



HB 1423

HÍRADÁSTECHNIKA

XLVII. ÉVFOLYAM

1996. ÁPRILIS

SDH HÁLÓZATOK

Bevezető gondolatok	Kántor Cs.	1
Szinkron digitális hierarchia alapjai	Kapovits Á.	2
SDH multiplexerek	Kovács J.	6
Öngyógyító SDH gyűrű architektúrák	Barna L.	10
A MATÁV SDH transzport hálózata	Sipos A. és Paksy G.	17
Mérési problémák az SDH technikában	Kása I. és Jeszenői P.	23
A szinkron digitális hierarchia alkalmazása	France Telecom	31

Termékek – Szolgáltatások

SAT Magyarország, a SAGEM csoport magyar tagja	39
--	----

NOKIA

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA
SZPONZOROK

Főszerkesztő

BARANYI ANDRÁS

Rovatvezetők

BATTISTIG GYÖRGY

KORMÁNY TERÉZ

PRÓNAY GÁBOR

SOMOGYI ANDRÁS

Szerkesztők

BARTOLITS ISTVÁN

KÁSA ISTVÁN

ELEKES JÓZSEF

FÖLDVÁRINÉ OROSZ JULIANNA

ANTALNÉ ZÁKONYI MAGDOLNA

WILK NÓRA

Munkatárs:

LESNYIK KATALIN

GERENCSÉR KLÁRA

Szerkesztőbizottság

TÓFALVI GYULA

elnök

BERCELI TIBOR

FRAJKA BÉLA

FRIGYES ISTVÁN

GORDOS GÉZA

GÖDÖR ÉVA

MOJZES IMRE

PAP LÁSZLÓ

SALLAI GYULA

TÖLÖSI PÉTER

Szerkesztőség

Budapest XIV., Ungvár u. 64-66.

1525 Budapest, Pf. 15.

Telefon: 251-1163, 201-7471

Telefax: 251-9878, 201-7471

Előfizetői szolgálat:

1016 Budapest, Fenyő u. 1.

Telefon: 175-7147

Előfizetési díj

Hazai közületi előfizetők részére

1 évre 6000,- Ft, egyes számok 650,- Ft

Hazai egyéni előfizetők részére

1 évre 1000,- Ft, egyes számok 120,- Ft

Külföldi előfizetők részére

1 évre 6 angol szám 90 USD, 12 szám 150 USD, egyes számok 24 USD



MAGYAR TÁVKÖZLÉSI
RÉSZVÉNYTÁRSASÁG



antenna
hungária

SIEMENS

Siemens Telefongyár Kft

ERICSSON



NOKIA



MOTOROLA

WESTEL
RÁDIÓTELEFON KFT

PANNON GSM



"AZ ÉPÍTÉS FEJLŐDÉSÉÉRT"
ALAPÍTVÁNY

HÍRADÁSTECHNIKA megjelenik havonta váltakozva magyar és angol nyelven. Kiadja a TypoTeX Elektronikus Kiadó Kft. 1024 Budapest, Retek u. 33-35. Telefon: Telefon/Fax: 115-1759. Felelős kiadó: Votisky Zsuzsa. Készült a Dabasi Jegyzetnyomdában. Szövegszedés: TypoTeX Kft. A lap példányonként megvásárolható a kiadónál, előfizethető az Előfizetői szolgálatnál (Gerencsér Klára, 1016 Budapest, Fenyő u. 1. Tel.: 175-7147).

HU ISSN 0018-2028

BEVEZETŐ GONDOLATOK

A hazai átviteltechnika nem régen volt nyolcvan éves, az első aktív átviteltechnikai elem alkalmazástól ötven évet kellett várni a tranzistoros erősítők megjelenéséig, innentől már tíz év sem kellett a szélessávú átviteli rendszerek alkalmazásáig, majd kiépült a fényvezető rendszeren alapuló a digitális gerinchálózat. A fejlődés gyorsasága következtében az ezredfordulóra olyan digitális távközlő alaphálózat valósul meg hazánkban, amely alapjául szolgál az újabb és újabb szolgáltatások széleskörű elterjedéséhez.

Ennek a fejlődési láncolatnak egyik fontos új eleme a szinkron digitális technika (SDH) megjelenése, amely az ezredfordulóra más technikai megoldásokkal együtt várhatóan teljesen megreformálja a távközlési hálózatokat. Ez az átalakulás adta azt a gondolatot, hogy ezt a folyóirat számot az SDH technikának szenteljük. Az anyag összeállításánál mérlegeltük, hogy olvasóink egy része már tájékozott a téma egyes kérdéseiben, más részük esetleg csak most ismerkedik vele. Ugyanakkor a rendelkezésre álló terjedelemben korlátai között megpróbáltuk szélességében is átfogni a témát úgy, hogy mind a gyártó oldali, mind a felhasználó oldali megközelítések ismertetésre kerüljenek.

Az első cikk a témával most foglalkozni kezdők számára is eligazítást ad a szinkron digitális hierarchia alapismereteinek felelevenítésével. Bemutatja az SDH technika felhasználási környezetét, majd részleteiben tárgyalja a felhasznált jelstruktúrákat, valamint a PDH és SDH hierarchiájú jelek összeilleszthetőségét. Ismerteti az SDH hálózati elemek legfontosabb funkcióit, valamint a vonatkozó nemzetközi szabványokat.

A következő cikk az SDH csomópontokat összekapcsoló átviteli rendszer elemeivel, a különböző funkciójú SDH multiplexerekkel foglalkozik. A beiktató és leágazó multiplexerek, valamint a végződő multiplexerek a szinkron digitális hálózat kialakításában meghatározó szerepet játszanak. A szerző összefoglalja az SDH multiplexerek alkalmazási lehetőségeit, ezek felépítését, a hálózathoz történő illesztését és tárgyalja a szinkronizációs és tartalékolási kérdéseket is. Végezetül adatokat közöl a Siemens GPT által kifejlesztett berendezésekről.

A távközlési szolgáltatások egyik meghatározó jellemzője, hogy milyen védelmet tud biztosítani az átvitt információ sérülésének megakadályozására. Az öngyógyító SDH gyűrűk architektúrájával foglalkozó cikk erre a kérdésre ad választ. A nagy sáv szélességű optikai rendszerek információ átvitelében berendezés hiba, szoftver hiba vagy emberi

mulasztás által okozott szolgáltatás-kiesés nagy anyagi károkat okozhat, ezért kulcsfontosságú a helyreállítási és védelmi képességek megfelelő biztosítása. Az SDH technika lehetőséget ad öngyógyító hálózati architektúra kialakítására, amely meghibásodás esetén biztosítja a szolgáltatás helyreállítását. A cikk a különböző SDH öngyógyító gyűrűs megoldások mellett foglalkozik az egyéb helyreállítási módszerekkel (útvonal diverziti, DXC alkalmazás) is.

A MATÁV hálózatban elért eredményeket a következő cikk mutatja. Azt, hogy az SDH technika már Magyarországon is valóban az átviteltechnika jelenlévő eszköztárába tartozik, a MATÁV SDH transzport-hálózatát ismertető cikk bizonyítja. Több éves előkészítés után 1996-ban megkezdődik a MATÁV korszerű szolgáltatásfüggetlen transzport-hálózati és SDH öngyógyító elvekre épülő budapesti és országos SDH hálózatának kiépítése.

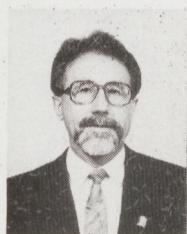
A sok fizikai elemből álló, rendszertechnikailag bonyolult és fizikailag kiterjedt SDH hálózatok gyakorlati megvalósítása igen összetett műszaki feladat, amely nem nélkülözheti a megfelelő mérés-technikát és a hozzá párosuló mérnöki tevékenységet. A következő cikk ezt a témakört tekinti át, a berendezések és rendszerek vizsgálatától kezdődően a speciális SDH mérési technikáig.

Az SDH technika alkalmazásában a fejlett világ előttünk jár, de ez a lemaradás már csak egy kis lépés, ezt bizonyítja a France Telecom-nál folyó fejlesztési tevékenységet összefoglaló cikk is. Az SDH technika nem csak a szolgáltatás biztonsága területén nyújt sokat, hanem az üzemeltető szempontjából is jelentős előnyökkel jár. Az átviteli hálózatok struktúrálása és megfelelő üzemviteli információk rendszer kialakítása a távközlési hálózat üzemeltetők legfontosabb hálózatfejlesztési szempontjai közé tartozik. A szinkron digitális átvitel természetéből adódóan egy ellenőrzött, menedzselte hálózat keretei között lehetővé teszi az üzemeltetési költségek csökkentését, a szolgáltatás minőségének növelését és a rendszer rugalmas átkonfigurálását.

Az SDH technika minden olyan tulajdonsággal rendelkezik, ami a korszerű szélessávú szolgáltatások által támasztott átviteli igények kielégítéséhez szükséges, így ideális átviteli közeg az aszinkron transzfer mód (ATM) számára is.

Remélhetőleg a Híradástechnikának ez a száma kedvező fogadtatásra talál a témakör iránt érdeklődő szakemberek körében.

KÁNTOR CSABA



Kántor Csaba a Budapesti Műszaki Egyetemen 1971-ben villamosmérnöki oklevelet, 1972-ben mérnök-tanári oklevelet, 1985-ben egyetemi doktori címet szerzett. 1991-ben az International Institute for Management (IMD) vezetőképző tanfolyamait végezte el. 1971 óta a Posta Kísérleti Intézet (PKI) utódszervezeteiben végzett tudományos és irányító tevékenységet. Jelenleg

a MATÁV Rt. PKI Távközlésfejlesztési Intézetében a rendszerfejlesztésért felelős igazgatóhelyettes. A MATÁV hálózatában alkalmazásra kerülő, műszakilag megfelelő eszközök kiválasztását irányítja. Számos angol és magyar nyelvű könyve és publikációja jelent meg. Az Űrkutatási Tudományos Tanács, az URSI Nemzeti Bizottság, a HTE elnökségi tagja.

A SZINKRON DIGITÁLIS HIERARCHIA ALAPJAI

KAPOVITS ÁDÁM

MATÁV RT, PKI TÁVKÖZLÉSFEJLESZTÉSI INTÉZET
1456 BUDAPEST, PF. 2.

A távközlési hálózatokban alkalmazott átviteltechnikában az utóbbi évek egyik fontos új eredménye a szinkron digitális technika megjelenése. Az SDH valószínűleg még ebben az évtizedben teljesen átalakítja, átformálja a távközlési rendszereket. A cikk célja a szinkron digitális hierarchia főbb kérdéseinek áttekintése. 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. A cikkben áttekintjük továbbá az SDH-ra vonatkozó nemzetközi szabványokat.

1. BEVEZETÉS

A szinkron digitális technikát (SDH – Synchronous Digital Hierarchy) a CCITT, illetve ITU-T egy nemzetközi ajánlás-, illetve szabványrendszerben definiálja. Ebből a szempontból az SDH már 10 éves múltra tekinthet vissza, mivel a szabályozás és szabványosítás kezdetei egészen 1986-ra (SONET, Észak-Amerika), illetve 1988-ra nyúlnak vissza. Azóta a szabályozás folyamatosan fejlődik és teljesebb, ma sem tekinthető teljesen lezártnak.

2. AZ SDH CÉLJA ÉS SZEREPE

Az SDH célja — a meglévő aszinkron átviteli utak számára történő becsatlakoztatási lehetőség biztosításával — egy transzparens világméretű hálózat kialakításának lehetővé tétele. Az új rendszer bájtt szervezésén alapul, amely az ISDN 64 kbit/s-os struktúrájához illeszkedik. Az SDH szabványok úgy lettek kialakítva, hogy akár több ezer 64 kbit/s-os jelfolyamot is össze lehet fogni (egyesíteni lehet), és egy szélessávú csatornánaként lehet kezelni. Az átviteli kapacitás moduláris lépésekben változtatható, s az egyes összetevő csatornákhöz (pl. 2, 34, 140 Mbit/s) demultiplexelés nélkül is hozzá lehet férni.

A szinkron digitális hierarchia legfontosabb, a korábban alkalmazott PDH átvittel összehasonlítva újat hozó jellemzői röviden a következőképpen összegezhetők:

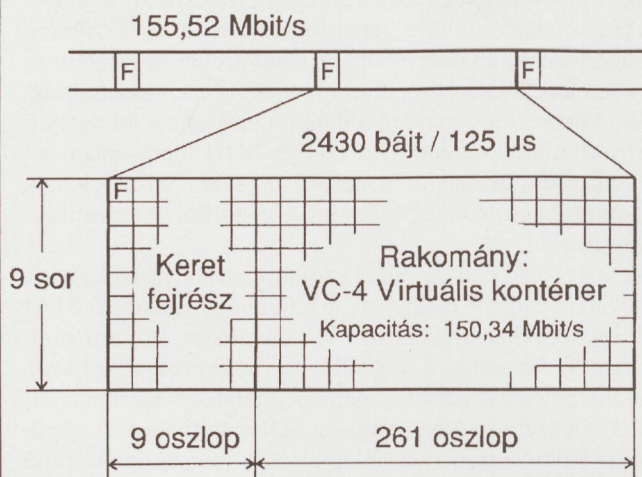
- Az átviteli interfészek (és rendszerek) világméretű egységesítése.
- Az egyszerű multiplexelési séma felhasználásával lehetőséget nyújt a részjelekhez történő hozzáféréshez demultiplexelés nélkül. A magasabb hierarchia szintű jelfolyamokban akár a 64 kbit/s-os ISDN csatornák is beazonosíthatók és hozzáférhetők a bájtt pozíció alapján.
- Lehetővé teszi a teljes átviteli utak, összeköttetések menedzselését és felügyeletét.

3. SDH JELSTRUKTÚRÁK

Az SDH átviteli rendszerekben a jelek továbbítása az SDH keretstruktúrában történik. A továbbiakban részletesen az alapvető fontosságú STM-1 elsőrendű transzfer modul keretszervezését vizsgáljuk meg.

Az STM-1 keretszervezése az 1. ábrán látható. Az SDH keretet kétdimenziós formában szokták ábrázolni, a keret 9 sort és az átviteli sebességtől függő számú oszlopot tartalmaz. Az STM-1 keret 9 sorból és 270 oszlopból áll.

Az STM-1 keret bájtonként van szervezve, a keret egyes pontjaihoz egy bájtt 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 $125 \mu\text{s}$, ez a 8 kHz mintavételi frekvenciának megfelelő keretidő. Az STM-1 keret két részre oszlik, ezek az adminisztratív rész vagy keret fejrész és a rakomány (payload), ahol az átvendő információ van elhelyezve virtuális konténer(ek)ben.



1. ábra. Az STM-1 keret felépítése

Az adminisztratív rész vagy keret fejrész (Section Overhead – SOH) a keret első kilenc oszlopát alkotja, és a szinkronizációs és mutató (pointer) bájtok mellett azokat a kiegészítő üzemviteli, illetve menedzsment információkat (szolgálati csatornák, riasztások, hibajelzések stb.) tartalmazza, amelyek a csomópontok közötti megbízható átvitelhez, illetve az SDH hálózat működtetéséhez szükségesek (2. ábra). Ezek a járulékos bájtok igen fejlett hálózati felületi, illetve üzemviteli feladatok ellátását teszik lehetővé. Látható az is, hogy számos bájtt 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, 5×9 bájtt), valamint a regenerátor szakasz fejrészét (RSOH, 3×9 bájtt), és a mutató bájtokat.

Az A1 és A2 bájtok a keretszinkronizálást szolgálják. Az B1 és B2 bájtok a regenerátor szakasz, illetve a multiplexer szakasz bithibáit jelzik, BIP (Bit Interleaved Parity) ellenőr-

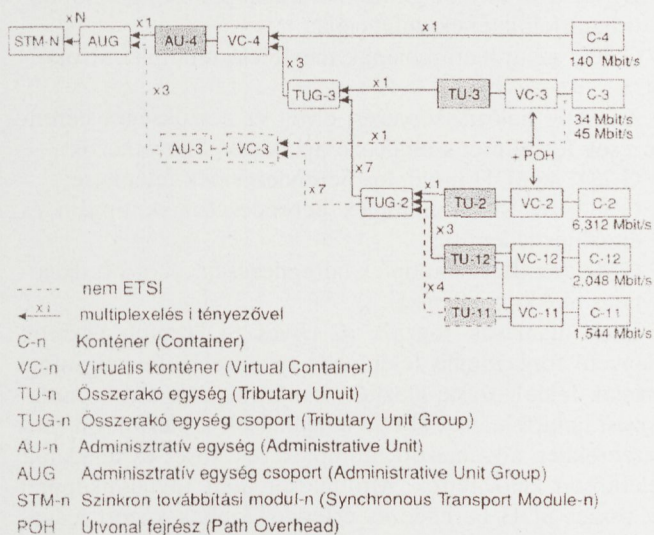
zessel. A C1 bájtt az STM-4 keretben lévő STM-1 keretek azonosítására, sorszámozására szolgál. A D1...D12 bájtok adatkommunikációs csatornaként szolgálnak a hálózati adminisztrációs és fenntartási információk számára. Az E1 és E2 szolgálati csatorna bájtok. Az F1 bájtt felhasználói csatornaként szolgál. A K1, K2 bájtok a multiplexer szakasz védőátkapcsolását vezérlik. A Z1 és Z2 jelű bájtok később meghatározandó feladatokra vannak lefoglalva.

A fejrész a fentiekén kívül még a H1, H2 és H3 mutató (pointer) bájtokat is tartalmazza, amelyeknek fontos szerepük van a virtuális konténer szinkronizálásában.

RSOH	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1		
	B1			E1			F1		
	D1			D2			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)

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 9×261 bájt. 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 fejrészt (*Path Overhead — POH*), amely bizonyos üzemviteli információk (riasztás, átviteli minőség figyelése) átvitelét biztosítja a végpontok között, és szintén tartalmaz hibafigyelést is. A POH a virtuális konténer első oszlopát foglalja el.



3. ábra. SDH multiplex struktúra

Az STM-1 (és ezen keresztül az STM-N) keretnek különböző kapacitású virtuális konténerekből való összeállítási módjait a 3. ábra foglalja össze. Látható, hogy egy igen összetett struktúráról van szó, amely egy jel számára sokféle becsomagolási lehetőséget nyújt. Az ábrán megkülönböztettük az ETSI és nem ETSI becsomagolási lehetőségeket. Jól látható, hogy az Európában érvényes ETSI előírás

az ITU-T által ajánlott becsomagolási lehetőségeknek csak egy részét ismeri el.

Az SDH átvitel fontos jellegzetessége, hogy a keret fejrész és a virtuális konténer átvitele 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 fejrészt az SDH hálózat egyes csomópontjaiban lebontják, feldolgozzák és újra generálják. 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. A virtuális konténer kezdetét az STM-1 kezdőbájthoz képest a mutató bájtok adják meg. A mutató bájt megoldás lehetővé teszi, hogy az STM-1 keretben kissé eltérő sebességű virtuális konténer 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 bájtyának 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 konténerekbe 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 sebességű 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 konténerbe, a 34 Mbit/s-os összetevő jel pedig a VC-3 jelű konténerbe képezhető le. Ezeknek a konténerek az átvitelére alacsonyabb szintű keretek (TU – Tributary Unit) szolgálnak, ennek részleteit nem ismertetjük. Ezek a konténerek, illetve TU keretek pontos szabályok szerint illeszthetők be a VC-4 konténerbe.

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 bájt szolgál (A1, illetve A2 bájtok). Mint már említettük, a virtuális konténer kezdetét a mutató bájtok jelölik ki, az átvitt információ szinkronizálása a mutató bájtok (H1 és H2) segítségével történik. A H1 és H2 mutató bájtok tartalmazzák a VC-4 virtuális konténer első bájtjának 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.

4. 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. Ezek olyan kapcsoló elemek, amelyek az SDH jelutak állandó jellegű vagy tartós átírányítását 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 a 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 túlnyomórészt PDH jelekkel csatlakoznak a hálózathoz.
- **Multiplexer szakasz (multiplexer section).** Ez a két csomópont közötti információátvitel berendezéseit foglalja magába. Az SDH átvitelben a multiplexer szakasz jelentősége abban van, hogy az SDH hálózat ezen a szinten nyújt védelmet (tartálékolást) 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 tartálékolással ellátva.

Az SDH jelstruktúrában jelentős átviteli kapacitást biztosítanak a hálózatmenedzsment céljaira, és nagy erőfeszítéseket tettek az átfogó távközlési hálózatmenedzselési hálózat (TMN – Telecommunication Management Network) szabványosítására. 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 hálózatok kiépítése a magasabb SDH szintek felhasználásával valósulhat meg. Az SDH-ban az elsőrendű transzport modul (STM-1) sebessége 155,52 Mbit/s. Magasabbrendű transzport modulok szintén szabványosításra kerültek. 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 kisebb sebességű 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 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.

Világszerte már viszonylag nagyszámú SDH vonal és kisebb összetett struktúra (pl. gyűrű) üzemel. Nagyobb hálózatokat azonban csak nemrég kezdtek kialakítani, így az ezekkel nyert tapasztalat még viszonylag csekély.

5. NEMZETKÖZI SZABVÁNYOK

Az SDH alapját képező, az átviteli sebességeket és a belső és külső keretszervezést rögzítő 1988-ban Melbourne-ben elfogadott három CCITT (ma ITU-T) ajánlás, illetve javított változataik:

- G.707: a szinkron digitális hierarchia bitsebességei;
- G.708: a szinkron digitális hierarchia hálózati csomóponti határfelületének definíciója;
- G.709: az új hierarchiának megfelelő multiplex struktúra.

Az SDH hálózatszervezési elveit és a szükséges berendezések felépítését szabályozó ajánlások a következők:

- G.781: az SDH multiplex berendezésének felépítése;
- G.782: az SDH multiplex berendezéseinek típusai és általános jellemzői;
- G.709: az SDH multiplex berendezéseit alkotó funkcionális blokkok jellemzői.

Ezen ajánlások rögzítik az egyes SDH multiplexerek alapvető funkcionális felépítését (jelkezelés, átviteli információk feldolgozása, időzítés, szinkronizálás, külső csatlakozási határfelületek stb.). Az ajánlások a pleziokron rendszerekben alkalmazott multiplexerek körét és feladatait jelentősen kibővítették. Multiplexer alatt tulajdonképpen az összes SDH berendezés értendő, többek között leágazás/beccatlakozás típusú (add/drop) multiplexerek, elektronikus vonalrendezők (cross-connect) stb. Az új digitális hierarchiával összefüggő kérdések szabályozására további fontos ajánlások láttak napvilágot:

- G.784: SDH berendezések felügyeleti funkcióinak definiálása;
- G.957: az SDH berendezések és rendszerek optikai határfelületei;
- G.958: SDH vonali szakaszok funkcionális egységeinek rögzítése;

- G.773: átviteli rendszerek felügyeleti rendszereihez való csatlakozás Q-határfelületeit definiáló protokollok rögzítése (lényegében 7-rétegű OSI protokoll a távközlési berendezések Q-határfelületeinek leírására);
- G.781: az SDH-hoz illeszkedő elektronikus vonalrendező felépítése;
- G.782: az SDH elektronikus vonalrendező típusai és általános jellemzői;
- G.783: az SDH elektronikus vonalrendező funkcionális blokkjainak jellemzői;
- G.784: SDH üzemviteli kérdések;
- G.803: az SDH-n alapuló átviteli hálózatok architektúrájának jellemzői;
- G.826: az 1,5 Mbit/s-nál nagyobb állandó bitsebességű digitális útvonalak minőségi paraméterei és üzemviteli jellemzői.
A digitális jelfolyamok dzsitterére vonatkozó ajánlások:
- G.825: SDH interfészek dzsitter-paramétereire vonatkozó előírások;
- G.821: SDH berendezések PDH interfészeinek dzsitter-paramétereire vonatkozó előírások.

5.1. Határfelületek

Az SDH berendezések, illetve az azokból felépülő hálózatok kialakításánál alapvető a csatlakozási felületek (interfészek) megfelelő rögzítése, definiálása. Mivel a már üzemben lévő pleziokron átviteli berendezések igen nagy értéket képviselnek, az újonnan telepítendő SDH berendezések sokáig még nagy valószínűséggel pleziokron környezetben kell, hogy működjenek. A CCITT-ben egy SDH hálózathoz való PDH csatlakozás jelenleg a következőképpen definiált a G.702 ajánlás alapján. Csatlakoztathatók:

- a 2 Mbit/s-os hierarchia jelei, azaz a 2,048, a 34368 és a 139264 Mbit/s-os jelfolyamok;
- és az 1,5 Mbit/s alapú hierarchia jelei, azaz az 1,544, a 6,312 és a 44,736 Mbit/s-os jelfolyamok.

A határfelületek fizikai jellemzőit a G.703 ajánlás írja le. A jövőben (egyelőre csak opcionálisan) tervezik az ATM (Asynchronous Transfer Mode) jelek csatlakoztatását is. Természetesen a határfelületek listája nyitott, a jövőbeli igényeknek megfelelően új csatlakozási felületek definiálására lehet számítani. Az említett pleziokron jeleket a már korábban tárgyalt leképezéssel lehet valamely szabványos konténerbe illeszteni.

Egy SDH hálózaton belüli csatlakozási felületek — függetlenül attól, hogy elektromos vagy optikai, illetve központon belüli vagy központok közötti csatlakozási felületről van szó — a G.708 és G.709 ajánlások szerinti keretszervezéssel definiáltak. A különböző csatlakozási felületek fizikai jellemzőit a következő ajánlások specifikálják:

- STM-1 elektromos csatlakozási felület: G.703;
- STM-1/4/16 optikai csatlakozási felület: G.957.

Az ajánlások a csatlakozási felületek típusai szerint (központon belüli vagy központok közötti), az áthidalandó távolság alapján (kis, közepes vagy nagytávolságú összeköttetések), az átvitelhez felhasznált hullámhossz (1310 vagy 1550 nm) és az alkalmazott adóelemek típusa (LED, egy- vagy többmódusú lézer) szerint tagoltak.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző szeretné kifejezni köszönetét kollégáinak, Kása Istvánnak és Jeszenői Péternek, akik hasznos tanácsaikkal, észrevételeikkel nélkülözhetetlen segítséget nyújtottak ennek a cikknek az elkészítéséhez.

IRODALOM

[1] Kocsis, F.: A szinkron digitális hierarchia rendszertechnikai kérdései, *Híradástechnika* XLII. évf., 1991. október, pp. 24-30.

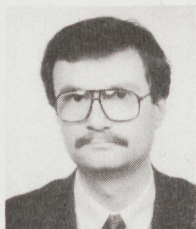
[2] Kása, I.: Mikrohullámú rádiórelék az SDH hálózatokban, *Híradástechnika* XLV. évf., 1994. április, pp. 3-12.

SDH BASICS

Á. KAPOVITS

HUNGARIAN TELECOMMUNICATIONS COMPANY LTD.
PKI TELECOMMUNICATIONS DEVELOPMENT INSTITUTE
H-1456 BUDAPEST P.O.BOX 2. HUNGARY

One of the most important advancement in the transmission technology used in telecommunications networks is the advent and implementation of the synchronous digital technology. The synchronous digital hierarchy (SDH) will definitely have a radical impact on future telecommunications systems. This paper gives an overview of the major features of the synchronous digital technology. The nature of SDH technology is presented from two aspects, the aspect of SDH signals and the aspect of network elements and architecture. Obviously, these two aspects are not independent. Moreover, the international standards regulating SDH are also summarized.



Kapovits Adám 1989-ben szerzett villamosmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán. 1990 óta a Magyar Távközlési Részvénytársaság PKI Távközlésfejlesztési Intézetében dolgozik, ahol többek között részt vett a digitális fényvezetős gerinchálózattal kapcsolatos munkákban. Számos tanulmányt készített a koherens optikai átvitel és a fényvezetős előfizetői hálózatok témájában. 1994-

ben 9 hónapig a National Physical Laboratory-ban (Egyesült Királyság) dolgozott vendégkutatóként, ahol fényvezető szálak és eszközök (passzív teljesítményosztók, hullámhossz multiplexerek) mérés technológiájával foglalkozott. Szakmai érdeklődési körébe tartoznak még az analóg optikai videoátvitel kérdései és az optikai erősítők mérés technológiája.

SDH MULTIPLEXEREK

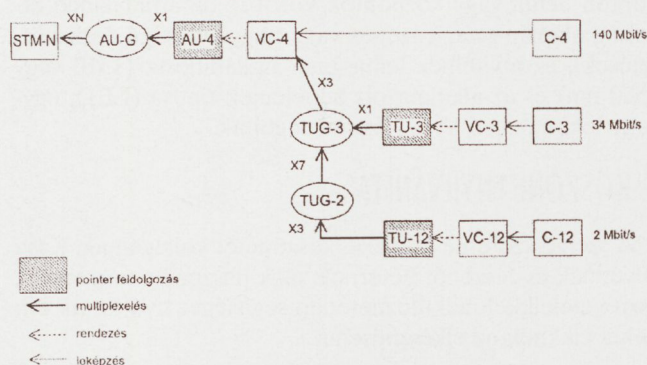
KOVÁTS JÁNOS

SIEMENS TELEFONGYÁR KFT.
1143 BUDAPEST
GIZELLA U. 51-57.

A szinkron digitális hierarchia (SDH) az átviteltechnikában jelenleg és a közeljövőben alkalmazott legfontosabb multiplexelési alapelv. Az SDH hálózatok általában többféle hálózati elemből épülnek fel. Ilyenek például a multiplexerek, a vonali végberendezések és a cross-connectek. Ebben a cikkben az SDH multiplexerek legfontosabb jellemzőit ismertetjük. Több példán keresztül szemléltetjük a multiplexer típusokat és a hálózati topológiákat. Ezenkívül kitérünk a szinkronizáció és a tartalékolás problémáira is. Végül pedig a Siemens-GPT által kifejlesztett multiplexerek legfontosabb jellemzőit foglaljuk össze.

1. BEVEZETÉS

A szinkron digitális hierarchia (SDH) a pleziokron digitális hierarchiától (PDH) teljesen eltérő multiplexelési elvet használ. Ez az elv az ITU-T G.707–G.709 ajánlásaiban lett rögzítve. A multiplexelési struktúra egyszerűsített vázlatát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. Az SDH multiplexelési struktúra egyszerűsített változata
C: container (konténer); VC: virtual container (virtuális konténer);
TU: tributary unit (összetevő egység); TUG: tributary unit group
(összetevő egység csoport); AU: administrative unit (adminisztratív egység);
AUG: administrative unit group (adminisztratív egység csoport)

Példaképpen kövessük végig egy 2 Mbit/s-os jel STM-1-be történő multiplexelésének útját: C-12 → VC-12 → TU-12 × 3 → TUG-2 × 7 → TUG-3 × 3 → VC-4 → AU-4 → AUG → STM-1.

A fenti példából az is kiderül, hogy az STM-1 multiplex keret 3 × 7 × 3, azaz 63 darab 2 Mbit/s tributary jel fogadására alkalmas.

A multiplexer típusaira vonatkozóan a G.782 ajánlás ad útmutatást. Ez a multiplexereket négy csoportba osztja.

Az I. csoport G.703 tributary jeleket képes STM-N aggregát jelbe multiplexálni.

A II. csoport STM-N tributary jelek STM-M (M > N) jelbe való multiplexálását biztosítja.

A III. csoport a leágazó típusú (add/drop) multiplexert definiálja, amellyel az aggregát jelfolyam tetszőleges részéhez hozzáférhetünk anélkül, hogy a teljes jelet demultiplexálni, majd pedig újra-multiplexálni kellene (mint ahogy azt PDH esetén tenni kell).

Végül pedig a IV. csoport multiplexere a C-3 konténer AU-3 és AU-4 alapú hálózatok közötti tranzitálását látja el. (Ezt a funkciót a ritka alkalmazása miatt az 1. ábra nem szemlélteti.)

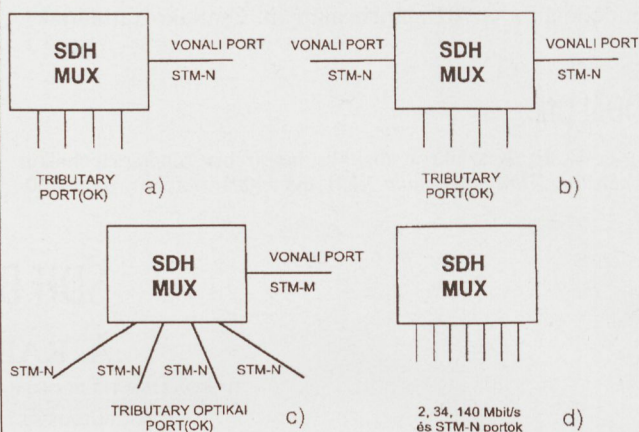
2. AZ SDH MULTIPLEXEREK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

Az SDH multiplexerek többnyire univerzális berendezések, ami azt jelenti, hogy többféle — az előzőekben multiplexer csoportokként említett — feladat ellátására alkalmasak.

Az alábbiakban a leggyakoribb alkalmazási lehetőségeket soroljuk fel.

Terminál (végződő) multiplexer

Ez a legegyszerűbb alkalmazási lehetőség (2a. ábra). Általában pont-pont összeköttetésekben vagy multiplexerlánc végén kerül alkalmazásra. Fő feladata, hogy a bejövő tributary forgalmat vonali (aggregát) STM-N jellé multiplexálja.



2. ábra. Multiplexerek

a) terminál multiplexer; b) add/drop multiplexer;
c) hub multiplexer; d) cross-connect multiplexer

Add/drop (leágazó) multiplexer

Ez a leggyakoribb alkalmazás (2b. ábra). Multiplexerláncban vagy gyűrűs topológia esetén használható. A multiplexer vonali és tributary portjai között biztosítja a kapcsolat tetszőleges — VC-4, VC-3, illetve VC-12 szintű — kialakítását.

Hub multiplexer

Erre az alkalmazásra például csillag topológiájú hálózatban van szükség (2c. ábra). A tributary oldalon beérkező — többnyire csak részlegesen kitöltött — optikai STM-N

jeleket fogja össze egy ugyanolyan vagy magasabb szintű STM-M jellé.

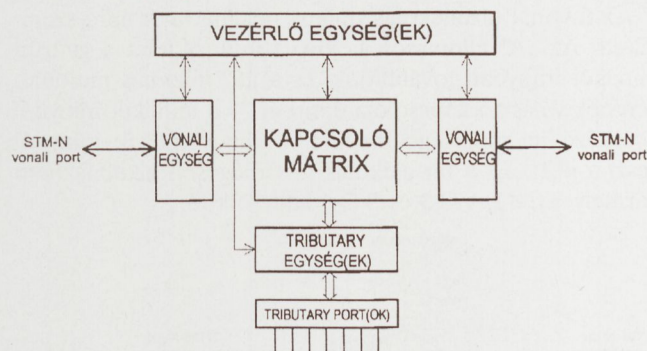
Cross-connect multiplexer

Az SDH multiplexerek cross-connectként is használhatók (2d. ábra), mivel központi kapcsoló mátrixuk lehetővé teszi a tributary–tributary, a vonali–tributary és a vonali–vonali kapcsolatok tetszőleges VC-4, VC-3 vagy VC-12 szintű létrehozását.

3. AZ SDH MULTIPLEXEREK FELÉPÍTÉSE

Az SDH multiplexerek általános felépítését a 3. ábra szemlélteti. A multiplexer alapegységei a következők:

- kapcsoló-mátrix;
- vonali egység(ek);
- tributary egység(ek);
- vezérlő egység(ek).



3. ábra. Az SDH multiplexer általános felépítése

A kapcsoló mátrix a berendezés lelke, ez teszi lehetővé a vonali és/vagy tributary portok közötti kapcsolatok kialakítását. Az egység tartalékolási célból általában duplikálható.

A vonali egységek az STM-N szintű multiplexert és az optikai adó/vevőt tartalmazzák. Az 1+1 MSP (Multiplex Section Protection) kialakításához az egységek duplikálhatók.

A tributary oldalon alkalmazástól függően különféle egységek használhatók. Így például 2 Mbit/s, 34 Mbit/s vagy 140 Mbit/s elektromos interfésszel rendelkező PDH kártyák, illetve STM-N szintű elektromos vagy optikai interfésszel rendelkező SDH kártyák. A portok száma az egyes kártyákon általában gyártó-specifikus; tipikusan jellemző a 16–21 port a 2 Mbit/s-os kártyákra, a 3 port a 34 Mbit/s-os kártyákra, míg a többi kártyára az 1-2 port/kártya. A portok elhelyezkedése is különböző lehet. A 2, 34 és 140 Mbit/s-os portok részére külön csatlakozó sáv áll rendelkezésre, míg az STM-N csatlakozók többnyire a kártyák előlapján találhatók.

Egy multiplexer betét — STM-1 vagy STM-4 esetén — tipikusan 4–12 tributary kártya pozíciót tartalmazhat. Ezenkívül általában van még tartalékolási célra szolgáló tributary kártya-hely is.

A vezérlő egységek két alapvető feladatot látnak el. Feladatuk egyrészt a multiplexerben levő kártyák vezérlése, illetve felügyelete, másrészt pedig külső interfész biztosítása a helyi terminál és a menedzsment rendszer felé.

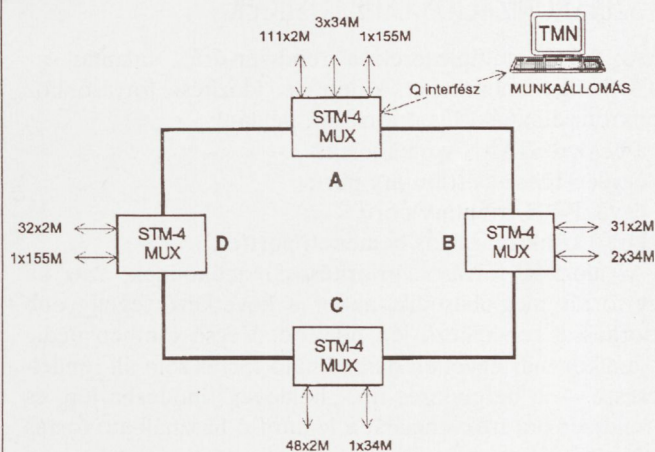
Az SDH multiplexerekben — gyártótól függően — vagy külön tápfeszültség modul(ok) van(nak), vagy pedig minden egyes kártya helyileg állítja elő a működéséhez szükséges tápfeszültséget.

Végül az SDH multiplexerekhez tartozhatnak még olyan modulok is, melyekkel az STM-N jel overhead bájttjaihoz férhetünk hozzá, illetve adott esetben a megfelelő bájtokat külső adat vagy szolgálati csatorna céljaira vehetjük igénybe.

Látható, hogy az SDH multiplexer olyan komplex berendezés, amely lényegében egy kapcsoló-mátrix köré kiépülő optikai vonalvégződő interfészeket, valamint elektromos és/vagy optikai tributary portokat tartalmaz. Ez a komplexitás teszi lehetővé a berendezés sokoldalú alkalmazhatóságát.

4. TIPIKUS SDH HÁLÓZATOK

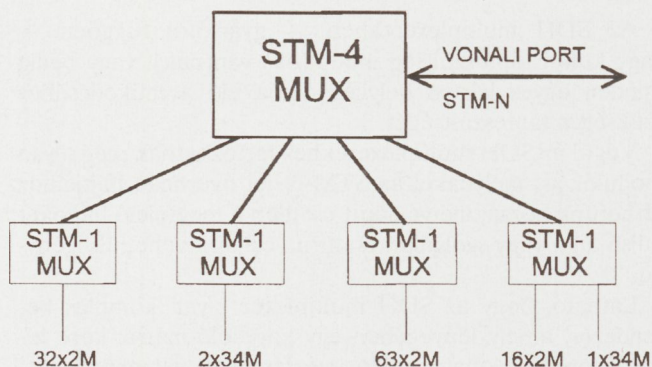
A 4. ábra egy olyan alkalmazási példát mutat, ahol az A, B, C és D állomást egy optikai gyűrű köti össze. A példában az egyes állomások (B, C és D) — melyek például alközpontok lehetnek — mind a főállomás felé (főközpont) kommunikálnak, így a kapcsolat a fő- és állomások között logikailag csillag típusú. Az A állomáson csatlakozik a gyűrűhöz a menedzsment rendszer munkaállomása, ezért az itt levő multiplexert gateway hálózati elemnek szokás nevezni. A munkaállomás a helyi multiplexerhez a vezérlő kártya külső interfészén csatlakozik (ez az ún. Q interfész). A távoli elemekhez pedig a menedzselési információ az STM-N jel overhead bájttjaiban (SOH) levő adatcsatornákon jut el.



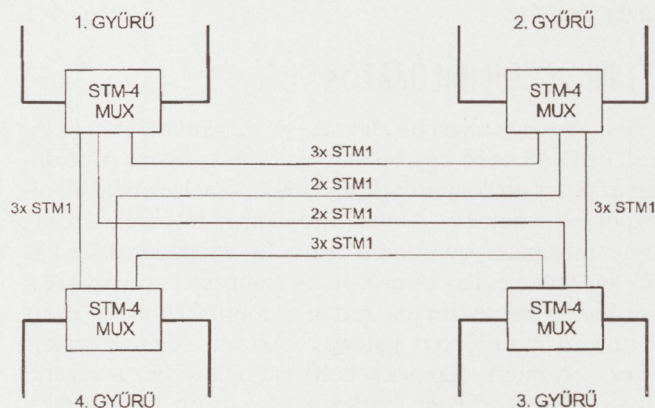
4. ábra. Tipikus STM-4 gyűrű

Egy másik alkalmazási lehetőség — amely a 5. ábrán látható — több STM-1-es nyalábot koncentrálni egyetlen STM-4-es nyalábbá. Ez egy olyan tipikus access hálózati alkalmazás, amikor több, kihelyezett állomásról jövő információt kell összekoncentrálni egyetlen STM-4-es jelbe.

Végül egy bonyolultabb példa: az ún. „Multiple Ring Master”, amely jelen esetben négy SMA-4-es gyűrűt kapcsol össze, lehetővé téve így a forgalmi jelek gyűrűk közötti átkapcsolását (6. ábra).



5. ábra. Tipikus hub hálózat



6. ábra. Példa négy gyűrű összekapcsolására

5. SZINKRONIZÁCIÓS LEHETŐSÉGEK

Az SDH multiplexerek a rendszer-órát, valamint az STM-N-es kimeneteket különféle időzítési forrásokhoz szinkronizálhatják. Ilyen források például:

- a bejövő STM-N vonali jelek;
- egyik STM-1-es tributary port;
- egyik PDH tributary port;
- külső szinkronizációs bemeneti port(ok).

Az időzítési források prioritásosan működnek, azaz ha egy forrás meghibásodik, akkor a következő legnagyobb prioritással rendelkező lép helyébe. Végso esetben pedig — amikor már egyetlen használható forrás sem áll rendelkezésre — a berendezés ún. „holdover” módusba lép, és a rendszer-óra frekvenciáját a legutolsó használható forrás frekvenciáján tartja.

A berendezések újabb verziói többnyire támogatják az SSMB (Synchronization Source Marker Byte) funkciót is, amellyel lehetővé válik, hogy a kiválasztott forrás minőségét jelző információt átvigyük az STM-N jel overhead-jében. Ha az SSMB byte rossz minőségű időzítést jelez, akkor ezt a forrást a multiplexer nem fogja használni.

6. TARTALÉKOLÁSI LEHETŐSÉGEK

Az SDH multiplexereknél általában az alábbi típusú tartalékolási lehetőségek állnak rendelkezésre:

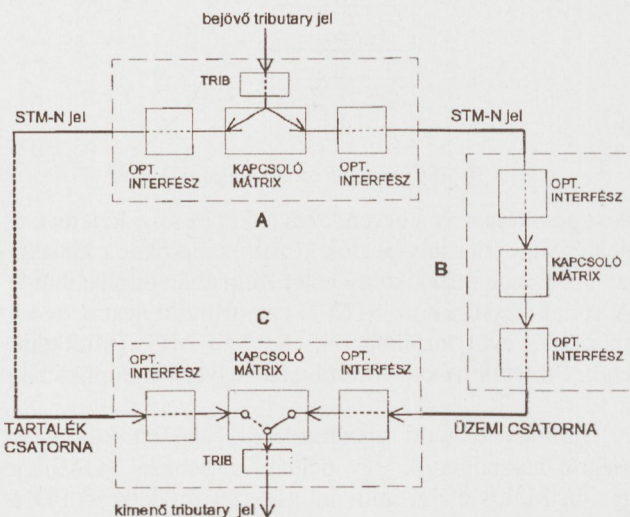
- kártya tartalékolás;
- port tartalékolás;
- útvonal tartalékolás;
- öngyógyító gyűrű típusú tartalékolás.

A tartalékolás önállóan vagy az operátor által végzett manuális beavatkozás hatására mehet végbe. Lehet visszaterő típusú, ami azt jelenti, hogy az eredeti beállítás helyre fog állni, miután az átkapcsolást kiváltó ok megszűnt. Ellenkező esetben az „új” állapot akkor is fennmarad, ha az eredeti már normálisan működik.

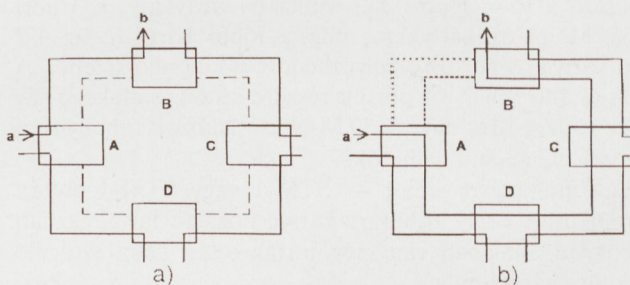
Kártya tartalékolás esetén a berendezésbe az üzemi kártyával azonos, másik kártyát is (tartalékként) behelyezünk, amely az üzemi kártya hibája esetén automatikusan vagy az operátor közbeavatkozására működésbe lép.

A port tartalékolás többnyire az 1+1 tartalékolási sémát használja. Vonali port típusú MSP tartalékolás esetén például az STM-N jelet a multiplexerek üzemi és tartalék vonali kártyái között (külön-külön optikai szálpáron) egyaránt átvisszük. Meghibásodás esetén az adott multiplexer vevője végzi el a tartalékra való átkapcsolást. Ez a fajta tartalékolás akár önállóan, akár az operátor parancsára is végbemehet.

Az útvonal tartalékolás tipikus példáját a 7. ábra szemlélteti. Az „A” állomáson bejövő tributary jelet a gyűrűn mindkét irányban továbbítjuk, és a „C” állomás multiplexerének választó kapcsolója dönti el — a mindkét irányból beérkező jel minősége alapján —, hogy melyik irányból veszi a jelet. Ez a tartalékolás tetszőlegesen alkalmazható bármely VC-12, VC-3 és VC-4 kapcsolatra.



7. ábra. Példa az útvonal tartalékolásra.
(Az ábra csak az átvitel egyik irányát mutatja.)



8. ábra. Az öngyógyító gyűrű működési elve
a) normál működés; b) tartalékolás

Az öngyógyító típusú gyűrű (MS Shared Protection Ring) két- vagy négyszálas lehet. Négyszálas esetben két szálat csak tartalékolásra használnak. Hiba (pl. kábel

szakadás) esetén a forgalom a gyűrű tartalék szálpárján az ellenkező irányban fog haladni, ahogy azt a 8. ábra vázolja. Kétszálás gyűrűben — például STM-4 jel esetén — 2-2 VC-4-et használunk üzemi és tartalék célra is. (Az 1. és 2. számú üzemi, a 3. és 4. számú tartalék.)

7. A SIEMENS-GPT MULTIPLEXER-CSALÁD FŐBB JELLEMZŐI

A Siemens a GPT-vel közösen az elmúlt 5 év során az alábbi multiplexer típusokat fejlesztette ki:

- SMA-1/1c;
- SMA-4/4c;
- SMA-16c.

Ezek a multiplexerek bármilyen célra univerzálisan használhatók. A berendezések jelölésében az 1-es, 4-es, illetve 16-os szám az STM keret szintjére utal. A c betű azt jelzi, hogy a berendezés kompakt kivitelű. Így például az SMA-1 és az SMA-4c, illetve az SMA-4 és SMA-16c ugyanazon betétben alakítható ki. Ez egyúttal azzal az előnnyel is jár, hogy a hálózat bővítésekor nem szükséges mondjuk az SMA-1-es multiplexer betétet kicserélni — lényegében csak az STM-4-es optikai kártyákat kell az STM-1-es kártyák helyére tenni — ha megelégszünk az SMA-4c által nyújtott jellemzőkkel.

Az alábbi táblázatokban összefoglalva megadjuk a berendezések legfontosabb paramétereit:

SMA-1	Jellemzők
cross-connect kapacitás:	12×STM-1 ekvivalens
optikai interfészek:	1310/1550 nm L-1.1, L-1.2
tributary interfészek:	16×2, 3×34, 1×140 és 1×STM-1 port/kártya; max. 4 üzemi kártya
szinkron források:	2, 34, 140 Mbit/s és STM-1 trib. port vagy STM-1 vonali port, ill. külső 2 MHz
tartalékolás:	1+1 MSP, útvonal, kártya, valamint port tartalékolás
menedzsment interfészek:	F (RS-232) helyi terminál Qx/B3 EM-OS TMN
mechanikai méretek:	450×460×280 mm (max. 3 betét/ETSI keret)

SMA-4	Jellemzők
cross-connect kapacitás:	24×STM-1 ekvivalens
optikai interfészek:	1310/1550 nm L-4.1, L-4.2
tributary interfészek:	16×2, 3×34, 1×140 és 1×STM-1 port/kártya; max. 8 üzemi kártya + 4 extra trib. pozíció 2×STM-4 vagy 4×STM-1 kártya számára
szinkron források:	2, 34, 140 Mbit/s és STM-1 trib. port vagy STM-1 vonali port, ill. külső 2 MHz
tartalékolás:	1+1 MSP, útvonal, kártya, valamint port tartalékolás
menedzsment interfészek:	F (RS-232) helyi terminál Qx/B3 EM-OS TMN
mechanikai méretek:	450×975×280 mm (1 betét/ETSI keret)

Lényegesebb eltérések a kompakt változatoknál:

- **SMA-1c:** Csak 2 trib. kártya pozíció áll rendelkezésre. 24×2 Mbit/s trib. porthoz biztosít hozzáférést. Nincs vonali, tributary és tápegység tartalékolás. A betét csak 267 mm magas!
- **SMA-4c:** Az SMA-1-gyel megegyező betét. Az STM-1-es optikai vonali kártyák helyébe STM-4-es kártyák kerülnek. A többi kártya változatlan. Vonali tartalékolás nem lehetséges.
- **SMA-16c:** Az SMA-4-gyel megegyező betét. Az STM-4-es optikai vonali kártyák helyére STM-16-os kártyák kerülnek. A többi kártya változatlan. Vonali tartalékolás nem lehetséges.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az SDH multiplexerek a szinkron digitális hálózatok kialakításában alapvető szerepet játszanak. A gyártók az ITU-T G.782 ajánlásnak megfelelő univerzális multiplexereket fejlesztettek ki.

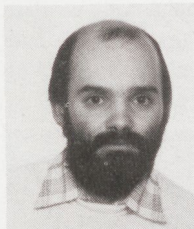
A cikkben rövid összefoglalást adtunk az SDH multiplexerek alkalmazási lehetőségeiről. Áttekintettük a multiplexerek felépítését, a hálózatba történő beillesztésüket, és kitértünk a szinkronizációs és tartalékolási jellemzőkre is. Végül a Siemens-GPT által kifejlesztett berendezések legfontosabb paramétereit foglaltuk össze.

SDH MULTIPLEXERS

J. KOVÁTS

SIEMENS TELEFONGYÁR CO.
H-1143 BUDAPEST
GIZELLA U. 51-57.

SDH seems to be the most important transport principle today and in the near future. SDH networks may contain different network elements such as multiplexers, line termination units, cross-connects, etc. The paper discusses the basic characteristics of SDH multiplexers, giving examples for the SDH multiplexer types and network topologies. Synchronization possibilities and protection schemes are also discussed. Finally, the main features of the multiplexers developed by Siemens-GPT are summarized.



Kovács János 1980-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán. 1984-ben doktori, 1990-ben kandidátusi címet szerzett. 1980 és 1991 között a Távközlési Kutató Intézet munkatársa. Fő kutatási területe a digitális kommunikáció. 1992-től műszaki tanácsadóként a Siemens Telefongyár Kft.-nél dolgozik.

ÖNGYÓGYÍTÓ SDH GYŰRŰ ARCHITEKTÚRÁK

BARNA LÁSZLÓ

MATÁV RT, PKI TÁVKÖZLÉSFEJLESZTÉSI INTÉZET
1456 BUDAPEST, PF. 2.

A nagysebességű optikai rendszerek bevezetésével együtt jár az igény a túlélő hálózatok alkalmazására. A jelenlegi optikai rendszerek sávszélesség kapacitása már 2,5 Gbit/s sebesség üzemszerű alkalmazását is lehetővé teszi, amely 30240 ekvivalens telefoncsatornának felel meg. Ennek a nagymennyiségű forgalomnak védelme kábel átvágás és csomópont meghibásodás ellen alapvető szempont a fényvezető hálózat tervezésénél. Az SDH lehetőséget teremt öngyógyító hálózati architektúra kialakítására, amely meghibásodás esetén biztosítja a forgalom védelmét. Jelen cikk megvizsgálja a különböző SDH öngyógyító gyűrűk alternatíváit és javaslatot tesz alkalmazásukra a központi és a hozzáférési hálózatokban.

1. BEVEZETÉS

A nagysebességű fényvezető rendszerek bevezetése a központi és hozzáférési hálózatokba, kulcsfontosságúvá teszi a helyreállítás és/vagy védelem alkalmazását a hálózattervezők és üzemeltetők számára. A probléma megoldására nemzetközi szabványosítási intézmények és berendezésszállítók folyamatosan dolgoznak az öngyógyító hálózatok specifikálásán és fejlesztésén. A szabványosítási munka alapvető célja olyan SDH specifikációk kidolgozása, amelyek lehetővé teszik különböző szállítók öngyógyító hálózatainak együttműködését.

Az SDH már kezdettől fogva biztosította a pont-pont közötti összeköttetések rendelkezésreállításának növelésére az SDH szabványos automatikus védőkapcsolás (APS) eljárást (pl. 1+1 és 1:N egyirányú és kétirányú védőkapcsolás). Ezen APS eljárások helyreállítást biztosítanak egyetlen hibaeseményt követően, mint pl. adó/vevő hiba vagy egyetlen fényvezető kábel átvágása. Folyamatban van olyan szabvány kidolgozása is amely lehetővé teszi többszörös kábelátvágás (pl. két csomópont közötti üzemi és védő fényvezető kábel átvágása) és csomópontokat ért katasztrófák (pl. árvíz vagy központ tűzkár) védelmét. Az említett többszörös hibaeseményeket követő helyreállítás kérdésével az ITU-T 13. és 15. Tanulmányi Bizottsága, valamint az ETSI TM1 és TM3 aktívan foglalkozik, különböző SDH öngyógyító gyűrű architektúrákra vonatkozó ajánlás, szabvány kidolgozásával.

2. VÉDELEM ÉS HELYREÁLLÍTÁS

A szállítóhálózat (transport network) rendelkezésre állásának növelése a hibás vagy csökkent minőségű entitás helyettesítésével érhető el. A helyettesítést kezdeményezheti az észlelt hiba, minőségromlás vagy a menedzselő rendszertől érkező külső parancs. Az alkalmazható egymástól alapvetően eltérő két stratégia a helyreállítás és védelem.

A *helyreállítás* (restoration) a csomópontok között rendelkezésre álló bármely kapacitást használja fel. Az alkalmazott algoritmus általában átirányítás, amely menedzselő rendszert igényel. Ezen stratégia alkalmazásánál a szállító hálózat kapacitásának néhány százalékát tartalékolni kell az üzemi forgalom átirányítására. A helyreállítás tipikus alkalmazási területe a szövevényes öngyógyító DXC hálózat, amely lehet központi vagy elosztott vezérlésű, vonatkozhat

szakaszra vagy útvonalra és ezen belül lehet tárolt vagy dinamikus.

A *védelem* (protection) a csomópontok között előre meghatározott kapacitást használja fel, számos típusa két nagyobb csoportba sorolható a G.803 ajánlásnak megfelelően: nyomvonal (trail) és alhálózat összeköttetés (sub-network connection: SNC) védelem.

Nyomvonal védelem

A nyomvonal védelem a multiplex szakasz (MS) rétegen történik és a hiba eseményeket követő átkonfigurálást védőkapcsoló funkciók végzik el. A kapcsoló funkciók összehangolása az APS protokoll segítségével történik. Főbb típusai:

- lineáris nyomvonal védelem (SDH MS 1+1 és SDH MS 1:N védelem);
- SDH MS osztott védelmű gyűrű (Shared Protection Ring (SPRING)) 2 és 4 fényvezető változat;
- SDH MS dedikált védelmű gyűrű (Dedicated Protection Ring (DPRING)).

Alhálózat védelem

Az alhálózat védelem az útvonal rétegen történik, megvalósítása APS protokoll nélkül is lehetséges. Főbb típusai:

- magasabb rendű gyűrű védelem (HO-SNC), azaz magasabb rendű útvonal kapcsolt gyűrű védelem;
- alacsonyabb rendű gyűrű védelem (LO-SNC), azaz alacsonyabb rendű útvonal kapcsolt gyűrű védelem.

3. ÖNGYÓGYÍTÓ SDH GYŰRŰ ARCHITEKTÚRÁK

3.1. Általános követelmények

Az SDH öngyógyító gyűrű architektúrák leírása előtt az öngyógyító gyűrűk követelményeinek tisztázására van szükség. Ezek általánosságban a következők:

- Az azonos szakaszt ért egyszeres és többszörös hibákat követően (pl. az üzemi és tartalék fényvezető kábelek meghibásodása két csomópont között) a gyűrűk az üzemi forgalom 100 %-át kell hogy helyreállítsák.
- Az öngyógyító gyűrűk helyreállítási időtartama egyezzen meg az APS időtartammal (max. 50 ms, 1200 km-nél rövidebb fényvezetőszál esetén).
- A legfontosabb célkitűzések között szerepel a szolgáltatás egyszerűsége, a csomópontok számának növelése és

az átfogó üzemeltetés. Ez az 1:N gyűrűarchitektúrák ellen szól, mivel az 1:1 gyűrűarchitektúra 1:N-re bővítése felesleges komplikáció egy olyan alkalmazás esetében, amely nem biztosít 100 %-os helyreállítást.

- Ahol lehetséges a meglevő vonali APS paraméterekkel azonos gyűrűvédő kapcsolási paramétereket következetesen tartani kell. Ez a K1/K2 bájtok felhasználását jelenti az APS jelzéseknél, ahol szükséges.

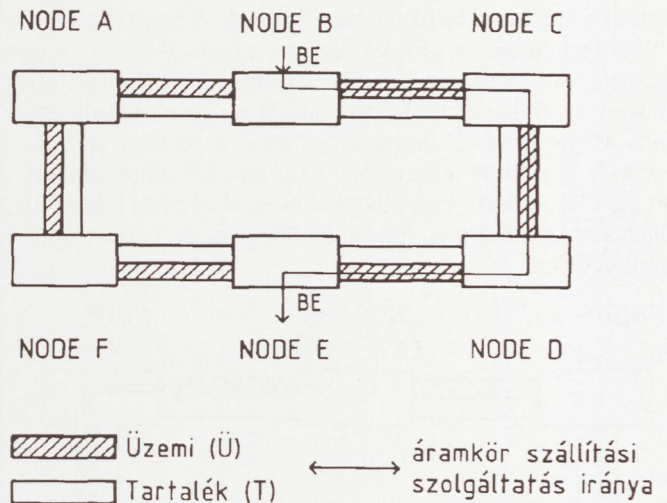
Ezen alapvető követelmények alapján különböző öngyógyító gyűrű architektúra javaslatok láttak napvilágot. Általában ezen alternatívák mindegyike kielégíti a fenti követelményeket. Ezért az alternatívák mindegyike felhasználható öngyógyító hálózat kialakítására. Az alternatívák közti választás az alkalmazástól függ. A következőkben az alternatívák leírásával és az azokhoz illeszkedő alkalmazások elemzésével foglalkozunk.

3.2. Kifejezések meghatározása

A különböző forrásokból származó eltérő öngyógyító gyűrű (Self-Healing Ring: SHR) architektúrák alternatív megoldásainak elemzése közös kifejezések meghatározását igényli. A definíciók szintjén célszerű a funkcionalitást és megvalósítást szétválasztani (különösen igaz ez az „egyirányú” és „kétirányú” gyűrű kifejezések alkalmazásánál). A továbbiakban ezért megvalósítástól független meghatározásokat tárgyalunk, és az ábrák csak a fogalmak illusztrálására szolgálnak, függetlenül azok megvalósításától.

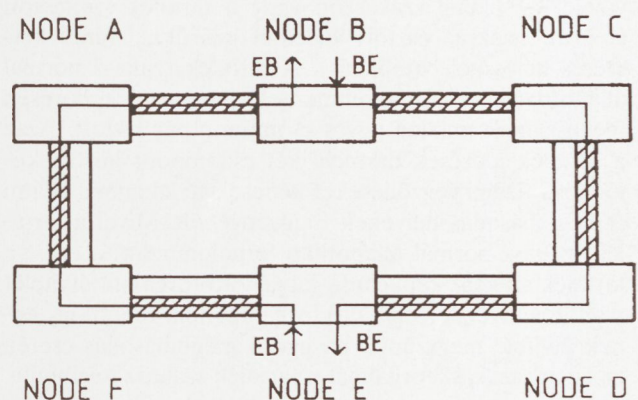
A gyűrű zárt átviteli hurkot kialakító *csomópontok* (pl. vezérelt elektronikus rendező (DXC), leágazó multiplexer (ADM)) halmaza, amelyben mindegyik csomópont össze van kapcsolva két szomszédos csomóponttal (1. ábra). Normál helyzetben (amikor a gyűrű hibamentes) a szomszédos csomópontok közötti átviteli összeköttetés a nagyságú szakasz kapacitás bizonyos mennyiségét biztosítja, melyet üzemi szakasz kapacitásnak nevezünk. Az üzemi szakasz kapacitás a gyűrű körül minden szakaszra (átviteli összeköttetés) állandó és a szomszédos csomópontok között mindkét irányban is állandó (azaz azonos üzemi szakasz kapacitás áll rendelkezésre az átvitel mindkét irányában a szomszédos csomópontok között). Mindegyik csomópont képes kisebbességű *bejövő összetevőjeleket* multiplex nyálábólással az üzemi forgalomba (azaz az üzemi szakaszon átvitt forgalomba) beiktatni. Hasonló módon mindegyik csomópont képes kisebbességű *kimenő összetevőjeleket* leágaztatni az üzemi forgalomból multiplex nyáláb lebontásával. Az 1. ábra illusztrálja ezt a folyamatot. A B csomópont (NODE B) bejövő összetevőjele áthalad a C és D csomóponton és az E csomóponton kimenő összetevőjeként leágazik. Az alkalmazások nagyrésztében (azaz kétirányú forgalomnál) pl. az E csomópont bejövő összetevőjének, van egy megfelelő kimenő összetevőjele a B csomópontnál az E csomópontból visszatérő forgalom szállítására. Az utóbbit *visszatérő összetevőjelenek* nevezzük.

A gyűrűk osztályozásának egyik jól bevált módszere a bejövő összetevőjel irányát a hozzátartozó visszatérőjel irányával hasonlítja össze. Ez az osztályozás a gyűrűt normál (hibamentes) állapotban vizsgálja, függetlenül a megvalósítástól.



1. ábra. Általános gyűrű konfiguráció

- Az *egyirányú gyűrűnél* normál állapotban a teljes üzemi forgalom mindig egy irányban halad (azaz az óramutató járásával egyező irányban vagy az óramutató járásával ellentétes irányban) normál állapotban. Tehát egy bejövő összetevőjel haladási irányával megegyezik a hozzátartozó visszatérő összetevőjel haladási iránya. A 2. ábra példájában a B csomópontnál beiktatott bejövő összetevőjel áthalad a C és D csomóponton az óramutató járásával egyező irányban és leágazik az E-nél. Az E csomópontnál beiktatott visszatérő összetevőjel az óramutató járását követve áthalad az F-en és A-n és leágazik a B-nél. Megfigyelhető tehát, hogy a bejövő és visszatérő összetevőjelek azonos irányban (óramutató járásával megegyező) haladnak a gyűrű mentén, kialakítva így egy egyirányú üzemi összeköttetést.

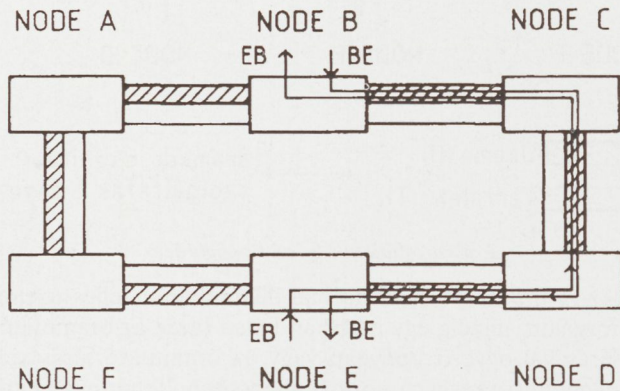


2. ábra. Egyirányú gyűrű

- A *kétirányú gyűrű* esetén az egyes csomópontok közötti üzemi forgalom egyetlen kétirányú duplex vonal mentén (azaz ellentétes irányban) halad normál feltételek mellett. A bejövő összetevőjel haladási irányával ellentétes lesz a hozzátartozó visszatérő összetevőjel irányítása. A 3. ábra szerint egy összetevőjel az óramutató járásával egyező irányban halad a B csomóponttól a E-ig, míg a hozzátartozó visszatérő összetevőjel az óramutató járásával ellentétes irányban jut el az E csomópontból a B-be.

Az üzemi szakasz kapacitás mellett a csomópontok közötti átviteli összeköttetések meghatározott tartalék szá-

szakasz kapacitást is biztosítanak (1. ábra). A tervezési célkitűzés tartalmazza a tartalék szakasz kapacitás és az üzemi szakasz kapacitás sáv szélességének arányát, valamint a tartalék szakasz kapacitás felhasználását meghibásodások esetén. Megvalósításától függetlenül jellemző azonban a tartalék szakasz kapacitás felhasználása normál feltételek mellett. A tartalék szakasz kapacitás felhasználására két lehetőség kínálkozik: célirányos (dedikált) védelem és osztott (shared) védelem.



3. ábra. Kétirányú gyűrű

- A *célirányos (dedikált) védelemmel* ellátott gyűrű (DPRING) kétszeresen táplálja be a bejövő összetevőjelet, mind a tartalék mind az üzemi szakaszba. Ebben az esetben a tartalék szakasz normál feltételek mellett aktív és a bejövő összetevőjelhez rendelt tartalék időrés a teljes gyűrű mentén dedikált (azaz mindegyik tartalék időrés egyetlen üzemi végződést véd a teljes gyűrű útvonal mentén).
- Az *osztott védelmű gyűrű* (SPRING) a bejövő összetevőjelet az üzemi szakaszon vagy a tartalék szakaszon viszi át (azaz az osztott védelmű gyűrűknél nincs kétszeres bejövőjel betáplálása). A tartalék szakasz normál állapotban üres (forgalommentes) és a tartalék időrések megoszlanak minden egyes csomópontpár között. Azaz a tartalék időrések bármely két csomópont között különböző üzemi végződéseket képesek védelemmel ellátni a meghibásodás helyének függvényében. Mivel a tartalék szakasz normál állapotban forgalommentes, ezért a tartalék szakasz kapacitása kiegészítő forgalom átvitelét teszi lehetővé. A kiegészítő forgalom nem védett, így ennek átvitele megszűnik, ha gyűrű meghibásodás esetén az üzemi szakasz forgalmát a tartalék szakasz továbbítja.

3.3. Öngyógyító SDH gyűrű architektúrák leírása

A többszállítós öngyógyító hálózatok kialakítására sokféle SDH öngyógyító gyűrű architektúra javaslat készült. Jelen szakasz bemutatja az architektúra változatokat jellegzetes példák alapján, melyek tartalmazzák a normál működést és a hibát követő helyreállítási eljárást.

A fentiekben meghatározott öngyógyító gyűrű feltétel támogatására a védő (tartalék) kapcsolás két alapvetően eltérő gyűrű architektúrát: *útvonal kapcsolt gyűrűket* és *szakasz kapcsolt gyűrűket* tartalmaz. A legfőbb eltérés ezen két architektúra között abból adódik, hogy míg az útvonal

kapcsolt gyűrűk dedikált védelemmel, addig a szakasz kapcsolt gyűrűk osztott védelemmel üzemelnek.

Az útvonal kapcsolt és szakasz kapcsolt architektúrákat a csomópont funkciókészlet követelményei különböztetik meg.

- Az *útvonal (path) kapcsolt gyűrű* csomópontjai képesek legyenek:
 - a bejövő összetevőjel kettős betáplálására mind az üzemi mind a tartalék szakaszba (dedikált védelem),
 - a demultiplexálásra és a duplikált kimenő összetevőjel kiválasztására (mindkét gyűrűirányból egy minta),
 - a kettős kimenő összetevőjel közötti átkapcsolásra gyűrű meghibásodás esetén. Az átkapcsolási feltétel az SDH útvonal szint ellenőrzésén alapul (meghibásodások).
- A *szakasz (section) kapcsolt gyűrű* csomópontjai képesek legyenek:
 - védőkapcsolást biztosítani mindegyik bejövő nagysebességű szakaszon az összetevőjel leágazó/beiktató funkcióját megelőzően. A kapcsoló a bejövő forgalmat változatlanul továbbítja adásirányba (áthidalás) vagy az adott irányú (pl. óramutató járásával megegyező) kimenő nagysebességű forgalmat visszahurkolja az ellentétes irányú (óramutató járásával ellentétes) nagysebességű bejövő szakaszra. Az átkapcsolási feltétel az SDH szakasz szint ellenőrzésén alapul (meghibásodások) az útvonal szint ellenőrzés helyett,
 - a kapcsolót az eredeti pozíciójába (áthidalás) visszaállítani a hiba megszűnése után (revertív típus),
 - csomópontok közötti jelzéseket szolgáltatni (APS bájtok) a fenti parancsokra és a gyűrű állapotára vonatkozóan is.

Az előzőekben tárgyalt gyűrű típusok öngyógyító képességét egy hat csomópontos (NODE A-F) mintapildán vizsgáljuk meg. A csomópontok leágazó multiplexereket (ADM) jelképeznek. A példák bemutatják a normál gyűrű állapotot (a) és egy teljes fényvezető kábel átvágást követő forgalom helyreállítás (védelem) állapotát (b).

3.3.1. Egyirányú gyűrűk

Az egyirányú gyűrűk megvalósítása a csomópont párokat összekötő két fényvezető szállal lehetséges: az egyik szál az üzemi, a másik szál a védelmet biztosító tartalék. Az egyirányú öngyógyító gyűrű (Unidirectional Self-healing Ring: USHR) tehát egy üzemi irányból (pl. óramutató járásával megegyező) és az üzemi iránnyal ellentétes tartalék irányból (pl. óramutató járásával ellentétes) áll. A továbbiakban vizsgáljuk meg az egyirányú útvonal és szakasz kapcsolt architektúrákat.

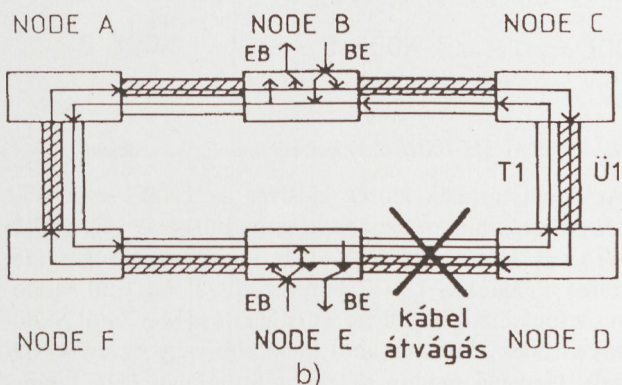
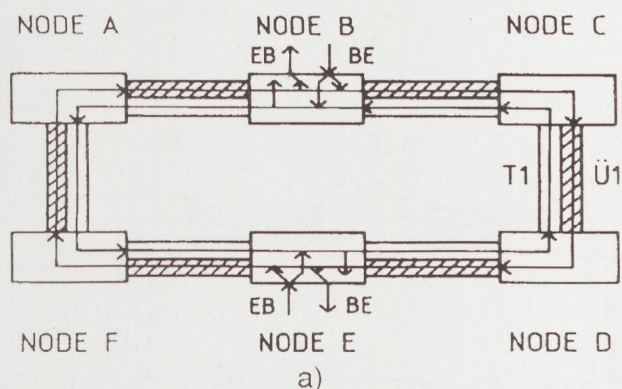
- Egyirányú útvonal kapcsolt gyűrű 2 fényvezető szállal (PP-USHR).

Az egyirányú útvonal kapcsolt gyűrűk fejállomás jelát-hidalás és végállomás kapcsolás („head end bridge, tail end switch”) architektúrát használnak (4a. ábra). Az üzemi forgalom az Ü1 a tartalék forgalom a T1 fényvezető szállakon kerül átvitelre. A bejövő összetevőjel (BE) a B csomóponton kettős betáplálással kerül az Ü1 és T1 fényvezető szállakon átvitelre, és a vételi üzemi fogalomból (Ü1) az E csomópont választja ki. A visszatérő összetevőjel (EB) átvitele hasonló módon történik (a visszatérő összetevőjel kiválasztása a vételi üzemi for-

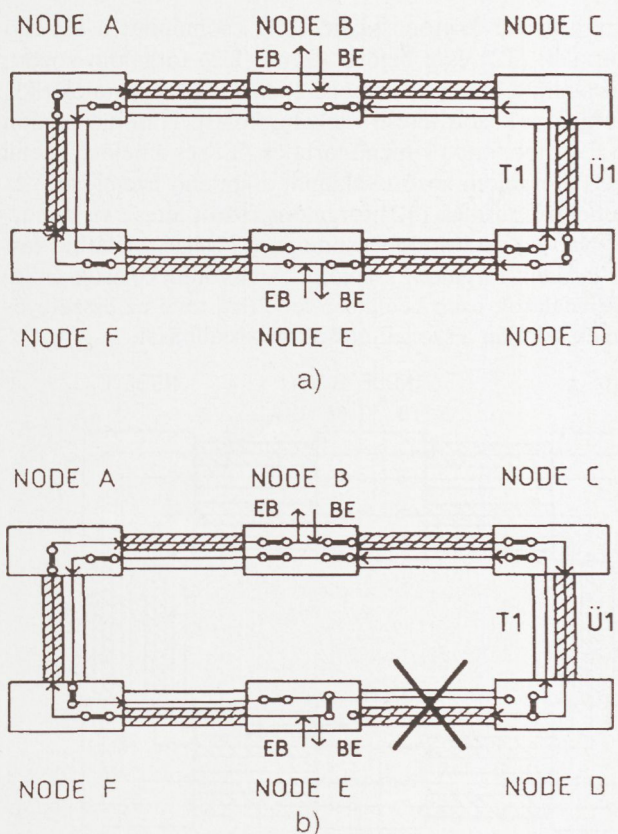
galomból (Ü1) a B csomópontnál). Mindkét fényvezetőszál átvágása esetén (4b. ábra) az összetevőjel kapcsoló az E csomópontnál átvált az üzemiől a tartalék szálra a B-E irányú forgalom védelmére (a B és E csomópontok közötti forgalom kiválasztása az E csomópontnál a T1 tartalék fényvezetőszálról történik). A hiba elhárítása után a kapcsoló az eredeti pozíciójába visszakapcsolva helyreállítja az egyirányú üzemi forgalmat.

- Egyirányú szakasz kapcsolt gyűrű 2 fényvezető szállal (MS-USHR).

A csomópontok ennél az architektúránál nagysebességű szakasz kapcsolókkal rendelkeznek (5a. ábra). Az összetevőjelek beiktatása és leágazása csak az üzemi forgalomból (Ü1 fényvezető szál) történik. Ekkor a tartalék szál (T1) inaktív. Mindkét fényvezető szál átvágása esetén (5b. ábra) az átvágással szomszédos csomópontok (E és D) kapcsolói visszahurkolás pozícióba váltanak át, míg az összes többi csomópont ellenőrzi a tartalék forgalom jeláthidalás állapotát. A nagysebességű forgalmat az üzemiől a tartalék fényvezetőszálra visszahurkoló kapcsolók lehetővé teszik a gyűrűn az átvitel folytonosságának fenntartását a hiba idejére is úgy, hogy az alacsonyabbrendű összetevőjelek megszakadása nem következik be (kivéve a védőkapcsoló rendkívül rövid átkapcsolási idejét). A hiba megszűnését követően az E és D csomópontok kapcsolói megszakítják a visszahurkolást és visszatérnek eredeti jeláthidaló pozíciójukba.



4. ábra. PP-USHR a) normál állapot; b) védelem



5. ábra. MS-USHR a) normál állapot; b) védelem

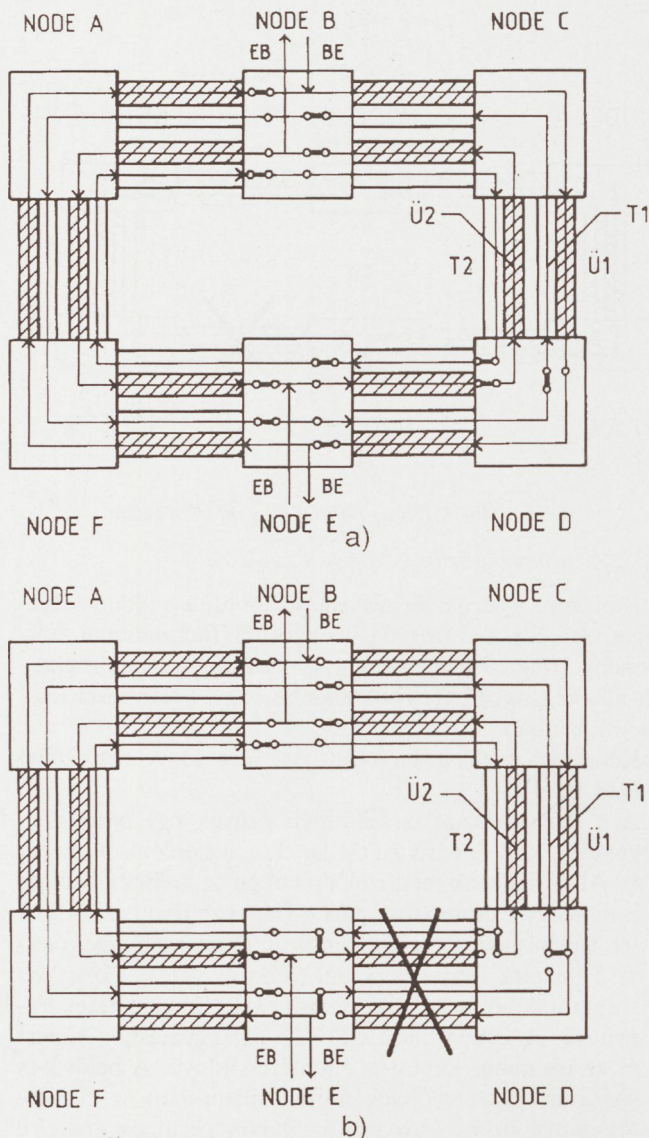
3.3.2. Kétirányú gyűrűk

Kétirányú gyűrűk megvalósítása többféle módon lehetséges. A kétirányú öngyógyító gyűrűk (Bidirectional Self-Healing Ring: BSHR) mindig szakaszkapcsolt architektúrát alkalmaznak, 2 fényvezetőszálas vagy 4 fényvezetőszálas változatban.

- Kétirányú szakasz kapcsolt gyűrű 4 fényvezetőszállal (MS-BSHR/4).

A 4 fényvezetőszálas kétirányú gyűrűk egy önmagába visszahurkolt lineáris ADM lánchoz hasonlóak. A lineáris ADM láncnak megfelelően ebben az architektúrában is mindegyik csomópont párt 4 fényvezetőszál csatlakoztat egymáshoz: 2 üzemi fényvezetőszál (adás és vétel) és 2 tartalék fényvezető szál (adás és vétel). Forgalom szempontjából a két üzemi szál (Ü1,Ü2) ellentétes irányítású. A két tartalék szál (T1,T2) egymáshoz képest és az üzemihez képest is ellentétes irányú. A bejövő és visszatérő összetevőjelek normál állapotban az ellentétes irányú üzemi fényvezetőszálakon kerülnek átvitelre és így kialakul egy kétirányú üzemi összeköttetés (adás irány és a vele ellentétes vétel irány). A 6a. ábra szerint egy összetevőjel a B csomópontból az E-be alaphelyzetben az óramutató járásával egyező irányba halad az Ü1 szálon, míg a visszatérő összetevőjel az óramutató járásával ellentétesen a Ü2 szálon. Négy nagysebességű kapcsolót igényel ez az architektúra: mindegyik nagysebességű szakasz bemenetnél egyet. Az MS-BSHR és MS-USHR öngyógyító eljárása sok hasonlóságot mutat. Például, ha az üzemi átvitel megszakad a 4 fényvezetőszál átvágása miatt (6b. ábra) a szomszédos csomópontok kialakítják a megfelelő visszahurkolásokat fenntartva ez-

zel a gyűrű folytonosságát. A D csomópont a kimenő tartalék (T2) és a bejövő üzemi (Ü2) forgalom között, valamint a kimenő üzemi (Ü1) és a bejövő tartalék (T1) forgalom között létesít visszahurkolást. Hasonló módon a E csomópont a kimenő tartalék (T1) és a bejövő üzemi (Ü1) forgalom között valamint a kimenő üzemi (Ü2) és a bejövő tartalék (T2) forgalom között létesít visszahurkolást. Az összes többi csomópont elvégzi a jeláthidalást a tartalék forgalom számára. A visszahurkolások és jeláthidalások ezen beállítása lehetővé teszi az összetevő-jelek szintjén a szolgáltatások helyreállítását.

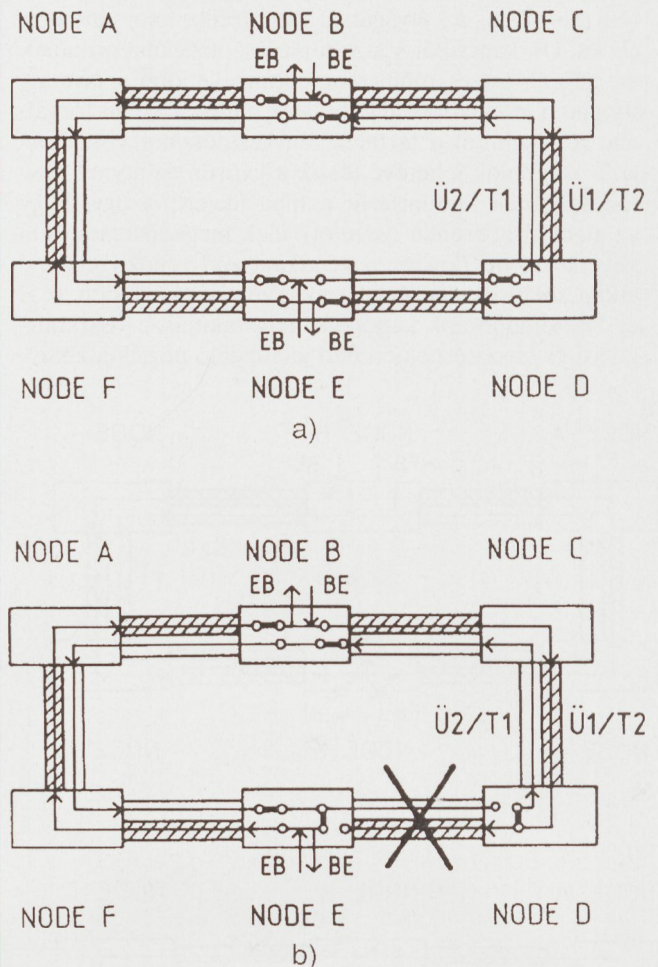


6. ábra. MS-BSHR/4 a) normál állapot; b) védelem

Az MS-BSHR/4 architektúra védelmet nyújt mind berendezés mind fényvezetősál meghibásodással szemben normál lineáris (szakasz) védőkapcsolók alkalmazása esetén. Ezért csak csomópont hibák és teljes fényvezetőkábel átvágások védelme igényli a visszahurkolással kialakított eljárást. A kapcsolók revertív típusúak ebben az alkalmazásban, azaz a hiba megszűnése után visszakapcsolnak eredeti pozíciójukba.

- Kétirányú szakasz kapcsolt gyűrű 2 fényvezetősállal (MS-BSHR/2).

Vegyük észre, hogy a 6a. ábra nagysebességű üzemi forgalma az Ü1 fényvezetősállal azonos irányba halad, mint a tartalék forgalom a T2 fényvezetősállal. Ha mindkét forgalom halmazt ugyanabban a fényvezetősállalban „helyezzük el”, akkor eredményül az MS-BSHR/2 architektúrát kapjuk meg, melyet a 7a. ábra szemléltet. Ebben az architektúrában az Ü1/T2 fényvezetősállal időréseinek a fele az üzemi forgalom részére, az időrések másik fele pedig a tartalék forgalom részére van lefoglalva. Hasonló módon az Ü2/T1 fényvezetősállal időréseinek fele üzemi forgalom részére, míg az időrések másik fele tartalék forgalom részére van lefoglalva. Egy adott fényvezetősállal tartalék időrései a másik fényvezetősállal üzemi forgalmának védelmét látják el (az üzemi és tartalék forgalom tehát ellentétes irányítású).



7. ábra. MS-BSHR/2 a) normál állapot; b) védelem

Az üzemi/tartalék időrés kiosztás az Ü1/T2 és Ü2/T1 fényvezetősállalakra azonos, a visszahurkolás végrehajtására egy időrés kicserélő (TSI) funkció szükséges (7b. ábra). Például az Ü1/T2 fényvezetősállalban 1-től M időrés lefoglalható üzemi időrés céljára és (M+1)-től N időrés tartalék időrésre (ahol M kisebb vagy egyenlő N/2-vel). Hasonló módon az ellentétes irányú Ü2/T1 fényvezetősállalban 1-től M lehet üzemi időrés és (M+1)-től N tartalék időrésként szolgálhat. Tehát amikor egy védőkapcsolás létrejön, akkor az üzemi időrések átkerülnek a másik fényvezetősállal tartalék időréseibe a TSI funkció

keresztül (az Ü1/T2 -ből az 1-től M üzemi időrések átke-
rülnek (M+1)-től N tartalék időrésnek az Ü2/T1-be). A
gyűrűhibákat követő védő kapcsolás ebben az architek-
túrában ugyanúgy működik mint az MS-BSHR/4-ben,
létrejön a kimenő Ü/T és a bemenő T/Ü közötti vissza-
hurkolás ellentétes irányítással. Mivel az adott fényve-
zetőszál mind üzemi mind tartalék forgalmat hordoz, az
opció a normál lineáris (szakasz) védőkapcsolás végre-
hajtására (TSI helyett) berendezés és egyszeres fényve-
zető hibákra nem áll rendelkezésre a 2 fényvezetőszá-
las kétirányú gyűrű architektúrájánál. A többi öngyógyító
architektúrához hasonlóan ebben az architektúrában is
revertívek a kapcsolók.

3.4. Alkalmazási változatok

A fentiek alapján a hálózattervezők és berendezésszál-
lítóknak különféle öngyógyító gyűrű architektúrát választhat-
nak. Az ismertetett öngyógyító gyűrű architektúrák mind-
egyike teljesíti az alapkövetelményeket. Mivel a tárgyalt
architektúrák mind megvalósítható öngyógyító hálózatot
eredményeznek, ezért a hálózattervezőnek kell eldöntenie,
hogy melyik architektúra bevezetését választja figyelembe
véve azok relatív előnyeit és hátrányait, valamint az alkal-
mazás követelményeit.

Általában az osztott védelemmel rendelkező kétirányú
gyűrűk alkalmazása olyan esetekben előnyös, amikor ma-
ximális üzemi végződtes kapacitásra van igény és jelentős
mennyiségű forgalom van a különböző csomópontok kö-
zött (az összes forgalom nem egyetlen csomóponton vég-
ződik). Ezek a jellemzők különösen az általánosított köz-
pontközi igényeket elégítik ki.

Az egyirányú, dedikált védelemmel rendelkező gyűrűk
kevésbé összetett alkalmazást és egyszerűbb üzemeltetést
és fenntartást igényelnek, alkalmassá téve ezt az archi-
tektúrát alacsonyabb kapacitásigények kielégítésére, ahol
a forgalom nagy része egyetlen csomóponton végződik.
Ezen jellemzők különösen előnyössé teszik a hozzáférési
hálózatban történő alkalmazására. Együttesen a kétirányú
szakasz kapcsolt és az egyirányú útvonal kapcsolt gyűrűk
nyújtják a legjobb megoldást az általános öngyógyító háló-
zat kialakítására, tehát a kétirányú szakasz kapcsolt gyűrűk
központközi alkalmazásokban, az egyirányú útvonal kap-
csolt gyűrűk a hozzáférési és olyan központközi alkalma-
zásokban nyújtanak optimális megoldást, ahol a fogalom
dominánsan egyetlen csomóponton végződik (pl. hub).

A fentiekben tárgyalt kétirányú gyűrű megvalósítások
sokkal bonyolultabbak, mint az egyirányú változatok, azon-
ban rendkívül előnyös tulajdonságokkal rendelkeznek a
központközi alkalmazásokban. Nevezetesen, az osztott vé-
delemmel rendelkező kétirányú gyűrűk jelentősen nagyobb
számú összetevőjel leágazását/beiktatását teszik lehetővé a
gyűrűből, mint az egyirányú gyűrűk. Ezen kapacitástöbbsé-
get vizsgálatára legyen az összes optikai szakasz sebesség
STM-N és tekintsük a B csomópontból a C-be átvitt be-
jövő összetevőjelek összértékét STM-N-nek. Az egyirányú
útvonalkapcsolt architektúrájánál a teljes üzemi kapacitás
(STM-N) B és C között felhasználásra kerül. Az adott egy-
irányú működés során a C-ből B-be visszatérő összetevője-
lek is kihasználják a teljes üzemi kapacitást a C-D, D-E,
E-F, F-A és A-B csomópontok között. Általában az összes

bemenő/kimenő összetevőjel pár maximális kapacitása egy
egyirányú útvonal kapcsolt gyűrűn STM-N. Hasonló példa
kapcsán azonos eredményeket kapunk a 2 fényvezetőszá-
las egyirányú vonal kapcsolt gyűrű architektúra esetén is.

A 4 fényvezetőszálas kétirányú szakaszkapcsolt gyűrű-
ben az Ü1 vonal (bejövő összetevőjelek) és Ü2 vonal (ki-
menő összetevőjelek) B és C csomópontok közötti tel-
jes üzemi kapacitásának felhasználása mellett azonban az
Ü1/Ü2 vonalak rendelkezésre állnak a B csomópontból az
A-ba további STM-N egyidejű átvitelére, amely a B és A
vagy B és F csomópontok közötti bejövő összetevőjelek
eredője. Abban a szélsőséges esetben, amikor egy STM-N
eredőjű (összegű) bejövő/visszatérő összetevőjel átvitele
történik az egyes szomszédos csomópont párok között (pl.
STM-N eredőjű összetevőjelek a B és C, C és D, D és
E, E és F, F és A, A és B csomópontok között) a tel-
jes bejövő/visszatérő összetevőjel párok kapacitása, azaz a
maximális gyűrű hálózat kapacitás $M \times STM-N$, ahol M a
csomópontok száma a gyűrűben. A 2 fényvezetőszálas két-
irányú szakaszkapcsolt gyűrűben a teljes bejövő/visszatérő
összetevőjel párok kapacitása: $(M/2) \times STM-N$ azaz a fele
a 4 fényvezetőszálas kétirányú szakaszkapcsolt gyűrű ma-
ximális hálózat kapacitásának. A tipikus alkalmazásokban
a fenti szélső értékek előfordulásának valószínűsége igen
kicsi, mindazonáltal a kétirányú gyűrűk üzemi végződtes
kapacitása messze felülmúlja az útvonal kapcsolt gyűrűk
STM-N határértékét, ami lehetővé teszi a sávzsélesség ki-
osztás rugalmasságának növelését olyan hálózatokban, me-
lyekben jelentős a csomópontok közötti forgalom. A fenti-
ek eredményét az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. Gyűrű alkalmazások jellemzői

Gyűrű típusa	PP-USHR (2 fény- vezető)	MS-USHR (2 fény- vezető)	MS-BSHR/2 (2 fény- vezető)	MS-BSHR/4 (4 fény- vezető)
Védelem típusa	Dedikált	Osztott	Osztott	Osztott
Csomópont- ok száma	M	M	M	M
Multiplex szakasz kapacitás	STM-N	STM-N	STM-N	STM-N
Max.gyűrű hálózat kapacitás	STM-N	STM-N	$M/2 \times STM-N$	$M \times STM-N$
Kapcsolás a hiba megszűnő- se után	Revertív	Revertív	Revertív	Revertív
Üzemi és tartalék azonos fényveze- tőn	Nem	Nem	Igen	Nem

A sokféle gyűrű architektúra közül nem lehet egyetlen
változatot kiválasztani, amely az összes alkalmazási igényt
kielégítené. A kétirányú osztott védelmű gyűrűk többlet-
kapacitása olyan alkalmazások esetén előnyös, ahol bár-
mely csomóponton beiktatott összetevőjel leágaztatására
igény merülhet fel bármely másik csomópontnál (pl. köz-
pontközi alkalmazás). Ahol nincs szükség erre az előnyös

tulajdonságra (pl. hozzáférési hálózat) ott a 2 fényvezető-szálas egyirányú útvonal kapcsolt gyűrű egyértelműen egyszerűbb üzemeltetést tesz lehetővé. Következésképp a bevezetésre kerülő architektúra kiválasztásánál a hálózattervezőnek alapvetően az alkalmazások követelményeit kell figyelembe vennie, mivel mind az egyirányú, mind a kétirányú megvalósításnak helye van a hálózatban. Az egyirányú (USHR) és kétirányú (BSHR) öngyógyító gyűrűk jellemző tulajdonságait a 2. táblázat foglalja össze.

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző itt szeretné megköszönni M. J. Soulliere és W. Kremer részéről biztosított értékes konzultációs megbeszéléseket, Dely Zoltán hasznos észrevételeit és Baranyi András fáradozását a cikk megjelenésével kapcsolatban.

IRODALOM

- [1] ITU-T Rec. G.783: "Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks" (1994).
- [2] ITU-T Rec. G.803: "Architectures of transport networks based on the SDH" (1994).
- [3] ITU-T Rec. G.841: "Types and characteristics of SDH network protection architectures" (1995).
- [4] ETSI draft prETS 300 417-1: "Generic functional requirements for SDH transmission equipment Part 1: Generic process and performances" (1994).
- [5] J. Baudron, A. Khadr and F. Kocsis: "Availability and Survivability of SDH Networks". *Electrical Communication-4th Quarter*, 1993.

2. táblázat. Öngyógyító gyűrűk jellemzői

USHR	BSHR
Az útvonal a teljes gyűrű körüli sávzsélességet használja	Jobb, rugalmasabb sávzsélesség hasznosítás
Egyszerű, nincs kapcsolási protokoll	Bonyolult kapcsolási protokoll
Kevésbé költséges	Költséges
Nincs szükség új szabványra	Szabványosított kapcsolási protokollt igényel
Centralizált forgalmi igénynél előnyös	Szövevényes forgalmi igénynél előnyös
Hozzáférési hálózat a fő alkalmazási terület	Központi hálózat a fő alkalmazási terület

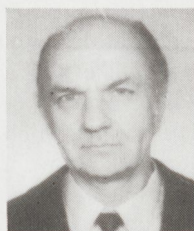
- [6] T. H. Wu: "Fiber Network Service Survivability". Artech House, 1992.
- [7] M. J. Soulliere and S. H. Hersey: "Architectures and applications of SONET in self-healing network", 1991.
- [8] I. Haque, W. Kremer and K. Raychaudhuri: "Self-healing rings in a synchronous environment". *IEEE LTS*, Nov. 1991.
- [9] T. H. Wu: "A class of self-healing ring architectures for SONET network applications". *IEEE Trans. on Commun.*, Vol. 40, No. 11, Nov. 1992.
- [10] Paksy Géza: "SDH hálózatok architektúrája". PKI Tudományos Napok, 1994.

SELF-HEALING SDH RING ARCHITECTURES

L. BARNA

HUNGARIAN TELECOMMUNICATIONS COMPANY LTD.
PKI TELECOMMUNICATIONS DEVELOPMENT INSTITUTE
H-1456 BUDAPEST, P.O.BOX 2. HUNGARY

SDH provides an opportunity to specify self-healing network architectures that meet the growing demands for service traffic protection following failure events. This paper examines the architectural alternatives for SDH self-healing rings and discusses the applications of the given architectures in trunk and access networks.



Barna László villamosmérnöki diplomáját 1964-ben szerezte meg a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar Híradástechnikai Szakán. 1982-ben végzett el a Számítógépes elektronikai tervezés és gyártás szakmérnöki tagozatot. A Telefongyárban kezdte meg fejlesztő tevékenységét a digitális átviteltechnikai laboratóriumban, ahol jelzés, PCM és digitális multiplex gyártmányfejlesztőként dolgozott, majd a multiplex fejlesztési osztály vezetője lett. 1991 óta tudományos főmunkatárs a PKI Távközlésfejlesztési Intézet Hálózati Stratégiák osztályán, ahol a Szinkron Digitális Hierarchia (SDH) alapismeretének kidolgozásával, majd az SDH hálózatok alkalmazási, bevezetési, tervezési és specifikálási kérdéseivel foglalkozik. A HTE-nek 1965 óta tagja. Számos tanulmány, publikáció szerzője, hazai és külföldi konferencia, valamint a mérnöktovábbképző intézeti tanfolyam előadója. Nemzetközi szervezetek (ITU-T, EURESCOM) aktív közreműködője.

A MATÁV SDH TRANSZPORT HÁLÓZATA

SIPOS ATTILA és PAKSY GÉZA

MATÁV RT, PKI TÁVKÖZLÉSFEJLESZTÉSI INTÉZET
HÁLÓZATFEJLESZTÉSI ÁGAZAT
1456 BUDAPEST, PF. 2.

Többéves előkészítés után, 1996-ban megkezdődött a MATÁV országos lefedést biztosító SDH gerinchálózatának kiépítése. A cikk a korszerű elvekre épülő, szolgáltatásfüggetlen transzport-hálózati elvek és az SDH öngyógyító hálózatok alapelveinek tárgyalása után bemutatja a megvalósuló budapesti és az országos SDH hálózatot.

1. BEVEZETÉS

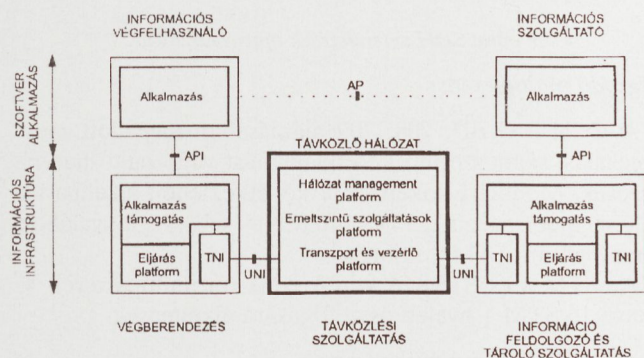
Hároméves előkészítés után, 1996-ban megkezdődik az SDH alapú transzport hálózat kiépítése a MATÁV gerinc és budapesti átkérő hálózatában. Ezzel a lépéssel megteremtjük az alapot céljaink eléréséhez: Budapest a térség távközlési csomópontjává válhat. Ez a fejlesztés egyben egy újabb mérföldkő a magyarországi távközlési infrastruktúra megteremtésében.

Sok szó esik manapság az információs társadalomról, annak különböző nézőpontokból történő elemzése, vitatása szakmai fórumok gyakori témája.

Milyen fejlesztésekkel, mérnöki alkotásokkal járulhatunk hozzá ennek megvalósításához?

Milyen kapcsolatai vannak a távközlő hálózatoknak az információ előállítókkal, feldolgozókkal, felhasználókkal.

Ennek bemutatására, a kapcsolatok értelmezésére ad útmutatást az ETSI SRC 6 jelentésében szereplő modell [1].



1. ábra. A távközlő hálózatok kapcsolata az információ előállító, feldolgozó és felhasználó szektorral (ETSI SRC 6 jelentés alapján)
AP: alkalmazási portok; API: alkalmazási programozási interfész
UNI: felhasználó hálózat interfész; TNI: távközlő hálózat interfész

A modellben a távközlő hálózat három fő funkcióját emelték ki (1. ábra).

Transzport és vezérlő platform, amely az alapvető transzport képességeket, valamint az összekapcsoló vezérlést jelent.

Emeltszintű szolgáltatások nyújtásának a platformja, amely magába foglalja a szolgáltatás megalkotásának a képességét, a szolgáltatás végrehajtás vezérlésének a képességét és magukat az emelt szintű szolgáltatásokat.

Hálózat-management platform, amely az irányítási és vezérlési képességet nyújtja a szolgáltatás, a hálózat és hálózati elemek szintjén.

Jelen cikkünkben a távközlő hálózat transzport funkcióinak leírásán keresztül ismertetjük a MATÁV megvalósítás alatt lévő SDH hálózatait.

2. TRANSZPORT HÁLÓZATOK ARCHITEKTÚRÁJA

2.1. Réteghálózatok, partíciók

A távközlő hálózatok struktúrázását már a kezdeti analóg (FDM), majd a pleziokron digitális hálózatokban (PDH) is alkalmazták (pl. multiplex szintek), azonban ezek az elvek igazán csak az SDH hálózatokban váltak dominánssá. Ennek főként az az oka, hogy az SDH technikában valószínűsíthető meg először az átviteli funkciók és a hálózat üzemeltetési rendszerének az integrálását. Az SDH-ban alkalmazott, a hasznos információval együtt átvitt többlet-információk (*overhead-ek*) lehetővé teszik, hogy hálózati rétegenként ellenőrizzük az átvitel minőségét, és a minőség fenntartása érdekében be is avatkozzunk rétegszinten védelmi, útvonal megváltoztatási parancsokkal úgy, hogy közben a hálózat többi rétege ettől függetlenül üzemel.

Az SDH hálózatok architektúráját az ITU-T G.803 [2] ajánlása határozza meg. Az SDH transzport hálózat alapelve az egymással összekapcsolható, azonos jellegű pontok halmazának „réteghálózatba” történő szervezése. Az azonos jellegű az ún. „*karakterisztikus információ*” adja meg. Ilyen réteghálózat lehet pl. a 64 kbit/s sebességű, a 2 Mbit/s sebességű hálózati pontok összessége. A réteghálózat minden hozzáférési pontja összekapcsolható egymással az adott réteghálózatra jellemző karakterisztikus információ átvitele érdekében. A réteghálózatok lényeges tulajdonsága — ellentétben az OSI rétegeivel —, hogy rekurzívan, minden réteghálózat tetszőleges számú alrétegre bontható, a rétegek és alrétegek kliens — szerver kapcsolatban állnak egymással. Egy szerver réteg több alréteget is kiszolgálhat. (Pl. egy VC-4 alréteg átviteli utat biztosíthat a VC-12 alréteg és VC-3 alréteg számára is.)

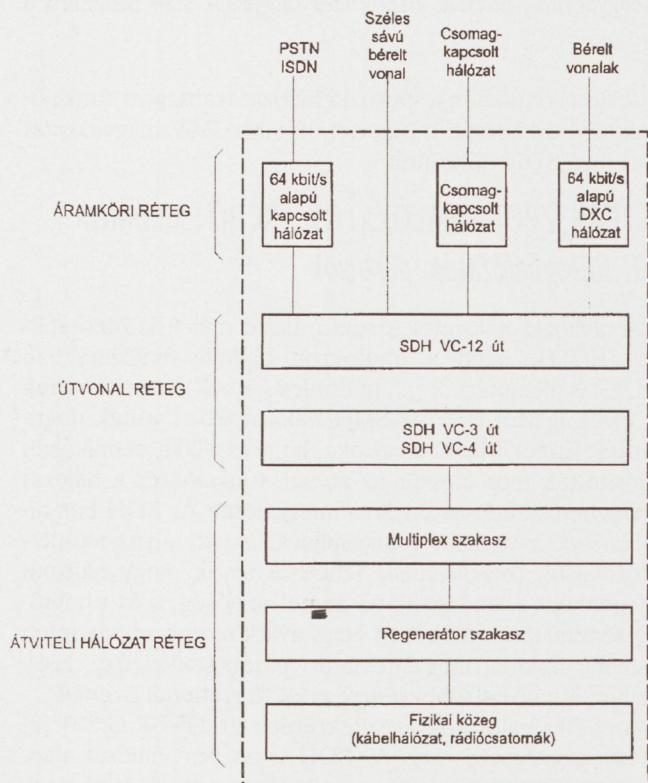
Az SDH hálózat rétegeit a 2. ábra szemlélteti.

A legfelső rétegben, az „*áramkör (circuit)*” rétegben helyezkednek el a távközlési szolgáltatók, a kapcsolt távbeszélő (PSTN), a csomagkapcsolt adathálózat (PSPDN), és a menedzselte béreltvonali hálózat.

Az „*útvonal (path)*” réteg a felette elhelyezkedő „*áramkör*” réteg kiszolgálója. Ebben a rétegben történik meg a multiplexálás és az útvonalak kialakítása. Az SDH multiplexálási sémának megfelelően az „*alacsonyabb rendű (lower order)*” útvonalak a VC-12 útvonalakat foglalják ma-

gukba, a „magasabb rendű (higher order)” útvonalak pedig a VC-3 és VC-4 utakat.

Az „átviteli hálózat (transmission media)” réteg foglalja magába mindazon eszközöket, berendezéseket és vezetékeket, melyek felelősek az információk átviteléért. A réteg átviteli közegfüggő, a „fizikai közeg” alréteg a hálózati csomópontokat összekötő optikai szál, rádiófrekvenciás csatorna, vagy rézkábel lehet. A „multiplex szakasz” alréteg a hálózati csomópontok közötti átvitelekért, a „regenerátor szakasz” alréteg pedig két regenerálási pont közötti átvitelért felelős.



2. ábra. SDH transzport hálózat rétegmellje

A transzport hálózatok másik jelentős fogalma, a hálózat particionálása. A rétegekbe szervezett transzport hálózat kiterjedése változó lehet (nemzetközi hálózat, nemzeti hálózat). A particionálás szempontjai:

- hálózati struktúrák egy rétegen belül;
- adminisztratív határok az üzemeltetők között;
- egy üzemeltetőkön belüli fenntartási határok;
- hálózati irányítási felelősségi határok.

A particionálásnak fontos szerepe van a hálózat üzemeltetési szervezetének meghatározásában.

A hálózat részhálózatokra bontható, a részhálózatokat „linkek” kötik össze, és a részhálózatok lebonthatók hálózati elemekig (network element, NE).

3. SDH BERENDEZÉSEK ÉS HÁLÓZATOK

3.1. Az alkalmazott berendezések főbb funkciói

A következőkben röviden összefoglaljuk a MATÁV hálózatán alkalmazott SDH berendezések alaptípusait, kiemelve a hálózatokban elfoglalt szerepüket. Az SDH technika általános ismertetése a [3]-ban található. A típusválasztékot a 3. ábra mutatja.

VÉGZŐDŐ MULTIPLEXER	LEÁGAZÓ MULTIPLEXER	TRIBUTARY PORT KAPACITÁS	CROSS-CONNECT KAPACITÁS
		63 x 2Mbit/s	756 TU 12
		128 x 2Mbit/s	1512 TU 12
		4 x STM-1	
		16 x STM-1	

DIGITÁLIS ELEKTRONIKUS RENDEZŐ	TRIBUTARY PORT KAPACITÁS	CROSS-CONNECT KAPACITÁS
		128 STM-1 ekv.
		256 STM-1 ekv.

3. ábra. SDH berendezések típusválasztéka

Végződő multiplexerek

A CCITT G.707, 708, 709 ajánlásában megadott multiplexálási séma szerinti keretkialakítást végrehajtó berendezések. Moduláris kiképzésük következtében alkalmasak változó mennyiségű 2, 34 és 140 Mbit/s sebességű nyálábok összefogására STM-1 szinten.

Az STM-4 és STM-16 szintű szinkron multiplexerek 4, illetve 16 STM-1 nyáláb összefogására alkalmasak.

Leágazó (add-drop) multiplexerek

Az ADM-1 leágazó multiplexerek 2, 34, 140 Mbit/s-os nyálábok tetszőleges leágaztatását teszik lehetővé.

Az ADM-4, illetve ADM-16 különféle megoldásokban VC-12, VC-3, VC-4 virtuális konténerek teljes átrendezése és leágaztatására alkalmas.

Az ADM berendezések az SDH gyűrűstruktúrák kulcselemei.

Vonali rendszerek

A 155, 620, illetve 2,4 Gbit/s sebességű optikai rendszerek a G.652 ajánlásnak megfelelő optikai szálon kétirányú átvitelt biztosítanak.

Az STM-4, illetve STM-16 szintű optikai végződések jelenleg leginkább STM-4, illetve STM-16 szinkron multiplexerekkel közösen kiépített SDH pont-pont közötti össze-

köttetést létrehozó, vonali védőkapcsolókkal ellátott önálló vonali rendszerekként valósíthatják meg.

Az optikai portok képesek ADM, illetve DXC berendezések részeként is üzemelni.

Multiplexeket nem tartalmazó SDH regenerátorok a vonali rendszerek részét képezik.

Digitális elektronikus rendezők

Az SDH berendezés-választék egyik legkarakterisztikusabb eleme a digitális elektronikus rendező (továbbiakban DXC). A DXC 4/1 a 2 és 34 Mbit/s-os PDH nyalábokat VC-12, illetve VC-3 szinten képes rendezni. Alapvető feladata az azonos irányba menő, azonos célú forgalmak összegyűjtése és irányítása (grooming), valamint a gyengén kitöltött, azonos rendeltetésű nyalábok tömörítése (consolidation). A DXC 4/4 feladata a 140 Mbit/s-os PDH nyalábok, illetve a VC-4 virtuális konténerek irányítása.

3.2. Öngyógyító SDH hálózatok

A távközlő hálózatokban fellépő különféle hibaesemények (hardware vagy software hibák, emberi mulasztások) a hálózaton üzemelő szolgálatok szolgáltatásainak kiesését eredményezik. Az SDH technika létrehozott egy sor olyan szabványosított mechanizmust, mely védelmet biztosít a hálózat elemeinek meghibásodásával szemben. A gyorsan működő védelmi mechanizmusok (protection) mellett az SDH hálózat flexibilitása lehetővé teszi hálózati meghibásodások esetén, a hálózat pillanatnyi tartalékkapacitásainak felhasználását, a meghibásodott út automatikus pótlását egy új útvonallal (restoration). A hálózaton üzemelő szolgálatok rendelkezésreállási követelményei határozzák meg az adott útvonalakra alkalmazandó védelmek szintjét és reakcióidejét.

Az SDH hálózatokban alkalmazott öngyógyító mechanizmusok lehetővé teszik, hogy az egyes hálózatrészekben fellépő hibákra (pl. egy él megszakadása, vagy egy csomópont kiesése) a hálózat védett legyen, vagyis a hálózat önmagát olyan állapotba állítja át, hogy a hálózati szolgáltatások rendelkezésre állása továbbra is folyamatos marad. Ezek a mechanizmusok az egyes hálózati csomópontokba, illetve a hálózatvezérlő rendszerbe vannak beépítve [4].

Az SDH ajánlások az alábbi védelmeket definiálják:

- *Multiplexer szakasz védelem (MSP)*, mely az előbbieken leírt multiplex szakasz réteg szintjén működik. Ezt a mechanizmust az automatikus védelmi kapcsolást (APS) megvalósító protokollok vezérlik. Az MSP védelmet alkalmazzák az öngyógyító gyűrűk is.
- *Részhálózati védelem (SNC)* esetén útvonal védelem kerül megvalósításra. Az útvonal védelemhez nem szükséges APS protokoll, megvalósítása lényegesen egyszerűbb.
- *1+1 védelem* — mely szintén az útvonal rétegen kerül végrehajtásra — a vételi oldalon dönti el az üzemi útvonal kiválasztását.

Az öngyógyító hálózatok speciális hálózati topológiákat igényelnek, ilyenek:

- az öngyógyító gyűrűk és
- a szövevényes DXC hálózatok.

Mindkét hálózati megoldásnak vannak előnyei és hátrányai, alkalmazásuk függ:

- az átviteli igények struktúrájától,
- a rendelkezésre álló kábelhálózat topológiájától,
- a védelmi átkapcsolás megengedhető maximális időtartamától.

3.2.1. Öngyógyító SDH gyűrűk

Az öngyógyító SDH gyűrűk alkalmazását az SDH add-drop típusú multiplexereinek (ADM) kifejlesztése tette lehetővé, illetve az ADM-eket azért és oly módon fejlesztették ki, hogy azok a gyűrűstruktúrákat támogatni tudják.

Az SDH gyűrűk működésének és méretezésének széles irodalma létezik, ezeket e helyen nem tárgyaljuk, csupán összefoglalásként bemutatjuk azokat a gyűrűtípusokat, amelyeket az SDH technikában ma alkalmazunk.

Az öngyógyító SDH gyűrűk fajtái:

a) Egyirányú öngyógyító gyűrű

Angol elnevezéséből (Unidirectional Self-healing Ring) a következőkben USHR elnevezést használjuk.

Az átvitel a gyűrűben egyirányban, pl. az óramutató járásával azonos irányban történik. A gyűrű másik iránya a védelemre szolgál. A szükséges gyűrűkapacitást az egyes csomópontokban fellépő átviteli igények összege adja.

b) Kétirányú gyűrű

(Bidirectional Self-healing Ring: BSHR), két ellentétes irányát a két átviteli irányra használja, és mindkét irányban az átviteli kapacitás egy részét (a szabványokban előírtan pontosan a felét) védelmi célokra kell felhasználni.

A kétirányú gyűrű felhasználhat 2 vagy 4 optikai átviteli szálát, ennek megfelelően BSHR/2 vagy BSHR/4 a jelölése.

Mindkét gyűrűtípusra jellemző, hogy az öngyógyító hálózatátrendeződség igen gyorsan, 50 ms-nál rövidebb idő alatt végbe megy.

3.2.2. Öngyógyító DXC hálózatok

A 4/1 és 4/4 típusú DXC-kből kiépített szövevényes hálózat öngyógyító, ha automatikusan átrendezi a felépített útvonalakat él- vagy csomóponthiba esetén oly módon, hogy az eredeti összeköttetések üzemképesen fennmaradjanak.

Az átrendezés az alábbi logikai lépésekben történik:

1. a hiba detektálása;
2. a hiba átjelzése a többi csomópontnak;
3. az alternatív utak megkeresése, mely lehetséges előre beprogramozott táblázatokból, vagy dinamikus útkereséssel;
4. az átkapcsolások végrehajtása;
5. visszatérés normál állapotba, a hiba elhárítása után.

A fenti logikai lépések végrehajtása kétféle módon mehet végbe:

- a) központi hálózatvezérléssel;
- b) elosztott hálózatvezérléssel.

Mindkét esetben az új konfiguráció létrehozása vagy statikus (előre beprogramozott), vagy dinamikus útkeresés lehet.

Az öngyógyító DXC hálózatra jellemző, hogy a védelmi folyamat lassú (néhányszor 10 másodperc).

A szövevényes DXC hálózatok tervezésének fő célja, hogy megkeresse azt az egyes élekre allokált minimális

tartalékkapacitást, ami esetén még minden igénypárra bármely él, vagy csomópont kiesés esetén is 100 %-os túlélés biztosítható. A különféle algoritmusokkal kapott eredmények összevetéséből kitűnik, hogy optimális esetben 30 % tartalékkapacitás megvalósítása szükséges egy bonyolultabb szövevény teljes túlélési képességének megvalósításához. A minimális élkapacitásra való törekvésnek azonban ellentmond az alkalmazandó DXC-k méretproblémája (kapcsolókapacitás és portszám). A portszám igény főként a nagykapacitású (STM-4, STM-16) portok alkalmazásával csökkenthető.

3.2.3. Hierarchikus SDH hálózatok

A nagyobb kiterjedésű, sok csomópontot tartalmazó hálózatok egyszerűbb, áttekinthetőbb kialakítása érdekében célszerű a hálózatot szintekre bontani. Az egymásra épülő hálózatok hierarchikus kapcsolatban vannak egymással [5].

Alsóbb szintről magasabb szint felé hubokon keresztül lehet feljutni.

Hierarchikus szövevény-gyűrű hálózatok

A szövevény-gyűrű vegyes felépítés esetén a felsőbb szinteken nagykapacitású átviteli rendszerekkel összekötött DXC-k helyezkednek el. Alsóbb szinteken egyszerűbb, gyorsabb védelemmel rendelkező gyűrűk. Előnye, hogy a költséges, nagy DXC berendezések csak a felsőbb szinteken, korlátozott mennyiségben szükségesek.

Hierarchikus gyűrűk

Tisztán gyűrűstruktúrákat alkalmazó hálózatokat főként SONET környezetben valósítottak meg. A hierarchia egyes szintjein elhelyezkedő gyűrűk egymás közötti tranzitforgalmát a magasabb szinten elhelyezkedő gyűrűk hubpontokon keresztül bonyolítják le.

A hierarchikus gyűrűhálózat egyik fő előnye, hogy az egyes gyűrűk védelmei önállóan működnek, nem igényelnek a teljes hálózatra kiterjedő vezérlést.

Hierarchikus gyűrűhálózatok tervezésének fő problémája a hálózati csomópontok optimális összerendezése, gyűrűnkénti halmazokba rendezése.

Jelenleg csak heurisztikus algoritmusok ismeretesek ilyen problémák optimális megoldására. Nagyobb mint 2 szintű hierarchikus gyűrűhálózat optimalizálásának számításgéppel erősen megnövekszik.

Az optimalizálás a költség/igény hányadosra történik.

Hierarchikus gyűrűhálózatok megvalósításának másik problémája az, hogy jelenleg a nagysebességű ADM-ek (ADM-16) még fejlesztés alatt állnak, ezért azok gyakorlati alkalmazására még nem kerülhetett sor.

4. MATÁV SDH HÁLÓZATOK

Az előzőekben ismertetett hálózattervezési elvekre építve a PKI-FI megtervezte az országos lefedettséget biztosító SDH hálózatot. A több mint 70 csomópontot tartalmazó hálózat tervezéséhez jó alapot adtak azok a számítógépes hálózattervezési eredmények, melyek a PKI-FI Hálózatfejlesztési Ágazata és a BME Híradástechnika Tanszéke közös munkája eredményeként alakultak ki [7], [8].

4.1. Gerinchálózat

A MATÁV optikai gerinchálózatának elsőrendű feladata, hogy a közcélú távbeszélő hálózat primer és szekunder pontjai számára megfelelő összekötő átviteli utakat hozzon létre. A gerinchálózaton értjük azokat az optikai és mikrohullámú összeköttetéseket, melyek ezeket a központi helyeket kötik össze. A transzport hálózati elvből következőleg azonban ennek a hálózatnak nemcsak a távbeszélő forgalom támogatására kell alkalmasnak lenni, hanem bármilyen digitális formában rendelkezésre álló információ átvitelére is.

4.1.1. A gerinchálózat feladata

Az SDH gerinchálózat kialakításakor az alábbi felhasználási célú igények kiszolgálását vettük figyelembe (az igények jellemzően 2 Mbit/s sebességűek, kivéve a 34, illetve a 140 Mbit/s-os szélessávú igényeket):

Igénytípusok:

- Kapcsolt távbeszélő áramkörüi igények. A hálózat az 1996 és 1998 között keletkező kapcsolt távbeszélő forgalomműködést (az ISDN-t is beleértve) lesz képes kiszolgálni.
- Mobil szolgáltatók béreltvonali igényei.
- A GSM rendszerű rádiótelefon hálózat PSTN alaphálózathoz való csatlakoztatásából fakadó igények.
- A menedzselt bérelt vonali hálózat átviteli rétegét az SDH hálózat alkotja.
- Szélessávú adatátviteli szolgáltatások várható igényei.
- Az audio és video műsorcsere döntően Budapest – megyeszékhely viszonylatok között.
- Nemzetközi áramkörüi igények. A szomszédos országokból érkező tranzit és Magyarországon végződő igények.

4.1.2. Fizikai közeg réteg

Az SDH hálózat fizikai közeg rétegét, néhány szakasz kivételével, az 1993-ban lefektetett optikai kábelhálózat alkotja, mely mintegy 2500 km hosszúságú, átlagosan 30 szálas, monomódusú optikai kábelekből áll.

4.1.3. Útvonali réteg

Az útvonali réteget képező hálózat struktúrája a 4. ábrán látható. A kétsíkú hálózat felső szintjét a szekunder központokat tartalmazó átviteli pontok, a közöttük kialakított STM-16 sebességű vonali rendszerekből álló szövevényes hálózat és a budapesti DXC 4/1 berendezések alkotják. A felső sík feladata a szekunder pontok közötti igényátvitelen kívül — az alsó hálózati sík alhálózatainak tranzitálása.

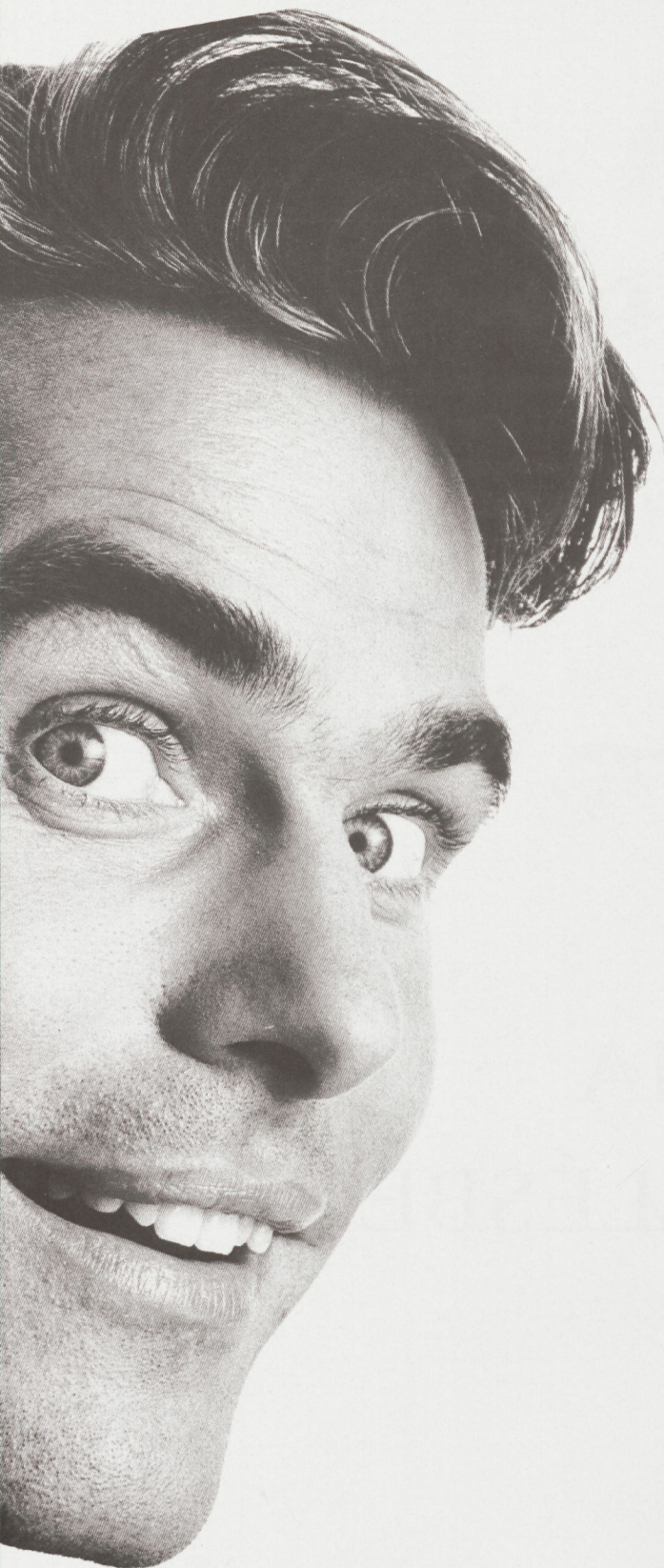
Az alsó síkon hét darab STM-4 sebességű gyűrű helyezkedik el, melyek — biztonsági okokból — két-két hubpontot csatlakoznak a felső szinthez (dual-homing).



NOKIA

A TÁVKÖZLÉSBEN

Bemutakozik a Nokia	I
A Nokia Telecommunications	II
A Nokia Mobile Phones	III
A Nokia Monitor	IV
SYNFONET — a Nokia SDH gyártmánycsaládja	Klészli F. V
Szinkron digitális technológia a hozzáférési hálózatban	Szebegyinszki J. VIII
A Nokia Csoport adatai 1995-ben	



BUSINESS ISN'T DONE UNTIL PEOPLE GET IN TOUCH.

Telecommunications generates business.
Right down the line.

Nokia provides network solutions that
make the difference between adequate and
exceptional business performance.

Innovative solutions optimised for oper-
ators' mobile and fixed telecom services,
that create end-user satisfaction, increase
capacity, support revenue growth and give a
lasting return on your investment.

Get in touch today. Even a short call can
generate a surprising amount of business.
Surprisingly fast.

NOKIA 
CONNECTING PEOPLE

BEMUTATKOZIK A NOKIA

Néhány évvel ezelőtt még a fejlődő országok elektronikai iparát ismerő szakemberek sem tudták pontosan vajon ki, pontosabban milyen cég rejtőzik a Nokia név mögött. Pedig az akkor már több évtizede igazi ipari nagyhatalomnak számító finn cég mögött papírgyárak, elektronikai üzemek, hatalmas kábel- és gumiabroncs-gyárak, papírkonszern, sőt energiaszolgáltató vállalatok álltak, s a céget Skandinávia-szerte a legnagyobbak között jegyezték. A Nokia név Finnország egyik legnagyobb és legsokoldalúbb vállalatbirodalmát jelentette, és a finnek számára éppen olyan ipari tradíciót jelentett, mint számunkra a Ganz vagy a Richter Gedeon Művek.

A cég igazi, robbanásszerű fejlődése azonban csak az elmúlt évtized végén vette kezdetét, majd az üzleti élet mobilizálódásával gyorsult fel igazán. A Nokia megjelent a világ nagy tőzsdéin — így a frankfurti, a londoni és a New York-i börzéken is. A vállalatcsoport pedig gyökeres változáson ment át: az addig biztonságos és hatalmas szovjet piac összeomlása gyors reakcióra készítette a finn vállalat vezetőit. Meggyorsították a szerkezetváltást, amelynek eredményeképpen sorra szűntek meg, vagy kerültek eladásra a „profilidegen” üzletágak. Ami viszont megmaradt és megerősödött, az a távközlés és az elektronika.

A Nokia nevet és a cégcsoport termékeit néhány év alatt megismerte a nagyvilág is. A Nokia jól megérezte, hogy a kilencvenes évek a mobiltávközlés évtizede lesz, s fejlesztéseit is ennek szolgálatába állította. Ma már a

Nokia mobiltelefonok Európában piacvezetők, a világon pedig a Motorola után a Nokia a második legnagyobb gyártó. A mobil távközlés infrastruktúrájához szükséges berendezéseket gyártó Nokia Telecommunications sorra nyeri el a nemzetközi tendereket, így a magyar Pannon GSM pályázatát is.

A Nokia név imázsa páratlanul rövid idő alatt megnőtt, s mivel a cég szinte naponta rúkkol elő valamilyen csúcstechnológiát képviselő, korszerű szolgáltatást nyújtó termékkel, a cégcsoport forgalma és profitja is ugrásszerűen nő. A Nokia ma már nem csak a finnek, de az egész világ számára egyet jelent a technikai fejlődéssel, az innovációval és felhasználóbarát berendezésekkel.

Az első Nokia termékek gumiabroncsok, kábelek, papíráruk formájában már évtizedekkel ezelőtt megérkeztek Magyarországra. A hagyományosan jó finn-magyar kereskedelmi kapcsolatban azonban új fejezetet nyitott a Nokia csúcstechnológiát jelentő távközlési termékeinek piacra lépése. A nyolcvanas évek végén, a kilencvenes évek legelején, egyidőben több mobiltávközlési termék is bemutatkozott a magyar megrendelőknek.

Mellékletünkben a Nokia csoport legkorszerűbb távközlési berendezéseit mutatjuk be a Kedves Olvasónak, mégpedig úgy, hogy röviden bepillantást engedünk a cég történetébe és gyártmányszerkezetébe, s megismerhetik a Nokia három cégének magyarországi tevékenységét is.

A NOKIA TELECOMMUNICATIONS



Petri Reijonen
Nokia Telecommunications ügyvezető igazgatója

Közép-kelet Európában elsőként a Pannon GSM választotta a Nokiát fő beszállítójának, ami a Nokia gyorsaságának, rugalmasságának, vevőközpontúságának és termékei kiváló minőségének köszönhető. A Nokia magyarországi képviselőjét a Pannon hálózatának megtervezésére, majd kivitelezésére hozta létre. Ma már a Pannon és a Nokia tulajdonosai egyaránt jó referenciaként tartják számon a Pannon projektet.

A Nokia első üzleteit a helyi szolgáltatókkal 1994 folyamán kötötte (pl. a JászTél-lel, a MATÁV-val).

„Tavaly a Nokia kiterjesztette üzleti tevékenységét és emellett a vásárlók igényeinek messzemenő kiszolgálását helyezte előtérbe” — mondta Petri Reijonen, a Nokia Telecommunications Kft. ügyvezető igazgatója. Hozzátette, hogy mind a belső, mind a külső felmérések azt mutatják, hogy a magyar vásárlók egyre inkább elégedettek a Nokia termékeivel és szolgáltatásaival. Reijonen úr szerint a magyar vásárlók határozottan szívesen választják a Nokia termékeket. A vásárlók úgy érzik, hogy partnerként és nem „csupán” vevőként kezelik őket - mindez a Nokia rendkívüli figyelmességének köszönhető.

Reijonen úr az 1996-os esztendő az új termékek bemu-

tatásának éveként jelölte meg. A Pannon GSM a világ legkisebb bázisállomását helyezi üzembe hamarosan: a Nokia által gyártott bázisállomás mindössze 25 kg-ot nyom. Ez hatalmas fejlődést jelent a 2,2 m magas, 200 kg-os bázisállomásokhoz képest. Sőt, ebben a 25 kilogrammban már benne vannak az akkumulátorok és a két antenna is. Ez azt jelenti, hogy a szolgáltató a terület bérleti díjának akár 50 %-át is megtakaríthatja.

A mikrohullámú átviteli technika területén a Nokia a rövidhullámú rádió-összeköttetések (15, 18, 23 és 38 GHz-en) új generációját készül bemutatni. Az új SDH és PDH generáció is bemutatkozik nálunk idén. Reijonen úr szerint a szolgáltatónak különleges előnyökkel jár, hogy ugyanaz a hálózati irányító rendszer felügyeli a hálózat minden részegységét.

Várhatóan 1997-98-ban élik majd virágkorukat a DCS 1800-as rendszerek („GSM 1800 MHz-en”). A Nokia világelső a DCS rendszerek fejlesztésében és gyártásában.

A digitális, trónkölt rendszereket (TETRA) valószínűleg 1998-99 folyamán mutatják be a magyar piacon. A Nokia aktívan részt vesz a TETRA szabvány kidolgozásában is.

A Nokia Telecommunications erős vevőszolgálati központot alakított ki 1993-95 során Magyarországon. Mintegy 30 Nokia szerelő felügyelete mellett végzik a magyar alkalmazottak a Nokia berendezések telepítését, beleértve az antenna rendszereket is. Ezenkívül tanácsadással éjjelnappali szerviz szolgáltatással állnak a vásárlók rendelkezésére. Reijonen úr hozzátette, hogy a Nokia „világrekordot” hajtott végre, hiszen a Pannon GSM rendszerét a szerződés aláírását követően mindössze hat héttel helyezték üzembe.

A Nokia Telecommunications-nek jól csengő neve van már a munkaerőpiacon is. Az IRS felmérése szerint, amely 17 európai ország 400 nagy cégére terjedt ki, a Nokia Kft. alkalmazottai 44 %-kal elégedettebbek a magyar átlagnál, és 24 %-kal a nemzetközi távközlésben dolgozóknál.

„Az elégedett munkaerő alapfeltétele annak, hogy a vásárlók is elégedettek legyenek.” — mondta Reijonen úr.

A Nokia csapat (projekt menedzserek, rendszergazdák és pénzügyi szakemberek stb.) munkája a vevők teljes megelégedettségét szolgálja. Ezeket a jól összehozott teameket az account menedzserek irányítják. Ez a vállalati szerkezet teszi lehetővé a Nokia számára, hogy feltérképezze a vásárlói igényeket, és a lehető legteljesebb mértékben ki tudja elégíteni azokat. Reijonen úr úgy látja, hogy a Nokia üzleti szelleme segíti a céget abban, hogy az egyre kiélezettebb piaci versenyben is helyt álljon.

A NOKIA MOBILE PHONES



*Kenneth Jönsson
Nokia Mobile Phones igazgatója*

A Nokia Mobile Phones éppen egy évvel ezelőtt nyitotta meg budapesti irodáját. Bár a Nokia mobiltelefonok már korábban is jól ismertek voltak a magyar piacon, a közvetlen képviselő megnyitása már az 1995-ös esztendőben éreztette hatását. A Nokia mobilkészülékek forgalma éppen kétszerese volt az 1994-es eladásoknak. Független szakértők szerint a Nokia piacvezető lett Magyarországon is.

Kenneth Jönsson, a Nokia Mobile Phones magyarországi igazgatója elégedett az eddigi eredményekkel. A Nokia tradicionális szállítója mindhárom mobiltelefon szolgáltatónak, s a kapcsolat változatlanul kitűnő a mobiltelefon-gyártó és a felhasználók között is.

A Nokia az elmúlt évben több újdonsággal rukkolt elő.

Ma a legkisebb és legintelligensebb analóg készülék éppúgy a Nokia márkajelét viseli, mint az adat és faxátvitelre, valamint rövid szöveges üzenet továbbítására alkalmas digitális készülék.

A magyar GSM piac egyik legkorszerűbb és legsokoldalúbb készüléke, a Nokia 2110-es, kétségtelenül piacvezető, de az egyszerűbb szolgáltatásokat, ugyanakkor robosztusabb kivitelű nyújtó Nokia 2010-es is az egyik leggyakrabban látható mobiltelefon.

„A mobiltelefon ma már jóval több, mint egy a sok telefon közül — vélekedik Kenneth Jönsson — hiszen egy új életstílust, életvitelt és nem utolsósorban üzleti lehetőséget hozott a magyarok életébe is. A telefonálás immár nem helyhez, sokkal inkább személyhez köthető. Mobiltelefonon ma már telefaxot éppen úgy lehet küldeni, mint rövid szöveges üzenetet, s ma a Nokia telefonok azt a lehetőséget is nyújtják, hogy tulajdonosa bekapcsolódhat az információs szupersztrádára, azaz beléphet az Internet világhálózatába.

A Nokia készülékek képesek arra, hogy — egyelőre csak a Pannon rendszerén keresztül — banki információt közöljenek tulajdonosukkal. A mobiltelefonon nem csupán deviza árfolyamok, kamat információk érhetők el, de a bankszámla tulajdonosa lekérdezheti folyószámlája állását, megbízásokat is adhat az „elektronikus bankárnak” átutalásra, sőt állampapírokat is vásárolhat.

A Nokia Mobile Phones magyarországi képviselője alapító tagja a Magyarországi Mobiltelefon-gyártók és Szolgáltatók Szövetségének (MOBILÉSZ). A Felügyelő Bizottság Elnöke, Kenneth Jönsson sokat vár a tavaly decemberben létrejött szervezet munkájától. A MOBILÉSZ a fogyasztók védelmét, a megbízható típusok behozatalát, és a magas színvonalú szolgáltatások nyújtását tartja elsődleges céljának. A szervezet tagjai — így a Nokia Mobile Phones is — továbbképzéssel, tanfolyamok szervezésével és a forgalmazó cégek számára készített etikai kódex kidolgozásával kívánják magasabb szintre emelni a magyar mobil telefóniát.

A NOKIA MONITOR



*Kari Kiiskinen
Nokia Monitor Kft. igazgatója*

Nokia Monitor Kft. néven gyártókapacitást épített ki hazánkban a finn óriáscég. Az üzemet az elmúlt év végén vásárolták meg a csődbe ment Hantarex elnevezésű cég felszámolójától. A beruházást megkönnyítette az, hogy az

olasz vállalat számítógép monitorokat gyártott az üzemben. A Nokia Display Products (melynek tagja a Nokia Monitor Kft.) a pécsi üzem megvásárlása után azonnal hozzákezdett a technológia átalakításához és a munkások betanításához. Ennek eredményeként december elején elkészült az első — még teljes egészében importált részegységekből összeállított — számítógép monitor.

A 14 ezer négyzetméteres gyárépületben februárban már 100 ember dolgozott, 1996 végére pedig 400 munkás számára nyújt kenyérkereseti lehetőséget.

A Nokia Monitor Kft. üzemében zömmel a korábbi olasz gyártásban is alkalmazott szakmunkások és mérnökök dolgoznak, s február végére elkészült az első „magyar” (100 %-ban nálunk összeszerelt) monitor is.

Kari Kiiskinen, a pécsi gyár igazgatója szerint a gyár termelése idén eléri a 100 ezer darabot, de a teljes kapacitás ennél jóval nagyobb, évi fél millió darab lesz. „Ez, különösképpen ha a finnországi anyagyár 1400 dolgozójával és éves 800 ezres termelésével vetjük össze, igazán figyelemre méltó teljesítmény.” — véli Kiiskinen úr.

A Nokia monitorokat 15 és 17 collos méretben készítik Pécsen. Mindkét méretből csúcsminőségű, többféle belső felépítésű típust készítenek. A monitorgyártáshoz a technológia részben a finnországi Salo-ból érkezett, a késztermékeket pedig a gyár marketing részlegének irányításával, közvetlenül a megrendelőknek szállítják. A pécsi monitorok a külföldi piacokon Nokia márkanéven jelennek meg, de jelentős mennyiséget szállítanak a nagy multinacionális számítógépgyártóknak is.

SYNFONET – A NOKIA SDH GYÁRTMÁNYCSALÁDJA

KLÉZLI FERENC

NOKIA TELECOMMUNICATIONS KFT.
H-1126 BUDAPEST, KIRÁLYHÁGÓ TÉR 8-9.

A cikk röviden taglalja a Nokia Telecommunications által SYNFONET néven kifejlesztett SDH családjának rövid történetét, magyarázatot adva, hogy miért először az STM-1, illetve az STM-4 tagok kerültek fejlesztésre. Áttekintést ad a SYNFONET család előnyeiről, alkalmazást támogató jellemzőiről és a felületei rendszerről.

A Nokia, mint az egyik legfiatalabb és egyben az egyik leggyorsabban fejlődő távközlési gyártó cég igyekszik mindig új technológiákkal és korszerű rendszermegoldásokkal növelni piaci szerepét. Ez igaz a mobil kommunikációra és igaz a vezetékes hálózati elemekre, rendszerekre.

A Nokia építette meg az ITU-T, akkoriban CCITT ajánlásainak teljes egészében megfelelő primer multiplex berendezést, melynek fejlesztése a 60-as évek elején kezdődött.

Ennek folytatásaként több generációs fejlesztéseken keresztül kialakult a PDH rendszercsalád, melynek jelentős tagjai a 2, 8, 34 és a 140 Mbit/s sebességű fényvezetős vonali végberendezések, és az ezekhez kapcsolódó multiplex eszközök. Ezzel párhuzamosan jelentek meg a gyártmány-skálán a flexibilis multiplex funkciókat betöltő berendezések is (DM2, DB2, DN2), melyek révén a digitális csatlakozás lehetőségei egyre közelebb kerültek a felhasználókhoz.

Időközben az adatátviteli igények rohamos növekedésének eredményeként a Nokia 1995 végéig több mint 1.000.000 adatátviteli modemet szállított a felhasználók részére.

Már a PDH időszakában is egyre fontosabb volt a hálózatokhoz kapcsolódó felületei rendszerek szerepe. Ennek a kihívásnak megfelelően a Nokia jelenleg is folyamatosan fejleszti a hálózatvezérlő és felületei rendszereit, melyek jelenleg már felhasználóbarát felülettel rendelkeznek.

A 80-as években a Nokia jelentős döntést hozott az átviteli rendszereinek fejlesztésével kapcsolatban. Ennek lényege, hogy a fő fejlesztés iránya a hozzáférési hálózatok (access network).

Ehhez a koncepcióhoz illeszkedik a primer szintű, azaz a 2 Mbit/s sebességnek megfelelő eszközök további fejlesztése. Így alakult ki az új multiplex család, az ACM2 és az ehhez kapcsolható vonali berendezések, mint DMF 16x2 egy integrált multiplex és optikai berendezés belső 2 Mbit/s-os cross-connect funkcióval, valamint a HDSL technológián alapuló vonali eszközök (ACL2, DNT2M).

Az a felismerés, hogy a digitális csatlakozások egyre közelebb kerülnek a felhasználókhoz, azt is jelentette, hogy egyre nagyobb kapacitásokra van szükség a távközlési hálózatok alsóbb síkjain is.

Így a Nokia a 80-as évek végén elkezdte az SDH család fejlesztését. Ennek eredményeként ma a Nokia képes teljes SDH megoldásokat, SDH berendezéseket és SDH hálózati részeket szállítani a hozzá kapcsolódó felületei rendszerrel együtt.

A Nokia SDH gyártmánycsalád fantázianeve SYNFONET (Synchronous Fiber Optic NETWORK)

A teljes körű átviteli megoldásként a SYNFONET olyan menedzselte, megbízható és költségkímélő hálózatot nyújt, amely zökkenőmentes kapcsolatot biztosít a különböző távközlési felhasználók és a szolgáltatók számára.

Az SDH rendszerek alkalmazásával párhuzamosan egyre nagyobb jelentőségű a rendszerek szállításához kapcsolódó vevőszolgáltatás. A Nokia által biztosított különböző szolgáltatási csomagok kiterjednek a rendszerek tervezésére, üzemeltetésére és karbantartására is a telepítés és üzembehelyezés feladatai mellett.

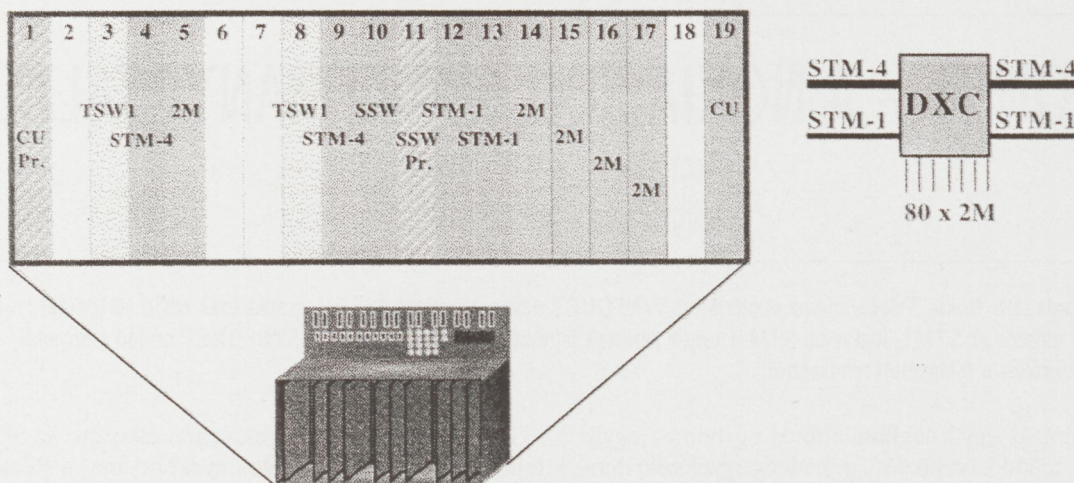
A Nokia SDH rendszerarchitektúrája és széles termék kínálata, vagyis a SYNFONET rendszer, annak a figyelembe vételével készült, hogy garantálja a jövőbeni fejlesztéseket a gazdaságosság figyelembevételével. A SYNFONET nem különálló eszközök csoportja az egyes SDH funkciókra, hanem egy dinamikus, rugalmas, többfunkciós hálózati csomópont, melyből kiépíthető terminál multiplex (TM), add-dropp multiplex (ADM) és digitális keresztkapcsoló (cross-connect, DXC) valamint regenerátor is.

Az SDH hierarchiának és a Nokia filozófiának megfelelően először az STM-1 (155 Mbit/s) és az STM-4 (622 Mbit/s) alkalmazások számára fejlesztette ki hálózati csomópontját.

Így a már említett hozzáférési hálózati elemek és a SYNFONET adta lehetőségek alapján egy korszerű hozzáférési hálózati megoldást tud kínálni a Nokia a partnerei számára.

Mivel a kapacitásigények folyamatosan nőnek szükség van nagyobb és nagyobb kapacitású átviteli rendszerekre. Ezért a Nokia kiegészítette termékskáláját az STM-16 (2.5 Gbit/s) berendezéssel is.

A jövőre való tekintettel a Nokia nem áll meg ezen a szinten, hanem célul tűzte ki a nagyobb hálózati kapacitások elérését, mely jelenti a nagyobb kapacitású átviteli utakat és a nagyobb keresztkapcsolókat.



1. ábra. Egy példa a hálózati csomópont konfigurációjára

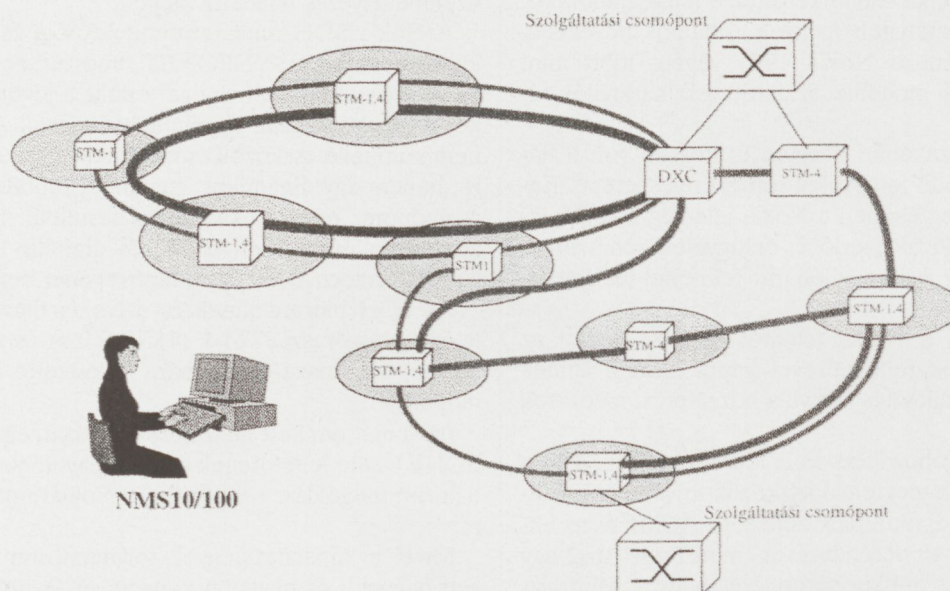
A SYN FONET család jelenlegi tagjai mindösszesen tíz különféle funkciójú egységből alakíthatók ki. Ezen egységek különböző kombinációival lehet kialakítani a TM, ADM, és DXC hálózati csomópontokat. A hálózat egyszerű módszerekkel bővíthető és megváltoztatható az új igényeknek megfelelően építőköcska rendszerben, nem pedig a hálózati elemek szintjén.

Következésképpen az üzemeltető létrehozhat egy olyan hálózatot, amelyben a funkciók bármelyike megváltoztatható akár az igények megjelenését megelőzően is. Ezt el

lehet érni a hálózati csomópont más kombinációjú kialakításával ami alatt egységek behelyezését ill eltávolítását kell érteni, a hozzá kapcsolódó szoftverrel együtt.

Ez a lehetőség biztosítja a minimális befektetési költségeket és az optimális bővíthetőségeket.

Ez a rugalmasság adja azt a lehetőséget is, hogy a hálózat struktúrája is rugalmasan változtatható. Nem kell ragaszkodni a tiszta gyűrűs megoldásokhoz, hanem az üzleti igényeknek megfelelően szövevényes SDH hálózat is kialakítható.



2. ábra. Szövevényes hálózat SYN FONET környezetben

Ahhoz, hogy ilyen rugalmasan változtatható SDH hálózatot kapjunk, szükség van

- szinkronhálózatra és
- menedzsment hálózatra.

A SYN FONET nemcsak egy SDH alapú jelátviteli hálózat, hanem egyben szinkronhálózat és egy menedzsment hálózat is, tehát három az egyben.

Mit is jelent ez?

A SYN FONET szinkronhálózata nemcsak az SDH hálózati csomópontjaihoz szükséges órajelet biztosítja, hanem az összes más hálózati elem részére biztosítja a szinkronitást. Tehát, ha az elsődleges szinkronjel forrás megszűnik valamilyen hálózati hiba következtében, úgy a szinkronhálózat újból felépül más átviteli szakaszok felhasználásával. Így továbbra is minden egyes hálózati elem rendelkezik a szinkronitást biztosító órajellel. Ehhez az újból fel

épüléshez nem kell az egyes hálózati csomópontokat újra konfigurálni, mert ez automatikusan megtörténik a kezelő beavatkozása nélkül.

Ugyanez elmondható a menedzsment információt hordozó jelfolyamra is. Az ún. IS-IS eljárás révén a menedzsment hálózat is úgymond öngyógyító, tehát ha az elsődleges menedzsment összeköttetés megszűnik, a csomópontok az egymás közötti kommunikáció alapján újra felépítik a felügyeleti rendszer részére a menedzsment hálózatot. Ez egy 50 csomópontból álló hálózat esetén kb. fél perc.

Mindkét esetben — szinkronhálózat, menedzsment hálózat — folyamatos üzenetek érkeznek a felügyeleti központba az egyes csomópontok állapotáról.

A folyamatos kapcsolattartás az egyes hálózati csomópontok között nélkülözhetetlen. Ezért a Nokia a hálózati méretekhez illeszkedően különböző hálózati felügyeleti rendszereket kínál, az NMS (Network Management System) családon belül. Ennek a családnak a legfontosabb jellemzője, hogy ez egy közös felügyeleti rendszer az összes

Nokia eszköz részére. Ez kiterjed a PDH, SDH, ATM, CATV rendszerelemekre, valamint kapcsolóközpontokra és a mobil távközlési hálózatokra is.

Az átviteli hálózatokhoz illeszkedik az NMS-10 és az NMS-100.

A SYNFFONET hálózati csomópontok az ITU-T Q3 interfész felhasználásával csatlakoznak a felügyeleti rendszer hálózathoz.

A napi karbantartáshoz hordozható személyi számítógépre telepíthető MS-Windows alapú csomópont kezelő (Node Manager) áll rendelkezésre.

Az SDH berendezések szállítójaként a Nokia az első között jelent meg a piacon, és ma már 13 országban 19 SDH szerződése van, melyek között megtalálható a Deutsche Telekom (Németország), NYNEX Cable-Comms (Egyesült Királyság), Hydro-Electric (Egyesült Királyság), The Cable Corporation (Egyesült Királyság), General Cables (Egyesült Királyság), Total Access Communications (Thaiföld), Telivo (Finnország).

SYNFFONET –SDH PRODUCT FAMILY OF NOKIA

F. KLÉZLI

NOKIA TELECOMMUNICATIONS KFT.
H-1126 BUDAPEST, KIRÁLYHÁGÓ TÉR 8-9.

The paper provides a concise history of the SDH family developed by Nokia Telecommunications under the name SYNFFONET, explaining why the STM-1 and STM-4 were developed first. It gives a comprehensive explanation of the benefits of the SYNFFONET family, describes its features supporting the application and the supervision system.



Klézli Ferenc 1982-ben végzett az akkori Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán, Győrben. 1982 szeptemberétől a Posta Beruházó és Tervező Intézetnél dolgozott, mint átviteltechnikai tervező mérnök. 1991-től a PKI Távközlési Intézetnél dolgozott hasonló feladatkörben. Itt közreműködött a MATÁV Rt. első három éves fejlesztési programjának kidolgozásában. 1992 áprilisától a Kontrax Telekom

Rt.-nél átviteltechnikai projekt menedzserként dolgozott. A Nokia Telecommunications Kft. alkalmazottjaként 1993 novemberétől értékesítési vezető, főbb területe az átviteltechnikai rendszerek.

és ezen a rövid szakaszon már megvalósítható szélessávú átvitel (akár 8 Mbit/s vagy annál nagyobb sebességgel is). Természetesen a szélessávú szolgáltatásokat tekintve fontos, hogy az optikai végpont minél közelebb legyen az előfizetőhöz, ami napjainkban nem technológiai hanem árkérdés.

2. NOKIA ESZKÖZÖK A HOZZÁFÉRÉSI HÁLÓZATBAN

A 2. ábrán az access node-okban ACM2 típusú primer multiplex berendezések fogadják az előfizetők jeleit. Ezekhez — az úgynevezett előfizetői multiplexer berendezésekhez — különböző rendeltetésű csatornakártyák illeszthetők, így kéthuzalos előfizetői, U-interface (alap ISDN szolgáltatáshoz) és szabványos adatátviteli interfészeket biztosító kártyák.

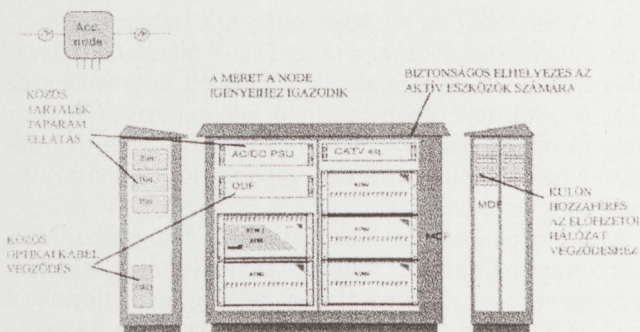
Az ACM2 képes a megfelelő jelzésrendszer alkalmazásával közvetlenül 2 Mbit/s szinten a központhoz kapcsolódni. Csak kéthuzalos előfizetői csatornakártyák esetében V2 (DEPI), alap ISDN csatornák esetében V5.1 vagy V5.2 jelzésrendszer használatával. Természetesen lehetőség van a központ oldalán is kéthuzalos illesztésre mind alap ISDN mind POTS szolgálat esetén.

Ha access node-ok nem esnek az optikai átviteli node-ok által alkotott gyűrű nyomvonalába, összekötésükhöz az átviteli utat többféleképpen lehet biztosítani:

- HDLSL vonali meghajtóval (a Nokia átviteli berendezéscsaládban ACL2 illetve DNT2M), mely kis kapacitásoknál játszik szerepet;
- mikrohullámú eszközökkel (a Nokia átviteli berendezéscsaládban DR és DMR sorozat);
- PDH típusú optikai meghajtókkal (pl. DMF16×2 integrált multiplex és vonali meghajtó eszköz);
- SDH berendezéssel, többnyire STM-1 szinten, melyet a továbbiakban részletesen tárgyalunk (a Nokia átviteli berendezéscsaládban SYNFO NET).

Az optikai átviteli node-ok általában STM4 szintű SDH node-ok, de lehetőség van itt is STM1, illetve STM16 szint alkalmazására is a kapacitásigénytől függően.

A 3. ábrán a fenti eszközökkel megvalósított access node képe látható.



3. ábra. Access node kültéri szekrényben

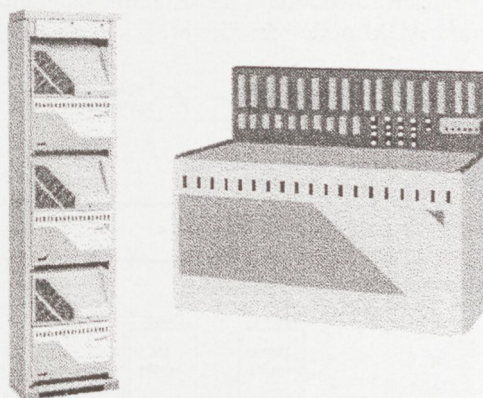
Ebben a példában az access node POTS igények esetén 480 előfizető igényeit tudja kielégíteni, ugyanis 4 ACM2 betét található a szekrényben és egy betétbe 4 db ACM2 berendezés telepíthető. Az átvitelt jelen esetben SDH node valósítja meg, mely lehet egy STM-1 szintű add-drop multiplexer (ADM). A szekrény helyet biztosít még a kábeltelevíziós eszközök számára is. A szekrény egyik végén található a tápáramellátás az optikai rendezővel, a másik végén pedig a hangfrekvenciás rendező.

3. A NOKIA SZINKRON DIGITÁLIS BERENDEZÉSCSALÁDJA

3.1. Funkcionális leírás

Mivel az access hálózatban elsősorban STM-1 és STM-4 szintű átvitelre van szükség, így az ide tartozó berendezéseket ismertettük.

A Nokia SYNFO NET berendezéscsaládja moduláris felépítésű, az egyes node típusok azonos mechanikai kivitelűek (egy node egy betétben kap helyet), legyenek azok terminál multiplexer (TM), add-drop multiplexer (ADM), cross-connect (DXC) vagy regenerátor (REG) node-ok. Ezen kívül lehetőség van ún. tributary expander (TE) kialakítására, amikor egy node-ban 126-nál nagyobb számú 2 Mbit/s jel végződtesítésére van szükség. Egy három SYNFO NET node-ot tartalmazó ETSI rack és egy SYNFO NET betét képe látható a 4. ábrán.



4. ábra. SYNFO NET keret és betét

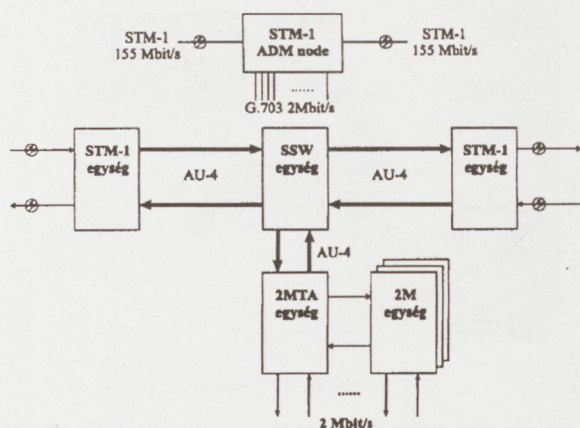
A képen látható betét 500mm széles, melyben 19 kártyahely található a különböző egységek számára. Ezen kívül 17 és 12 kártyahelyes betétek is rendelkezésre állnak a kívánt mechanikai kivitelről függően.

A korábban említett moduláris felépítés azt jelenti, hogy 12 féle nyomtatott áramköri kártya (továbbiakban egység) felhasználásával a fentiek közül testőleges node kialakítható tetszőleges kapacitásra. Minden egység meghatározott funkciót valósít meg, az egységek nagysebességű ASIC áramkörökre épülnek és tartalmaznak saját DC/DC konvertert.

Az egységek és fő funkcióik a következők:

Csoport	Egység	Funkció
Optikai interface-ek	STM-1	1×STM-1 szintű optikai interface
	STM-4	1×STM-4 szintű optikai interface
	TSW1	TU-12 (2 Mbit/s) egység az STM-4 egység számára
Elektromos interface-ek	STM-1E	1×STM-1 szintű elektromos interface (ez valósít meg 140 Mbit/s elektromos interface-t is)
	34M/45M	1×34 Mbit/s / 1×45 Mbit/s elektromos interface
	2MTA	16×2 Mbit/s egység terminál adapter funkcióval
	2M	16×2 Mbit/s egység terminál adapter funkció nélkül
Közös egységek	CU	Node vezérlő és időzítő (szinkron) egység
	SSW	rendszer kapcsoló egység (16×AU4 kapacitású)
szerver egység	TSW0	64 kbit/s cross-connect egység (63×2 Mbit/s kapacitású)
egyéb egységek	SU	szolgáltató egység a szervizsatornák és szerviztelefon számára
	SPIU	tápfeszültség illesztő egység a betét számára

Az egységek a betét alaplapján keresztül továbbítják a jeleket a legtöbb esetben AU4 szinten. Ettől eltér a 2M és 2MTA, ezek alacsonyabb szinten kommunikálnak egymással (a 2MTA terminál adapter funkciója valósítja meg az AU4 szintű kommunikációt). Példaként nézzük meg, hogy milyen funkcionális kapcsolatok találhatók egy STM-1 szintű ADM node-ban (5. ábra).



5. ábra. SYNFONET egységek kapcsolatai

A betét kialakítása olyan, hogy nagyfokú rugalmasságot tesz lehetővé az egységek elhelyezését tekintve, azaz egy kártyahelyre — néhány kivételtől eltekintve — többféle egység is helyezhető.

3.2. Védelmi lehetőségek

A SYNFONET berendezéscsalád többféle védelmi lehetőséget biztosít, melyek a következők:

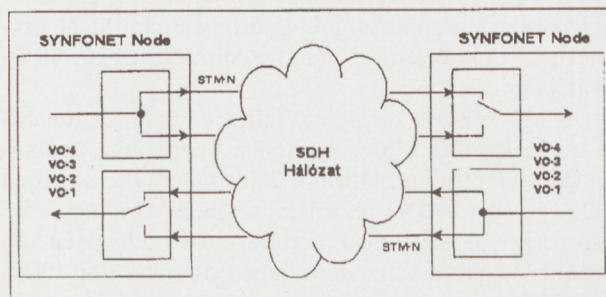
- útvonal védelem;
- egység kétszeresítés.

Az útvonal védelem kétféle védelmet is takar, úgymint rész hálózat védelem (SNC = Sub-Network Protection) és multiplexer szakasz védelem (MSP = Multiplex Section Protection). Ezek a módok megvédik az összeköttetéseket

kábelhiba és a vonali meghajtó egységek hibájának esetére.

Az SNC védelem VC-1, VC-2, VC-3 és VC-4 szinteken is megvalósítható. Ez a védelem 1+1-es védelmet jelent, melyet az SSW egység valósít meg. A védett jelek az adási oldalon kétirányban haladnak, a vételi oldalon pedig a két beérkező jel elemzésével (a védett jel szintjén) a node kiválasztja a megfelelőt. A 6. ábrán látható az SNC elve.

Az SNC segítségével lehetőség van ún. „öngyógyító” gyűrűs hálózatok kialakítására. Ekkor a gyűrű minden állomásáról a jelek kétirányban, duplikálva haladnak és a vételi oldalon a node kiválasztja a megfelelőt.



6. ábra. SNC védelmi elve

A multiplexer szakasz védelem (MSP) az STM-N szintű jeleknek az átviteli útban bekövetkező hibáira nyújt védelmet. 1+1-es MSP esetén a jelek az adási oldalon kétirányban haladnak (STM-N), a vételi oldalon pedig a két beérkező STM-N szintű jel elemzésével a node kiválasztja a megfelelőt.

A node-al kapcsolatos funkciókat megvalósító egységek (közös egységek) duplikálásával (vezérlő és cross-connect egység) lehetőség van a hardware elemek meghibásodása ellen védekezni. Ezen kívül 2 Mbit/s egységeknél lehetőség van a terminál adapter funkció kétszeresítésére (2 db 2MTA egység alkalmazásával).

Ezekkel a védelmi módokkal az átviteli út minden láncszeme védetté válik.

3.3. Felügyeleti információ továbbítás

A SYNFONET berendezéscsalád Q3 (ethernet) interface-en keresztül felügyelhető az ITU-T ajánlásának megfelelően. A nem helyi node-ok felügyeleti információit az STM-N jelek fejlécében található adatcsatorna (DCC = Data Communications Channel) továbbítja. Ezek segítségével a hálózat minden eleme egy központi állomásról vezérelhető, monitorozható.

A hálózatban az egyes állomásokon a felügyeleti információ továbbítása IS-IS irányítással valósul meg, melynek segítségével egy gyűrűs hálózatban a felügyeleti információ továbbítása az egyes node-ok felé automatikusan helyreáll egy esetleges útvonalhiba esetén, azaz továbbra is minden node elérhető a központi állomásról.

3.4. Node manager program

A SYNFONET node manager program egy PC alapú software (mely MS windows környezetben fut) egyedi SYNFONET node-ok vezérlésére és monitorozására azok Q3 interface-én keresztül (mely lehet helyi vagy távoli no-

de). Ezzel történik a SYNFO NET node-ok üzembehelyezése, újrakonfigurálása, egy esetleges hiba behatárolása, riasztási információk kiolvasása.

A node manager funkciói a következők:

- új node installálása;
- konfiguráció változtatás;
- a node-ok diagnosztikai tesztjének futtatása;
- riasztási információk kiolvasása, hibabehatárolás.

3.5. Adatcsatornák

Az STM-N szintű szinkron digitális jelek fejlécében található szabad bitek lehetőséget biztosítanak addicionális adatcsatornák megvalósítására, melyek G.703, V.11, illetve V.28 típusúak. Az ezekhez történő hozzáférést a szolgálati egység teszi lehetővé. Ezzel 6 különálló adatcsatornához történő hozzáférés valósítható meg egy node-ban. Az adatcsatornák sebessége változtatható annak megfelelően, hogy hány bitet használnak az STM-N jelek fejlécéből.

Az egyes STM-N irányokból érkező jelek adatbitjei hozzárendelhetők a node fizikai adatcsatorna csatlakozóihoz, illetve lehetőség van az egyes irányok adatbitjeinek összekapcsolására adathibrid funkció segítségével.

A szolgálati egység ezen kívül szolgálati telefon funkciót is megvalósít.

3.6. Node upgrade

A Nokia folyamatosan fejleszti a SYNFO NET berendezéscsaládot, mely újabb és újabb funkciók megvalósítását jelenti. Az egyes egységek tervezése során különös figyelmet fordítunk arra, hogy lehetőség legyen a későbbi funkciók megvalósítására az egységek cseréje nélkül.

A SYNFO NET 2.xx berendezéseiben az újabb verziók funkcionalitása az egységek programjait tároló áramkörök cseréjével valósítható meg (melyek természetesen foglalatban találhatók).

A SYNFO NET 3.xx berendezéseiben az újabb verziók funkcionalitása software letöltés segítségével valósítható meg. Ez azt jelenti, hogy akár távoli node-ok működtető programjait is egy központi helyről le lehet tölteni, és ezután már az új, megnövelt funkcionalitású program szerint fognak ezek a node-ok üzemelni.

4. A SYNFO NET CSALÁD ELŐNYEI A HOZZÁFÉRÉSI HÁLÓZATBAN

4.1. Mechanikai konstrukció

A SYNFO NET berendezéscsalád többféle mechanikai konstrukciója közül leginkább a 12 egységet fogadó betét alkalmas hozzáférési hálózatban történő alkalmazásra. Ebben a betétben is megvalósítható STM-1 vagy STM-4 szintű add-drop multiplexer (vagy akár DXC is) és lehetőség van maximum 32 db 2 Mbit/s jel végződtesítésére. A betét szabványos 19"-es betéthyelyre szerelhető. A betét magassága 335 mm, azaz kis helyen elfér. A kis helyigény és az üzemelési hőmérséklettartomány (+5... + 40°C) lehetővé teszi a kültéri alkalmazást. Lehetőség van a betét tetejére hűtő ventilátort szerelni, mely szabályozott módon üzemel és mindössze 55 mm-el növeli meg a betét magasságát.

4.2. Védelem

A különböző védelmi módokra a hozzáférési hálózatban is szükség van, talán méginkább mint a trónkhálózatban, hiszen ha bármely kapcsolat megszakad, az szolgáltatási- eséshez vezet az előfizetők egy részénél. Ezzel szemben trónkhálózat esetén, pl. kihelyezett fokozat és főközpont között, ha a trónk kapcsolatok egy része megszakad, az nem jelent szolgáltatás kiesést, mindössze nagyobb torlódást jelent.

4.3. Rugalmasság

A SYNFO NET berendezéscsalád nagyfokú rugalmassága rendkívül fontos hozzáférési hálózat esetén, ahol a hálózat fokozatosan épül ki, azaz újabb és újabb node-okat kell hozzáilleszteni a már üzemelő rendszerhez, illetve szükség van a már üzemelő node-ok kapacitásának megnövelésére is.

A berendezéscsaládban lehetőség van a meglévő egységek felhasználásával a node-ok típusának megváltoztatására, pl. TM node-ból ADM node kialakítására, vagy ADM node-ból DXC node kialakítására. Ugyancsak a már meglévő egységekkel, ugyanazon mechanikai konstrukcióban lehetőség van STM-1 szintről STM-4 szintre történő áttérésre (ekkor természetesen az STM-1 optikai vonali egységek csak más irányokban hasznosíthatók tovább).

4.4. Adatcsatornák

A szolgálati csatornák segítségével lehetőség van az adott állomáson található nem SDH berendezések (PDH, illetve primer PCM) felügyeleti információinak továbbítására is, mely rendkívül fontos a hálózat minden elemére kiterjedő felügyelet szempontjából. A hozzáférési hálózatban természetesen találhatók ilyen elemek, melyek az előfizetői végpontokat biztosítják, pl. access multiplexer berendezések.

4.5. Node upgrade

A hozzáférési hálózatban viszonylag nagy számú node-ra van szükség, így az újabb verziók funkcionalitásának megvalósítására egyszerű, gyors, eszközigenytelen módnak kell rendelkezésre állnia.

Ezt valósítja meg a SYNFO NET 3.xx berendezéseiben a software letöltés, amikor az újabb verziók funkcionalitása az új program letöltésével valósítható meg.

5. HÁLÓZATFELÜGYELET

SDH, illetve vegyes hálózatok felügyeletére MS Windows alapú software csomag, az NMS/10 áll rendelkezésre. Ez a csomag több termékből áll, melyek minden szükséges funkciót biztosítanak a hálózat áttekintésétől az egyes berendezések részletes konfigurálásáig:

- TMS Network Manager, mely biztosítja a software csomag többi eleme számára a közös felületet;
- SYNFO NET alarm manager (SAM), mely a SYNFO NET node-ok felügyeletét biztosítja;
- TMC alarm manager (TAM), mely a PDH, illetve primer PCM elemek felügyeletére szolgál;

- node manager programok, melyek az egyes hálózati elemek típusának megfelelő funkciókat biztosítják, pl. SYNFONET node manager a SYNFONET berendezések számára, vagy ACM2 manager az access multiplexer berendezések számára.

Ez a csomag közös felügyeletet biztosít minden Nokia átviteltechnikai berendezés számára, ezen kívül lehetősé-

get nyújt külső berendezések állapotának figyelésére és vezérlésére.

Hálózatok felügyeletére a hálózatban található berendezések típusától, a hálózat méretétől, illetve a felügyeletben szükséges funkcionalitástól függően többféle felületi rendszer áll rendelkezésre, melyek szoros kapcsolatban állnak egymással.

SDH SOLUTION IN ACCESS NETWORKS

J. SZEBEGYINSZKI

NOKIA TELECOMMUNICATIONS KFT.
H-1126 BUDAPEST, KIRÁLYHÁGÓ TÉR 8-9.

The paper deals with the application possibility of the synchronous digital technology in the access network. Main characteristics of the access network containing transmission technology elements are described with an example giving details of the SYNFONET equipment family of the Nokia. The benefits of the application of the SYNFONET family in access network are discussed and finally the supervision methods of the active access network are given.



Szebegynszki János 1991-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán Híradástechnika szakon. 1992-től a Kontrax Telecomnál dolgozott, ahol főleg távközlési beruházások átviteltechnikai részének előkészítésében vett részt. 1994-től a Nokia Telecommunications Kft.-nél mint átviteltechnikai mérnök dolgozik. Feladata a Nokia átviteltechnikai rendszerek magyarországi értékesítésével, telepítésével kapcsolatos műszaki teendők ellátása.

A NOKIA CSOPORT ADATAI 1995-BEN

Nettó eladások: 36,8 milliárd finn márka

Alkalmazottak száma: 33 ezer

Főbb termékei: mobiltelefonok, távközlési hálózatok, monitorok, kábel-termékek.

Termékeivel 120 országban van jelen, ebből 14 országban gyárt is.

A Nokia Csoport tevékenységének 72 %-át a távközlés teszi ki; ezen belül az egyes ágazatok megoszlása:

Nokia Mobile Phones 43 %

Nokia Telecommunications 27 %

Nokia General Communications Products 29 %

Egyéb 1 %

A Nokia Csoport nettó eladásainak piaci megoszlása:

Finnország 9 %

Az Európai Közösség országai 48 %

Egyéb európai országok 8 %

Észak-Amerika 13 %

Ázsia 19 %

Más országok 3 %

A Nokia Telecommunications adatai:

Nettó eladások: 10,3 milliárd finn márka

Alkalmazottak száma: 11000

A világ második legnagyobb GSM rendszer gyártó cége.

A DCS rendszerek vezető szállítója.

Több mint 30 országba szállít DX 200 digitális kapcsoló rendszereket.

Fejlett intelligens hálózatok korszerű megoldásait kínálja.

A Nokia Mobile Phones adatai:

Nettó eladások: 16 milliárd finn márka

Alkalmazottak száma: 12000

Európa legnagyobb, a világ második legnagyobb mobiltelefon gyártója.

Mobiltelefonjait minden nagyobb analóg és digitális rendszerben alkalmazzák.

Élenjár az adatátviteli termékek és alkalmazások gyártásában.

A mobiltelefonok mellett fontos tevékenysége a személyhívók gyártása és forgalmazása is.

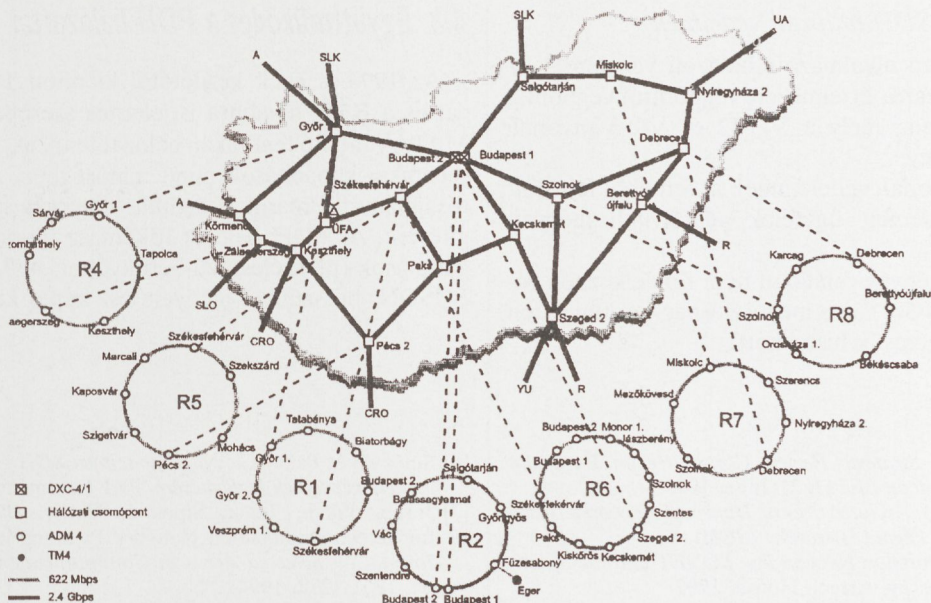


**WANT TO
DO BUSINESS
WITH US?
GIVE US A CALL.**

Even a short talk can generate a surprising
amount of business. Surprisingly fast.

NOKIA 
CONNECTING PEOPLE

Nokia Telecommunications Kft.
Királyhágó ter 8-9
1126, Budapest
Tel +36 1 175 7650
Fax +36 1 202 5490



4. ábra. SDH gerinchálózat

4.1.4. Alkalmazott SDH hálózati védelmek

Az SDH technika rugalmassága abban is megnyilvánul, hogy az átviteli igények típusonként, illetve egyedenként is különböző védelmi mechanizmussal láthatók el, attól függően, hogy milyen az adott igény fontossága.

Ennek megfelelően, a fentebb felsorolt igények közül néhány 100 %-os védelemmel rendelkezik. Az alkalmazott hálózati védelem 1+1 típusú, a teljes hálózatra értelmezett végponttól végpontig tartó útvonal védelem, mely a VC-12, VC-3, illetve VC-4 útvonali rétegeken valósul meg.

E védelemre az jellemző, hogy az igény — a teljes hálózat bármely alhálózatán áthaladva — két él- és csomópont-független útvonalon halad a kezdő és végpont között, és a vételi oldalon a jobb minőségű jel kerül feldolgozásra.

Ilyen 1+1-es útvonal védelemmel a fentebb felsorolt igények közül a szélessávú átviteli, valamint a nemzetközi igényeket láttuk el.

A fennmaradó (döntően PSTN típusú) igények önállóan nem rendelkeznek védelemmel, csupán 50-50 %-os megosztásban a két független útvonalon való elvezetésük biztosított.

4.2. BH

4.2.1. A BÁH feladata

Az SDH Budapesti Átkérő Hálózat kialakításakor az alábbi felhasználási célú igények kiszolgálását vettük figyelembe:

Az igények jellemzően 2 Mbit/s sebességűek, kivéve a 34 Mbit/s-os szélessávú igényeket.

Ígénytípusok:

- Kapcsolt távbeszélő áramköri igények. A hálózat az 1996 és 1998 között keletkező kapcsolt távbeszélő forgalomnövekedésre (az ISDN-t is beleértve) lett tervezve.
- A menedzselt bérelt vonali hálózat átviteli rétegét VC-12 szinten az SDH hálózat alkotja.
- Kiemelt ügyfelek átviteltechnikai igényei.

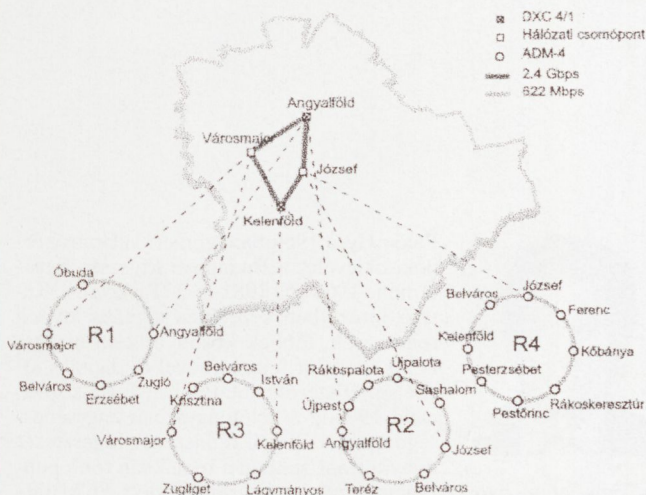
4.2.2. Átviteli közeg réteg

Az SDH hálózat átviteli közeg rétegét, egy kb. 200 km hosszúságú optikai kábelhálózat alkotja, mely 40 szálas, monomódusú optikai kábelekből áll.

4.2.3. Útvonali réteg

Az útvonali réteget képező hálózat struktúrája a 5. ábrán látható. A gerinchálózathoz hasonlóan, a BÁH is kétsíkú. A felső szintet négy kiemelt fontosságú átviteli pont, és a közöttük létesített STM-16 sebességű vonali rendszerek alkotják. A felső sík négy átviteli pontjából kettő DXC 4/1 berendezéseket tartalmaz, a többiben az alsó szint ADM-jeinek belső DXC-je végzi ezt a funkciót. A felső sík feladata az alsó hálózati sík alhálózatainak tranzitálása.

Az alsó síkon négy darab STM-4 sebességű gyűrű helyezkedik el, melyek — biztonsági okokból — két-két hub-ponton csatlakoznak a felső szinthez (dual-homing).



5. ábra. SDH budapesti átkérő hálózat

4.2.4. Alkalmazott SDH hálózati védelmek

Az SDH BÁH-ban alkalmazott hálózati védelem 1+1 típusú, a teljes hálózatra értelmezett végponttól végpontig tartó útvonal védelem, mely a VC-12 és VC-3 útvonalai rétegeken valósul meg.

Ilyen 1+1-es útvonal védelemmel a fentebb felsorolt igények közül a kiemelt ügyfelek adatátviteli igényeit láttuk el.

A PSTN típusú igények önállóan nem rendelkeznek védelemmel, csupán 50-50 %-os megosztásban két független útvonalon való elvezetésük biztosított.

IRODALOM

- [1] Report of the Sixth Strategic Review Committee on European Information Infrastructure ETSI, 21 June, 1995.
- [2] ITU-TS: Rec. G.803: Architectures of Transport Networks Based on the Synchronous Digital Hierarchy (SDH).
- [3] Sexton-Reid: Transmission Networking: SONET and the Synchronous Digital Hierarchy, Artech House, 1992.
- [4] T. H. Wu: Fiber Network Survivability, Artech House, 1992.
- [5] Paksy G.: SDH hálózatok architektúrája. PKI Napok, 1994.

4.3. Együttműködés a PDH hálózattal

Az 1990-es évek kezdetétől kiépített PDH gerinchálózat és a BÁH továbbra is jelentős szerepet fog játszani a MATÁV átviteltechnikai hálózatában. A kiépített átviteltechnikai kapacitások mind minőségben, mind megbízhatóságban alkalmasak a digitális telefónia igényeinek kielégítésére. Az SDH hálózat főként az újonnan belépő szolgáltatások (pl. szélessávú béreltvonal, ATM, későbbiekben B-ISDN) hosszútávú igényeit lesz képes kielégíteni.

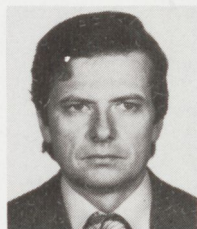
- [6] Sipos A. és Paksy G.: Nagykapacitású SDH gerinchálózat a jövő átviteli igényeinek kielégítésére. PKI Tudományos napok, 1993.
- [7] Jereb, Jakab, Telek, Sipos és Paksy: "PLANET: A Tool for Telecommunication Network Planning in Hungary". IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 12, No. 7, pp. 1261-1272, 1994.
- [8] Jereb, Jakab, Sipos, Paksy: "PLANET: Transmission Planning in Hungary", in Proc. Networks'94, Budapest, pp. 57-63.

SDH TRANSPORT NETWORK OF THE HUNGARIAN TELECOMMUNICATIONS CO. (MATÁV)

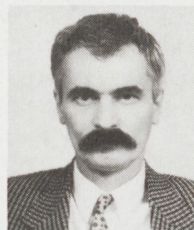
A. SIPOS and G. PAKSY

HUNGARIAN TELECOMMUNICATIONS COMPANY LTD.
PKI TELECOMMUNICATIONS DEVELOPMENT INSTITUTE
H-1456 BUDAPEST, P.O. BOX 2. HUNGARY

After 3 years preparation work the installation of the MATÁV's nationwide SDH overlay network has started. Having described the basics of the state of the art service independent transport network theory and the elements of the SDH self-healing networks the paper introduces the realization of the Budapest's and nationwide SDH Networks.



Paksy Géza 1966-ban szerzett villamosmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1966-tól 1981-ig a Távközlési Kutató Intézetben vezetékes digitális átviteli rendszerek, többek között az első magyar PCM rendszer fejlesztésével és digitális átviteli módszerek kutatásaival foglalkozott, majd 1992-ig a Telefongyárban nagysebességű optikai átviteli rendszerek fejlesztését irányította. Ezekben a témákban több publikációja jelent meg, és társszerzőként közreműködött PCM tárgyú szakkönyvek megírásában. Jelenleg a MATÁV alkalmazottja, PKI-FI Hálózatfejlesztési Ágazatán az átviteli Hálózatfejlesztési Osztály vezetője. Fő tevékenységi területe az országos kiterjedésű fénykábeles hálózatok rendszertechnikai terveinek kidolgozása.



Sipos Attila 1976-ban végzett a BME Híradástechnikai Szak, Adat és Távközlési ágazatán. 1976-tól dolgozik a MATÁV-nál és jogelődjeinél. Szakterülete a távközlő hálózat tervezés. Részt vett a MATÁV hálózatának korszerűsítési és digitalizálási programjaiban. Jelenleg a PKI Távközlés-fejlesztési Intézet Hálózatfejlesztési ágazatának a vezetője. A HTE tagja.

MÉRÉSI PROBLÉMÁK AZ SDH TECHNIKÁBAN

KÁSA ISTVÁN és JESZENŐI PÉTER

MATÁV RT, PKI TÁVKÖZLÉSFEJLESZTÉSI INTÉZET
1456 BUDAPEST, PF. 2.

A sok berendezésből álló, rendszertechnikailag bonyolult és fizikailag kiterjedt SDH rendszerek gyakorlati megvalósítása összetett műszaki feladat, amelynek szerves és nélkülözhetetlen részét képezi a megfelelő mérés technika. A cikk azokat a megfontolásokat, módszereket és mérési tevékenységeket tekinti át, amelyek segítségével ez az összetett mérés technikai feladat megoldható. A cikk első részben az SDH berendezések és rendszerek mérésével kapcsolatos általános megfontolásokat foglaljuk össze, a második részben pedig néhány olyan speciális mérési technikát tárgyalunk, amelyeknek az SDH mérésekben kiemelt fontossága van.

1. BEVEZETÉS

Az SDH ajánlásokon alapuló távközlési rendszerek kiléptek a kísérleti szakaszból, széleskörű elterjedésük, üzemszerű alkalmazásuk visszafordíthatatlan.

A sok berendezésből álló, rendszertechnikailag bonyolult és fizikailag kiterjedt rendszerek gyakorlati megvalósítása, a létesítés, az átvétel, az üzembeállítás és az üzemvitel összetett műszaki feladat, amelynek szerves és nélkülözhetetlen részét képezi a megfelelő mérés technika. Az alábbi cikkben azokat a megfontolásokat, módszereket és mérési tevékenységeket kívánjuk áttekinteni, amelyek segítségével egy ilyen összetett mérés technikai feladat megoldható. A cikk első részben az SDH berendezések és rendszerek mérésével kapcsolatos általános megfontolásokat foglaljuk össze, a második részben pedig néhány speciális mérési technikát tárgyalunk, amelyeknek az SDH mérésekben kiemelt fontossága van.

A mérés technikai problémák ismertetése és vizsgálata folyamán feltételezzük, hogy az olvasó ismeri az SDH technika alapjait és néhány fontos jellegzetességét. Az alábbiakban csupán vázlatosan foglaljuk össze a legfontosabb jellegzetességeket.

2. AZ SDH TECHNIKA ALAPJAI

Az SDH átviteli rendszer sajátosságai közül azokat soroljuk fel, amelyek alapvetően befolyásolják az alkalmazásokat és természetesen a mérési problémákat is. Ezek az alábbiak:

- Sajátos keretszervezés és az ehhez kapcsolódó bitsebességek. A bájtokból álló SDH keret, amely lényegében a szakasz fejrészből és az átvendő információt („rakományt”) tartalmazó virtuális konténerekből áll. A virtuális konténereket az átviteli útvonal végpontjai között változatlan tartalommal továbbítják, míg a szakasz fejrészeket a rendszer csomópontjaiban feldolgozzák.
- A különböző csomópontok eltérő óráütemét kezelő mutató (pointer) mechanizmus vagyis az a sajátos szinkronizálási rendszer, amely a mutató bájtok segítségével kapcsolja össze a fejrész és a virtuális konténer fázishelyzetét. Ez a technika lehetővé teszi, hogy minden információs bájti helyzete minden csomópontban pontosan meghatározott legyen akkor is, ha az egyes csomópontok órajele eltérő frekvenciájú vagy fázisú.
- Az átviteli hibák teljes körű detektálása a bit átfűzéses paritás (BIP) kódokkal.

- A fejrészekben rendelkezésre álló jelentős átviteli kapacitás a hálózatmenedzsment céljaira.

Az SDH rendszerek speciális tulajdonságain kívül van még néhány olyan szempont, amely hatással van a korszerű távközlési berendezések mérés technikájára. Ilyen tényezők:

- A berendezések bonyolultsága, komplexitása számottevően megnőtt, akár a hardver bonyolultságát, akár a megvalósított funkcionalitásokat tekintjük.
- A hardver bonyolultsága ellenére számottevően javult a megbízhatóság, amely többek között a nagyméretű integrált áramkörök (VLSI), illetve az alkalmazás specifikus integrált áramkörök (ASIC) kiterjedt alkalmazásának tulajdonítható.
- A berendezésekben jelentősen megnőtt a szoftver, a beépített és újabb verziókkal korszerűsített programok szerepe. A korszerű távközlési berendezés gyakorlatilag egy nagysebességű, valós-idejű célszámítógépnek tekinthető, amely speciális távközlési interfészekkel van ellátva.

3. SDH BERENDEZÉSEK ÉS HÁLÓZATOK

Az SDH berendezések fő funkcióik alapján néhány alaptípusba sorolhatók, ezek mérés technikailag is eltérő kezelést igényelnek.

Az SDH hálózatot jelenleg főként PDH jelek átvitelére alkalmazzák, miután a digitális távközlési hálózatokhoz a felhasználók (előfizetők) PDH interfészekon át csatlakoznak (Európában leggyakrabban 2 Mbit/s, ezenkívül 140 Mbit/s és 34 Mbit/s bitsebességekkel). Az SDH hálózathoz ilyen típusú jelek csatlakozását kell biztosítani, és a mérések során a csatlakozó PDH kapuk közötti jellemzőket is vizsgálni kell.

Az ATM (Aszinkron Transzfer Mód) növekvő elterjedésével az SDH hálózatok fontos feladata lesz az ATM jelek továbbítása. Távolatilag ezért az ATM jelek mérését is be kell vonni a vizsgálatokba, de ebben a cikkben erre még nem térünk ki.

3.1. SDH berendezések alaptípusai

Az SDH hálózati berendezések (hálózatelemek – NE) alaptípusai multiplexerek, amelyek elsődlegesen arra szolgálnak, hogy az összetevő (tributary) jeleket összetett SDH jelekké multiplexálják, illetve az ellentétes irányban azt lebontsák.

A multiplexerek két alaptípusa:

- *a végződő multiplexer*, amely alapfunkciójában egy hagyományos PDH multiplexerhez hasonló;
- *a leágazó multiplexer (add-drop multiplexer – ADM)* viszont nagyon jellegzetes része az SDH hálózatoknak, ugyanis lehetővé teszi a közvetlen hozzáférést az SDH jelfolyamban lévő különböző szintű virtuális konténerekhez, illetve az ezek által hordozott PDH jelekhez.

Nagyobb átviteli távolságok esetén van jelentősége az

- *SDH regenerátornak*, amely a fényvezetőn érkező jelet alapsávon regenerálja.

Összetett SDH hálózatok rugalmas felépítését, az SDH összeköttetések dinamikus átrendezését teszi lehetővé a

- *vezérelt digitális rendező (cross-connect – DXC)*, amely a csatlakozó SDH nyalábok VC-4, VC-3, illetve VC-12 virtuális konténereinek szoftverrel vezérelt összekapcsolását és átrendezését képes megvalósítani. A gyakorlatilag megvalósított DXC berendezések a rendezési funkciókn kívül sokszor multiplexer funkciókat is ellátnak, tehát összetevő jelek közvetlenül is csatlakoztathatók.

Van egy olyan berendezéstípus, amely az SDH ajánlások által leírt berendezéstípusok közé nehezen illeszthető be. Ez a

- *mikrohullámú SDH vonal vagy SDH rádiórelé*. Miután az SDH átvitelt eredetileg a fényvezető átvitelt figyelembe véve dolgozták ki, az alkalmazott struktúrák is ennek felelnek meg. Ennek következtében az STM-1 szinten egyébként jól alkalmazható mikrohullámú összeköttetés különleges helyzetben van. Az SDH rendszer szempontjából a mikrohullámú összeköttetés berendezéseivel, antennáival együtt egy fényvezetővel egyenértékű, de annál sokkal összetettebb struktúra. A SDH mikrohullámú rádiórelé olyan alrendszert képez, amelynek csak néhány paramétere SDH specifikus. A fentiek miatt az SDH mikrohullámú rádiórelé mérés technikájára főbb vonalaiban megegyezik a digitális mikrohullámú rendszerek általános mérés technikájával, ehhez képest többletet csupán az SDH interfészek mérése jelent. A vázolt okok miatt az SDH rádiórelék egyéb méréseit nem tekinthetjük speciálisan SDH méréseknek, és így a továbbiakban ezekkel nem foglalkozunk.

3.2. Az SDH berendezés tipikus felépítése

A tipikus SDH berendezés fő részei az alábbiak:

- *Interfész egységek*, amelyek a kapcsolatot biztosítják a fényvezető vagy elektromos fizikai átviteli rendszerekhez. Ennek megfelelően vannak elektromos és optikai interfészek, amelyek megfelelő csatlakozókkal vannak felszerelve. Meg kell említeni, hogy optikai interfészek nem csak a berendezések aggregát oldalain lehetnek. A hálózat kialakítása megkövetelheti optikai interfészek használatát az összetevő (tributary) oldalon is.
- *A funkcionális egységek*, amelyek a csatlakozó SDH és PDH jelek közötti leképezéseket, az SDH keretképzést, multiplexálást, mutató kezelést és kapcsolást megvalósítják.
- *Tápegység*, amely a külső tápfeszültségforrásból a szükséges belső tápfeszültségeket előállítja.
- *Órajel generátor*, amely a csomópont órajelét biztosítja, egyrészt a távközlési rendszeren továbbított referencia

órajelekből, másrészt a helyi (tartalék) órajel generátor jeléből.

- *Helyi vezérlő egység*, amely a funkciók vezérlését és a helyi csomópont és a külső (helyi és távoli) felügyeleti rendszer közötti információcserét biztosítja.
- *Szolgálati távközlési csatornák*.

Az SDH berendezés megfelelő működésmódjának megvalósításáért elsősorban a funkcionális egységek a felelősek, de ezek közvetlenül nem hozzáférhetők, a megfelelő működéshez a többi egységek is nélkülözhetetlenek.

3.3. Részhálózatok, hálózati szegmensek

Az SDH berendezéseket összekapcsolva alakítják ki az SDH részhálózatokat, amelyeket hálózatszegmenseknek is neveznek, ilyen hálózatszegmensek együttese képezi az SDH hálózatot. Az SDH rendszer néhány egyszerű topológiájú részhálózathoz épül fel, ezek az alábbiak:

- *pont-pont összeköttetés*, és a
- *gyűrű elrendezés*, amely önjavító tulajdonsága miatt széles körben alkalmazott SDH struktúra.

A hálózatelemek, illetve részhálózatok összekapcsolásával lehet a különböző bonyolultságú SDH hálózatokat megvalósítani. Itt ismételtetni utalni kell arra, hogy a hálózati topológia meghatározásában különleges szerepe van a vezérelt digitális rendezőnek (DXC).

4. A MÉRÉSEK SZEREPE AZ SDH RENDSZERBEN

4.1. A mérések szerepe

A mérés technikai problémákat alapvetően a távközlési alkalmazások szempontjából vizsgáljuk, így nem érintjük a fejlesztési és gyártási folyamatban alkalmazott vizsgálati, illetve mérési eljárásokat, amelyek természetesen sok hasonlóságot mutatnak az általunk ismertetendő mérésekkel, azonban a vizsgálatok céljában, terjedelmében és mélységében, valamint az alkalmazott mérési módszerekben jelentős eltérések is vannak.

A felmerülő mérési, vizsgálati feladatok természetesen leg többféleképpen csoportosíthatók. Alapvetően meghatározza azonban a mérések jellegét az, hogy az SDH berendezés vagy rendszer megvalósításának melyik szakaszában alkalmazzuk azokat. Ebből a szempontból az alábbi kategóriákat célszerű megkülönböztetni:

- *Alkalmassági vizsgálatok (típusvizsgálatok)*. Ezekben a vizsgálatokban azt kell ellenőrizni, hogy a termék megfelel-e egy adott követelményrendszer (ajánlás és/vagy vállalati specifikáció) előírásainak. A széleskörű vizsgálatot általában a terméktípusok egyes kiválasztott mintadarabjain kell elvégezni. A berendezéstípusra, illetve részrendszerre vonatkozó alkalmassági vizsgálat azért játszik fontos szerepet, mert alapot nyújt arra, hogy a későbbi vizsgálatok során néhány ellenőrző mérés elegendő legyen a megbízható minősítéshez.
- *Átviteli vizsgálatok*. Minden egyes átveendő, illetve üzembeállítandó berendezésen, illetve részhálózaton elvégzendő vizsgálat, amely néhány fontos paraméterre, illetve funkcionalitásra terjed ki.
- *Üzembehelyezési vizsgálatok*. Ezeket a méréseket a tényleges forgalomra előkészített és konfigurált egyes távközlési részhálózatokon kell elvégezni, annak ellenőrzé-

sére, illetve bizonyítására, hogy a részhálózat üzemszerű távközlési forgalom lebonyolítására alkalmas.

- **Üzemviteli vizsgálatok.** Az üzemvitel során különféle mérési feladatokat kell megoldani. Ez egyrészt a paraméterek és funkcionalitások üzemközbeni figyelését (monitoring), másrészt az adatgyűjtést jelenti. A korszerű távközlési rendszerekben ezt a feladatot egyre inkább a beépített mérési mechanizmusokra támaszkodva a felügyeleti rendszerre bízzák, tehát külön méréstechnikai feladatként ritkán jelenik meg. Továbbra is fontos azonban a hibaazonosításhoz és hibaelhárításhoz szükséges mérési tevékenység. Bár a berendezésekbe beépített mérési képességek ebben is sok segítséget nyújthatnak, a különleges méréstechnikát itt nem lehet nélkülözni.

A mérések többsége természetes módon a távközlési forgalmat bonyolító egységek funkcióira és paramétereire irányul, azonban az SDH rendszer megfelelő működésének biztosítása érdekében nagy figyelmet kell szentelni a vezérlő és felügyeleti rendszer vizsgálatának is.

Az SDH rendszerekben alkalmazott mérési eljárások és módszerek többféle szempont szerint osztályozhatók, attól függően, hogy a mérési feladatot a berendezés, illetve rendszer által megvalósított funkció ellenőrzésének szempontjából vizsgáljuk, vagy pedig a megközelítés az alkalmazott mérési technika szerint történik. Az alábbiakban ezt a kétféle megközelítést mutatjuk be.

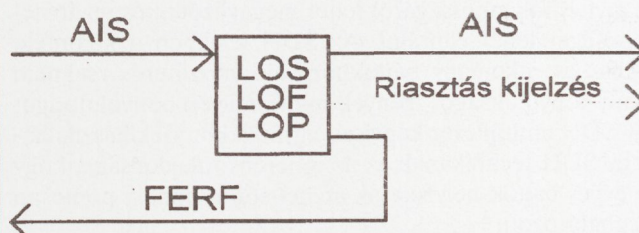
4.2. SDH működés ellenőrzése

Az SDH és PDH funkciók rétegstruktúráját alapul véve az alábbi mérési feladatok különböztethetők meg:

- Áramköri réteghez kapcsolódva:
 - átvendő jelek leképezése, konténer képzése;
 - az átvitel folytonosságának ellenőrzése;
 - konfigurálás és útvonalkijelölés helyi és távvezérlésének ellenőrzése.
- Útvonal rétegekhez kapcsolódva (alacsonyrendű és magasabbrendű útvonalakra):
 - útvonal fejrész ellenőrzés;
 - útvonal riasztások ellenőrzése;
 - hiba kijelzések ellenőrzése;
 - mutató működés ellenőrzése.
 - útvonal folytonosság ellenőrzése.
- Szakasz rétegekhez kapcsolódva (multiplexer és regenerátor szakaszokra):
 - szakasz fejrészek ellenőrzése (ezen belül az szolgálati csatornák ellenőrzése),
 - szakasz riasztások ellenőrzése;
 - hiba kijelzések ellenőrzése;
 - szakasz folytonosság ellenőrzése;
 - tartalékra kapcsolás ellenőrzése.
- Fizikai réteghez (átviteli közeg réteghez) kapcsolódva:
 - interfész fizikai paraméterek (teljesítmény, feszültség stb.) ellenőrzése,
 - dzsitter mérése;
 - szemábra ellenőrzése.

A vizsgálatok több szintjén előfordul a riasztások (alarmok) vizsgálata. Az SDH rendszerben a riasztás működésének alapsémája az 1. ábrán látható. A riasztás működése során a berendezésnek nemcsak detektálni és kijelzeni kell a riasztás tényét, hanem azonnali és késleltetett válaszokat kell generálni előre (AIS) és vissz irányba (FERF), riasztási

jelet kell továbbítani a menedzsment rendszer felé és szükség esetén kezdeményezni kell az átkapcsolást a tartalék útvonalra vagy szakaszra. A fentiekben túlmenően a riasztási procedúrához hozzátartozik a kiváltó ok megszüntével a helyes működés helyreállítása is.



1. ábra. Riasztás az SDH hálózatban

LOS: jelvesztés; LOF: keretvesztés; LOP: mutatóvesztés;

AIS: Alarm Indication Signal (riasztásjelzés);

FERF: Far End Receive Failure (vételi hiba visszajelzése)

A riasztási tevékenységtől különbözik, de ahhoz bizonyos mértékig kapcsolódik az átviteli hibák detektálása az SDH keretekbe beépített BIP (Byte Interleaved Parity) mechanizmusokkal. Ezekhez a hibajelekhez kapcsolódhat a G.821, M.2100, illetve G.826 ITU-T ajánlások szerint a minőségi paraméterek kiértékelése. A BIP bájtok kiértékelése alapján egyrészt a megfelelő BIP bájt regiszterek tartalmát és meghatározott válaszok (FEFE) generálását kell ellenőrizni, másrészt ahol lehetőség van erre, a hibae-semények (blokkhiba, zavart másodperc, erősen zavart másodperc) kijelzését is ellenőrizni kell. A minőségi paraméterek (ESR, SESR, BBER, UAT) meghatározása a detektált jelek alapján általában a felügyeleti rendszer feladata.

A különböző bonyolultságú részhálózatok és hálózatok méréstechnikája lényegesen eltér a berendezések mérésétől. Ezen a szinten elsősorban az áramköri és útvonal réteg méréseit kell számításba venni, a szakasz, illetve fizikai réteg mérésére (pl. dzsitter mérésére) csak hibabehatárolás során van szükség. A tipikus mérések:

- a hálózatrészek folytonossága (integritása);
- a szakaszok és átviteli utak minőségi jellemzői;
- a riasztási jelzések átvitele és kijelzése;
- a vezérelhetőség és a konfigurálás vizsgálata (ellenőrzése);
- szolgálati beszédcsatornák és adatcsatornák folytonosságának és minőségének ellenőrzése;
- órajel előállító és elosztó rendszer működésének ellenőrzése;
- szinkronizálás ellenőrzése (ideértve a mutató működés ellenőrzését).

A fentiekben tárgyalt funkcionális megközelítés lehetővé teszi, hogy a mérési feladatokat szisztematikusan áttekintsük, de a mérések elvégzése során célszerű a feladatot a mérési technikák felől is megvizsgálni.

4.3. Mérési technikák

4.3.1. Digitális mérések

Méréstechnikai szempontból az SDH technikában sokféle, erősen eltérő jellegű mérést, illetve vizsgálatot kell elvégezni. A mérések jelentékeny hányada digitális mérés; ezek során egyes portokra meghatározott tulajdonságú digitális jeleket, jelfolyamokat adnak, más portokon pedig a

fellépő digitális jeleket vizsgálják. Így van ez, amikor az SDH keret fejrész bájtjainak tartalmát állítják be, illetve a bájtok vagy azok egyes biteinek változását vizsgálják. Ily módon funkcionális változásokat vagy hibajelenségeket lehet előidézni, a vett digitális jelek analizálásával pedig az átvitel folytonosságáról lehet meggyőződni és az átvitel minőségét lehet elbírálni. Az SDH jelekben a különféle fejrész és rakomány bájtokhoz való hozzáférés csaknem olyan bonyolultságot igényel, mint amilyen bonyolultságot egy SDH multiplexer képvisel, ugyanakkor jól kihasználható az SDH technikának az az inherens tulajdonsága, hogy az egyes bájtok helyzete az átvitel során mindig pontosan meghatározott.

Az állandó bitsebességű digitális átviteli rendszerek fontos vizsgálati módszere a hibaarány mérés, amely úgy történik, hogy egyes portokra mérőjeleket (álvéletlen bitsorozat – PRBS) adva más portokon detektálják a fellépő bithibákat, pl. mérik az átvitt jel bithiba arányát. A mérés egyrészt közvetlenül az egyes szakaszok folytonosságának és minőségének ellenőrzésére szolgál, másrészt a bithibaarány detektálása egyéb méréseknél is fontos kritérium.

A digitális mérések másik csoportját azok a mérések jelentik, amelyekben egyes meghatározott fejrész bájtok tartalmát vizsgálják. Ezek a bájtok az egyes berendezések, illetve a rendszer működéséről adnak felvilágosítást, mivel a riasztási állapotokkal, a mutató működéssel vagy a rendszer állapotával kapcsolatban adnak meghatározott információt.

4.3.2. Interfész mérések

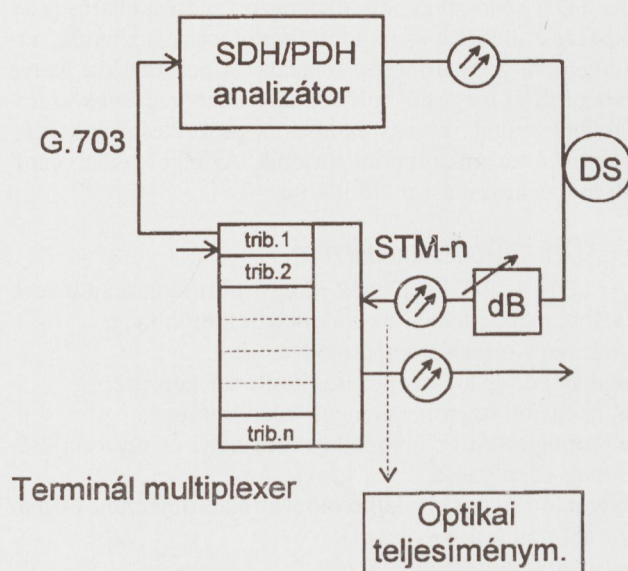
A mérési technikák másik osztályát azok a mérések jelentik, amelyek során a fizikai interfészek (akár SDH, akár PDH portok) jellemző paramétereit mérik. Ezek a mérések alapvetően két csoportra oszthatók, az egyik a portok, illetve jelek fizikai paramétereit foglalja magába (pl. jelszintek, jelalakok, frekvenciák), a másik pedig az állandó sebességű digitális átvitel időzítésével kapcsolatos fontos jellemző: a dzsitter (jitter).

A digitális átvitel során a bináris jeleket impulzusok sorozataként viszik át, és az átvitel során az impulzusok (időbeli) fázishelyzete a névleges értéktől jelentősen eltérhet. Az impulzussorozat fázismodulációját dzsitternek nevezzük. Miután a digitális jelek kiértékelése az impulzussorozatból előállított órajelek által meghatározott időpontokban történik, a dzsitter jelentős hatással van az órajel helyreállításra és ennek következtében az átvitel minőségére is.

Az ajánlások részletesen szabályozzák a berendezés interfészek elektromos, illetve optikai jellemzőit. Az SDH rendszerek esetében különösen nagy fontossága van az optikai interfészek paramétereinek, ugyanis az ajánlásoknak való megfelelés egyúttal azt is biztosítja, hogy különböző gyártók berendezései fényvezető segítségével összekapcsolhatók legyenek. Ezeket a méréseket a következő szakaszban részletesebben ismertetjük. Ami az STM-1-es elektromos interfészek elektromos paramétereit illeti, a követelmények nagymértékben hasonlóak a 140 Mbit/s sebességű PDH interfészek előírásaihoz, amelyek a G.703 ajánlásban vannak rögzítve.

Az SDH berendezések interfészei szabványosak, a vizsgálatokhoz sokfunkciós, nagybonyolultságú műszerek állnak rendelkezésre. A vizsgáló eszközök jelentős részével a

berendezések multiplexer, demultiplexer funkciója is közvetlenül vizsgálható. A 2. ábrán példaként egy terminál multiplexert mutatunk vizsgálat közben. Az alacsonyabb rendű oldalon a SDH mérőműszerből vizsgáló jelet kapcsolunk egy tributary csatornára, és az aggregát oldalon az összetett jelfolyamban a műszer lehetőségeit kihasználva vizsgáljuk az adott összetevőt. Ebben a mérési összeállításban lehetőség van a tributary port néhány jellemzőjének vizsgálatára (dzsittertűrés, csillapítás-tűrés, jel-interferencia), de vizsgálható a leképezés (mapping) is. Természetesen ez a mérési elrendezés fordított irányban is összeállítható, amikor az STM-1 jelfolyam egy kijelölt összetevő csatornájába illesztünk vizsgálójelet és a megfelelő tributary porton vizsgáljuk a demultiplexált összetevőt. Ebben az összeállításban van lehetőség az optikai bemeneti interfész számos jellemzőjének mérésére. Hasonló elrendezéssel természetesen az aggregát portok vagy a tributary portok közötti átvitel is vizsgálható.



2. ábra. Végződő multiplexer vizsgálata

Az előzőekben vázolt mérési elrendezésben a berendezésen átmenő jellel végezzük a vizsgálatot, összetett rendszer esetében az adó és vevő portok nagy fizikai távolságban is lehetnek. Az ilyen átmenő típusú mérések mellett fontos szerepet játszanak a hurokmérések, amikor a rendszer egy távoli pontján a jelet visszafordítják. A módszer előnye abban van, hogy a mérőjel adó és a vevő berendezés egymás közelében van vagy akár egybeépített mérőberendezés is lehet.

5. OPTIKAI INTERFÉSZ JELLEMZŐK VIZSGÁLATAI

Az optikai interfészek fizikai jellemzőinek vizsgálata az SDH technikában végezhető műszeres vizsgálatok speciális osztályát képviseli. Mivel az SDH berendezések optikai interfész specifikációi a kompatibilitás kulcselemei, e vizsgálatokkal lehet biztosítani az SDH berendezések előírt működését és a különböző gyártmányú SDH berendezések közötti zavartalan együttműködést. A vizsgálandó jellemzőket az alábbi felsorolás tartalmazza:

Optikai kimeneten:

- kimenő teljesítmény;
- kimeneti jelalak, kioltási arány;
- spektrális jellemzők;
- reflexió érzékenység.

Optikai bemeneten:

- vételi érzékenység;
- diszperzió- és dzsittertűrés;
- túlvezérlési szint.

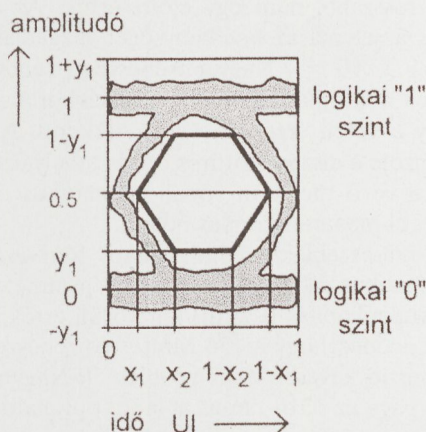
Az optikai jellemzőkre vonatkozó követelményeket az ITU-T G.957 és G.958 ajánlásai tartalmazzák.

5.1. Kimeneti teljesítmény

A szkremblerezéssel állandó átlagteljesítményűvé tett NRZ jelfolyamot optikai jellé (fényvé) alakító eszköz a multimódusú vagy egymódusú félvezető lézer. A kimeneti teljesítmény határértékei az ajánlásban rögzítve vannak. A kimeneti teljesítmény értéke az ajánlás szerint közvetlenül a berendezésen felszerelt optikai csatlakozó után van értelmezve. Mérése a berendezésre csatlakoztatott optikai teljesítménymérővel egyszerűen elvégezhető. Mint az optikai méréseknél mindig, különös gondot kell fordítani a fokozott tisztaságra, valamint az esetleg fellépő köpenymódusok kiküszöbölésére. A mért érték a kimeneti jel átlagteljesítménye, tehát közel 3 dB-lel alacsonyabb szint, mint a jel csúcsteljesítménye.

5.2. Kimeneti jelalak, kioltási arány

A kimeneti jelalak jellemzésére szolgál az ún. szemábra, amely a különböző SDH sebességekre a 3. ábrán látható tolerancia sémával van specifikálva.

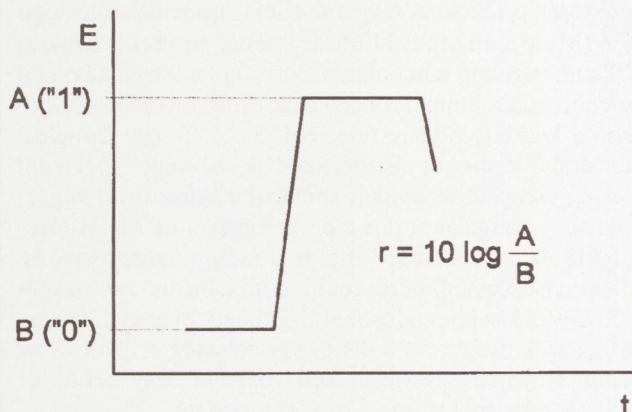


	STM-1	STM-4	STM-16
X1	0,15	0,25	0,40
X2	0,35	0,40	0,40
Y1	0,20	0,20	0,25

3. ábra. A szemábra toleranciasémája különböző SDH sebességekre

A szemábra olyan idő-feszültség diagram, amelyen a vételteljesítmény bináris jelfolyam jelei szinkronizálva egymásra rajzolódnak. A szemábrával a jelszintek és az időtartó-

mánybeli átmenetek (felfutás, lefutás) egyidejűleg vizsgálhatók. A optikai bináris jel másik, egyszerűbb jellemzését jelenti a kioltási arány, amely definíció szerint a kimeneti fénytelsítmény alacsony értéke (logikai „0”, sötét) és magas (logikai „1”, világos) értéke közötti viszony decibelben kifejezve (4. ábra). Előírt értéke interfészről függően 8,2–10 dB.



4. ábra. A kioltási arány definíciója

A nem megfelelő kioltási arány esetén, bár a kimeneti teljesítmény értéke megfelelő lehet, nem lesz hibamentes az átvitel. Az adó eszköz öregedésével, meghibásodásával, a meghajtó áramkörök helytelen működésével a szemábra nyitottsága (és a kioltási arány is) csökkenhet, ez látszólag a vevő vételi érzékenység csökkenését okozza. A szemábra vizsgálatára az ITU-T ún. SDH referencia vevőt specifikált (5. ábra). Ez optikai/elektromos (O/E) átalakítóból, előírt karakterisztikájú szűrőből és megjelenítőből (oszilloszkóp) áll. A vizsgált berendezés és a referencia vevő összekötő optikai kábelnek 10 méternél rövidebbnek kell lennie.



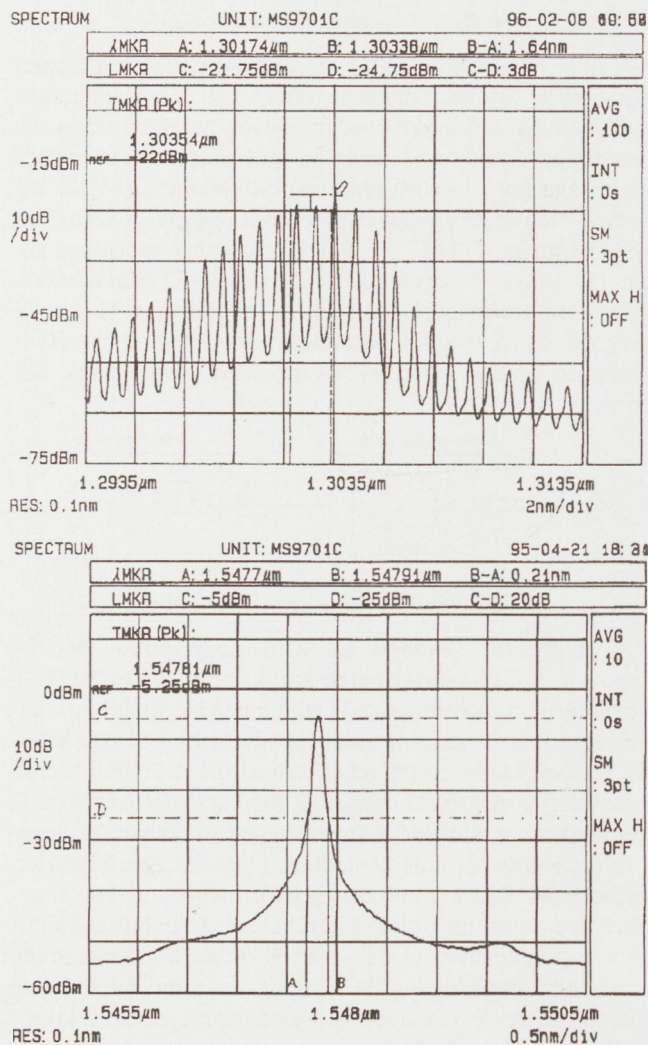
5. ábra. MÉRŐRENDSZER A SZEMÁBRA MÉRÉSÉRE

A referencia vevőben szereplő negyedfokú Bessel-Thomson típusú szűrő átviteli karakterisztikáját az ITU-T meghatározta. A referencia vevőnek az O/E átalakító aluláteresztő jellegű karakterisztikájával együtt kell egy kalibrált rendszert alkotni (és teljesíteni az előírt átviteli karakterisztikát) a megfelelő minőségű mérések elvégzéséhez. A szemábra és a kioltási arány vizsgálatot bonyolítja, hogy a referencia-vevő által szolgáltatott jelszint meglehetősen alacsony. Emiatt a grafikus kijelzőn megjelenő kép meglehetősen zajos, megfelelő kiértékelése csak statisztikai átlagolással végezhető el. Ugyanezen okból a kioltási arány méréséhez megfelelően alacsony egyenáramú eltolódással rendelkező vevő szükséges. A szemábra megfelelő szinkronizálással és kiértékeléssel a kimeneti dzsitter érték meghatározására is alkalmas.

5.3. Spektrális jellemzők

Az optikai adóeszköz spektrális jellemzői és a fényvezető optikai-szál diszperziós tulajdonságai (vagyis a késleltetés

hullámhossz függése) együttesen befolyásolják az átvitel minőségét. Ennek oka az, hogy a (véges sávszélességű) lézerimpulzusok a diszperzió következtében ellaposodnak, ez a vételi oldalon a detektálást megnehezíti. Emiatt a különböző optikai szálakhoz specifikálni kell az alkalmazható hullámhossz-tartományt (általában a diszperziós minimum hely közelében) és az alkalmazott fényforrások vonalszélesség értékeit. A nagyobb spektrális vonalszélességű MLM (Multi Longitudinal Mode) típusú lézereket azokon a hullámhosszakon lehet alkalmazni, ahol a fényvezető szál diszperzió minimummal rendelkezik. Ettől távolabb eső helyeken a keskenyebb sávszélességű SLM (Single Longitudinal Mode) lézereket alkalmazzák. A szükséges spektrum szélesség vizsgálatok optikai spektrumanalizátorral végezhetőek el. A vizsgálat során meg kell mérni az MLM lézerek RMS vonalszélességét és a működési hullámhosszt. Az RMS vonalszélesség mérésénél a domináns módus szintjénél 20 dB-lel kisebb módusokat figyelmen kívül kell hagyni. SLM lézerek esetén a 20 dB-es sávszélesség értékét és az oldalsáv elnyomást (SMSR) kell vizsgálni. Egy MLM és egy SLM lézer spektruma a 6. ábrán látható.

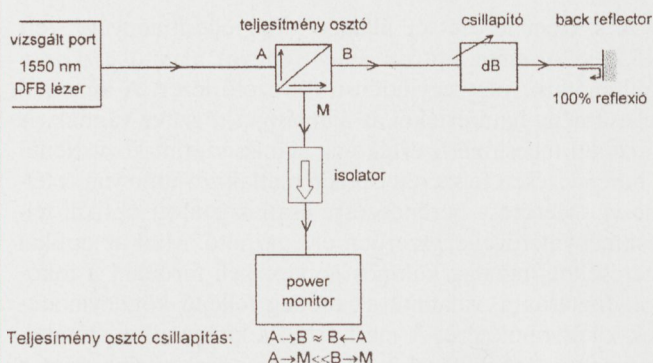


6. ábra. (a) MLM és (b) SLM lézerek spektruma

5.4. Reflexió érzékenység

Az egymódusú, elosztott visszacsatolású (DFB) struktúrájú lézerek fokozottan érzékenyek a diszkrét reflexiókra,

amelyek nem megfelelő vagy elszennyeződött csatlakozókból származhatnak. A reflexió hatására működésük instabillá válik, illetve a spektrum kiszélesedhet. A mérés során azt kell megvizsgálni, hogy az ajánlásokban megengedett reflexió értékek még nem okoznak-e rendellenes működést vagyis végső soron az átviteli minőség romlását. A reflexió érzékenység mérése a 7. ábrán látható mérési összeállításban történik. A mérés folyamán a csillapító értékének csökkentésével folyamatosan lehet növelni a reflexió értékét. Az optikai teljesítményszótóra O/E átalakítón csatlakoztatott oszcilloszkóppal megfigyelhető a stabil működés határa. A reflexió dB-ben kifejezett értéke a csillapító és teljesítményszótó együttes csillapításának kétszerese.



7. ábra. Reflexió érzékenység mérése

5.5. Vételi érzékenység és diszperziótűrés

Az optikai interfészek lényeges műszaki jellemzője a vételi érzékenység, amely azt a vételi fénytelsítmény értéket adja meg dBm-ben kifejezve, ahol az átviteli hibaarány nem rosszabb, mint egy előírt érték. Az a tipikus BER érték, amelynél az érzékenységet megadják, általában $BER = 1 \times 10^{-10}$. Nagy bitsebességű rendszereknél számolni kell a kromatikus diszperzió sávkorlátozó hatásával, amely a vételi érzékenységet csökkenti. Az optikai vevők jellemzője a diszperziótűrés érték, amely azt mutatja meg, hogy a vevő mekkora vonali kromatikus diszperzió értéket visel el hibaarányromlás nélkül.

Az 1310 nm-es ablakban használatos fényvezetőszálak átlagos kromatikus diszperzió értéke 3,5 ps/nm*km. Mivel az átlagos szálcillapítás 0,36 dB/km körüli érték, a számításokból az adódik, hogy a 156 Mbit/s-os rendszereknél a vonali diszperzió kevésbé okoz problémát. Nagyobb bitsebességeken vagy az 1310 nm-es ablakra optimalizált szálaikon üzemeltetett 1550 nm-es berendezések esetében (ahol a szál diszperzió 18 ps/nm*km körüli érték) a keskeny vonalszélességű SLM lézerek használata jelent megoldást.

Az 1310 nm-es ablakban működő berendezések diszperzió érzékenysége ún. eltolt diszperziójú (G.654 szerinti) fényvezető szálból készült művonal (DS) segítségével mérhető például a 2. ábra szerinti elrendezésben. Az ilyen fényvezető szálak diszperziós minimumhelye 1550 nm környékén van és ezek a szálak 1310 nm környékén 18 ps/nm*km diszperzió értéket mutatnak, normális csillapítás mellett. A diszperziós művonal hosszának megválasztásával beállítható a kívánt diszperzió érték. A szálcillapítást állítható csillapítóval kiegészítve megkereshető a vételi érzékenység értéke. Ez az érték összevethető a diszperziós művonal nélkül mért érzékenység értékkel. Az 1550 nm üzemi

hullámhosszúságú berendezéseknél a diszperzió modellezésére az 1310 nm-es ablakra optimalizált (G.652 szerinti) fényvezető szálakból készült művonalat kell használni.

Az ITU-T ajánlások szerint a diszperzió, a vonali reflexiók és a dzsitter együttesen, optikai interfésztől függetlenül, maximum 1...2 dB-lel csökkenthetik az érzékenység értékét. Az érzékenység vizsgálataknál a hibaarány-vételi érzékenység diagram felvételével következtetni lehet a 10^{-10} -nél kisebb hibaarányhoz tartozó vételi szintek értékére is.

5.6. Vevő túlvezérlési szint

Nagytávolságú (long haul) összeköttetésekhez specifikált optikai interfészek adási szintje általában meghaladja a vevő által hibamentesen feldolgozható jelszintet. A megengedettnél nagyobb bemeneti optikai teljesítményszint a vevőt fizikailag általában nem károsítja, de átvitel minőségében romlást okoz, az átvitel akár meg is szakadhat. A mérések során a maximális vételi szint beállítása mellett végzett hibaarány méréssel lehet meggyőződni az előírásoknak való megfelelésről.

5.7. Néhány további szempont

Az előzőekben áttekintettük az SDH berendezések optikai interfészeinek fontosabb jellemzőit, és röviden ismertettük azok vizsgálatára vonatkozó lehetséges mérési elrendezéseket. Természetesen más módszerekkel is vizsgálhatók az egyes paraméterek. Jellemzően, a vételi érzékenység megmérhető az adó és vevő közé iktatott optikai csillapító segítségével is oly módon, hogy a tributary portokon keresztül PDH műszerek felhasználásával ellenőrizzük a hibaarányt.

Az optikai jelalak, kioltási arány és hullámhossz mérése, a spektrum meghatározása vagy a diszperzió-tűrés vizsgálatok laboratóriumi mérések, amelyeket tipikusan az alkalmazási vizsgálatok során kell elvégezni. A berendezések telepítése után, az átvitel vagy az üzemeltetés során általában nem szükséges a paraméterek vizsgálata. Az utólagos ellenőrzések elvégzése akkor lehet szükséges, ha a hálózatba kapcsolt berendezések hibás működéséből a fent felsorolt jellemzők hibáira lehet következtetni. A telepítés és üzemeltetés során az optikai jellemzők közül elegendő a kimenő-teljesítmények mérését, a megfelelő vételi tartományok ellenőrzését elvégezni.

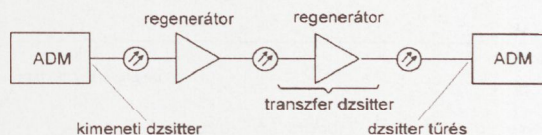
6. A DZSITTER ÉS VÁNDORLÁS MÉRÉSE AZ SDH RENDSZEREKBEN

6.1. A dzsitter

Az adatjelek fázisváltozásai a digitális átviteli rendszerekben az órajel visszaállító áramkörök működését teszik próbára. A túl nagy vagy gyors fázisváltozások jeltévesztéshez vezetnek. Általában, ha a fázisváltozások sebessége 10 Hz alatti akkor vándorlásról, ha 10 Hz feletti akkor dzsitterről beszélünk. Digitális átviteltechnikai berendezéseknél fellépő dzsitterek azonosítása látható a 8. ábrán.

A kimeneti dzsitter határértékeinek vizsgálatakor a szabványokban a különböző bitsebességekre előírt sávhatároló szűrőket kell alkalmazni. A dzsitter-tűrés átviteli sebessé-

genként egy lépcsős tolerancia sémával van meghatározva. A regenerátorokban fellépő maximális dzsitter-erősítés szintén a frekvencia függvényében megadott tolerancia sémával specifikált. A dzsitter paraméterekre vonatkozó követelmények az ITU-T G.825, G.783 és G.958 ajánlásaiban vannak megadva.



8. ábra. A dzsitter jellemzők meghatározása

Az SDH rendszerben a mutató (pointer) mozgások, az aszinkron összetevők leképezésekor pedig a kitöltő (stuffing) bitek beékelése okoz dzsittert. Egy stuffing bit 1 UI pillanatnyi dzsittert, míg egy mutató mozgás 24 UI pillanatnyi dzsittert (3 bájt = 24 bit) eredményez. A leképezésből és a mutató mozgásokból keletkező dzsittert együttesen kombinált dzsitternek nevezik. A pointer dzsitter méréséhez az ajánlásokban különböző pointer szekvenciákat írtak elő. Méréskor bemenetre a szabványos mutató mozgást generáló műszerrel, a vizsgált kimenetre pedig a megfelelő sávzélességű dzsitter-mérővel kell csatlakozni. A G.783 ajánlás tartalmazza a különböző mutató szekvenciák hatására megengedett maximális dzsitter értékeket.

A kimeneti dzsitter értékek a kimeneti portokra kapcsolt megfelelő áteresztő tartományú szűrőkkel ellátott mérőműszerekkel egyszerűen megmérhetők. A mérési tartomány alsó határa legalább 0,01 UI kell legyen.

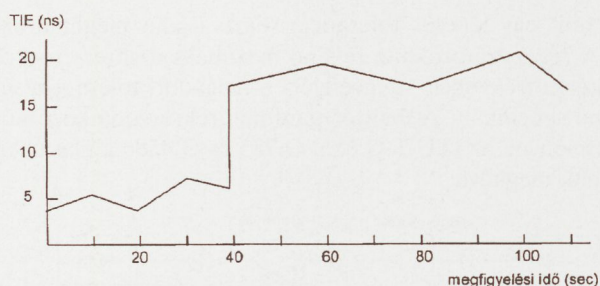
A bemeneti dzsitter tűrés megméréséhez az SDH berendezés bemenetére dzsittermentes jelet kapcsolva hibaarányt mérünk. Az optikai csillapító értékét növelve 10^{-10} hibaarány értéket állítunk be, majd a csillapító értékét 1 dB körüli értékkel csökkentve hibamentes átvitelt biztosítunk. A bementi dzsitter érték növelésével ezután ismét a 10^{-10} hibaarány értéket keressük meg. Az ekkor alkalmazott dzsitter-moduláció értékét tekintjük az adott dzsitter frekvencián a bemenet dzsitter tűró képességének.

A transzfer dzsitter értéke a bemeneti szinuszos dzsitter moduláció és kimeneten megjelenő dzsitter viszonya decibelben kifejezve. Nagy dzsitter csillapítás értékeknél komoly mérési hibát okozhat a kimenet saját dzsittere. Ezt elkerülendő a kimeneti demodulált dzsittert megfelelően kis sávzélességű szelektív műszerrel célszerű mérni.

6.2. A vándorlás

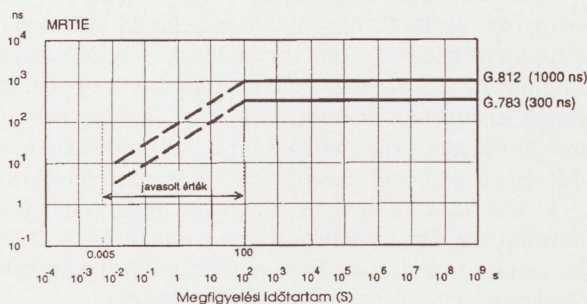
A nagyon alacsony frekvenciák és lassú fázisváltozások mérése meglehetősen nehézkes. A vándorlást az időintervallum hibával (TIE — Time Interval Error) és a maximális relatív időintervallum hibával (MRTIE — Maximum Relative Time Interval Error) szokás jellemezni.

A vándorlás mérésekhez szükséges egy „vándorlásmentes” vagyis nagystabilitású referencia. Ez általában egy cézium alapú, nagy pontosságú órajel forrás. Ehhez a nagy pontosságú órajelhez hasonlítjuk a vizsgálandó jel fázisát. A megfigyelési időtartam kezdetén az eltérést nullának kell tekinteni. A időintervallum hiba értéke a megfigyelt időtartam végén tapasztalt fázisváltozás ns-ban kifejezve. Ilyen tipikus TIE diagramot mutat a 9. ábra.



9. ábra. Tipikus TIE diagram

A relatív maximális időintervallum hiba egy adott megfigyelési időtartamra vonatkozó maximális csúcs-tól-csúcsig értelmezett időintervallum eltérés. Értékét az ITU-T G.783 és G. 812 ajánlásai meghatározzák (10. ábra).



10. ábra. MRTIE követelmények

7. ZÁRÓ MEGJEGYZÉSEK

Az előzőekben az SDH berendezések és rendszerek leg-

fontosabb mérési módszereit tekintettük át. Az SDH vizsgálatok során nagyszámú bonyolult mérést kell végrehajtani, és a mérési eredményeket az ITU-T ajánlásaival és az esetleges további követelményekkel kell egybevetni és kiértékelni. Bár a mérések egy része (pl. jelszintek, jelalakok meghatározása) hagyományos módszerekkel is elvégezhető, a mérések többsége, különösen a digitális vizsgálatok, az SDH fejrész bájttjainak kiértékelése csak különleges, számítógép bonyolultságú célberendezésekkel lehetséges. Ehhez járul még az a körülmény is, hogy a kiértékeléshez sokszor nagyszámú vagy hosszabb időn át gyűjtött mérési adatot kell kiértékelni. Ez alapján nem meglepő, hogy az SDH technika lehetőségeinek ismeretében a neves mérés-technikai cégek (részben korábbi PDH műszereik továbbfejlesztésével) bonyolult és drága célműszereket fejlesztettek ki, amelyekkel mind a digitális, mind az analóg jellegű mérések gyorsan, részben automatizálva elvégezhetők.

Ilyen mérőműszerekkel az SDH hierarchia minden szintjén hatékonyan és termelékenyen elvégezhetők a mérési feladatok. A korszerű SDH mérőműszerek képességei és kezelése közel áll a személyi számítógépek vagy munkaállomások technikájához, általában legördülő menük segítik a mérés-technikusok munkáját.

A sokat tudó, részben automatizált mérőműszerek, illetve mérőrendszerek széleskörű bevezetése egyrészt hatalmas segítséget nyújt az SDH berendezések és rendszerek vizsgálatához, másrészt azonban nagy kihívást is jelent. A komplex és költséges mérés-technikai apparátus csak akkor használható igazán hatékonyan, ha a mérést végző mérnök az SDH berendezések és rendszerek működéséről egyszerűre rendelkezik átfogó és részletekbe menő ismerettel.

MEASUREMENT PROBLEMS IN THE SDH SYSTEMS

I. KÁSA and P. JESZENŐI

HUNGARIAN TELECOMMUNICATIONS COMPANY LTD.
PKI TELECOMMUNICATIONS DEVELOPMENT INSTITUTE
H-1456 BUDAPEST P.O.BOX 2. HUNGARY

The practical implementation of synchronous digital (SDH) telecommunications systems is a complex technical objective and implies the extensive application of the relevant sophisticated test technology. The paper discusses not only the principles and the test philosophy of SDH systems but also some basic measurement methods. The first part is devoted to general considerations including requirements and system implications. In the second part several test techniques of great importance are described.



Kása István 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 integrált áramkörök, mikrohullámú vevőrendszerek és mikrohullámú távközlés. 1991 óta a Magyar Távközlési Részvénytársaság PKI Távközlésfejlesztési Intézetében (PKI-FI) fejlesztési tanácsadó, a digitális földfelszíni és műholdas távközlés kérdéseivel foglalkozik. Mintegy 50 szakcikk, 10 találmány és három szakkönyv szerzője, a BME címzetes docense, valamint a HTE tagja.



Jeszenői Péter 1973-tól a Távközlési Kutató Intézet dolgozója volt, analóg mikrohullámú berendezések és mérőműszerek fejlesztésével foglalkozott. 1982-ben a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola híradásipari szakán villamos üzemmérnöki oklevelet szerzett. Továbbra is a Távközlési Kutató Intézetben dolgozva a fényvezetős és PCM technikával foglalkozott, kutatóként, illetve témavezetőként. Ebben az

időben munkatársaival számos találmányt és szabadalmat jelentett be. Kiváló Ifjú Mérnök díjat kapott több alkalommal. 1990-től a MATÁV Rt. PKI Távközlésfejlesztési Intézetében dolgozik. Részt vett a MATÁV Rt. fényvezetős technikával kapcsolatos műszaki előírásainak kidolgozásában. Feladatai közé tartozik a típusvizsgálati minősítési módszerek kidolgozása, a mérések elvégzése. 1993-ban munkáját „Távközlésért Alkotói Díj” kitüntetéssel ismerték el. Szakmai érdeklődése az utóbbi időben az SDH technika felé fordul, fejlesztési témavezető.

SZINKRON DIGITÁLIS HIERARCHIA ALKALMAZÁSA*

Az átviteli hálózatok strukturálása és megfelelő üzemviteli információs rendszer kialakítása a távközlési hálózatok fejlesztésének legfontosabb szempontjai közé tartozik. A cél a befektetések és a működtetési költségek csökkentése, a szolgáltatás minőségének javítása és az átkonfigurálást lehetővé tevő rugalmas bitsebességek kialakítása egy ellenőrzött, menedzselt hálózat keretei között. Ezek a célok mind elérhetők a szinkron digitális átvitel természetéből adódó előnyös tulajdonságok kiaknázásával, ezért ennek bevezetése mellett döntöttek a világ vezető hálózatüzemeltetői, így a France Telecom is. Ez az átviteli technika minden olyan tulajdonsággal rendelkezik, ami a modern hálózati követelmények teljesítéséhez szükséges, és biztosítja a hálózatüzemeltető számára, hogy meg tudja felelni az elkövetkező évek kihívásának, a szélessávú szolgáltatások iránti igény kielégítésének, ami elsősorban a multimédia alkalmazások elterjedéséből adódik.

1. BEVEZETÉS

Az optikai szinkron hálózatokkal kapcsolatos fejlesztések 1984-ben kezdődtek el, az üzleti felhasználóknak az új, szélessávú távközlő szolgáltatások (pl. videokonferencia, távoli adatbázis elérés stb.) iránti egyre növekvő igényének hatására. Ezek a sürgető igények, valamint az Egyesült Államokban bekövetkezett dereguláció vetették fel a különböző üzemeltetők berendezéseinek együttműködési problémáit. Ezidőtájt a legnagyobb sebességű szabványosított interfész 45 Mbit/s-os volt.

1988 februárjában Szöulban tartott nemzetközi tárgyalások eredményeként új ajánlássorozat született. Ezeket a szinkron digitális hierarchiával (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) kapcsolatos egyezményeket a CCITT (ma UIT-T) is elfogadta 1988 novemberében, Melbourne-ben.

Az Észak-Amerikában és Európában működő szinkron digitális hierarchiák közös alapja az STM-1 alapkeret (szinkron átviteli modul, Synchronous Transfer Modul, 1. szint), amely 155,520 Mbit/s bitsebességet jelent. Az STM-N szintű keretek az STM-1 alapkeretek byte-jainak összefésülésével állnak össze.

A szinkron digitális hierarchia egyik fontos jellemzője az üzemviteli célokra fenntartott 10 % körüli vonali fejrész, amely lehetővé teszi az átviteli hálózat menedzselését a különböző hierarchia szinteken.

2. AZ SDH ELŐNYEI

Az SDH és a szinkron hálózatok fő előnyei a következőkben foglalhatók össze: egységes, az egész világon elfogadott nemzetközi hierarchia alakul ki, kevesebb berendezésre van szükség, magasszintű rendelkezésre állás biztosítható, hatékony a hálózatmenedzsment, a hálózat rugalmas és nyílt, a hagyományos pleziokron hálózatokkal kompatibilis interfészek állnak rendelkezésre, valamint biztosított a különböző gyártók berendezéseinek kompatibilitása.

Egységes nemzetközi hierarchia

Az SDH előnye abból származik, hogy az STM-1 (155 Mbit/s), STM-4 (622 Mbit/s) és STM-16 (2,488 Gbit/s) bitsebességeket nemzetközi egyezmények rögzítik. Ezek az egyezmények egy új, a hierarchia szinteket, a hálózati elem

interfészeket és a szinkron multiplex struktúrákat érintő ajánlássorozathoz vezetnek (ITU-T G.707, G.708 és G.709 ajánlások).

Kevesebb berendezés

A hálózat egyszerűsödik, mivel kevesebb berendezésre van szükség. Egyetlen szinkron multiplexer a pleziokron multiplexerek egész sorát helyettesítheti, azok optikai vonali végberendezéseit is beleértve.

Nagyfokú rendelkezésre állás

A magas szintű rendelkezésre állás a hatékony hálózatvédelem segítségével valósul meg. A hálózatvédelem főként a hiba esetén újrakonfigurálható architektúrák alkalmazására és magára az SDH struktúrájára támaszkodik.

Hatékony hálózatmenedzsment

Számos berendezés szolgál a nagy teljesítményű hálózatmenedzsment olyan funkcióinak támogatására, mint az átviteli minőség felügyelete, az összeköttetések vagy berendezések hibája esetén szükséges átkonfigurálás menedzselése, az erőforrás menedzsment, valamint a tartalék és védelmi berendezések menedzselése. A rendszer lehetőséget biztosít azoknak a tervezési és megvalósítási feladatoknak az ellátására, amelyek az azonnali, előre nem látható igények kielégítése során merülnek fel, illetve akkor, amikor a hálózat működési feltételeinek a forgalom rövid-, illetve középtávú változásait tükröző figyelembe vételére van szükség. Mindez a manuális rendezők automatizálásával, valamint a hálózati csomópontok közti utak interfészeinek segítségével valósul meg. Továbbá a fenntartási információk centralizált kezelése miatt a működtetési költségek igen jelentősen csökkenthetők.

Rugalmasság és nyitottság

Az SDH keret alkalmas ATM (Asynchronous Transfer Mode — aszinkron távközlési eljárás) cellák szállítására az n -dik szintű virtuális konténerekben (VC n , ahol n a pleziokron összetevő hierarchia szintje). Ezzel széles szolgáltatási igények kielégítésére ad lehetőséget (HDTV, üzleti LAN stb.).

Az azonnali sávszélesség-igények (NxVC n) kielégítése — például videokonferencia csatornák használata — késleltetés nélkül történhet, az aktuális felhasználói igényeknek megfelelően, adott időtartam erejéig, anélkül, hogy szükség lenne a megfelelő csatornák napokkal előre történő lefoglalására.

* A cikk D. Bourdeau (France Telecom), D. Blanchard (TRT), R. Gourlaouen (Alcatel-Telspan), P. Graff (MET), G. Lefort (SAT) és C. Saint Supéry (Alcatel-CIT) *Commutation and Transmission Special* 1995-ben megjelent cikke alapján készült.

A pleziokron hálózattal kompatibilis interfészek

Az SDH hálózat a pleziokron hálózathoz 1,5/2/6/34/45, illetve 140 Mbit/s bitsebességű interfészekkel kapcsolódhat.

Különböző gyártók berendezéseinek kompatibilitása

A berendezések és interfészek szabványosítása azt eredményezi, hogy a hálózatüzemeltető szabadon válogathat a különböző gyártók berendezései közül, miközben biztos lehet benne, hogy a berendezések problémamentesen fognak együttműködni, következésképpen nincs szükség gyártóspecifikus interfészek alkalmazására sem.

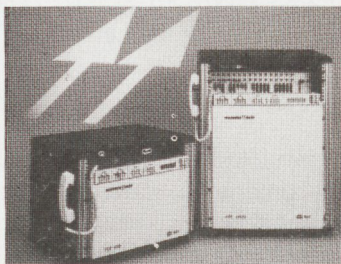
3. SDH BERENDEZÉSEK

Multiplexerek

A leágazó multiplexerek (ADM) az SDH összetett jelfolyamához kétirányú hozzáférést (ezeket a szakzsargonban keleti és nyugati iránynak nevezik), valamint PDH és SDH összetevő hozzáférést biztosítanak. Az ADM működését nagy általánosságban úgy foglalhatjuk össze, hogy a beérkező összetett jelfolyam egy része a másik oldali összetett jelfolyam részeként távozik (kelet-nyugati forgalom), míg a forgalom másik része az összetevők felé halad tovább. A VCn szinten programozható kapcsolómátrix nagyfokú rugalmasságot biztosít. Gyűrű architektúra esetén lehetővé válik az útvedelem. A menedzsment funkciók nagyon összetettek, ezeket a helyi multiplex menedzser végzi (LMM). Ha az ADM-nek csak egy összetett jelfolyam oldali felülete van, akkor végződő multiplexernek nevezzük (TM).

Vonali rendszerek

A vonali végberendezések útvonal multiplexer, optikai végberendezés és védelmi feladatokat látnak el. A 4 vagy 16 összetevő port 140 Mbit/s bitsebességű pleziokron vagy 155 Mbit/s bitsebességű szinkron port lehet. A második esetben a fizikai interfészek elektromosak vagy optikaiak lehetnek. Az optikai végberendezés az összetett jelfolyamok kezelését monomódusú üvegszálat alkalmazva végzi. Ezen funkció megvalósításai a két hullámhossz-ablak használatával (1300 nm és 1500 nm) 0 km-től 90 km-ig terjedő szakasz hosszúságok elérését teszik lehetővé. A védelem 1:N szintű, ahol $N \leq 5$. A tartalék csatorna és annak multiplexere prioritás nélküli (alacsony prioritású) forgalom átvitelére használható, amit az N csatorna bármelyikének hibája esetén megszakítanak.



1. ábra. STM-4 (balra) és STM-16 (jobbra) vonali rendszerek (SAT)

A 90 km-nél nagyobb távolságok áthidalására regenerátorokat használnak. A regenerátor szakasz hosszúságoknak megfelelően az 1300 nm-es és az 1500 nm-es megoldást egyaránt alkalmazzák (1. ábra).

Elektronikus rendezők

A 4/1 rendező N darab (ahol N 128 és 256 közti szám) STM-1 ekvivalens portot köt össze, amelyek különböző szinkron és pleziokron bitsebességeket tartalmazhatnak. Ez a berendezés helyettesítheti a hagyományos manuális rendezőkereteket és a mostanáig használt multiplexer hierarchiát. Alkalmas az SDH szabványosításnak megfelelő minden virtuális konténer szint, valamint a 2 Mbit/s, 34 Mbit/s és 140 Mbit/s bitsebességű pleziokron keretek rendezésére. Ugyancsak képes broadcast típusú feladatok ellátására. A rendszer processzorok által vezérelt és felügyelt, ezek a processzorok végzik a kapcsolóutak kialakítását és az összeköttetések felügyeletét. A helyi menedzselő rendszer segítségével a kezelő ellenőrizheti a digitális utakat, a teljesítményt és a hibaszintet, amik folyamatosan megfigyelés alatt állnak.

A 4/4 elektronikus rendező 155 Mbit/s bitsebességű szinkron és 140 Mbit/s bitsebességű pleziokron jelek blokkolásmentes kapcsolását biztosítja. A 140 Mbit/s, illetve 155 Mbit/s bitsebességű jelek bármelyike bármely bitsebességen működő kimenetre irányítható. A rendező 64 és 512 közötti számú kétirányú port használatára konfigurálható. A DCC menedzselését helyileg végzi egy dedikált egység, amely szűrő megoldásokkal biztonságos hozzáférést biztosít a nem kívánt behatolás (illetéktelen felhasználó) vagy véletlen behatolás (felhasználói hiba) kivédésével. Az útvonal-beállításokat módosító funkciót távolról látja el egy dedikált menedzser (SPARTE).

Szinkron mikrohullámú rendszerek

Szinkron mikrohullámú rendszereket alkalmaznak nagy távolságok esetén (kb. 50 km, 12 GHz-nél alacsonyabb frekvencia, n darab STM-1 szintű jel átvitele esetén $n + 1$ védelem), közepes távolságok esetén sávon belüli jelzésátvitelre, az optikai hurkok lezárására (kb. 20 km-enkénti csomópontok, 12 GHz-nél kisebb frekvencia), és helyi hálózatok esetén kis távolságokra (néhány km, 12 GHz feletti frekvencia). A megoldások kompatibilisek az ITU-R frekvenciakiosztási tervekkel és a PDH hálózattal (140 Mbit/s). Megfelelnek a szinkron átviteli szabványoknak (STM-1, SOH feldolgozás) és lehetővé teszik két STM-1 jel ugyanazon a csatornán történő átvitelét, a frekvencia keresztpolarizációs mód felhasználásának segítségével. Elektromos és optikai hozzáférést is biztosítanak 140 Mbit/s, illetve 155 Mbit/s bitsebességeken. Tipikus kapacitásuk hét STM-1. A mikrohullámú hálózati elemek ugyanúgy felügyeltek, mint bármely másik hálózati elem.

4. AZ SDH BEVEZETÉSE A FRANCE TELECOM-NÁL

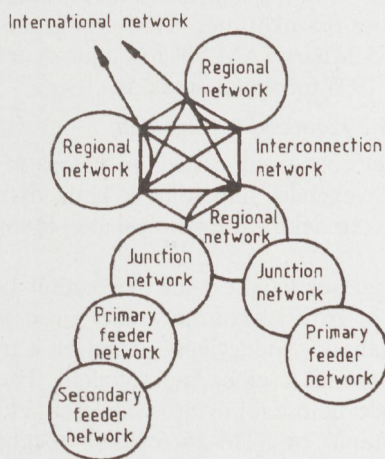
Hálózati architektúra

A France Telecom átviteli hálózatának architektúrája a megfelelő optikai infrastruktúrán és a 3. fejezetben ismertett hálózati elemeken alapszik. Az SDH berendezések

több feladatot is ellátnak, ezek közül kiemelkedő fontosságú a védett átviteli biztosító funkció. Ez számos topológia megvalósítását teszi lehetővé, amelyek a hálózat minden szintjén a leggazdaságosabb megoldást tudják kínálni. Ezek az architektúrák lehetnek pont-pont (jellemzően a jelenlegi pleziokron hálózat), busz (lineáris architektúra, mely köztes állomásokat is kiszolgál; ez a gyűrű előfutárának is tekinthető, mivel az optikai hurkok bezárulásakor gyűrű architektúra alakul ki), vagy gyűrű (optikai hurkok alapú architektúra, mely lehetővé teszi a kapcsolódó állomások kommunikációját).

Az SDH technológiában a multiplexáló technikák magas szintű integrációs szintje tette lehetővé a leágazó multiplexer (Add-Drop Multiplexer, ADM) megvalósítását, mellyel gazdaságos busz, illetve gyűrű architektúrák alakíthatók ki.

A France Telecom hálózatának különböző szintjei — helyi és körzethálózatok (*district network*), azon belüli összekötő és elosztóhálózat (*junction network*, *feeder network*), a trónk hálózat (*trunk network*), illetve azon belüli összekötő és elosztóhálózat (*interconnect network*, *regional network*) és a nemzetközi hálózat — a 2. ábrán, valamint az 1. táblázatban látható módon alkalmaznak SDH berendezéseket.



2. ábra. A France Telecom hálózati architektúrája

1. táblázat. A France Telecom hálózati berendezései

Hálózat típus	Átviteli szint	Berendezés
trónk hálózat/összekötő hálózat (interconnection network)	STM-16	rendezők vonali rendszerek végződő multiplexerek
trónk hálózat/elosztóhálózat (regional network)	STM-16 STM-4	leágazó multiplexerek vonali rendszerek
körzethálózat/összekötő hálózat (junction network)	STM-4	leágazó multiplexerek végződő multiplexerek
körzethálózat/elosztóhálózat (junction network)	STM-1	leágazó multiplexerek végződő multiplexerek

SDH a körzethálózatban

A körzethálózat (*district network*) két szintre bontható: a *junction* hálózat, amely a helyi központok (Main Local Exchange, MLE) közti és a helyi központok és a trónk hálózathoz hozzáférést biztosító trónk hozzáférési csomópontok

(Trunk Access Node, TAN) közti forgalmat szállítja. A másik szint a *feeder* hálózat, amely a kihelyezett előfizetői hozzáférési fokozatok és helyi központjaik közti forgalmat szállítja.

A *junction* hálózat kapcsológépeinek többsége hibátűrő (önvédő) gyűrű topológiába kapcsolt STM-4 leágazó multiplexerekből fog állni.

A *feeder* hálózat ugyancsak két részre osztható. A *primary feeder* hálózatok a helyi központok kapcsolóberendezéseit kötik össze a nagy forgalmú távoli csomópontokkal, optikai, illetve vegyesen optikai és mikrohullámú hurkok segítségével; ezeken többségükben STM-1 szintű gyűrűket definiálnak. A hurkok zárását megelőző átmeneti időszakban lehetőség lesz végződő multiplexereken (Terminal Multiplexer, TM) és STM-1 leágazó multiplexereken alapuló busz topológiák használatára. A *secondary feeder* hálózatok a kisebb forgalmú helyeken működnek majd. Ezek a hálózatok az elkövetkező tíz évben részben továbbra is pleziokron technológiát alkalmaznak, a meglévő berendezések felhasználásával.

A párizsi városi átviteli hálózat kétszintű: a primer városi szint (a párizsi összekötő hálózat) és a szekunder városi hálózat. Ez a hálózat a primer városi csomópontokból (Primary Urban Nodes, PUN) áll, amelyek a szekunder városi csomópontokhoz kapcsolódnak (Secondary Urban Nodes, SUN).

A belvárosban a forgalom nagysága megköveteli, hogy a PUN-okat a SUN-okhoz kapcsoló hálózat hibátűrő gyűrű struktúrába kapcsolt STM-16 szintű leágazó multiplexereket alkalmazzon. Kezdetben lehetséges STM-4 gyűrűk használata is. A külvárosi területeken többnyire hibátűrő STM-4 gyűrűk kerülnek alkalmazásra, néhány STM-16 gyűrű mellett.

Az STM-1 és STM-4 leágazó multiplexereket először 1994-ben rendelték meg, az első gyűrűket 1994 végén telepítették. 1994-ben ajánlatokat kértek STM-16 leágazó multiplexerekre; a szállító céget 1995 második negyedévében választották ki.

A városi csomópontokban a multiplexáló/demultiplexáló funkciókat 2/155 végződő multiplexerek látják el. Ezek telepítése 1995-ben kezdődött, leágazó multiplexerek végződő multiplexereké konfigurálásával. A későbbiekben, amint azok megjelennek a piacon, gazdasági szempontból optimalizált, egyszerűsített végmultiplexerek kerülnek majd alkalmazásra.

SDH a trónk hálózatban

A trónk hálózat (*trunk network*) két szintre bontható, az elosztóhálózatra (*regional network*) és az összekötő hálózatra (*interconnect network*). Az összekötő hálózat szövevényes struktúrájú, az összeköttetések a nagyobb városok, valamint a trónk tranzit és nemzetközi hozzáférési központok (főközpontok) között húzódnak. A trónk összekötő hálózat (Trunk Interconnect Network, TIN) nagyobb központjaiban 4/4 elektronikus rendezőket (4/4 DXC, Digital Cross Connect) fognak alkalmazni, amelyek segítségével hiba esetén — VC-4 szintű védelmet megvalósítva — átirányítható az átvitel. Ezt a feladatot a SPARTE rendszer látja el, amely az átviteli összeköttetéseket felügyelő és meghibásodás esetén az útvonal-átírányítást vezérlő rendszer. A nagy központokat STM-16 vonali rendszerek kötik majd

össze (140 Mbit/s vagy STM-1 multiplexer STM-16 kimenettel). 90 km-nél nagyobb távolságok esetén regenerátorok kerülnek alkalmazásra. Az összeköttetések meghibásodásának kivédésére tartalék rendszereket használnak. Egy ilyen tartalék legfeljebb öt vonali rendszert védhet (1:N szintű védelem $N \leq 5$).

A regional hálózatok a körzethálózatot és a trónk hálózatot kötik össze. Ezeknek a hálózatoknak a tervezett struktúrája 140 Mbit/s vagy STM-1 hozzáférést nyújtó STM-16 vagy STM-4 leágazó multiplexerekből álló hibátűrő (önvédő) gyűrűk.

Eközött a két szint között 2/155 végződő multiplexerek látnak majd el multiplexáló/demultiplexáló feladatokat a 2 Mbit/s bitsebességű összeköttetések, illetve az STM-1 hozzáférés felé. Ezek telepítése 1995-ben kezdődött el. A későbbiekben, amint megjelennek a piacon, gazdasági szempontból optimalizált, egyszerűsített végződő multiplexerek kerülnek majd alkalmazásra.

STM-N rendszereket először 1993-ban telepítettek. Megközelítőleg 300 darab 1:N szintű védelemmel ellátott STM-16 összeköttetés fog működni a trónk hálózatban. A regionális hálózat részére mintegy 50 darab STM-4 összeköttetést rendeltek meg. Ezekben a hálózatokban szükség lesz STM-16, illetve STM-4 leágazó multiplexerekre is, ezek telepítését 1996-ra tervezik.

1995 elejétől kezdve folyamatos az elektronikus rendezők (4/4 DXC) bevezetése a trónk összekötő (*interconnect network*) hálózat főbb központjaiban. A későbbiekben a párizsi városi hálózat primer városi csomópontjaiban is alkalmazásra kerülnek ilyen berendezések, összesen mintegy 90 egységről van szó.

SDH a nemzetközi hálózatban

A nemzetközi tranzit központoknak otthont adó nemzetközi kapcsoló és átviteli központokat (International Switching and Transmission Centres, ISTC) 1995-tel kezdődően látták el 4/1 elektronikus rendezőkkel (4/1 DXC). Ezeket a trónkösszekötő hálózattal, védett VC-4 szintű utakkal fogják összekapcsolni. Az automatikus nemzetközi központok (Automatic International Exchange, AIE) ugyancsak a TIN-en keresztül kapcsolódnak az ISTC-hez.

A France Telecom szinkron tengeralatti összeköttetések kiépítéséhez a TAT12-TAT13 projektet — ami az Egyesült Államokat, Franciaországot és Nagy-Britanniát az Atlanti-óceán alatt vezetékiesen köti össze —, és az ECFS (kelet-karibi üvegcsál rendszer, Eastern Caribbean Fibre System) — 14 karibi szigetet tengeralatti kábelekkal összekötő — projektet használja fel.

A METRAN projekt

A METRAN projekt a hálózatüzemeltetőket többségében SDH alapú, ellenőrzött nyomvonalakkal összekapcsoló európai hálózat megteremtését célozza. Az alkalmazott utak VC-4 szintűek, a projekt csak az utak nemzetközi részével foglalkozik.

Kétfajta csomópontot terveznek: nemzetközi (*gateway*) hozzáférési csomópont, amelyet elektronikus rendezőkkel látnak el és amelynek feladata minden VC-12 és VC-4 szint közötti felhasználói kapcsolat kezelése, valamint a határhoz közeli, átrendezhetőséget biztosító, DXC-vel felszerelt csomópontok.

A TAT12-TAT13 transzatlanti kábel projekt

Ezt a tengeralatti kábelekből álló, Észak-Amerikát Európával összekötő hálózatot egy öngyógyító gyűrű alkotja, amely két darab, négy szegmensre osztott összeköttetésből áll. Minden egyes összeköttetés kapacitása 5 Gbit/s, melyek védelmét két, eltérő útvonal biztosítja. Minden összeköttetésen 32 STM-1 halad át. A végződések az Egyesült Államokban, Franciaországban és Nagy-Britanniában találhatók. A projekt ötven hálózatüzemeltető közös beruházása. Az első szakasz (TAT12) átadása 1995-ben esedékes, a második (TAT13) 1996-ban.

Mivel más „idegen” hálózatüzemeltetők VC-12 szintű kapcsolatokat vásárolhatnak az összeköttetésekéből, ezért a nemzetközi átviteli szintnek megfelelő szinkron kapcsolódási pontot kellett biztosítani. Ennélfogva ezeknek a rendszereknek muszáj 4/1 DXC-ben végződnieük. Az így kialakított hálózatban a szinkronizáció biztosítására speciális megoldásokra volt szükség.

Az ECFS tengeralatti kábel projekt a Karib-szigeteken

Egy tengeralatti kábelfűzér, ismétlő nélküli üvegcsál fog összekötni 14 Karib-tengeri szigetet. Két üvegcsálpár biztosítja a Martinique és Guadeloupe közti biztonságos nemzeti összeköttetést. A Guadeloupe — Dominica — Martinique összeköttetést 1995 áprilisában adták át. A védelem nélküli nemzetközi busz összeköttetés STM-4 végződő berendezésekből és 155 Mbit/s SAM-ból fog állni. A teljes ECFS összeköttetést 1995 folyamán adták át.

Összeköttetések a szomszéd országokkal

A France Telecom trónk összekötő hálózatát a határon áthaladó üvegcsál kapcsolatok kötik össze a nyolc szomszédos ország hálózatüzemeltetői által fenntartott hálózatokkal.

Az összeköttetések kiépítésének befejezését 1996-ra tervezik. Két STM-16 összeköttetés vezet majd a nagyobb szomszédos államok mindegyikébe, amelyek a trónk hálózat DXC 4/4 berendezéseihez kapcsolódnak. Ezek az átviteli utak átrendezhetőségét nyújtó védelmet (140 vagy 155 Mbit/s) biztosítanak az STM-16 rendszer meghibásodásának esetére. A Mulhouse — Basel (Svájc) és Metz — Arlon (Belgium) összeköttetések már 1994-ben elkészültek.

5. AZ SDH HELYZETE MÁS ORSZÁGOKBAN

Az egyes hálózatüzemeltetők más-más SDH bevezetési stratégiát alkalmaznak. Ezek a stratégiák az adott forgalmi igényektől és az egyes üzemeltetők tőkeerejétől függenek.

A bevezetési stratégiáknak két jól megkülönböztethető fajtája létezik, amelyek persze vegyesen is alkalmazhatók, az aktuális gazdasági, szolgáltatásminőségi és átviteli kapacitás igényeknek megfelelően. Az egyik a „felülről lefelé”, azaz a hálózatnak a forgalomnövekedésre legérzékenyebb részein (gerinchálózat) történő bevezetés. Ez a megközelítés aránylag nagy befektetést igényel, viszont lépést tud tartani a növekedéssel, és általában is elősegíti a racionális szervezést. A „lentől felfelé” építkező stratégia az új szolgálatok bevezetése nyomán fellépő igényeket elégíti ki (ennek tipikus példája a 2 Mbit/s bitsebességű üzleti felhasználói kapcsolat). Mindazonáltal sok ország a két stratégia együttes alkalmazásával fejleszti hálózatát.

Németország

Németországban a Deutsche Telekom a „felülről lefelé” stratégiát választott egy négyszintű hálózati kialakítására. 1988-ban készítették el STM-4/STM-16 SDH vonali rendszerek specifikációját, ezek a berendezések 1992-ben léptek működésbe. Ugyanebben az időben kezdődött el az NKU-2000 projekt, amely kezdetben PDH rendezőkre épített, azonban az SDH előnyeinek felismerésével 1989-ben módosították elképzeléseiket. Jelenleg több tucat 4/1 DXC működik a hálózatban.

Az SDH bevezetése a hálózati hierarchia alsó rétegeiben az 1991-ben indított Vision projekt keretei közé tartozik. 1992-ben kísérleteket végeztek STM-1 és STM-4 hurkokkal, majd 1993-ban kiválasztották a szállítót.

Behatóan tanulmányozták a hálózati üzemvitel témakörét. Párhuzamosan a szabványosítási testületekkel a Deutsche Telekom az 1991 végén érvényes ISO, CCITT és ETSI szabványtervezetek alapján definiált egy dedikált, objektum-orientált illesztési felületet. A központi menedzsment rendszer, mely 1995-ben rendszerbe állt, a Rebell projekt keretében készült.

Nagy-Britannia

Nagy-Britanniában a British Telecom (BT) jelentős befektetéseket hajtott végre a multiplexerek, vonali rendszerek, rendezők és az ezekhez kapcsolódó menedzsment területén. A BT strukturális megközelítést választott, aminek jogosságát az a tény bizonyítja, hogy az SDH gyors áramkör-átkonfigurálást tesz lehetővé. A telepítés lépései a következők: a első telepítések 1994 elején kezdődtek, a teljes lefedő hálózatnak 1996-ra kell működésbe állnia, végül a jelenlegi pleziokron hálózatot a századforduló környékén üzemben kívül helyezik.

Amerikai Egyesült Államok

Az Egyesült Államokban érvényes szabályozás értelmében az üzemeltető típusa szerint megkülönböztetnek helyi és távolsági hálózatot. Az egyes üzemeltetők más-más bevezetési stratégiát alkalmaznak.

A távolsági hálózatok piacának 85 %-át három vállalat tartja kézben. A nagyobb üzemeltetők majdnem szövetvényes hálózatokat alkalmaznak, amelyek vonali rendszerekből és rendezőkből állnak. Az utóbbi hat évben a legnagyobb üzemeltető jelentősen modernizálta PDH hálózatát. Az ezekben a rendszerekben megvalósított fejlett felügyeleti technikák és a hálózat bizonyos kihasználatlan kapacitásának következtében a szinkron hálózatok bevezetése lassabban fog történni. Más üzemeltetők megkezdtek STM-16 összeköttetések telepítését a túlterhelt kapcsolatokon, illetve kétirányú gyűrűk használatát tervezik a szolgáltatásminőség javítása érdekében. Kétirányú gyűrűk alkalmazását tervezik a városi és a regionális hálózatokban is (először szinkron hurkok alkalmazásával 1994-ben), míg a legkisebb üzemeltetők megtartják fastruktúrájú hálózataikat.

Japán

Japánban a legnagyobb üzemeltető egy nemzeti (távolsági) és egy helyi hálózati szintből álló, kétszintű szinkron hálózati struktúrát választott. A szinkron átviteli hálózat átfedésben van a jelenlegi pleziokron átviteli hálózattal. A

városi szintű helyi hálózat a távolsági hálózathoz kapcsolódó gyűrű összeköttetésekben áll. A szinkron rendszerek bevezetése 1990-ben kezdődött, az átfogó hálózati menedzsment rendszer 1993 végén készült el. A tervek szerint a hálózat 2000 körül ATM forgalmat fog szállítani.

6. AZ ÜZEMVITEL ÉS AZ INFORMÁCIÓS RENDSZER

Az SDH egyik nagy ereje magába az SDH keretbe épített menedzsment lehetőségekben rejlik. A jelentős overhead nem csak a keretben szállított entitások (szakaszok, utak) menedzselését teszi lehetővé, hanem ezeknek a jeleknek az egyes hálózati elemek közti szállítását is, miáltal egy a menedzsment céljára fenntartott átviteli hálózat alakítható ki. A berendezések távolról is menedzselhetők az OA&M (Operations, Administration and Maintenance: üzemeltetés, üzemigazgatás és fenntartás) interfészek segítségével.

Minden SDH átviteli rendszerhez, még az alhálózatokhoz is (pl. SDH busz vagy gyűrű) tartozik egy berendezés és útvonal menedzser. A menedzser által felkínált funkciók a következők: hiba (riasztás feldolgozás), teljesítmény (minőséganalízis), konfiguráció (útvonalak létrehozása, erőforrás-hozzárendelés), biztonság (hozzáférésvédelem nem kívánt behatolás megakadályozására, jogsultság menedzsment).

Helyi menedzsment is elképzelhető egyszerű PC terminálok felhasználásával.

Berendezés (és gyűrű) menedzsment rendszerek

Szinkron hozzáférési multiplexerek

STM-1 és STM-4 ADM esetén a berendezésekre vonatkozó távoli üzemeltetés a helyi multiplex menedzserre (Local Multiplex Manager, LMM) támaszkodik. Az LMM a „gyűrűmester” ADM-en keresztül kapcsolódik a gyűrűhöz (esetleg, biztonsági okokból kettőn keresztül). Ez az ADM továbbítja a menedzsment információkat a gyűrű összes ADM-jétől az LMM-hez, ahol a szükséges analízis és feldolgozás történik. Az LMM teszi lehetővé, hogy egy útvonal felálljon a gyűrű két ADM-je között.

Az LMM menedzsment kapacitásának lehetővé kell tennie a mintegy 100, több gyűrű mentén elosztott hálózati elem gyors elérését. A menedzsernek meg kell engednie több kezelő egyidejű hozzáférést, valamint helyi és távoli terminálok kapcsolódását.

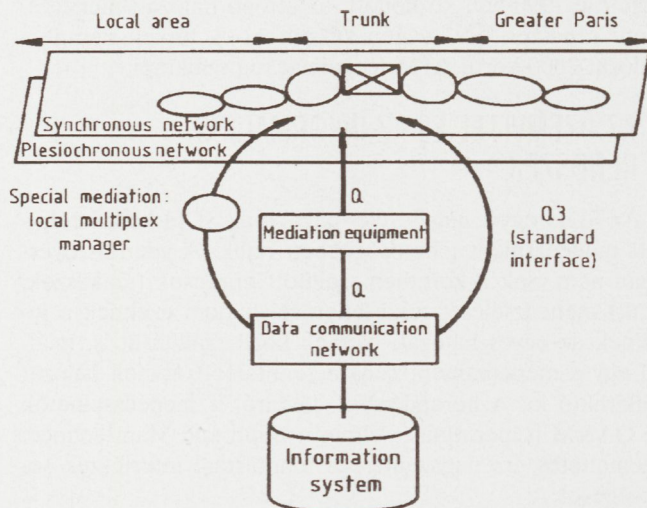
Rendezők

A helyi rendező menedzser több rendező menedzselésére használható. Több kezelő egyidejű hozzáférése, valamint helyi és távoli munkaállomások kapcsolódása egyaránt lehetséges lesz.

Integráció a France Telecom információs rendszerével

SDH berendezések alkalmazása az információs rendszerben felveti azt a problémát, hogy hogyan osztozzon meg a feladatokon a berendezés és az alhálózat menedzser, illetve az információs rendszer (3. ábra). Például az LMM elvégezhet bizonyos teljesítményanalízis feladatokat (állapot statisztikák, összegzések készítése), amelyek inkább a hálózati szintű információs rendszer feladatai lennének.

Ugyanez vonatkozik a riasztásokhoz vezető hibajelzések feldolgozására.



3. ábra. SDH: A France Telecom hálózati menedzsment rendszere az intelligens berendezések ellátására

Fontos tehát, hogy ezek a menedzsment rendszerek rendelkezzenek egy felülettel az információs rendszer felé, és az ezen a felületen átadott üzenetek tartalma jól definiált legyen. Különösen nagy szükség van a berendezésre és az útvonalra vonatkozó információk megkülönböztetésére, hiszen az előbbi többnyire gyártóspecifikus, míg az utóbbi a hálózatra jellemző.

Riasztás feldolgozás és ellenőrzés

Riasztások esetére szükséges az átadott információk definiálása, illetve a riasztás alkalmazások és ellenőrzés alkalmazások felületének meghatározása. A több gyártó berendezéseit is tartalmazó környezet miatt szükség van olyan közvetítő berendezésekre, amelyek az LMM-től származó üzeneteket az információs rendszer számára feldolgozható formátumra alakítják.

Kezdetben riasztásmentes hurkokat irányítanak a megfelelő felismerő rendszerek a riasztáskezelőkhöz, majd a minőséget a központi irányítóteremben elhelyezett helyi multiplex menedzserek segítségével ellenőrzik.

Konfiguráció és védelem

Ugyanúgy, mint a riasztáskezelőknek, az erőforrások hozzárendelésével és a hálózati konfigurációval kapcsolatos alkalmazásoknak, más szóval a hálózati adatbázisoknak is kapcsolatot kell tartaniuk a berendezésmenedzserekkel. Ezeket az adatbázisokat az SDH-specifikus gyűrű architektúrákhoz adaptálták. Meg kellett változtatni a menedzselt entitásokat annak érdekében, hogy figyelembe vegyék az SDH definiálta utakat és szakaszokat.

A trónk összekötő hálózat szintjén a védelmet és a VC-4 utak útvonal-átrendezését az elektronikus rendezők vezérlésével adaptálták az SDH-hoz. Ezeket a feladatokat a SPARTE alkalmazás végzi.

A cél a távközlési menedzselő hálózat kialakítása

A hálózati menedzsment fejlődése a távközlési menedzselő hálózat (Telecommunication Management Network, TMN) kialakításának irányába fokozatos lesz, az új, platform alapú technológiákra és a továbbra is használható

általános alkalmazásokra építve. Az átalakulás során figyelembe veszik az egyes rétegek szervezési elveit (szolgáltat, hálózat, berendezés szinten). A Q3 menedzsment felületek összehangolása akkor válik majd lehetségessé, amikor a szabványosítás a felületek minden elemére vonatkozólag, beleértve egy teljes információs modell definícióját is, minden gyártó által elfogadott eredményt hoz.

A TMN elvei szerint úgy kell modellezni az egyes menedzselt erőforrásokat, hogy a különböző formájú menedzsment információkat szabványosított módon adják át. A menedzselendő erőforrásokat (és azok lehetséges használatát) leíró formális struktúrák az ISO által a nyílt rendszerek adminisztrációjára bevezetett objektum reprezentáción alapulnak. Következésképpen a menedzsment alkalmazások „objektumokat” kezelnek, amiket modellezni és definiálni kell.

Franciaország országos távközlési kutatóközpontja (CNET) aktív szerepet tölt be ezen a területen, különösen a szabványosítási bizottságokban való részvétele és belső tevékenysége folytán. A CNET részt vesz az ETSI Q3 interfészek (ETS 300-304) SDH berendezésekbe bevezetésének előnyeit és hátrányait elemző vizsgálatokban, valamint a Q3-nak az információs rendszer alkalmazásokra gyakorolt hatásának vizsgálatában.

7. FEJLESZTÉS

Az üvegszál asztviteli rendszerek fő fizikai korlátai az üvegszál négy fő jellemzőjével kapcsolatosak, ezek: a csillapítás, a kromatikus diszperzió, a nemlineáris hatások és polarizációs diszperzió.

A 2. táblázatban feltüntetettük a csillapítás és a kromatikus diszperzió által okozott távolsághatárokat. A legjobb eredmények a harmadik optikai ablak alkalmazása esetén érhetők el. Ez az ablak az 1550 nm-es hullámhossz környékén található, itt az üvegszál csillapítása a legkisebb (kb. 0,2 dB/km).

2. táblázat. Nagysebességű összeköttetések maximális elméleti hatósugara

Bit-sebesség (Gbit/s)	diszperzió miatti távolsághatár (km)			csillapítás miatti távolsághatár (km)	
	1550 nm szabványos módusú üvegszál	1550 nm diszperzió eltolódásos üvegszál	1300 nm szabványos módusú üvegszál	1550 nm	1300 nm
10	58	283	400	47	31
20	14,5	70	100	37	24
40	3,6	18	25	27	18

A jövőbeli fejlesztések az optikai átviteli rendszerek a bitsebesség és az áthidalható távolság növelését célozzák.

A bitsebesség növelése

Monomódusú üvegszál asztvitel esetén a fellépő nemlineáris jelenségek többnyire a következők: a „fázis automoduláció”, a fény teljesítményével kapcsolatos fáziseltolódás, ami a spektrum kiszélesedésével jár, a „kereztfázis moduláció” és a „négy hullám keveredés”, több hullámhossz-modulált vivő alkalmazásakor felbukkanó jelenségek. Mindezek korlátozzák a hasznos sávzélességet.

A következő szakaszban tárgyalt optikai erősítőknek köszönhetően a csillapítási korlát szerepe ma már jelentéktelen. Ennek a korlátnak a kiterjesztése után az üvegszál kromatikus diszperziója és a modulált forrás sávszélessége közti kölcsönhatás eredményeként létrejövő diszperzió válik korlátozó tényezővé. Az erősen negatív kromatikus diszperziójú monomódusú üvegszál használata mellett más technikákkal is kísérleteznek. Ezek közé tartozik az időosztásos multiplexálás (Time Division Multiplexing, TDM) és a hullámhossz-osztásos multiplexálás (Wavelength Division Multiplexing, WDM).

Az időosztásos multiplexálással kapcsolatban három új technika került a figyelem középpontjába:

- A modulált emitter hullámhossz ingadozását optimalizáló külső moduláció, amit a vonali (*duobinary*) kódolás továbbfejlesztésével együtt alkalmaznak. Ezzel a módszerrel laboratóriumi körülmények között 210 km-es távolságot sikerült elérni 10 Gbit/s bitsebesség esetén, elő- és utóerősítők alkalmazásával.
 - A szabványos üvegszál frekvenciamodulációt amplitúdó-modulációvá alakító diszperzív természetét kihasználó átviteli mód. Ezzel a módszerrel 253 km-es távolságot sikerült elérni 10 Gbit/s bitsebesség esetén, G.652 üvegszál és direkt modulációs lézervedő használva.
 - Szolitonok, a fázis automoduláció nemlineáris hatása révén fellépő pozitív kromatikus diszperzió által okozott kiszélesedés kompenzálására tervezett hullámformák. Ilyen körülmények között az impulzusok az üvegszálon végighaladva nem deformálódnak, így csaknem torzításmentesen tehetnek meg igen nagy távolságokat.
- Hullámhossz-osztásos multiplexálás
- Ugyanazt az üvegszál több, különböző hullámhosszakra modulált digitális bitfolyam használja. Ez a technika valószínűleg komoly hatást fog gyakorolni a jövő rendszereire, mivel egyszerűen és gazdaságosan használja ki a monomódusú üvegszálak hatalmas átviteli kapacitását. Már napjainkban megoldott az átvitel 440 km hosszú, 40 Gbit/s bitsebességű szabványos üvegszálon. A WDM alkalmazásával megnyílik az út az optikai útvonal-beállítás és a multikromatikus hálózatok előtt.

A távolság növelése

Az ismétlők számának csökkentése érdekében optikai erősítőket használhatunk a nagysebességű átviteli rendszerek távolságkorlátjának kiterjesztésére, különösen az 1550 nm körüli hullámhosszakon. Többféle erősítőt alkalmazhatunk: teljesítményerősítőt, vonali erősítőt és előerősítőt. Ezeknek az erősítőknek vonal mindkét oldalán (küldő és fogadó) történő alkalmazásával fokozhatjuk a multiplexerek adóteljesítményét és vételi érzékenységét. Az erősítők integrálása a létező hálózati elemekbe azt jelenti, hogy ezek együtt menedzselhetők, ami különösen vonzó tulajdonság a szárazföldi SDH hálózati alkalmazások szemszögéből nézve.

Az erősítő technikák alkalmazásánál előnyben részesítik az erbium adalékolt optikai szálak belső tulajdonságai (a belső polarizációval és interferenciával szembeni ellenállása), valamint műszaki paraméterei (nagy adóteljesítmény, kis zaj, nagy teljesítményneresség, nagy sávszélesség) miatt. A jövő egyik feladatául megfogalmazott átállás a félvezető alapú erősítő technológiára még nagyobb fokú

integrációs szint elérését teszi majd lehetővé.

A 3. táblázatban megadtunk néhány tipikus optikai megoldást és azok távolságkorlátait STM-4 és STM-16 SDH átviteli bitsebességekre, teljesítményerősítő és teljesítményerősítő/előerősítő kombinációjának esetére.

3. táblázat. A France Telecom hálózati berendezései
(* csillapítási együttható: 0,25 dB/km)

Átviteli sebesség (1550 nm-en)	Teljesítmény- erősítő	Kombinált teljesítmény- erősítő és előerősítő
STM-4 (622 Mbit/s)		
– max. csillapítás	47 dB	55 dB
– max. diszperzió	3400 ps/nm	5200 ps/nm
– tipikus hatósugár*	188 km	220 km
STM-16 (2,5 Gbit/s)		
– max. csillapítás	40 dB	48 dB
– max. diszperzió	3000 ps/nm	3400 ps/nm
– tipikus hatósugár*	160 km	192 km

SDH a helyi hálózatban

A hálózatüzemeltetők üzleti előfizetői egyre növekvő mértékben igényelnek változatos bitsebességű bérelt vonalakat különböző szolgáltatások céljára (hang, adat, álló- vagy mozgókép továbbítása).

Ezeknek az igényeknek a kielégítését, az üzleti előfizetők összekapcsolását a France Telecom a rugalmas optikai hozzáférés koncepcióját alkalmazva végzi. Ez egyrészt a nyilvános kapcsolt hálózathoz csatlakozó speciális hálózatokra, másrészt a nagy forgalmi sűrűségű, speciális igényeket megfogalmazó területeken (bankok, ipari területek, üzleti negyedek stb.) kialakított fix összeköttetésekre alapul.

SDH berendezések alkalmazása ezen hálózati típusok esetén jelentős szolgáltatásjavulást hoz az ügyfelek számára, az üzemeltető részére pedig az alkalmazott leágazó multiplexerek következtében a fenntartás egyszerűsödését eredményezi.

A fejlődő szinkronizációs hálózat

A hálózati elemek különböző hozzáférési jelei közti fáziskülönbség kezelését az SDH mutatókezelő eljárás végzi. A fáziseltolódás következmény nélküli, ha a felhasználói réteg szinkron marad, ellenben a pleziokron átvitel minőségét befolyásolhatja. Ezeket a fázisugrásokat egy ún. „szinkrontalanító” funkció simítja ki annak érdekében, hogy a jel megfeleljen a PDH interfészek jitter előírásainak. A jelenség elkerülése érdekében hálózati elem szinkronizációt biztosítanak.

A France Telecom két szinkronizációt megvalósító megoldási módot vizsgált meg. Az első szerint a központokból jövő 2 Mbit/s bitsebességű összeköttetésekre és az országos hálózati szinkronizációs egységekre (National Network Synchronization Unit, USRN) támaszkodva megőrzik a jelenlegi szinkronizációs hálózatot a PDH és SDH berendezések számára. A második tanulmányozott megoldás, egyaránt érintve az SDH és PDH berendezéseket, a szinkronizációs elosztó hálózat teljes felülvizsgálatával járna.

Eszerint két csomópontban (a nyilvánvaló biztonsági okok miatt) kettő referencia atomóra működne, 10^{-12}

pontosságú frekvenciát biztosítva. Ez a referencia órajel a hálózat minden csomópontjához két úton jutna el az STM-N nagysebességű időzítés segítségével, melyet a mutatók módosulása nem befolyásol. A hálózat minden csomópontjában egy szinkronizációs egység állítaná helyre az így szétosztott időzítőjelet és látná el vele az összes csomóponti berendezést. Amennyiben a szinkronjel kimaradna, a szinkronizációs egység szabadon futó üzemmódban kevesebb mint 10^{-10} napi csúszással működne. A szinkronjelet elosztó hálózatot gondosan meg kell tervezni, elkerülve a „szinkronizációs hurkokat” és a meghibásodás esetén hálózatban fellépő jittert.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalásképpen megállapíthatjuk, hogy a szinkron digitális átvitel minden olyan tulajdonsággal rendelkezik, ami a modern hálózati elvárások teljesítéséhez szükséges. Az SDH bevezetése biztosítja a hálózatüzemeltető számára, hogy meg tudja felelni az elkövetkező évek kihívásának, a magasabb sebességű szolgáltatások iránti igény kielégítésének, amit elsősorban a multimédia alkalmazások elterjedése indukál. Ki kell emelnünk azt is, hogy az SDH az ideális átviteli közeg az ATM számára. Az SDH lehetővé teszi azt is, hogy az üzemeltető megfeleljen az átviteli hordozószerkezet iránti igénynek is, támogatva a mennyiségi és sebességbeli növekedést ugyanúgy, mint a típusok széles skáláját.

IMPLEMENTATION OF SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY (SDH)*

The structuring of transmission networks and the creation of an appropriate information system are major objectives for telecommunication network operators. The aim is to reduce capital and running costs and improve quality of service and bit rate flexibility to offer reconfiguration facilities in a managed, supervised network. These objectives can be achieved through the intrinsic benefits of synchronous digital transmission. This transmission technique has everything to support modern network requirements, enabling operators to take up the challenge of the trend towards higher bit rate services in the years to come.

* The paper was prepared from the publication of D. Bourdeau, D. Blanchard, R. Gourlaouen, P. Graff, G. Lefort and C. Saint Supery published in *Commutation and Transmission Spécial 1995*.

SAT MAGYARORSZÁG – A SAGEM CSOPORT MAGYAR TAGJA

A SAT Magyarország Kft. — SYNCON Kft. néven — 1987. novemberében alakult 100 %-os magántulajdonban lévő kisszövetkezetként. Az alapítók olyan távközlési szakemberek voltak, akik ezt megelőzően tapasztalatokat szereztek berendezések fejlesztésében, tervezésében és telepítésében nemcsak Magyarországon, de külföldön is (Kína, Kuvait, Algéria, Szovjetunió, Bulgária, Csehszlovákia).

A megalakulás után a vállalat főleg a Magyar Posta, majd később a MATÁV Rt. beruházásaiban vett részt, ahol az esetek túlnyomó többségében a francia SAT cég berendezéseit szerelte és helyezte üzembe.

Így kezdődött cégünk kapcsolata a SAGEM csoport egyik tagjával, a párizsi székhelyű SAT-tal. Ennek eredményeként 1992. január 1-jén megalakult a — 100 % francia tulajdonban lévő — SAT Magyarország Távközléstechnikai Kft. A cég átalakulásával egy időben jelentős törzstőke emelésre került sor.

Ezekkel a lépésekkel a SAT cégnek az volt a szándéka, hogy Magyarországon olyan szervezetet hozzon létre, amely műszaki felkészültségének és tapasztalatának köszönhetően a jelenlegi és leendő megrendelőket — a SAT termékeinek megfelelő — magas színvonalon szolgálja ki.

A SAT Magyarország Kft. az alábbi területeken nyújt szolgáltatásokat ügyfeleinek:

Távközlési berendezések szállítása, szerelése, üzembe helyezése

- átviteltechnikai berendezések:
 - PDH rendszerek;
 - SDH rendszerek;
- terminálok;
- adatátviteli eszközök;
- híradástechnikai segédberendezések (acélszerkezetek, rendezők, szekrények).

Távközlési rendszerek kivitelezése, üzembe helyezése, fenntartása

- helyszíni technológiai szerelés;
- áramellátó rendszerek fejlesztése, szerelés, üzembe helyezése:
 - erősítő állomások, telefonközpontok áramellátó rendszereinek helyszíni telepítése;
 - szabványossági és érintésvédelmi felülvizsgálatok;
- távközlési hálózatok építése, szerelése:
 - föld feletti és föld alatti kábelhálózatok létesítése;

- épületen belüli informatikai hálózatok megvalósítása;
- távtáplált erősítő- és regenerátor tartályok telepítése;
- kábeles mérések (optikai és réz-kábelek);
- távközlési rendszerek fenntartása:
 - 24 órás ügyeleti szolgálat, 2 órás reagálási idővel.

Konstrukció, tervezés

- univerzális távközléstechnikai szekrényrendszer;
- tápelosztó betétek;
- acélszerkezetek;
- rendező betétek.

Szoftver fejlesztés

A telepített távközlési rendszerek felügyeletét és menedzsmentjét biztosító hálózatkezelő szoftverek fejlesztése, üzembe helyezése és üzemeltetése tartozik ebbe a tevékenységi körbe.

Rendszertervezés

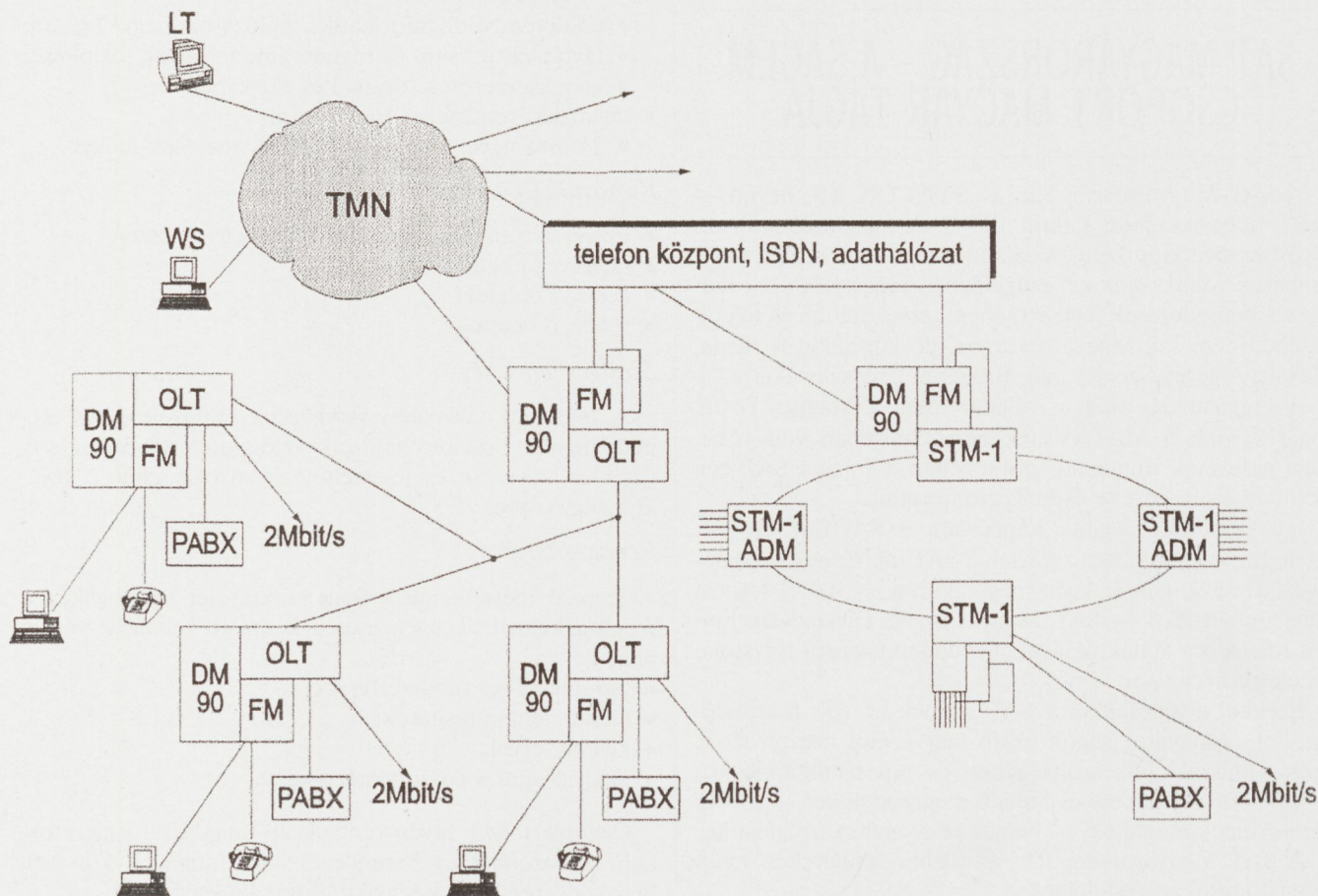
Tervező mérnökeink a fenti szakterület bármelyikén a megfogalmazott igények esetén komplett tervezést végeznek:

- tanulmány- és rendszertervek;
- technológiai utasítások;
- kiviteli tervek;
- megvalósítási dokumentációk.

Cégünk a SAT révén rendelkezik mindazon ismeretekkel, eszközökkel és berendezésekkel, amelyek korszerű távközlési rendszerek kialakításához szükségesek.

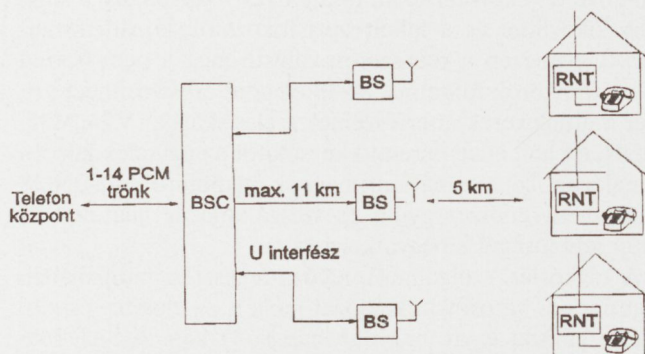
Ennek egyik jó példája a szentendrei rurál területen létrehozott átviteltechnikai rendszer. Az átviteli rendszer gerincét a 140 Mbit/s-os PDH gyűrű alkotja. A csomópontokban 2/34, illetve 34/140 Mbit/s-os multiplexerek teszik lehetővé a jelfolyam lebontását. Ezen bonyolódik a digitális főközpont és a kihelyezett fokozatok közötti forgalom. Ugyanezen a rendszeren valósul meg a nem beszéd célú áramkörök forgalma. Az intelligens cross-connect primer multiplexerek interfészeinek széles skálája (V.24, V.35, ISDN, 64 kbit adat) teremt kapcsolatot az ügyfelek között. A hálózat, illetve a hálózati elemek állapotáról az IONOS felügyeleti rendszer gyűjti és szolgáltatja az adatokat és nyújt lehetőséget a beavatkozásra.

A távközlési szolgáltatók hálózatfejlesztési munkájában a gerinc- és városi trunkhálózat mellett az elosztó- és előfizetői hálózat egyre nagyobb hangsúlyt kap. A SAT Magyarország Kft. 1991 óta aktív tevékenységet folytat ezen a területen, felhasználva a SAT által biztosított lehetőségeket. A SAT SATFLEX koncepciójának arzenáljában minden eszköz megtalálható ennek az igénynek a kielégítéséhez (1. ábra).



1. ábra. A SATFLEX előfizetői hálózat elemei

ADM: Add/Drop multiplexer; DM 90: Hálózat menedzser közvetítő; FM: Flexibilis multiplexer;
OLT: Optikai végberendezés; PABX: Alközpont; TMN: Távközlési menedzselő hálózat



2. ábra. TANGARA RD rendszer

BSC: bázisállomás kontrollér;
BS: bázisállomás; RNT: rádió végberendezés

A RESICOM berendezés család szintén az előfizetői hálózat kialakításához nyújt támogatást. A HDSL vonali berendezés ismétlő állomás nélkül hidalhat át 8 km-es távolságot. Az intelligens MXLP primer multiplexer az

igényekhez legjobban igazodva 10-től 60 csatornáig biztosít átviteli kapacitást. A berendezés családot az URBICOM 23 és 38 GHz-es mikrohullámú berendezés egészíti ki, amelyekkel 4×2 Mbit/s-os összeköttetés valósítható meg.

A rurál hálózatok gyors fejlesztéséhez alkalmazható a CT2 alapú TANGARA RD rádiós rendszer (2. ábra).

Az 1987-ben induló 10–15 fős csoport, amely alapvetően csak berendezések üzembe helyezésével foglalkozott, az évek folyamán olyan komplex szolgáltatásokat nyújtó cégé fejlődött, amely a SAT világszínvonalú berendezéseivel és saját szakemberei tudásával, gyakorlatával képes a tevékenységi körébe tartozó távközlési feladatokat megoldani.

Az elmúlt év egyik legnagyobb eredményének tartjuk, hogy a MATÁV Rt. által kiírt SDH tender egyik győzteseként a SAT szállíthatja a budapesti SDH hálózat berendezéseit. A projekt megvalósítója pedig a SAT Magyarország Kft., a SAGEM csoport magyar tagja.

SAT MAGYARORSZÁG KFT.
1045 Budapest, Istvánbeli út 8.
Tel.: 169-9122; Fax: 169-9520

■ AZ AT&T CAPITAL MAGYARORSZÁGON

Az AT&T Capital Kft. megkezdte működését Magyarországon. A világ egyik legnagyobb, főként captive leasinggel (captive leasing: a gyártó vállalat saját pénzügyi intézménye által, a saját termékei értékesítésére kidolgozott finanszírozási csomag) foglalkozó vállalata, az AT&T Capital Corporation, a bécsi Koordinációs Iroda után Budapesten nyitotta meg új regionális központját. Torday Tamás igazgató Budapestről irányítja a vállalat magyarországi és egész délkelet-európai tevékenységét.

Mostanáig az AT&T arról volt ismert Magyarországon, hogy csúcsmínőségű üzleti kommunikációs rendszereket és hálózatokat gyárt és forgalmaz. Az AT&T a Capital Kft.-n keresztül ezentúl kedvező finanszírozási feltételekkel tudja kínálni telefonrendszereit, ami a remények szerint fontos tényező lesz a megrendelések elnyerésénél.

Az AT&T Capital Kft. eddigi rövid történetének sikerét mutatja, hogy az 1995 októberében bejegyzett cég az AT&T Magyarország tavalyi 12 millió dolláros forgalmából 2,5 millió dollár finanszírozásában vett részt. 1996-ban a tervek szerint a forgalom 35–40 %-át fogja finanszírozni.

Az AT&T Capital Kft. anyavállalatával, mint beruházóval való szoros kapcsolatából fakadóan speciális telekommunikációs ismeretekkel rendelkezik. Az AT&T által gyártott berendezések finanszírozásában szerzett évtizedes tapasztalatából kiindulva alakítja ki finanszírozási csomagjait. Ezek az ún. „captive leasing” konstrukciók, a világ minden piacán alkalmazott és bevált modellek, mivel stabil, nagy biztonsággal tervezhető, alacsony kockázatú megoldások. E megbízhatóság záloga az, hogy a gyártó és a finanszírozó ugyanaz a cég. A berendezés műszaki paramétereinek ismerete csökkenti a technológia fejlődésében rejlő kockázatot, lehetővé teszi a maradványérték pontos kiszámítását, és egyszerűsíti a visszarancia érvényesítését. Az adminisztráció is gördülékenyebb, mint a nem szakosodott lízingcégeknél.

További információ:

Mmd Marketing-Kommunikációs Iroda
Tel.: 351-2718, 351-2719; Fax: 342-4321

A SYSDATA számítástechnikai cég

SZOFTVERFEJLESZTŐKET, HÍRADÁSTECHIKUSOKAT

keres az alábbi ismeretekkel:

- WINDOWS, C++, SQL, MFC
- vagy
- UNIX, C++, SQL
- vagy
- hardverközeli szoftver fejlesztő eszközök, Assembler, C

Munkatársaink várhatóan hosszabb ideig Bécsben is tevékenykednek, ezért feltétel a **német nyelv kommunikációs szintű** ismerete.

Kérjük pályázatát (magyar és német nyelvű szakmai önéletrajz, bizonyítványmásolatok) az alábbi címre küldje:

1143 Budapest, Gizella út 51-57.

Az érdeklődők személyes jelentkezését várja:

Barczai Rita, a 457-2821-es telefonszámon.

**SYSDATA Számítástechnikai Kft.,
a SIEMENS leányvállalata**

TÁJÉKOZTATÓ A SZERZŐK RÉSZÉRE

A folyóirat egyes számai az elektronika, elsősorban a távközléstechnika egy-egy fontos témaköréről adnak átfogó képet. A tematikus rész anyagát nagy áttekintéssel rendelkező vendégszerkesztők segítségével állítjuk össze. A cikkek szerzőit a lap főszerkesztője a vendégszerkesztővel egyetértésben kéri fel cikkük megírására. A felkérés során megállapodnak a cikk terjedelméről, ami 4–8 nyomdai oldal lehet. A cikknek 100–200 szavas magyar és angol nyelvű összefoglalót kell tartalmaznia. A cikkhez mellékelni kell a szerző(k) életrajzát és fényképét. A terjedelem megállapításához támpont az, hogy 1 nyomdai oldalon 6600 szöveg-karakter vagy 6 átlagos méretű ábra helyezhető el; a cikk címének és a szerző(k) életrajzának helyigénye 0,3 nyomdai oldal.

Az ábrákon nagybetűs feliratokat kell alkalmazni olyan méretben, hogy azok egyhasábos (85 mm), illetve kéthasábos kicsinyítés esetén is jól olvashatók legyenek.

Kérjük a szerzőket, hogy a hibamentes előkészítés érdekében a cikket tartalmazó floppyt is adják át a kézirat benyújtásakor.

A tematikus cikkeken kívül a folyóiratnak a következő állandó rovatai vannak:

- EGYEDI CIKKEK: a kitűzött 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 MATÁV Internet-szolgáltatása

Az Internet olyan világméretű számítógéphálózat, amely sok ezer számítógéphálózatot köt össze egy közös nyelv, az IP, azaz az Internet Protokoll segítségével. Az egyes központi erőforrások, a kisebb-nagyobb információszolgáltató számítógépek (szerverek) többszörös, választható útvonalon is elérhetőek, s így a hálózat életképes maradhat még akkor is, ha egyes elemei valamilyen oknál fogva kiesnek a rendszerből.

Ma már a hálózatra kapcsolódó információs adatbázisok száma eléri a 20 milliót, a rákapcsolódó felhasználók, információnyelők mennyisége pedig már meghaladta a 45 milliót és rohamosan növekszik.

Magyarország az információs infrastruktúra fejlesztése terén már rendelkezik jó hagyományokkal és eredményekkel, elsősorban a felsőoktatási és kutatási szférában. A nagy távközlési szolgáltatók közül elsőként a MATÁV vezeti be az Internet-szolgáltatást.

A MATÁV a távbeszélőhálózat intenzív fejlesztésén túl, nagy erőket fordít az egyre fokozódó mértékben igényelt korszerű digitális hálózatok és szolgáltatások kifejlesztésére. Az országos digitális gerinchálózat kiépítése után hamarosan megjelenik a menedzselt bérelt vonali (MLLN), illetve az ISDN-hálózat is. Így az Internet és más értéknövelt (pl. X.400, EDI, multimédia) szolgáltatásokat a már meglévő adatátviteli (pl. X.25) és a tervezett további korszerű szolgáltatásokra (Frame Relay, ATM) építve hozhatjuk létre. Alapvető feladatunknak tekintjük olyan „IP gerinchálózat” kialakítását, amely minden jelenlegi igényt kielégítő, nagy megbízhatóságú és magasszínvonalú médiumot teremt a nemzetközi és hazai Internet-szolgáltatások eléréséhez. Ennek megfelelően a hálózat nemzetközi kapcsolatait több nagysebességű elérési útvonalon keresztül biztosítjuk.

A MATÁV nagysebességű nemzetközi hozzáférés biztosításával, illetve a hazai forgalom határokon belül tartását szolgáló átkapcsoló (peering)-központ felállításával kíván a szolgáltatók szolgáltatójává, azaz a már meglévő és a leendő hazai Internet szolgáltatók kiszolgáltatójává válni. Ugyanakkor a végfelhasználók is teljeskörű Internet-szolgáltatást vehetnek majd a MATÁV-tól igénybe. (SLIP/PPP, SHELL, E-mail, FTP, News, Gopher, WWW, Name server, stb.)

További információk:

Geréb János, szolgáltatásmenedzser

MATÁV Rt. Vezérigazgatósága

Telefon: (1) 457-4484

Fax: (1) 211-0846

Internet Ügyfélszolgálati Iroda

Telefon: (1) 266-3977

Fax: (1) 266-5846

