

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní

Možnosti a aplikace v mobilních sítích 2. a 3. generace

Romana Pošvová

Bakalářská práce

2008

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Ústav systémového inženýrství a informatiky  
Akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Romana POŠVOVÁ**

Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**

Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**

Název tématu: **Možnosti a aplikace v mobilních sítích 2. a 3. generace**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Problematika mobilních datových přenosů  
Porovnání dostupných technologií v sítích 2. a 3. generace  
Použitelnost a zhodnocení celkových nákladů jednotlivých technologií

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

PUŽMANOVÁ, R. Bezpečnost bezdrátové komunikace : jak zabezpečit Wi-Fi, Bluetooth, GPRS či 3G. Brno : Computer Press, 2005.

HANUS, S. Bezdrátové a mobilní komunikace. Brno: VUT FEKT, 2002.

FEIBER, W. Encyklopedie počítačových sítí. Praha: Computer Press, 1996

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Milan Tomeš**


Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce:


**25. října 2007**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**19. května 2008**

  
prof. Ing. Jan Čapek, CSc.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Pavel Petr, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 25. října 2007

## **SOUHRN**

Práce je zaměřena na představení mobilních sítí a technologií 2. a 3. generace. Budou zde zmíněny principy jejich funkčnosti, struktura těchto sítí a jejich datové přenosy. Také zde bude vyhodnoceno, které technologie mobilních sítí a kteří mobilní operátoři na českém trhu jsou z hlediska datového přenosu a nákladů nejvýhodnější.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

mobilní sítě, technologie mobilních sítí, datový přenos, 2G, 3G

## **TITLE**

Options and applications in mobile network second and third generation

## **ABSTRACT**

Project is focused on mobile network and second and third generation technologies presentation. There will be mentioned their function principals, structure of this networks and their data transfers. There will be also evaluation, which mobile network technologies and mobile operators on czech market are in light of data transfer and costs optimal.

## **KEYWORDS**

mobile network, mobile network technology, data transfer, 2G, 3G

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>8</b>
1.1	Pojem generace mobilních sítí.....	9
1.2	Datové přenosy v bezdrátových sítích.....	10
1.2.1	Princip buňkových sítí.....	11
1.3	Kmitočtová pásma.....	11
<b>2</b>	<b>Technologie mobilních sítí 2. generace .....</b>	<b>12</b>
2.1	Technologie 2G.....	13
2.1.1	GSM.....	13
2.1.1.1	Celulární síť GSM.....	13
2.1.1.2	Struktura sítě GSM.....	15
2.1.1.3	Datový přenos.....	15
2.1.1.4	Hlasové hovory v GSM.....	16
2.1.2	cdmaOne.....	16
2.1.2.1	Jak technologie CDMA funguje.....	17
2.1.2.2	CDMA 2000.....	18
2.1.3	iDEN.....	18
2.1.4	HSCSD.....	18
2.1.4.1	Datový přenos.....	18
2.1.4.2	Jak technologie HSCSD funguje.....	19
2.2	Technologie 2,5G.....	19
2.2.1	GPRS.....	19
2.2.1.1	Struktura GPRS.....	20
2.2.1.2	Jak technologie GPRS funguje.....	22
2.2.1.3	Datový přenos.....	22
2.2.1.4	Přístup k internetu přes GPRS.....	22
2.2.1.5	Porovnání datových přenosů pomocí GSM/HSCSD/GPRS.....	24
2.2.2	EGPRS.....	24
2.2.2.1	Datový přenos.....	24
2.2.2.2	Začlenění EGPRS do existující GSM/GPRS sítě.....	25
2.2.3	EDGE.....	25
2.2.3.1	Modulace EDGE.....	25
2.2.3.2	Kódovací schéma EDGE.....	25
2.2.3.3	Datový přenos.....	26
<b>3</b>	<b>Technologie mobilní sítě 3. generace.....</b>	<b>26</b>
3.1	Technologie 3G.....	26
3.1.1	UMTS.....	27
3.1.1.1	Datový přenos.....	28
3.1.1.2	Struktura sítě.....	28
3.1.2	CDMA2000 1xEV-DO.....	30
3.1.2.1	Datový přenos.....	30
3.1.2.2	Struktura sítě.....	31
3.1.3	TD-SCDMA.....	32
3.1.3.1	Datový přenos.....	32
3.2	Technologie 3,5G.....	33
3.1.4	HSDPA.....	33
3.1.4.1	Datový přenos.....	34

3.1.5	HSUPA .....	35
3.1.5.1	Datový přenos .....	35
<b>4</b>	<b>Porovnání dostupných technologií v sítích 2. a 3. generace z hlediska datového přenosu .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Zhodnocení celkových nákladů služeb mobilních sítí .....</b>	<b>36</b>
5.1	Informace o firmě .....	36
5.2	Vyhodnocení T-Mobile.....	37
5.3	Vyhodnocení Vodafone .....	37
5.4	Vyhodnocení Telefonica O2 .....	38
5.5	Zhodnocení nákladů mobilních operátorů .....	40
<b>6</b>	<b>Měření datových přenosů.....</b>	<b>41</b>
6.1	Princip měření.....	41
6.2	Připojení mobilu k notebooku.....	42
6.3	Předpokládané výsledky .....	43
6.4	Výsledky měření technologie GPRS .....	43
6.4.1	Skutečná rychlost připojení k internetu Vodafone.....	43
6.4.2	Rychlost stažení souboru Vodafone.....	44
6.4.3	Skutečná rychlost připojení k internetu T-Mobile .....	44
6.4.4	Rychlost stažení souboru T-Mobile .....	44
6.4.5	Skutečná rychlost připojení k internetu Telefonica O2 .....	45
6.4.6	Rychlost stažení souboru Telefonica O2 .....	45
6.4.7	Vyhodnocení měření technologie GPRS .....	45
6.5	Výsledky měření technologie EDGE.....	46
6.5.1	Skutečná rychlost připojení k internetu Vodafone.....	46
6.5.2	Rychlost stažení souboru Vodafone.....	46
6.5.3	Skutečná rychlost připojení k internetu T-Mobile .....	47
6.5.4	Rychlost stažení souboru T-Mobile .....	47
6.5.5	Skutečná rychlost připojení k internetu Telefonica O2 .....	47
6.5.6	Rychlost stažení souboru Telefonica O2 .....	48
6.5.7	Vyhodnocení měření technologie EDGE.....	48
6.6	Výsledky měření technologie CDMA2000 EV-DO .....	49
6.6.1	Skutečná rychlost připojení k internetu .....	49
6.6.2	Rychlost stažení souboru CDMA2000 EV-DO .....	50
6.7	Zhodnocení datových přenosů z hlediska generací mobilních sítí .....	50
6.8	Zhodnocení datových přenosů z hlediska mobilních operátorů .....	51
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zkratk .....</b>	<b>57</b>
<b>10</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>59</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Představa přepojování okruhů, Zdroj: [2] .....	10
Obrázek 2 - Představa přepojování paketů, Zdroj: [2] .....	11
Obrázek 3 - Představa bezdrátové sítě na buňkovém principu, Zdroj: [2] .....	14
Obrázek 4 - Architektura sítě GSM, Zdroj: [2] .....	15
Obrázek 5 – Multirámeč, Zdroj: [2] .....	16
Obrázek 6 - Představa hovoru v GSM, Zdroj: [2] .....	16
Obrázek 7 - Vývoj systémů TDMA, Zdroj: [13] .....	17
Obrázek 8 - Vývoj systémů CDMA, Zdroj: [13] .....	17
Obrázek 9 - Struktura GPRS, Zdroj: [19] .....	20
Obrázek 10 - Přístup k internetu přes GPRS, Zdroj: [2] .....	23
Obrázek 11 - Architektura rádiové přístupové sítě UTRAN, Zdroj: [31] .....	29
Obrázek 12 - Struktura sítě 1xEV-DO, Zdroj: [32] .....	31
Obrázek 13 - Komunikační kanály HSDPA, Zdroj: [39] .....	34
Obrázek 14 - Altap Salamander 2.5, Zdroj: autor .....	42
Obrázek 15 - Nokia PC suite, Zdroj: autor .....	42
Obrázek 16 - ADU-E100H USB modem, Zdroj: [48] .....	49

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Kmitočtová pásma rádiových vln, Zdroj: [3] .....	12
Tabulka 2- Porovnání datových přenosů pomocí GSM/HSCSD/GPRS, Zdroj: autor .....	24
Tabulka 3 - Kódovací schéma EDGE, Zdroj: [2] .....	25
Tabulka 4 - Porovnání odlišností vlastností tří technologií 3G, Zdroj: [36] .....	33
Tabulka 5 - Rychlosti mobilního bezdrátového přístupu, Zdroj: [4] .....	36
Tabulka 6 - Přehled doporučených tarifů Vodafone, Zdroj: autor .....	38
Tabulka 7 - Přehled doporučených tarifů Telefonica O2, Zdroj: autor .....	39
Tabulka 8 - Zhodnocení nákladů mobilních operátorů, Zdroj: autor .....	40
Tabulka 9 - Skutečná rychlost připojení GPRS k internetu Vodafone, Zdroj: autor .....	43
Tabulka 10 - Skutečná rychlost připojení GPRS k internetu T-mobile, Zdroj: autor .....	44
Tabulka 11 - Skutečná rychlost připojení GPRS k internetu Telefonica O2, Zdroj: autor .....	45
Tabulka 12 - Skutečná rychlost připojení EDGE k internetu Vodafone, Zdroj: autor .....	46
Tabulka 13 - Skutečná rychlost připojení EDGE k internetu T-Mobile, Zdroj: autor .....	47
Tabulka 14 - Skutečná rychlost připojení EDGE k internetu Telefonica O2, Zdroj: autor .....	48
Tabulka 15 - Skutečná rychlost připojení CDMA2000 EV-DO k internetu, Zdroj: autor .....	50
Tabulka 16 - Porovnání datových přenosů 2,5G a 3G, Zdroj: autor .....	50
Tabulka 17 - Zhodnocení měření datových přenosů, Zdroj: autor .....	51

# 1 Úvod

Mobilní sítě jsou neopomenutelnou součástí snad každého člověka, ale i firem a společností. Cílem této práce je čtenáři přehledně a systematicky vysvětlit pojmy týkající se mobilních sítí 2. a 3. generace. Jedná se především o přestavení jednotlivých technologií mobilních sítí, jejich použitelnosti a datového přenosu, který je nejdůležitějším parametrem těchto technologií.

Tato práce nemá za cíl pouze představit jednotlivé technologie mobilních sítí, ale ukázat na vybrané firmě jaký mobilní operátor na českém trhu je z hlediska nákladů na mobilní služby nejvýhodnější a na základě měření datového přenosu zjistit, která technologie je nejlepší z hlediska skutečné rychlosti datového přenosu.

V první kapitole této práce budou stručně popsány základní pojmy týkající se rozdělení mobilních sítí do určitých etap, datového přenosu v bezdrátových sítích a kmitočtových pásem.

Druhá kapitola obsahuje popis jednotlivých technologií mobilních sítí 2. a 2,5. generace. U každé technologie bude popsán princip jejich funkčnosti, struktura a možnosti těchto technologií a jejich datový přenos.

V další kapitole budou představeny jednotlivé technologie 3. a 3,5. generace. Znovu bude představen princip jejich fungování, jejich možnosti a datový přenos.

Předmětem čtvrté kapitoly bude porovnání dostupných technologií v sítích 2. a 3. generace z hlediska datového přenosu.

Obsahem páté kapitoly je zhodnocení celkových nákladů na využívání služeb jednotlivých mobilních operátorů na vybrané společnosti.

V šesté kapitole budou výsledky měření rychlosti připojení k internetu a rychlosti stažení souboru o zvolené velikosti nepoužívanějších technologií mobilních sítí. Následně zde bude vyhodnoceno, které technologie mobilních sítí 2. a 3. generace jsou z hlediska datového přenosu nejlepší.

Závěrečná část práce bude vycházet ze získaných poznatků a zkušeností předchozího zkoumání.



## 1.1 Pojem generace mobilních sítí

Ve vývoji mobilních sítí lze sledovat určité etapy. Původní analogové sítě 1. generace<sup>1</sup> jsou již v současné době téměř zcela nahrazeny digitálními sítěmi 2. generace. Na ně navazují tzv. technologie 2,5 generace, označované jako personální (osobní) komunikační systémy PCS (*Personal Communications Systems*). Typickým rysem těchto systémů je možnost komunikace s kýmkoliv, kdekoliv a kdykoliv (*everyone, anywhere and anytime*). Rozšiřují možnosti technologií 2. generace a jsou určeny především pro lokality s velkou hustotou provozu. Systémy 2,5 generace však ještě nelze považovat za dokonalé a již v současné době začíná docházet k jejich postupné konvergenci, která má vyústit v síti 3. generace, vyvíjené podle doporučení a pod záštitou Mezinárodní telekomunikační unie ITU (*International Telecommunications Union*). Síť 3. generace se také označuje názvem IMT 2000 (*International Mobile Telecommunication for the Year 2000*). Evropská varianta, vyvíjená v rámci projektu RACE, má označení UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) - univerzální mobilní telekomunikační systém a je součástí IMT 2000. [1]

Dle [2,29] se generace mobilních sítí dělí takto:

**1. generace (1G)** – Označení pro první generaci telekomunikačních systémů. Obecně jde o analogové radiotelefonní mobilní systémy. Typickými vlastnostmi jsou mnohonásobný přístup do sítě na principu FDMA a modulace FM. Příkladem těchto systémů jsou systémy NMT (*Nordic Mobile Telephone*), AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*) nebo TACS (*Total Access Control System*).

**2. generace (2G)** – Označení pro druhou generaci telekomunikačních systémů. Využívá ji většina existujících mobilních sítí. Do této kategorie patří i digitální buňkové mobilní radiotelefonní systémy. Využívá digitální způsob přenosu hlasu (oproti první generaci, která realizovala přenos hlasu analogově). Síť této generace, jejíž propustnost nepřesahuje 20 kbit/s, působí od poloviny 90. let 20. století. Typickým příkladem tohoto systému je GSM.

**3. generace (3G)** – Označení pro třetí generaci telekomunikačních systémů. Podstatnou změnou v sítích třetí generace je použití odlišného dělení frekvenčních kanálů. Jde o systémy, které pracují v 2 GHz pásmu a které sjednocují různé bezdrátové přístupové technologie do jedné pružné a výkonné infrastruktury. Ta je schopná nabídnout široký rozsah multimediálních služeb s garantovanou kvalitou.

---

<sup>1</sup> Generace označuje příslušnost k typu technickým zařízením určité vývojové etapy.

## 1.2 Datové přenosy v bezdrátových sítích

Většina veřejných bezdrátových sítí je budována primárně pro potřeby přenosu hlasu, neboli pro telefonování (s výjimkou mobilních sítí 3. generace, kterou jsou budovány pro hlasové i datové služby současně).

Jednou z cest jak využít tyto sítě i pro přenos dat je modulace<sup>2</sup> dat na analogový signál a ten pak přenést skrze příslušnou síť stejně jako hlas, což je stejný princip, na jakém jsou přenášena data přes klasickou veřejnou telefonní síť. Toto řešení obecně připadá v úvahu pro všechny veřejné bezdrátové sítě určené pro přenos hlasu.

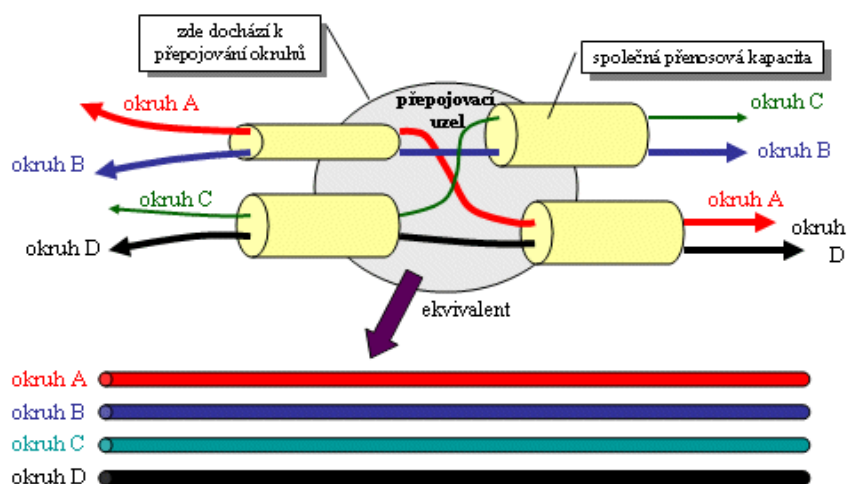
Další možnou cestou, která připadá v úvahu pro většinu veřejných bezdrátových sítí, jsou samostatné přenosové služby, určené pro přenos digitálních dat, bez nutnosti jejich modulace uživatelem. Tyto přenosové služby vytváří digitální přenosový kanál skrze příslušnou bezdrátovou síť, který má vždy určité parametry.

Jedním z nejvýznamnějších parametrů je jeho kapacita, která je vyjádřena v přenosové rychlosti v bitech za sekundu (kbit/s) resp. v násobcích. [2]

Dalším významným parametrem je na jakém principu funguje příslušný přenosový kanál [2]:

### 1. Přepojování okruhů (circuit switching)

Pro přenosový kanál je příslušná přenosová kapacita vyhrazena a také garantována, což znamená, že příslušnou přenosovou rychlost<sup>3</sup> lze skutečně dosahovat po celou dobu přenosu, neboli po celou dobu existence kanálu (viz obrázek 1).



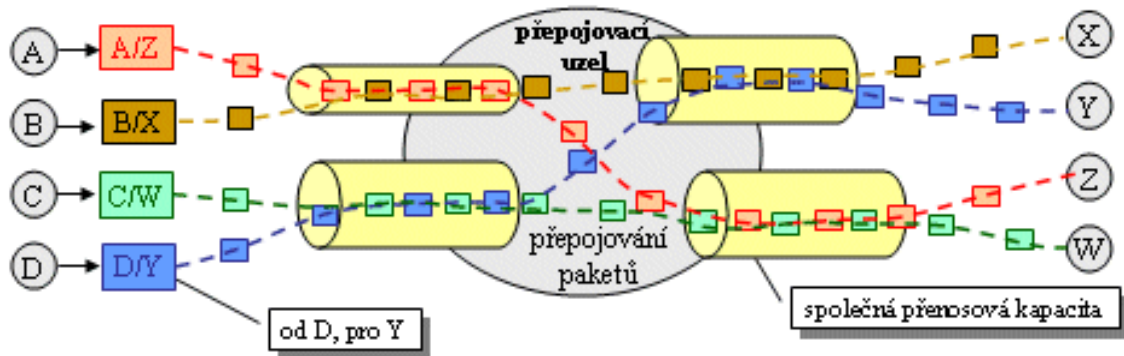
Obrázek 1 - Představa přepojování okruhů, Zdroj: [2]

<sup>2</sup> Modulace znamená způsob přenosu dat na frekvenční vlně.

<sup>3</sup> Přenosová rychlost udává počet bitů přenesených za 1s.

## 2. Přepojování paketů (packet switching)

V tomto případě nedochází k žádnému vyhrazení přenosové kapacity, ale je sdílena, což znamená, že efektivní (skutečně dosahovaná) přenosová rychlost nemusí vždy dosahovat úrovně (nominální) přenosové rychlosti (viz obrázek 2).



Obrázek 2 - Představa přepojování paketů, Zdroj: [2]

### 1.2.1 Princip buňkových sítí

Pro větší počty uživatelů je nutné najít způsob, jak omezený počet frekvenčních kanálů použít opakovaně, tedy, tak, aby každý jednotlivý kanál mohl být využit více komunikujícími účastníky současně, bez toho, aby se jejich přenosy navzájem ovlivňovaly. Řešením je tzv. buňkový (celulární) princip. [2]

### 1.3 Kmitočtová pásma

Radiokomunikační systémy využívají k přenosu informace volné prostředí (volný prostor), ve kterém je informace přenášena od vysílače k přijímači prostřednictvím rádiových vln. Rádiovými vlnami nazýváme elektromagnetické vlnění v kmitočtovém pásmu 10 kHz až 3000 GHz, což odpovídá vlnovým délkám v rozsahu 30 km až 0,1 mm. Vzájemný vztah mezi vlnovou délkou  $\lambda$  a kmitočtem vlny  $f$  je dán vztahem

$$\lambda = c / f$$

kde  $c$  je rychlost šíření elektromagnetických vln ve volném prostoru.

Základní rozdělení rádiových vln podle jejich kmitočtu a vlnové délky je stanoveno Radiokomunikačním řádem a je uvedeno v tabulce 1. [1]

**Tabulka 1 - Kmitočtová pásma rádiových vln, Zdroj: [3]**

Číslo pásma N	Symbole	Český název	Délky vln (dolní mez mimo, horní mez v pásmu)	Rozsah kmitočtů (dolní mez mimo, horní mez včetně)	Odpovídající názvy pásem	Metrické zkratky pro pásma
4	VLF	velmi dlouhé	100 až 10 km	3 až 30 kHz	myriametrové	Mam
5	LF	dlouhé	10 až 1 km	30 až 300 kHz	kilometrové	km
6	MF	střední	1000 až 100 m	300 až 3000 kHz	hektometrové	hm
7	HF	krátké	100 až 10 m	3 až 30 MHz	dekametrové	Dm
8	VHF	velmi krátké	10 až 1 m	30 až 300 MHz	metrové	m
9	UHF	ultra krátké	10 až 1 dm	300 až 3000 MHz	decimetrové	dm
10	SHF	centimetrové	10 až 1 cm	3 až 30 GHz	centimetrové	cm
11	EHF	miliimetrové	10 až 1 mm	30 až 300 GHz	milimetrové	mm
12	---	---	1 až 0,1 mm	300 až 3000 GHz	decimilimetrové	---

Rádiové spektrum je rozděleno na devět pásem označených vzestupnými celými čísly.

Jednotkou kmitočtu je hertz (Hz) a kmitočty se vyjadřují [3]:

- v kilohertzech (kHz) do 3000 kHz včetně
- v megahertzech (MHz) od 3 MHz do 3000 MHz včetně (mobilní sítě)
- v gigahertzech (GHz) od 3 GHz do 3000 GHz včetně
- 

Pro označení jednotlivých kmitočtových pásem se používají symboly, které jsou zkratkami následujících anglických názvů [1]:

- VLF ..... Very Low Frequency,
- LF ..... Low Frequency,
- MF ..... Medium Frequency,
- HF ..... High Frequency,
- VHF ..... Very High Frequency,
- UHF ..... Ultra High Frequency,
- SHF ..... Super High Frequency,
- EHF ..... Extremely High Frequency.

## 2 Technologie mobilních sítí 2. generace

V této kapitole budou vymezeny sítě 2. generace a technologie těchto sítí. Je zaměřena především na strukturu sítě a datový přenos, který umožňují jednotlivé technologie.

## 2.1 Technologie 2G

Druhá generace mobilních sítí, působí do poloviny 90. let 20. století, již využívá digitální způsob přenosu, ale opět se soustřeďuje na hlasové služby, proto propustnost sítí nepřesahuje 20 kbit/s. Typickým příkladem sítí 2. generace je GSM. [4]

### 2.1.1 GSM

Roku 1982 organizace CEPT založila tzv. poradní skupinu GSM (*Global System for Mobile - Globální Systém pro Mobilní komunikaci*) mající za úkol vývoj celosvětového standardu pro digitální mobilní komunikaci. V září roku 1987 13 operátorů a poskytovatelů z poradní skupiny GSM podepsali listinu GSM (*Groupe Spéciale Mobile*). Původní francouzský název byl později změněn na Global System for Mobile Communication, který zůstal dodnes, a označuje mobilní buňkový systém pracující v pásmech 450, 900, 1800 a 1900 MHz. Roku 1989 za vydávání standardů převzala zodpovědnost ETSI (*Evropský standardizační institut*). [5]

GSM je nejrozšířenější digitální buňkový komunikační bezdrátový standard. Mobilní telefony se v této síti připojují prostřednictvím nejbližší buňky. Kapacita systému je 8 nebo 16 uživatelů na kanál, kdy každý z účastníků má pro sebe vyhrazen timeslot<sup>4</sup> o délce přibližně 0,577 ms (15/26ms). Rozestup nosných vln je 200 kHz, pásmo pro příjem je 890 - 915 MHz a pásmo pro vysílání je 935 - 960 MHz. [6,7]

GSM poskytuje hlasové i nehlasové služby. Jedná se tedy o hlasovou komunikaci ale také posílání SMS (*Short Message Service*) a multimediálních MMS (*Multimedia Messaging Service*) zpráv.

Důležitou součástí sítě GSM je SIM karta, která je umístěna v mobilním telefonu a obsahuje IMSI kód (*International Mobile Subscriber Identity*) důležitý pro přihlášení uživatele do sítě GSM. [2]

#### 2.1.1.1 Celulární síť GSM

Digitální síť GSM lze též nazývat celulární. Princip zvyšování počtu hovorových kanálů v závislosti na snižování výkonu vysílačů při opakovaném používání stejných frekvencí je shodný s celulárním principem sítí 1. generace. Na rozdíl od mobilních celulárních sítí 1. generace (analogových) je síť GSM plně digitální. Tento fakt přináší síti GSM celou řadu výhod, které nelze u sítí 1. generace realizovat. Dalším specifikem je standardizace všech

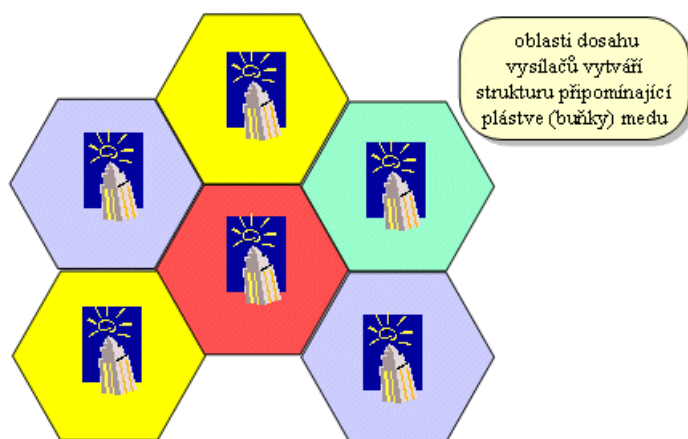
---

<sup>4</sup> Timeslot je pravidelně se opakující časový interval, do kterého je vkládána přenášená informace. [8]

použitých zařízení a souhrn podmínek (*Memorandum Of Understanding*), které musí provozovatel sítě GSM dodržovat. Tyto společné postupy zaručují na území provozovatelů GSM, kteří spolu uzavřely tzv. roamingovou dohodu používat mobilní telefon GSM stejným způsobem jako na území domácím. Mobilní telefon GSM lze používat v Evropě, Asii, Africe, Austrálii a dalších státech jejichž počet neustále přibývá bez potřeby zakoupení jiného mobilního telefonu nebo podepsání smlouvy s jiným operátorem.

Díky digitálnímu přenosu lze jednoduchým způsobem z telefonu faxovat, vysílat a přijímat data. Přenášené informace jsou kódovány, nelze je odposlechnout. Číslo uživatele je chráněno proti zneužití speciálním systémem ověřování pomocí tajných čísel a speciálních algoritmů pro jejich vypočtení.

Podobně jako analogové celulární sítě má i síť GSM buňkovou strukturu. Každá buňka je osazena jedním nebo více transceivry (vysílač + přijímač + řídicí logická jednotka), které jsou umístěny v základnové stanici BTS (*Base Transceiver Station*). Jestliže je signál vysílán do všech směrů mluvíme o všesměrové buňce, jejíž velikost je dána vysílacím výkonem vysílače. U sítě GSM se většinou využívá tři sektorových buněk z jediné BTS, která je osazena alespoň třemi transceivry, které vysílají do třech směrů. Použitím více transceivrů pracujících na různých radiových kanálech se zvyšuje kapacita buňky. V místech s vysokou hustotou provozu se kapacita sítě zvětšuje pomocí tzv. mikrobuněk. Ke zlepšení pokrytí území signálem slouží tzv. deštníkové buňky. Trojice buněk obsluhovaných z jedné BTS jsou uspořádány opět do trojic tak, že vytvářejí jakýsi buňkový hrozen (viz obrázek 3), ve kterém jsou využity všechny provozní kanály, aniž by se opakovaly nebo docházelo k jejich překrytí (rušení). Tato základní struktura se opakuje mnohonásobně v celé síti a umožňuje mnohonásobné opakování kmitočtů v buňkách od sebe dostatečně vzdálených a tím se výrazně zvyšuje kapacita sítě. [9]



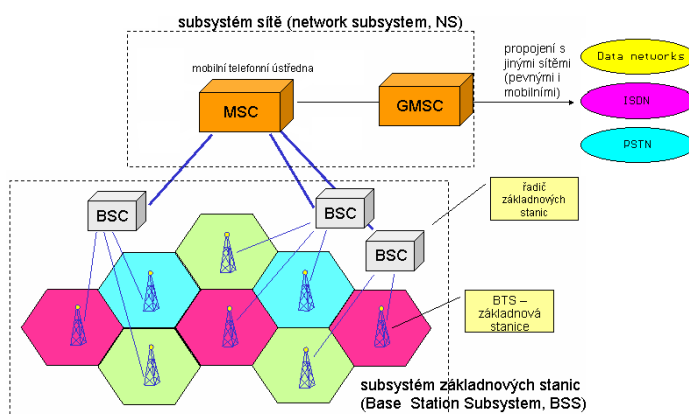
Obrázek 3 - Představa bezdrátové sítě na buňkovém principu, Zdroj: [2]

### 2.1.1.2 Struktura sítě GSM

Podobně jako u analogových systémů je základním prvkem sítě rádiová buňka. Systém buněk umožňuje pokrýt celé požadované území signálem o potřebném výkonu. Buňky jsou obsluhovány transceivry umístěnými na základnové stanici - BTS, která uskutečňuje příjem a vysílání rádiových signálů.

Skupina základnových stanic je řízená řídicí stanicí základnových stanic - BSC (*Base Station Controller*), která má za úkol "údržbu" hovorů, jejich přepínání, nastavení optimální buňky a optimalizuje výkon mobilní stanice tak, aby nedocházelo ke zbytečnému rušení signálu a vybití baterií.

Srdcem celého systému je soustava ústředěn pro mobilní spojení - MSC (*Mobile Services Switching Centre*), které zabezpečují nastavování, směrování, řízení a ukončování hovorů, přechod na jinou MSC, doplňkové služby, přenos informací mezi MSC a ukládání informací o hovorech. Dále umožňují spojení sítě GSM s veřejnými telefonními (PSTN - *Public Switched Telephone Network*, ISDN - *Integrated Services Digital Network*) a datovými sítěmi (viz obrázek 4).[2]



Obrázek 4 - Architektura sítě GSM, Zdroj: [2]

### 2.1.1.3 Datový přenos

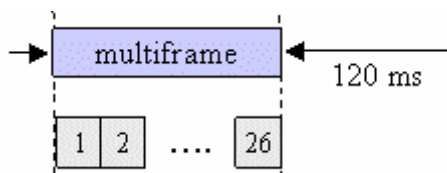
Systém GSM používá pásmo 890 - 915 MHz pro přenos informací z mobilní stanice na základnovou stanici (uplink) a pásmo 935 - 960 MHz pro přenos z BTS na mobilní telefon (downlink). Celkem je k dispozici ve standardu GSM 124 duplexních kanálů o šířce 200 kHz. Každý kanál je rozdělen do 8 časových úseků, ve kterých provozujeme 8 provozních kanálů, tzv. systém TDMA<sup>5</sup> (*Time division Multiple Access*). Díky tomu může uživatel jeden

<sup>5</sup> TDMA (*Time Division Multiple Access*) znamená mnohonásobný přístup do sítě, kdy každý účastník má pro sebe po dobu spojení vyhrazen v celém frekvenčním pásmu radiového kanálu jeden nebo více časových intervalů (timeslotů), do kterých je vkládána přenášená informace[10].

přenosový kanál využívat pro více hovorů. Tento systém umožňuje výrazně zvyšovat kapacitu sítě. [11]

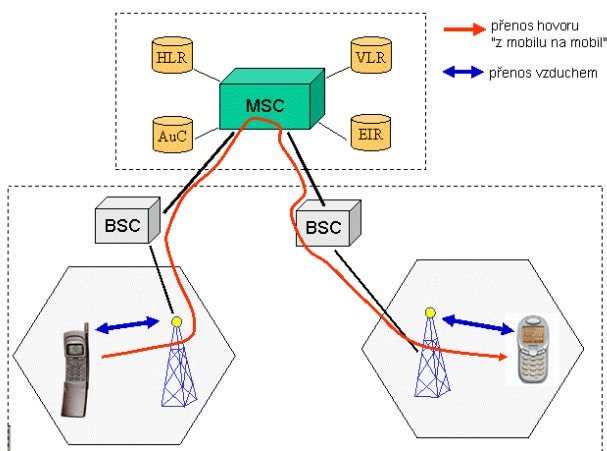
#### 2.1.1.4 Hlasové hovory v GSM

Jednotlivé TDMA rámce (každý s 8 timesloty) se střídají s frekvencemi 217 Hz. Jeden TDMA rámec trvá 4,615 milisekund (120/26 ms). Jeden timeslot trvá 0,577 ms (120/26/8ms). Skupina 26 TDMA rámců tvoří 1 multirámec a trvá 120 ms (viz obrázek 5).



Obrázek 5 – Multirámec, Zdroj: [2]

Hlasový hovor zabírá vždy 1 timeslot v TDMA rámci. Představa hovoru v GSM síti je znázorněna na obrázku 6. Hovorové informace jsou přenášeny z mobilního telefonu volajícího do mobilního telefonu volaného prostřednictvím ústředny pro mobilní spojení MSC přes nejbližší BTS.



Obrázek 6 - Představa hovoru v GSM, Zdroj: [2]

#### 2.1.2 cdmaOne

CDMA (*Code Division Multiple Access*) je technologie používaná v USA umožňující simultánní vysílání paralelních buněk přes stejné vysílací spektrum.

V síti GSM přenáší jeden fyzický kanál více hovorů, v plném zatížení zpravidla osm. Podobně je to v sítích cdmaOne (označována také jako IS-95). Síť GSM používají pro oddělení logických kanálů od sebe časovou konstantu, to znamená, že každý hovor může využívat přesně osminu fyzického kanálu. Tomuto kódovacímu schématu se říká TDMA



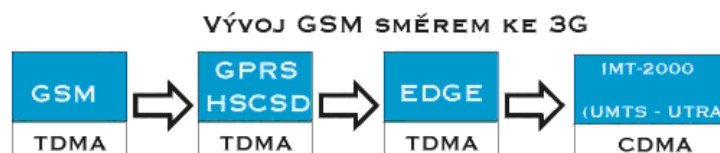
(*time division multiple access*). U cdmaOne se používá schéma CDMA – oddělení není dáno pevnou časovou periodou, ale zvláštním signálem, kódem. Technologie CDMA se může používat v různých frekvenčních pásmech od 450 do 2100 MHz. [12]

### 2.1.2.1 Jak technologie CDMA funguje

CDMA je technologie sdílení jednoho přenosového kanálu (pásmo), který je definován pro digitální bezdrátové přenosy. Zjednodušeně by se princip dal popsat takto: V určitém přenosovém pásmu jsou vysílány kódované informace pro více přijímačů současně. Jednotlivé přijímače si na základě vlastního šifrovacího klíče rozkódují datový tok. Výsledkem dešifrování jsou data určená pouze pro daný přijímač s daným klíčem a ostatní ("cizí") data jsou ignorována.

Výhodou této technologie je vysoká přenosová rychlost dat, protože paketová data jsou obsažena od samého počátku ve standardu sítí cdmaOne.

Vývoj systémů na bázi TDMA a cdmaOne je znázorněn na obrázku 7 a obrázku 8.



Obrázek 7 - Vývoj systémů TDMA, Zdroj: [13]



Obrázek 8 - Vývoj systémů CDMA, Zdroj: [13]

Z obrázků 7 a 8 vyplývá, že vývoj na bázi TDMA postupoval od GSM, přes GPRS a HSCSD, EDGE k IMT – 2000 (*International Mobile Telecommunication in the year 2000* – souhrnné označení systémů třetí generace), což je systém 3. generace pohyblivých komunikací. Je to evropská varianta, vyvíjená v rámci projektu RACE, která má také označení UMTS (*Terrestrial Radio Access Network*) – více v kapitole 3.1.1 UMTS. [13, 41]

Vývoj na bázi CDMA postupoval od systému 95A, 95B k IMT – 2000 Multi-Carrier, což je označení pro CDMA2000 (následník 2G CDMA) [14]. 95A, 95B vychází z označení IS-95 (zkratka anglického termínu *Interim Standard*). Jedná se o rádiový digitální standard, který se používá od roku 1993 v USA. Využívá frekvence 824 MHz až 894 MHz. [15]

### 2.1.2.2 CDMA 2000

CDMAOne je základem pro CDMA2000, patří k sítím druhé generace a původně byla orientovaná hlavně na hlasovou komunikaci. Rychlost datových přenosů se postupně zvýšila na 64 kbit/s.

**Rozlišují se 2 typy standartů CDMA2000 [4]:**

- **CDMA2000 1xRTT** (1x Radio Transmission Technology – americká technologie orientovaná na hlasovou komunikaci a datový přenos, nabízí teoreticky 144 kbit/s směrem k uživateli, reálně 60 – 70 kbit/s)
- **CDMA2000 1xEV** (1x Evolution – další vývojový stupeň CDMA2000 náležející do 3. generace mobilních sítí (více uvedeno v kapitole 3.1.2 CDMA2000 1xEV)

Označení 1x přitom znamená použití jednoho kanálu se šířkou 1,25 MHz

### 2.1.3 iDEN

Odlišnou technologií od standardu GSM je síť iDEN (*Integrated Digital Enhanced Network*) provozovaná společnostmi Sprint/Nextel a SouthernLINC Wireless. iDEN jsou bezdrátové digitální sítě od společnosti Motorola používající jako metodu mnohonásobného přístupu CDMA technologii. V jednom zařízení velikosti mobilního telefonu jsou integrovány schopnosti a služby buňkových telefonů, obousměrných vysílaček, alfanumerického pageru a faxmodemu. [16]

### 2.1.4 HSCSD

Systém GSM je založen na technologii přepojování okruhů (Circuit Switched) a HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*) je ukončením vývoje tohoto způsobu přepojování v prostředí GSM. HSCSD je součástí standardu v GSM Phase2. Technologie HSCSD se snaží být čistě softwarovým řešením, které by nenutilo operátory k větším zásahům do jejich sítí, než jsou úpravy programového vybavení. [17]

#### 2.1.4.1 Datový přenos

Princip této technologie je vcelku zřejmý: vyšších rychlostí dosahuje vzájemným spojováním (slučováním) jednotlivých logických kanálů, „vytížených“ na rychlost 9,6 kbit/s nebo 14,4 kbit/s. Stropem je přitom rychlost 64 kbit/s. [17]

#### **2.1.4.2 Jak technologie HSCSD funguje**

Technologie HSCSD funguje na principu přepojování přenosových kanálů, tzv. timeslotů. Při běžném telefonování využívá mobil dva kanály – jeden pro vysílání, druhý pro příjem. Technologie HSCSD spojuje více kanálů. Počet kanálů závisí na typu mobilního telefonu a obvykle lze nastavit, jakým způsobem rozdělit přenosovou kapacitu pro příjem a vysílání. Jelikož HSCSD je mnohem méně používané z důvodu tarifování (účtování podle času a počtu kanálů), dominuje dnes GPRS (účtování podle přenesených dat nebo měsíční paušál a neomezená data) datovým přenosům v GSM. [18]

#### **Výhody služby HSCSD [19]:**

- Rychlost srovnatelná s běžnou telefonní linkou (až 43,2 kbit/s);
- Rychlé stahování velkých souborů;
- Synchronizace databází;
- Odesílání a přijímání e-mailů;
- Ve firmě není nutné speciální vybavení, stačí modem;
- HSCSD roaming.

#### **Nevýhody služby HSCSD [19]:**

- Tarifikace dle času;
- Nedostatek koncových zařízení;
- Omezená podpora mobilních operátorů a výrobců;
- Nelze použít při WAPování.

## **2.2 Technologie 2,5G**

Technologie 2,5G představují přechodovou generaci mezi druhou a třetí generací, jejíž zrod se datuje rokem 2001. Ta umožňuje hlasovou a textovou komunikaci i přístup k Internetu rychlostí 115 – 384 kbit/s.

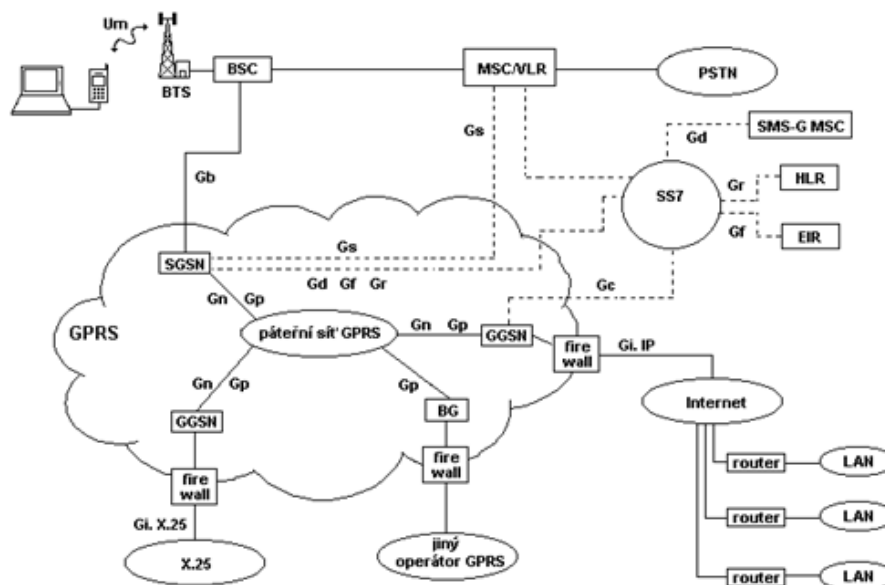
### **2.2.1 GPRS**

GPRS (*General Packet Radio Service* – Všeobecná radiová služba fungující na principu paketů) je technologie pro přenos dat v mobilních sítích. GPRS využívá tzv. paketovou technologii přenosu dat. To znamená, že datový tok je rozložen do více paketů (částí, přičemž každá z nich je odbavována zvlášť, a tím se urychlí datový tok informací).

Za tuto mobilní datovou službu zahrnutou ve standardu GSM měla původně zodpovědnost ETSI (Evropský standardizační institut), ale později byla odpovědnost předána 3GPP<sup>6</sup>. [2,20]

### 2.2.1.1 Struktura GPRS

Podrobný pohled na strukturu GPRS je zobrazen na obrázku 9.



Obrázek 9 - Struktura GPRS, Zdroj: [19]

Uzel SGSN obsluhuje provoz datových paketů koncových uživatelů v dané oblasti, tedy rozhoduje jakou cestou daný paket poputuje sítí. Uzel CGSN je bránou do jiné sítě, například do internetu. Uzly jsou navzájem propojeny přes tzv. páteřní síť podle standardu IP, kde mezi sebou komunikují podle GTP protokolu. [19]

#### Uzel SGSN [19]:

- SGSN (*Serving GPRS Support Node*) směruje v obou směrech datové pakety a obsluhuje tedy všechny uživatele přihlášené do GPRS sítě kteří se nacházejí v jeho dosahu. Uživatelé GPRS mohou být obslouženi jakýmkoliv uzlem SGSN v jehož oblasti se nacházejí. Ve směru k uživateli je provoz směrován ze SGSN přes BSC na BTS a odtud do mobilní stanice (viz obrázek 9);
- Provádí autentizaci, šifrování a kontrolu;

<sup>6</sup> 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) - jedná se o partnerský projekt, jejímž cílem bylo vyvinutí sítě 3. generace (3G), založené na GSM a CDMA.

- Funkce mobility managementu (což je součást 3. vrstvy vrstevového modelu GSM, plnící funkce autentizace, lokalizace atd.);
- Řízení logických kanálů směrem k mobilní stanici;
- Přenos a směrování paketů;
- Zpoplatňování přenesených dat;
- Spojení s HLR (Home Location Register – domovský lokační registr), MSC (Mobile Switching Centre – mobilní spínací ústředna) a BSC (Base Station Controller – základnová řídicí stanice).

### **Uzel GGSN:**

Poskytuje rozhraní mezi GPRS sítí a externími sítěmi pracující podle standardu IP (Internet) nebo X.25, je tedy jakousi branou mezi GSM a vnějšími sítěmi. V GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) jsou také obsaženy funkce tzv. mobility managementu (viz výše SGSN) a plní rovněž funkci tzv. přístupového serveru, tzn. že pohledu vnějších sítí je CGSN prvkem vlastním všechny IP adresy všech přihlášených uživatelů do sítě GPRS.

Dalšími funkcemi CGSN je např. směrování paketů na správný uzel SGSN konverze protokolů mezi GPRS a vnějšími sítěmi. [19]

### **BSC (Base Station Controller)**

BSC obsahuje nové funkce pro kontrolu paketů. O tuto kontrolu se stará PCU (*Packet Control Unit*). Dále jsou tu nové GPRS funkce tzv. mobility managementu týkající se např. lokalizace, autentizace atd. Mezi BSC a SGSN je také nové provozní a signalizační rozhraní.

V BTS jsou obsaženy nové protokoly podporující paketový přenos přes vzdušné rozhraní a funkce pro přidělování time slotů a kanálů (*resource allocation*)

MSC/VLR (*Mobile Switching Centre / Visitor Location Register*) – Rozhraní mezi MSC a SGSN slouží mimo jiné ke koordinaci signalizace pro mobilní stanice schopné používat oba druhy spojování (paketů i okruhů)

Dosáhnutí teoretického maxima 172,2 kbit/s vyžaduje vyhrazení všech osmi timeslotů pro jednoho uživatele a to ještě bez chybové korekce. Neočekává, že by operátor jednomu uživateli GPRS umožnil použít všech osm timeslotů, navíc první GRPS terminály umožňují použití nejvýše 4+1 timeslotů. V praxi tedy bude dosahovaná rychlost nižší. GPRS používá modulaci známou pod zkratkou GSMK.

Gx na obrázku 19 označuje příslušné rozhraní, EIR (*Equipment Identity Register*) označuje registr mobilních stanic, PSTN veřejnou telefonní sít' a FIREWALL systém proti nežádoucímu průniku z vnějšku. [19]

### **2.2.1.2 Jak technologie GPRS funguje**

Posílané soubory a data jsou rozděleny na mnoho balíčků, tzv. paketů. Ty jsou opatřeny „adresou“ doručení a následně přeneseny k uživateli. Telefony a další zařízení mohou být neustále připojené k datové síti, protože je zatěžována jen když přenáší data. [22]

### **2.2.1.3 Datový přenos**

GPRS pracuje na takovém principu, že více uživatelů sdílí stejný přenosový kanál a data se přenášejí pouze když jsou odeslána. Jedná se tedy o jednoúrovňové zabezpečení standardních GSM sítí, které dovoluje přenosové rychlosti dosahující až 115 kbit/s pomocí základní konverze ústřednového přepojování na technologii založenou na přenosu paketů.

Tato datová služba umožňuje stálý on-line přístup k síti a účtuje se za ní podle množství skutečně přenesených dat.

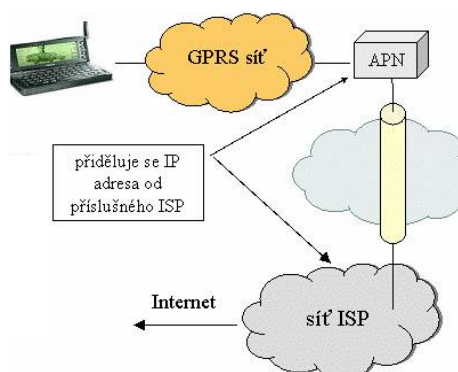
Technologie GPRS slouží k datovým přenosům v sítích mobilních telefonů. Na rozdíl od běžných datových přenosů se ale využívá jiných přenosových principů, totiž tzv. paketového přenosu. Podobný paketový přenos je používán v síti internet. Z tohoto důvodu se technologie GPRS dobře hodí ke spojení počítače či notebooku s internetem.

Hlavní rozdíl mezi dosavadním datovým přenosem (GSM) a technologií GPRS je v připojení. Při dosavadním způsobu datového spojení je důležité, jak dlouho je uživatel spojen. Platí se za dobu spojení bez ohledu na to, kolik dat uživatel přenesl. U GPRS není vůbec důležitá doba spojení, platí se jen množství informací, které se přenesou. V extrémním případě by tak uživatel mohl být spojen celý den a nezaplatil by nic (pokud by nic nepřenesl). Ve stejné situaci by uživatel při klasickém datovém přenosu platil za celou dobu spojení (třebaže by nic nepřenesl). [23]

### **2.2.1.4 Přístup k internetu přes GPRS**

Standardní využití GPRS je pro propojení dvou GPRS zařízení, dvou GPRS modemů a dvoubodového spoje. GPRS se používá i pro přístup k internetu. APN (*Access Point Name*) obvykle definuje vlastnosti a parametry připojení, např. statické/dynamické přidělení IP adresy. APN je jakousi branou do internetu. Vede z něj tunel skrz další část sítě až do sítě ISP

(*Internet Service Provider* – poskytovatel internetového připojení). Mobilní operátor může nabízet více různých APN (viz obrázek 10). [2]



Obrázek 10 - Přístup k internetu přes GPRS, Zdroj: [2]

### Mobilní telefony je možné rozdělit podle GPRS třídy [24]:

- **Třída A** – Telefon dokáže zároveň obsluhovat paketový datový přenos GPRS a běžný hlasový hovor GSM.
- **Třída B** – Je použitelný pro GPRS i GSM, ale dokáže používat vždy pouze jednu síť, tedy buď data nebo hovor.
- **Třída C** – Telefon využívá buď síť GSM nebo GPRS, nutno manuálně nastavit.

### Technologie GPRS umožňuje [25]:

- Připojení internetu;
- Připojení WAP internetu;
- GPRS roaming;
- Připojení do interní počítačové sítě LAN;
- GPRS SMS.

### Výhody GPRS [24]:

- Rychlejší a jednodušší přístup do internetu, WAP Internetu a LAN (lokálních počítačových sítí), protože paketový přenos dat je stejný jako v Internetu;
- Rychlostně srovnatelné s analogovým modemem;
- Možnost stálého připojení za tarifní poplatek – na rozdíl od modemu či ISDN – možnost stálého přístupu na internet za rozumné peníze;
- V případě bezlimitního tarifu uživatel platí za přenesená data a ne za čas na internetu (výhodné oproti modemu při běžném surfování a čtení on-line);
- Provozní náklady jsou při srovnání s modemovým a ISDN připojením řádově stejné (stokoruny až tisíce).

### Nevýhody GPRS [24]:

- Rychlostně srovnatelné s modemem (pomalost);
- Závislé na kvalitě signálu a aktuálním zatížení mobilní sítě – není garantována rychlost ani dostupnost služby (situace se ale zlepšuje);
- Energeticky závislé na akumulátoru mobilu.

### 2.2.1.5 Porovnání datových přenosů pomocí GSM/HSCSD/GPRS

Porovnání přenosové rychlosti, rychlosti připojení k síti a k počítači a způsob vyúčtování jednotlivých technologií je znázorněno v tabulce 2. Tabulka 2- Porovnání datových přenosů pomocí GSM/HSCSD/GPRS [24]

Tabulka 2- Porovnání datových přenosů pomocí GSM/HSCSD/GPRS, Zdroj: autor

	GSM	HSCSD	GPRS
<b>Přenosová rychlost (kbit/s)</b>	běžně 9,6 (max. 14,4)	max. 43,2	běžně 24,4 (max. 115,2)
<b>Účtování</b>	za dobu připojení	za dobu připojení	za objem přenesených dat
<b>Připojení k počítači</b>	složitě	složitě	jednoduché

### 2.2.2 EGPRS

EGPRS (*Enhanced General Packet Radio Service*) je technologie rozšiřující služby GPRS (*General Packet Radio Service*) především o rychlost, jejíž hlavní změnou je použití modulace 8-PSK (osmistavová fázová modulace).

#### 2.2.2.1 Datový přenos

Modulace GMSK, která je použita u GSM/GPRS, dovoluje přenést pouze jeden informační bit na jeden symbol na rádiové vrstvě. Naproti tomu modulace 8-PSK dovoluje přenést tři informační bity pomocí jednoho symbolu na rádiové vrstvě. Z toho vyplývá, že EGPRS je 3x rychlejší než GPRS a může dosahovat rychlosti 384 kbit/s.

Typickými aplikacemi pro EGPRS jsou např. E-mail, SMS, VoIP<sup>7</sup>, www, apod. Jedná se tedy o netransparentní služby (nepotřebují konstantní bitovou rychlost). [26]

<sup>7</sup> VoIP je protokol Voice over Internet Protocol (rovněž označovaný jako IP telefonie, internetová telefonie a digitální telefonie), který slouží k přenášení hlasové komunikace prostřednictvím Internetu nebo jakékoli sítě, která využívá protokol IP.



### 2.2.2.2 Začlenění EGPRS do existující GSM/GPRS sítě

Rozdíly mezi GPRS a EGPRS nejsou značné. Instalace EGPRS do stávající sítě je vázána na BTS. Do BTS musí být vložen nový transceiver, jednotka, která je schopna zajistit nový druh modulace. Na BTS i BSC musí být také instalován SW, který umí pracovat s novým protokolem přenosu paketů. Do zbytku sítě není třeba jakkoliv zasahovat. [26]

### 2.2.3 EDGE

Slovo EDGE (dalo by se i přeložit z angličtiny jako "ostří") je vlastně zkratkou pro termín "vylepšená propustnost pro globální evoluci" (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*, existují i jiná vysvětlení zkratky, ale toto je nejvíce užívané), a spočívá v použití jiné modulace pro datové přenosy z mobilního telefonu. EDGE funguje na stejných službách jako GPRS, je to jen urychlená varianta spojení. [27]

#### 2.2.3.1 Modulace EDGE

EDGE mění radiovou část komunikace tak, že nemění rozdělení (FDMA) na kanály a jejich členění (TDMA) na TIMESLOTY, ale zavádí způsob kódování 8-stavová fázová modulace (8-PSK). Modulační rychlost zůstává stejná jako u GPRS, ale rychlost přenosu se zvyšuje 3x. Přidává nová kódovací schémata. Celkem 9 (4x původní 2 stavovou modulací, 5x s novou 8 stavovou modulací. Nutný HW upgrade transcieverů v každém sektoru BTS nemění GPRS síť. [2]

#### 2.2.3.2 Kódovací schéma EDGE

Kódovací schéma EDGE je uvedeno v tabulce 3.

Tabulka 3 - Kódovací schéma EDGE, Zdroj: [2]

Schéma	Modulace	Max. rychlost (kbit/s)
MCS – 9	8 – stavová fázová modulace (8PSK)	59,2
MCS – 8		54,4
MCS – 7		44,8
MCS – 6		29,6/27,2
MCS – 5		22,4
MCS – 4	2 – stavová fázová modulace GMSK	17,6
MCS – 3		14,8/13,6
MCS – 2		11,2
MCS – 1		8,8

Volba kódovacích schémat v EDGE je dynamická. Síť a mobilní stanice rozhodují o tom jaké schéma použít. Link Adaption – volí takové schéma, které momentálně dává

nejvyšší propustnost. Incremental Redundancy – nejprve se používají méně redundantní schémata (s menším podílem zabezpečovacích bitů), a teprve při chybě se redundance zvyšuje tj. volí se více redundantních kódovacích schéma. [2]

### 2.2.3.3 Datový přenos

Technologie EDGE funguje na stejném principu jako přenos dat přes GPRS, tedy na bázi paketového přenosu, ale jde o modulaci upravenou "rychlejší variantu".

Díky tomu se na stejnou šířku frekvenčního pásma vměstná více dat. Spojení je tedy rychlejší (případně je pro přenos stejného množství dat použita menší šířka pásma či je kvalitnější příjem a spojení je tedy efektivnější a má větší dosah).

Reálná rychlost se u všech mobilních technologií liší podle vzdálenosti od základnové stanice i jejího vytížení, stejně tak je tomu i u EDGE. Čím lepší příjem, tím se použije lepší tzv. kódovací schéma, čím méně je základnová stanice využita, tím více se může zabrat vysílacích kanálů (tzv. timeslotů) a tím vyšší je tedy i možná rychlost připojení. Zatímco s GPRS lze ale dosáhnout maximálně 115 kbit/s, u EDGE je to třikrát více, téměř 480 kbit/s. Reálně je ale propustnost výrazně nižší, u GPRS se běžně dosahuje rychlost okolo 40 kbit/s, EDGE se pohybuje okolo 100-150 kbit/s. [27]

## 3 Technologie mobilní sítě 3. generace

Předmětem této kapitoly je vysvětlení pojmů týkající se mobilních sítí 3. a 3,5. generace. Dále principy funkčnosti, výhody a nevýhody, datové přenosy a služby poskytované těmito sítěmi.

### 3.1 Technologie 3G

Mobilní sítě 3. generace sjednocují různé bezdrátové přístupové technologie do jedné pružné a výkonné infrastruktury, která je schopná nabídnout široký rozsah multimediálních<sup>8</sup> služeb s garantovanou kvalitou. To znamená, že uživatel se s jedním mobilním telefonem dovolá v jakékoliv pokryté oblasti na světě bez ohledu na druh sítě, má přístup k pokročilým službám jako je například videokonference a rychlost až 2400 kbit/s. [29]

V roce 1998 byl ustaven na základě dohody normalizačních organizací projekt 3GPP (*Third Generation Partnership Project*), v rámci něhož se připravují specifikace pro UMTS (obdobný projekt, 3GPP2, se zaměřuje na specifikace pro technologie CDMA2000 hlavně pro

---

<sup>8</sup> Multimedia jsou soubor audiovizuálních a informačních služeb, poskytovaných prostřednictvím pevných a mobilních (radiokomunikačních) širokopásmových sítí, a to na různých úrovních interaktivity [1].

mimoevropské projekty). Většina současných sítí 3G vychází ze specifikací 3GPP Release 97 (pro vlastní síť) a Release 99 (pro rádiový přístup). Jejich vývoj pokračuje dál k rychlejšímu stahování dat HSPDA v Release 5 a také rychlejší zpětné komunikaci se sítí HSUPA v Release 6. [4]

### 3.1.1 UMTS

Ve vývojové řadě mobilních sítí je univerzální mobilní telekomunikační systém UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) zařazen mezi sítě třetí generace 3G. Na jeho vývoji se v Evropě od roku 1990 pracuje pod vedením Evropského telekomunikačního institutu ETSI.

UMTS je součástí IMT–2000 (International Mobile Telecommunications 2000), sady přijatých doporučení ITU–T specifikující technologie pro sítě 3G. 2000 v označení IMT původně znamenalo tři charakteristiky: rychlost u uživatele až 2000 kbit/s (2 Mbit/s), kmitočtové spektrum kolem 2000 Mhz (2 GHz) a nasazení systému kolem roku 2000.

Požadavky na síť UMTS, stejně jako na ostatní sítě třetí generace, se s postupem času vyvíjely a byly doplňovány. Na rozdíl od sítí druhé generace, určených především pro přenos hovorových signálů a datových signálů s nízkou přenosovou rychlostí, umožňuje síť UMTS přenos dat se zvýšenou rychlostí (tzn. možnost nabídky kvalitnější a náročnějšího obsahu např. streamTV, online kamery, stahování hudby, her) a je orientován na multimediální aplikace (zejména možnost videohovorů). [1]

UMTS je mezinárodní standard vyžívající 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 W-CDMA (Wideband CDMA). Je to v základu totéž, ale toto označení zahrnuje i japonskou síť FOMA společnosti NTT DoCoMo, která s UMTS kompatibilní není. [30]

**UMTS se dělí na dva základní typy podle způsobu řešení duplexního provozu [30]:**

- **FDD** (*Frequency Division Duplex*) – rozšířenější typ, kde je pro uplink a downlink použit odlišný kanál (spojení mezi základnovou stanicí a telefonem v uplink a downlink na oddělených frekvencích)
- **TDD** (*Time Division Duplex*) – uplink a downlink používá jeden kanál, ve kterém se oba směry střídají v čase

### 3.1.1.1 Datový přenos

Přenos hovorových signálů by měl být stejně kvalitní jako v pevné telefonní síti. Rychlost přenosu datových signálů bude proměnná v závislosti na rychlosti pohybu mobilní stanice. Při pohybu mobilní stanice bude přenosová rychlost minimálně 144 - 384 kbit/s a v případě, kdy mobilní stanice bude v klidu, vzroste přenosová rychlost až na 2 Mbit/s. [1]

### Pokrytí sítě UMTS

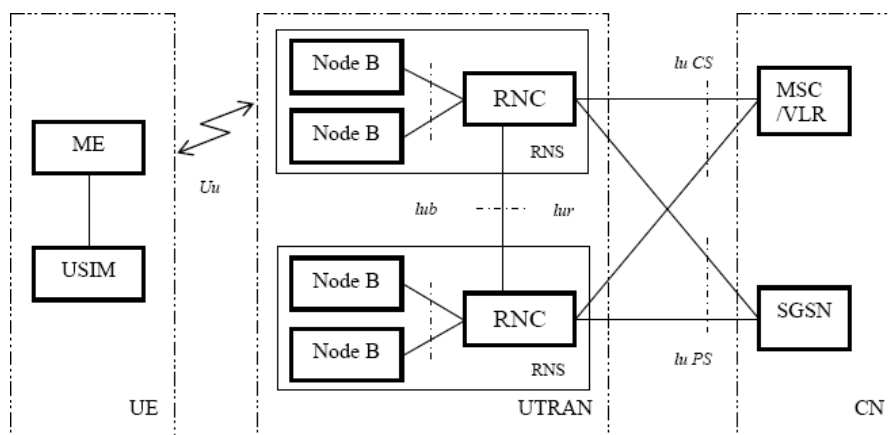
Zásadním rozdílem oproti sítím GSM je v pokrytí. GSM sítě pokrývají obvykle celé území daného státu. Sítě UMTS jsou budovány formou malých ostrůvků, které pokrývají jen ta místa, kde je o UMTS zájem, jako jsou například velká města. Každý ostrůvek je obsluhován jedním RNS. Všechny RNS dané UMTS sítě pak dohromady tvoří radiové rozhraní sítě UMTS – UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*).

Uživatel UMTS, který se dostane mimo oblast obsluhovanou daným RNS má možnost využívat služby v rámci GSM sítě. [30]

### 3.1.1.2 Struktura sítě

UMTS představuje evoluci GSM, jeho služeb i infrastruktury, která znamená podstatný zásah do infrastruktury sítě, protože všechny prvky rádiová sítě jsou nové [4].

Architektura rádiové přístupové sítě, včetně propojení s pátevní sítí, je znázorněna na obrázku 11. Z funkčního hlediska je mobilní síť členěna do tří částí. Jádro tvoří pozemní rádiová přístupová síť UTRAN, která plní veškeré funkce související s rádiovým přístupem. Ta je napojena na pátevní síť CN (*Core Network*), která zajišťuje propojování ve vlastní síti i do ostatních sítí. Prostřednictvím rádiového rozhraní Uu komunikuje UTRAN s uživatelskými zařízeními UE (*User Equipment*). Z pohledu technické specifikace jsou UTRAN i UE založeny na zcela nové rádiové technologii W-CDMA. Jako základ technologie pátevní sítě CN byla převzata osvědčená pátevní infrastruktura GSM, která je dále průběžně zdokonalována. [31]



Obrázek 11 - Architektura rádiové přístupové sítě UTRAN, Zdroj: [31]

Přístupová síť UTRAN je tvořena řadou dílčích systémů sítě RNS (*Radio Network Sub-system*), které jsou dále tvořeny dvěma typy bloků, Node B a RNC (*Radio Network Controller*). Blok Node B má za úkol konvertovat datové toky mezi rozhraními Iub a Uu a podílet se na řízení využití disponibilního kmitočtového spektra. V terminologii, která odpovídá popisu sítě GSM odpovídá označení Node B základnové stanici (Base Station). Blok RNC řídí využití disponibilního kmitočtového spektra (handover) a současně je přístupovým bodem pro služby přístupové sítě, poskytované páteří sítě CN prostřednictvím rozhraní Iu CS (Iu PS). Všechna výše jmenovaná rozhraní mají své ekvivalenty v architektuře sítě GSM.

Páteří sítě CN je na obrázku 11 zobrazena zjednodušeně vstupními bloky MSC/VLR (*Mobile Switching Centre/Visitor Location Register*) a SGSN (*Serving GPRS Support Node*). Blok MSC/VLR je radiotelefonní ústředna doplněná o databázi návštěvníků z cizích sítí a slouží ke spojování účastníků mobilní sítě v režimu přepojování okruhů a k lokalizaci těchto účastníků. S rádiovou přístupovou sítí UTRAN je tento blok propojen prostřednictvím rozhraní pro přepojování okruhů Iu CS. Blok SGSN, jako server pro datové služby s přepojováním paketů, je s rádiovou přístupovou sítí UTRAN propojen prostřednictvím rozhraní pro přepojování paketů Iu PS.

Uživatelské zařízení je tvořeno mobilním zařízením ME (*Mobile Equipment*), které zprostředkuje rádiovou komunikaci s UTRAN prostřednictvím rozhraní Uu a identifikačním modulem účastníka USIM (*UMTS Subscriber Identity Module*), který obsahuje obdobné informace jako SIM karta v systému GSM.

U popisovaného rádiového rozhraní se při návrhu podrobně diskutovala otázka uspořádání fyzické vrstvy, protože je velmi podstatným a určujícím faktorem pro dosahovanou kvalitu přenosu mezi účastnickým zařízením a základnovou stanicí. S ohledem

na širokopásmovou povahu přenášených informací v rádiových mobilních systémech třetí generace je fyzická vrstva navržena tak, aby dovolovala pružně kombinovat služby s různými nároky na přenosové rychlosti a poskytovanou kvalitu až do přenosové rychlosti 2 Mbit/s. [31]

### **Existují dva základní způsoby, jak propojit UTRAN s GSM sítí [30]:**

1. Každé RNC se propojí s původními SGSN (*Serving GPRS Support Node* – zařízení obsluhující GPRS provoz v GSM sítích) a MSC (*Mobile Switching Centre* – obdoba telefonní ústředny v sítích GSM), na kterých se provede příslušný upgrade. Problém tohoto řešení ale spočívá v tom, že operátor riskuje, že upgrade příslušných síťových prvků neproběhne bez problémů a případnou chybu pocítí uživatelé stávající GSM sítě, která může být tím pádem částečně nefunkční i několik hodin nebo dokonce dnů.
2. Druhý způsob spočívá v částečném překrytím jádra obou sítí. K UTRAN části se připojí MGW (*Media Gateway*), což je jakási neplnohodnotná obdoba MSC v sítích UMTS. MGW je pak schopné propojit se stávajícím MSC a SGSN bez nutnosti upgradovat tato zařízení a nebo dokonce může použít SGSN a GGSN vlastní.

### **Možnosti UMTS**

UMTS tedy nabízí významně větší kapacitu než GSM, lepší kvalitu hovorů, videohovory a rychlejší paketové datové přenosy než v sítích GSM, GPRS a EDGE. [30]

#### **3.1.2 CDMA2000 1xEV-DO**

Další mobilní síť 3. generace je bezdrátová datová síť CDMA2000 EV-DO, která integruje hlas a data na stejnou frekvenci pásma 450 MHz. CDMA2000 EV-DO (Data Optimised) je určena výhradně pro data, pro mobilní i pevný přístup po místní smyčce.

Jedná se o další vývojový stupeň mobilní sítě druhé generace CDMA2000, tedy EV = EVolution. [4]

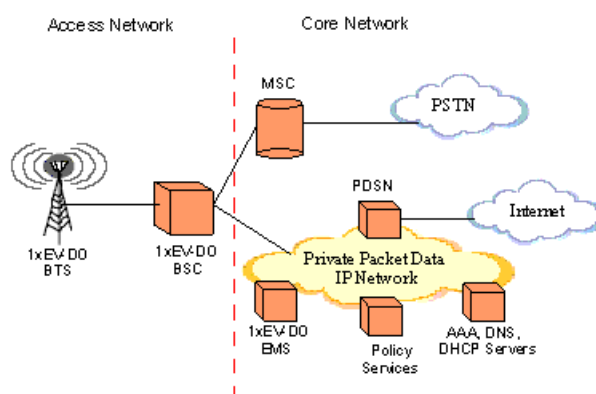
##### **3.1.2.1 Datový přenos**

Reálné rychlosti pro připojení mohou být hlavně ze začátku při malém počtu uživatelů okolo 500 až 700 kbit/s. Rychlost 128 kbit/s by měla být určitým standardem a jakousi hranicí značící kvalitu. Ovšem při snížení rychlosti není schopen mobilní operátor garantovat rychlost stejně jako při GPRS.

### 3.1.2.2 Struktura sítě

CDMA2000 1xEV-DO je širokopásmový bezdrátový systém jehož síťová architektura se skládá z těchto dílčích subsystémů (viz obrázek 12) [32]:

- Bezdrátové uživatelské zařízení, kterým může být autonomní zařízení např. PC karta či externí modul, případně zařízení integrované uvnitř mobilního telefonu či PDA;
- Přístupová síť (*Access Network*) zahrnuje subsystém základnových stanic BTS, jednotku PCF (*Packet Control Function*) a kontroler základnových stanic BSC;
- Jádru sítě (*Core Network*) obsahuje nezbytnou entitu pro podporu paketového přenosu dat označovanou PDSN (*Packet Data Service Node*). Protože je systém 1xEV-DO součástí rodiny standardu CDMA2000 a vychází z obdobné struktury systému 1X zahrnující i režim přenosu dat formou sestavování spojení, obsahuje ústřednu MSC. 1xEV-DO však tuto entitu nevyužívá.



Obrázek 12 - Struktura sítě 1xEV-DO, Zdroj: [32]

Uživatelská data jsou tedy nejprve odeslána s terminálu uživatele přes radiové rozhraní k příslušné základnové stanici BTS a dále směrována k odpovídajícímu BSC kontroléru zmíněné základnové stanice, konkrétně do PCF jednotky. Ta se stará o paketové spojení a směrování dat k PDSN.

Několik (až desítky) BTS může být připojeno prostřednictvím vedení nebo bezdrátově k nadřazenému kontroléru BSC.

Funkce PCF jsou integrovány v BSC a zajišťují směrování paketů mezi PDSN a BSC. Kde PDSN vykonává klasické funkce přístupového serveru jako je např. PPP protokol (Point-to-Point Protokol).

BSC a PDSN také komunikují během autentizace uživatele a příjmu informací o účtování služeb s tzv. RADIUS serverem, který má na starosti právě tyto funkce. Dále jsou v síti servery AAA (*Authentication*, *Authorization*, *Accounting* - Autentizační, autorizační a

účtovací protokol), DNS (*Domain Name System* - hierarchický systém domén v Internetu) a DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol* - protokol pro automatické přidělování IP adres koncovým stanicím v síti) spravující přidělení IP adres uživateli.[32]

Na obrázku 12 je také zobrazen blok MSC (*Mobile Switching Center*), což je mobilní ústředna, která spojuje mobilní telefony s jinými mobilními telefony nebo telefony pevných linek přes mobilní síť nebo jiný celulární systém [33]. PSTN (*Public Switched Telephone Network*) je standardní telefonní síť, kterou veřejnost používá k realizaci místních, meziměstských i mezinárodních telefonních hovorů. [34]. Dále je v síti EMS (*Element Management System*), což je integrovaný řídicí systém [35].

### **3.1.3 TD-SCDMA**

Technologii TD-SCDMA (*Time Division Synchronous Code Division Multiple Access*) navrhla normalizační skupina CWTS (*China Wireless Technology Standard*) již v roce 1998 a následně ji přijalo ITU v roce 2000. Specifikace byla také přijata 3GPP. O rozvoj sítí na bázi TD-SCDMA se stará TD-SCDMA Industry a TD-SCDMA Forum (s mezinárodními členy zastoupenými společnostmi Motorola, Nortel či Philips). [36]

#### **3.1.3.1 Datový přenos**

TD-SCDMA používá TDD (*Time Division Duplex*), kdy se v dopředném i zpětném směru používá stejný kmitočet a přidělení kanálu se realizuje v čase. Zatímco WCDMA a CDMA2000 jsou založeny na FDD (pro směr od uživatele a k uživateli se používají různé kmitočty), pracuje TD-SCDMA na bázi TDD/TDMA v kombinaci se synchronní CDMA, která kombinuje výhody tří přístupových technologií jako CDMA, TDMA a FDMA. Výhody najdeme také v pružném přidělování spektra, nízkých nákladech na implementaci a snadném přechodu z GSM.

TDD nabízí vyšší spektrální výkonnost a kapacitu systému, protože vystačí s jedním kmitočtovým spektrem pro dopředný a zpětný směr, nepotřebuje párované spektrum jako FDD. Časové dělení je výhodné pro asymetrické služby, protože umožňuje flexibilně přidělit různé časové úseky pro dopředný a zpětný směr.

Každý rámeček o trvání 5 ms je rozdělen na sedm časových úseků (slotů), které může pružně využívat jeden nebo více uživatelů podle potřeb. TD-SCDMA omezuje počet použitých kódů rozprostřeného spektra na jeden časový úsek na 16 (na rozdíl od WCDMA a CDMA2000), což snižuje rušení MAI (*Multiple Access Interference*) a zvyšuje kapacitu systému. S TD-SCDMA lze dosáhnout rychlosti 2 Mbit/s.



Přehled odlišností, týkajících se vlastností CDMA 2000, WCDMA a TD-SCDMA je shrnut v tabulce 4. [36]

**Tabulka 4 - Porovnání odlišností vlastností tří technologií 3G, Zdroj: [36]**

	<b>CDMA2000</b>	<b>WCDMA</b>	<b>TD-SCDMA</b>
<b>pásmo</b>	párované, 1,25/3,75 MHz	párované, 5 MHz	nepárované, 1,6 MHz
<b>počet úseků na rámec</b>	16	16	7
<b>maximální rychlost</b>	2,4 Mbit/s	2 Mbit/s	2 Mbit/s

## 3.2 Technologie 3,5G

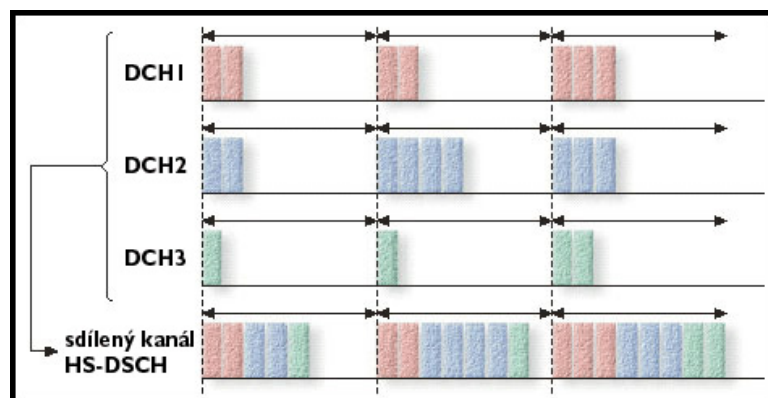
Technologie 3,5G představují mezistupeň mezi 3G a 4G mobilních sítí. Jedná se o technologie HSDPA a HSUPA, které představují další zvýšení datové rychlosti ve vývoji mobilních sítí.

### 3.1.4 HSDPA

HSDPA (*High Speed Downlink/Download Packet Access*), kde písmenko D v názvu zdůrazňuje jeden ze dvou směrů (Downlink), je technologie spuštěná roku 2005, která poskytuje větší kapacitu bezdrátového přenosu a větší rychlost stahování dat [37].

HSDPA je nadstavbou UMTS na jehož síti a základech je tato technologie postavena. Potřebná vylepšení a úpravy se provádějí na programové úrovni. Jedná se tedy o pouhý „upgrade“ stávající sítě. Na stanicích BTS se tím zdvojnásobí kapacita, což umožní zpracovávat data a signál od více uživatelů najednou. Na všech BTS, které jsou ve 3G je zároveň puštěna i technologie HSDPA.

Podstatnou změnou prochází ovšem komunikační kanály. Oproti původnímu kanálu WCDMA (UMTS), kde posílání dat mezi dvěma stanicemi probíhalo v zásadě na jednoúčelové lince DCH (Dedicated Channel), se transportní kanál pro HSDPA změnil. Pro tento případ byl vytvořen nový typ: dopředný kanál HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel). Tento kanál efektivně využívá dostupné frekvence, na kterých přenáší data společně po tzv. paketech. Tyto pakety se poté pomocí složitých algoritmů dělí mezi jednotlivé uživatele (viz obrázek 13). [38]



Obrázek 13 - Komunikační kanály HSDPA, Zdroj: [39]

### 3.1.4.1 Datový přenos

HSDPA (High-Speed Packet Downlink Access) nabízí širokopásmové datové mobilní služby několikrát vyšší než u UMTS. V současné době již existují také dokonalejší a rychlejší varianty HSDPA. Konkrétně HSDPA 1, která nabízí až 3,6 Mbit/s, a HSDPA 2, s maximem 14,4 Mbit/s. Skutečná rychlost je však 1,8 Mbit/s. [37]

Kapacita je tím vyšší, čím je menší buňka, resp. čím méně uživatelů službu sítě v jedné buňce využívá, protože kapacita je v rámci jedné buňky sdílená. Např. pro stahování hudby to znamená, že s HSDPA bude 25 uživatelů v buňce schopno stahovat rychlostí 550 kbit/s, zatímco klasické UMTS pouhým deseti uživatelům umožní stahování rychlostí pouhých 80 kbit/s.

Na rozdíl od UMTS, kde jsou datové pakety odesílány každých 10 ms, HSDPA je posílá každé 2 ms. Díky tomu také HSDPA dokáže reagovat podstatně rychleji na změny kvality v přenosovém prostředí či objemu přenášených dat. [38]

#### Zvýšení rychlosti a výkonu je u HSDPA založeno na [39]:

- **AMC (*Adaptive Modulation and Coding*)**

Můžeme to volně přeložit jako přizpůsobivá modulace a kódování. Tento systém umožní rychlé a efektivní přidělení prostoru jednotlivým uživatelům, aniž by je vzájemně omezil. Princip této metody spočívá zjednodušeně v tom, že je nejdříve obsloužen uživatel, který má nejlepší kvalitu signálu, aby zbytečně nezahlcovoval síť. Na pozadí těchto metod stojí složité programy a algoritmy.

- **Rychlé plánování (*Fast scheduling*)**

Je to funkce pro řízení toku dat, která má na starost sbírat informace od uživatelů a přeposílat je tam, kde jsou potřeba a naopak. Jednotlivé stanice mezi sebou vzájemně

komunikují, aby věděly, kterým směrem se koncový uživatel nejrychleji dostane ke svým datům a jakou nejlepší cestou je možné data uživateli poskytnout.

▪ **Rychlé obnovení přenosu (*Fast retransmission*)**

Při náhlém přerušení přenosu se systém snaží toto přerušení obsloužit na nejbližším možném místě a v nejkratším čase. Pokud je to možné, pokusí se obnovit i přenášená data. Opět je princip založen pouze na programovém vybavení.

### **3.1.5 HSUPA**

HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*), kde písmenko U v názvu zdůrazňuje směr od uživatele a jeho terminálu do sítě, je technologie s jejímž komerčním nástupem se počítá v letošním až příštím roce. [37]

#### **3.1.5.1 Datový přenos**

Budoucí posílení i zpětného směru komunikace od uživatele k síti, HSUPA (*High-Speed Uplink Packet Access*) slibuje rychlosti 1 až 5 Mbit/s a latenci 30 až 5 ms. Tato technologie je známá také pod označením vylepšený zpětný kanál (*EUL, Enhanced UpLink*).

HSUPA již bude využívat více antén u vysílače a přijímače (MIMO, *Multiple Input Multiple Output*). Prostorový multiplex pracuje s více datovými toky, které se přenášejí prostřednictvím různých antén o výrazně nižší rychlosti než u původního toku. Kanály jsou prostorově ortogonální, takže výsledná rychlost přenosu roste lineárně s počtem použitých antén u vysílače. Díky tomuto mechanismu se můžeme dočkat závratných rychlostí 100 Mbit/s v dopředném směru (a 50 Mbit/s ve zpětném směru). To si ale vyžádá řadu změn, včetně hardwaru základnových stanic. [40]

## **4 Porovnání dostupných technologií v sítích 2. a 3. generace z hlediska datového přenosu**

Jednotlivé technologie používané v digitálních mobilních sítích umožňují různou teoretickou i skutečnou rychlost dat, jak uvádí tabulka 5. [4]

Vývoj mobilních sítí třetí generace nekončí a připravují se systémy generace 4G, jejichž nasazení ale nelze očekávat před koncem první dekády tohoto století [4].

Tabulka 5 - Rychlosti mobilního bezdrátového přístupu, Zdroj: [4]

Generace mobilních systémů	Technologie	Teoretická rychlost dat	Skutečná rychlost dat
2G	GSM	14,4 kbit/s	7 – 9 kbit/s
2,5G	GPRS	115 kbit/s	60 kbit/s
	CDMA2000 1xRTT	153 kbit/s	50 – 80 kbit/s
	EDGE	384 kbit/s	80 – 100 kbit/s
3G	UMTS	2 Mbit/s	144 – 384 kbit/s
	1xEV-DO	2,4 Mbit/s	500 – 700 kbit/s
3,5G	1xEV-DV	4,8 Mbit/s	500 – 700 kbit/s
	HSDPA	3,6 – 14,4 Mbit/s	1800 kbit/s
	HSUPA	5 Mbit/s	?

## 5 Zhodnocení celkových nákladů služeb mobilních sítí

Cílem této kapitoly je provést rozbor nákladů za služby mobilních sítí vybrané společnosti RHNet a následně zhodnotit tyto celkové náklady v rámci jednotlivých operátorů. Na českém trhu jsou tři mobilní operátoři: T-Mobile, Telefonica O2 a Vodafone.

Společnost využívá mobilní služby operátora T-Mobile. Cílem je zjistit na základě stávajících tarifů operátora T-Mobile, který z mobilních operátorů je nejvýhodnější.

### 5.1 Informace o firmě

Společnost RHNet se sídlem v Pardubicích se zabývá poskytováním internetových služeb. Má 9 zaměstnanců, přičemž každý z nich má jeden služební telefon. Společnost dále využívá jeden mobilní telefon pro přístup na internet a datové přenosy. Platí tedy za vyúčtování 10-ti SIM karet.

Tato firma byla ochotná poskytnout výpisy vyúčtování mobilních služeb jejich stávajícího operátora T-Mobile za období tří měsíců, z kterých byly zjištěny tarify jednotlivých SIM karet.

Rozbor byl proveden pouze na základě firmou poskytnutých údajů o skutečném rozložení využívání služeb u jednotlivých SIM karet ve firmě. Při výpočtu se vycházelo z cen služeb platných v době provedení kalkulace. Uvedené náklady na využívání služeb jsou zaokrouhlené na celé koruny a zahrnují pouze paušální platby, které firmě vyhovují. Všechny uvedené ceny jsou včetně 19% DPH. Ceny za další nadstandardní služby, jako je například posílání melodií či informační SMS/MMS kanály, do rozboru nebyly zahrnuty, protože je firma nevyužívá.

## 5.2 Vyhodnocení T-Mobile

### Stávající tarify [42]:

**2x T 80 HIT** – Tarif nabízí až 80 volných minut a 0 volných SMS do všech sítí v ČR  
(360 Kč/měsíc);

**3x T 80** – Tarif nabízí až 80 volných minut a 0 volných SMS do všech sítí v ČR  
(450 Kč/měsíc);

**3x T 300 HIT** – Tarif nabízí až 300 volných minut a 0 volných SMS do všech sítí v ČR  
(990 Kč/měsíc);

**1x T 160** – Tarif nabízí až 100 volných minut a 600 volných SMS do všech sítí v ČR  
(650 Kč/měsíc);

**1x Internet Premium** – Tarif nabízí rychlost připojení k internetu 1024 kbit/s s omezením max. 10 GB stažených dat (999 Kč) [43].

**Celkem:** 1400 volných minut a 600 volných SMS zpráv do všech sítí v ČR.

Pro společnost je 1400 volných minut a 600 volných SMS vyhovující. Budou proto navrženy tarify zbývajících operátorů se stejným množstvím volných minut a SMS zpráv. Za stávající tarify firma zaplatí při vyúčtování služeb operátora T-Mobile 6689 Kč.

## 5.3 Vyhodnocení Vodafone

Na základě využívaných mobilních služeb operátora T-Mobile byly navrženy tarify operátora Vodafone. Ty odpovídají množství volných minut a množství SMS zpráv jednotlivých SIM karet operátora T-Mobile (viz tabulka 6).

### Tarify Vodafone [44]:

**2x Nabito 1150** – Tarif nabízí až 338 volných minut a 0 volných SMS do všech sítí v ČR  
(1150 Kč/měsíc);

**3x Nabito 350** – Tarif nabízí až 70 volných minut a 0 volných SMS do všech sítí v ČR  
(350 Kč/měsíc);

**3x Nabito 700** – Tarif nabízí až 175 volných minut a 0 volných SMS do všech sítí v ČR  
(700 Kč/měsíc);

**1x Nabito 700** – Tarif nabízí až 0 volných minut a až 588 volných SMS do všech sítí v ČR  
(700 Kč/měsíc);

**1x Připojení na stálo** – Tarif umožňuje surfovat bez ohledu na to, kolik dat uživatel přenese, kolik času on-line stráví a jakou rychlostí je připojen  
(546 Kč/měsíc) [45].

**Celkem:** 1411 volných minut a 588 volných SMS zpráv do všech sítí v ČR.

Tyto tarify nejvíce odpovídají množství volných minut a SMS zpráv. Výhodou služby Připojení na stálo je, že je levnější než Internet Premium operátora T-Mobile a také že nemá omezené stahování dat. Za tyto tarify firma zaplatí při vyúčtování služeb operátora Vodafone 6696 Kč.

**Tabulka 6 - Přehled doporučených tarifů Vodafone, Zdroj: autor**

<b>SIM</b>	<b>Stávající tarif</b>	<b>Odpovídající tarif</b>	<b>Možná úspora</b>
1	T 80 HIT 360,-	Nabito 350 350,-	2,8%
2	T 80 HIT 360,-	Nabito 350 350,-	2,8%
3	T 80 450,-	Nabito 700 700,-	-55,6%
4	T 80 450,-	Nabito 350 350,-	22,2%
5	T 80 450,-	Nabito 700 700,-	-55,6%
6	T 300 HIT 990,-	Nabito 1150 1150,-	-16,2%
7	T 300 HIT 990,-	Nabito 1150 1150,-	-16,2%
8	T 300 HIT 990,-	Nabito 700 700,-	22,2%
9	T 160 650,-	Nabito 700 700,-	-7,7%
10	Internet Premium 999,-	Připojení na stálo 546,-	45,3%
<b>Celkem</b>	<b>6689</b>	<b>6696 Kč</b>	<b>-0,1%</b>

Tarify odpovídají požadavkům firmy v množství volných minut a množství volných SMS zpráv.

S Vodafone se náklady společnosti RHNet za využívání mobilních služeb zvýší za dobu kontraktu (1 rok) o pouhých 84 Kč, což činí 0,1% jejich celkových výdajů za mobilní služby.

## 5.4 Vyhodnocení Telefonica O2

Na základě využívaných mobilních služeb operátora T-Mobile byly navrženy tarify operátora Telefonica O2 odpovídající v množství volných minut a SMS zpráv jednotlivých SIM karet (viz tabulka 7).

**Doporučené tarify [46]:**

**1x O2 Platinum Max** – Tarif nabízí 400 volných minut a 0 volných SMS do všech sítí v ČR (1590 Kč/měsíc);

**4x O2 Silver Max** – Tarif nabízí až 100 volných minut a 0 volných SMS do všech sítí v ČR (555 Kč/měsíc);

**3x O2 Gold Max** – Tarif nabízí až 200 volných minut a 0 volných SMS do všech sítí v ČR (890 Kč/měsíc);

**1x O2 SMS Max** – Tarif nabízí až 0 volných minut a 600 volných SMS do všech sítí v ČR (720 Kč/měsíc);

**O2 Internet Mobil 1024 Plus** – Tarif nabízí vysokorychlostní připojení k internetu 24 hodin denně, bez omezení stažení dat. (899,- Kč/měsíc) [47].

**Celkem:** 1400 volných minut a 600 volných SMS zpráv do všech sítí v ČR.

Tyto tarify odpovídají množství volných minut a SMS zpráv. Výhodou služby O2 Internet Mobil 1024 Plus je, že je levnější než Internet Premium operátora T-Mobile (ale dražší než operátor Vodafone) a také že nemá omezené stahování dat. Za tyto tarify firma zaplatí při vyúčtování služeb operátora Telefonica O2 8099 Kč.

**Tabulka 7 - Přehled doporučených tarifů Telefonica O2, Zdroj: autor**

<b>SIM</b>	<b>Stávající tarif</b>	<b>Doporučený tarif</b>	<b>Možná úspora</b>
1	T 80 HIT 360,-	O2 Silver Max 555,-	-54,2%
2	T 80 HIT 360,-	O2 Silver Max 555,-	-54,2%
3	T 80 450,-	O2 SMS Max 720,-	-60%
4	T 80 450,-	O2 Silver Max 555,-	-23,3%
5	T 80 450,-	O2 Silver Max 555,-	-23,3%
6	T 300 HIT 990,-	O2 Platinum Max 1590,-	-60,6%
7	T 300 HIT 990,-	O2 Gold Max 890,-	10,1%
8	T 300 HIT 990,-	O2 Gold Max 890,-	10,1%
9	T 160 650,-	O2 Gold Max 890,-	-36,9%
10	Internet Premium 999,-	O2 Internet Mobil 899,-	10,0%
<b>Celkem</b>	6689	8099 Kč	-21,0%

Tarifní odpovídají požadavkům firmy v množství volných minut a množství volných SMS zpráv jednotlivých SIM karet.

S operátorem Telefonica O2 se náklady společnosti RHNet na využívání mobilních služeb zvýší za dobu kontraktu (1 rok) o 16 920 Kč, což činí 21,0% jejich celkových výdajů za mobilní služby.

## 5.5 Zhodnocení nákladů mobilních operátorů

Každý operátor nabízí omezené množství tarifů. Podle tarifů operátora T-Mobile byly vybrány takové tarify, které nejvíce odpovídají součtu volných minut či volných SMS zpráv jednotlivých SIM karet. Určit nejvýhodnějšího operátora je velmi obtížné. Operátoři T-Mobile a Vodafone nabízí tarify za poměrně stejné ceny. Nejdražší tarify, jak ukazuje tabulka 8, nabízí operátor Telefonica O2. Tento operátor je tedy pro firmu z hlediska nákladů nepřijatelný. Firmě je tedy doporučeno zůstat u stávajícího operátora.

**Tabulka 8 - Zhodnocení nákladů mobilních operátorů, Zdroj: autor**

SIM	T-Mobile	Vodafone	Telefonica O2
1	T 80 HIT 360,-	Nabito 350 350,-	O2 Silver Max 555,-
2	T 80 HIT 360,-	Nabito 350 350,-	O2 Silver Max 555,-
3	T 80 450,-	Nabito 700 700,-	O2 SMS Max 720,-
4	T 80 450,-	Nabito 350 350,-	O2 Silver Max 555,-
5	T 80 450,-	Nabito 700 700,-	O2 Silver Max 555,-
6	T 300 HIT 990,-	Nabito 1150 1150,-	O2 Platinum Max 1590,-
7	T 300 HIT 990,-	Nabito 1150 1150,-	O2 Gold Max 890,-
8	T 300 HIT 990,-	Nabito 700 700,-	O2 Gold Max 890,-
9	T 160 650,-	Nabito 700 700,-	O2 Gold Max 890,-
10	Internet Premium 999,-	Připojení na stálo 546,-	O2 Internet Mobil 899,-
<b>Celkem</b>	<b>6 689 Kč</b>	<b>6 696 Kč</b>	<b>8 099 Kč</b>



## 6 Měření datových přenosů

Cílem této kapitoly je zjistit skutečnou rychlost datového přenosu jednotlivých mobilních operátorů a jednotlivých generací mobilních sítí. Na základě výsledků měření určit, který mobilní operátor a která technologie mobilních sítí je pro společnost RHNet z hlediska datových přenosů nejvhodnější.

Vzhledem k oblasti, kde má firma sídlo podnikání, bylo měření rychlosti datového přenosu v rámci jednotlivých mobilních operátorů uskutečněno u technologií GPRS a EDGE. Jsou to v současnosti nejpoužívanější technologie mobilních sítí pro přístup k internetu. Pro porovnání technologií v rámci generací mobilních sítí bylo do měření datových přenosů zařazeno testování CDMA2000 EV-DO. Tato technologie mohla být testována pouze v rámci operátora Telefonica O2, jelikož je jediným operátorem na českém trhu, který přístup k internetu přes tuto technologii umožňuje. Součástí měření nebyla síť UMTS, protože touto sítí jsou pokrytá pouze města Praha a Brno, která se neshodují se sídlem vybrané firmy.

Měření datového přenosu bylo uskutečněno pomocí mobilního telefonu Nokia N73 a notebooku, do kterého byl mobilní telefon přes USB kabel připojen. Tento typ telefonu byl zvolen z toho důvodu, že tyto telefony firma využívá a díky operačnímu systému SIMBIAN lze telefon jednoduše připojit k počítači. Pro připojení mobilního telefonu k notebooku (s procesorem Mobile AMD Athlon, s frekvencí 530 MHz, 240 MB RAM a operačním systémem Microsoft Windows XP – Service Pack 2), byl použit software Nokia PC Suite verze 6.86.9.3.

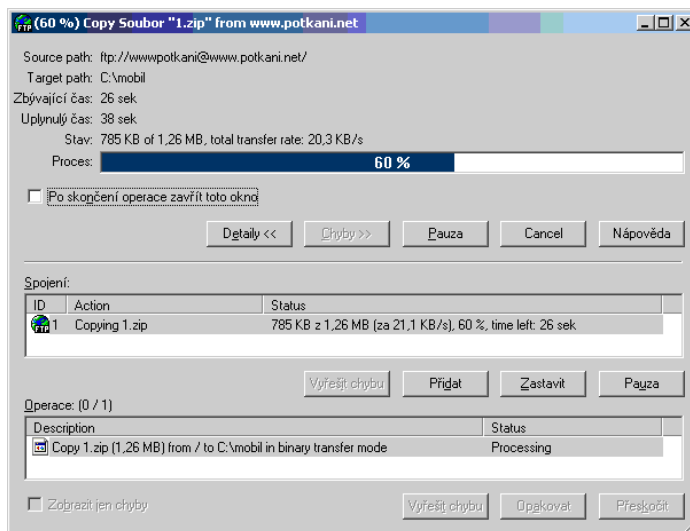
Měření technologií byla prováděna v oblasti Pardubic, podle dostupnosti jednotlivých technologií. Ta byla zjištěna na základě map pokrytí operátora T-Mobile dle [49], viz příloha 1; operátora Vodafone dle [50], viz příloha 2 a operátora Telefonica O2 [51], viz příloha 3, 4.

Jelikož není možné přepínat se mezi jednotlivými sítěmi, pro měření GPRS bylo měření přesunuto do oblasti, která technologií EDGE není pokrytá. Je to z toho důvodu, že operátoři nabízejí nejlepší dostupnou technologii, která je v určité oblasti k dispozici.

### 6.1 Princip měření

Cílem měření je získání co nejvíce informací o skutečné rychlosti připojení k internetu a zjištění rychlosti stažení souboru jménem 1.zip o velikosti 1,323821 MB ze ftp serveru potakni.net v rámci jednotlivých technologií a jednotlivých mobilních operátorů (Vodafone, T-Mobile a Telefonica O2). Měření rychlosti připojení k internetu se bude sledovat pomocí speedmetrů na [www.lupa.cz](http://www.lupa.cz) a [www.dsl.cz](http://www.dsl.cz). Rychlost stažení souboru o zvolené velikosti se

bude sledovat pomocí programu Altap Salamander 2.5 (viz obrázek 14), který poskytuje přesné informace o době stažení souboru a aktuální rychlosti stahování dat v kB/s (1 kB/s = 8 kbit/s). Jednotlivá měření budou probíhat 3x. Výsledkem bude průměr těchto tří měření. Cílem tohoto měření je také vyhodnocení nejlepší technologie a nejlepšího operátora v dané oblasti z hlediska datových přenosů.



Obrázek 14 - Altap Salamander 2.5, Zdroj: autor

## 6.2 Připojení mobilu k notebooku.

Mobilní telefon byl použit jako modem pro připojení k internetu přes notebook. Nejdříve byl nainstalován program Nokia PC Suite pro komunikaci mobilního telefonu s notebookem. Díky programu bylo opravdu snadné využít mobilní telefon jako modem. V programu Nokia PC Suite se zvolilo připojení k internetu a program vše nainstaloval sám (viz obrázek 15).



Obrázek 15 - Nokia PC suite, Zdroj: autor

### 6.3 Předpokládané výsledky

Předpokládané výsledky vychází z tabulky 5.

#### Technologie GPRS:

Rychlost připojení k internetu by se měla pohybovat kolem 60-ti kbit/s. Soubor o velikosti 1,32385 MB by měl být stažen při předpokládané rychlosti za 2 minuty a 57 sekund.

#### Technologie EDGE:

Rychlost připojení k internetu by se měla pohybovat od 80 do 100 kbit/s. Soubor o velikosti 1,32385 MB by měl být stažen při předpokládané rychlosti 90 kbit/s za 1 minutu a 58 sekund.

#### Technologie CDMA2000 EV-DO:

Rychlost připojení k internetu by se měla pohybovat od 500 do 700 kbit/s. Soubor o velikosti 1,32382 MB by měl být stažen při předpokládané rychlosti 600 kbit/s za 18 sekund.

### 6.4 Výsledky měření technologie GPRS

Obsahem této kapitoly budou výsledky měření rychlosti připojení k internetu a rychlosti stažení souboru jednotlivých operátorů technologie GPRS. Závěrem bude zhodnoceno, který mobilní operátor je v dané oblasti nejlepším poskytovatelem této technologie.

#### 6.4.1 Skutečná rychlost připojení k internetu Vodafone

Měření technologie GPRS se uskutečnilo 2. května 2008 v Ostřešanech u Pardubic. Je to nejbližší oblast nepokrytá technologií EDGE od Pardubic (viz příloha 2). Celkem proběhla tři měření každého serveru. První měření se uskutečnilo v 17:28, druhé v 17:33 a třetí v 17:38. Během této doby byly rychlosti připojení k internetu podle obou serverů vyrovnané. Jak je vidět v tabulce 9, operátor Vodafone nedosahuje v dané oblasti předpokládané rychlosti 60 kbit/s.

Tabulka 9 - Skutečná rychlost připojení GPRS k internetu Vodafone, Zdroj: autor

	Skutečná rychlost připojení v kbit/s		Průměrná odezva v ms		Rychlost stažení souboru
	www.lupa.cz	www.dsl.cz	www.lupa.cz	www.dsl.cz	
<b>Měření 1</b>	38,88	33,79	nezjištěno	722,00	4 min. a 10 s
<b>Měření 2</b>	40,32	39,42	nezjištěno	730,00	4 min. a 0 s
<b>Měření 3</b>	42,16	36,88	nezjištěno	737,10	4 min. a 10 s
<b>Průměr</b>	40,45	36,70	nezjištěno	729,70	4 min. a 7 s
<b>Průměr celkem</b>	38,58				

## 6.4.2 Rychlost stažení souboru Vodafone

Rychlost stahování souboru se pohybovala od 32 do 47 kbit/s. První měření se uskutečnilo v 17:46, druhé v 17:50 a třetí v 17:55. Jak je vidět v tabulce 9, výsledky měření byly opět vyrovnané. Průměrná doba stažení souboru o velikosti 1,32385 MB je 4 minuty a 7 sekund, což se výrazně neshoduje s předpokládanou rychlostí 2 minuty 57 sekund. Z toho vyplývá, že operátor Vodafone sice dokáže v dané oblasti udržet dlouhodobě stejnou přenosovou rychlost technologie GPRS, ale při pomalé rychlosti.

## 6.4.3 Skutečná rychlost připojení k internetu T-Mobile

Měření technologie GPRS operátora T-Mobile se uskutečnilo 3. května 2008 v obci Hrabřinka u Lázní Bohdaneč (viz příloha 1). Je to oblast nejbližší u Pardubic, kde bylo možné připojit se k internetu přes technologii GPRS nikoliv přes EDGE (T-Mobile má vysoké pokrytí technologií EDGE v Pardubicích). Celkem proběhla tři měření každého serveru. První měření se uskutečnilo v 14:55, druhé v 14:57 a třetí v 14:59. Během této doby byly rychlosti připojení k internetu podle obou serverů opět vyrovnané. Operátor T-Mobile poskytuje v dané oblasti průměrnou rychlost připojení k internetu 54,83 kbit/s, což se nejvíce přibližuje předpokládané rychlosti 60 kbit/s (viz tabulka 10).

Tabulka 10 - Skutečná rychlost připojení GPRS k internetu T-mobile, Zdroj: autor

	Skutečná rychlost připojení v kbit/s		Průměrná odezva v ms		Rychlost stažení souboru
	www.lupa.cz	www.dsl.cz	www.lupa.cz	www.dsl.cz	
<b>Měření 1</b>	62,80	57,28	969,86	nezjištěno	2 min. a 52 s
<b>Měření 2</b>	64,96	62,09	1218,80	nezjištěno	3 min. a 6 s
<b>Měření 3</b>	28,48	53,39	966,40	nezjištěno	2 min. a 39 s
<b>Průměr</b>	52,08	57,59	1051,69	nezjištěno	2 min. a 52 s
<b>Průměr celkem</b>	54,83				

## 6.4.4 Rychlost stažení souboru T-Mobile

Rychlost stahování souboru se pohybovala od 24 do 64 kbit/s. První měření se uskutečnilo v 15:01, druhé v 15:04 a třetí v 15:08. Jak ukazuje tabulka 10, výsledky měření byly poměrně vyrovnané. Nejrychlejší stahování souboru proběhlo během třetího měření. Průměrná doba stažení souboru o velikosti 1,32385 MB je 2 minuty a 52 sekund, což je poprvé, kdy výsledek měření skutečné rychlosti odpovídá předpokládané rychlosti 2 minuty 57 sekund.

### 6.4.5 Skutečná rychlost připojení k internetu Telefonica O2

Měření datového přenosu se uskutečnilo 2. května 2008 v Polabinách. Operátor Telefonica O2 tuto oblast nemá jako jediný pokrytou technologií EDGE, a tak se pro měření mohlo využít technologie GPRS. Celkem proběhla tři měření každého serveru. První měření se uskutečnilo v 15:21, druhé v 15:26 a třetí v 15:30. Během této doby byly rychlosti připojení k internetu podle obou serverů poměrně vyrovnané. V průběhu prvního měření byla rychlost připojení technologie GPRS podle [www.dsl.cz](http://www.dsl.cz) nejpomalejší. Vzhledem k předpokládané rychlosti 60 kbit/s Telefonica O2 poskytuje v dané oblasti podprůměrnou rychlost připojení, a to pouhých 35,09 kbit/s (viz tabulka 11).

Tabulka 11 - Skutečná rychlost připojení GPRS k internetu Telefonica O2, Zdroj: autor

	Skutečná rychlost připojení v kbit/s		Průměrná odezva v ms		Rychlost stažení souboru
	<a href="http://www.lupa.cz">www.lupa.cz</a>	<a href="http://www.dsl.cz">www.dsl.cz</a>	<a href="http://www.lupa.cz">www.lupa.cz</a>	<a href="http://www.dsl.cz">www.dsl.cz</a>	
<b>Měření 1</b>	40,96	23,73	1477,86	nezjištěno	4 min. a 40 s
<b>Měření 2</b>	35,04	30,83	1363,43	nezjištěno	4 min. a 51 s
<b>Měření 3</b>	41,44	38,55	1277,33	nezjištěno	4 min. a 49 s
<b>Průměr</b>	39,15	31,04	1372,87	nezjištěno	4 min. a 47 s
<b>Průměr celkem</b>	35,09				

### 6.4.6 Rychlost stažení souboru Telefonica O2

Rychlost stahování souboru se pohybovala od 3,2 do 48 kbit/s. První měření se uskutečnilo v 15:31, druhé v 15:37 a třetí v 15:42. Jak je uvedeno v tabulce 11, výsledky měření byly velice vyrovnané. Průměrná doba stažení souboru o velikosti 1,32385 MB je 4 minuty a 47 sekund, což vysoce převyšuje předpokládanou rychlost 2 minuty 57 sekund. Z toho vyplývá, že operátor Telefonica O2 sice dokáže v dané oblasti udržet dlouhodobě stejnou přenosovou rychlost technologie GPRS, ale při pomalé rychlosti.

### 6.4.7 Vyhodnocení měření technologie GPRS

Datový přenos technologie GPRS je vyrovnaný. Měřením bylo zjištěno, že nejlepším poskytovatelem této technologie v dané oblasti je operátor T-Mobile. Ten uspěl díky nejvyšší rychlosti připojení k internetu 54,83 kbit/s na rozdíl od Telefonica O2 s 35,09 kbit/s a Vodafone s rychlosti 38,58 kbit/s. Operátor T-Mobile uspěl i v testu stažení souboru ze serveru [potkani.cz](http://potkani.cz) o velikosti 1,32385 MB. Přes tohoto operátora se podařilo soubor stáhnout v průměru za 2 minuty a 52 sekund, což je asi 2x rychleji než u ostatních operátorů (Telefonica O2 – 4 minuty a 47 sekund, Vodafone – 4 minuty a 7 sekund). Průměrné odezvy

technologie GPRS jsou opravdu vysoké. Přes operátora Vodafone odpověď serveru na dotaz mobilní sítě trvala v průměru 729,7 ms, u operátora T-Mobile trvala odezva 1051,69 ms a přes Telefonica O2 až 1372,87. Z toho vyplývá, že tento typ připojení k internetu je vhodný pouze pro prohlížení internetových stránek.

## 6.5 Výsledky měření technologie EDGE

Předmětem této kapitoly jsou výsledky měření rychlosti připojení k internetu a rychlosti stažení souboru jednotlivých operátorů technologie EDGE. Závěrem bude znovu zhodnoceno, který mobilní operátor je v dané oblasti nejlepším poskytovatelem této technologie.

### 6.5.1 Skutečná rychlost připojení k internetu Vodafone

Měření proběhlo 2. května 2008 v Polabinách vzhledem k pokrytí technologií EDGE operátora Vodafone (viz příloha 2). Celkem proběhla tři měření každého serveru. První měření se uskutečnilo v 14:14, druhé v 14:17 a třetí v 14:20. Během této doby rychlosti připojení k internetu kolísaly. Během prvního měření bylo připojení podle www.dsl.cz nejpomalejší (s rychlostí 86,98 kbit/s) a v 14:17 byla podle obou serverů rychlost připojení technologie EDGE nejvyšší. Vzhledem k předpokládané rychlosti 80 – 100 kbit/s Vodafone poskytuje v dané oblasti rychlejší přenosovou rychlost. Jak je vidět v tabulce 12, průměrná rychlost připojení obou serverů je 150,33 kbit/s.

Tabulka 12 - Skutečná rychlost připojení EDGE k internetu Vodafone, Zdroj: autor

	Skutečná rychlost připojení v kbit/s		Průměrná odezva v ms		Rychlost stažení souboru
	www.lupa.cz	www.dsl.cz	www.lupa.cz	www.dsl.cz	
<b>Měření 1</b>	163,36	86,98	443,60	nezjištěno	1 min. a 3 s
<b>Měření 2</b>	168,40	176,96	485,70	nezjištěno	1 min. a 6 s
<b>Měření 3</b>	173,28	132,97	501,70	nezjištěno	1 min. a 6 s
<b>Průměr</b>	168,35	132,30	477,00	nezjištěno	1 min. a 5 s
<b>Průměr celkem</b>	<b>150,33</b>				

### 6.5.2 Rychlost stažení souboru Vodafone

Rychlost stahování souboru se pohybovala v rozmezí od 68 do 160 kbit/s. První měření se uskutečnilo v 14:27, druhé v 14:30 a třetí v 14:32. Jak uvádí tabulka 12, během těchto měření byla rychlost stažení souboru vyrovnaná. Na základě výsledků měření je průměrná doba stažení souboru o velikosti 1,32385 MB 1 minuta a 5 sekund, což je vyšší rychlost než předpokládaný odhad 1 minuta 58 sekund.

### 6.5.3 Skutečná rychlost připojení k internetu T-Mobile

Měření proběhlo 2. května 2008 v Polabinách vzhledem k pokrytí technologií EDGE operátora T-Mobile (viz příloha 1). Celkem proběhla tři měření každého serveru. První měření se uskutečnilo v 14:47, druhé v 14:49 a třetí v 14:56. Během této doby byly rychlosti připojení k internetu podle serveru www.lupa.cz doby vyrovnané, na rozdíl od serveru www.dsl.cz rychlosti kolísaly. V průběhu druhého měření byla rychlost připojení technologie EDGE nevyšší a během třetího měření naopak nejpomalejší. Vzhledem k předpokládané rychlosti 80 – 100 kbit/s T-Mobile v dané oblasti poskytuje vyšší přenosovou rychlost v průměru o velikosti 133,47 kbit/s (viz tabulka 13)

Tabulka 13 - Skutečná rychlost připojení EDGE k internetu T-Mobile, Zdroj: autor

	Skutečná rychlost připojení v kbit/s		Průměrná odezva v ms		Rychlost stažení souboru
	www.lupa.cz	www.dsl.cz	www.lupa.cz	www.dsl.cz	
<b>Měření 1</b>	130,88	140,12	772,10	nezjištěno	2 min. a 54 s
<b>Měření 2</b>	127,28	177,97	755,10	nezjištěno	3 min. a 29 s
<b>Měření 3</b>	126,72	95,50	501,70	nezjištěno	1 min. a 49 s
<b>Průměr</b>	129,08	137,86	676,30	nezjištěno	2 min. a 44 s
<b>Průměr celkem</b>	133,47				

### 6.5.4 Rychlost stažení souboru T-Mobile

První měření se uskutečnilo v 14:57, druhé v 15:01 a třetí v 15:07. Rychlost stahování souboru se pohybovala od 44 do 120 kbit/s. Jak uvádí tabulka 13, v druhém měření byl soubor stažen nejpomaleji a v průběhu třetího měření se soubor stáhl nejrychleji. Na základě výsledků měření je průměrná doba stažení souboru o velikosti 1,32385 MB 2 minuty a 44 sekund, což vysoce převyšuje předpokládanou rychlost 1 minuta 58 sekund. Z výsledků měření vyplývá, že operátor T-Mobile v dané oblasti nedokáže udržet dlouhodobě stejnou přenosovou rychlost technologie EDGE.

### 6.5.5 Skutečná rychlost připojení k internetu Telefonica O2

Měření se uskutečnilo 5. května 2008. Vzhledem k pokrytí technologií EDGE operátora Telefonica O2 bylo možné připojit se k testované síti pouze v Polabinách. Celkem proběhla tři měření každého serveru. První měření se uskutečnilo v 14:15, druhé v 14:17 a třetí v 14:19. Během této doby rychlosti připojení k internetu podle obou serverů poměrně kolísala. Nejvyšší rychlost připojení k internetu byla podle www.lupa.cz během třetího měření a podle www.dsl.cz v průběhu druhého měření. Jak je vidět v tabulce 14, mezi rychlostmi připojení

jednotlivých serverů je poměrně veliký rozdíl. Vzhledem k předpokládané rychlosti 80 – 100 kbit/s operátor Telefonica O2 splňuje v dané oblasti limit rychlosti připojení k internetu o výši 88,26 kbit/s.

**Tabulka 14 - Skutečná rychlost připojení EDGE k internetu Telefonica O2, Zdroj: autor**

	Skutečná rychlost připojení v kbit/s		Průměrná odezva v ms		Rychlost stažení souboru
	www.lupa.cz	www.dsl.cz	www.lupa.cz	www.dsl.cz	
<b>Měření 1</b>	99,52	59,01	nezjištěno	nezjištěno	1 min. a 21 s
<b>Měření 2</b>	99,20	76,49	1478,20	nezjištěno	1 min. a 33 s
<b>Měření 3</b>	120,96	74,39	1547,20	nezjištěno	1 min. a 21 s
<b>Průměr</b>	106,56	69,96	1512,70	nezjištěno	1 min. a 25 s
<b>Průměr celkem</b>	<b>88,26</b>				

### 6.5.6 Rychlost stažení souboru Telefonica O2

První měření se uskutečnilo v 14:24, druhé v 14:26 a třetí v 14:29. Rychlost stahování souboru se pohybovala od 64 do 120 kbit/s. Jak uvádí tabulka 14, během těchto měření byla rychlost stažení souboru vyrovnaná. Vyplývá z toho, že operátor Telefonica O2 dokáže v dané oblasti udržet dlouhodobě stejnou přenosovou rychlost technologie EDGE. Na základě výsledků měření je průměrná doba stažení souboru o velikosti 1,32385 MB 1 minuty a 25 sekund, což převyšuje předpokládanou rychlost 1 minuta 58 sekund.

### 6.5.7 Vyhodnocení měření technologie EDGE

Měřením technologie EDGE bylo zjištěno, že nejlepším poskytovatelem této technologie v dané oblasti je operátor Vodafone. Ten byl nejúspěšnější v obou měření. Rychlost připojení k internetu se pohybovala v průměru o výši 150,30 kbit/s, což vysoce převyšuje předpokládaný odhad rychlosti 80 – 100 kbit/s. Operátor Telefonica O2 měla opět nejnižší rychlosti připojení s výši 88,26 kbit/s. V rychlosti stahování dat byla Telefonica O2 úspěšnější, protože přes tohoto operátora byl soubor stažen dříve než předpokládaný odhad. Operátor T-Mobile byl s 133,77 kbit/s úspěšný v rychlosti připojení k internetu, ale v rychlosti stažení souboru byl tento operátor nejhorší. Přes tohoto operátora se podařilo soubor 1.zip stáhnout ze ftp serveru potkani.net v průměru za 2 minuty a 44 sekund, což je asi 2x déle než u ostatních operátorů (Telefonica O2 – 1 minuta a 25 sekund, Vodafone – 1 minuta a 5 sekund). Průměrné odezvy technologie EDGE jsou opět velmi vysoké (ale ne tak hodně, jako u technologie GPRS). Přes operátora Vodafone odpověď serveru na dotaz mobilní sítě trvala v průměru 477 ms, u operátora T-Mobile trvala odezva 676,7 ms a přes



Telefonica O2 až 1512,7. Z toho vyplývá, že tento typ připojení k internetu je vhodný pouze pro prohlížení internetových stránek.

## 6.6 Výsledky měření technologie CDMA2000 EV-DO

Měření bylo uskutečněno přes USB modem ADU-E100H (viz obrázek 16). USB modem AnyDATA EVDO 450 MHz se připojuje do USB portu. Pro připojení modemu k notebooku bylo nutné nainstalovat ovládací software Easy Wireless Net V1.04. Poté se modem připojil k notebooku a nainstalovaly se ovladače modemu. V ovládacím programu se vyplnilo od mobilního operátora (Telefonica O2) uživatelské jméno, heslo, vytáčené číslo a port na kterém je modem připojen. Poté se již stačilo připojit k internetu.



Obrázek 16 - ADU-E100H USB modem, Zdroj: [48]

### 6.6.1 Skutečná rychlost připojení k internetu

Měření proběhlo 5. května 2008 v Polabinách vzhledem k vysokému pokrytí technologií CDMA2000 EV-DO (viz příloha 4). Celkem proběhla tři měření každého serveru. První měření se uskutečnilo v 14:36, druhé v 14:38 třetí v 14:40. Během této doby rychlosti připojení k internetu podle obou serverů kolísaly. Nejvyšší rychlost připojení k internetu byla podle www.lupa.cz během druhého měření s výší 882,48 kbit/s a podle www.dsl.cz v průběhu druhého měření. Jak je vidět v tabulce 15, mezi rychlostmi připojení jednotlivých serverů je poměrně veliký rozdíl. Skutečná rychlost v dané oblasti odpovídá předpokládané rychlosti 600 kbit/s.

**Tabulka 15 - Skutečná rychlost připojení CDMA2000 EV-DO k internetu, Zdroj: autor**

	Skutečná rychlost připojení v kbit/s		Průměrná odezva v ms		Rychlost stažení souboru
	www.lupa.cz	www.dsl.cz	www.lupa.cz	www.dsl.cz	
<b>Měření 1</b>	716,56	532,95	891,20	nezjištěno	20 s
<b>Měření 2</b>	882,48	641,83	370,50	nezjištěno	14 s
<b>Měření 3</b>	541,44	340,78	367,60	nezjištěno	13 s
<b>Průměr</b>	713,49	505,19	543,10	nezjištěno	16 s
<b>Průměr celkem</b>	609,34				

### 6.6.2 Rychlost stažení souboru CDMA2000 EV-DO

První měření se uskutečnilo v 15:09, druhé v 15:10 a třetí v 15:11. Rychlost stahování souboru se pohybovala od 300 do 800 kbit/s. Během těchto měření byla rychlost stažení souboru vyrovnána (viz tabulka 15). Na základě výsledků měření je průměrná doba stažení souboru o velikosti 1,32385 MB 16 sekund, což odpovídá přepokládanému odhadu 18-ti sekund. Průměrné odezvy tohoto připojení jsou opět vysoké (ale ne tak hodně, jako u technologií 2,5G). Tento typ připojení k internetu je vhodný pro prohlížení internetových stránek ale i pro náročnější služby.

### 6.7 Zhodnocení datových přenosů z hlediska generací mobilních sítí

Jak uvádí tabulka 16, CDMA2000 EV-DO (3G) má v dané oblasti asi 5x vyšší než EDGE (2,5G) a asi 14x vyšší než GPRS (2,5G) rychlost připojení k internetu. Stažení souboru a průměrné odezvy byly také mnohem rychlejší než u technologií 2,5. generace.

V porovnání datového přenosu mezi mobilními sítěmi 2,5. generace je technologie EDGE výrazně lepší než GPRS. Rychlost připojení k internetu technologií EDGE je v průměru asi 3x vyšší než GPRS. Soubor o velikosti 1,323821 MB byl přes technologii EDGE stažen v průměru o 2 minuty 50 sekund rychleji. Průměrné odezvy jsou také kratší přes technologii EDGE a to o 162,73 ms. Výsledky všech měření, které jsou shrnuty v tabulce 16, určují, že postupem vývoje technologií mobilních sítí se rychlosti datového přenosu zvyšují.

**Tabulka 16 - Porovnání datových přenosů 2,5G a 3G, Zdroj: autor**

	Skutečná rychlost připojení v kbit/s	Rychlost stažení souboru	Průměrná odezva v ms
<b>GPRS</b>	42,83	3:55	1051,40
<b>EDGE</b>	124,02	1:45	888,67
<b>CDMA2000 EV-DO</b>	609,34	0:16	543,10




V tabulce 16 jsou zobrazeny průměrné výsledky všech operátorů.

## 6.8 Zhodnocení datových přenosů z hlediska mobilních operátorů

Z výsledků měření, shrnuté v tabulce 17, je velmi obtížné vyhodnotit nejlepšího mobilního operátora. Jednoznačně lze určit, že nejhorším operátorem v dané oblasti z hlediska datových přenosů v rámci 2,5G je operátor Telefonica O2, který dopadl nejhůře ve všech testech těchto technologií (mimo výsledků stažení souboru přes technologii EDGE). Nejlepším poskytovatelem technologie EDGE je operátor Vodafone s nejlepšími výsledky skutečné rychlosti připojení k internetu, rychlosti stažení souboru a průměrné odezvy. Operátor T-Mobile je nejlepším poskytovatelem technologie GPRS. Jelikož je technologie EDGE rychlejší (z hlediska datového přenosu) než technologie GPRS lze říci, že nejlepším operátorem v dané oblasti z hlediska datových přenosů v rámci 2,5. generace mobilních sítí je operátor Vodafone. V rámci 3G je nejlepším operátorem Telefonica O2, která (jako jediný operátor) umožňuje přístup k internetu prostřednictvím sítě CDMA2000 EV-DO.

Zhodnocení datových přenosů ukázalo, že mobilní sítě jsou pro náročnější uživatele, kteří potřebují okamžité načtení internetových stránek, nepřijatelné vzhledem k rychlosti datového přenosu a k vysokým průměrným odezvám (viz tabulka 17).

Tabulka 17 - Zhodnocení měření datových přenosů, Zdroj: autor

	Skutečná rychlost připojení v kbit/s			Rychlost stažení souboru			Průměrná odezva v ms		
	GPRS	EDGE	CDMA	GPRS	EDGE	CDMA	GPRS	EDGE	CDMA
	38,58	150,33		4:07	1:05		729,7	477,0	
	54,83	133,47		2:52	2:44		1051,7	676,3	
	35,09	88,26	609,34	4:47	1:25	0:16	1372,8	1512,7	543,10
Ø	42,83	124,02		3:55	1:45		1051,4	888,67	

Firmě by proto byl doporučen operátor Telefonica O2, protože nabízí tu nejlepší z testovaných technologií vzhledem k lokalitě, kde má firma sídlo podnikání.

## 7 Závěr

S vývojem mobilních sítí roste jejich kvalita a rychlost, neboť vývoj je určován tržním mechanismem, kdy se vše odvíjí od nabídky a poptávky. Dominantní postavení má konečný spotřebitel (uživatel), jehož nároky stále rostou, čímž určuje, jakým trendem se trh bude vyvíjet. Mobilní sítě jsou a budou neopomenutelnou součástí každého z nás, a nejsou tím myšleny pouze běžní obyvatelé, ale i společnosti a podniky. Poskytují hlasové i nehlasové služby. Umožňují tedy nejen komunikaci s kýmkoliv, kdekoliv a kdykoliv, ale také posílání SMS, multimediální MMS, připojení k internetu apod.

První 4 kapitoly byly věnovány teoretickému popisu mobilních sítí 2. a 3. generace. Byly zde především zdůrazněny principy jejich funkčnosti, struktura těchto sítí a jejich datové přenosy. V následující kapitole byly zpracovány interní informace vybrané firmy týkající se vyúčtování mobilních služeb jejich stávajícího operátora. Byly srovnány odpovídající tarify nabízené jednotlivými operátory a zhodnoceny náklady na používání mobilních služeb. Výsledkem bylo doporučit firmě nejvýhodnějšího mobilního operátora. Šestá kapitola byla zaměřena na zjištění skutečné rychlosti datového přenosu technologií GPRS, EDGE a CDMA2000 EV-DO. Při měření datového přenosu bylo důležité najít vhodnou lokalitu pro uskutečnění tohoto testování. Zajímavým poznatkem bylo zjištění, jak se teoretické rychlosti vysoce liší od skutečných rychlostí datového přenosu měřených technologií v dané oblasti. Zhodnocení datových přenosů také ukázalo, že mobilní sítě jsou pro náročnější uživatele, kteří potřebují okamžité načtení internetových stránek, nepřijatelné vzhledem k rychlosti datového přenosu a k dlouhým průměrným odezvám.

Vývoj mobilních sítí však nekončí a připravují se systémy generace 4G, které představují další zvýšení kvality mobilních služeb a rychlosti datového přenosu.

Tato práce měla v úvodu stanoveny tři cíle. Prvním cílem této práce bylo přehledně a systematicky vysvětlit pojmy týkající se mobilních sítí a technologií 2. a 3. generace. Tomuto cíli se věnovaly první čtyři kapitoly. Dalším cílem bylo vyhodnotit, který mobilní operátor je pro vybranou firmu z hlediska nákladů na mobilní služby nejvýhodnější. Určit nejvýhodnějšího operátora bylo velice obtížné, přesto byl firmě doporučen operátor T-Mobile. Posledním cílem této práce bylo doporučit vybrané firmě na základě měření datového přenosu v oblasti Pardubic nejlepší z technologií 2. a 3. generace. Vzhledem k tomu, že operátor Telefonica O2 nabízí tu nejlepší z testovaných technologií vzhledem k lokalitě, kde má firma sídlo podnikání, byl firmě doporučen tento operátor. Závěrem lze říci, že cíle práce byly splněny.

## 8 Použitá literatura

- [1] DOC. ING. HANUS, Stanislav, Csc. *Bezdrátové a mobilní komunikace* [online]. 2004 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://data.idnes.cz/soubory/tec\\_hecktech/a041123\\_jma\\_skr\\_bezdratove-mobilni-komunikace.pdf](http://data.idnes.cz/soubory/tec_hecktech/a041123_jma_skr_bezdratove-mobilni-komunikace.pdf)>.
- [2] ZÁVODNÝ, V. *GSM a datové přenosy v bezdrátových sítích* [online]. 1998 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[ucitel.spsbv.cz/zavodny/Prezentace/dpbs.ppt](http://ucitel.spsbv.cz/zavodny/Prezentace/dpbs.ppt)>.
- [3] Plán přidělení kmitočtových pásem [online]. Český telekomunikační úřad, 2004 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.ctu.cz/1/download/plan-prideleni-kmitoctovych-pasem\\_1114099610.pdf](http://www.ctu.cz/1/download/plan-prideleni-kmitoctovych-pasem_1114099610.pdf)>.
- [4] PUŽMANOVÁ, Rita. *Bezpečnost bezdrátové komunikace : Jak zabezpečit Wi-Fi, Bluetooth, GPRS a 3G*. Brno : CP Books, a.s., 2005. 179 s.
- [5] SLADKÝ, Jan. *Stručná historie GSM* [online]. 1999 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://mobil.idnes.cz/strucna-historie-gsm-05m-/mob\\_operatori.asp?c=A990813\\_0001523\\_mob\\_operatori](http://mobil.idnes.cz/strucna-historie-gsm-05m-/mob_operatori.asp?c=A990813_0001523_mob_operatori)>.
- [6] NĚMEC. *Historie mobilu* [online]. 2002 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.dkmm.cz/onlinebsp/jakvesi/2002/duben/Historie%20mobilu.pdf](http://www.dkmm.cz/onlinebsp/jakvesi/2002/duben/Historie%20mobilu.pdf)>.
- [7] SiemensMania : *Slovníček pojmů* [online]. 2004 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.siemensmania.cz/content.php?id=55](http://www.siemensmania.cz/content.php?id=55)>.
- [8] JAROŠ, Pavel. *EDGE alternativa UMTS* [online]. 2004 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.kiv.zcu.cz/~simekm/vyuka/pd/zapocty-2004/edge-jaros/Popis\\_EDGE1.htm](http://www.kiv.zcu.cz/~simekm/vyuka/pd/zapocty-2004/edge-jaros/Popis_EDGE1.htm)>.
- [9] BARVÍŘ, Milan. *Digitální celulární síť GSM* [online]. 1997 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.1start.cz/mobil/cell/gsm/cojegsm.htm>>.
- [10] Malá abeceda GSM [online]. 2002 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://nokia.jinak.cz/slovník.htm>>.
- [11] RICHTR, Tomáš. *Technologie pro mobilní komunikaci : Přenos dat v systému GSM* [online]. 2002 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://tomas.richtr.cz/mobil/gsm-data.htm>>.
- [12] Cizí CDMA termity [online]. 2004 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://vucako.bloguje.cz/33302-cizi-cdma-termity.php>>.
- [13] SLADKÝ, Jan. *GPRS - přenosové rychlosti aneb co nás čeká koncem léta* [online]. 2000 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://mobil.idnes.cz/mob\\_tech.asp?r=mob\\_tech&c=A000502\\_0016070\\_mob\\_tech](http://mobil.idnes.cz/mob_tech.asp?r=mob_tech&c=A000502_0016070_mob_tech)>.

- [14] BURDA, Jiří. *Základy mobilních systémů a GSM* [online]. 2007 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.mobilnisystemy.cz/data/mos06.pdf>>.
- [15] Wikislovník : IS-95 [online]. 2006 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://slovník.mobilmania.cz/index.php/IS-95>>.
- [16] VENCOVSKÝ, Václav. *Hlavní charakteristiky rádiových sítí WLAN v porovnání s celulárními sítěmi* [online]. 2007 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK07\\_semestralky/WLAN\\_vers\\_celularni\\_site.pdf](http://radio.feld.cvut.cz/personal/mikulak/MK/MK07_semestralky/WLAN_vers_celularni_site.pdf)>.
- [17] PETERKA, Jiří. *Datová revoluce ve světě GSM* [online]. 1999 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.earchiv.cz/a99/a910c700.php3>>.
- [18] HSCSD [online]. 2007 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.cz.o2.com/soho/cz/internet\\_a\\_email/internet\\_a\\_email-mobilni\\_internet-HSCSD.html](http://www.cz.o2.com/soho/cz/internet_a_email/internet_a_email-mobilni_internet-HSCSD.html)>.
- [19] CHŇOUPEK, Michal. *Porovnání různých připojení k Internetu* [online]. 2001 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.kampomaturite.cz/%5Cdata%5CUSR\\_001\\_PICTURES%5CInternet.doc](http://www.kampomaturite.cz/%5Cdata%5CUSR_001_PICTURES%5CInternet.doc)>.
- [20] Windows Vista [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://vista-internet.blogspot.com/>>.
- [21] 3GPP : *A global initiative* [online]. 2007 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.3gpp.org/About/about.htm>>.
- [22] GPRS / EDGE [online]. 2007 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.cz.o2.com/soho/cz/internet\\_a\\_email/internet\\_a\\_email-mobilni\\_internet-MobileInternet-GPRS.html](http://www.cz.o2.com/soho/cz/internet_a_email/internet_a_email-mobilni_internet-MobileInternet-GPRS.html)>.
- [23] Širokopásmové připojení : Praktický úvod do problematiky [online]. 2006 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://klokan.vsb.cz/vyuka/komt/materialy\\_prednasky/sirokopasmo\\_obecne\\_dalkari.ppt](http://klokan.vsb.cz/vyuka/komt/materialy_prednasky/sirokopasmo_obecne_dalkari.ppt)>
- [24] GSM sítí – GPRS [online]. 2004 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.abowe.brbla.net/1-kapitola-uzivatelske-minimum/pripojeni-k-internetu/gprs.php#pripojeni>>.
- [25] Ptejte se Vodafonu : *Co je GPRS?* [online]. 2006 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://ptejtese.custhelp.com/cgi-bin/ptejtese.cfg/php/enduser/std\\_adp.php?p\\_faqid=1674](http://ptejtese.custhelp.com/cgi-bin/ptejtese.cfg/php/enduser/std_adp.php?p_faqid=1674)>.

- [26] JIŘIČKA, Martin. *EDGE - (Enhanced Data for GPRS Evolution)* [online]. 2005 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.kiv.zcu.cz/~simekm/vyuka/pd/zapocety-2004/edge-jiricka/ar01s02.html>>.
- [27] Podrobnosti o technologii EDGE [online]. 2007 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.internetprovsechny.cz/tech.php?ts=EDGE&cid=111>>.
- [28] Definice VOIP [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.3cx.cz/voip-sip/voip-terminology.php>>.
- [29] VELICKÝ, Tomáš. *Datové přenosy po GSM sítích, technologie HSCSD, GPRS a UMTS*. [s.l.], 2002. 84 s. Vedoucí diplomové práce PaedDr. Petr Pexa. Dostupný z WWW: <<http://home.pf.jcu.cz/~pepe/Diplomky/velicky.pdf>>.
- [30] ZIKMUND, Martin. *UMTS už klepe na dveře. Co všechno umí?* [online]. 2005 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[mobil.idnes.cz/mob\\_tech.asp?r=mob\\_tech&c=A051006\\_220629\\_mob\\_tech\\_dno](http://mobil.idnes.cz/mob_tech.asp?r=mob_tech&c=A051006_220629_mob_tech_dno)>.
- [31] HRSTKA, Jaroslav. *Vysokorychlostní přístup ke službám elektronických komunikací* [online]. 2006 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.testcom.cz/pdf/vyzkum/Navrh\\_postupu.pdf](http://www.testcom.cz/pdf/vyzkum/Navrh_postupu.pdf)>.
- [32] VOKÁČ, Petr. *CDMA 1xEV-DO - nahlédněte pod pokličku mobilního internetu CDMA* [online]. 2004 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[mobil.idnes.cz/mob\\_tech.asp?r=mob\\_tech&c=A040801\\_5265697\\_mob\\_tech](http://mobil.idnes.cz/mob_tech.asp?r=mob_tech&c=A040801_5265697_mob_tech)>.  
[www.comtel.cz/files/download.php?id=2509](http://www.comtel.cz/files/download.php?id=2509) .
- [33] CDMA Roaming Glossary [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.cdg.org/technology/roaming/Technology/roam\\_cdggloss.asp](http://www.cdg.org/technology/roaming/Technology/roam_cdggloss.asp)>.
- [34] PSTN - Public Switched Telephone Network [online]. 2005 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.algotech.cz/cs/pstn](http://www.algotech.cz/cs/pstn)>.
- [35] Management Systémy : TAINET EMS [online]. 2007 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.attel.cz/typova-reseni/management-systemy/](http://www.attel.cz/typova-reseni/management-systemy/)>.
- [36] PUŽMANOVÁ, Rita. *Čína, mobilní sítě třetí a čtvrté generace* [online]. 2005 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.lupa.cz/clanky/cina-mobilni-site-treti-a-ctvrte-generace/](http://www.lupa.cz/clanky/cina-mobilni-site-treti-a-ctvrte-generace/)>.
- [37] PETERKA, Jiří. *Budoucnost rychlých mobilních dat: HSPA+ a LTE* [online]. 2007 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.lupa.cz/clanky/budoucnost-rychlych-mobilnich-dat-hspa-a-lte/](http://www.lupa.cz/clanky/budoucnost-rychlych-mobilnich-dat-hspa-a-lte/)>.
- [38] PUŽMANOVÁ, Rita. *HSDPA do sítí 3G* [online]. 2005 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.dsl.cz/clanky-dsl/clanek-283/HSDPA-do-siti-3G>>.

- [39] NAVRÁTIL, Jan. *Technologie HSDPA: nejrychlejší mobilní data jsou za humny* [online]. 2005 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.mobilmania.cz/default.aspx?section=44&server=1&article=1109670](http://www.mobilmania.cz/default.aspx?section=44&server=1&article=1109670)>.
- [40] PUŽMANOVÁ, Rita. *Komplet HSPA = (HSDPA+HSUPA)* [online]. 2005 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[www.dsl.cz/clanky-dsl/clanek-289/Komplet%20HSPA%20-%20\(HSDPA+HSUPA\)](http://www.dsl.cz/clanky-dsl/clanek-289/Komplet%20HSPA%20-%20(HSDPA+HSUPA))>.
- [41] HANUS, S. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. Brno : VUT FEKT, 2002.
- [42] *T-Mobile : Minutové tarify* [online]. 2004-2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://t-mobile.cz/Web/Residential/Tarify-a-ceny/minutove-tarify.aspx>>.
- [43] *T-Mobile : Internetové tarify* [online]. 2004-2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://t-mobile.cz/Web/Residential/Tarify-a-ceny/internetove-tarify-webnwalk.aspx>>.
- [44] *Vodafone : Tarify a ceny* [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://eshop.vodafone.cz/tariff.htm?lang=cs>>.
- [45] *Vodafone : Připojení k internetu* [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.vodafone.cz/consumer/services/data/index.htm>>.
- [46] *Telefonica O2 : Všechny tarify* [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.cz.o2.com/osobni/cz/tarify\\_a\\_volani/tarify/mobilni\\_tarify/tarify\\_a\\_volani-mobilni\\_tarify-standardni\\_a\\_max\\_tarify-Vsechny\\_O2\\_tarify.html](http://www.cz.o2.com/osobni/cz/tarify_a_volani/tarify/mobilni_tarify/tarify_a_volani-mobilni_tarify-standardni_a_max_tarify-Vsechny_O2_tarify.html)>.
- [47] *Telefonica O2 : Mobilní internet* [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.cz.o2.com/osobni/cz/internet\\_a\\_email/mobilni\\_internet/index.html](http://www.cz.o2.com/osobni/cz/internet_a_email/mobilni_internet/index.html)>.
- [48] POLESNÝ, David. *Eurotel nabízí nový modem pro CDMA* [online]. 2005 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.mobilmania.cz/default.aspx?article=1110919>>.
- [49] *T-Mobile : Mapa pokrytí* [online]. 2004-2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://t-mobile.cz/Web/Residential/Internet/mapa-pokryti.aspx>>.
- [50] *Vodafone : Mapa pokrytí* [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.vodafone.cz/consumer/switch/network/check/map.htm>>.
- [51] *Telefonica O2 : Mapy pokrytí* [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.cz.o2.com/osobni/cz/pece\\_a\\_podpora/podpora\\_a\\_servis/mapy\\_pokryti.htm](http://www.cz.o2.com/osobni/cz/pece_a_podpora/podpora_a_servis/mapy_pokryti.htm)>.



## 9 Seznam použitých zkratk

3GPP	Project Partnerský projekt, jejímž cílem bylo vyvinutí sítě 3. generace (3G), založené na GSM a CDMA (The 3rd Generation Partnership)
8-PKS	8-stavová fázová modulace
APN	jméno přístupového bodu (Access Point Name)
BSC	řídící stanice základnových stanic (Base Station Controller)
BTS	základnová převodní stanice (Base Transceiver Station)
CDMA	kódový multiplex řešící vícenásobný přístup (Code Division Multiple Access)
CEPT	Konference evropských správ pošt a telekomunikací
CN	jádro sítě, zajišťuje propojování ve vlastní síti i do ostatních sítí (Core Network)
CSD	přenos dat na principu přepojování okruhů (Circuit Switched Data)
CWTS	normalizační skupina, která založila technologii TD-SCDMA (China Wireless Technology Standard)
EDGE	termín „vylepšená propustnost pro globální evoluci“, technologie 2,5. generace (Enhanced Data Rates for Global Evolution)
EIR	označuje registr mobilních stanic (Equipment Identity Register)
ETSI	Evropský standardizační institut, je partnerem 3GPP
FDMA	metoda rozdělení frekvencí pro jednotlivé kanály (Frequency Division Multiple Access)
GGSN	brána mezi GPRS sítí a Internetem (Gateway GPRS Support Node)
GPRS	všeobecná radiová služba fungující na principu paketů (General Packet Radio Service)
GSM	globální systém pro mobilní komunikaci (Global System for Mobile)
GTP	protokol, přes který jsou zasílaná data mezi uzly SGSN a GGSN (GPRS Tunneling Protocol)
HLR	domovský lokační registr (Home Location Register)
HSCSD	technologie fungující na principu přepojování přenosových kanálů, tzv. timeslotů (High Speed Circuit Switched Data)
HSDPA	technologie 3,5G zvyšující podstatně přenosovou rychlost pro downlink (High Speed Downlink/Download Packet Access)
HSUPA	technologie 3,5G zvyšující podstatně přenosovou rychlost pro uplink (High-Speed Uplink Packet Access)

IMSI	unikátní číslo přidělené mobilním operátorem pro SIM kartu v mobilní síti (International Mobile Subscriber Identity)
IMT 2000	označení pro 3. generaci mobilních sítí (International Mobile Telecommunication for the Year 2000)
ISDN	digitální síť integrovaných služeb (Integrated Services Digital Network)
ISP	poskytovatel internetového připojení (Internet Service Provider)
ITU	Mezinárodní telekomunikační unie (International Telecommunications Union)
ME	mobilní zařízení sítě UMTS, které zprostředkovává rádiovou komunikaci s UTRAN (Mobile Equipment)
MMS	multimediální zprávy (Multimedia Messaging Service)
MSC	mobilní ústředna (Mobile Services Switching Centre)
PCU	odděluje GPRS provoz od hlasových kanálů (Packet Control Unit)
PDSN	uzel pro směrování paketů do sítě Internet/Intranet (Packet Data Service Node)
PSTN	veřejná komutovaná telefonní síť (Public Switched Telephone Network)
RLP	protokol architektury CDMA 1xEV-DO (Radio Link Protocol)
RNC	řídí využití disponibilního kmitočtového spektra sítě UMTS (Radio Network Controller)
RNS	subsystém rádiových sítí UTRAN (Radio Network Sub-system)
SGSN	zařízení obsluhující GPRS provoz v GSM sítích (Serving GPRS Support Node)
SIM	slouží pro identifikaci uživatele v mobilní síti (Subscriber identity module)
SMS	krátká textová zpráva (Short Message Service)
TDMA	mnohonásobný přístup do sítě (Time Division Multiple Access)
UE	uživatelská zařízení sítě UMTS (User Equipment)
UMTS	universální mobilní telekomunikační systém 3G (Universal Mobile Telecommunication System)
UTRAN	radiové rozhraní sítě UMTS (UMTS Terrestrial Radio Access Network)
WAP	internetovým protokolům určený pro GSM síť (Wireless Application Protocol)
W-CDMA	evropsko-japonský 3G standard mobilních sítí (Wideband Code Division Multiple Access)

## **10 Seznam příloh**

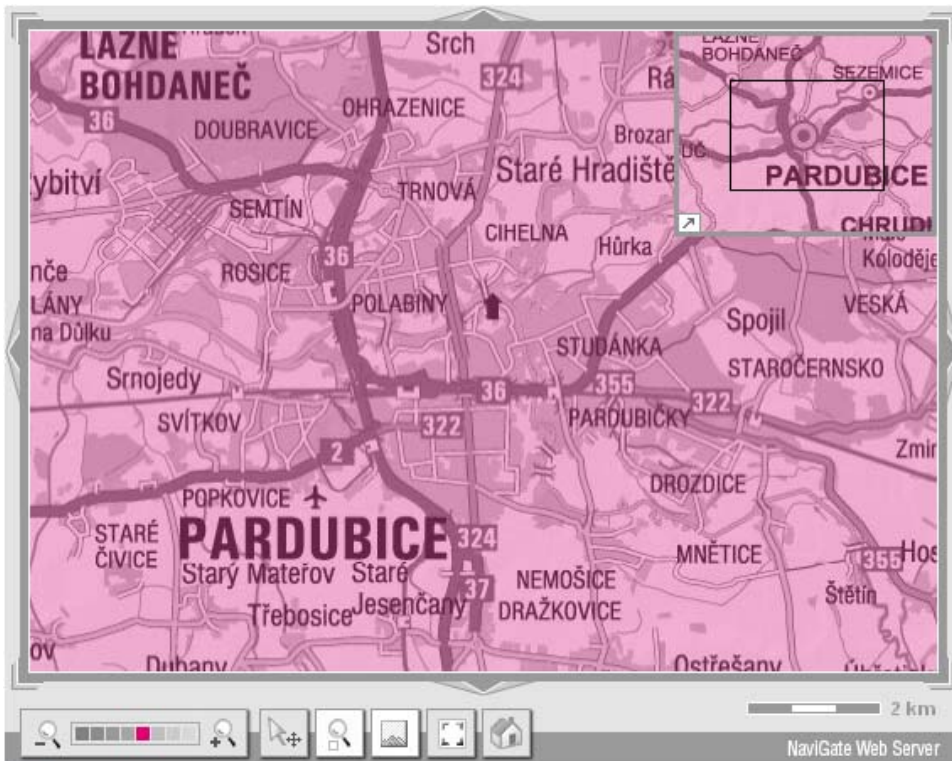
PŘÍLOHA 1: Mapa pokrytí T-Mobile [49]


PŘÍLOHA 2: Mapa pokrytí Vodafone [50]

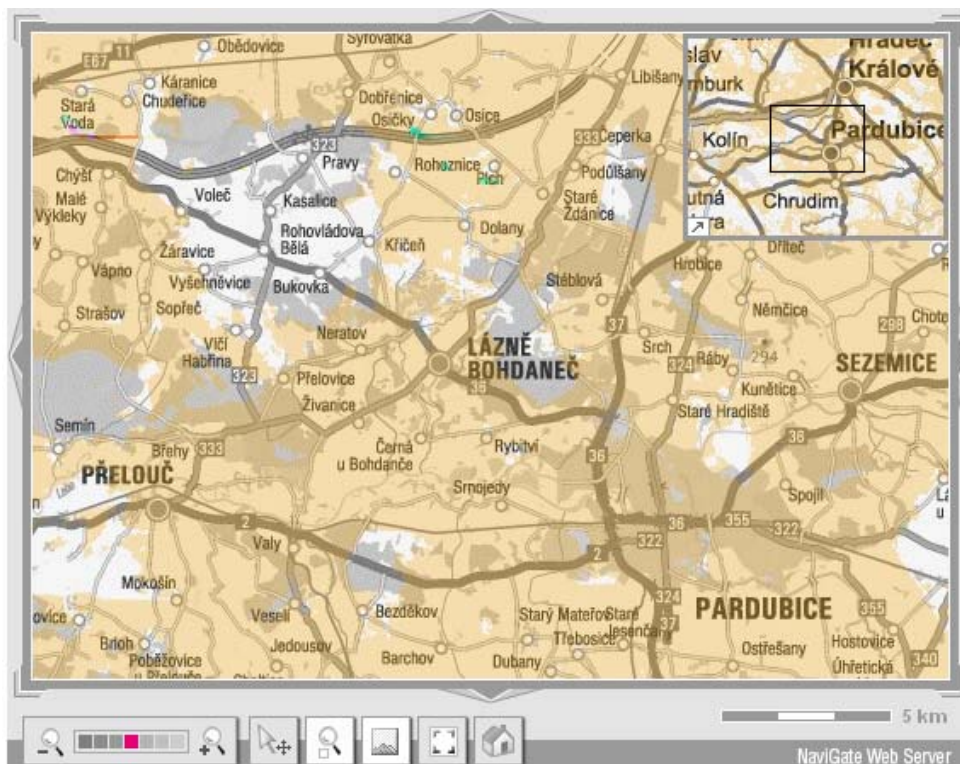
PŘÍLOHA 3: Mapa pokrytí Telefonica O2 [51]



PŘÍLOHA 4: Mapa pokrytí CDMA2000 EV-DO [51]

## PŘÍLOHA 1: Mapa pokrytí T-Mobile [49]

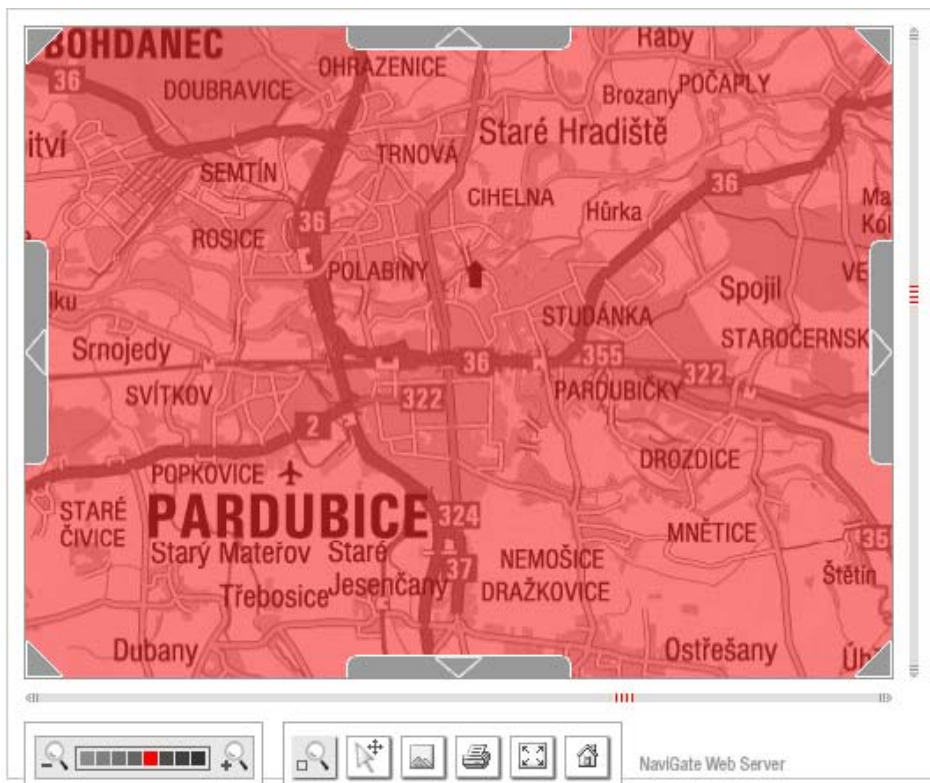


 Oblast pokrytá GPRS

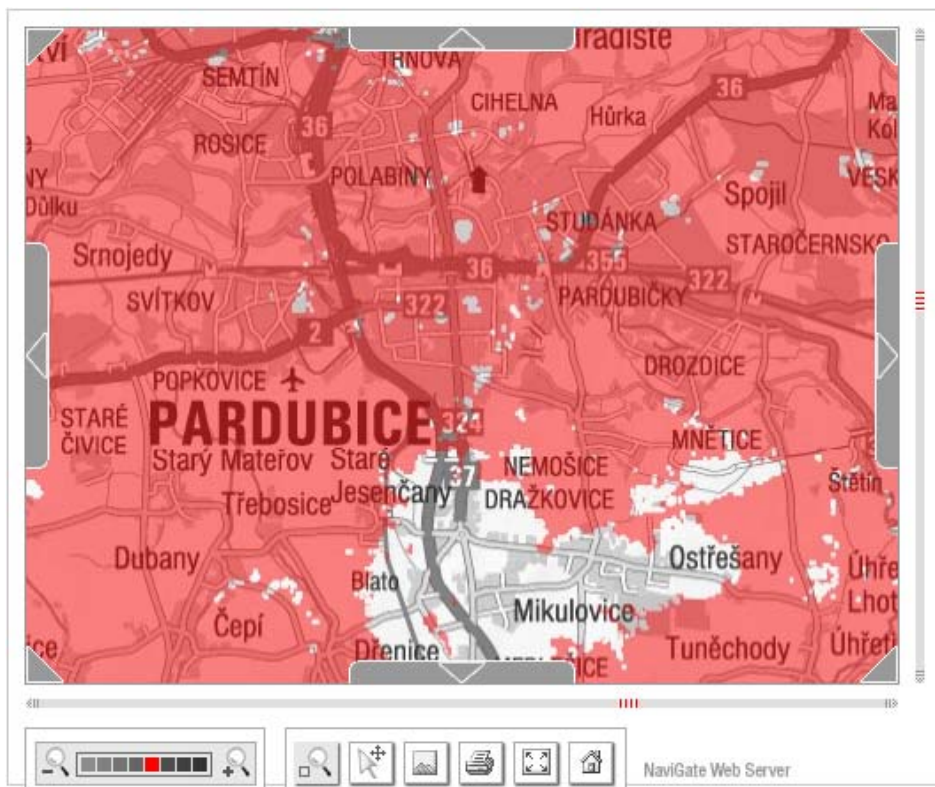


 Oblast pokrytá EDGE  
 Oblast nepokrytá EDGE

## PŘÍLOHA 2: Mapa pokrytí Vodafone [50]



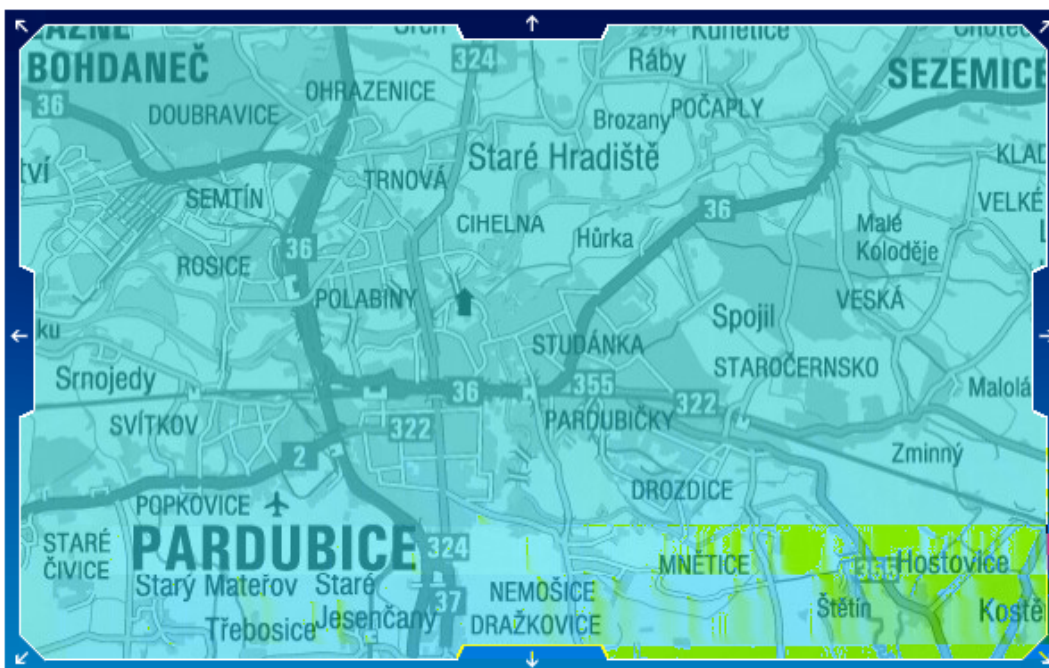
■ Oblast pokrytá GPRS



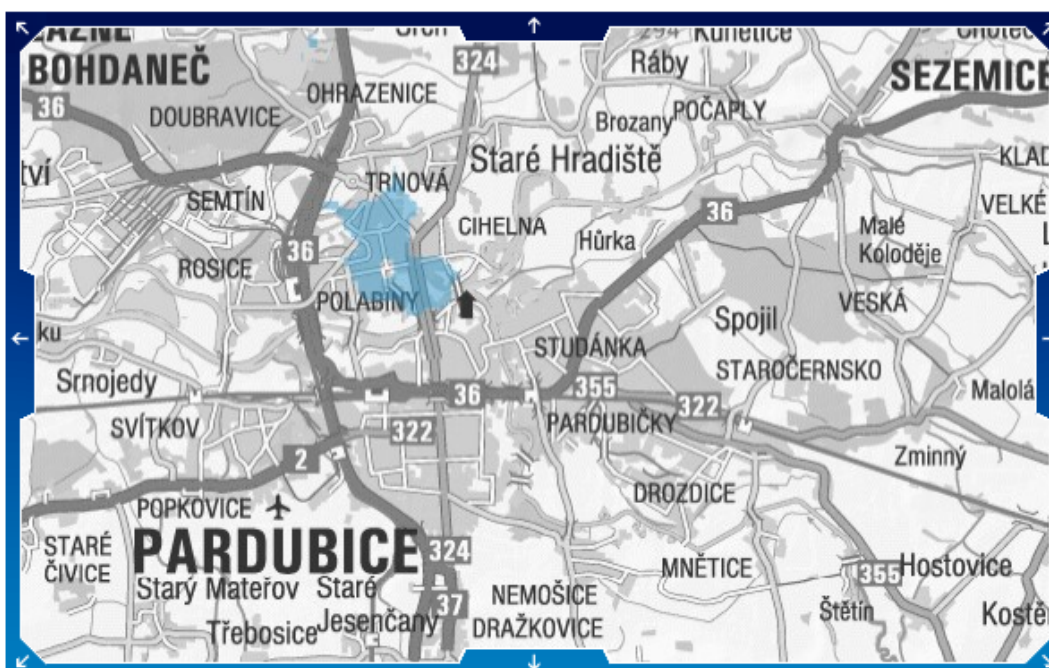
■ Oblast pokrytá EDGE

□ Oblast nepokrytá EDGE

### PŘÍLOHA 3: Mapa pokrytí Telefonica O2 [51]



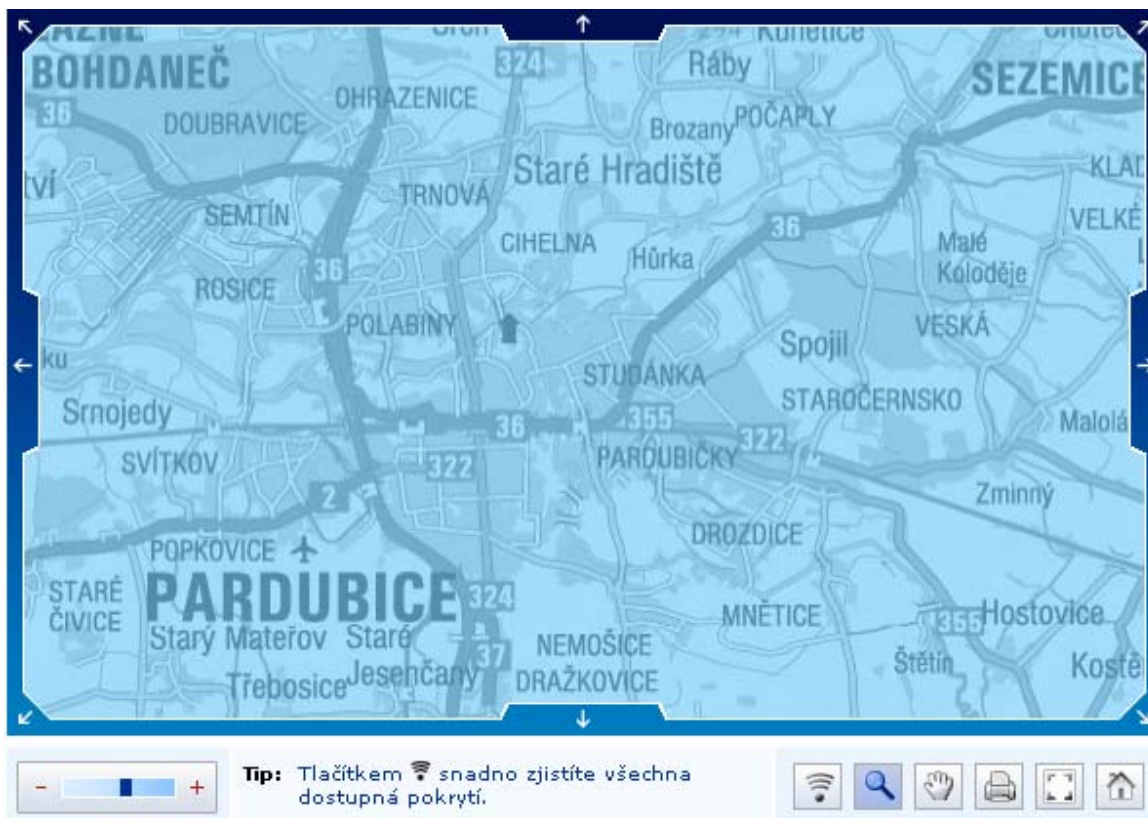
Oblast pokrytá GPRS




Oblast pokrytá EDGE

Oblast nepokrytá EDGE

#### PŘÍLOHA 4: Mapa pokrytí CDMA2000 EV-DO [51]



 Oblast pokrytá CDMA2000 EV-DO