

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická**

PROJEKT Č. 3

**Sítě UMTS a CDMA – datové  
přenosy**

**Vypracoval:** Jan Hlídek

**Spolupracovali:** Tomáš Nemastil, Petr Putík, Jaroslav Jureček, Honza Sadílek

**Předmět:** Mobilní komunikační systémy (X32MKS)

**Měřeno:** 25. 11. 2008

**Cvičení:** úterý od 12:45 do 14:15

# 1. ZADÁNÍ

- 1) Propustnost UMTS TDD Otestujte propustnost UMTS TDD sítě s využitím terminálů a sítě T-Mobile. Propustnost měřte pomocí následujících způsobů:
  - a. Přenos souboru přes ftp s využitím Total Commanderu.
  - b. Měření přenosových rychlostí oproti internetovému portálu (např. [www.dsl.cz](http://www.dsl.cz), [www.rychlost.cz](http://www.rychlost.cz)).
  - c. Programem „Iperf“ pro měření propustnosti spoje.
- 2) Parametry sítě UMTS s využitím softwaru dodávaného k UMTS terminálu, odečtěte všechny dostupné parametry o síti UMTS.
- 3) Propustnost CDMA Otestujte propustnost CDMA s využitím terminálů a sítě UFON. Propustnost měřte pomocí následujících způsobů:
  - a. Přenos souboru přes ftp s využitím Total Commanderu.
  - b. Měření přenosových rychlostí oproti internetovému portálu (např. [www.dsl.cz](http://www.dsl.cz), [www.rychlost.cz](http://www.rychlost.cz)).
  - c. Programem „Iperf“ pro měření propustnosti spoje.

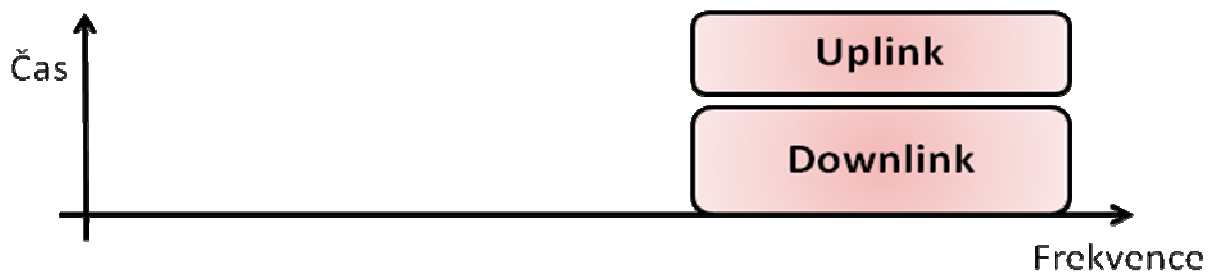
*V tomto bodu došlo k úpravě – Ufon neaktivoval do doby provedení měření data, a tak se pouze ověřovaly hlasové služby.*
- 4) Analýza spektra UMTS a CDMA Pomocí spektrálního analyzátoru proměřte spektrum UMTS a CDMA sítě.

## 2. TEORETICKÝ ROZBOR

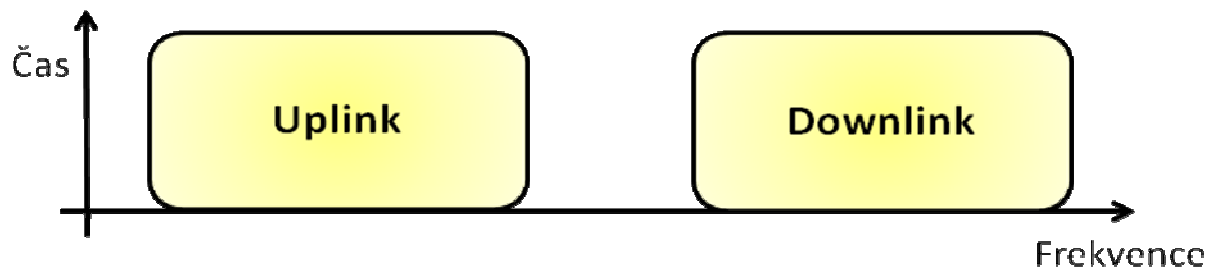
### **UMTS**

V Evropě se práce na vývoji mobilního komunikačního systému třetí generace vykonávají pod vedením ETSI (*European Telecommunications Institute*). Systém třetí generace se právě zde označuje jako UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*). ETSI řídí výzkum, vývoj a také standardizace.

V tomto projektu je velmi důležité uvědomit si, že existují různé varianty – UMTS FDD (*Frequency Division Duplex*) a TDD (*Time Division Duplex*). Na rádiovém rozhraní používají obě varianty technologii (W)CDMA (*(Wideband) Code Division Multiple Access*). Oddělení směrů komunikace daného uživatele je však různé. Obr. 2.1 a Obr. 2.2 jednoduše znázorňují princip oddělení kanálu ze sítě směrem k uživateli (downlink) a od uživatele do sítě (uplink). V dnes ve světě nejrozšířenějším UMTS FDD je oddělení provedeno použitím odlišných frekvencí, u TDD se směry „střídají“ v komunikaci.

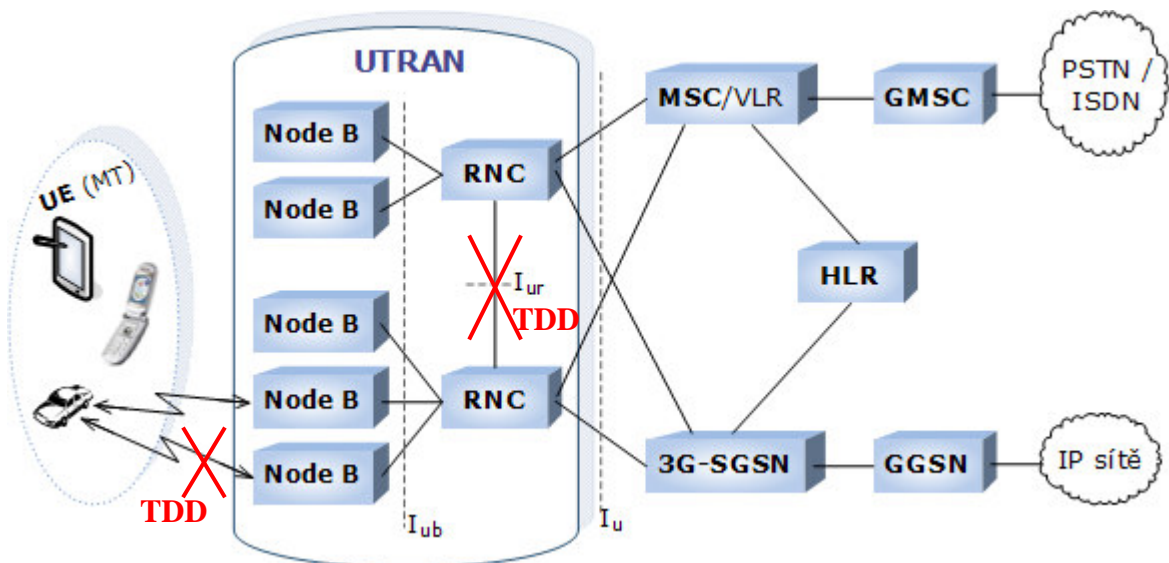


Obr. 2.1 Oddělení směrů přenosu metodou TDD, v čase použito dělení celkem do 15 časových slotů



Obr. 2.2 Oddělení směrů přenosu metodou FDD, odstup mezi směry bývá 190 MHz

Nezákladnější varianta sítě UMTS dle tzv. Release 99 je zobrazena na Obr. 2.3. Červené přeškrtnutí ukazuje některé ze změn, které se u TDD na rozdíl od FDD neobjevují. Rozdíly vycházejí z lišící se architektury fyzické vrstvy.



Obr. 2.3 Základní schéma struktury sítě UMTS pro Release 99

RNC – Radio Network Controller

UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network

MSC – Mobile Switching Centre

VLR – Visitor Location Register

GMSC – Gateway Mobile Switching Centre

HLR – Home Location Register

3G- SGSN – 3G Serving GPRS Support Node

GGSN – Gateway GPRS Support Node

PSTN – Public Switched Telephone Network

ISDN – Integrated Services Digital Network

IP – Internet Protocol

Jak je z Obr. 2.3 vidět, síťový model se skládá ze tří hlavních částí. Budeme-li se dívat z pohledu uživatele, tak nejviditelnější částí je mobilní terminál (*MT*) nazývaný také *User Equipment (UE)*. Jedná se např. o mobil, notebook, PDA (*Personal Digital Assistant*) apod. Toto mobilní zařízení je připojeno k další části sítě – (*Radio*) *Access Network (RAN)*<sup>1</sup>, která je pak postupně připojena k pátevní síti (*CN – Core Network*). Pátevní síť obsahuje dvě hlavní domény<sup>2</sup>: paketová část (*PS – Packet Switched*) a část s přepínáním okruhů (*CS – Circuit Switched*).

Kromě zmiňovaných prvků sítě jsou ve struktuře také definována rozhraní mezi jednotlivými prvky. Jsou také třeba protokoly, které určují, jak jsou různé elementy schopny přes toto rozhraní komunikovat.

### **Mobilní telefon**

Mobilní terminál se skládá ze dvou částí – „Mobilního vybavení“ (*Mobile Equipment - ME*<sup>3</sup>) a takzvané „UMTS SIM karty“ (*Universal Subscriber Identity Module - USIM*). *ME* je většinou mobilní telefon, který zajišťuje funkce na rádiovém rozhraní a všechny protokoly, které jsou třeba pro komunikaci se sítí. Obsahuje samozřejmě také uživatelské rozhraní (klávesnice, displej).

*USIM* je obsažena v čipové kartě, která je umístěna uvnitř *ME*. *USIM* obsahuje všechna data o účastníkovi určená pro operátora (včetně stálých bezpečnostních informací).

### **Přístupová síť**

Revoluční změnou v 3G síti je právě přístupová síť - *UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)*, které je založena na *W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access)* technologii, a zajišťuje spojení na rádiovém rozhraní. *UTRAN* obsahuje dva typy elementů:

- Základnová stanice (*Base station - BS*) je místem, kde se napojuje rádiové rozhraní (*Uu*) k samotné síti. V 3G architektuře se *BS* nazývá spíše „*Node B*“.
- *Radio Network Controller (RNC)* – k němu je připojena *Node B* přes rozhraní *Iub*. Jedná se o kontrolní jednotku *UTRAN*. *RNC* je spojen s pátevní sítí přes rozhraní *Iu*. Novým významným rysem v porovnání s *GSM* je, že u *FDD* je možné přímé propojení několika *RNC* elementů přes nově definované rozhraní *Iur*. Toto uspořádání umožňuje větší efektivitu přidělování rádiových prostředků a zajišťování spojení při pohybu účastníků.

Rádiové rozhraní použité pro *UTRAN* a to: *Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA)*, bylo navrhováno tak, aby tuto maximální rychlost při ideálních podmínkách mělo kolem 2 Mbit/s (pro Release 99).

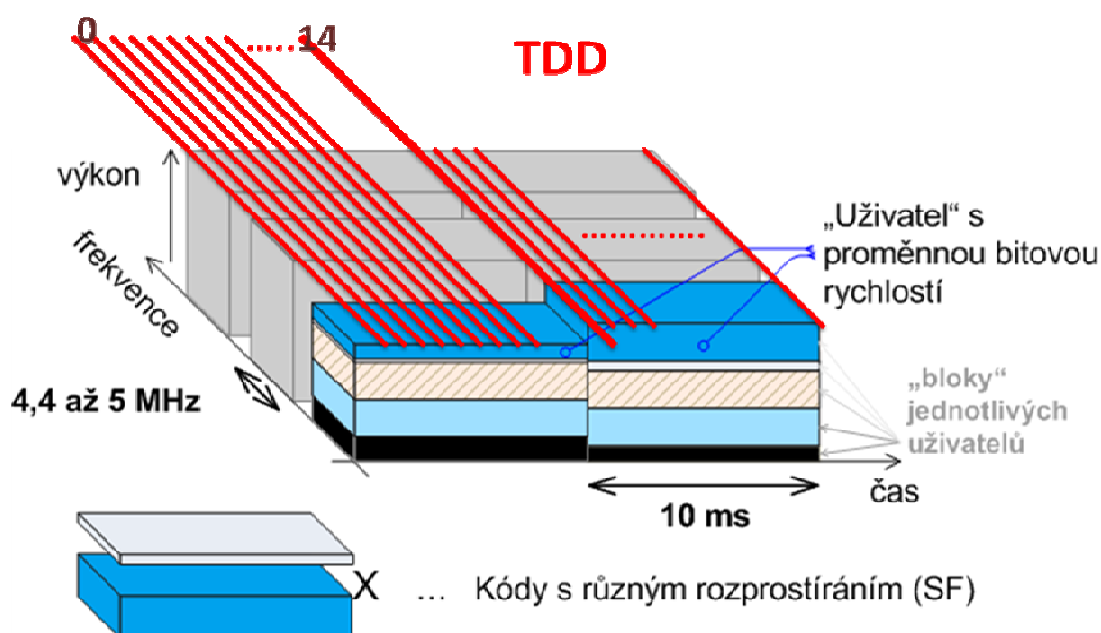
Co je základním principem *W-CDMA*? Nejdříve je dobré vysvětlit „prostý“ *CDMA (Code Division Multiple Access)*. Funguje to takto. Mnoho uživatelů může vysílat a přijímat signály na stejné frekvenci, avšak jejich signály jde stále od sebe odlišit, protože každý z oněch uživatelů používá jiný kód. Tyto kódy jsou bitové řetězce, které mají tu charakteristickou vlastnost, že každý kód a jeho „opak“ jsou tak odlišné od ostatních kódů, jak je to jen možné. Pěkný zjednodušený příklad pro pochopení, jak to vlastně funguje lze nalézt v [2] nebo v [3].

Aby bylo možno podporovat vysoké přenosové rychlosti, je nutné užít proměnný činitel rozprostírání (*SF – Spreading Factor*). Pro lepší orientaci slouží Obr. 2.4, kde je např. poukázáno na to, že šířka frekvenčního pásma jedné nosné je závislá na interferencích mezi nosnými – odstup mezi nosnými je variabilní. Výhodou je, že každých 10ms (také 2ms pro Release 5) je možno změnit datovou rychlost a to v závislosti na vybrané službě atd.

<sup>1</sup> *UTRAN* se skládá z *Node B*, což je vlastně základnová stanice pro síť 3G, a z *RNC* – podobné *BSC* v *GSM*.

<sup>2</sup> Doména je skupina entit (dle [2]). Entita se dá vyjádřit jako objekt či funkční blok.

<sup>3</sup> Také se používá označení *UE (User Equipment)*.



Obr. 2.4 Struktura přenášených WCDMA bloků s naznačením rozdělení na časové sloty u TDD

Dosahované rychlosti v UMTS dosti závisí na tom, jaká verze ze specifikací (Release) je v síti implementována a jaký máme také mobilní terminál. Existuje množství variant, přičemž pro FDD platí pro Release 5 (aplikovaný HSDPA – *High Speed Downlink Packet Access*) max. rychlost 14,4 Mbit/s, které ale v praxi nedosáhneme, protože záleží ještě na tom, které schéma je použito v daném telefonu a v síti. Další diskuse nad použitými rychlostmi včetně srovnávací tabulky je uvedena níže.

Více podrobností o UMTS lze zjistit nejen v již uvedené literatuře, ale také např. v [4].

## CDMA 2000

Tato síť je v Evropě méně rozšířena než UMTS. Jedná se vlastně o americký standard, který se stal nástupcem „cdmaOne“ pokládaného za 2G. Tato síť 2G již byla založena na technologii CDMA, a tak se plně nabízel přechod a vývoj této technologie dále – tedy cdma2000 je představeno jako 3G.

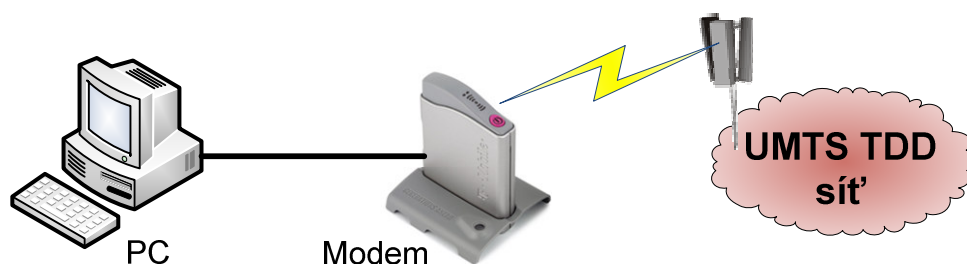
Ufon v ČR podporuje technologii CDMA2000 1xRTT (*Radio Transmission Technology*), kterou využívají některé terminály – např. zrovna při měření používaný Axesstel PX310L, a také CDMA2000 1xEV-DO (*Evolution Data Only*). CDMA2000 1xRTT v „Rel. 0“ podporuje maximální přenosovou rychlost 153 kbit/s<sup>4</sup>, zatímco poměrně nová CDMA2000 1xEV-DO v „Rev. A“ umožňuje 3,1 Mbit/s pro downlink a 1,8 Mbit/s pro uplink. Je třeba zdůraznit, že uvedené rychlosti jsou maximální. To znamená, že pro jejich dosažení bychom museli být blízko u antény obsluhující danou buňku, za ideálních povětrnostních podmínek, a co je hlavní – prakticky sami v dané buňce (frekvenci), protože „kódový prostor“ se dělí úměrně počtu uživatelů.

<sup>4</sup> Všechny rychlosti uvedené pro CDMA2000 jsou uvedeny v [5].

Ufon využívá kmitočtové pásmo 410 až 430 MHz. Zajímavostí je, že dále následuje pásmo okolo 450 MHz, jež využívá pro „svě“ CDMA2000 firma Telefónica O<sub>2</sub>, která zde nasadila technologii CDMA2000 1xEV-DO v „Rel. 0“. Tato technologie umožňuje zajistit pro downlink max. rychlost 2,4 Mbit/s a pro uplink pouze 153 kbit/s. Šířka kanálu je pro všechny výše zmiňované technologie 1,25 MHz - FDD.

Princip fungování CDMA je obdobný jako u WCDMA, přičemž podrobnější informace lze nalézt v [5], kde lze nalézt i odkazy na standardizační organizaci TIA, která i poskytuje podrobné specifikace CDMA2000 k nahlédnutí.

### 3. SCHÉMA ZAPOJENÍ



**Obr. 3.1** Schéma zapojení pro měření UMTS TDD (body zadání č. 1 a 2)



**Obr. 3.2** Schéma zpojení pro měření CDMA (bod zadání č. 3 – neměřilo se)



**Obr. 3.3** Schéma zapojení pro měření spektra CDMA2000 hovor – pro UMTS TDD obdobně – místo CDMA telefonů by byl zařazen modem připojený bezdrátově do UMTS TDD sítě

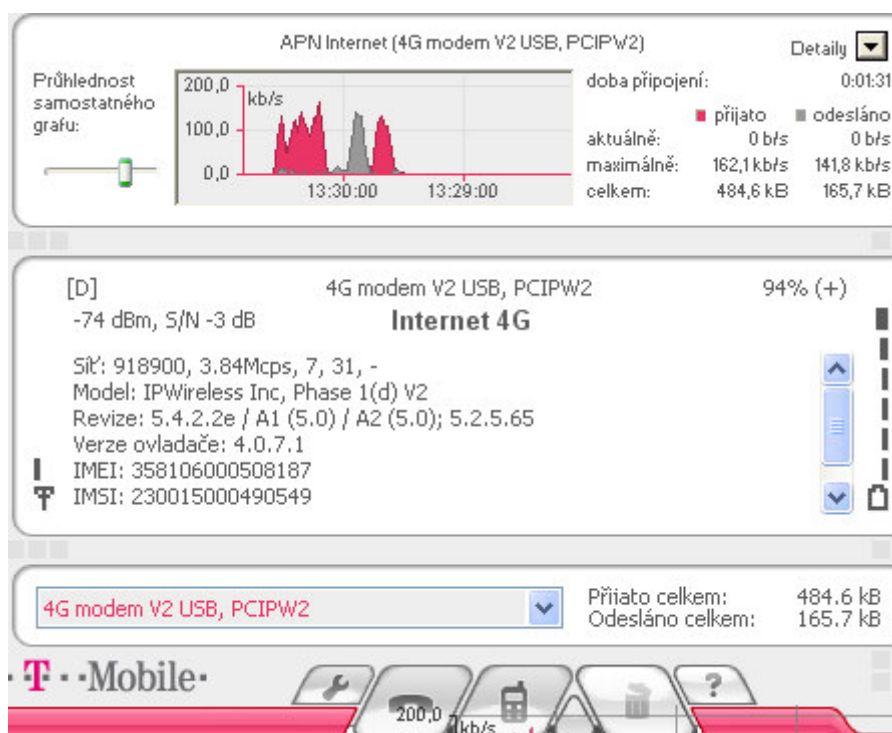
## 4. NAMĚŘENÉ HODNOTY

### Rychlosti UMTS TDD

V tabulce se nacházejí změřené a zprůměrované hodnoty při měření rychlosti různými způsoby:

UMTS TDD		
	downlink [kbit/s]	uplink [kbit/s]
měření přes FTP	93,6	78,4
1. měř. - rychlost.cz	313	105
2. měř. - rychlost.cz	108	121
3. měř. - erivoip.eu	165	125
programem Iperf	99,4	-
<b>průměrně</b>	<b>156</b>	<b>107</b>
<b>teoretické maximum</b>	1024	? 512 <sup>[6]</sup>

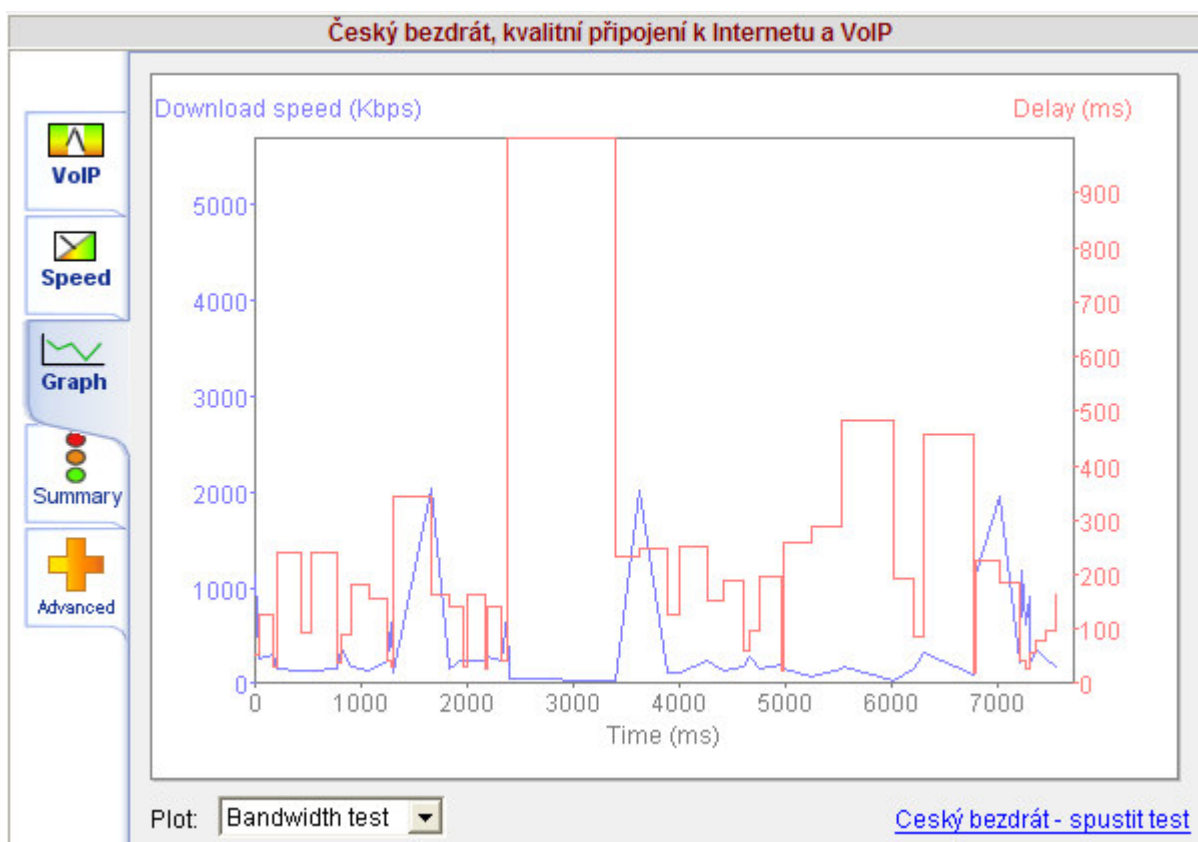
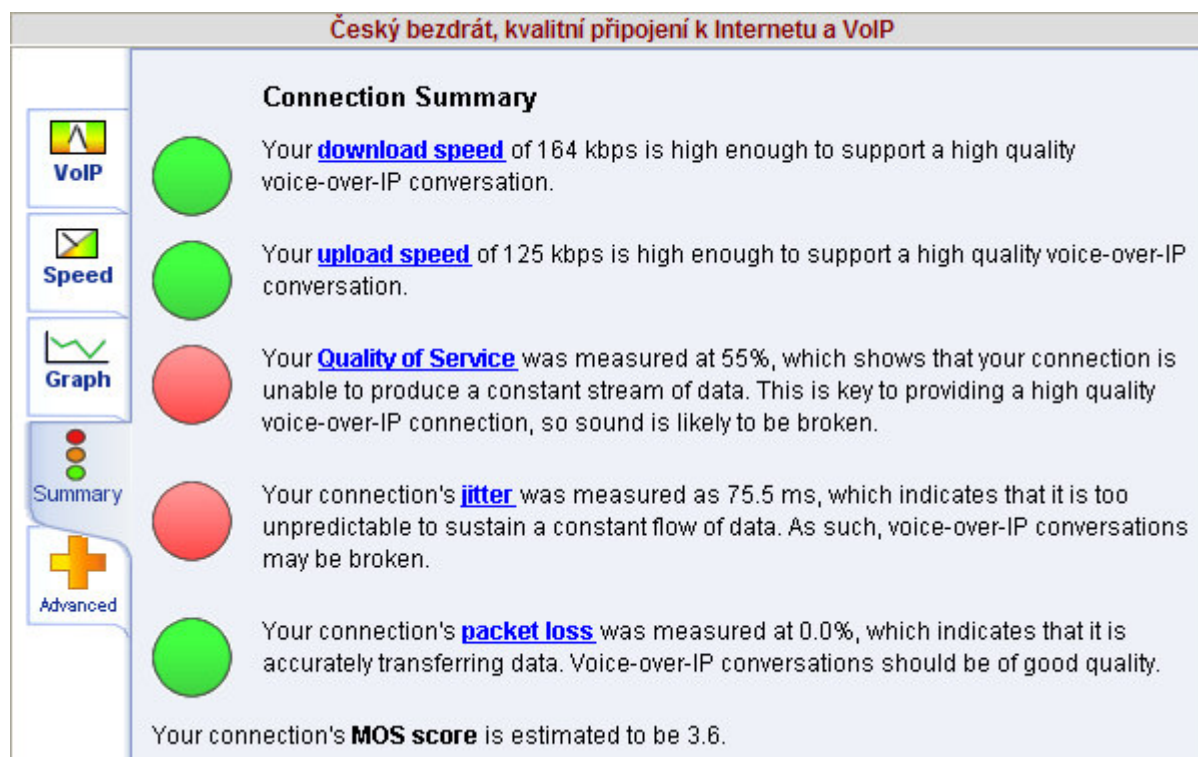
### Parametry UMTS TDD



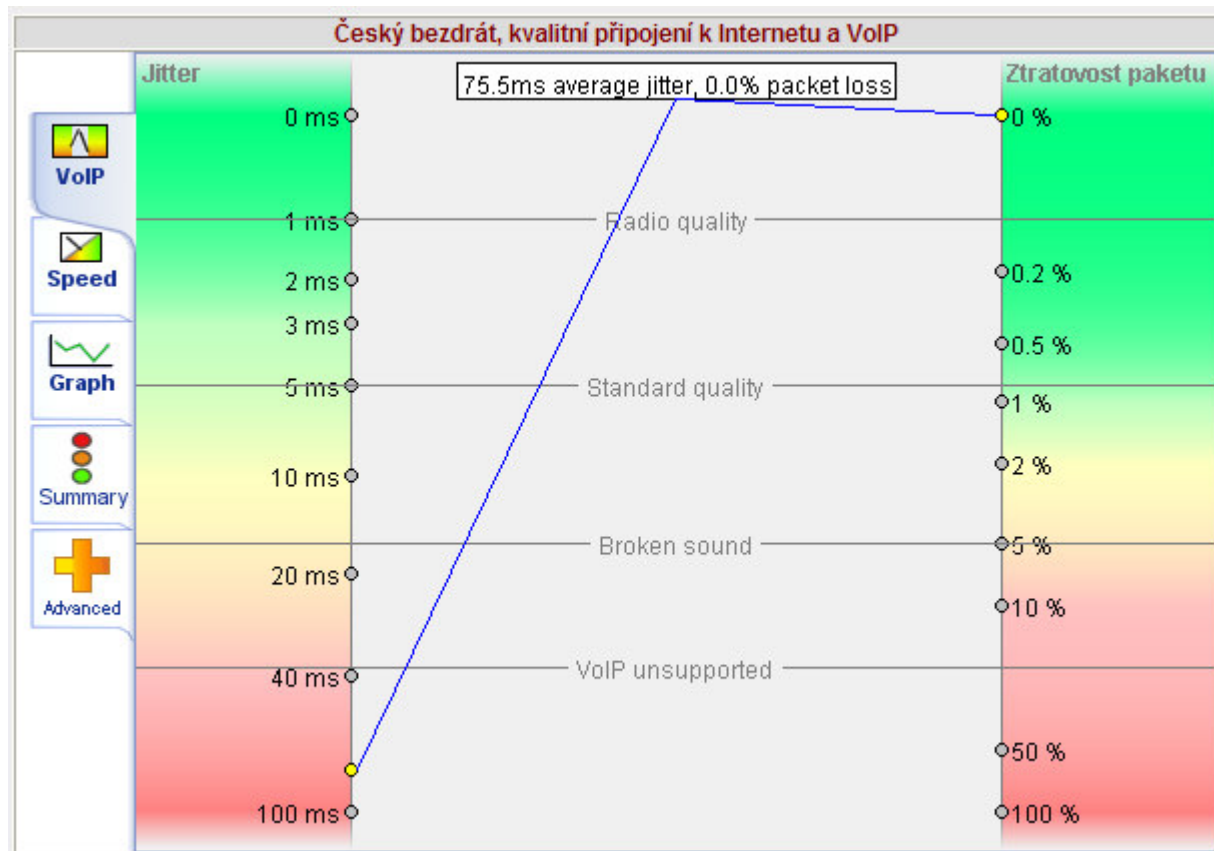
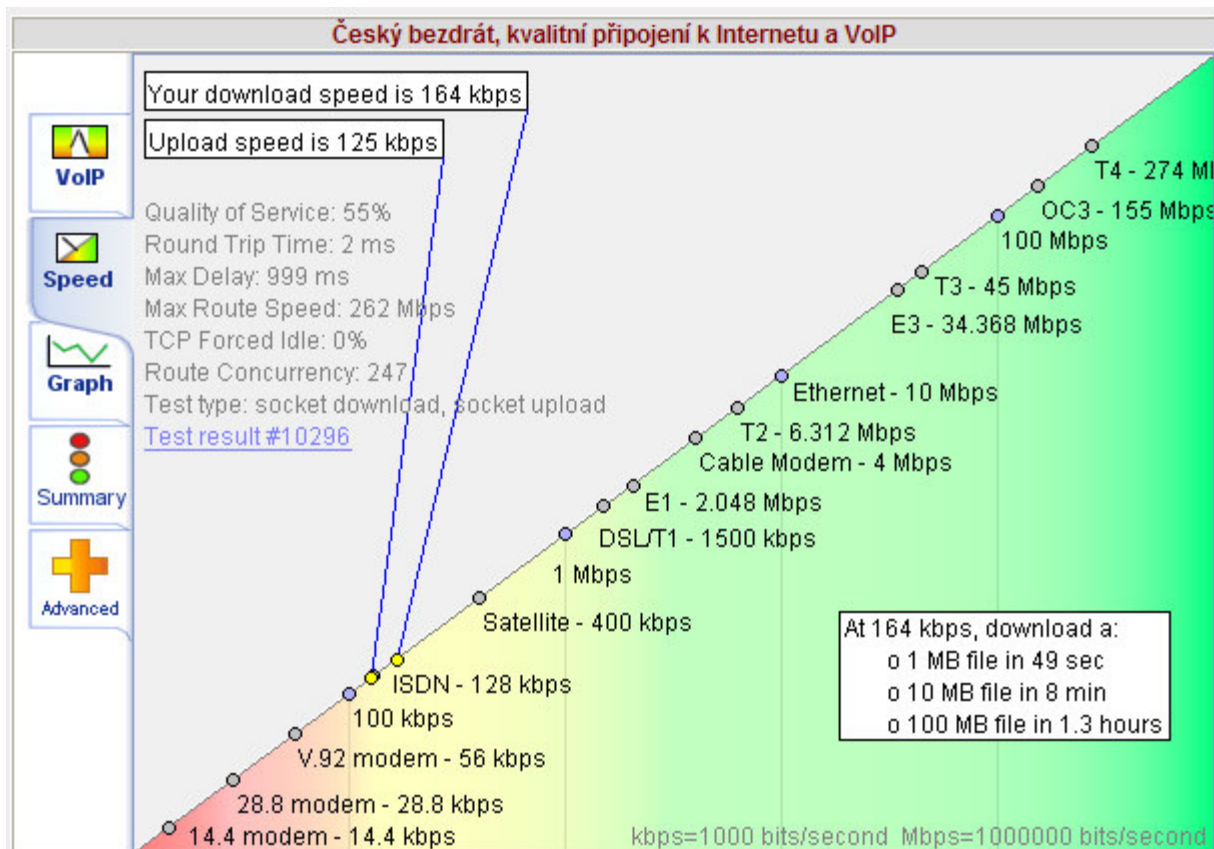
Obr. 4.1 Parametry sítě a daného zařízení včetně maximálních rychlostí a datových objemů

Obr. 2.1 ukazuje parametry, jaké lze na zařízení zjistit. A je to nejen přijímaný výkon v dBm, ale také např. do jaké sítě jsme připojeni a s jakou „čipovou rychlostí“ (3,84 Mc/s). Je zobrazeno také číslo daného přístroje IMEI a také dané IMSI.

Dále jsou uvedeny různé naměřené parametry připojení k internetu přes UMTS TDD – včetně vyhodnocení rychlostí. Vyhodnocení probíhalo na stránce [8]. Z důvodu úspory místa jsou následující obrázky uvedeny za sebou bez popisků:

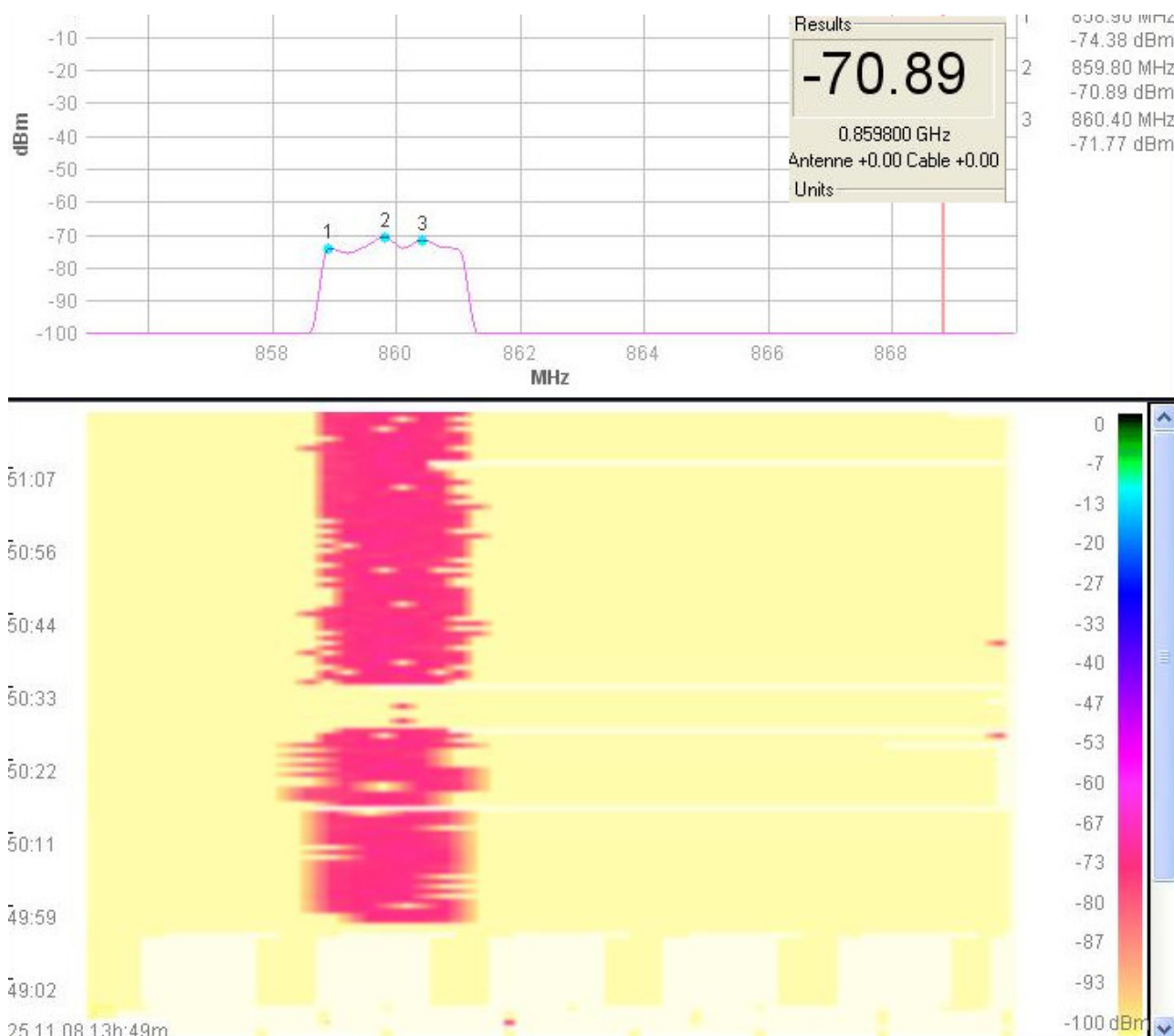






## Spektrum UMTS TDD

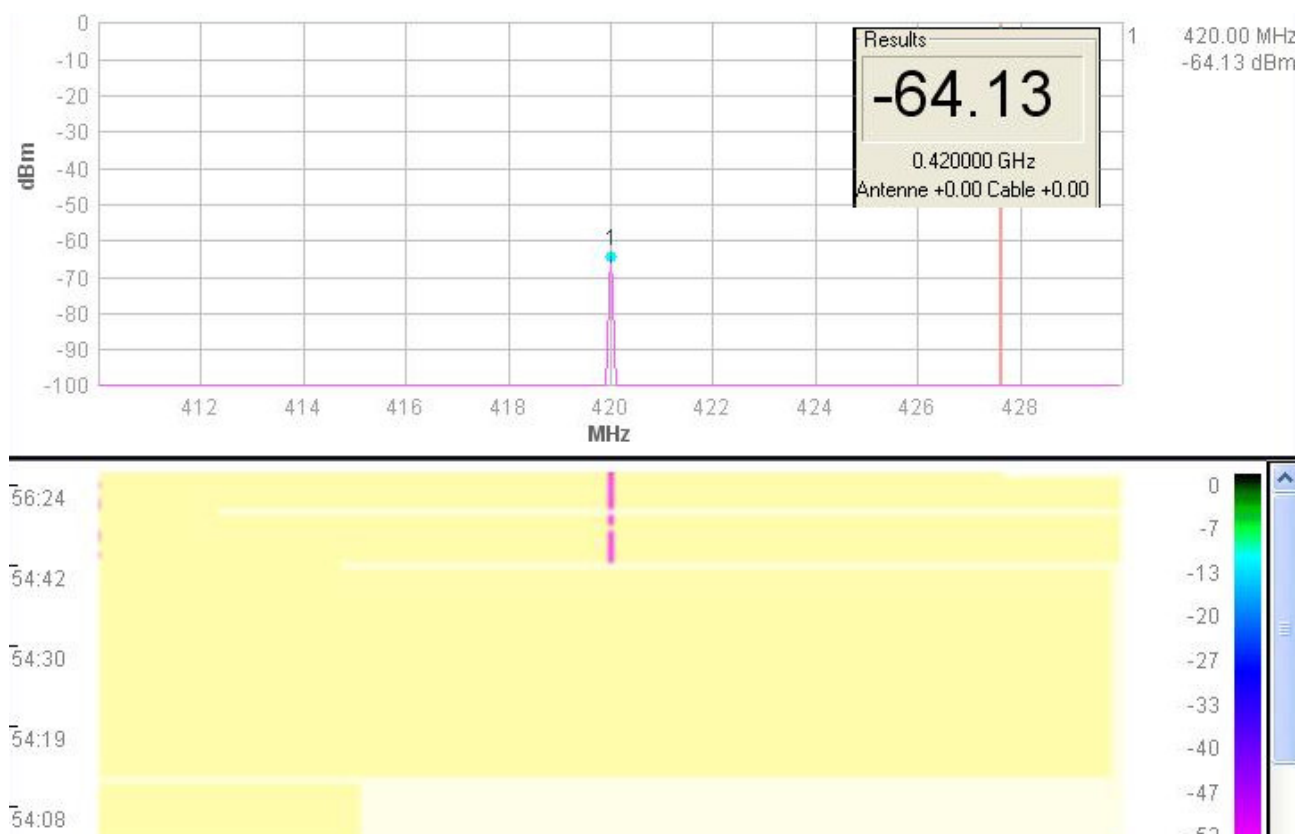
T-mobile v ČR používá pásmo 1900 až 1920 MHz a také 872 až 875,8 MHz. Ve městech se většinou počítá s pokrytím frekvencemi na 1900 MHz. Vlastním měřením jsme se ale mohli přímo přesvědčit, že k využití ve městech dojde i pásmo 872 MHz. Spektrum vidíme na Obr. 4.2. Došlo zde k drobné odchylce co se týká přesného umístění na frekvenční ose. Ale svým tvarem a šířkou spektrum odpovídá předpokladům o měřeném UMTS TDD.



**Obr. 4.2** Spektrum UMTS TDD naměřené v učebně FEL, 8. patro bloku B3

S největší pravděpodobností se jedná o anténu umístěnou na adrese: Praha 6 - Dejvice, Jugoslávských partyzánů 1580/3, menza ČVUT (872 MHz, 3 sektory) – viz. [7].

## Spektrum CDMA



Obr. 4.3 Spektrum signálu CDMA2000 v síti Ufon – uskutečňovaný hovor

## 5. ZÁVĚR

V úloze jsme si prakticky mohli ověřit, jak funguje nastavení a následně i přenos souborů pomocí 3G technologie UMTS TDD a jak vypadá spektrum. Se zařízením byly nejdříve problémy, protože se oproti předpokladům označovalo v názvu za 3G zařízení apod. Vše bylo vyřešeno odebráním daného spojení ze síťových připojení a opětovnou novou konfigurací. Ještě zakázat LAN síť a už jsme mohli měřit vlastnosti připojení.

Zprůměrované výsledky měření rychlostí přinášejí docela překvapení. V dané buňce (sektoru) muselo v danou chvíli být docela dost dalších aktivně síť využívajících uživatelů – odhadem přes dvacet, pokud uvažujeme, že T-mobile implementoval UMTS TDD s rychlým stahováním (např. max celkově 4,6 Mbit/s, síť se ale hlásila jako 3,6 Mbit/s). Naměřená rychlost pak zhruba odpovídala dvojnásobné rychlosti klasického modemu pro vytáčené připojení v jeho poslední verzi.

Mnoho zajímavých hodnot o reálné možnosti využití UMTS TDD pro VoIP apod. vychází z výše uvedených měření v testu [8]. Např. měření rychlosti v čase je ale nutno brát jako orientační a uvažovat nakonec spíše průměr. Jak se ukázalo, tak telefonování znemožňuje poměrně velký jitter, s čímž se dalo u této služby počítat. Zajímavá je ale ukázaná ztrátovost paketů – nulová. Zde je otázkou, jak ji vlastně testovací program určuje, což by si vyžadovalo jeho hlubší prozkoumání.

Změny přijímaného výkonu pouhým schováním modemu pod stůl byly poměrně značné – dosáhli jsme i -90 dBm (oproti -74 na stole).

Nejdříve jsme chtěli změřit spektrum UMTS TDD na frekvencích v okolí 1900 MHz, protože jsme předpokládali, že se nacházíme ve městě a zde se počítá hlavně s nasazením více základnových stanic blíž u sebe z důvodu značného množství potenciálních uživatelů na jednotku plochy. Dostí nás tedy překvapilo, že jsme spektrum od našeho modemu našli až na kmitočtu okolo 872 MHz. Jak jsme pochopili, tak se tato frekvence bude používat nejen k pokrytí řídkěji osídlených oblastí, ale také pro snadnější „vykrytí“ některých míst ve větších městech. Došlo k nějaké menší chybě ve změření přesné polohy spektra, které jsme vysílali. Je několik variant jak k takové chybě mohlo dojít – objevení jiného silného signálu než jsme měřili s podobným tvarem spektra okolo 860 MHz, případně chyba přístroje Spectran.

Ve spektru 410 až 430 MHz se nám skutečně jistý signál zachytit podařilo. Je ale velice zvláštní a nelze ho označit jako jednoznačně správný. Systém s kódovým dělením CDMA 2000 by měl používat kanál široký 1,25 MHz, což ale zobrazené spektrum na Obr. 4.3 rozhodně nesplňuje. Již v minulých měřeních jsem se podívoval nad tím, jak vznešeně nazývaný „spektrální analyzátor“ Spectran měří a zobrazuje průběhy spekter. Zvláštní je, že vůbec nezobrazuje žádný šum – má snad tak malou citlivost? A častokrát „nechce“ zobrazit vůbec nic. Výstup z tohoto přístroje lze tedy brát přinejlepším pouze jako orientační a nelze se na něj příliš spolehnout.

## 6. LITERATURA

- [1] HOLMA, Harri, TOSKALA, Antti. *WCDMA for UMTS : HSPA Evolution and LTE*. 4th edition. England : John Wiley & Sons Ltd, 2007. 539 s. ISBN 970-0-470-31933-8.
- [2] *Overview of 3GPP Release 99, Summary of all Release 99 Features* ; Vydalo: ETSI Mobile Competence Centre ; Version xx/07/04
- [3] NIEMI, Valtteri, NYBERG, Kaisa. *UMTS Security*. England : John Wiley & Sons Ltd, Listopad 2003. 286 s. ISBN 0-470-84794-8.
- [4] HLÍDEK, Jan. *Vývoj UMTS*. [s.l.], 2007. 42 s. České vysoké učení technické Fakulta elektrotechnická. Vedoucí bakalářské práce Ing. Robert Bešťák Ph. D.
- [5] *CDMA technology* [online]. CDMA Development Group, c2008 [cit. 2008-11-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.cdg.org/technology/3g.asp>>.
- [6] SVOBODA, Jiří. *Mobilní datová síť UMTS TDD* [online]. [2006] [cit. 2008-11-27]. Dostupný z WWW: <[www.jirkasvoboda.com/publikace/publikace\\_5.pdf](http://www.jirkasvoboda.com/publikace/publikace_5.pdf)>.
- [7] *GSMweb* [online]. Vyhledání BTS, [2008] [cit. 2008-11-27]. Dostupný z WWW: < <http://www.gsmweb.cz/>>.
- [8] *Český bezdrát* [online]. Vysoce kvalitní volání přes internet – podrobný test připojení k internetu, [2008] [cit. 2008-11-27]. Dostupný z WWW: < <http://www.erivoip.eu/myvoipspeed/www/eri-voiptest.php> >.