

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017

Bc. Zdeněk Rada

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra informačních technologií

**Problematika strukturované kabeláže a
polního systému spojení v AČR**

Diplomová práce

Autor: Bc. Zdeněk Rada

Studijní obor: Informační management

Vedoucí práce: Mgr. Josef Horálek, Ph.D.

Hradec Králové

duben 2017

Prohlášení:

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

V Jaroměři 1. 4. 2017

Bc. Zdeněk Rada

Poděkování:

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu Mgr. Josefu Horálkovi, Ph. D. za pomoc, odborné vedení, poskytnutí cenných rad a informací, které mi byly poskytnuty při zpracování této diplomové práce.

Název diplomové práce:

Problematika strukturované kabeláže a polního systému spojení v AČR

Anotace práce:

Diplomová práce je zaměřena na problematiku strukturované kabeláže a polního systému spojení v AČR s cílem analyzovat současný stav strukturované kabeláže v posádce Chrudim. Další část této práce se zabývá specifickými potřebami AČR a testováním polního systému spojení v taktické rádiové datové síti.

V rámci diplomové práce bylo kriticky vyhodnoceno testování průchodnosti paketů taktickou rádiovou sítí a shrnuty základní vlastnosti této sítě.

Title of diploma thesis:

The issue of structured cabling and connections in field of ACR

Annotation:

The diploma thesis is focused on the issue of structured cabling and field connection system in the Czech army forces with the aim of analyzing the current state of structured cabling in the Chrudim garrison. Next part of this work deals with the specific needs of the Army and testing of the field connection system in the environment of the tactical radio data network.

In the thesis is critically evaluated testing of data packets throughput through tactical radio data network and summarized the basics characteristics of this network.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. PROBLEMATIKY STRUKTUROVANÉ KABELÁŽE	2
2.1. Normy a standardy	2
2.2. Definice základních pojmů podle normy ČSN EN 50173-1.....	2
2.3. Kanály a stálé spoje	7
2.4. Kategorie a třídy kabeláží	8
2.5. Média a spojovací prvky strukturované kabeláže	12
2.5.1. Symetrické metalické kabely	12
2.5.2. Optické kabely.....	13
2.5.3. Spojovací prvky	15
2.5.3.1. Spojovací prvky pro symetrické metalické kabely	16
2.5.3.2. Spojovací prvky pro optické kabely	16
2.6. Topologie a struktura univerzálního kabelážního systému	17
2.6.1. Struktura univerzální kabeláže.....	18
2.6.2. Kabelážní subsystémy.....	20
2.6.2.1. Páteřní kabelážní subsystém areálu	20
2.6.2.2. Páteřní kabelážní subsystém budovy.....	21
2.6.2.3. Horizontální kabelážní subsystém	21
2.7. Zásady při výstavbě strukturované kabeláže	22
2.7.1. Datový a telekomunikační rozvaděč.....	23
2.7.2. Stínění kabelového rozvodu.....	24
2.7.3. Značení kabeláže.....	25
2.7.4. Vedení a směrování kabeláže	25
2.7.5. Svazování kabelů a jejich uchycení.....	27
2.7.6. Minimální poloměr ohybu kabelů.....	27
2.7.7. Oddělení kabelů informační techniky od napájecích kabelů	28
2.7.8. Ochrana kabelů před poškozením	29

2.7.9.	Spojování a zakončování optických vláken.....	29
3.	MĚŘENÍ NA STRUKTUROVANÉ KABELÁŽI	31
3.1.	Měření metalické strukturované kabeláže	31
3.1.1.	Měření přenosových parametrů metalické kabeláže.....	31
3.1.2.	Měření kanálu a spoje metalické kabeláže.....	32
3.1.3.	Měření při přebírání metalické strukturované kabeláže	33
3.1.4.	Měření při údržbě metalické strukturované kabeláže	33
3.2.	Měření optické strukturované kabeláže	33
3.2.1.	Měření na optických vláknech přímou metodou.....	34
3.2.2.	Měření na optických vláknech metodou zpětného rozptylu.....	36
4.	ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO KABELÁŽNÍHO SYSTÉMU.....	38
4.1.	Areál vojenského útvaru.....	39
4.2.	Popis komunikační infrastruktury.....	39
4.2.1.	Hlasová komunikace.....	40
4.2.2.	Datová komunikace.....	40
4.2.2.1.	Schéma datové sítě Internet.....	41
4.2.2.2.	Schéma datové sítě CADS	41
4.3.	Stav vybudované strukturované kabeláže	42
4.4.	Dílčí závěr	43
5.	PŘEDSTAVENÍ SPECIFICKÝCH POTŘEB PRO AČR.....	44
5.1.	Druhy polních systémů spojení	44
5.1.1.	Rádiové spojení	44
5.1.2.	Rádioroleové spojení.....	45
5.1.3.	Linkové spojení.....	46
5.1.4.	Satelitní spojení	46
5.2.	Základní druhy spojovacích prostředků.....	47
5.2.1.	Spojovací technika jednotlivce.....	47
5.2.2.	Spojovací vozidlová technika.....	48

5.2.3.	System velení a řízení	52
5.2.4.	Schéma spojení roty.....	53
5.2.5.	Hlavní místo velení.....	53
5.2.6.	Komunikační a informační polní systémy	55
5.2.6.1.	Automatizovaný systém velení a řízení (ASVŘ).....	55
5.2.6.2.	Bojový vozidlový informační systém (BVIS)	57
6.	TESTOVÁNÍ BVISU PRO POTŘEBY AČR	59
6.1.	Úvod do problematiky	59
6.2.	TDS-R.....	60
6.3.	Příprava rádiové datové sítě k provozu	60
6.4.	Příprava rádiové sítě.....	63
6.5.	Parametry sítě.....	63
6.6.	Parametry konkrétního uzlu.....	64
6.7.	Nastavení prostředků	65
6.8.	Bezpečné nastavení prostředků.....	66
6.9.	Testování rádiové datové sítě	67
6.10.	Program WizardMD131 x ModEx 1. 0	68
6.11.	Test přenosových schopností modemů MD 13.1	69
6.12.	Test č.1 bez použití převaděče	69
6.13.	Test č. 2 s použitím převaděčem.....	71
6.14.	Kritické vyhodnocení testování.....	74
6.15.	Souhrn vlastností TDS-R.....	75
7.	ZÁVĚR.....	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	81
	SEZNAM TABULEK	83
	SEZNAM GRAFŮ	84
	SEZNAM PŘÍLOH.....	88

1. Úvod

Při dnešním rychlém rozvoji komunikačních a informačních technologií se problematika strukturovaných kabeláží staví na úroveň všech ostatních inženýrských sítí. Díky tomu vznikly různé standardy, doporučení a normy, které popisují jednotlivé postupy a zařízení těchto kabelážních systémů. Pouze dodržováním těchto daných předpisů jsme schopni zajistit určitou kvalitu kabelážního systému a to především vysokou přenosovou rychlost a malou chybovost přenosu.

Tato diplomová práce se bude zabývat problematikou strukturované kabeláže a polních systémů v AČR se zaměřením na její specifické potřeby a testování polního systému spojení v taktické rádiové datové síti.

Samotná práce bude členěna do několika částí, které odpovídají kapitolám této práce.

V teoretické části budou definovány a objasněny základní pojmy univerzálního kabelážního systému, popsány obecné zásady a metody měření, které by se měly dodržovat při výstavbě strukturované kabeláže. Dále zde budou představeny specifické potřeby AČR.

Praktická část této práce bude zaměřena na analýzu současného stavu strukturované kabeláže u 43. výsadkového praporu, která by mohla posloužit jako podklad pro vypracování projektové dokumentace při budování nové strukturované kabeláže. V praktické části zároveň proběhne otestování taktické datové rádiové sítě, kritické vyhodnocení získaných výsledků a shrnutí základních vlastností taktické datové rádiové sítě.

Cílem této práce bude především vysvětlení problematiky strukturované kabeláže a následné provedení analýzy současného stavu strukturované kabeláže v posádce Chrudim, specifikace potřeb AČR a otestování průchodnosti paketů přes taktickou rádiovou datovou síť používanou pro bojový informační systém.

2. Problematiky strukturované kabeláže

Strukturovaná kabeláž a její realizace vychází z řady platných mezinárodních norem a standardů, které obsahují požadavky a specifikaci kvality kabelových rozvodů informační techniky.

2.1. Normy a standardy

Tato práce vychází z norem EIA/TIA 568A/B (US norma), ISO 11801 (mezinárodní norma shodná s EN 50173), EN 50173 (evropská norma) a především z českých norem ČSN EN 50173 (Univerzální kabelážní systémy) a ČSN EN 50174 (Instalace kabelových rozvodů). Výše uvedené normy a standardy rozdělují výstavbu strukturované kabeláže do několika fází:

- **Návrh** – zajišťuje koncept stavby, požadavky na výběr materiálu, složek kabelových rozvodů a vytvoření návrhu.
- **Specifikace** – požadavky na instalaci kabeláže a stavitelské služby.
- **Plánování** – požadavky na zamýšlené instalace kabeláží informačních technologií.
- **Realizace** – instalace kabeláží informačních technologií.
- **Provoz** – správa a údržba instalovaných kabeláží informačních technologií.

2.2. Definice základních pojmů podle normy ČSN EN 50173-1

Problematiku strukturované kabeláže lze vymezit řadou důležitých pojmů, které je dobré objasnit. Zde jsem vypsál z normy ty nejvýznamnější [3]:

aplikace (*application*) – systém s přidruženou metodou přenosu, která je podporována telekomunikační kabeláží,

areál (*campus*) – prostory s jednou nebo více budovami,

externí síťové rozhraní (*external network interface*) – bod ohraničení mezi externí a privátní sítí,

hybridní kabel (*hybrid cable*) – soustava dvou nebo více různých typů nebo kategorií kabelů nebo kabelových skupin, obsažených pod jedním společným pláštěm, může být celkově stíněný,

index lomu (*refractive index*) – je to bezrozměrná fyzikální veličina popisující šíření světla a všeobecně elektromagnetického záření v látkách, značí se n nebo N ,

informační a komunikační technologie (*information and communication technologies*) – skupina aplikací používajících informační a komunikační (telekomunikační) technologie,

kabel (*cable*) – sestava jedné nebo více kabelových skupin téhož typu a kategorie pod jedním vnějším pláštěm, může obsahovat celkové stínění,

kabeláž (*cabling*) – systém telekomunikačních kabelů, šnůr a spojovacích technických prostředků, který podporuje provoz zařízení informační technologie,

kabelová skupina (*cable unit*) – jednoduchá sestava jednoho nebo více kabelových prvků téhož typu nebo kategorie, může mít stínění,

kabelový prvek (*cable element*) – nejmenší konstrukční jednotka v kabelu, může mít stínění,

kanál (*channel*) – jakákoliv přenosová cesta, obsahující pasivní kabelážní prvky mezi zařízeními pro specifickou aplikaci nebo mezi zařízeními pro specifickou aplikaci a externím síťovým rozhraním,

klasifikace MICE (*MICE classification*) – klasifikační systém, popisující podmínky místního prostředí pro kanál, které jsou založeny na mechanickém (M), průnikovém (I), klimatickém a chemickém (C) a elektromagnetickém činiteli,

klíčování (*keying*) – mechanická vlastnost konektorového systému, která zaručí správnou orientaci spojení a zabrání spojení do zásuvky nebo optického adaptéru téhož typu, určeného k jinému účelu,

koaxiální kabel (*coaxial cable*) – kabel, jehož přenosové vedení je ve formě dvou koaxiálních vodičů (nesymetrický kabel),

konsolidační bod (*consolidation point*) – místo přechodu v horizontálním subsystému a je vkládán mezi datový rozvaděč podlaží a telekomunikační zásuvky,

kroucený pár (*twisted pair*) – prvek kabelu, obsahující dva izolované vodiče, které jsou spolu určeným způsobem zkrouceny tak, aby se vytvořilo symetrické přenosové vedení,

křížová čtyřka (*star quad*) – kabelový prvek, skládající se ze čtyř zkroucených izolovaných vodičů, dva protilehlé vodiče tvoří přenosový pár,

křížové přepojování (*cross connect*) – metoda připojení kabelážního subsystému k zařízení (nebo k jinému kabelážnímu subsystému) použitím propojovací šnůry nebo propojky,

maloformátový konektor (*small form factor connector*) – optický konektor konstruovaný pro použití dvou nebo více optických vláken s alespoň stejnými montážními rozměry sestavy,

místnost zařízení (*equipment room*) – místnost vyhrazená k umístění rozvodných uzlů a zařízení pro specifickou aplikaci,

nestíněný kabel (*unscreened cable*) – symetrický kabel bez jakéhokoliv stíněný,

optický duplexní adaptér (*optical fibre duplex adapter*) – mechanické zařízení, určené k navedení a spojení dvou optických duplexních konektorů,

optický duplexní konektor (*optical fibre duplex connector*) – zařízení pro mechanické zakončení, určené k přenosu optického výkonu mezi dvěma páry optických vláken,

optický kabel (*optical fibre or optical cable*) – kabel, skládající se z jednoho nebo několika optických vláken,

ovládání, řízení a komunikace v budovách (*commands, control and communications in buildings*) – skupina aplikací jakými jsou řízeny zařízení a regulace v budovách,

pár (*pair*) – kroucený pár nebo jedna polovina (dva protilehlé vodiče) křížové čtyřky,

páteřní kabel areálu (*campus backbone cable*) – kabel, spojující rozvodný uzel areálu s rozvodným uzlem budovy, může také propojovat rozvodné uzly budov,

páteřní systém budovy (*building distributor*) – kabel, spojující rozvodný uzel budovy s rozvodným uzlem podlaží, také mohou propojovat rozvodné uzly podlaží v téže budově,

propojka (*jumper*) – kabel, kabelová skupina nebo kabelový prvek bez konektorů, který se použije k provedení spojení na křížovém přepojovacím poli,

propojovací šňůra (*patch cord*) – šňůra, používaná ke zřízení spojení na přepojovacím panelu,

propojovací šňůra zařízení (*equipment cord*) – šňůra, spojující zařízení s rozvodným uzlem,

přepojovací panel (*patch panel*) – přepojovací pole, určené k používání propojovacích šňůr,

přímé přepojování (*interconnect*) – metoda připojení kabelážního subsystému k zařízení (nebo jinému kabelážnímu subsystému) bez použití propojovací šňůry nebo propojky,

přípojka budovy (*building entrance facility*) – vybavení, poskytující všechny potřebné mechanické a elektrické služby, které odpovídají všem příslušným předpisům pro vstup telekomunikačních kabelů do budovy a které může poskytnout přechod z externího na interní kabel,

rozvodný uzel areálu (*campus distributor*) – rozvodný uzel, ze kterého vychází páteřní kabeláž areálu,

rozvodný uzel budovy (*building entrance facility*) – rozvodný uzel, ve kterém končí páteřní kabely budovy a do kterého lze připojit páteřní kabely areálu,

rozvodný uzel podlaží (*floor distributor*) – rozvodný uzel, používaný ke spojení mezi páteřním kabelážním subsystémem budovy,

rozvodný uzel (*distributor*) – výraz, používaný pro soubor prvků (například přepojovacích šňůr), které se používají ke vzájemnému propojení kabelů,

spoj (*link*) – přenosová cesta mezi dvěma specifickými zkušebními rozhraními univerzální kabeláže,

spojení (*connection*) – spojovací zařízení nebo kombinace zařízení zahrnující zakončení, používané ke spojení kabelů nebo kabelových prvků s ostatními kabely, kabelovými prvky nebo zařízeními pro specifickou aplikaci,

spojka (*splice*) – spojení vodičů nebo vláken zpravidla ze samostatných kabelů,

správa (*administration*) – metodologie, definující požadavky na dokumentaci kabelážního systému a jeho udržování, označení funkčních prvků a proces, kterým jsou zaznamenávány pohyby, doplňky a změny,

stálý spoj (*permanent link*) – přenosová cesta mezi jakýmkoliv dvěma zkušebními rozhraními v rámci spoje v kabelážním subsystém, zahrnující spojovací technické prostředky na obou koncích,

stíněný kabel (*screened cable*) – sestava dvou nebo více kabelových prvků se symetrickými kroucenými páry nebo jednoho, popřípadě více kabelových prvků křížových čtyřek, zda každý prvek je samostatně stíněn anebo jsou prvky obsaženy společným stíněním,

stíněná kabeláž (*screened cabling*) – systém telekomunikačních kabelů, šňůr a spojovacích technických prostředků, z nichž každý obsahuje stínění, která jsou vzájemně propojena,

symetrický kabel (*balanced cable*) – kabel, sestávající z jednoho nebo více metalických symetrických kabelových prvků (kroucených párů nebo čtyřek),

šňůra (*cord*) – kabelová skupina nebo prvek s minimálně jedním zakončením,

rozhraní zařízení (*equipment interface*) – bod, ve kterém může být připojeno zařízení pro specifickou aplikaci k univerzální kabeláži nebo kabeláži přístupu do sítě,

telekomunikace (*telecommunications*) – technický obor, zabývající se přenosem, vysíláním a příjmem znaků, signálů, písemných záznamů, obrazů a zvuky, tj. informacemi libovolné povahy po kabelu, rádiem, optickým nebo jinými elektromagnetickými systémy,

telekomunikační místnost (*telecommunications room*) – uzavřený prostor, sloužící k umístění telekomunikačního zařízení, zakončení kabelů a kabeláže pro křížové přepojování,

univerzální kabeláž (*generic cabling*) – strukturovaný telekomunikační kabelážní systém, který je schopen podporovat široký rozsah aplikací, technické prostředky pro specifické aplikace nejsou součástí univerzální kabeláže,

víceskupinový kabel (*multi-unit cable*) – symetrický kabel s více než čtyřmi páry,

zkušební rozhraní (*test interface*) – místo, ve kterém může být na univerzální kabeláž napojeno zkušební zařízení.

2.3. Kanály a stálé spoje

K objasnění pojmů kanály a stálé spoje vycházíme z normy ČSN EN 50173-4 a ČSN EN 50173-1. K lepšímu pochopení těchto pojmů přispěje „*Obrázek 2.1 Kanál a stálý spoj s konsolidačním bodem*“. [3] [6]

2.3.1. Kanál

Je jakákoliv přenosová cesta mezi koncovými body, spojující dvě libovolná aktivní zařízení. Kanál obsahuje pouze pasivní úseky kabelu, šňůry zařízení, šňůry pracoviště, propojovací šňůry a spojky. Rozdělují se podle svých parametrů do tříd A-F, které jsou určovány pro přenos aplikací příslušných tříd.

2.3.1.1. Klasifikace prostředí kanálu

Kanál může procházet různými místy a tím je podroben rozdílným podmínkám prostředí. Všeobecně je možné klasifikovat prostředí kanálu použitím jakékoliv kombinace MICE např. $M_2I_1C_3E_1$, viz „*Tabulka 2.1 Prostředí pro kanály*“.

Tabulka 2.1 Prostředí pro kanály

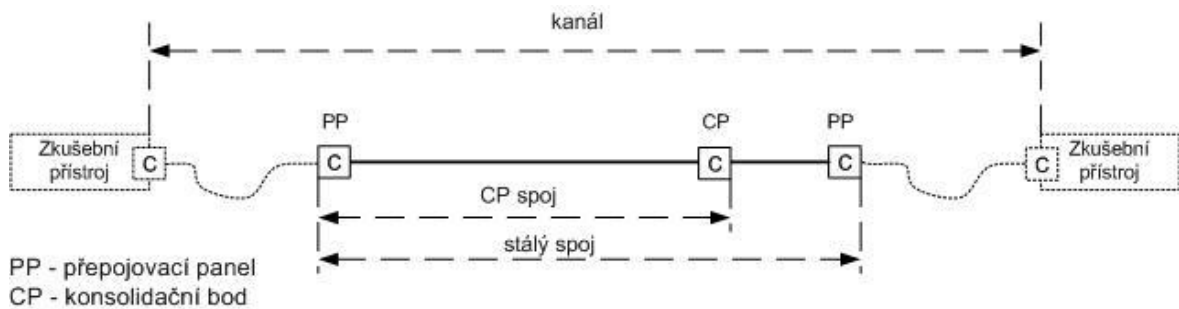
Parametr	Třída prostředí		
	1	2	3
Mechanické hodnocení	M ₁	M ₂	M ₃
Hodnocení průniku	I ₁	I ₂	I ₃
Klimatické a chemické hodnocení	C ₁	C ₂	C ₃
Elektromagnetické hodnocení	E ₁	E ₂	E ₃

Zdroj: ČSN EN 50173-1 Univerzální kabelážní systémy [3]

Parametry klasifikací prostředí jsou definovány, viz „Příloha č. 1 Podrobnosti pro klasifikaci prostředí“.

2.3.2. Stálý spoj

Je přenosová cesta mezi jakýmkoliv dvěma rozhraními nebo třemi rozhraními univerzální kabeláže (vyskytuje-li se v kabeláži konsolidační bod CP, včetně spojovacích technických prostředků na obou koncích). Nezahrnuje šňůry zařízení a šňůry pracoviště. Stálý spoj se podle přenosových vlastností také dělí do tříd A-F.



Obrázek 2.1 Kanál a stálý spoj s konsolidačním bodem [Zdroj: autor]

2.4. Kategorie a třídy kabeláží

Jednotlivé kategorie a třídy kabeláží jsou specifikovány normami ČSN EN 50173-1 a EIA/TIA 568.

2.4.1. Kategorie kabeláží

V dnešní době rozlišujeme jednotlivé skupiny kabeláží podle jejich vlastností, hlavně podle šířky pásma, kterou jsou schopny zabezpečit pro dané aplikace. [1] [3]

Kategorie 1 (Cat. 1) – již není uváděna ve standardu TIA/EIA. Byla využívána v minulosti pro telefonní komunikaci (analogové telefonní rozvody), ISDN a nebo např. jako kabel k domovnímu zvonku. Nebylo určeno pro přenos dat. Maximální přenosová rychlost byla do 1Mbit/s.

Kategorie 2 (Cat. 2) – taktéž není uváděna ve standardu TIA/EIA. Tato kategorie byla používána pro 4Mbit/s Token Ring sítě (telefonní přípojky, ISDN, Ethernet 10baseT. Maximální šířka pásma byla 1,5MHz.

Kategorie 3 (Cat. 3) – v dnešní době jako první kategorie, která je uvedena ve standardu TIA/EIA 568B. U prvních sítích se komponenty této skupiny používaly pro přenos hlasu i dat, ale v dnešní době se již používají pouze pro telefonní rozvody (propojovací ISDN panely, kabely k telefonní ústředně či propojovací šňůry k telefonnímu přístroji). Využívána pro sítě s přenosovým pásmem do 16 Mbit/s a maximální přenosové rychlosti 10Mbit/s (protokol 10Base-T).

Kategorie 4 (Cat. 4) – tato třída se již téměř neuplatňuje. Byla používána v minulosti pro přenos s šířkou pásma do 20MHz pro sítě Token Ring s přenosovou rychlostí 16Mbit/s. Tato kategorie byla silně zastoupená především v USA společností IBM. V evropských standardech nebyla nikdy zmíněna.

Kategorie 5 (Cat. 5) – schválena v roce 1995 a nyní již nahrazena kategorií 5E. V současnosti již není uváděna v TIA/EIA standardu. Šířka pásma je zde do 100MHz a je využívána pro 100Mbit/s sítě (Fast Ethernet, protokol 100Base-T). Stejně jako v případě kategorie 3 a 4, se jedná již o historickou kategorii.

Kategorie 5E (Cat. 5E) – definována v novější verzi standardu TIA/EIA 568B. Vychází z kategorie 5 a má i stejnou šířku pásma 100MHz a umožňuje jak přenos

100Mbit/s, tak 1Gb/s v sítích Ethernet. Asi nejrozšířenější a nejvíce využívaná kategorie, při navrhování nových sítích.

Kategorie 6 (Cat. 6) – tato kategorie byla schválena v roce 2002 a je definována ve standardu TIA/EIA 568B. Šířka pásma až 250MHz. Tato vyšší větší šířka pásma a vyšší kvalita komponent zajišťuje vynikající spolehlivost přenosu Gigabit Ethernetu (1Gb/s) a zároveň podporu dalších protokolů (1000Base-T, 1000Base-TX a částečně i 10GBase-T), to je zhruba 55m u nestíněné kabeláže a 100m u stíněné kabeláže. Využití této kategorie je vhodné pro páteřní rozvody. V současnosti se začíná používat do nově budovaných kabelážních systémů.

Kategorie 6A (Cat. 6A) – je nejnovější kategorie, která vznikla v roce 2008. Nová specifikace definována ve standardu TIA/EIA 568B pro šířku pásma 500MHz. Především použití pro 10Gbits (10GBaseT) aplikace v páteřních sítích, při použití stíněné i nestíněné kabeláže na všechny vzdálenosti, které jsou v metalické kabeláži běžné.

Kategorie 7 (Cat. 7) – schválena v roce 2002. Pracovní frekvence je 600 MHz. Používá plně stíněný kabel, každý pár je zvlášť stíněn a ještě je kabel celkově stíněný. Nevýhodou je větší hmotnost a menší poloměr ohybu a také poměrně vysoká cena.

Kategorie 7A (Cat. 7A) – je specifikován pro přenos signálu do 1200 MHz. Výkonové charakteristiky ho předurčují k přenosu aplikací 10 Gigabitového Ethernetu. Kabel má vynikající přenosové parametry. Lze jej proto použít jako páteřní datový kabel. Je vhodný též pro přenos multimediálních aplikací, či ke sdílení pasivní kabeláže pro přenos více služeb na jednom fyzickém kabelu.

Kategorie optická – zahrnuje datové aplikace s vysokou bitovou rychlostí. Spoje jsou realizovány optickými kabely využívající šířku pásma od 10 MHz. Využívá se pro Fast Ethernet, 100baseFX, Fast Ethernet 100baseFL, Gigabit Ethernet 1000baseSX, Gigabit Ethernet 1000baseLX.

2.4.2. Třídy kabeláží

Kanály strukturované kabeláže jsou rozděleny do jednotlivých tříd podle toho, jaké minimální přenosové vlastnosti jsou schopny poskytnout pro podporu aplikací příslušné třídy. Kanály dané třídy podporují všechny aplikace nižší třídy. [1] [3]

Třída A – není určena pro přenos, podporuje aplikace o šířce pásma do 100kHz. V dnešní době se tato třída nevyužívá. Dříve bylo využítí pro telefonní komunikaci (ISDN).

Třída B – určena pro datové aplikace se střední rychlostí. Jedná se o kabeláž s měděnými vodiči. Pouze pro telefonní přenos (analogové telefonní rozvody, ISDN).

Třída C – zahrnuje datové aplikace s vysokou rychlostí. Kabeláž s měděnými vodiči, případně kanálů, šířka pásma do 16MHz. Využití pro Token Ring 16Mbit/s, Fast Ethernet 100BaseT.

Třída D – pro aplikace s vysokou rychlostí, šířka pásma do 100MHz. Využití pro Fast Ethernet 100BaseTX, Token Ring 100Mbit/s, Gigabit Ethernet 1000baseT.

Třída E – pro datové aplikace s velmi vysokou rychlostí. Kabeláž s měděnými vodiči, případně kanálů, šířka pásma do 250MHz.

Třída F – zahrnuje datové aplikace s velmi vysokou rychlostí. Kabeláž s měděnými vodiči, případně kanálů, kabely jsou plně stíněné, šířka pásma do 600MHz.

Třída optická – pro datové aplikace s velmi vysokou rychlostí. Jedná se o spoje s optickými kabely, případně kanály. Je zde široká škála využití, není omezena jako u metalických kabelů. Šířku pásma od 10 MHz. Fast Ethernet 100baseFX, Fast Ethernet 100baseFL, Gigabit Ethernet 1000baseSX, Gigabit Ethernet 1000baseLX.

2.5. Média a spojovací prvky strukturované kabeláže

Média a spojovací prvky strukturované kabeláže slouží pro potřeby přenosů dat v počítačových sítích, přenos hlasu v telefonních sítích a často plní i další úlohy v komunikačních systémech budov. Jednotlivá média a spojovací prvky musí být odolná vůči přeslechům, odolná vůči narušení z vnějšku elektrického pole (šum) a také snadno instalovatelná a demontovatelná. Při výstavbě jednotlivých částí strukturované kabeláže může být použito různých typů médií, viz „*Tabulka 2.2 Používaná média dle ČSN EN 50173-1*“.

Tabulka 2.2 Používaná média dle ČSN EN 50173-1

Subsystém	Typ média	Doporučené použití	Doporučení ČSN EN 50173
Horizontální kabeláž	Symetrické kabely	Hlas a data	Upřednostňovaný - 100 Ω souměrný kabel
	Optické vlákno	Data	Upřednostňovaný - 100 Ω souměrný kabel, alternativní - 120 Ω souměrný kabel
Páteřní kabeláž budovy	Symetrické kabely	Hlas a data s malou až velkou rychlostí	Upřednostňovaný - 100 Ω souměrný kabel Alternativní - 120 Ω souměrný kabel
	Optické vlákno	Data se střední až velkou rychlostí	Upřednostňovaný - vícevidový kabel s optickými vlákny 50/125 μm Alternativní - vícevidový kabel s optickými vlákny 62,5/125 μm
Páteřní kabeláž areálu	Optické vlákno	Pro většinu aplikací (použitím optického vlákna lze překonat rozdíly potenciálu uzemnění a jiné zdroje interference)	Upřednostňovaný - vícevidový kabel s optickými vlákny 50/125 μm Alternativní - vícevidový kabel s optickými vlákny 62,5/125 μm

Zdroj: ČSN EN 50173-1 Univerzální kabelážní systémy [3]

2.5.1. Symetrické metalické kabely

Metalické kabely se skládají z osmi samostatně zapouzdrěných měděných vodičů uspořádaných do čtyř párů krouceného drátu (Twisted Pair), viz „*Obrázek 2.2 Kroucená dvojlinka (Twisted Pairs)*“. Každý pár je jinak zbarven. V páru je vždy druhý drát bílý doplněn odpovídající barvou. Důvodem barevného odlišení je usnadnění osazování zásuvek a panelů, neboť jejich konektory mají odpovídající barevné značení.



Obrázek 2.2 Kroucená dvojlinka (Twisted Pairs) [22]

Dle normy ČSN EN 50173-1 rozlišujeme dva základní typy kabelů [3]:

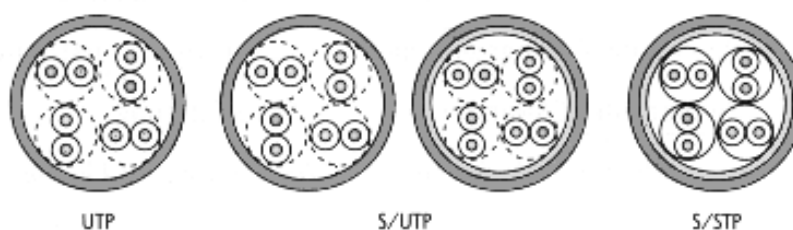
– **UTP (unshielded twisted pair)**

Obsahuje čtyři páry kroucených vodičů. UTP kabel nemá žádné stínění. Rozdíl mezi kategoriemi spočívá v těsnosti kroucených párů linek. Každý pár má odpovídající barevné značení a jinou délku krutu. Tento kabel je velice levný, má dobrou ohebnost a dobře se s ním manipuluje.

– **STP (shielded twisted pair)**

Skládá se také ze čtyř párů kroucených vodičů. Každý pár má odpovídající barevné značení, jinou délku krutu a také své vlastní stínění. Používá se především v prostředí náchylných k elektromagnetické interferenci.

Dále mohou být kabely doplněny, jak částečným stíněním jednotlivých párů kroucených vodičů, tak celkovým stíněním kabelu, viz „Obrázek 2.3 Typy kabelů a jejich stínění“.



Obrázek 2.3 Typy kabelů a jejich stínění [23]

2.5.2. Optické kabely

Vysokorychlostní komunikace na větší vzdálenosti patří jednoznačně optickým přenosům po optických kabelech (optických vláknech). Optické kabely se používají

pro přenos na velkou vzdálenost a informace je možné přenášet rychlostí více než 10GB/s. Přenos informací po optických vláknech je založen na principu úplného odrazu světla. Optická vlákna se používají místo kovových vodičů, protože signály jsou přenášeny s menší ztrátou a zároveň jsou vlákna imunní vůči elektromagnetickému rušení. Optické kabely jsou vyráběny většinou v páru, kde každé vlákno slouží pro komunikaci v jednom směru. Optické vlákno lze velice těžko odposlechnout.

Optický kabel se skládá z čirého plastického vlákna, které nese světelné impulsy. Na velké vzdálenosti jsou vždy používána vlákna skleněná z důvodu nižších optických útlumů. Uprostřed kabelu je jádro, které obklopuje zrcadlová vrstva, ta se nazývá obalový plášť. Tento plášť má na sobě distanční proužek a ochrannou vrstvu z tkaných kevlarových vláken. Povrch kabelu tvoří teflon nebo PVC.

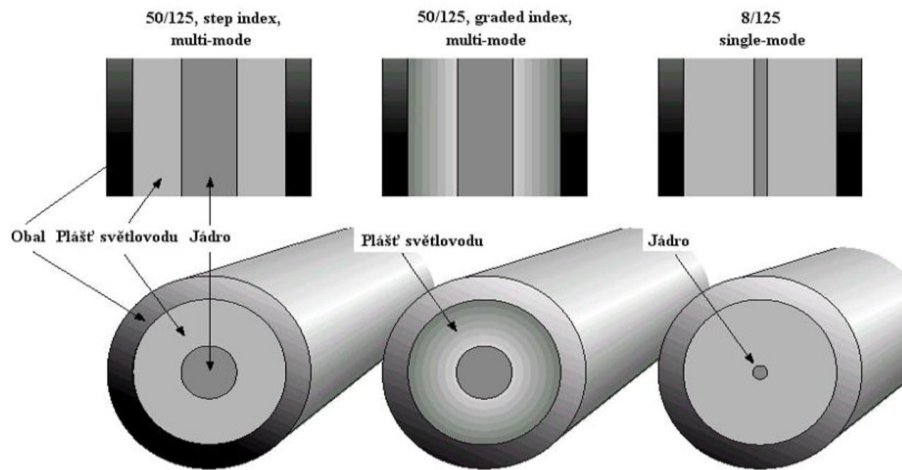
Optická vlákna rozlišujeme na dva typy [2]:

– **Jednovidové optické vlákno (single-mode)**

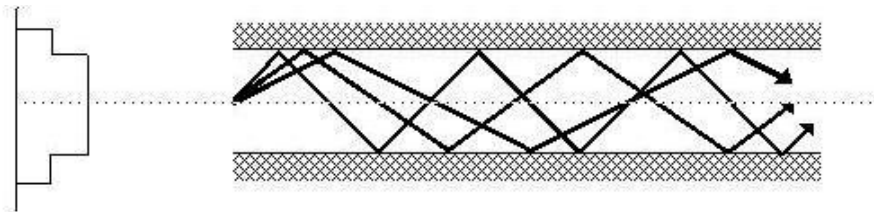
Používá se pro přenos dat na větší vzdálenosti. Jádro optického vlákna je velmi úzké (méně než 10 mikrometrů - μm). Jednovidový optický kabel je schopen vést jen jeden jediný světelný vid (jediný paprsek) a má velmi malý útlum. Pro přenos na jednovidových vláknech se využívají vlnové délky 1310 a 1550 nanometrů - nm.

– **Mnohovidové optické vlákno (multi-mode)**

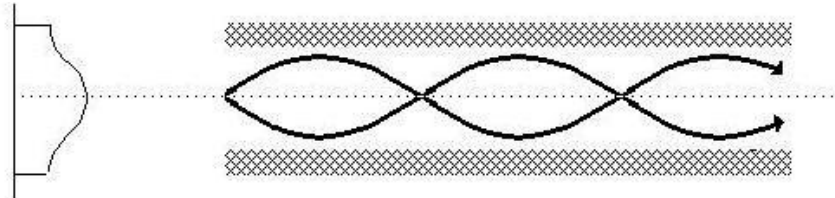
Nejčastěji se používá na pro komunikaci na krátké vzdálenosti. Jádro optického vlákna je větší než 10 μm . Světelný paprsek optického vlákna má více prostoru a tím může v jádru probíhat více cestami. Pro přenos na mnohovidových vláknech se využívání vlnové délky 850 a 1300 nm. Mnohovidová vlákna jsou dvojího typu: se *stupňovitým indexem lomu* (kabel se skokovou změnou v indexu lomu), kde jádro má nižší index lomu než plášť a s *gradientním indexem lomu* (kabel s postupnou změnou indexu lomu), kde index lomu je nejmenší uprostřed vlákna a díky tomu vede lépe světelný signál a má nižší útlum i menší disperzi (rozptyl).



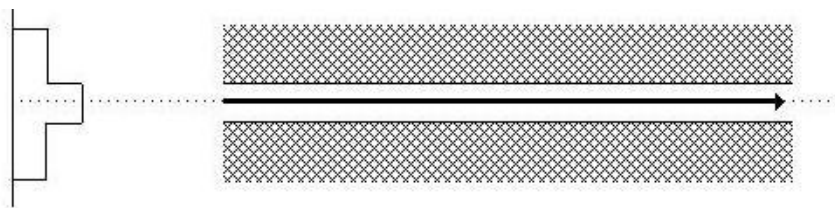
Obrázek 2.4 Řezy jednotlivých typů optických kabelů [24]



Obrázek 2.5 Mnohovidové vlákno se stupňovitým indexem lomu (step index) [25]



Obrázek 2.6 Mnohovidové vlákno s gradientním indexem lomu (graded index) [25]



Obrázek 2.7 Jednovidové vlákno (single mode) [25]

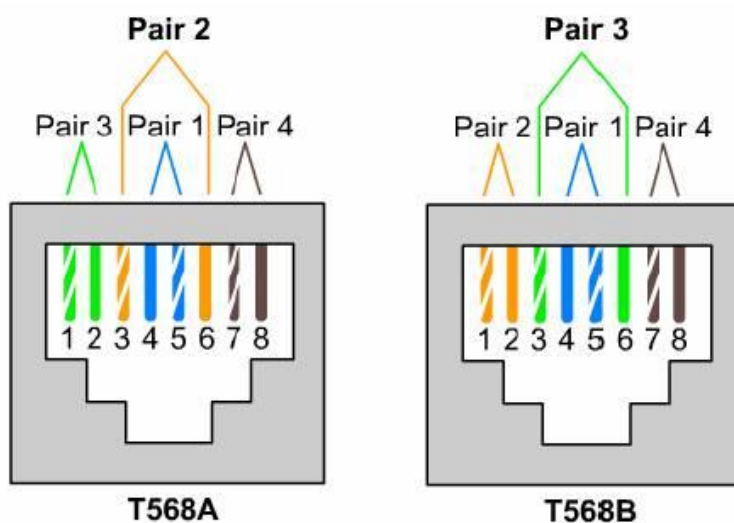
2.5.3. Spojovací prvky

Použití spojovacích prvků slouží jako prostředek k vzájemnému propojení kabeláže pomocí různých druhů koncovek, spojek a kabelů přepojovacích polí, k označení a uspořádání vedení kabelů, k měření kabeláže a její kontrole a k ochraně

proti fyzickému poškození. Spojovací prvky jsou umisťovány do rozvodných uzlů areálu, budov, podlaží, do míst přechodu horizontální kabeláže a dalších telekomunikačních rozvodů. Při instalaci spojovacích prvků se musí postupovat tak, aby došlo k co nejmenšímu zhoršení signálu.

2.5.3.1. Spojovací prvky pro symetrické metalické kabely

Nejčastěji používaným spojovacím prvkem symetrické metalické kabeláže je konektor RJ-45, který může být buď stíněný nebo nestíněný. Podle normy TIA/EIA 568A/B existují dva způsoby zapojení párů a konektorů a to T568A nebo T568B, viz „Obrázek 2.8 Zapojení vodičů dle T568A a T568B“. Časteji se používá zapojení T568B. Jediný rozdíl je, že jsou zaměněny páry 2 a 3. Při instalaci konektoru na kabel je nutné dodržet barevné označení jednotlivých párů, při nedodržení barevného označení ztrácíme základní vlastnost strukturované kabeláže a to univerzálnost. K nasazení koncovky na kabel se používají krimpovací kleště. [1]



Obrázek 2.8 Zapojení vodičů dle T568A a T568B [26]

2.5.3.2. Spojovací prvky pro optické kabely

Optické kabely je nutné spojovat kvůli tomu, že se vyrábějí v omezených výrobních délkách a často jsme nuceni spojit různé typy optických kabelů. Spojovací prvky pro optická vlákna rozlišujeme na rozebíratelné, podmíněčně rozebíratelné a nerozebíratelné spoje. Hlavním zástupcem rozebíratelných spojů je konektor, který poskytuje opakovatelné spojení a rozpojení spoje bez jakýchkoliv následků.

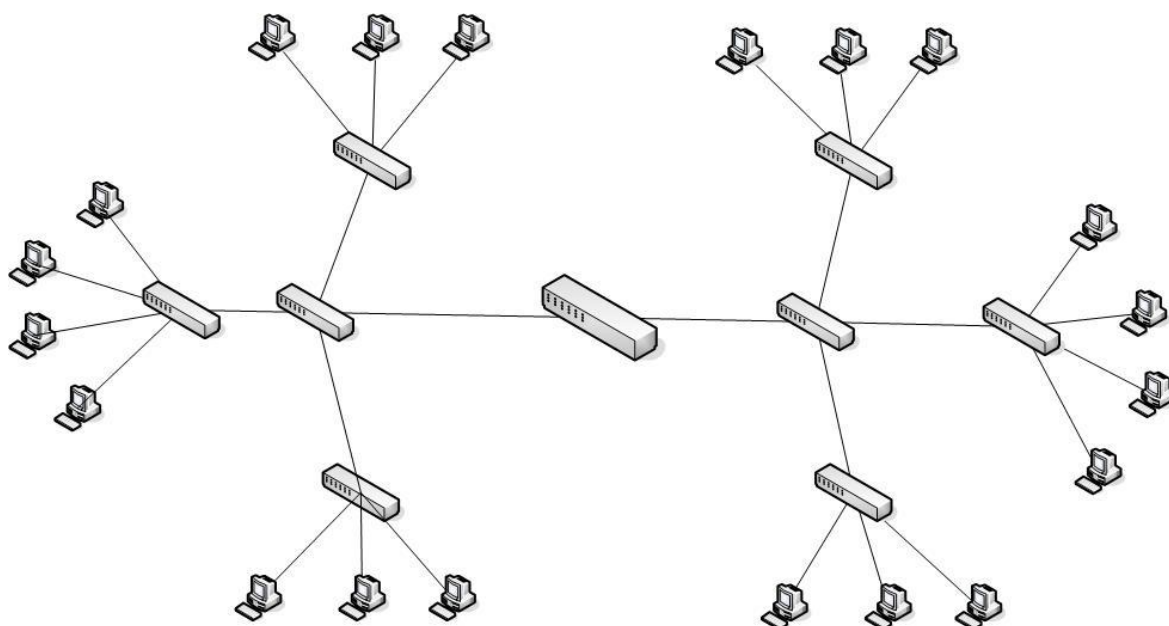
Podmínečně rozebíratelné spoje se dají rozebrat, ale nejsou k rozebírání určeny. Tyto spoje tvoří mechanické spojky. Nerozebíratelné spoje, kde hlavním představitelem je svár, který je nejlepším a zároveň také poměrně drahým spojem, díky nutnosti použití speciální svářečky. Na spojování vláken jsou kladeny požadavky a to především na spolehlivost spoje, vysoký stupeň automatizace (zaručena, co nejvyšší přesnost) a malé nároky na kvalifikaci obsluhy. Spojovací prvky jsou vyráběny podle běžných standardů ST, SC, FC, viz „Obrázek 2.9 Optické konektory dle jednotlivých standardů“ nebo miniaturní podle standardu VF45, MT-RJ, LC, samozřejmě v jedno i mnohovidovém režimu.



Obrázek 2.9 Optické konektory dle jednotlivých standardů [27]

2.6. Topologie a struktura univerzálního kabelážního systému

Topologie univerzálního kabelážního systému vychází z filosofie ethernetu a tzv. zborcené páteře (collapsed backbone). Univerzálnost a flexibilitu, kterou nám umožňuje strukturovaná kabeláž je odvozena od její topologie. Tyto zásadní vlastnosti jsou zaručeny díky hierarchické hvězdicové topologii, známé také jako stromová topologie, viz „Obrázek 2.10 Hierarchická hvězdicová topologie. Tato topologie je tvořena kombinací hvězdicové a sběrníkové topologie nebo spojením více hvězd do další hvězdice. Jejím základem je páteřní vedení, ke kterému jsou připojeny další části.



Obrázek 2.10 Hierarchická hvězdicová topologie [Zdroj: autor]

Mezi hlavní výhody této topologie patří:

- jednoduchá správa systému,
- snadná lokalizace problému,
- snadná změna konfigurace sítě,
- zvýšená bezpečnost při komunikaci.

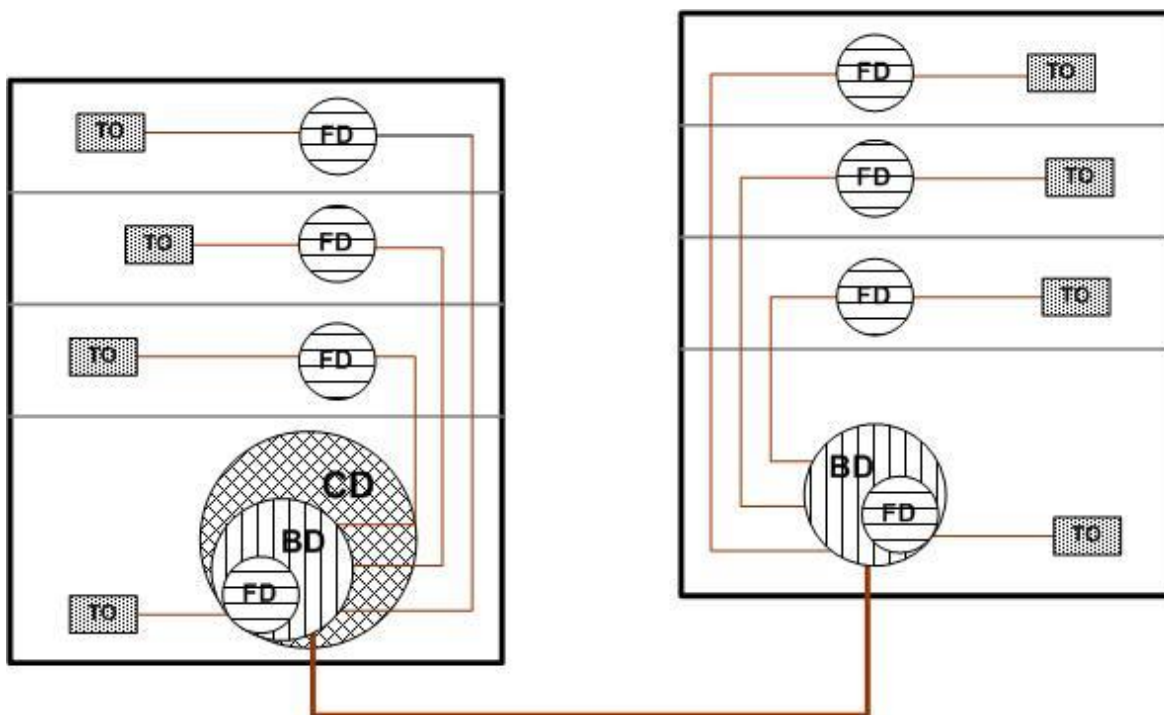
K hlavním nevýhodám této topologie patří:

- větší spotřeba spojovacích kabelů,
- finanční náročnost,
- porucha jednoho aktivního prvku (switche) může mít za následek výpadek velké části sítě.

2.6.1. Struktura univerzální kabeláže

Kabelážní systém popisuje užití, spojování a specifické užití páteřních funkčních prvků univerzální kabeláže nezávisle na typu prostor, ve kterých je kabeláž instalována, dále popisuje, jak se spolu spojují, aby se vytvořily páteřní kabelážní subsystemy a určuje rozhraní, na která jsou tyto prvky pro specifické aplikace

zřízen nejlépe na každém patře. **TO** jsou budovány v jednotlivých místnostech do zdí nebo dle požadavků na informační prostředky. Na 10m² by měly být zřízeny minimálně dvě datové zásuvky a délka kabeláže k pracovišti by neměla překročit 5 m. [3]



Obrázek 2.12 Princip uspořádání funkčních prvků strukturované kabeláže [Zdroj: autor]

2.6.2. Kabelážní subsystémy

Univerzální kabelážní systémy se dělí dle normy ČSN EN 50173-1 na tři vzájemně spojené subsystémy [3]:

- páteřní kabelážní subsystém areálu,
- páteřní kabelážní subsystém budovy,
- horizontální kabelážní subsystém.

2.6.2.1. Páteřní kabelážní subsystém areálu

Páteřní kabelážní subsystém areálu spojuje rozvodným uzlem areálu a rozvodným uzlem budovy. Do tohoto subsystému zahrnujeme páteřní kabely areálu, mechanické zakončení těchto kabelů v příslušných uzlech, přípojky budovy,

přepojovací pole v rozvodném uzlu areálu, spojení pomocí přímého či křížového přepojování v CD i v BD a propojovací šňůry nebo spojky na CD. Šňůry jednotlivých zařízení nejsou součástí kabelážního subsystému. Někdy se může stát, že CD může splývat s BD a páteřní kabeláž areálu dosahuje až k FD.

Maximální délku páteřní kabeláže, kterou jsme schopni instalovat pomocí optických kabelů nám určuje typ vlákna, jeho kvalita v podobě šířky vlákna, a také rychlost přenosu dat. Čím vyšší je rychlost, tím menší bude dosah. Současná norma ČSN EN 50174 – 1 Univerzální kabelážní systémy nám stanovuje různé maximální délky pro příslušné podmínky v délkách 300, 500 a 2000 m u multi-mode a single-mode vláken. [8]

U provozů, které kladou větší nároky na stupeň spolehlivosti a bezpečnosti systému, se v páteřních rozvodech realizují redundantní trasy. Ty mohou být buď přímé, nebo nepřímé, které se realizují přes další rozvodný uzel.

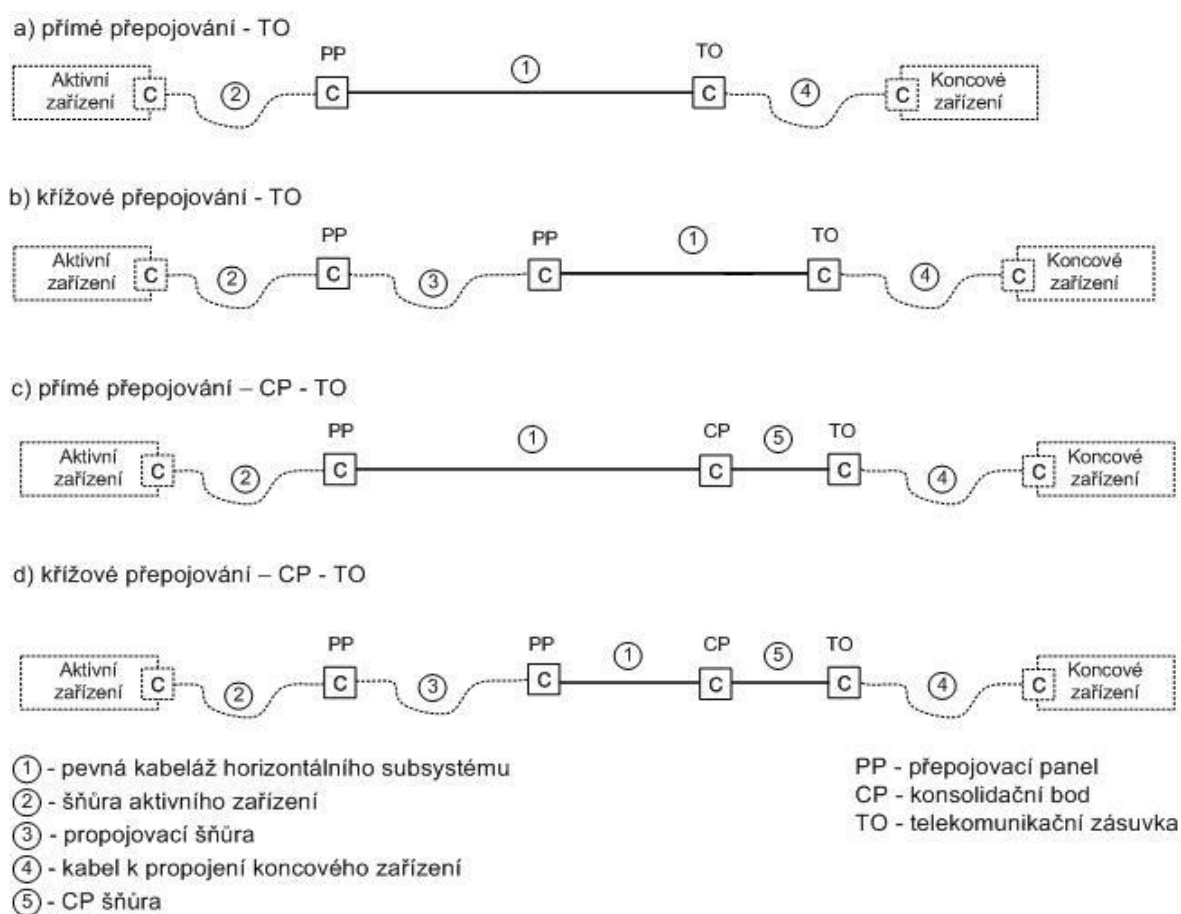
2.6.2.2. Páteřní kabelážní subsystém budovy

Subsystém páteřní kabeláže budovy sahá od rozvodného uzlu budovy až po rozvodné uzly podlaží, které jsou k němu připojeny. Tento subsystém je tvořen páteřními kabely budovy, mechanickými zakončeními těchto kabelů v rozvodných uzlech a přepojovacím polem v rozvodném uzlu budovy, spojením pomocí přímého či křížového přepojování v BD i v FD a propojovacími šňůrami nebo spojkami na CD. Šňůry jednotlivých zařízení nejsou součástí kabelážního subsystému.

2.6.2.3. Horizontální kabelážní subsystém

Horizontální kabelážní subsystém tvoří kabeláž od rozvodného uzlu podlaží po telekomunikační vývody (jednotlivé uživatelské výstupy). Subsystém obsahuje horizontální kabely, jejich mechanické zakončení, přepojovací pole v rozvodném uzlu podlaží a telekomunikační vývody, spojení pomocí přímého či křížového přepojování v FD i v TO a propojovací šňůry nebo spojky na FD, dále konsolidační bod CP a samotné TO. Šňůry jednotlivých zařízení nejsou součástí kabelážního subsystému. Jestliže není použit CP nesmějí být horizontální kabely přerušené od FD až k TO. Maximální délka horizontálního kabelu nesmí překročit 90m a délka propojovacích šňůr nebo spojek nesmí překročit 5 m.

Konsolidační bod CP se využívá pouze v horizontálním subsystému a maximálně jeden, který je vložen mezi FD a TO a musí být dodržena vzdálenost alespoň 15 m od FD z důvodu přeslechu. Využití CP je především v otevřených kancelářských prostorech, kde dochází k přemísťování TO na pracovišti. CP musí obsahovat pouze pasivní spojení a měl by obsluhovat nanejvýš 12 pracovišť. „Obrázek 2.13 Modely kanálu horizontálního kabelážního subsystému“ zachycuje jednotlivé modely kanálu horizontální kabeláže.[3]



Obrázek 2.13 Modely kanálu horizontálního kabelážního subsystému [Zdroj: autor]

2.7. Zásady při výstavbě strukturované kabeláže

Pro správné zajištění funkčnosti a využití strukturované kabeláže je nutné při výstavbě této kabeláže vycházet z norem a standardů a dle nich dodržovat zásady správné instalace a díky tomu sjednotit jednotlivé datové a telefonní systémy do jednotného kabelážního systému, který bude využívat jednotné rozvody, rozvaděče,

konektory, telekomunikační vývody a jiné součásti potřebné pro chod systému. Jinak nedocílíme požadovaných parametrů, které jsou pro výstavbu strukturované kabeláže nastaveny velice přísně.

2.7.1. Datový a telekomunikační rozvaděč

Datový a telekomunikační rozvaděč je plechová skříň, která je široká 19“ s různou výškou, která se měří tzv. unitech (značíme U), kde 1 U odpovídá 44,45mm, neboli 1,75 palce. Hloubka a vnější šířka rozvaděčů se nejčastěji pohybuje v rozmezí 600 – 1000 mm. U nástěnných rozvaděčů musí být hloubka minimálně 500 mm.

Rozvaděče zajišťují přechod mezi jednotlivými subsystemy a jsou umístěny do telekomunikačních místností kvůli bezpečnosti, hlučnosti a nutnosti vlastní klimatizační jednotky, jelikož v rozvaděči jsou zasazeny aktivní prvky, servery, switche, routery a další zařízení. Uspořádání v rozvaděči je standardizováno systémem RACK a tím lze veškeré technologie koncentrovat v jednom místě. Rozvaděče musí být také vhodně prostorově umístěny, aby nedošlo k překročení maximálních vzdáleností dané kabeláže. Při instalaci a uspořádání jednotlivých aktivních prvků do rozvaděče je důležité ponechat v rozvaděči dostatečné volné místo z důvodu instalačních problémů, zabudování účinné ventilace a budoucího rozšiřování systému. Pro správné zvolení výšky, šířky a hloubky datového rozvaděče je důležité vycházet z velikosti instalovaných zařízení, kabelových svazků, přídatných ventilací, UPS a dalších aktivních zařízení. Dalším velmi významným prvkem v datovém rozvaděči jsou vodičky a organizéry pro uspořádání kabelů přivedených do rozvaděče. Bez těchto prvků by vznikla spleť různě propletených propojovacích kabelů, která by bránila možnosti jakékoliv operativní správy systému. Kabely v rozvaděči by měly být svázané do jednotlivých svazků maximálně po 48 kusech a řádně upevněny ke konstrukci, ale zároveň by nemělo docházet k otlacení těchto kabelů, aby nedošlo k jejich poškození, musí se dodržovat minimální poloměry ohybu všech kabelů v rozvaděči a zajistit maximální odstup signální kabeláže od kabeláže silové. V datovém rozvaděči by měly být veškeré aktivní prvky a kabeláž řádně upevněny a systematicky označeny. [7]

2.7.2. Stínění kabelového rozvodu

Stínění kabelu funguje jako Faradayova klec a díky tomu odděluje vnější elektromagnetické prostředí od přenosové linky uvnitř stínění a zlepšuje tak kvalitu přeneseného signálu. Celková funkčnost stínění na kabeláži je velice ovlivněna účinností stínění jednotlivých částí a na způsobu jakým jsou součásti kabeláže propojeny. Velice důležité je propojení stínění s místní zemí.

Instalační pokyny pro systém stíněného kabelového rozvodu vycházející z normy ČSN EN 50174-2 Instalace kabelových rozvodů [4]:

- stínění nepospojované se zařízením se nedoporučuje,
- stínění spojené se zařízením na obou koncích (spojené se skříní koncového zařízení) omezuje elektromagnetické vyzařování podle principu Faradayovy klece,
- stínění uzemněné na jednom konci poskytuje ochranu proti elektrickým polím,
- stínění uzemněné na obou koncích poskytuje ochranu proti elektrickým polím, a kde existují problémy s vysokým proudem procházejícím stíněním, částečně kompenzuje rušivé magnetické pole,
- stínění ve všech předchozích případech v podstatě neposkytuje žádný účinek proti magnetickým polím s velmi nízkým kmitočtem (např. 50 Hz), pokud se nepoužijí zvláštní materiály (μ -kov, Permalloy).
- stínění kabelu musí být spojitě od vysílače k přijímači a v každém případě musí být stínění připojené na obou koncích k zakončení nebo zástrčkám,
- stínění kabelu musí mít nízkou přenosovou impedanci v souladu s normou,
- zvláštní pozornost se musí věnovat sestavení propojovacích prvků, kontakt se stíněním by měl existovat na 360 stupních obvodu v souladu s principem Faradayovy klece a připojení stínění by mělo být navrženo tak, aby vykazovalo nízkou impedanci,
- stínění kabelu by mělo zcela obklopovat kabel po jeho celé délce,

- stínění by mělo pokračovat přes přiměřené propojení stínění a nesmí se používat běžné kolíkové kontakty,
- musí se zabránit (i malým) přerušením stínění (např. otvory ve stínění, drátové vývody, smyčky), rozměry přerušení v řádu 1% až 5 % vlnové délky mohou snížit celkovou účinnost stínění.

2.7.3. Značení kabeláže

Podle potřeb a požadavků je dobré mít pečlivě popsanou a zdokumentovanou kabeláž z důvodu budoucí možné změny v kabelážním systému. Kabely by měly být označeny minimálně na obou koncích. Označení musí být čitelné a trvalé. Značení jednotlivých kabelů by se nemělo značit ručně přímo na plášť kabelů, ale nejlépe by se mělo použít nějakých štítků popřípadě elektronických popisovačů. Dále by měly být řádně označeny všechny datové rozvaděče, jejich jednotlivé bloky, místnosti, kde se rozvaděče nacházejí, přepojovací panely v rozvaděči, jednotlivé porty přepojovacích panelů, optických rozvaděčů a převodníků, jednotlivé datové zásuvky, porty datových zásuvek, různé propojovací a speciální kabely a v neposlední řadě také jednotlivé aktivní prvky.

Ke značení jednotlivých linek se používá identifikační kód. Tento kód rozděluje na **přímý kód** a **reverzní kód**. Přímý kód přiřazuje port datové zásuvky určitému portu přepojovacího panelu. Z tohoto důvodu je nutné, aby kód obsahoval číslo objektu, číslo podlaží, číslo místnosti, číslo zásuvky a číslo portu v zásuvce. Tento kód je poměrně nevhodný z důvodu jeho délky, která bude činit 8 až 12 znaků a kód nemusí být dobře čitelný díky malé velikosti portu. Jako lepší způsob značení jednotlivých linek se jeví použití reverzního kódu, zde je portu příslušné zásuvky přiřazen port určitého přepojovacího panelu v rozvaděči a díky tomu je délka identifikačního kódu poloviční a tím je kód lépe čitelný.

2.7.4. Vedení a směrování kabeláže

Existuje celá řada úložného materiálu pro kabely strukturované kabeláže. Lze použít základní kabelové lišty a žlaby, s různými druhy uzavírání, dále lávky, trubky, parapetní žlaby a i speciální flexibilní kabelové systémy pro horní flexibilní rozvody nad soustavou datových rozvaděčů. Pro ukládání kabelů nejsou povoleny rošty,

jelikož u nich hrozí poškození, kdy kabely po čase začnou kopírovat rošt díky své vlastní váze. Kabely lze také uložit pod omítku nebo do dutin ve stavebních konstrukcích.

Elektroinstalační lišta je plastové korýtko tvaru „U“ s naklapávacím víkem a slouží k uložení a mechanické ochraně vodičů v elektrických instalacích v interiérech. Lišty lze upevňovat na nevodivém i vodivém podkladu pomocí šroubů nebo lepení. Jsou vysoce mechanicky a chemicky odolné.

Elektroinstalační podlahové lišty mají rovnou základnu a obloukovité víko. Slouží k vedení menšího počtu vodičů k samostatným pracovištím v místnostech. Tyto lišty lze montovat i na stěny a stropy v místnostech. Pokud jsou plastové, nesmějí být vystaveny pěšímu provozu naproti tomu lišty z hliníku snesou občasné pošlapání.

Parapetní žlaby jsou tvarově shodné s běžnými elektroinstalačními lištami, ale výrazně větších rozměrů a jsou určeny k uložení silových a sdělovacích obvodů zabezpečovacího vedení a dalších rozvodů. Vedle ukládání vedení umožňuje parapetní žlab montáž datových a silových zásuvek případně proudové chrániče, jističe a přepětové ochrany. Nejčastěji jsou montovány v úrovni okenních parapetů nebo nad pracovní desku stolu. Mohou být vyrobeny z plastu, anebo z hliníku.

Rozvaděčové kanály se využívají zejména pro uložení rozvodů od datových a průmyslových rozvaděčů.

Systém ukládání musí vyhovovat jednotlivým normám. Pro jednotlivé systémy ukládání se používají jak kovové, tak i nekovové materiály. Některé kovové materiály mají lepší odolnost proti EMI. Při výběru vhodného směrovacího systému je důležité brát ohled na dodržování minimálních poloměrů ohybu metalických i optických kabelů a vnitřní rozměry lišt a jednotlivých žlabů, aby vyhovovalo množství kabelů, které hodláme do daného směrovacího systému uložit. Jestliže se použije vodivý systém ukládání, musí mít spojitou, dobře vodivou kovovou strukturu po celé své délce, jako paralelní zemnicí vodič. Použití nekovových systémů ukládání je vhodné použít v kabelovém rozvodu s nízkou úrovní emisí, v kabeláži z optických vláken a v

místech s nízkou úrovní elektromagnetického rušení. U nekovových systémů je třeba přidat paralelní zemnicí vodič. [4] [9]

2.7.5. Svazování kabelů a jejich uchycení

V průběhu pokládání kabeláže by se měly jednotlivé kabely svazovat dohromady, jestliže nevedou v nějakém uzavřeném nosiči a to z důvodu určité systematičnosti a zabránění nežádoucího pohybu kabelů. Pro tvorbu svazků je možné použít různých souprav na svazování kabelů například obyčejné vázací pásky. Nedoporučuje se používat různých kabelových skob či něčeho podobného z důvodu snadného poškození kabeláže.

Počet kabelů v jednom svazku by neměl být větší než 96 kusů a to za předpokladu, že je kabeláž souvisle podpírána, jestliže není, nemělo by být v jednom svazku více jak 48 kusů kabelu. Doporučená vzdálenost mezi jednotlivými svazky je 500 mm u vertikální a 1500 mm u horizontální kabeláže.

V místech, kde hrozí náhodné poškození, by neměla být kabeláž povrchově upevňována. Držáky kabeláže určené pro kabeláž v horizontální poloze by měly být od sebe maximálně 1200 mm a u otevřené přístupné kabeláže maximálně 300 mm. Na jednotlivé držáky by se měla upevňovat pouze kabeláž a nic jiného z důvodu jejich nosnosti. Kabeláž by měla být upevňována tak, aby nebyla úplně propnutá, ale vznikaly mírné průvěsy a neměla by se nikdy přímo pokládat na stropní podhled. Kabeláž ve vertikální poloze by měla být uchycována maximálně ve vzdálenostech 1500 mm, a pokud je otevřeně přístupná, tak ve vzdálenostech maximálně 400 mm. Tam, kde okolnosti povrchu a situace vedení kabeláže neumožní dodržení vzdáleností, je možné vzdálenosti přiměřeně upravit a snížit. [4]

2.7.6. Minimální poloměr ohybu kabelů

Velice důležité je při instalaci jakéhokoliv kabelu dodržovat minimální poloměr ohybu a to z důvodu, aby nedošlo k poškození kabelu a tím ke zhoršení přenosových vlastností, anebo k úplnému přerušení signálu. Výrobce jednotlivých kabelů by měl specifikovat minimální poloměr, ke kterému může být kabel bezpečně ohnut během instalace a také na jak dlouhou dobu. Při pokládce kabelů je dobré dbát

na co nejmenší možnou úroveň jejich kroucení a maximálního namáhání v tahu, aby nedošlo k následnému poškození kabelu.

2.7.7. Oddělení kabelů informační techniky od napájecích kabelů

Při výstavbě strukturované kabeláže je nutné dodržovat vzdálenosti kabeláže informační techniky od jakéhokoliv zdroje elektromagnetického rušení. V žádném případě nesmí dojít k přímému křížení kabelů informačních technologií se silovými elektrickými rozvody. Doporučené odstupy dle normy ČSN EN 50174-2 jsou uvedeny, viz „*Tabulka 2.3 Oddělení kabelů informační techniky od napájecích kabelů*“. Jestliže nastane místo, kde není možné dodržet tuto doporučenou vzdálenost, musí být kabeláž informačních technologií fyzicky oddělena nevodivým nebo uzemněným kovovým dělicím prvkem. Minimální vzdálenost mezi kabely informační techniky a fluorescenčními, neonovými a rtuťovými výbojkami musí být minimálně 130 mm. Lávky pro datové vodiče a elektrická zařízení musí být vždy odděleny. Křížení kabelů může probíhat pouze v pravých úhlech. [4]

Tabulka 2.3 Oddělení kabelů informační techniky od napájecích kabelů

Typ instalace	Vzdálenost		
	Bez děliče nebo s nekovovým děličem ¹⁾	Hliníkový dělič	Ocelový dělič
Nestíněný napájecí kabel a nestíněný kabel IT	200 mm	100 mm	50 mm
Nestíněný napájecí kabel a stíněný kabel IT ²⁾	50 mm	20 mm	5 mm
Stíněný napájecí kabel a nestíněný kabel IT	30 mm	10 mm	2 mm
Stíněný napájecí kabel a stíněný kabel IT ²⁾	0 mm	0 mm	0 mm

1) Předpokládá se, že v případě kovového děliče dosáhne návrh systému ukládání kabelů útlum stíněním podle materiálu použitého pro vodič.

2) Stíněné kabely IT musí vyhovovat řadě EN 50 288.

Zdroj: ČSN EN 50174-2 Instalace kabelových rozvodů [4]

2.7.8. Ochrana kabelů před poškozením

Instalovaná kabeláž by měla být řádně zakryta, aby nemohlo dojít k jejímu porušení. Kabeláž by měla být přístupná pouze v místech, kde nehrozí její poškození. Při instalaci kabeláže by se mělo dbát zvýšené opatrnosti na místo pokládky kabeláže z důvodu výskytu různých ostrých hran. Při průchodech různými překážkami by se mělo využívat různých gumových průchodek, ochranných trubek, kabelových chrániček a případně instalačních lišt. V prostředí, kde je instalována vnitřní kabeláž by neměla relativní vlhkost překročit 50% a teploty by se měly pohybovat v rozmezí -30 až +70 °C. [4]

2.7.9. Spojování a zakončování optických vláken

Spojování optických vláken je možno realizovat pevným spojením nebo pomocí konektorů pro rozebíratelné spoje. Hlavním zástupcem pevného spoje je svařovaný spoj, což je nejlepší technologie pro spojování optických vláken. Při spojení dochází k natavení skleněných čel vláken, které se provádí elektrickým obloukem. Výhodou spojení pomocí konektoru je, že lze opakovaně rozpojit a zase spojit.

Použitím obou technik spojení nám stále poskytuje stabilní spojení optických vláken s nízkým útlumem. Kvalita spojů se odvíjí od schopností technika, který spoj realizoval.

Mechanická spojení se vytváří srovnáním dvou konců optických vláken v ochranné objímce. Při spojování by měly být dodrženy doporučující instrukcí výrobce pro ochranu a uchovávání optických vláken. Mechanický spoj je obecně připevněn frikčním nebo adhezním spojením k optickému vláknu a v některých případech je nutné poskytnout další opatření ke zmírnění napětí zhotoveného spoje.

Spoje tvořené tavením se zhotovují svářením jádra a oblastí přepuštění dvou konců optických vláken a zhotovený spoj by se měl chránit vhodnou objímkou nebo dláždou. Tavením zhotovený spoj je obecně připevněn frikčním nebo adhezním spojením k optickému vláknu a v některých případech je nutné poskytnout další opatření ke zmírnění napětí zhotoveného spoje.

Zakončení se může provést přímým použitím konektorů na instalovaném optickém vlákně pomocí technik lepení, přitavením nebo mechanickým připojením předem zhotoveného drátového vývodu optického vlákna k instalovanému optickému vlákně.

Označení optických vláken by mělo být takové, aby byla známa polarizace duplexních spojů optických vláken.

Konektory použité na optických vláknech by se měly podrobit vizuální kontrole. [9]

3. Měření na strukturované kabeláži

Slouží pro ověření a otestování funkčnosti vybudované strukturované kabeláže. Při měření na strukturované kabeláži je dobré dodržovat určitý postup.

Před samotným měřením je důležité si zajistit veškerou dokumentaci vybudované kabeláže se zakreslením historie a číslovacím plánem, kde budou označeny jednotlivé konektory, zásuvky, kabely a vývody, abychom věděli, kde je začátek a konec kabelového vedení. Tuto dokumentaci je dobré řádně prostudovat a pochopit. Poté si stanovit postup, jakým budeme na kabeláži provádět jednotlivá měření a vhodně si tato měření rozdělit na menší celky (po patrech, po budovách). Zkoordinovat měření s uživatelem nebo se stavbyvedoucím, aby nebyla narušena pracovní činnost a nevznikaly zbytečné prostoje. Připravit si měřicí přístroje, měřicí adaptéry a další komponenty nutné pro měření. Na měřicích přístrojích nastavit druh měření a třídu kabeláže a provést kalibrační měření. Po té můžeme zahájit samotné měření na strukturované kabeláži.

Měření by měly provádět minimálně dvě osoby tak, aby na každé straně měřeného spoje nebo kanálu byla alespoň jedna osoba. Během měření se nesmí měřicí šňůry od měřicího přístroje odpojit. Podle typu měřicího přístroje získané hodnoty po každém měření opisujeme nebo ukládáme do paměti přístroje. Měření probíhá samostatně na každém optickém a metalickém kabelu. Po ukončení měření se naměřené hodnoty zpracují a vytvářejí se měřicí protokoly, které se následně vyhodnocují.

3.1. Měření metalické strukturované kabeláže

3.1.1. Měření přenosových parametrů metalické kabeláže

Množství měřených parametrů prováděných na kanálu a spoji závisí na jeho třídě. Přehled měřených parametrů u jednotlivých tříd dle ČSN EN 50173-1 je uveden, viz „*Tabulka 3.1 Přehled měřených parametrů u jednotlivých tříd*“. Vysvětlení jednotlivých parametrů se nachází v „*Příloze č. 2 Popis jednotlivých parametrů*“. [3]

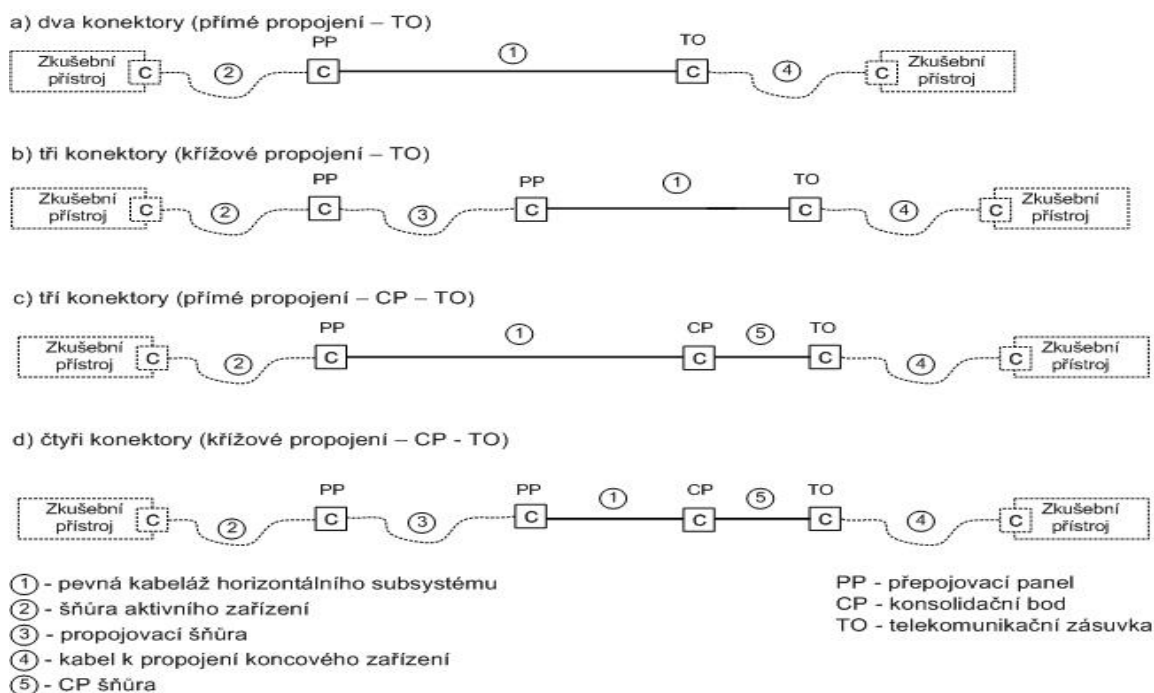
Tabulka 3.1 Přehled měřených parametrů u jednotlivých tříd

Parametr	Třída
Délka linky	A-F
Kontrola správného zapojení pinů	A-F
Útlum	A-F
Útlum odrazu	C-F
NEXT	A-F
PSNEXT	D-F
ACR	D-F
PSACR	D-F
FEXT	A-F
ELFEXT	D-F
PSELFEXT	D-F
Stejnoseměrný odpor smyčky	A-F
Zpoždění šíření	A-F
Nesouměrnost zpoždění	C-F
Nesymetrický útlum	A-C

Zdroj: ČSN EN 50173-1 Univerzální kabelážní systémy [3]

3.1.2. Měření kanálu a spoje metalické kabeláže

Měření se provádí specializovanými přístroji splňující normu TSB 67 Levě II, které umožňují měřit velké množství parametrů, které vypovídají o kvalitě kabeláže. Jednotlivá měření závisí na měřeném kanálu a jeho prvcích, viz „Obrázek 3.1 Měření kanálu a spoje“.



Obrázek 3.1 Měření kanálu a spoje [Zdroj: autor]

3.1.3. Měření při přebírání metalické strukturované kabeláže

Toto závěrečné měření všech měřených parametrů před převzetím metalické strukturované kabeláže se provádí na všech kanálech či spojích kabeláže. Pro každý měřený spoj se vystaví samostatný měřicí protokol, který by měl obsahovat informace [3]:

- datum a čas měření,
- identifikační číslo měření,
- standard, podle kterého se měření provádělo,
- zda měřený spoj vyhovuje požadovanému limitu příslušné normy,
- typ a číslo použitého měřicího přístroje,
- typ kabeláže, označení kabelu, zásuvky, spoje, rozvaděče a portu propojovacího panelu.

3.1.4. Měření při údržbě metalické strukturované kabeláže

Měření prováděná na metalické kabeláži za účelem údržby se provádí na základě úrovně sítě a stanoveného plánu údržby. Je-li během údržbového měření zjištěna porucha, měří se lokalizace poruchy a také se provede měření po odstranění dané závady. Rozsah měření se určuje podle tříd spojů.

3.2. Měření optické strukturované kabeláže

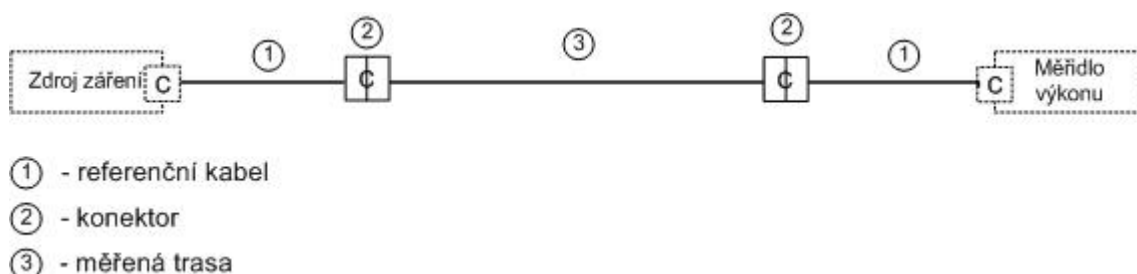
Měření optických tras při budování sítě lze provádět metodou zpětného rozptylu pro měření optických vláken (OTDR), kde se kontrolují sváry jednotlivých kabelových délek a měří se útlum sváru a konektoru. Celkový útlum trasy a správnost propoje se měří přímou metodou.

Při přejímání komponentů se provádí jednostranné měření OTDR, kde se měří délka vlákna, zdánlivý měrný útlum a podélná homogenita útlumu. V případě výskytu nějakých nejasností se měření provádí i z druhé strany.

Při přejímání optické strukturované kabeláže se provádí závěrečné měření optické trasy. Na základě tohoto závěrečného měření se vystaví měřicí protokoly, které slouží jako základní dokument pro údržbu optické strukturované kabeláže.

3.2.1. Měření na optických vláknech přímou metodou

Při měření útlumu na optických jednovlákenných a mnohovlákenných vláknech přímou metodou se využívá dvou samostatných měřících přístrojů umístěných na obou koncích měřeného úseku. První přístroj slouží jako zdroj optického záření a druhý přístroj slouží k měření optického výkonu, viz „Obrázek 3.2 Měřící souprava pro přímou metodu“. Měření se může lišit počtem použitých referenčních kabelů (zkušebními propojovacími kabely). Tato metoda se nevyužívá pouze pro měření celkového optického útlumu trasy, ale slouží také pro kontrolu vlákna, zda není prasklé nebo zda se na trase nevyskytují ohyby. [11]



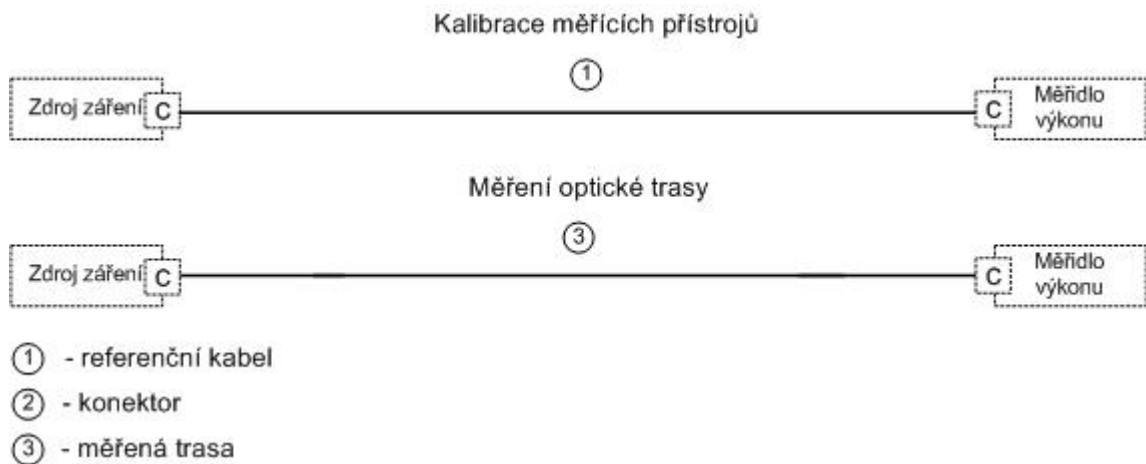
Obrázek 3.2 Měřící souprava pro přímou metodu [Zdroj: autor]

Při samotném měření se nejdříve provede kalibrace obou měřících přístrojů (tzn. nastaví se referenční hodnota) a poté se přístroje umístí na konce optických tras a změří se hodnoty. Stejný postup se použije i pro měření z druhé strany.

Rozlišujeme tři varianty přímé metody, pro které se v dnešní době používá označení 1a, 1b, 1c. Tyto tři typy metod se liší pouze počtem použitých referenčních kabelů.

Metoda 1a

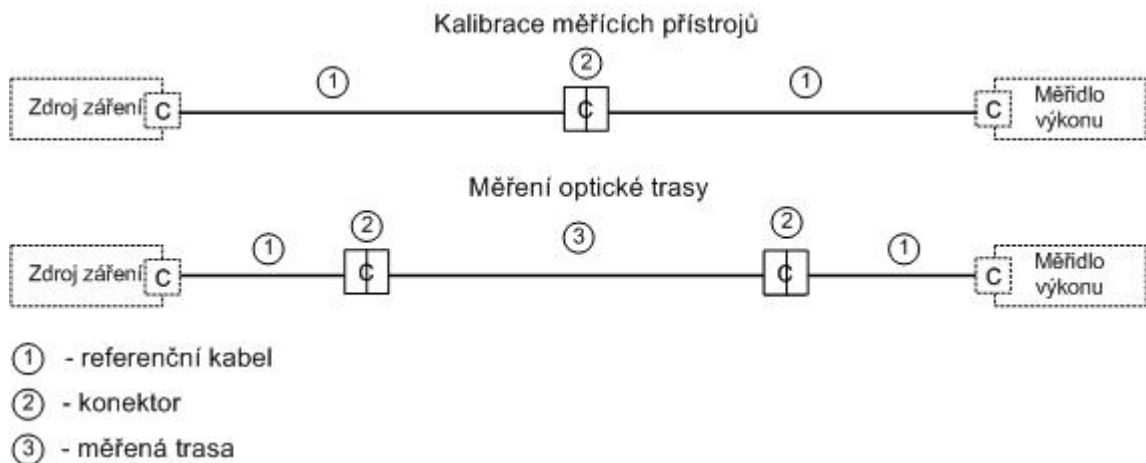
Tato metoda se využívá při měření nově vybudované optické trasy, které mají na obou koncích propojovací panely. V této metodě je použit jeden referenční kabel, který se po zkalibrování přístrojů nahradí měřenou trasou. Tato metoda je nejvhodnější, protože naměřená hodnota vyjadřuje, jak útlum měřeného vlákna, tak útlum obou konektorů.



Obrázek 3.3 Měřící metoda 1a [Zdroj: autor]

Metoda 1b

Metoda se provádí za pomoci dvou měřících referenčních kabelů. Po zkalibrování obou přístrojů se oba referenční kabely rozpojí a mezi ně se připojí měřená trasa. V praxi tato metoda není příliš doporučována z důvodu, že při kalibraci přístrojů jsou oba referenční kabely projeny pomocí jednoho konektoru a při připojení měřené trasy měříme útlum přes dva konektory. Naměřený útlum je tvořen útlumem měřeného optického vlákna a útlumem jednoho konektoru.

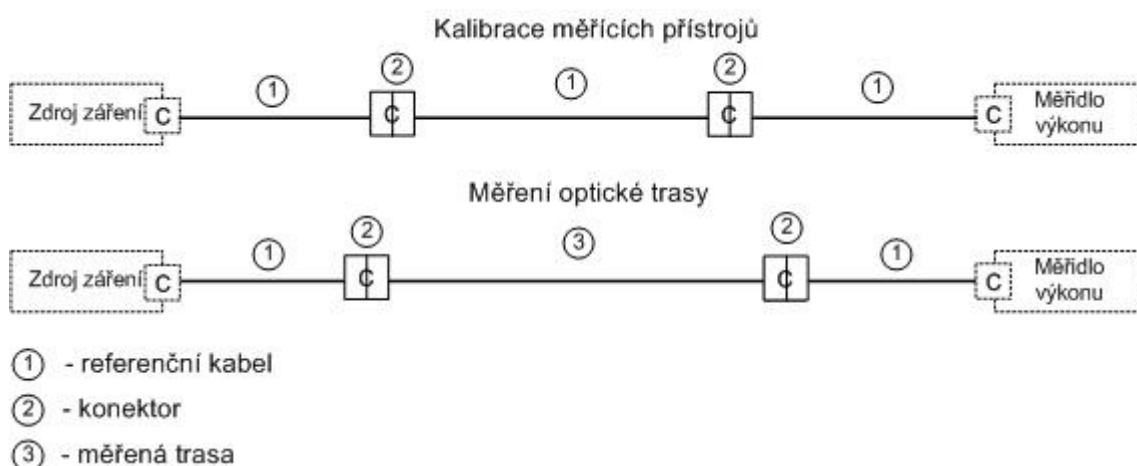


Obrázek 3.4 Měřící metoda 1b [Zdroj: autor]

Metoda 1c

Tato metoda se používá pro měření kompletní přenosové trasy. Při této poslední metodě se používají tři referenční kabely spojené za sebou pomocí dvou konektorů. Po zkalibrování měřících přístrojů se odpojí prostřední referenční kabel a

místo něho se připojí měřená trasa. Naměřený útlum je tvořen pouze útlumem měřeného optického vlákna.

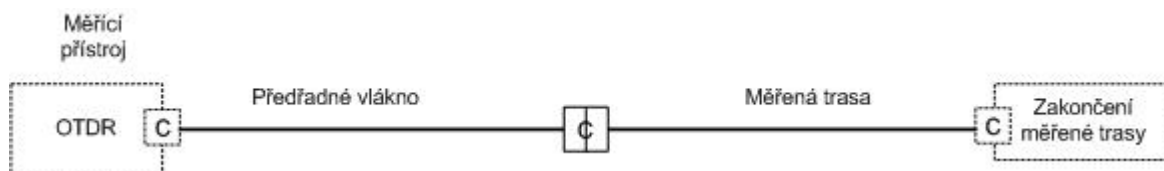


Obrázek 3.5 Měřící metoda 1c [Zdroj: autor]

Naměřené hodnoty přímou metodou jsou ovlivňovány mnoha faktory, díky kterým vznikají chyby v měření. Tyto chyby mohou být způsobeny použitím nekvalitních měřících kabelů a konektorů, které mohou být poškozené, znečištěné nebo jinak znehodnocené, nevhodně zvolenou metodou 1a až 1c. Však nejvíce ovlivňujícím faktorem působícím na naměřené hodnoty jsou samotné vlastnosti používaným měřících přístrojů. Je důležité tyto přístroje nechat pravidelně zkalibrovat odbornou firmou.

3.2.2. Měření na optických vláknech metodou zpětného rozptylu

Pro měření se používá měřící přístroj nazývaný optický reflektometr OTDR (Optical Time Domain Reflectometer), který je nejdůležitější přístroj pro montáž, údržbu a provoz optických tras a zároveň slouží k vyhledávání a zjišťování poruch optických vláken. Na rozdíl od přímé metody se celé měření provádí z jednoho konce měřeného optického vlákna viz „Obrázek 3.6 Měřící metoda OTDR“. Metodou OTDR se měří optický výkon, který je rozptýlen Reyleihovým rozptylem (rozptyl světla na molekulách plynu) při průchodu vláknem a dále se na koncích měřené trasy měří Fresnelův odraz (část optického záření vrací zpět ke zdroji), který vzniká na spojích. Výkon odražený zpět se poté pomocí optického reflektometru snímá a vyhodnocuje s výkonem vyslaným do vlákna. [11]



Obrázek 3.6 Měřící metoda OTDR [Zdroj: autor]

Metodou OTDR lze měřit:

- délku vlákna,
- útlum celé trasy,
- homogenitu útlumu vlákna,
- útlum na konektorech a svárech,
- umístění spojek a konektorů,
- určit místo poruchy.

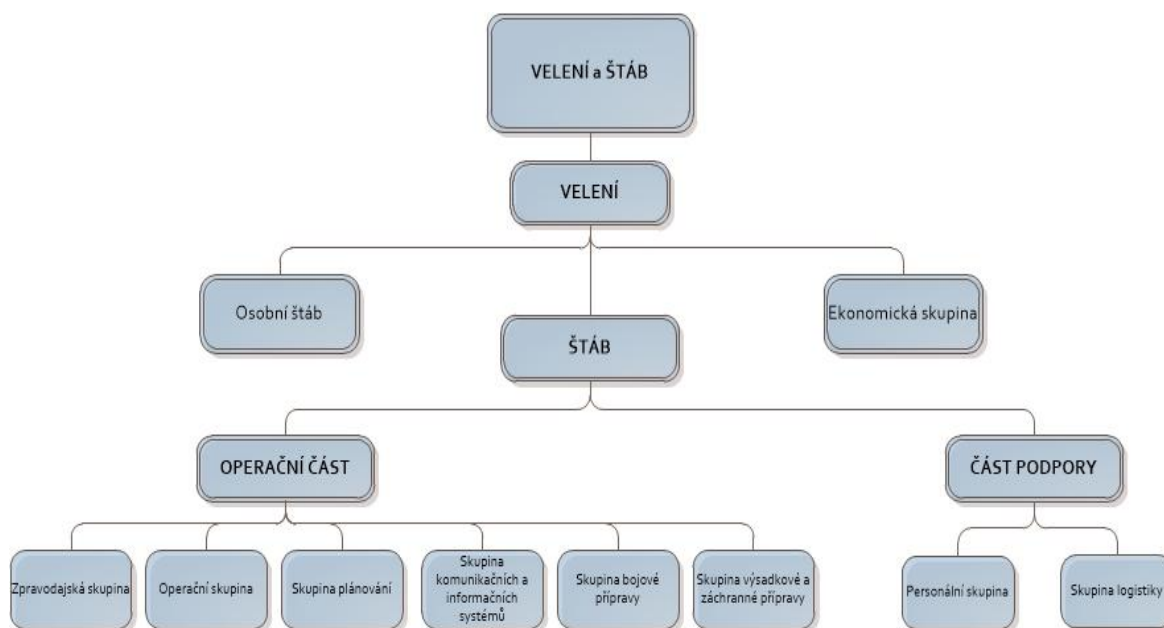
Na přístroji lze také nastavit maximální hodnoty měřených parametrů, které nesmí být překročeny. Přístroj případné překročení ihned signalizuje. Přístroj také umožňuje ukládání naměřených hodnot, nastavit identifikační údaje měřeného kabelu (číslo vlákna, směr náměru, barva, název vlákna). Po měření se pro každé měřené vlákno vystavuje protokol o měření, který obsahuje zadané a naměřené parametry vlákna a graf celé měřené trasy pro obě vlnové délky (850 a 1300 nm).

Doporučené zásady při měření s OTDR:

- měření provádět vždy z jedné strany a druhý konec měřené trasy je rozpojený,
- do přístroje OTDR zadat parametry pro měření,
- měření provádět s předřadným vláknem (předřadné vlákno je zapojeno mezi přístrojem OTDR a měřenou trasou a slouží k eliminaci mrtvé zóny - ustálení zákmitu signálu, která je největší v místě připojení přístroje OTDR,
- čistota konektorů,
- preciznost při měření,
- hodnoty skutečného útlumu se docílí zprůměrováním náměru z obou stran vlákna.

4. Analýza stávajícího kabelážního systému

Tato kapitola se bude zabývat analýzou stávající strukturované kabeláže, v současné době spíše účelové kabeláže, u 43. výsadkové praporu (dále jen 43. vpr), který je situován v obci Chrudim. Stavající účelová kabeláž byla vybudována svépomocí již před devíti lety. Dále zde bude popsána komunikační infrastruktura několika budov včetně dvou odloučených budov, které se nachází na letišti v Chrudimi vzdáleného přibližně čtyři kilometry od vojenského útvaru. Tento vojenský útvar by se dal pro představu přirovnat k podniku, zaměstnávajícímu přibližně šestset pracovníků a organizační podnikové struktuře liniově štábní, viz „Obrázek 4.1 Organizační struktura velení a štábu 43. výsadkového praporu“. Řídící štáb a hlavní velení zde představuje přibližně patnáct procent z celkového počtu zaměstnanců. Zbytek tvoří jednotlivé výsadkové roty, rota zbraní a rota logistiky.

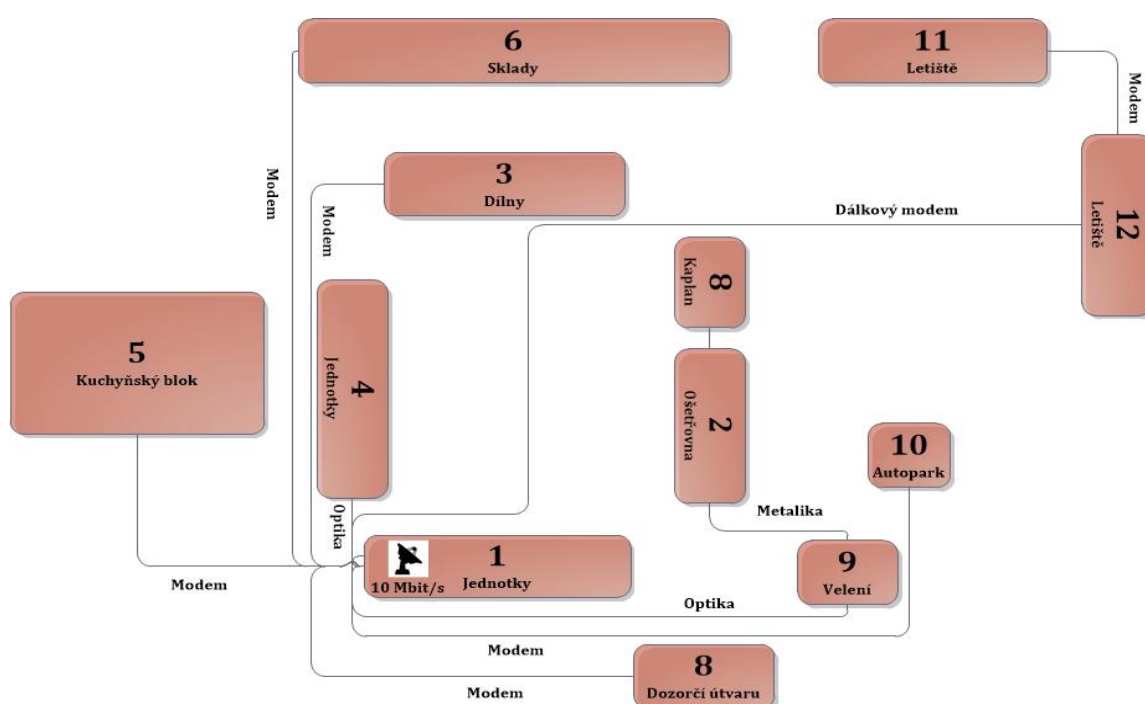


Stávající stav účelové kabeláže neodpovídá požadavkům a potřebám 43. výsadkového praporu z důvodu morální zastaralosti a ani předepsaným normám a standardům, které by měla strukturovaná kabeláž bezpodmínečně splňovat.

4.1. Areál vojenského útvaru

43. výsadkový prapor disponuje dvěma areály a to vojenskými kasárnami a letištěm, které slouží jako doskoková plocha využívaná při vojenských seskocích na padáku v rámci výcviku jednotek a štábu. V tomto areálu probíhá zároveň výsadková příprava všech příslušníků 43. výsadkového praporu.

Na obrázku, viz „Obrázek 4.2 Schéma kabelážního propojení jednotlivých objektů“ je schématicky zobrazen současný stav kabelážního propojení mezi jednotlivými budovami včetně odloučeného letiště.



Obrázek 4.2 Schéma kabelážního propojení jednotlivých objektů [Zdroj: autor]

Ze schématu je zřejmé, že stávající systém propojení jednotlivých budov není dostačující a to především z hlediska přenosových rychlostí a stability spojení, jelikož většina objektů je propojena pomocí modemů či dálkových modemů. Pouze tři budovy jsou propojeny optickým spojem.

4.2. Popis komunikační infrastruktury

Komunikační infrastruktura je již morálně zastaralá a nevyhovuje stanoveným normám a standardům.

4.2.1. Hlasová komunikace

Pro potřeby hlasové komunikace je v posádce Chrudim vybudována jedna telefonní ústředna typu ALCATEL 4300L.

4.2.2. Datová komunikace

Kapacita celoarmádní datové sítě (dále jen CADS) a Internetu Ministerstva obrany (dále jen IMO) o šířce přenosového pásma 10Mbit/s je pro zabezpečení funkčnosti komunikačních a informačních systémů u 43. výsadkového praporu uvedených, viz „*Tabulka 4.1 Provozované komunikační a informační systémy*“ zcela nedostačující.

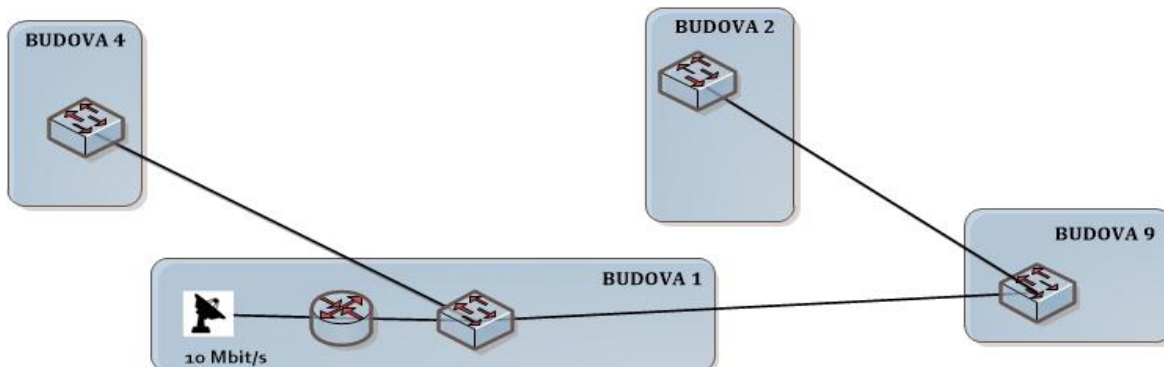
Tabulka 4.1 Provozované komunikačních a informačních systémů

Informační systém	Popis informačního systému	Počet připojených stanic
ŠIS	Štábní informační systém	110
ISL	Informační systém logistiky	3
FIS	Finanční informační systém	5
ISSP	Integrovaný systém o službě a personálu	5
Internet MO	Internet ministerstva obrany	12
ZDRAVIS	Zdravotní informační systém	4

[Zdroj: autor]

4.2.2.1. Schéma datové sítě Internet

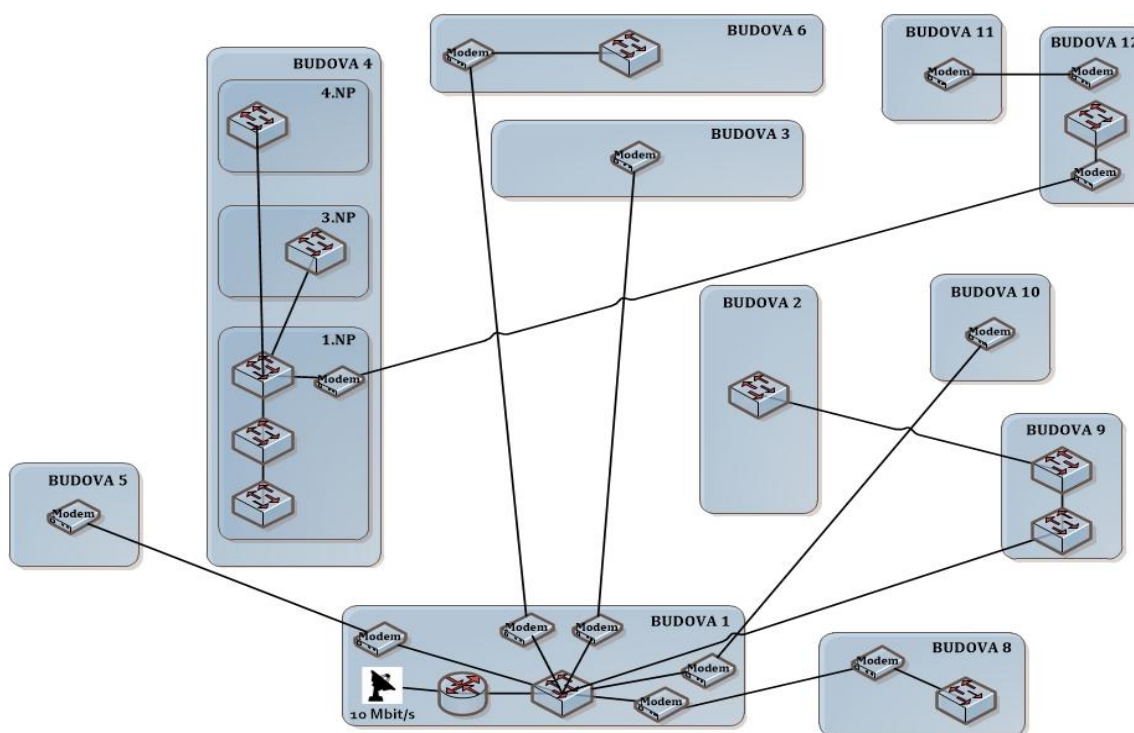
Na obrázku viz „Obrázek 4.3 Schéma datové sítě internet MO“ je zobrazeno pro lepší představu stávající rozmístění aktivních síťových prvků.



Obrázek 4.3 Schéma datové sítě internet MO [Zdroj: autor]

4.2.2.2. Schéma datové sítě CADS

Na obrázku, viz „Obrázek 4.4 Schéma datové sítě CADS“ je zobrazeno stávající rozmístění aktivních síťových prvků.



Obrázek 4.4 Schéma datové sítě CADS [Zdroj: autor]

4.3. Stav vybudované strukturované kabeláže

V areálu vojenského útvaru není vybudována sktrukturovaná kabeláž, ale jedná se o účelovou kabeláž, viz „*Tabulka 4.2 Vybudovaná účelová kabeláž*“.

Tabulka 4.2 Vybudovaná účelová kabeláž“

Budova	Stav SK	Umístění datového rozvaděče	Typ aktivního prvku	Využití	Počet datových dvojzásuvek	Poznámka
B9	Cat 5/E5	místnost 13	2x switch 8port/opt	ŠIS, ISL, IMO	5	nedostatečná kapacita
B4, 1NP	Cat 5/E5	místnost 100B	3x switch 24port	ŠIS, ISL, IMO, FIS	55	nedostatečná kapacita
B4, 2NP	Cat 5/E5	chodba	1x switch 8port/opt	ŠIS	8	nedostatečná kapacita
B4, 3NP	Cat 5/E5	chodba	1x switch 8port/opt	ŠIS	8	nedostatečná kapacita
B4, 4NP	Cat 5/E5	chodba	1x switch 8port/opt	ŠIS	8	nedostatečná kapacita
B1, 1NP	Cat 5/E5	místnost 123	1x switch 24port/opt 1x switch 8port/opt	ŠIS	7	nedostatečná kapacita
B1, 2NP	Cat 5/E5	není	není	ŠIS	0	nedostatečná kapacita
B1, 3NP	Cat 5/E5	není	není	ŠIS	0	nedostatečná kapacita
B3, 1NP	Cat 5/E5	chodba	1x modem 4x LAN	ŠIS, ISL	2	připojit ISL
B6, 1NP	Cat 5/E5	chodba	1x switch 8port/opt 1x modem	ŠIS, ISL	4	připojit ISL
B8, 1NP	Cat 5/E5	dozorčí útvaru	1x switch 8port/opt 2x modem	ŠIS, IMO	6	-
B12, NP1	Cat 5/E5	sklad padáků	1x modem	ŠIS, ISL	3	nedostatečná kapacita
B2	Cat 5/E5	ošetřovna	1x switch 8port	ŠIS, Zdravis	2	nedostatečná kapacita
B5	Cat 5/E5	jídelsna velitele	1x modem	ŠIS, IMO	0	nedostatečná kapacita
B11, 1NP	Cat 5/E5	chodba	2x modem	ŠIS, ISL	2	-

[Zdroj: autor]

Uvedená tabulka vypovídá o tom, že stávající účelová kabeláž, která je v současnosti vybudována, neodpovídá normám a především požadavkům 43. výsadečného praporu, kde je provazováno několik informačních systémů a velké množství prostředků informatizace. Rozmístění aktivních prvků je neefektivní a nedostatečné, proto již není možné přidávat další síťová zařízení. Je nezbytné vyhotovit projektovou dokumentaci návrhu na novou strukturovanou kabeláž a následně provést realizaci projektu. Financování tohoto projektu bude realizováno

z finančních prostředků Agentury komunikačních a informačních systémů (dále jen AKIS) dle akvizačního plánu a to pro rok 2017 ve výši 150.000,- Kč a rok 2018 ve výši 12.000.000,- Kč.

4.4. Dílčí závěr

Analýza současného stavu strukturované kabeláže u 43. výsadkového praporu by měla sloužit jako podklad k vytvoření projektové dokumentace k zabezpečení homogenního a jednotného komunikačního prostředí pro provoz datových sítí v posádce Chrudim, kde hlavními body jsou především navýšení přenosové kapacity pro CADS a IMO, vybudování strukturované kabeláže na všech budovách v kasárnách včetně dvou odloučených budov situovaných na letišti a optické propojení všech těchto budov kromě odloučené budovy na letišti, kde bude vhodné použít datové modemy. V neposlední řadě případné navýšení datové konektivity na stávajících přepínačích LAN CADS a IMO.

5. Představení specifických potřeb pro AČR

Tato druhá část diplomové práce se bude zabývat specifickými potřebami AČR a to konkrétně u 43. výsadkového praporu vzhledem k polnímu systému velení a spojení 43. vpr je atypický a jediný, co se týče struktury a plnění operačních úkolů. Tento bojový útvar je vybaven komunikačními a informačními prostředky, které jsou v AČR zavedeny plošně.

Tato kapitola je podložena informacemi z „Příručky vojáka AČR“, „Návody k obsluze jednotlivých radiostanic, které poskytla společnost MESIT defence“ podpořena „Katalogem techniky AČR“. Veškeré tyto zdroje informací jsou určeny pro vnitřní potřebu AČR.

5.1. Druhy polních systémů spojení

Spojení je všeobecně používaný pojem k označení spojovacích zařízení mezi dvěma body. Uskutečněný přenos informací, zpráv, dat mezi dvěma nebo více místy jakoukoli formou prostřednictvím jakéhokoli přenosového média, zprostředkovaný jakýmkoli spojovacím prostředkem a zajišťuje uživatelům spojení k uspokojení jejich informačních potřeb.

Přenos informací v komunikačních systémech se uskutečňuje převážně hlasem nebo přenosem dat a v neposlední řadě ruční telegrafií. Spojení musí splňovat určité požadavky a to převážně včasnost, věrohodnost a utajenost.

Spojení v polním komunikačním systému se zabezpečuje prostřednictvím rádiových, radioreléových, linkových (metalických, optických) a satelitních spojovacích prostředků.

5.1.1. Rádiové spojení

Rádiové prostředky zabezpečují nepřetržité velení jednotkám v nejsložitějších podmínkách a situacích, zejména v bojových fázích činnosti jednotek. Rádiová komunikace u družstva, čety, roty, praporu je realizována prostřednictvím přenosných nebo vozidlových rádiových prostředků. Rádiové prostředky využívají

pro přenos hlas a data popřípadě ruční telegrafie velmi krátkých vln (VKV) a krátkých vln (KV) pásma rádiových vln. K vedení provozu v rádiových sítích (R/S) a na rádiových směrech (R/Sm) musí být k tomu oprávněným orgánem stanoveny provozní údaje (hlavní a záložní kmitočty, fónické/telegrafní volací znaky, klíče, struktura R/S a R/Sm). Na využití rádiového spojení má vliv charakter šíření elektromagnetického vlnění (EMV) a nutnost zajistit elektromagnetickou koexistenci (EMK), tzn. stav, kdy se různé prostředky, využívající ke své činnosti EMV, nebudou vzájemně rušit nebo jinak negativně ovlivňovat.

5.1.2. Radioreleové spojení

Umožňují zřizovat vícekanálové/širokopásmové spoje mezi místy velení velitelů a štábů jednotek, útvarů a svazků.

Radioreleové spoje slouží k přenosu informací mezi dvěma pevně stanovenými body, slouží jako páteřní přenosové soustavy, nebo spojují různé telefonní a datové sítě. Každý takovýto spoj je charakterizován různými parametry a vlastnostmi rádiového signálu a to kmitočtem signálu, přenosovou rychlostí a kapacitou, nebo typem modulace, technickými parametry přijímací a vysílací soustavy, šířením rádiového signálu příslušným terénním profilem ovlivňujícím kvalitu a spolehlivost spoje. Radioreleové spoje umožňují spojení na krátké i dlouhé vzdálenosti, přičemž při dlouhých vzdálenostech se použije několika pomocných skoků mezi více stanicemi.

K realizaci radioreleového spoje musí být stanoveny provozní údaje jako je způsob organizace radioreleových spojů, kmitočty, pásmo, polarizace antén, azimuty, čísla směrů, klíče.

Nevýhodou rádiového spojení jsou demaskující účinky vyzařování EMV a tím možnost odposlechu a zaměření nepřítelem, který je schopen zachytit předávané zprávy nebo provádět rušení, vzájemné rušení EMK a zmenšení dosahu spojení za pohybu.

5.1.3. Linkové spojení

Linkové prostředky umožňují budovat polní kabelové spoje metalickými nebo optickými kabely ve statických fázích činnosti jednotky. Využívají se samostatně nebo společně s rádiovými a radioreléovými prostředky nebo k zabezpečení vnitřního spojení mezi jednotlivými pracovišti štábů na mobilních místech velení. Ke spojení na národním území jsou dále využívány kabelové spoje veřejné telekomunikační sítě a strukturovaná kabeláž útvarů a zařízení.

Nevýhodou linkového spojení je velká zranitelnost kabelových vedení, složitost výstavby a svinování a v poslední řadě vysoké nároky na maskování.

5.1.4. Satelitní spojení

Umožňuje zabezpečit vícekanálové spoje ve složitých bojových situacích na velké vzdálenosti. Zabezpečují nepřetržité spojení z míst zahraničních misí AČR do ČR. Pro propojení míst velení vybavenými provozovny OTKS (operačně taktickými komunikačními systémy) bývá standardně zabezpečován nákup nebo pronájem telekomunikační služby a to zejména spojením prostřednictvím satelitní technologie VSAT (Very Small Aperture Terminal), viz „Obrázek 5.1 VSAT s technologickým modulem BLACKBOX“ (spojení bod-bod). Kde BLACKBOX obsahuje dva datové přepínače, router, datový modem, záložní zdroj (UPS) a popřípadě telefonní ústřednu VENUS. Jako záložní druh satelitního spojení bývá zabezpečen prostřednictvím komerčních satelitních telefonů IRRIMUM.



Obrázek 5.1 VSAT s technologickým modulem BLACKBOX [Zdroj: vlastní]

5.2. Základní druhy spojovacích prostředků

43. vpr je postaven na spojovacích prostředcích řady RF -13 od firmy DICOM a v současné době dochází k modernizaci spojovacích prostředků a to radiostanicemi řady Harris , která by měla být ukončena v roce 2019.

VKV rádiová komunikace na taktickém stupni je zajišťována systémem tvořeným navzájem slučitelnými rádiovými stanicemi RF-1301, přenosnými soupravami RF-13 a mobilními soupravami RF-1305, RF-1325, RF-1350 a RF-13250. Systém má široké spektrum příslušenství, např. napájecích zdrojů, nabíječů, antén atd. Ke stanicím lze připojit zesilovače, rádiové modemy, datové terminály, přijímače GPS signálu a další externí komunikační zařízení.

5.2.1. Spojovací technika jednotlivce

Pro zabezpečení spojení mezi jednotlivými vojáky jsou u 43. vpr využívány VKV rádiové stanice RF-1301, RF-1302 a RF -1305.

RF-1301 – rádiová stanice je určena pro spojení mezi jednotlivými vojáky na úrovni čety, družstva, skupiny, vojáka. Stanice RF-1301 se vyznačuje malými rozměry a nízkou hmotností. Provoz je možný buď s vestavěným mikrofonom s velmi dobrou srozumitelností, nebo s náhlavní soupravou s hlasovým spínačem systému VOX. Ke stanici se dodávají dva typy páskových antén. Fónický provoz rádiové stanice je plně slučitelný s provozem dosud používaných VKV rádiových stanic v AČR i armádách NATO. Připojení telefonního rozhraní (TR13) k rádiové stanici umožňuje propojení do stálé telefonní sítě. [19]

RF-1302 – rádiová stanice je určena pro spojení na taktickém stupni velení u všech druhů jednotek. RF-1302 umožňuje v plném rozsahu spolupráci se staršími typy radiostanic typu RF-13. Navíc disponuje režimem spojení se skokovou změnou kmitočtu, což značně ztěžuje zjišťování, odposlech a případné rušení spojení nepřítelem. [16]

RF-1305 - přenosná souprava rádiová stanice RF-1305 je určena pro spojení na úrovni družstva, čety, roty a prapor. Pro vedení rádiového fónického nebo datového

provozu. Dále umožňuje vedení hovoru přes vestavěný maskovač, předávání krátkých kódových zpráv, selektivní komunikaci, předvolbu až 9 kanálů, automatické prohledávání po předvolených kanálech (SCANNING), ovládání většiny funkcí z mikrotelefonu s ovládáním. Soupravu rádiové stanice tvoří spolu s vlastní stanicí příslušenství pro běžné způsoby provozu. Toto příslušenství lze přenášet za provozu spolu s rádiovou stanicí v brašně. Standardně je radiostanice vybavena krátkou, dlouhou prutovou a závěsnou anténou. Fónický provoz této rádiové stanice je v uvedeném kmitočtovém pásmu slučitelný s provozem všech dosud používaných VKV rádiových stanic v AČR i s provozem VKV rádiových stanic všech ostatních armád. [15]

5.2.2. Spojovací vozidlová technika

Pro zabezpečení spojení na taktické úrovni stupni velení jsou u 43. vpr využívány VKV a KV rádiové prostředky zabudované ve vozidlech typu Land Rover.

Kajman M1 - vojenské vozidlo se zabudovanými spojovacími prostředky a komunikační technikou označkováno jako LRD 130 MILITARY ARMoured 4 KAJMAN M1, viz „*Obrázek 5.6 LRD 130 Military Armoured 4 Kajman*“, které je převážně využíváno k plnění taktických, bojových a speciálních úkolů příslušníky jednotlivých výsadekových rot. Vozidlo je vybaveno mobilní radiostanicí RF13250, která je vícepásmová a víceúčelová KV, VKV radiostanice pro spojení na taktickém stupni velení. Na pevném kmitočtu v kmitočtovém pásmu 30 MHz až 87,975 MHz je fonický provoz radiostanice RF13250 otevřenou řečí slučitelný s provozem všech doposud používaných VKV radiostanic v AČR a také v ostatních armádách. V tomto kmitočtovém pásmu je radiostanice plně slučitelná s doplňkovými provozem všech souprav radiostanic RF13, jako jsou přenosy krátkých kódových zpráv (FLASH) a provoz maskovanou řečí. Radiostanice RF13250 se vyznačuje v pásmu 30 MHz až 87,975 MHz provozními módy FH (Frequency Hopping – provoz se skokovou změnou kmitočtu), DFF (Digital Fixed Frequency – digitální přenos na pevném kmitočtu), FCS (Free Channel Search - provoz vyhledání volného kmitočtu) a MIX (Mixed Mode - smíšený provoz FH a FCS). Tyto provozní módy výrazně zvyšují odolnost rádiové komunikace proti radioelektronickému boji (REB). V těchto provozních módech je

slučitelná se stanicemi RF1302. Podle typu zvoleného pásma umožňuje stanice RF13250 vést komunikaci krátkovlnnými stanicemi řady R-150, s leteckými stanicemi v prvním leteckém pásmu, stanicemi v radioamatérském pásmu a stanicemi v pásmu CB (Civil Band). [17]

R7M1p LR - pracoviště R 7M1p, viz „*Obrázek 5.8 Spojovací vozidlo R7M1p LR a jeho vnitřek*“ zabezpečuje KV a VKV rádiové spojení fonické nebo datové při práci v rádiových sítích a směrech. Pracoviště vytváří podmínky pro využití aplikačního programového vybavení bojového vozidlového informačního systému BVIS na podporu rozhodovací činnosti velitelů a příslušníků štábu. Technické vybavení pracoviště, prostorové uspořádání ve vozidle jednoznačně podporují provoz zejména při opuštění místa velení, za pohybu a za krátkých přestávek. V případě nutné přítomnosti obsluhy není pracoviště vhodné pro dlouhodobý provoz na jednom stanovišti. Pracoviště zároveň umožňuje, při zařazení do sestavy místa velení, připojení do vnitřního optického rozvodu LAN a do vnitřního telefonního rozvodu mobilního místa velení. Souprava pracoviště je složena z vlastního pracoviště, technologie zabudované do vozidla LAND ROVER DEFENDER 110 SW a z přívěsu spojovacího PM 075 MiV. Mezi základní spojovací prostředky patří KV rádiová stanice R150S, telefonní rozhraní TR150T, Mobilní VKV rádiová stanice RF1350(RF1305 doplněná o 50W zesilovač, RF13, ZV13.1, AF13), Mobilní VKV rádiová stanice RF1325 (RF13, ZV13.1, AF13), Digitální hovorové zařízení VICM 100, IP rádiový směrovač IPRS 32, Optický převodník LMC 02, Terminál BVIS (Notebook DolchNotepack), Tiskárna inkoustová barevná, Rádiový datový terminál DT13, Analogový telefonní přístroj TPA97. [20]

VR 1M1p LR - pracoviště VR 1M1p, viz „*Obrázek 5.9 Spojovací vozidlo VR 1M1p LR a jeho vnitřek*“ zabezpečuje VKV rádiové spojení fonické nebo datové při práci v rádiových sítích a směrech. Pracoviště vytváří podmínky pro činnost velitele roty, umožňuje využití aplikačního programového vybavení bojového vozidlového informačního systému BVIS na podporu rozhodovací činnosti velitele roty. Pracoviště zároveň umožňuje, při zařazení do sestavy místa velení, připojení do vnitřního optického rozvodu LAN a do vnitřního telefonního rozvodu mobilního místa velení. Souprava pracoviště je složena z vlastního pracoviště, technologie zabudované do

vozidla LAND ROVER DEFENDER 110 HT MILITARY a přívěsu spojovacího PM 075 MiV. Mezi základní spojovací porotředy patří mobilní VKV rádiová stanice RF1325 (RF13, ZM13.1, AF13), Digitální hovorové zařízení VICM 100, IP rádiový směrovač IPRS 32, Optický převodník LMC 02, Terminál BVIS (Notebook DolchNotepack), Tiskárna inkoustová barevná, Rádiový datový terminál DT13, Analogový telefonní přístroj TPA97. [20]

MPP40M1p LR – spojovací souprava je určena pro zabezpečení spojení na taktickém stupni velení. Souprava je základem komunikační podpory mobilních míst velení praporečného typu. Souprava mobilní přístupové provozovny praporečného typu MPP 40M1p LR je složena z:

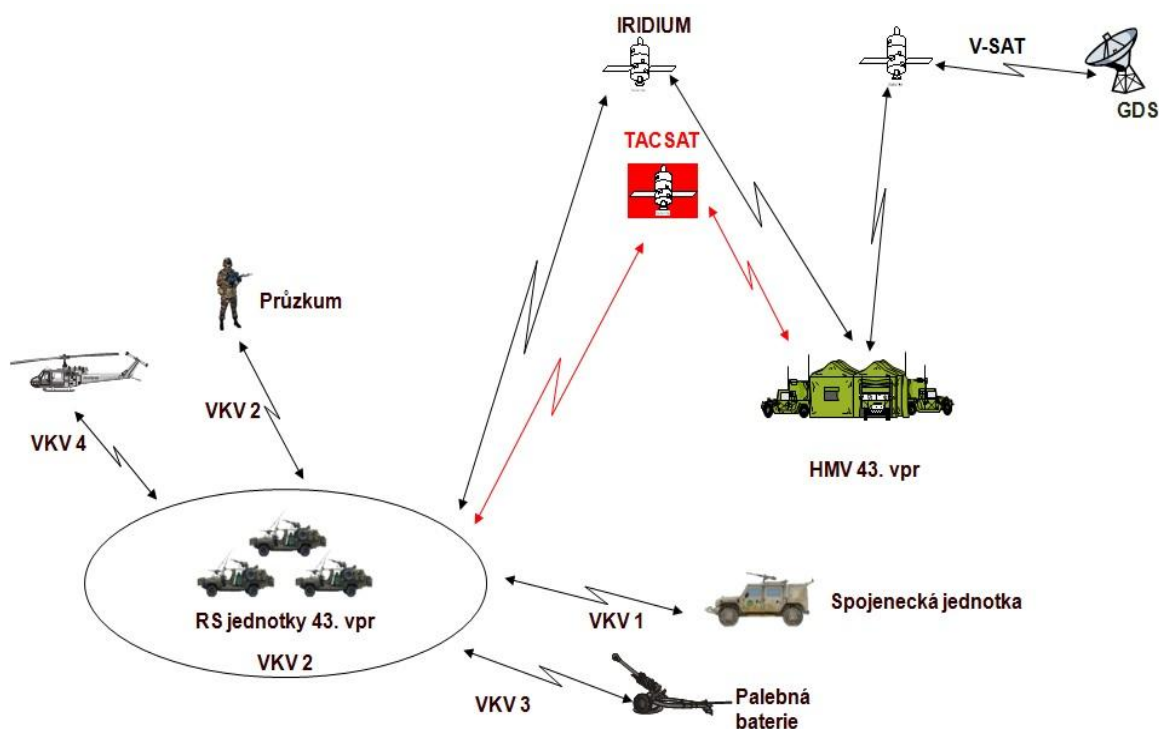
- **provozovna MPP 40M1p LR** - přístrojový vůz se zabudovanou základní komunikační technologií, pracovištěm obsluhy rádiových a radioreléových stanic a s pracovištěm spojovatele. Součástí přístrojového vozu jsou dva teleskopické stožáry RACAL 9 m. Technologie je zabudována v sendvičové skříňové karosérii na podvozku Land Rover Defender 130 SC.
- **provozovna MPP 40M1p LR** - doprovodný vůz převážející veškerý spojovací materiál a pomocná zařízení nutná pro budování kompletních vnitřních metalických a optických rozvodů místa velení, materiál je umístěn ve vozidle Land Rover Defender 110 ST.
- **přívěs spojovací PM 075 MiV** - přívěs rozšiřuje úložné prostory a zvyšuje užitečnou hodnotu soupravy, součástí přívěsu je nabíjecí soustrojí NS 2840D, určené k nouzovému napájení přístrojového vozu.

Mobilní přístupová provozovna MPP 40M1p LR – přístrojový vůz, viz „*Obrázek 5.10 Spojovací vozidlo MPP 40M1p LR a jeho vnitřek*“ (dále jen MPP 40M1p LR) je základem místního spojení na místě velení praporečného typu jako je 43. výsadkový praporeč nebo jiných jednotek na stejné organizační úrovni. Provozovna je určena pro zabezpečení komunikační podpory mobilního místa velení, zajišťuje automatické telefonní spojení jednotlivých účastníků místa velení praporečného a připojení telefonních účastníků a lokálních počítačových sítí LAN místa velení prostřednictvím

radio reléového nebo linkového spojení do telefonní a datové sítě nadřazeného prvku brigády. Provozovna je vybavena IP šifrátozem DALIBOR, který zajišťuje utajované spojení mezi jednotlivými hlavními místy velení. MPP 40M1p LR realizuje připojení mobilního místa velení do tranzitní opěrné sítě brigády, zabezpečuje rovněž možnost spolupráce s uzly radioreléového přístupu do stacionární vojenské spojovací soustavy. V nouzovém režimu činnosti může provozovna zabezpečit KV rádiové spojení s omezeným rozsahem služeb. Mezi základní spojovací prostředky patří Radioreléová stanice RR 300, Digitální taktický přepojovač DTP 40M1, Blok linkových zakončení BLZ 40, Digitální taktický přepojovač - směrovač DTPS10, IP šifrátor DALIBOR, Terminál operátora (Notebook DolchNotepack), Mobilní souprava VKV rádiové stanice RF1325 (RF13, AF13, ZM13.1, HZ13A, HZ13B), Mobilní souprava VKV rádiové stanice RF1325 (RF13, AF13, ZM13.1), KV rádiová stanice R150S včetně telefonního rozhraní TR150T, Digitální telefonní přístroj TPD97, Analogový telefonní přístroj TPA97. [20]

5.2.3. Systém velení a řízení

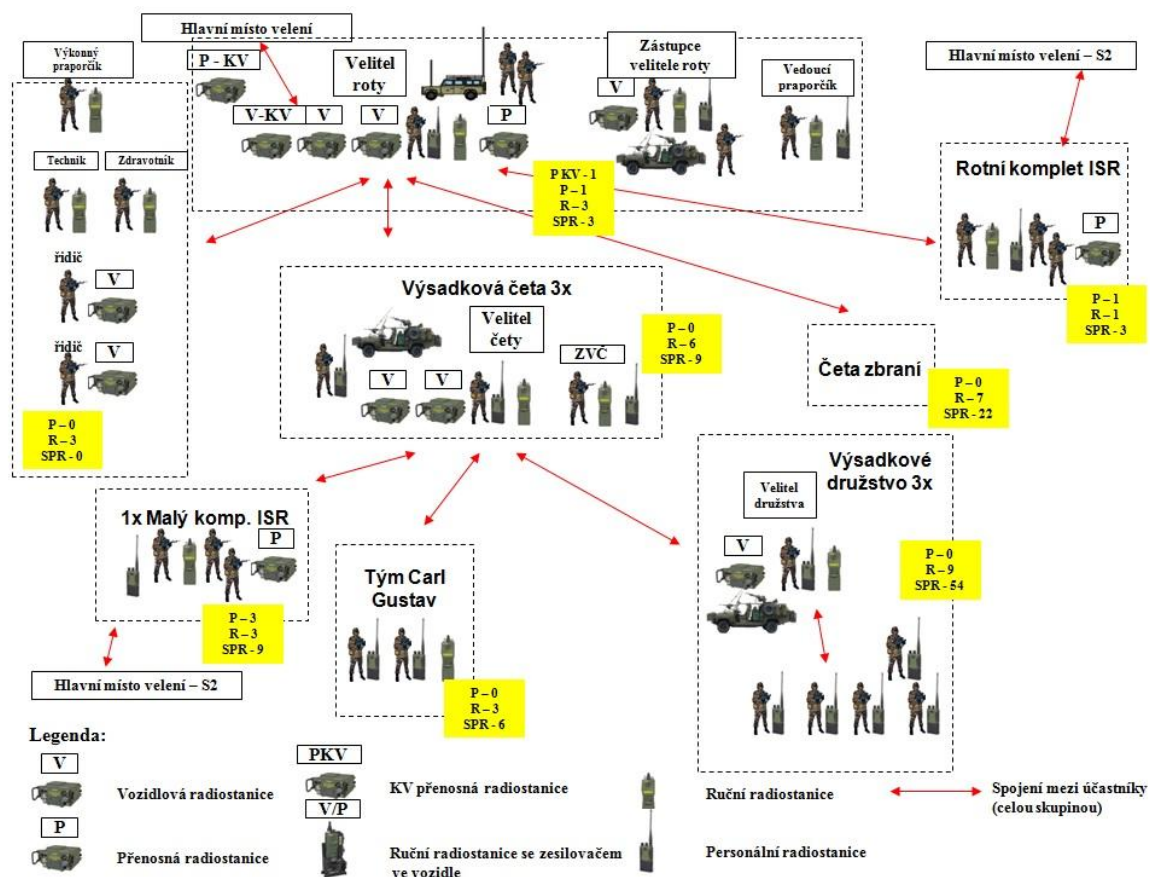
„Obrázek 5.2 Systém velení a řízení“ zobrazuje velení a řízení praporu, kde je zobrazen způsob spojení jednotek 43. vpr a to jak v rámci operující jednotky, tak na nadřízený stupeň. Hlavní druh spojení v rámci jednotky a s jednotkami podpůrnými jako je průzkum, spojenecké jednotky, palebná baterie a letectvo je realizováno prostřednictvím VKV spojení. Hlavní druh spojení jednotek 43. vpr na nadřízený stupeň je realizován v taktickém satelitním pásmu TACSAT, který umožňuje utajovaný provoz a to díky použití sady krypto klíčů. Jako záložní druh spojení jednotek 43. vpr je zabezpečeno prostřednictvím komerčního satelitního telefonu IRIDIUM. Spojení hlavního místa velení 43. vpr do GDS z prostorů působení je realizováno satelitním spojením VSAT.



Obrázek 5.2 Systém velení a řízení [Zdroj: vlastní]

5.2.4. Schéma spojení roty

System spojení v rámci jednotlivých výsadkových rot 43. vpr je pro bližší představu zobrazen, viz "Obrázek 5.3 Schéma spojení roty".



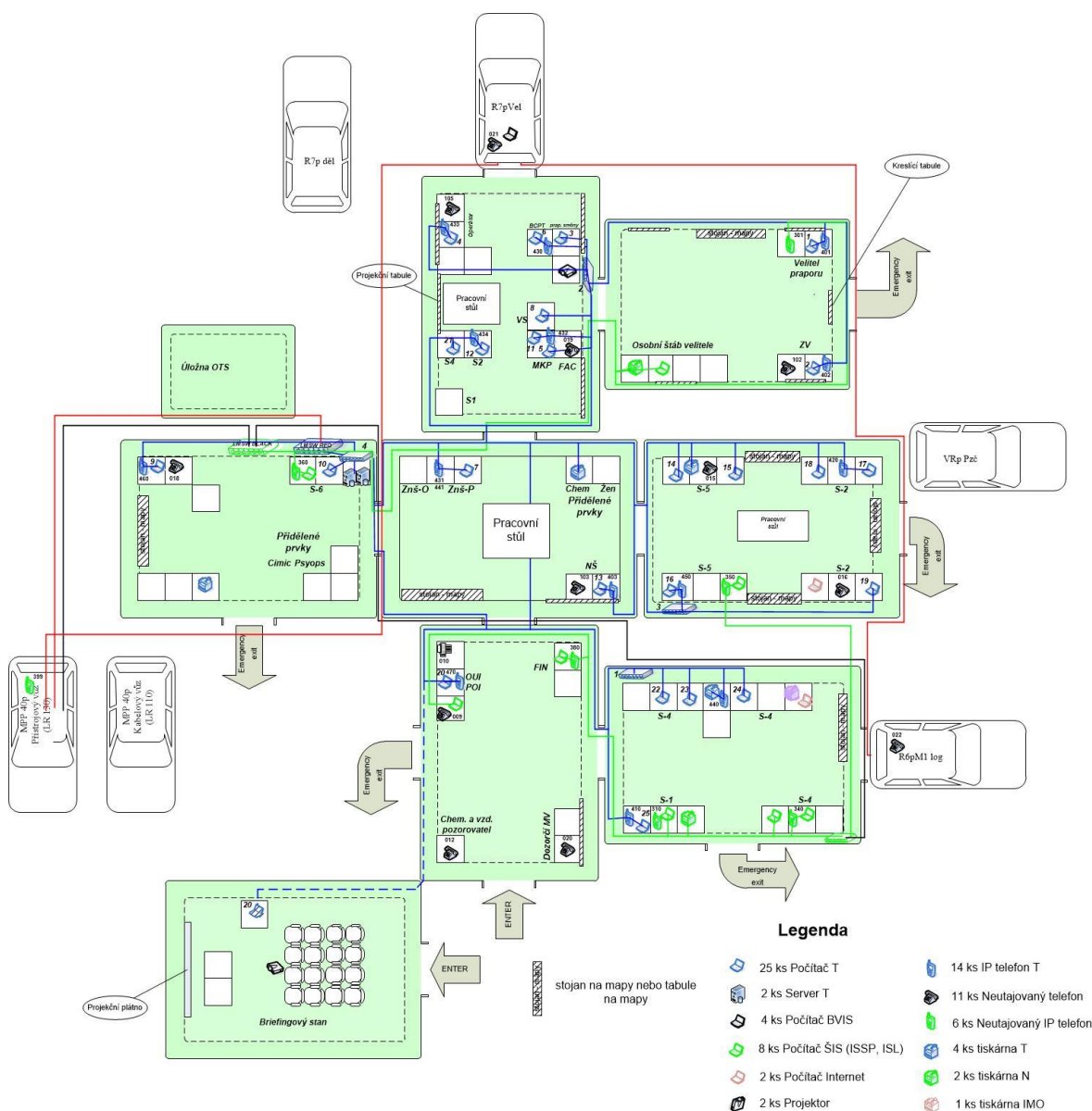
Obrázek 5.3 Schéma spojení roty

Schéma spojení zobrazuje jednotlivé organické celky výsadkové roty, kde každý celek disponuje určitými druhy spojovacích prostředků. U každého organického celku je zobrazen počet a typ spojovacího prostředku. Schéma obecně zobrazuje systém spojení v rotě od nejnižšího prvku až po velitele roty.

5.2.5. Hlavní místo velení

HMV poskytuje příslušníkům štábu praporek zázemí a podporu při plánování a řízení boje. "Obrázek 5.4 Hlavní místo velení 43. vpr" zobrazuje HMV v plném rozvinutém profilu se zasazením všech technologií a vybudovanou utajovanou a

neutajovanou LAN. Jsou zde zasazeny také spojovací prostředky MPP40, doprovodný vůz R7, VRp velitele. HMV je připojeno do GDS pomocí rádioreléového spoje popřípadě satelitení technologií VSAT a to především ze zahraničních cvičení a misí. Prostřednictvím těchto komunikačních spojů lze na HMV rozvinout plně armadní systémy, které jsou zmíněny, viz "Tabulka 4.1. Provozované komunikační a informační systémy".



Obrázek 5.4 Hlavní místo velení 43. vpr [Zdroj: vlastní]

5.2.6. Komunikační a informační polní systémy

Tyto systémy jsou vyvíjeny a dodávány do AČR společnostmi DelInfo od které byly získány potřebné informace pro zpracování této podkapitoly. Oficiální název těchto systémů užívaný v AČR je „Automatizovaný systém velení a řízení“ (ASVŘ) a „Bojový vozidlový informační systém (BVIS)“.

5.2.6.1. Automatizovaný systém velení a řízení (ASVŘ)

ASVŘ se v AČR provozuje na stupni utajení „TAJNÉ“, což znamená, že všichni, co chtějí přistupovat do systému musí být držiteli bezpečnostní prověrky stupně „TAJNÉ a vyšší“, kterou vydává pouze Národní bezpečnostní úřad.

Tento systém je určen pro štáb jednotlivých jednotek, který vytváří podklady, na základě kterých se velitel rozhoduje při plnění, jak mírových, tak bojových operací. Je to tedy základní nástroj pro automatizaci práce příslušníků štábů na úrovních praporů a brigád. Systém ASVŘ slouží pro plánování a řízení činností, tvorbu společného operačního obrazu situace, tvorbu a výměnu dokumentů, signálů a zpráv, práci s mapou a provádění taktických úloh a výpočtů. Umožňuje sdílení informací mezi všemi příslušníky štábu na hlavních místech velení, kde je rozvedena místní počítačová síť.

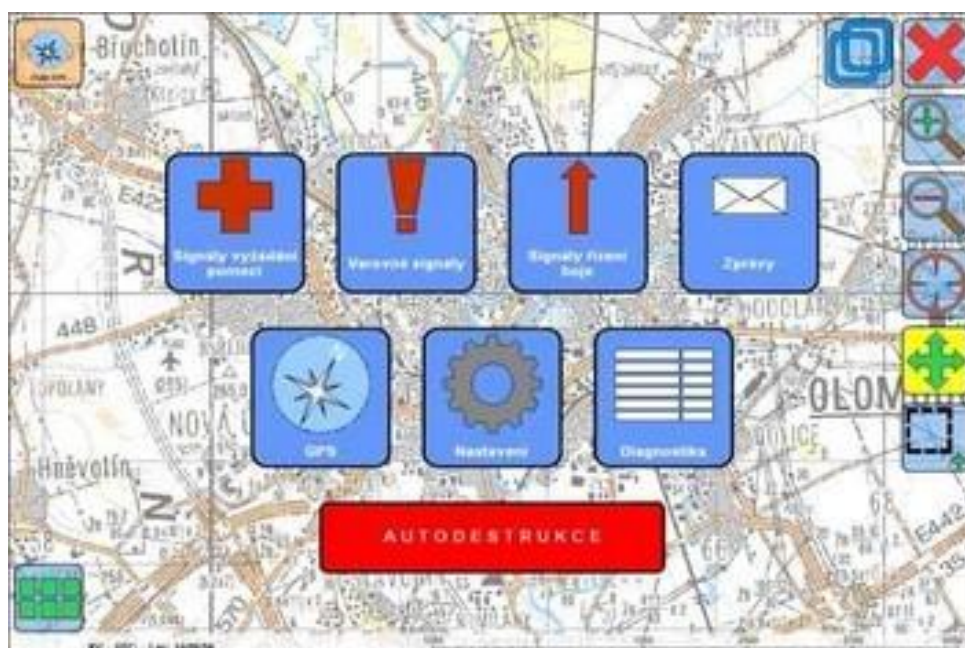
Hlavní předností systému je operačně taktický zákres, viz „*Obrázek 5.5 Operačně taktický zákres*“, který slouží jako komplexní nástroj pro tvorbu vektorového vojenského zákresu nad rastrovými, vektorovými a výškopisnými podklady, následně k jeho editaci a tisku. Zakreslované jednotky mohou být napojeny na taktickou databázi. Souřadnicový systém je používán ve formátu WGS84. Dále se může pracovat s měřítkem mapy. Toto vše se odehrává nad rastrovými, vektorovými a výškopisnými podklady, pro které jsou dostupné nástroje pro posun, přiblížení a oddálení. V operačně taktickém zákresu můžeme dále využít další aplikace jako například „Rádiová viditelnost“, která umožní ověřit, zda v daném prostoru bude rádiové spojení nebo „Přesun po komunikacích“, díky kterému lze plánovat vojenské přesuny, viz „*Obrázek 5.6 Plánování vojenského přesunu*“.

5.2.6.2. Bojový vozidlový informační systém (BVIS)

Tento systém je provozován v „NEUTAJOVANÉM“ režimu a je propojen jednocestnou diodou se systémem ASVŘ, aby nemohlo dojít k úniku utajených informací. Jak název napovídá, využívá se především na bojových vozidlech AČR.

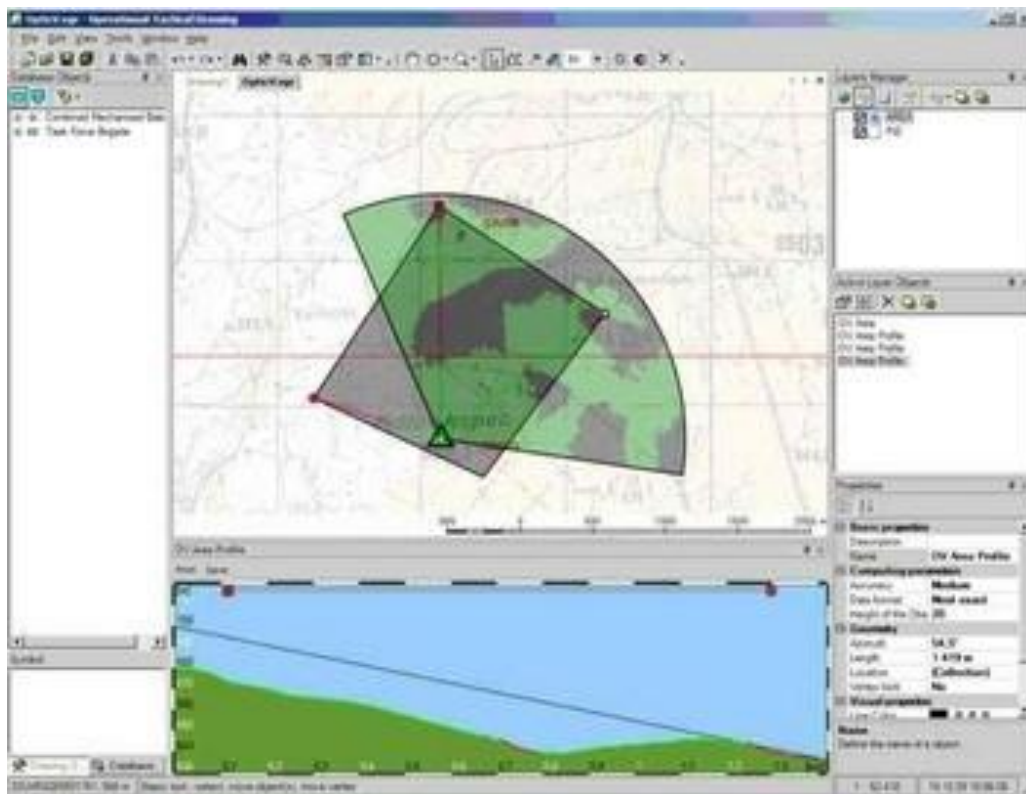
BVIS slouží jako základní nástroj pro automatizaci práce příslušníků bojových jednotek na úrovních roty, čety a družstva a stejně jako systém ASVŘ slouží pro plánování a řízení činností, tvorbu společného operačního obrazu situace, tvorbu a výměnu dokumentů, signálů a zpráv, práci s mapou a provádění taktických úloh a výpočtů, které mohou předávat nadřízenému stupni po rádiové síti.

Opět hlavní předností systému je operačně taktický zákres, který vytváří podmínky pro práci nad mapovým podkladem buď v módu „plánování“ (dostupné všechny aplikace) nebo v módu „řízení“ při vedení činnosti, kdy jsou podporovány základní funkcionality (s možností dotykového ovládání PC), viz „Obrázek 5.7 Vzhled dotykového prostředí“. Další velkou předností systému je možnost využití externího modulu GPS, díky kterému jsou na hlavních místech velení zobrazovány polohy jednotlivých bojových vozidel.



Obrázek 5.7 Operačně taktický zákres [29]

Další užitečnou aplikací vhodnou pro průzkumné jednotky je, viz „*Obrázek 5.8 Optická viditelnost*“, pomocí které si mohou průzkumné jednotky plánovat činnost jednotlivých průzkumných orgánů.



Obrázek 5.8 Optická viditelnost [29]

Prostřednictvím těchto systémů se mohou jednotliví velitelé rychleji a efektivně rozhodovat při plnění úkolů v náročných operacích, jak při působení na našem území, tak v zahraničních misích. Autor práce může potvrdit, že využití těchto systémů v AČR je široké. Tyto systémy používala i jednotka, s kterou byl autor nasazen v zahraničních operacích v Afghánistánu v roce 2011 a 2016 a usnadňovaly práci při plánování jednotlivých operací.

6. Testování BVISu pro potřeby AČR

Po několikaleté zkušenosti s provozem a konfigurací BVISu je k dispozici mnoho zkušeností, poznatků a reálných výsledků, které ukazují, jak vlastně celý systém funguje, kde jsou jeho slabiny a kde jeho přednosti. Po začátcích kdy byla implementace BVISu prováděna jednotlivě a sítě byly velmi jednoduché, se postupně systém dostal do fáze, kdy množství účastníků v jednotlivých rádiových sítích narostl až k počtu kolem deseti účastníků. Požadavky na přenos informací přitom neustále narůstají.

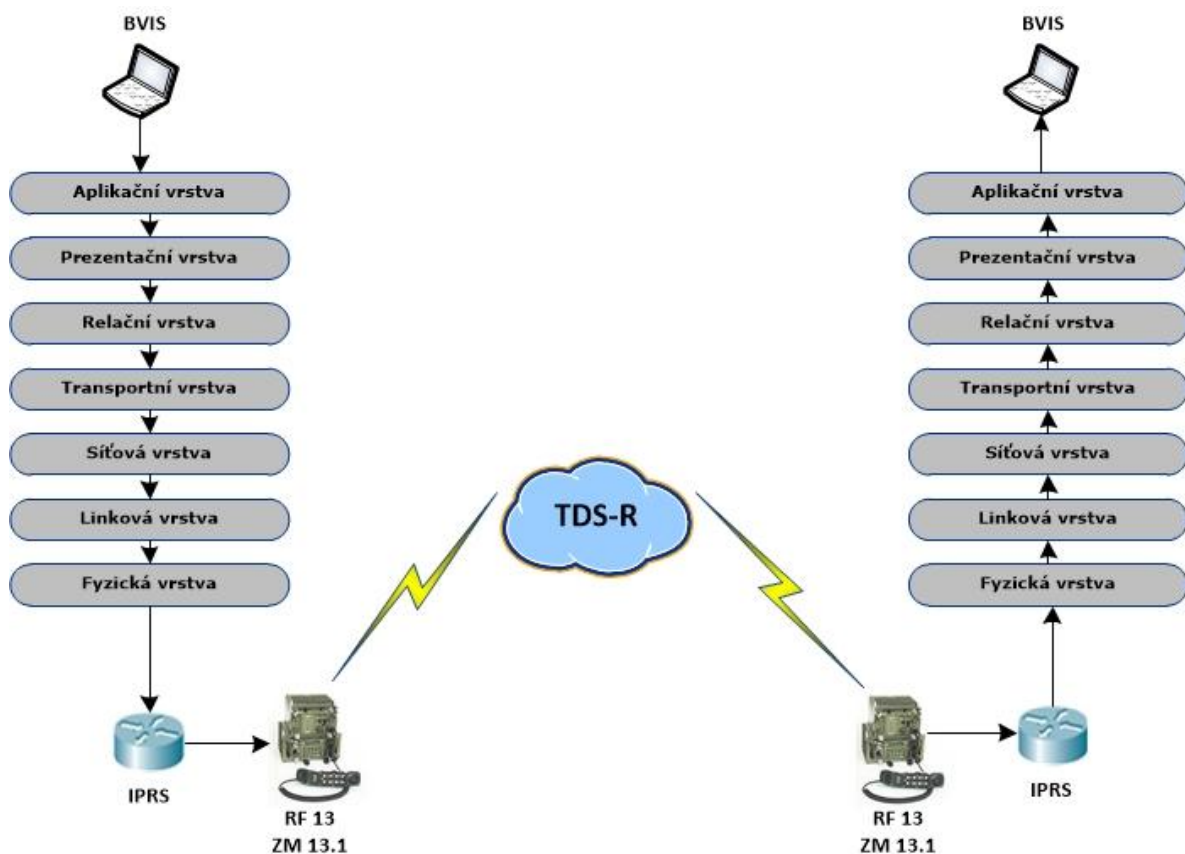
Dalším významným krokem v historii systému byla akreditace systému ASVŘ na stupeň „TAJNÉ“, kde bylo potřeba vyřešit přístup z tajného systému ASVŘ do neutajovaného BVISu a to prostřednictvím jednocestné diody.

Tato kapitola se především zaměřuje na samotné hledisko administrace a dále pak na hledisko uživatelské. U 43. výsadkového praporu a zároveň v rámci celé 4. brigády rychlého nasazení je tento systém provozován již od samotného počátku začleňování do výzbroje od roku 2006 a zároveň pracovníci odpovídající za provoz mají rovněž bohaté zkušenosti s provozem BVIS v zahraničních misích, kdy lze tyto zkušenosti porovnat s obdobnými systémy ostatních armád NATO.

6.1. Úvod do problematiky

Systém BVIS je tvořen přenosovým prostředím, směrovači, počítači, na kterých běží aplikace BVIS, a samotnou aplikací BVIS. Přenosové prostředí je tvořeno radiostanicemi řady RF13 a modemy MD 13.1, které mohou být používány externí nebo zabudované v zesilovačích ZM13.1 a ZV 13.1 dále jen datový modem.

Při hledání problematických jevů je vhodné postupovat od základních prvků spojení, tak jak je popisuje model OSI, viz „*Obrázek 6.1 Model OSI*“. Je tedy potřeba postupovat od radiostanic (RF 13) přes datové modemy a směrovače (IPRS – komerční CISCO router v zodolněném obalu) tvořící systém taktických rádiových komunikací dále jen STRK, označovaný za taktickou datovou síť radiovou dále jen TDS-R, a dále pokračovat přes hardware počítačů, který zasahuje do všech vrstev modelu OSI k softwaru (operační systém a aplikace BVIS).



Obrázek 6.1 Model OSI [Zdroj: autor]

6.2. TDS-R

Přístup uživatelů do TDS-R je řešen z přenosného většinou zodolněného počítače připojeného prostřednictvím radiového směrovače IPRS a datového modemu MD 13.1 k radiové stanici řady RF 13, která byla primárně vyvinuta pro fonické vedení provozu.

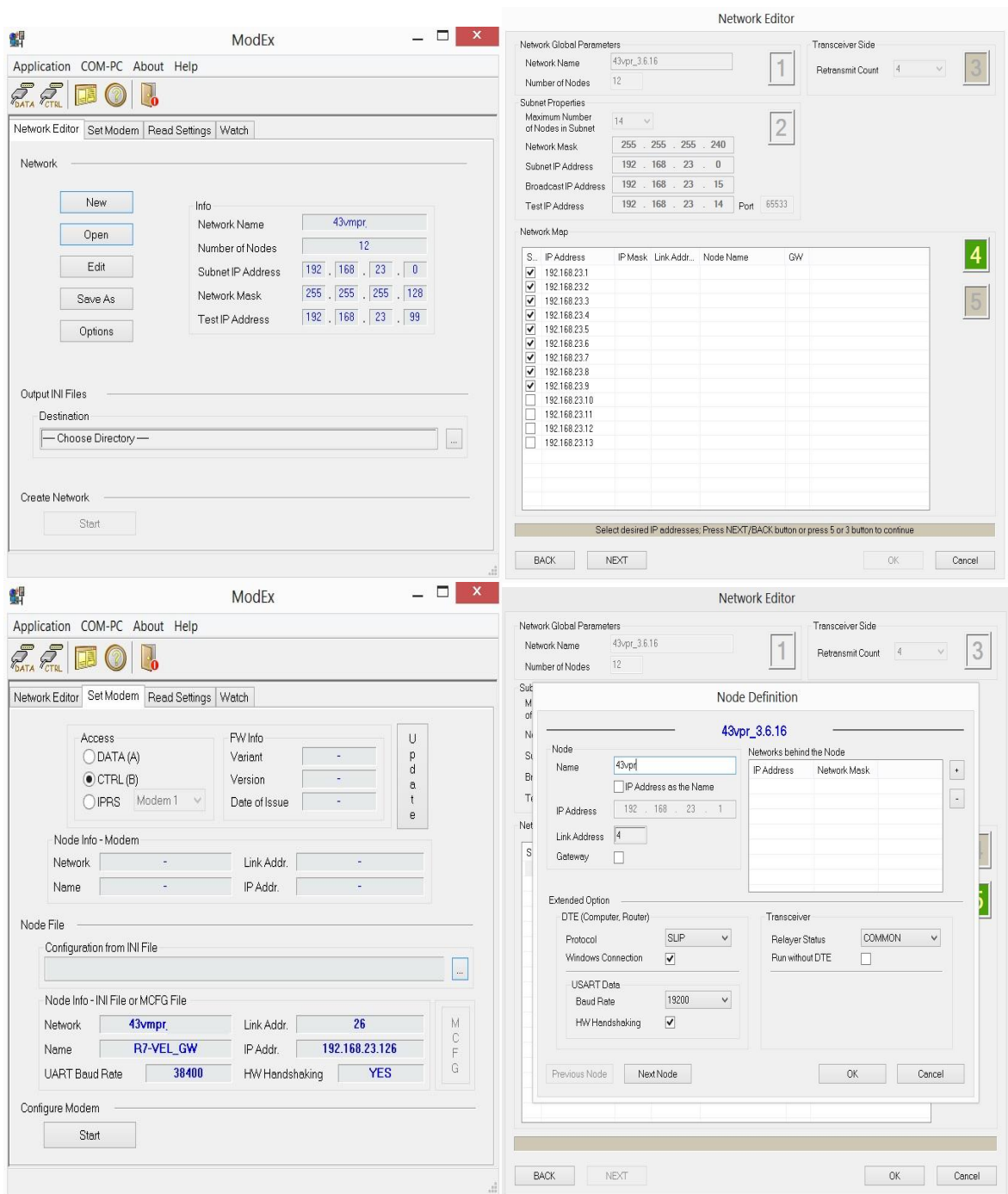
6.3. Příprava rádiové datové sítě k provozu

Při přípravě rádiové datové sítě k provozu je potřeba brát v úvahu tu skutečnost, že síť je definována před vojenskou misí a v průběhu mise mohou do sítě vstupovat nebo vystupovat pouze předdefinovaní účastníci. Tento fakt má za následek nemožnost implementace dalších účastníků sítě, kteří by se mohli v budoucí době vyskytnout. Je tedy nezbytně nutné při vytváření plánu datové sítě zahrnout i pravděpodobné účastníky, byť by se v budoucnosti nemuseli k takto vytvořené síti připojit.

Při všech těchto podmínkách je vytvořen IP plán, který zahrnuje veškerá IP nastavení a stanovuje jednotlivé sítě. Z něho lze poté vyčíst směrovací tabulky, které je nutno vepsat do modemů MD 13.1 a zároveň stanovit statické routování ve všech směrovačích IPRS.

Pro nastavení profilů do modemů MD 13.1 byl vytvořen firmou DICOM program ModEx (Modem Expert Software) ve verzi 1.0 build 2025.012.41-0901, který nahradil zastaralý WizardMD131. Firmou DICOM bylo potvrzeno, že zastaralý program Wizard již nesplňoval veškeré podmínky pro správné nastavení a neumožňoval nastavovat všechny možnosti modemů. Zároveň v posledních dvou letech došlo k vývoji nového firmwaru datových modemů. Přes verze 4.14, 4.15, 4.16 a 4.17 vznikla finální verze 5.00, pro kterou bylo deklarováno optimální nastavení datové komunikace v rámci radiové sítě.

Program ModEx, viz „*Obrázek 6.2 Prostředí ModEX*“ se skládá ze tří částí. První z nich, Network Editor, definuje nové sítě. V pěti krocích lze nastavit veškerá potřebná data pro tzv. profily, dále umožňuje otevírat již vytvořené profily, jejich editaci a následné ukládání. Druhá část programu umožňuje nastavování modemů z předem definovaných profilů a třetí zabezpečuje kontrolu zapsaných dat do modemů.



Obrázek 6.2 Prostředí ModEX [Zdroj: vlastní]

Došlo k výraznému zlepšení tvorby profilů pro datové modemy a to z hlediska uživatelského rozhraní nového softwaru, jeho možností určení veškerých parametrů datové komunikace a hlavně přehlednosti plněných dat. Dále je velmi výraznou pomocí kontrola zapsaných dat. U staršího programu tato možnost chyběla a mnohdy se stávalo, že ačkoliv program oznámil úspěšné zapsání dat, k žádnému nedošlo. Tyto

fatální chyby měly za následek nefunkčnost vytvořené sítě a nezbylo než zdlouhavě hledat problém.

6.4. Příprava rádiové sítě

Pro přípravu rádiové datové sítě je nutné definovat pojem UZEL rádiové datové sítě dále jen uzel. Minimální konfigurace uzlu je rádiová stanice a datový modem. Toto složení odpovídá retranslačnímu stanovišti. Ve většině případů je součástí uzlu počítač nebo směrovač. Základní charakteristikou uzlu je pár, IP adresa - fyzická adresa. IP adresa je parametr počítače, fyzická adresa je parametr modemu a přiřazení těchto adres (prostředků) definuje uzel sítě. V průběhu přípravy rádiové sítě musí obsluha programu ModEx definovat několik parametrů. Tyto parametry se týkají jednak sítě jako celku a dále jednotlivých uzlů sítě.

6.5. Parametry sítě

V programu ModEx při vytváření základních parametrů sítě definujeme jméno sítě a počet uzlů této sítě. Poté z maximálního počtu uzlů a přiděleného rozsahu IP adres se definuje subsít' (IP maska). Tím je dána IP adresa subsítě jako takové a IP adresa pro oběžník této subsítě (broadcast). Dále je definována testovací IP adresa (adresa z daného rozsahu sítě), která složí pro testování komunikace PC s modemem.

Dále jsou nastavovány parametry strany od radiové stanice (Transceiver Side). Toto nastavení zahrnuje maximální počet opakování vysílání u zpráv, které se interně potvrzují (standardně dvě), zapínání/vypínání kódování Golay(23,12) (součást Forward error correction – FEC – kódování se zpětnou korekcí chyb umožňující opravit 3 chyby v rámci 24bitového slova), zapínání/vypínání TDC (Time Dispersive Coding – prokládání přenášených dat, které společně s Golay(23,12) zvyšuje odolnost proti skupinovému charakteru chyb (trvale zapnuto) a zapínání/vypínání Scramblingu – minimalizuje problémy vzniklé stejnosměrným oddělením na přenosové trase. V programu ModEx lze dále nastavit parametry modulace (modemy řady MD13.1 pracují s modulací GMSK – gaussovská modulace s minimálním zdvihem), detekci hlasového provozu na kanále pomocí podtónového signálu 150 Hz

– CTCSS a detekci hlasového provozu na kanále pomocí vyhodnocení spektra v oblasti nad 8 kHz. Obě možnosti podporují modemy MD 13.1 od verze firmwaru 4.00.

Tyto parametry nastavení se v programu Wizard musely provádět dodatečně, editováním již vytvořených profilů, tudíž mohlo rovněž docházet k chybovosti zapsaných údajů a bylo nutno je neustále kontrolovat. Zároveň se tyto kódy zapisovaly v binární podobě a jejich nastavení bylo potřeba konzultovat s výrobcem. Došlo tedy k výraznější přehlednosti nastavovaných parametrů.

V programu ModEx se nadále stanovují ostatní IP adresy (v rozsahu daném počtem uzlů) a automaticky se jim přiděluje fyzická adresa modemu. Tato je volena v rozsahu 4 – 95). Přiřazením IP adres a fyzických adres vznikne tzv. Address resolution table – ART.

6.6. Parametry konkrétního uzlu

U parametrů konkrétního uzlu definujeme jeho název, vstup/výstup ze sítě (Gateway – uzlu, kam jsou směrovány všechny IP adresy, které nejsou definovány v ART a jsou pro tuto síť neznámé), připojení (k směrovači, počítači), nově lze definovat přenosové rychlosti a hardwarový handshaking určený pro řízení toku dat do modemu. Dále se stanovuje, zdali se modem účastní na šíření zpráv v síti (přeposílá je) a zdali je umožněno připojit modem do sítě bez připojení nadřazeného DTE (Data terminal equipment).

Jedním z nejdůležitějších nastavení je stanovení vzdálených sítí, které se nacházejí za takto vytvářeným konkrétním uzlem. Doplnuje se tak tabulka ART o další subsítě, které se nacházejí za již zvolenou fyzickou adresou uzlu.

Tyto všechny parametry je nutno stanovit pro všechny uzly v síti. Je tedy patrné, že každý uzel je definován jinak a může obsahovat jiná nastavení, tudíž při exportu, resp. konečném vytvoření profilů se generuje jedinečný profil pro každého účastníka sítě.

6.7. Nastavení prostředků

Po takto vytvořených profilech do modemů MD 13.1 a stanovení prostředků v IP plánu je možné přistoupit k samotnému nastavení jednotlivých prostředků a to počítačů, modemů, směrovačů a radiostanic.

Počítač - je nastaven dle charakteru připojení a buď k modemu, nebo ke směrovači. V případě připojení k modemu je vytvořeno přímé propojení protokolem SLIP (Serial Line Interface Protocol) a nastavena PPP (Point-to-Point Protocol) komunikace včetně zadání veškerých parametrů IP adresace. V případě připojení ke směrovači IPRS je nastavena IP adresace na síťové kartě a jako brána je nastaven samotný směrovač.

Modem - do modemu MD 13.1, ať už implementovaného v ZM či ZV 13.1, nebo samostatného, je nutno nahrát programem ModEx nový profil pro daný uzel a ověřit jeho správnost zápisu. Je nutné dbát na správnost zvolení profilu, aby nedošlo k přerušení komunikace.

Směrovač - pokud je směrovač používán je nutno v něm stanovit, kterou sériovou linkou bude komunikovat do dané radiové sítě (přístupná jsou až čtyři sériová rozhraní pro čtyři různé sítě) a nastavit pro toto rozhraní IP adresu. Zároveň je nutno stanovit adresaci vnitřních virtuálních sítí (VLAN) a doplnit statické směrovací tabulky. Dále se stanovují bezpečnostní pravidla a nastavení pro komunikaci se samotnými modemy.

Radiostanice - nutno nastavit společný komunikační kanál a nejlépe ho prověřit hlasovou zkouškou.

Při nastavování je nutné dbát na to, aby modem a počítač nebo směrovač jednoho uzlu měly stejnou IP adresu. Nedodržení této zásady vede k přerušení komunikace.

6.8. Bezpečné nastavení prostředků

Pro radiovou část byla přijata pouze standardní opatření, kdy lze na radiostanicích zapnout mód utajovače. Pro modem neexistuje žádné bezpečné nastavení.

Při testování BVISu byl vybrán operační systém Microsoft Windows XP. Veškerá bezpečnostní nastavení vychází z „Příručky nastavení operačního systému MS Windows XP a ostatního schváleného programového vybavení pro pracovní stanici BVIS“ Jedná se o tato nastavení:

- jméno stanice a zařazení do pracovní skupiny BVIS,
- vypnutí automatických aktualizací,
- nastavení data a času,
- místní zásady zabezpečení (zásady auditu, možnosti zabezpečení, protokol událostí),
- nastavení času výběru operačního systému na 0 sekund,
- nastavení spořiče obrazovky,
- nastavení koše při mazání souborů,
- omezení síťové komunikace (pouze protokol TCP/IP, zakázané rozhraní NetBIOS nad protokolem TCP/IP),
- konfigurace pro protokol SLIP,
- nastavení ostatních schválených programů (Acrobat Reader, PowerArchiver, Firewall).
- nastavení jednosměrné komunikace v BVISu,
- povolené systémové služby systému Windows.

Pro potřeby směrování byly pro komunikaci v rámci rádiové sítě použity ve směrovačích příkazy, které zabraňují komunikaci po jiných portech, než komunikuje software firmy DellInfo, dále byl povolen port komunikace ICMP (Internet Control Message Protocol) pro možnost ověření správného zapojení příkazem „PING“ a zasílání ARP rámců.

Pro potřeby směrování do utajené zóny byla stanovena rovněž přísná bezpečnostní pravidla, která v zásadě umožňují pouze omezenou komunikaci jedním směrem a to ještě za určitých podmínek.

V neposlední řadě jsou stanovena pravidla přihlašování jak do operačních systémů BIOSu počítačů, tak i do směrovačů řady CISCO.

Příklad omezené komunikace přes sériové rozhraní směrovače:

```
interface Serial1/0
no ip mroute-cache
no ip redirects
no ip unreachable
no ip mask-reply
no ip directed-broadcast
no ip proxy-arp
no ip irdp
no cdp enable
ntp disable
async mode dedicated
```

Příklad použitých ACL (Access control list) listů pro zabezpečenou komunikaci:

```
access-list 1 permit any
access-list 130 deny ip any any
access-list 135 permit udp any any eq xxxx
access-list 135 deny ip any any
access-list 150 permit icmp any any echo
access-list 150 permit icmp any any echo-reply
access-list 150 permit udp any any eq xxxx
access-list 150 permit tcp any any eq yyyy
access-list 150 deny ip any any
access-list 155 permit icmp any any echo
access-list 155 permit icmp any any echo-reply
access-list 155 permit udp any any eq xxxx
access-list 155 permit tcp any any eq yyyy
access-list 155 deny ip any any
dialer-list 1 protocol ip permit
```

6.9. Testování rádiové datové sítě

Po určení topologie a nastavení jednotlivých komponent nově vytvářené sítě je potřeba otestovat její funkčnost příkazem PING s dostatečně dlouhým parametrem čekání na odezvu. Další možný dostupný způsob ověření komunikace je zapnutí

programového vybavení na počítači. Poté je možno učinit zkoušku „propsáním“, čili prověřením funkčnosti až na aplikační vrstvě. Toto prověření ovšem neumožňuje snadno nalézt případné nedostatky, či nefunkčnost jednotlivých podvrstev (komponent). Systém je pak nefunkční jako celek a operátor sám si jen stěží pomůže.

Co se týče tvůrce sítě, či administrátora, lze samozřejmě provést zkoušku příkazem „PING“ i na směrovačích a rovněž lze stáhnout tabulku SRT (Sparse Routing Table) ze samotného modemu. Z tabulky lze pak vyčíst viditelnost sousedních modemů, formuje se na základě interní komunikace modemů okamžitě po jejich spuštění.

Pro ověření rychlosti výměny těchto informací lze provést jednoduchý test měřením rychlosti, kdy jsou zapnuty a nakonfigurovány stanice A a B. Obě tyto stanice neměly navázanou datovou komunikaci. Mezi tyto stanice byla umístěna další stanice C, která byla ve funkci retranslátoru. Po zapnutí stanice C došlo k navázání komunikace mezi stanicemi A a B za 52 vteřin.

Z takto provedeného testu vyplývá, že oproti dřívější situaci, kdy se provedla výměna tabulek SRT přibližně po dvou minutách, bylo dosaženo přibližně poloviční hodnoty rychlosti navázání komunikace. Tuto skutečnost je zapříčiněna nově vytvořeným firmwarem v modemech, kdy došlo k optimalizaci využití vysílání synchronizačních relací a bezpečnému nastavení, v jehož rámci bylo v maximální míře potlačeno vysílání ostatního „balastu“ do rádiové sítě.

6.10. Program WizardMD131 x ModEx 1. 0

Program WizardMD131 nesplňoval v kvalitní míře požadavky na správnou konfiguraci radiových modemů MD 13.1 a mnohdy se choval poněkud neočekávaně. Příkladem byla nefunkčnost modemů po jejich restartu, program ukázal správné zapsání dat do modemu, ačkoliv ten nebyl fyzicky připojen, bylo nutno dopisovat v binárním kódu další nastavení. Naštěstí tento program již skončil v propadlišti dějin a byl nahrazen programem ModEx.

Nově zavedený program ModEx oproti tomu vykazuje známky spolehlivosti a doposud nebyly zaznamenány větší problémy s jeho funkčností. Rovněž kvalitně je

zpracován i soubor s nápovědou, kde jsou popsány všechny jeho funkce a nechybí ani příklady. Vzhledem k tomu, že software ModEx je vytvořen samotnou firmou DICOM, neměl by do budoucna nastat problém s jeho možným přeprogramováním v případě nově vytvořených firmwarů do modemů, které budou postihovat nová funkční nastavení.

Zavedením nového softwaru pro konfiguraci modemů došlo ke zlepšení a hlavně ke zjednodušení plnění těchto prvků sítě. Zároveň je snazší přecházet nastavení v již nakonfigurovaném modemu a popřípadě si vyeditovat další nastavení. Firma DICOM v maximální míře eliminovala možnost vzniku chybného nastavení jejich součástí a zároveň zkvalitnila a optimalizovala propustnost radiové datové sítě založené na radiových stanicích RF 13 vytvořením a otestováním nových firmwarů (poslední je verze 5.00). Jsou zde zakomponovány všechny problémy, které byly doposud popsány. Nastavení rovněž reflektuje na četnost synchronizace tabulky SRT.

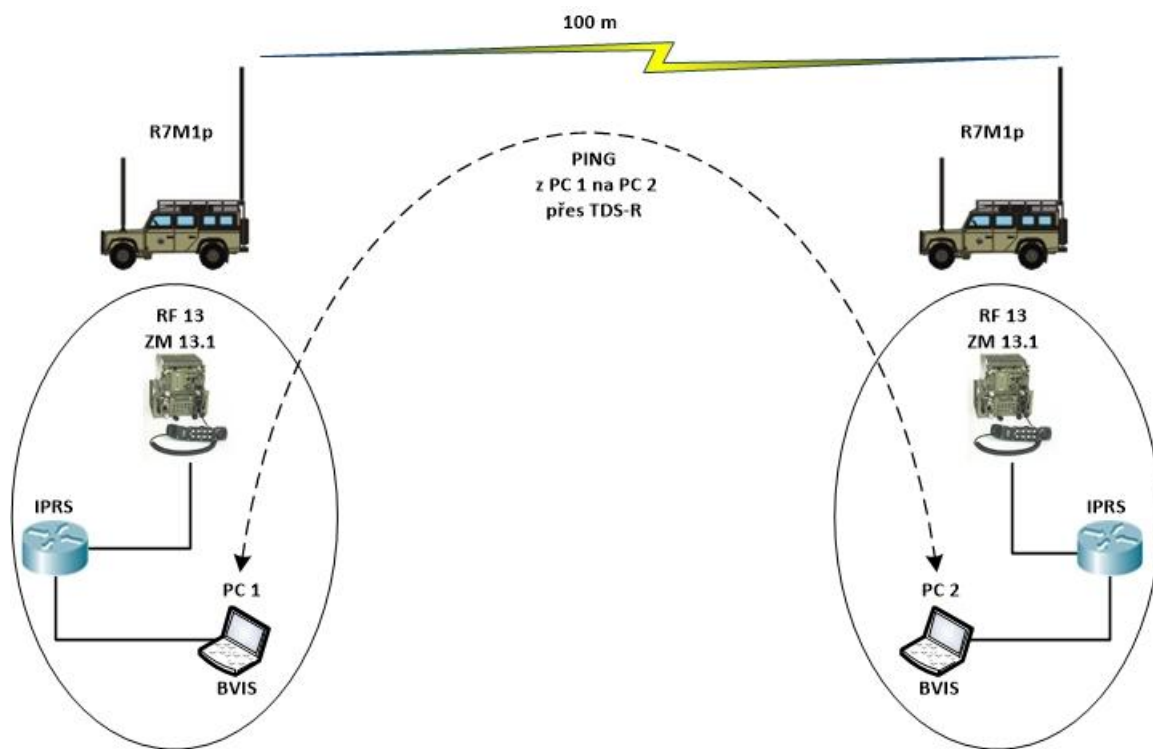
6.11. Test přenosových schopností modemů MD 13.1

Samotné testování proběhlo téměř v ideálních podmínkách, nikoliv však v laboratorních a to v autoparku vojenské techniky v Chrudimi.

6.12. Test č.1 bez použití převaděče

Při prvním testu viz, „*Obrázek 6.3 Schéma provedení testu průchodnosti TDS-R*“ byly použity dva spojovací vozidlové prostředky R7M1p spojovací čtyři velitelské roty 43. výsadkového praporu, které byly od sebe vzdáleny přibližně 100 metrů na přímou viditelnost. V nastavené radiové síti byla zapojena pouze tato dvě vozidla a nebyl veden žádný jiný radiový provoz. Výkon zesilovače byl snížen a byly použity 2,55 m tyčové antény. Před testováním proběhl krátký test funkčnosti příkazem PING pro ověření správnosti zapojení. Samotné testování proběhlo ve dvou fázích, kdy byly použity rozdílné kmitočty. Testovalo se rovněž příkazem PING s parametry opakování 100x, dobou čekání na odpověď 2000 ms (2s) a rozdílnými parametry velikosti paketu od 16 po 1024byte. Měření bylo provedeno na počítačích DOLCH A790, OS WinXP SP3, které byly dříve nastaveny dle příručky pro bezpečné nastavení

prostředků v TDS-R. Rovněž všechny ostatní komponenty TDS-R byly nastaveny dle výše uvedených instrukcí.



Obrázek 6.3 Schéma provedení tesu průchodnosti TDS-R [Zdroj: vlastní]

6.12.1. Test A

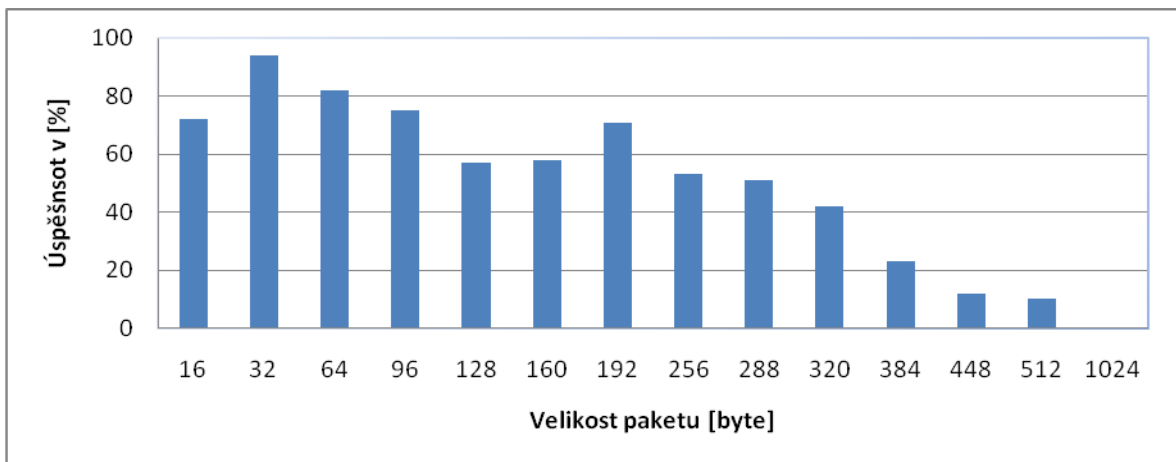
Testovací kmitočet 46,100MHz OŠ150 (omezovač šumu), normální provoz Rx=Tx (stejná přijímací i vysílací frekvence neboli simplex), počet testovacích paketů 100, časový limit čekání na odpověď 2000 ms.

Tabulka 6.1 Výsledky „Test A“

Byte	16	32	64	96	128	160	192	256	288	320	384	448	512	1024
Úspěšnost v %	72	94	82	75	57	58	71	53	51	42	23	12	10	0
Max ms	2283	2346	2431	2466	2395	2371	2474	2482	2486	2493	2471	2482	2466	0
Min ms	545	512	656	935	1087	982	1095	1472	1396	1624	1806	1932	227	0
Průměr ms	1405	1442	1471	1654	1771	1762	1845	2001	2078	2146	2144	2281	2372	0

[Zdroj: autor]

Graf 6.1 Výsledky „Test A“



[Zdroj: autor]

6.12.2. Test B

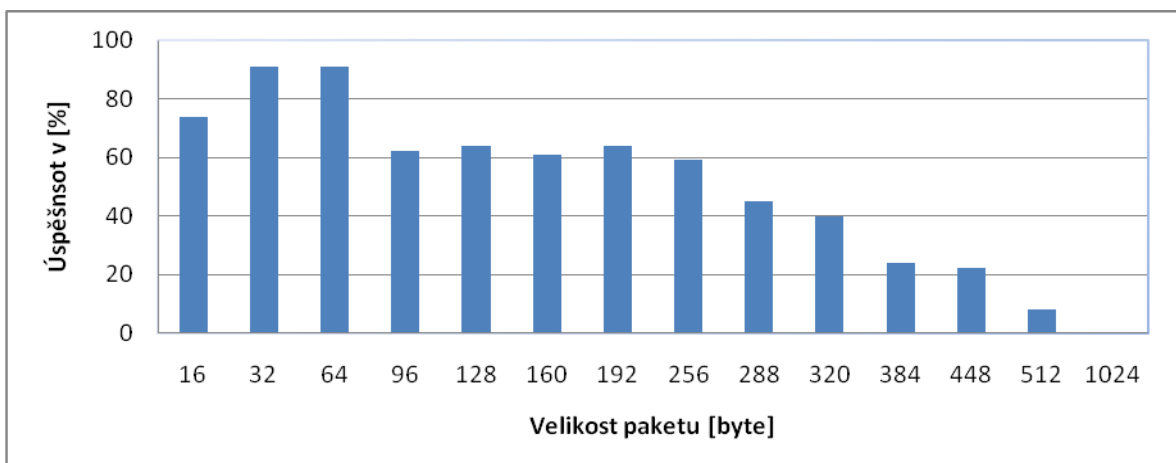
Testovací kmitočet 70,200 MHz OŠ150, normální provoz Rx=Tx, počet testovacích paketů 100, časový limit čekání na odpověď 2000 ms.

Tabulka 6.2 Výsledky „Test B“

Byte	16	32	64	96	128	160	192	256	288	320	384	448	512	1024
Úspěšnost v %	74	91	91	62	64	61	64	59	45	40	24	22	8	0
Max ms	2051	2423	2291	2384	2377	2448	2487	2475	2494	2472	2492	2498	2467	0
Min ms	428	488	572	859	1042	1179	1176	1413	1503	1632	1732	1918	2351	0
Průměr ms	1325	1461	1534	1698	1736	1858	1911	1954	2079	2124	2105	2237	2409	0

[Zdroj: autor]

Graf 6.2 Výsledky „Test B“



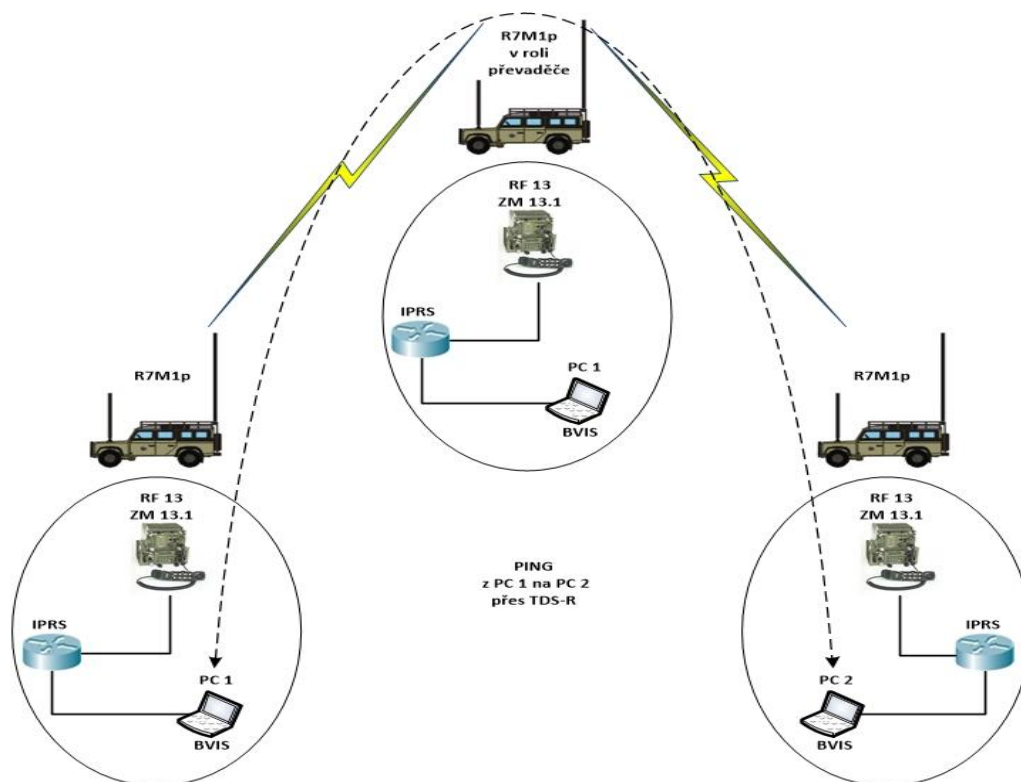
[Zdroj: autor]

Při testování byly záměrně zvoleny dva rozdílné kmitočty. Z principu věci je zřejmé, že se výsledky při použití rozdílných kmitočtů mohou lišit. Nebyl k dispozici žádný citlivý spektrální analyzátor, pomocí kterého by bylo možné změřit úroveň vysokofrekvenčního rušení na zvoleném kmitočtu, a tak výsledky mohou být tímto faktem zkreslené, nicméně odpovídají reálným možnostem výsadkového praporu. Při měření byly zkoušeny různé časové limity čekání na odpověď, nakonec zvolen časový limit čekání 2000 ms. Proto jsou zde uváděny pouze výsledky pro tento časový limit. Samozřejmě se nejedná o důkladné, pečlivé a vědecké proměření a zpracování výsledků, nýbrž o praktické měření v reálných, maximálně optimalizovaných podmínkách, a může být velmi snadno zpochybňováno. V každém případě tyto výsledky korespondují z předchozí praktickou zkušeností z vojenských cvičení. Je nutné vzít v potaz ten fakt, že měření bylo prováděno příkazem PING a tím paket dané velikosti musel projít rádiovou cestou tam i zpět, kdy se pravděpodobnost neúspěšného přenosu zdvojnásobuje. Tudíž u optimálního paketu z našeho měření, a dle mého názoru vyplývajícího z předchozích zkušeností, pravděpodobnost úspěšného přenosu bude vyšší. I přesto jsou výsledky měření v rozporu s měřeními prováděnými výrobcem, kdy měl projít paket o velikosti 1400 byte s pravděpodobností úspěchu 70 %. Pravděpodobně testováno v laboratorních podmínkách.

6.13. Test č. 2 s použitím převaděčem

Při druhém testu, „*Obrázek 6.4 Schéma provedení testů průchodnosti TDS-R přes převaděč*“ byly použity tři prostředky R7M1p spojovací čtyř velitelské roty 43. výsadkového praporu. První dva prostředky byly od sebe vzdáleny na takovou vzdálenost, která zamezovala možnost datové komunikace, a mezi tyto dva prostředky byl umístěn třetí, který zabezpečoval funkci převaděče. V nastavené rádiové síti byla zapojena pouze tato tři vozidla a nebyl veden žádný jiný rádiový provoz. Výkon zesilovače byl snížen a byly použity 2,55 m tyčové antény. Před testováním proběhl krátký test funkčnosti příkazem PING pro ověření správnosti zapojení. Testovalo se rovněž příkazem PING s parametry opakování 100x, doba čekání na odpověď byla zvýšena na 4000 ms (4s) vzhledem k dvojitému skoku paketu a byly použity rozdílné velikosti paketu od 16 po 1024 byte. Měření bylo provedeno

na počítačích DOLCH A790, OS WinXP SP3, které byly dříve nastaveny dle příručky pro bezpečné nastavení prostředků v TDS-R. Rovněž všechny ostatní komponenty TDS-R byly nastaveny dle uvedených instrukcí.



Obrázek 6.4 Schéma provedení testu průchodnosti TDS-R přes převaděč [Zdroj: autor]

6.13.1. Test A

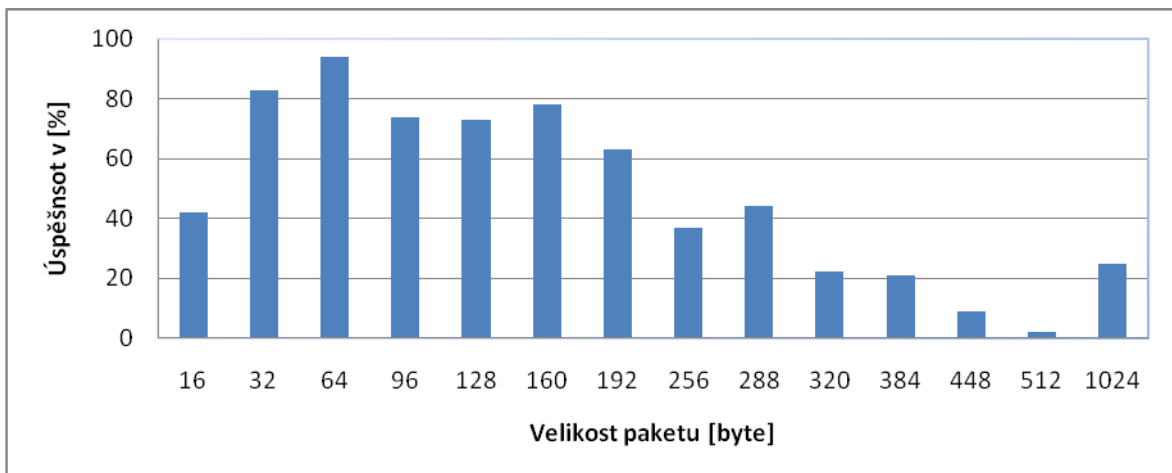
Testovací kmitočet 46,100 MHz OŠ150, normální provoz Rx=Tx, počet testovacích paketů 100, časový limit čekání na odpověď 4000 ms.

Tabulka 6.3 Výsledky „Test A“

Byte	16	32	64	96	128	160	192	256	288	320	384	448	512	1024
Úspěšnost v %	42	83	94	74	73	78	63	37	44	22	21	9	2	25
Max ms	3866	4122	4366	4383	4432	4424	4477	4481	4402	4465	4459	4498	3974	4486
Min ms	543	1504	1788	1951	1796	1794	2242	3031	2874	3238	3484	3831	3952	3792
Průměr ms	1672	2834	2971	3374	3412	3472	3628	3792	3876	3984	4048	4245	3965	4268

[Zdroj: autor]

Graf 6.3 Výsledky „Test A“



[Zdroj: autor]

6.14. Kritické vyhodnocení testování

Na provedeném testování lze pozorovat průchodnosti radiovou sítí. Je zřejmé, že veškeré nové nastavení bylo prospěšné pro radiovou síť a je možno s trochou nadsázky říci, že je „optimalizováno“. Bohužel zároveň z naměřených hodnot vyplývá, že je nutno počítat s možností nedoručení paketů. Čím je paket větší, tím větší je pravděpodobnost jeho nedoručení. To značně ovlivňuje samotnou funkčnost BVISu jako takového. S veškerou ostatní komunikací v samotné radiové síti a při větším počtu účastníků je jen stěží možné doručit jakoukoliv větší zprávu, popřípadě přijímat celou řadu polohových zpráv od ostatních účastníků sítě. V současné době bylo průměrně dosaženo 50% šance doručení paketů při hodnotách velikosti okolo 288 byte a to i s použitím převaděče.

K testování je nutno ještě připomenout, že v rámci objektivity byla nastavena hodnota čekání na doručení na 2000 ms. Pro nízké velikosti paketu je tento timeout dostačující, ovšem ukázalo se, že pro vyšší hodnoty je nutno nastavovat vyšší časovou rezervu doručení. V takovém případě by byly hodnoty procentuálního doručení ještě výraznější. Tento fakt se dá vysledovat z minimálních časových hodnot doručení, které úměrně rostly s velikostí paketu a již při 512 bytech tyto hodnoty převyšovaly nastavených 2000 ms. Zároveň v testu č. 2 bylo potvrzeno, že i pakety s velikostí nad tuto hodnotu jsou doručovány a to i přes převaděč, když je hodnota timeoutu nastavena nad 2000 ms (nastaveno 4000 ms).

Je nutné ještě připomenout, že pakety zaslané příkazem PING jsou zasílány na cílovou stanici a poté se vracejí zpět. To znamená, že musí projít celou sítí dvakrát a může tak dojít k dvojnásobné ztrátě těchto paketů, tím nám pravděpodobnost doručení paketu jedním směrem o velikosti 288 byte vzroste na 75%.

Samotné výsledky testování korespondovaly s výsledky, které byly vypořizovány při vyvedení jednotek 43. výsadkového praporu do výcvikového prostoru Hradiště. Veškeré polohové informace a hlášení jednotek byly zasílány na nadřizovaný stupeň právě po TDS-R. Vzhledem k popisované optimalizaci, TDS-R byla schopna všechny tyto zprávy pojmout a rozesílat. Na hlavním místě velení byly poté zobrazovány všechny polohové informace od podřizovaných jednotek.

6.15. Souhrn vlastností TDS-R

Zde jsou shrnuty podstatné body týkající se TDS-R:

- každý přenášený byte v rádiové síti je „vzácný“, resp. je třeba posílat jen to nejnútnejší,
- každá relace v rádiové síti je „extrémně vzácná“, resp. je potřeba posílat jen nezbytné minimum relací,
- reálná přenosová rychlost modemů MD13.1 v reálné (nikoliv laboratorní) rádiové datové síti dosahuje hodnot 3 – 4 kbit/s. Zbytek přenosové rychlosti je použit pro režii – přenos SRT, retranslaci mezi modemy, linkové zabezpečení,
- nadále jsou používány rádiové stanice řady RF 13xx, které byly vyvinuty primárně pro fonické vedení provozu a původně nebyly předurčeny pro přenos dat a tento fakt je nutné respektovat.
- program WizardMD131 byl nahrazen novým, kvalitním programem ModEx, a je tak zaručeno správné plnění modemů MD 13.x včetně optimálního nastavení přenosu synchronizačních tabulek,
- VKV rádiový kanál je nespolehlivé a nestabilní přenosové prostředí, často dochází k nedoručení paketu. Pro tento typ provozu by se lépe hodilo samostatné datové rádio, popřípadě by bylo vhodné otestovat jiné bezdrátové komunikace moderního charakteru, kterými lze

přenášet objemnější velikost dat a které lze důkladněji zabezpečit například radiostanicí Harris AN/PRC 152,

- Podle naměřených hodnot je maximální doporučená velikost přenášeného paketu 288byte při pravděpodobnosti úspěšného přenosu průměrně 75 %. Tato skutečnost by se měla objevit v nastavení hodnoty MTU (maximum transmission unit) u routerů i počítačů. Eliminovalo by se tak zasílání větších paketů a pravděpodobnost doručení větší zprávy by rovněž vzrostla,
- se směrovači IPRS není problém, jedná se o komerčně prověřenou a spolehlivou technologii renomované firmy CISCO instalovanou do zodolněných, drahých, zelených obalů.

S těmito závěry a předpoklady je možno přistoupit k provozování sítě BVIS přes TDS-R v reálných podmínkách. Otázkou zůstávají vyšší vrstvy modelu OSI a to zejména aplikační vrstva a použitý hardwaru pro aplikační software. Toto už není možné obsahově pojmout v této diplomové práci.

7. Závěr

Úkolem této práce bylo vysvětlit problematiku strukturované kabeláže, vypracovat obecné zásady dodržované při výstavbě univerzálních kabelážních systémů a představení specifických potřeb AČR a následné otestování průchodnosti paketů přes taktickou rádiovou datovou síť používanou pro bojový informační systém.

Stanoveným cílem práce bylo objasnění problematiky strukturované kabeláže. Shrnutí všech poznatků může být užitečné pro zorientování se v dané problematice a dále také použito při praktické výstavbě univerzálních kabelážních systémů u 43. výsadkového praporu v posádce Chrudim. Byla provedena analýza současného stavu kabelážního systému u praporu a stanovení cílového stavu, jak bylo již zmíněno v dílčím závěru čtvrté kapitoli.

V závěru diplomové práce se objevuje testování BVI Su a to především jeho přenosové prostředí, ve kterém se tento vozidlový bojový systém v polních podmínkách používá. Jsou zde popsány jednotlivé kroky, které bylo nezbytné splnit před samotným testováním a to přes přípravu rádiové datové sítě, stanovení parametrů sítě, parametrů konkrétního uzlu a v neposlední řadě bezpečné nastavení prostředků. Podle naměřených hodnot je maximální doporučená velikost přenášeného paketu 288 byte při pravděpodobnosti úspěšného přenosu průměrně 75 %. Tato skutečnost by se měla objevit v nastavení hodnoty MTU (maximum transmission unit) u routerů i počítačů. Eliminováno by se tak zasílání větších paketů a pravděpodobnost doručení větší zprávy by rovněž vzrostla. K testování je nutno ještě připomenout, že v rámci objektivity byla nastavena hodnota čekání na doručení na 2000 ms. Pro nízké velikosti paketu je tento timeout dostačující, ovšem ukázalo se, že pro vyšší hodnoty je nutno nastavovat vyšší časovou rezervu doručení. V takovém případě by byly hodnoty procentuálního doručení ještě výraznější. Tento fakt se dá vysledovat z minimálních časových hodnot doručení, které úměrně rostly s velikostí paketu a již při 512 bytech tyto hodnoty převyšovaly nastavených 2000 ms. Zároveň v testu č. 2 bylo potvrzeno, že i pakety s velikostí nad tuto hodnotu jsou doručovány a to i přes převaděč, když je hodnota timeoutu nastavena nad 2000 ms (nastaveno 4000 ms). Je nutné ještě připomenout, že pakety zaslané příkazem PING jsou zasílány

na cílovou stanici a poté se vrací zpět. To znamená, že musí projít celou sítí dvakrát a může tak dojít k dvojnásobné ztrátě těchto paketů. Samotné výsledky testování korespondovaly s výsledky, které byly vypočítány při vyvedení jednotek 43. výsadkového praporu do výcvikového prostoru Hradiště. Veškeré polohové informace a hlášení jednotek byly zasílány na nadřízený stupeň právě po TDS-R. Vzhledem k popisované optimalizaci TDS-R byla schopna všechny tyto zprávy pojmout a rozesílat. Na hlavním místě velení byly poté zobrazovány všechny polohové informace od podřízených jednotek. Získané výsledky testování jsou kriticky vyhodnoceny v poslední kapitole společně se stanovením základních vlastností taktické datové sítě rádiové (TDS-R).

Použité zdroje

- [1] EIA/TIA 568A/B
- [2] ISO 11801
- [3] ČSN EN 50173-1 ed. 2 (367253) Informační technologie - Univerzální kabelážní systémy - Část 1: Všeobecné požadavky
- [4] ČSN EN 50173-2 (367253) - Informační technologie - Univerzální kabelážní systémy - Část 2: Kancelářské prostory
- [5] ČSN EN 50173-3 (367253) - Informační technologie - Univerzální kabelážní systémy - Část 3: Průmyslové prostory
- [6] ČSN EN 50173-4 (367253) - Informační technologie - Univerzální kabelážní systémy - Část 4: Obytné prostory
- [7] ČSN EN 50173-5 (367253) - Informační technologie - Univerzální kabelážní systémy - Část 5: Datová centra
- [8] ČSN EN 50174-1 (369071) - Informační technika - Instalace kabelových rozvodů - Část 1: Specifikace a zabezpečení kvality
- [9] ČSN EN 50174-2 (369071) - Informační technika - Instalace kabelových rozvodů - Část 2: Plánování instalace a postupy instalace v budovách
- [10] ČSN EN 50174-3 (369071) - Informační technologie - Kabelová vedení - Část 3: Projektová příprava a výstavba vně budovy
- [11] ČSN EN 60793 (359213) –Optická vlákna
- [12] Příručky nastavení operačního systému MS Windows XP a ostatního schváleného programového vybavení pro pracovní stanici BVIS
- [13] MD13.1 Rádiový modem – Návod k obsluze
- [14] ModEx – Modem Expert Software 1.31 – Uživatelská příručka
- [15] RF 13 – VKV rádiová stanice pro taktický stupeň velení – Návod k obsluze
- [16] R 1302 – VKV rádiová stanice pro taktický stupeň velení – Návod k obsluze
- [17] LRD 130 Military Armoured 4 Kajman M1 – Příručka pro obsluhu spojovacích prostředků a komunikační techniky
- [18] SOP KIS – Standardní operační postupy 43. výsadkového praporu oblast komunikační a informační systémy
- [19] Příručka vojáka AČR
- [20] Katalog spojovací techniky
- [21] Bakalářská práce – Strukturovaná kabeláž – autor Zdeněk RADA
- [22] Wikipedie [online]. 29.3.2006 [cit. 2016-06-30]. Twisted pairs. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org> >.
- [23] Moegle [online]. 13.07.2003 [cit. 2016-06-28]. Cat-Kabel. Dostupné z WWW: <<http://www.moegle.com> >.

- [24] Docstoc [online]. 2010-08-04 [cit. 2011-05-21]. Optický kabel a jeho řez. Dostupné z WWW:
<<http://www.docstoc.com>>.
- [25] eArchiv [online]. 2011 [cit. 2011-05-22]. Optické kabely. Dostupné z WWW:
<<http://www.earchiv.cz>>.
- [26] Scritube [online]. 2008 [cit. 2016-05-16]. T568A a T568B. Dostupné z WWW:
<<http://www.scritube.com>>.
- [27] RLC [online]. 2011 [cit. 2016-10-18]. Optické konektory. Dostupné z WWW:
<<http://shop.rlc.cz>>.
- [28] DelInfo. ASVŘ. [online]. 2014 [cit. 2016-05-30]. Dostupné z WWW
<<http://www.delinfo.cz/en/solutions-and-services/automatizovany-system-veleni-a-rizeni-asvr/>>.
- [29] DelInfo. BVIS. [online]. 19.2.2014 [cit. 2014-02-19]. Dostupné z WWW:
<<http://www.delinfo.cz/en/solutions-and-services/bojovy-vozidlovy-informacni-system-bvis/>>.

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Kanál a stálý spoj s konsolidačním bodem	8
Obrázek 2.2 Kroucená dvojlinka (Twisted Pairs)	13
Obrázek 2.3 Typy kabelů a jejich stínění	13
Obrázek 2.4 Řezy jednotlivých typů optických kabelů	15
Obrázek 2.5 Mnohovidové vlákno se stupňovitým indexem lomu (step index)	15
Obrázek 2.6 Mnohovidové vlákno s gradientním indexem lomu (graded index)	15
Obrázek 2.7 Jednovidové vlákno (single mode)	15
Obrázek 2.8 Zapojení vodičů dle T568A a T568B	16
Obrázek 2.9 Optické konektory dle jednotlivých standardů	17
Obrázek 2.10 Hierarchická hvězdicová topologie	18
Obrázek 2.11 Struktura propojení jednotlivých prvků univerzální kabeláže	19
Obrázek 2.12 Princip uspořádání funkčních prvků strukturované kabeláže	20
Obrázek 2.13 Modely kanálu horizontálního kabelážního subsystému	22
Obrázek 3.1 Měření kanálu a spoje	32
Obrázek 3.2 Měřicí souprava pro přímou metodu	34
Obrázek 3.3 Měřicí metoda 1a	35
Obrázek 3.4 Měřicí metoda 1b	35
Obrázek 3.5 Měřicí metoda 1c	36
Obrázek 3.5 Měřicí metoda OTDR	37
Obrázek 4.1 Organizační struktura velení a štáb 43. výsadkového praporu	38
Obrázek 4.2 Schéma kabelážního propojení jednotlivých objektů	39
Obrázek 4.3 Schéma datové sítě internet MO	41
Obrázek 4.4 Schéma datové sítě CADS	41
Obrázek 5.1 VSAT s technologickým modulem BLACKBOX	46
Obrázek 5.2 Systém velení a řízení	52
Obrázek 5.3 Schéma spojení roty	53
Obrázek 5.4 Hlavní místo velení 43. vpr	54
Obrázek 5.5 Operačně taktický zákres	56
Obrázek 5.6 Operačně taktický zákres	56
Obrázek 5.7 Operačně taktický zákres	57
Obrázek 5.8 Optická viditelnost	58

Obrázek 6.1 Model OSI	60
Obrázek 6.2 Prostředí ModEX	62
Obrázek 6.3 Schéma provedení tesu průchodnosti TDS-R	70
Obrázek 6.4 Schéma provedení testu průchodnosti TDS-R přes převaděč	73

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Prostředí pro kanály	8
Tabulka 2.2 Používaná média dle ČSN EN 50173-1	12
Tabulka 2.3 Oddělení kabelů informační techniky od napájecích kabelů	28
Tabulka 3.1 Přehled měřených parametrů u jednotlivých tříd	32
Tabulka 4.1 Provozované komunikačních a informačních systémů	40
Tabulka 4.2 Vybudovaná účelová kabeláž	42
Tabulka 6.1 Výsledky „Test A“	70
Tabulka 6.2 Výsledky „Test B“	71
Tabulka 6.3 Výsledky „Test A“	73

Seznam grafů

Graf 6.1 Výsledky „Test A“	71
Graf 6.2 Výsledky „Test B“	72
Graf 6.3 Výsledky „Test A“	74

Seznam zkratk

43. vpr	- 43. výsadkový prapor
ACR	- odstup přeslechu na blízkém konci mezi páry
AČR	- Armáda České republiky
AKIS	- Agentura komunikačních a informačních systémů
AN/PRC-152	- vícepásmová, víceúčelová rádiová stanice s utajovačem
ART	- tabulka s přiřazením IP adres a fyzických adres
ASVŘ	- automatizovaný systém velení a řízení
BD	- datový rozvaděč budovy
BVIS	- bojový vozidlový informační systém
c	- konektor, spojení
CADS	- celoarmádní datová síť
CB	- civilní pásmo
CD	- datový rozvaděč areálu
CP	- konsolidační bod
CTCSS	- detekce hlasového provozu na kanále
DFP	- digitální přenos na pevném kmitočtu
DTE	- koncové zařízení přenosu dat
ELFEXT	- odstup přeslechu na vzdáleném konci mezi páry
EMI	- elektromagnetické inteferenční vlnění
EMK	- elektromagnetická koexistence
EMV	- elektromagnetické vlnění
FCS	- provoz vyhledávání volného kmitočtu
FD	- datový rozvaděč podlaží
FEC	- kódování se zpětnou korekcí chyb
FEXT	- přeslech na vzdáleném konci
FH	- rádiový provoz se skokovou změnou kmitočtu
FIS	- finanční informační systém
GDS	- globální datová síť
GMSK	- gaussovská modulace s minimálním zdvihem
HMV	- hlavní místo velení
ICMP	- protokol pro možnost ověření správného zapojení příkazem „PING“ a zasílání ARP rámců

IMO	- interní Ministerstva obrany
IPRS	- rádiový směrovač
ISDN	- digitální síť integrovaných služeb
ISL	- informační systém logistiky
ISSP	- integrovaný systém o službě a personálu
IT	- informační technologie
KV	- krátké vlny – frekvenční pásmo
LAN	- lokální (místní) síť
MIX	- smíšený provoz FH a FCS
MTU	- maximální přenosová jednotka
NATO	- Severoatlantická aliance
NetBIOS	- softwarové rozhraní poskytující služby, které mají vztah s 5. (relační) vrstvou ISO/OSI modelu
NEXT	- přeslech na blízkém konci
NVP	- jmenovitá rychlost šíření
OTDR	- metoda zpětného rozptylu, optický reflektometr
OTKS	- operačně taktické komunikační systémy
PING	- ověření funkčnosti spojení mezi dvěma síťovými rozhraními
PP	- přepojovací panel
PPP	- spojení mezi dvěma síťovými uzly
PSELFEXT	- výkonový součet ELFEXT
PSNEXT	- výkonový součet NEXT
PVC	- polyvinylchlorid
RACK	- ocelová skříň pro uložení serverů, routerů, switchů
REB	- radioelektronický boj
SLIP	- zapouzdření protokolu IP pro komunikaci pomocí sériových portů a modemových spojení
SRT	- routovací tabulka ze samotného datového modemu
STP	- stíněný kroucený pár
ŠIS	- štábní informační systém
TACSAT	- taktický satelit
TCP/IP	- přenosový protokol/protokol síťové vrstvy
TDC	- prokládání přenášených dat

TDS-R	- taktická datová síť rádiová
TO	- telekomunikační zásuvka
UPS	- záložní zdroj napájení
UTP	- nestíněný kroucený pár
VKV	- velmi krátké vlny – frekvenční pásmo
VOX	- klíčování radiostanice hlasem
VSAT	- terminál s velmi malou anténou
ZDRAVIS	- zdravotní informační systém

Seznam příloh

Příloha č. 1 Podrobnosti pro klasifikaci prostředí	89
Příloze č. 2 Popis jednotlivých parametrů	90

Příloha č. 1 Podrobnosti pro klasifikaci prostředí

Mechanické kritérium	M₁	M₂	M₃
Maximální zrychlení	40 m/s ²	100 m/s ²	250 m/s ²
Amplituda výchylky (2 Hz až 9Hz)	1,5 mm	7,0 mm	15,0 mm
Amplituda zrychlení (9 Hz až 500 Hz)	5 m/s ²	20 m/s ²	50 m/s ²
Tlak	45 N přes 25 mm	1 100 N přes 150 mm	2 200N přes 150 mm
Ráz	1 J	10 J	30 J
Pruníkové kritérium	I₁	I₂	I₃
Průnik částic	12,5 mm	0,05 mm	0,05 mm
Klimatické a chemické kritérium	C₁	C₂	C₃
Okolní teplota	-10 °C až + 60 °C	-25 °C až + 70 °C	-40 °C až + 70 °C
Rychlost změny teploty	0,1 °C/min	1 °C/min	3 °C/min
Vlhkost	5 % až 85% (nekondenzující)	5 % až 95% (kondenzující)	5 % až 85% (kondenzující)
Sluneční záření	700 W/m ²	1 120 W/m ²	1 120 W/m ²
Znečištění kapalinou	koncentrace x 10 ⁻⁶	koncentrace x 10 ⁻⁶	koncentrace x 10 ⁻⁶
Chlorid sodný (slaná mořská voda)	0	< 0,3	< 0,3
Olej (koncentrace ve vzduchu)	0	< 0,005	< 0,5
Stearan sodný (mýdlo)	0	> 5x10 ⁴	> 5x10 ⁴
Vodivé materiály v roztoku	žádné	dočasné	přítomné
Znečištění plyny	základní/maximální koncentrace x 10 ⁻⁶	základní/maximální koncentrace x 10 ⁻⁶	základní/maximální koncentrace x 10 ⁻⁶
Sulfan	< 0,003 /< 0,01	< 0,05 /< 0,5	< 10 /< 50
Oxid siřičitý	< 0,01 /< 0,03	< 0,1 /< 0,3	< 5 /< 15
Oxid sírový	< 0,01 /< 0,03	< 0,1 /< 0,3	< 5 /< 15
Mokrý chlor (>50% vlhkosti)	< 0,0005 /< 0,001	< 0,005 /< 0,03	< 0,05 /< 0,3
Suchý chlor (<50% vlhkosti)	< 0,002 /< 0,01	< 0,02 /< 0,1	< 0,2 /< 1,0
Chlorovodík	-/< 0,06	0,06 /< 0,3	0,6 /< 3,0
Fluorovodík	< 0,001 /< 0,005	< 0,01 /< 0,05	< 0,1 /< 1,0
Amoniak	< 1 /< 5	< 10 /< 50	< 50 /< 250
Oxidy dusíku	< 0,05 /< 0,1	< 0,5 /< 1	< 5 /< 10
Ozón	< 0,002 /< 0,005	< 0,025 /< 0,05	< 0,1 /< 1
Elektromagnetické kritérium	E₁	E₂	E₃
Elektrostatický výboj (0,667 μC)	4 kV	4 kV	4 kV
Elektrostatický výboj (0,132 μC)	8 kV	8 kV	8 kV
Vysokofrekvenční kmitočty šířené vedením	3 V při 150 kHz až 80MHz	3 V při 150 kHz až 80MHz	10 V při 150 kHz až 80MHz
Výboj (vedení signálu k zemi)	500 V	1 000 V	2000 V
Magnetické pole (50 / 60 Hz)	1 A/m	3 A/m	30 A/m

Zdroj: ČSN EN 50173-1 Univerzální kabelážní systémy [3]

Příloha č. 2 Popis jednotlivých parametrů

Délka linky – vypočítá měřicí přístroj podle doby, za kterou projde signál kanálem.

Kontrola správného zapojení pinů – kontrola na obou stranách vodiče, zda jsou jednotlivé vodiče v kanálu zapojeny správně.

Útlum – pokles intenzity signálu v lince. Jednotka je decibel.

Útlum odrazu – útlum odrazu se měří z obou konců kabeláže a je způsobený částečným odrazem signálu např. v místech instalace konektoru.

NEXT – hodnota udávající, kolik rušivého signálu působí z jednoho páru do druhého páru na straně zdroje signálu.

PSNEXT - neměřená hodnota, závisí na hodnotě NEXT. Udává velikost rušivého signálu, která působí v jednom kabelu ze tří párů do zbývajících čtvrtého páru.

ACR – rozdíl mezi NEXT a útlumem.

PSACR - neměřená hodnota, která vyjadřuje rozdíl mezi PSNEXT páru a útlumem páru.

FEXT - hodnota udávající, kolik rušivého signálu působí z jednoho páru do druhého páru na opačné straně zdroje signálu.

ELFEXT - neměřená hodnota, která vyjadřuje rozdíl mezi FEXT a útlumem.

PSELFEXT - udává velikost rušivého signálu, která působí v jednom kabelu ze tří párů do zbývajících čtvrtého páru. Zdroj signálu a měřicí přístroj jsou na opačných koncích kabelu.

Zpoždění šíření – hodnota, která udává zpoždění signálu v páru kanálu.

Nesouměrnost zpoždění – rozdíl mezi maximálním a minimálním zpožděním.

