

Objavy vo fyzike

Elektromagnetické vlny a ich význam

V roku **1820** si dánsky fyzik a chemik Hans Christian Øersted všimol, že magnetka kompasu v blízkosti elektrického poľa vykazuje istý pohyb a takto objavil súvis medzi elektrinou a magnetizmom.

V tom istom roku **1820** francúzsky fyzik François Arago zistil, že elektrický prúd usmerňuje nezmagnetizované kovové piliny do kruhu okolo drôtu. Objavil princíp produkcie magnetizmu pomocou cylindricky stočeného medeného vodiča. V tom čase (**1820**) ďalší Francúz a rovnako fyzik André-Marie Ampere ujasnil Øerstedove pozorovanie a vyslovil prvú teóriu magnetizmu. V nej poukázal na spojitosť medzi magnetizmom a elektrickým prúdom, ako dvoma skupinami javov, ktoré sa predtým považovali za principiálne odlišné.

Objavy vo fyzike

Ak prechádza elektrický prúd vodičom, vzniká v jeho okolí magnetické pole. Je možné, aby naopak vznikol pomocou magnetického poľa v uzavretom obvode elektrický prúd?

Odpoveď na túto otázku prvý priniesol v roku **1831** [Michael Farraday](#) s dôležitým objavom elektromagnetickej indukcie.

O ďalší veľký pokrok sa zaslúžil Škótsky fyzik [James Clerk Maxwell](#). Výsledkom jeho úsilia bola teoretická práca. Publikoval štúdie " O Dynamickej teórii elektromagnetického poľa" (1865) a "Pojednanie o elektrine a magnetizme " (1873), ktorá sa stala známa ako Maxwelllove rovnice. Je to séria štyroch rovníc, ktoré spolu kompletne popisujú vzájomné pôsobenie elektrických a magnetických polí.

Bezdrôtová komunikácia

Vďaka Maxwellovej teórii, 8 rokov po smrti autora, vynášiel v roku **1887** profesor fyziky **Heinrich Hertz** oscilátor a laboratórne vytvoril elektromagnetické vlny, pričom meral ich dĺžku a rýchlosť. Ukázal, že povaha ich vibrácií a schopnosti sa lámať a odrážať, sú rovnaké, ako pri svetelných a tepelných vlnách a stanovil, že svetlo a teplo sú elektromagnetickou radiáciou. Hertz bol prvým, kto vysielal a prijímal elektromagnetické vlny. Avšak produkované vlny neboli schopné prekonať väčšiu vzdialenosť a problém – vytvorenie efektívneho vysielачa a prijímača zostal otvorený.



Jozef Murgaš sa narodil v Jabríkovej (dnes súčasť Tajova) 17. februára 1864. Ako dieťa bol mimoriadne bystrý, mal nevšedný maliarsky talent a bol aj zručným technikom. Študoval na Gymnázium v Banskej Bystrici, ale zaujímalo ho predovšetkým maliarstvo. V rokoch 1880-1882 študoval v bratislavskom seminári a neskôr do roku 1884 v ostrihomskom. Od roku 1889-1890 študoval maliarstvo v Budapešti, potom štyri roky v Mníchove. Už na štúdiách v Ostrihome sa zaujímal i o elektrotechniku.

Bezdrôtová komunikácia

V roku 1896 odišiel do USA do novozaloženej baníckej obce Wilkes Barre, kde žilo 300 slovenských rodín. Tu zriadil školu, knižnicu, telocvičňu, vybudoval ihriská, kúpele a začal sa hlbšie zaujímať o elektrotechniku. 2. októbra 1903 podal Jozef Murgaš vo Washingtone svoju prvú prihlášku na uznanie patentu a 10. mája 1904 pridelil federálny patentový úrad vo Washingtone Murgašovi dva patenty. Prvý je známy ako **Zariadenie na bezdrôtovú telegrafiu** a druhý ako **Spôsob prenášania správ bezdrôtovou telegrafiou**.

V prvom patente vysielacia stanica bola vybavená anténou spojenou s menšou guľou. Na prijímacej stanici bola anténa a telefónne slúchadlo. V druhom patente je originálny spôsob prenášania správ pomocou bezdrôtovej telegrafie, ktorý spočíva vo vysielaní a prijímaní nespojitých signálov s navzájom odlišnou frekvenciou.

Na základe týchto dvoch patentov sa vo Philadelphii vytvorila na využívanie Murgašovho vynálezu účastinná spoločnosť *Universal Aether Telegraph Co.*

Bezdrôtová komunikácia

Výsledkom jeho ďalšej práce bolo 11 patentov, a to: vlnomer (1907), elektrický transformátor (1907), zariadenie na výrobu elektromagnetických vln (1908), bezdrôtová telegrafia (1909), detektor elektromagnetických vln (1909), prístroj na výrobu elektrických oscilácií (1911), naviják na rybársky prút (1912), spôsob a zariadenie na výrobu elektrických oscilácií (1916).

Od vstupu USA do prvej svetovej vojny (1917) boli zakázané súkromné rádiatelegrafické stanice, čo platilo aj pre Murgaša. Preto sa od tohto času venuje znova maliarstvu a ďalším záľubám. Bol známy ako zberateľ húb, nerastov a rastlín, mal unikátnu zbierku hmyzu, asi 9 000 exemplárov.

J. Murgaš nebol iba vedec a umelec, ale aj mimoriadne šľachetný človek. Na Slovensko sa vrátil v roku 1920, keď sa tu chcel usadiť natrvalo a vyučovať elektrotechniku v niektorej škole, čo mu ale úrady neumožnili. Vracia sa teda naspäť do USA, kde 11. mája 1929 zomiera vo Wilkes Barre na srdcovú chorobu.

Bezdrôtová komunikácia

Napriek tomu, že k vynálezu rádia prispeli mnohí vedci, pripisuje sa často tento vynález talianskemu elektroinžinierovi a vynálezcovi [Guglielmo Marconimu](#)^[1].

Marconiho úspech spočíval v kombinácii jeho technickej invencie a obchodného dôvtipu. V roku **1895** tento mladý technický nadšenec zdokonalil koherér (prístroj zachytávajúci elektromagnetické vlny) a pripojil ho k jednoduchej anténe, ktorej dolný koniec bol uzemnený. Vtedy predviedol prvú demonštráciu bezdrôtovej telegrafie. V roku **1896** Marconi dokázal vyslať signály na vzdialenosť vyše 1.6km. Prenos bol uskutočňovaný dlhými vlnami a mal vysoké energetické nároky (>200kW). Už v roku 1896 Marconi v Londýne požiadala o patent pre svoj vynález.

V nasledujúcom roku jeho prístroj zvládol prenos rádiových signálov z pobrežia na loď na vzdialenosť 29 kilometrov. V roku **1899** Marconi prevádzkoval komerčnú komunikáciu medzi Anglickom a Francúzskom, v roku **1901** vyslal signály na vzdialenosť 322 kilometrov a v tom istom roku bolo prvé písmeno (S) prenesené cez Atlantický oceán. Už v nasledujúcom roku sa rádiové správy pravidelne posielali cez Atlantický oceán a v roku **1905** možnosť rádiového spojenia s pevninou už využívalo mnoho lodí.

Bezdrôtová komunikácia

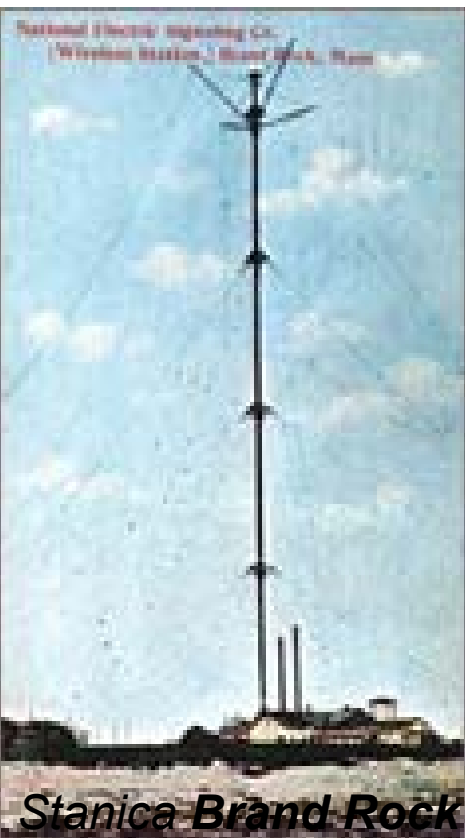
Niektoré zdroje uvádzajú ako vynálezcu rádia ruského fyzika a elektroinžiniera A.S. Popova, avšak valná väčšina pripisuje tento krok Macronimu.

*V roku **1895 Alexander Štepanovič Popov** predviedol prístroj na registráciu atmosferických výbojov, čo bol vlastne prvý rádioprijímač. Postupným zdokonaľovaním dosiahol Popov v roku **1899** spojenie na vzdialenosť 46 kilometrov.*

Tieto pokusy však Ruská vojenská správa utajila. Popov požiadal o patent až v roku 1899.]

Reginald Aubrey Fessenden

, kanadsko-americký rádiopionier, sa od roku **1900** pokúšal o bezdrôtový prenos hlasu. Vyvíjal ideu modulovať amplitúdu zvukových vln do rádiových vln. V r. **1902** Fessenden navrhol dvom finančníkom, že jeho metóda prenosu spojitých vln je vhodná pre rádiotelefóniu a požiadal ich, aby ho podporili. Po skonštruovaní alternátora na 50 kHz, s ktorým už bolo možné realizovať rádiotelefóniu, Fessenden okamžite začal stavať vysielaciu stanicu Brant Rock. 24. decembra **1906** bezdrôtový operátor vo vzdialenom Norfolkú už prekvapene počúval reč a hudbu vysielanú z Brand Rocku do jeho prijímača.



V r. **1915** sa uskutočnil bezdrôtový diaľkový telefónny hovor z New Yorku do San Francisca na vzdialenosť 4022km. Hovor bol realizovaný z lodnej rádiostanice v Arlingtone do lodnej rádiostanice na Mare Island. O pár hodín neskôr bol ľudský hlas vyslaný éterom z Washingtonu na Honolulu - na vzdialenosť 7884 km. Tento výkon sa dosiahol pomocou viacerých spoločností (AT & T, Western Electric Company, ...) a amerických námorných síl. Príjem bol uskutočňovaný anténou špeciálne postavenou na tento účel inžiniermi telefónnych spoločností a za súhlasu námorných orgánov boli umiestnené na námornej stanici Pearl Harbour (Hawaii). Príjem na takúto vzdialenosť mohol byť dosiahnutý aj vďaka elektrónkam, ktoré boli využité pri rádiovom prenose. O ich vynájdenie sa v roku **1906** zaslúžil **Lee De Forest**.

Bezdrôtová komunikácia

Guglielmo Marconi má v bezdrôtovej histórii svoje významné miesto. Marconi zistil, že rádiové vlny sa šíria odrazom z atmosféry a že prenosové podmienky sú niekedy priaznivejšie v noci ako cez deň. Marconi urobil toto pozorovanie na lodi Philadelphia v roku 1902, keď prijal správu zo vzdialenosti 700 míľ cez deň a 2000 míľ v noci. Vtedy ešte nevedel, že tento jav nastáva odrazom z vyššej vrstvy atmosféry tzv. ionosféry.

S predpokladom ionosféry a rovnakou teóriou šírenia vln odrazom prišli v tom istom roku (1902) a nezávisle od seba britský fyzik Oliver Heaviside a americký inžinier A.E Kennely. (Definitívny dôkaz týchto teórií bol dosiahnutý až v roku 1925.)

Marconi sa rovnako zaslúžil o vývoj krátkovlnného vysielania. Už v roku 1916 počas prvej svetovej vojny predvídal možnú výhodu využitia krátkych vln, pri ktorých by sa mohli využívať reflektory (telesá odrážajúce signál) okolo antén. Tieto by signál sústreďovali, zvyšovali jeho silu a minimalizovali príjem nepriateľom. Za niekoľko rokov po ďalších experimentoch a testoch prenosu krátkych vln (s vlnovou dĺžkou 15m), začal Marconi vyvíjať krátkovlnnú bezdrôtovú komunikáciu, s použitím systému smerových antén, pre koncentrovanie signálu v želanom smere.

Neskôr pokračoval v štúdiu ešte kratších vln (okolo 0.5 m). Na tejto veľmi krátkej vlnovej dĺžke vykazovali antény s menšou veľkosťou parabolických reflektorov značne zvýšený výkon vysielania v želanom smere.

Bezdrôtová komunikácia

V roku **1921** zamestnanci rádio oddelenia Detroitskej polície začínali experimentovať s frekvenčným pásmom blízko 2 MHz pre dopravnú mobilnú službu (komunikácia typu Push to Talk). V r. **1928** toto policajné oddelenie zaviedlo jednocestnú komunikáciu s ich centrálnym rádiovým vozidlom. Systém dopravného mobilného rádia sa začal využívať pre policajnú prácu a neskôr bol zavedený v celej krajine. Kanály na týchto nízko-frekvenčných pásmach sa časom stali prehustené. Tieto mobilné systémy neboli prepojené s bežnou (drôtovou) telefónnou linkou.

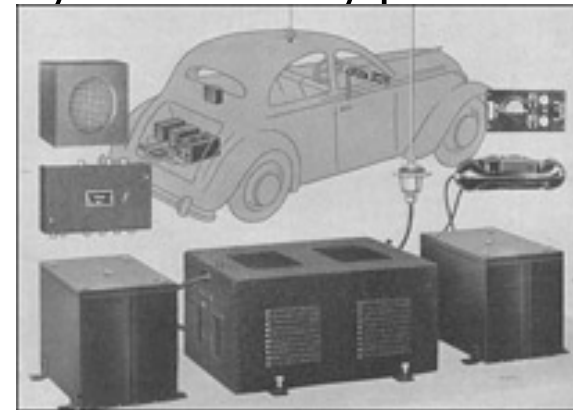
John Logie Baird v roku **1924** predvádza obrisy objektov predané televíziou, v r.1925 prenáša rozpoznateľnú ľudskú tvár a v r.1926 demonštruje pohybujúce sa objekty. V r.1929 začína britská spoločnosť BBC s pravidelným pokusným televíznym vysielaním s využitím Bairdovho štúdia.

V r.**1933** získal Edwin Howard Armstrong patent na systém frekvenčnej modulácie (FM). FM priniesla lepšiu alternatívu vysielania, ako dovtedy zaužívaný systém vysielania s amplitúdovou moduláciou a umožnil vysokokvalitný prenos hlasu alebo hudby s odolnejším signálom proti rušeniu.



E. H. Armstrong

Autotelefon site A-Netz



Nástup mobilných telefónnych sietí

V r. **1946** Saint Lois, AT&T a Southwestern Bell uvádza **prvú komerčnú radio-mobilnú službu** pre privátnych zákazníkov. Mobilné vysielacie využívajú novovydanú licenciu pre vozidlá, udelenú Southwestern Bell Federálnou komunikačnou komisiou. Služba je prevádzkovaná v pásme **150MHz** a využíva **šest' komunikačných kanálov** s odstupom **60kHz**. Vzájomné rušenie kanálov a častý presluch s pozemnými telefónmi linkami, čoskoro prinútil spoločnosť Southwestern Bell využívať iba tri kanály.

V r. **1958** začína prevádzku nemecká analógová mobilná sieť **A-Netz**, operujúca **na frekvencii 160 MHz**. Iniciovať hovor v tejto sieti bolo možné len z mobilného telefónu. Na uskutočnenie spojenia medzi volajúcim a volaným bol **nutný zásah operátora**, čo bolo nákladné.

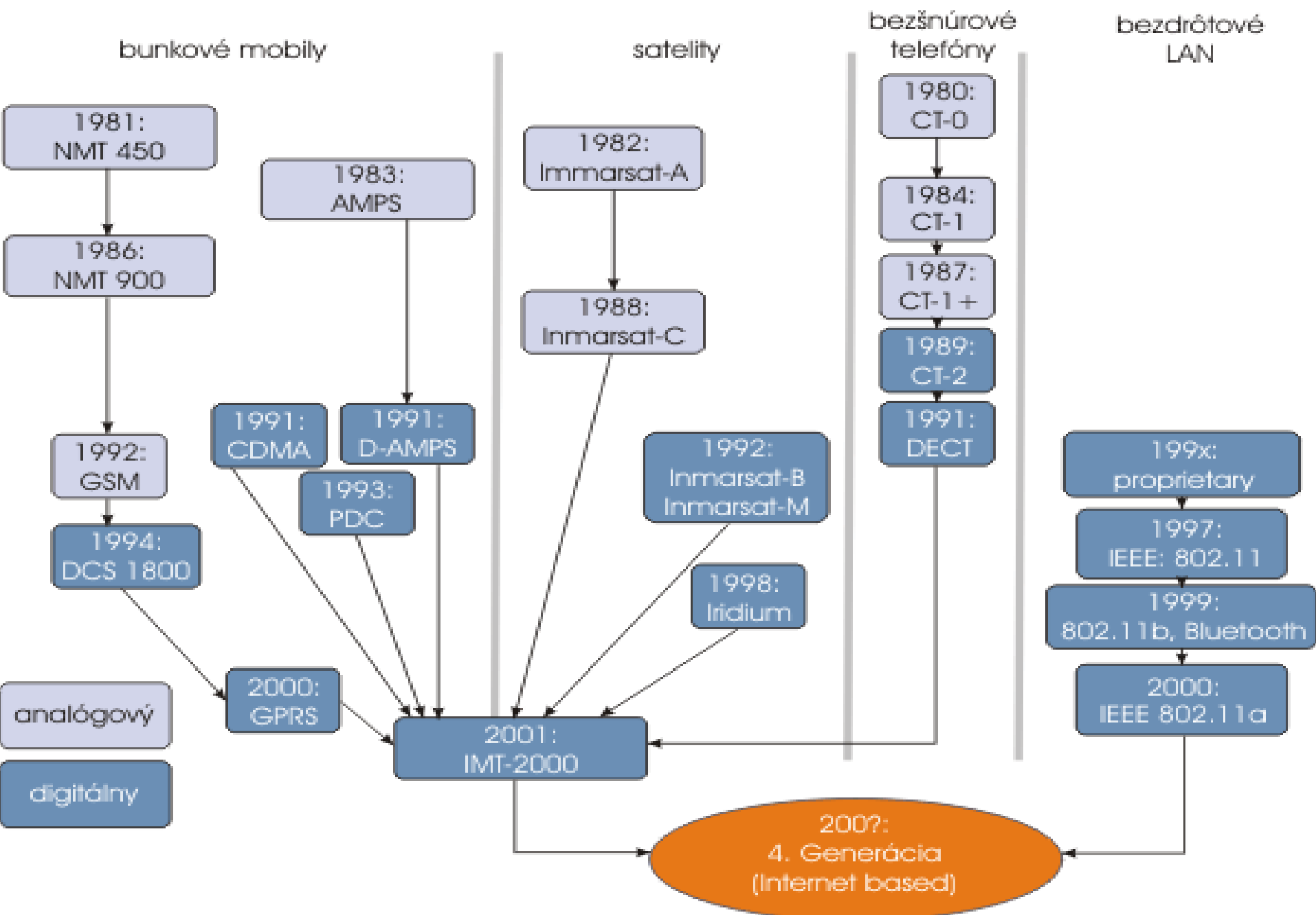
Napr. mesačný základný poplatok bol cca. 66 - 270 DM, čo bolo pre kvalifikovaného robotníka s mesačnou mzdou okolo 600 DM sotva dostupné. V roku 1971 dosiahla pokrytie **80% krajiny** (západné Nemecko a západný Berlín) s počtom okolo **11 000 abonentov**. Pre týchto 11000 užívateľov siete bolo v službe nepretržite **600 sprostredkovateľských síl**. **A-Netz** zostala zachovaná až do r. 1977 a prešla do novej siete nazvanej **B-Netz**.

Bezdrôtová komunikácia

Na konci 60-tych rokov bola vyvíjaná sieť **B-Netz**, ktorá bola rovnako **analógová** a využívala frekvencie **160 MHz**. **B-Netz** začala svoju prevádzku v roku **1972**. Bola priamo smerovaná, teda na jej spojenie nebol nutný operátor, avšak bolo **nutné poznať polohu volaného a kód oblasti**, v ktorej sa nachádzal (napr. Stuttgart 0711-05).

Iniciovať hovor bolo možné aj z pevnej siete. Sieť nepodporovala **handover**, čo znamená, že spojenie bolo prerušené po prechode z dosahu jedného vysielča (s polomerom 30km) na iný. Najvyšší počet účastníkov (270 000) dosiahla sieť v roku 1986. Analógový systém **B-Netz** bol dostupný aj v Luxembursku, Nórsku a Anglicku, s možnosťou medzinárodného roamingu.

Historický prehľad štandardov



Bezdrôtová komunikácia

Bezdrôtové technológie predstavujú najrôznejšie systémy, zariadenia a prostriedky, ktoré **eliminujú káblové vedenia**, a súčasne zachovávajú rovnaké služby. V praxi teda nemusia byť zariadenia fyzicky pripojené káblom, ale využívajú sa najrôznejšie bezdrôtové prenosové cesty založené na elektromagnetickom vlnení.

Vlastnosti takejto technológie potom závisia na použitej frekvencii vlnenia. Vďaka svojmu šíreniu priestorom tieto vlny si nevyžadujú žiadnu "pokládku" prenosových ciest ako "drôtové" prenosové médiá, čo je ich obrovskou prednosťou. Vďaka tomu môžu podporovať aj mobilitu užívateľov. Navyiac môžu využívať i **všesmerový charakter vysielenia**, keď sú dáta z jedného zdroja prenášané k viacerým príjemcom súčasne.

Bezdrôtová komunikácia

Všesmerový charakter vysielania je ale výhodný len pri jednosmernom prenose, zatiaľ čo pri potrebe využitia opačného smeru je potrebná určitá forma koordinácie záujemcu o vysielanie v príslušnom smere.

Pri nízkych frekvenciách vlny **lepšie prekonávajú terénne prekážky**, ale so vzdialenosťou od vysielajúceho zdroja **rýchlo klesá ich intenzita**.

Vlny vyšších frekvencií sa šíria priamočiarejšie, preto sa lepšie smerujú a cielia, ale pri **väčších vzdialenostiach sa prejavuje zakrivenie povrchu Zeme**. S narastajúcou frekvenciou sa navyše zväčšuje **citlivosť na atmosferické podmienky**, sneh, dážď, hmla, smog a pod., ale obecné sa zvyšuje prenosová rýchlosť, ktorú je možné dosiahnuť.

Systematická klasifikácia bezdrôtových prístupových technológií je obecné dosť obtiažna.

Bezdrôtové prenosové cesty môžeme rozdeliť podľa frekvencie elektromagnetického vlnenia na:

- ***Radio transmissions (rádiové prenosy)***: na prenosy dát využívajú šírenie elektromagnetických vln v rádiovnej časti spektra, t.j. rádiové vlny s nízkou frekvenciou,

- ***Microwave transmissions (mikrovlnné prenosy)***: - prenosy na frekvenciách nad **100 Mhz**. Pri týchto frekvenciách už je možné sústrediť energiu vln do pomerne úzkeho zväzku a ten cielene nasmerovať (pomocou vhodnej parabolickej antény) na konkrétny cieľ. Ten ale musí byť v dosahu priamej viditeľnosti, pretože takýto zväzok len veľmi ťažko či vôbec nedokáže obchádzať ani prechádzať terénne ani iné prekážky, napríklad budovy. Keďže sa takýto zväzok šíri po ideálnej priamke, vadí mu aj zaoblenie zemského povrchu. Preto sa v praxi umiestňujú vysielacie i prijímače na vhodné vyvýšené miesta, napríklad na anténne stožiare či veže. Kvôli zakriveniu zemského povrchu a terénnym prekážkam sa potom musia budovať mikrovlnné prenosové trasy na väčšie vzdialenosti ako reťazce prijímačov a vysieláčov, ktoré fungujú ako retranslačné stanice

Bezdrôtová komunikácia

- *Infrared transmissions (infračervené prenosy)*: prenosy pomocou vln v infračervenej časti spektra sú dnes obľúbeným riešením na veľmi krátku vzdialenosť, napríklad na komunikáciu medzi notebookmi, tlačiarňami, mobilnými telefónmi, osobnými organizérmi atď. Infračervené vlny neprechádzajú cez prekážky, a teda prenosy v jednej miestnosti nemôžu ohroziť eventuálny súbežný prenos v inej miestnosti (a z rovnakého dôvodu sú i relatívne odolné voči vonkajšiemu odposluchu). Na otvorenom priestranstve (mimo budovy) však infračervené prenosy nie sú použiteľné, pretože naše slnko svieti v infračervenej časti spektra rovnako intenzívne, ako vo viditeľnej časti.

- *Lightwave transmissions (svetelné prenosy, prenosy vo viditeľnej časti spektra)*: použitie optických vlákien predstavuje variant prenosu informácií vo viditeľnej časti spektra, keď svetelný lúč je vedený optickým vláknom až na miesto svojho určenia. Rovnako tak je ale možné nasmerovať úzky lúč svetla vo viditeľnej časti spektra (typicky pomocou vhodného laseru) a nechať ho šíriť vzduchom. Takéto laserové prenosové systémy sú už zo svojej podstaty jednosmerné, a v praxi sa preto používajú dvojice "protismerných" lúčov. Nevýhodou je relatívne veľká závislosť na atmosferických podmienkach, ktoré môžu zmeniť cielené nasmerovanie úzkeho laserového lúča tak, že minie svoj cieľ.

Bezdrôtová komunikácia

Podľa stupňa pohyblivosti prijímača a vysielača ďalej delíme prenosy na:

- **Wireless transmissions (bezdrôtové prenosy):** ako "bezdrôtové prenosy" (wireless) sa obvykle označujú také prenosy, ktoré využívajú niektorú z techník prenosu bez použitia drôtových prenosových ciest, a pri ktorej vysielač i prijímač sú pevné a nepohybujú sa.

V tejto oblasti je možné sa ďalej stretnúť s termínom **Wireless Local Loop (bezdrôtová miestna slučka, bezdrôtová účastnícka prípojka)**, ktorým sa obvykle označuje bezdrôtová náhrada metalického vedenia medzi telefónnou ústredňou a účastníckym prístrojom v domácnosti, kancelárii a pod. Obecnejšie sa takto označuje bezdrôtový spoj, ktorý zakončuje určité vedenie (napríklad diaľkové) tým, že vytvára jeho poslednú časť vedúcu až ku koncovému užívateľovi.

S tým súvisí taktiež prívlastok **Cordless (bezšnúrový)**, čím sa označuje také prevedenie rôznych domácich spotrebičov, ktoré nahrádzujú klasickú "šnúru" pomocou bezdrôtových prenosov - ide napríklad o bezšnúrové telefóny, ktorých mikrotelefóny komunikujú so svojou základňovou stanicou bezdrôtovým spôsobom. Mobilita je tu možná, ale len vo veľmi malom dosahu (napr. mikrotelefón bezšnúrového telefónu je možné použiť do vzdialenosti okolo stovky metrov od vlastnej základňovej stanice).

Bezdrôtová komunikácia

- **Mobile transmission (mobilní prenos)** - prenos, pri ktorom sa aspoň jeden z účastníkov bezdrôtového prenosu pohybuje. Základným problémom takýchto komunikácií je okrem dosahu a kvality prenosu taktiež problém s použitím frekvencií tak, aby každá komunikujúca dvojica mohla používať samostatnú frekvenciu, a jednotlivé prenosy sa neovplyvňovali navzájom. Pokiaľ sa totiž počet vzájomne komunikujúcich dvojíc môže dynamicky meniť, nie je im možné potrebné frekvencie prideliť (alokovať) staticky.

Dnes sa tento problém s alokáciou frekvencií v prípade mobilných bezdrôtových komunikácií najčastejšie rieši rozdelením celkového teritória pohybu na dielčie oblasti (tzv. bunky), do ktorých sú umiestnené tzv. základňové stanice. V rámci každej bunky potom pohybujúca sa stanica komunikuje so základňovou stanicou bunky na niektorej z frekvencií, ktoré sú pre danú bunku vyhradené. Pritom všetky okolité bunky používajú odlišné frekvencie, tak aby nedochádzalo k interferencii (rovnaké frekvencie môžu byť znovu využité až v nesusedných bunkách).

Pri prechode pohybujúcej sa stanice z jednej bunky do inej dochádza k tzv. odovzdaniu spojenia (**handover**) zo základňovej stanice opustenej bunky na základňovú stanicu novej bunky. Táto metóda je známa ako **Cellular transmission (bunkový prenos)**.

Analógové bunkové (celulárne) systémy

Bunkový rádiový systém AMPS

Pôvodne realizované (analógové) siete s nezávislými základňovými stanicami s veľkým vysielacím výkonom mali dve principiálne nevýhody. Mobilný účastník takejto siete si pri presune do oblasti susednej základňovej stanice musel sám preladiť mobilnú stanicu na iné frekvenčné pásma. Druhá nevýhoda spočívala v tom, že takýto systém neumožňoval efektívne využitie rádiového pásma.

Rádiové kanály použité na jednej základňovej stanici je totiž možné použiť opätovne pre ďalšiu základňu až mimo tzv. **interferenčnú zónu** (oblasť, v ktorej sa môže prejavovať vzájomné rušenie). Pri použití klasickej FM modulácie je polomer interferenčnej zóny cca 3 až 5 krát väčší než je polomer pokrytej oblasti.

Analógové bunkové (celulárne) systémy

Zmenšenie priemeru interferenčnej zóny, a tým zvýšenie počtu použiteľných kanálov, bolo možné dosiahnuť použitím dvojstavových alebo štvorstavových digitálnych modulácií, ale ani to ešte nepredstavuje výhodné riešenie.

Prvým systémom uvedeným do verejnej prevádzky bol v roku **1979** americký bunkový rádiový systém **AMPS** (Advanced Mobile Phone System). Táto mobilná sieť bola pôvodne vyvíjaná spoločnosťami AT&T a Motorola, Inc.

Komunikácia AMPS bola založená na **666 pároch** hlasových kanálov v **800MHz** časti spektra. Systém využíval frekvenčnú moduláciu. Sieť bola od svojho uvedenia úspešná, koncom prvých rokov prevádzky mala celkovo **200 000** účastníkov po celých Spojených štátoch.

Bezdrôtová komunikácia

O 5 rokov neskôr to bolo viac ako **2 000 000**. AMPS bol nasledovaný v roku 1981 prvým európskym systémom **NMT** (Nordic Mobile Telephone) prevádzkovaným najprv v severských štátoch Európy (v roku **1981** bol spustený vo Švédsku, Nórsku, o rok neskôr v Dánsku a Fínsku a postupne aj v ďalších európskych krajinách). Nástup analógových systémov uzatvárali v roku 1985 systémy **TACS** (Total Access Communications System) vo Veľkej Británii a **C-net** (Cellular Network) v Nemeckej Spolkovej Republike. **Systém NMT 450** bol v roku 1991 zavedený i v tedajšej ČSFR (**Eurotel**). Táto analógová sieť pracovala v 450 MHz frekvenčnom pásme a umožňovala prechody medzi bunkami. Neskôr, v roku 1996, bolo zavedené **900MHz** pásmo.

Analógové mobilné systémy používajú frekvenčnú moduláciu a prístupovú metódu FDMA (mobilná stanica využíva na spojenie so základňovou stanicou jednu z dvojíc voľných frekvenčných kanálov). Hlavnými nedostatkami týchto systémov sú **relatívne nízka kvalita prenosu, malé zabezpečenie proti odposluchu** a teda aj **zneužitiu, neefektívne využitie prideleného frekvenčného pásma** a hlavne **vzájomná nezlučiteľnosť**, a tým aj **obtiažne zabezpečenie dôležitej funkcie mobility - medzinárodného roamingu** (voľného pohybu mobilného účastníka v medzinárodnom meradle v sieťach rôznych operátorov s jedným číslom stanice). Prehľad základných systémov a ich najčastejších národných variantov ukazuje tabuľka 1.

Bezdrôtová komunikácia

Tab. 1 Základné parametre bunkových analógových rádiotelefonných systémov

označenie systému	zahájenie prevádzky	vysielacie pásmo základňovej stanice [MHz]	vysielacie pásmo mobilnej stanice [MHz]	šírka kanála [kHz]	počet kanálov
NMT 450	1981	463-467,5	453-457,5	25	180
AMPS	1983	869-894	824-849	30	832
TACS	1985	935-950	890-905	25	1000
C-450(C-net)	1985	460-465,74	450-455,74	10	573

Zo súčasného pohľadu síce ide už o prekonané varianty rádiotelefonných systémov, ale vďaka počtu ich účastníkov (rádovo desiatky miliónov) bude treba s nimi ešte rad rokov počítať.

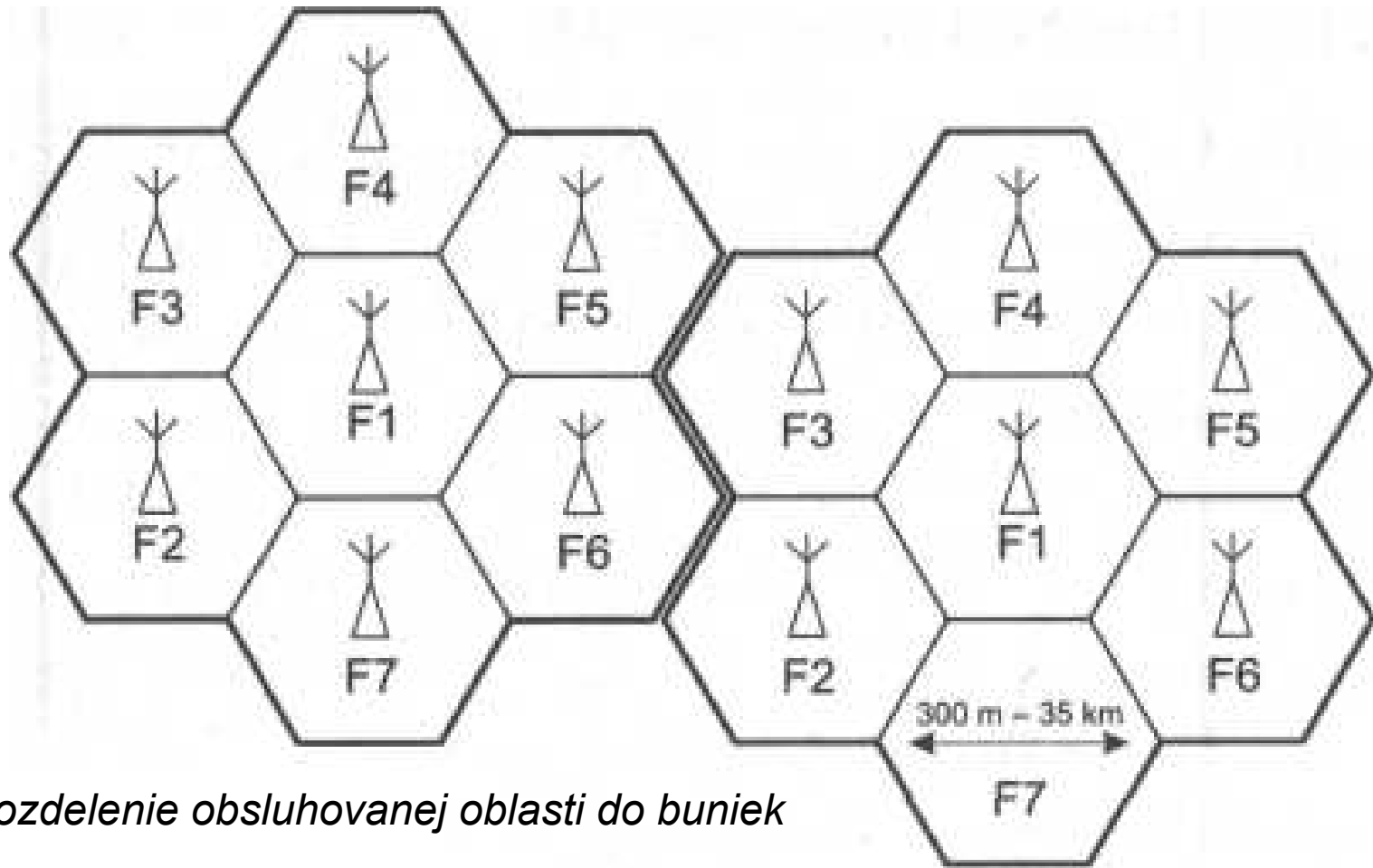
Digitálne bunkové systémy

Základným rysom súčasných mobilných bunkových rádiatelefonných systémov je použitie handover-u a efektívne hospodárenie s prideleným rádiovým spektrom. Mobilný účastník nachádzajúci sa na území určitej bunky a komunikujúci s príslušnou základ. stanicou je teda po presune do oblasti susednej bunky automaticky prepojený na základ.stanicu tejto susednej bunky.

Bunková štruktúra siete je najčastejšie vytváraná s použitím **makrobuniek o priemere maximálne desiatok km**. Príklad rádiového pokrytia určitej oblasti s použitím bunkového princípu ukazuje obr. 2. Obsluhovaná oblasť je tu rozdelená do 14 buniek, ktoré vytvárajú dva zväzky po sedem buniek. Každú bunku obsluhuje základňová stanica s relatívne malým vysielačím výkonom prostredníctvom pridelenej skupiny účastníckych okruhov (dvojíc protismerných kanálov).

V každom z oboch zväzkov môžu byť použité rovnaké frekvencie (F1 až F7), ak oblasť všetkých siedmich buniek zväzku sa približne rovná priemeru interferenčnej zóny. Počet základňových staníc sa môže redukovať použitím princípu tzv. *sektorizácie*. Jeden zväzok z obr. 2 rozdelíme teraz na 21 menších buniek (obr.3a). Počet kanálov sa nezmení, ale stúpol počet základ.staníc na **21**. Ich počet však môžeme **sektorizáciou zredukovať na sedem**, pokiaľ základňové stanice neumiestnime v stredoch buniek, ale v spoločných bodoch troch susediacich buniek vytvárajúcich jeden sektor (obr. 3b).

Bezdrôtová komunikácia

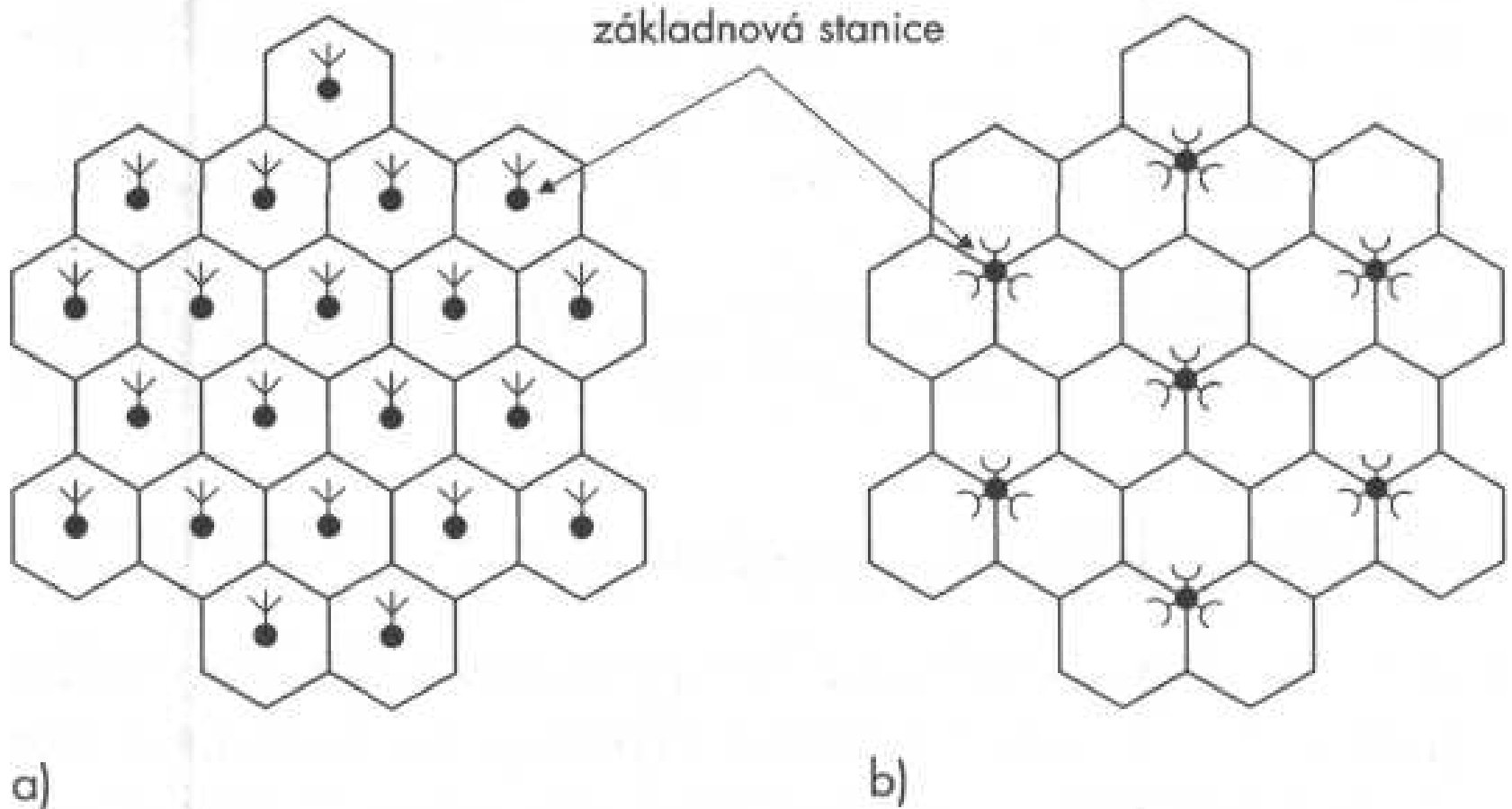


Obr. 2 Rozdelenie obsluhovanej oblasti do buniek

Pre každú z týchto siedmich staníc budú potom použité tri samostatné smerové antény s tromi vysielačmi/prijímačmi. V tomto prípade teda bude počet objektov základňových staníc rovnaký ako na obr. 2, ale vytvoríme sieť s omnoho lepšimi prevádzkovými vlastnosťami (napr. nižšie vysielaacie výkony a zväčšenie počtu súčasne obsluhovaných mobilných staníc).

Bezdrôtová komunikácia

V oblastiach s veľkou hustotou rádiatelefónnych staníc teda bude nutné používať malé bunky (300-500 m), v oblastiach s nižšou hustotou postačia bunky s väčšími rozmermi (1-10 km) a vo veľmi málo zaťažených oblastiach môže byť priemer bunky až desiatky km.



Obr. 3 Princíp sektorizácie bunkovej siete

Bezšnúrový štandard DECT

V roku **1991** bola vydaná špecifikácia DECT (Digital European Cordless Telephone), dnes už Digital Enhanced Cordless Telecommunications.

DECT je digitálny bezšnúrový telefónny štandard s princípom podobajúcim sa bunkovým systémom, to znamená, že pokrytie môže byť rozdelené na tzv. **piko-bunky**, medzi ktorými je možné predávať hovor. Stanice štandardu DECT pracujú vo frekvenčnom rozsahu 1880 – 1900 MHz a umožňujú prenos hlasu aj dát. Ich dosah je **100 až 500** metrov a využívajú **120 duplexných kanálov** s rýchlosťou prenosu **1,2 Mbit/s**.

Štandard obsahuje rad bezpečnostných poistiek, vrátane kódovania hovoru a autentifikácie presného riadenia. V Európe DECT vytláča staršie štandardy CT-0(1980), CT-1 (1984) a CT-2(1989).

Mobilné siete GSM

Nasadenie prvých systémov analógovej koncepcie už v sedemdesiatych rokoch ukázalo, že ich rozvoj nebude z hľadiska uspokojovania budúcich potrieb perspektívne. Preto Konferencia európskych správ pôšt a telekomunikácií (Conference of European Posts and Telegraphs – CEPT) vytvorila už v roku 1982 novú štandardizačnú skupinu **GSM** (Groupe Spécial Mobile), ktorá mala za úlohu vytvoriť štandardy pre nový, digitálny systém, pre ktorý bolo prevzaté označenie skupiny **GSM**, ale neskôr interpretované ako „Global System for Mobile Communications“, teda „**Globálny systém pre mobilnú komunikáciu**“.

Tým, že systém bol budovaný ako otvorený celoeurópsky štandard, bol zároveň vyriešený veľmi dôležitý princíp (medzinárodného) roamingu, teda prevádzkovania jednej a tej istej mobilnej stanice s jedným očíslovaním, a to vo všetkých štátoch, ktoré tento systém prijmu.

Bezdrôtová komunikácia

Štandardizačná skupina dostala za úlohu realizovať štúdiu a následný vývoj trans-európskeho verejného bunkového systému v kmitočtovom pásme **900 MHz**.

Kritériá na požadovaný systém boli nasledovné:

- dobrá subjektívna kvalita prenášanej reči,
- nízka cenová hladina koncových staníc a servisných služieb,
- podpora medzinárodného roamingu,
- schopnosť realizácie miniatúrnych príručných koncových staníc,
- podpora pre rozšírené služby (SMS, regionálne správy atď.), vrátane služieb plánovaných v budúcnosti (napr. Mobilný terminál počítačovej siete).

Bezdrôtová komunikácia

Dôležité bolo aj zavedenie systému identifikácie účastníka založenom na karte **SIM** (Subscriber Identity Module). Karta obsahuje nielen **základné identifikačné údaje účastníka**, ale i rad ďalších, špecificky individuálnych informácií ako je napr. **identifikačné číslo účastníka, overovací kľúč, informácie o predplatených službách, alebo telefónny zoznam účastníka**. Mobilnú stanicu je možné potom používať iba s aktiváciou karty príslušného prevádzkovateľa, ale i tu sú špecifikované výnimky v podobe tiesňových volaní.

Z hľadiska užívateľa je dôležitý aj **system kódovania a šifrovanie** prenášanej informácie, ktorý podstatne sťažuje možnosť odposluchu. Štandard GSM v súčasnej dobe predstavuje základ európskych moderných mobilných sietí.

Bezdrôtová komunikácia

V roku 1989 bol systém GSM predstavený na konferencii **ETSI** (European Telecommunications Standard Institute) a ten prijal GSM veľmi pozitívne.

Tak isto sa začalo pracovať na klone GSM s názvom **PSC 1900** pre americké krajiny. Tak sa v roku v **1991** začala prevádzku prvá testovacia sieť GSM s názvom **Telecom 91**. Odborníci sieť veľmi kritizovali, no **11 000** hovorov prebehlo v poriadku bez akýchkoľvek problémov pri testovaní siete v Ženeve. Postupom času vznikla ako prvá sieť GSM v roku **1992 - nemecká D2**. Výsledkom tohoto vývoja bol bezpečnejší systém, ako bol dovtedy používaný jednoducho odpočúvateľný systém NMT, ktorý navyše umožňoval automatickú lokalizáciu, **handover** sa stal samozrejmosťou a poskytoval prenosovú rýchlosť dát **9.6 kbit/s**. Momentálne využíva túto sieť viac ako **170 krajín**.

Rozšírenia GSM - Pre nedostatočne rýchly dátový prenos GSM sietí vznikli nové štandardy ako "nadstavby" týchto sietí z generácie 2 na 2.5G. Jednou z takýchto technológií je **HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data), definovaný **ETSI** (European Telecommunications Standard Institute) a vyvinutý zo staršieho štandardu **CSD** (Circuit Switched Data). **HSCSD** ponúka max. rýchlosti **38.4 kbit/s** pri **900 MHz** a **57,6 kbit/s** pri **1800 MHz**.

Bezdrôtová komunikácia

Ďalšou alternatívou je **GPRS** (General Packet Radio Service), pre ktoré behom rokov 1999 - 2000 sieťoví operátori stanovili skúšobné a komerčné kontrakty a začlenili GPRS infraštruktúru do GSM sietí. V lete 2000 už boli prístupné prvé GPRS služby s rýchlosťou prenosu **28 kbit/s**. Napríklad T-Mobil mal k dispozícii GPRS skúšobne na EXPO°2000 v Hanoveri (leto 2000). Začiatkom roka 2001 začínali byť základné GPRS terminály už početne zastúpené aj na telekomunikačných trhoch.

V priebehu roka 2001 spustili mobilní operátori komerčné GPRS služby a začína sa prudký nárast jeho užívateľov. V druhom polroku 2001 sa už užívatelia pripájajú rýchlosťami **56 kbit/s** (max je **171.2 kbit/s** s využitím všetkých 8 časových dielov).

Bezdrôtová komunikácia

Systemy GSM umožňujú poskytovanie hlavne týchto služieb:

telekomunikačné služby (Teleservices)

- telefónia (vrátane tiesňového volania, a to i v cudzej sieti),
- SMS - služby prenosu krátkych textových správ (Short Message Services) s možnosťou vysielania maximálne 160 znakov medzi dvoma bodmi (point-to-point) v oboch smeroch,
- teletex,
- telefax skupiny G3,
- záznamová služba (hlasová schránka),
- e-mail - služba náväznosti na elektronickú poštu siete Internet,
- bankové služby,
- informačné služby.

prenosové služby (Bearer Service)

- asynchrónne duplexný prenos dát s prenosovými rýchlosťami 300 až 9600 bit/s,
- synchrónne duplexný prenos dát s prenosovými rýchlosťami 2400 až 9600 bit/s.

Bezdrôtová komunikácia

Zavedením služby tzv. okamžitého účtovania (**Hot Billing**) sa umožnilo používanie tzv. **predplatených kariet** i službu ich následného „dobíjania“ a tým vytvorilo skupinu užívateľov, ktorí neplatia paušálne mesačné poplatky.

Základná štruktúra siete GSM

Základnú štruktúru systému GSM, ktorá je znázornená na obr. 2, je možné rozdeliť na tri základné časti (subsystémy):

- **subsystém základňových staníc BSS** (Base Station Subsystem),
- **sieťový spojovací subsystém NSS** (Network Switching Subsystem),
- **operačný subsystém OSS** (Operation Subsystem).

Subsystém základňových staníc BSS

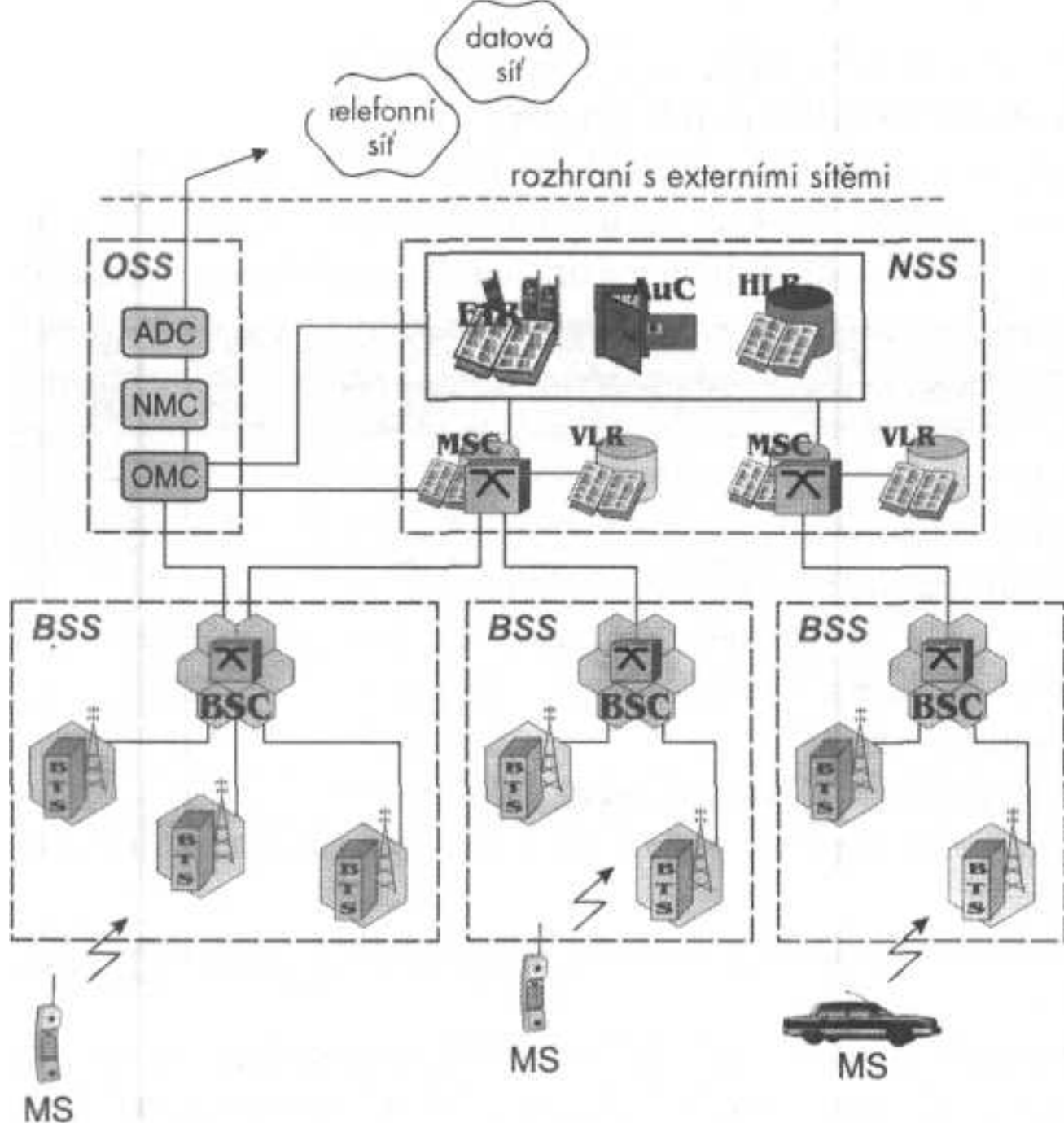
Mobilné stanice **MS** komunikujú so základňovými stanicami **BTS** (Base Transceiver Station). Niekoľko základňových staníc je priradených k jednej riadiacej základňovej jednotke **BSC** (Base Station Controller), ktorej úlohou je hlavne pridelovať a uvoľňovať rádiové kanály na komunikáciu s **MS** a zaisťovať správnu funkciu handover-u.

Prevádzka systému vyžaduje, aby každá mobilná stanica, ktorá je v prevádzke, poskytovala systému informáciu o polohe (bunke), v ktorej sa nachádza. Mobilná stanica väčšinou zachytí signály niekoľkých najbližších základňových staníc, z ktorých vyberie optimálnu **BTS**, cez ktorú je potom naviazané spojenie.

Bezdrôtová komunikácia

Sieťový spojovací subsystém NSS

Subsystém **NSS** (obr.4) obsahuje hlavne ústrednú **MSC** (Mobile Switching Centre), realizovaná bežným typom telefónnej ústredne, ktorá je však doplnená o ďalšie funkcie plynúce z mobility prepojaných účastníckych staníc.



Obr. 4. Architektúra systému GSM

Bezdrôtová komunikácia

Tieto doplnujúce zariadenia vytvárajú súbor tzv. identifikačných databáz, ktorý obsahuje:

- domovský register **HLR** (Home Location Register) uchováva informácie o účastníkoch oblasti. Overenie (identifikáciu) účastníka tu zaisťuje centrum autentičnosti **AuC** (Authenticity Centre). Každý účastník siete je uchovávaný iba v jedinom **HLR**.
- návštevnícky register **VLR** (Visitor Location Register) uchováva prechodné aktuálne informácie o mobilných účastníkoch pohybujúcich sa v oblasti príslušnej MSC. Register **VLR** si dáta vyžiada vždy z domovského **HLR** a keď účastník opustí navštívenú oblasť, dáta sú zrušené.
- register mobilných zariadení **EIR** (Equipment Identity Register) uchováva informácie o jednotlivých **MS** (zoznam autorizovaných staníc, odcudzených staníc atď.).

Štandardy GSM

Základné aplikácie GSM boli definované a realizované v pásme **900 MHz**. Ich úspech a následné obrovské rozšírenie v celosvetovom meradle ukázali, že relatívne nízky počet rádiových okruhov na jednu základňovú stanicu (124) vedie pri vyšších nárokoch na počet užívateľov k vytvoreniu vysokého počtu malých buniek, a preto požiadavky na udržanie vysokej kvality viedli k ďalším variantom s viacerými frekvenčnými pásmami.

Bezdrôtová komunikácia

Počas vývoja tak vznikli tri štandardy líšiace sa predovšetkým použitým frekvenčným pásmom a počtom kanálov:

- **GSM 900** pracujúci v pásme 900 MHz, max. 2x 124 kanálov, šírka pásma 2x25 MHz,
- **GSM 1800** pracujúci v pásme 1800 MHz, max. 2x 374 kanálov, šírka pásma 2x75 MHz,
- **GSM 1900** pracujúci v pásme 1900 MHz, max. 2x298 kanálov, šírka pásma 2x75 MHz.

Varianty **GSM 1800** a **GSM 1900** sú niekedy označované ako systémy DCS (Digital Communication System - digitálny komunikačný systém, alebo Digital Cellular System - digitálny bunkový systém).

Poznámka:

Variant GSM 1900 je preferovaný pre používanie na americkom kontinente a nie je ho možné použiť v Európe, lebo neodpovedá tu štandardizovaným parametrom.

System GSM 1800 nepriniesol žiaden zásadný technologický zvrät, ale umožňuje uspokojiť ďalších záujemcov o mobilnú komunikáciu, hlavne vo veľkomestách. System umožňuje buď vytvorenie samostatnej siete, alebo prepojenie so systémom GSM 900, keď sa kombinujú mikrobunky GSM 900 s pikobunkami GSM 1800.

To však vyžaduje použitie dvojpásmových (duálnych) **MS**. Následné aplikácie potom obsahujú pre pásmo GSM 900 doplnenie prídavnými pikobunkami systému GSM 1800, ktorých cieľom je obslúženie priestoru s požadovanou vysokou koncentráciou mobilných telefónov (napr. obchodné domy alebo centrá veľkomiest).

Bezdrôtová komunikácia

Tretia generácia mobilných sietí - IMT-2000/UMTS (štandard pre 3G)

Výskum a vývoj mobilného systému, ktorý by užívateľom malých mobilných telefónnych prístrojov umožnil globálny roaming na základe existencie jednej univerzálnej mobilnej siete s unifikovanými službami a s použitým frekvenčným spektrom rovnakým na celom svete, začal už v roku **1986** na úrovni ITU. Tento vyvíjaný systém dostal pôvodne názov **FPLMTS** (Future Public Land Mobile Telecommunication System), ktorý sa však postupne zmenil na **IMT - 2000** (International Mobile Telecommunications for the year 2000).

V roku **1990** ETSI ustanovuje výskumnú skupinu **SMG5** (Special Mobile Group 5), zodpovednú za celú štandardizáciu UMTS - v Európe je výskum, vývoj a štandardizácia mobilného komunikačného systému tretej generácie, známy ako UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).

V roku **1993** V Japonsku vzniká študijný výbor **IMT-2000 - ARIB** (Association of Radio Industries and Businesses) na zabezpečenie koordinácie výskumných a vývojových aktivít.

V rokoch **1995 - 1998** prebieha výskumný program **ACTS** (Advanced Communication Technologies and Service) a jeho projekt **FRAMES** (Future Radio Wideband Multiple Access System). Zaoberá sa výskumom mnohých rádiových techník, vhodných pre mobilné systémy tretej generácie – okrem iných aj ETSI podporované dve techniky viacnásobného prístupu: **FMA1** a **FMA2**.

Bezdrôtová komunikácia

V roku **1997** V USA začal stúpať záujem o **IMT-2000**.

V roku **1998** ETSI prijala kompromis medzi **FMA1** a **FMA2** a **WCDMA** (Wideband CDMA) navrhnutého japonským **ARIB** a ustanovila **WCDMA** so zložkami **FDD** a **TDD** (Frequency/Time Division Duplex) ako základnú viacnásobnú prístupovú techniku pre UMTS. V októbri **2000 WRC-2000** (World Radio Conference) rozhodla o doplnkovom spektre k základnému spektru **IMT-2000**. Rovnako v tomto roku sa začal uskutočňovať nákup UMTS licencií mobilnými operátormi.

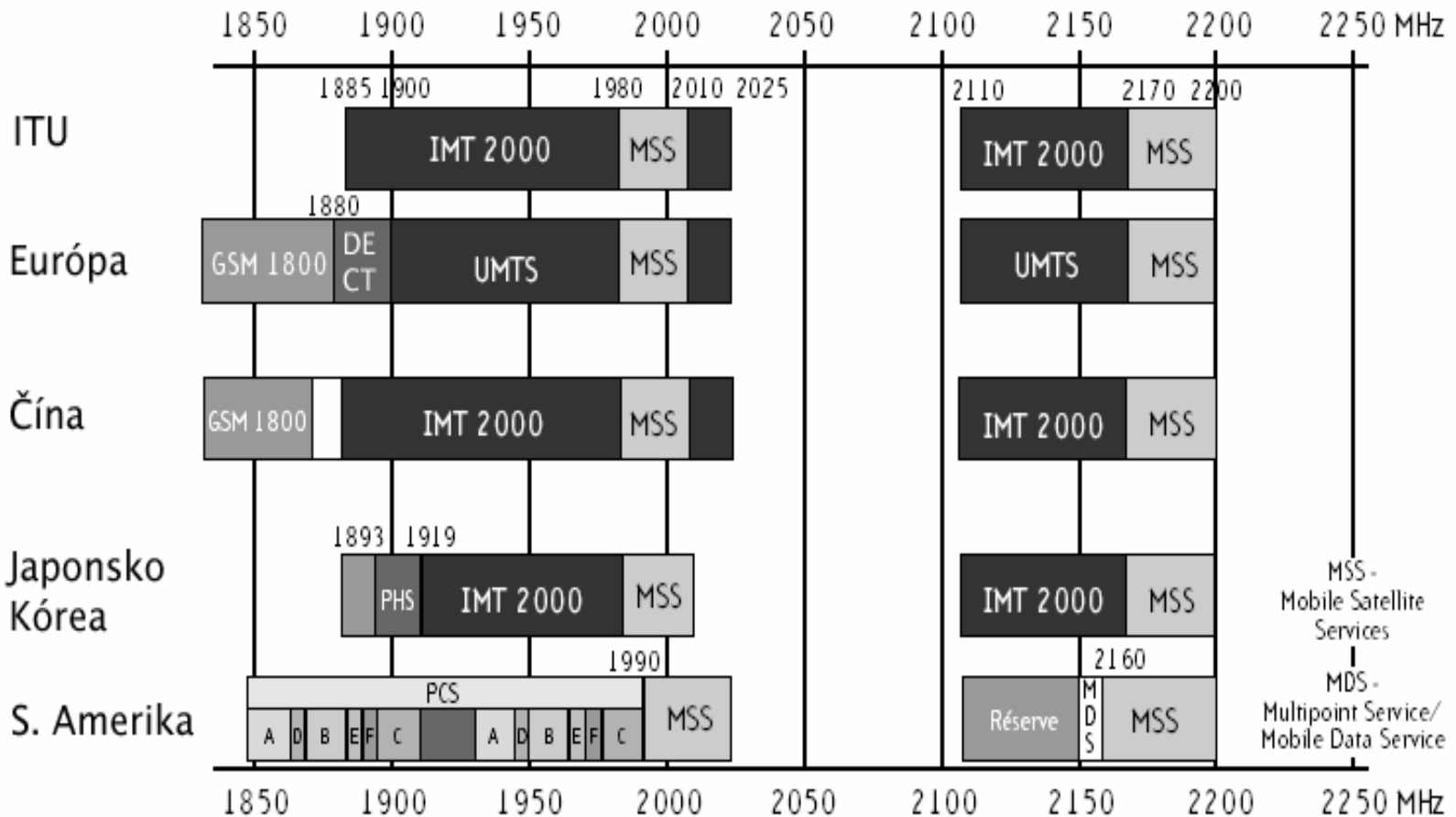
UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

Vo frekvenčnom spektre mobilných komunikácií sú pre **UMTS** vyhradené dve frekvenčné pásma **1900-2025MHz** a **2110-2200Mhz**. Tieto sa delia na nasledovné celky:

- pásmo pre párované frekvencie - delí sa na dve pásma o šírke 60 MHz, každé je delené na 12 kanálov o šírke 5Mhz. Ich oblasť je 1920-1980 MHz a 2110-2170 Mhz. V jednom z pásiem budú kanály vyhradené na **uplink**, v druhom na **downlink – FDD** (Frequency Division Duplex); takéto kanály vždy tvoria pár.
- pásma pre nepárované frekvencie, nachádzajú sa v dvoch blokoch 1900-1920 MHz a 2010-2025 Mhz. Dokopy budú obsahovať 7 kanálov pre obojsmernú komunikáciu s časovým multiplexom **TDD** (Time Division Duplex).
- pásma pre satelitnú komunikáciu, v budúcnosti sa počíta s prepojením UMTS na satelitnú komunikáciu cez pásma 1980-2010Mhz a 2170-2200 MHz.

Frekvenčné spektrum pre UMTS pokrýva takmer celé spektrum určené ITU pre štandard IMT-2000. Jediná odlišná časť je pásmo o šírke 15 MHz používané systémami **DECT** (Digital Enhanced Cordless Telecommunications). Existujú návrhy na prepojenie systému **DECT** so systémom **UMTS**.

Pri predaji licencií na UMTS frekvenčné pásmo sa jednému operátorovi dodáva spárované aj nespárované frekvenčné pásmo. Požadované minimum pre jedného operátora je jedno spárované (**2x15 Mhz**) a jedno nespárované spektrum (**5 Mhz**), avšak autorita pridelujúca dané licencie môže tieto prídely zvýšiť.



Obr. 5
Globálne
rozdelenie
frekvenčné
ho spektra
pre
IMT-2000

MSS - Mobile Satellite Services
MDS - Multipoint Service/ Mobile Data Service

Architektúra systému UMTS

System UMTS môžeme, podľa špecifikácií vydaných ETSI, rozdeliť z funkčného hľadiska do troch základných blokov obr.6.



Obr. 6 Základná bloková štruktúra UMTS so štandardizovanými rozhraniami

Základom UMTS je chrbticová sieť **CN** (Core Network), slúži na uchovávanie a prácu s údajmi užívateľov a prepájanie siete UMTS do iných sietí. Chrbticová sieť sa cez rozhranie **Iu** prepája na prvky prístupovej siete **UTRAN** (UMTS Terrestrial Radio Access Network). Tá pozostáva z bázových staníc a ich riadenia. Do prístupovej siete sa pomocou rádiového rozhrania **Uu** pripája terminál – užívateľské zariadenie **UE** (User Equipment).

Bezdrôtová komunikácia

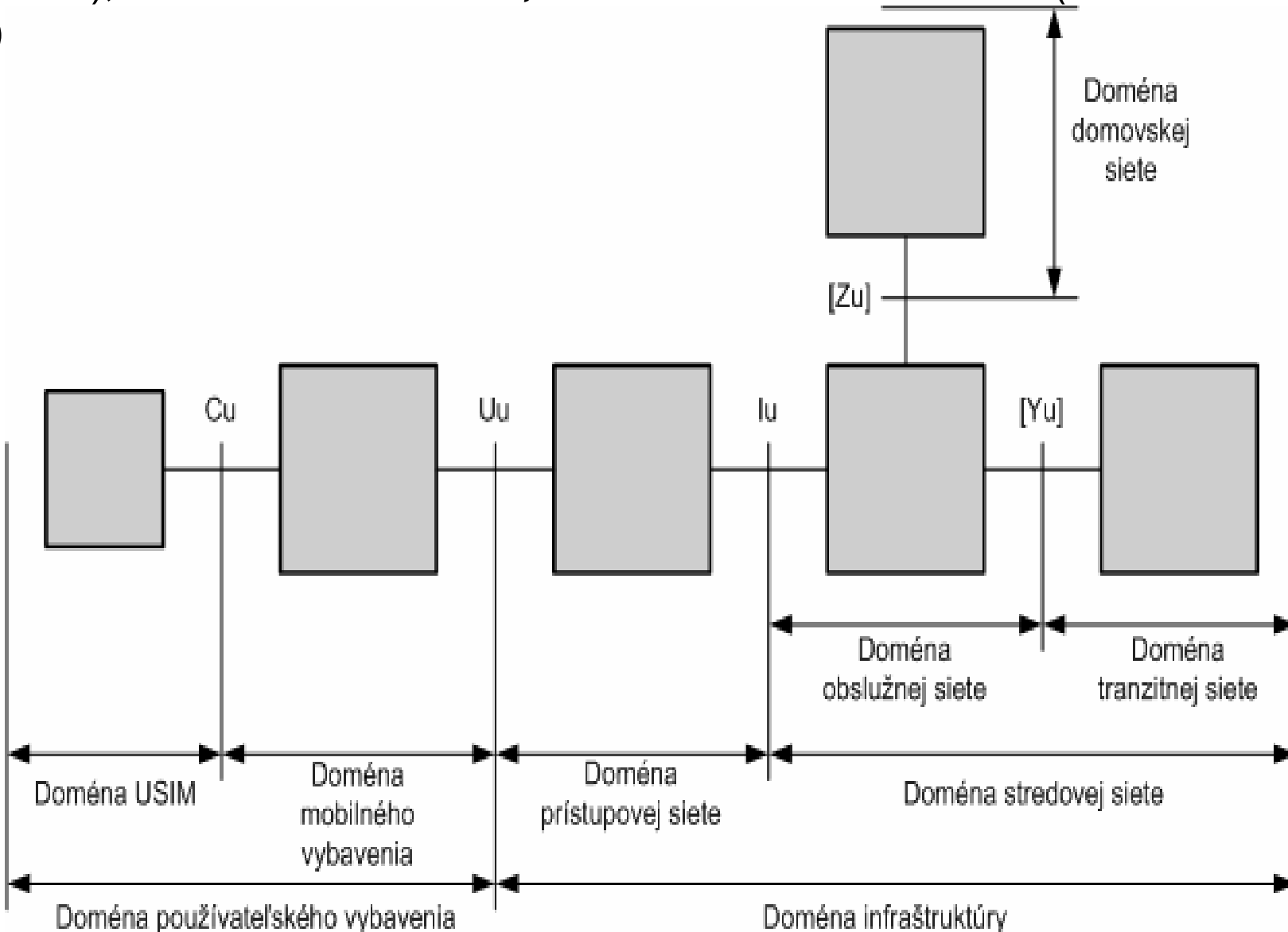
Každý z týchto blokov má inú mieru odlišnosti od systémov GSM/GPRS. Najväčšia zhoda je medzi chrbticovými sieťami UMTS a GPRS, na prevod stačí v podstate len zmena softvéru, pridanie podpory nových rozhraní, prípadne zvýšenie kapacity na prepojenie do iných sietí.

Na druhej strane prístupová sieť je úplne odlišná, používa sa iná štruktúra siete buniek, frekvencie aj prístupová metóda. Pri termináloch sa vzhľadom na ich rôznorodosť rozdiely vyjadrujú ťažšie, základom je zmena rádiového rozhrania a aj implementácia novej prístupovej metódy.

Ďalšie zmeny terminálov závisia od potreby daného typu terminálu využívať konkrétne služby UMTS.

Na nasledovnom obr. 7 je rozdelenie na domény, ktoré lepšie odzrkadľuje základné fyzické rozdelenie UMTS siete. (chrbticová sieť **CN** (Core Network), rozhranie **Iu**, prvky prístupovej siete **UTRAN** (UMTS Terrestrial Radio Access Network), rádiové rozhrania **Uu**, užívateľské zariadenie **UE** (User Equipment))

Obr. 7
Domény
a referenčné
body UMTS



Bezdrôtová komunikácia

Dve najvyššie domény sú **doména užívateľského zariadenia** a **doména infraštruktúry**. **Doména užívateľského zariadenia** slúži užívateľovi na prístup ku službám UMTS. Táto doména je rádiovým rozhraním prepojená na **doménu infraštruktúry**. Tá sa skladá z viacerých častí, ukončuje rádiové rozhranie a poskytuje rôzne telekomunikačné služby. Je zdieľaná autorizovanými užívateľmi v rámci oblasti pokrytia.

Doména užívateľského zariadenia sa ďalej delí na **doménu USIM** (Universal Subscriber Identity Module), ktorá obsahuje bezpečnú a jednoznačnú identifikáciu užívateľa a **doménu mobilného zariadenia**. **Doména mobilného zariadenia** zabezpečuje rádiový prenos a obsahuje aplikácie.

Bezdrôtová komunikácia

Prvým rozdelením **domény infraštruktúry** je delenie na doménu prístupovej siete a chrbticovej siete, toto delenie slúži na vymedzenie časti a tým aj funkcionality spojenej priamo z užívateľským zariadením.

Prvou z domén, spadajúcich pod chrbticovú sieť, je **doména obslužnej siete**, ktorá zabezpečuje smerovanie hovoru a transportu dát. Funkcionalita tejto domény je závislá od polohy užívateľa, mení sa pri zmene prístupového bodu užívateľa.

Druhou doménou je **doména domovskej siete**, jej funkcie nezávisia od polohy užívateľa. Obsahuje dáta vzťahnuté **na jednotlivých užívateľov identifikovaných pomocou USIM**.
Tretia je doména tranzitnej siete, ktorá je využívaná na prepojenie k užívateľom iných sietí, napríklad sietí iných operátorov.

Bezdrôtová komunikácia

Štandard UMTS určuje pevnú štruktúru architektúry vo svojich špecifikáciach. Základnou jednotkou je **verejná mobilná sieť** nazývaná **PLMN** (Public Land Mobile Network), táto môže byť z funkčného hľadiska považovaná za nezávislú telekomunikačnú entitu. Dá sa definiť ako kolekcia zahŕňajúca oblasti **MSC** (Mobile Switching Center) v rámci jedného číselného plánu (na národnej úrovni) a so spoločným smerovaním. **PLMN** pozostáva z dvoch hlavných častí - **prístupovej siete** a **stredovej siete**.

Chrbticová sieť sa delí na dve domény - spojovo orientovanú **doménu CS** (Circuit Switched) a paketovo orientovanú **doménu PS** (Packet Switched). Tieto domény sa prekrývajú, niektoré entity chrbticovej siete sú spoločné.

Bezdrôtová komunikácia

CS doména je zložená z blokov zodpovedajúcich sieti GSM, bloky jedinečné pre túto doménu sú: **MSC**, **VLR** a **GMSC**. **MSC** (Mobile Switching Centre) slúži ako rozhranie medzi rádiovým systémom a fixnou sieťou. Okrem prepínania a signalizácie má na starosti handover. **GMSC** (Gateway MSC) je určená na smerovanie spojenia od **MSC**, pod ktorou sa účastník práve nachádza, do externých sietí a opačne. **VLR** (Visiting Location Register) obsahuje údaje o účastníkoch, ktorí sa nachádzajú pod jeho územnou pôsobnosťou.

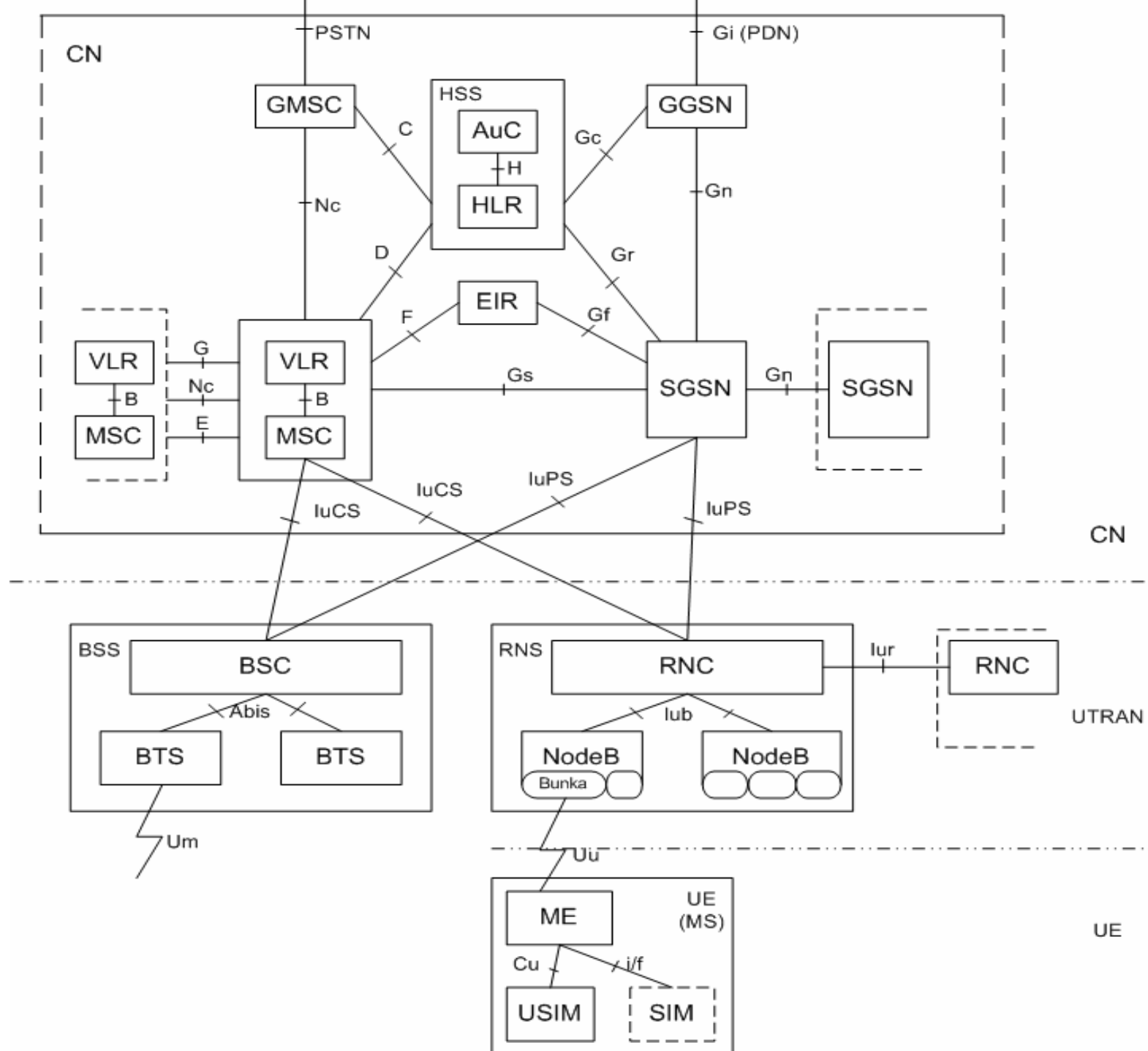
PS doména obsahuje bloky špecifické pre GPRS sú **SGSN** a **GGSN**. **SGSN** (Serving GPRS Support Node) - obsahuje informácie o účastníkovi a slúži na smerovanie paketovej prevádzky. **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) sa pripája do externých dátových sietí, poskytuje pripojenie do jednej alebo viacerých **SGSN**. Pre siete využívajúce GPRS na externé pripojenie sa pridáva **blok BG** (Border Gateway) zabezpečujúci ochranu PLMN a účastníkov.

Bezdrôtová komunikácia

Medzi zdieľané bloky patrí **entita HSS** združujúca funkcionality blokov **HLR** a **AuC**, ďalej **entita EIR** a **bloky MSC** vyhradené na prácu so **SMS**. **HSS** (Home Subscriber Server) obsahuje informácie o všetkých účastníkoch (v časti **HLR** – Home Location Register) a údaje potrebné na autorizáciu ich prístupu (časť **AuC** - The Authentication Centre). **EIR** (Equipment Identity Register) slúži na identifikáciu terminálov a údajov o nich. Na prepojenie PLMN do **SMS centra** si operátor vyhradí jedno alebo viac **MSC**, ktoré sprostredkujú služby pre celú PLMN.

Prístupová sieť UMTS - **UTRAN** pozostáva z jednej alebo niekoľkých inštancií podsystémov rádiovkej siete **RNS** (Radio Network System). Každá táto podsieť obsahuje jeden **kontrolér RNC** (Radio Network Controller) a jeden alebo viac uzlov **NodeB**. Jeden uzol **NodeB** môže sprostredkovať rádiové spojenie s terminálmi pre viac buniek. V UMTS sa ráta s pripojením prístupovej siete GSM/GPRS v klasickej konfigurácii. Systém báz. staníc **BSS** (Base Station System) zahŕňa jeden **kontrolér BSC** (Base Station Controller) a jednu alebo viac bázových staníc **BTS** (Base Transceiver Station), z nich každá obsluhuje jednu bunku.

Na obr. 8 je základná konfigurácia PLMN obsahujúca prístupovú sieť UMTS aj GSM/GPRS a tiež zahŕňajúca všetky bloky **CS** a **PS** domén.



Bezdrôtová komunikácia

Do PLMN patrí aj užívateľské zariadenie, pre potreby architektúry PLMN nazývané ***mobilná stanica MS*** (Mobile Station). Tá sa skladá z ***mobilného zariadenia ME*** (Mobile Equipment) a ***modulu USIM*** (Universal Subscriber Identity Module), ktorý je možné zameniť za ***modul SIM*** (Subscriber Identity Module) pre siete GSM/GPRS.

Na obr. 8 je vidieť prepojenie niektorých blokov na rovnakej úrovni (***RNC, SGSN, MSC + VLR***), každý z týchto blokov má pod kontrolou jednu z oblastí PLMN. Týchto oblastí je viac druhov. Najmenšou oblasťou, v ktorej sa účastník môže pohybovať, je ***bunka - "cell"***. Nasledujú tri vyššie, navzájom nezávislé oblasti, oblasti ***RNC*** a ***BSC***, zodpovedajúce územiu pokrytému bunkami pod ich kontrolou.

Bezdrôtová komunikácia

“**Location area**” (**LA**) je oblasť, v ktorej sa účastník môže voľne pohybovať bez toho, aby sa mu zmenil záznam polohy v **registri VLR**. Táto oblasť môže obsahovať jednu alebo viac buniek. Ďalšou oblasťou je “**Routing area**” (**RA**), počas pohybu v nej sa nemení záznam účastníka v **registroch SGSN**. Táto oblasť zahŕňa jednu alebo viac buniek, je vždy obsiahnutá vo vnútri jednej **LA**.

Nasleduje oblasť “**MSC area**”, v tejto oblasti sa účastník nachádza pod kontrolou jedného **MSC**. Oblasť zahŕňa jednu alebo viac **LA**, **RNC** alebo **BSC** oblastí. Ďalšou oblasťou je “**VLR area**”, táto oblasť je časť siete riadená jedným **blokom VLR**. Ak má každý blok **MSC** vlastný **blok VLR**, tak oblasti **MSC** a **VLR** sú zhodné. Oblasťou “**SGSN area**” je časť siete, ktorú obsluhuje jeden blok **SGSN**, združuje oblasti **RA**, **RNC** a **BSC**. Vzťah medzi oblasťou **SGSN** a **MSC/VLR** nemusí byť jedna k jednej.

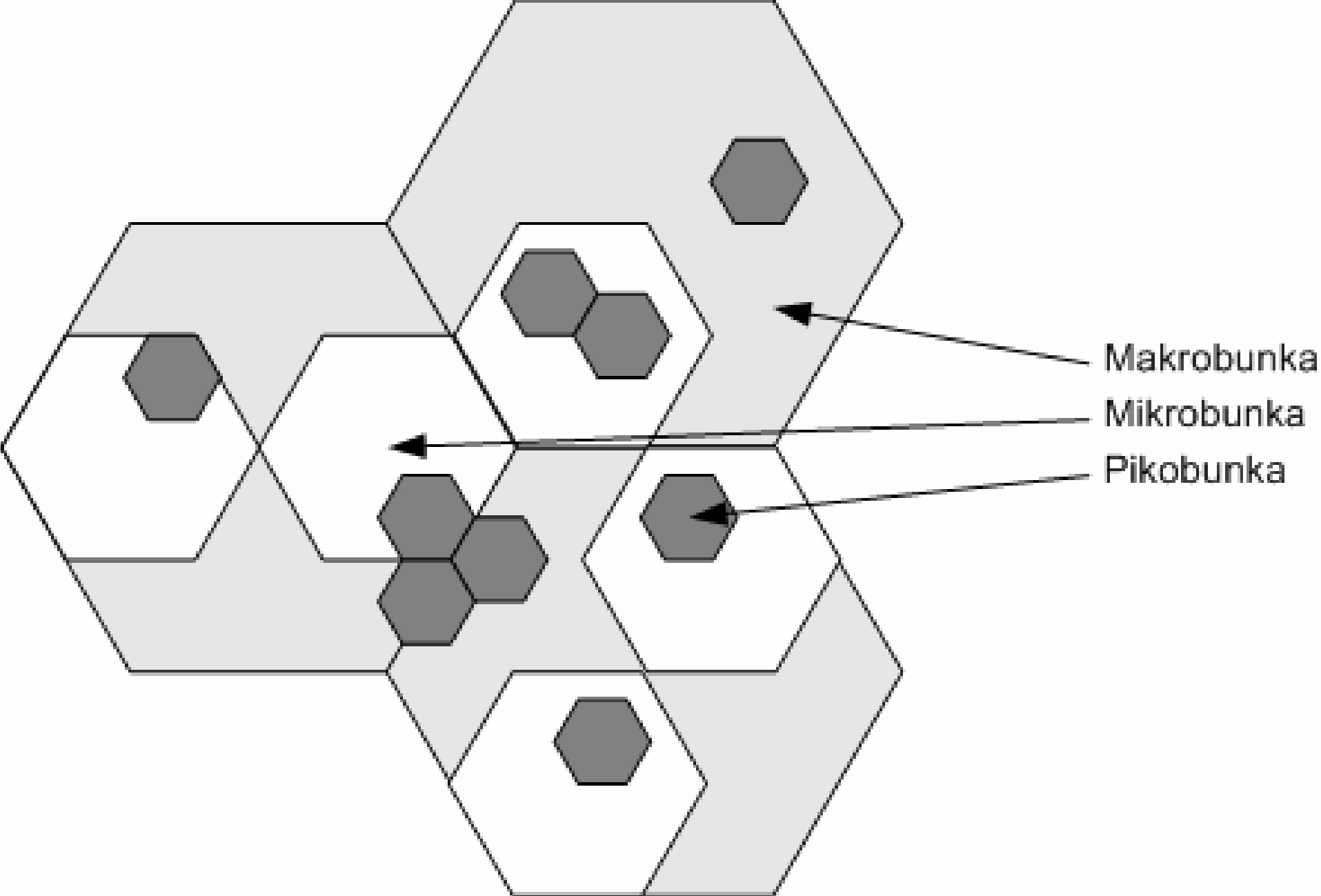
Prístupová sieť a metóda CDMA

Prechod na systém UMTS prináša podstatné zmeny prístupovej siete, základom je použitie prístupovej **metódy CDMA** (Code Division Multiple Access). Používajú sa dve verzie **CDMA**, pre **mód FDD** (Frequency Division Duplex - širokopásmová WCDMA) a pre **mód TDD** (Time Division Duplex - časovo delená TD-CDMA).

Prenosová rýchlosť na fyzickej vrstve sa udáva v **čipoch** (chip), tzv. **čipová rýchlosť**, základná rýchlosť pre oba prístupy je **3,84 Mchip/s** a pre **mód TDD** je možná aj rýchlosť **1,28Mchip/s**.

K deleniu frekvenčného kanála medzi účastníkov nedochádza na základe časového alebo frekvenčného multiplexu, ale na základe použitia **ortogonálnych kódov** pridelených jednotlivým užívateľom.

To umožňuje vymeniť 200kHz široké kanály použité v GSM za 5MHz široké kanály, vhodné pre CDMA metódu. Toto riešenie prináša väčšiu kapacitu kanála, nevýhodou je oveľa väčšia náročnosť na správu prístupovej siete.



Obr. 9 Príklad pokrytia rôznymi typmi buniek

Bezdrôtová komunikácia

Vlastnosti CDMA dovoľujú hierarchické rozdelenie buniek, bunky pracujúce na rovnakej úrovni používajú rovnaký frekvenčný kanál. Vďaka tomu môže mobilné zariadenie komunikovať s bunkami viacerých blokov RNS naraz. Spojenie je najprv naviazané cez „**obslužný**“ **RNS** (“Serving” RNS). V prípade, že zariadenie zároveň potrebuje rádiové prostriedky aj iného bloku RNS, tento je pripojený k obslužnému RNS ako “**plávajúci**“ **RNS** - “Drift” RNS. Rozdelenie úloh je platné len počas trvania spojenia.

Hierarchické rozdelenie umožňuje pokryť väčšinu územia bunkami s väčším dosahom ale nižšou prenosovou rýchlosťou a zároveň vyťažené miesta pokryť bunkami s malým dosahom ale veľkou dátovou priepustnosťou. Pri terestriálnom UMTS sa bunky delia na tri typy, odlišné pokrytím, dovolenou rýchlosťou pohybu terminálu a dátovou priepustnosťou. Dosah buniek závisí od vyťaženia kapacity danej bunky, tento efekt sa nazýva “**dýchanie**” **buniek** a sťažuje návrh sietí.

Vzhľadom na nároky na kvalitu (QoS) je možné zadefinovať typy koncových aplikácií. Na nasledujúcom obr.10 sú jednotlivým typom priradené reprezentačné aplikácie a porovnané ich nároky na kvalitu prenosu.

Bezdrôtová komunikácia

Konverzačná trieda (oneskorenie $\ll 1s$)	Interaktívna trieda (oneskorenie $\sim 1s$)	„Stream“ trieda (oneskorenie $< 10s$)	Trieda „na pozadí“ (oneskorenie $> 10s$)
---	---	---	--

Odolné voči chybám	Hlasová konverzácia Videokonferencia	Hlasové správy	Streamované audio a video	Fax
Neodolné voči chybám	Telnet Online hry Telemetry	WWW prístup e-commerce	FTP obrázové dáta „paging“	E-mail

Obr. 10 Prehľad aplikácií vzhľadom na ich nároky na kvalitu služieb (QoS)

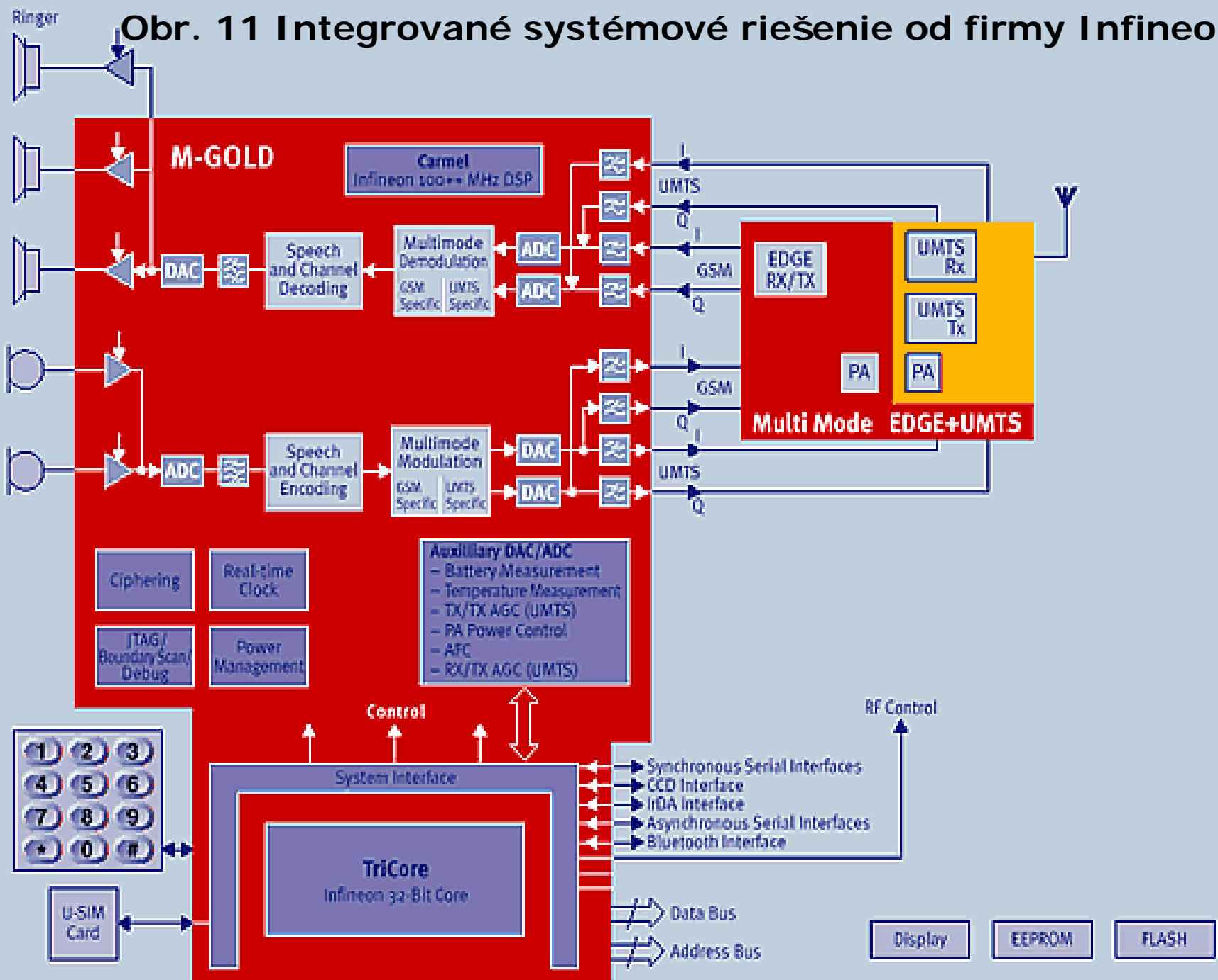
Konštrukcia terminálov

Konštrukcia UMTS terminálov je samostatnou kapitolou. Aj keď je veľmi podobná s terminálmi predošlých generácií, vyžadujú si použitie komponentov s vyššími výkonovými parametrami, prípadne si konštrukcia vyžaduje aj vývoj nových technológií. S požiadavkou na flexibilnejšie služby súvisí aj časť prinášajúca zvýšenú náročnosť na výrobu terminálov - software.

Požiadavky na výkonové parametre koncových zariadení UMTS sú pre niektoré komponenty až niekoľkonásobne vyššie ako je to u koncových zariadení GSM. Avšak výrobné technológie komponentov, ktoré určujú cenu, kvalitu a dostupnosť komponentov, v mnohých smeroch taký pokrok nezaznamenali.

Trend konštrukcie terminálov mobilných sietí smeruje k celkovej miniaturizácii a zároveň je snaha poskytovať čoraz väčšiu funkcionálnosť. Mnohé problémy sú známe z konštrukcie iných mobilných zariadení, napríklad prenosných počítačov. V nasledujúcej časti sú porovnané nároky na niektoré z komponentov a uvedené technológie, ktoré sa používajú v súčasnosti a s ktorými sa ráta do budúcnosti.

Obr. 11 Integrované systémové riešenie od firmy Infineon



Bezdrôtová komunikácia



Obr. 12 (zľava) terminál „klasického vzhľadu“; roztvárací terminál – „véčko“; terminál so skrytou klávesnicou

Bezdrôtová komunikácia



Obr. 13 (zľava) terminál s klávesmi po bokoch displeja; terminál určený na hry; terminál typu PDA s krytom displeja (na obrázku je zmenšený)

Bezdrôtová komunikácia



Obr. 14 (zľava) roztvárací terminál s plnou klávesnicou typu QWERTY; dátový modul typu PCCARD

TETRA - TERrestrial TRunked RAdio

TETRA je systém mobilnej rádiokomunikácie, ktorý je cielene zameraný na záchranné systémy (polícia, hasiči, civilná obrana ...) a ETSI rozhodla, že v Európe bude dominantným systémom v spomínanej sfére.

Systém **TETRA** (používa sa taktiež skratka - Trans European Trunked Radio) je celoeurópsky štandard pre hromadné rádiatelefonne siete.

Bol vytvorený ETSI v spolupráci s operátormi sietí, národnými telekomunikačnými úradmi a inštitúciami, výrobcami zariadení infraštruktúry a potencionálnymi užívateľmi.

Bezdrôtová komunikácia

System **TETRA** je založený na metóde dynamického pridelovania prevádzkových kanálov, kedy po vyslaní žiadosti o spojenie je príslušnému účastníckemu zariadeniu pridelený jeden z voľných prenosových kanálov na dobu potrebnú k uskutočneniu komunikácie. Bunková architektúra umožňuje vytvárať tak lokálne komunikačné systémy, ako aj rozsiahle regionálne alebo národné siete. Činnosť siete je riadená databázou, v ktorej je možné každému účastníkovi nadefinovať jeho komunikačné práva.

Vzhľadom na to, že systém **TETRA** sa začal vyvíjať ako celoeurópsky systém, bolo potrebné hneď na začiatku definovať a vyhradiť vhodné frekvenčné pásma, ktoré budú podliehať nadnárodnej koordinácii:

- systém **TETRA Emergency** je určený pre bezpečnostné služby a služby tiesňového volania, je umiestnený v pásme **(380 - 400) MHz**,
- systém **TETRA** určený aj pre civilné služby v navrhnutom pásme **(410 - 430) MHz** prípadne v pásme **(870 - 876) MHz** a **(915 - 921) MHz** alebo v alternatívnom pásme **(450 - 470) MHz**, ktoré je k dispozícii, ak sú preferované frekvencie nedostupné.

Bezdrôtová komunikácia

System **TETRA** je úplný digitálny rádiotelefónny systém pre mobilné komunikácie. Okrem základných funkčných rysov vlastných súčasťným analógovým systémom pracujúcim s protokolom MPT 1327, ako sú individuálne a skupinové volanie, prenos stavových správ zahrňuje tiež celý rad nových alebo novo vnímaných funkcií:

- dynamické skupiny (dynamic group),
- rýchle zostavenie spojenia (call set-up),
- priamy režim (direct mode),
- mobilná stanica umiestnená vo vozidle môže byť použitá ako lokálny prevádzač (repeater),
- šifrovanie (encryption),
- priorita volania (priority call),
- skrytý odposluch okolia (ambience listening),
- utajený odposluch (discrete listening),
- distribúcia informácií (broadcast).

TETRA



Bezdrôtová komunikácia

Prevádzkové vlastnosti a parametre rádiostanice systému TETRA:

Rádiostanica je vyrobená na ľahkú manipuláciu, pogumovaný pás na okraji zaručuje že sa nešmýka a dobre sa drží v ruke. Je odolná voči šokom a vibráciám, vysokým a nízkym teplotám, vlhkosti a dizajn bol ocenený prvou cenou na medzinárodnom fóre.

Rádiostanica má farebný niekoľko riadkový výkonný displej s vysokým rozlíšením, (môže zobrazovať text i obrázky), menu klávesy a alfanumerickú klávesnicu (s možnosť uzamknutia), 2 mikrofóny, horný rotačný gombík na uľahčenie výberu pre užívateľa, je napájaná Lilon nabíjateľnou batériou. Možnosť aktivácie GPS služby.

Bezdrôtová komunikácia

Rádiostanica pracuje v digitálnej rádiovnej sieti TETRA v trunkovom mode TMO (trunking mode operation) alebo priamom móde bez infraštruktúry DMO (direct mode operation). Voliteľné sú skupinové volania a privátne volania, krátke správy, prehľadávanie kanálov, stavové správy, dátové prenosy, prístup ku grafickým a informačným databázam. Možnosť nastaviť screensaver na logo užívateľa. Voliteľný hlasitý odposluch alebo diskretný audio mód. MTH 800 má účinný reproduktor s výkonom 1 W a audio zosilňovačom novej triedy D.

Účastník podľa identifikačného čísla rádiostanice môže volať konkrétnu vybranú rádiostanicu cez klávesnicu, alebo z adresára účastníkov, ktorý si sám môže vytvoriť a editovať. Na displeji za zobrazuje číslo alebo meno volajúceho. V ponuke je viac jazykov vrátane slovenčiny.

Bezdrôtová komunikácia

Prevádzkové vlastnosti a parametre rádiostanice systému TETRA

Horný otočný prepínač slúži na pridávanie hlasitosti, ale po zatlačení môže byť programovateľný napr. na prepínanie kanálov. Ďalšie programovateľné tlačidlá sú na boku vedľa PTT. Na vrchu rádiostanice je núdzové tlačidlo s hot mikrofónom aktivovaným pri stlačení s automatickým nastavením citlivosti v núdzovom režime. Prístup sa dá blokovat' PIN/PUK kódmi. Prenos údajov a hlasu má vysoký bezpečnostný štandard. Je možná voľba výberu zvonení vrátane vibračného.

Bočný konektor slúži na pripojenie audio príslušenstva, spodný konektor na nabíjanie a pripojenie niektorého príslušenstva. Možnosť pripojenia širokého rozsahu príslušenstva vr. diskretného.

Rádiostanica má veľké množstvo funkcií, ktoré sa dajú nastaviť cez menu klávesnice. Na displeji sa objavujú štandardné indikácie stavu – sila signálu, nabitie batérie, hovorová skupina. Pri zmene stavu sa objavujú na displeji rôzne ikony (podľa stavu, v ktorom sa rádiostanica nachádza), podrobná špecifikácia je zahrnutá v návode na použitie.

K rádiostanici je dodávaný cestovný a stolový nabíjač a ľahké kožené puzdro Motorola, na nabíjanie v aute slúži vozidlový nabíjač.

Bezdrôtová komunikácia

Základné parametre ručnej rádiostanice MTH 800:

Frekvenčný rozsah	380-430 MHz
Váha s 800mAh batériou	228 g /239 g (1500mAh bat.)
Prevádzka s batériou 800mAh (5/35/60)	8 hod.
Prevádzka s batériou 1500mAh (5/35/60)	16 hod.
Výkon	1 W
Krytie	IP54
Prevádzkové teploty °C	-20 do +60
Výkonný displej s vysokým rozlíšením	65000 farieb, 130x130pixelov
Možný počet hovorových skupín TMO	2048
Scan (prehľadávací zoznam)	20 skupín
Adresár	1000 mien
GPS presnosť (12 satelitov)	5 –10 m

Bezdrôtová komunikácia

Technopol International, a.s. Bratislava, operátor slovenskej verejnej rádiovkej siete RADIOPOL, začal 1. apríla 2005 prevádzku novej digitálnej siete RADIOPOL TETRA v Bratislave a Trnave

Najnovšia technológia ***Motorola Dimetra IP*** spolu s najnovšími TETRA rádiostanicami od Motoroly sú ponúkané prvýkrát na Slovensku pre všetkých užívateľov profesionálnej mobilnej komunikácie.

Prvá etapa výstavby siete zahrňuje región Bratislavy, priemyselné parky na Záhorí a oblasť mesta Trnava - všetko v súvislej spojenej rádiovkej sieti. Technológia TETRA dáva predpoklady postupného rozširovania pokrytia pre ďalšie aplikačne zaujímavé oblasti Slovenska spolu so zlepšujúcou sa kvalitou pokrytia v budovách miest.

RADIOPOL verejná rádiová sieť z Technopolu predstavuje novú generáciu trunkingových, rádiových sietí, ktorá oproti konvenčným sieťam prináša nové funkcie, efektívnosť využitia frekvenčného spektra a otvorený prístup pre zákazníka. Zákazník nemusí budovať vlastnú infraštruktúru, je oslobodený od legislatívnych povinností (frekvencie, povolenia, skúšky), kupuje alebo prenajíma si len koncové rádiostanice.

Bezdrôtová komunikácia

Bezdrôtové lokálne siete - WLAN (Wireless Local Area Network) sú špecifikované v normách IEEE 802, ktoré definujú najnižšie dve vrstvy. ***IEEE*** (**Institute of Electrical and Electronics Engineers**) zaoberá až od roku 1990.

Podvýbory, ktoré sa zaoberajú špecifikáciou bezdrôtových sietí LAN:

IEEE 802.11 - Bezdrôtové lokálne siete (Wireless Local Area Network, WLAN)

IEEE 802.15 - Bezdrôtové osobné siete (Wireless Personal Area Network, WPAN)

IEEE 802.16 - Širokopásmový bezdrôtový prístup (bezdrôtové metropolitné siete)

Bezdrôtová komunikácia

Najväčším problémom pôvodnej normy pre WLAN (802.11) bola nízka prenosová rýchlosť. "Rýchle rozšírenie" (High Rate, HR) základnej normy [IEEE 802.11b](#) (1999), prezývanej taktiež **Wi-Fi (Wireless Fidelity)**, poskytuje vyššie rýchlosti v pásme - **2,4 GHz až 11 Mbit/s**. Na ich dosiahnutie využíva nové kódovanie, tzv. doplnkové kódové kľúčovanie (Complementary Code Keying, CCK) v rámci DSSS na fyzickej vrstve.

Norma špecifikuje, že podľa momentálnej rušivosti prostredia sa dynamicky mení rýchlosť na nižšiu alebo naopak na vyššiu: **11 Mbit/s, 5,5 Mbit/s, 2 Mbit/s** až **1 Mbit/s**. Maximálna rýchlosť na fyzickej vrstve je síce už spomínaných **11 Mbit/s**, ale použiteľná rýchlosť je nižšia, pretože 30-40% teoretickej kapacity tvorí réžia. Testovaná užívateľská rýchlosť sa udáva okolo **6 Mbit/s**.

Bezdrôtová komunikácia

Dosah siete je okolo **100 m**, ale výkonnejší vysielateľ môže túto vzdialenosť presiahnuť. Štandard 802.11b nie je dobre prispôsobený na prenos hlasu, preto sa urýchlene pracovalo na "náprave".

Bezdrôtové lokálne siete (WLAN) 802.11b

(**WiFi**) sa rýchlo udomácňujú v miestnej komunikácii, či už vo firemnej alebo v domácej. Aby však skutočne mohli zvíťaziť na plnej čiare, chyba im ešte niekoľko "drobností". Predovšetkým ide o prenos. rýchlosť, ktorá sa pohybuje pri štandarde 802.11b rádovo v jednotkách Mbit/s.

Okrem tohto problému môžu u nich nastať ťažkosti s rušením inými zariadeniami v otvorenom pásme **2,4 GHz**. V poslednom rade štandard 802.11b nezaistuje kvalitu služieb (QoS) a dostatočnú bezpečnosť komunikácie. Z týchto dôvodov sa IEEE zaoberá radom doplnkov k IEEE 802.11 (802.11d, e, f, h, i, j) a ďalších variantov WLAN, ako je 802.11a a 802.11g.

Bezdrôtová komunikácia

WiFi alebo aj **Wireless Fidelity**, ako **bezdrôtová technológia prenosu dát**, podobne ako mobilné telefóny postupom času menia spoločenské zvyklosti, návyky a prinášajú zmenu aj do sveta počítačov. Ešte pred desaťročiami sme o vzájomnom prepojení počítačov mohli snád' iba snívať, čo je však od doby zrodu internetu bežná realita. Ale až v nedávnej dobe sme prišli na to, že počítač nemusí byť pripútaný na jednom mieste, aby sme ho mohli v tejto sieti používať. **Mobilita je heslom dnešnej doby a skrýva nové možnosti pre prácu i pre zábavu.**

WiFi používa pri prenose dát **mikrovlny** a vysiela v určenom pásme, ktoré je vyčlenené regulačným orgánom. V tomto pásme môžu vysielať hromadné oznamovacie prostriedky ako televízie a rádia. Zároveň v ňom fungujú aj mikrovlnné rúry a iné spotrebiče a preto sa medzinárodnou dohodou vyčlenilo takzvané pásmo ISM (Industrial Scientific and Medical), čo v preklade znamená pásmo vyhradené pre priemyselné, vedecké a lekárske účely.

Pásmo 2,4 GHz vyhradil na tieto účely americký regulátor FCC, ako aj európsky ETSI. Toto rádiové pásmo okupovali predovšetkým práve mikrovlnné rúry a bezdrôtové telefóny, ale s rastúcim záujmom užívateľov o mobilitu výpočtovej techniky sa predsa presadili výrobcovia bezdrôtových sietí.

Bezdrôtová komunikácia

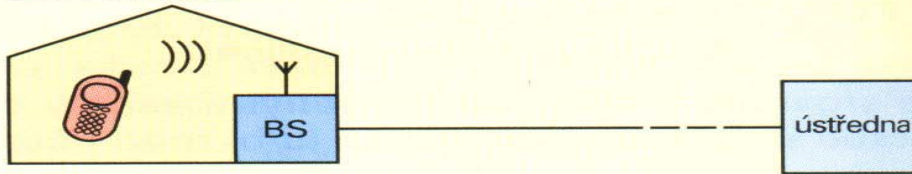
Radiové siete na báze DECT

Na obr. 2 jsou uvedeny různé možnosti bezdrátového spojení DECT. Směrový rádiový spoj mezi budovou a sběrným uzlem odpovídá spojení mezi dvěma body v hvězdicové síti. Výhodami směrových rádiových spojů oproti všesměrovému vysílání je odolnost proti odposlechu a malý vysílací výkon.

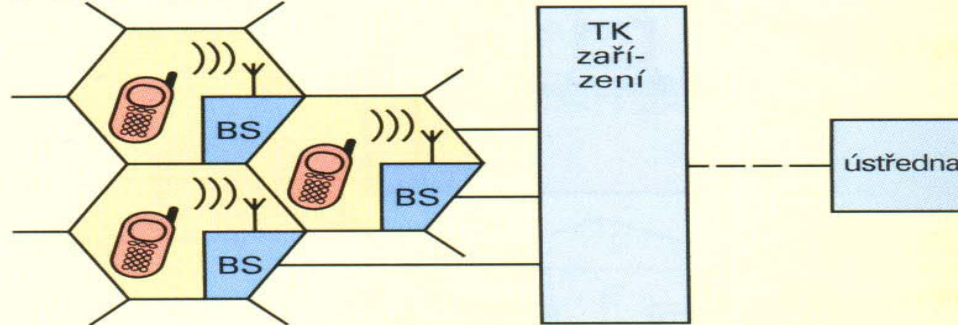
Bezšňůrové sítě v budovách a jejich okolí (Inhouse/Outhouse Nets)

Trend přechodu na bezdrátové spojení mezi částmi telefonních přístrojů a PC podporuje mobilitu přes rozsah **SOHO** do většího rozsahu buňkové sítě vysílačů (obr. 2, b). **Sítě DECT** byly dosud známé jako bezdrátové spojení mobilních koncových přístrojů (podle pravidel pro bezšňůrové telefony) s jednou privátní základní stanicí s dosahem 50 až 300 m. Tyto bezšňůrové systémy je možné podle potřeby rozšiřovat o další vysílací/přijímací buňky v omezeném místním rozsahu. Distribuční sítě se směrovými rádiovými spoji ve spojení s přístupovými sítěmi DECT vytvářejí oblast bezdrátových přístupových sítí WLL, které lze velmi rychle nainstalovat. Ve srovnání s pevnými sítěmi jsou u těchto sítí menší náklady na po-čáteční investice i na údržbu a provoz.

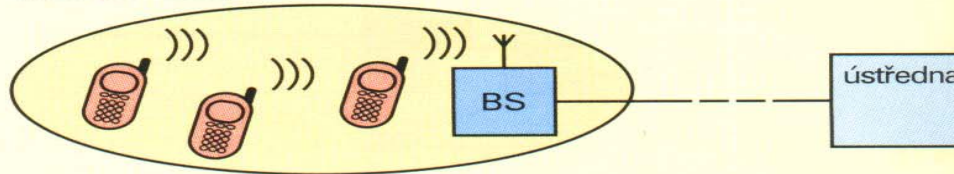
a) DECT Inhouse



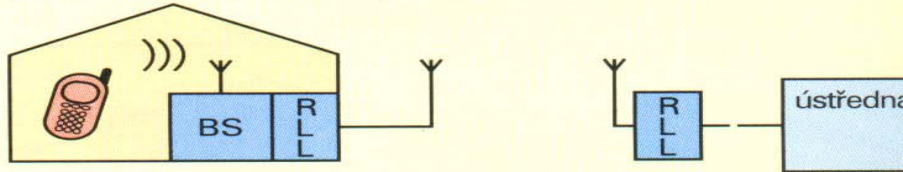
b) DECT buňková síť



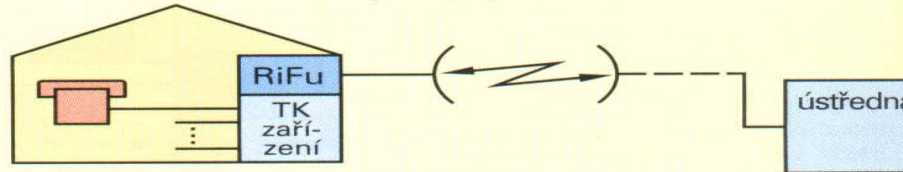
c) DECT Telepoint



d) DECT WLL s buňkou vysílače



e) DECT WLL se směrovým spojem



Před zahájením telekomunikační činnosti podle generální licence je nutné tuto činnost písemně přihlásit k **registraci** u Úřadu (podle Zákona o telekomunikacích).

Přihlášení je nutné doložit všeobecnými podmínkami pro poskytování telekomunikačních služeb. Úřad zveřejňuje v Telekomunikačním věstníku seznam osvědčení o registraci.

Na vydání **osvědčení o registraci** a zrušení registrace se nevztahují předpisy o správním řízení.

Obr. 2: Aplikace DECT v přístupových sítích

Bezdrôtová komunikácia

Kódování na vzdušném rozhraní

Technologie DECT umožňuje vícekanálový přenos v budově nebo v komplexu budov v poměrně malých buňkách (s vysílacími základnami).

Používá se zde mikrocelulární přístup podle protokolu CSMA-FDMA-TDD (*Carrier Sense Multiple Access - Frequency Division Multiple Access - Time Division Duplex*).

DECT používá deset nosných kmitočtů (obr. 1) mezi 1,88 GHz a 1,90 GHz. Pomocí časového multiplexu má každý nosný kmitočet 24 časových kanálů pro 12 duplexních kanálů, tedy celkem 120 duplexních kanálů, ze kterých je pro spojení využíváno jenom 12 kanálů, aby byla zaručena dynamická volba podle bezpečnostních kritérií podle kvality příjmu.

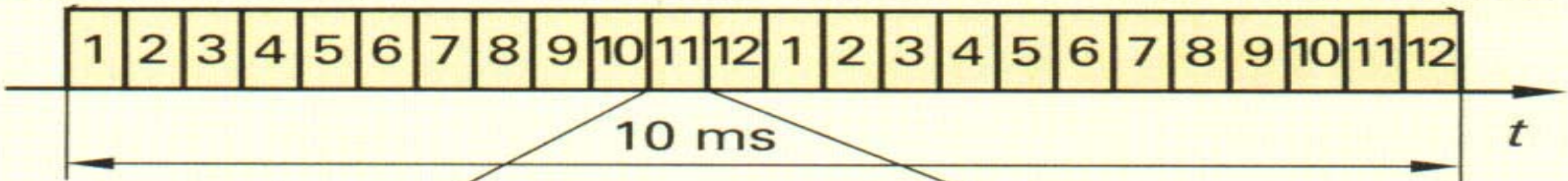
Kvalita příjmu je kontrolována na obou stranách spojení testováním kontrolního bitu ve znakové části každého řetězce. V případě chyby vyzve koncové zařízení základní stanici, aby zřídila paralelně k chybujícímu kanálu nový kanál tak, aby mohlo spojení bez přerušení pokračovat.

dělení kmitočtového pásma (FDMA)

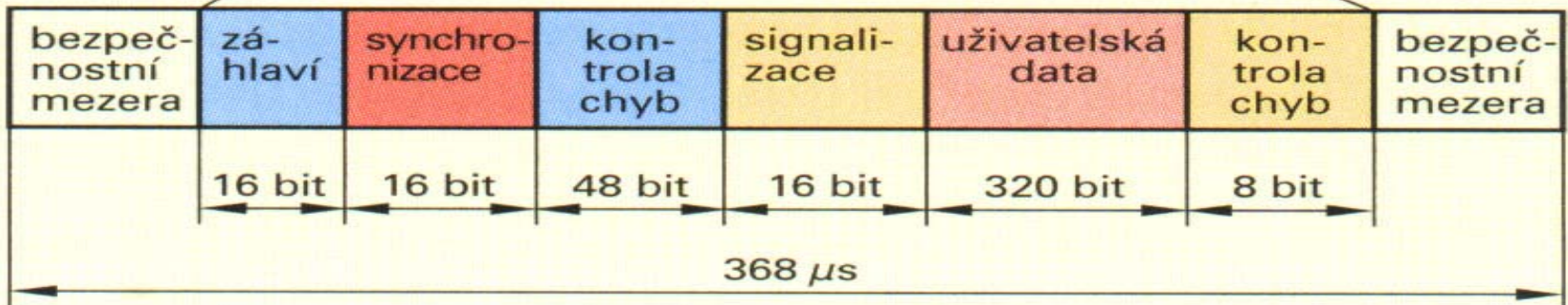


struktura rámce v časovém multiplexu (TDMA)

Základní stanice → Telefon → Telefon → Základní stanice



struktura bloku kanálu TDMA



Obr. 1: Kódování dat při přenosu v systému DECT

Bezšnúrové telefóny

Bezšnúrové telefóny sú pod označením **DECT** (*Digital European Cordless Telecommunication*) normalizované Európskym inštitútom pre telekomunikačné normy ETSI (*European Telecommunication Standardization Institute*) pre rádiový dosah 300 m.

Tento systém nahradzuje analógové prírody telefónov a ponúka v spojení so spojovacími funkciami privátneho telekomunikačného zariadenia mobilnú telefónnu a dátovú prevádzku v kancelárskej budove alebo na priestranstve nejakej prevádzky. Rozširujúci modul základne bezšnúrových telefónov môže mať až 120 rádiových kanálov pre 120 mobilných telefónnych staníc (obr. 1), pre ktoré zaisťuje spojenie aj tarifikáciu hovorov.

Systémy bezšnúrových telefónov používajú v pásme 1,88 GHz - 1,9 GHz maximálne desať nosných kmitočtov. Tento kmitočtový multiplex má označenie **FDMA** (*Frequency Division Multiple Access*) (obr. 2).

FWA (Fixed Wireless Access) predstavuje prenosové zariadenie, ktoré slúži na realizáciu prístupových "**Last mile**" riešení poskytovateľa dátových služieb. Technológia pracuje na základe bezdrôtového prepojenia základňovej stanice s viacerými koncovými stanicami (terminálmi) umiestnenými na strane zákazníka.

Výhody použitia rádiových technológií spočívajú predovšetkým v jednoduchšej implementácii do existujúcich systémov a vysokej flexibilitate. Na základe daných vlastností je možné veľmi rýchlo reagovať na nové a meniace sa požiadavky zákazníka, napr. inštaláciu ďalších základňových staníc a zákazníckych terminálov, zmeny trás prepojení a zmeny prenosových rýchlostí, poskytovanie sprostredkovaného spojenia a podobne.



Bezdrôtová komunikácia

Základné technické parametre prístupových systémov:

Podporované prenosové rýchlosti	64kbit/s - nx2Mbit/s
Podporované užívateľské rozhrania	Ethernet, G.703, E1, T1, E3, V.35, X.21, AB linka
Dostupnosť FWA riešenia	99,995 %
Zabezpečenia FWA	
Štandardne	Identifikácia účastníka cez sieťový manažment
Možnosť výberu	SIM karta a šifrovací podsystem
FWA pokrytie	3 - 5 km od základňovej stanice

GPRS (General Packet Radio Service)

GPRS (General Packet Radio Service) je technológiou mobilných sietí, ktorá bola vytvorená predovšetkým na prenos dát. Je založená na IP protokole, čo znamená, že dáta, teda nuly a jednotky, sa prenášajú v paketoch, čo je výhodou pre GPRS operátorov - poskytovateľov služieb a v neposlednom rade je to výhodné aj pre užívateľov.

Je to predovšetkým nepretržité pripojenie k sieti (podobne ako pevná linka pri internete), možnosť rýchlejšieho prenosu dát a výhodnejšej tarifikácie. Použitie paketového prenosu znamená, že poplatky za prenos dát sa neurčujú podľa trvania prenosu, ale podľa objemu prenášaných dát.

Bezdrôtová komunikácia

Modul GPRS je postavený na už existujúcich sieťach **mobilného rádia GSMN**; na zvýšenie prenosových rýchlostí boli použité kódovacie metódy. Prvý raz sa integruje IP protokol priamo do mobilnej rádiovej siete. GPRS bude v prvej fáze podporovať štvornásobné zrýchlenie dátovej transmisie GSM (dosiahne sa rýchlosť 38,6 kbit/s).

Na rozdiel od prvých navrhnutých WAP aplikácií predstavuje takéto riešenie pohodlnejšie použitie internetu a umožňuje napríklad sledovanie pohyblivého farebného obrazu, alebo počúvanie zvukových záznamov. Takýto prístup je ideálny pre aplikácie typu always-on, akými sú napríklad služby sprostredkovávajúce informácie na požiadanie (správy doručované na mobilný telefón, údaje o cenách na burze, atď.) a mobilný prístup k elektronickej pošte.

Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

Nový štandard

802.16 (04.2002) pre pásmo 10 – 66 GHz,

802.16a (01.2003) pre pásmo 2 – 11GHz

Dosah do 50 Km, typický polomer bunky 6 – 10 km

Priepustnosť 75 Mb/s na sektor

Trojfázové zavedenie technológie 802.16:

- fixné exteriérové antény,
- interiérové antény,
- prenosné riešenia pre užívateľov, ktorí chcú prechádzať v rámci alebo medzi servisnými oblasťami

Bluetooth

Bluetooth využíva v elektronických prístrojoch rádiové čipy, ktoré umožňujú pripojiteľnosť v pásme ISM (Industrial, Scientific, Medical) 2.4 GHz (rádiofrekvencie). Špecifikácia Bluetooth (de facto štandard obsahujúci informácie potrebné na zabezpečenie vzájomnej komunikácie medzi prístrojmi podporujúcimi Bluetooth na celom svete) definuje dve prenosové pásma pre sieťové prepojenie užívateľských terminálov.

Toto pásmo je v rozmedzí medzi 10 m a 100 m bez potreby priamej viditeľnosti. Rádiové prepojenie je schopné prenášať hlas a dáta do maximálnej kapacity 720 kbit/s na jeden kanál.

Bluetooth sa vyznačuje nízkym vysielačím výkonom (**1 mW**) a bola vyvinutá za účelom nahradenia pevného prepojenia elektronických zariadení (PC, tlačiarňí, mobilných telefónov, PDA atď.).

Bezdrôtová komunikácia

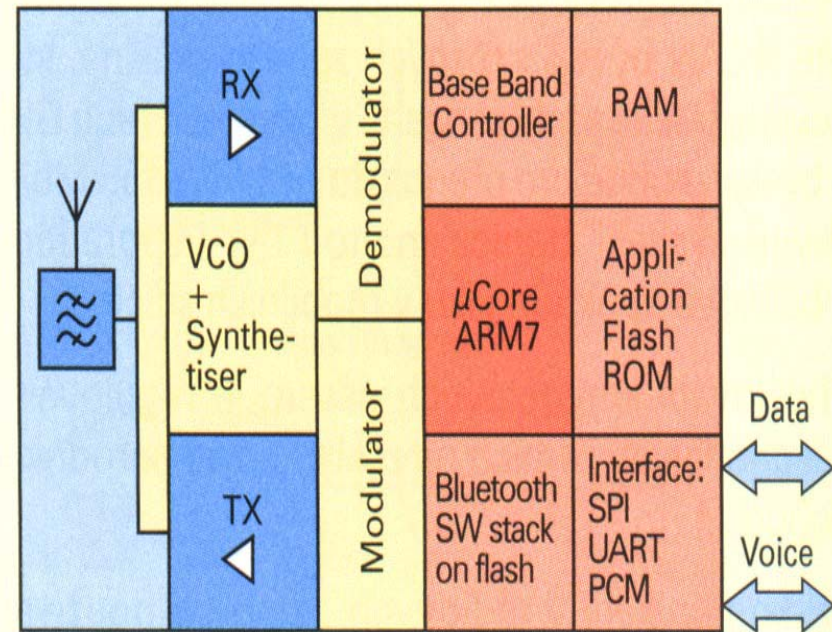
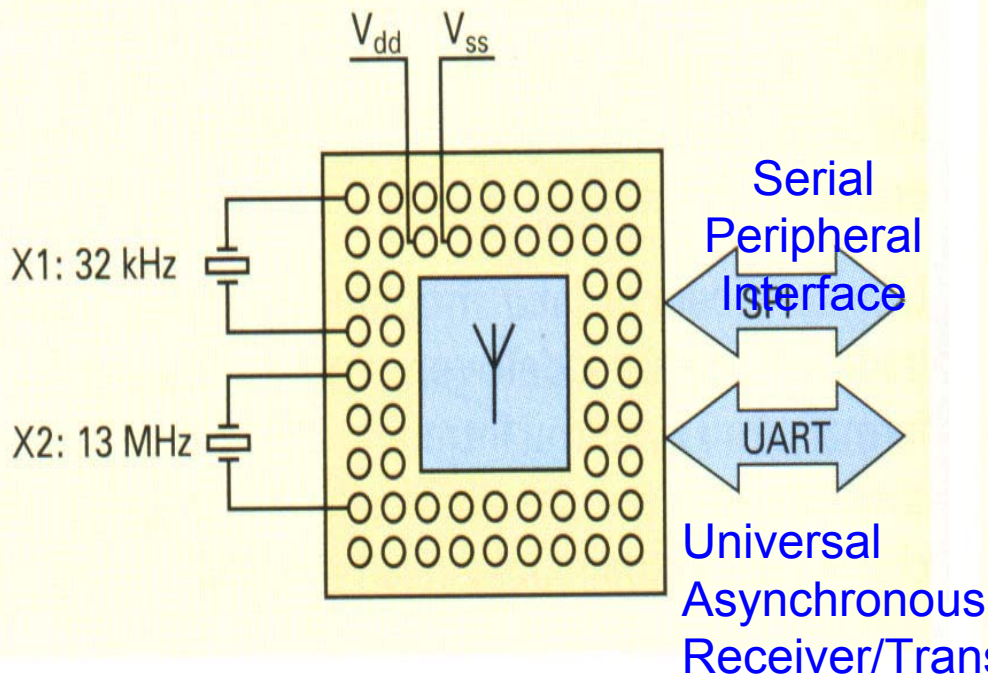
Bluetooth je tedy koncepce mobilní komunikace mezi přístroji a zařízeními na velmi krátké vzdálenosti. Komunikační jednotky jsou jednočipové a komunikují velkou přenosovou rychlostí kolem 1 Mb/s při nízkém vysílacím výkonu.

Komunikace Bluetooth byla předložena jako standard poprvé v květnu 1998 společně firmami Ericsson, IBM, Nokia, Intel a Toshiba. Od té doby se ke sdružení Bluetooth SIG připojilo více než 1 000 výrobců zařízení a komponent této technologie.

Základní princip běžné instalace bezdrátového **Plug & Play** je zde redukován na automatické přihlášení a přidělení adresy v této místní síti. Účastník je pak v daném prostoru se svým zařízením plně pohyblivý (s myší, klávesnicí, nebo celým notebookem), aniž bylo nutné jednotlivá zařízení nějak speciálně vzájemně prostorově uspořádat.

Obrázky 1 a 2 ukazují patiči a funkční uspořádání čipu pro komunikaci Bluetooth. Postupně se prosadilo jednočipové řešení s anténou přímo na povrchu čipu, které vyhovuje i při instalacích do malých přístrojů (mobilnítelefon, myš, počítače). Systémy pracují v ISM pásmu 2,4 GHz, nejsou však slučitelné s WLAN.

Bezdrôtová komunikácia



Obr. 1: Tvar čipu pro komunikaci Bluetooth

Obr. 2: Skladba funkčních celků čipu pro Bluetooth

Bluetooth - rádiová síť pro malé vzdálenosti - odstraňuje kabelové spoje mezi komponenty systému v jedné místnosti a je revolucí ve světě bezšňůrové komunikace. První aplikace byly předvedeny v roce 1999. Patří sem i bezdrátová **náhlavní souprava (Head-Set)** pro mobilní telefon.

Dá se očekávat mnoho nových přístrojů schopných komunikovat v síti Bluetooth. Podle prognóz se obejdou brzy multimediální počítačová pracoviště bez kabelů (viz www.bluetooth.com).

Bezdrôtová komunikácia

Typické vlastnosti a parametry komunikace Bluetooth

- binární kmitočtová modulace s vysílacím výkonem **1 mW** na vzdušném rozhraní,
 - setrvání v kmitočtovém pásmu, pro které jsou momentálně nejlepší podmínky přenosu,
 - metoda střídání kmitočtů (skákání z nosné na nosnou) mezi 79 pásmy širokými **1 MHz** v rozsahu **2,402 GHz** až **2,480 GHz** pro zlepšení bezpečnosti odposlechu a rušení,
 - střídání kmitočtu po přenosu každého datového paketu,
 - přenos v časovém multiplexu,
 - protokol komunikace je kombinací metody spojování okruhů a metody spojování paketů,
 - spojení obsahuje čtyři přenosové kanály, z toho jeden datový kanál [*downstream, upstream*) a tři hovorové kanály po 64 kb/s,
 - symetrický datový kanál s rychlostí 432,6 kb/s.
 - Šířka kmitočtového pásma může být v některých zemích redukována.
- Maximální počet kmitočtových přeskoků za sekundu je 1 600.
- Jmenovitý dosah je běžně zaručen do 10 m. Pro větší dosah až do 100 m je potřeba větší vysílací výkon.

WiMAX

Organizácia, ktorá si kladie za cieľ certifikáciu hardvéru, kompatibilitu a ďalší vývoj štandardu 802.16, sa nazýva [WiMAX Forum](#). Vznikla po vzore Wi-Fi Alliance v júni 2001.

Práve podľa nej je pomenovaný aj samotný štandard WiMAX. Označenie je skratkou z Worldwide Interoperability for Microwave Access (celosvetová interoperabilita pre mikrovlnný prístup), za ktorou sa skrýva bezdrôtový štandard IEEE 802.16 a jeho ďalšie revízie - 802.16a, c, d, a najnovšia 802.16e.

WiMAX bol pôvodne plánovaný pre využitie na frekvenciách 10 - 66 GHz, s príchodom 802.16a sa jeho záber rozšíril na ďalšie licencované, aj bezlicenčné pásma od 2 do 11 GHz. Šírka kanálu sa pohybuje od 1,25 do 20 MHz. Populárnym sa vo svete stane zrejme pásmo 3,5 GHz, v ktorom udelil nedávno 4 licencie aj Telekomunikačný úrad SR. Operátori už [v tomto pásme svoje služby poskytujú](#), pričom odhadovaný počet domácností, ktoré by sa potenciálne mohli prostredníctvom WiMAXu pripojiť do internetu, je v ČR až 750 000.

Výhody a prínosy WiMAXu

Medzi výhody technológie WiMAX patrí okrem iného to, že okrem priamej viditeľnosti pracuje aj v režime NLOS (Non-Line-Of-Sight) - teda bez priamej viditeľnosti, využíva OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) moduláciu podobne ako WiFi siete na báze 802.11 a z WiFi prebral aj ďalšie vlastnosti. WiMAX podporuje pružné pridelovanie šírky pásma rádiových kanálov a ich opakované využívanie pre zvyšovanie kapacity siete.

Zlepšeniu efektivity využitia spektra napomôže aj riadenie vysielacieho výkonu (Transmit Power Control, TPC), či meranie kvality kanálu. V nelicencovaných pásmach navyše pristupuje povinne dynamický výber kmitočtov (Dynamic Frequency Selection, DFS). Medzi špeciality patrí využívanie špičkových, tzv. inteligentných antén s formovaním lúča, (beam-forming), alebo riadením lúča (beam-steering).

Okrem topológie siete bod-bod a bod-multibod WiMAX ponúka aj možnosť budovania polygonálnych slučkových sietí (mesh). Technológia má zabudovanú podporu kvality služieb (QoS) rôznych úrovní, takže je spôsobilá poskytovať nielen VoIP, ale aj prenos videa a videokonferencií. Norma podporuje stovky až tisíce užívateľov v rámci jedného kanálu a v prípade potreby tiež umožňuje rozdeľovať bunky na viacero sektorov a takto ďalej zvýšiť kapacitu siete. Maximálna prenos. kapacita (70 Mbit/s) je dosahovaná pri šírke kanálu 20 MHz. Na fyz. vrstve používa WiMAX časovo delený duplex (TDD) v bezlicenčných a TDD, alebo FDD (frekvenčne delený duplex) v licencovaných pásmach.

Mobilný prístup k Internetu

Doteraz prevláda pri prístupe k Internetu prístup cez pevnú linku cez PC-klienta k Web-Serveru. Výrobcovia telefónov a počítačov, prevádzkovatelia mobilných a Online-služieb, finančné a mediálne inštitúcie - všetci by chceli mať prístup cez Internet na **mobilný telefón** (alebo skôr už **datafón**) zákazníka, ktorému by mohli ponúkať kdekoľvek svoje služby. Prístup sa uskutočňuje pri mobilných telefónoch pomocou protokolu **WAP** (*Wireless Application Protocol*).

Pomocou bezdrôtového protokolu prístupu k Internetu (WAP) sú prenášané z internetu (*World Wide Web*, **WWW**) informácie cez digitálnu mobilnú sieť v štandardizovanej forme na displej mobilného telefónu. Stránky sú písané v jazyku **WML** (*Wireless Markup Language*) - obdoba jazyka **HTML** (*Hypertext Markup Language*). Prehliadanie stránok internetu pomocou mobilného telefónu si vyžaduje v porovnaní s PC veľké obmedzenia.

Bezdrôtová komunikácia

V porovnaní s HTML sa obmedzuje WML na textové a číselné informácie a jednoduchú grafiku. Rozsiahle ilustrácie a fotografie nemajú pri malej ploche displeja význam a pre svoj veľký dátový rozsah by zdržiavali prenos.

Internetovský prehliadač (*WAP-Browser*) mobilného telefónu môže prenášať a zobrazovať WAP-kompatibilné informácie. Na tento účel musia prevádzkovať poskytovatelia služieb i siete s vlastnými WAP-servermi, resp. *WAP-Gateways* (inteligentné brány medzi sieťou internet a sieťou GSM).

Tieto komprimované webovské stránky zobrazujú podstatný obsah a zjednodušené menu (ponuku) a je možné ich prehliadať na displeji mobilného telefónu. Tento prístup predstavuje významný pokrok od SMS.