

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu

Diplomová práce

2015

Bc. Jan Zubák

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra managementu

Lokalizace volajícího v mobilní síti pro potřeby IZS
Automatická lokalizace volajícího během tísňového hovoru
Diplomová práce

Autor: Bc. Jan Zubák

Studijní obor: Informační management

Vedoucí práce: Dr. Ing. Vítězslav Hálek, MBA, Ph. D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 26. dubna 2015

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří mi umožnili zpracovat tuto diplomovou práci, jmenovitě společnosti T-Mobile za to, že mi umožnila pracovat se skutečnými daty z mobilní sítě a panu Dr. Ing. Vítězslavu Hálkovi, MBA, Ph. D. za vedení a cenné připomínky k vypracování této práce.

Anotace

Práce pojednává o využití lokalizace volajícího v mobilní síti pro potřeby složek integrovaného záchranného systému. Ověřuje jakým způsobem je lokalizace využívána a zda je vůbec možné ji využívat napříč všemi složkami integrovaného záchranného systému. Uvažovanými metodami lokalizace jsou ty, které lze využít v rámci zpracování tísňového volání. Oblast lokalizace volajícího prověřuji ze stran subjektů, zasahujících do lokalizačního procesu. Těmito subjekty je integrovaný záchranný systém, mobilní operátor a stát. Je zde rozebrána role každého z uvedených subjektů. Dále jsou detailněji popsány některé lokalizační metody, které jsou porovnány s aktuálně používanými typy lokalizace mobilních operátorů T-Mobile, O2, Vodafone a U:fon. Z kritického porovnání používaných způsobů lokalizace a legislativy, vyplývají závěry, na základě kterých navrhuji tři možné způsoby zlepšení současné situace s přihlédnutím na technické možnosti mobilního operátora i operačních středisek integrovaného záchranného systému. V rámci práce využívám reálně změřené hodnoty, díky kterým lze získat poměrně dobrou představu o tom, s jakou přesností a informací mohou pracovat, a aktuálně pracují operátoři operačních středisek složek integrovaného záchranného systému. Ze závěrů plynou potřeby přesnějších lokalizačních metod.

Annotation

Caller location in mobile network for parts of integrated life-saving system

The diploma thesis deals with using caller location in mobile network for parts of integrated life-saving system. The work verifies the way of using localization and if it is possible to use it across parts of integrated life-saving system. There are considering localization methods we can utilize within processing emergency call. I examine localization caller area from party entities interfering localization process. The integrated life-saving system, mobile operator and state are meant those entities. Each role of those entities are analysed. Some localization methods are described in more detail here, which are compared with currently used types of localization created by T-Mobile, O2, Vodafone and U:fon. The conclusions follow from a critical comparison of used method of locating and legislation, on which I suggest three possible ways how to improve current situation as regards technical facility of mobile operator and operation centre for integrated life-saving system. I use actual measured values, thanks to which it is possible to get a fairly good idea of amount precisely informed methods used by operators in operation center for parts of integrated life-saving system. There are more accurately localization needs that arise from conclusions.

Obsah

1	ÚVOD	1
2	CÍLE PRÁCE A METODOLOGIE	1
3	TEORETICKÁ ČÁST	2
3.1	INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM	3
3.2	MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST	4
3.2.1	Obecné faktory mimořádné události	5
3.2.2	Záchranné práce	6
3.2.3	Likvidační práce	6
3.3	SLOŽKY IZS	6
3.3.1	Policie České republiky	6
3.3.2	Hasičský záchranný sbor České republiky	7
3.3.3	Zdravotnická záchranná služba	8
3.4	LOGISTIKA A LOGISTICKÁ PODPORA IZS	9
3.4.1	Logistika	9
3.4.2	Logistická podpora IZS	10
3.5	OPERAČNÍ A INFORMAČNÍ STŘEDISKA	11
3.6	GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM (GIS)	13
3.7	TÍŠŇOVÁ VOLÁNÍ	14
3.8	TELEKOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE	15
3.8.1	Telekomunikace v logistice	16
3.8.2	Mobilní telefonní síť	16
3.8.3	Typy mobilních sítí	18
3.8.4	Dosah mobilních sítí	20
3.9	LOKALIZACE	21
4	LOKALIZAČNÍ METODY	21
4.1	CELL ID	22
4.2	CELL ID + SEKTOR	23
4.3	CELL ID + SEKTOR + ZPOŽDĚNÍ SIGNÁLU	24
4.3.1	Upřesnění k zpoždění signálu	24
4.4	CELL ID + SEKTOR + ZPOŽDĚNÍ SIGNÁLU + SÍLA SIGNÁLU	26
4.5	TRIANGULACE	26
4.6	SHRnutí LOKALIZAČNÍCH METOD	27
5	DŮVODY VYUŽITÍ LOKALIZACE VOLAJÍCÍHO	28
6	ANALÝZA PROSTŘEDKŮ SLOUŽÍCÍCH K LOKALIZACI VOLAJÍCÍHO	29
6.1	ANALÝZA OPERAČNÍCH STŘEDISEK IZS	29
6.1.1	Technické vybavení OPIS pro lokalizaci	32
6.2	GIS	34
6.2.1	Lokalizace volajícího v rámci GIS	35
6.3	SOUČINNOST TELEFONNÍHO OPERÁTORA V PROCESU LOKALIZACE	36
6.4	SOUČASNÁ LEGISLATIVA TÝKAJÍCÍ SE LOKALIZACE VOLAJÍCÍHO	38
	„Lokalizace geografické polohy volajícího ve veřejných mobilních telefonních sítích	39
	Pracovišti pro příjem volání na čísla tísňového volání se předávají v rámci systémové signalizace při každém volání na číslo tísňového volání údaje určující	39
7	MODELOVÝ PŘÍKLAD SOUČASNÉHO ŘEŠENÍ LOKALIZACE	39
7.1	PŘENOS SIGNALIZACE	39
7.2	DEFINICE LOKALIZOVANÉ OBLASTI	40
7.2.1	O2	40
7.2.2	Vodafone	41
7.2.3	T-Mobile	41
7.2.4	U:fon	41

7.3	PŘÍKLAD PŘESNOSTI LOKALIZACE JEDNOTLIVÝCH OPERÁTORŮ	42
7.4	VÝSLEDKY ANALÝZY	42
7.4.1	SWOT analýza současného řešení	45
8	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ LOKALIZACE PRO POTŘEBY NIS IZS NA ZÁKLADĚ	
	VÝSLEDKŮ ANALÝZY	46
8.1	NÁVRH Č. 1 - VYUŽITÍ SOUČASNÉ IMPLEMENTACE A SJEDNOCENÍ LOKALIZAČNÍ METODY	46
8.1.1	Typ kódování lokalizace	47
8.1.2	Změna na straně mobilního operátora	47
8.1.3	Přínosy	47
8.1.4	Shrnutí	48
8.1.5	SWOT analýza návrhu č. 1	48
8.2	NÁVRH Č. 2 - VYUŽITÍ HODNOTY ZPOŽDĚNÍ SIGNÁLU	49
8.2.1	Legislativní úprava	49
8.2.2	Úprava dat mobilního operátora	50
8.2.3	Úprava NIS IZS	50
8.2.4	Nekompatibilita lokalizace s využitím zpoždění signálu a souřadnicového systému WGS84 51	
8.2.5	Shrnutí	52
8.2.6	SWOT analýza návrhu č. 2	52
8.3	NÁVRH Č. 3 - ZAVEDENÍ SDÍLENÍ GEOGRAFICKÝCH VRSTEV MEZI NIC IZS A MOBILNÍMI OPERÁTORY	53
8.3.1	Legislativní úprava	54
8.3.2	Změna pro mobilního operátora	55
8.3.3	Změna pro NIS IZS	56
8.3.4	Shrnutí	57
8.3.5	SWOT analýza návrhu č. 3	57
8.4	AKTUÁLNÍ STAV POKRYTÍ ÚZEMÍ JEDNOTLIVÝMI TECHNOLOGIEMI V ČR	58
9	MĚŘENÍ KONKRÉTNÍCH SEKTORŮ	58
9.1	ZMĚŘENÉ HODNOTY	60
10	ANALÝZA ZMĚŘENÝCH HODNOT	65
10.1	OVĚŘENÍ TYPU ROZDĚLENÍ ZMĚŘENÝCH HODNOT	65
10.1.1	Test normálního rozdělení	66
10.1.2	Závěr analýzy	68
10.2	WILCOXONŮV PÁROVÝ TEST	68
10.2.1	Praha	69
10.2.2	Střední Čechy	71
10.2.3	Hodnocení analýzy	72
10.3	PÁROVÉ POROVNÁNÍ HODNOT – VZDÁLENOST OD 2G/3G BTS	72
10.3.1	Praha	73
10.3.2	Střední Čechy	74
10.3.3	Hodnocení analýzy	74
10.4	KRUSKAL – WALLISŮV TEST	75
10.4.1	Porovnání skupin	77
10.4.2	Hodnocení analýzy	78
10.5	VYHODNOCENÍ STATISTICKÉ ANALÝZY	78
11	ZÁVĚR	79
12	ZDROJE	82
	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	86
	SEZNAM PŘÍLOH	87
13	PŘÍLOHY	88

1 Úvod

Ve své diplomové práci se chci zaměřit na využití automatické lokalizace volajícího v rámci mobilní sítě pro potřebu integrovaného záchranného systému (dále IZS) a jeho složek, tj. lokalizace, kterou je možné učinit během tísňového volání. Využití informace o lokalitě volajícího není stále tak samozřejmou záležitostí, jak by se mohlo na první pohled zdát. Tato problematika podléhá jak legislativním předpisům, tak technickým omezením a limitům, na které bych touto prací rád upozornil a především přiblížil širší obci toto téma, včetně ukázky praktického využití. Jedná se o jeden z prvků IZS, pomáhající jak záchranářům samotným, tak i lidem, kteří jejich pomoc potřebují. Vzhledem k situacím, ve kterých jsou složky IZS využívány je zřejmý značný význam takové funkce, jelikož znalost lokality mimořádné události je klíčová pro rychlou a účinnou pomoc. Možnost využití záchranné služby, policie či hasičského záchranného sboru v mimořádné události již v dnešní době bereme jako samozřejmost, stejně tak jako celou řadu technologií a technických pomůcek, využívaných v každodenním životě. Jedním takovým prvkem je i mobilní telefon, bez které si již dnes málokdo dokáže svůj život představit. Mobilní telefon se postupem času stal takřka výhradním prostředkem pro přivolání pomoci v podobě některé ze složek IZS. Nabízí se tak otázka, zda nemůže být telefon potažmo mobilní telefonní síť více prospěšná, než jen co by pouhý prostředek přenosu hlasu. V případě lokalizace volajícího se technologicky nejedná o žádnou novinku, otázkou však stále je, zda tuto technologii dokáže IZS za současného stavu využít ve svůj prospěch, případně zda jsou ve využívání této technologie nějaké rezervy a co tím může IZS získat.

2 Cíle práce a metodologie

Cílem je zjistit aktuální stav využití lokalizace volajícího v mobilních sítích, možné přínosy rozlišení lokalizace v rámci typu mobilní sítě a analýza legislativních a technických omezení. Na základě zjištěných informací navrhnout případné opatření pro zlepšení současného stavu a opodstatněnost navrhovaných změn ověřit pomocí statistických metod.

Metodologie je založena na kvalitativním i kvantitativním výzkumu. V rámci kvalitativního výzkumu bude ověřeno nutné zázemí pro využití lokalizace, kterým je stav legislativy, vybavení složek IZS a možnosti mobilního operátora. Výsledek ověření bude popsán SWOT analýzou, na základě jejíchž výsledků navrhnou možná opatření ke zlepšení současného stavu. Další částí bude kvantitativní výzkum, v rámci kterého budou představeny konkrétní parametry lokalizace se zaměřením na její přesnost v různých oblastech dle hustoty obyvatelstva a mobilní sítě, včetně analýzy otázky, zda má na přesnost lokalizace vliv i použitý typ mobilní sítě. Analýza bude provedena na základě vzájemného porovnání naměřených hodnot a jejich uvedení do kontextu s lokalizačními metodami.

3 Teoretická část

Technika lokalizace volajícího může být využita v rámci IZS při řešení mimořádných událostí napříč všemi subjekty IZS. Typickým příkladem je přivolání rychlé záchranné služby zraněné osobě. V první řadě dochází k samotnému volání dnes již zpravidla prostřednictvím mobilní sítě. Dále dochází k vyhodnocení a zpracování informací na operačním středisku záchranné služby, na základě kterých je vyslána pomoc na místo, kde se zraněná osoba nachází. Celý proces tím samozřejmě nekončí, nicméně v této úvodní a velmi důležité fázi dochází k úkonům, které jsou velmi závislé na informacích a rychlosti jakou potřebné informace získáme. Pro účinnou a rychlou pomoc je hlavním předpokladem znalost odpovědí na dvě základní otázky „Co a kde se stalo?“. Na první otázku musíme získat odpověď od některého z účastníků mimořádné události, ale na otázku místa události, již můžeme získat odpověď ihned, i když s jistou mírou nepřesnosti, jak bude dále vysvětleno v textu práce.

Lidé během mimořádné události jednají pod stresem, což je stav značně komplikující pro schopnost odpovídat i na zdánlivě jednoduché dotazy, nehledě na skutečnost, že na dané otázky nemusí být schopni odpovědět vůbec. Z tohoto důvodu je jakákoliv pomoc ze strany techniky a moderních technologií velmi cenná a ve vztahu k lidskému životu její cena ještě stoupá. Tento zjednodušený model prvotní reakce je shodný pro všechny složky IZS v případě osob volajících na tísňovou linku o pomoc.

V předchozích odstavcích jsem nastínil situace, za kterých dochází k využití lokalizace volajícího. Jak vidno do celého procesu zasahuje několik subjektů a každý má svou roli. Omezením se na proces lokalizace vystupují do popředí tři subjekty. Prvním je mobilní operátor, který zajistí jednak přenos hlasu ale zároveň disponuje i celou řadou užitečných informací, včetně možnosti určení přibližné lokalizace volajícího. Telefonní operátor je tedy zdrojem informací. Druhým subjektem je operační středisko příslušné části IZS, které je příjemcem informací. Tyto subjekty fungují na základě platných norem a zákonů, jež definují jakým způsobem reagovat a jak vzájemně komunikovat během mimořádných událostí. Subjektem definujícím tato pravidla je stát, či přesněji řečeno, některé ze státem zřízených institucí. Proces výměny informací je nehmotným logistickým tokem a samotná lokalizace je prvek logistické podpory složek IZS. Pro pochopení problematiky je tedy nutné seznámit se po teoretické stránce fungováním těchto subjektů, alespoň po úroveň týkající se samotné lokalizace volajícího a dále základní popis terminologie.

3.1 Integrovaný záchranný systém

Jedná se o *koordinovaný* postup složek IZS při přípravě na *mimořádné události* a při provádění *záchranných a likvidačních* prací. Koordinací postupu složek IZS při společném zásahu se rozumí koordinace záchranných a likvidačních prací včetně řízení jejich součinností. Základními složkami integrovaného záchranného systému jsou [1]:

- Hasičský záchranný sbor České republiky a jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany
- Zdravotnická záchranná služba
- Policie České republiky

Zákonnou normou je zákon 239/2000 Sb. o Integrovaném záchranném systému, vymezující *integrováný záchranný systém*, stanovující složky integrovaného záchranného systému a jejich působnost, pokud tak nestanoví zvláštní právní předpis, působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na *mimořádné události* a při záchranných a likvidačních pracích a při ochraně obyvatelstva před a po dobu vyhlášení stavu nebezpečí, nouzového stavu, stavu ohrožení státu a válečného stavu.

Zásadním prováděcím dokumentem k zákonu o Integrovaném záchranném systému je vyhláška Ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb. o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému a dále jsou některé podrobnosti k zabezpečení integrovanému záchrannému systému uvedeny ve vyhlášce 429/2003 Sb., která je rozšířením vyhlášky 328/2001 Sb. [2].

IZS je součástí systému vnitřní *bezpečnosti státu* a podílí se na *naplňování ústavního práva občanů* a na poskytnutí pomoci života ze strany státu během ohrožení zdraví či. Jeho pevné struktury tvoří zejména stávající institucionální části jeho základních složek, kde *nosnou strukturu* zajišťuje zejména *Hasičský záchranný sbor ČR*. IZS představuje efektivní systém vazeb, pravidel spolupráce, dále koordinace záchranných a bezpečnostních složek, rovněž orgánů státní správy a samosprávy, fyzických ale i právnických osob při společném provádění záchranných a likvidačních prací, dále při přípravě na mimořádnou událost. Ve skutečnosti se jedná o to, aby nedošlo k opomenutí žádné formy pomoci a k jejímu efektivnímu využití. Rovněž je důležité uvědomit si, že IZS není institucí, úřadem, sborem, sdružením ani právnickou osobou. IZS je skutečně *systém práce s nástroji spolupráce* a modelovými postupy součinnosti (typovými činnostmi) a je součástí systému pro zajištění vnitřní bezpečnosti státu. Jedná se o systém smluvních ujednání podle předpisy stanovenými pravidly [3].

3.2 Mimořádná událost

Definice mimořádné události je zakotvena v zákoně č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému, kde se mimořádnou události rozumí *škodlivé působení sil a jevů*, vyvolaných činnostmi člověka, přírodními vlivy, ohrožující zdraví, život, majetek nebo životní prostředí a zpravidla vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací [1].

V nejobecnějším smyslu jde o děj, jev či proces, který je většinou výslednicí jiných jevů, spojený s neočekávaným a mnohdy neočekávatelným zvratem v podmínkách existence života, skokem v jeho kvalitě. Jde o jakoukoliv změnu z jednoho vývojového stavu do druhého. V důsledku mimořádné události vzniká *mimořádná situace*, která nastává v oblasti, kde škodlivé nebo ničivé zdroje působí nebo mohou působit [4].

3.2.1 Obecné faktory mimořádné události

Jde o veličiny popisující mimořádnou událost, jež jsou pro ni význačné. Například k nim patří [5]:

- **Riziko** - pravděpodobnost výskytu potenciálně ničivého jevu v určitém časovém období a na různém území
- **Příčiny** - vlastnost a předpoklady určitého děje v přírodě či lidské aktivitě způsobit mimořádnou událost s různými následky
- **Následky** - veškeré lidské, materiální, environmentální, historicko-umělecké, estetické, zvířecí ztrát, škody, omezení a ohrožení lidského života.
- **Čas** - pojivo hlavních souvislostí všech faktorů. Je obsažen v rychlosti i překvapivosti události. Vyústění dějů do kritického okamžiku může být náhlé, neočekávané, ale také pozvolné či nepozorovaně narůstající.
- **Prostor** - lokalita daná geograficko-morfologickými nebo stavebně-technickými podmínkami a sociální infrastrukturou postiženého místa.
- **Intenzita** - velikost destrukční síly, negativní uplatnění určitého kvanta hmoty, energie a informací, jejichž působením jsou překonávány odolnostní meze a absorpční vlastnosti systému
- **Informovanost** - pravdivost, účelnost, výstižnost a zejména včasnost

Mimořádné události můžeme rozdělit do dvou kategorií a to:

- Přírodní (neurogenní) mimořádné události
- Antropogenní mimořádné události – způsobené člověkem

Mimořádná událost neboli *krizová situace* je ve vztahu ke státu i jeho občanům definována i zákonem č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a o změně některých zákonů. Za účelem příjmu ohlášení vzniku mimořádné události jsou zde složky integrovaného

záchranného systému, které mají za úkol *vyhodnocení* a *neodkladný zásah* v místě mimořádné události.

3.2.2 Záchranné práce

Jedná se o *činnost k odvrácení* nebo *omezení* bezprostředního působení *rizik* vzniklých mimořádnou událostí, zejména ve vztahu k ohrožení života, zdraví, majetku nebo životního prostředí a vedoucí k přerušení jejich příčin [6].

3.2.3 Likvidační práce

Jsou to činnosti k odstranění následků způsobených mimořádnou událostí [6].

3.3 Složky IZS

3.3.1 Policie České republiky

Policie České republiky (dále PČR) byla zřízena zákonem č.283/1991 Sb. o Policii České republiky, jako jednotný ozbrojený *bezpečnostní sbor ČR*, který plní úkoly v oblasti vnitřního pořádku a bezpečnosti a další úkoly v rozsahu a způsobem, definovaným právním rámcem. Přestože je vznik policie spojen se zákonem č.283/1991 Sb., není tento zákon již platným zákonem o PČR a v roce 2008 došlo jeho nahrazením novým zákonem o policii č.273/2008 Sb. [7].

PČR je centrálně řízená organizace v rezortu Ministerstva vnitra, která je z hlediska krizového řízení ústředním orgánem státní správy pro *vnitřní věci*. Základní struktura PČR je složena z tří částí. Jde o Policejní prezidium ČR, které má na starost základní koordinaci a plnění aktivit, útvary s celorepublikovou působností a dále útvary zřízené v rámci kraje (krajské ředitelství policie) [3].

PČR spolupracuje při plnění svých úkolů s ozbrojenými silami, bezpečnostními sbory a dalšími orgány veřejné správy, jakož i s právníckými a fyzickými osobami. Rozsah spolupráce je popsán zákonem 273/2008 Sb. [7].

Působení PČR v rámci IZS při řešení krizových a mimořádných událostí spočívá v plnění úkolů k řešení mimořádných událostí ale i v přípravě policie na ně. PČR dále jako základní složka IZS vykonává v místě provádění záchranných a likvidačních prací úkoly podle zákona 273/2008 Sb. [7].

3.3.2 Hasičský záchranný sbor České republiky

Hasičský záchranný sbor České republiky (dále HZS ČR) byl zřízen na základě zákona č. 238/2000 Sb. o Hasičském záchranném sboru České republiky. Základním posláním HZS ČR je *chránit životy a zdraví obyvatel a majetek před požáry, poskytovat účinnou pomoc při mimořádné události*. Základními právními předpisy, kterými se HZS ČR řídí, jsou zákon o IZS č. 238/2000 Sb., zákonem o krizovém řízení č. 240/2000 Sb., a zákonem po požární ochraně č. 133/1985 Sb. [3].

HZS ČR je tvořen generálním ředitelstvím, které je organizační součástí Ministerstva vnitra a dále útvary s územně vymezenou působností, kterými jsou krajská ředitelství s 14 hasičskými záchrannými sbory krajů a následným členěním na územní odbory a požární stanice. Součástí generálního ředitelství je ústřední *operační a informační středisko* a součástí členění na kraje jsou to krajská operační a informační střediska [8].

Součástí pevné organizační struktury HZS kraje, jejíž činnosti jsou v přímém vztahu k IZS, patří oddělení IZS a *řízení jednotek požární ochrany* v rámci odboru pro IZS a krajské operační a informační středisko v rámci odboru operačního řízení, komunikačních a informačních systémů. Oddělení IZS především stanovuje zásady pro společnou činnost jednotek požární ochrany a složek IZS během mimořádné události v rámci strategického a taktického řízení záchranných a likvidačních prací v IZS, *zpracovává taktiku* pro hlášení požárů a záchranné práce, *organizuje a řídí* příslušníky HZS ČR v operačním řízení, koordinuje a vytváří podmínky pro zapojení složek IZS při záchranných a likvidačních pracích, vyhodnocuje společnou činnost na republikové úrovni, připravuje celorepublikové cvičení složek IZS, spolupracuje na programech odborné přípravy složek IZS, organizuje a kontroluje výkon služby v operačním řízení jednotek požární ochrany a v neposlední řadě sleduje a vyhodnocuje dokumentaci o zásazích jednotek požární ochrany v IZS [9].

3.3.3 Zdravotnická záchranná služba

Zdravotnická záchranná služba (dále ZZS) je stejně jako HZS rozdělena na 14 územních středisek, které pokrývají území všech krajů a hlavního města Prahy. Zřizovatelem je kraj a hlavní město Praha. Na rozdíl od HZS a PČR zde není jednotná organizační struktura, *řízení není centralizované* a ani neexistuje samostatný zákon o její činnosti. Přesto má záchranná služba svou strukturu tvořící:

- Ředitelství
- Zdravotnické operační středisko
- Výjezdové základny s výjezdovými skupinami
- Pracoviště krizové připravenosti
- Vzdělávací a výcvikové středisko

ZZS není samosprávný systém a při náplni své funkce vychází hlavně ze zákona č. 20/1966 Sb., tedy ze zákona o péči a zdraví lidu a dále z vyhlášky ministerstva zdravotnictví č. 434/1992 Sb., o ZZS službě. Ministerstvo zdravotnictví vůči ZZS plní pouze metodickou funkci [10].

ZZS nepřetržitě zabezpečuje, organizuje a řídí své činnosti prostřednictvím jednotného spojového systému. Především jde o kvalifikovaný příjem, zpracování a vyhodnocení *tísňových výzev* a určení nejvýhodnějšího způsobu poskytování přednemocniční *neodkladné péče*. Touto péčí se rozumí péče o postižené na místě vzniku jejich úrazu nebo náhlého onemocnění a během jejich dopravy k dalšímu odbornému ošetření a při jejich předání do zdravotnického zařízení poskytovaná při stavech blíže specifikovaných vyhláškou (ohrožení života, náhlé utrpení či bolest atp.) [11].

Nelze opomenout součinnost s hasičskými záchrannými sbory krajů a operačními a informačními středisky IZS. Síť ZZS musí být organizována tak, aby byla zabezpečena dostupnost přednemocniční neodkladné péče a její poskytnutí do 15 minut od přijetí *tísňové výzvy* s výjimkou případů hodných zvláštního zřetele [11].

3.4 Logistika a logistická podpora IZS

3.4.1 Logistika

"Logistika je řízení materiálového, informačního i finančního toku s ohledem na včasné splnění požadavků finálního zákazníka a s ohledem na nutnou tvorbu zisku v celém toku materiálu. Při plnění potřeb finálního zákazníka pomáhá již při vývoji výrobku, výběru vhodného dodavatele, odpovídajícím způsobem řízení vlastní realizace potřeby zákazníka a v neposlední řadě i zajištěním likvidace morálně a fyzicky zastaralého výrobku [12]."

Ve vztahu k tématu práce je nezbytná definice logistiky z pohledu *informačního toku*, jenž je zajišťován prostřednictvím telekomunikačních a informačních technologií. Proto uvádím i mimo obecné definice pojmu logistika, definice spojené s informačním tokem.

"Nehmotná stránka spočívá v *přemístování* (eventuelně uchovávání) *informací* potřebných k tomu, aby se uchovávání a přemístění všech uvedených věcí či přemístění osob mohlo uskutečnit; dále spočívá v přemístování peněz (zpravidla v bezhotovostní formě), řízeném v zájmu udržení likvidity všech ekonomických subjektů (podniků) podílejících se na uspokojení dané potřeby konečného zákazníka [13]."

Prakticky ve všech verzích definic se vyskytují pojmy jako organizování, plánování, řízení toků, správné načasování a především zákazník. Tyto pojmy ale nejsou spojeny pouze s obchodním prostředím, tedy s prostředím firem a obchodu. Zákazníkem může být osoba, firma nebo jakýkoliv subjekt, který je příjemcem zboží nebo služby. V případě *mimořádných událostí* se tak zákazníkem stává například stát, složky integrovaného záchranného systému i jednotlivci, a ti všichni vždy požadují dodání služby či zboží na co nejvyšší úrovni a v případě mimořádných událostí má tento požadavek daleko větší váhu a naléhavost.

Role *logistiky v mimořádných událostech* je velice důležitá, jelikož jde o jeden z hlavních faktorů přispívající k vyřešení situace. Konkrétními rolemi je schopnost *reakce na krizi*, získání *včasných a přesných* informací o umístění zdrojů, jejich stavu

a využitelnosti. *Koordinovaná logistika* je stěžejním prvkem při provádění účinné reakce na mimořádnou událost. Cílem koordinované logistiky je zajistit *efektivitu* v rozvržení dostupných zdrojů. Za účelem dosažení tohoto cíle je nutné mít správné nástroje ale i správné lidi, kteří získají dobrý přehled o nastalé situaci. Dobře fungující koordinace má obrovsky pozitivní dopad na řešení, naopak špatná koordinace může přinést i další vážné negativní výsledky. Koordinace prostředků probíhá na základě získávání a sdělování informací skrze *komunikační kanály*, které jsou tvořeny telekomunikačními a informačními prostředky. Během řešení mimořádné události můžeme logistiku rozdělit do dvou fází. První fází je logistika pracující s *nehmotnými toky*, kdy dochází k zjišťování potřebných informací o mimořádné události. Těmito informacemi je čas, prostor a intenzita, jak je specifikováno v části věnující se mimořádné události. Teprve na základě těchto informací může dojít k druhé fázi věnující se *hmotným tokům*. Hmotnými toky máme na mysli přesun zasahujících jednotek a jejich koordinace včetně potřebného vybavení.

3.4.2 Logistická podpora IZS

Podporou, či zabezpečením se rozumí činnosti prvků nebo jejich součástí, které pomáhají plnit hlavní úkol, chrání, doplňují nebo vytváří podmínky pro plnění jiným prvkům [14].

Cílem *logistického zabezpečení* je umožnit realizovat odbornou činnost jednotlivým zasahujícím složkám IZS. Ve vztahu k IZS je logistická podpora zajištěna samostatně v rámci každé ze základních složek IZS. PČR, HZS ČR i ZZS mají v organizační struktuře vyčleněn specializovaný úsek, kde se odborní pracovníci zabývají dílčími funkcemi logistiky, což je plánování, nákupy služeb či hmotných prostředků a skladování.

Faktory ovlivňující rozsah logistického zabezpečení v rámci IZS [15]:

- Hlavní faktory
 - druh mimořádné události
 - její velikost
 - počet postižených
 - doba potřebná k záchranným pracím
 - počet nasazených příslušníků
 - dostupnost funkční infrastruktury

- Vedlejší faktory
 - denní a roční doba
 - počasí
 - geografické umístění mimořádné události

3.5 Operační a informační střediska

Operační a informační střediska představují *prvek logistické podpory* pro přímo zasahující jednotky složek IZS. Operační středisko pracuje s *nehmotnými logistickými toky* v podobě informací, které vyhodnocuje a v případě uskutečnění zásahu využívá tyto informace k fyzickému přesunu jednotek, tedy dochází k *hmotným logistickým tokům*. Každá ze tří základních složek IZS provozuje své vlastní operační a informační středisko, odkud koordinují dispečeři všechny síly a prostředky na daném území. Jednotlivá operační a informační střediska (dále OPIS) jsou dosažitelná prostřednictvím linek tísňového volání:

- Hasičský záchranný sbor – 150
- Zdravotnická záchranná služba – 155
- Městská policie – 156
- Policie ČR – 158
- Telefonické centrum tísňového volání – 112

Se vstupem České republiky do Evropské unie bylo potřeba splnit celou řadu podmínek včetně zavedení *jednotného evropského čísla tísňového volání 112*. Linka

112 byla zavedena na základě usnesení vlády č. 391/2000 k zavedení jednotného evropského čísla tísňového volání 112 v České republice. Mimo operační střediska tří základních složek IZS, tak vzniklo další operační středisko označované jako Telefonické centrum tísňového volání (TCTV) odbavující tísňová volání na lince 112. TCTV je stejně jako OPIS ostatních složek IZS tvořen 14 lokalitami, které jsou umístěny v každém krajském městě. V případě HZS ČR a PČR disponují složky navíc centrálním operačním střediskem. Na rozdíl od ostatních OPIS nabízí TCTV možnost odbavení hovoru nejen v českém, ale i v anglickém a německém jazyce. Vzhledem k tomu, že hlavní složkou IZS je HZS ČR, došlo ke sloučení OPIS HZS a TCTV. Mluvíme-li tedy o OPIS IZS, pak máme na mysli OPIS HZS. Na obrázku je znázorněno rozmístění OPIS a TCTV v jednotlivých krajích ČR.



Obrázek 1 – Umístění operačních středisek v krajích [41]

Složky IZS používají pro *aktivaci, řízení a podporu* své činnosti prostředků operačního a informačního střediska. OPIS jsou stálými orgány pro koordinaci složek IZS. V případě, kdy se na mimořádné události podílí jedna ze složek IZS, je tato událost řízena OPIS příslušné složky (OPIS PČR, OPIS HZS, OPIS ZZS). Pokud je v rámci *mimořádné události* potřeba součinnosti dvou a více složek IZS, pak koordinace přechází na OPIS IZS. Těmito středisky jsou OPIS HZS krajů, které je zřizováno Hasičským záchranným sborem kraje a OPIS generálního ředitelství HZS, které zřizuje Ministerstvo vnitra [9].

V obecné rovině jsou OPIS IZS povinna [9]:

- Přijímat a vyhodnocovat informace o mimořádných událostech
- Zprostředkovávat organizaci plnění úkolů ukládaných velitelem zásahu
- Plnit úkoly uložené orgány oprávněnými koordinovat záchranné a likvidační práce
- Zabezpečovat v případě potřeby vyrozumění základních i ostatních složek IZS a vyrozumění státních orgánů a orgánů územních samosprávních celků podle dokumentace IZS

OPIS IZS jsou oprávněna:

- Povolávat a nasazovat síly a prostředky hasičského záchranného sboru a jednotek požární ochrany, dalších složek IZS podle poplachového plánu IZS nebo podle požadavků velitele zásahu; při tom dbají, aby uvedené požadavky nebyly v rozporu s rozhodnutím příslušného funkcionáře hasičského záchranného sboru, hejtmana nebo Ministerstva vnitra při jejich koordinaci záchranných a likvidačních prací
- Vyžadovat a organizovat pomoc, osobní a věcnou pomoc podle požadavků velitele zásahu
- Provést při nebezpečí z prodlení varování obyvatelstva na ohroženém území, pokud zvláštní právní předpis nestanoví jinak.

Zásady koordinace, spolupráce, podrobnosti o úkolech OPIS IZS a obsah dokumentace IZS stanoví prováděcí předpis (vyhláška MV č. 328/2001 Sb.).

Pro účely koordinace, vizualizace ale i pro potřeby lokalizace jsou na operačních střediscích využívány geografické informační systémy (GIS).

3.6 Geografický informační systém (GIS)

GIS je *organizovaný* soubor počítačového hardware, software a geografických údajů navržený pro získávání, ukládání, analýzu a vizualizaci dat, která mají prostorový vztah k povrchu Země. Geografická data (geodata) zpracována GIS, jsou definována svou geometrií, topologií, atributy a dynamikou. Jednotlivé skupiny geodat jsou

sdružovány v rámci tzv. vrstev. Můžeme tak rozlišit velké množství vrstev, např. silniční síť, železniční síť, školy, vodní plochy, pošty atp.

GIS umožňuje sběr a správu *prostorových* geodat, poskytuje nástroje pro jejich analýzu a pro grafickou prezentaci výsledných prostorových modelů zájmového území. Vstupy se ukládají do prostorové databáze, která umožňuje interakci s GIS software. Výstupem může být mapa jak papírová, digitální, či trojrozměrná [16].

V případě IZS rozlišujeme geodata na 3 úrovních

- Společná, centrální
- Složková
- Krajská

V případě IZS má GIS funkci podpory *rozhodovacího procesu*, jelikož pomáhají vizualizovat získané informace od postiženého vč. lokalizačních údajů z mobilní sítě a tím nasměrovat pomoc na správné místo.

3.7 Tísňová volání

Kontaktování složek IZS probíhá v podobě tísňového volání. Jde o základní způsob *ohlášení mimořádné události* a je prostředkem ochrany základních lidských práv plynoucích ze zákona 2/1993 Sb. Listina základních práv a svobod. Podmínky přístupnosti služby jsou zakotveny v zákoně o elektronických komunikacích č. 127/2005 Sb.

Základní body služby jsou [17]:

- bezplatnost linek tísňového volání
- nepřetržitá dostupnost
- bezodkladné poskytnutí informací o fyzických i právnických osobách významných pro vyřešení MU ze strany provozovatele telefonického připojení
- obecná informovanost veřejnosti o dostupnosti služby
- povinnost telefonního operátora zpřístupnit službu tísňového volání
- sankce při zneužití tísňového volání

V rámci tísňových volání je důležitá skutečnost, že kvůli sjednocení OPIS HZS a TCTV jsou sjednocena volání na linky 150 a 112, jelikož jsou odbaveny stejným OPIS a rovněž je důležitá možnost dovolání se na tísňovou linku i s mobilním telefonem bez SIM karty.

3.8 Telekomunikační technologie

Snaha člověka o dorozumívání na delší vzdálenosti, než dovolují jeho smysly, vedla k vzniku mnoha zařízení a přístrojů. Tato forma komunikace na dálku se označuje termínem *telekomunikace*, spojující slovo *komunikace* a řecké slovo *tele* (=vzdálený). Zařízení, umožňující vzdálené dorozumívání, označujeme jako telekomunikační zařízení. Vzájemným propojením telekomunikačních zařízení vzniká telekomunikační síť. Telekomunikace je tedy nauka o přenosu zpráv [18].

Telekomunikační síť je *soubor* vzájemně propojených telekomunikačních zařízení, jenž umožňuje přenos informace mezi koncovými body. Telekomunikační síť je tvořena *spojnici* (přenosovými cestami) a *uzly* (síťovými prvky). Telekomunikační sítí je například mobilní síť operátora a telekomunikačních zařízení je mobilní terminál (mobilní telefon) [18].

Dohled nad tímto segmentem udržuje státní organizace, v podmínkách České republiky je touto organizací Český telekomunikační úřad (ČTÚ). Technické principy a konkrétní technologie v síti musí být mezinárodně *standardizovány*, pro zajištění

spolupráce zařízení různých výrobců a sítí různých operátorů. Jednou ze standardizačních institucí je Mezinárodní telekomunikační unie pro telekomunikační sektor ITU-T [18].

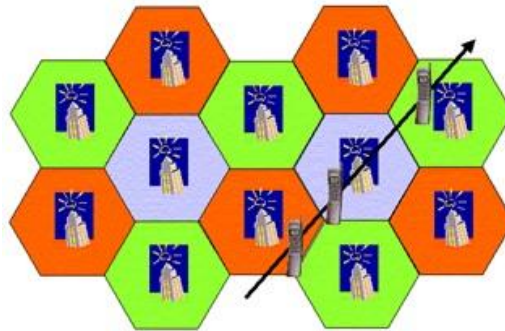
3.8.1 Telekomunikace v logistice

V oblasti logistiky se neseťkáváme odděleně s pojmy *telekomunikační* či *informační* technologie, ale toto všechno dnes zaštiťuje pojem *ICT* (informační a komunikační technologie), jelikož tyto technologie lze v konečném důsledku od sebe jen těžko oddělit. Význam ICT v logistice spočívá v získání správných informací ve správný čas. Je zde jasná vazba na logistiku v podobě toku materiálu, zatímco logistický systém přeměňuje materiály v produkty, skrze tvorbu hodnoty pro zákazníka, tak informační a komunikační systémy přemění data v informace, které jsou nezbytné pro rozhodování. Informace jsou zdrojem pro kvalitní rozhodovací proces, následně zvětšující účinnost, efektivitu a flexibilitu. Toto jsou právě faktory významně ovlivňující schopnost reakce v krizových situacích a investice do těchto řešení tvoří dnes hlavní rozdíly mezi úspěšnými a průměrnými společnostmi. Příkladem ICT řešení pro potřeby lokalizace volajícího je právě propojení GIS nástroje a informace o lokalizaci z mobilní sítě.

3.8.2 Mobilní telefonní síť

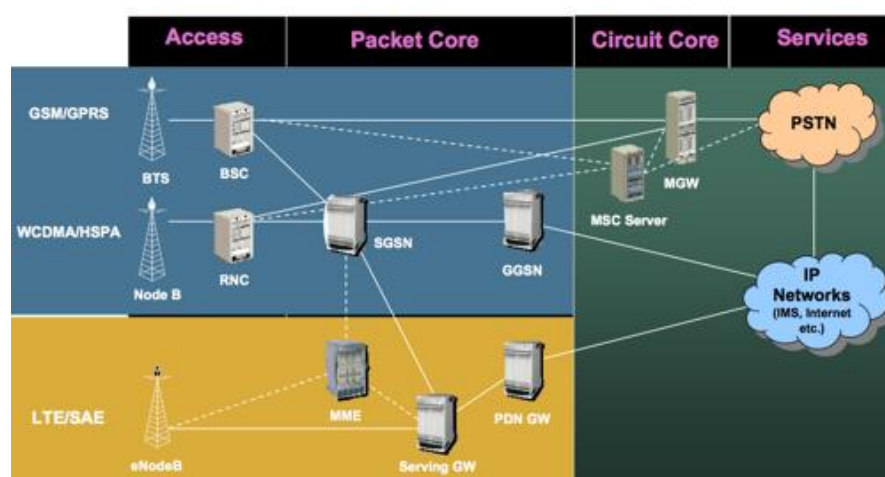
Jedná se o tzv. *celulární telekomunikační síť* využívající radiových vln. Pro základní popis fungování mobilní sítě můžeme využít princip světově nejrozšířenější sítě tzv. sítě GSM (Global system for mobile communications) označované rovněž jako 2G síť. Pro potřeby lokalizace jsou na první pohled nejdůležitější dva prvky sítě, kterými jsou *základnová stanice* (BTS) a *mobilní stanice* (MS). BTS je označení pro vysílač mobilní sítě, navazující spojení pomocí radiových vln s MS. GSM je síť celulární neboli *buňková*, což znamená, že se mobilní telefony připojují do sítě prostřednictvím nejbližší buňky reprezentované vysílačem BTS. Kvalita sítě je tedy silně závislá na hustotě takové sítě. MS spolu s BTS komunikuje na specifických frekvencích daných jednotlivými standardy mobilních sítí. Tato vlastnost má vliv na velikost pokrytí a způsob šíření mobilního signálu. Kontrolním orgánem pro provoz mobilních sítí je v České republice Český telekomunikační úřad (ČTÚ) a stěžejním

zákonem pro telefonii obecně je zákon č. 127/2005 Sb. o elektronických komunikacích [19].



Obrázek 2 – Struktura uspořádání BTS [40]

Jednotlivé BTS jsou mezi sebou propojeny a řízeny dalšími prvky sítě mobilního operátora. Obecná struktura sítě mobilního operátora je na obrázku níže.



Obrázek 3 – Struktura mobilní sítě [42]

Ze schématu je patrné rozdělení sítě na tři základní části:

- Access – přístupová síť
- Packet Core – centrální platforma založena na přepínání paketů
- Circuit Core – centrální platforma založena na přepínání okruhů
- Služby

Přístupová síť

V případě mobilní sítě je přístupovou sítí označována *radiová* část sítě, která se skládá ze základnových stanic a jejich řídicími jednotkami. Lokalizace mobilního telefonu je prováděna právě na úrovni přístupové sítě, což je část sítě, zajišťující přímé spojení s mobilním telefonem [18].

Core

Jedná se o centrální část sítě, která obsahuje veškerou logiku fungování mobilní sítě. Zjednodušený popis prvků uvedených na schématu: [19]

- MSC - telefonní ústředna v mobilních sítích
- MGW – Media gateway provádí přepojování spojení, umožňuje propojení a konverzi různých přenosových systémů
- SGSN,GGSN – zajišťují přenos datových paketů z i do sítě v rámci mobilního internetu. Prvky jsou využívány v 2G a 3G sítích.
- PGW a SGW – obdobná funkce jako SGSN,GGSN v 4G sítích.
- MME – má na starost řízení mobilního provozu, použití pouze v 4G sítích

Služby

V nejobecnějším smyslu jde o připojení k internetu či připojení do veřejné telefonní sítě (PTSN). Stejně lze jako službu vnímat i *lokalizaci* mobilního telefonu pro potřeby složek IZS.

3.8.3 Typy mobilních sítí

Informace uvedené v obecném přehledu typu aktuálně využívaných sítí jsou vztaženy k potřebě lokalizace mobilního telefonu a týkají se především přístupové části sítě. Ostatní části sítě skýtají daleko větší rozdíly v principu fungování jednotlivých typu sítí, pro účel práce však nejsou významné.

GSM – 2G

Jedná se o standard mobilní sítě, jehož vývoj započal roku 1982. V České republice je tento standard využíván mobilními operátory od roku 1996. Základním principem je rozdělení obsluhované oblasti do určitého počtu buněk (cell), kde má každá buňka přidělen určitý kanál z daného frekvenčního rozsahu. V případě GSM jde o frekvence 900 a 1800MHz. U GSM sítí jsou vysílače (BTS) označovány jako BTS (Base Transceiver Station). BTS umožňuje fyzické spojení mobilního telefonu. Jak je naznačeno na schématu na obrázku č. 3, BTS jsou dále připojeny do BSC (Base Station Controller), což je řídicí prvek vždy pro větší počet BTS v dané lokalitě. Z pravidla jedno BSC obsluhuje 12-20 BTS. V případě GSM sítě je dosah jedné BTS teoreticky až 35 km při frekvenci 900 MHz [19].

3G - UMTS

Standard sítí třetí generace je vyvíjen od roku 1986. V České republice se v různých variantách vyskytuje již od roku 2004. Pro technické označení se užívá zkratka UMTS (Universal mobile telecommunications system). Strukturou jde rovněž o celulární síť. Z pohledu přístupové sítě je zde vysílač označen jako NodeB jehož řídicím prvkem je RNC. Stejně jako ve 2G sítích i zde řídicí prvek spravuje větší počet vysílačů. NodeB komunikuje s mobilním telefonem rovněž na daném frekvenčním rozsahu, což je v případě aktuálně využívané varianty 3G sítě WCDMA-FDD hodnota 2100 MHz. Teoretický dosah NodeB je přibližně 13 km při frekvenci 2100 MHz [20].

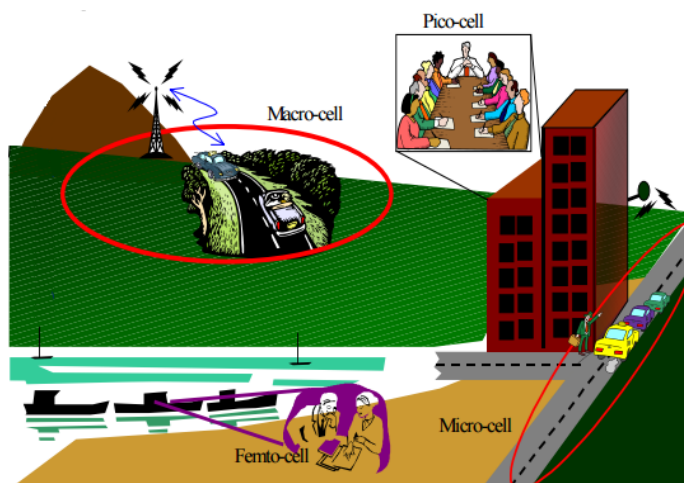
4G - LTE

První testovací sítě této generace vznikly v roce v 2009 ve Švédsku. V České republice je služba spuštěna od roku 2012 a jde o nejmodernější variantu mobilní sítě, která je nyní komerčně nabízena. Sítě čtvrté generace jsou nejčastěji spojovány s pojmem LTE (Long-Term evolution). Jak vidno na obrázku č. 3, tak na rozdíl od předchozích typů sítí jde zde pouze BTS označená jako eNodeB a žádný další řídicí prvek v přístupové síti není. Důvodem je větší „inteligence“ základnových stanic s každou další generací mobilní sítě. Sítě LTE jsou v našich podmínkách šířeny na kmitočtech 800, 900 a 1800MHz. Dosah varianty s frekvencí 800 MHz může být

teoreticky až 100 km. V současnosti tato mobilní síť slouží pouze pro datové přenosy, avšak napříč operátory je plánováno spuštění této sítě i pro hovory v průběhu roku 2015 [21].

3.8.4 Dosah mobilních sítí

Uvedené hodnoty dosahu pro jednotlivé generace mobilních sítí jsou teoretické. V rámci mobilní sítě existuje celá řada variant BTS, které se liší svoji velikostí, vysílacím výkonem, vysílanou frekvencí a celou řadou dalších parametrů. Rozdílné typy BTS jsou používány v rámci městského a mimo městského prostředí. Základní rozdělení dle velikosti pokrytí je na makro, mikro, piko a femto buňky. Účel jednotlivých typů buněk je popsán obrázkem č. 4. Jelikož pokrytí mobilní sítě není vytvářeno s využitím maximálního dosahu jednotlivých technologií, jsou reálné hodnoty pokrytí nižší. Pro 2G síť je obecný dosah vysílače přibližně 15 km, 3G síť dosahuje pokrytí přibližně 5 km a 4G síť přibližně 10 km. Uvedené hodnoty jsou obecně platné pro varianty sítí využívané v České republice. Toto rozlišení uvádím z důvodu pochopení struktury mobilní sítě, tj. že nelze uvažovat pouze o vysílačích s konstantní velikostí pokrytí a toto rozdělení je jedním z důvodů rozdílů ve velikosti sektorů, jak bude uvedeno v další části práce [22].



Obrázek 4 – Typy BTS dle velikosti pokrytí [40]

3.9 Lokalizace

Pojem lokalizace znamená *určení lokality* (umístění) *objektu* v prostoru. Ve vztahu k IZS je lokalizace události jedním ze základních cílů složek IZS a metoda lokalizace volajícího je jedním z nástrojů ke splnění tohoto cíle. U složek IZS došlo k využití lokalizace volajícího poprvé s příchodem tísňové linky 112, neboť zpřístupnění informace o poloze volajícího je jednou z legislativních podmínek Evropské unie. Lokalizace, jakkoliv může pomoci právě v rámci *mimořádné události*, je rovněž velkým zásahem do soukromí v případě lokalizovaných osob. Právo na soukromí je jedním z bodů základní listiny lidských práv a svobod, kde je ve vztahu k lokalizaci osob nejvíce dotčena oblast *ochrany osobních údajů* a práva na svobodný pohyb, pokud by byla data zneužívána ke kontrole pohybu osob. Lokalizační údaje jsou považovány za součást osobních údajů, jejichž ochrana je definována zákonem č. 101/2000 Sb. o ochraně osobních údajů. Dalšími důležitými právními předpisy zabývajícími se lokalizací jsou směrnice Evropského parlamentu a rady 2002/58/ES o zpracování osobních údajů a o ochraně v odvětví elektronických komunikací a zákon č. 127/2005 Sb. o elektronických komunikacích. Tyto zákony dbají na to, aby veškerá lokalizační data, kterými disponuje např. telefonní operátor, byla anonymizována a nemohla tak být zneužita. Výjimku tvoří např. vyhláška 238/2007 Sb. o předávání údajů pro účely tísňových volání, či zákon 273/2008 Sb. o Policii.

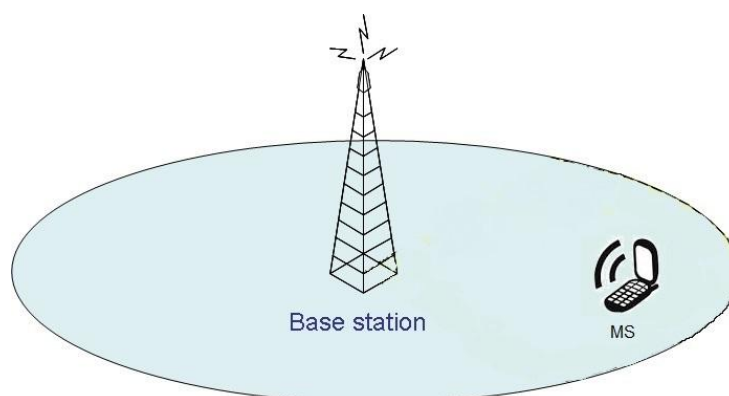
4 Lokalizační metody

Veškeré níže uvedené způsoby lokalizace mobilního telefonu vycházejí v principu z informací, které lze získat z *komunikace* mobilního telefonu se základnovými stanicemi (BTS). Polohu mobilního telefonu lze určit podle použité metody lokalizace s různou přesností. Mobilní telefon komunikuje s BTS, jehož signál je v daném místě nejlepší, to ovšem nutně neznamená, že se jedná o nejbližší BTS. Metod pro lokalizaci je celá řada, ale v rámci práce si představíme základní a nejpoužívanější metody doporučené pro složky IZS asociací EENA. Zkratka EENA znamená European Emergency Number Association a jedná se o asociaci zřízenou v rámci Evropské unie, věnující se celoevropsky záchranným složkám dosažitelných na lince tísňového volání 112. Metodám lokalizace v rámci IZS je věnován dokument s názvem „Caller Location in Support of Emergency Services“. Metody lze rozdělit na ty, které lze realizovat za

pomocí údajů získaných ze samotného tísňového hovoru a na metody s nutností bližší spolupráce složek IZS a mobilního operátora [23].

4.1 Cell ID

Samotný termín Cell ID je v obecné terminologii označení pro konkrétní BTS (vysílač). Jak bylo uvedeno v popisu fungování mobilní sítě, síť se skládá z jednotlivých buněk neboli cell, znamená to tedy, že každá BTS nese své jedinečné číselné označení. Mobilní operátor musí znát a zná přesnou polohu každé své BTS. Jelikož každá BTS obsluhuje vždy konkrétní část území, můžeme touto metodou získat hrubou lokalizaci MS s přesností odpovídající velikosti území pokrytého konkrétní BTS. Samotná přesnost této metody dále významně spočívá v hustotě BTS, analogicky čím více BTS bude pokrývat určitou část území, tím jemnější a přesnější lokalizace pomocí této metody bude. Přesnost této metody bude tedy daleko větší v městech, kde je hustota BTS daleko větší než v oblastech s nižší hustotou obyvatelstva [23].



Obrázek 5 – Pokrytí BTS [39]

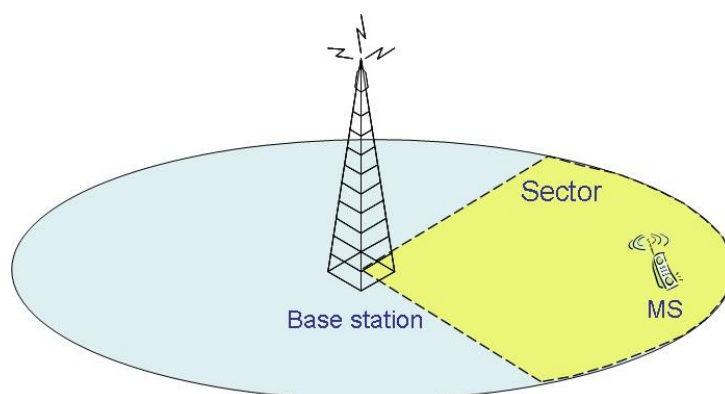
Využitím této metody s použitím běžných hodnot dosahu mobilního signálu uvedených typů sítí, získáme kruhovou oblast o různé výměře. Tato oblast definuje plochu, na které se volající nalézá.

Typ sítě	Dosah (km)	Plocha (km ²)
2G	15	706,86
3G	5	78,54
4G	10	314,16

Tabulka 1 – Velikost pokrytí dle běžných hodnot dosahu signálu [vlastní zpracování]

4.2 Cell ID + sektor

Tato metoda vychází ze skutečnosti, že každý vysílač je rozdělen na 1-4 *sektory*, jelikož jsou k pokrytí oblasti využívány směrové antény. Proto jsme schopni plochu, jak je vyznačena na obrázku č. 5, dále rozdělit viz obrázek č. 6. Každý sektor, jsme schopni pomocí jeho označení identifikovat jedinečným číselným označením, odpovídající vždy konkrétní BTS. Díky této metodě jsme schopni přesněji určit oblast, kde se mobilní telefon nachází. V praxi se pro označení sektoru také využívá hodnota označená jako Cell ID, pro další rozlišení využijeme zkratku CID. Každému sektoru je tak přiřazena jedinečná hodnota CID. V dalším znění práce tak pojem CID bude reprezentovat konkrétní sektor [23].



Obrázek 6 – Rozlišení sektoru BTS [39]

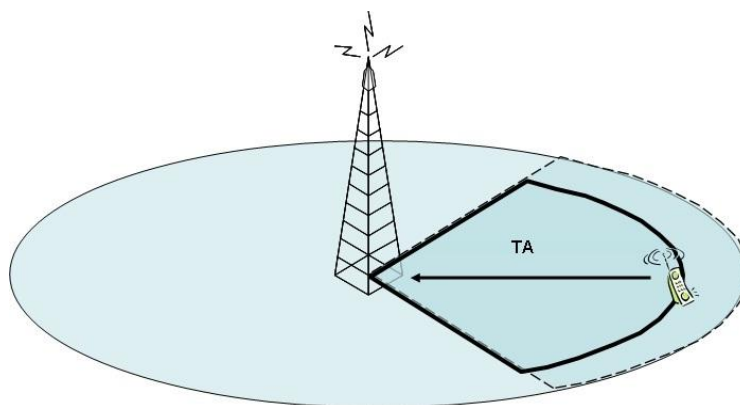
Touto metodou jsme schopni blíže definovat oblast, kde se volající nachází. Pokud budeme uvažovat počet sektorů v počtu 3 pro jeden vysílač, pak jsme schopni určit oblast 3x přesněji:

Typ sítě	Dosah (km)	Plocha (km ²)
2G	15	235,62
3G	5	26,18
4G	10	104,72

Tabulka 2 – Velikost pokrytí dle běžných hodnot dosahu signálu s rozdělením sektorů [vlastní zpracování]

4.3 Cell ID + sektor + zpoždění signálu

Tato metoda je opět vylepšenou variantou té předchozí. V principu jde o přidání dalšího procesu, zahrnující měření hodnoty *zpoždění signálu* při komunikaci mezi MS a BTS. Na základě použitého typu mobilní sítě je tato hodnota označena buď TA (timing advance) v případě GSM sítě. V rámci 3G sítě je tato hodnota označena jako PD (propagation delay) a v případě 4G sítě se vracíme opět k označení TA. Hodnota zpoždění signálu je nezbytná v komunikaci mezi BTS a MT a zajišťuje synchronizovaný přenos dat a hlasu. Mobilnímu operátorovi je známa bez nutnosti jejího zvláštního měření. Využitím této metody se opět sledované území významně zpřesňuje, viz obrázek č. 7. [23].



Obrázek 7 – Měření zpoždění signálu [39]

4.3.1 Upřesnění k zpoždění signálu

Důvodem, zabývání se každou generací mobilní sítě zvlášť, je v souvislosti s lokalizací právě zpoždění signálu. Každá varianta mobilní sítě dokáže tuto hodnotu měřit s jinou granularitou a v jiném rozsahu. Jednotlivé varianty a výpočty jsou popsány v odborných publikacích a pro tuto práci není nutná jejich detailní znalost. Rozdílné hodnoty vyplývají z využití různých frekvenčních pásem a různých typů modulací signálu. Důležité jsou ale jejich závěry uvedené v tabulce č. 3 [24].

Zpoždění signálu TA/PD/TA (μs)	2G		3G		4G	
	od (m)	do (m)	od (m)	do (m)	od (m)	do (m)
0	0	550	0	234	0	78
1	550	1100	234	468	78	156
2	1100	1650	468	702	156	234
3	1650	2200	702	936	234	312
4	2200	2750	936	1170	312	390
5	2750	3300	1170	1404	390	468
6	3300	3850	1404	1638	468	546
7	3850	4400	1638	1872	546	624
8	4400	4950	1872	2106	624	702
9	4950	5500	2106	2340	702	780
10	5500	6050	2340	2574	780	858
...
64/56/1278		35300		13104		99996

Tabulka 3 – Vzdálenosti na jednotku zpoždění signálu pro daný typ mobilní sítě [24]

Z tabulky je zřejmá schopnost v rámci jednotlivých technologií provádět lokalizace na základě zpoždění signálu s různou přesností. V rámci 2G sítě jednotce zpoždění odpovídá vzdálenost 0-550 m. U 3G sítě jednotce zpoždění odpovídá vzdálenost 0-234 m a v případě 4G sítě jsme schopni rozlišit vzdálenost na úrovni 0-78 m. Z parametru zpoždění signálu vychází i maximální dosah jednotlivých typů mobilní sítě.

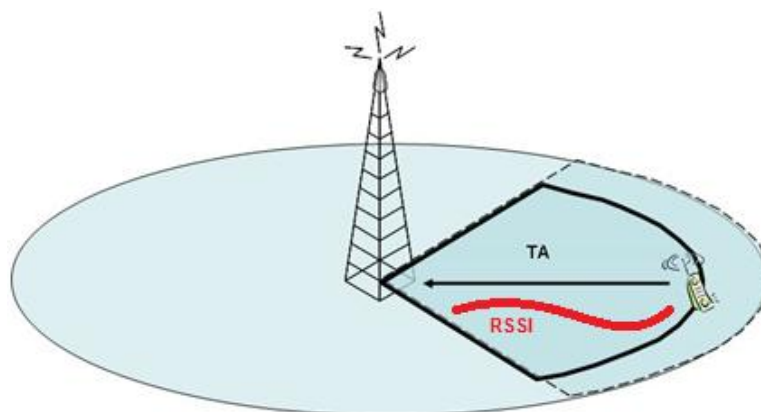
Analogicky, jak v předchozích dvou případech, uvádím v tabulce využití této metody s použitím hodnot z tabulky č. 3, coby parametr dosahu a uvažovaném rozdělení na 3 sektory. Předpokladem je opět rovnoměrně kruhové šíření signálu. Vzhledem k již významně přesnější lokalizaci uvádím v tabulce i délku strany čtverce s touto výměrou pro názornější představu velikosti plochy s výskytem volajícího.

Typ sítě	Dosah (m)	Plocha (m ²)	Délka strany čtverce (m)
2G	550	316616,67	562,69
3G	234	57311,28	239,40
4G	78	6367,92	79,80

Tabulka 4 – Velikost plochy pokrytí s využitím zpoždění signálu [vlastní zpracování]

4.4 Cell ID + sektor + zpoždění signálu + síla signálu

Jedná se o rozšíření předchozí metody o parametr RSSI (Received Signal Strength Indicator), který udává *sílu* obdrženého *signálu*. Hodnota RSSI je udávána v decibelech. Využití této metody je již silně závislé na mobilním operátorovi, jelikož vychází z matematických modelů jeho mobilní sítě. Tyto modely obsahují intenzitu signálu v rámci každého sektoru. Výšeč určená *zpožděním signálu* je tak dále zpřesněna o místo s odpovídající *intenzitou signálu*. Jedná se již o pokročilou lokalizační metodu, v rámci které je nutná přímá spolupráce s mobilním operátorem. Poněvadž jde o zpřesnění předchozí metody, lze očekávat opět bližší vymezení oblasti [23].

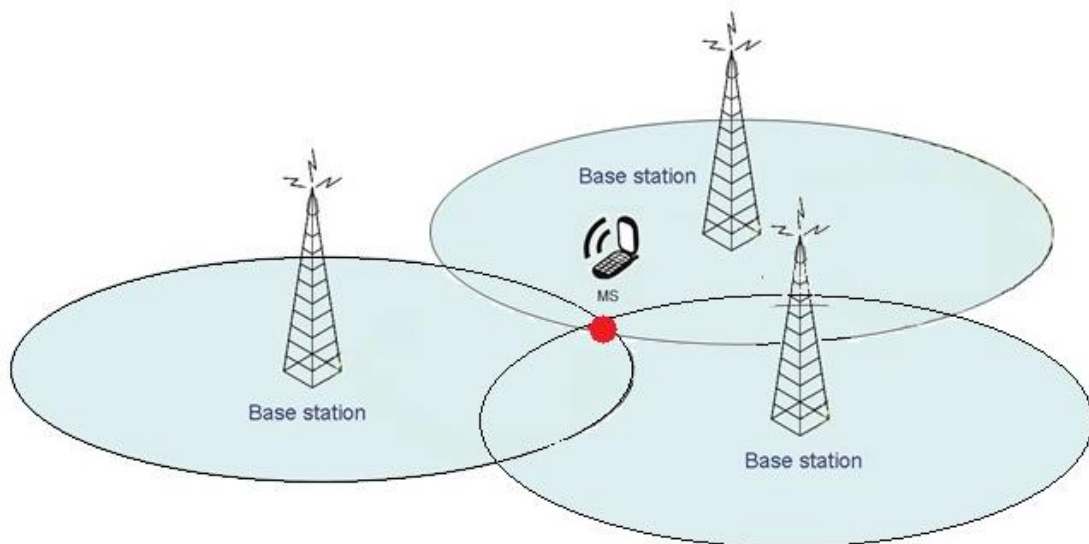


Obrázek 8 – Kombinace měření zpoždění a síly signálu [39, vlastní zpracování]

4.5 Triangulace

Existuje celá řada *lokalizačních metod* využitelných v mobilní síti, avšak jen za různých podmínek. V rámci přesné lokalizace mobilního telefonu je často skloňován termín triangulace. Jedná o metodu založenou na principu nalezení průsečíku oblouků kružnic, určující místo, kam svým signálem zasahují tři nejsilnější BTS v okolí hledaného telefonu. Metodu lze dále zpřesnit pomocí měření zpoždění signálu i síly signálu, což ve výsledku poskytuje velmi přesnou lokalizace v řádech desítek metrů. Pro využití této metody je však nutná speciální úprava mobilního telefonu či aktivní vyhledávání ze strany mobilního operátora a proto se stává tato metoda obtížně využitelnou. Pro *automatizovaný* lokalizační proces v rámci tísňového hovoru je tento způsob lokalizace nepoužitelný a můžeme jej využít pouze během společné spolupráce

IZS a mobilního operátora. Ze všech uvedených lokalizačních metod je tato nejpřesnější, ovšem provádění tohoto typu lokalizace je i poměrně časově náročné a může se pohybovat v řádu desítek minut [23].



Obrázek 9 – Triangulace [39, vlastní zpracování]

4.6 Shrnutí lokalizačních metod

Z pěti uvedených *lokalizačních metod* se v rámci práce budu blíže věnovat prvním třem metodám. Důvodem je skutečnost, že tyto metody lze využít samostatně již na základě nastavené spolupráce mezi IZS a mobilním operátorem. Další specifická spolupráce mobilního operátora a IZS sice může znamenat výrazné zpřesnění lokalizace, avšak zároveň i výrazné prodloužení reakční doby, protože se již nejedná o automatizovaný proces, ale je třeba aktivní kontaktování ze strany OPIS konkrétního mobilního operátora, a ve spolupráci s ním se pokusit o upřesnění lokalizované oblasti. Metody umožňující *automatizované* zpracování znamenají výrazně rychlejší schopnost reakce, což i spolu s méně přesnou lokalizací může velmi ovlivnit úspěch záchranné operace z důvodu kritického parametru, kterým je *čas*. I na základě použití obecně běžných hodnot dosahu mobilního signálu je zřejmý rozdíl mezi jednotlivými metodami.

5 Důvody využití lokalizace volajícího

Znalost lokality, odkud je volána *tísňová linka*, je velice důležitá pro záchranné složky. Tato znalost zabezpečuje schopnost rychlejšího zásahu a v jistých případech pomáhá ověřit pravdivost informací od volající osoby. Tímto je myšleno především zneužití *tísňových linek*, kdy si volající vymyslí *mimořádnou událost* v jisté lokalitě, ale pomocí lokalizace jsme schopni ověřit, zda se v dané lokalitě a jejím okolí skutečně nachází či nikoliv. Tuto informaci je samozřejmě nutné využít v širším kontextu dalších informací od volajícího. Rovněž pomůže rychle *identifikovat* správnou lokalitu v případě, kdy její název sdílí více lokalit v zemi. Příkladem je např. obec s názvem Petrovice, vyskytující se v České republice 14krát. Dalším případem může být zraněná a dezorientovaná osoba, která je schopná popsat pouze objekty, které reálně vidí nebo si pamatuje jako poslední, pak je s upřesněním lokality v rámci mapových podkladů možnost oblast blíže specifikovat. Z pohledu zdravotnické záchranné služby rychlost zásahu zásadně ovlivňuje kvalitu této služby. Statistiky uvádí, že v případě osob v přímém ohrožení života jedna minuta znamená zvýšení šance přežití o 24%. Lokalizace může rovněž napomoci v omezení redundance *tísňových hlášení*, ve smyslu schopnosti rozeznat jednu událost nahlášenou větším počtem volajících [23].

Metodika získávání informace o lokalitě je uvedena pro mobilní operátory působící v ČR, tedy O2, Vodafone, T-Mobile a U:Fon. Do výzkumu není nutné zahrnovat virtuální operátory, jelikož ty své služby nabízí v rámci sítí společností O2, Vodafone nebo T-Mobile a využívají tak metod svých mateřských sítí. Veškerá praktická měření probíhala v rámci mobilní sítě T-Mobile. Měření probíhala v uvedených lokalitách za pomoci specializovaných aplikací v mobilním telefonu a pomocí dat z GIS společnosti T-Mobile.

6 Analýza prostředků sloužících k lokalizaci volajícího

Schopností lokalizace volajícího v rámci složek IZS disponují operační a informační střediska (OPIS). Zabývat se funkcí, výbavou a možnostmi OPIS, je tedy pro téma práce důležité. Možnost využití lokalizace je závislá na technickém vybavení OPIS. Jedná se zejména o SW vybavení, umožňující vizualizaci a zpracování předaných lokalizačních dat, dále dostatečně výkonný HW pro využití takového SW a v neposlední řadě dostupnost databází, obsahující klíčová zdrojová data využitelná k lokalizaci i identifikaci volajícího.

6.1 Analýza operačních středisek IZS

Tato práce je zpracovávána v době, kdy probíhá ze strany státní správy zásadní změna právě v oblasti koordinace IZS. S ohledem na aktuálnost práce se budu zabývat cílovým stavem programu, jenž nese označení „Jednotná úroveň informačních systému operačního řízení a modernizace technologií pro příjem tísňového volání základních složek integrovaného záchranného systému“. Jedná se o soubor programů v oblasti informačních a komunikačních technologií, jejichž cílem je systémová modernizace technologií a činností v rámci příjmu tísňového volání a operačního řízení na operačních střediscích základních složek integrovaného záchranného systému (Policie ČR, Zdravotnické záchranné služby krajů a Hasičský záchranný sbor ČR). Tento program je spolufinancován Evropskou unií v rámci Integrovaného operačního programu, který je zaměřen právě na operační střediska základních složek IZS. Přesto, aby lépe vyzněla důležitost tohoto projektu, je dobré připomenout, jaký stav panoval a částečně ještě panuje v rámci spolupráce složek IZS.

Všechny tři základní složky IZS využívají OPIS, umístěný v jednotlivých krajích, takže ve všech případech se jedná o 14 krajských operačních středisek (dále KOPIS). Jelikož zřizovatelem každé složky IZS je vždy jiný subjekt, nebylo k OPIS každé ze složek přistupováno jednotně ve smyslu technické i technologické vybavenosti. Mimo rozdílnou vybavenost napříč jednotlivými složkami IZS bylo možné vysledovat i rozdílnou vybavenost napříč konkrétní složkou a jejími KOPIS. Výsledkem, byla soběstačnost každého operačního střediska v rámci vlastní agendy, ale v případě

spolupráce s další složkou IZS neexistovala jednotná platforma a standardy pro předávání informací v důsledku čehož [25]:

- Nebylo možné sdílet události
- Vyžádání součinnosti nebylo možné provádět datově
- Nebyla sdílená poloha sil a prostředků na místě
- Nebyl společný mapový základ
- Nemožnost přípravy na zásah v předstihu
- Zdržení během zahájení součinnosti
- Obtíže při řízení společných zásahů
- Ne vždy bylo možné využít lokalizaci volajícího

Funkce lokalizace volajícího z mobilního telefonu byla od spuštění linky 112 dostupná pouze na TCTV a tím i pro KOPIS HZS. V případě KOPIS ZZS byla možnost lokalizace využitelná v krajích, disponující systémem S.O.S, což je systém pro řízení provozu operačního střediska vyvinutý společností PER4MANCE. Tento systém byl nasazen v rámci krajů: Jihomoravský, Pardubický, Plzeňský, Ústecký, Hlavního města Praha a Karlovarský, tedy v šesti krajích z celkových čtrnácti. OPIS PČR využívají systému Dispečer-Maják158, který lokalizaci volajícího z mobilního telefonu neumožňuje. Obecně se informace o schopnosti lokalizace volajícího v rámci operačního střediska většinou vztahovala na lokalizaci volání z pevných linek.

Nové řešení má za cíl vytvořit Národní informační systém integrovaného záchranného systému (dále NIS IZS). Primárně z tohoto projektu plynou výhody pro vzájemnou spolupráci složek IZS ale i pro jednotlivé složky samotné. Druhotnou ale neméně důležitou výhodou je sjednocenost celé platformy, která je zásadní při spolupráci s dalšími subjekty, jako je např. mobilní operátor. Sdílení dat a platformou umožní sdílení informací mezi subjekty IZS i externími subjekty, které budou moci využívat unifikované rozhraní i formát dat a sdílet je s jednou centrální databází, na kterou budou připojeny složky IZS. Sjednocením prostředků se zvýší do jisté míry i zastupitelnost jednotlivých KOPIS. Zastupitelnost přichází ke slovu ve chvíli, kdy jsou všichni operátoři daného KOPIS obsazeni, pak je hovor automaticky přesměrován na jiné KOPIS. Takto fungovalo přepojování v rámci jednotlivých KOPIS i dříve, ovšem nyní dojde k rovnocennému zpracování a výtěžení informací napříč všemi KOPIS.

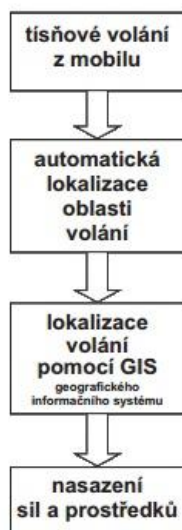
Výhody nového řešení [25]:

- Snížení následků mimořádných událostí v případě společných akcí více složek IZS díky rychlejším a provázanějším zásahům
- Plně dostupné tísňové volání
- **Přesnější určení místa mimořádné události**
- Okamžité zahájení činností potřebných složek IZS
- Unifikované technologie pro příjem tísňového volání a její škálovatelnost
- Jednotná komunikační infrastruktura řízení
- Efektivní sdílení informací mezi složkami IZS a koordinace společných zásahů
- Monitoring a měření výkonnosti
- Zvýšení efektivnosti bez navýšení nákladů na provoz
- **GIS – společné mapové podklady bez omezení vkládání vlastních vrstev a možnost volání GIS služeb**

Shrnutím je sjednocení technologické vybavenosti napříč všemi KOPIS, včetně funkcionality zjištění polohy volajícího čísla a možnosti vizualizace mimořádné události v rámci GIS. Plánovaný stav má umožnit všem složkám IZS stejné možnosti, kterými nyní disponuje TCTV. Naplnění tohoto programu je v podobě vzniku integrovaných operačních středisek a jejich následné připojení do programu NIS IZS.

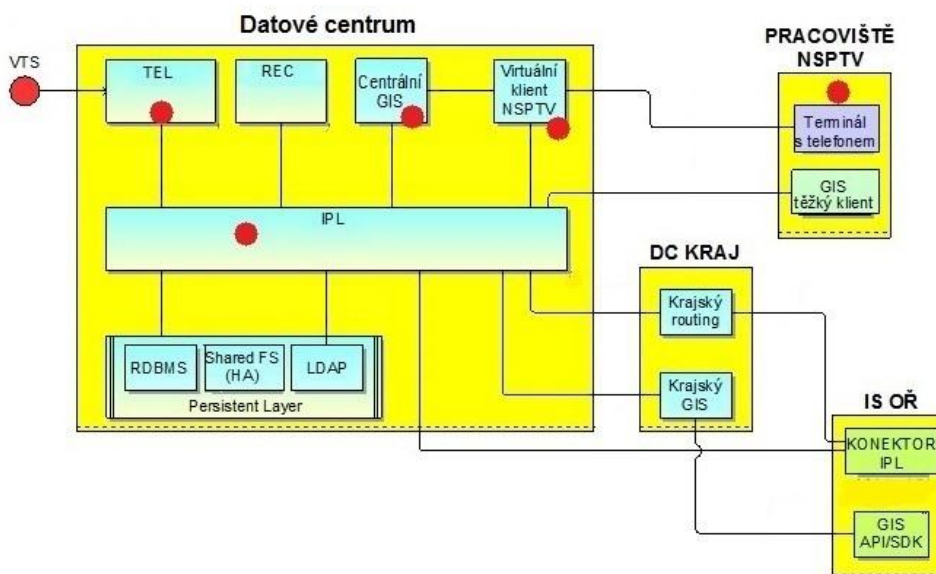
6.1.1 Technické vybavení OPIS pro lokalizaci

Technické řešení pro lokalizaci musí dodržet podobu scénáře tísňového volání. V rámci lokalizačního procesu může vypadat scénář následovně viz obrázek č. 10.



Obrázek 10 – Scénář tísňového volání [vlastní zpracování]

Pro názornost a vysvětlení nového řešení nejlépe poslouží aplikační architektura NIS IZS [26].



Obrázek 11 – Aplikační architektura NIS IZS [26, vlastní zpracování]

Obrázek č. 11 znázorňuje aplikační architekturu nového informačního systému NIS IZS. V rámci scénáře tísňového volání můžeme v architektuře vyznačit prvky, které mají v procesu lokalizace svoji roli. Tyto prvky jsou na schématu označeny červenou tečkou.

- VTS – veřejné telefonní sítě
- TEL - telefonie
- IPL – integrační platforma
- Centrální GIS
- Virtuální klient NSPTV
- Pracoviště NSPTV

Veřejné telefonní sítě představují mobilní nebo pevné telefonní sítě, využívané pro tísňové linky. Telefonie reprezentuje pro zjednodušení vlastní telefonní ústředny OPIS, které zajišťují spojení hovoru s telefonním operátorem a spojení v rámci vnitřního provozu OPIS. Jak je ze schématu patrné, tak jakékoliv živé informace ze sítě telefonního operátora jsou v rámci tísňového hovoru předávány výhradně tímto spojením na úrovni přenosu hlasových služeb a *hovorové signalizace*. Neexistuje žádné jiné aplikační propojení na telefonního operátora. Znamená to, že veškeré informace sloužící k lokalizaci volajícího jsou předány prostřednictvím hovorové signalizace, kterou spolu komunikují telefonní ústředny telefonního operátora a OPIS. V rámci hovorové signalizace jsou předávány informace o volajícím a volaném čísle. V případě volání z pevné sítě postačí disponovat databází, která přiřadí telefonnímu číslu konkrétní adresu, tato databáze nese označení INFO35. V případě volání z mobilní sítě však taková možnost neexistuje a je zde nutné získat informaci a lokalitě jiným způsobem.

Celá hodnota jak volajícího, tak volaného čísla je dále zpracována v integrační platformě. Integrační platforma představuje propojovací infrastrukturu pro integraci aplikací a služeb, zajišťuje nízko úroňové funkce jako je přenos dat, jejich validace a transformace. V rámci integrační platformy dojde k rozlišení samotného telefonního čísla a informace o lokalitě. Integrační platforma porovná hodnotu telefonního čísla s již existujícími záznamy o telefonním čísle, které jsou vytvářeny jak automaticky, tak manuálně operátory OPIS. Tyto záznamy obsahují počty volání daného čísla, zda

nebyla z čísla uskutečňována zbytečná a obtěžující volání apod. Hodnota telefonního čísla je dále přenesena do virtuálního klienta NSPTV (Národní systém příjmu tísňového volání). Informace o lokalizaci, číslu volajícího a celá řada dalších je následně přenesena na pracoviště NSPTV na konkrétní stanici obsluhovanou operátorem OPIS, informace jsou interpretovány GIS klientem.

Z uvedeného popisu technického řešení vyplývá zásadní závěr, že za současné situace nebude OPIS samo o sobě nikdy disponovat jinou informací o lokalizaci, než kterou získá na základě hodnoty předané v rámci samotného telefonního hovoru. Tato skutečnost sice odpovídá i prvním třem lokalizačním metodám, přesto z této skutečnosti plynou jistá omezení s ohledem na přesnost, ačkoliv by tomu ani za stávajícího stavu tak nemuselo být.

6.2 GIS

Využití GIS představuje nezbytný a účinný *nástroj pro lokalizaci* nahlašované *mimořádné události*. Mimořádná událost díky GIS dostává přesnou geoprostorovou informaci. Náhled na GIS aplikaci využívanou TCTV je na obrázku č. 12, zároveň jde o ukázkou lokalizace mobilního telefonu pomocí tohoto systému. Aktuálně je v rámci TCTV využíváno řešení společnosti ESRI a to jak pro aplikační, serverovou i databázovou část.

V systému NIS IZS dojde k vytvoření společné datové základny, která bude zdrojem *referenčních dat* pro všechny složky IZS a bude obsahovat všechny sdílené jednotné číselníky a registry. Struktura systému sestává ze tří úrovní, zahrnující centrální GIS, krajský GIS a klient GIS.

- Správa metadat je zajištěna na všech třech úrovních
- Základní mapové podklady jsou získávány a zpracovány centrálně a distribuovány do všech připojených pracovišť – základny systému
- Specifické vrstvy jednotlivých složek IZS jsou uchovávány na úrovni těchto složek

V případě výpadku centrální databáze jsou jednotlivé složky schopny zajistit dílčí replikaci a synchronizaci geodat [26].

6.2.1 Lokalizace volajícího v rámci GIS

Z pohledu GIS rozlišujeme dva typy *lokalizace* s ohledem na dodaná data od mobilního operátora. Vyjádření oblasti je uskutečněno buď *polygonem* (plochou) nebo pomocí *souřadnic*. Každému polygonu je přiřazen atribut s tzv. indexem oblasti, jenž je při realizaci hovoru přijat GIS klientem, následně je vyhledán a zobrazen příslušný polygon. Pro možnost zobrazení polygonu je nutné sdílet příslušnou vrstvu v systému GIS. V řešení NIS IZS není způsob sdílení geografických vrstev zřejmý. V případě druhého způsobu lokalizace je přijata přímo souřadnice v systému WGS84. Opět reprezentuje pouze pravděpodobné místo výskytu volajícího, proto se zobrazí jako kruh se středem v dané souřadnici. Přesnost lokalizace volajícího se obvykle pohybuje od 2 do 5 km v závislosti na mobilním operátorovi. Místo události lze následně ručně zpřesnit zadáváním jednotlivých místopisných entit (obec, adresa) v „textové“ části aplikace. Velice užitečnou funkcí představuje také zobrazení všech řešených událostí v celé ČR. Díky tomu lze eliminovat založení nové události do systému, pokud již stejnou událost nahlásil někdo jiný. Na obrázku č. 12 je zobrazena lokalizace pomocí souřadnicového systému WGS84 [27] [32].

Typ kódování	Struktura volaného čísla
P=1	xxxxx yyy P ssssdddd
P=2	xxxxx yyy P zzzz
P=3	xxxxx yyy P 0vvv0vvv nebo kkkkuuuu
P=4	xxxxx yyy P tttt

Tabulka 5 – Typy kódování lokalizace v hovorové signalizaci [28]

Parametr **xxxxx** označuje oblast volání, která vychází z číslovacího plánu síťových směrovacích čísel ČTÚ a je rozlišena na úrovni krajů. Následuje číslo tísňové linky **yyy**, parametr **P** udává typ kódování v mobilní síti. Až potud je forma pro všechny mobilní operátory stejná, liší se však mobilním operátorem předaná informace o lokalitě.

V případě operátora T-Mobile je předáváno kódování P=1, kde **sss** je šifrovaná zeměpisná šířka a **ddd** je šifrovaná zeměpisná délka. Souřadnice udávají tzv. referenční bod. Referenčním bodem je udán tzv. best server BTS, který je reprezentován geometrickým těžištěm oblasti, v níž je daná buňka dominantní. Best server je v nastavené terminologii konkrétní sektor, v rámci kterého se volající nachází. Souřadnice jsou udány s přesností na 1 zeměpisnou minutu. Údaje jsou šifrované a šifrovací klíč se pravidelně mění. Referenční bod je udáván v systému WGS84, což je světový geodetický systém a standard v oblasti geolokace.

V případě operátora O2 je předáváno kódování P=2, kde **zzzz** udává index oblasti dle O2. Index oblasti je v případě O2 tvořen cca 1200 oblastmi. Z počtu oblastí plyne, že velikost oblasti je poměrně značná, v průměru 65 km² s ohledem na přibližnou rozlohu České Republiky 79 000 km². Počet oblastí musí být co nejvyšší v závislosti na roční průměrné míře pravděpodobnosti výskytu volajícího uvnitř identifikované oblasti, která nesmí být nižší než 70 %. Seznam indexů oblastí aktualizuje mobilní operátor vždy k 30. červnu příslušného kalendářního roku. Fakt, že je lokalizovaná oblast vyznačena plochou znamená sdílení mapové vrstvy ze strany mobilního operátora pro využití v GIS nástroji IZS [29] [30].

U operátora Vodafone je předáváno kódování P=3, kde **kkkk** udává zeměpisnou šířku a **uuuu** zeměpisnou délku referenčního bodu případně je předávána informace **vvv** udávající index oblasti podobně jako O2. Hodnota 0 slouží pro rozlišení předané

informace, zda jsou předány souřadnice referenčního bodu či index oblasti. Referenčním bodem je v případě Vodafone poloha BTS. Rovněž je zde využit systém WGS84. V další části práce bude u operátora Vodafone uvažováno s metodou předávání referenčního bodu s polohou BTS z důvodu větší přesnosti této metody.

Operátor U:Fon v parametru **tttt** udává geografickou polohu volajícího účastníka vyjádřenou geografickou polohou „best server BTS sektor“ pomocí 5 dekadických čísel, kde první 2 čísla představují kód oblasti, další 2 čísla číslo BTS a poslední číslo je označení sektoru. Výslednou lokalizací je polygon neboli plocha.

V případě operátorů T-Mobile a Vodafone je výsledkem lokalizace konkrétní bod, který v rámci každého operátora udává jinou informaci. Operátor O2 a U:fon definuje oblast, přičemž u O2 je navíc vyznačen i její střed.

6.4 Současná legislativa týkající se lokalizace volajícího

Legislativní rámec vymezuje *povinnost* telefonního operátora vůči složkám IZS. Hlavním zákonem definujícím povinnosti telefonního operátora je zákon o elektronických komunikacích č. 127/2005 Sb. V zákoně o elektronických komunikacích se otázce lokalizace věnuje článek § 33 odstavec 2. a 3. v následujícím znění [17]:

„(2) Podnikatel poskytující veřejně dostupnou službu elektronických komunikací pro originaci národních volání prostřednictvím veřejné pevné komunikační sítě je povinen poskytovat bezodkladně a bezplatně podnikateli zajišťujícímu připojení k veřejné pevné komunikační síti subjektu, který provozuje pracoviště pro příjem volání na čísla tísňového volání, aktuální osobní údaje všech svých účastníků-fyzických osob a identifikační údaje všech svých účastníků-právnických osob pro lokalizaci, popřípadě identifikaci volajícího při volání na čísla tísňových volání. Tyto údaje je poskytující podnikatel povinen aktualizovat průběžně, nejméně však jednou za 14 dnů.“

„(3) Podnikatel zajišťující připojení k veřejné pevné komunikační síti subjektu, který provozuje pracoviště pro příjem volání na čísla tísňového volání, je povinen

a) zřídit a vést aktuální databázi údajů uvedených v odstavci 2 včetně údajů o svých účastnících veřejně dostupné telefonní služby a

b) zajistit subjektu, který provozuje pracoviště pro příjem volání na čísla tísňového volání, bezodkladné a bezplatné zpřístupnění jednotlivých údajů z databáze uvedené v písmenu a) způsobem umožňujícím dálkový přístup včetně bezodkladného a bezplatného zpětného přenosu údajů z této databáze. Údaje vedené v databázi lze využívat jen pro lokalizaci, popřípadě identifikaci volajícího při volání na čísla tísňových volání.“

Lokalizaci samotné se blíže věnuje vyhláška č. 238/2007 Sb. o předávání údajů pro účely tísňových volání. V rámci této vyhlášky je lokalizaci mobilního telefonu věnován § 7 ve znění [30]:

„Lokalizace geografické polohy volajícího ve veřejných mobilních telefonních sítích

Pracovišti pro příjem volání na čísla tísňového volání se předávají v rámci systémové signalizace při každém volání na číslo tísňového volání údaje určující

a) geografickou polohu volajícího v souřadnicovém systému WGS84, kterou se rozumí geografická poloha těžiště příslušného sektoru stanice BTS,

b) index oblasti,

c) indexy zvláštních objektů, kterými jsou zejména silniční a železniční tunely a metro, nebo

d) geografickou polohu stanice BTS veřejné mobilní telefonní sítě v souřadnicovém systému WGS84.“

7 Modelový příklad současného řešení lokalizace

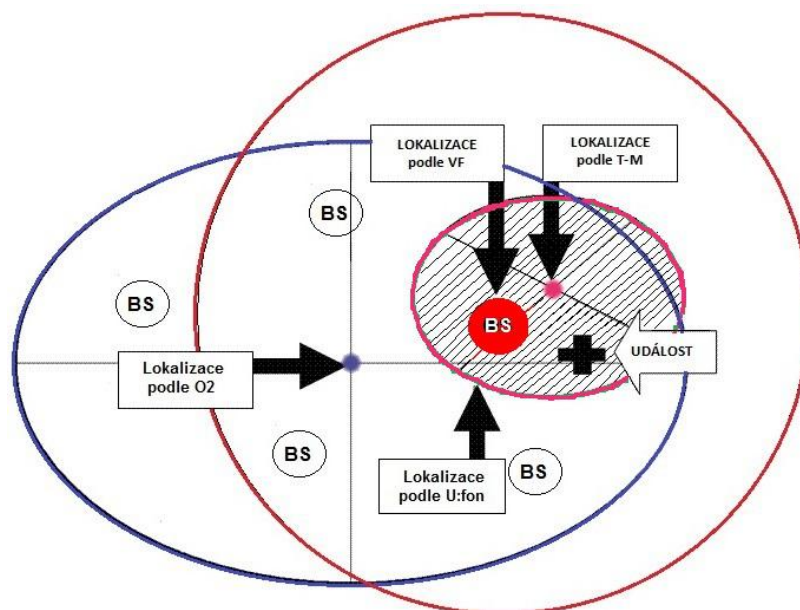
7.1 Přenos signalizace

Mějme situaci, kdy telefonní číslo 737666555 ze sítě T-Mobile volá na tísňovou linku 112. Do telefonní ústředny OPIS přijde v rámci mobilní *signalizace* informace o telefonním čísle volajícího, tedy 737666555. V případě volaného čísla 112, se toto

volané číslo na straně mobilního operátora obohatí o další nezbytné informace ve výsledný formát **xxxxxyyyPsssd**. V praxi vypadá volané číslo následovně: e2147112163089067, kde „e2147“ označuje telefonní oblast (v tomto případě Praha), „112“ je číslo volané tísňové linky, parametr P s hodnotou 1 značí způsob kódování, hodnota „6308“ je šifrovanou zeměpisnou délkou a „9067“ je šifrovanou zeměpisnou šířkou. Uvedené hodnoty slouží pouze pro jejich názornost, hodnota může být libovolná s ohledem na oblast odkud je hovor uskutečněn na základě číslovacího plánu ČTÚ a BTS, spojující hovor v rámci některého z mobilních operátorů působících v ČR.

7.2 Definice lokalizované oblasti

Na uvedeném obrázku je modelové schéma lokalizačních metod všech telefonních operátorů působících v České republice [31].



Obrázek 13 – Schéma lokalizačních metod [31, vlastní zpracování]

7.2.1 O2

Průsečík os oválů představuje jejich geometrický střed. Modrý ovál definuje oblast udanou operátorem O2, informace daná indexem oblasti poskytuje nejobecnější informaci o lokalitě. Operátorovi OPIS bude zobrazena poloha průsečíku os včetně celé oblasti. V rámci jedné indexované oblasti se zpravidla nachází několik BTS. Ve vztahu k zákonné povinnosti, tak O2 předává informaci požadovanou vyhláškou č. 238/2007

Sb. § 7b. S lokalizačními metodami uvedenými v teoretické části práce a doporučenými asociací EENA, v rámci této metody zde nenalezneme žádnou shodu.

7.2.2 Vodafone

Červený kruh definuje informaci získanou ze sítě Vodafone v případě získání souřadnic referenčního bodu, který je vztažen k poloze BTS. Poloměr kružnice je dán teoretickým dosahem jedné BTS (až 35 km). Ve vztahu k zákonné povinnosti, tak Vodafone předává informaci požadovanou vyhláškou č. 238/2007 Sb. § 7d. Zobrazenou lokalitou je tak pozice BTS. V návaznosti na teoretickou část práce se jedná o nejzákladnější metodu lokalizace. Vodafone disponuje dvěma typy lokalizace, buď pomocí indexu oblasti, nebo pomocí souřadnic udávajících polohu BTS, která je znázorněna i v modelovém schématu a zároveň jde o přesnější metodu z dvou nabízených.

7.2.3 T-Mobile

Růžový ovál představuje oblast danou operátorem T-Mobile a definuje oblast pro dominantní sektor BTS, získanou dle referenčního bodu ze systému WGS84. Ve vztahu k zákonné povinnosti tak T-Mobile předává informaci požadovanou vyhláškou č. 238/2007 Sb. § 7a. Zobrazenou lokalitou je tedy geometrické těžiště best serveru BTS. V rámci uvedených řešení popsaných v teoretické části práce se jedná o přesnější modifikaci základní varianty lokalizace „Cell ID + sektor“.

7.2.4 U:fon

Oblast, určená operátorem U:fon je na obrázku zobrazena šrafováním. V zásadě jde o stejnou informaci jako v případě operátora T-Mobile, ale v tomto případě je vyjádření provedeno prostřednictvím polygonu. Teoretické části práce odpovídá druhá varianta lokalizace s definováním sektoru BTS, tedy „Cell ID + sektor“. Zajímavé je, že aktuální zákonná úprava nenabízí tuto variantu lokalizace, kdy je jejím vyjádřením polygon. Legislativně nejbližší je vůči vyhlášce. 238/2007 Sb. § 7a, avšak ta popisuje tuto metodu prostřednictvím udání konkrétního bodu reprezentující geometrický střed

oblasti a nikoliv polygon. Definování oblasti pomocí polygonu je však jednoznačnější, co do pochopení získané informace o lokalizaci než pouhý bod. Vzhledem k způsobu zakódování lokalizačních údajů není možná jejich interpretace, aniž by operátor U:fon dodal polohy a rozměry jednotlivých sektorů přímo do GIS NIS IZS.

7.3 Příklad přesnosti lokalizace jednotlivých operátorů

Pro větší názornost poslouží modelový příklad s BTS obsluhující plochu 1,6 km² a čtyřmi sektory s rovnocenným rozdělením oblastí. Tento vysílač se nachází v rámci oblasti, která je definována jedním indexem oblasti a má plochu 65 km² (průměrná velikost oblasti). Využitá je hodnota průměrné velikosti 2G sektoru v Praze, z tabulky č. 10 zaokrouhlena na 0,4 km².

Operátor	Metoda lokalizace	Velikost plochy lokalizované oblasti	Zobrazená informace
T-Mobile	Cell ID + sektor	0,4 km ²	bod
O2	Index oblasti	65 km ²	plocha
Vodafone	Cell ID	1,6 km ²	bod
U:fon	Cell ID + sektor	0,4 km ²	plocha

Tabulka 6 – Porovnání přesnosti využívaných lokalizačních metod [vlastní zpracování]

Z výše uvedeného jsou rozdíly v metodách a jejich přesnosti naprosto zřejmé. Vyjádření pomocí samotného bodu nemá takovou názornost jako zvýraznění celé plochy, proto je v GIS nástroji zobrazen kruh, jehož středem je získaný bod. Průměr tohoto kruhu je udáván v rozmezí 2 – 5 km v závislosti na mobilním operátorovi bez jakéhokoli dalšího zpřesnění průměru, pouze na základě toho, zda jde o určení polohy BTS či sektoru [32].

7.4 Výsledky analýzy

Z uvedené analýzy vyplývá několik podstatných závěrů. Mobilní operátoři předávají informace o poloze volajícího při tísňovém hovoru nejednotně, každý podle svých zvyklostí. Legislativa je nejednotná, jak ze strany ČTÚ v rámci síťových plánů, tak zákonných předpisů definovaných ve vyhlášce č. 238/2007 Sb. Vyhláškou je

legislativně pokryta pouze činnost operátora T-Mobile, Vodafone a O2. Operátor U:fon nebere vyhlášku č. 238/2007 Sb. vůbec v potaz, respektive jím využívaná metoda nemá zákonnou oporu a tím operátor nespĺňuje povinnost danou vyhláškou. Tuto skutečnost lze chápat i opačně, tzn., že legislativa nepopisuje metodu operátorem využívanou. Důvodem je zřejmě nízký počet zákazníků, přesto by však měla legislativa s touto metodou počítat, protože operátor U:fon je součástí veřejné telefonní sítě. I přes uvedené nedostatky U:fon využívá nejlepší lokalizační metodu, jelikož určuje sektor a vyjadřuje jej pomocí polygonu.

Celkově se nejproblematictější jeví fakt, že zde není legislativou jasně definovaná jedna konkrétní metoda, která by byla založena na technologických standardech, jenž jsou jasně definovány v rámci mobilní komunikace. Aktuální roztržštěnost tak zvýrazňuje určitou laxnost mobilních operátorů vůči zákonné povinnosti. Operátoři poskytují informace, které již nabízejí svým zákazníkům v rámci placených služeb, či v podobě metod využívaných v provozních statistikách sítě. Jelikož telefonní operátoři jsou soukromými subjekty, je zřejmá neochota sdílení většího množství informací nad rámec zákona, proto je nasnadě otázka, zda by nemělo dojít k zpřísnění zákonné normy. Současné řešení se mi tak jeví příliš benevolentní, což je v obecné rovině v rozporu s řešením mimořádných událostí, které mají složky IZS na starosti a jejichž řešení vyžaduje naopak přísnější nastavení pravidel. Ve vztahu k složkám IZS je pak tato nejednotnost jasným negativem, protože takto získané informace o poloze volajícího získávají příliš obecný rozměr a snižuje se tak význam této služby.

Problémem je také interpretace lokalizovaných dat, postrádající jakoukoliv vazbu pro určení reálné velikosti oblasti, čímž komplikuje vyhodnocení lokalizace. Dále pro informační systém IZS je nutná implementace všech typů kódování informace obsahující lokalizační údaje a dle mého názoru se tak zbytečně zvyšuje komplikovanost systému lokalizace. Ve vztahu k lokalizované osobě je tento dopad rovněž negativní, protože v případě tísňového volání je žádoucí potřeba udání polohy volajícího s co největší přesností od prvního okamžiku. Aktuální stav se tak dá v extrémním případě chápat i jako možnost pro zákazníka telefonního operátora vybrat si míru přesnosti s jakou může být ve vztahu k volání na složky IZS lokalizován dle volby poskytovatele. Vzhledem k účelům složek IZS, má být dle mého názoru pevně dána povinnost operátora k poskytování těchto informací v co možná nejpřesnější podobě.

Znalost lokalizačních metod jednotlivých operátorů odhaluje i některé nejasnosti v architektuře NIS IZS. Informace o lokalitě je předána v rámci zpracování tísňového hovoru operátorovi OPIS prostřednictvím NPSTV klienta operačního řízení. Zde je třeba vrátit se k architektuře systému viz obrázek č. 8. Jak bylo uvedeno jediným vstupem telefonního operátora do systému NIS, je samotný telefonní hovor, pak vzhledem k používaným metodám vyvstává několik otázek. Průběh identifikace lokality v rámci operátora T-Mobile a Vodafone je jednoznačný. V rámci hovorové signalizace dojde k přenosu standardizovaných souřadnic v systému WGS84, které jsou následně interpretovány do mapových podkladů v rámci systému GIS a následně zobrazeny v SW klientovi. V případě operátora O2 musí být předáván seznam indexů oblastí včetně definice polygonů. Předávaný seznam musí být vždy aktualizován zásahem do informačního systému. Zákonná povinnost pro operátora je aktualizovat indexy vždy k 30. červnu příslušného kalendářního roku. Již zde je jasné, že předávání informací musí probíhat ještě v jiné rovině, než jen v rámci telefonního hovoru. V případě informací předávaných operátorem U:fon není možné určit lokalizaci bez dalších dodatečných informací od operátora, který musí předat informace o své síti pro určení BTS, sektoru a jeho polohy. Informace o formě předávání dat se mi nepodařilo získat. Nabízí se tak otázka, zda do systémové architektury NIS IZS nemělo být zahrnuto i sdílení informací s mobilními operátory. Zajímavý je rovněž fakt, že v rámci projektu NIS IZS jsou v rámci veřejných mobilních telefonních sítí uvedeny vždy pouze operátoři T-Mobile, O2 a Vodafone, nikoliv však operátor U:fon.

Závěrem této části analýzy je skutečnost nízké podpory legislativy pro složky IZS, benevolentnost vůči mobilním operátorům a zároveň dokazuje značné rozdíly v přesnosti použitých metod lokalizace. Vzhledem k tomu, že NIS IZS nemůže do procesu lokalizace nijak aktivně zasáhnout a pouze interpretuje obdrženou informaci, je tak veškerá logika lokalizace na straně mobilního operátora.

7.4.1 SWOT analýza současného řešení

Silné stránky	Slabé stránky
Pomoc při odhalení falešného tísňového hovoru	Přesnost
Podpora rozhodovacího procesu	Nejednotnost lokalizačních informací
Základní znalost oblasti mimořádné události	Slabá opora v legislativě
Automatizovaný proces	
Příležitosti	Rizika
Využití přesnější metody lokalizace	Chybná interpretace oblasti lokalizace
Sjednocení metodiky lokalizace rozlišení typu mobilní sítě	

Tabulka 7 – SWOT analýza současného řešení lokalizace volajícího [vlastní zpracování]

Silné stránky

Vychází obecně z kladů, které lokalizace volajícího přináší. Nezahrnují konkrétní implementace lokalizace. Kladem je tak bez ohledu na přesnost skutečnost, že přestože nemůžeme oblast specifikovat do požadované míry, můžeme využít znalost dané lokality, protože umožňuje vyloučit některé potenciálně chybné vyhodnocení lokality a ověřit oprávněnost tísňového volání.

Slabé stránky

Omezená přesnost je obecný problém u uvažovaných metod, slabou stránkou je to především z toho důvodu příliš velkého rozdílu v přesnosti napříč operátory. S tím úzce souvisí otázka nejednotné informace o lokalitě, jelikož každý operátor využívá jinou metodu a legislativa, která by měla být sjednocujícím prvkem, zde příliš neplní svou roli a pouze „legalizuje“ současně využívané lokalizační metody našich mobilních operátorů.

Příležitosti

Příležitosti plynou z přísnějších legislativních pravidel, které by v první fázi měly uvažovat o jednotné lokalizační metodě, ideálně pro začátek na úrovni sjednocení metodiky na úroveň operátorů T-Mobile a U:fon, poskytující ze současného výběru nejpresnější lokalizaci. Tímto příležitosti nekončí a je zde velký potenciál využití dalších parametrů mobilní sítě, jako je měření zpoždění signálu a rozlišení typu mobilní sítě.

Rizika

Ze současného stavu využívání služby plyne především riziko chybné interpretace lokalizované oblasti. Riziko plyne nepřesnosti a nejednoty poskytovaných informací ze strany provozovatele mobilní sítě a operátor operačního střediska s tím musí svým způsobem počítat během vyhodnocení tísňového volání. Lokalizace pomocí souřadnicového systému WGS84, nabízející konkrétní bod, může vzbudit dojem přesného určení místa. Naopak zobrazení polygonu na úrovni indexu oblasti, jak je to mu u společnosti O2, vede až k příliš obecné informaci o lokalizaci volajícího.

8 Návrhy na zlepšení lokalizace pro potřeby NIS IZS na základě výsledků analýzy

V rámci návrhu nového řešení lze uvažovat tři varianty. První varianta využívá současnou implementaci služby i technického řešení a vyžaduje sjednocení lokalizačních metod ze strany mobilních operátorů. Druhá varianta využívá současnou implementaci služby i technického řešení, ale vyžaduje větší granularitu lokalizace ze strany mobilního operátora s ohledem na využití zpoždění signálu. Třetí variantou by bylo zavedení sdílení informací mezi mobilním operátorem a NIS IZS ve formě mapových podkladů s informacemi o jednotlivých sektorech ze strany mobilního operátora pro využití informace o zpoždění signálu a interpretace oblasti co by plochy a nikoliv bodu.

8.1 Návrh č. 1 - Využití současné implementace a sjednocení lokalizační metody

Tato varianta spočívá v sjednocení legislativy na aktuálně využívanou nejpřesnější lokalizační metodu, kterou je určení sektoru BTS (best server BTS). Tímto krokem by bylo dosaženo jednoznačné interpretace lokalizace volajícího a v případě operátorů O2 a Vodafone by došlo k zpřesnění sdělované informace. Ze strany legislativy zde není potřeba žádná změna ve formulacích a stačilo by definovat pouze metodu současně popsanou vyhláškou č. 238/2007 Sb. § 7a.

8.1.1 Typ kódování lokalizace

Ze současných variant daných ČTÚ se jeví jako nejlepší volba s ohledem na přesnost kódování P=1 ve formátu **xxxxxyyyPssssdddd**. Využití standardizovaného systému WGS84 zajistí snadnou interpretaci lokalizační informace do GIS NIS IZS. Vyjádření pomocí souřadnic je tak zcela jednoznačné.

8.1.2 Změna na straně mobilního operátora

Protože zdrojem lokalizační informace je mobilní operátor, musí dojít shodně k předávání informace v souřadnicovém systému WGS84, což znamená úpravu databáze mobilního operátora takovým způsobem, aby pro každý sektor své mobilní sítě měl určen geometrický střed oblasti, pokrývající daný sektor. V případě operátora T-Mobile by nedošlo k žádné změně. V případě operátora Vodafone úprava znamená změnu posílaných souřadnic v tísňovém volání. O2 by muselo změnit jednak informace ve své vnitřní databázi, tak aby disponovalo požadovanými informacemi udávajícími geometrický střed sektoru a dále by muselo zajistit jinou úpravu volaného čísla v rámci svých telefonních ústředěn. Obdobnou úpravou jako O2 by musel projít i operátor U:fon.

8.1.3 Přínosy

U této varianty dojde k unifikaci lokalizační metody napříč všemi operátory. Z pohledu OPIS je zde přínos ve vyhodnocení informace o lokalitě, jelikož není potřeba rozlišovat z jaké mobilní sítě je tísňový hovor uskutečněn. V celkovém objemu tísňových hovorů, tak dojde k zpřesnění lokalizace už pouze tímto sjednocením metod. Důvod je popsán tabulkou č. 8, která se odkazuje na hodnoty z modelu popsaného tabulkou č. 6.

Operátor	Přibližný počet zákazníků	Současný stav	Nový stav	Zpřesnění
T-Mobile	6 000 000	0,4 km ²	0,4 km ²	0%
O2	5 100 000	65 km ²	0,4 km ²	16250%
Vodafone	3 300 000	1,6 km ²	0,4 km ²	400%
U:fon	100 000	0,4 km ²	0,4 km ²	0%

Tabulka 8 – Počet telefonních čísel jednotlivých operátorů v ČR [vlastní zpracování]

Celkově se jedná o zpřesnění lokalizace až pro přibližně 8 400 000 volajících, což je 57% s celkového počtu potenciálních volajících. Procentuální vyjádření zpřesnění je ovšem orientační a je vztaženo na modelový příklad. Přesné vyjádření by bylo možné pouze za předpokladu detailních znalostí pokrytí, struktury sítě, rozdělení oblastí a velikosti oblastí a sektorů, přesto se jedná o významné zlepšení. Toto tvrzení potvrzuje i statistika z webu www.gsmweb.cz, kde je evidována většina BTS společností O2, T-Mobile a Vodafone. Dle těchto statistik disponuje O2 14 178 sektory, což znamená přibližně 11x větší jemnost rozlišení oproti rozdělení na indexy oblastí, jejichž počet je přibližně 1200. Zpřesnění pro operátora Vodafone závisí vždy na konkrétní BTS a počtu sektorů této BTS (1 – 4 sektory) a tím se míra zpřesnění může pohybovat v rozmezí 0 – 400% pro každou oblast.

8.1.4 Shrnutí

Tento přístup by přinesl jednoznačné zpřesnění lokalizace až pro 57% volajících v celkovém objemu tísňových volání. Zároveň by bylo možné implementovat tuto metodu bez zásadních změn, které by musely proběhnout především u mobilních operátorů O2 a Vodafone. V tomto případě by stále přetrvávaly potíže s interpretací oblastí, jelikož by byla vyjádřena stále konkrétním bodem vyjadřujícím geometrický střed sektoru BTS. Znázornění oblastí pomocí kružnice se středem v geometrickém těžišti oblasti není také zcela přesné, jelikož chybí parametr určení jejího průměru. Dále by nedošlo k využití potenciálu zahrnutí hodnoty zpoždění signálu, která může významně lokalizaci zpřesnit.

8.1.5 SWOT analýza návrhu č. 1

Silné stránky

Jednotná metoda lokalizace na úrovni určení konkrétního sektoru mobilní sítě. Tato prostá úprava umožňuje zpřesnění lokalizace o 57% vůči celkovému počtu mobilních čísel v ČR. Minimální nároky na legislativní změny.

Slabé stránky

Stále není vyřešen problém s interpretací lokalizované oblasti a je nutné přibližně oblast stanovit pomocí kružnice s fixním poloměrem. Nutné změny v přenášené signalizaci operátorů O2, Vodafone, U:fon.

Příležitosti

Zajištění lepšího způsobu interpretace lokalizované oblasti.

Rizika

Nepřesná velikost sektoru spolu s nepřesným určením oblasti pomocí kružnice, může znamenat opomenutí značné části území.

8.2 Návrh č. 2 - Využití hodnoty zpoždění signálu

Zde by se jednalo o vytvoření zcela nové lokalizační metody jak z pohledu legislativy, tak z pohledu mobilního operátora. V rámci NIS IZS by rovněž muselo dojít k dílčím úpravám v oblasti interpretace lokalizačních údajů. Uvažovaným formátem přenášených dat by byl stále souřadnicový systém WGS84. Mimo zpřesnění pomocí zpoždění signálu by bylo významné rozlišit i typ mobilní sítě s ohledem na jinou jemnost rozlišení oblasti v rámci každého typu sítě.

8.2.1 Legislativní úprava

Legislativní úprava by se musela dotknout jak vyhlášky č. 238/2007 Sb. §7 Ministerstva průmyslu a obchodu, tak ČTÚ změnou v síťovém plánu signalizace veřejných komunikačních sítí č. SP/3/09.2005. Vyhláškou by musela být definována metoda s požadavkem na určení sektoru BTS s zpřesněním hodnotou TA/PD udávající zpoždění signálu spolu s požadavkem na rozlišení typu mobilní sítě.

Úprava formátu kódování ze strany ČTÚ spočívá v úpravě současné varianty P=1 **xxxxxyyyPssssddd**. Úprava je provedena za účelem přidání indexu sloužícího k rozlišení typu sítě. Můžeme využít současné písmeno „P“, jelikož pokud uvažujeme jeden typ kódování pro všechny operátory, pak není třeba tento parametr rozlišovat.

Výsledný navržený formát informace přenesené prostřednictvím hovorové signalizace je **xxxxxyyyPssssddd**. Parametr **P** může nabývat 3 hodnoty podle typu sítě, tedy např.:

Hodnota parametru "P"	Typ sítě
1	2G
2	3G
3	4G

Tabulka 9 – Rozlišení typu sítě pomocí parametru „P“ [vlastní zpracování]

8.2.2 Úprava dat mobilního operátora

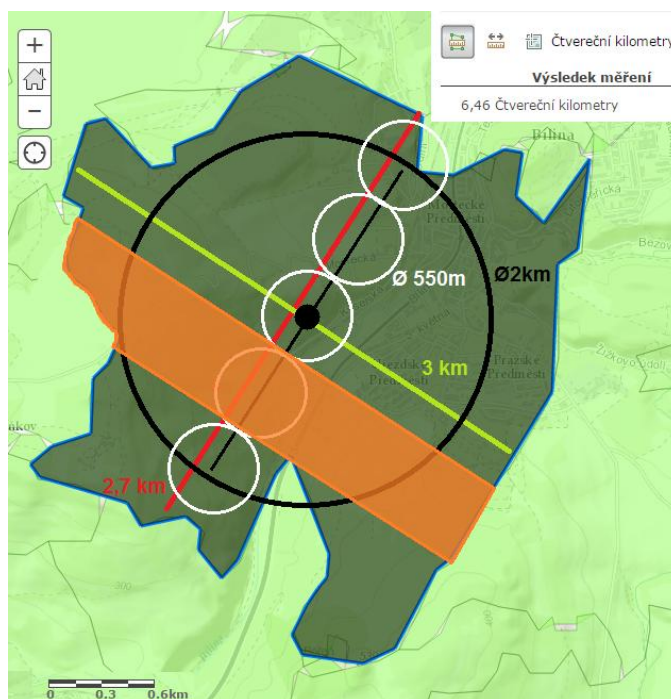
V uvažované variantě by muselo dojít k rozsáhlejší změnám právě u mobilního operátora. Zvolená metoda obnáší vytěžení informace o typu sítě a zpoždění signálu z technologií spravujících hovor. Ani v jednom případě se nejedná o zjišťování žádného nového parametru, ale jedná se o hodnoty, nacházející se v rámci sítě. Jako náročný, ale jednorázový krok, se může jevit nutnost přiřadit každé hodnotě zpoždění jedinečné souřadnice v systému WGS84 a to pro každý sektor v rámci všech tří aktuálně využívaných mobilních technologií. Pro 2G sítě to znamená rozlišení po vzdálenosti 550 m, v 3G síti po 234 m a 4G síti po 78 m pro každou jednotku hodnoty zpoždění signálu. Výsledkem by byl vznik takovéto databáze u každého mobilního operátora. Dále by proces tísňového volání odpovídal současnému, kdy dojde k obohacení informace o volaném čísle o souřadnice v systému WGS84 a index udávající typ mobilní sítě.

8.2.3 Úprava NIS IZS

Dílejší úprava v rámci NIS IZS spočívá ve vyhodnocení nově dodaného indexu typu sítě. Význam toho indexu je v určení míry přesnosti s ohledem na typ sítě, tomu by měla odpovídat i přesnější interpretace v GIS. Došlo by k tomu za pomoci dynamické změny průměru kružnice ohraničující oblast výskytu volajícího na základě typu mobilní sítě. V této operaci však dochází k největšímu úskalí této metody, které popisují v dalším odstavci.

8.2.4 Nekompatibilita lokalizace s využitím zpoždění signálu a souřadnicového systému WGS84

Pro názornost využiji 2G sektor z obrázku č. 12 s jeho skutečnou podobou evidovanou mobilním operátorem T-Mobile. Oblast, ohraničená černou kružnicí odpovídá oblasti, jak byla určena v rámci lokalizace prostřednictvím TCTV z obrázku č. 12.



Obrázek 14 – Ukázka využití zpoždění signálu [vlastní zpracování]

Zde je patrná nepravidelnost tvaru sektoru i nepřesné vyjádření plochy pomocí kružnice. Prostým výpočtem plochy kruhu pomocí vzorce $S = \pi r^2$ získáme při poloměru $r=1$ km, plochu $S=3,14$ km². Měřením v GIS byla určena plocha sektoru 6,46 km², což je více jak dvojnásobná hodnota. V případě jemnějšího rozlišení pomocí zpoždění signálu již tento způsob zcela nevyhovuje, jak je patrné z obrázku č. 14, kde je vyobrazena pouze varianta měření v rámci 2G sítě s odstupňováním po 550 m. Znázorněno je bílými kružnicemi o průměru 550 m se středem udaným souřadnicovým systémem. S jemnějším rozlišením vypovídající hodnota lokalizace zásadně klesá na zcela nevyužitelnou úroveň. Tento problém je způsoben využitím souřadnicového systému WGS84, sloužícímu k definování konkrétního geografického bodu, nikoliv k vyjádření plochy a zároveň nelze určit lepší výchozí polohu bodu než v geometrickém středu oblasti. Plocha vymezení lokalizované oblasti je znázorněna oranžovou barvou,

v tomto případě odpovídá cca 1,5 km² (měřeno pomocí nástroje ArcGIS), zatímco celá plocha sektoru je 6,46 km². Vymezit geograficky plochu v rámci informace současně zasílané v hovorové signalizaci není možné, nehledě na skutečnost, že plocha sektoru nemá pravidelný tvar.

8.2.5 Shrnutí

V této variantě je představeno, jak by reálně mohla vypadat lokalizace s použitím rozlišení typu mobilní sítě a hodnoty zpoždění signálu. Projevila se však skutečnost, že současným typem informace, předávaným mobilním operátorem do OPIS/TCTV není možné vyjádření oblasti lokalizace vhodně interpretovat. Za navržených podmínek tak shledávám tuto variantu za realizovatelnou, ale pouze po úroveň lokalizace v rámci sektoru. Vzhledem k potížím s vyjádřením lokalizované oblasti za využití zpoždění signálu, ztrácí toto rozšíření smysl za použití WGS84. Předpoklady tohoto návrhu lze však využít v další modifikaci.

8.2.6 SWOT analýza návrhu č. 2

Silné stránky

Tato varianta žádné zlepšení oproti návrhu č. 1 nepřináší, jelikož nelze efektivně skloubit metodu zpoždění signálu a vyjádření oblasti pomocí kružnice s pevným poloměrem.

Slabé stránky

V této metodě se ještě více projevuje nedostatek v podobě interpretace oblasti pomocí souřadnicového systému WSG84 a následné zobrazení pomocí kružnice s nepřesně definovaným poloměrem. Při jemnějším rozlišení se tato metoda ukázala jako zcela nepoužitelná. Nutné legislativní změny a úpravy signalizace u všech mobilních operátorů.

Příležitosti

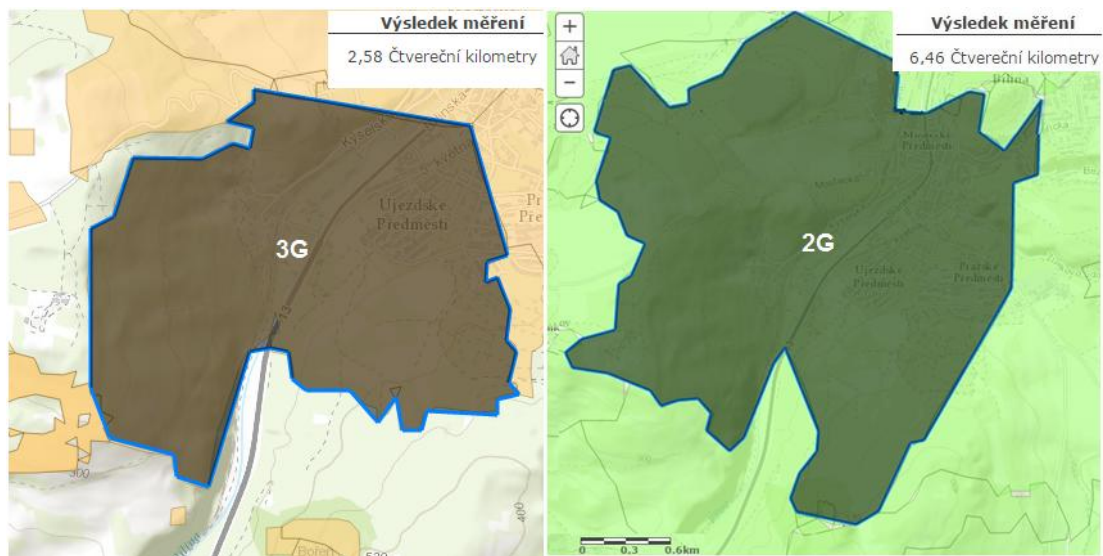
Tato varianta dobře odhaluje potenciál k využití přesnějších metod. Při využití interpretace oblasti pomocí plochy by již umožňovala v rámci automatického procesu poměrně přesnou lokalizaci.

Rizika

V souřadnicovém systému zcela nevyhovující interpretace může vést k zavádějícím výsledkům lokalizace, které naopak mohou rozhodovací proces komplikovat, protože budí dojem velmi přesného určení místa.

8.3 Návrh č. 3 - Zavedení sdílení geografických vrstev mezi NIC IZS a mobilními operátory

Jak ukázal návrh č. 2, problémem je definice lokalizované oblasti v případě jejího dalšího rozdělení, než je tomu na úroveň samotného sektoru. Požadovaný stav je v průběhu lokalizace získat konkrétní plochu, nikoliv pouze bod. Není potřeba vymýšlet složité metody, postačí využít data, která již má každý mobilní operátor k dispozici v rámci svých GIS nástrojů. Cílem tohoto návrhu je využití mapových podkladů mobilního operátora na úrovni mapových vrstev obsahujících jednotlivé sektory pro technologie 2G, 3G a 4G. Tato úprava by přinesla zpřesnění i pro variantu lokalizace pouze pomocí znalosti sektoru v rámci každého typu mobilní sítě, protože by lokalizovaná oblast byla definována přesně bez použití pouhého odhadu. Dále je v této variantě již možné uvažovat o zpřesnění pomocí zpoždění signálu. Význam rozlišení typu sítě, nejlépe dokládá měření z obrázku č. 15, kde je vyobrazen 2G i 3G sektor ze stejného vysílače. Data pochází z GIS nástroje společnosti T-Mobile za využití mapových podkladů a vrstev obsahujících jednotlivé sektory.



Obrázek 15 – Rozdíl mezi 2G a 3G sektorem [vlastní zpracování]

Z měření plochy je jednoznačně patrná možnost rozdílů mezi technologiemi v rámci velikosti lokalizované oblasti. Důvodem je využití rozdílného frekvenčního pásma napříč technologiemi, jak je popsáno v teoretické části práce. V tomto případě je rozdíl významný co do velikosti oblastí. Těmto rozdílům se budu věnovat v rámci další části práce.

8.3.1 Legislativní úprava

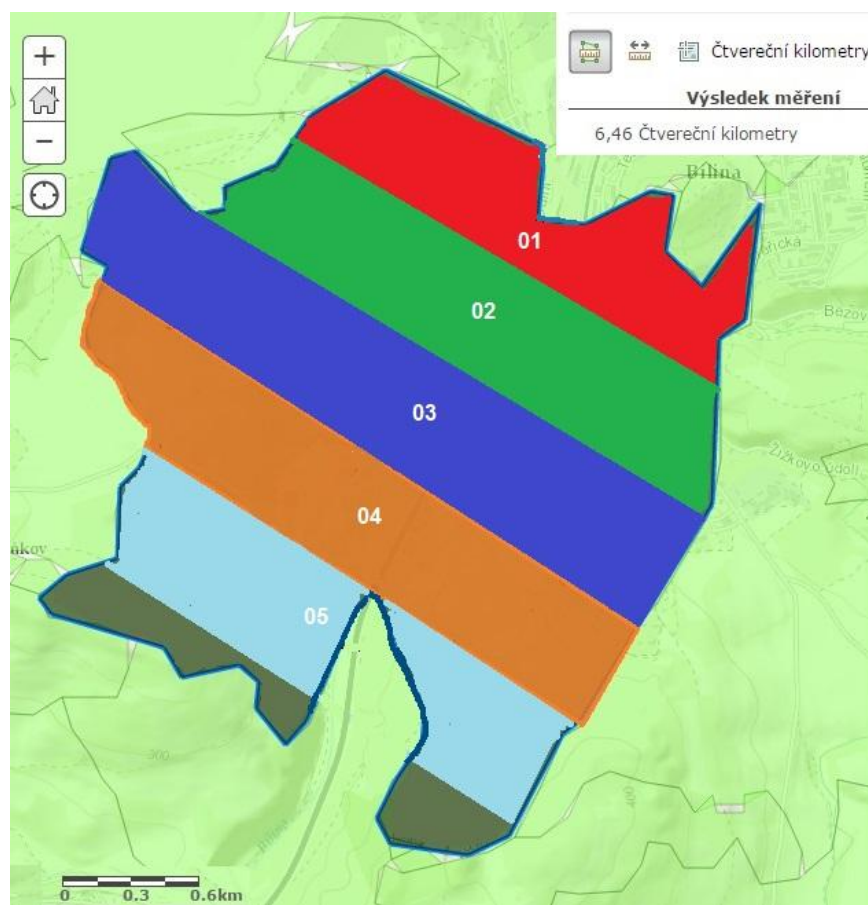
V první řadě je nutná zákonná povinnost sdílet mapové podklady, pro potřebu lokalizace je nutné sdílení vrstev obsahující sektory a jejich identifikátory Cell ID v rámci GIS. Úpravu je třeba zahrnout do vyhlášky č. 238/2007 Sb. Rovněž je třeba myslet i na aktualizaci sdílených podkladů a zavedení i této povinnosti v dostatečných intervalech.

Z pohledu signalizace a přenášení informace musí dojít ke změně předpisu ČTÚ stejně, jak je tomu v předešlém návrhu na úrovni formátu kódování. Nový formát by byl využíván ve tvaru xxxxyyyPsssss, kde sssss udává označení sektoru případně při uvažované přesnější variantě xxxxyyyPssssttt, kde ttt může nabývat hodnot od 0 do 999, což je dostatečně velký interval pro pokrytí všech vzdáleností v živé mobilní síti pro hodnotu zpoždění signálu TA/PD.

8.3.2 Změna pro mobilního operátora

Využitím sdílení geografických dat by přineslo zjednodušení i pro samotné mobilní operátory, spočívající v předávání přímo parametru CID, tím odpadá nutnost vytvářet pro každý sektor hodnotu jeho geometrického středu v souřadnicovém systému WGS84. Muselo by tak dojít ke změně volaného čísla na straně MSC na formát nový ve tvaru **xxxxxyyyPsssss** (sektor) či **xxxxxyyyPssssttt** (sektor + TA/PD). Aby mohlo k sdílení dat dojít, musí vzniknout další úroveň předávání dat mezi operátorem a OPIS než je prostřednictvím samotného telefonního hovoru, tedy sdílení dat i v rámci GIS. Sdílení musí probíhat periodicky pro udržení aktuálního stavu. Intervaly se mohou pohybovat v řádu týdnů, protože nelze očekávat výrazné změny v pokrytí mobilní sítě v řádech dnů.

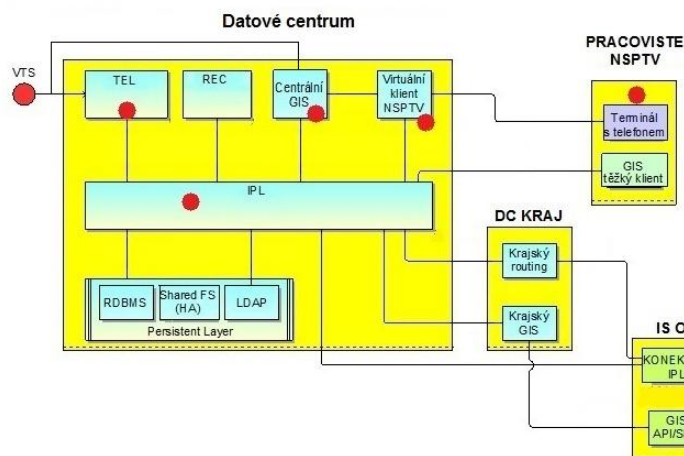
Pokud bychom uvažovali o přesnější lokalizaci, byla by nutná úprava vrstev ze strany mobilního operátora a jejich rozdělení na intervaly dle vzdáleností dané každým typem mobilní sítě, tedy 550/234/78 m. Nelze uvažovat rozlišení sektoru na jednotlivé části danými intervaly samotným GIS, či nějakou aplikací na GIS postavenou. Důvodem je skutečnost, že jedině mobilní operátor ví doslova, z kterého konce začít. Ze samotných vrstev nelze rozeznat orientaci šíření signálu ani polohu vysílače. Rozdělení sektoru pro 2G síť tak může vypadat následovně, včetně indexu viz obrázek č. 16.



Obrázek 16 – Rozdělení plochy dle zpoždění signálu [vlastní zpracování]

8.3.3 Změna pro NIS IZS

Na základě sdílených vrstev dojde v rámci každého tísňového hovoru k zobrazení jedné konkrétní lokality dané sektorem. Na rozdíl od současného stavu i stavu v rámci návrhu č. 1 dojde k jednoznačné interpretaci lokalizované oblasti. Datové centrum NIS IZS musí mít zajištěné sdílení geografických vrstev s mobilním operátorem na úrovni centrální GIS databáze. V rámci současné podoby architektury systému NIS IZS tato úprava znamená pouze další propojení mezi VTS a centrálním GIS viz obrázek č. 17.



Obrázek 17 – Aplikační schéma NIS IZS doplněné o sdílení mapových podkladů [26, vlastní zpracování]

8.3.4 Shrnutí

Realizací tohoto návrhu by se již složkám IZS dostal do ruky poměrně přesný nástroj, poskytující jednoznačnou definici lokalizované oblasti. Využití vrstev s plochou sektoru přináší významné rozdíly i na úrovni samotného sektoru s přihlédnutím na konkrétní typ mobilní sítě, jak je uvedeno na obrázku č. 15. Dalším vývojovým stupněm by byla implementace měření zpoždění signálu, což by znamenalo obsáhlou úpravu těchto geografických vrstev ze strany mobilního operátora. Výsledkem by však mohlo být další významné zpřesnění, jak je uvedeno na obrázku č. 14, kde jsme schopni v rámci měření zpoždění signálu vymezit oblast na 1,5 km² oproti 6,46 km² celého sektoru. Využitím pokročilé metody s měřením zpoždění signálu by složky IZS získaly už velmi silný lokalizační nástroj, který svou mírou přesnosti může významně ovlivnit celý rozhodovací proces v rámci řešení mimořádné události a zkrátit tím dobu potřebnou k nalezení místa zásahu složek IZS.

8.3.5 SWOT analýza návrhu č. 3

Silné stránky

Především jde o interpretaci oblasti pomocí plochy, což otevírá cesty i k přesnějším metodám. V základní podobě umožní rozlišit sektory dle typu sítě, v jejichž velikosti může být rozdíl. V pokročilé variantě umožní jemnější rozlišení pomocí měření zpoždění signálu a tím přesnější lokalizaci.

Slabé stránky

Nároky na obsáhlejší legislativní změnu a především nároky na úpravu signalizace a mapových podkladů ze strany mobilních operátorů.

Příležitosti

Zvýšení přesnosti se spuštěním volání prostřednictvím 4G sítě a případně sítí dalších generací.

Rizika

Potřeba bližší analýzy výsledků lokalizace s měřením zpoždění signálu z důvodu specifik šíření signálu, jako jsou např. odrazy a jejich vliv na zpoždění signálu.

8.4 Aktuální stav pokrytí území jednotlivými technologiemi v ČR

Zdrojem dat je Český telekomunikační úřad, poslední aktualizace dat je z 7.3.2015 [33].

Typ sítě/Operátor	T-Mobile	O2	Vodafone
2G	99%	99%	99%
3G	44%	43%	21%
4G	66%	60%	64%

Rozloha ČR	78 867 km ²
------------	------------------------

Tabulka 10 – Intenzita pokrytí jednotlivými typy mobilní sítě [33]

9 Měření konkrétních sektorů

V rámci měření konkrétních sektorů jsem vybral 3 kategorie, co by reprezentanty různých druhů území z pohledu hustoty pokrytí mobilní sítí a tím i různou úrovní přesnosti lokalizace. První kategorií je Praha, která v tomto výzkumu zastupuje městské pokrytí. Druhou kategorií jsou vybrané obce a okolní lokality ve Středních Čechách. Třetí kategorií je odlehlá a zalesněná oblast Brd. První dvě kategorie jsem měřil osobně v dané lokalitě, kdy jsem vždy na mnou zvolené lokalitě zjistil konkrétní hodnotu CID

udávající sektor mobilní sítě v rámci 2G a 3G sítě pomocí aplikace pro platformu Android nazvané GSM Signal Monitoring. Název aplikace může být zavádějící, ale umožňuje zjistit hodnotu CID pro všechny typy mobilních sítí. Typ mobilní sítě byl zvolen vždy ručním výběrem v rámci nastavení mobilního telefonu. Měření zůstalo omezeno na 2G a 3G síť z toho důvodu, že v rámci 4G sítě aktuálně nelze využívat telefonii ale pouze mobilní data. Toto omezení je však pouze dočasné a v průběhu roku 2015 by mělo dojít ke spuštění 4G sítě i v rámci telefonie napříč uvedenými telefonními operátory. Fyzickou přítomností v měřených oblastech tak mohu zcela vyloučit chybu získání daného sektoru pro lokalitu, jelikož mobilní signál samozřejmě nemá konkrétní hranice a může docházet k přesahům mezi jednotlivými sektory. Oblast Brd byla měřena pouze pomocí mapových podkladů, kdy jsem vybral několik lokalit a měření prováděl následně za pomoci GIS s přístupem k vrstvám obsahujícím jednotlivé sektory pro každý typ mobilní sítě. Výběr lokalit nepodléhal žádným specifikám a z mého pohledu šlo o náhodný výběr. Velikosti ploch vybraných sektorů byly měřeny pomocí ručního měření v GIS nástroji ArcGIS společnosti ESRI, jak je znázorněno např. na obrázku č. 15. Vzdálenosti od vysílače jsou vztaženy ke skutečné poloze mobilního vysílače k mé aktuální poloze zjištěné pomocí GPS.

9.1 Změřené hodnoty

Tabulka č. 11 obsahuje sektory pro vybrané lokality v Praze pro 2G a 3G sítě a uvádí rozlohu těchto sektorů. GPS souřadnice bodů jsou uvedeny v příloze.

Praha	CID 2G	2G - plocha (km ²)	CID 3G	3G - plocha (km ²)	Lokalita
1	8011	0,19	59824	0,15	Praha - Antala Staška
2	369	1,05	46831	0,27	Praha – Aquadream Barrandov
3	97	0,07	50634	0,05	Praha - Bítovská
4	1004	0,95	36984	0,52	Praha - Boloňská
5	98	0,06	59845	0,03	Praha - Budějovická
6	458	0,03	50588	0,05	Praha - Čiklova
7	1365	0,49	37282	0,46	Praha - Doupovská
8	1033	0,13	49126	0,08	Praha - Dřevěná
9	973	0,54	37563	0,63	Praha - Hornoměřolská
10	481	0,75	37056	0,22	Praha - Hostivařská
11	12195	0,29	50025	0,37	Praha - Chilská
12	1003	0,76	36875	0,62	Praha - Jezerská
13	768	0,05	55067	0,35	Praha - K Barrandovu
14	879	0,07	55413	0,06	Praha - Kapraďová
15	115	0,05	50038	0,17	Praha - Karlovo nám
16	18078	0,09	55855	0,05	Praha - Koterská
17	373	0,06	36333	0,04	Praha - Ladova
18	68	0,4	45821	0,05	Praha - Leopoldova
19	35	0,31	50089	0,2	Praha - Michnova
20	2097	0,37	36282	0,11	Praha - Na Pankráci
21	482	0,92	51996	0,33	Praha - Park Hostivař - Garáž
22	483	0,75	37468	0,16	Praha - Park Hostivař - Střecha
23	819	0,55	50839	0,6	Praha - Přátelství
24	204	0,11	45914	0,1	Praha - Pujmanové
25	1884	0,5	59335	0,17	Praha - Rašova
26	8198	0,94	53802	1,78	Praha - Rozdělená
27	1884	0,5	59748	0,08	Praha - Steinerova
28	372	0,05	36333	0,04	Praha - Vyšehradská
Průměrná plocha (km²)		0,39		0,28	

Tabulka 11 – Velikosti sektorů v Praze [vlastní zpracování]

V tabulce č. 12 jsou uvedeny skutečné vzdálenosti vybrané lokality v Praze od mobilního vysílače.

Praha	2G (m)	3G (m)	Lokalita	Přesnější
1	414	414	Praha - Antala Staška	
2	375	375	Praha – Aquadream Barrandov	
3	121	121	Praha - Bítovská	
4	215	215	Praha - Boloňská	
5	210	210	Praha - Budějovická	
6	120	94	Praha - Čiklova	3G
7	278	278	Praha - Doupovská	
8	224	224	Praha - Dřevěná	
9	594	594	Praha - Hornoměřolská	
10	372	275	Praha - Hostivařská	3G
11	728	728	Praha - Chilská	
12	541	541	Praha - Jezerská	
13	482	482	Praha - K Barrandovu	
14	73	73	Praha - Kapraďová	
15	127	127	Praha - Karlovo nám	
16	143	143	Praha - Koterská	
17	128	128	Praha - Ladova	
18	535	184	Praha - Leopoldova	3G
19	296	686	Praha - Michnova	2G
20	331	223	Praha - Na Pankráci	3G
21	555	555	Praha - Park Hostivař - Garáž	
22	500	37	Praha - Park Hostivař - Střecha	3G
23	105	105	Praha - Přátelství	
24	272	272	Praha - Pujmanové	
25	591	116	Praha - Rašova	3G
26	250	250	Praha - Rozdělená	
27	323	268	Praha - Steinerova	3G
28	141	141	Praha - Vyšehradská	
Průměrná vzdálenost (m)	323	281		

Tabulka 12 – Měření vzdálenosti lokalizované osoby od BTS (Praha) [vlastní zpracování]

Tabulka č. 13 obsahuje sektory pro vybrané lokality Středních Čech pro 2G a 3G síť a uvádí rozlohu těchto sektorů.

Střední Čechy	CID 2G	2G - plocha (km²)	CID 3G	3G - plocha (km²)	Lokalita
1	597	3,67	54434	3,44	Dolní Jirčany
2	1023	3,48	47625	1,28	Hlubočinka
3	1022	7,42	47596	6,91	Hlubočinka2
4	1487	1,32	47624	2,74	Horní Jirčany
5	2147	2,15	51428	2,05	Jílové u Prahy
6	44461	1,64	51431	1,63	Jílové u Prahy2
7	2148	4,05	51428	2,05	Kabáty
8	27425	4,34	51615	4,66	Kamenný přívoz
9	27424	10,1	51614	4,08	Kamenný přívoz 2
10	1050	3,54	50221	1,39	Kolovraty
11	41640	11,3	54011	11,4	Mirošovice
12	40083	9,5	49500	3,85	Mirošovice2
13	41555	1,96	55268	1,98	Mnichovice
14	41556	2,05	55269	1,88	Mnichovice2
15	2156	2,81	50625	3,51	Pitkovice - Pečárkova
16	912	3,14	50223	1,4	Pitkovice - Štýchova
17	912	3,14	50625	3,29	Pitkovice - Štýchova2
18	27424	10,1	51615	4,66	Prosečnice
19	598	5,22	54435	5,54	Psáry
20	1036	1,47	51431	1,57	Radlín
21	290	0,76	53807	3,12	Říčany
22	283	3,63	53806	3,42	Světlice
23	27355	0,74	54717	7,92	Velké Popovice
24	26854	4,95	54708	2,95	Velké Popovice2
25	1021	6,79	47594	10,5	Všedobrovice
26	40083	9,5	53957	3,82	Všestary
27	1022	6,79	47595	7,86	Želivec
Průměrná plocha (km²)		4,65		4,03	

Tabulka 13 – Velikost sektorů ve Středních Čechách [vlastní zpracování]

V tabulce č. 14 jsou uvedeny skutečné vzdálenosti vybrané lokality od mobilního vysílače.

Střední Čechy	2G (m)	3G (m)	Lokalita	Přesnější
1	497	497	Dolní Jirčany	
2	872	2190	Hlubočinka	2G
3	163	163	Hlubočinka2	
4	281	281	Horní Jirčany	
5	1118	251	Jílové u Prahy	3G
6	366	366	Jílové u Prahy2	
7	1373	2006	Kabáty	2G
8	2160	2160	Kamenný přívoz	
9	1900	1900	Kamenný přívoz 2	
10	1942	601	Kolovraty	
11	1418	1418	Mirošovice	
12	3643	3643	Mirošovice2	
13	767	767	Mnichovice	
14	390	390	Mnichovice2	
15	1379	2486	Pitkovice - Pečárkova	2G
16	1258	2067	Pitkovice - Štýchova	2G
17	655	655	Pitkovice - Štýchova2	
18	2825	2825	Prosečnice	
19	1946	1946	Psáry	
20	1111	1376	Radlík	2G
21	637	637	Říčany	
22	2211	2211	Světice	
23	421	4053	Velké Popovice	2G
24	492	492	Velké Popovice2	
25	2774	2774	Všedobrovice	
26	9429	3902	Všestary	3G
27	1422	1422	Želivec	
Průměrná vzdálenost (m)	1609	1610		

Tabulka 14 - Měření vzdálenosti lokalizované osoby od BTS (Střední Čechy) [vlastní zpracování]

Tabulka č. 15 obsahuje sektory pro vybrané lokality v Brdech pro 2G síť a uvádí rozlohu těchto sektorů. 3G signál v této lokalitě není k dispozici.

Brdy	CID 2G	2G - plocha (km ²)	CID 3G	3G - plocha (km ²)	Lokalita
1	28861	3,99	x	x	Brdy
2	29402	12,3	x	x	Brdy
3	25345	6,7	x	x	Brdy
4	118	23,8	x	x	Brdy
5	41727	17,6	x	x	Brdy
6	25278	8,94	x	x	Brdy
7	29282	43	x	x	Brdy
8	27091	27,7	x	x	Brdy
9	26875	46	x	x	Brdy
10	42354	97,7	x	x	Brdy
Průměrná plocha (km²)		28,77			

Tabulka 15 – Měření velikosti sektorů v oblasti Brd [vlastní zpracování]

V tabulce č. 16 jsou uvedeny skutečné vzdálenosti vybrané lokality od mobilního vysílače.

Brdy	2G (m)	3G (m)	Lokalita
1	3163	x	Brdy
2	4054	x	Brdy
3	5382	x	Brdy
4	6595	x	Brdy
5	5793	x	Brdy
6	13858	x	Brdy
7	5705	x	Brdy
8	6897	x	Brdy
9	6356	x	Brdy
10	7779	x	Brdy
Průměrná vzdálenost (m)	6558		

Tabulka 16 - Měření vzdálenosti lokalizované osoby od BTS (Brdy) [vlastní zpracování]

10 Analýza změřených hodnot

Změřená data budou podrobena vzájemnému porovnání, abychom ověřili, zda je statisticky významný rozdíl ve velikosti sektorů napříč technologiemi i oblastmi lokalizace. Toto ověření bude uskutečněno jako párová analýza jednotlivých skupin změřených vzorků. Dále podrobím analýze změřené vzdálenosti lokalizovaných osob od mobilního vysílače za účelem ověření případné podobnosti změřených dat, či naopak potvrzení jejich velkého rozptylu.

10.1 Ověření typu rozdělení změřených hodnot

V této části analýzy se budu zabývat párovým porovnáním naměřených hodnot velikosti 2G a 3G sektorů. Před samotným testováním je nutné provést analýzu typu rozdělení naměřených hodnot, jelikož většina testů je určena pro normální rozdělení, je nutné ověřit, zda vzorek naměřených dat tomuto rozdělení odpovídá. Ověření je uskutečněno pomocí Kolmogorovova-Smirnovova testu. Veškeré testy jsou prováděny na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Testovaný model nepodléhá úplné specifikaci, tj. není předem známý rozptyl a průměr testovaného výběru, z tohoto důvodu je nutné pro kritickou hodnotu využít úpravu dle Lillieforsa[34].

10.1.1 Test normálního rozdělení

Praha – 2G

Zdrojem jsou data z tabulky č. 11.

n	x_i	$F(x(i))$	$(i-1)/n$	i/n	$F(x(i))-(i-1)/n$	$i/n - F(x(i))$
1	0,03	0,13808	0,00000	0,03571	0,13808	-0,10236
2	0,04	0,14479	0,03571	0,07143	0,10907	-0,07336
3	0,05	0,15172	0,07143	0,10714	0,08029	-0,04457
4	0,05	0,15172	0,10714	0,14286	0,04457	-0,00886
5	0,06	0,15886	0,14286	0,17857	0,01601	0,01971
6	0,06	0,15886	0,17857	0,21429	-0,01971	0,05542
7	0,07	0,16623	0,21429	0,25000	-0,04806	0,08378
8	0,07	0,16623	0,25000	0,28571	-0,08377	0,11949
9	0,09	0,18160	0,28571	0,32143	-0,10411	0,13983
10	0,11	0,19784	0,32143	0,35714	-0,12359	0,15931
11	0,13	0,21492	0,35714	0,39286	-0,14223	0,17794
12	0,19	0,27101	0,39286	0,42857	-0,12185	0,15756
13	0,29	0,37819	0,42857	0,46429	-0,05038	0,08609
14	0,31	0,40117	0,46429	0,50000	-0,06312	0,09883
15	0,37	0,47186	0,50000	0,53571	-0,02814	0,06386
16	0,4	0,50768	0,53571	0,57143	-0,02803	0,06375
17	0,49	0,61365	0,57143	0,60714	0,04222	-0,00650
18	0,5	0,62506	0,60714	0,64286	0,01791	0,01780
19	0,5	0,62506	0,64286	0,67857	-0,01780	0,05352
20	0,54	0,66952	0,67857	0,71429	-0,00905	0,04476
21	0,55	0,68030	0,71429	0,75000	-0,03398	0,06970
22	0,75	0,85715	0,75000	0,78571	0,10715	-0,07144
23	0,75	0,85715	0,78571	0,82143	0,07144	-0,03572
24	0,76	0,86380	0,82143	0,85714	0,04237	-0,00666
25	0,92	0,94258	0,85714	0,89286	0,08544	-0,04972
26	0,94	0,94916	0,89286	0,92857	0,05630	-0,02058
27	0,95	0,95221	0,92857	0,96429	0,02364	0,01208
28	1,05	0,97536	0,96429	1,00000	0,01108	0,02464

Tabulka 17 – Test normálního rozdělení Praha – 2G [vlastní zpracování]

H_0 – testovaná data pochází z normálního rozdělení

H_1 – testovaná data nepochází z normálního rozdělení

Testové kritérium

$$D_n = \max_{1 \leq i \leq n} \left(F(x_{(i)}) - \frac{i}{n}, \frac{i}{n} - F(x_{(i)}) \right) = 0,17794$$

Testové kritérium	0,17794
Kritická hodnota (n=28)	0,1641
	TK > KH

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Data nemají normální rozdělení.

Analogicky stejnou metodou ověřím i zbývající vzorek dat, tedy Praha – 3G sektor a Střední Čechy 2G a 3G sektor. Uvedu pouze výsledky testů, samotné hodnoty jsou uvedeny v příloze.

Praha – 3G

Výpočet v příloze č. 2

Testové kritérium	0,24088
Kritická hodnota (n=28)	0,1641
	TK > KH

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Data nemají normální rozdělení.

Střední Čechy – 2G

Výpočet v příloze č. 3

Testové kritérium	0,17687
Kritická hodnota (n=27)	0,1665
	TK > KH

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Data nemají normální rozdělení.

Střední Čechy – 3G

Výpočet v příloze č. 4

Testové kritérium	0,19686
Kritická hodnota (n=27)	0,1665
	TK > KH

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Data nemají normální rozdělení.

10.1.2 Závěr analýzy

Z uvedených hodnot vyplývá, že ve všech případech nemají naměřené hodnoty normální rozdělení, nelze tedy využít parametrických testů pro párové porovnání (T-Test), a je tedy nutné využít testů neparametrických, které lze uplatnit i pro výběry, nepocházející z normálního rozdělení. V takovém případě je ekvivalentem párového T-Testu v kategorii neparametrických testů Wilcoxonův párový test.

10.2 Wilcoxonův párový test

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ ověříme hypotézu, zda je medián rozdílů ploch 2G a 3G sektorů nulový. Jinými slovy ověříme na hladině významnosti $\alpha=0,05$ hypotézu, zda je statisticky významný rozdíl mezi velikostí 2G a 3G sektorů. Kritická hodnota pro $n > 20$ vychází z kritických hodnot pro normální rozdělení $u(1-\alpha/2)$. V případě výběru $n < 20$ je kritická hodnota určena tabulkou pro Wilcoxonův párový test [35].

Hypotézy

H_0 - Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ není rozdíl mezi velikostí 2G a 3G sektorů.

H_1 - Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ je rozdíl mezi velikostí 2G a 3G sektorů.

10.2.1 Praha

Zdrojem jsou data z tabulky č. 11.

n	X (2G)	Y (3G)	Z (X-Y)	ABS (Z)	Ri
1	0,19	0,15	0,04	0,04	10
2	1,05	0,27	0,78	0,78	27
3	0,07	0,05	0,02	0,02	5
4	0,95	0,52	0,43	0,43	23
5	0,06	0,03	0,03	0,03	8
6	0,03	0,05	-0,02	0,02	-5
7	0,49	0,46	0,03	0,03	7
8	0,13	0,08	0,05	0,05	12
9	0,54	0,63	-0,09	0,09	-14
10	0,75	0,22	0,53	0,53	24
11	0,29	0,37	-0,08	0,08	-13
12	0,76	0,62	0,14	0,14	17
13	0,05	0,35	-0,3	0,3	-19
14	0,07	0,06	0,01	0,01	3
15	0,05	0,17	-0,12	0,12	-16
16	0,09	0,05	0,04	0,04	9
17	0,06	0,04	0,02	0,02	4
18	0,4	0,05	0,35	0,35	21
19	0,31	0,2	0,11	0,11	15
20	0,37	0,11	0,26	0,26	18
21	0,92	0,33	0,59	0,59	26
22	0,75	0,16	0,59	0,59	25
23	0,55	0,6	-0,05	0,05	-11
24	0,11	0,10	0,01	0,01	1
25	0,5	0,17	0,33	0,33	20
26	0,94	1,78	-0,84	0,84	-28
27	0,5	0,08	0,42	0,42	22
28	0,05	0,04	0,01	2	2

Tabulka 18 – Wilcoxonův párový test – Praha [vlastní zpracování]

Testové kritérium

$$U = \frac{R_i + -\frac{1}{4} * n * (n + 1)}{\sqrt{\frac{1}{24} * n * (n + 1) * (2n + 1)}} = \frac{299 - \frac{1}{4} * 28 * (28 + 1)}{\sqrt{\frac{1}{24} * 28 * (28 + 1) * (2 * 28 + 1)}} = 2,18606$$

Kritická hodnota[36]

$$u(1-\alpha/2) = u(1-0,05/2) = 1,95996$$

Suma R_{i+} 299Suma R_{i-} 106**Testové kritérium 2,18606****Kritická hodnota 1,95996****TK > KH**

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 pro vzorek měřených dat a přijímáme H_1 , tedy pro oblast Prahy je statisticky významné rozlišení 2G a 3G sektoru.

10.2.2 Střední Čechy

Zdrojem jsou data z tabulky č. 13

n	X (2G)	Y (3G)	Z (X-Y)	ABS (Z)	Ri
1	3,67	3,44	0,23	0,23	9
2	3,48	1,28	2,2	2,2	20
3	7,42	6,91	0,51	0,51	12
4	1,32	2,74	-1,42	1,42	-15
5	2,15	2,05	0,1	0,1	4
6	1,64	1,63	0,01	0,01	1
7	4,05	2,05	2	2	17
8	4,34	4,66	-0,32	0,32	-10
9	10,1	4,08	6,02	6,02	26
10	3,54	1,39	2,15	2,15	19
11	11,3	11,4	-0,1	0,1	-3
12	9,5	3,85	5,65	5,65	24
13	1,96	1,98	-0,02	0,02	-2
14	2,05	1,88	0,17	0,17	7
15	2,81	3,51	-0,7	0,7	-13
16	3,14	1,4	1,74	1,74	16
17	3,14	3,29	-0,15	0,15	-6
18	10,1	4,66	5,44	5,44	23
19	5,22	5,54	-0,32	0,32	-10
20	1,47	1,57	-0,1	0,1	-4
21	0,76	3,12	-2,36	2,36	-21
22	3,63	3,42	0,21	0,21	8
23	0,74	7,92	-7,18	7,18	-27
24	4,95	2,95	2	2	17
25	6,79	10,5	-3,71	3,71	-22
26	9,5	3,82	5,68	5,68	25
27	6,79	7,86	-1,07	1,07	-14

Tabulka 19 - Wilcoxonův párový test – Střední Čechy [vlastní zpracování]

Suma Ri+ 228

Suma Ri- 147

Testové Kriterium 0,93697

Kritická hodnota 1,95996

TK < KH

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ nezamítáme H_0 pro vzorek měřených dat, tedy pro oblast Středních Čech není statisticky významné rozlišení 2G a 3G sektoru.

10.2.3 Hodnocení analýzy

Na základě analýzy změřených hodnot můžeme říci, že v rámci Prahy, která reprezentuje městské podmínky, je významné rozlišit vzhledem k velikosti sektoru, zda byl hovor uskutečněn v rámci 2G či 3G sítě ve prospěch přesnějšího určení pomocí 3G. Výsledek analýzy odpovídá skutečnosti, že až na výjimky, napříč měřenými sektory v rámci Prahy, byly velikosti těchto 3G sektorů nižší a lokalizace by tím byla přesnější.

V případě měření v prostředí Středních Čech tato analýza nepotvrdila. Výsledek vysvětluje tím, že je příliš velké zastoupení extrémních hodnot v podobě výrazně větších i výrazně menších ploch 3G sektoru vůči 2G a tyto extrémy neumožňují označit některý typ sítě za přesnější na stanovené hladině významnosti 5% v rámci uvažovaného vzorku vůči jeho mediánu.

10.3 Párové porovnání hodnot – vzdálenost od 2G/3G BTS

Stejně jako v předchozím v případě provedu ověření pomocí Wilcoxoova párového testu na vzdálenost zvolené lokace od 2G/3G BTS. Na rozdíl od předchozích testů, budou v tomto případě jiné podmínky, které jsou dané nižším počtem sledovaných prvků, což má dopad na způsob vyhodnocení testu. Výsledkem této části analýzy bude ověření, zda na hladině významnosti $\alpha=0,05$ je statisticky významný rozdíl ve vzdálenosti od BTS dle vybrané technologie pro oblast Prahy a Středních Čech. Nižší počet testovaných měření je dán tím, že testujeme pouze měření s různou hodnotou vzdálenosti pro jednu lokalitu s ohledem na zvolený typ mobilní sítě.

Hypotézy

H0 - Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ není rozdíl ve vzdálenosti mezi 2G/3G BTS.

H1 - Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ je rozdíl ve vzdálenosti mezi 2G/3G BTS.

10.3.1 Praha

Zdrojem jsou data z tabulky č. 12 a hodnoty vzdáleností, které se v rámci lokality vzájemně liší.

X (2G)	Y (3G)	Z (X-Y)	ABS (Z)	Ri
120	94	26	26	1
372	275	97	97	3
535	184	351	351	5
296	686	-390	390	-6
331	223	108	108	4
500	37	463	463	7
591	116	475	475	8
323	268	55	55	2

Tabulka 20 – Párové porovnání vzdáleností (Praha) [vlastní zpracování]

Testové kritérium

$$\text{Min}(R_{i+}; R_{i-}) = 6$$

Kritická hodnota [37]

$$w_n(\alpha) = w_8(0,05) = 3$$

Testové kritérium 6

Kritická hodnota 3

$$\text{TK} > \text{KH}$$

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 pro vzorek měřených dat a přijímáme H_1 , tedy pro oblast Prahy je statisticky významný rozdíl ve vzdálenosti zvolené lokality od 2G/3G BTS.

10.3.2 Střední Čechy

Zdrojem jsou data z tabulky č. 14 a hodnoty vzdáleností, které se v rámci lokality vzájemně liší.

X (2G)	Y (3G)	Z (X-Y)	ABS (Z)	Ri
872	2190	-1318	1318	-6
1118	251	867	867	4
1373	2006	-633	633	-2
1942	601	1341	1341	7
1379	2486	-1107	1107	-5
1258	2067	-809	809	-3
1111	1376	-265	265	-1
421	4053	-3632	3632	-8
9429	3902	5527	5527	9

Tabulka 21 - Párové porovnání vzdáleností (Střední Čechy) [vlastní zpracování]

Testové kritérium

$$\text{Min}(R_{i+}; R_{i-}) = 20$$

Kritická hodnota [37]

$$w_n(\alpha) = w_9(0,05) = 5$$

Testové kritérium 20

Kritická hodnota 5

$$\mathbf{TK > KH}$$

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 pro vzorek měřených dat a přijímáme H_1 , tedy pro oblast Středních Čech je statisticky významný rozdíl ve vzdálenosti zvolené lokality od 2G/3G BTS.

10.3.3 Hodnocení analýzy

Na základě porovnání naměřených hodnot je patrný statisticky významný rozdíl vzdálenosti konkrétní lokality od 2G/3G vysílače a je zřejmé, že vzdálenost lokalizované osoby od vysílače může být z pohledu mobilní sítě zcela jiná s ohledem na typ použité mobilní sítě v případě Prahy i Středních Čech. Tento výsledek se dal

očekávat, jelikož vzdálenost je proměnná, závislá na vybrané lokaci měření a rozptyl této hodnoty je značný a ohraničený délkou dosahu dané BTS.

10.4 Kruskal – Wallisův test

Tento test je neparametrickou obdobou analýzy rozptylu jednoduchého třídění. Opět nelze využít parametrického testu, protože ne všechny měřené soubory mají normální rozdělení (Příloha č. 5-7) a pro analýzu rozptylu tedy nelze využít F-Test k analýze rozptylu. Výpočet testového kritéria je založen na pořadových číslech, která jsou přiřazena hodnotám v souboru, vzniklým spojením všech výběrů. Cílem tohoto testu je ověřit na hladině významnosti $\alpha=0,05$, zda měřené lokality z pohledu vzdálenosti lokalizované oblasti od vysílače pochází z téhož rozdělení, tedy zda lze v rámci tří uvažovaných oblastí Prahy, Středních Čech a Brd očekávat podobné hodnoty vzdálenosti, či zda se od sebe měřené hodnoty významně liší. V tomto případě budu testovat vzdálenosti v rámci 2G sítě, abychom mohli ověřit všechny tři typy oblastí.

Hypotézy:

H₀ – měřené hodnoty pochází ze stejného rozdělení

H₁ – měřené hodnoty nepochází ze stejného rozdělení

Tabulka č. 22 uvádí změřené vzdálenosti lokalizované osoby od mobilního vysílače pro 2G síť. Vzdálenostem je přiřazeno ohodnocení každé jedné vzdálenosti (T_i) s ohledem na celý soubor.

n	Střední Čechy (m)	Praha (m)	Brdy (m)	Střední Čechy (T_i)	Praha (T_i)	Brdy (T_i)
1	497	414	3163	28	24	54
2	872	375	4054	39	22	56
3	163	121	5382	9	4	57
4	281	215	6595	16	11	61
5	1118	210	5793	41	10	59
6	366	120	13858	20	3	65
7	1373	278	5705	43	15	58
8	2160	224	6897	50	12	62
9	1900	594	6356	47	34	60
10	1942	372	7779	48	21	63
11	1418	728		45	37	
12	3643	541		55	31	
13	767	482		38	26	
14	390	73		23	1	
15	1379	127		44	5	
16	1258	143		42	8	
17	655	128		36	6	
18	2825	535		53	30	
19	1946	296		49	17	
20	1111	331		40	19	
21	637	555		35	32	
22	2211	500		51	29	
23	421	105		25	2	
24	492	272		27	14	
25	2774	591		52	33	
26	9429	250		64	13	
27	1422	323		46	18	
28		141			7	

Tabulka 22: Kruskal - Wallisuv test, vzdálenosti v rámci 2G všech 3 testovaných oblastí [vlastní zpracování]

Testovací kritérium

$$KW = \frac{12}{n \cdot (n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n_i} - 3 \cdot (n+1) = \frac{12}{65 \cdot (65+1)} \sum_{i=1}^3 \frac{(1066 + 484 + 595)^2}{27 + 28 + 10} - 3 \cdot (65+1)$$

$$= 42,15677$$

Kritická hodnota[38]

$$\chi_{0,05(2)}^2 = 5.99147$$

Vyhodnocení

Suma T_i (stř. Č.) 1066

Suma T_i (Praha) 484

Suma T_i (Brdy) 595

Testové kritérium 42,16

Kritická hodnota 5,99

$$\mathbf{TK > KH}$$

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 pro vzorek měřených dat a přijímáme H_1 , tedy že pro uvedené oblasti Praha, Střední Čechy a Brdy nepochází hodnoty ze stejného rozdělení a hodnoty se od sebe liší.

10.4.1 Porovnání skupin

Další fází tohoto ověření je zjištění jak se od sebe liší jednotlivé skupiny. Protože každá skupina obsahuje jiný počet vzorků, je nutné využít metody mnohonásobného srovnání.

Hypotézy

H_0 – porovnávané soubory mají stejné rozdělení

H_1 – porovnávané soubory nemají shodné rozdělení

Test

Platí-li nerovnost $|t_i - t_j| \geq \sqrt{h_{KW}(\alpha) * \frac{n(n-1)}{12} * \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$, pak na hladině

významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 , kde $t_i = \frac{T_i}{n_i}$.

Střední Čechy - Praha

$$|39,48 - 17,29| \geq \sqrt{5,99 * \frac{55(55-1)}{12} * \left(\frac{1}{27} + \frac{1}{28}\right)}$$

$$22,19 \geq 10,39$$

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 pro skupinu dat Střední Čechy, Praha a přijímáme H_1 , tedy že pro naměřené vzdálenosti neplatí shoda rozdělení.

Střední Čechy - Brdy

$$|39,48 - 59,5| \geq \sqrt{5,99 * \frac{37(37-1)}{12} * \left(\frac{1}{27} + \frac{1}{10}\right)}$$

$$20,02 \geq 9,55$$

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 pro skupinu dat Střední Čechy, Brdy a přijímáme H_1 , tedy že pro naměřené vzdálenosti neplatí shoda rozdělení.

Praha - Brdy

$$|17,29 - 59,5| \geq \sqrt{5,99 * \frac{38(38-1)}{12} * \left(\frac{1}{28} + \frac{1}{10}\right)}$$

$$42,21 \geq 9,76$$

Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ zamítáme H_0 pro skupinu dat Praha, Brdy a přijímáme H_1 , tedy že pro naměřené vzdálenosti neplatí shoda rozdělení.

10.4.2 Hodnocení analýzy

Na základě porovnání jednotlivých skupin jsme dokázali nejednotnost rozdělení naměřených hodnot napříč všemi měřeními skupinami navzájem.

10.5 Vyhodnocení statistické analýzy

Výsledky statistické analýzy slouží jako doplnění k jednotlivým návrhům na zlepšení metody lokalizace volaného. První analýza párového porovnání velikosti sektorů dokládá v případě městského prostředí reprezentovaného Prahou statisticky významný rozdíl mezi 2G a 3G sítí v případě velikosti sektoru a tím i význam rozlišení

typu mobilní sítě. Stejná hypotéza se však nepotvrdila v rámci měření oblasti Středních Čech, kde se statisticky nepodařilo na měřeném vzorku potvrdit rozdíl ve velikosti sektorů jednotlivých technologií. Nutno podotknout, že měření bylo provedeno na vzorku desítek sektorů, avšak v rámci České Republiky je jich v síti T-Mobile přibližně 14 000. V případě městského pokrytí, kde je prakticky stejné zastoupení 2G i 3G sektorů, předpokládám potvrzení hypotézy významu rozlišení typu sítě. Pokud jde o oblast menších obcí, zde si netroufám odhadnout výsledek, neboť i když bude zastoupení 2G sektorů větší oproti počtu 3G sektorů, tak velikost pokrytí 3G v rámci jednoho vysílače nemůže dosahovat takových velikostí pokryté plochy jako 2G. Rozpětí možných výsledků je tak velmi velké, ale opět opakuji, na měřeném vzorku se pro menší obce tato hypotéza nepotvrdila. Do této části analýzy nebyla zahrnuta oblast Brd, reprezentující oblasti s nejnižší hustotou obyvatel, protože zde 3G síť není vůbec k dispozici.

Druhá část analýzy se zabývá vzdáleností lokalizované osoby od mobilního vysílače. Význam této části analýzy je v doložitelnosti statisticky významných rozdílů vzdáleností napříč typy mobilních sítí především napříč uvažovanými typy oblastí. Z vypočtených hodnot testových kritérií a jejich rozdílu oproti kritické hodnotě je zřejmé, že se vzdálenosti významně liší i s ohledem na hustotu obyvatelstva pro jednotlivé oblasti, kdy možné vzdálenosti lokalizované osoby od mobilního vysílače rostou s klesající hustotou obyvatelstva. Tato skutečnost vyzdvihuje opodstatněnost využití třetí navrhované lokalizační metody s měřením zpoždění signálu, neboť jediné tak, jsme při lokalizaci schopni reagovat na rozdílnou vzdálenost lokalizované osoby od mobilního vysílače, který je v takovém případě výchozím bodem.

11 Závěr

Cílem práce bylo ověřit aktuální stav služby automatické lokalizace volajícího a v případě identifikování nedostatků navrhnout změny vedoucí k zlepšení současného stavu. V rámci práce je pracováno s cílovým stavem projektu NIS IZS, vycházím tedy z předpokladu, že všechny tři základní složky IZS již disponují v rámci svého technologického vybavení možností lokalizace volajícího prostřednictvím mobilní sítě. Podle plánu projektu NIS IZS bude tento stav nastolen v průběhu roku 2015 a v některých krajích je již projekt dokončen. Technický a technologický předpoklad je

tak napříč základních složek IZS splněn. Z analýzy technického řešení je zřejmé, že samotnou lokalizaci nemohou operační centra složek IZS ovlivnit a jsou zcela závislá na informaci poskytnuté mobilním operátorem. Z tohoto důvodu jsem ověřil lokalizační metody mobilních operátorů, disponujících vlastní mobilní sítí v rámci České Republiky, a to společnosti T-Mobile, O2, Vodafone a U:fon. Identifikované lokalizační metody využívané mobilními operátory jsem dále porovnal s lokalizačními metodami doporučovanými organizací EENA, která zaštiťuje evropskou linku tísňového volání 112. Tímto porovnáním jsem zjistil jaká v této oblasti panuje nejednotnost v podobě nabízených lokalizačních metod, interpretaci lokalizované oblasti a přesnosti. Každý mobilní operátor využívá jinou lokalizační metodu s různou přesností i interpretaci lokalizované oblasti. Tento stav znesnadňuje operátorům OPIS zpracování a vyhodnocení informace o lokalitě. Stejný stav nejednotného přístupu panuje i v legislativě věnující se lokalizaci volajících. Legislativa v zásadě pouze kopíruje metody nabízené mobilními operátory a v případě operátora U:fon, jeho způsob lokalizace v rámci vyhlášky č. 238/2007 Sb. zcela ignoruje.

S ohledem na výše zjištěné jsem navrhnul ve třech úrovních opatření, která by přinesla jednoznačná zlepšení v přesnosti lokalizace i v interpretaci lokalizované oblasti. Navržená opatření předpokládají jednotnou metodu lokalizace napříč mobilními operátory. Jednotlivá opatření mají vazbu na lokalizační metody doporučené organizací EENA a je možné je využít v automatizované formě lokalizace. V rámci každé navrhované varianty jsem popsal v hrubých rysech její přínos i případná nutná opatření pro operační střediska, mobilního operátora a legislativu. Již první navrhovaná metoda, která obnáší minimální nároky na změnu pro všechny zúčastněné strany, má potenciál přinést zpřesnění lokalizace pro 57% volajících (vztaženo na počet aktivních mobilních čísel), a to jen na základě sjednocení lokalizační metody na úroveň rozlišení sektoru. Druhá navrhovaná metoda se opírá o rozlišení typu mobilní sítě. Význam tohoto rozlišení jsem ověřoval i pomocí statistické analýzy, jejíž výsledky potvrdily rozdíly ve velikosti sektorů pro 2G a 3G síť v případě Prahy. V případě Středních Čech se tato hypotéza na statistické úrovni potvrdit nepodařila. Součástí tohoto návrhu je i zjištění, že pro přesnější interpretaci oblasti ale i přesnější lokalizační metody je nutné vyjádření oblasti pomocí polygonu a nikoliv pouhým souřadnicovým bodem v systému WGS84. Třetí návrh počítá se sdílením mapových podkladů v podobě geografických vrstev mezi operátory a NIS IZS. Díky tomu je možné vyřešit potíže nejen s interpretováním oblasti,

ale otevírá se cesta pro využití přesnější metody lokalizace za pomoci měření zpoždění signálu. Význam využití techniky měření zpoždění signálu jsem dokázal i pomocí statistické analýzy, z které jasně vyplývá velikost rozptylu možných vzdáleností lokalizované osoby od vysílače napříč typy sítí, ale i napříč oblastmi s různou hustotou obyvatelstva. Velikost tohoto rozptylu vyzdvihuje potřebu schopnosti rozlišení této vzdálenosti a tím zpřesnění lokalizace, což lze s popsányými úpravami využít i v automatizované formě lokalizace. Význam rozlišení typu mobilní sítě roste právě v případě této varianty, jelikož každá generace mobilní sítě umožňuje toto měření s jinou přesností a s významným rozdílem mezi jednotlivými generacemi mobilních sítí.

V celkovém pohledu dochází k výraznému zlepšení technologického zázemí operačních středisek složek IZS. Toto zázemí umožňuje využít lokalizaci volajícího v mobilní síti napříč všemi základními složkami IZS, a tím zajistit cílenější a rychlejší pomoc. Naneštěstí v případě lokalizace zde hrají hlavní roli mobilní operátoři, kteří mají v tomto ohledu stále značné rezervy, které plynou z nejednotného přístupu. Dle mého názoru by mělo dojít ze strany státu k zpřísnění pravidel ve prospěch složek IZS a tím i ve prospěch všech obyvatel České Republiky. Bez úpravy legislativy a zpřísnění pravidel pro mobilní operátory, nelze očekávat zlepšení současného stavu. Pro potvrzení realizovatelnosti mých návrhů by bylo nutné další a hlubší zkoumání analyzované oblasti, osobně jsem však přesvědčen o jejich realizovatelnosti s ohledem na znalosti, které jsem během vypracování diplomové práce získal. Z výsledků mého ověření plyne jednoznačný závěr, že je v této oblasti poměrně značný potenciál k zavedení přesnějších metod. Pro zvýšení přesnosti lokalizace není třeba žádných složitých řešení, jak ukazují mnou navrhované metody a z tohoto důvodu jsem přesvědčen o nutnosti zvýšení tlaku na mobilní operátory tak, aby poskytovali jednotnou službu lokalizace automaticky co na nejvyšší úrovni v zájmu veřejné prospěšnosti a naplňování základních lidských práv.

12 Zdroje

- [1] Zákon č. 239/2000 Sb., *o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů*
- [2] KROUPA M., ŘÍHA M. *Ochrana obyvatelstva*. Praha: Armex, 2006. ISBN 80-7040-880-4
- [3] VILÁŠEK, J., *Integrovaný záchranný systém ČR na počátku 21. Století*. Praha: Karolinum. 2014. ISBN 978-80-246-2477-8
- [4] KOPČÁK, P., SOUŠEK, R. *Krizové řízení v železniční dopravě*. Pardubice: Institut Jana Pernera. 2004. ISBN 80-86530-19-1
- [5] SOUŠEK, Radovan. *Doprava a krizový management*. Pardubice. 2010. ISBN 978-80-86530-64-2.
- [6] Základní pojmy a definice. *HZS Olomouckého kraje* [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/zakladni-pojmy-a-definice.aspx>
- [7] Zákon č. 273/2008 Sb., *o Policii České republiky*
- [8] Základní poslání a služební slib. *Hasičský záchranný sbor ČR* [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/uvod-hasicsky-zachranny-sbor-cr-zakladni-poslani.aspx>
- [9] SKALSKÁ, Květoslava. HANUŠKA, Zdeněk. DUBSKÝ, Milan. *Integrovaný záchranný systém a požární ochrana*. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. 2010. ISBN 978-80-86640-59-4
- [10] NAVRÁTIL, L. *Ochrana obyvatelstva*. České Budějovice: Jihočeská univerzita ZSF. 2006. ISBN: 80-7040-880-4
- [11] Předpis č. 434/1992 Sb., *Vyhláška ministerstva zdravotnictví České republiky o zdravotnické záchranné službě*
- [12] SIXTA, J. a V. MACÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3
- [13] PERNICA, P. *Logistika (Supply Chain Management) pro 21. století*. Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4
- [14] ŠAFR, Gustav. *Logistické zabezpečení integrovaného záchranného systému a podpůrné činnosti*. České Budějovice: Jihočeská univerzita ZSF. [online]. 2007. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://www.zsf.jcu.cz/cs/katedra/katedra-radiologie-toxikologie-a-ochrany-obyvatelstva/informace-katedry/informace-pro-studenty/ucebni_texty/ochrana-obyvatelstva-se-zamerenim-na-cbrne-aplikovana-radiobiologie-a-toxikologie-krizova-radiobiologie-a-toxikologie/logisticke-zabezpeceni-integrovaneho-zachranneho-systemu-a-podpurne-cinnosti.doc

- [15] ŠMÍRA, Pavel. *Logistické zabezpečení zdravotnických složek při MU*. Občanské sdružení Zdravotní a sociální akademie Hradec Králové. [online]. 2006. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://www.zsa.cz/katastrofy2006/mekahk06_4_smira.pdf
- [16] Úvod do GIS. *Geomatika na ZČU v Plzni*. [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.gis.zcu.cz/studium/ugi/elearning/index1.htm>
- [17] Zákon č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů
- [18] VODRÁŽKA, Jiří. JAREŠ, Petr. *Úvod do telekomunikačních sítí*. Cedupoint. [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/053.pdf
- [19] BURDA, Jiří. *Základy mobilních systémů a GSM*. www.mobilnisystemy.cz. [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.mobilnisystemy.cz/data/mos04.pdf>
- [20] KUBOŠ, Michael. *Sítě 3G, jejich perspektivy, kmitočtová pásma*. Katedra radioelektroniky FEL ČVUT Praha. [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.mobilnisystemy.cz/data/mos04.pdf>
- [21] WARREN, Dan. *A brief history of LTE*. *Wireless Technology*. [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: http://cwbackoffice.co.uk/Presentation/MobileBroadbandSIG_29.05.14_DanWarrenGSM_A_HistoryLTE.pdf
- [22] ŽALUDA, Václav. *Sítě 3G, jejich perspektivy, kmitočtová pásma*. Katedra radioelektroniky FEL ČVUT Praha. [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: http://radio.feld.cvut.cz/courses/X37MBS/materialy.php/2KOS_MK.pdf?akce=dlf&zdroj=vpm&fkey=3&xtgt=2f686f6d652f53657276696365732f7777772f68746d6c2f6564755f6465706f742f5833374d42535f7075626c6963
- [23] Caller Location in Support of Emergency Services. *EENA – 112 – European Emergency Number Association*. [online]. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: http://www.eena.org/uploads/gallery/files/pdf/2014_11_21_EENA_2_2_2_v2%20_FINAL.pdf
- [24] TelecomHall. *Analyzing Coverage with Propagation Delay – PD and Timing Advance – TA (GSM-WCDMA-LTE)*. [online]. 2013. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.telecomhall.com/analyzing-coverage-with-propagation-delay-pd-and-timing-advance-ta-gsm-wcdma-lte.aspx>
- [25] PRUDIL, Luděk. ŠTEFAN, František. *Nové technologie pro tísňové volání a operační řízení základních složek IZS*. ISSS 2015. [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: http://www.issc.cz/archiv/2013/download/prezentace/mvcr_prudil.pdf

- [26] Česká pošta, s.p., Odštěpný závod ICT služby. *RÁMCOVÝ KONCEPT SW ŘEŠENÍ projektu NIS IZS*. Centrální nákup. [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: https://ezak.cnpk.cz/document_audit_44558/P%20R%C3%A1mcov%C3%BD%20koncept%20SW%20%C5%99e%C5%A1en%C3%AD%20projektu%20NIS%20IZS%20.docx
- [27] MAŘÍK, Tomáš. Internetový portál Institutu geoinformatiky. *GIS pro podporu IZS – Tísňová linka 112*. [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: https://ezak.cnpk.cz/document_audit_44558/P%20R%C3%A1mcov%C3%BD%20koncept%20SW%20%C5%99e%C5%A1en%C3%AD%20projektu%20NIS%20IZS%20.docx
- [28] ČTÚ. *Změna síťového plánu signalizace veřejných komunikačních sítí č. SP/3/09.2005*. [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: https://www.ctu.cz/1/download/Sitove_plany/SP_03_09_2005_zmena-2.pdf
- [29] Urgentní medicína. *Lokalizace volání z mobilních telefonů u příchozích tísňových volání v podmínkách hl. m. Prahy*. [online]. 2011, 4, 4, strany 20 – 24. ISSN. 1212-1924 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: http://urgentnimedicina.cz/casopisy/UM_2011_04.pdf
- [30] Předpis č. 238/2007 Sb. *Vyhláška o rozsahu, formě a způsobu předávání osobních a identifikačních údajů, formě databáze těchto údajů a rozsahu, formě a způsobu předávání těchto údajů subjektu, který provozuje pracoviště pro příjem volání na čísla tísňového volání*
- [31] FRANĚK, Ondřej. SMEJKAL, Miloš. *Lokalizace volání z mobilních telefonů u příchozích tísňových volání*. www.zachrannasluzba.cz. [online]. 2012. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: http://www.zachrannasluzba.cz/zajimavosti/2012_lokalizace_mt.pdf
- [32] Komise GIS HZS ČR. *Výroční zpráva Komise GIS HZS ČR 2009 – 2012*. GIS portál HZS ČR. [online]. [cit. 2015-04-5]. Dostupné z: <http://gis.izscr.cz/wpgis/wp-content/uploads/2012/vz/vz.pdf>
- [33] ČTÚ. *Pokrytí | Veřejné širokopásmové mobilní sítě*. [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: <http://lte.ctu.cz/pokryti/>
- [34] HERVE, Abdi. MOLIN, Paul. *Lilliefors/Van Soest's test of normality*. The University of Texas at Dalas. [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.utdallas.edu/~herve/Abdi-Lillie2007-pretty.pdf>
- [35] Berry College. *Critical Values of the Wilcoxon Signed Ranks Test*. [online]. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://facultyweb.berry.edu/vbissonnette/tables/wilcox_t.pdf
- [36] Matematicko – fyzikální fakulta. *Kvantily normovaného normálního rozdělení*. [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.karlin.mff.cuni.cz/~pawlas/2005/STP129/kvantily.pdf>

[37] MRKVIČKA, Tomáš. PETRÁŠKOVÁ, Vladimíra. *Úvod do statistiky*. [online]. 2006. ISBN 80-7040-894-4. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/m/petrasekstat.pdf>

[38] Statistics Lectures. *Chi-Square Table*. [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.statisticslectures.com/tables/chisquaretable/>

[39] movilfacil. *POSICIONAMIENTO (LOCALIZACIÓN)*. [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <https://movilfacil.wordpress.com/2011/03/25/cap-8-posicionamiento-localizacion/>

[40] PETERKA, Jiří. Celulární (buňkový) princip. *Jiří Peterka: Data v mobilních sítích: Celulární (buňkový) princip*. [online]. [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a008s200/a008s201.php3>

[41] HZS Libereckého kraje . *Tísňové volání v České republice – Hasičský záchranný sbor České republiky*. [online]. [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/tisnove-volani-v-ceske-republice.aspx?q=Y2hudW09NA==>

[42] Marigold.cz. 3GPP Release 8: System Architecture Evolution (SAE) a Evolved Packet Core (EPC) v rámci LTE sítí. [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.marigold.cz/item/3gpp-release-8-system-architecture-evolution-sae-a-evolved-packet-core-epc-v-ramci-lte-siti>

Seznam obrázků a tabulek

OBRÁZEK 1 – UMÍSTĚNÍ OPERAČNÍCH STŘEDISEK V KRAJÍCH	12
OBRÁZEK 2 – STRUKTURA USPOŘÁDÁNÍ BTS	17
OBRÁZEK 3 – STRUKTURA MOBILNÍ SÍTĚ	17
OBRÁZEK 4 – TYPY BTS DLE VELIKOSTI POKRYTÍ	20
OBRÁZEK 5 – POKRYTÍ BTS	22
OBRÁZEK 6 – ROZLIŠENÍ SEKTORU BTS	23
OBRÁZEK 7 – MĚŘENÍ ZPOŽDĚNÍ SIGNÁLU	24
OBRÁZEK 8 – KOMBINACE MĚŘENÍ ZPOŽDĚNÍ A SÍLY SIGNÁLU	26
OBRÁZEK 9 – TRIANGULACE	27
OBRÁZEK 10 – SCÉNÁŘ TÍŠŇOVÉHO VOLÁNÍ	32
OBRÁZEK 11 – APLIKAČNÍ ARCHITEKTURA NIS IZS	32
OBRÁZEK 12 – UKÁZKA LOKALIZACE TCTV	36
OBRÁZEK 13 – SCHÉMA LOKALIZAČNÍCH METOD.....	40
OBRÁZEK 14 – UKÁZKA VYUŽITÍ ZPOŽDĚNÍ SIGNÁLU.....	51
OBRÁZEK 15 – ROZDÍL MEZI 2G A 3G SEKTOREM	54
OBRÁZEK 16 – ROZDĚLENÍ PLOCHY DLE ZPOŽDĚNÍ SIGNÁLU	56
OBRÁZEK 17 – APLIKAČNÍ SCHÉMA NIS IZS DOPLNĚNÉ O SDÍLENÍ MAPOVÝCH PODKLADŮ	57
TABULKA 1 – VELIKOST POKRYTÍ DLE BĚŽNÝCH HODNOT DOSAHU SIGNÁLU	22
TABULKA 2 – VELIKOST POKRYTÍ DLE BĚŽNÝCH HODNOT DOSAHU SIGNÁLU S ROZDĚLENÍM SEKTORŮ	23
TABULKA 3 – VZDÁLENOSTI NA JEDNOTKU ZPOŽDĚNÍ SIGNÁLU PRO DANÝ TYP MOBILNÍ SÍTĚ	25
TABULKA 4 – VELIKOST PLOCHY POKRYTÍ S VYUŽITÍM ZPOŽDĚNÍ SIGNÁLU	25
TABULKA 5 – TYPY KÓDOVÁNÍ LOKALIZACE V HOVOROVÉ SIGNALIZACI.....	37
TABULKA 6 – POROVNÁNÍ PŘESNOSTI VYUŽÍVANÝCH LOKALIZAČNÍCH METOD	42
TABULKA 7 – SWOT ANALÝZA SOUČASNÉHO ŘEŠENÍ LOKALIZACE VOLAJÍCÍHO	45
TABULKA 8 – POČET TELEFONNÍCH ČÍSEL JEDNOTLIVÝCH OPERÁTORŮ V ČR	47
TABULKA 9 – ROZLIŠENÍ TYPY SÍTĚ POMOCÍ PARAMETRU „P ^c	50
TABULKA 10 – INTENZITA POKRYTÍ JEDNOTLIVÝMI TYPY MOBILNÍ SÍTĚ	58
TABULKA 11 – VELIKOSTI SEKTORŮ V PRAZE	60
TABULKA 12 – MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI LOKALIZOVANÉ OSOBY OD BTS (PRAHA)	61
TABULKA 13 – VELIKOST SEKTORŮ VE STŘEDNÍCH ČECHÁCH	62
TABULKA 14 - MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI LOKALIZOVANÉ OSOBY OD BTS (STŘEDNÍ ČECHY)	63
TABULKA 15 – MĚŘENÍ VELIKOSTI SEKTORŮ V OBLASTI BRD	64
TABULKA 16 - MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI LOKALIZOVANÉ OSOBY OD BTS (BRDY)	64
TABULKA 17 – TEST NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ PRAHA – 2G	66
TABULKA 18 – WILCOXONŮV PÁROVÝ TEST – PRAHA	69
TABULKA 19 - WILCOXONŮV PÁROVÝ TEST – STŘEDNÍ ČECHY	71
TABULKA 20 – PÁROVÉ POROVNÁNÍ VZDÁLENOSTÍ (PRAHA)	73
TABULKA 21 - PÁROVÉ POROVNÁNÍ VZDÁLENOSTÍ (STŘEDNÍ ČECHY)	74
TABULKA 22: KRUSKAL - WALLISUV TEST, VZDÁLENOSTI V RÁMCI 2G VŠECH 3 TESTOVANÝCH OBLASTÍ	76
TABULKA 23 – GPS SOUŘADNICE MĚŘENÝCH LOKALIT – PRAHA	89
TABULKA 24 - GPS SOUŘADNICE MĚŘENÝCH LOKALIT – STŘEDNÍ ČECHY	90
TABULKA 25 - GPS SOUŘADNICE MĚŘENÝCH LOKALIT – BRDY	90
TABULKA 26 – TEST NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ VELIKOSTÍ SEKTORŮ PRAHA – 3G	91
TABULKA 27 - TEST NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ VELIKOSTÍ SEKTORŮ STŘEDNÍ ČECHY – 2G.....	92
TABULKA 28 - TEST NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ VELIKOSTÍ SEKTORŮ STŘEDNÍ ČECHY – 3G.....	93
TABULKA 29 – TEST NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ ZMĚŘENÝCH VZDÁLENOSTÍ PRAHA – 2G	94
TABULKA 30 - TEST NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ ZMĚŘENÝCH VZDÁLENOSTÍ STŘEDNÍ ČECHY – 2G	95
TABULKA 31 - TEST NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ ZMĚŘENÝCH VZDÁLENOSTÍ BRDY – 2G	96

Seznam příloh

Příloha č. 1 - GPS souřadnice měřených lokalit

Příloha č. 2 - Test normálního rozdělení velikosti sektoru Praha – 3G

Příloha č. 3 - Test normálního rozdělení velikosti sektoru Střední Čechy – 2G

Příloha č. 4 - Test normálního rozdělení velikosti sektoru Střední Čechy – 3G

Příloha č. 5 - Test normálního rozdělení změřených vzdáleností Praha – 2G

Příloha č. 6 - Test normálního rozdělení změřených vzdáleností Střední Čech – 2G

Příloha č. 7 - Test normálního rozdělení změřených vzdáleností Brdy – 2G

Příloha č. 8 – Zadání diplomové práce

13 Přílohy

Příloha č. 1 - GPS souřadnice měřených lokalit

Praha

Lokalita	Poloha lokalizované osoby	Poloha 2G BTS	Poloha 3G BTS
Praha - Antala Staška	50.0409567N, 14.4412547E	50°02'23.56"N, 14°26'08.63"E	50°02'23.56"N, 14°26'08.63"E
Praha – Aquadream Barrandov	50.0265464N, 14.3677128E	50°01'47.55"N, 14°22'00.63"E	50°01'47.55"N, 14°22'00.63"E
Praha - Bítovská	50.0459825N, 14.4503167E	50°02'46.06"N, 14°26'55.13"E	50°02'46.06"N, 14°26'55.13"E
Praha - Boloňská	50.0473058N, 14.5579050E	50°02'43.96"N, 14°33'32.93"E	50°02'43.96"N, 14°33'32.93"E
Praha - Budějovická	50.0470283N, 14.4460728E	50°02'46.06"N, 14°26'55.13"E	50°02'46.06"N, 14°26'55.13"E
Praha - Čiklova	50.0632086N, 14.4339756E	50°03'51.36"N, 14°26'01.17"E	50°03'50.48"N, 14°26'01.10"E
Praha - Doupovská	50.0469303N, 14.5135281E	50°02'49.56"N, 14°31'02.63"E	50°02'49.56"N, 14°31'02.63"E
Praha - Dřevěná	50.0716333N, 14.4144169E	50°04'24.78"N, 14°24'55.39"E	50°04'24.78"N, 14°24'55.39"E
Praha - Hornoměřolupská	50.0456311N, 14.5670197E	50°02'44.27"N, 14°34'31.13"E	50°02'44.27"N, 14°34'31.13"E
Praha - Hostivařská	50.0523600N, 14.5292578E	50°03'04.56"N, 14°31'27.63"E	50°03'12.56"N, 14°31'57.63"E
Praha - Chilská	50.0266556N, 14.5098167E	50°01'56.56"N, 14°30'17.63"E	50°01'56.56"N, 14°30'17.63"E
Praha - Jezerská	50.0352375N, 14.5814331E	50°02'17.57"N, 14°35'14.63"E	50°02'17.57"N, 14°35'14.63"E
Praha - K Barrandovu	50.0304517N, 14.3809964E	50°01'52.96"N, 14°23'15.23"E	50°01'52.96"N, 14°23'15.23"E
Praha - Kapraďová	50.0558658N, 14.5081642E	50°03'19.56"N, 14°30'26.64"E	50°03'19.56"N, 14°30'26.64"E
Praha - Karlovo Nám	50.0762842N, 14.4208311E	50°04'35.53"N, 14°25'08.78"E	50°04'35.53"N, 14°25'08.78"E
Praha - Koterská	50.0518039N, 14.4376017E	50°03'08.96"N, 14°26'21.34"E	50°03'08.96"N, 14°26'21.34"E
Praha - Ladova	50.0698767N, 14.4164997E	50°04'10.56"N, 14°25'05.63"E	50°04'10.56"N, 14°25'05.63"E
Praha - Leopoldova	50.0380264N, 14.5071594E	50°02'17.56"N, 14°30'52.63"E	50°02'11.56"N, 14°30'21.63"E
Praha - Michnova	50.0308561N, 14.5206578E	50°02'00.56"N, 14°31'12.13"E	50°01'53.56"N, 14°31'48.63"E
Praha - Na Pankráci	50.0549144N, 14.4363989E	50°03'26.06"N, 14°26'00.63"E	50°03'16.56"N, 14°26'22.13"E
Praha - Park Hostivař - Garáž	50.0534175N, 14.5173458E	50°03'04.56"N, 14°31'27.63"E	50°03'04.56"N, 14°31'27.63"E
Praha - Park Hostivař -	50.0533353N,	50°03'04.56"N,	50°03'11.56"N,

Střecha	14.5181500E	14°31'27.63"E	14°31'03.63"E
Praha - Přátelství	50.0326700N, 14.5967517E	50°01'54.27"N, 14°35'49.33"E	50°01'54.27"N, 14°35'49.33"E
Praha - Pujmanové	50.0525269N, 14.4318800E	50°03'11.56"N, 14°25'41.63"E	50°03'11.56"N, 14°25'41.63"E
Praha - Rašova	50.0296239N, 14.5372708E	50°01'48.56"N, 14°31'44.63"E	50°01'50.30"N, 14°32'12.88"E
Praha - Rozdělená	50.0306328N, 14.6085389E	50°01'58.36"N, 14°36'31.23"E	50°01'58.36"N, 14°36'31.23"E
Praha - Steinerova	50.0304903N, 14.5335417E	50°01'48.56"N, 14°31'44.63"E	50°01'53.56"N, 14°31'48.63"E
Praha - Vyšehradská	50.0685708N, 14.4170883E	50°04'10.56"N, 14°25'05.63"E	50°04'10.56"N, 14°25'05.63"E

Tabulka 23 – GPS souřadnice měřených lokalit – Praha [vlastní zpracování]

Střední Čechy

Lokalita	Poloha lokalizované osoby	Poloha 2G BTS	Poloha 3G BTS
Dolní Jirčany	49.9510022N, 14.5164467E	49°57'06.20"N, 14°30'34.60"E	49°57'06.20"N, 14°30'34.60"E
Hlubočinka	49.9315325N, 14.5624275E	49°55'33.56"N, 14°34'15.65"E	49°56'47.56"N, 14°32'33.64"E
Hlubočinka2	49.9271706N, 14.5696769E	49°55'33.56"N, 14°34'15.65"E	49°55'33.56"N, 14°34'15.65"E
Horní Jirčany	49.9489636N, 14.5415461E	49°56'47.56"N, 14°32'33.64"E	49°56'47.56"N, 14°32'33.64"E
Jílové u Prahy	49.8950028N, 14.4929192E	49°53'13.70"N, 14°28'59.60"E	49°53'49.85"N, 14°29'31.15"E
Jílové u Prahy2	49.9070317N, 14.4916719E	49°54'16.55"N, 14°29'17.65"E	49°54'16.55"N, 14°29'17.65"E
Kabáty	49.8796306N, 14.4983936E	49°53'13.70"N, 14°28'59.60"E	49°53'49.85"N, 14°29'31.15"E
Kamenný přívoz	49.8578836N, 14.5248544E	49°51'31.25"N, 14°29'41.45"E	49°51'31.25"N, 14°29'41.45"E
Kamenný přívoz 2	49.8667033N, 14.5035614E	49°51'31.25"N, 14°29'41.45"E	49°51'31.25"N, 14°29'41.45"E
Kolovraty	50.0167331N, 14.6349494E	50°00'18.07"N, 14°39'18.14"E	50°00'48.57"N, 14°37'41.64"E
Mirošovice	49.9096647N, 14.7143711E	49°53'50.57"N, 14°42'32.65"E	49°53'50.57"N, 14°42'32.65"E
Mirošovice2	49.9128314N, 14.7239003E	49°53'15.71"N, 14°45'23.07"E	49°53'15.71"N, 14°45'23.07"E
Mnichovice	49.9304258N, 14.7135378E	49°56'13.37"N, 14°42'37.91"E	49°56'13.37"N, 14°42'37.91"E
Mnichovice2	49.9387664N, 14.7057889E	49°56'13.37"N, 14°42'37.91"E	49°56'13.37"N, 14°42'37.91"E
Pitkovice - Pečárkova	50.0156864N, 14.5832497E	50°01'10.80"N, 14°36'05.30"E	50°01'55.96"N, 14°33'35.63"E
Pitkovice - Štýchova	50.0231722N, 14.5704464E	50°01'55.96"N, 14°33'35.63"E	50°02'17.57"N, 14°35'14.63"E

Pitkovice - Štýchova2	50.0263292N, 14.5595983E	50°01'55.96"N, 14°33'35.63"E	50°01'55.96"N, 14°33'35.63"E
Prosečnice	49.8628167N, 14.5336067E	49°51'31.25"N, 14°29'41.45"E	49°51'31.25"N, 14°29'41.45"E
Psáry	49.9342836N, 14.5117106E	49°57'06.20"N, 14°30'34.60"E	49°57'06.20"N, 14°30'34.60"E
Radlák	49.9117989N, 14.4989619E	49°54'16.55"N, 14°29'17.65"E	49°54'26.56"N, 14°31'00.65"E
Říčany	49.9904286N, 14.6566047E	49°59'29.57"N, 14°39'55.14"E	49°59'29.57"N, 14°39'55.14"E
Světice	49.9720019N, 14.6597097E	49°59'29.57"N, 14°39'55.14"E	49°59'29.57"N, 14°39'55.14"E
Velké Popovice	49.9205047N, 14.6335208E	49°55'26.76"N, 14°38'07.25"E	49°53'12.36"N, 14°36'43.97"E
Velké Popovice2	49.9219606N, 14.6491228E	49°55'33.56"N, 14°38'46.65"E	49°55'33.56"N, 14°38'46.65"E
Všedobrovce	49.9153281N, 14.6059283E	49°55'33.56"N, 14°34'15.65"E	49°55'33.56"N, 14°34'15.65"E
Všestary	49.9588544N, 14.6850331E	49°53'15.71"N, 14°45'23.07"E	49°59'29.57"N, 14°39'55.14"E
Želivec	49.9151481N, 14.5815053E	49°55'33.56"N, 14°34'15.65"E	49°55'33.56"N, 14°34'15.65"E

Tabulka 24 - GPS souřadnice měřených lokalit – Střední Čechy [vlastní zpracování]

Brdy

Lokalita	Poloha lokalizované osoby	Poloha 2G BTS
Brdy	49.8796917N, 14.2252500E	49°51'45.799"N, 14°15'38.002"E
Brdy	49.8801950N, 14.1981972E	49°52'29.539"N, 14°8'32.650"E
Brdy	49.8503081N, 14.2167550E	49°52'45.239"N, 14°16'36.351"E
Brdy	49.8644392N, 14.1703331E	49°55'24.841"N, 14°10'38.140"E
Brdy	49.8039819N, 14.0905317E	49°45'10.531"N, 14°4'28.661"E
Brdy	49.7872358N, 14.0534411E	49°54'6.030"N, 13°58'38.161"E
Brdy	49.7476131N, 13.8759842E	49°47'27.521"N, 13°50'1.251"E
Brdy	49.6860850N, 13.8342658E	49°43'41.510"N, 13°45'50.660"E
Brdy	49.9165992N, 13.8110269E	49°56'41.520"N, 13°53'16.640"E
Brdy	49.6566619N, 13.6994761E	49°35'24.100"N, 13°43'55.940"E

Tabulka 25 - GPS souřadnice měřených lokalit – Brdy [vlastní zpracování]

Příloha č. 2 - Test normálního rozdělení velikosti sektoru Praha – 3G

n	x_i	$F(x(i))$	$(i-1)/n$	i/n	$F(x(i))-(i-1)/n$	$i/n - F(x(i))$
1	0,03	0,24088	0,00000	0,03571	0,24088	-0,20517
2	0,04	0,24984	0,03571	0,07143	0,21412	-0,17841
3	0,04	0,24984	0,07143	0,10714	0,17841	-0,14270
4	0,05	0,25897	0,10714	0,14286	0,15182	-0,11611
5	0,05	0,25897	0,14286	0,17857	0,11611	-0,08040
6	0,05	0,25897	0,17857	0,21429	0,08040	-0,04468
7	0,05	0,25897	0,21429	0,25000	0,04468	-0,00897
8	0,07	0,27773	0,25000	0,28571	0,02773	0,00799
9	0,08	0,28735	0,28571	0,32143	0,00164	0,03408
10	0,08	0,28735	0,32143	0,35714	-0,03408	0,06979
11	0,11	0,31713	0,35714	0,39286	-0,04002	0,07573
12	0,11	0,31713	0,39286	0,42857	-0,07573	0,11145
13	0,15	0,35871	0,42857	0,46429	-0,06986	0,10557
14	0,16	0,36940	0,46429	0,50000	-0,09488	0,13060
15	0,17	0,38019	0,50000	0,53571	-0,11981	0,15552
16	0,17	0,38019	0,53571	0,57143	-0,15552	0,19123
17	0,2	0,41310	0,57143	0,60714	-0,15833	0,19404
18	0,22	0,43540	0,60714	0,64286	-0,17175	0,20746
19	0,27	0,49189	0,64286	0,67857	-0,15097	0,18668
20	0,33	0,55980	0,67857	0,71429	-0,11878	0,15449
21	0,35	0,58214	0,71429	0,75000	-0,13214	0,16786
22	0,37	0,60423	0,75000	0,78571	-0,14577	0,18149
23	0,46	0,69864	0,78571	0,82143	-0,08708	0,12279
24	0,52	0,75530	0,82143	0,85714	-0,06613	0,10184
25	0,6	0,82095	0,85714	0,89286	-0,03620	0,07191
26	0,62	0,83544	0,89286	0,92857	-0,05741	0,09313
27	0,63	0,84240	0,92857	0,96429	-0,08617	0,12189
28	1,78	0,99999	0,96429	1,00000	0,03570	0,00001

Tabulka 26 – Test normálního rozdělení velikostí sektorů Praha – 3G [vlastní zpracování]

Testové kritérium 0,24088

Kritická hodnota 0,1641

 $TK > KH$

H0 - testovaná data pochází z normálního rozdělení

H1 - testovaná data nepochází z normálního rozdělení

Příloha č. 3 - Test normálního rozdělení velikosti sektoru Střední Čechy – 2G

n	x_i	$F(x(i))$	$(i-1)/n$	i/n	$F(x(i))-(i-1)/n$	$i/n - F(x(i))$
1	0,74	0,10894	0,00000	0,03704	0,10894	-0,07190
2	0,76	0,11012	0,03704	0,07407	0,07308	-0,03605
3	1,32	0,14699	0,07407	0,11111	0,07292	-0,03588
4	1,47	0,15813	0,11111	0,14815	0,04702	-0,00998
5	1,64	0,17141	0,14815	0,18519	0,02327	0,01377
6	1,96	0,19829	0,18519	0,22222	0,01310	0,02394
7	2,05	0,20628	0,22222	0,25926	-0,01594	0,05298
8	2,15	0,21538	0,25926	0,29630	-0,04388	0,08091
9	2,81	0,28099	0,29630	0,33333	-0,01531	0,05235
10	3,14	0,31706	0,33333	0,37037	-0,01627	0,05331
11	3,14	0,31706	0,37037	0,40741	-0,05331	0,09035
12	3,48	0,35614	0,40741	0,44444	-0,05127	0,08830
13	3,54	0,36321	0,44444	0,48148	-0,08123	0,11827
14	3,63	0,37391	0,48148	0,51852	-0,10758	0,14461
15	3,67	0,37869	0,51852	0,55556	-0,13983	0,17687
16	4,05	0,42498	0,55556	0,59259	-0,13058	0,16762
17	4,34	0,46105	0,59259	0,62963	-0,13155	0,16858
18	4,95	0,53761	0,62963	0,66667	-0,09202	0,12906
19	5,22	0,57123	0,66667	0,70370	-0,09544	0,13248
20	6,79	0,74991	0,70370	0,74074	0,04621	-0,00917
21	6,79	0,74991	0,74074	0,77778	0,00917	0,02787
22	7,42	0,80860	0,77778	0,81482	0,03082	0,00622
23	9,5	0,93676	0,81482	0,85185	0,12195	-0,08491
24	9,5	0,93676	0,85185	0,88889	0,08491	-0,04787
25	10,1	0,95703	0,88889	0,92593	0,06814	-0,03110
26	10,1	0,95703	0,92593	0,96296	0,03110	0,00593
27	11,3	0,98193	0,96296	1,00000	0,01897	0,01807

Tabulka 27 - Test normálního rozdělení velikostí sektorů Střední Čechy – 2G [vlastní zpracování]

Testové kritérium 0,17687

Kritická hodnota 0,1665

TK > KH

H0 - testovaná data pochází z normálního rozdělení

H1 - testovaná data nepochází z normálního rozdělení

Příloha č. 4 - Test normálního rozdělení velikosti sektoru Střední Čechy – 3G

n	x_i	$F(x(i))$	$(i-1)/n$	i/n	$F(x(i))-(i-1)/n$	$i/n - F(x(i))$
1	1,28	0,15583	0,00000	0,03704	0,15583	-0,11879
2	1,39	0,16569	0,03704	0,07407	0,12865	-0,09162
3	1,4	0,16661	0,07407	0,11111	0,09253	-0,05550
4	1,57	0,18268	0,11111	0,14815	0,07157	-0,03453
5	1,63	0,18858	0,14815	0,18519	0,04043	-0,00339
6	1,88	0,21439	0,18519	0,22222	0,02921	0,00783
7	1,98	0,22527	0,22222	0,25926	0,00304	0,03399
8	2,05	0,23306	0,25926	0,29630	-0,02620	0,06324
9	2,05	0,23306	0,29630	0,33333	-0,06324	0,10027
10	2,74	0,31730	0,33333	0,37037	-0,01603	0,05307
11	2,95	0,34528	0,37037	0,40741	-0,02509	0,06212
12	3,12	0,36858	0,40741	0,44444	-0,03883	0,07587
13	3,29	0,39237	0,44444	0,48148	-0,05208	0,08911
14	3,42	0,41084	0,48148	0,51852	-0,07064	0,10768
15	3,44	0,41370	0,51852	0,55556	-0,10482	0,14185
16	3,51	0,42375	0,55556	0,59259	-0,13180	0,16884
17	3,82	0,46876	0,59259	0,62963	-0,12383	0,16087
18	3,85	0,47314	0,62963	0,66667	-0,15649	0,19352
19	4,08	0,50684	0,66667	0,70370	-0,15983	0,19686
20	4,66	0,59106	0,70370	0,74074	-0,11264	0,14968
21	4,66	0,59106	0,74074	0,77778	-0,14968	0,18672
22	5,54	0,71009	0,77778	0,81481	-0,06769	0,10472
23	6,91	0,85476	0,81482	0,85185	0,03995	-0,00291
24	7,86	0,92016	0,85185	0,88889	0,06831	-0,03127
25	7,92	0,92339	0,88889	0,92593	0,03450	0,00254
26	10,5	0,99126	0,92593	0,96296	0,06533	-0,02829
27	11,4	0,99661	0,96296	1,00000	0,03364	0,00339

Tabulka 28 - Test normálního rozdělení velikostí sektorů Střední Čechy – 3G [vlastní zpracování]

Testové kritérium 0,19686

Kritická hodnota 0,1665

TK > KH

H0 - testovaná data pochází z normálního rozdělení

H1 - testovaná data nepochází z normálního rozdělení

Příloha č. 5 - Test normálního rozdělení změřených vzdáleností Praha – 2G

n	x_i	$F(x(i))$	$(i-1)/n$	i/n	$F(x(i))-(i-1)/n$	$i/n - F(x(i))$
1	73	0,08599	0,00000	0,03571	0,08599	-0,05028
2	105	0,11682	0,03571	0,07143	0,08111	-0,04539
3	120	0,13370	0,07143	0,10714	0,06227	-0,02656
4	121	0,13488	0,10714	0,14286	0,02774	0,00798
5	127	0,14212	0,14286	0,17857	-0,00073	0,03645
6	128	0,14336	0,17857	0,21429	-0,03522	0,07093
7	141	0,16003	0,21429	0,25000	-0,05426	0,08997
8	143	0,16270	0,25000	0,28571	-0,08730	0,12301
9	210	0,26850	0,28571	0,32143	-0,01722	0,05293
10	215	0,27758	0,32143	0,35714	-0,04385	0,07956
11	224	0,29430	0,35714	0,39286	-0,06285	0,09856
12	250	0,34501	0,39286	0,42857	-0,04785	0,08356
13	272	0,39026	0,42857	0,46429	-0,03831	0,07402
14	278	0,40290	0,46429	0,50000	-0,06139	0,09710
15	296	0,44136	0,50000	0,53571	-0,05864	0,09435
16	323	0,50000	0,53571	0,57143	-0,03571	0,07143
17	331	0,51743	0,57143	0,60714	-0,05400	0,08971
18	372	0,60554	0,60714	0,64286	-0,00161	0,03732
19	375	0,61183	0,64286	0,67857	-0,03103	0,06674
20	414	0,69047	0,67857	0,71429	0,01189	0,02382
21	482	0,80749	0,71429	0,75000	0,09320	-0,05749
22	500	0,83323	0,75000	0,78571	0,08323	-0,04752
23	535	0,87662	0,78571	0,82143	0,09090	-0,05519
24	541	0,88318	0,82143	0,85714	0,06175	-0,02603
25	555	0,89751	0,85714	0,89286	0,04037	-0,00466
26	591	0,92843	0,89286	0,92857	0,03557	0,00014
27	594	0,93064	0,92857	0,96429	0,00207	0,03364
28	728	0,98654	0,96429	1,00000	0,02225	0,01346

Tabulka 29 – Test normálního rozdělení změřených vzdáleností Praha – 2G [vlastní zpracování]

Testové kritérium 0,12301

Kritická hodnota 0,1641

 $TK < KH$ **H0 - testovaná data pochází z normálního rozdělení**

H1 - testovaná data nepochází z normálního rozdělení

Příloha č. 6 - Test normálního rozdělení změřených vzdáleností Střední Čech – 2G

n	x_i	$F(x(i))$	$(i-1)/n$	i/n	$F(x(i))-(i-1)/n$	$i/n - F(x(i))$
1	163	0,21022	0,00000	0,03704	0,21022	-0,17318
2	281	0,22967	0,03704	0,07407	0,19263	-0,15559
3	366	0,24428	0,07407	0,11111	0,17021	-0,13317
4	390	0,24850	0,11111	0,14815	0,13739	-0,10035
5	421	0,25400	0,14815	0,18519	0,10585	-0,06882
6	492	0,26684	0,18519	0,22222	0,08166	-0,04462
7	497	0,26776	0,22222	0,25926	0,04553	-0,00850
8	637	0,29404	0,25926	0,29630	0,03478	0,00226
9	655	0,29750	0,29630	0,33333	0,00121	0,03583
10	767	0,31946	0,33333	0,37037	-0,01387	0,05091
11	872	0,34064	0,37037	0,40741	-0,02973	0,06676
12	1111	0,39067	0,40741	0,44444	-0,01674	0,05377
13	1118	0,39217	0,44444	0,48148	-0,05227	0,08931
14	1258	0,42243	0,48148	0,51852	-0,05905	0,09609
15	1373	0,44765	0,51852	0,55556	-0,07087	0,10791
16	1379	0,44897	0,55556	0,59259	-0,10659	0,14363
17	1418	0,45758	0,59259	0,62963	-0,13502	0,17205
18	1422	0,45846	0,62963	0,66667	-0,17117	0,20821
19	1900	0,56433	0,66667	0,70370	-0,10233	0,13937
20	1942	0,57353	0,70370	0,74074	-0,13018	0,16721
21	1946	0,57440	0,74074	0,77778	-0,16634	0,20338
22	2160	0,62050	0,77778	0,81481	-0,15727	0,19431
23	2211	0,63127	0,81482	0,85185	-0,18355	0,22058
24	2774	0,74178	0,85185	0,88889	-0,11007	0,14711
25	2825	0,75088	0,88889	0,92593	-0,13801	0,17505
26	3643	0,87138	0,92593	0,96296	-0,05454	0,09158
27	9429	0,99999	0,96296	1,00000	0,03703	0,00001

Tabulka 30 - Test normálního rozdělení změřených vzdáleností Střední Čechy – 2G [vlastní zpracování]

Testové kritérium 0,22058

Kritická hodnota 0,1665

 $TK > KH$

H0 - testovaná data pochází z normálního rozdělení

H1 - testovaná data nepochází z normálního rozdělení

Příloha č. 7 - Test normálního rozdělení změřených vzdáleností Brdy – 2G

n	x_i	$F(x(i))$	$(i-1)/n$	i/n	$F(x(i))-(i-1)/n$	$i/n - F(x(i))$
1	3163	0,12044	0,0	0,1	0,12044	-0,02044
2	4054	0,19352	0,1	0,2	0,09352	0,00648
3	5382	0,34227	0,2	0,3	0,14227	-0,04227
4	6595	0,50507	0,3	0,4	0,20507	-0,10507
5	5793	0,39577	0,4	0,5	-0,00423	0,10423
6	13858	0,99416	0,5	0,6	0,49416	-0,39416
7	5705	0,38411	0,6	0,7	-0,21589	0,31589
8	6897	0,54658	0,7	0,8	-0,15342	0,25342
9	6356	0,47216	0,8	0,9	-0,32784	0,42784
10	7779	0,66337	0,9	1,0	-0,23663	0,33663

Tabulka 31 - Test normálního rozdělení změřených vzdáleností Brdy – 2G [vlastní zpracování]

Testové kritérium 0,49416

Kritická hodnota 0,1641

$TK > KH$

H0 - testovaná data pochází z normálního rozdělení

H1 - testovaná data nepochází z normálního rozdělení

Univerzita Hradec Králové
Faculty of Informatics and Management
Akademický rok: 2015/2016

Studijní program: Systems Engineering and Informatic
Forma: Full-time
Obor/komb.: Informační management (im2-p)

Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Bc. Zubák Jan	Karafiátová 6, Praha - Záběhllice	I1000266

TÉMA ČESKY:

Lokalizace volajícího v mobilní síti pro potřeby IZS

NÁZEV ANGLICKY:

Caller location in mobile network for parts of integrated life-saving system

VEDOUCÍ PRÁCE:

Dr. Ing. Vítězslav Hálek, Ph.D., MBA - KM

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Vymezení zkoumané oblasti lokalizace volajícího pro IZS

- 1.1 Integrovaný záchranný systém
- 1.2 Mimořádná událost
- 1.3 Logistika a logistická podpora IZS
- 1.4 Telekomunikace
- 1.5 Mobilní síť
- 1.6 Lokalizace

2) Analýza služby lokalizace volajícího

- 2.1 Integrovaný záchranný systém operační střediska
- 2.2 Legislativa
- 2.3 Mobilní operátor

3) Vlastní návrhy na zlepšení aktuálního stavu

4) Statistická analýza změřených hodnot

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

Podpis studenta:



Datum: 22.4.2015

Podpis vedoucího práce:



Datum: 22-04-2015