

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Analýza stávajícího stavu mobilní sítě v ČR ve vztahu ke spolehlivosti v bezpečnostních aplikacích

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Votruba, Ph.D.

Autor práce: Lukáš Vacek

PRAHA 2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Vacek

Zemědělské inženýrství

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Analýza stávajícího stavu mobilní sítě v ČR ve vztahu ke spolehlivosti v bezpečnostních aplikacích

Název anglicky

Analysis of the current state of mobile network in CR in relation to reliability in security applications

Cíle práce

Situace v technické i aplikační vrstvě mobilní sítě ČR je poněkud nejednoznačná, cílem práce tedy bude posoudit reálný a aktuální stav především ve vztahu s platnou legislativou a to zvláště s ohledem na použití v bezpečnostním průmyslu pro přenos informace. Výsledkem práce bude nejenom popis aktuálního stavu, ale i jasně formulované doporučení jak směrem ke vlastníkovi sítí, tak k uživatelům těchto sítí.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Stav mobilní sítě v ČR
4. Popis podporovaných služeb mobilních sítí
5. Popis požadavku na mobilní síť kladených bezpečnostními aplikacemi
6. Rozbor technického a organizačního stavu mobilních sítí
7. Zhodnocení
8. Závěr a doporučení

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

mobilní síť, GSM, LTE, bezpečnost, spolehlivost

Doporučené zdroje informací

ALLEN, G. *Android 4 : průvodce programováním mobilních aplikací*. Brno: Computer Press, 2013. ISBN 978-80-251-3782-6.

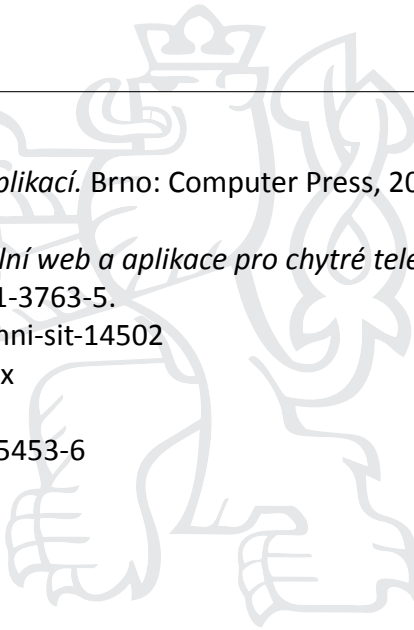
EFTOS, M. – CASTLEDINE, E. – WHEELER, M. *Vytváříme mobilní web a aplikace pro chytré telefony a tablety*. Brno: Computer Press, 2013. ISBN 978-80-251-3763-5.

<https://computerworld.cz/archiv/jak-funguje-mobilni-telefonni-sit-14502>

<https://www.mobilmania.cz/mobilni-site/sc-886/default.aspx>

http://www.jirkasvoboda.com/publikace/publikace_7.pdf

KRÁL, M. *Bezpečný Internet*, Grada 2015, ISBN: 978-80-247-5453-6



Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Votruba, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2019

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 06. 04. 2020

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Analýza stávajícího stavu mobilní sítě v ČR ve vztahu ke spolehlivosti v bezpečnostních aplikacích vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce Ing. Zdeňkovi Votrubovi, Ph.D. za možnost vypracování daného tématu pod jeho vedením a za pomoc při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mě podporovali při realizaci práce.

Abstrakt: Práce popisuje vývoj a aktuální stav mobilních sítí na území České republiky a propojuje problematiku mobilních sítí s bezpečnostními aplikacemi. V teoretické části jsou popsány generace mobilních sítí a metody přenosu. Dále jsou zde rozepsány služby mobilních operátorů a legislativa. Teoretická část je zakončena rozbohem norem, které se zabývají problematikou PZTS. V praktické části práce je uskutečněn test a následně jeho vyhodnocení. Praktická část končí doporučením ke zlepšení bezpečnosti a spolehlivosti mobilní komunikace.

Klíčová slova: mobilní síť, GSM, LTE, bezpečnost, spolehlivost

Analysis of the current state of mobile network in CR in relation to reliability in security applications

Abstract: The thesis describes the development and current state of mobile network in the Czech Republic and links the issues of mobile network with security applications. The theoretical part describes the generation of mobile network and methods of transmission. Furthermore, there are described the services of mobile operators and legislation. The theoretical part concludes with an analysis of standards dealing with PZTS. In the practical part of the work is carried out test and its evaluation. The practical part ends with recommendations to improve security and reliability of mobile communication.

Keywords: mobile network, GSM, LTE, security, reliability

OBSAH

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
2.1	Metodika	2
3	Teoretická část.....	3
3.1	Mobilní síť	3
3.1.1	Mobilní síť první generace	3
3.1.2	Druhá generace mobilní síť	4
3.1.3	Architektura mobilní síť GSM	4
3.1.4	Třetí generace mobilní síť	5
3.1.5	Architektura mobilní síť UMTS	6
3.1.6	Čtvrtá generace mobilní síť	7
3.1.7	Celulární architektura	8
3.1.8	Pátá generace mobilní síť	8
3.2	Aktuální stav mobilní síť v České republice	9
3.3	Mobilní operátoři	10
3.4	Podporované služby mobilní síť	12
3.4.1	Paušální a předplacená karta.....	12
3.4.2	SMS a MMS	12
3.4.3	Hlasové spojení – volání.....	14
3.4.4	Datové přenosy	15
3.5	Legislativa.....	17
3.5.1	Požadavky na podnikání v telekomunikaci	18
3.5.2	Požadavky PZTS na bezpečnost mobilní síť.....	19
3.6	Norma pro PZTS.....	19

3.7	Norma pro komunikátor ve střežené oblasti	20
4	Praktická část.....	26
4.1	Parametry testu.....	26
4.2	Vyhodnocení testu SMS ve stejné síti operátora	29
4.3	Vyhodnocení testu SMS ve dvou sítích operátorů.....	29
4.4	Vyhodnocení testu MMS	29
4.5	Celkové zhodnocení testů	30
4.6	Doporučení na zlepšení komunikace	30
5	Závěr.....	32
6	Seznam zdrojů	33
	Seznam obrázků.....	36
	Seznam tabulek.....	37
	Seznam grafů	37
	Seznam zkratk.....	37

1 ÚVOD

Od samého počátku v komunikačních službách šlo o přenos informace z místa A do místa B za co možná nejkratší dobu. Velkým předělem bylo objevení telegrafu a později vynález telefonu. Po tomto vynálezu chyběl jen krůček ke zprovoznění mobilních telefonů a mobilních sítí. Od zhotovení prvního mobilního telefonu v 1973 se mobilní telefony velice změnilly, první modely byly objemné a velice těžké. Jejich vývoj byl vázán na rozvoj aktuální technologie a samozřejmě vývoj mobilních sítí.

Dnešní doba je velice závislá na mobilních komunikacích, které jsou využívány od usnadnění řešení každodenních činností, až po zabezpečení majetku. Leckdy mohou stát mezi životem a smrtí, proto je velice důležité, aby správně a spolehlivě fungovaly. Není pochyb o tom, že jejich vývoj, a tím zároveň i vývoj mobilních telefonů, je velkým mezníkem lidstva.

S každou mobilní generací se přenos informací velice navýšil a zdokonalilo se zabezpečení komunikace. S vývojem technologie se zároveň i zdokonalují útočníci, tzv. hackeři, kteří neúnavně inovují svoje útoky. Z tohoto důvodu je oblast bezpečnosti komunikace jednou z priorit, když vezmeme v potaz, co všechno je přes mobilní síť odesíláno, od soukromých komunikací až po přístupové údaje k bankovním účtům.

Spolehlivost mobilní sítě je velice důležitá, protože mobilní sítě mimo běžné komunikace mohou být využívány k hlídání objektů. Jako je tomu například u poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů. Tento systém k odeslání zprávy o tom, že hlídáný objekt byl narušen, může právě využívat mobilní síť.

V bakalářské práci je popsán vývoj jednotlivých mobilních generací a aktuální stav mobilní sítě v České republice. Dále seznámení s mobilními operátory, kteří zde podnikají. Teoretická část je ukončena legislativní stránkou dané problematiky.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je celkové shrnutí problematiky mobilních sítí a následně popis aktuálního stavu na území České republiky. Rozbor legislativních požadavků vztažený na mobilní sítě a bezpečnostní aplikace. Snaha o vytvoření mostu mezi problematikou mobilních sítí a bezpečnostními aplikacemi. Souhrn požadavku na komunikaci a bezpečnost přenosu zprávy.

Na základě teoretické a praktické části práce navrhnout možná doporučení, která povedou ke zlepšení stávajících podmínek.

2.1 Metodika

Práce je rozdělena do několika částí, první část se zabývá rozbohem mobilních generací, konkrétně jejich metodami přenosu a architektury příslušné mobilní sítě. V následujících kapitolách je rozbor mobilních operátorů, kteří působí na našem území, popis služeb, které nabízejí. Teoretická část končí legislativními požadavky a popisem norem, které dále specifikují požadavky na komunikaci poplašných zabezpečovacích a tísňových systémů. V praktické části je navržen test pro otestování mobilních sítí. Práce je zakončena vyhodnocením testu a doporučeními ke zlepšení bezpečnosti a spolehlivosti komunikace přes mobilní sítě.

3 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část práce se zabývá všemi možnými aspekty mobilních sítí a zároveň obsahuje popis norem, které dále specifikují požadavky na komunikaci poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů. Tvoří základ pro praktickou část práce.

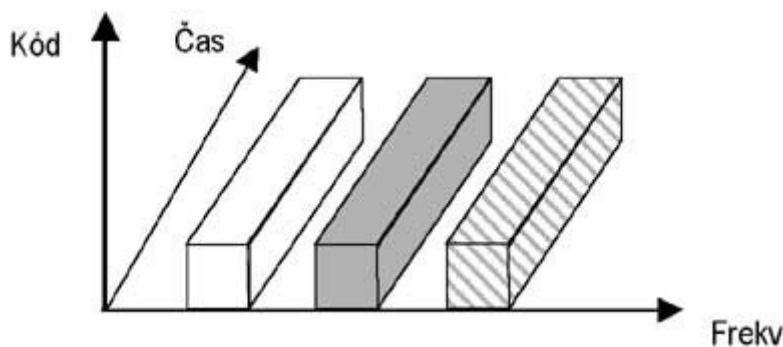
3.1 Mobilní síť

Již od začátku používání telefonů se při navazování spojení ve formě hovoru na dobu určitou, vytvořilo spojení mezi dvěma stanicemi. Ať už se jednalo o digitální síť nebo analogovou. Tato spojení se v počátcích vytvářela ručně operátory, dnes jsou realizovaná pomocí elektroniky. Hlasové spojení bylo v samém začátku modulováno analogově, později s příchodem digitálních sítí bylo vzorkované a přenášeno datovými pakety.[4][7]

3.1.1 Mobilní síť první generace

První komerční mobilní síť byla spuštěna v severských zemích, jako je Norsko, Finsko, Dánsko a Švédsko. Tyto první sítě byly zkonstruované pro komunikaci rybářských lodí s pevninou. Pro jejich provoz byl vyvinut systém NMT, který měl vyhrazená pásma 450 MHz a 900MHz, podle toho byl také dělen na NMT450 a NMT900. Postupně se v celé Evropě začínaly objevovat obdobné mobilní sítě. Ve Spojených státech se spouští systém AMPS. Komunikace v těchto sítích nebyly zabezpečené a kvalita hovoru byla nízká.[1][2][4]

Všechny sítě první generace používaly pro přenos signálu FDMA Tato metoda spočívá v tom, že rozdělí dané frekvenční pásmo do subpásem a dále jim je přiřazen kanál, obr.1. Spojení mezi dvěma stanicemi je na jiném kmitočtu než spojení jiných dvou stanic.[1]

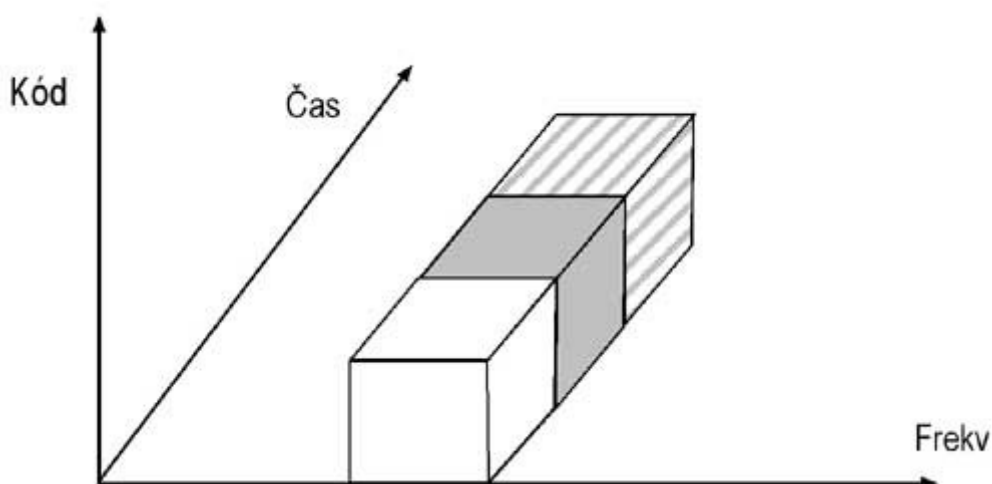


Obr. 1 FDMA [1]

3.1.2 Druhá generace mobilní sítě

Důležitým rozdílem oproti první generaci je vývoj nového standardu GSM. Tento standard byl vyvíjen za účelem snížení nákladů a zvýšení kvality hovoru. Jedná se o digitální systém, který má vyšší kapacitu, odolnost proti zarušení a odposlechu hovoru. GSM je provozován na třech pásmech 900, 1800, 1900 MHz. Pásmo 900 MHz bylo jako první využíváno a pro zvětšení kapacity byly i postupně zprovozněny pásma 1800 a 1900 MHz, není rozdíl ve způsobu přenosu na těchto pásmech, jediným rozdílem je pouze frekvenční rozdílnost. Další inovace je využití TDMA, která pomohla lépe využít kmitočtového spektra. Jak znázorňuje obr. 2, metoda TDMA spočívá v tom, že v daném frekvenčním pásmu se vytvoří časové úseky, které jsou přidělovány jednotlivým uživatelům, skupinu takových intervalů označujeme jako rámeček. Rychlost přenosu paketů dosahovala 9,6 kbit/s.[1][2][3]

Mobilní sítě druhé generace byly později vybaveny GPRS. Toto vylepšení pomohlo k dosažení vyšších přenosových rychlostí, a to z 9,6 kbit/s na 192 kbit/s, na principu přepojování paketů.[2]



Obr. 2 TDMA [1]

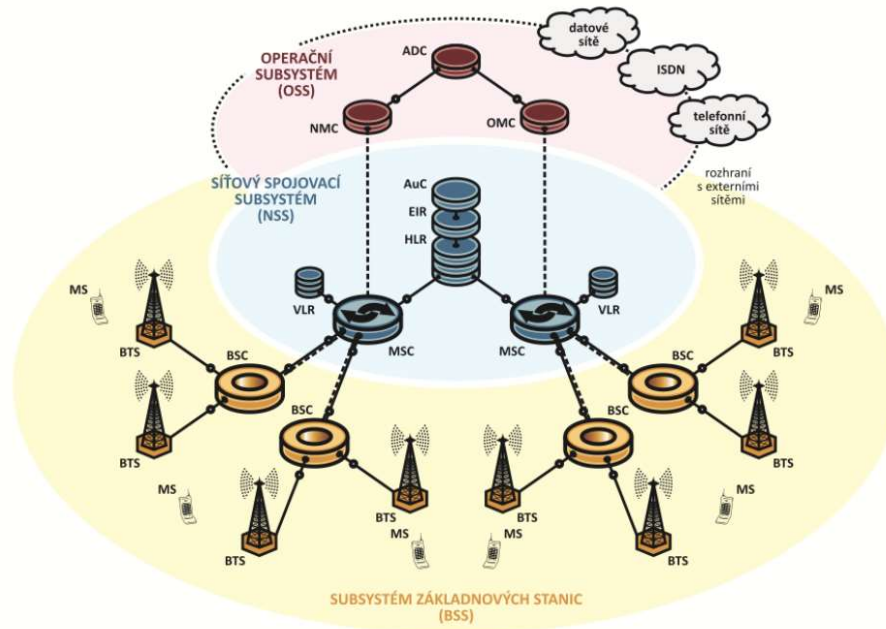
3.1.3 Architektura mobilní sítě GSM

Topologii mobilní sítě GSM (obr. 3) lze rozdělit do tří základních částí:

- BSS (Base Station Subsystem),
- NSS (Network Switching Subsystem)
- OSS (Operation Support Subsystem)

Mobilní stanice navazují komunikaci se základovými stanicemi, tyto základové stanice spadají pod jednu řídicí stanici, která má za úkol přidělovat volné kanály pro komunikaci a předávat spojení tzv. handouver. Pro fungování celého systému je nezbytné, aby mobilní stanice poskytovaly údaje o své poloze v buňce, ve které se právě nacházejí. Síťový spojovací

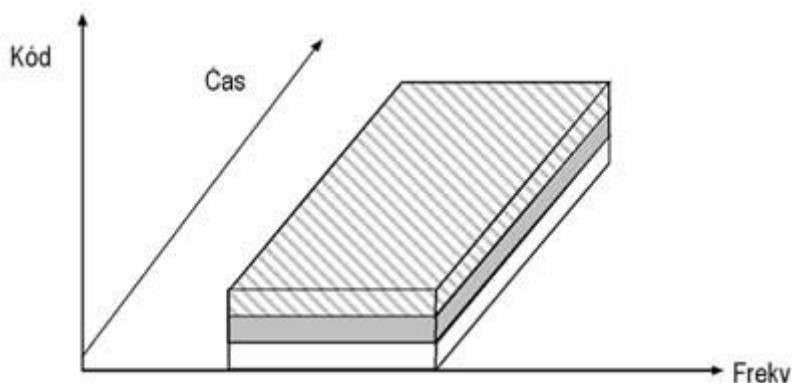
subsystém obsahuje ústřednu veřejné mobilní sítě, která je doplněna o funkce pro komunikaci s mobilními stanicemi. Operační subsystém zajišťuje správné fungování NSS a BSS, obsahuje ADC (Administrative Center), který se stará o administrativní záležitosti jako je např. vyúčtování. Modul OMC (Operation and Maintenance Center) se zabývá údržbou a provozem sítě. Modul NMC (Network Management Center) zajišťuje tok informací v síti.[5]



Obr. 3 Architektura sítě GSM [5]

3.1.4 Třetí generace mobilní sítě

Důvodem vývoje třetí generace mobilní sítě (3G) bylo dosažení vyšších přenosových rychlostí ve větší kapacitě a lepší kvalitě. Požadavky na 3G sítě definuje standard IMT 2000. V Evropě je síť třetí generace označována jako UMTS. U těchto sítí se využívá standard W-CDMA, tento standard je dalším vývojovým stupněm GSM. Ve standardu CDMA má každá stanice přiřazenou určitou kódovou sekvenci, již není potřeba žádného frekvenčního rozlišování přiřazeného pásma.[1][6][8]

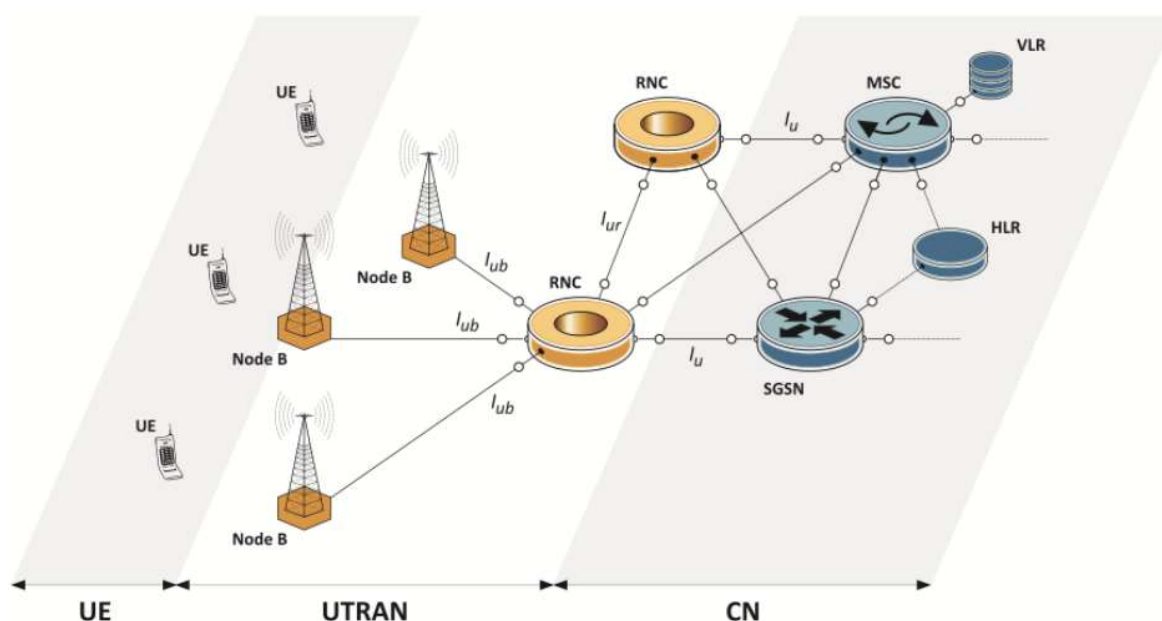


Obr. 4 CDMA [1]

Pro přenos se využívají dva přenosové módy, FDD a TDD. FDD spojení probíhá na dvou oddělených frekvencích, jedna pro odesílání a druhá pro přijímání. TDD spojení je realizováno jen pomocí jednoho frekvenčního pásma, odesílání a přijímání se střídá v čase. Používají se dvě pásma pro párový přenos 1920–1980 MHz, 2110–2170 MHz, zde je použitý standard W-CDMA. Pásmo pro nepárový přenos je 1910–1920 MHz, 2010–2025 MHz, používá se zde standard TD/CDMA. Obr. 4 znázorňuje CDMA.[1][6][8]

3.1.5 Architektura mobilní sítě UMTS

Sítě UMTS se dají rozložit na tři hlavní části, UE (User Equipment), UTRAN a CN (Core Network). Tyto jednotlivé prvky jsou od sebe oddělené, jak definuje 3GPP. Hlavním cílem rozhraní je usnadnit a zrychlit komunikaci mezi entitami. Znázorněno na obrázku 5.[6][8]



Obr. 5 UMTS architektura sítě [5]

Část UE se dá dále rozdělit na dvě části, a to na mobilní terminál a USIM. Mobilní stanice se stará o komunikaci a USIM karta obsahuje údaje potřebné k autorizaci.[6]

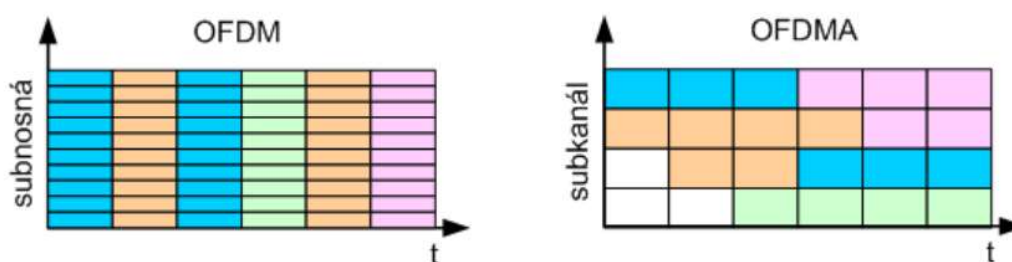
Další částí je UTRAN, který se stará o rádiový přenos, skládá se z Node B, což je přijímač, vysílač a RNC, který řídí připojené Node B. RNC má dále na starost sledování pohybu uživatelů v síti a jejich řízení.[6]

Poslední částí je CN, což je páteřní část celé sítě. Lze ji rozdělit na další dvě části, a to CS a PS. CS neboli okruhově spínaná doména byla už u sítě GSM, zařizuje vytvoření spojení mezi dvěma stanicemi. PS neboli paketově spínaná doména slouží k přenosu rychlých datových přenosů. Nevytváří jako CS spojení, které jsou nepřerušitelné po dobu komunikace, ale vytváří spojení pouze tehdy, kdy je to potřeba, tím se šetří prostředky sítě.[6]

3.1.6 Čtvrtá generace mobilní sítě

Čtvrtá generace mobilních sítí přichází v roce 2011 a je definována standardem LTE-A. Technologie LTE-A vychází z LTE, které je řazeno do třetí generace mobilní sítě. Oproti LTE byly LTE-A přidány funkce a výrazně zvýšená přenosová rychlost, maximální teoretická přenosová rychlost by měla dosahovat až 1 GB/s, reálně se pohybuje okolo 42 MB/s. Síť LTE vychází z architektury sítí UMTS a GSM, rozdílem je, že LTE síť je navržena tak, že umožňuje pouze přepojovat pakety. Zde se již neřeší přepojování okruhu, jak tomu bylo u předchozích sítí.[10]

Ke komunikaci se v LTE / LTE-A oproti UMTS využívá OFDMA a SC-FDMA. Při komunikaci s uživatelem je použit OFDMA a pro komunikaci směrem od uživatele se používá SC-FDMA. Metoda OFDM je realizována rozdělením desítek nosných kmitočtů, které jsou dále modulovány. Nosné frekvence jsou navzájem ortogonální což znamená, že jejich skalární součiny jsou nulové. Datový tok je rozdělen do několika dílčích datových toků. Metoda OFDM je odolná vůči vícecestnému šíření díky malé modulační rychlosti. Velkou výhodou je snadné přizpůsobení reálným podmínkám, při rušení subpásma je možnost ho vynechat, dojde tím ke snížení přenosové rychlosti. Rozdíl mezi OFDMA a OFDM je ve vytvoření subkanálů z nosných frekvencí, na obr. 6 je znázorněno rozdělení nosných kmitočtů do subkanálů.[9]



Obr. 6 Rozdíl mezi OFDM a OFDMA [9]

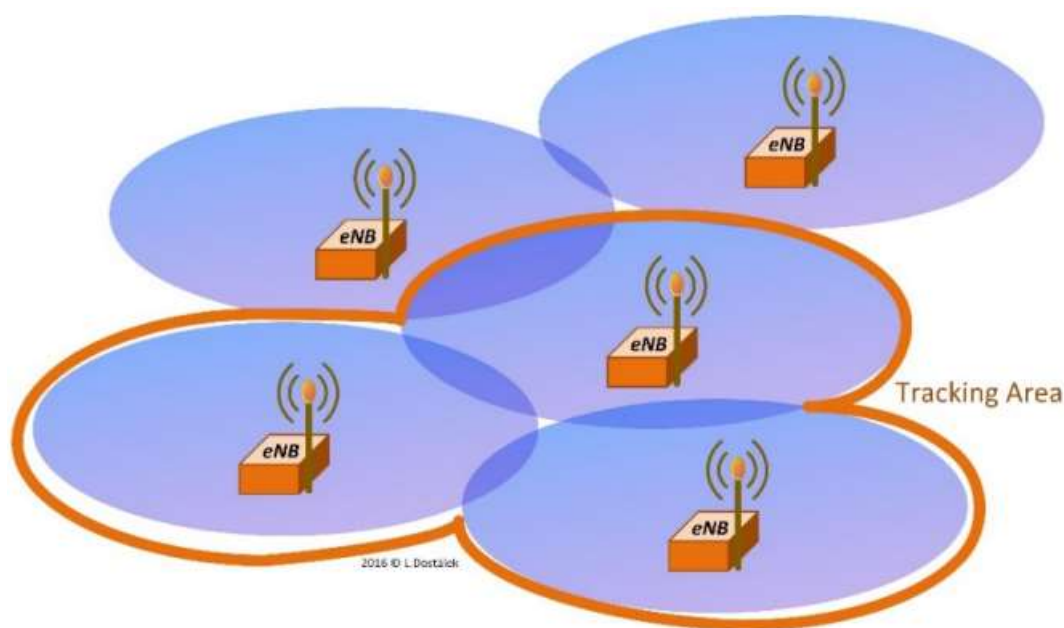
Hlavní rozdíl mezi těmito metodami OFDMA a SC-FDMA je, že OFDMA používá vstupní bity pro vytvoření subnosných vln se zpracováním inverzní rychlé Fourierovy transformace, aby vznikl signál v časové oblasti. Na rozdíl SC-FDMA používá na vstupní bity rychlou Fourierovou transformaci pro vytvoření časového signálu. SC-FDMA je výpočetně náročnější než OFDMA z důvodu použití více operací, ale dochází ke snížení rušení vlastní sítě.[9][10]

Čtvrtá generace mobilní sítě nám přináší velkou změnu. Veškeré služby jsou přenášeny protokoly TCP/IP. Hlasové služby jsou realizovány pomocí protokolů TCP/IP a pomocných protokolů SIP a RTP. Voice over LTE je označení hlasové komunikace v sítích LTE.[7]

Voice over LTE je včleněn stejnými protokoly jako je tomu u VoIP, ale nedá se říct, že VoLTE vychází z VoIP. Velký rozdíl je v bezpečnosti, kde VoIP používají k ověření jméno a heslo, ale u VoLTE se používá vlastní USIM nebo ISIM karty.[7]

3.1.7 Celulární architektura

Základové stanice se snaží pokrýt co možná nejvíce území, proto jsou seřazeny do sousedících šestiúhelníků. V sítích GSM se využívají BTS jako základová stanice. V sítích UMTS se tyto stanice označují jako NB (Node B) a u standardu LTE to jsou eNB. Území, které pokryje jedna základová stanice se jmenuje buňka. Dále je tato stanice propojena s jádrem pomocí kabelu nebo mikrovlnného spojení. V sítích GSM a UMTS se skupiny základových stanic řídily pomocí řadiče, u LTE se nepoužívají. Zde jsou základové stanice propojeny přímo s jádrem, ale i zde jsou tvořeny buňky, jako tomu bylo u GSM a UMTS. Buňky jsou zde rozděleny do vyšších územních celků, které se nazývají Tracking Area, znázorněno na obr. 7. [7]



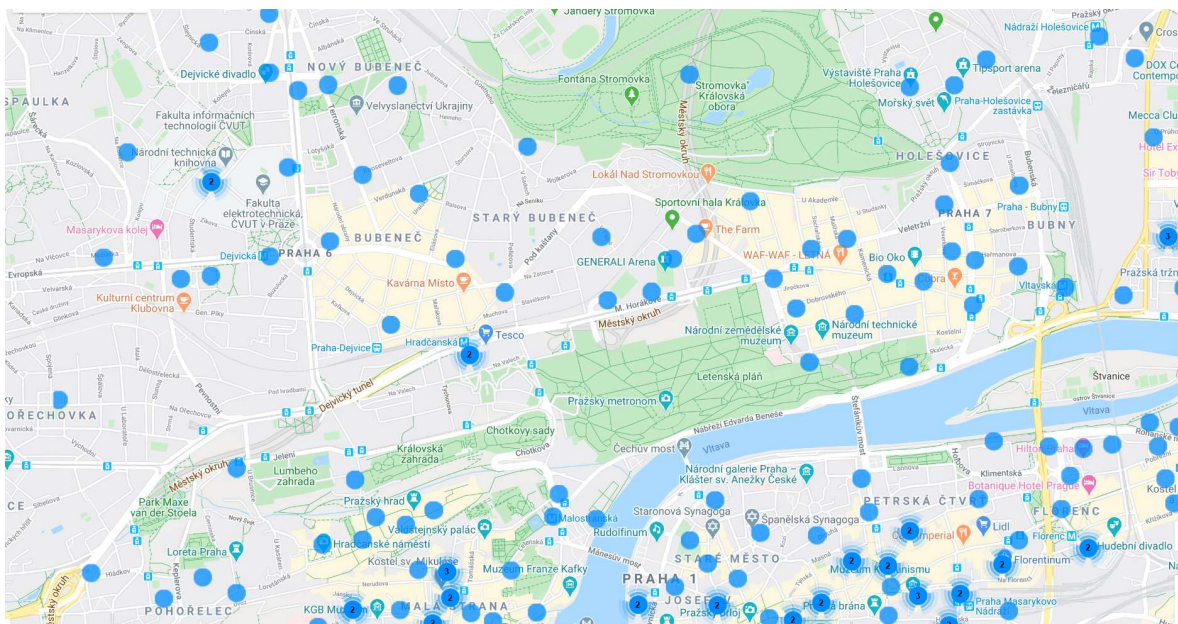
Obr. 7 Buňky v LTE [7]

3.1.8 Pátá generace mobilní sítě

Od mobilní sítě páté generace se očekává velké navýšení přenosové rychlosti a snížení doby odezvy. Technologie LTE-A má teoretickou přenosovou rychlost 1 GB /s, oproti tomu sítě páté generace by měly být schopny přenášet až 20 GB /s. Sítě 5G jsou tvořeny dvěma sítěmi, frekvence 6 GHz rozděluje tyto dvě sítě, jedna síť pracuje pod frekvencí 6GHz a druhá nad touto frekvencí. Frekvence nad 6GHz je v dnešní době prakticky nevyužívaná, z tohoto důvodu bude velmi finančně náročná realizace infrastruktury pro síť 5G. Jižní Korea spustila jako první 5. dubna 2019 síť páté generace, brzy na to jí následovalo Japonsko a Spojené státy americké. Český telekomunikační úřad chystá v roce 2020 aukci kmitočtů pro síť 5G, konkrétně je jedná o frekvence 700 MHz a 3,5 GHz. [10][11][12]

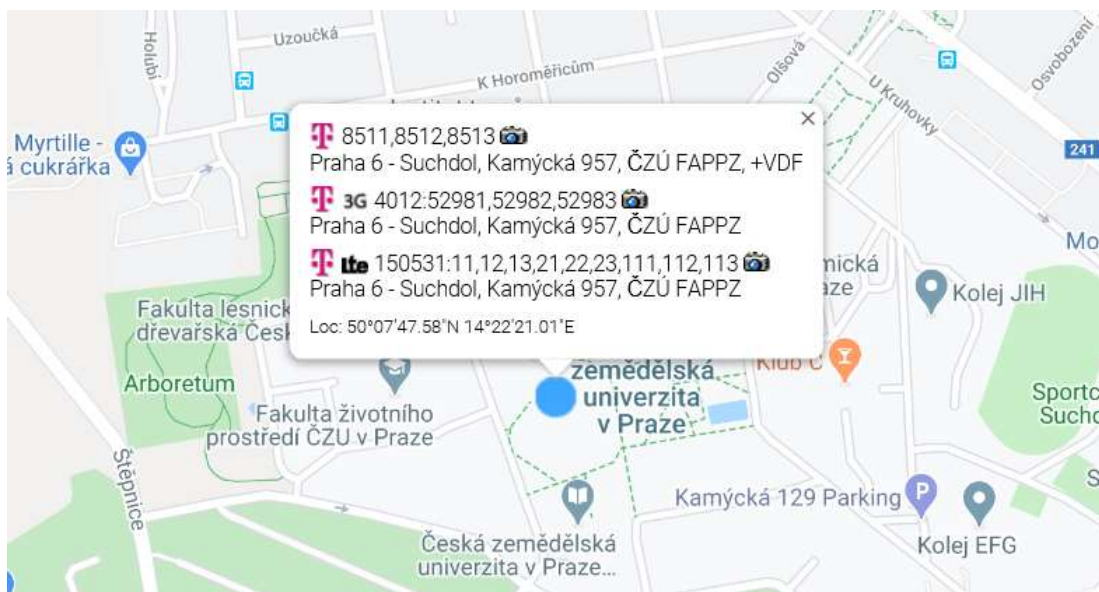
3.2 Aktuální stav mobilní sítě v České republice

V současné době je naplánováno spuštění sítě páté generace, ale před samotným spuštěním je potřeba, aby Český telekomunikační úřad vydražil potřebné frekvence. Další krok, jako tomu bylo u 3G sítě, bude výběr několika měst pro testování a vyladění případných problémů. K dispozici jsou momentálně sítě GSM, 3G a LTE/LTE-A. Každý z operátorů, viz. Kapitola mobilní operátoři, provozuje nezávisle na sobě vlastní síť. Takováto síť je tvořena BTS nebo eNB, záleží na použité technologii. Obr. 8 znázorňuje rozmístění těchto stanic v praxi. Z toho důvodu, že každý mobilní operátor má vybudovanou vlastní mobilní síť, se rozmístění jednotlivých stanic liší, ale jejich pokrytí je velmi podobné. Umístění samotné stanice by mělo být místo, kam je omezený přístup např. střechy budov, stožáry a komíny. Dále by stanici nemělo nic překážet nebo ji rušit. K určení vhodného místa se také musí brát v úvahu, jak je daná oblast vytížená a kolik lidí se v tomto místě bude pohybovat. Architektura sítě by se měla podobat teoretické celulární architektuře, kterou v reálných podmínkách není možné dodržet.[13][14][15]



Obr. 8 Rozmístění BTS a eNB [14]

Při implementaci nové technologie jako tomu bylo u přechodu ze sítě třetí generace na síť čtvrté generace, se přidává nová stanice, k již existující. Tato nová stanice podporuje novou technologii, tím vzniká úspora v údržbě a není třeba hledat novou lokalitu. Na obr.9 je zachycena stanice v areálu České zemědělské univerzity, která je složena ze stanic pro GSM, 3G a LTE síť.[14][15]



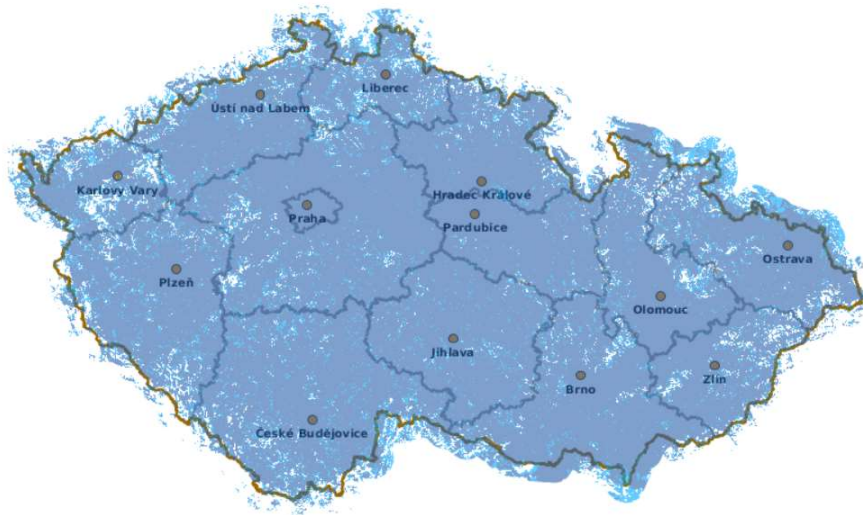
Obr. 9 Mobilní stanice v areálu ČZU [14]

3.3 Mobilní operátoři

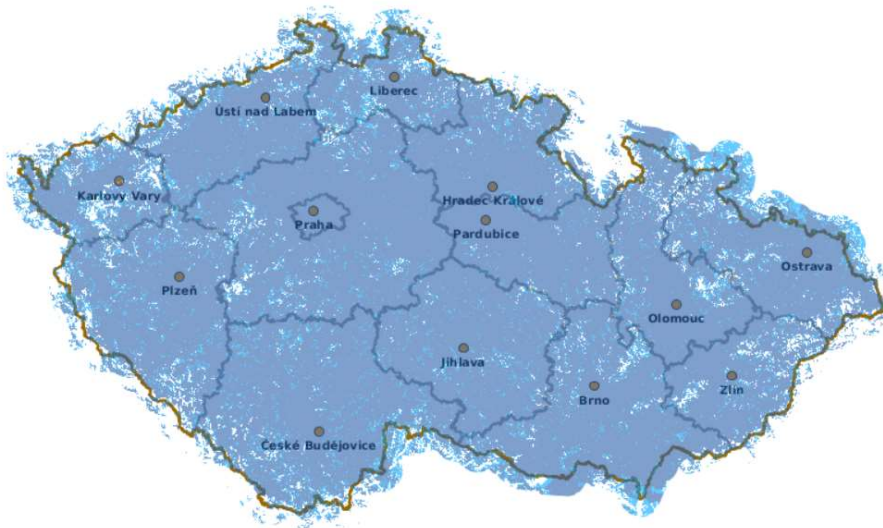
První mobilní operátor na našem území začal stavět svou mobilní síť v roce 1991, a to společnost Eurotel, dnes pod jménem O2. Jednalo se o síť první generace, skládala se jen z několika málo vysílačů a přijímačů v Praze a Brně. S rozvojem technologie a příchodem sítě druhé generace se objevuje druhý operátor Pegas, dnes pod jménem T-Mobile. Díky konkurenci a lepší technologii se začaly mobilní sítě rozšiřovat, tyto mobilní sítě se stále používají hlavně k SMS a hovorům. V roce 2000 přichází poslední z velké trojice operátorů, a to je operátor Oscar, dnes pod jménem Vodafone. Později tito operátoři vytvořili oligopol, nabízeli svoje služby za stejné ceny, kvůli nedostatku frekvencí nemohl na trh vstoupit další konkurent. V roce 2003 zasáhl Úřad pro ochranu hospodářské soutěže a udělil všem třem operátorům pokutu 44 miliónů korun. Budování sítě 3G šlo velice pomalu, v dnešní době je pokrytí 3G sítí jen ve velkých městech a jejich okolí. Důvodem byla aukce 3G sítě, kde ČTÚ nenavrhl dostatečné podmínky a tato aukce se opakovala, nebyla přesně definovaná kritéria budoucí sítě. Byla zde pouze podmínka a to, aby se mobilní síť postavila. Docházelo k porušení, ale ČTÚ neudělil žádné pokuty. V roce 2006 proběhla aukce LTE sítě, kde se přihlásili pouze O2, Vodafone a T-Mobile, žádný další subjekt se nepřihlásil.[16][17][18]

Vedle mobilních operátorů jsou v České republice i operátoři virtuální. Virtuální operátoři platí za možnost využívat jednu ze tří vybudovaných sítí. Podle APMS je provozováno přibližně 80 virtuálních operátorů.[19]

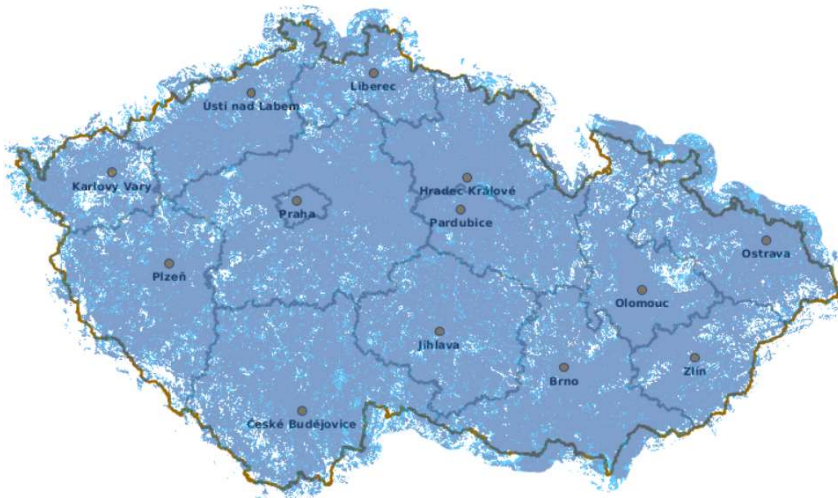
Pokrytí mobilní sítě je téměř na celém území České republiky, T-Mobile a O2 mají téměř stejnou dostupnost. Nejmenší pokrytí má operátor Vodafone. Dostupnost služeb, jak znázorňují obrázky 10,11,12, je téměř všude, ale stále se najdou místa, kde není mobilní síť ani jednoho z operátorů.[20]



Obr. 10 Pokrytí mobilního operátora O2 [20]



Obr. 11 Pokrytí mobilního operátora T-Mobile [20]



Obr. 12 Pokrytí mobilního operátora Vodafone [20]

3.4 Podporované služby mobilní sítě

Pojmem služby mobilní sítě, jsou obsaženy všechny druhy služeb, které jsou zprostředkovávány pomocí mobilní sítě. Od hlasových přenosů až po možnost odesílání a přijímání datových přenosů.[21][22]

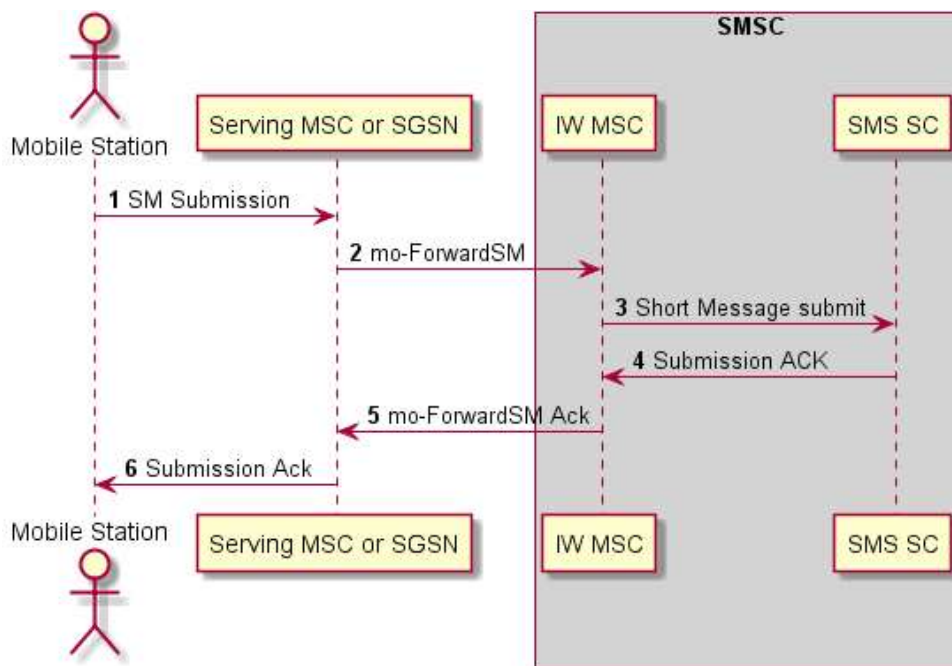
3.4.1 Paušální a předplacená karta

Mobilní operátoři nabízejí možnost zakoupit předplacené karty, tyto karty je třeba nabít na určitý kredit, ze kterého se postupně strhává za poskytnuté služby, jako jsou SMS nebo volání. U tohoto typu karet je velké riziko, že pokud nemají žádný kredit, tak nelze odeslat SMS nebo volat. Z tohoto důvodu by se jejich použití v bezpečnostních aplikacích mělo dobře zvážit. Může nastat i stav, kdy dojde k poruše a bezpečnostní systém bude posílat zbytečně velké množství zpráv. Celý kredit se tak může během okamžiku vyčerpat.[21][22]

Další možností je zakoupení paušální karty. U této karty je každý měsíc vystavený účet za poskytnuté služby. Nedojde tedy zde k situaci, že poplachová zpráva nebyla odeslána z důvodu nedostatku kreditu na SIM kartě. Použití této karty v bezpečnostních aplikacích je bezpečnější volba.[21][22]

3.4.2 SMS a MMS

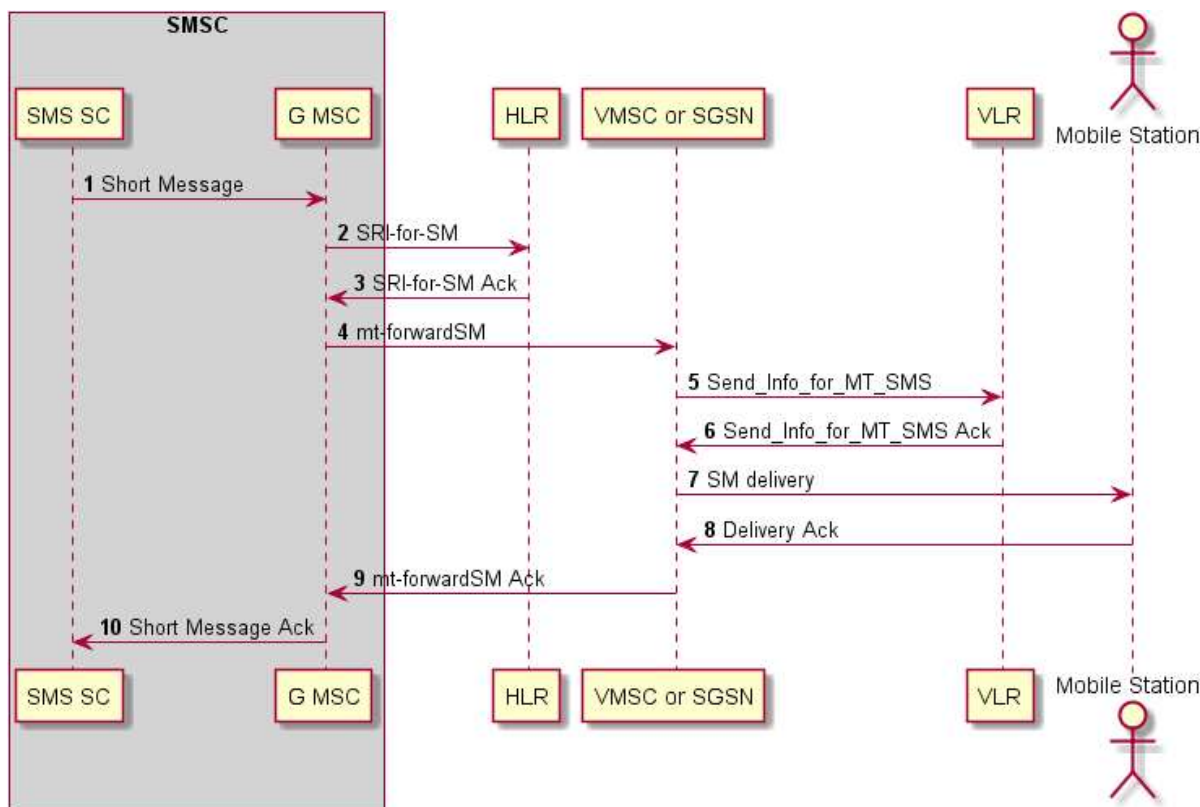
Služba SMS, neboli služba krátkých textových zpráv, je dostupná na všech mobilních telefonech i na pevné lince. Délka této zprávy je omezena na 160 znaků. Důvod, proč právě 160 znaků, vychází z GSM standardu, který povoluje 1120 bitů pro jednu SMS. GSM standard používá 7bitové kódování a tomu odpovídá 160 znaků. Pokud jsou použité znaky obsahující diakritiku, tak je použito 16bitové kódování a maximální délka jedné SMS je pouze 70 znaků. V dnešní době umí mobilní telefony rozdělit zprávu do několika fragmentů, které se jeví jako jedna velká zpráva. Odeslání zprávy znázorňuje obr.13. Prvním krokem je odeslání zprávy přes rádiové rozhraní na ústřednu mobilní sítě, ke které je právě přihlášený. Mimo samotného textu se přenáší i adresa příjemce a adresa střediska krátkých textových zpráv, která je uložena v konfiguraci SIM karty. Nezáleží, jakým způsobem byl uskutečněn rádiový přenos, příchozí zpráva vyvolá na mobilní ústředně službu mo-ForwardSM pro odeslání zprávy do Interworking MSC SMS centra. Dále je zpráva přenesena páteří sítí pomocí protokolu SCCP. Podle úspěšného odeslání nebo selhání, doručí Interworking MSC odesílateli zprávu o úspěšném přenosu zprávy nebo o selhání doručení.[23]



Obr. 13 Odeslání SMS [36]

Při doručování SMS rozhodne SMS centrum, že se pokusí provést pokus o doručení zprávy. Zašle SMS-PP APDU, které obsahuje zprávu s telefonním číslem příjemce a podrobnosti pro logickou část SMS centra tzv. Gateway MSC (GMSC). Gateway MSC při doručení této zprávy má za úkol najít, kde se příjemce právě pohybuje, aby bylo provedeno doručení samotné zprávy.[23]

Při doručování vyvolává GMSC SRI-for-SM, která pošle zprávu na HLR pro číslo příjemce a požaduje informace o jeho poloze. HLR vyhledá aktuální polohu v databázi a odešle zpět GMSC odpověď. Použitím služby mt-ForwardSM na adresu příjemce, při doručení na mobilní ústřednu si sama ústředna vyžádá další informace od registru VLR. Poté dochází k samotnému odeslání SMS zprávy, při úspěšném doručení je SMS smazána ze SMS centra. Celý postup znázorňuje obr. 14.[23]



Obr. 14 Doručení SMS [36]

Služba MMS neboli multimediální zprávy umožňují odesílat obrázky, videoklipy, audio nahrávky nebo lze odeslat text až o délce 1000 znaků. K přenosu těchto zpráv je využito datového přenosu po mobilní síti.[23]

3.4.3 Hlasové spojení – volání

Při telefonování se můžeme setkat se dvěma typy spojení, první variantou je spojení hovoru pomocí GSM/UMTS sítí nebo pomocí VoLTE u LTE sítí. S první možností se setkáme v místech, kde je horší mobilní signál a není v té oblasti pokrytí LTE.[24]

Spojení hovoru přes GSM/UMTS síť je uskutečněn, když mobilní telefon je přihlášen na nejbližší BTS. Tato BTS spadá pod řídicí jednotku neboli BSC. Při žádosti o hovor BSC odešle číslo, se kterým se chceme spojit do NSS, zde je zjištěno, jestli dané telefonní číslo existuje, pokud existuje, ústředna se pokusí o spojení s tímto číslem. Může se stát, že volané číslo se nachází v síti jiného operátora, v tom případě je hovor předán do odpovídající mobilní sítě. V tomto okamžiku se přestává ústředna o hovor starat, pouze jej monitoruje. Když je hovor spojen, je potřeba převést hlas z analogové podoby do digitální formy, pro tento převod je použito RPE-LTP, výsledkem je datový tok. Dále dochází k použití kodeků k optimalizaci a poté je vše zašifrováno, aby bylo znemožněno odposlouchávání. Takto upravený signál je odesílán. Odesílání probíhá pouze když je telefonu určeno časové okno k odeslání, jedná se cca

o 15 až 26 ms. Po odeslání v časovém oknu vyčkává dalších 7 intervalů, než bude pokračovat v odesílání. Příjemce hovoru tyto fragmenty poskládá a dekóduje.[25]

Při spojení hovoru pomocí VoLTE je nutné, aby mobilní telefony podporovaly tyto funkce a zároveň se musí nacházet v síti LTE. Pokud dojde ke ztrátě připojení k LTE, hovor se nepřerušuje a pokračuje dál pomocí jiné sítě. Velký rozdíl oproti předchozím technologiím je v tom, že hovor není uskutečněn přepojováním okruhů jako tomu bylo např. u sítě GSM. U VoLTE je hovor realizován jako datový tok. Kvalita hovoru je vyšší a je možnost i lehce přepnout na videohovor, také nutná doba pro vytvoření spojení se zkrátila.[7][26]

3.4.4 Datové přenosy

První možnost přenosu datových služeb po mobilní síti byla realizována pomocí GPRS. Toto rozšíření je u GSM. Někdy je GPRS označováno za 2.5 generace mobilní sítě. Teoretické rychlosti, kterých může dosahovat, se pohybuje okolo 85,2 až 42,6 kbit/s. V praxi se reálně dosahuje rychlosti okolo 50 až 25 kbit/s. V dnešní době se GPRS využívá jen velmi málo, lze ho využít na drobné datové služby. GPRS můžeme nalézt všude tam, kde je k dispozici GSM síť.[27]

Dalším vývojem přenosu dat po mobilní síti je služba EDGE, tato služba je modifikací GPRS. Změnou oproti GPRS je vylepšení způsobu modulace a kódování. EDGE dosahuje dvojnásobné přenosové rychlosti. Teoretická rychlost se pohybuje mezi 238 až 119 kbit/s. V praxi je dosaženo rychlosti mezi 100 až 150 kbit/s. V dnešní době pro EDGE není příliš využití, pro plynulý provoz datových služeb nedosahuje dostatečných přenosových rychlostí, jaké dnešní mobilní aplikace vyžadují. EDGE se během svého provozu potýkal s problémem při stahování dat, pokud uživatel využíval datové služby, nebylo možné se s ním v daný okamžik spojit. Tento problém byl později odstraněn. Byl ale klíčovým vývojovým článkem v datových přenosech, někdy může být označován jako generace mobilní sítě 2.75.[4][27]

Popsané datové služby GPRS a EDGE jsou služby, které jsou provozovány na mobilní síti druhé generace neboli GSM síti. V dnešní době jsou tyto služby málo využitelné. Rychlosti přenosu GPRS a EDGE se pohybují v řádech sto kbit/s. Velká změna nastala s příchodem sítě třetí generace a zároveň se službou HSPDA.[4][27]

S příchodem třetí generace mobilní sítě, tzv. sítě UMTS, se vyvíjejí i služby pro přenos dat. Jako první službou, která byla realizována pomocí sítě UMTS, je služba HSDPA. Teoreticky dosahuje přenosových rychlostí okolo 3,6 Mbit/s. Ve srovnání s EDGE je to obrovský nárůst přenosové rychlosti. Díky takto obrovskému navýšení rychlosti dochází k vyššímu využívání datových přenosů přes mobilní síť.[27]

Dalším vývojem je služba HSUPA, která je vylepšená verze HSDPA. Došlo zde k navýšení přenosových rychlostí, a to jak přenosu k uživateli, tak i od uživatele. Někdy se používá

označení HSPA nebo se i setkáváme s označením 3,75 generace mobilní sítě. Dosahuje přenosových rychlostí okolo 14,4 Mbit/s. Modifikací této služby je HSPA +, kde došlo k navýšení přenosových rychlostí na dvojnásobek proti HSPA, tedy na 28 Mbit/s.[27]

S příchodem služby LTE docházelo k záměně se sítěmi čtvrté generace. LTE služba spadá do sítí třetí generace, protože nespĺňuje požadavky na síť 4G. Dosahuje přenosových rychlostí okolo 25 Mb/s. Nástupce této služby je LTE-A, která již je opravdu řazena do sítí čtvrté generace. Maximální přenosová rychlost je až 1Gb/s, této rychlosti je však nemožné dosáhnout z důvodu limitu sítě.[10][27]

Po zprovoznění sítí páté generace by přenosová rychlost mohla dosahovat až rychlosti 10 Gb/s, tato rychlost je pouze teoretická, i tak dojde k velkému navýšení rychlosti. V tabulce 1 jsou porovnány přenosové rychlosti jednotlivých služeb.[28]

Služba	Přenosová rychlost
GPRS	85.2 až 42,6 kbit/s
EDGE	119 až 238 kbit/s
HSDPA	3,6 Mbit/s
HSUPA	14,4 Mbit/s
HSPA +	28 Mbit/s
LTE	200 Mbit/s
LTE-A	1 Gb/s
5G	10 Gb/s

Tabulka 1 *Srovnání přenosových rychlostí [Vlastní]*

V Grafu 1 je naznačena tendence nárůstu rychlosti s vývojem technologie. Jak lze vidět z grafu, tak při spuštění sítí páté generace dojde k velkému navýšení přenosových rychlostí.



Graf 1 *Nárůst přenosové rychlosti [Vlastní]*

3.5 Legislativa

Budování telekomunikačních sítí je upraveno zákonem č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu a zákonem č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích.[29]

Při výstavbě antén do výšky 8 metrů a její nosné konstrukce, není potřeba dle ustanovení § 79 odst. 2, písm., j, rozhodnutí o umístění stavby ani územní souhlas. Před výstavbou je povinnost zjistit si stav, zda se v místě stavby nenachází v podzemí stavby, které by mohly být porušeny.[29]

„Stavební záměry dle ust. § 103 odst. 1, písm. e), bod 4 stavebního zákona, tj nadzemní a podzemní komunikační vedení sítí elektronických komunikací, jejich antény a stožáry, včetně opěrných bodů nadzemního, nebo vytyčovací bodů podzemního komunikačního vedení, telefonní budky a přípojná komunikační vedení sítí elektronických komunikací a související komunikační zařízení, včetně jejich elektronických přípojek, s výjimkou budov nevyžadující stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu a mohou být povolány (dle svého rozsahu a druhu zařízení) na základě územního souhlasu, územního rozhodnutí o umístění stavby, společného povolení, veřejnoprávní smlouvy, regulačního plánu za podmínky a v rozsahu, v němž nahrazuje územní rozhodnutí.“[29]

Stavební úřad vydává územní souhlas k vybudování elektronických komunikačních sítí, pokud se plánovaná stavba nachází v zastavěné oblasti. Územní souhlas nemůže být vydán, pokud by ovlivnil životní prostředí, v takovém případě je potřeba provést posudek podle zákona o posuzování vlivů na životní prostředí. Územní rozhodnutí musí obsahovat všechny náležitosti, jak to definuje stavební zákon §86. Rozhodnutí může být podle §95 stavebního zákona provedeno ve zjednodušené formě. Od 31.8. 2018 podle zákona č. 416/2019 o urychlení

výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací, není potřeba rozhodnutí o umístění stavby ani územní souhlas pro výstavbu elektronických komunikačních přípojek do délky 100 metrů. Pokud by bylo ohroženo životní prostředí, je potřeba doložit posudek o vlivu na životní prostředí. Podle stavebního zákona není potřeba kolaudační souhlas ani kolaudační rozhodnutí pro infrastrukturu elektronické komunikace. Stavebník po předání stavby musí do 60 dnů doložit na stavebním úřadě dokumentaci.[29]

Vznik ochranného pásma je upraven v §103 zákoně o elektronických komunikacích. Ochranné pásmo vzniká v den, kdy nabude právní rozhodnutí podle zákona č. 183/2006 sb. Stavební úřad stanoví parametry tohoto pásma, porušení je trestáno zákonem.[29]

3.5.1 Požadavky na podnikání v telekomunikaci

Dle zákona č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů, podle § 13 zákona č. 127/2005 Sb. je potřeba oznámit na Českém telekomunikačním úřadě v písemné formě vykonávání komunikační činnosti. Předmětem podnikání v elektronických komunikacích je zajišťování veřejných komunikačních sítí, poskytování služeb elektronických komunikací.[30]

Veřejnou komunikační sítí se rozumí síť, která plně nebo jen částečně slouží k poskytování veřejných služeb elektronické komunikace. Přenáší informace mezi koncovými body sítě. Sítě elektronických komunikací jsou označovány přenosové systémy, spojovací nebo směrovací zařízení. Zajišťováním sítě elektronických komunikací je provozování, dohled nad ní nebo její zpřístupnění.[30]

Služba elektronických komunikací je služba, která je obvykle provozována za úplat, spočívá v přenosu signálu po elektronických komunikacích, včetně telekomunikačních služeb a přenosových služeb. Veřejně dostupnou službou elektronických komunikací je služba, která je umožněna každému a nikdo nemůže být předem vyloučen z jejího využívání.[30]

Český telekomunikační úřad vykonává zajištění správy a účelného využívání čísel, číselných řad a kódů, adres a jmen, správu čísel pro sítě a služby elektronických komunikací pomocí číselných plánů. Čísla lze využívat jen na základě oprávněného využívání, které je určeno následujícími zákony a vyhláškami.[31]

- Zákon č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích, v §30 a §32 jsou stanoveny zásady pro vydání oprávnění k využívání čísel,
- Vyhláška č. 117/2007 Sb., o číselných plánech sítí a služeb elektronických komunikací. Dále vyhláškami č. 231/2008 Sb., č 267/2009 Sb., č 53/2011 Sb. a č. 124/20012 Sb.

- Nařízením vlády č. 154/2005 Sb., o stanovení výše a způsobů výpočtu poplatků za využívání rádiových kmitočtů a čísel,
- Závazky vyplývajícími z členství v EU.

Čísla lze využívat na základě oprávnění k jejich využití, o kterém rozhoduje Český telekomunikační úřad. Oprávnění o využití čísel je udělováno podnikatelům, kteří zajišťují veřejnou komunikační síť nebo poskytují veřejně dostupnou službu elektronických komunikací. Žádost o udělení oprávnění musí obsahovat, kdo je žadatelem, zda se jedná o fyzickou osobu či právnickou osobu, údaje o číslech, které jsou požadovány a jejich využití, po jakou dobu budou čísla využívána.[31]

3.5.2 Požadavky PZTS na bezpečnost mobilní sítě

Bezpečnostní systém ke komunikaci využívá mobilní síť, pevnou telefonní linku, rádiový přenos nebo ethernet. Systém pro větší bezpečnost může mít k dispozici více forem komunikace, pokud dojde k selhání jedné z nich, může použít další druhy k odeslání zprávy. Poplašné zprávy jsou odesílány majiteli objektu na pult centralizované ochrany, pokud je tato služba objednaná.[34]

Pokud bezpečnostní aplikace využívají ke komunikaci mobilní síť, tak pro odesílání poplašných zpráv slouží komunikační modul, který je nainstalován v bezpečnostním systému. Zprávy jsou odesílány formou SMS zpráv, které informují o stavu systému nebo MMS zprávy, které obsahují obrazový záznam. Obrazové záznamy jsou posílány jen tehdy, pokud je daný systém opatřen kamerami a umožňuje tuto formu informování. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby tyto informace byly doručeny v krátké době od jejich odeslání. Mobilní operátoři nejsou zákonem povinni doručit odeslané zprávy. Z toho důvodu je tu velké bezpečnostní riziko. Při zvolení komunikace pomocí mobilní sítě je potřeba ověřit její dostupnost, stabilitu a zjistit, zda nedochází k rušení signálu. Vhodné je použití dvou SIM karet od dvou různých operátorů, při výpadku signálu jednoho operátora nám zajistí komunikaci druhý.[33][35]

3.6 Norma pro PZTS

Norma ČSN EN 50131-1 upravuje požadavky PZTS při použití specifických nebo nspecifických pevně zabudovaných propojovacích vedení nebo bezdrátového spojení. Norma se zabývá pouze vnitřními aplikacemi.[32]

PZTS musí poskytovat informace při narušení hlídané oblasti a ohlásit poplach o vniknutí. Systémy lze rozšiřovat za předpokladu, že toto rozšíření neovlivní funkčnost a spolehlivost systému. Základními funkcemi systému se rozumí detekce, obslužná funkce, vyhodnocovací funkce, vstupní funkce, zabezpečení proti sabotážím, spolehlivost, vliv okolního prostředí, provozní spolehlivost, funkční spolehlivost.[32]

System se musí skládat alespoň z

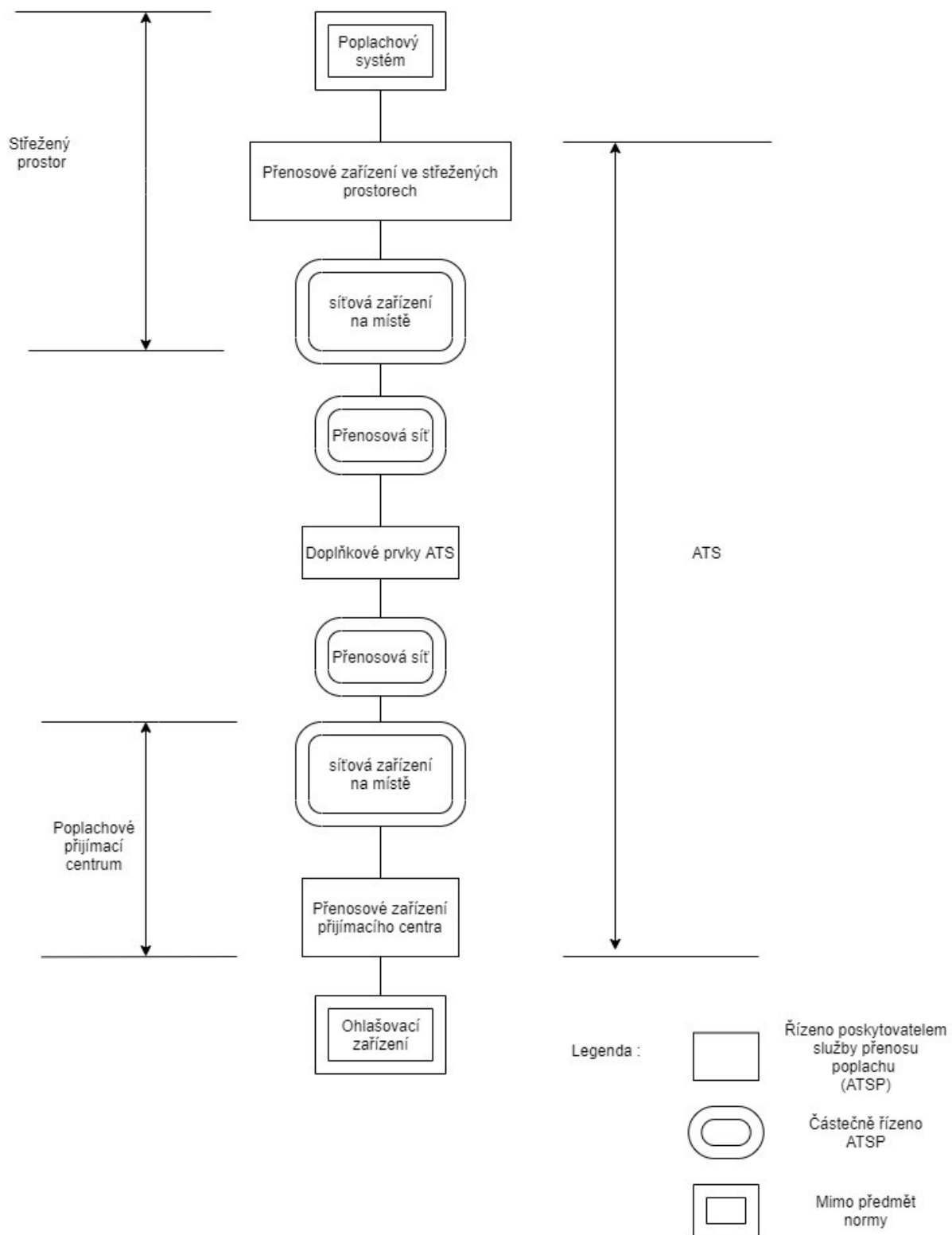
- jedné ústředny,
- jednoho nebo více detekčních čidel,
- jednoho nebo více signalizačních zařízení,
- jednoho nebo více napájecích zařízení

Použité komponenty musí splňovat požadavky na jejich použití a odpovídat bezpečnostní třídě objektu. Například, pokud použijeme čidlo bezpečnostní třídy 2 v objektu, který je řazen do bezpečnostní třídy 3, tak celý objekt je přesunut do druhé bezpečnostní kategorie. Komponenty z jiných aplikací, než jsou komponenty PZTS, musíme zajistit, aby neovlivňovaly jejich funkci. PZTS musí splňovat normu ČSN EN 60 065, která popisuje ochranu před úrazem elektrickým proudem.[32]

3.7 Norma pro komunikátor ve střežené oblasti

Norma ČSN EN 50 136 definuje obecné požadavky na výkonost, spolehlivost, odolnost a bezpečnost přenosu poplachové zprávy a vhodnost jejího použití. Poplachový systém pro přenos poplachové zprávy musí být schopen k přenosu použít jakýkoliv typ přenosové sítě. Tato norma definuje požadavky na poplachové přenosové systémy, které jsou součástí poplachových systémů.[33]

Konfigurace poplachového přenosu musí vycházet z obr. 15, kde je znázorněn průběh přenosu zprávy o poplachu. Hlavním požadavkem na přenos zprávy je spolehlivost a bezpečnost sítě, po které je zpráva poslána. Jedná se o část mezi přenosovým zařízením ve střeženém objektu a přenosovým zařízením přijímacího centra.[33]



Obr. 15 schéma přenosu poplachové zprávy [33]

Pro zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti je možno použít více způsobů odeslání poplachové zprávy, například komunikace pomocí mobilní sítě a pevné linky. Dalšího zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti můžeme docílit tím, že zpráva o poplachu bude odeslaná na více přijímacích center. Každá nová komunikační cesta musí mít své vlastní rozhraní. Výběr typu poplachového přenosového systému by měl vycházet z požadavku na bezpečnost daného střeženého objektu.[33]

Výběr poplachových přenosových systému se vybírá z deseti kategorií a musí být realizován podle jedné z nich. Samotné zařazení do příslušné kategorie se odvíjí od funkčních vlastností a odolnosti. Požadavky a druhy kategorií jsou znázorněny v tabulce 2.[33]

	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	DP1	DP2	DP3	DP4
SPT-primární síťové rozhraní	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SPT-sekundární síťové rozhraní	D	D	D	D	D	D	P	P	P	P
Alternativní přenosové zařízení přijímacího centra	D	D	D	D	D	D	P	P	P	P
RCT-primární síťové rozhraní	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
RCT-sekundární síťové rozhraní	D	D	D	D	D	D	P	P	P	P
SPT – přenosové zařízení střeženého prostoru, RCT-přenosové zařízení přijímacího centra, P – povinné, D-dobrovolné										

Tabulka 2 Primární a sekundární přenosové a přijímací zařízení [33]

- Kategorie SP jsou realizovány na jednoduché poplachové přenosové cestě
- Kategorie DP mají vyšší odolnost díky alternativní poplachové přenosové cestě

Přenosová linka, po které je realizován přenos poplachové zprávy může zahrnovat pevná spojení, pevně přiřazené virtuální linky nebo komutované spoje. Přenosová poplachová cesta může být realizována pomocí:[33]

- Přenosové linky sdílené s nepoplachovými datovými aplikacemi
- Přenosové linky, která je nositelem dalších poplachových přenosových cest

- Zařízení třetích stran – poskytovatelů přenosových sítí, která nejsou umístěna v zabezpečených prostorech a nejsou klasifikována jako poplachová přenosová zařízení
- Zařízení třetích stran – poskytovatelů přenosových sítí, které jsou umístěny v zabezpečených prostorech a stejně nejsou klasifikovány jako poplachová přenosová zařízení

Funkčnost přenosu může být ovlivněna těmito faktory:

- Nechtěným poškozením přenosového zařízení
- Přetížením přenosové sítě
- Nedostupnost vzniklá opravou nebo údržbou linky

Při sdílení přenosové linky s jinými aplikacemi je nutno dbát na to, aby provoz těchto aplikací a údržba linky nebránily komunikaci poplachového přenosového systému. Poskytovatel služeb pro přenos poplachového systému musí sdělit, kolik poplachových přenosů může být připojeno, aby vyhovovaly tabulce 3.[33]

	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	DP1	DP2	DP3	DP4
Aritmetický průměr doby všech přenosů	120 sec.	60 sec.	20 sec.	20 sec.	10 sec.	10 sec.	60 sec.	20 sec.	20 sec.	10 sec.
95 percentil doby všech přenosů	240 sec.	90 sec.	30 sec.	30 sec.	15 sec.	15 sec.	15 sec.	30 sec.	30 sec.	15 sec.
Maximální povolená doba přenosu	480 sec.	120 sec.	60 sec.	60 sec.	30 sec.	30 sec.	120 sec.	60 sec.	60 sec.	30 sec.

Tabulka 3. Doby přenosů [33]

Poplachový přenosový systém se musí chránit proti útokům z přenosové sítě. Nejčastěji to jsou útoky typu Dos. Data přijímaná ze sítě nesmí zabránit přenosu zprávy, tato škodlivá data mohou být soustředěna na činnost přenosového poplachového zařízení nebo zahlcením velkým množstvím dat. Jestliže je funkčnost útokem Dos ovlivněna, musí být generován poruchový signál. Útoky Dos, neboli odmítnutí služby, se může objevovat v nejrůznějších druzích sítí jako: [33]

- automatické vytáčení,
- přetěžování pevné linky,
- použití rušiček k vyřazení mobilní sítě,
- záměrné přetížení IP sítí,

Doba, po kterou musí být odeslaná poplachová zpráva, je dále specifikována v tabulce 4. Při doručení poplachové zprávy musí být zajištěno, že bude obdržení této zprávy potvrzeno, to může být zajištěno jako pozitivní potvrzení nebo musí být odeslaná zpráva o selhání přenosu mezi poplachovým systémem a přenosovým zařízením, komunikaci těchto dvou prvků znázorňuje tabulka 5.[33]

	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	DP1	DP2	DP3	DP4
Primární ATP interní hlášení	32 dní	25 hod.	30 min.	3 min.	90 sec.	20 sec.	25 hod.	30 min.	3 min.	90 sec.
Alternativní ATP max. interval, pokud je primární cesta v provozu	Vol.	Vol.	Vol.	Vol.	Vol.	Vol.	50 hod.	25 hod.	25 hod.	5 hod.
Alternativní ATP max. interval, pokud primární cesta není v provozu	Vol.	Vol.	Vol.	Vol.	Vol.	Vol.	25 hod.	30 min.	3 min.	90 sec.
Interval hlášení ATS	32 dní	25 hod.	30 min.	3 min.	90 sec.	20 sec.	50 hod.	1 hod.	6 min.	3 min.
Vol. – volitelné; ATP – poplachová přenosová cesta; ATS – poplachový přenosový systém										

Tabulka 4 Doba hlášení ATS a ATP [33]

	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	DP1	DP2	DP3	DP4
Porucha ATS	Vol.	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Porucha ATP	N	N	N	N	N	N	Vol.	Vol.	Vol.	Vol.
Vol. – volitelné, P – povinné, N – nelze										

Tabulka 5 Hlášení poruchy ATS a ATP [33]

Na požadavky zabezpečení přenosu je kladen velký důraz. Zprávy musí být šifrovány šifrovacím algoritmem s délkou klíče minimálně 128 bit. Každé užívání transformační funkce musí mít minimální výstup 128 bit. Používané klíče musí být vygenerovány strojem. Dále jsou transformační funkce popsány v ISO/IEC 10118. Tato opatření na bezpečnost jsou aplikována na všechna data řídicí funkce systému a dálkové konfigurace pomocí softwaru. Identifikační data, data zapouzdření a každá data kontroly chyb nemusí být zašifrována pro přenos, ale doporučuje se ochrana před změnou.[33]

Zda musí být zabezpečení proti nahrazení přenosového zařízení chráněného prostoru neautorizovaným zařízením nebo jeho simulací definuje tabulka 6. [33]

	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	DP1	DP2	DP3	DP4
Zabezpečení proti nahrazení	D	D	D	P	P	P	D	D	P	P
D-dobrovolné, P-povinné										

Tabulka 6 Zabezpečení proti nahrazení komunikátoru [33]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na testování a ověření průchodnosti mobilní sítě. Testování bylo provedeno v noci z 31. prosince 2019 na 1. ledna 2020 od 23:00 do 1:00. Tento termín a čas byl vybrán, aby se otestovalo, jak reaguje mobilní síť, když dochází k přetížení. Je ale potřeba dodat, že přetížení sítě nebylo tak velké jako v předchozí roky. Odchozí zprávy byly odesílány z Brna do Prahy, tím byl přidán faktor vzdálenosti. Těmito všemi faktory, jako byl čas a místo odesílání zpráv, byla snaha docílit co možná nejhorších podmínek.

4.1 Parametry testu

Při porovnání jednotlivých generací mobilní sítě, je patné, že jak zabezpečení komunikace, tak i samotný přenos jsou každou generací sofistikovanější a spolehlivější. Generace od generace dosahuje rychlejšího přenosu a dochází ke zkvalitňování služeb. Postupem vývoje nám mobilní síť přináší více možností jejich využití, ať už se jedná o videohovory nebo až po internet věci.

Na základě rozboru legislativy v kapitole 3.5.2 Požadavky PTZS na bezpečnost mobilní sítě byl navržen test. Hlavním úkolem testu bylo zjistit, zda všechny SMS a MMS budou doručeny a zároveň, zda budou doručeny v přijatelném časovém oknu. V bezpečnostních aplikacích je nemyslitelné, aby poplašná zpráva nedorazila nebo aby měla několikahodinové zpoždění.

Způsob, jakým jsou SMS zprávy odesílány, je popsán v kapitole 3.4.2 SMS a MMS. V této kapitole je podrobný postup, jak reaguje a koná mobilní síť při požadavku na odeslání SMS zprávy a na následné doručení.

Odeslané SMS zprávy byly vygenerovány pomocí makra, jeho výstup je zobrazen na obr.16. Tím bylo docíleno rychlejšího odesílání a zároveň ulehčení při konečném vyhodnocování zpráv. Mimo SMS byly odesílány i MMS, které reprezentovaly například video verifikace od PZTS systému, které to umožňují. Tvar MMS zpráv je zobrazen na obr.17.



Obr. 16 Výstup makra pro vytvoření SMS [Vlastní]

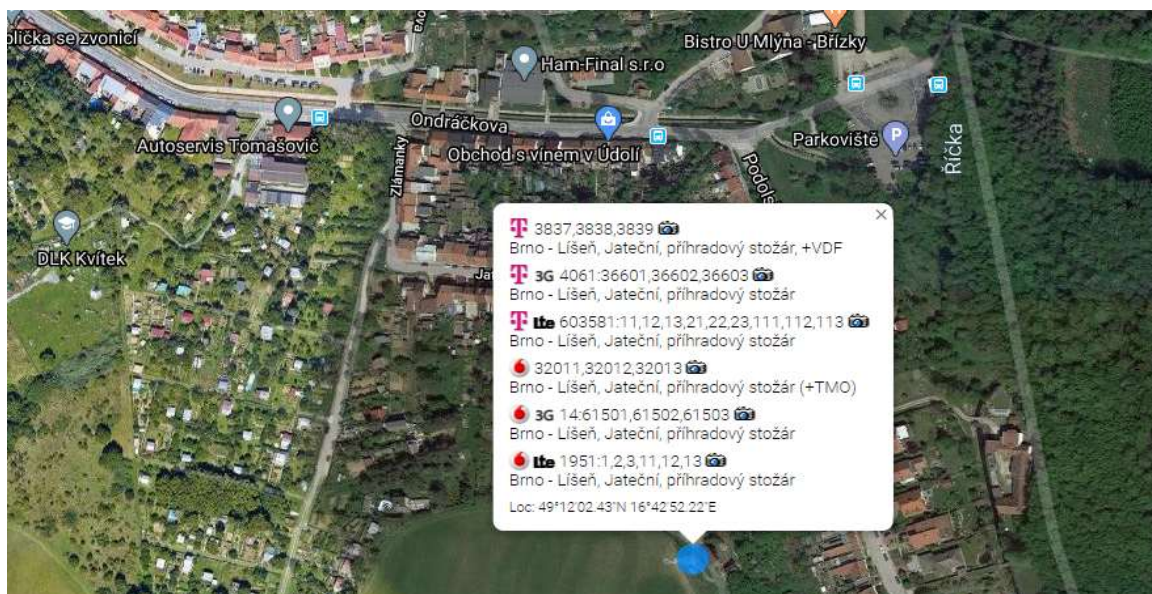
út 31. 12. 23:00



Obr. 17 Tvar testované MMS [Vlastní]

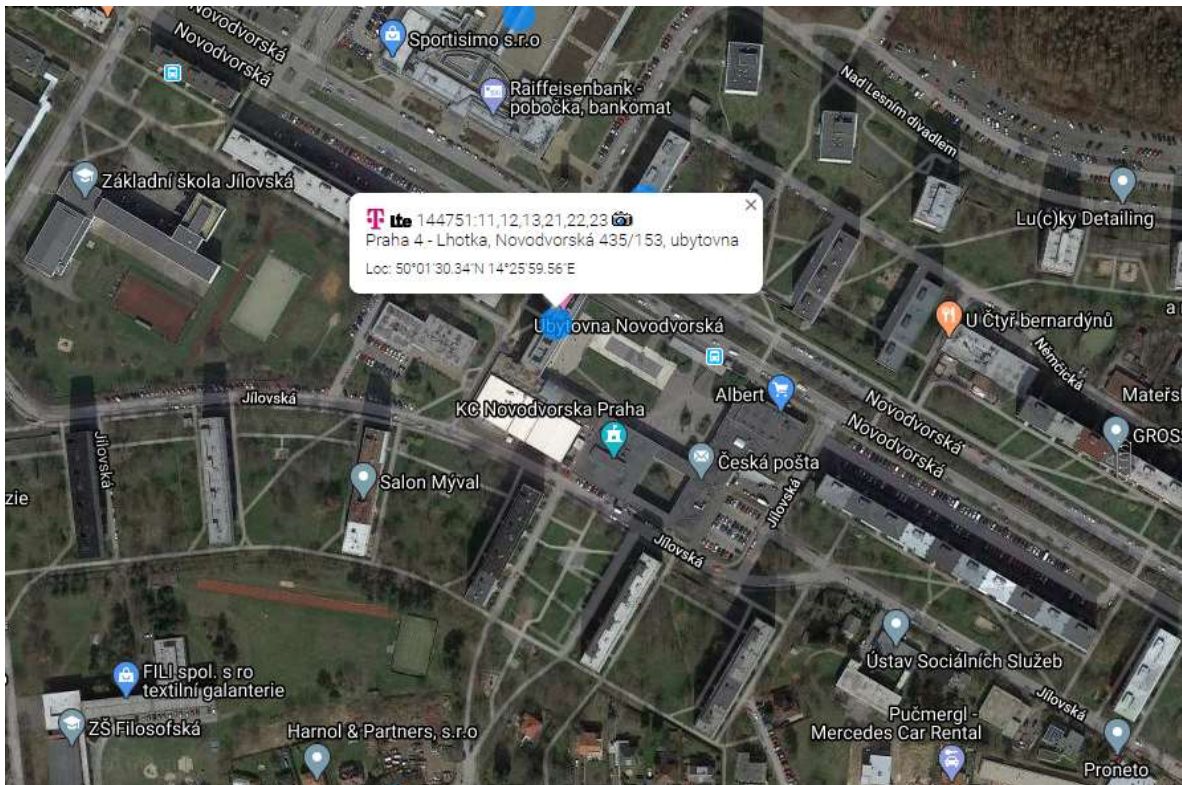
Celkem bylo odesláno 217 zpráv z toho bylo 36 MMS a 181 SMS. Probíhaly tři testy současně, dva testovali SMS a jeden MMS. Testy SMS se dále dělí na testování SMS v síti jednoho operátora a na testování SMS v síti dvou operátorů.

Místo odesílání se nachází na okraji Brna, test probíhal přes mobilní ústřednu na obr.18. Přes tuto mobilní ústřednu byly odesílány veškeré testy, jak SMS, tak i MMS.



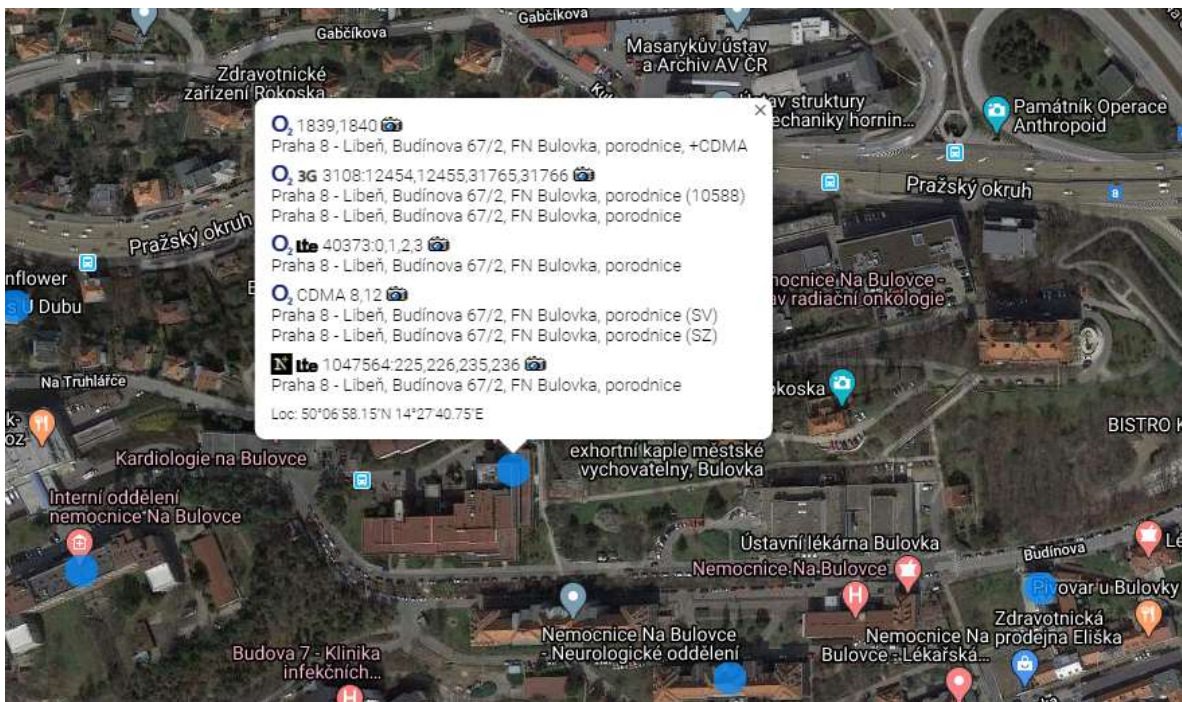
Obr. 18 Mobilní ústředna, odchozí zprávy [14]

Další oblastí je pražské sídliště Novodvorská, do této oblasti byly posílány SMS ve stejné síti operátora. Na obr. 19 je zobrazena mobilní ústředna, ke které byl příjemce zpráv připojen. A zároveň byly odesílány i MMS rovněž ve stejné síti operátora.



Obr. 19 Mobilní ústředna, příjem SMS a MMS [14]

Poslední oblastí zapojenou do testování je obytná část orientovaná v okolí nemocnice Bulovka v Praze. Do této oblasti byly odesílány SMS zprávy pomocí dvou sítí mobilních operátorů. Na obr. 20 je zobrazena mobilní ústředna, která realizovala tento přenos.



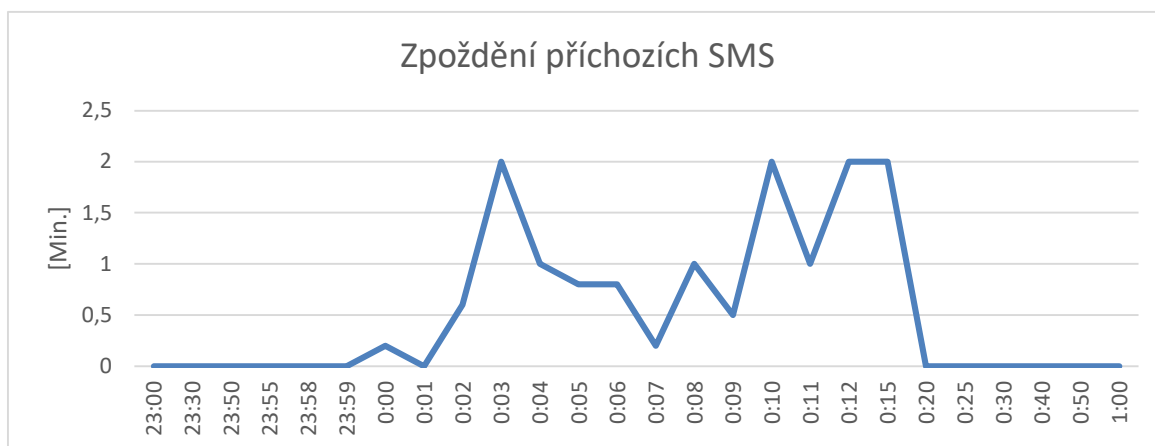
Obr. 20 Mobilní ústředna, příjem SMS[14]

4.2 Vyhodnocení testu SMS ve stejné síti operátora

Při testování odesílání a přijímání SMS zpráv ve stejné síti jednoho mobilního operátora, konkrétně se jednalo o operátora T-mobile, nedošlo ke zpoždění ani jedné SMS zprávy. Celkem v tomto testu bylo odesláno 86 SMS zpráv. Tyto výsledky jsou velmi povzbudivé. Důvodem, proč nedošlo ke zpoždění se dá částečně odůvodnit tím, že v dnešní době již nejsou mobilní sítě tak přetíženy jako tomu bylo v dřívějších letech. Dalším důvodem, který se nabízí je, že pokud komunikace probíhá výhradně v jedné síti operátora, je spolehlivější a rychlejší.

4.3 Vyhodnocení testu SMS ve dvou sítích operátorů

V tomto testu byly odesílané SMS z mobilní sítě operátora T-mobile do mobilní sítě operátora O2. Bylo odesláno celkem 94 SMS zpráv. Oproti předešlému testu SMS zprávy ve stejné síti jednoho mobilního operátora, zde k takto perfektním výsledkům nedošlo. Na následujícím Grafu 2. je zobrazeno k jak velkým docházelo zpožděním.



Graf 2 Zpoždění SMS zpráv v testu dvou mobilních sítí [Vlastní]

Z Grafu 2 je vidět, že k velkému vytížení došlo několik minut po půlnoci, poté se průchodnost sítě zlepšila a opět narostla kolem 0:10 hod až 0:20 hod. Po 0:20 hod dochází k návratu normálního provozu na síti.

I když došlo ke zpoždění, nakonec všechny SMS byly doručeny. Největší zpoždění měly dvě SMS zprávy odeslané v 0:12 hod, jejich zpoždění bylo 5 minut. Důvod vzniku zpoždění si vysvětlují tím, že šlo o komunikace mezi dvěma mobilními sítěmi dvou operátorů, předání zprávy z jedné sítě do druhé mohlo vyvolat zpoždění doručení SMS zpráv.

4.4 Vyhodnocení testu MMS

Posledním provedeným testem, je test realizovaný pomocí MMS. V tomto testu byly MMS zprávy posílané v jedné mobilní síti operátora T-mobile. Celkem v rámci testu bylo odesláno 36 MMS zpráv. Na grafu graf 2 je znázorněno zpoždění doručení MMS zpráv.

Doporučení pro uživatele je takové, že pokud to je možné, tak zajistit, aby komunikace mezi bezpečnostní aplikací a pultem centralizované ochrany, probíhala na stejné mobilní síti. Mohlo by se tímto docílit lepší komunikace, jak ukazuje výsledek testu.

5 ZÁVĚR

Bakalářská práce je směřovaná na posouzení aktuálního stavu mobilní sítě v oblasti komunikace s bezpečnostními aplikacemi na území České republiky. V úvodu práce je zdůrazněno, jak velkou roli hrají mobilní sítě v dnešní společnosti. V části mobilních generací je popis všech mobilních generací. K principu přenosu je také ke každé síti doplněna příslušná architektura dané generace. Kromě současně používané čtvrté mobilní generace, je zde i popsána pátá generace, která bude v následujících letech zavedena.

Další významnou částí práce jsou mobilní operátoři. Je zde stručně popsán jejich postupný rozvoj na našem území. Po seznámení se s operátory je zde rozbor pokrytí území jednotlivými operátory. Důležitou částí jsou zde ale služby, které nabízejí. Kapitola 3.4.2 popisuje princip odesílání a přijímání SMS zpráv. Právě tyto SMS a MMS zprávy jsou použity v praktické části práce.

V kapitole 3.4.4 Datové přenosy jsou rozebrány všechny datové služby a poté srovnány jejich přenosové rychlosti, lze zde nalézt i budoucí datovou službu 5G. Je zde hlavně pro porovnání, jak velký to bude skok oproti aktuální službě LTE.

Po rozebrání technické stránky mobilní sítě v předešlých kapitolách se v kapitole 3.5 Legislativa, zaměříme na stránku legislativní, co se týče mobilních sítí. Kromě samotných mobilních sítí, je zde i částečně otevřeno téma PZTS ve vztahu k mobilním sítím.

Teoretická část končí kapitolami o normách, které jsou využívány pro komunikaci PZTS. Jsou zde rozepsané případy, když dojde k útoku na komunikační část bezpečnostní aplikace, jak má v daný moment jednat podle příslušné kategorie, do které spadá. Dále je zde například rozepsán i stav, když dojde k přerušení komunikace.

V praktické části je zrealizován test, který vychází z teoretické části. Hlavním cílem tohoto testu bylo ověřit, zda při přetížení mobilní sítě bude komunikace bezpečná a spolehlivá. Samotný test byl prováděn při ztížených podmínkách. Test měřil, jak velké je zpoždění doručených zpráv, a hlavně sledoval, zda všechny odeslané zprávy byly doručeny. Na základě výsledků provedených testů bylo vypracováno vyhodnocení. V kapitole 4.6 Doporučení na zlepšení komunikace jsou sepsány návrhy, jak by bylo možné docílit bezpečnější a spolehlivější komunikace.

6 SEZNAM ZDROJŮ

- [1] UMTS, přístupové metody. *Idnes* [online]. 2001, 28.června [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/mobil/tech-trendy/umts-dil-iii-pristupove-metody-handover-a-kontrola-vykonu.A010627_0034883_mob_tech
- [2] Technologie UMTS. *Idnes* [online]. 2001, 14.června [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/mobil/tech-trendy/technologie-umts-aneb-site-treti-generace-8211-dil-prvni.A010612_0034212_mob_tech
- [3] Mobilní síť. *Computerworld* [online]. 2000, 1.dubna [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <https://computerworld.cz/archiv/jak-funguje-mobilni-telefonni-sit-14502>
- [4] Mobilní síť. *České vysoké učení technické v Praze, FEL* [online]. 2004, 28.července [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2004072801>
- [5] PRAVDA Ivan, Mobilní sítě GSM – mobilní sítě 2. generace. *Publi* [online]. Technická 2, Praha 6: České vysoké učení technické v Praze [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/236/03.html>
- [6] PRAVDA Ivan, Universal Mobile Telecommunication System (UMTS). *Publi* [online]. Technická 2, Praha 6: České vysoké učení technické v Praze [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/236/04.html>
- [7] DOSTÁLEK, Libor. *Mobilní sítě a jejich bezpečnost* [online]. České Budějovice: Ústav aplikované informatiky, Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, 2016 [cit. 2020-02-01]. ISBN 978-80-7394-606-7. Dostupné z: <https://www.prf.jcu.cz/data/files/344/433/2481mobilnisite.pdf>
- [8] HANUS, Stanislav, Josef FENCL a Vít ŠTENČEL. *Bezdrátové a mobilní komunikace II* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2005 [cit. 2020-02-08]. ISBN 80-214-2817-1. Dostupné z: <http://kramerius-vs.nkp.cz/view/uuid:362d8e20-e7b9-11e6-8a71-005056827e52?page=uuid:e7937b60-f83b-11e6-91c5-001018b5eb5c>
- [9] BUMBÁLEK. *Modulační techniky v moderních bezdrátových sítích* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, FEL, 2010 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <http://access.fel.cvut.cz/view.php?nazevclanku=modulacni-techniky-v-modernich-bezdratovych-sitich&cisloclanku=2010020004>
- [10] PRAVDA, Ivan. Long Term Evolution (Advanced) - LTE(-A). *Publi* [online]. Technická 2, Praha 6: České vysoké učení technické v Praze [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/236/05.html>
- [11] Jižní Korea jako první země spustila 5G síť, je až stokrát rychlejší. *Česká televize* [online]. 2019, 6.dubna [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/svet/2780102-jizni-korea-jako-prvni-zeme-spustila-5g-sit-je-az-stokrat-rychlejsi>

- [12] DOSEDĚL, Tomáš. Pátá generace mobilních sítí je za dveřmi. Co přinese Česku a jeho obyvatelům. *Svět chytře* [online]. 2019, 23.prosinec [cit. 2020-02-25]. Dostupné z: <https://www.svetchytře.cz/a/pBPDg/pata-generace-mobilnich-siti-je-za-dvermi-co-prinese-cesku-a-jeho-obyvatelum>
- [13] POHL, Ondřej. Umístění vysílačů pro mobilní signál. *Mobilenet* [online]. 2019, 27.srpna [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/podivejte-se-kam-vsude-lze-schovat-vysilace-pro-mobilni-telefony-38727>
- [14] Interaktivní mapa BTS. *GSMweb* [online]. [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.gsmweb.cz/mapa/>
- [15] VEJTASA, Petr. T-Mobile slaví: v Česku má vysílače už na více než 5 000 místech. *Mobilenet* [online]. 2011, 20.ledna [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/tmobile-slavi-v-cesku-ma-vysilace-uz-na-vice-nez-5-000-mistech--6450>
- [16] MACEK, Jiří. Jak se psala historie mobilních telefonů ve světě i u nás. *Cnews* [online]. 2012, 5.dubna [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/jak-se-psala-historie-mobilnich-telefonu-ve-svete-i-u-nas/>
- [17] Mobilní operátoři dostali pokutu 44 miliónů korun. *Novinky* [online]. Brno, 2004, 16.září [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/ekonomika/clanek/mobilni-operatori-dostali-pokutu-44-milionu-korun-305098>
- [18] Oznámení o záměru vyhlásit výběrové řízení na udělení telekomunikačních licencí v pásmu 3,5 GHz. *Česká telekomunikační úřad* [online]. 2004, 26.dubna [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/oznameni-o-zameru-vyhlasi-vyberove-rizeni-na-udeleni-telekomunikacnich-licenci-v-pasmu-35-ghz-0> Oznámení o záměru vyhlásit výběrové řízení na udělení telekomunikačních licencí v pásmu 3,5 GHz. *Česká telekomunikační úřad* [online]. 2004, 26.dubna [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/oznameni-o-zameru-vyhlasi-vyberove-rizeni-na-udeleni-telekomunikacnich-licenci-v-pasmu-35-ghz-0>
- [19] Přehled mobilních virtuálních operátorů. *Česká telekomunikační úřad* [online]. [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/prehled-mobilnich-virtualnich-operatoru>
- [20] Veřejné širokopásmové mobilní síť. *Česká telekomunikační úřad* [online]. [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://digi.ctu.cz/lte-pokryti/pokryti>
- [21] Ceník služeb T-mobile. *T-mobile* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: https://www.t-mobile.cz/dcpublic/Cenik_sluzeb_T-Mobile-II.pdf
- [22] Ceník služeb O2. *O2* [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: https://www.o2.cz/file_conver/616483

- [23] POŽÁR, Martin. *Neobvyklé vlastnosti služby SMS* [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/76737/F3-BP-2018-Pozar-Martin-Neobvykle_vlastnosti_sluzby_SMS.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Bakalářská práce. České vysoké učení technické. Vedoucí práce Pavel Bezpalec.
- [24] KILIÁN, Karel. Co je VoLTE a jak využít výhody, které tato technologie poskytuje? *Světandroida* [online]. 2018 [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.svetandroida.cz/co-je-volte/>
- [25] VOKÁČ, Luděk. Jak putuje hovor aneb Co všechno se musí stát, abyste si zavolali Zdroj: https://www.idnes.cz/mobil/tech-trendy/jak-putuje-hovor-aneb-co-vsechno-se-musi-stat-abyste-si-zavolali.A080715_125524_svet-mobilu_onp. *Idnes* [online]. 2008 [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/mobil/tech-trendy/jak-putuje-hovor-aneb-co-vsechno-se-musi-stat-abyste-si-zavolali.A080715_125524_svet-mobilu_onp
- [26] Co je VoLTE a jak ho můžu využít? *Vodafone* [online]. 2019 [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.vodafone.cz/pece/osobni-a-firemni/otazky/pokryti/volani-pres-volte-2/>
- [27] Jak se vyznat v mobilních datových sítích. *Businessvize* [online]. 2010 [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/datove-prenosy-a-site/jak-se-vyznat-v-mobilnich-datovych-sitich-gsm-gprs-edge>
- [28] 5G síť v ČR. *Alza* [online]. 2020 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/5g-sit>
- [29] Podmínky a postupy podle zákona o územním plánování a stavebním řádu pro účely zavádění prvků vysokorychlostních sítí elektronických komunikací. *Česká telekomunikační úřad* [online]. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/vystavba-siti/podm%C3%ADnky-postupy-%C3%BAzemni-planovani-stavebni-rad>
- [30] Podnikání v telekomunikacích. *Česká telekomunikační úřad* [online]. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/telekomunikace-podnikani>
- [31] Oprávnění k využívání čísel. *Česká telekomunikační úřad* [online]. [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/vyuzivani-cisel>
- [32] ČSN EN 50131-1. *Poplachové systémy – Elektrické zabezpečovací systémy – Část 1: Všeobecné požadavky*. Český normalizační institut. Český normalizační institut, 1999.
- [33] ČSN EN 50 136. *Poplachové systémy – Poplachové přenosové systémy a zařízení*. Český normalizační institut. Český normalizační institut.
- [34] *Napojení na PCO* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.diseven.cz/napojeni-na-pco.html>
- [35] VŠEOBECNÉ PODMÍNKY SPOLEČNOSTI T-MOBILE CZECH REPUBLIC A.S. *T-mobile* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.t-mobile.cz/dcpublish/VPST-010516.pdf>

- [36] Technická realizace SMS. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Technick%C3%A1_realizace_SMS

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 <i>FDMA</i> [1]	3
Obr. 2 <i>TDMA</i> [1]	4
Obr. 3 <i>Architektura sítě GSM</i> [5]	5
Obr. 4 <i>CDMA</i> [1]	5
Obr. 5 <i>UMTS architektura sítě</i> [5]	6
Obr. 6 <i>Rozdíl mezi OFDM a OFDMA</i> [9]	7
Obr. 7 <i>Buňky v LTE</i> [7]	8
Obr. 8 <i>Rozmístění BTS a eNB</i> [14]	9
Obr. 9 <i>Mobilní stanice v areálu ČZU</i> [14]	10
Obr. 10 <i>Pokrytí mobilního operátora O2</i> [20]	11
Obr. 11 <i>Pokrytí mobilního operátora T-Mobile</i> [20]	11
Obr. 12 <i>Pokrytí mobilního operátora Vodafone</i> [20]	11
Obr. 13 <i>Odeslání SMS</i> [36]	13
Obr. 14 <i>Doručení SMS</i> [36]	14
Obr. 15 <i>schéma přenosu poplachové zprávy</i> [33]	21
Obr. 16 <i>Výstup makra pro vytvoření SMS</i> [Vlastní]	26
Obr. 17 <i>Tvar testované MMS</i> [Vlastní]	27
Obr. 18 <i>Mobilní ústředna, odchozí zprávy</i> [14]	27
Obr. 19 <i>Mobilní ústředna, příjem SMS a MMS</i> [14]	28
Obr. 20 <i>Mobilní ústředna, příjem SMS</i> [14]	28

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 <i>Srovnání přenosových rychlostí [Vlastní]</i>	16
Tabulka 2 <i>Primární a sekundární přenosové a přijímací zařízení [33]</i>	22
Tabulka 3. <i>Doby přenosů [33]</i>	23
Tabulka 4 <i>Doba hlášení ATS a ATP [33]</i>	24
Tabulka 5 <i>Hlášení poruchy ATS a ATP [33]</i>	24
Tabulka 6 <i>Zabezpečení proti nahrazení komunikátoru [33]</i>	25

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 <i>Nárůst přenosové rychlosti [Vlastní]</i>	17
Graf 2 <i>Zpoždění SMS zpráv v testu dvou mobilních sítí [Vlastní]</i>	29
Graf 3 <i>Zpoždění MMS [Vlastní]</i>	30

SEZNAM ZKRATEK

NMT (<i>Nordic Mobile Telephony</i>)
AMPS (<i>Advanced Mobile Phone System</i>)
FDMA (<i>Frequency Division Multiple Access</i>)
GSM (<i>Global System for Mobile communication</i>)
TDMA (<i>Time Division Multiple Access</i>)
GPRS (<i>General Packet Radio Evolution</i>)
BSS (<i>Base Station Subsystem</i>)
NSS (<i>Network Switching Subsystem</i>)
OSS (<i>Operation Support Subsystem</i>)
ADC (<i>Administrative Center</i>)
OMC (<i>Operation and Maintenance Center</i>)
NMC (<i>Network Management Center</i>)
UMTS (<i>Universal Mobile Telephony System</i>)
IMT (<i>International Mobile Telecommunications for the year 2000</i>)
CDMA (<i>Code Division Multiple Access</i>)
W-CDMA (<i>Wideband Code Division Multiple Access</i>)
FDD (<i>Frequency Division Duplex</i>)

TDD (*Time Division Duplex*)
TD/CDMA (*Time-Division-Code Division Multiple Access*)
ULTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*)
USIM (*Universal subscriber identity module*)
3GPP (*The 3rd Generation Partnership Project*)
Node B (*Obdoba BTS v GSM*)
RNC (*Radio Network Controller*)
CS (*Circuit switched*)
PS (*Packet switched*)
LTE (*Long Term Evolution*)
LTE-A (*Long Term Evolution – Advanced*)
OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*)
SC-FDMA (*Single-Carrier Frequency Division Multiple Access*)
TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*)
SIP (*Session Initiation Protocol*)
RTP (*Real-time Transport Protocol*)
VoIP (*Voice over Internet Protocol*)
ISIM (*IP Multimedia Services Identity Module*)
BTS (*Base Transceiver Station*)
eNB (*evolved Note B*)
SMS (*Short message service*)
MMS (*Multimedia Messaging Service*)
ČTÚ (*Český telekomunikační úřad*)
APMS (*Asociace provozovatelů mobilních sítí*)
GMSC (*Gateway Mobile Switching Centre*)
MSC (*Mobile Switching Centre*)
SCCP (*Signalling Connection Control Part*)
APDU (*Application protocol data unit*)
SMS-PP (*Short Message Service—Point to Point*)
HLR (*Home Location Register*)
VLR (*Visitor Location Register*)
BSC (*Base station controller*)

NSS (*Network switching subsystem*)
RPE-LTP (*Regular Pulse Excitation-Long Term Prediction*)
EDGE (*Enhanced Data for GSM Evolution*)
HSPDA (*High-Speed Downlink Packet Access*)
HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*)
HSPA (*High Speed Packet Access*)
PZTS (*Poplachový zabezpečovací a tísňový systém*)
SPT (*Přenosové zařízení střezného prostoru*)
RCT (*Přenosové zařízení přijímacího centra*)
SP (*Jednoduchá poplachová cesta*)
DP (*Poplachová cesta vyšší odolnosti*)
ATP (*Poplachová přenosová cesta*)
ATS (*Poplachový přenosový systém*)