

**UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2009

Bc. Martin ŠTROF

**UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

ŽELEZNIČNÍ RÁDIOVÉ SÍŤ

Bc. Martin Štrof

Diplomová práce

2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin ŠTROF**

Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**

Studijní obor: **Dopravní infrastruktura-Elektrotechnická zařízení
v dopravě**

Název tématu: **Železniční rádiové sítě**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Teoretický popis rádiového přenosu
3. Analýza současného stavu železniční rádiové sítě
4. Návrh řešení železniční rádiové sítě v pásmu 150MHz
5. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] DOBEŠ, J., ŽALUD, V. Moderní radiotechnika. Praha : Vydavatelství BEN-technická literatura, 2006. 768 s. ISBN 80-7300-132-2.

[2] PECHAČ, P., ZVÁNOVEC, S. Základy šíření vln pro rádiové plánování pozemních rádiových spojů. Praha : Vydavatelství BEN-technická literatura, 2007. 200 s. ISBN 978-80-7300-223.

[3] DUŠÁK, K., KVASIL, J. Telekomunikační technika v železniční dopravě. Praha : Nakladatelství Dopravy a spojů, 1987. 528 s. OD 31-082-87-05-2.

[4] VODRÁŽKA, J., HAVLAN, M. Přenosové systémy 2 - Sítě a zařízení SDH a jejich návrh. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2004. 175 s. ISBN 80-01-03048-2.

[5] TNŽ 34 2090 : Železniční sdělovací zařízení. Praha : [s.n.], 1988. 16 s.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Pidanič

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě

Datum zadání diplomové práce: **2. března 2009**

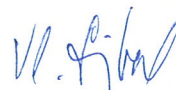
Termín odevzdání diplomové práce: **25. května 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



prof. Ing. Vladimír Schejbal, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 2. března 2009

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 25. 5. 2009

.....
Martin Štrof

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytnutím podkladů a informací umožnili tuto diplomovou práci vytvořit. Rád bych poděkoval Ing. Rudolfovi Toužínovi za jeho cenné informace, připomínky a přístup.

Také bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Pidaničovi za jeho pomoc, cenné rady, připomínky a celkové vedení této diplomové práce.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá studií nasazení nové technologie pro železniční rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz. Definuje vhodné selektivní formáty a signalizace pro vzájemnou komunikaci mezi jednotlivými subjekty. Diplomová práce navrhuje jednotlivé varianty zapojení v závislosti na velikosti železniční stanice a také začlení rádiové sítě do železniční přenosové sítě. V závěru diplomové práce jsou navržena řešení aplikovatelná na konkrétní železniční trať.

KLÍČOVÁ SLOVA

rádiové sítě; radiostanice; dispečerské pracoviště, technologické datové sítě, selektivní formáty, kmitočtová pásma.

TITLE

Radio railway system

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the study of a new technology for railway radio networks within the 150 MHz frequency band. It presents a definition suitable selective formats and signaling for multilateral communication of individual objects. The diploma thesis submits a design of individual variants of the connection dependent on the railway station size; and it also describes the integration of the radio networks in the railway transmission network. At the end of the diploma thesis there are designed solutions applicable to a specific railway.

KEYWORDS

Radio networks; radio stations; dispatcher work center; technological data networks; selective formats; frequency bands.

OBSAH

Úvod	10
1 Teoretický popis rádiového a datového přenosu	11
1.1 Základy radiokomunikačních systémů	11
1.1.1 Rádiové frekvenční spektrum	11
1.1.2 Obecné schéma radiokomunikačního systému	12
1.1.3 Komunikační kanály.....	13
1.1.4 Energetická bilance rádiové spoje	13
1.1.5 Režimy rádiového přenosu	15
1.2 Základy datové a hlasové komunikace	16
1.2.1 Síťová architektura	16
1.2.1.1 Referenční model OSI	17
1.2.1.2 Protokolová architektura TCP/IP	18
1.2.2 VOIP a standardizované protokoly	20
2 Historie železniční rádiové sítě	24
3 Současný stav železniční rádiové sítě	26
3.1 Rozdělení rádiových sítí v železničním provozu	26
3.1.1 Místní rádiové sítě	26
3.1.1.1 Základní rozdělení místních rádiových sítí	27
3.1.1.2 Kmitočtová pásma MRS pro účely železniční dopravy	29
3.1.1.3 Používané typy radiostanic MRS v železniční dopravě	29
3.1.2 Traťové rádiové sítě.....	30
3.1.2.1 Traťový rádiový systém	31
3.1.2.2 Komunikace v systému TRS.....	31
3.1.3 Ostatní železniční rádiové sítě.....	32
3.1.3.1 Digitální rádiová síť GSM-R.....	33
3.1.3.2 GSM-R traťová část.....	34
3.1.3.3 GSM-R mobilní část	34
3.2 Shrnutí kapitoly	35
4 Selektivní signalizace a formáty	37
4.1 Selektivní signalizace.....	38
4.1.1 DTMF.....	38
4.1.2 CTCSS/CDCSS.....	38
4.1.3 Select5.....	40
4.2 Selektivní formáty ZVEI, CCIR, EEA, EIA.....	41
4.3 Shrnutí kapitoly	41
5 Technická specifikace základních prvků MRS	42
5.1 Anténní systémy	43
5.2 Základnové radiostanice	43
5.2.1 HYT TM-800	44
5.2.2 Motorola GM 360.....	45
5.3 Přenosné radiostanice	46

5.3.1	HYT TC-700	46
5.3.2	HYT TC-780	47
5.3.3	Motorola GP-340	47
5.3.4	Motorola GP-360	48
5.4	RadiolInterface	48
5.5	Shrnutí kapitoly	49
6	Návrh řešení železniční rádiové sítě v pásmu 150 MHz	51
6.1	Využití rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz.....	51
6.2	Dispečersky řízená trať.....	52
6.3	Vzájemné komunikační vazby	53
6.3.1	Způsoby komunikace v železniční rádiové síti.....	53
6.3.1.1	Komunikace dispečer – dopravní zaměstnanec (strojvedoucí).....	54
6.3.1.2	Komunikace dopravní zaměstnanec – dopravní zaměstnanec.....	55
6.3.1.3	Skupinová komunikace.....	55
6.3.2	Využití selektivních formátů	55
6.4	Základní architektura železniční rádiové sítě	55
6.4.1	Technologická datová síť.....	56
6.4.2	Železniční rádiová síť v pásmu 150 MHz v TDS.....	57
6.4.3	Varianty řešení v závislosti na velikosti železniční stanice	59
6.4.3.1	Řešení pro železniční stanice bez IP konektivity	60
6.4.3.2	Řešení pro železniční stanice s IP konektivitou.....	61
6.4.3.3	Řešení pro železniční stanice většího významu	63
6.4.3.4	Železniční stanice na dispečersky řízených tratích.....	64
6.5	Komunikační protokoly a datové toky MRS	65
6.5.1	Datové toky rádiového provozu	66
6.6	Napájení rádiových zařízení	68
6.7	Shrnutí kapitoly	69
7	Návrh řešení dispečerské a servisní části systému	70
7.1	Dispečerské pracoviště z pohledu MRS	70
7.1.1	Technologický ovládací pult MRS.....	70
7.1.2	Řídící rádiový server.....	71
7.2	Nahrávání a záznam místní rádiové sítě.....	72
7.2.1	Archivace zaznamenaných hovorů rádiové komunikace MRS	74
7.2.2	Přístup k zaznamenaným hovorům rádiové komunikace MRS.....	75
7.2.3	Požadavky na bezpečnost manipulace se zaznamenanými daty	75
7.3	Servisní a dohledové pracoviště	76
7.3.1	Dohledový systém provozních stavů místní rádiové sítě	76
7.3.2	Správa konfigurace, provozních stavů a uživatelů.....	77
7.4	Shrnutí kapitoly	77
8	Návrh řešení na konkrétní železniční trati	79
8.1	Současný stav MRS.....	79
8.2	Návrh řešení MRS	80
8.2.1	Technologická datová síť.....	80

8.2.2 Místní rádiová síť v pásmu 150 MHz	80
9 Závěr	82
Seznam použité literatury	84
Seznam obrázků	86
Seznam tabulek	87
Seznam příloh	88
Seznam použitých zkratk.....	89

ÚVOD

Diplomová práce na téma železniční rádiové sítě se zabývá studií nasazení a využití železniční rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz v rámci železničního provozu a jejího přechodu na novou technologii. Diplomová práce byla zadána Správou železniční dopravní cesty, státní organizace (dále SŽDC) a její organizační složkou Technickou ústřednou dopravní cesty (dále TÚDC).

V první části diplomové práce jsou velmi stručně popsány základní principy rádiového a datového přenosu. Jsou zde definovány komunikační protokoly, jež umožňují převod hlasové komunikace do datové sítě a které budou v dalších kapitolách využity pro nasazení nové technologie.

V následující kapitole je popsán historický vývoj železniční rádiové sítě na tratích v České republice. Jsou zde popsány jednotlivé typy rádiových systémů, které se do dnešní doby využívají v železničním rádiovém provozu.

Ve třetí části diplomové práce je hodnocen současný stav železniční rádiové sítě. Jsou zde představeny nejpoužívanější a nejvíce se rozvíjející rádiové sítě, s jejich parametry a využitím pro železniční provoz.

Následující kapitoly se již věnují technickému návrhu železniční rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz. Cílem návrhu je definovat základní požadavky na použitelnost selektivních formátů a signalizací, návrh konkrétních typů základnových a přenosných radiostanic z hlediska jejich parametrů a použitelnosti. Samotný návrh je definován do několika různých variant v závislosti na velikosti železniční stanice a intenzitě rádiového provozu v dané lokalitě. Řešení železniční rádiové sítě obsahuje také možnosti provádění záznamu rádiového hovoru a datového přenosu informací pomocí železniční přenosové sítě.

Poslední část diplomové práce je věnována zhodnocení navržených řešení a jejich možnosti aplikování v železničním prostředí. Je zde nastíněn ucelený návrh řešení pro konkrétní železniční trať, na které jsou provedeny simulace rádiového signálu a přenos informací.

1 Teoretický popis rádiového a datového přenosu

Termíny a poznatky uvedené v první kapitole jsou sice všeobecně známé a zmiňované v mnoha odborných publikacích, nicméně jsou v dalších částech diplomové práce využívány k samotnému návrhu řešení a je tedy vhodné se o nich alespoň krátce zmínit na samém začátku. Jedná se zejména o základní režimy rádiové komunikace, komunikační protokoly datových sítí a protokoly pro převod hlasové komunikace. K popsání jednotlivých dílčích vlastností byly využity publikace [4], [5], [9], [12].

1.1 Základy radiokomunikačních systémů

V následujících kapitolách jsou velmi stručně popsány některé základní teorie radiokomunikačních systémů.

1.1.1 Rádiové frekvenční spektrum

Základní rozdělení rádiového frekvenčního spektra je uvedeno v Tab. 1-1. V tabulce jsou uvedena označení rádiových vln a jejich kmitočtový rozsah včetně příkladu využití spektra pro různé aplikace.

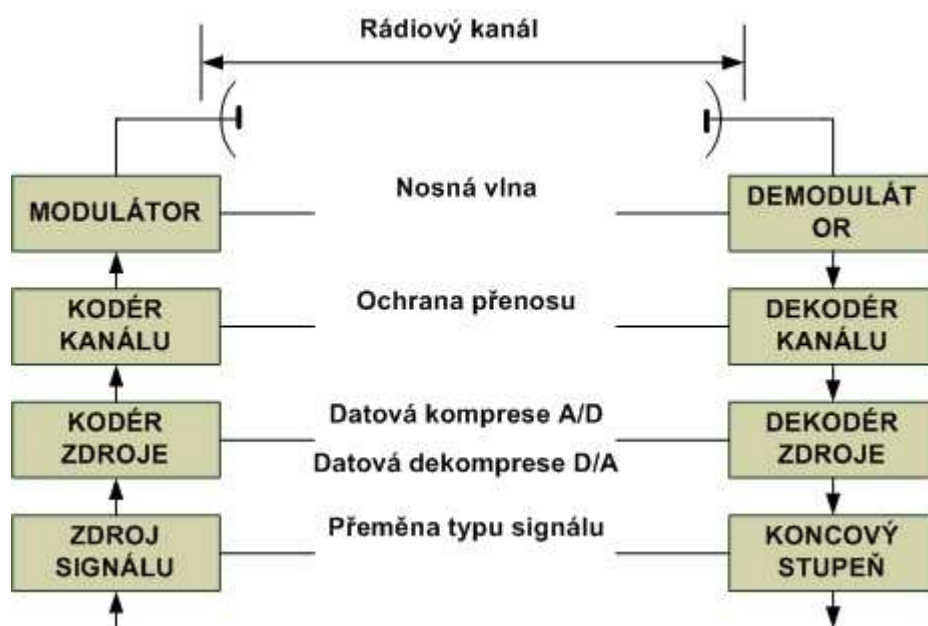
Označení		Kmitočet	Příklad využití
Zkratka	Název		
VLF	Very Low Frequency	3 kHz – 30 kHz	Podmořská komunikace, komunikace po silnoproudých sítích
LF	Low Frequency	30 kHz – 300 kHz	Rozhlas AM, digitální rozhlas DRM, radiomajáky
MF	Medium Frequency	300 kHz – 3 MHz	Rozhlas AM, digitální rozhlas DRM, amatérská pásma
HF	High Frequency	3 MHz – 30 MHz	Rozhlas AM, DRM, amatérská pásma, námořní komunikace
VHF	Very High Frequency	30 MHz – 300 MHz	Rozhlas, letecká a námořní služba, TV CCIR
UHF	UltraHigh Frequency	300 MHz – 3 GHz	TETRA, GPS, W-LAN (WiFi), TV CCIR, stát, armáda
SHF	Super High Frequency	3 GHz – 30 GHz	Radioreléové spoje, radary WiMAX, W-LAN, DBS
EHF	Extra High Frequency	30 GHz – 300 GHz	Družicové pevné a pohyblivé služby, radiolokace
IR	Submillimeter Band	300 GHz – 3 THz	Speciální vojenské aplikace

Tab. 1-1: Rádiové frekvenční spektrum [4], [5]

1.1.2 Obecné schéma radiokomunikačního systému

Obecné schéma radiokomunikačního systému je znázorněno na Obr. 1-1., které bylo v této podobě definováno Shannonem [4]. Toto obecné schéma platí pro digitální systémy a skládá se z vysílací části a přijímací části.

Vysílací část se skládá ze zdroje signálu (mikrofon, apod.), který přeměňuje přenášenou informaci (v obecném případě může mít i charakter neelektrické veličiny) na elektrický signál. V kodéru zdroje, který je další částí schématu, dochází k digitalizaci signálu v převodníku A/D a po té dochází k zdrojovému kódování, kdy během tohoto procesu dochází ke zmenšení rychlosti vstupního bitového toku. V následujícím kodéru kanálu se přidává složka, která je potom v přijímači využívána k odhalení a potlačení rušivých efektů, způsobující chybovost přenosu. Digitální signál vchází do modulátoru. Zde se moduluje pomocí některého digitálního modulačního způsobu na nosnou vlnu, nacházející se ve vysokofrekvenčních a mikrovlnných pásmech [4].



Obr. 1-1: Obecné (Shannonovo) schéma rádiového přenosu [4]

Na začátku přijímací části je demodulátor, který převádí přijímaný vysokofrekvenční nebo mikrovlnný signál na modulační signál. Tento modulační signál se nachází v základním pásmu. Signál by měl být co nejvíce podobný signálu, který byl na vstupu modulátoru vysílače. Dekodér kanálu provádí rekonstrukci originální informační sekvence na základě znalosti algoritmu kanálového kódování. Dekodér

zdroje provádí opačné operace, než které vykonává kodér zdroje ve vysílací části. Takto upravený signál je možné podle potřeby převést D/A převodníkem do analogové podoby a dále v koncovém stupni (reproduktoru) přeměnit na původní elektrickou veličinu [4].

1.1.3 Komunikační kanály

Komunikační kanály ovlivňují zpracování signálu. Základní členění kanálů je uvedeno na obrázku Obr. 1-2.



Obr. 1-2: Komunikační kanály [4]

Kanál šíření – je fyzikální prostředí, sloužící k přenosu signálu mezi vysílačem a přijímačem. Jedná se prostředí, které je mezi vysílací a přijímací anténou.

Rádiový kanál – je tvořen vysílací anténou, kanálem šíření a přijímací anténou. Tento kanál je zpravidla lineární, případné nelinearity do něho mohou vnést například zkorodované antény, námraza a další.

Analogový kanál – někdy též nazývaný také modulační kanál je mezi výstupem modulátoru a vstupem demodulátoru.

Digitální kanál – je pouze u digitálních systémů. Digitální kanál se nachází mezi vstupem modulátoru a výstupem demodulátoru. Vstupní a výstupní signály tohoto kanálu jsou digitální [4].

1.1.4 Energetická bilance rádiové spoje

Pro energetickou bilanci rádiového spoje jsou důležité některé faktory. Jedním z nejdůležitějších je radiokomunikační rovnice. Na následujících řádcích je popsána radiokomunikační rovnice včetně ostatních v ní vystupujících veličin.

Radiokomunikační rovnice

Uvádí v souvislosti výkon vyzařovaný vysílačem a výkon přijímaný přijímačem. V praxi například umožňuje určit ze zadaného středního výkonu vysílače P_t a dalších parametrů celkový střední přijímaný výkon signálu P_r , resp. poměr tohoto výkonu a spektrální šumové hustoty N_0 na vstupu přijímače [4].

$$P_r = P_t G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 L_\phi L_p G_r \quad (1-1) [4]$$

Celkový vysílaný výkon vysílače P_t

Je výkon, který je odevzdán vysílačem do vstupu jeho antény (lze jej měřit širokopásmovým Wattmetrem v napájecím bodě antény) [4].

Zisk vysílací antény G_t

Je schopnost soustředit vyzařování elektromagnetických vln do hlavního směru, na úkor vyzařování do směrů ostatních. Zisk G_t je definován jako poměr výkonu vyzařovaného danou anténou do hlavního směru k výkonu, který do tohoto směru vyzařovala anténa referenční [4].

$$G_t = \frac{4\pi}{\lambda^2} S_t \quad (1-2) [4]$$

kde:

S_t je efektivní plocha vysílací antény

Zisk přijímací antény G_r

Je definován analogicky jako zisk antény G_t , kde S_r je efektivní plocha přijímací antény [4].

$$G_r = \frac{4\pi}{\lambda^2} S_r \quad (1-3) [4]$$

Ztráty šířením elektromagnetických vln $\left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$ ve volném prostředí

Umožňuje určit ze zadaného vyzařovaného výkonu P_t a zisku G_t použité vysílací antény a zisku G_r přijímací antény výkon P_r na výstupu antény [4].

Ztráty nepřesným zaměřením antény L_{ϕ}

Vznikají tam, kdy vysílací (nebo přijímací) anténa není přesně zaměřena do bodu příjmu (vysílání). Velké ztráty vznikají u antén s úzkým vyzařovacím svazkem [4].

Polarizační ztráty L_p

Objevují se v případě, že elektromagnetické vlny, které dopadají na přijímací anténu, mají odlišnou polarizaci, než pro kterou je anténa určena [4].

Poměr nosná / šum

Je poměr výkonu přijímané samotné nosné vlny C a celkového šumu N , které působí na vstupu přijímače. Výkon nosné vlny je menší nebo nejvýše roven přijímanému výkonu P_p , a to v závislosti na způsobu použité modulace. Celkový šum je dán součinem šumové hustoty N_0 a použité šumové šířky pásma B použitého rádiového kanálu [4].

$$N_0 = kT_0 B \quad (1-4) [4]$$

kde:

k – Boltzmannova konstanta $k = 1,38 \cdot 10^{-23} [\text{J/K}]$,

T_0 – Celková šumová teplota systému $[\text{W/Hz}]$

Spektrální výkonová hustota šumu $N_0 = kT_0$ na vstupu přijímače

Vyjadřuje pomyslný šumový výkon, vztažený na vstup přijímače a normovaný k šířce pásma 1 Hz. Tento šum pochází od všech vnějších zdrojů šumu, šumu antény a samotného přijímače [4].

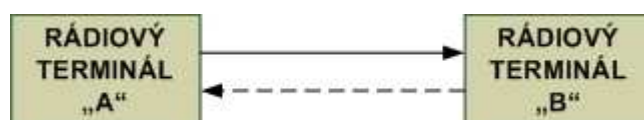
1.1.5 Režimy rádiového přenosu

Simplexní přenos (simplex transmission) – umožňuje komunikaci mezi účastníky pouze v jednom směru. Má vyhrazen pouze jeden jednosměrný rádiový kanál. To znamená, že může současně vysílat pouze jeden účastník. Simplexní přenos je koncipován buď jako přenos z bodu do bodu (point-to-point) nebo jako přenos z bodu do více bodů (point-to-multipoint).



Obr. 1-3: Princip simplexní komunikace

Poloduplexní přenos (half duplex transmission) – umožňuje komunikaci oběma směry, avšak tato komunikace nemůže probíhat současně.



Obr. 1-4: Princip poloduplexní komunikace

Duplexní přenos (fully duplex transmission) – umožňuje současně obousměrnou komunikaci a musí tedy mít k dispozici dva zcela nezávislé kanály.



Obr. 1-5: Princip duplexní komunikace

1.2 Základy datové a hlasové komunikace

Stejně jako v předcházející kapitole 1.1 budou i v následujících několika kapitolách popsány základní principy datové a hlasové komunikace, včetně komunikačních protokolů, které jsou následně využity v návrhu řešení diplomové práce.

1.2.1 Síťová architektura

Síťová architektura je popisem vrstev, služeb, funkcí a protokolů. Nejčastěji je realizována programově, a tvoří tak potřebné síťové vybavení pro komunikaci mezi jednotlivými datovými systémy. Základním modelem pro propojování systémů se stal referenční model OSI.

1.2.1.1 Referenční model OSI

Referenční model OSI je sedmivrstvový. Každá vrstva této architektury má za úkol vykonávat předem definované funkce, kterou jsou potřebné pro komunikaci s jinými systémy.

Pro svoji činnost využívá vždy služeb své sousední vrstvy, která je v hierarchii vždy nižší. Svoje vlastní služby a funkce poskytuje sousední vrstvě, která je v hierarchii vyšší.



Obr. 1-6: Referenční model OSI a funkce vrstev [9]

Aplikační vrstva (vrstva 7) – poskytuje aplikačním procesům přístup ke komunikačnímu systému a umožnit jejich vzájemnou spolupráci. Mezi služby, které aplikační vrstva poskytuje, patří přenos zpráv, identifikace komunikujících parametrů (jména, adresy, podpis).

Prezentační vrstva (vrstva 6) – má za úkol zajistit transparentní přenos zpráv mezi koncovými uživateli, s tím, že se zabývá pouze strukturou zpráv a nikoliv jejím významem. Přenášené zprávy prezentační vrstvou musí být přenášeny jednotným způsobem bez ohledu na svoji různorodost.

Relační vrstva (vrstva 5) – tato vrstva organizuje a synchronizuje dialog mezi spolupracujícími prezentačními entitami (nedělitelnými aktivními prvky, které mohou být nositeli funkcí, poskytovatelé, uživatelé) a řídí výměnu dat mezi nimi. Relační vrstva poskytuje služby vytváření a závěr relačního spojení.

Transportní vrstva (vrstva 4) – transportní vrstva realizuje přenos s požadovanou kvalitou a optimalizuje nejrůznější síťové služby. Transportní vrstva se nestará o směrování, ale poskytuje relační vrstvě:

- Transportní službu bez spojení – samotný přenos bloků;
- Transportní službu se spojením – navázání, udržování a ukončení transportních spojení.

Síťová vrstva (vrstva 3) – vrstva poskytuje síťové spojení otevřeným systémům, které spolu chtějí komunikovat a přitom spolu nemusí přímo sousedit. Síťová vrstva je odpovědná za vhodný výběr cesty komunikační sítě a je odpovědná za vlastní komunikaci, směrování a přenos paketů.

Spojovací vrstva (vrstva 2) – má za úkol umožnit zahájení, udržování a závěr vytvořených spojení, rozvětvení datových spojení, formátování rámců, identifikaci koncových bodů spojení a další. Poskytuje jedno nebo několik spojení mezi dvěma síťovými entitami, které jsou umístěny v sousedních systémech.

Fyzická vrstva (vrstva 1) – je jedinou vrstvou, která podporuje fyzickou komunikaci dat mezi systémy. Fyzická vrstva poskytuje služby spojené s aktivací, udržováním v aktivním stavu a ukončením fyzických spojení určených pro přenos bitů nebo značek. Fyzická vrstva oznamuje spojovací vrstvě poruchové stavy, které detekuje na fyzické vrstvě.

1.2.1.2 Protokolová architektura TCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) je soubor protokolů, které umožňují propojování heterogenních sítí od různých výrobců. Protokolovou architekturu tvoří na rozdíl od referenčního modelu OSI pouze čtyři vrstvy:

- **Vrstva síťového rozhraní** – odpovídá nejnižším dvěma vrstvám architektury OSI (fyzické, spojové);
- **Vrstva síťová** – odpovídá síťové vrstvě architektury OSI;
- **Vrstva transportní** – odpovídá transportní vrstvě architektury OSI;
- **Vrstva aplikační** – odpovídá vyšším vrstvám architektury OSI (relační, prezentační, aplikační).

Vrstva síťového rozhraní

Je nejnižší vrstvou architektury TCP/IP a umožňuje přístup k fyzickému přenosovému médiu. Je specifická po každou síť podle její implementace. Protokoly této vrstvy umožňují systému doručit data jiným systémům na přímo připojené síti.

Referenční model OSI		TCP/IP
APLIKAČNÍ VRSTVA		APLIKAČNÍ VRSTVA
PREZENTAČNÍ VRSTVA		
RELAČNÍ VRSTVA		
TRANSPORTNÍ VRSTVA		TRANSPORTNÍ VRSTVA
SÍŤOVÁ VRSTVA		SÍŤOVÁ VRSTVA
SPOJOVACÍ VRSTVA		VRSTVA SÍŤOVÉHO RZHRANÍ
FYZICKÁ VRSTVA		

Obr. 1-7: Porovnání architektury TCP/IP s referenčním model OSI [9]

Vrstva síťová

Svémi funkcemi a službami odpovídá vrstvě síťové referenčního modelu OSI. Funkce, které zahrnuje, jsou především směrování (routing), přepojování/ předávání (forwarding) datagramů. K tomuto je zapotřebí, aby existovalo jednotné schéma IP adresace a také definice formátu IP datagramů. Protokoly, které pracují v této vrstvě, jsou následující:

- Protokol IP (Internet Protocol);
- Protokol mapování adres (Address Resolution Protocol, ARP);
- Protokol řídicích hlášení (Internet Control Message Protokol, ICMP);
- Protokol obráceného mapování adres (Reverse Address Resolution Protokol, RARP);
- Protokol správy skupin (Internet Group Management Protokol, IGMP).

Transportní vrstva

Transportní vrstva protokolu TCP/IP odpovídá v referenčním modelu OSI stejné transportní vrstvě a poskytuje mechanismy pro koncový přenos dat mezi dvěma

stanicemi. Tato vrstva nabízí dvě možnosti transportních služeb. Transportní službu se spojením nebo bez spojení pomocí dvou protokolů:

- **Transmission Control Protocol (TCP)** – protokol poskytuje transportní službu se spojením;
- **User Datagram Protocol (UDP)** – protokol poskytuje transportní službu bez spojení; UDP je nespolehlivý protokol.

Při přenosu dat mezi dvěma uzly pomocí protokolu TCP musí nejprve dojít k navázání spojení a po výměně dat opět k ukončení spojení. Při výměně dat zasílá příjemce dat zpět odesílateli tzv. kladné potvrzení (positive acknowledgement) pro data, která byla v pořádku doručena. Jestliže odesílatel neobdrží do určitého časového limitu potvrzení, vyhodnotí se tyto data jako ztracená a po určité době zašle je znovu. Tím se protokol TCP stává do jisté míry spolehlivý.

Naopak protokol UDP při výměně dat mezi dvěma uzly nenavazuje žádné spojení. Uživatelská data zasílá oproti TCP v celém segmentu. Protokol UDP poskytuje nespolehlivý přenos, protože nemá fáze navazování a ukončení spojení.

Aplikační vrstva

Je nejvyšší vrstvou síťové architektury TCP/IP nazývaná též vrstvou aplikací a procesů. Obsahuje řadu aplikačních protokolů, které podporují uživatelské aplikace (přenos souborů, poštovních zpráv, práci na vzdáleném zařízení) a administrativní aplikace (mapování jmen a adres, management sítě a další).

Mezi nejpoužívanější aplikační protokoly patří například: TELNET, FTP, DNS, SMTP, POP, HTTP, DHCP, SNMP a další.

Některé z těchto aplikačních protokolů vyžadují protokol TCP (např. FTP, Telnet) a jiné vyžadují protokol UDP (např. SNMP).

1.2.2 VOIP a standardizované protokoly

Voice over Internet Protocol (dále VoIP) je proces zasílání hlasové komunikace po IP síti pomocí hlasových IP paketů. Protokoly, které podporují VoIP patří protokoly vyšších vrstev (transportní a relační), které využívají podpory QoS (Quality of Service).

Komunikace v VoIP se provádí pomocí několika standardizovaných protokolů z nich nejnámější jsou:

- Session Initiation Protocol (SIP);
- H.323.

Tyto signalační protokoly komunikují pomocí komunikačních protokolů RTP (Real-time-Transport Protocol) a RTCP (Real-time-Transport Control Protokol).

Protokol SIP

Protokol SIP je jednoduchý aplikační protokol určený pro inicializaci, modifikaci, dohled a rozpad spojení mezi dvěma a více relacemi. Protokol SIP neumí zajistit požadovanou kvalitu služeb QoS, ale umožňuje spolupráci s protokoly, které QoS zajišťují.

Protokol SIP je jednoduchý textově orientovaný protokol se strukturou podobnou protokolu HTTP. SIP nespécifikuje žádný transportní protokol a žádné konkrétní komunikační protokoly pro přenos dat. Mezi obvykle používané protokoly patří RTP, RTCP, UDP, IP. Protokol SIP obsahuje následující komponenty, které tvoří architekturu sítě [9]:

- UAC (User Agent Client) – koncové zařízení klienta, které inicializuje SIP signalizaci;
- UAS (User Agent Server) – koncový server, který reaguje na SIP signalizaci od UAC (přesměrovává, odmítá hovory);
- Redirect server – server pro přesměrování.

Protokol SIP umožňuje řadu dalších služeb (např. instant messaging) a využívá se v mobilních sítích 3G.

Protokol H.323

H.323 je množina protokolů, které jsou určeny pro řízení spojení, management přenosu/zpracování multimediálních dat, síťový management a definují rozhraní mezi H.323 a jinými sítěmi. H.323 je standard, který poskytuje mechanismy pro zahájení a ukončení hovoru v síti VoIP, protokoly pro kódování video přenosů, kódování hlasových přenosů a datovou komunikaci přes sítě založené na IP protokolu.

Uživatelé, kteří se protokolu H.323, přizpůsobí mohou komunikovat pomocí aplikací od různých výrobců bez omezení na vzájemnou kompatibilitu.

H.323 zahrnuje tyto hlavní doporučení-protokoly [9]:

- Audio kodeky - G.711, G.723, G.729 a Video kodeky - H.261, H.263, které spolupracují s RTP (Real-time Transport Protocol) a s RTCP (Real-time Transport Control Protocol);
- Systémy řízení: řízení spojení - H.245, sestavení spojení - Q.931, rozhraní pro Gatekeeper - RAS (The Registration, Admission and Status).

H.323 definuje čtyři základní funkce (zařízení); terminál, bránu, správce zóny a MCU [9]:

- Terminál – základní prvek pro obousměrnou komunikaci v reálném čase. Podporuje H.245 pro vytvoření přenosového kanálu pro zvuk a video, H.255 pro signalizaci, RTP/RTCP pro zajištění správného pořadí audio a video paketů;
- Brána (Gateway) – Slouží pro obousměrnou komunikaci terminálů v síti H.323 s terminály v jiných sítích a slouží jako překladač protokolů;
- Správce zóny – Poskytuje řídicí služby pro terminály a brány a nepodílí se na přenosu samotných dat (hlasu);
- MCU – Multipoint Control Unit je řídicí jednotka pro komunikaci více terminálů a bran.

	SIP	H.323
Specifikace	IETF	ITU-T
Použitý model	Klient/server	Peer-to-peer
Složitost	Otevřený, jednoduchý	Uzavřený, složitý
Kódování	Textové	Binární
Transportní protokol	UDP	TCP
Využití v mobilních sítích 3G	ano	Ne
Rozšiřitelnost	Otevřené pro nové protokolové prvky	ASN.1 nestandardní změny podle výrobce pouze na předdefinovaných místech
Zabezpečení (paketů)	Odpovědnost za spolehlivost přenosu	Zabezpečení nechává nižším vrstvám

Tab. 1-2: Základní srovnání protokolů SIP a H.323 [9]

RTP

Protokol RTP slouží pro přenos dat (hlas, text, obraz) v reálném čase. Protokol sám neposkytuje mechanismy pro přenos dat v reálném čase, pouze disponuje funkcemi, které umožní na přijímací straně rozpoznat chybějící pakety. Protokol RTP definuje pořadová čísla jednotlivých paketů. Úkolem RTP je také synchronizace časového přenosu.

RTCP

Komunikační protokol RTCP je protokol, který spolupracuje s protokolem RTP. Pomocí RTCP je monitorováno periodické doručování paketů, který vytváří zpětnou vazbu mezi účastníky relace RTP a diagnostické účely. RTCP vykonává následující služby:

- Poskytuje služby řízení toku a kontroly zahlcení sítě;
- Monitorováním dekóduje ztráty paketů;
- Kompenzaci kolísání zpoždění v síti.

2 Historie železniční rádiové sítě

Historie železniční rádiové sítě u nás sahá do roku 1951, kdy začalo vznikat zařízení, které mělo umožňovat spojení pevného stanoviště (dispečer, výpravčí) s pohyblivým (strojvedoucí). Vývoj tohoto zařízení byl u ČSD ukončen v roce 1958.

V roce 1959 použily ČSD první radiostanice, které byly typu Racek VXV 050 a VXV 051 od firmy TESLA Pardubice. Větší využití rádiového provozu však umožnilo teprve až využívání radiostanic firmy Tesla Hloubětín. Jednalo se o radiostanice typu DMZ 11-S, DMZ 12, DMZ 31, 32, 33. Radiostanice umožňovaly duplexní provoz se selektivní volbou v pásmu 80 MHz a později 160 MHz.

V roce 1969 ČSD vybudovaly stuhovou síť, které použily duplexní systém TESLA SELEX pro pásmo 160 MHz. Později byl tento systém modernizován systémem TESLA SELEKTIC.

Na začátku 70. let 20. století ČSD uvedly do provozu vozidlové radiostanice TESLA VXN 110 a zároveň přenosné radiostanice VXW 100 pro kmitočtové pásmo 160 MHz. Následně Mezinárodní železniční unie (UIC) stanovila zásady a pravidla kmitočtové koordinace mezi jednotlivými železnicemi. To mělo za následek, že ve druhé polovině 70. let 20. století začaly ČSD připravovat komplexní pokrytí železničních stanic a uzlů rádiovým signálem v pásmu 160 MHz systémem TESLA SELEKTIC. Systém již využíval přenosných radiostanic typu PR 11 a PR 21. Výkon přenosných radiostanic byl 200 mW a sloužily jako náhrada za radiostanice VXW 100 a VXW 020. V roce 1978 ČSD zavedly vozidlové radiostanice typu VR 20 a základnové radiostanice ZR 24. Radiostanice se selektivní volbou TESLA SELEKTIC byly zavedeny v roce 1980. Jednalo se o radiostanice typu ZR 20, ZR 21, PR 11 a PR 21.

Výstavba první stuhové rádiové sítě, která splňovala mezinárodní vyhlášky (UIC 753-1) pro kmitočtové pásmo 450 MHz začala v roce 1979. Zařízení, bylo dodáno firmou RFT Köpenick z NDR. Jednalo se o rádiový systém „ZUGFUNK“, který byl ověřen ve zkušebním provozu v roce 1985 a následně byl uveden do provozu. V roce 1991 došlo k rozšíření stuhového rádiového spojení o zařízení švýcarskou firmou ASCOM.

Ještě v roce 1991 ČSD schválily novou koncepci, která se orientovala na rádiový systém vyvinutý firmou TESLA Pardubice. Traťový rádiový systém byl nasazován v letech 1993 až do dnešní doby a pokrývá cca 4000 km tratí [3].

3 Současný stav železniční rádiové sítě

Analýza současného stavu bude především směřována do železniční rádiové sítě v pásmu 150 MHz, která je předmětem pozdějšího návrhu diplomové práce. Zabývat se bude zejména jejím současným rozdělením, použitím kmitočtových pásem a základními principy komunikace.

Na závěr této kapitoly budou zmíněny i další v současné době nejvíce využívané a nově se rozvíjející rádiové systémy.

3.1 Rozdělení rádiových sítí v železničním provozu

Rozdělení rádiových sítí v železničním rádiovém provozu je dáno technickými normami železnic (TNŽ), předpisy a směrnicemi. Zejména se jedná o TNŽ 34 2858 „Železniční rádiové sítě“, předpis Z11 „Pro obsluhu rádiových zařízení“ a T7 „Rádiový provoz. Vhodná kmitočtová pásma jsou přidělována Českým telekomunikačním úřadem (dále ČTÚ).

V železniční rádiové síti můžeme rádiové systémy v současné době rozdělit dle TNŽ 34 2858 do tří základních skupin:

- Traťové rádiové sítě;
- Místní rádiové sítě;
- Rádiové sítě po speciální účely.

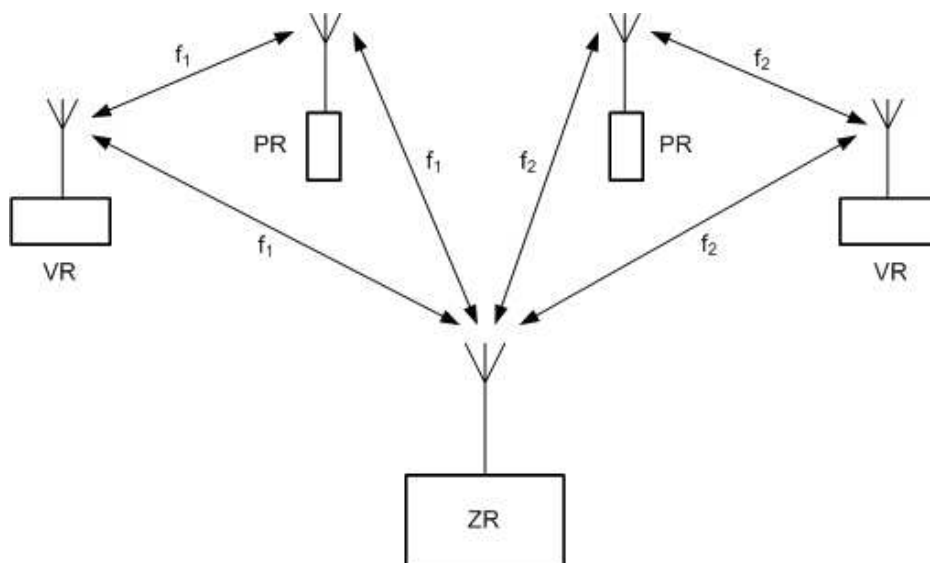
Jak již bylo zmíněno na začátku, analýza současného stavu bude zejména zaměřena na současný stav místních rádiových sítí, neboť ty jsou předmětem řešení návrhu této diplomové práce. Ostatní rádiové sítě (např. TRS, GSM-R) budou zmíněny jen okrajově.

3.1.1 Místní rádiové sítě

Místní rádiové sítě (dále MRS) se v železniční dopravě využívají v železničních stanicích, mezistaničních úsecích a v železničních uzlech a slouží ke vzájemnému spojení vybraných účastníků pro řízení různých technologických procesů.

MRS jsou plošně uspořádané sítě. MRS jsou charakterizovány zpravidla jednou až dvěma základnovými radiostanicemi (Obr. 3-2), radiostanicemi pohyblivými,

vozidlovými a přenosnými. MRS pracují v kmitočtovém pásmu 150 MHz a spojení je navazováno pomocí selektivních formátů.



Obr. 3-1: Blokové schéma místní rádiové sítě VR [6]

Vysvětlivky k obrázku:

VR – vozidlové radiostanice, PR – přenosné radiostanice, ZR – základnové radiostanice, f – frekvenční kanál

3.1.1.1 Základní rozdělení místních rádiových sítí

V železničním prostředí jsou v současné době MRS rozděleny dle TNŽ 34 2858 do následujících kategorií dle odvětví provozovaných v železniční dopravě.

- **Síť součinnostní operativní všeobecná/místní (VOS/MOS)** – sítě jsou určeny pro vzájemné součinnosti mezi organizacemi a organizačními složkami železniční dopravy;
- **Síť řízení posunu (STE)** – je určena pro řízení posunu v železniční stanici;
- **Síť řízení posunu manipulačních vlaků (SMV)** – určena pro řízení posunu manipulačních vlaků v železniční stanici příp. pro spojení lokomotivy s postrkem;
- **Síť technického zabezpečení (STZ)** – pro řízení činnosti vozmistrů a pro spojení vozmistrů s vlakovým hnacím vozidlem při technických prohlídkách a zkouškách brzd;

- **Síť přepravního zabezpečení (SPZ)** – síť slouží pro soupis jednotlivých vozů, k odbavení vlaků a při řízení oběhu vozů;
- **Síť odvětví elektrotechniky a energetiky (SOE)** – síť je určena pro řízení činnosti a zajištění provozních stavů elektrických zařízení;
- **Síť odvětví traťového hospodářství (STH)** – pro operativní řízení prací při obnově a opravách železničního svršku a umělých staveb;
- **Síť odvětví sdělovací a zabezpečovací techniky (SSZ)** – síť je určena pro operativní řízení obnovy, oprav a údržby sdělovacích a zabezpečovacích zařízení;
- **Síť technologická všeobecná (STV)** – pro řízení činnosti na technologicky uzavřených pracovištích.

Rozdělení místních rádiových sítí a základní technické parametry, které se využívají v železničním provozu, jsou uvedeny v tabulce Tab. 3-1.

Poř. čís.	Označení sítě	Kmitočtové pásmo (MHz)	Druh provozu	Maximální výstupní výkon vř (W)
1.	VOS/MOS	150,975	S	10,0
2.	STE	160	S	0,2
3.	SMV	157,450	S	0,2
		158,375		
4.	STZ	160	S	0,2
5.	SPZ	160	S	0,2
6.	SOE	150,050	S	10,0
7.	STH	153,550	S	0,2
8.	SSZ	152,950	S	0,2
9.	STV	160	S	0,2

Tab. 3-1: Rozdělení a základní parametry MRS dle TNŽ 34 2858 [13]

Vysvětlivky k tabulce:

S – simplexní provoz

Maximální vysílací výkon radiostanice byl stanoven na max. 10W. Tento výkon byl upravován podle typu rádiové sítě.

3.1.1.2 Kmitočtová pásma MRS pro účely železniční dopravy

Pro účely MRS je Českým telekomunikačním úřadem (dále ČTÚ) přiděleno několik řad kmitočtových pásem. Jedná se o pásmo 150 MHz. V tomto pásmu probíhá simplexní provoz na těchto následujících kmitočtech se současným kanálovým rozestupem kmitočtového spektra 25 kHz.

- 150,050 – 150,975 MHz (I. kmitočtové pásmo)
- 152,975 – 153,550 MHz (II. kmitočtové pásmo)
- 157,450 – 158,375 MHz (III. kmitočtové pásmo)

Z předchozího přehledu je vidět, že v každém z uvedených kmitočtových pásem je definována jiná šířka pásma. V kmitočtovém pásmu I. a III. je šířka pásma 0,925MHz a v kmitočtovém pásmu II. je šířka pásma 0,6MHz. Metodika výběru kmitočtů je popsána v Technických zásadách pro projektování rádiových spojů v železniční síti ČD z roku 1974 vydané výzkumným ústavem železničním (dále VÚŽ).

3.1.1.3 Používané typy radiostanic MRS v železniční dopravě

MRS v železniční dopravě jsou v současné době v již ve velmi zastaralém stavu a nesplňují všechna nastavená kritéria ČTÚ a podmínky interoperability. Zejména pak nově definovaný kanálový rozestup, který je stanoven na 12,5 kHz.



Obr. 3-2: Základnové radiostanice MRS v pásmu 150 MHz v ŽST České Velenice [autor]

Pro volání jednotlivých radiostanic je možné využívat vybraných selektivních formátů, v současné době je prováděna volba hlasem. V současné době používaný systém

TESLA – Selectic je tvořen několika druhy základnových, přenosných a kapesních radiostanic:

- Základnové radiostanice ZR 20, ZR 21, ZR, 24 pro jednotlivé místní rádiové sítě;
- Základnové radiostanice ZR 26 pro rádiovou síť SOE;
- Přenosné radiostanice PR 11;
- Kapesní radiostanice PR 21, PR 22.

Mezi novější typy základnových a přenosných radiostanic patří starší provedení radiostanic Motorola, Kenwood, které jsou však mladší než výše vyjmenované typy.

Typy základnových a přenosných radiostanic v MRS jsou velmi rozmanité a při bližším pohledu jsou používané typy z provozního hlediska a morálního zastarání nevyhovující.

3.1.2 Traťové rádiové sítě

Dle TNŽ 34 2858 jsou to rádiové sítě, které se zřizují pro spojení mezi vlaky a pevnými stanovišti. Traťové rádiové sítě pracují v kmitočtovém pásmu 450 MHz, v těchto rádiových sítích se využívá selektivní volba. Mohou pracovat s centrálním řízením z dispečerského pracoviště nebo mohou být řízeny decentralizovaně. Mezi traťové rádiové sítě dle TNŽ 34 2858 patří sítě uvedené v tabulce Tab. 3-2.

Poř. číslo	Název sítě	Označení sítě	Kmitočtové pásmo (MHz)	Druh provozu	Maximální výstupní výkon vf (W)
1.	Síť rádiodispečerská	SRD	450	D (S)	6
2.	Síť lanové dráhy	SLD	160	S	0,2

Tab. 3-2: Rozdělení traťových rádiových sítí dle TNŽ 34 2858 [9]

Stuhová rádiová síť je v současné době charakterizována základnovými radiostanicemi, které jsou rozmístěny v daném úseku trati tak, aby splňovaly nároky na pokrytí daného úseku rádiovým signálem. Ve většině případů jsou základnové radiostanice umístěny v železničních stanicích a uzlech. Spojení v dané stuhové síti je realizováno pomocí čtyř mezinárodně odsouhlasených kmitočtů, které jsou definovány podle doporučení UIC 751-3. Tyto kmitočty jsou označovány A, B, C, D.

Kmitočty A, B, C jsou kmitočty vysílačů základnových radiostanic, které se cyklicky opakují podél trati. Kmitočet D je kmitočet vysílače hnacího vozidla.

3.1.2.1 Traťový rádiový systém

V současné době je nejrozšířenějším rádiovým systémem v železničním provozu traťový rádiový systém TRS, který vyvinula společnost TESLA. Tento systém pracuje v kmitočtových čtveřicích v pásmu 450 MHz respektive v následujících kmitočtových pásmech:

- 457,390-458,470MHz;
- 467,390-468,470MHz.

TRS umožňuje duplexní (obousměrné) spojení jednotlivých účastníků (strojvedoucí, výpravčí) v daném traťovém úseku v pásmu 450 MHz. Současně umožňuje simplexní (jednosměrné) spojení účastníků v pásmu 160 MHz. TRS je koncipován tak, že duplexní provoz má vždy přednost před simplexním provozem. TRS je dále vybaven digitálním přenosem informací pomocí telegramů FFSK.

Systém dále zprostředkovává:

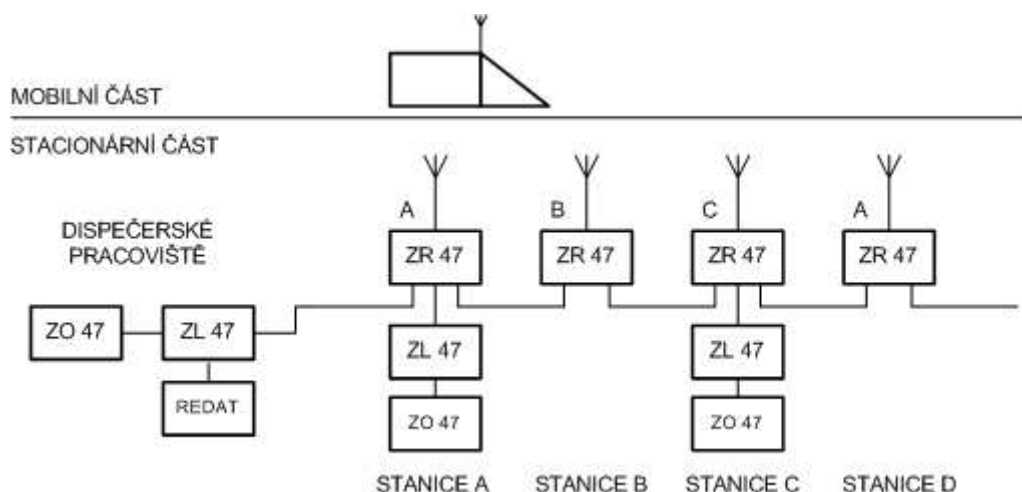
- Semiduplexní spojení mezi strojvedoucími retranslací v dosahu základnové radiostanice
Selektivní volbu, identifikaci, rutinní informace;
- Dálkové zastavení vlaku selektivně nebo všech vlaků ve stuhovém úseku od dispečera a také od výpravčího v dosahu příslušné základnové radiostanice;
- Dálkovou diagnostiku základnových radiostanic;
- Záznam dispečerského spojení i spojení výpravčího na záznamové zařízení;
- Vyhodnocení záznamu a rekonstrukci spojení.

3.1.2.2 Komunikace v systému TRS

Systém TRS, umožňuje duplexní komunikaci pro hovor, rutinní informace (např. povely, hlášení), přenosy normálních nebo nouzových volání a zároveň poloduplexní komunikaci mezi strojvedoucími pomocí opakovatelného vysílání do dalšího úseku

v dosahu základnové radiostanice. Jedná se o přenosy konverzace a nouzových volání.

Koncepce systému umožňuje vytvoření speciálního souboru vybavení, které může fungovat v simplexní síti na kmitočtech v pásmu 160 MHz pro simplexní komunikaci strojvedoucích a ostatní účastníků na předem zvoleném kanálu.



Obr. 3-3: Blokové schéma zapojení systému TRS

Vysvětlivky k obrázku:

ZO 47 – ovládací skříňka, ZL 47 – ovládací blok, ZR 47 – základnová radiostanice – A, B, C – kmitočty

Přenos rutinních informací (povely a hlášení) se děje pomocí zpráv. Systém TRS je vybaven digitálním přenosem v kódované formě krátkých zpráv FFSK 1 200 bps v obou směrech. Jeden z povelů je přiřazen ke vzdálenému zastavení vlaku, které může být aktivováno dispečerem nebo výpravčím a jež spustí nouzové brzdění vozidla (jestliže je v kabině instalován adaptér na vlakové zabezpečovací zařízení typ LS 90 nebo zařízení kontroly bdělosti strojvedoucího).

3.1.3 Ostatní železniční rádiové sítě

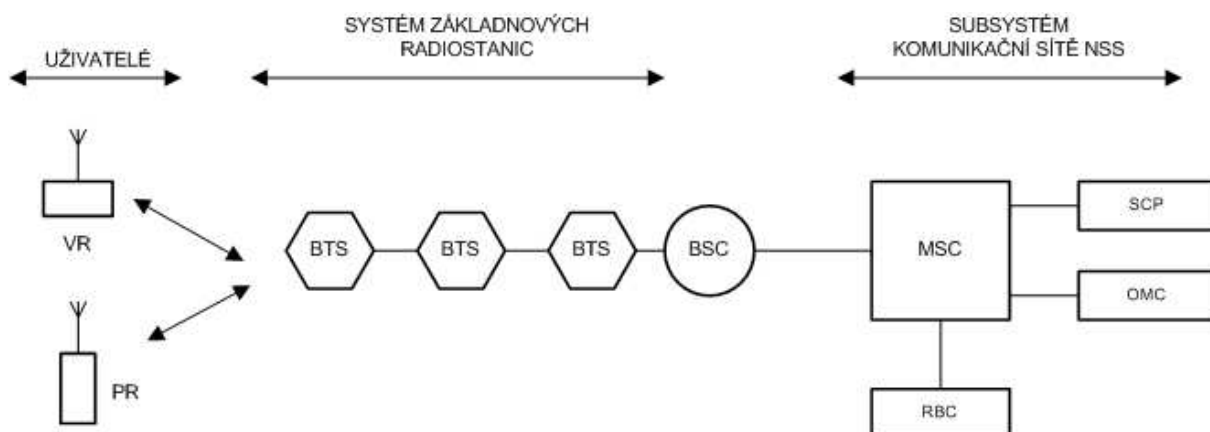
Mezi ostatní rádiové sítě, které nejsou uvedeny v TNŽ 34 2858 a jiných předpisech je v současné době nejvíce rozvíjená digitální rádiová síť GSM-R. Jedná o systém, který je rozvíjen v mezinárodních intencích a je podporován UIC i Evropskou unií.

3.1.3.1 Digitální rádiová síť GSM-R

Global System for Mobile communications – Railway (dále jen GSM-R) je systém vycházející ze standardu klasického systému GSM, který je rozšířený celosvětově ve veřejných mobilních telefonních sítích. V síti je kladen větší důraz na stanovení priorit uživatelů, zaručenou dostupnost, rychlost vytvoření spojení a pokrytí území podél železničních tratí. Systém GSM-R je primárně určen jako součást evropského řízení dopravy ERTMS (European Traffic Management System).

Systém GSM-R pracuje v kmitočtovém pásmu 900 MHz. Přesné kmitočty pro uplink a downlink jsou následující:

- 876 MHz – 880 MHz pro uplink (spojení mobilní stanice MS – základnová stanice BTS);
- 921 MHz – 925 MHz pro downlink (spojení základnové stanice BTS – mobilní stanice MS).



Obr. 3-4: Blokové schéma systému GSM-R

Vysvětlivky k obrázku:

BTS – Základnová radiostanice, BSC – kontrolér základnových radiostanic, MSC – Mobilní ústředna

Odstup kanálů v síti je 0,2 MHz a duplexní odstup je 45 MHz. Systém GSM-R využívá směrových antén, které pokrývají úzký pás území podél železničních tratí. GSM-R je celulární systém, který se skládá z traťové a mobilní části.

3.1.3.2 GSM-R traťová část

Traťová část systému GSM-R se skládá z několika částí, které je možno rozdělit na systém základnových stanic a subsystém komunikační sítě NSS. Subsystém komunikační sítě NSS se skládá z:

- Mobilní ústředny MSC (Mobile Switching Center) s pomocnými registry;
- Systémem OMC (Operation Maintenance Center) pro správu a dohled;
- Rozhraní k připojení systému GSM-R k radiologové centrále RBC (Radio Blok Center);
- Kontroléru základnových radiostanic BSC (Base Station Controller) řídící jednotlivé skupiny základnových radiostanic;
- Základnových radiostanic BTS (Base Transceiver Station) rozmístěnými podél tratí.



Obr. 3-5: Stožár s anténami systému GSM-R v ŽST Praha – Hlavní nádraží [autor]

3.1.3.3 GSM-R mobilní část

Mobilní část systému GSM-R je tvořena přenosnými a vozidlovými radiostanicemi uživatele. V případě přenosné radiostanice se jedná o standardní provedení mobilního telefonu jako u GSM, který je nastaven na kmitočtové pásmo GSM-R. Tyto mobilní telefony jsou rozšířeny ještě o některé vybrané speciální funkce, které jsou potřebné pro správnou činnost systému GSM-R.

Vozidlové radiostanice jsou umístěny na stanovišti strojvedoucího na hnacím vozidle. Jsou složeny z několika obslužných pracovišť MMI (Man Machine Interface), které jsou umístěny na obou stanovištích strojvedoucího.

3.2 Shrnutí kapitoly

Traťové a ostatní rádiové sítě

V současné době je rádiovým signálem pokryto přibližně 5380 km všech tratí v železniční síti. Nejvíce tratí je pokryto systémem TRS, který je dle doporučení UIC 751-3 a splňuje nároky na interoperabilitu. Systémem TRS je pokryto kolem 4000 km tratí v České republice. Vzhledem k vývoji rádiové sítě se předpokládá jeho využití v řádu desítek let.

Rádiový systém, který se v současné době nejvíce rozvíjí a nasazuje je systém GSM-R, který pokrývá trať 1. tranzitního železničního koridoru Děčín – Břeclav. Tento rádiový systém splňuje nároky na interoperabilitu a je rozvíjen ve spolupráci s Evropskou komisí v rámci projektu EIRENE, který je součástí projektu ERMTS (European Rail Train Management System), kde je rádiový systém GSM-R zvolen jako standard pro železniční rádiové spojení.

Současné pokrytí železniční sítě systémem TRS, MRS, GSM-R a dalších rádiových systémů je v příloze č. 9. Ostatní rádiové systémy se již v dnešní době nerozšiřují, pouze dochází k jejich udržitelnosti v provozním stavu.

Místní rádiové sítě

Z výše popsané stručné analýzy současného stavu místních rádiových sítí v kmitočtovém pásmu 150 MHz je situace velmi rozmanitá a její využití je za současného stavu velmi obtížné, zejména pak její dálkové řízení z jednoho případně více dispečerských pracovišť.

Po ukončení výroby ve firmě TESLA byla navíc porušena kontinuita selektivních radiostanic, které byly nahrazovány levnějšími typy různých výrobců, které nepodporovali systém SELECTIC a naopak systém SELECTIC nepodporoval systémy novějších radiostanic.

Nejvhodnější a v zásadě jedinou variantou se jeví nahrazení celé sítě novou technologií, která umožní nové funkce ovládání a zároveň nabídne možnost ovládání rádiové sítě z dispečerského pracoviště. Pro splnění těchto parametrů je nutné

místní rádiovou síť začlenit do železniční přenosové sítě a provozovat ji s využitím digitální technologie, IP sítě a přenosových systémů. Zároveň bude nutné na základě rozhodnutí ČTÚ č.PV-P/1/03.2006-13: „část plánu využití rádiového spektra pro kmitočtové pásmo 146-174 MHz“ upravit kmitočtové pásmo a změnit kanálový rozestup ze současných z 25 kHz na 12,5 kHz.

Je zřejmé, že nejvyšší prioritou je v současné době nasazení digitální rádiové sítě GSM-R, která je definována a kontrolována Evropskou unií. Ovšem ani na ostatní rádiové sítě a to především na rádiovou síť v kmitočtovém pásmu 150 MHz by se nemělo zapomínat a měla by být postupně rekonstruována a modernizována. Touto modernizací se budu zabývat v dalších kapitolách diplomové práce.

4 Selektivní signalizace a formáty

Selektivní formáty v rádiových systémech je možné využít k navázání rádiového spojení s protější radiostanicí v době, kdy je například v režimu stand-by (radiostanice nemusí být stále zapnutá). Pokud má radiostanice nastaveno požadované identifikační číslo (ID) je možné se s radiostanicí spojit. Spojení se provede generováním vhodného tónu (číslo, které je stejné jako na volané radiostanici) a volaná radiostanice začne „vyzvánět“. Aby mohlo spojení proběhnout, musí být obě radiostanice na stejném kanále. Jednotlivé tóny, které se generují, jsou složeny ze sinusových signálů o různých frekvencích. Možnosti selektivních systémů:

- **Osobní volání** – znamená volání pouze jedné radiostanice s druhou radiostanicí (jen s jednou konkrétní) v celé síti;
- **Skupinové volání** – se používá tehdy, kdy radiostanice sděluje zprávu více radiostanicím najednou;
- **Omezení rušení** – pomocí selektivní volby je možné zamezit nežádoucímu rušení (v režimu STAND BY);
- **Aktivace převaděčů** – aktivace převaděčů selektivními volbami k zamezení rušení nežádoucími stanicemi příp. atmosférické rušení.

Vzhledem k různým kmitočtovým pásmům využívaných v železničním prostředí a s ohledem na stále větší provoz je třeba nutné, aby se v železniční rádiové síti v některých případech sdílely stejné kmitočty. V tomto případě ovšem vzniká situace, kdy se jednotlivý účastníci (radiostanice) mezi sebou mohou slyšet. Tato situace není příliš vhodná, pro to je třeba využít systémy selektivních formátů a signalizací, aby bylo možné těmto problémům předcházet.

Dalšími důvody pro použití selektivních formátů v železničním rádiovém provozu jsou důvody provozní a technické. Mezi provozní důvody patří zejména jednoznačná identifikace volané radiostanice při individuálním nebo skupinovém spojení. Tato identifikace je nutná při zaznamenávání rádiové komunikace na záznamové zařízení.

Mezi technické důvody patří zejména ochrana před VF rušením, které může být způsobeno například nejrůznějšími průmyslovými a napájecími zdroji.

4.1 Selektivní signalizace

4.1.1 DTMF

Dual-tone Multi Frequency (dále DTMF) je jedním z prvních standardizovaných selektivních signalizací. Jedná o velmi rozšířenou selektivní signalizaci zejména v telekomunikační síti.

DTMF je signál, který je tvořen ze dvou sinusových signálů o přesně dané frekvenci, které se generují najednou. Tyto dvě frekvence se vždy amplitudově sčítají. Oba vstupní průběhy musí být sinusové se stejnou amplitudou.

Hodnoty jednotlivých kmitočtů jsou voleny tak, aby bez nejmenších problémů procházely telekomunikačními řetězci v pásmu 300 – 3400 Hz. DTMF je určena pro přenos ovládacích signálů. Maximální reálná rychlost je přibližně 10 znaků za sekundu. Délka jednoho tónu je 50 ms.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Tab. 4-1: Tabulka tónů selektivního formátu DTMF

Tabulka DTMF je standardizovaná a obsahuje 16 znaků 0 - 9, A - D, * a #. Obsahuje 16 tónů, z nichž běžných DTMF je 12. Tóny A, B, C, D jsou systémové a slouží například k programování ústředěn nebo na jiné speciální funkce. Kombinací dvou frekvencí (tónů) dostaneme požadované číslo (Např. tón 770 Hz a tón 1209 Hz udává číslo 4).

V normě je uváděna odchylka mezi ± 0.7 a max. $\pm 1.5\%$ od nominální hodnoty. Používá se pro přenos informací mezi radiostanicemi, dálkové ovládání po telefonu s hlasovým navigátorem atd.

4.1.2 CTCSS/CDCSS

Další selektivní signalizace je systém CTCSS (Continuous Tone Code Squelch System). Tato selektivní signalizace pracuje na principu, kde je do modulace přidáván sinusový signál o přesně definovaném kmitočtu v rozmezí 67,6 – 250,3 Hz.

Jedná se o kmitočty, které jsou pod úrovní hovorového spektra, které je 300 Hz – 3400 Hz. Tyto kmitočty jsou uchem neslyšitelné subtóny, které dokážou radiostanice dekódovat.

Ve vysílací stanici je generován tón o nízkém kmitočtu, který je na desetiny přesný (např. 71,9 Hz). Obvykle je k dispozici 38 volitelných subtónů. Protějšší radiostanice sleduje celé hovorové spektrum přijímací radiostanice. Jakmile je vysílací tón s přesně definovaným kmitočtem radiostanicí rozpoznán, dojde k otevření squelch stanice (případně může dojít k zapnutí převaděče).

Jestliže chceme využívat selektivní signalizaci CTCSS musíme na radiostanicích navolit stejný kanál a také stejný kód. Pokud mají radiostanice stejný kanál a stejný subtón, slyší se mezi sebou navzájem. Ostatní radiostanice, které mají CTCSS vypnuté, slyší komunikaci, ale nemohou se dovolat.

Subtón	Kmitočet	Subtón	Kmitočet	Subtón	Kmitočet	Subtón	Kmitočet
1	67,0	14	103,5	27	159,8	40	199,5
2	69,4	15	107,2	28	162,2	41	203,5
3	71,9	16	110,9	29	165,5	42	206,5
4	74,4	17	114,8	30	167,9	43	210,7
5	77,0	18	118,8	31	171,3	44	218,1
6	79,7	19	123,0	32	173,8	45	225,7
7	82,5	20	127,3	33	177,3	46	229,1
8	85,4	21	131,8	34	179,9	47	233,6
9	88,5	22	136,5	35	183,5	48	241,8
10	91,5	23	141,3	36	186,2	49	250,3
11	94,8	24	146,2	37	189,9	50	254,1
12	97,4	25	151,4	38	192,8		
13	100,0	26	156,7	39	196,6		

Tab. 4-2: Tabulka frekvencí a tónů CTCSS (červeně nestandardní kmitočty)

Obdobou selektivní signalizace CTCSS je CDCSS (Continuous Digital Code Squelch) někdy též označovaná DPL (Digital Private Line). Tento systém funguje na obdobných principech jako CTCSS, ale má k dispozici více kombinací a vyšší stupeň zabezpečení proti falešnému dekódování.

4.1.3 Select5

Selektivní signalizace Select5 se označuje také jako 5-ti tónový selektivní formát. Select5 je selektivní signalizace, která je prezentována pomocí sekvence tónů, kdy každý tón je definován jinou hodnotou frekvence (Hz), která odpovídá číslu v daném standardu (např. ZVEI).

V selektivní signalizaci Select5 je definováno standardně 12 tónů (resp. 10 číslic, 2 písmena). Z těchto tónů jsou sestavovány 5-ti tónové vyzváněcí frekvence. Kombinací těchto tónů je možné sestavit velké množství kombinací a také adresné individuální i skupinové volání jedné nebo několika radiostanic i ve velmi rozsáhlých sítích. V případě, že stanice rozpozná svoji sekvenci, může začít "vyzvánět" nebo je možné hovor automaticky přeměřovat na jiné číslo. To znamená, že správná sekvence umožňuje poslech nebo vysílání v daném kmitočtovém pásmu.

Číslo	Signalizační standardy Select5				
	ZVEI (Hz)	CCIR (Hz)	EEA (Hz)	EIA (Hz)	CCIR (Hz)
1	1060	1124	1124	741	1124
2	1160	1197	1197	882	1197
3	1270	1275	1275	1023	1275
4	1400	1358	1358	1164	1358
5	1530	1446	1446	1305	1446
6	1670	1540	1540	1446	1540
7	1830	1640	1640	1587	1640
8	2000	1747	1747	1728	1747
9	2200	1860	1860	1869	1860
0	2400	1981	1981	600	1981
A (G)	2800	2400	1055	2151	2400
B	810	930	930	2433	930
C	970	2247	2247	2010	2247
D	886	991	991	2292	991
E (R)	2600	2110	2110	459	2110
Délka trvání tónu	70ms	100ms	40ms	-	70ms
Střední hodnota odchylky	0,3 %	4 (Hz)	0,3 %	-	-

Tab. 4-3: Tabulka tónů selektivních formátů

Příklad sekvence tónů ve standardu ZVEI:

1160 Hz-2600 Hz-1060 Hz-1670 Hz-2200 Hz odpovídá volanému číslu 22689.

Tón s označením G se používá obvykle jako znak pro skupinovou volbu, R je používán pro opakování čísla, aby nevznikl dlouhý tón.

4.2 Selektivní formáty ZVEI, CCIR, EEA, EIA

Selektivní formáty ZVEI, CCIR, EEA, EIA jsou považovány za selektivní formáty druhé generace a umožňují generovat číslo volající i volané radiostanice. Tyto selektivní formáty používají definované tóny. Vysílací znak u všech formátů je definován jedním kmitočtem, který má přesně definovanou frekvenci. Formáty se mezi sebou liší minimální délkou trvání vysílaného tónu a odchylkami střední hodnoty definované frekvence. Definované frekvence jsou uvedeny v Tab. 4-3.

4.3 Shrnutí kapitoly

V předcházejících kapitolách byly popsány základní typy selektivních signalizací, které obsahuje většina profesionálních radiostanic. Výše uvedené selektivní signalizace mají své výhody i nevýhody.

Nevýhodou selektivní signalizace DTMF je její zastaralost a je převážně využívána v CB pásmu (Citizen Band) a telefonní síti. Další a poměrně značnou nevýhodu DTMF je, že při vyšších rychlostech dochází k problémům se synchronizací a časováním.

Naproti tomu selektivní signalizace CTCSS, jejíž hlavním úkolem je blokování nežádoucích relací, splňuje bezesbytku. Nevýhodou této signalizace může být do jisté míry rušení od třetího subjektu (radiostanice) v případě, že radiostanice na stejném kanále má odblokovaný příjem, který mu povolila druhá radiostanice. Naopak velkou výhodou CTCSS je ignorování všech okolních vysílačů, které nevysílají požadovaný tón.

Výhodou selektivního formátu Select5 je jeho velká variabilita v případě většího počtu účastníků. Je možné využívat, jak 5-ti tónovou volbu, ale i dvou, čtyř tónovou volbu. Pomocí tohoto formátu je možné jednoznačně určit radiostanice.

Pro jednoznačnou identifikaci volaného účastníka rádiové sítě je nejlépe využít selektivní signalizaci Select5. Pro takzvané blokování skupinového příjmu je vhodné využívat selektivní signalizaci CTCSS. Kombinací těchto dvou signalizací lze dosáhnout dostatečného zabezpečení a zároveň identifikaci účastníka.

5 Technická specifikace základních prvků MRS

SŽDC v roli vlastníka a správce dopravní infrastruktury vydává technické specifikace jednotlivým organizacím pohybujících se v železničním prostředí pro užívání a provoz rádiových zařízení, které jsou pro tyto subjekty zavazující. Specifikaci definuje směrnice SŽDC č.35 „Stanovující technické specifikace traťových rádiových systémů a zásady pro jejich přípravu realizaci na železniční dopravní cestě ve vlastnictví státu“ stanovující technické specifikace traťových rádiových systémů a zásady pro jejich přípravu a realizaci na železniční dopravní cestě ve vlastnictví státu.

Železniční rádiová síť je tvořena jednotlivými charakteristickými zařízeními, u kterých je třeba před začátkem samotného návrhu definovat základní technické parametry. Rádiová část je tvořena zejména anténním systémem, který je tvořen samotnou anténou vhodnou pro kmitočtové pásmo 150 MHz, anténním svodem a zejména pak základnovou a přenosnou radiostanicí.

Pro vhodné typy jednotlivých zařízení je třeba dbát příslušných norem, směrnic a předpisů zejména pak:

- Zákon o elektronických komunikacích č.127/2005 Sb.;
- Zákon o technických požadavcích na výrobky č.22/1997 Sb.;
- Směrnice SŽDC č.34 – Směrnice pro uvádění do provozu výrobků, které jsou součástí sdělovacích a zabezpečovacích zařízení a zařízení elektrotechniky a energetiky, na železniční dopravní cestě ve vlastnictví státu;
- Směrnice SŽDC č.35 – Stanovující technické specifikace traťových rádiových systémů a zásady pro jejich přípravu realizaci na železniční dopravní cestě ve vlastnictví státu;
- Předpis T 7 Rádiový provoz;
- Předpis T 37 Údržba a opravy rádiových sítí.

Na základě těchto nařízení jsou vybrány k testování jednotlivá zařízení, na kterých budou ověřovány jednotlivé technické parametry.

5.1 Anténní systémy

Základem anténních systémů je anténa, která je určena pro pásmo 150 – 174 MHz. Přesný typ antény a její vyzařovací úhly jsou dány konkrétní lokalitou a samotnou polohou antény. V praxi se v železničním rádiovém provozu nejlépe uplatní antény všesměrové a směrové.

Další částí anténní části je anténní svod, který je tvořen ve většině případů koaxiálními kabelem. Anténní svod je vždy doplněn přepětovou ochranou pro ochranu před nebezpečnými vnějšími vlivy (blesk, vlivy trakčního vedení, případně jiné).

Poslední částí, kterou tvoří anténní část je anténní stožár, který v případě MRS je ve většině případů umístěn na střeše budovy. V případně nevyhovujících podmínkách mohou být realizovány i samostatné stožáry.

Přesné technické parametry antény a dalších zařízení je vhodné přesněji definovat až při konkrétním projektu a situaci v dané lokalitě.

5.2 Základnové radiostanice

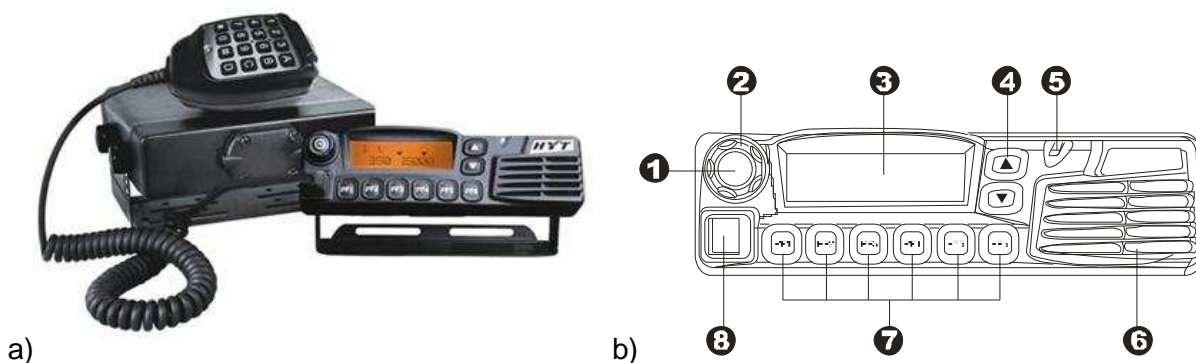
Další základní parametry radiostanic pro železniční rádiové sítě jsou definovány Evropskou normou ETSI EN 300 086-1 „Elektromagnetická kompatibilita a rádiové spektrum (ERM) - Pozemní pohyblivá služba - Rádiová zařízení s vnitřním nebo vnějším RF konektorem, určená zejména pro analogový přenos řeči - Část 1: Technické vlastnosti a metody měření“. Pro použití radiostanic na železniční síti SŽDC musí mít radiostanice schválené technické podmínky společnosti SŽDC (viz. kapitola 5).

Jedním z výrobců na trhu v oblasti radiostanic je společnost Motorola. Ovšem není jediným výrobcem a tak jsem, jsi v této diplomové části dovolil udělat srovnání možných radiostanic i od výrobce společnosti Shenzhen HYT Science & Technology Co., Ltd. (dále HYT).

K porovnání jsem použil dva typy radiostanic. Základnovou radiostanicí TM-800 od společnosti HYT a základnovou radiostanicí GM 360 od společnosti Motorola. Obě tyto základnové radiostanice splňují technické podmínky pro provoz v železniční rádiové síti, které vydává SŽDC.

5.2.1 HYT TM-800

Jedná se o profesionální základnovou radiostanici, která umožňuje využívat velký rozsah kmitočtů. Je určena pro pásmo VHF 136 – 174MHz. Radiostanice TM-800 a podporuje selektivní formáty CTCSS/CDCSS, DTMF kódování a dekódování, 2-tónovou volbu. Z modernějších signalizací podporuje HDC2400 a HDC1200. Radiostanice umožňuje využití selektivní volby Select5 ve formátu ZVEI, EEA, CCIR.



Obr. 5-1: a) Základnová radiostanice TM-800 b) Přední panel TM-800 [24], [31]

Vysvětlivky k obrázku:

1-Tlačítko napájení, 2-Knoflík pro výběr, 3-LCD Displej, 4-Tlačítko nahoru/dolu, 5-Led indikátor, 6-Reproduktor, 7-Programovatelná funkční tlačítka, 8-Mikrofonní konektor.

Radiostanice HYT TM-800 podporuje možnost bezpečné komunikace. Umožňuje zakódovat zprávy. Výhodou TM-800 je dělená montáž, což umožňuje samostatně namontovat ovládací hlavu radiostanice.

Mezi speciální vlastnosti radiostanice patří zejména velký počet kanálů (až 512), který umožňuje spolupráci s velkým počtem uživatelů. Každému kanálu je možné přidělit název pro jednoduchou identifikaci. Uživatel má možnost posílání krátké textové zprávy (využívá se vestavěný modem 1200/2400 bit/s) mezi radiostanicemi případně přes řídicí středisko. Další speciální vlastnosti TM-800 jsou:

- Maticový alfanumerický LCD displej;
- Vícejazyčné provedení;
- Zablokování a odblokování radiostanice;
- Programovatelná tlačítka;
- Univerzální skenování;

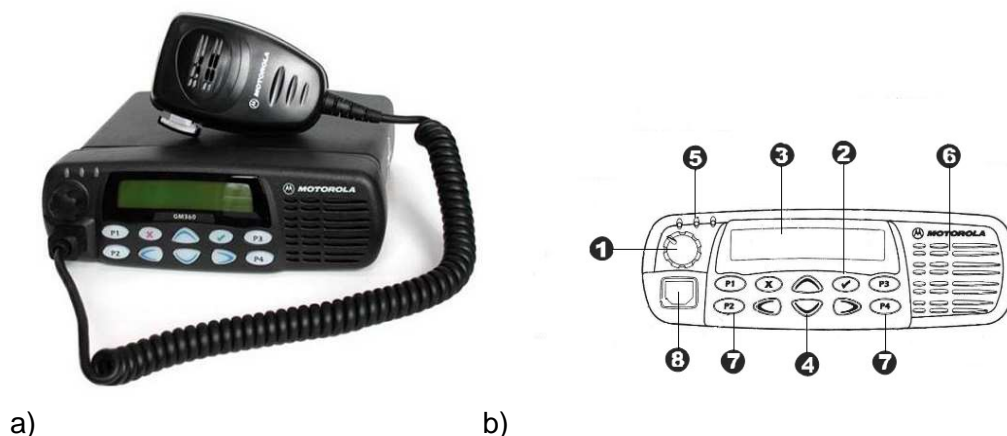
- Ochrana proti přehřátí;
- Zaheslování radiostanice a dat.

K radiostanici je možné připojit velké množství volitelného příslušenství například GPS modul, stolní a ruční mikrofon, mikrofon s klávesnicí, externí reproduktor.

Základní technické parametry základnové radiostanice TM-800 jsou uvedeny v příloze č. 10. Základnová radiostanice je certifikovaná v pro země EU a vyhovuje standardů, MIL-STD 810C/D/E/F.

5.2.2 Motorola GM 360

Základnová radiostanice GM 360 od společnosti Motorola je univerzální radiostanice, která má k dispozici 255 kanálů. Je určena pro pásmo VHF 136 – 174 MHz. Radiostanice podporuje selektivní formáty CTCSS a selektivní signalizaci Select5 a Privat Line.



Obr. 5-2: a) Základnová radiostanice Motorola GM 360 b) Přední panel GM 360 [25]

Vysvětlivky k obrázku:

1-Tlačítko napájení, 2- Výběr menu, 3-LCD Displej, 4-Tlačítka nahoru/dolu, 5-Led indikátor, 6-Reproduktor, 7-Programovatelná funkční tlačítka, 8-Mikrofonní konektor.

Radiostanice Motorola umožňuje datové přenosy pomocí vestavěného modemu, případně pomocí externího. Mezi další vlastnosti radiostanice Motorola GM 360 patří:

- Skenování kanálů;
- Přesměrování hovorů;
- Alfnumerický 14-ti znakový displej.

Stejně jako k radiostanici HYT TM-800 je možné radiostanici GM 360 připojit volitelné příslušenství například stolní mikrofon, externí reproduktor, dělená montážní sada.

Základní technické parametry základnové radiostanice GM 360 jsou uvedeny v příloze č. 11. Základnová radiostanice je certifikovaná v pro země EU a vyhovuje standardům, MIL-STD 810C/D/E.

5.3 Přenosné radiostanice

I v případě přenosných radiostanic jsou porovnávány radiostanice výše zmíněných společností. Obě porovnávané radiostanice opět splňují požadavky Evropskou normu ETSI EN 300 086-1 a technické podmínky SŽDC.

Jelikož se jedná o železniční rádiovou síť, je zřejmé, že většina uskutečňovaných hovorů bude probíhat ve venkovním prostředí, zejména pak v kolejišti. Proto je nutné aby, radiostanice byla vybavena kontrolními mechanismy, které umožní větší bezpečnost a ochranu dopravních zaměstnanců.

Mezi tyto funkce patří:

Osamocený pracovník – jedná se o funkci, která poskytuje bezpečnost pracovníkovi, který pracuje o samotě. Radiostanice vydává výstražný tón v pravidelných intervalech, a pokud pracovník nereaguje stisknutím příslušného tlačítka, dojde k aktivaci funkce „stav nouze“.

Ležící muž – jestliže je radiostanice ve vodorovné nebo převrácené poloze a zůstane v ní po určitou dobu je opět aktivována funkce „stav nouze“.

Stav nouze – je funkce, při které dohází k vyslání identifikačního čísla radiostanice na dispečerské pracoviště nebo na předem definovanou radiostanici. Stav nouze je možné aktivovat i stiskem tlačítka.

5.3.1 HYT TC-700

Přenosná radiostanice HYT TC-700 má kmitočtový rozsah 136 – 174 MHz pro pásmo VHF s 16 kanály. Radiostanice disponuje bezpečnými funkcemi uvedenými v kapitole 5.3. a jednotlivé funkce umožňuje volitelně kombinovat.

Přenosná radiostanice TC-700 disponuje vybranými selektivními formáty Select5 (ZVEI, EEA, CCIR) a CTCSS/CDCSS. Radiostanice umožňuje provádět sledování

provozu pomocí funkce Scan a umožňuje nastavit výstupní výkon na tři úrovně. Její základní technické parametry jsou uvedeny v příloze č. 12.



Obr. 5-3: Přenosné radiostanice a) HYT TC-700 b) HYT TC-780 [24], [31]

5.3.2 HYT TC-780

Přenosná radiostanice HYT TC-780 patří mezi radiostanice vyšší třídy a má kmitočtový rozsah 136 – 174 MHz pro pásmo VHF. I tato radiostanice má k dispozici bezpečnostní funkce, které lze volitelně kombinovat.

Přenosná radiostanice TC-780 disponuje vybranými selektivními formáty Select5 (ZVEI, EEA, CCIR) a CTCSS/CDCSS a k dispozici je také LCD displej s numerickou klávesnicí. Další funkcí je možnost zabezpečení komunikace pomocí integrovaného scrambleru, který umožňuje zakódovat soukromou zprávu.

5.3.3 Motorola GP-340

Přenosná radiostanice Motorola GP 340 je určena pro kmitočtový rozsah 136 – 174 MHz pro pásmo VHF. Radiostanice disponuje bezpečnými funkcemi „Osamocený pracovník“ a „Stav nouze“. Radiostanice má k dispozici 16 kanálů podporuje vybrané selektivní formáty Select5 (ZVEI, EEA, CCIR) a CTCSS/CDCSS. Radiostanice umožňuje provádět sledování provozu pomocí funkce Scan. Její základní technické parametry jsou uvedeny v příloze č. 13.



Obr. 5-4: Přenosné radiostanice a) Motorola GP 360 b) Motorola GP 340 [25]

5.3.4 Motorola GP-360

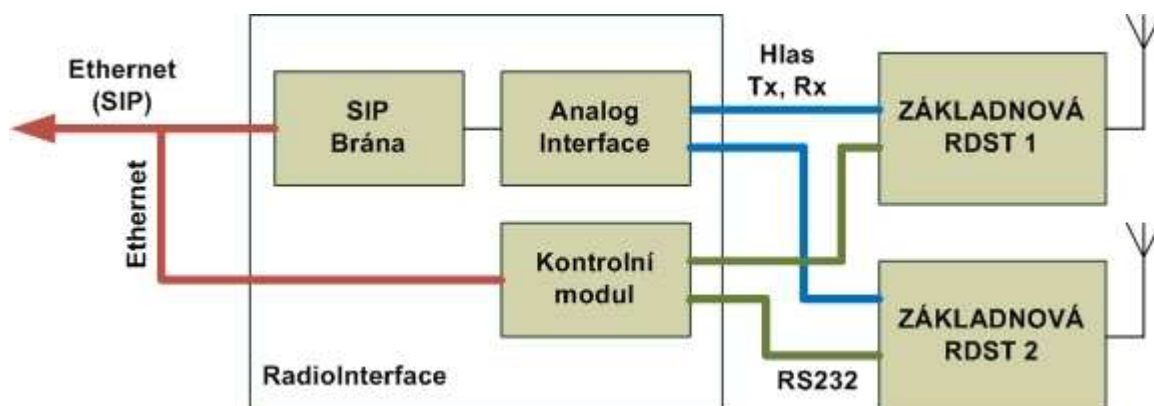
Přenosná radiostanice Motorola GP 340 je určena pro kmitočtový rozsah 136 – 174 MHz pro pásmo VHF. Disponuje stejnými bezpečnostními funkcemi jako GP-340. Liší se zejména v počtu kanálů, kterých má GP-360 255, alfanumerickým displejem se 14 znaky a 6 tlačítky pro pohyb v menu.

5.4 RadiolInterface

Zařízení RadiolInterface sice není definováno v žádné normě ani směrnici, ale je třeba jej zde uvést, neboť se jedná o zařízení, které umožní převod hlasu do prostředí VoIP.

RadiolInterface (RI) je zařízení, které zajišťuje převod hlasu z radiostanice do VoIP a z VoIP do radiostanice a její řízení prostřednictvím sítě Ethernet. Jeden RadiolInterface musí umět připojit do sítě až 2 radiostanice, které jsou na sobě z hlediska uživatelského ovládání zcela nezávislé. Důvody připojení až dvou radiostanic budou vysvětleny v následujících kapitolách (viz. kapitola 6.4.3).

RadiolInterface se skládá z několika částí, které postupně umožňují převod hlasu z radiostanice do VoIP a zpět. Jedná se o hlasovou bránu, která využívá protokolu SIP případně H.323. V současné době je výhodnější využití protokolu SIP. Porovnání s protokolem H.323 bylo provedeno v teoretické části diplomové práce. Kontrolní modul umožňuje dálkový dohled nad funkcími RadiolInterface a radiostanic (např. měření výkonu, stav funkčnosti a další).



Obr. 5-5: Blokové schéma RadiolInterface

Pro pozdější jednoduchost a přehlednost v navrženém řešení definujeme, že základnová radiostanice společně se zařízením RadiolInterface bude bráno jako jeden celek, který nazveme rádiový blok. Rádiový blok může v sobě nést jednu nebo dvě základnové radiostanice.

5.5 Shrnutí kapitoly

V kapitole 5 Technická specifikace základních prvků MRS byly uvedeny základní parametry vybraných prvků a byly zde porovnávány základnové a přenosné radiostanice u dvou vybraných společností, které splňují Evropské normy a technické podmínky SŽDC.

U anténních prvků je vždy vhodnost dané antény nejlépe posuzovat pro konkrétní případ pokrytí, který je dán množstvím aspektů.

U obou porovnávaných základnových radiostanic se jedná o profesionální radiostanice a je zřejmé, že funkce, které obě radiostanice nabízejí, jsou dostačující pro provoz v železniční rádiové síti, konkrétně v kmitočtovém pásmu 150 MHz. Základnové radiostanice umožňují využívat vhodné selektivní formáty (Select5, CTCSS) a splňují vysoké nároky na spolehlivost a funkčnost. Z hlediska pořizovacích nákladů je základnová radiostanice od společnosti HYT TM-800 výrazně levnější a v případě hromadné výměny v železniční rádiové síti lze ušetřit nemalé finanční prostředky.

U přenosných radiostanic je důležité brát v úvahu jejich bezpečnostní funkce pro práci v kolejišti a zejména pak výdrž baterií. Výše uvedené radiostanice od obou

zmíněných společností splňují přísné nároky na přenosné radiostanice. Přenosné radiostanice od společnosti HYT jsou opět cenově přijatelnější.

Zařízení RadiolInterface musí umožňovat připojit minimálně dvě základnové radiostanice a umožňovat komunikaci pomocí standardních komunikačních protokolů SIP případně H.323. Přes RadiolInterface resp. jeho kontrolní modul je také zajištěn dohled provozních stavů základnových radiostanic.

6 Návrh řešení železniční rádiové sítě v pásmu 150 MHz

Vzhledem k nevyhovujícím současným podmínkám železniční rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz, které byly popsány v kapitole 3 a zejména pak v kapitole 3.1.1 je třeba stávající MRS obnovit, respektive nahradit novou technologií, která bude splňovat základní požadavky na železniční rádiový provoz, příslušné Evropské normy a normy ČSN a zejména pak nařízení ČTÚ.

Dalším důvodem k nahrazení stávající technologie MRS je změna v řízení provozu na jednotlivých železničních tratích z jednoho dispečerského centra. Proto je nutné, aby nová MRS byla připojena do technologické datové sítě (dále TDS). TDS poskytuje možnost MRS obsluhovat, ovládat a dohlížet z hlediska servisního zásahu z jednoho místa a tím je možné minimalizovat náklady na provoz i údržbu. V železničních stanicích, kde je dostatečné datové připojení, musí být MRS začleněna do TDS a musí komunikovat pomocí standardních komunikačních protokolů. V opačném případě, kdy v železniční stanici není dostatečné datové připojení, případně neexistuje žádné, je třeba nalézt takové řešení, které bude možné využít pro komunikaci výpravčího s dopravními zaměstnanci alespoň v obvodu železniční stanice.

Nové technologie MRS musí vyhovět všem podmínkám stanoveným pro provoz na tratích všech kategorií, i těch, které nemají žádnou nebo nedostatečnou IP konektivitu. Návrh řešení MRS v kmitočtovém pásmu 150 MHz vychází ze situace několika možných variant datového připojení železničních stanic.

6.1 Využití rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz

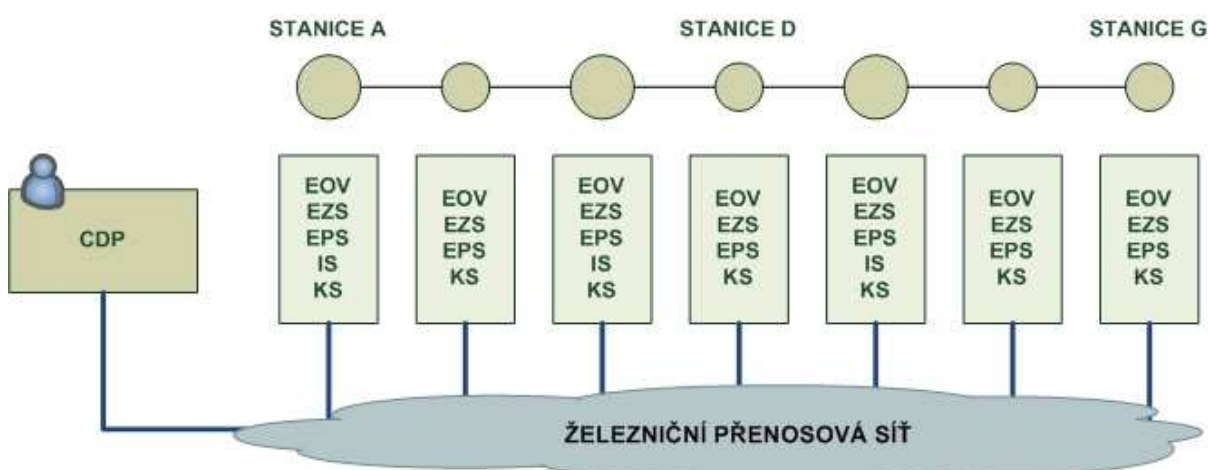
Železniční rádiová síť v kmitočtovém pásmu 150 MHz by měla být určena především pro technologické procesy a komunikaci dopravních zaměstnanců (při opravách, údržbě kolejového svršku, technologických a jiných zařízeních) s jednotlivými dispečery v centrálních dispečerských pracovištích (dále CDP), regionálních dispečerských pracovištích (RDP), případně s výpravčími v jednotlivých železničních stanicích. Další možností využití této rádiové sítě je komunikace strojvedoucího s výpravčím a to zejména na tratích nižší kategorie, které nejsou vybaveny systémem TRS, nebo systémem GSM-R.

6.2 Dispečersky řízená trať

Snahou SŽDC je při modernizaci železničních tratí připravovat jednotlivé technologie sdělovacího a zabezpečovacího zařízení tak, aby mohla v budoucnu být daná trať dispečersky ovládána z jednoho centrálního dispečerského pracoviště (CDP) případně regionálního dispečerského pracoviště (RDP). Cílem SŽDC je rozdělit železniční síť na funkčně řízené oblasti.

V rámci železniční infrastruktury je v současné době naplánováno několik centrálních a regionálních dispečerských pracovišť, které budou mít za úkol obsluhovat zejména železniční tratě nejvyšší kategorie (koridorové tratě). Paralelně s modernizací železničních tratí nejvyšší kategorie dochází k racionalizaci i tratí nižších kategorií, které jsou obsluhovány z RDP.

Pomocí této centralizace je možné sledovat a ovládat zabezpečovací zařízení ze vzdálených ovládacích pracovišť při využití přenosových zařízení telekomunikační techniky. Dálkové ovládání stanic, výhyben a odboček na celé trati má zajistit především rychlou, plynulou a bezpečnou jízdu vlaku a dát řídicím pracovníkům větší přehled o pohybu vlaků v celé řízené i sledované oblasti. Zvolený Řídicí systém má ulehčit práci dispečerů tím, že sám provádí rutinní činnosti, sbírá a zpracovává data potřebná pro jejich práci [1].



Obr. 6-1: Obrázek dispečersky řízené trati z pohledu sdělovacích zařízení

Dispečerské řízení z hlediska sdělovacího zařízení spočívá v tom, že dispečer dopravní cesty na centrálním (regionálním) dispečerském pracovišti má dispozici

terminál (případně terminály), na kterém mu jsou poskytována data o stavu sdělovacích systémů v jednotlivých železničních stanicích.

Sdělovací systémy jsou rozděleny na systémy, které mají dispečera informovat o stavu železniční stanice a systémy, které slouží jako prostředky pro řízení dopravy. Mezi informační sdělovací systémy patří například elektrická požární signalizace (EPS), elektrická zabezpečovací signalizace (EVS) a mezi sdělovací prostředky pro řízení dopravy patří například informační systém (IS), elektrický ohřev výměn (EOV), kamerový systém (KS). Veškerá komunikace probíhá pomocí přenosového systému a TDS.

6.3 Vzájemné komunikační vazby

V oblasti spravované dispečerem se mohou nacházet dopravní zaměstnanci, kteří buď mohou vykonávat servisní a opravné práce nejrůznějšího typu, nebo se zde může nacházet železniční vozidlo se strojvedoucím. Další činností, kterou mohou vykonávat dopravní zaměstnanci je posun v obvodu železniční stanice. Všichni tito účastníci železničního provozu musí být v neustálém kontaktu s dispečerem řídicí oblasti v případě nějaké mimořádné události, informovanosti stavu provedených a prováděných prací.

Dispečer je tedy fyzická osoba, která může řídit jednu případně více oblastí. Dispečer se nachází na dispečerském pracovišti, kde má k dispozici veškeré zázemí a technické prostředky pro vykonávání své činnosti.

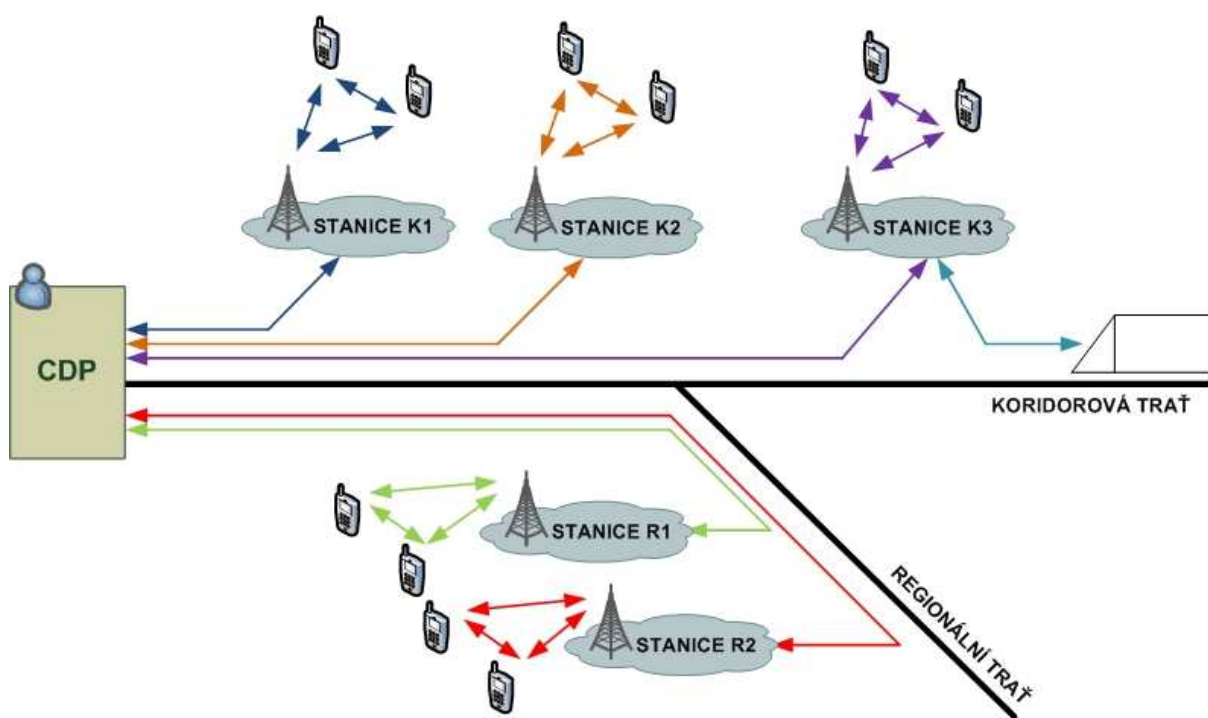
6.3.1 Způsoby komunikace v železniční rádiové síti

Komunikace mezi dispečerem řízené oblasti (železniční tratě) a dopravními zaměstnanci nacházející se v dané lokalitě může být obousměrná a může probíhat mezi následujícími subjekty:

- Dispečer – dopravní zaměstnanec (strojvedoucí);
- Dopravní zaměstnanec – dopravní zaměstnanec;
- Dopravní zaměstnanec – strojvedoucí;
- Skupinová komunikace.

Veškerá komunikace mezi jednotlivými subjekty musí být umožněna pomocí definovaných komunikačních prostředků, které nezpůsobí žádné omezení provozu.

Na Obr. 6-2 jsou znázorněny možné způsoby komunikace mezi jednotlivými subjekty. Je zde naznačena rádiová komunikace na koridorové a regionální trati. Dispečerovi v CDP je umožněna obousměrná rádiová komunikace s dopravními zaměstnanci v jednotlivých železničních stanicích a strojvedoucím, který se nachází v dosahu MRS. Zároveň, může dispečer komunikovat s výpravčími v jednotlivých stanicích, pokud se v ní výpravčí nachází. Dopravní zaměstnanci mohou provádět opět obousměrnou komunikaci mezi sebou v obvodu železniční stanice.



Obr. 6-2: Způsoby komunikace v železniční rádiové síti

Přenos dat a hlasu je pomocí TDS, kdy jsou využity prvky IP technologie a příslušné komunikační protokoly.

6.3.1.1 Komunikace dispečer – dopravní zaměstnanec (strojvedoucí)

Při komunikaci dispečera s dopravním zaměstnancem v kolejišti případně nacházejícího se v odvodu železniční stanice musí dispečer zadat ID (Identifikační číslo) volané radiostanice. Pokud volaná přenosná radiostanice zachytí svoji sekvenci, začne vyzvánět. V případě, že se přenosná radiostanice neozývá, je buď v poruše, vypnutá nebo mimo dosah rádiového bodu. Ve směru od základnové radiostanice k přenosné je možné využít také skupinové volání a tím oslovit více přenosných radiostanic najednou.

Při volání z přenosné radiostanice je nutné provést několik základní kroků ke spojení s příslušným dispečerem (výpravčím). Jedná o zvolení vhodného kanálu a zadat jednoznačné identifikační číslo dispečera. Aby dopravní zaměstnanec nemusel složitě hledat identifikační číslo dispečera (výpravčího) je vhodné si tato čísla přednastavit do přenosné radiostanice pod příslušná tlačítka.

6.3.1.2 Komunikace dopravní zaměstnanec – dopravní zaměstnanec

Při komunikaci mezi dopravními zaměstnanci v kolejišti případně nacházejícího se v obvodu železniční stanice je nutné zvolit vhodný kanál a zadat jednoznačné identifikační číslo požadovaného dopravního zaměstnance. Vzhledem k použití stejného selektivního formátu dojde v případě správné sekvence tónů opět k vyzvánění radiostanice. Pro jednoduchost je možné opět přednastavit čísla do přenosné radiostanice pro příslušná tlačítka.

6.3.1.3 Skupinová komunikace

V předchozích případech se předpokládá, že komunikace bude probíhat individuálně, ale je možné samozřejmě využít i skupinovou komunikaci

Veškerá komunikace mezi jednotlivci i skupinami zaměstnanců mezi sebou musí totožná a také nezávislá na poloze zaměstnanců.

6.3.2 Využití selektivních formátů

V kapitole 4 byly popsány selektivní formáty, které je možné využívat. Po zvážení všech okolností je nejvhodnější variantou zavedení selektivního formátu Select5 a CTCSS z těchto důvodů:

- Omezení vlivů rušení rádiového provozu;
- Pro identifikaci skupin účastníků a oddělení různých skupin účastníků.

6.4 Základní architektura železniční rádiové sítě

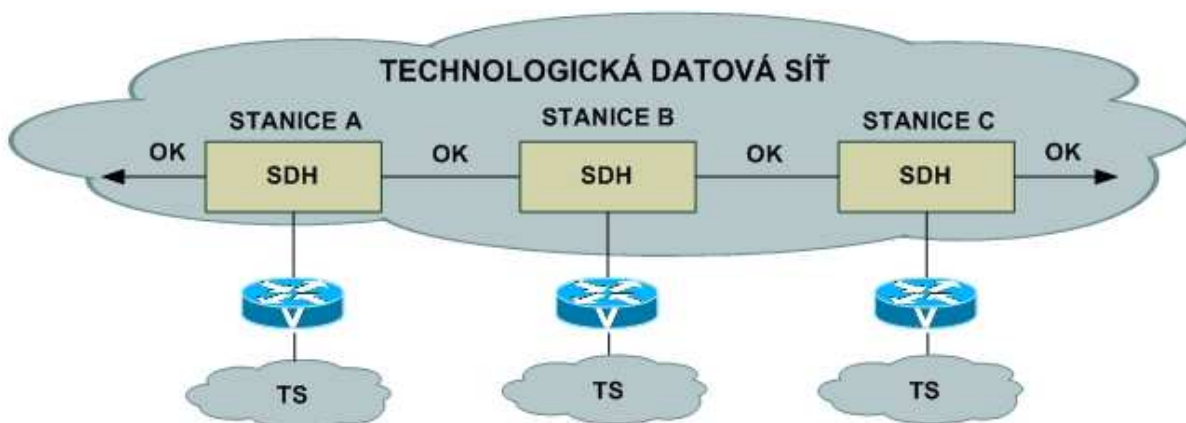
V důsledku dispečerského řízení tratí z jednoho dispečerského pracoviště je třeba z hlediska sdělovací technologie budování TDS, která umožní přenos dat a informací.

Od této skutečnosti je také závislá základní architektura železniční rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz.

TDS je velmi důležitou částí samotného návrhu, která umožní zasílání data informací z jednotlivých rádiových bodů do dispečerského případně dohledového pracoviště. Je tedy nutné znát celou architekturu TDS včetně jejich komunikačních protokolů, které jsou pro realizaci železniční rádiové sítě s využitím IP technologie důležité. Je třeba v TDS definovat její základní parametry, které jsou nutné pro přenos hlasové komunikace.

6.4.1 Technologická datová síť

Technologická datová síť v železničním prostředí je přenosové médium, které bude využito pro přenos informací a dat z jednotlivých rádiových oblastí do centrálních a regionálních dispečerských pracovišť. Tyto informace se přenášejí pomocí přenosového systému s dostatečnou přenosovou kapacitou a dostatečným zálohováním pro dosažení vysoké spolehlivosti a pohotovosti celé přenosové sítě.



Obr. 6-3: Blokové schéma technologické datové sítě

Jak je patrné z Obr. 6-3 architektura TDS je založena ve většině případů na přenosovém systému SDH (Synchronní Digitální Hierarchie), který propojuje jednotlivé železniční stanice do TDS. Přenosová kapacita TDS respektive systémů SDH je tvořena transportními moduly o kapacitě STM-4 (622,08 Mbit/s) a STM-16 (2488,32 Mbit/s). Propojení jednotlivých železničních stanic je pomocí optických kabelů (OK). Jednotlivé technologické systémy (EVS, EPS, KS atd.) jsou připojeny pomocí aktivních prvků k přenosovému systému SDH.

U TDS je nutné, tak jako u všech ostatních systémů, které slouží pro řízení železniční dopravy, provádět záložní obchodní cesty a také provádět redundanci jednotlivých systémů. Jedná se zejména o řídicí servery a aktivní prvky, které v případě výpadků

okamžitě naskočí. Nutná je i realizace záložní trasy optického kabelu, která je vedena nejlépe jinou trasou a v jiném optickém kabelu.

Kvalita služeb v IP sítích

Důležitou vlastností v TDS je kvalita služeb QoS (Quality of Service). QoS je schopnost sítě sloužit dané aplikaci efektivně bez omezení její funkce či výkonu. QoS je sada nástrojů sloužící k ovládní:

- Bandwith – šířky pásma přenosové trasy;
- Delay – zpoždění;
- Jitter – proměnného zpoždění;
- Packet loss – ztráty paketů.

TDS musí pro přenos hlasové komunikace splňovat některé požadavky, jinak by přenos hlasu byl realizovatelný se značným zkreslením a zhoršenou kvalitou, nebo by nebyl realizovatelný vůbec. Základní parametry a funkce pro přenos hlasové komunikace v TDS:

- Trvalá dostupnost služby;
- Jednosměrné zpoždění pod 150 ms;
- Privátnost hovorů (ochrana proti odposlechu);
- Garantovaná kvalita a odezva v reálném čase.

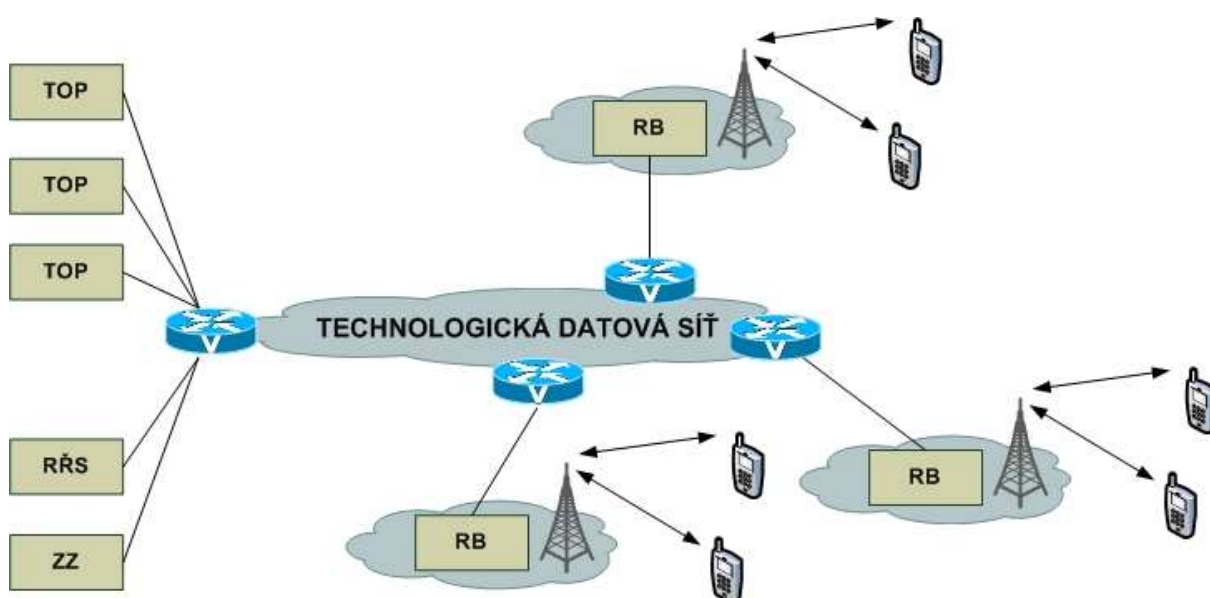
6.4.2 Železniční rádiová síť v pásmu 150 MHz v TDS

Základní princip řešené rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz je převedení této sítě do IP prostředí a její dálková správa a ovládní z jednoho případně z několika CDP. Pro tento základní princip je třeba vybudovat funkční TDS, pomocí které budou jednotlivé základnové radiostanice komunikovat. Zároveň musí být po této TDS umožněn záznam veškeré rádiové komunikace a také konfigurace, správa a dohled celé rádiové sítě.

Proto je nutné realizovat taková zařízení, která umožní vytvořit rozhraní mezi analogovou částí a sítí LAN/WAN a dále umožní kódovat a dekódovat hlas a to v několika standardních formátech a přenést ho protokolem pro Voice over IP (VoIP) komunikaci SIP (H.323), RTP/RTCP, UDP/TCP. Pro spolehlivý přenos hlasu je třeba

mít k dispozici přenosovou kapacitu o šířce alespoň 128 kbit/s (viz. kapitola 6.5.1) a měl by být navržen s dostatečnou rezervou.

S využitím výše uvedených technologií je možné tento systém rozšířit na velmi rozsáhlé území. Celý systém navíc musí umožňovat komunikaci s případnými aplikacemi třetích stran a to například prostřednictvím komunikačního protokolu XML. Tím je umožněna vzájemná případná výměna dat a také externí ovládání systému. Všechny ovládané prvky i jednotlivá pracoviště mohou být rozmístěny v různých místech a lokalitách a jejich propojení se uskutečňuje pomocí technologické datové sítě.



Obr. 6-4: Základní architektura rádiové sítě MRS

Základní architektura celé rádiové sítě je složena z několika funkčních celků, které na sebe musí navazovat pro správnou komunikaci celé sítě. Na obrázku Obr. 6-4 je znázorněna základní architektura železniční rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz. Rádiová síť se skládá z rádiových oblastí, ve kterých je umístěn potřebný počet rádiových bloků (RB), ke kterým se pomocí přenosných radiostanic připojují jednotliví dopravní zaměstnanci. Tyto rádiové bloky jsou připojeny pomocí aktivních prvků (switch, router), do technologické datové sítě (TDS). V dispečerském pracovišti se nachází potřebné množství technologických ovládacích pultů (TOP), rádiový řídicí server (RŘS) pro řízení rádiového provozu popřípadě včetně záznamu rádiových hovorů, pokud toto není řešené samostatným záznamovým zařízením (ZZ).

K dohledu a servisnímu zásahu bude sloužit servisní a dohledové pracoviště, které může být umístěno ve stejné lokalitě jak dispečerské pracoviště nebo může být umístěno kdekoliv s připojením do TDS.

6.4.3 Varianty řešení v závislosti na velikosti železniční stanice

Železniční tratě jsou v dnešní době rozděleny do několika základních kategorií, na kterých probíhá řízení dle různých předpisů.

- Tratě kategorie A jsou dráhy celostátní s řízením provozu podle předpisu D2, které jsou součástí evropského konvenčního železničního systému vybavené v cílovém stavu ETCS úrovně 2;
- Tratě kategorie B jsou dráhy celostátní s řízením provozu podle předpisu D2, dálkově ovládané z centrálního, regionálních, nebo záložních dispečerských pracovišť, případně, na kterých se realizace DOZZ předpokládá; v cílovém stavu mohou být vybaveny ETCS úrovně 2;
- Tratě kategorie C jsou ostatní dráhy celostátní a regionální s řízením provozu podle předpisu D2;
- Tratě kategorie D jsou dráhy celostátní a regionální s řízením provozu podle předpisu D3.

Správná konfigurace rádiové sítě je odlišná v závislosti na kategorii tratě a velikosti železniční stanice a její případné IP konektivity. V zásadě lze rozdělit jednotlivá řešení do následujících kategorií:

- Železniční stanice bez IP konektivity;
- Železniční stanice s IP konektivitou;
- Železniční stanice většího významu (uzlová, apod.).

S variantou, že by v železniční stanici většího významu, nebyla dostupná žádná datová konektivita, se nepočítá. V následujících kapitolách budou jednotlivá řešení rozebrána podrobněji. Tyto varianty řešení platí pro sítě uvedené v Tab. 3-1.

Počet základnových radiostanic v jednotlivých železničních stanicích, jak již bylo zmíněno v kapitole 5.4 je nutný pro optimální využití rádiové sítě.

V minulých letech sledoval počet základnových radiostanic provozně důležité rádiové sítě a to z toho důvodu, že v té době vyráběné radiostanice neumožňovaly skenování rádiového provozu (kanálů).

Proto je nutné vybavit železniční stanici (rádiový bod) následovně:

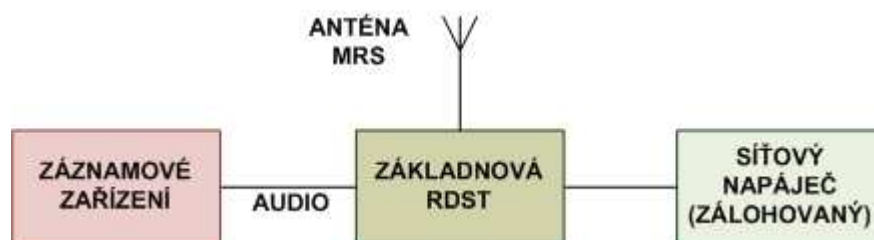
- Uzlové železniční stanice – minimálně 2 základnové radiostanice;
- Ostatní železniční stanice – minimálně 1 základnová radiostanice.

Tento navržený počet základnových radiostanic se může měnit v závislosti na velikosti rádiového provozu a na požadavcích provozovatele rádiové sítě. Dále je nutné, aby základnové radiostanice využívaly funkci SCAN. Jedná se o funkci, kdy základnová radiostanice umožňuje sledovat provoz na několika kanálech najednou. Pokud je na některém kanále aktivita, skenování se ukončí a uživatel slyší probíhající komunikaci.

Z tohoto důvodu se využívá takzvaný CSSK kanál (Celotraťový simplexní spojovací kanál). Jedná se o skenovaný kanál, který je využíván pro komunikaci dopravních zaměstnanců se základnovou, přenosnou, vozidlovou radiostanicí. Po navázání spojení určí dispečer vhodný kanál, na kterém bude dopravní zaměstnanec komunikovat v příslušné železniční stanici.

6.4.3.1 Řešení pro železniční stanice bez IP konektivity

Pro železniční stanici, která nemá možnost připojení na technologickou datovou síť a není součástí žádného dispečerského ani úsekového řízení, jsou možnosti využití velice omezené a struktura nově budované rádiové sítě velice jednoduchá. V tomto případě se jedná pouze o výměnu stávající základnové radiostanice za novou splňující předepsané parametry pro rádiový provoz a užívání. Dále je nutné provést výměnu anténního systému (anténa, přepěťové ochrany) včetně anténních svodů (koaxiální kabel). Na obrázku Obr. 6-5 je znázorněno blokové schéma navrženého řešení.

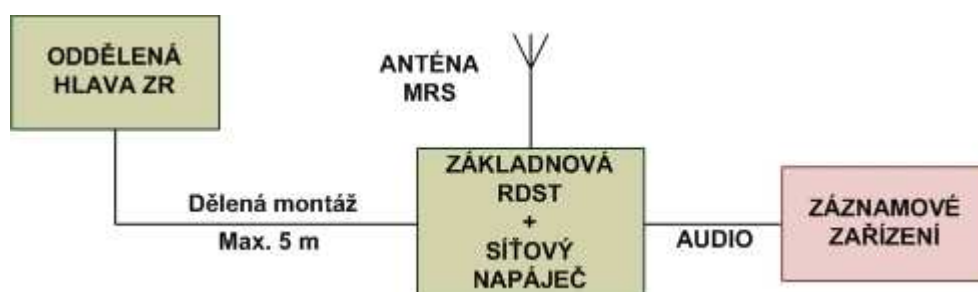


Obr. 6-5: Řešení MRS v železniční stanici bez IP konektivity bez dělené montáže

Při výměně základnové radiostanice je možné využít jejího příslušenství a navrhnout dvě varianty zapojení:

- Pevné umístění základnové radiostanice;
- Základnová radiostanice s dělenou montáží.

V prvním případě je základnová radiostanice společně se zálohovaným síťovým napáječem umístěna pohromadě na stole výpravčího (Obr. 6-6). V případě druhém je možnost oddělit zálohovaný síťový napáječ od základnové radiostanice a umístit jej mimo dosah výpravčího s maximální délkou kabelů cca 5 m. Délka kabelů je většinou omezena výrobcem základnové radiostanice.



Obr. 6-6: Řešení MRS v železniční stanici bez IP konektivity s dělenou montáží

Vzhledem k nutnosti nahrávání jednotlivých hovorů je nutné danou železniční stanici vybavit samostatným záznamovým zařízením. Základnová radiostanice má k dispozici audio výstup, který je vyveden na externí záznamové zařízení. V tomto případě se jedná o lokální systém nahrávání. Pojem lokální nahrávání je vysvětlen v kapitole 7.2.

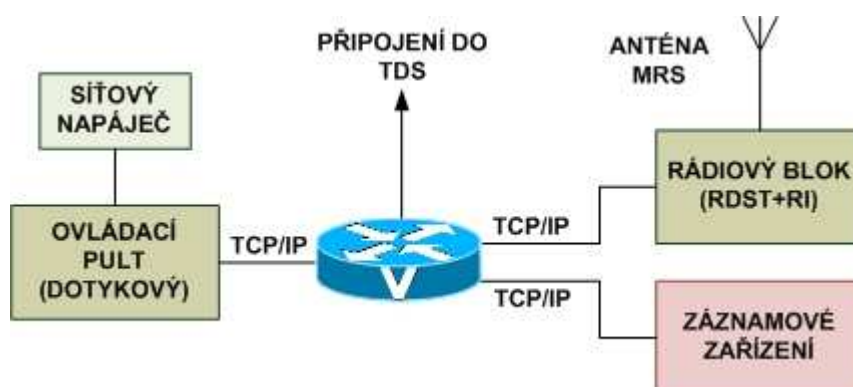
6.4.3.2 Řešení pro železniční stanice s IP konektivitou

V případě železniční stanice s dostatečným připojením k technologické datové síti je již možné využít řešení, které zapadá do koncepce této diplomové práce. Jedná

o připojení rádiového bodu (železniční stanice) do technologické datové sítě a v této konfiguraci již je možné tento rádiový bod plně využít.

I když se může jednat o malou železniční stanici, je nutné rozhodnout, zda vybavit stanici pouze jednou základnovou radiostanicí (umístěnou v rádiovém bloku) nebo dvěma základnovými radiostanicemi. Kritériem pro toto rozhodnutí je využití rádiového provozu v dané železniční stanici, na množství přidělených kmitočtů a také na společném rozhodnutí vlastníka, správce a provozovatele MRS. Z hlediska funkčnosti a využití je vhodně do železniční stanice rovnou instalovat dvě základnové radiostanice.

Železniční stanice se vybaví dvěma základnovými radiostanicemi, které se připojí přes zařízení, které umožní převod hlasu z radiostanice do VoIP a z VoIP do radiostanice a její řízení prostřednictvím sítě LAN/WAN. Jak již bylo popsáno v předcházejících kapitolách, jedná se RadiolInterface.



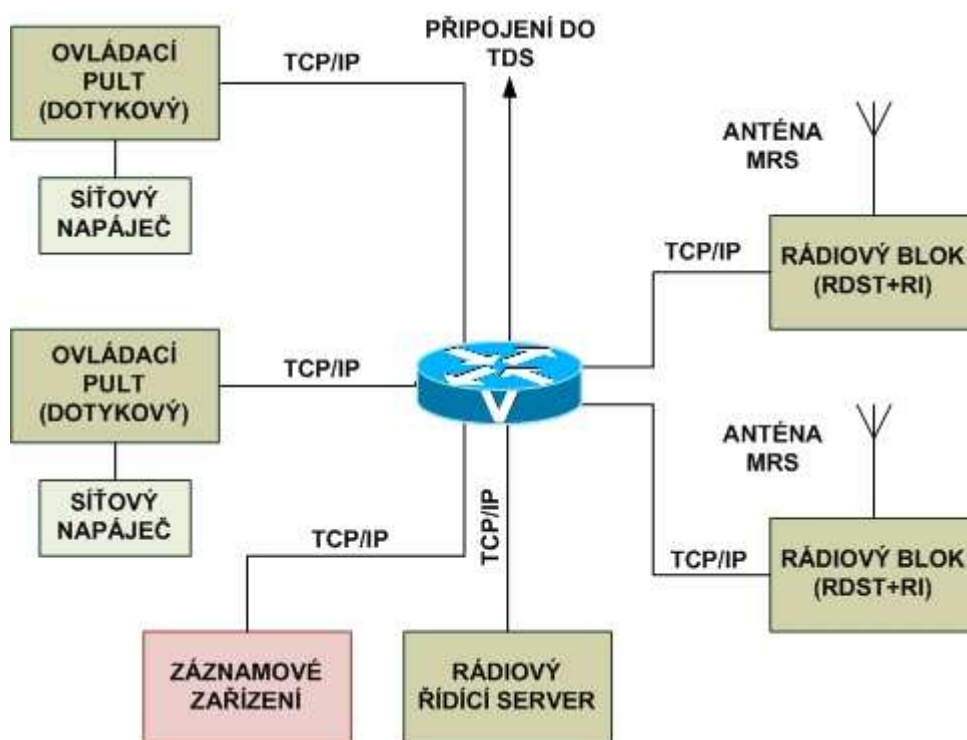
Obr. 6-7: Řešení MRS v železniční stanici s IP konektivitou

Obě základnové radiostanice jsou připojeny přes již zmíněný RadiolInterface do technologické datové sítě prostřednictvím aktivního prvku (switch, router). Pro ovládání těchto radiostanic se použije jednotné ovládací zařízení (Technologický ovládací pult), které je dotykové (funkce a možnosti budou vysvětleny v kapitole 7.1.1). Obě základnové radiostanice jsou připojeny na záznamové zařízení. Záznamové zařízení může být umístěno v místě základnových radiostanic nebo může být umístěno v jiné lokalitě. V případě umístění mimo je záznam veškerého rádiového provozu zaznamenáván pomocí technologické datové sítě (TDS). Záznamu hovorů je věnována samostatná kapitola (viz. kapitola 7.2).

6.4.3.3 Řešení pro železniční stanice většího významu

V železniční stanici většího významu (uzlová apod.), kde se předpokládá splnění všech základních podmínek (dostatečná IP konektivita) a kde je také větší rádiový provoz je jasné, že v některých případech nebudou stačit ani dvě základnové radiostanice. Proto je nutné vybavit železniční stanici v závislosti na její velikosti potřebným počtem základnových radiostanic.

Opět je toto rozhodnutí na velikosti rádiového provozu, přidělených kmitočtů a také na společném rozhodnutí vlastníka, správce a provozovatele MRS.



Obr. 6-8: Řešení MRS v železniční stanici většího významu s IP konektivitou

Řešení je již v zásadě stejné, neboť hlavní prvky řešení se opakují a v závislosti na velikosti železniční stanice se pouze rozšiřují.

Jestliže je rádiový provoz a počet základnových radiostanic větší je nutné k řízení rádiového provozu využít rádiový řídicí server. Rádiový řídicí server slouží k řízení celé MRS v dané lokalitě (může řídit i více lokalit) a umožňuje záznam celé rádiové komunikace. Následně je možné tuto zaznamenanou komunikaci pomocí TDS přenést do centrálního datového úložiště záznamu.

V železniční stanici se může nacházet více výpravčích, kteří mají pro komunikaci s dopravními zaměstnanci k dispozici ovládací pult. Vzhledem k připojení ovládacího pultu přímo do technologické datové sítě není počet těchto pultů omezen.

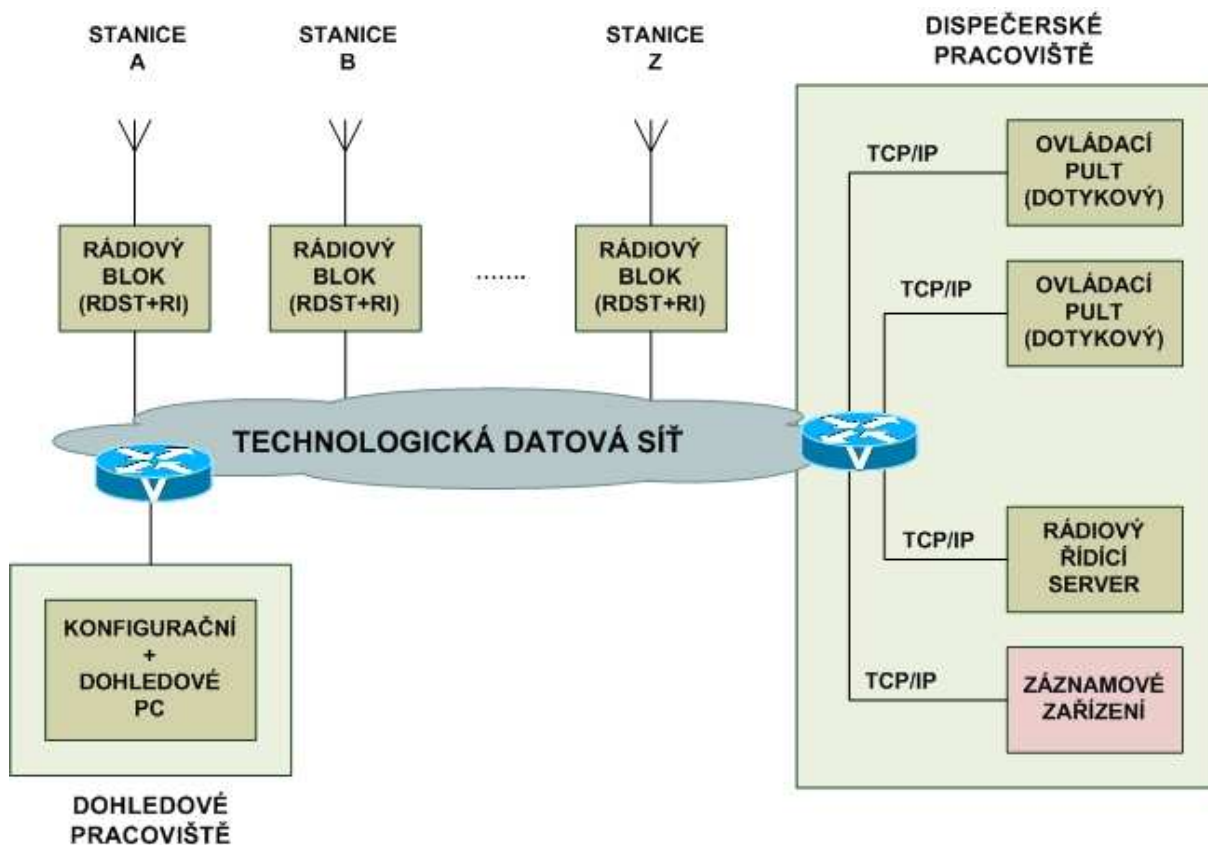
6.4.3.4 Železniční stanice na dispečersky řízených tratích

Tato varianta je kombinací navržených řešení v předcházejících kapitolách 6.4.3.2 a 6.4.3.3 s nepatrnými odchylkami zejména v případě dispečerských pracovišť a dohledových pracovišť rádiové sítě. Tato varianta řešení je z hlediska řízení, správy a obsluhy nejvýhodnější a do budoucna nejvíce perspektivní.

System řízení a uspořádání rádiového bodu na dispečersky řízených tratích je poněkud odlišný než rádiové body v jednotlivých železničních stanicích. V tomto případě jsou jednotlivé železniční stanice vybaveny rádiovým blokem a ovládání těchto rádiových bloků je z jednoho dispečerského pracoviště. Ve většině případů existuje v rámci dispečerského řízení vhodný přenosový systém případně datová síť Ethernet, která je realizována pomocí aktivních prvků (switche, router). V případě přenosového systému se jedná o systém SDH, který je v železniční síti využit pro přenos datových informací z jednotlivých sdělovacích systémů.

Na Obr. 6-9 je znázorněna zjednodušená architektura MRS na dispečersky řízené trati. Celá MRS je ovládána z jednoho dispečerského pracoviště pomocí technologických ovládacích pultů (TOP), které mají jednotlivý dispečer k dispozici. Jelikož je v této variantě zapojeno více rádiových bobů (jejich počet není v zásadě omezen), je nutné k řízení MRS využít řídicí rádiový server, jehož funkce je popsána v kapitole 6.4.3.3 a v kapitole 7.1.2. Součástí tohoto řešení je i dohledové a servisní pracoviště rádiové sítě. Toto pracoviště nemusí být situováno do stejné lokality jako dispečerské pracoviště, neboť pro svoji činnost dokáže bez jakýchkoliv problémů využít TDS. Funkce a parametry dohledového a servisního pracoviště jsou popsány v 7.3.

Pro zaznamenávání všech rádiových hovorů je k dispozici záznamové zařízení v lokalitě dispečerského pracoviště. Umístění záznamového zařízení v lokalitě dispečera není podmínkou, neboť i toto zařízení je schopné využít přenosových vlastností TDS a je tedy možné rádiovou komunikaci zaznamenávat v zásadě kdekoliv.



Obr. 6-9: Řešení MRS na dispečersky řízených tratích

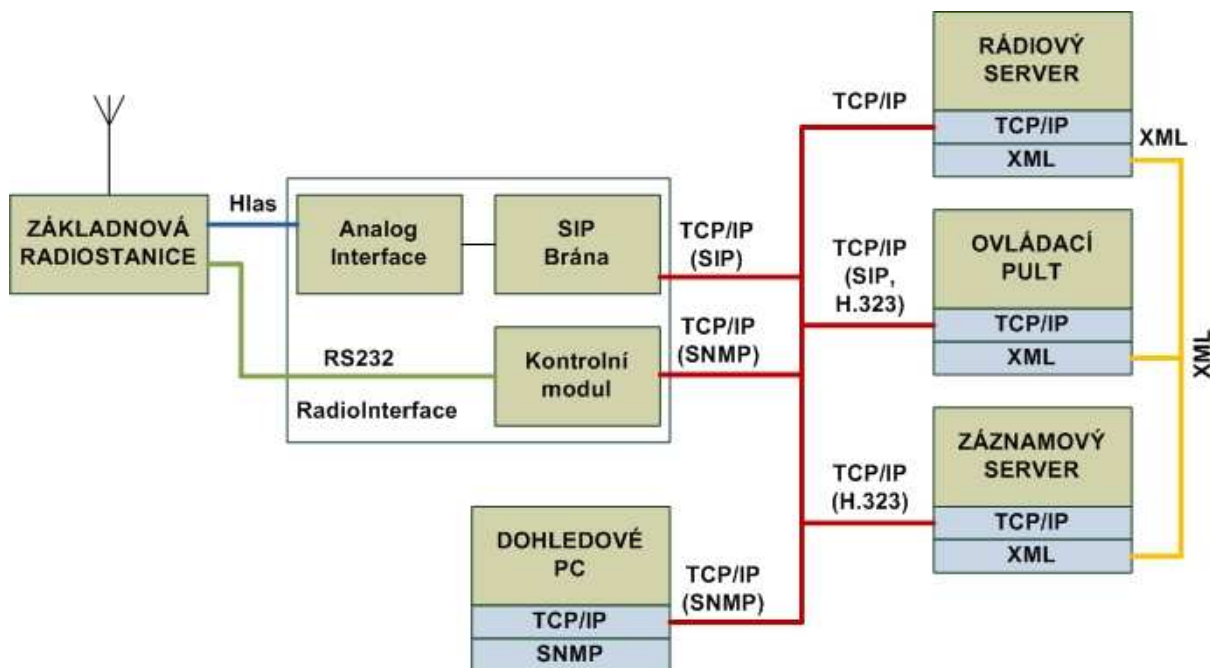
V případě, že by jedno dispečerské pracoviště sloužilo pro více železničních tratí, o čemž se do budoucna uvažuje, je nutné provést nasazení záznamového aplikačního serveru. Funkce serveru je popsána v kapitole 7.2.

6.5 Komunikační protokoly a datové toky MRS

Základem každého systému nebo aplikace, která přenáší svoje data a informace v datové síti, jsou její komunikační protokoly a softwarová architektura. V případě technologické datové sítě a samotného rádiového systému jsou komunikační protokoly dány strukturou TDS, jak již bylo popsáno výše v kapitole 6.4.1.

Na obrázku Obr. 6-10 je znázorněna komunikace jednotlivých funkčních bloků rádiové sítě v technologické datové síti.

Základním komunikačním protokolem mezi jednotlivými bloky je protokol dle referenčního modelu TCP/IP na všech úrovních. Komunikace rádiového serveru s ovládacím pultem je pomocí protokolu XML, SIP a H.323. Protokol XML je nutný z hlediska připojení zařízení různých výrobců.



Obr. 6-10: Komunikační protokoly v konfiguraci dispečerského řízení

Samotné IP síti je hlas přenášen v RTP paketech, které v transportní vrstvě používají protokolu UDP a v síťové vrstvě IP protokolu. RTP řeší vlastní přenos hlasové informace a RTCP je určen jako kontrolní mechanismus v doručování RTP. Signalizační informace (pro sestavení spojení, udržení a rozpad spojení) budou přenášeny pomocí protokolu SIP.

Zařízení RadiolInterface respektive jeho kontrolní modul komunikuje s okolím pomocí protokolu SNMP, který slouží k diagnostice rádiového bodu. Protokol SNMP musí být minimálně verze 3.

6.5.1 Datové toky rádiového provozu

Pro správnou funkci MRS musí být v TDS zajištěna potřebná šířky pásma pro jednotlivé datové toky, které budou realizovány.

Zpracování hlasu je závislé na typu použitého hlasového kodeku a je velmi náročné. Kvalita jednotlivých kodeků se měří většinou parametrem MOS (Mean Opinion Score). V následující tabulce jsou uvedeny nejpoužívanější hlasové kodeky a jejich MOS (na stupnici 1-5 je 5 nejlepší). Hlasové kodeky, které pracují na nižších rychlostech, potřebují delší dobu pro rozkodování, což obvykle znamená nižší přenosovou rychlost a větší zpoždění.

Název kodeku	Typ kodeku	Přenosová rychlost (kbit/s)	Kvalita MOS
G.711 PCM	PCM	64	4,45
G.723.1	MP-MLQ	5,33	3,65
G.723.1	ACELP	6,4	3,90
G.726	ADPCM	32	3,85
G.728	LD-CELP	16	3,61
G.729	CS-ACELP	8	3,92

Tab. 6-1: Porovnání vybraných kodeků a jejich přenosová rychlost [28]

Výpočet šířky pásma

Množství dat, která se přenesou, jsou dána složením přenosového paketu a zejména použitým typem kodeku. Přenosový paket se skládá z informace o Ethernetu, která má velikost 14 Bytes, 20 bajtů tvoří IP hlavička, 180 Bytes je složeno z UDP diagramu a RTP hlavičky a posledních 160 Bytes tvoří hlas zakódovaný příslušným kodekem. Po složení jednotlivých částí je velikost celého paketu je 214 Bytes. Z těchto informací a z tabulky Tab. 6-1 je potřebná šířka pásma následující [28]:

$$B_{MRS} = \frac{8 \times (H_{IP} + H_{ETH}) + v_{COD} \times \Delta t}{\Delta t} \quad (6-1)$$

kde:

B_{MRS} šířka pásma MRS
 H_{IP} velikost IP hlavičky (IP/UDP/RTP) - (pro RTP = 40 Bytes)
 H_{ETH} velikost hlavičky spojovací vrstvy (pro Ethernet = 14 Bytes)
 v_{COD} přenosová rychlost hlasového kodeku
 Δt vzorkovací interval

Z výpočtu je patrné, že pro použití MRS začleněné do IP prostředí a v případě uskutečnění jednoho rádiového spojení mezi dispečerem a dopravním zaměstnancem je nutná potřebná šířka pásma alespoň 85,6 kbit/s. V případě začlení do VoIP paketu (Obr. 6-11) i všech signalizací a režie je nutná šířka pásma přibližně 95,2 kbit/s na jeden kanál. Proto pro bezproblémový chod MRS v TDS je vhodné vyčlenit šířku pásma o velikosti 128 kbit/s pro jeden rádiový hovor.

Pokud bude v CDP přijímat více dispečerů více rádiových hovorů současně je šířka pásma dána vztahem:

$$B_{CMRS} = n \times B_{MRS} \quad (6-2)$$

kde:

B_{CMRS} celková šířka pásma MRS
 B_{MRS} šířka pásma MRS
 n počet hovořících dopravních zaměstnanců

Z hlediska poměru kvality, zpoždění a výkonu vychází nejlépe hlasový kodek G.729. Ale pro potřeby velmi kvalitního přenosu hlasu z MRS je nejvhodnější hlasový kodek G.711.

DATA (HLAS, KODEK)	RTP ZÁHLAVÍ	UDP ZÁHLAVÍ	IP ZÁHLAVÍ	ZÁHLAVÍ SPOJOVÉ VRSTVY
X bajtů	12 bajtů	8 bajtů	20 bajtů	X bajtů

Obr. 6-11: Struktura VoIP paketu a) bez reže [28]

6.6 Napájení rádiových zařízení

Napájení jednotlivých rádiových bodů v železničních stanicích je vhodné sjednotit s ostatními sdělovacími zařízeními v místnosti. Napájení MRS může být prováděno dvojitým způsobem. Napájení z elektrické sítě 230 V/50 Hz. V případě výpadku elektrické sítě bude funkčnost rádiového bodu zajištěna pomocí baterií s minimální dobou zálohy 5 hodin.

Druhým způsobem napájení rádiového bodu je ze zdroje 48 V (pokud je rádiový bod tímto napětím vybaven), neboť toto napětí využívá více sdělovacích zařízení. V tomto případě by měl zdroj umožňovat připojení externích baterií, jejich nabíjení a automatické odpojení v případě vybití (funkce UPS). Stav zdroje musí možno kontrolovat z dohledového pracoviště pomocí protokolu SNMP. Pomocí managementu dohledu je vhodné sledovat:

- Hodnoty proudu, napětí;
- Přejít na záložní napájení;
- Vybití baterií záložního zdroje.

6.7 Shrnutí kapitoly

Cílem této kapitoly bylo navržení způsobu vzájemné komunikace mezi dispečery a dopravními zaměstnanci, volba vhodných selektivních formátů a dále samotný návrh řešení MRS v kmitočtovém pásmu 150 MHz. Byly zde definovány jednotlivé varianty způsobu zapojení vzhledem k rádiovému provozu, velikosti železniční stanice a dostupné IP konektivě.

Základní princip řešené rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz je převedení této sítě do IP prostředí a její dálková správa a ovládání z jednoho případně z několika CDP a RDP. Celá MRS je složena z potřebného počtu rádiových bloků (v závislosti na počtu železničních stanic), které jsou připojeny pomocí aktivních prvků do TDS. V CDP nebo RDP je dispečerovi k dispozici technologický ovládací pult pro ovládání MRS a dále se zde nachází rádiový řídicí server (RŘS) pro záznam rádiových hovorů případně samostatné záznamové zařízení (ZZ).

Byly navrženy tři varianty řešení, které je možné následně různě kombinovat, jak již bylo řečeno v závislosti na rádiovém provozu a velikosti železniční stanice. Přesná konfigurace je pouze závislá na celkovém počtu základnových radiostanic. Tím je také definován počet rádiových bloků (RadioInterface+základnová radiostanice).

Pro vzájemnou komunikaci jednotlivých zařízení MRS se využijí signalizační protokol SIP (případně H.323), komunikační protokoly TCP/IP (RTP, UDP) a pro diagnostiku systému MRS protokol SNMP. Minimální šířka pásma pro jeden kanál musí být 128 kbit/s.

7 Návrh řešení dispečerské a servisní části systému

V předchozích kapitolách byly definovány jednotlivé varianty řešení místní rádiové sítě v závislosti na velikosti železniční stanice. Nyní je nutné celou navrženou železniční trať, které je osazena touto technologií ovládat a dohlížet z jednoho dispečerského a servisního pracoviště.

7.1 Dispečerské pracoviště z pohledu MRS

Dispečerské pracoviště (centrální, regionální), ze kterého se bude realizovaná místní rádiová síť řídit a ovládat je pro dispečersky řízené tratě složeno z několika částí:

- Technologický ovládací pult MRS;
- Řídící rádiový server;
- Záznamové zařízení rádiového provozu.

7.1.1 Technologický ovládací pult MRS

Dispečerovi řízené tratě je nutné dát k dispozici takové ovládací prostředky, kterými je schopen danou místní rádiovou síť ovládat.

Pro ovládání se vhodný technologický ovládací pult (dále TOP) s dotykovou obrazovkou, na které bude mít dispečer k dispozici všechny dostupné funkce. Zařízení by mělo umožňovat libovolné nastavení pracovního prostředí pro jednotlivé dispečery (tlačítka, okna atd.), ale obecně z pohledu jednoduchosti a možnosti nasazení dispečerů i v jiných centrech je vhodnější konfigurace jednoho pracovního prostředí stejná pro všechny dispečery na všech pracovištích. Nutné je při každé změně dispečera umožnit jasnou identifikaci osoby. To znamená, že při ukončení práce jednoho dispečera musí dojít k odhlášení ze systému a naopak, aby mohl druhý dispečer převzít pracoviště TOPu je nutné se přihlásit.

Funkce, které musí TOP splňovat:

- Dispečer může mluvit současně s maximálně jednou radiostanicí;
- Okna s přehledy uskutečněných volání a nezodpovězených volání;
- Prvek pro přístup k hlasovým záznamům uskutečněných volání (cca do 10 záznamů nazpět);

- Tlačítko PTT;
- Další tlačítka pro zpracování hovorů;
- Stavová indikace poruchy terminálu a jeho síťové konektivity, indikace nahrávání záznamu.

TOP musí minimálně zvládat komunikaci pomocí protokolů XML a SIP (případně H.323) v síti Ethernet, tak aby byl nezávislý na zařízeních třetích stran. Počet připojených zařízení TOP by neměl být omezen a je pouze závislý na počtu dispečerů. V případě, že se zařízením TOP bude uvažováno jako „jediným“ ovládacím prvkem pro telekomunikační zařízení (telefonní, rádiové hovory, ISDN, GSM a další) je nutné umožnit realizace konferencí (volání více účastníků na jednou) a umožnit komunikaci s dalšími sdělovacími podsystémy.

Dalšími ovládacími funkcemi v zařízení TOP musí být ovládací tlačítka pro příjem, ukončení, přidržení hovorů, indikátory provádění záznamu na záznamové zařízení a další stavové funkce.

Pro zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti by měl mít TOP možnost připojení do dvou nezávislých Ethernet portů (různých aktivních prvků) a v případě výpadku jednoho z aktivního prvku automaticky přepnout na druhý.

7.1.2 Řídící rádiový server

Dalším zařízením při dispečersky ovládané místní rádiové síti je řídicí rádiový server, který má za úkol zejména následující:

- Řídit komunikaci jednotlivých rádiových bloků v MRS;
- Zaznamenávat záznam rádiové komunikace (pokud není samostatný záznamový systém);
- Umožnit poslat záznam do centrálních datových úložišť (není samostatný záznamový systém).

Důležitou vlastností, na kterou se v současné době v železniční rádiové síti poněkud zapomíná, je redundance jednotlivých zařízení. V případě dispečersky řízených tratích je nutné, aby byl k dispozici záložní řídicí server se záložní konfigurací, který v případě výpadku automaticky nebo po zásahu servisního technika naskočí.

Rádiový server by měl být osazen redundantními zdroji a zároveň by měl mít možnost záložního napájení a to buď ze zdroje UPS (Uninterruptible Power Supply) nebo ze záložního zdroje pokud je k dispozici.

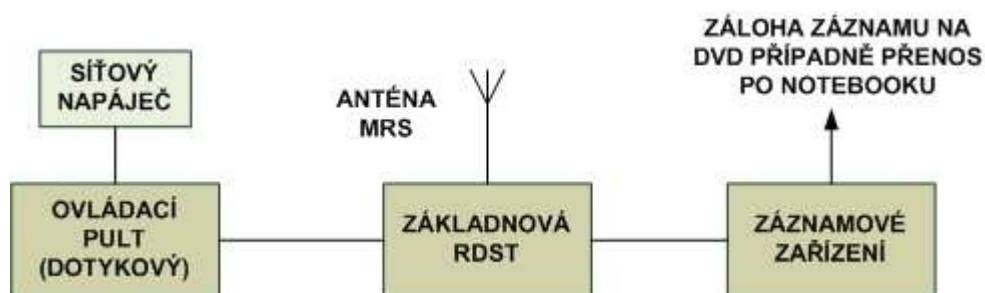
7.2 Nahrávání a záznam místní rádiové sítě

U místní rádiové sítě musí být z hlediska platných směrnic, norem a předpisů zajištěno nahrávání všech hovorů a také jejich archivace. Záznam všech hovorů znamená nahrávání obousměrné komunikace mezi všemi dopravní a řídicími zaměstnanci (dispečer-dopravní zaměstnanec, dispečer-výpravčí, výpravčí-dopravní zaměstnanec, dopravní zaměstnanec- dopravní zaměstnanec atd.).

Nahrávání v závislosti na dostupnosti IP konektivity a TDS v jednotlivých železničních stanicích a k výše navrženým řešením lze rozdělit na dvě varianty řešení:

- Lokální nahrávání;
- Centrální nahrávání.

Lokální nahrávání se využije všude tam, kde není k dispozici dostatečná nebo žádná IP konektivita do TDS. V tomto případě se záznamové zařízení připojí přímo k základnové radiostanici a záznam všech hovorů probíhá pouze místně.

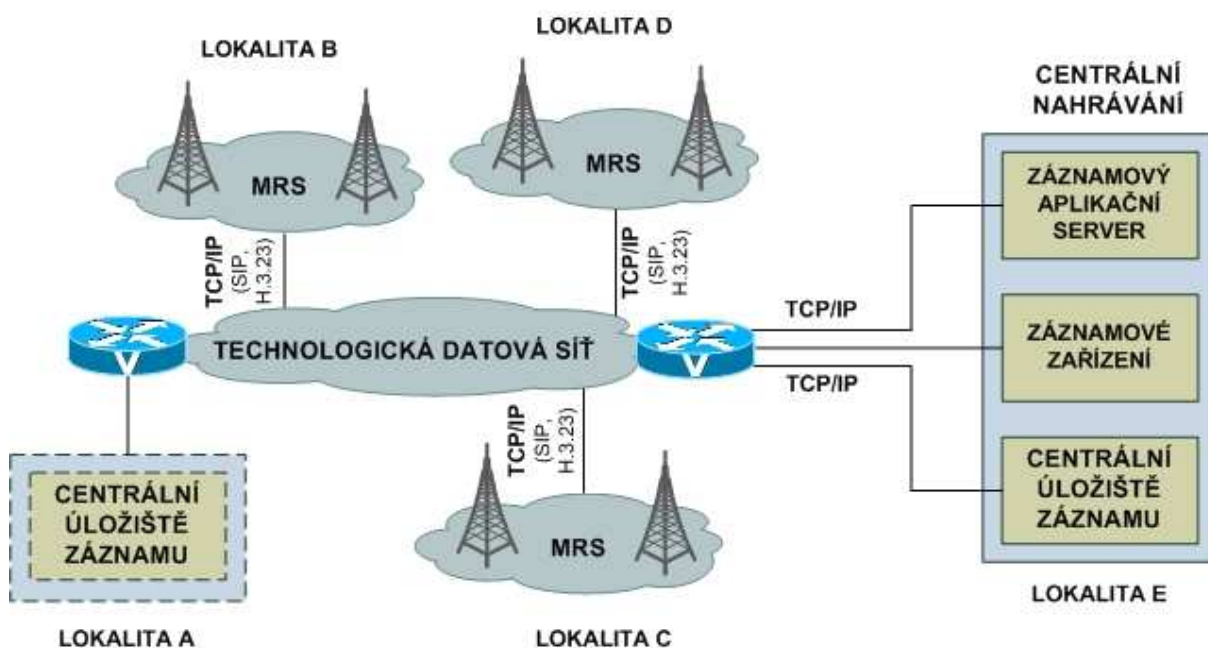


Obr. 7-1: Začlenění záznamového zařízení do systému MRS – lokální nahrávání

Nevýhodou lokálního záznamu je špatná dostupnost zaznamenaných dat a také ta skutečnost, že díky nedostupnosti technologické datové sítě musí být záznamové zařízení u každého rádiového bloku samostatně. Archivace dat probíhá na záznamové médium v podobě disku DVD (případně CD). Další variantou uchování dat je možnost stažení do přenosného počítače a následně uložení v centrální databázi. Vzhledem k tomu, že považují variantu lokálního nahrávání

z dlouhodobého hlediska za neperspektivní, nebudu se dále touto variantou zabývat. Popis funkčnosti záznamů bude demonstrován na centrálním nahrávání.

Centrální nahrávání umožňuje soustředit více lokalit (železničních stanic) místní rádiové sítě do centrálního dispečerského pracoviště a záznam všech hovorů rádiové komunikace provádět na jedno (případně více) vyhrazené záznamové zařízení.



Obr. 7-2: Začlenění záznamového zařízení do systému MRS a TDS – centrální nahrávání

Úkolem centrálního nahrávání je záznam všech hovorů rádiové komunikace z více oblastí (železničních stanic, tratí) do jednoho centrálního místa. Tímto způsobem lze ušetřit nemalé finanční prostředky, ale zejména se tím výrazně zjednoduší ovládání a správa uložených záznamů.

Pro samotný záznam všech hovorů z jednotlivých rádiových oblastí slouží samostatné záznamové zařízení hlasové komunikace umožňující záznam hovorů. V případě, že záznamových zařízení je více, je vhodné využít aplikační záznamový server, který slouží pro komplexní řízení celého systému záznamu všech hovorů a obsahuje i servisní aplikace, které umožňují dohled nad celým systémem záznamu a jednotlivých záznamových zařízení. Aplikační server také musí umožnit přístup k zaznamenaným datům i externím uživatelům za pomoci uživatelských práv a certifikátů.

Komunikace v rámci centrálního nahrávání je pomocí již výše zmiňovaných komunikačních protokolů TCP/IP, SIP (H.323) a XML.

Je třeba říci, že centrální úložiště záznamu může být umístěné ve stejné lokalitě jako CDP, ale stejně tak je možné vzhledem k dostupnosti TDS umístit toto centrální úložiště do jiné lokality, případně v jiné lokalitě může sloužit jako záložní v případě výpadku hlavního systému (viz. Obr. 7-2).

Základními parametry pro ukládání zaznamenaných hovorů rádiové komunikace je:

- Záznam oddělených směrů (volaný a volající);
- Záznam identifikačního čísla radiostanice (volající, volaného);
- Záznam do jednotlivých souborů v komprimovaném formátu wav, mp3;
- Záznam rádiové komunikace do databáze;
- Databázové systémy SQL, Oracle, MySQL;
- Záznam obrazovek technologického ovládacího pultu;
- Manuální a automatická archivace záznamů.

Po zpětné vyhledání záznamů rádiové komunikace je nutné stanovit některá kritéria pro vyhledávání:

- Podle základních parametrů;
- Čas, datum, hodina;
- Čísla radiostanice (volané, volající);
- Možnost využití filtrování záznamů.

7.2.1 Archivace zaznamenaných hovorů rádiové komunikace MRS

Je důležité na začátku budování systému záznamu rádiové komunikace jasně definovat, které parametry je vhodné a nutné zaznamenávat. A to z hlediska provozního a následně z hlediska vyhodnocování jednotlivých událostí.

Záznamové zařízení pro potřeby záznamu rádiové komunikace musí umožnit zaznamenávat jednotlivé komunikační protokoly a to zejména:

- Standardní protokoly H.323 a SIP;
- Podporovat některé kodeky např., G.711, G. 722, ADPCM, GSM.

U zaznamenávání rádiové komunikace je nutné, aby byl zaznamenán nejen vlastní hovor mezi zaměstnanci, ale také čas zahájení a ukončení komunikace. Důležité je také zaznamenání informace (identifikace účastníka), kteří účastníci mezi sebou komunikovali.

Záznam rádiového hovoru by měl být ukládán do SQL databáze instalované v datovém úložišti a mělo by být zajišťováno jeho pravidelné zálohování na externí médium například v podobě DVD (CD).

7.2.2 Přístup k zaznamenaným hovorům rádiové komunikace MRS

Záznamy musí být dostupné po dobu určenou danými normami, zákony a interními předpisy provozovatele a ostatních subjektů. Záznam rádiové komunikace by měl být zaznamenáván minimálně 7 dní s možností úpravy interními předpisy provozovatele.

Z jednotlivých dispečerských pracovišť musí být umožněno zpětné přehrání jednotlivých záznamů rádiové komunikace za přesně definovaný časový interval. V případě samotného dispečera je možné zpětné přehrání, např. posledního hovoru.

Je technicky realizovatelné zpřístupnit záznam hovorů i jiným provozním složkám (např. Drážní inspekce), které mohou k zaznamenaným datům přistupovat pomocí dálkového připojení k aplikaci záznamového serveru. Přístup musí být jasně technicky definován a zabezpečen přístupovými právy a certifikáty. Po stránce hardwaru je nutné na rozhraní mezi TDS a ostatní sítě umístit firewall.

7.2.3 Požadavky na bezpečnost manipulace se zaznamenanými daty

Všeobecně je jakýkoliv záznam dat a informací velmi citlivá záležitost a to platí i v případě záznamu rádiové komunikace mezi dopravními a řídicími zaměstnanci. Proto je nutné, aby k zaznamenaným informacím měly přístup pouze oprávněné osoby a ostatním neoprávněným osobám nebyla umožněna jakákoliv manipulace se zaznamenanými informacemi. Pro systém umožňující zaznamenávání a správu dat

musí umožňovat několika stupňovitou hierarchii přístupových práv jednotlivých zaměstnanců (uživatel, správce, a další).

7.3 Servisní a dohledové pracoviště

Tak jako je důležitý záznam rádiové komunikace, je také velmi důležité, zejména v případě dispečersky řízené trati, management, správa a dohled nad celou místní rádiovou sítí v technologické datové síti. Tento segment se dá rozdělit do několika částí:

- Dohledový systém provozních stavů;
- Správa konfigurace, provozních stavů a uživatelů.

I v tomto případě je důležité definovat vhodný protokol, který nám umožní místní rádiovou síť dohlížet.

7.3.1 Dohledový systém provozních stavů místní rádiové sítě

Dohledový systém provozních stavů místní rádiové sítě musí umožnit monitorovat technologické ovládací pulty v dispečerských centrech, RadiolInterface, ale i samotnou základnovou radiostanici. Vzhledem k umístění v technologických místnostech je nutné sledovat i teplotu této místnosti a také teplotu technologické skříně (racku), ve které je rádiový blok umístěn. Je vhodné sledovat některé vybrané provozní stavy:

- Vysílací a odražený výkon základnové radiostanice;
- Teplota v technologické místnosti a skříní;
- RSSI - výstup z radiostanice jak je silný signál (slouží pro kontrolu přijímače);
- Teploty radiostanic;
- Stav napájecí sítě (provoz ze sítě – provoz z baterií);
- Stav baterií.

Dalším parametrem, který by měl být sledován je stav zařízení TOP a také jednotlivé servery spojené s MRS. Pro sledování provozních stavů místní rádiové sítě je vhodné použít protokol SNMP.

7.3.2 Správa konfigurace, provozních stavů a uživatelů

Pro správnou funkčnost navržené místní rádiové sítě je třeba umožnit komplexní správu provozního stavu a také správu uživatelů místní rádiové sítě. Komplexní správou provozního stavu je myšlena manuální konfigurace všech prvků z centra, archivace záložní konfigurace v případě výpadku.

Kompletní diagnostika provozních stavů (poruch) musí být poskytována v dohodnutém formátu a zasílána na dohledové servisní pracoviště. Pro řešení poruchových stavů by měla existovat pravidla, která definují priority závažnosti jednotlivých poruch a její maximální čas pro odstranění. Z tohoto důvodu je vhodné ze vzniklých poruch provádět jejich statistiku a četnost.

V rámci správy uživatelů je třeba, aby bylo umožněno zřizování a rušení uživatelských účtů pro účely správy a údržby systému a změny uživatelských práv těchto účtů.

7.4 Shrnutí kapitoly

Z předcházejících kapitol je zřejmé, že dispečerské, servisní a dohledové pracoviště je nedílnou součástí celého systému MRS.

Základem dispečerského pracoviště je technologický ovládací pult (TOP) a řídicí rádiový server, který řídí celou MRS. a případně musí umět provádět i záznam rádiové komunikace. Poslední důležitou součástí je samostatné záznamové zařízení. Na dispečerském pracovišti je umístěn TOP, který připojen do sítě Ethernet a má za úkol poskytnout dispečerovi plnohodnotné zařízení k ovládní místní rádiové sítě. Musí splňovat přísné nároky na přehlednost a jednoduchost celého ovládní, tak i na jednotnost. Rádiový řídicí server má zase za úkol řízení celé místní rádiové sítě a s podporou diskového pole i záznam veškeré rádiové komunikace a to v případě, že není k dispozici samostatné záznamové zařízení.

Velice důležitou součástí je záznam veškeré rádiové komunikace. V závislosti na IP konektivě je možné ukládání záznamu rozdělit na dvě varianty nahrávání, lokální nebo centrální.

Poslední částí v dispečersky ovládané variantě je servisní a dohledové pracoviště, které má za úkol monitorovat provozní stavy MRS (stav radiostanic, teploty, výkon a další) a v závislosti na jejich stavu provádět servisní a konfigurační zásahy. A to buď místně přímo na daném zařízení nebo dálkově pomocí vhodného protokolu, kterým je SNMP.

8 Návrh řešení na konkrétní železniční trati

Pro ověření navržených řešení, byla vybrána železniční trať Horažďovice – předměstí – Domažlice, na které budou aplikovány výsledky této diplomové práce. Jedná konkrétně o úsek trati s železničními stanicemi Klatovy, Janovice nad Úhlavou, Pocinovice, Chodská Lhota, Kdyně a Domažlice.

8.1 Současný stav MRS

Z Tab. 8-1 vyplývá, že se v jednotlivých železničních stanicích nachází různé množství typů MRS v kmitočtovém pásmu 150 MHz. Současný stav není vyhovující a je třeba stávající základnové radiostanice vyměnit a nahradit kompletně novou technologií, která umožní dispečerské řízení MRS a její dálkovou správu.

ŽST	Typ rádiové sítě	Typ radiostanice	Kmitočtové pásmo		
			I. pásmo	II. pásmo	III. pásmo
Klatovy	VOS/MOS	ZR 21	150,975 150, 575	-	-
	STZ	ZR 20	-	-	150,850
	SPZ	ZR 20	-	153,200	-
	SMV/STE	ZR 21	-	-	157,450 158,375 157,575
	STE 2	PR 22	-	-	157,925
	STE 3	PR 21	-	-	158,175
Janovice nad Úhlavou	VOS	PR 21	150,975	-	-
	SMV	PR21	-	-	157,450 158,375
Pocinovice	VOS	PR 22	150,975	-	-
	SMV	PR 22	-	-	157,450 158,375
Chodská Lhota	-	-	-	-	-
Kdyně	VOS	PR 22	150,975	-	-
	MOS	PR 22	-	-	157,450 158,375
Domažlice	STE 1	ZR 21	-	-	157,975
	STE 2	ZR 20	-	-	157,650
	STE 3	PR 11	-	-	157,925
	STE 4	ZR 20	-	-	157,900
	STZ 1	ZR 20	-	-	157,875
	SPZ 1	ZR 20	-	153,225	-
	VOS/MOS	ZR 21	150,975 150,450	-	-

Tab. 8-1: Současný stav MRS na trati Horažďovice – předměstí – Domažlice [29], [30]

8.2 Návrh řešení MRS

Vybraná část trati Klatovy – Domažlice počítá s dispečerským řízením v první fázi z ŽST Klatovy, kde se pro tyto účely vybuduje RDP. RDP bude sloužit jako dočasné pracoviště pro řízení železničního provozu. V budoucnu by měl být provoz na této trati řízen z CDP Praha.

8.2.1 Technologická datová síť

I když se diplomová práce nezabývala návrhem TDS je nutné mít tuto síť k dispozici. TDS je nutná, jak bylo zmíněno v kapitole 6.4.1, pro ucelený návrh řízení, ovládání a servis rádiové sítě.

Jako TDS se navrhuje Gigabitový Ethernet, který je základním rozšířením sítě Ethernet s rychlostí 1000 Mbit/s (1Gbit/s) a který bude realizován pomocí aktivních prvků řady Cisco Catalyst 3560 a Cisco Catalyst 2960. Oba typy aktivních prvků podporují datové i hlasové komunikace a proto bude v budoucnu možností v rámci této Ethernet sítě provozovat i služební telefonní síť pomocí IP telefonie. Nově vytvořená TDS bude z hlediska kapacity dostačující i pro ostatní sdělovací zařízení (EZS, KS a další). Součástí TDS bude i firewall, který oddělí TDS od intranetu ČD a SŽDC.

V železničních stanicích Domažlice, Kdyně, Chodská Lhota, Pocinovice a Janovice nad Úhlavou bude umístěn aktivní prvek Cisco Catalyst 2960. V železniční stanici Klatovy, jelikož se jedná o RDP, bude umístěn prvek Cisco Catalyst 3560. Propojení jednotlivých stanic je provedeno pomocí dálkového optického kabelu, který je v jednotlivých železničních stanicích ukončen na optickém rozvaděči.

8.2.2 Místní rádiová síť v pásmu 150 MHz

V závislosti na velikosti železniční stanice a velikosti rádiové provozu budou jednotlivé železniční stanice osazeny příslušným počtem základnových radiostanic společně s RadiolInterface, který zrealizuje převod hlasu do sítě Ethernet. Rádiové body byly umístěny pouze do železničních stanic.

Po jednom rádiovém bloku s jednou základnovou radiostanicí budou osazeny železniční stanice Kdyně, Chodská Lhota, Pocinovice a Janovice nad Úhlavou. Vzhledem k rozsahu stávající rádiové sítě v pásmu 150 MHz bude tento počet

dostačující. Po jednom rádiovém bloku se dvěma základnovými radiostanicemi budou osazeny železniční stanice Domažlice a Klatovy. Jednotlivé rádiové bloky budou připojeny do aktivních prvků.

V RDP Klatovy bude umístěn rádiový řídicí server, který bude mít za úkol řídit celou MRS v navržené trati a záznamové zařízení pro záznam rádiové komunikace. Pro ovládání MRS a komunikaci mezi dopravními zaměstnanci bude mít dispečer k dispozici technologický ovládací pult. Servisní a dohledové pracoviště MRS bude prozatím umístěno také v RDP Klatovy, ale po propojení TDS do pozdějšího CDP Praha bude přesunuto. Základní struktura zapojení MRS je uvedena v příloze č. 2.

Z matematického modelu¹ výpočtu pokrytím, který je uveden v příloze č. 3 – č. 8 je zřejmé, že síla rádiového signálu v obvodu železničních stanic je dostatečná a vzájemná komunikace dispečerů a dopravních zaměstnanců, případně dopravních zaměstnanců mezi sebou bude bezproblémová.

¹ Pro výpočet matematického modelu byl zapůjčen firmou SUDOP PRAHA a.s. software RadioLab 3.5.

9 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit současný stav místní rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz a navrhnout studii nasazení nové technologie. Definovat základní parametry na jednotlivá zařízení, navrhnout vhodná zapojení a způsoby komunikace pomocí vhodných selektivních formátů.

Z provedené analýzy vyplývá, že současný stav místní rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz je zcela nevyhovující a nelze celou rádiovou síť efektivně využívat, řídit a také provádět efektivní servisní zásah. Pouhá výměna jednotlivých základnových a přenosných radiostanic by nepřinesla žádné významné zlepšení. Proto je nutné, aby došlo ke kompletnímu nahrazení stávající technologie zcela novu technologií, která začne od výměny radiostanic a skončí efektivním řízením celé místní rádiové sítě. Vzhledem k značnému vývoji jednotlivých technologií v radiokomunikační technice a také v oblasti počítačových sítí je možné požadavek na efektivní řízení místní rádiové sítě velmi dobře splnit, neboť právě využití IP protokolů a centralizování systémů je z dlouhodobého hlediska perspektivní.

Návrh MRS zapadá do koncepce dispečerského řízení jednotlivých železničních tratí, kterým lze dosáhnout efektivní řízení a dálkový dohled MRS. Základem nové technologie, je zařízení nazývané RadiolInterface, které umožňuje převod hlasu do prostředí VoIP a z VoIP a dokáže být řízeno prostřednictvím sítě Ethernet. RadiolInterface umožňuje připojit maximálně dvě základnové radiostanice, což plně vyhoví současnému rádiovému provozu ve většině železničních stanic. Dalším zařízením pro spolehlivou funkci je řídicí rádiový server, který umožňuje plnohodnotné řízení MRS a v případě, že je to nutné, umožňuje i záznam rádiové komunikace. Posledním důležitým prvkem celého systému je technologický ovládací pult, který umožňuje dispečerovi plnohodnotné ovládání MRS a pomocí kterého je možná rádiová komunikace s dopravními zaměstnanci.

Náhrada místní rádiové sítě novou technologií, která bude doplněna vhodnými selektivními formáty pro vzájemnou komunikaci mezi dispečery a dopravními zaměstnanci povede zcela jistě k:

- Zajištění větší bezpečnosti v komunikaci MRS;
- Zajištění větší efektivity sítě MRS;
- Zajištění jednodušší obsluhy a provozu;
- Efektivnějšímu řízení a servisu MRS;
- Rychlejší zjištění závady a její odstranění.

V případě využití již vybudované technologické datové sítě nebo IP konektivity v jednotlivých železničních stanicích lze finanční náklady kompletní výměny rádiové sítě v kmitočtovém pásmu 150 MHz snížit na přijatelnou úroveň.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠTROF, M.: *Integrace sdělovacích a zařízení a systémů v drážní dopravě*. Bakalářská práce. 2007. Univerzita Pardubice.
- [2] ŠTROF, M.: *Místní technologická síť na dispečersky ovládaných tratích*. Ročníkový projekt II. 2009. Univerzita Pardubice.
- [3] LÁNÍČEK, I.: *Muzejní expozice sdělovací a zabezpečovací techniky*. I. vyd. Praha: České dráhy, 2003. 153 s. ISBN 80-85104-91-1.
- [4] DOBEŠ, J., ŽALUD, V.: *Moderní radiotechnika*. Praha: Vydavatelství BEN-technická literatura, 2006. 768 s. ISBN 80-7300-132-2.
- [5] PECHAČ, P., ZVÁNOVEC, S.: *Základy šíření vln pro rádiové plánování pozemních rádiových spojů*. Praha. Vydavatelství BEN-technická literatura, 2007. 200 s. ISBN 978-80-7300-223.
- [6] DUŠÁK, K., KVASIL, J.: *Telekomunikační technika v železniční dopravě*. Praha. Nakladatelství Dopravy a spojů, 1987. 528 s. OD 31-082-87-05-2.
- [7] VODRÁŽKA, J., HAVLAN, M.: *Přenosové systémy 2 – Sítě a zařízení SDH a jejich návrh*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 175 s. ISBN 80-01-03048-2.
- [8] SVOBODA, J., ŠIMÁK, B., Zeman, T.: *Základy Teleinformatiky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 192 s. ISBN 80-01-01767-2.
- [9] PUŽMANOVÁ, R.: *Moderní komunikační sítě od A do Z*. Brno: Vydavatelství a nakladatelství Computer Press, 2006. 431 s. ISBN 80-251-1278-0
- [10] KOCOUREK, P., NOVÁK, J.: *Přenos Informace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. 164 s. ISBN 80-01-02892-5.
- [11] WALLACE K.: *VoIP bez předchozích znalostí*. Brno: Vydavatelství a nakladatelství Computer Press, 2007. 232 s. ISBN 978-80-251-1458-2.
- [12] BLUNÁR, K., DIVIŠ, Z.: *Telekomunikační sítě, 1.díl*. 1. vyd. Ostrava : Vysoká škola báňská - technická univerzita Ostrava, 2003. 619 s. ISBN 80-248-0391-7.
- [13] TNŽ 34 2090 : *Železniční sdělovací zařízení*. Praha: [s.n.], 1988. 16 s.
- [14] TNŽ 34 2858 : *Železniční rádiové sítě*. Praha: [s.n.], 1987. 16 s.
- [15] Z11: Předpis pro obsluhu rádiových zařízení.

- [16] T1 Telefonní provoz.
- [17] T7 Rádiový provoz.
- [18] T37 Údržba a opravy rádiových sítí
- [19] Zákon č.127/2005 Sb. ze dne 22. února 2005 o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon elektronických komunikacích).
- [20] Zákon č.22/1997 Sb. ze dne 24. ledna 1997 o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů.
- [21] Směrnice SŽDC č.34 – Směrnice pro uvádění do provozu výrobků, které jsou součástí sdělovacích a zabezpečovacích zařízení a zařízení elektrotechniky a energetiky, na železniční dopravní cestě ve vlastnictví státu.
- [22] Směrnice SŽDC č.35 – Stanovující technické specifikace traťových rádiových systémů a zásady pro jejich přípravu realizaci na železniční dopravní cestě ve vlastnictví státu.
- [23] SŽDC – Správa železniční dopravní cesty, státní organizace [online]. 2009 [cit. 2009-03-24]. Dostupný z WWW: <http://www.szdc.cz/radsit.php>.
- [24] *Shenzhen HYT Science & Technology Co., Ltd* [online]. 2009 [cit. 2009-12-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.hyt.cn/pros.asp?lb=5>>
- [25] *Motorola Eastern Europe* [online]. 2009 [cit. 2009-12-02]. Dostupný z WWW: <http://www.motorola.com/Business/XE-EN/Business+Product+and+Services/Two-Way+Radios++Licensed/Mobile+Radios/GM+Professional+Series/GM360_XU-EN%252CPK-EN>.
- [26] Phoenix – ochranné a pracovní pomůcky. [online]. 2009 [cit. 2009-02-12]. Dostupný z WWW: <http://www.phoenix-oopp.cz/hasic/radiostanice.htm>.
- [27] http://pub.danrimal.net/skola/pss/07%20-%20PSS_VoIP.pdf
- [28] VOZŇÁK M.: QoS v sítích s technologií VoIP. [online]. 2009 [cit. 2009-02-12]. Dostupný z WWW: <http://homel.vsb.cz/~voz29/voip/Voz-TR01-2004.pdf>.
- [29] Interní materiály společnosti SUDOP PRAHA a.s.
- [30] Interní materiály společnosti SŽDC s.o.
- [31] Interní materiály společnosti DCom, spol. s r.o.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1: Obecné (Shannonovo) schéma rádiového přenosu [4]	12
Obr. 1-2: Komunikační kanály [4]	13
Obr. 1-3: Princip simplexní komunikace	16
Obr. 1-4: Princip poloduplexní komunikace	16
Obr. 1-5: Princip duplexní komunikace	16
Obr. 1-6: Referenční model OSI a funkce vrstev [9]	17
Obr. 1-7: Porovnání architektury TCP/IP s referenčním model OSI [9]	19
Obr. 3-1: Blokové schéma místní rádiové sítě VR [6]	27
Obr. 3-2: Základnové radiostanice MRS v pásmu 150 MHz v ŽST České Velenice [autor] ..	29
Obr. 3-3: Blokové schéma zapojení systému TRS	32
Obr. 3-4: Blokové schéma systému GSM-R	33
Obr. 3-5: Stožár s anténami systému GSM-R v ŽST Praha – Hlavní nádraží [autor]	34
Obr. 5-1: a) Základnová radiostanice TM-800 b) Přední panel TM-800 [24], [31]	44
Obr. 5-2: a) Základnová radiostanice Motorola GM 360 b) Přední panel GM 360 [25]	45
Obr. 5-3: Přenosné radiostanice a) HYT TC-700 b) HYT TC-780 [24], [31]	47
Obr. 5-4: Přenosné radiostanice a) Motorola GP 360 b) Motorola GP 340 [25]	48
Obr. 5-5: Blokové schéma RadiolInterface	49
Obr. 6-1: Obrázek dispečersky řízené trati z pohledu sdělovacích zařízení	52
Obr. 6-2: Způsoby komunikace v železniční rádiové síti	54
Obr. 6-3: Blokové schéma technologické datové sítě	56
Obr. 6-4: Základní architektura rádiové sítě MRS	58
Obr. 6-5: Řešení MRS v železniční stanici bez IP konektivity bez dělené montáže	61
Obr. 6-6: Řešení MRS v železniční stanici bez IP konektivity s dělenou montáží	61
Obr. 6-7: Řešení MRS v železniční stanici s IP konektivitou	62
Obr. 6-8: Řešení MRS v železniční stanici většího významu s IP konektivitou	63
Obr. 6-9: Řešení MRS na dispečersky řízených tratích	65
Obr. 6-10: Komunikační protokoly v konfiguraci dispečerského řízení	66
Obr. 6-11: Struktura VoIP paketu a) bez režie [28]	68
Obr. 7-1: Začlenění záznamového zařízení do systému MRS – lokální nahrávání	72
Obr. 7-2: Začlenění záznamového zařízení do systému MRS a TDS – centrální nahrávání. 73	

SEZNAM TABULEK

Tab. 1-1: Rádiové frekvenční spektrum [4], [5].....	11
Tab. 1-2: Základní srovnání protokolů SIP a H.323 [9].....	22
Tab. 3-1: Rozdělení a základní parametry MRS dle TNŽ 34 2858 [13]	28
Tab. 3-2: Rozdělení traťových rádiových sítí dle TNŽ 34 2858 [9].....	30
Tab. 4-1: Tabulka tónů selektivního formátu DTMF	38
Tab. 4-2: Tabulka frekvencí a tónů CTCSS (červeně nestandardní kmitočty)	39
Tab. 4-3: Tabulka tónů selektivních formátů	40
Tab. 6-1: Porovnání vybraných kodeků a jejich přenosová rychlost [28]	67
Tab. 8-1: Současný stav MRS na trati Horažďovice – předměstí – Domažlice [29], [30]	79

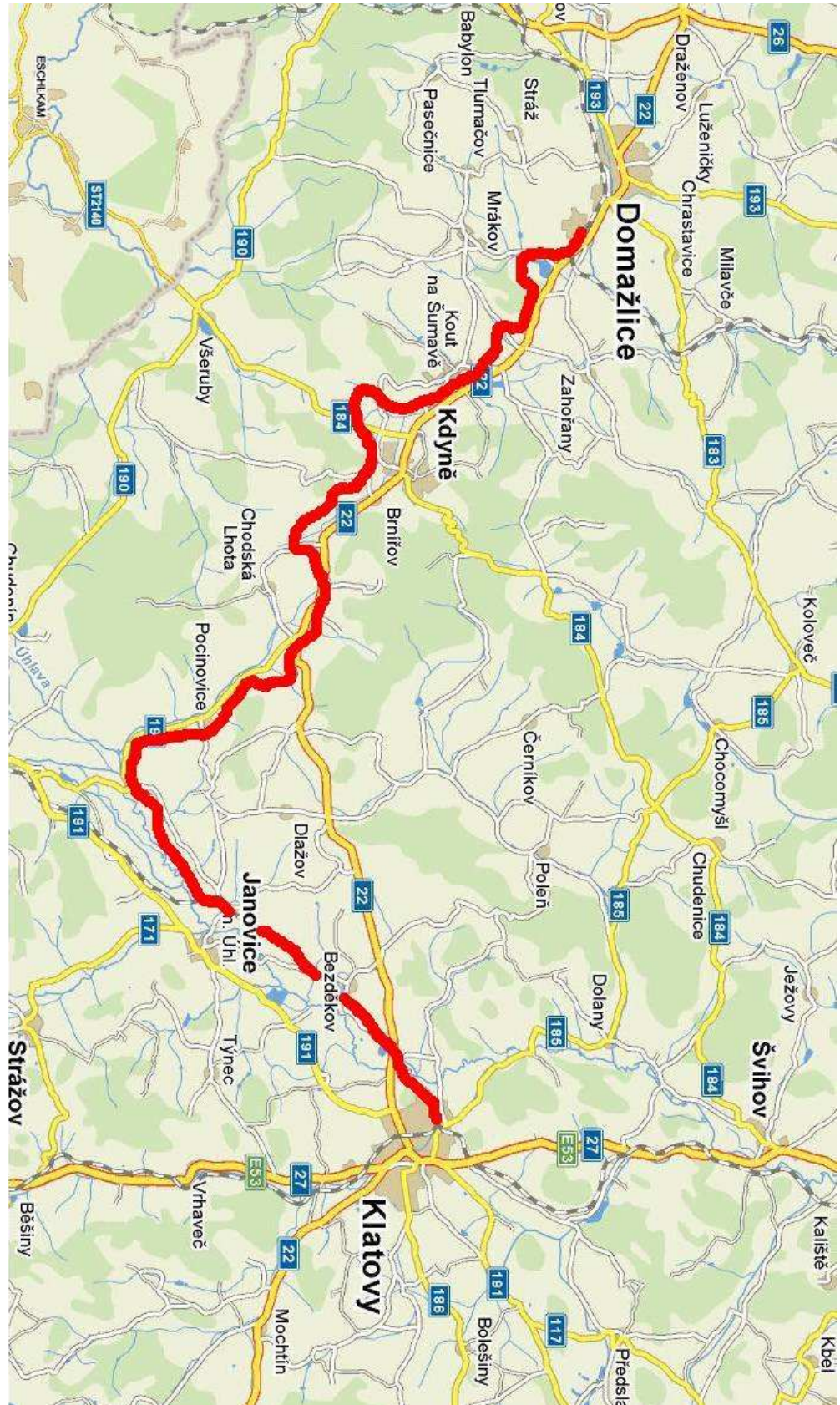
SEZNAM PŘÍLOH

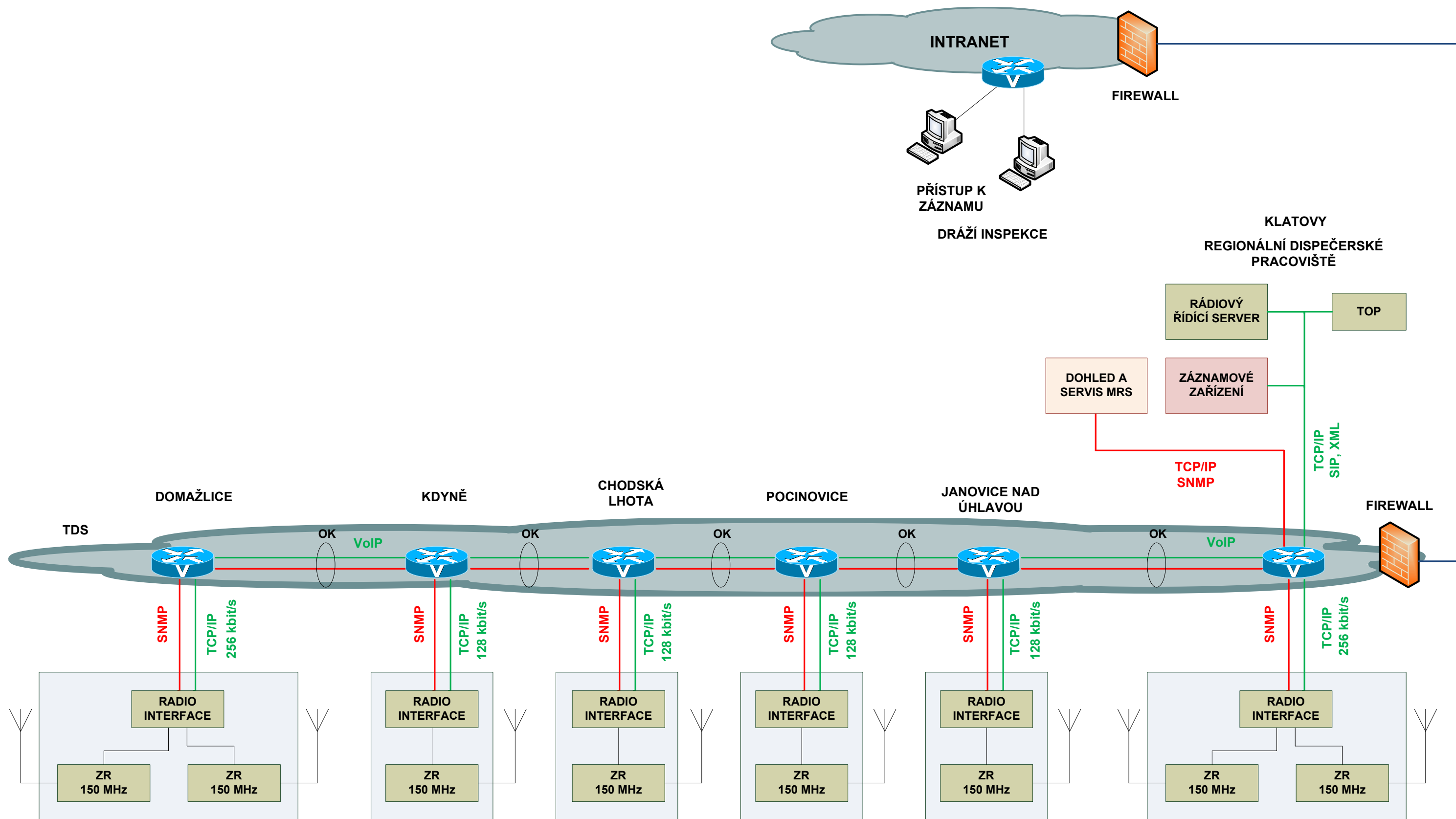
PŘÍLOHA Č. 1 – Přehledná situace železniční tratě Klatovy – Domažlice.....	91
PŘÍLOHA Č. 2 – Schéma nasazení MRS – Klatovy – Domažlice	92
PŘÍLOHA Č. 3 – Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Klatovy.....	93
PŘÍLOHA Č. 4 – Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Janovice nad Úhlavou.....	94
PŘÍLOHA Č. 5 – Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Pocinovice	95
PŘÍLOHA Č. 6 – Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Chodská Lhota.....	96
PŘÍLOHA Č. 7 – Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Kdyně	97
PŘÍLOHA Č. 8 – Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Domažlice	98
PŘÍLOHA Č. 9 – Mapa pokrytí železniční rádiové sítě	99
PŘÍLOHA Č. 10 – Technické parametry záklanové radiostanice HYT TM-800.....	100
PŘÍLOHA Č. 11 – Technické parametry záklanové radiostanice Motorola GM-360	101
PŘÍLOHA Č. 12 – Technické parametry přenosné radiostanice HYT TC-700	101
PŘÍLOHA Č. 13 – Technické parametry přenosné radiostanice GP-340.....	103

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

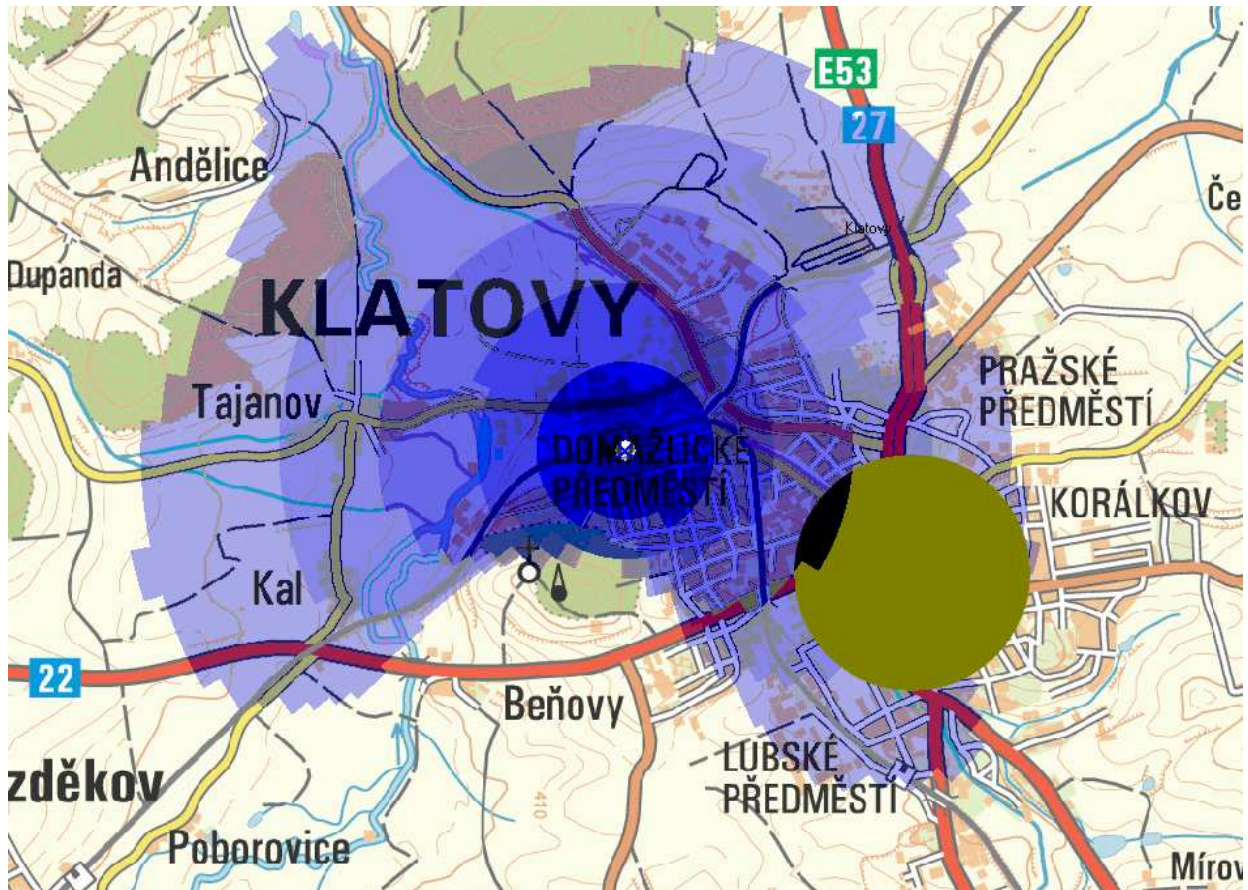
a.s.	akciová společnost
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
CDP	centrální dispečerské pracoviště
ČD	České dráhy
ČR	Česká republika
ČSD	Československé státní dráhy
ERTMS	European Rail Traffic Management System (Evropský systém řízení železniční dopravy)
EOV	Elektrický ohřev výměn
EPS	Elektrická požární signalizace
ETCS	European Train Control System (Evropský systém řízení jízdy vlaků)
EZS	elektrická zabezpečovací signalizace
GSM	Global System for Mobile Communication
GSM – R	Global System for Mobile Communication - Railways
IP	Internet protokol
ISDN	Integrated Services Digital Network (Digitální síť integrovaných služeb)
LAN	Local Area Network
max.	maximálně
min.	minimálně
MRS	místní radiové sítě
s.o.	státní organizace
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet protokol (síťový model)
TNŽ	technická norma železnic
TRS	traťový radiový systém
tzv.	tak zvané
viz.	shlédněte
SDH	Synchronní digitální hierarchie
SNMP	Simple Network Management Protocol
STM	Synchronní transportní modul
SQL	Structured Query Language (strukturovaný dotazovací jazyk)
UIC	International union of railways (Mezinárodní železniční unie)
UPS	Uninterruptible Power Supply (nepřerušitelný zdroj energie)
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
XML	eXtensible Markup Language (rozšiřitelný značkovací jazyk)
ŽST	Železniční stanice

Přehledná situace železniční tratě Klatovy – Domažlice





Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Klatovy



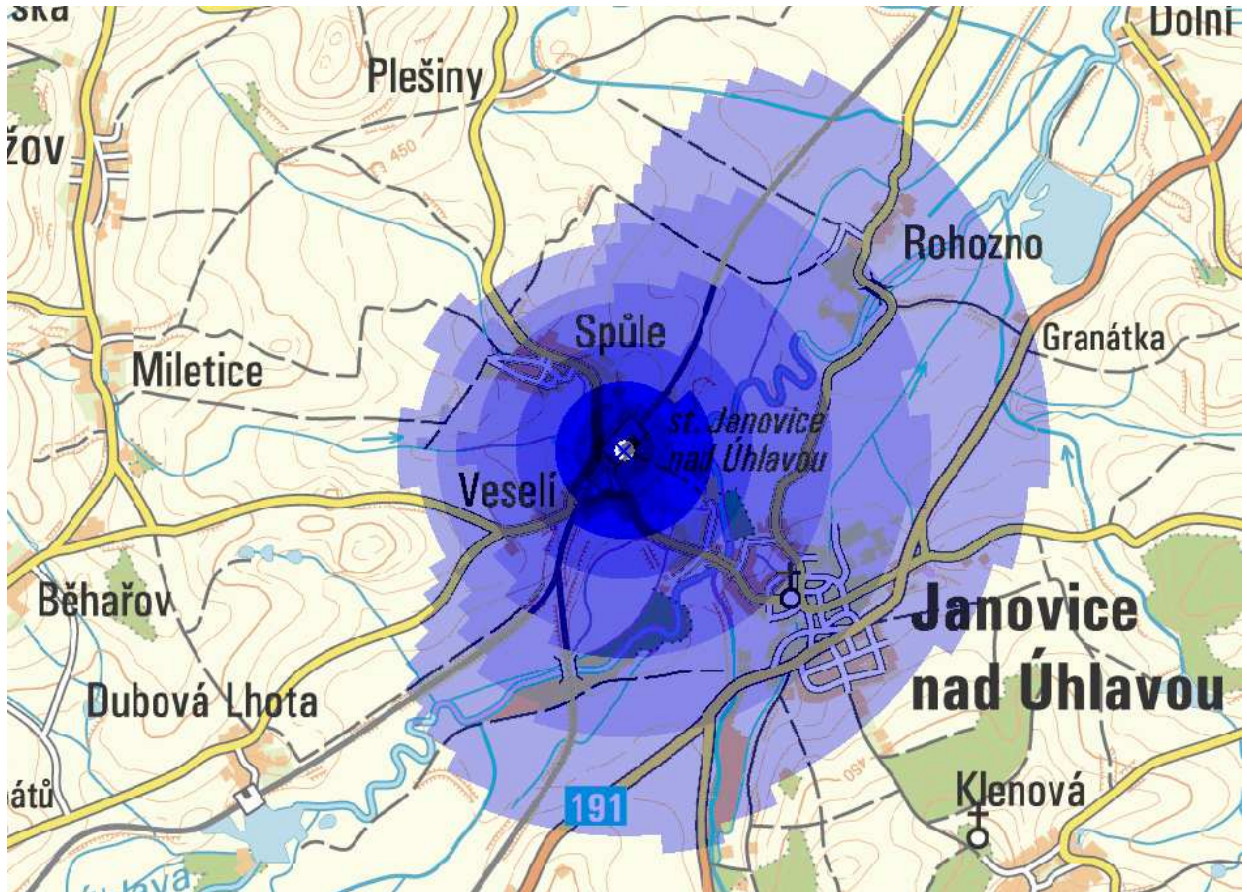
Parametry výpočtu:

- Souřadnice vysílače: Loc: 49°24'4.198"N, 13°16'28.874"E
- Výška umístění antény: 25 m
- Přijímací anténa ve výšce: 2 m
- Kmitočet: 150 MHz

Rozsah od	Rozsah do	Barva
0,00	55,00	
55,00	60,00	
60,00	65,00	
65,00	70,00	
70,00	75,00	
75,00	80,00	
80,00	85,00	
85,00	90,00	
90,00	95,00	
95,00	100,00	
100,00	105,00	
105,00	110,00	

PŘÍLOHA Č. 4

Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Janovice nad Úhlavou

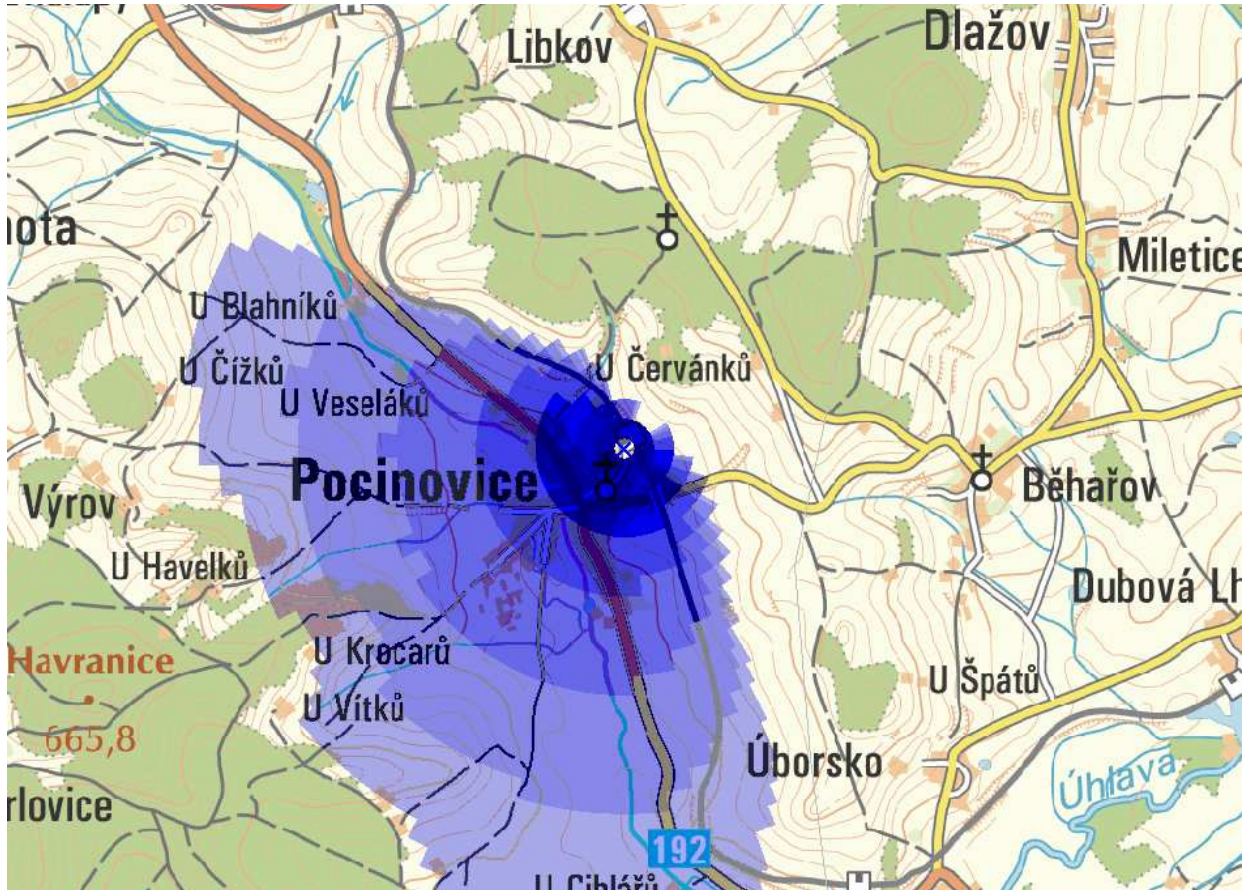


Parametry výpočtu:

- Souřadnice vysílače: Loc: 49°21'8.517"N, 13°12'14.107"E
- Výška umístění antény: 15 m
- Přijímací anténa ve výšce: 2 m
- Kmitočet: 150 MHz

Rozsah od	Rozsah do	Barva
0,00	55,00	
55,00	60,00	
60,00	65,00	
65,00	70,00	
70,00	75,00	
75,00	80,00	
80,00	85,00	
85,00	90,00	
90,00	95,00	
95,00	100,00	
100,00	105,00	
105,00	110,00	

Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Pocinovice

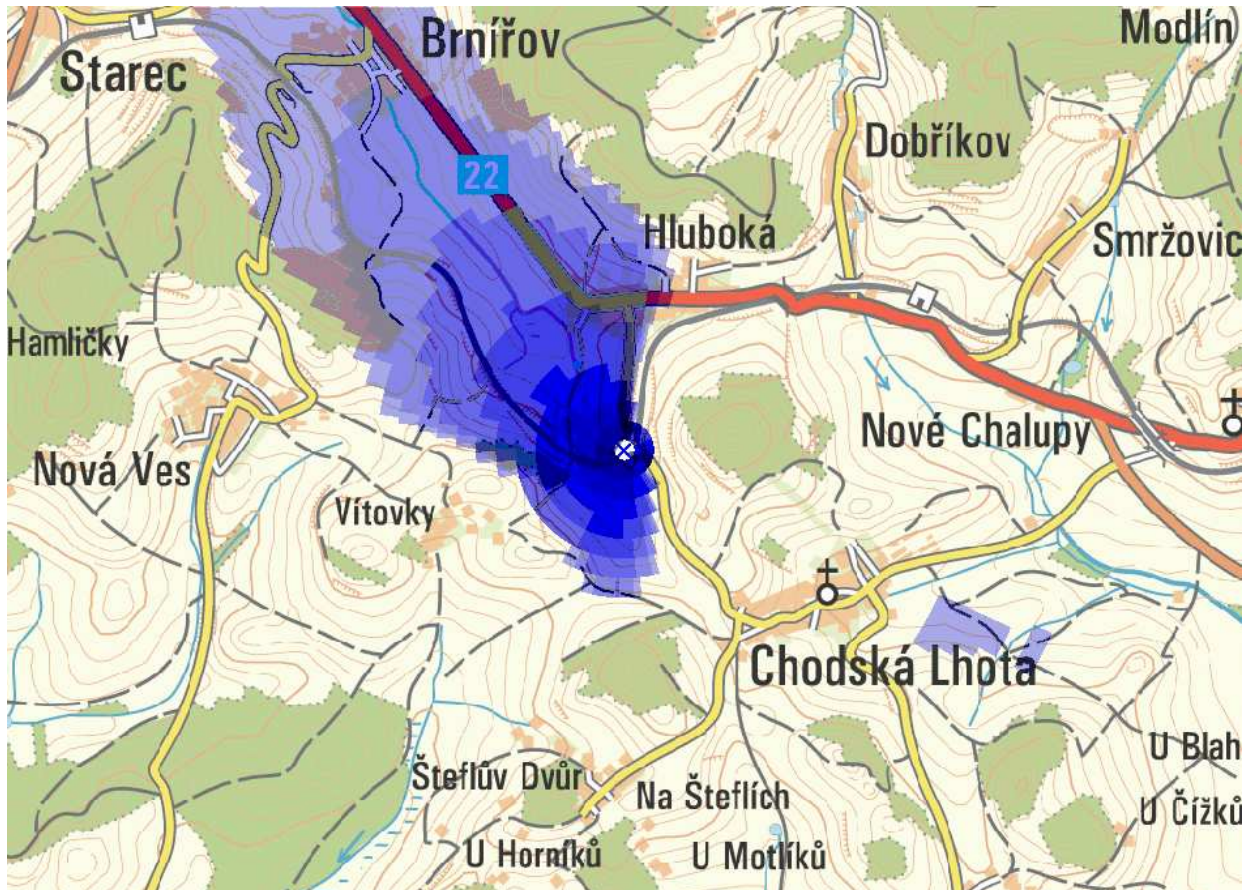


Parametry výpočtu:

- Souřadnice vysílače: Loc: 49°20'46.378"N, 13°8'7.449"E
- Výška umístění antény: 10 m
- Přijímací anténa ve výšce: 2 m
- Kmitočet: 150 MHz

Rozsah od	Rozsah do	Barva
0,00	55,00	
55,00	60,00	
60,00	65,00	
65,00	70,00	
70,00	75,00	
75,00	80,00	
80,00	85,00	
85,00	90,00	
90,00	95,00	
95,00	100,00	
100,00	105,00	
105,00	110,00	

Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Chodská Lhota

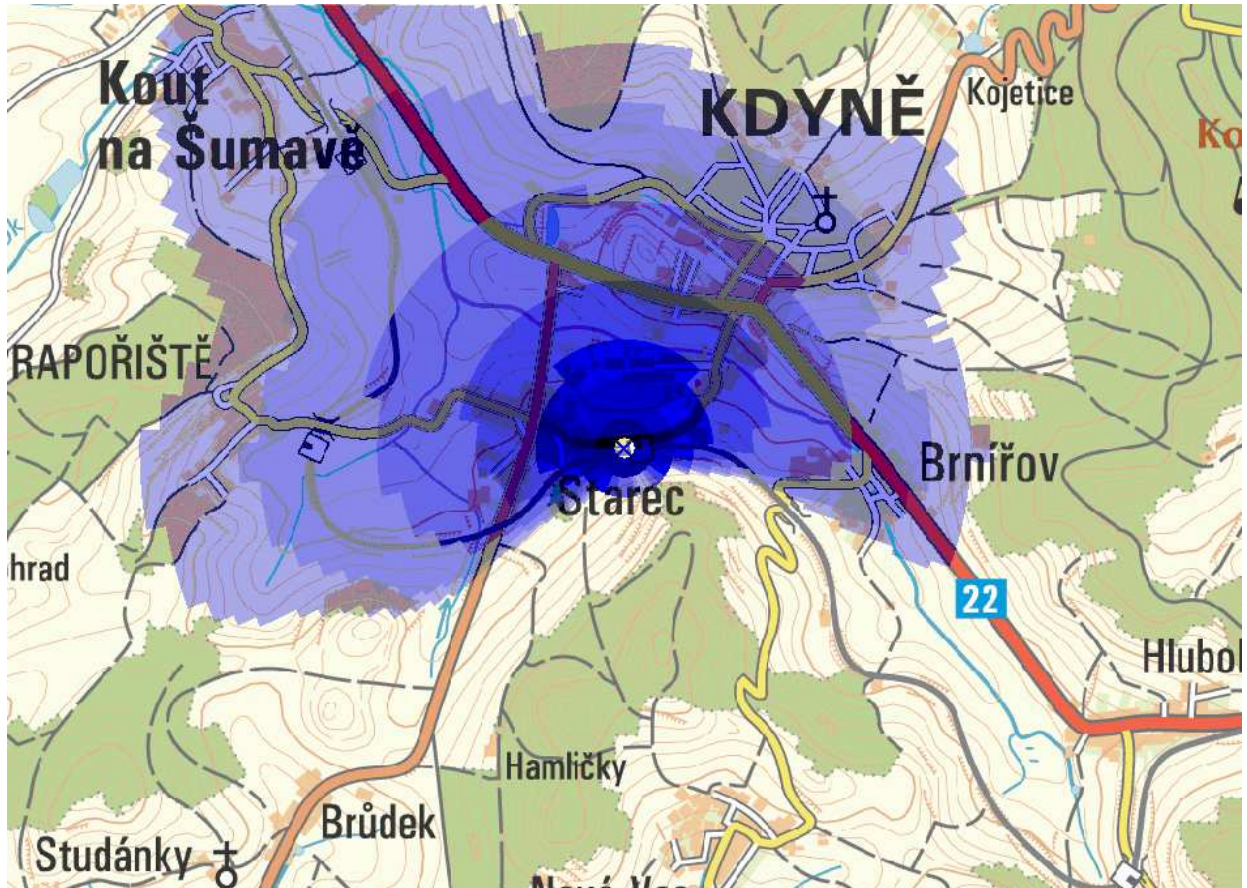


Parametry výpočtu:

- Souřadnice vysílače: Loc: 49°21'54.153"N, 13°4'3.623"E
- Výška umístění antény: 10 m
- Přijímací anténa ve výšce: 2 m
- Kmitočet: 150 MHz

Rozsah od	Rozsah do	Barva
0,00	55,00	
55,00	60,00	
60,00	65,00	
65,00	70,00	
70,00	75,00	
75,00	80,00	
80,00	85,00	
85,00	90,00	
90,00	95,00	
95,00	100,00	
100,00	105,00	
105,00	110,00	

Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Kdyně

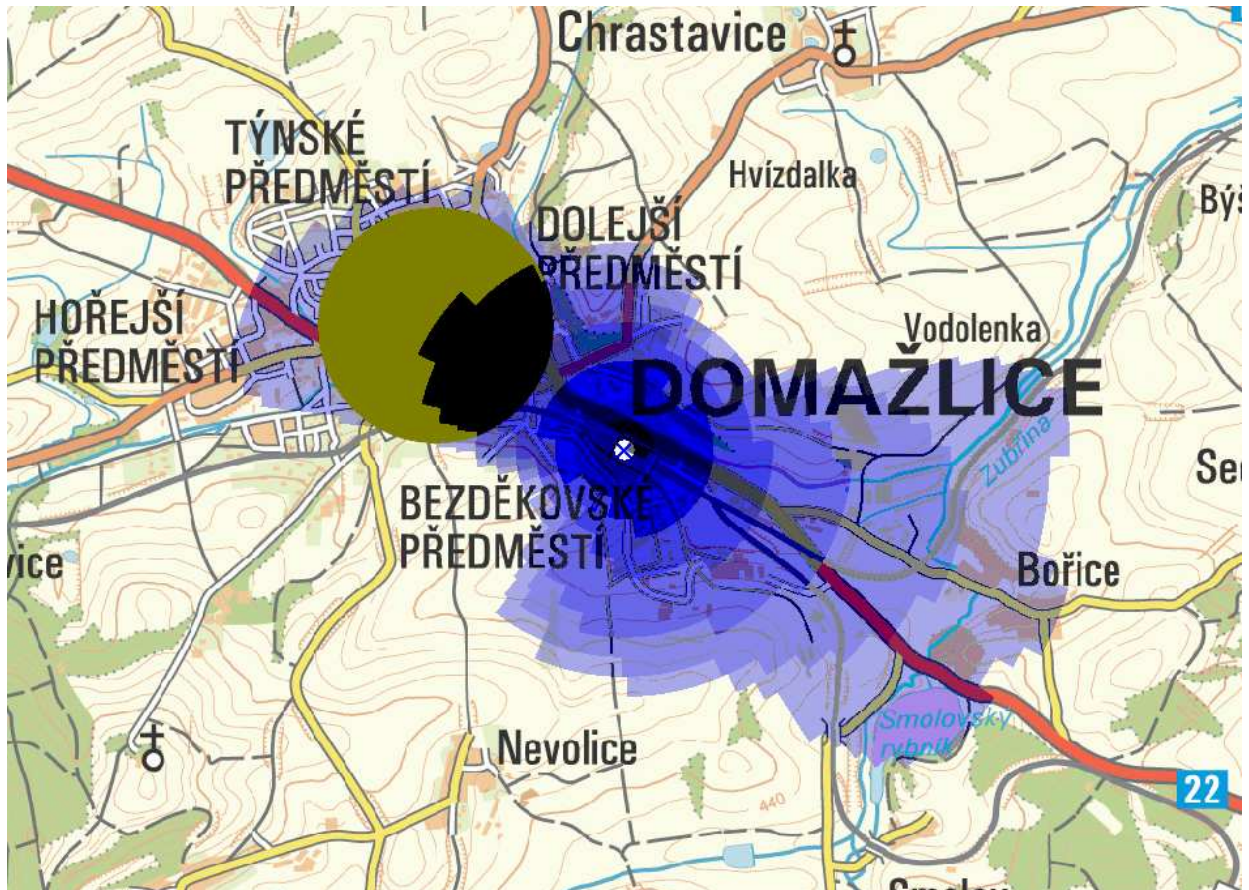


Parametry výpočtu:

- Souřadnice vysílače: Loc: 49°23'1.988"N, 13°1'55.795"E
- Výška umístění antény: 15 m
- Přijímací anténa ve výšce: 2 m
- Kmitočet: 150 MHz

Rozsah od	Rozsah do	Barva
0,00	55,00	
55,00	60,00	
60,00	65,00	
65,00	70,00	
70,00	75,00	
75,00	80,00	
80,00	85,00	
85,00	90,00	
90,00	95,00	
95,00	100,00	
100,00	105,00	
105,00	110,00	

Situace pokrytí rádiovým signálem v ŽST Domažlice



Parametry výpočtu:

- Souřadnice vysílače: Loc: 49°26'7.224"N, 12°56'35.477"E
- Výška umístění antény: 20 m
- Přijímací anténa ve výšce: 2 m
- Kmitočet: 150 MHz

Rozsah od	Rozsah do	Barva
0,00	55,00	
55,00	60,00	
60,00	65,00	
65,00	70,00	
70,00	75,00	
75,00	80,00	
80,00	85,00	
85,00	90,00	
90,00	95,00	
95,00	100,00	
100,00	105,00	
105,00	110,00	

PŘÍLOHA Č. 9

Mapa pokrytí železniční rádiové sítě

Technické parametry základnové radiostanice HYT TM-800

Technické parametry		
Kmitočtové pásmo - VHF	136-174 MHz	
Počet kanálů	256	
Počet zón (max)	256	
Kanálový rastr (kHz)	25/12,5 kHz	
Kmitočtová stabilita		
Proudový odběr	Stanby režim (v klidu)	0,5A
	Příjem	2A
	Vysílání	8A
Provozní teplota	-30°C - 60°C	
Impedance antény	50Ω	
Rozměry (mm)	164x180x48	
Hmotnost	1700g	

Vysílač	
Výstupní výkon	Max. 25W
Modulace	F3E
Nežádoucí vyzařování a harmonické produkty	-36dBm<1GHz
FM šum	-45/-40dB
Zkreslení audio signálu	3%

Přijímač	
Citlivost	0,28/0,35 μV
Selektivita	75/65 dB
Potlačení nežádoucího vyzařování (příjmu)	85/80 dB
S/N	48/42 dB
NF výkon (interní/externí reproduktor)	3W/10W
NF zkreslení	3%

Vybrané ostatní funkce:

- Funkce posílání SMS a statusů
- Možnost maskování hovoru
- Funkce SCAN
- Integrovaný scrambler – možnost zabezpečené komunikace
- Zablokování a odblokování radiostanice na dálku
- Funkce Time out/Timer

Technické parametry základnové radiostanice MOTOROLA GM-360

Technické parametry	
Kmitočtové pásmo VHF	136 – 174 MHz
Počet kanálů	255
Kanálový rastr	12,5/20/25 kHz
Kmitočtová stabilita	±2,5ppm
Provozní teplota	-30°C - 60°C
Impedance antény (Ω)	50 Ω
Rozměry (mm)	186x179x59
Hmotnost	1400g

Vysílač	
Výstupní výkon	1 – 25 W
Modulace	FM
Nežádoucí vyzařování a harmonické produkty	-36dBm<1GHz
FM šum	-60db
Zkreslení audio signálu	3%

Přijímač	
Citlivost	0,30 μ V
Selektivita	-
Potlačení nežádoucích příjmů	-
S/N	-
NF výkon (interní/externí reproduktor)	3W/7,5W
NF zkreslení	3%

Vybrané ostatní funkce:

- Hlasem ovládaný přenos (VOX)
- Talkaround komunikace
- Paměťový kanál
- Hlasová komprese X-Pand™
- Skenování kanál
- Přesměrování hovoru
- Seznamy Status & Contact
- Signalizace zmeškaných hovorů
- Externí alarm

Technické parametry přenosné radiostanice HYT TC-700

Technické parametry	
Kmitočtové pásmo (MHz)	136 – 174 MHz
Počet kanálů	16
Kanálový rastr (kHz)	25/2012,5
Kmitočtová stabilita	±2,5ppm
Provozní teplota (°C)	-30°C - 60°C
Impedance antény (Ω)	50
Rozměry (mm)	122x55x35
Hmotnost (g)	316 (s anténou a baterií)

Vysílač	
Výstupní výkon	5W/2W/1W
Modulace	F3E (FM)
Nežádoucí vyzařování a harmonické produkty	-36dBm<1GHz -36dBm>1GHz
FM šum	45/40 dB

Přijímač	
Citlivost	0,25/0,35 μV
Selektivita	70/60 dB
Potlačení nežádoucího vyzařování (příjmu)	>70 dB
S/N	45/40 dB
NF zkreslení	10%

Vybrané ostatní funkce:

- Hlášení kanálu – radiostanice hlásí číslo kanálu, na kterém byla zapnuta
- Funkce Šepot - účastník je jasně slyšet i pokud mluví do radiostanice potichu.
- Funkce SCAN
- Funkce Time out/Timer
- Maskování hovoru – při naprogramování této funkce na zvolený kanál, znemožňuje odposlech hovoru nepovolaným
- Programem nastavitelný výkon

Technické parametry přenosné radiostanice Motorola GP-340

Technické parametry	
Kmitočtové pásmo (MHz)	136 – 174 MHz
Počet kanálů	16
Kanálový rastr (kHz)	12,5/20/25 kHz
Kmitočtová stabilita	±2,5ppm
Rozměry (mm)	137x57,5x37,5
Hmotnost (g)	420

Vysílač	
Výstupní výkon	1 – 5 W
Nežádoucí vyzařování a harmonické produkty	-
FM šum	-40 dB
Zkreslení audio signálu	3%

Přijímač	
Citlivost	0,25 KV (12 dB SINAD)
Selektivita	60 dB na 12,5 kHz
Potlačení nežádoucího vyzařování (příjmu)	70 dB
Brum a šum	-40 dB při 12,5 kHz
NF zkreslení	3%

Vybrané ostatní parametry a funkce

- Busy Channel Lockout - blokování obsazeného kanálu
- Dočasné odstranění kanálu
- Funkce Šepot - účastník je jasně slyšet i pokud mluví do radiostanice potichu.
- Funkce Repeater talk around
- Funkce SCAN
- Funkce Time out/Timer
- Funkce X-Pand™ (hlasová komprese)
- Funkce přesměrování hovoru
- Hlasem ovládané vysílání (VOX)
- Programem nastavitelný výkon