

# **Možnosti potenciálu nově dostupných služeb v sítích Long Term Evolution**

Possibilities of potential of newly available services in Long Term  
Evolution networks

Bc. Jiří Matyáš

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří MATYÁŠ**  
Osobní číslo: **A08740**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Počítačové a komunikační systémy**

Téma práce: **Možnosti potenciálu nově dostupných služeb v sítích  
Long Term Evolution**

Zásady pro vypracování:

1. Popište technologii Long Term Evolution.
2. Porovnejte LTE s již běžně dostupnými technologiemi.
3. Popište koncová mobilní zařízení, na kterých bude možné LTE provozovat.
4. Navrhněte optimální marketingovou strategii služeb, které lze provozovat v LTE sítích.
5. Shrňte poznatky o již provozovaných LTE sítích ve světě.
6. Jak LTE sítě změní trh na poli předních telekomunikačních operátorů.
7. Jakými přístroji lze v LTE sítích provádět měření.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. DAHLMAN, Erik, et al. 3G Evolution : HSPA and LTE for Mobile Broadband. 1st edition. Oxford : Academic Press, 2007. 448 s. ISBN 9780123725332.
2. PROKOPEC, Jan, HANUS, Stanislav. Systémy mobilních komunikací. 1. vyd. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2008. 134 s. ISBN 978-80-214-3791-3.
3. SESIA, Stefania, TOUFIK, Issam, BAKER, Matthew. LTE, The UMTS Long Term Evolution : From Theory to Practice. 1st edition. Chichester (UK) : John Wiley & Sons Ltd, 2009. 648 s. ISBN 978-0-470-69716-0.
4. ŽALUD, Václav. Systém mobilní komunikace pro dlouhodobou evoluci LTE/SAE. In Sborník konference Radiokomunikace 2009. 1. vyd. Pardubice : Unit spol. s.r.o., 2009. s. 67-89.
5. KHAN, Farooq. Lte For 4G Mobile Broadband : Air Interface Technologies And Performance. 1st edition. United Kingdom : Cambridge University Press, 2009. 506 s. ISBN 9780521882217.
6. HOLMA, Harri, TOSKALA, Antti. Lte For Umts : Ofdma And Sc-Fdma Based Radio Access. 1st edition. Chichester (UK) : John Wiley & Sons Ltd, 2009. 450 s. ISBN 9780470994016.
7. ERGEN, Mustafa. Mobile Broadband : Including WiMAX and LTE. 1st edition. New York (USA) : Springer, 2009. 513 s. ISBN 978-0-387-68189-4.

Vedoucí diplomové práce:

**prof. Ing. Karel Vlček, CSc.**

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce:

**7. června 2010**

Ve Zlíně dne 19. února 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Karel Vlček, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Má diplomová práce se zaměřuje na technologii LTE (Long Term Evolution) pro sítě čtvrté generace. Dále jsem se v mé práci zaměřil na možnosti využívání služeb v mobilních sítích čtvrté generace a provedl jsem průzkum mezi zákazníky telekomunikačních operátorů v oblasti datových i hlasových služeb poskytovaných prostřednictvím mobilních sítí. Nasbíraná data z průzkumu jsem vložil do grafů a tabulek s patřičnými komentáři.

Klíčová slova: Long Term Evolution, sítě, telekomunikační, služby, čtvrtá generace

## **ABSTRACT**

My thesis is focused on LTE (Long Term Evolution) technology for the networks of the fourth generation. I have also focused in my work on the possibilities of the usage of services in the mobile network of the fourth generation and carried out a research among the customers of the telecommunication operators in the area of data and voice services provided through mobile networks. I put the data collected in the research in graphs and tables with the appropriate comments.

Keywords: Long Term Evolution, networks, telecommunication, services, fourth generation

Děkuji panu Prof. Ing. Karlu Vlčkovi, CSc. za velmi užitečnou metodickou pomoc, kterou mi poskytl při zpracování mé diplomové práce.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 HISTORIE MOBILNÍCH SÍTÍ</b> .....	<b>11</b>
1.1 ZÁKLADY A PRVOPOČÁTKY .....	11
1.2 RÁDIOVÉ PŘENOSY .....	11
1.3 RADIOTELEFONY PRO VEŘEJNOST .....	12
1.4 POČÁTKY CELLULÁRNÍCH SÍTÍ .....	13
1.4.1 Sítě nulté a první generace .....	14
1.4.2 Sítě druhé generace .....	14
1.4.3 Sítě třetí generace .....	15
1.4.4 Sítě čtvrté generace a páté generace .....	16
<b>2 ZÁKLADNÍ INFORMACE O TECHNOLOGII LONG TERM EVOLUTION</b> .....	<b>17</b>
2.1 UPŘESNĚNÍ ZAŘAZOVÁNÍ LTE SÍTÍ DO 3G A 4G .....	17
2.2 TECHNOLOGICKÝ POSUN STANDARDŮ .....	18
2.3 HLAVNÍ INSTITUCE PODÍLEJÍCÍ SE NA VÝVOJI STANDARDŮ PRO MOBILNÍ SÍŤ 3G A 4G .....	18
2.3.1 Mezinárodní telekomunikační unie .....	18
2.3.2 Partnerské organizace (projekty) .....	18
<b>3 PODROBNĚJŠÍ POPIS SYSTÉMU LTE</b> .....	<b>20</b>
3.1 KONCEPCE SYSTÉMU LTE/SAE .....	20
3.2 POUŽITÉ TECHNOLOGIE V SYSTÉMU LTE/SAE .....	22
3.2.1 Mnohonásobný přístup OFDMA.....	23
3.2.2 MIMO.....	24
<b>4 POPIS TECHNOLOGIE LTE DLE SPECIFIKACE 3GPP</b> .....	<b>25</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>27</b>
<b>5 KONCEPCE SLUŽEB</b> .....	<b>28</b>
5.1 VÝHODY LTE SÍTÍ .....	28
5.2 HLAVNÍ PŘEDNOSTI LTE/SAE TECHNOLOGIE.....	30
<b>6 MARKETINGOVÁ STRATEGIE PRO SLUŽBY V LTE SÍTÍCH</b> .....	<b>31</b>
6.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ SLUŽEB .....	32
6.1.1 Hlas .....	32
6.1.2 Televize .....	36
6.1.3 Online hraní her.....	38
6.1.4 Data .....	39

6.2	SWOT ANALÝZA PRO SLUŽBY V SÍTÍCH LTE .....	40
6.3	PRŮZKUM TRHU V OBLASTI MOBILNÍCH SLUŽEB .....	41
6.3.1	Dotazník pro uživatele mobilních sítí .....	41
6.3.2	Analýza a interpretace informací.....	42
6.4	NOVĚ DOSTUPNÉ SLUŽBY .....	52
6.4.1	Instant messaging .....	52
6.4.2	Sociální sítě .....	54
6.5	CENOVÁ POLITIKA .....	55
<b>7</b>	<b>MOBILNÍ TELEFONY PRO SÍŤE LTE .....</b>	<b>57</b>
7.1	PŘEHLED DOSTUPNÝCH MOBILNÍCH TELEFONŮ A MODEMŮ NA TRHU S PODPOROU LTE.....	58
<b>8</b>	<b>LTE SÍŤE VE SVĚTĚ .....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>MĚŘENÍ V LTE SÍTÍCH.....</b>	<b>63</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>66</b>
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>79</b>



## ÚVOD

V každodenním životě se setkáváme s nejrůznějšími výdobytky moderní doby. Většinou nám slouží k ulehčení života. Beze sporu i mobilní telefony se staly jakýmsi velkým mezníkem ve vývoji nových pokrokových technologií, které nám ulehčují život. Telegraf byl vynalezen daleko před mobilními telefony, ale podstata jeho funkce je dodnes stejná. Vždy se snažíme o přenos informace z bodu A do bodu B a zpět. Doba, kdy se pro takový účel využívali poštovní holubi, je taky hudbou minulosti. V dnešním světě máme k dispozici daleko vyspělejší technologická řešení. Všechno se točí kolem přírody. Člověk je od přírody volný, není spojen dráty se zemí a nepotřebuje trvalý zdroj elektrické energie pro svůj život.

Proto se začalo bádát ku prospěchu lidstva a vznikly nejrůznější návrhy moderních komunikačních aparátů, které nepotřebují pevné spojení mezi sebou a vystačí si s přenosem elektromagnetických vln vzduchem. Když si představíme mobilní nebo klasický drátový telefon, jsou to pouze koncová zařízení, která jsou vázána na soustavu ústředen, vedení a vysílačů, v kterých jsou provozovány. Obecně řečeno, jsou vázány na síť. Právě síť je nejdůležitějším „prvkem“ celé komunikační infrastruktury. V mé diplomové práci se budu věnovat mobilním sítím a to rovnou těm úplně posledním v řadě a to mobilním sítím čtvrté generace.

Technologie sítí čtvrté generace není levnou záležitostí, každý provozovatel takové sítě bude chtít určitě nejprve vědět, jak rychle se mu investovaný finanční kapitál vrátí. Proto jsem se rozhodl zaměřit se na možnosti nově dostupných služeb, které nám přinesou mobilní sítě čtvrté generace. Protože hlavním produktem operátorů jsou přeci služby, které nabízí svým zákazníkům. Musíme si uvědomit, že potenciál těchto sítí bude daleko větší a nabídne dosud jiné, daleko pružnější a modernější způsoby pro přenos informací potažmo konkrétních služeb. Dle mého názoru je dobrou strategií mít informační náskok. Dobrý obchodník, jakožto možná mnohdy majitel své firmy, musí velmi dobře rozumět svému produktu, aby byl úspěšný. V komunikačních technologiích je tato stránka rovněž velmi důležitá. Doufám, že moje práce bude přínosem pro všechny, kteří si ji přečtou.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

# 1 HISTORIE MOBILNÍCH SÍTÍ

## 1.1 Základy a prvopočátky

Základní kameny mobilní komunikace najdeme již v první polovině 19. století - již v roce 1837 sestrojil Samuel Morse první telegraf, ten byl samozřejmě závislý na propojení dráty. K telegrafu se váže jedna zajímavost - 18. října 1842 prováděl Morse experiment, při němž část telegrafních drátů byla vedena pod vodou, aby dokázal, že i dráty natažené pod vodou přenášejí signál. Bohužel během experimentu přetrhla dráty projíždějící loď. Morse však v pokusu pokračoval a signál se díky vodivosti vody přenesl - šlo tedy o první bezdrátový přenos. Ačkoliv se většina tehdejších vědců věnovala přenosu informace po drátech, někteří by se obešli raději bez drátů. V roce 1864 zveřejnil J. C. Maxwell svou teoretickou práci, ve které došel k závěru, že světlo, elektřina a magnetismus mají hodně společného - lze je přenášet jako vlnové záření. Pravděpodobně první osobou, která uskutečnila bezdrátový přenos informace skrze atmosféru, byl zubař M. Loomis. První pokus uskutečnil v roce 1865. Na dvou místech vypustil papírové draky s kovovou kostrou, k jednomu připojil vysílací část telegrafu, k druhému galvanometr, který zaznamenával přijímané signály. Na vzdálenost 18 mil přenášel morseovku zakódovanou do různých hodnot elektrického proudu.

## 1.2 Rádiové přenosy

Dalším z průkopníků bezdrátových přenosů byl Angličan D. E. Hughes, který v roce 1879 dokázal vygenerovat a zachytit signály přenesené pomocí rádiových vln. Ze začátku prováděl pokusy v laboratoři, ale protože chtěl výsledky ověřit také na větší vzdálenosti, přesunul se do ulic Londýna, čili šlo o první mobilní přenosy. Když v roce 1880 prezentoval své výsledky před Královskou vědeckou společností, prezident Společnosti prohlásil, že nejde o přenos pomocí rádiových vln, ale pomocí magnetické indukce (jako u draků M. Loomise). Hughese tento neúspěch zklamal, takže ani nepublikoval výsledky své práce. Větší štěstí měl německý vědec Heinrich Hertz, který v roce 1888 potvrdil Maxwellovu teorii a experimentálně dokázal, že lze atmosférou přenášet elektrické rádiové vlny. O prvenství ve vynálezu rádia se uchází mnoho tvůrců, avšak první, kdo úspěšně sestrojil a zprovoznil rádiový systém byl Ital Guglielmo Marconi - patent získal roku 1897. V roce 1901 přenesl signál přes Atlantický oceán a rádio se tak začalo úspěšně používat

v lodní dopravě. Ve stejném roce Marconi instaloval rádio na parní nákladní automobil - několik metrů vysoká anténa se před jízdou musela sklopit.

Marconi rádio používal pouze k přenosu telegrafních kódů, ale ne hlasu. To se změnilo na Štědrý večer roku 1906, kdy R. Fessenden pomocí rádia přenesl lidský hlas.

Další vynález sice nepoužívá rádiové vlny, ale byl pravděpodobně prvním mobilním telefonem v autě. Roku 1910 zprovoznil Švéd L. M. Ericsson ve svém automobilu telefon - šlo o běžný telefon, který ovšem nebyl dráty připojen do sítě, ale byly u něj dvě dlouhé kovové tyče, které se připojily na telefonní kabely kdekoliv po cestě.

V desátých a dvacátých letech minulého století došlo k velkému a zpočátku naprosto nekontrolovanému rozvoji rádiového vysílání. Počátkem dvacátých let se v USA začaly používat mobilní rádiové stanice, které fungovaly v pásmu 2 MHz. Používaly je pouze policejní a vojenské složky a většinou šlo pouze o přijímače. Průkopníkem v používání rádia byla detroitská policie, kde v roce 1921 zprovoznili první auto s radiopřijímačem morseovky a o sedm let později již přenášeli také hlas.

I v následujících letech stála policie, armáda a záchranné síly v čele výzkumu mobilního rádia. První mobilní rádio, které přenášelo hlas v obou směrech, sestrojili v Bell Laboratories roku 1924.

### **1.3 Radiotelefony pro veřejnost**

První řešení pro veřejnost představily společnosti AT&T a Southwestern Bell 17. června 1946 v Saint Louis. Byly to radiotelefony montované do automobilů, které používaly šest kanálů v pásmu 150 MHz (kvůli častému rušení se později používaly pouze tři kanály). Jelikož antény v autech nebyly příliš výkonné, propojovaly se radiotelefony skrze hlavní výkonnou anténu. Radiotelefon podle kvality signálu vybral nejvhodnější z antén, které byly rozmístěny po kraji a propojeny s hlavní centrálou běžnými telefonními kabely.

## 1.4 Počátky celulárních sítí

Úspěch tohoto systému odstartoval další vlnu výzkumů v bezdrátových přenosech. V prosinci 1947 zveřejnili D. H. Ring a W. R. Young v interním materiálu Bell Laboratories první článek popisující principy mobilní celulární sítě (dnešní síť GSM). Taková síť měla být rozdělena na malé oblasti zvané buňky (cells), v každé z nich by byl vysílač/přijímač, provoz celé sítě mělo kontrolovat hlavní řídicí středisko. Hlavním podstatným rozdílem oproti dřívější síti mělo být znovu využívání frekvencí (frequency reuse) - různé buňky mohly používat stejné frekvence a telefon se při přechodu z jedné buňky do jiné přizpůsobil podle situace.

Ve stejném roce požádala Bell System Americký komunikační úřad (FCC) o udělení licencí k využití dalších frekvencí a ten souhlasil, ovšem k velké nechuti Bell System udělil licence také jiným společnostem a na poli mobilní telekomunikace tak vznikla konkurence. Ačkoliv většinou stála v popředí vývoje společnost AT&T a Bell System, v roce 1948 je předběhla Richmond Radiotelephone Company a spustila první plně automatickou radiotelefonní síť, takže již k uskutečnění hovoru nebylo potřeba pomoci operátora. Navzdory tomuto pokroku fungovala většina telefonních sítí (mobilních i pevných) až do 60. let skrze lidské operátory. Roku 1948 představila Bell System první tranzistor a roku 1954 společnost Texas Instrument zahájila výrobu křemíkových tranzistorů. Ještě v tomtéž roce bylo vyrobeno první tranzistorové rádio.

V průběhu 50. a 60. let se takřka všechny společnosti zaměřovaly na výzkum a vývoj celulární sítě. Nejvíce ve výzkumu pokročila společnost Bell System, která v prosinci 1971 podala žádost o uznání patentu na "mobilní komunikační síť". Tento patent byl uznán 16. května 1972. Ale teprve v roce 1977 FCC povolil Bell System a AT&T spustit testovací provoz sítě. Několikaleté zdržení bylo způsobeno byrokratickými průtahy, podmínkami FCC o detailech technického řešení, ale hlavně snahou FCC a konkurenčních firem o to, aby AT&T neovládla celý trh mobilních telefonů.

### 1.4.1 Síť nulté a první generace

Zřejmě první komerční síť cellulárních telefonů spustila v květnu 1978 společnost Bateco v Bahrajnu. Šlo o malou cellulární síť původně určenou pro královskou rodinu, ale dostupnou i obyvatelům Bahrajnu. Bylo použito zařízení japonské firmy Matsushita/Panasonic původně vyvinuté pro japonskou policii. V USA byla první síť (Advanced Mobile Phone System - AMPS) spuštěna v červenci 1978 v laboratořích AT&T v Newarku a v testovacím provozu v okolí Chicaga. Nejprve ji testovali zaměstnanci Bell System a teprve 20. prosince 1978 byl spuštěn komerční testovací provoz. Tato síť pracovala na frekvenci 800 MHz a bylo v ní možno používat zařízení různých výrobců. Po úspěchu této testovací sítě se začaly AMPS sítě budovat po světě, ale FCC stále nepovolila plně komerční spuštění sítě, dokud se ve všech oblastech nenajdou společnosti konkurující Bell System (či jejím odnožím). První komerční mobilní síť v USA byla tedy spuštěna v Chicagu až v roce 1983.

V Evropě byla cellulární síť spuštěna roku 1981. Síť NMT450 (Nordic Mobile Telephone System) pracující na frekvenci 450 MHz byla spuštěna v Dánsku, Švédsku, Finsku a Norsku. Roku 1985 byla ve Velké Británii spuštěna síť TACS na frekvenci 900 MHz, v západním Německu a Rakousku síť C-Netz, ve Francii Radiocom 2000 a v Itálii RTMS. V Evropě tudíž existovalo několik rozdílných sítí, zatímco v USA pouze síť AMPS. V roce 1982 proto Evropská komise pro pošty a telekomunikace (sdružující 26 evropských telekomunikačních společností) spustila projekt Groupe Spéciale Mobile (GSM), který měl vyvinout celoevropskou mobilní telefonní síť. Bylo rozhodnuto, že nová síť bude plně digitální a bude pracovat na frekvenci 900 MHz. Ke stejnému rozhodnutí - tedy digitalizovat mobilní telefonní síť - došly také americké společnosti a výsledkem byl v roce 1990 standard IS-54B.

### 1.4.2 Síť druhé generace

V roce 1989 převzal zodpovědnost nad vývojem GSM Evropský telekomunikační institut a o rok později byl zveřejněn první návrh standardu. Standard byl vydán v roce 1991. Ještě v tomtéž roce byla spuštěna první zkušební GSM síť na telekomunikačním veletrhu v Ženevě. Nyní se zkratka GSM vysvětluje jako Global System for Mobile Communications.

Ke spuštění prvních sítí došlo v průběhu roku 1992 - mezi prvními bylo Dánsko, Finsko, Francie, Německo, Itálie, Portugalsko a Švédsko. 17. června 1992 byla podepsána první roamingová dohoda mezi finským Telecom Finland a anglickým Vodafone, čímž se uskutečnil sen o evropské mezinárodní síti. GSM se dále rychle rozvíjela a na konci roku 1993 již bylo v sítích GSM milion zákazníků. GSM asociace měla 70 členů ze 48 zemí, mezi nimi také australskou společnost Telstra, čímž standard GSM překročil hranice Evropy.

Společně s vývojem GSM probíhal ve Velké Británii vývoj systému DCS1800, který byl založen na standardu GSM, ale používal frekvenci 1800 MHz. V září 1993 byla v Anglii spuštěna první síť DCS1800. V pásmu 1800 MHz je mnohem více kanálů, avšak má menší dosah. V roce 1994 se Americký komunikační úřad (FCC) rozhodl uspořádat dražbu velkého množství frekvencí v pásmu 1900 MHz a nově vzniklé sítě používaly upravený standard GSM - PCS1900.

Roku 1995 byl definován standard GSM Phase 2, který zavedl nové služby - např. datové přenosy. Došlo také k přejmenování standardu DCS1800 na GSM1800 a PCS1900 na GSM1900. V Evropě se používají pásma 900 MHz i 1800 MHz, přičemž většina mobilních telefonů dokáže pracovat v obou pásmech a přepínají se podle momentální dostupnosti a kvality signálu.

### **1.4.3 Sítě třetí generace**

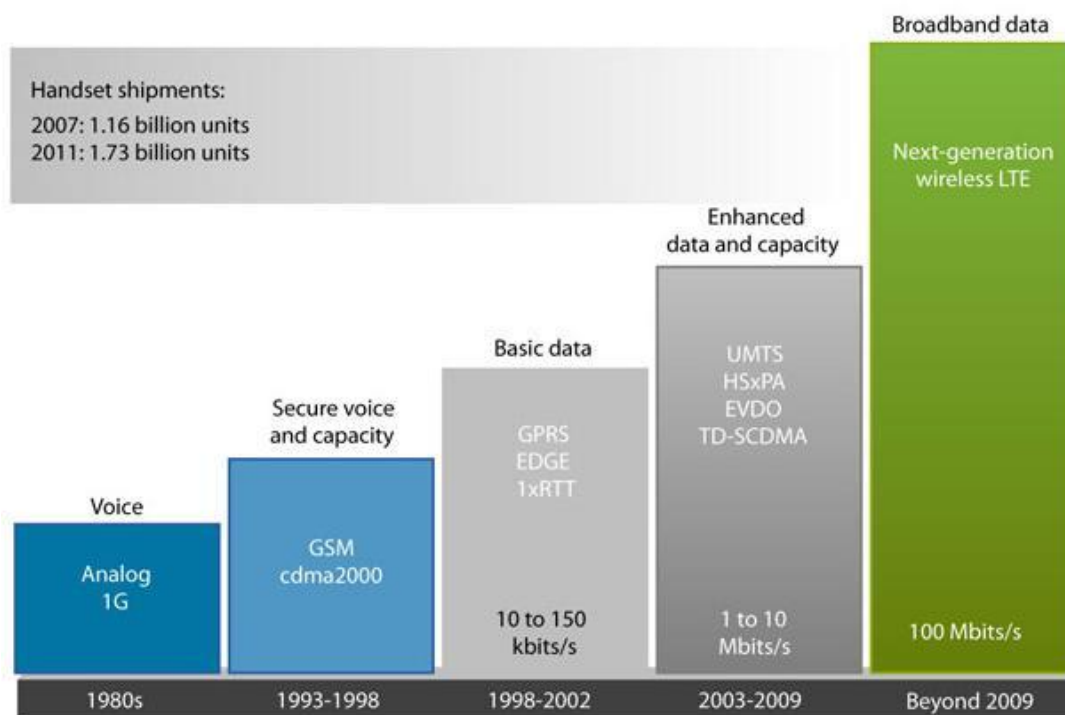
Velkým a očekávaným nástupcem starších technologií se staly sítě třetí generace. Právě díky těmto sítím se dostaly mobilní technologie do světa velkých možností, které byly před uvedením sítí třetí generace nereálné, protože byla kladena velká datová náročnost na propustnost sítí. Díky sítím třetí generace můžeme provozovat například video hovory, které se stávají populární díky mobilním telefonům, které umožňují využívat nové možnosti sítě třetí generace [13].

UMTS - Universal Mobile Telecommunication System - je 3G systém standardu mobilních telefonů. UMTS byl koncipován jako nástupník systému GSM. UMTS používá pro přístup

W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) a je standardizován organizací 3GPP a je evropským standardem, který splňuje požadavky ITU IMT-2000 pro mobilní buňkové sítě třetí generace. Mnohonásobný přístup pomocí W-CDMA u UMTS může být dále kombinován s TDMA (Time Division Multiple Access) a FDMA (Frequency Division Multiple Access) [1], [14] a [15].

#### 1.4.4 Sítě čtvrté generace a páté generace

Mezi sítě čtvrté generace se řadí technologie Long Term Evolution, WiMAX technologie pro výstavbu sítí páté generace jsou zatím označovány zkratkou NGN (Next Generation Networks). Na níže uvedeném obrázku je přehledně znázorněn vývoj jednotlivých „generací“ mobilních technologií. Na evropském trhu se více prosazují řešení sítí založené na technologii LTE. Technologie WiMAX je spíše brána jako nástupce WiFi a její prosazení na poli evropských telekomunikačních firem se neočekává.



Obr. 1. Vývoj technologií pro mobilní sítě od minulosti až po současnost [16].



## 2 ZÁKLADNÍ INFORMACE O TECHNOLOGII LONG TERM EVOLUTION

Mobilní sítě se musí neustále modernizovat, aby si udržely krok s těmi ostatními, jakož jsou sítě metalické a optické. Ve světě mobilních sítí byl za dobu, od které byl zahájen provoz první sítě, udělán velký pokrok. Tento pokrok je vidět na několika vývojových stádiích, kterými mobilní sítě prošly od dob svého vzniku až po současnost. Popisování starých generací jsem krátce zahrnul do historie na začátku mé diplomové práce, protože bez starých generací by nevznikaly nové. Každá generace nám přinesla něco, z čeho se poučil svět vývojářů i svět uživatelů. V současné době se uvádějí jakožto nejnovější sítě 3. generace a jejich poslední stupeň (R8), většinou postavené na technologii, která je známá pod zkratkou UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) a to i ve variantě HSPA (High Speed Packet Access). V mimo evropských zemích se můžeme setkat se standardy CDMA 2000 (Spojené státy americké) a TD-SCDMA (čínský standard). Rádiové sítě, které jsou založeny na výše zmíněných standardech, pracují na principech W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access), jež je založen na širokopásmovém mnohonásobném přístupu. Kvůli širší kompatibilitě je zde definovaný frekvenčně dělený duplex (FDD či též UTRA FDD) pro párové spektrum a časově dělený duplex TDD pro spektrum nepárové, zvaný též TD-CDMA nebo UTRA TDD. Šířka pásma je standardně 5 MHz, zvažují se i části a násobky této základní šířky pásma. Standard W-CDMA se také často označuje jako UMTS, zatímco W-CDMA je technický název naznačující, že jde o širokopásmové CDMA, tedy (WideBand CDMA).

### 2.1 Upřesnění zařazování LTE sítí do 3G a 4G

Posledním vývojovým stupněm sítí ze 3. generace jsou někdy už označovány jako sítě 4. generace LTE (Long Term Evolution) postavené na architektuře SAE (System Architecture Evolution), které vycházejí z podstaty sítí 3. generace. Přesto jsem se rozhodl v mé diplomové práci sítě LTE (R8 – vývojový stupeň Release8 postavený na základech UMTS) a LTE-A (LTE-Advanced) označovat jako čtvrtou generaci (4G), jde o LTE ve své pokročilejší verzi, která odpovídá požadavkům na systémy mobilních sítí (4G). Například se můžeme setkat u sítí LTE i s označením EPS (Evolved Packet System). Někdy bývá vidět i označení pro LTE, které slučuje dva názvy a to UMTS LTE.

## 2.2 Technologický posun standardů

Výše uvedené standardy se zásadně liší v porovnání se staršími, které byly využívány v minulých generacích mobilních sítí. Hlavní podstatou je pokrok, kdy se dostáváme od techniky přepojování okruhů CS (Circuit Switching) k technice PS (Packet Switching). Tyto dvě techniky velmi ovlivnily směr vývoje mobilních sítí. Na základě techniky PS (Packet Switching) můžeme využívat i služby, které byly v minulosti jen pro pevné sítě i sítěmi mobilními. Většina pevných (fixních) sítí pracujících na protokolu TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) nyní bez problémů může spolupracovat s mobilními sítěmi čtvrté generace a jsou tedy součástí řešení AIPN (All IP Networks) a bez problémů lze v těchto sítích provozovat dosud neslučitelné koncepční řešení. Doba, kdy se používalo několik různých linek a sítí pro hlas, data a video už je hroub minulosti. Tato řešení byla díky nástupům velmi dokonalých nástrojů, například v podobě QoS (Quality of Service), postupně vytlačena z nových koncepcí, ale nelze jednoznačně říci, že zcela. Musíme zde vzpomenout například laboratorní a armádní řešení, kde je oddělený provoz někdy nezbytnou nebo nevyhnutelnou nutností.

## 2.3 Hlavní instituce podílející se na vývoji standardů pro mobilní sítě 3G a 4G

### 2.3.1 Mezinárodní telekomunikační unie

Každé odvětví i mobilní sítě mají své úřady a úředníky, kteří se starají o koordinaci projektů vývojových skupin, které pracují na zdokonalování již zavedených řešení nebo na vývoji zcela nových sítí, například sítí příští generace NGN (Next Generation Networks). Hlavním koordinátorem je Mezinárodní telekomunikační unie ITU (International Telecommunication Union) a její sekce radiokomunikací, pojmenovaná zkráceně ITU-R (International Telecommunication Union-Radiocommunications Sector).

### 2.3.2 Partnerské organizace (projekty)

Dalšími spoluvůdci podpůrných specifikací těchto sítí (3G a rovněž i 4G) jsou evropský partnerský projekt 3GPP (Third Generation Partnership Project), který byl založen v prosinci roku 1998 a americký partnerský projekt 3GPP2 především pro (CDMA 2000). Do těchto projektů je zapojena celá řada významných institucí a předních

telekomunikačních operátorů v čele s výrobcí koncových mobilních zařízení. Vývoj v těchto organizacích se dělí na jednotlivé etapy, označované jako R (Release), do českého jazyka přeloženo jako „vydání“. Tyto organizace spolu s ITU-R dokončily v roce 2008 specifikace odnože UMTS jakožto R8, která je hlavním základem technologie systému LTE postaveného na architektuře SAE. Samozřejmostí je také spolupráce ETSI (European Telecommunications Standards Institute), který zaštiťuje aktivity 3GPP partnerských projektů [10], [2], [3] a [4].

### 3 PODROBNĚJŠÍ POPIS SYSTÉMU LTE

System LTE postavený na architektuře SAE je poslední vývojový stupeň fází 3G mobilních systémů, ale nesmíme zapomenout, že splňuje svými možnostmi i základní předpoklady pro provoz služeb, které lze převážně provozovat v systémech čtvrté generace 4G, například (LTE-A). Velmi dlouho se v mnoha zemích na světě mluvilo o tom, že systémy mobilních sítí potřebují radikální změnu. Operátoři volali po nahrazení stávajících mnohdy již velmi zastaralých GSM řešeních. Očekával se zásadní převrat s příchodem technologií, které byly schopny provozovat moderní služby v sítích 3G. Vzhledem k nákladnému finančnímu kapitálu, který by většina operátorů provozující své mobilní sítě musela do nové síťové infrastruktury vložit, by byla návratnost na velmi dlouhá léta (platí obzvláště pro východní země). Nehledě na to, že se v té době, kdy bylo do komerčního provozu spuštěno první 3G řešení, byl neustále zdokonalován nový projekt pro sítě 4G. Což znamenalo dlouhodobější (trvanlivější) řešení možnosti návratnosti kapitálu. Proto se rozhodli operátoři hlavně v Evropě chvíli vyčkat na řešení, které přinese tolik očekávané LTE.

Technologie LTE už je nasazována mnohými významnými operátory do komerčního provozu od konce roku 2009 a od počátku roku 2010. Životnost sítí čtvrté generace se odhaduje do roku 2020 až 2022. Některé prameny (operátoři a výrobci) uvádějí i kratší dobu, ale já se osobně přikláním u novější koncepce (konkrétně LTE-A) k delšímu horizontu 12 let. Troufám si tvrdit, že investice do LTE/SAE sítí je od dob nasazení GSM druhou největší příležitostí pro radikální zlom na obou stranách, sítě i koncového zákazníka. Tak zajímavý potenciál, který nabízí technologie LTE, zde ještě nikdy nebyl. V tomto směru jsou (pouze konceptuální myšlenkou) krok napřed výrobci koncových mobilních zařízení. O tom bych se rád rozepsal na dalších stránkách mé diplomové práce.

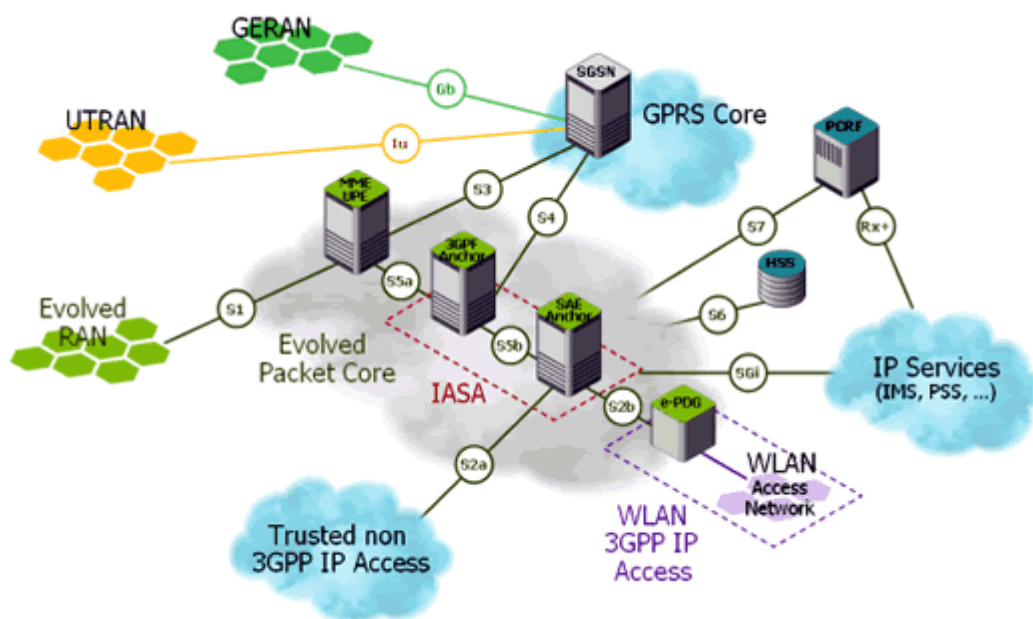
#### 3.1 Koncepce systému LTE/SAE

Celý systém LTE/SAE se skládá z nové rádiové přístupové sítě LTE a nového jádra sítě SAE. LTE představuje přístupovou síť, založenou na ortogonálním frekvenčním multiplexu OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), ten je velmi výhodný pro širokopásmové aplikace než W-CDMA, který využívají současné systémy UMTS

a CDMA2000. Obecně lze OFDM popsat následujícími slovy: Jedná se o přenosovou techniku pracující s tzv. rozprostřeným spektrem, kdy je signál vysílán na více nezávislých frekvencích, což zvyšuje odolnost vůči interferenci [10].

Modulační metoda OFDM spočívá v použití několika stovek až tisíců nosných kmitočtů. Nosné jsou dále modulovány dle potřeby různě robustními modulacemi QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16-QAM (16-Quadrature Amplitude Modulation) nebo 64-QAM. Jednotlivé nosné jsou vzájemně ortogonální, takže maximum každé nosné by se mělo překrývat s minimy ostatních. Datový tok celého kanálu se tak dělí na stovky dílčích datových toků jednotlivých nosných. Poněvadž jsou ve výsledku toky na jednotlivých nosných malé, je možné vkládat ochranný interval (GI) – čas, kdy se nevysílá žádná nová informace. Na přijímací straně je tak možné nerušeně přijmout (právě) vysílaný symbol, i když přichází k přijímači více cestami s různým zpožděním. Stejný symbol přijatý vícekrát s různým zpožděním tak může odpovídat i více vysílačům. Přijímané výkonové úrovně více vysílačů resp. odrazů se tak na přijímací straně do jisté míry sčítají [17].

Pro označení přístupové sítě LTE se používá označení E-UTRA (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network). Jádro systému sítě SAE vznikalo několikaletým evolučním vývojem z předchozích generací mobilních sítí. Zkratka SAE znamená System Architecture Evolution. Celkově systém LTE/SAE je na velmi dobré úrovni, co se přenosových vlastností týká. V pásmu 20 MHz ve směru DL (Down Link) dosahuje rychlosti až 300 Mbit/s a ve směru UL (Up Link) dosahuje rychlosti 70 Mbit/s. Velmi zjednodušená takzvaně plochá architektura zlevňuje realizaci i provoz celého systémového celku. Rovněž je tato nová architektura na velmi dobré úrovni i z hlediska latence přenášených dat. Zpoždění v uzavřeném okruhu se pohybuje kolem 9 ms, což je zatím jeden z nejlepších výsledků v mobilních sítích [10].



Obr. 2. Zakomponování LTE konceptu do mobilních a AIPN sítí [18].

### 3.2 Použité technologie v systému LTE/SAE

V systému LTE/SAE je použito velké množství nejrůznějších technologických vylepšení, které dělají velký pokrok. Například by se dalo považovat za velmi pozitivní pokrok flexibilní nastavení šířek rádiového pásma mezi 1,4 MHz až 20 MHz a to s možností volby obou základních forem duplexu FDD (Frequency Division Duplex) i TDD (Time Division Duplex). Flexibilní nastavení velmi usnadní nasazení technologie LTE/SAE do existujících i nových frekvenčních pásem, které nově mohou vznikat na základě ústupku televizního analogového vysílání. Případně se nabízí možnost v oblastech s vysokým rušením, využít nastavení jiné šířky pásma. Tato problematika je a byla velmi často diskutována při výstavbách například GSM (Global System for Mobile Communications) sítí, kdy byl požadavek na oddělený pohraniční provoz nutný. Je velmi těžké se přesně trefit v dosahu signálu tak, aby nepřekročil stanovené území. Musíme si uvědomit, že hranice nejsou ideální, že jsou většinou mnohdy velmi členité a proto musíme dbát na to, aby nevznikala hluchá místa (za kopci atd.). Nastavení vysílačích prvků je vždy jednou z úloh, která musí plně koncipovat s platnou legislativou daného státu. Nelze jednoznačně ve všech zemích EU používat stejné modely i přesto, že jde o naprosto stejnou technologii, která musí být pro využití zahraničních spojení navzájem plně kompatibilní. Velkou starostí mohou být nelegálně provozované systémy, které využívají stejné rozsahy rádiového pásma

systemu LTE/SAE. Než je jakýkoli rádiový systém, který podléhá licenci uveden do ostrého provozu, musí být řádně nahlášen na příslušných orgánech státu dané země, rovněž dle platné legislativy.

Tab. 1. Základní parametry rádiového rozhraní LTE [10].

Parametry	Hodnoty parametrů
šířky pásma rádiového kanálu [MHz]	1,4; 3; 10; 20 / adaptivní
doba trvání jednoho slotu [ms]	0,5
užitečná symbol. perioda $T_U=1/\Delta f$ [ $\mu$ s]	66,67 (133,33)
odstup subnosných $\Delta f$ [kHz]	15 (7,5)
cyklický prefix CP (GI) $T_{CP}$ [ $\mu$ s]	normální: 5,21/4,69 rozšířený: 16,67
trvání symbolu OFDM $T_{SYM} = T_U + T_{CP}$ [ $\mu$ s]	normální: 71,88/71,36 rozšířený: 83,33
typ modulace subnosných vln	QPSK; 16QAM; 64QAM/adaptivní
typ multiplexu DL/UL	OFDMA/SC-FDMA
metoda duplexu	TDD; HFDD; FFDD
kódování FEC	konvoluční kód s rychlostí 1/3 (tail biting), turbo kód s rychlostí 1/3

### 3.2.1 Mnohonásobný přístup OFDMA

Standard LTE ve svém rádiovém rozhraní využívá na trase DL (Down Link) ortogonální frekvenční multiplex OFDM, na němž je postaven takzvaný OFDMA přístup (OFDM Access), který se vyznačuje vysokou odolností vůči mnohocestnému šíření vln v pozemním rádiovém kanálu. Tento fakt odstraňuje nutnost komplikované ekvalizace v přijímačích koncových mobilních zařízeních. Díky přístupu OFDMA můžeme snadněji adaptovat anténní systémy (techniky), s více anténami ve vysílači i přijímači. Velmi dobrých vlastností docílíme u OFDMA s použitím antén s řízenými směrovými svazky. U techniky

OFDMA máme možnosti snadného adaptivního výběru šířky pásma a zároveň na základě toho i přenosových rychlostí pro uživatele, připojené prostřednictvím LTE/SAE sítí. Systém OFDM nemá jenom silné stránky, ale má (ačkoliv nechceme) i své slabší stránky, kterými je například poměr PAPR (Peak to Average Power Ratio). Jedná se o poměr špičkové ke střední hodnotě přenášeného signálu, kde je nutné použít ve vysílačích výkonových zesilovačů s velkým proměnlivým rozsahem. Mnohem větší problém multiplexu OFDM je velká nežádoucí citlivost na frekvenční posun dílčích subnosných vln, který může být způsoben fázovou nestabilitou rovněž i fázovým šumem a vzniká například při vzájemném pohybu vysílací a přijímací strany dané přístupové sítě, v našem případě v síti LTE. Takový posuv nám narušuje ortogonalitu subnosných vln, přičemž následkem toho dochází ke vzniku vzájemných interferencí ICI (Inter Carrier Interference) a ISI (Inter Symbol Interference). To nepochybně zvyšuje chybovost přenosu i v sítích LTE. Třetím problémem OFDM techniky je fakt, že je citlivá na frekvenčně selektivní únik, ale většinou jen ve své nevytvořené základní podobě.

### 3.2.2 MIMO

Multiple-input multiple-output (MIMO) rádiová komunikace využívá fenoménu vícecestného šíření k zvýšení propustnosti a dosahu nebo k snížení počtu přenosových bitových chyb, místo snahy o eliminaci efektu vícecestné propagace, o kterou se snaží tradiční Single-Input Single-Output (SISO), česky jeden vstup jeden výstup. Koncepce použití více antén vede k vytvoření více samostatných rádiových kanálů mezi vysílačem a přijímačem, což vede ve finální podobě k větší datové propustnosti [10].



## 4 POPIS TECHNOLOGIE LTE DLE SPECIFIKACE 3GPP

Rychlost přenosu dat v rádiovém pásmu 20MHz, při použití mobilní stanice UE se dvěma přijímacími a jedinou vysílací anténou, je špičková datová rychlost na sestupné trase DL nejméně 100 Mbit/s, na vzestupné trase UL nejméně 50 Mbit/s.

Podpora režimu s více vysílacími i přijímacími anténami: systém LTE/SAE podporuje prostorovou vysílací a přijímací diversitu, jakož i prostorový multiplex (MIMO) a také techniku inteligentních antén. Tyto metody významně zvyšují spolehlivost přenosu resp. propustnost sítě, a to při nezměněných šířkách pásma a vysílacích výkonech.

Spektrální buňková účinnost: 2 až 3bit/s/Hz/sekter na trase DL a 0,7 až 1 bit/s/Hz/sekter na trase UL (což je asi 2 až 4 násobné zlepšení vůči standardu UMTS/HSPA).

Přenosové zpoždění (latence): v uživatelské rovině je přenosové zpoždění definováno jako jednosměrný přenosový čas, potřebný k transportu malého IP paketu z uživatelského terminálu UE ke koncovému uzlu přístupové sítě a to pro případ nezátížené sítě (tj. bez jiných aktivních terminálů v buňce); tento přenosový čas je menší než 5ms, přenosový čas v uzavřené smyčce RTT (Round-Trip Time) je 10 ms. V kontrolní rovině je doba sestavení spojení při přechodu z pohotovostního stavu do aktivního stavu menší než 100 ms.

Šířka pásma: systém disponuje volitelnými šířkami pásma 1,4; 3; 5; 10; 15 a 20 MHz; pro režim TDD jsou určeny další šířky pásma 1,6 MHz a 3,2 MHz.

Pohotovostní kapacita: v pásmu 5 MHz může LTE udržovat až 200 mobilních terminálů UE v pohotovostním stavu, v širších pásmech je to nejméně 400 terminálů.

Interoperabilita: LTE umožňuje interoperabilitu (vzájemné propojení) s již existujícími sítěmi 3GPP, navíc podporuje také kooperaci i s jinými sítěmi.

Multimediální rozhlasové a multikastové služby MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service): tyto služby, označované také jako multimediální služby s všesměrovým a výběrovým vysíláním, systém LTE podporuje, a to ve vylepšené variantě E-MBMS (Enhanced MBMS); při jejich implementaci se uplatňují koncepce spektrálně i energeticky velice efektivních monofrekvenčních sítí SFN (Single Frequency Network), používaných např. i v digitální televizi DVB (Digital Video Broadcasting), apod.

Mobilita: systém LTE/SAE je optimalizován pro nízkou mobilitu 0~15km/h, s mírně omezenými parametry je použitelný do rychlosti 120km/h, základní hlasové a datové spojení v celé buňkové síti je zajištěno do rychlostí 350 až 500 km/h.

Duplexní provoz: LTE využívá časový duplex TDD v nepárováných pásmech; kromě toho může být aplikován také frekvenční duplex FDD v párováných pásmech, a to jak plný duplex FFDD (Full FDD), tak poloduplex HFDD (Half FDD).

Kvalita služeb QoS: LTE podporuje systém QoS, zaměřený na dosažení co nejvyšší kvality služeb „end-to-end“ - pokud možno vyšší než vykazují starší systémy, např. paketový přenos řeči na bázi VoIP by zde měl poskytovat nejméně takovou kvalitu, jaké dosahuje standard UMTS v klasickém režimu přepojování okruhů CS apod.

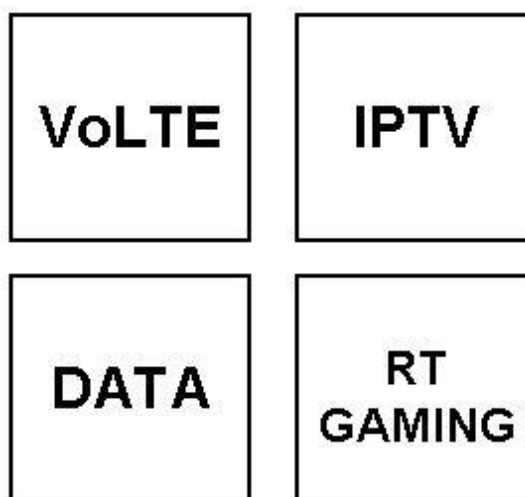
Zdokonalená činnost na okrajích buněk: v LTE jsou implementována zvláštní opatření, která výrazně zvyšují kvalitu služeb QoS (zejména datové rychlosti) v okolí hranic buněk; aplikuje se zde speciální strategie rozvrhování omezující interference ze sousedních buněk (inter-cell interference coordination), využívá se prostorová diversita, turbo kódy, inteligentní antény apod. [5].

Přerušované vysílání a příjem: přerušované vysílání DTX (Discontinuous Transmission) a přerušovaný příjem DRX (Discontinuous Reception) v mobilních stanicích UE, uskutečňované v intervalech, kdy nejsou k dispozici žádné pakety pro vysílání resp. pro příjem, redukuje interference a tím zvětšují celkovou kapacitu sítě [10].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 KONCEPCE SLUŽEB

Hlavním rozdílem mobilních sítí je jejich architektura, která je odlišná od klasických IP sítí. Velké množství sítí, ať už metropolitních nebo lokálních, využívá protokol TCP/IP. Cílem telekomunikačních operátorů je nahradit někdy již zastaralá řešení, která byla založena na technice přepojování okruhů CS technologicky daleko lepším paketovým přenosem dat. Právě takováto řešení, kdy se postupně nahradí okruhy postavené na architektuře CS, povedou ke sjednocení sítí, které budou pracovat s pakety. Takové řešení se označují AIPN (All-IP Networks). Sítě postavené na základech LTE/SAE architektury dokáží pokrýt díky konvergenci s různými sítěmi postavených na protokolu TCP/IP daleko větší území.



*Obr. 3. Předpokládaný model služeb v sítích LTE*

### 5.1 Výhody LTE sítí

Velkým přínosem technologie LTE bude velmi silná konkurenční výhoda rychlého datového toku, který bude umožňovat provoz nejrůznějších služeb. Dnešní trh nabízí celou řadu nejrůznějších služeb, které jsme si již mohli v nejrůznějších podobách zakoupit od předních telekomunikačních operátorů. Velkou výhodou je stále fixní připojení k síti, které lze kombinovat s již dostupným pokrytím bezdrátových sítí, například pomocí bezdrátové technologie WiFi. Většina nových modelů mobilních telefonů umožňuje příjem signálu prostřednictvím WiFi sítí.

Technologie VoIP je velkou hrozbou pro všechny telekomunikační firmy. Před několika léty, kdy byla technologie VoIP představena, si téměř nikdo nepřipouštěl, že by někdy mohla zcela pohrbit současné tržní myšlení všech telekomunikačních operátorů, kteří tarifují hovorné na základě délky času a spojení. Takové chování přináší operátorům nemalé zisky a je pro ně velmi výhodné. Technologie VoIP díky velké dostupnosti širokopásmového internetu zaznamenala v posledních letech velký úspěch. Musím konstatovat, že většina lidí už ví, že se dá volat s pomocí počítače téměř zdarma (drtivá většina lidí platí za internet měsíční taxu nebo jednorázové roční poplatky). Prodej notebooků a „chytrých mobilních telefonů“ se rok co rok zvyšuje. Zákazníci očekávají od svých mobilních telefonů daleko více, než tomu bylo před lety. Většina uživatelů využívá svůj mobilní telefon a notebook ke komunikaci s okolním světem. Velké procento uživatelů rovněž využívá programy, které umožňují telefonování na základě VoIP. Nutno dodat, že pro hlasovou komunikaci u LTE se začíná používat spíše zkratka VoLTE (Voice over LTE).

Dříve bylo nemyslitelné v sítích GSM provozovat kvalitní datové přenosy. Proto se rozmach VoIP nijak neprojevil na poli mobilních operátorů a výrobců mobilních telefonů. Většina lidí používá i nadále mobilní telefony pro telefonování s prioritním využitím hlasové sítě operátorů. Dnešní technologie (UMTS) a nové technologie, které jsou plně postavené na technologii LTE/SAE (rovněž vychází ze základů mladších technologií), dokážou mnohem lépe přenášet data. Takové mobilní sítě, které jsou postaveny na jádru UMTS (potažmo LTE/SAE), dokáží bez problémů přenášet data velkou rychlostí s garancí kvality provozované služby (QoS).

V okamžiku většího rozmachu LTE/SAE sítí se výrobci, primárně zaměřeni na vyvíjení VoIP aplikací pro pevné počítače v domácnosti nebo ve firemním prostředí (workstation) a přenosné počítače (notebooky, netbooky), budou snažit pohltnout i trh mobilních zařízení, které budou do sítí LTE/SAE připojeny. Doposud se výrobci koncentrovali na trh s klasickým konceptem, kde telefonování po internetu znamená mít nainstalovanou aplikaci a na obou počítačích vlastnit rychlejší kvalitní připojení k internetu. Trh nespí,

už nyní existují aplikace pro mobilní telefony, které dokáží volat přes mobilní síť na základě technologií navržených primárně pro přenos dat [6] a [7].

## 5.2 Hlavní přednosti LTE/SAE technologie

Mobilní sítě LTE/SAE jsou revoluční z více úhlů pohledu. První velkou předností je několikanásobně vyšší rychlost připojení než u dosavadních technologií. Druhou velkou předností je možnost stálého připojení, pro které lze kombinovat více zdrojů sítě. Jde o princip AIPN (All IP Networks), kdy se využívá protokol TCP/IP a síť je tudíž na stejné úrovni jako sítě ostatní, které většinou na protokolu TCP/IP pracují. Uživatel pak může využívat i náročné služby, které by jinak nemohl dobře nebo vůbec využívat. Třetí velkou předností jsou dobré vlastnosti přenosu i při rychlém pohybu uživatele. To byl dříve problém při zavádění starších technologií, když jsme jeli v nějakém dopravním prostředku, tak se s jeho zvyšující se rychlostí snižovala kvalita signálu. Tento fakt je stále platný i u LTE/SAE sítí, ale v nich je to ošetřeno až do velkých rychlostí řádově stovky km/h, ale nelze vždy jednoznačně tvrdit konkrétní čísla, protože záleží na více faktorech (vzdálenost od vysílače, typ a kvalita koncového mobilního zařízení atd.).

## 6 MARKETINGOVÁ STRATEGIE PRO SLUŽBY V LTE SÍTÍCH

Obecně patří prodej mezi hlavní úkoly marketingových oddělení, které se starají o plánování, reklamy a vytvářejí nové koncepty prodeje služeb, které nabízí jejich firma. Vzhledem k tomu, že v mé diplomové práci popisuji technologii LTE, což je technologie velmi často označovaná obzvláště v marketingu jako 4G. Tak už i samotný název 4G přináší něco, co je podvědomě bráno zákazníky jako výzva ke změně. Když se podíváme do minulosti, tak drtivá většina nabídek služeb mobilních operátorů je rozdělena na datové a hlasové služby (balíčky, programy atp.). Domnívám se, že se začíná podstatně měnit telekomunikační trh. Už nyní je více populární připojení k internetu i pomocí mobilního telefonu než před lety a volání „zdarma“ pomocí VoIP aplikací. Není jednoduché nabídnout všem zákazníkům služby tak, aby byla minimální cena a maximální přenosová rychlost nebo počet minut k provolání ideální. Právě zásadní změnou v oblasti nabízení datových a hlasových služeb bude jejich splynutí do jednoho „datového balíčku“, myšleno z technologického hlediska, protože koncepce sítí nových generací je stavěna na paketových systémech, které přenáší hlas i data na stejném principu jako systémy fixních datových sítí. Jak už bylo řečeno: starší mobilní telekomunikační sítě pracovaly na základě přepojování okruhů CS (Circuit Switching) a ty už jsou v nových systémech minulostí.

Hlavní myšlenkou je nabídnout zákazníkům model služeb tak, aby byl konkurenceschopný a to z hlediska finančního i komfortního [8]. Finanční stránku služeb velmi dobře nastavují operátoři a zákazníci ji velmi rádi porovnávají s konkurencí. Druhou věcí je kvalita služby spojená s jejím komfortem, která je také velmi důležitým faktorem při rozhodování zákazníků. Operátoři si nemohou dovolit prodávat své služby za nízké někdy až likvidační ceny, protože náklady na provoz mobilních sítí jsou velké. Obzvláště investice do sítí LTE budou velmi vysoké a ty se musí operátorům vrátit. Proto bude velmi důležité přijít s nástupem nové technologie i s novým konceptem prodeje služeb. Ten by měl být orientovaný hlavně na možnosti datových služeb, jako je stále připojení k internetu a VoIP / VoLTE telefonie, která by se tak sama stejně dříve nebo později rozšířila.

Velké množství nejrůznějších aplikací pro mobilní telefony vyžaduje připojení k internetu. Někdy jen za účelem stažení aktuální verze nebo rovnou je internet vyžadován ke správné funkci dané aplikace. Příkladem by mohlo být zjišťování informací o aktuálním stavu počasí, kdy se serveru dotazujeme na aktuální stav teplot a různé jiné aplikace, které pracují na podobném principu. Velkým lákadlem je i hraní her po síti, určených pro mobilní telefon. Ale jako jeden z nejrozšířenějších fenoménů jsou považovány sociální sítě. Právě tyto systémy pracují na plném využívání možností internetové sítě. A uživatelé mobilních telefonů znamenají pro tvůrce sociálních sítí také velké procento „příjmových zákazníků“, například díky působení cílené reklamy.

## **6.1 Základní rozdělení služeb**

Než jsem navrhl koncepční model pro prodej služeb v sítích LTE, tak jsem si prostudoval nejrůznější materiály, které uvádím na konci mé diplomové práce. Většina autorů se shoduje v názorech na služby, které lze v LTE sítích provozovat. Na následujících stránkách jsem se pokusil podrobněji popsat jednotlivé základní služby.

### **6.1.1 Hlas**

Vzhledem k tomu, že používáme mobilní telefony nejčastěji pro hlasovou komunikaci (není se čemu divit, byly za tímto účelem navrženy), tak jsou hlas a s ním spojené hlasové služby na prvních místech. Jde o dlouholeté vylepšování technologií, které nás dovedlo až k LTE sítím, které kombinují nejnovější technické poznatky od dob prvních mobilních sítí. Hlasové služby měly ve starších systémech (například v GSM systémech) vždy prioritu před daty. Stejně tak je tomu i u sítí postavených na technologii LTE. Většina zařízení dnes provozovaných hlavně ve fixních sítích zvládá upřednostnění hlasových služeb na výbornou a to zejména díky aplikaci technologie QoS (Quality of Service). Aplikace této technologie řízení datového provozu patří mezi velmi žádané. Mezi hlavní důvody by se dal uvést minimalizační faktor latence. Která není v žádném případě žádoucí, proto bylo nutné vyvinout systém řízení služeb, který se bude starat o kvalitu například hovoru.

Já osobně považuji QoS za velmi silný „základní kámen“ dnešních VoIP sítí a sítí obecně. QoS je v informatice termín používaný pro rezervaci a řízení datových toků v telekomunikačních a počítačových sítích s přepínáním paketů. Protokoly pro QoS



se snaží zajistit vyhrazení a dělení dostupné přenosové kapacity, aby nedocházelo při zahlcení sítě ke snížení kvality síťových služeb.

Pomocí QoS se může např. nastavit maximální nebo minimální přenosové pásmo pro určitá data, prohlásit provoz za prioritní před ostatními nebo rozdělit provoz do kategorií podle nastavených parametrů. QoS se tedy snaží poskytovat uživatelům služby s předem garantovanou kvalitou, aby nedocházelo ke zpoždění, ztrátovosti nebo plýtvání šířkou pásma.

Protože v lokálních sítích je provoz víceméně bezproblémový, dokážeme zde data rychleji zpracovat než přijímat. K řešení rozdělení kvality služeb přistupujeme především až na „hranici“ sítě (routery, switche), protože je zde přijímáno v jednom okamžiku více dat, než může uzel zpracovat.

### ***Problémy***

Bez QoS dochází v okamžiku konkurentních požadavků ke zvýšení odezvy sítě (latence), kolísání (Jitter), výpadkům a zpomalení přenosu. Např. jeden z více počítačů v domácnosti se sdíleným internetem svým zatížením sítě, stahováním velkého objemu dat, může přerušit komfortní práci ostatním uživatelům sítě, zejména pokud používají aplikace citlivé na horší kvalitu sítě. Mezi ně patří zejména multimediální online služby, jako je přenos hlasu (VoIP), videa (např. IPTV) a síťové počítačové hry.

Pokud není sdílena celá konektivita, např. je použito jednoduché omezování rychlosti koncových zařízení, nebo pokud je kapacita sítě dostatečně dimenzována i pro provoz ve špičkách, tak není třeba QoS uvažovat. Praxe ukazuje, že pro běžné IP sítě pracující na principu „Best-effort services“ je složitější zavést QoS než zajistit dostatečnou konektivitu.

### ***Metody QoS***

Na sítích se v dnešní době používají především tři typy mechanismů QoS:

„Best-effort services“, což je tzv. metoda největší snahy, která má QoS nastaven na nulu a snaží se každý paket co nejrychleji a nejefektivněji přenést k cíli. „Differentiated services“ (DiffServ), kde se pakety rozdělují do kategorií, to se zaznamená do hlavičky paketu a zachází se s nimi podle předdefinovaných parametrů. „Integrated services“ (IntServ)

Tab. 2. DS (typ služby) pole v IP hlavičce [19].

<b>Bity</b>	<b>0–5</b>	<b>6–7</b>
<b>0</b>	DSCP	ECN

U metody DiffServ se při použití IP protokolu zaznamená nastavení do pole 8 bitů označované DS (differentiated services). Pro Differentiated Services Codepoint (DSCP) je zde vyhrazeno 6 bitů. Uvnitř něj je tzv. IP precedence (IPP) o velikosti 3 bity. Dříve se používala pouze hodnota IPP, později se pole pro metodu DiffServ rozšířilo na DSCP, které je zpětně kompatibilní s IPP, což je naznačeno v tabulce hodnot IPP a DSCP. Pole DSCP nabývá hodnoty 0 až 63 a to podle typu aplikace služby. Zbývající 2 bity jsou využity pro Explicit Congestion Notification (ECN), což je volitelná hodnota, používá se pouze tehdy, pokud je oba koncové uzly chtějí využít a umožňuje oznámení o přetížení sítě bez ztráty paketů [19].

Tab. 3. Hodnoty IPP a DSCP a k nim přiřazené typy aplikace [19].

<b>IPP</b>	<b>DSCP</b>	<b>typická aplikace</b>
7		rezervováno
6	48	routing
5	46	hlas
5	34	video konference
4	32	streamované video
3	26	mission critical data

IPP	DSCP	typická aplikace
3	24	call signaling
2	18	transaction data
2	16	network management
1	10	bulk data
1	8	scavenger
0	0	Best-effort data

S hlasovými službami je plně spjato i volání přes internet VoIP, nelze na něj zapomenout. Jde o rozdělování datového kanálu pro hlas a to na základě výše zmíněného QoS a protokolů, které byly vyvinuty pro přenos hlasu. Voice over Internet Protocol (zkratkou VoIP) je technologie, umožňující přenos digitalizovaného hlasu v těle paketů rodiny protokolů UDP/TCP/IP (User Datagram Protocol /TCP/IP) prostřednictvím počítačové sítě nebo jiného média, dostupného pro protokol IP. Využívá se pro telefonování prostřednictvím internetu, intranetu nebo jakéhokoli jiného datového spojení.

### ***Protokoly VoIP***

Jak už bylo zmíněno výše, pro přenos hlasu se používá na třetí vrstvě OSI modelu protokol IP, na čtvrté vrstvě protokol UDP. V těle jednotlivých UDP datagramů se kromě dalších údajů přenáší malý úsek telefonního hovoru, zakódovaný podle určitého pravidla (algoritmu) k dosažení úspory objemu přenášených dat. Kódovací a dekodovací algoritmy, zkráceně kodeky, mají různá označení (G.711, G.722 atd.) a jsou standardizovány a ze značné části i patentovány. Kvalitní kodek speciálně vyvinutý pro VoIP a neomezovaný softwarovými patenty je například SPEEX a kodek iLBC (Internet Low Bitrate Codec). Jak plyne z názvu a absence prefixu G., nejsou tyto protokoly standardizovány organizací ITU.

Kromě UDP datagramů, nesoucích o vrstvu výš v RTP (Real Time Protocol) zapouzdřené úseky vlastního hovoru, zahrnuje VoIP přenos ještě další pakety. Jsou to např. ICMP

(Internet Control Message Protocol) pakety a též datagramy TCP a UDP. Ty řídí přenos, nesou telefonní signalizaci, ověřují dostupnost komunikujících zařízení. Rozbor protokolů samozřejmě nekončí na čtvrté vrstvě. Jak bylo naznačeno, na páté vrstvě obsahují hovorové UDP datagramy protokol RTP a ten teprve má jako náklad v sobě zakódované kousky hovoru (obvykle 20 nebo 30 ms fragmenty). Celá rodina VoIP protokolu není jediná, ale má řadu variant (implementací), lišících se podle standardu použitého pro VoIP spojení. V současnosti je nejpoužívanějším protokolem SIP (Session Initiation Protocol).

Nejsložitější a nejvíce pokročilý je pravděpodobně H.323, nejvíce perspektivní je SIP. Velkou výhodou má SIP např. v tom, že prochází bez větších potíží přes místo, kde v síti probíhá překlad adres NAT (Network Address Translation). Existuje několik způsobů, jak dosáhnout průchodu komunikace typu SIP přes problémová místa v síti. SIP je protokol na textové bázi [20].

### 6.1.2 Televize

Velkým lákadlem posledních let se stalo sledování televize prostřednictvím internetu a dnes už i prostřednictvím mobilních telefonů. Tato oblast je velkou příležitostí pro mobilní operátory. Protože díky LTE sítím se nemusíme obávat nespokojenosti zákazníků s kvalitou sledovaného pořadu na mobilním telefonu. V minulosti u mobilních telefonů, které nabízely možnost sledovat televizní vysílání, šlo o možnost sledování pozemního digitálního vysílání nebo u velmi starých mobilních telefonů dokonce i o příjem analogového signálu. Díky velkým datovým tokům, které nám LTE sítě nabízejí, je možné plně využít IPTV. Televize přes internetový protokol je systém, kde jsou služby digitální televize šířeny prostřednictvím IP protokolu přes počítačové sítě, což může být součástí dodávky širokopásmového připojení. Použití technologií pro počítačové sítě je hlavní rozdíl IPTV od klasického plošného nebo kabelového vysílání.

Pro domácí uživatele je IPTV často poskytována v souvislosti s Video on Demand (VoD). Obchodní spojení IPTV, VoIP a přístup k internetu je označován jako služba Triple Play (se současným mobilním přístupem pak Quadruple Play). IPTV je často dodávána v uzavřené síťové infrastruktuře nebo firemní LAN na rozdíl od internetové televize

(tzv. webcasting, streaming). Vysílání IPTV má 2 hlavní formy architektury: volné a s poplatkem. V červnu 2006 bylo k dispozici 1300 volně přístupných IPTV kanálů. Tento sektor je rychle rostoucí a hlavní celosvětové televizní vysílače přenášejí jejich vysílací signál přes internet. Tyto volně dostupné IPTV kanály vyžadují ke sledování IPTV vysílání pouze internetové připojení a zařízení umožňující připojení k internetu. Použit lze zařízení jako je osobní počítač, HDTV připojenou k počítači nebo dokonce 3G mobilní telefon.

V prosinci 2005 se nezávisle vytvořená mariposaHD stala prvním originálním IPTV vysíláním dostupným v HDTV formátu. Různé webové portály nabízejí přístup k těmto volně přístupným IPTV kanálům. Některé uvádějí sponzorovanou dostupnost televizních seriálů jako např. Ztraceni a Zoufalé manželky jako indikátory toho, že se IPTV stává stále rozšířenější. Protože IPTV využívá standardních síťových protokolů, slibuje nižší náklady pro operátory a nižší ceny pro uživatele. Používání set-top boxů s širokopásmovým připojením k internetu umožňuje dělení videa do domácností efektivněji než běžný koaxiální kabel. ISP aktualizují své sítě, aby přinesly vyšší rychlosti a aby poskytovaly HDTV kanály. IPTV využívá obousměrný digitální vysílací signál posílaný přes přepínanou telefonní nebo kabelovou síť prostřednictvím širokopásmového připojení a set-top boxu naprogramovaného tak, že může zpracovat divákovy požadavky na přístup k mnoha dostupným médiím.

IPTV pokrývá obojí - živé televizní vysílání stejně dobře jako uložené video (Video on Demand). Přehrání z IPTV vyžaduje buď osobní počítač nebo set-top box připojený k TV. Video obsah je většinou komprimovaný použitím buď MPEG-2, nebo MPEG-4 kodeků a potom posíláno MPEG dopravním proudem doručováno přes IP Multicast v případě live TV nebo přes IP Unicast v případě Video on Demand. IP Multicast je metoda, ve které mohou být informace vysílány jen jednou a přijímány zároveň mnoha počítači najednou. Nově vydaný (MPEG-4) H.264 kodek stále častěji nahrazuje starší MPEG-2 kodek. Založení na IP platformě nabízí podstatné výhody, zahrnující schopnost spojit televizi s dalšími IP založenými službami jako jsou vysokorychlostní internet a VoIP. Celistvost těchto služeb může znamenat pro ISP tolik tíženou výhodu před konkurencí.

### *Interaktivita*

Založení na IP platformě také umožňuje prožít zážitky ze sledování TV interaktivněji a osobněji. Dodavatel může např. zahrnout interaktivního programového průvodce, který divákovi pro jeho spokojenost dovolí vybrat film podle názvu nebo jména herce, nebo funkci obraz v obraze, která mu dovolí přepínat kanály bez opuštění programu, který sleduje. Diváci mohou být schopni vyhledat statistiku hráče, zatímco sledují sportovní přenos, nebo ovládat zaměření kamery. VoD je zkratkou pro Video on Demand (video na požádání). VoD povoluje spotřebiteli prohlížet online programy nebo katalogy filmů, dívat se na trailery (ukázky) a potom si vybrat označený záznam pro přehrání. Přehrávání vybraného filmu začne téměř okamžitě na počítači nebo TV klientovi. Technicky, když spotřebitel vybere film, individuální (unicast) připojení je nastaveno mezi dekodérem spotřebitele (Set-top box, PC nebo mobilní telefon) a dodávajícím streamovacím serverem. Signalizace pro pauzu, zpomalené nebo zrychlené záběry je zajištěna pomocí RTSP (Real Time Streaming Protocol). Nejběžnější kodeky používané pro VoD jsou MPEG-2, MPEG-4 a VC-1 [21].

#### **6.1.3 Online hraní her**

Hraní her patří beze sporu také k činnosti, kterou mnoho uživatelů na svém mobilním telefonu vykonává. Dnes je možné hrát hru po internetu i na mobilním telefonu, pokud to daná hra podporuje. Existuje velké množství takzvaných „živých her“ (Live Gaming, Online Gaming, RT Gaming atp.). Každý uživatel je jiný, určitě ne každý hraje hry, ale najdou se i takoví uživatelé, kteří se v hraní internetových her velmi vyžívají a mají to jako zábavu pro volný čas. Velkým fenoménem jsou dnešní sociální sítě, které také nabízejí uživatelům (hráčům) opravdové pokušení v podobě živých her. Právě tady si myslím, že mají výrobci mobilních telefonů i operátoři další velkou příležitost k nabídnutí služby, která by se hráčům líbila. Některé hry jsou velmi náročné na odezvu, právě díky nasazení LTE sítí by se situace měla výrazně změnit, jako jsem popsal v teoretické části, že odezva (zpoždění) u LTE sítí je velmi dobrá, proto by právě LTE sítě mohly otevřít zcela nové možnosti i hráčům, u kterých stále převládá určitá nedůvěra v mobilní síť. Můžeme taky předpokládat, že uživatel může LTE technologii využívat k připojení svého počítače, notebooku, netbooku a nemusí tak být omezen výkonem mobilního telefonu.

Některé mobilní telefony jsou přímo uzpůsobeny ke hraní her. Jejich design je připraven na hraní nejrůznějších her, které vyžadují kvalitní ovládání. Velmi záleží na dané platformě, kterou podporuje konkrétní mobilní telefon. Každý výrobce preferuje určitý operační systém pro své mobilní telefony. Když pomineme mobilní telefony bez operačních systémů, u kterých se předpokládá spíše využívání pro jednoduché služby (volání, textové zprávy atd.), dojdeme k závěru, že většina výrobců se snaží do svých mobilních telefonů zakomponovat i podporu (knihovny, technologie) pro hraní her. Některé hry nabízí svým uživatelům více možností. Buď jsou přímo vystaveny na serveru a uživatel je hraje prostřednictvím prohlížeče, nebo druhá varianta méně populární (rozmach kvalitních webových her), hru je nutno nahrát (nainstalovat) do mobilního telefonu.

#### 6.1.4 Data

Velmi důležitou „službou“ je i přenos dat, záměrně jsem dal do uvozovek slovo službou, protože všechny služby v LTE sítích jsou na datech postaveny. Na přenosu dat (informací) staví většina služeb a vůbec všechno, co se nám dostane do mobilního a z mobilního telefonu, je na datech postaveno. Je pravda, že ve starších sítích byly datové služby brány jako samostatná služba, protože byly provozovány jinou technologií, ale u LTE sítí lze mluvit o splynutí (data + hlas). Právě sítě nových generací jsou stavěny na datové provozy i na protokoly, které využívají mobilní rádiové sítě, podobně jak je tomu u fixních sítí. Rozdíl se začíná čím dál více ztenčovat. Vždy budou dominantní fixní sítě (optické vlákna), protože jejich fyzikální možnosti pro přenos dat jsou nenahraditelně lepší, než je tomu u rádiových sítí. Ale musím konstatovat, že se všechno začíná pozvolna měnit a že i mobilní sítě budou hrát nezanedbatelnou roli například v dopravních prostředcích (auta, vlaky, autobusy, zemědělské stroje atd.). Obzvláště u LTE sítí jsou dobré výsledky při pohybu koncového zařízení i u vyšších rychlostí (řádově stovky km/h). Velké množství lidí používajících veřejné dopravní prostředky by tak využilo možnosti připojení ke kvalitnímu internetu. Domnívám se, že právě LTE technologie bude konečně technologie vhodná i do dopravních prostředků. Dříve bylo velmi problematické se připojit pomocí mobilního telefonu, při vyšších rychlostech byla kvalita signálu velmi špatná. Velkým vylepšením je i aplikace technologie MIMO (Multiple-input multiple-output), díky

níž máme mnohem kvalitnější signál. MIMO technologie zefektivňuje spektrální využití rádiových systémů.

## 6.2 SWOT analýza pro služby v sítích LTE

Nedílnou součástí každé marketingové strategie je beze sporu kvalitně zmapovaný trh a dobrá studie trhu. Jednou podstatnou záležitostí je vysoká technická připravenost firmy (operátorů) a druhou podstatnou záležitostí je správně zvolená strategie. SWOT analýza je pro trh se službami v mobilních sítích velmi důležitá. Jde o rychlý přehled, který je velmi praktický a dobře adaptabilní na konkrétní situace trhu. Rozhodl jsem se, že vypracuji SWOT analýzu pro služby v sítích LTE, aby bylo patrné, jaké výhody a případná rizika (nevýhody) zavedením (spuštěním) nových služeb vzniknou.

Tab. 4. SWOT analýza silných a slabých stránek služeb v LTE sítích.

	Silné stránky	Slabé stránky
Uživatelé služeb (zákazníci)	kvalitnější připojení k internetu	délka uzavření smlouvy s operátorem
	velmi příznivé ceny služeb	nutnost využívat jednoho operátora
	komplexní služby	dostupnost všech služeb
	lákový potenciál nových služeb (IPTV, VoIP, atd.)	uživatelé mají přístup i ke službám, které mnohdy vůbec nepotřebují
	přehledné vyúčtování za služby	
	jen jeden poplatek za data i hlas a jiné služby	
Telekomunikační operátoři	odpovídající poměr cena/výkon	nutnost rychlé adaptace nových služeb do stávajícího řešení sítě
	potenciál zisku z nových služeb (IPTV, VoIP, atd.)	některé služby je nutné dotovat nebo omezit podmínkami FUP
	zvýšení počtu nových zákazníků	nákladná investice do LTE sítě
	snížení nákladů na vyúčtování i tarifaci za služby (data, hlas atd.)	
	konkurenční výhoda LTE sítě	



### 6.3 Průzkum trhu v oblasti mobilních služeb

Hlavním důvodem, proč jsem se zaměřil na služby a na jejich potenciál, byla myšlenka zpřehlednit nabízené portfolio na základě dostupných prostředků technického řešení v návaznosti na jeho ekonomickou stránku. Uživatel nevidí velké investice do infrastruktury mobilních rádiových sítí pro zkvalitnění služeb (LTE). Oproti tomu operátoři nabízejí velké množství variant, tarifů a nejrůznějších kombinací služeb, v nichž se uživatel snadno ztratí a sám nepozná, co je pro něj nejvýhodnější. Vytvořil jsem dotazník, ve kterém jsem se dotazoval na níže uvedené dotazy, kterými jsem si chtěl udělat přehled o uživatelích [12].

#### 6.3.1 Dotazník pro uživatele mobilních sítí

1. Jste ?      **muž**      **žena**
2. Do jaké věkové kategorie spadáte?      **junior/student**      **středního věku**      **senior**
3. Kolik korun byste měsíčně nejvíce zaplatil(a) za využívání mobilních služeb jako jsou: volání, internet, televize, rádio, prostřednictvím mobilního telefonu?  
**150; 200; 300; 400; 500; 550; 600; 700; 800 Kč; více: .....**
4. Používáte internet v mobilu?      **ANO**      **NE**
5. Hrajete hry na svém mobilu?      **ANO**      **NE**
6. Uvítal(a) byste možnost přijímat TV a rádio ve Vašem mobilu?      **ANO**      **NE**
7. Kolik korun měsíčně přibližně platíte za připojení k internetu prostřednictvím Vašeho mobilního telefonu?      .....
8. Kolik korun měsíčně přibližně platíte za volání z Vašeho mobilního telefonu? .....
9. Už jste někdy prostřednictvím mobilu provedl(a) nějakou platbu?      **ANO**      **NE**
10. Jaká služba Vám schází ve Vašem mobilním telefonu?.....

### 6.3.2 Analýza a interpretace informací

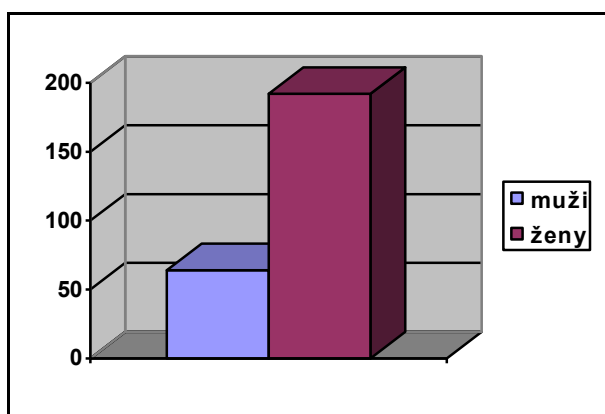
#### *Klasifikační otázky dotazníku*

Klasifikační otázky kontrolují, zdali byly dotázány správné kvóty lidí či společností a užívají se k porovnávání rozdílných skupin respondentů. Většina klasifikačních otázek se zabývá chováním (faktické) [9].

Otázka č. 1: Jste ?

*Tab. 5. Rozlišení respondentů dle pohlaví.*

	Počet odpovědí
muži	64
ženy	192



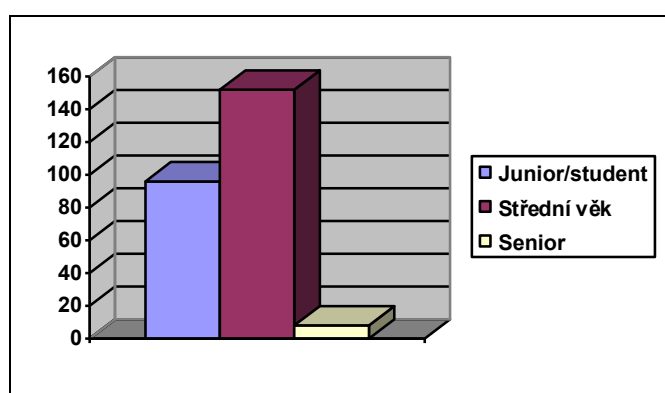
*Obr. 4. Rozlišení respondentů dle pohlaví.*

Průzkumu se zúčastnili ženy i muži různých věkových skupin. Ženy v tomto průzkumu převažovaly. U všech otázek nebyl zohledňován přesný poměr názorů žen a mužů 1:1. U některých otázek se velmi lišil názor žen v porovnání s názorem mužů.

Otázka č. 2: Do jaké věkové kategorie spadáte?

Tab. 6. Rozlišení respondentů podle věku.

	Počet odpovědí
Junior/student	96
Střední věk	152
Senior	8



Obr. 5. Rozlišení respondentů podle věku.

Věkové kategorie respondentů byly různé. Vzhledem k tomu, že velké procento dotázaných bylo z kategorie středního věku, se domnívám, že tvoří i u operátorů majoritní většinu zákazníků. U kategorie junior/student téměř všichni respondenti uváděli, že hrají na mobilním telefonu hry.

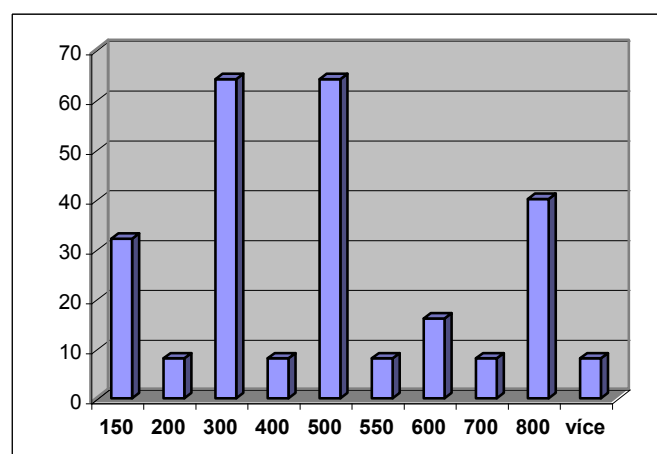
### ***Otázky týkající se chování***

Typy výzkumů, ve kterých má typ otázky využití – výzkumy prováděné za účelem zjištění velikosti trhu, podílů trhu, míry povědomí a užití. Tyto otázky jsou navrženy za účelem zjištění toho, co lidé či společnosti dělají. Otázky týkající se chování zaznamenávají fakta, ne názory [9].

Otázka č. 3: Kolik korun byste měsíčně nejvíce zaplatil(a) za využívání mobilních služeb jako jsou: volání, internet, televize, rádio, prostřednictvím mobilního telefonu?

Tab. 7. Přehled finančních částek za komplexní řešení služeb.

Kč	Počet odpovědí
150	32
200	8
300	64
400	8
500	64
550	8
600	16
700	8
800	40
více	8



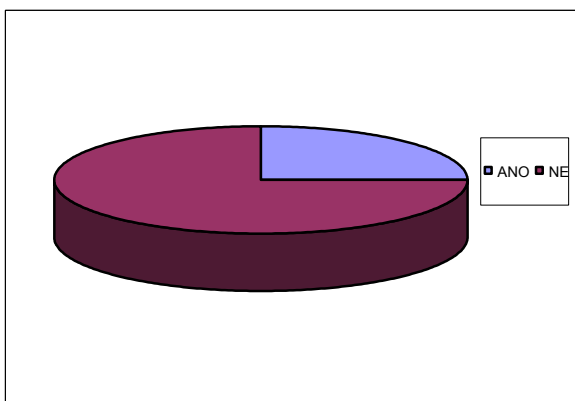
Obr. 6. Přehled finančních částek za komplexní řešení služeb.

Nejzajímavější byla čtvrtá otázka v mém dotazníku, která se zabývala tím, do jak velké míry jsou zákazníci ochotni platit za služby, které jim jejich operátor nabízí. Smysl této otázky spočívá v tom, že jde o sloučení všech služeb, včetně volání, do jednoho poplatku. Ale zároveň jde o služby provozované prostřednictvím technologie LTE. Já osobně jsem nečekal, že tazatelé budou ochotni platit i větší částky. Základní cena za služby „vše v jednom“ (all-in-one) by měla být konstantní pro všechny, ale velkým klíčovým faktorem by byla politika FUP (Fair User Policy), která by případným uživatelům zvýšila dočasně cenu.

Otázka č. 4: Používáte internet v mobilu?

Tab. 8. Využití internetu v mobilním telefonu.

	Počet odpovědí
ANO	64
NE	192



Obr. 7. Využití internetu v mobilním telefonu.

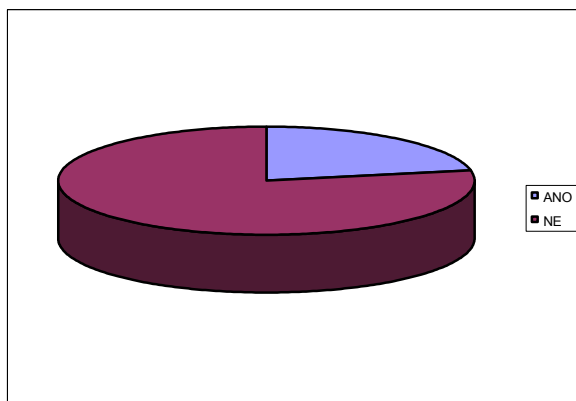
U této otázky je jasně vidět, že je mobilní telefon stále vnímán uživateli jako zařízení, které je určeno především k volání. Domnívám se, že právě nástup LTE sítí změní pohled na užívání internetu v mobilním telefonu zároveň s nástupem chytrých mobilních telefonů s LTE moduly a data projektory. Takové mobilní telefony budou pozvolna nahrazovat dnešní netbooky a notebooky. Jejich výkonové a zobrazovací možnosti budou na velmi vysoké úrovni. Už nyní je možné koupit mobilní telefon, na kterém můžeme provádět

téměř všechny základní i pokročilejší úkony, jež jsme doposud u mobilních telefonů nemohli provádět. Síť využívající LTE technologii budou moci nabídnout kvalitní připojení k internetu, na jehož základě bude možné provozovat další služby, které by měly zákazníky přesvědčit o výhodách používání internetu. Mladší generace obecně používají více mobilní telefon a to nejen na volání, ale i k vyhledávání informací na internetu a ke komunikaci na sociálních sítích. Očekává se pozvolný posun k datovým službám, kde by byl hlas vnímán jako datová služba a to prostřednictvím VoLTE, případně VoIP.

Otázka č. 5: Hrajete hry na svém mobilu?

Tab. 9. Popularita hraní her na mobilním telefonu.

	Počet odpovědí
ANO	56
NE	200



Obr. 8. Popularita hraní her na mobilním telefonu.

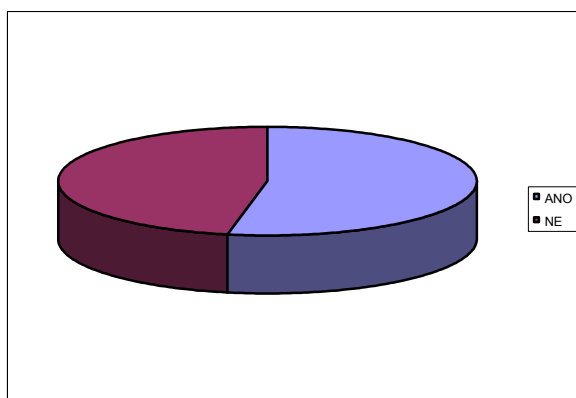
Tato otázka může působit zbytečně, nicméně hraní her přes internet je zajímavým a nezanedbatelným finančním ziskem pro mobilní operátory, potažmo i pro výrobce mobilních telefonů. Moderní hry umožňují hraní s více hráči z různých koutů světa, hráč si může zvolit, v jakém týmu či zemi chce hrát se svými spoluhráči. Takové hry jsou velmi populární a uživatelé jim dávají přednost před „statickými“ hrami, které nevyžadují připojení k internetu při hraní. Tato oblast trhu služeb má velmi velký potenciální růst,

do budoucna lze očekávat vzestup až na hranici kolem 24 % z celkového provozu služeb. Hry, které využívají a podporují hraní prostřednictvím internetu, kladou vysoké nároky na stabilitu přenosu dat a taky na jejich rychlost (latenci sítě). Právě LTE sítě mají (v ideálních podmínkách provozu) daleko lepší podmínky v oblasti odezvy. Tyto podmínky jsou o něco lepší, než u mnohých starších připojení. Což nebývá u bezdrátových technologií starších generací zvykem, proto nebylo hraní her po internetu prostřednictvím mobilních telefonů tak masivně rozšířeno. S očekávaným nástupem LTE sítí by se situace měla změnit. To už tuší i výrobci mobilních telefonů i grafická a vývojová studia, která se podílejí na vývoji her.

Otázka č. 6: Uvítal(a) byste možnost přijímat TV a rádio ve Vašem mobilu?

*Tab. 10. Reakce respondentů na nové multimediální služby.*

	Počet odpovědí
ANO	136
NE	120



*Obr. 9. Reakce respondentů na nové multimediální služby.*

U této otázky respondenti odpovídali s těsnou převahou, že by uvítali možnost příjmu TV a rádia ve svém mobilním telefonu. Tyto služby se jeví jako jedny z velmi dobrého poměru ceny vůči oblíbenosti u zákazníků. Je zde velký potenciál pro relativně levný nákup

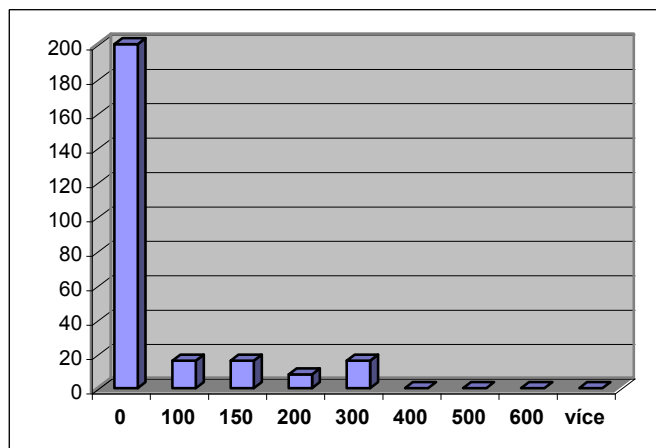
televizního signálu operátory a jeho následnou distribuci prostřednictvím LTE sítí. Velkou roli zde budou hrát hlavně legislativní opatření spojené se šířením veřejnoprávních médií. Díky neustálému zvětšování displejů mobilních telefonů nabízí mobilní telefony stále lepší podmínky pro příjem televizního signálu. A případně možnost využívat například webové kamery. I možnost příjmu rádia by uvítalo větší procento respondentů. Moduly pro příjem rádia bývají součástí některých mobilních telefonů. Nicméně prostřednictvím internetu lze poslouchat i taková rádia, která nemají lokální pokrytí terestrickým signálem. A to rovnou ze všech koutů světa. Stejně tak je možné prostřednictvím LTE sítí šířit i jiné než například české stanice pomocí technologie IPTV.

Otázka č. 7: Kolik korun měsíčně přibližně platíte za připojení k internetu prostřednictvím Vašeho mobilního telefonu?

*Tab. 11. Přehled finančních částek za připojení k internetu.*

<b>Kč</b>	<b>Počet odpovědí</b>
0	200
100	16
150	16
200	8
300	16
400	0
500	0
600	0
více	0





Obr. 10. Přehled finančních částek za připojení k internetu.

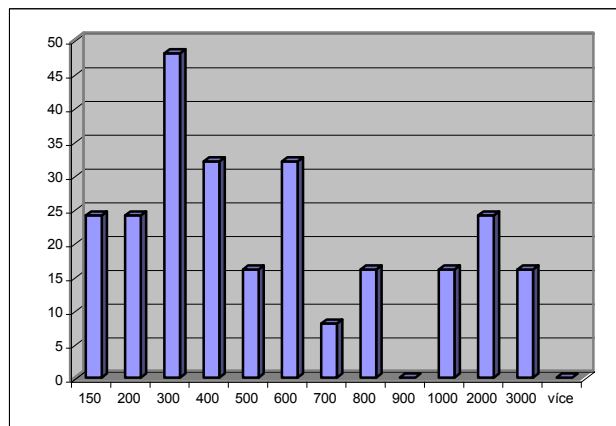
U této otázky jsem čekal takové odpovědi dotazovaných, že platí nějakou částku za internet. Ale je zde vidět, podobně jako u jiných otázek, že se v současné době ještě mobilní telefony využívají převážně jen na volání. Domnívám se, že se situace výrazně změní s nástupem LTE technologie. Musíme si uvědomit, že je většina nových aplikací přímo závislá na datech z internetu. O to více se dá s rozmachem sociálních sítí očekávat, že poptávka po stabilním a rychlém internetovém připojení bude strmě narůstat. Některé mobilní telefony, lépe řečeno jejich aplikace, dokonce vyžadují pro plné využití stálé připojení k internetu, protože si stahují nejrůznější doplňkové funkce.

Otázka č. 8: Kolik korun měsíčně přibližně platíte za volání z Vašeho mobilního telefonu?

Tab. 12. Přehled finančních částek za hlasové služby.

Kč	Počet odpovědí
150	24
200	24
300	48
400	32
500	16

Kč	Počet odpovědí
600	32
700	8
800	16
900	0
1000	16
2000	24
3000	16



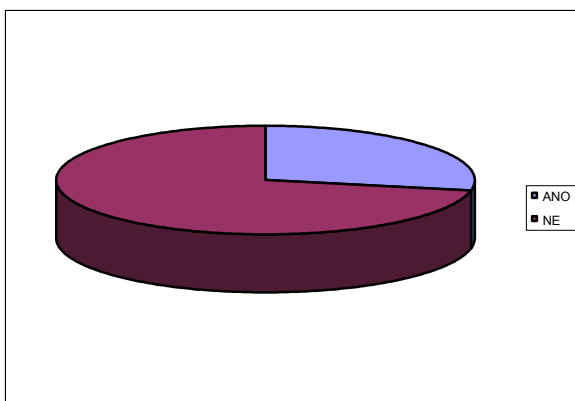
*Obr. 11. Přehled finančních částek za hlasové služby.*

Poplatky spojené s voláním jsou beze sporu velkým přínosem, protože se stále jedná o hlavní příjem mobilních operátorů. Odpovědi se u této otázky velmi různily. Při prvotních návrzích architektury sítě LTE byl hlas na „druhém místě“, prioritou bylo využití kapacity sítě pro data. S velkou popularitou VoIP se i u LTE začalo počítat s podobným konceptem pro hlasové služby. Lze očekávat přeorientování hlasových služeb k datovému přenosu hlasu prostřednictvím VoLTE, což by mělo pozitivní dopady na cenu hlasových služeb.

Otázka č. 9: Už jste někdy prostřednictvím mobilu provedl(a) nějakou platbu?

Tab. 13. Trend placení přes mobilní telefon.

	Počet odpovědí
ANO	72
NE	184



Obr. 12. Trend placení přes mobilní telefon.

Placení prostřednictvím mobilního telefonu není mezi respondenty rozšířeno. Velká většina dotázaných uvádí, že žádnou platbu nikdy neprovedla. Do budoucna lze očekávat, že trend placení pomocí mobilního telefonu bude populárnější, protože většina mobilních telefonů bude neustále připojena k internetu.

Otázka č. 10: Jaká služba Vám schází ve Vašem mobilním telefonu?

Většina dotázaných respondentů odpověděla na tuto otázku jednotně a to tak, že jim žádná služba neschází. Nicméně většinou muži odpovídali, že jim nějaká služba schází. Hodně respondentů využívá pouze telefon na volání, protože pokrytí kvalitním signálem 3G nebo 4G sítí není dostupné ve všech lokalitách státu. Nejčastěji respondenti uváděli, že jim v mobilním telefonu schází televizní a rozhlasové vysílání - cca 34% dotázaných.

Průzkum pomocí dotazníků byl velmi úspěšný, zúčastnilo se ho celkem 256 respondentů. Většina lidí ochotně dotazník vyplnila, snažil jsem se je v dotazníku nezatěžovat zbytečnými dotazy. Hranice deseti otázek si myslím, že je pro tento průzkum dostatečná.

## 6.4 Nově dostupné služby

Z mého průzkumu, který jsem prováděl pomocí dotazníku, se dále ukázalo, že většina dotázaných uživatelů mobilních telefonů očekává nové služby, které jim telekomunikační operátoři nabídnou s nástupem sítí čtvrté generace. Všechny služby, i pokud by je uživatelé nevyužili, jsou ze strany zákazníků (uživatelů) vítány, každý chce maximálně využívat svůj mobilní telefon, třeba jen z důvodů prestiže. Několikrát jsem se setkal s lidmi, kteří měli poměrně drahý mobilní telefon, který umožňoval využít například video hovory v sítích 3G. Když jsem se jich ptal, zda používají „video volání“, tak mi odpověděli, že je to moc drahé. Takže toto je ten moment, proč se většina dobrých služeb nerozšíří.

Těžko lze říci o nějaké službě, že je nová (ve smyslu technologie sítě) a vychází od operátorů mobilních sítí, ale většinou se jedná o aplikaci, která nabízí potenciálnímu zákazníkovi (uivateli) něco nového. Zároveň je závislá na možnostech sítě, například na maximálních přenosových rychlostech sítí LTE. Služby lze rozdělit na online (interaktivní) a off-line (neinteraktivní). Velkým zdrojem příjmů jsou pro operátory hlavně „živé“ interaktivní služby, které využívají možnosti telekomunikačních sítí operátorů. Většina aplikací pro moderní mobilní telefony je tvořena interaktivně. Například aplikace pro telefonování (Skype a další) jsou závislé na připojení k internetu.

### 6.4.1 Instant messaging

Právě s rozmachem Instant messagingu zaznamenali telekomunikační operátoři větší poptávku po internetu do mobilních telefonů. Jedná se o vůbec jednu z nejstarších interaktivních služeb. Instant messaging (zkratka IM) je internetová služba umožňující svým uživatelům sledovat, kteří jejich přátelé jsou právě připojeni, a dle potřeby jim posílat zprávy, chatovat, přeposílat soubory mezi uživateli a i jinak komunikovat. Hlavní výhoda oproti používání např. e-mailu spočívá v principu odesílání a přijímání zpráv v reálném čase. Jinými slovy zpráva je doručena ve velmi krátké době od odeslání (většinou v rámci stovek milisekund).

Instant messaging zrychluje komunikaci a umožňuje snadnou spolupráci mezi více lidmi. Na rozdíl od e-mailu nebo telefonu druhá strana ví, zda je účastník k dispozici či nikoliv. Většina IM systémů umožňuje nastavit away message, tedy zprávu podle které lze zjistit, zda je uživatel přítomen přímo u svého počítače nebo zda se vzdálil od svého mobilního telefonu. Na druhou stranu uživatele nikdo nenutí, aby na zprávy odpovídali ihned. Tímto způsobem se IM komunikace stává méně vyrušující než třeba telefon a to je částečný důvod, proč je tento způsob komunikace stále více oblíben v obchodním prostředí. Instant messaging je ideální pro rychlou výměnu internetových adres, kusů zdrojového kódu atd. [22].

Na následující tabulce můžeme vidět přehled nejpopulárnějších IM služeb a jejich klientů, kteří bývají zpravidla přizpůsobováni pro použití v mobilních telefonech.

*Tab. 14. Přehled IM služeb a softwarových klientů pro IM služby [22].*

<b>Služba</b>	<b>Popis</b>
ICQ	Originální ICQ klient pro Windows, který obsahuje mnoho reklam a neposkytuje téměř žádné rozšíření. Jednoduchý na nastavení, ale mnoho uživatelů od něj upustilo.
QIP	IM klient ruské výroby pro Windows, který umožňuje připojení pouze do sítě ICQ. Jednoduchý, přehledný, nepodporující rozšíření.
QIP Infium	Vylepšená verze QIPa, která je lépe graficky zpracovaná, podporuje více protokolů a rozšíření pomocí pluginů.
Pidgin	Multi-platformový a multi-protokolový open-source IM klient. Je podporován operačními systémy Windows, RedHat Enterprise Linux, Fedora Core, a CentOS. Obsahuje podporu protokolů AIM, Bonjour, Gadu-Gadu, Google Talk, Groupwise, ICQ, IRC, MSN, QQ, SILC, SIMPLE, Sametime, XMPP, Yahoo! a Zephyr.

Služba	Popis
Miranda	Multi-protokolový IM klient pro Windows navržený tak, aby byl výkonný a snadno použitelný. Je plně rozšiřovatelný pomocí pluginů. Lze například přidat podporu pro protokoly ICQ, AIM, MSN, Jabber, Yahoo!, Gadu-Gadu, Tlen, Netsend a mnoho dalších. Miranda je také plně skinovatelná.
Psi	IM aplikace navržená pro Microsoft Windows, Apple Mac OS X a GNU/Linux. Podporuje Jabber, AIM, ICQ, MSN, Yahoo! a IRC.
Adium	Free IM aplikace pro Mac OS X, která se může připojit do sítí AIM, MSN, Jabber, Yahoo!, Bonjour, Gadu-Gadu, Novell Groupwise a Lotus Sametime.
Trillian	Chat klient pro Windows, který podporuje AIM, ICQ, MSN, Yahoo Messenger a IRC.
Babuki	Chat klient pro Windows a MacOX podporující Facebook, MSN, AIM, Yahoo! a Gtalk.
Jimm	Free ICQ klient pro mobilní telefony napsaný v jazyce Java.

#### 6.4.2 Sociální sítě

Popularita sociálních sítí neustále narůstá, většina služeb a aplikací, které dříve byly samostatně, se do nich začíná kumulovat, z čehož chtějí těžit firmy, které nabízejí pouze softwarové rozhraní. Domnívají se totiž, že ne všichni uživatelé chtějí být na sociálních sítích registrováni a samostatné komunikační rozhraní jim poskytne daleko větší soukromí. Oblast sociálních sítí je považována za určitý dobový trend, u kterého nelze jednoznačně odhadnout, jakým se bude ubírat směrem. Dá se předpokládat, že aplikace vázané na sociální sítě budou vyvíjeny primárně pro přenosná zařízení (mobilní telefony, netbooky, tablety atp.). Zajímavý potenciál nabídne cílená reklama, kterou lze v sociálních sítích pozorovat už nyní.

## 6.5 Cenová politika

V následující tabulce jsou uvedeny různé tarify od různých operátorů s různým cenovým rozpětím.

Tab. 15. Ceny za mobilní připojení k internetu u mobilních operátorů v ČR [11].

	Operátor	Název tarifu	Cena	FUP	Omezení	K hlasové SIM kartě
1	T-Mobile	Surf+	119 Kč měsíčně	50 MB	jen surfování v mobilu	ano
2	O2	Internet v mobilu	150 Kč měsíčně	150 MB	bez omezení	ano
3	O2	Internet standard	150 Kč měsíčně	500 MB	pouze při pořízení O2 Internet	ne
4	Vodafone	Internet v mobilu	177 Kč měsíčně	100 MB	bez omezení	ano
5	Vodafone	Připojení na dlouho do 100 MB	177 Kč měsíčně	100 MB	po 100 MB dražší tarif	ano
6	T-Mobile	Surf&Mail+	239 Kč měsíčně	100 MB	běžné aplikace v mobilu	ano
7	U:fon	3G mobilní internet	390 Kč měsíčně	8 GB	bez omezení	ne
8	O2	Internet v mobilu Plus	390 Kč měsíčně	500 GB	bez omezení	ano
9	O2	Internet Standard	500 Kč měsíčně	2 GB	bez omezení	ne
10	Vodafone	Připojení na dlouho do 300 MB	500 Kč měsíčně	300 MB	po 300 MB dražší tarif	ano

	<b>Operátor</b>	<b>Název tarifu</b>	<b>Cena</b>	<b>FUP</b>	<b>Omezení</b>	<b>K hlasové SIM kartě</b>
<b>11</b>	Vodafone	Internet v mobilu na den	17 Kč denně	5 MB	denní tarifkace	ano
<b>12</b>	Vodafone	Připojení na stálo	525 Kč měsíčně	3 GB	bez omezení	ano
<b>13</b>	O2	Mobilní Internet	750 Kč měsíčně	10 GB	bez omezení	ne
<b>14</b>	Vodafone	Připojení na dlouho	750 Kč měsíčně	Není	bez omezení	ano
<b>15</b>	T-Mobile	Internet+	839 Kč měsíčně	2 GB	bez omezení	ano
<b>16</b>	T-Mobile	Internet Standard	839 Kč měsíčně	5 GB	bez omezení	ne
<b>17</b>	U:fon	Internet na kredit	29 Kč denně	1 GB	denní tarifkace	ne
<b>18</b>	O2	Mobilní Internet Plus	1000 Kč měsíčně	Není	bez omezení	ne
<b>19</b>	T-Mobile	Internet Premium	1199 Kč měsíčně	10 GB	bez omezení	ne



## 7 MOBILNÍ TELEFONY PRO SÍŤE LTE

Koncové mobilní telefony pro širokou veřejnost v dnešní době splňují očekávání svých uživatelů. Většina mobilních telefonů disponuje velkým množstvím nejrůznějších funkcí, které nabízí svým uživatelům. S rozvojem širokopásmového připojení Wi-Fi (Wireless Fidelity) velká většina uživatelů svých mobilních telefonů využívá možnost přístupu k internetu právě na základě technologie Wi-Fi, která je v dnešní době velmi populární (dostupná) a umožňuje daleko větší a komfortnější přenos dat směrem z a do mobilního telefonu. Právě díky technologii LTE, která bude znamenat potenciálně dostupnější pokrytí do budoucna srovnatelné s GSM pokrytím, bude postupně Wi-Fi ustupovat. Přestože je velmi populární připojování uživatelů mobilních telefonů k internetu přes technologii Wi-Fi, tak se domnívám, že technologie LTE díky své daleko větší datové propustnosti, než kterou nabízí technologie Wi-Fi, odkloní nemalé procento uživatelů mobilních telefonů právě k technologii LTE. Protože tato technologie nabídne uživateli prostřednictvím telekomunikačních firem doposud nejkvalitnější služby srovnatelné se středně rychlými širokopásmovými přípojkami v pevných datových sítích. Jako hlavní důvod bude spojení vysoké rychlosti a velkého dosahu. Je pravdou, že nové standardy WiFi jsou taky velmi rychlé, ale nesmíme zapomínat na dosah lokálních přístupových bodů, který nebývá větší než několik málo desítek metrů.

Smýšlení uživatelů je jednoznačné a vede co možná k nejefektivnějšímu poměru „cena/výkon“. Je totiž velmi důležité nabízet služby v jednom a nezaměřovat se pouze na oddělený koncept prodeje služeb. Je prokázáno, že uživatelé, kteří jsou majiteli technicky vyspělejších zařízení, v tomto případě mobilních telefonů a počítačů s možností připojení do sítí 4G, požadují co možná nejefektivnější využívání technologie 4G (LTE).

Ze strany výrobců mobilních telefonů bude situace podobná jako s nástupem technologie Wi-Fi, kdy výrobci většinu svých vyráběných mobilních telefonů opatřovali moduly pro příjem Wi-Fi signálu. Dá se předpokládat, že stejně tak budou postupovat i s vybavováním mobilních telefonů moduly LTE, které budou zahrnovat i starší variantu UMTS. Z počátku s nástupem technologie 4G (LTE) bude asi nemyslitelné odstranit z mobilních telefonů GSM modul, ale dá se předpokládat, že v budoucnu budou GSM sítě

na ústupu a větší procento mobilních telefonů bude „osázeno“ pouze moduly pro příjem technologií čtvrté a páté generace. Smyslem zavádění technologií, které využívají nejnovější poznatky z rádiové techniky, je plné nahrazení sítí, které využívaly nekompatibilní technologie s novodobými fixními sítěmi a protokoly, které byly nativně vyvinuty pro fixní síť. Po technické stránce (a nejenom po ní) bude rozdíl mezi fixní a mobilní sítí daleko menší, než tomu bylo v minulosti (stále zatím platí, že optické vlákno je z hlediska přenosu dat „nejmocnější“). Všechno směřuje k takzvaným All IP sítím, kdy bude většina sítí, a v nich pracující koncové přístroje, používat jednotné protokoly například TCP/IP.

### **7.1 Přehled dostupných mobilních telefonů a modemů na trhu s podporou LTE**

Situace na trhu mobilních telefonů a modemů pro příjem LTE není ještě nikterak ideální. První mobilní telefony a modemy s podporou technologie LTE už byly představeny, ale jedná se většinou jen o pár modelů, které jsou jakousi snahou výrobců být první v konkurenčním boji. Bude určitě zajímavé, do jaké míry podpoří přední světový výrobci mobilních telefonů LTE. Já osobně se domnívám, že tak učiní velké množství výrobců. Protože je tato technologie „zlomová“ hlavně v oblasti rychlostních parametrů.

Jedny z prvních modelů představili světoví výrobci na mezinárodním veletrhu v Barceloně už v roce 2009 (Mobile World Congress) a také na veletrhu (CommunicAsia 2009). Zde byly k vidění novinky mobilních telefonů, které se objeví na trhu v nadcházejícím roce. Tyto modemy a mobilní telefony, které je možné vidět na následujících obrázcích, jsou jedny z prvních modelů na světě.



*Obr. 13. Modem s podporou LTE - Samsung GT-B3710 [23].*

Modem od známé firmy Samsung je jedním z prvních zařízení, které se dostalo na komerční trh. Na obrázku vidíme Samsung GT-B3710 z jedné a druhé strany se skrytým a vyklopeným USB konektorem. Tento modem podporuje síť standardu 3GPP LTE Release 8. Není divu, že výrobci nejprve přichází s modemy, protože chtějí nejprve vytěžit maximum z předchozích technologií. Je známo, že pro firmy je výhodnější uvádět novinky postupně na trh, zaplatí se tím lépe vývoj dalších zařízení. Podobná situace byla i v době, kdy se na trh začínaly dostávat zařízení podporující 3G síť. Samsung není jediný, kdo předběhl trh. Nečekala ani firma Nokia, která představila svůj vlastní LTE modem, který je možné opět plně využít v sítích splňujících požadavky pro technologii LTE a je známo, že podporuje více pásem LTE, takže bude použitelný v drtivé většině zemí, kde bude LTE nasazeno. Ani Finská Nokia nezůstala pozadu a přišla na trh s modemem pro LTE pod označením „The Nokia Internet Modem RD-3“. Jde rovněž o jedno z prvních zařízení, které podporuje LTE technologii.

Dalším výrobcem, který byl vůbec světově považován za prvního, kdo uvedl přístroj s podporou LTE, je firma LG, ta má také svého zástupce a to modem dříve pod označením M13 (testovací série) nyní jako LD100.



*Obr. 14. Modem s podporou LTE – LG LD100 [24].*

## 8 LTE SÍŤE VE SVĚTĚ

Většina zemí ještě nevyužívá služeb sítě LTE, ale už jsou země, které technologie čtvrté generace používají. V evropských zemích je LTE síť spuštěna v Oslu a Stockholmu, kde je v první fázi vystavěna zhruba pro 400 000 obyvatel. Výstavbu pro operátora TeliaSonera prováděl ve Stockholmu Ericsson, v Oslu vystavovala síť LTE Huawei. Licence na budování sítě LTE byla udělena nejen pro Švédsko a Norsko, ale i pro Finsko, v příštích měsících bude pokryto 25 největších měst. Přes LTE se ze začátku nebude volat, síť bude určena pouze pro datový provoz. Na úvod je nastaven limit na 50 Mb/s, později se zvedne na 80 Mb/s [25].



*Obr. 15. Mapa působnosti operátora TeliaSonera [25].*

V LTE síti společnosti TeliaSonera činí maximální rychlost spojení 50 Mbit/s, ale operátor rychlost plánuje navýšit na 80 Mbit/s až 100 Mbit/s. Teď na službu nasadil na zkoušku i datový limit, který činí 30 GB měsíčně. TeliaSonera však nebude pravidla FUP nijak zásadně uplatňovat, minimálně ne do července příštího roku, protože je zvědavá, jak moc budou zákazníci aktivní a jak si s jejich nároky síť v současném stavu poradí.

Nová generace mobilní datové sítě klientům umožní využívat předností rychlého připojení, jaké nabízí prakticky jen pevná optická přípojka nebo kombinace hybridních optických sítí a kabelového připojení (byť některé parametry má LTE pochopitelně horší). Vysoké přenosové rychlosti, slušné odezvy a spolehlivost jim nabídne možnosti přenosu velkých

objemů dat, multimédií, příjem obrazového signálu ve vysokém rozlišení (HD), internetové konference s obrazem ve vyšší kvalitě nebo i dobré podmínky pro online hry.

Mezi další země, které provozují sítě čtvrté generace patří Japonsko. V Japonsku vystavuje síť a dodává komponenty firma Nokia Siemens Network, kde nyní staví síť pro NTT DoCoMo, což je jeden z největších operátorů na tamním trhu, osobně považují operátory z Japonska za průkopníky v testování nových technologií [26].

## 9 MĚŘENÍ V LTE SÍTÍCH

Měření v mobilních rádiových sítích, například v mnou popisovaných LTE sítích, je možné provádět spektrálními analyzátory. Pro konkrétní měření se musí použít různý přístroj nebo jeho modifikace s využitím doplňujících modulů, které jsou nejčastěji pouze softwarového charakteru. Většina měřících přístrojů, které umožňují měření v sítích třetí a čtvrté generace dokáže krásně vykreslit spektrum daného kmitočtu. Na následujících obrázcích jsou vidět výstupy ze spektrálního analyzátoru od firmy Rohde & Schwarz.



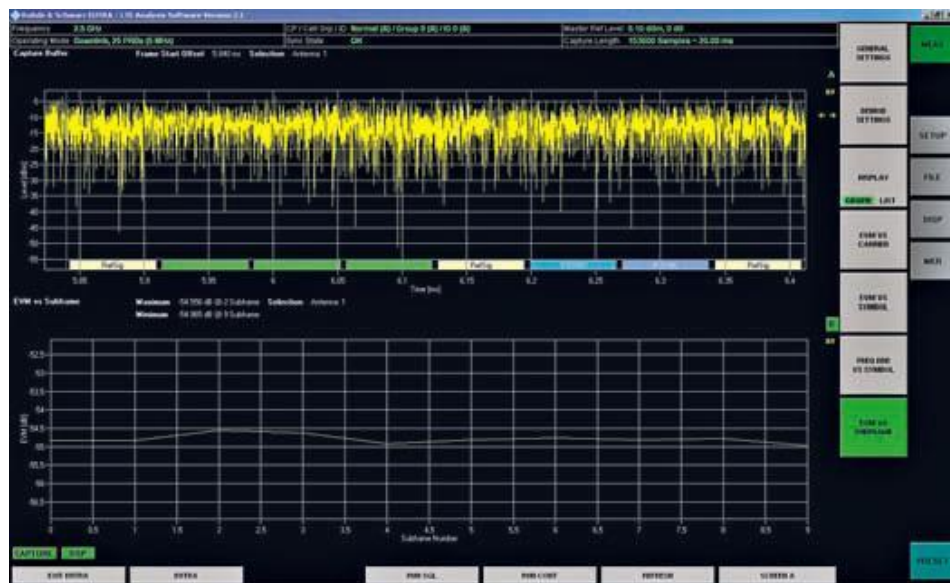
Obr. 16. Spektrální analyzátor R&S FSQ-K10x [27].

Většina přístrojů se dá bez problémů propojit s počítačem, data lze dále ukládat pro budoucí potřebu a porovnávání. Spektrální analyzátory disponují velkými možnostmi nastavování parametrů měření. Lze přesně nadefinovat ze seznamu technologií, který je součástí programového vybavení přístroje. Přehledně stačí vybrat danou normu nebo technologii a přístroj se automaticky dokáže nastavit a zjistí, zda v daném pásmu, které bylo nastaveno, je nějaký měřitelný (dostupný) signál.

Na následujících obrázcích vidíme ukázková měření v LTE sítích. Jedná se o přímé kopie obrazovek ze spektrálního analyzátoru. Žlutá křivka nám znázorňuje intenzitu signálu sítě LTE. Lze si na měřícím přístroji zvýraznit určitý časový úsek, který je možné pak přehledněji vykreslit na obrazovku přístroje.



Obr. 17. Ukázka měření spektra pomocí spektrálního analyzátoru [27].



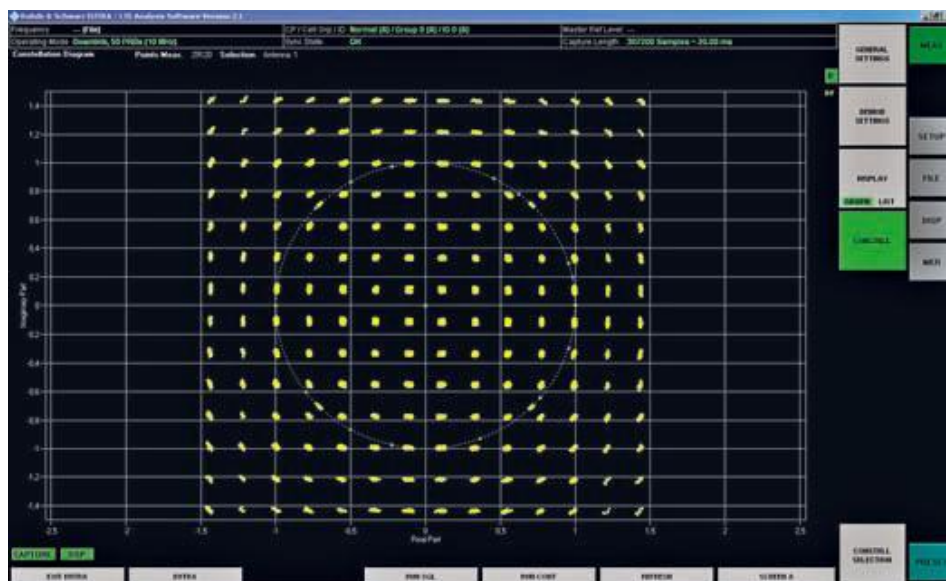
Obr. 18. Ukázka měření spektra pomocí spektrálního analyzátoru [27].

Na následující straně jsou vidět konstelační diagramy, které byly pořízeny spektrálním analyzátozem s podporou měření MIMO.





Obr. 19. Konstelační diagram signálu zobrazení pro MIMO dekoder [27].



Obr. 20. Konstelační diagram pro první anténu MIMO signálu [27].

## ZÁVĚR

V mé diplomové práci jsem se snažil základně popsat technologii LTE pro sítě čtvrté generace. Provedl jsem průzkum mezi uživateli mobilních telefonů. Hlavním cílem průzkumu bylo zjistit, jaké služby používají a kolik jsou ochotni za ně zaplatit. Jak se ukázalo z průzkumu, tak většina uživatelů mobilních telefonů má podobné smýšlení a operátoři můžou ušetřit na jednotné cenové politice za data i hlas. S rostoucí popularitou telefonování přes internet budou v blízké budoucnosti vážně ohroženy placené hlasové služby pro koncové zákazníky (snad s výjimkou satelitních řešení). Pokud se telekomunikační operátoři s nástupem sítí čtvrté generace nebudou snažit měnit své stávající marketingové návyky, potažmo celá řešení, což jsou cenově výhodnější paušální poplatky. Tak zde nastává velká konkurenční výhoda provozovatelů fixních kabelových sítí a sítí bezdrátových, které dodávají menší telekomunikační společnosti za mnohdy velmi příznivějších podmínek. Právě velký rozmach bezdrátových a kabelových sítí umožňuje dnešním mobilním telefonům připojení pouze přes tyto sítě a tudíž je možné i přes tyto sítě provozovat hlasové hovory, které jsou postaveny na VoIP telefonii. Jedna z cest, jak se vyhnout možným ztrátám, jež plynou z velkých investic do sítí nových generací (v tomto případě LTE sítí), je aplikace lepší cenové politiky v kombinaci s daleko lepšími technickými podmínkami pro provoz kvalitních služeb, které budou schopny konkurovat fixním sítím. Velký finanční potenciál budou přinášet také datové přenosy, provozované prostřednictvím M2M komunikace (machine to machine). Do budoucna lze očekávat, že hranice mezi mobilními telefony a přenosnými počítači bude čím dál více splývat v jedno zařízení, které uživatelům umožní například zobrazování obrazu na povrch pracovního stolu.

## CONCLUSION

In my thesis I tried to basically describe the technologies of LTE for the network of the fourth generation. I have carried out a research among the users of the mobile phones. The main aim of the research was to determine, what services they use and how much are they willing to pay for them. The research showed that most of the users of mobile phones have similar way of thinking and the operators may save money for the price policy for data and voice. With the growing popularity of telephony over the internet, the paid voice services for the end users (possibly with the exclusion of satellite solutions) will be seriously endangered in the near future. If the telecommunication operators do not try to change their current marketing customs with the introduction of the fourth generation of networks, or the entire solutions, along with more advantageous flat rate fees. Then a huge competitive advantage occurs for the operators of the fixed cable networks and wireless networks, which are provided by smaller telecommunication companies, often under much more advantageous conditions. It is the vast development of wireless and cable networks that enables the modern day mobile phones to be connected strictly through these networks and thus it is possible to carry out voice calls through these networks, which are based on VoIP telephony. One of the ways of how to avoid possible losses that are based on large investments into the networks of the new generations (in this case LTE networks) is the application of better price policy in combination with far better technical conditions for the operation of high quality services, which will be able to compete with the fixed network. A large financial potential will be also brought by data transfers carried through M2M communication (machine to machine). In the future we may expect the border between mobile phones and portable computers to be constantly disappearing resulting in one device, which will enable the users to for example depict a picture on the surface of a worktable.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] PROKOPEC, Jan, HANUS, Stanislav. *Systémy mobilních komunikací*. 1. vyd. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2008. 134 s. ISBN 978-80-214-3791-3.
- [2] KHAN, Farooq. *Lte For 4G Mobile Broadband : Air Interface Technologies And Performance*. 1st edition. United Kingdom : Cambridge University Press, 2009. 506 s. ISBN 9780521882217.
- [3] HOLMA, Harri, TOSKALA, Antti. *Lte For Umts : Ofdma And Sc-Fdma Based Radio Access*. 1st edition. Chichester (UK) : John Wiley & Sons Ltd, 2009. 450 s. ISBN 9780470994016.
- [4] ERGEN, Mustafa. *Mobile Broadband : Including WiMAX and LTE*. 1st edition. New York (USA) : Springer, 2009. 513 s. ISBN 978-0-387-68189-4.
- [5] VLČEK, Karel. *Kompresa a kódová zabezpečení v multimediálních komunikacích*. 1. vyd. Praha 10 : Ben-technická literatura, 2004. 258 s. ISBN 80-7300134-9.
- [6] DAHLMAN, Erik, *et al.* *3G Evolution : HSPA and LTE for Mobile Broadband*. 1st edition. Oxford : Academic Press, 2007. 448 s. ISBN 9780123725332.
- [7] SESIA, Stefania, TOUFIK, Issam, BAKER, Matthew. *LTE, The UMTS Long Term Evolution : From Theory to Practice*. 1st edition. Chichester (UK) : John Wiley & Sons Ltd, 2009. 648 s. ISBN 978-0-470-69716-0.
- [8] JAKUBÍKOVÁ, Dagmar. *Strategický marketing : Strategie a trendy*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 2008. 272 s. ISBN 978-80-247-2690-8.
- [9] HAUGE, Paul. *Průzkum trhu : příprava, výběr metod, provedení, interpretace výsledků*. Computer Press, a.s.; Vilém Jungmann. 1. vyd. [s.l.] : Computer Press, a.s., 2003. 234 s. ISBN 80-7226-917-8.

Příspěvek ve sborníku:

- [10] ŽALUD, Václav. Systém mobilní komunikace pro dlouhodobou evoluci LTE/SAE. In *Sborník konference Radiokomunikace 2009*. 1. vyd. Pardubice : Unit spol. s.r.o., 2009. s. 67-89.

Článek v časopise

- [11] KLEGA, Vratislav. Mobilní internet : Špatný tarif vás může přijít na tisíce měsíčně. *Chip*. 2010, č. 3, s. 76-77. ISSN 1210-0684.
- [12] NĚMEC, Jan. Internet se zabydluje v telefonech : Mobilní služby. *Profit : podnikatelský týdeník*. 9.2.2009, roč. 20, č. 6, s. 42-43.

Internetové zdroje:

- [13] POUSKOVÁ, Kateřina. *Základy počítačových sítí* [online]. 2005 [cit. 2010-04-23]. Podrobná historie mobilní komunikace. Dostupné z WWW: <<http://home.zcu.cz/~kennysha/podrobne.htm>>.
- [14] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Universal Mobile Telecommunications System* [online]. c2010 [citováno 23. 04. 2010]. Dostupný z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Universal\\_Mobile\\_Telecommunications\\_System&oldid=5245146](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Universal_Mobile_Telecommunications_System&oldid=5245146)>.
- [15] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: W-CDMA* [online]. c2010 [citováno 23. 04. 2010]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=W-CDMA&oldid=5068157>>.
- [16] DEITRICH, Tom. *Mobiledevdesign* [online].Penton Media, Inc., 2008 [cit. 2010-05-02]. Long Term Evolution - What's In It For You?. Dostupné z WWW: <[http://mobiledevdesign.com/tutorials/lte\\_next\\_step\\_cellular\\_3g-1027/](http://mobiledevdesign.com/tutorials/lte_next_step_cellular_3g-1027/)>.
- [17] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: OFDM* [online]. c2009 [citováno 23. 04. 2010]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=OFDM&oldid=4352369>>.

- [18] *Tektronix communications* [online]. 2008 [cit. 2010-04-29]. LTE Testing. Dostupné z WWW: <<http://www.tektronixcommunications.com/modules/communications/index.php?command=defaultPage&operation=displayDataSheet&catid=2300&id=517>>.
- [19] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Quality of Service* [online]. c2010 [citováno 23. 04. 2010]. Dostupný z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Quality\\_of\\_Service&oldid=4998848](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Quality_of_Service&oldid=4998848)>.
- [20] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Voice over Internet Protocol* [online]. c2010 [citováno 23. 04. 2010]. Dostupný z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Voice\\_over\\_Internet\\_Protocol&oldid=5256697](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Voice_over_Internet_Protocol&oldid=5256697)> .
- [21] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: IPTV* [online]. c2010 [citováno 23. 04. 2010]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=IPTV&oldid=5252973>>.
- [22] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Instant messaging* [online]. c2010 [citováno 23. 04. 2010]. Dostupný z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Instant\\_messaging&oldid=5206660](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Instant_messaging&oldid=5206660)>.
- [23] *SamsungHub* [online]. 2009 [cit. 2010-05-02]. Samsung will provide TeliaSonera world's first 4G/LTE USB modems. Dostupné z WWW: <<http://www.samsunghub.com/2009/10/22/samsung-teliasonera-will-become-worlds-first-to-sell-4glte-usb-modems/>>.
- [24] TOTO, Serkan. *MobileCrunch* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. LG gets bragging rights for Japan's first certified 4G device. Dostupné z WWW: <<http://www.mobilecrunch.com/2010/02/03/lg-gets-bragging-rights-for-japans-first-certified-4g-device/>>.
- [25] POSEJPAL, Jan. *MobilMania.cz* [online]. CPress Media, a. s., 2009 [cit. 2010-04-23]. Spuštěna první LTE síť na světě. Dostupné z WWW: <<http://www.mobilmania.cz/clanky/spustena-prvni-lte-sit-na-svete-stoji-10-kc-mesicne/sc-3-a-1124112/default.aspx>>. ISSN 1214-1887.

- [26] KLIMÁNEK, Oldřich. *Dsl.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-04-23]. Rychlá mobilní síť LTE v provozu: nejprve 50 Mbit/s za 10 Kč. Dostupné z WWW: <<http://www.dsl.cz/clanek/1588-rychla-mobilni-sit-lte-v-provozu-nejprve-50-mbit-s-za-10-kc>>.
- [27] Rohde & Schwarz GmbH & Co. *KG FSQ-K100/-K101/ -K102/-K104/-K105 EUTRA/LTE Signal Analysis : Transmitter measurements on LTE signals. In PD 5213.8521.12 Version 03.00.* [online]. Mnichov : Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, 2008 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <[http://www2.rohde-schwarz.com/file\\_11289/FSQ-K10x\\_bro\\_en.pdf](http://www2.rohde-schwarz.com/file_11289/FSQ-K10x_bro_en.pdf)>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

16-QAM	16-Quadrature Amplitude Modulation
3G	Third-generation of cellular wireless standards
3GPP	Third Generation Partnership Project
3GPP2	Third Generation Partnership Project 2
4G	Fourth-generation of cellular wireless standards
64-QAM	64-Quadrature Amplitude Modulation
AIM	AOL Instant Messenger
AIPN	All-IP Network
A-LTE	LTE-Advanced
AMPS	Advanced Mobile Phone System
CDMA	Code Division Multiple Access
CDMA 2000	Code Division Multiple Access 2000
CS	Circuit Switching
DiffServ	Differentiated Services
DL	Downlink
DRX	Discontinuous Reception
DS	Differentiated Services
DSC 1800	Digital Cellular telecommunication System1800
DSCP	Differentiated Services Codepoint
DTX	Discontinuous Transmission
DVB	Digital Video Broadcasting
ECN	Explicit Congestion Notification
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
E-MBMS	Enhanced Multimedia Broadcast and Multicast Services



---

EPS	Evolved Packet System
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
E-UTRA	Evolved-UMTS Terrestrial Radio Access
EVDO	Evolution Data Optimized
FCC	The Federal Communications Commission
FDD	Frequency Division Duplexing
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FEC	Forward Error Correction
FFDD	Full Frequency Division Duplex
FUP	Fair User Policy
G.711	Kodek používaný v telekomunikacích
G.722	Kodek používaný v telekomunikacích
GB	Gigabyte, (označení jednotky množství informace)
Gbit/s	Gigabit per second (Gigabit za sekundu)
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network
GI	Guarding Interval (ochranný interval)
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
GSM 1800	Global System for Mobile Communications pro pásmo 1800 MHz
GSM 1900	Global System for Mobile Communications pro pásmo 1900 MHz
GSM Phase 2	Global System for Mobile Communications („vydání druhé“)
H.264	Video kodek někdy označován jako MPEG-4 Part 10
H.323	Doporučení ITU-T, které definuje protokoly pro audio-vizuální relace
HD	High-Definition
HDTV	High-Definition Television

---

HFDD	Half Frequency Division Duplex
HSPA	High Speed Packet Access
HSxPA	High Speed Xlink Packet Access
IASA	Inter Access System Anchor
ICI	Inter Carrier Interference
ICMP	Internet Control Message Protocol
ICQ	I Seek You [áj sik jú], (software pro instant messaging)
ILBC	Internet Low Bitrate Codec
IM	Instant Messaging
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000
IntServ	Integrated Services
IP	Internet Protocol
IPP	IP Precendce
IPTV	Internet Protocol television
IRC	Internet Relay Chat
IS-54B	Interim Standard-54B
ISI	Inter Symbol Interference
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector
Jitter	kolísání (velikosti zpoždění paketů při průchodu sítí)
kbit/s	kilobit per second (kilobit za sekundu)
kHz	Kilohertz (značka kHz) se rovná 10 <sup>3</sup> Hz (1 000 Hz)
km/h	Kilometr za hodinu (značka km/h, resp. km·h <sup>-1</sup> ) je jednotka rychlosti

---

LAN	Local Area Network
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine to Machine
MAC	Macintosh
Mbit/s	Megabit per second (Megabit za sekundu)
MBMS	Multimedia Broadcast and Multicast Services
MHz	Megahertz (značka MHz) se rovná 10 <sup>6</sup> Hz (1 000 000 Hz)
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MPEG-2	Motion Pictures Experts Group-2 (ztrátový komprimační datový formát)
MPEG-4	Motion Pictures Experts Group-4 (ztrátový komprimační datový formát)
ms	Milisekunda (značka ms) je tisícina sekundy, 1 s = 1000 ms
MSN	Microsoft Network
NGN	Next Generation Networks
NMT	Nordic Mobile Telephone
O2	Název sítě telefonního operátora Telefónica O2 Czech Republic
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
OS	Operating System
OS X	OS pro počítače Macintosh
PAPR	Peak-to-Average Power Ratio
PC	Personal Computer
PCS 1900	Personal Communications Services 1900 (systém v USA)
PS	Packet Switching
PSS	Primary Synchronization Signal
QIP	Quiet Internet Pager, (software pro instant messaging)

---

QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
QQ	Tencent QQ, (software pro instant messaging)
R	Release (vydání, verze, jednotlivé vývojové etapy)
R8	Release 8, vývojová verze UMTS (vydání osmé)
RTGAMING	Real Time Gaming
RTP	Real-time Transport Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
SAE	System Architecture Evolution
SC-FDMA	Single carrier-FDMA
SFN	Single Frequency Network
SILC	Secure Internet Live Conferencing
SPEEX	Free codec for free speech (řečový kodek)
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT analýza)
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TD-CDMA	Time Division-Code Division Multiple Access
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TD-SCDMA	Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access
TV	Television
U:Fon	Název českého telefonního operátora
UDP	User Datagram Protocol
UE	User Equipment
UL	Uplink

---

UMTS	Universal Mobile Telecommunication System (někdy psáno 3G)
USB	Universal Serial Bus
UTRA FDD	UMTS Terrestrial Radio Access - Frequency Division Duplexing
UTRA-TDD	UMTS Terrestrial Radio Access - Time Division Duplexing
VC-1	Video kodek
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over Internet Protocol
VoLTE	Voice over LTE
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WiFi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless LAN
XMPP	Extensible Messaging and Presence Protocol
μs	Mikrosekunda (značka μs) je miliontina sekundy, 1 s = 1 000 000 μs

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Vývoj technologií pro mobilní sítě od minulosti až po současnost [16]. .....	16
Obr. 2. Zakomponování LTE konceptu do mobilních a AIPN sítí [18]. .....	22
Obr. 3. Předpokládaný model služeb v sítích LTE .....	28
Obr. 4. Rozlišení respondentů dle pohlaví.....	42
Obr. 5. Rozlišení respondentů podle věku. ....	43
Obr. 7. Přehled finančních částek za komplexní řešení služeb. ....	44
Obr. 8. Využití internetu v mobilním telefonu. ....	45
Obr. 9. Popularita hraní her na mobilním telefonu. ....	46
Obr. 10. Reakce respondentů na nové multimediální služby.....	47
Obr. 11. Přehled finančních částek za připojení k internetu. ....	49
Obr. 12. Přehled finančních částek za hlasové služby. ....	50
Obr. 13. Trend placení přes mobilní telefon. ....	51
Obr. 14. Modem s podporou LTE - Samsung GT-B3710 [23].....	59
Obr. 15. Modem s podporou LTE – LG LD100 [24]. ....	60
Obr. 16. Mapka působnosti operátora TeliaSonera [25].....	61
Obr. 17. Spektrální analyzátor R&S FSQ-K10x [27]. ....	63
Obr. 18. Ukázka měření spektra pomocí spektrálního analyzátoru [27]. ....	64
Obr. 19. Ukázka měření spektra pomocí spektrálního analyzátoru [27]. ....	64
Obr. 20. Konstelační diagram signálu zobrazení pro MIMO dekodér [27].....	65
Obr. 21. Konstelační diagram pro první anténu MIMO signálu [27]. ....	65

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Základní parametry rádiového rozhraní LTE [10].	23
Tab. 2. DS (typ služby) pole v IP hlavičce [19].	34
Tab. 3. Hodnoty IPP a DSCP a k nim přiřazené typy aplikace [19].	34
Tab. 4. SWOT analýza silných a slabých stránek služeb v LTE sítích.	40
Tab. 5. Rozlišení respondentů dle pohlaví.	42
Tab. 6. Rozlišení respondentů podle věku.	43
Tab. 7. Přehled finančních částek za komplexní řešení služeb.	44
Tab. 8. Využití internetu v mobilním telefonu.	45
Tab. 9. Popularita hraní her na mobilním telefonu.	46
Tab. 10. Reakce respondentů na nové multimediální služby.	47
Tab. 11. Přehled finančních částek za připojení k internetu.	48
Tab. 12. Přehled finančních částek za hlasové služby.	49
Tab. 13. Trend placení přes mobilní telefon.	51
Tab. 14. Přehled IM služeb a softwarových klientů pro IM služby [22].	53
Tab. 15. Ceny za mobilní připojení k internetu u mobilních operátorů v ČR [11].	55