Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Využitelnost a efektivita mobilního Internetu v ČR

Michal Černota

Bakalářská práce
2019

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Michal Černota**
Osobní číslo:	**I16070**
Studijní program:	**B2646 Informační technologie**
Studijní obor:	**Informační technologie**
Téma práce:	**Využitelnost a efektivita mobilního Internetu v ČR**
Zadávající katedra:	**Katedra informačních technologií**

Zásady pro vypracování

Cílem této bakalářské práce v teoretické části bude zmapování současného stavu mobilního Internetu v České republice a řešení problému využitelnosti mobilního Internetu pro komerční (či neziskové) subjekty a jejich aktivity. Zmapování stavu mobilního Internetu bude zahrnovat všechny v ČR dostupné mobilní datové technologie (Generace 2,5 a vyšší, tj. GPRS, EDGE, CDMA, UMTS, HSPA(+), LTE) jejichž vlastnosti budou v této práci s ohledem na jejich využití popsány. Bakalářská práce se bude zabývat i konkrétním nasazením mobilního Internetu ve zvoleném podniku (či neziskové organizaci) u kterého realizujete analýzu s přínosy a nedostatky využití zvolených mobilních datových technologií. V praktické části bakalářské práce jako druhý cíl bude změření kvality (přenosové rychlosti pro downlink i uplink, latenci) poskytovaných služeb základnách třech (O2, T-Mobile, Vodafone) mobilních operátorů a vybraných (alespoň dvou) mobilních datových technologií (minimálně 2,5G a vyšších) v několika referenčních místech a vyhodnocení tohoto srovnání. Součástí praktické části bude i webová aplikace, která dle uživatelem zadaných vstupů (poloha, případné požadavky na parametry rychlosti atd.) vyhodnotí na základě získaných podkladů nejvhodnějšího poskytovatele mobilního internetového připojení.

Rozsah pracovní zprávy: **35**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

KYSELA, Jiří, ZELENKA, Josef. Informační a komunikační technologie v cestovním ruchu. Hradec Králové: Gaudeamus, 2013. ISBN 978-80-7435-242-3
SEDLÁČEK, Jiří. E-komerce, internetový a mobil marketing od A do Z. Praha: BEN – technická literatura, 2006. ISBN 8073001950
WEERAWARDANE, Thushara. Optimization and Performance Analysis of High Speed Mobile Access Network. Wiesbaden: Vieweg & Teubner, 2012. ISBN 9783834817099

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kysela, Ph.D.**
Katedra informačních technologií

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **12. května 2019**

Univerzita Pardubice Česká republika

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Lukáš Čegan, Ph.D.
pověřený vedením katedry

V Pardubicích dne 14. prosince 2018

Prohlašuji:

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

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 9. 12. 2019

Michal Černota

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych především poděkovat panu Ing. Jiřímu Kyselovi Ph.D. za jeho ochotu a cenné rady, které mi poskytl během zpracovávání této práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, přátelům a všem svým blízkým, kteří mě během studia podporovali.

ANOTACE

Tato bakalářská práce informuje o mobilních datových technologiích a jejich využití na území České republiky. Práce také popisuje mobilní datové technologie generace 2,5 a vyšší, včetně jejich užití. Práce taktéž obsahuje výsledky měření přenosových rychlostí mobilního Internetu poskytovaného základními mobilními operátory (O2, T-Mobile a Vodafone) v České republice na několika referenčních místech ve vybraných městech. Část výzkumu se zabývá nasazením mobilní technologie v konkrétní firmě a následné provedení analýzy využití mobilního Internetu. Součástí této bakalářské práce je webová aplikace, jejíž hlavní účel je výběr nejvhodnějšího poskytovatele mobilního Internetu na základě zadaných vstupních parametrů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mobilita, Internet, data, technologie, poskytovatel připojení, aplikace, připojení, síť, GPRS, EDGE, HSDPA, HSUPA, HSPA, LTE, LTE-A

TITLE

The Usability and efficiency of the mobile Internet in the Czech Republic

ANNOTATION

This bachelors thesis describes mobile data technologies and their usability in the Czech republic. It describes mobile data technologies of the 2,5 generation and higher, including their usability. This document contains results of the data transfer speed measurements, provided by the most popular mobile Internet providers (O2, T-Mobile and Vodafone) in the Czech Republic in several frequent places in a selected cities as well. Part of the research deals with the deployment of a mobile technology used in a specific company and the analysis of the mobile Internet usage in the company. Part of this bachelor thesis is a web application, which chooses the most ideal mobile Internet provider by the parameters entered.

KEYWORDS

Mobility, Internet, data, technology, connection provider, application, connection, network, GPRS, EDGE, HSDPA, HSUPA, HSPA, LTE, LTE-A

OBSAH

Seznam obrázků **9**

Seznam zkratek **10**

Úvod **12**

1 Mobilní datové technologie **13**

1.1 Úvod do problematiky 13

1.2 Definice základních pojmů 14

1.3 Rozdělení mobilních datových technologií 15

2 Mobilní datové technologie využitelné v České republice **16**

2.1 General Packet Radio Service (GPRS) 16

2.2 Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE) 16

2.3 Universal Mobile Telecommunications Systém (UMTS) 18

2.4 Code Division Multiple Access (CDMA) 19

2.5 Evolved High-Speed Access (HSPA+) 20

2.6 Long Term Evolution (LTE) 20

2.7 LTE-Advanced (LTE-A) 22

2.8 Technologie 5G 23

3 Analýza služeb poskytovaných mobilními operátory v České republice **24**

3.1 Cíl měření a parametry kvality připojení 24

3.2 Testované datové technologie 24

3.2.1 Míra pokrytí mobilními sítěmi v České republice 24

3.2.2 Komparace pokrytí mobilních sítí v ČR s dalšími státy 26

3.3 Technika použitá k měření 28

3.3.1 Mobilní telefon 28

3.3.2 Předplacené SIM karty 28

3.4 Výběr lokalit a podmínky měření 28

3.4.1 Faktory mající vliv na měření 29

3.5 Metodika testování připojení 29

3.6 Postup měření 29

3.7 Výsledky měření 30

3.7.1 Výsledky měření EDGE 30

3.7.2 Výsledky měření HSPA+ 31

3.7.3 Výsledky měření LTE 32

3.7.4 Tabulka výsledků měření kvality připojení k mobilním sítím dle měst 34

3.7.5 Tabulka celkových výsledků měření kvality připojení 35

3.7.6 Porovnání výsledků s inzerovanými rychlostmi připojení 35

3.8 Vyhodnocení výsledků měření 36

4 Nasazení mobilního internetu v Komerčním podniku **38**

4.1 Zvolený podnik pro analýzu 38

4.1.1 Nabízené produkty a služby společnosti RICOH s.r.o. 38

4.1.2 Důvod výběru této společnosti 38

4.1.3 Cílové skupiny zaměstnanců 38
4.2 Výsledky průzkumu 39
4.2.1 Frekvence užití mobilního Internetu a případy užití 39
4.2.2 Poskytovatel mobilního připojení a využívaný datový tarif 39
4.2.3 Názor zaměstnanců na využívaný datový tarif 39
4.3 Přínosy a nedostatky zvolených mobilních datových technologií 40
4.4 Výsledky analýzy 40
5 Aplikace pro výběr optimálního tarifu 41
5.1 Zadání a účel aplikace 41
5.2 Návrh řešení aplikace 41
5.3 Použité technologie 41
5.4 Použitá vývojová prostředí a nástroje 43
5.5 Databázová struktura aplikace 44
5.5.1 SQL pohledy a PL/SQL procedury a funkce 45
5.6 Objektové třídy 46
5.6.1 Lokace.java 46
5.6.2 Produkt.java 46
5.6.3 NamereneHodnoty.java 47
5.7 Třídy pro práci s databází 47
5.8 Geografická mapa 48
5.8.1 HTML, komponenta WebView a JavaScript 48
5.9 Způsob vyhodnocení optimálního datového tarifu 49
5.9.1 Nastavení požadavků v hlavním dialogovém okně 49
5.9.2 Vyhodnocení a zobrazení výsledků 49
5.10 Požadavky pro funkčnost aplikace 50
5.11 Možné rozšíření aplikace 51
Závěr 52
Použitá literatura 53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Pokrytí signálem EDGE ke dni 13. 10. 2019 (T-Mobile) [14] 17
Obrázek 2: Pokrytí signálem EDGE ke dni 13. 10. 2019 (Vodafone) [13].....17
Obrázek 3: Pokrytí UMTS ke dni 13. 10. 2019 (T-Mobile) [14] 19
Obrázek 4: Pokrytí UMTS ke dni 13. 10. 2019 (Vodafone) [13].....19
Obrázek 5: Pokrytí signálem UMTS a LTE ke dni 13. 10. 2019 (O2) [15] 21
Obrázek 6: Pokrytí signálem LTE ke dni 13. 10. 2019 (T-Mobile) [14].....21
Obrázek 7: Pokrytí signálem LTE ke dni 13. 10. 2019 (Vodafone) [13] 22
Obrázek 8: Rozdílné pokrytí signálem operátora Vodafone ke dni 29. 10. 2019 [13], [24] 25
Obrázek 9: Aplikace pro výpočet pokrytí v zemi [Zdroj: autor] 26
Obrázek 10: Grafické znázornění výsledků technologie EDGE [Zdroj: autor].....31
Obrázek 11: Grafické znázornění výsledků technologie HSPA+ [Zdroj: autor].....32
Obrázek 12: Grafické znázornění výsledků měření technologie LTE [Zdroj: autor].....33
Obrázek 13: Relační diagram databáze [Zdroj: autor].....45
Obrázek 14: Hlavní dialogové okno aplikace pro výběr datového tarifu [Zdroj: autor] 50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přehled mobilních datových technologií [2], [4], [5], [6], [9].....15
Tabulka 2: Míry pokrytí České republiky dle ČTÚ ke dni 29. 10. 2019 [24] 25
Tabulka 3: Vypočítané hodnoty dostupnosti mobilního Internetu pomocí aplikace 27
Tabulka 4: Výsledné kvality připojení k mobilním sítím v testovaných městech.....34
Tabulka 5: Celkové výsledky měření 35
Tabulka 6: Inzerované rychlosti přenosu dat [18], [19], [20].....36

SEZNAM ZKRATEK

GPRS	Portable Document Format
GSM	General Packet Radio Service
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
UMTS	Universal Mobile Telecommunications Systém
FDD	Frequency Division Duplex
TDD	Time Division Duplex
CDP	Cisco Discovery Protocol
SDP	Service Discovery Protocol
HSPA	High Speed Packet Access
HSPA+	Evolved High Speed Packet Access
HSDPA	High-Speed Download Packet Access
HSUPA	High-Speed Upload Packet Access
LTE	Long Term Evolution
LTE-A	Long Term Evolution Advanced
VoIP	Voice over Internet Protocol
BTS	Base Transceiver Station
2G	Mobilní technologie druhé generace
3G	Mobilní technologie třetí generace
4G	Mobilní technologie čtvrté generace
5G	Mobilní technologie páté generace
ICMP	Internet Control Message Protocol
HTML	HypertText Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
SQL	Structured Querry Language
API	Application Programming Interface
GUI	Graphic User Interface
VPN	Virtual Private Network
ČTÚ	Český telekomunikační úřad
SIM	Subscriber Identity Module
SGSN	Serving GPRS support node
GGSN	Gateway GPRS support node
Wi-Fi	Wireless Fidelity
ČR	Česká republika
APN	Access Point Name
MMS	Multimedia Messaging Service
3GPP	The 3rd Generation Partnership Project
TDMA	Time Division Multiple Access
FDMA	Frequency Division Multiple Access
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
CDMA	Code Division Multiple Access
IMT-2000	International Mobile Telecommunication for the time after year 2000
CDMA2000	Code Division Multiple Access 2000
RTT	Radio Transmission Technology
EV-DO	Evolution – Data Only
MIMO	Multiple Input Multiple Output
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
SC-FDMA	Single-Carrier FDMA

ITU	International Telecommunication Union
QoS	Quality of Service
QCI	QoS Class Identifier
IoT	Internet of Things
FUP	Fair User Policy
IP	Internet Protocol
PDF	Portable Document Format
PL/SQL	Procedural Language/Structured Query Language
HTML5	Hypertext Markup Language 5
OJDBC	Oracle Java Database Connectivity
DDL	Data Definition Language
DML	Data Manipulation Language
IDE	Integrated Development Environment
XML	Extensible Markup Language
SHA-256	Secure Hash Algorithm
GPS	Global Positioning System

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá výzkumem mobilních datových technologií, jejich využitím, efektivitou a dostupností v komerčním i neziskovém sektoru na území České republiky. Kvalita tuzemského připojení se totiž velmi často mění a poskytovatelé mobilního Internetového připojení nemusí na tyto změny včasně nebo správně reagovat. Proto je vhodné pravidelně provést měření kvality připojení za účelem zjištění skutečného stavu mobilních sítí, zejména pak jejich pokrytí signálem na území a rychlosti přenosu dat v této síti.

Primárním cílem této práce je změření kvality datového přenosu jednotlivých datových technologií a zodpovězení otázky, zda naměřené výsledky odpovídají očekávaným hodnotám, jenž jednotliví operátoři uvádějí. Budou testovány služby poskytované třemi nejvyužívanějšími operátory v ČR – O2, T-Mobile a Vodafone. Měření kvality připojení se uskuteční ve třech městech s rozlišnými počty obyvatel, odlišnou rozlohou a také rozdílnou mírou působnosti. Výsledky měření budou metodou komparace porovnány s dalšími údaji zveřejněnými poskytovateli připojení a bude vybrán operátor, který disponuje nejkvalitnějším připojením v České republice.

Sekundárním cílem je zjistit možnosti využití mobilního Internetu v konkrétní komerční či neziskové společnosti a určit přínosy či nedostatky zvolených datových technologií v podniku. Výsledky zkoumání v této firmě budou zhodnoceny a na jejich základě se navrhne vhodné řešení vedoucí ke zvýšení časových i finančních úspor, bude-li to možné.

Naměřené hodnoty datových technologií jsou taktéž součástí webové aplikace, sloužící k výběru ideálního tarifu na základě požadované rychlosti přenosu dat a dalších požadavků potencionálního zákazníka. Aplikace umožňuje zobrazování jednotlivých tarifů včetně jejich podrobných specifikacích a dalších informací.

1 MOBILNÍ DATOVÉ TECHNOLOGIE

1.1 Úvod do problematiky

Mobilní datové technologie se využívají k připojení zařízení do Internetové sítě pomocí bezdrátové mobilní sítě. Mobilní zařízení, zprostředkovávající zmíněné připojení, jsou většinou malé a chytré přístroje s vlastním napájením. Pro jejich funkčnost tedy není potřeba, aby byla připojena do elektrické sítě, a tudíž se s nimi lze volně pohybovat. Mezi tyto zařízení patří nejčastěji mobilní telefony, notebooky, či tablety. [1]

Obvykle se uživatelé domnívají, že pod pojmem mobilní připojení lze považovat připojení k Wi-Fi, ale není tomu tak. Ačkoliv se také jedná o bezdrátové připojení, ve většině případů lze být připojen k síti pouze v rámci několika desítek metrů. Uživatel připojený k mobilní síti je ale schopný být připojen neustále a nezávazně k míře uražené vzdálenosti a může tedy být připojen k mobilní síti i v situaci, kdy například cestuje vlakem mezi jednotlivými kraji České republiky.

V dnešní době je mobilní Internet nepostradatelnou součástí chytrých zařízení a je využíván i k rutinním činnostem. Zřejmě nejběžnější využití mobilního Internetu je sledování multimédií, která díky moderním technologiím není problém sledovat téměř odkudkoliv. Jedním z hlavních důvodů rozvoje mobilních datových technologií byl vznik sociálních sítí, kdy bylo potřeba uživatelům dopřát komfort rychlého a spolehlivého připojení. Mnoho aplikací ale vyžaduje Internetové připojení pro jejich správnou funkčnost, neboť různé druhy softwaru mohou potřebovat data, která jsou dostupná prostřednictvím Internetového připojení. Jako tyto informace si lze představit například aktuální stav dopravních komunikací, zpoždění veřejné dopravy, předpověď počasí nebo zasílání notifikací, které reagují na vnější události.

V zaměstnání se mobilní Internet používá nejvíce zejména ke čtení a zasílání elektronické pošty, kdy uživatel může komunikovat nezávazně na místě výskytu. Současný stav mobilního Internetu ale dovoluje i živé vysílání videa, což lze uplatnit například v oblasti videokonferencí. Díky technologii VoIP lze přenášet digitalizovaný hlas přímo v paketu a tím pádem využívat možností hlasového hovoru prostřednictvím mobilní sítě.

1.2 Definice základních pojmů

S tématem této bakalářské práce souvisí několik termínů, které je vhodné si nejprve objasnit pro lepší porozumění tématu.

Míra pokrytí

Jedná se většinou o procentuální odhad rozlohy území, jenž je pokryto signálem. Je-li uživatel v dosahu signálu, pak se smí k dané mobilní síti připojit, za předpokladu, že i použité zařízení podporuje tento typ připojení. Míra pokrytí je určena počtem a umístěním takzvaných BTS (nebo jednodušeji vysílačů), které jsou zodpovědné za šíření signálu. Operátoři se snaží pokrýt co největší území uvedením do provozu dalších BTS stanic. Poskytované údaje o míře pokrytí signálem jsou ale velmi často zkreslené.

2G

Zkratka popisující datové technologie druhé generace, mezi něž patří například GPRS nebo EDGE. V dnešní době jsou již zřídka používané, ale míra pokrytí 2G je v České republice velmi vysoká.

3G

Zkratka označuje datové technologie třetí generace, mezi něž patří v současné době nejběžněji využívané technologie. Lze mezi ně zařadit například UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+ či LTE.

4G

Označení pro technologie čtvrté generace, do níž spadá LTE-A. Jedná se o nejmodernější dostupnou technologii, kterou lze běžně využívat, ale míra využití této technologie stále nedosahuje podobných čísel jako v případě technologie 3G.

5G

Zkratka pro technologii páté generace, která je nejmodernější mobilní technologií. Technologie této generace je zatím pouze ve fázi vývoje a na území ČR je zatím nedostupná.

Mobilní síť

Telefonní síť, u které není uživatel vázán k místu připojení a lze se tedy volně pohybovat a zároveň být k síti neustále připojen. Zajišťuje také mezi-uživatelskou komunikaci a je konstruována tak, aby pokrývala co největší plochu území.

Přepojování okruhů (circuit switching)

V síti, která funguje na principu přepojování paketů, je pro komunikující strany vyhrazen přenosový kanál (v některých terminologiích též okruh) o pevné kapacitě, který tyto strany mají výhradně pro své užití k dispozici. Komunikující strany tedy využívají kapacitu tohoto kanálu dle svých potřeb. Využití této technologie je typické při použití připojení k síti GSM. [25]

Přepojování paketů (packet switching)

V síti, která využívá tuto technologii, jsou data členěna na bloky, kterým se říká pakety (můžou být i použitá jiná označení jako například buňky). Typický rysem technologie přepojování paketů je, že jednotlivé bloky od různých odesilatelů, které jsou směrovány různým příjemcům, se posílají společným přenosovým kanálem. Aby tato technologie správně fungovala, musí mít každý paket jasně stanoveného příjemce a odesilatele. [25]

Poskytovatel mobilního Internetu

Ve většině případů právnická osoba, která disponuje vlastní mobilní sítí, kterou spravuje a k níž se může uživatel pomocí mobilního zařízení připojit. Velmi často se lze setkat taktéž s označením „operátor“.

1.3 Rozdělení mobilních datových technologií

Nejběžnější dělení mobilních datových technologií je dle takzvané generace. Technologie první generace z 80. let dvacátého století byly založeny na analogovém přenosu dat a v dnešní době již nemají žádné využití. Z tohoto důvodu nebude na technologie 1G v této práci kladen důraz. Nejmodernější generace dosavadních technologií, kterou lze běžně využít, je 4G (LTE-A), která v následujících letech bude nejspíše nahrazena technologií 5G.

Název	Generace	Max. přenos. rychlost	Šířka pásma	Přenosová frekvence
GPRS	2 G	171 kb/s	200 kHz	900/1800 MHz
EDGE	2 G	384 kb/s	200 kHz	900/1800 MHz
CDMA	3 G	3,1 Mb/s	1,25 MHz	450–2100 MHz
UMTS	3 G	2 Mb/s	5 MHz	1885–2200 MHz
HSPA+	3 G	42,2 Mb/s	5 MHz	2100 MHz
LTE	3 G	300 Mb/s	20 MHz	700–2700 MHz
LTE-A	4 G	3 Gb/s	100 MHz	700–2700 MHz

Tabulka 1: Přehled mobilních datových technologií [2], [4], [5], [6], [9]

2 MOBILNÍ DATOVÉ TECHNOLOGIE VYUŽITELNÉ V ČESKÉ REPUBLICE

2.1 General Packet Radio Service (GPRS)

Technologie GPRS (General Packet Radio Service) je nadstavba systému GSM (Global System for Mobile Communication), která byla výhradně okruhově orientována a za účelem paketového přenosu dat bylo potřeba síť doplnit o některé vybavení, jako například o datový uzel SGSN, který komunikuje s radiovou částí sítě, nebo o datovou bránu GGSN pro přenos dat do paketové sítě. Pomocí APN (Access Point Name) je uživateli umožněn přístup do sítě. Díky tomuto jménu lze vytvářet privátní a veřejné mobilní sítě, které jsou oddělené a lze tak rozdílným způsobem účtovat dané služby (například MMS). Technologie GPRS bývá někdy také označována jako 2.5G. [10]

Díky přenosu založenému na přepojování paketů lze teoreticky dosáhnout přenosových rychlostí dosahujících až 171 kb/s. Tento způsob přenosu dat využívá takzvané volné časové sloty. Kolik těchto slotů bude zároveň využito, je určováno především mírou zatížení sítě. Kvalita připojení není příliš vysoká, protože zejména latence může dosahovat vyšších hodnot, a tak v dnešní době není již GPRS příliš užíváno. [1]

GPRS se dělí na 3 třídy [2]:

- Třída A – umožňuje využívat GPRS i hlasový přenos současně,
- Třída B – nejčastější typ, který umožňuje v jednom okamžiku datový nebo hlasový přenos,
- Třída C – umožňuje pouze datový přenos.

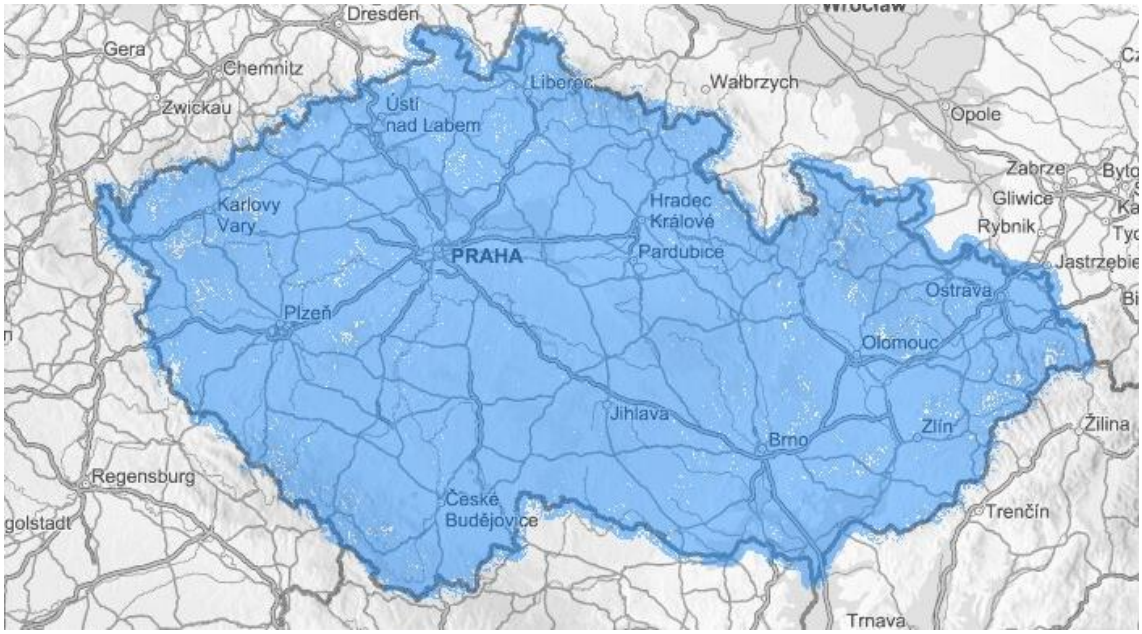
Výše zmíněná technologie nabízí uživatelům vysoký stupeň mobility, protože ji lze využívat všude tam, kde je signál GSM, který i v současné době má velmi dobré pokrytí území až na pohraniční oblasti a značně zalesněné území. Dosažitelné rychlosti jsou ale na nároky dnešních požadavků nedostačující, ale postačí například pro zasílání elektronické pošty. [1]

2.2 Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)

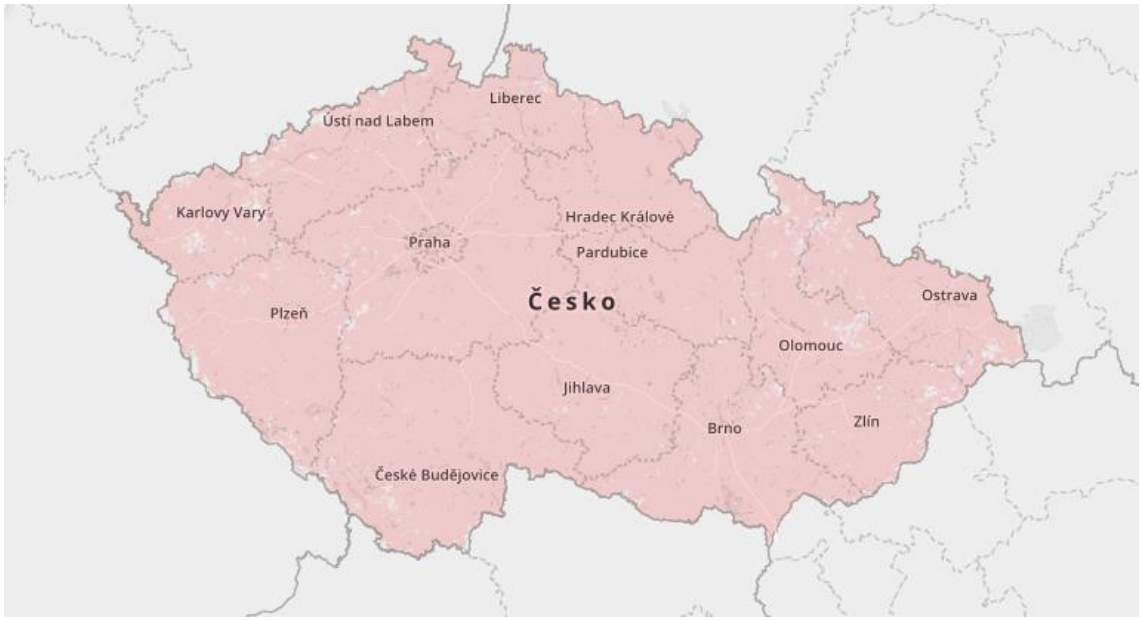
Tato technologie je mírně upravenou verzí technologie GPRS. Míra pokrytí v České republice je tedy velice vysoká. EDGE navyšuje přenosovou rychlost a kapacitu sítě použitím dokonalejší modulace. Princip založený na časových slotech zůstává zachován, avšak bitová rychlost se použitím dokonalejšího způsobu modulace ztrojnásobila, a tak oproti svým předchůdcům

umožňuje data přenášet vyšší rychlostí a to až 384 kb/s, díky čemuž je někdy EDGE označováno jako technologie 2,75G.

Pro dnešní požadavky je ale i tato technologie poměrně nedostačující. Stejně jako GPRS lze díky technologii EDGE zasílat textové zprávy, elektronickou poštu, či například číst text webových stránek v takzvaném textovém režimu. [2], [4], [7], [10]



Obrázek 1: Pokrytí signálem EDGE ke dni 13. 10. 2019 (T-Mobile) [14]



Obrázek 2: Pokrytí signálem EDGE ke dni 13. 10. 2019 (Vodafone) [13]

2.3 Universal Mobile Telecommunications Systém (UMTS)

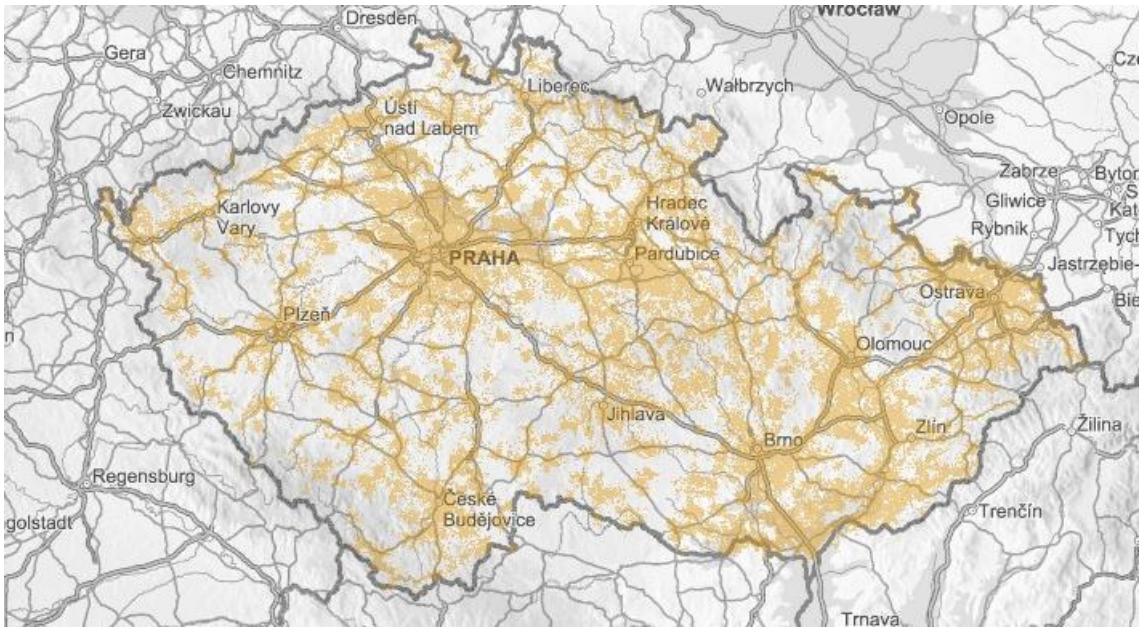
Ačkoli datové technologie druhé generace umožňovaly bezproblémový přenos hlasu, jejich hlavním nedostatkem byl velice pomalý přenos dat. A právě proto především vývoj nových aplikací, jež kladly vysoké nároky na rychlost přenášení dat, se začalo koncem minulého století pracovat na nové generaci mobilních systémů. Současně roku 1998 vzniká skupina 3GPP, která shlukovala standardizační orgány z mnoha zemí světa. Tato organizace v průběhu let vytvářela nový standard UMTS a další technické specifikace jako například HSDPA nebo HSUPA. [10]

Oproti EDGE dosahuje UMTS vyšší rychlosti přenosu dat, a to až o třetinu. Dělí se na typ FDD (Freqeuncy Division Duplex) a TDD (Time Division Duplex), dle způsobu řešení duplexního provozu. Technika FDD počítá, že pro každý ze směrů komunikace jsou vyhrazeny samostatné frekvenční rozsahy a technika TDD předpokládá, že pro komunikaci v obou směrech je vyhrazena stejná frekvence, která se ale střídá v čase. [2], [28]

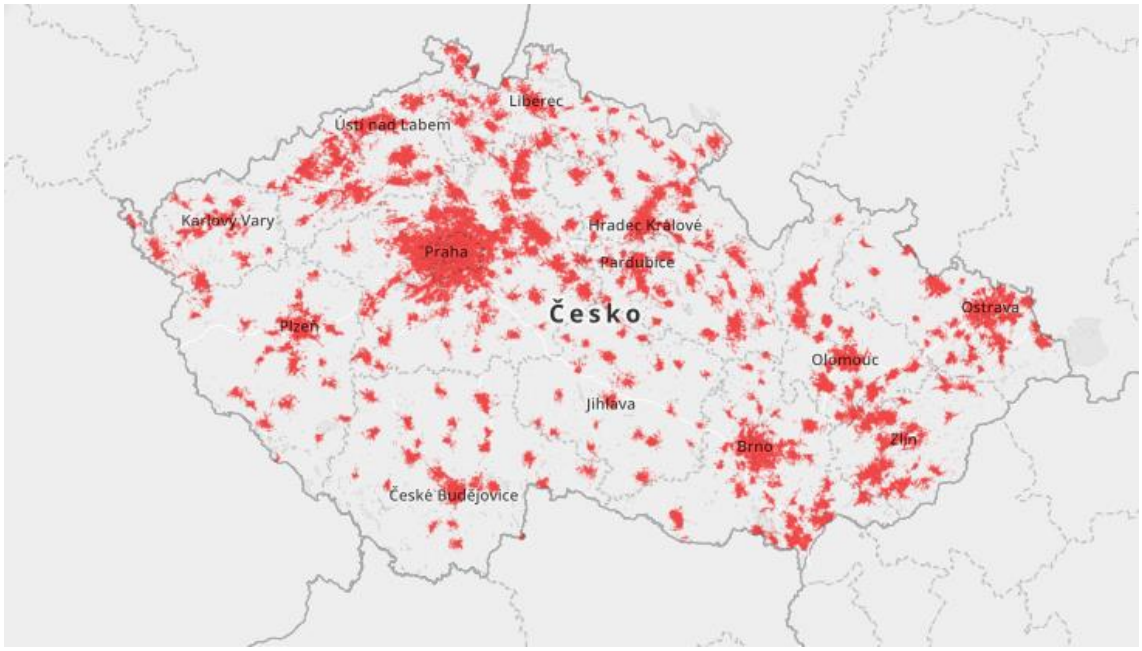
Technologie přístupu, které byly využívány u technologií 2G (TDMA a FDMA), již nejsou dostačující a jsou nahrazeny technologií WCDMA, která jak lze dle názvu odvodit, je založená na CDMA. U WCDMA díky rozložení uživatelských bitů do širšího pásma dochází ke zvýšení jak kapacity systému, tak ke zvýšení přenosových rychlostí. [10]

Díky vyšším rychlostem datových přenosů lze UMTS využít například ke stahování a sdílení multimediálního obsahu, streamování videí, či například hraní interaktivních her.

I když tato technologie disponuje vyššími rychlostmi datových přenosů, tak nemá vysokou míru pokrytí v České republice, protože výstavba sítí třetí generace je drahá, a navíc pro pokrytí stejného území, jako v případě sítě LTE, je potřeba více vysílacích stanic. [26]



Obrázek 3: Pokrytí UMTS ke dni 13. 10. 2019 (T-Mobile) [14]



Obrázek 4: Pokrytí UMTS ke dni 13. 10. 2019 (Vodafone) [13]

2.4 Code Division Multiple Access (CDMA)

Technologie CDMA spadá stejně jako UMTS do mobilních sítí třetí generace a od GSM se liší ve způsobu, jak využít přenosový kanál, aby dokázal přenášet několik hovorů současně. Na rozdíl od GSM dokáže obsloužit více uživatelů na jednom kanále současně, a to díky kódování jednotlivých hovorů, pomocí něhož je zvýšená bezpečnost přenosu dat a omezení interference.

CDMA2000 je skupina standardů, které vycházejí z CDMA, které vyhovují specifikacím IMT-2000 od Mezinárodní telekomunikační unie. Konkrétní standardy, které shlukuje, jsou CDMA2000 1xRTT (Single-Carrier Radio Transmission Technology) pro hlasový přenos a CDMA2000 1xEV-DO (Evolution Data Optimised) pro datový přenos. [21], [22]

Míra pokrytí v České republice je vysoká a taktéž přenosová rychlost je i na dnešní nároky dostačující. Je nutno dodat, že mobilní operátor O2 od června roku 2019 začal síť CDMA postupně vyřazovat z provozu a frekvenci určenou pro CDMA společnost plánuje využít pro modernější technologie, jako je například LTE. [8]

2.5 Evolved High-Speed Access (HSPA+)

S rostoucími nároky byly představeny zrychlovací doplňky 3G sítě – HSDPA a HSUPA (3GPP Release 5 a Release 6), kdy hlavním účelem HSDPA bylo zvýšit rychlost stahování dat, a to z původních 384 kb/s na nejprve 1,8 Mb/s a poté až na 3,6 Mb/s. Oproti tomu HSUPA dokázal zvýšit rychlost uplinku. Spojením právě HSDPA a HSUPA v jedné síti vzniká HSPA. Poslední standard v rámci UMTS (Release 7) se nazývá HSPA+ a původní rychlost přenosu dat HSPA zvyšuje až na 42 Mb/s pro přenos dat ve směru k uživateli a až 11,5 Mb/s v opačném směru. Zvýšení přenosových rychlostí je mimo jiné umožněno použitím techniky MIMO. [3], [10], [11]

I když přenosové rychlosti vypadají příznivě, v realitě se běžně dosahuje mnohem nižších hodnot v rámci několika megabitů za sekundu a míra pokrytí je nesrovnatelně nižší v porovnání s technologií LTE.

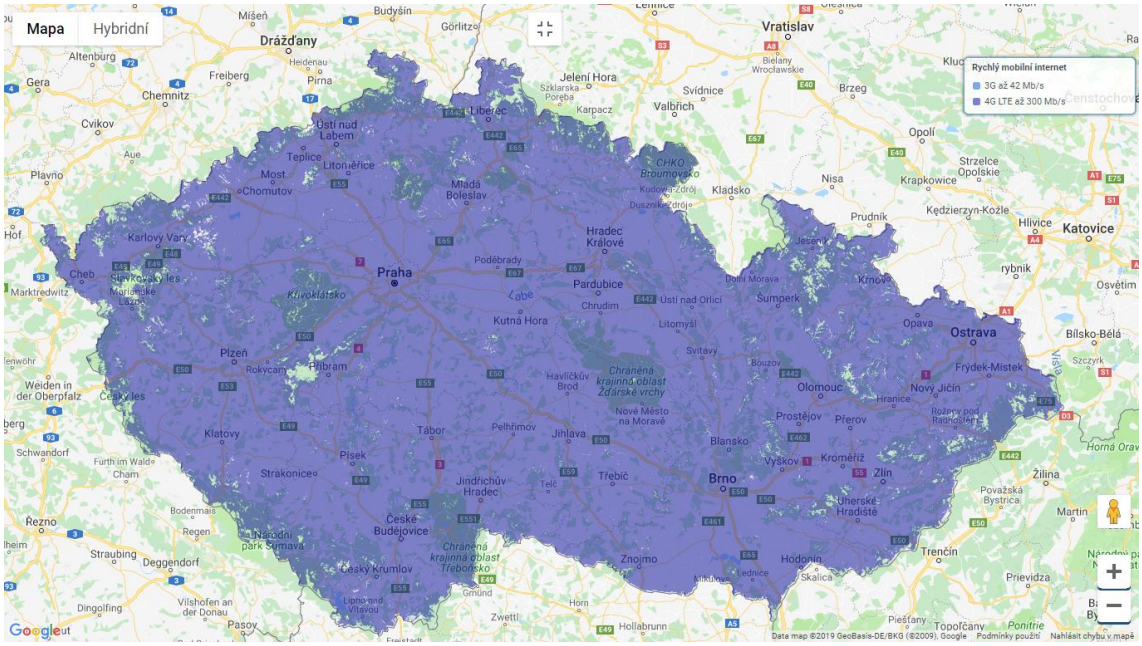
2.6 Long Term Evolution (LTE)

LTE bylo v ČR poprvé nasazeno roku 2012 společností Telefónica Czech Republic (dnešní O2) a dodnes umožňuje provádět nejrychlejší datové přenosy a nejspolehlivější hlasové služby. [1]

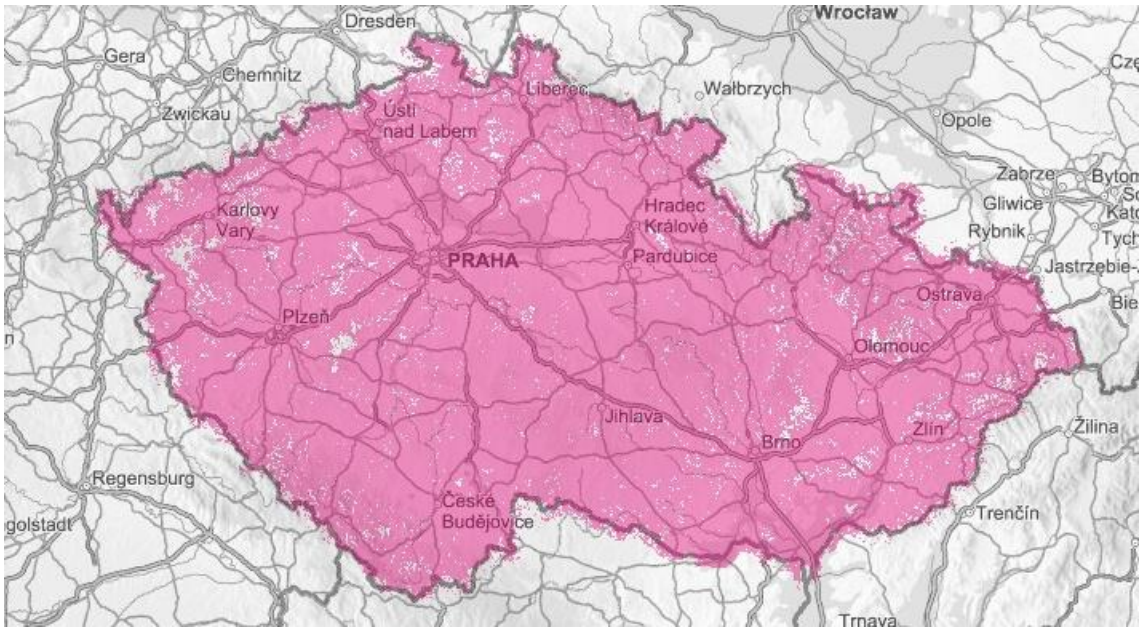
Přenosová rychlost se od UMTS liší díky odlišným způsobům přístupu k uživateli a od uživatele, kdy místo WCDMA, používané v UMTS, se nyní využívá technologie OFDMA ve směru k uživateli a SC-FDMA ve směru od uživatele.

Samotné LTE je stále označováno za technologii třetí generace, protože nesplňuje požadavky definované organizací ITU. První standard, který oficiálně spadá do 4G, je tedy LTE-A, který k původní LTE technologii přidává nové funkce a možnosti a je tedy schopné přenášet data rychlostí až 1Gb/s. [10]

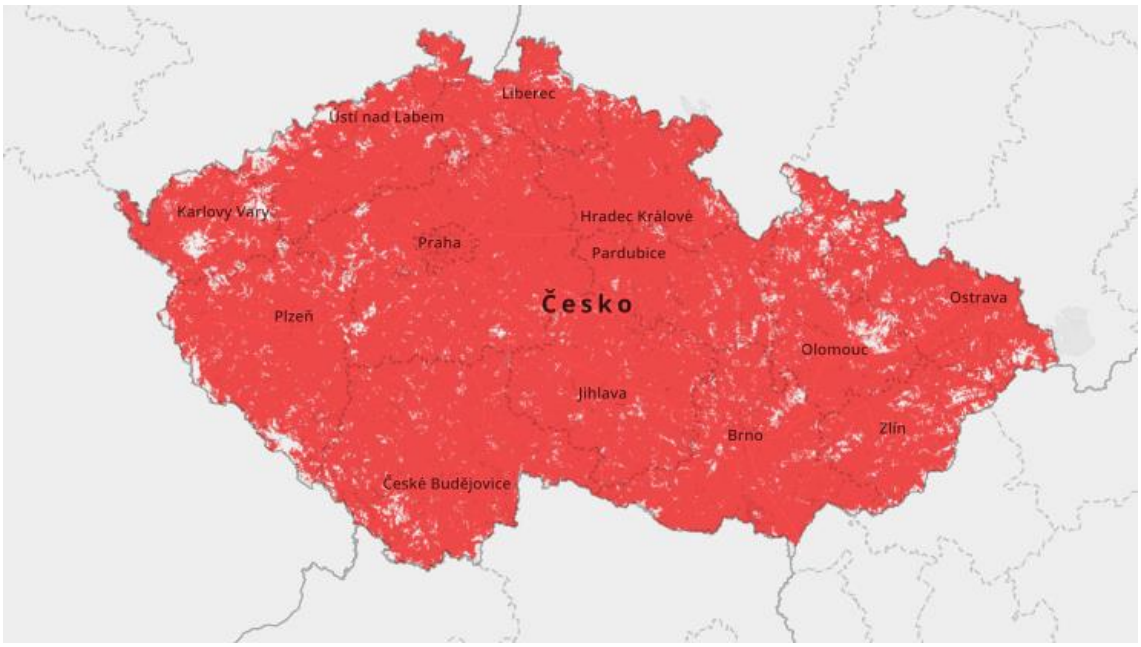
Díky vysoké míře pokrytí a vysokým přenosovým rychlostem stoupá popularita LTE každým rokem. Většina mobilních technologií podporuje tuto technologii a stejně tak operátoři nabízejí čím dál více tarifů s neomezenými LTE daty. Z tohoto důvodu se začíná spekulovat o případném zrušení technologií 3G (zejména CDMA) tuzemskými operátory a využití dostupných frekvenčních pásem pro LTE. [8]



Obrázek 5: Pokrytí signálem UMTS a LTE ke dni 13. 10. 2019 (O2) [15]



Obrázek 6: Pokrytí signálem LTE ke dni 13. 10. 2019 (T-Mobile) [14]



Obrázek 7: Pokrytí signálem LTE ke dni 13. 10. 2019 (Vodafone) [13]

2.7 LTE-Advanced (LTE-A)

Hlavním důvodem ke vzniku LTE-Advanced bylo zvýšení výkonnosti, lepší využití přenosového spektra, zjednodušení systému a zároveň splňovat požadavky stanovené ITU pro zařazení mezi technologie 4G. Jednou z klíčových vlastností LTE-A je použití modelu MIMO (multiple-input multiple-output), což vede k lepšímu využití systému. V současnosti se jedná o nejmodernější technologii, kterou lze využít pro přenos dat díky mobilní technologii. Nicméně mezi technologie čtvrté generace patří také například WiMAX, u které se ale neočekává velkého využití v evropských zemích.

Stejně jako starší technologie, tak i LTE-A umožňuje současný běh více aplikací s různými úrovněmi QoS (Quality of Service). Vzhledem k faktu, že některé aplikace vyžadují menší ztrátovost paketů než některé jiné nebo určitá aplikace vyžaduje vyšší rychlost přenosu dat, tak byl vytvořen identifikátor třídy QoS – QCI, který splňuje různé úrovně požadavků tak, aby byly splněny nároky na kvalitu služby. [10]

Díky rychlostem dosahujících až několik gigabitů za sekundu mohou LTE-A bez problémů využívat i nejnáročnější aplikace pro videokonference nebo například real-time hry.

2.8 Technologie 5G

V nejbližších letech se předpokládá se zprovozněním sítě 5G a současně s prodejem mobilních zařízení, podporující tuto technologii. Ačkoli 5G by měla fungovat společně se svými předchůdci, předpokládá se, že 3G a 4G se postupem času začnou stahovat do ústranní. Hlavním důvodem nasazení technologie 5G je takzvaný „Internet věcí“ neboli IoT.

V roce 2023 by dle odhadů mohlo přibližně 21 % mobilních zařízení být připojeno právě k síti páté generace. Odhadovaná rychlost stahování dat by měla činit přibližně 1 GB/s. Očekává se také snížení odezvy, zlepšení pokrytí a lepší přenosová efektivita. [12]

3 ANALÝZA SLUŽEB POSKYTOVANÝCH MOBILNÍMI OPERÁTORY V ČESKÉ REPUBLICE

3.1 Cíl měření a parametry kvality připojení

Jedním z cílů této bakalářské práce bylo změření kvality připojení k mobilní Internetové síti místních poskytovatelů za účelem zjištění, zda výsledná kvalita připojení skutečně odpovídá rychlostem, jež jsou garantované operátory. Při měření kvality připojení byl brán zřetel zejména na tři hlavní veličiny ovlivňující kvalitu připojení, a to rychlost stahování dat (download), rychlost nahrávání dat (upload) a odezva (latence nebo někdy též ping).

3.2 Testované datové technologie

Byly zvoleny tři různé mobilní datové technologie různých generací, a to z důvodu odlišných měr pokrytí na území České republiky a také jiným maximálním dosažitelným rychlostem, kterých daná technologie dokáže dosáhnout. Další z důvodů, proč byly vybrány tyto technologie je skutečnost, že v současné době má každá z těchto technologií jinou míru využití, což je například zapříčiněno vyššími nároky na rychlost přenášení dat. Proto byl k testování vybrán zástupce druhé generace mobilních sítí – „EDGE“, zástupce třetí generace – „HSPA+“ a také v dnešní době nejpoužívanější síť – „LTE“.

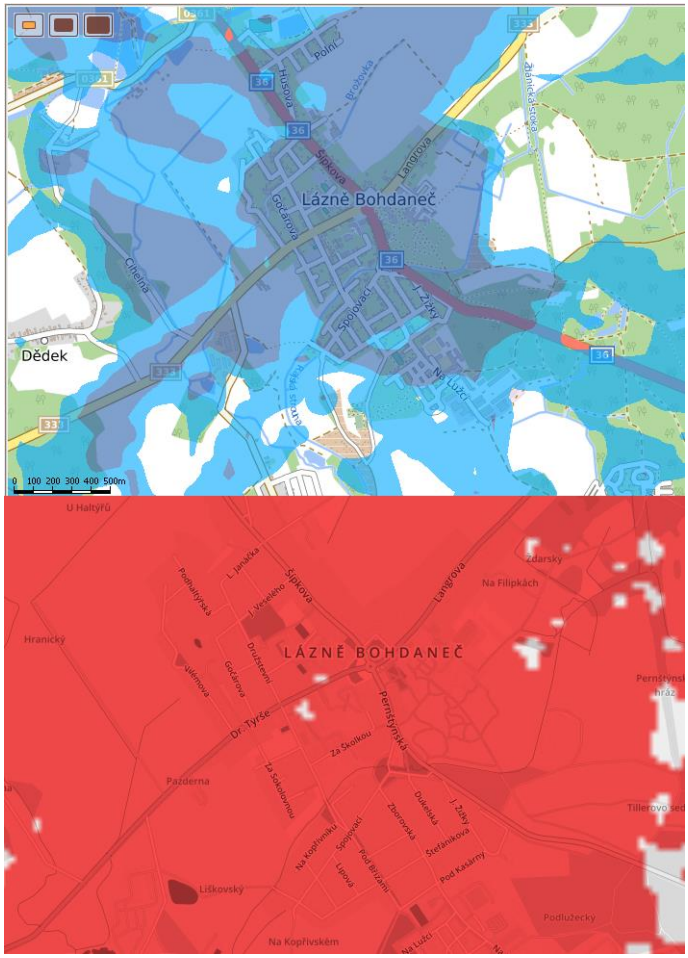
3.2.1 Míra pokrytí mobilními sítěmi v České republice

Údaje, které uvádějí míru pokrytí technologiemi, nemusí být pravdivé z několika důvodů. Není totiž známá použitá metodika měření nebo použitá technika. Navíc si operátor může své výsledky přikrášlovat z marketingových důvodů. A tak v místech, kde operátor tvrdí, že je pokryto například 90% území, může být pokryto například 60% plochy, nebo samozřejmě naopak v místě, kde by dle zdrojů neměl být dosažitelný signál, se uživatel bez problémů může připojit. [23]

Z důvodu výše zmíněné nejistoty je vhodné použít k ověřování dostupnosti signálu mapu poskytovanou Českým telekomunikačním úřadem, která poskytuje podrobnější informace. Mimo jiné také zveřejňuje i podrobnější statistiky, nebo více specifické parametry pro zobrazení mapy pokrytí. ČTÚ navíc každý měsíc aktualizuje svá data, takže mapa i statistické tabulky budou vždy aktuální.

Jako příklad bylo vybráno menší město poblíž Pardubic – Lázně Bohdaneč. Při zobrazení menších měst jsou tyto rozdíly nejvíce viditelné. Na obrázku číslo 8 lze vidět ve vrchní části mapu pokrytí uváděnou ČTÚ a ve spodní části mapu od operátora Vodafone. Rozdíl je na první

pohled viditelný. Zejména pak v krajních oblastech menších měst a obcí, kdy může být horší dostupnost zejména technologií UMTS.



Obrázek 8: Rozdílné pokrytí signálem operátora Vodafone ke dni 29. 10. 2019 [13], [24]

Tabulka číslo 2 obsahuje data poskytována ČTÚ, které udávají míru pokrytí území České republiky. Nejhorší pokrytí technologií UMTS je v kraji Vysočina operátorem Vodafone (6,1 %) a v případě technologie LTE (800 MHz) má nejhorší pokrytí mobilní sítí tentýž operátor a sice v kraji Karlovarském (85,4 %).

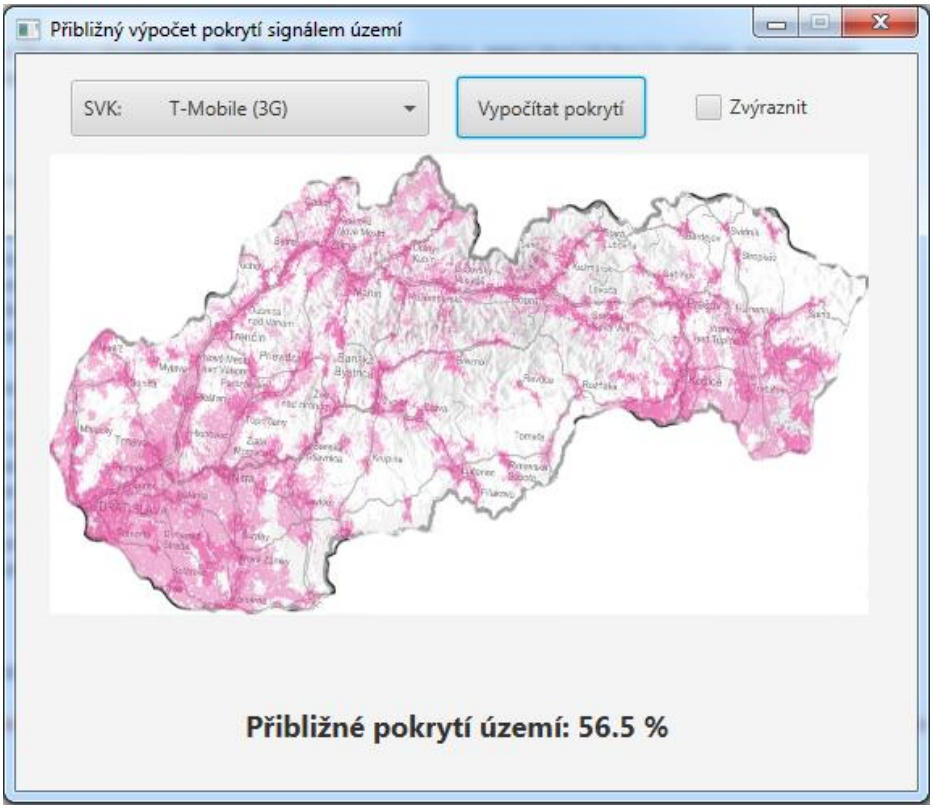
	UMTS (2100 MHz)	**LTE (800 MHz)**	**LTE (1800 MHz)**	**LTE (2100 MHz)**
O2	35,3 %	95 %	40,7 %	0,3 %
T-Mobile	34,9 %	95,1 %	51,9 %	20,4 %
Vodafone	14,8 %	93,1 %	11,8 %	21,4 %

Tabulka 2: Míry pokrytí České republiky dle ČTÚ ke dni 29. 10. 2019 [24]

Z tohoto důvodu i v případě výsledků měření, které bylo provedeno autorem této práce, se nemusí shodovat se závěry, které byly zveřejněny jinými osobami právě z důvodu použití odlišných metod, zařízení a dalších jiných faktorů.

3.2.2 Komparace pokrytí mobilních sítí v ČR s dalšími státy

Pro kvantifikaci pokrytí v zemi byl vytvořen jednoduchý program v jazyce Java, který vypočítá přibližné pokrytí signálem ve zvolené mapě. Tento program provede rozbor barev všech pixelů, které se nacházejí na území zvoleného státu. Protože většina map zobrazuje pokrytí pomocí částečně transparentních barev, které jsou navíc vyobrazeny na geografické mapě, a tudíž se zde pracuje s několika odstíny, tak bylo potřeba pro každý pixel určit rozsah barev, pro něž platí, že tento bod je započítán jako část území, jenž je signálem této technologie skutečně pokryto. Tímto způsobem lze jednoduchou matematickou operací určit poměr obrazových bodů, jenž jsou pokryty signálem na tomto území, z celkového počtu. [39]



Obrázek 9: Aplikace pro výpočet pokrytí v zemi [Zdroj: autor]

Pokrytí signálem v České republice bude porovnáváno s dalšími dvěma sousedními státy – Spolkovou republikou Německo a Slovenskou republikou. Ve Slovenské republice ale bohužel nepůsobí operátor Vodafone, a navíc operátor O2, který působí v České republice a v Německu, neposkytuje ideální mapu pro zobrazení pokrytí konkrétními technologiemi.

Proto v následující tabulce nebudou tato data zahrnuta. Mapy, s nimiž aplikace pracuje, jsou zveřejněny na oficiálních stránkách operátorů a vztahují se k datu 29. 10. 2019. Tyto mapy bylo také potřeba upravit v grafickém editoru tak, aby výsledky výpočtu byly co nejpřesnější. Grafické editory, které byly použity pro úpravu geografických map, jsou Inkscape a GIMP. Konečné rozlišení map je 1366 na 768 obrazových bodů pro mapy České a Slovenské republiky a 720 na 720 pixelů pro mapy Spolkové republiky Německo.[13], [14], [15], [32], [33], [34], [35], [36]

		Česká republika	**Slovenská republika**	**Spolková republika Německo**
O2	**EDGE**	Data pokrytí nedostupná	88,5 %	Data pokrytí nedostupná
	HSPA	Data pokrytí nedostupná	47,0 %	Data pokrytí nedostupná
	LTE	Data pokrytí nedostupná	79,1 %	Data pokrytí nedostupná
Celkové pokrytí		97,6 %	93,0 %	98,5 %
T-Mobile	**EDGE**	96,9 %	70,3 %	98,7 %
	HSPA	47,2 %	56,5 %	74,9 %
	LTE	90,1 %	55,6 %	98,3 %
Celkové pokrytí		97,1 %	88,1 %	98,7 %
Vodafone	**EDGE**	94,9 %	Data pokrytí nedostupná	97,3 %
	HSPA	26,9 %	Data pokrytí nedostupná	58,9 %
	LTE	93,6 %	Data pokrytí nedostupná	71,0 %
Celkové pokrytí		95,1 %	Data pokrytí nedostupná	97,2 %

Tabulka 3: Vypočítané hodnoty dostupnosti mobilního Internetu pomocí aplikace

Z výsledků je patrné, že Česká republika disponuje výrazně vyšší dostupností mobilního Internetu než Slovenská republika. Jediný případ, kdy z porovnatelných výsledků východní soused předčil Českou republiku, je dostupnost technologie HSPA (3G) od operátora T-Mobile.

Protože T-Mobile pochází z Německa, pak není žádným překvapením, že ve srovnání těchto tří zemí tento operátor dominoval zejména ve Spolkové republice Německo. Nejvíce znatelný rozdíl je patrný zejména v případě technologií 3G. Procentuální pokrytí technologiemi 2G a 4G je ve Slovenské republice výrazně nižší.

Lze prohlásit, že dostupnost mobilního Internetu v České republice je velmi vysoká i ve srovnání s ekonomicky vyspělejšími státy, jako je Spolková republika Německo. To bohužel

nelze tvrdit o Slovenské republice, které má výrazně horší dostupnost mobilních sítí než zbylé dva státy, které byly v tomto výzkumu zahrnuty.

3.3 Technika použitá k měření

3.3.1 Mobilní telefon

K měření všech technologií byl použit mobilní telefon od společnosti Lenovo, konkrétně model Vibe Z2 Pro K920. Tento model podporuje všechny testované technologie a díky vysokému výkonu a dlouhé výdrži baterie byl vhodným přístrojem k měření kvality připojení k Internetu.

3.3.2 Předplacené SIM karty

Byly zakoupeny předplacené SIM karty třech operátorů, u jejichž výběru byly podstatné zejména dvě specifikace. A sice podpora rychlého připojení LTE a neomezené maximální rychlosti přenášení dat. U zakoupených SIM karet bylo dbáno na včasné dobíjení kreditu za účelem využití maximální možné rychlosti bez následné aktivace FUP, kdy dojde k omezení maximální dosažitelné rychlosti připojení.

Zakoupené SIM karty:

- O2 GO karta objem dat 500 MB
- T-Mobile Twist karta objem dat 5 GB
- Vodafone datová karta objem dat 1,2 GB

3.4 Výběr lokalit a podmínky měření

Měření probíhalo ve třech městech, která se nachází v odlišných krajích České republiky a zároveň mají odlišnou rozlohu a počet stálých obyvatel. Byla vybrána města Vlašim (počet obyvatel 25885) nacházející se ve Středočeském kraji, Pelhřimov (počet obyvatel 45064) jakožto zástupce kraje Vysočina a Pardubice (počet obyvatel 173329). Tato města byla zvolena také proto, že se jedná o město s rozšířenou působností, okresní město a krajské město. [38]

Aby byly podmínky k měření mezi jednotlivými operátory, pokud možno co nejvíce identické, tak při měření nebyly používány žádné další aplikace vyjma Internetového prohlížeče Google Chrome. Technologie byly testovány na různých místech měst s rozdílnými rušivými elementy jako jsou například velké množství mohutných budov nebo hustá vegetace v parcích. Byl brán zřetel i na míru zatížení sítě, a proto byl výzkum prováděn v přibližně stejnou denní dobu, a to konkrétně od dvanácti hodin do tří hodin odpoledne v pracovních dnech. Aby výsledky byly co

nejpřesnější, byly měřícímu algoritmu poskytnuty upřesňující údaje o lokalitě a použité technologii.

3.4.1 Faktory mající vliv na měření

Existuje několik faktorů, které mají vliv na výsledek naměřených hodnot. Některé z těchto příčin mohou být:

- Použité zařízení,
- výkon vysílače zařízení,
- poloha měření,
- počasí, vegetace, vyšší koncentrace budov,
- koncentrace připojených zařízení,
- frekvenční pásmo.

3.5 Metodika testování připojení

K měření byl použit algoritmus, který je umístěn na serveru *rychlost.cz*. Jedná se o poměrně jednoduchou a nenáročnou metodu.

Při provádění testu rychlosti stahování dat se nejdříve stáhne testovací soubor o velikosti přibližně 100 kB. Jestliže je tento soubor stažen do pěti sekund, pak je test úspěšně ukončen. Naopak pokud stahování souboru trvá déle, pak je vypočítána nová velikost souboru tak, aby k jeho stažení došlo za více jak dříve stanovených pět sekund. Proces je i v případě dalšího neúspěchu opakován, dokud není dosažena maximální přípustná velikost souboru – 5000 kB. V této situaci je test považován za platný i při nesplnění kritéria stažení souboru do časového limitu. Test rychlosti uploadu probíhá obdobně, ale horní limit velikosti souboru je stanoven na 1500 kB. [16]

Test odezvy probíhá tak, že jsou odeslány IP datagramy na cílový server a je měřena doba odezvy protistrany. Jedná se o velmi podobný test jako test programu ping, který lze spustit v příkazové řádce operačního systému.

3.6 Postup měření

Jelikož odchylky výsledků byly v některých případech poměrně velké (například nejvyšší dosažený medián rychlosti stahování dat pomocí LTE byl 82,03 Mb/s a nejnižší medián rychlosti stahování dat pomocí LTE byl 2,98 Mb/s), bylo každou technologií a zároveň každým

operátorem v každé lokalitě provedeno měření pětkrát za účelem eliminace extrémních hodnot. Na těchto pět vzorků byl následně aplikován medián, čímž bylo dosaženo kvalitnějších výsledků nežli za použití aritmetického průměru. Jelikož byly měřeny kvality služeb tří operátorů a u každého operátora byly testovány tři technologie, na každém testovaném místě tedy proběhlo celkově 45 měření.

Medián je hodnota, jež dělí seřazený soubor prvků na hodnoty menší a větší než medián. Jelikož výsledný počet vzorků je lichý, jedná se tedy o hodnotu umístěnou v prostřední části seřazených hodnot prvků.

3.7 Výsledky měření

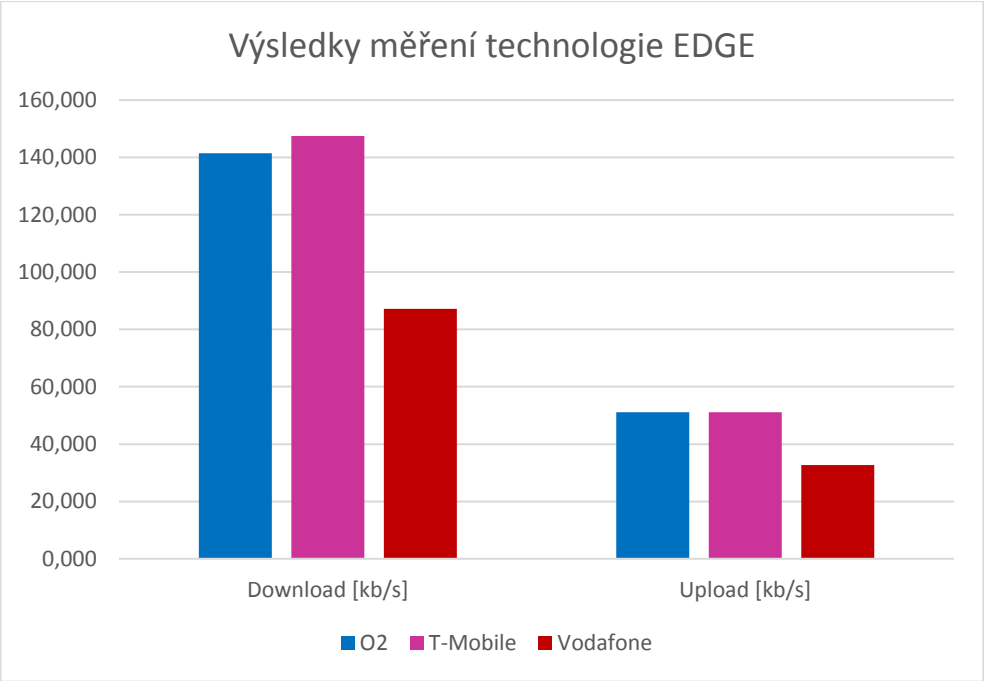
Kompletní výsledky měření byly po dokončení zaneseny do tabulkového procesoru Microsoft Office Excel, kde byly vzorky zpracovány statistickými metodami do finální podoby. Tento soubor je součástí přílohy této práce.

3.7.1 Výsledky měření EDGE

Dle předpokladu latence technologie EDGE byla výrazně vyšší než hodnoty odezvy zbylých technologií. Největší latence během přenosu pomocí technologie EDGE dosahoval operátor Vodafone. Konečný medián hodnot tohoto operátora je o 17 % vyšší než u operátora O2, který skončil na druhém místě. Hodnota latence operátora T-Mobile je o 12 ms nižší než výsledek konkurenčního O2. Hodnoty odezvy EDGE byly také nejvíce rozdílné oproti HSPA+ a LTE, kdy rozdíl mezi nejlépe a nejhůře umístěným operátorem byl 25 %.

Žádný z konečných výsledků rychlosti downloadu prostřednictvím EDGE nepřesáhl hranici 150 kb/s. Nejlépe se umístil operátor T-Mobile, který byl pouze o šest kilobitů za sekundu lepší než O2. Vodafone zaostal za konkurencí s rychlostí stahování dat 87,2 kb/s.

Podobně jako u rychlosti downloadu 2G technologie EDGE, tak i výsledky rychlosti nahrávání dat touto technologií byly dle očekávání nejpomalejší. Operátor O2 a T-Mobile měli zcela identický výsledek, který je 51,1 kb/s. Operátor Vodafone stejně jako v kategorii rychlosti stahování dat zaostal, a to o 18,4 kb/s.



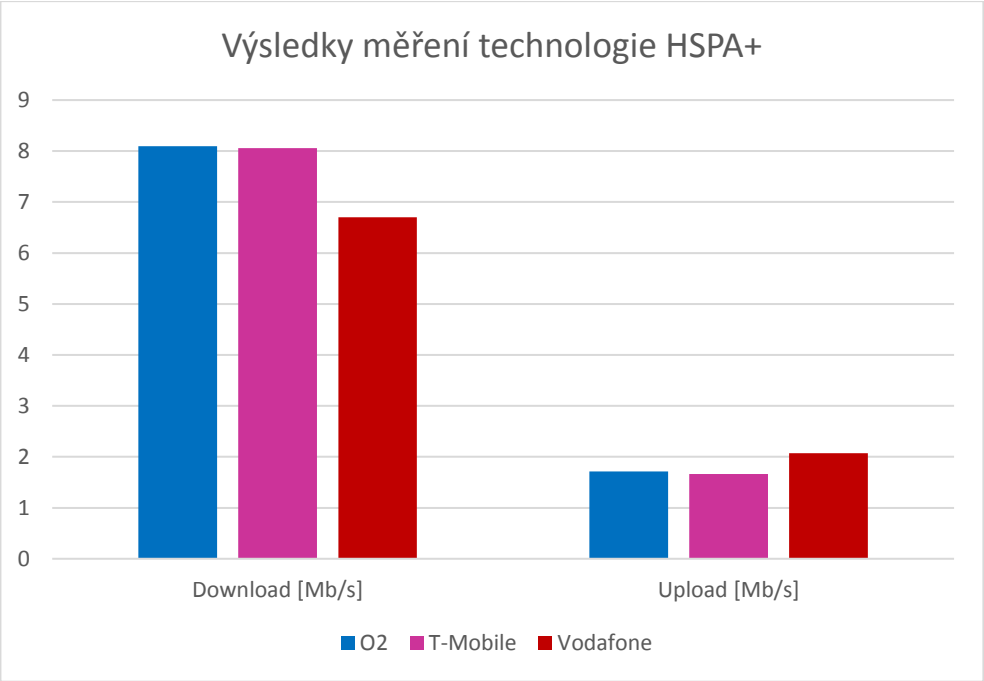
Obrázek 10: Grafické znázornění výsledků technologie EDGE [Zdroj: autor]

3.7.2 Výsledky měření HSPA+

Naopak nejvíce vyrovnané hodnoty byly získány při měření HSPA+, kdy rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší latencí byl pouze 7,8 %. Nejnižší latence byla změřena u operátora O2, která činila 36,9 ms.

Rychlosti stahování dat pomocí HSPA+ byly nejvyšší u operátora O2, který velmi těsně předčil T-Mobile, když rozdíl hodnot nebyl ani jednoprocentní. Vodafone, jehož konečná hodnota rychlosti downloadu činí 6,7 Mb/s, oproti konkurenci zaostal s hodnotami nižšími přibližně o 19 % než O2.

Rychlosti přenosu dat ve směru od uživatele prostřednictvím HSPA+ byly velice vyrovnané. Nejlépe však dopadl Vodafone, jehož výsledná rychlost nahrávání dat je 2,07 Mb/s.



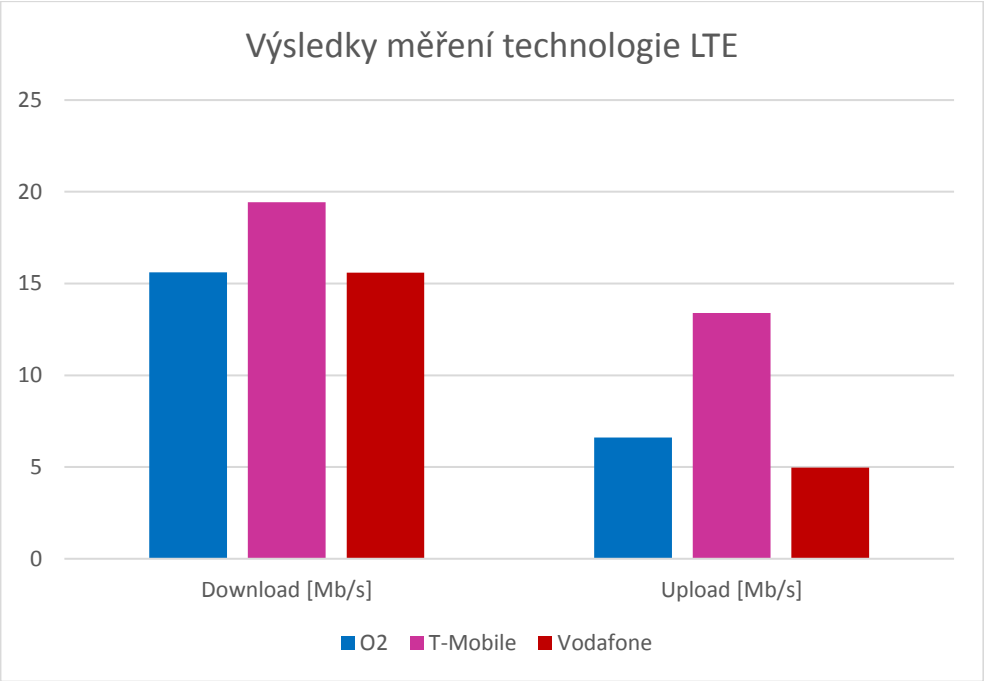
Obrázek 11: Grafické znázornění výsledků technologie HSPA+ [Zdroj: autor]

3.7.3 Výsledky měření LTE

Jak již bylo zmíněno, pouze T-Mobile měl výslednou latenci nižší než 30 ms, která je udávána jako nejhorší hodnota ideální latence, a proto z hlediska odezvy se tedy jedná o ideální připojení. Ostatní operátoři ale nezaostávali, neboť Vodafone měl pouze o 5,9 ms vyšší hodnotu latence a hodnota operátora O2 byla také vyšší o 7,7 ms než v případě operátora Vodafone.

T-Mobile výrazně převyšuje ostatní poskytovatele připojení, co se týče rychlosti stahování dat s LTE, kdy měl přibližně o 3,8 Mb/s rychlejší připojení než zbylí dva kandidáti. Tento rozdíl je percentuálně přibližně 15,7 %. O2 společně s Vodafonem měli velice podobnou výslednou hodnotu, která mírně přesahovala 15,6 Mb/s.

Nejlepší konečný stav v nahrávání dat díky LTE měl T-Mobile, který podobně jako u rychlosti stahování dat výrazně překonal konkurenci s výsledným mediánem 19,44 Mb/s, a to až o 90 %. I ostatní operátoři měli přívětivé výsledky, kdy rychlost uploadu operátora O2 díky LTE činí 6,6 Mb/s a operátora Vodafone 4,97 Mb/s.



Obrázek 12: Grafické znázornění výsledků měření technologie LTE [Zdroj: autor]

3.7.4 Tabulka výsledků měření kvality připojení k mobilním sítím dle měst

V tabulce číslo čtyři jsou uvedeny konkrétní celkové výsledky měst v testování konektivity. Nejhorší kvalitou připojení disponuje bezesporu město Vlašim. Města Pelhřimov i Pardubice mají přibližně stejnou kvalitu připojení k mobilním sítím. Překvapením byla bezesporu výrazně vyšší kvalita připojení k LTE síti v případě operátora Vodafone v Pardubicích a operátora T-Mobile v Pelhřimově oproti zbylým poskytovatelům Internetového připojení.

Vlašim				
		Download	**Upload**	**Latence**
EDGE	O2	138 kb/s	44,2 kb/s	149 ms
	T-Mobile	120 kb/s	28,3 kb/s	119 ms
	Vodafone	99,2 kb/s	28,7 kb/s	153 ms
HSPA+	O2	8,31 Mb/s	1,54 Mb/s	30,7 ms
	T-Mobile	5,58 Mb/s	1,8 Mb/s	33 ms
	Vodafone	3,24 Mb/s	1,49 Mb/s	38,6 ms
LTE	O2	22,3 Mb/s	10,9 Mb/s	30,8 ms
	T-Mobile	15,7 Mb/s	11,5 Mb/s	23,6 ms
	Vodafone	15,6 Mb/s	3,77 Mb/s	30,6 ms
Pelhřimov				
		Download	**Upload**	**Latence**
EDGE	O2	160 kb/s	40,8 kb/s	182 ms
	T-Mobile	149 kb/s	65,1 kb/s	149 ms
	Vodafone	77 kb/s	31,7 kb/s	230 ms
HSPA+	O2	8,5 Mb/s	1,84 Mb/s	37,6 ms
	T-Mobile	11,75 Mb/s	2,28 Mb/s	39,7 ms
	Vodafone	7,19 Mb/s	2,17 Mb/s	41,4 ms
LTE	O2	9,27 Mb/s	8,5 Mb/s	25,5 ms
	T-Mobile	32,54 Mb/s	16,63 Mb/s	21,8 ms
	Vodafone	12,25 Mb/s	10,4 Mb/s	32,7 ms
Pardubice				
		Download	**Upload**	**Latence**
EDGE	O2	141 kb/s	71,5 kb/s	152 ms
	T-Mobile	175,5 kb/s	55,8 kb/s	136 ms
	Vodafone	87,2 kb/s	38,4 kb/s	167 ms
HSPA+	O2	7,395 Mb/s	1,71 Mb/s	36,9 ms
	T-Mobile	8,06 Mb/s	1,46 Mb/s	39,1 ms
	Vodafone	8,265 Mb/s	2,1 Mb/s	35 ms
LTE	O2	15,62 Mb/s	5,35 Mb/s	34,2 ms
	T-Mobile	20,46 Mb/s	5,92 Mb/s	26 ms
	Vodafone	29,27 Mb/s	4,97 Mb/s	31,4 ms

Tabulka 4: Výsledné kvality připojení k mobilním sítím v testovaných městech

3.7.5 Tabulka celkových výsledků měření kvality připojení

V následující tabulce jsou shrnuty konečné výsledky měření konektivity. Podrobnější výsledky zahrnující také naměřené hodnoty konkrétní lze nalézt v příloze „Výsledky měření.xlsx“.

EDGE			
Operátor	**Download [kb/s]**	**Upload [kb/s]**	**Latence [ms]**
O2	141,5	51,1	152
T-Mobile	147,5	51,1	140
Vodafone	87,2	32,7	180
HSPA+			
Operátor	**Download [Mb/s]**	**Upload [Mb/s]**	**Latence [ms]**
O2	8,095	1,71	36,9
T-Mobile	8,06	1,66	39
Vodafone	6,7	2,07	39,9
LTE			
Operátor	**Download [Mb/s]**	**Upload [Mb/s]**	**Latence [ms]**
O2	15,62	6,6	32,9
T-Mobile	19,44	13,4	25,2
Vodafone	15,6	4,97	31,4

Tabulka 5: Celkové výsledky měření

3.7.6 Porovnání výsledků s inzerovanými rychlostmi připojení

Je vhodné podotknout, že garantující hodnoty uvedené v cenících operátorů jsou sice inzerované, ale je potřeba je brát v potaz s nadhledem. Operátor Vodafone tyto hodnoty uvádí jako inzerované, ale zároveň jako odhadované maximální dosažitelné rychlosti. U operátora O2 jsou inzerované rychlosti již na první pohled u většiny uživatelů nejspíše nedosažitelné. Hodnoty latence nejsou inzerovány žádným z těchto operátorů.

EDGE		
	Download [kb/s]	**Upload [kb/s]**
O2	200	100
T-Mobile	125	40
Vodafone	236	Neuvedeno
HSPA+		
	Download [Mb/s]	**Upnload [Mb/s]**
O2	42	5,76
T-Mobile	5	1
Vodafone	21,6	5,76
LTE		
	Download [Mb/s]	**Upload [Mb/s]**
O2	150	55
T-Mobile	15	5
Vodafone	22,5	7,5

Tabulka 6: Inzerované rychlosti přenosu dat [18], [19], [20]

Jediný operátor, který ve všech případech inzerovanou rychlost dokázal konzistentně poskytnou byl operátor T-Mobile, a to v případě rychlosti stahování i odesílání dat všech technologií. Jak již bylo zmíněno výše, nemalý podíl na této skutečnosti má fakt, že tento operátor inzeruje rychlosti, kterých je skutečně schopen dosáhnout.

3.8 Vyhodnocení výsledků měření

K vyhodnocení výsledků byl zaveden bodovací systém, kdy jednotlivé umístění poskytovatelů připojení bude bodově ohodnoceno. Za první místo tedy budou uděleny tři body, za druhé místo body dva a za poslední příčku jeden bod. Protože technologie EDGE nemá v současné době mnoho případů využití oproti technologii HSPA+ a LTE, tak bodové zisky operátorů získané za připojení pomocí této technologie budou mít poloviční váhu.

Po aplikování zmíněného bodovacího systému vyplývá skutečnost, že nejlepší mobilní sítí disponuje operátor T-Mobile zejména díky kvalitě LTE sítě, která výrazně převyšovala stav mobilních sítí ostatních operátorů. Rychlost stahování dat tohoto operátora v některých případech dosahovala téměř 90 Mb/s. Tento operátor také poskytuje nejkvalitnější připojení prostřednictvím EDGE technologie.

Druhou nejlepší datovou síť spravuje operátor O2, který také dosahoval příjemných výsledků v případě všech testovaných sítí a poskytuje nejkvalitnější připojení prostřednictvím HSPA+.

Operátor Vodafone ve většině případů oproti konkurenčním poskytovatelům mobilní datové sítě výrazněji propadl, a proto lze konstatovat, že kvalita poskytovaných služeb tímto operátorem je nejhorší z těchto testovaných.

Tyto závěry také podporují údaje udávající procentuální pokrytí signálem v České republice, kdy T-Mobile má největší pokrytí technologiemi UMTS a LTE v republice. Operátor O2 má také vysokou dostupnost mobilního připojení, avšak rozdíl v LTE pokrytí v pásmech 800 MHz a 1800 MHz byl výrazně nižší než u operátora T-Mobile. Operátor Vodafone má naopak výrazně horší pokrytí než tito dva operátoři.

Mimo jiné se závěry také shodují s vyjádřením serveru *DSL.cz*, který každý měsíc provádí měření rychlostí mobilního připojení operátorů v České republice. Ačkoli hodnoty uvedené v článku jsou vyšší než ty, jež jsou uvedené v této práci, což může být způsobeno mnoha faktory od použitého přístroje až po míru zátěže sítě, vyhodnocení výsledků je velice podobné. [17]

4 NASAZENÍ MOBILNÍHO INTERNETU V KOMERČNÍM PODNIKU

Jedním z cílů této bakalářské práce bylo realizovat analýzu nasazení mobilního Internetu ve zvoleném podniku a poté analyzovat přínosy a nedostatky využití zvolených mobilních technologií.

4.1 Zvolený podnik pro analýzu

4.1.1 Nabízené produkty a služby společnosti RICOH s.r.o.

Nasazení mobilního Internetu bylo pozorováno v české pobočce společnosti RICOH s.r.o., která se nachází v Českých Budějovicích. Tato společnost je jedním z předních výrobců kancelářské, komunikační a fotografické techniky.

V oblasti hardwaru jsou poskytována multifunkční zařízení, tiskárny, faxy, produkční zařízení a další zařízení zabývající se tiskem a zpracováním dokumentů. Tato zařízení jsou mimo jiné doplněna softwarovým řešením, jejichž účel je například účtování tiskových nákladů, skenovací software pro digitalizaci a správu dokumentů. [27]

Firma RICOH poskytuje nejen prodej a zákaznický servis tiskových zařízení, ale také softwarová řešení, která pomáhají profesionálně zpracovávat dokumenty, snižovat tiskové náklady, zvýšit bezpečnost tisku proti zneužití anebo nabízejí také možnost centrální správy síťových zařízení. [27]

4.1.2 Důvod výběru této společnosti

K výběru tohoto podniku pro analýzu vedlo autora několik okolností. Jedním z nich je, že se jedná o mezinárodní firmu, která se zabývá jak hardwarovými, tak i softwarovými řešeními v oblasti informačních technologií.

Během rozhovoru s jedním ze zaměstnanců bylo navíc zjištěno, že mobilní Internet je pro zaměstnance, kteří se zabývají implementací a správou řešení této firmy, nepostradatelnou součástí jejich práce. Mobilní Internet zaměstnanci primárně využívají k užívání mobilních aplikací, které jsou nezbytně nutné pro vykonávání jejich pracovních úkonů, a k dalším činnostem, jako je komunikace s ostatními pracovníky firmy.

4.1.3 Cílové skupiny zaměstnanců

Průzkumu se zúčastnilo několik lidí z odlišných pracovních skupin, aby byla zjištěna situace nejen mezi techniky společnosti, ale také dalšími lidmi, kteří vykonávají jinou pracovní činnost.

Mezi těmi, kteří patřili mezi respondenty daného šetření, byli servisní technici, správci informačních technologií, vedoucí skupin, obchodní zástupce a manažer techniků a správců IT.

4.2 Výsledky průzkumu

4.2.1 Frekvence užití mobilního Internetu a případy užití

Všichni zaměstnanci, kteří se průzkumu zúčastnili, využívají mobilní Internet denně, v ojedinělých případech několikrát za týden. Každý z nich také využívá mobilní datovou technologii čtvrté generace (LTE-A), která je potřeba, aby zaměstnanci mohli spolehlivě používat aplikace k vykonání potřebných pracovních úkonů, které mohou být v některých případech na přenos dat náročné.

Případy užití mobilního Internetu se mírně lišily, a to zejména z důvodu odlišných pracovních pozic. Nejčastěji je však mobilní Internet během pracovní doby využíván pro komunikaci s kolegy nebo zákazníky a pro používání mobilních aplikací, které jsou nezbytné pro vykonávání práce. Mezi další hlavní činnosti, k nimž je využíván mobilní Internet, jsou vyhledávání informací v Internetovém prohlížeči a používání online GPS navigace, kterou využívají zejména technici, kteří velmi často jezdí do terénu přímo k zákazníkovi.

4.2.2 Poskytovatel mobilního připojení a využívaný datový tarif

Poskytovatel mobilního připojení je velmi různorodý. Ve firmě jsou využívány služby všech tří největších poskytovatelů mobilního připojení v České republice (O2, T-Mobile a Vodafone).

Používaný datový tarif se také mezi jednotlivými zaměstnanci lišil. Přibližně v polovině případů využívají zaměstnanci firmy služební tarif, ale několik zaměstnanců využívá vlastní datový tarif. Ojediněle se vyskytují i případy použití jednorázového datového balíčku. Spodní hranice objemu dat datového tarifu je 1,5 GB, přičemž nejvyšší objem dat využitý ve firmě je 12 GB dat.

4.2.3 Názor zaměstnanců na využívaný datový tarif

Použití mobilního Internetu dle názorů zaměstnanců rozhodně ušetří čas i prostředky během pracovního dne a zvolený datový tarif dostatečně pokryje potřeby pracovníků. V několika případech bylo ale zjištěno, že zvolený datový tarif je nedostačující. Tento názor zastávají zejména zaměstnanci, který využívají služební tarif.

Jak již bylo zmíněno, většina pracovníků firmy RICOH by se bez použití mobilního Internetu neobešla. Z průzkumu byly ale vypozorovány i ojedinělé případy, kdy daný zaměstnanec zastává názor, že by se bez mobilního Internetu obešel.

4.3 Přínosy a nedostatky zvolených mobilních datových technologií

Výhody použitých mobilních datových technologií jsou v této firmě zcela patrné. K největším výhodám patří zejména využití mobilních zařízení, které umožňují používat LTE-A technologii, která je více než dostačující pro časté využívání mobilního Internetu během pracovní doby. Mezi další výhody lze také zařadit svobodu výběru poskytovatele mobilního připojení.

Jak již bylo zmíněno, tak byly vypozorovány případy, kdy zaměstnanci nejsou zcela spokojeni se zvoleným datovým tarifem. Vyjma tohoto problému nebyly zjištěny žádné další výrazné nedostatky.

4.4 Výsledky analýzy

Datová technologie, kterou zaměstnanci využívají (LTE-A), je bezesporu vhodnou volbou pro využití mobilního připojení k Internetu. Disponuje velmi vysokými rychlostmi přenosu dat, a to zejména ve větších městech jako jsou České Budějovice, a nabízí také vysokou míru pokrytí území.

Vhodným řešením problému, kdy datový tarif nepokryje dostatečně potřeby zaměstnance, by bylo zvolení zvýhodněného firemního datového tarifu vybraného operátora, za účelem zvýšení kvality používaného datového tarifu. Tuto možnost lze samozřejmě uskutečnit za předpokladu, že si firma může dovolit firemní tarif za vyšší cenu.

Z těchto výsledků lze vyvodit závěr, že použitím mobilního Internetu firma snižuje náklady jak časové, tak i finanční, a navíc je pro funkčnost firmy nepostradatelným prvkem.

5 APLIKACE PRO VÝBĚR OPTIMÁLNÍHO TARIFU

5.1 Zadání a účel aplikace

Dalším cílem této bakalářské práce bylo vytvořit webovou aplikaci, která dle zadaných parametrů jako například poloha, rychlostní parametr nebo mobilní technologie, vyhodnotí nejoptimálnějšího poskytovatele připojení a datový tarif pro potencionálního uživatele.

5.2 Návrh řešení aplikace

Hlavní myšlenkou bylo vytvoření dvou hlavních dialogových oken, přičemž první slouží k zadání parametrů pro výběr tarifu. Tento panel se bude skládat z několika tlačítek a posuvníků k nastavení požadovaných hodnot. Pro lepší vyobrazení místa, ke kterému se naměřené hodnoty vztahují, bude v panelu zobrazena mapa s označením přibližné polohy měření kvality připojení.

Hlavní účel druhého dialogového okna je zobrazení naměřených hodnot a doporučených datových tarifů dle parametrů. Kromě návratu na předchozí stránku bude též umožněno exportovat data do souboru PDF.

Veškerá data budou uložena mimo uživatelský systém na databázovém serveru školy, k němuž se uživatel bude připojovat pomocí VPN připojení.

5.3 Použité technologie

Objektově orientovaný programovací jazyk Java

Pro zhotovení aplikace byl zvolen objektově orientovaný programovací jazyk Java vzhledem ke zkušenostem, které byly získány během posledních několika let práce s tímto jazykem. Dále díky jeho přenositelnosti a nenáročnosti. Tento vyšší programovací jazyk poskytuje všechny potřebné funkcionality ke zpracování této aplikace.

Java navíc dokáže pracovat s dalšími nástroji a jazyky, se kterými má autor také zkušenost. Nepostradatelné pro vytvoření aplikace byla možnost připojení k databázovému serveru a práce s SQL a PL/SQL. V neposlední radě je výhodou možnost zobrazení HTML obsahu a následná práce s ním.

Oracle SQL a Oracle PL/SQL

Použitím strukturovaného dotazovacího jazyku Oracle SQL bylo možné efektivně pracovat s tabulkami a s jejich záznamy. Tyto tabulky uchovávají informace a data, která byla zaznamenána v průběhu zjišťování kvality připojení operátory.

Procedurální nadstavba PL/SQL byla použita z důvodu lepší manipulace s daty zejména díky použití procedur, funkcí a spouští. Možnost logického rozhodování přímo v PL/SQL umožnilo zjednodušit kód napsaný v Javě, a kód je tak lépe čitelný. Navíc díky použití funkcí je složitější ze zdrojového kódu odhalit strukturu databáze a tím pádem je datové uložiště více zabezpečeno proti možným útokům.

HTML5 a CSS

V malé míře byl použit značkovací jazyk HTML5 společně s kaskádovými styly z důvodu užití geografické mapy k zobrazení přibližné pozice, kde probíhalo měření kvality mobilního připojení. Ta se totiž zobrazuje v komponentě zobrazující obsah HTML stránky, která se nazývá „WebView“ a proto bylo potřeba použít značkovací jazyk HTML.

Kaskádové styly bylo použity pouze v několika málo situacích. Zejména pak k úpravě zobrazení textu v buňkách tabulek.

JavaScript

Tento událostmi řízený skriptovací jazyk byl použit pro práci s API Mapy.cz, kdy byla potřeba jednoduchá metoda, jejímž účelem je přenastavení pozice značky na mapě a nastavení středu mapy pomocí zeměpisné šířky a zeměpisné délky. Tato metoda se nachází přímo v html souboru mapy. Navíc bylo nutné do hlavičky dokumentu vložit řádek, který udává umístění používaného aplikačního rozhraní a také nastavit výchozí zobrazení mapy.

Mapy API

Vzhledem k faktu, že bylo vhodné zobrazit mapu pro lepší přiblížení lokace uživateli, kde probíhalo měření, pak bylo potřeba použít API, které tuto funkci dokáže snadně a spolehlivě plnit. Proto bylo vybráno API (verze 4.13) od tuzemské společnosti Mapy.cz, které autor preferoval oproti API od zahraniční společnosti Google, a to zejména ze dvou důvodů.

Toto rozhraní je na rozdíl od druhého zmiňovaného velice snadné jak k získání, tak k použití. A to zejména díky naučným materiálům, které jsou přístupné na oficiálních stránkách společnosti Mapy.cz. Dalším důvodem zvolení tohoto API bylo, že je zcela zdarma, a navíc poskytuje veškeré potřebné funkcionality. V této aplikaci je ale využito minimální množství možných funkcí poskytovaných tímto rozhraním. [29]

OJDBC API

OJDBC (Oracle Java Database Connectivity) je další použité aplikační rozhraní, zajišťující programátorovi jednotné rozhraní pro přístup k relační databázi od společnosti Oracle, a tak lze pomocí OJDBC získávat data z databáze přímo za běhu aplikace. V této aplikaci nejsou

přístupné DDL nebo DML operace, jelikož data byla do databáze uložena manuálně a není tedy třeba, aby uživatel do tabulek vkládal další záznamy. Tato funkcionalita je ale jedním z možných rozšíření této aplikace.

Knihovna iText

Knihovna iText je v aplikaci implementována za účelem exportování dat do PDF souboru. Použitá verze knihovny je 5.4.0 a tento software je poskytován stejnojmennou organizací. Práce s touto knihovnou je poměrně snadná, a navíc generování dokumentu probíhá velice rychle. [30]

5.4 Použitá vývojová prostředí a nástroje

Vývojové prostředí NetBeans IDE

Pro vývoj aplikace bylo použito vývojové prostředí NetBeans IDE verze 8.2 od společnosti Oracle kvůli zkušenostem, které autor získal zejména během posledních několika let studia. Nejen že podporuje i ostatní programovací jazyky jako jsou HTML nebo JavaScript, ale prostředí je velice komfortní a jednoduché. Kód aplikace je přehledný díky jednoduchému formátování dokumentů a díky jednoduše zapamatovatelným zkratkám a jiným pomůckám je programování v tomto prostředí relativně snadné a rychlé.

Platforma JavaFX

Tato softwarová platforma je moderní náhrada za dříve velmi používaný Swing, který je také API pro tvorbu GUI v programovacím jazyce Java. Framework JavaFX je vhodný pro tvorbu okenních aplikací. Díky podpoře grafických prvků, jako jsou obrázky, tabulky, různá tlačítka nebo možnosti aplikování stylů, se dají vytvářet poutavé aplikace. JavaFX obsahuje velké množství komponent, které jsou obsaženy v této platformě v základu a není tedy potřeba je manuálně instalovat.

JavaFX Scene Builder

Tento software (verze 2.0) je bezplatný vizuální nástroj pro jednodušší vytváření grafického uživatelského rozhraní JavaFX aplikací. Jednoduše díky použití metody „drag&drop“ jsou do scény importovány ovládací a grafické prvky, jejichž vlastnosti lze upravovat přímo v tomto nástroji.

Po uložení rozhraní je následně vygenerován XML soubor a také soubor, který si lze představit jako ovladač. V něm je definován kód, který se provede při akci v GUI.

Oracle SQL Developer

Správce SQL databáze Oracle SQL Developer je vhodný nástroj pro správu databáze a případnou úpravu tabulek či dalších komponent. Další výhodou je snadné importování dat do tabulek a zároveň jednoduché zálohování tabulek a dat exportováním do souboru SQL.

Tento program spolupracuje s programem Oracle Data Modeler. Vypracovaný návrh z tohoto programu dokáže SQL Developer zpracovat jako posloupnost příkazů, která po vložení do konzole a spuštění skriptu vytvoří celý vymodelovaný systém. Zmíněný postup funguje i opačným směrem, tedy z databázového systému lze extrahovat grafický model. Obou těchto metod bylo v průběhu vývoje aplikace využito.

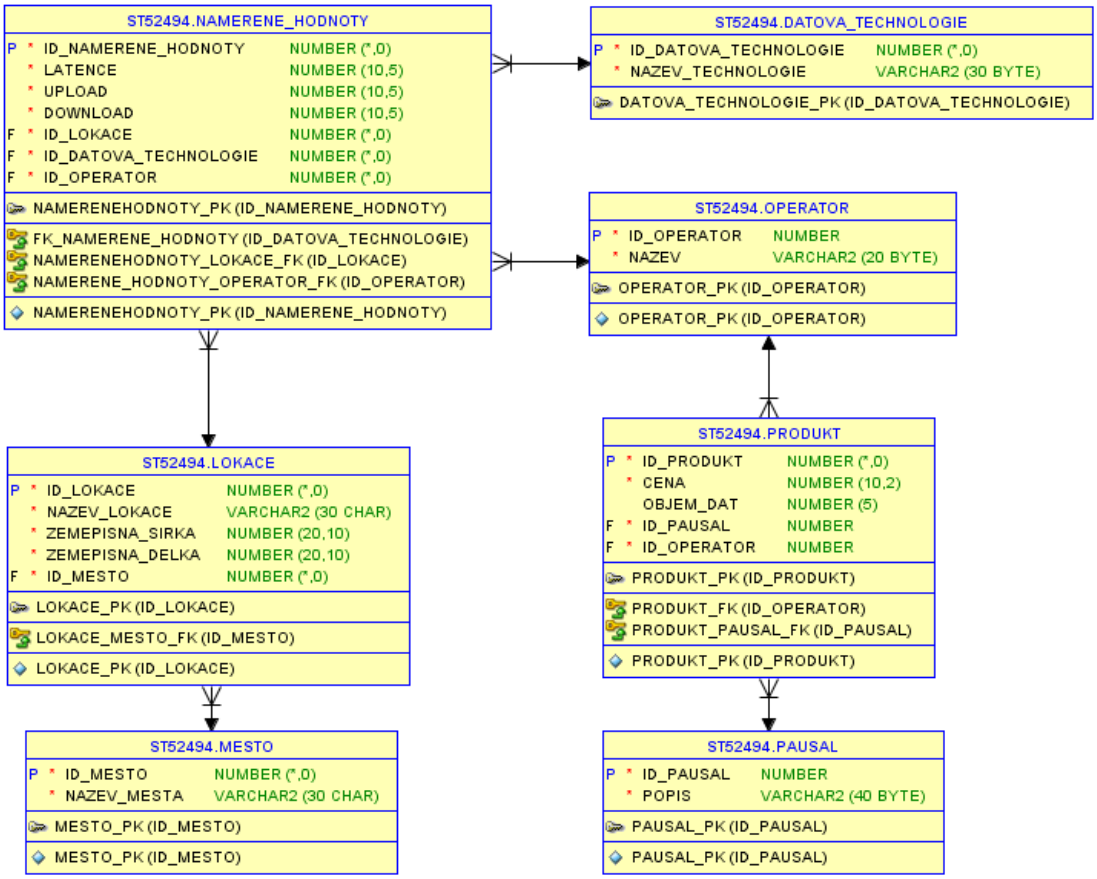
Oracle Data Modeler

Nástroj slouží pro návrh relačního a logického diagramu databáze a jeho následné úpravy. Tento diagram byl následně převeden na posloupnost DDL příkazů, které po spuštění vytvoří databázový systém. Stejně jako program Oracle SQL Developer, tak i tento je zcela zdarma.

5.5 Databázová struktura aplikace

Databáze aplikace je složena ze sedmi tabulek, které jsou nejčastěji v relaci 1:N, ale nachází se zde i několik případů použití relace M:N. Relační diagram databáze lze vidět na obrázku číslo 13. Všechny položky systému jsou povinné, vyjma položky „objem_dat“ tabulky „Produkt“, protože tabulka obsahuje záznamy o tarifech s neomezenými daty, kdy použití této položky je nepodstatné.

Aby práce s tabulkami byla přehlednější, byly vytvořeny sekvence pro jednodušší práci s unikátními identifikátory při vkládání nových záznamů do tabulek. Bylo také užito několika spouští (takzvaných „triggerů“) pro dodržení referenční integrity po případném mazání záznamů tabulek a to z důvodů užití relací typu 1:N.



Obrázek 13: Relační diagram databáze [Zdroj: autor]

5.5.1 SQL pohledy a PL/SQL procedury a funkce

Hlavní účel pohledů je získání jednoduchých hodnot jako extrémní hodnoty ceny produktu, ale i k získání komplexnějších dat z více tabulek.

Všechny procedury, které byly zkompilovány a následně použity, slouží pouze k případným úpravám záznamů. Díky jejich použití byly případné manuální úpravy mnohem přehlednější. Žádná z těchto procedur není přístupná prostřednictvím aplikace.

Funkce jsou naopak v aplikaci používané velmi často. Všechny z nich mají návratovou hodnotu typu kurzor, který obsahuje záznamy tabulek nebo jiné hodnoty. Aplikace pomocí funkcí získává záznamy, které jsou později zobrazené v tabulkách, získáním souřadnic místa dle názvu města a názvu lokace nebo k získání extrémních hodnot rychlosti downloadu, uploadu a latence dle lokace měření rychlosti.

5.6 Objektové třídy

K vytváření a manipulaci s objekty zapouzdřující informace, které byly získány během měření kvality připojení tuzemských operátorů, bylo vytvořeny tři třídy, uskutečňující tyto operace. Všechny tyto třídy se nacházejí v balíčku „ObjektoveTridy“.

5.6.1 Lokace.java

Tato třída udržuje informace, vztahující se k místu, kde probíhalo měření a výsledné hodnot, které jsou v podobě mediánů z celkového počtu měření z tohoto místa.

Privátní atributy třídy:

- String nazevMesta – popisuje město, kde bylo uskutečněno měření,
- String nazevLokace – popisuje konkrétní lokaci města, kde bylo uskutečněno měření,
- double zemepisnaSirka – popisuje zeměpisnou šířku lokace,
- double zemepisnaDelka – popisuje zeměpisnou délku lokace,
- HashTable<String, NamereneHodnoty> namereneHodnoty – kolekce k ukládání dvojic *klíč-hodnota*. Hodnota klíče je textový řetězec udávající název poskytovatele připojení. Tento atribut slouží tedy k uložení rychlostí přenosu dat, které byly naměřeny u konkrétního poskytovatele připojení k síti.

5.6.2 Produkt.java

Třída vytváří objekty reprezentující produkty (tarify), které jsou nabízené operátory. Třída implementuje rozhraní „Comparable“, jež je potřeba k seřazení produktů dle ceny. Dále kromě metod k manipulaci s atributy obsahuje metody *hashCode()* a *equals(Object obj)* potřebné pro porovnávání objektů typu Produkt.

Privátní atributy třídy:

- String operator – popisuje název poskytovatele připojení,
- String nazevProduktu – popisuje název produktu operátora,
- int cena – popisuje cenu produktu,
- int objemDat – popisuje objem dat v MB produktu.

5.6.3 NamereneHodnoty.java

Tato třída uchovává naměřené rychlosti připojení operátora, které byly zaznamenány.

Privátní atributy třídy:

- String operator – popisující název poskytovatele připojení,
- double latenceEDGE – popisuje naměřenou hodnotu latence EDGE,
- double latenceHSPA – popisuje naměřenou hodnotu latence HSPA+,
- double latenceLTE – popisuje naměřenou hodnotu latence LTE,
- double downloadEDGE – popisuje naměřenou hodnotu downloadu EDGE,
- double downloadHSPA – popisuje naměřenou hodnotu uploadu HSPA+,
- double downloadLTE – popisuje naměřenou hodnotu downloadu LTE,
- double uploadEDGE – popisuje naměřenou hodnotu uploadu EDGE,
- double uploadHSPA – popisuje naměřenou hodnotu uploadu HSPA+,
- double uploadLTE – popisuje naměřenou hodnotu uploadu LTE.

Třída obsahuje typické metody pro získávání a nastavování hodnot atributů. Obsahuje také důležitou metodu *nastavHodnoty*. Jejím účelem je na základě mobilní datové technologie nastavit hodnoty, které popisují kvalitu připojení. Tato metoda je použita ve třídě *Lokace*.

5.7 Třídy pro práci s databází

Pomocí statické třídy „OracleConnector.java“ se aplikace připojuje k Oracle databázi. Nastavení připojení k databázi je provedeno v konstruktoru třídy „DatabaseHelper“. Heslo pro přístup k databázi bylo šifrováno použitím taktéž statické třídy „CryptClass.java“, aby heslo pro přístup nebylo čitelné. Použitý šifrovací algoritmus byl SHA-256. [37]

Objekt, který pracuje s databází, je instancí třídy „DatabaseHelper“. Třída obsahuje metody, které volají pohledy, uložené procedury a uložené funkce databáze. Funkcím, jež vracejí kurzor, je potřeba předat parametry a také zaregistrovat návratovou hodnotu typu kurzor. Vrácený kurzor s požadovanými záznamy tabulek je uložen v objektu typu „ResultSet“, u něhož jsou cyklem procházeny záznamy a poté jsou vytvořeny instance požadované třídy, které jsou uloženy do datové struktury.

U metod, jejichž účelem je nalezení extrémních hodnot tabulek, je návratová hodnota datového typu „HashMap“, která umožňuje hodnotám přiřadit unikátní identifikátor. Díky unikátním

identifikátorům je nalezení hodnot ve struktuře jednodušší z hlediska přehlednosti kódu i náročnosti operace.

Metoda, jejíž účel je nalezení alternativních datových tarifů operátora, pokud nebyly nalezeny žádné optimální tarify:

```
public ArrayList<Produkt> dejAlternativniProdukty(String nazevMesta,
            String nazevLokace, String pausal) throws SQLException {
        ArrayList<Produkt> produkty = new ArrayList<>();
        Connection conn = OracleConnector.getConnection();
        CallableStatement cs =
             conn.prepareCall("{? = call ALTERNATIVNI_PRODUKTY(?)}");
        cs.setString(2, pausal);

        cs.registerOutParameter(1, OracleTypes.CURSOR);
        cs.execute();

        ResultSet rset = ((OracleCallableStatement) cs).getCursor(1);
        while (rset.next()) {
            Produkt produkt = new Produkt(
                    rset.getString(1),
                    rset.getString(2),
                    rset.getInt(3),
                    rset.getInt(4));
            produkty.add(produkt);
        }

        rset.close();
        cs.close();

        return produkty;
}
```

5.8 Geografická mapa

5.8.1 HTML, komponenta WebView a JavaScript

Mapa je zobrazena v komponentě „WebView“, která zobrazuje obsah HTML dokumentů. Jediný element HTML souboru je kontejner, který je zobrazen po celé šířce a výšce dostupné plochy. Právě na něm je zobrazena geografická mapa, jež je zobrazena v hlavním dialogovém okně aplikace.

Uvnitř souboru „Mapa.html“ je i několik skriptů, které jsou určeny k načtení geografického rozhraní použité mapy a k následné práci s ním. Funkce *zmenaPozice* je volána z Javy a díky ní je umožněna interakce mapy s uživatelem.

Protože načtení geografické mapy může v některých případech trvat déle, je potřeba, aby se skript k zobrazení rozhraní provedl až po kompletním načtení obsahu HTML dokumentu.

K tomuto ošetření slouží následující kód, díky němuž komponenta, která zobrazuje mapu, vyčkává na událost, kdy je HTML stránka správně načtena a po načtení se zobrazí mapa s nastaveným středem na pozici, která je určena městem a lokací zobrazenými ve výběrovém seznamu [31]:

```
WebEngine webEngine = webViewMapa.getEngine();
webEngine.getLoadWorker().stateProperty().addListener(
  (ObservableValue<? extends Worker.State> observable,
        Worker.State oldValue, Worker.State newValue) -> {
    if (newValue == State.SUCCEEDED) {
         zmenaPoziceMapy(
              mestaComboBox.getSelectionModel().getSelectedItem(),
              lokaceComboBox.getSelectionModel().getSelectedItem());
    }
  });
String urlNew = this.getClass().getResource("/Mapa/Mapa.html")
   .toExternalForm();
webEngine.load(urlNew);
```

5.9 Způsob vyhodnocení optimálního datového tarifu

5.9.1 Nastavení požadavků v hlavním dialogovém okně

Nejprve je potřeba, aby uživatel nastavil požadovaná kritéria datového tarifu. Mezi nastavitelné parametry patří město, lokace, typ tarifu (také datový balíček a neomezená data), datová technologie, rychlost stahování dat, rychlost odesílání dat a latence. Změnou lokace je automaticky změněna pozice mapy a přesunuta značka, která udává pozici měření kvality připojení. Dynamicky se také přepočítávají limity posuvníků dle zadané požadované technologie.

Uživatel může omezit kritéria vyhodnocení nejoptimálnějšího datového tarifu vypnutím posuvníku tlačítkem, které se nachází na pravé straně každého posuvného prvku. Každý parametr (kromě města a lokace) lze nastavit tak, aby neměl vliv na vyhodnocení (u typu datové technologie stačí, když nebude vybrána žádná položka ze seznamu). Kliknutím pravého tlačítka myši lze vypnout všechny posuvníky.

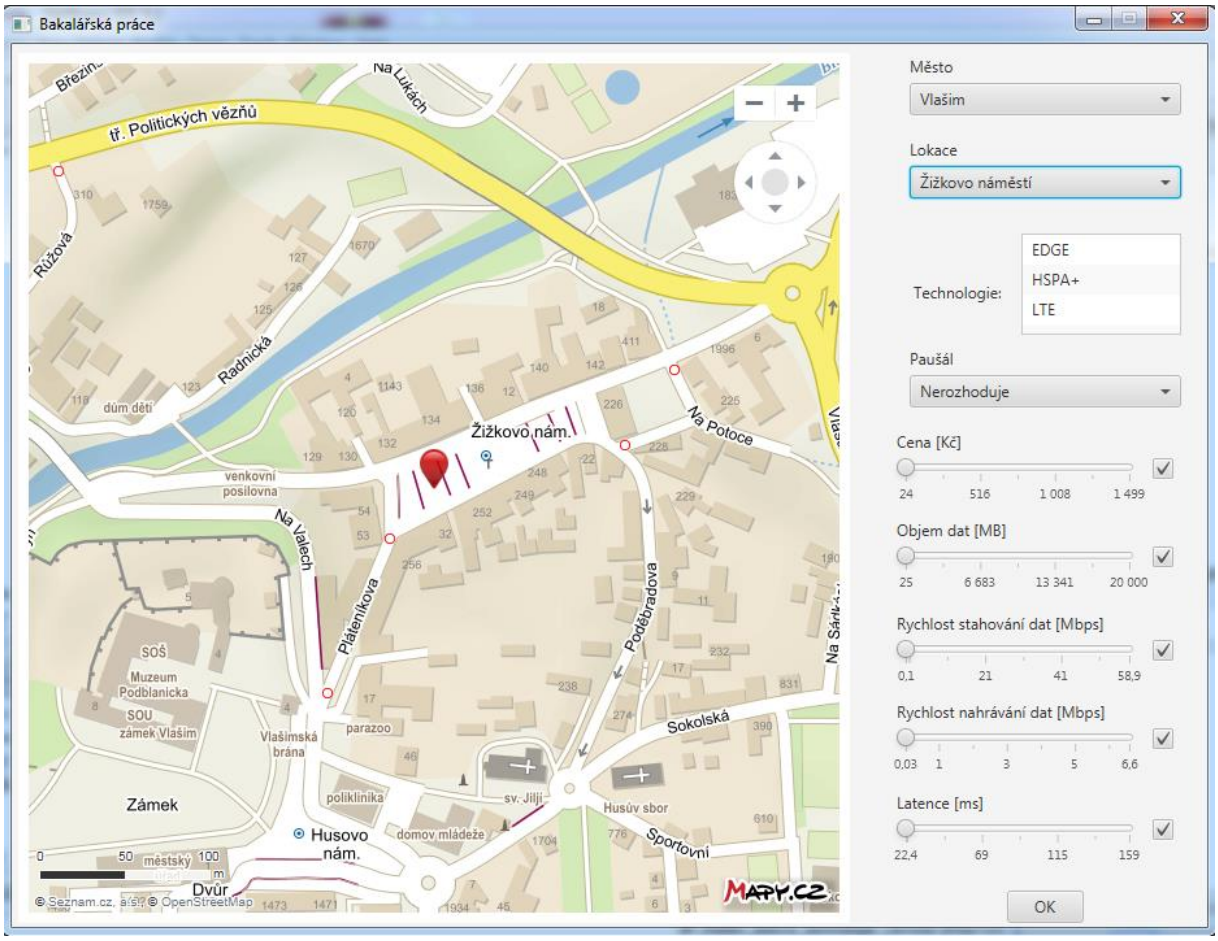
5.9.2 Vyhodnocení a zobrazení výsledků

SQL dotazem jsou nejdříve nalezeny produkty, které zcela vyhovují požadavkům uživatele. V případě, kdy nejsou vyhledány žádné optimální produkty, je spuštěn sekundární dotaz, který vyhledá alternativní datové tarify. Zmíněná situace se může stát například v případě, kdy je zadán požadavek uživatele na maximální objem dat za minimální cenu.

Po vyhodnocení se zobrazí okno s optimálními datovými tarify a výsledky měření kvality ve zvolené pozici. Dále je také zobrazena tabulka s nejvýhodnějšími tarify (nejvíce MB dat za jednu korunu) z optimálních datových tarifů. Uživatel má následně možnost vrátit se na předchozí dialogové okno pro zadání parametrů anebo export výsledků do souboru PDF.

5.10 Požadavky pro funkčnost aplikace

Pro správnou funkčnost aplikace je potřeba se přihlásit do univerzitní sítě pomocí připojení VPN, k čemuž lze použít například nástroj „Cisco AnyConnect“ a zároveň je potřeba, aby byl uživatel připojen k internetu. Jelikož je hlavní dialogové okno velké 920 na 680 obrazových bodů, pak je pro správnou funkčnost zapotřebí zobrazovací zařízení s rozlišením větším, než je toto požadované.



Obrázek 14: Hlavní dialogové okno aplikace pro výběr datového tarifu [Zdroj: autor]

5.11 Možné rozšíření aplikace

Jedním z možných rozšíření aplikace je možnost vkládání dat do SQL tabulek uživatelem. V současné verzi aplikace tuto akci provést nelze. K zvýšení efektivnosti by mohlo přispět zvýšení zabezpečení prostřednictvím přihlášení uživatele prostřednictvím svého účtu, který by byl autentizován jménem a heslem.

V případě zpracování multiplatformní aplikace pro mobilní zařízení by uživatel mohl pracovat s moduly této aplikace přímo po provedení změření. Současné mobilní zařízení podporují všechny potřebné funkcionality pro práci s tímto typem aplikace. Konkrétně zejména lokalizaci prostřednictvím GPS, internetové připojení a provádění operací poskytovaných relační databází.

ZÁVĚR

V této práci byly podrobně popsány mobilní datové technologie 2,5G a vyšší, včetně technologií, které budou pravděpodobně využívané v budoucnosti. Byla charakterizována jejich funkčnost, rozvoj, technické parametry a míra využití v České republice společně s přibližným odhadem míry pokrytí v tuzemsku, vztahujícímu se k roku 2019.

Během měření kvality poskytovaného připojení operátory O2, T-Mobile a Vodafone bylo zjištěno, že úroveň pokrytí všech testovaných technologií je v dnešní době na vysoké úrovni a připojit se lze nezávazně k místu připojení včetně méně osídlených nebo hůře přístupných oblastech. Česká republika navíc disponuje vysokou dostupností mobilního Internetu ve srovnání s dalšími evropskými městy.

Bylo zjištěno, že dosažitelné rychlosti připojení jsou výrazně nižší než maximální dosažitelné. Výsledky měření navíc ve většině případů nedosahují hodnot, které čeští operátoři uvádějí jako inzerované. Z výsledků tohoto měření lze vyvodit závěr, že nejlepší mobilní datovou sítí disponuje T-Mobile, a naopak nejhorší operátor Vodafone. Tato skutečnost se vztahuje k měsíci září roku 2019.

Mobilní Internet je ve firmě RICOH s.r.o. velmi často využíván zaměstnanci, kteří nejčastěji používají vysokorychlostní 4G připojení (LTE-A) během pracovní doby. Jediný nedostatek, který byl zpozorován, je občasná nespokojenost s výběrem tarifu. Řešením tohoto problému je možnost výběru tarifu, který by zaměstnanci více vyhovoval, případně zřízení firemního tarifu, který bude používán všemi pracovníky společnosti.

Dále byla zhotovena webová aplikace pro výběr optimálního datového tarifu uživateli dle zadaných parametrů. Aplikaci by bylo v budoucnu možné upravit například pro zobrazení a obsluhu v instalovaném webovém prohlížeči, kdy by bylo možné měřené hodnoty vkládat do databáze administrátorem, nebo přímo v mobilním telefonu uživatele.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] KYSELA, Jiří. Mobilní Internet v České republice – kompletní přehled. *Internet pro všechny* [online]. 1. 3. 2010 [cit. 2019-10-13]. ISSN 1801-1160. Dostupné z: http://www.internetprovsechny.cz/mobilni-internet-v-ceske-republice-kompletni-prehled/

[2] VRBACKÝ, Jakub. Technologie mobilního internetu – od CSD po LTE Advanced (vědecké okénko). *Mobilizujeme* [online]. 12. 2. 2012 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: https://mobilizujeme.cz/clanky/technologie-mobilniho-internetu-od-csd-po-lte-advanced-vedecke-okenko

[3] CASSAVOY, Liane. The HSPA+ Standard: Enhanced 3G. *lifewire* [online]. 27. 10. 2019 [cit. 2019-12-1]. Dostupné z: https://www.lifewire.com/definition-of-hspa-578679

[4] 3GPP. GPRS & EDGE. *3GPP: A Global Initiative* [online]. 2019 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/102-gprs-edge

[5] WANNSTROM, Jeanette. HSPA. *3GPP: A Global Initiative* [online]. 2019 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/99-hspa

[6] WANNSTROM, Jeanette. LTE-Advanced. *3GPP: A Global Initiative* [online]. 2013 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced

[7] DSL.cz. Jak na mobilní připojení k internetu (1): Typy sítí a připojení notebooku. *DSL.cz* [online]. 2018 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: http://www.dsl.cz/jak-na-to/jak-na-mobilni-internet

[8] VÁCLAVÍK, Lukáš. O2 ruší CDMA. S frekvencemi první české mobilní sítě má nové plány. *cnews.cz* [online]. 16. 4. 2019 [cit. 2019-10-13]. ISSN 1807-9826. Dostupné z: https://www.cnews.cz/o2-konec-cdma-cerven-2019

[9] NOHRBORG, Magdalena. LTE. *3GPP: A Global Initiative* [online]. 2019 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte

[10] BEČVÁŘ, Zdeněk, Pavel MACH a Ivan PRAVDA. *Mobilní sítě*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05305-8.

[11] ZIKMUND, Martin. Jak se vyznat v mobilních datových sítích (UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+, LTE). *BusinessVize* [online]. 29. 6. 2010 [cit. 2019-10-13]. ISSN 1805-0263. Dostupné z: http://www.businessvize.cz/datove-prenosy-a-site/jak-se-vyznat-v-mobilnich-datovych-sitich-umts-hsdpa-hsupa-hspa-lte

[12] TRLICA, David. Co je to 5G internet? Vše, co potřebujete vědět o síti nové generace. *Svět Androida* [online]. 13. 12. 2018 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: https://www.svetandroida.cz/5g-internet-site-rychlost/

[13] Vodafone. Mapa pokrytí. *Vodafone* [online]. 2019 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: http://www.vodafone.cz/mapa-pokryti/

[14] T-Mobile. Mapa pokrytí mobilním internetem. *T-Mobile* [online]. 2019 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: http://www.t-mobile.cz/podpora/mapa-pokryti-internetem

[15] O2. Mapa pokrytí. *O2* [online]. 2019 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: http://www.o2.cz/osobni/199436-mapa_pokryti_a_prodejen/

[16] HAKEN, Adam. Metodika testování. *RYCHLOST.cz* [online]. 2004 [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: https://rychlost.cz/informace/princip/

[17] DSL.cz Naměřené rychlosti internetu na DSL.cz v září 2019. *DSL.cz* [online]. 8. 10. 2019 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: http://www.dsl.cz/clanky/namerene-rychlosti-internetu-na-dsl-cz-v-zari-2019

[18] O2. Ceník paušálních mobilních služeb. *O2* [online]. 2019 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: https://www.o2.cz/osobni/199737-cenik_gsm/489965-rychlostni_parametry_u_mobilnich.html

[19] T-Mobile. Rychlost našeho internetu. *T-Mobile* [online]. 2019 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: https://www.t-mobile.cz/podpora/rychlost-internetu

[20] Vodafone. Jak se připojit na internet a jaká je rychlost připojení? *Vodafone* [online]. 6. 8. 2018 [cit. 2019-10-13]. Dostupné z: https://www.vodafone.cz/pece/osobni-a-firemni/otazky/internet-v-pocitaci/moznosti-pripojeni-k-internetu-jeho-rychlost/

[21] GEORGE, John. CDMA2000. *Tutorialspoint* [online]. 30. 10. 2018 [cit. 2019-10-26]. Dostupné z: https://www.tutorialspoint.com/cdma2000

[22] ZIKMUND, Martin. Technologie: jsou CDMA sítě lepší než GSM? *mobilmania.cz* [online]. 7. 4. 2003 [cit. 2019-10-26]. ISSN 1214-1887. Dostupné z: https://www.mobilmania.cz/clanky/technologie-jsou-site-cdma-lepsi-nez-gsm/sc-3-a-1104498/default.aspx

[23] VACULÍK, Přemysl. Pokrytí LTE v Česku dosahuje až 99 %. *dotekománie.cz* [online]. 12. 2. 2017 [cit. 2019-10-29]. Dostupné z: https://dotekomanie.cz/2017/02/pokryti-lte-cesku-dosahuje-az-99-lte/

[24] Český telekomunikační úřad. Pokrytí: Veřejné širokopásmové mobilní sítě. *Český telekomunikační úřad* [online]. 2014 [cit. 2019-10-29]. Dostupné z: https://digi.ctu.cz/lte-pokryti/

[25] PETERKA, Jiří. Sítě s přepojováním okruhů vs. sítě s přepojováním paketů. *eArchiv: Archiv článků a přednášek Jiřího Peterky* [online]. 1996 [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: http://www.earchiv.cz/a96/a618k150.php3

[26] POSPÍŠIL, Aleš. Tak šel čas s mobilními daty v ČR. *mobilmania.cz* [online]. 29. 12. 2014 [cit. 2019-11-14]. ISSN 1214-1887. Dostupné z: https://www.mobilmania.cz/clanky/tak-sel-cas-s-mobilnimi-daty-v-cr/sc-3-a-1329162/default.aspx

[27] RICOH. O nás. *RICOH* [online]. 2019 [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: http://www.ricoh.cz/cs/o-nas

[28] PETERKA, Jiří. Báječný svět počítačových sítí, část VII.: Přenosové techniky. *eArchiv* [online]. 2005 [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: https://www.earchiv.cz/b05/b1000001.php3

[29] Mapy.cz. API Mapy.cz. *Mapy.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: https://api.mapy.cz/

[30] Tutorialspoint. IText Tutorial. *Tutorialspoint* [online]. 2019 [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: https://www.tutorialspoint.com/itext/index.htm

[31] Oracle Help Center. WebEngine: JavaFX 2.2. *Oracle: Documentation* [online]. 12. 9. 2013 [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: https://docs.oracle.com/javafx/2/api/javafx/scene/web/WebEngine.html

[32] Telekom. Telekom Netzausbau mit bester Netzqualität. *Telekom* [online]. 2019 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: https://www.telekom.de/start/netzausbau

[33] O2. O2 Netzabdeckung. *O2* [online]. 15. 11. 2019 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: https://www.o2online.de/service/netz-verfuegbarkeit/netzabdeckung/

[34] Vodafone. Netzabdeckung: So gut ist unser Netz. *Vodafone* [online]. 31. 7. 2019 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: https://www.vodafone.de/hilfe/netzabdeckung.html

[35] Telekom. Mapa pokrytia a dostupnosti služieb. *Telekom* [online]. 8. 10. 2019 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: https://www.telekom.sk/wiki/mapa-pokrytia

[36] O2. Mapa dostupnosti služieb O2. *O2* [online]. 2019 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: https://www.o2.sk/podpora/siet-a-pokrytie/mapa-dostupnosti-sluzieb-o2

[37] JENKOV, Jakob. Java Cryptography. *Jenkov Tutorials* [online]. 14. 10. 2019 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: http://tutorials.jenkov.com/java-cryptography/index.html

[38] *Počet obyvatel v obcích České republiky s promítnutím územních změn k 1. 1. 2019*. Praha: Český statistický úřad, 30. 4. 2019. Česká statistika. ISBN 978-80-250-2914-5.

[39] KYSELA, Jiří. *Současný stav Mobilního Internetu v České republice a možnosti jeho využití u velmi malých podniků a živnostníků*. Praha, 2009. Diplomová práce. Vysoká škola Ekonomická v Praze. Vedoucí práce Ing. Tomáš Bruckner, Ph.D.