

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb

**Porovnání reálných možností datových přenosů mobilních sítí
různých operátorů**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Votruba

Vypracoval: Petr Dlubal

PRAHA 2010

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita

Fakulta: technická

Katedra: technologických zařízení staveb

Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: DLUBAL Petr

Studijní obor: IŘT

Studijní zaměření:

Název práce: Porovnání reálných možností datových přenosů mobilních sítí různých operátorů

Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Zhodnotit technické a technologické možnosti datových přenosů jednotlivých mobilních operátorů. Porovnat jednak výslednou celkovou funkci služby, jednak i technické a technologické prostředky, které jednotliví operátoři využívají. Definovat závěrečné doporučení.

Osnova práce:

1. Stav mobilních datových přenosů ve světě a v ČR
2. Služby využívané mobilními operátory
3. Stanovení srovnávací metodiky testování přenosů
4. Měření
5. Zpracování a vyhodnocení naměřených hodnot
6. Zevšeobecnění a doporučení pro uživatele
7. Závěr, doporučení, návrhy

Metodika práce: Zjistit současný stav a trendy v oblasti datových přenosů mobilních operátorů. Definovat technické a technologické platformy jednotlivých operátorů a porovnat je. Sestavit metodiku pro měření reálných datových přenosů a provést měření. Vyhodnotit měření a definovat doporučení.

Rozsah práce: 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

- Pužmanová R: Bezpečnost bezdrátové komunikace, CPress, 2005
Nemeth, E.: Linux, kompletní příručka administrátora, CPress, 2004
Werner F.: Encyklopedie počítačových sítí, SYBEX, 1998
Dostálek L.: Velký průvodce protokoly TC/IP – bezpečnost, CPress, 2003
Flanagan, D.: PHP a MySQL – vytváříme webové aplikace, CPress, 2007
Raab, S., Chandra, M.: Cisco – mobilní IP technologie a aplikace, Grada, 2007
Prchal, J. - Šimák, B.: Digitální zpracování signálů v telekomunikacích. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2000. 224 s. ISBN 80-01-02149-1.
Vodrážka, J. - Havlan, M.: Přenosové systémy v telekomunikační technice. 1. vyd. Praha: České radiokomunikace, 2000. 83 s.
Internet

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Votruba

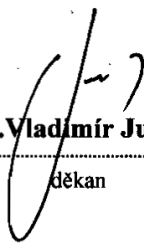
Datum zadání bakalářské práce: 7. 12. 2007

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2010




doc. Ing. Miroslav Příkryl, CSc.

vedoucí katedry


prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

děkan

V Praze dne 7.12.2007

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Porovnání reálných možností datových přenosů mobilních sítí různých operátorů“ vypracoval samostatně a veškeré prameny jsem uvedl.

V Praze dne:

.....

Petr Dlubal

Poděkování

Děkuji Ing. Zdeňku Votrubovi za pomoc, cenné rady a připomínky, které mi poskytoval při zpracovávání bakalářské práce.

Abstrakt:

Bakalářská práce je vypracována jako praktické ověření datových služeb, nabízených mobilními operátory na území České republiky. Hlavní část práce je tvořena literární rešerší, která obsahuje stručnou historii od počátků mobilní komunikace až po současnost. V rámci teoretické části jsou zmíněny standardy mobilních technologií provozované ve světě a hlavně v České republice. Dále se práce věnuje podrobněji popisu současného stavu mobilních technologií v ČR. Vlastní přínos práce je v její praktické části, kde je řešeno porovnání hlavních mobilních operátorů a jejich služeb. Nejprve je nutné uvést přesně nastavenou metodiku měření, její popis a dále pak prezentovat naměřené hodnoty. Všechny hodnoty jsou naměřeny na zařízeních zapůjčených od jednotlivých operátorů pro testování. V závěru práce je uvedeno vyhodnocení naměřených dat a doporučení pro potenciální uživatele.

Klíčová slova:

Mobilní technologie, UMTS, EDGE, 3G sítě, CDMA

Summary:

The bachelor Thesis is oriented to practical verification of mobile data services, offered by mobile network operators in Czech Republic. The literature search is forms the main part of this thesis and it contains brief history from the beginning of mobile communication to the present. There are also mentioned standards for mobile technologies used in the Czech republic, within the scope of theoretical part. Next part is devoted to more detailed description of present state of mobile technologies in the Czech Republic. The main asset of this thesis is in a practical part. There are mentioned the comparison of main mobile operators and their services offer, in this part. At first, there is a need to specify strictly set methodology for measuring, its description and than present gained values. All the values are measured by devices borrowed for testing purposes from each mobile operator. There is mentioned data evaluation in the conclusion of this thesis and also a recommendation for possible users.

Key words:

Mobile technologies, UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), 3G net (3rd generation network), CDMA (Code division multiple access).

Obsah:

1.	Úvod.....	1
2.	Cíl práce a metodika	1
3.	Historie mobilních sítí	2
3.1.	Historie ve světě.....	2
3.1.1.	Počátky bezdrátové komunikace.....	2
3.1.2.	Rozdělení datových systémů ve světě dle generací	3
3.1.2.1.	Systemy první generace	3
3.1.2.2.	Systemy druhé generace – GSM, IS-95, IS-136, JCD	3
3.1.2.3.	Systemy generace 2,5 – GPRS, HSCSD, EDGE	5
3.1.2.4.	Systemy třetí generace- W-CDMA.....	6
3.2.	Historie v ČR	7
4.	Současná situace v ČR.....	8
4.1.	Technologie využívané mobilními operátory v ČR.....	9
4.1.1.	GSM/CSD	9
4.1.2.	HSCSD.....	14
4.1.3.	GPRS.....	15
4.1.4.	EDGE	17
4.1.5.	CDMA.....	19
4.1.5.1.	CDMA 2000 Rev. 0	20
4.1.5.2.	CDMA 2000. Rev A	20
4.1.6.	UMTS.....	21
4.1.7.	HSDPA.....	23
5.	Stanovení srovnávací metodiky pro testování přenosů.....	24
5.1.	Specifikace měření.....	24
5.2.	Specifikace zařízení	27
5.2.1.	Telefonica O2.....	27
5.2.2.	T-Mobile	30
5.2.3.	Vodafone CZ.....	31
6.	Měření.....	33
6.1.	O2.....	33
6.1.1.	UMTS HSDPA	33

6.1.1.1.	Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz.....	33
6.1.1.2.	Výsledky testování nástrojem Ping.....	33
6.1.2.	Měření O2, CMDA 2000 Rev.0.....	34
6.1.2.1.	Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz.....	34
6.1.2.2.	Výsledky testování nástrojem ping.....	34
6.2.	Vodafone.....	35
6.2.1.	UMTS.....	35
6.2.1.1.	Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz.....	35
6.2.1.2.	Výsledek testování nástrojem ping.....	35
6.2.2.	EDGE.....	36
6.2.2.1.	Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz.....	36
6.2.2.2.	Výsledek testování nástrojem ping.....	36
6.3.	T-Mobile.....	37
6.3.1.	UMTS.....	37
6.3.1.1.	Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz.....	37
6.3.1.2.	Výsledek testování nástrojem ping.....	37
6.3.2.	EDGE.....	38
6.3.2.1.	Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz.....	38
6.3.2.2.	Výsledek testování nástrojem ping.....	38
7.	Zpracování a vyhodnocení naměřených hodnot.....	39
7.1.	Popis výsledku měření, z kapitoly Měření.....	39
7.1.1.	UMTS.....	39
7.1.2.	EDGE.....	40
7.1.3.	CDMA (REV 0).....	40
7.2.	Doporučení pro uživatele.....	40
8.	Závěr.....	47
9.	Seznam literatury.....	48
10.	Seznam použitých zkratk.....	50

1. Úvod

V současné době působí na světovém trhu velká spousta mobilních operátorů. Většina z nich se snaží používat nejnovější technologie, aby mohli zákazníkům nabídnout lepší služby než konkurence nebo alespoň levněji. Díky rychlému vývoji v oblasti ICT, konkrétně v oblasti mobilních komunikací, je dnes možné využívat velké množství různých technologií.

Tato práce si klade za cíl shrnout a stručně popsat všechny dostupné technologie, které využívají významnější operátoři. V několika kapitolách jsou tyto technologie vyjmenovány a popsány principy jejich fungování, jejich výhody a nevýhody. Nejprve je samozřejmě v práci zmíněna stručná historie pro ohlédnutí do minulosti a pro nastínění rychlosti vývoje mobilní komunikace v posledních letech.

Dalším cílem práce je provést porovnání služeb, které nabízejí tři hlavní operátoři na českém trhu. Toto porovnání je provedeno formou měření rychlosti a dostupnosti datových služeb. K měření je použita vlastní metodika a zařízení zapůjčená od jednotlivých operátorů. Výsledkem této praktické části je doporučení pro uživatele mobilních sítí vycházející z poznatků měření.

2. Cíl práce a metodika

Tato práce si dává za cíl zhodnotit technické a technologické možnosti datových přenosů jednotlivých mobilních operátorů. Tím je myšleno porovnání jednak výsledné celkové funkce služby, ale také technické a technologické prostředky, které jednotliví operátoři využívají. V neposlední řadě je cílem práce provést závěrečné doporučení potenciálním uživatelům mobilních technologií, založené na výsledcích měření.

Postup vypracování práce dle její metodiky je nastaven následovně. Nejprve je nutné zjistit současný stav a trendy ve vývoji v oblasti datových přenosů jednotlivých mobilních operátorů. Dále práce pokračuje definováním technické a technologické platformy jednotlivých operátorů a jejich porovnáním. Praktická část práce je založena na definici metodiky pro měření reálných datových přenosů a provedení vlastního měření. Po získání všech dostupných výsledků je posledním krokem jejich interpretace, vyhodnocení a definice doporučení.

3. Historie mobilních sítí

3.1. Historie ve světě

3.1.1. Počátky bezdrátové komunikace

Historie bezdrátových přenosů je starší než se může zdát. Za první bezdrátové přenosy můžeme považovat zvuky bubnů afrických domorodých kmenů, které se takto dorozumívaly v hustém pralese okolí řeky Kongo, kde byla vyloučena přímá viditelnost. Starověcí Řekové se dle dobových análů dorozumívali pomocí zrcadel odrážejících sluneční paprsky v bitvě u Thermopyl, která proběhla roku 480 před naším letopočtem. Nevýhodou vizuálních signálů (kromě kouřových) je nutnost přímé viditelnost dvou sousedních bodů. Proto se největšího rozmachu bezdrátové komunikace dosáhlo v námořní dopravě v podobě optického telegrafu.

Nejvýznamnějším milníkem z pohledu mobilní bezdrátové komunikace, je vynález bezdrátového telegrafu italského fyzika Guglielma Marconiho. V červnu roku 1886 získává Guglielmo Marconi patent na bezdrátový telegraf. O rok později zvládl bezdrátový telegraf přenos na loď vzdálenou 29 kilometrů od pobřeží. Bezdrátový telegraf byl zdokonalován a 12. prosince 1901 bylo provedeno první transatlantické bezdrátové spojení. V dalších letech se uskutečnilo mnoho významných pokusů. Na Štědrý den roku 1906 se uskutečnilo první improvizované rádiové vysílání z města Brant Rock ve státě Massachusetts. V září roku 1915 se uskutečnil dálkový bezdrátový telefonní přenos na vzdálenost 4022 kilometrů.

Revoluční zlom ve vývoji přišel v roce 1946, kdy byl v laboratořích firmy Bell formulován princip tzv. celulárních (buňkových) systémů pro mobilní komunikaci. Základním rysem současných mobilních buňkových radiotelefonních systémů je velmi efektivní hospodaření s frekvenčním spektrem, které je výsledkem mnohonásobného použití stejné přidělené frekvence v obsluhované oblasti. [8]

3.1.2. Rozdělení datových systémů ve světě dle generací

3.1.2.1. Systémy první generace

Na počátku 80 - tých let se objevili první analogové systémy (např. NMT), které uživatelům umožnily mobilní telefonování. Nevýhodou bylo to, že mobilita byla omezena jen na určité území, protože tyto sítě byly budovány jako národní. Navíc jednotlivé národní sítě byly navzájem nekompatibilní. Systémy 1. generace používaly přístupovou metodu FDMA. V polovině devadesátých let spektrum rádiových vln už ovšem přestávalo stačit rychle rostoucímu počtu uživatelů a bylo tedy třeba najít nové řešení. První veřejné radiotelefonní sítě používaly radiotelefonní systémy s přenosem analogových signálů.

System NMT 450

(Nordic Mobile Telephone) byl vyvinut ve skandinávských zemích (Dánsko, Finsko, Norsko a Švédsko), původně pro zajištění spojení rybářských lodí s pobřežím. Teprve později se NMT 450 uplatnil jako veřejný radiotelefonní systém s analogovým přenosem signálu. Základní varianta systému se rozšířila do řady evropských i mimoevropských zemí. Například v Německu byl systém vhodně upraven pro místní podmínky a označuje se C 450. [5]

3.1.2.2. Systémy druhé generace – GSM, IS-95, IS-136, JCD

System GSM (Global System for Mobile Communication, Group Special Mobile) Celulární radiotelefonní systém GSM patří mezi systémy druhé generace, které jsou plně digitální. Jeho vývoj byl zahájen v počátku osmdesátých let na podnět organizace CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations). Na vývoji tohoto celoevropského standardu veřejné radiotelefonní sítě se podílel také ETSI (European Telecommunications Standards Institute), který v roce 1991 vydal první část doporučení označovanou GSM - Phase 1. Zpočátku se systém používal pouze pro přenos hovorových signálů, avšak v současné době se již ve velké míře využívá také k přenosu datových signálů. Je dostatečně flexibilní, aby do něj mohly být implementovány nové

technologie (GPRS, HSCSD). Proto se jeho použití rozšířilo i mimo Evropu. V současné době se jeho vývoj dostal již do druhé fáze, GSM – Phase 2, a počítá se s jeho dalším vylepšováním a postupným přechodem na systém třetí generace UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) – Universální mobilní telekomunikační systém. V porovnání s analogovými systémy umožňuje dosáhnout kvalitnější spojení v nepříznivých podmínkách pozemních rádiových kanálů, efektivněji využívá přidělená kmitočtová pásma a odposlech je téměř vyloučen. Přenos signálů v digitální formě umožňuje značně rozšířit nabídku poskytovaných služeb a dosáhnout kompatibility s jinými digitálními sítěmi, a to nejen v rámci jednoho státu, ale po celém světě.

IS-54

S malým zpožděním za GSM se na americkém kontinentu začal budovat systém ADC (American Digital Cellular), nazývaný také D-AMPS (Digital-Advanced Mobile Phone System), nebo IS-54 (Iterim Standard-54). Jedná se o standard vypracovaný asociacemi EIA (Electronic Industries Association) a TIA (Telecommunications Industries Association). Z důvodu kompatibility se starším analogovým systémem AMPS je šířka kanálu 30 kHz a je použito stejné kmitočtové pásmo 824-849/869-894MHz. K dispozici je 832 rádiových duplexních kanálů. Systém je založen na TDMA/FDMA přístupu a duplexu FDD. Datový tok modulovaný pomocí modulace $\pi/4$ DQPSK má rychlost 48,6 kbit/s. Rámec o periodě 40 ms je rozdělen do šesti časových intervalů (každý je tedy schopen přenést 8,1 kbit/s) po 324 bitech.

IS-136

Počáteční verze systému IS-54 používala signalizační systém AMPS (10 kbit/s). Později byl vytvořen nový standard signalizace IS-136 (DCC-Digital Control Channel), který má rychlost 48 kbit/s a umožňuje přenos krátkých zpráv, uzavřené skupiny a taktovaný pagingový kanál pro podporu sleep modu u mobilní stanice z důvodu šetření energie. Z důvodu těchto odlišností se systém nenazývá IS-54 ale IS-136.

IS-95

K digitálním systémům 2. generace patří také vývojově nejmladší americký standard IS-95, nesoucí také názvy cdmaOne nebo CDMA. Systém používá přístupovou metodu CDMA/FDMA a kmitočtový duplex. Systémy CDMA mají v mobilní komunikaci řadu výhod. Největší z nich je možnost pracovat bez vzájemného rušení v těch frekvenčních pásmech, kde již existují jiné rádiové služby. Přínosem je také imunita těchto systémů vůči interferencím a dalším rušivým efektům, typickým pro povrchové kanály. Z důvodu zpětné kompatibility je opět použito shodné frekvenční schéma 869-894/824-849 MHz. Mobilní terminály pracují v kanálech o šířce 1250 kHz, kterých je dvacet. Jeden rádiový kanál pojme až 798 účastnických kanálů a celkem je tedy k dispozici 15960 duplexních uživatelských kanálů. Systém pracuje s QPSK a měkkým handoverem. Stejně jako IS-54 je i systém IS-95 kompatibilní se signalizačním systémem AMPS a terminály jsou schopny pracovat v obou módech (AMPS i IS-95). [8]

JDC, PDC

V roce 1991 byl nasazen v Japonsku systém JCD (Japanese Digital Cellular), nazývaný též PDC (Personal Digital Cellular). Jedná se o systém pracující v pásmech 810-829/940-956 MHz a 1429-1453/1477-1501 MHz. Systém používá TDMA/FDMA přístup se třemi časovými intervaly na jeden rádiový kanál o šířce 25 kHz a obousměrná komunikace je zabezpečena kmitočtovým duplexem FDD. Celkový počet rádiových kanálů je tedy 1600, účastnických je 4800. Systém používá modulaci $\pi/4$ DQPSK; pro kódování hlasového signálu je použito algoritmu VSELP a handover je typu MAHO.

3.1.2.3. Systémy generace 2,5 – GPRS, HSCSD, EDGE

GPRS (General Packet Radio Service)

Pomocí systému GPRS, jehož specifikaci vypracoval ETSI (European Telecommunications Standard Institute), lze stávající systém GSM rozšířit a umožnit tak přenos datových paketů přes rádiové rozhraní.

HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*)

Standard HSCSD specifikovaný ETSI v roce 1997 umožňuje přenos dat v síti GSM vyšší rychlostí bez hardwarového zásahu do její struktury. Nejedná se tedy o paketový přenos dat. Úpravy sítě jsou pouze softwarovou záležitostí, což umožňuje velice rychlou implementaci HSCSD do stávajících sítí.

EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

Standard EDGE umožňuje zvýšit přenosovou rychlost systému GSM při alokovaní všech 8 timeslotů až na hodnotu 384 kbit/s. Proto byl dříve také označován GSM 384.

3.1.2.4. Systémy třetí generace- W-CDMA

W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) je technický název naznačující, že jde o širokopásmové CDMA, tedy WideBand CDMA. Ve vývojové řadě mobilních radiokomunikačních systémů je univerzální mobilní telekomunikační systém. Standard W-CDMA se také často označuje jako UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). Zatím co W-CDMA je technický název naznačující, že jde o širokopásmové CDMA. Které je zařazeno mezi systémy třetí generace. Na jeho vývoji se v Evropě pracuje asi od roku 1990 a vývojové práce koordinuje Evropský telekomunikační institut ETSI . Požadavky na systém UMTS, podobně jako na ostatní systémy třetí generace, se s postupem času vyvíjely a byly doplňovány. Na rozdíl od systémů druhé generace, určených především pro přenos hovorových signálů a datových signálů s nízkou přenosovou rychlostí, umožňuje systém UMTS přenos dat se zvýšenou rychlostí a je orientován na multimediální aplikace.

V březnu 2002 byl schválen standard technologie HSPDA, který je určen pro rychlejší download. Tuto technologii označujeme jako Rel-5. O další tři roky později přichází Release 6 s rychlejším uploadem dat pod označením HSUPA, spojené používání HSDPA/HSUPA se také zjednodušeně označuje jako HSPA. Dalším doplněním standardu je Rel-7 z roku 2007, které přidalo vícesegmentové antény MIMO (multiple-in/out) pro stahování dat a další optimalizaci služeb v reálném čase. [9]

3.2. *Historie v ČR*

Na vývoji evropských mobilních sítí NMT a GSM se tehdejší Československo samozřejmě podílet nemohlo, ale i přesto se v Československu začalo s vývojem mobilní telekomunikační sítě přibližně ve stejné době jako v Evropě. Projekt AMR (automatizovaný městský radiotelefon) začala vyvíjet v polovině 70. let Tesla Pardubice. Experimentální provoz sítě byl zahájen v roce 1978 a v roce 1983 byla spuštěna celorepubliková síť. Jelikož v tehdejší době nebylo možné, aby měl běžný občan přístup k jakékoliv radiostanici, natož mobilnímu telefonu, byl systém AMR již od počátku vyvíjen pouze pro použití Správy pošt a telekomunikací (SPT), hlavně pro servisní práce na síti a komunikaci mezi pracovníky v terénu. Pro použití stanic sítě AMR bylo nutné vždy zvolit předvolbu UTO uzlu, ve kterém se stanice momentálně nacházela. Systém AMR byl analogový a podporoval pouze služby příchozího a odchozího hovoru - jiné služby nebyly pro předpokládané použití potřeba. Samozřejmě také neobsahoval žádnou podporu účtování. Hovor v síti byl časově omezen a po určité době byl automaticky přerušen, protože neexistovala zpětná vazba od telefonu a základnová stanice nedokázala rozpoznat případné přerušení spojení. Po roce 1989 se Telecom pokusil systém využít a nabízel jej částečně komerčně. V roce 1999 byl provoz AMR definitivně ukončen. [10]

V září roku 1991 vstoupil na území České Republiky (přesněji řečeno Česká a Slovenská Federativní Republika) první operátor, společnost Eurotel Praha, spol. s r. o. Byla spuštěna první mobilní síť NMT a začaly být nabízeny radiotelefony.

Počet uživatelů rostl a v roce 1994 měla společnost necelých 30 000 zákazníků. Většímu rozšíření bránila vysoká cena přístroje a nabízeného tarifu. Předplacených 150 minut stálo tehdy 2830 Kč, mobil byl prodáván za cca 35 000 Kč plus 10 000 Kč aktivace.

V roce 1995 bylo signálem sítě NMT pokryto 50 % území ČR. V červenci 1996 spustil Eurotel síť GSM. V září toho roku vstoupil na český trh druhý operátor společnost Radiomobil, zahajuje provoz GSM sítě s názvem Pegas. Do konce roku 1996 měl Eurotel 168 000 zákazníků a Radiomobil 35 000 zákazníků. V prosinci roku 1999 spustil Eurotel technologii WAP. B 2000

Společnost Český mobil vstoupil na český trh v březnu roku 2000 pod jménem Oskar. Eurotel spouští přenos dat technologií HSCSD. Eurotel ve své síti spouští GPRS, rok poté i společnost Radiomobil.

Počátkem roku 2001 Eurotel překročil hranici dvou milionu zákazníků. O dva měsíce později to dokázal i Paegas. Na konci roku 2001 Eurotel a Radiomobil kupují licenci na síť třetí generace. Během roku 2002 je zprovozněna možnost posílat MMS zprávy v síti Eurotel a Radiomobil.

Eurotel spustil do komerčního provozu datovou síť CDMA v srpnu 2004. T-Mobile zprovoznil EDGE. Pokrytí je zatím jen ve velkých městech.

Oskar získal licenci na UMTS v roce 2005. EDGE poskytoval v březnu 2005 Oskar i Eurotel.

V říjnu 2005. T - Mobile spustil UMTS. Nejednalo se ovšem o plnohodnotnou síť třetí generace. Byla optimalizována pouze pro rychlý přenos dat a hlasové služby v ní nebylo možné provozovat.

V únoru 2005 Eurotel spustil UMTS, první síť třetí generace v pravém slova smyslu. V níž možné začít využívat videohovory. [10]

4. Současná situace v ČR

V současné době má Česká republika na trhu čtyři operátory poskytující datové přenosy. Mezi největší poskytovatele patří společnosti *Telefónica O2 Czech Republic*, a.s. (dále jen Telefonica O2), T-Mobile Czech Republic a.s. (dále jen T-Mobile CZ) *Vodafone Czech Republic* a.s (dále jen Vodafone CZ)

V následujících kapitolách jsou popsány technologie, které používají operátoři poskytující datové služby na území ČR. Tím, že trhu s datovou mobilní komunikací začínal každý operátor jindy, nedisponují stejným technickým zázemím, nutným k provozu datových přenosů.



Obrázek 1 - Počet kanálů jednotlivých operátorů

Zdroj: [13]

4.1. *Technologie využívané mobilními operátory v ČR*

4.1.1. *GSM/CSD*

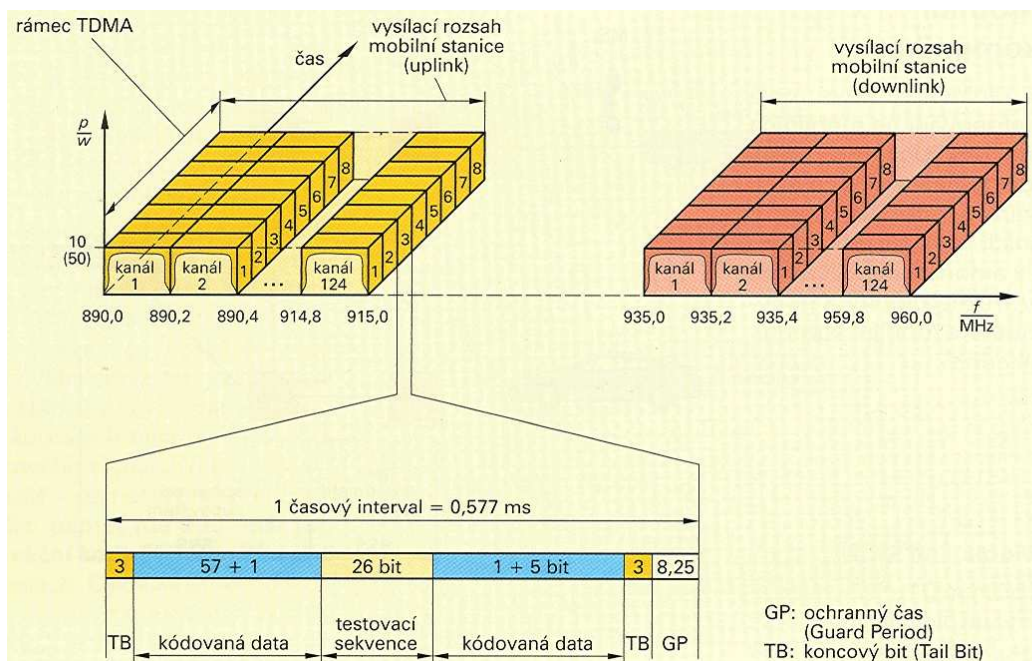
System GSM, který byl navržen především k přenosu hovorových signálů, umožňuje ve své základní variantě i přenos datových signálů pomocí přepínání okruhů (CSD) přenosovou rychlostí až 9,6 kb/s. Přenos dat touto relativně nízkou přenosovou rychlostí je však v současné době již nevyhovující, zejména s ohledem na delší dobu přenosu, která se projeví v jeho ceně.

Primární systém GSM, označovaný PGSM (Primary GSM) nebo GSM 900, má přidělené kmitočtové pásmo 890 MHz až 960 MHz rozděleno na dvě části. Pro spojení mobilní stanice MS (Mobile Station) – základnová rádiová stanice BTS (Base Transceiver Station), tzv. uplink, je vyhrazeno pásmo 890 MHz až 915 MHz. Pro spojení BTS – MS, tzv. downlink, je vyhrazeno pásmo 935 MHz až 960 MHz. Je tedy použit přístup FDMA a kmitočtový duplex FDD.

Základnové stanice vysílají na vyšším kmitočtu duplexního páru, jehož rozteč je 45 MHz. Uvnitř každého pásma je vytvořeno 124 rádiových kanálů, každý s šířkou pásma 200 kHz. Zbylá 125. část je rozdělena na poloviny (2.100 kHz), z nichž jedna tvoří oddělovací úsek na horním a druhá na dolním konci každého pásma. Pro číslo rádiového kanálu, které může nabývat hodnot od 1 do 124, se používá označení ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number). Systém PGSM používá tedy 124 duplexních kanálů.

V každém rádiovém kanálu je metodou TDMA vytvořeno 8 časových intervalů TS (Time Slot), které tvoří rámeček TDMA (TDMA Frame). Do každého TS je „vložen“ jeden účastnický kanál, při použití zdrojového kodéru s plnou rychlostí (full rate) nebo dva kanály, při použití zdrojového kodéru s poloviční rychlostí (half rate). Celkový počet účastnických duplexních kanálů je při použití kodéru s plnou rychlostí $124 \cdot 8 = 992$, při použití kodéru s poloviční rychlostí $124 \cdot 16 = 1984$. Kodéry s poloviční rychlostí se zatím nepoužívají.[5]

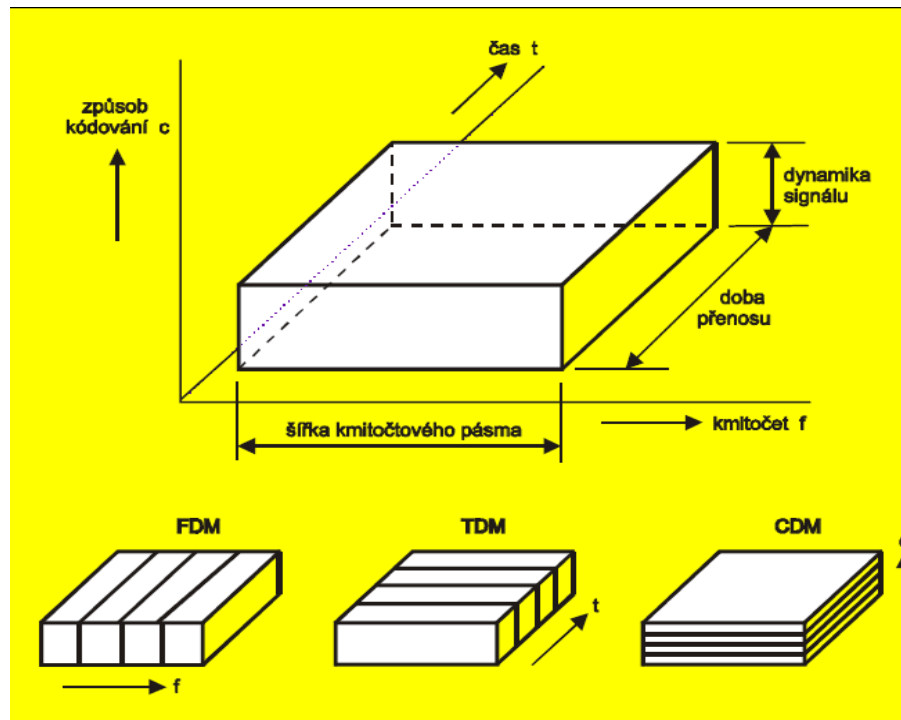
Rozdělení rádiových a účastnických kanálů je přehledně naznačeno na obrázku číslo 2.



Obrázek 2 - Rozdělení radiových a účastnických kanálů

Zdroj:[14]

Rozdělení systémů FDMA, TDMA, CDMA dle multiplexního přenosu je zobrazeno na obrázku číslo 3.



Obrázek 3 - Rozdělení systémů dle multiplexního přenosu

Zdroj: [13]

Rozšířený systém GSM, označovaný EGSM (Extended GSM), se v současné době běžně používá. Pásmo, která využívá systém PGSM, jsou na spodních okrajích rozšířena o 10 MHz. Kapacita systému se zvýšila o 50 duplexních kanálů.

Systém GSM 1800, DCS-1800, PCN-1800. Používá kmitočtová pásma 1710 MHz až 1785 MHz pro uplink a 1805 MHz až 1880 MHz pro downlink. V těchto pásmech je umístěno 374 rádiových kanálů, každý s šířkou pásma 200 kHz. Celkový počet účastnických kanálů je $374 \cdot 8 = 2992$. Na horních a spodních okrajích obou pásem jsou opět oddělovací úseky 100 kHz. Rozteč duplexního páru je 95 MHz.

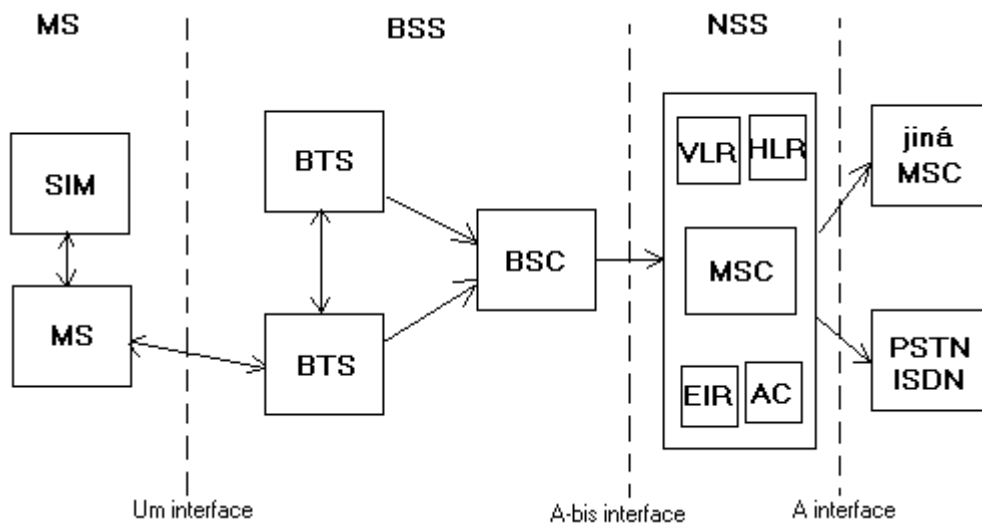
Způsob kódování dat v systému GSM je poměrně složitý. Data musí být zabezpečena důkladněji než hovorový signál, neboť chyba v přenosu jediného bitu (např. desetinné čárky) se může projevit jako chybný údaj. Naproti tomu chyba v přenosu jediného bitu hovorového signálu může mít za následek výpadek nebo chybnou interpretaci hovorového rámce v délce trvání pouhých 20 ms, což účastníci hovoru ani nepostřehnou. Pro přenos datových signálů existuje pět různých datových kanálů s označením TCH/F9.6, TCH/F4.8, TCH/F2.4, TCH/H4.8, a TCH/H2.4, které používají odlišné způsoby kanálového kódování i prokládání. Písmena TCH (Traffic CHannel) označují provozní kanál, písmeno za lomítkem F (Full-rate) resp. H (Half-rate) značí přenos s plnou nebo poloviční rychlostí a desetinné číslo udává přenosovou rychlost signálu v kb/s .[5]

Označení kanálu	Přenosová rychlost před kanál. kódováním [kbit/s]	Přenosová rychlost po kanál. Kódování [kbit/s]
TCH/F	13,0	22,8
TCH/F9,6	12,0	22,8
TCH/F4,8	6	22,8
TCH/F2,4	3,6	22,8
TCH/H4,8	6	11,4
TCH/H2,4	3,6	11,0

Tabulka 1

Zdroj:[5]

Architektura sítě GSM je zachycena v následujícím schématu.



Obrázek 4 - Architektura sítě GSM

Zdroj:[13]

Mobilní stanice (Mobile station MS)

Obsahuje full-duplexní transceiver, displej, digitální signálový procesor (DSP), smart (SIM) kartu.

SIM karta obsahuje informace o uživateli, seznam tel. čísel, seznam uložených SMS zpráv, prostě vše co zajistí uživateli přihlášení do GSM sítě. SIM lze použít v jakémkoliv mobilním telefonu, kromě těch které si operátor blokuje pouze na svou síť.

Mobilní telefon je identifikován IMEI (International Mobile Equipment Identity) číslem. SIM karta obsahuje IMSI kód (International Mobile Subscriber Identity), tajný klíč a ostatní uživatelské informace. SIM může být ještě chráněna PIN kódem (Personal Identification Number), který je její základní ochranou. EMEI kód se nejčastěji používá při odcizení mobilního telefonu a to tak, že operátor zapíše tento kód na svůj Black List (seznam kradených telefonů) a pak takový pokus telefonu o přihlášení do sítě skončí neúspěšně. Stejně tak to jde i s IMSI kódem.

System základnových stanic (BSS) Tvoří:

Základnové stanice (BTS - Base Transceiver Station)

Základnová řídicí jednotka (BSC - Base Station Controller)

System základnových stanic (BSS) řídí pomocí radioreleových spojů jednu nebo více BTS stanic. BSS zajišťuje přidělování radiových kanálů i dynamické přidělování kanálů během komunikace a předávání hovorů mezi BTS v případě že se pohybujete.

BSC vytváří komunikační spojnicu mezi MS a MSC a překládá 13kbps hlasový kanál do standardního 64kbps kanálu (PSTN, ISDN).

Síťový podsystém (NSS)

Hlavní komponentou je **mobilní spínací ústředna (MSC)**, která zajišťuje funkci telefonní ústředny. Základní funkce: registrace v síti, ověřování, lokalizace polohy, směrování hovorů, roaming a spojení mezi pevnou sítí.

Domovský lokační registr (HLR - Home Location Register) - databáze uschovávající všechny informace o účastnících "domovské" oblasti této HLR. Jsou to informace o předplacených službách. Existuje pouze jedna HLR na GSM síť.

Návštěvní lokační registr (VLR - Visitor Location Register) obsahuje vybrané informace z HLR nezbytné pro řízení hovorů těch mobilních stanic, které se právě pohybují v dané geografické oblasti spravované danou MSC.

Registr mobilních stanic (EIR - Equipment Identity Register) - databáze, která obsahuje seznam všech platných mobilních telefonů celé sítě, kde je každý účastník identifikován pomocí IMEI čísla.

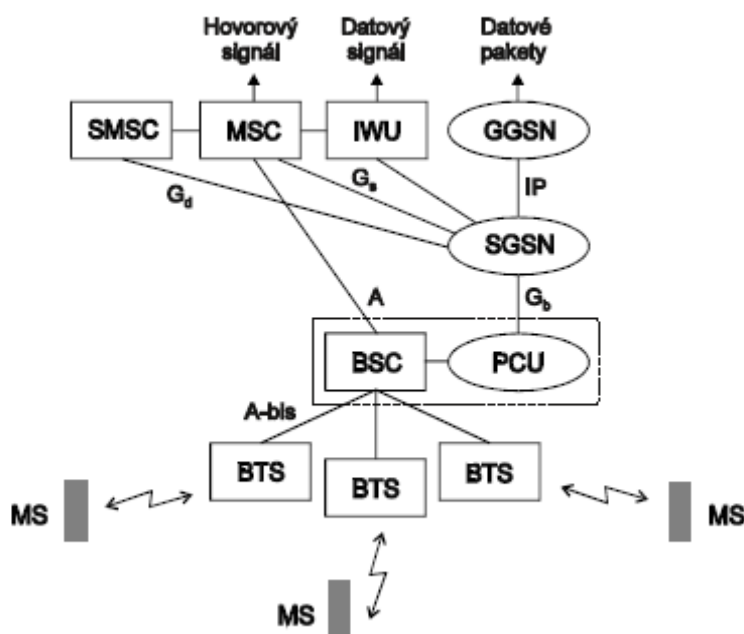
Autentifikační centrum (AuC - Authentication Center) - je chráněná databáze, která obsahuje kopii tajných klíčů, které jsou uloženy na SIM kartě a které se používají při přihlášení do sítě. [11]

4.1.2. HSCSD

Vyšší přenosové rychlosti je dosaženo novějším způsobem kódování, který umožnil zvýšit přenosovou rychlost v jednom kanálu na 14,4 kb/s. Následným sdružením až 4 timeslotů lze vytvořit kanál s přenosovou rychlostí $14,4 \times 4 = 57,6$ kb/s. Pro nesymetrický provoz, který je typický například při komunikaci se sítí Internet, se předpokládá rozdělení této přenosové rychlosti tak, že pro spojení MS – BTS (uplink) bude vyhrazen 1 kanál s přenosovou rychlostí 14,4 kbit/s, zatímco pro spojení BTS – MS (downlink) budou vyhrazeny 3 kanály umožňující dosáhnout přenosové rychlosti 43,2 kb/s (tzv. 3+1 timeslot service).

4.1.3. GPRS

System GPRS (General Packet Radio Service) vznikl rozšířením systému GSM a umožnil tak přenos datových paketů přes rádiové rozhraní s teoretickou přenosovou rychlostí až 171,2 kbit/s. Technologie GPRS, založené na paketovém přenosu dat pomocí protokolu IP, umožňuje mobilní přístup do sítě Internet. Protože GSM systém neumožňuje paketový přenos dat, je nutné doplnění, jak mobilní stanice, tak i dalších částí systému GSM, o nové bloky. Nové bloky mají na schématu eliptický tvar.



Obrázek 5

Zdroj:[13]

V případě paketového přenosu pomocí systému GPRS je spojení opět navázáno mezi MS a BTS, avšak v BSC jsou pakety vedeny do jednotky PCU (Packet Controller Unit) obsahující „dodatečnou inteligenci“ pro identifikaci a řízení paketového provozu na rádiovém rozhraní. Koncepce i provedení PCU jsou různé podle výrobce, podobně jako rozhraní mezi BSC a PCU. Přes rozhraní G je jednotka PCU spojena s datovým uzlem SGSN (Serving GPRS Support Node), který je schopen komunikovat s rádiovou částí sítě GPRS a s druhým datovým uzlem GGSN (Gateway GPRS Support Node). GGSN je

standardní směrovač a jeho úkolem je komunikovat s paketovými datovými sítěmi, např. sítí Internet.

Mobilní stanice jsou rozděleny do tříd, podle toho kolik timeslotů jsou schopny současně alokovat pro datové přenosy. Třídy mobilních zařízení jsou uvedeny v následující tabulce.

Třída GPRS	Timesloty downlink	Timesloty Uplink	Timesloty současně aktivní
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5

Tabulka 2 - třídy mobilních zařízení

Zdroj: [15]

Výsledná rychlost přenosu dat je závislá nejen na počtu alokovaných timeslotů, ale také na kódovacím schématu, jelikož přenášená data je nutno patřičným způsobem kódovat. GPRS pracuje se čtyřmi kódovacími schématy uvedené v tabulce jako CS-1 až CS-4. Schéma CS-1 poskytuje nejvyšší míru zabezpečení díky použité redundanci, na

úkor přenosové rychlosti. Naopak schéma CS-4 poskytuje nejvyšší přenosové rychlosti při menším zabezpečení.

Kódovací schéma	1 slot	2 sloty	3 sloty	4 sloty	5 slotů	6 slotů	7 slotů	8 slotů
CS-1	9.05	18.2	27.15	36.2	45.25	54.3	63.25	72.4
CS-2	13.4	26.8	40.2	53.6	67	80.4	93.8	107.2
CS-3	15.6	31.2	46.8	62.4	78	93.6	109.2	124.8
CS-4	21.4	42.8	64.2	85.6	107	128.4	149.8	171.2

Tabulka 3 - Kódovací schéma GPRS

Zdroj:[5]

4.1.4. EDGE

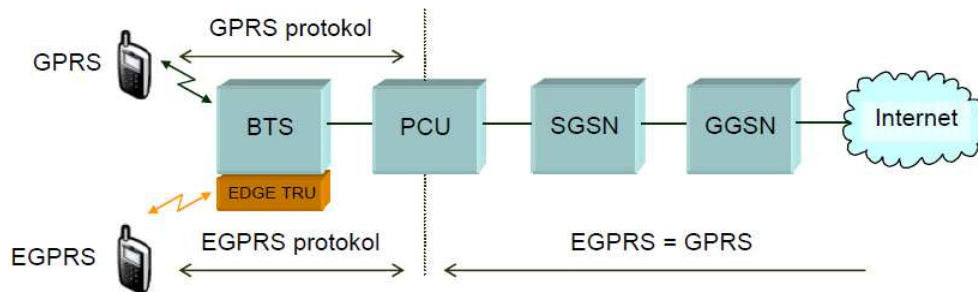
Standard EDGE ((Enhanced Data rates for GSM Evolution) umožňuje zvýšit přenosovou rychlost systému GSM při alokování všech 8 timeslotů až na teoretickou hodnotu 384 kb/s.

Vychází z technologie GPRS (General Packet Radio Service). Technologie EDGE přináší oproti GPRS zlepšené komunikační protokoly a kódování, ale hlavně je schopná použít vícestavovou modulaci, a tím zrychlit přenos dat.

Standard podporuje paketový přenos dat a přenosová rychlost signálu v jednom timeslotu je 48 kb/ . Této vysoké rychlosti, blížící se rychlosti systému 3G, je dosaženo vhodnou digitální modulací. Zatímco systémy GPRS i HSCSD používají modulaci GMSK, systém EDGE používá modulaci 8 PSK (Eight Phase Shift Keying). Využití tohoto standardu proto vyžaduje zásah do hardwarového řešení BTS i MS.

Hlavní změna je přidání jednotky EDGE TRU (EDGE Transceiver Unit), která využívá modulace s vyšším počtem stavů – 8PSK.

Na obrázku číslo 6 je dobře vidět provázanost systémů EDGE a GPRS

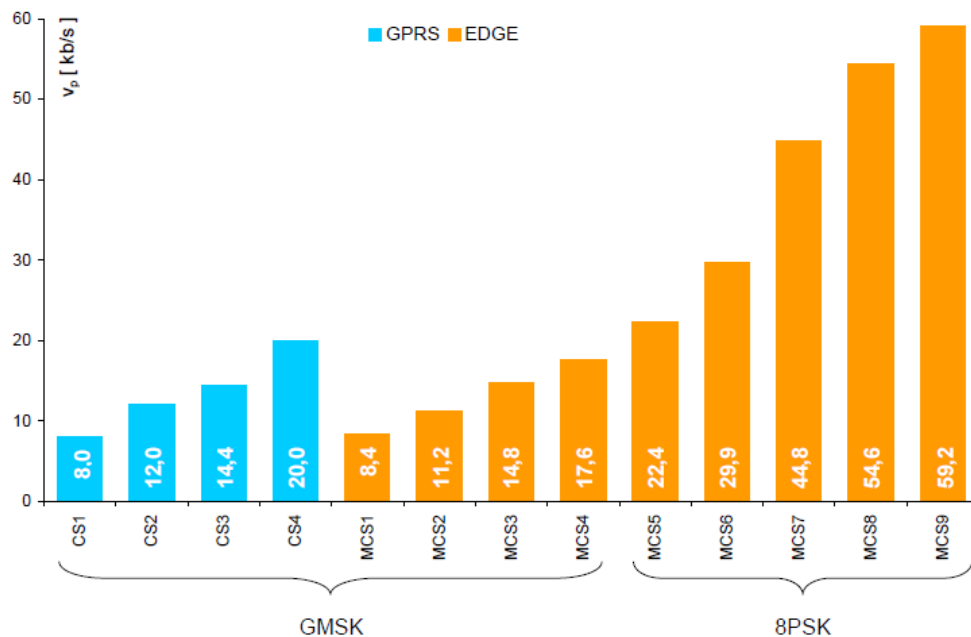


Obrázek 6

Zdroj:[18]

EDGE nezasahuje pouze do oblasti přenosu paketů, který je pak nazýván EGPRS. EDGE také rozšiřuje přenos dat s komutací okruhů (CSD - Circuit Switched Data), který se pak označuje jako ECSD. Tento způsob přenosu se však příliš nepoužívá, takže většinou se pod pojmem EDGE myslí EGPRS.

Na obrázku číslo 7 je zobrazeno porovnání přenosových rychlostí GPRS oproti EDGE na jeden timeslot



Obrázek 7 - Porovnání přenosových rychlostí

Zdroj:[17]

4.1.5. CDMA

Technologie CDMA (Code Division Multiple Access) se dá přeložit jako kódové dělení přenosových kanálů nebo vícenásobný přístup pomocí kódového dělení přenosových kanálů. CDMA se od GSM liší v kódovacím schématu. Kódovací schéma se stará o to, aby k přiděleným kmitočtům mělo přístup co nejvíce uživatelů. CDMA funguje tak, že telefony (modemy) vysílají na společné frekvenci, přičemž se liší jednotlivé klíče, pomocí kterých vysílací strana kóduje. CDMA tedy efektivněji využívá elektromagnetické spektrum (na rozdíl od TDMA - Time Division Multiple Access používaného u GSM, kde je oddělení timeslotů dáno pevnou časovou periodou).

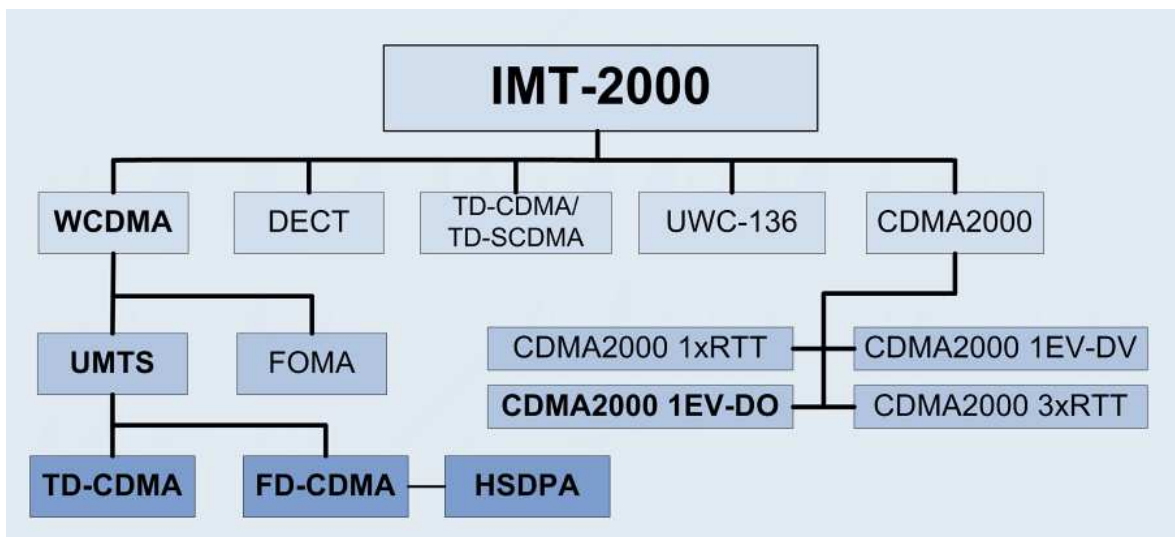
Technologie CDMA je provozována v jiné frekvenci (450 MHz), než hlasové GSM služby. Proto se nemusí uživatelé tolik obávat zhoršení kvality služby, jak tomu může být u GPRS připojení. (GPRS datové přenosy mají v GSM nejnižší prioritu).

4.1.5.1. CDMA 2000 Rev. 0

CDMA spustil v té době ještě Eurotel jako úplně první 3G síť v ČR. Operátor využívá technologii CDMA2000 1xEV-DO, a to ve frekvenčním pásmu okolo 450 MHz. Z nízké frekvence vyplývá několik klíčových vlastností. Dosah základnové stanice činí až 30 km, signál se lépe „ohýbá“ přes nerovnosti a tím pokryje i hůře dostupná místa. Stačí se podívat na mapu pokrytí, O2 se v současné době chlubí až 80ti procentním pokrytím populace. [19]

Díky nízké frekvenci sice základnová stanice obsáhne větší území, jednotlivé sektory však pokrývají více uživatelů, mezi které se dělí celková přenosová rychlost.

Maximální přenosová rychlost je 2,45 Mb/s [12]



Obrázek 8-rozdělení technologií pro mobilní přenos dat

Zdroj:[19]

4.1.5.2. CDMA 2000. Rev A

CDMA Rev.A je realizována v pásmu 450 MHz. Tato síť znamenající další evoluční krok technologie CDMA2000 1xEV-DO umožní operátorovi širší nabídku internetových služeb založených na IP protokolu. Rev. A přidává oproti verzi Rev. 0 dvě nová kódovací schémata. Technologie využívá stejné 1,25 MHz kanály a poskytuje

oboustrannou komunikaci s větší kapacitou a vyšším datovým tokem, který může dosáhnout až 3,1 Mbps pro stahování a 1,8 Mbps pro tzv. upload

	CDMA2000 1xEV-Do Rev. 0	CDMA2000 Rev A.
Downlink	2457 kbps	3,1 Mbps
Uplink	153 kbps	1,8 Mbps

Tabulka 4 - Porovnání verzí CDMA používaných v ČR

4.1.6. UMTS

UMTS síť je logicky rozdělena na základní síť CN (Core Network) a na síť rádiového přístupu UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network).

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

UMTS je úzko-pásmový uživatelský signál rozprostřen do frekvenčního pásma 5 MHz (šířka kanálu) vynásobením uživatelského bitového toku pseudonáhodnou bitovou sekvencí.

- párové pásmo - 1920 ÷ 1980 MHz a 2110 ÷ 2170 MHz
- nepárové pásmo - 1910 ÷ 1920 MHz a 2010 ÷ 2025 MHz

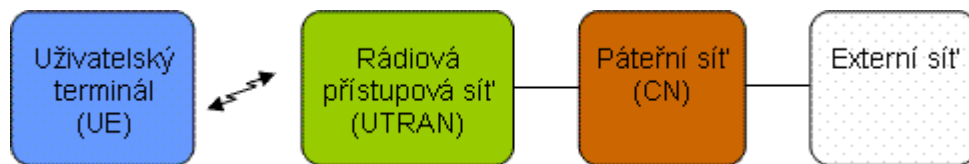
K výše uvedeným frekvenčním pásmům z roku 1992, byla v roce 2000 přidána další tři pásma: 806 ÷ 960 MHz, 1710 ÷ 1885 MHz, a 2500 ÷ 2690 MHz. V rámci Evropy je nicméně použitelné pouze třetí z nich, prvé a druhé frekvenční pásmo je již obsazeno technologií GSM.

UMTS využívá pro duplexní přenos jak FDD (Frequency Division Duplex) pro párové pásmo tak TDD (Time Division Duplex) pro pásmo nepárové. Pro FDD byla

zvolena přístupová metoda WCDMA, kdežto pro TDD přístupová metoda TD-CDMA (Time Divison CDMA).

Struktura systému UMTS

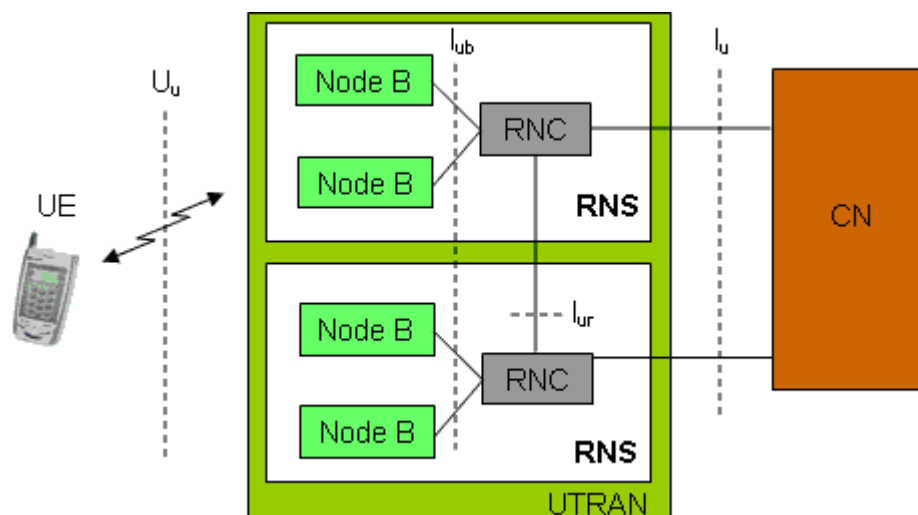
zjednodušená struktura systému UMTS. V nejvyšší úrovni se nachází páteřní síť CN (Core Network). Směrem k uživatelům dále následuje radiová přístupová síť UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network), a konečně uživatelé přistupují k UMTS síti pomocí uživatelských terminálů UE (User Equipment).



Obrázek 9 - Struktura UMTS

Zdroj:[17]

V rámci UMTS struktury, uživatelský terminál nepatří do části UTRAN, jedná se o samostatnou součást systému UMTS.



Obrázek 10 – UTRAN

Zdroj: :[17]

Přístupová síť

Přístupová síť (UTRAN) představuje část sítě, která umožňuje uživatelům mobilní přístup ke službám poskytovaným páteří sítí CN pomocí rádiového prostředí (rozhraní Uu). V této souvislosti plní UTRAN dvě hlavní funkce:

- Zprostředkování rádiového přenosu
- Řízení a přidělování rádiových prostředků

Pro splnění těchto funkcí jsou definovány dvě síťové jednotky, viz obr. číslo 10:

- Node B – jedná se o základnovou stanici systému UMTS (obdoba BTS v GSM)
- Radio Network Controller (RNC) – řídicí jednotka rádiové sítě (obdoba BSC v GSM)

Oproti GSM, UMTS definuje propojení mezi RNC (rozhraní Iur). Jednotka RNC má na starost rádiové zdroje a jejich management pro určitou geografickou oblast, rozdělenou na jednotlivé buňky. O pokrytí jednotlivých buněk rádiovým signálem se starají základnové stanice označované Node B. Základnové stanice jsou s RNC propojeny přes rozhraní Iub.

4.1.7. HSDPA

Řešení nízké rychlosti přináší právě technologie HSDPA zvyšující rychlost downloadu až na teoretické maximum 14,4 Mbit/s (u nás zatím maximálně 3,6Mb/s). Ke zvýšení rychlosti přenosu dat a snížení doby odezvy došlo v důsledku několika změn v rádiové přístupové síti. Základnová stanice přebírá některé funkce nadřazeného prvku sítě, například kontrolu integrity přenášených dat. Základnová stanice tak musí být vybavena výkonnějším obslužným hardware, anténní systém je sdílen s technologií UMTS. HSDPA pro zvýšení přenosových rychlostí vyžaduje vyšší odstup signálu od šumu, proto je tato technologie k dispozici na ještě menším území, nežli UMTS, viz mapy pokrytí operátorů.

Takřka všechny přístroje s podporou UMTS a HSDPA nabízí i EDGE a GPRS. Podle dostupnosti technologií v daném místě pak automaticky volí vždy ten nejrychlejší

způsob připojení. Není-li tedy k dispozici HSDPA, jsou data přenášena přes UMTS. Mimo tuto síť se přístroj pokusí připojit k EDGE a jako nouzové řešení poslouží GPRS

5. Stanovení srovnávací metodiky pro testování přenosů

Následující měření má za úkol prověřit reálný stav přenosů pomocí zařízení, které mobilní operátoři poskytují ke svým datovým tarifům. Praktickému měření předchází seznámení se zařízení Jeho specifikací a technologiím přenosů, které zařízení podporují.

Pro zjištění kvality připojení bylo využito serveru www.rychlost.cz , který nabízí nejenom samotné testování rychlosti, ale i přehlednou interpretaci výsledků testů dle různých kritérií

Tento server je nezávislý na poskytovatelích připojení, nemá k nim žádné majetkové vztahy.

5.1. Specifikace měření

Měření probíhalo v rozsahu 24 hodin, na každém zařízení. Pro spuštění jednotlivých testů byly vybrány časové intervaly nepřesahující 2 hodiny

Test downloadu: Princip měření rychlosti internetu je jednoduchý, po spuštění testu začne prohlížeč stahovat testovací soubor o velikosti přibližně 100kB. V případě, že je tento soubor stažen za více jak 5 sekund, je test úspěšně dokončen a uveden ve statistice.

V opačném případě je vypočítána nová velikost testovacího souboru, který bude, dle prvního nepřesného testu, stažen za déle jak 5 sekund. Maximální velikost testovacího souboru je cca 5000 kB, v tomto případě je test platný i v případě kratšího testu než 5 sekund.

Test uploadu: Test uploadu je prováděn obdobně. K testu jsou použita data získaná při testu downloadu s horním limitem cca 1500 kB a polovinou dat z testu downloadu.

Test ping/odezva: Test odezvy slouží k přibližnému určení odezvy (tzv. ping) klienta ku serveru. Tento test je však vzhledem k použité technologii velmi orientační.

Test stabilita: Test stability vychází z porovnání stahování několika stejných souborů dat. Porovná se nejhorší s nejlepším. Pokud tedy se testovací soubor stáhne nejrychleji za 2 sekundy a nejpomaleji za 3 sekundy je výsledná stabilita rovna 66.7 procentům.

Pro druhý způsob měření byl zvolen protokol ICMP (*Internet Control Message Protocol*), kterým se porovnával spolehlivost (ztrátovost) přenosu dat. Pomocí nástroje Ping jsem odesílal kontrolní rámce o velikosti 1400 bajtů na veřejnou IP adresu mého počítače (193.84.34.33). Počítač s adresou 193.84.34.33 se nachází v síti ČZU v Praze.

Velikost rámce 1400 bajtů jsem zvolil proto, že se jedná o velikost kdy se ještě ICMP datagram přenáší v celku. Maximální velikost ICMP rámce je 1522 bajtů, včetně informací o odesílateli a doručenému. Pokud by byla výsledná velikost větší než oněch 1522 bajtů, byl by datagram rozdělen na více fragmentů a měření by postrádalo na transparentnosti. Pokud by se ztratila jedna část fragmentu, byl by vyhodnocen celý dotaz jako ztracený.

V příkazové řádce systému MS Windows XP Professional byla příkazem ping 193.84.34.33 -n 3600 -l 1400 testována ztrátovost přenosu. Z parametrů příkazů je vidět že jedno testování trvalo jednu hodinu, tj. 3600 dotazů každou vteřinu a velikostí 1400 bajtů.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - ping 193.84.34.33 -n 3600 -l 1400
^C
C:\>ping 193.84.34.33 -n 3600 -l 1400

Příkaz PING na 193.84.34.33 s délkou 1400 bajtů:

Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=1540ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=129ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=147ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=146ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=204ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=193ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=199ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=209ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=317ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=326ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=754ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=902ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=921ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=889ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=888ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=896ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=893ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=882ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=881ms TTL=120
```

Obrázek 11 - Test ping

Po vyslání všech dotazů a obdržení odpovědí, se zobrazí základní charakteristika obsahující počet ztracených paketů a časy minimálních a maximálních odpovědí.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=884ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=883ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=891ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=880ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=879ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=888ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=877ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=887ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=876ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=885ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=874ms TTL=120
Odpověď od 193.84.34.33: bajty=1400 čas=872ms TTL=120

Statistika ping pro 193.84.34.33:
Pakety: Odeslané = 3600, Přijaté = 3600, Ztracené = 0 (ztráta 0%),
Přibližná doba do přijetí odezvy v milisekundách:
Minimum = 128ms, Maximum = 3559ms, Průměr = 872ms
C:\>
```

Obrázek 12 - Test ping

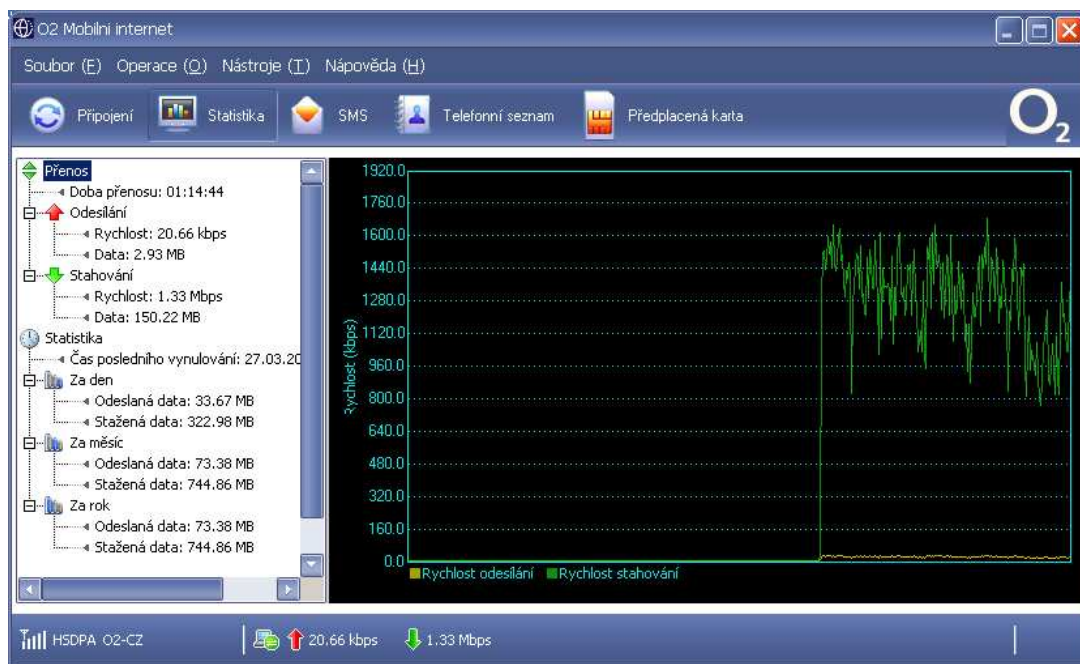
Měření ztrátovosti bylo měřeno celkem 3krát a to od 8 do 9 hodin ráno, od 14 do 15 hodin a od půlnoci do jedné ráno.

5.2. Specifikace zařízení

5.2.1. Telefonica O2

První měření datového přenosu bylo provedeno pomocí zařízení poskytovanému k tarifu O2 Mobilní Internet Standart. Jedná se zařízení firmy Huawei, konkrétně model E160, zobrazený na obrázku. Jedná se USB modem s podporou Plug and Play. Instalace je zcela automatická, pouze zasunete modem do USB portu a instalátor nainstaluje ovladače a potřebný software k chodu zařízení.

Instalovaný software nabízí základní charakteristiky, jako okamžité rychlosti uploadu a downloadu, počítadlo stažených dat atd.



Obrázek 13 - O2 mobilní internet



Obrázek 14 - Huawei E160

Základní parametry Huawei E160

GSM 850/900/1800/1900

GPRS, EDGE

HSUPA, HSDPA

UMTS (WCDMA) 850/1900/2100 • Download až 3.6 mpbs

Upload až 384 kbps

Operační systém MS Windows

2000, XP, Vista a W7 + MacOS

Podpora karet MicroSD (až 8 GB)

Druhé měření bylo zaměřeno na systém CDMA (Evdo Rev.0), kterým má Telefonica O2 pokryto značnou část území České republiky.

K dispozici jsem měl zapůjčené zařízení podporující i novější verzi CDMA (Evdo. Rev.A), ale paradoxně zrovna na území města Prahy nemá pokrytí signálem. Pravděpodobně spoléhá na území hlavního města na HSDPA.



Obrázek 15 - AXESSTEL MV110NH

Základní parametry AXESSTEL MV110NH

CDMA2000 1xEV-DO Rev.A

CDMA 450 MHz

Download až 3,1 mpbs

Upload až 1,8 mbps

Windows 2000/XP/Vista 32 a 64 bit

Rozměry: 97 x 57 x 20 mm

Baterie Li-Ion 770 mAh

Modem obsahuje baterii, USB kabel, Nabíječku s adaptérem, Externí anténu 450 MHz, adaptér pro anténu a český návod.

5.2.2. T-Mobile

Zařízení pro měření, které nabízí T-Mobile ke svému internetu 4G je shodné jako používá konkurenční Telefonica O2. Liší se pouze barevným provedením (obrázek 17)

Dodávaný software web'n'walk Manager poskytuje základní charakteristiky přenosu. Aktuální přenosové rychlosti, celkový objem přenesených dat a dobu připojení.



Obrázek 16 - Web'n'walk Manager



Obrázek 17 - T-Mobile

5.2.3. *Vodafone CZ*

Vodafone nabízí ke svým datovým tarifům zařízení Huawei K3520. Po zasunutí do USB portu stačí odsouhlasit automatickou instalaci. Instalátor nainstaluje software Mobile Conner Lite.



Obrázek 18 - Huawei K3520

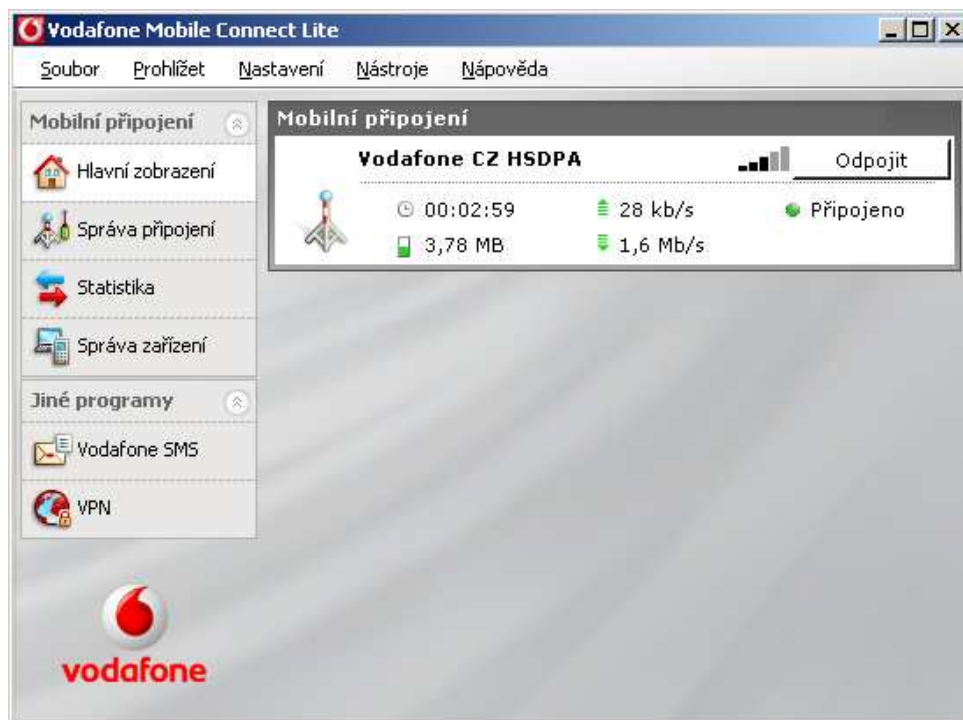
Základní parametry Huawei K3520

GSM 850/900/1800/1900

GPRS, EDGE

HSUPA, HSDPA

UMTS (WCDMA) 850/1900/2100 • Download až 7 mpbs



Obrázek 19 - Vodafone mobile connect lite



Obrázek 20 - Vodafone mobile connect lite

6. Měření

Praktická část práce se zabývá měřením přenosových rychlostí jednotlivých systémů. Všechna měření probíhala v otevřeném prostoru a pouze na území městské části Praha 6. Měření je zaměřeno primárně na oblasti pokryté sítí třetí generace.

6.1. O2

6.1.1. UMTS HSDPA

6.1.1.1. Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz

Tabulka naměřených hodnot, měřeno v areálu ČZU v Praze

Datum a čas	Down kB/s	Down kbit/s	Up kB/s	Up kbit/s	Odezva min(ms)	Odezva avg(ms)	Odezva max(ms)
31.03.2010 00:39	129.53	1036.2	17.58	140.6	109.1	127.2	172.8
31.03.2010 02:31	250.32	2002.6	13.43	107.4	108.7	122.0	151.3
31.03.2010 04:20	229.95	1839.6	17.70	141.6	108.0	128.2	213.4
31.03.2010 06:19	130.00	1040.0	15.57	124.6	108.4	116.0	150.8
31.03.2010 08:57	23.89	191.1	17.81	142.4	108.7	149.0	231.9
31.03.2010 10:48	220.79	1766.3	16.30	130.4	110.3	132.1	161.0
31.03.2010 12:43	231.04	1848.3	17.31	138.5	107.6	121.1	160.3
31.03.2010 14:41	227.64	1821.2	17.68	141.4	107.4	122.9	153.6
31.03.2010 16:38	233.03	1864.2	17.51	140.1	120.8	128.2	133.2
31.03.2010 18:37	28.23	225.8	17.08	136.6	106.3	206.8	968.1
31.03.2010 20:35	128.31	1026.5	19.09	152.7	110.8	147.0	247.5
31.03.2010 22:34	95.56	764.5	12.12	97.0	108.3	129.9	191.9
Průměr	160.7	1285.6	16,6	132.8	109.5	135.9	244.7

Tabulka 5 - Naměřené hodnoty

6.1.1.2. Výsledky testování nástrojem Ping

První ping byl spuštěn 30. března 2010 po 24 hodině, doba trvání každého testu je cca jednu hodinu. Z 3600 odeslaných paketů se 3600 vrátilo. Minimální doba přijetí odezvy byla 128 ms, maximální 3559 ms a průměr 872 ms.

Druhý ping spuštěn v 8 hodin 31. března 2010, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů a navraceno 3599, Ztracen byl jeden paket. Minimální doba odezvy byla 128 ms a maximální 2888 ms. Průměrná doba odezvy 893 ms.

Třetí ping spuštěn ve 14 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů, vráceno 3596, ztracené 4 pakety. Minimální doba odezvy 139 ms, maximální doba odezvy 3910 ms. Průměr byl 881 ms.

6.1.2. Měření O2, CMDA 2000 Rev.0

6.1.2.1. Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz

Tabulka naměřených hodnot měřeno Standard W-CDMA se také často označuje jako UMTS - zatímco W-CDMA je technický název naznačující, že jde o širokopásmové CDMA v areálu ČZU v Praze

Datum a čas	Down kB/s	Down kbit/s	Up kB/s	Up kbit/s	Odezva min(ms)	Odezva avg(ms)	Odezva max(ms)
01.04.2010 00:27	64.83	518.6	15.28	122.3	214.9	264.0	377.1
01.04.2010 02:25	81.34	650.7	15.49	123.9	213.4	256.4	400.5
01.04.2010 04:12	70.09	560.8	9.57	76.5	213.2	282.6	424.4
01.04.2010 06:03	70.18	561.5	10.70	85.6	161.5	277.0	451.0
01.04.2010 08:57	118.43	947.4	16.97	135.8	211.9	259.4	317.6
01.04.2010 10:24	53.02	424.2	13.05	104.4	213.3	241.5	306.7
01.04.2010 12:19	49.28	394.3	16.12	129.0	215.8	272.1	427.2
01.04.2010 14:13	56.70	453.6	15.15	121.2	242.3	304.1	426.4
01.04.2010 16:53	34.28	274.2	12.00	96.0	208.8	271.9	450.8
01.04.2010 18:43	51.00	408.0	11.09	88.7	214.9	295.7	451.3
01.04.2010 20:39	54.42	435.4	14.48	115.8	372.8	809.1	1119.9
01.04.2010 22:37	81.34	650.7	10.74	85.9	266.3	339.2	452.8
Průměr	65.4	523.3	14.9	107.1	229.1	322.8	407.8

Tabulka 6

6.1.2.2. Výsledky testování nástrojem ping

První ping byl spuštěn 1. dubna 2010 v osm hodin ráno, doba trvání každého testu je cca jednu hodinu. Z 3600 odeslaných paketů se 3595 vrátilo. Minimální doba přijetí odezvy byla 140 ms, maximální 1324 ms a průměr 360 ms.

Druhý ping spuštěn ve 12 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů a navráčeno 3598, Ztraceny byly dva pakety. Minimální doba odezvy byla 187 ms a maximální 1124 ms. Průměrná doba odezvy 371 ms.

Třetí ping spuštěn ve 20 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů, vráceno 3599, ztracen 1 pakety. Minimální doba odezvy 200 ms, maximální doba odezvy 1071 ms. Průměr byl 358 ms.

6.2. Vodafone

6.2.1. UMTS

6.2.1.1. Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz

Tabulka naměřených hodnot pro UMTS, měřeno v areálu ČZU v Praze

Datum a čas	Down kB/s	Down kbit/s	Up kB/s	Up kbit/s	Odezva min(ms)	Odezva avg(ms)	Odezva max(ms)
06.04.2010 00:26	97.57	780.6	22.17	177.3	100.4	175.1	497.8
06.04.2010 02:21	126.54	1012.3	21.76	174.1	99.4	115.8	135.4
06.04.2010 04:17	81.64	653.2	22.17	177.4	101.2	114.9	123.0
06.04.2010 06:13	117.27	938.2	22.37	178.9	102.0	124.9	221.6
06.04.2010 08:55	92.77	742.1	22.33	178.6	99.1	113.8	191.4
06.04.2010 10:52	85.24	681.9	22.29	178.3	100.0	109.0	127.9
06.04.2010 12:50	30.77	246.2	21.85	174.8	111.2	118.1	123.0
06.04.2010 14:43	133.26	1066.1	22.44	179.5	110.6	118.1	122.3
06.04.2010 16:26	134.63	1077.0	22.44	179.6	99.2	106.3	119.6
06.04.2010 18:24	121.83	974.6	22.24	178.0	99.6	112.9	123.1
06.04.2010 20:17	134.03	1072.2	14.16	113.3	102.0	254.0	1474.5
06.04.2010 22:13	133.20	1065.6	13.34	106.7	106.3	112.4	119.8
Průměr	107.4	859.2	20.8	166.4	102.6	131.3	281.6

Tabulka 7

6.2.1.2. Výsledek testování nástrojem ping

První ping byl spuštěn 6. dubna 2010 v osm hodin ráno, doba trvání každého testu je cca jednu hodinu. Z 3600 odeslaných paketů se 3599 vrátilo. Minimální doba přijetí odezvy byla 100 ms, maximální 1736 ms a průměr 156 ms.

Druhý ping spuštěn ve 12 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů a navraceno 3600. Minimální doba odezvy byla 240 ms a maximální 1808 ms. Průměrná doba odezvy 144 ms.

Třetí ping spuštěn ve 20 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů, vráceno 3599, ztracen 1 pakety. Minimální doba odezvy 189 ms, maximální doba odezvy 1554 ms. Průměr byl 194 ms.

6.2.2. *EDGE*

6.2.2.1. *Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz*

Měřeno ulice Zdiměřická, Praha - Opatov

Datum a čas	Down kB/s	Down kbit/s	Up kB/s	Up kbit/s	Odezva min(ms)	Odezva avg(ms)	Odezva max(ms)
07.04.2010 00:42	11.20	89.6	10.30	82.4	290.5	390.7	709.2
07.04.2010 02:31	12.02	96.2	11.14	89.2	420.6	442.3	520.7
07.04.2010 04:14	10.92	87.4	10.62	84.9	300.7	520.6	1687.4
07.04.2010 06:58	10.68	85.4	9.30	74.4	459.9	445.2	2752.5
07.04.2010 08:39	8.45	67.8	10.52	84.2	321.7	674.1	2987.1
07.04.2010 10:39	9.91	79.3	9.05	72.4	520.2	410.9	840.4
07.04.2010 12:34	11.65	93.2	9.75	78	398.1	615.1	2432.7
07.04.2010 14:41	13.25	106	8.98	71.8	387.5	321.8	1632.5
07.04.2010 16:28	11.71	93.7	9.48	75.8	289.7	1555	1147.8
07.04.2010 18:35	9.84	78.7	11.02	88.2	232.9	469.8	698.4
07.04.2010 20:37	12.81	102.5	7.55	60.4	441.3	565.1	1358.4
07.04.2010 22:20	12.71	101.7	9.98	79.8	299.0	349.8	809.4
Průměr	11.26	90.13	9.81	78.46	363.5	577.2	1274.2

Tabulka 8

6.2.2.2. *Výsledek testování nástrojem ping*

První ping byl spuštěn 7. dubna 2010 v osm hodin ráno, doba trvání každého testu je cca jednu hodinu. Z 3600 odeslaných paketů se 3599 vrátilo. Minimální doba přijetí odezvy byla 251 ms, maximální 2569 ms a průměr 450 ms.

Druhý ping spuštěn ve 12 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů a navráčeno 3598, Ztraceny byly dva pakety. Minimální doba odezvy byla 321 ms a maximální 2802 ms. Průměrná doba odezvy 359 ms.

Třetí ping spuštěn ve 20 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů, vráceno 3599, ztracen 1 pakety. Minimální doba odezvy 350 ms, maximální doba odezvy 2108 ms. Průměr byl 320 ms.

6.3. T-Mobile

6.3.1. UMTS

6.3.1.1. Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz

Tabulka naměřených hodnot pro UMTS, měřeno na letišti Ruzyně

Datum a čas	Down kB/s	Down kbit/s	Up kB/s	Up kbit/s	Odezva min(ms)	Odezva avg(ms)	Odezva max(ms)
13.04.2010 00:27	64.83	518.6	15.28	122.3	214.9	264.0	377.1
13.04.2010 02:25	81.34	650.7	15.49	123.9	213.4	256.4	400.5
13.04.2010 04:12	70.09	560.8	9.57	76.5	213.2	282.6	424.4
13.04.2010 06:03	70.18	561.5	10.70	85.6	161.5	277.0	451.0
13.04.2010 08:57	118.43	947.4	16.97	135.8	211.9	259.4	317.6
13.04.2010 10:24	53.02	424.2	13.05	104.4	213.3	241.5	306.7
13.04.2010 12:19	49.28	394.3	16.12	129.0	215.8	272.1	427.2
13.04.2010 14:13	56.70	453.6	15.15	121.2	242.3	304.1	426.4
13.04.2010 16:53	34.28	274.2	12.00	96.0	208.8	271.9	450.8
13.04.2010 18:43	51.00	408.0	11.09	88.7	214.9	295.7	451.3
13.04.2010 20:39	54.42	435.4	14.48	115.8	372.8	809.1	1,119.9
13.04.2010 22:37	81.34	650.7	10.74	85.9	266.3	339.2	452.8
Průměr	65.41	523.3	13.39	107.1	229.1	322.8	407.8

Tabulka 9

6.3.1.2. Výsledek testování nástrojem ping

První ping byl spuštěn 13. dubna 2010 v osm hodin ráno. Z 3600 odeslaných paketů se 3599 vrátilo. Minimální doba přijetí odezvy byla 95 ms, maximální 1850 ms a průměr 156 ms.

Druhý ping spuštěn ve 12 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů a navraceno 3600. Minimální doba odezvy byla 240 ms a maximální 1808 ms. Průměrná doba odezvy 144 ms.

Třetí ping spuštěn ve 20 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů, vráceno 3599, ztracen 1 pakety. Minimální doba odezvy 189 ms, maximální doba odezvy 1554 ms. Průměr byl 194 ms.

6.3.2. EDGE

6.3.2.1. Hodnoty naměřené ze stránek www.rychlost.cz

Datum a čas	Down kB/s	Down kbit/s	Up kB/s	Up kbit/s	Odezva min(ms)	Odezva avg(ms)	Odezva max(ms)
14.04.2010 00:42	10.86	86.9	9.28	74.2	268.2	348.7	601.9
14.04.2010 02:31	13.02	104.1	11.04	88.3	403.6	403.6	403.6
14.04.2010 04:14	12.92	103.3	9.71	77.6	319.0	500.6	1583.9
14.04.2010 06:58	11,97	95.8	9.28	74,2	400.9	405,6	2648,9
14.04.2010 08:39	6.45	51.6	12,25	89,3	259.9	631.1	2398.0
14.04.2010 10:39	8.91	71.3	8,59	75,2	400,2	400,9.	750,9
14.04.2010 12:34	12,5	100.0	9,65	77,2	325,1	604,9	2510,5
14.04.2010 14:41	12,3	98,7	8,96	71,6	403,6	355,8	1532,3
14.04.2010 16:28	10,9	87,5	9,47	75,8	254,8	364,8	1087,9
14.04.2010 18:35	9,5	75,9	12,01	96,1	254,9	469,8	659,6
14.04.2010 20:37	13,9	110,9	7,05	56,4	405,2	509,1	1231,8
14.04.2010 22:20	11,9	95,7	10,11	80,9	275,9	389,7	796,8
Průměr	11.3	90.14	9,78	78.1	330.9	453.1	1329.3

Tabulka 10

6.3.2.2. Výsledek testování nástrojem ping

První ping byl spuštěn 14. dubna 2010 v osm hodin ráno, doba trvání každého testu je cca jednu hodinu. Z 3600 odeslaných paketů se 3598 vrátilo. Minimální doba přijetí odezvy byla 273 ms, maximální 3941 ms a průměr 436 ms.

Druhý ping spuštěn ve 12 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů a navráčeno 3596, Ztraceny byly čtyři pakety. Minimální doba odezvy byla 289 ms a maximální 35400 ms. Průměrná doba odezvy 460 ms.

Třetí ping spuštěn ve 20 hodin téhož dne, s výsledkem: Odesláno 3600 paketů, vráceno 3599, ztracen 1 pakety. Minimální doba odezvy 209 ms, maximální doba odezvy 2654 ms. Průměr byl 400 ms.

7. Zpracování a vyhodnocení naměřených hodnot

7.1. Popis výsledku měření, z kapitoly Měření.

Na základě získaných dat uvedených v předchozí kapitole je možné provést vyhodnocení dle jednotlivých technologií – nabízených služeb. V níže uvedených tabulkách (číslo 11, 12 a 13) jsou uvedeny průměrné výsledky sledovaných hodnot.

V každé tabulce jsou operátoři uvedeni od „nejlepšího“ – ten, který nabízí nejrychlejší průměrný čas downloadu a uploadu a zároveň nejkratší čas odezvy. V tabulce číslo 12 je možné porovnat všechny tři operátory nabízející své služby přes UMTS. Dle výsledku je patrné, že nejvyšší rychlosti a nejnižší doby odezvy dosahuje operátor O2.

V dalších tabulkách nebylo možné provést porovnání u všech operátorů dohromady, protože technologii EDGE nabízí na území hlavního města Prahy pouze Vodafone a T-Mobile. Operátor O2 spoléhá na využití technologie CDMA, a proto pokrytí pro EDGE není příliš rozšířené. Samozřejmě i na území Prahy lze najít pokrytí pro EDGE od O2, ale velmi sporadicky. Dle výsledků v tabulce číslo 12 je jasné, že technologie EDGE se pro žádného ze sledovaných operátorů výrazně neliší.

Alternativa k EDGE v podobě CDMA, kterou poskytuje O2 nelze v žádném případě srovnávat s EDGE. CDMA nabízí mnohem rychlejší přenosy a patří do mladší generace mobilních technologií.

7.1.1. UMTS

Operátor	Down kB/s	Up kB/s	Prům odezva (ms)
O2	160.7	16,6	135.9
Vodafone	107.4	20.8	131.3
T-Mobile	65.41	13.39	322.8

Tabulka 11 – UMTS

7.1.2. *EDGE*

Operátor	Down kB/s	Up kB/s	Prům odezva (ms)
Vodafone	11.3	9.8	577
T-mobile	11.3	9.8	453

Tabulka 12 - EDGE

7.1.3. *CDMA (REV 0)*

Operátor	Down kB/s	Up kB/s	Prům odezva (ms)
O2	65.4	14.9	323

Tabulka 13 - CDMA (REV 0)

7.2. *Doporučení pro uživatele*

Pro uživatele, kteří řeší volbu operátora nebo technologie pro mobilní připojení, se vyplatí hledat mezi technologiemi 3G/HSPDA a CDMA. Bohužel existuje stále spousta míst, kde nejsou všechny technologie dostupné. Pro přehled pokrytí jednotlivými technologiemi jsou níže uvedeny mapy, které uveřejňují všichni operátoři (obrázek číslo 21 – 29).

Co je tedy možné používat a pro jaké požadavky:

3G/HSPDA, CDMA

Tyto technologie jsou na trhu zastoupeny u všech operátorů a nabízejí nejvyšší možné přenosové rychlosti. Je možné je používat jako alternativu stálého pevného (ADSL,...) připojení nebo jen jako občasné mobilní připojení k internetu.

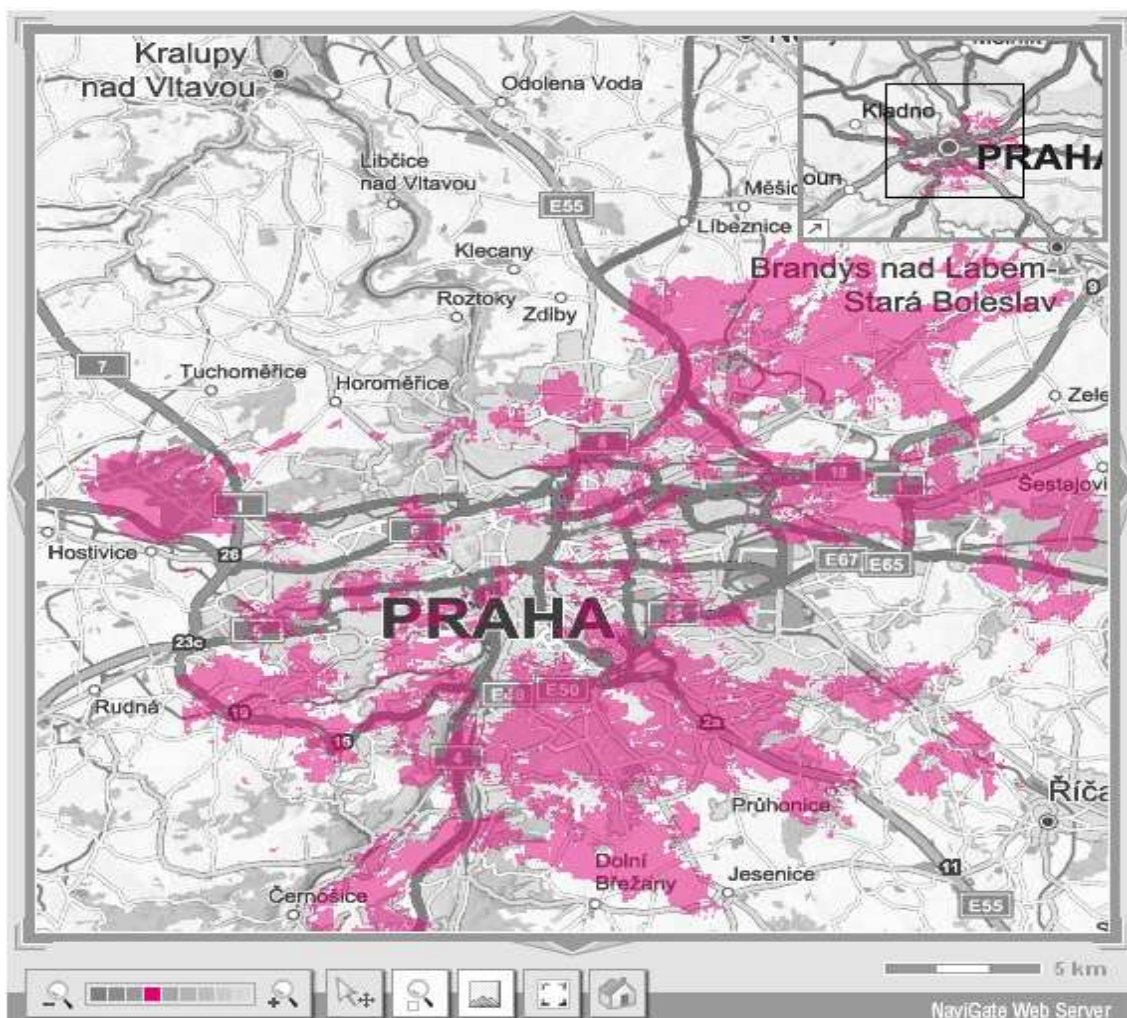
EDGE

Technologie EDGE se kvůli své nižší rychlosti hodí spíše pro datově nenáročné připojení jako je například stahování hlaviček e-mailů, instant messaging a další. Připojení není vyhovující pro přenos videa a větších souborů jakéhokoli typu.

GPRS

Je již starší technologie, která v dnešní době nevyhovuje přenosovým standardům a požadavkům na rychlost připojení. Je využívána hlavně pro mobilní připojení přes WAP (wireless application protokol)

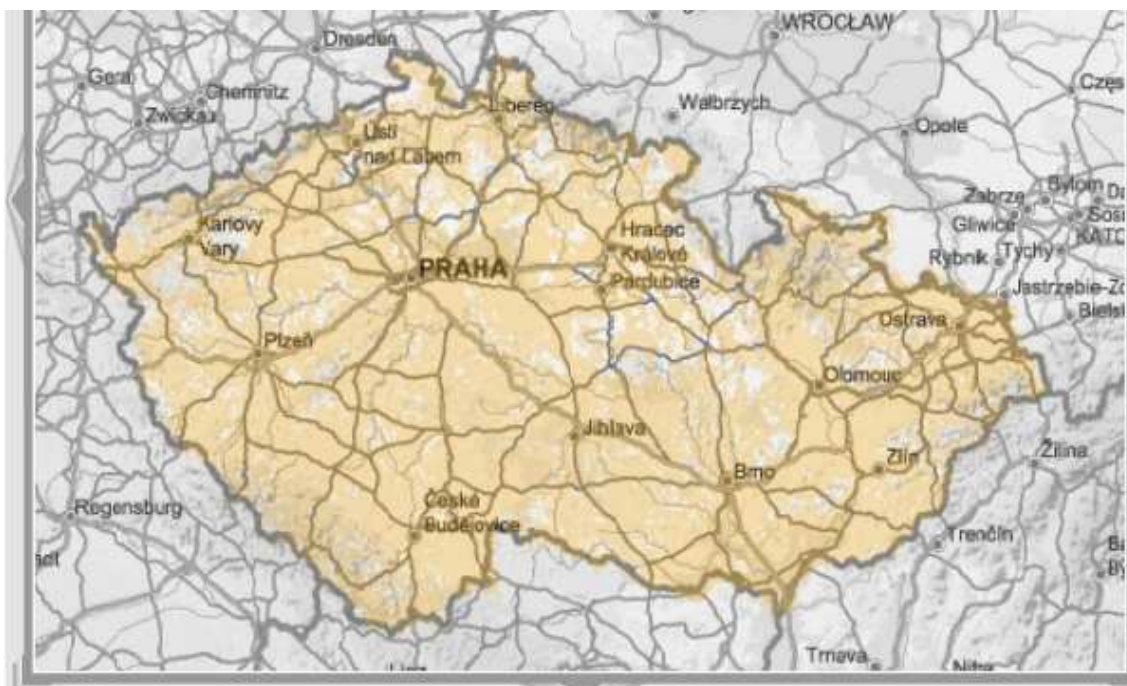
Z obrázku číslo 21 je patrné, že pokrytí signálem UMTS nejenom v Praze a okolí není příliš rozšířené a není možné se spolehnout na jeho plné využití. Kromě pokrytí na uvedené mapce nemá v rámci ČR T-Mobile nikde zavedenou infrastrukturu pro UMTS. Tento nedostatek je hlavním negativem při výběru tohoto operátora.



Obrázek 21 - T-Mobile UMTS

Zdroj: <http://www.t-mobile.cz/web/cz/residential/internet/mapa-pokryti>

Kde není možné využít pokrytí UMTS u T-Mobile, slouží jako náhrada EDGE. Ten je rozšířen po téměř celé České republice. Z výše uvedeného doporučení pro uživatele je EDGE vhodný pouze pro nenáročné připojení.



Obrázek 22 - T-Mobile EDGE

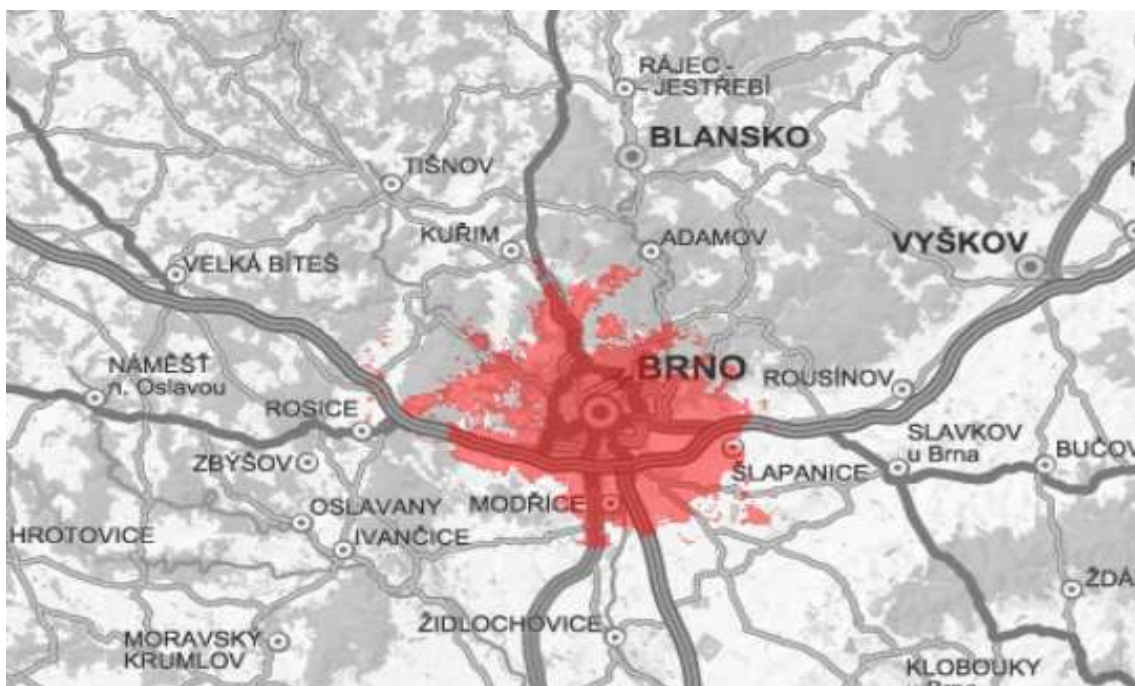
Zdroj:<http://www.t-mobile.cz/web/cz/residential/internet/mapa-pokryti>

Vodafone disponuje rozsáhlejší infrastrukturou pro pokrytí 3G sítí. V současné době jsou však stále pokryta pouze dvě největší města v České republice a to Praha a Brno.



Obrázek 23 - Vodafone 3G – Praha

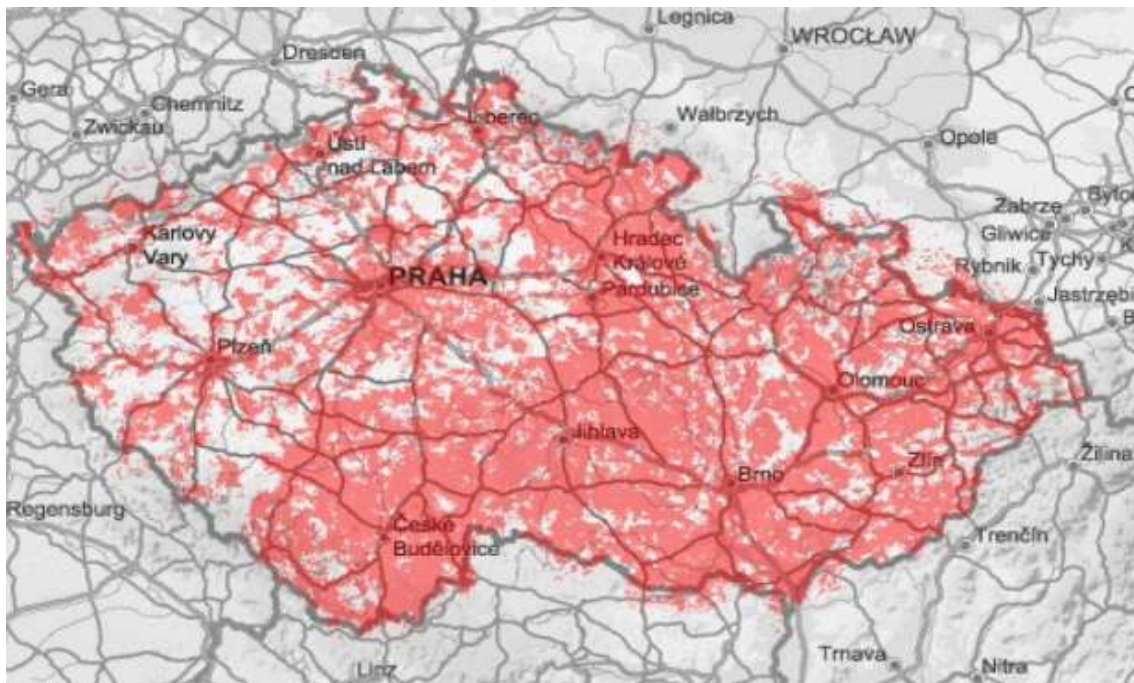
Zdroj: <http://www.vodafone.cz/live/mapa.htm>



Obrázek 24 - Vodafone 3G – Brno

Zdroj: <http://www.vodafone.cz/live/mapa.htm>

Signálem EDGE je v rámci operátora Vodafone pokryta téměř celá Česká republika včetně velkých měst. Stejně jako u T-Mobile slouží EDGE jako slabší alternativa k rozrůstajícím se 3G sítím. U tohoto operátora se používání 3G sítě vyplatí hlavně pro uživatele, který se pohybuje nejčastěji v Praze nebo v Brně.



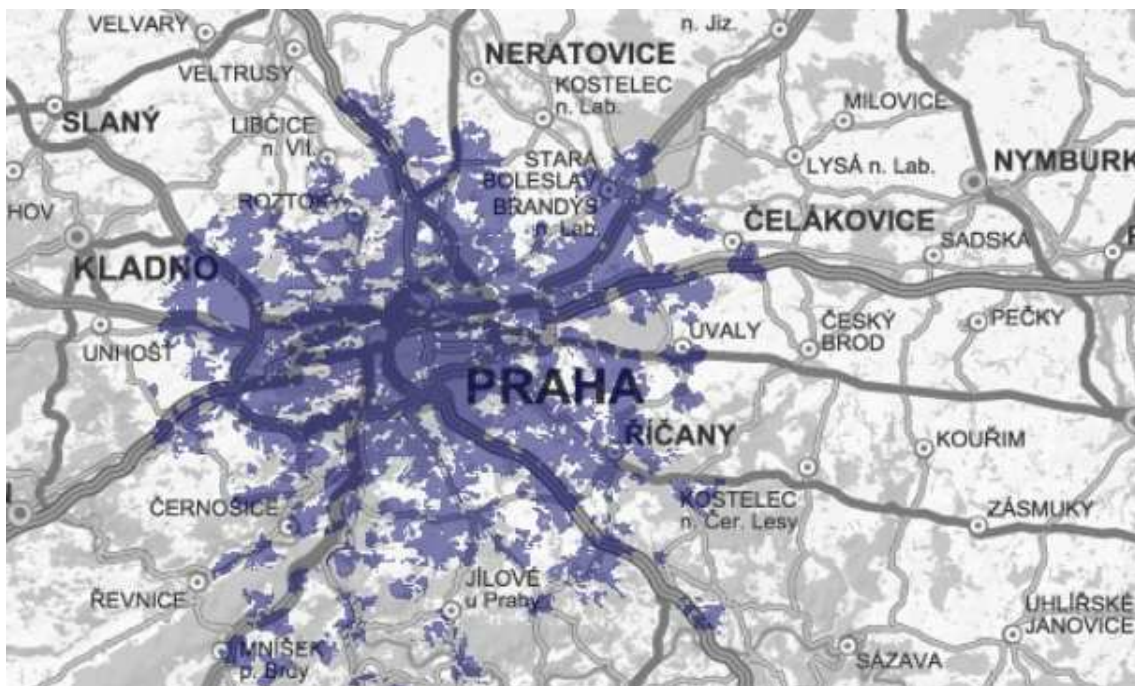
Obrázek 25 - Vodafone EDGE

Zdroj: <http://www.vodafone.cz/live/mapa.htm>

Operátor O2 nabízí jako jediný nejlepší pokrytí pro nejmodernější technologie na českém trhu. Pokrytím jsou zastřešena všechna větší města v republice nad 50.000 obyvatel.

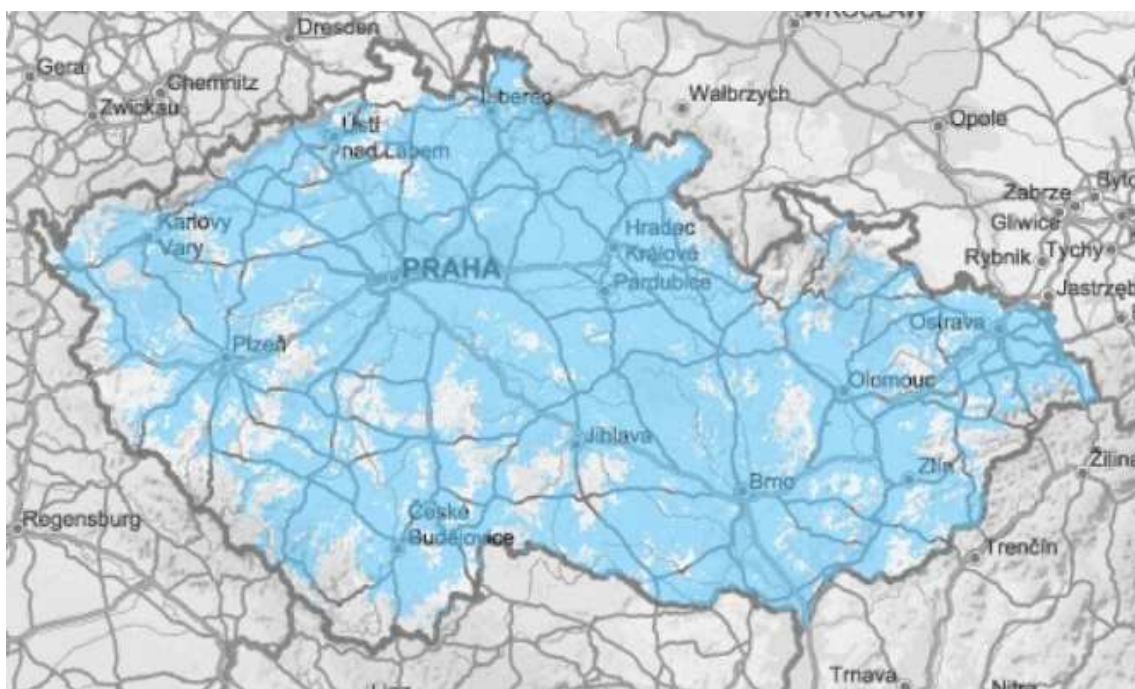
Hlavní technologií, kterou O2 uživatelům nabízí je CDMA a to jak ve verzi REV. 0, tak ve verzi REV. A. Díky vlastnostem signálu, který využívá nižší frekvenci je signálem pokryta značná část ČR. Právě kvůli dobrému pokrytí jsou připojení přes tuto síť využívána také v domácnostech jako stále připojení k internetu.

Pro uživatele bude připojení přes 3G/ HSPDA nebo CDMA dobrá alternativa k pokrytí veškerých běžných požadavků na připojení.



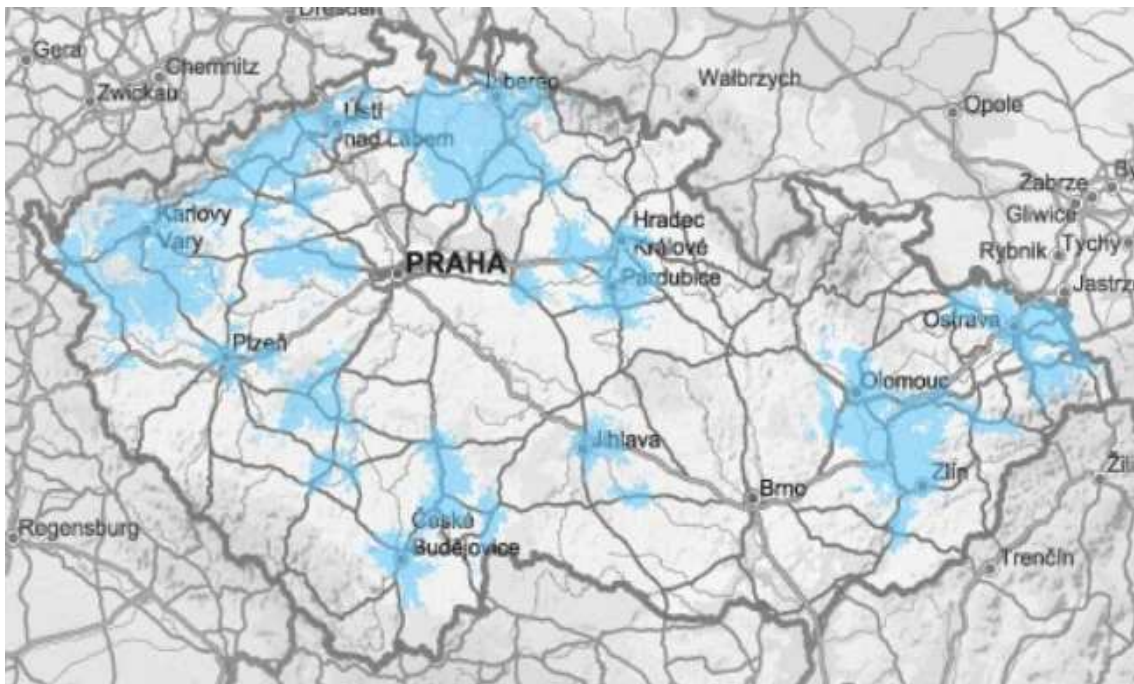
Obrázek 26 - O2 UMTS/HSDPA data

Zdroj: <http://www.cz.o2.com/osobni/podpora-a-servis/mapy-pokryti.html>



Obrázek 27 - O2 CDMA (EVDO Rev. 0)

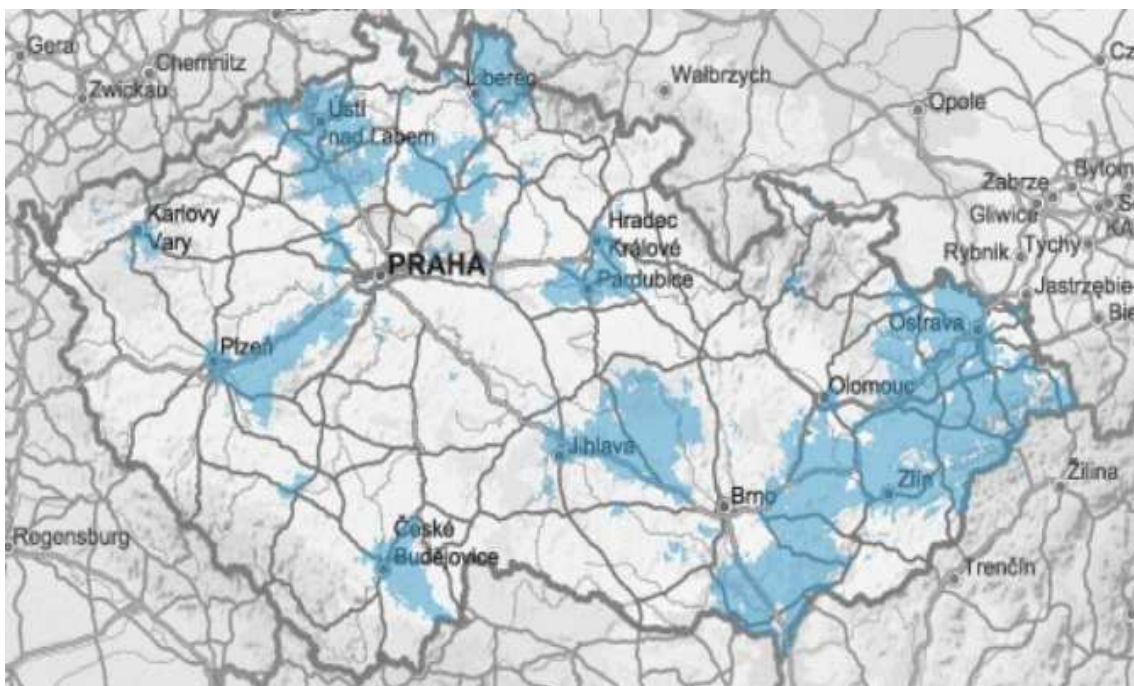
Zdroj: <http://www.cz.o2.com/osobni/podpora-a-servis/mapy-pokryti.html>



Obrázek 28 - O2 CDMA (EVDO Rev. A)

Zdroj: <http://www.cz.o2.com/osobni/podpora-a-servis/mapy-pokryti.html>

Operátor O2 disponuje nejnižším pokrytím EDGE mezi českými operátory a to z toho důvodu, že v nabídce svých mobilních technologií spoléhá a preferuje CDMA.



Obrázek 29 - O2 EDGE

Zdroj: <http://www.cz.o2.com/osobni/podpora-a-servis/mapy-pokryti.html>

8. Závěr

Tato práce byla zpracována pro vytvoření uceleného přehledu o poskytovaných službách jednotlivými českými operátory a o vlastní kvalitě služeb. Kromě tohoto přehledu bylo cílem práce zjištění všech technologických možností jednotlivých operátorů a jejich porovnání.

Porovnání proběhlo praktickým měřením a je uvedeno v praktické části práce. Tyto výsledky však není možné brát zcela exaktně. Pro zjištění přesnějšího stavu by bylo nutné provést mnohem rozsáhlejší měření probíhající v delším časovém horizontu a zahrnujícím území celé České republiky.

Na základě získaných poznatků z měření a načerpaných vědomostí při zpracování práce bylo provedeno krátké doporučení pro uživatele týkající se výběru operátora a typu mobilní technologie.

Závěrem je možné říci, že v ČR je větší možnosti ve výběru operátora mají obyvatelé velkých měst, zatím co ostatní jsou odkázáni na CDMA nebo EDGE. V poslední době zahájili operátoři výstavbu UMTS sítí ve velkých městech a rozšiřují se i do okolí. Bohužel ČR stále v mobilních technologiích zaostává v porovnání s vyspělejšími zeměmi Evropské unie.

9. Seznam literatury

- [1] Pužmanová R.: Bezpečnost bezdrátové komunikace, CPress, ISBN: 80-251-1278-0
- [2] Internetové stránky: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2010030002>
- [3] Werner F.: Encyklopedie počítačových sítí, SYBEX, 1998
- [4] Dostálek L.: Velký průvodce protokoly TCP/IP – bezpečnost CPress, ISBN: 978-80-251-2236-5
- [5] Hanus, S. 2003: Bezdrátové a mobilní komunikace, Vysoké učení technické v Brně, ISBN 80-214-1833-8
- [6] Flanagan, D.: PHP a MySQL – vytváříme webové aplikace, CPress, 2007
- [7] Raab, S., Chandra, M.: Cisco – mobilní IP technologie a aplikace, Grada, 2007
- [8] Technologie pro mobilní komunikace, Princip buňkového systému
<http://tomas.richtr.cz/mobil/bunk-princip.htm>
- [9] Datový triumvirát 4G: LTE, UMB a WiMax, Patrick Zandl [10.9.2008],
<http://www.lupa.cz/clanky/datovy-triumvirat-4g-lte-umb-a-wimax>
- [10] Podrobná historie mobilní komunikace,
<http://home.zcu.cz/~kennysha/podrobne.htm>
- [11] Architektura GSM sítě, Petr Celý, <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART65-Architektura-GSM-site.html>
- [12] Mobilní internet v ČR: srovnání technologií, Jiří Kuruc,
<http://www.mobilmania.cz/autori/mobilni-internet-v-cr-srovnani-technologie/uvod-o2/sc-44-a-1119681-ch-1040456/default.aspx>
- [13] Mobilní komunikace, Hanus,S. Ústav radioelektroniky, FEKT VUT v Brně, 2006
- [14] Informační a telekomunikační technika, Jansen, H.-Rötter,H., Europa Sobotáles, ISBN 80-86706-08-7
- [15] Internetové stránky <http://www.mobilmania.cz/clanky/gprs-pod-mikroskopem-i-cast/sc-3-a-1107243/default.aspx>
- [16] Internetové stránky FEL ČVUT v Praze,
<http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2005113001>
- [17] Internetové stránky: www.comtel.cz/files/download.php?id=3286
- [18] White Paper: EDGE. Ericsson 2003

- [19] Internetové stránky <http://www.mobilmania.cz/clanky/mobilni-internet-v-cr-srovnani-technologie/sc-3-a-1119681/default.aspx>
- [20] Internetové stránky společnosti Telefonica O2: <http://www.cz.o2.com>
- [21] Internetové stránky společnosti T-Mobile: <http://www.t-mobile.cz>
- [22] Internetové stránky společnosti Vodafone: <http://www.vodafone.cz>

10. Seznam použitých zkratek

3G	3rd generation network
ADC	American Digital Cellular
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code division multiple access
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CN	Core Network
CSD	Circuit Switched Data
DCC	Digital Control Channel
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
GSM	Group Special Mobile
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency-division multiple access
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications, Groupe Spécial Mobile)
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
ICMP	Internet Control Message Protocol
IMEI	International Mobile Equipment Identity
MSC	Mobile switching center
PCU	Packet Controller Unit
PDC	Personal Digital Cellular
PIN	Personal Identification Number
RNC	Radio Network Controller
SGSN	Serving GPRS Support Node
TDMA	Time division multiple access
TCH	Traffic Channel
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
WAP	wireless application protokol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access