

POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY V PRAZE

Fakulta bezpečnostně právní

Katedra kriminalistiky

Nové trendy vývoje spojovací techniky

Bakalářská práce

New trends in communication technique

Bachelor thesis

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. Jiří Jonák, Ph.D.

AUTOR PRÁCE

Soňa Prokopová

PRAHA

2022

Policejní akademie České republiky v Praze

Fakulta bezpečnostně právní

Katedra kriminalistiky

V Praze dne 2. února 2021

Jméno a příjmení studenta: **Soňa PROKOPOVÁ**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Protože jste splnil(a) požadavky studijního programu, zadává vám vedoucí katedry ve smyslu Studijního a zkušebního řádu PA ČR a Metodiky pro zpracování a obhajobu diplomových a bakalářských prací téma bakalářské práce.

Název tématu: **NOVÉ TRENDY VÝVOJE SPOJOVACÍ TECHNIKY**

Pokyny pro zpracování bakalářské práce:

Autorka BP v úvodu provede rozbor vývoje spojovací techniky v průběhu 20. a 21. století v různých oborech lidské činnosti ve světě a v ČR.

Stěžejní kapitoly práce budou věnovány popisu možností přenosu hlasových a datových informací jednotlivými drátovými a bezdrátovými komunikačními prostředky (PEGAS, CB, PMR, VKV, KV, mikrovlnná a radioamatérská pásma a sítě GSM 4G a 5G, Wi-Fi, Blue Tooth,...) pro potřeby bezpečnostních složek.

Za zmínku jistě bude stát i popis problematiky spojovací techniky v uživatelské oblasti (internet věcí, inteligentní domy, autonomní řízení automobilů) a v oblasti průmyslu (např. kolejové dopravy, automatizaci výrobních procesů, CCTV..)

Výsledkem práce bude porovnání jednotlivých způsobů přenosu dat z hledisek technických, ekonomických a praktických.

Literatura:

PUŽMANOVÁ, R. *Moderní komunikační sítě od A do Z*. 2. aktualizované vydání. Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1278-0
PUŽMANOVÁ, R. *Bezpečnost bezdrátové komunikace*. 1. vydání. Brno: Vydavatelství a nakladatelství CP Books, a.s., 2005. ISBN 80-251-0791-4

STRÁNSKÝ, J. *Od bezdrátové telegrafie k dnešní radioelektronice*. 1. vydání. Praha: Academia, 1983. ISBN 21-113-83

PECHÁČ, P. *Šíření vln v zástavbě*. 1. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-186-1

SYROVÁTKA, B. *Radiové vysílače a přijímače*. 2. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03236-1

KŘÍŽEK, V. *Když rádio bylo mladé*. 1. vydání. Dvůr Králové nad Labem: ELLI print, 2004. ISBN 80-239-2284-X

Historie systému GSM. [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/bunk-gsm.htm>

Mobilní sítě LTE - blízká budoucnost rychlých dat. [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://notebook.cz/clanky/technologie/2012/mobilni-site-lte-hudba-blizke-budoucnosti-na-poli-rychlych-dat>

Princip fungování GSM sítě. [online]. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.zesilovac-signalu.cz/cs/princip-fungovani-gsm-site/>

Časopisy: *Policista*, měsíčník Ministerstva vnitra ČR-odbor prevence kriminality
Zabezpečení a kriminalita + Safe, Vydavatelství Julius Rancso
Security magazin, dvouměsíčník, Security Servis

Specifická firemní literatura

Vzhledem ke specifičnosti tématu budou další literatura a podrobnosti práce dohodnuty při konzultacích, kdy bude ke kontrole rozpracovaná práce předkládána v tištěné formě.

První konzultační hodina proběhne do konce října 2021 a studentka se na ni sama přihlásí


K obhajobě své závěrečné práce si student připraví ppt prezentaci v délce cca 10-12 min.


Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Jonák, Ph.D.

Konzultanti:

Zahájení práce: 1. 5. 2021

Termín odevzdání práce: 15. 3. 2022


.....
Mgr. Jozef Tóth
Proděkan pro studium a rozvoj


.....
doc. Ing. Jiří Jonák, Ph.D.
vedoucí bakalářské práce

Dne jsem převzal(a) zadání své bakalářské práce:
.....

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	<i>Soňa Prokopová</i>
Typ práce:	<i>Bakalářská práce</i>
Akademický rok:	<i>2021/22</i>
Téma závěrečné práce:	<i>Nové trendy vývoje spojovací techniky</i>

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autorka uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

·
V Praze dne: 22. února 2022

podpis autora

Abstrakt

Tato bakalářská práce rozebírá vývoj spojovací techniky v průběhu 20. a 21. století v různých oborech lidské činnosti ve světě a v ČR. V bakalářské práci jsou popsány možnosti přenosu hlasových a datových informací jednotlivými drátovými a bezdrátovými komunikačními prostředky pro potřeby bezpečnostních složek. Dále se tato práce zabývá problematikou spojovací techniky v oblasti uživatelské techniky. Závěrem této práce je porovnání způsobů přenosů dat z hlediska technických, ekonomických a praktických.

Klíčová slova

Spojovací technika, přenos dat, drátová komunikace, bezdrátová komunikace, komunikační prostředky, PEGAS, CB, PMR, VKV, KV, mikrovlnná pásma, radioamatérské sítě, internet věcí, inteligentní domy, autonomní řízení automobilů, automatizace v průmyslu, CCTV.

Abstract

This bachelor thesis analyses the development of connecting technology during the 20th and 21st centuries in various fields of human activity in the world and in the Czech Republic. The bachelor's thesis describes the possibilities of transmission of voice and data information by individual wired and wireless communication means for the needs of security forces. Furthermore, this work deals with the issue of connection technology in the field of user technology. The conclusion of this work is a comparison of data transmission methods in terms of technical, economic and practical.

Keywords

Communication technology, data transmission, wired communication, wireless communication, means of communication, PEGAS, CB, PMR, VHF, HF, microwave bands, amateur radio networks, Internet of Things, intelligent houses, autonomous car control, automation in industry, CCTV.

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Jonákovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Praze dne: 22. února 2022

podpis autora

Obsah

ÚVOD	10
1. HISTORICKÝ VÝVOJ SPOJOVACÍ TECHNIKY	11
1.1 POČÁTKY BEZDRÁTOVÉ SPOJOVACÍ TECHNIKY	11
1.1.1 <i>Popis elektromagnetického vlnění</i>	12
1.1.2 <i>Zdroje elektromagnetického vlnění</i>	12
1.1.3 <i>Detektory elektromagnetického vlnění</i>	13
1.2 BEZDRÁTOVÁ TELEGRAFIE	15
1.2.1 <i>Krátké vlny (KV)</i>	15
1.2.2 <i>Velmi krátké vlny KV</i>	16
1.2.3 <i>Mikrovlnná pásma</i>	16
1.2.4 <i>Radioamatérská pásma</i>	16
1.3 POČÁTKY SPOJOVACÍ TECHNIKY POMOCÍ VODIČŮ	17
1.3.1 <i>Optický telegraf</i>	17
1.3.2 <i>Morseův telegrafní přístroj</i>	18
1.3.3 <i>Telefon</i>	19
2. SPOJOVACÍ TECHNIKA S VYUŽITÍM VODIČŮ	20
2.1 REFERENČNÍ MODEL ISO/OSI	20
2.2 JEDNODUCHÁ KOMUNIKAČNÍ ROZHRANÍ	20
2.2.1 <i>Sériová linka RS-232</i>	20
2.2.2 <i>Sériová linka RS-485</i>	21
2.2.3 <i>Proudová smyčka</i>	22
2.3 SLOŽITĚJŠÍ KOMUNIKAČNÍ ROZHRANÍ	23
2.3.1 <i>Profibus</i>	23
2.3.2 <i>Modbus</i>	24
2.3.3 <i>Ethernet</i>	25
2.3.1 <i>Profinet</i>	26
2.4 VLÁKNOVÁ OPTIKA	26
2.4.1 <i>Princip optického přenosu</i>	27
2.4.2 <i>Mnoho-vidový optický přenos</i>	27
2.4.3 <i>Jedno-vidový optický přenos</i>	28
3. BEZDRÁTOVÁ SPOJOVACÍ TECHNIKA	29
3.1 RÁDIOVÉ PŘENOSY SIGNÁLŮ	29
3.1.1 <i>CB (Civil Broadcast)</i>	29
3.1.2 <i>PMR 446</i>	30
3.1.3 <i>Bluetooth</i>	30
3.1.4 <i>Standard IEE 802.11 (Wi-Fi)</i>	30

3.2	GSM síť 4. GENERACE	31
3.2.1	<i>Princip fungování GSM sítě</i>	31
3.3	GSM síť 5. GENERACE 5G	32
3.3.1	<i>Technologie sítě 5G</i>	32
3.3.2	<i>Vlastnosti sítě 5G a jejich využití</i>	33
3.3.3	<i>Služby poskytované na sítích 5G</i>	34
3.3.4	<i>Bezpečnostní rizika</i>	35
3.3.5	<i>Praktické využití 5G sítě:</i>	36
3.4	NAVIGAČNÍ SYSTÉMY	37
3.4.1	<i>Určování polohy</i>	37
3.4.2	<i>Navigace</i>	38
3.4.3	<i>Družicové navigační systémy</i>	39
3.4.4	<i>Navigační systém GPS</i>	40
3.4.5	<i>Systém GPS – zvládání krizových situací</i>	42
3.4.6	<i>Navigační systém Galileo</i>	42
3.5	RADIOKOMUNIKAČNÍ SÍŤ INTEGROVANÉHO ZÁCHRANNÉHO SYSTÉMU „PEGAS“	44
3.5.1	<i>Síť PEGAS – Generace I:</i>	44
3.5.2	<i>Síť PEGAS – Generace II</i>	45
3.5.1	<i>Parametry sítě PEGAS II. generace:</i>	46
3.5.2	<i>Komunikační prostředky aktuální verze sítě</i>	48
3.5.3	<i>Radiový provoz</i>	48
3.5.4	<i>Praktický provoz</i>	49
3.5.5	<i>Správa sítě</i>	50
3.5.6	<i>Terminály sítě PEGAS</i>	53
4.	INTERNET VĚCÍ	55
4.1	KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL	55
4.2	SENZORY	55
4.3	KOMUNIKACE	56
4.4	APLIKACE IOT	57
4.5	INTELIGENTNÍ BUDOVY	57
4.6	OBLASTI VYUŽITÍ IOT	58
4.6.1	<i>Vzdělávání</i>	59
4.6.2	<i>Spotřební elektronika</i>	59
4.6.3	<i>Zdraví</i>	59
4.6.4	<i>Automobilismus</i>	59
4.6.5	<i>Zemědělství a životní prostředí</i>	59
4.6.6	<i>Energetické služby</i>	59
4.6.7	<i>Inteligentní připojení</i>	60
4.6.8	<i>Výroba</i>	60

4.7	INTERNET VĚCÍ A SÍŤ 5G.....	60
5.	SPOJOVACÍ A ZABEZPEČOVACÍ TECHNIKA V PRŮMYSLOVÉ OBLASTI.....	62
5.1	ŘÍZENÍ A ZABEZPEČENÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY POMOCÍ SYSTÉMU ERTMS	62
5.1.1	<i>Mezinárodní systém bezdrátové komunikace GSM-R.....</i>	63
5.1.2	<i>Evropský vlakový zabezpečovací systéme ETCS</i>	63
5.2	VYUŽITÍ SATELITNÍHO NAVIGAČNÍHO SYSTÉMU GALILEO NA ŽELEZNICI.....	66
5.2.1	<i>Použitelnost satelitní navigační techniky pro řízení vlaků</i>	67
5.2.2	<i>Detekce směřování vlaku na výhybkách</i>	68
5.3	PRŮMYSL 4.0	68
5.4	KAMEROVÉ SYSTÉMY CCTV	69
5.4.1	<i>Rozdělení kamerových systémů</i>	69
5.4.2	<i>Využití kamerových systémů</i>	70
5.4.3	<i>Základní parametry kamer a příklad.....</i>	70
6.	POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZPŮSOBŮ PŘENOSU DAT.....	72
6.1	BEZDRÁTOVÁ A DRÁTOVÁ TELEGRAFIE Z POHLEDU TECHNICKÉHO	72
6.2	BEZDRÁTOVÁ A DRÁTOVÁ TELEGRAFIE – PRAKTICKÉ VYUŽITÍ.....	73
6.3	BEZDRÁTOVÁ A DRÁTOVÁ TELEGRAFIE Z POHLEDU EKONOMICKÉHO.....	73
	ZÁVĚR	76
	SEZNAM ZKRATEK	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80
	SEZNAM TABULEK.....	81
	LITERATURA	82

ÚVOD

Spojovací technika má kořeny hluboko v lidské historii – například dorozumívání se pomocí akustických nebo optických signálů. Mezi akustické dorozumívací prostředky se řadí například hlásná trouba nebo bubny, mezi optické prostředky se řadí oheň nebo kouř, majáky nebo vlajky.

Spojovací technika se dělí podle způsobu přenosu informace na „drátovou“ a „bezdrátovou“. V případě drátové spojovací techniky je vysílač a přijímač pevně spojen pomocí vodiče nebo soustavy vodičů. Do této kategorie spadají například průmyslové sběrnice nebo optická vlákna. Do kategorie bezdrátového přenosu informace spadají například sítě GSM, navigační systémy nebo různé bezdrátové technologie založené na přenosu elektromagnetického vlnění.

1. HISTORICKÝ VÝVOJ SPOJOVACÍ TECHNIKY

Počátky bezdrátové komunikace jsou spojovány se jménem **Guglielmo Marconi**. Tento italský vědec v roce 1895 úspěšně přenesl informaci na vzdálenost přibližně dvou kilometrů. V roce 1901 došlo k prvnímu transatlantickému bezdrátovému přenosu dat.

V počátcích bezdrátové komunikace se přenášela informace za pomoci Morseovy abecedy, avšak už v roce 1904 se odehrála první ukázka bezdrátového přenosu hlasu. V roce 1934 byla demonstrována frekvenční modulace (FM), která ve srovnání s amplitudovou modulací (AM) umožnila kvalitnější přenos zvuku. [22]

První analogový buňkový radiotelefonní systém byl vyzkoušen v roce 1961. Koncem osmdesátých let 20. století se začaly objevovat první digitální radiotelefonní systémy, z nichž nejúspěšnější v Evropě byl systém GSM. Konec dvacátého století byl ve znamení radikálního nástupu digitálních systémů, které téměř ve všech sférách vytlačily systémy analogové. [22]

Tato kapitola představuje spojovací techniku z hlediska historického vývoje spadající do 19. a 20. století. Moderní přenosové systémy spadající do 21. století jsou detailně popsány v samostatných kapitolách.

1.1 Počátky bezdrátové spojovací techniky

Bezdrátová spojovací technika je založena na principu šíření elektromagnetického vlnění, což je děj, při kterém se prostorem šíří vlnění elektrického a magnetického pole. Existenci elektromagnetických vln předpověděl v roce 1832 **Michael Faraday** a v roce 1865 **James Clerk Maxwell** teoreticky popsal elektromagnetické vlnění. [7]

Zdrojem elektromagnetického vlnění je náboj, který se pohybuje zrychleně, jako například elektrická jiskra. Mezi elektromagnetické vlnění patří i světlo. [7] K přenosu elektromagnetického vlnění na krátké i dlouhé vzdálenosti je potřeba generátor (vysílač) elmag. vln na jedné straně a přijímač těchto vln na straně druhé. [5]

Za skutečného objevitele elektromagnetického vlnění je považován **Heinrich Rudolf Hertz**, který jako první sestrojil cílevědomě detektor elektromagnetického vlnění, kterým v roce 1888 experimentálně prokázal existenci elektromagnetického vlnění. [5]

Prvním využitím uměle vytvořených elektromagnetických vln byl přenos informace pomocí bezdrátového telegrafu. Pomocí elektromagnetických vln se například přenáší televizní a rozhlasové vysílání, komunikuje mobilními telefony, ovládají například hračky pomocí dálkového ovládání, elektronika (pomocí ovladače), ohřívá se strava (mikrovlnná trouba), zjišťuje přítomnost a pohyb předmětů (radary). [7]

1.1.1 Popis elektromagnetického vlnění

V oblasti mikroskopického světa zákony fyziky neplatí tak, jako v oblasti makroskopického světa. Částice (mikro objekty) vykazují tzv. dualismus. [6]

Vlnění se šíří principem časově nejkratší dráhy, který vyslovil Fermat (v roce 1650). Směr šíření v prostoru je dán podmínkou, že podíl jejich dráhy a rychlosti musí být minimální. [6]

Dualismus

Proud elektronů, atomů nebo i molekul, jež jsme nakloněni považovat spíše za částice, tak při svém rozptylu na polykrystalických fóliích kovů i monokrystalických látek vykazují interferenční jevy typické pro vlnění. Naopak tok elektromagnetických vln při dopadu na tuhou podložku jí předává měřitelnou hybnost. [6]

1.1.2 Zdroje elektromagnetického vlnění

Jak již bylo řečeno, pro bezdrátový přenos je třeba mít na jedné straně vysílač elektromagnetických vln a na straně druhé přijímač těchto vln. [3]

Vysílač vyrábí elektromagnetické vlny pomocí vhodného oscilátoru neboli generátoru, který ve svém obvodu vytváří střídavé proudy o vysoké frekvenci. Časový průběh harmonického střídavého proudu je sinusovka. Přeskakují-li v kmitavém obvodu jiskry, jsou vzniklé kmity tlumeny. [3]

Podstatnou podmínkou vyzařování energie do prostoru je existence vysokofrekvenčních proudů ve vhodně uspořádaných vodičích – v anténách. [3]

Anténa

Anténu lze definovat jako strukturu zprostředkující přechod mezi elektromagnetickou vlnou vedenou ve vysokofrekvenčním vedení a elektromagnetickou vlnou ve volném prostoru. Na straně přijímače tato definice platí opačně. [3]

Přijímače ani vysílače elektromagnetického vlnění nebývají umístěné těsně u antén, ale jsou s anténou spojeny pomocí vysokofrekvenčního vedení, například pomocí koaxiálního kabelu.

Rozdíl mezi vysokofrekvenčním vedením a anténou je v tom, že vysokofrekvenční vedení má mít co nejmenší ztráty vyzářením do prostoru, zatímco anténa má za úkol vyzářit co nejvíc elektromagnetického záření do prostoru. Doplňkem každého vysílacího systému musí být dobrý uzemňovací systém. [3]

1.1.3 Detektory elektromagnetického vlnění

K tomu, aby mohl vzniknout systém bezdrátového přenosu informací pomocí elektromagnetického vlnění, bylo nutné objevit způsob jeho detekce [5].

Detektory elektromagnetického vlnění se dělí podle posloupnosti jejich vzniku a podle citlivosti [5]:

1. Rezonátory
2. Koherery
3. Detektory magnetické
4. Detektory elektrolytické
5. Detektory termické
6. Detektory krystalové
7. Detektory elektronkové

Rezonátory

Rezonátor pracuje na principu vyvolání jiskření v sekundárním obvodu pomocí oscilátoru v primárním okruhu. [5]

Rezonátor byl měděný drát o průměru 2 mm. Měl podobu buď kruhu, nebo tvořil čtverec o straně cca 45 cm. Na jedné straně byl přerušen a vybaven miniaturním jiskřištěm s mikrometrickým posuvem k nastavení vzdálenosti a doplněn zvětšovacím sklem k pozorování jiskřiček při zatemněném světle. Nastavení rezonance se provádělo změnou kapacity v primárním okruhu. [5]

Koherery

Jemné kovové piliny jsou vloženy do skleněné trubičky, která je z obou stran uzavřena pomocí kovových destiček, které je možno přibližovat nebo oddalovat. [5]

V normální stavu je elektrický odpor kohereru v řádu desítek tisíc Ohmů. Při dopadu elektromagnetického vlnění se sníží na hodnotu až pod deset Ohmů. Elektrický odpor trvá po odeznění elektromagnetického vlnění, stačí však malý poklep do kohereru a původní elektrický odpor je obnoven. [5]

Magnetický detektor

Dvě kladky pohánějí pomocí pérového strojku pás složený z několika železných drátků o průměru 0,3mm. Pás probíhá skleněnou trubičkou opatřenou dvojím vinutím. Cívka s velkým počtem závitů je připojena ke sluchátku. Proti cívce jsou dva magnety, které jsou symetricky umístěny vzhledem k sekundárnímu vinutí souhlasnými póly k sobě. Pásek je periodicky zmagnetován a odmagnetován. [5]

Při dopadu elektromagnetické vlny dojde k okamžitému odmagnetování a k indukci napětí na sekundární cívce. [5]

Termické detektory

Detektorem protéká trvale malý proud, který se s detekcí elektromagnetické vlny změní na vysokofrekvenční proud, který generuje zvýšení teploty a tím dochází ke vzrůstu elektrického odporu. [5]

Krystalové detektory

Krystalové neboli polovodičové krystaly byly vhodné pro příjem telefonie s amplitudovou modulací, která znamenala nejprudší rozvoj ve druhém desetiletí

a zcela rozhodující roli sehrála při rozšiřování rozhlasu počátkem dvacátých let. [5]

Krystalové detektory používají krystaly přirozené nebo uměle vyrobené. Podle uspořádání mohou být hrotové a dvou krystalové. Podle zapojení do okruhu přijímače mohou být rozděleny na přijímače pracující bez předpětí a detektory používající předpětí z pomocné baterie. Dále lze tyto detektory rozdělit na pevné a nastavitelné. [5]

1.2 Bezdrátová telegrafie

První praktické použití bezdrátové telegrafie – rádia, bylo v zavedení provozu radiotelegrafního. Radiotelegrafie, jinak řečeno jiskrová telegrafie, se vyvíjela mnohem rychleji než telegrafie drátová. [5]

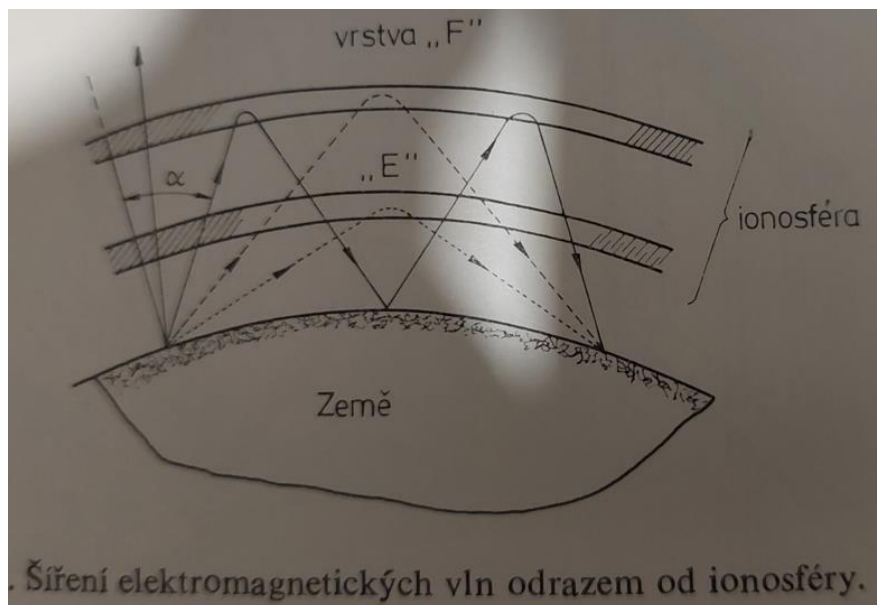
Prvním zdrojem vysokofrekvenčních kmitů byla jiskra. Jiskra vzniká tak, že nabíjí-li se kondenzátor, roste na něm elektrický náboj a tím i napětí mezi deskami kondenzátoru i mezi kuličkami jiskřiště. **William Thomson** roku 1855 ovšem výpočtem doložil, že výboj je kmitavý. Za první jiskrou následuje ohromná řada dalších jisker. O dva roky později byl tento teoretický předpoklad dokázán prakticky. [5]

Bylo dokázáno, že doba kmitu nezávisí na délce jiskry, ani na napětí v jiskřišti, ale na odmocnině součinu kapacity a indukčnosti. Počet kmitů za vteřinu pak dává frekvenci. [5]

Mezi historicky nejúspěšnější typy přenosů rádiových vln lze zařadit vysílání **krátkých vln (KV)** a **velmi krátkých vln (VKV)**. [5]

1.2.1 Krátké vlny (KV)

Pásmo krátkých vln je vymezeno od 1,5 MHz do 30 MHz – délka vlny od 200 do 10 m. Toto pásmo umožňuje spojení na největší vzdálenosti na Zemi. Tyto vlny se na krátké vzdálenosti šíří vlnou povrchovou a na větší vzdálenosti se šíří vlnou ionosférickou, která se po odrazu od ionosféru a návratu k Zemi může znovu odrazit zpět k ionosféře. Tento pochod se několikrát zopakuje, tudíž je možné dosáhnout velkých vzdáleností. [3]



Obrázek 1-1: Šíření elektromagnetických vln odrazem od ionosféry [3]

Pro sledování podmínek ionosféry jsou vybudovány ionosférické stanice, kde se předpovídá budoucí stav ionosféry. Na základě této předpovědi lze plánovat přenos na krátkých vlnách.

Šíření krátkých vln odrazem od ionosféry je znázorněno na obrázku 3-1.[3]

1.2.2 Velmi krátké vlny KV

Velmi krátké vlny jsou vlny s délkou pod 10 m. U velmi krátkých vln nenastává odraz od ionosféry s výjimkou vln v blízkosti 10 m. Šíření těchto vln nepřesahuje viditelný obzor, protože se tyto vlny šíří podobně jako vlny světelné jen přímočaře, bez zřetelného ohybu. [3]

1.2.3 Mikrovlnná pásma

Mikrovlny jsou elektromagnetické vlny o vlnové délce od 1 mm do 1 m, což odpovídá frekvenci 300 MHz (0,3 GHz) až 300 GHz. Elektromagnetické vlny o vyšší frekvenci se nazývají decimilimetrové vlny, terahertzové záření nebo také paprsky T (T-rays). Vlny delší vlnové délky jsou ultrakrátké vlny (UKV) a radiové vlny. [5]

1.2.4 Radioamatérská pásma

Povrch zeměkoule je rozdělen do tří zón, přičemž v každé platí poněkud odlišná rozdělení a i jednotlivé státy si mohou při splnění stanovených podmínek

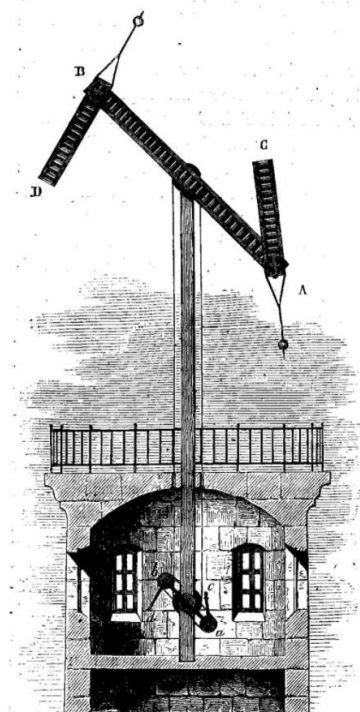
rozdělení kmitočtových pásem upravit. V USA mají radioamatéři povolen v pásmu 80 m provoz od 3,5 do 4 MHz, v Evropě 3,5 – 3,8 MHz. [5]

1.3 Počátky spojovací techniky pomocí vodičů

Jako první komunikační prostředek, který se masově rozšířil po celém světě, byl telegraf. Telegraf využíval pro svůj provoz elektrickou energii přenášenou pomocí kabelů na dlouhé vzdálenosti. Předchůdcem drátového telegrafu byl optický telegraf, který sice nevyužíval spojení pomocí vodičů, ale pro přehlednost je zařazen do této kapitoly. [8]

1.3.1 Optický telegraf

Optický telegraf byl přístroj vynalezený v 18. století Claudem Chappem. Systém sestával z věží, postavených na dohled dalekohledem. Věž byly od sebe ve vzdálenosti 12 až 15 km. Na věži bylo na 5m vysokém stožáru umístěno otočné rameno a na jeho koncích umístěna kratší pohyblivá ramena. Kombinací natočení ramen byla zakódována zpráva a předána na dohledovou vzdálenost. Optický telegraf je na obrázku 1-1. [8]



Obrázek 1-2: Optický telegraf vynalezený Claudem Chappem v 18. století [8]

1.3.2 Morseův telegrafní přístroj

Americký vynálezce **Samuel F. B. Morse** zdokonalil telegrafní přístroj z roku 1832. Ten využíval pro přenos signálu 26 vodičů – jeden pro každé písmeno. Morseův telegraf využíval, na rozdíl od původního přístroje, pouze dva stavy vysílače – zapnuto/vypnuto. Stav se střídají tak, že je možné je vnímat lidskými smysly. [8]

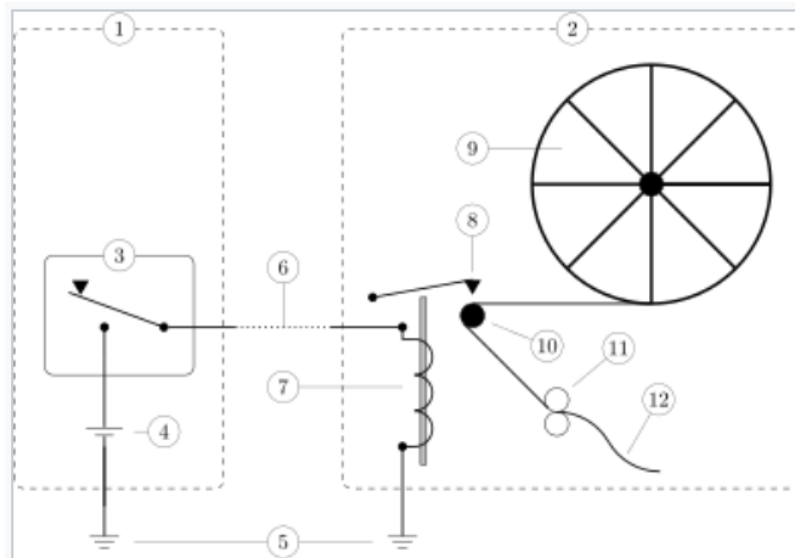
Tento princip byl ještě zdokonalen v roce 1847. Werner von Siemens navrhl jehlový telegraf, který přenášel zprávu písmeno po písmenu a nepotřeboval tedy zápis v Morseovém kódu. [8]

Přenos dat

Pro zakódování informace sloužila tzv. telegrafní abeceda, resp. Morseova abeceda. Každému písmenu je přiřazena série teček a čárek, které jsou oddělené mezerami. Pro oddělení slov byla použita delší mezera. [8]

Médium pro telegrafní přenos byly kabely. Použití kabelů mělo za následek nutnost zavádět nová vedení do míst, kde bylo potřeba navázat telegrafní spojení – typicky poštovní úřady a železniční stanice. Pro mezikontinentální nebo ostrovní spojení byly použity kabely položené na oceánské dno. [8]

Schéma zapojení je na obrázku 1-2. Telegraf se typicky skládal ze dvou částí – vysílače (1), přijímače (2). Vysílač se skládá z klíče (3) a baterie (4). Mačkáním klíče dochází k spínání a rozpínání elektrického obvodu. Po dobu stisku teče z baterie (4) elektrický proud. Dlouhý stisk znamená čárku, krátký stisk tečku dle Morseovy abecedy. [8]



Obrázek 1-3: Schéma zapojení telegrafního přístroje [8]

Přijímač se skládá z elektromagnetu (7), který aktivuje pisátko (8) – v případě, že obvodem protéká elektrický proud. Pisátko (8) zapisuje informace na pásku (9). Dalšími komponenty jsou psací váleček (9) a pohonné válečky (8). Přijímač i vysílač musí být dostatečně uzemněny (5). [8]

1.3.3 Telefon

Telefon je telekomunikační zařízení, které přenáší hovor prostřednictvím elektrických signálů. [9]

V principu se jedná o elektromagnetický mikrofon/sluchátko. Zvuk rozkmitá membránu s permanentním magnetem v cívce, která převedla pohyb na elektrický proud. Ten je pak po vodiči přenesen do stejného zařízení, které jej přemění zpět na zvuk. [9]

2. SPOJOVACÍ TECHNIKA S VYUŽITÍM VODIČŮ

V této kapitole budou popsány drátové přenosové systémy, které byly celosvětově využívány od druhé poloviny 20. století až po současnost.

2.1 Referenční model ISO/OSI

Úlohou referenčního modelu OSI je poskytnout společnou základnu pro koordinování norem pro účely propojení systémů. Každé zařízení, které tvoří samostatný celek schopný vykonávat zpracování a přenos informace je v terminologii OSI reálný systém. Pokud je jeho síťové vybavení v souladu s OSI, hovoří se o reálném otevřeném systému. [1,2]

Referenční model OSI je sedmivrstvý. Každá ze sedmi vrstev vykonává skupinu jasně definovaných funkcí potřebných pro komunikaci s jiným systémem. Pro svoji činnost využívá služeb nižší vrstvy a své služby poskytuje vrstvě vyšší [1,2]

Model OSI se skládá z následujících vrstev:

- Fyzická vrstva
- Spojovací vrstva
- Síťová vrstva
- Transportní vrstva
- Relační vrstva
- Prezentační vrstva
- Aplikační vrstva

2.2 Jednoduchá komunikační rozhraní

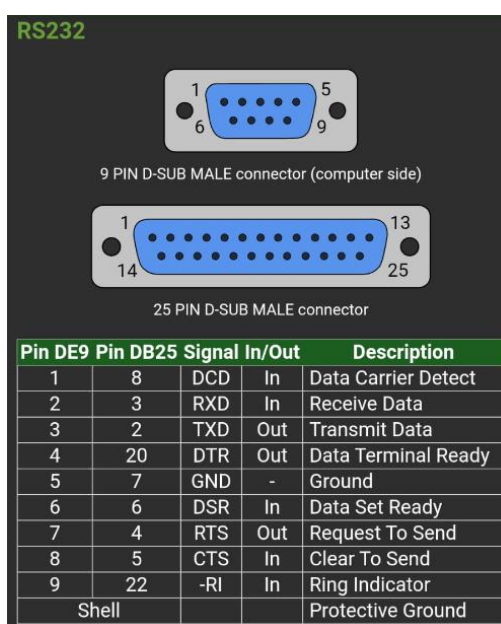
Mezi jednoduchá komunikační rozhraní lze zařadit například sériovou komunikaci po sběrnici označované jako RS232, RS485, Modbus, Profibus a proudovou smyčku 4...20 mA, která se hojně používá v průmyslu pro přenos analogových signálů. [10]

2.2.1 Sériová linka RS-232

Sériová linka RS232, resp. Varianta RS232C z roku 1969 je linka, která se používá jako komunikační rozhraní mezi dvěma zařízeními, nejčastěji mezi

počítačem a příslušnou elektronikou. RS-232 umožňuje vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení. Jednotlivé bity přenášených dat jsou vysílány postupně v sérii po jednom páru vodičů v každém směru. Standard RS-232 definuje, jak přenést určitou sekvenci bitů a nezabývá se už vyššími vrstvami komunikace. V referenčním modelu ISO/OSI tak představuje pouze fyzickou vrstvu. [10]

Linka RS-232 je nejčastěji vyvedena pomocí konektoru D-Sub typu DE-9 M (samec), popřípadě pomocí konektoru 25 PIN D-SUB. [10] Rozložení pinů je na obrázku 2-1. [10]



Obrázek 2-1: Rozložení pinů konektoru rozhraní RS-232

V oblasti osobních počítačů se od používání sériového rozhraní RS-232 již téměř definitivně ustoupilo, a to bylo nahrazeno výkonnějším Univerzálním sériovým rozhráním (USB). Nicméně v průmyslu je tento standard, především jeho modifikace – standardy RS-422 a RS-485, velice rozšířen a pro své specifické rysy tomu tak bude i nadále. [10]

2.2.2 Sériová linka RS-485

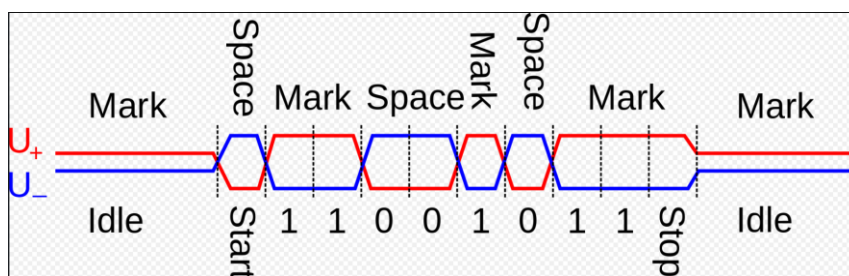
Standard RS-485 se používá především v průmyslovém prostředí. Standard RS-485 je navržen tak, aby umožňoval vytvoření dvou vodičového polo-duplexního vícebodového sériového spoje. Má stejný základ jako standard RS-232, od kterého se liší především jinou definicí napěťových úrovní. Pomocí standardu RS-

485 lze vytvářet sítě sestávající z až 32 zařízení a možností komunikace na vzdálenost až 1 200 m (proti 20 m u RS-232). [11]

RS-485 se vyznačuje dvou vodičovým propojením jednotek. Tyto vodiče se označují písmeny A a B, někdy se používá označení „-“ a „+“. V klidovém stavu by na vodiči A (neboli „-“) mělo být menší napětí než na vodiči B (neboli „+“). Maximální délka sběrnice je až 1 200 m. Při použití opakovačů může být počet uzlů vyšší. Maximální přenosová rychlost je nepřímo úměrná délce vedení. Přenosová rychlost u krátkých spojů (do 10 m) může být až 10 Mb/s. [11]

Přenos dat

Přenos dat se uskutečňuje pomocí 7- nebo 8bitových rámců se start bitem, 1 nebo více stop bity a případně i paritním bitem. Start bit je reprezentován logickou nulou, stop bit a neaktivní stav logickou jedničkou. [11]



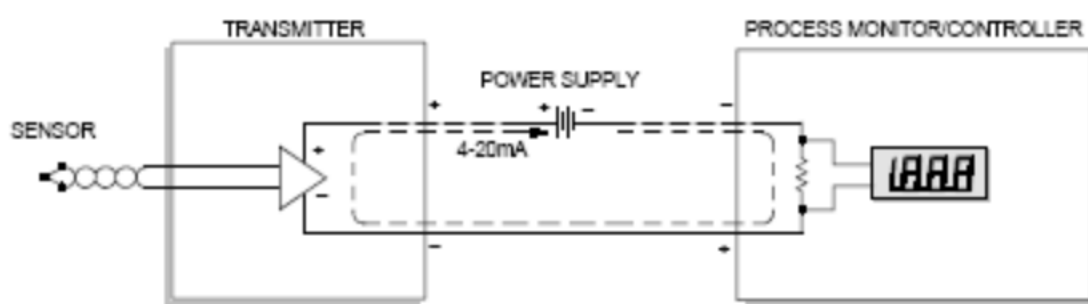
Obrázek 2-2: Přenos dat pomocí linky RS-485 [11]

Na obrázku 2-2 je znázorněn přenos binárního kódu 11010011. Přenos vždy začíná start bitem – logická „0“, pak následuje nejméně významný bit, což je v tomto případě „1“, pak následují ostatní bity a přenos je ukončen stop bitem – logická „1“. [11]

2.2.3 Proudová smyčka

Proudová smyčka je rozhraní, které pro přenos signálu využívá proud místo napětí. Používá se v prostředích s vysokou hladinou rušení, nejčastěji v průmyslových aplikacích. Proudová smyčka se používá ve dvou variantách 0...20 mA a 4...20 mA. V průmyslu se používá k připojování analogových čidel pro kontinuální měření procesních veličin, jako jsou teploměry, tlakové snímače, průtokoměry. [12]

Struktura zapojení proudové smyčky je na obrázku 2-3. Pro napájení proudové smyčky je použit zdroj napětí, nejčastěji stejnosměrné napětí 24 V. Zdroj napájí sensor, například teploměr, jeho převodník a přijímač analogového signálu – například zobrazovač nebo analogový vstup řídicího systému. V levé části obrázku je snímač, který vysílá napěťový signál do převodníku, který upravuje tento signál na proud 4...20mA. Pokud je teplotní čidlo s rozsahem například 0...100°C bude hodnota 0°C odpovídat 4mA, 50°C 12mA a 100°C 20mA. Uprostřed obrázku je zdroj napětí 24VDC a vpravo je přijímač v podobě zobrazovače, který zobrazí aktuální teplotu měřenou teploměrem. [12]



Obrázek 2-3: Zapojení proudové smyčky [12]

2.3 Složitější komunikační rozhraní

Mezi složitější komunikační rozhraní se řadí rozhraní, která využívají více vrstev systému OSI/ISO, jako je například Profibus, Modbus, Ethernet vycházející ze specifikace IEEE 802.3 nebo Profinet – kombinace Profibusu a Ethernetu pro použití v průmyslových aplikacích. [13]

2.3.1 Profibus

Profibus je průmyslové sběrnice určená pro automatizaci výroby a technologií. Komunikační sběrnice Profibus je založena na metodě token passing nebo také token ring, což znamená, že pro komunikaci mezi aktivními zařízeními, tzn., že řídicí člen sítě „Master“ po ukončení komunikace s podřízeným účastníkem „Slave“ nebo jiným Masterem uvolní řízení sběrnice pro další řídicí členy sítě, tento postup předávání se opakuje, až se kruh předávání přístupu k síti uzavře. Dalším způsobem komunikace je metoda klient-server (centrálně řízené dotazování) pro komunikaci mezi aktivním „Master“ a jemu přidělenými

zařízeními „Slave“. [13]

Přenosová rychlost je 9 Kbit/s až 12 Mbit/s podle délky a typu sítě v rozsahu 100 m až 1,2 km a použité technologie přenosu (délka optického přenosu může být až 80 km), pro zvýšení délky sítě, omezení šumu (rušení), případně k větvení sítě se používá tzv. Repeater (opakovač). Pro přenos signálu se využívá metalické sítě RS485 nebo optických vláken. [13]

Vrstvy OSI

Fyzická vrstva – Profibus podporuje přenos po sběrnici RS-485 (Profibus DP/FMS), po optickém vlákně (Profibus DP/FMS) a ve výbušném prostředí po proudové smyčce IEC 1158-2 (Profibus PA). [13]

Linková vrstva – definuje mechanismus přístupu účastníka na přenosové médium a zabezpečuje tvorbu zprávy na úrovni bitového řetězce včetně generování kontrolních částí. [13]

Aplikační vrstva – je nejvyšší vrstvou v referenčním modelu ISO/OSI, poskytuje jednotlivé služby nezbytné pro realizaci komunikace z hlediska uživatele. [13]

Typy Profibus

Profibus DP – Jedná se o nejjednodušší a nejrozšířenější variantu Profibusu, Komunikačním médiem je standard RS-485 [13]

Profibus FMS – nabízí komunikační standard pro práci s daty, programy a alarmy. Komunikačním médiem je podobně jako u varianty Profibus DP buď kroucená dvojlinka (standard RS-485), nebo optické vlákno, avšak rychlost je už nižší. [13]

Profibus PA – používá rozšířenou normu Profibus DP a je určen pro řízení pomalých procesů zvláště ve výbušném prostředí, neboť odpovídá jiskrové bezpečnosti. Aby bylo možné síť využívat v tomto prostředí, je použita i speciální fyzická vrstva – proudová smyčka podle standardu IEC 1158-2 komunikující stálou rychlostí 31,25 Kbit/s. [13]

2.3.2 Modbus

Modbus je otevřený protokol pro vzájemnou komunikaci různých zařízení (PLC, dotykové displeje, I/O rozhraní apod), který umožňuje přenášet data po různých

sítích a sběrnicích. Komunikace funguje na principu předávání datových zpráv mezi klientem a serverem (master a slave). [14]

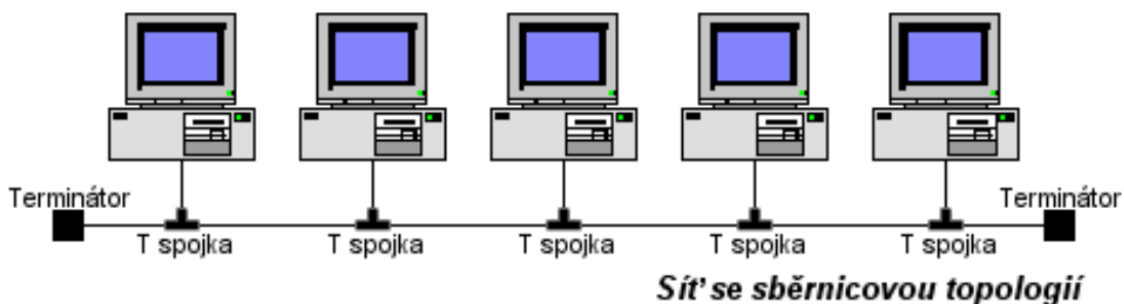
Na sběrnici je jedno „master“ zařízení posílající dotazy, ostatní zařízení jsou „slave“. „Slave“ zařízení odpovídá na dotazy, které jsou mu adresovány. V pozici mastera je tedy řídicí prvek (např. PLC nebo průmyslové PC), v roli „slave“ zařízení jsou ovládané nebo sledované prvky (např. čidla, měřicí přístroje, PLC, prvky výrobních linek atp.). [14]

Přenos po protokolu Modbus je realizován přes Ethernet přes TCP/IP nebo sériový přenos (RS-232C, RS-422, RS-485, optické vlákno, radiový přenos), popřípadě je realizován jako MODBUS PLUS - vysokorychlostní síť. Modbus preferuje sériovou komunikační sběrnici standardu RS485. [14]

2.3.3 Ethernet

Ethernet je sériová sběrnice vyvinutá na konci 70. let firmou Xerox. Vychází ze specifikace IEEE 802.3¹ pro fyzickou vrstvu a doplňuje ji o specifikaci linkové vrstvy, a to zejména její horní podvrstvy. [15]

Pro Ethernet byla na počátku charakteristická přenosová rychlost 10 Mb/s a délka segmentu do 500 m. Zařízení se zapojovala do topologie sběrnice pomocí tlustého koaxiálního kabel s charakteristickou impedancí 50 Ohm. Topologie sběrnice je znázorněna na obrázku 2-4. [15]



Obrázek 2-4: Síť se sběrnicovou topologií

V dnešní době se využívá rychlý Ethernet s fyzickou vrstvou řešenou tak, že je možné dosáhnout přenosové rychlosti 100 Mb/s. Fyzická vrstva je

¹ IEEE 802.3 je standard společnosti Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), který určuje specifikace fyzické a linkové vrstvy Ethernetu. Obecně se využívá v lokální síti s některými WAN aplikacemi. Jedná se o fyzické propojení uzlů a/nebo infrastrukturních zařízení (hub, switch, router) pomocí měděných nebo optických kabelů. Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3

přizpůsobena tenkému koaxiálnímu kabelu nebo kroucené dvoulince. Teprve tyto velké rychlosti a úpravy topologie sítí Ethernet rozhodují o použití tohoto systému také v průmyslové komunikaci. [15]

Fyzická vrstva IEE 802.3

Existuje šest možností pro vlastní fyzickou implementaci. Označení typů v sobě skrývá základní charakteristiky [16]:

- 10/100/1000/1000 – přenosová rychlost v Mbit/s
- BASE/BOARD – přenos v základním pásmu/širokopásmový
- F/T/x – přenosový prostředek nebo maximální délka jednoho segmentu

Například Ethernet označený jako 100BASE-F je Ethernet s maximální rychlostí 100Mbit/s s přenosem v základním pásmu pro přenos po optickém kabelu. [16]

2.3.1 Profinet

Profinet se opírá o zkušenosti a strukturu protokolu Profibus a zároveň obsahuje kvalitativně nový koncept komunikace na bázi Ethernetu.[17]

Profibus i Profinet respektují referenční model ISO/OSI, ale využívají jen některé jeho vrstvy: Profibus používá vrstvy OSI číslo 1, 2 a 7, Profinet číslo 1, 2, 3, 4 a 7. [17]

Profinet je založen na průmyslovém Ethernetu ISO/IEC 8802.3 (Full Duplex), IEEE 802.1Q (Priority Tagging) a vždy se jedná o spínaný Ethernet o rychlosti 100 Mb/s. [17]

2.4 Vláknová optika

Pod pojmem vláknová optika se kromě přenosu signálu pomocí světlo vodičů skrývá

celý optický přenosový systém. Mezi základní technické prvky patří: [18]

- vhodný generátor pro generování světelných impulsů,
- přenosová část, která se postará o přenos signálu na místo určení
- citlivý fotodetektor světelných impulsů, který světelný impuls rozpozná a převede na vhodný elektrický signál.

2.4.1 Princip optického přenosu

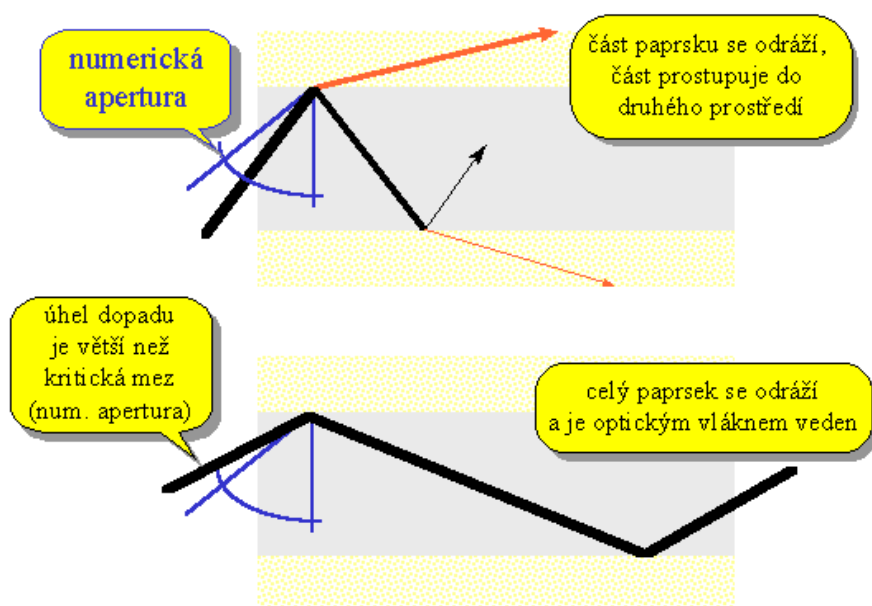
Princip přenosu světelného impulsu je založen na fyzikálním principu lomu světla na rozhraní dvou prostředí. Je dáno, že světelný paprsek dopadající na rozhraní dvou prostředí se na rozhraní těchto dvou prostředí zčásti láme a prostupuje z jednoho prostředí do druhého a částečně se odráží zpět do prostředí, ze kterého pochází. Přičemž závisí na úhlu, pod kterým paprsek na rozhraní prostředí dopadá. Je-li úhel dopadu dostatečně velký, větší než jistá mez, označuje se jako tzv. numerická apertura, viz obrázek 2-5. [18]

Obě optická prostředí i úhel, pod jakým světelné paprsky vstupují do vlákna, musí být vhodně volena tak, aby po celé délce vlákna docházelo pouze k úplným odrazům. [18]

V praxi se využívají dva druhy přenosu optického signálu:

- Mnoho vidový a
- jedno vidový přenos.

Oba přenosy jsou znázorněny na obrázku 2-6. [18]



Obrázek 2-5: Numerická apertura odrazu paprsku v optickém vlákně [18]

2.4.2 Mnoho-vidový optický přenos

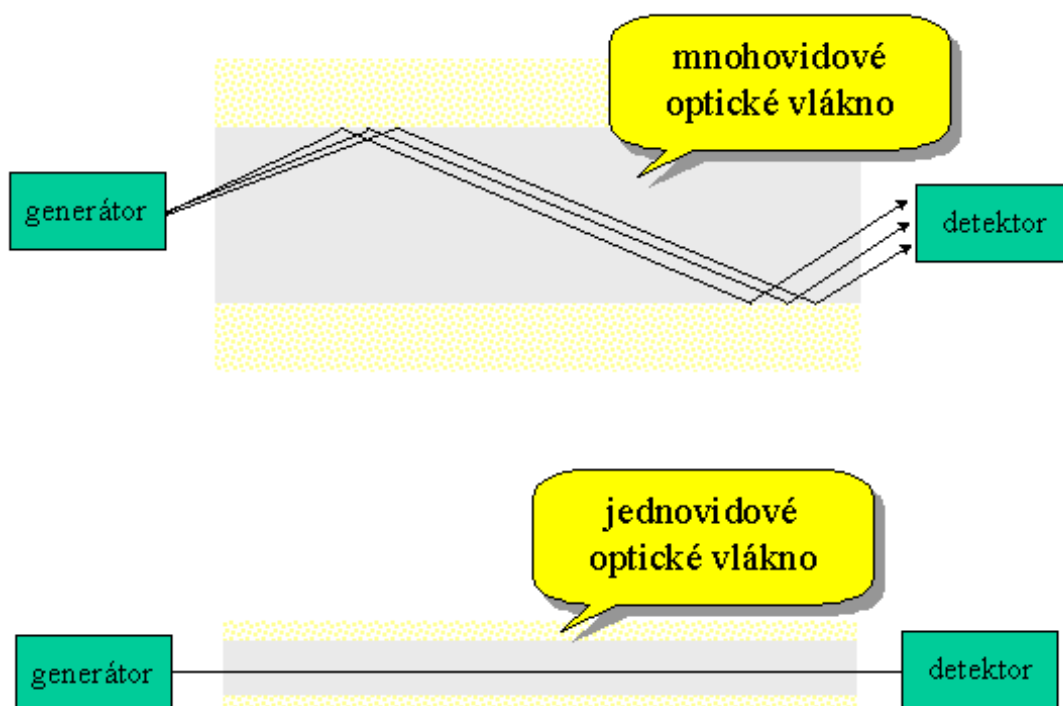
V případě mnoha vidového přenosu dochází ke generování světelného impulsu několika světelnými paprsky. Každý z těchto paprsků má jiný úhel dopadu na rozhraní dvou prostředí, a tudíž i jiný úhel odrazu od tohoto rozhraní. Důsledkem

tohoto principu přenosu je možnost použití jednoduššího generátoru světelných pulsů, ale nevýhodou je, že dochází k disperzi světla jednotlivých paprsků, a tudíž přenos pomocí více vidových vláken je možné použít cca jen do vzdálenosti 2 km. [18]

2.4.3 Jedno-vidový optický přenos

Jedno-vidového přenosu lze dosáhnout následovně: zmenšováním rozdílu optických vlastností dvou prostředí, na jejichž rozhraní dochází k odrazům, nebo zmenšováním průměru jádra optického vlákna. To je tvořeno středovou „žílou“ (jádrem, představujícím jedno optické prostředí) a pláštěm (představujícím druhé optické prostředí). [18]

Díky zmenšení svého jádra je pak jedno-vidový optický kabel schopen vést jen jeden jediný světelný vid (jediný paprsek). Pro jeho generování je samozřejmě zapotřebí přesnější generátor, a obdobně i dokonalejší detektor, ale na druhou stranu jeho dosah je vyšší – typicky v řádu desítek kilometrů. [18]



Obrázek 2-6: Jedno vidový a mnoho vidový optický přenos optickým vláknem [18]

3. BEZDRÁTOVÁ SPOJOVACÍ TECHNIKA

V této kapitole budou popsány jednotlivé způsoby přenosu signálu pomocí bezdrátové komunikace, jako je například CB, PMR, nebo přenos signálu v rámci GSM sítě. Přenosy pomocí velmi krátkých a krátkých vln, které se již dnes využívají pouze na amatérské úrovni, jsou popsány v kapitole 1.2.

3.1 Rádiové přenosy signálů

Mezi rádiové přenosy signálů se řadí přenosy od historických, ale stále používaných CB, PMR, až po v současné době rozšířené Wi-Fi nebo Bluetooth.

3.1.1 CB (Civil Broadcast)

Jedná se o občanské radiostanice malého výkonu pro rádiové spojení fyzických nebo právnických osob v pásmu 27 MHz. Podmínky využívání tohoto způsobu komunikace stanovuje Český telekomunikační úřad (ČTK) ve všeobecném oprávnění č. VO-R/7/11.2016-12. [19]

Tyto stanice lze používat bez individuálního oprávnění k využívání rádiových kmitočtů. Stanice využívají rádiové kmitočty od 26,965 MHz do 26,955 Mhz rozdělených do 80 kanálů s krokem 0,01 Mhz. [19]

V provozu stanic není povoleno používání přídavných zesilovačů vysokofrekvenčního výkonu, používání směrových antén s horizontální polarizací, vysílání bez informačního obsahu nebo například pro vysílání reklam.

Jak již bylo zmíněno, pásmo CB je rozděleno na 80 kanálů z nichž některé mají zvláštní určení:

- kanál č. 1 – svolávací,
- kanál č. 8 – vyvolávací (uživatelé na kanálech 1 a 8 navazují spojení, poté se přesunují na jiný volný kanál),
- kanál č. 10 a 19 – tyto kanály jsou určeny pro službu dopravních informací,
- kanál č. 9 – tento kanál je vyhrazen pro informace zvláštní důležitosti, například tísňové volání v případě havárie, úrazu, oznámení trestného činu. [19]

- Kanál č. 9 je odposloucháván jednotkami integrovaného záchranného sboru IZS. [19]

3.1.2 PMR 446

PMR 446 jsou stejně jako CB (viz. kapitola 3.1.1) stanice pro rádiové spojení fyzických nebo právnických osob bez nutnosti vlastnit individuální oprávnění k provozu těchto stanic. Provoz těchto stanic definuje Český telekomunikační úřad (ČTK) ve všeobecném oprávnění VO-R/3/6.2016-9. [20]

Stanice PMR mohou být provozovány pouze v kmitočtovém úseku 446,1 – 446,2 MHz s kanálovou roztečí 12,5 kHz. [20]

V provozu stanic PMR 446 není povoleno používání základových stanic, opakováčů ani zařízení pevné infrastruktury. [20]

3.1.3 Bluetooth

Bluetooth je standard pro rádiový přenos dat v krátkém (10 m) až středním (do 100 m) dosahu. Pro provoz tohoto systému není potřeba povolení telekomunikačního úřadu. Bluetooth pracuje na frekvencích od 2,4 do 2,48 GHz v plně duplexním režimu. [21]

Asynchronní přenos dat může dosáhnout maximální rychlosti 723,2 kb/s v jednom směru a 57,6 kb/s v opačném směru (asymetrický přenos) nebo 433,9 kb/s v symetrickém přenosu. Přenášet lze i hlas, a to třemi synchronními kanály nebo jedním kanálem se současným asynchronním přenosem dat a synchronním přenosem hlasu. [21]

3.1.4 Standard IEEE 802.11 (Wi-Fi)

V současné době jsou k dispozici WLAN založené na standardech IEEE 802.11a, 802.11b a 802.11g. Souhrnně jsou tyto standardy označovány jako Wi-Fi (Wireless Fidelity). Komunikační rychlosti dosahují až 54 Mb/s. V případě použití směrových antén s vysokým ziskem je dosah až v desítkách kilometrů. [22]

Primárně je tento standard určen pro vytvoření bezdrátových sítí LAN. Použití hlavně v kancelářské oblasti pro stavbu bezdrátových infrastruktur. Časté je i využití v průmyslu. Popis jednotlivých standardů je v tabulce 3-1. [23]

Tabulka 3-1: Popis vybraných standardů IEEE 802.11a

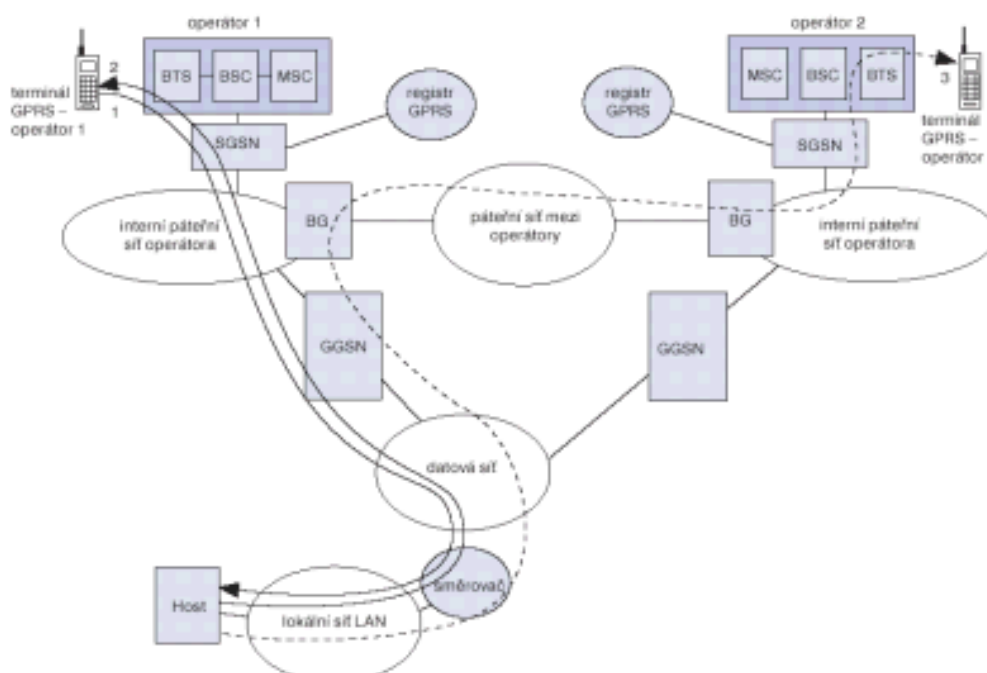
IEEE 802.11a	Standard definuje fyzickou vrstvu, která pracuje v pásmu 5 GHz, podporuje přenosové rychlosti od 6 do 54 Mb/s.
IEEE 802.11b	Standard definuje fyzickou vrstvu, která podporuje přenosové rychlosti 1 Mb/s, 2 Mb/s, 5,5 Mb/s a 11 Mb/s.
IEEE 802.11d	Standard se zabývá globální harmonizací WLAN podle IEEE 802.11, neboť pravidla pro využívání jednotlivých frekvenčních pásem se stát od státu různí
IEEE 802.11g	Standard umožňuje dosáhnout přenosové rychlosti až 54 Mb/s. Umožňuje připojit zařízení pracující podle IEEE 802.11b.
IEEE 802.11h	Standard má za cíl používat WLAN i v pásmu 5 GHz. IEEE

3.2 GSM síť 4. generace

Síť GSM 4. generace je buňková radiokomunikační síť masově využívána v současné době. Postupně bude nahrazována sítí GSM 5. generace.

3.2.1 Princip fungování GSM sítě

Síť GSM je radiokomunikační síť umožňující přenos hlasu a dat. Síť GSM se skládá z několika subsystémů, viz obrázek 3-1.



Obrázek 3-1: Topologie sítě GSM [24]

Mobilní stanice neboli terminál je vysílač a přijímač, který komunikuje se základnovou stanicí sítě (BTS) a je vybavena uživatelským rozhraním a identifikačním modulem – kartou SIM. [24]

Subsystém základnových stanic (BSS) je subsystém, se kterým komunikují jednotlivé mobilní stanice. Přímá komunikace dvou mobilních stanic není možná. [24]

Síťový spojovací subsystém (NSS) plní mnoho základních funkcí sítě, především spojovací funkce uvnitř sítě a s externími sítěmi, funkce pro autentizaci a autorizaci účastníků, funkce související s mobilitou účastníků aj. [24]

Operační a podpůrný subsystém (OSS) zajišťuje zejména správu, sledování a konfiguraci sítě. [24]

Pro přenos hlasu je nutné převést původní analogový signál do digitální formy vhodné pro přenos v síti GSM. K tomu byly vyvinuty speciální kodeky. Kodek je algoritmus určený ke kódování původního signálu na digitální signál přenášený telekomunikační sítí a k jeho zpětnému dekódování na straně příjemce. [24]

3.3 GSM síť 5. generace 5G

Síť 5G neboli GSM síť páté generace v současné době představuje celosvětový fenomén, který je založen na konvergenci pevných sítí a bezdrátových vysokorychlostních technologií. Síť 5G je specifikována tak, aby byla uspokojena potřeba nejrůznějších odvětví. Do této vysokorychlostní sítě se připojují nejrůznější čidla, snímače, akční členy, přístroje a stroje. Chytrý telefon by měl být jen jedním z mnoha prvků připadajících na uživatele sítě 5G. [25]

3.3.1 Technologie sítě 5G

Technologie sítě 5G spočívá ve využití stávající čtvrté generace GSM sítě založené na technologii LTE, jejíž úpravou dojde ke zvýšení kapacity sítě, zvýšení přenosové rychlosti a snížení zpoždění (latence). [25]

Síť 5G využívají ke svému provozu nové části rádiového spektra a to:

- **Pásmo okolo 700MHz** – nízká frekvence, po které jsou přenášeny nízké objemy dat pomalu rychlostí, ale projdou téměř všemi materiály a mají daleký dosah. Jsou ideální pro internet věcí (IoT), který nepotřebuje nízkou latenci. [25]

- **Pásmo okolo 3,4 GHz** – komunikační pásmo, které je podobné dnes používaným komunikačním pásmům. S tím rozdílem, že je zde zavedena technologie tzv. paprskování (beamforming), což znamená, že antény jsou schopny směřovat signál na konkrétního uživatele a tím je umožněn efektivnější provoz sítě. [25]
- **Pásmo okolo 24GHz** – Jedná se o využití mikrovln v mobilní síti. Mikrovlny umožňují přenášet velké množství dat – řádově Gb/s při velmi nízké latenci velkému množství uživatelů. Toto je však vykoupeno krátkým dosahem a problematickým průchodem například zdi, vegetací nebo deštěm. [25]

Technologie sítě 5G je dále založena na vedení komunikace pod zemí pomocí optických kabelů, které nejsou limitovány vlastnostmi jednotlivých kmitočtů, a proto je snaha využít optická vlákna v co největší míře a rádiovou komunikaci vést pouze na nezbytně nutném úseku. [25]

3.3.2 Vlastnosti sítě 5G a jejich využití

Mezi klíčové vlastnosti 5G sítí patří možnost využití rádiového spektra v pásmech od stovek MHz až po desítky GHz, což umožňuje dosahovat vysokých přenosových rychlostí, například pro přenos UHD video signálů. [25]

Dále je možné pružné regulování šířky přenosového kanálu a tím i hodnoty dostupné přenosové rychlosti od kb/s pro aplikace IoT až po Gb/s pro eMBB (Enhanced Mobile Broadband), možnost přizpůsobení struktury sítě virtualizace síťových funkcí, pružné přidělování využívané šířky rádiového spektra prostřednictvím dynamického TDD a současně efektivní využívání metod sdílení rádiového spektra umožní dosažení vyšší míry efektivity využití rádiového spektra při podpoře nasazování mnoha reálných aplikací v praxi. Možné scénáře využití 5G sítě jsou na obrázku 3-2. [25]

Mezinárodní telekomunikační unie ITU definuje tři hlavní oblasti standardizace, které společně tvoří síť 5. generace [25]:

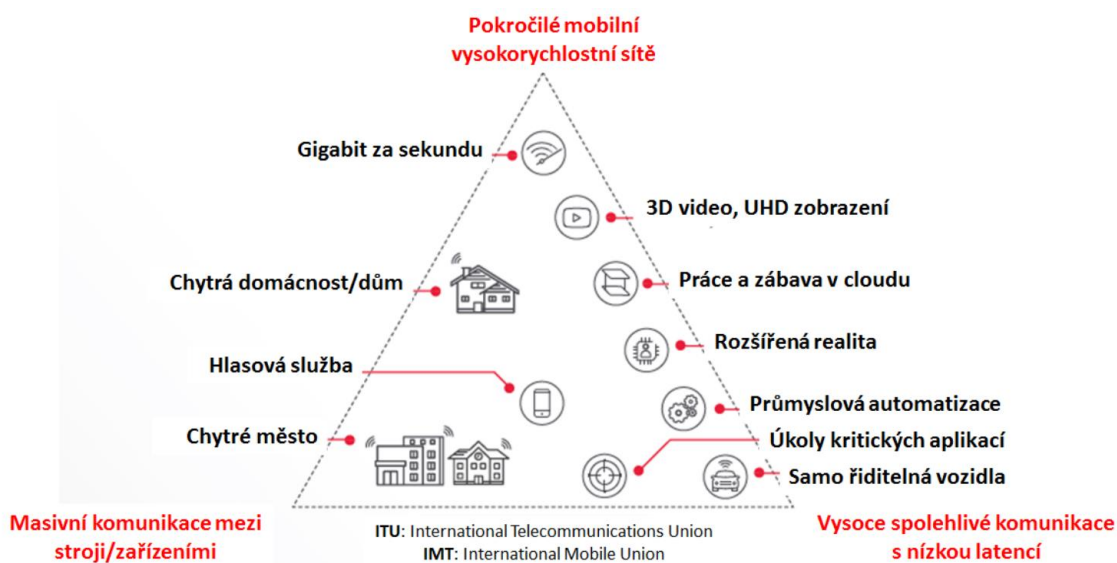
1. **Pokročilé mobilní vysokorychlostní síť** (Enhanced Mobile Broadband – eMBB)
 - Všeobecně dostupná data v kteroukoliv dobu
 - Mobilita cca 500 km/h
 - Maximální rychlost přenosu dat 10–20 Gbit/s

2. Vysoce spolehlivé komunikace s nízkým zpožděním (Ultra – Reliable and Low Latency – URLLC)

- Zpoždění na rádiovém rozhraní do 1ms
- Zpoždění mezi koncovými body do 5ms
- Spolehlivost 99,9% v rozsahu datových rychlostí 50 kbit/s – 10 Mbit/s

3. Masivní komunikace mezi stroji/zařízenými (Masive Machine-Type Communication – mMTC)

- Miliardy propojených zařízení, nízká cena propojení, nízká spotřeba energie
- Řádově až 1 milion zařízení na 1 km²
- Přenosová rychlost 1 – 100 kbit/s na zařízení
- Napájení pomocí baterie, jejíž životnost se odhaduje na 10 let



Obrázek 3-2: Scénáře použití 5G sítě [25]

3.3.3 Služby poskytované na sítích 5G

Sítě 5G umožní širokou škálu využití napříč průmyslovými odvětvími, v moderních dopravních systémech, ve zdravotnictví, zemědělství nebo provozu chytrých měst. [25]

Inteligentní dopravní systémy

Sítě 5G mají za cíl se podílet na rozvoji inteligentních dopravních systémů ITS a

kooperativních dopravních systémech C-ITS. 5G sítě mohou rozšiřovat možnost pokrytí a služeb poskytovaným koncovým uživatelům. [25]

Díky tomu dochází ke zlepšení komunikace mezi vozidly, vozidly a infrastrukturou a mezi vozidly a dalšími účastníky dopravního provozu. Vzájemnou komunikaci pomocí sítě 5G může využít i železniční doprava – standard ETCS 2. [25]

Zdravotnictví

Sítě 5G mohou být využívány i v oblasti zdravotnictví, tzv. e-Zdraví, kde se jedná o zlepšení ve vztahu mezi lékařem a pacientem a umožnění lepší zdravotní péči ve venkovských oblastech. [25]

Nosné jsou zejména systémy průběžně monitorující zdravotní stav a také mobilní aplikace, které umožní přístup k on-line akutní i preventivní lékařské péči. Z toho vyplývá nutnost zpracovávat velké množství dat v reálném čase s minimálním zpožděním a k tomu je právě síť 5G určena. [25]

Vzdělávání

Další oblastí, pro kterou je síť 5G určena, respektive na kterou bude mít velký vliv, je vzdělávání. [25]

Interaktivní účast na výukových setkáních s multimediálními aplikacemi (např. distanční vzdělávání atd.) je stále populárnější a mobilní sítě 5G umožňují v této oblasti zcela nové zkušenosti. Zvýšené využívání digitálních učebních stylů dále usnadní trend směřující k individualizaci výuky, a proto splní požadavky lidí na výuku nezávisle na místě a čase. [25]

3.3.4 Bezpečnostní rizika

Rizika sítí elektronických komunikací lze pro orientaci rozdělit do dvou kategorií z hlediska potenciálních útočnicků [25]:

- **Vnější kybernetické hrozby** – sem patří například státy, kyber kriminální skupiny a dodavatelé hardware, software se škodlivými záměry. Státní aktér může například zneužít svůj vliv na dodavatele a skrze něj proniknout do sítě. [25]
- **Vnitřní kybernetické hrozby** – jednotlivci pracující v dodavatelském

řetězci s vlastní agendou, která může být v zájmu osobním, ekonomickém nebo vnějších aktérů. [25]

Z hlediska rizik lze bezpečnost dat posílaných skrze síť 5G vyhodnotit následovně [25]:

- **Důvěrnost** – zajištění, aby k datům neměl neautorizovaný přístup cizí aktér. [25]
- **Integrita** – jistota, že data nebyla pozměněna cizím aktérem, je v sítích elektronických komunikací ohrožena nejméně, ovšem za předpokladu používání koncového šifrování. [25]
- **Dostupnost** – primární zranitelností sítí elektronických komunikací. Pokud operátor, dodavatel nebo útočník zvenčí vyřadí z provozu klíčové části sítě, důležitá data přenášená skrze síť se téměř jistě stanou nedostupná. [25]

3.3.5 Praktické využití 5G sítě:

V Dánsku, na letišti Hanse Christiana Andersena poblíž dánského města Odense byl testován robot, který samostatně hlídal obvodové oplocení a kontroloval jeho poškození. Robot byl připojený k 5G síti společnosti Ericsson, kterou provozuje společnost TDC NET. [26]

Robot byl testován na dánské národní komerční 5G síti TDC NET. Robot dříve vykonával úkoly pro Institut pouze pomocí připojení Wi-Fi, což značně omezilo rozsah připojení. Operátor, který robota řídil, musel být nejdále 30 metrů od něj. [26]

Připojením robota ke komerční 5G síti se otevřely dveře novým možnostem jeho použití. Vysoká rychlost, velká šířka pásma a extrémně nízká latence 5G sítě poskytuje nástroje pro bezpečné odesílání obrovského množství dat z robota po síti a zpět v reálném čase na velké vzdálenosti. Robot najde využití prakticky kdekoli, kde bude 5G připojení. [26]

Robot může procházet nerovným terénem, šplhat po schodech a dostane se i do malých prostor. Spolu s 360° senzory, předními a zadními kamerami a prostorem pro přepravu balíků a spotřebního materiálu mohou takto vybavení roboti pracovat v terénu jako součást pohotovostních, záchranných nebo průmyslových inspekčních misí. [26]

3.4 Navigační systémy

Lidé začali pociťovat potřebu určování polohy od dob, kdy se začali přemísťovat z místa na místo. Původní určování polohy probíhalo v 2D prostoru, posléze v 3D prostoru. [27]

Zpočátku člověk používal pro potřeby navigace úhlová měření, později, s nástupem radiových vysílačů se začali budovat navigační systémy založené na vysílání a příjmu radiových signálů. Zprvu byly tyto vysílače rozmisťovány po zemském povrchu, později se začaly přesouvat do vesmíru v podobě umělých družic. Tím vznikly družicové navigační systémy, které se vyvinuly až do podoby dnešních systémů **GPS, GALILEO nebo GLONASS**. [27]

3.4.1 Určování polohy

Určování polohy je proces ke stanovení polohy bodu v prostoru. Poloha bodu je standardně vyjadřována pomocí souřadnic ve zvoleném souřadnicovém systému. Určuje se měřením na mapě nebo v terénu. Polohu bodu lze měřit přímým a nepřímým měřením. [27]

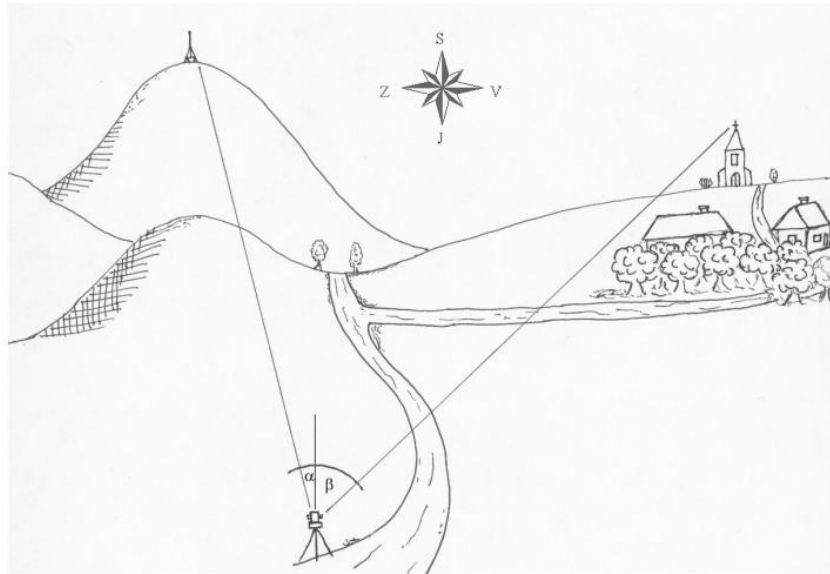
Určování polohy přímým měřením

Jedná se o odměření například vzdálenosti pomocí vodního toku nebo silnice. K přesnému měření lze použít některého z moderních přístrojů, například přijímač GPS. Ale i ten k měření používá některou z nepřímých metod měření. [27]

Určování polohy nepřímým měřením

K nejrozšířenějším metodám pro určování polohy nepřímým měřením patří úhломěrné měření. V principu se jedná o to, že z místa, jehož polohu chceme určit, změříme azimuty alespoň ke dvěma bodům, které lze lokalizovat na mapě. [27]

Těmito body pak na mapě proložíme přímkou, jejíž úhly měřené od severu odpovídají naměřeným azimutům. Hledaný bod se pak nachází v průsečíku těchto přímek. Určování polohy úhломěrným měřením je na obrázku 3-2. [27]



Obrázek 3-3: Určování polohy úhloměrným měřením [27]

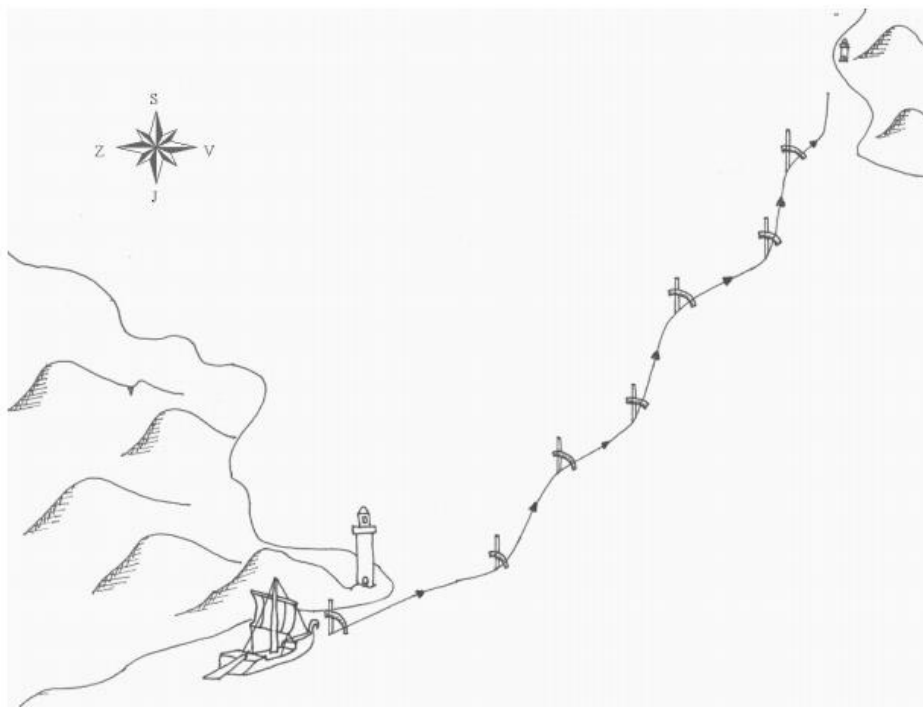
Další metodou k nepřímému měření je dálkoměrná metoda nebo kombinace úhloměrné a dálkoměrné metody. [27]

3.4.2 Navigace

Navigace je cílevědomé vedení osob a dopravních prostředků z jednoho místa na druhé po předem vytyčené trase. V průběhu tisíciletí se vyvinulo několik základních metod navigace [27]:

- **Navigace podle orientačních bodů** – dopravní prostředek je veden s využitím význačných bodů v terénu, jako jsou například majáky, bóje, skály, útesy, stromy, jezera, [27]
- **Navigace podle hvězd** – astronavigace byla založena na pozorování polohy hvězd, planet, Měsíce a Slunce. Bylo zjištěno, že polohy vesmírných těles se v závislosti na čase a na poloze pozorovatele mění. [27]
- **Navigace výpočtem** – při navigaci výpočtem je pečlivě zaznamenávána poloha dopravního prostředku. Výchozím bodem pro tento druh navigace je obvykle posledně určená poloha. Od tohoto bodu jsou pak do mapy průběžně zakreslovány směry pohybu a uražené vzdálenosti v podobě navigační linie. Navigace výpočtem je znázorněna na obrázku 3-3. [27]
- **Radiová navigace** – do této kategorie patří moderní navigační prostředky založené na znalosti fyzikálních zákonitostí radiových vln.

- **Inerciální navigace** – při tomto typu navigace se využívají **gyroskopy**², schopné dlouhodobě udržovat a indikovat zadaný směr. [27]



Obrázek 3-4: Navigace výpočtem [27]

3.4.3 Družicové navigační systémy

Družicové polohové systémy jsou obecně tvořeny třemi základními segmenty – **kosmickým, řídicím, uživatelským**. [27]

Kosmický segment je tvořen soustavou umělých družic obíhajících kolem Země po známých přesně definovaných oběžných drahách. Kosmický segment je definován [27]:

- Typem oběžných drah – nízké, střední, vysoké, geostacionární, kruhové a eliptické
- Výškou, sklonem a počtem oběžných drah
- Počtem a rozmístěním družic na oběžných drahách

Řídicí segment je tvořen řadou pozemních stanic, které slouží k [27]:

- Monitorování signálů družic kosmického segmentu

² Gyroskop je zařízení využívané v navigaci. Používá se zejména u letadel a balistických raket. Také v torpédu je gyroskop. Přístroj obsahuje setrvačnick, který zachovává polohu osy své rotace v inerciálním prostoru. Zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Gyroskop>

- Vyhodnocování chování družic na oběžných drahách
- Určování parametrů oběžných drah jednotlivých družic
- Vyhodnocování chování hodin na družicích a určování korekčních parametrů
- Sledování a vyhodnocování stavu družic
- Vysílání aktualizovaných parametrů na družice
- Řízení celého systému

Pozemní stanice se dále dělí na [27]:

- Monitorovací stanice – umožňují stálé sledování co největšího počtu družic po co nejdelší dobu a monitorují signály vysílané družicemi kosmického segmentu
- Hlavní řídicí stanice – zpravidla jedna stanice, co zpracovává signály z monitorovacích stanic; provádí modelování chování kosmického segmentu, určuje parametry oběžných drah, koriguje parametry hodin na družicích
- Stanice pro komunikaci s družicemi – zpravidla jsou totožné s monitorovacími stanicemi – slouží k přenášení nově určených parametrů oběžných drah a korekčních parametrů atomových hodin umístěných na družicích a také slouží k jejich ovládní

Uživatelský segment je tvořen přijímači a veškerým technickým zařízením pro možnost využití družicového polohového systému. Konfigurace tohoto segmentu je plně dána požadavky uživatelů a technickými možnostmi a omezeními kosmického segmentu. [27]

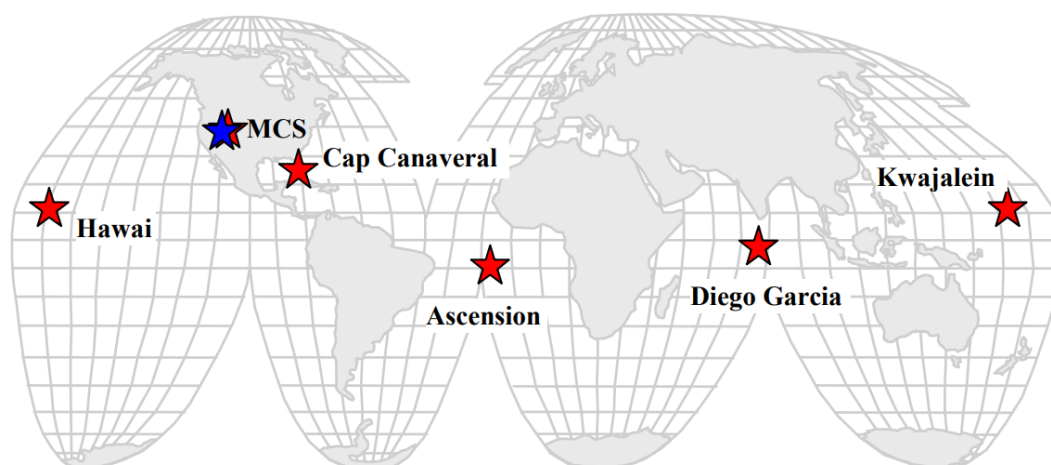
3.4.4 Navigační systém GPS

System GPS byl původně vyvinut pro vojenské účely, nicméně má rozsáhlé civilní využití. Tento navigační systém je mezi civilními uživateli rozšířen zejména pro relativní schopnost určovat rychlost a čas, pro vysokou polohovou přesnost, pro svoji dostupnost kdekoli na zemi, na moři nebo ve vzduchu. Tento systém pracuje za každého počasí 24 hodin denně. [27]

Struktura systému GPS

System GPS je tvořen třemi základními segmenty:

1. **Kosmický** – kosmický segment je tvořen soustavou družic, rozmístěným systematicky na oběžných drahách a vysílajících navigační signály. Kosmický segment sestává z 24 družic – 21 je navigačních a 3 jsou aktivní záložní družice. Jejich vzájemné uspořádání vůči Zemi garantuje dostupnost signálu z minimálně 4 družic po celých 24 hodin. [27]
2. **Řídicím** – tento segment je tvořen pěti pozemními monitorovacími stanicemi. Tyto stanice jsou bezobslužné a jsou obsluhovány dálkově z hlavní řídicí stanice. Rozmístění řídicích stanic GPS je na obrázku 3-5. [27]
3. **Uživatelským** – tento segment je složen z GPS přijímačů, uživatelů a vyhodnocovacích nástrojů. Přijímač GPS provede na základě přijatých signálů z družic předběžné výpočty polohy, rychlosti a času. Pro výpočet všech 4 souřadnic (x, y, z a t - čas) je zapotřebí přijímat signál z minimálně 4 družic.



Obrázek 3-5: Rozmístění stanic řídicího systému GPS [27]

Signály vysílané družicemi GPS

Signál vysílaný družicí GPS je kombinací nosné vlny, dálkoměrného kódu a navigační zprávy. Družice vysílá signály na dvou nosných vlnách o frekvencích L1 – 1575,42 MHz a L2 – 1227,6 MHz. [27]

Přijímač GPS

Přijímač GPS je uživatelským rozhraním pro příjem a zpracování signálu GPS a

pro poskytování polohy, času a rychlosti pohybu. Přijímač GPS je tvořen třmi základními funkčními bloky – anténou, navigačním přijímačem a navigačním počítačem. [27]

Anténa je velice důležitou součástí přijímače. K dispozici je široká škála antén, od antén pro malá zařízení až po antény pro přesná geodetická měření. [27]

Navigační přijímač je zařízení pro zpracování signálů přijatých pomocí antény a z těchto vybírá signály vysílané jednotlivými družicemi. Jejich zpracováním získává zdánlivé vzdálenosti k těmto družicím a data tvořící jejich navigační zprávy. Navigační přijímač tvoří vstupní jednotka, časová základna a jeden nebo více měřicích přijímačů. [27]

Navigační počítač zpracovává data získaná měřicími přijímači a vyhodnocuje z nich polohu přijímače, aktuální čas GPS, případně rychlost pohybu přijímače a provádí další zpracování, jako například transformaci polohy do požadovaného souřadnicového systému. [27]

3.4.5 Systém GPS – zvládnání krizových situací

V oblasti záchranných služeb a krizového řízení je systém GPS neocenitelným pomocníkem při lokalizaci postiženého místa, při jeho případném operativním mapování nebo při sledování polohy zasahujících jednotek. [27]

Zvláště přínosný je systém GPS ve spojení s dalšími geoinformačními technologiemi, jako jsou například geografické informační systémy nebo například prostorové databáze. Takové systémy mohou na základě zjištění aktuální polohy poskytnout zasahujícím jednotkám potřebné informace například o rizikových faktorech, o rozložení zdrojů nezbytných pro zasahující jednotky, o poloze sousedních jednotek a mnoho dalších užitečných informací. [27]

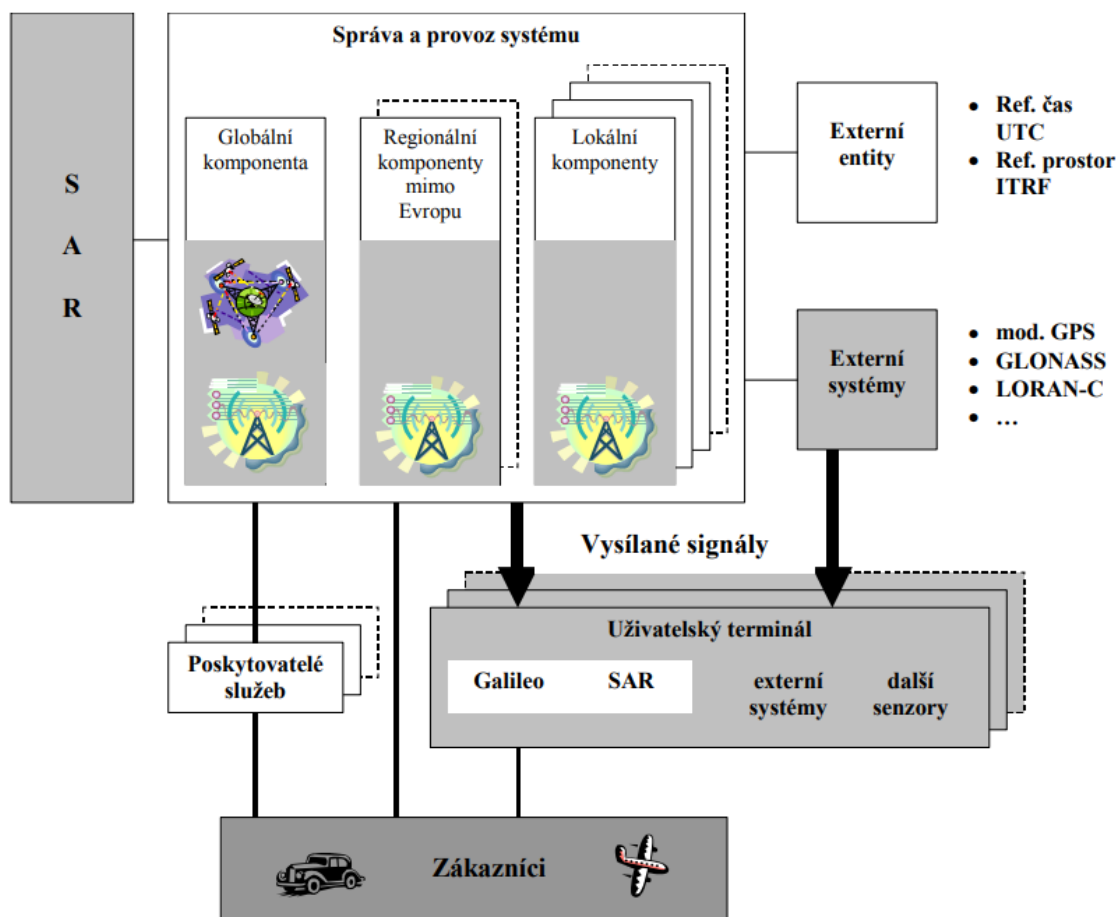
3.4.6 Navigační systém Galileo

Navigační systém Galileo je evropskou alternativou pro americký systém GPS. Jedná se o projekt Evropské unie, jehož počátky sahají k počátku 90. let. V roce 1999 Evropská komise doporučila, aby EU vyvinula svůj vlastní navigační systém nezávislý na americkém GPS. [27]

Architektura systému Galileo

Architektura systému Galileo je na obrázku 3-6.

Globální komponenta zahrnuje kosmický segment a pozemní řídicí komplex systému Galileo. Kosmický segment je tvořen 30 družicemi obíhajícími na středních oběžných drahách. Pozemní řídicí komplex GGCS zahrnuje řídicí centrum navigačního systému NSCC, globální síť bezobslužných orbitografických a synchronizačních stanic OSS a řadu dálkově řízených sledovacích, telemetrických a řídicích stanic TT&C. Každá OSS určuje zdánlivé vzdálenosti a sleduje navigační zprávy všech právě viditelných družic kosmického segmentu Galileo. Získaná data přenáší spolu s údaji o meteorologické situaci v místě měření do NSCC. [27]



Obrázek 3-6: Celková architektura navigačního systému Galileo

Regionální komponenty poskytují nezávislé informace o integritě signálů družic Galilea. Na Zemi může být definováno až 8 nezávislých regionů s vlastním monitorováním integrity. [27]

Lokální komponenty mají za úkol zkvalitňovat služby poskytované regionálními komponentami. Pro šíření informací jsou využívány především již existující pozemní komunikační systémy [27]

3.5 Radiokomunikační síť integrovaného záchranného systému „PEGAS“

Síť PEGAS je telekomunikační síť určena pro potřeby integrovaného záchranného sboru, tedy pro účely komunikace mezi policií, hasiči a zdravotníky. Tato síť je tedy neveřejná. Historie této sítě sahá do roku 1993, kdy vláda zadává ministru vnitra úkol vypracovat návrh technického řešení propojení komunikačních prostředků složek integrovaného záchranného systému (IZS) a ministra vnitra. Do té doby používala každá složka IZS jiné frekvenční pásmo a jinou radiovou síť. Vše bylo vzájemně nekompatibilní. [28]

3.5.1 Síť PEGAS – Generace I:

Síť PEGAS byla rozdělena na 3 regionální sítě – západ, střed a východ. Kmitočtová pásma byla rozdělena do 4 skupin – viz tabulka 3-2 a uživatelé byly rozděleni do 10 skupin – viz tabulka 3-3 [28].

Tabulka 3-2 Rozdělení sítě PEGAS do 4 skupin dle frekvenčního pásma [28]

Kmitočtové pásmo [MHz]	Oblast použití
392,250 – 394,9875	Výstupy převaděčů, směrní kanály
382,250 – 384,9875	Vstupy převaděčů
392,250	SOS (kanál 0)
392,2625	Kanál 1 až 199 (rastr 12,5 kHz)

Tabulka 3-3: Rozdělení skupin uživatelů (flotil)

Číslo skupiny	Název skupiny
1	PČR (působnost po celé ČR)
2	PČR (s okresní působností)
3	Celní správa
4	Městská policie, nestátní subjekty
5	Hasičský záchranný sbor HZS

6	HZS rezerva
7	Zdravotnická záchranná služba
8	Armáda České republiky
9	Bezpečnostní informační služba
0	MV, školy a servis sítě

3.5.2 Sít' PEGAS – Generace II

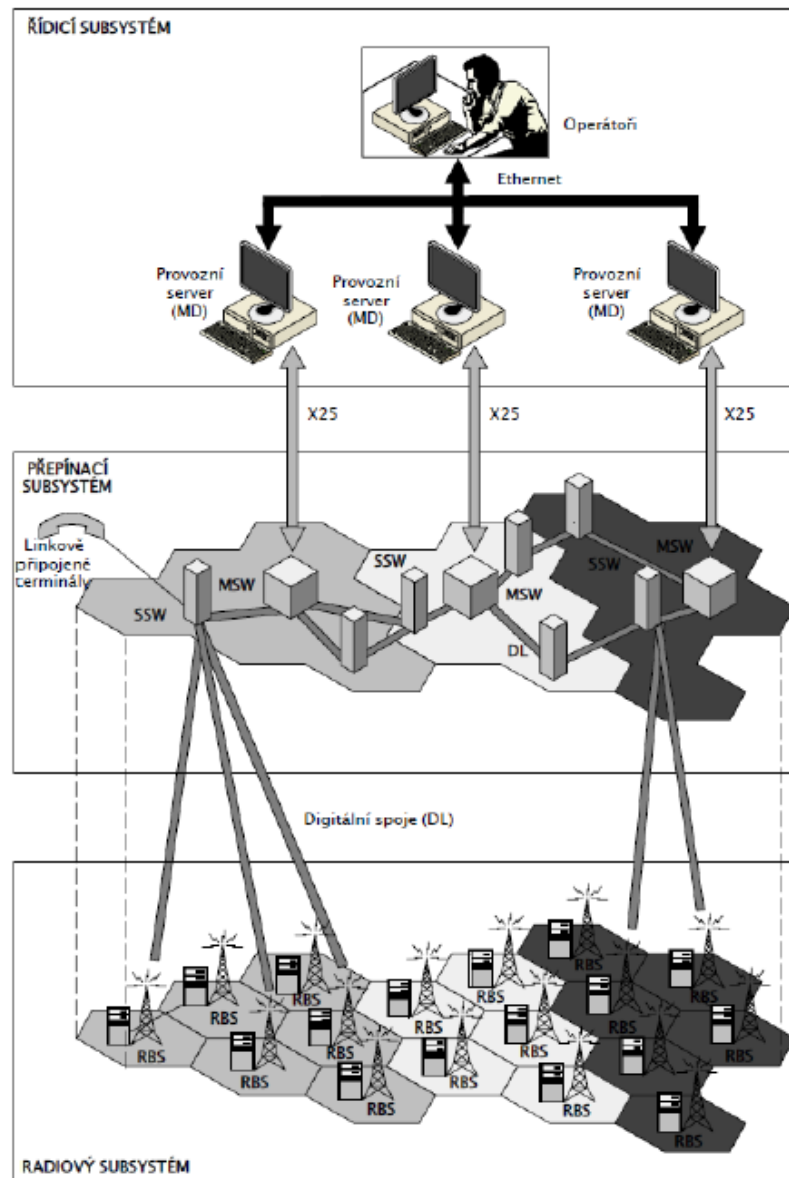
V roce 2016 došlo ke kompletní změně komunikačních prostředků v síti a přístupu k ní. Základem je celostátní hlavní páteřní síť X.25 na kterou jsou napojeny řídicí servery, dohledová a provozní centra a jednotky Main Switch (MSW). Jednotky MSW ovládají jednotlivé podsítě – regiony. K nim jsou přes družice připojené jednotlivé prepínače a jednotlivé buňky tvořící rozhraní mezi radiostanicí a sítí v určených geografických oblastech. Hierarchie systému PEGAS je na obrázku 3-1. [29]

V současnosti tvoří síť **220 radiových základen** – Radio Base Station (RBS). Síť dále tvoří řada lokálních opakovačů, které jsou propojeny digitálními linkami do nadřazených řídicích jednotek. Nadřazené jednotky mohou být podružné prepínače – Secondary Switch (SSW), Duplicated Secondary Switch (DSSW), popřípadě přímo MSW. Jednotky SSW mohou obsluhovat až 8 RBS a každá SSW tak řídí část regionální sítě. SSW (DSSW) jsou propojené pomocí mikrovlnné nebo optické linky do příslušného MSW. [29]

Funkce MSW spojuje jednotlivé hovory do páteřní sítě, sbírá informace o připojených radiostanicích, autorizuje terminály do sítě a distribuuje lokální šifrovací klíče. Každý MSW řídí celou regionální síť – všechny SSW v dané síti, kde 2 jednotky SSW z různých regionů mohou být propojeny mezi sebou. Celá síť má hvězdicovitou strukturu a propojení mezi okolními regionálními sítěmi může být realizováno do dvou a více směrů. V případě výpadku jedné datové linky, mělo by být zajištěna komunikace MSW s druhým MSW přes jinou část sítě. [29]

Pokud přeci jen nastane situace, kdy dojde k přerušení datové komunikace v některé části hierarchie, může dojít lokálně k omezení služeb. Pokud se výpadek týká všech linek mezi MSW a páteřní sítí, může provoz v rámci regionu v podstatě bez problémů pokračovat dál, ale s tím omezením, že není možné propojit hovory

a datové služby mimo region. Pokud ovšem dojde k přerušení komunikace na straně SSW-MSW, SSW-RBS nebo MSW-RBS, je provoz na převaděči omezen. Jelikož nefunguje možnost autorizace nových terminálů, je možná pouze komunikace již přihlášených terminálů, a to pouze v rámci jedné RBS. [29]



Obrázek 3-7: Hierarchie systému PEGAS [29]

3.5.1 Parametry sítě PEGAS II. generace:

Komunikace v síti PEGAS je rozdělena do dvou skupin kmitočtových pásem pro vstupy a výstupy převaděčů, na dvě skupiny kmitočtů pro komunikační kanály a jednu skupinu kmitočtů pro IDR kanály. Rozdělení skupin uživatelů je v tabulce 3-4. [29]

Tabulka 3-4: PEGAS II. generace – rozdělení skupin uživatelů (flotil)

Regionální síť RN	Označení MSW	Název RN
RN0	MSW 101	Praha
RN1	MSW 125	Středočeský kraj
RN2	MSW 222	Jihočeský kraj
RN3	MSW 322	Plzeňský kraj
RN4	MSW 362	Karlovarský kraj
RN5	MSW 422	Ústecký kraj
RN6	MSW 462	Liberecký kraj
RN7	MSW 522	Královéhradecký kraj
RN8	MSW 562	Pardubický kraj
RN9	MSW 262	Kraj Vysočina
RN10	MSW 622	Jihomoravský kraj
RN11	MSW 662	Zlínský kraj
RN12	MSW 762	Olomoucký kraj
RN13	MSW 722	Moravskoslezský kraj

Každá buňka RBS vysílá svoji identifikaci a každý terminál má v menu funkci zobrazení této informace, uživatel může takto zjistit, ke které buňce v jakém regionu je momentálně jeho terminál přihlášen [29].

Kmitočtové pásmo:

390.000 – 394.9875 MHz – výstupy převaděčů (rastr 12,5 kHz)

380.000 – 384.9875 MHz – vstupy převaděčů (rastr 12,5 kHz)

Direktní kanály:

390.0125 – 390.300 = kanál 1 až 25 (rastr 12.5 kHz)

380.000 – 380.300 = kanál 400 až 425 (rastr 12,5 kHz)

IDR kanály:

390.3125–390.4125 = kanál 26 až 34 (rastr 12.5 kHz)

Komunikační prostředky sítě do roku 2016

Každá RBS vysílala určitý počet virtuálních kanálů OCH (Open Channel), který

má identifikační číslo 0 až 254. Každý OCH je skupinový hovor, do kterého má přístup každý uživatel, který má příslušný OCH kanál ve své radiostanici povolen. Tato radiostanice může být k síti pouze přihlášena a je dostupná pro přímé volání svým unikátním číslem. [29]

Pokud začne účastník hovořit na otevřeném kanálu lokálním, uslyší jej jen stanice, které jsou přihlášeny na stejný kanál a pouze na tom konkrétním převaděči. Pokud je ale otevřený kanál propojen například na všechny převaděče v rámci regionu (kraje), automaticky tím aktivuje vysílání na všech převaděčích, které mají tento kanál aktivní. Všichni, kteří jsou v daném regionu přihlášení k danému kanálu slyší všechny. Toto sdružování komunikačních kanálů má nevýhodu v tom, že se nešetří počet radiových prostředků a účastníci jsou nuceni poslouchat hovory z regionů, které jim nejsou určeny. [29]

3.5.2 Komunikační prostředky aktuální verze sítě

Hovory určené pro více účastníků jsou identifikovány jako hovorové skupiny pomocí 3 a 4 ciferním identifikátorem. Každá radiostanice má v sobě nahraný seznam konkrétních skupin, ke kterým se uživatel může připojovat. [29]

Výhodou nového systému po roce 2016 je šetření prostředků RBS v případě, že na buňce není přihlášena žádná radiostanice nebo není aktivní žádná hovorová skupina. Pokud je na buňce přihlášeno více uživatelů z různých hovorových skupin z různých regionů, tak jsou hovory linkovány okolních regionů nebo i napříč celou sítí.

K tomu stačí, aby na buňce byla přihlášena jediná stanice z konkrétní skupiny. Další výhodou je, že stanice již nemusejí hledat buňku s příslušným otevřeným kanálem, ale jednoduše se přihlásí na nejbližší RBS, pošle do sítě identifikaci skupiny, ve které se přihlašuje. [29]

3.5.3 Radiový provoz

Každá buňka vysílá jeden datový servisní kanál – Control Channel CCH, kde je vysílán identifikátor sítě, identifikátor regionu a seznam IZS skupin. CCH také přihlašuje stanice jako zdroj provozních informací. Kanál CCH přenáší provozní data pro přihlašující se stanice a přenáší informace o právě probíhajících hovorech na **hovorových kanálech Traffic Channel – TCH** [30].

Terminál si filtruje služby dostupné pro uživatele a v případě aktivního hovoru na kanálu TCH dostává informaci, na který kanál se má přeladit na poslech. To platí i v případě volání účastníka účastníkem nebo telefonního hovoru z a do pevné sítě. [30]

Třetím typem kanálu je kanál DACH – datový kanál, který slouží pro přenos GPS pozic nebo informací z datových terminálů. [30]

Na každé RBS je k dispozici 6 až 10 dynamicky přidělovaných radiových kanálů TCH, na který probíhají hovory skupinové, privátní nebo probíhá přenos uživatelských dat. Pokud na převaděči neprobíhá žádný hovor, je aktivní minimálně jeden hovorový kanál v módu vyčkávání (idling). [30]

Pokud jsou všechny kanály obsazeny, dynamicky jsou aktivovány další kanály. Pokud jsou aktivovány všechny kanály TCH a některý další terminál chce otevřít další kanál, zařadí se do fronty a vyčkává až se uvolní některý z kanálů. To platí v případě, že volání nemá vyšší prioritu než hovory před ním – například hovor SOS. Hovorové kanály jsou uzavírány po 5 vteřinách nečinnosti. [30]

3.5.4 Praktický provoz

Po zapnutí terminálu se začne vyhledávat síť. Pokud je v dosahu RBS (viz. obrázek 3-2), terminál se začne automaticky přihlašovat. Terminál nejprve zkusí najít poslední používanou RBS, pokud ta není v dosahu, začne hledání nejsilnějšího řídicího kanálu (Control Channel) CCH v celém radiovém pásmu [31]

Identifikace nového terminálu:

Po nalezení nejsilnějšího CCH je přihlašujícímu se terminálu **přiřazeno dočasné zkrácené identifikační číslo** (TTI – Temporary Terminal Identification), kterým MSW volá koncový terminál a určuje tím, že dané informace jsou určeny pro něj. Terminál posílá, směrem k RBS, za účelem autorizace vlastní číslo RFSI a sériové číslo hardware.

Třetí část autorizace je pomocí klíče TMK. To probíhá tak, že MSW vygeneruje řetězec, který je terminálem šifrován pomocí TMK a odeslán zpět do MSW. Na straně MSW probíhá zpětné dešifrování řetězce TMK a tím je ověřena jeho platnost. [31]

Pokud se jedná o stanici příslušející do stejného regionu, oprávnění vyřizuje místní regionální MSW, ale pokud o přístup do sítě žádá terminál z jiného regionu, MSW posílá dotaz po páteřní síti nepřislušný MSW, kam terminál patří. Vzdálený MSW zpětně odešle potvrzení, že byl terminál identifikován, a že má přístup k síti. O zbytek se postará již místní MSW a identifikaci terminálu si dočasně ukládá do vlastní paměti. [31]

Síť PEGAS je chráněna proti přetížení pomocí nastavování priorit pro přihlašování do sítě. V případě velkého zatížení musí terminály s nižší prioritou čekat až se priorita sníží. Pokud je tedy terminál korektně identifikován, dostává ze sítě příkaz, že může aktivovat uživateli povolené funkce. [31]

Nevýhoda systému PEGAS:

Nevýhodou systému PEGAS je nemožnost terminálu dynamicky přecházet z připojení z jedné buňky RBS na jinou buňku RBS dle síly signálu nebo nastavené priority tak, aby nedocházelo k přerušení spojení.

Terminál v síti PEGAS je k buňce RBS přihlášen tak dlouho, dokud nedojde ke ztrátě signálu. Poté dojde k vyhledání nové buňky. Zde platí pravidlo, že signál z nové buňky RBS musí být o 15dB než byl u předchozí buňky.

Je tedy běžnou praxí, že je mobilní uživatel v autě přihlášen na 20 km vzdálenou buňku, ačkoliv projíždí přímo pod převaděčem a je to z toho důvodu, že je původní buňka umístěna vysoko a její signál je stále slyšet. [31]

3.5.5 Správa sítě

Dohled nad celou sítí je prováděn regionálně ze dvou kategorií pracovišť. Jedná se o technický a taktický dohled sítě. [31]

Technický dohled:

Technický dohled má na starosti operátor stanice TMP – Technical Management Position. Zde se řeší problémy s provozem páteřní sítě nebo vlastnosti sítě pro koncové terminály. [31]

Taktický dohled:

Taktický dohled nad sítí má na starosti TWP – Tactical Working Position, viz.

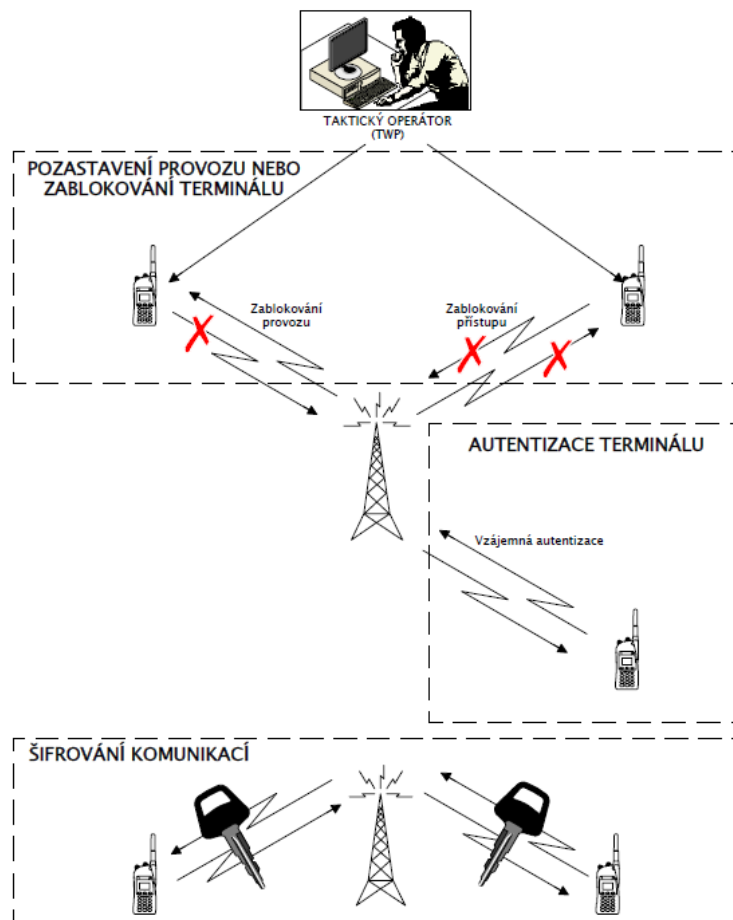
obrázek 3-2. Funkcí tohoto pracoviště je dohled nad běžným provozem sítě, řešení požadavků uživatelů sítě, jako je otevírání a zavírání OCH nebo přenos dat a také povolování nebo zakazování provozu radiových stanic v síti. [31]

Taktický dohled dále dostává informace o chybách a poruchách jednotlivých zařízení sítě. Pokud se na terminálu objeví chyba, generuje se specifický chybový kód, kterému je přiřazen konkrétní popis problému tak, aby operátor TWP byl bez problému schopen rozhodnout, jak s daným problémem naložit. Možné poruchy jsou rozděleny do tří kategorií [31]:

Stupeň 1 – vysoké riziko. Jedná se o problém ohrožující provoz nebo bezpečnost sítě a musí být řešen okamžitě. Jedná se o problémy v případě ztracení terminálu, který se snaží přihlásit do sítě nebo pokud uživatel stiskl tlačítko nouze a aktivoval signál SOS. [31]

Stupeň 2 – Střední a malé riziko. Problém nemá vliv na funkci sítě a může být řešen později. Sem náleží chyby související s provozem terminálu, například končící kryptoperiodika TMK přihlašujícího se terminálu, chyba komunikace s terminálem během předávání dat. [31]

Stupeň 3 – Bez rizika. Jedná se pouze o hlášení systému, na které operátor nereaguje. Sem se řadí hlášení, která mají provozní charakter, například ztrátu signálu terminálu, jeho opětovné přihlášení do sítě, ztráta aktivního OCH při přechodu na jinou BTS, pokud o vstup do nepřístupného nebo neexistujícího OCH. [31]



Obrázek 3-8: Taktický dohled operátora nad sítí PEGAS [31]

Zamezení přístupu k síti:

Omezení přístupu má dvě úrovně. **První úroveň** je zákaz autorizace terminálu v síti. Terminál se do sítě přihlásí, ale nemá k dispozici žádné komunikační kanály a není mu do paměti nahrán TTK. Terminál je v omezeném režimu. **Druhou úroveň** je úplný zákaz komunikace se sítí. Při pokusu o přihlášení je tento terminál odmítnut [31].

V případě ztráty terminálu je ztráta nahlášena na příslušné dohledové středisko a operátor TWP odstaví terminál. V databázi terminálu se u ztraceného terminálu upraví přístupová práva k síti – **první úroveň zamezení přístupu**. To znamená, že v případě nálezů terminálu a jeho zapnutí se terminál přihlásí do sítě a na středisku TWP je vygenerováno hlášení o připojení ztraceného terminálu [31].

Pokud nedojde k vrácení terminálu, operátor TWP může na dálku daný terminál trvale vyřadit z provozu pomocí výmazu všech šifrovacích klíčů i RFSI [31].

3.5.6 Terminály sítě PEGAS

V síti PEGAS jsou zatím používány všechny terminály generací označovaných jako G1, G2 a G3. Typová zařízení jsou vidět na obrázku 3-8. [31]



Obrázek 3-9: Terminály generace (zleva) G1, G2 a G3 [31]

G1 (MC9600)

Stanice jako taková byla modulární koncepcí, tj. části stanice byly propojovány přes konektory a kabely. Stanice tedy bylo možné částečně servisovat i výměnou částí stanic. Ve stanici byste našli jedinou speciální digitální desku, která obsahuje vokodér, paměti, GMSK modulátor / demodulátor, zbytek byl originál. [31]

Nejčastěji se používaly ruční stanice této řady, mobilní nebyly příliš časté. Tyto stanice byly v provozu jak v síti první, tak druhé generace. V době, kdy se přecházelo na druhou generaci sítě PEGAS, byly již k dispozici mobilní stanice druhé generace. [31]

G2 (MC9610 a MC9620)

Jedná se o moderní jednodeskové zařízení a jediné, co je možné u této stanice servisovat, je kanálový přepínač (nebo ovládač hlasitosti) a baterie. Oproti původní řadě G1, která měla jako připojení antény klasický FME konektor, zde je speciální jednopólový závit.

Externí anténa se připojovala na spodní čísta stanice speciálním konektorem. Tento konektor byl u první řady stanic umístěn v horní části terminálu u přepínače, kde byl i speciální 12 pólový konektor pro externí příslušenství. U druhé řady terminálů vše řeší spodní konektor, na kterém jsou vyvedeny všechny potřebné signály pro externí zařízení včetně antény. [31]

Tato řada stanic se vyznačovala velmi slabou výdrží baterií a jejich krátkou životností. Přednes ze stanic také nebyl nijak extra kvalitní. Nicméně rozměry stanic již byly menší, než u první generace a výhodou bylo mnohem větší nabídka příslušenství. [31]

G3 (TPH600 a TPH700)

Třetí generace terminálů již konečně drží standard moderních rádio komunikačních prostředků. Stanice mají moderní design podobný mobilním telefonům, používají Li-Ion akumulátory a není problém integrovaný GPS přijímač a tedy i funkce spojené s lokalizací uživatelů terminálů apod. [31]

Uživatelé také zaznamenali zlepšení srozumitelnosti z terminálů apod. Vzhledem k možnosti připojení externího příslušenství pomocí rozhraní Bluetooth, je i nabídka příslušenství mnohem zajímavější. [31]

4. INTERNET VĚCÍ

Internet věcí IoT představuje velkou změnu v životě, neboť nabízí nové možnosti přístupu k datům, specifickému využívání služeb, zdravotní péče nebo dopravy. Může být také specifický pro použití ve firemní oblasti za účelem zvýšení produktivity nebo logistiky. IoT pracuje s velkými objemy dat a umožňuje optimalizaci technologických postupů a optimalizaci používaného vybavení, což se promítá do úspor. Internet věcí má primárně za úkol usnadnit život svým uživatelům. [32]

Internet věcí je globální síťová architektura založená na internetu. Je to kombinace senzorů a aktorů, které přijímají a vysílají specifické informace, které jsou digitalizovány a obousměrně přenášeny přes komunikační sítě. Informace vyprodukované pomocí zařízení připojených k IoT jsou využívány koncovými uživateli. K jednomu objektu může být připojena široká škála senzorů, které mohou měřit fyzikální veličiny a následně je předávat nadřazenému systému. [32]

4.1 Komunikační protokol

Každé zařízení připojené do jakékoliv datové sítě musí mít svoji adresu. U zařízení připojených ke globální internetové síti mluvíme o protokolu IP. První verzi internetového protokolu pro veřejné použití byl IPv4 (Internet protocol version 4). Protokol IPv4 pracuje se systémem 32bitových číselných adres. Z toho plyne, že počet adres může být nejvýše právě 2^{32} , což je přibližně 4,3 miliardy použitelných adres, a to je pro využití pro internet věcí nedostačující počet. [32]

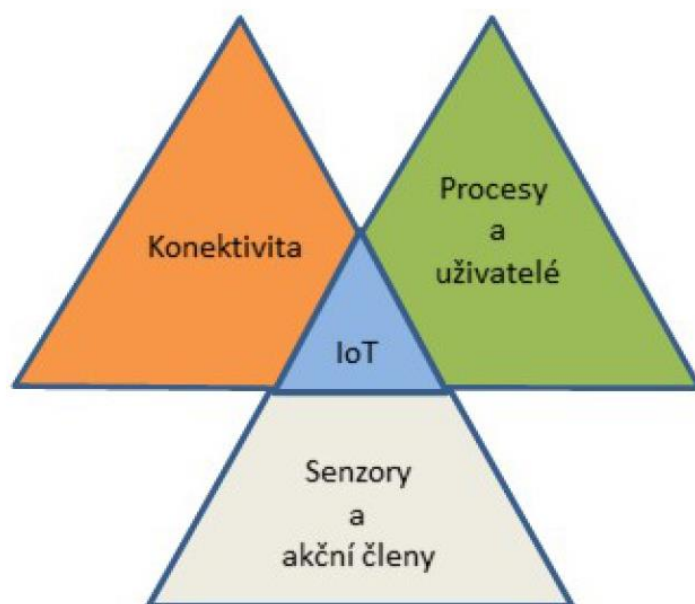
Jako nástupce protokolu IPv4 se začal používat protokol IPv6, který operuje s 128bitovými adresami. Adres tedy může být právě až $3,4 \times 10^{38}$, což je dostatečný počet pro připojení všech zařízení na celém světě. [32]

4.2 Senzory

Senzory jsou nezbytnou součástí internetu věcí. Jsou to zařízení pro měření veličin – rychlost, tlak, teplota, hustota, Jejich úkolem je doplňovat lidské smysly. Jejich nespornou výhodou je schopnost předvídat potřeby lidí na základě

kontextových informací získaných z jejich okolí. Inteligence těchto systémů, podpořená síťovou konektivitou, jim umožňuje nejen informovat o stavu jejich vnějšího prostředí, ale i provádět potřebné činnosti bez zásahu člověka. [32]

K objektu nebo zařízení může být připojeno několik senzorů, které pak měří širokou škálu fyzikálních veličin. Zařazení senzorů do systému IoT je na obrázku 4-1. [32]



Obrázek 4-1: Koncept IoT [32]

4.3 Komunikace

Komunikace mezi jednotlivými prvky připojených k internetu věcí jsou inteligentní vícepásmové antény integrované na čipu. Antény jsou optimalizované co do velikosti, ceny a účinnosti. [32]

Antény mohou být dostupné v různých formách – jako cívky na čipu, tištěné antény, vestavěné antény a vícenásobné antény – díky použití různých substrátů a 3D struktur. [32]

Komunikační protokoly budou navrženy pro webově orientované architektury platformy IoT, kde jsou všechny objekty, bezdrátová zařízení, kamery, počítače atd. zkombinovány, aby bylo možno analyzovat umístění, záměry, a dokonce i emoce prostřednictvím sítě. Je zapotřebí nových metod efektivního řízení spotřeby energie na různých úrovních sítě, od směrování až po architekturu jednotlivých zařízení. [32]

4.4 Aplikace IoT

Architekturu systémů IoT se dělí do čtyř vrstev (souhrn viz. tabulka 4-1) [32]:

- vrstva snímací,
- vrstva výměny dat,
- vrstva integrace informací
- vrstva aplikačních služeb.

Inteligentní zařízení se propojují pomocí běžného internetového spojení. Internet věcí však obsahuje ještě snímací vrstvu, která umožňuje vzájemné propojení jednotlivých zařízení. To znamená, že příjemci sensorových dat komunikují se senzory či s jejich majiteli prostřednictvím vrstvy integrace informací, která obstarává veškerou komunikaci a transakce. Mezitím přicházejí nové požadavky a výzvy týkající se výměny dat, filtrování a integrace informací, vymezování nových služeb pro uživatele a složitosti síťové architektury. [32]

Tabulka 4-1: Čtyřvrstvá architektura IoT

Čtyřvrstvá architektura IoT	
Vrstva snímání objektů	Snímání fyzických objektů a získávání dat.
Vrstva výměny dat	Transparentní přenos dat prostřednictvím komunikačních sítí.
Vrstva integrace informací	Zpracování nejednoznačných informací získaných ze sítí, filtrování nežádoucích dat a transformace klíčových informací do znalostí využitelných službami a koncovými uživateli.
Vrstva aplikačních služeb	Poskytování služeb založených na obsahu koncovým uživatelům.

4.5 Inteligentní budovy

Zařízení, která jsou součástí instalace inteligentní domácnosti se dělí na tři skupiny: **Senzory, aktory a systémová zařízení**. Příklad prvků v inteligentní domácnosti je na obrázku 4-1. [32]

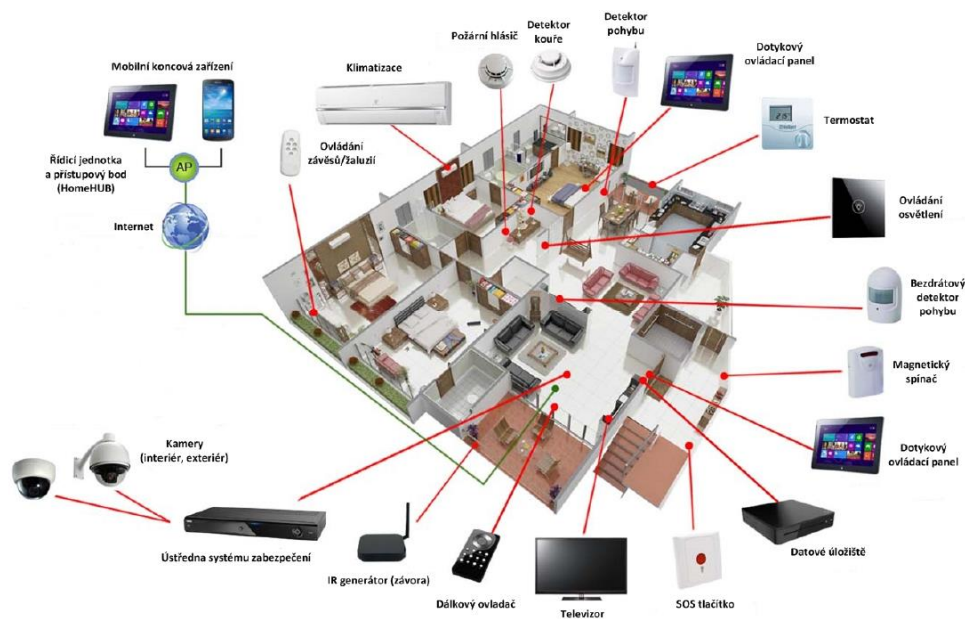
Sensory snímají fyzikální veličiny a události v systému. Jedná se o informace například o teplotě, tlaku, dále se může jednat o detekci pohybu nebo například kouře v případě připojených požárních hlásičů. Tyto informace jsou po sběrnici přenášeny do připojeného kontroléru, kde jsou zpracovávány. [32]

Aktory provádění předem definované operace na základě informace získávaných od sensorů. Mezi aktory se řadí například čerpadla, motory, žárovky nebo relé. [32]

Systémová zařízení jsou zařízení, která tvoří infrastrukturu celého systému a zajišťují jeho chod. Patří sem například napájecí zdroje, síťové rozbočovače, kontroléry a dálkové ovladače. [32]

Zařízení, která jsou připojena do jednotného systému se nazývají **ovládaná zařízení**. Takové zařízení je vybaveno komunikačním rozhraním, například WiFi nebo Bluetooth, které umožňuje danému zařízení komunikaci se systémem. [32]

Komunikace mezi sensory a aktory probíhá po sběrnici vedené od kontroléru v případě aktorů a směrem ke kontrolérům v případě sensorů. Komunikace může probíhat buď **po napájecí síti**, kde se využije domovní elektrické instalace nebo se využije **drátová komunikační síť** – v této oblasti se využívají standardy KNX a LON nebo se využije **bezdrátové komunikace**. [32]



Obrázek 4-2: Příklad prvků v inteligentní domácnosti [32]

4.6 Oblasti využití IoT

Internet věcí by měl sloužit i k optimalizaci veřejné a soukromé dopravy například pomocí zavádění inteligentní správy parkovacích služeb a monitoringu provozu v reálném čase. Automaticky by se detekovala vozidla, která překročila vymezenou dobu k parkování. Dále by byla prováděna automatická regulace

provozu na základě hustoty dopravy včetně integrace bezpečnostních služeb. [32]

4.6.1 Vzdělávání

V oblasti vzdělávání by mělo docházet k propojování virtuálních a fyzických učeben pro zajištění zefektivnění vzdělávání. Dále by měl být umožněn přístup k virtuálním knihovnám a vzdělávacím portálům, například k výuce cizích jazyků. [32]

4.6.2 Spotřební elektronika

Dostupné budou nejen Inteligentní telefony nebo inteligentní TV, ale i Inteligentní ledničky, myčky nebo sušičky. Celkově domácí spotřebiče budou velmi inteligentní. [32]

4.6.3 Zdraví

Internet věcí zajistí například lepší monitorování chronických onemocnění. Celkově kvalita života by měla být lepší, díky monitorování sportovních aktivit, stravovacích návyků nebo monitorování správnosti užívání léků. [32]

4.6.4 Automobilismus

V oblasti automobilové dopravy bude díky internetu věcí zajištěno inteligentní řízení provozu, pokročilá diagnostika vadných součástí. Inteligentní automobily. Řízení provozu. Autodiagnostika. Akcelerometry. Senzory polohy, přítomnosti a přiblížení. Analýza optimální cesty k cíli v reálném čase. Sledování GPS. Řízení rychlosti vozidla. Autonomní vozidla využívající služby IoT. [32]

4.6.5 Zemědělství a životní prostředí

Měření a monitorování znečištění životního prostředí (CO₂, hluk, různé druhy kontaminace prostředí). Předpovídání klimatických změn s využitím inteligentních senzorů. Pasivní RFID štítky na zemědělských produktech. Senzory v paletách na produkty. Odpadové hospodářství. Určování nutriční hodnoty. [32]

4.6.6 Energetické služby

Přesné údaje o spotřebě energie. Inteligentní měření (Smart Metering).

Inteligentní sítě (Smart Grids). Analýza a predikce chování a vzorců týkajících se spotřeby energie. Předpovídání budoucích energetických trendů a potřeb. Bezdrátové sensorové sítě. Získávání energie (energy harvesting) a její recyklace. [32]

4.6.7 Inteligentní připojení

Správa dat a poskytování služeb. Využití sociálních sítí a médií. Přístup ke službám e-mailu, přenosu hlasu a videa. Interaktivní skupinová komunikace. Streaming v reálném čase. Sledování zabezpečení sítě. Nositelná uživatelská rozhraní. Analýza velkých dat. Virtuální realita. Služby cloudu. Počítačové vidění. Inteligentní antény. [32]

4.6.8 Výroba

Snímače průtoku plynu a kapalin. Inteligentní senzory vlhkosti, teploty, pohybu, síly, zatížení, úniku/hladiny. Strojové vidění. Snímání hluku a vibrací. Složené aplikace. Inteligentní řízení robotů. Řízení a optimalizace výrobních procesů. Rozpoznávání vzorů. Strojové učení. Skladové hospodářství. Prevence nadvýroby. Efektivní logistika.[32]

4.7 Internet věcí a síť 5G

Tato další generace mobilních telekomunikačních technologií nazvaná 5G umožní mimo jiné navigaci rychlostí vyšší než 1 Gbit/s. To znamená desetkrát rychlejší navigaci, než je ta současná. Z toho plyne, že 5G znamená zlepšení v rychlosti: pokud se u 4G dosahuje rychlost stahování 150 MB/s, bude to až 20 Gbit/s. [33]

Tato skutečnost umožní sledovat streaming kanály v kvalitě 4K nebo vznik fotoaparátů vybavených schopností zaznamenávat videa v rozlišení UHD (Ultra High Definition) a další služby, které vyžadují velkou šířku pásma. Kromě toho bude také možné používat 5G vzdálený computing (výpočty), to znamená, že v některých objektech nebude zapotřebí instalovat velké množství procesorů, protože výpočty bude možné provádět v cloudu. Technologie IoT, jako je komunikace M2M doplněná o inteligentní datovou analýzu, by měly dramaticky

změnit různá průmyslová odvětví. **IoT** se zatím více prosazuje v průmyslových odvětvích v oblasti mobility a inteligence. [33]

Tabulka 4-2 uvádí některé průmyslové sektory s požadavky na mobilní širokopásmové připojení, které mohou těžit z výhod 5G IoT. [33]

Tabulka 4-2: Průmyslové aplikace, které umožní připojení IoT přes GSM 5G [33]

Průmyslová výroba	Chytrá města	Chytré domácnosti	Zdravotnictví	Doprava
Sledování výroby	Řízení dopravy	Přístupové systémy	Sledování zdravotního stavu	Diagnostika dopravních prostředků
Sledování stavu stroje	Chytrá osvětlení	Řízení spotřeby energie	Vzdálená diagnostika zařízení	Autonomní řízení automobilů
Robotické řízení	Parkovací hodiny	Chytré měření	Robotická chirurgie	Řízení nákladních automobilů
Sledování zásob	Odpadové hospodářství	Alarmy a bezpečnostní kontrola	Detekce pádu	Sledování pomocí dronů

5. SPOJOVACÍ A ZABEZPEČOVACÍ TECHNIKA V PRŮMYSLOVÉ OBLASTI

Spojovací technika je důležitá v průmyslové oblasti, kde se využívá jak za účelem přenosu informací, tak za účelem zabezpečovací techniky.

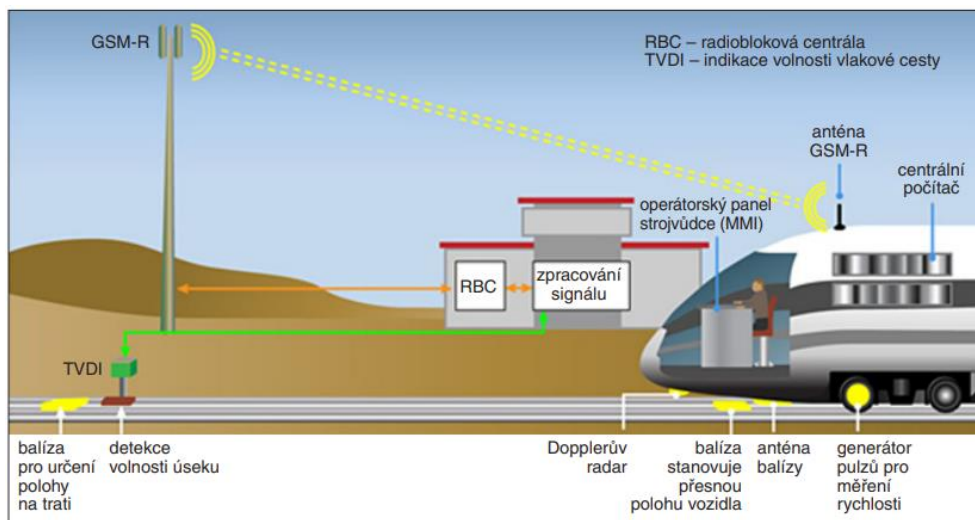
5.1 Řízení a zabezpečení železniční dopravy pomocí systému ERTMS

Rozvoj dopravy zaznamenal za poslední tři desítky let značný nárůst a rozvoj dopravních sítí s ním nestačí držet krok. Kapacita železnic přestává stačit a je tedy nutné jí mimo jiné stále zdokonalovat pomocí řídicích a zabezpečovacích systémů. [34]

K dílčímu zvětšení kapacity železničních sítí lze použít informační a řídicí systémy. Jako jednotný evropský systém je používán systém ERTMS. Před zavedením jednotného evropského železničního systému ERTMS byl v každé zemi vyvíjen dopravní systém samostatně, což mělo za následek, že vzniklo přibližně dvacet mezi sebou nekompatibilních systémů. [34]

Aby mohla železniční doprava konkurovat silniční dopravě, evropské železnice začali vytvářet projekt, který si kladl za cíl vytvořit jednotný řídicí systém, který by zajišťoval bezpečnou jízdu vlaků na hlavních evropských tratích [34]

Systém ERTMS má zajišťovat interoperabilitu lokomotiv na hlavních evropských tratích s možností postupného rozšiřování na celou železniční síť, zvyšování přepravních rychlostí, zvýšení bezpečnosti na železnici nebo například zvýšit propustnost tratí. [34]



Obrázek 5-1: Prvky systému ERTMS – ETCS a GSM-R [34]

Systém ERTMS sestává ze dvou základních částí (viz. Obrázek 5-1) [34]:

- Evropský vlakový zabezpečovací systém ETCS
- Mezinárodní systém bezdrátové komunikace GSM-R

5.1.1 Mezinárodní systém bezdrátové komunikace GSM-R

GSM-R je používáno ke komunikaci mezi vlakem a dispečerskými centry řízení železnice. Systém je založen na standardech GSM a EIRENE-MORANE, které pracují při rychlostech do 500 km/h bez jakýchkoli výpadků. Standard GSM-R je založen na standardu GSM, který je velmi rozšířený a je vhodný jako náhrada za analogové signály. Přenos informace o návěstech přímo strojvedoucímu umožňuje zvýšení rychlosti a zlepšení propustnosti trati při vysokém stupni zabezpečení. [34]

V České republice je první a druhý železniční koridor systémem GSM-R vybaven od roku 2013. Dále byla dokončena další etapa realizace GSM-R na tratích Ostrava – Opava, Dětmárovice – státní hranice se Slovenskem a na spojce obou hlavních koridorů Přerov – Česká Třebová. [34]

5.1.2 Evropský vlakový zabezpečovací systéme ETCS

ETCS by měl postupně nahradit národní systémy vlakových zabezpečovačů a umožnit tak vedení vlaků po celém území Evropy bez nutnosti měnit lokomotivy na hranicích. [34]

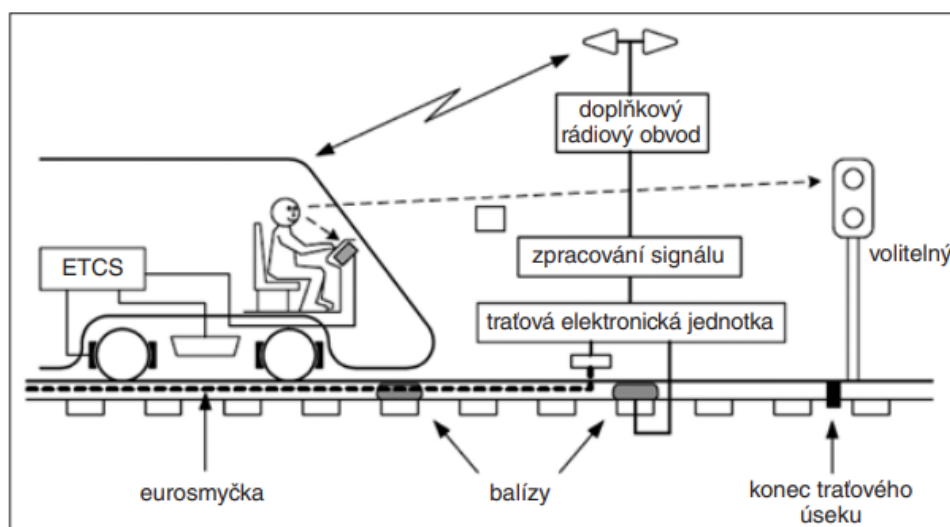
Funkce ETCS

System ETCS má za úkol zajistit bezpečnost vlakové dopravy a aktivně zasahovat do řízení vlaku při selhání strojvedoucího. [34]

Na základě přenášených informací je sledováno dodržování návěstí, což v případě ETCS znamená dodržení oprávnění k jízdě (MA - Movement Authority), které obsahuje zejména informaci o délce úseku, pro který je MA platné) Dále sleduje [34]:

- Maximální traťovou rychlost,
- Maximální rychlost vlaku
- Dodržení trasy vlaku
- Směr jízdy
- Přechodnost vlaku (dodržení hmotnostního zatížení vlaku)
- Dodržení přechodného omezení

Zařízení ETCS se skládá z traťové a vozidlové části. Informace si vyměňují pomocí datových přenosů (viz. Obrázek 5-2). [34]



Obrázek 5-2: Schéma zabezpečovače ETCS [34]

ETCS – zařízení v traťové části

Zařízení sestává z: [34]

- **Balíza**– deska pro přenos informace o trati do vozidla. Balíza se umísťuje v ose koleje a je aktivována průjezdem vlaku. Rozlišujeme dva druhy balíz –

pevná a přepínatelná. Pevná balíza je v podobě permanentního magnetu a vysílá konstantní informaci, tudíž může být použita pouze k popisu trati. Přepínatelnou balízu lze „přepínat – budít“ pomocí cívek a tím měnit vysílaný kód, který nám může například sdělovat polohu návěstidla nebo směr jízdy vlaku. K tomu je ale potřeba skupina balíz, které se budí postupně. [34]

- **Traťová elektronická jednotka ELU** – používá se pouze u přepínatelných balíz a je určena k přenosu informací z existujícího staničního nebo traťového zabezpečovacího zařízení do přepínatelné balízy. [34]
- **Eurosmýčka** – umožňuje liniový přenos informace o postavení návěstidla, respektive o změně jeho návěst i tam, kde je to účelné – například v místech pravidelných zastavení. [34]
- **Radiobloková centrála RBC** – procesorový elektronický systém, který na základě informací získaných z pevné části zabezpečovacího zařízení a z informací z jednotlivých vozidel vypracovává a prostřednictvím sítě GSM-R vysílá zprávy se signálem MA. [34]
- **Doplňkový rádiový obvod** – přináší informaci o postavení nejbližšího návěstidla. [34]

ETCS – zařízení ve vozidlové části

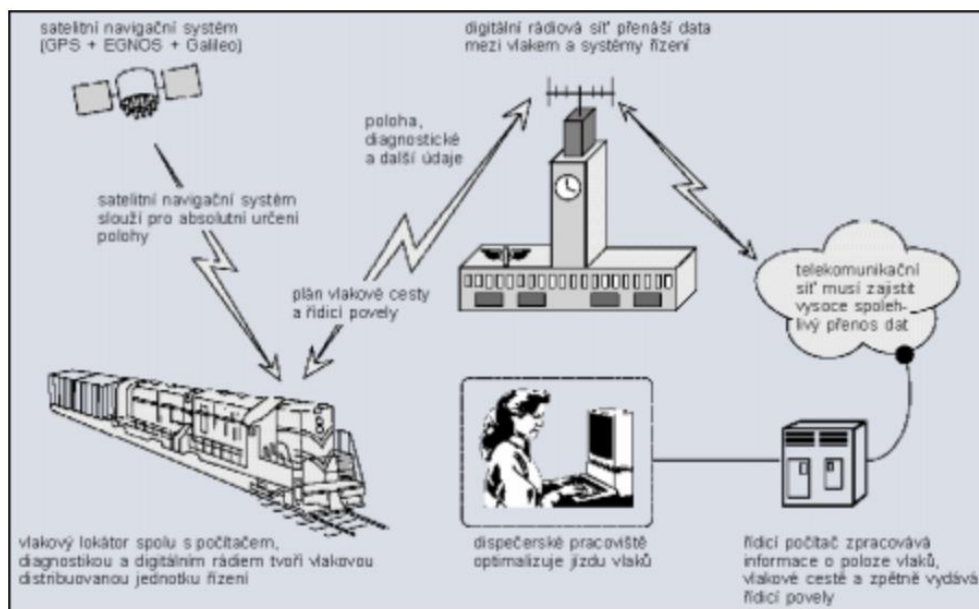
Zařízení sestává z: [34]

- **Centrální počítač EVC** – počítač, který vyhodnocuje přijaté údaje a vypočítává brzdné křivky, dohlíží na jízdu vlaku a v případě potřeby aktivuje brzdy. [34]
- **Záznamová jednotka JRU** – jednotka je určena k zaznamenávání všech důležitých událostí a informací z provozu. Její konstrukce vyžaduje vysokou odolnost pro případě mimořádné události. [34]
- **Zobrazovací jednotka MMI** – sestává z dotykové obrazovky, která zobrazuje potřebné údaje o jízdě vlaku. Jedná se o rozhraní člověk – stroj. [34]
- **Zařízení pro přesné měření rychlosti a ujeté vzdálenosti** – zařízení je nezbytné pro správný chod systému ETCS a vyžaduje alespoň tři nezávislé

způsoby měření. Měření rychlosti se provádí pomocí snímačů umístěných na nápravách doplněné o Dopplerův radar³ pro měření vzdálenosti. [34]

5.2 Využití satelitního navigačního systému Galileo na železnici

Železniční automatizační a zabezpečovací systémy byly během celé své historie vždy založeny na množství mechanických, elektrických a elektromechanických zařízeních nebo na zabezpečovacím systému ERTMS/ETCS. Všechny tyto systémy jsou ovšem poněkud nákladné na výstavbu, provoz a údržbu. Proto se jedním z trendů stává satelitní určování polohy kolejových vozidel. Princip satelitní určení polohy vlaku je na obrázku 5-4. [35]



Obrázek 5-3: Řízení vlaku prostřednictvím satelitního navigačního systému [35]

Evropská komise (EC), Evropská kosmická agentura (ESA), Mezinárodní železniční unie (UIC) a další organizace tento koncept podporují. Důvodem je to, že evropské projekty týkající se druhé fáze evropského satelitního navigačního systému GNSS, nazývá se též Galileo, jsou v běhu a je velký zájem použít tento systém pro aplikace kritické z hlediska bezpečnosti. [35]

³ Dopplerův radar – je specializovaný radar, který k měření rychlosti pohybujících se objektů využívá Dopplerův jev. Dělá to tak, že vysílá mikrovlnný signál, aby se odrazil od požadovaného cíle, a pak analyzuje, jak pohyb objektu změnil frekvenci vráceného signálu. Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Doppler%C5%AFv_radar

5.2.1 Použitelnost satelitní navigační techniky pro řízení vlaků

Použitelnost systému Galileo je dána experimentálními výsledky, prohlášeními a rozhodnutími vydanými EC, ESA a dalšími významnými evropskými organizacemi [35]

Přesnost

Horizontální přesnost jedno frekvenčních (L1) přijímačů navigačního signálu v diferenčním kódovém režimu je lepší než 1 m a centimetrové přesnosti lze dosáhnout při fázovém měření v módu RTK. Při osově vzdálenosti sousedních kolejí je tato přesnost dostatečná pro rozlišení, na které koleji se zrovna vlak nachází. [35]

Přesnost systému Galileo v módu SAS, který je mimo jiné určen pro železniční dopravu, by měla přesnost dosáhnout hodnoty lepší než 1m. [35]

Inerciální navigace

V případě dočasného výpadku satelitního navigačního signálu SIS je absolutní určení polohy nahrazeno relativním na základě fúze dat z palubních inerciálních senzorů, jako je odometr, gyroskop, akcelerometr, a další. Data z jednotlivých senzorů jsou slučována za pomoci Kalmanovy filtrace. Relativní poloha vlaku se takto určuje od poslední absolutní polohy poskytnuté GNSS. [35]

Integrita satelitní navigace

Navigační systémy, jako je GNSS nebo GPS, neposkytují informaci o tom, zda může být satelitní navigace v daném okamžiku využita pro aplikace kritické z hlediska bezpečnosti (řízení vlaku). Tuto informaci sděluje systém ESTB prostřednictvím geostacionární družice AOR-E a internetu. [35]

Uživatelům přináší dvě zprávy: diferenční korekci WAD pro určení polohy v diferenčním módu v širší oblasti a informaci GIC o integritě navigačního signálu. [35]

Dostupnost SIS na tratích v rádiovém stínu

V případě, že některé traťové úseky zůstanou v tzv. rádiovém stínu (bez pokrytí navigačního signálu) přicházejí na řadu pozemní pseudolity, tj. rádiové majáky,

kteře vysílají na satelitních kmitočtech signál nahrazující SIS. [35]

5.2.2 Detekce směrování vlaku na výhybkách

Pravděpodobně se jedná o nejobtížnější úlohu, se kterou se musí systém pro řízení vlaku pomocí satelitní navigace vypořádat. Může se jednat například o pohyb vlaku na výhybkách v radiovém stínu (například pod mostem nebo v tunelu) nebo pokud musí být vlak, který projede traťový úsek v radiovém stínu délky několika kilometrů, detekován ihned. [35]

Pro tyto případy byla vyvinuta metoda, která pracuje s již existující přesnou mapou osy koleje a s údaji z gyroskopu a odometru. Metoda používá dvojité diference směru, které jsou v podstatě rozdílem mezi změnou směru naměřenou gyroskopem a změnou směru vypočítanou z mapy osy koleje. [35]

5.3 Průmysl 4.0

Koncept Průmyslu 4.0 (čtvrtá průmyslová revoluce) představuje hlubokou průmyslovou integraci prostřednictvím komunikačních technologií a s tím spojené zpracovávání dat v reálném čase. Charakteristickým prvkem je také rozšíření lidského vnímání světa o nové informace, které bez pomoci techniky nejsme schopni rozpoznat. [25, 36]

V jádru této průmyslové revoluce stojí spojení virtuálního, či kybernetického světa, se světem reálným pomocí vysokorychlostního internetu 5G. Každý prvek připojený do této sítě má svojí IP adresu, což je podstatou IoT. Fyzické elementy ve virtuálním prostoru jsou reprezentovány softwarovými moduly, které řeší úlohy a koordinují svojí činnost. [25, 36]

Celý koncept Průmyslu 4.0 spočívá v masivní automatizaci výrobních procesů pomocí robotizace za účelem zvýšení produktivity práce. Pro roboty je nutno počítat se speciálním rozhraním umožňujícím mobilní komunikaci, a to i na bázi přirozené řeči, vizuální či hmatové informace. Kybernetika musí přinášet nová řešení v oblasti strojového učení, samo konfiguraci systémů včetně sensoriky. Chytré musí být rovněž tak řešena simulace a modelování procesů, modularita, parametrizace. Tento proces má základní 3 pilíře: [25, 36]

1. **Vertikální integrace** – informační a komunikační provázání napříč celou hierarchií podniku

2. **Horizontální integrace** – integrace napříč celým dodavatelským řetězcem, která propojuje všechny články dodavatelsko-odběratelského hodnototvorného řetězce
3. **Integrace všech inženýrských procesů** – Jedná se o integraci všech inženýrských procesů v rámci celého životního cyklu produktu.

Dalším z pilířů konceptu Průmysl 4.0 je také sběr a vyhodnocení dat z různých zdrojů, například z oblasti IoT nebo z firemních informačních systémů. Například pro optimalizace logistických procesů budou hrát klíčovou roli přesná data o poloze objektů, a to jak na úrovni vnitropodnikové, tak na úrovni geograficky rozsáhlejších oblastech, například krajů. Velký význam budou mít také kvalitně zpracované digitální mapy. [25, 36]

5.4 Kamerové systémy CCTV

CCTV je zkratka, pod kterou se skrývá označení pro průmyslové kamery. Tyto kamery se nasazují všude tam, kde je potřeba nepřetržité monitorování průmyslových hal, obchodních center, výrobních hal a dalších komerčních i nekomerčních prostor. Průmyslové kamery spolu s dalšími prvky elektronických zabezpečovacích systémů (EPS) tvoří komplexní způsob ochrany těchto objektů [37]

Kamery CCTV se používají ve vnitřních i venkovních prostorách a dále se mohou dělit podle použité technologie nebo podle způsobu ovládání – autonomní nebo uživatelsky ovládané. [37]

Systém CCTV – v českém překladu „Uzavřený televizní okruh“ se zpravidla skládá z napájecího zdroje, přenosové trasy napájení a signálu, nahrávacího zařízení, ovládacího hardware (HW) a software (SW) a samostatné kamery. Systém CCTV lze dále dovybavit například o monitorovací zařízení, diskové pole, audio zařízení, analytické funkce obrazu. [37]

5.4.1 Rozdělení kamerových systémů

Autonomní kamerové systémy – *takový kamerový systém sestává z jednoho zařízení, proto je instalace i používání velice jednoduché. Pořizování videí nebo fotografií lze prohlížet i on-line* [37]

Analogové kamerové systémy – cenově nejdostupnější typ kamerového systému, ale pořizovací cena je vykoupena horší kvalitou signálu [37]

IP kamerové systémy – o kamery z vyšší cenové relace, ale zato nabízejí daleko kvalitnější signál i funkce na zpracování signálu [37]

HD SDI kamerové systémy – kamery, které zaznamenávají obraz v HD kvalitě [37]

HD-CVI kamerové systémy – kamery, které pro přenos signálu používají koaxiálních kabelů, určených pro starší analogové kamerové systémy. Velkou výhodou těchto kamer jsou délky kabelů, které mohou dosahovat až 500 m. [37]

5.4.2 Využití kamerových systémů

Průmyslové kamery CCTV lze využít pro monitoring v mnoha oblastech. Lze je využít pro monitoring průmyslových objektů, komerčních i nekomerčních budov, monitoring dopravní situace, přenos zpráv nebo i přenosy koncertů nebo sportovních událostí. [37]

5.4.3 Základní parametry kamer a příklad

Pro popis základních parametrů kamer poslouží následující kamera: [38]

- *Model P3925-LRE; výrobce Axis Communications*

Axis P3925-LRE

Kamera Axis P3925-LRE je zobrazena na obrázku 5-4. Jedná se o kameru spadající do kategorie chytrých kamerových systémů. Jedná se o IP kameru, která se instaluje na vnější stranu dopravních prostředků, kde slouží ke zvýšení bezpečnosti cestujících a usnadní vyšetřování incidentů. Kameru lze použít například k zpětnému pohledu podél vozidla nebo k pohledu směrem vpřed ve směru jízdy. [38]

Kamera je spolehlivá při otřesech, nárazech a výkyvech teplot, při údržbě vozidla – například mytí. Lze jí nainstalovat například do vlaků nebo autobusů nebo například do vozidel záchranné služby. [38]

Mezi nejdůležitější charakteristiky P3925-LRE patří:

- Rozlišení 1080p – Full HD
- Krytí – IP66/IP67/IP6K9K

- Vyhovuje standardům EN50155 a EN45545-2
- IR přísvit a EIS
- Lightfinder a Forensic WDR
- Režim nízké odezvy
- Podepsaný firmware a zabezpečené spuštění systému



Obrázek 5-4: Kamera Axis P3925-LRE

6. POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZPŮSOBŮ PŘENOSU DAT

Tato kapitola si klade za cíl porovnat bezdrátový a drátový způsob přenosu z hlediska technického, praktického a ekonomického. Protože nelze porovnávat komunikační prostředky používané v 19. století s těmi, co jsou používány v současnosti nebo nelze srovnávat bezdrátové komunikační rozhraní určené pro lokální potřebu s komunikací určenou pro dálkový přenos, porovnání bude pouze obecného charakteru.

6.1 Bezdrátová a drátová telegrafie z pohledu technického

V následující kapitole bude popsáno srovnání bezdrátové a drátové telegrafie z technického hlediska.

Výhody drátové telegrafie spočívají jednoznačně v nezávislosti přenosu na povětrnostních podmínkách. Další výhodou je přenos bez potřeby instalace antén. Velkou nevýhodou ovšem je nutnost instalace kabelů do země nebo na stožáry. Výhodou bude jistě i vyšší přenosová rychlost, pokud bych srovnávali bezdrátový a drátový přenos ze stejného období.

Oproti tomu velkou výhodou bezdrátové telegrafie je pokrytí velkého území pomocí jednoho vysílače, který je ovšem nutno postavit na vhodném místě. Místo musí být vhodné jak ze strany územního pokrytí, tak ze strany napájení samotného vysílače.

Porovnání bezdrátové a drátové telegrafie je v tabulce 6-1.

Tabulka 6-1: Porovnání bezdrátové a drátové telegrafie z technického hlediska

Typ přenosu	Výhody	Nevýhody
Bezdrátová telegrafie	pokrytí velkého území signálem, přenos signálu na velké vzdálenosti, rychlé a snadné připojení,	vysílače není možné stavět všude, náchylnější k poruchám,

Drátová telegrafie	nezávislost na vlivech prostředí, spolehlivost přenos signálu bez použití antén	nutnost budování kabelové infrastruktury,
---------------------------	---	---

6.2 Bezdrátová a drátová telegrafie – praktické využití

V následující kapitole bude popsáno srovnání bezdrátové a drátové technologie z hlediska praktického využití.

Spojování pomocí vodičů má praktické jednoznačně tam, kde je kladen důraz na spolehlivost a robustnost provedení. Například v průmyslových aplikacích je žádoucí využívat kabelové spoje, které nejsou náchylné na rušení. V prostředí plném motorů, čerpadel nebo ventilátorů by bezdrátová technika příliš neobstála.

Naopak bezdrátové vedení vyhrálo v souboji s drátovým vedením na poli telekomunikačních technologií. Pevná linka – telefon připojený přes kabel do telefonní ústředny se dnes již prakticky nevyužívá.

Za zmínku, ale stojí i použití kombinace obou technologií. Jak bylo uvedeno například v kapitole 3.3. GSM síť 5. generace 5G je žádoucí kombinace přenosu pomocí vodičů na dlouhé vzdálenosti a pokrytí ke koncovému uživateli provést bezdrátově. Tím je zajištěn nejlepší způsob přenosu pomocí kombinace dvou technologií.

Tabulka 6-2: Praktické využití bezdrátové a drátové technologie

Typ přenosu	Výhody	Nevýhody
Bezdrátová telegrafie	pohlednější využívání telekomunikačních služeb	náchylnost na elektromagnetické rušení
Drátová telegrafie	Spolehlivost, odolnost vůči elektromagnetickému rušení	nutnost vést kabeláž ve strukturách, kabelový management

6.3 Bezdrátová a drátová telegrafie z pohledu ekonomického

V následující kapitole bude popsáno srovnání drátové a bezdrátové technologie z pohledu ekonomického. Jako příklad bude uvedena složitější domácí síť, která

bude tvořena zařízeními připojenými bezdrátově v prvním případě a pomocí kabelu v případě druhém.

K síti se budou připojovat následující zařízení: Televizor, set-top box, dva stolní počítače a dva notebooky. Dále se budou bezdrátově připojovat mobilní telefony každého člena domácnosti a bezdrátový robotický vysavač. Vstupem internetového připojení do domu je anténa pro příjem bezdrátového signálu, z které je veden kabel do modemu. Dále už se situace liší případ od případu. Vzdálenost od modemu k routeru/switchi je do 2 metrů, a proto náklady na kabel zanedbáme. Srovnání je provedeno v tabulce 6-3.

Tabulka 6-3: Porovnání bezdrátové a drátové telegrafie z hlediska ekonomického

Typ přenosu	Položka	Cena	Poznámka
Bezdrátové připojení	Router s funkcí Wi-Fi 1x TP-LINK Archer VR300	1.599,-	Pro pokrytí celého prostoru, kde se mohou účastníci nacházet bude potřeba vhodně umístit opakovače signálu. Celkové náklady jsou 2.837,- Velkou nevýhodou je nutnost použití opakovačů signálu, které je potřeba velmi vhodně umístit. U starší televize je ještě potřeba připočíst náklad na pořízení Wi-Fi přijímače a Set-top box pravděpodobně bezdrátově nepřipojíme.
	Repeater – opakovač signálu 2x TP-LINK TL-WA850RE	2x449,- =898,-	
	Přijímač Wi-Fi signálu do PC 2x TP-LINK TL-WN725N	2x179,- =358,-	
Připojení kabelem	Router bez Wi-Fi 1x TP-LINK TL-R470T+	1.079,-	Celkové náklady na tuto instalaci se blíží pomalu částce 5.000,-, ve které není částka za práci, pokud by instalaci prováděla specializovaná firma. Každopádně touto instalací
	Switch – rozbočovač s 5y RJ45 portem 1x TP-LINK TL-SG105	559,-	

	Access point – vytvoření Wi-Fi signálu 2x TP-LINK TL-WA801N	2x599,- =1.198,-	dostaneme robustní síť odolnou vůči rušení. Dalším poznatkem je to, že v dnešní době se tak jako tak bez bezdrátového spojení neobejdeme, tudíž je i v tomto případě použít zařízení pro vytvoření Wi-Fi signálu, tzv. access point – zařízení, připojené Ethernetovým kabelem, které vytváří Wi-Fi signál.
	Náklady na kabeláž, konektory a další – například lišty na uložení kabelů nebo materiál potřebný pro uložení kabelů pod omítku	2.000,- (odhad)	

Srovnání je provedeno v tabulce 6-3⁴. Ze srovnání je patrné, že připojení domácnosti pomocí bezdrátového signálu je levnější, ale s nutností použití nespolehlivých opakovačů signálů. Oproti tomu dražší kabelové provedení bude stabilnější. Ale ani drátové provedení nejde provést čistě pomocí kabelů, pokud chceme připojovat mobilní telefony nebo inteligentní domácí spotřebiče.

⁴ Ceny do tabulky jsou převzaty z webu www.czc.cz k datu 2. 2. 2022.

ZÁVĚR

V této bakalářské práci bylo popsáno několik nejdůležitějších komunikačních prostředků, které se zapsaly do dějin nebo jsou masově využívány v současnosti nebo budou s největší pravděpodobností využívány v budoucnosti.

Na počátku všeho, o čem se v této práci píše, byla touha lidí mezi sebou komunikovat. Od nejprimitivnějších způsobů, jako byly například kouřové nebo světelné signály až po dnešní moderní komunikační prostředky jako jsou mobilní telefony nebo připojení k internetu pomocí 5G technologie.

K největšímu rozvoji došlo s objevením účinků elektrického proudu a objevení a usměrnění elektromagnetické záření. Jako první moderní komunikační prostředek se dá vzít v potaz drátový telegraf, kdy byla písmenka, slova a celé věty přenášena pomocí „vyťukávání“ kódu na jedné straně a příjmu tohoto kódu na straně druhé. Následoval bezdrátový telegraf, když stejný obsah informace, jako v případě drátového telegrafu, byly použity usměrněné elektromagnetické vlny. Pro tyto účely byly vynalezeny vysílače, antény, přijímače, kodéry a dekodéry signálu, dekodéry a další náležitosti nutné pro tento typ přenosu.

Postupem času se jedna i druhá metoda zdokonalovala. Přenos signálu byl uskutečňován na větší a větší vzdálenosti až došlo k virtuálnímu propojení všech lidí na celém světě. Dokonce i na nejdlehlších místech planety, jako jsou například velehory nebo oblasti za polárními kruhy, se lze spojit se zbytkem světa pomocí satelitního telefonu.

V současné době se stávající technologie stále vylepšují a vylepšovat se budou. Například v oblasti mobilní telekomunikace ještě ani na scénu pořádně nevystoupila síť 5G a už prosakují zprávy a o testování sítě 6G.

Tato bakalářská práce měla za úkol popsat jednotlivé způsoby komunikace.

SEZNAM ZKRATEK

4G	Mobilní komunikační technologie 4. generace
5G	Mobilní komunikační technologie 5. generace
AM	Amplitudová modulace
BSS	Subsystem základové stanice GSM
BTS	Základová stanice GSM
CB	Civil Broadcast (Amatérské radio vysílání)
CCTV	Closed Circuit Television (Průmyslové kamery)
CCH	Servisní kanál PEGAS
ČTK	Česká tisková kancelář
DACH	Datový kanál PEGAS
DSSW	Duplikovaný podružný přepínač PEGAS
EBC	Radiobloková centrála ETCS
EC	Evropská komise
EIRENE-MORANE	Specifikace UIC popisující systémové a funkční vlastnosti systému GSM-R
ELU	Traťová elektronická jednotka ETCS
eMBB	Enhanced Mobile Broadband
ERTMS	Evropský železniční řídicí systém
ESA	Evropská kosmická agentura
ETCS	Evropský vlakový zabezpečovací systém
FM	Frekvenční modulace
GLONASS	GLObální družicový NAvigační Systém
GNSS	Global Navigation Satellite System (Globální družicový polohový systém)
GPS	Global Positioning System
GSM	Digitální globální systém mobilní komunikace
GSM-R	Digitální globální systém mobilní komunikace pro železnice
Hz	Hertz – jednotka frekvence
HZS	Hasičský záchranný sbor

IEC	International Electrotechnical Commission (Mezinárodní elektrotechnická komise)
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IoT	Internet věcí
IP	Internet Protokol
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
ITS	Inteligentní dopravní systémy
ITU	Mezinárodní telekomunikační unie
IZS	Integrovaný záchranný sbor
KNX	Mezinárodní organizace spravující EIB (Konnex Association)
KV	Krátké vlny
LAN	Lokální počítačová síť (Local Area Network)
LON	Local Operating Network (Průmyslová sběrnice)
LTE	Long Term Evolution (Vysokorychlostní internet)
MA	Oprávnění k jízdě ETCS
mMTC	Masive Machine-Type Communication
MSW	Hlavní switch PEGAS
MV	Ministerstvo vnitra
NSS	Síťový spojovací subsystém GSM
OCH	Virtuální kanál PEGAS
OSI	Open Systems Interconnection (Propojení otevřených systémů)
OSS	Operační a podpůrný subsystém GSM
OSS	Navigační synchronizační stanice
PČR	Policie České republiky
PEGAS	Radiokomunikační síť integrovaného záchranného systému
PLC	Programovatelný logický automat
PMR	Personal Mobile Radio (Občanská radiostanice)
RBS	Radiová základna PEGAS

RS-232	Sériový port
RS-485	Sériový port
SSW	Podružný přepínač PEGAS
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protokol (Primární přenosový protokol/protokol síťové vrstvy)
TCH	Hovorový kanál PEGAS
TMK	Autorizační klíč PEGAS
TMP	Technický dohled PEGAS
TT&C	Telemetry, Tracking and Command
TTI	Identifikační číslo PEGAS
TWP	Taktický dohled PEGAS
UIC	Mezinárodní železniční unie
UKV/UHF	Utra krátké vlny
URLLC	Ultra Reliable and Low Latency
USB	Universal Serial Bus
VKV	Velmi krátké vlny
WAD	Diferenční korekce
Wi-Fi	Wireless Fidelity

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1-1: Šíření elektromagnetických vln odrazem od ionosféry [3]	16
Obrázek 1-2: Optický telegraf vynalezený	17
Obrázek 1-3: Schéma zapojení telegrafního přístroje [8]	19
Obrázek 2-1: Rozložení pinů konektoru rozhraní RS-232	21
Obrázek 2-2: Přenos dat pomocí linky RS-485 [11].....	22
Obrázek 2-3: Zapojení proudové smyčky [12]	23
Obrázek 2-4: Topologie "Sběrnice"	25
Obrázek 2-5: Numerická apertura odrazu paprsku v optickém vláknu [18].....	27
Obrázek 2-6: Jedno vidový a mnoho vidový optický přenos optickým vlákem [18].....	28
Obrázek 3-1: Topologie sítě GSM [24].....	31
Obrázek 3-2: Scénáře použití 5G sítě [25].....	34
Obrázek 3-3: Určování polohy úhlovým měřením [27]	38
Obrázek 3-4: Navigace výpočtem [27].....	39
Obrázek 3-5: Rozmístění stanic řídicího systému GPS [27].....	41
Obrázek 3-6: Celková architektura navigačního systému Galileo	43
Obrázek 3-7: Hierarchie systému PEGAS [29]	46
Obrázek 3-8: Taktický dohled operátora nad sítí PEGAS [31].....	52
Obrázek 3-9: Terminály generace (zleva) G1, G2 a G3 [31]	53
Obrázek 4-1: Koncept IoT [32]	56
Obrázek 4-2: Příklad prvků v inteligentní domácnosti [32].....	58
Obrázek 5-1: Prvky systému ERTMS – ETCS a GSM-R [34].....	63
Obrázek 5-2: Schéma zabezpečovače ETCS [34]	64
Obrázek 5-3: Řízení vlaku prostřednictvím satelitního navigačního systému [35]	66
Obrázek 5-4: Kamera Axis P3925-LRE	71

SEZNAM TABULEK

Tabulka 3-1: Popis vybraných standardů IEEE 802.11a	31
Tabulka 3-2 Rozdělení sítě PEGAS do 4 skupin dle frekvenčního pásma [28].....	44
Tabulka 3-3: Rozdělení skupin uživatelů (flotil)	44
Tabulka 3-4: PEGAS II. generace - rozdělení skupin uživatelů (flotil)	47
Tabulka 4-1: Čtyřvrstvá architektura IoT	57
Tabulka 4-2: Průmyslové aplikace, které umožní připojení IoT přes GSM 5G [33]	61
Tabulka 6-1: Porovnání bezdrátové a drátové telegrafie z technického hlediska	72
Tabulka 6-2: Praktické využití bezdrátové a drátové technologie.....	73
Tabulka 6-3: Porovnání bezdrátové a drátové telegrafie z hlediska ekonomického	74

LITERATURA

- [1] PUŽMANOVÁ, Rita. *Moderní komunikační sítě od A do Z*: [technologie pro datovou, hlasovou i multimediální komunikaci]. 2., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2006. ISBN isbn80-251-1278-0.
- [2] PUŽMANOVÁ, Rita. *Bezpečnost bezdrátové komunikace*: jak zabezpečit Wi-Fi, Bluetooth, GPRS či 3G. Brno: CP Books, 2005. ISBN isbn80-251-0791-4.
- [3] STRÁNSKÝ, Josef. *Od bezdrátové telegrafie k dnešní radioelektronice*. Praha: Academia, 1983. Cesta k vědě (Academia).
- [4] PECHAČ, Pavel. *Modely šíření vln v zástavbě*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN isbn80-7300-186-1.
- [5] KRŮŽEK, V. *Když rádio bylo ještě mladé*. 1. vydání. Dvůr Králové nad Labem: ELLI print, 2004. ISBN 80-239-2284-X
- [6] KLIKORKA, Jiří, Bohumil HÁJEK a Jiří VOTINSKÝ. *Obecná a anorganická chemie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985.
- [7] Elektromagnetické vlny [online], poslední aktualizace 13. 11. 2020 10:53 [cit. 7. 7. 2021], Wikipedie. Dostupné z WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetické_vlny
- [8] Telegrafie [online], poslední aktualizace 1. 7. 2021 19:37 [cit. 7. 7. 2021], Wikipedie. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Telegrafie>
- [9] Telefon [online], poslední aktualizace 7. 6. 2021 00:50 [cit. 7. 7. 2021], Wikipedie. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Telefon>
- [10] RS-232 [online], poslední aktualizace 15. 5. 2021 17:19 [cit. 7. 7. 2021], Wikipedie. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/RS-232>
- [11] RS-485 [online], poslední aktualizace 14. 7. 2020 12:07 [cit. 7. 7. 2021], Wikipedie. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/RS-485>
- [12] VOJÁČEK, Antonín. Proudová smyčka 4-20 mA – obecný popis [online]. Automatizace.hw.cz, 2014 [cit. 7. 7. 2021]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//proudova-smycka-4-20-ma-obecny-popis>
- [13] Profibus [online], poslední aktualizace 17. 1. 2018 15:38 [cit. 7. 7. 2021], Wikipedie. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Profibus>
- [14] Modbus [online], poslední aktualizace 23. 5. 2017 10:4 [cit. 7. 7. 2021], Wikipedie. Dostupné z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Modbus>
- [15] ZEŽULKA, F., FIEDLER, P. *Ethernet v průmyslové automatizaci*, časopis Automa, ročník 2000, číslo 07, dostupné z: www.automa.cz
- [16] PUŽMANOVÁ, Rita. *TCP/IP v kostce*. 2., upr. a rozš. vyd. České Budějovice: Kopp, 2009. ISBN 978-80-7232-388-3.
- [17] DRAHOŠ, P., GABRIEL, J. *Komunikační systém Profinet IO*, časopis Automa, ročník 2006, číslo 07, dostupné z: www.automa.cz

- [18] PETERKA, J., *Optická vlákna*, týdeník CHIPweek, ročník 1996, číslo 45/96, dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a96/a645k150.php3>
- [19] Všeobecné oprávnění č. VO-R/7/11.2016-12 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování občanských radiostanic v pásmu 27 MHz. Dostupné z <https://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/ctu/vseobecne-opravneni-c.vo-r/7/11.2016-12/obrazky/vo-r07-112016-12.pdf>
- [20] Všeobecné oprávnění č. VO-R/3/6.2016-9 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení PMR 446. Dostupné z <https://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/ctu/vseobecne-opravneni-c.vo-r/3/6.2016-9/obrazky/vo-r03-062016-09.pdf>
- [21] BARTOŠÍK, P., *Standard pro bezdrátovou komunikaci Bluetooth*, časopis Automa, ročník 2001, číslo 05, dostupné z: www.automa.cz
- [22] BRADÁČ, Z., FIEDLER, P., KAČMÁŘ, M., *Bezdrátové komunikace v automatizační praxi I: historie a současnost*, časopis Automa, ročník 2003, číslo 05, dostupné z: www.automa.cz
- [23] BRADÁČ, Z., FIEDLER, P., KAČMÁŘ, M., *Bezdrátové komunikace v automatizační praxi III: standard IEEE 802.11*, časopis Automa, ročník 2003, číslo 10, dostupné z: www.automa.cz
- [24] BRADÁČ, Z., FIEDLER, P., *Bezdrátové komunikace v automatizační praxi IV: Datové přenosy v GSM – GPRS*, Časopis Automa, ročník 2004, číslo 1, dostupné z: www.automa.cz
- [25] Ministerstvo průmyslu a obchodu, *Implementace a rozvoj sítí 5G v České republice – Cesta k digitální, 2020*, dostupné z https://www.mpo.cz/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/koncepce-a-strategie/narodni-plan-rozvoje-siti-nga/implementace-a-rozvoj-siti-5g-v-ceske-republice-_cesta-k-digitalni-ekonomice--252026/
- [26] DUCHOSLAV, P., *5G přináší nové možnosti využití robotů. Důkazem je Spot z dánského letiště*, Časopis Security Magazín, 2021, dostupné z <https://www.securitymagazin.cz>
- [27] [RAPANT, Petr. Družicové polohové systémy. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0124-8]
- [28] Síť PEGAS I. – historie, Dostupné z <https://kmitocty.cz/?p=225>
- [29] Síť PEGAS II. – generace 2 a půl – Dostupné z <https://kmitocty.cz/?p=253>
- [30] Síť PEGAS III. – provoz – Dostupné z <https://kmitocty.cz/?p=280>
- [31] Síť PEGAS IV. – správa sítě – Dostupné z <https://kmitocty.cz/?p=306>
- [32] SALAZAR, J., SILVESTRE, S, *Internet věcí*, Techpedia 2007 ISBN 978-80-01-06231-9, dostupné z <http://techpedia.fel.cvut.cz/single/?objectId=110>
- [33] SALAZAR, J., SILVESTRE, S, *Svět internetu věcí*, Techpedia 2009, dostupné z <http://techpedia.fel.cvut.cz/single/?objectId=157>
- [34] PINKAS, P., *Řízení a zabezpečení železniční dopravy*, časopis Automa, ročník 2014, číslo 1, dostupné z: www.automa.cz

- [35] FILIP, A., MAIXNER, V., TAUFER, J., MOCEK, H., BAŽANT, L., *Využití satelitního navigačního systému Galileo na železnici*, časopis Automa, ročník 2002, číslo 10, dostupné z: www.automa.cz
- [36] VACEK, J., *Průmysl 4.0 a společenskovední výzkum*, Západočeská univerzita v Plzni, 2016, dostupné z <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/22492>
- [37] *Co to jsou kamerové systémy CCTV, proč je máme chtít a jak se rozdělují?*, dostupné z <https://www.securityagencies.cz/clanek/co-to-jsou-kamerove-systemy-cctv-proc-je-mame-chtit-a-jak-se-rozdeluji>
- [38] DUCHOSLAV, P, *Nová kamera Axis k vnější instalaci na vozidla dohlédne na dopravní provoz i na potřebu údržby*, Časopis Security Magazin, 2021, dostupné z <https://www.securitymagazin.cz>