

Mobil távközlő rendszerek (NGB_TA016_1)

Házi feladat

A GSM-R rendszer, hazai vonatkozásai és elektromágneses kompatibilitási kérdései

Előadó:

UNGER TAMÁS ISTVÁN

B.Sc. szakos villamosmérnök hallgató

Széchenyi István Egyetem

Távközlési Tanszék

2014

2014/2015 őszi szemeszter

Tartalom

- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 GSM-R hálózati struktúrák
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?

GSM-R: *Global System for Mobile communications – Railway*

A világ vasúthálózatainak üzemeltetése és fenntartása rendkívül sokszínű kommunikációs, távközlési követelményrendszerrel rendelkezik, amit a vasúttársaságoknak figyelembe kell venniük, ki kell elégíteniük. Ezen követelményeket napjaink vasúti telekommunikációs rendszere sokféle, eltérő típusú infokommunikációs megoldással igyekszik kiszolgálni, szem előtt tartva a kötőtpályás közlekedés sajátosságait, legyen az hang- vagy adatátvitel.

Sajnálatos, hogy a jelenleg üzemelő rendszerek egy bizonyos része az évtizedes múltjával a rohamosan fejlődő távközlési környezetben elavulttá vált, így azok korszerűsítése, cseréje vitán felül aktuális kérdés.

MI A MODERN VASÚTI TÁVKÖZLÉSI RENDSZER FELADATA?

- Hibamentes, magas színvonalú teljesítése a régi rendszerekkel implementált szolgáltatásoknak → azok kiváltása;
- A jövőben felmerülő telekommunikációs igények teljesítése;
- Nemzetközi vasúthálózatok kiszolgálása (határokon átnyúló összehangolás);
- Hatékonyság, minőségi paraméterek javítása.

A rendszerrel szemben támasztott követelmények

- Nemzetközi (európai) szabványosítás;
- Hatékony és gazdaságos megvalósítás és üzemeltetés;
- Nagy megbízhatóság és rendelkezésre állás egészen $500 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességig;
- A vasúti szolgáltatások egyetlen rendszerbe történő megvalósítása;
- Későbbi szolgáltatások könnyű integrálhatósága;
- A költségek minimalizálása érdekében már szabványosított, a piacon is kapható átviteltechnikai eszközök alkalmazása.

GSM VAGY TETRA?

Az UIC (*International Union of Railways*) felállította az EIRENE (*European Integrated Railway Radio Enhanced Network*) nevű munkacsoportot, melynek elsődleges feladata az volt, hogy megvizsgálja a GSM és a TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*) rendszereket alkalmazhatóság szempontjából. A választás a GSM-re esett:

- 100 ország;
- 180 hálózat;
- 70 millió előfizető.

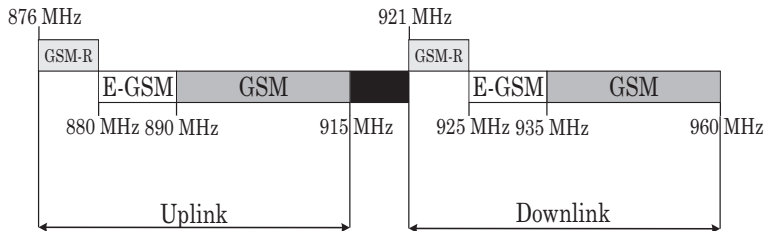
Tartalom

- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 GSM-R hálózati struktúrák
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

GSM-R frekvenciakiosztás

450 MHz/460 MHz vagy 900 MHz?

- 450 MHz/460 MHz: foglalt a klasszikus analóg vasúti alkalmazások által!



1. ábra. GSM-R frekvenciakiosztás

- 4 MHz uplink + 4 MHz downlink;
- 45 MHz duplex távolság;
- 20 kHz-es csatornák: összesen 20 db.

Tartalom

- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 GSM-R hálózati struktúrák
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

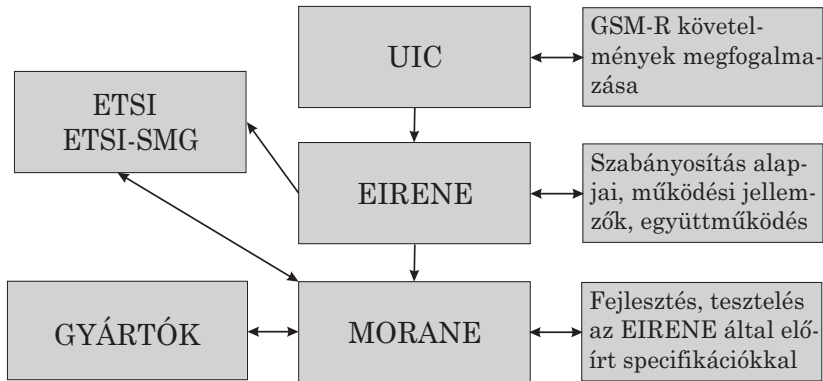
A vasúti távközlés múltja

Alkalmazás	Rendszer
Vonatirányítás, vezetői kommunikáció	Trönkölt rádiórend- szerek 460 MHz-en
Automatikus vonat- irányítás, vonatvezérlés	Sínmenti sugárzó kábel (35/36 KHz)
Tolatási csoportok	8 MHz, 450 MHz walkie-talkie
Vészhelyzeti kommunikáció	Trönkölt rádiórend- szerek 460 MHz-en
Sínmenti karbantartás	Analóg vezetékes telefon, PLMN-GSM
Vonatsegítő kommunikáció	változó, gyakran nincsen
WAN	ISDN, analóg hálózat
Utasszolgálat	analóg mobil, ha van
Állomáson belüli kommunikáció	PABX hálózat, 160 MHz-es rádió

Tartalom

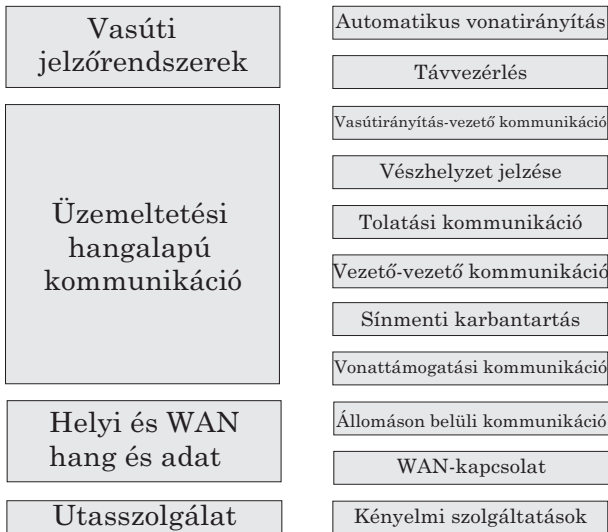
- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 GSM-R hálózati struktúrák
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

GSM-R fejlesztés



2. ábra. Specifikáció és validáció

GSM-R alkalmazások

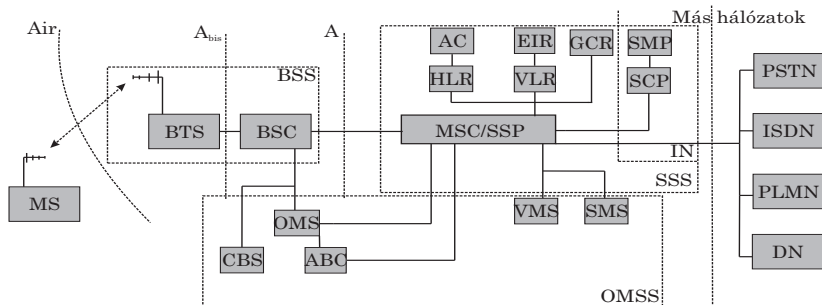


3. ábra. EIRENE alkalmazások

Tartalom

- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 GSM-R hálózati struktúrák
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

Rendszerarchitektúra

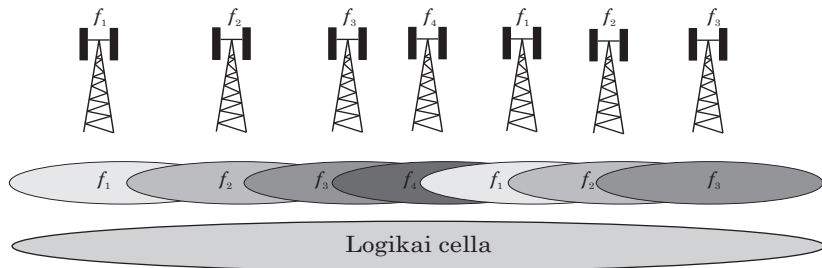


4. ábra. A GSM-R rendszer felépítése

Alkalmazáspecifikus jellegzetességek:

- Pályaudvarok: hot-spot;
- Vasúti pályák: irányított antennák, elnyújtott cellák, handover.

Logikai cellák, handover kérdése



5. ábra. A cellák átlapolódása

Átlapolódó cellák + logikai cellák alkalmazása

- Előny: zökkenőmentes handover nagy sebességek esetén is;
- Hátrány: kisebb lefedettség site-onként.

- └ A GSM-R rendszer felépítése
- └ Az alkalmazások által támasztott kritériumok

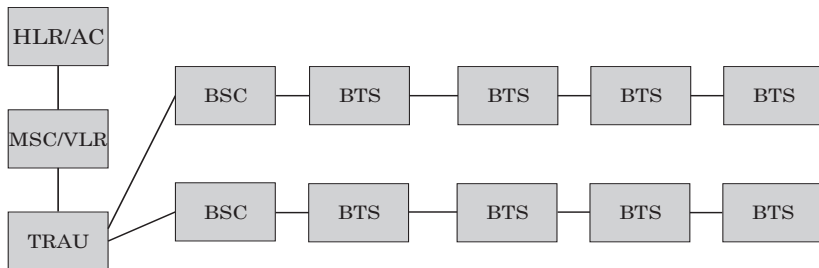
Az alkalmazások által támasztott kritériumok

- Stabil összeköttetés és kommunikáció egészen $500 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ -ig;
- Hatékony frekvenciafelhasználás (összesen 20 csatorna);
- $C/I \geq 12 \text{ dB}$ (EIRENE előírás: 15 dB);
- 95 százalékos lefedettség az idő 95 százalékában az elvárt területen, -90 dB-nél nagyobb szinttel;
- 99,5 százalékos handover-sikeresség GSM-R hálózatok között;
- Az átviteli utak és a hálózati eszközök magas rendelkezésre állása;
- Lefedettség az alagutakban;
- Kiemelkedően jó lefedettség a pályaudvarokon, tolatási zónákban;
- Az esetek 95 százalékában a táblázatban feltüntetettnél rövidebb hívásfelépülési idő.

Tartalom

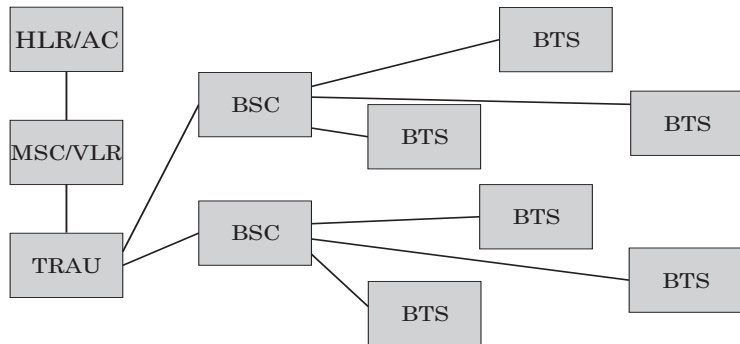
- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 **GSM-R hálózati struktúrák**
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

BTS-ek lánckapcsolása



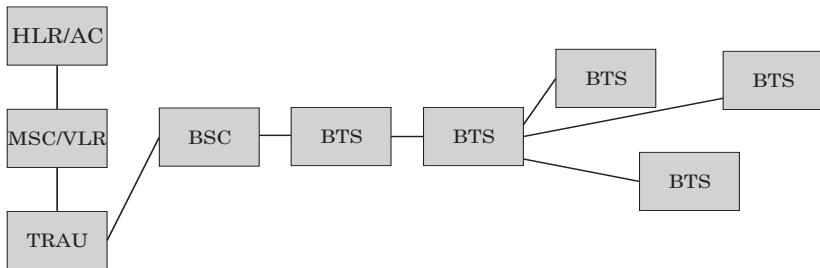
6. ábra. BTS-ek lánckapcsolása

BTS-ek csillag topológiája



7. ábra. BTS-ek csillag topológiája

BTS-ek hibrid topológiája

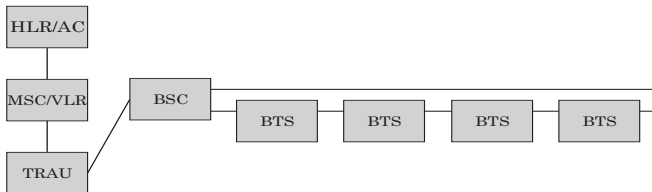


8. ábra. BTS-ek hibrid topológiája

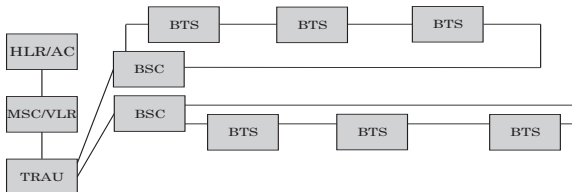
Problémák:

- BTS-BTS-kapcsolat meghibásodásával nem tud érdemben mit kezdeni.

Hurokkapcsolások

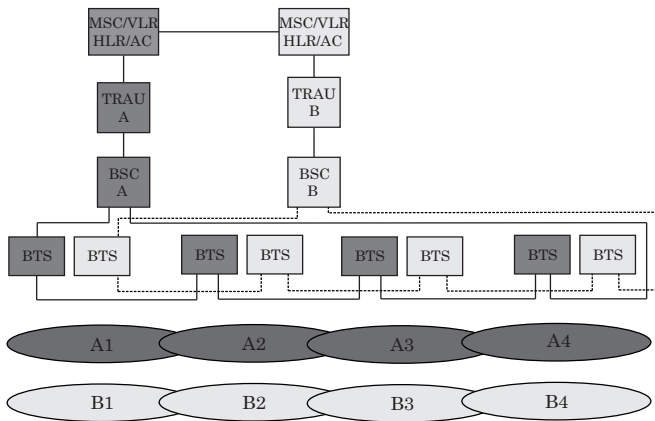


9. ábra. BTS hurok



10. ábra. Keresztátszövésű hurok

Teljesen duplikált rendszer

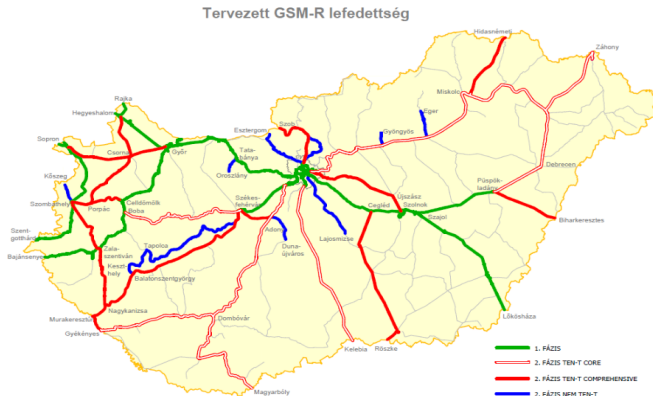


11. ábra. Teljesen duplikált rendszer

Tartalom

- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 GSM-R hálózati struktúrák
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

GSM-R projekt hazai vonatkozásai



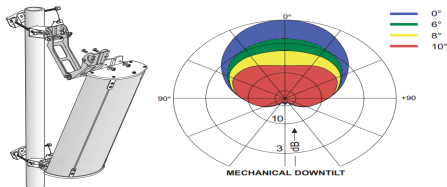
12. ábra. Tervezett GSM-R lefedettség

Tartalom

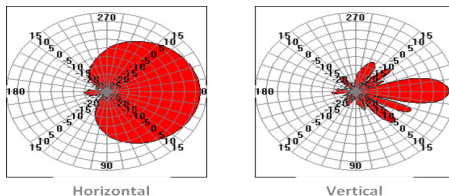
- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 GSM-R hálózati struktúrák
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

A bázisállomások antennáinak beállítása

- Elektromos és mechanikus tilezés, szeparáció.



13. ábra. Mechanikus tiltelés és hatása a horizontális iránykarakterisztikára



14. ábra. Horizontális és vertikális antennakarakterisztika

Tartalom

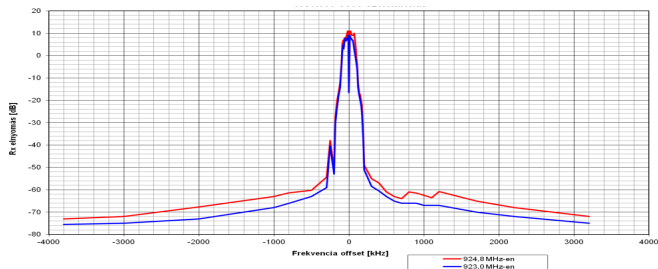
- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 GSM-R hálózati struktúrák
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

Mi okozhat zavart?

- GSM – 200 kHz;
- UMTS – 5 MHz;
- LTE – 5/10 MHz.

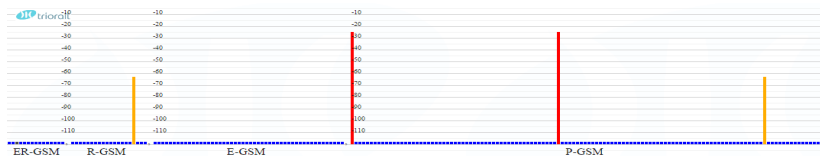
Zavartípusok

- Mellék hullámú zavar;
- Egyfrekvenciás zavar;
- Blokkolás.

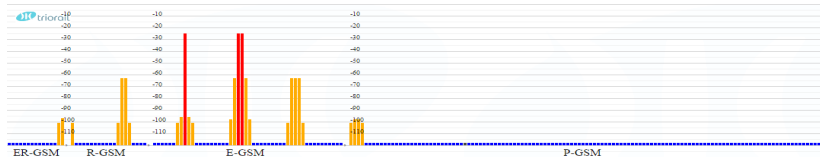


15. ábra. Vevőszelektivitás két eltérő GSM-R csatornában

Intermodulációs termékek

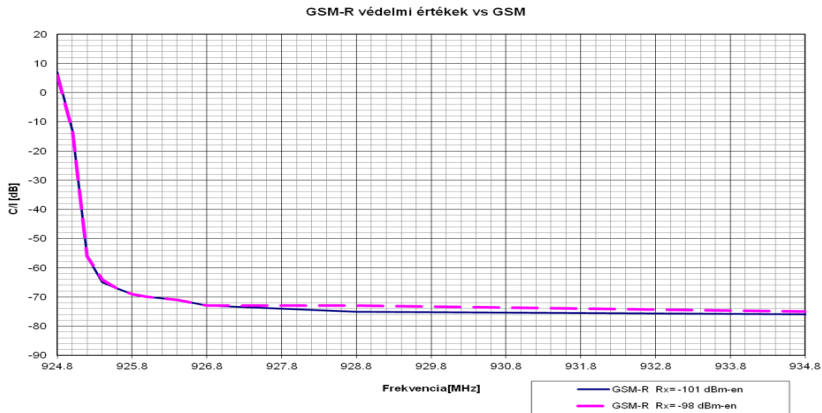


16. ábra. Két GSM downlink-csatorna intermodulációs termékei



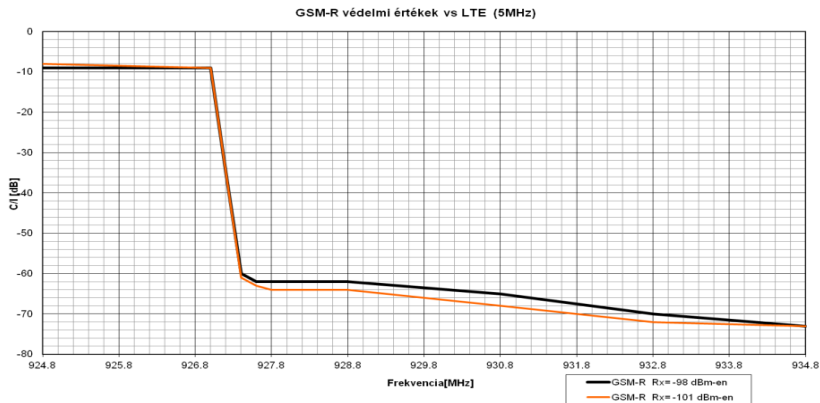
17. ábra. Három E-GSM downlink-csatorna intermodulációs termékei

GSM-R-GSM mellék hullámú zavar



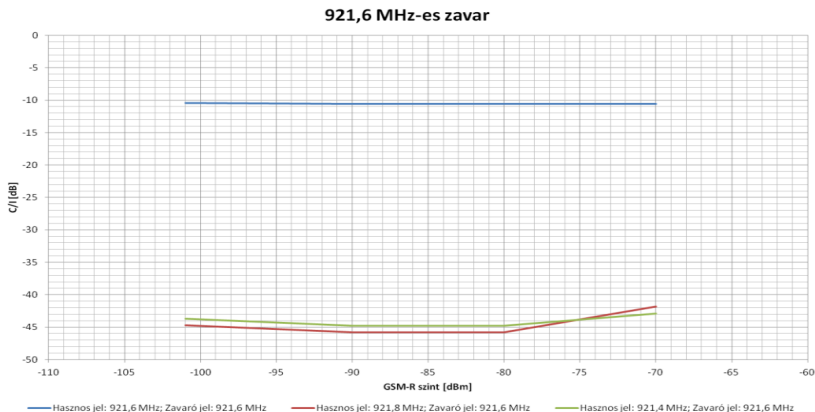
18. ábra. GSM-R-GSM mellék hullámú vizsgálat

GSM-R-LTE mellék hullámú zavar



19. ábra. GSM-R-LTE mellék hullámú vizsgálat

Egyfrekvenciás zavar

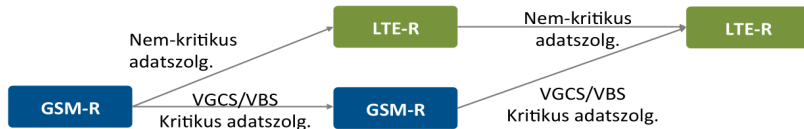


20. ábra. Egyfrekvenciás zavar vizsgálata

Tartalom

- 1 Bevezetés
 - Mi az a GSM-R, és miért volt rá szükség?
 - A rendszerrel szemben támasztott követelmények
- 2 GSM-R frekvenciakiosztás
- 3 A vasúti távközlés múltja
- 4 GSM-R fejlesztés, alkalmazások
 - GSM-R fejlesztés
 - GSM-R alkalmazások
- 5 A GSM-R rendszer felépítése
 - Rendszerarchitektúra
 - Az alkalmazások által támasztott kritériumok
- 6 GSM-R hálózati struktúrák
 - BTS-ek lánc-, csillag- és hibridkapcsolása
 - Hurokkapcsolások
 - Teljesen duplikált rendszer
- 7 GSM-R projekt hazai vonatkozásai
- 8 A bázisállomások antennáinak beállítása
- 9 A GSM-R rendszer elektromágneses kompatibilitási kérdései
 - Mi okozhat zavart?
 - Intermodulációs termékek
 - GSM-R-GSM mellék hullámú zavar
 - GSM-R-LTE mellék hullámú zavar
 - Egyfrekvenciás zavar
- 10 A GSM-R jövője

A GSM-R jövője



21. ábra. A GSM-R fejlődése a ZTE szerint

Köszönöm a figyelmet!
Kérdések