlja, elsősorban sávtakarékos tulajdonsága miatt. A vivőhullámú hálózatok többnyire párhuzamos topológiát használnak. Az adatátviteli lokális hálózatok rendszerteknikája kialakult, berendezéseit számos cég gyártja. Egy hálózati csatoló egység költsége jelenleg 500—2000 \$ között változik. Az előrejelzés, az ilyen hálózatok igen gyors fejlődésével számol.

b) Hang- és videoátvitelre is alkalmas lokális rendszerben jóval nagyobb átviteli sebesség szükséges. Így pl. 1000 telefonállomás PCM forgalma kb. 25—30 Mbit/s, egy jó minőségű video konferencia pedig (4—8 kép továbbítása esetén) 250—300 Mbit/s sebességű átvitelt igényel. A nyolcvanas évek után még ennél is nagyobb átviteli sebességgel kell számolni. A nagy felírási sűrűségű optikai diszkek, gyorsabb működésű számítógépek megjelenése, az elosztott számítástechnikai erőforrások bevezetése Gbit/s tartományig növeli a vonali jelsebesség igényét. Erre a célra már fényvezetők kell alkalmazni.

A fényvezetős lokális hálózatokat valószínűleg gyűrűs topológiával valósítják meg. A gyű-

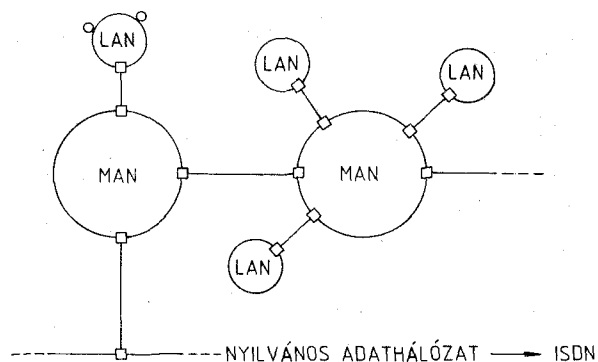
rús hálózatban ugyanis az órajelvisszaállítás, valamint az adatjel regenerálás viszonylag egyszerűen oldható meg. A gyűrűs rendszerben ugyanakkor a hálózatvezérlés is egyszerűbb, ami a Gbit/s sebességű félvezető hálózati elemekkel szemben támasztott követelményeket csökkenti. Egy 5 Gbit/s-os kísérleti rendszerrel jelenleg >1 km-es átviteli távolságot értek el, de a kutatás 10 Gbit/s sebesség felé tart. A nagysebességű optikai hálózatokban optikai kapcsolókra is szükség van. Az eddig kidolgozott kapcsolók fényenergiaelosztót és az elosztórendszer végpontjain vezérelhető fotodetektort tartalmaznak. A fényenergia osztása miatt, — egy mátrix kapcsolóegység — jelenleg még csak viszonylag kevés számú (pl. egy kísérleti rendszerben 10×10) keresztpontot tartalmaz. Nagyobb kapcsolórendszer a kisebb „elemi” kapcsolóegységekből építhető fel. Optikai kapcsolással már 500 Mbit/s sebességű adatfolyam kapcsolható.

Folyamatban van az igen gyors működésű, félvezető kapcsolómezők kidolgozása is.

2.2. Városi adathálózatok (MAN)

A városi adathálózat (Metropolitan Area Network) fogalma alatt olyan szélessávú átviteli rendszert értünk, amely egyedi lokális hálózatokat köt össze kapuk és protokollok segítségével (2.2. ábra). A városi adathálózat — ezen kívül — összekapcsolható a nyilvános ISDN-nel is. A városi adathálózati koncepció most van kialakulóban. Az IEEE 802 jelű ajánlástervezetben a MAN már benne van, de az ajánlás még nem jelent meg.

A 2.3. ábra az IEEE 802, valamint az OSI (Open System Interconnection) referencia ajánlásainak felépítését és tartalmát mutatja. A 802,3 ill. 802,4 ajánlások 1983-ban már megjelentek, a 802,5 is elkészült, a 802,6 ajánlástervezetben pedig most dolgoznak. Itt elsősorban a modulációs rendszer és az adatsebesség optimális megválasztása képezi a vizsgálat tárgyát. A városi adathálózat tervezési szempontjai között alapvető, hogy a hálózat adat-, beszéd- és videójel átvitelére egyaránt alkalmas legyen. Ennek megfelelően választják meg az adatsebességet és a protokollt. Valószínűnek látszik a többszáz Mbit/s, illetve Gbit/s nagyságú átviteli

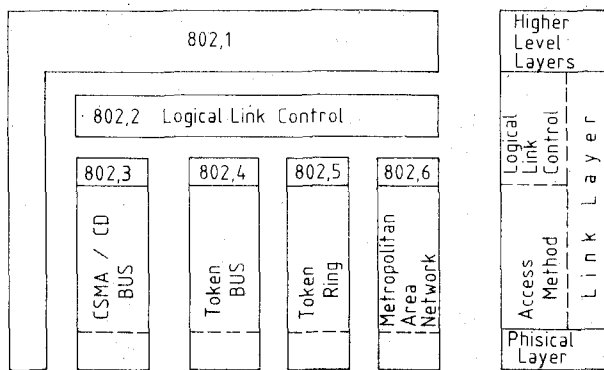


H424-2.2

2.2. ábra. LAN—MAN-hálózatok és azok kapcsolatai

IEEE 802

OSI



H424-2.3

2.3. ábra. IEEE 802 és OSI-ajánlások

sebesség. Fizikai vezetőközegként a fényvezető szolgál. Úgy, mint a lokális hálózatok esetében, itt is indokolt a gyűrűs hálózat-topológia kialakítása. Emellett tekintetbe jön a városi kiterjedésű CATV hálózat MAN-jellegű felhasználása is.

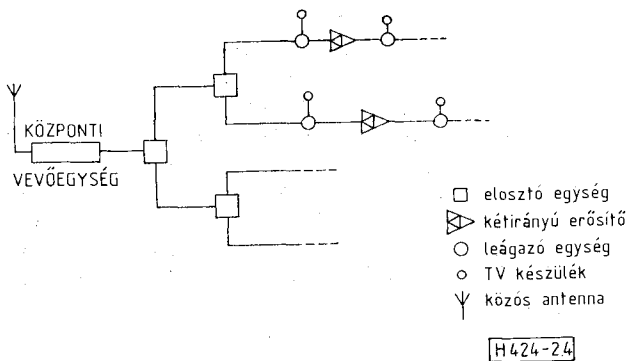
2.3. Kábeles TV műsorelosztó hálózat

A kábeles TV műsorelosztó hálózat kiépítése városi környezetben világszerte terjedőben van. A rádió frekvenciás energia szétosztásához elsősorban koaxiális kábelt használnak.

A jelenlegi kábeles műsorelosztó hálózatok topológiájukat tekintve, fa-struktúrájú rendszerek. Ez az elrendezés az egyirányú átvitel számára kedvező. 1970-től kezdve, a kábeles hálózatok kialakításánál már másodlagos követelményként jelentkezett, hogy az alkalmas legyen a háztömbök, lakótelepek lakásai és a környezetükben elhelyezkedő kommunális létesítmények (hivatalok) közötti, kétirányú összeköttetések megvalósítására is. Ezt a feladatot a vivőhullámú modemek beiktatásával lehetett megoldani. A vivőhullámok egy része az adat-információk „felfelé”, más része pedig azok „lefelé” irányuló áramlását szolgálja. A KTV rendszerek frekvenciatervét, a spektrum jó hasznosítását, ajánlások, segítik.

A fenti struktúra, lokális hálózati felhasználás esetén, az alkalmazható protokollt is meghatározza. Külön „oda”, illetve „vissza” irányú vivőhullám esetén legjobban a 2.1. ábra h) szerinti hálózata alkalmazható.

A jelenlegi koaxiális-kábeles rendszerekben alkalmazott hálózati elrendezés példája látható a 2.4. ábrán. A központi vevőegységtől trunk-vezeték indul, amelyről — elosztók közbeiktatásával — az ágak felé továbbítjuk a jeleket. A hosszú ágakban erősítők vannak. A frekvencia-multiplex átvitel miatt az erősítők, illetve az elosztó egységek szűrőváltókat tartalmaznak. Amennyiben lokális hálózat céljára kívánjuk a rendszert felhasználni, az „oda”, illetve a „vissza” irányú adatcsatornákat, a központi vevőállomáson — frekvencia transzponáló egység, továbbá helyi illesztőegységek felhasználásával egy KTV hálózat, a 2.1. ábra h) változata szerinti lokális hálózat adatát-



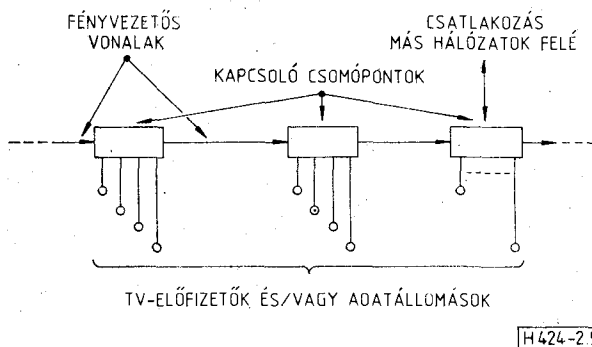
2.4. ábra. Koax-kábeles KTV hálózati elrendezés

viteli szolgáltatását tudja biztosítani. A jövőben várható nagyobb adatátviteli igényeknek, a legfeljebb kb. 10 Mbit/s átviteli jelsebességet biztosító KTV rendszerek nem tudnak megfelelni. Az integrált adat-kép-hang átvitelhez már Gbit/s jelsebességű, digitális átvitel szükséges. A 100 Mbit/s jelsebesség feletti átvitelre, már csak a fényvezetős KTV-rendszerek lesznek alkalmasak.

Fényvezetős átvitel esetén a 2.4. ábra szerinti KTV hálózati elrendezés nem optimális és helyette inkább a 2.5. ábra hálózata látszik célszerűnek. A hálózat gerincét fényvezetős vonalak képezik. A hálózat csomópontjaiban kapcsolók helyezkednek el, amelyek az egyes előfizetők vonalait külön kapcsolják. Az elrendezés, lényegében láncba fűzött, csillaghálózati alakzatot mutat (Ministar). A rendszer, bármelyik pontján illeszthető a nyilvános ISDN, vagy egyéb lokális hálózatokhoz. Ilyen kiépítés mellett a nagysebességű KTV már inkább városi adathálózatot (MAN) mint lokális hálózatot (LAN) fog realizálni.

3. Hazai fejlesztési célok

A nagysebességű digitális átviteltechnika elsősorban fényvezetős, másodsorban mikrohullámú rendszereken át létesülhet. Ezért a fejlesztési célok közül különös fontosságú ezen rendszerek összetevőinek kialakítása. Az igények mennyisége és nagyságrendje miatt ezeket a rendszerösszetevőket nem lenne gazdaságos teljes egészében importból beszerezni. Ezen rendszerelemek teljes hazai előállítására, vagy részben hazai, részben importból történő biztosítása tehát a nagysebességű digitális átvitel egyik alapja. Ipari,



2.5. ábra. Fényvezetős KTV hálózati elrendezés

egyetemi-, akadémiai, illetve felhasználói kutató bázisunk kutatás-fejlesztési programja — 1979 óta — ennek szellemében került megfogalmazásra és hasonló koncepció mondható gyártó vállalkozásaink fejlesztő-gyártó programjára is.

Berendezéstechnikai téren a 34 Mbit/s-os multiplex rendszerek és vonali berendezések — mind fényvezetős, mind mikrohullámú megoldásban — rendelkezésre állnak. Ezek alkalmazásával tehát a szélessávú átviteli utak kiépítése megkezdhető. Elindult a 140 Mbit/s-os rendszerek hazai fejlesztése is és várható, hogy néhány éven belül ezek is rendelkezésre fognak állni. Úgy látszik tehát, hogy az átviteli berendezések területén nincs akadálya a nagysebességű digitális átvitel kiépítésének. Számos kísérlet folyik különböző nem PCM alapú digitális rendszer kialakítására is. Ezek előfizetői hálózatban, nagytávolságú rendszerekben, szatellit távközlésben egyaránt számításba jöhetnek. Rendkívüli erőfeszítéseket kell tennünk viszont a PCM alapú, kapcsolt hálózat kiépítéséhez szükséges kapcsoló rendszerek és rendszerösszetevők mielőbbi hazai biztosítására. Tudományos és gyakorlati feladatok várnak még ránk a kábel-tv hálózatok és a távközlési hálózatok összekapcsolásának területén. Így pl. a hazai „minisztár”-rendszer kialakítása, a stúdiók és a távközlési központok elhelyezésének és műszaki jellemzőinek összehangolása olyan tudományos feladat, amely a távközlési hálózat tervezésével összhangban, meggyorsíthatja a nagysebességű digitális átvitel terjedését.

Műszaki feladatok közül elsősorban a fényvezetős rendszerek kialakítása és elterjesztése látszik jelentősnek. A hazai gyártás megoldásához, a rendelkezésünkre álló erő- és eszközök összehangoltabb és összefogottabb munkája volna szükséges.

Nemzetközi kapcsolatok szempontjából viszont a földfelszíni és a műholdas, nagysebességű, digitális átvitel csatlakozási jellemzőinek meghatározása van az érdeklődés előterében.

Végül érdemes valamennyi számítástechnikai, távközlési, vezérlési szakembert az erre vonatkozó nemzetközi ajánlásokkal megismertetni, és az erre vonatkozó irodalmat a legszélesebb körbe hozzáférhetővé tenni.

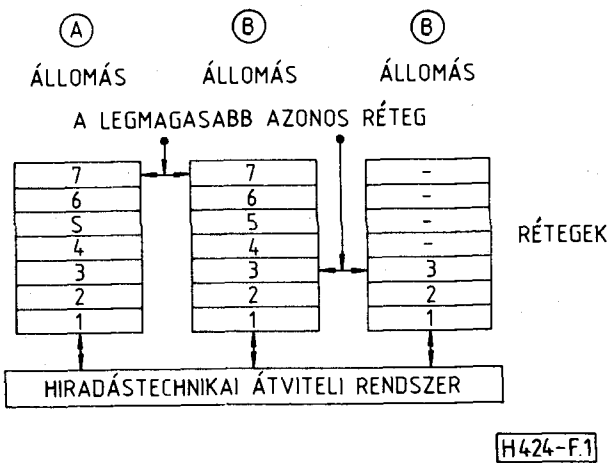
Összefoglalóan megállapítható, hogy a nagysebességű digitális átvitel a távközlés különböző területein egyre nagyobb jelentőségűvé vált és a kapcsolt digitális hálózat részeként jelentősége egyre fokozódik.

FÜGGELÉK

Hálózati szintek, rétegek

A digitális információátviteli hálózatok forgalmának vezérlése céljából ajánlás-rendszert dolgoztak ki. Az ajánlások némelyikét a fizikai összeköttetés felépítésénél, másokét pedig az üzenetstruktúra kialakításánál használják. Az ajánlások illeszkednek egymáshoz.

A jelátalakítások egyes feladat, illetve eljárás-körét rétegeknek nevezzük. Az egyik réteg a másikhoz képest alacsonyabb vagy magasabb szintű lehet.



F.1. ábra: Rétegek és rétegekapesolatok

Az ISO, illetve az IEEE a magánhálózatokban hót rétegű eljárásrendszer alkalmazását ajánlja. A rétegekre vonatkozó ajánlások részben elkészültek, részben pedig kidolgozás alatt állnak. A hót rétegek megfelelő eljárások rövid áttekintése:

- a) Fizikai réteg (Physical layer: Ph.)
Az első réteg két kommunikációs eszköz közötti fizikai kapcsolatra vonatkozik. Itt definiáljuk a mechanikus elemeket (pl. a csatlakozókat), a villamos paramétereket stb., valamint az adatátviteli eljárást. A fizikai rétegre vonatkoznak pl. az RS 232-C, WS 449 stb. ajánlások. Megfelelő illesztéssel különféle hírközlő rendszerek kapcsolhatók össze.
- b) Adatkapcsolati réteg (Data link layer: DL)
Ezen a szinten történik az elemi jel, illetve blokkszinkronizáció, valamint az adatátviteli sebesség beállítása. Gyakran kerül sor hibajavítás alkalmazására. A második rétegben történik két állomás között a kapcsolat felvétele, fenntartása és bontása. Amennyiben egy állomás több másikkal is kapcsolatba kerülhet, az állomás választást, a második réteg protokollja végzi.
A második réteg néhány ismertebb eljárása:
— bit-orientált [pl. az ISO szerinti HDLC (Highlevel Data Link Control), az IBM fejlesztésű SDLC (Single-level Data Link Control)] eljárás;
— karakter-orientált [pl. az IBM Bisync, vagy az ANSI X3.28 protokoll. A többállomásos hozzáférésre példa az Ethernet hálózatokban alkalmazott CSMA/CD (Carrier Send Multiple Access with Collosion Detection)] eljárás.
- c) Hálózati réteg (Network layer: N)
A hálózati réteg célját két állomás közötti adatforgalom eljárás szintű szervezése képezi, függetlenül az átvitel módjától, illetve az átviteli úttól. A hálózati réteg működése akkor kezdődik, amikor a kapcsolat már felépült. Jellemző hálózati protokollként említhető a CCITT szerinti X.25 eljárás.

- d) Szállítási réteg (Transport layer: T)
A negyedik réteg célja a főként berendezés- és rendszer-orientált alsóbb rétegekben, illetve a főleg program orientált felsőbb rétegek közötti illesztés biztosítása. Itt történhet a végpontok közötti hibaellenőrzés, a hálózat struktúrájától függő multiplexálás (adatszórás) előkészítése, a felhasználásnál lévő eszközök tulajdonságainak figyelembe vétele. A negyedik rétegek megfelelő protokollra példa az ANSI X.3L5 eljárás.
- e) Viszonyréteg (Session layer: S)
A résztvevő állomások dialógusának megszerzése, a forgalom lebonyolításának előkészítése ebben a rétegben történik. Az esetleges átviteli problémák — pl. szakadás, meghibásodás, kiesés — jelzése, kompenzálása is az ötödik réteg feladata.
Jellemző példa ezen rétegre az IBM SNA (Systems Network Architecture) protokollja.
- f) Megjelenítő réteg (Presentation layer: P)
Ez a réteg, a felhasználói program és a teljes átviteli hálózat programja közötti kapcsolatot biztosítja. A réteg illeszti a első öt rétegben tetszőlegesen kialakított rendszert a felhasználói rendszerhez anélkül, hogy a felhasználói programokat a hálózattól függően módosítani kellene. A réteg funkcióját képezi pl. a display funkciók végrehajtása, adatsorok elejének és végének kijelölése, titkosítás, adatkompresszió stb.
A hatodik rétegben felhasználható protokollok közül példaképpen megemlíthető a 8 bites ASCII (American Standard Code for Information Interchange), vagy az IBM szerinti EBCDIC (Extended Binary Coded Decimai Interchanged Code) kód. Lényegében ilyen funkciót látnak el a már igen régen használt 5 bites táviró kódok is.
- g) Alkalmazási réteg (Application layer: A)
A végleges felhasználás, illetve alkalmazás szintje. A hálózatot tulajdonképpen ebben a hetedik rétegben rögzített célok biztosítása érdekében alkalmazzák. A felhasználó végrehajtja a felhasználói utasítás szerinti műveleteket, eközben kapcsolatba lép más állomásokkal, vagy eszközökkel úgy, hogy az adatforgalom lebonyolításának módját már nem is érzékeli. Kisebb kiterjedésű alkalmazásra példa lehet egy üzem saját termelését ellenőrző számítógépes rendszer, nagy kiterjedésű hálózatra pedig jó példa a légiközlekedés helyfoglaló rendszere, vagy a nemzetközi könyvtári információs szolgálat.
A rétegek közötti kommunikációt az F.1. ábra mutatja. Az A, B és C állomások között csak akkor és csak olyan mélységű kapcsolat lehet, ahány rétegben megegyeznek. Így pl. az A és B állomások felhasználói szintű kapcsolatot is fenntarthatnak, de a C-vel, csak alacsonyabb szinten, pl. az X.25 protokoll szerint forgalmazhatnak.
Az OSI eljárás alkalmazása esetén valamely résztvevő a 7. rétegről (Alkalmazási réteg)

indítja a kapcsolatot. Ahogyan az átvendő információ egyre alacsonyabb rétegekhez érkezik, úgy formálódik az üzenet az átvitel által megkívánt alakra, illetve bővül az egyes rétegekben hozzárendelt kiegészítő adatokkal.

Az átvitel után a jelek valamilyen másik állomás első rétegéhez érkeznek. „Felfelé” haladván a réteglétrán a többlet jeleket az információ fokozatosan elveszti és visszaalakul a kívánt jelsorozattá. Az OSI fenti eljárásrendszeréből némely felhasználó a saját céljára kidolgozott rendszerben rétegeket összevonhat, így eltérő protokollt alkalmazhat.

(Megjegyzés: Az OSI-rendszer értelmezése tekintetében a szakemberek véleménye gyakran eltérő.)

IRODALOM

- [1] *C. A. SUNSHINE, G. ENNIS*: Broad-Band Personal Computer LAN'S. IEE Journal on Selected Areas in Communications VOL SAC—3, No3. May 1985. 408—416 p.
- [2] *D. T. U. Sze*: A Metropolitan Area Network IEEE Journal on Selected Areas in Communacitons. VOL SAC-3, No6, Nov. 1985, 815—825 p.
- [3] *L. A. Bergman, S. T. Eng*: A Syrechnous Fiber Optio Local Areas Network for Multigigabit/S Mixed-Traffic Communication IEEE Journal or Selected Areas in Communiactions. VOL SAC-3, No6. Nov. 1985. 842—849 p.
- [4] *A. S. Taylor*: Characterization of Cable TV Network as the Transmission Media for Data. IEEE. Journal on Selected Areas in Communications. VOL SAC-3, No2. March 1985. 255—266 p.
- [5] *A. Tóth, A. McGregor, B. Higgins*: The development of Cable Data Communications Standards. IEEE Journal on Selected Areas in Communications VOL SAC-3, No2. March 1985. 286—292 p.
- [6] *N. F. Maxemchuk, A. N. Netravali*: Voice and Data on a CATV Network. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. VOL SAC-3, No2. March. 1985. 300—312 p.
- [7] *B. Borabav G. H.*: Data Communications and Local Areas Networking Handbook. TAB Books. 1985.
- [8] *T. E. Browne*: Network of the Future. Proc. of the IEEE. VOL 74 No9. Sept. 1986. 1222—1231 p.
- [9] Számítástechnikai nyílt rendszerek összekapcsolása. MI 7808/1—86. (ISO 7498—1984). Magyar Szabványügyi Hivatal 1987.
- [10] Kábeles műsor- és jeltovábbító rendszerek. (Műszaki Követelmények 1987.) Magyar Szabványügyi Hivatal 11458/2.