

# **Moderní komunikační prostředky a jejich využití v krizovém řízení**

Petr Mikuš

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr MIKUŠ**  
Osobní číslo: **L11424**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Ovládání rizik**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Moderní komunikační prostředky a jejich využití  
v krizovém řízení**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte rešerši v oblasti radiového přenosu dat
2. Analýza současné situace v oblasti bezdrátové komunikace v IZS
3. Vyhodnoťte výhody a nevýhody jednotlivých druhů komunikace a prostředků
4. Popište možné příčiny narušení integrity komunikačních systémů

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] SVOBODA, J. Telekomunikační technika. Praha. Sdělovací technika. 2000. 137 s. ISBN 80-901936-3-3.

[2] LUKÁŠ, L. Informační podpora integrovaného záchranného systému. Ostrava. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 2011. 182 s. ISBN 978-80-7385-105-7

[3] PUŽMANOVÁ, R. Moderní komunikační sítě od A do Z. Computer Press. 2006. 432 s. ISBN 80-251-1278-0

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jakub Rak**

Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce:

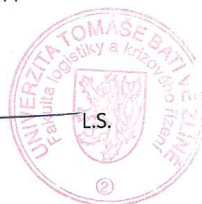
**21. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**9. května 2014**

V Uherském Hradišti dne 21. února 2014

  
prof. PhDr. Ivo Barteček, CSc.  
*děkan*



  
doc. PhDr. Ferdinand Mazal, CSc.  
*ředitel ústavu*


**Prohlašuji, že**

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

**Prohlašuji,**

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

V Uherském Hradišti dne 27. 4. 2014

  
.....  
podpis studenta/ky

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Jakubu Rakovi, za jeho příkladné vedení a také věcné připomínky, které mi v průběhu tvorby této práce poskytl.

Také bych velmi rád poděkoval Nadporučíku Janu Deštěnskému, sloužícímu v Armádě České republiky, služebně zařazenému u Centra komunikačních a informačních systémů v posádce Lipník nad Bečvou, za poskytnutí cenných rad a informací.

Motto:

„Rozvoj telekomunikačních technologií má podobný význam jako nástup knihtisku před více než pěti sty lety. Pro globální telekomunikace neexistuje omezení. Nezapomeňme však, že pro lidskou komunikaci jsou neméně významná vzájemná potřesení rukou, úsměv“.

(časopis Sdělovací technika, prosinec 1999)

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## **ABSTRAKT**

Základní cíl mé bakalářské práce spočívá v představení moderních komunikačních technologií, jejich historickým vývojem a možnostem jejich následné implementace do komunikační platformy integrovaného záchranného systému. Mezi další cíle mé práce patří srovnání výhod i nevýhod nejpoužívanějších komunikačních technologií a to zejména z pohledu uživatele. Dále také v seznámení čtenářů s činností Českého telekomunikačního úřadu, analýze možných příčin narušení integrity poskytovaných komunikačních služeb. Závěrem práce představím metodu pro posouzení kvality datového přenosu veřejně dostupné mobilní sítě.

Klíčová slova: Český telekomunikační úřad, integrovaný záchranný systém, komunikační síť, mimořádná událost, radiokomunikační síť Pegas,

## **ABSTRACT**

The aim of my Bachelor thesis lies in the introduction of modern communication technologies, their historical evolution and possibilities of their implementation into subsequent communication platform integrated rescue system. Other objectives of My work include the comparison of the advantages and disadvantages of the most widely used communication technologies and in particular from the user's perspective. It also acquaints readers with the activities of the Czech Telecommunication Office, analyzing possible causes disruption integrity of the communication services. Finally the work presents a method for assessing the quality of data transmission of publicly available mobile network.

Keywords: communication network, Czech Telecommunication Office, extraordinary event, Integrated Rescue System, radio communications network Pegas

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>	
<b>I</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>KOMUNIKACE V KRIZOVÉM ŘÍZENÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1	KOMUNIKACE SLOŽEK IZS .....	13
<b>2</b>	<b>RADIOVÉ SÍTĚ, JEJICH VLASTNOSTI A OMEZENÍ</b> .....	<b>14</b>
2.1	KOMUNIKAČNÍ SÍŤ .....	14
2.1.1	Komunikační provoz .....	15
2.1.2	Komunikační přenos .....	15
2.2	KMITOČTOVÉ PÁSMO.....	16
2.2.1	Praktické využití kmitočtového pásma .....	18
2.3	ANTÉNNÍ SYSTÉMY .....	20
<b>3</b>	<b>MOBILNÍ BUŇKOVÉ SYSTÉMY</b> .....	<b>21</b>
3.1	ZPŮSOB PROVOZU MOBILNÍ BUŇKOVÉ SÍTĚ .....	21
3.1.1	Plošná struktura mobilní sítě.....	22
3.2	GENERAČNÍ VÝVOJ TECHNOLOGIÍ.....	24
3.3	TECHNOLOGIE 1. AŽ 3. GENERACE.....	26
3.4	BLÍZKÁ BUDOUCNOST = 4G.....	27
<b>4</b>	<b>NÁRODNÍ RADIOVÁ SÍŤ PEGAS</b> .....	<b>29</b>
4.1	POČÁTEK PROVOZU SÍTĚ PEGAS V ČESKÉ REPUBLICE.....	30
4.2	STRUKTURA SÍTĚ PEGAS.....	31
4.3	UTAJENÍ KOMUNIKAČNÍHO PROVOZU .....	32
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>MOŽNOSTI MOBILNÍCH SÍTÍ V KRIZOVÉM ŘÍZENÍ</b> .....	<b>34</b>
5.1	MOBILNÍ KRIZOVÉ TELEFONY .....	34
5.1.1	Tísňová linka .....	35
5.2	HYPOTÉZA - POUŽITÍ KOMERČNÍCH MOBILNÍCH SÍTÍ V KRIZOVÉM ŘÍZENÍ .....	36
<b>6</b>	<b>RADIOVÁ SÍŤ PEGAS – SOUČASNÉ PROVOZNÍ MOŽNOSTI</b> .....	<b>37</b>
6.1	ANALÝZA NEDOSTATKŮ NÁRODNÍ RADIOVÉ SÍTĚ PEGAS.....	38
6.1.1	Zastaralé uživatelské terminály.....	38
6.1.2	Zastaralá síťová architektura .....	39
6.2	ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ.....	40
<b>7</b>	<b>ČESKÝ TELEKOMUNIKAČNÍ ÚŘAD</b> .....	<b>41</b>
7.1	PRÁVNÍ POSTAVENÍ ČTÚ .....	41
7.2	REGULAČNÍ MOŽNOSTI .....	42
7.3	POPIS ČINNOSTI PŘI ŘEŠENÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI .....	43
<b>8</b>	<b>NARUŠENÍ INTEGRITY KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>45</b>
8.1	ANALÝZA PŘÍČIN NARUŠENÍ INTEGRITY PEVNÝCH SÍTÍ .....	46
8.2	ANALÝZA PŘÍČIN NARUŠENÍ INTEGRITY RADIOVÝCH SÍTÍ.....	48
8.2.1	Elektromagnetická interference .....	49
8.2.2	Možné příčiny narušení integrity radiových sítí .....	51

<b>9</b>	<b>POSOUZENÍ KVALITY DATOVÝCH SLUŽEB SÍTĚ 3G .....</b>	<b>52</b>
9.1	SMLOUVA SLA .....	52
9.2	QUALITY OF SERVICE .....	54
9.2.1	Provedení měření rychlosti datového provozu.....	54
9.3	ÚZEMNÍ POKRYTÍ 3G SÍTĚMI .....	57
9.4	POSOUZENÍ CELKOVÉ KVALITY 3G SÍTÍ .....	58
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>65</b>



## ÚVOD

Zavedení telefonního spojení znamenalo pro mezilidskou komunikaci obrovský skok kupředu, který se následně projevil ve všech oblastech lidského života. Vybudovat telekomunikační síť je z časového i finančního hlediska značně náročné a v některých lokalitách i velmi obtížně realizovatelné. I když komunikační služby se postupem času přizpůsobovaly stále větším požadavkům účastníků na jednoduchost obsluhy a zvyšování účastnického komfortu, ukázalo se, že nejdůležitějším požadavkem na komunikační systém je možnost spojení v málo přístupných a vzdálených místech a to i za pohybu účastníka.

Z několika obcí a měst zasažených povodněmi se v posledních letech ozývá kritika, že mobilní sítě nefungovaly a nebylo možné si zavolat pomoc. V případech běžných uživatelů se to dá ještě pochopit. Chybou ovšem je, že na komerční mobilní sítě se spoléhá i samospráva a některé jednotky integrovaného záchranného systému. Je zcela jistě dobře, že v jednotlivých krajích existují radiové sítě pro záchranné služby, hasičské sbory i některé sbory městské policie. Bohužel na většině radnic v České republice vysílačky nejsou a stále se používají krizové mobilní telefony.

Zásadní nevýhodou používání komerční mobilní sítě v průběhu trvání mimořádné události spočívá v jejím současném využívání běžnými uživateli i nasazenými jednotkami a krizovými štáby. Běžný uživatel v tu chvíli buď volá o pomoc, nebo někomu sděluje, v jaké je situaci. Pokaždé tak přetěžuje komunikační síť, která poté nedokáže poskytnout služby uživatelům krizových telefonů. Také při komunikaci zasahujících složek integrovaného záchranného systému (dále jen IZS) se jasně odhalí nevýhody mobilní sítě. Pokud krizový štáb nemůže komunikovat se zasahujícími jednotkami jedním povel, ale je nucen obvolávat jednotlivé složky IZS zvlášť, zcela jistě to zpomaluje záchranné práce.

Od roku 2005 pracuji jako spojovací technik Armády České republiky a i to byl jeden z důvodů, proč jsem si vybral toto téma. V teoretické části mé bakalářské práce Vám přiblížím způsoby šíření signálu pomocí radiových vln, možnosti jejich následného využití, zejména pak v mobilních komunikačních systémech. Věnuji se možností bezdrátové komunikace základních složek IZS, zejména pak národní radiové síti Pegas-Matra.

Jelikož důležitou roli při provozu představených komunikačních sítí plní Český telekomunikační úřadu, popíši jeho právní působnost, regulačních možnosti a jeho činnost v době mimořádné události. Dále provedu analýzu možných příčin narušení integrity a bezpečnosti poskytovaných veřejně dostupných služeb elektronických komunikací. Závěrem Vám představím analýzu kvality nabízených mobilních komunikačních služeb.

I přes spíše technické zaměření mé bakalářské práce, nechci, aby její čtenáři měli dojem četby v provozní dokumentaci technologických prostředků. Vzhledem ke svým dlouholetým zkušenostem v oblasti radiového přenosu signálu a komunikačních služeb, Vám zmíněné technologie představím více z pohledu jejich uživatelů. Důraz budu klást zejména na jejich nedostatky a další možnosti rozvoje.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 KOMUNIKACE V KRIZOVÉM ŘÍZENÍ

Po katastrofických povodních, které v roce 1997 zasáhly takřka celé území Moravy, se jasně projeví nedostatky v jednotné koordinaci hasičských záchranných sborů, zdravotních služeb a policie. Tragické následky této mimořádné události značně urychlily následnou tvorbu legislativy v oblasti krizového řízení a integrovaného záchranného systému.

Přijetí nových zákonů, upravujících procesy krizového řízení a havarijního plánování, následovalo v první polovině roku 2000. Tyto zákony nám definují ochranu obyvatel a stanovují kompetence i pravomoci jednotlivým ministerstvům, ústředním správním úřadům, orgánům krajů, obecním úřadům obcí s rozšířenou působností a orgánům obcí, při zajišťování ochrany obyvatel.

Zákon č. 238/2000 Sb. *o Hasičském záchranném sboru České republiky* a zákon č. 239/2000 Sb. *o integrovaném záchranném systému* nám mimo jiné objasňují problematiku týkající se provádění záchranných a likvidačních prací při zvládnutí mimořádné události (dále jen MU). Legislativa nařizuje ustanovit řídicí subjekt, který je odpovědný za součinnost všech složek povolanych k zásahu a řešení mimořádné události. Tímto řídicím subjektem se stává velitel zásahu, ve většině případů jím je velitel zasahujících jednotek IZS. Zákon č. 239/2000 Sb. mu dále uděluje příslušné kompetence. [1,2]

Mezi jednu z hlavních povinností velitele zásahu při řešení mimořádné události patří zřízení krizového štábu velitele zásahu a ustanovení jeho členů jako jsou náčelník štábu, velitel pro logistiku, velitel pro spojení. Pro rychlou a pohotovou činnost štábu je nezbytné, aby byly plně zajištěny komunikační schopnosti štábu se všemi zasahujícími jednotkami. Pokud by při řešení MU nebylo dostatečně zajištěno komunikační spojení, zcela jistě by došlo k prodloužení doby zásahu záchranných jednotek, k větším materiálním škodám a v horším případě i ke ztrátám na životě a zdraví osob postižených mimořádnou událostí.

K organizaci komunikačního spojení zasahujících jednotek je nutné podotknout, že každá zasahující složka IZS si tyto komunikační služby zajišťuje sama vlastní činností. A právě z tohoto důvodu bývá mnohdy velmi zdlouhavé a obtížné, dosažení plných komunikačních schopností na všech úrovních spojení.

Komunikační spojení složek IZS probíhá na těchto úrovních [3]

- spojení mezi zasahujícími složkami v místě zásahu
- spojení mezi zasahujícími složkami a krizovým štábem
- spojení mezi operačními středisky zasahujících jednotek
- spojení mezi operačními středisky a krizovým štábem

## 1.1 Komunikace složek IZS

Realizace komunikačního spojení IZS je prováděna každou složkou samostatně. Komunikační provozy se proto samovolně neprolínají. Pouze z důvodů např. společného zásahu nebo cvičení je možné vést služební provoz ve společné komunikační síti. [3]

Základní složky jsou primárně určeny pro příjem hlášení o vzniku mimořádné události, k jeho dalšímu vyhodnocení a také k následnému prvotnímu zásahu na místě události. Ostatní složky IZS jsou převážně předurčeny k zajištění pomocných prací a úkolů nezbytných pro úspěšné odstranění následků MU.

Základní složky IZS:

- Policie České republiky
- Hasičský záchranný sbor České republiky
- jednotky požární ochrany vyčleněné pro pokrytí kraje jednotkami požární ochrany
- zdravotní záchranná služba

Ostatní složky IZS:

- obecní policie
- síly a prostředky ozbrojených sil České republiky
- zařízení civilní ochrany
- orgány ochrany veřejného zdraví
- další neziskové organizace, které lze využít při řešení mimořádné události
- havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby

## 2 RADIOVÉ SÍTĚ, JEJICH VLASTNOSTI A OMEZENÍ

Samotné slovo komunikace má původ v řečtině, kde doslova znamená „udělat známo, srozumitelné“. Ovšem překlad do českého jazyka nám dává vícero možností k pochopení významu tohoto pojmu. Můžeme ho chápat v souvislostech s dopravou nebo i s mediálními prostředky. Pokud ovšem spojíme pojmy komunikace a síť, možnosti chápání významu se zúží na oblast telekomunikační a na oblast datové komunikace. V obou těchto případech se v podstatě jedná o přenos informací na vzdálenosti několika metrů i několika tisíc kilometrů, přičemž v oblasti telekomunikační se jedná pouze o přenos hlasových informací, kdežto v oblasti datové komunikace se do přenášené hlasové složky implementuje i datová a obrazová informace. [4]

Základním úkolem komunikačních systémů je umožnit svým uživatelům výměnu informací přes taková prostředí, která nemohou běžně překonat za pomoci svých smyslových schopností (zrak, sluch). Jejich dalším úkolem je pak umožnit výměnu informací mezi lidmi a stroji a také výměnu informací mezi samotnými stroji.

Pojem informace chápeme v souvislosti se sdělovací technikou jako reálný odraz světa vyjádřený pomocí zprávy, která je vytvořena zdrojem zprávy. Mezi tyto zdroje patří obsluhy komunikačních prostředků nebo stroje určené ke zpracování informací. Zpráva může být dále pomocí různých fyzikálních principů zaznamenána na přenosové médium. Na vytvořenou zprávu čeká příjemce zprávy, kterým je opět člověk nebo stroj. Příjemce může zprávu obdržet fyzickým přemístěním záznamového média nebo přenosem, při kterém je zpráva přeměněna na signál. Pojem signál tedy chápeme jako zprávu přetvořenou do konkrétní fyzikální formy, vhodné pro přenos určitým prostředím. Tyto signály můžeme rozdělit na signály akustické, optické a elektrické. [5]

### 2.1 Komunikační síť

Soubor technických prostředků umožňující jednosměrný přenos signálu mezi dvěma místy, nazýváme komunikačním kanálem. Požadujeme-li, aby byl přenos signálu mezi odesílatelem a příjemcem zpráv obousměrný, je nutné mít k dispozici dva komunikační kanály. Splněním této podmínky dojde k vytvoření přenosového okruhu. Tyto kanály a okruhy se jen zřídka kdy vyskytují samostatně. Obvykle spolu tvoří množinu technických a technologických prostředků, kterou dále nazýváme komunikační sítí.

### 2.1.1 Komunikační provoz

#### Rozlišujeme tři základní typy komunikačního provozu

- simplexní provoz
- polo-duplexní provoz
- duplexní provoz

*Simplexní provoz* můžeme v souvislosti s přenosem signálu chápat jako takový provoz, jenž probíhá pouze v jednom směru. Pro využití to znamená omezené možnosti pro účastníky, kteří mohou v jeden časový okamžik buď jen přijímat signál, nebo ho jen vysílat.

*Duplexní provoz* můžeme v souvislosti s přenosem signálu chápat jako takový provoz, jenž probíhá v obou směrech. V praxi to znamená to, že účastníci mohou v jeden časový okamžik jak přijímat tak i vysílat zprávu. Typickým příkladem pro tento druh provozu je telefonní hovor.

*Polo-duplexní provoz* se svými vlastnostmi blíží simplexnímu provozu. Účastníci tohoto provozu mají ovšem možnost přerušit příjem zprávy a začít tak s vlastním vysíláním.

### 2.1.2 Komunikační přenos

#### Rozlišujeme tři základní typy komunikačních přenosů

- hromadné přenosy
- účastnické přenosy
- služební přenosy

*Hromadné přenosy* jsou jednosměrné přenosy, při nichž se stejná zpráva z jediného zdroje šíří po společné přenosové cestě k většímu počtu příjemců. Využití tento druh přenosu nalézá např. u bezdrátového a drátového rozhlasu, bezdrátové a kabelové televize, hromadného dálkové ovládání.

*Účastnické přenosy* jsou obousměrné přenosy, většinou konverzačního typu. V praxi tento druh přenosu představují např. hovory mezi telefonními účastníky, datové hovory mezi účastníky pomocí počítače.

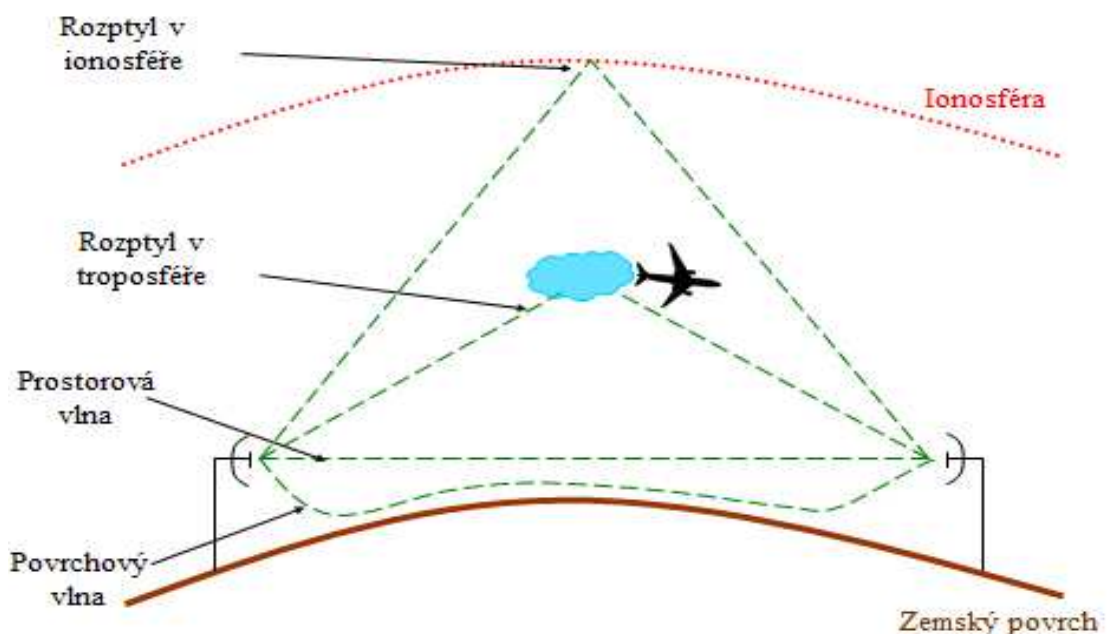
Služební přenosy jsou ostatní jednosměrné i obousměrné přenosy určené pro dorozumívání, dálkové měření, dálkovou signalizaci a ovládání. V praxi se obvykle využívají pro služební potřeby v neveřejné sféře.

Dále můžeme rozlišit komunikační přenos dle počtu účastníků hovoru

- Point to Point – komunikační spojení pouze mezi dvěma uzly
- Point to MultiPoint – komunikační spojení mezi třemi a více uzly

## 2.2 Kmitočtové pásmo

Radiokomunikační systémy používají k přenosům informací prostředí volného prostoru, kde je informace přenášena směrem od anténního vysílače k anténnímu přijímači pomocí radiových vln. Radiové vlny jsou ve své podstatě elektromagnetické vlnění o odpovídající vlnové délce. Již nyní jsou kmitočtová spektra radiových vln chápána jako národní přírodní bohatství. Jedná se o obnovitelný, bohužel však omezený zdroj. Proto je s ním lidstvo povinno obezřetně nakládat a hospodařit. Je nutné zajistit nezbytnou a důkladnou koordinaci všech uživatelů radiových systémů a to nejenom uvnitř státu, ale i mezi jednotlivými státy. [6]



Obr. 1. Způsob šíření a odrazu radiových vln



V tabulce č. 1 uvedeme základní rozdělení radiových vln podle jejich kmitočtu. Důvod takového rozdělení spočívá v rozdílných podmínkách šíření radiových vln pro jednotlivá kmitočtová pásma. A z podmínek šíření vln vyplývá i účel využití pro jednotlivá kmitočtová pásma.

#### Rozdělení kmitočtového pásma radiových vln

<b>Frekvenční pásmo</b>	<b>Vlnová délka</b>	<b>Název pásma</b>	<b>Český název</b>	<b>Označení symbolem</b>
3 – 30 kHz	100 – 10 km	myriametrové	velmi dlouhé	VLF
30 – 300 kHz	10 – 1 km	kilometrické	dlouhé	LF
300 – 3000 kHz	1000 – 100m	hektometrické	střední	MF
3 – 30 MHz	100 – 10 m	dekametrové	krátké	HF
30 – 300 MHz	10 – 1 m	metrické	velmi krátké	VHF
300 – 3000 MHz	10 – 1 dm	decimetrové	ultra krátké	UHF
3 – 30 GHz	10 – 1 cm	centimetrové	centimetrové	SHF
30 – 300 GHz	10 – 1 mm	milimetrové	milimetrové	EHF
300 – 3000 GHz	1 – 0,1 mm	decimilimetrové	-	-

Tabulka 1. Rozdělení kmitočtového pásma [6]

Pro označení jednotlivých kmitočtových pásem se používá následující označení, které je převzato z jejich anglických názvů.

- VLF - Very Low Frequency
- LF - Low Frequency
- MF - Medium Frequency
- HF - High Frequency
- VHF - Very High Frequency
- UHF - Ultra High Frequency
- SHF - Super High Frequency
- EHF - Extremely High Frequency

### 2.2.1 Praktické využití kmitočtového pásma

Stanovy Radiokomunikačního řádu rozdělují kmitočtové spektrum na 9 pásem, viz kapitola 2.2. Nyní se budeme zabývat praktickým využitím tohoto rozdělení. Na vlastnostech jednotlivých pásem totiž závisí způsob šíření radiových vln.

*Pásmo centimetrových a kratších vln* je převážně využíváno pro družicové systémy a radioreleové spojení. Šíření radiových vln se v tomto pásmu podobá šíření světelných paprsků. Podstatný vliv na útlum šíření signálu mají překážky v přenosovém prostoru. Problémy mohou způsobit nejenom domy a výškové budovy, ale i vysoký lesní porost nebo špatné povětrnostní podmínky jako jsou mlhy a hustý déšť.

*Pásmo ultra krátkých vln* je využíváno pro letecké komunikační systémy, námořní systémy, televizní vysílání a v neposlední řadě je dominantní při přenosu signálu mobilních komunikačních systémů, jako jsou GSM 900 a GSM 1800. V tomto pásmu se radiové vlny šíří přímou vlnou do vzdálenosti radiového horizontu, ovšem toto šíření je značně ovlivněno častými odrazy od překážek. Radiový horizont je ve větší vzdálenosti než horizont optický. Tento jev je způsoben částečným ohýbáním radiových vln kolem povrchu země.

*Pásmo velmi krátkých vln* je určeno pro rozhlasové vysílání, televizní vysílání a částečně i pro jiné komunikační služby. V tomto pásmu se vln šíří také přímou vlnou do vzdálenosti radiového horizontu, ovšem vlivem teplotních změn a tím i změnou dielektrických vlastností přenosového prostředí se mění vzdálenosti šíření vln. Další podstatný vliv na šíření vln mají odrazy od vodivých překážek, můžeme pozorovat i ohýbání radiových vln o hřebeny horských masivů.

*Pásmo krátkých vln* je určeno ke komunikaci na velké vzdálenosti a to až na vzdálenosti několika tisíc kilometrů. V dobách, kdy ještě nebylo možné komunikovat pomocí družicových systémů, představovalo pásmo krátkých vln jediný způsob mezikontinentální komunikace. Vlastnosti tohoto šíření jsou silně ovlivněny intenzitou záření dopadajícího z kosmu na vnější část atmosféry. Tyto vlastnosti se tedy opakovaně mění se změnou denní doby, změnou ročního období i změnou fáze sluneční činnosti. Krátké vlny se odráží od ionosféry a po několikanásobných odrazech jsou schopny umožnit spojení s kterýmkoli místem na zemi. Jediným takovým odrazem mohou překonat vzdálenost až 4000 kilometrů. Velký problém ovšem spočívá ve spojení s místem na povrchu zemně, kde panuje jiná denní doba i různé roční období.

*Pásmo středních vln* je i přes kolísání vstupního signálu vyhrazeno pro šíření rozhlasového vysílání. K šíření vln je v době od východu do západu slunce využito povrchové vlny, která umožňuje přenos signálu do vzdálenosti asi 100 kilometrů od vysílače. Prostorová vlna je v této době zcela pohlcena spodní vrstvou ionosféry. Naopak v noci, kdy spodní vrstva ionosféry zmizí, se prostorová vlna může odrážet od ionosféry a dopadat zpět na zemský povrch. Proto je její délka dráhy delší než délka dráhy povrchové vlny. Na vstupu přijímače dochází k součtu obou vln a tím tak i ke značnému kolísání signálu.

*Pásmo velmi dlouhých a dlouhých vln* bylo před dobou družicových komunikačních systémů využíváno pro námořní a radionavigační služby. Radiové vlny se v tomto pásmu šíří s malým útlumem a na poměrně velkou vzdálenost. Další výhoda spočívala v relativně malém výkonu vysílače. Naopak omezené množství kanálů, vliv průmyslového i atmosférického rušení a také potřeba použití rozměrných antén představoval pro tento způsob šíření vln značnou nevýhodu.

### 2.3 Anténní systémy

Základní podmínkou pro kvalitní radiový přenos je správná volba anténního systému. Z pohledu vysílače signálu je zapotřebí u anténního systému zajistit vhodné přizpůsobení výstupním parametrům v příslušném kmitočtovém pásmu a výkonovou zatížitelnost. Dále také vhodnou konstrukci pro montáž vysílače s ohledem na klimatickou odolnost.

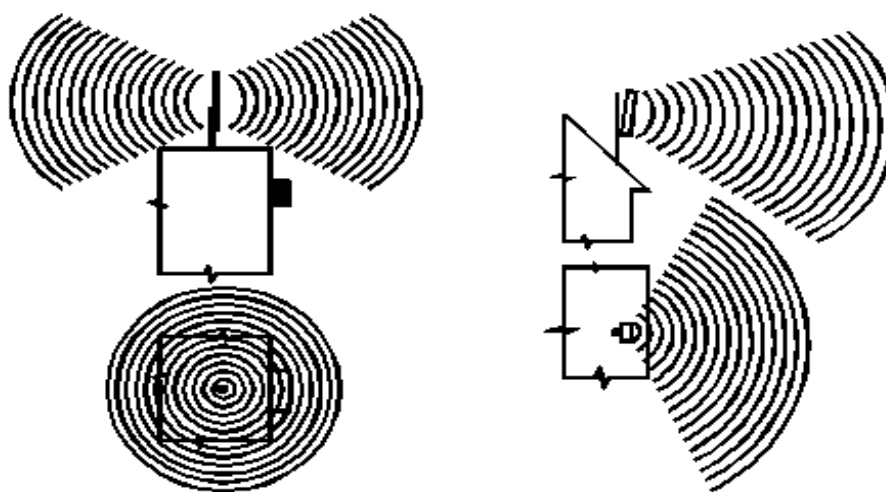
U antény vysílače i přijímače musí platit shoda vlastností, zejména pak vertikální nebo horizontální polarizace antény. U přijímače je zapotřebí zohlednit umístění antény s ohledem na nežádoucí účinky rušení z okolního prostředí. Popřípadě anténní systém doplnit o filtry odstraňující nežádoucí rušení. [4]

Z pohledu použití můžeme rozdělit anténní systémy na základnové, mobilní a přenosné. Podle šířky přenosového pásma dělíme antény na úzkopásmové a širokopásmové. Podstatnou vlastností antény je také způsob směřování vysílaného signálu. [4]

#### Rozdělení anténních systémů dle prostorového vyzařování

*Všesměrové antény* mají horizontální úhel pokrytí signálem  $360^\circ$ . Jejich použití je vhodné při příjmu vyššího počtu signálů z různých lokalit.

*Směrové antény* mají podstatně užší úhel směru vyzařování signálu ( $60^\circ$ - $120^\circ$ ). Proto se využívají k příjmu vzdálenějších stanic se slabším signálem. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady, větší nároky na přesnost nastavení a vyšší citlivost na rušení.



Obr. 2. Vyzařovací charakter všesměrové a směrové antény

### 3 MOBILNÍ BUŇKOVÉ SYSTÉMY

Na začátku 30. let minulého století se v USA začaly objevovat první mobilní telefonní sítě. Protože však jejich cena byla velmi vysoká, využívaly se z počátku výhradně pro privátní účely. Takové sítě se ve většině případů skládaly z centrální, ručně ovládané stacionární stanice. Ta sloužila k propojení mobilních účastníků a to jak mezi nimi samotnými tak mezi nimi a účastníky pevných telefonních sítí.

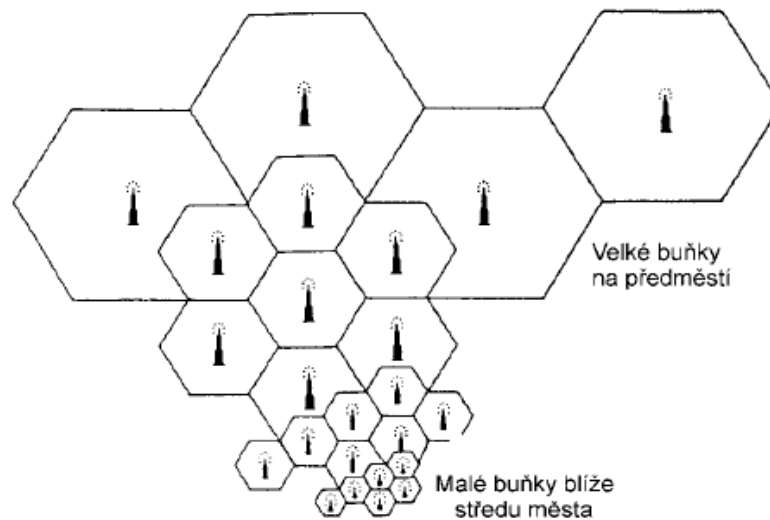
Pracovní stanice používané v počátcích mobilní telefonie byly značně nepraktické. Z důvodu jejich prostorové náročnosti museli být zasazeny do přepravního automobilu. Naštěstí objev tranzistorové techniky a také analogových integrovaných obvodů nám umožnil daleko větší možnosti komunikačního spojení a to jak v privátním tak v soukromém sektoru. Avšak ani tyto technologické pokroky neznamenaly kvalitnější služby pro uživatele. Kvalita hovoru byla i nadále na nízké úrovni a také zabezpečení komunikačních sítí proti nežádoucím odposlechům bylo nedostačující.

Teprve až s nástupem digitálních technologií nastala zlatá éra mobilních komunikačních systémů. Mobilní stanice začali být cenově dostupné pro běžné uživatele. I výrobci mobilních telefonů vycítili šanci na velký zisk plynoucí z rozvoje mobilní komunikace a začali své produkty stále více přizpůsobovat široké masě spotřebitelů. Dominantní podíl na prodejnosti mobilních telefonních přístrojů již představují pro výrobce běžní uživatelé ze soukromé sféry. Tento trend má nadále vzrůstající tendenci.

Současnou snahou mobilních komunikačních systémů je začlenění do budoucího globálního komunikačního systému a tím tak zabezpečení možnosti komunikace s veškerými komunikačními systémy, které již jsou nebo v blízké budoucnosti budou k dispozici. Pro možnost tohoto začlenění bylo nutné vytvořit jednotné mezinárodní normy, které sjednocují provoz mobilní radiové komunikace.

#### 3.1 Způsob provozu mobilní buňkové sítě

Základní podmínkou pro provoz současných mobilních komunikačních systémů je vytvoření celulární neboli buňkové sítě. Princip aplikovaný v takto vytvořené síti spočívá v rozdělení obsluhovaného území na elementární oblasti, které nazýváme buňky. Vytvořené buňky jsou pak dále řízeny základnovými stanicemi, které jsou obvykle umístěny uprostřed nebo na vyvýšeném místě uvnitř buňky.



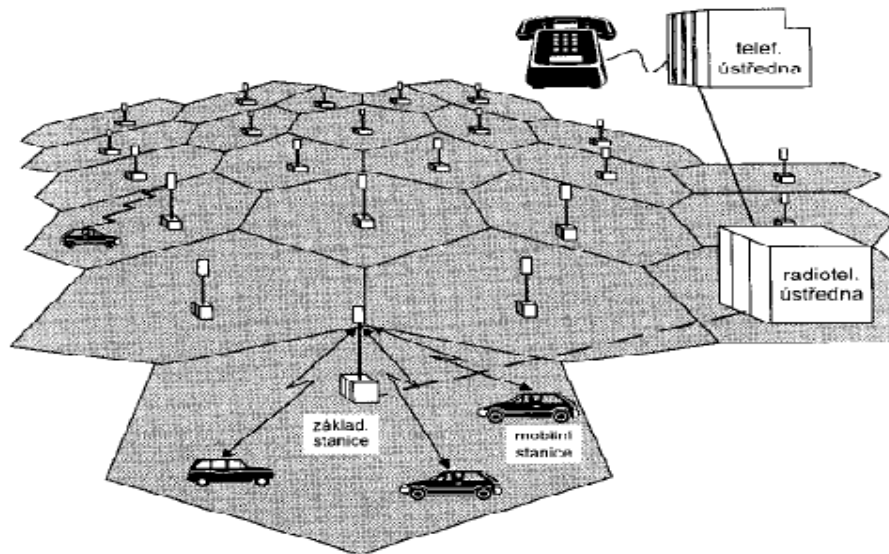
Obr. 3. Zjednodušená struktura buňkové sítě [7]

Z pohledu účastníka vypadá jeho přístup do mobilní sítě následovně. Poloha mobilního telefonu uživatele se v pravidelných intervalech ověřuje a je odesílána na nejbližší základnovou stanici, kde je ukládána do registru. Pokud základnová stanice obdrží žádost o spojení hovoru s uživatelem, jehož poslední registrovaná poloha je na jejím obsluhovaném území, směřuje signál přímo do mobilního přístroje volaného uživatele. [7]

Po navázání spojení může ovšem dojít k pohybu takto spojeného uživatele a tím i ke změně buňky a základnové stanice na stanici obsluhující sousední území. Výhoda mobilních sítí spočívá právě v možnosti automatického pokračování hovoru bez nutnosti přerušování spojení a manuálního nastavení nového provozního kmitočtu uživatelem. Pro takový princip provozu komunikační sítě užíváme anglický název Handover.

### 3.1.1 Plošná struktura mobilní sítě

Rozmístění jednotlivých buněk celulárního systému není uspořádáno pravidelně a ani velikost buněk není totožná. Svoji roli hraje nejenom členitost terénu ale i předpokládaná hustota provozu a předpokládaný počet účastníků. Následující obrázek 4 zjednodušeně zobrazuje plošnou strukturu celulární sítě.



Obr. 4. Praktické pokrytí terénu základnovými stanicemi [7]

#### Typologické rozdělení buněk z pohledu hustoty radiového provozu

*Piko-buňky* mají poloměr dosahu kolem své základnové stanice menší než 50 m. Jejich instalace je prováděna v místech s vysokou koncentrací provozu a v místech s předpokládaným vysokým počtem uživatelů. Využití nalézají na letištích, hlavních nádražích i v rozlehlých obchodních centrech.

*Mikro-buňky* mají poloměr dosahu kolem své základnové stanice do 1 km. Jejich instalace je prováděna v místech se zvýšeným komunikačním provozem. Uplatnění proto nalézají při pokrytí center měst nebo navštěvovaných rekreačních oblastí.

*Makro-buňky* mohou mít poloměr dosahu kolem své základnové stanice i několik desítek kilometrů. Jejich instalace je prováděna v oblastech s nízkou mírou komunikačního provozu. V praxi mohou pokrývat území venkovským lokalit, odlehlých a málo osídlených oblastí.

### 3.2 Generační vývoj technologií

Mobilní komunikační sítě jsou skutečným fenoménem dnešní doby. K dosavadnímu počtu vyrobených mobilních zařízení můžeme říci, že takřka každý člověk na Zemi vlastní nějaký komunikační prostředek. Pro většinu populace z rozvojových nebo vyspělých zemí se mobilní telefon, smartphone, notebook nebo tablet stal již nedílnou součástí jejich života a převážná většina z nich si už svůj život bez nich ani nedokáže představit.

Neobvykle rychlý nárůst možností využívání služeb internetu znamenal nebývalé možnosti komunikace v měřítku celých států i kontinentů a to bez omezení pohybu. Proto, vzhledem ke stále rostoucím potřebám po rychlejších datových službách, dochází ke generačnímu vývoji používaných mobilních technologií. V tabulce č. 2 jsou uvedeny jednotlivé generace mobilních sítí, názvy používaných technologií a také názvy mobilních sítí. Záměrně jsou vynechány analogové technologie první generace, které v porovnání s digitálními technologiemi neumožňovali zejména kvalitní přenos signálu v nepříznivých podmínkách. Z důvodu jejich snadného odposlechu bylo také jejich zabezpečení na nízké úrovni.

#### Generace mobilních technologií

Označení generace	2G	2,5G	2,75G	3G	3.5G	3.75G	3.9G	4G
Název technologie	CSD HSCSD	GPRS	EDGE	WCDMA UMTS	HSDPA	HSUPA	LTE	LTE-Advanced
Název mobilní sítě	GSM	GSM	GSM CDMA2000	UMTS	UMTS	UMTS	E-UTRAN	E-UTRAN WiMax

Tabulka 2. Rozdělení generačních technologií mobilní komunikace [8]



Z takto provedeného rozdělení je patrné, že všeobecně známé rozdělení generací mobilních technologií na 2G, 3G a 4G není příliš přesné. Důležitými parametry pro srovnání jednotlivých technologií jsou využívaná frekvenční pásma a rychlost přenesených dat. V tabulce č. 3 je uveden přehled nejrozšířenějších mobilních komunikačních technologií, rozdělených dle svého časového vývoje a rychlostí datové propustnosti. Uvedená maximální přenosová rychlost předpokládá počet přenesených bitů za jednotku času (sekunda).

#### Parametry mobilních technologií

Název technologie	Rok uvedení	Maximální rychlost přenosu	Přenosová frekvence	Max. vzdálenost vysílače a přijímače
<b>GPRS</b> Sít' GSM	1997	80 kb/s	900/1800 MHz	35 km
<b>EDGE</b> Sít' GSM	2004	218 kb/s	900/1800 MHz	30 km
<b>CDMA2000</b> Sít' UMTS	2004	307 kbps	450/2100 MHz	54 km
<b>WCDMA</b> Sít' UMTS	2000	2048 kbps	1885/2200 MHz	2 km
<b>HSUPA</b> Sít' UMTS	2005	5.76 Mbps	873/1900 MHz	5 km
<b>LTE</b> SÍŤ E-UTRAN	2008	100 Mbps	800/1800/2600 MHz	30 km

Tabulka 3. Rozdělení technologií dle přenosových možností [8]

### 3.3 Technologie 1. až 3. generace

*Technologie 1. generace* využívaly k přenosu informace ještě analogové technologie jako NMT nebo AMPS. V lokalitách s dobrým pokrytím signálu se však již daly využívat služby faxových a datových přenosů nebo posílání SMS zpráv. Mezi nejvýznamnější evropské výrobce mobilních zařízení 1. generace patřily severské firmy Nokia (pod tehdejším názvem Mobira), Ericsson nebo německý výrobce Siemens.



Obr. 5. Generační vývoj mobilních telefonních přístrojů [10]

*Technologie 2. generace* začaly psát svoji historii rokem 1989, kdy Evropský telekomunikační institut převzal zodpovědnost nad vývojem plně digitální sítě GSM (Global System for Mobile Communications). Roku 1991 tak byla na telekomunikačním veletrhu v Ženevě představena první GSM mobilní síť. O rok později byly v Dánsku, Finsku, Švédsku, Francii a Německu zprovozněny první komerční sítě 2. generace. Dne 17. června 1992 byla mezi finskou společností Telecom Finland a anglickou společností Vodafone podepsána první roamingová smlouva, která započala uskutečňovat proces vzniku jednotné mezinárodní komunikační sítě. Za zmínku jistě stojí, že již v roce 1993 bylo do jednotlivých GSM sítí zapojeno přes milion uživatelů ve 47 zemích Evropy. Další zemí přistupující na standard sítě GSM byla například australská společnost Telstra. Tímto krokem došlo k prvnímu rozšíření standardu mimo území Evropy. [9]

*Technologie 3. generace* začínají přicházet na svět někdy kolem roku 2004. Potože GSM síť byla prvotně určena pro přenos hovorového signálu, byly její značnou nevýhodou pomalé možnosti datového provozu. Postupem času, s ohledem na požadavky účastníků a s rozmachem poskytovaných mobilních internetových služeb, byla zahájena modernizace GSM sítí a následná implementace GPRS technologie, která umožnila dosažení přenosové rychlosti až 80 kbps. [9]

Další vylepšení sítí nastalo modernizací základnových stanic a implementací technologií jako je EDGE nebo UMTS. Těmito modernizačními kroky nastalo další podstatné navýšení datové propustnosti a stávající sítě se tak začali označovat jako sítě 3 generace.

### **3.4 Blízká budoucnost = 4G**

V dnešní době je i nadále nejrozšířenějším standardem mobilních celulárních sítí architektura typu GSM. Pro svoji spolehlivost a levné provozní náklady je na světě stále velmi málo mobilních operátorů, kteří by ke spojení telefonních hovorů svých uživatelů využívali sítě 3. a 4. generace. Ovšem vzhledem k narůstajícím potřebám uspokojit své zákazníky nejenom mobilním voláním ale i rychlými mobilními datovými službami a také již takřka vyčerpaným kmitočtům radiového spektra, se konec sítí druhé generace neodvratně blíží.

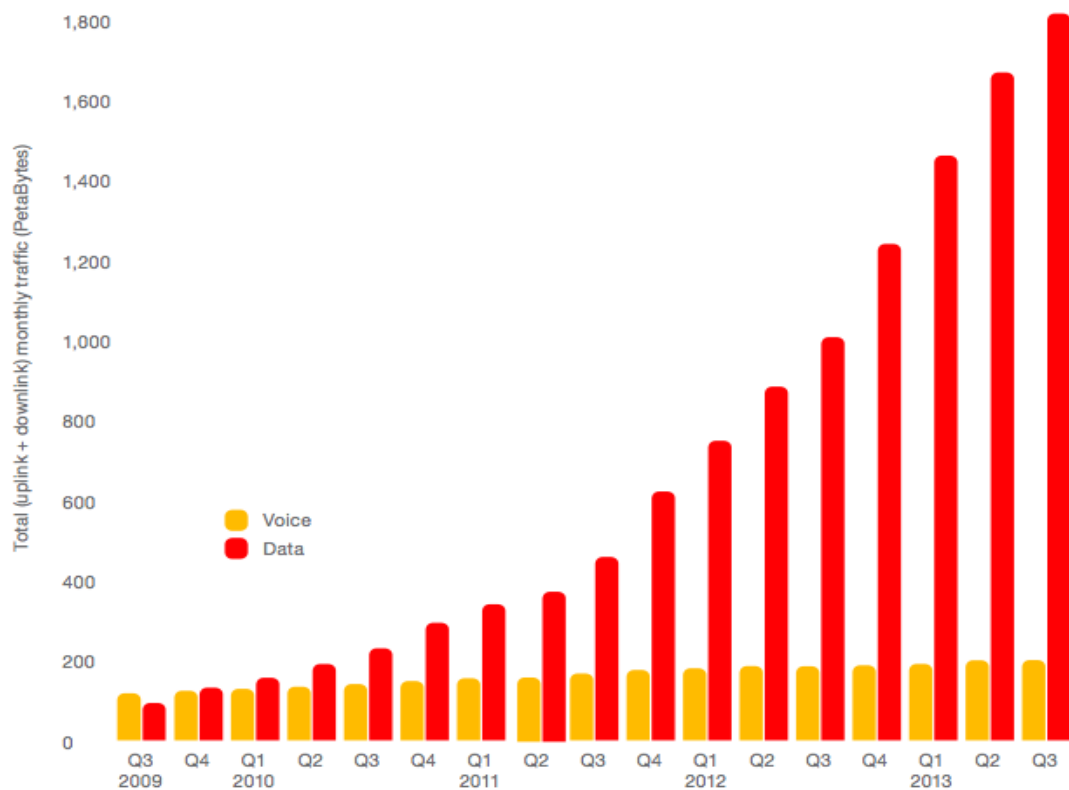
Například z vyjádření největšího amerického mobilního operátora AT&T je zřejmý záměr nejpozději do roku 2017 ukončit provoz GSM sítí a přejít na sítě nových generací. S tím souvisí i nutnost vybavit své zákazníky mobilními přístroji podporujícími standardy sítí 3. a 4. generace. U nás je však konec GSM sítí stále ještě v nedohlednu. Licence umožňující provoz takovýchto typů sítí jsou pro všechny naše operátory platné až do konce roku 2024. Také fakt, že tuzemští operátoři vynaložily nemalé finanční prostředky na modernizace GSM sítí nahrává domněnce, že tyto technologie budou mít ještě mnoho let své místo v našem světě mobilních technologií zajištěny. [8]

Významnou roli v tomto modernizačním procesu sehrává i Český telekomunikační úřad, který v souladu s nařízeními Evropské unie může svými rozhodnutími mobilní operátory donutit k rychlejšímu procesu modernizace stávajících komunikačních systémů.

Abychom ovšem tuzemským operátorům jenom nekřivdily, i u nás je patrná jejich snaha o rozšíření moderních technologií. Původní síť, odpovídající standardům GSM, dnešním, natož tak budoucím potřebám zcela jistě nevyhovují. Už dnes je jasné, že množství hlasového provozu v mobilních sítích dosáhla vrcholu a nadále již stoupat nebude. Naopak spotřeba datového provozu v mobilních sítích vzrostla za poslední rok o takřka 80%.

Z dostupných návrhu na budování LTE sítí je patrné, že mobilní operátoři se v České republice nejprve zaměřují na velké aglomerace a významné dálniční spoje. Proto ve svých zprávách a prohlášeních pro veřejnost uvádějí procenta pokrytí moderními sítěmi ne vzhledem k území státu ale vzhledem k populaci. Taková sdělení zcela jistě zkreslují přehled o územní dostupnosti vysokorychlostních datových služeb.

V následujícím grafu 1 je znázorněna celosvětová spotřeba hlasového (označena žlutě) i datového provozu (označena červeně) a to pouze v mobilních sítích. Grafické rozhraní zobrazuje časový horizont od konce roku 2009 až po konec roku 2013, objem provozu je uveden v jednotkách petabytů ( $10^{15}$  bytů). [11]



Graf 1. Celosvětová spotřeba hlasového a datového provozu [11]

## 4 NÁRODNÍ RADIOVÁ SÍŤ PEGAS

V předcházejících kapitolách jsme se seznámili s principy přenosů informace pomocí radiových vln a jejich následnému využití v provozech komerčních mobilních radiových sítí. V následující kapitole provedeme seznámení s digitální radiovou sítí nekomerčního charakteru, využívanou složkami IZS, armádou i tajnými službami, známou pod označením Národní radiová síť PEGAS-MATRA.

Díky svému charakteru využití, svými provozními vlastnostmi a také dostupností signálu můžeme říci, že se jedná o celonárodní radiovou síť, která naplňuje požadavky na kvalitní a utajený dálkový přenos informací. Tato radiová síť, provozována ministerstvem vnitra – Sekce informačních technologií a komunikace, je schopna zabezpečit digitální přenos hlasových i datových služeb s vysokou mírou zabezpečení proti nežádoucím odposlechům hovorů.

Provozní schopnosti sítě Pegas umožňují realizovat spojení nejenom Point to Point, ale také Point to MultiPoint. Díky tomu je zcela přizpůsobena pro využití jako základní komunikační platforma jednotek IZS, při řízení záchranných a likvidačních prací v době vzniku mimořádné události. [3]



Obr. 6. Přidružené společnosti firmy Matra Norton Communications [12]

Komunikačním prostředím je radiový systémem, vyvinutým francouzskou společností MATRA Norton Communications. Systém pracuje ve standartu TetrapolL. Jak již bylo řečeno, jedná se o celonárodní radiovou síť, kterou tvoří potřebná infrastruktura s více druhy provozních terminálů.

Celá síť je rozdělena dle územních částí České republiky (dále ČR) na 14 regionálních celků tzn. 13 krajů a Praha. Tyto celky jsou pak dále datově propojeny do jedné páteřní sítě, nesoucí označení X25, jenž je pomocí své infrastruktury schopna pokrýt až 90%

území našeho státu. Provoz celého komunikačního systému Pegas je realizován v evropsky harmonizovaném kmitočtovém pásmu v rozmezí 380 MHz až 400 MHz, odstup jednotlivých kanálů činí 12,5 kHz. [3]

Základní principy provozu jednotlivých regionálních celků můžeme přirovnat k již známým principům provozu mobilních radiových sítí. Části obsluhovaného území jsou rozděleny na jednotlivé buňky, které jsou pak následně řízeny řídicí ústřednou. O národní radiové síti Pegas můžeme tedy říci, že z pohledu funkčnosti se jedná o celulární síť svými vlastnostmi velmi podobnou GSM sítím.

#### **4.1 Počátek provozu sítě Pegas v České republice**

Historie národní radiové sítě Pegas započala rokem 1994, kdy bylo ministerstvem vnitra vypsáno výběrové řízení na moderní digitální komunikační systém, určený pro potřeby profesionálních složek IZS.

Podmínkami, jaké byly pro toto výběrové řízení zadány, se v mé práci zabývat nebudu. Jisté ovšem je, že jako jediná firma je byla schopna splnit pouze francouzská společnost Matra Nortel Telecommunications, využívající technologii Tetrapol. Tato technologie byla původně navržena pro potřeby francouzského četnictva a poprvé byla použita v radiové síti Rubis. [12]

Jistě i za pomoci „managerských schopností“ vedení společnosti Matra se tato technologie začala postupem času etablovat i do okolních evropských i mimoevropských států.

Ne příliš povedené začátky budování infrastruktury sítě Pegas v ČR předznamenaly vcelku zdoluhavý proces uvedení plně funkčního systému do provozu. Ten nastal až kolem rokem 2003. Ovšem v té době, z důvodu generačního vývoje technologií, již bylo nutné obměnit terminály uživatelů a začít také s postupnou modernizací radiových vysílačů.

Můžeme říci, že tento modernizační proces trvá až do dnešních dnů a jeho plné dokončení je zřejmě otázkou finančních možností odpovědného ministerstva.

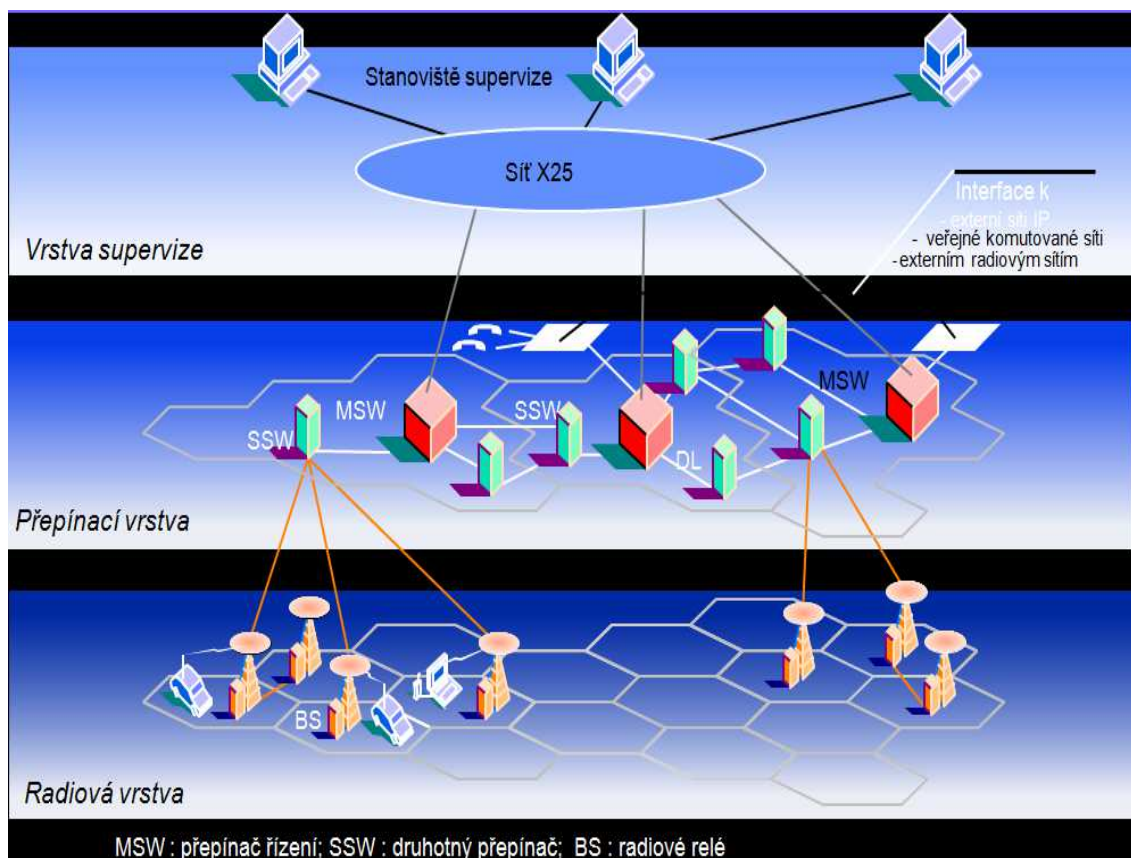
## 4.2 Struktura sítě Pegas

Technologie Tetrapol umožňuje svým uživatelům uskutečňovat nejenom komunikační spojení mezi kterýmikoli účastníky sítě, ale také uskutečňovat skupinovou komunikaci. Mimo tyto hlasové služby lze využívat i další doplňkové služby jakými jsou například identifikace volající stanice, tísňové volání nebo přesměrování hovorů z ručních na vozidlové terminály a opačně.

Jednotlivé složky integrovaného záchranného systému mají díky použití standardu Tetrapol autonomní síťovou infrastrukturu. V praxi to znamená samostatné provozní řízení a dohled nad vlastními regionálními částmi sítě a také možnost připojení terminálů uživatelů z odlišných složek IZS. Tato možnost konfigurace sítě Pegas je vhodná při nutné koordinaci činností jednotlivých složek IZS při jejich společném zásahu a řešení mimořádné události.

### Vrstvy sítě Pegas

Na obrázku 7 je znázorněna struktura jednotlivých vrstev sítě, která je tvořena třemi základními subsystemy.



Obr. 7. Struktura národní radiové sítě Pegas [14]

*Radiová vrstva* se nachází na nejnižší úrovni síťové infrastruktury. Skládá se ze základnových stanic (na obr. č. 8 označeny jako BS) které jsou řízeny řídicí jednotkou, jenž zajišťuje provoz s vyšší vrstvou sítě.

*Přepínací vrstva* se z pohledu architektury sítě nachází uprostřed síťové infrastruktury. Tato prostřední vrstva je tvořena hlavními ústředními (označeny MSW) a sekundárními ústředními (označeny jako SSW), které slouží k propojení jednotlivých buněk sítě a k propojení jednotlivých vrstev sítě.

*Vrstva supervize* se nachází na nejvyšším stupni síťové infrastruktury. Je tvořena páteří sítě (označená X25). Skládá se z řídicích pracovišť, které zabezpečují technický a taktický dohled nad všemi připojenými prvky podřízených vrstev.

### 4.3 Utajení komunikačního provozu

Mezi hlavní požadavky na komunikační síť IZS byla potřeba utajení přenášených informací. Pro tyto účely je v síti Pegas využíváno několik bezpečnostních prvků a proto je takřka nemožné do ní jakkoli neoprávněně zasahovat nebo ji nezákonně odposlouchávat.

Bezpečnostní prvky sítě Pegas [13]

- blokování přístupu nepovoleným terminálům
- identifikace a autentizace
- šifrování komunikace

Přenášená informace je po celé své trase šifrována algoritmem, který je nadefinován do podoby šifrovacího klíče. Ten je v případě potřeby nahrán do určených uživatelských stanic a v předem určeném časovém intervalu obměňován. Tímto způsobem je zajištěna možnost vstupovat do sítě Pegas pouze autorizovaným uživatelským prostředkům. Také v případě ať už ztráty nebo odcizení radiostanice nabízí tato síť možnosti, jak zamezit případnému nežádoucímu odposlechu nebo přímo vyřadit neautorizovanou stanici z provozu.

Zmíněné možnosti kryptografické ochrany informací bych proto osobně vyzdvihl a zařadil je na pomyslný vrchol předností národní radiové sítě Pegas.



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 MOŽNOSTI MOBILNÍCH SÍTÍ V KRIZOVÉM ŘÍZENÍ

V první kapitole praktické části provedu analýzu možného využití veřejně dostupných mobilních sítí pro krizovou komunikaci základních složek integrovaného záchranného systému a to v době řešení krizové události.

Mobilní, veřejně dostupné sítě jsou primárně určeny ke komerčnímu využití běžnými uživateli. Pro jejich takřka 100% uzemní pokrytí našeho státu a jejich levné provozní náklady jsou však využívány některými složkami IZS a také starosty obcí jako komunikační spojení v době řešení krizové události.

### 5.1 Mobilní krizové telefony

Uživatelé krizových mobilních telefonů mají na svých telefonních číslech nastaveny ve většině případu právo přednostního volání, označované též jako priorita 1 či 2.

Mobilní komunikační sítě mohou na základě žádosti od Generálního ředitelství hasičského záchranného sboru (dále jen GŘ HZS) přecházet do stavu tzv. krize. Pro tento stav je charakteristické zejména navýšení priorit účastníkům krizové komunikace. GŘ HZS pro tyto účely vypracovalo a nadále aktualizuje seznam krizových telefonních čísel, kterým je v rámci mobilního operátora Telefonica O2 Czech Republic uděleno právo přednostního spojení – tzv. priorita 1+. Tato priorita je aktivována v době krizové události.

#### Charakteristika jednotlivých úrovní priorit [15]

##### Priorita 1+

- priorita hovoru nemůže být odsunuta
- hovor nemůže být přerušen
- může přerušit hovor s nižší prioritou vyjma priority 1, 2 a tísňového volání

##### Priorita 1

- priorita hovoru nemůže být odsunuta
- hovor nemůže být přerušen prioritou 1+
- může odsunout hovor s nižší prioritou vyjma priority 2 a tísňového volání

## Priorita 2

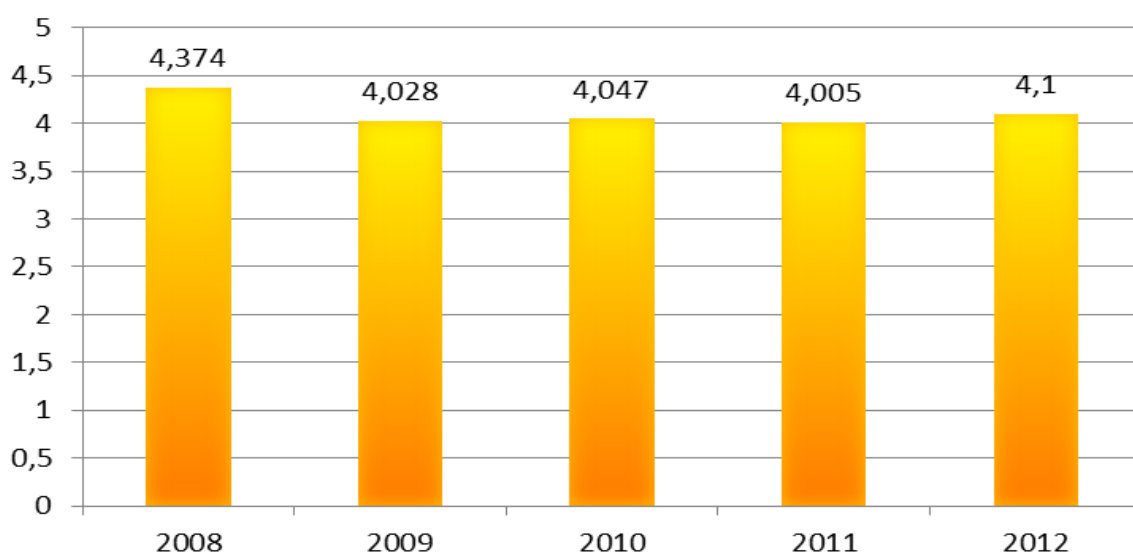
- priorita nemůže být odsunuta
- hovor nemůže být přerušen prioritou 1+
- nemůže odsouvat ostatní hovory

### 5.1.1 Tísňová linka

Také běžní uživatelé mohou v krizové situaci využít přednostního volání. Děje se tak díky národním tísňovým linkám. Nouzové volání na telefonní čísla 112, 150, 155, 156 a 158 mají také přiřazenou vysokou prioritu přednostního volání.

Běžní uživatelé využívající této služby tak nejsou omezeni přenosovými možnostmi mobilní sítě a to i v době, kdy je tato síť přetížena voláním dalších účastníků. Mají tak jistotu, za předpokladu že je mobilní síť v provozu, okamžitého spojení s operátorem operačního centra tísňové linky. Tento tísňový hovor může být pak operátorem tísňového centra dále přepojen na služební linku té složky IZS, jejíž činnost odpovídá charakteru krizové situace.

Pro bližší představu o počtu tísňových volání na linky 112 a 150 uvedeme ještě následující statistiku, uveřejněnou dne 11. ledna 2013 na oficiálních stránkách HZS ČR. Počet hovorů je uveden v řádech milionů.



Graf 2. Statistika počtů tísňových volání na telefonní linky 112 a 150

## 5.2 Hypotéza - použití komerčních mobilních sítí v krizovém řízení

S rostoucí závislostí lidské populace na komunikačních systémech vzniká i celá řada nových nebezpečí. Běžní uživatelé mobilních sítí si již zcela zvykli na poskytované služby mobilních operátorů. I některé jednotky IZS jsou vybaveny krizovými mobilními telefony, fungujících v sítích běžných telekomunikačních společností. Jenže tyto mobilní sítě nejsou na takové využití přizpůsobeny.

V době vzniku mimořádné události je pro většinu postižených obyvatel zásadní mít možnost dálkové komunikace. To ať se jedná o případy, kdy se snaží dovolat se pomoci nebo se snaží zkontaktovat se svými blízkými. V případech běžných uživatelů jsou tyto možnosti komunikace jistě skvělé, problémem ovšem je, že tímto voláním je mobilní síť přetěžována. Běžná buňka systému GSM dokáže odbavit v jeden okamžik pouze několik desítek hovorů a proto může nastat situace, kdy síť nebude schopna poskytnout služby uživatelům krizových mobilních telefonů.

Další zásadní nevýhodou komerčních mobilních sítí je absence možnosti volání Point to MultiPoint. Možnost skupinového volání prostě tyto sítě díky neumožňují. Pokud by velitel zasahujících jednotek využíval pro koordinaci činností podřízených jednotek mobilní telefon, byl by nucen obvolávat jednotlivé zasahující složky zvlášť. Tento fakt by jistě znamenal značné časové zdržení při provádění záchranných prací.

A proto můžeme říci, že i když jsou u nás mobilní sítě na poměrně vysoké úrovni, je zcela jasné, že v době mimořádné události spoléhat jenom na ně nelze!

## 6 RADIOVÁ SÍŤ PEGAS – SOUČASNÉ PROVOZNÍ MOŽNOSTI

Nyní si představíme současné provozní možnosti této páteřní komunikační sítě IZS a to zejména z pohledu služeb nabízených svým uživatelům.

*Hovor na otevřeném kanálu* je bezesporu nejpoužívanější hlasovou službou sítě Pegas. Jedná se o skupinovou komunikaci s předem určeným počtem uživatelů. Každý z oprávněných uživatelů disponuje vlastním, předem určeným volacím znakem, pod kterým na tomto otevřeném radiovém kanálu komunikuje. Z pohledu IZS jsou tyto možnosti sítě vhodné zejména pro rychlou koordinaci zasahujících jednotek velitelem, který takto může komunikovat s vícero jednotkami současně a nemusí jim tak předávat signály, povely, rozkazy a další důležité informace jednotlivě a tím i prodlužovat dobu zásahu.

*Hovor na individuálním kanále* je další možností hlasové komunikace v síti Pegas. Pokud bude veškerý hlasový provoz uskutečňován jen na otevřeném kanále, nastane postupné přesycení kanálu a účastníci provozu mohou snadno přeslechnout pro ně podstatné informace. Omezení tohoto jevu docílíme využitím individuálních kanálů. Řídící stanice tak pro další komunikaci s jí podřízenými stanicemi používá vlastní komunikační kanál.

*Datový provoz* je možné uskutečňovat s maximální přenosovou rychlostí 8 kbps. Při srovnání sítě Pegas s možnostmi současných sítí komerčních mobilních operátorů se jedná o již naprosto nedostačující rychlost datového přenosu. Efektivně se tak dá využít jen pro příjem a vysílání polohových statusů nebo krátkých textových zpráv.

*Tísňové volání* je doplňkovou službou sítě Pegas. Pro tyto účely je vytvořen krizový kanál s nejvyšší prioritou volání. Na ručních terminálech jsou umístěna tzv. červená tlačítka, která po aktivaci začnou vysílat tísňovou signalizaci a to buď do vzdálenostně nejbližších nebo předem určených terminálů.

*Další nabízené služby* poskytované Pegasem jsou mimo jiné hlášení operačního důstojníka, odposlech okolního prostředí nebo omezení územní funkce terminálů.

Jak již bylo v kapitole 4 zmíněno, v infrastruktuře radiové sítě Pegas jsou implementovány kromě kvalitních přenosových prostředků také systémy autentizace a identifikace, které svým uživatelům zaručují kvalitní a utajený přenos informací.

## 6.1 Analýza nedostatků národní radiové sítě Pegas

V dosavadních kapitolách věnovaným národní radiové síti Pegas jsme si představily její strukturu, její provozní možnosti a komunikační služby nabízené svým uživatelům. Záměrně jsem doposud vynechával uživatelské nedostatky a provozní problémy, kterými se nyní budu blíže zabývat.

Národní radiová síť Pegas je v našich končinách v provozu již 20 let a za tuto dobu se ve všech provozních oblastech v plné kráse projevily její nedostatky. Za tímto účelem provedu analýzu negativních rysů, provázejících tuto páteřní síť IZS. Zaměřím se na negativní vlastnosti sítě nejvíce ovlivňující činnost uživatelů, zasahujících v krizovém řízení.

### 6.1.1 Zastaralé uživatelské terminály

Prvotním problémem, odrážejícím i mnohé další nedostatky, je zcela jistě na dnešní dobu již zastaralé hardwarové vybavení. Jedná se jak o prvky síťové infrastruktury, tak o koncové uživatelské terminály. Vývoj komunikačních technologií zaznamenal v posledním desetiletí obrovský skok kupředu a tak je nutné si přiznat, že orgány státní správy v souvislosti s modernizací radiové sítě Pegas zaspaly.

Terminály, používané v současné době, patří v převážné většině do skupiny tzv. 2. generace. Jejich uživatelské rozhraní je ne příliš pohodlné pro jednoduché ovládání a svojí zbytečnou složitostí zdržuje zejména méně zkušené uživatele.

Dalším problémem spojený s touto generací terminálů je v zajištění jejich servisní a technické podpory. Ta končí rokem 2014 a tak je nezbytné urychlit modernizaci na terminály 3. generace. Navíc veškeré náklady spojené s údržbou a opravami terminálů jsou v plné režii složek IZS disponujících těmito komunikačními zařízeními.

Také vzhledem k narůstajícím cenám servisních a technických služeb by při nepříznivé ekonomické situaci a současným škrty ve státním rozpočtu mohlo nastat riziko „neopravitelnosti“ nefunkčních uživatelských terminálů.



Obr. 8. Ruční terminály 1. až 3. generace [12]

### 6.1.2 Zastaralá síťová architektura

Nejzásadnější problémy provázející radiovou síť Pegas z hlediska síťové architektury jsou na dnešní dobu již zcela nedostatečné možnosti datového provozu. Maximální rychlost datového přenosu informací 8 kbps je v porovnání s představenými mobilními sítěmi naprosto směšná a odpovídala by maximálně mobilním technologiím 1. generace, používaných ještě v minulém století.

Mezi další nevýhody architektury sítě patří nemožnost tzv. Handoveru. O této schopnosti mobilních buňkových sítí jsme se zmínili v kapitole 3. Nemožnost Handoveru se v praxi projevuje při přemístění terminálu z oblasti dosahu jedné základnové stanice do oblasti dosahu druhé základnové stanice. Než se stanice přihlásí k nové základnové stanici, je na rozdíl od sítí GSM spojení přerušeno a komunikační provoz tak musí být znovu navázán.

Z důvodu chybějícímu Handoveru je také nemožné navázat spojení z letícího vrtulníku. Při rychlosti letu a z toho důvodu časté změně základnových stanic by tak docházelo k neustálým výpadkům signálu a tento jev by kvalitu hovoru zcela znehodnotil.

## 6.2 Závěrečné hodnocení

Vybudování národní radiové sítě PEGAS znamenalo pro komunikační schopnosti IZS velký skok kupředu. Bohužel již v době počátku budování sítě začaly nastávat jisté problémy, které se po dlouhá léta nedařilo kvalifikovaně vyřešit. To mělo za následek oslabování přenosových a komunikačních schopností sítě.

Ovšem i přes veškeré negativní jevy spojené s postupným dobudováním této digitální radiové sítě, disponují nyní všechny profesionální složky IZS v ČR moderní komunikačním nástrojem.

### Přehled současných nedostatků sítě Pegas

- zastaralé hardwarové vybavení – nutná modernizace terminálů
- nedostatečná síťová infrastruktura – pomalý datový provoz
- složité ovládání terminálů
- nemožnost Handoveru
- vysoké provozní náklady
- vysoké náklady na servis a údržbu

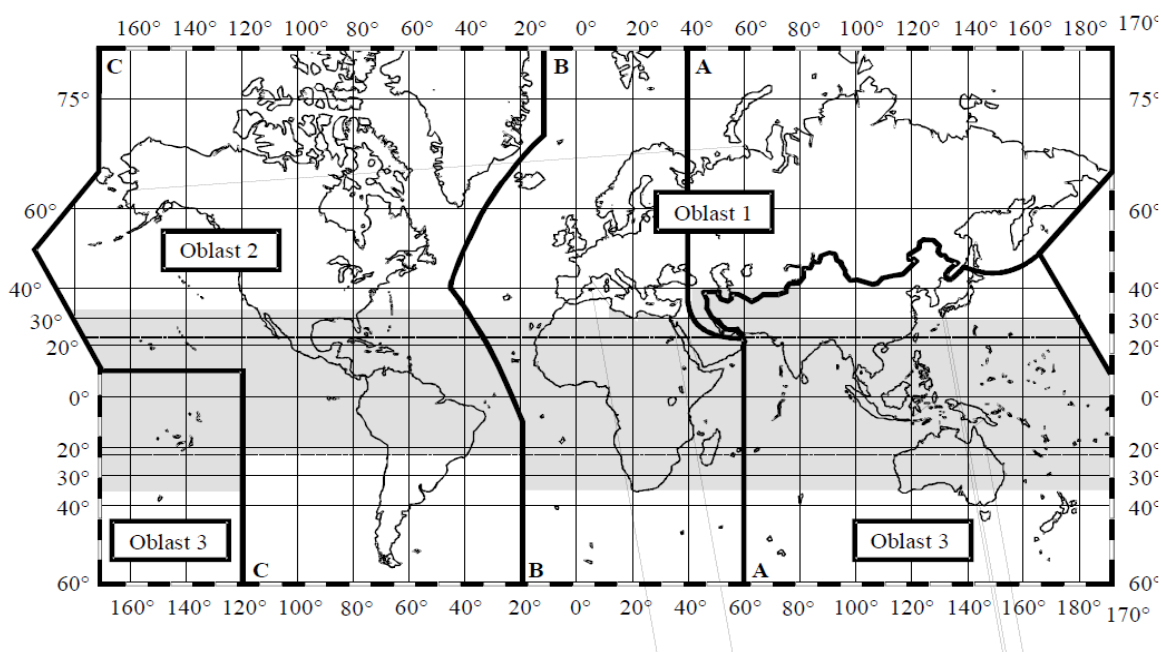


## 7 ČESKÝ TELEKOMUNIKAČNÍ ÚŘAD

Nyní Vám blíže představím postavení a pravomoci úřadu, jenž je v České republice svým rozsahem působností nejvíce spjat se správou radiového spektra. Z pohledu uživatelů i provozovatelů komunikačních systémů představuje Český telekomunikační úřad nezávislý orgán státní správy, jenž pomocí svých regulačních nástrojů vytváří, udržuje a následně i zajišťuje ochranu prostředí nezbytného pro správnou funkčnost elektronických komunikačních systémů a služeb. Další významnou roli představuje ČTÚ při zajištění práv a ochrany uživatelů veřejných komunikačních systémů a služeb.

### 7.1 Právní postavení ČTÚ

Již po vzniku samostatného Československého státu v roce 1918 byl vymezen právní rámec pro užívání komunikačních systémů. První přijaté zákony se týkali zejména zřizování a provozem telegrafních a telefonních spojení. Správu a dozor nad těmito komunikačními provozy vykonávalo ministerstvo pošt a telegrafů, které dále zastupovalo Československo na mezinárodních kongresech. Ty se převážně zabývaly problematikou komunikačních systémů a služeb. Později tak mohl být vytvořen základ pro mezinárodní harmonizaci radiového spektra, které bylo následně rozděleno na tři světové oblasti.



Obr. 9. Mezinárodní harmonizace radiového spektra [7]

V období po roce 1989 nastala celkem divoká éra telekomunikační správy. Vlivem změny režimu začaly také na náš trh pronikat moderní a dříve nedostupné komunikační prostředky. Bylo proto nutné přepracovat zákonná opatření, týkající se komunikačního provozu. Výkon státní správy v otázkách telekomunikací byl v roce 1992 převeden nejprve na federální ministerstvo spojů a později na federální ministerstvo hospodářství.

Moderní dějiny ČTÚ můžeme datovat rokem 2000, kdy byl vládou ČR přijat zákon č. 151/2000 Sb., *o telekomunikacích a o změně dalších zákonů*. [16] Tímto legislativním krokem vznikl Český telekomunikační úřad a získal tak postavení nezávislého orgánu státní správy.

O pět let později nastala další legislativní změna a zákon 151/2000 byl zrušen a nahrazen zákonem č. 127/2005 Sb., *o elektronických komunikacích a změně některých souvisejících zákonů*. [17] Nastalo tak rozšíření působnosti a pravomocí úřadu, zejména pak možnosti regulace komunikačního trhu a také stanovení podmínek pro podnikání v oblasti komunikačních služeb.

Dle výše uvedených zákonů je ČTÚ oprávněn vydávat povolení k těmto činnostem:

- zajištění sítí elektronických komunikací a přiřazených prostředků
- poskytování služeb elektronických komunikací
- provozování radiových komunikačních zařízení
- využívání radiového kmitočtového spektra

## 7.2 Regulační možnosti

ČTÚ dostal při svém vzniku zákonné možnosti, kterými může ovlivňovat stav tuzemského komunikačního provozu. Tyto možnosti jsou úřadem využívány v podobě regulačních opatření, zasahujících svou komplexností do všech komunikačních systémů a služeb provozovaných na území České republiky.

Je třeba podotknout, že regulační opatření ve většině případů kopírují schválené regulační návrhy vydané parlamentem Evropské unie.

### Pravomoci a regulační činnost ČTÚ

- vydává všeobecná opatření, provádí jejich změnu nebo úplné zrušení
- zajišťuje harmonizaci radiového spektra - přidělování kmitočtových pásem
- provádí správu a vede databázi radiových kmitočtů – pro potřeby ozbrojených sil, bezpečnostních a záchranných sborů
- provádí prověření odborné způsobilosti pro obsluhy vysílacích radiových prostředků
- vydává soubor technických a organizačních pravidel pro soukromé poskytovatele veřejně dostupných komunikačních sítí a služeb
- provádí kontrolu vydaných pravidel u soukromých poskytovatelů komunikačních služeb
- v otázkách patřících do jeho působnosti poskytuje informační povinnost Komisi Evropského společenství
- zaštiťuje mezinárodní vztahy v otázkách komunikačních služeb – pokud tak stanoví vláda ČR

### **7.3 Popis činnosti při řešení mimořádné události**

Činnost v komunikačních sítích v době běžného provozu i v době řešení krizové situace lze z pohledu použití rozdělit následovně:

- činnost ve veřejně dostupných komunikačních sítích (komerční mobilní sítě)
- činnost v komunikačních sítích určených pro neveřejné účely (sít' PEGAS)

Provozovatelé veřejných systémů a služeb jsou povinni trvale monitorovat jejich stav a provoz. Tato kontrolní činnost je prováděna pomocí dohledových a monitorovacích center. Pokud nastane snížení propustnosti nebo dojde k úplnému přerušení veřejně dostupného komunikačního provozu, je poskytovatel povinen o vzniklé situaci informovat ČTÚ a také uživatele těchto služeb.

Dále je tento poskytovatel v době mimořádné události povinen informovat ČTÚ o přijatých nebo i zamýšlených opatřeních, potřebných pro obnovu jím poskytovaných služeb.

V komunikačních sítích určených pro neveřejné účely náleží odpovědnost za jejich výstavbu, monitorování stavu a provoz jejich provozovateli. V případě národní radiové sítě Pegas je tímto odpovědným provozovatelem ministerstvo vnitra.

#### Činnost ČTÚ při řešení mimořádné události

- aktivace krizového štábu
- sběr a analýza informací poskytovaných provozovateli komunikačních systémů
- provedení analýzy krizové události i analýzy možných rizik
- provádí návrhy možných opatření vedoucích k nápravě vzniklé situace
- průběžně informuje Ústřední krizový štáb o průběhu vzniklé situace

Kromě více uvedených činností se ČTÚ v době krizového stavu, který svou povahou ohrožuje integritu a bezpečnost komunikačních systémů, podílí na tvorbě a organizaci komunikační podpory.

Dále svojí činností ovlivňuje tvorbu komunikační infrastruktury pro potřeby zajištění obrany a bezpečnosti České republiky.

## 8 NARUŠENÍ INTEGRITY KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ

Komunikační systémy jsou v převážné většině tvořeny technickými prostředky, zabezpečující dálkový přenos informací. Informační tok prochází na celé své cestě přes směrovací prostředky a jednotlivé spojovací uzly, až dorazí do koncových komunikačních zařízení. S ohledem na požadovanou vzájemnou propojitelnost jednotlivých komunikačních sítí, může vyslaný signál na své cestě k cíli využít takřka všechna jím dostupná přenosová prostředí. Pomyslnou hranicí, kde signál vystupuje z jedné komunikační sítě a zároveň vstupuje do druhé sítě, využívající odlišné komunikační prostředí, můžeme nazývat rozhraním. A právě skutečnost, že jednotlivé části sítí jsou z funkčního i fyzického hlediska vzájemně propojeny, zvyšuje riziko vzájemné ovlivnitelnosti komunikačních systémů.

Z pohledu používaného přenosového prostředí běžně dostupných komunikačních sítí můžeme provést následné rozdělení.

- pevné sítě
- radiové sítě
- mobilní buňkové radiové sítě

Ať už přenosový signál prochází přes kterýkoli výše uvedený typ sítě, je k jeho přenosu využíváno elektromagnetického vlnění. A z tohoto důvodu závisí kvalita přenosového signálu zejména na vlivu rušení, jenž svými negativními vlastnostmi znehodnocuje komunikační provoz.

Dále je třeba počítat s nadměrným provozním zatížením jednotlivých komunikačních systémů, které může mít za následek výpadek provozu v celé komunikační síti.

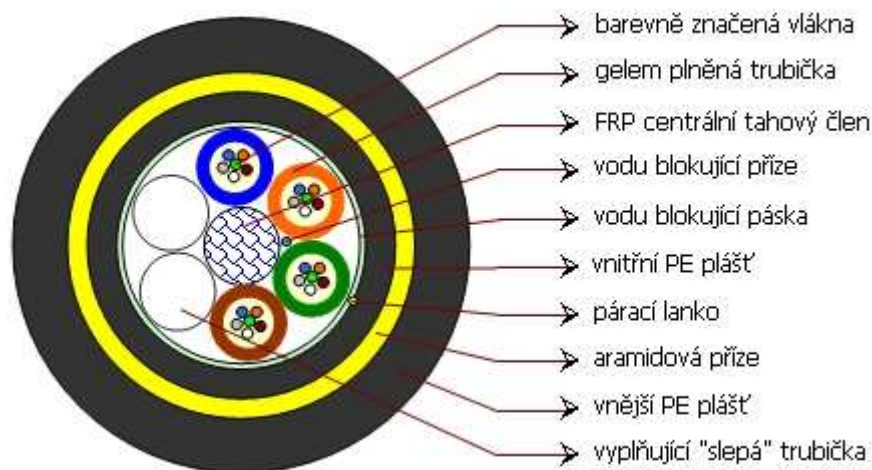
Jelikož všechny komunikační systémy jsou tvořeny elektrickými zařízeními, je třeba také počítat s možným výpadkem napájení elektrickou energií, jenž je k provozu těchto systémů nezbytná.

Nyní provedu analýzu možných příčin narušujících integritu a bezpečnost komunikačních systémů. Tuto analýzu provedu s ohledem na jednotlivé druhy používaného přenosového prostředí služeb elektronických komunikací.

## 8.1 Analýza příčin narušení integrity pevných sítí

Přenosovým prostředím komunikačních systémů pevných sítí je kabelové vedení. Toto kabelové vedení je v převážné většině tvořeno z optických kabelů, metalických kabelů nebo jejich kombinací. Jednotlivé kabely jsou proti nežádoucím negativním vlivům opatřeny ochranou izolací, popřípadě ještě ochranným pláštěm. Proto jsou pevné sítě nejlépe chráněny a také nejvíce odolné proti účinkům elektromagnetického rušení.

Přenosové prostředí kabelovým vedením je také nejvíce odolné a zároveň nejméně ovlivnitelné proti negativně působícím vlivům klimatického prostředí. Úroveň ochrany proti vlivům jako je teplo nebo vlhko proto odpovídá předpokládanému výskytu těchto nepříznivých klimatických podmínek.



Obr. 10. Běžná struktura optického kabelu

Tato odolnost již ovšem neplatí pro jednotlivé technologické zařízení těchto komunikačních systémů, jako jsou např. ústředny a servery. Jejich odolnost vůči nepříznivým klimatickým podmínkám pak zcela závisí na jejich prostorovém umístění. Obecně můžeme říci, že zařízení umístěné v přízemních oblastech jsou ve větším nebezpečí např. před záplavovou vlnou, než zařízení umístěné ve více položených oblastech. Naopak zařízení umístěná ve vyšších oblastech jsou více náchylná na zhoršené povětrnostní podmínky, jako jsou vítr nebo bouřky.

Zranitelnost pevných sítí je nejvíce patrná vůči těmto činnostem

- mechanické poškození vlivem havárie
- mechanické poškození vedení vlivem záměrné činnosti (sabotáž, teroristický útok)
- poškození v důsledku technické závady na přenosovém zařízení
- poškození v důsledku nedostatečné údržby technických zařízení systému
- cíleným kybernetickým útokem na řídicí prvky sítě (ústředny, servery)
- přerušením dodávek elektrické energie (včetně záložních zdrojů)

V neposlední řadě je třeba zdůraznit, že komunikační systémy se i přes svoji neustále vzrůstající technologickou vyspělost neobejdou bez provozní obsluhy. Je proto také třeba počítat s možností omezení lidských zdrojů. Tato omezení mohou mít původ např. vlivem rozsáhlé epidemie, vlivem válečného konfliktu nebo vlivem teroristického činu.

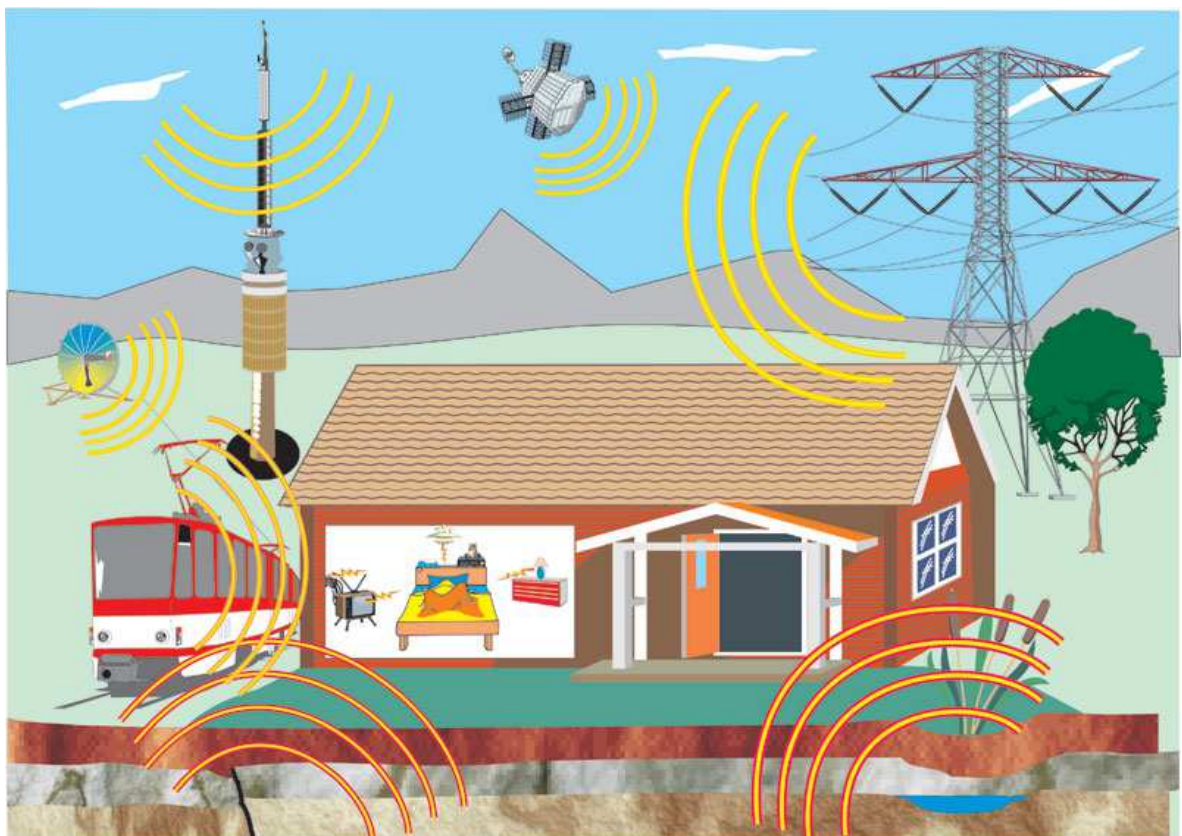


Obr. 11. Strojová pokládka kabelového vedení [18]

## 8.2 Analýza příčin narušení integrity radiových sítí

Radiová síť využívá pro přenos informací prostředí volného prostoru. Jak jsme již vysvětlili v kapitole 2, přenos signálu v radiokomunikačních sítích probíhá za pomoci radiových vln, jenž jsou ve své podstatě elektromagnetickým vlněním o určité vlnové délce. Můžeme tedy zjednodušeně říci, že kvalita přenosu signálu v radiové síti záleží na výkonu vysílače jakožto pomyslném zdroji nosného signálu a zároveň citlivosti přijímače, který námi vyslaný signál zachytává. Veškeré radiokomunikační sítě jsou proto tvořeny strukturou anténních systémů, zajišťujícími plošné pokrytí obsluhovaného území.

A právě z těchto důvodů jsou radiové sítě velmi ovlivnitelné elektromagnetickým rušením (interference), vznikajícím záměrnou nebo náhodnou činností. Také vzhledem k umístění anténních prostředků, které jsou z důvodů lepšího pokrytí obsluhovaného území budovány na vyvýšených místech terénu, mají povětrnostní podmínky počasí značný vliv na kvalitu přenášeného signálu.



Obr. 12. Zdroje elektromagnetického rušení v běžném prostředí [19]



### 8.2.1 Elektromagnetická interference

Každý technický přístroj, využívající ke své činnosti elektrickou energii, se stává zdrojem a zároveň i přijímačem elektromagnetického rušení (dále jen EMI). Z důvodů naší analýzy působení negativního vlivu EMI na radiové komunikační systémy, provedeme následující rozdělení zdrojů rušivého signálu.

Pomocí prvního rozdělení určíme, jakého původu je zdroj EMI. Toto základní určení nám dále umožní určit nápravná opatření, vedoucí k eliminaci jeho vlivu.

#### Určení původu rušivého signálu

- technické rušení - rušení vzniklé technickou činností člověka (man maid noise)
- umělé rušení – vzniku nelze zabránit, můžeme jen omezit jeho následky

Negativní rušení radiových sítí je vždy způsobeno působením lidské činnosti nebo působením přírodního charakteru. Nápravná opatření vedoucí k eliminaci vlivu EMI se zdrojem přírodního charakteru jsou s ohledem na omezené finanční možnosti jen velmi těžko realizovatelná. Proto se u takto vzniklých rušivých vlivů snažíme spíše omezit jejich následky a budovat tak komunikační sítě na místech s jejich minimálním vlivem.

Jako další krok potřebný k eliminaci negativního vlivu EMI je zapotřebí určit směr jeho působení. Tento směr může působit na komunikační systém z vnějšího okolí nebo působit ze samotného použitého technického prostředku komunikačního systému. Další možností je poté kombinace obou směrů působení, tzn. technické prostředky použité v jednom či více komunikačních systémech se vzájemně negativně ovlivňují.

#### Určení směru působení rušivého signálu

- Vnější rušení – působí na komunikační zařízení z jeho vnějšího okolí
- Vzájemné rušení – komunikační zařízení jsou vzájemně ovlivňována vlivem EMI
- Vnitřní rušení – EMI vzniká přímo v komunikačním zařízení

Rušivé signály vznikající v interferenčním zdroji se mohou šířit pomocí vyzářování (využívají ke svému šíření volného prostoru), nebo pomocí sdělovací či napájecí soustavy. Obecně ale můžeme říct, že u různých zdrojů rušivého signálu je převažující pouze jeden způsob tohoto šíření.

Pro další eliminaci negativních vlivů EMI je důležité určení samotného způsobu působení nežádoucího ovlivňování na komunikační systém. Pro naši analýzu proto použijeme tři základní roviny tohoto nežádoucího působení. První rovinu budeme vnímat z pohledu časového působení. Druhou rovinu z pohledu působení na šířku frekvenčního spektra, využívajícího komunikačními systémy a třetí rovinu z pohledu působení na polohu ve frekvenčním spektru.

#### Dle časového působení rušivého signálu

- Impulsní rušení – má charakter časové posloupnosti jednotlivých rušivých impulzů
- Spojité rušení - je opak impulsního, nepřetržitě působí na rušené zařízení
- Kvazi-Impulzní rušení – kombinace spojitého a impulzního rušení

#### Dle šířky frekvenčního spektra rušivého signálu

- Úzkopásmové rušení: způsobují je signály televizních a rozhlasových vysílačů
- Širokopásmové rušení: způsobují je průmyslové rušivé signály

#### Dle polohy rušivého signálu ve frekvenčním spektru

- Nízkofrekvenční
  - Energetické: působí na energetickou soustavu v pásmu do 2 kHz
  - Akustické: působí na komunikační systémy v pásmu do 10 kHz
- Vysokofrekvenční: radiové rušení v pásmu od 10 kHz do 400 GHz

Z námi uvedených přehledů rozdílných typů zdrojů EMI a různorodých vlivů EMI je proto jasně patrné, že určení přesné klasifikace tohoto negativního rušení je velmi obtížné.

Působení různých interferenčních zdrojů se totiž vždy navzájem prolíná. Tento problém navíc umocňuje i fakt, že samotné vzájemně působící vztahy a vazby ve sdělovací, informační i řídicí technice komunikačních systémů jsou mnohdy velmi komplikované.

### 8.2.2 Možné příčiny narušení integrity radiových sítí

Doposud jsme se zabývali pouze jednou příčinou narušující integritu a bezpečnost radiových komunikačních systémů, a to vlivem působení elektromagnetické interference. Pro kompletní dokončení naší analýzy možných příčin narušujících integritu komunikačních radiových systémů proto uvedeme další možné vlivy, jež mají negativní dopady na šíření signálu pomocí radiových vln. Jelikož komunikační systémy pevných i radiových sítí jsou, až na používané přenosové prostředí pro šíření signálu, založeny na podobném technologickém principu, jsou i tyto negativní příčiny obdobného charakteru.

Zranitelnost radiových sítí je nejvíce patrná vůči těmto činnostem:

- mechanické poškození technologických zařízení vlivem havárie
- poškození technologických zařízení vlivem záměrné činnosti (sabotáž)
- poškození v důsledku technické závady na technologickém zařízení
- poškození v důsledku nedostatečné údržby technických zařízení systému
- rušení přenosového signálu v důsledku změn klimatických podmínek
- rušení přenosového signálu vlivem EMI
- přerušením dodávek elektrické energie (včetně záložních zdrojů)

Závěrem je nutné dodat, že tak jako systémy pevných sítí tak i systémy radiových sítí jsou i přes svoji současnou technologickou vyspělost stále závislé na činnosti lidské obsluhy. V případě omezení těchto lidských zdrojů může tedy dojít k ohrožení integrity a bezpečnosti celého obsluhovaného systému. K takovému omezení lidských zdrojů může dojít např. z důvodu epidemie, válečného konfliktu nebo může mít také sociálně-ekonomický charakter (stávková hnutí, korupce).

## 9 POSOUZENÍ KVALITY DATOVÝCH SLUŽEB SÍTĚ 3G

V předešlé kapitole jsme se zaměřili na možné příčiny narušující integrity pevných a radiových sítí. Jelikož veřejné mobilní sítě jsou vlastně kombinací pevných, radiových a v některých případech i družicových systémů, jsou i příčiny narušující jejich integritu obdobného charakteru. Proto se jimi již dále zabývat nebudeme a v závěrečné kapitole praktické části provedeme představení možného způsobu posouzení kvality datových přenosů v 3G sítích tuzemských mobilních operátorů T-Mobile, Telefonica O2 a Vodafone.

Nejprve je třeba definovat samotný pojem „kvalita služeb“. Zjednodušeně můžeme tedy říci, že se jedná o jakousi garanci dodržení kvality a rozsahu placené služby a tudíž i ochranu investic vynaložených uživatelem. Nabízené komunikační služby mobilních operátorů jsou tak vázány na předem smluvené, určité parametry s celou dobou trvání. K přesnému posouzení úrovně takto nabízených služeb využijeme tzv. dokument SLA (Service Level Agreement). Jedná se o právní dokument, jenž popisuje předpokládaný rozsah a úroveň nabízených služeb ale i případné postihy a sankce za jejich nedodržení.

### 9.1 Smlouva SLA

Nyní, když již víme, jak správně definovat samotnou kvalitu nabízených služeb, představíme také základní prvky obsažené v dokumentu – smlouvě SLA.

- smluvní strany závazku – definuje dodavatele a odběratele
- popis služby – definuje předmět smlouvy
- rozsah služby – definuje různá témata nabízeného produktu
- dostupnost služby – definuje dobu, po kterou bude služba poskytována
- odpovědnost – definuje právní odpovědnost zákazníka a provozovatele
- cena služby – definuje cenu služby pro uživatele i zpětné plnění pro poskytovatele
- vysvětlení pojmů a smluvní dodatky – slovník použitých zkratk a dodatky smlouvy

Z představených prvků obsažených ve smlouvě SLA můžeme tedy zjistit např. maximálně přípustnou délku poruchy nabízené služby (udávanou za časové období), rychlost servisní podpory při reakci na vzniklou nežádoucí situaci nebo také předpokládaný čas potřebný k odstranění vzniklé poruchy.

#### K posouzení závažnosti vzniklé poruchy provedeme její následné rozdělení

*Chyba* – jedná se o závadu přenosu signálu, jenž nemá zásadní vliv na provoz poskytované služby. Služby lze tedy nadále využívat a to bez výrazných omezení.

*Urgentní chyba* – jedná se o závadu přenosu signálu, jenž již výrazně omezuje provoz poskytované služby. Služby lze i nadále využívat ale jen s velkým omezením.

*Kritická chyba* – jedná se o kritickou závadu přenosu signálu. Poskytovanou službu již nelze využívat (Blackout sítě)

Vzniklé závady spojené s poskytováním nabízených komunikačních služeb nemusí být ovšem vždy jen na straně poskytovatele těchto služeb. Musíme také počítat s dalšími subjekty (operátory), pomocí kterých je komunikační provoz realizován. V těchto případech je proto nutná jejich rychlá a kvalitní spolupráce. Ale i tak pro koncového poskytovatele služeb platí, že nemůže nabízet vyšší kvalitu SLA než mobilní operátor, jenž je dodavatelem tohoto poskytovatele.

Pro bližší představu o úrovních SLA uvedeme ještě jejich rozdělení dle časového horizontu reakce servisního střediska poskytovatele na vzniklou poruchu.

- SLA 3 – odstraňování poruchy musí začít do 24 hodin od nahlášení
- SLA 2 – odstraňování poruchy musí začít do 12 hodin od nahlášení
- SLA 1 – odstraňování poruchy musí začít do 2 hodin od nahlášení

Díky dokumentu SLA již tedy víme, jakou kvalitu služby nám koncový poskytovatel nabízí. Ovšem pro celkové posouzení kvality potřebujeme znát ještě další faktory, které nám přímo ovlivňují provoz mobilní sítě. Celkový souhrn těchto přímo působících parametrů nazýváme Quality of Service, zkratkou QoS. Pro náš případ datového přenosu mobilní 3G sítě zařadíme mezi hlavní kritéria posuzující QoS latenci, jitter, dobu odezvy, propustnost nebo také ztrátovost a poškození paketu.

## 9.2 Quality of Service

Kvalitu služby (v našem případě provozu v 3G sítích mobilních operátorů) v případě hlasového i video hovoru můžeme definovat podle kvality vnímaného hlasu nebo obrazu. K úplnému pochopení posouzení kvality je třeba ještě provést bližší seznámení s působícími faktory, které podstatně ovlivňují přenosové schopnosti testovaných sítí.

*Latence* – Jedná se o námi naměřenou hodnotu vyjádřenou v jednotkách milisekund. Udává nám maximální dobu zpoždění neboli odezvy signálu. V datových sítích je často označována pojmem Ping. Jedná se o klíčový parametr datového provozu.

*Doba odezvy* – Jedná se o dobu potřebnou pro vykonání požadavku přímo uživatelem nebo také aplikací. Její hodnota je opět udávána v milisekundách.

*Jitter* – Jedná se o označení pro nestabilitu (kolísání) velikosti zpoždění námi vyslaných dat průchodem sítí.

*Propustnost sítě* – V našem případě se jedná o minimální množství přenesených dat za jednotku času. V našem případě můžeme říci, že jde o přenosovou rychlost dat, garantovanou poskytovatelem služby.

*Ztrátovost dat* - Pomocí této hodnoty můžeme nejlépe posoudit spolehlivost a stabilitu datového provozu. Za ideální budeme považovat ztrátovost nabývající nulovou hodnotu. Pokud ztrátovost přenášených dat přesáhne hodnotu 0,5%, musíme již zjistit její příčinu a zajistit její odstranění.

*Územní dostupnost* – Pro celkové posouzení kvality mobilní sítě nesmíme zapomenout také na její územní pokrytí signálem. U mobilní sítě proto její dostupnost řadíme k jednomu z nejdůležitějších parametrů.

### 9.2.1 Provedení měření rychlosti datového provozu

Pro bližší porovnání přenosových možností veřejně dostupných 3G sítí mobilních operátorů T-Mobile, Telefonica O2 a Vodafone, použijeme již naměřené hodnoty získané Miloslavem Macháčkem, jež byly zveřejněny v online magazínu Internetprovsechny.cz dne 20. Ledna 2014. Měření byla prováděna v městském centru Pardubic a to ve 2. patře zděné budovy.

Pro samotné měření rychlostí datového provozu bylo použito následné vybavení.

#### Harwarové prostředky

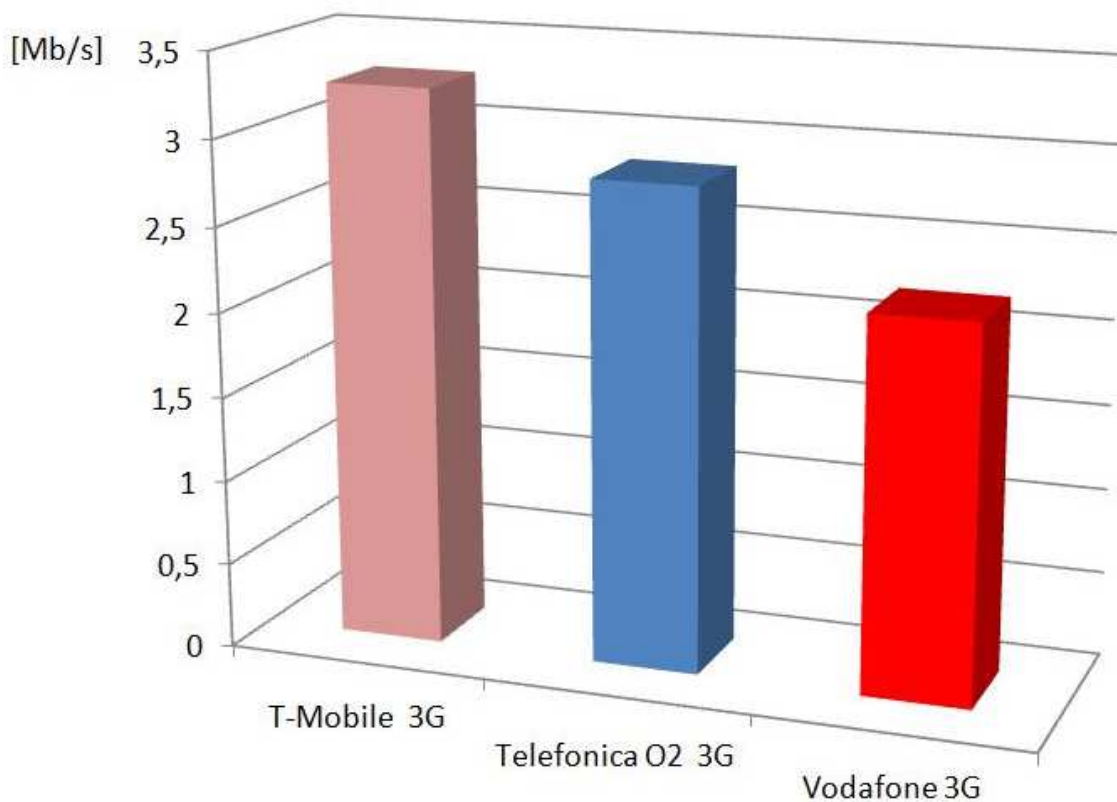
- notebook značky Asus
- 3G USB modem značky TP-Link

#### Softwarové vybavení

- operační systém Windows 7 profesional - 64 bit verze
- aplikace na měření rychlosti připojení – server Speedtest.net

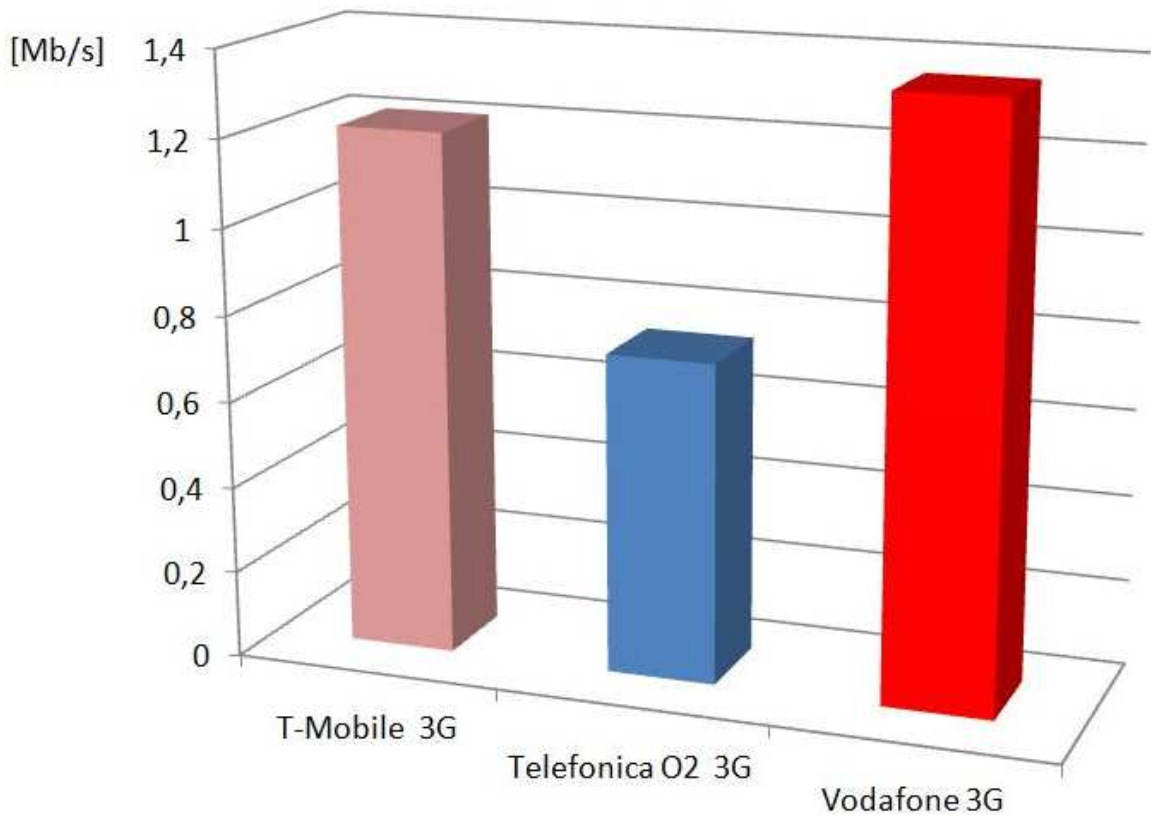
Metodika měření byla prováděna následovně. Všechny data získaná měřením byla zaznamenána v ustáleném stavu. K vyhodnocení naměřených hodnot je použita metoda dílčích průměrů a střední kvadratické odchylky na souboru 45 hodnot a to u každého operátora zvlášť.

Následující graf 3 nám znázorňuje průměrnou rychlost mobilního připojení při downloadu. To znamená, že data byly v síti přenášeny směrem ze sítě do měřicího zařízení.



Graf 3. Průměrné hodnoty rychlosti připojení - download

Dále byly měřeny rychlosti mobilního připojení při uploadu dat. Data byly tedy přenášeny směrem z vyhodnocujícího zařízení do sítě. Následující graf 4 nám znázorňuje tedy průměrné rychlosti naměřených hodnot.



Graf 4. Průměrné hodnoty rychlosti připojení - upload

Prováděná měření jednotlivých rychlostí 3G sítí mobilních operátorů nám tedy ukázala, že nejvyšší průměrnou rychlost připojení při downloadu poskytuje síť společnosti T-Mobile.

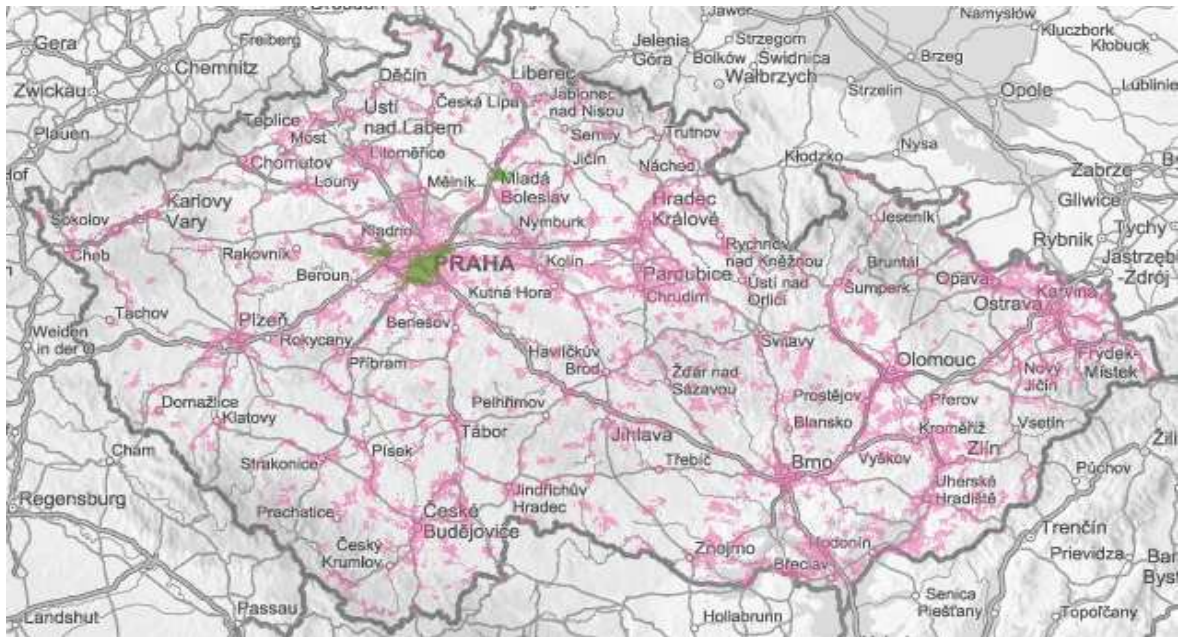
Při porovnání získaných naměřených hodnot rychlosti připojení při uploadu se jako nejrychlejší síť projevila ta od společnosti Vodafone.

Musíme ovšem zdůraznit, že naměřené hodnoty budou jistě hodně závislé na lokalitě prováděného měření. Pro celkové a objektivní posouzení kvality mobilních sítí uživatelem hraje zásadní roli, kromě rychlosti připojení, také územní dostupnost signálu dané sítí. Proto uvedeme také ještě přehled dostupnosti signálu hodnocených sítí, a to v celorepublikovém měřítku.

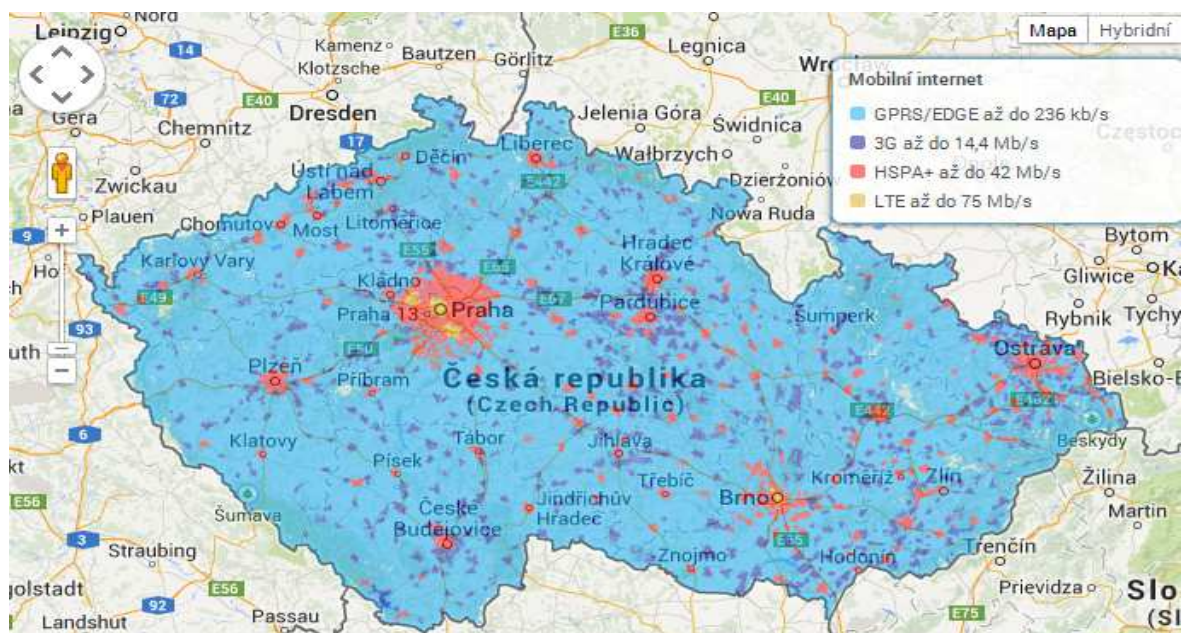


### 9.3 Územní pokrytí 3G sítěmi

Pro reálnou představu o dostupnosti sítí 3. generace, představíme nyní mapy pokrytí jejich signálem na našem území. Mapové podklady jsou aktuální ke dni 25. dubna 2014 a jsou volně dostupné na oficiálních stránkách mobilních operátorů T-Mobile, Telefonica O2 a Vodafone.



Obr. 13. Pokrytí 3G signálem společností T-Mobile



Obr. 14. Pokrytí 3G signálem společností O2 (tmavě modrá barva!)



Obr. 15 Pokrytí 3G signálem společností Vodafone

#### 9.4 Posouzení celkové kvality 3G sítí

Bohužel musíme konstatovat, že v územním pokrytí 3G signálem sítěmi mobilních operátorů je na tom Česká republika nejhůře ze všech vyspělých států Evropy. Z příložených map snadno zjistíme, že signál sítí 3. generace můžeme zachytit pouze na územích větších měst ale za jejich hranicemi už nikoli. Z tiskových vyjádření operátorů je také zjevný nezáměr o další rozšíření signálu na méně obydlená území.

Proto bude naše závěrečné zhodnocení ne příliš pozitivní. Posouzením výše uvedených naměřených hodnot rychlostí datového provozu této generace sítí můžeme sice konstatovat, že splňují požadované standardy na 3G síť. Bohužel ale z příložených map pokrytí jejich signálem je naprosto zřejmé, že infrastruktura všech tuzemských operátorů je v dnešní době na naprosto nedostačující úrovni, kdy celkové pokrytí nepřesahuje ani 40% území našeho státu.

Nezbývá nám tedy nic jiného než doufat, že podobný osud jako síť 3. generace nepotká také nově budované síť 4. generace.

## ZÁVĚR

V současné západní civilizaci je zřejmá narůstající tendence hrozeb vzniklých působením ať již přírodního nebo lidského charakteru. Pro krizové řízení těchto nepříznivých stavů je nezbytná okamžitá reakce a také koordinovaná činnost všech subjektů, podílejících se na zvládnutí i odstranění následků těchto mimořádných událostí. Přičemž rozhodujícím prvkem při krizovém řízení jsou bezpochyby potřebné informace.

Využití komunikačních prostředků při zvládnutí mimořádných událostí se v dnešní době stále ještě omezuje pouze na hlasové služby. To je ovšem chyba! Současný trend neuvěřitelně rychlého vývoje komunikačních systémů a technologií nás doslova vybízí k využití nových služeb, poskytujících nám moderní, rychlý a také ucelený informační přenos. Jen namátkou můžeme zmínit např. technologie umožňující zjišťování okamžité polohy, služby poskytující hromadné on-line video-hovory nebo také možnost okamžité instalace nových aplikací, navržených přímo pro potřeby krizových manažerů při řízení konkrétních mimořádných událostí.

Obrovské komunikační možnosti nabízí také nejruznější sociální sítě. V době, kdy již takřka většina mobilních telefonů disponuje datovým připojením k internetu, jsou obousměrné možnosti sdílení informací mezi veřejností a řídicími subjekty doslova neomezené.

Cílem bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s komunikační platformou integrovaného záchranného systému nejenom prostřednictvím národní radiové sítě Pegas, ale také s možnostmi krizové komunikace pomocí veřejně dostupných mobilních sítí tuzemských operátorů. Dále bylo cílem provést analýzu možných příčin narušujících integritu a bezpečnost zmíněných komunikačních systémů a technologií.

Z představené analýzy posuzující kvalitu veřejně dostupných komunikačních služeb tuzemských operátorů pomocí sítí nových generací je zřejmé, že u mobilní sítě je rozhodující ne jenom její přenosová rychlost ale také její územní pokrytí signálem. Tato skutečnost je při jejím využití v krizovém řízení umocněna zejména v oblastech s vysokým rizikem výskytu mimořádné události a také horší dopravní dostupností.

Závěrem je tedy nutné zdůraznit, že v České republice stále ještě chybí dostatečný tlak na mobilní společnosti, s cílem posílit a rozšířit jejich přenosovou infrastrukturu o nové generace sítí.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ČESKO. Zákon č. 238/2000 Sb. ze dne 28. Června 2000 o krizovém řízení a o změně některých zákonů. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2000
- [2] ČESKO. Zákon č. 239/2000 Sb. ze dne 28. Června 2000 o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2000
- [3] LUKÁŠ, Luděk. *Informační podpora integrovaného záchranného systému*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního Inženýrství, 2011. 182 s. ISBN 978-80-7385-105-7
- [4] PUŽMANOVÁ, Rita. *Moderní komunikační sítě od A do Z. 2. Vyd.*, Brno: Computer Press, 2006. 432 s. ISBN 80-251-1278-0
- [5] SVOBODA, Jaroslav a kolektiv. *Telekomunikační technika*. Praha: Sdělovací technika, 2000. 137 s. ISBN 80-901936-3-3
- [6] VALÁŠEK, Jarmil a KOVAŘÍK, František. *Krizové řízení při nevojenských krizových situacích*. PRAHA: Ministerstvo vnitra, 2008. 159 s. ISBN 978-80-86640-93-8
- [7] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. Praha: Radio Mobil, 2003. 135 s. ISBN 80-214-1883-8
- [8] Kysela, Jiří. INTERNET PRO VŠECHNY. *Mobilní internet a LTE* [online]. 2011 [citace 2014-02-25]. Dostupné z: <http://www.internetprovsechny.cz/mobilni-internet-a-lte/>
- [9] WOLF, Karel. ITBIZ. *Průvodce po mobilních sítích* [online]. 2011 [citace 2014-02-26]. Dostupné z: <http://www.itbiz.cz/pruvodce-po-mobilnich-sitich-nejen-ctvrte-generace-aneb-co-znamena-3g-4g-hspa-lte-ci-wimax-dokonceni>
- [10] ZACHOVÁ, Aneta. GENERACE 21. *Jak se telefonovalo pádlem* [online]. 2012 [citace 2014-02-27]. Dostupné z: <http://generace21.cz/918-jak-se-telefonovalo-padlem/>
- [11] KOČMAN, Rostislav. INTERNET PRO VŠECHNY. *LTE?* [online]. 2013 [citace 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.internetprovsechny.cz/lte-zadnou-revoluci-v-mobilnich-datech-neprinese/>
- [12] KMITOČTY. *Radiová síť Pegas* [online]. 2013 [citace 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.kmitocty.cz/?p=651>

- [13] HÁNA, Ivo. *Digitální radiokomunikační systémy Tetrapol a Tetra*. Ostrava, 2009. Diplomová práce. Fakulta bezpečnostního inženýrství VŠB – Technické univerzita Ostrava, Katedra požární ochrany a obyvatelstva. Vedoucí diplomové práce doc. Dr. Ing. Aleš Dudáček
- [14] BLAŽEJ, Lukáš. HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR. *Spojení* [online]. 2010 [cit. 2014-03-08]. Dostupné z: [www.sdhpozdatin.cz/data/informace/spojeni.pps](http://www.sdhpozdatin.cz/data/informace/spojeni.pps)
- [15] TELEFONICA O2. *Zabezpečení krizové komunikace* [online]. 2014 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.o2.cz/izs/cz/site/services/data-services-services.html>
- [16] ČESKO. Zákon č. 151/2000 Sb. ze dne 1. července 2000 o telekomunikacích a o změně dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000
- [17] ČESKO. Zákon č. 127/2005 Sb. ze dne 22. února 2005 o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2005
- [18] Layer. *Stroj na pokládání potrubí* [online]. 2014 [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: [http://www.leyrer-graf.at/cz/index/rozsah\\_cinnosti/inzenrsk\\_stavby/leitungspflug](http://www.leyrer-graf.at/cz/index/rozsah_cinnosti/inzenrsk_stavby/leitungspflug)
- [19] NOVÁK, Jaroslav. *Zóny v Brně. Zatěžuje nás elektromagnetické pole?* [online]. 2014 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://zony.vbrne.info/legislativa.html>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

IZS	integrovaný záchranný systém
ČR	Česká republika.
HZS	Hasičský záchranný sbor
GŘ HZS	Generální ředitelství hasičského záchranného sboru
tzv.	tak zvaně
MU	mimořádná událost
např.	například
m	metr
km	kilometr
GSM	Global System for Mobile Communications
např.	Například
ČTU	Český telekomunikační úřad
LTE	Long Term Evolution
MHz	Megahertz
kbps	Kilobits per second
EMI	Elektromagnetická interference
SLA	Service Level Agreement
QoS	Quality of Service
3G	Mobilní síť 3. generace
4G	Mobilní síť 4. generace

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Způsob šíření a odrazu radiových vln.....	16
Obr. 2. Vyzařovací charakter všesměrové a směrové antény .....	20
Obr. 3. Zjednodušená struktura buňkové sítě [7].....	22
Obr. 4. Praktické pokrytí terénu základnovými stanicemi [7].....	23
Obr. 5. Generační vývoj mobilních telefonních přístrojů [10] .....	26
Obr. 6. Přidružené společnosti firmy Matra Norton Communications [12] .....	29
Obr. 7. Struktura národní radiové sítě Pegas [14].....	31
Obr. 8. Ruční terminály 1. až 3. generace [12].....	39
Obr. 9. Mezinárodní harmonizace radiového spektra [7] .....	41
Obr. 10. Běžná struktura optického kabelu.....	46
Obr. 11. Strojová pokládka kabelového vedení [18] .....	47
Obr. 12. Zdroje elektromagnetického rušení v běžném prostředí [19].....	48
Obr. 13. Pokrytí 3G signálem společností T-Mobile.....	57
Obr. 14. Pokrytí 3G signálem společností O2 (tmavě modrá barva!) .....	57
Obr. 15 Pokrytí 3G signálem společností Vodafone .....	58

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Rozdělení kmitočtového pásma [6] .....	17
Tabulka 2. Rozdělení generačních technologií mobilní komunikace [8] .....	24
Tabulka 3. Rozdělení technologií dle přenosových možností [8] .....	25



## **SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. Celosvětová spotřeba hlasového a datového provozu [11] .....	28
Graf 2. Statistika počtů tísňových volání na telefonní linky 112 a 150.....	35
Graf 3. Průměrné hodnoty rychlosti připojení - download.....	55
Graf 4. Průměrné hodnoty rychlosti připojení - upload.....	56