

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



# **CDMA, sítě 3G a jejich využití v praxi**

diplomová práce

**Vedoucí diplomové práce Ing. Zdeněk Votruba**

**Vypracoval: Rudolf Rejříř**

**PRAHA 2009**

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze	Fakulta: technická
Katedra: technologických zařízení staveb	Akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant: **Rejří Rudolf**

Studijní obor: Obchod a podnikání s technikou

Studijní zaměření:

Název práce: CDMA, sítě 3G a jejich využití v praxi

### Zásady pro vypracování:

- Cíl práce: Podat přehled o možnosti této generace sítě mobilních operátorů, shrnout HW a uživatelský přínos, technické a programové prostředky nezbytné pro realizaci. Možnosti aplikačních řešení na této vrstvě. Očekávaný vývoj v oblasti.
- Osnova práce:
1. Popis současného stavu ve světě a v ČR
  2. Popis standardů, služby realizované na této vrstvě
  3. Rozbor situace především datových služeb u jednotlivých operátorů
  4. Aplikační a ekonomické zhodnocení
  5. Standardy 3G sítí a jejich zhodnocení, praktické ověření
  6. Další možný vývoj
  7. Doporučení pro další výzkum
- Metodika práce: Na základě vlastních znalostí a zkušeností popsat stav a problematiku mobilní komunikace v ČR, provést její zhodnocení především vzhledem k datovým přenosům. Vytvořit metodiku a realizovat měření, které reálně posoudí skutečné přenosové možnosti v rámci mobilní sítě. Zhodnocení nástupu sítě 4G.

Rozsah práce: 50 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

Zdroje Internet – např. <http://www.marigold.cz/item/3g-standardy-neni-jen-umts>

Pužmanová R.: Širokopásmový Internet, CPress, 2004

Zandl, P.: Bezdrátové sítě WiFi , CPress, 2003

Pužmanová R: Bezpečnost bezdrátové komunikace, CPress, 2005


Odpovídající zákony a směrnice

Vedoucí diplomové práce: Ing. Zdeněk Votruba

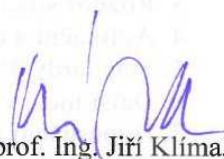
Datum zadání diplomové práce: 7.12.2007

Termín odevzdání diplomové práce: 30.4.2009



  
doc. Ing. Miroslav Příkryl, CSc.

vedoucí katedry

  
prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 7.12.2007

*Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Votruby. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.*

**Podpis :**

*Rád bych poděkoval Ing. Zdeňku Votrubovi za jeho pomoc s přípravou této práce, dále Evě Krouské z Finančního oddělení, Jaroslavu Hanykovi - Network, Luboši Kopeckému – RAN ze společnosti Mobilkom a.s., provozovatel sítě U:fon za poskytnutí podpory a informací.*

**Abstrakt :**

Cílem této práce je podat přehled o možnostech 3G CDMA sítí, shrnout uživatelský přínos, technické a programové prostředky nezbytné pro realizaci, možnosti řešení na této vrstvě a očekávaný vývoj

**Klíčová slova :** CDMA, 3G, Ev-DO, 1x, U:fon.

**Summary :**

Target dissertation is overview about 3G CDMA networks possibilities, summarize user benefits, hardware and software resources for realization, conception draft on layer, expected progress.

**Keywords :** CDMA, 3G, Ev-DO, 1x, U:fon.

## OBSAH :

<b>1, Úvod .....</b>	<b>3</b>
<b>2, Popis současného stavu ve světě a v ČR.....</b>	<b>4</b>
Historie CDMA .....	4
Rozbor stávající situace.....	5
Srovnání Evropa, USA, Asie .....	6
Očekávaný globální vývoj.....	7
Objektivní výhody a nevýhody CDMA sítě ve srovnání s obdobnými technologiemi.....	9
<b>3, Popis standardů, služby realizované na této vrstvě.....</b>	<b>11</b>
Základní schéma CDMA sítě .....	11
Princip CDMA .....	14
Standard CDMA 2000 1x (IS 2000).....	16
Rozdíl revizí rev. 0, A a B .....	18
Služby nad sítí (PTT, LBS, MMS) .....	21
<b>4, Rozbor situace, především datových služeb u jednotlivých operátorů.....</b>	<b>23</b>
Současná nabídka datových služeb českých operátorů.....	23
Telefónica O2.....	24
T-Mobile .....	26
U:fon .....	28
Vodafone.....	29
<b>5, Ukázka HW určeného k využití CDMA 3G .....</b>	<b>32</b>
O2.....	33
U:fon .....	34
Výběrové řízení na vhodný datový HW dle požadavků operátora, vlastní měření a doporučení .....	34
Testy modemů.....	36
Srovnání modemů AnyDATA ADU510L a C-Motech.....	43

<b>6, Ekonomické zhodnocení 3G CDMA .....</b>	<b>48</b>
Orientační cenová kalkulace výstavby .....	48
Orientační srovnání s konkurencí ARPU , náklady na výstavbu.....	49
<b>7, Aplikační zhodnocení 3G CDMA .....</b>	<b>50</b>
Základní parametry BTS.....	50
Kapacita BTS.....	51
Praktické ověření šíření signálu, mapy pokrytí, vyzáření, EC/IO rušení,.....	52
Data management mobilního operátora .....	54
Sledování elementárních parametrů běhu sítě.....	56
<b>8, Další možný vývoj.....</b>	<b>59</b>
Připravované standardy, nové revize B, C, LTE.....	59
<b>9, Závěr.....</b>	<b>62</b>
<b>Zkratky .....</b>	<b>63</b>
<b>Zdroje.....</b>	<b>64</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>67</b>
<b>Seznam obrázků, tabulek a grafů.....</b>	<b>68</b>



# 1, Úvod

Cílem této diplomové práce je provést zhodnocení a shrnutí jednoho z velmi rychle expandujícího a relativně nového standardu mobilní komunikace s přihlédnutím hlavně na datové vlastnosti 3G sítí pracujících na CDMA technologii. Touto prací chci zdůvodnit vhodnost využití této technologie pro mobilní komunikaci, zejména pro přenos dat, vysvětlit základní principy a rozdíly CDMA.

V práci analyzuji stávající stav ať už v ČR, Evropě i ve světě a naznačuji možný vývoj této technologie. Analyzuji stávající nabídku HW, základní technologické principy těchto sítí, ekonomické aspekty provozování a výstavby mobilního operátora, hlavně síťově technologické informace podkládám vlastními měřeními na síti komerčně provozovaného operátora.

Ve své diplomové práci jsem mohl využít svých zkušeností získaných díky několikaletému působení v nově vznikajícím CDMA operátorovi, na kterém se podílím od jeho spuštění, respektive od komerčního spuštění jeho první BTS. Na pozicích technického, obchodního i marketingového směru.

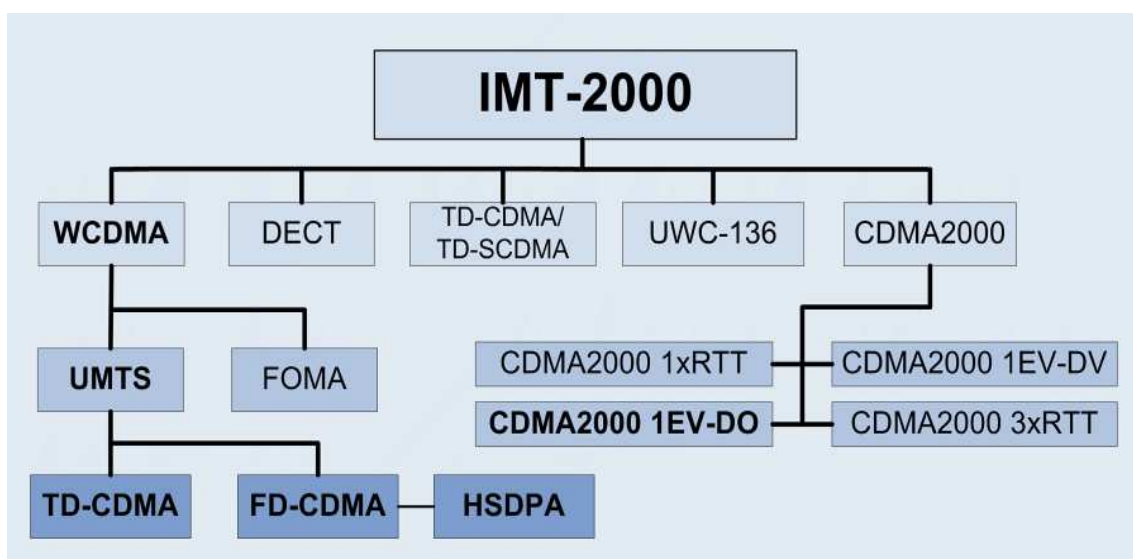
CDMA technologie zastřešuje několik revizí a dalších standardů, jedná se o velmi komplexní technologii. Ve své práci se zaměřuji výhradně na CDMA Ev-DO Rev. A. Tato revize si našla velmi široké uplatnění v praxi a také je největší pravděpodobnost, že se s ní uživatel datové sítě v České republice setká.

## 2, Popis současného stavu ve světě a v ČR

### *Historie CDMA*

CDMA je technologií, která svými specifikacemi spadá do takzvaných sítí třetí generace. Jedná se o termín, popisující poslední generaci mobilních služeb, poskytujících hlasovou a vysokorychlostní datovou komunikaci, obsahující internet, mobilní datovou technologii a multimédia.

Světově první komerční 3G síť byla spuštěna v Severní Koreji v říjnu 2000 jako síť CDMA 2000 1x. Na konci roku 2006 využívalo tuto technologii více než 430 milionů uživatelů po celém světě. Samotný princip CDMA byl vynalezen již v době 2. světové války kdy docházelo k častým přetížením frekvencí a také pro znemožnění odposlouchávání komunikace.



Obr.: Generace datových služeb

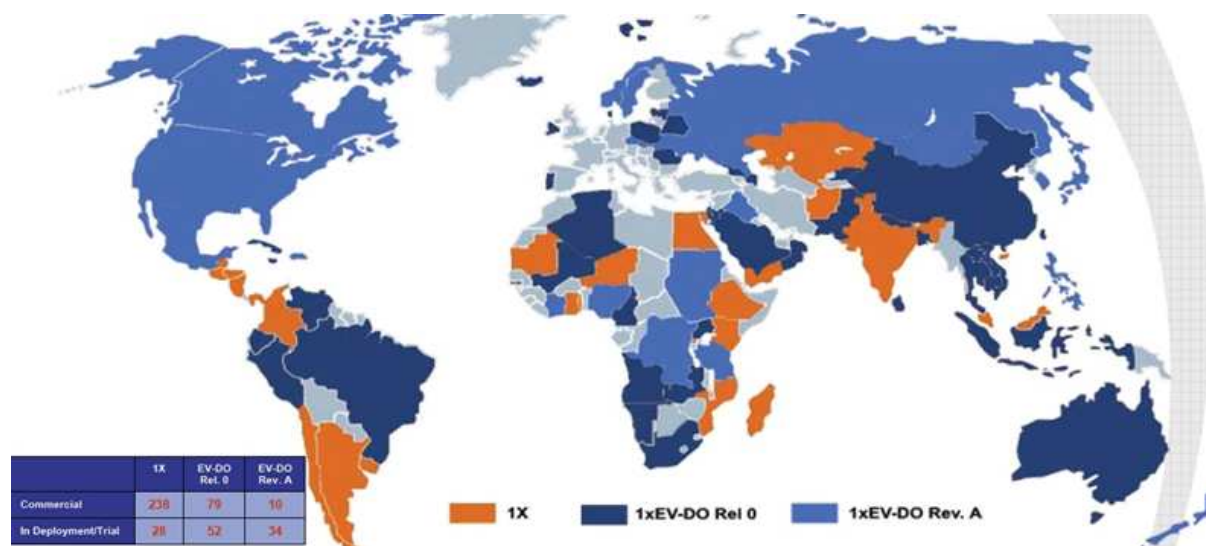
## *Rozbor stávající situace*

CDMA je díky svým výhodám, které analyzuji níže, jednou z globálně nejrychleji se šířících mobilních datových a hlasových technologií.

Následující obrázek naznačuje celosvětové pokrytí sítí CDMA. V současné době se na světě nachází zhruba 270 operátorů, poskytujících služby vycházející z technologie CDMA. Celkově pokrývají zhruba 107 zemí světa. Více než 140 operátorů využívá tuto technologii minimálně 3 roky. Ze zmíněných 270 operátorů je 45 původních provozovatelů GSM sítě, kteří se rozhodli upgradovat na CDMA.

Nejrozšířenější technologii CDMA 2000 využívá k poslednímu kvartálu 2008 na 463.150.000 uživatelů.

Následující obrázek ukazuje, jak tato technologie pokrývá svět.



**Obr.:** Pokrytí světa CDMA technologií

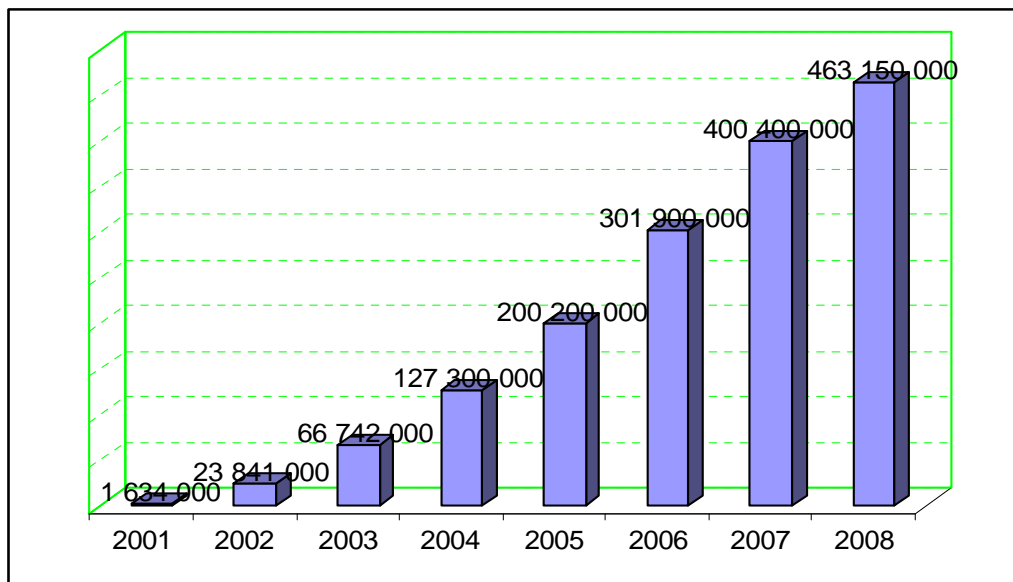
## Srovnání Evropa, USA, Asie

Pro lepší přehlednost uvádím několik porovnání, která naznačují demografické vidění šíření a využití CDMA technologie napříč světem.

<b>CDMA Uživatelé (3.Q 2008)</b>							
	<b>Asie- Pacifik</b>	<b>Severní Amerika</b>	<b>Jižní Amerika</b>	<b>Evropa</b>	<b>Východ</b>	<b>Afrika</b>	<b>CELKEM</b>
<b>CDMA</b> (obsahuje cdmaOne, CDMA2000 1X, 1xEV-DO Rel. 0 & 1xEV-DO Rev. A)	251,010,000	145,800,000	52,150,000	3,280,000	4,900,000	17,620,000	<b>474,760,000</b>
<b>CDMA2000</b> (obsahuje CDMA2000 1X, 1xEV-DO Rel. 0 & 1xEV-DO Rev. A)	242,000,000	145,200,000	51,000,000	2,650,000	4,880,000	17,420,000	<b>463,150,000</b>
<b>EV-DO</b> (obsahuje CDMA2000 1xEV- DO Rel. 0 & 1xEV- DO Rev. A)	39,800,000	57,900,000	3,700,000	780	1,200,000	1,820,000	<b>105,200,000</b>

**Tab.: Rozdělení uživatelů mezi CDMA standardy – celosvětově**

Následující tabulka znázorňuje rychlost, kterou se sítě CDMA šířily mezi své zákazníky od samotného spuštění CDMA ke konci roku 2008.



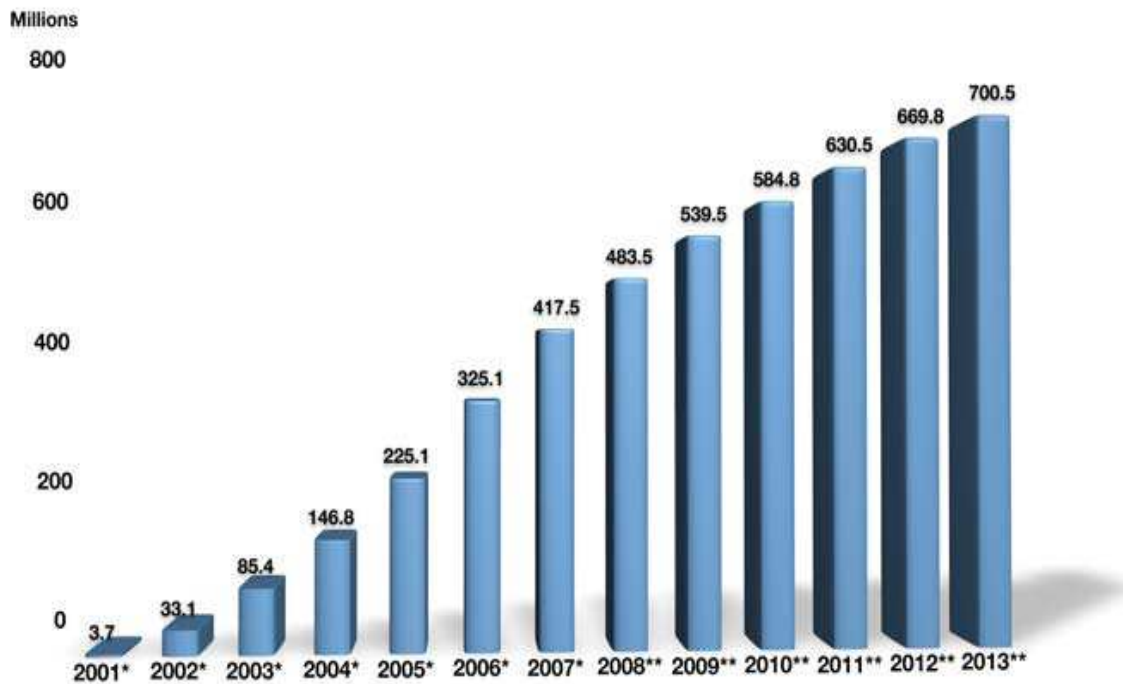
**Graf : Počet uživatelů CDMA 2000 celosvětově**

### *Očekávaný globální vývoj*

Samotný vývoj CDMA sítí udává několik faktorů. Patří mezi ně samotné rozšíření sítě mezi uživatele. Z předchozí kapitoly vyplývá, že CDMA zaznamenala v posledních letech značnou expanzi, která velmi pozitivně ovlivní samotný rozvoj technologie. Asi nejaktuálnější novinkou ve světě standardizování CDMA jako mobilního protokolu .

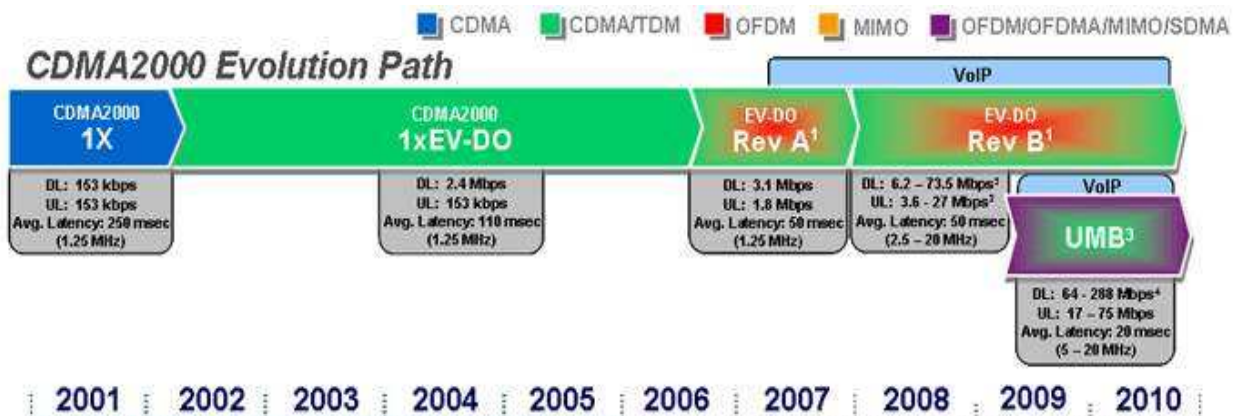
CDMA se velmi rychle šíří po světě díky několika výhodám, jakými jsou cena zařízení, počáteční náklady spojené se spuštěním sítě, stejně tak i s její údržbou, charakteristikou šíření signálu a pokročilými funkcemi QoS (Quality of Services) apod.

Následující graf naznačuje očekávaný vývoj počtu uživatelů využívajících nejrozšířenější standard CDMA 2000. Aktuální data vycházejí z „ACTUAL CDMA Development Group“



Graf: Očekávaný vývoj počtu uživatelů CDMA 2000

Obrázek budoucnost CDMA znázorňuje vývoj počtu uživatelů CDMA s naznačením jeho pravděpodobného směru a vývoje.



Obr.: Budoucnost CDMA

## *Objektivní výhody a nevýhody CDMA sítě ve srovnání s obdobnými technologiemi*

CDMA 2000 je postavena na základních blocích CDMA technologie, staví na technologiích jako OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), pokročilých signalizačních protokolech umožňující optimální využití a řízení sítě, rozpracovaný QoS a nové rádiové služby jako MIMO (Multiple Inputs Multiple Outputs) a SDMA (Space Division Multiple Acces) pro zvýšení kvality služeb, významné navýšení kapacity sítě a snížení nákladů na doručení informace.

Zvyšující se počet uživatelů CDMA technologie vede k růstu zájmu výrobců zařízení pracujících na této technologii. Dochází k rozšíření nabídky stávajícího portfolia přístrojů a díky tomu klesají variabilní náklady, je tedy očekáváno snížení již nízkých cen samotných uživatelských zařízení.

V dnešních dnech na trh vstupuje nová revize EV-DO, rev. B, která opět rozvíří trh mobilních služeb a technologií. Více o jednotlivých revizích včetně rev. B píše v následující kapitole, kde popisují základní vlastnosti CDMA a služby na CDMA postavené.

Klíčovými vlastnostmi sítí CDMA jsou :

- Vysoká výkonost – CDMA 2000 ve srovnání s konkurenčními technologiemi vyniká vysokou výkonností datových přenosů a kapacitou pro hlasové služby.
- Efektivita využití frekvence – CDMA 2000 umožňuje vysoce efektivní využití frekvenčního spektra a tím umožňuje maximálně snížit cenu za doručení informace.
- Podpora doplňkových služeb – CDMA 2000 je vhodná pro instalaci dalších doplňkových služeb jako je 1x, EV-DO, PTT, MMS, multicasting apod.
- ALL IP – CDMA 2000 technologie je kompatibilní s IP a je tudíž síťově slučitelná. Dnešní CDMA 2000 operátoři pracující s IP službami mají díky tomu mnohem větší flexibilitu a lépe využívají celou šířku pásma, projevující se lepší kontrolou a nákladovou úsporou.
- Výběr HW – CDMA 2000 nabízí široký výběr zařízení a významnou finanční úsporu ve srovnání s ostatními 3G technologiemi.
- Kompatibilita – CDMA 2000 zaručuje rychlý průběh vývoje technologie, tedy zaručuje jednoduchou zpětnou i dopřednou kompatibilitu v rámci vývoje technologie, což se stává velmi výhodnou vlastností pro poskytovatele služeb i výrobce zařízení.
- Flexibilita – CDMA 2000 systém byl navržen pro průmysl, venkovské i městské využití, WLL (Wireless Local Loop), omezeně i plně mobilní zařízení v širokém spektru frekvencí.



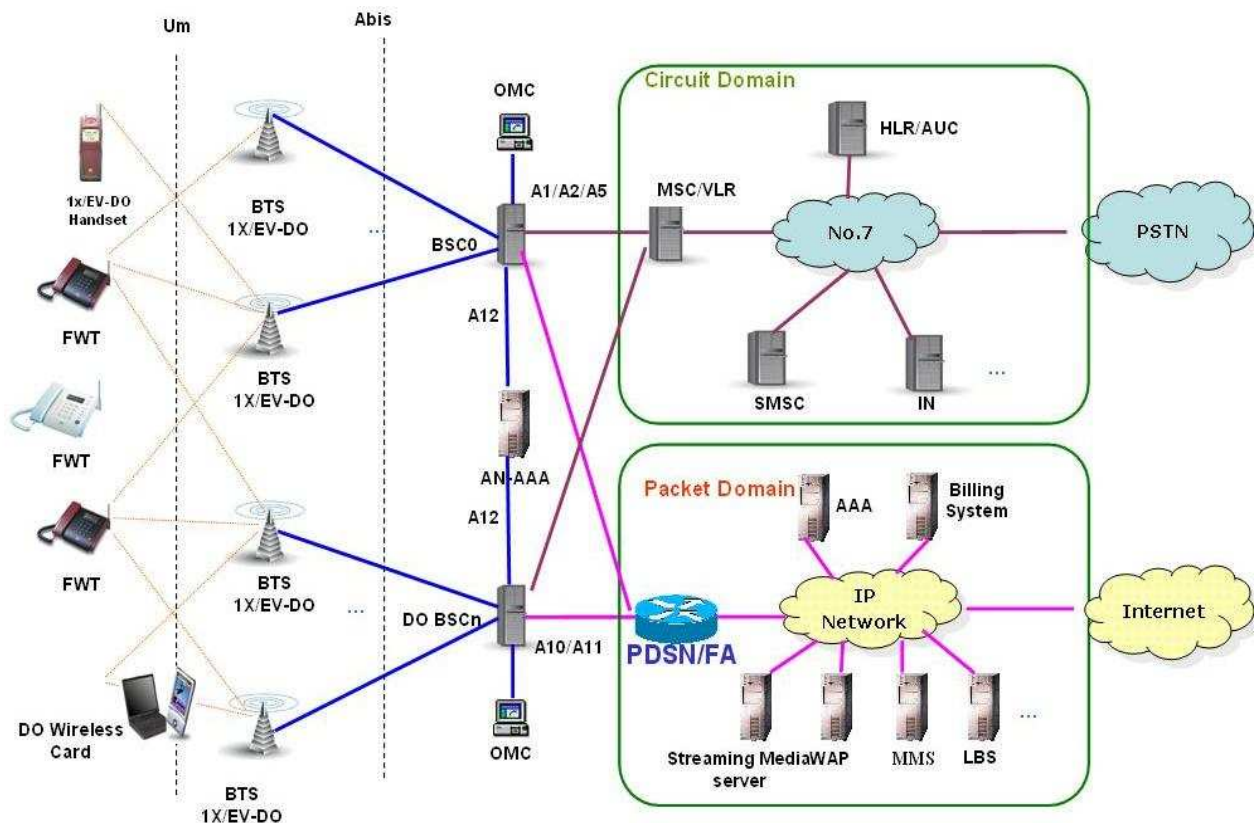
**Hlavními výhodami CDMA technologie jsou :**

- Vyšší čistota hlasu.
- Vysokorychlostní bezdrátová data.
- Nízká koncová zpoždění.
- Navýšení hlasové a datové propustnosti.
- Robustnost, kompatibilita.
- Možnost rozšíření o další služby (PTT, VoIP, Position Location).
- Flexibilní síťová architektura s konektivitou do ANSI-41, GSM, IP based network.
- Uživatelský a síťový QoS.
- Flexibilní využití datového spektra.
- Celkově nízké náklady.

### **3, Popis standardů, služby realizované na této vrstvě**

#### *Základní schéma CDMA sítě*

V této kapitole shrnuji z čeho se vlastně CDMA síť skládá, jaké elementy obsahuje pro lepší pochopení způsobu komunikace uvnitř sítě i vně, tedy propojení s dalšími poskytovateli. Na obrázku Složení CDMA 3G sítě je zobrazeno elementární složení 3G CDMA sítě.



Obr.: Složení CDMA 3G sítě

Struktura sítě se skládá z doménové části, packetové části, řízení BTS (Basic Transfer Station), BTS, doménové a packetové části, které se často také říká jádro sítě.

#### Doménový okruh se skládá ze serveru

- **MSC/VLR** – Visitor Location Registry, který shromažďuje data o aktivních uživateliích a jejich pohybu v síti. Jedná se o dočasnou databázi.
- **HLR/AUC** – server, který shromažďuje informace o zařízeních, registrovaných v síti.
- **SMSC** – Short Message Service Centre - server, zabezpečující chod SMS.
- **PSTN** – Public Switched Telephone Server, zabezpečující přenos dat s externími hlasovými operátory

## **Packetový okruh se skládá ze serverů :**

Samotného připojení do sítě internet

- **IP síť** – zabezpečuje komunikaci mezi jednotlivými částmi datové sítě
- **AAA** – router sloužící pro ověření a autorizaci přihlášených uživatelů datových služeb
- **Billing System** – systém pro shromáždění dat o uskutečněných zpoplatněných operacích uživatelů sítě, jedná se o účtovací systém (délky hovor, volaná čísla, délky datových hovorů a jejich ceny)
- **PDSN** – Packet Data Serving Node – zajišťuje přenos a správné nasměrování dat z internetu přes FireWall přes AAA server k samotnému uživateli.
- **Streaming Media Server** – server, sloužící pro úpravu a práci se streamovanými daty
- **WAP** – Wireles Application Protokol, slouží pro omezený přenos textových informací
- **MMS** – Multi Media Services – zajišťuje přenos multimediálních datových zpráv
- **LBS** – Location Base Services – umožňuje sledovat polohu uživatele a s informacemi dále nakládat

## **BSC okruh**

Skládá se z jednotlivých BSC serverů, (Base Service Center) – řídí chod samotných BTS po celém pokrývaném území. Patří k Know How každého dodavatele služeb.

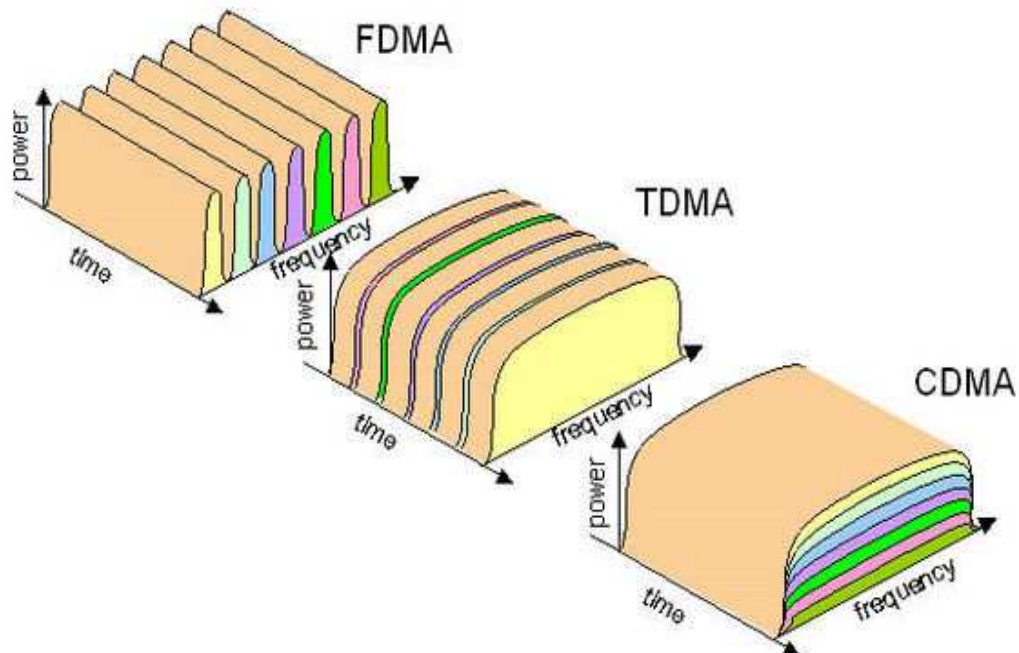
## *Princip CDMA*

Samotný princip komunikace CDMA vystihuje již jeho samotný název. CDMA, neboli zkratka výrazu Code Division Multiple Acces je standard, který vystupuje 3G sítě CDMA.

Samotný základ principu CDMA spočívá tedy v tom, že síť umožňuje komunikaci většího počtu uživatelů na jednom frekvenčním pásmu. Uživatelé sdílejí čas i frekvence, ale každý uživatel má svůj kód.

Do stávající podoby se vyvinul z

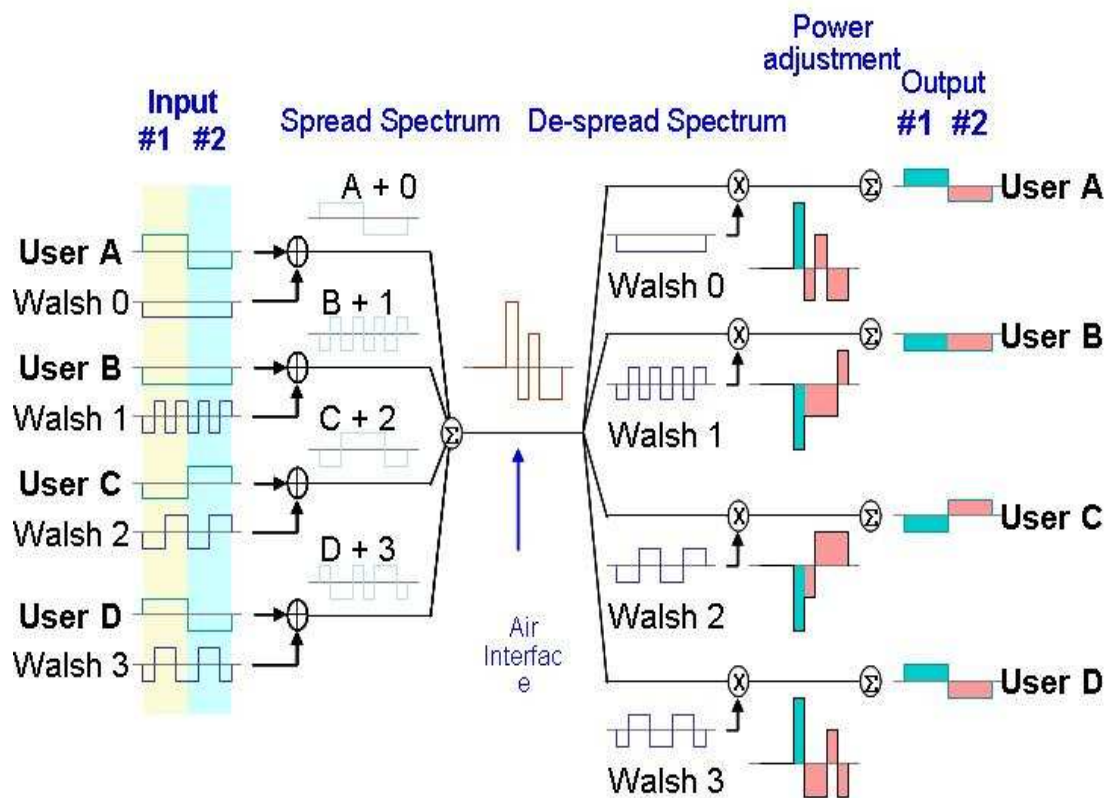
- 1G - FDMA (Frequency Divison Multiple Access), tzn. rozdělení přístupu pomocí frekvence. Každý uživatel má svoji frekvenci.
- 2G – TDMA (Time Division Multiple Access), tzn. rozlišení pomocí času. Patří sem například velmi rozšířený standard v mobilní komunikaci GSM. Každý uživatel má vlastní časový úsek v dané sdílené frekvenci.



Obr.: Schéma dělení frekvence

Následující obrázek naznačuje princip kódování v CDMA. Data jsou speciálně kódována pomocí Walshova kódu, který je přiřazen každému kanálu a využívá vlastnosti konstruktivní interference.

Jedná se vlastně o ortogonální, tedy pravouhle kódy, které jsou připojovány k samotné zdrojové informaci. Takto jsou přeneseny vzduchem k příjemci, který provede dekódování.



Obr.: Kódování v CDMA síti

## ***Standard CDMA 2000 1x (IS 2000)***

CDMA 2000 1x byl Mezinárodní Telekomunikační unií uznán standardem v listopadu 1999 jako IMT-2000. První IMT-2000 byl nasazen k využití v roce 2000. CDMA 1x je zatím nejefektivnější spektrálně širokopásmová síťová technologie pro hlasový a datový přenos.

Klíčové vlastnosti CDMA 2000 1x :

- Hlasová kapacita – až 40 souběžných volání na kanál.
- Nový kodek 4GV – zvýší kapacitu hlasu až o 40%.
- Vysoko rychlostní data – umožňuje dosáhnout rychlosti až 153kbps ať už download či upload.
- Aplikace – podporuje aplikace jako služby mobilního hlasu, krátkých textových zpráv, multimediální zprávy, online hry, lokalizační služby, streamovaná media apod.

Následující základní rozhraní jsou kompatibilní s 2G CDMA ONE :

- Direct Sequence Spread Centrum – přímé širokospektrální služba.
- Ortogonální rozlišení kanálu – pro odlišení uživatelů na downlinku (snižuje rušení).
- Random Acces – efektivní sdílení rádiového přístupu mezi všechny uživatele.
- Fast uplink power control – efektivní kontrola výkonu uplinku (snížení rušení)
- Citlivé přijímače – řeší problémy interference a zvládají lehký handoff, tedy předání přijímače mezi jednotlivými BTS.
- Soft handoff – umožňuje přejímání uživatelů mezi BTS dle aktuálních radiových podmínek.
- Jednotná frekvence – pro zvýšení efektivity sítě.

- Efektivní řízení downlinku pro zvýšení výdrže baterie.
- Blind rate detection – detekce chybných framů a jejich vyloučení.
- Downlink reference channel – sdílení společné BTS pro zvýšení kapacity.
- Downlink channel structure – zjednodušení implementace a zvýšení efektivity rozlišení oddělení kanálů pomocí walsh kódu.
- Kódování – pro zabezpečení komunikace.
- Hlasový kodek – pro zvýšení kapacity sítě, srozumitelnosti a odstranění rušení.

Kromě výše uvedených vlastností, které jsou kompatibilní se CDMA 2G přináší CDMA 1x 3G tyto inovace :

- Variable Length Orthogonal Codes – podporuje proměnnou rychlost přenosu dat.
- Komplexní rozšíření uplinku – pro zvýšení rychlosti a efektivity využití sítě.
- Rychlé omezení vysílacího výkonu – pro zvýšení využití sítě při vytížení.
- Konfigurovatelná přenosová rychlost – pro různé datové kanály.
- Dual paging – pro zvýšení kapacity baterie.
- Random Access – efektivnější přístup do sítě.
- Parallel turbo codes – zlepšení kapacity prostřednictvím předáním opravy chyby.
- Detekce soudržnosti uplinku – zvýšení rychlosti dat a pokrytí.

## ***Rozdíl revizí rev. 0, A a B***

CDMA Ev-Do, tedy datová nadstavba CDMA, ke dnešnímu dni rozlišuje tři základní revize.

Rev. 0, rev. A. a rev. B – seřazeny chronologicky.

Vznik revize 0 se datuje k roku 2002. Na trh přinesla novou vysokorychlostní datovou službu vytvořenou pro datacentrickou širokopásmovou síť. Umožňuje mobilním zařízením při stahování dat dosahovat rychlosti až 2,4 Mbit/s .

### **Základní vlastnosti rev. 0:**

- Širokopásmový datový přenos rychlostí až 2,4Mbit/download, 153kbit/s upload, v komerčním využití to znamená 300-700kbit/s download, 79-90kbit/s upload.
- Nabízí možnost nonstop připojení.
- Aplikovatelná na IP protokoly a na sítích IP základu.
- Podporuje širokopásmové aplikace jako širokopásmový internet, VPN přístup, 3D hry, sledování Televize, video a audio služby.

Ve většině případů obsahuje zařízení pro Ev-DO rev. A i modem pro předchozí standard CDMA 1x.



### **Novinky, které přináší standard Ev-DO rev. A:**

- Vysokorychlostní paketově přepínatelná kanálová struktura – spojuje požadavky downlinku s datovým paketem pro umožnění zvýšení rychlosti datových přenosů.
- Rychlou adaptaci modulace a kódovacích schémat – pro optimalizaci doručení základního paketu při změně na rádiové části.
- Rychlé a adaptivní datové přizpůsobení – rychle reaguje na měnící se rádiové podmínky.
- Rychlé hybridní ARQ – pro rychlé rozlišení správných a chybných dat.
- Omezení zvýšení nadbytečných dat při downlinku – pro zvýšení efektivity datových toků při uplinku, ukončením přenosu paketu dříve, než-li je dekodován a očekáván.
- Rychlý přehled o datových tocích a jejich vespěle řízení
- Efektivní řízení spotřeby zařízení.
- Pokročilá signalizace.
- Detekce rychlosti uplinku – pro správně vyhodnocení vytíženosti
- Krátké přenosové časové intervaly – pro zrychlení přenosu paketů

### **Základní vlastnosti rev. A:**

Revize A vychází vývojově z předchozí Revize 0, navyšuje širokopásmové datové toky, podporuje rozmanité souměrné symetricky zpožděné, real timové a souhlasné hlasové a širokopásmové datové aplikace.

Revize A dosahuje rovnoměrnějších rychlostí uplinku, které umožňují uživatelům odesílat datově obsáhlejší soubory. Revize A dosahuje nízkých reakčních dob, obsahuje QoS a stojí na bázi IP širokopásmových sítí. Revize A je vhodná pro aplikace citlivé na čase doručení, jako je VoIP, PTT a video

telefonie. Revize A byla spuštěna v říjnu 2006. Do dnešních dnů je to jediná komerčně využívaná technologie All IP.

#### **Klíčové vlastnosti Rev. A. :**

- Navýšení datových rychlostí – 3,1 Mbit/s download, 1,8 Mbit/s upload.
- Efektivnější využití spektra – podporuje 1,2x větší kapacitu downloadu a 3,4x větší kapacitu uploadu.
- Zlepšení symetrie přenosu – díky znatelnému navýšení uploadu dochází k symetričtějším datovému toku. Symetrie je důležitá pro aplikace, kde uživatelé zasílají podobně velké datové packety, jako přijímají.
- Nízká reakční doba – průměrná reakční doba se pohybuje řádově kolem 50milisekund, Rev. A se tím stává ideální pro aplikace citlivé na čas.
- Pokročila QoS – umožňuje nastavení prioritizace a doručení jednotlivých packetů dle uživatele i aplikace.
- ALL IP – Internet protocol je základem CDMA 2000. Stejně tak Ev-DO Rev. A umožňuje operátorům vysokou flexibilitu služeb a dosažení velké efektivity využití pásma.
- Pokročilé doplňkové služby – Rev. A. je ideální pro PTT, video konference, VoIP i pro provozování náročných síťových her.
- Zpětná kompatibilita - Rev. A je zpětně kompatibilní s předchozí Revizí 0 i CDMA 1x.

## Revize B

Revize B staví na úspěších Revize A, představuje dynamicky měřitelnou šířku pásma. Díky sloučení více kanálů Revize A, umožňuje Revize B datový provoz více tokům najednou. Kombinuje až 15 kanálů v šířce pásma 20MHz. Tím dosahuje rychlostí 46,5Mbit/s download a 27Mbit/s upload. V agregovaném provozu umožňuje dosáhnout rychlosti downloadu až 76,5Mbit/s.

### Krátké shrnutí:

Technologie	CDMA 2000 1x		CDMA EV-DO		
	Rev.0	Rev.A	Rev.0	Rev.A	Rev.B
Frekvence	1.25MHz	1.25MHz	1.25MHz	1.25MHz	N*1.25MHz
Rychlost download	153.6kbps	307.2kbps	2.4Mbps	3.1Mbps	N*4.9Mbps Max 73.5Mbps
Rychlost upload	153.6kbps	153.6kbps	153.6kbps	1.8Mbps	N*1.8Mbps Max 27Mbps
Kódování	CDM	CDM	TDM	TDM	TDM
Umožňuje hlasové služby	ANO	ANO	NE	NE	NE

Tab.: Rozdíly mezi technologií 2000 1X a Ev-DO

### *Služby nad sítí (PTT, LBS, MMS)*

Technologie CDMA 2000 je velmi vhodná pro různé druhy nadstaveb díky své IP struktuře. Obzvláště vhodnou se stává díky Revizi A, která je pro svou velmi nízkou latenci vhodná pro další rozšiřování služeb.

Dalšími nadstavbami jsou zejména služby PTT, VoIP, PTC, I MM, Video Telephonie, apod.

- PTT – tedy hlasovou službou, určenou pro komunikaci více uživatelů. Jedná se o službu, podobnou klasické analogové vysílačce s tím rozdílem, že u PTT v digitální komunikaci znamená vlastně datový přenos, kdy se rádiová vlna šíří mezi telefon a BTS, přes centrálu k BTS příjemce a poté k samotnému přístroje příjemce. Z toho vyplývají dva zásadní rozdíly proti analogovému přenosu. Analogové vysílačky pracují pouze v dosahu několika kilometrů, zatímco PTT v digitální síti funguje všude tam, kde je signál operátora.
- VoIP – Revize A umožňuje díky svým vlastnostem operátorům nabízet hlasovou komunikaci přes IP protokol, díky kterému se může investice do sítě snížit až o 30%. Operátoři tedy mohou využít VoIP jako další nabízenou službu pro své zákazníky.
- PTC – Push to connect umožňuje polo duplexní komunikaci hlasu stisknutím tlačítka.
- IMM – rozšiřuje komunikaci o text, video, obrázky a jiná multimédia.
- Video Telephonie – umožňuje uživateli sdílet živé video (data) zároveň s hlasovou službou s jedním či více lidmi.

## **4, Rozbor situace, především datových služeb u jednotlivých operátorů**

### *Současná nabídka datových služeb českých operátorů*

Jelikož CDMA je standard, který je vhodný pro velké, robustní operátory, nebudu do srovnání zahrnovat lokální datové operátory, ale budu se zabývat shrnutím celoplošně orientovaných poskytovatelů datových služeb. V tuto chvíli tedy silné trojky, do které se svou nabídkou snaží proniknout další operátor. Zabývám se pouze aktuálně poskytovanými službami bez jejich historického vývoje. Ke konci této kapitoly uvádím srovnání samotných datových tarifů, jejich paušálů, pozitiv a negativ.

Dnešními leadry na trhu jsou společnosti Telefónica O2, Vodafone a T-mobile, na trh proniká operátor čtvrtý, tedy U:fon.

Nejčastěji nabízenými technologiemi jsou UMTS, GPRS, EDGE, CDMA a HSDPA.

Podíváme se na nejstaršího celoplošného poskytovatele datových a hlasových služeb, tedy Telefónica O2 (bývalý Eurotel/Český Telekom).

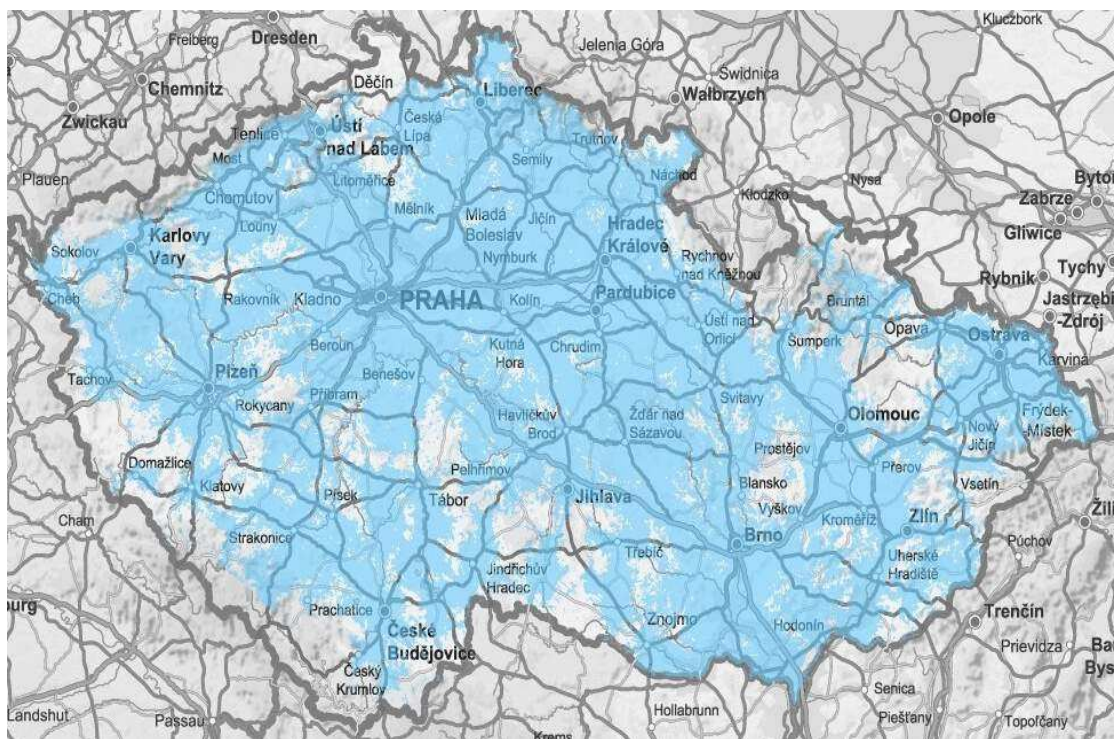
Telefónica O2 poskytuje UMTS/HSDPA a CDMA 1x, Ev-DO Rev. 0 a A.

UMTS/HSDPA je technologií, která se díky své velké oblibě operátory po celém světě, stává samozřejmostí i u výrobců samotných zařízení, díky tomu tedy snižuje jejich cenu na minimum. Společnost O2 však tuto technologii ne zvolila jako hlavní technologii svých datových služeb a to především díky tomu, že ceny BTS jsou velmi vysoké. UMTS/HSDPA pracuje na 2100Mhz, díky tomu tedy BTS pokrývá mnohem menší území než například BTS pro GSM, která pracuje na 900/1800 Mhz. V ČR je díky tomu touto technologií

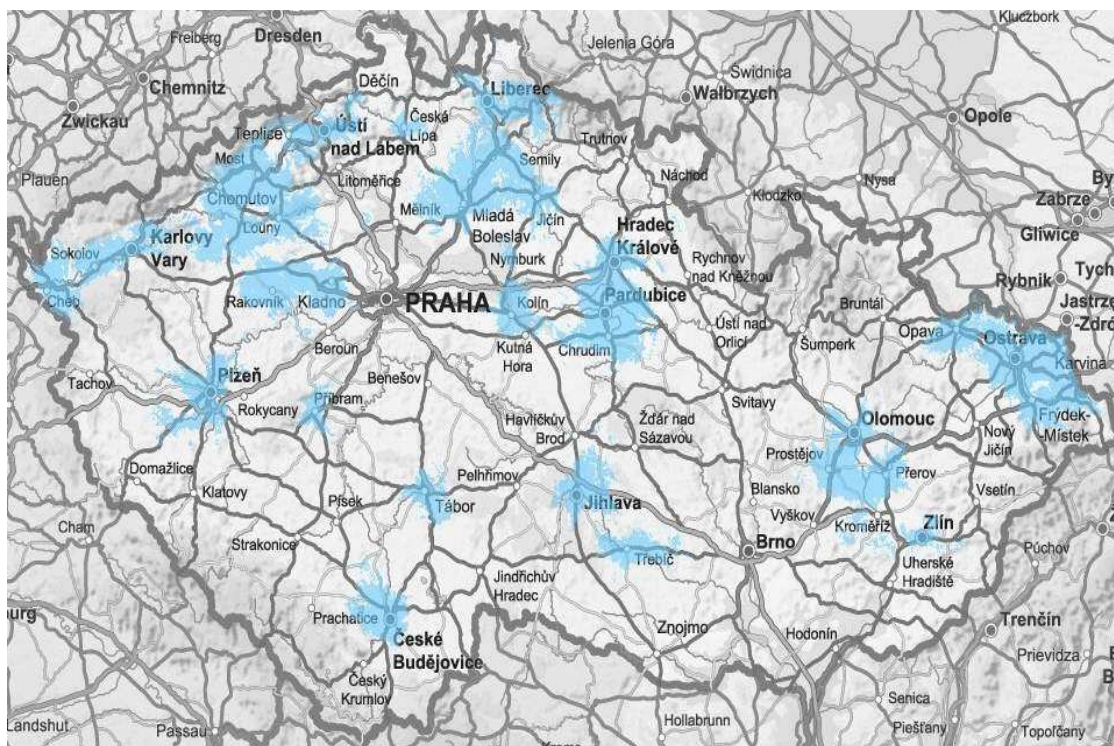
UMTS/HSDPA pokryto velmi malé území, konkrétně pouze část Prahy, Brna a Karlových Varů.

## Telefónica O2

U CDMA je situace o poznání lepší, O2 ve své době spustilo jako první 3G síť v ČR. O2 spustilo CDMA 2000 Ev-DO rev. 0 na frekvenci kolem 450Mhz. Touto frekvencí je dána první výhoda této sítě. Jedna BTS pokrývá až 30 km území, velmi dobře pokrývá členitý terén. Pochopitelně, díky této vlastnosti jsou samotné BTS citlivé na přetížení, jelikož jeden lalok, tedy pokryté území signálem vyzářeným samotnou anténou, je oproti jiným technologiím větší. Telefónica O2 v tuto chvíli nabízí až 80 % pokrytí populace technologií CDMA. Rozebereme-li na pokrytí samotnými revizemi, uvidíme, že velkou část pokrytí tvoří revize 0, revize A se na pokrytí podílí jen velmi malou částí. Více naznačují mapky pokrytí.



Obr.: Pokrytí O2 CDMA rev. 0



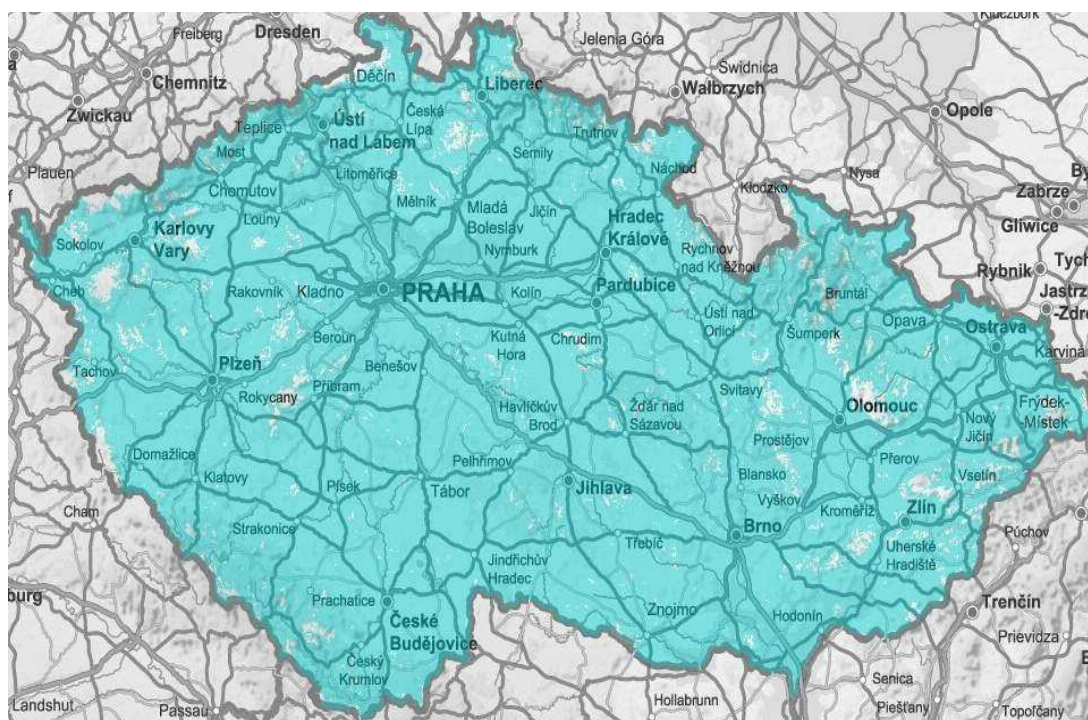
**Obr.: Pokrytí O2 CDMA rev. A**

Technologie GPRS je na tom s pokrytím o mnohem lépe. Její technické vlastnosti ji ale jako čistě datovou síť staví do pozadí.

Maximální rychlosti na této síti se ve skutečnosti pohybují v desítkách kbit/s, což je vzhledem k dnešní náročnosti datových toků hodnota nedostačující. GPRS lze tedy u O2 považovat za jakousi zálohu datových služeb CDMA.



Pro názornost uvádím pokrytí ČR technologií O2 GPRS



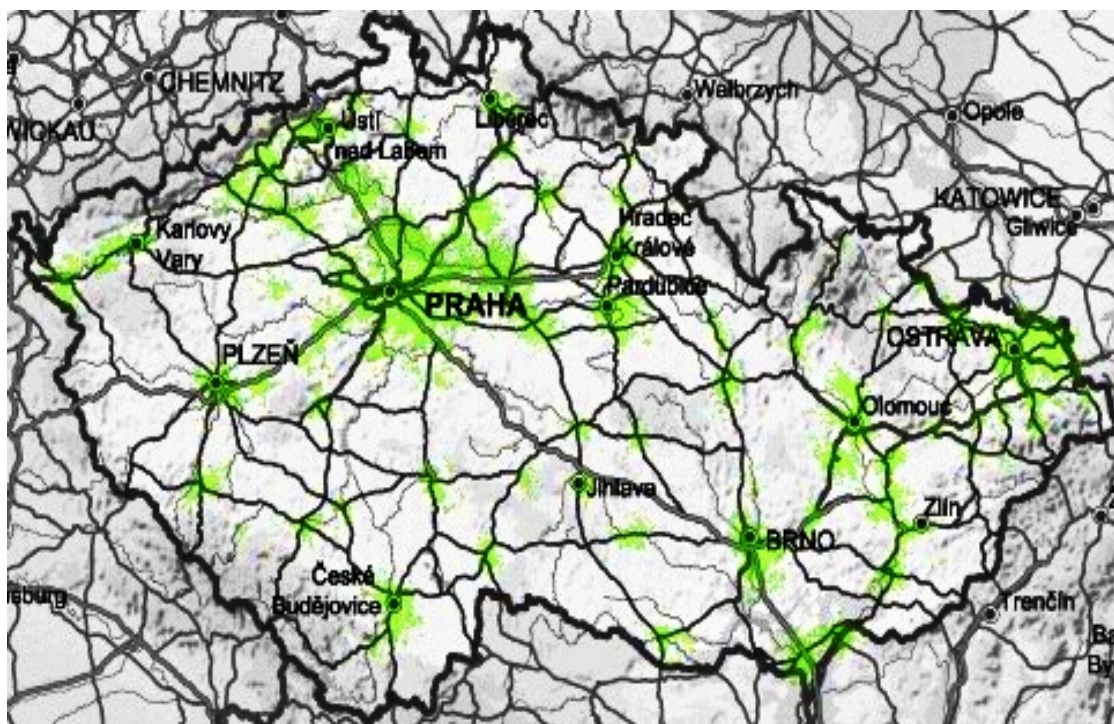
**Obr.: Pokrytí GPRS O2**

Poslední technologií, kterou nabízí společnost Telefónica O2 je EDGE, protože je pokrytí touto technologií velmi malé, nebudu touto službou více zabývat.

## **T-Mobile**

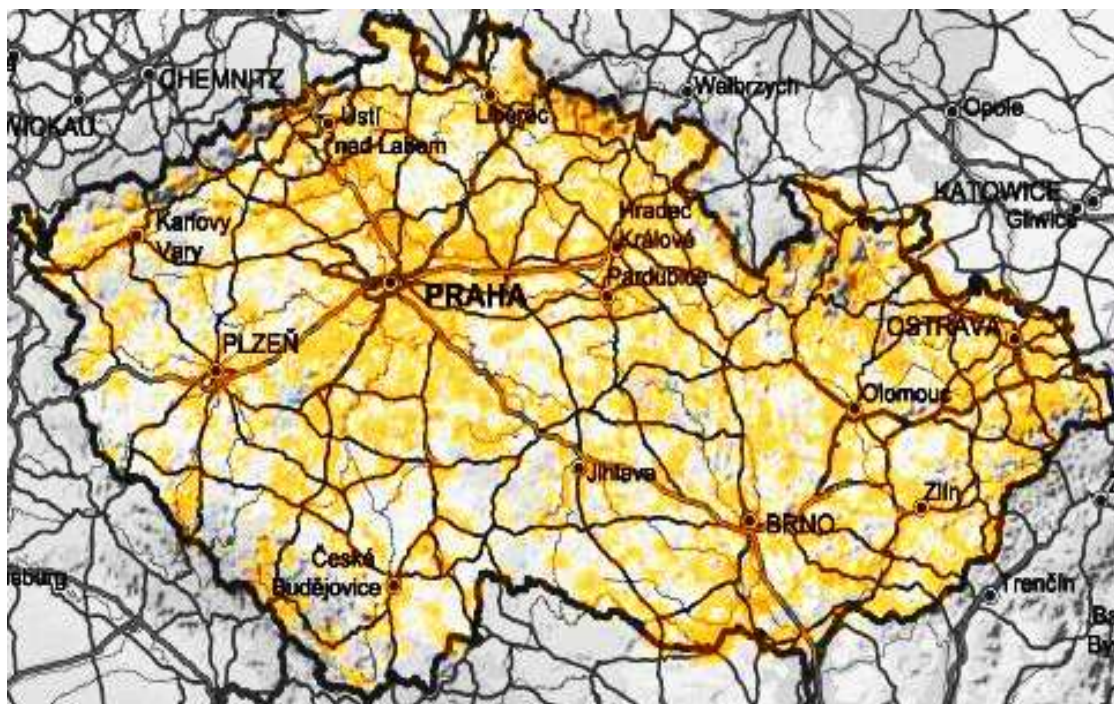
T-Mobile disponuje sítí UMTS TDD, kterou nazývá síť 4G, technologicky se však jedná o klasickou síť 3G, která se od konkurenčních UMTS v ČR příliš neliší. Tuto službu T-Mobile provozuje na dvou frekvencích, 1900 a 827 MHz. Služby na frekvenci 1900 MHz provozuje operátor v Praze, druhou frekvenci pak mimo Prahu. Je to logické a vhodné využití frekvenčního pásma, díky kterému dochází k možnosti nabídnout zákazníkům optimálně využitelné služby. Bohužel tato technologie díky vysokým nákladům na výstavbu nedosahuje pokrytí, které je více komerčně využitelné.





Obr.: Pokrytí T-Mobile 4G

T Mobile nabízí i základní datové služby, jako je GPRS a EDGE. Podmínky jsou obdobné jako u O2, uvádím proto již jen mapu pokrytí.



Obr.: T-Mobile pokrytí EDGE

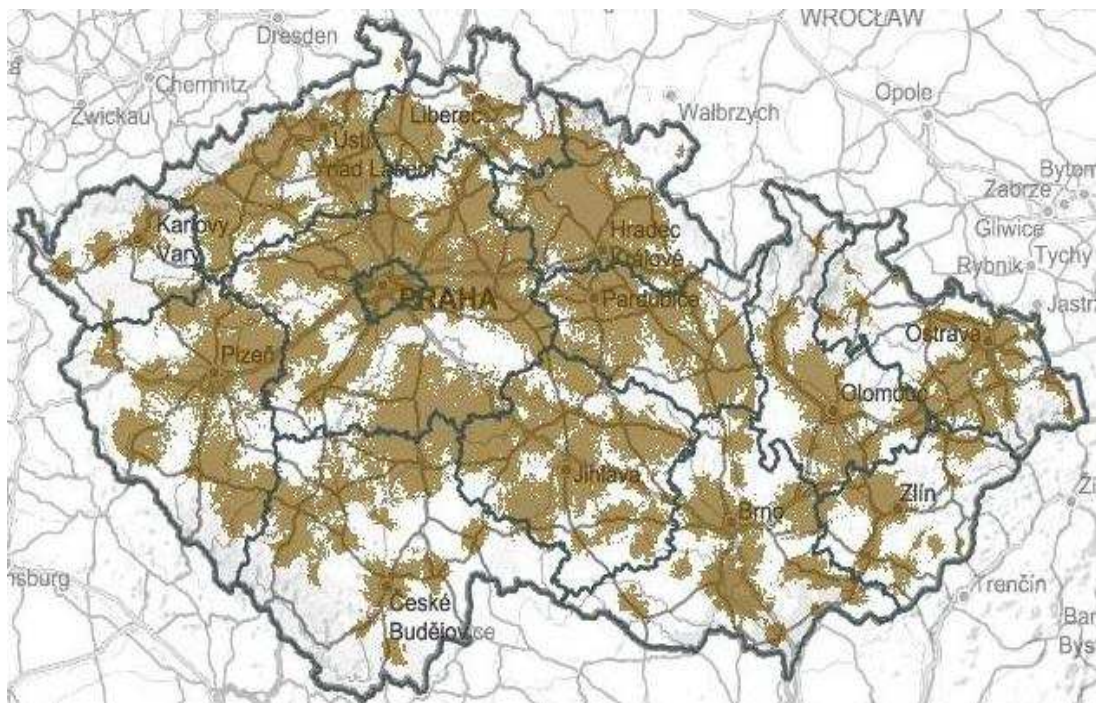


## U:fon

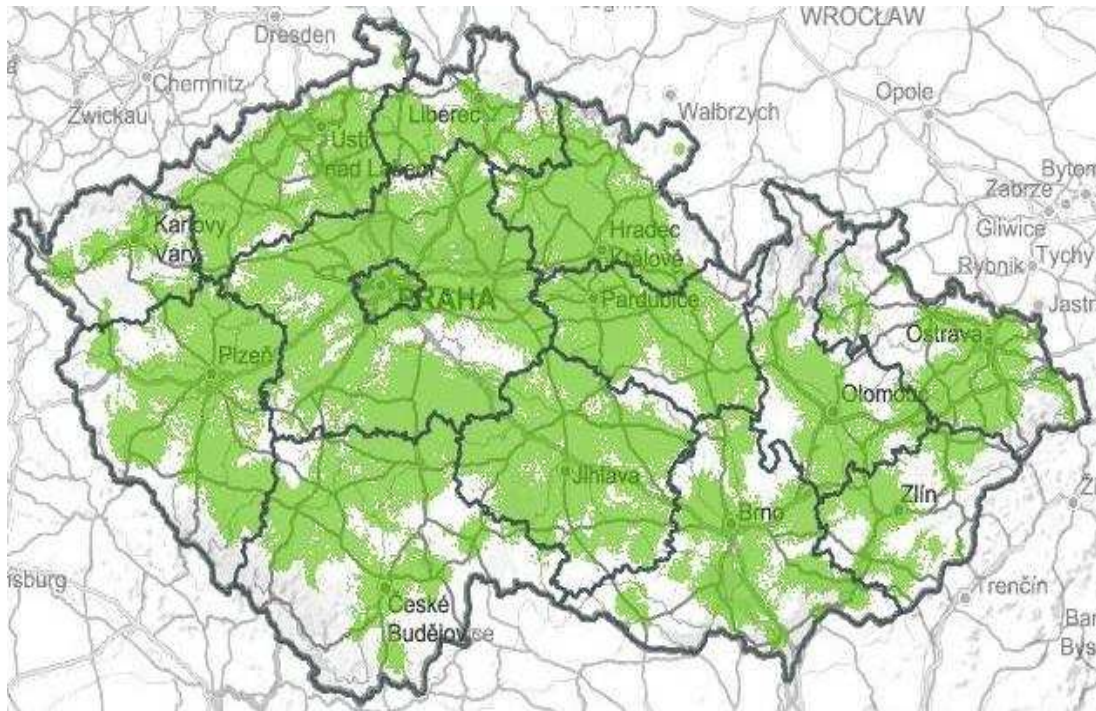
Nejmladší operátor U:fon provozuje k dnešnímu dni dvě datové sítě. CDMA 1x, která se svou rychlostí 153kbps srovnává například se službami EDGE a CDMA Ev-DO Rev. A s rychlostí až 3,1 Mbit, která je v tuto chvíli jednou z nejrychlejších mobilní datových služeb v ČR.

Dodavatel technologie je čínská firma ZTE, která má se službami CDMA bohaté zkušenosti. První BTS byla spuštěna 15.5.2007, od počátku do 22.5.2009 bylo postaveno a spuštěno orientačně 400 BTS, které pokrývají službami operátora 84 % populace a činí tak rychlá mobilní data dostupná pro velkou část obyvatel České republiky.

Pokrytí těmito službami ukazují následující obrázky..



Obr.: U:fon pokrytí CDMA Rev. A.



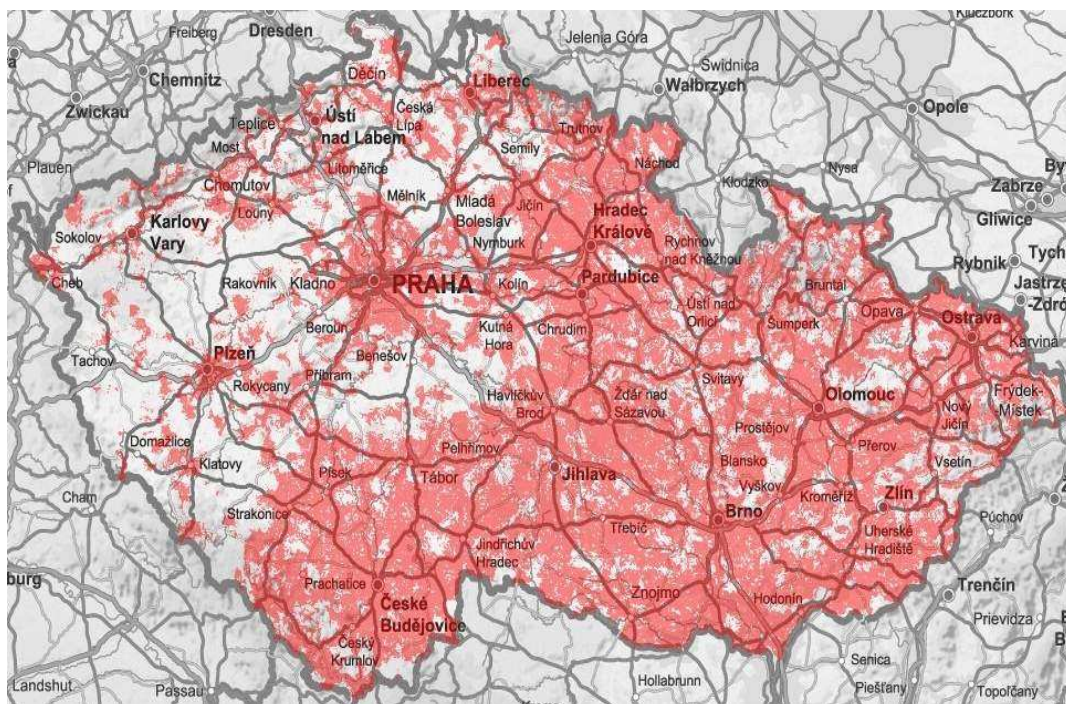
Obr.: U:fon Pokrytí CDMA 1X

## Vodafone

Poslední z poskytovatelů, firma Vodafone, nabízí službu GPRS a EDGE. Technologie EDGE jak již bylo řečeno, patří do 2G, tedy není přímou konkurencí sítí 3G. Jedná se o jisté vylepšení GPRS, díky kterému dosahuje rychlostí až 236,8 kbit/s.

V březnu letošního roku společnost Vodafone spustila provoz datové služby 3G. V praxi to znamená ale spuštění pouze jedné BTS na Praze 9 a 10, nabídka je proto díky minimálnímu pokrytí zanedbatelná. Proto zobrazují pokrytí pouze GPRS, respektive EDGE.





**Obr.: Pokrytí Vodafone**

V následující tabulce shrnuji jednotlivé základní tarify mobilních operátorů. Obdobnou tabulku naleznete na internetových stránkách každého z poskytovatelů. Do uvedené tabulky jsem přidal „reálná rychlost“. Touto hodnotou se většina operátorů příliš nechlubí. Její hodnota je závislá na mnoha faktorech, jako je síla signálu, jeho rušení, místo kde se vyskytujete, povětrnostní vlivy i počet právě připojených uživatelů v daném sektoru stejně jako samotné nastavení data managementu daného operátora. Proto ji berme v úvahu jako orientační a doplňkovou.

První tabulka ukazuje levnější datové tarify. Do nedávné doby sem patřil i U:fonův internet, který díky svým rychlostem 153kbit/s za cenu 237,-Kč byl nejlevnějším datovým tarifem. Pracoval na technologii CDMA 1x. Bohužel byl ale díky relativnímu nezájmu a velkému vytížení této technologie hlasovými službami stažen. Z tabulky vyplývá, že je v této nabídce nejzajímavější datová služba od společnosti T-Mobile. Pochopitelně nezohledňuji ceny modemů,

kteřé se mění velmi často dle kurzu dolaru, počtu objednaných ks, podléhají reklamním akcím apod.

Poskytovatel	O2	T-Mobile	Vodafone	U:fon
TARIF	Internet Mobile 256	Internet Basic	Připojení na dlouho	Telefon s internetem
CENA	474,81 Kč	474,81 Kč	500,00 Kč	400,00 Kč
Maximální rychlost kb/s	256	512	236,8	256
Reálná rychlost kb/s	80	120	66	364
Jiné limity (FUP, doba apod.)	2,7GB	2GB	FUP 300MB	8GB
Technologie	CDMA	UMTS	EDGE	CDMA
Reálná rychlost/cena	17%	25%	13%	91%
CENA/MB	0,2 Kč	0,2 Kč	0,8 Kč	0,0 Kč

**Tab.: Datové služby – Přehled 1**

Další tabulky zobrazují dražší a méně omezené tarify, vhodné pro náročnější uživatele.

Poskytovatel	O2	O2	T-Mobile	Vodafone
TARIF	Internet Mobile 384	Internet Mobile 512 plus	Internet Standard	Připojení na stálo
CENA	653,31	831,81	831,81	650
Maximální rychlost kb/s	384	512	512	236,8
Reálná rychlost kb/s	250	350	234	66
Jiné limity (FUP, doba apod.)	0	12	5GB	3GB
Technologie	EDGE/3G	EDGE/3G/HSDPA/CDMA	EDGE/UMTS	EDGE
Reálná rychlost/cena	38%	42%	28%	10%

**Tab.: Datové služby – Přehled 2**

Poskytovatel	O2	O2	T-Mobile	U:fon
TARIF	Internet Mobil 1024	Internet Mobil 1024 Plus	Internet Premium	Fofr internet
CENA	831,81	1069,81	1188,81	594
Maximální rychlost kb/s	1024	1024	1024	3174
Reálná rychlost kb/s	463	350	347	364
Jiné limity (FUP, doba apod.)	12GB	12GB	10GB	8GB
Technologie	CDMA (malé pokrytí)	EGDE/3G/HSDPA/CDMA	EDGE/UMTS	CDMA
Reálná rychlost/cena	56%	33%	29%	61%

**Tab.: Datové služby – Přehled 3**

### *5, Ukázka HW určeného k využití CDMA 3G*

V této kapitole mapují základní HW, určený pro CDMA síť 3G včetně technologií, na kterých pracuje, technických specifikací a vzájemným porovnáním pro lepší pochopení.

HW nejprve představím ve stručné technické rovině, nejčastěji prodávané kousky poté srovnám i s jejich základními parametry Rx, Tx, EC/IO ve standardních i nestandardních situacích pro jejich rádiové srovnání, včetně změření download a upload rychlosti.

CDMA modemy se dělí dle následujících kategorií :

- Způsobu připojení k PC
  - USB
  - Wifi router
  - LAN modem
- Velikosti a tvaru, vs. mobilitou
  - USB dongle
  - Kabelový USB modem
  - Wifi router, připojitelný přes USB či LAN
  - Wifi router kombinovaný s USB modem a LAN switchem





Na trhu v České republice lze nyní pro službu CDMA možné zakoupit tento HW:

O2

TYP	CENA PLNÁ	CENA DOTOVANÁ	SÍŤ	FOTO
ANYDATA ADU-635WH	7 595 Kč	495 Kč	CDMA2000 1xEV-DO Rev.A, UMTS, HSDPA	
ANYDATA APE-540H	4 095 Kč	1 Kč	CDMA rev. A.	
AXESSTEL MV110H	3 995 Kč	1 Kč	CDMA2000 1xEV-DO Rev.A	
AXESSTEL MV410H	6 194 Kč	2 795 Kč	CDMA2000 1xEV-DO Rev.A	

Tab.: Modemy nabízené u O2

## U:fon

TYP / základní funkce	CENA PLNÁ	CENA DOTOVANÁ	SÍŤ	FOTO
AnyDATA ADU510L USB kompaktní modem	3 000 Kč	500 Kč	CDMA rev. A.	
Axesstel MV110L USB modem s baterií a přídatnou externí anténou	3 000 Kč	500 Kč	CDMA rev. A.	
AnyDATA AWR 501L CDMA modem, WiFi router	3 500 Kč	500 Kč	CDMA rev. A.	
Axesstel MV410L CDMA modem, Wifi router, Data SWITCH	5 000 Kč	3 000 Kč	CDMA rev. A.	

Tab.: Modemy U:fon

Výběrové řízení na vhodný datový HW dle požadavků operátora,  
vlastní měření a doporučení



V následující kapitole popíši jako příkladovou studii způsob výběru vhodného datového CDMA modemu, určeného jako nástupce již „zastaralého“ modemu Any DATA ADU 510L.

Modem ANY DATA ADU 510L je modem, spadající do kategorie USB dongle, tedy modem malých rozměrů, vhodný pro připojení k jakémukoli PC s USB portem. Vyznačuje se malými rozměry, nízkou váhou, uživatelsky jednoduchým nastavením bez speciálních funkcí. Většinou nemá konektor pro připojení externí antény, který se stává u modemů 3G CDMA standardem až v dnešních dnech.

To vše se ovšem projevuje i na ceně modemu, která je marketingově tlačena výše, než-li je cena modemu bez konektoru pro externí anténu.

Výrobou modemů pro CDMA sítě se nyní zabývají hlavně východní firmy sídlící v Číně a Korey. Typickými zástupci jsou firmy Axesstel, AnyData, C-motech, Modmen, Vertex Wireless apod.

Před samotným výběrem modemu je třeba zvážit určení a využití modemu, cenu kterou je operátor ochoten do modemů investovat, samotnou vhodnost umístění do portfolia ať už cenou, či samotnou kategorií, případné předchozí zkušenosti s dodavatelem, kvalitou jeho výrobků, množství zmetkovosti a reklamovaných výrobků, rádiové vlastnosti modemů a v neposlední řadě technologii, pro kterou je modem určen.

Vzhledem k tomu, že pro tuto práci nacházím relevantním pouze rádiové porovnání modemů, budu až na tyto vlastnosti výše uvedené charakteristiky ignorovat.

Po zhodnocení uvedených požadavků modemu obvykle dochází ke kontaktování potenciálního dodavatele či dodavatelů, jsou vyžádány vzorky, které jsou následně srovnány při provozu a využití v síti, pro kterou jsou určeny. Na řadu přichází řada testů, které mají za úkol odhalit případné nedokonalosti či poukázat na nejvhodnějšího dodavatele a typ modemu. Krom posouzení vhodnosti modemu je nutné zvážit i marketingové vlastnosti, design, segment a druh zákazníka, pro kterého je modem primárně určen.

Po přijetí modemů a jejich registraci do sítě, tedy nahrání PRL souborů do modemu, zanesení identifikačních kódů jako je IMSI, NAI, NAI password a ESN do HLR databáze a bilingového systému se modem stává právoplatným uživatelem sítě pro to, aby na něm mohly proběhnout standardní testy.

Srovnání modemů a jejich vlastností budu demonstrovat na konkrétním výběrovém řízení, kterého se v nejužším kole zúčastnil modem značky C-motech a modem firmy AnyData ADU 520L. Firma do dnešních dní využívala v tomto segmentu modemy AnyData ADU 510L, ty se ale v dnešních dnech jeví jako zastaralé, nevyhovující a drahé.

## **Testy modemů**

Samotné testy se skládají z několika částí :

- Uživatelské testy
- Rádiové testy
- Signalizační testy

- **Uživatelské testy**

Uživatelskými testy se rozumí posouzení subjektivních vlastností modemu, kvalita provedení, plastování, vizuální kontrola slícování, uživatelsky jednoduchá instalace a nastavení modemu, přívětivost obslužného softwaru modemu apod. Většinou dochází ke srovnání pomocí tabulky hodnotících kritérií.

- **Rádiové testy**

Rádiové testy slouží pro získání relevantních dat o chování modemu v síti. Tedy informace o RX, TX, EC/IO, rychlosti downlinku, uplinku, schopnosti modemu pro handoff a jiných.

Rádiové testy jsou nejčastěji prováděny pomocí drive testů v reálných síťových podmínkách, u „movitějších“ operátorů jsou velmi často využívány odstíněné místnosti, kde je za přítomnosti BTS prováděno měření v ideálních či simulovaných rádiových podmínkách.

Informace získané těmito testy slouží pro posouzení kvality samotného modemu, schopnosti fungovat v různých rádiových podmínkách a stanovení důsledků pro samotného uživatele. Tyto informace poté slouží pro výběrová řízení, kdy se srovnává několik typů modemů od různých výrobců, stejně jako pro péči o zákazníka ať už při návrhu vhodného modemu dle lokality využití či řešení zákaznických problémů.

Samotné měření se provádí pomocí speciálního software, většinou dodávaného dodavatelem síťových komponent a rádiové technologie, který je nainstalován do notebooku. Přes tento software jsou sbírána data získaná z modemů při testování. Stejně tak je možné použít profesionální měřicí přístroje, které umí měřit až 16 nezávisle připojitelných zařízení. Společně

s naměřenými hodnotami je snímána i poloha testovacího zařízení pomocí systému GPS pro další vyhodnocení průjezdové trasy.

Takto nasbíraná data jsou poté vyhodnocena techniky RAN oddělení na specializovaném software. Vyhodnocení probíhá buď statisticky z dat naměřených při celém drive testu, nebo k pozici, tedy hodnoty naměřené v dané pozici při určených rádiových podmínkách.

Například čínský dodavatel technologie ZTE, jehož technologii a služby využívá nejmladší operátor U:fon, používá na vyhodnocení takto získaných dat software :

ZTE ZX POS – síťový plánovací software

ZTE ZX CNA – analyzátor drive testů

<http://www.zte.com.cn/main/P%20AND%20C/Products/Wireless%20products/ZXPOS/2009021263898.shtml>

ZTE ZX CNT – slouží pro testování modemů

<http://www.zte.com.cn/main/P%20AND%20C/Products/Wireless%20products/ZXPOS/2009021263899.shtml>

ZTE ZX CNO – pro optimalizaci nastavení sítě

<http://www.zte.com.cn/main/P%20AND%20C/Products/Wireless%20products/ZXPOS/2009021263879.shtml>

Pro lepší pochopení způsobu vyhodnocení, uvádím příklad kdy jsem posuzoval vhodnost náhrady modemu AnyData ADU510L modemem novějším a díky vývoji HW i levnějším.

Byl proveden standardní komparační drive test, kdy byly měřeny hodnoty na modemu AnyData ADU510L a C-Motech.

Takto získaná data byla vyhodnocena pomocí softwaru ZCPOS CNA.

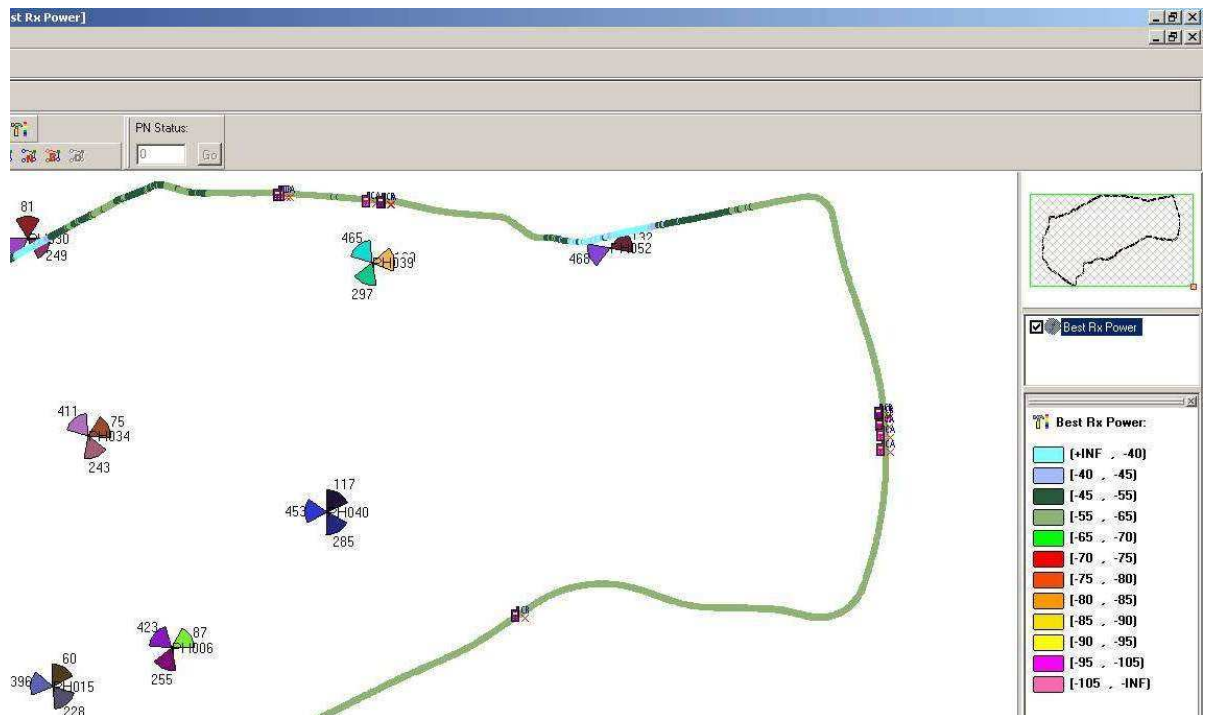
Tento software je schopen sledovat následující hodnoty získaná z modemů :

- AGC – automatic gain control – posuzuje citlivost antén modemu dle pozice.
- Best RX – měří hodnoty přijaté síly signálu BTS v dle pozice modemu.
- Tx – výkon přístroje, tedy síla vysílaného signálu .
- Tx open loop – síla signálu přenesených dat po zásahu BTS a následném navýšení vyzařovacího výkonu dle pozice modemu.
- Total TX – Tx open loop + Tx.
- PER – packet error rate – chybovost přenosu packetu v dané pozici modemu.
- Best PN – vybere a zobrazí dle hodnoty EC/IO nejlepší BTS na dané lokalitě.
- Best EC/IO - tedy nejlepší hodnota EC/IO (poměr přijímaného signálu BTS vůči signálu ostatních buněk.), někdy také nazývané rušení.
- Best SINAR – signal interference to noise ratio, nebo-li síla signálu vůči interferencím a šumu.
- Active PN count – počet a číslo PN kódu, tedy čísla BTS v aktivním slotu modemu.
- User size – zaznamenává vytíženost sektoru.

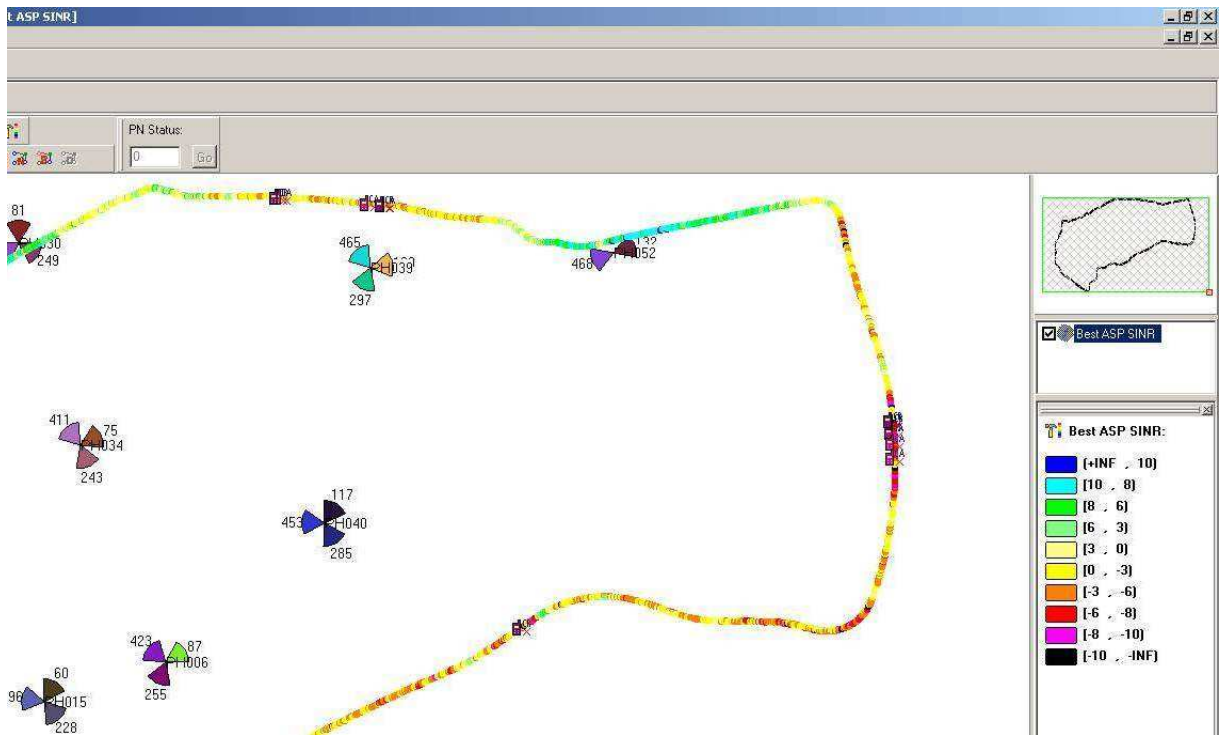
- PN's EC/IO – ukazuje, kde všude je evidováno EC/IO dané BTS a sektoru.
- PN's Ec – ukazuje hodnotu energie vyzářené danou BTS v dané pozici.
- BTS EC/IO – zobrazí hodnoty EC/IO celé BTS v dané pozici.
- Throughput UDP, PPP, FTP – měří datovou propustnost v pozici GPS.

Vyhodnocení samotných drive testů uvádím v příloze, kde najdete obrázky ukazující průběh sledovaných hodnot ve větší velikosti.

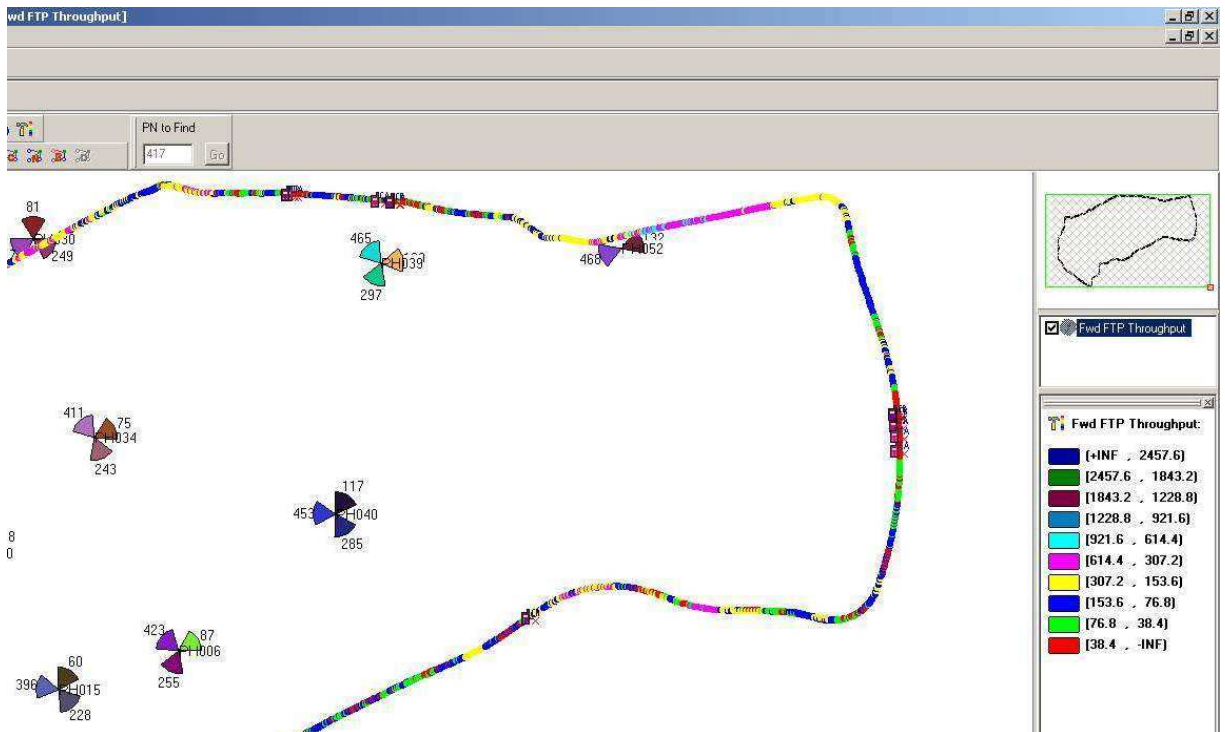
Níže jsem uložil zmenšené výseky pro ukázkou vyhodnocení trasy drive testu s naznačením hodnot, které byly naměřeny, barevně zaneseny.



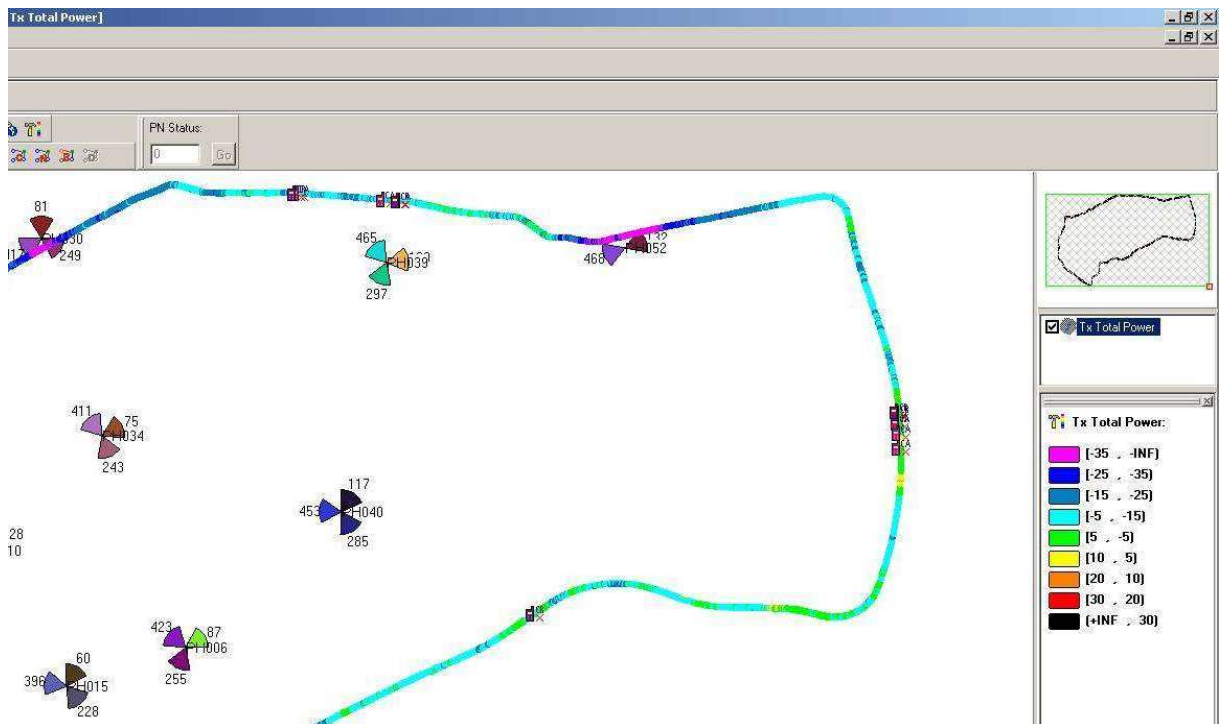
Obr.: Best RX Power



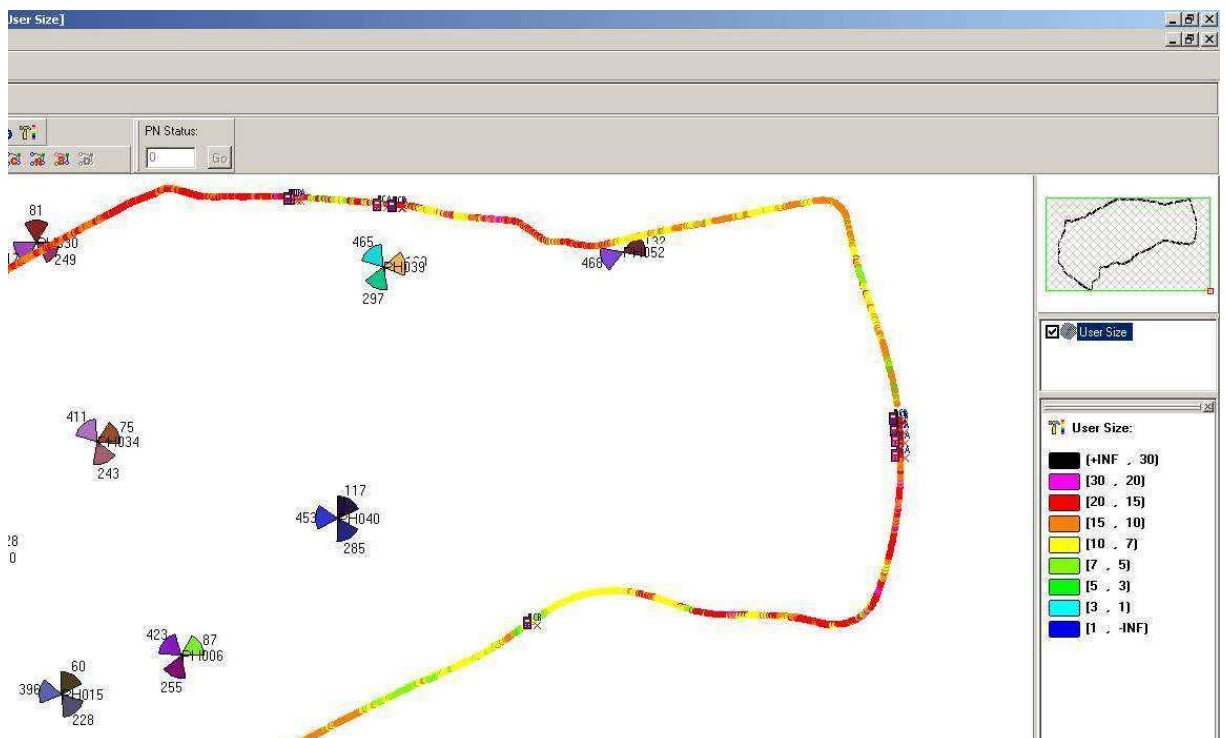
Obr.: Best SINR



Obr.: FTP throughput



Obr.: Tx total power



Obr.: User size

Uvádím vyhodnocení naměřených hodnot při srovnávacím testu mezi modemy AnyDATA ADU510L a C-Motech.



Konkrétní naměřené hodnoty naleznete na konci dokumentu v příloze. Zde uvádím pouze samotné srovnání statisticky vyhodnocených hodnot.

Testy byly prováděny formou drive testu, kdy jsou dva modemy připojeny k měřicímu zařízení, v tomto případě notebook Lenovo R60 s diagnostickým software firmy ZTE.

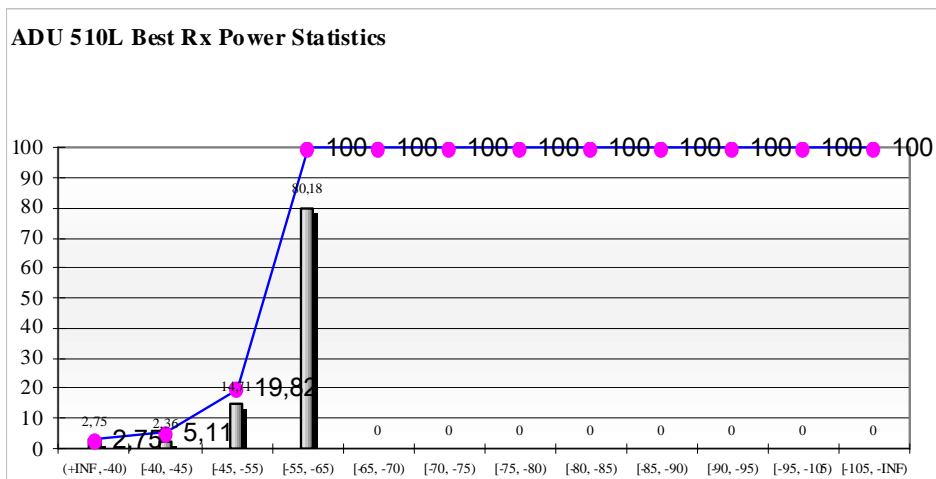
S modemy byla projeta trasa dle zadání NOC sítě, tedy tak, aby se na trase drive testu vyskytly pokud možno všechny rádiové podmínky. Naměřené hodnoty byly poté vyhodnoceny pomocí programu ZTE ZX CNA. Jednotlivé naměřené hodnoty byly statisticky vyhodnoceny dle počtu výskytu jednotlivého hodnoty v rozsahu na celé trase drive testu.

### **Srovnání modemů AnyDATA ADU510L a C-Motech**

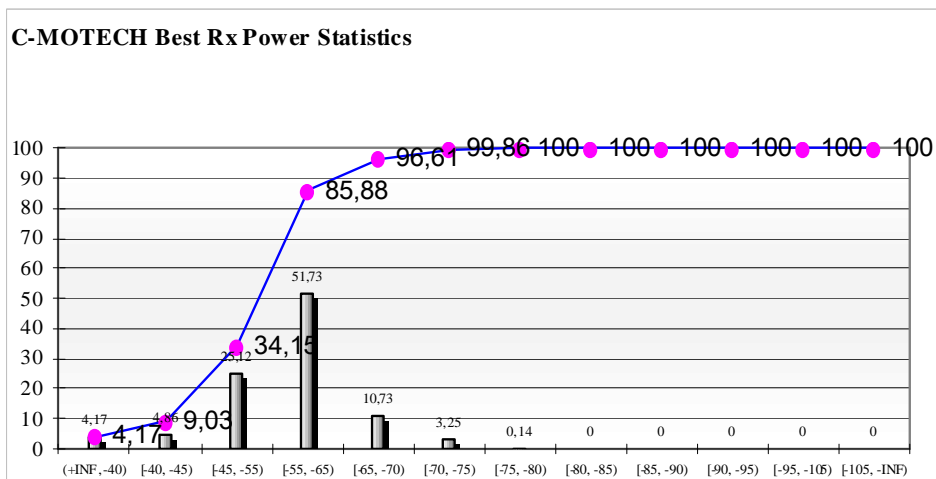
#### **ADU510L Best Rx Power Statistics vs. C-MOTECH Best Rx Power Statistics**

<b>ADU510L</b>	<b>Ave Value</b>	<b>Min Value</b>	<b>Max Value</b>
<b>Best Rx Power</b>	-59.63	-63.8	-26.12
<b>C-MOTECH</b>	<b>Ave Value</b>	<b>Min Value</b>	<b>Max Value</b>
<b>Best Rx Power</b>	-57.23	-76.44	-22.35

**Tab.: Vyhodnocení měření – RX Power**



**Graf: Best Rx Power Statistic ADU-510L**



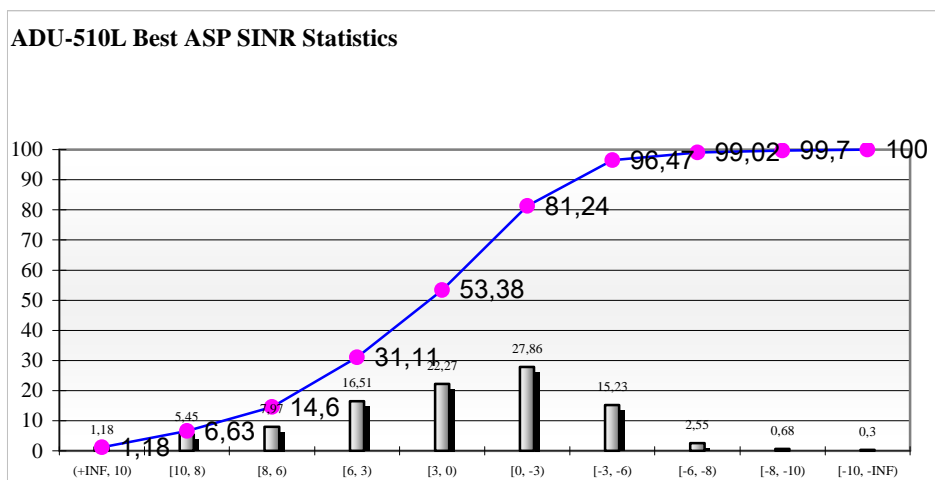
**Graf: Best Rx Power Statistic C-MOTECH**

Slovní vyhodnocení : Při porovnání naměřených hodnot modemu AnyDATA ADU510L a C-Motech je jasně zřetelná převaha modemu C-Motech, projevující se nižšími hodnotami úbytku přijatého signálu. Pravděpodobně je dáno větší a citlivější anténou. Výsledné hodnoty se mohou zdát výhodnější. Pokud se vezmu úvahu využití modemu, vidím, že zvýšená citlivost může mít pro uživatelskou zkušenost pozitivní i negativní přínos. V případě využití modemu ve městě stoupne i EC/IO, modem tedy bude paradoxně méně stabilní. Ale v případě využití modemu na území s nižším počtem BTS bude tato vlastnost výhodou.

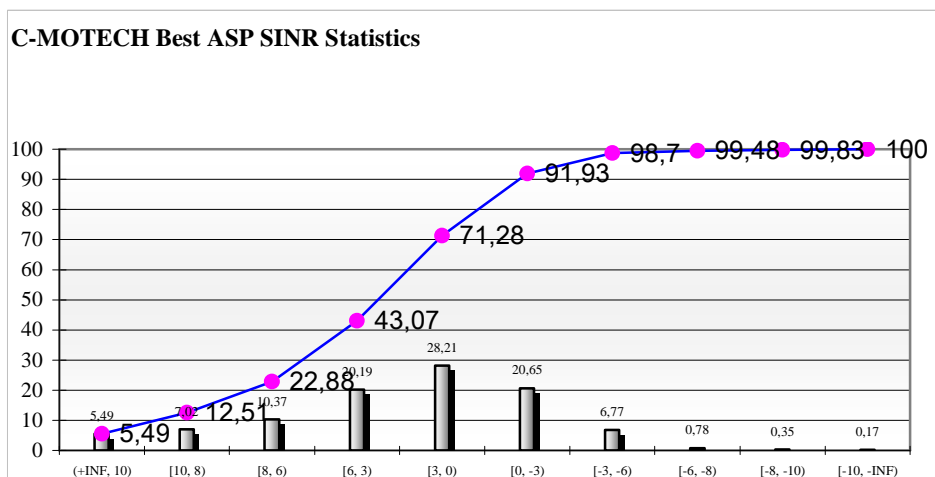
## ADU510L Best ASP SINR Stats vs. C-MOTECH Best ASP SINR Stats

ADU-510L	Ave Value	Min Value	Max Value
Best ASP SINR	0.87	-13.67	11.62
C-MOTECH	Ave Value	Min Value	Max Value
Best ASP SINR	2.63	-11.91	12.99

Tab.: Vyhodnocení měření – Best ASP SINAR



Graf: ADU510L Best ASP SINR Stats



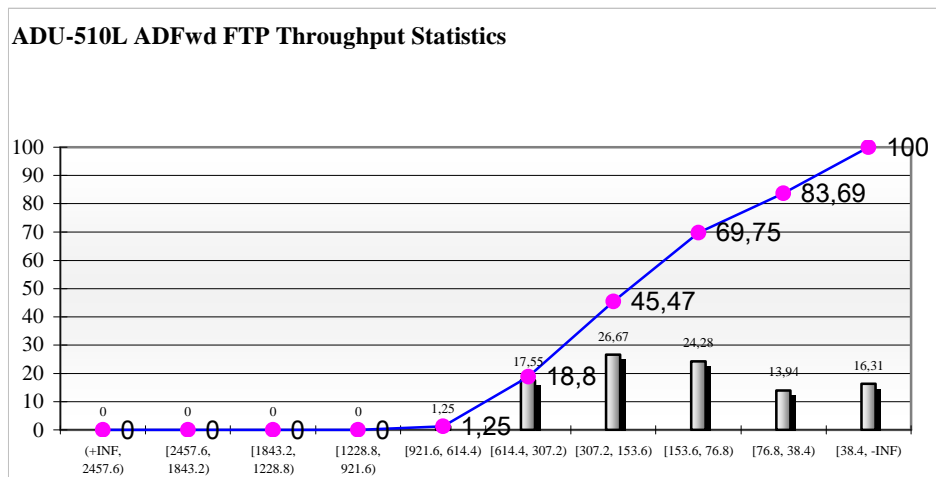
Graf: C-MOTECH Best ASP SINR Stats

Slovní vyhodnocení: z grafů je zřetelné, že C-Motech vykazuje větší odstup signálu od šumu než modem AnyDATA. Tato vlastnost je dána citlivější anténou a modernějším chipsetem.

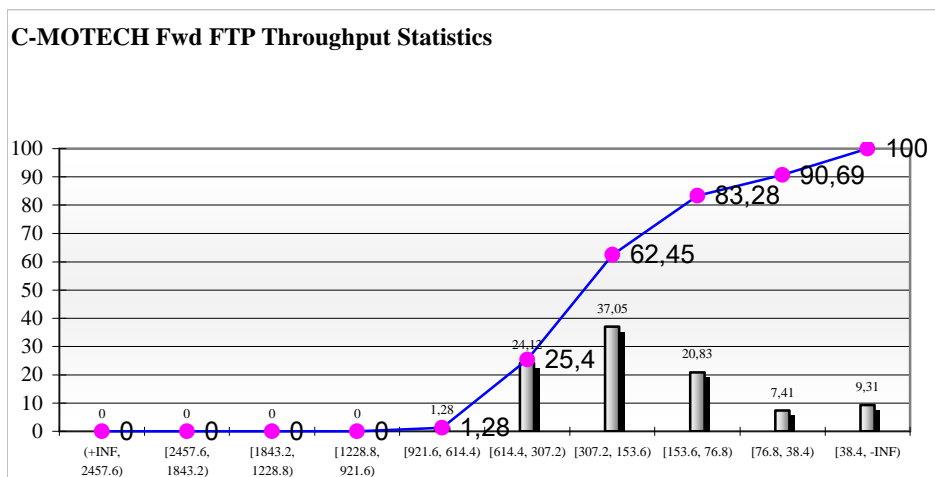
### ADU510L Fwd FTP Through Stats vs C-MOTECH Fwd FTP Through Stats

ADU-510L	Ave Value	Min Value	Max Value
Fwd FTP Throughput	180.28	0	887.04
C-MOTECH	Ave Value	Min Value	Max Value
Fwd FTP Throughput	223.07	0	866.88

Tab.: Vyhodnocení měření – FTP Through Stats



Graf: ADU510L Fwd FTP Through Stats



**Graf: C-MOTECH Fwd FTP Through Stats**

Slovní vyhodnocení: Z grafů je zřetelné, že citlivější anténa a modernější chipset znamená i kvalitnější zákaznickou zkušenost. Modem C-Motech dosahuje vyšších hodnot propustnosti, tedy přenosových rychlostí na testovaném protokolu FTP.

- **Signalizační testy**

Testy signalizace slouží pro ověření kompatibility samotného modemu se sítí. Zkoumá se forma a způsob předávání informací o přenosu dat, rádiových podmínkách, komunikace mezi BTS, modemem a sítí.

## 6, Ekonomické zhodnocení 3G CDMA

Jedná se o velmi citlivé údaje, které samotní operátoři odmítají, pokud se na veřejnost podobné informace dostanou, jsou často chudší o ty opravdu nejcitlivější ukazatele.

Proto i data a hodnoty v následující kapitole, je třeba brát s rezervou a rozhodně ne jako exaktní. Jejich vypovídací hodnota je chápána jako informativní.

### *Orientační cenová kalkulace výstavby*

Složení samotné sítě CDMA jsem popsal na začátku práce. Uvedl jsem, že síť obsahuje tyto prvky:

- Doménový okruh
- Packetový okruh
- BSC centrum
- BTS

Mým úmyslem není rozebrat a zhodnotit cenu každé detailní části sítě, ale informovat o orientační ceně celku, o velikosti počáteční investice. Pro začátek vycházím z informace, že pro CDMA síť, pokrývající území ČR signálem zhruba v 80 % populace, potřebujeme zhruba 400 BTS. Pokud chce operátor nabízet standardní služby, jako jsou SMS, mobilní hlas, data na technologii CDMA Rev. A, mít svou vlastní infrastrukturu, tedy team který dohlíží na chod sítě, výstavbu, účtování zákazníkům, logistiku, marketing, projektový team, management, vozový park apod, počítejme pro tuto investici v dnešních dnech jen pro investiční majetek zhruba 1,4 miliardy Kč. Nezapočítali jsme tedy provozní režii a ostatní nutné náklady.

Tato částka se skládá z těchto skupin : HIM, NIM, DHIM (Finanční majetek Auta, Budovy a stavby, IT Hardware, Kancelářské vybavení, Licence k software, Prodejny a jejich vybavení, Software kancelářský, Software Telekomunikační, Network, Vývoj apod.)

Samotné náklady na síť jako takovou představují zhruba polovinu, z výše uvedené částky, tedy orientačně 700 mil Kč.

Pro zajímavost uvedu ještě orientační cenu HW, jejíž cena je pochopitelně různá dle aktuálního kurzu CZK a USD, času nákupu, dodavatele, konkrétní technologie apod.

Cena jedné BTS, tedy samotného HW BTS, serveru, switche, antény, zdroje se pohybuje kolem 1.600.000,- Kč

### ***Orientační srovnání s konkurencí ARPU , náklady na výstavbu***

Jedním z nejdůležitějších a klíčových finančních ukazatelů pro telekomunikační a datové operátory je ukazatel ARPU (Average Revenue Per User). Ukazatel ARPU vypočítáme, když vydělíme celkovou částku příjmů počtem zákazníků. ARPU lze stanovit obecné, nebo specifické, dle konkrétní služby, tarifu apod.

Pro srovnání tedy uvedu ARPU našich 4 významných operátorů.

Operátor / ROK	2005	2006	2007	2008
<b>Vodafone</b>	670,00 Kč	660,00 Kč	635,00 Kč	583,00 Kč
<b>T-Mobile</b>	482,00 Kč	486,00 Kč	484,00 Kč	500,00 Kč
<b>O2</b>	498,00 Kč	511,00 Kč	510,00 Kč	509,00 Kč
<b>U:fon</b>	x	x	x	350,00 Kč
<b>U:fon DATA</b>	x	x	x	498,00 Kč

**Tab.: ARPU přehled**

Z tabulky vyplývá, že nejlépe se daří společnosti Vodafone. Nováček na trhu, síť U:fon má své ARPU nižší díky filozofii firmy, „v síti voláme zadarmo“, na ukázce datového tarifu ale vidíte, že ARPU je trochu vyšší, nadále však pro zákazníka příznivé.

## 7, Aplikační zhodnocení 3G CDMA

### *Základní parametry BTS*

BTS, neboli základnová stanice je zařízení, které slouží pro zabezpečení spojení mezi koncovým uživatelem, jeho zařízením a servery na straně operátora. Tato komunikace probíhá rádiově.

**Každá 3G CDMA BTS se skládá z několika podstatných částí :**

- Serverová část
- Jádro
- Antény

Každá BTS má tři antény, sloužící pro vysílání a příjem. Na pokrývaném území tedy vytváří tři laloky dle vyzařovacích vlastností samotné antény.



Všechny BTS pracují na stejném frekvenčním rozsahu, pokud by vedle sebe na pokrývaném území stály dvě BTS se stejnou či velmi blízkou frekvencí, mohlo by dojít k vyrušení signálu. Proto je každá BTS posunuta ve frekvenčním rozsahu o 10MHz, oproti okolním BTS.

Výkon jednotlivých kanálů BTS se pohybuje v rozsahu

1-kanál 0,8 až 16W

EVDO kanál 1 až 20W

Rádiový signál CDMA se šíří

A, na přímou viditelnost

B, s ohybem a rozptylem na překážkách

### ***Kapacita BTS***

Jelikož v síti U:fon, je datová část oddělena od hlasové (každá služba využívá jinou technologii), Data EVDO Rev. A, hlas CDMA 1x, kapacita těchto dvou služeb se tedy vzájemně neovlivňuje.

Každá BTS má tři sektory. Kapacita, kterou si uvedeme se týká každého jednotlivého sektoru BTS. (Tedy pro celou BTS se násobí třemi)

Sektorová kapacita 1x :

- Hlas až 22 Erl (současné probíhající hovory)
- Data až 12 Erl

Sektorová kapacita EVDO :

- Cca 20 Erl (s maximálním přenosem 2Mb)
- Maximální počet je 60 Erl

Výše uvedené hodnoty jsou pro síť bez aplikace Traffic Managementu. O tomto řízení sítě se zmíním v dalších kapitolách práce.

### *Praktické ověření šíření signálu, mapy pokrytí, vyzáření, EC/IO rušení,*

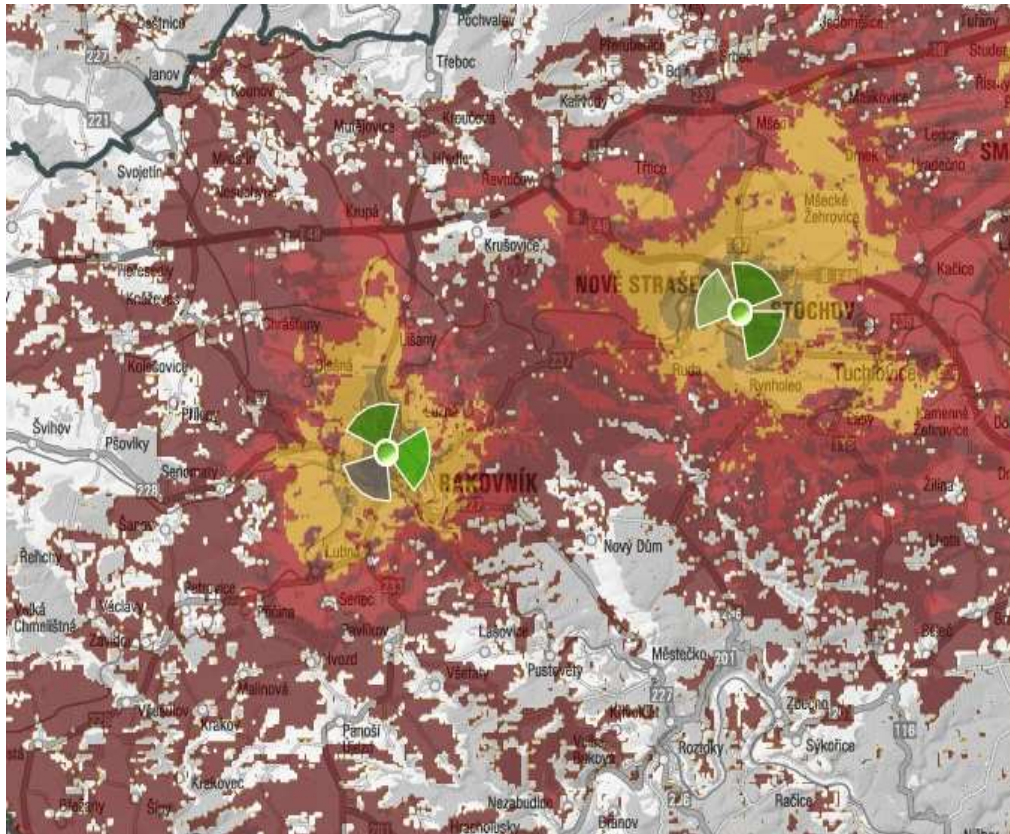
V této sekci je postupováno obdobným způsobem, jako při měření na modemech. S připojeným CDMA zařízením je ve vozidle projížďeno stanovenou trasou, pro získání hodnot Rx, Tx, EC/IO apod. Další možností je matematický výpočet, kdy je dle teoretického šíření signálu územím dopočtena jeho síla na konkrétním místě.

Pro názornost dokládám zanesené výsledky z drive testu Rakovníkem :



Obr.: Rx Power Rakovník

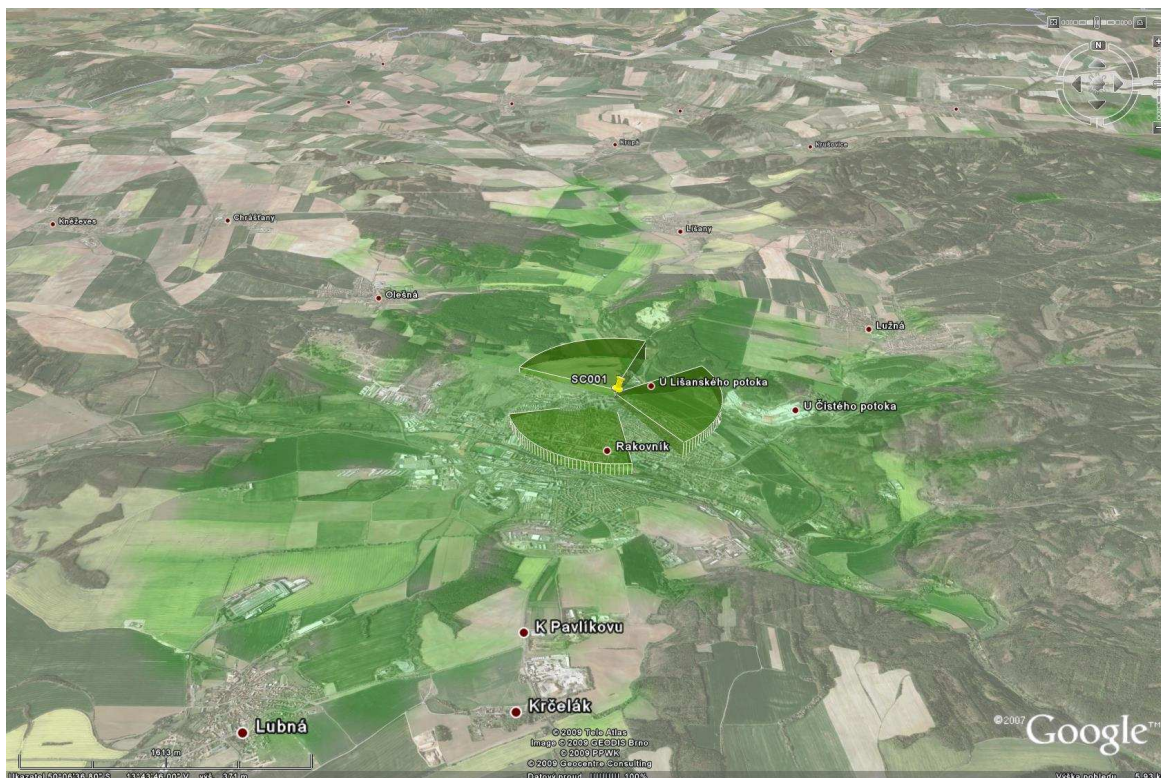
Obr. : Matematický model vyzáření BTS – Rakovník ukazuje teoretické dopočtení pokrytí daného území signálem, vyzářeným BTS v centru Rakovníka.



**Obr.: Matematický model vyzáření BTS – Rakovník**

Pro úplnost ukázky možností práce se simulovaným pokrytím vkládám obrázek proložení šíření signálu do běžně dostupných satelitních Google Maps.





**Obr.: Šíření signálu v Google Maps**

### *Data management mobilního operátora*

Provoz sítě musí být v mimo jiné také rentabilním, tzn. musí být z pohledu výstavby a provozu sítě dosaženo jejího optimálního využití. Tedy základnové stanice musí pokrývat ideálně obydlené území takovým způsobem, aby byla zaručena dostatečná kapacita pro hlasové i datové služby, zároveň ale aby nedocházelo k významnému přetížení, stejně tak ale, aby se nevyskytovaly BTS které zákaznky nejsou využívány. Pro zajištění této skutečnosti je třeba splnit několik základních faktorů :

- Zajistit vhodný Traffic Management
- Výstavba nových BTS
- Cílení prodejů

Cílení prodejů je zajištěno vhodnou komunikací s prodejními kanály, kdy dohled nad sítí společně s reportingem poskytuje informace o pokrývaném území, jeho vytížení/nevytížení.

Výstavba nových BTS je ze základu řízena samotnými demo a geografickými podmínkami daného území. Ve chvíli dokončení masivní startovací výstavby přichází čas na výstavbu dle vytížení BTS v daném území, samotné ladění charakteristik pokrytí, nastavení úhlů antén jednotlivých sektorů BTS. V území s nedostatečně využitými BTS dochází k pozastavení výstavby, naopak v území které je vytíženo či přetíženo je zahájena výstavba nových BTS tak, aby služba pro stávající uživatele dosahovala optimálních hodnot. Pro tento způsob výstavby je třeba pokročilého MIS a DATA reportingu.

Pro udržení optimální kvality jednotlivých služeb, je nutné aplikovat kvalitní Traffic Management, který řídí kvalitu jednotlivých hlavně datových služeb.

Samotný Data management si představme, jako server, který je připojen v jednotlivých BSC, který obhospodařuje každou z BTS přidělenou právě danému BSC. Na každé BTS umí nastavit a řídit dané služby, tedy omezit rychlosti a propustnosti na BTS ať už na protokolu (http, FTP, voice streaming), pro daného uživatele/zařízení.

Tento server je nastaven dle technologických kapacit BTS, preferencí daných služeb, případně významnosti konkrétního uživatele.

Poznámka: jak vyplývá z charakteristik CDMA a jejích revizí, které uvádím na začátku práce, CDMA zvládá prioritizaci od konkrétní služby DATA/HLAS přes BTS, sektor, uživatele/zařízení apod.

## *Sledování elementárních parametrů běhu sítě*

Pro dosažení optimálního využití sítě je třeba splnit a sledovat mnoho faktorů. Pro dosažení a udržení potřebných hodnot je třeba kvalitního informačního systému, pro strategická rozhodnutí managementu a dalších součástí společnosti, stejně jako fundovaného dohledového centra. Potřebná data jsou poskytována online jednotlivými servery a poté vyhodnocována databázovými reportovacími programy, jako je například Oracle Business Intelligence.

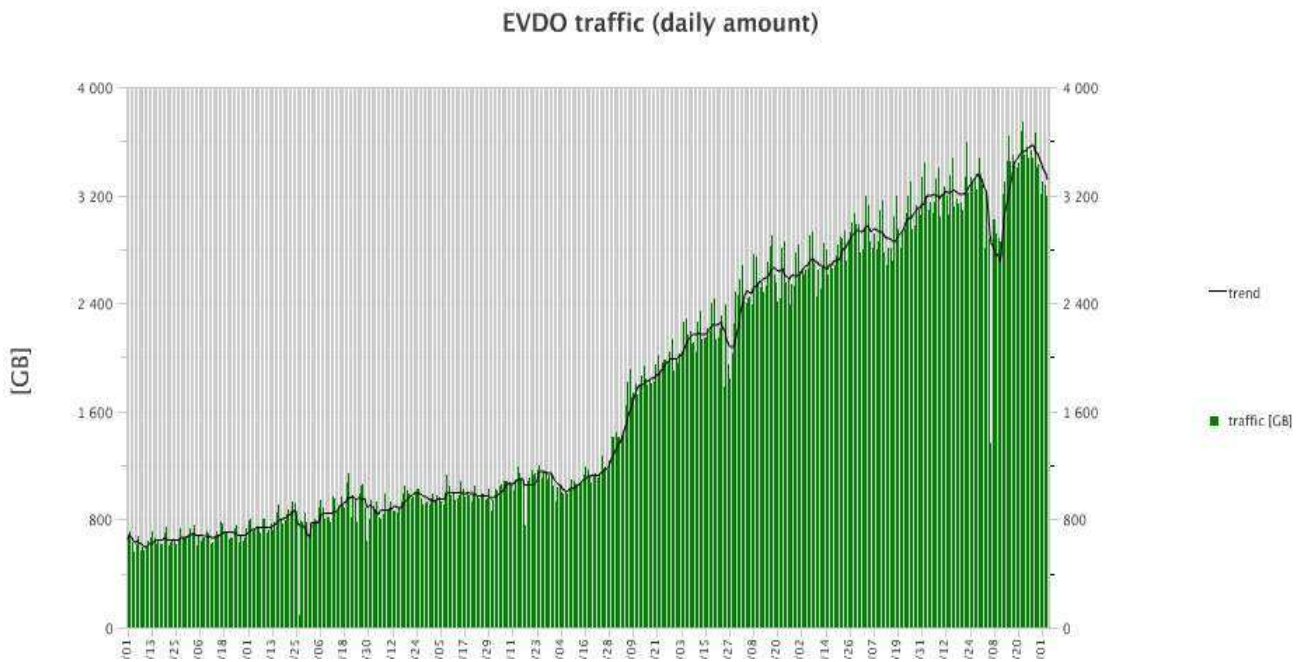
Díky kvalitnímu reportingu je možné sledovat ukazatele KPI's jako například :

- Užití a vytížení jednotlivých serverů, jejich HW CPU apod.
- Hlasový traffic
- Datový traffic
- Procentuelní úspěšnost přihlášení na AAA server
- Množství stažených dat EVDO, 1x
- Report přetížených sektorů dle služeb
- Počet online připojení v PDSN
- Počty odeslaných/přijatých SMS
- Dostupnost BTS

Jako příklad uvádím EVDO traffic, který nám ukazuje množství stažených dat

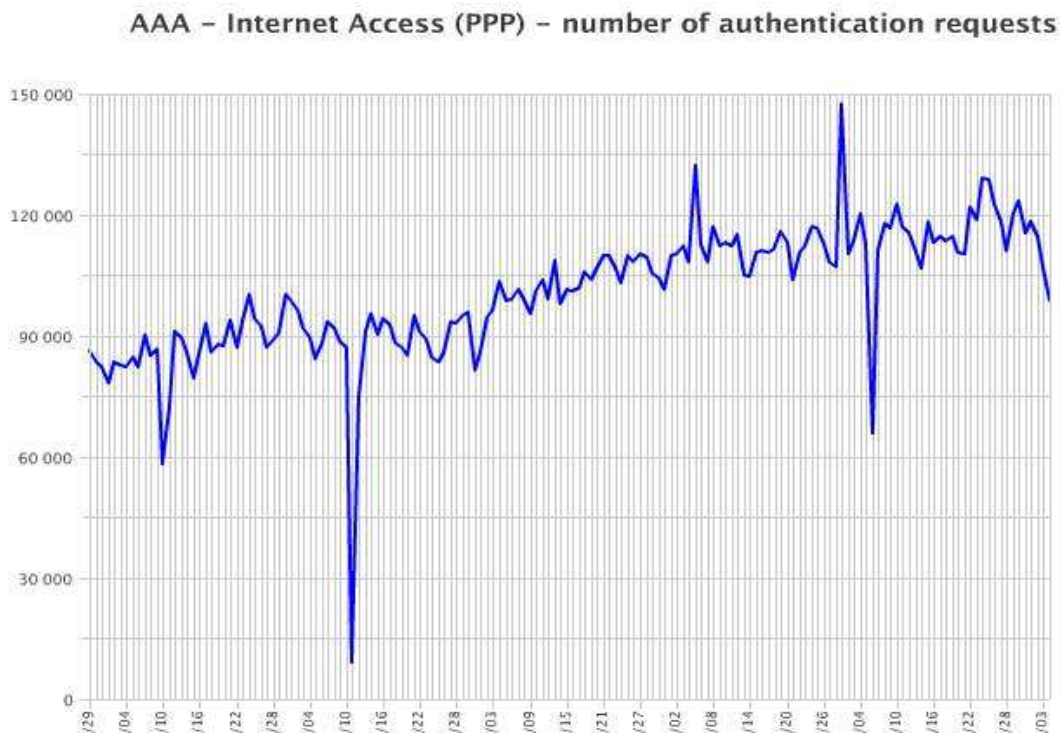
*Pozn. : (reporty jsou upraveny tak, aby neposkytovaly citlivá data – odstraněny konkrétní datумы apod.)*

Graf EVDO Traffic ukazuje množství dat, stažených v časovém období na službě EVDO.



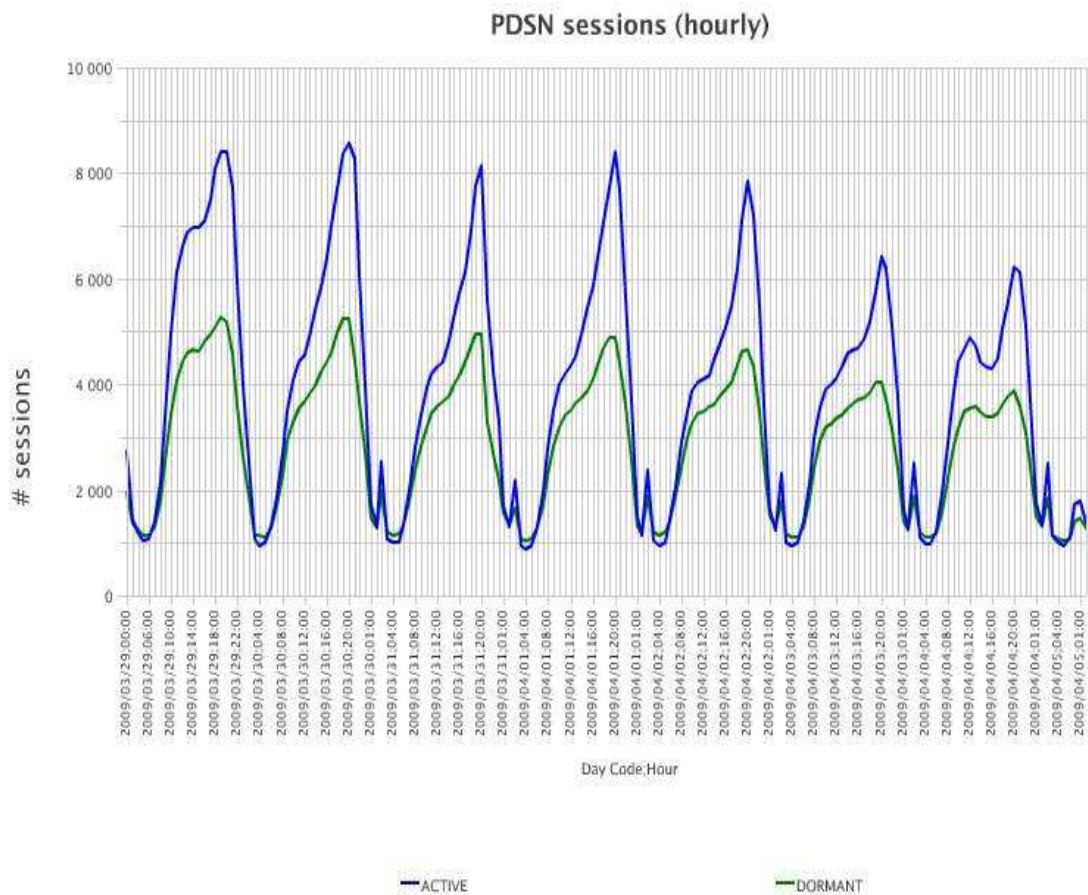
**Graf: EVDO traffic**

Graf AAA numer of authentication requests uhazuje průběh počtu žádostí na AAA serveru v závislosti na čase.



**Graf: AAA number of authentication requests**

A v poslední řadě kupříkladu statistika počtu aktivních relací na serveru PDSN. Na tomto grafu je zřetelný vývoj počtu připojených uživatelů v závislosti na denní době.



Graf: PDSN Session hodinově



## 8, Další možný vývoj

### *Připravované standardy, nové revize B, C, LTE*

Tempo rychlosti vývoje dalších revizí a služeb, které by měly případně samotné CDMA nahradit udává hlavně společnost Qualcomm, která se od začátku významnou měrou podílí na vývoji CDMA a v tuto chvíli je výhradním dodavatelem chipsetů, které využívají výrobci CDMA techniky.

Pokud se budeme soustředit na samotnou technologii CDMA, jsou připravovány další CDMA revize a to hlavně Rev. B a Rev. C. Nástupcem samotného CDMA byl donedávna považován systém UMTS. Koncem minulého roku byl ale technický svět překvapen prohlášením, se kterým přišel již výše uvedený výrobce Qualcomm.

Vývoj UMTS, byl pozastaven a Qualcomm určil jako nástupce CDMA technologii LTE. Pro upřesnění je nutné uvést fakt, že Rev. C. a LTE jsou již považovány za sítě 4G, které nejsou předmětem této práce. Proto se jimi zabývám opravdu okrajově.

Zkusme detailněji rozebrat co jednotlivé novinky znamenají v praxi :

Rev. B : Revize B je evolučním nástupcem Rev. A, ze které vychází. Je vlastně jakousi kompresí Rev. A, kdy poskytuje vyšší výkon pro multimediální aplikace, dvou směrné přenosy a VoIP, díky sčítání více Ev-DO Rev. A. Revize B je komerčně dostupná od druhé poloviny roku 2008. Mezi zákazníky si ale svou cestu teprve buduje.

CDMA Rev. B přináší na svět nový pojem a to dynamicky škálovatelné pásmo. Díky sloučení více Rev. A kanálů, umožňuje datový provoz více jak jednomu

nositeli. Tím zvyšuje datovou propustnost, zlepšuje latenci na uplinku i downlinku.

Technicky to znamená, že až 15 kanálů je kombinováno s šířkou pásma 20 MHz, tím revize B dodává špičkové rychlosti až 46,5 Mbps v downloadu a 27 Mbps v uploadu. V 64 QAM režimu je nárůst na 1,25Mhz až 4,9 Mbps, při 5Mhz šířce pásma pak 14,7Mbps.

Pro dosažení tohoto efektu, nemusí 1,25 MHz packety navazovat jeden na druhý, což dává operátorům flexibilitu v kombinování bloků jednotlivých pásem. To je unikátním přínosem CDMA Rev. B, který nenaleznete ve srovnatelných typech sítí jako je WCDMA/HSDPA.

Ekonomický přínos je dán zvýšením šířky pásma. Díky němu může provozovatel sítě obsloužit větší počet uživatelů, čímž se snižuje cena za přenesený MB.

Rev. C – též známá jako UMB (Ultra Mobile Broadband), za jejíž vývojem stál leader v CDMA, společnost Qualcomm byla pozastavena. Qualcomm jako takový se nyní bude soustředit na vývoj LTE, která spadá pod 4G sítí.

LTE : Vývoj LTE byl již započat. V tuto chvíli se předpokládá jeho spuštění na rok 2010. Jeho první ukázky byly spuštěny v srpnu 2007, pod názvem LTE.

Parametr	Detail
Rychlost downlink	100-326Mbps
Rychlost Uplink	50-86Mbps
Datový typ	Paketový přenos
Kanály (MHz)	1,4; 3; 5; 10; 15; 20
Duplexní schéma	FDD, TDD
Mobilita	0-15km optimálně, 15-120km maximálně
Latence	+/- 10ms
Přístupové schéma	OFDMA, FDMA
Modulace	QPSK, 16QAM, 64QAM

**Tab.: LTE detaily**

Z uvedených informací vyplývá, že LTE není přímým nástupcem CDMA, pouze vychází ze standardů, které pro CDMA sítě platí. Finální realizací je ale věcí blízké budoucnosti, která může doznat dalších zásadních změn.

## 9, Závěr

Cílem této práce bylo popsat stav a problematiku CDMA sítí 3G. Zhodnocuji stávající situaci v České republice, ale i ve světě, seznámil jsem se tedy s faktickými informacemi o využití této technologie, abych přinesl stručné shrnutí stavu a očekávaného vývoje této technologie.

Pro kvalitnější pochopení základních vlastností CDMA jsem popsal nejčastěji se vyskytující revize, jejich výhody a klíčové vlastnosti, abych pak provedl srovnání mezi datovými službami poskytovanými v České republice ať již na standardu CDMA či konkurenčním.

Popsal jsem zařízení pro využití CDMA technologie, se kterými se můžeme setkat na našem trhu a uvedl jsem způsob jeho výběru z pohledu operátora. Rozebral jsem techniky a metody pro porovnání vhodnosti využití konkrétního HW, které jsem podložil vlastními měřeními na příkladu výběrového řízení na nový typ modemu.

Pro úplnost jsem uvedl základní ekonomickou náročnost celého projektu spuštění mobilního operátora, kterou jsem čerpal z interních informací společnosti Mobilkom a.s., zhodnotil jsem i nejpodstatnější specifické ukazatele pro ekonomické posouzení projektu a jeho dalšího vývoje.

Popsal jsem základní principy řízení výstavby a provozu mobilního operátora využívajícího technologii CDMA, řízení QoS, pokrývání a cílení prodeju.

## Zkratky

zkratka	význam	vysvětlení
FDMA	Frequency Division Multiple Acces	členění přístupu dle frekvence
CDMA	Code Division Multiple Acces	členění přístupu dle kódu
EvDO	Evolution Data Only	revize CDMA určená pouze pro datové služby
PTT	Push To Talk	druh komunikace, obdoba vysílačkové
GSM	Global System Mobile	konkurenční technologie CDMA
BTS	Basic Transfer Station	přenosová stanice v síti
HW	Hardware	technické zařízení
CPU	Central Processor Unit	řídící součást technického zařízení, chip
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Přenosová technika pracující s rozprostřeným spektrem. Signál je vysílán na více nezávislých frekvencích.
QoS	Quality Of Services	proces pro sledování kvality služeb
MIMO	Multiple Input - Multiple Output	způsob rádiové komunikace pro multi anténní komunikační systémy
WLL	Wireless Local Loop	Pevná bezdrátová služba
VoIP	Voice Over IP	hlasová IP služba
LBS	Location Base Services	Služba poskytující informace o poloze zařízení
MMS	Multimedia Messaging Services	služba umožňující pracovat s multimediálními daty
ARQ	Automatic Repeat Request	služba pro řízení chyb v bezdrátové síti
FUP	Fair User Policy	omezení množství stažených dat za určité období
IP	Internet Protocol	protokol využívaný pro přenos dat v packetov síti
PTC	Push To Connect	duplexní komunikace pomocí tlačítka
IMM	Instant Mobile Messneger	druh komunikace, skupina komunikátorů (ICQ, Miranda, MSN)
GPRS	General Packet Radio Service	mobilní datová služba 2,5G v sítích GSM
HSDPA	Hisgh Speed Downlink Access	protokol mobilní telefonie
EDGE	Enhanced Data Rates	další vývojový stupeň GPRS
PRL	Paramater Reques List	obsahuje informace nutné pro identifikaci zařízení v síti
RAN	Radio Acces Network	oddělení zabávající přístupem a propojením rádiové části sítě s ostatními složkami
GPS	Global Position System	družicova lokalizační služba
RX	Receive	označuje přijatou složku signálu
EC/IO		poměr přijímaného signálu BTS vůči signálu ostatních buněk
MIS	Marketing Information Service	systém poskytování informací
QPSKA	Phase Shifting Keying	druh digitální modulace
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	druh digitální modulace
ARPU	Average Revenue Per User	průměrný příjem za jednoho uživatele

## Zdroje

Mobilkom a.s., síť U:fon interní informace

1. CDMA Development group URL :<<http://www.cdg.org>> [cit. 2009]
2. CDMA UNIVERSITY URL :  
<<http://www.cdmauniversity.com/cdma/TrainingProductList.aspx>>  
[cit. 2009]
3. TIA URL: <<http://www.tiaonline.org/>> [cit. 2009]
4. CDMA URL: <<http://www.cdma.cz/jak-cdma-funguje>> [cit. 2009]
5. NAVAJO URL: <<http://kodovy-divizni-vicenasobny-pristup.navajo.cz/>> [cit. 2009]
6. Mobilmania URL: <<http://www.mobilmania.cz>> [cit. 2009]
7. Mobilmania URL:  
<<http://www.mobilmania.cz/default.aspx?section=21&server=1&article=1119681>> [cit. 2009]
8. Mobilmania URL: <<http://www.mobilmania.cz/Titulni-strana/Site-3G-a-rychla-data-Evropa-inovuje-u-nas-se-mlci/sc-21-sr-1-a-1119708/default.aspx>> [cit. 2009]
9. Mobil idnes URL :  
<[http://mobil.idnes.cz/na-internet-s-mobilem-jak-vybrat-datovy-tarif-faf-/mob\\_operatori.asp?c=A080205\\_202222\\_mob\\_operatori\\_lhc](http://mobil.idnes.cz/na-internet-s-mobilem-jak-vybrat-datovy-tarif-faf-/mob_operatori.asp?c=A080205_202222_mob_operatori_lhc)>  
[cit. 2009]
10. Mobil idnes URL :  
<[http://mobil.idnes.cz/jak-vybrat-pripojeni-k-internetu-pruvodce-zacatecnika-p11-/mob\\_tech.asp?c=A090112\\_170610\\_mob\\_tech\\_lhc](http://mobil.idnes.cz/jak-vybrat-pripojeni-k-internetu-pruvodce-zacatecnika-p11-/mob_tech.asp?c=A090112_170610_mob_tech_lhc)>  
[cit. 2009]
11. DSL URL: <<http://www.dsl.cz/clanky-dsl/clanek-1307/namerene-rychlosti-internetu-na-dslcz-v-lednu-2009>> [cit. 2009]

12. LUPA URL: <<http://www.lupa.cz/clanky/datovy-triumvirat-4g-lte-umb-a-wimax/>> [cit. 2009]
13. CDMA ONLINE URL: <<http://www.cdmaonline.com>> [cit. 2009]





## Seznam příloh

- Drive test Best RX Power C-Motech
- Drive Test Best SINR C-Motech
- Drive Test FTP Throughput C-Motech
- Drive Test Tx total power C-Motech
- Drive Test User size C-Motech

## **Seznam obrázků, tabulek a grafů**

### **Tabulky :**

**Tab.: Rozdělení uživatelů mezi CDMA standardy – celosvětově**

**Tab.: Rozdíly mezi technologií 2000 1X a Ev-DO**

**Tab.: Datové služby – Přehled 1**

**Tab.: Datové služby – Přehled 2**

**Tab.: Datové služby – Přehled 3**

**Tab.: Modemy nabízené u O2**

**Tab.: Modemy U:fon**

**Tab.: Vyhodnocení měření – RX Power**

**Tab.: Vyhodnocení měření – Best ASP SINAR**

**Tab.: Vyhodnocení měření – FTP Through Stats**

**Tab.: ARPU přehled**

**Tab.: LTE detaily**

### **Obrázky :**

**Obr.: Generace datových služeb**

**Obr.: Pokrytí světa CDMA technologií**

**Obr.: Budoucnost CDMA**

**Obr.: Složení CDMA 3G sítě**

**Obr.: Schéma dělení frekvence**

**Obr.: Kódování v CDMA síti**

**Obr.: Pokrytí O2 CDMA rev. 0**

**Obr.: Pokrytí O2 CDMA rev. A**

**Obr.: Pokrytí GPRS O2**

**Obr.: Pokrytí T Mobile 4G**

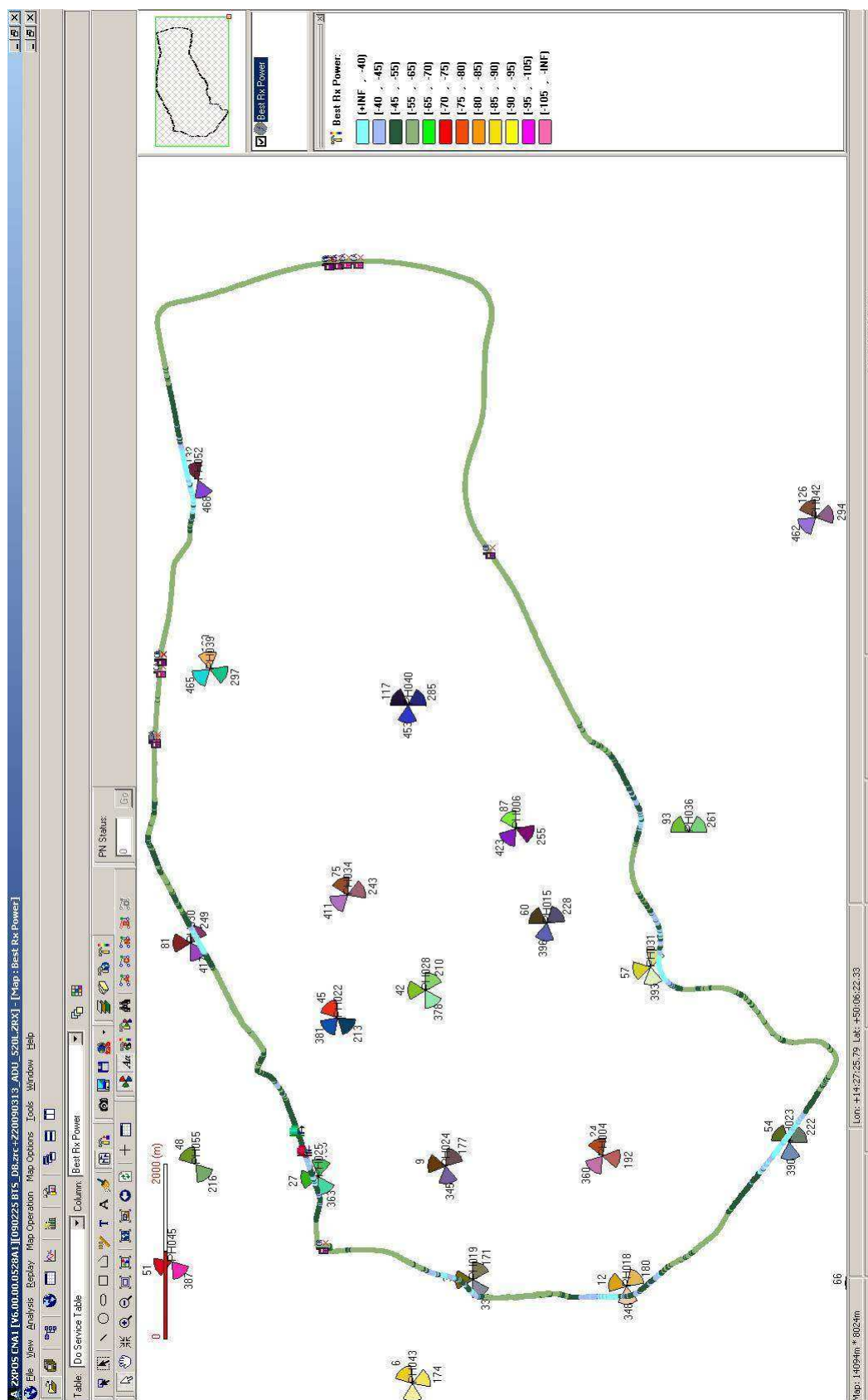
**Obr.: T Mobile pokrytí EDGE**

**Obr.: U:fon pokrytí CDMA Rev. A.**  
**Obr.: U:fon Pokrytí CDMA 1X**  
**Obr.: Pokrytí Vodafone**  
**Obr.: Best RX Power**  
**Obr.: Best SINR**  
**Obr.: FTP throughput**  
**Obr.: Tx total power**  
**Obr.: User size**  
**Obr.: Rx Power Rakovník**  
**Obr.: Matematický model vyzáření BTS – Rakovník**  
**Obr.: Šíření signálu v Google Maps**

**Grafy :**

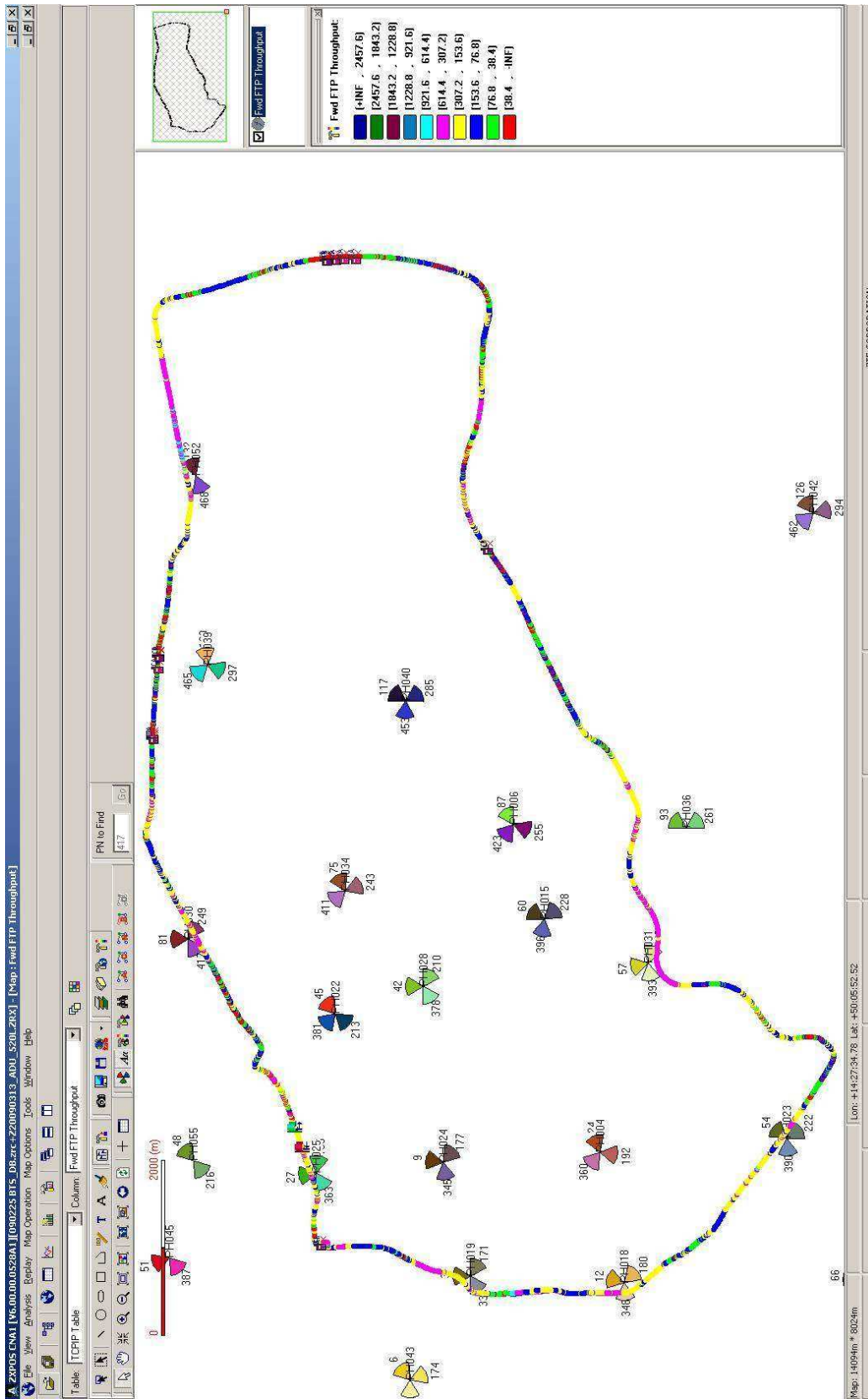
**Graf. Počet uživatelů CDMA 2000 celosvětově**  
**Graf: Očekávaný vývoj počtu uživatelů CDMA 2000**  
**Graf: Best Rx Power Statistic ADU-510L**  
**Graf: Best Rx Power Statistic C-MOTECH**  
**Graf: ADU510L Best ASP SINR Stats**  
**Graf: C-MOTECH Best ASP SINR Stats**  
**Graf: ADU510L Fwd FTP Through Stats**  
**Graf: C-MOTECH Fwd FTP Through Stats**  
**Graf: EVDO traffic**  
**Graf: AAA number of authentication requests**  
**Graf: PDSN Session hodinově**

# Příloha výsledky drive testů :

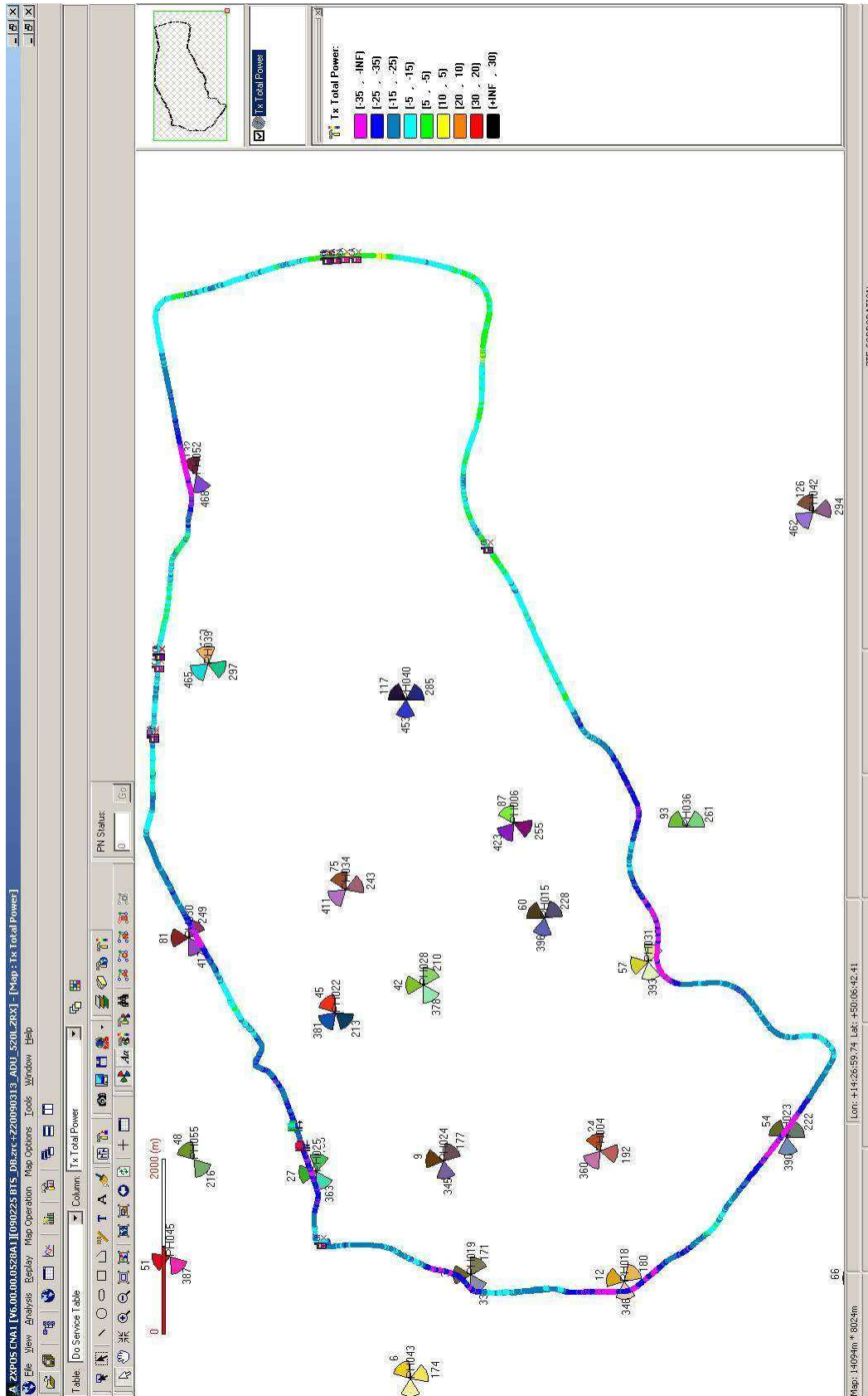


Obr.: Best RX power C-Motech



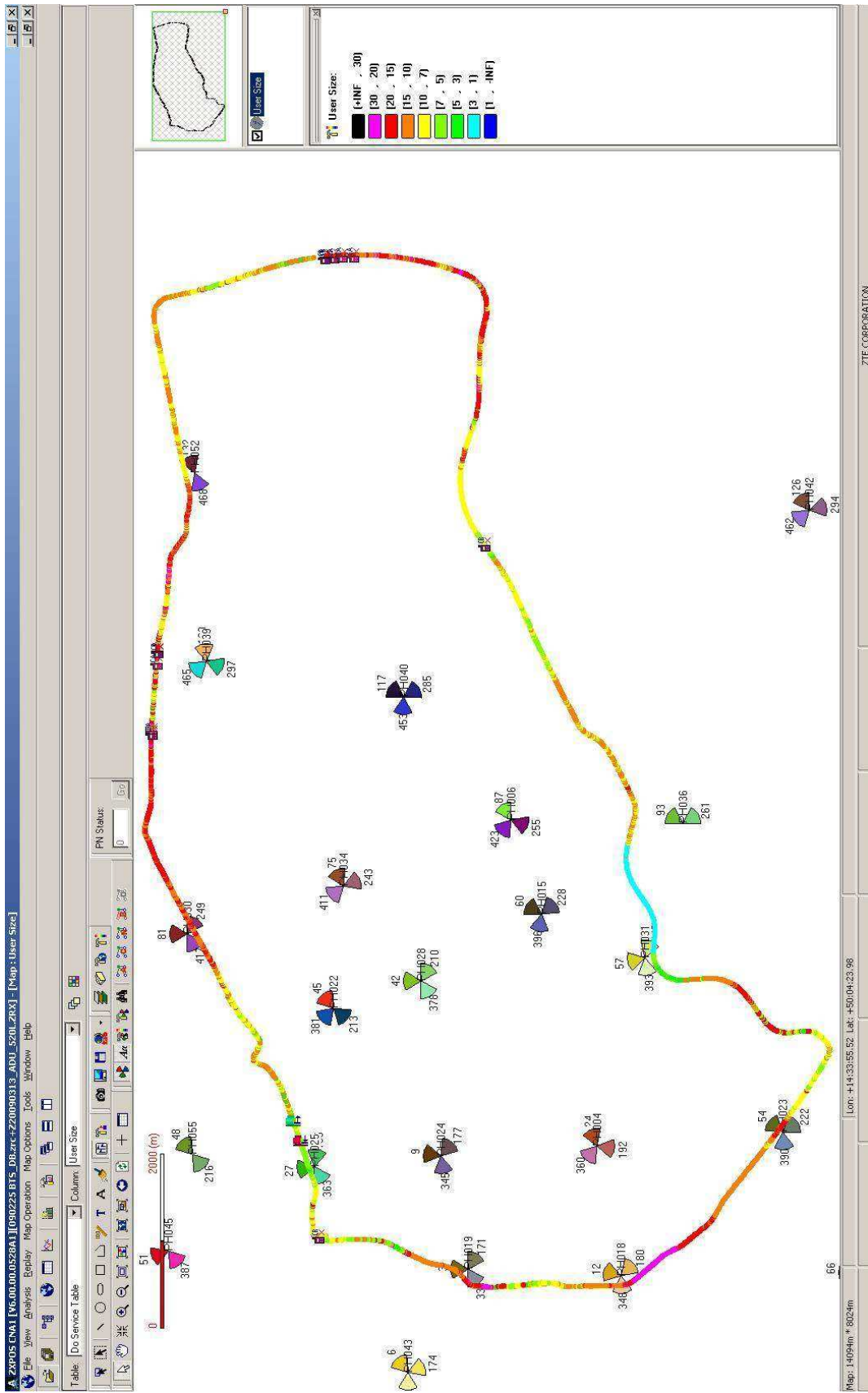


obr.: FTP throughput C-Motech



obr.: Tx total power C-Motech





obr.: User size C-Motech