

Bezdrátová komunikace – normy, frekvenční pásma, zařízení

Wireless communication – specifications, frequency bands, devices

Lukáš Jůzl

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš JŮZL**
Osobní číslo: **A08337**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Bezdrátová komunikace – normy, frekvenční pásma, zařízení**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se se zákony a normami zabývajícími se frekvenčními pásmy a jejich využitím.
2. Vypracujte stručný přehled těchto zákonů a norem.
3. Prostudujte komunikační zařízení používaná v oblasti bezpečnostních technologií.
4. Porovnejte zařízení z hlediska dosahu, spotřeby, rozměrů a použitelnosti v různých oblastech.
5. Diskutujte odolnost zařízení proti rušení.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. HANUS, Stanislav. **Bezdrátové a mobilní komunikace**. Vydání první – dotisk. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2003. 134 s. ISBN 80-214-1833-8.
2. VLČEK, Jiří. **Modulace a přenos signálu**. 1. vydání. Praha : [vl.n.], 2001. 70 s.
3. MALINA, Václav. **Poznáváme elektroniku : Vysokofrekvenční technika**. Dotisk prvního vydání. České Budějovice : KOPP, 2001. 342 s. ISBN 80-7232-114-5.
4. KESL, Jan. **Elektronika II : Přenosová technika**. 1. vydání. Praha : BEN – technická literatura, 2003. 119 s. ISBN 80-7300-075-X.
5. ZANDL, Patrick. **Bezdrátové sítě WiFi : Praktický průvodce**. 1. vydání. Brno : Computer Press, 2003. 189 s. ISBN 80-7226-632-2.
6. Česko. **Plán přidělení kmitočtových pásem : Národní kmitočtová tabulka**. In Sběrka zákonů, Česká republika. 2010, částka 38.
7. Česko. **Zákon č. 151/2000 Sb., o telekomunikacích a o změně dalších zákonů**. In Sběrka zákonů, Česká republika. 2000, částka 47.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lubomír Macků, Ph.D.
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce se zaměřuje na problematiku bezdrátového přenosu hlasu a dat. Poskytuje ucelený přehled využití kmitočtových pásem a s tím spojené legislativní požadavky. Teoretická část se zabývá především fyzikálními podmínkami pro šíření elektromagnetických vln v různých kmitočtových pásmech. Dále je věnována pozornost úloze Českého telekomunikačního úřadu v oblasti správy rádiového spektra.

Praktická část je zaměřena na technické zajištění komunikace složek integrovaného záchranného systému (část práce se věnuje analogové i digitální rádiové síti) a problematice poplachových zabezpečovacích ústředen s bezdrátovou komunikací od detektorů.

Klíčová slova: bezdrátová komunikace, kmitočtové pásmo, radiokomunikace, vysílač, přijímač

ABSTRACT

The work is aimed at the problems in wireless transmission of voice and data. It gives complete overview of the use of frequency bands and associated legislative requirements. The theoretical part is mainly concerned with the physical conditions of propagation of electromagnetic radiation in different frequency bands. The attention is paid to the role of Czech Telecommunication Office in the administration of radio spectrum.

The practical part is focused at technical devices that ensure communication of Emergency services (one part of the work deals with both analog and digital radio networks) and the issues of security control units which use wireless communication with detectors.

Keywords: wireless communication, frequency band, radio communication, transceiver, receiver

Na této stránce bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Lubomíru Macků, Ph.D. za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnoval v průběhu psaní této práce.

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 právních 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 příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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 samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 RÁDIOVÉ SPEKTRUM	11
1.1 ŠÍŘENÍ RÁDIOVÝCH VLN	13
1.1.1 Povrchová vlna.....	13
1.1.2 Prostorová (ionosférická) vlna	14
1.1.2.1 Vrstva D.....	15
1.1.2.2 Vrstva E	16
1.1.2.3 Mimořádná vrstva E _s	16
1.1.2.4 Vrstva F.....	16
1.1.3 Šíření vln v různých pásmech	16
1.1.3.1 Pásmo dlouhých vln.....	16
1.1.3.2 Pásmo středních vln.....	17
1.1.3.3 Pásmo krátkých vln.....	17
1.1.3.4 Pásmo velmi krátkých vln.....	17
2 INFRAČERVENÉ SPEKTRUM	19
2.1 VYUŽITÍ INFRAČERVENÉHO SPEKTRA.....	19
3 SPRÁVA KMITOČTOVÉHO SPEKTRA	20
3.1 ROZDĚLENÍ NA REGIONY	21
3.2 RADIOKOMUNIKAČNÍ SLUŽBY	21
3.3 ZÁKONY A NORMY	24
3.3.1 Národní kmitočtová tabulka	25
3.3.2 Plán využití rádiového spektra	26
3.4 PÁSMA ISM.....	27
3.5 ROZDĚLENÍ KMITOČTOVÉHO SPEKTRA	28
3.5.1 Pásmo 27,5-146 MHz.....	29
3.5.2 Pásmo 146-470 MHz.....	30
3.5.3 Pásmo 470-1900 MHz.....	30
3.5.4 Pásmo 1900-4200 MHz.....	31
3.5.5 Pásmo 2700-10000 MHz.....	31
3.5.6 Pásmo 10-21,2 GHz	32
3.5.7 Pásmo 21,2-33,4 GHz	32
3.5.8 Pásmo 33,4-59 GHz	32
3.5.9 Pásmo 59-105 GHz	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
4 TECHNICKÉ ZAJIŠTĚNÍ KOMUNIKACE SLOŽEK INTEGROVANÉHO ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU	35
4.1 ANALGOVÁ SÍŤ.....	35
4.1.1 Přenosné radiostanice	36
4.1.2 Mobilní radiostanice.....	37

4.2	DIGITÁLNÍ SÍŤ.....	39
4.2.1	Typy komunikace	39
4.2.1.1	Převaděčový mód.....	39
4.2.1.2	Přímá komunikace	40
4.2.1.3	Mód nezávislého převaděče.....	40
4.2.2	Přenosné radiostanice.....	40
4.2.3	Mobilní radiostanice.....	42
5	ZABEZPEČOVACÍ ÚSTŘEDNY S BEZDRÁTOVOU KOMUNIKACÍ.....	44
5.1	JABLOTRON OASiS 868 MHz	46
5.2	JABLOTRON PROFI 433 MHz	47
5.3	SIEMENS SINTONY IC60	48
5.4	PARADOX MAGELLAN	49
5.5	SROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ JEDNOTLIVÝCH ZABEZPEČOVACÍCH SYSTÉMŮ.....	51
	ZÁVĚR	52
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK.....	67

ÚVOD

Bezdrátové komunikační technologie patří v současné době mezi rychle se rozvíjející oblasti sdělovací techniky. Každý z nás se denně setkává s těmito zařízeními, aniž bychom jim věnovali velkou pozornost. Ať už jsou to mobilní telefony, vysílačky, dálková ovládání, GPS navigace nebo třeba televizní či rozhlasové přijímače. A tím výčet zdaleka nekončí. Tato zařízení využívají pro přenos dat spektrum rádiových vln. S nárůstem bezdrátových zařízení vznikla potřeba regulace tohoto spektra. Pro tyto účely byla zřízena Mezinárodní telekomunikační unie, jejímiž členy jsou všechny členské země OSN. V rámci České republiky se o správu rádiového spektra stará Český telekomunikační úřad.

Nelze obecně říci, která pásma se používají k jakým účelům. Tím nemám na mysli třeba v dnešní době aktuální pásmo 2,4 GHz, které už tak je velmi zatížené především zařízeními pro bezdrátové připojení k Internetu. I malá po sobě jdoucí pásma (například pásma široká 500 kHz, ale samozřejmě i širší) mohou být Českým telekomunikačním úřadem přiřazena k úplně odlišným účelům. Když uvážíme, že tímto způsobem je k různým účelům přiřazena v současnosti využívaná část rádiového spektra (9kHz až 275 GHz), může být pro někoho obtížné získat adekvátní informace. Proto jsem se v teoretické části této práce pokusil alespoň orientačně znázornit praktické využití různých frekvenčních pásem a podložit to dostupnou literaturou. Kapitoulou samou pro sebe jsou zařízení využívající infračervený přenos, která jsou vysoko nad regulovaným pásmem kmitočtů. Tato zařízení jsou ovšem v současnosti vytlačována právě rádiovými systémy, proto jim nebude věnována velká pozornost. Někoho by mohlo napadnout, že nejvýhodnější pro bezdrátový přenos dat jsou zařízení pracující s ultrafialovým, rentgenovým či gama zářením z důvodu velmi vysoké přenosové rychlosti. Prozatím ovšem lidstvo nedisponuje technologiemi, které by na tyto vlny dokázaly namodulovat užitečnou informaci. Navíc jsou tato záření zdraví škodlivá.

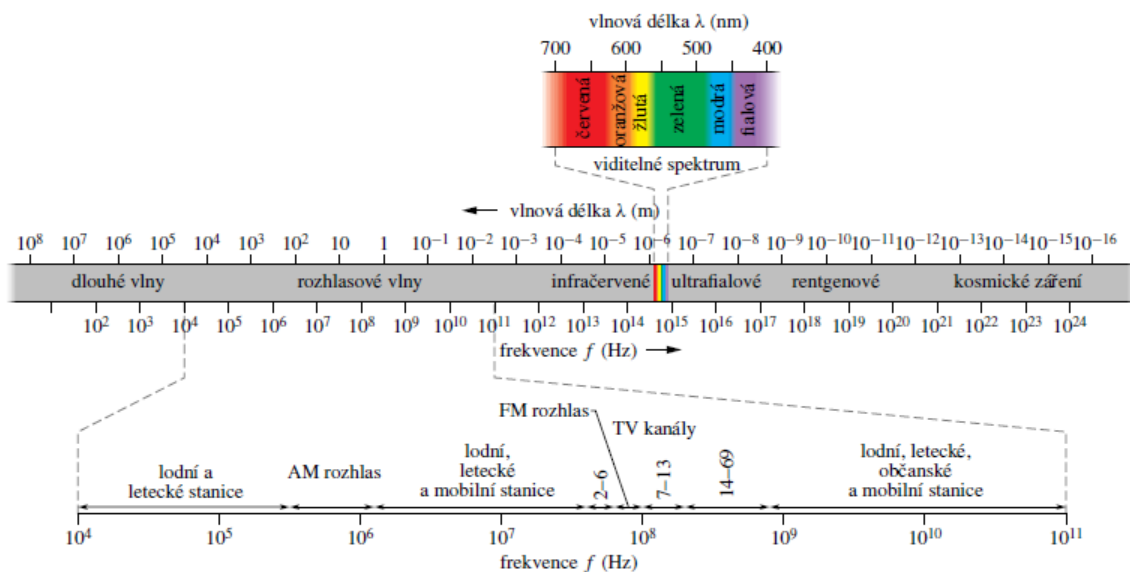
Praktická část má za úkol seznámit s využívanými prostředky v oblasti bezpečnostních technologií. Jedna část je věnována technickým zařízením pro komunikaci u základních složek Integrovaného záchranného systému.

Další část popisuje poplachové zabezpečovací ústředny s bezdrátovým přenosem především z hlediska rozšíření o další komunikační moduly a odolnosti proti rušení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 RÁDIOVÉ SPEKTRUM

Rádiové vlnění je částí elektromagnetického spektra, která odpovídá frekvencím od 9 kHz do 3000 GHz, tedy vlnovým délkám v rozsahu asi od 33 km do 0,1 mm. Spektrum rádiových vln končí na rozhraní vzdálené infračervené oblasti. Rádiové vlny se ve vakuu šíří rychlostí světla, avšak v reálném prostředí je jejich rychlost menší. Rozdělení elektromagnetického spektra znázorňuje následující obrázek (Obr. 1).



Obr. 1: Spektrum elektromagnetických vln [1]

Rádiové spektrum je rozděleno *Radiokomunikačním řádem* (viz. kapitola 3) do devíti pásem podle následující tabulky (Tab. 1).

Číslo pásma N	Symboly	Rozsah kmitočtů (dolní mez mimo, horní mez včetně)	Odpovídající názvy pásem	Metrické zkratky pro pásma
4	VLF	3 až 30 kHz	myriametrové	Mam
5	LF	30 až 300 kHz	kilometrové	Km
6	MF	300 až 3000 kHz	hektometrové	Hm
7	HF	3 až 30 MHz	dekametrové	Dm
8	VHF	30 až 300 MHz	metrové	M
9	UHF	300 až 3000 MHz	decimetrové	Dm
10	SHF	3 až 30 GHz	centimetrové	Cm
11	EHF	30 až 300 GHz	milimetrové	Mm
12	-	300 až 3000 GHz	decimilimetrové	-

Tab. 1: Rozdělení rádiového spektra [2]

Pásma jsou označena anglickými zkratkami, které mají svůj český ekvivalent. [3]

- **VLF** (Very Low Frequency) – velmi dlouhé vlny
- **LF** (Low Frequency) – dlouhé vlny
- **MF** (Medium Frequency) – střední vlny
- **HF** (High Frequency) – krátké vlny
- **VHF** (Very High Frequency) – velmi krátké vlny
- **UHF** (Ultra High Frequency) – ultra krátké vlny
- **SHF** (Super High Frequency) – centimetrové vlny (mikrovlny)
- **EHF** (Extremely High Frequency) – milimetrové vlny (mikrovlny)

Číslo pásma N určuje rozsah frekvencí podle vzorce:

$$0,3 \cdot 10^N \text{ Hz} \div 3 \cdot 10^N \text{ Hz} \quad (1)$$

Další používané rozdělení frekvenčních pásem je podle normy IEEE 521-2002¹ (Tab. 2). Nejčastější využití této normy je pro označování radarových systémů.

Symboly	Rozsah kmitočtů	Vlnová délka
HF	3 až 30 MHz	100 až 10 m
VHF	30 až 300 MHz	10 až 1 m
UHF	300 až 1000 MHz	1 m až 30 cm
L	1 až 2 GHz	30 až 15 cm
S	2 až 4 GHz	15 až 7,5 cm
C	4 až 8 GHz	7,5 až 3,8 cm
X	8 až 12 GHz	3,8 až 2,5 cm
Ku	12 až 18 GHz	2,5 až 1,7 cm
K	18 až 27 GHz	1,7 až 1,1 cm
Ka	27 až 40 GHz	1,1 cm až 7,5 mm
V	40 až 75 GHz	7,5 až 4 mm
W	75 až 110 GHz	4 až 2,7 mm
mm	110 až 300 GHz	2,7 až 1 mm

Tab. 2: Rozdělení rádiového spektra podle IEEE 521-2002 [4]

¹ 521-2002 - IEEE Standard Letter Designations for Radar-Frequency Bands – tato norma se vztahuje k využívání písmenných symbolů pro označování frekvenčních pásem rádiového spektra

1.1 Šíření rádiových vln

Přenos signálu mezi vysílačem a přijímačem probíhá prostřednictvím elektromagnetických vln. Za předpokladu, že zdroj vlnění (anténa) nevykazuje směrové účinky, se vlny šíří v kulových vlnoplochách všemi směry. Rychlost šíření vln je závislá na prostředí. Ve vakuu se šíří rychlostí 299 792 458 m/s. Avšak v běžném prostředí je rychlost menší a dochází k různým ohybům, odrazům a lomům. K ohybu dojde v případě, že vlna přechází přes nějakou překážku – část energie mění původní směr. Odraz vln je jev, při kterém dochází ke změně směru šíření vln na rozhraní dvou prostředí (např. odraz o povrch země). Platí, že úhel odrazu elektromagnetické vlny se rovná úhlu dopadu. Při odrazu se zmenšuje amplituda vlny a dochází k fázovému posuvu. K lomu elektromagnetické vlny dochází v případě, že vlna dorazí do prostředí s odlišným indexem lomu. Index lomu n je veličina, která je daná poměrem rychlosti světla ve vakuu c_0 k rychlosti šíření vlny v daném prostředí v . [5]

$$n = \frac{c_0}{v} \quad (2)$$

Vlnová délka λ je dána jako poměr rychlosti šíření elektromagnetického záření k frekvenci vlny f :

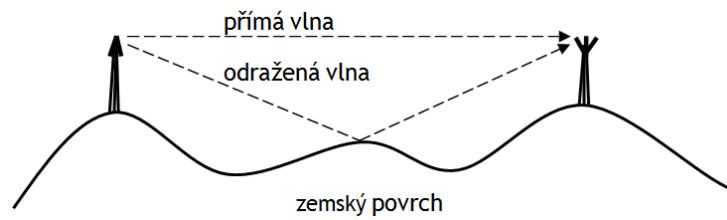
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3)$$

Rádiové vlny se šíří dvěma základními způsoby, buď jako povrchová nebo prostorová vlna.

1.1.1 Povrchová vlna

Povrchová vlna je ta část vlnění, která se šíří v těsné blízkosti povrchu země. Šíření vlny je závislé na překážkách na zemském povrchu a elektrické vodivosti země.

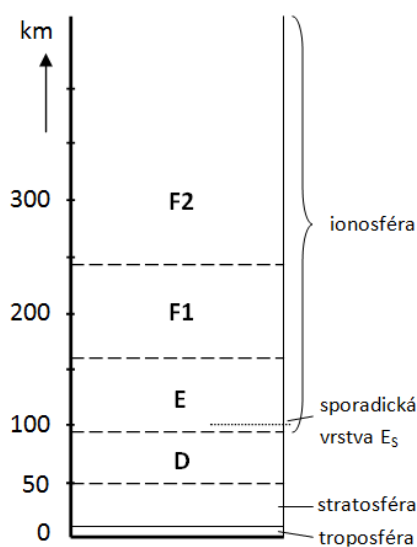
Vlny se mohou šířit od vysílače k přijímači přímo (na přímou viditelnost, nebo s lehkým ohybem za překážku), nebo odrazem od povrchu země. Obecně vlny šířící se odrazem dosahují větších vzdáleností než vlny přímé. Jsou však pohlcovány povrchem země a různými terénními překážkami, které se podílejí na odrazech. [5]



Obr. 2: Způsob šíření povrchové vlny [5]

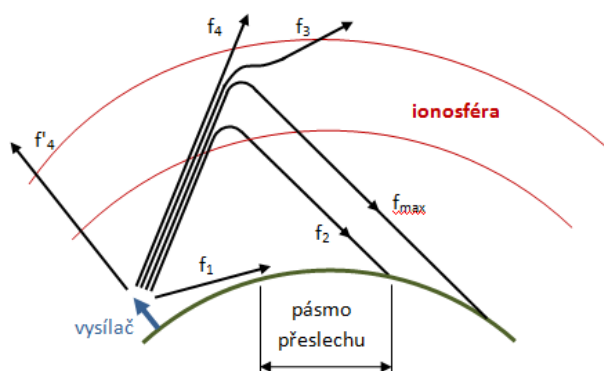
1.1.2 Prostorová (ionosférická) vlna

Prostorová vlna se odráží zpátky k zemi od některé z vrstev ionosféry. Ionosféra je ionizovaná část atmosféry, ve dne se její spodní okraj nachází ve výšce asi 60 km, v noci 100 km. Horní okraj pak dosahuje výšky asi 700 km. Vlivem velmi nízkého tlaku a intenzivního slunečního záření v ní dochází k ionizaci a k jejímu dalšímu rozvrstvení na vrstvy D, E, F1 a F2 (Obr. 3). Rozložení a stav vrstev se mění podle intenzity slunečního záření. Z toho důvodu má velký vliv na šíření elektromagnetických vln střídání dne a noci. Dolní vrstva se uplatňuje při odražení vln s větší délkou, vlny s vyšší frekvencí se odrážejí od vyšších vrstev ionosféry. Pro velmi vysoké frekvence však není překážkou ani silně ionizovaná vrstva F2 a tyto vlny pronikají do kosmického prostoru (předpoklad pro funkci družicového spojení). [5]



Obr. 3: Jednotlivé vrstvy ionosféry [5]

Kritická frekvence f_{\max} je nejvyšší možná frekvence, při které se vlna ještě odrazí od některé z vrstev ionosféry zpět k zemi (Obr. 4). Při vyšší frekvenci, než je f_{\max} vlna opustí ionosféru a ztratí se v prostoru. V oblasti za dosahem povrchové vlny f_1 a před dopadem prostorové vlny vzniká pásmo ticha (pásmo přeslechu), ve kterém není daný vysílač slyšet.[5]



Obr. 4: Vliv frekvence na lom vln v ionosféře [5]

1.1.2.1 Vrstva D

Nachází se ve výšce 50 – 100 km a to pouze nad částí Země osvětlené Sluncem. Vlnám s nižší frekvencí způsobuje značný útlum, takže se nedostanou k horním vrstvám, které by umožnily odraz. Vrstva je poměrně řídká a po západu Slunce zmizí. [5]

1.1.2.2 Vrstva E

Vrstva se vyskytuje ve výšce kolem 100 km a také se uplatňuje převážně ve dne. V noci vrstva zeslábne, protože nedochází k ionizaci slunečními paprsky. Vrstva E tlumí spodní část krátkovlnného pásma. Platí, že čím nižší frekvence, tím vyšší útlum. [5]

1.1.2.3 Mimořádná vrstva E_S

Vzniká v letním období (květen až srpen) v oblasti vrstvy E. Mimořádnou vrstvu E_S, označovanou také jako sporadická vrstva, tvoří obrovské silně ionizované mraky, které se navíc často přemísťují. Vrstva někdy dosahuje takové hustoty ionizace, že je schopna odrazet i vlny v pásmu 144 MHz a výše. [5]

1.1.2.4 Vrstva F

V létě a ve dne se dělí do dvou vrstev F1 a F2. Spodní okraj těchto vrstev se nachází ve výšce 150 až 250 km. V noci dochází ke spojení obou vrstev. Hlavní význam spočívá v dobrých podmínkách pro šíření krátkých vln na dlouhé vzdálenosti. [5]

1.1.3 Šíření vln v různých pásmech

Pásma jsou rozdělena podle vlnových délek. Pro vlny platí odlišné fyzikální podmínky uplatňující se na šíření elektromagnetických vln v různých pásmech. Stručný přehled je uveden v následující podkapitole.

1.1.3.1 Pásmo dlouhých vln

Do tohoto pásma patří vlny o frekvenci 30 až 300 kHz, což odpovídá vlnové délce od 10000 do 1000 m. Při šíření se uplatňuje především povrchová vlna. Prostorové vlnění je pohlceno ionosférickou vrstvou D. Dlouhé vlny se dokážou šířit i na vzdálenost tisíců kilometrů podle výkonu vysílače. Jsou nezávislé na členitosti terénu, jejich příjem je stejný na kopci i v údolí. Nevýhodou je rušení atmosférickými a průmyslovými vlivy. Pásmo dlouhých vln bylo dříve využíváno pro vysílání rozhlasu, ale v současné době se od toho pouští. Český rozhlas 1 používá i dlouhovlnný vysílač Topolná na frekvenci 270 kHz,

díky němuž lze stanici poslouchat i v zahraničí. V současné době se pásmo dlouhých vln využívá hlavně pro radionavigační a meteorologické služby. [5]

1.1.3.2 Pásmo středních vln

Pásmo zahrnuje vlny o frekvenci 300 až 3000 kHz. Vlnová délka je 1000 až 100 m. Ve dne se vlnění šíří prostřednictvím povrchových vln, prostorové vlny jsou pohlceny vrstvou D. Po západu slunce vrstva D zmizí a prostorové vlny odrazem o vyšší vrstvy mohou dosáhnout delších vzdáleností. Povrchová vlna má dosah 400 – 450 km od vysílače. Opět se projevují atmosférické poruchy, i když v menší míře než u pásma dlouhých vln. Střední vlny mají největší využití pro rozhlasové vysílání s amplitudou modulací. [5]

1.1.3.3 Pásmo krátkých vln

Frekvence krátkých vln je 3 až 30 MHz, vlnová délka 100 až 10 m. Povrchová vlna má kvůli útlumu krátký dosah (desítky kilometrů). Pro šíření se uplatní především prostorová vlna, která několikanásobným odrazem od ionosféry dokáže urazit velkou vzdálenost. Jediným odrazem je vlna schopna urazit až 4000 km. Proto se krátké vlny využívají pro dálková spojení. S rostoucí frekvencí vlna snadněji projde vrstvou D a E, takže se odrazí od nejvyšších vrstev ionosféry. Po překročení kritické frekvence se vlny k zemi už nevrátí. Nejvyšší vrstva F2 je velmi nestabilní a dochází v ní k nepředvídatelným jevům. Z toho důvodu může docházet k výkyvům signálu, popřípadě k jeho zániku. Krátkovlnné pásmo bylo před nahrazením družicovými systémy využíváno ke komunikaci mezi kontinenty. [5]

1.1.3.4 Pásmo velmi krátkých vln

Do pásma velmi krátkých vln zahrnujeme vlny s frekvencí od 30 do 300 MHz, odpovídá to vlnové délce od 10 do 1 m. Pro šíření se uplatní především povrchová přímá vlna, prostorová vlna proniká přes ionosféru do kosmického prostoru. Pro kvalitní příjem je potřeba zajistit přímý výhled na vysílač. Proto se vysílače umísťují na kopcích a jiných vyvýšených místech, kde je zaručena dobrá viditelnost.

Přímá vlna se odráží od terénních překážek, zejména od větších předmětů. Za překážkami (např. pahorky) mohou vzniknout odstíněná místa, kde je nekvalitní příjem. Pásmo je využíváno především pro frekvenčně modulované rozhlasové a televizní vysílání. [5]

2 INFRAČERVENÉ SPEKTRUM

Infračervené (neboli tepelné) záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou mezi 760 nm a 1 mm, tedy mezi viditelným světlem a mikrovlnným spektrem. Odpovídá to frekvencím v rozmezí asi od 300 GHz do 400 THz. Není viditelné pouhým okem. Každá látka o teplotě vyšší než absolutní nula (-273,15 °C) je zdrojem infračerveného záření. Záření vzniká změnami elektromagnetického pole, vyvolanými pohybem molekul. Protože pohyb molekul je teplotně závislý, více zahřáté látky emitují více infračerveného záření, než látky chladnější. Při IR záření na určitou látku dochází k přeměně energie elektromagnetického záření na teplo – látka se zahřívá.

Norma ČSN IEC 50(845) rozděluje infračervené spektrum elektromagnetického záření na tato pásma: [6]

- IR-A: 780 až 1400 nm
- IR-B: 1400 až 3000 nm
- IR-C: 3000 nm až 1 mm

Norma ISO 20473:2007 rozděluje spektrum na oblasti: [7]

- blízká IR oblast (NIR): 0,78 až 3 μm
- střední IR oblast (MIR): 3 až 50 μm
- vzdálená IR oblast (FIR): 50 až 1000 μm

2.1 Využití infračerveného spektra

Infračervené záření se využívá pro přenos informací na krátké vzdálenosti (dálkové ovladače, mobilní telefony – infračervený port) a v termovizi. Zařízení limituje především jejich krátký dosah. Infračervená zařízení jsou vytlačována především systémy využívající rádiový přenos, proto jim nebude dále věnována pozornost.

3 SPRÁVA KMITOČTOVÉHO SPEKTRA

V současné době je kmitočtové spektrum rádiových vln již považováno za bohatství, se kterým je nutné pečlivě hospodařit. Jedná se o omezený zdroj, který dala příroda lidstvu. Poněvadž se rádiové vlny šíří volným prostředím, je nezbytná včasná a důkladná koordinace všech uživatelů volného prostředí, a to nejen uvnitř státu, ale i mezi státy navzájem. [3]

Tato potřeba vedla k dohodě mezi členskými státy OSN, vyjádřené v *Mezinárodní úmluvě o telekomunikacích*. Na základě této úmluvy byla vytvořena *Mezinárodní telekomunikační unie ITU (International Telecommunications Union)*, jejímiž členy jsou všechny členské země OSN. Jejím úkolem je vytvářet podmínky pro účelné využívání kmitočtového spektra podle pravidel dohodnutých na *Světových radiokomunikačních konferencích (World Radiocommunications Conference – WRC)*, kterých se účastní zástupci jednotlivých národních orgánů zodpovědných za využívání kmitočtového spektra ve své zemi. Tato pravidla jsou shrnuta v dokumentu nazvaném *Radiokomunikační řád (Radio Regulations)*, který tvoří přílohu k *Mezinárodní úmluvě o telekomunikacích*. [3]

Základní ustanovení *Radiokomunikačního řádu* lze shrnout do následujících bodů: [3]

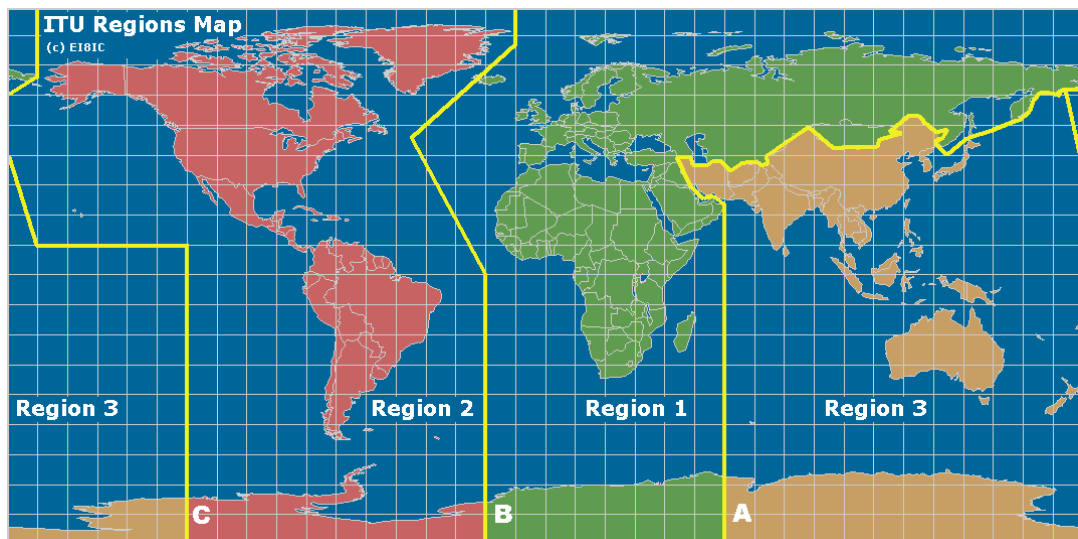
- způsob a zásady využití kmitočtového spektra,
- rozdělení kmitočtových pásem,
- přidělení kmitočtových úseků jednotlivým radiokomunikačním službám,
- zásady pro současnou činnost radiokomunikačních zařízení na stejných nebo blízkých kmitočtech,
- zásady pro koordinované přidělování kmitočtů novým radiokomunikačním zařízením a službám.

Česká republika je členem *Mezinárodní telekomunikační unie* od 1. ledna 1993. K 1. květnu 2005 byl zákonem č. 127/2005 Sb. zřízen *Český telekomunikační úřad (ČTÚ)*. Mezi hlavní oblasti působnosti ČTÚ patří regulace elektronickým komunikací, poštovních známek a správa rádiového spektra.

3.1 Rozdělení na Regiony

ITU v *Radiokomunikačním řádu* rozdělila svět na 3 Regiony, za účelem přiřazování frekvenčních pásem různým radiokomunikačním službám (Obr. 5). Každý Region je přesně definován hraničními čarami A, B, C. Česká republika spadá pod Region 1.

- **Region 1** zahrnuje Evropu, Afriku, země bývalého Sovětského svazu, Mongolsko
- pod **Region 2** spadá Severní a Jižní Amerika a Grónsko
- **Region 3** tvoří asijské země kromě bývalého sovětského svazu, Írán, většina Oceánie



Obr. 5: Rozdělení světa na Regiony podle ITU [8]

3.2 Radiokomunikační služby

Radiokomunikační službou je služba zahrnující přenos, vysílání a/nebo příjem rádiových vln k specifickým telekomunikačním účelům. Mezi radiokomunikační služby patří: [2]

- **Pevná služba** – radiokomunikační služba mezi stanovenými pevnými body Země. Příkladem mohou být spoje bod-bod (Point-to-point), nebo bod-více bodů (Point-to-multipoint) pro přenos audio/video signálu nebo přístupu na Internet.

- **Družicová pevná služba** – slouží ke spojení mezi pozemskými stanicemi² a družicemi
- **Mezidružicová služba** – služba poskytující spojení mezi družicemi
- **Služba kosmického provozu** – služba, v níž se využívá kosmických plavidel k vědeckým účelům
- **Pohyblivá služba** – služba mezi pohyblivými stanicemi³ a pozemními stanicemi, nebo mezi pohyblivými stanicemi navzájem. Dále se dělí:
 - Pozemní pohyblivá služba (např. síť GSM)
 - Námořní pohyblivá služba
 - Služba přístavního provozu
 - Služba pohybu lodí
 - Letecká pohyblivá služba
- **Družicová pohyblivá služba** – služba mezi pohyblivými pozemskými stanicemi a kosmickými stanicemi
 - Družicová pozemní pohyblivá služba
 - Družicová námořní pohyblivá služba
 - Družicová letecká pohyblivá služba
- **Rozhlasová služba** – služba, jejíž vysílání je určeno k příjmu širokou veřejností (televize, rozhlas)
- **Družicová rozhlasová služba** – služba, v níž jsou signály vysílané družicemi určeny k příjmu širokou veřejností
- **Služba rádiového určování** – služba pro potřeby rádiového určování polohy, spadá pod ni:
 - Radionavigační služba
 - Námořní radionavigační služba
 - Letecká radionavigační služba
 - Radiolokační služba

² pozemská stanice – stanice umístěná na povrchu Země, sloužící pro komunikaci mezi družicemi nebo dalšími pozemskými stanicemi

³ pohyblivá stanice – stanice určená k využívání za pohybu, např. letadlová nebo lodní stanice

- **Družicová služba rádiového určování** – služba k určování polohy prostřednictvím družic. Dále se dělí:
 - Družicová radionavigační služba
 - Družicová námořní radionavigační služba
 - Družicová letecká radionavigační služba
 - Družicová radiolokační služba
- **Pomocná meteorologická služba** – služba pro potřeby meteorologických pozorování a průzkumů
- **Služba družicového průzkumu Země** – služba mezi pozemskými a družicovými stanicemi, ve které se z aktivních nebo pasivních senzorů získávají informace o vlastnostech Země a přírodních jevech. Dále pod ni spadá:
 - Družicová meteorologická služba
- **Služba kmitočtových normálů a časových signálů** – služba zajišťující pro vědeckou či technickou potřebu vysílání vybraných kmitočtů a časových signálů s vysokou přesností
- **Družicová služba kmitočtových normálů a časových signálů** – služba, která využívá družice k vysílání vybraných kmitočtů a časových signálů
- **Služba kosmického výzkumu** – využívá se v ní kosmických plavidel k vědeckým účelům
- **Amatérská služba** – služba pro sebevzdělávání, vzájemná spojení, technická studia prováděná amatéry⁴
- **Družicová amatérská služba** – služba využívající družice pro stejné účely jako amatérská služba
- **Radioastronomická služba** – služba zahrnující využití radioastronomie
- **Bezpečnostní služba** – každá služba, provozována trvale nebo dočasně pro zajištění bezpečnosti lidského života a majetku
- **Zvláštní služba** – jiná služba, která zde není definována

⁴ amatér – řádně oprávněná osoba, zabývající se o radiotechniku pouze z osobní záliby a nevýdělečně

3.3 Zákony a normy

Do oblasti bezdrátových komunikací v České republice spadají následující platné zákony a vyhlášky (zdroj ČTÚ):

- **zákon č. 151/2000 Sb.**, o telekomunikacích a o změně dalších zákonů
 - popř. zákon č. 225/2003 Sb., kterým se mění zákon č. 151/2000 Sb.
- **zákon č. 127/2005 Sb.**, o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích)
 - popř. zákon č. 153/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 127/2005 Sb.
- **vyhláška č. 105/2010 Sb.**, o plánu přidělení kmitočtových pásem (národní kmitočtová tabulka)

V následující tabulce (Tab. 3) jsou uvedeny třídy a podtřídy platných norem ČSN zabývající se technologiemi v oboru bezdrátových komunikací.

Třída	Podtřída	Počet norem
33 - Elektrotechnika	3300 - Terminologie - Mezinárodní slovník	68
	3342 - Ochrana rádiového příjmu před rušením	37
36 - Elektrotechnika	3670 - Elektronika a radiotechnika všeobecně	29
	3671 - Vysílače	18
	3672 - Antény	24
	3673 - Přijímače	5
	3675 - Televize	41
	3676 - Radioreléová a družic. zařízení a systémy	48
	3678 - Navigační a bezpečnostní systémy	39
	3680 - Aplikovaná elektronika	23
87 - Telekomunikace	8715 - Podnikové telekomunikace	52
	8720 - Rozbor vlivu prostředí	88
	8725, 8726, 8727 - Mobilní komunikace	1020
	8735, 8736 - Síťová hlediska	183
	8745 - Pagingové systémy	14
	8746 - Přístupové sítě širokopásmového rádia	24
	8750, 8751 - Rádiové zařízení a systémy. EMC a rádiové spektrum	959
	8755 - Digitální bezšňůrové telekomunikace	73
	8760 - Družicové pozemské stanice a systémy	76
	8770, 8771 - Signalizační protokoly a spojování	908
	8785 - Přenos a multiplexování	305
	8790 - Normy vytvořené společnou technickou komisí EBU/CENELEC/ETSI	106

Tab. 3: Normy ČSN zabývající se bezdrátovou komunikací

Pro velký počet těchto českých technických norem nemá smysl je zde uvádět jednotlivě, tabulka slouží pro přehled a zájemce si podle podtřídy může najít své požadované normy například na webových stránkách www.normy.biz nebo csnonline.unmz.cz.

Rozdělení rádiového spektra je založeno na dvou základních dokumentech:

- Plán přidělení kmitočtových pásem (Národní kmitočtová tabulka)
- Plán využití rádiového spektra

3.3.1 Národní kmitočtová tabulka

Plán přidělení kmitočtových pásem (Národní kmitočtová tabulka) vydaný vyhláškou 105/2010 Sb. stanovuje podmínky pro přidělování frekvenčních pásem jednotlivým radiokomunikačním službám. Je uplatněním *Radiokomunikačního řádu ITU* pro Českou republiku.

MHz			
Kmitočtové pásmo	ČR podle Řádu	Přidělení v ČR	Využití přidělení
40,98–41	PEVNÁ POHYBLIVÁ Kosmického výzkumu	PEVNÁ [1] [2] POHYBLIVÁ [1] [2] Kosmického výzkumu [1]	[1] C [2] nc
41–41,015		PEVNÁ [1] [2] POHYBLIVÁ [1] [2]	[2] NC [1] c
41,015–44	PEVNÁ POHYBLIVÁ	PEVNÁ [1] [2] POHYBLIVÁ [1] [2]	[2] NC [1] c
44–45	PEVNÁ POHYBLIVÁ	PEVNÁ [1] [2] POHYBLIVÁ [1] [2]	[1] C [2] NC
45–46	PEVNÁ POHYBLIVÁ	PEVNÁ [1] [2] POHYBLIVÁ [1] [2]	[2] NC [1] c
46–47	PEVNÁ POHYBLIVÁ Radiolokační \5.162A\	PEVNÁ [1] [2] POHYBLIVÁ [1] [2] 5.162A	[2] NC [1] c

Obr. 6: Ukázka Plánu přidělení kmitočtových pásem [2]

Plán přiděluje služby kmitočtovým pásmům v rozsahu od 9 kHz do 1000 GHz, z toho pásmo od 275 do 1000 GHz zatím zůstává nepřiděleno. Plán je pojat jako rozsáhlá tabulka, ve které jsou pod sebe uváděna kmitočtová pásma a k tomu připsána přidělení různým

službám (Obr. 6). Celý dokument je volně ke stažení na webových stránkách *Českého telekomunikačního úřadu*.

Ve sloupci "ČR podle Řádu" uvedeny radiokomunikační služby, které je možno provozovat na území ČR podle *Článku 5 Radiokomunikačního řádu*. Ve sloupci "Přidělení v ČR" jsou uvedeny radiokomunikační služby, které je povoleno na území ČR provozovat. Ve sloupci "Využití přidělení" jsou uvedeny zkratky druhu využití (C - civilní využití, NC - necivilní využití, což je Ministerstvo obrany a Armáda České republiky). [2]

Hlavní rozdíl mezi službami napsanými velkým písmem (tzv. přednostní služby) a obyčejným písmem (tzv. podružné služby) je v jejich ochraně před nežádoucím rušením. Podružné služby nesmí rušit služby přednostní a navíc nemohou nárokovat ochranu před rušením přednostními službami. Ovšem tu mohou nárokovat před rušením ostatních podružných služeb.

3.3.2 Plán využití rádiového spektra

Části plánu využití rádiového spektra vychází z Národní kmitočtové tabulky a stanovují podrobné podmínky využití rádiového spektra radiokomunikačními službami. Dokument je složen ze **společné části plánu využití rádiového spektra** a **26. částmi plánu využití rádiového spektra pro kmitočtová pásma vymezená dolním a horním mezním kmitočtem**.

Kmit. pásmo (MHz)	Současný stav		Harmonizační záměr ²⁾	
	Přidělení službám	Využití	Přidělení službám	Využití
87,5–108	ROZHLASOVÁ	FM rozhlas	ROZHLASOVÁ	FM rozhlas
108–117,975	LETECKÁ RADIONAVIGAČNÍ ³⁾	ILS-LLZ VOR MO	LETECKÁ RADIONAVIGAČNÍ	ILS-LLZ VOR MO
117,975–137	LETECKÁ POHYBLIVÁ (R) ^{4) 5) 6) 7)}	Tísňový kmitočet 121,5 MHz Pátrací záchranný kmitočet 123,1 MHz Letecké aplikace MO	LETECKÁ POHYBLIVÁ (R) ^{4) 5) 6)}	Tísňový kmitočet 121,5 MHz Pátrací záchranný kmitočet 123,1 MHz Letecké aplikace MO

Obr. 7: Ukázka části plánu využití rádiového spektra [9]

Části plánu využití rádiového spektra se vztahují k frekvencím v rozsahu od 27,5 MHz do 105 GHz. Dokument uvádí současný stav radiokomunikačních služeb v daných kmitočtových pásmech a harmonizační záměr, tedy snaha o budoucí jednotné využívání kmitočtových pásem spolu s evropskými zeměmi.

3.4 Pásma ISM

Pásma ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) byla původně vyhrazena pro využití rádiových vln pro průmyslové, vědecké a lékařské účely, kromě aplikací v telekomunikacích. Příkladem mohou být mikrovlnné trouby, které pracují na frekvenci 2450 MHz. Pásma se ISM se hovorově označují jako bezlicenční pásma, protože za jejich použití nemusíme platit žádné poplatky, ovšem bez garance proti rušení jinými zařízeními ve stejném pásmu. Radiokomunikační řád uvádí pro průmyslové, vědecké a lékařské účely tato pásma (Tab. 4).

Frekvenční pásmo	Střední kmitočet	Poznámka
6765-6795 kHz	6780 kHz	
13553-13567 kHz	13560 kHz	
26957-27283 kHz	27120 kHz	
40,66-40,70 MHz	40,68 MHz	
433,05-434,79 MHz	433,92 MHz	jen v Regionu 1
902-928 MHz	915 MHz	jen v Regionu 2
2400-2500 MHz	2450 MHz	
5725-5875 MHz	5800 MHz	
24-24,25 GHz	24,125 GHz	
61-61,5 GHz	61,25 GHz	
122-123 GHz	122,5 GHz	
244-246 GHz	245 GHz	

Tab. 4: Přehled pásem ISM [2]

Podmínky pro využívání zařízení v těchto pásmech v České republice jsou stanoveny Českým telekomunikačním úřadem, který pro tyto účely vydal řadu všeobecných oprávnění (dříve generální licence). Tato oprávnění jsou volně dostupná na www.ctu.cz.

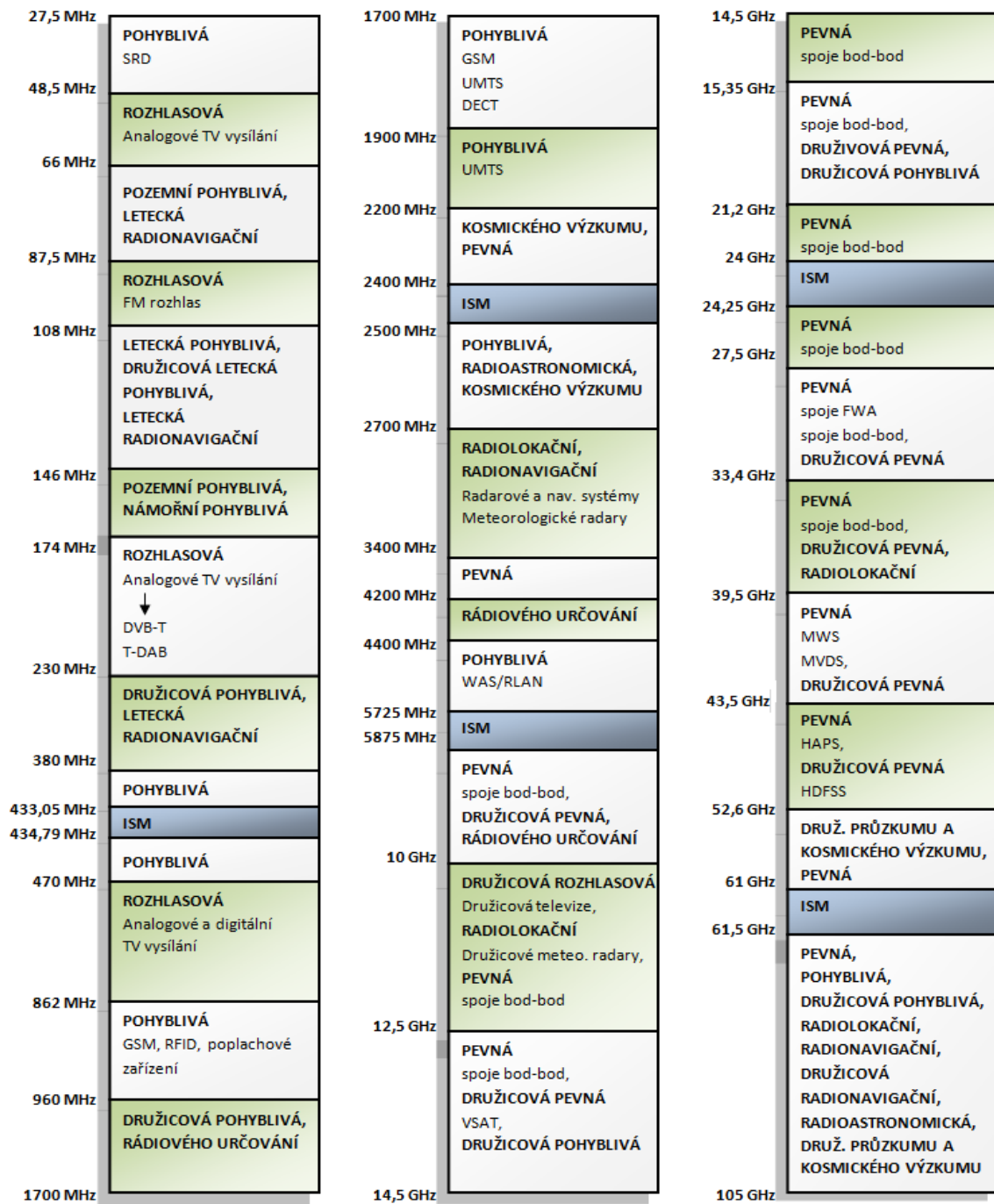
Přehled vybraných všeobecných oprávnění:

- „všeobecné oprávnění č. VO-R/1/12.2008-17 k provozování uživatelských terminálů sítí GSM a IMT / UMTS“
- „všeobecné oprávnění č. VO-R/10/09.2010-11 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu“ (zařízení pro detekci polohy a pohybu a pro ostrahu, poplachová zařízení)
- „všeobecné oprávnění č. VO-R/12/09.2010-12 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat v pásmech 2,4 GHz až 66 GHz“ (RLAN – WiFi, Bluetooth...)

3.5 Rozdělení kmitočtového spektra

Následující obrázek (Obr. 8) znázorňuje přidělení kmitočtových pásem jednotlivým službám pro Českou republiku. Zdrojem informací byly části *plánu využití rádiového spektra ČTÚ*, ve kterých je kromě charakteristik pásem také podrobně popsán současný a také předpokládaný budoucí stav v jednotlivých radiokomunikačních službách. Pro služby v tomto obrázku platí, že se v české republice **využívají**, ne že mají pouze přiděleno kmitočtové pásmo. Části plánu mají účinnost různě od roku 2005 až po rok 2011 a proto lze předpokládat, že vzhledem k dynamickému vývoji v této oblasti se již můžou lišit od současného stavu. Proto má obrázek pouze orientační charakter.

Podrobnější rozepsání využití frekvenčního spektra je v následujících kapitolách.



Obr. 8: Orientační přidělení frekvenčních pásem pro Českou republiku

3.5.1 Pásmo 27,5-146 MHz

Pásmo 27,5–66 MHz je charakterizováno sdíleným využíváním úseků analogovými civilními a necivilními aplikacemi zejména pohyblivé a pevné radiokomunikační služby. Část pásma je využívána analogovým televizním vysíláním, jehož ukončení je plánováno na rok 2012. Dále je pásmo využíváno aplikacemi amatérské služby. [10]

Pásmo 66-87,5 MHz je určeno především pro pozemní pohyblivou radiokomunikační službu. V pásmu mají přidělení rovněž služby pohyblivá, pevná a letecká radionavigační. Části pásma jsou určeny pro necivilní využití. [11]

Pro pásmo 87,5-108 MHz je charakteristické intenzivní využívání pro vysílání rozhlasu. Ve velmi dlouhodobém výhledu lze očekávat přechod od rozhlasového FM vysílání na digitální vysílání, předpokládá se systém zemského digitálního rozhlasu T-DAB, ale v Evropě se provádí v tomto pásmu pokusy i s dalším systémem pojmenovaným *Digital Radio Mondiale (DRM)*. Navazující část frekvenčního spektra je důležitá pro využití v leteckých pohyblivých aplikacích. [9]

3.5.2 Pásmo 146-470 MHz

Kmitočtové pásmo 146–174 MHz je v civilním využití určeno především pro pozemní pohyblivou službu. Části pásma jsou využívány pro námořní pohyblivou službu a komunikaci na vnitrozemských vodních cestách. Pásmo je také využíváno družicovou pohyblivou službou, radioastronomickou službou a pomocnou meteorologickou službou.[12] Pásmo 174–230 MHz je charakterizováno využíváním aplikacemi rozhlasové služby. Pásmo 230–380 MHz je vyhrazeno pro vojenské harmonizované využití. Kmitočet 243 MHz je určen pro využití stanicemi záchranných plavidel i letadel a zařízeními používanými k záchranným účelům. [13] Úseky 380–385 MHz a 390–395 MHz jsou v Evropě harmonizovanými pásmy určenými pro bezpečnostní a záchranné účely. Úsek 433,05–434,79 MHz lze využívat pro průmyslové, vědecké a lékařské účely (ISM). [14]

3.5.3 Pásmo 470-1900 MHz

Pásmo 470–960 MHz je charakteristické využitím pro šíření televizního vysílání prostřednictvím zemských sítí na rádiových kmitočtech 470 až 862 MHz a využitím pro pohyblivé rádiové sítě v rozsahu 870–960 MHz. [15] Pásmo 960-1700 MHz je významné pro navigační aplikace a systémy v družicové pohyblivé službě. Pásmo je důležité pro radioastronomická pozorování. V pásmu 1400–1727 MHz se v některých zemích provádí výzkum pasivními detektory v rámci programu pátrání po úmyslném vysílání mimozemského původu. [16] Pásmo 1700-1900 MHz je využíváno převážně v pohyblivé službě pro digitální buňkové systémy GSM, v tomto pásmu také označované GSM 1800

nebo DCS 1800. Části pásma jsou rovněž využívány aplikacemi pevné, družicové meteorologické a radioastronomické služby. [17]

3.5.4 Pásmo 1900-4200 MHz

Kmitočtové pásmo 1900-2200 MHz patří k základním pásmům určeným pro systém UMTS, který je koordinovaně zaváděn evropskými zeměmi a jež je součástí celosvětového systému 3. generace mobilních komunikací IMT-2000. [18] Pro pásmo 2200-2700 MHz je charakteristický dynamický vývoj aplikací, poskytujících služby elektronických komunikací. V pohyblivé službě jsou nejvýznamnější aplikací zařízení RLAN⁵, která umožňují komunikaci elektronických zařízení mezi sebou nebo v pevných či pohyblivých sítích zejména pro připojení k síti Internet. V pevné službě jsou v současnosti provozovány systémy MMDS pro šíření televizního vysílání ke koncovým zákazníkům. Dále jsou zde provozovány aplikace vědeckovýzkumné povahy.

Pásmo 2400–2500 MHz lze využívat pro průmyslové, vědecké a lékařské účely (ISM). [19]

3.5.5 Pásmo 2700-10000 MHz

Kmitočtové pásmo 2700–3400 MHz je využíváno službami radiolokační a radionavigační převážně pro necivilní účely. V kmitočtovém pásmu 3400–4200 MHz převažuje využívání pevnou službou. [20] Pásmo 4400-5000 MHz je základním pásmem pro necivilní využití pevnými a pohyblivými systémy. Pásmo 5150-5350 MHz a 5470-5725 MHz jsou charakteristická využíváním pro rádiové přístupové sítě WAS/RLAN. Pásmo 5725-5875 MHz lze využívat pro průmyslové, vědecké a lékařské účely (ISM). [21] Pásmo 5,925 až 10 GHz je jedním z hlavních pásem pro pevnou službu a významně je také využíváno družicovou pevnou službou a službou rádiového určování (radionavigací a radiolokací). [22]

⁵ RLAN – Radio Local Area Network, častěji se používá označení WLAN (Wireless Local Area Network), tedy rádiové sítě k pokrytí menších geografických oblastí (domov, kancelář, škola)

3.5.6 Pásmo 10-21,2 GHz

Nejvýznamnější využití pásma 10-12,5 GHz je družicovou rozhlasovou službou pro celosvětově harmonizované vysílání z družic. Dalšími aplikacemi je využívání v radiolokační službě a pasivní vědecké aplikace pro výzkum Země a vesmíru. V pevné službě je využití pásma charakterizováno spoji bod-bod a krátkodobými reportážními spoji. [23] Pásmo 12,5-14,5 GHz je charakterizováno využíváním v družicové pevné, družicové pohyblivé a v pevné službě. [24] Pásmo 14,5-15,35 GHz je ve většině evropských zemí charakteristické využitím pro různé druhy pevných spojů malé a střední kapacity. [25] Pásmo 15,35-21,2 GHz je pro civilní účely využíváno zejména pevnými spoji a aplikacemi v družicové pevné a družicové pohyblivé službě. [26]

3.5.7 Pásmo 21,2-33,4 GHz

Pásmo 21,2-24,25 GHz je pro civilní účely využíváno převážně pevnou službou. Pásmo 24-24,25 GHz lze využívat pro průmyslové, vědecké a lékařské účely (ISM). [27] Převažující využití pásma 24,25-26,5 GHz je pro civilní pevnou službu. Do popisovaného pásma zasahuje pásmo 21,5-26,5 GHz (označováno 24 GHz), které lze využívat vozidlovými radary krátkého dosahu. Pásmo 26,5-27,5 GHz je vyhrazeno pro vojenské harmonizované využití. [28] Pásmo 27,5-33,4 GHz je přednostně přiděleno zejména pevné a družicové pevné službě. [29]

3.5.8 Pásmo 33,4-59 GHz

Pásmo 33,4-37 GHz je v Evropě charakterizováno vojenským využitím a na národní úrovni může být upraveno jeho společné využívání s civilními aplikacemi. Pásmo 37-39,5 GHz je určeno převážně pro civilní využití. [30] Pásmo 39,5-43,5 GHz je přiděleno primárně zemským a družicovým službám. V Evropě se dává přednost rozvoji zemských služeb, a to rozvoji multimediálních bezdrátových systémů v pevné službě. V pásmu se předpokládá rozvoj nových aplikací, jako jsou aplikace s velkou hustotou přenosů v pevné a družicové pevné službě nebo širokopásmové systémy v pohyblivé službě. [31] Vzhledem k charakteru šíření rádiových vln v pásmu 43,5-52,6 GHz rádiového spektra představují převážně využití spoje v pevné a družicové pevné službě s tím, že využívání se teprve rozvíjí. [32] Převažující část pásma 52,6-59 GHz je charakterizována využíváním

pasivními družicovými službami – družicového průzkumu Země a kosmického výzkumu. V pásmu 52,6–54,25 GHz je jakékoliv vysílání zakázáno a k tomuto zákazu musí přihlídnout i uživatelé sousedních pásem. V České republice má největší význam využití pásma 57–59 GHz pevnou službou. [33]

3.5.9 Pásmo 59-105 GHz

Popisovaný rozsah kmitočtů je v současnosti charakterizován především využitím pro vědecké aplikace a další rozvoj využití v ostatních radiokomunikačních službách závisí na dostupnosti vhodných zařízení. Charakter šíření rádiových vln o kmitočtech nad 59 GHz je vzhledem k vysokému útlumu vhodný pro využívání pevnými a pohyblivými spoji vysoké kapacity na krátké vzdálenosti a také pro radiolokaci. Pásmo 86–92 GHz a 100–102 GHz jsou určena jen pro využití radioastronomií a pasivními vědeckými aplikacemi, vysílání je v nich zakázáno. Úsek 61–61,5 GHz lze využívat pro průmyslové, vědecké a lékařské účely (ISM). [34]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 TECHNICKÉ ZAJIŠTĚNÍ KOMUNIKACE SLOŽEK INTEGROVANÉHO ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU

Komunikace mezi jednotlivými složkami *integrovaného záchranného systému (IZS)* a operačními středisky je jedním z nejdůležitějších aspektů při provádění záchranných prací a řešení mimořádných událostí.

Zdravotnická záchranná služba (ZZS) a *Hasičský záchranný sbor České republiky (HZS ČR)* používají ke komunikaci dva na sobě nezávislé rádiové systémy. Jde o digitální celorepublikovou neveřejnou rádiovou síť Pegas, postavenou na spojových prostředcích Matra (nyní EADS). A dále pak o analogové lokální rádiové sítě v rámci okresů nebo krajů, postavené na spojových prostředcích Motorola. Policie České republiky využívá pouze síť Pegas.[35]

4.1 Analogová síť

V klasických rádiových sítích je hlas přenášen analogovým způsobem. To znamená, že vysokofrekvenční nosná vlna je modulována⁶ v závislosti na nízkofrekvenční vlně - tedy na hlase mluvící osoby. Nejvíce rozšířené jsou radiostanice s frekvenční⁷ modulací. Amplitudová⁸ modulace se využívá pro leteckou radiotechniku.

Starší systémy ZZS pracují na frekvencích v pásmu 74-80 MHz, modernější analogové systémy ZZS a HZS komunikují v pásmu 160 MHz.[36] Policie ČR dříve používala pásmo 77-79 MHz, nyní už komunikuje pouze v digitální síti.[37] Analogová síť je taktéž využívána na úrovni dobrovolných jednotek. Velmi rozšířené jsou profesionální vozidlové radiostanice Motorola řady GM a přenosné radiostanice řady GP.

⁶ modulace – úprava nosného vysokofrekvenčního signálu nízkofrekvenčním modulačním signálem, který obsahuje přenášenou informaci

⁷ frekvenční modulace – druh spojitě modulace, kdy frekvence nosné vlny se mění v závislosti na okamžité hodnotě modulačního napětí. Nejčastěji se využívá v pásmu velmi krátkých vln (VKV)

⁸ amplitudová modulace – druh spojitě modulace, kdy amplituda nosné vlny se mění v závislosti na okamžité hodnotě modulačního napětí. Používá se u dlouhých (DV), středních (SV) a krátkých vln (KV).

4.1.1 Přenosné radiostanice

Přenosné ruční vysílačky (Obr. 2) umožňují okamžitou komunikaci mezi dvěma uživateli nebo celou skupinou. Stačí zmáčknout tlačítko PTT (Push to talk) a mluvit. Ruční radiostanice charakterizují menší rozměry a hmotnost, ale zároveň jednoduchá manipulace a vysoká mechanická odolnost. Mohou být konstruovány pro práci v nebezpečném prostředí (nebezpečí požáru, výbuchu). [38]



Obr. 9: Přenosné radiostanice Motorola GP340 VHF, GP360 VHF a GP380 VHF [38], [39]

Mezi složkami HZS je často využívána **profesionální řada GP firmy Motorola**, konkrétně *GP340 VHF, GP360 VHF a GP380VHF*. Tyto modely umožňují funkci skenování, takže je možné sledovat a odpovídat na dění na různých komunikačních kanálech. Srovnání hlavních parametrů je v následující tabulce (Tab. 5).

	GP340 VHF	GP360 VHF	GP380 VHF
Frekvence	136-174 MHz	136-174 MHz	136-174 MHz
Počet kanálů	16	255	255
Kanálová rozteč	12,5/20/25 kHz	12,5/20/25 kHz	12,5/20/25 kHz
Vysílací výkon (max)	5 W	5 W	5 W
Napájecí napětí	7,5 V	7,5 V	7,5 V
Rozměry (bez antény)	137x57,5x37,5 mm	137x57,5x37,5 mm	137x57,5x37,5 mm
Hmotnost (vč. baterie)	420 g	428 g	428 g
Provozní teplota	-20 až 55°C	-20 až 55°C	-20 až 55°C
Cena vč. DPH	11484 Kč	13236 Kč	14487 Kč

Tab. 5: Srovnání parametrů radiostanic Motorola GP340 VHF, GP360 VHF a GP380 VHF [40], [41], [42]

K uvedeným radiostanicím je možné pořídit následující typy akumulátorů (Tab. 6). Výdrž baterií je udávána v cyklu 5/5/90, což značí poměr „vysílání/příjem/pohotovostní režim.“ Například při výdrži baterie 10 hodin je možné 30 minut vysílat (mluvit), 30 minut přijímat (poslouchat) a 9 hodin udržovat vysílačku v pohotovostním režimu. Je možné se setkat s opačným pořadím zápisu 90/5/5, což tedy značí poměr „pohotovostní režim/příjem/vysílání.“

	Typ baterie	Doba provozu	
		nízký výkon	vysoký výkon
HNN9008	standardní vysokokapacitní NiMH	11 h	8 h
HNN9009	ultra vysokokapacitní NiMH	14 h	11 h
HNN9012	NiCd	12 h	9 h
HNN9013	Li-Ion	11 h	8 h

Tab. 6: Výdrž baterií v cyklu 5/5/90 [40]

4.1.2 Mobilní radiostanice

Mobilní radiostanice (Obr. 10) mají na rozdíl od přenosných větší vysílací výkon a také lepší podmínky pro vysílání a příjem hovorů díky pevně instalovaným anténám. Profesionální mobilní radiostanice **Motorola řady GM** jsou určeny pro frekventované

použití. Radiostanice podporují analogovou signalizaci Select5⁹ v rozsahu, který dovoluje jejich technické řešení. Radiostanice Motorola řady GM jsou díky možnostem selektivního volání předurčeny pro použití v sofistikovanějších radiových systémech s dispečerským řízením.[38] Radiostanice *GM360 VHF* a *GM380 VHF* se liší především výbavou (podporovanými službami). *Motorola GM 380 Sophisticated* je v současnosti nejvybavenější mobilní radiostanice v řadě GM.



Obr. 10: Motorola GM360 VHF Versatile a Motorola GM380 VHF Sophisticated [43], [44]

	GM360 VHF Versatile	GM380 VHF Sophisticated
Frekvence	136-174 MHz	136-174 MHz
Počet kanálů	255	255
Kanálová rozteč	12,5/20/25 kHz	12,5/20/25 kHz
Vysílací výkon (max)	25 W	25 W
Napájecí napětí	13,2 Vss	13,2 Vss
Rozměry	186x180x59 mm	190x185x71 mm
Hmotnost	1450 g	1480 g
Provozní teplota	-30 až 60°C	-30 až 60°C
Cena vč. DPH	12510 Kč	19391 Kč

Tab. 7: Srovnání parametrů radiostanic Motorola GM360 a GM380 [43], [44]

⁹ Select5 – způsob analogové selektivní volby, kdy radiostanice funguje obdobně jako telefon. Selektivní volbou lze navolit identifikační číslo radiostanice, která poté začne vyzvánět a je umožněna vzájemná komunikace.

4.2 Digitální síť

V roce 1994 se začala na území České republiky budovat nová digitální síť za účelem **sjednocení komunikace mezi složkami IZS**. Dosavadní analogové sítě pracovaly na různých kmitočtech a měly rozdílné systémové vlastnosti. Tato síť dostala název Pegas a dodávala ji na zakázku francouzská firma Matra-Nortel (nyní EADS). Síť pracuje ve standardu TETRAPOL¹⁰. Pegas je digitální trunkový¹¹ převaděčový systém umožňující šifrovaný přenos hlasu i dat v kmitočtovém pásmu 380-400 MHz. Za provoz je zodpovědné Ministerstvo vnitra. Pokrytí sítě Pegas na území ČR je celoplošné.

Infrastruktura je tvořena 14 regionálními sítěmi, jejichž působnost se kryje s územním členěním České republiky (13 krajů a Praha). [45] Regionální síť tvoří soubor základnových stanic a ústředí řízených hlavní ústřednou. V názvosloví sítě Pegas jsou radiostanice často označovány jako terminály.

4.2.1 Typy komunikace

V síti Pegas je možné komunikovat následujícími způsoby.

4.2.1.1 Převaděčový mód

Komunikace probíhá prostřednictvím převaděčů s typickou kapacitou 8 kanálů. Ve vytíženějších lokalitách může mít i 12 nebo 16 kanálů. Převaděče jsou vysílače (antény) na vyvýšeném místě, které přijmou, zesílí a ihned začnou vysílat rádiový signál od radiostanic. V tomto módu je možno komunikovat dvěma způsoby:

- Individuální (jednotlivá) komunikace – může komunikovat více dvojic uživatelů zároveň, vzájemně se neslyší

¹⁰TETRAPOL – digitální standard rádiových sítí určený pro profesionální použití, v ČR používaný v síti Pegas

¹¹Trunková převaděčová síť - komunikace probíhá prostřednictvím převaděčů, převaděče přiřazují volající a volané stanici jednu z frekvencí, které mají k dispozici, čímž mohou vytvořit uzavřenou hovorovou skupinu [46]

- Hromadná (skupinová) komunikace – prioritní u složek IZS, jeden uživatel vysílá a ostatní uživatelé naladěni na stejném kanále poslouchají (obdoba radioprovozu u analogových sítí). Komunikace probíhá uvnitř jednotlivých skupin, do kterých se mohou přihlásit jen oprávněné stanice (do skupiny HZS se mohou přihlásit jen radiostanice vlastníci HZS).

4.2.1.2 Přímá komunikace

V tomto módu nejsou radiostanice závislé na převaděčích, komunikace probíhá přímo (jako u běžných vysílaček). Právě nezávislost na převaděčích je velkou výhodou tohoto módu komunikace, nevýhodou je, že nelze používat pokročilé služby sítě, jako selektivní volání uživatele. Podmínkou je, že radiostanice musí být v dosahu vlastního vysílání, což omezuje použitelnost na stovky metrů, nejvýše jednotky kilometrů. Dosah je závislý na členitosti terénu, popřípadě hustotě zástavby.

4.2.1.3 Mód nezávislého převaděče

Princip spočívá v umístění přenosného mikropřevaděče na vhodné vyvýšené místo. Tím je vytvořena nezávislá lokální síť. Módu se využívá, pokud je území příliš členité a radiostanice spolu nemohou navázat spojení.

4.2.2 Přenosné radiostanice

G2 Easy (Obr. 11) je současné době nejčastěji používaný terminál Pegas určený pro zasahující hasiče HZS. Jeho ovládání je jednoduché, je možné zde pouze volit kanály a zesilovat či zeslabovat terminál. Jedná se o nejjednodušší z terminálů druhé generace.

Terminál **G2 Easy +** je určen pro velitele družstev. Má monochromatický displej a multifunkční tlačítka umožňující již např. příjem SMS zpráv, volbu libovolného kanálu nebo odesílání statusů. [47]



Obr. 11: Terminály G2 Smart, G2 Easy + a G2 Easy [48]

G2 Smart (Obr. 11) je funkčně nejvyspělejší terminál Pegas druhé generace. Díky displeji, multifunkčním klávesám a alfanumerické klávesnici umožňuje využití veškerých dostupných služeb systému jako individuální volání, konferenční hovory, odesílání a příjem SMS a statusů. Terminál je určen především vyšším velitelům HZS, v poslední době je však již běžně rozšířen i mezi zasahující hasiče. [47] Terminály se liší pouze v podporovaných službách, technická specifikace je u všech modelů stejná (Tab. 8).

G2 Smart, G2 Easy +, G2 Easy	
Frekvence	380-430 MHz nebo 440-490 MHz
Kanálová rozteč	10 kHz nebo 12,5 kHz
Vysílací výkon	2 W
Napájecí napětí	4,8 V
Rozměry (bez antény)	140x62x33 mm
Hmotnost (vč. baterie)	420 g
Provozní teplota	-30 až 60°C
Přenosová rychlost	8 Kbit/s
Doba provozu (1500 mAh NiMH baterie)	8 h (cyklus 5/35/60) 13 h (cyklus 5/5/90)

Tab. 8: Parametry terminálů G2 Smart, G2 Easy + a G2 Easy[49]

4.2.3 Mobilní radiostanice

Radiostanice **MC9610** od firmy EADS (Obr. 12) je v současnosti jediný terminál, který je dodáván na český trh. Ovládací panel, který je umístěn v kabinách vozů, je propojen s vlastním tělem terminálu a anténním systémem, který je na vnější straně kabiny vozu. Svým výkonem 10W umožní dosah okolo 15 km. [47] Technická specifikace je uvedena v následující tabulce (Tab. 9).



Obr. 12: Terminál EADS MC 9610 [50]

	MC 9610
Frekvence	380-512 MHz
Kanálová rozteč	12,5 kHz
Spotřeba	vysílání: max. 4 A příjem: max. 0,5 A
Vysílací výkon	10 W
Napájecí napětí	12 Vss
Rozměry (bez předního panelu)	40x220x158 mm
Hmotnost (vč. baterie)	420 g
Provozní teplota	-20 až 55°C
Přenosová rychlost	8 Kbit/s

Tab. 9: Parametry terminálu EADS MC 9610

Ze získaných poznatků vyplývá, že v současné době složky IZS, zejména HZS a ZZS používají analogovou i digitální rádiovou síť. V praxi je to řešeno tak, že hlavní komunikace probíhá prostřednictvím sítě Pegas a analogová síť slouží jako záložní. Komunikace analogových zařízení s digitálními je možná pomocí převodníku SCC (Single Channel Converter), který provádí konverzi signálu. Toho se využívá, například pokud HZS ČR potřebuje komunikovat v případě společného zásahu se sborem dobrovolných hasičů, kteří mají jen analogovou radiotechniku.

Nespornou výhodou oproti analogovým radiostanicím je utajený provoz daný použitím digitální modulace a šifrování přenosu. Pro zabezpečení analogové komunikace se používá tzv. scrambler (především u policie), který invertuje nebo jinak upravuje signál ve vysílači, za účelem ochrany před nežádoucím odposlechem. Použitá modulace GMSK¹² poskytuje vysokou odolnost proti rušení v digitální rádiové síti. Nevýhodou sítě Pegas je mnohem vyšší cena terminálů oproti jiným komunikačním prostředkům.

Dosah radiostanic není udáván žádným výrobcem, protože záleží především na výšce, ve které se nacházíme a členitosti terénu. Zejména v městských zástavbách je dosah signálu výrazně menší, na tom se podílí především železobetonové konstrukce, které výrazně tlumí signál. Dosah je přímo úměrný výkonu vysílače, takže logicky s mobilní 25 W stanicí můžeme komunikovat na větší vzdálenosti než s 5 W přenosnou. Přenosné terminály sítě Pegas mají výkon max. 2 W, ale zde se ke komunikaci na delší vzdálenosti využívá infrastruktury převaděčů (teoreticky dosah na celé území ČR).

¹² GMSK - Gaussian minimum shift keying (gaussovská modulace s minimálním zdvihem) – druh fázové modulace, kdy vysokofrekvenční nosná vlna se moduluje digitálním signálem (nabývá konečného počtu stavů). Je to dvoustavová modulace, jejímž základem je klíčování frekvenčním zdvihem (posuvem). GMSK se používá např. v mobilních sítích standardu GSM.

5 ZABEZPEČOVACÍ ÚSTŘEDNY S BEZDRÁTOVOU KOMUNIKACÍ

Ústředna je centrálním prvkem poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů. Jejím účelem je vyhodnocovat výstupní signály detektorů a ovládat signalizační, přenosová, zapisovací a další zařízení indikující narušení daného prostoru. Ústředny komunikují s bezdrátovými komponenty prostřednictvím rádiových modulů. Pro tyto účely je povoleno vysílat v pásmech 433 MHz a 868 MHz. Podmínky pro využívání těchto zařízení jsou uvedeny ve všeobecném oprávnění ČTÚ č. **VO-R/10/09.2010-11**¹³, přesněji v:

- článku 3: *Konkrétní podmínky pro nespécifikované stanice krátkého dosahu* (dálková ovládání, signalizace a přenos poplachových informací)
- článku 8: *Konkrétní podmínky pro poplachová zařízení* (poplachová zařízení, systémy pro přivolání pomoci)

Zařízení jsou limitována hlavně celkovým vyzářeným výkonem a klíčovacím poměrem¹⁴. Opatřením je dále stanovena maximální kanálová rozteč¹⁵ pro přenos signálů (Tab. 10). Je zakázáno zařízení používat s přídatnými zesilovači vysokofrekvenčního výkonu a s převaděči. [51]

Ozn.	Kmitočtové pásmo	Vyzářený výkon	Kanálová rozteč	Klíčovací poměr
a	868,600-868,700 MHz	10 mW e.r.p. ¹⁶	25 kHz	≤ 1 %
b	869,200-869,250 MHz	10 mW e.r.p.	25 kHz	≤ 0,1 %
c	869,250-869,300 MHz	10 mW e.r.p.	25 kHz	≤ 0,1 %
d	869,650-869,700 MHz	25 mW e.r.p.	25 kHz	≤ 10 %

Tab. 10: Část oprávnění pro poplachová zařízení v pásmu 868 MHz [51]

¹³ všeobecné oprávnění č. VO-R/10/09.2010-11k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu

¹⁴ klíčovací poměr - podíl času, kdy vysílač vysílá na nosném kmitočtu, v rámci jedné hodiny. Udává se v procentech. Např. klíčovací poměr < 10 % znamená, že zařízení může vysílat maximálně 6 minut za hodinu.

¹⁵ kanálová rozteč - vzdálenost mezi dvěma sousedními frekvencemi

¹⁶ e.r.p. - efektivní vyzářený výkon v daném směru

Pásmo 433 MHz je velmi vytížené, může docházet k rušení (ovladače uzamykání automobilů, garáží, bezdrátové teploměry, zvonky...). Zařízení v pásmu 868 MHz jsou více omezovány předpisy, což má za následek snížení úrovně rušení v pásmu, a tedy kvalitnější přenos. [52] Rušení může mít za důsledek vznik falešných poplachů nebo ztrátu přenosu.

Obecně mají ústředny s bezdrátovou komunikací tyto výhody: [53]

- rychlá a jednoduchá instalace z důvodu chybějící kabeláže
- minimální stavební zásahy do objektu (výhodné u ochrany historických památek)
- snadné rozšíření stávajícího systému přidáním dalších prvků
- snadná změna stávajícího systému pouhým přemístěním jednotlivých detektorů

Protože napájení drátových detektorů zajišťuje ústředna, bezdrátové prvky musí napájet vlastní baterie. Napětí je automaticky kontrolováno a při poklesu pod určitou mez dojde k lokální akustické signalizaci nebo k přenosu informace do ústředny. Maximální vzdálenost umístění detektoru od ústředny je dána především konstrukčním řešením daného objektu. Dosah je možné prodloužit použitím opakovače rádiového signálu.

Ústředny mohou komunikovat s detektory dvěma způsoby. Jednodušší systémy využívají **jednosměrnou komunikaci**. V detektoru je umístěn vysílač a v ústředně přijímač. Nevýhodou je, že tyto systémy nemají žádnou kontrolu funkčnosti detektorů proti poruše nebo úmyslnému zničení. Modernější systémy umožňují kontrolu vysíláním kontrolních telegramů, jejich četnost ovšem představuje zátěž pro baterii. V praxi bývá četnost kontrol jednou za několik hodin. Prvky v systémech s **obousměrnou komunikací** jsou vybaveny jak vysílačem, tak přijímačem. Tyto prvky jsou schopny si najít v kmítočtovém pásmu dva volné kanály a naladit se na ně. Pokud dojde k rušení, jsou schopny se přeladit na kanály jiné. [53]

5.1 Jablotron OASiS 868 MHz

OASiS je moderní zabezpečovací systém, který slouží k ochraně obytných prostor, obchodů, kanceláří a skladů. Drátové a bezdrátové prvky lze vzájemně kombinovat. Komunikace mezi ústřednou a detektory probíhá v pásmu 868 MHz. V systému OASiS v současné době Jablotron nabízí tyto typy ústředen s bezdrátovou komunikací. [54]

- **JA-82K**
- **JA-83K**

Bezdrátové detektory by neměly být umístovány blízko kovových předmětů (stíní rádiový přenos). Ústředna umožňuje kontrolovat rušení frekvenčního pásma. Pokud je funkce zapnutá, rušení delší než 30 sekund vyhlásí poplach. Systém bude obvykle funkční i v případě krátkodobého či dlouhodobého rušení (blízká radarová stanice, TV vysílač), protože přenosy jsou velice odolné.

Obě ústředny lze rozšířit o následující moduly: [55], [56]

- **rádiový modul JA-82R** – pomocí modulu lze do ústředny přiřadit až 50 bezdrátových prvků
- **GSM komunikátor JA-8xY** – umožňuje předávání poplachových zpráv na pulty centralizované ochrany (PCO), nebo dálkové ovládání ústředny prostřednictvím mobilního telefonu
- **komunikátor na pevnou tel. linku JA-80X** – umožňuje komunikovat s PCO a předat hlasovou zprávu uživateli podle typu poplachu. Je možné zálohovat GSM síť pevnou telefonní linkou.
- **komunikátor pro síť LAN kombinovaný s komunikátorem na pevnou linku JA-80V** – umí komunikovat s PCO prostřednictvím LAN a předává zprávy uživateli po pevné lince.

Vybrané parametry jsou uvedeny v následující tabulce. (Tab. 11)

	JA-82K	JA-83K
Napájení	230 V / 50 Hz	230 V / 50 Hz
Spotřeba	30 mA (v klidovém režimu)	30 mA (v klidovém režimu)
Pracovní frekvence	868 MHz	868 MHz
Záložní baterie	12 V; 1,3 až 2,4 Ah	12 V; 7 až 18 Ah
Vstupy	drátové: 4 (až 14 s příd. moduly) bezdrátové: až 50 (s příd. modulem)	drátové: 10 (až 30 s příd. moduly) bezdrátové: až 50 (s příd. modulem)
Podsystémy	2	2
Paměť událostí	255	255
Rozměry krytu	258x214x77 mm	357x297x105 mm
Cena s DPH	1456 Kč	2482 Kč

Tab. 11: Vybrané parametry ústředěn systému OASiS [55], [56], [57], [58], [59]

5.2 Jablotron PROFI 433 MHz

PROFI je předchůdce modernějšího systému OASiS, ale v současnosti je výrobcem stále podporovaný. Systém je vytvořen pro bezdrátovou komunikaci v pásmu 433 MHz, ovšem lze použít i drátové prvky. V systému PROFI lze využít následující ústředny s bezdrátovou komunikací s detektory. [54]

- **JA-63KR**
- **JA-65K**

Srovnání vybraných parametrů těchto ústředěn je uvedeno v následující tabulce (Tab. 12).

K ústředně JA-63KR lze připojit následující prvky: [60]

- **telefonní komunikátor JA-65X** – umožňuje předávat hlasové zprávy po pevné lince a SMS zprávy prostřednictvím SMS serveru, komunikuje s PCO a umožňuje dálkový přístup
- **telefonní komunikátor JA-60GSM** – umožňuje odesílání informačních SMS zpráv, volat na přednastavená čísla a přehrát upozornění. Může komunikovat s dvěma PCO, poskytuje dálkový přístup do objektu prostřednictvím telefonu

Ústřednu JA-65K je možné rozšířit o tyto moduly: [61]

- **rádiový modul JA-65R** – umožňuje přidat do ústředny bezdrátové prvky (až 16 detektorů nebo 8 klávesnic)
- **telefonní komunikátor JA-65X** – stejné využití jako u ústředny JA-63KR

	JA-63KR	JA-65K
Napájení	230 V / 50 Hz	230 V / 50 Hz
Spotřeba	30 mA (v klidovém režimu)	10 mA (v klidovém režimu)
Pracovní frekvence	433,92 MHz	433,92 MHz
Záložní baterie	12 V, 1,3 nebo 2,6 Ah	12 V; 7 Ah
Zóny	drátové: 4 bezdrátové: 16	drátové: 16 (možno přiřadit až 16 bezdrát. detektorů)
Paměť událostí	127	127
Rozměry krytu	258x214x77 mm	275 x 295 x 85 mm
Cena s DPH	3744 Kč	2448 Kč

Tab. 12: Vybrané parametry ústředny systému PROFI [60], [61], [62], [63], [64]

5.3 Siemens Sintony IC60

Siemens Sintony IC60 jsou hybridní (drátové, bezdrátové) ústředny. Vyrábí se v provedeních *IC60 compact* (ústředna a klávesnice v jednom panelu) a *IC60 modular* (ústředna a klávesnice zvlášť). Ústředny jsou určeny pro menší a střední objekty, jako rodinné domy, byty, malé firmy. Protokol pro rádiovou komunikaci *SiWay* integruje všechny bezdrátové prvky do ústředny (dálková ovládání, detektory, vstupní moduly, dveřní kontakty). Komunikace probíhá v pásmu 868 MHz. Šifrovaný přenos a neustálé monitorování frekvence proti rušení zajišťují bezpečnou komunikaci mezi detektory a ústřednou. Rušení frekvence má za následek vyvolání poplachu. Komunikace s detektory je koncipována jako jednosměrná. [65]

K využívání bezdrátových prvků slouží modul bezdrátového přijímače IRFW6, který může být součástí ústředny. Vybrané parametry jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 13).

	Sintony 60 compact	Sintony 60 modular
Napájení	spínaný zdroj 100-240 V, 50/60 Hz	transformátor 240 V, 50 Hz
Spotřeba	max. 120 mA	max. 160 mA
Pracovní frekvence	868 MHz	868 MHz
Záložní baterie	12 V; 1,8 Ah	12 V; 1,3-7 Ah
Zatížení zdroje	0,8 A	1 A
Vstupy	drátové: 8/16 zdvojených bezdrátové: 16	drátové: 8/16 zdvojených bezdrátové: 16
Podsystémy	2	2
Paměť událostí	255	255
Rozměry krytu	330x170x40 mm	290x250x90 mm
Cena s DPH	8620 Kč	4650 Kč

Tab. 13: Parametry ústředn Sintony 60 [65], [66]

Ústředny Sintony 60 umožňují připojení těchto komunikačních modulů: [65]

- **IRFW6 modul bezdrátového přijímače** - umožňuje připojit až 16 bezdrátových prvků řady Sintony 60 a až 16 dálkových ovládaní
- **IAV6-90 modul hlasové komunikace dvoucestný** - modul slouží k poslechovému ověření poplachu z vnějšku. Bývá využíváno pulty centralizované ochrany k redukci planých poplachových výjezdů.
- **IGS6-10 GSM, GPRS, TCP/IP modul** - využívá se jako záložní spojení při poruše pevné linky. Dále zasílá informace o stavu v objektu prostřednictvím SMS zpráv a přenáší data pomocí TCP/IP protokolu přes GPRS.

5.4 Paradox Magellan

Ústředny řady *Magellan* od výrobce *Paradox* jsou určeny pro menší a střední objekty. Není to jediná řada zabezpečovacích systémů tohoto výrobce, ale je určena především pro bezdrátové a hybridní aplikace (obsahuje zabudovaný přijímač/vysílač na desce ústředny). [67]

Do této řady patří ústředny: [67]

- **MG5000**
- **MG5050**
- **MG6130**
- **MG6160**

Ústředny umožňují detekci rušení signálu. Pokud je tato funkce zapnutá, rušení delší než 10 sekund má za následek vyhlášení poruchy. Srovnání vybraných parametrů je v následující tabulce (Tab. 14).

	MG5000	MG5050	MG6130	MG6160
Napájení	16 V, 50 Hz	16 V, 50 Hz	12 nebo 16,5 V 50 Hz	12 nebo 16,5 V 50 Hz
Spotřeba	100 mA	100 mA	nezjištěno	nezjištěno
Pracovní frekvence	433/868 MHz	433/868 MHz	433/868 MHz	433/868 MHz
Záložní baterie	12 V; min. 4/7 Ah	12 V; min. 4/7 Ah	7,2 V; 1,2 Ah	7,2 V; 1,2 Ah
Vstupy	drátové: 2	drátové: 5	drátové: 2	drátové: 2
Počet zón (max.)	32 (každá může být bezdrátová)	32 (každá může být bezdrátová)	32 (každá může být bezdrátová)	32 (každá může být bezdrátová)
Podsystemy	2	2	neumožňuje	neumožňuje
Paměť událostí	256	256	256	256
Počet dálk. ovládačů	32	32	16	16
Rozměry krytu	podle typu krytu	podle typu krytu	218x147x36 mm	218x147x36 mm
Cena s DPH	2520 Kč	2860 Kč	6000 Kč	6960 Kč

Tab. 14: Vybrané parametry ústředen Magellan [67], [68]

Ústředny MG5000 a MG5050 jsou kompatibilní s GSM/GPRS moduly řady **PCS**. Tyto moduly umožňují zaslání událostí v střeženém objektu na mobilní telefon prostřednictvím SMS zpráv. Dále je možné připojit hlasové moduly **VDMP3** k zaslání hlasové informace

o stavu na přednastavená telefonní čísla. Dále umožňují zastřežit/odstřežit hlídaný objekt. Ústředny MG6130 a MG6160 mají tyto hlasové moduly již integrované. [67]

5.5 Srovnání vlastností jednotlivých zabezpečovacích systémů

Z technických specifikací jednotlivých zabezpečovacích systémů vyplývá, že maximální dosah mezi ústřednou a bezdrátovým prvkem je maximálně 300 metrů na přímou viditelnost. V domovních prostorech se vzdálenost snižuje v závislosti na konstrukčním řešení daného objektu. Bezdrátové detektory jsou kompatibilní zpravidla v rámci řad daných výrobců (popřípadě i mezi řadami), je to určeno využívanou frekvencí a komunikačním protokolem. Výrobci uvádějí maximální výdrž baterií okolo tří let, ovšem doporučuje se provádět výměnu jednou za rok. Sledované vlastnosti jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 15).

	Jablotron OASIS 868 MHz	Jablotron PROFI 433 MHz	Sintony IC60	Paradox Magellan
Frekvence	868 MHz	433 MHz	868 MHz	433/868 MHz
Komunikační dosah	300 m (přímá viditelnost)	100 m (přímá viditelnost)	300 m (přímá viditelnost)	35 až 70 m (domovní prostory)
Kompatibilita detektorů	v rámci řady OASIS	v rámci řady PROFI	v rámci protokolu SiWay	v rámci řady Magellan
Výdrž baterií detektorů	cca 2 až 3 roky	cca 1 rok	cca 4-5 let	cca 1,5-3 roky
Komunikační protokol	Oasis	nepojmenován	SiWay	nepojmenován

Tab. 15: Srovnání vlastností jednotlivých systémů [54], [65], [69]

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je zaměřena na ucelený popis problematiky bezdrátové komunikace.

Teoretická část obsahuje podrobný popis využití různých frekvenčních pásem. Pozornost je věnována především spektru rádiových vln. Zpracování této části vychází z velké části z dokumentů a opatření vydaných Českým telekomunikačním úřadem. Výsledkem je poskytnutí přehledu v současné době využívaných částí rádiového spektra a jejich účelů. Ovšem je nutno zdůraznit, že vývoj v této oblasti je natolik dynamický, že za několik let už nemusí být tato část práce aktuální.

Praktická část je zaměřena na komunikační zařízení použita v oblasti bezpečnostních technologií. Část věnovaná technickému zajištění komunikace složek IZS porovnává nejpoužívanější typy radiostanic ať už v analogové nebo digitální rádiové síti. Zdrojem pro tuto část byly především technické specifikace porovnávaných radiostanic.

Část zaměřená na poplachové zabezpečovací ústředny s bezdrátovou komunikací porovnává vybrané ústředny z hlediska ceny, spotřeby, rozměrů a poskytuje informace o dalších přídatných komunikačních modulech. Vybrány byly hlavně ústředny, u kterých se podařilo zajistit dostatek technických materiálů. Především šlo o instalační manuály, ale také o relevantní informace na webových stránkách výrobce. Je nutno podotknout, že v této práci zmíněné bezdrátové zabezpečovací systémy tvoří jen zlomek celkové nabídky na trhu.

Každá část této práce je psána s velkým důrazem na aktuálnost. To znamená, že z dostupných zdrojů, ať už z technických specifikací výrobků, akademických prací, opatření ČTÚ či různých webových stránek, byla snaha použít ty nejnovější a nejkvalitnější.

Realizace této práce byla relativně náročná především z časového hlediska. Bylo nutné prostudovat množství dokumentů a norem, které v práci nejsou zahrnuty, ale měly zásadní vliv na orientaci autora práce v dané problematice.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

This bachelor thesis is aimed at complete description of the problems of wireless communication.

The theoretical part contains detailed description of the different frequency bands. Attention is paid to the spectrum of radio waves. The elaboration of this part is largely based on documents published by Czech Telecommunication Office. The object is to provide an overview of currently used bands of the radio spectrum. It should be emphasized, that the development in this field of knowledge is very dynamic, that this part of work won't be actual few years later.

The practical part is focused on the communication equipment used in security technologies. The part devoted to communication devices for Emergency services compares the most popular types of two-way radios in both analog and digital radio network. The sources for this part were mainly technical specifications of compared two-way radios.

The part focused on wireless security control units compares selected control units in terms of price, current consumption, dimensions and provides information about plug-in modules. The sources for this part were mainly installation manuals, but also relevant informations on the manufacturer's website. It should be pointed out that control units mentioned in this thesis are only a little part in big group of available security control units.

Every part of this work is written with big attention to recency. The realisation of this work was relatively difficult because of the time aspect. It was necessary to read numerous documents and standards that aren't included in this work. It was crucial for author's orientation.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fyzika*. Vydání první. Brno : Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2000. 1198 s. ISBN 80-214-1869-9, ISBN 81-7196-214-7.
- [2] Česko. Vyhláška ze dne 2. dubna 2010 o plánu přidělení kmitočtových pásem (národní kmitočtová tabulka). In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2010, částka 38.
- [3] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. Vydání první - dotisk. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radiotechniky, 2003. 134 s. ISBN 80-214-1833-8.
- [4] IEEE Std 521-2002. *Letter Designations for Radar-Frequency Bands*. New York : IEEE, 2003. 10 s.
- [5] MALINA, Václav. *Poznáváme elektroniku V : Vysokofrekvenční technika*. Dotisk prvního vydání. České Budějovice : KOPP, 2001. 342 s. ISBN 80-7232-114-5.
- [6] ČSN IEC 50(845). *Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 845: Osvětlení*. Praha : Český normalizační institut, Květen 1996. 328 s.
- [7] ISO 20473:2007. *Optics and photonics - Spectral bands*. ISO, 2007. 10 s.
- [8] MapAbility.com [online]. 2004 [cit. 2011-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.mapability.com/ei8ic/maps/regions.php>>.
- [9] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/22/02.2007-3 pro kmitočtové pásmo 87,5–146 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2007, částka 6. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-22-02.2007-3.pdf>>.
- [10] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/26/09.2010-10 pro kmitočtové pásmo 27,5–66 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2010, částka 17. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2010/pv-p_26-09_2010-10.pdf>.
- [11] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/5/10.2010-13 pro kmitočtové pásmo 66–87,5 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2010, částka 20. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2010/pv-p_05-10_2010-13.pdf>.

- [12] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/1/10.2009-15 pro kmitočtové pásmo 146–174 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2009, částka 18. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2009/pv-p_01-10_2009-15.pdf>.
- [13] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/21/09.2008-09 pro kmitočtové pásmo 174–380 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2008, částka 14. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2008/pv-p_21-09_2008-08.pdf>.
- [14] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/15/02.2009-4 pro kmitočtové pásmo 380–470 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2009, částka 4. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2009/pv-p_15-02_2009-04.pdf>.
- [15] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/10/12.2009-18 pro kmitočtové pásmo 470–960 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2009, částka 22. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2009/pv-p_10-12_2009-18.pdf>.
- [16] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/20/09.2008-08 pro kmitočtové pásmo 960–1700 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2008, částka 14. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2008/pv-p_20-09_2008-08.pdf>.
- [17] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/12/12.2009-19 pro kmitočtové pásmo 1700–1900 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2009, částka 22. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2009/pv-p_12-12_2009-19.pdf>.
- [18] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/6/06.2007-7 pro kmitočtové pásmo 1900–2200 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2007, částka 11. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-06-06.2007-7.pdf>>.
- [19] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/14/11.2010-15 pro kmitočtové pásmo 2200–2700 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2010, částka 20. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2010/pv-p_14-11_2010-15.pdf>.

- [20] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/7/11.2008-15 pro kmitočtové pásmo 2700–4200 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2008, částka 17. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2008/pv-p_07-11_2008-15.pdf>.
- [21] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/24/07.2006-24 pro kmitočtové pásmo 4200–5925 MHz. In *Telekomunikační věstník*. 2006, částka 21. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-24-07.2006-24.pdf>>.
- [22] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/19/12.2005-47 pro kmitočtové pásmo 5,925–10 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2005, částka 18. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-19-12.2005-47.pdf>>.
- [22] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/13/12.2007-15 pro kmitočtové pásmo 10–12,5 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2007, částka 19. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-13-12.2007-15.pdf>>.
- [24] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/18/12.2005-46 pro kmitočtové pásmo 12,5–14,5 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2005, částka 18. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-18-12.2005-46.pdf>>.
- [25] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/8/10.2005-38 pro kmitočtové pásmo 14,5–15,35 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2005, částka 14. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-08-10.2005-38.pdf>>.
- [26] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/17/02.2010-3 pro kmitočtové pásmo 15,35–21,2 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2010, částka 4. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2010/pv-p_17_02_2010_3.pdf>.
- [27] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/16/12.2005-44 pro kmitočtové pásmo 21,2–24,25 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2005, částka 18. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-16-12.2005-44.pdf>>.

- [28] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/2/03.2006-4 pro kmitočtové pásmo 24,25–27,5 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2006, částka 7. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-02-03.2006-4.pdf>>.
- [29] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/11/02.2011-1 pro kmitočtové pásmo 27,5–33,4 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2011, částka 1. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok_2011/pv-p_11-02_2011-01.pdf>.
- [30] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/4/10.2005-37 pro kmitočtové pásmo 33,4–39,5 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2005, částka 14. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-04-10.2005-37.pdf>>.
- [31] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/9/10.2005-39 pro kmitočtové pásmo 39,5–43,5 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2005, částka 14. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-09-10.2005-39.pdf>>.
- [32] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/25/07.2006-25 pro kmitočtové pásmo 43,5–52,6 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2006, částka 21. Dostupný také z WWW: <<http://www.ctu.cz/1/download/Plan%20vyuziti%20radioveho%20spektra/PV-P-25-07.2006-25.pdf>>.
- [33] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/3/02.2010-2 pro kmitočtové pásmo 52,6–59 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2010, částka 4. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2010/pv-p_3_02_2010_2.pdf>.
- [34] Česko. Část plánu využití rádiového spektra č. PV-P/23/02.2010-4 pro kmitočtové pásmo 59–105 GHz. In *Telekomunikační věstník*. 2010, částka 4. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/plan-vyuziti-radioveho-spektra/rok_2010/pv-p_23_02_2010_4.pdf>.
- [35] *Vše o radioprovozu* [online]. 2009 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://radioprovoz.webnode.cz/>>.
- [36] *Základy radiokomunikace a satelitní navigace* [online]. Praha : ZOS ZZS HMP – ÚSZS, 2009 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.zachrannasluzba.cz/zara>>.
- [37] KOTEK, Vojtěch. *Hromadná rádiová síť "Pegas" Ministerstva vnitra ČR pro*

- integrováný záchranný systém v prostředí zdravotnické záchranné služby* [online]. Bratislava: Slovenská zdravotnícka univerzita, 2007. 98 s. Závěrečná práce. Slovenská zdravotnícka univerzita, Fakulta ošetrovateľstva a zdravotníckych odborných štúdií, Katedra urgentnej medicíny. Dostupné z WWW: <http://www.zachrannasluzba.cz/zavprace/2007_kotek_matra.pdf>.
- [38] *Profesionální radiostanice a PMR vysílačky MOTOROLA* [online]. 2009 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.motorola-radiostanice.cz/>>.
- [39] *Hasiči Svoboda nad Úpou* [online]. 2011 [cit. 2011-05-13]. Technika, vybavení. Dostupné z WWW: <http://hasicisvobodanadupou.wbs.cz/Technika_vybaveni.html>.
- [40] Motorola Limited, EMEA Headquarters. *Motorola GP340 Specification sheet*. [Technická specifikace]. Motorola Limited, 2006. 2 s. Dostupné z WWW: <<http://www.motorola-radiostanice.cz/product/download/id/16%20/>>.
- [41] Motorola Limited, EMEA Headquarters. *Motorola GP360 Specification sheet*. [Technická specifikace]. Motorola Limited, 2006. 2 s. Dostupné z WWW: <<http://www.motorola-radiostanice.cz/product/download/id/20%20/>>.
- [42] Motorola Limited, EMEA Headquarters. *Motorola GP380 Specification sheet*. [Technická specifikace]. Motorola Limited, 2006. 2 s. Dostupné z WWW: <<http://www.motorola-radiostanice.cz/product/download/id/24%20/>>.
- [43] *Profesionální radiostanice a PMR vysílačky MOTOROLA* [online]. 2009 [cit. 2011-05-13]. MOTOROLA GM360 VHF Versatile. Dostupné z WWW: <<http://www.motorola-radiostanice.cz/p/motorola-gm360-vhf-model%20MDM25KHF9AN5-radiostanice/>>.
- [44] *Profesionální radiostanice a PMR vysílačky MOTOROLA* [online]. 2009 [cit. 2011-05-13]. MOTOROLA GM380 VHF Sophisticated. Dostupné z WWW: <<http://www.motorola-radiostanice.cz/p/motorola-gm380-vhf-model-MDM25KHN9AN8-radiostanice/>>.
- [45] BURIETA, Radek. *Informační podpora Integrovaného záchranného systému kraje*. Zlín, 2010. 90 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky.
- [46] *WWW.ZACHRANASLUZBA.CZ : Nezávislý web o zdravotnické záchranné službě* [online]. 2004 [cit. 2011-05-13]. Úvod do problematiky rádiových sítí. Dostupné z WWW: <http://www.zachrannasluzba.cz/odborna/0310_radsite.htm>.

- [47] *Terminály Pegas* [Technická specifikace]. Brno: Odborné učiliště požární ochrany Brno. Dostupné z WWW: <<http://www.oupobm.cz/vyuka/foto/technika/spojeni/Pegas.pdf>>.
- [48] *HASIČI Jilové u Prahy* [online]. 2009 [cit. 2011-05-14]. Terminály Pegas. Dostupné z WWW: <<http://www.hasici-jilove.wgz.cz/ostatni-vybaveni/terminaly-pegas.html>>.
- [49] EADS. MC 9620 *Ruční rádiový terminál* [Technická specifikace]. EADS. Dostupné z WWW: <http://www.pramacom.cz/download/koncova-zarizeni/Smart&Easy+_cz.pdf>.
- [50] Odborné učiliště požární ochrany Brno [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. Prostředky spojové a informační služby. Dostupné z WWW: <<http://www.oupobm.cz/vyuka/technika.htm>>.
- [51] Česko. Všeobecné oprávnění č. VO-R/10/09.2010-11 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu.. In *Telekomunikační věstník*. 2010, částka 18, s. 333. Dostupný také z WWW: <http://www.ctu.cz/cs/download/oo/rok_2010/vo-r_10-09_2010-11.pdf>.
- [52] GARGULÁK, Lukáš. *Bezdrátové zabezpečovací zařízení*. Brno, 2010. 48 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací.
- [53] *Studijní materiály - SŠEaS* [online]. 2010 [cit. 2011-05-15]. Základní funkce a rozdělení ústředn EZS. Dostupné z WWW: <<http://studijni-materialy.sseas.cz/bezpecnostni-systemy/zakladni-funkce-a-rozdeleni-ustreden-ezs/>>.
- [54] *Jablotron - zabezpečovací systémy, alarmy, zabezpečení vozidel - GSM alarm, detektory* [online]. 2008 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.jablotron.cz/>>.
- [55] *Jablotron - zabezpečovací systémy, alarmy, zabezpečení vozidel - GSM alarm, detektory* [online]. 2008 [cit. 2011-05-18]. JA-82K ústředna zabezpečovacího systému OASiS. Dostupné z WWW: <<http://www.jablotron.cz/cz/Katalog/zabezpeceni+domu/oasis+868mhz/ustredny/ja82k+ustredna+zabezpecovaciho+systemu+oasis/>>.
- [56] *Jablotron - zabezpečovací systémy, alarmy, zabezpečení vozidel - GSM alarm, detektory* [online]. 2008 [cit. 2011-05-18]. JA-83K ústředna zabezpečovacího systému OASiS. Dostupné z WWW: <<http://www.jablotron.cz/cz/Katalog/zabezpeceni+domu/oasis+868mhz/ustredny/ja83k+ustredna+zabezpecovaciho+systemu+oasis/>>.

- [57] Jablotron, s.r.o. *JA-82K "Oasis"* [Instalační manuál]. Jablotron, s.r.o., Jablonec nad Nisou, 20 s. Dostupné z WWW: <http://www.jablotron.cz/upload/download/ja-82k_cz_inst_mhk51002.pdf>.
- [58] Jablotron, s.r.o. *JA-83K "Oasis"* [Instalační manuál]. Jablotron, s.r.o., Jablonec nad Nisou, 20 s. Dostupné z WWW: <http://www.jablotron.cz/upload/download/JA-83K_CZ_MKG51000.pdf>.
- [59] *Jablotron Eshop* [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.jabloshop.cz/>>.
- [60] *Jablotron - zabezpečovací systémy, alarmy, zabezpečení vozidel - GSM alarm, detektory* [online]. 2008 [cit. 2011-05-18]. JA-63KR ústředna. Dostupné z WWW: <<http://www.jablotron.cz/cz/Katalog/zabezpeceni+domu/profi+433+mhz/ustredny/ja63kr+ustredna/>>.
- [61] *Jablotron - zabezpečovací systémy, alarmy, zabezpečení vozidel - GSM alarm, detektory* [online]. 2008 [cit. 2011-05-18]. JA-65K ústředna. Dostupné z WWW: <<http://www.jablotron.cz/cz/Katalog/zabezpeceni+domu/profi+433+mhz/ustredny/ja+65+ustredna/>>.
- [62] Jablotron, s.r.o. *JA-63K "PROFI"* [Instalační manuál]. Jablotron, s.r.o., Jablonec nad Nisou, 16 s. Dostupné z WWW: <<http://www.jablotron.cz/upload/download/mgk55401-cz1213608075845864945.pdf>>.
- [63] Jablotron, s.r.o. *JA-65 "Maestro"* [Instalační manuál]. Jablotron, s.r.o., Jablonec nad Nisou, 18 s. Dostupné z WWW: <<http://www.jablotron.cz/upload/download/mfm53003-cz1213608255992900394.pdf>>.
- [64] *Vaše zabezpečení* [online]. [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.eshop.japas.cz/>>.
- [65] Siemens. *IC 60 Sintony 60* [Produktový list]. Siemens, 8 s. Dostupné z WWW: <http://www.siemens.cz/homesecurity/files/IC60_Verze_9_07_CZ.pdf>.
- [66] *Zabezpečovací technika* [online]. [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.rojka-alarm.cz/>>.
- [67] *Paradox - Headquarters* [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. Magellan. Dostupné z WWW: <<http://www.paradox.com/Products/default.asp?CATID=4>>.
- [68] *Datanets - zabezpečovací technika* [online]. as [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.datanets.eu/shop/>>.

- [69] *Paradox - Headquarters* [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.paradox.com>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AM	Amplitudová modulace
C	Civilní přidělení radiokomunikační služby
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
ČTÚ	Český telekomunikační úřad
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications (digitální bezšňůrový telefonní systém)
DRM	Digital Radio Mondiale (standard vysílání digitálního rádia)
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial (standard digitálního televizního vysílání přes pozemní vysílače)
EBU	European Broadcasting Union (Evropská vysílací unie)
EHF	Extremely High Frequency (milimetrové vlny)
EMC	Electromagnetic Compatibility (elektromagnetická kompatibilita)
e.r.p.	Effective Radiated Power (efektivní vyzářený výkon v daném směru)
ETSI	European Telecommunications Standard Institute (Evropský institut pro normalizaci v telekomunikacích)
FIR	Far Infrared (vzdálená infračervená oblast)
FM	Frekvenční modulace
FWA	Fixed Wireless Access (bezdrátová síť poskytující propojení bod-více bodů)
GMSK	Gaussian minimum shift keying (gaussovská modulace s minimálním zdvihem)
GPRS	General Packet Radio Service (datová služba pro uživatele GSM telefonů)
GPS	Global Positioning System (globální družicový polohový systém)

HAPS	High Altitude Platform Station (stanice umístěné ve velkých výškách)
HDFSS	High-Density Fixed Satellite Service (aplikace s velkou hustotou přenosů v družicové pevné službě)
HF	High Frequency (krátké vlny)
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
IEC	International Electrotechnical Commission (Mezinárodní elektrotechnická komise)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství)
ILS-LLZ	Instrument Landing System - Localizer (elektronický přistávací letadlový systém využívající kurzových majáků)
IMT	International Mobile Telecommunications (systémy pohyblivých komunikací)
IR	Infrared Radiation (infračervené záření)
ISM	Industrial, Scientific and Medical (pásma pro vysílání v průmyslových, vědeckých a zdravotnických oborech)
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
ITU	International Telecommunication Union (Mezinárodní telekomunikační unie)
IZS	Integrovaný záchranný systém
LAN	Local Area Network (místní počítačová síť)
LF	Long Frequency (dlouhé vlny)
MF	Medium Frequency (střední vlny)
MIR	Medium Infrared (střední infračervená oblast)
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Service (systém pro distribuci televizního signálu)

MO	Ministerstvo obrany České republiky
MVDS	Multipoint Video Distribution System (služba distribuce obrazu na více míst)
MWS	Multimedia Wireless Systems (multimediální rádiové systémy)
NC	Necivilní přidělení radiokomunikační služby
NIR	Near Infrared (blízká infračervená oblast)
OSN	Organizace spojených národů
PCO	Pult centralizované ochrany
PTT	Push To Talk (způsob komunikace po semiduplexních spojeních, kdy je možná komunikace vždy jen jedním směrem)
RFID	Radio Frequency Identification (identifikace na rádiové frekvenci)
RLAN	Radio Local Area Network (rádiová lokální síť)
SCC	Single Channel Convertor (převodník k propojení digitální a analogové rádiové sítě)
SHF	Super High Frequency (centimetrové vlny)
SRD	Short Range Devices (zařízení krátkého dosahu)
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol (sada protokolů pro komunikaci v počítačové síti)
T-DAB	Terrestrial Digital Audio Broadcasting (rozhlasové vysílání v digitální pozemní síti)
TV	Televizní
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (nástupce mobilní sítě GSM umožňující rychlý přenos dat)
UHF	Ultra High Frequency (ultra krátké vlny)
VHF	Very High Frequency (velmi krátké vlny)
VOR	VHF Omnidirectional Range (VKV všesměrový radiomaják používaný k letecké radionavigaci)

VSAT	Very Small Aperture Terminal (obousměrný satelitní systém s velikostí antén menší než 3 metry)
WAS/RLAN	Wireless Access Systems / Radio Local Area Network (bezdrátové přístupové systémy jejichž součástí jsou rádiové lokální sítě)
WiFi	Wireless Fidelity (druh bezdrátové technologie v počítačových sítích)
WLAN	Wireless Local Area Network (bezdrátová lokální síť)
WRC	World Radiocommunication Conference (Světová radiokomunikační konference)
ZZS	Zdravotnická záchranná služba

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Spektrum elektromagnetických vln</i>	11
<i>Obr. 2: Způsob šíření povrchové vlny</i>	14
<i>Obr. 3: Jednotlivé vrstvy ionosféry</i>	15
<i>Obr. 4: Vliv frekvence na lom vln v ionosféře</i>	15
<i>Obr. 5: Rozdělení světa na Regiony podle ITU</i>	21
<i>Obr. 6: Ukázka Plánu přidělení kmitočtových pásem</i>	25
<i>Obr. 7: Ukázka části plánu využití rádiového spektra</i>	26
<i>Obr. 8: Orientační přidělení frekvenčních pásem pro Českou republiku</i>	29
<i>Obr. 9: Přenosné radiostanice Motorola GP340 VHF, GP360 VHF a GP380 VHF</i>	36
<i>Obr. 10: Motorola GM360 VHF Versatile a Motorola GM380 VHF Sophisticated</i>	38
<i>Obr. 11: Terminály G2 Smart, G2 Easy + a G2 Easy</i>	41
<i>Obr. 12: Terminál EADS MC 9610</i>	42

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Rozdělení rádiového spektra</i>	11
<i>Tab. 2: Rozdělení rádiového spektra podle IEEE 521-2002</i>	12
<i>Tab. 3: Normy ČSN zabývající se bezdrátovou komunikací</i>	24
<i>Tab. 4: Přehled pásem ISM</i>	27
<i>Tab. 5: Srovnání parametrů radiostanic Motorola GP340 VHF, GP360 VHF a GP380 VHF</i>	37
<i>Tab. 6: Výdrž baterií v cyklu 5/5/90</i>	37
<i>Tab. 7: Srovnání parametrů radiostanic Motorola GM360 a GM380.....</i>	38
<i>Tab. 8: Parametry terminálů G2 Smart, G2 Easy + a G2 Easy.....</i>	41
<i>Tab. 9: Parametry terminálu EADS MC 9610</i>	42
<i>Tab. 10: Část oprávnění pro poplachová zařízení v pásmu 868 MHz</i>	44
<i>Tab. 11: Vybrané parametry ústředen systému OASiS</i>	47
<i>Tab. 12: Vybrané parametry ústředen systému PROFI</i>	48
<i>Tab. 13: Parametry ústředen Sintony 60</i>	49
<i>Tab. 14: Vybrané parametry ústředen Magellan.....</i>	50
<i>Tab. 15: Srovnání vlastností jednotlivých systémů</i>	51