

## Návrh a dimenzovanie siete GSM z hľadiska kapacity

Lavor Tomáš · Elektrotechnika, Študentské práce

26.04.2010



Práca opisuje problematiku plánovania prevádzkových kapacít siete GSM (global system for mobile communication). Zameriava sa hlavne na prevádzkové kapacity základňových staníc (base transceiver station – ďalej len BTS) a dimenzovanie mikrovlnných liniek, ktorými sú BTS pripojené k riadiacej jednotke základňových staníc (base station controller – ďalej len BSC). Najskôr postupne popisuje prvky siete GSM, ktoré je potrebné správne dimenzovať s ohľadom na počet užívateľov a nimi generovanú prevádzku. V druhej časti je vypracovaný konkrétny návrh siete GSM na území okresu Hlohovec.

### 1. Úvod

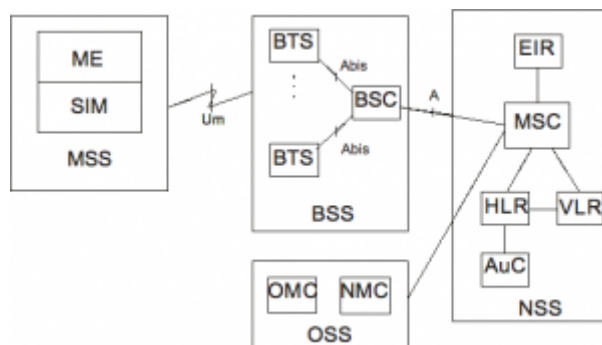
Mobilný systém druhej generácie – GSM má výnimočné postavenie medzi všetkými mobilnými systémami. V súčasnosti má 3,059 miliardy účastníkov, čo predstavuje 80,42 % všetkých mobilných pripojení. [5] Tieto čísla sa neustále zvyšujú, keďže v rozvojových krajinách tento systém plne postačuje s ohľadom na služby a cenu či už mobilných zariadení alebo infraštruktúry siete. Nielen v rozvojových krajinách, ale aj v Európskych, či iných krajinách, GSM využíva množstvo ľudí, keďže drvivá väčšina zákazníkov je zameraná na hlasové služby a SMS, na čo systém plne postačuje.

### 2. Prvky siete GSM

GSM je bunková sieť. Za jednu bunku môžeme považovať oblasť pokrytú z jednej antény. Blokovú schému môžeme vidieť na obrázku 1. Podstatou bunky je základňová stanica BTS, tá obsahuje niekoľko vysielačích jednotiek TRX (transmitter/receiver unit – ďalej len TRX), ktoré sú pripojené k anténe. TRX je najdôležitejšou časťou BTS, pretože zabezpečuje komunikáciu s účastníkmi. Je to vlastne vysielač a prijímací modul, ktorý je rozdelený na dve časti. Nízkofrekvenčná časť je určená na spracovanie signálu (napr. kódovanie kanála, či šifrovanie), vysokofrekvenčná časť zabezpečuje GMSK moduláciu a demoduláciu.

Niekoľko buniek tvorí „zväzok buniek“, ktorý je riadený jednou stanicou BSC. K BSC je pripojených niekoľko základňových staníc BTS v závislosti od návrhu topológie siete, od prevádzkových požiadaviek, a taktiež v závislosti od výrobcu, resp. typu BSC. BSC prepája prichádzajúce hovorové kanály z MSC na správne A-bis rozhranie (rozhranie medzi BTS a BSC). Jednotlivé BSC sa pripájajú optickými, alebo mikrovlnnými linkami k ústredni mobilnej siete (mobile switching centre – ďalej len MSC).

Tá môže mať buď integrované registre HLR (home location register – register vlastých zákazníkov), VLR (visitor location register – register zákazníkov inej siete, ktorí sú prihlásení do siete), EIR (equipment identity register – identifikačný register zariadení) a AuC (authentication centre – autentifikačné centrum), alebo je k nim pripojená. Poskytuje tiež prepojenie do sietí iných operátorov, či verejnej telekomunikačnej siete.



Obr. 1. Bloková schéma siete GSM

Ostatné skratky použité na obrázku: ME – mobile equipment – mobilné zariadenie, SIM – subscriber identity module – účastnícky identifikačný modul, MSS – mobile station subsystem – podsystem mobilnej stanice, BSS – base station subsystem – podsystem základňových staníc, NSS – network switching subsystem – sieťový spojovací podsystem, OSS – operation and support subsystem – operačný a podporný podsystem, OMC – operation and maintenance centre – operačné a obslužné scentrum, NMC – network management centre – sieťové riadiace centrum

### 3. Kanály v GSM

Rozlišujeme 2 typy kanálov: fyzické a logické. Fyzické kanály môžu byť typu plná rýchlosť (full rate, ďalej len FR) a polovičná rýchlosť (half rate, ďalej len HR). Prenosová rýchlosť FR kanála je 13 kb/s. Logické kanály prenášajú rôzne typy informácií pomocou fyzických kanálov. Delia sa na prevádzkové (traffic channels, ďalej len TCH) a riadiace resp. signalizačné (control channels, ďalej len CCH). V GSM sa používa princíp FDMA/TDMA, čiže pridelené pásmo je rozdelené na frekvenčné kanály po 200 kHz, potom každý takýto kanál je časovo rozdelený na 8 časových intervalov (timeslots, ďalej len TS), z ktorých každý trvá 0,557 ms.

Signalizačné kanály vyžadujú 1TS a ostatných 7TS môže byť použitých na prevádzku. [4] Znamená to 7 súčasne prebiehajúcich hovorov na tej istej frekvencii. Ak sa zmení počet TRX v bunke, potom sa zmení aj rozloženie prevádzkových a signalizačných resp. riadiacich kanálov. Vo všeobecnosti 2TRX môžu mať 15TCH a 1SCH (signalling channel). 4TRX môžu mať 30TCH a 2SCH, čo znamená, že prevádzkové kanály pribúdajú systémom 7 + 8 + 7 + 8 ... . [4]

### 4. Rozhranie A-bis

A-bis je rozhranie medzi BTS a BSC, ktoré je špecifikované ITU v G – sérii odporúčaní. Je to PCM 30 rozhranie, kde prenosová rýchlosť je 2,048 Mb/s, čo je rozdelené do 32 kanálov z ktorých každý má prenosovú rýchlosť 64 kb/s. Pomocou kompresie používanej v GSM môžeme preniesť pomocou jedného 64 kb/s kanálu rozhrania A-bis 4

FR kanály. V tomto prípade dokážeme obslúžiť jeden TRX pomocou dvoch TS PCM linky.

To by teoreticky znamenalo, že pomocou jednej 2 Mb/s PCM linky sa dá obslúžiť 16 TRX. Musíme však počítať aj s riadením a signalizáciou samotnej linky (2TS), ďalej signalizácia pre TRX (1TS pre každý TRX), prípadne prevádzkovú a údržbovú signalizáciu (O&M). Preto jednou 2 Mb/s linkou dokážeme obslúžiť iba 10 TRX v prípade použitia FR.

## 5. Prevádzka v sieti GSM

Základnou požiadavkou pri dimenzovaní siete z hľadiska kapacity je odhadnúť maximálnu prevádzku v sieti v čase špičky. Samozrejme, operátor ktorý nezačína „od nuly“ má isté údaje na základe ktorých vie odhadnúť maximálnu prevádzku na území jednej bunky v čase špičky. Prevádzku vyjadrujeme v jednotkách Erlang. Definícia:

$$prevadzka = \frac{\lambda T}{3600s} \quad (1)$$

kde  $\lambda$  je počet hovorov za hodinu a  $T$  je priemerná dĺžka hovoru v sekundách.

### 5.1 Pravdepodobnosť blokovania

Ak niekto chce telefonovať, bude mu priradený jeden z voľných kanálov. Keďže: celkový počet užívateľov je oveľa väčší ako celkový počet dostupných kanálov, [2] znamená to, že ak užívateľ chce volať a požiada o voľný kanál, nie vždy sa nájde nejaký voľný a teda užívateľ môže byť blokovaný. Toto je dôležitý parameter pre operátora a nazýva sa pravdepodobnosť blokovania.

Ak má operátor veľkú pravdepodobnosť blokovania, bude mať veľa nespokojných zákazníkov, ktorí sa nedovolia - nebude im pridelený kanál. Naopak, ak chce pravdepodobnosť blokovania nastaviť malú, tak bude potrebovať veľa voľných kanálov čo má za následok znižovanie buniek a väčšie investície do zariadení, keďže má k dispozícii len obmedzené množstvo kanálov (frekvencií).

### 5.2 Erlang B

Erlang B je vzorec, pomocou ktorého dokážeme vypočítať pravdepodobnosť blokovania, ak poznáme maximálnu prevádzku a počet dostupných kanálov. Vzorec pre výpočet pravdepodobnosti blokovania  $P_b$ :

$$P_b = \frac{\frac{E^m}{m!}}{\sum_{i=1}^m \frac{E^i}{i!}} \quad (2)$$

kde  $m$  je počet kanálov a  $E$  je prevádzka v Erlangoch. V praxi pomocou predpisu Erlang B určujeme počet kanálov, ktorý je potrebné zriadiť na to aby sme dosiahli požadovanú prevádzku pri danom stupni blokovania.

Príklad: V jednej bunke použijeme 2 TRX, čiže máme k dispozícii 15 prevádzkových kanálov. Potom:

Tab. 1. Príklady pravdepodobnosti blokovania

|   | Počet kanálov | Prevádzka   | Pravdepodobnosť blokovania |
|---|---------------|-------------|----------------------------|
| 1 | 15            | 15 Erlangov | 18%                        |
| 2 | 15            | 14 Erlangov | 14,8%                      |
| 3 | 15            | 13 Erlangov | 11,6%                      |
| 4 | 15            | 12 Erlangov | 8,6%                       |
| 5 | 15            | 11 Erlangov | 5,9%                       |
| 6 | 15            | 10 Erlangov | 3,6%                       |
| 7 | 15            | 9 Erlangov  | 2%                         |
| 8 | 15            | 8 Erlangov  | 0,9%                       |
| 9 | 15            | 7 Erlangov  | 0,3%                       |

V tejto prehľadnej tabuľke si môžeme všimnúť, že ak by sme požadovali maximálnu prevádzku 14 Erlangov a mali by sme k dispozícii 15 kanálov, tak pravdepodobnosť blokovania bude 14,8%. Toto je veľmi vysoké - nepoužiteľné číslo. Skúsme si všimnúť riadok č. 7. Tu máme maximálnu prevádzku 9 Erlangov a pravdepodobnosť blokovania je už len 2% čo je prípustná hodnota.

### 5.3 Erlang C

Erlang C je predpis pomocou ktorého môžeme vypočítať pravdepodobnosť, že pri požiadavke o pridelenie voľného kanála bude potrebné čakať nejaký čas (teda nebude pridelený v bežnom čase). Vstupné veličiny sú opäť počet dostupných kanálov a maximálna prevádzka. V praxi sa ale v sieti GSM nepoužíva čakanie na pridelenie voľného kanála.

### 5.4 Postup pri návrhu prevádzkových kapacít

Prvou úlohou je vybrať umiestnenie staníc BTS a simulovať oblasť pokrytia. Podľa danej oblasti pokrytia je potrebné zistiť počet zákazníkov v danej oblasti, priemerný počet hovorov za hodinu a priemernú dĺžku hovoru. Tieto údaje určí operátor zo svojich predchádzajúcich skúseností a na základe monitorovania prevádzky. Stanovenie kapacity BTS (teda počtu kanálov, ktoré poskytuje) je potom vypočítaný podľa pravdepodobnostnej stratovej formuly Erlang B pri danom maximálnom stupni blokovania.

## 6. Použité zariadenia

Vzhľadom k tomu, že výrobcovia GSM zariadení väčšinou nemajú zverejnené katalógy produktov a ponúkajú ich len svojim zákazníkom, bolo ťažké zohnať kompletne portfólio pomocou ktorého by sa dala zostaviť sieť GSM. Nakoniec sa mi však podarilo nájsť amerického výrobcu - firmu ADC, ktorá má na svojej webstránke uvedené všetky GSM produkty aj s prevádzkovými parametrami. Podľa nasledovných údajov som vybral vhodné zariadenia na výstavbu siete v Hlohovci a okolí:

Tab. 2. Požiadavky na zostavenie siete

| typ uzla | severná šírka | východná dĺžka | Erlang   |
|----------|---------------|----------------|----------|
| MSC+BSC  | 48 28 47      | 17 50 48       |          |
| BTS1     | 48 28 42      | 17 48 15       | 10+7+12  |
| BTS2     | 48 27 42      | 17 51 26       | 15+22    |
| BTS3     | 48 26 30      | 17 52 58       | 15+17+20 |
| BTS4     | 48 26 53      | 17 46 42       | 28+12    |
| BTS5     | 48 25 43      | 17 48 06       | 23+25+16 |
| BTS6     | 48 26 13      | 17 48 57       | 22+27+29 |
| BTS7     | 48 25 29      | 17 47 58       | 20+15+17 |

### 6.1 UltraWAVE BTS

V tejto BTS môžeme umiestniť maximálne 12 TRX v prípade použitia jedného rámu (stojanu). Poskytuje výstupný výkon 50W. Má integrovanú záložnú batériu. Na pripojenie k BSC používa A-bis rozhranie.

### 6.2 UltraWAVE BSC

Táto jednotka BSC má kapacitu 466 Erlangov. Možno k nej pripojiť 28 E1 liniek. Má integrovanú jednotku TRAU (trans coding and adaptation unit - prekódovacia a prispôsobovacia jednotka).

### 6.3 UltraWAVE X40 MSC

Poskytuje kapacitu 900 Erlangov. Má integrované registre HLR a VLR, každý s kapacitou 40 000 zákazníkov. Môžeme k nemu pripojiť 64 liniek cez E1 porty. Ďalej môže obsahovať SMS centrum, AuC a EIR.

## 7. Kapacity siete

Na základe tabuľky 2 som pomocou aplikácie google maps naznačil rozloženie základňových staníc - BTS a umiestnenie riadiacej jednotky základňových staníc - BSC na mape. Pri výbere zariadení som postupoval podľa požiadaviek uvedených v tabuľke 2 a pomocou výpočtov Erlang B formuly som vypočítal potrebný počet prevádzkových kanálov pre danú prevádzku.



Obr. 2. Rozloženie staníc

## 7.1 Výpočet pre BTS1

Prevádzka tejto základňovej stanice má byť 10+7+12 Erlang. Pomocou programu Calcucell, ktorý počíta na základe Erlang B formuly vypočítame potrebný počet prevádzkových kanálov. Pravdepodobnosť blokovania som si zvolil 2%. Samozrejme v prípade že použijem pri dimenzovaní viac prevádzkových kanálov, ako je nutné, tak bude pravdepodobnosť blokovania menšia ako 2%. Podobne som postupoval aj pri ostatných BTS. Predpokladáme, že jedna BTS je základom 2 alebo 3 buniek, teda dimenzujeme prevádzku v jednotlivých smeroch. Niektoré BTS budú dvojsmerové, niektoré trojsmerové. Z toho dôvodu sú pri každej BTS uvedené 2 alebo 3 čísla.

Tab. 3. Výsledky po výpočte Erlang B

|                        | BTS1 | BTS2 | BTS3 | BTS4 | BTS5 | BTS6 | BTS7 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Požadovaná prevádzka   | 10   | 15   | 15   | 28   | 23   | 22   | 20   |
|                        | 7    | 22   | 17   | 12   | 25   | 27   | 15   |
|                        | 12   |      | 20   |      | 16   | 29   | 17   |
| Potrebný počet kanálov | 17   | 23   | 23   | 37   | 32   | 31   | 28   |
|                        | 13   | 31   | 25   | 19   | 34   | 36   | 23   |
|                        | 19   |      | 28   |      | 24   | 38   | 25   |
| Potrebný počet TRX     | 3    | 4    | 4    | 5    | 5    | 5    | 4    |
|                        | 2    | 5    | 4    | 3    | 5    | 5    | 4    |
|                        | 3    |      | 4    |      | 4    | 6    | 4    |

V závislosti od počtu prevádzkových kanálov, berúc do úvahy aj potrebu signalizačných kanálov, som určil počet vysielacích jednotiek TRX, ktoré musia byť umiestnené v danej stanici BTS. Všetky BTS budú teda rovnakého typu – UltraWAVE BTS od firmy ADC, budú sa líšiť len počtom jednotiek TRX. Z tabuľky teda vidíme potrebný počet TRX, ktorý musíme použiť na danú prevádzku:

- BTS1 - 3+2+3
- BTS2 - 4+5
- BTS3 - 4+4+4
- BTS4 - 5+3
- BTS5 - 5+5+4
- BTS6 - 5+5+6
- BTS7 - 4+4+4

Podľa toho je potrebné dimenzovať linky. A podľa toho som vyberal aj BSC a ústredňu MSC.

## 8. Dimenzovanie liniek

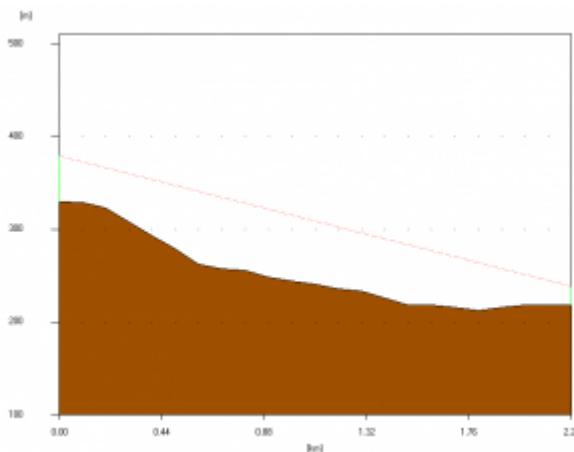
Dimenzovanie liniek predstavuje veľmi dôležitú časť v procese plánovania prenosu v sieťach, ktoré používajú mikrovlnné prenosy. Cieľom návrhu mikrovlnných liniek je dosiahnuť požadovaný výkon za čo najnižšiu cenu [4]. Je potrebné vybrať správne umiestnenie BTS z hľadiska šírenia signálu a v spolupráci s týmito požiadavkami treba

vyberať aj umiestnenie z hľadiska dimenzovania liniek.

V prípade mikrovlnných liniek alebo bezdrôtovej optickej linky je potrebné dosiahnuť priamu viditeľnosť. Samotná priama viditeľnosť však nestačí treba brať do úvahy aj Fresnelovu zónu. Ďalším dôležitým parametrom pri návrhu mikrovlnnej linky je jej prenosová rýchlosť, ktorá závisí aj od použitej modulácie. Modulácia má zasa vplyv na dosah linky resp. citlivosť prijímača.

## 8.1 Viditeľnosť

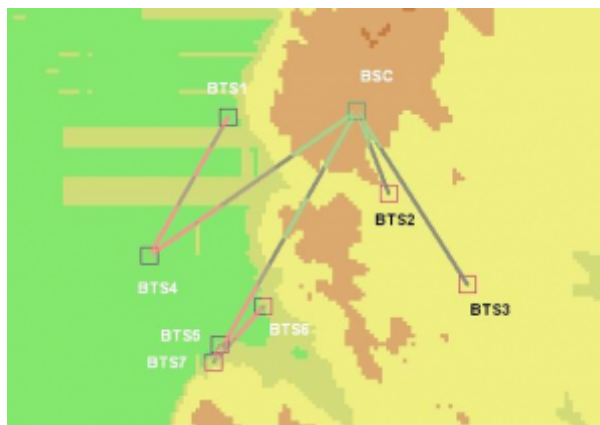
Na začiatku dimenzovania liniek som si zistil viditeľnosť pomocou programu Optim. Najskôr som zisťoval viditeľnosť medzi BSC a jednotlivými stanicami BTS. Anténu na BSC som umiestnil vo výške 50m nad zemským povrchom, pri BTS som tiež použil výšku 20 - 30 m, pričom som počítal s umiestnením na strechu panelových domov v meste Hlohovec a v prípade vidieku na stožiaroch. Z programu Optim som dostal výstup aký je zobrazený na obrázku 3.



Obr. 3. Viditeľnosť medzi anténami z programu Optim

Ďalej som pomocou tohto programu zistil, že viditeľnosť je dosiahnuteľná iba medzi: BSC a BTS2, BSC a BTS3, BSC a BTS4, BSC a BTS7. BTS1, BTS5 a BTS6 zostali teda nedosiahnuteľné priamo z BSC. Preto som skúšal viditeľnosť z inej BTS na tie, ktoré nie sú dosiahnuteľné z BSC. Zistil som, že z miesta BTS7 môžem dosiahnuť na BTS5 a BTS6 a z miesta BTS4 môžem dosiahnuť na miesto BTS1.

Preto linka medzi BTS7 a MSC bude musieť mať väčšiu kapacitu, aby dokázala obslúžiť až 3 základňové stanice BTS. Taktiež linka medzi BSC a BTS4 musí byť dimenzovaná na obsluhu dvoch BTS. Využitím funkcie cross-connect dokáže linka rozlíšiť, na ktorú BTS je smerovaná ktorá časť prevádzky. Pomocou programu Optim som potom vygeneroval obrázok číslo 4 s topológiou siete a vzájomným prepojením pomocou liniek.



Obr. 4. Topológia siete aj s linkami

## 8.2 Kapacita a dosah liniek

V nasledujúcej tabuľke vidíme počty TRX v jednotlivých BTS. Podľa toho treba dimenzovať kapacitu liniek.

Tab. 4. Potrebné kapacity ku každej BTS

|             | Počet TRX | Potrebná kapacita linky |
|-------------|-----------|-------------------------|
| <b>BTS1</b> | 8         | 2 Mb/s                  |
| <b>BTS2</b> | 9         | 2 Mb/s                  |
| <b>BTS3</b> | 12        | 4 Mb/s                  |
| <b>BTS4</b> | 8         | 2 Mb/s                  |
| <b>BTS5</b> | 14        | 4 Mb/s                  |
| <b>BTS6</b> | 16        | 4 Mb/s                  |
| <b>BTS7</b> | 12        | 4 Mb/s                  |

Keďže BTS2 a BTS3 sú pripojené priamo na BSC, použijeme kapacity liniek, ktoré sú uvedené v tabuľke číslo 4. BTS1 je pripojená cez BTS4, preto medzi BSC a BTS4 bude linka s kapacitou 4 Mb/s a medzi BTS4 a BTS1 bude linka 2 Mb/s. Taktiež BTS5 a BTS6 sú pripojené cez BTS7, preto medzi BSC a BTS7 bude linka s kapacitou 16 Mb/s, medzi BTS7 a BTS5 bude rovnako ako medzi BTS7 a BTS6 linka 4 Mb/s. Pre lepšiu orientáciu som pomenoval linky, v zátvorke je uvedená kapacita :

- BSC - BTS3: linka 03 (4 Mb/s)
- BSC - BTS2: linka 02 (2 Mb/s)
- BSC - BTS7: linka 07 (16 Mb/s)
- BSC - BTS4: linka 04 (4 Mb/s)
- BTS7 - BTS6: linka 76 (4 Mb/s)
- BTS7 - BTS5: linka 75 (4 Mb/s)
- BTS4 - BTS1: linka 41 (2 Mb/s)

## 8.3 Dimenzovanie s ohľadom na vzdialenosť

Pomocou programu Optim som si zistil presnú vzdialenosť medzi jednotlivými BTS, ktorá je uvedená v nasledujúcej tabuľke:

Tab. 5. Dĺžky liniek

|          |        |
|----------|--------|
| Linka 03 | 5 km   |
| Linka 02 | 2,2 km |
| Linka 07 | 7,1 km |
| Linka 04 | 6,2 km |
| Linka 76 | 1,9 km |
| Linka 75 | 0,5 km |
| Linka 41 | 3,9 km |

Vychádzame z predpokladu, že prijatý signál musí mať väčšiu výkonovú úroveň v dBm ako je citlivosť prijímača. Úroveň prijatého signálu vypočítame ako:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_{fs} - L_0 - L_{atm} \quad (3)$$

kde  $P_r$  je úroveň prijatého signálu v dBm,  $P_t$  je úroveň vyslaného signálu v dBm,  $G_t$  je zisk antény na strane vysielateľa v dBi,  $G_r$  je zisk antény na strane prijímača v dBi,  $L_{fs}$  sú straty vo voľnom priestore v dB,  $L_0$  sú dodatočné straty v dB (tlmenie v kábloch, konektoroch, neprispôsobením antén, zlým nasmerovaním),  $L_{atm}$  je tlmenie spôsobené atmosférickými vplyvmi. v dB.

Na dimenzovanie liniek som si vybral značku MINILINK od firmy Ericsson. Sú to jedny z drahších ale kvalitnejších zariadení na realizáciu mikrovlnného spojenia. Pásmo v ktorom budú použité je 23GHz. V tomto pásme sú zisky antén ( $G_t$  a  $G_r$ ) nasledovné:

- 0,23 m – 31,8 dBi
- 0,3 m – 36,2 dBi
- 0,6 m – 40,0 dBi
- 1,2 m – 46,0 dBi

Na realizáciu 2 Mb/s linky použijeme zariadenia MINI-LINK E Micro. Na vyššiu kapacitu použijeme MINI-LINK E. Citlivosť prijímača a vyslaný výkon v pásme 23 GHz:

Tab. 6. Citlivosť a výkon

| kapacita | citlivosť | $P_t$  |
|----------|-----------|--------|
| 2 Mb/s   | -92 dBm   | 20 dBm |
| 2×2 Mb/s | -90 dBm   | 20 dBm |
| 4×2 Mb/s | -87 dBm   | 20 dBm |
| 8×2 Mb/s | -84 dBm   | 20 dBm |

Straty vo voľnom priestore vypočítame podľa vzťahu:

$$L_{fs} = 20 \log \left( \frac{4\pi l f}{c} \right) \quad (4)$$

kde  $l$  je vzdialenosť medzi prijímačom a vysielateľom a  $f$  je frekvencia. Tlmenie

spôsobené atmosférickými vplyvmi vypočítame:

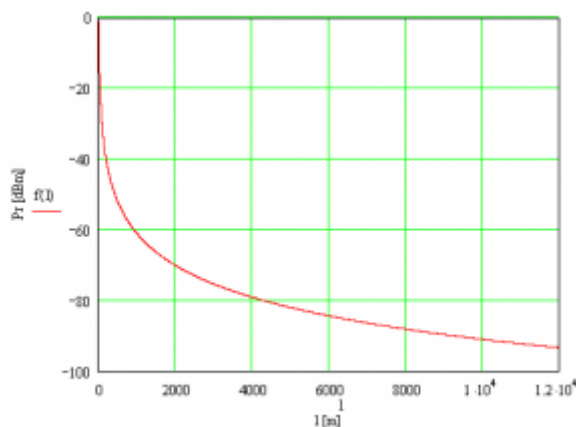
Straty vo voľnom priestore vypočítame podľa vzťahu:

$$L_{atm} = 10 \log (lkR^\alpha) \quad (5)$$

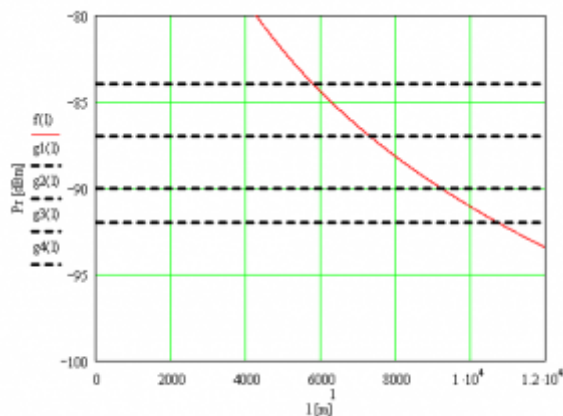
kde  $k$  a  $\alpha$  sú konštanty uvedené v ITU R 838 a pre 23GHz a horizontálnu polarizáciu majú hodnoty  $k=0,105517$  a  $\alpha=1,07604$ .  $R$  je intenzita zrážok uvedená v odporúčaní ITU-R PN 837-1. Pre Slovensko je hodnota  $R=32\text{mm/h}$  (pri dostupnosti linky 99,99%). Dodatočné straty  $L_0$  nevieme určiť všeobecne, pretože v každom konkrétnom zapojení sa menia, nemôžeme ich však považovať za nulové, preto som si zvolil  $L_0=5\text{dB}$ .

Do vzťahu (3) dosadíme vzťah (4) a (5). Veľkosť antén som si zvolil 0,6m. Jedinou neznámou zostáva vzdialenosť  $l$ . Preto som si zostrojil grafickú závislosť veľkosti prijatého výkonu v dBm od vzdialenosti (obrázok 5 a obrázok 6). Na obrázku 6 sú znázornené citlivosti prijímačov prerušovanou čiarou. Vidíme, že pri citlivosti -92 dBm (2 Mb/s) môžeme dosiahnuť dĺžku linky viac ako 10 km. Čo na realizáciu linky 02 a 41 postačuje. Pri citlivosti -90 dBm (2×2 Mb/s) dosiahneme viac ako 9 km, čo nám postačuje pri linkách 03, 04, 76, 75. Pri realizácii linky 8×2 Mb/s s citlivosťou -84 dBm však potrebujem dosiahnuť vzdialenosť 7,1 km.

Ako vidno z grafu, tieto parametre postačujú len na menej ako 6 km, preto použijem väčšiu anténu. V ponuke MINI-LINK som našiel len 1,2 m, ktorá má zisk 46,0 dBi. Ak ju použijem na strane prijímača aj vysieláča, bude maximálna vzdialenosť dosahu tejto linky viac ako 14 km, čo plne postačuje potrebám mojej 7,1 km linky. Možno by tu stačila aj 80 alebo 100 cm anténa.



Obr. 5. Závislosť veľkosti prijatého výkonu v dBm od vzdialenosti



Obr. 6. Závislosť veľkosti prijatého výkonu v dBm od vzdialenosti – detail

## 9. Zhodnotenie

Pokúsil som sa v teoretických podmienkach navrhnuť menšiu sieť GSM na území okresu Hlohovec. Zameral som sa na dimenzovanie kapacity zariadení za predpokladu, že aspoň čiastočne poznám požiadavky, ktoré má sieť poskytovať. Návrhom siete GSM sa zaoberá niekoľko tímov na rôznych oddeleniach. Z dôvodu náročnosti a rozsiahlosti témy nebolo možné sa jej venovať podrobnejšie.

## 10. Odkazy na literatúru

1. HEINE, Gunnar: GSM Networks: Protocols, Terminology and Implementation. Boston / London: Artech House Publishers, 1999. 416 s. ISBN: 0-89006-471-7
2. BOSE, Ranjan: A video course of wireless communications, Department of Electrical Engineering, IIT, Indian Institute of Technology Delhi, Lecture 5: Cell Capacity and Reuse. Dostupné z:  
<http://www.youtube.com/watch?v=nMjkeEHR2j8&feature=related>
3. MISHRA, Ajay R.: Advanced cellular network planning and optimisation. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2007. 521 s. ISBN: 0-470-01471-7
4. MISHRA, Ajay R.: Fundamentals of cellular network planning & optimisation. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2004. 286 s. ISBN: 0-470-86267-X
5. Počet užívateľov bezdrôtových technológií, 22. 9. 2008, Dostupné z:  
[http://gsmworld.com/newsroom/market-data/market\\_data\\_summary.htm](http://gsmworld.com/newsroom/market-data/market_data_summary.htm)

---

Spoluautorom článku je Ing. Jozef Petrek PhD, Katedra rádioelektroniky FEI STU

---