

# Visszhangzár a kábeltévéhez (Dynamic Ingress Blocking™)

WEIN TIBOR, *műszaki menedzser*  
HFC Technics Kft.  
t.wein@hfctechnics.hu

**Kulcsszavak:** zajcsökkentés, reflexió, zajelnyomás, kábeltévé-minőség

A DIB™ a kábelhálózatok cikkünkben összefoglalt visszirányú problémáinak megoldására kidolgozott, szabadalmaztatott technológia. Bemutatott képességeivel a hálózat kétirányúsítása könnyebben és gyorsabban végrehajtható, lehetővé válik a kábelmodemek előfizető általi üzembehelyezése és a VoIP-hoz szükséges szolgáltatási minőség (QoS) elérése. A DIB moduláris struktúrája a szolgáltató számára lehetővé teszi a kis rendszerrel történő indulást, mely később szinte korlátlanul bővíthető. A DIB™ a kétirányú kábelhálózatok hatékony üzemeltetését és fenntartását is lényegesen megkönnyíti.

## 1. Visszirányú zajok

A visszirányú átviteli eszközök a szolgáltató szempontjából részben idegen birtokon belül működnek. Ez a környezet a visszirányú csatornába behatoló zajok fő forrása. A kétirányú kábelhálózatok jelútjait az 1. ábra szemlélteti. A visszirányú jelút határfrekvenciája korszerű hálózatoknál általában 65 MHz. Elemeit az ábrán szűrítéssel különböztettük meg. Az ábra a városi hálózatok kezdeti alacsonyabb penetrációk mellett jellemző legösszetettebb esetét szemlélteti, amikor a CATV fejállomás és a CMTS telephelye közös.

A felhasználói sűrűség növekedésével a CMTS-ek (Cable Modem Terminating System) az optikai csomópontokkal közös telephelyen is létesülhetnek. A jövőben tehát a visszirányú jelút analóg fényvezetős szakasza többségüknek már elmarad. A cikkben bemutatott zaj- és átviteli kapacitás számítási példák erre az esetre vonatkoznak.

- A kábelhálózatok kétirányú alkalmazásának legjelentősebb problémái az alábbiak:
  - a zajszintek halmozódása,
  - a teljes visszirányú átvitel veszélyeztetettsége egyedi zajforrásoktól, és
  - a háztartásokba nem kielégítő zavarvédelességgel bevezetett kábelek.
- A visszirányú zajok három fő összetevője:
  - a hálózatban lévő aktív eszközök termikus zaja,
  - közösutas torzítás (Common Path Distortion – CPD),
  - és a behatoló zajok (áthallás, külső zavarok).

A zajok eredetének behatárolása idő- és munkaigényes feladat. Elhárításuk az erősen korlátozott hozzáférési lehetőségek miatt az esetek többségében nem is lehetséges. A zajok forrásai a háztartásokban

- a kábelmodemek,
- egyéb visszirányú eszközök és
- a fali csatlakozókhoz vezető kábelek.

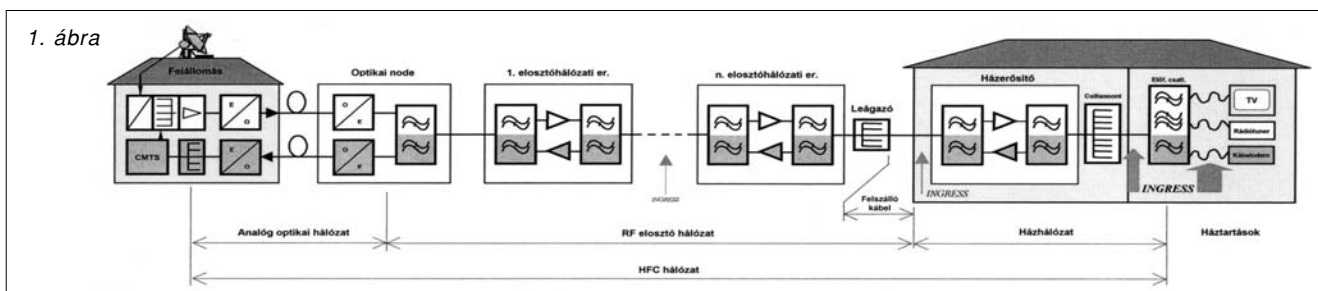
A modemek által bevitt zaj jelentősége a penetráció növekedésével együtt nő. Tapasztalatok szerint a zajbehatolás a hálózatban az alábbiak szerint oszlik meg:

- háztartások: 50-70%
- felszálló kábelek, házhálózatok: 20-30%
- RF elosztóhálózat: 10-20%

A háztartásokból behatoló, időszakos külső zajok forrásai általában a fényerőszabályzók, TV készülékek, villanymotorok, rádiótelefonok, az amatőr rádió adó-vevők és a házi készítésű elektromos huzalozások.

A elosztóhálózatban keletkező zajok egyik összetevője a közösutas torzítás (CPD). Ennek forrása elsősorban az érintkezők szintfüggő átmeneti ellenállása. A másik összetevő a hálózat aktív eszközeinek termikus zaja, amely már könnyebben kézben tartható. A hálózat tervezési szabályainak betartásával az eredő zaj a küszöbérték alatt tartható. HFC hálózatokban a zaj nagyobbik része a visszirányú optikai szakaszon keletkezik, amely az optikai csomópontnál telepített CMTS-nél már kiesik.

Mérések szerint a zajszint a visszirányú frekvenciasáv alsó részén, főleg 10-15 MHz között kiemelkedő. Forrásai elsősorban az ipari frekvenciás zajokat kibo-



csató háztartási eszközök. A mérések eredményei azt mutatják, hogy ezek használata az esti órákban a leggyakoribb, amikor a visszirányú forgalmi igény is nagy.

A zajok vizsgálatához először tekintsük át a hálózat működését, mely előre irányban a vízvezeték-hálózathoz hasonlítható, mely a vizet a háztartásokba egyre kisebb ágakra bontva juttatja. A visszirány ezzel az analógiával élve a szennyvíz hálózathoz hasonlít, amelyben a CMTS felé tartó áramlathoz valamennyi háztartást hozzájárul.

A kábelmodemekben alkalmazott visszirányú moduláció általában a QPSK, amelynek átviteli kapacitása az előre irányban alkalmazott 64QAM-énak egyharmada. Az adatforgalom, következésképpen a sávszélesség igény ugyanakkor folyamatosan növekszik (több játék, IP telefónia, e-mailek nagy mellékletekkel stb.).

A 20 MHz alatti frekvenciákon a zaj tranziens viselkedést mutat (nagy amplitúdójú keskeny tűskék). E feletti frekvenciákon a zaj inkább termikus jellegű, Gauss-eloszlású. A nagyszámú (1000-nél több) előfizetőtől felhalmozódó zajok azonban már mindenütt normál eloszlást mutatnak (központi határeloszlás-tétel).

Több mint 1000 háztartást ellátó elosztó hálózatok esetén a zaj teljesítménye a frekvencia függvényében 10-15 dB, vagyis az 5-15 MHz sávba eső zaj szintje a 40-65 MHz-esbe esőnél ennyivel magasabb. A zaj teljesítmény időbeli változást is mutat: a hajnali órákban kisebb, mint az estiekben. Az időbeli ingadozásokra 10 dB rendszertartalékot célszerű figyelembe venni és a mindenkori zajszintre ülő jelentős zajtűskék fellépésével is számolni kell.

## 2. A zajcsökkentés lehetőségei

Az optikai csomópont által kiszolgált előfizetős szám csökkentésével csökken a visszirányú zaj, vagyis az RF elosztóhálózat területét csökkenteni kell a fényvezetős szakaszok egyidejű növelésével. Ezzel a visszirányú átvitelt megbénító zajosodások valószínűsége is arányosan csökken. A megoldás ugyan hatékony, de igen költséges és a zaj okozta esetenkénti összeomlások kockázata, annak nagyságrendi csökkenése után sem lesz elhanyagolható.

Az alábbiakban áttekintjük a zajcsökkentés további lehetőségeit.

### 2.1. Szűrők alkalmazása

*Felüláteresztő szűrők* beiktatásával a csillagpontnál, a visszirányú zaj csökkenthető. Segítségükkel a visszirányú kommunikációban részt nem vevő háztartásokból a csillagponthoz érkező zajok korlátozhatók, amely egyet jelent a csillagpont visszirányúsított háztartásaira eső zajhozjárulás csökkentésével. A kétirányú átvitel növekedésével a megoldás hatása azonban folyamatosan csökken, ezért eredményesen csak az alacsony penetrációjú csillagpontos hálózatokban alkalmazható.

*Sávszűrős összegzők* is alkalmazhatók a jelutak egyesítési pontjaiban a szélessávú összegzők helyett, a hálózatrészek között felosztott átviteli sávokra méretezve. Ezek az összes zajösszetevőt hatékonyan csökkentik, hátrányuk azonban, hogy megfelelő minőségben rendszerint nem beszerezhetők.

### 2.2. Más lehetőségek

*Multimédia csatlakozók alkalmazása* az előfizetői csatlakozók cseréjével az ingress (visszirányú) zaj csökkentésének elterjedt megoldása. A multimédiás aljzatokat külön csatlakozókkal látják el a kommunikációs eszközök (kábelmodemek) számára. A megoldás előnye, hogy korlátozza a háztartásból eredő zajt, és nem visz többletcillapítást a háztartás és az első visszirányú erősítő közötti jelútba. (Hátrányai a csere költségei és a háztartásokba való bejutás nehézségei.)

Kétirányú hálózatok zökkenőmentes üzemeltetése csak a hibák és zajforrások kiszűrését megfelelően biztosító *hálózat-felügyelettel* lehetséges.

A *megfelelő induló vivő-interferencia arány* (Carrier to Interferer – C/I) biztosítása rendkívül fontos. Az előfizetői végberendezések (modem) adószintjét ennek megfelelően ajánlatos minél magasabbra választani, mivel a nem megfelelő induló C/I a jelút mentén a hagyományos megoldásokkal már nemigen javítható.

## 3. A DIB™, mint megoldás

### 3.1. Működési mód

A nem kívánatos mértékű romlás úgy is megelőzhető, hogy a hálózat kizárólag a modemek által kiadott hasznos jelek célba jutását teszi lehetővé. Ehhez egy olyan eszköz beépítése szükséges, amely a hálózatban minden egyéb jel terjedését, bármely frekvencián megakadályozza. Ezt a dinamikus visszhangzár (DIB™ – Dynamic Ingress Blocker) a hálózat távoli pontjain elhelyezett zajcsökkentő egységekkel valósítja meg, ahol a C/I értéke még megfelelő. A zajcsökkentő egység a behatoló tranziens (Ingress) zajt oly módon csökkenti, hogy a visszirányt csak valós átvitel idején tartja nyitva, azaz ennek kezdetén nyit, az átvitel befejeztével pedig zár. A megoldás lényege az a működési sebesség, amelynek eredményeként a csatorna kizárólag a *jelátvitel valós időréseinek időtartama alatt nyitott*.

A zajcsökkentő egységek csak az éppen adásban lévő modemekhez (vagy egyéb interaktív eszközökhöz) tartozó zajcsökkentőkre kötött háztartások zajhozjárulását engedik vissza az elosztóhálózatba. Az egyidejűleg nyitott zajcsökkentő egységek száma a visszirányú csatornában a visszirányú vivők, és az azok közül éppen működők számától függ. Az ingress zaj alsó sávba eső összetevőinek eredményes elnyomásához azonban a felüláteresztő szűrés járulékos alkalmazása is célszerű.

A DIB™-et a TDMA (pl. DOCSIS) alapú kábelmodemekkel való együttműködéshez tervezték. A modem és a CMTS közti kapcsolat TDMA alapú működése követ-

keztében a hálózatnak időben egyszerre mindig csak kis része kapcsolódik a hálózatra.

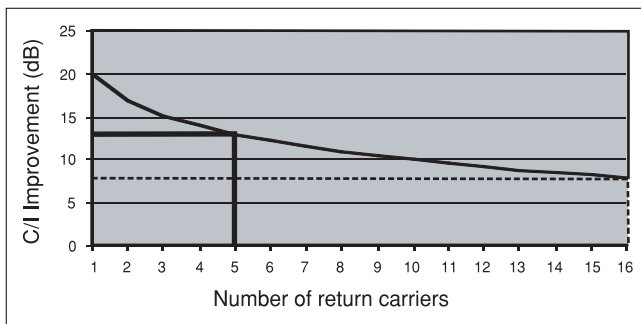
A zajcsökkentő egységek a jelutat előre meghatározott feltételek esetén nyitják. Ezek teljesülése a vissz irányú jelek értékelésén és elemzésén alapszik. A zajanalízis egyúttal a zajok eredetének behatárolását, valamint az ezekkel összefüggő problémák (szabotázs, hibás csatlakozók stb.) gyors felderítését is lehetővé teszi.

### 3.2. Alkalmazási példa

A 2. ábra egy 2000 lakást ellátó elosztóhálózat C/I javulását szemlélteti 20 lakás/DIB sűrűségnél. Mint az ábráról leolvasható, öt teljes terhelésű vissz irányú vivő esetén (pl. két Internet, két VoIP és egy interaktív TV) a C/I=13 dB (folytonos vonal). A DIB™ még 16 vissz irányú vivő esetén is (amely 160 Mb/s kapacitást jelent), 8 dB C/I javulást eredményez (szaggatott vonal).

A CMTS-nél mérhető C/I eredő értékét az alábbi tényezők befolyásolják:

- a CMTS node mérete,
- a hálózatban alkalmazott vivők száma és
- a zajcsökkentőkre eső háztartások átlagos száma.



2. ábra

### 3.3. A zajnyereség számítása

A vissz irányú zajok jellemző értékei

Az 1,6 MHz-es modemcsatorna zajának egy háztartásra eső tipikus értéke a 20-30 MHz-es sávban 32 dBµV. 20 előfizető együttes zajhozzájárulása 13 dB (lásd 2. ábra), amely az utolsó erősítő bemenetén 32+13=45 dBµV eredőt eredményez. A kábelmodem felől érkező jel névleges szintje ezen a ponton 75 dBµV, a C/I tehát ugyanitt 75-45=30 dB. 2000 háztartás esetén 30-20=10 dB C/I várható.

A C/I javulása a

$$G_{C/I} = 10 \cdot \log(K_{DIB} / K_{hh} / K_c)$$

képlettel számítható, ahol  $K_{DIB}$  a zajcsökkentő egységek száma az elosztóhálózatban,  $K_{hh}$  az egy zajcsökkentőre eső háztartások száma és  $K_c$  az egyidejűleg alkalmazott vissz irányú vivők száma. Legyen az 1,6 MHz-es modemcsatorna az egy háztartásra eső tipikus zajteljesítmény (ingress zaj + CPD + alapzaj) értéke N. A háztartásokból eredő Gauss-zajok teljesítményben adódnak össze, így az összes háztartás által termelt zaj eredő értéke:

$$N_{total} = N_1 + N_2 + \dots + N_k$$

Statisztikus alapon feltételezhető, hogy a háztartások zaj hozzájárulása egyforma, azaz

$$N_1 = N_2 = N_k$$

Ennek megfelelően, például egy 20 háztartásból álló elosztóhálózat 20N, egy 2000-ból álló 2000N nagyságú zajt termel. 20 háztartásonként egy zajcsökkentő alkalmazásával a zajcsökkentés mértéke, például egy 2000-es node területen 2000/20=100. A C/I javulás így 20dB.

A példa egy vissz irányú vivő esetére érvényes. Nagy Internet, VoIP, interaktív TV stb. sűrűség esetén az egyidőben alkalmazott vivők száma, mint az alábbiakban látni fogjuk, egynél természetesen jóval több, melyet az (1) képlet az egyidejűleg alkalmazott vissz irányú vivők számának szorzótényezőjével vesz figyelembe. A képlet max. 16 vivőig ad megfelelő közelítést.

### 3.4. A vissz irányú vivők száma

2000 háztartásra vetítve az Internet adatforgalma (szörfözés, mail stb.) 30% penetráció mellett 600 előfizető. Az átviteli kapacitás optimális kihasználását vivőnként kb. 10 Mb/s adatsebesség jelenti.

A hagyományos távbeszélő előfizetők átlagos hívássűrűsége 100mE körüli érték. Egy 2000 előfizetős elosztóhálózatban 30% VoIP sűrűség mellett ennek alapján 66E a forgalma. Az Erlang B formulával, 1% veszteséggel 81 trónkvonal lenne szükséges.

Ebből következik, hogy a 10Mb/s/vivő átviteli kapacitás a szolgáltatást hosszútávon is elegendő tartalékkal biztosítja.

### 3.5. A többvivős üzemben elérhető zajnyereség

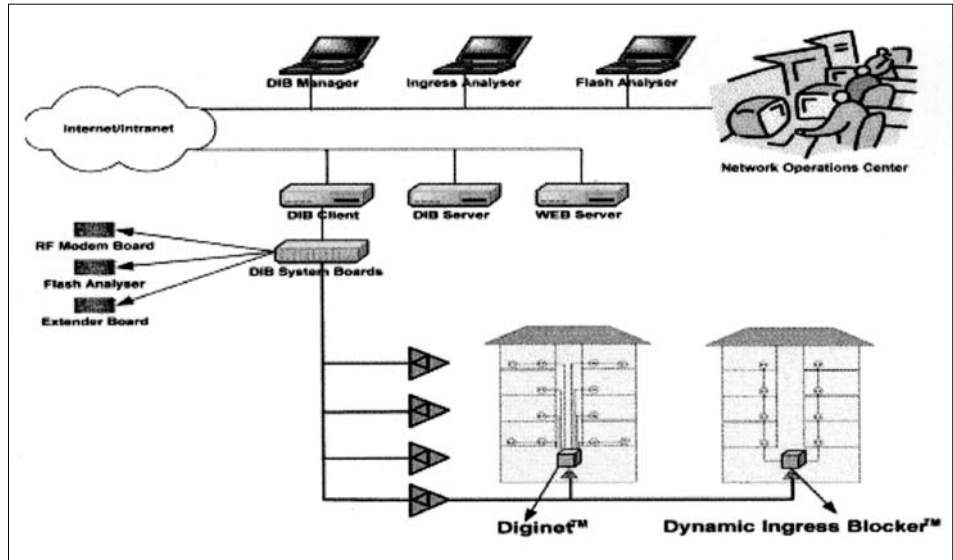
A minimálisan várható zajcsökkenés értékét egy 2000-es elosztóhálózatban, 20 háztartás/zajcsökkentő sűrűség és teljes átviteli kapacitás mellett az 2. ábrán mutattuk be. Az ábra nem veszi figyelembe, hogy egyes vivők adott időben egyazon zajcsökkentő egységen is átmehetnek. Ez a körülmény a zajelnyomást elvben tovább javítja, de a gyakorlatban nem számottevő mértékben, mivel valószínűtlen, hogy 20 vivőre 20 zajcsökkentő essen.

A vissz irányú átviteli kapacitás növelésének hatékony módja tehát minél kevesebb vivő alkalmazása, minél nagyobb adatsebességekkel. Mint láttuk, a DIB™-et egy DOCSIC-t alkalmazó 2000-es elosztóhálózat területen alkalmazva megvalósítható a vivőnkénti adatsebesség növelése 10,24 Mb/s-re. Maximum 10 vivő egyidejű alkalmazásával 77 Mb/s kapacitásnövekedés érhető el, amely a nagy hálózati penetráció biztonságos megvalósításához elegendőnek látszik.

10 dB C/I a szabványos (DOCSIS/QPSK/2,56 Mb/s) kábelmodemek működésének végső határa. A megfelelő IP működéshez ajánlott rendszertartalék szintén 10 dB. A DOCSIS-ra vonatkozó ajánlásokkal összhangban ez a fejállomáson 20 dB C/I követelményt jelent.

Mint a fenti számításokból látjuk, egy tipikus 2000 előfizetős elosztóhálózat C/I-je a CMTS-nél frekvencia-

sávonként kb. 10 dB. Ennek alapján 2,56 Mb/s-nál nagyobb sebességű QPSK alkalmazása zajcsökkentés nélkül nem ajánlatos. A DIB™ alkalmazásával várható, hogy a területről eredő C/I közel azonos lesz azzal az elosztó hálózatával, amelyikből a kábelmodem adása érkezik. A jellemző értékek várható nagyságrendje kis kapacitású elosztóhálózatoknál 30, nagy kapacitásúaknál 20 dB. E határértékek teljesülésével a QAM-16 alkalmazása lehetséges, s ezt a próbaüzem tapasztalatai is megerősítik.



4. ábra

#### 4. A DIB™ szolgáltatásai

A zajelnyomás hatékonysága műszaki szempontból annál jobb, minél kisebb a zajcsökkentő egységekre eső háztartások száma. A gazdasági optimum ennek nyilvánvaló ellentéte. A megfelelő kompromisszum a 25-30 háztartás/zajcsökkentő egység, melynek alapján az egységek ésszerű beépítési pontja lakótelepi környezetben a házerősítő (3/a. ábra), míg családiházias övezetben az utolsó elosztóhálózati RF erősítő (3/b. ábra). Utóbbi esetben az egység az erősítő részét is képezheti.

A zajcsökkentő egységek intelligens transzponderekkel is felszerelhetők, amelyekkel a rendszer bővített szolgáltatást nyújt. Ezek az RF modem egységekkel

(RF Modem Boards – RMB) a robusztus és üzembiztos HMS/DIB alapú FSK rendszerben kommunikálnak a hálózaton keresztül.

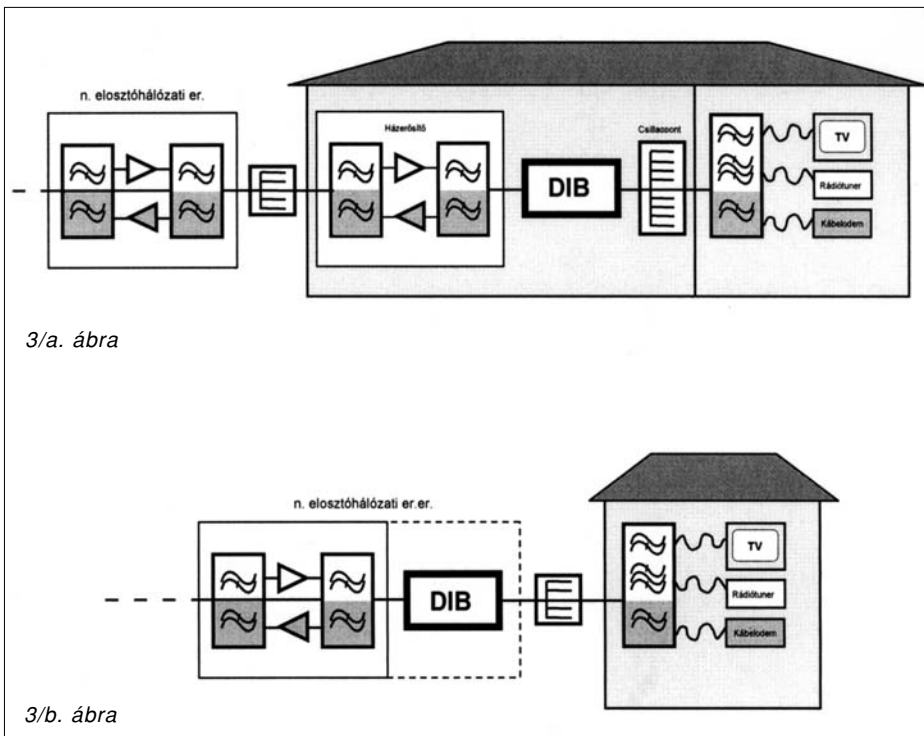
A hálózatba hatoló zaj intenzitásának, időtartamainak és frekvenciatartományainak figyelését (ingress monitoring), a problémás hálózatrészek lekapcsolását és pilotvezérlést a bővített verzió teszi lehetővé. A problémás hálózatrész lekapcsolási lehetőségével a szabotázs és meghibásodások, okozta károk csökkenthetők. A riasztási funkciók a manuális beavatkozásokhoz szükséges információkat szállítják, de a vissz irány lekapcsolásának közvetlen vezérléséhez is felhasználhatók. Az erősítők előre- és vissz irányú pilotokkal figyelhetők, melyeket egy gyorsidejű változáselemző egység (Flash Analyser) vizsgál. Az előre-irányú pilotot az RF

Modem állítja elő és a zajcsökkentő egység méri. Az előre és vissz irányú pilotok koordinációja az RMB egységben történik.

A rendszer elvi felépítését a 4. ábra szemlélteti.

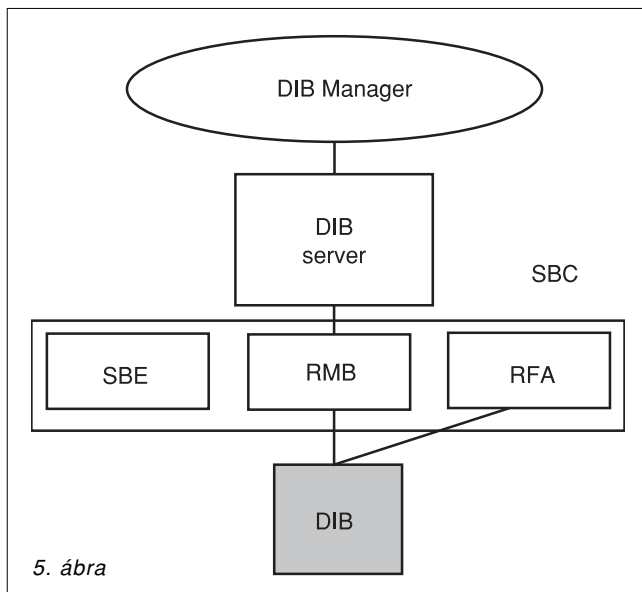
A rendszer-egységeket befogadó betét (System Board Chassis – SBC) a központi egységeket tartalmazza. A betét 4U magas standard 19” szekrénybe helyezhető. A rendszer minden adatát és kommunikációját a DIB szerver kezeli.

A rendszer Interneten/Intraneten keresztül vezérelhető. Ez bármely standard böngészővel (Internet Explorer, Netscape) használható. A bővítő egység (System Board Extender - SBE) segítségével a rendszer az SBC betétbe helyezhető további rendszer-egységekkel bővíthető (5. ábra).



3/a. ábra

3/b. ábra



## 5. A visszirányú zaj mérése

A behatoló visszirányú zajimpulzusokat a zajcsökkentő egységek folyamatosan mérik és az eredményeket tárolják. Ezen adatok, a behatoló zajokat elemző egységek (Ingress Analysis Tools) felé kerülnek továbbításra, melyek segítségével a hálózat minősége a telephelyen szemléltethető. Ezen információk hibabehatároláshoz, hálózatfenntartáshoz és minőségelemzéshez használhatók. A visszirányú gyorsidejű változásokat elemző egység (Return Flash Analyser – RFA) kettős feladatot lát el:

- a kis- és nagyszintű visszirányú pilotok mérése,
- a visszirány egészének, vagy kiválasztott részeinek mérése.

A mérést RF szinten, nagysebességű, közvetlen mintavételezéssel végzik. A specifikusan mérendő hálózatrész kiválasztásához az elemző egység mellett egy visszirányú multiplexert is alkalmazni kell.

A visszirány méréséhez középfrekvenciára (KF) keverést végeznek és az analízist itt végzik. E módszer korlátja, hogy a lekevert KF jel a visszirány teljes sávzélességét nem fogja át. A teljes sáv egyidejű megjelenítése így nem is lehetséges.

Az RF jelek közvetlen mintavételezése egy a visszirány sávzélességénél legalább kétszer nagyobb mintavételi frekvenciával (legalább 150 MHz) a visszirány teljes és korlátlan idő- és frekvenciatartomány analízisét teszi lehetővé. Az alkalmazott digitális kvantálási eljárás a jeltartalom minőségének megtartásához megfelelő felbontást biztosít. A közvetlen mintavételezés a csúcs-, átlag- és RMS analízist egyaránt lehetővé teszi úgy a frekvencia-, mint az időtartományban. A visszirányú csatornát elemző egységben (Flash Analyser) alkalmazott eljárás egy rendkívüli jelfeldolgozó kapacitásra épül.

Összefoglalva, a dinamikus visszhangzárral (DIB™ – Dynamic Ingress Blocker) a kábeltévé-hálózatok minősége nagy mértékben javítható.

## Irodalom

- [1] Noise in the Return Path  
(Publikáció/www.spacenet.se)
- [2] DYNAMIC INGRESS BLOCKING –  
New Revolutionary Technology for Two-way Upgrade  
(Rendszerismertető – SpaceNet Communications AB,  
Sweden 2003)

# Hírek

## Az Ericsson bevezeti Expander megoldását a fejlődő piacokon

Jelenleg a mobil-előfizetés penetrációja mindössze 21 százalékos a világon, ami összesen 1,34 milliárd előfizetőt jelent. Az előrejelzések szerint ez a szám 2008-ig további egymilliárd mobilfelhasználóval növekszik, amelynek nyolcvan százaléka a fejlődő piacokról származik majd.

Ami a hálózatüzemeltetőket illeti, az alacsonyabb költségekű hajlandóságú szegmensekben az előfizetők számának folyamatos növekedése jelentős növekedési potenciállal rendelkező, érintetlen piacot jelent, amely nyereségessé tehető. Az Ericsson Expander megoldásainak felhasználásával a fogyasztók alacsony költségekű hajlandósága többé nem akadály a hálózatüzemeltetők nyereséges működésének. A költségcsökkentés legjobb módja a rádiótelephelyek számának csökkentése. Az Ericsson meggyőződése, hogy a telephelyek számát a lehető legkevesebbre csökkentő megoldás sokkal nagyobb megtakarítást eredményez, mint olcsó rádió-bázisállomásokon alapuló megoldások alkalmazása. A jelenleg alkalmazott rádiókabinetek kapacitásának növelésével lehetővé válik a zökkenőmentes és költséghatékony bővítés, ha a megnövekedett forgalmi igények úgy kívánják.

A bevezetés első fázisa új rádiófunkciók bevezetését jelenti a meglévő berendezések legkedvezőbb kihasználásával. A megoldás egyszerre kínál nagyobb cellalefedettséget és az ugyanazon a bázisállomáson belül rugalmas kapacitásbővítést.