

**Vysoká škola logistiky o.p.s.**

**Bezdrátová komunikace v procesech  
železniční dopravy**

(Bakalářská práce)

Přerov 2021

Lukáš Hůlka



Vysoká škola  
logistiky  
o.p.s.

# Zadání bakalářské práce

student

**Lukáš Hůlka**

studijní program  
specializace

Logistika  
Informatika pro logistiku

Vedoucí Katedry bakalářského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v bakalářském studijním programu určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Bezdrátová komunikace v procesech železniční dopravy**

Cíl práce:

Na základě vyhodnocení aplikačního potenciálu moderních bezdrátových komunikačních systémů ukázat na typových příkladech možnosti jejich využití jak v rámci komunikace vlakové soupravy, tak i v komunikaci s traťovou infrastrukturou. Navržené příklady zhodnotit.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Bakalářskou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Dopravní procesy na železnici
2. Komunikační technologie a Průmysl 4.0
3. Typové příklady využití v rámci vlaku
4. Typové příklady využití v traťové infrastruktuře
5. Zhodnocení typových příkladů

Závěr

Rozsah práce: 35 – 50 normostran textu

Seznam odborné literatury:

Gros, I., Barančík, I., Čujan, Z.: Velká kniha logistiky. Praha: VŠCHT, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

Macurová, P. Klabusajová, N. Tvrdoň, L.: Logistika, 2. upravené a doplněné vydání, SOET, vol. 16. Ostrava: VŠB – TU, Ostrava 2018. ISBN 978-80-248-4158-8.

Mařík, V. et.al. Národní iniciativa Průmysl 4.0. Konfederace zaměstnavatelských a podnikatelských svazů 2016 [online]. [cit. 2016-10-01] Dostupné z: <http://kzps.cz/wp-content/uploads/2016/02/kzps-cr.pdf>

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým

Datum zadání bakalářské práce:

31. 10. 2020

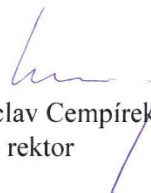
Datum odevzdání bakalářské práce:

6. 5. 2021

Přerov 31. 10. 2020



Ing. et Ing. Iveta Dočkalíková, Ph.D.  
vedoucí katedry



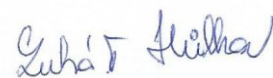
prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.  
rektor

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že bakalářská práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované bakalářské práce v její tištěné i elektronické verzi. Tímto prohlášením souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.



V Přerově, dne 6. 5. 2021

.....

podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Dr. Ing. Oldřichu Kodymovi za věnovaný čas, trpělivost, empatii a velmi užitečné odborné rady, které mi významným způsobem napomohly při vypracování této bakalářské práce.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zaměřuje na postavení železniční dopravy v dopravní soustavě České republiky a na dopravním trhu. Cílem bakalářské práce je na základě vyhodnocení aplikačního potenciálu moderních bezdrátových komunikačních systémů ukázat na typových příkladech možnosti jejich využití jak v rámci komunikace vlakové soupravy, tak i v komunikaci s traťovou infrastrukturou. V bakalářské práci je řešena problematika využitelnosti bezdrátových přenosů dat osobní dopravy v rámci České republiky. V teoretické části bakalářské práce je charakterizována osobní doprava, kde jsou uvedena její základní specifika a je také představen systém veřejné osobní dopravy v České republice. V praktické části bakalářské práce je zkoumán současný stav osobní dopravy v České republice s využitím statistických údajů. Na základě vyhodnocení těchto údajů je zpracována predikce možného budoucího vývoje osobní dopravy v České republice.

## **Klíčová slova**

dopravní soustava, dopravní logistika, železniční doprava, Internet věcí, Průmysl 4.0, informatika, telematika

## **Annotation**

This bachelor thesis focuses on the position of railway transport in the transport system and on the transport market of the Czech Republic. The aim of the bachelor's thesis is based on the evaluation of the application potential of modern wireless communication systems to show on typical examples the possibilities of their use both in the communication of the train set and in communication with track infrastructure. The bachelor's thesis addresses the issue of usability of wireless data transmission of passenger transport in the Czech Republic. The theoretical part of the bachelor's thesis characterizes passenger transport and you can find here specifications and also introducing the system of public passenger transport in the Czech Republic. The practical part of the bachelor thesis examines the current state of passenger transport in the Czech Republic using statistical data. Based on the evaluation of these data, a prediction of the possible future development of passenger transport in the Czech Republic is made.

## **Keywords**

transport system, transport logistics, railway transport, Internet of things, Industry 4.0, informatics, telematics

## Obsah

Úvod.....	9
1    Dopravní procesy na železnici .....	10
1.1    Přístupy k dopravní politice .....	10
1.2    Budoucnost a modelování v dopravní politice .....	12
1.3    Rozhodovací proces v dopravní politice.....	13
1.4    Obecné shrnutí dopravních procesů na železnici.....	16
2    Komunikační technologie a Průmysl 4.0 .....	17
2.1    Technologie Průmyslu 4.0 .....	23
2.2    Internet věcí (IoT).....	24
2.3    Aplikace pro IoT .....	26
3    Typové příklady využití v rámci vlaku.....	34
3.1    Používané aplikace s přenosy dat .....	34
3.2    Přenosová zařízení na hnacích vozidlech .....	35
3.3    Rozdělení požadavků na bezdrátové datové přenosy .....	35
3.4    Kategorizace požadavků na bezdrátové datové přenosy .....	36
4    Typové příklady využití v traťové infrastruktuře .....	42
4.1    Přenosy dat z mobilních zařízení používaných zaměstnanci.....	43
4.2    Přenosy dat z jiných mobilních objektů.....	43
4.3    Přenosy dat ze stacionárních zařízení (obecně mnoho různých typů).....	43
5    Zhodnocení typových příkladů .....	49
5.1    Doba a rychlost přenosu dat.....	49
5.2    Požadavky na zabezpečení přenosů.....	50
5.3    Technické požadavky vyplývající z charakteru železniční dopravy.....	51
5.4    Přenosové sítě .....	52
5.4.1    Služby s omezenou šířkou pásma a omezeným pokrytím .....	52

5.4.2	Služby s omezenou šířkou pásma a rozsáhlým pokrytím .....	53
5.4.3	Širokopásmové služby .....	53
5.4.4	Speciální služby .....	54
	Závěr .....	55
	Seznam zdrojů.....	56
	Seznam grafických objektů.....	58
	Seznam zkratk .....	59



# Úvod

V současnosti dochází k využívání bezdrátových komunikací v mnohem větším měřítku než v předchozích letech. Účelem tohoto dokumentu je analýza požadavků aplikací na bezdrátové přenosy dat v souvislosti s provozováním dráhy a drážní dopravy v ČR. Kromě přenosů dat mezi hnacími vozidly (vlaky) a centrálními informačními systémy analýza shrnuje i další možnosti využití bezdrátových komunikací.

Služby v oblasti bezdrátových komunikací a jejich možnosti využitelnosti se stále rozšiřují, a to s sebou přináší nové možnosti, ale i rizika. Můžeme si vybírat, zda se rozhodneme pro pevná připojení, nebo využijeme bezdrátových přenosů. Právě bezdrátového přenosu v rámci železniční dopravy České republiky (dále ČR) se tato práce věnuje. Důvodem, proč jsem si vybral právě toto téma, je jeho aktuálnost a aktuálně jsem vlastníkem probíhajícího projektu a další využitelnost těchto možností i v dalších odvětvích nejen železniční dopravy.

Jednou ze základních otázek železniční dopravy v ČR je propojitelnost a informovanost veřejnosti v úzké souvislosti mezi železniční osobní dopravou a veřejnou osobní dopravou.

Bakalářská práce shrnuje stav aplikací využívajících bezdrátových komunikací pro přenos dat mezi kolejovými vozidly a stacionárními systémy. V kapitolách 3 a 4 jsou vydefinovány aplikace, s jejichž požadavky na přenosy dat prostřednictvím bezdrátových sítí musíme počítat. Tyto informace byly zjišťovány od zadavatelů, provozovatelů či vývojářů jednotlivých aplikací. Kapitola 5 provádí rozbor zjištěných požadavků vzhledem k technickým vlastnostem jednotlivých bezdrátových řešení a možností jejich využití v železničním prostředí.

Cílem bakalářské práce je na základě vyhodnocení aplikačního potenciálu moderních bezdrátových komunikačních systémů ukázat na typových příkladech možnosti jejich využití jak v rámci komunikace vlakové soupravy, tak i v komunikaci s traťovou infrastrukturou.

# 1 Dopravní procesy na železnici

Doprava je obor, který je vzhledem ke spoustě ekonomickým i institucionálně definovaným specifickým zatížen mnoha složitými problémy, které úzce souvisí s plány rozvoje, regulovatelností specifických činností, stanovením cen, financováním z veřejných zdrojů atd. Souhrnné moderní hospodářské dějiny jsou ve znamení teoretických diskusí i praktických řešení. Spočívají především v nastavení základního odborného rámce dopravního odvětví – tzn. nastavení vlastnických vztahů vůči provozu a infrastruktuře.

Jedním z nástrojů, jak navýšit užitnou hodnotu poskytovaných výrobků a služeb jsou služby cestujícím. Problém kvality nabízených služeb tkví v tom, jak se dopravci povede nabízenou službu reálně uskutečnit, na tom, zda nabízená služba je v souladu s úrovní, kterou cestující požaduje, a nakonec jak cestující poskytnutou službu vnímá. [1]

## 1.1 Přístupy k dopravní politice

Dopravní politika v současné době hraje velmi významnou roli v rámci hospodářské politiky Evropské unie, národních států, jednotlivých regionů, měst i obcí – a není to pouze vzhledem k počtu veřejných prostředků, které jsou zakomponovány do dopravní infrastruktury a spotřebovány veřejnými dopravními službami. Současnou pozici dopravní politiky v systému národního hospodářství lze specifikovat na základě pěti faktů:

- doprava se stala v integrované a globální ekonomice jedním z hlavních faktorů hospodářského rozvoje a je řešena na všech úrovních státní správy a samosprávy,
- dopravní politika není založena jen na technickém řešení, ale reflektuje obecné cíle hospodářské politiky,
- vzhledem k fiskálním, strategickým, environmentálním a sociálním cílům hospodářské politiky nabývá stále většího významu modální struktura odvětví dopravy,

- omezenost přírodních zdrojů je vzhledem k rostoucí poptávce po přepravních službách stále akutnější,
- určité typy a formy přepravy jsou vnímány jako nutné nebo žádoucí ve veřejném zájmu a existují proto jasné požadavky je podporovat z veřejných zdrojů. [2]

Podrobně zanalyzován byl i paradox moderních dopravních systémů založených na individuální automobilové dopravě. Přestože ve standardním demokratickém a tržním hospodářství existuje svoboda vlastnictví a využívání dopravních prostředků, tržní principy se nevztahují na dopravní infrastrukturu, která je obvykle plánována, financována a spravována vládami. Vlády, které se především snaží dosáhnout cílů, jež vnímají jako veřejný zájem, nevstupují do tržního vztahu s uživateli infrastruktury a nechovají se jako komerční dodavatelé služeb. Metody plánování, financování a správy dopravní infrastruktury se prakticky ve všech zemích Evropské unie příliš neliší od způsobu, jakým toto prováděly východoevropské země v době centrálně plánované ekonomiky. Důsledky jsou podobné, jedná se zejména o kongesce v problematických částech dopravních systémů, zatímco v částech jiných je přebytečná kapacita, neefektivita vynaložených investic, vnímané i faktické snížení užítku uživatelů infrastruktury a finanční ztráty. Rovněž jsou ve světě běžné systémy založené na soukromém vlastnictví železniční infrastruktury, s privatizací železniční dopravní cesty však evropské reformy nepočítají. [2]

Jde o vyřešení problematiky, kterým je nastavení institucionální struktury odvětví, aby požadavkům provozu organizovaného na komerčním základě odpovídal proces plánování, financování a správy dopravní cesty. [2]

Železnice nejsou jediným segmentem dopravního odvětví, kde je potřeba restrukturalizace. Ani silniční doprava svou institucionální strukturou zdaleka neodpovídá představám o efektivním a tržně komfortním uspořádání. Příčiny neuspokojivého stavu jsou nejen ve struktuře odvětví a způsobu jeho financování, ale i v technických a organizačních aspektech a v řízení lidských zdrojů. Nabízí se provedení restrukturalizace ve čtyřech blocích, zahrnujících vlastnické vztahy a závazky, identifikaci a stabilizaci finančních toků, nastavení pravomocí a zodpovědností a komercionalizaci managementu infrastruktury:

- zapojení všech stakeholderů do procesu rozhodování a správy infrastruktury, zřízení zvláštních řídicích rad, v nichž budou mít rovnocenné zastoupení jak veřejná správa, tak i soukromý sektor,
- vytvoření stabilního a dostatečného finančního rámce nepodléhajícího momentálním výkyvům v příjmech veřejných rozpočtů, ale založeného na tržně nastavených dopravních tarifech a poplatcích spojených s užitím infrastruktury. Tarify a poplatky by přitom neměly být nastaveny administrativně, ale na základě tržní poptávky a nabídky,
- nastavení vnitřně konzistentní organizační struktury zahrnující správu dálnic a hlavních silnic, regionálních a místních i urbánních komunikací tak, aby všechny orgány měly technické a finanční schopnosti provozovat a udržovat silniční síť v rámci své jurisdikce. Správa infrastruktury musí kromě provozu a údržby nést také přímou zodpovědnost za bezpečnost provozu a nepříznivé environmentální a socioekonomické dopady dopravy,
- management infrastruktury zaměřit komerčně, což se projeví na zlepšení a zprůhlednění organizace a procesů včetně standardního komerčního účetnictví a výkaznictví. Součástí komerčního přístupu je také objektivní nastavení priorit a reálné zhodnocení nákladů a přínosů všech činností a investic. [2]

## 1.2 Budoucnost a modelování v dopravní politice

Od 50. let se vyvinuly tři základní typy poptávkových modelů:

- úzce zaměřené (small-scale) modely s krátkodobou predikcí,
- velké modely analyzující širší změny více parametrů (large-scale) s krátkodobou predikcí,
- široké modely s dlouhodobou predikcí.

Všechny tyto typy modelů lze označit jako statické a založené na entropii. [2]

První typ modelů (small-scale s krátkodobou predikcí) dával poměrně dobré výsledky a byl využíván především vlastníky a provozovateli dopravních systémů a služeb pro rozhodování na lokální úrovni. Tyto modely nebyly zásadně kritizovány. S odstupem času se však projevilo, že poptávkové modely dopravy, které byly

rozhodující pro hospodářsko-politická rozhodování v oblasti veřejných dopravních služeb na úrovni regionů, států a mezinárodních projektů, selhávají a nemají vypovídací schopnost pro predikci přepravních potřeb a reálných dopravních proudů. Problém nastal u širokých modelů analyzujících větší změny v dopravních systémech a jejich alternativy, přitom právě tyto modely byly rozhodující pro dopravní plánování a hospodářsko-politické rozhodování. V souvislosti s rozhodováním o investicích do dopravní infrastruktury, které v rozvinutých zemích vždy tvořily podstatnou část výdajů z veřejných rozpočtů, byly klíčové large-scale modely s dlouhodobou predikcí. Tyto modely však nejvíce selhávaly a byly předmětem největší kritiky. Toto období se velmi často nazývá „*social physics era*“. [2]

Zásadní vliv následně přinesla technicistní modelová optimalizace pracující s omezeným počtem proměnných a nepropracovaná kvantifikace informací (měkkých dat). Výsledky analýzy a následný proces rozhodování byl stále více poznamenán účelovým propojením vědeckých institucí a zájmových skupin se zadavatelem. [2]

Výstupem byl analytický mix založený na tvrdých datech zpracovávaných původním fyzikálním postupem v rámci zažitých modelů doplněný konceptuálním poprávkově orientovaným modelem zohledňujícím do určité míry chování zúčastněných subjektů. Od 70. let začalo ve světě postupně docházet k určité erozi tohoto systému zejména v plánování městské dopravy. Mnohem většího významu dosáhla důležitější kritéria než technická analýza nákladů. Vazba mezi dopravním systémem a místní komunitou byla stále silněji vnímána jako rozhodující faktor. [2]

Bylo zřejmé, že při rozhodování o dopravě je třeba brát v úvahu nejen technicko-ekonomické aspekty, ale i aspekty politické, a že identifikace pouze jediného optimálního řešení je u konce. [2]

### **1.3 Rozhodovací proces v dopravní politice**

Hospodářsko-politické rozhodování je založeno na stanovení cílů a volbě nástrojů k jejich dosažení. V dopravní politice a plánování to platí stoprocentně. Každý cíl musí být kvantifikovatelný a predikovatelný, aby bylo možné stanovit harmonogram jeho plnění, průběžně sledovat míru jeho dosažení a tomu přizpůsobovat použití flexibilních nástrojů. Každý cíl také musí být stanoven tak, aby k jeho dosažení existoval reálně použitelný a explicitně definovatelný nástroj.

Na nejvyšším stupni hierarchické dopravně-politické pyramidy stojí cíle společenské (ochrana životního prostředí, bezpečnost provozu, socio-ekonomická dostupnost dopravy apod.). Na druhém stupni stojí cíle makroekonomické (objem dotací z veřejných zdrojů, fiskální výnosy, fiskální udržitelnost dopravy). Na nejnižším stupni stojí cíle mikroekonomické (rozdělení přepravní práce, kapacita dopravní cesty, provozní koncept, tarif, struktura linek, IDS apod.). [2]

V jednotlivých stupních by se cíle měly stanovovat tak, aby se vzájemně nevyklučovaly a byly nezávisle ovlivnitelné jednotlivými nástroji. Jednotlivé stupně pyramidy musí být nastaveny tak, aby plnění nižších hierarchických cílů přímo vedlo k dosažení vyšších hierarchických cílů. Pokud by pyramida cílů nebyla kompaktní, nebylo by možné sledovat účinnost nástrojů, predikovat a hodnotit plnění cílů. Cíle by se překrývali a rozporovali. Výdaje z veřejných zdrojů by byly vynakládány neefektivně a nekontrolovatelným způsobem. [2]

Cíle stanovují nositelé dopravní politiky, které můžeme rozdělit do následujících typů:

- vlastník (the owner) – subjekt zodpovědný za financování, stanovení dopravní politiky a institucionálního regulatorního rámce (např. ministerstvo dopravy),
- správce (the administrator) – subjekt, pověřený vlastníkem, zodpovědný za efektivní provádění dopravní politiky a regulace dle cílů stanovených vlastníkem (např. specializované národní úřady a instituce státní správy),
- manažer (the manager) – subjekt zodpovědný za dohled a provedení dílčích specifických činností (např. regionální pobočky nebo oddělení správce, firmy pověřené na základě kontraktu),
- provozovatel (the supplier) – subjekt pověřený dodávkou konkrétních služeb, vybraný a dozorovaný manažerem (např. soukromá firma vybraná na základě přímého zadání nebo veřejné soutěže). [2]

Správné rozhodnutí potřebuje analytické podklady, tzn. návrhy možných řešení, kalkulaci nákladů těchto řešení, srovnání alternativních řešení a jejich nákladů, analýzu míry dosažení cílů a definici alternativních cílů v rámci deklarované strategie dopravní politiky.

V roli rozhodovatele vystupují pověřené orgány státní správy nebo regionální samosprávy, které ke správnému a smysluplnému rozhodnutí potřebují správné a smysluplné informace (např. přehled navrhovaných řešení směřujících k dosažení

vytyčených cílů, přehled navrhovaných nástrojů k dosažení těchto cílů, porovnání účinnosti a nákladnosti jednotlivých nástrojů a konceptů řešení a celkovou komparaci navrhovaných řešení, především srovnání alternativních nákladů těchto řešení). Analytik rovněž potřebuje pro svou práci správné a smysluplné informace, především jasně formulované konkrétní cíle dopravní politiky. [2]

Pro obecný popis plánování a rozhodování v železniční dopravě můžeme použít evoluční model. Základem modelu je rozdělení procesu plánování a správy dopravní infrastruktury a poskytování dopravních služeb. Model předpokládá postupnou liberalizaci dopravního odvětví nikoli nahodilou reformou institucí, ale postupným převodem pravomocí a finanční autonomie na soukromé subjekty v čase tak, že jednotlivé kroky postupují od nejvyšších politických priorit a nejvyšší centralizace rozhodování k nejnižším politickým prioritám a nejvyšší decentralizaci. Postup decentralizace a snižování relativního významu politických priorit je doprovázen vyšší prioritou dosažení cílů ekonomických, tzn. provozní efektivností a ziskovostí dopravních projektů. Proces decentralizace a transformace dopravní politiky by mohl probíhat v těchto fázích:

- **1. fáze:** plánování, výstavba a správa dopravní infrastruktury je společnou nejvyšší prioritou; celý proces je řízen z jediného politického centra (ministerstvo dopravy nebo jemu podobný, vládě přímo podřízený úřad) - zdroje jsou alokovány na základě politického rozhodnutí, ekonomická analýza efektivity výdajů a alternativního užití zdrojů hraje jen zanedbatelnou nebo vůbec žádnou roli,
- **2. fáze:** rozdělování rolí správce a provozovatele; proces plánování a správy je decentralizován na regionální úroveň (administrativní orgány samosprávných regionů) – prosazování nejen politických cílů, ale i cíle ekonomické,
- **3. fáze:** rozdělení role správce a provozovatele, participace soukromého sektoru; decentralizace rozhodování na bázi projektového managementu; politické cíle jsou naplňovány aktivitami soukromých poskytovatelů - náklady užití veřejných zdrojů jsou poměřovány mezi alternativními možnostmi,
- **4. fáze:** provozovatelé jsou privátními subjekty, decentralizovaná struktura dopravního odvětví začíná pracovat na tržním principu; politické zadání ustupuje do pozadí, kritériem plánování a správy infrastruktury i provozu

je ekonomická efektivnost, jedním z cílů je finanční stabilita systému (tzn. stabilita zisků soukromých provozovatelů a příjmů do veřejného rozpočtu),

- **5. fáze:** vytvoření autonomní (administrativně i ekonomicky) instituce, řídicí proces plánování, financování a správy dopravní infrastruktury, s explicitně stanoveným mandátem, podnikatelským záměrem a dlouhodobým cílem: finanční hospodaření na vlastní účet s dlouhodobě vyrovnanou bilancí - politické cíle pouze ve formě dlouhodobého záměru, běžné rozhodování a řízení procesů výhradně na základě ekonomické analýzy. [2]

Předpokladem praktického fungování modelu je jeho skutečná praktická evoluce užití, tzn. postupné budování institucionální struktury bez přeskokování jednotlivých fází. Smyslem evolučního postupu je kultivace prostředí, postupné odstraňování neefektivností a úzkých míst, přizpůsobení uživatelů dopravních systémů i jejich vlastníků a provozovatelů dopravních služeb měněným podmínkám daných tržní silou. [2]

#### **1.4 Obecné shrnutí dopravních procesů na železnici**

Základním pilířem moderní dopravní politiky by měla být restrukturalizace odvětví dopravy a nastavení jeho institucí tak, aby v segmentu, který může dobře fungovat na tržním principu, nedocházelo k minimálním státním zásahům. Prvním krokem je zajištění rovnoprávné správy dopravní infrastruktury a liberalizace trhu dopravních služeb. Je třeba zajistit volný vstup do odvětví všem subjektům, které splňují jasně stanovená kritéria (bezpečnostní, environmentální, technologické standardy apod.) a které jsou schopny efektivně uspokojovat poptávku po přepravě.

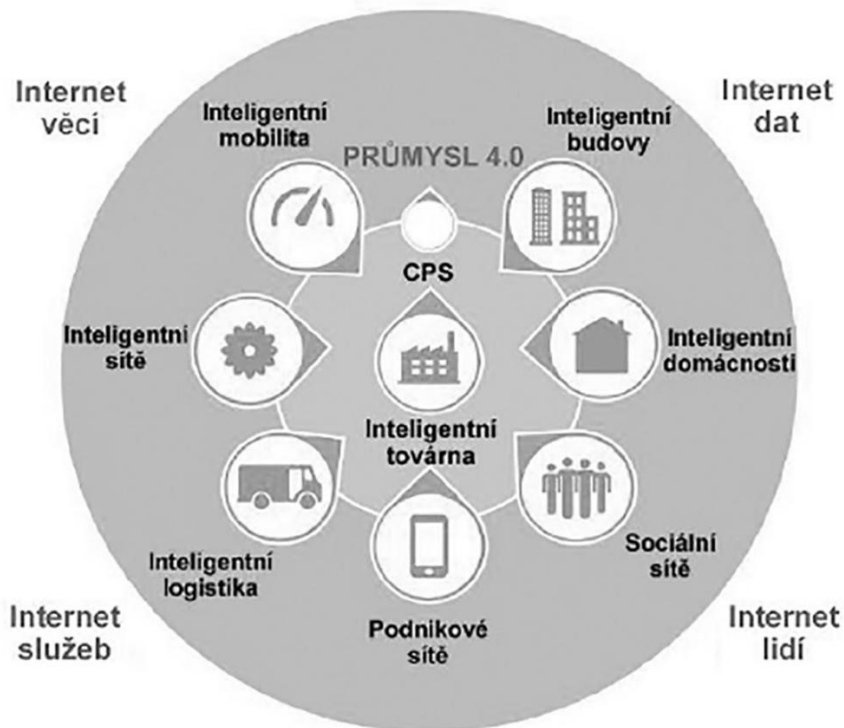
Druhým krokem je plánování a řízení rozvoje dopravní infrastruktury tak, aby byly maximalizovány užitky spotřebitelů i zisky dopravců při minimalizaci výdajů z veřejného rozpočtu.

S tím úzce souvisí krok třetí a tím je zajištění finanční udržitelnosti odvětví dopravy a nastavení finančních toků tak, aby nebyla ohrožena funkcionality odvětví jako celku. Přitom nesmí být neodůvodněně zatěžovány veřejné rozpočty a vyváděny prostředky z jiných odvětví ekonomiky. Tyto principy se postupně v různé míře prosazují v jednotlivých modálních segmentech odvětví dopravy, a to nejen v ekonomicky vyspělých zemích. [2]



## 2 Komunikační technologie a Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 se často označuje jako čtvrtá průmyslová revoluce. „Jedná se o kontinuální rozvoj výpočetní techniky probíhající od poloviny 80. let 20. století. Pojem Průmysl 4.0 vznikl před několika lety v Německu, kde vláda i velké průmyslové podniky začaly podporovat zavádění nejmodernějších technologií do výroby“: manažer IT firmy.



Obr. 2.1 Schéma konceptu Průmysl 4.0

Zdroj: [7].

Základní principy rozvíjejícího se trendu se dají definovat jako data a technologie propojené v jeden celek:

- **seamless** (data nepřerušeně probíhají mezi jednotlivými systémy),
- **touchless** (bez zásahu člověka),
- **transparent** (data jsou kdykoliv k dispozici).

Termín Průmysl 4.0 lze zaměňovat velmi často také s označením čtvrtá průmyslová revoluce. První průmyslová revoluce, která v Evropě a ve Spojených státech trvala

zhruba 80 let, v mnoha odvětvích nahradila práci lidských rukou výkony strojů. Ty poháněla voda a v krátkém časovém odstupu a rostoucí míře pára.

Druhá průmyslová revoluce, též často označována jako technologická, přinesla rozvoj železniční dopravy, komunikací v podobě telegrafu a telefonu a neopomenutelný rozvoj elektrifikace.

Z průzkumu, který nechávala zpracovat jedna renomovaná IT společnost mezi majiteli a manažery průmyslových firem, vyplynulo, že pro zavedení Průmyslu 4.0 je 60 % důležitým tématem. Jsou si vědomy, že jim přinese vyšší produktivitu, efektivitu i kvalitu a taktéž velké úspory a snížení nákladů. Více než dvě třetiny firem si čtvrtou průmyslovou revoluci spojuje se současným trendem digitalizace, polovina oslovených pak se systémovou integrací. Vyplývá to ze studie realizované na vzorku 183 firem z výrobního a zpracovatelského průmyslu.

Začátek třetí průmyslové revoluce se dle historiků datuje po druhé světové válce, některé zdroje uvádějí i konec 60. let minulého století. Označuje se také jako digitální, což poměrně jasně přibližuje její obsahovou náplň. Rozvojem prošly a stále procházejí informační a komunikační technologie. Pokud třetí průmyslová revoluce přinesla využití počítačů a automatizaci dílčích činností ve výrobě, potom můžeme pro Průmysl 4.0 použít výraz komplexní automatizace, v níž jde hlavně o výměnu informací, jak mezi výrobními částmi, tak i celky.

Proto je také Průmysl 4.0 často označován jako digitální transformace nebo digitální ekonomika. Dá se předpokládat, že budou vznikat automatizovaně a samostatně běžící provozy a podniky, které si budou bez účasti lidské síly elektronicky objednávat materiál, nástroje, opravy a údržbu, predikovat potřeby zákazníků a trhu, zajišťovat distribuci dílů a výrobků. V praxi jde také o zavádění umělé inteligence, strojového učení, IoT a dalších prvků. A to nejen do výrobních, ale do všech firemních procesů, včetně mezipodnikové komunikace.

Z hlediska podniků a zákazníků je jednou z nejvýznamnějších změn narůstající význam spolupráce mezi odvětvími v rámci nových digitálních ekosystémů. V nich na sebe automaticky navazují nejen prvky v dodavatelských řetězcích, ale i funkce produktů či doplňkové služby dodávané různými podniky s cílem dosáhnout optimální hodnoty a užitku z pohledu zákazníka. Odhad analytiků je, že podíl středně velkých podniků, které se do těchto ekosystémů zapojí, stoupne velmi rychle.

Potřebu holistického přístupu při zavádění technologií čtvrté průmyslové revoluce deklaruje Koncept Průmyslu 4.0. Je jedinečný v tom, že aby firmu posunul k vyšší konkurenceschopnosti a efektivitě, je třeba se zaměřit na firmu jako celek. Tedy propojit obchod, výrobu, logistiku, servis a podpůrné procesy.

Prakticky se nabízí zaměřený pohled na přínosy Průmyslu 4.0. Hromadná sériová výroba může být díky zavedení principů Průmyslu 4.0 mnohem flexibilnější. Výraznější digitalizace, kterou tento trend přináší, navíc umožňuje propojit jednotlivé fáze výrobního procesu od prvotních návrhů a analýz přes výrobu až po skladování a logistiku. Zjednodušeně řečeno zde hlavní roli hraje efektivní plánování výroby s ohledem na vyšší produktivitu a také udržitelnost.

Dalšími praktickými přínosy pro podniky jsou přínos Průmyslu 4.0 ve snižování nákladů, a to především na zaměstnance, ale i ve zvyšování spolehlivosti výrobních zařízení, jejich dostupnosti, ve zrychlování inovačních cyklů i vlastní výroby.

Ačkoli termín Průmysl 4.0 odkazuje primárně do oblasti výrobních činností, rozhodně neovlivňuje pouze jejich činnosti. V médiích velmi zaznívá termín tzv. průmyslové aplikace. Jedná se o nasazování širokého spektra automatů ve výrobě. Opomíjí se další odvětví, která v současné době zcela standardně automatizují řadu podpůrných procesů, ale v kontextu digitalizace a automatizace se o nich v médiích nepíše. Jde o robotickou automatizaci procesů a pokročilou datovou analytiku v bankách. Nástup digitálních řešení v maloobchodě či automatizovanou komunikaci se zákazníky. Kdybychom opustili rovinu nasazování robotických pracovišť do výroby, a podíváme se na možnosti sběru a využití dat, nasazování moderních analytických metod, prediktivních nástrojů, kybernetické bezpečnosti apod., má právě bankovní sektor obrovský náskok před průmyslovými podniky.

Jak jsou připravena IT oddělení výrobních podniků na implementaci a integraci komplexních řešení, která mimo nasazení robotů přinášejí end-to-end automatizaci celých procesů, zvyšují nároky na kybernetickou bezpečnost? Výzvou pro propojení na úrovni technologií je zejména jejich vzájemná kompatibilita, schopnost vzájemné datové komunikace a možnosti integrace dílčích řešení. Z pohledu zaměstnanců jde především o jejich připravenost na tyto technologie je přijmout ke svému zaměstnání.

Neustále dochází ke zkracování cyklů, kdy přicházejí nové technologie, a tedy i zaměstnanci se musí svou mentalitou přizpůsobit této době. Jedná se o jednu z největších výzev současnosti i budoucnosti. Dalším případným problémem bývá často riziko ztráty pracovních míst. Jedná se o relevantní nebezpečí, neboť zdaleka ne všichni zaměstnanci, jejichž pracovní náplň bude automatizací a digitalizací nahrazena, naleznou odpovídající uplatnění.

Jedním ze zásadních a některým zákazníkům dokonce zcela neznámých problémem bude změna licenčních modelů za přístup robotů k datům či funkcím v podnikových informačních systémech. Zavádění podobných poplatků může v konečném důsledku fungovat jako komerční daň z digitálních transakcí a zásadně změnit fungování a ekonomičnost řady systémů využívajících automatizaci a roboty. Renomovaní analytici velmi často predikují, že podobné změny ve svých licenčních schématech provede do roku 2022 většina z 20 největších dodavatelů softwaru.

Práce v digitalizovaném průmyslu vyžaduje nové kompetence. Jde zejména o informačně-technické odborné znalosti nebo znalosti z oblasti mechatroniky, které se liší v závislosti na daném odvětví. Stejně tak důležitá je ale také schopnost pracovat v komplexních databázových systémových prostředích. [4]

Od jednotlivců se očekává, že budou při výkonu práce flexibilní, samostatní a schopni řešit stále častěji projektově orientované pracovní úkoly. Vedle odborných kompetencí se jedná o základní dovednosti 21. století (schopnost virtuální spolupráce v týmech, které jsou tvořeny různými experty s rozdílnými odpovědnostmi, osvojení vědomosti podle aktuální potřeby – často také přímo na pracovišti, získávat znalosti nových mediálních technologií a přístrojů, získávat znalosti týkající se rizik a nebezpečí spojených s používáním dat a virtuálních systémů). To vše ale nebude fungovat bez průběžného vzdělávání. Na důležitosti nabírají digitální vzdělávací nabídky, ale také výměna informací mezi učícími se a experty – a to ve smyslu jak „sociálního“, tak i „informálního učení“. [4]

Více by se tématem Průmysl 4.0 mělo zabývat vedle dalšího vzdělávání i počáteční vzdělávání. Těžištěm a klíčovým faktorem jsou zde lektori instruktoři v podnicích, kteří jsou v první řadě zodpovědní za kvalitu a atraktivitu výukových a učebních procesů. Závisí na jejich odborných a pedagogických kompetencích, zda se jim podaří přenést aktuální požadavky digitalizace do vzdělávacích materiálů. Samozřejmě

je nutné také přepracovat vzdělávací programy odborných škol s ohledem na požadavky současné doby, které se pohybují kolem témat, jakými jsou např. internet věcí, management znalostí, chytré produkty a elektronické obchodování. V neposlední řadě je v této souvislosti nutné přehodnotit roli „nadpodnikových“ vzdělávacích zařízení. Zejména v případě zprostředkování relevantních znalostí a dovedností potřebných v době 4. průmyslové revoluce, jakými jsou např. témata: Big Data, robotika a sensorika. [4]

Pod pojmem Průmysl 4.0 v jeho širším významu se skrývá jeden klíčový prvek, a tím je propojování. V úzkém kontextu s ním jde i stále větší automatizace a optimalizace procesů v oblasti výroby, logistiky a služeb. Zatímco se první tři vývojové stupně průmyslové výroby vyznačovaly inovacemi v oblasti mechaniky (Průmysl 1.0), elektroniky (Průmysl 2.0) a informačních technologií (Průmysl 3.0), je pro Průmysl 4.0 typické, že se klasické, průmyslové procesy stále více propojují se sdělovací a datovou technikou a vytvářejí takzvané kyberneticko-fyzické výrobní systémy. [4]

Zásahu na tom mají především senzory a řídicí funkce, kterými je vybaveno stále více produktů a přístrojů, ale i celé výrobní jednotky. Ty jsou propojeny pomocí internetu a mohou být jednoduše programovány a řízeny (internet věcí). Díky tomu je možné reagovat s výrazně větší flexibilitou na nové požadavky nebo podmínky v oblasti výroby. [4]

Pojem Průmysl 4.0 má za cíl zdůraznit skutečnost, že se výše popsané propojení netýká pouze jednotlivých průmyslových procesů, ale všech hospodářských činností naší společnosti. To platí zejména pro spolupráci mezi výrobcí a dodavateli, obchodníky a zákazníky. Stručně řečeno, každou hospodářskou činnost je možné sledovat, měřit a propojit pomocí datové techniky. [4]

Všechny propojené přístroje a produkty mají společné tři klíčové prvky:

- **fyzické komponenty** - mechanické a elektronické součástky,
- **inteligentní komponenty** - senzory, mikroprocesory, datovou paměť, řídicí prvky, software, integrované operační systémy nebo vizuální uživatelské rozhraní,
- **komponenty potřebné k propojení** - antény, rozhraní, protokoly a sítě. [4]

Poslední zmíněné komponenty umožňují komunikaci mezi produktem a cloudem, tedy externím operačním systémem daného produktu. Takovéto přístroje jsou součástí platform, které umožňují stálou výměnu dat mezi produktem a uživatelem a spojují informace, které přicházejí ze systému daného podniku s těmi z externích zdrojů (např. prostorová data nebo data týkající se počasí nebo dopravy).

Díky tomu je možné definovat následující nové funkční vlastnosti:

- **Kontrola**

Navzájem propojené přístroje a produkty mohou provádět kontrolu svého okolí a vlastní činnosti a díky tomu mohou předávat informace o svém výkonu, funkcích a využití. [4]

- **Dálkové ovládání**

Uživatelé mohou díky propojení řešit komplexní úkoly také z dálky (např. v nebezpečných nebo obtížně přístupných oblastech). [4]

- **Optimalizace**

Spojení kontroly a dálkového ovládání umožňuje také optimalizaci průběhu celého procesního řetězce – od nákupu přes výrobu až k expedici. Díky tomu je možné zlepšit výkon, míru využití a dostupnost propojených systémů. [4]

- **Automatizace**

Součinnost a souhra datové kontroly, dálkového ovládání a optimalizace umožňuje další automatizaci – přístroje, stroje a produkty se mohou přizpůsobit danému okolí a preferencím uživatelů, mohou provádět vlastní údržbu a samostatně fungovat. [4]

- **Zaměření na služby**

V případě, že podniky mají kdykoliv k dispozici údaje o prodeji a využití svých produktů, mohou velmi pružně reagovat a místo jednorázového zvýšení ceny mohou zvýšit poplatky, které odpovídají míře využívání daného produktu. Podle vzoru softwarového průmyslu, kde už se běžně využívá model pronájmu (software jako služba), využívají dnes již i tradiční technologické společnosti nové služby postavené na pronájmu produktu (produkt jako služba). [4]

- **Individualizace produktu**

Stále větší propojení a inteligentní výrobní procesy, ale také aditivní výroba a 3D tisk umožňují vyrábět produkty přesně na míru zákazníkům. Dnes je možné nabízet

skoro všechny produkty také v malých sériích, už od jednoho kusu, a to při stejných strukturách cen, které byly dostupné pouze u větších zakázek a standardizovaných výrobků. [4]

## 2.1 Technologie Průmyslu 4.0

Mezi zásadní technologie, které charakterizují Průmysl 4.0, patří:

- **Web 2.0 / mobilní přístroje**

Využívání webových nástrojů ke komunikaci o nasazení směn ve výrobě nebo použití mobilních koncových přístrojů, např. tabletu ke kontrole a řízení strojů. [4]

- **Kyberneticko-fyzické systémy / internet věcí**

Propojení strojů a produktů pomocí internetu, popřípadě také propojení s logistickými procesy, možnost decentralizovaného řízení výroby a zahrnutí uživatelských dat (Big Data). Důležitou roli hraje využití optických a akustických, elektronických a biologických (nano)senzorů k měření a kontrole určitých vlastností, které se týkají materiálů, procesů nebo prostředí. Pro bezdotykovou identifikaci jsou v oblasti řízení procesů a logistiky nepostradatelné také mikrovysílače a mikropřijímače (např. RFID). [4]

- **3D tisk / aditivní výroba**

Individualizovaný výrobní postup (sintrování nebo také selektivní spékání laserem), který je stále více využíván nejen v kontextu průmyslu, ale i v lékařství (např. protézy, využitelnost ve stomatologii). [4]

- **Robotika**

Přenesení fyzické interakce na naprogramované průmyslové nebo servisní roboty řízené senzory, kteří mohou s pomocí umělé inteligence částečně převzít manuální úkoly. Je třeba vzít v úvahu také nové přístupy v robotice (např. adaptivní robot, odlehčený robot, robot se dvěma pažemi). [4]

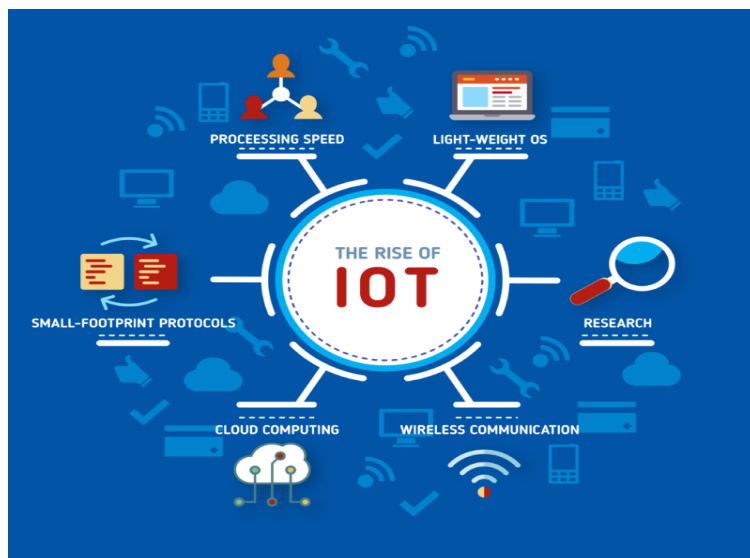
- **Nositelná elektronika (nebo také wearables) a augmentace**

Jde především o inteligentní rukavice, datové brýle, chytré hodinky nebo podobné přístroje, které jsou nošeny v blízkosti těla. Tyto přístroje mohou poskytnout počítačem

generované doplňující informace, a tím nabídnout přímou pomoc v reálné pracovní situaci. [4]

## 2.2 Internet věcí (IoT)

Síť fyzických zařízení, vozidel, domácích spotřebičů a dalších zařízení, která jsou vybavena elektronikou, softwarem, senzory/čidly a hlavně síťovou konektivitou. Ta umožňuje těmto zařízením vzájemnou propojitelnost a výměnu dat.



Obr. 2.2 Internet věcí

Zdroj: [8].

Propojit malá zařízení s limitovaným procesním výkonem, vlastní pamětí a nízkou energetickou spotřebou v sobě skrývá obrovský potenciál. Ten začínáme prozkoumávat teprve v posledních letech. Tato chytrá zařízení nám mohou pomoci ve sběru dat a informací od přírodních ekosystémů až po budovy, továrny a sociální zařízení. Nachází uplatnění také v oblastech snímání prostředí, urbanistického plánování a průmyslu. Tam se často setkáváme se zkratkou IIoT.

Internet věcí (IoT) převádí každodenní fyzické objekty, které nás obklopují, do ekosystému informací naplňujících náš život. Od chytrých ledniček po parkovací místa. IoT tak stále více a více obohacuje digitální svět. Senzory detekují a měří změny polohy, teploty, světla atd. a jsou nezbytné k tomu, aby se z miliardy objektů staly věci



a stroje, které vytvářející data, která mohou informovat o svém stavu nebo která mohou interagovat. [5]

Na základě rozmachu odvětví Big Data a umělé inteligence můžeme tyto data vzít a učit se na nich. V budoucnu pak můžeme velkou část věcí zautomatizovat a tím zase zefektivnit procesy. Samozřejmě jak vyplývá z názvu, tak všechna zařízení jsou připojena k internetu, resp. k speciálním IoT sítím. To znamená, že chytré zařízení může dělat 3 věci:

- sběr a odesílání informací,
- příjem informací a reakce na ně,
- zařízení zvládne obě varianty.

Každá z těchto variant v sobě skrývá určitý potenciál:

- **Sběr a odesílání informací**

Do této kategorie patří především senzory, snímače pohybu, senzory pro ověřování kvality vzduchu, senzory pro kontrolu vlhkosti, světelné senzory atd. Tyto senzory spolu s připojením k internetu umožňují automaticky shromažďovat informace ze svého okolí. Díky tomu můžeme lépe rozhodovat na základě relevantních dat. Tato zařízení pak můžeme dále propojovat a automatizovat různé úkony. Jako lidi máme náš zrak, sluch, čich a dotek, který nám pomáhá chápat svět, tak podobné senzory rozšíří náš obzor a prodlouží naše smysly na místa, kde to dříve nebylo možné.

- **Příjem informací a reakce na ně**

Další kategorií jsou zařízení, která na základě dat dokážou vykonat předem definovanou akci. Jasným příkladem jsou bezpečnostní detektory. Detektor hlídá, zda v místnosti necítí kouř. Pokud se tak stane, spustí svou funkci alarmu a zároveň spustí varovný signál a zavolá nejbližší hasičský sbor. To vše bez zásahu člověka. Stejný princip platí pro pohybová čidla. Jakmile kolem nich dojde k detekci pohybu, tak zaznamenají informaci a rozsvítí světla před vchodem nebo vám otevrou garáž.

Největší potenciál internetu věcí, je ale v kategorii, která umí obojí.

## 2.3 Aplikace pro IoT

Aplikací pro chytrá zařízení je za poslední dobu obrovské množství. Čím jsou zařízení dostupnější, lidi informovanější a také stále přibývá kvalitní programátorská síla.

Aplikace pro IoT můžeme rozdělit do tří kategorií:

- **spotřební**
- **podnikatelské**
- **infrastrukturní**

*„Internet věcí je dalším stádiem informační revoluce a zmínil propojitelnost všeho od městské dopravy přes nemocniční zařízení až po domácí využívání.“*

**George Osborne**, ex-kancléř britské pokladny

IoT jako služba (IoTaaS) se začíná rozvíjet rychlým tempem a jasným směrem. Velmi často se volá po standardizaci vývoje a globální platformě pro IoT obecně. Aby byl vývoj jednodušší a rychlejší. [5]

Nastává doba, kdy po SaaS tady bude plnohodnotný IoTaaS. Tedy „IoT jako služba“ nabízená úplně stejně jako jiné technologie. V 90. letech první internetová vlna připojila 1 miliardu počítačů, zatímco mobilní vlna po roce 2000 připojila další 2 miliardy uživatelů a nyní má IoT potenciál připojit až desetkrát více zařízení, resp. až 28 miliard „věcí“ k internetu. IoT aplikace mohou zahrnovat elektrické vozidlo a inteligentní dům plný připojených chytrých spotřebičů a služeb, zabezpečení, úsporu energie nebo automatizaci. Telekomunikace, počítače a veškerá zábava bude integrována do jednoho ekosystému se sdíleným uživatelským rozhraním. [5]

IoT totiž poskytuje přístup k informacím, médiím a službám prostřednictvím internetu. Pomalu vzniká otevřená globální síť spojující lidi, data a věci. Zdá se tedy, že IoT už má ideální podmínky pro to, aby se začalo využívat právě jako služba. [5]

Podle nedávného výzkumu Osborna Clarka se 87 % dotazovaných vedoucích pracovníků domnívá, že konektivita bude v příštích pěti letech důležitější pro způsob jejich podnikání. [5]

Připojení 5G brzy umožní nové technologie v rozsahu, jako jsou připojená vozidla a dokonce i připojená zdravotní péče. Nové technologie, nové produkty a nový propojovací potenciál také umožňují nové obchodní modely. Příští generace produktů se bude muset propojit (globálně), komunikovat s novými partnery a ekosystémy a může být k dispozici ve formátech věcí jako služba. [5]

Jako službu čím dál častěji spotřebováváme věci flexibilním způsobem. Můžeme objednávat služby i produkty dle denní potřeby. Místo nákupu automobilu si objednáme jízdu, místo nákupu potravin nebo zboží to objednáme online. Jedná se o směr, jakým se svět softwaru již nějakou dobu pohybuje. [5] Ke stejnému přístupu směřuje i IoT.

Dnešní produkty jsou často softwarově řízené a definované, protože software přináší konkurenční výhodu. Existují výzvy, jak v průběhu času přidat další funkce a podle toho účtovat poplatky. Aby to bylo možné, musí být produkty připojeny a „network-native“ pro bezdrátové aktualizace softwaru nebo firmwaru, online podporu a diagnostiku. Nesmí se zapomenout ani na bezpečnostní aktualizace. Připojené senzory lze umístit do továrního zařízení a dodávat informace do cloudového „digitálního dvojčete“ - tedy digitálního modelu realistického prostředí nebo zařízení z fyzického světa, které se používá jako odrazový můstek k optimalizaci výroby. Bez senzorů, ovladačů a nodů s různou funkčností by to nebylo IoT. Pro IoT jako službu ještě nesmí chybět přenosová infrastruktura, ať už se jedná o veřejné nebo privátní sítě, následuje uložení pro sběr dat, analytické nástroje a aplikace, které s daty pracují. Celý tento „balík“ ještě potřebuje nástroje pro monitoring a management serverů a infrastruktury. [5]

Do takového ekosystému je třeba doplnit:

- výrobce nebo dodavatele zařízení,
- operátora sítě,
- poskytovatele přenosové služby,
- provozovatele cloudu,
- výrobce a dodavatele softwaru pro sběr a analýzu dat,
- výrobce a dodavatele front-endu aplikace s uživatelským rozhraním,
- výrobce a dodavatele nástrojů pro správu zařízení a sítě.

Veškerá zařízení musejí komunikovat pomocí technického standardu. Jedná se především o sítě typu LTE, WiFi, API nebo ethernet. Mohou se využít různé protokoly i datové platformy. Hlavním cílem každého IoT vývojáře je standardizace. Podobně jako v případě operačního systému Android, díky kterému je v Google Play velké množství aplikací, které díky standardizaci vznikly. [5]

Nabízí se otázka, zda jsou „věci“ připraveny k propojení? Ano, ale je velmi složité je nějakým způsobem škálovat. IoT a průmysl je roztrženo, existuje mnoho typů čipsetů bez jakéhokoli výchozího operačního systému pro připojená zařízení. Aby byly splněny požadavky na nízkou spotřebu a nízké náklady, bývá v současné době spousta věcí spuštěna bez jakéhokoli operačního systému. To brzdí vývojáře softwaru a aplikací. Porovnejme fragmentaci se smartphonem, který je mnohem standardizovanější a vedl k masivnímu rozšíření, nižším nákladům a obrovské škále dostupných aplikací. Podobné podmínky by potřebovala i oblast IoT. [5]

Navzdory široké rozmanitosti požadavků, které internet věcí klade na sítě, se dobře přizpůsobují. 5G nabízí rychlejší doby odezvy a vyšší kapacitu. Odvětví se také rozšiřuje na low-end s pokrytím s nízkou spotřebou, jako je NB-IoT a Cat-M, které poskytují lepší pokrytí i hluboko uvnitř budov. Mobilní a optické sítě se právě teď rozšiřují všude. [5]

Rozvoj komunikačních sítí nové generace NGN patří v současnosti k hlavním prioritám vlády České republiky. Pojmy jako průmyslový Internet věcí, IoT, Průmysl 4.0, mobilní sítě 5G či chytré sítě díky tomu získávají v současnosti silnou pozornost z řad odborné veřejnosti a průmyslového sektoru. V rámci výzkumných skupin, které se specializují na problematiku drátových či bezdrátových komunikačních systémů a kybernetické bezpečnosti, byly v roce 2020 otevřeny nové laboratoře a testovací polygony. Nové prostory slouží nejen pro výuku studentů, ale také pro spolupráci s průmyslovými partnery. Ti využívají zejména služeb konzultací, testovacích měření či užší spolupráce při návrhu a výrobě HW zařízení, případně při tvorbě programového kódu.

V nově vybudovaných laboratořích bezdrátových komunikačních technologií a IoT podporovaných telekomunikačními operátory jsou k dispozici pokročilé přístroje pro analýzu frekvenčního spektra a zejména technologie pro tzv. nízkovýkonové sítě LPWA sítě. V současnosti jsou k dispozici plně funkční instalace technologií NB-IoT a LTE Cat-M představující nejpokročilejší zástupce LPWA technologií pro bezdrátový

přenos dat v licenčním frekvenčním pásmu. Ze strany průmyslu je zaznamenáván enormní zájem o využití laboratorního vybavení a výzkumných kapacit pro společné projekty v rámci Průmyslu 4.0. Je důležité zmínit, že rozvoj digitální ekonomiky a společnosti patří k prioritám Vlády České republiky a je popsán ve schváleném materiálu s názvem „Implementace a rozvoj sítí 5G v České republice – Cesta k digitální ekonomice“. [6] Tento dokument se v souladu s inovační strategií a hospodářskou vizí “Czech Republic: The Country For The Future” zabývá možnými způsoby budování, využití a rozvoje 5G sítí v ČR.

Unikátnost laboratoří IoT Lab a 5G Lab dále podtrhuje možnost vytvoření oddělené komunikační infrastruktury pro testování technologií NB-IoT či LTE Cat-M. To vytváří vhodné podmínky nejen pro testování koncových zařízení, ale také pro testování aplikačně uzpůsobených konfigurací mobilní sítě ze strany telekomunikačních operátorů. V rámci spolupráce s předními distributory energií již byly úspěšně otestovány a nasazeny komunikační jednotky pro stávající typy měřících přístrojů v distribučních sítích a v současné době také probíhá dokončování nových verzí měřičů fyzikálních veličin, které jsou plně v souladu s aktuálními komunikačními požadavky pro tzv. M2M komunikaci (automatizovaný vzdálený přenos měřených dat bez nutnosti zásahu obsluhy).

Důkazem úspěšného propojení akademické a průmyslové sféry je celá řada projektů realizovaných ve spolupráci s mezinárodními telekomunikačními společnostmi. Mezi nejúspěšnější výsledky spolupráce s průmyslem lze zmínit např. hlasově ovládanou chytrou domácnost, která demonstruje dlouholetý vývoj komplexního řešení. Dalším výstupem aplikovaného výzkumu moderních komunikačních technologií je prototyp bezpilotního dronu s funkcí létající základnové stanice. Nasazení takového řešení je vhodné pro dočasné navýšení kapacity mobilní sítě ve vybrané oblasti např. pro účely sportovních či kulturních akcí, ale také pro případ živelných katastrof jako jsou povodně, zemětřesení či dlouhodobé výpadky el. proudu. Podobná řešení jsou již aktivně testována předními telekomunikačními operátory a výrobci síťových technologií.

Průmysl je obecně prostředí založené na ověřených vysoce spolehlivých technologiích. Nicméně čím dál rychleji se rozvíjející technologické spektrum i navazující potřeby zákazníků vytváří narůstající výzvy pro samotné výrobce v podobě agresivního

konkurenčního prostředí i snižující se schopnosti individuálně pružně reagovat na vývoj tržního prostoru.

V souladu s tímto trendem se nyní otevřela nová laboratoř CyberGrid disponující unikátním moderním vybavením. V rámci této laboratoře se realizují a testují teoretické i praktické koncepty Průmyslu 4.0 směřující ke zvýšení bezpečnosti, efektivity a produktivity. Současně se pracuje na vizích budoucí 5. průmyslové revoluce (Průmysl 5.0), která směřuje mimo jiné ke zdokonalení interakce mezi lidmi a stroji či personalizované výrobě realizované díky robotům schopným dosáhnout srovnatelné kvality jako u běžně ručně vyráběných produktů.

Uchopení nových inovativních řešení a trendů však doprovází časově i ekonomicky náročné procesy, které mnohdy nemusí mít žádoucí efekt. Na jedné straně jsou výrobci, kteří nutně potřebují pro vlastní vývoj od odběratelů součinnost a cenná data, která jsou mnohdy nedostupná kvůli důvěrnosti, obchodnímu tajemství či chybějícímu monitoringu. Na druhé straně jsou pak odběratelé či provozovatelé těchto technologií, kteří naopak požadují nestranné audity či testy těchto výrobků zaručující naplnění stanovených cílů tak, aby neohrozily skutečný provoz.

Pro oba výše uvedené případy slouží právě prostředí laboratoře CyberGrid, v rámci něhož budeme schopni přesně emulovat, simulovat, virtualizovat či dokonce vytvořit digitální dvojče průmyslových systémů či jejich součástí. Toto prostředí tak umožňuje výzkum, vývoj i testování v podmínkách blízkých reálnému provozu se zaměřením např. na ověření kybernetické bezpečnosti a efektivity navazujících mitigačních opatření, parametrizaci detekčních a monitorovacích algoritmů pro bezpečnostní i provozní incidenty či anomálie nebo optimalizaci analytických i predikčních nástrojů a modelů.

Značnou výhodou vytvořeného kyber-fyzikálního prostředí je dostupnost právě „fyzické“ vrstvy, kde z pohledu procesní automatizace postupně vytváří takzvané průmyslové smyčky pro aplikace jako je např. balicí linka či čistička odpadních vod, kde se emulují reálné fyzické procesy. V neposlední řadě je pak prostředí opatřeno kompletní komunikační infrastrukturou zahrnující nejpoužívanější průmyslové protokoly.

V rámci uvedených 5G/IoT a CyberGrid laboratoří se nabízí tyto typy služeb:

- ověřování požadovaných funkcionalit, požadavků a funkčních parametrů nových inovačních technologií, systémů i jejich dílčích součástí integrujících koncepty Průmyslu 4.0 a Průmyslu 5.0,
- návrh a výroba koncových zařízení pro komunikační scénáře IoT, Průmysl 4.0+,
- ověření již vyrobených zařízení, úprava návrhu, komplexní testování (EMC komora, teplotní komora, či ověření kvality zapájení zařízení pomocí rentgenu),
- vývoj software či firmware pro koncové zařízení,
- Ověření rádiových (komunikačních) parametrů IoT/LPWA/5G zařízení v kritických úrovních rádiového signálu s využitím specializovaných zařízení,
- ve spolupráci s telekomunikačními operátory možnost komplexní analýzy uvažovaného řešení,
- vytváření datových setů dle vstupních požadavků s ohledem na objem i samotný scénář,
- posuzování kybernetické bezpečnosti společně s compliance i analýzou (kybernetických) rizik s následným doporučením vhodných mitigačních protiopatření.

Přípravy probíhají intenzivně v Německu, ale i v jiných státech světa. První etapy jsou úspěšně dokončeny a zásadní milník na cestě k Průmyslu 4.0 se tak stává realitou. Už za několik let budou společnosti moci propojit svá zařízení a továrny zcela bezdrátově díky lokálním 5G sítím. To slibuje efektivnější, autonomnější a flexibilnější výrobu než kdy předtím a příležitosti, které byly ještě nedávno pro mnohé nepředstavitelné.

Pro uživatele chytrých telefonů je atraktivnost 5G sítě naprosto jasná. Umožňuje jim totiž například sledování videí kdekoliv ve 4K rozlišení. V průmyslu to však hraje mnohem důležitější roli. Mluvíme totiž o jednom z milníků na cestě k Průmyslu 4.0, ve kterém se inteligentní továrny stávají flexibilnějšími a produktivnějšími díky kompletní digitalizaci a internetu věcí (IoT). 5G je 10 až 20krát rychlejší než dnešní LTE a spotřebuje pouze jednu tisícinu množství energie na přenesený bit.

Nízké latence, extrémně vysokorychlostní přenos dat, kontrola nad vlastními daty a nad výkonem sítě – to jsou jen některé příležitosti, které se nám jasně otevírají díky privátní síti a byly ještě nedávno pro průmysl nepředstavitelné. Jak ukazuje plán vývoje, ještě před tím, než privátní 5G sítě budou naší denní realitou, v následujících letech musí být dokončeno několik zásadních etap. Například Německo dokončilo první etapu loni v březnu.

*„Pokud se podíváme na naše západní sousedy, v Německu je již odsouhlaseno, že vybrané kanály v pásmu 3 700 MHz a 3 800 MHz budou rezervovány pro použití pouze v průmyslu, a to jako kanály privátní. Současně už také běží diskuse o kanálech 24,25 - 7,50,“* (Vladimír Ševčík).

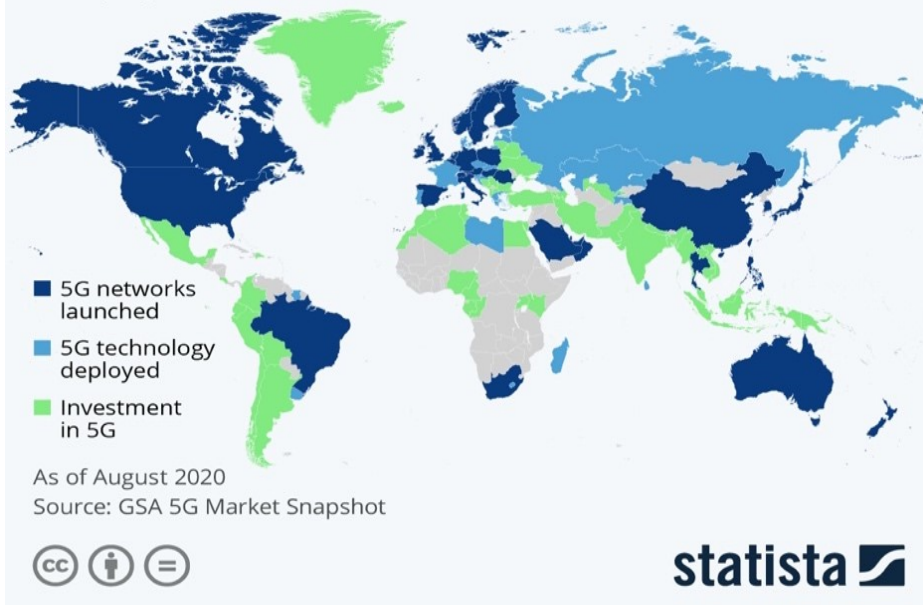
V rámci aukce 5G frekvencí provozovatelů mobilních sítí německá federální síťová agentura Bundesnetzagentur vyhradila část spektra frekvenčního pásma – mezi 3 700 MHz a 3 800 MHz – pro místní sítě v průmyslu, výzkumné instituce a zemědělství.

Je pravdou, že bezdrátová komunikace v průmyslu není nic nového. Pomocí systému RUGGEDCOM WIN společnost Siemens už používá soukromé rádiové řešení WiMAX v různých oblastech. Největší důraz je však kladen na oblast smart-grid pro monitorování a řízení energetických sítí. Už také ale existuje několik samostatných privátních LTE sítí v továrnách a přístavech. Společnost Siemens již více než 15 let úspěšně vyrábí průmyslové komponenty SCALANCE IWLAN pro bezdrátovou komunikaci v průmyslu a splňuje všechny nezbytné požadavky až po bezdrátovou bezpečnost. Spolu s průmyslovým 5G se také IWLAN dále vyvíjí, protože soukromé průmyslové frekvence pro 5G nejsou k dispozici všude na světě.



## Where 5G Technology Has Been Deployed

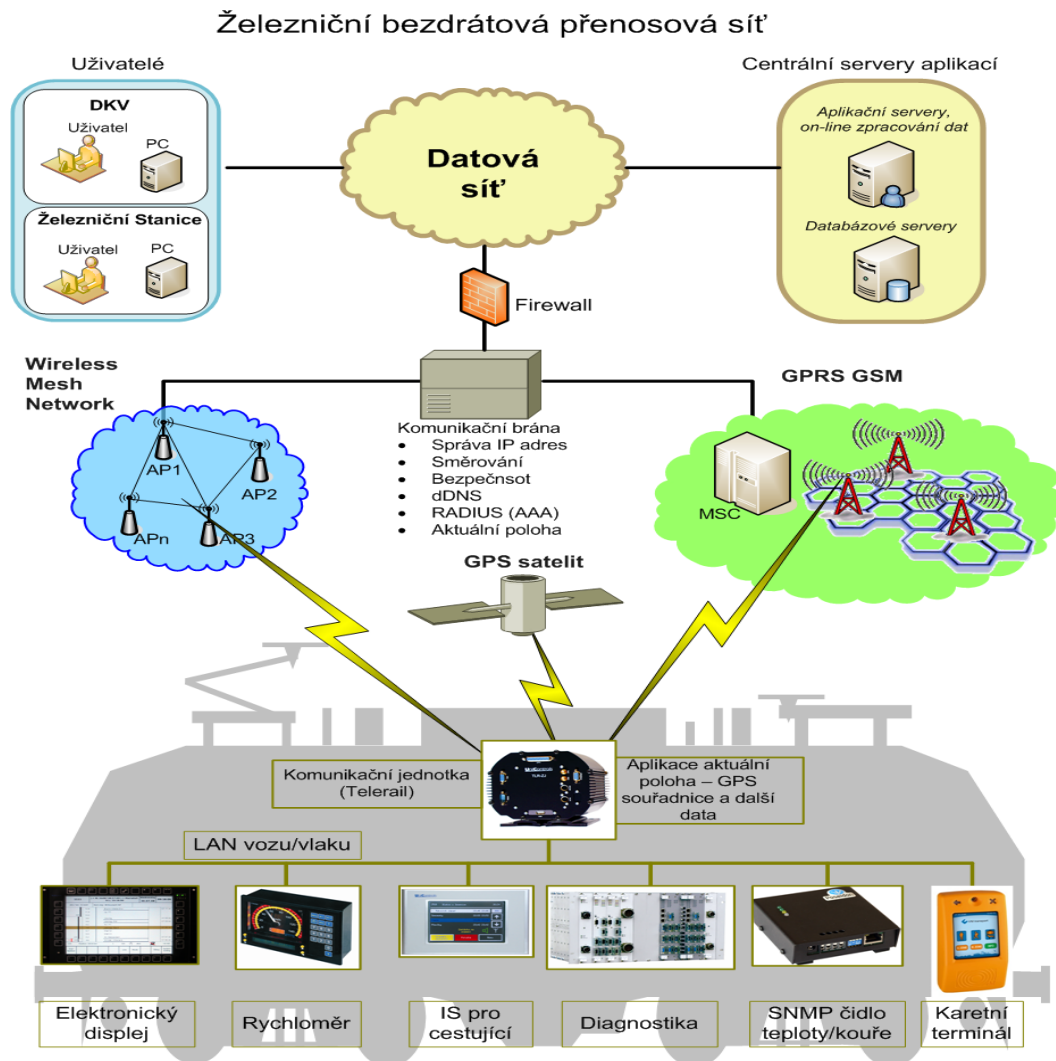
Countries where 5G networks/technology have been deployed and where 5G investments have been made



Obr. 2.3 Realizace a nasazení 5G technologií

Zdroj: [9].

### 3 Typové příklady využití v rámci vlaku



Obr. 3.1 Železniční bezdrátová přenosová síť – datový tok

Zdroj: vlastní zpracování.

#### 3.1 Používané aplikace s přenosy dat

V reálném provozu jsou aplikace využívající bezdrátových přenosů dat mezi hnacími vozidly a centrálními systémy. Jde především o tyto aplikace:

- aktivní odstavení a diagnostika elektrických jednotek,
- přenosy informací o poloze vlaku.

Aktivní odstavení elektrických jednotek je realizováno u souprav. Soupravy zůstávají připojené k trakčnímu vedení, aby bylo možné zajistit temperování soupravy a vody zejména v období mrazu, přičemž stanoviště strojvedoucích jsou neobsazena. Veškeré alarmy jsou odesílány na jediné centrální pracoviště, kde jsou monitorovány dispečerem. Zásadním důvodem pro nasazení aplikace bylo zajištění aktivního odstavení a připravenosti souprav bez přítomnosti personálu.

Druhou aplikací jsou přenosy informací o poloze vlaku do dispečinku. Toto řešení umožňuje zejména koordinovat návaznosti mezi autobusovými a železničními spoji v rámci integrovaného dopravního systému při drobných zpožděních nebo jiných nepravidelnostech v dopravě.

Obě uvedené aplikace používají technologie GPRS v síti GSM-P, konkrétně otestovaného operátora, jelikož sítě GSM-P mají relativně dobrou dostupnost a kvalitu služeb.

### **3.2 Přenosová zařízení na hnacích vozidlech**

Pro zajištění funkce obou již provozovaných aplikací byla dodána i nezbytná přenosová zařízení.

Aplikace aktivní odstavení jednotek využívá zařízení TeleRail, což je zařízení na platformě PC-104 s operačním systémem Linux. TeleRail je vybaven sériovými porty RS-485 pro připojení dalších zařízení na kolejovém vozidle a může být vybaven Ethernet portem. Zařízení je použito i pro další aplikace, například diagnostiku, přenosy dat pro informační tabule či přenosy informací o poloze vlaku.

Aplikace přenos informace o poloze vlaku využívá komunikační datové karty, jež je volitelnou součástí radiostanic FXM-20 pro pásma GSM-P/R. Toto zařízení má proprietární HW i SW řešení a umožňuje připojit další zařízení na kolejovém vozidle prostřednictvím sériového portu RS-485.

### **3.3 Rozdělení požadavků na bezdrátové datové přenosy**

Bezdrátové datové přenosy můžeme dělit dle různých pohledů:

- z pohledu kategorizace typu komunikujícího objektu

- kolejová vozidla
- mobilní zařízení používaná personálem
- ostatní mobilní zařízení
- stacionární objekty
- z pohledu přenosového prostředí
  - v GSM sítích (GSM-P a GSM-R)
  - v širokopásmových sítích
- z pohledu požadavku na dobu přenosu dat
  - v reálném čase
  - v požadovaném období
- z pohledu technických vlastností přenosových sítí
- z pohledu dostupnosti přenosových služeb
- z pohledu bezpečnosti přenášených dat.

### **3.4 Kategorizace požadavků na bezdrátové datové přenosy**

Požadavky na bezdrátové přenosy dat v železniční dopravě průběžně vyvíjí s dobou. Kromě nasazování aplikací do pilotních či rutinních provozů vznikají nové požadavky v souvislosti s všeobecným rozvojem bezdrátových technologií a snahami o snižování provozních nákladů, tj. racionalizaci činností.

Níže uvedený přehled se snaží popsat a kategorizovat jednotlivé požadavky na bezdrátové přenosy a jednotlivé (známé či předpokládané) požadavky dělí do těchto skupin:

- Provoz kolejových vozidel
  - aktuální poloha
  - diagnostika
  - aktivní odstavení
  - přenosy dat z rychloměrů hnacích vozidel

- přenosy dat z elektroměrů trakčních vozidel
- přenosy dat z kamerových systémů
- Komunikace se strojvedoucími
  - elektronický jízdni řád
  - přenosy provozních dispozic
  - přenosy rozkazů
  - mobilní terminál strojmistra
  - identifikace strojvedoucího
- Služby pro přepravu osob
  - přenosy dat do IZ pro cestující (umístěné v kolejových vozidlech)
  - přístup cestujících k síti internet
  - přenosy dat do/z odbavovacích zařízení v osobních vozech a soupravách

V následujících analýzách reálných informačních systémů jsou uvedeny základní informace o jednotlivých aplikacích, aby bylo možné vytvořit si představu o celkových nárocích na bezdrátové komunikační prostředí.

Z hlediska požadavků na bezdrátové přenosy dat jsou řešiteli jednotlivých úloh nejvíce rozpracovány právě aplikace vyžadující komunikaci s kolejovými vozidly, jak dokazují následující průzkumy.

- Provoz kolejových vozidel
  - aktuální poloha

### **Aplikace: Aktuální poloha vozidla (vlaku)**

<b>Využití – smysl aplikace</b>	Zpřesnění polohy vozidel a vlaků v informačních systémech řízení provozu (doplňkový údaj k informacím pořízeným od výpravčích a zabezpečovacích zařízení).	
<b>Aplikace určena pro</b>	<input type="checkbox"/> Vlastníka dráhy <input checked="" type="checkbox"/> Provozovatele dráhy <input checked="" type="checkbox"/> Provozovatele drážní dopravy	
<b>Funkce aplikace</b>	Dosavadní sběr informací je postaven na železniční dopravní síti, kterou tvoří pouze dopravně významná místa jako stanice, výhybny, zastávky. Informace z HV umožní: <ul style="list-style-type: none"> <li>- sledování přesné polohy i mezi dopravními body (důležité zejména na vedlejších tratích, kde jsou velké kilometrické i časové vzdálenosti mezi body),</li> <li>- detekce stavu zastavení na trati (dosud vůbec nelze jinak než hlášením od strojvedoucího),</li> <li>- kontrola správnosti a přesnosti informací v „pozemních“ IS (doplňkový zdroj dat),</li> <li>- možnost využití i pro dopravce – sledování polohy HV ve vlastnictví.</li> </ul> Přenos těchto informací umožní přesnější a kvalitnější řízení železničního provozu, urychlí ošetření mimořádných událostí (zastavení vlaku) a poskytne zpětnou vazbu ohledně přesnosti dat v IS ŘP. <p>Výsledky: informace o poloze vlaku jsou pro účely řízení provozu spolehlivé, věrohodné, jejich přesnost však nedostačují pro potřeby určení čísla koleje.</p>	
<b>Zařízení na hnacím vozidle</b>	Druh zařízení	FXM-20, TLR-ZJ, VS67
	Typy HV	471, 163, 123, 150/151, 162, MVTV, MUV
	Počet vozidel	Libovolný Předpoklad 500
<b>Informační systém - centrální část</b>	Název aplikace	ISOŘ CDS, KB ŽBPS
	Komunikace probíhá přes síť, formou ...	GPRS, dále prostřednictvím převodního modulu a modulu ISOŘ Communicator
	Počet komunikujících zařízení (PC) s HV	Všechny vlaky na síti resp. všechny vlaky na definované množině vedlejších tratí pozemní strana: komunikační server
<b>Charakteristika přenosů</b>	Přenosy o objemu v kB	Cca 100-200 B
	Periodicita přenosů	Každých 10 s až 1 minutu při pohybu vozidla, při stání je možné neodesílat nebo periodu výrazně prodloužit
	Požadavek na přenos generuje - IS / HV	vždy HV
	Po jaké akci se požaduje přenos	Pravidelně každých 10 s až 1 minutu za jízdy, lze nastavit při rozjezdu či zastavení, s dlouhou periodou při stání, lze omezit periodu i ujetím nastavené vzdálenosti
<b>Požadavky na kvalitu a dostupnost datové komunikace</b>	Potvrzení příjmu	NE
	Kryptování	NE
	Doba doručení ihned / s / min / hod	Jednotky sekund
<b>Protokol spojení</b>	TCP / UDP	Možno UDP – není nutné potvrzení, není nutné spolehlivé doručení (polohu vlaku lze zpravidla zjistit i jinými způsoby)
<b>Použitelné přenosové technologie</b>	SMS	ANO
	CSD	ANO
	GPRS	ANO
	BWA – omez. pokrytí (uzl. stanice, DKV)	ANO

○

○ diagnostika

**Aplikace: Diagnostika a technický stav vozidel**

Využití – smysl aplikace

Přenos diagnostických dat z HV na centrální server a jejich distribuce odpovědným pracovníkům (strojmistrům).

Aplikace určena pro

- Vlastníka dráhy  
 Provozovatele dráhy  
 Provozovatele drážní dopravy, výrobce HV

Funkce aplikace

On-line přenos chybových a alarmových stavů do centrální databáze na stacionární server, dálková diagnostika HV formou web serveru na HV. systém TeleRail, jednotka TLR-ZJ

**Zařízení na hnacím vozidle**

Druh zařízení

471

Typy HV

(předpoklad za 3-5 let)

Rozhraní

RS232/422/485 Ethernet

Počet vozidel

Všechny jednotky ř. 471

**Informační systém - centrální část**

Název aplikace

System TeleRail

Komunikace probíhá přes síť, formou ...

TCP/IP ⇒ RPC ⇒ XML/SOAP

Počet komunikujících zařízení (PC) s HV

Centrální server + více klientských stanic využívajících přímý přístup na HV

**Charakteristika přenosů**

Přenosy o objemu v kB

Nejdelší informace o poruše/alarmu 200 B

Periodicita přenosů

Přenosy nejsou periodické, data jsou odesílána po vzniku poruchy nebo alarmu

Požadavek na přenos generuje - IS / HV

1. v případě poruchy nebo alarmu zahajuje přenos HV
2. v případě vzdáleného přístupu na web server na HV zahajuje komunikaci klientská aplikace na stacionární straně

Po jaké akci se požaduje přenos

1. po vzniku poruchy/alarmu
2. po požadavku obsluhy na klientském PC

**Požadavky na kvalitu a dostupnost datové komunikace**

Potvrzení příjmu

Ano

Kryptování

Není nutné

Doba doručení ihned / s / min / hod

Není kritická, TLR-ZJ má vlastní paměť na poruchy, přenos se odehrává pouze, je-li dostupná síť

**Protokol spojení**

TCP / UDP

TCP/IP

**Použitelné přenosové technologie**

SMS

ANO

CSD

NE

GPRS

ANO

BWA – omez. pokrytí (uzl. stanice, DKV)

Vhodné prostředí, vyžaduje však rozšíření komunikační jednotky TLR-ZJ

•

- Komunikace se strojvedoucím
  - elektronický jízdní řád

### **Aplikace: Automatizované pracovní místo strojvedoucího**

<b>Využití – smysl aplikace</b>		Náhrada tištěných dokumentů nezbytných pro jízdu vlaku (sešitový jízdní řád, tabulky traťových poměrů, vlaková dokumentace, předpisy...)
<b>Aplikace určena pro</b>		<input type="checkbox"/> Vlastníka dráhy <input checked="" type="checkbox"/> Provozovatele dráhy <input checked="" type="checkbox"/> Provozovatele drážní dopravy
<b>Funkce aplikace</b>		Přenos dat sešitového jízdního řádu <ul style="list-style-type: none"> <li>- při plánovaných změnách GVD (4x ročně, celosíťová data)</li> <li>- ad hoc (výluky, odklony, zvláštní vlaky – JŘ jednotlivých vlaků)</li> </ul> Přenos vybraných druhů V-rozkazů – aktuálně podle potřeby. Přenos dat infrastruktury (tabulek traťových poměrů, plánek stanic) – při změnách Přenos dalších dat na vyžádání (předpisy apod.) – na vyžádání strojvedoucího
<b>Zařízení na hnacím vozidle</b>	Druh zařízení	Multifunkční terminál MFT, displej EJŘ
	Typy HV	Hnací vozidla všech trakcí + řídicí vozy
	Rozhraní	Bude upřesněno
	Počet vozidel	Bude upřesněno, řádově stovky vozidel
<b>Informační systém - centrální část</b>	Název aplikace	EJPS
	Komunikace probíhá přes síť, formou ...	TCP/IP
	Počet komunikujících zařízení (PC) s HV	Větší množství, všechna prostřednictvím centrálního serveru
<b>Charakteristika přenosů</b>	Přenosy o objemu v kB	Aktuální změny – desítky kB Pravidelné změny – stovky kB až desítky MB
	Periodicita přenosů	Nepřavidelně, v případě vzniku požadavku na přenos ze strany HV nebo IS vyšší četnost přenosů lze očekávat v okolí uzlových a dispozičních ŽST.
	Požadavek na přenos generuje - IS / HV	HV + IS, viz následující řádek
	Po jaké akci se požaduje přenos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. po přihlášení strojvedoucího (požadavek HV)</li> <li>2. po zadání dotazu od strojvedoucího (požadavek HV)</li> <li>3. po vzniku požadavku na stacionární straně systému (požadavek IS)</li> </ol>
<b>Požadavky na kvalitu a dostupnost datové komunikace</b>	Potvrzení příjmu	ANO
	Kryptování	Pravděpodobně nutné
	Doba doručení ihned / s / min / hod	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. aktuální změny - do 2 min.</li> <li>2. pravidelné změny – řádově hodiny až dny</li> </ol>
<b>Protokol spojení</b>	TCP / UDP	Určí dodavatel systému
<b>Použitelné přenosové technologie</b>	SMS	NE
	CSD	Pravděpodobně ANO
	GPRS	Pravděpodobně ANO
	BWA – omez. pokrytí (uzl. stanice, DKV)	Pravděpodobně ANO, pro přenosy pravidelných změn (např. aktualizací celého jízdního řádu) je to žádoucí řešení, jinak bude nutné řešit přenosem dat.



- Služby pro přepravu osob
  - přenosy dat do IZ pro cestující (umístěné v kolejových vozidlech)

**Aplikace: IS soupravy osobního vlaku**

**Využití – smysl aplikace**

1. Datové přenosy do elektronických obsazovacích plánků v osobních vozech z ARES
2. Přenos dat do informačního zařízení pro cestující v osobním vlaku – informace o zpoždění, o přípojích, příjezdu k nástupišti apod.
3. Datové přenosy pro odbavovací a statistické IS

**Aplikace určena pro**

- Vlastníka dráhy
- Provozovatele dráhy
- Provozovatele drážní dopravy

**Funkce aplikace**

Ad 1) Funkce/využití:

- ⇒ On-line přenášení dat o rezervaci míst z centrálního IS do vlaku.
- ⇒ Komunikace mezi mobilní řídicí komunikační jednotkou a zobrazovacími IS umístěnými ve vlaku, (indikace obsazenosti, čísla místenkového vozu, rezervace atd.).

Ad 2) Funkce/využití:

- ⇒ On-line přenášení dat do informačních zařízení pro cestující veřejnost umístěných v jednotlivých vozech (informace o zpoždění, o přípojích, příjezdu k nástupišti apod.), na jednotlivých dveřích nebo vozových skříních.

Ad 3) Funkce/využití:

- ⇒ Přenos dat do/z odbavovacího zařízení.
- ⇒ Přenos dat do statistických informačních systémů prostřednictvím mobilního (stacionárního) zařízení.

**Zařízení na vozidle**

Druh zařízení

Elektronické displeje IZ ve vozech.

Typy vozidel

Hnačí vozidla všech trakcí (pouze pro přenos a ovládání), zobrazovací jednotky v osobních vozech.

Rozhraní

Bude upřesněno.

Počet vozidel

Bude upřesněno, řádově tisíce vozidel.

**Charakteristika přenosů**

Přenosy o objemu v kB

Od desítek kB (aktualizace informací pro cestující) po desítky MB (obraz. reklamy).

Periodicita přenosů

Ad hoc dle potřeby (nepravidelně).

(předpoklad za 3-5 let)

Požadavek na přenos generuje - IS / HV

Na obou stranách.

Po jaké akci se požaduje přenos

- Po přihlášení vlakové čety/strojvedoucího.
- Dle požadavku obsluhujícího centrální (serverovou) část systému.
- Ad hoc dle potřeby.

**Požadavky na kvalitu a dostupnost datové komunikace**

Potvrzení příjmu

Ano

Kryptování

Ne

Doba doručení ihned / s / min / hod

Dle typu informací (závažné aktualizace jednotky minut, velké objemy dat, např. u reklamy, desítky minut, hodiny).

**Protokol spojení**

TCP / UDP

Zatím není specifikováno.

**Použitelné přenosové technologie**

SMS

Ano

CSD

Ano

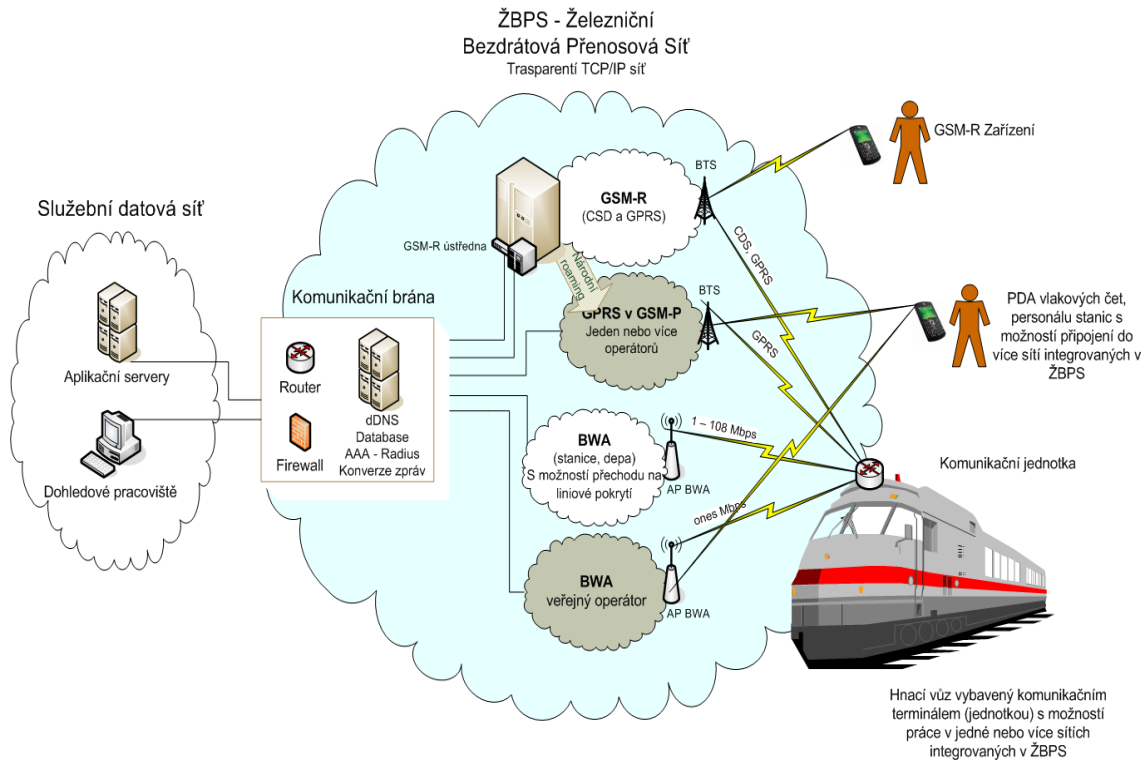
GPRS

Ano

BWA – omez. pokrytí (uzl. stanice, DKV)

Ano – pro přenosy multimediálních dat jediný způsob.

## 4 Typové příklady využití v traťové infrastruktuře



Obr. 4.1 Obecné schéma Železniční bezdrátové přenosové sítě

Zdroj: vlastní zpracování.

Tato kapitola úzce souvisí a navazuje na přechází kapitolu z pohledu traťové infrastruktury.

Komunikace s kolejovými vozidly:

- Správa, monitoring a údržba tratí
  - monitoring trati z pohybujících se kolejových vozidel
  - přenosy dat z měřících vozů

Obě výše uvedené kategorie aplikací využívajících bezdrátové přenosy nejsou doposud rozpracovány do podoby, která by umožnila uvedení potřeb aplikací. Vzhledem ke skutečnosti, že při výkonu činností monitoringu a měření na trati dochází ke vzniku velkých souborů dat, není smysluplné uvažovat o jiných způsobech přenosu než využití širokopásmových sítí.

- přenosy dat z pracovních vozidel (MVTV, MUV)

V oblasti přenosů dat z pracovních vozidel může jít zejména o speciální aplikace související s údržbou infrastruktury a zjišťováním polohy pracovních vozidel. Nicméně v době, kdy pracovníci některých servisních organizací jsou plošně vybavováni zařízeními typu mobilní telefon či tablet pro evidenci výkonů a lokalizaci polohy, lze očekávat, že i v této oblasti se objeví požadavky na datové přenosy prostřednictvím bezdrátových sítí.

- Zabezpečení jízd vlaků
  - přenosy dat pro systém ETCS
  - zařízení na zvýšení bezpečnosti na vedlejších tratích
  - dálkové zastavení vlaku

#### **4.1 Přenosy dat z mobilních zařízení používaných zaměstnanci**

Přenosy dat z mobilních zařízení používaných zaměstnanci lze dělit dle používání personálu:

- Personálem vlaku (zařízení typu MT, TABLET, PDA, POP)
  - podpora technologických procesů obslužných vlaků
- Personálem stanice
- Personálem na trati

#### **4.2 Přenosy dat z jiných mobilních objektů**

V oblasti přenosů dat z jiných mobilních objektů lze sledované polohy:

- Sledování polohy zásilky
- Sledování polohy silničních vozidel

#### **4.3 Přenosy dat ze stacionárních zařízení (obecně mnoho různých typů)**

V místech, kde není dostupná pevná datová síť nebo budování pevné přípojky do datové sítě je nerentabilní

- Ve stanici
  - odbavovací zařízení

- informační kiosky
- informační zařízení
- kamerové systémy
- přístup cestujících k síti Internet
- Na trati
  - detektory horkoběžnosti
  - kamerové systémy na přejezdech

Jako záložní datový kanál v případě výpadku pevné datové sítě

- Náhradní datové přenosy ústředního dálkového řízení rozvoden VN

V následujících analýzách reálných informačních systémů jsou uvedeny základní informace o jednotlivých aplikacích, aby bylo možné vytvořit si představu o celkových nárocích na bezdrátové komunikační prostředí.

Z hlediska požadavků na bezdrátové přenosy dat jsou řešiteli jednotlivých úloh nejvíce rozpracovány právě aplikace vyžadující komunikaci s kolejovými vozidly, jak dokazují následující průzkumy.

- Zabezpečení jízd vlaků
  - přenosy dat pro systém ETCS

**Aplikace: Datové přenosy pro ETCS (level 2)**

**Využití – smysl aplikace** Přenos informace o virtuálních návěstních znacích dle evropského standardu zabezpečovacího systému ETCS (European Train Control System).

**Aplikace určena pro**

- Vlastníka dráhy
- Provozovatele dráhy
- Provozovatele drážní dopravy

**Funkce aplikace** Slouží pro přenos virtuálních návěstních znaků – povolení jízdy z centrály ETCS na hnací vozidlo. Pro svoji činnost vyžaduje síť GSM-R ve standardech pro přenosy pomocí technologie GPRS.

**Zařízení na hnacím vozidle**

Druh zařízení	EVC, z hlediska rádiových přenosů se předpokládá osazení 2x rádiový modul dle specifikace MT2 pro ETCS
Typy HV	Standardní provoz: většina novějších vozidel jezdících na koridorech
Rozhraní	Směrem k rádiovým modulům RS422
Počet vozidel	Standardní provoz: několik stovek

**Informační systém - centrální část**

Název aplikace	Radiobloková centrála RBC (Radio Block Centre)
----------------	--

**Charakteristika přenosů**

Přenosy o objemu v kB	
-----------------------	--

**Požadavky na kvalitu a dostupnost datové komunikace**

Potvrzení příjmu	ANO
Kryptování	ANO
Doba doručení ihned / s / min / hod	jednotky sekund

**Protokol spojení**

TCP / UDP	HDLC, v budoucnu po implementaci GPRS snad TCP/IP
<b>Použitelné přenosové technologie</b>	
SMS	NE
CSD	ANO
GPRS	ANO
BWA – omez. pokrytí (uzl. stanice, DKV)	NE

- zařízení pro zvýšení bezpečnosti na vedlejších tratích

### **Aplikace: Zařízení pro zvýšení bezpečnosti na vedlejších tratích**

<b>Využití – smysl aplikace</b>		Zvýšit bezpečnost na vedlejších tratích pomocí zabezpečovacího zařízení zprostředkujícího přenos povolení k jízdě na hnací vozidlo pomocí sítě veřejného operátora GSM a technologie GPRS.
<b>Aplikace určena pro</b>		<input type="checkbox"/> Vlastníka dráhy <input checked="" type="checkbox"/> Provozovatele dráhy <input checked="" type="checkbox"/> Provozovatele drážní dopravy
<b>Funkce aplikace</b>		Radiobloková centrála prostřednictvím zabezpečených datových přenosů předává vedoucímu drážnímu vozidlu (VDV) povolení k jízdě a posunu. Strojvedoucí VDV je přijme a během jízdy pomocí zmíněných datových přenosů sděluje centrále informace o využití povolení k jízdě (odhláška, změna modu jízdy).
<b>Zařízení na hnacím vozidle</b>	Druh zařízení Typy HV Rozhraní Počet vozidel	RBV Převážně 809,810 a jednotky 814(914) směrem k přenosovému zařízení RS485 V řádu desítek
<b>Informační systém - centrální část</b>	Název aplikace Komunikace probíhá přes síť, formou ... Počet komunikujících zařízení (PC) s HV	Radiobloková centrála RBC VPN veřejného operátora GSM, služba GPRS Jednotky RBC, vždy pro konkrétní traťové úseky. Jedno RBC maximálně se 16 RBV.
<b>Charakteristika přenosů</b>	Přenosy o objemu v kB Periodicita přenosů Požadavek na přenos generuje - IS / HV Po jaké akci se požaduje přenos	V rámci jediné relace max. 1.5 kB, průměrně do 0,5 kB. Relace se skládá z 6-8 vzájemně vyměněných zpráv. Přenosy jsou při každém dopravním úkonu vlaku (při přihlášení, odjezdech z koncových stanic, při křížování a posunech ve stanicích). Na jeden dopravní úkon se spotřebují průměrně 2 relace. Hustota dopravních úkonů průměrně každých 8-15 min. na jedno VDV, přičemž dopravní úkony a tedy i přenosové relace nejsou rozloženy rovnoměrně ani v rámci přenosů z jednoho VDV, ani v rámci přenosů z různých VDV uvnitř jedné RBC. Oba s tím, že RBC je master (HV vyzve RBC ke komunikaci)
<b>Požadavky na kvalitu a dostupnost datové komunikace</b>	Potvrzení příjmu Kryptování Doba doručení ihned / s / min / hod	Ano Ano jednotky sekund
<b>Protokol spojení</b>	TCP / UDP	TCP
<b>Použitelné přenosové technologie</b>	SMS CSD GPRS BWA – omez. pokrytí (uzl. stanice, DKV)	Ne Ne Ano Ne

- Přenosy dat z mobilních zařízení používaných zaměstnanci
  - personálem vlaku

#### **Aplikace pro POP (přenosná osobní pokladna)**

<b>Využití – smysl aplikace</b>	Sběr dat, aktualizace a jejich výměna dat s centrální částí systému (prodej jízdenek a služeb v osobní dopravě)	
<b>Aplikace určena pro</b>	<input type="checkbox"/> Vlastníka dráhy <input type="checkbox"/> Provozovatele dráhy <input checked="" type="checkbox"/> Provozovatele drážní dopravy	
<b>Funkce aplikace</b>	On-line informace od/pro vlakový personál: - aktualizace white listů – In-karta - aktualizace black listů – In-karta - zamezení úniku tržeb, - zvýšení komfortu	
<b>Mobilní zařízení</b>	Druh zařízení	POP nutno doplnit vhodným komunikačním rozhraním či zařízením
	Typy	
	Rozhraní	Sériový port, Dle typu IrDA, Bluetooth
	Počet	>1500
<b>Informační systém - centrální část</b>	Název aplikace	
	Komunikace probíhá přes síť, formou ...	
	Počet komunikujících zařízení (PC) s HV	Centrální server
<b>Charakteristika přenosů</b>	Přenosy o objemu v kB	Desítky až stovky kB denně na jeden POP
	Periodicita přenosů	Denně, případně několikrát denně, budou-li v dosahu vhodné sítě
	Požadavek na přenos generuje – IS / HV	POP
	Po jaké akci se požaduje přenos	Vyvolání přenosu na pokyn obsluhy POP
<b>Požadavky na kvalitu a dostupnost datové komunikace</b>	Potvrzení příjmu	Ano
	Kryptování	Ano
	Doba doručení ihned / s / min / hod	Minuty
<b>Použitelné přenosové technologie</b>	SMS	Ne
	CSD	Ne
	GPRS	Ano
	BWA	Ano

- personálem stanice

U této skupiny aplikací v tuto chvíli neexistuje popis jednotlivých aplikací a jejich komunikačních potřeb. Z důvodu obecného přehledu však nelze tuto kategorii opominout. V zahraničí existuje několik pilotních projektů, které ukazují smysluplnost těchto řešení.

- personálem na trati

Poměrně reálně si lze představit nasazení odolných přístrojů u servisních pracovníků na trati. Kromě dokonalé informace o poloze těchto pracovníků, době strávené při servisní činnosti na jednotlivých prvcích sítě či přesné lokalizaci problematických

míst vyžadujících následný servis mohou tato řešení pomoci i ke zvýšení bezpečnosti zaměstnanců a evidenci reálných pracovních výkonů.

- Přenosy dat z jiných mobilních objektů
  - sledování polohy zásilky

### **Aplikace: POVOZ – Sledování polohy vozu, zásilky, kontejneru**

<b>Využití – smysl aplikace</b>		Jednotka POVOZ je umístěna na sledovaném objektu a odesílá data o aktuální poloze zjištěné GPS přijímačem do stacionární části. Některé jednotky mohou být vybaveny klávesnicí, pomocí které může obsluha zadat doplňkové údaje týkající se sledovaného objektu. Jiný typ jednotek může být určen k montáži na stěny vozů či kontejnerů, musí být takřka bezúdržbové, ale tato řešení mohou z důvodu úspory energie vysílat data jen např. 2x denně a nejsou vybaveny klávesnicí.
<b>Aplikace určena pro</b>		<input type="checkbox"/> Vlastníka dráhy <input type="checkbox"/> Provozovatele dráhy <input checked="" type="checkbox"/> Provozovatele drážní dopravy
<b>Funkce aplikace</b>		Odesílání GPS souřadnice, údaje o čase. Možnost odesílat další údaje o sledovaném objektu vložené klávesnicí.
<b>Zařízení na hnacím vozidle</b>	Druh zařízení	jednotka POVOZ
(	Typy HV	Řešení na bázi jednočipového procesoru
	Rozhraní	GPS, GPRS, klávesnice
	Počet vozidel	
	Dodavatel zařízení	
<b>Informační systém - centrální část</b>	Název aplikace	POVOZ – stacionární část
	Komunikace probíhá přes síť, formou ...	
	Počet komunikujících zařízení (PC) s HV	Centrální serverové řešení
<b>Charakteristika přenosů</b>	Přenosy o objemu v kB	1 UDP paket cca 100 B, objem závisí na četnosti odesílaných zpráv
	Periodicita přenosů	Nastavitelná $\geq 1$ s
	Požadavek na přenos generuje – IS / HV	Jednotka POVOZ
	Po jaké akci se požaduje přenos	Vypršení časového intervalu nebo na základě pokynu obsluhy.
<b>Požadavky na kvalitu a dostupnost datové komunikace</b>	Potvrzení příjmu	NE pro údaje o poloze, ANO pro údaje zadané přes klávesnici
	Kryptování	ANO
	Doba doručení ihned / s / min / hod	Jednotky sekund
<b>Použitelné přenosové technologie</b>	SMS	NE
	CSD	NE
	GPRS	ANO
	BWA	Nyní NE



## 5 Zhodnocení typových příkladů

### 5.1 Doba a rychlost přenosu dat

Z výše uvedeného přehledu požadavků aplikací je zřejmé, že požadavky jednotlivých aplikací se různí a hlavně, že v této chvíli lze jen těžce kvalifikovaně odhadnout počet mobilních objektů (kolejových vozidel, personálu atd.) či stacionárních objektů, které budou komunikovat prostřednictvím ŽBPS.

Můžeme však konstatovat, že sítě typu GSM s technologií GPRS či EDGE nebudou schopny zajistit dostatečné přenosové pásmo pro některé z uvedených aplikací. Pokud nebudou k dispozici širokopásmová řešení (ať už veřejných operátorů či speciálně vybudovaných sítí pro železniční potřeby), nebude možné buď vůbec tyto aplikace nasadit, nebo jen s velice limitovaným použitím. Jde zejména o aplikace přenášející obrazovou informaci či velké objemy dat (například při změnách jízdních řádů).

Z hlediska času potřebného na přenos dat lze aplikace rozdělit takto:

- aplikace s prioritním přenosem dat (mají vztah k přenosům dat pro účely zabezpečení a řízení provozu),
- aplikace s přenosy dat v reálném čase (přenos dat se uskuteční, jakmile je přenosová síť schopna přenos těchto dat realizovat),
- aplikace vyžadující dávkové přenosy dat (v určitém období řádu minut, hodin či dní dle charakteru aplikace), přenosy mohou být odloženy na dobu, kdy jsou přenosové sítě méně zatíženy přenosy dat v reálném čase nebo jsou veřejné sítě méně využity ostatními uživateli a je tak k dispozici větší přenosové pásmo,
- aplikace využívající jen volnou přenosovou kapacitu po uspokojení všech výše uvedených potřeb.

Návrh vhodného principu přidělování kapacity v úzkopásmových sítích však není triviální a obecně by bylo vhodné zajistit dostupnost širokopásmových sítí minimálně v místech vysoké koncentrace mobilních objektů a prostřednictvím těchto širokopásmových sítí realizovat kapacitně náročné přenosy dat a kapacitu

úzkopásmových sítí rozumně využít pro potřeby těch aplikací, které vyžadují dobré pokrytí signálem sítí a přenáší velké objemy dat.

## 5.2 Požadavky na zabezpečení přenosů

Při návrhu vhodného technického řešení přenosu dat prostřednictvím bezdrátových sítí je třeba vždy připustit situaci, kdy dojde k přerušení spojení nebo spojení nebude vůbec možné navázat například z důvodu nedostupnosti sítě nebo jejího rušení.

Základní bezpečnostní požadavky je možné definovat takto:

- zamezit navázání spojení s jinými objekty, které koncept ŽBPS nebo požadavky aplikací jasně nepřipouští (ať už směrem z ŽBPS nebo do ŽBPS),
- možnost/nutnost šifrování vybrané komunikace,
- dále je vhodné při návrhu technického řešení dát pozor i na to, aby přenosy v síti nemohly být ať už záměrně či chybou v realizaci ohroženy útoky typu DoS a DDoS.

Šifrování přenosů dat je možné řešit některými či kombinacemi z těchto možností:

- šifrování veškerých přenosů dat v ŽBPS (nelze komplexně realizovat, neboť některá již instalovaná zařízení toto neumožňují),
- šifrování veškerých přenosů dat v ŽBPS s konkrétními typy komunikačních jednotek (může zbytečně navýšit režii komunikace, neboť se uplatní i pro přenosy těch informací, které již budou samy šifrovány nebo jejich šifrování nebude potřeba – například informace pro cestující, přenosy obrazových informací atd.),
- šifrování vybraných přenosů dat v ŽBPS komunikačními jednotkami (toto řešení je zajímavé tím, že aplikace samy o sobě se nezabývají šifrováním dat a režii spojenou s vytvářením šifrovaných kanálů/tunelů, kterou zajišťují komunikační jednotky),
- šifrování vybraných přenosů dat v ŽBPS přímo jednotlivými aplikacemi (toto řešení umožňuje nejvyšší míru zabezpečení konkrétních přenosů dat vybranými aplikacemi, jeho výhodou je i to, že zabezpečení jednotlivých aplikací může být různé a na úrovni provozovatele sítě nelze tuto komunikaci dešifrovat).

Obecně se mohou lišit požadavky jednotlivých subjektů na způsoby zabezpečení a nelze předem vyloučit, že právě důvod, že komunikační infrastruktura je sdílená pro všechny tyto subjekty, bude sám o sobě dostatečným faktem pro požadavek šifrování přenosů na úrovni konkrétních aplikací.

Lze očekávat, že ŽBPS bude dále využívána aplikacemi pro:

- správce infrastruktury,
- provozovatele dráhy,
- provozovatele drážní dopravy (dopravce),
- OCÚ, DKV, servisní partneři, výrobci kolejových vozidel a zařízení na kolejových vozidlech,
- ostatní subjekty – IDS, objednatelé osobní přepravy atd.

### **5.3 Technické požadavky vyplývající z charakteru železniční dopravy**

Při návrhu technického řešení je třeba také uvažovat specifické požadavky vyplývající z charakteru mobilních objektů v prostředí železniční dopravy.

Mezi tato specifika lze řadit:

- rychlost pohybu mobilních objektů:
  - nejvyšší traťová rychlost na koridorech pro soupravy s naklápačcí skříní,
  - konstrukční rychlost jednotek ř. 680 Pendolino,
  - relativně malé traťové rychlosti na vedlejších tratích a s tím související nejvyšší provozní rychlost jednotek,
- zisk a umístění antén dle konkrétní oblasti nasazení:
  - v případě kolejových vozidel bodu na střeše vozidla umístěny externí antény, pro některé druhy sítí možnost zlepšení podmínek rozdělením přijímací a vysílací antény,
  - z hlediska pohybujícího se personálu či stacionárních objektů se situace s útlumem prostředí může výrazně lišit v prostředích:
    - outdoor,
    - indoor,

- uvnitř kolejových vozidel – nejvyšší útlum mají moderní osobní vozy s pokovenými okny,
- poloha tratí (zejména v kopcovitých terénech jsou tratě často vedeny zářezy a případně tunely, nutno uvažovat při návrhu řešení s omezenou dostupností sítí v těchto terénech nebo je nutné zajistit takovou bezdrátovou infrastrukturu, která zajistí pokrytí i těchto problematických partií),
- bezdrátové řešení musí být odolné vůči rušení působenému provozem elektrické trakce.

## 5.4 Přenosové sítě

Realizace požadavků může být řešena prostřednictvím jedné či více přenosových sítí. V následujících odstavcích je provedena jedna z možných kategorizací přenosových sítí podle šířky pásma a pokrytí (dostupností služeb z pohledu místa) jednotlivých sítí. Každopádně je nezbytné uvažovat o řešení, které bude schopné zajistit bezdrátové přenosy dat pro řádově více než 10 různých aplikací s řádově tisíci mobilními objekty.

### 5.4.1 Služby s omezenou šířkou pásma a omezeným pokrytím

Úzkopásmové služby založené na síti GSM-R s přenosy dat technologií CSD a po rozšíření sítě i technologií GPRS jsou určeny zejména pro potřeby systémů zabezpečovacích, případně systémů zvyšujících bezpečnost, či systémů technologických (telemetrie a přenos povelů) nebo k přenášení stavových informací o vlaku (poloha, ID strojvedoucího atd.).

Důvodem omezeného použití je zejména limitovaná přenosová kapacita sítě GSM-R a primární použití této sítě pro přenos hovorů a pro zajištění přenosů dat pro technologii ETCS dle specifikace EIRENE. Síti GSM-R jsou přidělena frekvenční pásma pro uplink a pro downlink.

Jednotlivé kmitočty mají odstup 200 kHz. Na každé frekvenci je pomocí časového dělení (TDMA) vytvořeno 8 komunikačních kanálů:

**1 frekvence = 1 TDMA = 8 kanálů.**

Standardně jsou 2 kanály využity pro signalizaci a zbylých 6 kanálů slouží pro hovory či přenosy dat. Na instalované části sítě GSM-R je pro každou BTS použita 1 frekvence pro TDMA. Řešení je možné rozšířit o druhou frekvenci, přičemž u druhé může být použito všech 8 kanálů pro hovory a přenosy dat.

#### **5.4.2 Služby s omezenou šířkou pásma a rozsáhlým pokrytím**

Úzkopásmové služby založené na využití datových služeb sítí GSM-P, tj. na technologii GPRS a její vylepšené verze EDGE, mohou být využívány pro potřeby systémů zvyšujících bezpečnost, případně pro potřeby různých provozních aplikací nebo pro přenosy dat pro potřeby informačních zařízení pro cestující.

Jak už bylo naznačeno v předchozím textu, při pohybu mobilních objektů v kopcovitých a neobydlených terénech je nutné počítat s nedostupností služeb provozovaných veřejnými operátory. Problém je řešitelný výstavbou vlastní bezdrátové sítě, nebo částečně zlepšit dostupnost služeb umožněním roamingu SIM karet v GSM sítích mezi více operátory.

V této souvislosti je třeba si také uvědomit, že sítě veřejných operátorů mohou:

- mít výpadek (z důvodů poruchy nebo dlouhodobého výpadku napájení – po vybití záložních baterií),
- být vypnuty v případě rizika teroristických útoků,
- být přetíženy v určitých případech, kdy počet uživatelů služby výrazně převyšuje běžný provoz (kalamitní stavy, vyšší moc, nehody atd.).

Z výše uvedeného vyplývá, že tyto sítě při zásahu vyšší moci nejsou příliš stabilní. Je vhodné zvážit, zda by nebylo možné dosáhnout jednáním s operátory zařazení některých služeb pro železniční provoz do vyšší kategorie služeb s přednostním přístupem k síti.

#### **5.4.3 Širokopásmové služby**

Širokopásmové služby veřejných operátorů, tzv. BWA lze využít pro přenosy větších objemů dat pro přenosy různých konfiguračních informací, ucelených jízdních řádů, informací o dopravních a jiných situacích atd. Prostřednictvím těchto sítí mohou být rovněž přenášeny záznamy z různých kamerových systémů umístěných na mobilních objektech. Služby BWA jsou vhodné i pro potřeby přenosů dat pro různá informační

zařízení pro cestující, a to včetně přenosů multimediálních obsahů, případně pro přístup cestujících ke službám sítě internet.

Zvláštní kategorii tvoří sítě BWA, které mohou být pro tyto účely zřizovány v depech, významných stanicích nebo případně vystavěny pro liniové pokrytí vybraných tratí.

#### **5.4.4 Speciální služby**

Jako speciální služby jsou na tomto místě uvedeny služby, které jsou zabezpečovány prostřednictvím speciálních telekomunikačních sítí, např. satelitních, případně pomocí speciálních telekomunikačních prostředků. Záměrem kombinace přenosových sítí uvedených v předchozích bodech se speciálními sítěmi je docílit extrémní spolehlivosti a možnosti zálohovat služby, které mají rozhodující vliv zejména na bezpečnost dopravy (pozn. sítě GSM-R se považují za bezpečné, neboť jde o sítě s garantovaným pokrytím všech bodů na trati z několika BTS).

Spolehlivost a dostupnost sítí lze zvýšit zálohováním, které využívá satelitní datové komunikace. Ke stejnému účelu, tj. ke spolehlivému odeslání krátkého povelu jsou však využitelné i speciální systémy pro pozemní komunikace, které pracují celoplošně na různých frekvencích kmitočtového spektra, využívají vícestavových způsobů modulace, jsou odolné vůči různým druhům rušení, využívají poměrně dokonalého šifrování, které zabezpečuje vysokou imunitu vůči zneužití, a dalších technických prvků zabezpečení přenosu. Příkladem takové sítě může být například síť pro rozhlasové vysílání.

## Závěr

Uvedená práce si klade za cíl shrnout a analyzovat požadavky aplikací na bezdrátový přenos dat v souvislosti s provozováním dráhy a drážní dopravy v ČR v souvislosti a návazností na Průmysl 4.0 na našem území.

Již dnes Průmysl 4.0 a jeho výzvy ovlivňují výrobní sektor v mnoha odvětvích. Přípravenost a znalostní základna pro jeho kompletní využití je ovšem velmi nízká. V této práci byl prokázán nástup a potřeby nových technologií v oblastech nejen průmyslu a dopad technologií na společnost jako celek.

Je důležité se především zamyslet nad komplexními přínosy, které nám tato příležitost a iniciativa otevírá a nenahlížet na Průmysl 4.0 negativním objektivem. V praktické části je uvedena připravenost železničního prostředí na tyto výzvy.

Aplikace železniční dopravy jsou analyzovány zejména s ohledem na zjištění četnosti, bezpečnosti a objemů přenášených dat.

Práce se detailně nevěnuje jen přenosům dat mezi hnacími vozidly (vlaky) a centrálními informačními systémy, ale nastiňuje i další možnosti využití bezdrátových technologií pro racionalizaci činností v železniční dopravě.

Přestože u mnoha aplikací nejsou uvedeny představy o rozsahu jejich implementace (tedy počtu instalovaných zařízení na vozidlech či počtech zařízení používaných zaměstnanci při výkonu pracovní činnosti atd.), lze předpokládat rapidní nárůst objemů dat přenášených v ŽBPS.

Předložená práce je obecným souhrnem pro řešení dalších projektů, které se budou zabývat komplexním návrhem řešení transparentní datové komunikace na železnici.

Jsem přesvědčen, že cíl práce s akcentem na platformu Průmysl 4.0 v železničním prostředí byl naplněn a předkládá objektivní přínosy.

## Seznam zdrojů

- [1] GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. Praha: VŠCHT, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [2] KVIZDA, Martin a kol. *Železnice a evropská dopravní politika – Ideje, strategie, nástroje a jejich aplikace*. Brno: MU, 2018. ISBN 978-80-210-9100-9.
- [3] MAŘÍK, Vladimír a kol. Národní iniciativa Průmysl 4.0. *Konfederace zaměstnavatelských a podnikatelských svazů 2016* [online]. Praha: Svaz průmyslu a dopravy ČR, © 2021 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <http://kzps.cz/wp-content/uploads/2016/02/kzps-cr.pdf>.
- [4] ČIČVÁKOVÁ, Michala. Část 1: Průmysl 4.0 a jeho vliv na svět práce. *Národní ústav pro vzdělávání* [online]. Praha: NÚV, © 2021 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/vystupy/cast-1-prumysl-4-0-a-jeho-vliv-na-svet-prace>.
- [5] IoT jako služba (IoTaaS) | IoTPort. Propojujeme firmy a lidi se zájmem v internetu věcí | IoTPort [online]. Praha: České Radiokomunikace, © 2021 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/iot-novinky/ostatni-clanky-o-iot/iot-jako-sluzba-iotaas>.
- [6] Implementace a rozvoj sítí 5G v České republice – Cesta k digitální ekonomice. Praha: MPO ČR, © 2021 [cit. 2021-03-28]. 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/](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/).
- [7] Člověk a stroj – Metodická příručka. *Docplayer.cz* [online]. Praha: ČMKOS, © 2021 [cit. 2021-04-30]. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/68004472-Clovek-a-stroj-kolektiv-autoru-metodicka-prirucka.html>.
- [8] IWEC Foundation &#8211; International Women&#039;s Entrepreneurial Challenge. *IWECFoundation.org* [online]. New Your (USA): IWEC Foundation, © 2018 [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.iwecfoundation.org/wp-content/uploads/2019/07/IoT-e1562854473735.png>.



- [9] *Where 5G technology has been deployed* [online]. 2021 [cit. 2021-04-03].  
Dostupné z: <https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/23194.jpeg>.

## Seznam grafických objektů

Obr. 2.1	Schéma konceptu Průmysl 4.0.....	17
Obr. 2.2	Internet věcí .....	24
Obr. 2.3	Realizace a nasazení 5G technologií .....	33
Obr. 3.1	Železniční bezdrátová přenosová síť – datový tok .....	34
Obr. 4.1	Obecné schéma Železniční bezdrátové přenosové sítě.....	42

## Seznam zkratek

API	Application Programming Interface
BTS	Base Transceiver Station
BWA	Broadband Wireless Access
CSD	Circuit Switched Data
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
DDoS	Distributed denial of service
DKV	Depo kolejových vozidel
DoS	Denial of service
EIRENE	European Integrated Railway radio Enhanced Network
EJŘ	Elektronický jízdní řád
ETCS	European Train Control System
EU	Evropská unie
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication
GSM-P	GSM Public
GSM-R	GSM for Railways
GTN	Graficko-technologická nadstavba
HV	Hnací vozidlo
IDS	Integrovaný dopravní systém
IIoT	Industrial Internet of Things
IoT	Internet of Things
IoTaaS	Internet of Things as a Service

MDČR	Ministerstvo dopravy České republiky
MHD	Městská hromadná doprava
MUV	Motorové univerzální vozidlo
MVTV	Montážní vůz trakčního vedení
NAT	Network Address Translation
OCP	Oblastní centrum provozu
OCÚ	Oblastní centrum údržby
POP	Přenosná osobní pokladna
RBC	Radio Block Centre
RFID	Radio Frequency Identification
SaaS	Software as a Service
SCP	Service Control Point
SMS	Short message service
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
VDV	Vedoucí drážní vozidlo
ŽBPS	Železniční bezdrátová přenosová síť

<b>Autor BP</b>	<b>Lukáš Hůlka</b>
<b>Název BP</b>	<b>Bezdrátová komunikace v procesech železniční dopravy</b>
<b>Studijní obor</b>	<b>IPL</b>
<b>Rok obhajoby BP</b>	<b>2021</b>
<b>Počet stran</b>	46
<b>Počet příloh</b>	0
<b>Vedoucí BP</b>	<b>doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym</b>
<b>Anotace</b>	Na základě vyhodnocení aplikačního potenciálu moderních bezdrátových komunikačních systémů ukázat na typových příkladech možnosti jejich využití jak v rámci komunikace vlakové soupravy, tak i v komunikaci s traťovou infrastrukturou.
<b>Klíčová slova</b>	dopravní soustava, dopravní logistika, železniční doprava, Internet věcí, Průmysl 4.0, informatika, telematika
<b>Místo uložení</b>	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
<b>Signatura</b>	