

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Možnosti bezpečné komunikace zaměstnance
na zahraniční služební cestě

Simona Hulová

Bakalářská práce
2010

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav systémového inženýrství a informatiky
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Simona HULOVÁ**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Regionální a informační management**

Název tématu: **Možnosti bezpečné komunikace zaměstnance na zahraniční služební cestě**

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

- Přehled současných technologií vhodných pro připojení k internetu v zahraničí (alespoň ve státech EU)
- Ekonomická náročnost jednotlivých možností připojení v zahraničí
- Výběr vhodné technologie připojení po ekonomické a technické stránce pro obvyklé potřeby pracovníka na zahraniční pracovní cestě

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

PUŽMANOVÁ, Rita. Bezpečnost bezdrátové komunikace : jak zabezpečit Wi-Fi, Bluetooth, GPRS či 3G. 1. vyd. Brno : CP Books, 2005. 179 s. ISBN 80-251-0791-4.

PUŽMANOVÁ, Rita. Moderní komunikační sítě od A do Z : [technologie pro datovou, hlasovou a multimediální komunikaci]. 2. aktualiz. vyd. Brno : Computer Press, 2006. 430 s. ISBN 80-251-1278-0.

PUŽMANOVÁ, Rita. Širokopásmový Internet : přístupové a domácí sítě. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2004. 377 s. ISBN 80-251-0139-8.

ZANDL, Patrick. Bezdrátové sítě WiFi : praktický průvodce. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2003. 190 s. ISBN 80-7226-632-2.

Vedoucí bakalářské práce:


Ing. Martin Novák

Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **5. října 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2010**


doc. Ing. Renáta Mýšková, Ph.D.

děkanka

L.S.


doc. Ing. Jiří Křupka, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 5. října 2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 28. 4. 2010

Simona Hulová

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Martinu Novákovi za cenné připomínky a odbornou pomoc při vypracování této práce.

Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na výběr připojení k Internetu na zahraniční služební cestě. V první části je uveden přehled technologií vhodných pro připojení k Internetu v zahraničí. V další části je nastíněna ekonomická náročnost jednotlivých technologií a posouzení jejich vhodnosti pro zabezpečenou komunikaci s centrálou firmy. V poslední části je proveden výběr konkrétního vhodného připojení k Internetu pomocí metod vícekriteriálního rozhodování.

Klíčová slova

technologie připojení, Internet, rozhodování, bezpečnost

Title

Possibilities of safety communication during an employee's business trip

Annotation

This bachelor paper focuses on choosing an Internet connection for a foreign business trip. The first part provides an overview of technologies suitable for connection to the Internet abroad. The next section outlines the economic performance of individual technologies and assesses their suitability for secure communication with headquarters. The last part comprises the particular choice of a suitable connection to the Internet using multi-criteria decision making.

Keywords

technology of connection, Internet, decision, safety

Obsah

Úvod.....	8
1 Přehled technologií vhodných pro připojení k Internetu v zahraničí.....	9
1.1 Připojení přes mobilní síť.....	9
1.1.1 General Packet Radio Service.....	10
1.1.2 Enhanced Data for GSM Evolution.....	12
1.1.3 Universal Mobile Telecommunication System.....	14
1.2 Standard IEEE 802.11.....	15
2 Nabídka produktů pro připojení k Internetu v zahraničí.....	17
2.1 Nabídka produktů společnosti Telefónica O2.....	17
2.2 Nabídka produktu společnosti T-Mobile.....	18
2.3 Nabídka produktů společnosti Vodafone.....	19
2.4 Hot Spots.....	20
3 Bezpečnost jednotlivých technologií.....	22
3.1 Bezpečnost v mobilních sítích.....	22
3.1.1 Bezpečnost v GSM/GPRS.....	22
3.1.2 Bezpečnost v UMTS.....	23
3.2 Bezpečnost Hot Spots.....	24
3.3 Virtual Private Network.....	25
4 Výběr připojení k Internetu v zahraničí.....	26
4.1 Výběr kritérií pro rozhodování.....	26
4.2 Stanovení vah jednotlivých kritérií.....	28
4.3 Úprava kritériální matice.....	29
4.4 Normalizace kritériální matice.....	32
4.5 Stanovení konečného skóre variant.....	33
Závěr.....	35
Seznam zkratk.....	36
Použité zdroje.....	38
Seznam obrázků.....	41
Seznam tabulek.....	41
Přílohy.....	I
Příloha č. 1: Mapy pokrytí technologiemi GPRS, EDGE a UMTS.....	I
Orange Francie.....	I
Orange Polsko.....	II
Pokrytí Velké Británie technologií 3G - operátoři Orange, Three, O2, Vodafone.....	III

Úvod

V dnešní době, kdy firmy stále častěji posílají své zaměstnance na pracovní cesty, zejména do zahraničí, se vyskytl problém komunikace mezi centrálou podniku a pracovníkem. Komunikace pomocí přenosu hlasu prostřednictvím mobilního telefonu přestává být dostačující, mnohdy je zapotřebí i datové komunikace. Zaměstnanci odjíždějí na zahraniční pracovní cesty vybaveni notebookem, netbookem či PDA, aby měli možnost komunikovat s firmou prostřednictvím e-mailu, zasílat potřebné dokumenty, vypracované projekty apod.

Notebook, jakožto komunikační zařízení na zahraniční cestě, by byl zaměstnanci sám o sobě k ničemu, pokud by nebylo zajištěno připojení k Internetu. Firma proto musí zajistit zaměstnanci možnost připojit se k Internetu, pomocí kterého je již prováděna komunikace s centrálou. Hlavními kritérii, kterými se firma bude řídit, jsou technická a ekonomická náročnost. Je potřeba zajistit takové připojení k Internetu, aby bylo co nejméně technicky náročné, aby byl i řadový zaměstnanec schopen komunikovat bez jakýchkoliv problémů. Ekonomická náročnost připojení by měla být vždy minimální. Je samozřejmé, že čím nižší bude ekonomická náročnost, tím vyšší pravděpodobnost, že připojení nemusí být dostatečně kvalitní. Neopomenutelným kritériem je také bezpečnost komunikace. Je potřeba říci, že bezpečné připojení neexistuje, což by v případě firemní komunikace, kde se přenášejí citlivá data, mohl být problém. Naštěstí existují různé mechanismy, kterými lze bezpečnost přenosu dat zvýšit.

Cílem této práce je poskytnout přehled technologií pro připojení k Internetu ze zahraničí (technologií mobilních sítí a Hot Spots) z hlediska jejich technické a ekonomické náročnosti, zejména nákladů na pořízení a provoz, s ohledem na bezpečnost celé komunikace. V neposlední řadě je pomocí metod vícekritériálního rozhodování vybráno připojení k Internetu prostřednictvím tuzemských mobilních operátorů, které by mělo být pro zaměstnance na zahraniční služební cestě nejlepší.

1 Přehled technologií vhodných pro připojení k Internetu v zahraničí

Mezi vhodné technologie pro připojení k Internetu v zahraničí patří především připojení přes sítě mobilních operátorů. Zde se jedná o technologie GPRS, EDGE a UMTS. Další možností komunikace je využití standardu IEEE 802.11. Tento standard při cestách v zahraničí zaměstnanec využije nejčastěji ve formě Hot Spotů.

1.1 Připojení přes mobilní síť

Bezdrátový přístup k Internetu a k podnikovým sítím prostřednictvím různých mobilních sítí (typicky GPRS, EDGE) je dnes zcela běžnou záležitostí.

Mobilní síť prošly za posledních několik let bouřlivým vývojem a jedním ze základních trendů je přechod od sítí s přepojováním okruhů k paketovým mobilním sítím, které nabízejí vyšší přenosovou kapacitu jak pro hlasové, tak datové i multimediální služby [2]. Zatímco technologie druhé generace (2G) jsou ještě založené na přepínání okruhů, modernější technologie jsou postavené na přepínání paketů, takže podporují také přenos dat. Mezi druhou a třetí generací se objevila ještě generace přechodová (2,5G), která vzniká v roce 2001. Ta umožňuje již hlasovou a textovou komunikaci i přístup k Internetu. Technologiemi 2,5G jsou zejména GPRS a EDGE. Třetí generace (3G) mobilních sítí již podporuje širokopásmové služby. 3G není jediná technologie, ale celá řada různých rádiových technologií. UMTS je součástí IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000), sady přijatých doporučení specifikujících technologie pro síť třetí generace [1].

Jednotlivé, výše uvedené technologie použité v digitálních mobilních sítích umožňují různou teoretickou a skutečnou rychlost dat, viz Tabulka 1.

Tabulka 1 - Rychlosti mobilního bezdrátového přístupu [1]

Generace	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
2 ¾ G	EDGE	384 kbit/s	80-100 kbit/s
3G	UMTS	2 Mbit/s	200 kbit/s

1.1.1 General Packet Radio Service

General Packet Radio Service (GPRS) je paketová služba a jako nadstavba GSM (Global System for Mobile Communications) umožňuje uživateli používat najednou až 8 GSM kanálů, s výslednou kapacitou do 115 kbit/s. Rychlosti se liší podle použitého schématu kódování (Coding Scheme, viz Tabulka 2). Technologie GPRS nezvyšuje celkovou kapacitu sítě, ale využívá ji efektivněji než GSM. Volba kódovacího schématu se provádí automaticky, bez intervence uživatele. Tato volba závisí na vzdálenosti od základnové stanice a kvalitě signálu. V malé vzdálenosti od základnové stanice s výbornou úrovní signálu se bude automaticky volit nejrychlejší kódovací schéma CS-4. Naopak v místě s nízkou úrovní signálu síť automaticky zvolí nejpomalejší CS-1. Všechny sítě povinně podporují CS-1 a CS-4, ale nemusí povinně podporovat CS-2 a CS-3, takže záleží pouze na provozovateli, zda provede aktualizaci svého softwaru v příslušných částech sítě na jejich podporu [3].

Tabulka 2 - Kódovací schémata a přenosové rychlosti [3, 14]

Kódovací schéma	Max. přenosová rychlost na timeslot (kbit/s)	Max. rychlost downloadu (kbit/s)	Max. rychlost uploadu (kbit/s)
CS-1	9,05	38,4	19,2
CS-2	13,4	53,6	26,8
CS-3	15,6	62,4	31,2
CS-4	21,4	85,6	42,8

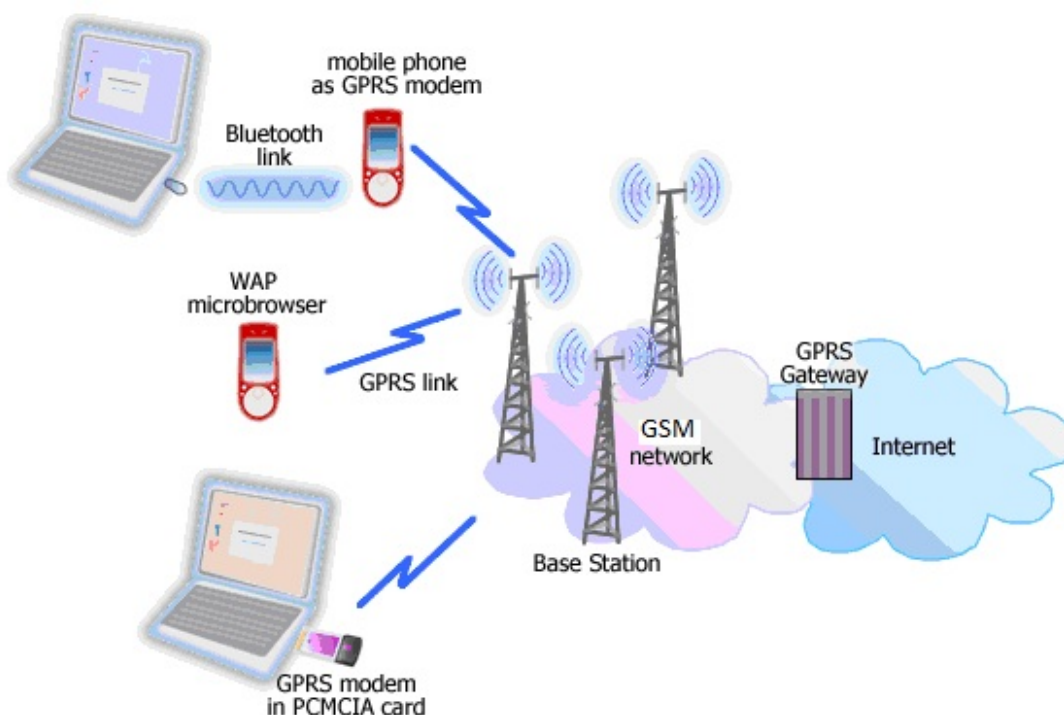
Zatímco kódovací schéma omezuje maximální rychlost na jeden timeslot, třída GPRS (GPRS multislot class) určuje, kolik timeslotů může jedna mobilní stanice najednou využívat. Každá stanice přitom podporuje právě jednu třídu. U současných mobilních telefonů je to nejčastěji třída 8, 10, ve výjimečnějších případech 12. Mobilní síť obvykle podporuje maximální počet timeslotů pro upload a 1-2 timesloty pro download. Rychlost přenosu u technologie GPRS není konstantní, ale mění se skokově v závislosti na tom, kolik se používá momentálně timeslotů [3].

V GSM sítích patří priorita hlasovému provozu, takže pokud je všech 8 timeslotů obsazeno telefonními hovory, musí uživatel GPRS čekat, až se nějaký úsek uvolní. Stejně jako při ztrátě signálu se může přenos dat dočasně přerušit, ale spojení zůstává aktivní a je obnoveno ihned po zlepšení funkčních podmínek. Někteří provozovatelé mobilních sítí mohou vyhradit určité časové úseky právě jen pro GPRS, takže jsou vždy k dispozici pro datový přenos a nelze je využít pro volání. Mobilní stanice funguje v režimu jedné

z GPRS tříd, které určují, jak se mobilní zařízení zachová v případě, kdy je navázáno GPRS spojení (je používán datový přenos) a zároveň je využíván hlasový přenos [14]:

- Mobilní stanice třídy A – umožňuje v jednom okamžiku současné využívání datového i hlasového přenosu,
- mobilní stanice třídy B – umožňuje v jednom okamžiku využívání pouze jednoho typu přenosu - buď datový, nebo hlasový přenos,
- mobilní stanice třídy C – umožňuje pouze datový přenos, patří sem zařízení pro GPRS přenos.

Prostřednictvím technologie GPRS lze komunikovat pomocí různých zařízení (viz Obrázek 1). Jednou z alternativ je komunikace pouze pomocí mobilního telefonu, který má zabudovaný tzv. WAP, což je zjednodušená verze webových stránek pro mobilní telefony. Další možností je vložení GPRS modemu zabudovaného v PCMCIA kartě nebo Express kartě do notebooku, či propojení mobilního telefonu s notebookem prostřednictvím technologie Bluetooth. V dnešní době již provozovatelé jednotlivých mobilních sítí poskytují komfortnější řešení, které spočívá ve vložení modemu (do kterého je zabudován slot na SIM kartu operátora) do konektoru USB.



Obrázek 1 - Možnosti komunikace prostřednictvím GPRS [15]

1.1.2 Enhanced Data for GSM Evolution

EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution) je dalším stupněm modernizace sítí GSM/GPRS. Ačkoliv se jedná o technologii GSM, má již mnoho společného s charakterem sítí třetí generace (3G). Technologie EDGE používá vylepšenou modulaci s výsledkem až trojnásobné datové rychlosti v ideálních podmínkách příjmu. Jinak má stejná omezení jako GPRS, tzn., že reálná rychlost se liší ve vzdálenosti od základnové stanice a jejího vytížení a čím lepší je příjem, tím lepší se použije kódovací schéma. Porovnání technologií GPRS a EDGE - viz Tabulka 3 [3].

Z pohledu operátora přináší EDGE zajímavou možnost, jak na jedné straně zvýšit rychlost připojení jeho zákazníků, a na straně druhé zároveň zvýšit kapacitu vlastní sítě – tam, kde by se „vešel“ jeden uživatel využívající technologii GPRS se s využitím technologie EDGE vejdu tři. Přitom se nijak nezvyšují finanční nároky, většina vybavení zůstává stejná, používá se stejná frekvence.

Z pohledu uživatele je to ještě o něco zajímavější. Jediné co potřebuje je mobilní telefon s podporou EDGE. Kdykoliv bude uživatel používat datové připojení, telefon sám najde nejrychlejší možnost (tzn. nejvyšší možné kódovací schéma EDGE) a když to není dostupné, potom použije technologii GPRS. [14]

Tabulka 3 - Porovnání technologií GPRS a EDGE [1]

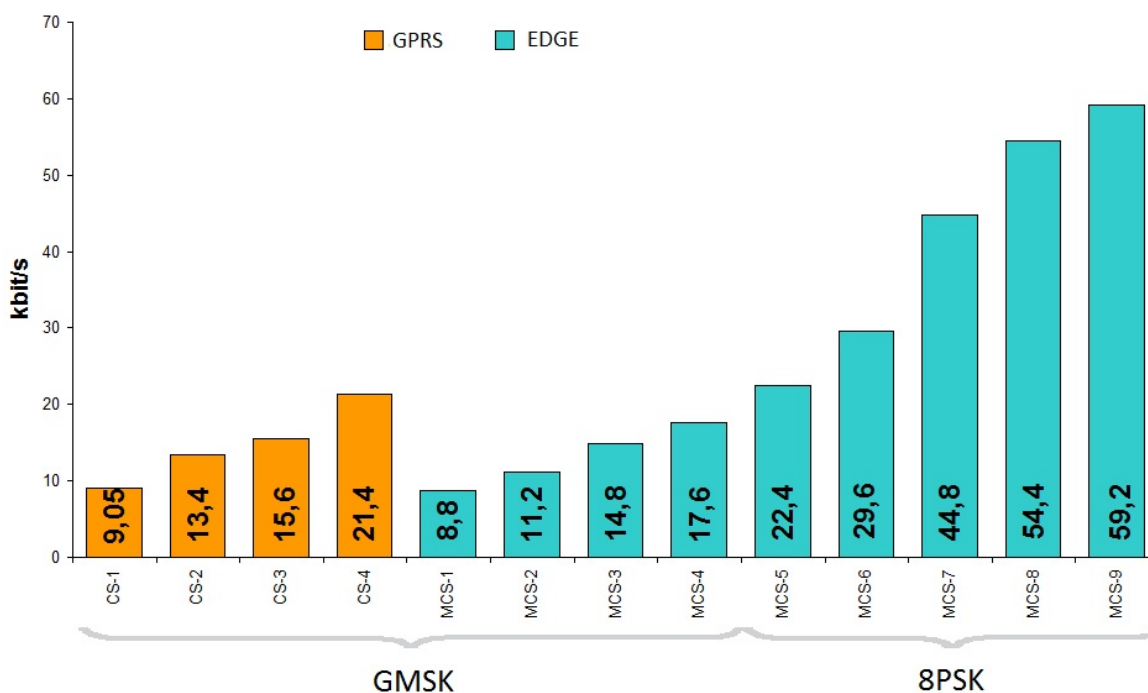
	GPRS	EDGE
Modulace	GMSK	8-PSK/GMSK
Modulační rychlost	270 kbit/s	810 kbit/s
Uživatelská rychlost (8 timeslotů)	160 kbit/s	473,6 kbit/s

Změnou modulace signálu se ve stávajících mobilních sítích dosáhne vyšší rychlosti. Radiový signál se upraví tak, aby bylo dosaženo jeho co nejefektivnějšího šíření (tzn.: odesílaná informace se musí v mobilní síti dostat co nejdále a na konci mít pokud možno stejnou kvalitu, jako když odešla z vysílače). Tvůrci technologie EDGE se rozhodli nahradit stávající GMSK modulaci modulací PSK (Phase Shift Keying – klíčování změnou fáze). Při použití této modulace se kóduje vždy několik bitů najednou do změny fáze signálu. Spektrum je využito efektivněji a signál je náročnější na zkreslení a šum. Lepší modulace lze využít pouze tehdy, když je vysílaný signál kvalitní - blízko vysílače. Pokud bude vysílač ve větší vzdálenosti a signál nebude mít požadovanou kvalitu, změní se modulace na jinou, při které již nebude možno dosáhnout nejvyšších rychlostí.

U technologie EDGE bylo nadefinováno devět kódovacích schémat MCS-1 až MCS-9. Zatímco první čtyři se příliš neliší od schémat použitých u technologie GPRS, u dalších schémat rychlosti rostou, viz Tabulka 4 a Obrázek 2. [16]

Tabulka 4 - Kódovací schémata pro technologii EDGE [17]

Kódovací schéma	Rychlost (kbit/s)	Modulace
MCS-1	8,8	GMSK
MCS-2	11,2	GMSK
MCS-3	14,8	GMSK
MCS-4	17,6	GMSK
MCS-5	22,4	8-PSK
MCS-6	29,6	8-PSK
MCS-7	44,8	8-PSK
MCS-8	54,4	8-PSK
MCS-9	59,2	8-PSK



Obrázek 2 - Porovnání GPRS a EDGE, zdroj:[autor, upraveno na základě 16]

1.1.3 Universal Mobile Telecommunication System

Možnosti dalšího zvyšování přenosových rychlostí se nasazením technologie EDGE v 2. generaci mobilních sítí prakticky vyčerpaly. Naději pro další výraznější zrychlení slibovaly až technologie určené pro sítě třetí generace. S nástupem této třetí generace mobilních sítí (3G) přichází již podpora širokopásmových služeb rychlostí do 2 Mbit/s pro nepohyblivé koncové zařízení, 384 kbit/s při chůzi a pomalejší jízdě a 144 kbit/s při jízdě v automobilu. Jenže první verze standardů UMTS, vydaná v roce 1999 poskytla podstatně nižší rychlost, která se pohybovala jen okolo 384 kbit/s pro nepohybující se zařízení. Vyšší rychlosti se do technologie UMTS dostávají až postupně, a to formou dodatečných vylepšení. Těmi jsou především dvě samostatné technologie, označované jako HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) a HSUPA (High Speed Uplink Packet Access). První z nich je součástí verze UMTS z roku 2002 a slouží k potřebám zrychlení tzv. downloadu (směr ze sítě k uživateli). Existuje několik variant (kategorií) HSDPA, viz Tabulka 5 [17].

Tabulka 5 - Kategorie a rychlosti HSDPA [17]

Kategorie HSDPA	Maximální rychlost downloadu (Mbit/s)
Kategorie 1-2	1,2
Kategorie 3-4	1,8
Kategorie 5-6	3,6
Kategorie 7-8	7,2
Kategorie 9	10,2
Kategorie 10	14,4

Jak již bylo naznačeno, třetí generace (3G) neobsahuje pouze jednu technologii, ale celou škálu různých rádiových technologií. Sítě UMTS oproti běžným mobilním sítím GSM nabízí zejména rychlejší datové přenosy a možnost videohovorů. V rámci infrastruktury znamená UMTS podstatný zásah, jelikož všechny prvky rádiové sítě jsou oproti GSM nové. Řadič základnové stanice (BSC – Base Station Controller) nahradil řadič rádiové stanice (RNC – Radio Network Controller) [3].

Telefónica O2 Czech Republic, a. s. (dále jen Telefónica O2) a Vodafone Czech Republic a. s. (dále jen Vodafone) podporují běžně používanou a nejvíce rozšířenou verzi UMTS-FDD (UMTS Frequency Division Duplexing), zatímco T-Mobile Czech Republic a. s. (dále jen T-Mobile) vsadil na méně známou verzi UMTS-TDD (UMTS Time Division Duplexing) [18]. FDD pracuje na bázi kmitočtového duplexu, což znamená, že pro download a upload se používají různé kmitočty, zatímco TDD funguje na bázi časového duplexu – pro download i upload se používá stejný kmitočet [1]. V případě varianty FDD je pro každý směr využívána jiná sada frekvencí. Hlavní výhodou je v tom, že přenosová kapacita je v obou směrech stejná, což je důležité a potřebné pro hlasové služby, zatímco pro datové přenosy nikoli. Tomuto požadavku vychází lépe vstříc princip TDD, který používá jen jednu sadu frekvencí, kterou si sám rozděluje mezi oba směry přenosu. [17] Sítě UMTS-FDD jsou rozšířené po celém světě a je v nich možné používat standardní telefony, uskutečňovat videohovory a datové přenosy. Sítě UMTS-TDD jsou určeny výhradně pro datové přenosy, a proto v nich není možné pořádat videohovory, ani běžně telefonovat, zato umožňují rychlejší stahování dat [18].

1.2 Standard IEEE 802.11

Bezdrátové sítě a standard IEEE 802.11 jsou pojmy, o kterých je v poslední době slyšet stále častěji. Počáteční nedůvěra k bezdrátovému přenosu zmizela a tato technologie si našla své stále místo na trhu. IEEE 802.11 je standard pro lokální bezdrátové sítě (WLAN – Wireless Local Area Network) [19]. Název IEEE 802.11x je používán pro množinu doplňků k tomuto standardu. Standard vznikl v roce 1997 a definoval bezdrátovou síť v pásmu 2,4 GHz. Protože ale postupem času vznikly další nároky na vývoj tohoto standardu, utvářely se v rámci této pracovní skupiny další podskupiny věnované rozšířením a změnám v tomto standardu. Tyto skupiny se označují písmeny, která se přidávají za číslo standardu.

Často dochází k záměně zkratk 802.11b/g a WiFi. Termín 802.11b/g je označením standardizačního institutu IEEE – jedná se o standard definující bezdrátové sítě v nelicencovaném pásmu 2,4 GHz. Písmenko B na konci označuje standard pro maximální přenosovou rychlost až 11 Mbit/s, zatímco novější standard G označuje maximální přenosovou rychlost až 54 Mbit/s. Na konci mohou být i další písmenka, viz Tabulka 6. Zkratka WiFi (Wireless Fidelity) je pouze označením a logem udělovaným výrobcům pracujícím podle standardu 802.11 a které jsou mezi sebou vzájemně propojitelné. Značka WiFi není výlučné označení, o toto logo si musí výrobce požádat. [20]

Tabulka 6 - Přehled standardů IEEE 802.11 [20, 21]

Standard	Rok vydání	Pásmo (GHz)	Rychlost (Mbit/s)
Původní IEEE 802.11	1997	2,4	2
IEEE 802.11a	1999	5	54
IEEE 802.11b	1999	2,4	11
IEEE 802.11g	2003	2,4	54
IEEE 802.11n	2009	2,4 nebo 5	600

Pro další potřeby práce je potřeba pouze znalost standardu IEEE 802.11b a standardu IEEE 802.11g, které se využívají typicky ve veřejných WLAN (Hot Spots). Evropské frekvenční pásmo se pohybuje v rozmezí 2,4000 - 2,4835 GHz. Počet využívaných kanálů v nelicencovaném pásmu 2,4 GHz se liší podle území (viz Tabulka 7).

Tabulka 7 - Počet využívaných kanálů v pásmu 2,4 GHz [22]

Region	Frekvenční pásmo (v GHz)	Počet využívaných kanálů
Evropa	2,4000 – 2,4835	13
USA	2,4000 – 2,4835	11
Japonsko	2,4710 – 2,4970	14

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že výrobky zakoupené např. v USA mohou být v České republice používány bez omezení, protože ČTÚ (Český telekomunikační úřad) povoluje plné frekvenční spektrum.

Situace ve frekvenčním pásmu 5 GHz, které se využívá pro standard IEEE 802.11a je odlišná, viz Tabulka 8.

Tabulka 8 - Počet využívaných kanálů v pásmu 5 GHz [26]

Region	Frekvenční pásmo (v GHz)	Počet využívaných kanálů
Evropa	5,4700 - 5,7250	11
USA	5,1800 - 5,3500; 5,7250 - 5,8250	8; 5
Japonsko	5,1500 - 5,2500	4

2 Nabídka produktů pro připojení k Internetu v zahraničí

Pro připojení k Internetu v zahraničí lze využít produkty, které poskytují tuzemští mobilní operátoři (Telefónica O2, Vodafone, T-Mobile) nebo je možné využít připojení pomocí standardu IEEE 802.11b/g, zejména ve formě Hot Spotů. Pro další text bude předpokládáno, že zaměstnanec odjíždí na zahraniční služební cestu vybaven notebookem, který má zabudované rozhraní pro WiFi připojení. Toto rozhraní je již běžnou součástí všech dnes prodávaných notebooků.

2.1 Nabídka produktů společnosti Telefónica O2

Telefónica O2 (dříve Eurotel) má v nabídce produkt O2 Datový Roaming a dále pak zvýhodněné balíčky pod názvem O2 Data Roaming balíčky. Pro připojení k Internetu je zapotřebí pořídit modem, který se zasune do USB konektoru v notebooku. Účtování za služby probíhá prostřednictvím SIM karty, kterou uživatel vloží do tohoto modemu.



Obrázek 3 - USB modem Huawei I160 [6]

Prodejní cena tohoto modemu je 1.895 Kč, při podepsání smlouvy na 24 měsíců a měsíčním plnění 600 Kč (po dobu šesti měsíců) je cena pouhá 1 Kč. To znamená, že pokud zaměstnanec bude každý měsíc využívat tento modem k připojení k Internetu a měsíčně utratí 600 Kč, modem dostane prakticky zadarmo. Další možností je, že firma bude využívat tuto společnost i pro telekomunikační služby. Modem podporuje technologie GPRS, EDGE, UMTS i HSDPA, download rychlostí až 3,6 Mbit/s, upload až 384 kbit/s a obsahuje i slot na MicroSD kartu.

O2 Datový Roaming, jež je základním produktem této společnosti nabízí přístup k e-mailu a Internetu za dostupné ceny, které jsou nezávislé na využití technologii, viz Tabulka 9. Nevýhodou tohoto připojení je účtování po 100 kB, což znamená, že pokud dojde k přerušení připojení, při dalším navázání spojení dojde opět k zaúčtování celých 100 kB. Kvůli účtování za služby je svět rozdělen do tří zón. První zónu tvoří Evropská unie a několik dalších států Evropy, v zóně 2 jsou obsaženy státy zbytku Evropy a zónu 3 tvoří ostatní státy světa. Pracovní cesty zaměstnance budou realizovány pouze po státech Evropské unie. Z tohoto důvodu je důležitá pouze Zóna 1. [7]

Tabulka 9 - O2 Datový Roaming [7]

Zóna	Státy v zóně	Cena za každých započatých 100 kB (v Kč bez DPH/s DPH, k 17. 3. 2010)
Zóna 1	Evropská unie	20/24
Zóna 2	zbytek Evropy	35/42
Zóna 3	svět	55/66

Společnost Telefónica O2 má v nabídce ještě výše uvedené zvýhodněné balíčky. Služba se jmenuje O2 Data Roaming balíčky a její výhodou je garantovaná cena za předem zvolený objem dat, která je vždy stejná, bez ohledu na stát, ve kterém zaměstnanec pobývá. Navíc je zde účtování prováděno za započatých 10 kB, oproti 100 kB, jak je tomu u služby O2 Data Roaming. Jedním z balíčků, které může firma využít, je balíček s názvem Eurodata 250 MB, který má nižší cenu za vyšší objem dat, ale je omezený pobytem ve státech Evropské unie. Po vyčerpání balíčku dochází ke standardnímu účtování podle ceníku O2 Data Roaming, viz Tabulka 10. [8]

Tabulka 10 - O2 Data Roaming balíčky [8]

Balíček	Platnost	Cena v Kč bez DPH/s DPH (k 17. 3. 2010)
2 MB	svět	90/108
4 MB	svět	180/216
10 MB	svět	300/360
50 MB	svět	1250/1500
EURODATA 250 MB	Evropská unie	1990/2388

2.2 Nabídka produktu společnosti T-Mobile

Podobně jako společnost Telefónica O2, tak i T-Mobile nabízí možnost připojení k Internetu v zahraničí pomocí technologie GPRS nebo EDGE prostřednictvím USB modemu. Cena tohoto zařízení je 999 Kč, při měsíčním plnění alespoň 250 Kč (po dobu 12 měsíců) a podpisu smlouvy na 24 měsíců je cena 1 Kč. Jednotkou pro účtování je 100 kB, rychlost downloadu se pohybuje na hranici až 3,6 Mbit/s a rychlost uploadu 384 kbit/s [12].

Tabulka 11 - T-Mobile Roaming [13]

Zóna	Země	Cena za každých 100 kB (v Kč bez DPH/s DPH, k 17. 3. 2010)
Zóna 1	Evropská unie + Evropský hospodářský prostor	5/6
Zóna 2	zbytek Evropy	24/29
Zóna 3	svět	34/41

2.3 Nabídka produktů společnosti Vodafone

Pro připojení k Internetu prostřednictvím mobilní sítě Vodafone je zapotřebí pořídit jeden ze dvou nabízených modemů. První možností, tak jako u ostatních operátorů je možnost zakoupení USB modemu, který podporuje technologie GPRS, EDGE a UMTS. Prodejní cena je 1977 Kč, v případě využití služby Připojení ze zahraničí na stálo je cena modemu 77 Kč. Druhou možností je Vodafone Mobile Connect Express karta, která slouží jako kompaktní součást notebooku a podporuje také všechny tři technologie. Pořizovací cena tohoto zařízení je 2577 Kč, zvýhodněná cena 577 Kč. Účtování probíhá, stejně jako u ostatních alternativ, pomocí SIM karty operátora.

V tabulkách (Tabulka 12 a 13) jsou uvedeny ceny a struktury tarifů Připojení ze zahraničí na den a Připojení ze zahraničí na stálo.

Tabulka 12 - Struktura tarifu Připojení ze zahraničí na den [11]

Zóna	Objem dat	Spotřeba dat	Cena v Kč bez DPH/s DPH	Cena za MB po překročení limitu (v Kč bez DPH/s DPH, k 17. 3. 2010)
Zóna 1	50 MB	do 2 MB	66,66/80	50/60
		nad 2 MB	291,66/350	
Zóna 2	50 MB	do 2 MB	133,33/160	50/60
		nad 2 MB	583,33/700	

K aktivaci tarifu dochází pokaždé při prvním připojení k Internetu v zahraničí. Zóny jsou rozděleny podobně jako u ostatních operátorů, tj. zóna 1 - EU, zóna 2 - zbytek Evropy.

Tabulka 13 - Struktura tarifu připojení ze zahraničí na stálo [11]

Zóna	Objem dat	Cena v Kč za měsíc bez DPH/s DPH	Cena za MB po překročení limitu (v Kč bez DPH/s DPH, k 17. 3. 2010)
Zóna 1	200 MB	1333,33/1600	50/60
Zóna 2	200 MB	2666,66/3200	50/60

Zúčtovací období tarifu Připojení ze zahraničí na stálo začíná dnem aktivace a jeho platnost se obnovuje každý měsíc, dokud nedojde k deaktivaci služby. Účtovací jednotkou je 100 kB a nevyčerpané jednotky se do dalšího měsíce nepřevádějí.

2.4 Hot Spots

Termínem Hot Spots se označují přípojná místa veřejných WLAN, které provozují bezdrátoví poskytovatelé přístupu k Internetu. Tyto zóny veřejného přístupu k Internetu jsou vybaveny příslušným zařízením tak, aby se uživatel s koncovým zařízením jako je notebook, či PDA a odpovídající kartou mohl připojit k bezdrátové síti, kterou je typicky IEEE 802.11b nebo 802.11g, jak již bylo naznačeno. Primárně se veřejné WLAN vyskytují v místech s vysokou koncentrací lidí.

Hlavní předností Hot Spotů je komfort, který poskytují. Uživatelé mají možnost připojit se k Internetu na nejrůznějších místech jako jsou kavárny, hotely, letištní haly, nákupní centra, parky, apod. a rovněž poskytují dostatečnou kapacitu připojení pomocí širokopásmové přípojky, jejíž kapacita je srovnatelná s DSL. Platby za využívání veřejných WLAN poskytují různé možnosti. Jednou z možností je využívání Hot Spotů, které jsou zdarma. V případě placených WLAN poskytovatelé umožňují různorodé tarifkace - platby na základě dlouhodobé smlouvy, či platby za přenesená data. Nevýhodou Hot Spots je především to, že nejsou dostupné kdekoliv ve městě, ale opravdu pouze ve vybraných místech, jak již bylo výše uvedeno, s čímž souvisí také jejich dosah, který se pohybuje v typických hodnotách pro WLAN, tj. několik set metrů a platí, že s rostoucí vzdáleností se signál utlumuje a rychlost připojení je nižší. Pro některé uživatele může být komplikované i připojení do Hot Spots, protože různí provozovatelé používají různé způsoby připojení k síti, apod. [1]

Na internetových stránkách www.jiwire.com je k dispozici nástroj, který se jmenuje Wi-Fi Finder. Pomocí tohoto nástroje je možné vyhledat Hot Spoty, kterých je okolo 295 tisíc, po celém světě. Jednou z možností je vyhledávání pomocí mapy, druhou je hledání pomocí výběru státu, města, apod. Ve výpisu vyhledaného Hot Spotu je uvedena adresa, kde se nachází a o jaké veřejné místo se jedná. Dále je zde uvedeno zda se jedná o připojení které je zdarma nebo je placené. V případě placeného připojení je detailněji

popsána tarifkace (cena za měsíc,...). V neposlední řadě je určen i typ připojení - IEEE 802.11b/g. V následující tabulce jsou uvedeny počty Hot Spotů v jednotlivých státech Evropské unie. Tato tabulka byla získána na základě nástroje Wi-Fi Finder.

**Tabulka 14 - Počty Hot Spots ve státech Evropské unie,
zdroj: [autor, upraveno na základě 5]**

Stát	Počet Hot Spots	Stát	Počet Hot Spots
Belgie	2428	Malta	28
Bulharsko	25	Německo	14859
Dánsko	1270	Nizozemsko	3104
Estonsko	7	Polsko	444
Finsko	761	Portugalsko	2956
Francie	26653	Rakousko	990
Irsko	2413	Rumunsko	437
Itálie	5127	Řecko	539
Kypr	118	Slovensko	122
Litva	17	Slovinsko	74
Lotyšsko	234	Španělsko	4658
Lucembursko	108	Švédsko	7589
Maďarsko	411	Velká Británie	26991

Největším poskytovatelem Hot Spots je americká firma Boingo. Velká Británie se svým počtem veřejných přípojných míst Hot Spots řadí na třetí místo světového žebříčku (za USA a Čínu). Hned za ní následují státy Francie a Německo. Nejvíce Hot Spots ve světovém měřítku se nachází na hotelích, následují kavárny, restaurace, budovy veřejných institucí a nákupní centra, žebříček Top 10 uzavírají letiště.

V případě, že zaměstnanec na služební cestě bude vlastnit iPhone, je možné si nástroj pro vyhledávání Hot Spots z těchto internetových stránek stáhnout do svého zařízení.

3 Bezpečnost jednotlivých technologií

Bezdrátový přístup k Internetu ze zahraničí a v rámci služební cesty i k podnikové síti je v dnešní době nedílnou součástí. Avšak mobilita uživatele vyžaduje zabezpečení na několika místech. Jedná se zejména o zabezpečení samotného uživatele a jeho komunikačního zařízení, přenášených dat a v neposlední řadě i podnikové sítě. Koncový uživatel příliš neovlivní bezpečnost samotné mobilní sítě, ta je v moci samotných provozovatelů těchto sítí. V každém případě existují mechanismy, kterými je možno zvýšit bezpečnost komunikace. Stejně tak je potřeba zabezpečit komunikaci prostřednictvím veřejných WLAN, které jsou otevřené každému - jak uživatelům, tak útočnickům.

3.1 Bezpečnost v mobilních sítích

Zajištění bezpečnosti v mobilních sítích je potřeba rozdělit na dvě skupiny. První skupinu tvoří síť GSM/GPRS, které mají určité nedostatky v zabezpečení a druhou skupinou jsou síť třetí generace (3G), ve kterých jsou implementovány mechanismy, které odstraňují nedostatky, které byly v sítích GSM.

3.1.1 Bezpečnost v GSM/GPRS

V rámci sítě GSM se uživatel musí při každém přístupu autentizovat. Autentizace je založena na mechanismu výzva-odpověď (challenge - response). Uzel SGSN (uzel zajišťující datové přenosy mezi GSM sítí a mobilním zařízením prostřednictvím BTS) vygeneruje 128bitové číslo (výzva). Na straně uživatele se autentizace provádí na SIM kartě pomocí autentizačního mechanismu A3/A8. SIM karta je modul, který umožňuje bezpečný přístup do sítě a k účtovacím informacím a je uložen v mobilním zařízení. V něm je uložen jedinečný identifikátor uživatele IMSI (International Mobile Subscriber Identity), což je patnáctimístný kód, který se skládá z:

- trojmístný kód země, MCC (Mobile Country Code)
- dvoumístný kód mobilní sítě, MNC (Mobile Network Code)
- desetimístné identifikační číslo mobilního uživatele.

Na SIM kartě běží specifické algoritmy provozovatele, které jako vstup použijí náhodné číslo a privátní klíč uložený na modulu SIM a vytvoří 32bitové číslo (odpověď) a dále 64bitový klíč, který se bude používat pro šifrování provozu. Nedostatkem autentizace u GSM je její jednostrannost, protože se autentizuje pouze uživatel vůči síti.

Zabezpečení samotné komunikace musí být provedeno tak, aby bylo možné zabránit odposlechu. U mobilních sítí podobně jako u jiných rádiových sítí je vždy potřeba počítat s tímto typem útoku. Přenášená data jsou chráněna šifrováním. Uzel SGSN a mobilní zařízení použije 128bitové náhodné číslo, které bylo použito již při autentizaci a privátní klíč, jež je uložený na modulu SIM a prostřednictvím algoritmu A8 se vygeneruje

šifrovací klíč. Algoritmem GPRS-A5 se poté šifrují data přenášená mezi uživatelem a sítí GPRS. Nedostatkem je 64bitový klíč, který není dostatečně silný pro potřeby současného zabezpečení komunikace. [1]

3.1.2 Bezpečnost v UMTS

Z důvodu dostatečné šířky pásma UMTS je možno provádět šifrování bez jakýchkoliv dopadů na rychlost přenosu dat a na uživatelem vnímanou kvalitu služby. Tím je úroveň zabezpečení vyšší než u předchozích technologií, kde by použití nejpřísnějších bezpečnostních norem nebylo příliš praktické. Vysoká bezpečnost již odpovídá aplikacím UMTS v podnikovém prostředí, kde je na prvním místě bezpečnost transakcí, v rámci kterých se sdělují citlivé informace (čísla účtů, hesla,...). Mezi hlavní bezpečnostní prvky UMTS patří:

- utajená identita účastníků,
- autentizace účastníků,
- přenositelný modul SIM,
- šifrování přenosu.

Technologie UMTS využívá bezpečnostních prvků, které se s úspěchem setkaly již v systémech mobilních sítí druhé generace (GSM). Některé prvky v bezpečnostní architektuře jsou oproti GSM vylepšené, jiné jsou zbrusu nové. Došlo zejména k posílení autentizace, protože síť GSM provádí jednostrannou autentizaci uživatele pomocí SIM před přístupem do sítě, ale uživatelské zařízení si neověřuje identitu sítě, k níž se chce připojit. To umožňuje útočnickům využívat falešných základnových stanic pro zachycení identifikace mobilních uživatelů a vypnutí šifrování.

Normy 3GPP (Third Generation Partnership Project) se zaměřily na několik bezpečnostně slabých míst současných sítí GSM, kde je potřeba zesílit bezpečnostní řešení a promítly je do UMTS. Jedná se zejména o silnější šifrování, kde došlo k prodloužení délky klíčů ze současných 64 bitů na 128 bitů. Zkvalitněna byla kontrola integrity dat a bezpečnost mezi sítěmi, přičemž se nejedná pouze o bezpečnost v rámci dané sítě UMTS.

Vzájemná autentizace mezi mobilním zařízením a sítí je u UMTS založena na modulu USIM (Universal Subscriber Identity Module), který je obdobou SIM u GSM. USIM je pro uživatele přístupný teprve po zadání správného hesla. Ve fázi autentizace se musí mobilní zařízení a síť dohodnout na souboru klíčů v rámci procedury AKA (Authentication and Key Agreement). AKA pracuje na mechanismu výzva - odpověď a při své činnosti využívá symetrické šifrování. Je to protokol, který nemusí používat pouze algoritmy vyvinuté v rámci 3GPP, a tím usnadňuje roaming mezi sítěmi. Šifrování a dešifrování přenosu dat provádí v UMTS na straně sítě RNC a mobilní zařízení na straně uživatele a je vyvoláno na základě procedury AKA. K šifrování se používá algoritmus

Kasumi se 128bitovým klíčem, který je odvozen z algoritmu MISTY společnosti Mitsubishi. Integrita dat však není zajištěna pro uživatelská data. Ta nemají kontrolní součet, a proto jsou náchylná k útokům opakováním. Proto by koncová ochrana integrity dat měla být zajištěna aplikačním softwarem.

Sítě třetí generace sice mají velice kvalitní bezpečnostní mechanismy a jsou velice odolné vůči většině známých typů útoků. Uživatel však může komunikovat s falešnou stanicí a útočník může zažádat o zaslání IMSI v otevřené formě. Veškerý provoz je však šifrován, pro tento účel jsou použity skupinové šifrovací klíče, takže útočník sice bude schopen zúžit identitu uživatele na určitou skupinu, ale přesnou identitu nikdy nezjistí. Prostřednictvím útoků MITM je možný únos relací, který je ale možný pouze v případě vypnutého šifrování. [1]

3.2 Bezpečnost Hot Spots

Komunikace s firemní sítí přes Internet, prostřednictvím veřejné bezdrátové sítě znamená bezpečnostní problém, který je nutné vyřešit důslednou bezpečnostní politikou. V případě Hot Spots je důležité ochránit zejména samotného uživatele a přenášená data. V rámci útoků se jedná zejména o útok typu MITM pomocí kterého jsou přenášená data odposlouchávána a může dojít i k narušení integrity zpráv. Dalším typem útoku je únos relace, prostřednictvím kterého je ukradena IP/MAC adresa již ověřeného uživatele. Nejčastěji používanou metodou pro přístup uživatelů v Hot Spots je UAM (Universal Access Method), která je velice jednoduchá na implementaci a tím klade minimální nároky na uživatele. Nevýhodou této metody jsou však značné bezpečnostní slabiny.

V Hot Spots se aplikuje bezpečnostní architektura AAA - autentizace, autorizace, účtování (Authentication, Authorization, Accounting). Pomocí autentizace se uživatel ověřuje na základě uživatelského jména a hesla pomocí autentizačního serveru. Pro každou transakci se odehrává autorizace a přístupový bod tak dostává informace o tom, která spojení mohou být povolena a co vše smí uživatel dělat. Z hlediska účtování je nutné poznamenat veškeré relace uživatelů, včetně jejich délek. Získaná data slouží u placených Hot Spotů zejména pro vyúčtování za služby. Dále jsou údaje použity pro plánování kapacity sítě, bezpečnostní analýzu a audit.

Autentizace v Hot Spots může probíhat na základě metod EAP. Přístup k veřejné WLAN není povolen, dokud není úspěšně provedena vlastní autentizace. Problémem však zůstávají rozdíly v zařízeních a operačních systémech. Jednou z možností je řízení přístupu na základě metody EAP-SIM. Tuto metodu je možné použít v případě předplatitele služeb daného provozovatele a samozřejmě vyžaduje SIM kartu na koncovém uživatelském zařízení. Druhou možností je autentizace prostřednictvím webového rozhraní, pomocí

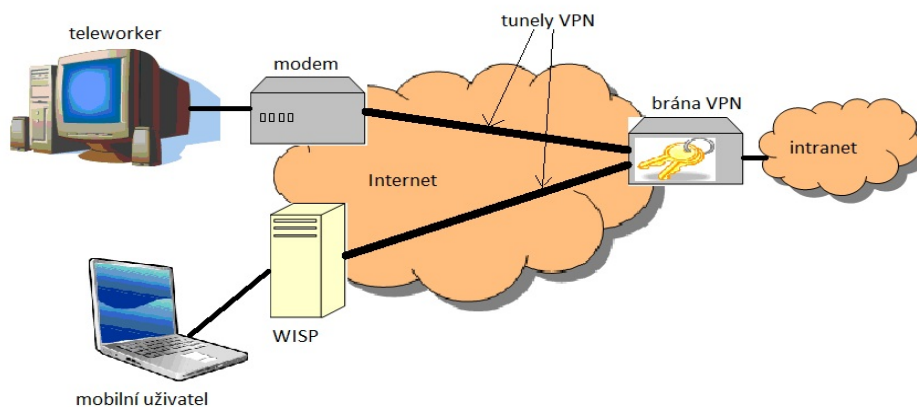
kterého uživatel zadá své uživatelské jméno a heslo, jež je následně odevzdáno AAA serveru k ověření.

V případě úspěšné autentizace a autorizace je nutné další komunikaci ochránit před odposlechem. Mezi uživatelem a přístupovým bodem lze přenášena data šifrovat pomocí WPA nebo pomocí 802.11i. [1] WPA je bezpečnostní mechanismus, který pro šifrování komunikace používá TKIP (Temporal Key Integrity Protocol). TKIP používá 128bitový klíč, který se každých 10 000 paketů automaticky mění. Velkou výhodou tohoto mechanismu je také kontrola integrity dat - MIC (Message Integrity Check). IEEE 802.11i je založen na odolném šifrování pomocí šifry AES (Advanced Encryption Standard). Prostřednictvím této šifry je možné využít šifrovací klíče v délce 128, 192 či 256 bitů [4].

3.3 Virtual Private Network

Virtuální privátní síť (VPN) jsou zásadní pro realizaci bezpečného vzdáleného přístupu, kdy je uživatele (zaměstnance) připojující se ze služební cesty nutné jednotně autentizovat a autorizovat jeho přístup k síti a prostředkům, viz Obrázek 4. VPN se realizuje prostřednictvím tunelů veřejnou sítí (Internetem), v rámci nichž jsou přenášeny datagramy chráněny proti útokům zvenčí. Pro zajištění integrity dat má každý IP datagram připojeno pole kontrolního součtu.

S ohledem na potřeby VPN (autentizace uživatele, dynamická adresace klientů, komprese dat, šifrování dat, management klíčů,...) se pro tunelování na druhé vrstvě používá protokol L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol). L2TP zahrnuje podporu pro vzájemnou autentizaci obou konců tunelu, ale nenabízí silnější bezpečnostní mechanismy na ochranu paketů. L2TP lze zabezpečit pomocí IPSec, který představuje vysoce bezpečnou metodu pro budování VPN, ale současně je i složitější na implementaci. Tento protokol vyžaduje celkovou konfiguraci všech potřebných parametrů (včetně konfigurace podpory tunelů). Šifrování a autentizace je v tomto případě silná, takže v celkovém hodnocení bezpečnosti toto řešení vychází jako velmi silné.



Obrázek 4 - VPN pro vzdálený přístup, zdroj: [autor, upraveno na základě 1]

4 Výběr připojení k Internetu v zahraničí

Výběr připojení k Internetu na zahraniční služební cestě závisí na několika skutečnostech. Pro firmu bude z ekonomického důvodu velmi výhodné připojení pomocí veřejných WLAN (Hot Spots). Spousta těchto připojných míst se nachází na hotelích a dalších dobře dostupných místech a poměrná část Hot Spotů je poskytována zdarma. To znamená pro firmu nulové náklady na připojení zaměstnance k Internetu a posléze na komunikaci s firemní sítí. Samozřejmě je potřebné zajistit bezpečnou komunikaci (zejména pomocí virtuální privátní sítě). Pokud se firma rozhodne pro připojení k Internetu pomocí mobilních sítí tuzemských operátorů, může nastat problém, podle jakých kritérií vybrat vhodné připojení a jak určit připojení, které bude z ekonomického hlediska nejvýhodnější. Pro tuto potřebu byla sestavena Saatyho matice pro volbu vah jednotlivých kritérií a následně pomocí úprav kriteriální matice vybráno nejvhodnější připojení k Internetu v zahraničí.

4.1 Výběr kritérií pro rozhodování

Soubor vybraných kritérií, na základě kterých bude proveden výběr vhodného připojení zaměstnance na zahraniční služební cestě, byl sestaven z hlediska ekonomické náročnosti a dalších vlastností jednotlivých tarifů tuzemských mobilních operátorů, viz Tabulka 15.

Tabulka 15 - Soubor kritérií, zdroj: [autor]

Kritérium	Typ kritéria	Jednotky
FUP	maximalizační	Body
Cena za 1 MB	minimalizační	Kč (včetně DPH)
Požizovací cena	minimalizační	Kč (včetně DPH)
Jednotka účtování	minimalizační	kB
Počet podporovaných technologií	maximalizační	Ks

Charakteristika jednotlivých kritérií je následující:

- kritérium FUP (File User Policy) - limit stažených dat, v rámci kterého je účtována předem stanovená cena, po překročení tohoto limitu dochází k účtování vyšší ceny za stažená data, ohodnocení tohoto kritéria - pomocí bodové stupnice 1 - 10 bodů (10 - nejlepší, bez FUP),
- kritérium Cena za 1 MB - cena za 1 MB přenesených dat, v rámci některých tarifů je tato cena přepočítána z měsíčního paušálu (např. O2 datové balíčky), jiné tarify jsou konstruovány přímo cenou za přenesená data (např. O2 Datový roaming) - viz Tabulka 17,
- kritérium Pořizovací cena - cena, kterou je potřeba zaplatit před začátkem využívání služeb jednotlivých mobilních operátorů, tuto cenu tvoří cena příslušného datového zařízení (modemu), aktivace tarifů je zdarma,
- kritérium Jednotka účtování - jednotka, pomocí které je prováděno účtování za přenesená data (za započatých 100 kB, 10 kB),
- kritérium Počet podporovaných technologií - každý modem podporuje určité technologie z množiny technologií GPRS, EDGE, UMTS.

Tabulka 16 - Převod FUP na body, zdroj:[autor]

FUP (MB)	2	4	10	50	200	250	–
Body	2	3	5	6	8	9	10

Tabulka 17 - Přepočet ceny tarifu na cenu za 1 MB, zdroj: [autor]

Varianta (tarif)	Cena tarifu (Kč)	Cena za MB (Kč)
O2 Data roaming	0	240
O2 balíček 2 MB	108	54
O2 balíček 4 MB	216	54
O2 balíček 10 MB	360	36
O2 balíček 50 MB	1500	30
O2 balíček Eurodata 250 MB	2388	10
T-Mobile roaming	0	60
Vodafone Připojení na den (do 2 MB)	80	40
Vodafone Připojení na den (2 - 50 MB)	350	7
Vodafone Připojení na stálo (200 MB)	1600	8

4.2 Stanovení vah jednotlivých kritérií

Pro stanovení vah jednotlivých kritérií byla použita Saatyho metoda párového srovnání. Při této metodě se porovnávají preferenční vztahy dvojic kritérií. Kritéria se uspořádají do tabulky, v jejíchž řádcích a sloupcích jsou zapsána kritéria ve stejném pořadí (je vhodné je uspořádat podle jejich významnosti). Saatyho metoda určuje velikost preferencí. Ta se vyjadřuje určitým počtem bodů ze zvolené bodové stupnice, viz Tabulka 18 [23].

Tabulka 18 - Saatyho bodová stupnice pro hodnocení kritérií [23]

Počet bodů	Popis
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je dosti významnější než druhé
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

Vyplnění samotné Saatyho matice je velmi jednoduché. Pokud tuto matici označíme S , potom musí platit vztahy (1) a (2) [23]:

- $s_{ii} = 1$ pro všechna i , (1)

- prvky v levé části od diagonály $s_{ji} = \frac{1}{s_{ij}}$ pro všechna i a j . (2)

Kritéria použitá pro rozhodování byla seřazena podle důležitosti, nejdůležitějším kritériem byl stanoven limit FUP, kritériím Cena za MB a Pořizovací cena byla přidělena stejná důležitost a dále bylo stanoveno, že nejméně důležité kritérium je Počet podporovaných technologií.

Tabulka 19 - Saatyho matice, zdroj: [autor]

Kritérium	FUP	Cena za MB	Pořizovací cena	Jednotka účtování	Počet technologií
FUP	1	3	3	5	7
Cena za MB	1/3	1	1	3	5
Pořizovací cena	1/3	1	1	3	5
Jednotka účtování	1/5	1/3	1/3	1	3
Počet technologií	1/7	1/5	1/5	1/3	1

Pro zjištění vah jednotlivých kritérií je důležité držet se následujícího postupu a provést výpočty podle vztahů (3), (4), (5) [24]:

- vypočítat hodnotu $s_i = \prod_{j=1}^k s_{ij}$ (3)

i - hodnota i -tého řádku

j - hodnota j -tého sloupce

k - počet kritérií

s - prvky Saatyho matice

- vypočítat hodnotu geometrického průměru $R_i = \sqrt[k]{s_i}$, (4)

- určit normované váhy kritérií podle vztahu $v_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^k R_i}$. (5)

Tabulka 20 - Výpočet vah pro jednotlivá kritéria, zdroj: [autor]

Kritérium	Hodnota s_i	Hodnota R_i	Hodnota v_i
FUP	315	3,1598	0,4656
Cena za MB	5	1,3797	0,2033
Požizovací cena	5	1,3797	0,2033
Jednotka účtování	1/15	0,5818	0,0857
Počet technologií	1/525	0,2857	0,0421

Vektor vah v , který bude použit pro stanovení konečného skóre variant, má tvar:

$$v = (0,4656; 0,2033; 0,2033; 0,0857; 0,0421).$$

4.3 Úprava kritériální matice

V teorii vícekritériálního rozhodování se pracuje s kritérii, kterých je obecně k a variantami, kterých je obecně p . Hodnota, které dosahuje varianta i pro j -té kritérium se označuje symbolem y_{ij} a je nazývána kritériální hodnotou. Po uspořádání hodnot do přehledné tabulky je získána kritériální matice. Řádky jsou tvořeny jednotlivými variantami a sloupce matice odpovídají jednotlivým kritériím.

V Tabulce 21 jsou zaznamenány jednotlivé tarify tuzemských mobilních operátorů s ohledem na kritéria rozhodování. U operátora Vodafone je zohledněn pouze USB modem, z důvodu nižší pořizovací ceny. Data byla převzata z předcházejících tabulek charakterizujících jednotlivé tarify mobilních operátorů.

Tabulka 21 - Přehled variant podle kritérií, zdroj: [autor]

Varianta	Cena pořízení (Kč)	Cena za MB (Kč)	FUP (body)	Jednotka účtování (kB)	Počet technologií
O2 Datový roaming	1895	240	10	100	3
O2 balíček 2 MB	1895	54	2	10	3
O2 balíček 4 MB	1895	54	3	10	3
O2 balíček 10 MB	1895	36	5	10	3
O2 balíček 50 MB	1895	30	6	10	3
O2 balíček Eurodata 250 MB	1895	10	9	10	3
T-Mobile roaming	999	60	10	100	2
Vodafone Připojení na den (do 2 MB)	1977	40	2	100	3
Vodafone připojení na den (2 - 50 MB)	1977	7	6	100	3
Vodafone připojení na stálo	1977	8	8	100	3

Obecná podoba kritériální matice je zobrazena na Obrázku 5. Řádky kritériální matice tvoří jednotlivé varianty tarifů pro připojení k Internetu v zahraničí a sloupce jsou tvořeny konkrétními kritérii, viz Obrázek 6.

$$\begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{p1} & y_{p2} & \dots & y_{pk} \end{pmatrix}$$

Obrázek 5 - Obecná podoba kritériální matice [25]

$$K = \begin{pmatrix} 1895 & 240 & 10 & 100 & 3 \\ 1895 & 54 & 2 & 10 & 3 \\ 1895 & 54 & 3 & 10 & 3 \\ 1895 & 36 & 5 & 10 & 3 \\ 1895 & 30 & 6 & 10 & 3 \\ 1895 & 10 & 9 & 10 & 3 \\ 999 & 60 & 10 & 100 & 2 \\ 1977 & 40 & 2 & 100 & 3 \\ 1977 & 7 & 6 & 100 & 3 \\ 1977 & 8 & 8 & 100 & 3 \end{pmatrix}$$

Obrázek 6 - Kriteriační matice pro výběr připojení k Internetu, zdroj: [autor]

Pro práci s kriteriační maticí je vhodné, aby měla všechna kritéria stejný typ (minimalizační nebo maximalizační). Každé minimalizační kritérium lze jednoduše převést na maximalizační a to tak, že mezi variantami pro j-té kritérium je vyhledána nejvyšší hodnota a od této hodnoty je odečtena hodnota y_{ij} . V konkrétním případě je nutné převést kritéria: pořizovací cena, cena za MB a jednotka účtování, viz Obrázek 7 [25].

$$K = \begin{pmatrix} 82 & 0 & 10 & 0 & 3 \\ 82 & 186 & 2 & 90 & 3 \\ 82 & 186 & 3 & 90 & 3 \\ 82 & 204 & 5 & 90 & 3 \\ 82 & 210 & 6 & 90 & 3 \\ 82 & 230 & 9 & 90 & 3 \\ 978 & 180 & 10 & 0 & 2 \\ 0 & 200 & 2 & 0 & 3 \\ 0 & 233 & 6 & 0 & 3 \\ 0 & 232 & 8 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

Obrázek 7 - Upravená kriteriační matice, zdroj: [autor]

V dalším postupu směřujícím k normalizaci kriteriační matice je důležité nalézt relativní ideální a bazální variantu. Ideální variantou se označuje nejlepší varianta, které lze teoreticky nebo prakticky dosáhnout (nejvyšší hodnota pro dané kritérium v kriteriační matici). Bazální varianta je naopak nejhorší varianta, které lze teoreticky nebo prakticky dosáhnout (nejnižší hodnota pro dané kritérium v kriteriační matici) [25].

$$\text{ideální varianta} = (978, 233, 10, 90, 3)$$

$$\text{bazální varianta} = (0, 0, 2, 0, 2)$$

4.4 Normalizace kritériální matice

Pokud jsou známy ideální a bazální varianty, je již snadné provést normalizaci kritériální matice. Všechny hodnoty ve znormalizované matici budou dosahovat hodnot z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$, přičemž ideální hodnota bude v matici reprezentována číslem jedna, bazální hodnota číslem nula. Důležitou vlastností této výsledné matice je skutečnost, že není závislá na jednotkách. Normalizovaná matice vzniká transformací původní kritériální matice podle vztahu (6) [25].

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (6)$$

r_{ij} - hodnota kritéria i -tého řádku a j -tého sloupce normalizované matice

y_{ij} - hodnota kritéria i -tého řádku a j -tého sloupce matice

D_j - bazální varianta j -tého sloupce

H_j - ideální varianta j -tého sloupce

Pro lepší orientaci je vhodné uspořádat jednotlivé varianty a kritéria upravené matice do tabulky a přidáním řádků ideální a bazální varianty sestavit vztah pro výpočet normalizované kritériální matice.

Tabulka 22 - Dílčí výpočty vedoucí k normalizaci kritériální matice, zdroj: [autor]

Varianta	Cena pořízení (Kč)	Cena za MB (Kč)	FUP (body)	Jednotka účtování (kB)	Počet technologií
O2 Datový roaming	82	0	10	0	3
O2 balíček 2 MB	82	186	2	90	3
O2 balíček 4 MB	82	186	3	90	3
O2 balíček 10 MB	82	204	5	90	3
O2 balíček 50 MB	82	210	6	90	3
O2 balíček Eurodata 250 MB	82	230	9	90	3
T-Mobile roaming	978	180	10	0	2
Vodafone Připojení na den (do 2 MB)	0	200	2	0	3
Vodafone připojení na den (2 - 50 MB)	0	233	6	0	3
Vodafone připojení na stálo	0	232	8	0	3
$H_j - D_j$	978	233	8	90	1
r_{ij}	$y_{i1}/978$	$y_{i2}/233$	$(y_{i3}-2)/8$	$y_{i4}/90$	$y_{i5} - 2$

Podle vztahu v posledním řádku výše uvedené Tabulky 22 již lze jednoduše sestavit žádanou normalizovanou kritériální matici.

$$K = \begin{pmatrix} 0,0838 & 0,0000 & 1,0000 & 0,0000 & 1,0000 \\ 0,0838 & 0,7982 & 0,0000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,0838 & 0,7982 & 0,1250 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,0838 & 0,8755 & 0,3750 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,0838 & 0,9012 & 0,5000 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,0838 & 0,9871 & 0,8750 & 1,0000 & 1,0000 \\ 1,0000 & 0,7725 & 1,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,8584 & 0,0000 & 0,0000 & 1,0000 \\ 0,0000 & 1,0000 & 0,5000 & 0,0000 & 1,0000 \\ 0,0000 & 0,9957 & 0,7500 & 0,0000 & 1,0000 \end{pmatrix}$$

Obrázek 8 - Normalizovaná kritériální matice, zdroj: [autor]

4.5 Stanovení konečného skóre variant

Pro stanovení konečného skóre jednotlivých variant byla použita metoda váženého součtu. Při užití této metody se pracuje s váhami, které byly v našem případě odhadnuty Saatyho metodou párového srovnávání (viz výsledný vektor vah v). Vážený součet se vypočítá podle vztahu (7) pro každou variantu a za nejlepší variantu se vybere ta, která bude mít vážený součet nejvyšší [25].

$$S_i = \sum_{j=1}^k v_j r_{ij} \quad (7)$$

S_i - skóre i -té varianty

k - počet kritérií

v_j - váha j -tého kritéria

r_{ij} - hodnota i -tého řádku a j -tého sloupce normalizované kritériální matice

Pro rozhodovací problém výběru připojení k Internetu v zahraničí prostřednictvím tuzemských mobilních operátorů jsou vypočítaná konečná skóre seřazena od nejlepšího po nejhorší (viz Tabulka 23).

Tabulka 23 - Konečná skóre jednotlivých variant, zdroj: [autor]

Varianta	Skóre	Pořadí
T-Mobile roaming	0,8259	1.
O2 balíček Eurodata 250 MB	0,5454	2.
O2 balíček 50 MB	0,4517	3.
O2 balíček 10 MB	0,4210	4.
Vodafone připojení na stálo (200 MB)	0,3970	5.
O2 balíček 4 MB	0,3545	6.
Vodafone připojení na den (2 - 50 MB)	0,3471	7.
O2 balíček 2 MB	0,3291	8.
O2 Datový roaming	0,2844	9.
Vodafone Připojení na den (do 2 MB)	0,2166	10.

Z vypočítaných skóre jednotlivých variant je zřejmé, že neoptimálnější variantou pro připojení k Internetu na zahraniční služební cestě je produkt T-Mobile roaming. První místo si zajistil zejména neexistujícím limitem stažených dat (FUP), levnou pořizovací cenou datového zařízení a nevysokou cenou za 1 MB přenesených dat. Nevýhodou tohoto produktu je účtování za každých započatých 100 kB a počet podporovaných technologií. Mobilní operátor T-Mobile nabízí pro připojení k Internetu v zahraničí pouze technologie GPRS a EDGE, v nabídce nemá technologii UMTS. V případě, že zaměstnanec bude požadovat od typu svého připojení nízkou latenci, která je nutnou podmínkou např. pro GIS aplikace, nebude moci zvolit T-Mobile. Na druhém místě se umístil produkt O2 balíček Eurodata 250 MB. Nespornou výhodou tohoto produktu je zejména vysoký FUP a nízká cena za 1 MB přenesených dat. Nic na tom nezměnila ani vyšší cena datového zařízení, díky kterému je možné využít pro připojení k Internetu všechny tři technologie. Výhodou je i účtování za každých započatých 10 kB.

Naopak nejhůře se umístil produkt Vodafone Připojení ze zahraničí na den (limit do 2 MB), který má vysokou pořizovací cenu a nízký limit FUP. Druhým nejhorším je O2 Data roaming. Jeho nevýhodou je vysoká cena za 1 MB a k vyššímu umístění mu nepomohl ani neexistující limit FUP a nižší cena pořízení.

Závěr

Cílem práce bylo poskytnout přehled vhodných technologií pro připojení zaměstnance k Internetu na zahraniční služební cestě. Těmi jsou zejména technologie, které se využívají v mobilních sítích. GPRS je základní technologií každého mobilního operátora. Nadstavbou GPRS je EDGE. EDGE se liší pouze využitím lepší modulace, díky které lze zvýšit rychlost přenosu dat až na trojnásobek. Podmínkou k jejímu použití je perfektní síla signálu (tj. blízko BTS). Nevýhodami těchto technologií je poměrně vysoká latence, která je pro některé aplikace nežádoucí. Technologií s nízkou latencí je UMTS. Signál UMTS je dostupný zejména ve velkých městech (viz Příloha 1) ve které jsou zobrazeny mapy pokrytí některých mobilních operátorů vybraných zemí. Další technologií, která je vhodná pro připojení v zahraničí a má nízkou latenci je WiFi, standard IEEE 802.11b/g. Veřejná přípojná místa, Hot Spots, která využívají tento standard, jsou v poměrně vysoké koncentraci, zejména ve větších městech.

Pro zajištění bezpečné komunikace s centrálou firmy bylo potřeba zohlednit bezpečnostní slabiny jednotlivých technologií. Mobilní sítě, stejně jako ostatní rádiové sítě jsou náchylné zejména k odposlechu. Tím, že se Hot Spots vyskytují na veřejně přístupných místech, jsou přístupné jak uživatelům, tak útočníkům. Pro zvýšení bezpečnosti je vhodné využití VPN, pomocí které zaměstnanec komunikuje s centrálou firmy prostřednictvím zabezpečených tunelů veřejnou sítí (Internetem).

Dalším bodem práce bylo poskytnout přehled nabídek produktů tuzemských mobilních operátorů (společností Telefónica O2, T-Mobile, Vodafone). Pokud je vyžadována nízká latence, je nutné druhého uvedeného vyloučit z vícekritériálního rozhodování, protože v rámci roamingu nepodporuje technologii UMTS.

Posledním, a zároveň nejdůležitějším, cílem celé práce byl výběr vhodného konkrétního připojení. Při výběru vhodného způsobu připojení byly použity metody vícekritériálního rozhodování. Byl stanoven soubor kritérií, pro který byla sestavena Saatyho matice pro zjištění vah jednotlivých kritérií. Poté byla pomocí úprav kritériální matice stanovena normovaná kritériální matice, ze které byla stanovena konečná skóre jednotlivých produktů tuzemských mobilních operátorů. Tento žebříček by měl pomoci při rozhodování jaké připojení vybrat. Samozřejmě, že organizace může mít smlouvu s určitým mobilním operátorem na poskytování telekomunikačních služeb, v tom případě si nejspíše ze žebříčku vybere připojení, které je od konkrétního operátora umístěno nejvýše.

Seznam zkratek

3GPP	Third Generation Partnership Project
AES	Advanced Encryption Protocol
AKA	Authentication and Key Agreement
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
CS	Coding Scheme
DSL	Digital Subscriber Line
EAP	Extensible Authentication Protocol
EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution
FDD	Frequency Division Duplexing
FUP	File User Policy
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000
IP	Internet Protocol
IPSec	Internet Protocol Security
L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol
MAC	Media Access Control
MCC	Mobile Country Code
MCS	Modulation Coding Scheme
MITM	Mann-In-The-Middle
MNC	Mobile Network Code
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
PDA	Personal Digital Assistant
PSK	Phase Shift Keying
RNC	Radio Network Controller
SGSN	Serving GPRS (General Packet Radio Service) Support Node
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
TDD	Time Division Duplexing
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol

UAM	Universal Access Method
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USB	Universal Serial Bus
USIM	Universal Subscriber Identity Module
VPN	Virtual Private Network
WAP	Wireless Application Protocol
WIFI	Wireless Fidelity
WISP	Wireless Internet Service Provider
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA	WiFi Protected Access

Použité zdroje

- [1] PUŽMANOVÁ, Rita. *Bezpečnost bezdrátové komunikace : jak zabezpečit Wi-Fi, Bluetooth, GPRS či 3G*. 1. vyd. Brno : CP Books, 2005. 179 s. ISBN 80-251-0791-4.
- [2] PUŽMANOVÁ, Rita. *Moderní komunikační sítě od A do Z : [technologie pro datovou, hlasovou a multimediální komunikaci]*. 2. aktualiz. vyd. Brno : Computer Press, 2006. 430 s. ISBN 80-251-1278-0.
- [3] PUŽMANOVÁ, Rita. *Širokopásmový Internet : přístupové a domácí sítě*. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2004. 377 s. ISBN 80-251-0139-8.
- [4] ZANDL, Patrick. *Bezdrátové sítě WiFi : praktický průvodce*. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2003. 190 s. ISBN 80-7226-632-2.
- [5] *Jiwire.com* [online]. c2009 [cit. 2010-04-21]. Wi-Fi Finder. Dostupné z WWW: <<http://v4.jiwire.com/search-hotspot-locations.htm>>.
- [6] *O2 | Modemy a karty* [online]. 2009 [cit. 2010-03-17]. HUAWEI E160. Dostupné z WWW: <<http://www.cz.o2.com/sme/32772-modemy/detail.html?phoneId=564>>.
- [7] *O2 | Internet a e-mail na cesty* [online]. 2009 [cit. 2010-03-17]. O2 Datový Roaming. Dostupné z WWW: <http://www.cz.o2.com/sme/162606-datovy_roaming/52329-gprs.html>.
- [8] *O2 | Internet a e-mail na cesty* [online]. 2009 [cit. 2010-03-17]. O2 Data roaming balíčky. Dostupné z WWW: <http://www.cz.o2.com/sme/162606-datovy_roaming/92320-balicky_pro_datovy_roaming.html>.
- [9] *Vodafone Mobile Connect Express karta* [online]. 2010 [cit. 2010-03-18]. Vodafone. Dostupné z WWW: <http://www.vodafone.cz/firemni/data/pripojeni/pocitac/mobile_connect/index.htm>.
- [10] *Vodafone Mobile Connect flash* [online]. 2010 [cit. 2010-03-18]. Vodafone. Dostupné z WWW: <http://www.vodafone.cz/firemni/data/pripojeni/pocitac/mobile_connect_flash/index.htm>.

- [11] *Připojení ze zahraničí na den, Připojení ze zahraničí na stálo* [online]. 2010 [cit. 2010-03-18]. Vodafone. Dostupné z WWW: <http://www.vodafone.cz/osobni/sluzby_nastaveni/roaming_a_zahranici/roaming/roaming_data/roaming_data_den_stalo/index.htm>.
- [12] *USB Stick MF626* [online]. 2010 [cit. 2010-03-18]. Informace o telefonu. Dostupné z WWW: <<http://www.t-mobile.cz/web/cz/residential/telefony/telefon/-/TelefonDetail/ZTE/USB%20Stick%20MF626?skuid=111995&transaction=ACTIVATION&mmc=55092&segment=ANONYMOUS&from=friendly>>.
- [13] *T-mobile.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-03-18]. Data v zahraničí. Dostupné z WWW: <<http://www.t-mobile.cz/web/cz/firmy.a.verejna.sprava/tarify.a.ceny/roaming/data.v.zahranici>>.
- [14] *Mobilní Internet v České republice - kompletní přehled* [online]. c2009 [cit. 2010-03-18]. Internet pro všechny. Dostupné z WWW: <<http://www.internetprovsechny.cz/clanek.php?cid=223>>.
- [15] *GPRS* [online]. c2009 [cit. 2010-03-18]. Zagrox. Dostupné z WWW: <www.zagrox.com/2008/dir/internet/GPRS.htm>.
- [16] *Mobilmania.cz* [online]. 27.11.2003 [cit. 2010-03-24]. Co je to EDGE? Stručně a jasně. Dostupné z WWW: <<http://www.mobilmania.cz/default.aspx?article=1105934>>.
- [17] PETERKA, Jiří. *EArchiv.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-03-24]. Rychlá, ale přesto mobilní data - část II. Dostupné z WWW: <<http://www.earchiv.cz/b07/b1200002.php3>>.
- [18] *Mobilmania.cz* [online]. 27. 10. 2005 [cit. 2010-03-29]. 33 nejčastějších otázek a odpovědí k UMTS. Dostupné z WWW: <<http://www.mobilmania.cz/default.aspx?article=1111204>>.
- [19] *Svět sítí* [online]. 2001 [cit. 2010-03-30]. Bezdrátové sítě – standard 802.11. Dostupné z WWW: <<http://www.svetsiti.cz/view.asp?rubrika=Tutorialy&temaID=115&clanekID=123>>

- [20] *Lupa* [online]. c1998-2010 [cit. 2010-03-30]. Začínáme s WiFi. Dostupné z WWW: <<http://tutorialy.lupa.cz/jak-na-wifi/zaciname-s-wifi/>>.
- [21] *Lupa* [online]. 13. 9. 2009 [cit. 2010-03-30]. Rychlý WiFi standard 802.11n konečně schválen. Dostupné z WWW: <<http://www.lupa.cz/zpravicky/rychly-wifi-standard-802-11n-konecne-schvalen/>>.
- [22] PETERKA, Jiří. *EArchiv.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-04-20]. Báječný svět počítačových sítí. Dostupné z WWW: <<http://www.earchiv.cz/b07/b0400001.php3>>.
- [23] FOTR, Jiří, et al. *Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje*. Praha : Ekopress, 2006. 409 s. ISBN 80-86929-15-9.
- [24] KALČEVOVÁ, Jana. *Jana.kalcev.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-04-22]. Vícekriteriální hodnocení variant - VHV. Dostupné z WWW: <<http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Vahy.pdf>>.
- [25] KALČEVOVÁ, Jana. *Jana.kalcev.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-04-23]. Kriteriální matice a hodnocení variant. Dostupné z WWW: <<http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-KriterialniMatice.pdf>>.
- [26] *I4shop.net* [online]. 17. 11. 2004 [cit. 2010-04-26]. Informace o produktu. Dostupné z WWW: <<http://www.i4shop.net/cz/iObchod/WebInfo.asp?idprod=5GHz-1>>.
- [27] *Orange.com* [online]. c2010 [cit. 2010-04-27]. Arcep confirms that Orange offers the best 3G/3G+ mobile coverage in metropolitan France. Dostupné z WWW: <http://www.orange.com/en_EN/press/press_releases/att00014178/Fin2009300dpi.jpg>.
- [28] *Orange.pl* [online]. c2010 [cit. 2010-04-27]. Mapa zasięgu. Dostupné z WWW: <<http://zasieg-orange.wp.pl/?ticaid=1a10a>>.
- [29] *Mobile Guru* [online]. 15. 7. 2009 [cit. 2010-04-27]. Ofcom reluctantly publish 3G Coverage maps. Dostupné z WWW: <<http://www.mobileguru.co.uk/2009/07/ofcom-reluctantly-publish-3g-coverage.html>>.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Možnosti komunikace prostřednictvím GPRS [15].....	11
Obrázek 2 - Porovnání GPRS a EDGE, zdroj:[autor, upraveno na základě 16]	13
Obrázek 3 - USB modem Huawei I160 [6].....	17
Obrázek 4 - VPN pro vzdálený přístup, zdroj: [autor, upraveno na základě 1]	25
Obrázek 5 - Obecná podoba kriteriální matice [25]	30
Obrázek 6 - Kriteriální matice pro výběr připojení k Internetu, zdroj: [autor]	31
Obrázek 7 - Upravená kriteriální matice, zdroj: [autor].....	31
Obrázek 8 - Normalizovaná kriteriální matice, zdroj: [autor].....	33

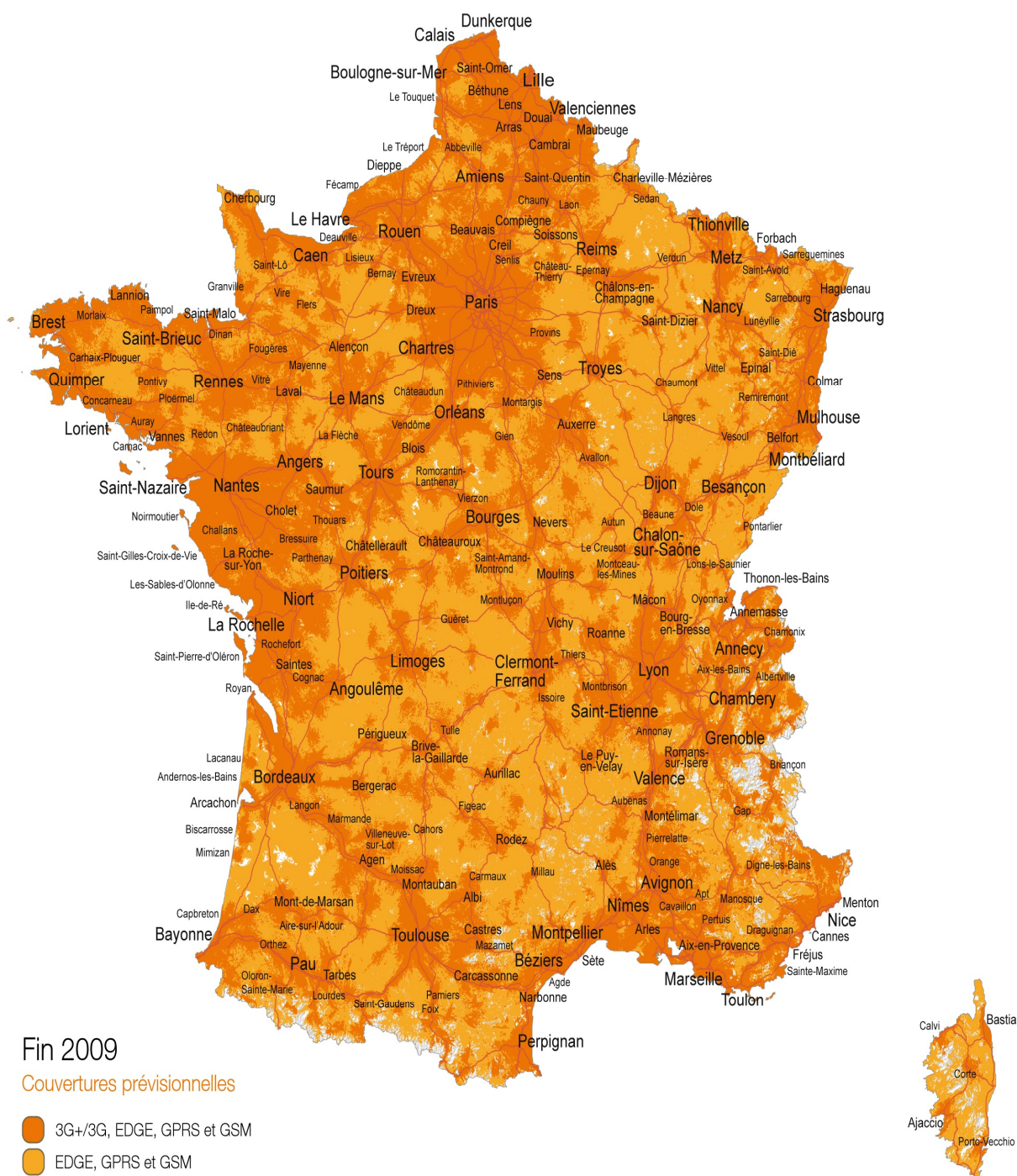
Seznam tabulek

Tabulka 1 - Rychlosti mobilního bezdrátového přístupu [1]	9
Tabulka 2 - Kódovací schémata a přenosové rychlosti [3, 14]	10
Tabulka 3 - Porovnání technologií GPRS a EDGE [1].....	12
Tabulka 4 - Kódovací schémata pro technologii EDGE [17]	13
Tabulka 5 - Kategorie a rychlosti HSDPA [17]	14
Tabulka 6 - Přehled standardů IEEE 802.11 [20, 21].....	16
Tabulka 7 - Počet využívaných kanálů v pásmu 2,4 GHz [22].....	16
Tabulka 8 - Počet využívaných kanálů v pásmu 5 GHz [26].....	16
Tabulka 9 - O2 Datový Roaming [7]	18
Tabulka 10 - O2 Data Roaming balíčky [8].....	18
Tabulka 11 - T-Mobile Roaming [13].....	19
Tabulka 12 - Struktura tarifu Připojení ze zahraničí na den [11]	19
Tabulka 13 - Struktura tarifu připojení ze zahraničí na stálo [11].....	20
Tabulka 14 - Počty Hot Spots ve státech Evropské unie,	21
Tabulka 15 - Soubor kritérií, zdroj: [autor].....	26
Tabulka 16 - Převod FUP na body, zdroj:[autor]	27
Tabulka 17 - Přepočtení ceny tarifu na cenu za 1 MB, zdroj: [autor]	27
Tabulka 18 - Saatyho bodová stupnice pro hodnocení kritérií [23]	28
Tabulka 19 - Saatyho matice, zdroj: [autor].....	28
Tabulka 20 - Výpočet vah pro jednotlivá kritéria, zdroj: [autor]	29
Tabulka 21 - Přehled variant podle kritérií, zdroj: [autor].....	30
Tabulka 22 - Dílčí výpočty vedoucí k normalizaci kriteriální matice, zdroj: [autor].....	32
Tabulka 23 - Konečná skóre jednotlivých variant, zdroj: [autor].....	34

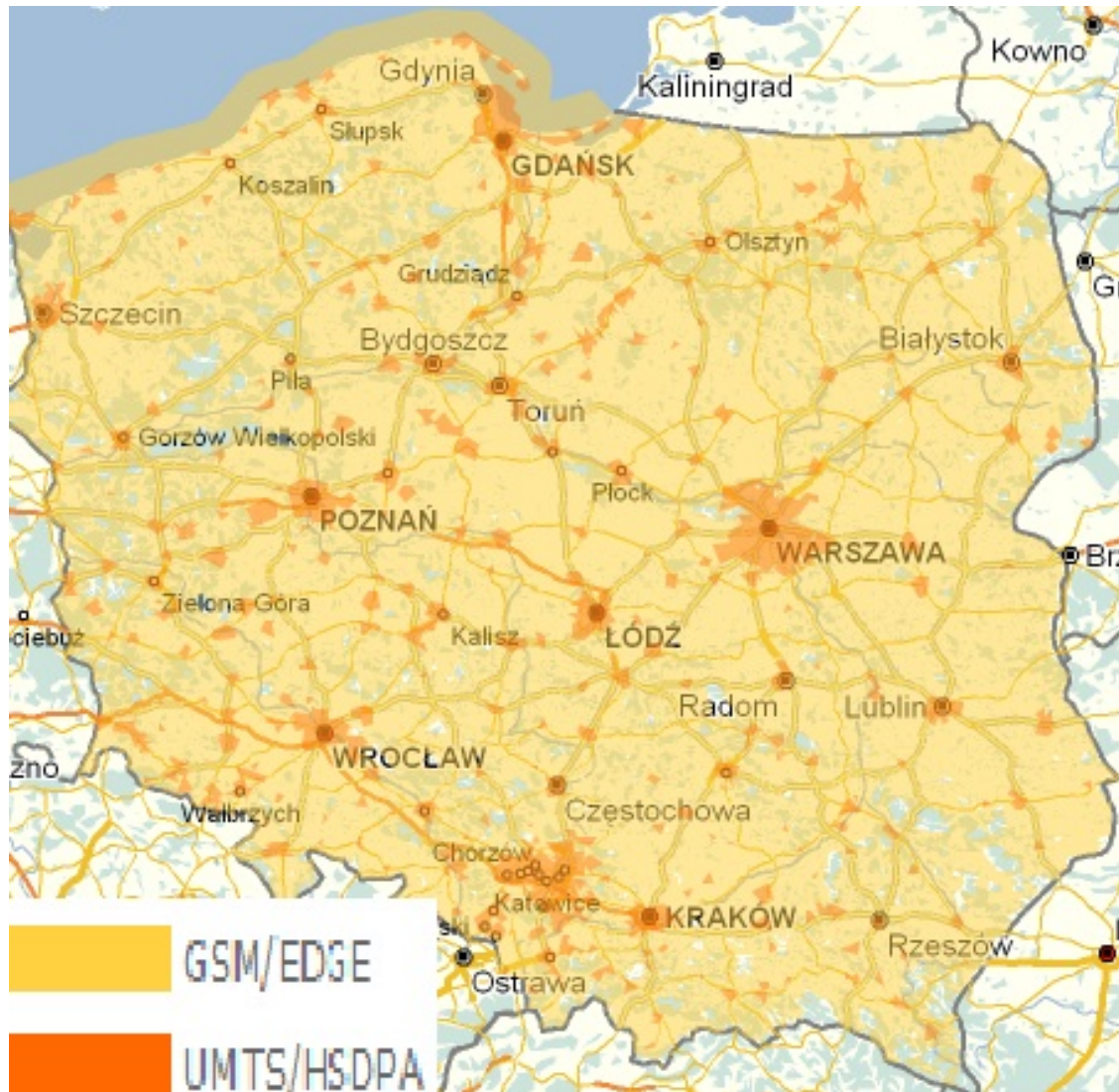
Přílohy

Příloha č. 1: Mapy pokrytí technologiemi GPRS, EDGE a UMTS

Orange Francie [27]



Orange Polsko [28]



Pokrytí Velké Británie technologií 3G - operátoři Orange, Three, O2, Vodafone [29]

