

Bevezetés	2
1. Fejezet - A távközlés fejlődésének története a vasútnál	3
1.1 Történelmi áttekintés	3
1.2 A meglévő átviteltechnikai hálózat ismertetése.....	9
2. Fejezet - Optikai hálózatok fejlődése	13
2.1 Történelmi áttekintés	13
2.2 Fényvezető szálak	15
2.2.1 A fényvezető szálak jellemzői	15
2.2.2 A fényvezető szálak csatlakoztatása, kötéstípusok.....	18
2.2.3 A kötési csillapítás megengedett értékei.....	20
2.3 Fényvezető kábelek.....	20
2.3.1 Behuzókábelek.....	21
2.3.2 Légekábelek.....	22
2.3.3 Földkábelek.....	24
2.4 Kábelszerelvények	26
2.5 Ellenőrző mérések.....	27
2.5.1 Kötési csillapítások mérése.....	28
2.5.2 Fényvezető csatlakozók csillapítás mérése.....	29
2.6 Optikai mérő és vizsgálóeszközök.....	29
2.6.1 Optikai teljesítménymérő.....	29
2.6.2 Optikai visszaszórás mérő	30
2.6.3 A mérési eredmények dokumentálása	31
2.7 A MÁV Rt. területén alkalmazott fényvezetőszálas kábelek jellemző adatai	33
3. Fejezet – Utastájékoztató	35
3.1 Vizuális utastájékoztató története.....	35
3.2 Vizuális utastájékoztató napjainkban	36
4. Fejezet - GSM-R rendszer.....	41
4.1 GSM-R rendszer bemutatása	41
4.2 A GSM-R szolgáltatásai és főbb kapcsolatrendszere	44
4.3 Tervezési alapelvek és specifikációk.....	52
Összefoglaló.....	61
Irodalomjegyzék	62

Bevezetés

Napjainkban a vasút távközlése igen szerteágazó. A távközlés a vasút egyik legfontosabb infrastrukturális, belső alapszolgáltatása, amely nélkül nem lehetne a vasút fő tevékenységét, a személy- és áruforgalmat lebonyolítani, ezen belül az egyéb vontatási, biztosítási, stb. infrastruktúrák sem tudnák a forgalmat kiszolgálni. Ebből jól látszik fontossága, nélkülözhetetlensége, de ennek ellenére elismertsége mégis kicsi.

A MÁV önálló távközlési hálózattal és távközlési szolgálattal rendelkezik. Ennek több oka van. A vasúti közlekedés kiszolgálása a vasútvonalakhoz illeszkedik, saját topológiájú hálózatot kíván, mely nagyban eltér a közcélú hálózatok, általában a nagyobb települések kiszolgálására irányuló struktúrájától. A vasúti távközlési hálózat nagyrészt a vasút kisajátított területén belül alakult ki. A vasútüzem 24 órás folyamatos jellege megszakításmentes üzemet tételez fel, szemben a közcélú nyilvános hálózatok üzleti élethez igazodó forgalomeloszlásával.

Jelen dolgozatban szeretném bemutatni a Magyar Vasútnál alkalmazott technológiát, külön kiemelve az optikai hálózatokat, amely nélkül ma már nem igazán képzelhetünk el semmilyen nagy távolságú és nagy sebességű összeköttetéseket.

1. Fejezet - A távközlés fejlődésének története a vasútnál

1.1 Történelmi áttekintés¹

A vasút kialakulása az 1920-as 30-as éveire tehető. Az 1846. július 15-i gőzvontatás elindítása Pest és Vác között, nagy változást hozott a közlekedésben. A vasútvonalak lassan behálózták az egész országot. A forgalom növekedésével, az egymással szembe haladó vonatok gyakorisága folyamatosan nőtt. A menetidő csökkentése végett és a balesetek elkerülése érdekében, szükség volt egy olyan kommunikáció kiépítésére két állomás között, melynek segítségével a forgalmisták a vonatok indításának engedélyét megkérhették szomszédjaiktól. A felmerülő problémák megoldásának érdekében - a vasút elterjedésével párhuzamosan - egyre több fajta távíró berendezést dolgoztak ki az akkori távközlési vállalatok és kínáltak alkalmazásra. A MÁV a Kaudelka-féle távírókat alkalmazták, míg később a Kiss-félét. A távírótechnikát a 19. század közepén három nagyszerű találmány tette meghatározóvá, mégpedig 1856-ban a Hughes-féle betűnyomó, 1874-ben a Baudot-féle időosztásos gép, valamint a francia d' Arlincourt 1870-ben feltalált start-stop elven működő berendezése. A távíróvezetékek leginkább a vasúti pálya mellé telepítették. A biztonságosabb közlekedéssel kapcsolatban George Stephenson jelzők felállítását javasolta, míg fia, Robert 1835-ben egy távírdaközpont (most: biztosító berendezés) felállítását. Stephenson volt az első, aki javasolta, hogy a vonatok indulását előre jelezzék a szomszédos állomásra és a vonal szolgálati helyeire. Ez az ötlet tette lehetővé az 1846-ban, Magdeburg-Backau közötti haranggüti berendezés. Erre épült a harangjelző rendszer, amit a Magyar vasútnál 1866-ban alkalmaztak először.

Később, a távírók üzembe helyezésével létrejött két állomás között az engedélykérés. Az így létrehozott állomásközi összeköttetésekben pedig valamennyi szolgálati helyet (sorompóórókat, vonatjelentő-, majd a térközörókat) előre tudták értesíteni a vonatok mozgásáról. Az állomások vágányhálózata a későbbiekben a forgalom növekedésével egyre nagyobb lett, és ezek koordinálására születtek meg az úgynevezett váltóközetek és a váltóóróhelyek. A forgalmi szolgálattevők már a vonatok mozgásáról, ki- és

¹ Pap János: A vasúti távközlés történeti áttekintése, Híradástechnika, XL. évfolyam

behaladás, tolatásról, a váltóőrökkel is kommunikálniuk kellett. Így jött létre az állomás helyi körzete. Ez a kapcsolat, először csak sorosan kapcsolt LB (Local Battery) készülékekből épült fel. Később, amikor a forgalmi szolgálattevő már több távbeszélő összeköttetésbe is be volt kapcsolva, a helyi körzet- összeköttetés is nagy impedanciájú, LB készüléket kapott. Azért, hogy a forgalmi szolgálattevő kezelni tudja, és az asztalán ne legyen sok távbeszélő készülék, telefon-belépőkapcsolóban kapcsolták össze a vonalakat. Ezek a kapcsolók kezdetekben csak néhány vonalat voltak képesek összefogni. Az 1950-es években megjelent az FRK (forgalmi rendelkező kapcsoló) amely már 10,18,30 vonalat volt képes kapcsolni. A kapcsolt vonalak LB, CB (Common Battery), és CBT (táphíd), induktív hívású rendszerek voltak. A 70-es évektől megjelentek a NAD típusú (Asterisk) félvezetős berendezések, amik már 20,39 vonalat tudtak kapcsolni.

Az alkalmazott központok BHG gyártmányú elektromechanikus forgógépes központok voltak. Az igazgatósági fő gócközpontok és a vidéki algócok jellemzően 7D PBX és a hozzájuk kapcsolódó TVK (távolsági vonalkapcsolók) voltak. A hálózat mellékközpontjai általában STB 3/50 –es típusok voltak. Ezek 50 mellék vonalat tudtak kapcsolni. Ennél kisebbek ún. alközpontok is használtak, ezek általában 10 vonal kapacitással rendelkeztek. 1973-ban egy 100 vonalas ATSzK (crossbar) központ létesült a vezérigazgatóság épületében. A Rotary (7D-PBX) gyártás megszüntetése miatt a MÁV új központrendszer után nézett. A BHG először crossbar, majd tárolt programvezérlésű (TPV), de még analóg központokat ajánlott: EP-128, EP-152 és az ezekből kialakított távolsági központokat.

A rádió használata az 1950-es években újabb áttörést ért el a vasútnál. A MÁV a hosszúhullámú rádiótávíró szolgálat kiterjesztés céljából FUG 10 típ. valamint távíró- és Hell üzemű berendezésekből 6-6 adóvevőt helyezett rendszerbe. A MÁV, de később a GySEV is, tervbe vette, hogy a mozgó vasúti egységekkel is fel tudja venni a kapcsolatot. Ezt a MÁV a FUG-16 típusú katonai repülő rádióból alakította ki. A mobil és a fix berendezés lényeges része ugyan az volt. 1956-ban a TESLA 10W-os fix és 0,1W-os mobil rádióval jelentkezett. A BRG ez időben traktorrádióból próbálta megalkotni a saját 40MHz-es mozdonyrádióit. A dán STORNO cég pedig 1961-ben felajánlott a MÁV-nak 5 db mobil, 3 fix és 2db táv vezérelhető fix adóvevő berendezést.

1960-as évek végén a BRG 10W-os mozdonyrádiói is megjelentek da a STORNO cég is felajánlotta a CQM-600-as családot. Ezek a rendszerek már 160MHz-es tartományban működtek. 1988-ig valamennyi fővonal rádiósítása befejeződött BRG, SORTNO, AUTOPHON berendezésekkel.

A vasúti távközlés szolgálat az akkori pénzügyi és technikai lehetőségeit figyelembe véve igyekezett kiszolgálni a vasutak fő- és melléktevékenységei távközlési igényeit. Sajnos az 1990-as évekig a korszerű technikához való hozzáférhetetlenség (COCOM lista) miatt ez nem ment könnyen. A COCOM felszabadítása után a vasúti távközlésben is megjelentek a legmodernebb elektronikai eszközök, persze a pénzügyi lehetőségekhez mérten. 1991-ben Budapesten kialakításra került egy mintahálózat a MÁV Vezérigazgatóság - MÁV Igazgatóság és a Kőbányai Távközlési Üzem bevonásával. Az alkalmazott központ az Ericson MD-110 típusú digitális telefonközpont volt. A sikeres próbaüzem után ez a hálózat 1993-ban a Miskolci Igazgatóság területére is kibővült. Ezután viszonylag rövid idő alatt 1996-ra a MÁV Budapesti és vidéki igazgatósági gócközpontjai is erre a típusra lettek cserélve. Ezzel egy időben a vidéki algócközpontokhoz tartozó TVK-k is leállításra kerültek. A távhívások az igazgatósági digitális központokon keresztül zajlottak le valamelyest egyszerűsödött a hálózat eddigi topológiája. Ez meggyorsította és főleg javította körzetek közötti hívások jóságát, ami erre az időre már a hagyományos elektromechanikus központok alkalmazásával kívánnivalót hagyott maga után. Az 1996-ra lezajlott központcsere után viszonylag lelassult a további korszerűsítés. Egy-egy vidéki központ csere kivételével. A következő nagy lépést a 2005-re megvalósult második nagy országos központcsere hozta meg. Ebben a beruházásban számos vidéki gócközpont és mellékközpont lett kiváltva korszerű digitális központokkal. A beruházás során a hálózatba már nem csak az eddig használt Ericson MD-110 típusú telefonközpont, hanem az Alcatel cég OmniPcx központ típusa is alkalmazásra került.

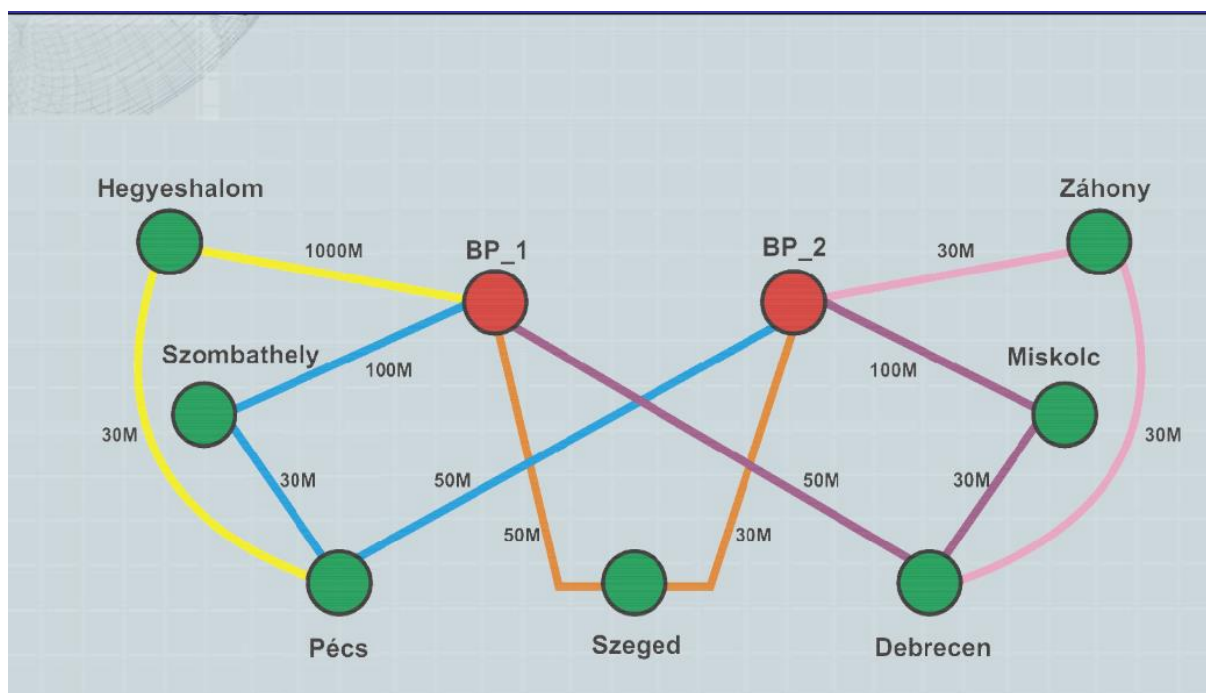
Az alaphálózatban 1991-ben megjelent Miskolc-Nyékládháza között a FITEL gyártmányú 20 monomódusú fényvezetősízes önhordó légkábél, mely a felsővezetéki oszlopsorra került felszerelésre kísérlet gyanánt. Ezt követően a Budapesti kábelgyűrű oszlopsorra, MÁV alépítménybe és Metró-alagútba került. Az optikai kábel alkalmazását a vasúti környezet (erős villamos hatás) különösen indokoltá tette. A MÁV több lépcsőben mintegy 3000 km optikai kábelt helyezett üzembe a fővonalai

mellett. Ráadásul a monomódusú fényvezetőszálas kábel ára a gyártástechnológia fejlődése eredményeként azonos vagy olcsóbb lett, mint a szimmetrikus fémvezetőjű kábeleké. A MÁV több lépcsőben mintegy 3000 km optikai kábelt helyezett üzembe a fővonalai mellett. A MÁV általában csak 4 szádra tartott igényt ezért egy gazdasági tranzakció keretében a beruházás megvalósulásához a 20 százból 16 szálát szinte országosan bérbe adott 50 évre egy akkor alakult távközlési társaságnak amit PANTEL-nek hívtak. Ez a bérbeadás biztosított anyagi háttérrel a további fejlesztéseknek. A PANTEL jelenlegi utódja az INVITEL Zrt.

Egy szálpárra -SIMENS-féle- 155Mbps jelsebességgel dolgozó SDH (szinkron digitális hierarchia) STM-1 rendszer került, amely összesen 1890 távbeszélő-csatornát tartalmaz. Ez a rendszer lehetővé tette, hogy a budapesti körgyűrűn 8 db SCHRACK-Eicsson féle digitális kapcsolóközpont dolgozzon együtt. A MÁV hálózatán már a kezdetektől fogva igényként merült fel az átviteli lehetőségek bővítése. Ez abból adódott, hogy a vonali kábelek kapacitása véges volt viszont egyre több áramkört kellett ezen továbbítani. A műszaki megoldás első lépcsője a fantom és szuperfantom áramkörök alkalmazása volt. Ez azt tette lehetővé, hogy két meglevő összeköttetés felhasználásával egy harmadik független áramkört lehetett továbbítani. A szuperfantom pedig ennek a még tovább fejlesztése. Ehhez technikailag csak hangfrekvenciás csévéket kellett alkalmazni az átvitelben. A technika fejlődése és az igények további növekedése a réz ér párok többszörös kihasználására az analóg vivős rendszerek alkalmazását tette szükségessé. Ezt a technikát mind légvezetéken mind földkábeleken alkalmazták (alkalmazzák) a MÁV-nál. Ez úgy valósul meg, hogy a hangfrekvenciás áramköröket melyek sáv szélessége szabvány szerint 300 Hz - 3400 Hz-ig terjed több lépcsőben vivőfrekvencia alkalmazásával egy nagyobb sáv szélességű alapszoportban rendezik össze. A réz érpáron ezt a csoportot visszük át A állomásból B állomásra majd ott visszaállítjuk az eredeti formájára. A távolságtól függően alkalmazunk középerősítőket a jelszint kívánt értéken tartására. Ez a típusú analóg átviteltechnika a 90-es évekig meghatározó volt a MÁV távközlésében. Az alkalmazott 12 csatornás szabvány alapszoport képezte az alapját a nagyobb csatornaszámú (60, 300 csatornás) átviteli rendszereknek is. 12 csatornás analóg átviteltechnikát még jelenleg is alkalmazunk, a MÁV-nál azokon a területeken ahol az optikai kábel nem teszi lehetővé a digitális PCM rendszerek alkalmazását. A rézkábelben alkalmazható digitális átvitel (PCM) MÁV

hálózatán kevésbé terjedt el, csak néhány szakaszon alkalmazták. Ennek az is az oka, hogy az időközben üzembe helyezett optikai gerinchálózatra a MÁV az akkor épp Európában szabványosított SDH rendszert telepítette, ami lefedte az ország vasúti fővonalait és a budapesti körgyűrűt. Jelenleg ez az átviteli rendszer fedi le és látja el az ország vasúti átviteli igényeinek gerincét. A 3000 km vasúti optikai kábel 4 üvegszálán üzemelő STM-1 és STM-4, SDH átviteltechnika és az arra települő ATM kapcsolók alkotta hálózat biztosítja az alapját a MÁV országos általános célú telefonhálózatának, az X.25-ös adatátviteli hálózatnak, a MÁV intranet hálózatának hogy csak a legjelentősebbeket említsem.

2008-ban a MÁV-nál volt egy nagy fejlesztés a hálózat korszerűsítése/gyorsítása érdekében. Ez magában foglalta a WAN, ATM, PVC rendszerek optimalizációját, és szükségessé vált egy országos MPLS (Multiprotocol Label Switching) képes gerinchálózat kialakítása. A regionális központokban Gigabit Ethernet Lan gerinchálózat kialakítása. A WAN optimalizációt úgy oldották meg, hogy az ATM hálózatokat átalakították az ATM és PVC-k átkonfigurálásával ezáltal a gerincirányú sávszélesség növekedett, valamint az MPLS alapú országos gerinchálózatot alakítottak ki. A budapesti ATM városi kapcsolatokat kiváltották Gigabit Ethernet gyűrűre. A megnövelt ATM gerinc az 1. ábrán látható

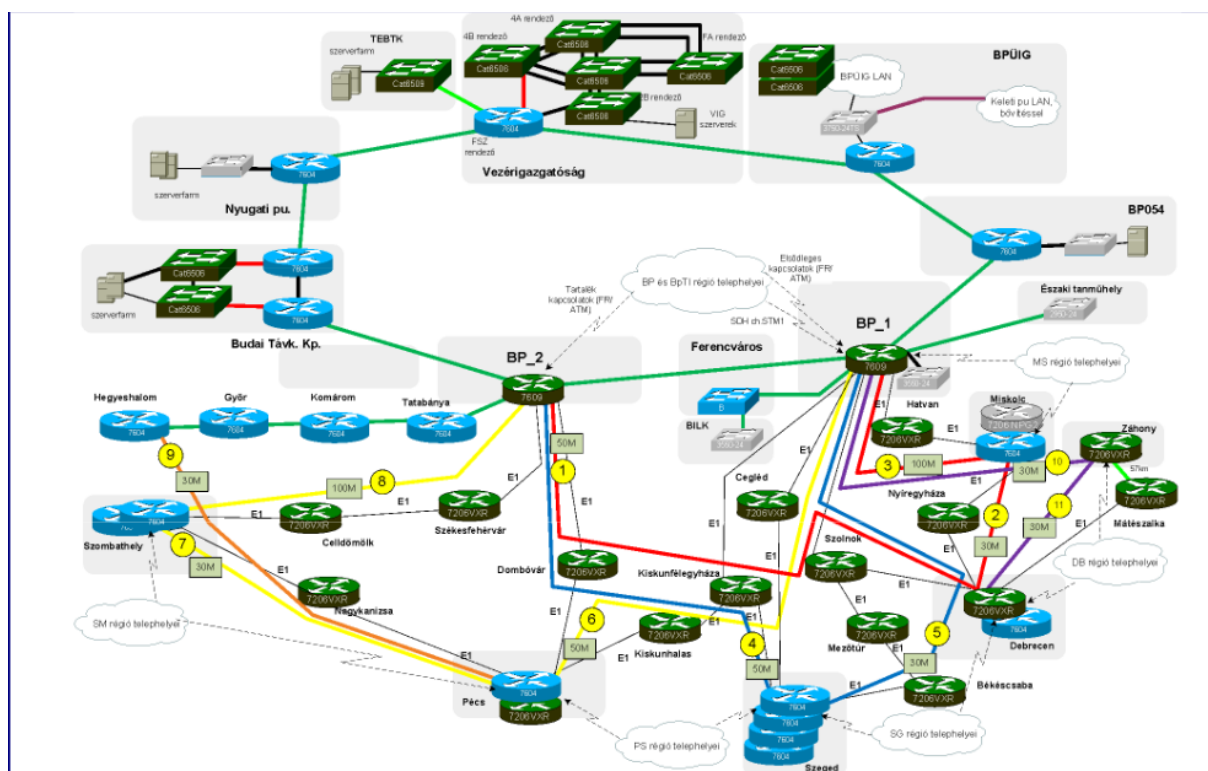


1. ábra MÁV ATM gerinchálózata (forrás: Garai Csaba: SCI-Network)

Az országos MPLS gerinchálózat eszközei:

- Két központi Cisco 7609 router
 - Gigabit-es gyűrű
 - 2db OC3/STM-1 ATM kártya router-enként
 - Clear Channel STM-1 és E1
- 19 db 7604 SUP-32 router
 - Gigabit gyűrű
 - ATM/FR
- 17 db 7206 PE-G2 router
 - ATM/FR és E1 kapcsolatok

ATM és GE alapú MPLS gerinc a MÁV-nál (2. ábra)



2. ábra MÁV MPLS gerinchálózata (forrás: Garai Csaba: SCI-Network)

1.2 A meglévő átviteltechnikai hálózat ismertetése

Világszerte számos rendszer alapját az SDH technológián alapuló Multiservice Provisioning Platform-ok alkotják. A MÁV az országban az elsők között volt, aki alkalmazta ezt a rendszert. Az SDH technológia garantálja a megbízhatóságot és a legjobb minőséget. Az SDH nagy előnye, hogy a nagysebességű adatból az alacsonyabb sebességű adatok kiválasztása/beillesztése viszonylag egyszerű. A menedzsment információk átvitelét támogatja. Az SDH rendszer lényegesen nagyobb átviteli sebességre képes, mint például az PDH. A hálózat gazdaságosan üzemeltethető és könnyen bővíthető. Az SDH hátránya pont a működéséből adódóan az, hogy igényli a szinkron hálózatok kialakítását. Ugyan akkor kapcsolási funkciók megvalósítására nem alkalmas, csak azok kapcsolására. Ezért alkalmazzák más technikával együtt (ATM, PDH). A MÁV-nak a kezdeti időszakokban elegendő volt a rendszer biztosította sáv szélesség, a két gyűrű adta sebesség (STM-1: 155 Mbps és STM-4: 622 Mbps) de mára már ezt is kinőtte. A MÁV jelenlegi digitális távközlési hálózata monomódusú fényvezetőszálas kábelekkel kiépített optikai kábelhálózaton SDH digitális átviteltechnikai rendszer és IP adatátviteli hálózat.

Az SDH hálózat főbb jellemzői:

- Az SDH rendszer Budapest centrikus kiépítésű;
- A vidéki távközlési irányok fogadására Budapesten egy STM-4-es körgyűrű épült ki;
- A vidéki becsatlakozó távközlési irányok vagy egy szálpáron üzemelő STM-1, vagy két szálpáron üzemelő STM-1 és STM-4-es rendszerek;
- A meglévő STM-1 és STM-4 átviteltechnikai rendszerek jellemző hozzáférési felülete az ITU G.703/2 Mbps-os koaxiális felület;
- Az országos SDH rendszer Budapesten, Szombathelyen és Miskolcon rendelkezik felügyeleti és menedzselő központtal, a többi igazgatósági székhelyen csak lekérdező terminál szinten van hozzáférés a felügyeleti és menedzselő hálózathoz;

- A meglévő SDH országos hálózatban helyenként SAGEM és ALCATEL gyártmányú STM-1 rendszerek vannak beépítve. Ezek a rendszerek önálló felügyeleti és menedzselő központtal rendelkeznek;
- A beépített SDH berendezések technológiai színvonala ma már túlhaladott, korszerű távközlési szolgáltatások nyújtására már egyáltalán nem, vagy csak kiegészítő eszközökkel alkalmasak, a gyártói támogatás megszűnt;
- A meglévő STM-1 berendezések nem alkalmasak Ethernet felület utólagos kiépítésére;
- A meglévő STM-4 berendezések csak kiegészítéssel és a menedzselő szoftver cseréjével tehetők alkalmassá Ethernet felület kiépítésére.

Ethernet alapú átviteltechnikai hálózat rendszerismertető

Geográfiailag 3 nagyobb területet definiálhatunk: kelet, nyugat és Budapest. A távközlési hálózatok kézbentarthatósága szempontjából kulcsfontosságú kérdés a kialakításra kerülő hálózat skálázhatósága. A skálázhatóság a hálózat hierarchikus felépítésével függ össze, amelynek köszönhetően kezelhető méretű és biztonságosan üzemeltethető hálózati szegmensek alakíthatók ki.

Az átviteli topológiát a vegyes jelleg jellemzi, ahol megtalálhatóak a hierarchikus hálózatok, és a flat (sima) hálózatok előnyei is egyaránt. A főbb hierarchiaszintek a következők:

- gerinchálózat (core);
- felhordó hálózat (aggregation);
- hozzáférési hálózat (access)

Ezek közül a hálózat méretétől, összetettségétől, funkciójától függően, vagy valamennyi, vagy csak bizonyos szintek kerülnek kialakításra.

Gerinchálózati réteg (core)

A gerinchálózat feladata nagy átviteli sebességű, nagy rendelkezésre állású kapcsolat biztosítása. Az itt szereplő eszközöknek két feladatuk van:

- a központi eszközökben a gyors kapcsolású átvitel biztosítása;
- a széleken a hierarchiaszintek közti kapcsolatok működtetése.

A széleken elhelyezkedő eszközöket a rugalmas parametrizálás, beállíthatóság jellemzi, sokféle eszközzel, sokféle módon, nagy megbízhatósággal kell tartaniuk a kapcsolatokat. A gerinchálózatnak méretben skálázhatónak kell lennie, a teljes szövevényes hálózat (full mesh) kiépítése, a gerinchálózat struktúrája alacsony számosság mellett tartható meg. A MÁV által jelenleg ilyen feladatra használt rendszerek a legváltozatosabb sebességű és kommunikációs felülettel rendelkeznek ($n \cdot E1$, $n \cdot STM1$, stb.).

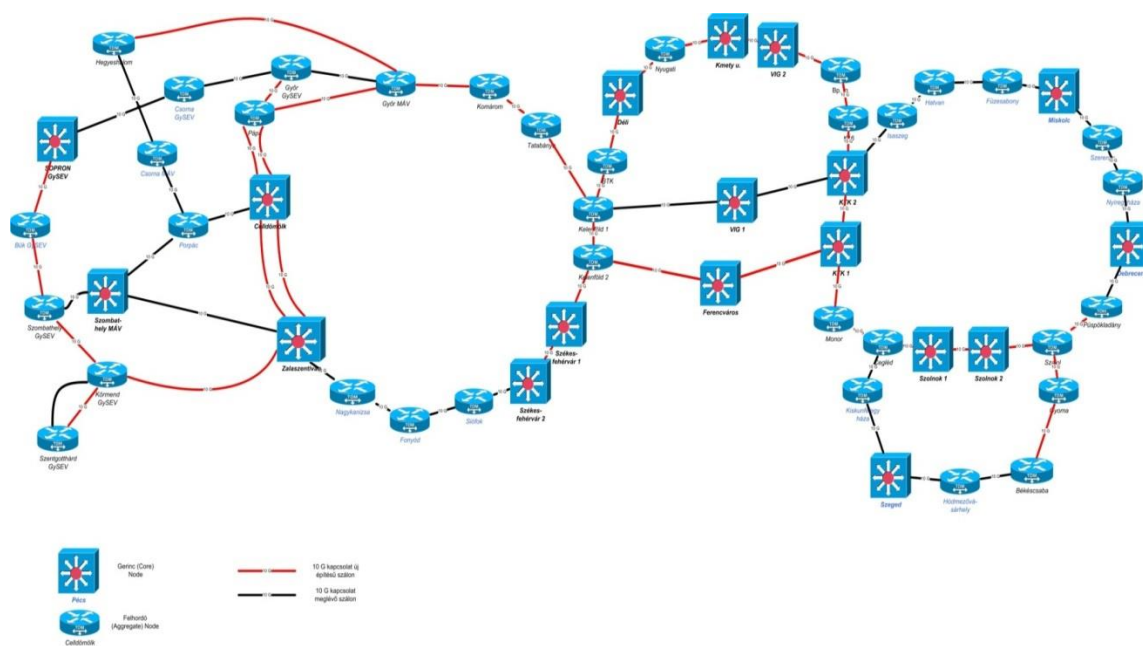
Felhordó réteg (aggregation)

A felhordó réteg a gerinchálózati és a hozzáférési (access) hálózati réteg között tölt be közvetítő szerepet. A felhordó eszközök számossága lényegesen nagyobb, mint a gerinchálózati rétegben, az egyes eszközökre eső előfizető, ill. szolgáltatások száma jelentősen kevesebb, mint a gerinchálózat esetében, ezért nem szükséges a szövevényes hálózat kialakítása. A felhordó eszközök gyűrűs topológiában helyezkednek el, ami lehetővé teszi a szükséges mértékű redundancia biztosítását. A felhordó hálózat pont-pont optikai hálózati kapcsolatot biztosító eszközökből épül fel. A MÁV által jelenleg ilyen feladatra használt rendszerek a legváltozatosabb sebességű és kommunikációs felülettel rendelkeznek ($n \cdot E1$, $n \cdot STM1$, stb.).

Hozzáférési réteg (access)

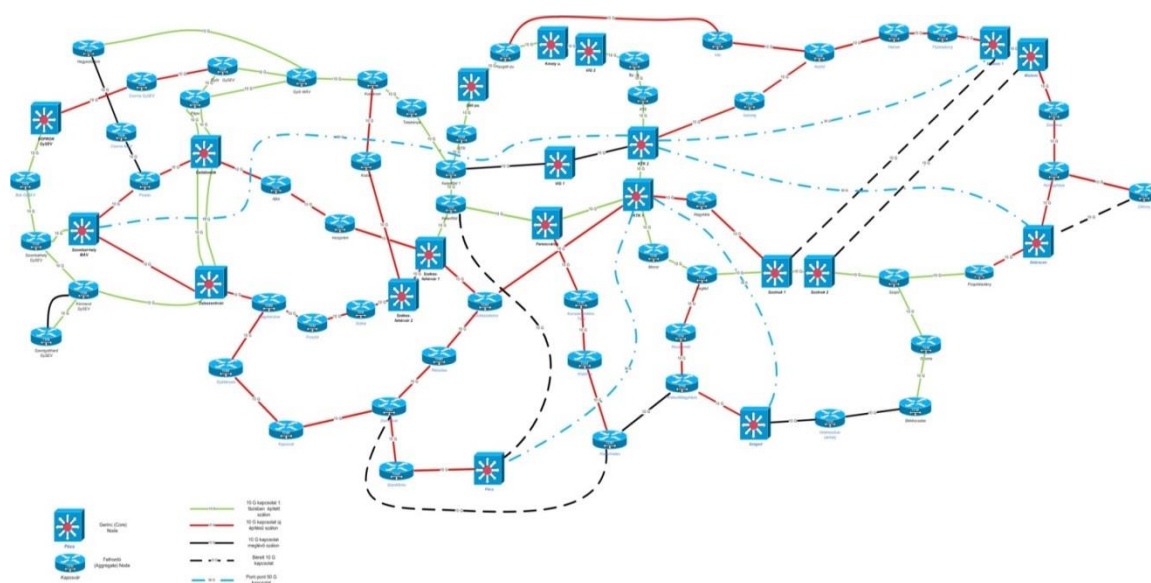
A hozzáférési hálózaton keresztül kapcsolódunk közvetlen a felhasználó felé. A MÁV által használt rendszerek a legváltozatosabb sebességű és kommunikációs felülettel rendelkeznek ($n \cdot 64 \text{ kbps}$, $n \cdot E1$, $n \cdot STM1$, stb.).

Az átviteltechnikai hálózat gerinchálózati (core) és felhordó (aggregation) rétegét az alábbi topológia szerint kerül megvalósításra (3. ábra).



3. ábra Átviteltechnikai gerinchálózat (forrás: Garai Csaba: SCI-Network)

A távlati fejlesztési tervben az átviteltechnikai hálózat gerinchálózati (core) és felhordó (aggregation) rétegében az alábbi topológia megvalósítása szerepel (4. ábra).



4. ábra Tervezett átviteltechnikai gerinchálózat (forrás: Garai Csaba: SCI-Network)

2. Fejezet – Az optikai hálózatok fejlődése

2.1 Történelmi áttekintés

A félvezető lézer 1960-ban történt feltalálásától kezdve nagy erővel kísérleteztek olyan átvitel-technikai rendszer kidolgozásával, mellyel megbízható és nagyobb sebességű átvitelt lehet megvalósítani. 1966-ban Charles Kuen Kao és George Hockham kidolgozták a fényvezető szálak átvitel elvét (kvarc alapú). Kezdetben a csillapítás 20 dB/Km volt, de 1978-ban elérték a 0,2 dB/Km-es csillapítást. Először ún. multimódusú szálak használtak, az adók pedig 850 nm-en sugárzó LED-eket tartalmaztak.

A szálak fejlődésével (monomódusú szálak megjelenésével), valamint lézerdiódák alkalmazásával az átviteli kapacitást megtízszerezték. A koherens optikai átvitel kapacitása (a fény frekvencia-, illetve fázis modulációjának gyakorlati megvalósítása)

- 1978 táján haladta meg a közvetlen detektálású rendszerekét.
- 1982-ben elkészült egy 400Mbit-es PCM összeköttetés optikai szálon.
- 1988-ban lefektetik az Atlanti óceánon át az első optikai kábelt.
- 1984-86 között megjelent a kísérleti optikai kábel a budapesti átkérő hálózatban.
- 1991-ben a Matáv elkezdte kiépíteni az országos optikai gerinc hálózatot 140 Mbit/s-os sebességgel. (monomódusú szálon)

A fényvezetők alkalmazása a nagysebességű átviteli hálózatok létesítésében alapvető fontosságúvá vált, a **CCITT** ezért kidolgozta a fényvezetők alkalmazásával kapcsolatos ajánlásait. A többmódusú (multimódusú) fényvezető szálakkal a **G.651.**, az egymódusú (monomódusú) fényvezető szálakkal pedig a **G.652.**, **G.653.** és a **G 654.**-es ajánlások foglalkoznak.

A jól megépített fényvezető összeköttetések a nagy sávszélességet Figyelembe véve gyakorlatilag végtelen kapacitást biztosítanak.

A fényvezetőszálak átvitel előnyei:

- külső elektromágneses és villamos erők nem zavarják az átvitelt,

- tekintettel a kis veszteségre és csillapításra az összeköttetések nagy ismétlő (regenerátor) távolsággal építhetők meg,
- a nagy sávszélesség lehetővé teszi a nagysebességű átvitelt,
- a várható nagy élettartam,
- a nagy átviteli biztonság,
- az egy megvalósított csatornára eső alacsony telepítési költség.

A fénytávközlésen alapuló összeköttetés elemei:

- fényvezető szálak, kábelek,
- fényforrások, fény adók,
- fényvevők, detektorok,
- fénytechnikai csatlakozók,
- kötőszerelvények, a szálegyesítéshez szükséges eszközök,
- az összeköttetésekben nem közvetlen építőelemként szereplő kiegészítő elemek: pl.: optikai csatolók, optikai osztók, elosztók, rendezők stb.,
- az összeköttetések üzemeltetéséhez és a hibaelhárításhoz szükséges mérő-műszerek és vizsgálóeszközök.

A fényvezető szálak többszörösen is kihasználhatók, mert a kifejlesztett eszközök lehetővé teszik a különböző hullámhosszak alkalmazását (WDM.). Ma már az optikai szűrők felbontása az 1nm.-es hullámhossztartomány környezetében van. Megfelelő eszközökkel egy fényvezető szálon a többszörös kihasználás mellett akár kétirányú átvitel is lehetséges.

A fényvezető kábelekkel lehetőség nyílt a teljesen fémmentes összeköttetések kialakítására. A jelentős áramot szállító nagyfeszültségű vezetékek környezetében a fém vagy a fémes vezetőjű kábelek befolyásoltsága jelentős, amelyet csökkenteni csak jelentős költségekkel járó technológiai lépésekkel lehet.

2.2 Fényvezető szálak

A fényvezetésre a hullámhossztartomány 850, 1300, 1550 nm-es sávjait alakították ki. A fényvezetőszálak fajlagos csillapítása függ a szál típusától, anyagától, az alkalmazott gyártási technológiától és a vezetett fény hullámhosszától. A kutatás fejlesztés iránya az optikai spektrum 850 nm-es tartományából az 1300-1550 nm-es tartományába tevődött át, ahol az átvitel kis csillapítás mellett, nagy sáv szélességgel optimálisnak mondható.

A többmódusú szálakat kezdte kiszorítani az egymódusú szál. A többmódusú szálak olyan alkalmazásokba szorultak vissza ahol nem okoz gondot a nagyobb fajlagos csillapítás és a kisebb sáv szélesség pl.: helyi összeköttetések, LAN-ok, járművek belső kábelelése, stb.

2.2.1 A fényvezető szálak jellemzői

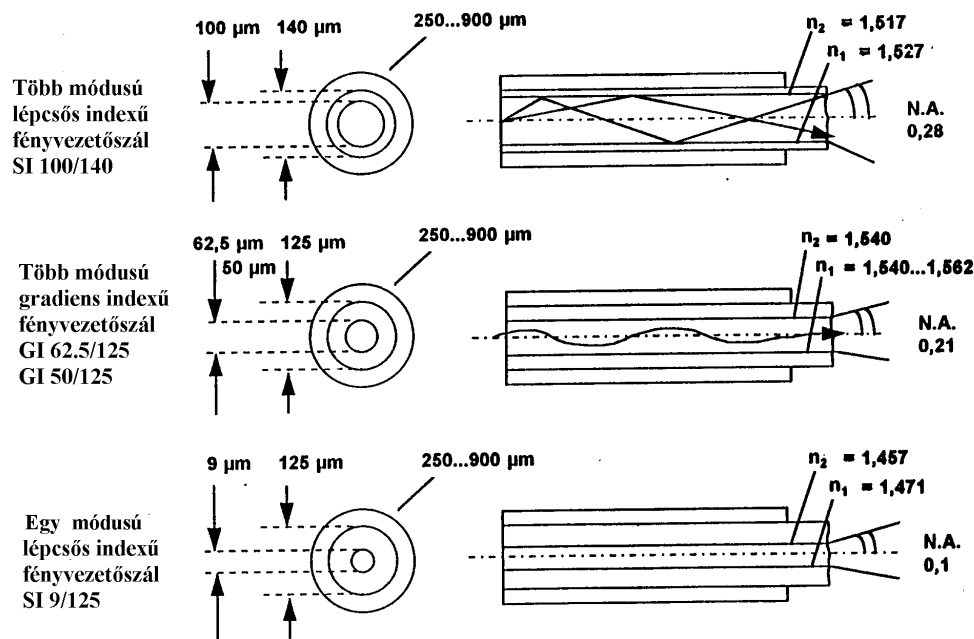
A szálak kiképzése egy belső fényvezető magból és ezt egy koncentrikusan körülvevő héjból áll, hengersizmetrikus felépítésű szigorú mechanikai tűrésmezőkkel. A méretek és a mechanikai szilárdság tűrésének ellenőrzése a gyártó feladata, garanciális kérdés.

A különböző szálakat három fő jellemző szerint lehet csoportosítani:

- A törésmutató változása a keresztmetszet mentén:
 - lépcsős törésmutató eloszlású
 - gradiens törésmutató eloszlású
- Az alkalmazott hullámhossz és a szálátmérő viszonya:
 - d_m/λ viszony a fényvezetés módját határozza meg.

Ha a d_m (a fényvezető mag átmérője) értéke közelít az alkalmazott hullámhosszhoz (λ), akkor a módusok száma csökken és a d_m csökkentésével elérhető, hogy a fényvezetés egymódusúvá válik.

A különböző szál típusok felépítése, méretei láthatók az 5. ábrán.



5. ábra Különböző optikai szálak felépítése (forrás: Dunántúli Kft. belső anyag)

- Az alkalmazott üzemi hullámhossz, amelyre a szál vezetését optimalizálják.
A fényvezető szálak fényvezető képessége, csillapítása függ a fényvezető szálak anyagától és a vezetett fény hullámhosszától.
Az átviteli hullámhossztartománynak három kitüntetett sávja (ablaka) van.
Mindhárom ablaknak megvan az optimális alkalmazási tartománya.

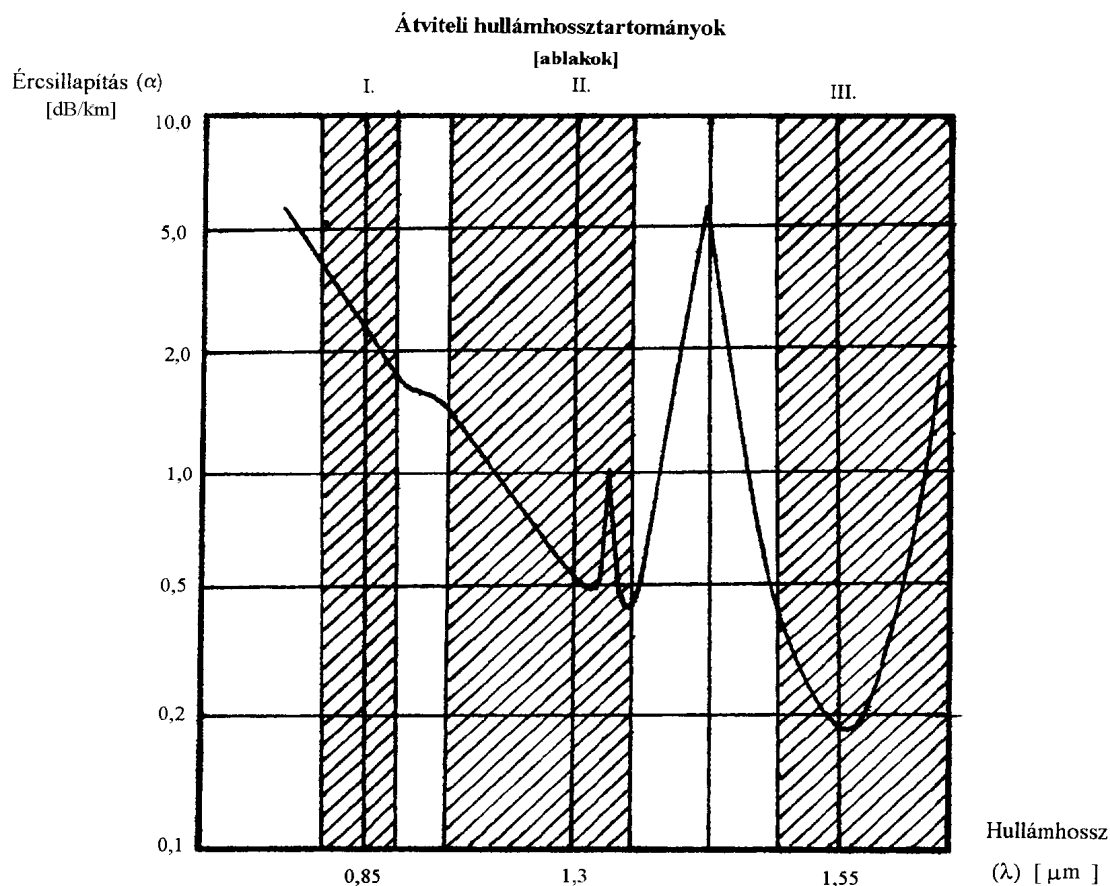
Az ablakok elhelyezkedése és a fényvezető szálak csillapítás függése a vezetett fény hullámhosszának a függvényében az 6. ábrán látható.

Az „első ablak” a 850 nm.-es tartomány és közvetlen környezete. Ebben a tartományban viszonylag nagy az átviteli veszteség, ezért a fajlagos csillapítás is nagy (2-3 dB./km.) Ebben a tartományban, az I. ablakban leginkább többmódusú (multimódusú) és az úgynevezett vastag fényvezetőszálakat használják.

A viszonylag nagy fajlagos csillapítás miatt a regenerátor nélkül áthidalható távolság viszonylag kicsi Ez az ablak kis távolságok áthidalására távközlési, helyi ipari, vezérléstechnikai feladatok megoldására alkalmazható előnyösen. Ennek az ablaknak

előnye még az, hogy egyszerű eszközökkel megvalósítható az átvitel. pl.:LED-es fényforrással regenerátor nélkül áthidalható. (fényvezető száltól függően) 6-12 km.

A „második ablak” az 1300 nm.-es tartomány és közvetlen környezete. Ez már sokkal kisebb fajlagos csillapítással rendelkező sáv. Az elérhető fajlagos csillapítás értéke 0,3-0,6 dB./km. Az egymódusú fényvezető (monomódusú) szálak alkalmazása esetén a kis fajlagos csillapítás, a nagy sáv szélesség lehetővé teszi a lényegesen nagyobb regenerátortávolságok alkalmazását.



6. ábra. Optikai kábel csillapítása (forrás: Dunántúli Kft. belső anyag)

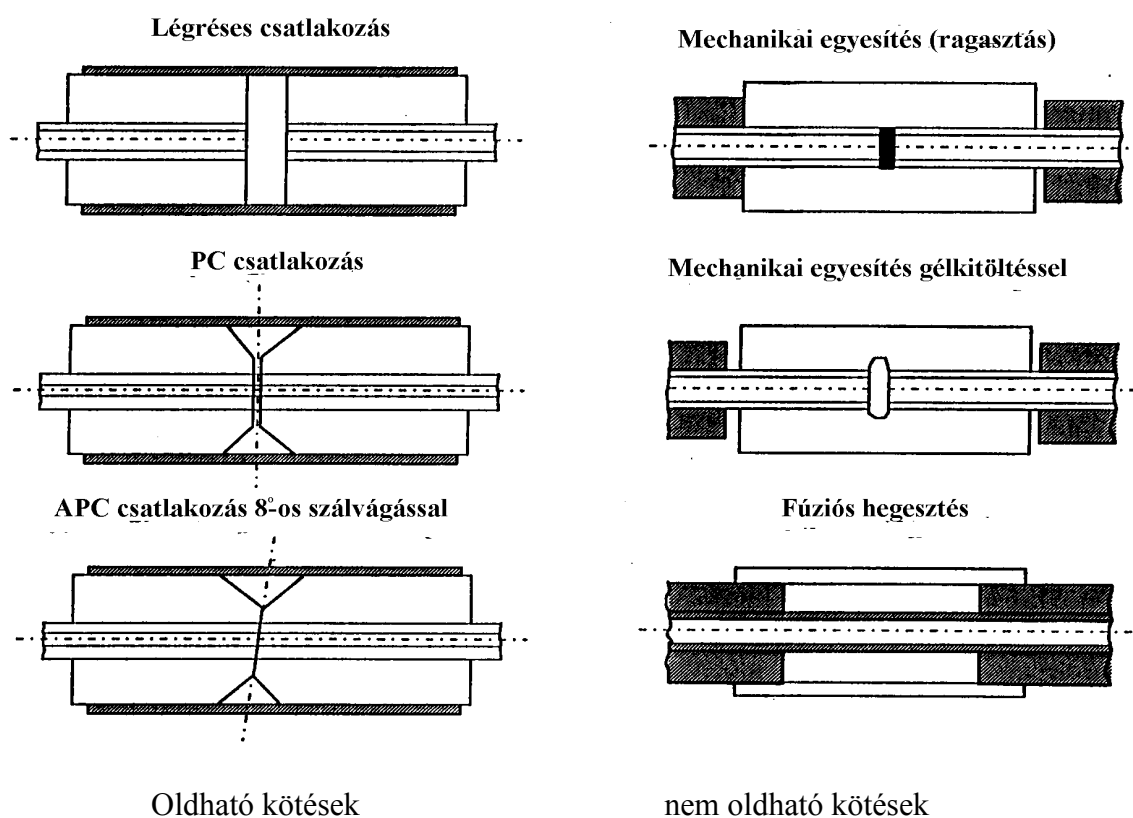
Lézerdiódás fényforrás esetén 9 nm.-es fényvezető mag mellett lehetőség nyílik a 100 km. körüli regenerátor távolságok alkalmazására.

A „harmadik ablak” az 1550 nm.-es tartomány és közvetlen környezete.

Sikerült rendkívül kis veszteségű kis fajlagos csillapítású (0,15...0,2 dB/km.) fényvezető szálal előállítani. Ez a tartomány lehetővé teszi a még kisebb fajlagos csillapítású egymódusú fényvezető szálal, lézerdíódás fényforrással még hosszabb regenerátor szakasz kialakítását

2.2.2 A fényvezető szálal csatlakoztatása, kötéstípusok.

A gyártási hosszak általában 1000...3000 m közötti értékek. Az összeköttetések sok gyártási hosszából állnak ezért az egyes szakaszokat össze kell kötni. A fényvezető szálal kötése lehet oldható és fix kötés. A különböző kötés típusok láthatók az 7. ábrán.



7. ábra. Kötéstípusok (forrás: Dunántúli Kft. belső anyag)

Oldható kötések:

- Egyszerű mechanikus, kötés nélküli csatlakoztatás, a két szálvéget egy nagy pontosságú mechanikai szerelvény fogja össze. A két szálvég között a csatlakoztatás után jelentős légrés marad. A kötés bontható. Viszonylag nagy csillapítású és nagy reflexiójú kötéstípus.
- A PC típusú oldható csatlakozás az egymódusú szálak leggyakrabban alkalmazott csatlakozó típusa. Légréssel kapcsolódik a PC csatlakozókban is a fényvezető szál, azonban a légrés mérete összemérhető, vagy kisebb, mint fényvezető mag átmérője, ezért nagyon kis csatlakoztatási veszteséget és kis diszperzió növekedést okoz.
- A legjobb tulajdonsággal az úgynevezett APC csatlakoztatás rendelkezik. Ebben a csatlakozóban a szálvégeket 8° -os szögben csiszolják le. A csatlakozóban a csatlakoztatás után gyakorlatilag nem marad légrés. Nagyon kis veszteséget, reflexiót és diszperzió növekedést okoz.

A bontható fényvezető csatlakoztatásokkal szemben nagyon szigorú mechanikai és optikai követelményeket támasztanak.

A gyártás nagy technológiai fegyelmet és különleges anyagokat igényel. Figyelembe véve, hogy a csatlakoztatott fényvezető mag átmérője csak 8...10 μm , a csatlakoztatást nagy mechanikus biztonsággal lehet csak megoldani, mert a gyártási pontatlanság vagy a használatból eredő kopás miatt a csatlakozások átviteli tulajdonságai leromlanak. A hibás csatlakozó paraméterei ismételt csatlakoztatás esetén nem reprodukálhatók. A gyártó cégek minden csatlakozó típusra megadják a maximális csatlakoztatások számát, ezen felüli csatlakoztatások esetén már nem garantálják a megadott specifikációt.

Nem oldható kötések:

- Ragasztott fényvezető szál kötés esetén megfelelő törésmutatójú kétkomponensű műgyantával történik az egyesítés. Előnye az, hogy viszonylag egyszerűen elvégezhető, nem igényel különleges eljárást és tűz és robbanás veszélyes helyen is elvégezhető az egyesítés. Hátránya a nagyobb kötési csillapítás, reflexió és diszperzió növekedése. A ragasztó anyag utópolimerizációja miatt idővel az átviteli tulajdonságok jelentősen romolhatnak.

- Mechanikus kötés kitöltő (Immerziós) zselével. Gyors kötés, de főleg csak ideiglenes kötések esetén alkalmazzák.
- A hegesztett szálegyesítés a legmegbízhatóbb egyesítési, kötési módszer. Jó kötés esetén rendkívül jók az átviteli tulajdonságai. A jó minőségű kötésnek azonban ára van. A szálhegesztés eszközei nagyon drágák, de szélessávú, nagysebességű összeköttetéseket e nélkül nem lehetne megoldani.

2.2.3 A kötési csillapítás megengedett értékei

- Az 50 km-nél nem hosszabb szakaszokon a szálankénti kötéscsillapítás maximum 0.08 dB lehet.
- Az 50 km-es távolságot meghaladó regenerátor távolságokon, szakaszokon a hegesztett kötések szálankénti kötési csillapítása maximum 0,05 dB lehet
- A szálankénti egyedi kötés csillapítás maximális értéke 0,15 dB lehet.
- A kötési csillapítás értéke mindenkor az optikai visszaszórásmérővel mindkét irányból mért kötéscsillapítások átlaga.
- A pigtail-kötés és csatlakozó együttes csillapítás értéke reprodukálhatóan nem lehet több mint 0,5 dB.

2.3 Fényvezető kábelek

A fénykábelek specifikációját a CCITT VI. bizottság dokumentumai és az IEC 46 E albizottság ajánlásai tartalmazzák.

A fényvezető szálak közvetlen felhasználása igen ritkán fordul elő. A szálakat a külső behatások ellen megfelelő védelemmel kell ellátni, mert a mechanikai és vegyi hatásokra rendkívül érzékeny elemiszál külső behatások esetén nagyon hamar alkalmatlanná válna az átvitelre.

A szálakat egyedi védelemmel látják el, majd több szálát megfelelő védőcsövekbe húzva alakítják ki a kábelszerkezetet.

A kábel kialakítása szerint lehet:

- behúzókábel
- légkábel
- földkábel
- belsőtéri kábelek
- a berendezések összeköttetéséhez alkalmas kábel
- rendezők, fénykábel fogadószerelvények összekötő kábel
- optikai mérőműszerek előtétkábelei (általában csak primer védelemmel van ellátva és mert a környezet képes kíméletesen kezelni)

2.3.1 Behúzókábelek

A Behúzókábelek alépítményi hálózatban, épületek belső csővezetékeiben és csatornáiban kerülnek telepítésre. A behúzókábelek köpenye, külső burkolata nem biztosít kellő védelmet, ezért ezt a feladatot a védőcső vagy az egyedi kábelcsatorna látja el.

Azokon a pontokon, ahol a kábelt aknákon, csatornaszekrényeken vagy egyéb szerelvényeken vezetjük át, ott gondoskodni kell a kábel megfelelő mechanikai védelméről megvezetéséről.

A behúzókábelek felépítése:

A behúzókábelekkel szemben támasztott követelmény, hogy elviseljék a behúzás okozta összetett igénybevételt.

Károsodás nélkül el kell viselni a behúzás alatti erősen változó húzó hajlító és csavaró igénybevételt. A behúzás során a húzó-igénybevétel mellett még torziós hatásoknak is ki van téve a kábelszerkezet. Ezek az erőhatások, igénybevételek nagymértékben függnék az alépítmény méreteitől, minőségétől, anyagától.

A behúzókábeleknek olyan szerkezeti kialakításúaknak kell lennie, hogy a behúzás során a fényvezető szálak húzó, hajlító és torziós (csavaró) igénybevétele ne haladhassa meg a megengedett értéket, mert a megengedett értéken túli terhelés a fényvezetőszál töréséhez vagy mikrorepedések keletkezéséhez vezet.

A behúzást követően a fényvezető kábelben semmiféle feszültség, terhelés nem maradhat vissza. Az alépítmény tervezésénél és kialakításánál megfelelő odafigyeléssel ezek az erőhatások jelentősen csökkenthetők. De lehetőség van bizonyos esetekben megfelelő súrlódáscsökkentő (kenő) anyagok alkalmazásával az erőhatások további csökkentésére. A gyártási oldal ehhez a húzóerő csökkentéshez úgy járul hozzá, hogy a behúzó kábel külső köpenyét igen kis súrlódású anyagból készíti.

Behúzó kábelt csak nedvesség álló szigeteléssel szabad telepíteni, mert az alépítményekben, csatornában és a fali csővezetékben jelentős páralecsapódás lehetséges, ami rossz nedvességállóság esetén bejuthat a kábel belsejébe a fényvezető szálhoz és a fényvezető tulajdonságok jelentős leromlásához vezethet.

Az alépítmény és a kábelszerkezet termikus dilatációjából adódó összehúzódás még az előforduló legalacsonyabb hőmérséklet esetén sem okozhat a fényvezető szálra nézve veszélyes terhelést.

Az alkalmazás helyétől függően szükség lehet a kábel rágcsálók és rovarok elleni védelmére is. Jelentős védelem alakítható ki a nedvesség és a rágcsálók ellen, ha az alépítmény rendszer légmentesen zárt, vagy esetleg túlnyomásos.

2.3.2 Légekábelek

A légekábelek felépítése:

A függesztővezetékes légekábelek esetén a mechanikus igénybevételt egy külső acél vagy műanyag tartókötel viseli. Megfelelő szilárdságú tartókötel esetében minden szélsőséges időjárás esetén is biztosított a légekábel megbízható tartása. Ez a módszer lehetővé teszi nagyobb távolságok átfeszítését, áthidalását. Előnye, hogy a feszítő tartó kötelet még a légekábel felhelyezése előtt meg kell feszíteni, így azt sok különféle mechanikus hatástól megkíméli. A vasút területén ez a módszer és kábeltípus főleg kis szakaszok pl.: oszlopok és épületek között áthidalására, alkalmazható.

Függesztett légekábelek esetén célszerű laza struktúrájú kábelek használata.

Fémes függesztővezeték vagy fémes vezetőt tartalmazó kábel esetén gondoskodni kell a megfelelő villámvédelemről.

Az *önhordó légkábel* terhelést maga a kábel veszi magára. A kábelszerkezet kialakításából adódóan az erőfelvevő elem szilárdsága olyan nagy, hogy a kábel jelentősebb megnyúlás nélkül képes elviselni a maximális terhelést.

Az önhordó kábeleket a szerelés során az oszloptávolságból, a megengedett maximális belógásból, a kábel súlyából és rugalmassági modulusából számított erővel feszítik meg.

A szilárdsági követelményeket még fokozzák a járulékos terhelések pl.: hó, zúzmara, jegesedés. A kábelben ébredő feszültséget még a hőmérséklet megváltozása is jelentősen befolyásolhatja.

Felfüggesztése mechanikai szerkezetekkel történik. A tartó, feszítő és egyéb szerkezeti elemek megfelelő és az előírt technológiai előírásokat betartó állapotának ellenőrzése nagyon fontos, mert a meghibásodások szempontjából ezek a szerkezeti elemek és környezeteik képezik a rendszer veszélyes keresztmetszetét.

A felfüggesztő és a feszítő szerkezeti elemek közvetlen környezetében a megfogást és a feszítést végző elemek hibás szerelése esetén a kábel károsodhat. Különösen oda kell figyelni javítás esetén, amikor az építéstől lényegesen mostohább körülmények között történik a visszaszerelés.

A tartóoszlopoknak és a fényvezető kábelt tartó, feszítőszerkezeteknek a javítását, fenntartását, korrózióvédelmét hasonló módon kell elvégezni, mint a villamos munkavezeték tartására szolgáló szerelvényekét.

A kábel tartószerkezet, vagy oszlopsérüléssel, oszlopkidőléssel járó baleseteknél a fényvezető kábelt még az úrszelvény biztosítás céljából sem szabad elvágni!

Erre az üzemeltető (T.B.F.) engedélye nélkül csak közvetlen életveszélyt jelentő esetekben kerülhet sor.

A kábel úrszelvényen kívül helyezhető úgy is, hogy kihasználva a feszítőközök végein lévő 2x20...30m.-es tartalék hossz nyújtotta lehetőséget ideiglenesen felállított tartóoszlopra vagy a környezet adta lehetőséget kihasználva a fényvezetőkábelt épületfalra vagy az elérhető távolságban lévő élőfára kell rögzíteni

Ha szükséges a kábel felhúzásával kell gondoskodni a feszítőközben található útátjáróknál az előírt magasság biztosításáról. Ha ez a javítás ideje alatt nem biztosítható

és a kábel veszélyezteti a közúti közlekedés biztonságát, akkor gondoskodni kell az útátjáró fedezéséről.

Javítás után is feltétlenül be kell tartani az előírt minimális magasságokat:

- terepszint felett: 4.0 m.
- útátjáróknál: 7.0 m.
- különleges esetekben pl. felüljárók alatt: 4.0 m.
- villamos úrszelvénytől: 0.2 m.

A kábelek szakítószilárdsága közel egy nagyságrenddel nagyobb az üzemi terhelhetőségnél pl. a SIEMENS gyártmányú 20 szálás fémmentes fényvezetőkábelek esetében:

- a szakadáshoz tartozó húzóerő 17300 N
- maximális üzemi húzóerő csak 2400 N lehet
(+10°C-on 900 N míg -5°C-on pótteherrel 2400 N)

Nem léphetők túl a gyártó cég által specifikált mechanikus jellemzőknek az adott típusra vonatkozó határértékei.

2.3.3 Földkábelek

A földkábeleket közvetlenül, vagy megfelelő védelmet nyújtó védőcsőbe húzva fektetik a szükséges mélységbe a talajfelszín alá.

A földkábelek felépítése, kialakítása olyan, hogy közvetlenül képes legyen elviselni a specifikált határokon belül a környezeti hatásokat.

A földkábelek felépítése:

A földkábelek belső felépítése nem sokban tér el a behúzó kábelektől. A jelentős eltérés a kábel külső védelmét szolgáló köpenyszerkezetben van. Ez a külső védelem általában többrétegű és terheléelosztó szerepe van.

A földkábelek külső átmérője jelentősen meghaladja a behúzó kábelekéét. A földkábelek sokkal merevebbek ezért a megengedett hajlítási sugár is sokkal nagyobb lehet. A

közvetlen földre fektethető kábelek esetén meg kell a gyártónak oldani a kábel rágcsálók, és a gombok elleni védelmet is.

- Földkábelek esetén akár a köpeny, vagy akár a fényvezető szálak sérültek meg, a hibás kábelszakaszt megfelelő biztonsági ráhagyás mellett ki kell cserélni.

A nyomvonal ellenőrzés során mindhárom kábeltípus esetén a kábel nyomvonal-vezetésén kívül ellenőrizni kell a különböző kifejtési pontokon:

Kábelek:

- fényvezető kábelek vonalvezetése,
- hajlítási sugarakat,
- mechanikai védelmet,
- speciális jelöléseket,
- átmeneti kötések elhelyezése, állapota,
- védőcsövek állapota, elhelyezése,
- figyelmeztető feliratok
- névtáblák,
- a fényvezető kötések elhelyezése,
- a fényvezető kábelek mechanikai védelme.
- a védőcsövek lezárása, vízbehatolás ellen.

Az optikai kábelrendezőben:

- az azonosító jelzéseket,
- a figyelmeztető feliratokat (pl. lézerveszély.),
- hajlítási sugarakat,
- csatlakozók állapotát.

Szabadtéri elosztószekrények:

- a szekrények állapotát,
- a szekrények zárhatóságát,
- és bevezetések állapotát,
- tömítések állapotát

Zártéri szekrények és szerelvényei:

- a szerkezeti elemek állapotát
- a rögzítő elemek állapotát, korrózióvédelmét

Általánosan felülvizsgálandó:

- a tisztaság, pormentesség
- villamos csatlakozások
- világítás
- a földelések állapota különös tekintettel a fémes vezetőt tartalmazó kábelek esetére,

2.4 Kábelszerelvények

Légkábelek esetén, az oszlopokon a kábelt görgős tartószerkezettel kell alátámasztani. A görgős alátámasztást a két feszítőoszlop közötti oszlopokon alkalmazzák. A görgős rendszernek az az előnye, hogy a kábel megfeszítéséből és az esetleges pótteherből létrejövő húzóerőt a feszítő, míg a kábel súlyát a tartó oszlopok viselik. A görgős tartószerkezetet az oszlopok külső oldalára szerelik a terepszinttől a lehetséges legnagyobb távolságra. A tartószerelvényeknek az oszlophoz való erősítése csak kengyellel vagy kampós csavarral történhet. Az oszlopot megfűrni tilos, mert az az oszlop gyengüléséhez vezethet.

A légkábel kihorgonyzása a gyártók által szállított rugós önzáró spirállal történik, amely szükség esetén oldható és áthelyezhető, vagy ismételten felhasználható.

A kötésdobozok rögzítési helyénél gondoskodni kell a tartalék kábelnyolcas megfelelő elhelyezésére. A kábeltartó tüskék kialakítását a mindenkori tartalékhozhoz kell igazítani.

Ha a tartalékhozhoz javítás vagy egyéb ok miatt csökken, akkor a tüskéket az új hosszhoz kell igazítani. A záróvas rá illetve visszahelyezésénél vigyázni kell arra, hogy a kábel ne kapjon deformáló nyomóerőt, és hogy a kábelt ne hogy a megengedett sugárnál kisebbel hajlítsák meg a szerelés során.

A kellő mechanikai védelem biztosítására, ha a kábel levezetésre kerül a levezető szakaszt legalább 3 m magasságig védőcsőbe kell vezetni.

A görgős tartószerkezet szerelésénél fontos az önzáró csavarok gondos meghúzása, mert laza vagy oldódó csavarkötés esetén a széthyitható tartóvilla szél nyomás hatására kiugorhat a szemes rúdból és ez a kábel sérülését okozhatja.

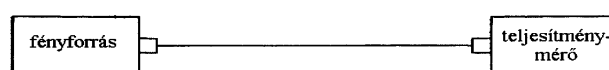
A kábel hossza és a tartalék képzése gondos tervezést igényel. Nemcsak az építésnél, hanem a javítás illetve a csere esetén is fontos az eredeti állapot visszaállítása.

2.5 Ellenőrző mérések

Javítások után, vagy ha rendellenességek tapasztalhatók, akkor műszeres felülvizsgálatra van szükség. A fényvezetőkábeles összeköttetések mérése úgy történik, hogy a kábelszakasz egyik végén egy ismert teljesítményű és hullámhosszú fényforrás fényáramát becsatoljuk a kábel fényvezető szálába és a távolvégen megmérjük az érkező fény mennyiséget, fénytelsítményt.

A mérést először hitelesítéssel kell kezdeni, ellenőrizni kell a műszereket, a mérő-vezetéseket és a csatlakozókat. 8. ábra 1,2. ábrája.

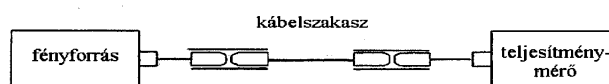
A teljes szakaszra vonatkoztatott csillapításmérés a 8. ábra 3. ábráján látható.



1. ábra Referenciaérték meghatározása



2. ábra Optikai mérőszinórok ellenőrzése



3. ábra Kábelszakasz mérése

8. ábra Csillapítás mérése (forrás: Dunántúli Kft. belső anyag)

2.5.1 Kötési csillapítások mérése

A kötési csillapítás mérését optikai visszaszórásmérővel (O.T.D.R.) kell elvégezni.

Az ellenőrzést a mérési utasításnak megfelelően mindkét irányból el kell végezni alappázmaként legalább egy-egy szálon, valamennyi kötési helyet figyelembevéve. Az ellenőrzést javítás esetén a javított szálon kell elvégezni, míg szakaszcsere esetén valamennyi szálat meg kell mérni. A mért eredményeket dokumentálni kell és össze kell vetni az előző állapot értékeivel.

Szakaszcsillapítás mérése:

A szakaszcsillapítás mérést az előre megadott mintalapnak megfelelően kell dokumentálni.

A szakasz csillapítás mérésére két módszert alkalmazunk:

Beiktatásos mérési módszerrel:

Az ellenőrzést a mérési utasításnak megfelelően mindkét irányból el kell végezni alappázmaként legalább egy-egy szálon, valamennyi kötési helyet figyelembe véve. A szakaszcsillapítás nem lehet nagyobb az alkalmazott hullámhossz tartományban (1280-1330 nm.) mint a számított legrosszabb érték.

$$awc = L \cdot ak + ns \cdot as + nc \cdot ac \text{ (dB)}$$

L = a kábelszakasz hossza (km)

ak = a kábel fajlagos csillapítása (dB/km)

s = a hegesztett kötések száma (db)

as = a kötési csillapítás értéke (dB)

nc = az optikai csatlakozók száma (db)

ac = az optikai csatlakozó beiktatási csillapítása (dB)

Optikai visszaszórásmérővel: (O.T.D.R.)

Az ellenőrző méréseket a mérési utasításnak megfelelően egy irányból kell elvégezni a megszerelt szakasz valamennyi fényvezető szálán.

Követelmények: Az OTDR-es mérésnél a csatlakozók és a pigtail kötések csillapítását nem kell figyelembe venni, ezért a legrosszabb eset a csillapításra:

$$awc = L \cdot ak + ns \cdot as \text{ (dB)}$$

L = a kábelszakasz hossza (km)

ak = a kábel fajlagos csillapítása (dB/km)

ns = a hegesztett kötések száma (db) (a pigtail kötések nélkül)

as = a kötési csillapítás értéke

Az optikai visszaszórásmérővel mért szakaszcsillapítás értékének kisebbnek kell lenni, mint a számított legrosszabb érték.

2.5.2 Fényvezető csatlakozók csillapítás mérése

A fényvezető csatlakozók beiktatási és reflexiós csillapításának ellenőrzését csak akkor kell elvégezni, ha a beiktatásos szakaszcsillapítás mérések eredményei indokolják.

Követelmények:

A fényvezető csatlakozó beiktatási csillapításának max. értéke 0.4 dB. lehet

A fényvezető csatlakozó reflexiós csillapításának min értéke 35 dB.

2.6 Optikai mérő és vizsgálóeszközök

2.6.1 Optikai teljesítménymérő

A vett fényteljesítményt egy érzékeny mérőfejre vezetve a becsatolt fénnel arányos villamos jelet érzékel.

A legtöbb modern fényteljesítmény mérő párban az optikai adóval képes az automatikus referencia előállítására. Ezekkel a műszerekkel már lehet abszolút és relatív méréseket is végezni. A nagy pontosságú és széles hullámhossz tartományban dolgozó mérőfejek lehetővé teszik, hogy széles teljesítménytartományt fogjanak át. (-90...+10 dBm.)

Ha a méréshez különböző fényforrásokat és teljesítménymérőket alkalmazunk, akkor ezeket egymáshoz kell kalibrálni - hitelesíteni, a mérési adatok összehasonlíthatósága érdekében.

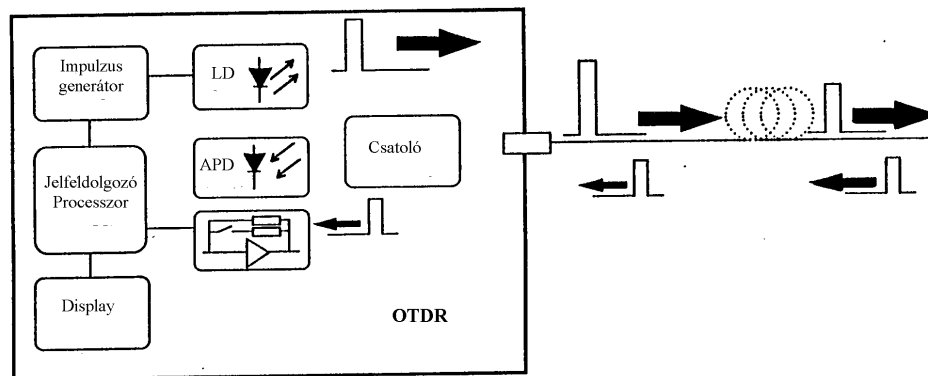
2.6.2 Optikai visszaszórásmérő

Az **O.T.D.R.** (Optical Time Domain Reflectometer) a fényvezetős hálózatok nélkülözhetetlen műszere

Alkalmazási terület:

- fényvezetős kábelek szállításakor, fektetés, behúzás előtt és után történő ellenőrző mérések,
- kötéscsillapítások ellenőrző mérései,
- fénykábeles szakaszok végmérései,
- a szakadások, hibák behatárolása,
- üzemi hibák, szakadások helyreállítása utáni mérések.

A műszer működési elve az 9. ábrán látható.

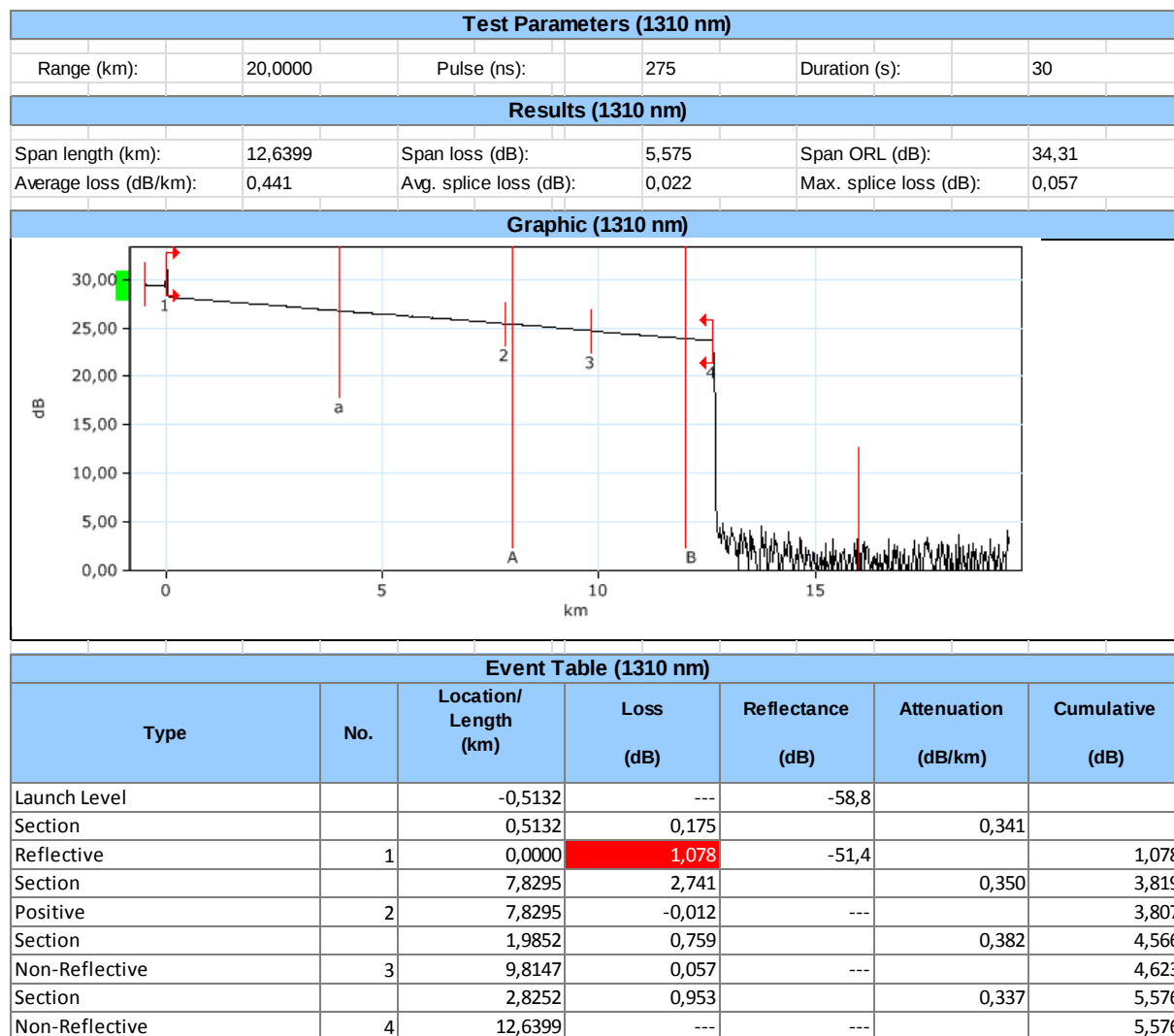


9. ábra OTDR működése (forrás: Dunántúli Kft belső anyag)

Az OTDR-ek felbontóképessége szabályozható. A jelfeldolgozó processzor értékeli a mért értékeket és elkészíti a mért szakasz csillapítás diagramját. A modern műszerek már megfelelő interfésszel rendelkeznek, így bármilyen számítógéppel összekötve alkalmassá válnak nagymennyiségű adat tárolására, és feldolgozására. Elő lehet hívni az előző mérés diagramját és a kettőt egymásra helyezve össze lehet hasonlítani az eredményeket.

A kapott csillapítás görbe eseményeit rögzíti és táblázatosan kinyomtatható.

Egy ilyen eredmény látható az 10. ábrán.



10. ábra OTDR mérés eredménye (forrás: EXFO FTB200 műszer, saját mérés)

2.6.3 A mérési eredmények dokumentálása

A hálózat építésének befejezése után az egyes szakaszokra és a teljes hosszra egy mérésekkel alátámasztott alapidokumentációt kell készíteni.

Ennek az alapidokumentáció-nak tartalmaznia kell:

- A fényvezetőkábel pontos nyomvonalának a rajzát.
- A hegesztett és az oldható kötések helyét.
- Az alkalmazott kábel és szerelvényeinek adatait.
- A különböző szerelvények helyét.
- Az üzembe helyezés után mért adatokat.

Az üzembe helyezés utáni mérések alapján kell dokumentálni a hálózat úgynevezett „NULLA” állapotát, ami azért nagyon fontos, mert a hálózat minőségváltozásai csak ehhez viszonyítva követhetők. A dokumentáció alapját az optikai visszaszórásmérő (OTDR) által szolgáltatott adatok, diagramok szolgáltatják. Ez a mérési módszer adja a legátfogóbb képet a fényvezetősál élettartamának minden szakaszáról (a gyártástól a javításig) és állomásáról.

Az üzemeltető számára nagyon fontos az úgynevezett nulljegyzőkönyvek összeállítása. Ezek a jegyzőkönyvek rögzítik az átadási állapotokat. Ennek alapján lehet eldönteni, hogy megfelelő minőségben teljesültek-e az üzemeltető igényei. Ennek alapján lehet érvényesíteni a garanciális igényeket is. Az üzemeltető az ebben rögzítettek alapján tudja a fényvezető kábelszakasz, összeköttetés állapotváltozásait követni.

Ezt a jegyzőkönyvet műszaki adattárba kell helyezni és megrendelőnek és kivitelezőnek is alapokmányként kell elismernie.

A hálózat OTDR-es „feltérképezését” célszerű mindkét irányból elvégezni és dokumentálni.

Az alapidokumentációt és a mérési jegyzőkönyvek egy-egy példányát a Műszaki Adattárban illetve a Vezető Állomáson kell összegyűjteni és megőrizni. Itt kell tárolni és nyilvántartani a mérési eredményeket rögzítő mágneslemezeket is a kép fájlazonosító jelek szerint.

2.7 A MÁV Rt. területén alkalmazott fényvezetőszálas kábelek követelményei

Fémmentes önhordó légkábelrel szembeni követelmények:

Kábellélek felépítése	6*4, 6*8, szálszámú, központi elem körül elhelyezkedő 6 db pászmacső (loose tube), egy pászmacső 4, 8, fényvezetőszálat tartalmaz.
Pászmacsövek színezése	Egymástól különböző, egyszínű. A pászmacsövek színsora: 1. piros; 2. zöld; 3. sárga; 4. kék; 5. barna; 6. fehér
Fényvezetőszál	Monomódusú (single mode), maradéktalanul feleljen meg az ITU-T G.652 D szabvány előírásainak.
Fényvezetőszál színezése	Egy pászmacsőn belül egymástól különböző, egyszínű. Minden pászmacsőben ugyanolyan színű fényvezetőszálak. A fényvezetőszálak színsora: 1. piros; 2. zöld; 3. sárga; 4. kék; 5. barna; 6. fehér; 7. bíbor; 8. fekete
Tárolási, szállítási és üzemi hőmérséklettartomány	-30 °C – +70 °C
Szerelési hőmérséklettartomány	-10 °C – +70 °C
Vízbehatolás elleni védelem pászmacsőben	Zselé
Vízbehatolás elleni védelem pászmacsövek között	Vízre duzzadó fonalak vagy szalag (water swellable yarns, tape)
Üzemi húzóerő	4 000 N
Maximális húzóerő	6 000 N
Keresztirányú nyomó szilárdság	3 000 N/10 cm
Külső köpeny	PE, közvetlenül alatta 2 db hasító szál (ripcord)
Teherviselés	Köpeny alatt, a kábellelket körülvéő, ellentétes irányban felcsévélő aramid szálak.
Rögzítő-, görgős alátámasztó szerelvények	RIBE gyártmányú vagy ezzel egyenértékű
Maximális oszlopköz	75 m
Jól látható felirat 1 m-enként a köpenyen	Vasúti optikai kábel <Gyártás éve> <Gyártó> <Típus> <Azonosító> <Hossz> m
A kábel nem tartalmazhat környezetre káros, vagy veszélyes anyagot! A kábel feleljen meg az IEC 60793 és az IEC 60794 szabvány vonatkozó előírásainak!	

Fémmentes behúzó kábellel szembeni követelmények:

Kábellélek felépítése	4*12, 8*12 szálszámú, központi elem körül elhelyezkedő 8 db pászmacső (loose tube), egy pászmacső 12 db fényvezetőszál tartalmaz.
Pászmacsövek színezése	Egymástól különböző, egyszínű. A pászmacsövek színsora: 1. piros; 2. zöld; 3. sárga; 4. kék; 5. barna; 6. fehér, 7. szürke; 8. lila
Pászmacsövek kialakítása	S-Z sodrású
Fényvezetőszál	Monomódusú (single mode), maradéktalanul feleljen meg az ITU-T G.652 D szabvány előírásainak.
Fényvezetőszál színezése	Egy pászmacsőn belül egymástól különböző, egyszínű. Minden pászmacsőben ugyanolyan színű fényvezetőszálak. A fényvezetőszálak színsora: 1. piros; 2. zöld; 3. sárga; 4. kék; 5. barna; 6. fehér; 7. szürke; 8. lila; 9. fekete; 10. narancs; 11. türkíz; 12. rózsaszín
Tárolási, szállítási és üzemi hőmérséklettartomány	-30 °C – +70 °C
Szerelési hőmérséklettartomány	-10 °C – +70 °C
Vízbehatolás elleni védelem pászmacsőben	Zselé
Vízbehatolás elleni védelem pászmacsövek között	Vízre duzzadó fonalak, vagy szalag, vagy Tixotróp (nedvesség hatására megdagadó térkitöltő anyag) (water swellable yarns, tape)
Maximális húzóerő	2 700 N
Keresztirányú nyomó szilárdság	3 000 N/10 cm
Külső köpeny	PE, közvetlenül alatta 2 db hasítószál (ripcord)
Teherviselés	Köpeny alatt, a kábellelket körülvevő, ellentétes irányban felcsévélte aramid szálak. (Csak akkor, ha a rágcsáló védelmet is szolgáló üvegszálal réteg nem biztosítja a szükséges húzó szilárdságot)
Rágcsálók elleni védelem	Köpeny alatt, a kábellelket körülvevő, ellentétes irányban felcsévélte üvegszálal fonalak. (30 g/m)
Jól látható felirat 1 m-enként a köpenyen	Vasúti optikai kábel <Gyártás éve> <Gyártó> <Típus> <Azonosító> <Hossz> m
A kábel nem tartalmazhat környezetre káros, vagy veszélyes anyagot! A kábel feleljen meg az IEC 60793 és az IEC 60794 szabvány vonatkozó előírásainak!	

A MÁV-nál napjainkba kiépített optika kábelhálózat nagyrészt 48-szálás (6x8-as) optikai kábellel történik. Ebből 12 szál a BiztBer (Biztonsági berendezés) –hez fejtenek ki a maradék 36 szál meg a Távközlő szerelvény szobába kerül.

3. Fejezet – Utastájékoztatás

Az optikai kábelek és a mai digitális rendszerek segítségével újfajta lehetőségek jelentek meg a vizuális utastájékoztatás terén is. Ebben a fejezetben szeretném bemutatni a rendszer fejlődését és, hogy hol is tart ma a vizuális utastájékoztatás.

3.1 Vizuális utastájékoztatás története

A vasúti közlekedés kezdetén a vizuális utastájékoztatás eszközei közül a fali menetrendi hirdetmény és az óra volt. A táv vezérelhető vizuális utastájékoztató rendszerek alkalmazása meglehetősen későn a háború után jó 10 évvel kezdődött. 1968-tól a MÁV közreműködésével a Finommechanikai és Elektronikus Műszergyártó Szövetkezet magyar találmány alapján, VISINFORM néven tájékoztató rendszert dolgozott ki. A berendezés első változata 90x150 mm-es mezőkön 14 mm átmérőjű képpontokból alakította ki a kívánt 5x7 elemes karaktermezőket. A CCITT 2-es kóddal működő készülékekről történhetett az információ beadása 50, illetve 100 baud sebességgel. A Visinform táblák olvashatósági távolsága 3-40 méter között van. Később megjelent a PRAGOTRON vállalat Solarihoz hasonló lapozós rendszerű berendezései. A MÁV joggal tért át az új eszközre, mert színvonalasabb szolgáltatást nyújtott és olcsóbb is volt. A Pragotron által gyártott berendezés szabványos modulegységekből több változatban összeállítható vágányvégi, peron- és összesítő táblákból és központi vezérlőegységből áll. A kijelzőegység változó hosszúságú 40 lapot (80 fél lapot) tartalmaz. A lapokat egyedi kis motorokkal forgatják a kódtárcsával és a kijelző modulokban lévő kódhengerrel egyeztetett kódhelyekre. A vezérlés a nyolcból három kombinációs feltételen alapul, ami nagy beállítási biztonságot nyújt. Ha a beállított és a megkeresett kód megegyezik, a lapok forgatása megszűnik, a kijelzőn a kívánt felirat lesz látható. Ezek a táblák még mindig megtalálhatóak kisebb állomásokon, de

folyamatos a lecserélésük, mert ezeknek a régi, lapozós táblák karbantartása drága, és igen költséges a menetrend változáskor mindig átfesteni a lapokat. (11. ábra)

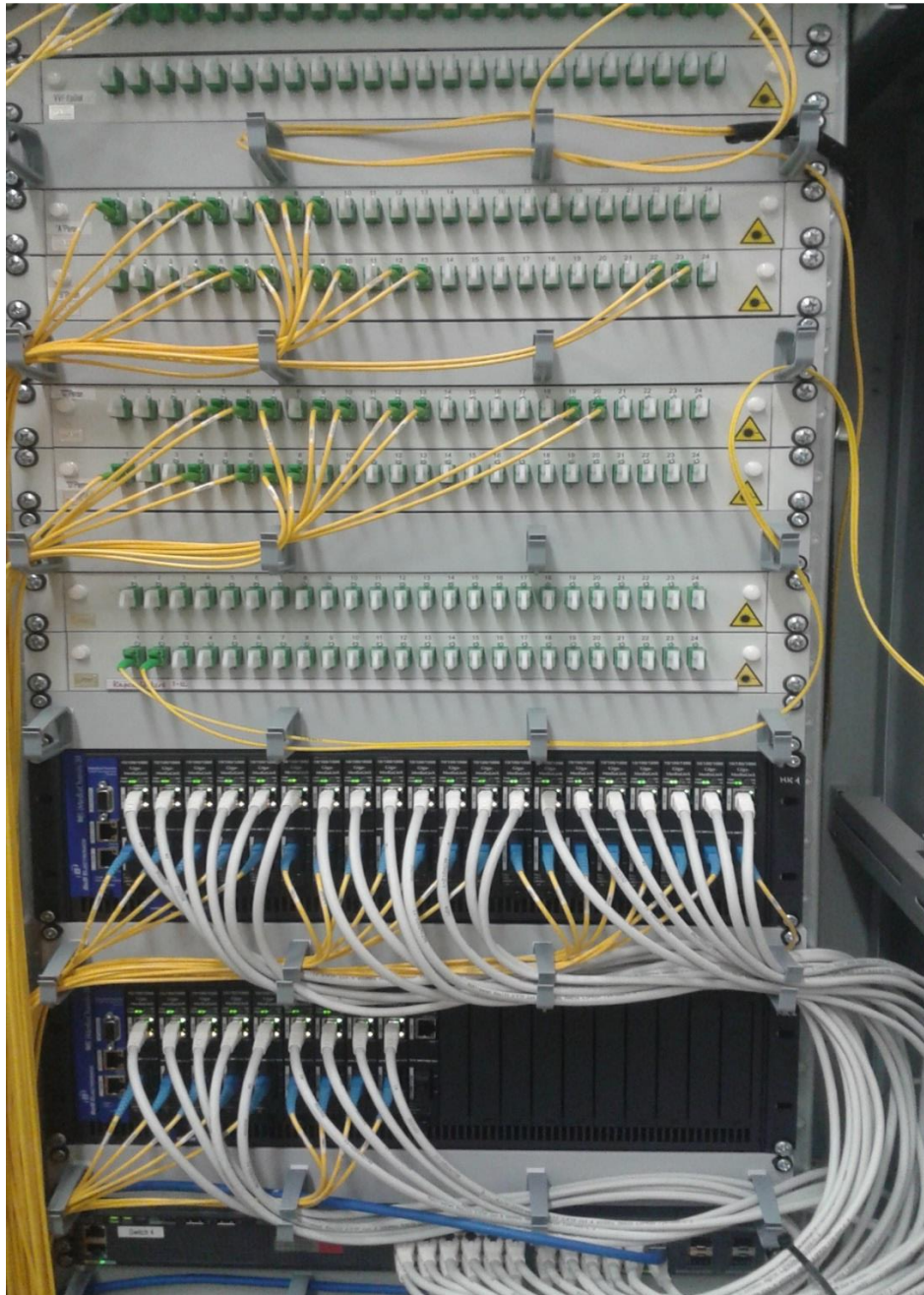


11. ábra debreceni Pragotron-összesítő (fotó: Magyarics Zoltán)

3.2 Vizuális utastájékoztató napjainkban

A MÁV olyan megoldást keresett, amely a réginél jobban látható, és relatíve gyorsan lehet aktualizálni a vonatadatokat. Ezért választották az AEG MIS céget, aki már több mint 20 éve fejleszt és gyárt LCD-technológiával információs célú nagyfelületű táblákat. Az AEG-MSI már több mint 10.000 táblát szállított a MÁV-nak. Ezek a táblák nagyrészt kültéri helyszíneken vannak elhelyezve, itt külön említendő, hogy ezek az LCD panelek közvetlen napsütésben is jól olvashatóak. A táblák hátsó megvilágítása az elején neoncsövekkel történt ma már LED-es megvilágítást kaptak. Ezen kívül a táblák belső hőmérsékletét egyenletes hő elosztásra tervezik így biztosítva az optimális üzemi hőmérsékletet. A vezérlésüket folyamatosan fejlesztik, saját táblavezérlőket fejlesztettek ki, hogy a lehető legoptimálisabb legyen a megjelenítés. Intelligens világításvezérlés is van benne, így mindig az aktuális fényviszonyoknak megfelelő a háttérvilágítás. A kijelzés vezérlése számítógéppel történik.

Az üzemi épületből a tábláig optikai összeköttetés van a nagy távolságok miatt. A táblák kommunikációs protokollja TCP/IP ezért média konvertereket alkalmaznak. (12. ábra) Egyik konverter a táblában van a másik a RACK szekrényben. Az újabb táblákba már SFP modul kerül.



12. ábra Vác állomás perontáblák összeköttetése (forrás: saját kép)

A peronokon kisebb perontáblák vannak ezek 3-4 modulos LCD táblák vagy 42"-os TFT monitorok (13, 14 ábra). Ezek is optikai összeköttetésűek. A TFT monitorok nagy előnye a Full HD felbontás és a 16 millió színárnyalatú kép megjelenítése szabadon alakítható, könnyen kezelhető, így az esetleges menetrendváltozások és esetleg más különleges igények (reklámok, utasok szórakoztatási lehetősége stb.) további költségek nélkül megvalósítható. A monitorokon nem csak szöveg, hanem grafika is megjeleníthető, ezáltal is javítva az utasok tájékoztatását.



13. ábra 42"-os TFT monitor (forrás: IT-DOT belső anyag)

Minden tábla saját IP címmel rendelkezik, így a címzésnél figyelni kell, melyik tábla milyen információt kap, mert a megjelenítés nem biztos, hogy helyes lesz, ha egy kisebb táblán akarunk megjeleníteni nagyobb információt. A táblák komplett, Intranet vezérlő szoftverrel rendelkeznek, ezáltal könnyű őket a MÁV rendszerbe beépíteni mindenféle plusz költség nélkül. Mivel a táblák hálózatba vannak a programozásuk távolról is történhet, ezáltal bárhol bármikor tudják módosítani a tábla beállításokat (rendszerint ezt a lehetőséget ki is használja a beszállító cég, mely számukra igen költséghatékony megoldás). Az IP alapú vezérlés adta lehetőséget a táblák állapota folyamatosan monitorozva van, így SNMP-n keresztül, nyomon lehet követni az adott

tábla állapotát fogyasztás, hőmérséklet, adatátvitel, hibák, ezáltal is megkönnyítve az üzemeltetést.

Külön megemlíteném az infó oszlopokat (15. ábra) melyek nem csak információközlésre alkalmasak, de interaktív verziójuk érintőképernyő segítségével Internet böngészést, menetrend lekérdezést, útvonaltervezést, segélyhívást is végezhetünk rajta. Képes együttműködni különféle utastájékoztató vezérlőkkel (Schauer PIS, Funkwerk Dikos, Digiton) a régebbi protokollokat emulálva.



14. ábra Peron tábla (forrás: <http://www.toroktrade.hu/fooldal>)

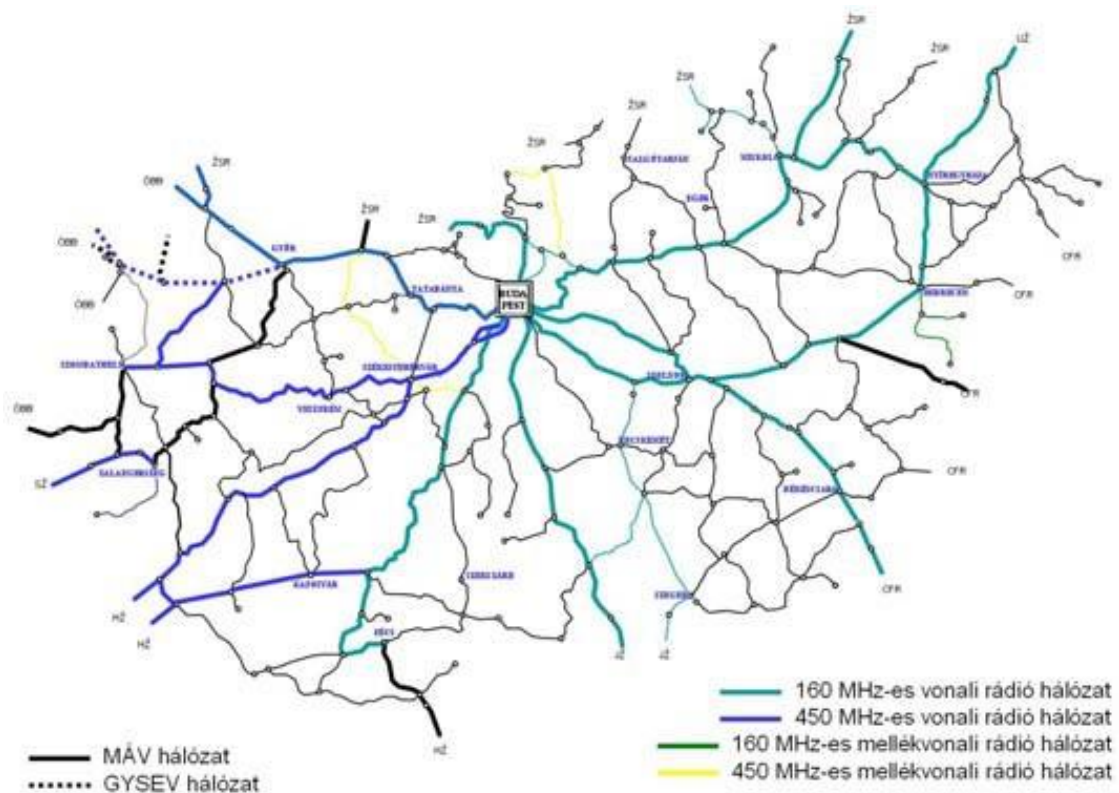


15. ábra Infó oszlop (forrás: IT-DOT belső anyag)

4. Fejezet - GSM-R rendszer

4.1 GSM-R rendszer bemutatása

Már a vasúti közlekedés elején felmerült az az igény, hogy a mozgó vonat személyzetével beszélni tudjanak. Ez akkor még utópisztikus dolognak tűnt, de ma már ez teljesen megszokott. Európa szinte minden fontos vasútvonalán működik valamilyen mobil távközlési rendszer, amivel eléri a vonatok személyzetét, különös tekintettel a mozdonyvezetőt. Jellemzően saját rendszert használnak külön frekvenciatartománnyal. Ugyan arra a célra eltérő rendszerű, műszaki megoldású, egyazon készülékekkel átjárható hálózatok vannak Európában, így a határon átnyúló mobilitás nem, vagy csak részben oltható meg. Ezt az is jól mutatja, hogy a MÁV is két féle vonali rádiórendszert építettek ki. (16. ábra)



16. ábra MÁV vonali rádióhálózata (forrás:

http://users.atw.hu/moszpecs/file/pdf/ETCS_0.pdf)

A leginkább elterjedt és egységes, vasúti célra kifejlesztett mobil rendszer az UIC 751-3. Ez a legfejlettebb, analóg vasúti rádiórendszer, ez azonban a mai közcélú mobil rendszerekkel összehasonlítva műszakilag elavultnak tekinthető. Már nem képes arra, hogy a mai kornak megfelelő kommunikációs igényeket kiszolgálja. Évről-évre drágább a fenntartása, az analóg rendszerek helyett korszerű, egységes, integrált mobil-kommunikációs rendszerre van szükség, ami a mai kornak megfelelő átviteltechnikát biztosít az összes beszéd- és adatátviteli célú összeköttetésnek. Továbbá lehetővé teszi a nemzetközi mobilitást, magas fokú biztonság és megbízhatóság mellett.

A GSM-R (Global System for Mobile Communications - Rail) rendszer a GSM 900 technológián alapuló, kifejezetten a vasúti felhasználásra szánt fejlesztés. A közcélú hálózatokhoz képest a GSM-R külön a vasutak igényeire szabott többletszolgáltatásokat nyújt. Az egyik ilyen igény, hogy a nagysebességű vasútvonalak számára is képes legyen megszakadás nélküli kapcsolatot biztosítani.

A mai vasúttársaságok vagy analóg rendszerű rádiós kapcsolatokat használnak, vagy a sínek mellett telepített kábeleket használják kommunikációra. Csak Európában 35 különböző vasúti rádiós rendszer működik. A Vasutak Nemzetközi Szövetsége az UIC (International Union of Railways) elindította az ERINE (European Integrated Railway Radio Enhanced Network) nevű projektet, melynek keretében fejlesztették az európai rendszerekkel kompatibilis új digitális vezeték nélküli átviteli szabványt.

Európában szinte minden ország saját fejlesztésű, különböző vonatbefolyásoló rendszert használ, ez a nemrég csatlakozott kelet-európai országokkal több, mint 20 különböző rendszert jelent. Az EU az egységes és átjárható vasutak megteremtése a személyszállítás és teherszállítás hatékonyabbá tétele érdekében döntött arról, hogy Európában be kell vezetni az Egységes Európai Vasúti Közlekedésirányítási Rendszert (ERTMS – European Rail Traffic Management System) mely két részből áll. A GSM-R-ből, mint szabványos vezeték nélküli átviteli módból és az Egységes Európai Vonatbefolyásoló Rendszerből (ETCS – European Train Control System) áll. A GSM-R rendszer fejlesztésének az alapvető célja az volt, hogy a meglévő analóg rendszereket lecseréljék. A rendszer további céljai, hogy a felhasznált frekvenciasávok kihasználtságának javítása, a magas karbantartási és üzemeltetési költségek csökkentése, valamint más vasúthálózatokkal való együttműködés és az ezzel kapcsolatos feladatok megoldása. Az analóg technikából adódó gyengébb hangminőség

javítása valamint a fontos felhasználói funkciók és magasabb színvonalú és biztonságosabb vasúti közlekedés elérése.

A GSM-R rendszer ellátja a pálya és a vonatok közötti kommunikációt, biztosítja a vasúti dolgozók, az állomásokon dolgozók, illetve gördülékenyebbé teszi az adminisztratív és irányító személyzet folyamatos kommunikációját. A GSM-R rendszer további előnye, hogy az általa megvalósított digitális adatátviteli platform lehetővé teszi a fix és a mobil részlegek közvetlen kapcsolatát biztosító alkalmazások bevezetését. A költségcsökkenést az egységes platform eredményeképpen kialakuló alacsonyabb működtetési és karbantartási költségek, valamint a jobb frekvenciasáv kihasználás, és a szabványos GSM alapú rendszer bevezetéséből származó alacsonyabb beruházási költségek révén lehet elérni.

Az EIRENE tehát nem csak egy távközlési eszköz, hanem egy komplex kommunikációs rendszer. Használata nem csak az eddigi üzemeltetés színvonalának javítását segíti elő, de új szolgáltatások bevezetésére is lehetőséget ad. Külön kiemelendő, hogy a biztosítóberendezési és forgalmi területeken a rendszer alkalmazásával személyzet-megtakarítás válik lehetővé, megteremtődik az interoperábilis közlekedés lehetősége, valamint nagymértékben csökken a távközlő- és biztosítóberendezési infrastruktúra beruházások anyagigénye.

4.2 A GSM-R szolgáltatásai és főbb kapcsolatrendszere



(forrás: <http://www.eirene.hu/?id=eirene>)

Az EIRENE tulajdonságai²:

- ETCS

A GSM-R kommunikációs alapot nyújt az ETCS vonatbefolyásolás számára, azaz biztonsági adat- és hangkapcsolatot szolgáltat, amellyel valamennyi az ETCS SRS-ében foglalt követelmény kielégíthető.

- Mozdonyvezető és irányító közötti beszéd és adatkommunikáció

A funkcionális, valamint helyfüggő számozás lehetővé teszi, hogy a mozdonyvezető egyszerű módon kapcsolatot teremthessen az illetékes forgalomirányítóval, mozdonyirányítóval, fő-menetirányítóval, stb.

² Az EIRENE (GSM-R) - 4e-lapok - A tudásbázis <http://www.eirene.hu/?id=eirene>

- Távvezérlés

Kétirányú adatfolyamot biztosít a mozdony és a központ, vagy más fix hely között. Az adatkommunikáció lehetővé teszi különféle berendezések távvezérlését, mint például a fékpróbázó berendezés, sorompók, tolató mozdonyok, daru és portáldaru, összekapcsolt egyvezetős mozdonyok, peronvilágítás, légkondicionáló stb.

- Vagyonbiztonsági rendszerek vezeték nélküli kapcsolata

Vonaton vagy vasúti objektumokon telepített biztonsági rendszerek vezeték nélküli elsődleges vagy tartalék kapcsolata. Illetéktelen behatolás, rongálás és egyéb rendkívüli események (pl. tűz, vízelöntés stb.) jelzésének átvitele lehetséges. Átviteli közeg továbbá a védett objektumok területén történő mozgás figyeléséhez (beléptető és térfigyelő rendszerek).

- Vészhelyzet – területi körözhívás

Vészhelyzetben az illetékességi területre körözhívással riasztás adható a vasúti személyzetnek. Megkülönböztetett, vörös színű vész hívó gombbal gyors hívásfelépítést tesz lehetővé az irányító, mozdonyvezető, tolatási személyzet, pályamunkások vagy bármilyen más felhasználó között.

- Tolatás

Az állomási technológiai körzetek jelentős részét a tolatókörzetek teszik ki. A tolatási mozgások végzése fokozottan balesetveszélyes művelet, ezért ehhez olyan dedikált csoporthívás alkalmazható, amely folyamatos csatorna-rendelkezésre állást és visszaigazolást igényel (irányító, mozdonyvezető, tolatásvezető és a tolatócsapat között). Ezt a kritériumot az erre a célra kifejlesztett GID 500 protokoll elégíti ki.

- Pályafenntartási távközlés

Beszéd- és adatkapcsolatot biztosít a pályafenntartó csoportok részére. Lehetővé teszi a csoportthívást a dolgozók között, a pálya mentén és azon túl is.

- Utastájékoztató

A GSM-R lehetőséget ad a személyzet nélkül működő állomások, megállóhelyek utastájékoztató berendezéseinek távvezérlésére, vezetékes átviteli út felhasználása nélkül. Biztosítható továbbá a telepített utasterminálok, értékesítő pultok rádiós kapcsolata azokon az állomásokon, megállóhelyeken, ahol a kábelezés nem megoldható vagy nem gazdaságos (pl. megállóhelyen nincs szabad érpár; légvezetékek megszüntetésének igénye esetén; vagy csak nagyobb rendezvények miatt szezonálisan megnövekedett utasforgalomnál).

- Vonat távközlés – beszéd és adat kommunikáció a vonatszemélyzet és az utasok számára:

Vonatfedélzeti jegykiadás és infoterminal menetjegy- és helyjegy-értékesítés a vonaton, a központi rendszerhez kapcsolódva. Vonatfedélzeti online utas terminál. A fontosabb vonatok személykocsijaiba telepített információs és értékesítő pult, ahol az utas aktuális közlekedési és egyéb adatokat kérdezhet le – úm. csatlakozás, egyéb járatok, idegenforgalmi információk stb, illetve bankkártya segítségével menet- és helyjegyet válthat.

Vonatfedélzeti utastájékoztató berendezés személyvonat kocsijaiba telepített vizuális kijelző és hangosbemondó berendezés, amely az úttal, vonatcsatlakozással kapcsolatos és egyéb fontos információkat közöl az utasokkal. GPS (Global Position System – Műholdas helymeghatározó rendszer) vevővel való kiegészítés esetén, vagy a GSM rendszer helyinformációinak felhasználásával az utastájékoztató információk az aktuális helynek és időpontnak megfelelően automatikusan kerülhetnek továbbításra.

- Utas kiszolgáló rendszerek

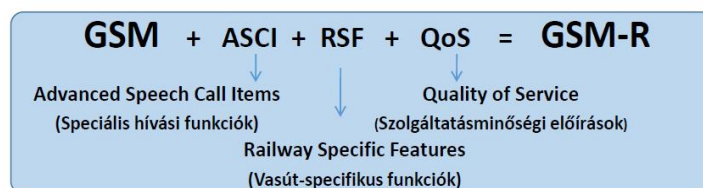
Ide tartozik a nyilvános kártyás telefon vagy a fax és az Internet használata a vonaton. Ezeknek a hagyományos értelemben vett kiegészítő szolgáltatásoknak a vasúttársaság bevételszerzése szempontjából is egyre nagyobb jelentősége van.

- Helyi távközlés

Kiszolgálja az állomási munkaterületek közötti kommunikációt, mint például vonatfelvétel (kocsi felírás), műszaki kocsivizsgálat, vonatmenesztés, állomásirányítás.

- Kiterjedt távközlés (wide area)

A nagy területű kommunikáció támogatja a pályamenti, a nem közvetlen a vonatközlekedés érdekében létrehozott kommunikációt és a vasúti fenntartási kommunikációt. Hang- és adatkapcsolatot biztosít a közúti járműveknek, pályaelőirányításnak, vasúti rendőrségnek és belépési lehetőséget ad zárt, illetve nyilvános hálózatokba.

GSM-R sajátosságok:

- Funkcionális számozás
- Push to talk
- Prioritásos vészhívás
- Tolatási mód

- Gyors hívásfelépítés
- 500 km/h-ig működik
- Nagy megbízhatóság



Rendelkezésre állási előírások		
Mobil internet:	98%	évi 175 óra kiesés
GSM-R adatátvitel:	99,98%	évi 1,75 óra kiesés

(forrás: http://kifu.gov.hu/kifu/sites/default/files/Infot%C3%A9r_-_Csilling_Laszlo_GSM-R_FEM.pdf)

A MÁV – más vasúttársaságokhoz hasonlóan – sokféle célra alkalmaz rádió berendezéseket a mozgó járműveken vagy a vasúti pálya mentén munkát végzők, valamint a fix szolgálati helyek kommunikációjához. A jelenleg használt analóg rádiórendszerek azonban számos, manapság rendkívül fontos szolgáltatást nélkülöznek, illetve nem képesek a modern vasúti forgalom számára elengedhetetlen szolgáltatásokat nyújtani. Ilyen hiányosság például, hogy a mozdony és a vonat személyzete között nincs vasúti kommunikációs lehetőség. További probléma, hogy a régi rendszerek javításához szükséges pótalkatrészek beszerzése egyre nagyobb akadályokba ütközik. Mindezek alapján egyértelmű, hogy az elavult, analóg rádiórendszereket le kell cserélni. A hatékonyabb működéshez korszerű, digitális és interoperábilis kommunikációs eszközökre van szükség. Nem kétséges tehát, hogy a GSM-R európai szintű bevezetése elkerülhetetlen. Különös fontossággal bír a határokon áthaladó nemzetközi vonatok folyamatos és biztonságos közlekedésének megoldása, ahol a beszédkommunikáció mellett a GSM-R rendszer a bevezetés alatt álló európai vasútvezérlő rendszer (ETCS L2 – European Train Control System) vezetékek nélküli hordozófelülete, továbbá a biztonság fokozásának fontos tényezője is.

További előnye, hogy a korábbi, különböző rádiós rendszerek helyett a GSM-R egy rendszerben képes az összes rádiós alkalmazási igényt kiszolgálni. Ennek köszönhetően például elegendő egyetlen mobilkészüléket adni a vágányok között dolgozó vasutas

kezébe, aki azt igény szerint használhatja a korábbi pályatelefon, állomásközi telefon, üzemirányítói távbeszélő, vonali rádió, munkairányító rádió, üzemi telefon helyett, vagy akár intra- és internetcsatlakozásra, illetve egy speciális készülékkel tolatórádió-funkció is megvalósítható.

Mivel a GSM-R alapvetően vállalati célú hálózat, önálló körzetszámmal rendelkezik, és kapcsolatban áll a nyilvános hálózatokkal, így a mobilhálózatokkal is. Ennek elsősorban vasútbiztonsági okai vannak: a GSM-R hálózat esetleges kiesésekor a készülékek a nyilvános mobilhálózaton keresztül is működőképesek.

A GSM-R rendszer – amely 500 kilométer/óra sebességig használható – számos, korábban nem alkalmazott vasútspecifikus funkciót nyújt a felhasználóknak. Ilyenek például: funkcionális és helyfüggő címzés, vasúti vészhívás, csoport- és körözvényhívás, híváspriorizálás, SMS a funkcionális hívószámra.

A GSM-R az utazóközönség részére nem elérhető. Zárt rendszerként működik, amely lehetővé teszi a biztosítóberendezések és a vasúti járművek közötti adatkommunikációt, valamint a szabványos hangalapú összeköttetést a vasúti személyzet számára. Az utazó tehát közvetlenül nem érzékeli az új rendszer működését, közvetett módon viszont igen, hiszen a vasúti pályák jobb kihasználtsága következtében nagyobb sebességgel nagyobb forgalom nagyobb biztonsággal bonyolítható le. A GSM-R projektben megvalósuló hálózatbővítések további közvetett hatása, hogy alapot teremtenek a közlekedés és a szállítás környezetbarát fejlesztésére, például korszerű fedélzeti szolgáltatások (elektronikus jegyvásárlás, e-menetrend stb.), valamint állomási szolgáltatások (utastájékoztató, szélessávú vezeték nélküli szolgáltatások stb.) vezethetők be.

A teherszállításban érintett ügyfelek számára a GSM-R határokat átívelő egységessége és interoperabilitása, illetve a GSM hálózatokból már jól ismert roaming emelhető ki. Bármely ország vasúti szerelvénye úgy közlekedhet a GSM-R-rel ellátott vasúti folyosókon, hogy határátlépéskor nem kell megállnia, majd átállnia a szomszédos ország egyedi rendszerére, illetve nem lesz szükséges mozdonyt vagy mozdonyvezetőt váltania. A szerelvényeken használt kommunikációs berendezések a határon automatikusan átállnak az egyik ország rendszeréről a másikra, de akár a közcélú GSM hálózatok is igénybe vehetők egyirányú roaming alkalmazásával, a GSM-R készülékekkel. Mindennek következtében csökken a menetidő, ami a személyszállítást és az áru fuvarozást egyaránt kedvezően érinti.

A GSM-R hálózat országos üzemeltetése a MÁV feladata. Az egyes rendszerek (járműfedélzeti- és kézirádiók, fix rádiós rendszerek, kibővülő fényvezetőszálas kábelhálózat, korszerűsített nagy sáv szélességű digitális átviteltechnika, irányítói diszpécserrendszerek, áramellátó berendezések) működtetése a gyakorlatban a két vasúttársaságra hárul.

Az üzemeltetés és hibaelhárítás költségeit egyelőre nehéz meghatározni, viszont a kalkulációnál figyelembe veendő tényezők már ismertek. A főbbek: a szakembergárda munkabére, közlekedési költségei; a berendezések energiafogyasztása; az épületek, szerelvényoszobák, antennaárbocok fenntartási költségei; az NMHH részére fizetendő frekvenciahasználati díjak; az üzemeltetési és karbantartási támogatási szerződés alapján fizetett díjak. Az így kialakuló összeg a garanciális és jótállási időszakot követően a tartalék alkatrészek költségeivel emelkedik.

A GSM-R rendszerek üzemeltetését, karbantartását, hibaelhárítását – a meglévő és továbbra is ellátandó feladatok mellett – a MÁV és a GYSEV szakértői végzik majd. A MÁV jelenlegi távközlési rendszereit országosan mintegy 950 fős szakembergárda üzemelteti.

A jelenlegi, analóg rádiórendszerek és a GSM-R közötti fő különbségek

160 MHz-es rádiórendszerek

- A rendszer üzemkészsége és szolgáltatási szintje alacsony
- Nem lehetséges vész hívás, hívásazonosítás
- Nem szelektív, nyílt üzemen dolgozik
- Hatósági nyomás van a 160 MHz-es frekvenciasáv elhagyására, új rádiós körzeteket már nem létesíthet a vasút
- Nem létezik interoperabilitás

450 MHz-es rádiórendszerek (UIC 751-3)

- Szelektív
- Nyílt üzemen dolgozik
- Lehetőség van vész hívásra, körözvény hívásra
- Részleges interoperabilitást nyújt, ami egyre csökken a GSM-R elterjedése miatt

GSM-R rádiórendszer

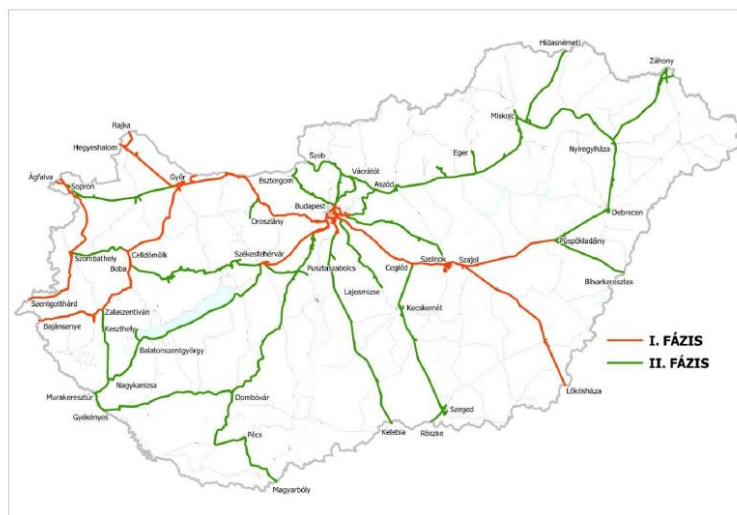
- A rendszer üzemkésztsége és szolgáltatási szintje rendkívül magas a kiépített duplikációk miatt
- Lehetőség van vészhívásra, a hívások priorizálására (szűk kapacitás esetén a magasabb szintű hívás felépítése érdekében akár automatikusan is elbontja az alacsonyabb prioritású hívást)
- Szelektív üzemű rendszer, egyedi és funkcionális hívószámokkal rendelkezhetnek a készülékek.
- Adatátviteli szolgáltatást is nyújt (EDGE)
- Utastájékoztató átviteli közege is lehet
- Teljes interoperabilitást nyújt, átjárhatóságot teremt a szomszédos vasutak részére

4.3 Tervezési alapelvek és specifikációk

A GSM-R projekt két fázisban valósul meg

I. Fázis: 935 km
2015 végéig

II. Fázis: kb. 2500 km
2014-2020



- Körülbelül 200 BTS (állomás) építése (935 km lefedése)
- Pálya menti és beltéri épület lefedettség
- Vasúti kocsik beltéri lefedettsége (ismétlő állomásokkal)



- Duplikált Core (központi) rendszer két telephelyen
- Duplikált diszpécser rendszer 200 terminállal
- 1091 km optikai kábelhálózat, 3 szintű aktív elemekkel



- Központosított hálózatfelügyelet
- Ügyfélkezelő, számlázó és SIM kezelő rendszerek
- 1600 végberendezés

(forrás: http://kifu.gov.hu/kifu/sites/default/files/Infot%C3%A9r_-Csilling_Laszlo_GSM-R_FEM.pdf)

GSM-R végberendezések:

- Általános rádiók – GPH (General Purpose Handset)
- Rendszer rádiók – OPH (Operational Handset)
- Tolató rádiók – OPS (Operational Handset with Shunting mode)
- Mozdonyrádiók – CR (Cab Radio)
- Fixen telepített rádiók (Desk GSMR terminal)

Az átviteltechnikai rendszerrel szemben támasztott követelmények:

- Feleljen meg azoknak a biztonsági és sávszélesség követelményeknek, melyeket a MÁV üzleti és üzemviteli igényei támasztanak a hálózattal szemben:
 - GSM-R és ETCS L2 technológiai rendszerei,
 - üzletkritikus alkalmazások,
 - technológiai alkalmazások, rendszerek,
 - távközlési és video megfigyelés, objektum védelem.
- A GSM-R kiszolgálása a legmodernebb technológián kerüljön megvalósításra, javasolt a szinkron Ethernet MPLS hálózat kialakítása.
- Kialakításában és rétegződésében rendelkezzen szinergikus képességekkel más távközlési hálózattal, legyen képes szabványos interfészek segítségével az összekapcsolhatóságra, valamint együttműködésre.
- Az implementálásra kerülő rendszer rendelkezzen az SDH hálózat megbízhatóságával, védelmi funkcionalitásával, valamint rendelkezzen a modern Ethernet alapú rendszerek által biztosított skálázhatósággal, hatékony forgalomvezérléssel, távfelügyeleti képességekkel és minőséggel.
- Alapvetően az alábbi hálózati szinteket különböztethetjük meg: hozzáférési, felhordó, gerinchálózati (Access, Aggregation, Core). Ezek közül a Hálózat méretétől, összetettségétől, funkciójától függően, vagy valamennyi, vagy csak bizonyos szintek kerülnek kialakításra. Az eszközökből kialakítható legyen gyűrűs vagy szövevényes hálózati topológia.

Átviteltechnikai kapacitásigények állomástípusonként

A GSM-R hálózattal közvetlenül kapcsolatos átviteltechnikai kapacitásokat a 1. táblázat szerint biztosítani kell állomástípusok szerint azokon a helyszíneken, ahol Hálózati Elem telepítése szükséges.

Állomástípus	Kapacitásigények	
	GSM-R BTS	Vagyonvédelmi rendszer
Nyílt vonal	1 x 2 Mbit/s	1 x 2 Mbit/s
Megállóhely	1 x 2 Mbit/s	1 x 2 Mbit/s
Kis állomás	1 x 2 Mbit/s	1 x 2 Mbit/s
Közepes állomás	2 x 2 Mbit/s	1 x 2 Mbit/s
Nagy állomás	5 x 2 Mbit/s	2 x 2 Mbit/s
Pályaudvar	8 x 2 Mbit/s	3 x 2 Mbit/s
Egyedi helyszín 1	2 x 2 Mbit/s	2 x 2 Mbit/s
Egyedi helyszín 2	1 x 2 Mbit/s	2 x 2 Mbit/s
Technológiai épület 1	1 x 2 Mbit/s	1 x 2 Mbit/s
Technológiai épület 2	1 x 2 Mbit/s	1 x 2 Mbit/s
Technológiai épület 3	1 x 2 Mbit/s	1 x 2 Mbit/s
Technológiai épület 4	1 x 2 Mbit/s	1 x 2 Mbit/s

1. táblázat: Átviteltechnikai kapacitásigények (forrás: SCI-Network)

A nem tipizálható helyszíneken (egyedi helyszínek) a sáv szélesség meghatározását a Független Mérnökkel egyeztetni szükséges.

Figyelembe kell venni a megadott egyéb kapacitásigényeket a 2. táblázatban meghatározott szerint.

Állomás típus	Jelenlegi kapacitás Ethernet egyenérték	Várható Ethernet kapacitás igény
Nyílt vonal	10 Mbps	100 Mbps
Megállóhely	100 Mbps	1 Gbps
Kis állomás	100 Mbps	1 Gbps
Közepes állomás	100 Mbps	2*1 Gbps
Nagy állomás	1 Gbps	3*1 Gbps
Pályaudvar	1 Gbps	3*1 Gbps
Egyedi helyszín 1	1 Gbps	3*1 Gbps
Egyedi helyszín 2	10 Mbps	1 Gbps
Technológiai épület 3*	1 Gbps	10 Gbps
Technológiai épület 4	10Mbps	1 Gbps

2. táblázat: Egyéb átviteltechnikai kapacitásigények (forrás: SCI Network)

Technológiai épület 3*: kivételt képez a Bp. Hunyadi utcai Pályalétesítményi Központ, mivel a Helyszín ellátása béreltvonali áramkörrel történik

Szajol - Püspökladány GSM-R projekt

Az optikai vonali szakaszokat 2 darab, a G.652D specifikációnak megfelelő 96 fényvezető szál tartalmazó, 8*12 szálszerkezetű kábellel megtervezni. Az egyik kábel a GSM-R specifikus átviteltechnikai rendszerek, a másik kábel a MÁV nem

biztonságkritikus, a vasút napi operatív működéséhez szükséges távközlési és informatikai alkalmazásai számára kerül felhasználásra. A már megépített új kábel és a később csatlakoztatandó új építésű kábeleknél létesítendő egyenes kötéseknél (gyártási hosszak kötése) az összes fényvezető szál egyenesbe kötését tervezni kell, az alábbi csillapításértékek betartásával:

- A szálankénti egyedi kötés csillapítás maximális értéke 0,15 dB lehet.
- Az 50 km-nél nem hosszabb szakaszokon a szálankénti kötéscsillapítás maximum 0,08 dB. lehet.
- Az 50 km-es távolságot meghaladó szakaszokon hegesztett kötések szálankénti kötési csillapítása maximálisan 0,05 dB lehet.
- A kötési csillapítás értéke mindenkor az optikai reflektométerrel mindkét irányból mért kötéscsillapítások átlaga.

A gerinc nyomvonalat Szajol felvételi épületétől – Fegyvernek-Örményes állomás felvételi épületéig korábban, a Szajol-Püspökladány biztosítóberendezési és távközlési tender keretében lefektetett 4 LPE32/40 védőcsőbe tervezzük behúzni, befűjni.

Fegyvernek-Örményes állomás felvételi épülete és Püspökladány állomás üzemi épülete között jelentenderbe 2 db LPE40/LPE32-es csövet kell a biztosítóberendezési tenderben megépülő nyomvonalba elhelyezni.

Az új nyomvonalak azonosíthatósága miatt a törési, keresztezési pontoknál, megszakító létesítmények átlós sarokpontjainál és a nyomvonalon 200 méterenként (lehetőleg MÁV hm szelvénykövekkel egyvonalban), kábelnyomvonalat jelölő, programozható markereket kell elhelyezni, max. 1,5 m mélységben. A markerekbe a lefektetett kábel adatait: kábelmegnevezés, viszonylat, elhelyezés ideje, koordináták, hivatkozási, nyilvántartási adatok, stb. kell beírni a MÁV előírásai szerint.

Hurkokat minden esetben két fizikailag független nyomvonalon kell kialakítani. Azonos nyomvonalon, kerülő irányban elkülönítve, pl. a vasút két oldalán, vagy egyik nyomvonal földben, másik (hurok) felsővezeték tartó oszlopsoron meglévő vagy tervezett optikai légkábelen megépítve. Leágazó, bekötő optikai kábelek nyomvonalát amennyiben a leágazó szakasz hossza meghaladja a 20 métert szintén két fizikailag független nyomvonalon kell kijelölni. Az üzemelő optikai kábel védőcsövének nyomvonalától min. 2 m távolságra másik nyomvonalon kell a tartalék védőcsövet

lefektetni és a létesítménybe bevezetni. Ez az üzemeltetés biztonsága és a hibaelhárítás megkönnyítése és gyorsítása miatt szükséges.

Az optikai kábelek biztonsága, védelme érdekében a következő védelmi megoldások szerint kell eljárni, a védelmi megoldások alkalmazásának esetenkénti elhagyásához az illetékes.

Üzemeltető hozzájárulása szükséges:

- az új építésű optikai kábel részére kábelaléptítményt (zárható fedlappal ellátott megszakító-létesítmények, kábelcsatornát MÁV területen megfelelő szélességű geotextil borítással min. 30 cm földtakarással kell építeni,
- meglevő felszíni kábelcsatorna csak kifogástalan állapotban biztonságosan zárható fedlappal ellátva használható a MÁV szakszolgálatának előzetes engedélyével. (Melevő kábelcsatorna erősáramú kábel részére fenntartott részébe optikai kábel nem tervezhető.)
- hidakon a kábeleket a híd melevő kábelcsatornájába kell helyezni, ahol ilyen nincs, ott acélcsővel kell a védelmet kiépíteni olyan módon, hogy a védőcső vége a talajban végződjön (min 0,5 m mélyen),
- a felhasznált felszíni kábelcsatornák zárhatóságát biztosítani kell, a rongálódott, hiányzó fedlapokat ki kell cserélni.
- vízfolyások esetén acélcsöves-, vagy KPE csöves védelem építése szükséges.

A kábelnyomvonal biztonságos építésén túl a különböző szakszolgálatok elvárásainak is eleget kell tenni, mint például:

- pályakeresztezés nem eshet melevő keresztezéshez 2,00 m-nél közelebb,
- híd- és műtárgy háttöltését 6,00 m-nél közelebb keresztezés nem közelítheti meg,
- kitérő alá és útátjáróba, az útszéltől számított 6,00 m-en belül nem építhető keresztezés,

- műtárgyon kábelcsatorna csak úgy helyezhető el, hogy vízszintesen mért űrszelvény ne legyen igénybe véve,
- hídon történő átvezetés csak oldható csavaros kötéssel szerelt rögzítéssel kivitelezhető (A töltésbe csatlakozás és a nyomvonal részüben történő kialakítása csak a Pályafenntartási szakszolgálattal történt előzetes egyeztetés után tervezhető.),
- erősáramú létesítményt tervezett kábel maximum 1,0 m-re közelíthet meg,
- erősáramú kábel keresztezésénél a minimális távolság 0,4 m, a keresztezés helyén mindkét kábelt 1-1 m-re túlnyúlóan védőcsőbe kell helyezni,
- meglevő távközlési kábelek nyomvonala csak alulról 0,5 m-re keresztezhető,
- meglevő távközlési kábelek nyomvonalától és távközlési objektumoktól 2,0 m-en belül földmunka csak kézi ásással megengedett,
- meglevő távközlési kábelek nyomvonalától és távközlési objektumoktól 3–3 m-re indító és fogadó akna nem alakítható ki,
- építés helyszínén a meglevő, üzemelő kábelek nyomvonalát kutatóárokkaal fel kell tárti.

Minden olyan nyomvonal, amely helyhiány, egyéb okok miatt fentiekől eltér csak a MÁV területileg illetékes szakszolgálatának előzetes engedélyével tervezhető illetve kivitelezhető.

A betervezett építési termékek megfelelnek a MÁV által kiadott szabványoknak. A megfelelő tanúsítvánnyal nem rendelkező terméket a kivitelezés során nem építhetők be.

Optikai kábelek elhelyezése, bevezetése épületekbe

A tervezett nyomvonalakon 2 db 96 (8x12) szálal, leágazó szakaszokon 1-2 db 48/96 (4x12/8x12) szálal vagy 12 szálal (G.652D specifikációnak megfelelő MÁV előírásnak megfelelő színskálájú) fényvezető kábelt kell behúzni/befűjni a tervezett LPE védőcsővekbe. Ezek a következők:

- GSM-R célú vonali,

- 2. egyéb célú, nem biztonságkritikus, a vasút napi operatív működéséhez szükséges távközlési és informatikai alkalmazásai számára szolgáló kábel,
- A leágazó irányokon általánosan 1 illetve 2 db 48 szál (szükség esetén 96) fényvezető kábel lesz elhelyezve a végpontok igényének megfelelően,

A kábeleket meglevő vagy tervezett kábelbevezetéseken (kábel-istoly, bevezető akna, szekrény) juttatjuk be az optikai kábelrendező, Hálózati Elemek elhelyezését biztosító épületekbe, konténerekbe stb. A bevezető megszakítóban szükség esetén átmeneti kötés készítése után (nem teljes keresztmetszetben történő bevezetés esetén). A megszakítótól a fényvezető kábelt halogénmentes, lépésálló gégecsőbe húzva vezetjük be az épületbe majd tovább álpadló alatt, kábelfelvezetése, kábelcsatornán/kábeltálcán az új optikai rendezőszekrényig.

A kábeleket az épületek bevezetési helyein, betonmegszakítóknál, kábelistolynál, az állomási alépítmények és vonalra tervezett megszakítóinál átvezető kábeleket kábeljelölő táblával kell ellátni. A táblán a kábel típusa, kábelirány rövid megnevezése és száma a telepítés éve, üzemeltető megnevezése és a lézerveszélyre figyelmeztetés szerepel.

Optikai kábelek kötése

A kötésekhez a későbbi javíthatóság és könnyebb szerelhetőség miatt FIST vagy annak megfelelő, a MÁV-nál engedélyezett optikai, gél szigetelésű, kötéslezáró szerelvény alkalmazható.

A kötések lezárására a gyártó technológiai utasítása ad útmutatást. A kötések szerelését és lezárását megfelelő ismeretekkel és gyakorlattal rendelkező személyek végezhetik.

Optikai kábelek mérése

Az optikai kábelek elhelyezését megelőzően a P-4019/2007 MÁV előírásnak megfelelően a dobon méréssel ellenőrizni kell a kábel előírás szerinti paramétereit.

A kábelszakaszok tényleges csillapítását a végpontokról, két oldalról OTDR-rel és optikai adóvevővel méréssel kell meghatározni és mérési jegyzőkönyvben dokumentálni. A mérési adatok alapján a kötésre, illetve a teljes hosszra előírt csillapítás értékeknek a megengedett értéken belül kell lenni.

A kötési csillapítás értéke mindenkor az optikai reflektométerrel mindkét irányból mért kötéscsillapítások átlaga.

Hálózatok mérésénél mérni kell:

- szakaszcsillapítást,
- beiktatási csillapítást,
- kötési csillapításokat,
- reflexiós csillapítást,
- diszperziót, kromatikus, $\text{ps}/(\text{nm} \times \text{km})$ értékben,
- polarizációs modulus PMD, $\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ értékben
- csillapítás profil, dB/km

Optikai rendező telepítése

Az optikai rendező fiókok a tervezett új 19"-os rendezőkeretben lesznek elhelyezve. A kábelt a 48, 96 szál optikai rendezőbetétben a gyártó által meghatározott módon kell végződtetni. A végződtetett kábel fényvezető szálait a beltéri kábelekkel hegesztett kötéssel (E2000/APC pig-tail) kell összekötni. A csatlakozót a száltartalékokkal együtt a rendező keret erre a célra kialakított kazettáiban kell elhelyezni. A tervezett új optikai hálózaton E2000/APC típusú csatlakozót kell használni.

Az optikai rendezőn jelölni kell az összekötési irányokat, az állomások nevének feltüntetésével. Az optikai rendezőn a beltéri kábeleket is azonosító jelöléssel /sorszámmal/ kell ellátni.

Összefoglaló:

A szakdolgozat átfogó képet ad arról, hogy hova jutott el a MÁV a távközlés területén: mit használtak a kezdetekkor és mit használnak napjainkba. Mint látható a GSM-R megjelenése újfajta lehetőséget nyit ki, és a hálózat kiépítése miatt egy sokkal nagyobb és gyorsabb rendszer áll majd a MÁV rendelkezésére, ami a mai adatkapacitási igényeket is kielégítheti, sőt bőven van benne tartalék a későbbi fejlesztésekre. A dolgozat első felében a fejlődés történetét olvashatjuk, míg a második felében a felhasználási területek, és az alkalmazott rendszerek, hálózatok vannak bemutatva.

A dolgozat végén a GSM-R rendszerről kapunk egy kis áttekintést, mik a tervek és hol tart jelenleg a rendszer kiépítése. Az utolsó részben egy konkrét megvalósulási tervvel ismerkedhetünk meg.

Summary:

This thesis gives an overall idea about the journey of MÁV in the field of telecommunication: what did they use at the beginning, and what are they using now. As it is visible, the GSM-R system is opening new doors, and, thanks to the network configuration, the MÁV will benefit from a larger and faster system; what is more, there is still room for further development. In the first part of the thesis you can read about the history of the progress, while in the second part are described the territories of the application, the applied science and systems.

At the end of the thesis, we get a review about the GSM-R system: what are the plans, and where are they now with the system configuration. In the last part is presented a concrete, as-built plan.

Irodalomjegyzék:

[1.] Pap János: A vasúti távközlés történeti áttekintése, Híradástechnika, XL. évfolyam, 1989.7. szám 209-213

http://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/1989/07/1989_07_06.PDF

[2.] Garai Csaba: Egy országos IP hálózat telepítésének tapasztalatai

http://scinetwork.hu/docs/eloadasok/20080528-sci-nap/GaraiCsaba_20080528.pdf

[3.] Sas Tibor: Vasúti távközlés építése és Üzemeltetése

http://www.bgok.hu/bber/BIZBER/Sas%20Tibor_Vas%C3%BAti%20t%C3%A1vk%C3%B6zl%C3%A9s%20%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9se%20%C3%A9s%20%C3%BCz/Vas%C3%BAti%20t%C3%A1vk%C3%B6zl%C3%A9s%20%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9se%20%C3%A9s%20%C3%BCzemeltet%C3%A9se.pdf

[4.] Alcatel Hungary Kft.: Az optika átvitel jövője: az SDH/PDH/Ethernet és WDM technológiák teljes konvergenciája, Vezetékek Világa-Magyar Vasúttechnikai Szemle (2006/3) 3-6

http://www.mavintezet.hu/vezvil/2006_3.pdf

[5.] Az SDH technológia, BME Híradástechnikai Tanszék 1998.

[6.] Távközlő hálózatok – órai jegyzet, BME (2002)

[7.] Vigh Sándor: Optikai hálózatok felosztása

http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/6_0909_017_101115.pdf

[8.] Dr. Oláh Ferenc Utastájékoztató rendszerek, Autótechnika (2004/3) 38-40

[9.] Fejlesztí utastájékoztató rendszerét a MÁV, Vasutas Magazin 65.évfolyam (2014 Február)

[10.] Az EIRENE (GSM-R) - 4e-lapok - A tudásbázis

<http://www.eirene.hu/?id=eirene>

[11.] GSM-R projekt - HTE

http://www.hte.hu/documents/329421/542195/1_Agardi_Ferenc.pdf

[12.] Szemkeő Márton: A GSM-R rendszer célja, felhasználási területei, speciális alkalmazásai, szolgáltatásai és a kiépítés tervezett fázisai, Vezetékek Világa-Magyar Vasúttechnikai Szemle (2005/1) 12-15

http://www.mavintezet.hu/vezvil/2005_1.pdf

[13.] Csilling László: GSM-R a 160 km/órás vasúttért

http://kifu.gov.hu/kifu/sites/default/files/Infot%C3%A9r_-_Csilling_Laszlo_GSM-R_FEM.pdf

[14.] GSM-R – the only approved world telecom standard for railways

http://www.gsm-rail.com/sites/default/files/documents/GSM-R_vs_Dig_Trunk_sys.pdf

[15.] Peter Tiberg: GSM-Railway Yesterday, Today and Tomorrow

<http://banekonference.dk/sites/default/files/Jernbanen%20p%C3%A5%20vej%20mod%202020%20-%20Peter%20Tiberg.pdf>

[16.] SCI-Network belső anyaga (Pdf)

[17.] Dunántúli Kft. belső anyaga (Pdf)