

Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

# **Instalace a spuštění technologie NOKIA- UMTS**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

České Budějovice 2006

Vedoucí práce: Ing. Michal Šerý

Autor: Jiří Svoboda

## Anotace

Technologie UMTS, zkratka anglického Universal Mobile Telecommunication System. Označují se tak určité sítě třetí generace, které nabízejí oproti běžným mobilním sítím GSM zejména rychlejší datové přenosy a možnost videohovorů.

Práce se zabývá tímto systémem po stránce technologické a montážní z pohledu základnové stanice. V úvodu je nastíněn vznik a vývoj UMTS sítí. Následuje technický popis architektury, nástin principu funkce UMTS sítě a základní principy její komunikace. Vše je zaměřeno na tuzemskou mobilní síť O2. Další kapitoly se věnují montážní problematice, srovnání s GSM technologií a samotného commissioningu přímo na spouštěných základnových stanicích. Poslední kapitola se věnuje konečné testovací fázi před předáním lokality operátorovi a následnému uvedení do komerčního provozu.

## Annotation

The UMTS technology stands for Universal Mobile Telecommunication System. It describes certain networks of the third generation that offer, in comparison with common GSM mobile networks, mainly quicker data transfers and video calls.

The work deals with this system in sense of technology and of assembling from the point of view of the base station. In the introduction, the origin and development of UMTS networks is outlined. Technical description of the architecture, an outline of the function principle of UMTS network and basic principles of its communication follow. Everything is centred on the domestic O2 mobile network. Further chapters deal with questions of assembling, with comparison of UMTS to GSM technology and with independent commissioning directly at the launched base stations. Last chapter deals with the final testing phase before handing of the locality over to the operator and with subsequent setting in commercial operation.

*Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pouze s použitím literatury a zdrojů uvedených v části Použitá literatura.*

Jiří Svoboda

# OBSAH

<b>1 CO JE TO UMTS A CO NOVÉHO NABÍZÍ</b> .....	7
1.1 HISTORIE UMTS - ÚVOD.....	7
1.1.2 <i>IMT-2000</i> .....	7
1.1.3 <i>Požadavky na systém IMT – 2000, rozdělení</i> .....	10
1.2 SYSTÉM UMTS.....	13
1.3 NOVÉ FUNKCE OPROTI GSM.....	13
<b>2 PRINCIP FUNKCE UMTS</b> .....	16
2.1 ARCHITEKTURA UMTS.....	16
2.1.1 <i>UMTS – CN a RAN</i> .....	17
2.1.2 <i>Uzly a zapojení v UTRAN</i> .....	18
2.1.3 <i>Architektura UTRAN</i> .....	19
2.1.4 <i>UTRAN a GSM BSS</i> .....	20
2.2 PŘENOS DIGITÁLNÍCH SIGNÁLŮ.....	21
2.2.1 <i>Modulace M-QAM, M-ASK a M-PSK</i> .....	23
2.2.2 <i>Modulace 16-QAM</i> .....	24
2.3 PŘÍSTUPOVÉ METODY.....	25
2.3.1 <i>FDMA (Frequency Division Multiple Access</i> .....	26
2.3.2 <i>TDMA (Time Division Multiple Access</i> .....	26
2.3.3 <i>CDMA (Code Division Multiple Access</i> .....	27
2.3.4 <i>WCDMA pro UMTS</i> .....	28
2.3.4.1 <i>Alokace spektra</i> .....	29
2.3.4.2 <i>Párové a nepárové pásmo, FDD a TDD</i> .....	30
2.4 HANDOVERY V UMTS.....	35
2.4.1 <i>Hard Handover</i> .....	36
2.4.2 <i>Soft Handover</i> .....	36
2.4.3 <i>Softer Handover</i> .....	36
2.5 KONTROLA VÝKONU.....	37
<b>3 ROZDÍLY INSTALACE UMTS a GSM</b> .....	37
3.1 INŽENÝRSKÁ ČINNOST.....	38
3.2 STAVEBNÍ PRÁCE.....	38

3.3 MONTÁŽ TECHNOLOGIE.....	38
3.3.1 <i>Technická specifikace</i> .....	39
3.3.2 <i>Instalace zařízení</i> .....	39
3.3.2.1 Montáž mikrovlnného spoje.....	40
3.3.2.2 Montáž anténního systému UMTS a GSM.....	42
3.3.2.3 Instalace zařízení uvnitř technologické místnosti.....	45
<b>4 ROZDÍLY SOFTWAREVÉHO NASTAVENÍ UMTS A GSM.....</b>	<b>50</b>
4.1 MĚŘENÍ A TESTOVÁNÍ.....	50
4.2 COMMISSIONING.....	52
4.2.1 <i>Commissioning GSM BTS</i> .....	52
4.2.1.1 Nokia DE34 .....	52
4.2.1.2 Nokia Ultrasite.....	53
4.2.2 <i>Commissioning UMTS</i> .....	54
4.2.3 <i>Shrnutí</i> .....	56
<b>5 FIRST CALL – první provolání.....</b>	<b>56</b>
<b>6 ZÁVĚR.....</b>	<b>58</b>
<b>7 POUŽITÉ ZDROJE.....</b>	<b>59</b>
<b>8 PŘÍLOHY.....</b>	<b>60</b>

# 1 Co je to UMTS a co nového nabízí

## 1.1 Historie UMTS - úvod

Na úvod jen velmi stručně k prapočátku sítí 3G. Vývoj mobilního systému třetí generace započal už v roce 1988 a na svědomí ho má Mezinárodní telekomunikační unie **ITU** (zkratka anglických slov International Telecommunication Union). Původně se pro tyto systémy používala zkratka **FPLMTS** (Future Public Land Mobile Telecommunication System). Postupem času a za vydatné podpory Evropské unie se z nich vyprofiloval celosvětový standard **IMT-2000** (zkratka anglického International Mobile Telecommunication for the time after year 2000).

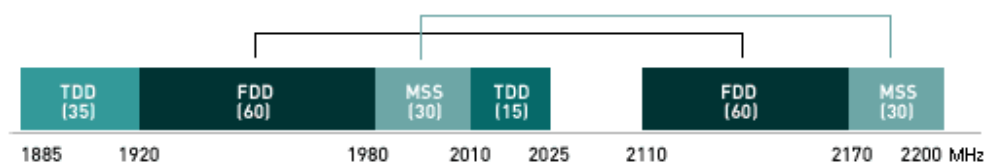
Standard IMT-2000 je v podstatě skupina požadavků a doporučení pro budoucí mobilní radiokomunikační systémy. Požadavky se mimo jiné týkají přenosových rychlostí. Ty jsou tříděny podle rychlosti pohybu mobilního účastníka. Uvnitř budov a při rychlosti pohybu do 6 km/h se předpokládá přenosová rychlost až 2 048 kbit/s. V městské zástavbě při rychlosti do 120 km/h má být síť schopna přenosu rychlostí nejméně 384 kbit/s a mimo města a při rychlém pohybu pak jde o přenosovou rychlost nejméně 144 kbit/s. K dalším kritériím patří možnost mobility v rámci celého pokrytého světa, nezávislost služeb na konkrétním typu rádiového systému, multimediální služby v reálném čase nebo podpora virtuálního domácího prostředí.

V roce 1998 byl zformován projekt **3GPP** (3rd Generation Partnership Project), který měl za úkol pokračovat a koordinovat další standardizační práci. Právě kvůli nezávislosti služeb na konkrétní technologii rádiového přístupu jsou zde přísně odděleny segmenty rádiové přístupové sítě a páteřní přenosové sítě.

### 1.1.2 IMT-2000

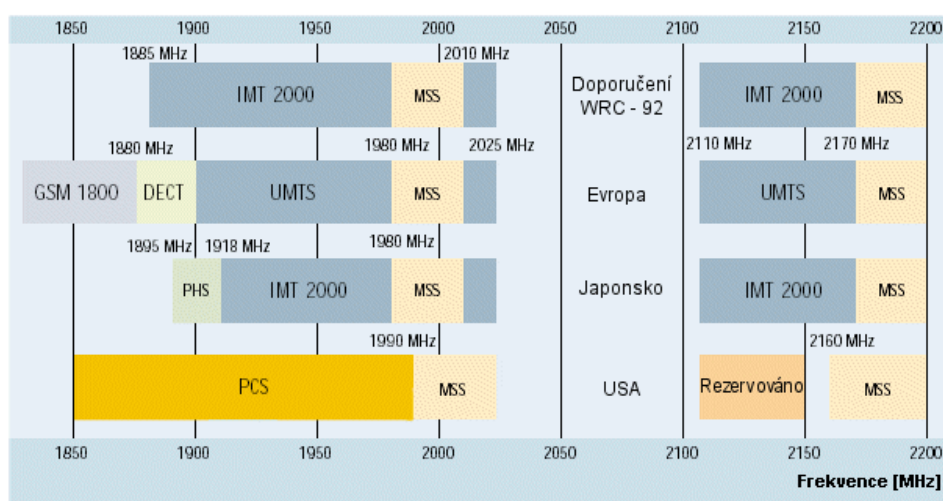
Od počátku devadesátých let intenzivně pracují mezinárodní telekomunikační orgány na vývoji systémů třetí generace, určených pro personální komunikaci. První

iniciativy **ITU** (International Telecommunication Union) se objevili již v roce 1986, tedy ještě před dokončením standardizace systémů 2. generace. Pracemi na systému zvaném **FPLMITS** (Future Public Land Mobile Telecommunication System - budoucí systém pro pozemní mobilní telekomunikaci) byl v rámci ITU pověřen **CCIR** (International Radio Consultative Committee). Dostí důležitým milníkem v této oblasti byl rok 1992. V dubnu tohoto roku **WARC** (World Administrative Radio Conference - Světový administrativní kongres pro rádio, později zkráceno na WRC) vymezil pro FPLMITS kmitočtové pásmo 230 MHz (1885-2025 MHz a 2110-2200 MHz). Část tohoto pásma (1880-2010 MHz a 2170-2200 MHz) je určena pro družicovou část systému **MSS** (Mobile Satellite Service - Mobilní družicová služba) viz obrázek 1.



Obrázek 1 – Rozdělení frekvenčního pásma IMT-2000

Ačkoliv je toto frekvenční spektrum doporučeno pro IMT-2000, v jednotlivých regionech světa jsou již některé frekvence používány současnými systémy viz obrázek 2.



Obrázek 2 – Kolidování frekvencí ve světě

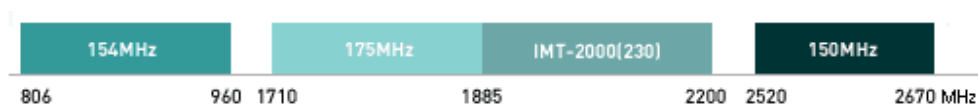


V Evropě je situace nejjednodušší, dochází pouze ke kolizi se systémem DECT (1880-1900 MHz), který však lze považovat za součást systému UMTS, což je evropský model systému IMT-2000. V Japonsku je situace podobná, největší problém nastává v USA. Současný systém PCS 1900 zde kompletně překrývá doporučené spektrum, řešením tedy může být použití technologie, umožňující koexistenci obou těchto systémů.

V roce 1992 byla také dohodnuta nová struktura ITU. Původní poradní sbory CCIR a CCITT (International Telephony and Telegraphy Consultative Committee) byly pozměněny na **ITU-R** (přebírá část činnosti CCIR) a **ITU-T** (přebírá část činnosti CCIR a činnost CCITT). Došlo také k přejmenování projektu FPLMTS na **IMT-2000** (International Mobile Telecommunications - 2000), tedy na Mezinárodní mobilní telekomunikaci - 2000. Číslovka 2000 se zde vyskytuje z několika důvodů.

- Doporučení mají být k dispozici kolem roku 2000
- Systém bude pracovat v oblasti kmitočtů kolem 2000 MHz
- Maximální přenosová rychlost systému bude nabývat hodnot kolem 2000 kbit/s.

Později, v roce 2000, byly k již uvedeným frekvenčním pásmům pro IMT-2000 schváleny ještě další. Stalo se tak na konferenci WRC-2000 v Istanbulu. Jedná se o nová pásma 1710-1885 MHz a 2520-2670 MHz. Dále byl schválen záměr použít pro IMT-2000 také frekvence, které jsou již dnes vyhrazeny pro mobilní komunikace - jde o frekvence v pásmu 806-960 MHz viz obrázek 3. Tyto nové frekvence jsou rezervovány z důvodu předpokladu velkého zájmu o mobilní komunikaci v budoucnu a mohou být použity globálně nebo pouze v jednotlivých regionech. [7]



Obrázek 3 – Vyhrazené frekvence

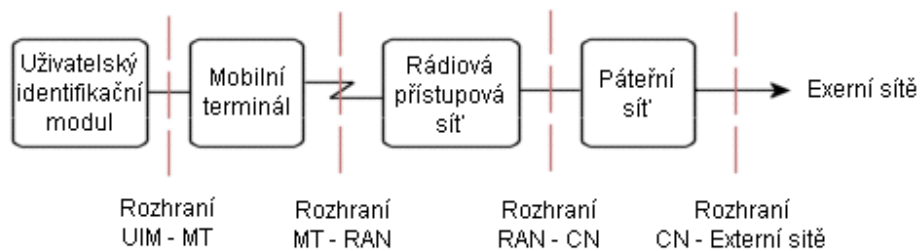
### 1.1.3 Požadavky na systém IMT-2000, rozdělení

Zde jsou uvedeny některé požadavky na systém IMT-2000:

- Zvýšení přenosových rychlostí současných systémů 2. generace na hodnoty až 2 Mbit/s
  - Pro uživatele s vysokým stupněm mobility minimálně 144 kbit/s, snaha je však o 384 kbit/s. Tato přenosová rychlost by měla být dostupná při velkém pokrytí území.
  - Pro uživatele s malým stupněm mobility 2 Mbit/s. Tato rychlost má být dostupná pouze lokálně, tzn. v obytných čtvrtích a centrech měst.
- Celosvětová kompatibilita jak na uživatelské úrovni (mezinárodní roaming), tak na úrovni operátorů (spolupráce zařízení různých výrobců). Pro zajištění tohoto požadavku je třeba definovat v celém systému několik rozhraní, viz obrázek 4.
- Lepší využití rádiových frekvencí (vyšší spektrální účinnost modulací, účinnější zdrojové a kanálové kódování)
- Malé a levné terminály pro různé typy aplikací
- Identifikace účastníka nezávisle na mobilním terminálu pomocí **UIM** (User Identification Module - Uživatelský identifikační modul), což je obdoba SIM karty u systému GSM
- Široké spektrum služeb s různým stupněm kvality

System je pro účely návrhu obecně rozdělen na dvě hlavní části:

- Rádiová přístupová síť **RAN** (Radio Access Network), která zabezpečuje přístup mobilního uživatele k páteřní síti pomocí rádiového prostředí.
- V porovnání se systémem GSM se jedná o obdobu subsystému základnových stanic.
- Páteřní síť **CN** (Core Network) nebo také jádro sítě, které provádí spojovací funkce (propojení účastníků, směrování paketů), udržuje a aktualizuje důležité uživatelské informace (poloha, bezpečnost, účtování) a zajišťuje spojení do dalších sítí (ISDN, X.25, PSTN, Internet, ...). Obdobou v síti GSM je síťový spojovací subsystém NSS.



Obrázek 4 – Rozhraní systému

Uživatel je jednoznačně identifikován vložení UIM do mobilního terminálu. Pro přenositelnost UIM na různé typy mobilních terminálů tedy musí být definované rozhraní UIM-MT. Mobilní terminál poté komunikuje přes rádiové rozhraní MT-RAN s rádiovou přístupovou sítí. Definice tohoto rozhraní je důležitá především z důvodu mezinárodního roamingu. Dále je nutné definovat rozhraní RAN-CN, a to z důvodu umožnění spolupráce zařízení různých výrobců.

Na vývoji systému splňujícího podmínky IMT-2000 se pracuje v několika regionech světa a do roku 1998 bylo předloženo 10 návrhů pro pozemní mobilní komunikaci.

**Evropa** (organizace ETSI) vyvíjí systém **UMTS** (Universal Mobile Telecommunication System - Univerzální systém pro mobilní telekomunikaci) a podány byly následující návrhy:

- **UTRA** (UMTS Terrestrial Radio Access) definuje pro duplex FDD metodu **WB-CDMA**, tj. širokopásmové asynchronní DS-CDMA a pro TDD **TD-CDMA**, tj. širokopásmové TDMA s rozprostřením.
- **DECT**

**Japonsko**, tedy organizace ARIB (Association of Radio Industries and Business) podalo návrh:

- **W-CDMA** se stejnými parametry jako UTRA (dva režimy - FDD a TDD)

USA předložili tyto návrhy:

- **cdma2000** - jedná se o širokopásmovou variantu systému IS-95 (cdmaOne)
- **UWC-136** (Universal Wireless Communication) - podporuje tři různé šířky pásma: 30 kHz tj. vylepšený systém IS-136, 200 kHz, a 1,6 MHz (širokopásmové TDMA) pro použití uvnitř budov
- **WIMS W-CDMA** (Wireless Multimedia and Messaging Services Wideband CDMA) - bezdrátové služby přenosu multimédií a zpráv určené pro bezdrátové účastnické smyčky WLL
- **NA: W-CDMA** (North American WB-CDMA)

**Jižní Korea**, zastoupená organizací TTA (Telecommunications Technology Association) s návrhy:

- **CDMA I** - jedná se o synchronní DS-CDMA (obdoba cdma2000 z USA)
- **CDMA II** - asynchronní DS-CDMA (obdoba Evropsko/Japonského W-CDMA)

**Čína**, tedy organizace **CATT** (China Academy of Telecommunication and Technology) podal návrh:

- **TD-SCDMA** (Time Division - Synchronous CDMA) - čínská varianta širokopásmové CDMA.

Na jednání ITU v roce 1999 pak došlo ke schválení kompletní sady specifikací rádiových rozhraní pro IMT-2000, z původních deseti návrhů byly vybrány tyto:

- **IMT-DS** (Direct Spread) - UTRA FDD (W-CDMA) - Evropsko/Japonský návrh
- **IMT-MC** (Multi Carrier) - cdma2000 - USA
- **IMT-TC** (Time Code) - UTRA TDD (TD-CDMA) - Evropsko/Japonský návrh
- **IMT-SC** (Single Carrier) - UWC-136 - USA
- **IMT-FT** (Frequency Time) - DECT- Evropa

[7]

## 1.2 Systém UMTS

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) je mezinárodní standard využívající standardně frekvenční spektrum od 1885 MHz do 2025 MHz nebo od 2110 MHz do 2200 MHz. Jeden kanál má přesně definovanou šířku 5 MHz. UMTS se někdy také nazývá WCDMA (Wideband CDMA). UMTS se dělí na dva základní typy a to podle způsobu řešení duplexního provozu. Prvním, významně rozšířenějším typem je FDD (Frequency Division Duplex), kde je pro uplink a downlink použit odlišný kanál. Druhý je pak TDD (Time Division Duplex), kde uplink a downlink používá jeden kanál, ve kterém se oba směry střídají v čase.

Sítě UMTS mají velmi podobnou strukturu jako sítě GSM. Základnová stanice v UMTS se stále může nazývat BTS nebo BS (Base Station), nicméně obecně používané pojmenování je Node B. Každý Node B je pak připojen k RNC (Radio Network Controller), což je obdoba BSC (Base Station Controller) v sítích GSM. Několik Node B a jedno RNC pak dohromady vytváří RNS (Radio Network System) neboli radiovou část sítě UMTS. Zde ale narážíme na jeden zásadní rozdíl oproti sítím GSM – zatímco GSM sítě mají pokrývají obvykle celé území daného státu, tak sítě UMTS jsou budovány formou malých ostrůvků, které pokrývají místa, kde je o UMTS zájem - tedy velká města. Tyto ostrůvky ale zatím nejsou mezi sebou propojeny a pokrytí UMTS tedy není spojitě.

## 1.3 Nové funkce oproti GSM

Nový WCDMA koncept pracuje s 5 MHz širokými radiovými kanály, které by měly dále rozvinout přínosy CDMA. Dále jsou uvedeny podrobněji nové možnosti WCDMA sítí.

### **Vyšší kapacita a pokrytí**

Je zde více faktorů, které poskytují vyšší kapacitu a pokrytí:

- WCDMA poskytuje širší kanály – WCDMA používá v porovnání s CDMA 4x širší kanály. Ty poskytují 4x větší kapacitu.
- koherentní demodulace v uplinku zvětšuje oblast pokrytí signálem – WCDMA používá koherentní demodulaci a tím dostáváme 2-3 dB zisk při demodulaci, čímž zvýšíme pokrytí
- WCDMA je vystavěna pro variabilní a vysokorychlostní datové přenosy – rozmezí od 384 kbit/s do 2 Mbit/s by mělo bohatě uspokojit potřeby každého zákazníka. Navíc někdo potřebuje například pouze hlasové přenosy a někdo zase vysokorychlostní datové přenosy, čímž se zákazníci dělí na dvě a více skupin
- spojitě a nespojitě datové přenosy – nespojitě datové služby nám budou umožňovat být online a zároveň neobsazovat vyhrazené kanály. Nespojitě datové služby umožní také uživateli, aby zaplatil pouze za objem přenesených dat. Tento typ spojení je důležitý hlavně pro vzdálené připojení do LAN a na internet. Vysokorychlostní spojitě přenosy jsou zase vhodné pro aplikace, běžící v reálném čase. Těmi jsou například videokonference.
- podpora simultánních služeb – WCDMA terminály mohou používat více služeb najednou. To má za následek to, že lze být napojen na firemní síť přes internet a zároveň přijmout hovor. To se hodí, jelikož při datových hovorech (prohlížení internetu) je obvykle uživatel dlouhou dobu vytížený.

### **Další přínosy WCDMA**

WCDMA přináší ovšem kromě novinek a rozšíření vycházejících z možností sítě samotné.

Rozšíření jsou následující:

- Podpora Adaptive Antenna Arrays (AAA) – to umožňuje optimalizovat anténu každého přístroje tak, aby se zvýšila efektivita přenosu dat a hlasu.
- Není zde potřeba synchronizace GPS navigace – není zde již potřeba spolupráce s GPS satelitní navigací, protože WCDMA má vlastní systém synchronizace a GPS má například problémy v tunelech nebo jiných slepých místech, kam signál ze satelitu GPS nemůže proniknout.
- Podpora pro Hierarchical Cell Structures (HCS) – hierarchické dělení vysílačů podle potřeby sítě a druhu přenášené informace.

- Multi user Detection – tato funkce eliminuje interference a zároveň zvyšuje kapacitu. [6]

UMTS FDD (operátor O2) má zajímavé vlastnosti, co se zacházení s hlasovými hovory týče. Má významně větší kapacitu než GSM, umí dynamicky měnit velikost buňky a nabízí i o něco lepší kvalitu hovoru. Za zmínku stojí Velká Británie, kde byl velký problém s kapacitami GSM sítí a některé průmyslové oblasti Německa. Ve Velké Británii se některé ceny za hlasová volání v UMTS právě z těchto důvodů dostaly dokonce pod úroveň cen za volání v GSM.

Další službou, kterou zde nabízí pouze UMTS, je videotelefonie. Použitelnost této služby je poněkud sporná, protože při jejím využívání nelze držet telefon u ucha. Tato služba je vhodná pouze do tichého prostředí.

Poslední z nabízených služeb jsou paketové datové přenosy, které jsou rychlejší než v sítích GSM/GPRS/EDGE. Přenosová rychlost se ale u UMTS velmi podstatně liší v závislosti na rychlosti pohybu. Zde platí, že pomalu se pohybující objekty mohou využívat rychlost maximálně 384 kbit/s a rychle se pohybující objekty (nad 120 km/h) mohou dosahovat rychlosti maximálně 144 kbit/s.

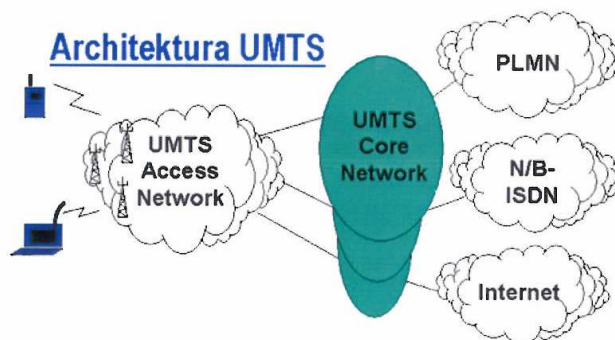
Jednou z velkých výhod UMTS je možnost handoveru (tj. předání probíhajícího hovoru) mezi GSM/GPRS/EDGE a UMTS částí sítě. V ideálních podmínkách tak budete v místech pokrytých signálem UMTS připojeni k internetu přes UMTS a v místech, kde UMTS není, budete používat pomalejší GPRS.

UMTS dělá z hlediska běžného uživatele zajímavý také fakt, že v okamžiku, kdy si chcete zavolat a GSM síť je přetížená, může vás automaticky přemístit do UMTS, kam se vejde více hovorů. Problémy s odesláním SMS a s voláním na Štědrý večer a Silvestra tak může UMTS poměrně elegantně vyřešit (za předpokladu, že v jádru sítě a na páteřních spojích je dostatečná kapacita).

## 2 Princip funkce UMTS

### 2.1 Architektura UMTS

Architektura UMTS (viz obrázek 5) je v podstatě ve své koncepci téměř shodná s GSM, zejména pak v části CN (Core Network). Síť se skládá z UMTS Access Network (UTRAN) a UMTS Core Network. UTRAN dále v sobě zahrnuje Radio Network System (RNS), tedy systém základnových stanic a Inter Working Unit (IWU). CN a RNS jsou navzájem propojeny skrz logické rozhraní  $I_u$ . Jednotka IWU pak slouží k podpoře spojení mezi různými CN s různými protokoly a jedním rozhraním  $I_u$ . RNS se skládá z Radio Network Controller (RNC) a NodeB (základnová stanice v UMTS). V UMTS tedy probíhá připojení uživatele takto: Terminál (mobilní telefon) – NodeB – RNC – CN.



Obrázek 5 – Architektura systému

#### CN, Core Network

Doména CN se skládá z fyzických komponentů, jež podporují vlastnosti sítě a telekomunikační služby. Tato podpora v sobě obsahuje následující funkce: dohled nad informacemi typu alokace uživatele, kontrolu vlastností sítě a služeb, přenosové mechanismy pro signalizaci a uživatelem vygenerované informace.

Z počátku by Core Network měl být schopen přenášet okruhově spojená data o rychlosti až 64 kbit/s, paketově spojená data o rychlosti až 2 Mbit/s a zvládat rozdílnou



kvalitu parametrů služeb, jako je například maximální prodlení a variabilní šíře pásma i podporu VHE.

Core Network je dále rozdělen takto: Serving Network, Home Network a Transit Network.

### **Serving Network**

Serving Network je část CN, ke které je připojen Access Network (ten má na starosti přístup uživatele). Reprezentuje funkce CN, které jsou ze strany přístupu uživatele lokální. Serving Network je zodpovědný za směrování telefonátů a přenos informací a dat ze zdrojů k cíli.

### **Home Network**

Home Network představuje funkce CN, jež jsou prováděny a řízeny ve stejném prostředí bez ohledu na polohu místa přístupu uživatele. Home Network obsahuje specifická data o uživateli a je zodpovědný za dohled nad informacemi o uživateli.

### **Transit Network**

Transit Network je část CN, která se nachází na komunikační cestě mezi Serving Network (nebo Home Network) a vzdáleným účastníkem. [6]

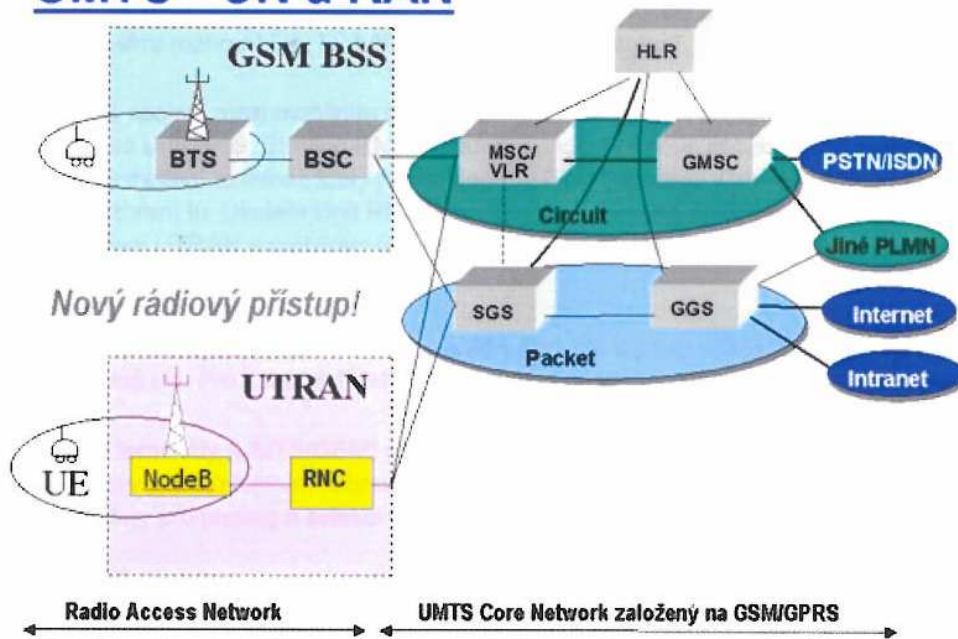
## **2.1.1 UMTS – CN a RAN**

RNS (Radio Network System)

Architektura RNS

RNS se skládá z RNC ( Radio Network Controller) a jednoho či více NodeB. NodeB je k RNC připojen skrz rozhraní  $I_{ub}$ . RNC je zodpovědné za rozhodnutí o handoverech, která vyžadují předání signálu do mobilního terminálu viz obrázek 6.

## UMTS - CN a RAN

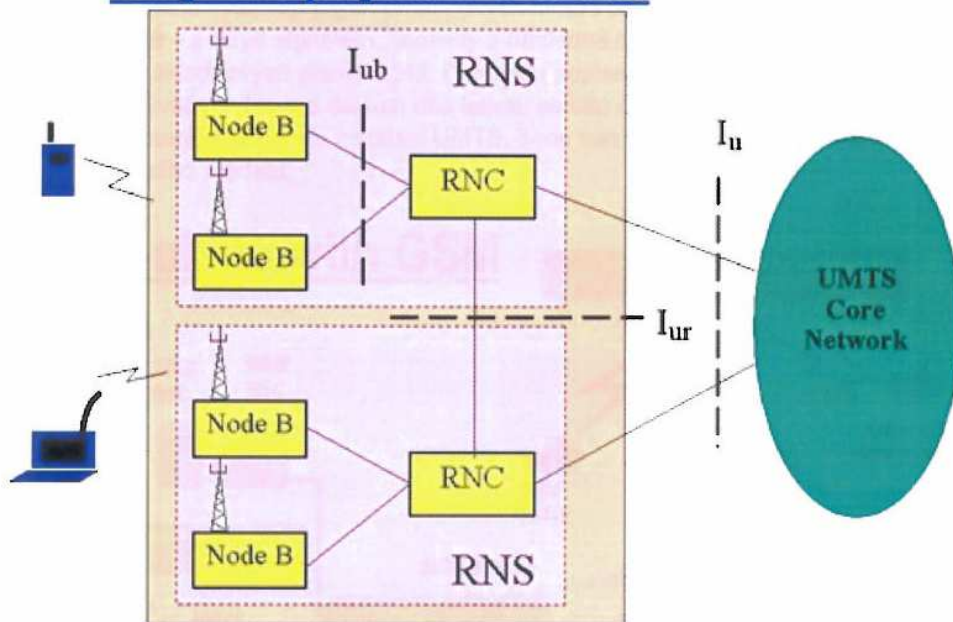


Obrázek 6 – CN a RAN

### 2.1.2 Uzly a zapojení v UTRAN

UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) je síť radiového přístupu pro UMTS. Podporuje plný roaming s rozvinutými sítěmi GSM. UTRAN má za úkol poskytovat spojení mezi CN a mobilním terminálem (nebo jiným uživatelským zařízením). Z logického hlediska zahrnuje Core Network dvě domény – PSTN/ISDN a IP, bude tedy možné připojit UTRAN buď k oběma těmto doménám, či pouze k jedné viz obrázek 7. [6]

## Uzly a zapojení v UTRAN



Obrázek 7 – Uzly a zapojení v UTRAN

### 2.1.3 Architektura UTRAN

UTRAN se skládá ze sady několika RNS (Radio Network Subsystem), jež jsou připojena ke Core Network skrz rozhraní  $I_u$ . RNS se skládá z RNC (Radio Network Controller) a jednoho či více NodeB. NodeB je k RNC připojena skrz rozhraní  $I_{ub}$ .  $I_u$ ,  $I_{ub}$  a  $I_{ur}$  jsou logická rozhraní.

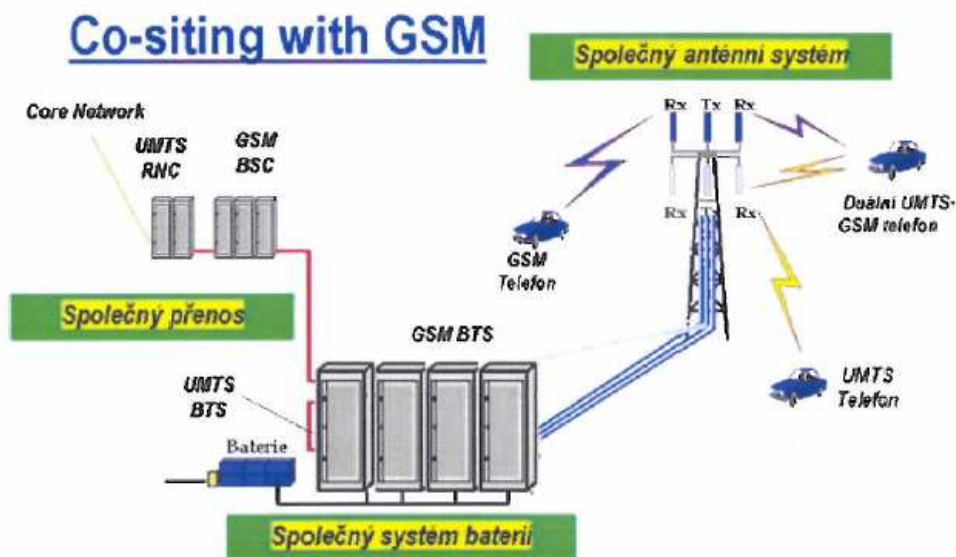
Pro každé spojení mezi mobilním terminálem a UTRAN je jedna RNS použita jako Serving RNS a ostatní fungují jako Drift RNS. Serving RNS je zodpovědná za rádiové spojení mezi mobilním terminálem a UTRAN. Pro každý mobilní terminál, který je připojen k UTRAN, existuje vždy jedna Serving RNS. Serving RNS také ovládá rozhraní  $I_u$ . Úkolem Drift RNS je podpora pro Serving RNS tím, že dodává rádiové zdroje v době, kdy spojení mezi UTRAN a mobilním terminálem vyžaduje použití buněk kontrolovaných touto Drift RNS.

#### 2.1.4 UTRAN a GSM BSS

Díky charakteru vývoje mobilních sítí a především pak evoluci v GSM bude nutná koexistence UTRAN a GSM BSS (Base Station Subsystem) v jedné síti. Pro koncepci UMTS to znamená následující požadavky:

- Duální terminály (UMTS/GSM) s podporou pro výběr buněk (z obou systémů), na kterých je možno se pohybovat v pohotovostním režimu i při volání.
- Procedury pro paging a selekci buněk budou navrženy tak, aby uměly ovládat kombinace buněk GSM a UTRAN
- Podporu pro handover mezi UMTS a GSM BSS v obou směrech

V realitě výstavby sítě UMTS a její implementace do stávající sítě GSM by bylo ideální, kdyby se daly využít všechny stávající základnové stanice tak, že by se do nich jednoduše nainstalovaly UMTS komponenty – UMTS BTS, anténní RF systém a nové přenosové zařízení. Jenže tak jednoduché to samozřejmě není a to z několika důvodů. V sítích UMTS je možno přepoužívat frekvence bez toho, aby docházelo ke škodlivému rušení mezi buňkami což je v sítích GSM nemyslitelné. Dále se tyto systémy liší ve frekvenčním pásmu, jež využívají a navíc využívají jiných přístupových metod pro své radiové sítě. To znamená, že z hlediska plánování sítě – pokrytí signálem, kapacity a následná optimalizace bude možné využít pouze zlomek ze dnes existujících základnových stanic GSM. Tam, kde operátoři budou moci použít základnové stanice GSM pro instalaci UMTS, bude taková GSM/UMTS základnová stanice vypadat víceméně dle obrázku 8.



Obrázek 8 – Model společného technologického systému

## 2.2 Přenos digitálních signálů

Přenosové prostředky v digitálních sítích mají za úkol přenášet digitální signály s určitou přenosovou rychlostí  $v_p$  v bitech za sekundu. Ta vyplývá na jedné straně z potřeb požadované služby, na druhé straně je limitována vlastnostmi přenosového prostředí. Nároky kladené na digitální přenosové prostředí vyplývají z počtu stavů  $M$  a četnosti jejich změn vyjádřených modulační rychlostí  $v_m$  v Bd (odpovídá pojmu symbolová rychlost v symbolech/ s). Každý ze stavů vyjadřuje určitou kombinaci bitů přenášeného digitálního signálu. Počet stavů  $M$  potřebných pro vyjádření všech kombinací  $b$  bitů lze vyjádřit jako mocninu dvou

$$M = 2^b$$

Základní vztah mezi přenosovou a modulační rychlostí lze uvést za pomoci inverzní funkce, tj. logaritmu o základu 2 takto:

$$v_p = v_m \cdot b = v_m \cdot \log_2 M \quad [\text{bit/s; Bd, -}]$$

Při přenosu v základním pásmu lze teoreticky stanovit minimální šířku kmitočtového pásma pro zachování kompletního informačního obsahu tak, že horní okraj pásma bude číselně odpovídat polovině modulační rychlosti. V praxi je však nutno zachovat určitou rezervu.

Zdálo by se, že bude účelné volit maximální počet stavů, abychom pro požadovanou přenosovou rychlost obsadili co nejužší kmitočtové pásmo. Při přenosu po metalických vedeních je to zvláště významný požadavek, protože s rostoucím kmitočtem podstatně stoupá útlum vedení. Avšak počet stavů je limitován úrovní rušení, jelikož je nutné zajistit minimální odstup sousedních stavů tak, aby byly bezchybně rozlišitelné. Pro různé aplikace a přenosová prostředí je nutné zvolit vhodnou metodu přenosu (linkový kód, modulaci) tak, aby výkonové spektrum signálu zabíralo minimální šířku pásma při dodržení vyhovujícího odstupu signálu od šumu a při dodržení dalších specifických požadavků. [2]

Pro přenos digitálního signálu v přeloženém pásmu se používají digitální modulační metody založené na ovlivňování fáze, kmitočtu nebo amplitudy nosného signálu. Můžeme se s nimi setkat jak u radiových systémů, tak při přenosu metalickými vedeními všude tam, kde je třeba frekvenčně sdílet přenosové prostředí.

Modulace spočívá v ovlivňování nosné vlny modulačním signálem, čímž vzniká modulovaná vlna. Podle způsobu, jakým se ovlivňuje nosná vlna lze rozeznat tři základní typy modulací: amplitudová (AM), frekvenční (FM), a fázová (PM). Při digitálních modulacích nabývá modulační signál omezeného počtu diskrétních hodnot. Specifický způsob ovlivňování nosné vlny diskrétním signálem (v nejjednodušším případě nabývajícího dvou stavů) se nazývá klíčování (shift keying). Digitální modulační metody pak můžeme v souladu s obecným dělením modulací rozdělit takto:

- Amplitudové klíčování ASK (Amplitude Shift Keying)
- Frekvenční klíčování FSK (Frequency Shift Keying)
- Fázové klíčování PSK (Phase Shift Keying)

Amplitudové klíčování se kombinuje s vícestavovým kódováním a bývá prakticky označováno též jako pulsně-amplitudová modulace PAM. Frekvenční klíčování se používá při nižších nárocích na efektivitu přenosu. Nejvíce rozšířené je fázové klíčování PSK a zejména kombinace amplitudového a fázového klíčování, označované zkratkou

QASK – kvadrurní amplitudové klíčování, nebo častěji ve shodě s odpovídající analogovou modulační metodou QAM – kvadrurní amplitudová modulace či jako amplitudově-fázové klíčování bez nosné CAP (Carrierless Amplitude and Phase).

Modulační metody můžeme rozdělit do dvou oblastí podle počtu využitých nosných frekvencí:

- Modulace s jednou nosnou označovaná zkratkou **SCM** (Single Carrier Modulation), což jsou modulace PSK, QAM, CAP apod.
- Modulace s více nosnými označovaná zkratkou **MCM** (Multi-Carrier Modulation) – modulace DMT (Discrete Multi-Tone), se kterou se setkáme u přípojek ADSL a VDSL, dále OQAM (Orthogonally multiplexed Quadrature Amplitude Modulation), OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) používaná např. v digitálním televizním vysílání formátu DVB (Digital Video Broadcast)

Dvojkové klíčování **BPSK** mívá vyjádřeny dva stavy nosnou vlnou s fází 0 a  $\pi$ . Čtyřstavové klíčování fáze 4-PSK je pak charakterizováno čtyřmi stavy nosné s fází 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$ . Modulace **QPSK** je mírně modifikovaná 4-PSK, liší se pouze pootočením konstelace (množiny stavů fáze) o  $\pi/4$ . Čtyřstavová fázová modulace QPSK je totožná s modulací 4-QAM. Kvadrurní amplitudová modulace však v praxi využívá většího počtu stavů díky kombinaci amplitudového a fázového klíčování. [2]

### 2.2.1 Modulace M-QAM, M-ASK a M-PSK

Modulace M-QAM, ale také modulace M-ASK a M-PSK lze realizovat pomocí tzv. kvadrurních modulátorů, označovaných též jako vektorové nebo IQ modulátory. Ty bývají koncipovány jako univerzální modulační jednotky, které lze vhodným naprogramováním jejich kodéru adaptovat na libovolný z modulačních způsobů.

Činnost kvadrurních diskretních modulátorů je založena na skutečnosti, že libovolný vf nebo mikrovlnný signál o konstantním úhlovém kmitočtu  $\omega_c$  a o libovolné časově proměnné fázi  $\varphi_c(t)$  a o libovolné časově proměnné amplitudě  $U_c(t)$  lze vyjádřit v obvyklém tvaru:

$$u(t) = U_c(t) \cdot \sin[\omega_c + \varphi_c(t)]$$

Tentýž signál je však možné složit také ze dvou složek, s tímtež kmitočtem  $\omega_c$ , avšak s konstantní vzájemnou fází  $90^\circ$  (označovaných jako složky kvadrurní) a s amplitudami  $I(t)$ ,  $Q(t)$ , tedy

$$u(t) = I(t) \cdot \sin \omega_c(t) + Q(t) \cos \omega_c(t)$$

Ke každému amplitudově fázovému stavu signálu M-QAM odpovídá vždy zcela určitá velikost těchto veličin. Tak například u modulace 4-PSK má amplituda jistou konstantní velikost  $U_c(t) = U_{c0}$ , fáze pak může nabývat čtyř diskretních hodnot, např.  $\varphi_c(t) = 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$ . Amplitudy  $I(t)$ ,  $Q(t)$  potom nabývají dvou diskretních hodnot, např.  $+1$  a  $-1$ . U modulace 16-QAM amplitudy  $I(t)$ ,  $Q(t)$  zaujímají čtyři diskretní hodnoty. [1]

### 2.2.2 Modulace 16-QAM

V případě modulace 16-QAM se ze vstupní sériové dvojkové posloupnosti vydělují skupiny po 4 bitů – kvadbity [a b c d]. Každý kvadbit je na výstupu principiálně vyjádřen jedním signálovým prvkem  $S_k(t) = C_k \cdot \cos(\omega t + \varphi_k)$  s příslušnou amplitudou  $A_k$  a fází  $\varphi_k$ . Celkem se může vyskytnout 16 různých kvadbitů, kterým musíme přiřadit 16 různých kombinací amplitud  $C_k$  a fází  $\varphi_k$ . Kvadbit vstupního toku dat [a b c d] se rozdělí na dva díbity. Díbit [a b] bude směřován do horní větve modulátoru a díbit [c d] bude směřován do dolní větve. Kombinace díbitu [a b] je zakódována pomocí PAM do jedné ze čtyř úrovní  $+A1, -A1, +A2, -A2$  a filtrováním pro redukci šířky pásma pomocí dolní propusti získáme modulační signál **I** soufázové cesty. Obdobně pro kvadrurní cestu **Q**. **I** a **Q** představují vstupní modulační signály pro modulátory s nosnou frekvencí  $f_c$  posunutou pro kvadrurní cestu o  $90^\circ$ .

Použitím vícecestavové modulace ušetříme frekvenční pásmo, ovšem se vzrůstem počtu stavů modulace se signál stává mnohem náchylnější na rušení. Pro modulaci 16-QAM se udává nutný odstup signálu od šumu 21,5 dB pro chybovost řádově  $10^{-7}$  až  $10^{-6}$ . S každým dalším přidaným bitem ke skupině [a b c d], čili se zdvojnásobením počtu



stavů, se požadavek zvětšuje o 3 dB. Z tohoto důvodu je nutné volit kompromis mezi chybovostí, přenosovou rychlostí a šířkou použitého frekvenčního spektra. [2]

## 2.3 Přístupové metody

V buněčných systémech je mobilní telefon nebo terminál připojen k síti skrz základnovou stanici, která vysílá signály směrem k mobilnímu telefonu a zároveň z něj signály přijímá. Toto připojení je bezdrátové, využívá radiových vln v radiovém rozhraní a tím vytváří připojení. Styl, jakým využíváme těchto radiových vln, se nazývá přístupové metody a existuje jich celé množství. Nejčastěji využívané přístupové metody v radiových sítích jsou FDMA (frequency Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access) a CDMA (Code Division Multiple Access).

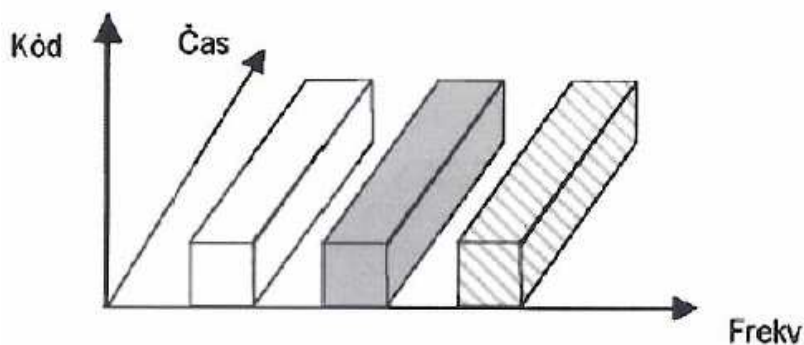
FDMA se používá v analogové mobilní telefonii, tedy v první generaci bezdrátových systémů. Každému uživateli je zde přiřazena určitá část RF spektra. FDMA povoluje vždy jen jednoho uživatele na jeden kanál, protože tento uživatel má kanál přiřazen pouze pro sebe, na sto procent celé doby.

V TDMA je každému uživateli taktéž přiřazena určitá část RF spektra, ale tentokrát mnohonásobní uživatelé sdílejí RF nosič na bázi časových slotů. Každý z uživatelů obměňuje jejich použití v RF kanálu. Je zde použito frekvenční dělení, přičemž tyto nosiče jsou dále rozděleny do několika časových slotů pro jeden nosič (3 pro TDMA-AMPS, 8 pro GSM Full Rate, 16 pro GSM Half Rate).

V CDMA neexistuje žádné časové dělení a všichni uživatelé používají celý nosič po celou dobu. CDMA je širokopásmový komunikační systém, ve kterém mají mnohonásobní uživatelé přístup do jednoho frekvenčního pásma. Segment přiřazené frekvence pro tento jeden nosič je větší než ten, který je použitý v FDMA a TDMA. K rozeznání různých uživatelů, kteří používají jedno frekvenční pásmo simultánně, má každý uživatel přidělen binární kód.

### 2.3.1 FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Ve schématech FDMA (viz obrázek 9) je celá volná frekvence rozdělena do pásem a každé z nich je přiřazeno stanici. FDMA je charakteristické souvislým přístupem k telefonu v daném frekvenčním pásmu. Mezi stanicemi není zapotřebí žádné koordinace nebo synchronizace. Každá z nich může používat své vlastní pásmo bez rušení. FDMA je ale neefektivní v době nevyrovnaného zatížení. I když stanice zrovna nevysílá, její sdílená část spektra nemůže být použita žádnými jinými stanicemi. Systémy FDMA nejsou nijak flexibilní a to znamená, že přidání každé nové stanice vyžaduje modifikace zařízení. Tato technika je výhodná ve své jednoduchosti a spoléhá se na využití prověřeného zařízení, naopak chybějící flexibilita v případě opětovné konfigurace, jako je přizpůsobení různým stupňům kapacity je značnou nevýhodou tohoto systému. [6]



Obrázek 9 – Frekvenční multiplex (FDMA)

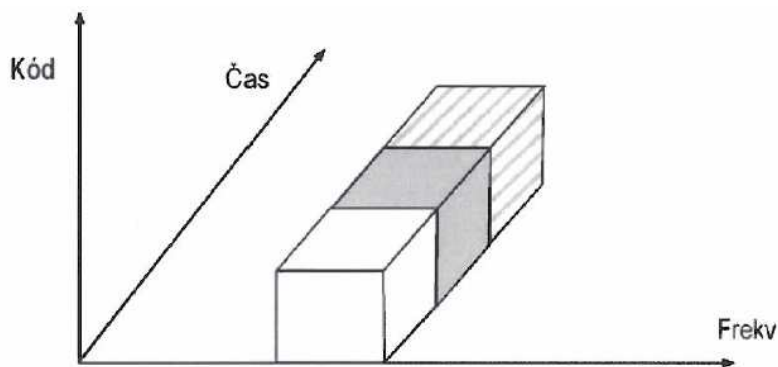
### 2.3.2 TDMA (Time Division Multiple Access)

Ve schématech TDMA (viz obrázek 10) je čas rozdělen do časových slotů (dílčích rámců). Každý časový slot je před-přiřazen stanici. V čase přiděleného slotu je každé stanici povoleno volně vysílat a všechny systémové prostředky jsou věnovány stanici. Přiřazování slotů se děje periodicky a každá perioda se nazývá cyklus nebo rámeček. Během každého jednoho cyklu může být stanici přiřazen jeden či více časových slotů. Stanice musí být synchronizovány tak, že každá stanice přesně ví, kdy má vysílat. Hlavní nevýhodou

TDMA je, že každá stanice musí vždy mít fixní alokaci kanálového času, ať už má nebo nemá data k přenosu. Ve většině aplikací ovšem existují hlavně požadavky přerušovaného přenosu. Pro tyto aplikace je fixní alokace kanálového času ztrátou prostředků.

Výhody: V každém okamžiku zabírá jediná stanice celou šíři kanálu. Vysoká přenosová kapacita pro velký počet stanic. Není třeba kontrolovat vysílací výkon stanic. Digitální zpracování signálu vede k funkční jednoduchosti. Všechny stanice vysílají a přijímají na stejné frekvenci a to znamená zjednodušené vyladění.

Nevýhody: Je nutná synchronizace. Dále je nutné dimenzovat stanice pro přenos ve vysokou propustnost. Systém využívá nákladné zařízení, i když tyto mohou být kompenzovány lepším využitím kanálů a tím i lepší propustností. [6]



Obrázek 10 – Časový multiplex (TDMA)

### 2.3.3 CDMA (Code Division Multiple Access)

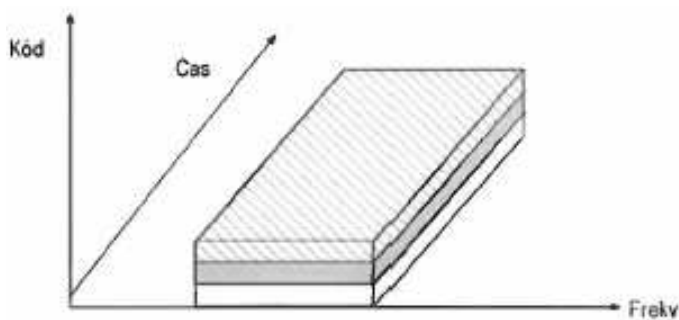
Techniky FDMA a TDMA neumožňují žádné časové překrývání přenosů jednotlivých stanic. Bezkonfliktní protokol, který povoluje tento překrývaný přenos, jak v technice frekvenčního dělení (FD, Frequency Division) i časového dělení (TD, Time Division), je CDMA. Obecně je CDMA označován jako širokospektrový komunikační systém, ve kterém mají mnohonásobní uživatelé přístup do stejného frekvenčního pásma.

Bezkonfliktní vlastnost CDMA je dosažena použitím quasi-ortogonálních (kolmých) signálů v kombinaci se shodnými filtry v přijímacích stanicích. Využitím mnohonásobných ortogonálních signálů (informace, jež se mezi sebou neruší) se rozšíří pásmo potřebné pro přenos. V CDMA viz obrázek 11 má každá stanice přiřazenou určitou kódovou sekvenci, která je modulovaná na nosiči a navrch toho jsou za pomoci tzv. Scrambling kódu modulována digitální data. V systémech CDMA není tedy zapotřebí žádného plánování frekvencí.

Výhody: Jednoduchost operace, protože mezi mobilními stanicemi není zapotřebí synchronizace přenosu. Nabízí také vlastnosti ochrany proti rušení z jiných systémů.

Nevýhody: Hlavní nevýhodou je nízká propustnost.

[6]



Obrázek 11 – Kódový multiplex (CDMA)

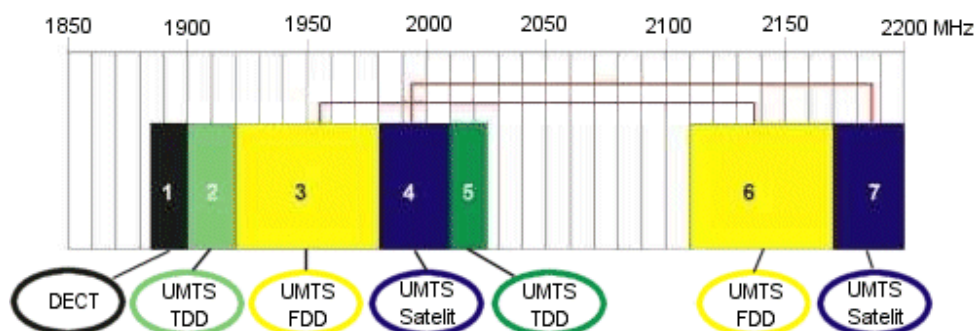
### 2.3.4 WCDMA pro UMTS

Pro UMTS je použita varianta WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), širokopásmová přístupová metoda. V CDMA neexistuje žádné časové dělení a všichni uživatelé používají přidělené frekvenční pásmo po celou dobu. K rozeznání různých uživatelů, kteří používají jedno frekvenční pásmo současně, se používá uživateli přidělený binární kód. Duplexní metody pro WCDMA jsou dvě:

- FDD (Frequency Division Duplex) pro párové pásmo
- TDD (Time Division Duplex) pro pásmo nepárové

### 2.3.4.1 Alokace spektra

Spektrum se skládá z jednoho párového pásma (1920-1980 MHz + 2110-2170 MHz) a jednoho nepárového pásma (1910-1920 MHz + 2010-2025 MHz) (viz. obrázek 12 a tabulka 1.)



Obrázek 12 – Alokace spektra

Pro nepárová pásma (časově dělený duplex TDD) byla pro UMTS vybrána technologie TD-CDMA, která je vhodná pro asymetrické vysokorychlostní datové přenosy, pokrytí hlavně uvnitř budov. Pro párová pásma (s frekvenčním duplexem FDD) byla vybrána pro UMTS technologie W-CDMA, která je zase vhodnější pro velkoplošné pokrytí a symetrické středně rychlé datové služby, ale je mnohem náročnější na regulaci výkonu na straně mobilního telefonu i základnové stanice Node B. Tyto dvě technologie dohromady tvoří společné rádiové rozhraní označované zkratkou UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) [7]

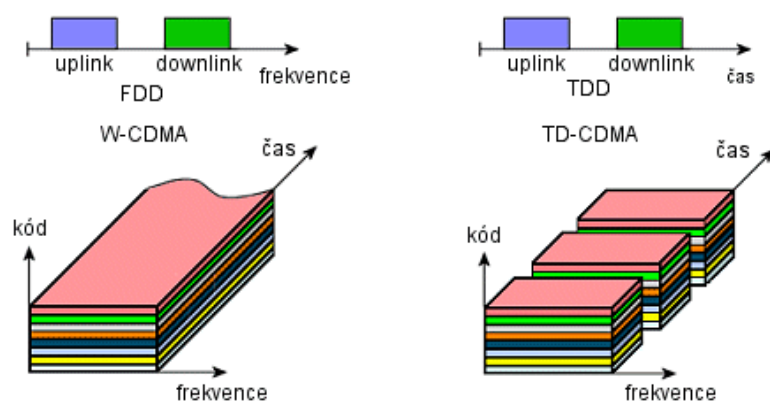
Číslo na obrázku	Frekvenční rozsah	Šířka pásma	Použitá technologie
pásma č. 1	1885 - 1900 MHz	15 MHz	DECT
pásma č. 2	1900 - 1920 MHz	20 MHz	TD-CDMA
pásma č. 3	1920 - 1980 MHz	60 MHz	W-CDMA – Uplink
pásma č. 4	1980 - 2010 MHz	30 MHz	Satelitní složka
pásma č. 5	2010 - 2025 MHz	15 MHz	TD-CDMA
pásma č. 6	2110 - 2170 MHz	60 MHz	W-CDMA – Downlink
pásma č. 7	2170 - 2200 MHz	30 MHz	Satelitní složka

Tabulka 1 – Alokace spektra

### 2.3.4.2 Párové a nepárové pásmo, TDD a FDD

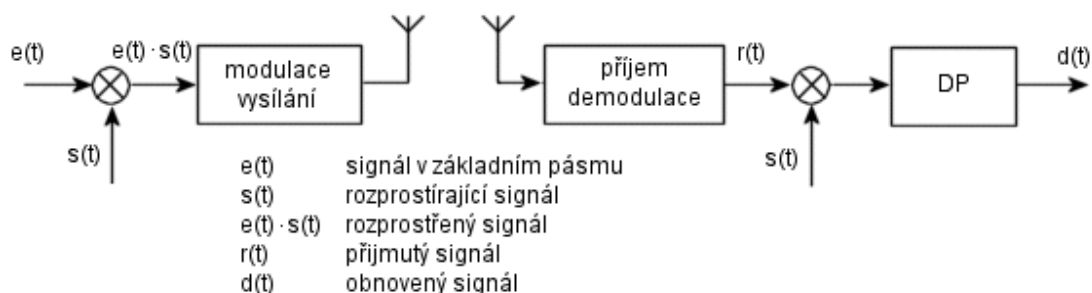
#### FDD

**UTRA** (UMTS Terrestrial Radio Access - UMTS pozemský rádiový přístup) pro duplexní metodu FDD využívá jako metodu mnohonásobného přístupu širokopásmovou **W-CDMA** (Wideband CDMA) s rozprostíráním přímou posloupností **DS-SS** (Direct Sequence CDMA). Návrh je harmonizován mezi evropským ETSI a japonským ARIB - hlavní parametry na sestupné trase pocházejí z návrhu ARIB, parametry vzestupné trasy vzešly z návrhu ETSI.



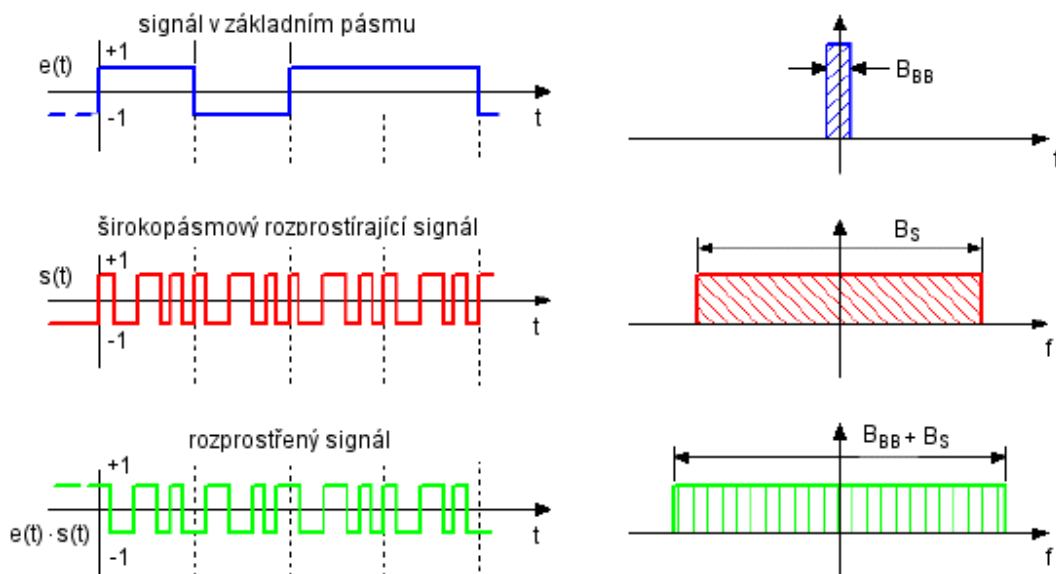
Obrázek 13 – W-CDMA a TD-CDMA

Pomocí obrázků 13 a 14 je stručně nastíněn princip fungování techniky DS-CDMA. Datový signál v základním pásmu je pomocí kombinace s rozprostírajícím signálem rozprostřen do širšího frekvenčního pásma. Tento rozprostírající signál má mnohem vyšší bitovou rychlost než signál kódovaný. U rozprostírajícího signálu se však nehovoří o bitech ale o čípech (chip) a o čipové rychlosti (chip rate). Poměr čipové rychlosti rozprostírajícího kódu a bitové rychlosti kódovaného signálu se nazývá **rozprostírající faktor** (spreading factor). Rozprostřený signál je dále modulován a vysílán. Na straně přijímače je přijat rozprostřený signál a pomocí stejného (známého) kódu, jakým byl signál rozprostřen je opět obnoven. Důležitou podmínkou při obnově signálu je správná synchronizace přijatého signálu a kódu.



Obrázek 14 – Rozprostření signálu

Na obrázku 15 je výše popsany princip zobrazen ve frekvenční oblasti. Zobrazen je pouze případ, kdy dochází k rozprostírání signálu. V případě obnovy signálu by byla situace obdobná, proces by probíhal opačným směrem a bylo by nutné brát v úvahu výše zmíněnou správnou synchronizaci.



Obrázek 15 – Rozprostření signálu ve frekvenční oblasti

Výše popsaným způsobem je zakódováno více uživatelských kanálů najednou a po následující multiplexaci jsou vysílány všechny najednou ve stejném, širokém pásmu. Každý přijímač tedy přijme všechny zakódované kanály a pomocí svého, unikátního kódu obnoví pouze signál jemu příslušející.

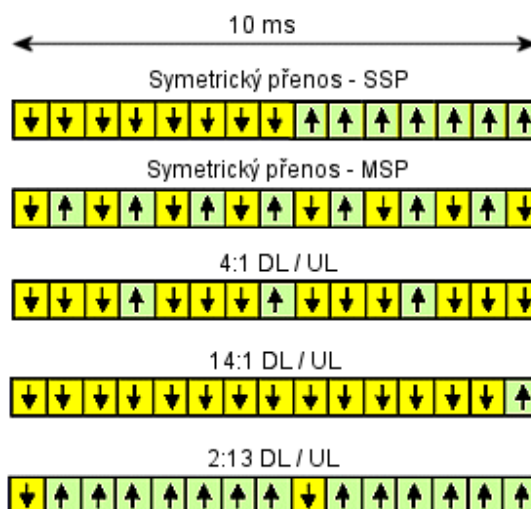
Režim FDD poskytuje maximální přenosovou rychlost 384 kbit/s. Využit bude pro pokrytí městské a venkovské zástavby a nabízí vysoký stupeň mobility. Přenosová rychlost módu FDD se mění na základě aktuální potřeby uživatele. Většinu spektra pro UMTS využívá právě režim FDD, doporučeno však je kombinovat párové a nepárové frekvence. [7]

## TDD

Pro režim TDD využívá **UTRA** (UMTS Terrestrial Radio Acces) jako metodu mnohonásobného přístupu širokopásmovou W-CDMA v kombinaci s časovým rozdělením vzestupných a sestupných tras. Jde tedy o kombinaci TDMA/CDMA a metoda je nazvána **TD-CDMA** (Time Division CDMA). Mnoho parametrů (délka rámce, počet časových intervalů, ...) je zde shodných s režimem FDD, některé se odlišují. Výhodou tohoto režimu je jednoduché vytvoření asymetrické komunikace, kdy je v každém směru použita jiná přenosová rychlost.

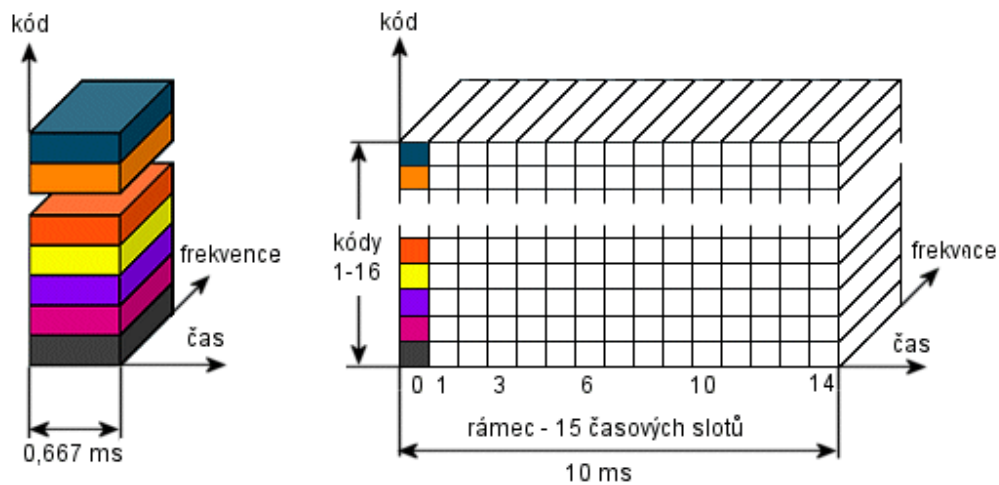


I zde (stejně jako v režimu FDD) jsou informace přenášeny v rámcích o době trvání 10 ms. Rámce jsou dále rozděleny na 15 časových intervalů (slotů) o délce 0,667 ms, které jsou přiděleny různým uživatelům. Protože je zde využita duplexní technika TDD, mohou být některé časové intervaly v rámci použity pro sestupnou trasu, jiné pro trasu vzestupnou. Dělení mezi těmito směry je proměnlivé a je vždy nastavováno podle aktuální situace, pouze první časový slot slouží vždy pro trasu sestupnou. V celém rámci se může nacházet jeden bod změny směru (Single Switching Point) nebo může být směr komunikace měněn několikrát (Multiple Switching Points). Na obrázku 16 je znázorněno několik příkladů rozdělení časových intervalů pro jednotlivé směry komunikace včetně dvou krajních případů.



Obrázek 16 – Rozdělení časových slotů pro jednotlivé směry

Vedle tohoto časového dělení je zde uvnitř časových intervalů pro další oddělení jednotlivých kanálů použito rozprostírajících kódů (maximálně 16). V rámci jednoho slotu je tak umožněna současná komunikace na více uživatelských kanálech.

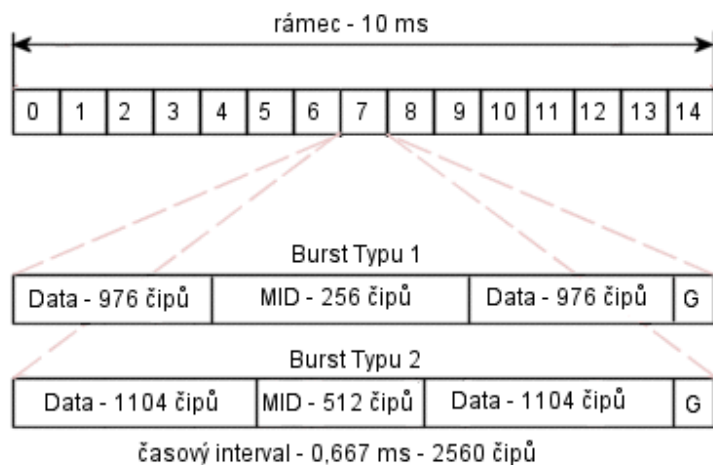


Obrázek 17 – kódový multiplex

Existují dvě možnosti přidělování kódu uživatelům:

- Více kódů s konstantním rozptřením (**Multi Code with Fixed Spreading**):  
Přenosová rychlost v rámci jednoho časového intervalu je stále stejná a přenosová kapacita pro konkrétního uživatele v tomto slotu je zvyšována přidělováním dalších kódů, které jsou pak používány současně. Tyto kódy mohou být přiděleny jednomu uživateli nebo mohou být rozděleny mezi uživatelů více.
- Jeden kód s proměnlivým rozptřením (**Single Code with Variable Spreading**):  
Opět jsou různým uživatelům v rámci jednoho časového slotu přidělovány různé rozptřítající kódy, ale jeden uživatel má vždy přidělen pouze jediný kód. Jestliže uživatel požaduje větší přenosovou rychlost, je zvýšena přenosová rychlost tohoto časového intervalu, tedy snížen rozptřítající faktor přiděleného kódu.

Přenášené bity jsou tedy v režimu TDD opět děleny do rámců a časových intervalů viz obrázek 18. V jednotlivých časových intervalech jsou dále bity přenášeny v blocích, označovaných pojmem burst. Každý burst obsahuje řídicí informace a uživatelská data rozptřená rozptřítajícím kódem. Na závěr každého burstu je vložena ochranná doba (Guard Period). Počet přenášených bitů tedy závisí na rozptřítajícím faktoru, definován je pouze počet čipů. Definovány jsou dva základní typy burstů podle počtu přenášené informace v datové části a ve vložené části pro řídicí informace (midamble).



Obrázek 18 – Dělení přenášených bitů

- Burst typu 1 - může být použit na vzestupné i sestupné trase nezávisle na počtu uživatelů v časovém intervalu
- Burst typu 2 - může být použit na vzestupné trase při počtu uživatelů v časovém slotu menším než 4 a sestupné trase nezávisle na počtu uživatelů v časovém intervalu

Režim TDD je určen především pro pokrytí městské zástavby, míst kde je vysoká koncentrace uživatelů a kde je potřeba nabídnout vysokou přenosovou rychlost. Pokrývá tedy většinou pouze malé oblasti (mikrobuňky a pikobuňky). Ideálně se hodí pro vyšší přenosové rychlosti až do 2 Mbit/s při malé mobilitě. Díky schopnosti zvládnout asymetrický tok dat se tento režim dokonale hodí pro bezdrátový přístup do podnikových sítí. [7]

## 2.4 Handovery v UMTS

**Handover** - Obecně je handover považován za změnu fyzických kanálů přiřazených telefonátu v době tohoto telefonátu.

### **2.4.1 Hard Handover**

Během tohoto handoveru je telefonu nařízeno přesunout z jednoho kanálu na druhý a přijímat pouze z jedné základnové stanice v určitém čase. Handovery v sítích GSM jsou díky rozdílným frekvencím mezi základnovými stanicemi prováděny jako Hard Handovery.

### **2.4.2 Soft Handover**

Tento handover probíhá v UMTS mezi dvěma různými NodeB. V soft handoveru náleží telefon dvěma NodeB během doby pohybu mezi nimi a to v praxi znamená, že hovory nebudou během handoveru (a pohybu mezi dvěma NodeB) padat. V aktivním módu telefon průběžně vyhledává nové NodeB ve stávající frekvenci, během tohoto vyhledávání monitoruje přijímanou sílu signálu ze sousedních NodeB, srovnává je se sadou svých prahových hodnot a tyto informace pak adekvátně zasílá zpět do NodeB. Na základě těchto informací síť (respektive RNC) nařizuje telefonu přidat nebo ubrat vazby na některé NodeB ze své aktivní sady. Aktivní sada tedy obsahuje všechny nejbližší sousední NodeB, vhodné pro Handover.

### **2.4.3 Softer Handover**

Tento handover je speciálním případem Soft Handoveru mezi jednotlivými sektory (buňkami), jež patří jedné NodeB. Tento handover tedy probíhá uvnitř jedné NodeB. Koncepčně je Softer Handover prováděn stejným způsobem jako Soft Handover. Hlavní rozdíly existují zejména na úrovni implementace uvnitř sítě. Handover mezi buňkami, jež používají stejnou radiovou frekvenci, se nazývá Intra-frequency Handover (mezi rozdílnými frekvencemi). Inter-frequency Handover je vždy vykonáván jako Hard Handover.

V kombinovaných sítích UMTS a GSM může docházet k Handoverům mezi NodeB a základnovou stanicí a takový handover pak probíhá vždy jako Hard Handover. [7]

## 2.5 Kontrola výkonu

Zatímco v FDMA má každé spojení svoji vlastní frekvenci a v TDMA má každé spojení jeden vlastní časový slot, v systémech CDMA sdílí uživatelé stejnou frekvenci a jejich rušení je minimalizováno pomocí rozdílných scrambling kódů. CDMA systémy tedy svými vlastnostmi dovolují vysokou izolaci mezi spojeními a to nazýváme ortogonalitou.

Máme-li několik uživatelů ve stejném kmitočtovém pásmu, síla přijímaného signálu bude různá pro různé telefony a toto má za následek tzv. Near-far Interference Problem (Near-far se vztahuje k síle signálu z blízkých a vzdálených telefonů). Tento problém může způsobit nižší výkonnost a snížit kapacitu v systému. A proto je zde důležitá kontrola výkonu. Jak taková kontrola výkonu funguje, si můžeme jednoduše vysvětlit na následujícím příkladu: Do prázdné místnosti vstoupí zrovna dva lidé, jež hovoří anglicky. Za okamžik do té samé místnosti vstoupí další dva lidé, ti hovoří španělsky, a poté se celá místnost zaplní lidmi hovořícími různými jazyky. Každý z nich při hovoru používá stejný kmitočtový rozsah, ale hovoří jiným jazykem (tzn. Používají rozdílné kódy) a každý z nich může konverzovat s partnerem tak dlouho, dokud všichni lidé hovoří dostatečně hlasitě na to, aby jejich partneři slyšely (kontrola výkonu). Pokud všichni lidé začnou mluvit příliš hlasitě (špatná kontrola výkonu), pak budou všichni mít problém mezi sebou komunikovat, protože se budou navzájem rušit. Čím vyšší je počet uživatelů na stejné frekvenci ve stejnou dobu, tím nižší musí být výkon všech. Kontrola výkonu k minimalizování hladiny rušení v přijímači základnové stanice je efektivní pouze pro telefony, jež jsou přiřazeny této stanici.

## 3 Rozdíly instalace UMTS a GSM

Tyto systémy jsou ve své technologické podstatě zcela rozdílnými, ale z hlediska montáže na základnové stanici se tolik neliší. V této kapitole si představíme tyto systémy z pohledu výstavby a montáže na jednotlivých lokalitách.

### **3.1 Inženýrská činnost**

Dřív, než je vůbec možno na novou lokalitu vstoupit a začít s montáží, je třeba, aby byly vyřízeny určité právní, vlastnické či nájemní vztahy. Musí být vyřízené stavební povolení s termínem kolaudace a jiné nezbytné kroky související se stavbou nového objektu. Samozřejmě lokalitu si vybírá operátor z několika možných alternativ a tu nejschůdnější či nejvýhodnější využije.

### **3.2 Stavební práce**

Je-li vše správně vyřízeno a povoleno, mohou započít stavební práce. Tyto práce sestávají z montáže ocelových či jiných nosných konstrukcí, čistě stavební zednické práce, úpravy nebo vytvoření nové komunikace k základnové stanici, dodání technologického kontejneru, vytvoření elektro přípojky aj.

Typ technologické věže (příhradová, VKV stožáry, sweesite, trubka betonová či ocelová, aj.) závisí na místě lokality, důležitosti nové stanice (vytíženost stanice, mikrovlákný most, použití vícero technologií...) a samozřejmě na výši počáteční investice operátora. Technologický kontejner se vyrábí a dodává přesně podle zadaných parametrů operátora. Existuje mnoho typů těchto kontejnerů lišící se hlavně vzhledově a tvarově, ale uvnitř musí standardně obsahovat rozvodnou skříň, stojan na baterie, stabilizovaný zdroj Ascom, nyní Delta, kabelové rošty, schválené protipožární prostupy, klimatizační jednotku, požární čidlo, dveřní kontakt, teplotní čidlo, alarmovou a napájecí jednotku CM2, přímotop a ventilátor. Takto vybavený prostor je již připraven na samotnou montáž technologie.

### **3.3 Montáž technologie**

Samotná montáž technologie ať už GSM nebo UMTS s sebou přináší určité technologické postupy, které nelze vynechat. Jedná se o důkladné prostudování aktuálního

projektu, následné vytvoření technické specifikace a dále samotná realizace montáže. Ještě než je možno připravenou technologii pustit do provozu je nezbytné udělat příslušná měření a testy.

### **3.3.1 Technická specifikace**

Technická specifikace je ve své podstatě seznam technologie určené k vyzvednutí ze skladu operátora viz příloha 1. Podrobně určuje jaký koaxiální kabel bude použit, jaká bude zapotřebí jeho délka s určitou rezervou. Určuje typ a počet antén, konektory, použitou technologii, předzesilovače a další nezbytné komponenty k sestavení základnové stanice. Je třeba specifikaci udělat ještě dřív, než je možné na lokalitě započít montážní práce.

Aby bylo možno tuto specifikaci vůbec vytvořit musí být k dispozici ještě dva dokumenty. Jedná se o samotný projekt lokality a tzv. Site configuration. Z projektu je možné vyčíst a z určitou rezervou správně vypočíst délky kabelů, umístění technologie, umístění antén na věži atd. Site configuration viz. příloha 2 je určité zadání s parametry použité technologie nové či rekonfigurované stanice. Uvádí počet sektorů na lokalitě (počet směrů do kterých se má vysílat), azimuty a tzv. tilty – mechanické náklony antén udávané ve stupních. Dále použitou technologii (DE34 nebo Ultrasite u GSM), konfiguraci pro danou lokalitu, počet použitých jednotek tzv. TRXů do sektoru nebo seznam IP adres, které se mají použít (UMTS).

Po prostudování těchto dvou dokumentů je možno dokončit samotnou technickou specifikaci.

### **3.3.2 Instalace zařízení**

Instalaci zařízení můžeme rozdělit hned do několika kroků, jejichž posloupnost je nutno zvážit vzhledem k povětrnostním podmínkám. Jedná se o postavení mikrovlnného pojítka, montáž venkovních antén s natažením koaxiálních kabelů a připravení technologické místnosti z hlediska funkčnosti zařízení a funkčnosti externích alarmů ke commissioningu (oživení, spuštění stanice).

### 3.3.2.1 Montáž mikrovlnného spoje

Mikrovlnné spojenie zaisťuje bezdrátový rádiový prenos medzi jednotlivými stanicami. Bez tohoto datového spoje by nebylo možno základnovou stanicou vôbec oživiť. Preto sa kladie veľký dôraz na kvalitu a zabezpečenie chodu spoja i za veľmi nepriaznivých povetnostných podmienok. Kvalita spojenia sa nazýva úroveň a udáva sa v decibelech.

Telefónica O2 Czech Republic používa mikrovlnné spoje Nokia DMR (dnes již veľmi vzácně) a MINI-LINK C alebo novější verze MINI-LINK E od firmy Ericsson viz. obrázek 19. atd.

Tyto spoje lze pohodlně použít až na vzdálenosti několika desítek kilometrů. Samozřejmě za předpokladu správného zvolení průměru paraboly (0,2m; 0,3m; 0,6m; 1,2m; 3m...), frekvenčního pásma (např. 7 GHz) a podpásma, správného nastavení vysílacího výkonu.



Obrázek 19 – Příklad použití MW MINI-LINK E

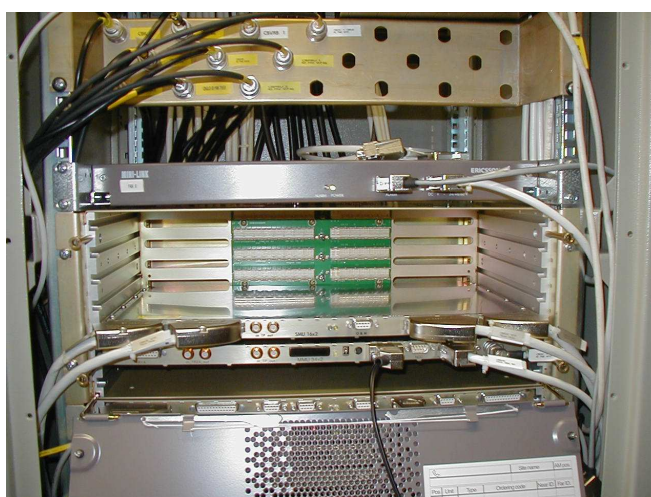


Dalším důležitým parametrem pro použití na lokalitách s vícero druhy technologií je přenosová kapacita. MINI-LINK E umožňuje kapacitu až 16 plnohodnotných 2 Mbitů, odtud také označení kapacity v tomto případě 16 x 2. Například je-li na lokalitě GSM, CDMA a UMTS bude zapotřebí nejméně 8 dvoumegabitů. Většinou s přidáním nové technologie, ať už CDMA nebo UMTS přichází také požadavek na navýšení kapacity MW spoje.

Nejednodušší sestava se skládá z dvou parabolických antén stejného nebo dokonce i různého průměru. Dále dvě rádia na stejném kmitočtovém pásmu, ale různém podpásmu. Toto podpásmo je označováno jako index a tento index označuje přesnější rozsah vysílací frekvence daného rádia. Nezbytné jsou také vnitřní jednotky (modemy), které se v podobě karet zasouvají do AMM(Access Modul Magazine) viz obrázek 19. Datově se lze připojit skrz tzv. páskové rozhraní.

Na spojení modemu uvnitř technologické místnosti a rádia na nároží věže se používá koaxiální kabel RG8, přičemž útlum kabelu v závislosti na délce je povolen až do -16 dB.

Mikrovlnné pojítko je nutné vybudovat ať se jedná o jakoukoli technologii, počínaje WIFI a konče UMTS. Zde žádné rozdíly mezi technologiemi nejsou.



Obrázek 20 – Access Modul Magazine

### 3.3.2.2 Montáž anténního systému UMTS a GSM

Jedna z nepřehlédnutelných součástí každého bezdrátového systému jsou antény nevhledně tyčící se do volného prostoru ať už v městské zástavbě nebo dokonce v chráněné krajinné oblasti. Bohužel buňkový systém GSM potažmo UMTS ani jiné východisko nenabízí. Zatím je na tom UMTS o trochu lépe. Buduje se zatím jen ve velkých městech.

O2 používá asi nejvíce antény od firmy Kathrein, ale například na anténním systému CDMA jsou použity antény od jiného výrobce.

Antén jako takových je nepřehledné množství druhů lišící se jednak rozměrově, ale i polarizací, frekvenčním pásmem, ziskem a v neposlední řadě také vyzařovacím úhlem. Vzhledově se podobají tyto antény dlouhým bílým panelům rozmístěným většinou do tří světových stran viz obrázek 21. Antény jsou rozměrově velmi variabilní a dají se namontovat v podstatě kamkoliv. Od nejmenších vnitřních antén měřících např. 20 cm až po 2,5 m dlouhé venkovní panely. Polarizace jsou horizontální a vertikální s určitými vyzařovacími úhly. Dále můžeme v rozdělení pokračovat na crossdiverzní (dual polarization) a s prostorovou diverzitou. Rozdíl spočívá v tom, že crossdiverzní antény



Obrázek 21 – Anténní systém GSM a CDMA

mají v sobě zabudovány antény dvě. Jednu vysílací a druhou přijímací s navzájem opačnými polaritami z důvodu lepšího zisku například v městské zástavbě. Tyto antény mají na dolním okraji dva konektory viz obrázek 22. To znamená, že na jeden sektor, který vysílá do určitého směru je zapotřebí pouze jedna anténa.



*Obrázek 22 – Crossdiverzitní antény GSM*

Naproti tomu antény s prostorovou diverzírou musí být použity dvě do jednoho směru se stejnou polaritou.

U UMTS se používají speciální antény obsahující ještě jednu zvláštnost a tím se také odlišují od GSM či CDMA. Tou zvláštností je nástavec na zasunutí motoru, který se používá k elektrické změně náklonu viz obrázek 23. A tak vedle mechanického náklonu (tiltu) můžeme použít i ten elektrický.



*Obrázek 23 – UMTS antény s předzesilovačem a motorem*

Na obrázku 23 je ještě jeden rozdíl oproti GSM. U systému UMTS se vždy používají předzesilovače. Jsou to ty bílé krabičky pod anténami. U GSM systému se také za určitých okolností používají tyto předzesilovače, ale samozřejmě v jiném provedení a frekvenčním pásmu. Chceme-li dosáhnout vyššího výkonu používá se u GSM u technologie DE34 tzv. booster, jež tyto předzesilovače vyžaduje. Tím se zvýší výkon z 12 W na hodnotu čítající přes 30 W. Obdobně je tomu u GSM technologie Ultrasite, kde se provádí tzv. bypass, ale o tom až dále.

Ke spojení antén UMTS i GSM antén s zařízením uvnitř technologické místnosti se používají speciální koaxiální kabely. Svým průměrem se liší na LCF 1/2", 7/8", 5/4", 13/8". Je jich samozřejmě daleko víc druhů. Uvedl jsem jen ty nejpoužívanější. Délky pro které se mohou použít se u GSM a UMTS různí. Se vzrůstající frekvencí se i měřená hodnota útlumu potažmo SWR, VSWR zhoršuje. Proto se využívají různé šíře koaxiálních kabelů. Máme-li určitou vzdálenost mezi anténami a vnitřní technologií delší než nejmenší možný průměr použitelného kabelu (v tomto případě 1/2") je nutné použít kabel o šarži vyšší. To znamená, že použitelnost jedné šíře kabelu je omezeno vzdáleností dle tabulky 2. Tyto hodnoty jsou platné pro UMTS.

1.JUMPER	2.JUMPER	KOAX 1/2"	KOAX 7/8"	KOAX 5/4"	KOAX 13/8"
0 m	0 m	<b>22,5</b>	39,0	45,0	62,0
0 m	1 m	21,0	36,5	42,0	58,0
1 m	1 m	19,5	<b>34,0</b>	<b>39,0</b>	<b>53,0</b>
1 m	2 m	18,0	31,0	<b>36,0</b>	<b>49,0</b>
1 m	3 m	16,5	28,0	32,5	<b>45,0</b>
2 m	2 m	16,5	28,0	<b>32,5</b>	<b>45,0</b>
2 m	3 m	15,0	25,5	29,5	40,5
3 m	3 m	13,0	23,0	26,5	36,0

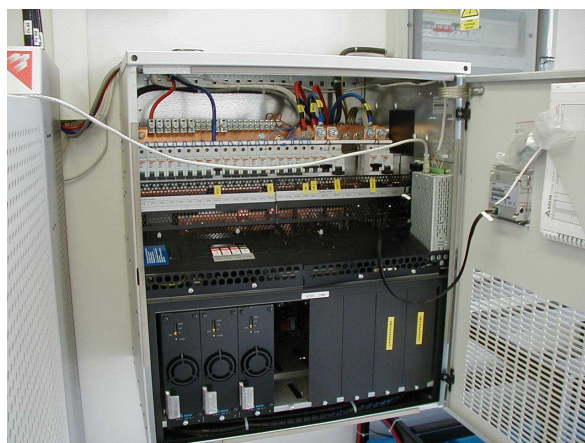
Tabulka 2 – Použitelnost typu kabelů pro UMTS

V tabulce jsou uvedeny maximální délky koaxiálních kabelů i s napojením na tzv. jumper. Jumper je highflexový (snadno ohebný) 1/2" kabel, který se používá jako zakončovací redukce např. z 5/4" k anténě nebo k technologii. Délky těchto jumperů jsou 1 m, 2 m nebo 3 m. Je-li například vzdálenost od technologie k anténě 35 m včetně jednoho metrového a jednoho dvoumetrového jumperu mohou podle tabulky 2 určit typ kabelu, který bude nutné použít, aby výsledný útlum nebyl horší než -2,5 dB. Každý z koaxiálních kabelů musí být před vstupem do technologické místnosti uzemněn zemnicím kitem (grund).

### 3.3.2.3 Instalace zařízení uvnitř technologické místnosti

Jelikož se zatím nestaví nové čistě UMTS základnové stanice, musí se v těchto případech využívat některé stávající GSM BTS. A tak vznikají výhradně společné základnové stanice GSM BTS a UMTS NodeB.

Společná stanice se skládá tedy ze zdrojové části (48 V), která napájí stejnosměrným napětím všechna technologická zařízení. V telekomunikační technice se používá opačné barevné značení napájecích kabelů. Červený jako plusový vodič je zde jako neživý vodič a modrý minusový jako živý vodič. Těchto stabilizovaných zdrojů je celá řada typů lišící se rozměrově, což je v mnoha případech neocenitelné a také výstupním výkonem. Nejnovější z těchto zdrojů ASCOM A8 NEW viz obrázek 24 využívá již ke svému nastavení TCP/IP protokolu a je jej možno nastavit skrz internetový prohlížeč Internet Explorer.



Obrázek 24 – Stabilizovaný zdroj Ascom A8 new

Každý z těchto stabilizovaných zdrojů využívá záložních baterií pro případ výpadku elektrické energie. Baterie by měly být schopny udržet chod technologií alespoň 6 hodin. Tento čas je určen k odstranění poruchy, je-li na straně operátora, popřípadě je tento čas využit pro dopravení diesel agregátu.

Další nezbytnou součástí je vnitřní část mikrovlnného spoje (modem, páskové rozhraní). Popsáno již v kapitole 3.3.2.1 Montáž mikrovlnného spoje.

Poslední podstatnou součástí je vlastní technologická skříň. U GSM je použita technologie Nokia DE34 viz obrázek 25 a Nokia Ultrasite viz obrázek 26. Novější technologie Ultrasite umožňuje EDGE. Už na první pohled se od sebe tyto BTS liší. Hlavní výhodou Ultrasitu je použití až dvanácti TRxů (Transceiver RF unit). Každá z těchto vysílacích jednotek umí využít či přidat základnové stanici dalších 8 hovorových timeslotů do určitého směru (sektoru). To znamená, že do jednoho sektoru při použití dvou antén nebo jedné crossdiverzité antény lze nainstalovat 4 TRxy. Při použití více antén lze využít i 6 TRxů.



Obrázek 25 – Nokia DE34 new



Obrázek 26 – Nokia Ultrasite EDGE BTS

U technologie DE34 lze do směru použít maximálně 4 TRxy, ale Basic rack viz obrázek 20 nabízí pouze 6 pozic a při třísektorové stanici můžeme na sektor použít pouze 2 TRxy. Tento problém řeší tzv. Extension cabinet. Je to v podstatě další tato technologická skříň spojená se základní. Bohužel tato varianta je dosti náročná na prostor. Na obrázku 27 je takový Basic rack s extension cabinetem vyobrazen.



Obrázek 27 – Basic rack + extension cabinet

Rack UMTS viz obrázek 28 je na první pohled k nerozeznání od GSM technologie Ultrasite. Ovšem uvnitř je zcela rozdílnou. Transceiver jednotka je použita vhodným zapojením pouze jedna na dva sektory. Vnitřní karty zde mají jiné funkce a jsou zde využity stabilně tzv. Biasy. BIAS T je zařízení, které napájí předzesilovače a měří hodnotu VSWR. Jsou to ty bílé kostičky viz obrázek 28 na vrchu technologické skříně, odkud vede koaxiální kabeláž až k anténám. U Ultrasitu a technologie DE34 se podobné typy biasů také využívají, ale pouze k napájení předzesilovačů při požadavku na zvýšený vysílací výkon. U Ultrasitu pak měří hodnotu VSWR na vysílací anténě. Další přídavek k technologii UMTS je tzv. RCU jednotka. Toto zařízení je jakási řídicí jednotka pro RealTilt (RTA – náklonový motorek). Je to samostatná jednotka, která je s technologickou skříní UMTS spojena skrz křížený UTP kabel a konektory RJ-45.

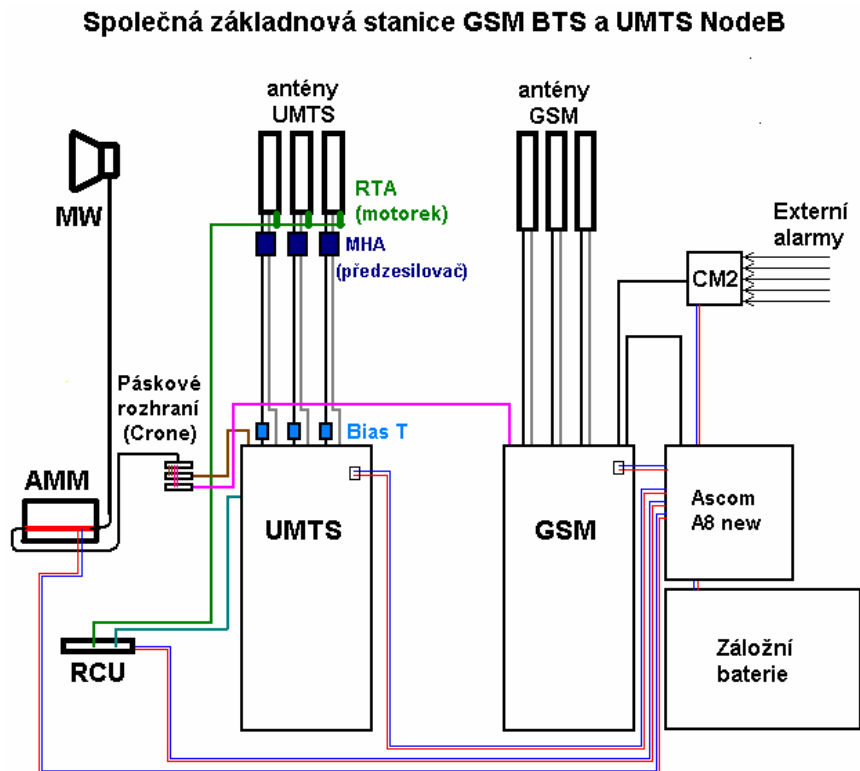


*Obrázek 28 – Nokia UMTS*

Na závěr této kapitoly jen malé shrnutí jak taková společná základnová stanice GSM BTS a UMTS NodeB může vypadat. Na obrázku 29 je tedy zprava zaznačen stabilizovaný zdroj Ascom A8 new, který je připraven na potencionální výpadek elektrické energie skrz záložní baterie. Ascom v takovéto stanici napájí GSM a UMTS technologické skříně, mikrovlnný spoj, který je napájen přes modem, RCU jednotku, která řídí elektrický



náklon UMTS antén, ventilátor, jednotku CM2, kde je svorkovnice pro externí alarmy a odkud se napájí teplotní čidlo nebo požární čidlo.



Obrázek 29 – Společná základnová stanice

Technologie GSM vyhodnocuje externí alarmy z CM2 a Ascomu. Přes UMTS se zatím externí alarmy nedohlíží. UMTS spolupracuje z RCU jednotkou. Markantní rozdíly mezi technologiemi jsou na první pohled v anténním systému. Cesta od racku UMTS k anténám je složitější než u GSM. Obě technologie jsou datově připojeny přes páskové rozhraní k mikrovlnnému spoji. Takto dimenzovaná základnová stanice by měla využít nejméně tři 2 Mbit/s.

## 4 Rozdíly softwarového nastavení UMTS a GSM

Každá základnová stanice než je ve spolupráci se systémovým integrátorem spuštěna do provozu, musí být na lokalitě nastavena podle zadané konfigurace. Soubor měřících, testovacích a nastavovacích úkonů se nazývá commissioning (spuštění, oživení).

### 4.1 Měření a testování

První takovou testovací fází je proměření všech koaxiálních kabelů, které byly použity. Máme-li třísektorovou BTS nebo NodeB bude zapotřebí proměřit 6 koaxiálních kabelů LCF a pokud se jedná o novou stanici tak i mikrovlnný kabel RG8. Měření se provádí měřícím přístrojem SiteMaster Sxxx (verzí těchto měřících přístrojů je vícero, proto je v názvu typu použit křížek). Od operátora je požadavek na tři různá měření na kabel:

- Útlum kabelu (hodnoty v dB, požadovaná hodnota celého svodu včetně jumperů).
- Impedance koaxiálního kabelu v závislosti na délce (DTF, hodnoty v dB).
- Měření antény se svodem (PSW).

#### Útlum kabelu

Měření útlumu koaxiálního kabelu včetně jumperů (u SiteMasteru nastavení cable loss). Na druhém konci kabelu musí být použit zakončovací odpor na zdířku short, to znamená od konektoru u antény (u MW, GPS či FWA vnější jednotky) až po konektor u vlastní technologie. Při tomto měření musí být vzdálený konektor odpojen od antény nebo MW, GPS či FWA od vnější jednotky. Požadovaná hodnota útlumu kompletního svodu pro

GSM, DCS a UMTS je maximálně 2,5 dB, pro MW do 16 dB a pro GPS do 100 dB. Pro FWA na 700 MHz do 20 dB.

### **Impedance koaxiálního kabelu**

Měření impedance koaxiálního kabelu v závislosti na délce kabelu (u SiteMasteru nastavení DTF - distance to fault). U tohoto měření se musí nastavit typ kabelu a jeho rychlost šíření. Používané hodnoty si operátor určuje sám. Před měřením se nastavuje přibližná délka kabelu od 0 m do cca o několik metrů více, než je předpokládaná délka. Při tomto měření musí být na vzdáleném konektoru připojen kvalitní zatěžovací odpor jehož parametr je  $> 30\text{dB}$ . Zároveň s tímto měřením lze ověřit označení kabelu (sektor a TRX nebo DX). Požadovaná hodnota je lepší než  $-30\text{ dB}$  pro koaxiální kabely a lepší než  $-26\text{ dB}$  pro konektory. Lepší pro  $-30\text{ dB}$  znamená např  $-31\text{ dB}$ ,  $-32\text{ dB}$ ,  $-33\text{ dB}$  a pod.

### **Měření antén se svodem**

Měření antén (mimo parabol či GPS) včetně koaxiálních kabelů. Měření provádíme na konektoru kabelu nejbližší u BTS s připojenou anténou. Nastavení SiteMasteru - SWR (hodnoty bez rozměru). Požadované hodnoty jsou pro každý typ antény uvedeny v katalogu výrobce (většinou od 1,1 do 1,3). Toto měření se neprovádí u MW, GPS technologie.

Po změření jedné BTS tedy protokolujeme 18 měření. V příloze 3 jsou tato měření z jednoho kabelu v grafické podobě vyobrazena.

## 4.2 Commissioning

Do commissioningu můžeme samozřejmě zahrnout i předchozí kapitolu, protože se bez změření kabelů pro další nastavování neobejdeme, ale skutečně pravý význam tohoto slova je "oživení" nebo uvedení do provozu. To znamená softwarové nastavení BTS či NodeB.

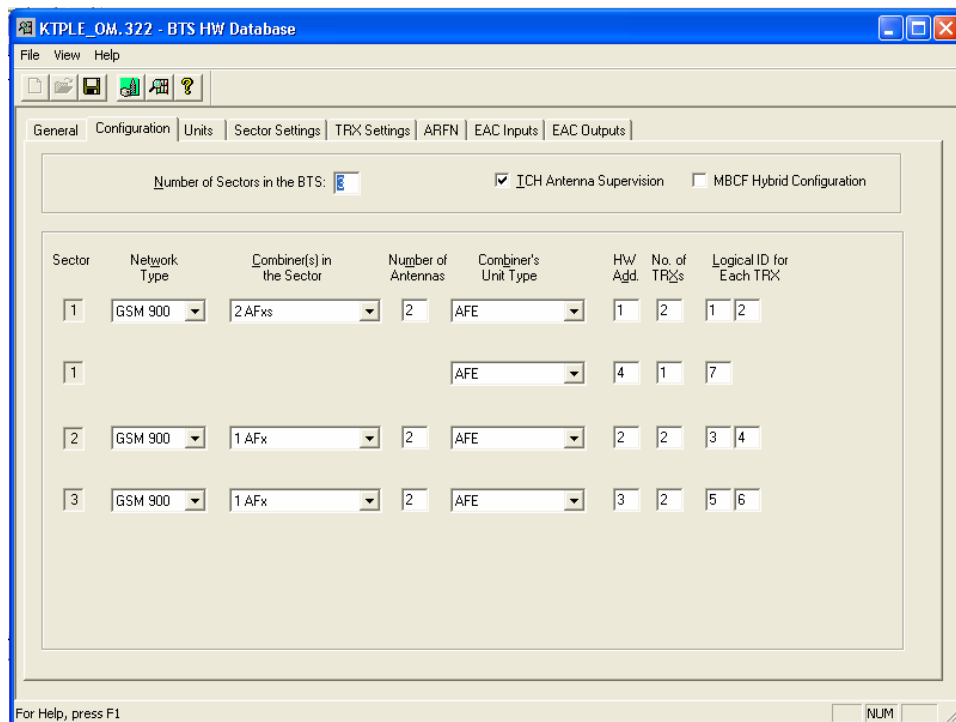
### 4.2.1 Commissioning GSM BTS

GSM BTS se jako vnitřní (indoorové) technologie používají dva druhy. Nokia DE34 Indoor a Nokia Ultrasite. Každý z těchto systémů používá rozdílné programové vybavení.

#### 4.2.1.1 Nokia DE34

Tato starší technologie používá jako základní nastavovací program Nokia MMI (Man-Machine interface). Prvním krokem v nastavení BTS je vytvoření hardwarové konfigurace v podprogramu MMI - Hardware Database Editor viz obrázek 30. Tento soubor v sobě obsahuje kolik sektorů je použito, typ a počty řídicích karet, počet vysílacích jednotek do sektoru, pásmo v jakém se má vysílat (900 MHz nebo 1800 MHz). Dále nastavení počtu větracích jednotek na BTS, nastavení kanálů, nastavení alarmů při vysokém SWR (1,5 – příchod alarmu signalující vysoké SWR; 1,9 – blokuje se sektor – antena faulty) atd. Poslední součástí tohoto souboru je definování externích alarmů. Čtyři z Ascomu a osm z CM2. Definuje se zde název alarmu (jak se bude na dohledu hlásit), polarita (high nebo low) a důležitost alarmu (minor, major, critical).

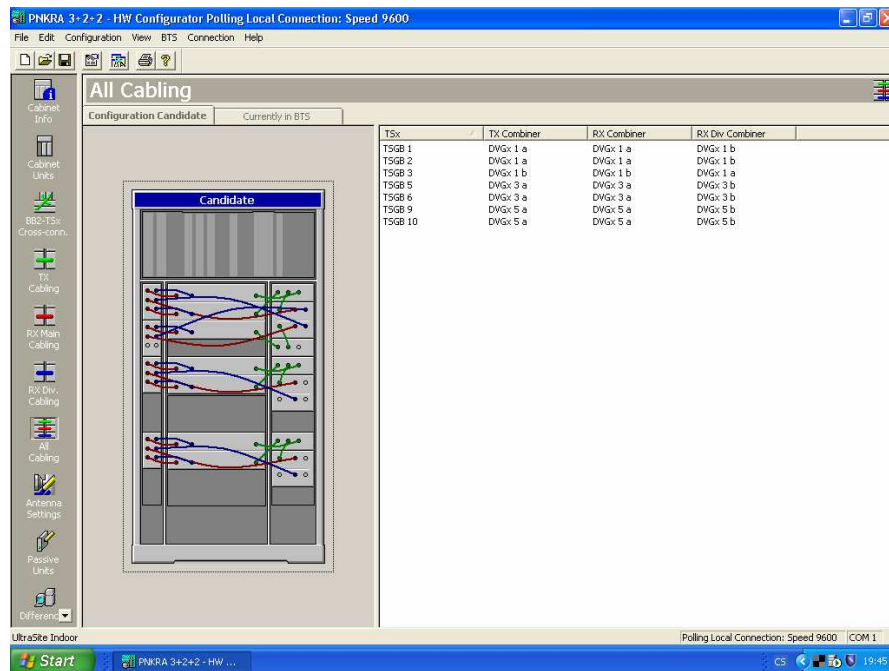
Po downloadu konfigurace do BTS následuje aktualizace softwarového balíčku a nastavení Transmission (přenosové) karty pomocí speciálního terminálu, kde se definují hovorové a signalizační timesloty. Nakonec je třeba otestovat jednotlivé vysílací (transceiver) jednotky a změřit jejich vysílací výkon (pohybuje se okolo 12 W).



Obrázek 30 – HW Databáze Editor pro Nokia DE34

#### 4.2.1.2 Nokia ULTRASITE

U Ultrasitu je nastavovací schéma velmi podobné jako u DE34. Přesto zde nalezneme zásadní rozdíly. Nastavení se provádí přes Nokia BTS Manager, který nabízí již plně grafické prostředí. Stejně jako u DE34 je třeba jako první věc vytvořit hardwarovou konfiguraci. Zde v podprogramu Nokia BTS HW Configurator viz obrázek 31. Externí alarmy se nedefinují, tyto má na starosti integrátor. Velkým rozdílem je definování zapojení jednotlivých kabelů mezi jednotkami. Spojení kabelů a typy použitých jednotek musí ve skutečnosti souhlasit s grafickou podobou. Po downloadu HW konfigurace do BTS se musíme vrátit do BTS Manageru, aktualizovat software a spustit tzv. Commissioning Wizard. Pro představu vypadá tato operace jako když se v Microsoft Windows instaluje



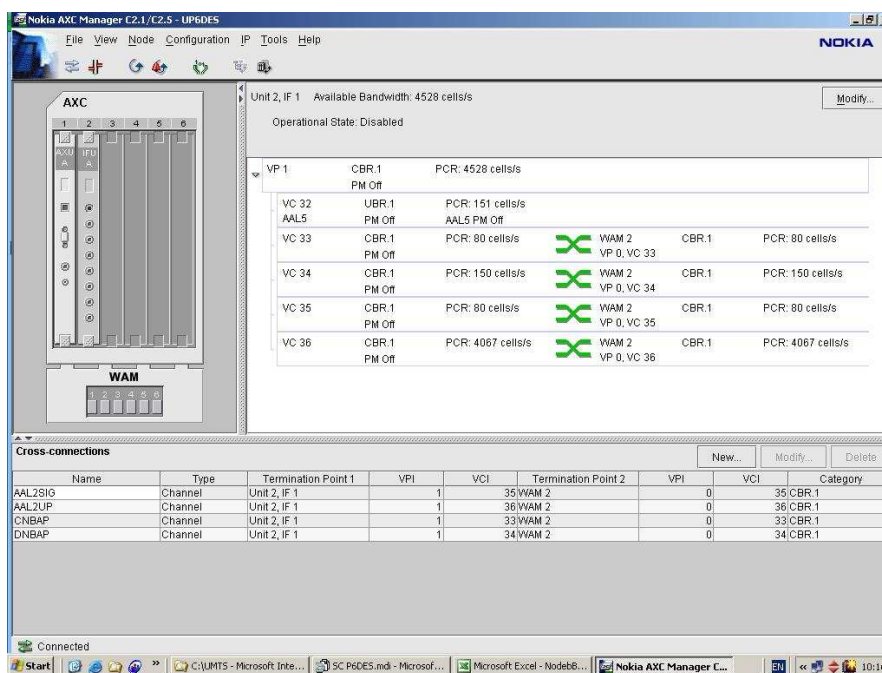
Obrázek 31 – Nokia BTS HW Configurator – definování Tx, Rx a Dx kabelů

nový program a jednotlivá okna nepustí uživatele dál, dokud nevybere nebo nezvolí nějakou z možných nabídek. V tomto se odehrává zbylá nastavení. Obdobně jako u DE34 i zde se definuje přenosová karta v tzv. Traffic Manageru. Není možné použít terminál. Vše se definuje ve velmi přehledné tabulce. Po dokončení commissioningu se provádí testy a opět měření výkonu vysílacích jednotek (nesmí být menší než 12,8 W).

#### 4.2.2 Commissioning Nokia UMTS

U UMTS technologie se používají k nastavení NodeB tři různé programy. Nokia AXC Manager k nastavení přenosu (obdoba UltraSite Hub Manager), Nokia BTS Site Manager k nastavení řídicích a přenosových karet NodeB a Nokia Real Tilt Management k nastavení RCU jednotky ( obsluhuje náklonové motorky). K připojení počítače do NodeB se používá křížený kabel s konektory RJ-45 na rozdíl od technologií GSM, kde se používají jen sériová připojení. Určitou nevýhodou je neustálé měnění IP adres při přepnutí do jiného programu. Při nastavení NodeB se většinou postupuje od AXC manageru až po Real Tilt

Management. Při nastavení přenosového rozhraní se definuje tzv. crossconnection (propojení) viz obrázek 32. Propojení jednotlivých linek v souvislosti s buňkovým systémem a v návaznosti na počet využitých 2 Mbitů. V současné době se standardně definují dva 2 Mbity. Jednodušší způsob nastavení je použití předdefinovaného xml skriptu, kde se pouze doplní IP adresy a po nahrání do systému se nastaví datum a čas.



Obrázek 32 – Crossconnection v AXC Manageru

Další součástí commissioningu je vlastní nastavení BTS (NodeB) v Nokia BTS Site Manageru. První věcí, kterou je třeba udělat je nahrání aktuálního softwaru. To platí pro všechny použité programy při nastavení NodeB. Verze softwaru se v současné době mění skoro každé dva měsíce. Dále se pokračuje jako v předchozí kapitole u technologie GSM Ultrasite spuštěním Commissioning-Wizard, kde se definuje konfigurace NodeB, zesilovací jednotky či propojení Tx a Rx kabelů. Zde se zadává i změřený útlum kabelu (musí být maximálně do -2,5 dB). Pro ujištění, že nastavení proběhlo tak jak má, se lze přesvědčit v podmenu Unit States. Jednotky by měly být ve stavu Working.

Úplnou novinkou proti předchozím technologiím je Nokia Real Tilt Management. Obdobně jako u BTS Manageru se spustí RealTilt-Wizard a přeskočí se první menu se

zadáním IP adres. V druhém menu se totiž ověřuje spojení s motorky (bývá velmi často přerušené z důvodu prohození jednotlivých pinů v konektorech, což může mít za následek např. zničení motorky, v horším případě RCU jednotky). Pokud je vše v pořádku, nastaví se IP adresy a k jednotlivým sektorům se vzestupně přiřadí motorek podle sériového čísla. Dále se nastavuje typ použité antény a elektrický náklon. Na závěr je nutné motorky nakalibrovat. Při kalibraci poslechnout, jsou-li umístěny do správného sektoru.

#### **4.2.3 Shrnutí**

Asi největší rozdíly při nastavení jednotlivých technologií jsou z mého pohledu patrné při přechodu z DE34 na Ultrasite, kde se totálně změnilo schéma doposud používaného programu MMI. Program BTS Manager pro Ultrasite je přehlednější, je použito plně grafické prostředí a používá již osvědčeného způsobu postupné (po krocích) instalace známé z Microsoft Windows. Definování timeslotů v Traffic Manageru je velmi přehledné a logické. Schéma použité v BTS Manageru NodeB pokračuje ve velmi obdobném duchu jako u Ultrasite. Samozřejmě jde o úplně jiný typ technologie využívající jiných metod přístupu atd. A tak i funkce v managerech jsou jiné. Přibyl program na nastavení RCU jednotky

## **5 First call – první provolání**

Na každém novém či rekonfigurovaném situ (stanici) se musí před předáním nebo spuštěním do provozu provést poslední kontrolní fáze. Zde jsou asi nejmarkantnější rozdíly mezi technologií druhé a třetí generace.

U GSM, v tomto případě je jedno jestli se jedná o DE34 nebo Ultrasite (na straně uživatele mobilního telefonu to nikdo nepozná), je potřeba provolat všechny timesloty nabízené stanicí, které provolat lze. To znamená, že na každé Transceiver (vysílací) jednotce je možno provést až 8 hovorů zároveň, každý na jiném timeslotu. Je-li na lokalitě



konfigurace např. 2+2+2, znamená to, že tato lokalita bude vysílat do třech sektorů o třech různých azimutech a třech různých kanálech, dále v každém sektoru jsou obsaženy dvě vysílací jednotky a k dispozici je tedy 15 hovorových timeslotů . Z toho 3 jsou určeny na GPRS. To znamená, že na takto dimenzované BTS je potřeba udělat 36 hovorů. Stanice by měla být přepnuta po spolupráci s integrátorem operátora do tzv. zakázaného (bearer) módu. Na takovouto stanici se běžný účastník nemá šanci chytit. Je tudíž největší šance provolat všechny timesloty, pokud se tam nepřepojí nějaký hovor skrz handover.

Naproti tomu u UMTS je potřeba uskutečnit pouze 2 hovory na sektor. Jeden hlasový a jeden videohovor. Takže na stanici o třech sektorech musíme provést 6 hovorů. Samozřejmě je nutné vlastnit mobilní telefon, který podporuje UMTS.

Aby bylo možno stanici GSM i UMTS takto otestovat, je nutné vlastnit, jak již bylo zmíněno, UMTS telefon. Telefon musí obsahovat technický software, bez kterého se nelze obejít. Skrz tento program se můžeme připojit na určitý kanál či scrambling kód u UMTS. Přepnout se do bearing módu a tudíž možnost připojit se na zakázané stanice. Můžeme určit skrz telefon číslo kanálu vysílajícího do určitého směru nebo dalších 6 sousedních kanálů, na které je možné se v dané lokalitě připojit. Můžeme určit přibližnou vzdálenost od stanice a samozřejmě číslo timeslotu (u GSM), po kterém hovoříme. Funkcí je samozřejmě mnohem víc, ale ty zmíněné se používají asi nejčastěji.

## 6 Závěr

UMTS zkratka z anglického Universal Mobile Telecommunication System. Označují se tak určité sítě třetí generace, které nabízejí oproti běžným mobilním sítím GSM zejména rychlejší datové přenosy a možnost videohovorů.

Současné standardy telekomunikačních technologií nemohou splnit nové požadavky budoucnosti. Mobilní sítě druhé generace se již dostávají na hranice svých možností, které jsou omezeny frekvenčním spektrem a šířkou přenosového pásma. Ačkoliv stávající sítě stále postačují k přenosu mobilních hovorů a dat aplikací druhé generace, jako jsou textové zprávy a přístup k Internetu přes WAP, narůstající požadavky trhu na mobilní videopřenosy či mobilní přístup na Internet v masivním měřítku zvládnout nemohou. Dalším vývojovým trendem je přechod uživatelů od fixních telekomunikačních sítí k mobilním.

Telekomunikační technologie jdou neustále vpřed a i technologie UMTS se stále zdokonaluje a zrychluje. Z původních 384 kbit/s při spuštění technologie 1.12.2005 v Praze a Brně byla navýšena rychlost až na 1 024 kbit/s pomocí nadstavbové technologie HSDPA (High Speed Downlink Packet Access). Z hlediska specifikací typů NodeB na základnových stanicích se stále používá UMTS Ultrasite. Zvýšení bitové rychlosti se děje přes nadstavbovou technologii HSDPA na bázi FDD, která nevyžaduje až tak zásadní změny v síti jako takové. Má spíše charakter jejího upgradu.

Lidé mají stále větší nároky na stahování dat a tak i sítě třetí generace jsou zaměřeny v první řadě na data. Myslím, že kombinace sítí druhé generace pro potřeby přenosu hlasu a sítí třetí generace pro datové služby bude po dalších několika letech fungovat jako základní sdružená mobilní síť a případné další generace budou fungovat jen pro specifickou část obyvatelstva a budou vyplňovat další nároky zákazníka.

## **7 Použitá literatura**

### **Literatura**

- [1] SÝKORA, J. Teorie digitální komunikace. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002.
- [2] VONDRÁŽKA, J., PRAVDA, I. Principy telekomunikačních systémů.  
Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006.
- [3] ŽALUD, V. Přenos audio a video signálů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1992.
- [4] Firemní literatura, NOKIA 3G ULTCOM, UltraSite WCDMA – BTS  
Commissioning Course, Nokia Oyj, 2003
- [5] Firemní literatura, NOKIA 3G ULTCOM, UltraSite WBTS Installation Course, Nokia  
Oyj, 2003

### **Internet, stránky**

- [6] <http://mobil.idnes.cz>
- [7] [http:// www.tomas.richtr.cz/mobil/umts.htm](http://www.tomas.richtr.cz/mobil/umts.htm)
- [8] [http:// www.mobilmania.cz](http://www.mobilmania.cz)
- [9] ] [http:// www.notebook.cz](http://www.notebook.cz)

## 8 Přílohy

## Příloha 1 – Technická specifikace

Microsoft Excel - CKPRI TS

Soubor Úpravy Zobrazit Vložit Formát Nástroje Data Okno Nápověda

100% Arial CE 9 B I

1589 fx

	A	B	C	D
1				<b>seznam aktualizován 1.8.2005</b>
2	<b>Datum odvozu :</b>			
3	<b>Sklad firmy (kód) :</b>	<b>TERMS a.s.</b>		
4	<b>Lokalita :</b>	<b>CKPRI</b>		
5	<b>SAP kód :</b>	<b>23348</b>		
6				
7	<b>18 DIGIT SAP</b>	<b>POPIS 40 DIGIT SAP</b>	<b>POČET</b>	<b>SKUPINA MATERIÁLU</b>
8				
43	AKU 6SLA160	AKU FIAMM 6SLA160 6V 160Ah	16	EB_AKU
138	ANT K739623	ANTENA KATHREIN 739623 GSM	3	EB_ANT_K
225	DRZ K737974	DRZAK KATHREIN K737974	2	EB_ANT_K
228	DRZ K738546	DRZAK KATHREIN K738546	4	EB_ANT_K
258	BB2F	BB2F GSM/EDGE TRX Baseband Unit	2	EB_RGUS
261	BPGV	US BPGV GSM Bias Tee	2	EB_RGUS
266	DVGA	US DVGA GSM Dual Dupl. Unit	2	EB_RGUS
268	KON TQ	CONNECTOR TQ	4	EB_RGUS
270	M2LA	US M2LA GSM Multicoupler Unit	2	EB_RGUS
273	PWSB	US PSWB Power Supply Unit	1	EB_RGUS
277	TSGB	TSGB GSM/EDGE TRX RF Unit	2	EB_RGUS
278	USBU	US USBU Base Unit	1	EB_RGUS
279	VXEA	US VXEA Transmission Unit FC E1/T1	1	EB_RGUS
282	WCGA	US WCGA GSM Combiner	2	EB_RGUS
484	KOAX 1/2	KOAX 1/2	65	EB_KOA
495	DATA KABEL 8X	DATA KABEL 8X	10	EB_PCM
511	KON 7/16M 1/2	KONEKTOR 7/16M PRO 1/2 BN847368	8	EB_KOA
546	ZEM KIT 1/2	ZEMNICI KIT 1/2	4	EB_KOA
551	ZEM SVORKA 1/2	ZEMNICI SVORKA 1/2	4	EB_KOA
586				
587				
588				
589				
590				
591				
592				

Režim filtru

## Příloha 2 – Site configuration

### Site Configuration **SiteConf UMTS**

#### RF

Finanční Kód Lokality: **21421**  
Písmenný kód lokality: **P4KRE**  
Název lokality: Krejpského  
Kraj: PR  
Okres  
Typ  
Poznámka  
Příloha (obrázek):  
Je s instalací tohoto site spojena nutnost rekonfigurovat jiný site?

Cell Code	Azimut	Antenna	Power [dBm]	Mech.Tilt	Electr. Tilt	UARFCN
UP4KRE102	120	742 215	43	0	6	10564
UP4KRE103	240	742 215	43	0	6	10564

Antenna      Popis  
742 215      Multi-band F-Panel DCS/UMTS Adjust. Electrical Downtilt 0°-10° 1302mm ; 65° HOR ; 7°VER; 10°El. til

#### Přenosová trasa :

ID Signálu      11183  
Poznámka  
Přílohy      2.2Mb ML P4JIM>2.2Mb ML (1996) P3UTB>15\_2/411/16>SDH P4HVE 8/402/1 (31)  
PathTrace: pgut15.2-411/16, ax07p4-2-31

#### Ukončení přenosové trasy

Finanční kód      21690  
Zkratka      P4HVE  
Typ zařízení      S-AXC  
Zkratka zařízení      AX07P4  
Port :      IFUF #2 (31)

BTS ID      3044

#### NP traffic descriptor

td	conformance definition	PCR [cell/s]	CDVT [μs]	Poznámka
100	CBR1	4528	220	VP CBR (4528cps)
101	CBR1	80	12500	C-NBAP CBR (80cps)
102	CBR1	150	6667	D-NBAP CBR (150cps)
103	CBR1	80	12500	AAL2SIG (80cps)
104	CBR1	4067	245	AAL2UP (4067cps)
105	UBR1	151	20000	DCN UBR (151cps)

### VP/VC Configuration

IMA Group number	33
Number of E1 links in IMA group	
Total bandwidth (Number of cells in IMA)	[cells/s]
Number of WAMs	1
Number of WSP-C	2
Timing link [E1]	1
Frame length	
Min no. of links	
Max. delay difference	25[ms]
number of VPI bits	4[bits]
number of VCI bits	7[bits]
AXU type	AXU-A
AAL2 mutliplexing	NO

### NODE B

#### Node B Net , Mask / 28

##### RNC AA/30

0	Network .0/28	0	Network .0/30	<b>10.169.100.176/30</b>
1	RNC AA interface	1	RNC AA interface	<b>10.169.100.177</b>
2	Free	2	Free	10.169.100.178
3	Broadcast	3	Broadcast	10.169.100.179

##### BS Net/30

4	Network .4/30	0	Network .4/30	10.169.100.180/30
5	BS MWAM	1	BS MWAM	<b>10.169.100.181</b>
6	Free	2	Free	10.169.100.182
7	Broadcast	3	Broadcast	10.169.100.183

##### AXC Net/29

8	Network .8/29	0	Network .8/29	10.169.100.184/29
9	AXC IPOAM Interface	1	AXC IPOAM Interface	<b>10.169.100.185</b>
10	RCU	2	RCU	<b>10.169.100.186</b>
11	LMP PC	3	LMP PC	<b>10.169.100.187</b>
12	Free	4	Free	10.169.100.188
13	Free	5	Free	10.169.100.189
14	Free	6	Free	10.169.100.190
15	Broadcast	7	Broadcast	10.169.100.191

Default GW IP: 10.169.96.2  
NTP IP 10.169.96.5

## Příloha 1 – Protokol o měření koaxiálních kabelů

