

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

**Analýza rôznych typov antén používaných mobilnými
operátormi pre hlasové služby**

Laboratórna práca č. 4

Obsah

Zoznam obrázkov.3

Teoretický úvod..4

1.1

Makrobunky.....4,5

1.2

Mikrobunky.....5,6

1.3

Pikobunky.....6

1.4

Femtobunky.....7

2. Sektorová

anténa.....8,9

3. Typy sietí podľa

generácie.....9

3.1

3G.....9

3.1.1

Frekvencie.....10

3.1.2 Prenos

dát.....10

3.1.3 Bezpečnosť

siete.....10

3.1.4 Vysielače	
výkony.....	
.....	10
3.1.5 Štruktúra signálu základňovej stanice	
UMTS.....	10
3.2	
4G.....	
.....	11
3.2.1	
Frekvencie.....	
.....	11,12
3.2.2 Prenos	
dát.....	
.....	12
3.2.3 Kódovanie a	
modulácia.....	
12	
3.2.4	
Dynamika.....	
.....	12
3.2.5 Vysielače	
výkony.....	
.....	13
3.2.6 Štruktúra signálu základňovej stanice	
LTE.....	13
3.2.7	
Priemerovanie.....	
.....	13
3.3 Global System for Mobile	
Communications.....	13,14
4.	
Záver.....	
.....	14

Zoznam použitej literatúry.....	
.....	14

Zoznam obrázkov

Obr. 1 - Base Transceiver Station.....	
...4	
Obr. 2 - Makrobunka.....	
.....5	
Obr. 3 - Mikrobunka.....	
.....6	
Obr. 4 - Pikobunka.....	
.....6	
Obr. 5 - Femtobunka.....	
.....7	
Obr. 6 - Sektorová anténa.....	
.....8	
Obr. 7 - Charakteristika sektorovej antény.....	
.....9	

Zoznam tabuliek

Tab. 1 - Licencie pre frekvenčné pásma 4G.....	11
Tab. 2 - Frekvenčný rozsah v daných pásmach.....	11

1. Teoretický úvod

Základňové stanice (z angl. Base Transceiver Station) sú základnými vysielacími stanicami, ktoré zabezpečujú pozemnú sieť pre fungovanie mobilnej (celulárnej, bunkovej) komunikácie. Sieť týchto neustále aktívnych vysieláčov tvorí základ pokrytia signálom pre mobilné telefóny a iné počítačové zariadenia. BTS je srdcom každej bunky siete mobilného operátora, skrýva však v sebe omnoho viac tajomstiev a technológií, než vnímame pri pohľade z vonku. Základňová stanica je súhrnným označením pre zariadenie ukrývajúce telekomunikačnú technológiu a vzdušné rozhranie mobilnej siete (GSM, UMTS atď.). Vonkajší vzhľad a počet antén BTS do značnej miery predurčuje počet sektorov, na ktoré je príslušná bunka mobilnej siete rozdelená. Obvykle ich býva 1 až 4. Podľa veľkosti môžeme bunky mobilných sietí rozdeliť do niekoľkých kategórií.



Obr. 1 - Base Transceiver Station

1.1 Makrobunky

Antény pre makrobunky bývajú zväčša namontované na pozemných stožiaroch, na strechách budov alebo na iných existujúcich štruktúrach, vo výške, ktorá poskytuje priamy výhľad na okolité budovy a terén. Oblasť pokrytia makrobunkou je veľmi variabilná, zhruba od 500 m až do 35 km v závislosti na kapacite a miere zahltenia pásma a s tým súvisiaceho rušenia. Celkový výkon závisí od počtu aktívnych prvkov a zisku anténneho systému, čo vedie k hodnotám ERP od 50W do 1.5kW (17 - 32 dBW) na 1 službu jedného operátora. Antény a základňové stanice však môžu byť aj zdieľané, na jednom stožiaru môžu mať antény aj viacerí operátori. Tiež pri viacerých službách (2G/3G/4G) môže byť počet antén väčší (podľa využívaných frekvencií a parametrov antén). Výkon makrobunky je tak znásobený nielen počtom operátorov ale i počtom prevádzkovaných služieb. V dobrých geografických podmienkach a s malým počtom užívateľov je rádius v rozpätí niekoľkých km. Takže vo vidieckych oblastiach môžete cestovať aj niekoľko kilometrov, kým dôjde k zmene bunky. To je dôvod, prečo je v týchto oblastiach väčšinou len niekoľko veľkých základových staníc. Naopak, ak sa dá očakávať veľa používateľov a kvalita príjmu klesá, môžu mať tieto bunky len rádius 100m.



Obr. 2 - Makrobunky

1.2 Mikrobunky

Mikrobunky sú navrhnuté tak, aby vyplnili pokrytie a pridali ďalšiu kapacitu siete v husto obývaných lokalitách v mestských a prímestských oblastiach, a to ako vonku, tak aj vo vnútri budov. Sú menšie ako makrobunky a ak sú namontované na existujúce štruktúry, môžu byť často zamaskované ako stavebné prvky. Antény mikrobuniek sú umiestňované nižšie ako strechy budov, napríklad na vonkajších stenách existujúcich štruktúr, stĺpoch verejného osvetlenia a ďalšom mobiliári, takže oblasť pokrytia je primárne definovaná usporiadaním ulice. Pokrytie je zvyčajne od 200 do 500 m. Typické vyžarovacie výkony by mali byť len niekoľko wattov, čo má za následok hodnotu ekvivalentného vyžiareného výkonu ERP v rozmedzí od 1.6 do 30W (2 - 15 dBW) na 1 službu jedného operátora.



Obr. 3 - Mikrobunka

1.3 Pikobunky

Pikobunky poskytujú lokálne pokrytie, ako napríklad vo vnútri budov, kde je zlé pokrytie alebo existuje vysoký počet užívateľov, ako sú nákupné areály, podzemné garáže, letiská a stanice. Antény pikobuniek sú umiestnené vo vnútri budov, na stenách alebo v stropných podhladoch. Ak je potrebné pokryť celú budovu, je zväčša nutné použiť niekoľko pikobuniek. Užívatelia pikobuniek môžu byť pevní aj pohybliví; pevní užívatelia sú napríklad bezdrôtové miestne siete (WLAN) medzi počítačmi. Pokrytie je definované tvarom a vlastnosťami miestností a kvalita služby je daná zariadením miestností a prítomnosťou ľudí. Pikobunky majú nižšie výstupné výkony než mikrobunky, zvyčajne ERP menej ako 1W - teda porovnateľné s výkonom mobilného telefónu.



Obr. 4 - Pikobunka

1.4 Femtobunky

Zvláštnym prípadom BTS sú femtobunky (femtocells), ktoré spadajú skôr do sféry fixne-mobilnej konvergenencie, než do čisto mobilnej komunikácie. Analytici odhadujú, že femtobunky v

najbližších rokoch zaznamenajú veľký rozkvet podporovaný súčasným rozvojom rýchleho širokopásmového internetu. Tento typ BTS umožní použiť mobil ako terminál pre hlasovú, prípadne dátovú komunikáciu (cez 3G), ale vonkajšia konektivita bude stále prebiehať cez internetové pripojenie používateľa, nie cez sieť mobilného operátora.



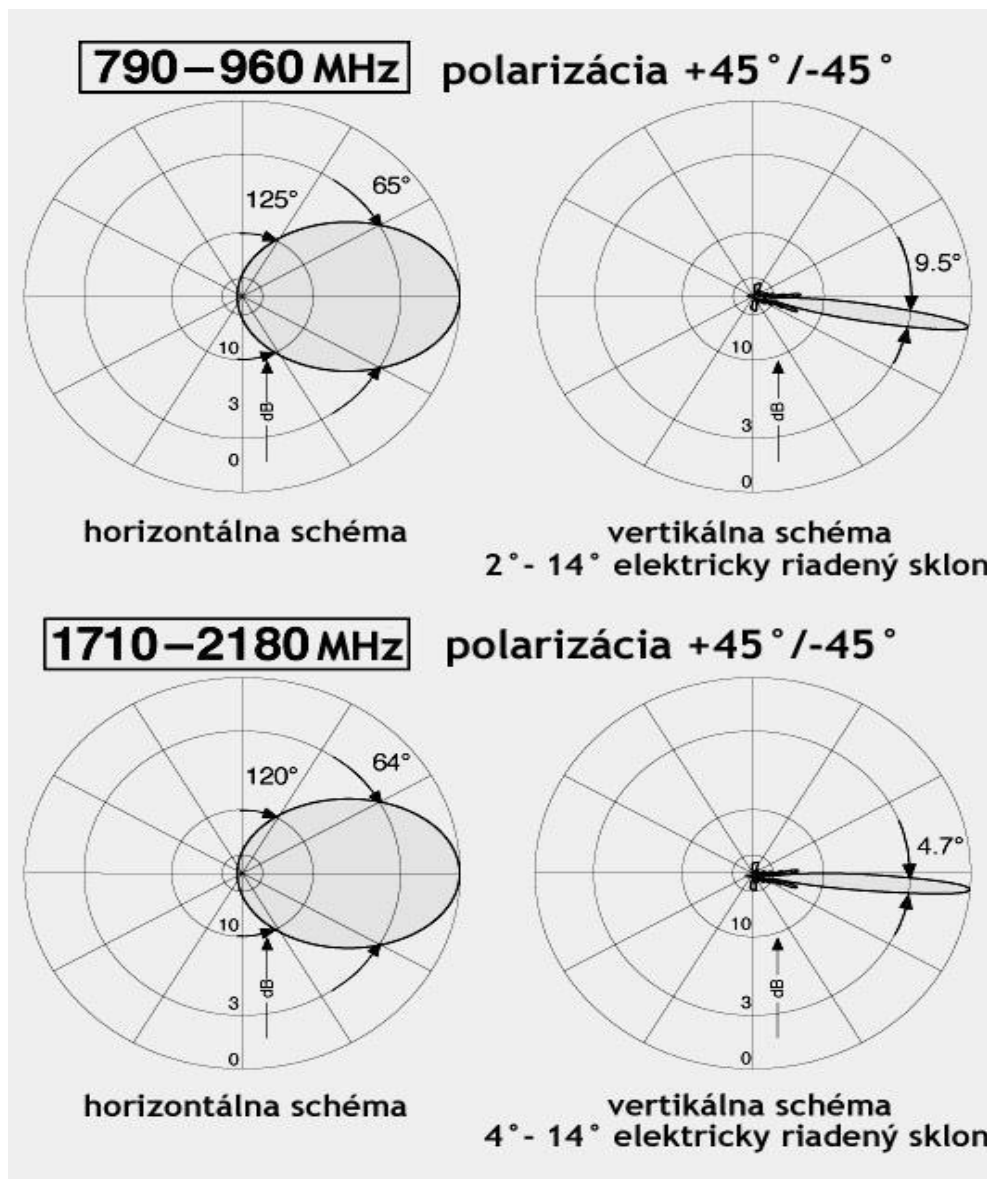
Obr. 5 - Femtobunka

Sú však oblasti, kde pokrytie ideálne nie je, napriek symetrickému rozloženiu buniek. Sú to mestské oblasti s nerovnomernou zástavbou a kopcovitý terén. Ako kompenzácia sa používa zhustenie buniek v oblasti s horším pokrytím, zvýšenie výkonu niektorých buniek, príp. možnosť nasmerovania signálu pomocou špeciálnych, tzv. sektorových antén.

2. Sektorová anténa

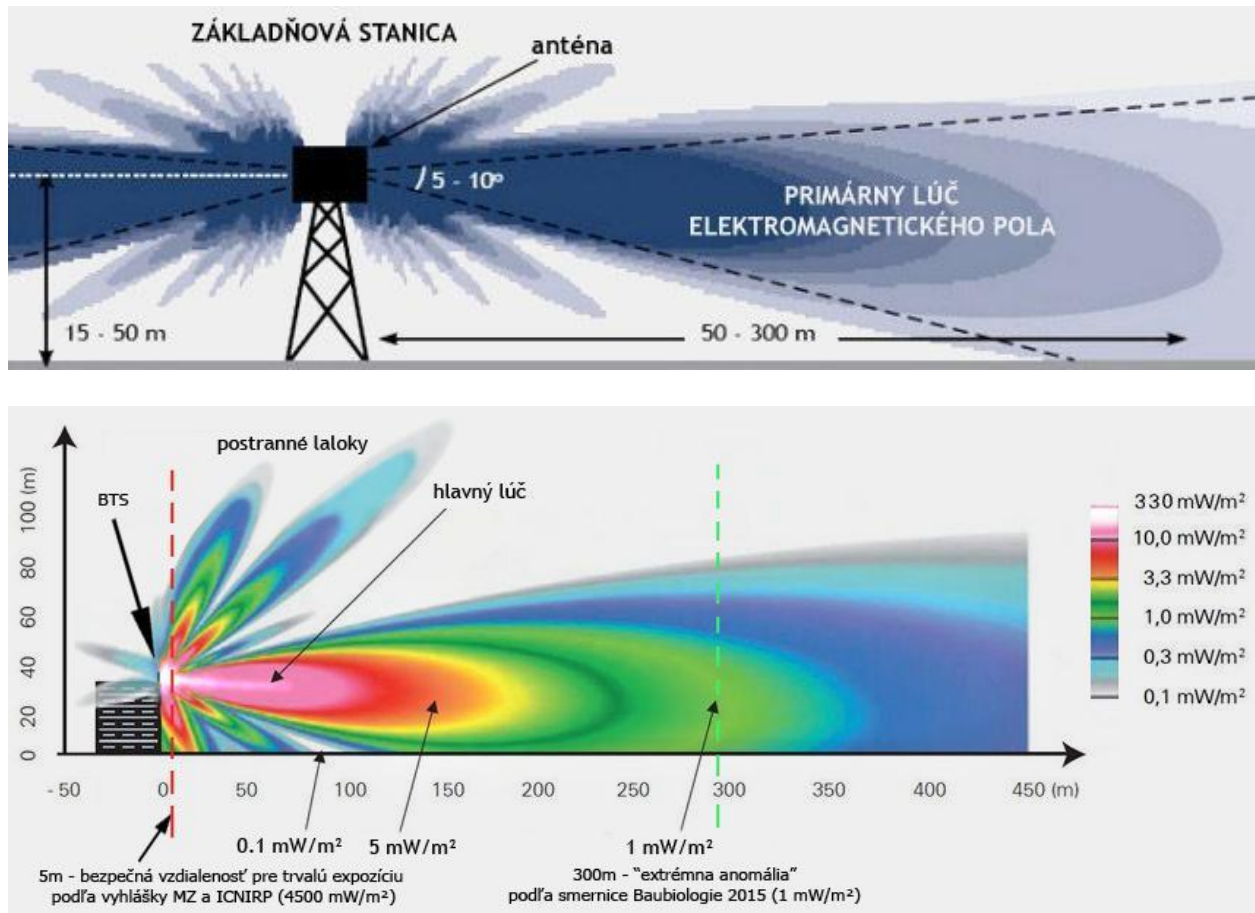
Sektorová anténa nemá v každom smere rovnakú účinnosť. Efektívnosť vyžiareného výkonu je daná tzv. vyžarovacím diagramom. U väčšiny sektorových antén je najúčinnjší horizontálny vyžarovací uhol 120° (60° od stredu antény do strán) a vertikálny vyžarovací uhol 5° - 10° (mierne dolu od horizontálnej roviny).

Smerovanie vertikálneho uhla je možné elektricky nastaviť spravidla v rozmedzí 2°-14°. Tieto parametre spôsobia, že predný lalok má najvyššiu účinnosť vyžarovania a "za, resp. pod anténou" je vyžarovanie značne potlačené. Sektorové antény majú pomerne vysoký zisk (15-20 dB), čo základňovej stanici umožňuje dosiahnuť veľký vyžiarený výkon ERP (do 2 kW na 1 anténu) za relatívne malého výkonu koncového stupňa modulátora (do 50 W)



Obr. 6 - Sektorová anténa

Z danej charakteristiky je teda zrejmé, že ak sú antény vo výške 15-50 m nad terénom (na stožiaroch alebo na budove) a pozorovateľ stojí na zemi, najvyššia intenzita poľa z antény bude na mieste vzdialenom 50-300 m od päty stožiaru alebo budovy. Samozrejme, čím vyššie je umiestnený pozorovateľ (napr. v protiľahlom dome na vyššom poschodí), tým väčšie elektromagnetické pole ho obklopuje.



Obr. 7 - Charakteristika sektorovej antény

3. Typy sietí podľa generácie

3.1 3G

je skratka pre tretiu generáciu mobilných telekomunikačných technológií. 3G nachádza uplatnenie v prenose hlasu, mobilnom prístupe k internetu, pevnom bezdrôtovom pripojení k internetu, videohovoroch a mobilnej televízii. 3G siete boli v roku 2001 komerčne spustené na štandarde UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Všetky moderné mobilné telefóny podporujú hybridnú prevádzku medzi systémom UMTS a GSM.

3.1.1 Frekvencie

Základňové stanice 3G siete majú pridelené frekvenčné pásmo 2110 - 2170 MHz. Na tomto pásme vysielajú základňové stanice všetkých operátorov. Celková šírka pásma na jednu službu je 5 MHz.

3.1.2 Prenos dát

Pôvodné a najrozšírenejšie rádiové rozhranie sa nazýva WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Disponuje prenosovou rýchlosťou minimálne 200 kb/s. Najnovšie UMTS systémy, tzv. HSPA+ (High Speed Packet Access Plus) poskytujú maximálne rýchlosti prenosu dát až do 56 Mb/s. Rádiové rozhranie je založené na rozptýlenom spektre rádiového prenosu. V súčasnosti ide o najzaužívanejší systém prenosu dát v smartfónoch a mobilných modemoch v prenosných počítačoch.

3.1.3 Bezpečnosť siete

3G siete ponúkajú lepšie zabezpečenie než ich 2G predchodcovia. Používajú blokovú šifru Kasumi namiesto staršej prúdovej šifry. Napriek tomu, už niekoľko vážnych slabín bolo v Kasumi šifre identifikovaných.

3.1.4 Vysielacie výkony

Makrobunky základňových staníc GSM dosahujú výkony zhruba 40 W (45 dBm), pričom antény majú zisk okolo 18 dB. Celkový ERP vyžiarený výkon jednej bunky stanice dosahuje okolo 1 kW (60 dBm). Pri súčasnej existencii viacerých UMTS alebo GSM staníc na jednom stanovišti môže byť úhrnný výkon násobne vyšší.

3.1.5 Štruktúra signálu základňovej stanice UMTS

Signál UMTS základňovej stanice je charakteristický vysokým činiteľom výkyvu amplitúdy. Signalizačný signál (spoločný pilotný kanál, tzv. CPICH) je vysielaný definovaným, konštantným výkonom. Intenzita poľa každého existujúceho CPICH sa dá určiť na základe selektívneho merania. Maximálna veľkosť elektromagnetického poľa sa vypočíta ako veľkosť intenzity nameraného CPICH kanála vynásobeného faktorom vyplývajúcim z aktuálne nastavenej úrovne CPICH a maximálneho požadovaného vysielacieho výkonu výsledného frekvenčného kanála. Faktor má zvyčajne hodnotu 10 (ref. prevádzkovateľov siete). Pri demodulácii počuť charakteristický "šum" CPICH s frekvenciou 15 kHz s impulznou frázou. Činiteľom výkyvu je modulácia podobná digitálnej TV - DVB (Digital Video Broadcasting).

3.2 4G



je skratka pre štvrtú generáciu mobilných telekomunikačných technológií. Systém 4G, komerčne spustený v roku 2012 na štandarde LTE (Long Term Evolution), poskytuje okrem obvyklých hlasových služieb aj mobilné širokopásmové pripojenie k internetu pre notebooky s bezdrôtovým modemom, smartfóny, tablety a ďalšie mobilné zariadenia. Aplikácie zahŕňajú mobilný webový prístup, IP telefóniu, herné služby, HD mobilnú televíziu, videokonferencie, 3D televíziu a cloud computing.

3.2.1 Frekvencie

Pásmo	Šírka pásma	Typ	Orange	Telekom	Telefónica	Swan
800 MHz	60 MHz	FDD	2x10 MHz	2x10 MHz	2x10 MHz	-
1800 MHz	40.4 MHz	FDD	2x4.8 MHz	-	2x0.6 MHz	2x15 MHz
2600 MHz	140 MHz	FDD	2x30 MHz	2x40 MHz	-	-
2600 MHz	50 MHz	TDD	-	1x50 MHz	-	-

Tab. 1 - Licencie pre frekvenčné pásma 4G

Pásmo	Frekvenčný rozsah
LTE-800	791-821 MHz FDD
LTE-1800	1851-1871 MHz FDD
LTE-2600	2620-2690 MHz FDD
LTE-2600	2570-2620 MHz TDD

Tab. 2 - Frekvenčný rozsah v daných pásmach

LTE, podobne ako iné rádiové štandardy mobilnej technológie, používajú rôzne signalizačné kanály. Tieto signalizačné kanály, zložené zo synchronizačných signálov a vysielacích kanálov (kanály obsahujú dátové informácie), sú v podstate sústredené v centre celej šírky pásma LTE signálu. Má to výhodu v tom, že signalizačné pole je vždy nezávislé od použitej kanálovej šírky pásma a pripájané zariadenia vždy nájdu potrebné informácie na rovnakom mieste vo frekvenčnom spektre. Pri demodulácii počuť kmitočet 2000 Hz.

3.2.2 Prenos dát

V porovnaní s UMTS (5 MHz) používa LTE väčšie flexibilné šírky pásma, 10, 15 a 20 MHz, čo umožňuje vyššiu rýchlosť prenosu dát do 326 Mb/s. LTE je sieť majoritne orientovaná na prenos dát (na báze IP).

Pre ďalšie zvýšenie rýchlosti prenosu dát a spektrálnej účinnosti sa u LTE používa anténa technika MIMO (Multiple Input Multiple Output). MIMO používa viac ciest šírenia signálu medzi vysielateľom a prijímačom. Používaním niekoľkých antén na strane základňovej stanice a čiastočne na strane mobilného zariadenia sú umožnené viaceré dátové toky zároveň, čo vedie k väčšiemu rozsahu paralelne prenášaných dát (space multiplexing).

Pásma v nižšom frekvenčnom rozsahu 800 MHz sú pre šírenie signálu priaznivejšie z dôvodu lepšej penetrácie signálu cez pevné stavebné materiály a na väčšie vzdialenosti, než je tomu u rozsahu 2600 MHz. 800 MHz má z hľadiska dostupnosti signálu pri rovnakom výkone najvhodnejšie podmienky, lepšie než 2100 MHz UMTS a dokonca 900 MHz GSM. V dôsledku toho môžu byť oveľa väčšie povrchové plochy pokryté signálom základňovej stanice. Z rovnakého dôvodu, pokrytie vidieckych oblastí je priaznivejšie v pásme 800 MHz, než v 2 GHz pásme.

3.2.3 Kódovanie a modulácia

Flexibilita vo využití šírky pásma sa získava pomocou kódovania OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access). V tejto metóde sa mnoho individuálnych nosných distribuuje cez kanálovú šírku pásma. Neallokované subkanály sú vypnuté, znižuje to spotrebu energie a znižuje rušenie. Frekvenčný rozstup nosných je 15 kHz. Pre kanálovú šírku pásma 20 MHz sa teda použije 1200 nosných, čo zodpovedá skutočnej obsadenej šírke pásma 18 MHz. OFDMA používa aj digitálny rozhlas DAB a digitálna televízia DVB-T.

3.2.4 Dynamika

OFDM signály majú vysoký činiteľ výkyvu. To znamená, že špičkový výkon je oveľa vyšší, než je priemerný výkon. Keďže sa však žiaľ pri hygienických meraniach berú do úvahy len tepelné účinky, zvyčajne sa meria pomocou detektora RMS (Root Mean Square).

3.2.5 Vysielacie výkony

Výkon je u každého kanálu LTE podobný ako pri GSM a UMTS systémoch a u makrobunky sa pohybuje medzi 20 až 50 W. Antény majú zisk 15-20 dB, takže ekvivalentný vyžiarený výkon dosahuje okolo 1-2 kW.

3.2.6 Štruktúra signálu základňovej stanice LTE

Najmenšia časová jednotka LTE signálu má dĺžku asi 71 μ s a je nazývaná "symbol". 7 po sebe idúcich symbolov tvorí "slot" (doba trvania: 0.5 ms) a 20 po sebe idúcich slotov tvorí "LTE-Frame" (doba trvania: 10 ms). Najmenšia časovo-frekvenčná jednotka (subkanál) v jednom symbole (15 kHz x 71 μ s) sa nazýva "Resource element". Elementy sa používajú na prenos užívateľských dát. "Reference Signal", ktorý je pravidelne rozložený medzi elementy po celej šírke signálu a má konštantný výstupný výkon, sa používa pre stanovenie kvality rádiového signálu a je ho možné použiť na odhad celkovej expozície aplikovaním faktora 20. Pokiaľ na základňovej stanici neprebíha žiaden prenos dát, "resource elements" sú väčšinou prázdne (t.j. príslušné subkanály sú vypnuté). V praxi to znamená, že veľkosť prevádzky a zaťaženie siete ovplyvňuje štruktúru signálu základňovej stanice.

3.2.7 Priemerovanie

Na rozdiel od GSM a UMTS, neexistuje žiadna časová konštanta a teda trvalo vysielaný signál v LTE. Preto je nutné vždy vytvoriť strednú hodnotu po určitú dobu, aby sa získal stabilný výsledok merania. Jediné v praxi užitočné vodítko pre určenie maximálnych možných expozícií môže poskytnúť iba stanovenie konštantného, pokiaľ možno cez celú šírku pásma distribuovaného signálu. Jediné signály v LTE, ktoré spĺňajú požiadavky, sú referenčné signály. Sú rozložené po celom kanáli a vysielané s konštantným výkonom. Meraním všetkých referenčných signálov cez celú šírku pásma LTE kanála môže byť určená veľkosť expozície. Ale dôležité je poznať vysielací výkon referenčných symbolov, pretože tieto sa môžu líšiť od ostatných symbolov (prevádzka a synchronizácia). Často sú referenčné symboly vysielané s vyšším vysielacím výkonom, takže pripájané zariadenia dosahujú lepší odhad kvality signálu.

3.3 Global System for Mobile Communications

GSM [Global Systems for Mobile Communications] je označenie štandardu digitálnych sietí pre mobilné telefóny. Pre GSM sa využívajú rôzne frekvenčné pásma 900 (presnejšie 890-915 MHz pre príjem a 935-960 pre vysielanie), 1800 MHz a 1900 MHz a podľa používaného pásma sa hovorí o GSM 900, GSM 1800 (niekedy nazývanej DCS 1800 - Digital Cellular System), GSM 1900 (niekedy nazývanej PCS 1900 – Personal Communication System). Oproti starším analógovým sietiam (NMT) je možné zavádzať moderné technológie. Najprv bol navrhnutý systém GSM 900,

potom bol vo Veľkej Británii modifikovaný na GSM 1800 – dôvodom bolo umožniť na trh vstup ďalšieho prevádzkovateľa (nedostatok frekvencií v pôvodnom pásme). GSM 1900 je jediná frekvencia používaná v USA a Kanade pre GSM. Princípy, protokoly používané všetkými odnožami GSM sú zhodné, jediná odlišnosť je práve vo frekvencnom pásme používanom pre prenos signálu medzi mobilnou stanicou a sieťou, teda na rádiovom rozhraní. Pôvodne každý štát navrhoval svoj systém, ktorý bol nezlúčiteľný s inými systémami kdekoľvek inde (Škandinávia NMT, Veľká Británia ETACS a Nemecko Net C). Všetky systémy boli analógové. Práve pre ich nezlúčiteľnosť sa mal vyvinúť taký systém, ktorý by bol na celom svete kompatibilný.

Navrhnutý systém musel spĺňať nasledujúce kritéria: kvalitný prenos reči, nízka cena služieb, výkonnosť a ISDN zlučiteľnosť, podpora rozšírených služieb ako sú SMS správy, podpora medzinárodného roamingu.

V roku 1991 bola spustená prevádzka novej digitálnej siete s názvom GSM, ktorá spĺňala vyššie uvedené kritéria. Počas dvoch rokov sa GSM siete rozrástli do 22 krajín. V roku 1994 siete využívalo 1.3 milióna používateľov.

4. Záver

Podarilo sa nám analyzovať používané antény na prenos hlasu pri rôznych celosvetových operátoroch. Osvojili sme si používané frekvencie v jednotlivých pásmach GSM - LTE a aj ich vysielacie výkony podľa použitia výkonových prvkov podľa toho, kde je daná anténa umiestnená a akú rozlohu pokrýva. Vďaka týmto poznatkom sme lepšie pochopili ako antény fungujú, akého sú druhu, akou moduláciou vysielajú.

Zoznam použitej literatúry

[1] Mobilná komunikácia, siete, mobilné telefóny. In: *Referaty.sk: Všetko, čo študent potrebuje* [online] 16. 12. 2003, [cit. 23. apríla 2018].

Dostupné z: <http://referaty.atlas.sk/ostatne/informatika/11981/>

[2] LTE. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online], 11. 12. 2006, posledná zmena 30. 9. 2014 [cit. 23. apríla 2018].

Dostupné z: <https://sk.wikipedia.org/wiki/LTE>