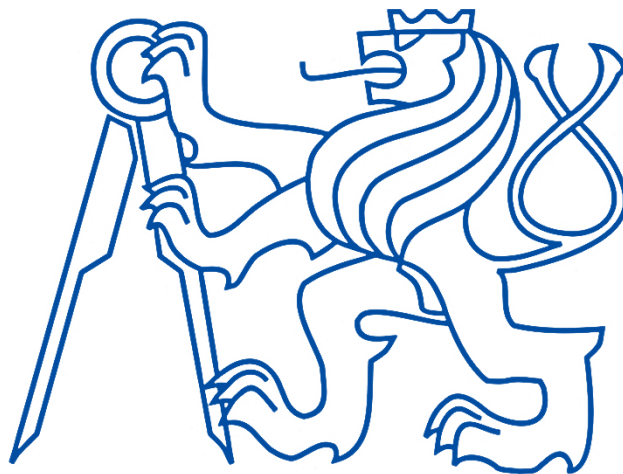


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní

Ústav dopravní telematiky

Obor: Provoz a řízení letecké dopravy

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích



**Návrh systémové architektury inteligentního
vozu v nákladní železniční dopravě**

Systems architecture for the intelligent cargo train car

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala: Bc. Irena Valášková

Vedoucí práce: Ing. Petr Bureš, Ph.D.

Rok: 2016



K620..... Ústav dopravní telematiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Irena Valášková

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Návrh systémové architektury inteligentního vozu
v nákladní železniční dopravě**

Název tématu (anglicky): System Architecture for the Intelligent Cargo Train Car

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Analýza "state of the art" ICT a jejich využití v nákladní dopravě
- Obecný návrh logické architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě
- Analýza potřeb a požadavků uživatelů
- Návrh funkční a fyzické architektury
- Zhodnocení možností realizace / navržení optimálního řešení

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: PŘIBYL, Pavel a SVÍTEK, Miroslav: Inteligentní dopravní systémy. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2001, 543 s. ISBN 80-7300-029-6.

MARK W. MAIER, Mark W. Eberhardt Rechten: The art of systems architecting. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. ISBN 9781420079135.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Bureš, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

24. července 2015

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce:

1. června 2016

a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia

b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Irena Valášková
jméno a podpis studenta


V Praze dne24. července 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.


Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne: 1.6.2016


.....
Jméno a Příjmení

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu Ing. Petrovi Burešovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval. Dále považuji za nezbytné poděkovat panu Ing. Juliu Přenosilovi, řediteli odboru procesního inženýringu společnosti ČD Cargo, a.s., panu Ing. Zdeňku Štěpánkovi, řediteli odboru údržby a oprav kolejových vozidel společnosti ČD Cargo, a.s. a panu Bc. Václavu Nebeskému za jejich rady, ochotnou pomoc a poskytnutí informací, bez kterých by tato diplomová práce nemohla vzniknout.


.....
Jméno a Příjmení

Název práce:

Návrh systémové architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě

Autor: Bc. Irena Valášková

Obor: Provoz a řízení letecké dopravy

Druh práce: Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Petr Bureš, Ph.D.

Ústav dopravní telematiky, Fakulta dopravní, České vysoké učení technické v Praze

Abstrakt: Předmětem této diplomové práce je navrhnout systémovou architekturu inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě. Součástí práce je důkladná analýza informačních a komunikačních technologií a analýza současných procesů s vozy ve vazbě na identifikované technologie. Na tomto základě je navrhována systémová architektura, implementovaná do prostředí největšího dopravce v oblasti nákladní železniční dopravy a současně držitele největšího počtu nákladních železničních vozů v České republice, společnosti ČD Cargo, a.s.

Klíčová slova: systémová architektura, nákladní železniční doprava, nákladní železniční vozy, informační a komunikační technologie, procesy s vozy, logická architektura, fyzická architektura

Title:

System Architecture for the Intelligent Cargo Train Car

Author: Bc. Irena Valášková

Abstract: The subject of this thesis is to design the systems architecture for the intelligent cargo train car. The thesis includes a thorough analysis of information and communication technologies and analysis of current processes with vehicles identified in relation to technologies. On this basis system architecture is designed, implemented into the biggest carrier in rail freight transport and also the holder of the greatest number of freight railcars in the Czech Republic, ČD Cargo, Joint Stock Company.

Key words: system architecture, rail freight transport, railroad freight train cars, information and communication technologies, processes with train cars, logical architecture, physical architecture

Obsah

Úvod	3
1 Analýza dostupných technologií a jejich využití pro nákladní železniční vozy	5
1.1 Snímání	7
1.1.1 GNSS (Global Navigation Satellite System) – snímání polohy.....	7
1.1.2 Akcelerometr.....	10
1.2 Identifikace	12
1.2.1 RFID (Radio Frequency Identificator).....	12
1.3 Montáž.....	16
1.3.1 Šroubové spoje.....	16
1.3.2 Lepené spoje	17
1.3.3 Magnetické spoje	18
1.4 Přenos dat.....	19
1.4.1 GSM (Global System for Mobile Communications)	19
1.4.2 Internet věcí (Internet of Things, IoT).....	20
1.4.3 Wi-Fi.....	22
1.5 Napájení.....	23
1.5.1 Chemické zdroje – galvanické články	23
1.6 Zobrazení.....	24
1.6.1 Monitor počítače.....	24
1.6.2 Chytrá zařízení	25
1.7 Dílčí závěr.....	26
2 Návrh logické architektury.....	27
2.1 Architektura dopravního telematického systému	27
2.1.1 Logická architektura.....	28
2.2 Identifikace jednotlivých procesů ve vazbě na technologie	29
2.3 Technické procesy s vozy.....	31
2.3.1 Procesy z oblasti evidence a identifikace vozu	32
2.3.2 Procesy z oblasti údržby vozů a jejich komponent.....	35
2.3.3 Procesy z oblasti stavů a rizikových stavů	38

2.4	Návrh logické architektury inteligentního vozu	39
2.5	Dílčí závěr kapitoly	41
3	Analýza potřeb, požadavků a možných omezení	43
3.1	Právní předpisy a legislativa.....	43
3.1.1	<i>Předpisy právního charakteru</i>	<i>43</i>
3.1.2	<i>Předpisy technického a technologického charakteru.....</i>	<i>46</i>
3.2	Potřeby a požadavky uživatelů na návrh systému.....	47
3.2.1	<i>Funkční požadavky na návrh systému.....</i>	<i>47</i>
3.2.2	<i>Specifické požadavky vyplývající z provozního prostředí.....</i>	<i>48</i>
3.3	Dílčí závěr kapitoly	49
4	Návrh fyzické architektury	50
4.1	Fyzická architektura	50
4.2	Návrh fyzické architektury inteligentního vozu	51
4.2.1	<i>Subsystem vozidlové části.....</i>	<i>51</i>
4.2.2	<i>Subsystem komunikační části.....</i>	<i>55</i>
4.2.3	<i>Subsystem centrální části.....</i>	<i>58</i>
4.3	Dílčí závěr kapitoly	61
	Závěr	63
	Použitá literatura	65
	Seznam zkratk.....	68
	Seznam obrázků	71
	Seznam příloh.....	72

Úvod

Nákladní železniční vozy a v nich přepravované zboží velmi často absolvují dlouhou cestu, během níž není vždy úplně jasné, kde se nachází a jakým způsobem s ním je, anebo bylo zacházeno. V průběhu takovéto cesty může být vůz i náklad vystaven významným výkyvům teplot, nepřiměřeným vibracím či nejrůznějším nárazům, což jsou všechno faktory, které mohou poškodit samotný vůz, náklad nebo obojí. [1] Případně může také dojít k posunutí naloženého nákladu a jeho těžiště mimo původní umístění, což může samo o sobě způsobit velmi nebezpečné situace. V takovém případě je třeba náklad upravit a následně znovu upevnit, což znamená výrazné časové a finanční ztráty.

Tato problematika však poskytuje velký prostor pro nasazení moderních technologií, které umožňují detailně sledovat co, jak a kdy se s vozem, případně s jeho nákladem dělo a v případě, že jsou tyto informace dodávány v reálném čase, lze takovým situacím účinně předcházet a zefektivnit tak celý logistický proces.

Vybavovat nákladní železniční vozy inteligentními technologiemi je inovativní pohled na problematiku železniční dopravy, protože dosud byla veškerá pozornost věnována především hnacím vozidlům, vlakům, případně železničním vozům, které jsou určeny výhradně pro přepravu cestujících.

Práce si bere za cíl tuto problematiku důkladně popsat a dodat ucelený návrh systémové architektury inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě.

Aby byl návrh systémové architektury reálný a následně použitelný v praxi, je vhodné jej navrhnout v rámci již existujícího systémového prostředí v zavedené a fungující společnosti. Pro tyto účely byla zvolena společnost ČD Cargo, a.s. (ČD Cargo), jakožto největší dopravce v oblasti nákladní železniční dopravy a současně držitel největšího počtu nákladních železničních vozů v České republice.

Práce je rozdělena do čtyř kapitol, z nichž první obsahuje analýzu dostupných informačních a komunikačních technologií, které mohou být pro nákladní železniční dopravu, resp. nákladní železniční vozy, perspektivní. Vzhledem k potřebám této práce je provedená analýza dále rozšířena o analýzu možností montáže a napájení technologií v případě jejich umístění na nákladní železniční vozy.

Pro jejich efektivní porovnání mezi sebou, kapitola dále uvádí výhody a nevýhody s ohledem na specifické provozní prostředí nákladní železniční dopravy. K první kapitole se váže příloha A - Analýza dostupných technologií.

Ve druhé kapitole jsou zavedeny pojmy týkající se návrhu systémové architektury a zjednodušeně vysvětlen princip její tvorby. Jsou zde zanalyzovány procesy ve vazbě na technologie uvedené v první kapitole této práce a identifikovány silné procesy, které jsou následně detailně rozpracovány a popsány jejich jednotlivé kroky. Nejpodstatnější částí této kapitoly je pak samotný návrh logické architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě. K této kapitole se dále váže příloha B – Technické procesy a příloha C - Návrh logické architektury – detailní rozpracování.

Třetí kapitola je věnována analýze potřeb, požadavků a možných omezení návrhu systémové architektury inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě. Jsou zde analyzovány právní předpisy a legislativa, která se přímo vztahuje na zavádění inovativních postupů a technologií v rámci železniční dopravy a dále popsány postupy a omezení v případě jejich implementace. Další část kapitoly popisuje potřeby a požadavky na návrh architektury systému z pohledu uživatelů a závěr kapitoly je věnován definování konkrétních potřeb a požadavků z hlediska specifického provozního prostředí společnosti ČD Cargo.

Čtvrtá kapitola je věnována návrhu fyzické architektury systému inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě. Návrh je tvořen třemi subsystemy, které jsou zde podrobně popsány a rozkresleny a následně vysvětlen jejich význam, důležité prvky a datové toky. Celý návrh fyzické architektury vychází z jednotlivých výstupů předchozích kapitol této práce.

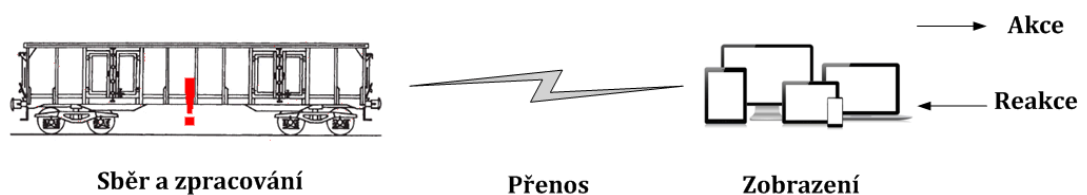
Pro přehlednost a lepší orientaci v textu práce je každá jednotlivá kapitola ukončena dílčím závěrem, který shrnuje její obsah a vyvozuje závěry, z kapitoly vyplývající.

1 Analýza dostupných technologií a jejich využití pro nákladní železniční vozy

Následující kapitola obsahuje analýzu dostupných informačních a komunikačních technologií (Information and Communication Technologies, ICT), které mohou být perspektivní pro železniční dopravu a pro jejich následné využití na nákladních železničních vozech.

Pomocí ICT je možné sbírat, zpracovávat, přenášet a následně využívat získané informace. Sběr a zpracování informací z jednotlivých nákladních železničních vozů jsou realizovány pomocí určitého zařízení pro snímání fyzikálních veličin. Informace jsou dále prostřednictvím komunikační technologie přeneseny do informačního systému, kde je umožněno zobrazení získaných informací a jejich následné využívání.

Schéma na obrázku č. 1 znázorňuje princip získání informace z nákladního železničního vozu a následné naložení se získanou informací.

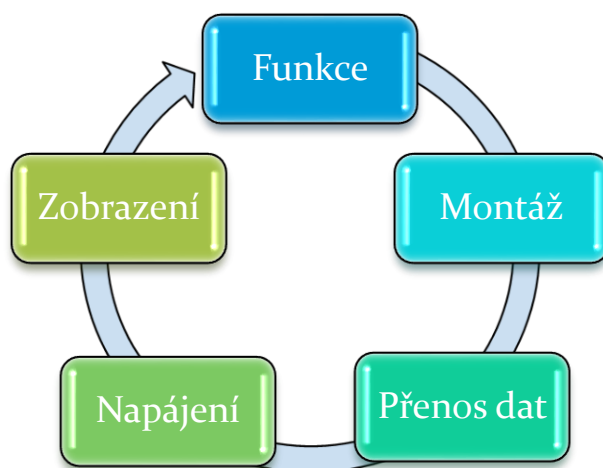


Obrázek č. 1: schéma získání informace a následného naložení se získanou informací

Nicméně, vybavit nákladní železniční vozy ICT je obecně velmi složitou záležitostí. Vozy a současně jimi přepravované zboží jsou vystavovány drsným provozním podmínkám, jako je neustálá přítomnost nečistot, prachu, vibrací, nárazů, velkých výkyvů teplot a působení dalších klimatických vlivů. [1] Na toto všechno je třeba při výběru technologie brát zřetel.

Dále je třeba zdůraznit, že toto nejsou jediné faktory, které jsou při výběru konkrétních ICT limitující. Mezi limitující faktory musíme nutně zahrnout také funkci samotných zařízení, dále pak možnosti přenosu dat, montáž jednotlivých zařízení na železniční vozy, nezbytné zajištění jejich napájení a v neposlední řadě také možnosti zobrazení informací a získaných dat.

Identifikované limitující faktory pak schematicky zobrazuje obrázek č. 2.



Obrázek č. 2: faktory limitující využití ICT na železničních nákladních vozech

Kapitola dále obsahuje analýzu dostupných ICT, které mohou být pro nákladní železniční dopravu, resp. nákladní železniční vozy, perspektivní. Vzhledem k výše uvedenému je tato analýza dále rozšířena o analýzu možností montáže a napájení ICT v případě jejich umístění na nákladní železniční vozy.

Aby bylo možné mezi sebou jednotlivé technologie efektivně porovnat (i když ne vždy je to zcela jednoznačné), jsou u všech uvedeny a definovány jejich výhody i nevýhody, s ohledem na specifické provozní prostředí.

Členění, jednotlivé technologie a prvky analýzy zobrazuje obrázek č. 3.

Snímání	Identifikace	Montáž	Napájení	Přenos	Zobrazení
GNSS (GPS) Akcelerometr Odometr Tenzometr Teplotní senzory Indukční senzory Optické senzory Magnetické senzory Ultrazvukové senzory Průtokoměry a hladinové sondy	RFID Čárové kódy Kamerové systémy a rozpoznání znaků OCR	Šroubové spoje Lepené spoje Magnetické spoje Svárové spoje Nýtové spoje Pájené spoje Závěs jističný zámek Stahovací pásy	Chemické zdroje Mechanické zdroje Tepelné zdroje Fotoelektrické zdroje Externí zdroje	GSM IoT WiFi GSM-R Bluetooth Kabel Paměťové médium	Monitor počítače Chytrá zařízení Multiaplikační terminál strojvedoucího I/O modul Další moderní chytrá zařízení (chytré hodinky, náramky, brýle, atd.)

Obrázek č. 3: členění a jednotlivé prvky analýzy

Členění tak, jak je uvedeno na obrázku č. 3 není zcela striktní a některé prvky by mohly být zařazeny do více kategorií.

Z důvodu velkého množství probíraných prvků, jsou v kapitole níže uvedeny pouze ty, se kterými se dále v tomto dokumentu pracuje. Na obrázku č. 3 jsou tyto prvky zvýrazněny černou barvou textu.

Ostatní prvky, které nejsou pro dále pro návrh systémové architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě použity, jsou uvedeny v příloze A: Analýza dostupných technologií. Na obrázku č. 3 jsou pak tyto prvky uvedeny šedou barvou textu.

1.1 Snímání

Následující část kapitoly obsahuje dílčí analýzu dostupných snímačů a senzorických prvků, které mohou být perspektivní a současně i využitelné pro jejich použití a umístění na nákladní železniční vozy.

1.1.1 GNSS (Global Navigation Satellite System) – snímání polohy

GNSS neboli globální družicový navigační systém slouží k určování polohy, za pomoci signálů vysílaných z družic, díky čemuž je možné autonomní prostorové určování polohy s celosvětovým pokrytím. Uživatelé systému používají malé elektronické rádiové přijímače, které na základě přijatých signálů družic umožňují vypočítat svou polohu s přesností na desítky až jednotky metrů.

V současné době existuje relativně velké množství funkčních či připravovaných systémů. Momentálně globálně plně funkční jsou dva systémy. Prvním je systém Navstar GPS (Global Positioning System) provozovaný americkou armádou a systém Glonass, který provozuje Ruská federace. Oba systémy jsou primárně vojenské, ale byly uvolněny ke komerčnímu použití za jistých omezení, zejména pak omezení v oblasti přesnosti.

Ve fázi vývoje jsou i další systémy, například evropský systém Galileo, čínský systém Compass (dříve Beidou, změna názvu na Compass proběhla ve chvíli, kdy bylo rozhodnuto o změně konceptu z regionálního navigačního systému na systém globální) nebo indický systém IRNSS (Indian Regional Navigational Satellite System).

Nejrozšířenější je systém GPS, díky čemuž vznikají další geostacionární podpůrné systémy na jeho zpřesňování. V Evropě je od roku 2009 plně funkční systém EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), který je prvním dokončeným projektem EU (European Union) v oblasti satelitní navigace a je zároveň předchůdcem projektu Galileo.

EGNOS formou diferenciálního signálu poskytuje korekce k signálu GPS pro území Evropy. Tyto korekce jsou důležité pro eliminaci chyb, jimiž jsou vysílané signály zatíženy. Zpracováním diferenciálního signálu v GNSS přijímači pak dochází ke zpřesňování určované polohy. Obdobným systémem je japonský

systém Quasi-Zenith Satellite System (QZSS), který má sloužit stejným účelům jako systém EGNOS, jen pro specifické území Japonska. [2]

Vzhledem k tomu, že nejrozšířenějším systémem je systém GPS a je k němu lehce dostupný největší sortiment hardwarového vybavení, bude se následující popis věnovat výhradně tomuto systému.

Princip a technické parametry

Systém GPS poskytuje dva typy služeb. První službou je PPS (Precise Positioning Service), která je poskytována primárně pro potřeby armády USA (příp. jejich spojenců). Druhou službou je SPS (Standard Positioning Service), která je původně navržena a poskytována bezplatně pro civilní uživatele. Nicméně ve srovnání s PPS je určování polohy méně přesné.

GPS družice vysílají fázově modulovanou binární sekvenci pomocí dvou nosných vln. První nosná vlna s označením L1 je vysílána s frekvencí 1575,42 MHz a druhá nosná vlna s označením L2 je vysílána s frekvencí 1227,60 MHz. Každá družice vysílá pseudonáhodné kódy (Pseudo Random Noise, PRN), které jsou pro ni unikátní a díky kterým je umožněna její jednoznačná identifikace.

Pseudonáhodný C/A (Coarse/Acquisition) kód s frekvencí 1,023 MHz je vysílán na nosné vlně L1. Tento kód není nijak šifrován, čímž je jeho příjem umožněn pro jeho civilní užití. Určení horizontální přesnosti s využitím C/A kódu se pohybuje v řádu jednotek metrů. Díky C/A kódu je možné přečíst navigační zprávu a je dále nezbytný pro rychlou orientaci v P (Precision) kódu. Pseudonáhodný P kód s frekvencí 10.23 MHz se vysílá na obou nosných vlnách a je určen pro autorizované uživatele. Pseudonáhodné kódy slouží pro modulaci nosné vlny a tvoří výsledný GPS signál. [3]

Měření polohy je pak založeno na měření časového rozdílu mezi vyslaným signálem družice, jeho přijmutím v GPS přijímači a násobeným rychlostí světla, což dává vzdálenost mezi družicí a přijímačem. Nicméně vlastní hodiny přijímače nejsou velmi přesné, čímž je značně ovlivněna i spočítaná vzdálenost, která se nazývá pseudo-vzdáleností. Pro určení vlastní polohy v 3D prostoru je tedy nezbytné chybu přijímače eliminovat, což lze díky měření časového rozdílu a následnému vypočítání vzdálenosti mezi přijímačem a minimálně čtyřmi dalšími družicemi. [4]

Doba potřebná pro získání první polohy a spouštěcí módy

Z hlediska využití GPS v nákladní železniční dopravě je dalším podstatným parametrem doba získání první polohy po zapnutí přijímače, tzv. TTFF (Time

To First Fix). TTFF je tedy doba, kterou přijímač potřebuje k získání družicového signálu a načtení navigačních zpráv, potřebných k výpočtu prvního určení polohy.

Obvykle se definují tři spouštěcí módy:

- teplý start (Warm Start),
- horký start (Hot Start) a
- studený start (Cold Start).

TTFF závisí právě na spouštěcích módech s tím, že při studeném startu je TTFF nejdelší.

Mód teplého startu se dá také označit jako běžný start přijímače. Přijímač má ve své paměti platná data almanachu družic (obsahující méně přesná data o poloze jednotlivých družic), nedošlo ke změně jeho polohy o více než 100 Km a měl by mu být znám čas, což znamená, že přijímač byl v posledních třech dnech od startu aktivní. Almanach by neměl být starší než několik týdnů a v paměti by neměly být uloženy žádné data efemerid, tedy velmi přesná data polohy jednotlivých družic. Přijímač může sám předvídat, které družice jsou v dosahu, a automaticky aktualizuje data efemerid. TTFF pro teplý start typicky trvá do 45 sekund.

Mód horkého startu trvá typicky do 22 sekund. Musí být splněny podmínky teplého startu a poslední určení pozice proběhlo v posledních 2 hodinách. Dále GPS přijímač musí mít platná data efemerid pro minimálně 5 družic. V tomto módu může přijímač rychle identifikovat družice v dosahu a získat minimum dat pro určení pozice.

Mód studeného startu nastane ve chvíli, kdy nejsou splněny podmínky pro teplý a horký start. Typicky nastává při případech, kdy byl přijímač přivezen od výrobce, z opravy nebo byl přijímač resetován. Nastává však i v dalších případech, zejména pak byla-li poslední známá poloha přijímače vzdálená o více než 100 Km, v přijímači není udržovaná, není znám čas, nebo případy kdy je signál zastíněn zástavbou, listnatým porostem, atd. Nastane-li některá z těchto situací, přijímač pracuje s vnitřním seznamem družic a systematicky prohledává oblohu až do té chvíle než najde vhodné družice, obnoví čas a získá současný almanach. Studený start obvykle trvá v rozmezí od 2 do 4 minut. [5]

Výhody a nevýhody technologie GPS

Výhody:

- snadná instalace,

- nevyžaduje žádnou instalaci na dopravní cestu,
- obecně známý a rozšířený systém s dostupností komponent,
- pro potřeby sledování železničních vozů dostatečně přesná technologie,
- zjištění polohy vozu kdekoliv během jízdy i při odstavení bez nutnosti budování čtecích bran,
- součástí informace o poloze je i rychlost, směr pohybu a přesný čas události.

Nevýhody:

- nefunguje v tunelech, částečně ve velmi hlubokých údolích a místech s velmi hustou zástavbou,
- studený start může způsobit až několikaminutovou nefunkčnost, nebo nepřesnost v měření a získávání dat,
- funkčnost celého systému je závislá na provozovateli.

1.1.2 Akcelerometr

Akcelerometrem je možné detekovat dynamické pohybové jevy, jako jsou nárazy, prudké brzdění, příliš prudké průjezdy oblouky, nadměrné vibrace, mechanické rezonance a další podobné jevy.

Při umístění akcelerometru na nákladní železniční vůz je možné získat následující praktické informace:

- rozlišení zda je vůz v pohybu nebo v klidu,
- úroveň zrychlení a zpomalení vozu,
- horizontální nárazy, které je možné následně v několika stupních vyhodnocovat,
- vertikální rázy,
- boční přetížení např. při průjezdu přes výhybky, nebo přes jiné zakřivení tratě,
- vibrace vozu v místě upevnění snímače.

Princip činnosti akcelerometru spočívá v měření absolutního a relativního zrychlení. Absolutní měření měří zrychlení vůči zemi a relativní zrychlení pak měří zrychlení hmoty vůči pohybujícímu se předmětu. Uvnitř akcelerometru toto měření následně probíhá pomocí absolutních a relativních senzorů. Absolutní senzory využívají vztažný bod vytvořený uvnitř senzoru a poloha vůči tomuto senzoru se pak měří relativním senzorem umístěným uvnitř absolutního senzoru.

Akcelerometr se skládá z pevné základny, setrvačné hmoty a tlumení. Základna je pevně spojená s objektem a k základně je pružně uložena setrvačná hmota,

jejíž výchylka vůči základně je vyhodnocována. Tlumení je reprezentováno jak fyzickými tlumiči, tak např. prouděním vzduchu při pohybu hmoty.

Podle principu snímání se akcelerometry dělí na akcelerometry:

- piezoelektrické,
- piezoodporové (tenzometrické),
- tepelné,
- s využitím principu tunelování a
- kapacitní.

Akcelerometry se dále dají dělit také podle počtu os, ve kterých dochází ke snímání zrychlení. Rozlišují se akcelerometry jednoosé, dvouosé a tříosé. [6]

Piezoelektrické akcelerometry využívají piezoelektrický krystal, který může být buď přírodní, nebo keramický. Díky působení akcelerace se v krystalu generuje náboj úměrný mechanickému namáhání. Měření náboje v krystalu může probíhat buď přímo, a to pomocí externí elektroniky s vysokou vstupní impedancí, nebo častěji probíhá nepřímo, kdy vnitřní elektronika senzoru konvertuje náboj na napěťový výstup s nízkou impedancí. Piezoelektrický akcelerometr nemůže být použit pro měření frekvencí nižších než 0,1 Hz, tedy pro měření konstantního zrychlení. [7]

Piezoodporové akcelerometry využívají piezoodporový materiál a jeho prostřednictvím převádí vzniklou sílu na změnu odporu. V integrovaných piezoodporových akcelerometrech se využívá síť vyleptaných měřících můstků, zapojených ve Wheatstonově můstku. Tyto akcelerometry mají v porovnání s piezoelektrickými tu výhodu, že dokáží měřit i stálou, neměnnou akceleraci. V současné době nejvíce používaný princip v integrovaných akcelerometrech, je založen na použití pohybu či ohybu konzolového nosníku z piezoodporového křemíkového materiálu vlivem působícího zrychlení, kdy se v důsledku ohybu mění odpor, který je měřen a vyhodnocován. [8]

Tepelné akcelerometry pracují na principu přenosu tepla v plynu a snímání teploty v okolí zdroje tepla. Topné tělísko zahřívá okolní vzduch ve vzduchové komoře na konstantní definovanou teplotu, přičemž rozložení teploty v závislosti na vzdálenosti od topného tělíska je měřeno teplotními snímači. Teplotní snímače představují soustavu termočlánků (hliník/polykrystalický křemík) umístěných v pravidelných rozestupech. Celá soustava je umístěna do vyleptaného otvoru křemíkového substrátu. Tepelný akcelerometr neobsahuje žádné mechanické pohyblivé části či prvky, takže je velmi odolný proti zničení. [9]

Akcelerometry s využitím principu tunelování fungují na principu tunelovacího mikroskopu. Po přiblížení dvou těles, či atomů, na velmi blízkou vzdálenost, mezi nimi začne téct tunelovací proud. Velikost proudu je pak závislá na měřené vzdálenosti. Jedná se o extrémně citlivý senzor, schopný detekovat pohyb hmoty o 0,01nm.

Kapacitní akcelerometry fungují na principu využívajícím změnu kapacity v důsledku výchylky seismické hmoty. Kapacitní akcelerometry jsou konstruovány v mnoha provedeních. Nejčastěji používaným v dnešní době je hřebenové uspořádání, v němž jsou paralelně pospojované desítky až stovky diferenčních kapacitorů, z nichž část slouží jako budící (či testovací). Seismická hmota s pohyblivými elektrodami je upevněna na pružných závěsech, ve kterých při akceleraci dojde k ohybu oproti jejich rovnovážnému stavu. V porovnání s piezodoporovým akcelerometrem mají kapacitní akcelerometry větší citlivost i stabilitu. [7]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- snadné použití – jedná se o malou elektronickou součástku,
- lze jej umístit kdekoliv na objekt a nevyžaduje přímý kontakt s hnacím ústrojím nebo nápravou,
- minimální spotřeba energie.

Nevýhody:

- při umístění na nákladní železniční vůz je nutné striktně dodržovat danou polohu – orientaci vzhledem k osám akcelerometru a tato orientace musí být na všech vozech daného typu stejná,
- pro vyhodnocování hraničních hodnot je nutná precizní kalibrace na daný typ vozu.

1.2 Identifikace

Následující část kapitoly obsahuje dílčí analýzu dostupných prvků identifikace, které mohou být perspektivní a současně i využitelné pro použití a umístění na nákladní železniční vozy, případně i na jednotlivé komponenty vozu.

1.2.1 RFID (Radio Frequency Identifier)

RFID je metoda automatické identifikace založená na komunikaci mezi čtecím zařízením a identifikačním prvkem, neboli RFID tagem. Čtecí zařízení vyše

radiový signál a tag na něj odpoví vysláním svého identifikačního čísla, popřípadě tag odešle obsah své datové paměti. [10]

Na rozdíl od identifikace jiných prostředků automatizovaný sběr dat (např. na bázi čárových kódů nebo QR kódů), RFID nevyžaduje přímou viditelnost identifikovaného objektu a umožňuje identifikaci více objektů najednou a na větší vzdálenosti. Sběr dat pomocí RFID technologie je v řadě případů rychlejší a je možné sbírat či sdílet i dynamická data.

Čtecí zařízení a tag spolu mohou komunikovat na různých frekvencích, nejčastěji se jedná o následující frekvence:

- LF (Low Frequency), 125 KHz nebo 134 KHz,
- HF (High Frequency), 13,56 MHz,
- UHF (Ultra High Frequency), 868 MHz pro Evropu,
- SHF (Super High Frequency), 2,45 GHz.

Vzdálenost, ze které je možné získat informace z RFID tagu, roste s použitou frekvencí a pohybuje se v rozmezí od několika centimetrů až po desítky metrů (a může se dále zvětšovat v závislosti na typu použitého tagu). Vzdálenost čtení ovšem nelze považovat za konstantní, neboť ji ovlivňuje několik faktorů, jako jsou např. prostředí, typ a rozměry antén (čtecího zařízení i tagu), orientace tagu vzhledem ke čtecímu zařízení, atd. Současně je vhodné brát v potaz, že v případě, kdy je využíván i zápis informací do RFID tagu, je obvykle vzdálenost zápisu výrazně menší než maximální vzdálenost čtení. Současně v případě UHF frekvence je důležitým parametrem polarizace antény (vertikální nebo horizontální). V případě horizontální antény je důležitá orientace antény čtecího zařízení vzhledem k anténě tagu, kdežto v případě vertikální antény to podstatné není.

V současné době také existuje řada standardů vztahujících se k technologii RFID. Tyto standardy definují komunikační protokol pro přenos dat mezi čtecím zařízením a tagem, obsah paměti tagu nebo zabezpečení informací v tagu uložených. [10]

Pro použití na nákladní železniční vozy jsou relevantní zejména následující standardy:

- ISO/IEC 15693, specifikující fyzikální charakteristiky technologie RFID,
- ISO/IEC 18000, specifikující technologii RFID dle využívání frekvenčních pásem a
- EPC, specifikující obsah a strukturu informace RFID tagu.

Tag RFID

RFID tag se skládá ze dvou základních a jedné volitelné komponenty:

- integrovaného obvodu,
- antény a
- vnitřní paměti, která je volitelná.

Integrovaný obvod v sobě obsahuje mikroprocesor, paměť a transpondér. Mikroprocesor zpracovává příchozí informaci z čtecí jednotky a zpřístupňuje paměť, ve které je uložen unikátní identifikátor tagu. Anténa se používá pro komunikaci se čtecím zařízením a zvětšuje rozsah, ze kterého je možné identifikátor vyčíst. Tagy s volitelnou vnitřní pamětí mají navíc schopnost uložit informaci, která je jím prostřednictvím čtecího zařízení poslána.

Rozlišují se tři základní typy tagů:

- pasivní tagy,
- aktivní tagy a
- semi-aktivní tagy.

Pasivní tagy v sobě nemají žádný zdroj energie. Energie jim je dodávána prostřednictvím radiofrekvenčních vln, vytvořených ve čtecím zařízením, které uvnitř antény tagu vyvolají velmi malé, ale přesto dostatečné množství energie pro aktivaci tagu. Velkou výhodou pasivních tagů pak je především jejich nízká výrobní cena a skutečnost, že nevyžadují žádný vlastní zdroj energie, ale komunikace s pasivními tagy je tím však omezena na maximálně pár metrů.

Oproti tomu aktivní tagy v sobě mají vlastní zdroj energie, která poskytuje tagu energii po dobu omezenou životností tohoto zdroje. Díky vlastnímu zdroji energie je síla jejich signálu mnohonásobně vyšší, než v případě pasivního tagu a informace z něj mohou být tedy načteny z mnohem větší vzdálenosti, která se pohybuje v řádech stovek metrů, což je zároveň jejich největší výhodou. Nevýhodou pak je cena a velikost tagu, která je také větší, než v případě pasivního tagu.

Semi-aktivní tagy jsou kombinací pasivních a aktivních tagů. Pasivní komponenta tagu je napájena prostřednictvím radiofrekvenčních vln, vyslaných ze čtecího zařízení. Jakmile je probuzena, spustí aktivní komponent, aby vyslal RFID signál. Výhodou semi-aktivních tagů je pak především to, že baterie je používána pouze v případě, kdy je probuzena pasivní komponentou tagu. Další výhodou pak je to, že komunikace mezi tagem a čtecím zařízením může probíhat

z mnohem větší vzdálenosti, než při použití pouze pasivního prvku a to právě díky přítomnosti vlastního zdroje energie.

Jiná klasifikace RFID tagů rozlišuje to, jestli se jedná o tag, určený pouze pro čtení (RO, Read-Only), nebo o tag, do kterého je také možné zapisovat a ukládat data (RW, Read-Write). Komunikace s RO tagy je pouze jednosměrná, což v podstatě znamená, že těmto tagům je přidělen jejich jedinečný identifikátor již během výrobního procesu nebo během jeho prvotního nastavení. Oproti tomu RW v sobě obsahují vnitřní paměť a je možné do nich prostřednictvím čtecího zařízení kdykoliv zapisovat informace. Paměť tagu se pohybuje řádově od několika bitů až do stovek kilobytů. [11]

Čtecí zařízení

Čtecí zařízení slouží pro odesílání a přijímání radiofrekvenčních vln používaných při komunikaci s tagem. Jeho tvary a rozměry mohou být uzpůsobeny tak, aby co nejlépe vyhovovaly prostředí, ve kterém budou používány. Čtecí zařízení se skládají ze dvou hlavních komponent:

- antény a
- vnitřní obvodové desky (obsahující minimálně procesor, paměť a radiofrekvenční transpondér).

Vnitřní obvodová deska ve čtecím zařízení zpracovává informace nezbytné pro komunikaci s tagy a využívá svého transpondéru pro radiofrekvenční komunikaci. Anténa pak slouží pro příjem a vysílání radiofrekvenčních vln. [11]

Z hlediska potřeb nákladní železniční dopravy je vhodné využít vertikální antény, jinak řečeno, RFID brány. Při projetí touto bránou je možné vyčíst všechny informace z RFID tagů, bez nutnosti fyzické přítomnosti pracovníka.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- vozy a jejich komponenty jsou jednoznačně identifikovatelné, včetně přiřazení jednotlivých komponent konkrétním vozům,
- lepší služby zákazníkům – okamžité informace o dostupnosti dopravních kapacit, o zpoždění, atd.; náklad zákazníků je pod kontrolou,
- zvýšení efektivity odstraněním zbytečných procesních kroků, duplicitních prací železničního personálu a zefektivnění vykonávání zbývajících pracovních úkonů.

Nevýhody:

- data z vozu jsou vyčtena pouze, je-li v dosahu čtecího zařízení - stojící vůz mimo dosah čtecího zařízení nelze touto technologií lokalizovat ani z něj získat jakákoliv data,
- geograficky omezené řešení – funkční pouze tak, kde jsou instalovány nebo přítomny čtecí zařízení,
- neposkytuje přesnou polohu vozu, ale pouze úsek, do kterého vůz vjel.

1.3 Montáž

Následující část kapitoly obsahuje dílčí analýzu montážních technologií používaných v nákladní železniční dopravě, které mohou být použity pro upevnění, uchycení či umístění dalších technologických prvků na železniční nákladní vozy.

Montážní spoje lze rozčlenit na spoje rozebíratelné a spoje nerozebíratelné. Spoje rozebíratelné je možné bez poškození rozebrat a následně opět složit. Spoje nerozebíratelné bez poškození rozebrat nelze. Je však potřeba zkonstatovat, že ne všechny spoje jsou vhodné k upevnění snímačů, čidel a dalších komponent na železniční vozy.

1.3.1 Šroubové spoje

Šroubové spoje jsou nejpoužívanějším spojením ve strojírenství. Patří mezi spoje s tvarovým stykem. Jsou to dobře rozebíratelná spojení fungující na principu spolu zabírajícího vnějšího a vnitřního závitu.

Pro vytvoření šroubového spoje je zpravidla použito šroubu. Ty je možno dělit podle mnoha kritérií, avšak nejpoužívanější je dělení podle typu hlavy na např. šrouby se šestihrannou hlavou, šrouby s válcovou hlavou, šrouby s kuželovou hlavou, atd. Šrouby se šestihrannou hlavou se dobře utahují klíčem a závit je proveden buď na místě dřívku, nebo závit vede až k hlavě. Je-li ve šroubovém spoji použita matice, pak je toto členění jiné.

Nemá-li dojít k poškození a odírání dosedací plochy je vhodné u většiny šroubových spojů použití podložky, která rozděljuje tlak matice a hlavy šroubu na větší plochu a nedochází tak k jeho zatlačování. Použití podložky je také vhodné v případech, kdy je otvor pro umístění šroubu větší nebo oválný, případně je-li dosedací plocha pod maticí neobrobená nebo šikmá. [12]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- jednoduchost montáže,
- snadná výměna poškozených a opotřebovaných součástí spoje,
- rozebíratelnost spoje.

Nevýhody:

- možnost uvolnění spoje,
- zeslabení nosného průřezu,
- vyšší hmotnost,
- delší čas montáže, např. oproti svarovým spojům.

1.3.2 Lepené spoje

Lepené spoje jsou považovány za nerozebíratelné bez použití mechanických prostředků a bez zahřátí. Spoje vznikají pomocí adheze, kdy tekuté lepidlo pronikne do pórů a nerovností na povrchu. Po zatuhnutí se přílnavými silami mezi molekulami vytvoří spoj.

Lepené spoje lze použít téměř pro všechny kovové i nekovové materiály. Zásadní význam má také v případech, kdy se nedá využít svařování, nýtování nebo pájení a současně, kde nepůsobí velká zatížení.

Běžně se používají následující druhy lepidel:

- epoxidová pryskyřice – má vysokou pevnost a elasticitu, je rychle vytvrzovaná teplem, vhodná pro vyplňování velkých prostor,
- akrylát – kde lepidlo a tvrdidlo se nanášejí samostatně, vytvrzování pak začíná až po spojení,
- polyuretan – vytvrzuje se za přístupu vzduchu,
- kyanakrylát – vytvrzování je velmi krátké, jedná se o sekundové lepidlo,
- anaerobní lepidlo – vytvrzuje se za nepřístupu vzduchu,
- fenolová pryskyřice – má vysokou pevnost, ale pro vytvrzování je potřebný tlak a,
- polyimidní lepidlo – kde pro vytvrzování je potřebný tlak za nepřístupu vzduchu.

Pro lepení kovů jsou vhodná lepidla na bázi epoxidových a formaldehydových pryskyřic, zatímco pro lepení nekovových materiálů se většinou používají lepidla na bázi syntetických kaučuků.

Lepené spoje by měly být namáhány pouze na smyk a měli by mít co největší stykovou plochu. Dále by měl mít malou tloušťku spáry (optimální okolo 0,1 mm), protože tloušťka spáry zmenšuje pevnost spoje. Pevnost spoje kromě druhů lepidla také závisí na druhu lepeného materiálu a správném technologickém postupu. [12]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- těsnost,
- nezeslabení konstrukce otvory,
- docílení hladkých povrchů,
- použití jako elektrický izolant (v některých specifických případech může být nevýhodou).

Nevýhody:

- obtížné lepení plechů větší tloušťky nebo profilů většího průřezu,
- nehodí se pro vyšší provozní teploty,
- některá epoxidová lepidla jsou málo odolná proti stárnutí působením vlhkosti a vody.

1.3.3 Magnetické spoje

Alternativní možností pro vytvoření rozebíratelného spoje je použití silných permanentních neodymových magnetů. Při stejném druhu feromagnetického materiálu a stejném objemu permanentního magnetu lze dosáhnout rozdílných upínacích sil vhodnou volbou způsobu magnetování nebo přiložením pólových nástavců na těleso permanentního magnetu.

Magnetické spoje jsou vhodné pro výrobu držáků, upínacích systémů, atd. Podle úrovně upínací síly je možné spojené součásti oddělit bez použití nástroje, nebo pouze za použití speciálního nástroje. [12]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- snadné a rychlé vytvoření spoje, stejně tak jako rozdělení spojených částí,
- variabilita provedení.

Nevýhody:

- neodymové magnety jsou křehké, může snadno dojít k odštípnutí povrchové vrstvy,

- při slabé upínací síle existuje riziko neoprávněné manipulace se spojenými díly.

1.4 Přenos dat

Následující část kapitoly obsahuje dílčí analýzu dostupných přenosových technologií, které mohou být perspektivní a současně i využitelné pro nákladní železniční vozy.

1.4.1 GSM (Global System for Mobile Communications)

GSM je veřejný systém, který je dostupný všem účastníkům, kteří mohou pomocí mobilních zařízení či radiových stanic navazovat spojení s dalšími uživateli radiotelefonních sítí, s uživateli pevné veřejné telefonní sítě, resp. datové sítě. K systému GSM neodmyslitelně patří SIM (Subscriber Identity Module) karta, což je vyjímatelná čipová karta, která v sobě obsahuje informace potřebné pro přihlášení uživatele do sítě.

Síť GSM je založena digitální buňkové struktury, kdy je obsluhované území rozděleno na buňky. Několik sousedících buněk pak vytváří svazek, ve kterém jsou každé jednotlivé buňce přiděleny kmitočtové kanály, které se dále nesmí opakovat u ostatních buněk v témže svazku.

Celý systém se pak skládá ze tří základních prvků. Jedná se o systém základnových stanic, síťový a spínací systém a operační a podpůrný systém. Následné spojení mezi mobilním zařízením a základnovou stanicí probíhá prostřednictvím vzduchem se šířících radiových vln.

Jednotná specifikace pro celoevropský digitální buňkový GSM systém vznikla už v roce 1982 a původně fungující pouze na frekvenci 900 Hz. V pozdějších letech byl GSM systém dále rozšířen na kmitočtovou oblast 1800 Hz.

Síť GSM byla primárně určena pro přenos hlasu, nicméně v průběhu času rostly požadavky na rozšíření služeb sítí GSM především o datové přenosy a přístup k internetu. Příkladem řešení tohoto problému je pak realizace HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) a GPRS (General Packet Radio Service).

Základní datová komunikační rychlost je 9,6 Kbit/s. Technologie HSCSD funguje na principu spojování okruhů, kdy vytváří pro každé jednotlivé spojení přenosový kanál. Nejprve proběhne navázání spojení, dále je vytvořen a trvale udržován spoj, během něhož probíhá přenos, nakonec je spoj přerušen. Síť GSM ve své základní podobě pracuje právě na principu spojování okruhů, přičemž

spojování datových jednotek nepodporuje. V rámci vzniku služby GPRS vzniká nová překryvná síť, která je založená na spojování datových jednotek.

Při spojování datových jednotek není vytvářeno spojení, nýbrž přenášená uživatelská data jsou vložena do přístupového bodu sítě, která pak zodpovídá za jejich doručení. GPRS umožňuje paketový přenos, během něhož jsou data v síti GSM přenášena podobně jako v síti internet. Teoretické maximum přenosové rychlosti v rámci GPRS je 171,2 Kbit/s. [13]

V rámci inteligentního železničního vozu se však bude jednat pouze o přenos dat, nikoliv hlasu, což znamená, že v případě uvažování sítě GSM se bude jednat o technologii GPRS.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- široce dostupná technologie (pokryto celé území České republiky a Evropy),
- široký výběr koncových zařízení za dostupnou cenu.

Nevýhody:

- větší energetická náročnost na provoz v porovnání s jinými, především novými technologiemi.

1.4.2 Internet věcí (Internet of Things, IoT)

IoT prosazuje rozšíření infrastruktury sítě Internet a začlenění objektů nebo věcí, včetně např. informací o výrobcích, do této infrastruktury. IoT se týká takových věcí, předmětů či jiných objektů, které vyžadují další výpočty, případně potřebují komunikovat, aby plnily účel, ke kterému byly primárně určeny. Zařízení, jejichž tradiční účel nevyžaduje napájení, výpočty nebo sdělení jakéhokoliv druhu, nebudou schopny předložit žádné informace a ani získat přístup do IoT.

Schopnost komunikace věcí je realizována prostřednictvím sítě radiových signálů a obecně bezdrátové komunikace. V souvislosti s bezdrátovou sítí se nezávislý výpočetní prostředek obecně nazývá uzel a z tohoto důvodu se zařízení, která představují IoT nazývají uzly. Příklady takových uzlů zahrnují počítače koncových uživatelů, webové služby nebo datová centra. Takové uzly sítě se označují termínem Cloud. [13]

Momentálně jsou vyvíjeny dvě největší řešení IoT – SIGFOX a LoRaWAN.

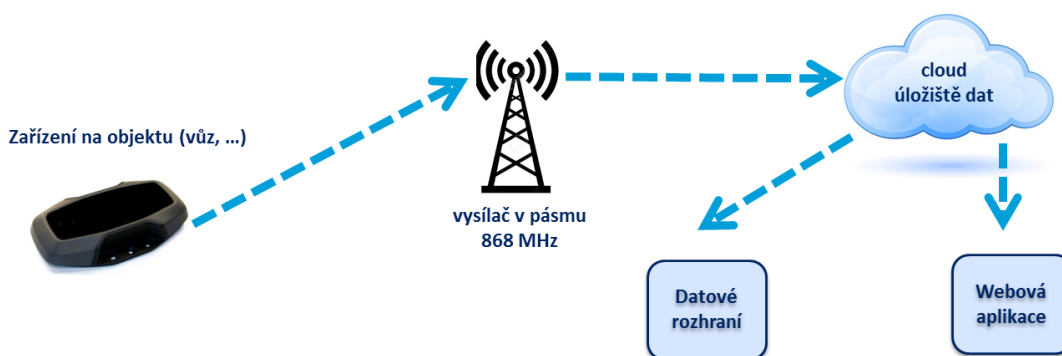
Řešení SIGFOX

Aktuální řešení SIGFOX je stavěné společně společnostmi T-Mobile a.s., SimpleCell Networks a.s. a francouzskou společností SIGFOX s.a. Společnost SIGFOX tuto technologii jako takovou vyvíjí a stará se o tok dat.

System slouží pro předávání velmi krátkých zpráv (řádově se jedná o několik bitů, 24 hexadecimálních znaků) na větší vzdálenosti. Pracuje v bez licenčním pásmu 868 MHz a dovoluje odeslat až 140 zpráv za den. Jedná se o síť kategorie LPWAN (Low Power Wide Area Network) optimalizovanou na extrémně nízkou spotřebu na straně koncových zařízení. V rámci této kategorie patří mezi řešení využívající velmi úzkých frekvenčních kanálů UNB (Ultra Narrow Band).

Data a informace jsou přístupné z centrálního cloudu, odkud je lze pomocí standardizovaných rozhraní dále předávat do nejrůznějších aplikací. Informaci získává uživatel za pomoci velmi malého zařízení. Toto zařízení je bezúdržbové a lze jej jednoduše připevnit na sledovaný objekt. Zařízení se vyznačuje extrémně dlouhou výdrží baterie, která, v případě odeslání tří zpráv v průběhu jednoho dne, umožňuje zařízení fungovat až 20 let. [14]

Schéma principu fungování technologie SIXFOX je uvedena na obrázku č. 4.



Obrázek č. 4: schéma principu fungování technologie SIXFOX [14]

System je spuštěn pouze v pilotním provozu, který však zatím potvrzuje funkčnost celé technologie. Signálem je v dnešní době pokryta většina krajských měst. Rozšiřování sítě probíhá poměrně rychle, vzhledem k tomu, že využívá stávajících vysílačů mobilního operátora. [14]

Řešení LoRaWAN

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) je určena, podobně jako SIGFOX, pro nízkorychlostní energeticky nenáročnou komunikaci na velké vzdálenosti, sloužící pro potřeby různých senzorů, akčních prvků, nebo obecně IoT.

Systém LoRaWAN umožňuje předávání datových zpráv na vzdálenosti 15–20 km. Systém pracuje v bez licenčních pásmech 433, 868 a 915 MHz, přičemž není závislý na konkrétní frekvenci, což mu dává možnost použití na dalších frekvencích bez větších zásahů.

V současné době systém LoRaWAN testují České Radiokomunikace a.s., které k tomuto účelu využívají vlastní infrastrukturu vysílačů pro šíření rozhlasového a televizního signálu. Signálem jsou v současné době pokryta všechna krajská města. [14]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- minimální spotřeba energie a s tím spojená dlouhá životnost zařízení,
- velmi nízké nároky na údržbu, které vyžadují pouze výměnu zdroje napájení,
- snadná instalace na vůz – jedná se o malou elektronickou součástku,
- nízké provozní poplatky za přenosy dat,
- nová technologie s velkou perspektivou rozvoje.

Nevýhody:

- signálem zatím není pokryta celá ČR ani Evropa,
- omezený objem přenášených dat,
- vyvstávající hrozby spojené s novou technologií – jedná se především o otázku spolehlivosti.

1.4.3 Wi-Fi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) představuje bezdrátovou technologii radiového datového přenosu na omezenou vzdálenost. Tato technologie pracuje v bezlicenčním pásmu 2,4 GHz a je založena na standardu 802.11b vyvinutým organizací IEEE.

Sítě založené na Wi-Fi technologii fungují na principu propojení buněk, kdy pomocí zařízení s přístupem k internetu a jeho připojení k rádiovému vysílači, zprostředkovává připojení všem stanicím v dosahu. Všechny takto připojené body pak společně tvoří síť, která se dá analogicky přirovnat ke GSM síti. [15]

Certifikaci v této oblasti zajišťuje od roku 2000 společnost Wi-Fi Alliance. Tato společnost již certifikovala přes 30 000 výrobků, u nichž je zaručena především interoperabilita a bezpečnostní průmyslový standard. [16]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- zavedená, spolehlivá technologie
- certifikovaná zařízení jsou k dispozici ve velkých sériích.

Nevýhody:

- nutnost vybudovat síť,
- krátký dosah sítě.

1.5 Napájení

Následující část kapitoly obsahuje dílčí analýzu technologií napájení aplikovatelných v rámci nákladní železniční dopravy.

Aby bylo možné na vozech využívat inteligentní systémy a technologie, je nezbytné zajistit energii na jejich provoz. Nákladní železniční vozy standardně nedisponují vlastní elektrickou sítí, kterou by pro napájení inteligentních systémů bylo možné využít. Proto je zapotřebí přistoupit k autonomnímu zdroji, zajišťujícímu elektrickou energii.

V současné době existuje několik druhů elektrických zdrojů. Některé jsou vhodné a také dostatečně výkonné pro napájení inteligentních systémů na železničních vozech, některé dostatečně výkonné nejsou, ale mohly by být použity jako vedlejší zdroj energie, zajišťující dobíjení hlavního zdroje (baterií).

1.5.1 Chemické zdroje – galvanické články

Galvanické články lze využít všude tam, kde se nelze připojit k elektrické síti, nebo přímo použít mechanický zdroj (generátor). Díky standardizovaným rozměrům je lze volit v různých provedeních i z různých prvků, které tvoří článek. Lze snadno měnit typ baterie z jednorázové na dobíjecí baterie, pokud to charakter zařízení umožňuje.

Jednorázové články mají nižší pořizovací cenu a širší výběr. Po vyčerpání energie je nutné je nahradit bateriemi novými. Jsou nenáročné na skladování a ve srovnání s dobíjecími články netrpí výrazným samovybíjecím efektem.

Dobíjecí články mají tu vlastnost, že mohou být následně po vyčerpání energie znovu nabity na téměř 100 % své původní kapacity. K tomu je ale důležité dodržovat zásady dobíjení, které se mohou výrazně lišit podle obsažených prvků tvořících články. Při nesprávné manipulaci s baterií dochází k úbytku kapacity.

Požizovací cena dobíjecích článků je vyšší než v případě jednorázových a více trpí samovybíjecím efektem.

Samovybíjení je jev týkající se elektrických baterií, kdy se i bez zapojení spotřebiče baterie vybíjí. Výsledkem tohoto jevu je pokles napětí v článku, následné snížení využitelné kapacity, nárůst vnitřního odporu, pokles výkonu a zkrácení životnosti článku. Rychlost samovybíjení závisí na typu baterie. [17]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- široký výběr parametrů a provedení,
- dostupné ceny,
- jistota dostupnosti i v budoucnu (případně adekvátní alternativy).

Nevýhody:

- časově omezený zdroj energie,
- po ukončení životnosti zatěžuje životní prostředí.

1.6 Zobrazení

Následující část kapitoly obsahuje dílčí analýzu zobrazovacích technologií, které lze aplikovat v rámci nákladní železniční dopravy. Aby mohlo být s daty efektivně naloženo, je potřebné zobrazit získaná data kompetentním osobám v místech, kde se během pracovní doby vyskytují. Některá zobrazovací zařízení jsou statická a jejich přenášení je nemožné, nebo příliš komplikované, jiná zařízení už nyní zaměstnanci s sebou po pracovišti nosí a mohou být využita také pro další účely.

1.6.1 Monitor počítače

Jednoznačně nejvhodnější forma zobrazení dat o vozech je monitor počítače. Osobní počítač nebo notebook používá prakticky každý zaměstnanec při výkonu svého zaměstnání. Monitor počítače zobrazuje data všech používaných informačních systémů a je tedy rovněž vhodným prostředkem k vizualizaci dat o železničních vozech. Předpokládá se vznik nové softwarové aplikace, která bude požadovaná data o vozech vhodným způsobem reprezentovat vybraným zaměstnancům.

Tato možnost také nabízí nejširší škálu zobrazení. Monitor je vždy připojen k počítači se stálým připojením k počítačové síti, s dostatečným výkonem pro zobrazení i výpočty a se zajištěným zdrojem elektrické energie. Pro optimální

zobrazení požadovaných dat lze také volit různou velikost (úhlopříčku) zobrazovacího displeje monitoru.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- široký výběr monitorů na trhu,
- nízká pořizovací cena,
- předpoklad, že většina zaměstnanců je již monitorem vybavena,
- díky běžné velikosti monitorů se jedná o velice přehledné zobrazení,
- díky připojení k počítači prakticky neomezené možnosti zobrazení a výpočtů,
- díky počítači neustále připojenému k internetu jsou k dispozici stále aktuální data,
- využití s jinými informačními systémy – možná interakce.

Nevýhody:

- nemožné nebo velmo komplikované přenášení v rámci pracoviště,
- musí být připojen k osobnímu počítači nebo k notebooku.

1.6.2 Chytrá zařízení

Chytrá zařízení typu PDA (Personal Digital Assistant), tablet, nebo chytrý telefon v sobě integrují kromě zobrazovací části také výpočetní část, datové úložiště, síťový prvek a zdroj energie. Tedy prakticky vše, co je potřebné pro autonomní funkčnost téměř kdekoliv. Pro zobrazení dat z inteligentních systémů na železničních vozech lze chytrá zařízení vybavit patřičnou softwarovou aplikací, případně postačí internetový prohlížeč, který zprostředkuje zobrazení dat z webové aplikace.

V porovnání s monitorem počítače je toto zařízení vybaveno podstatně menším displejem a menším výpočetním výkonem, ale je možné jej mít stále s sebou při běžném pohybu po pracovišti, případně i mimo něj. Vzhledem ke zvýšeným nárokům na technologii z důvodu náročnosti provozního prostředí, klimatických podmínek, doby používání a rizika mechanického poškození, je vhodné vždy volit průmyslové provedení zařízení, které je mechanicky mnohem více odolné.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- široký výběr zařízení,
- přijatelná cena,

- výběr operačních systémů zařízení,
- mobilita – možnost mít je stále k dispozici,
- dostatečná výdrž baterie,
- univerzální použití i pro jiné účely.

Nevýhody:

- relativně malý zobrazovací displej,
- závislost na bezdrátové připojení (možné poplatky a další náklady),
- horší ovládání a vkládání textu (absence hardwarové klávesnice),
- při přenášení existuje riziko mechanického poškození,
- nutnost zajišťovat dobíjení baterie.

1.7 Dílčí závěr

V této kapitole byla provedena analýza dostupných ICT, které mohou být pro nákladní železniční dopravu, resp. nákladní železniční vozy, perspektivní. Vzhledem k potřebám této práce byla provedená analýza dále rozšířena o analýzu možností montáže a napájení ICT při jejich umístění na nákladní železniční vozy. Pro efektivní srovnání, kapitola uvádí výhody a nevýhody jednotlivých technologií s ohledem na specifické provozní prostředí nákladní železniční dopravy.

Z důvodu velkého množství probíraných technologií, jsou v této kapitole uvedeny **pouze ty technologie, se kterými se dále v tomto dokumentu pracuje**. K této kapitole se váže **příloha A: Analýza dostupných technologií**, která uvádí ostatní analyzované technologie, které nejsou dále pro návrh systémové architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě použity.

2 Návrh logické architektury

Systémová architektura udává ucelený pohled na jednotlivé složky inteligentního dopravního systému (ITS, Intelligent Transportation System) a definuje jeho základní uspořádání. Koncept ITS je znám již po několik desetiletí, ale patřičná pozornost mu začala být věnována až kolem roku 1990. ITS systémy používají informační technologie pro řešení dopravních funkcí na úrovni jednotlivých vozů, cest a rozsáhlých dopravních sítí. Motivace k vývoji těchto systémů spočívá především v zefektivnění dopravního toku, zvýšení bezpečnosti a snížení dopadu dopravy na životní prostředí. [18] Implementací inteligentních technologií uvnitř podniku pak lze dosáhnout optimalizace a zefektivnění již existujících procesů.

2.1 Architektura dopravního telematického systému

Základ je tvořen informačními technologiemi, které obsahují informace o dílčích prvcích dopravního řetězce a o uživateli dopravy. Dopravní telematický systém umožňuje sběr, přenos, zpracování a výměnu informací mezi různými uživateli a jednotlivými prvky dopravního řetězce a vytváří tzv. telematické aplikace pro jejich řízení a optimalizaci.

Tyto základní prostředky lze rozdělit na:

- **technické prostředky** obsahující fyzická zařízení, senzory, akční prvky, hardware komunikačních a informačních technologií, atd.,
- **prostředky řízení procesů** obsahující řídicí strategie a algoritmy, software komunikačních a informačních technologií, atd.,
- **prostředky organizační podpory** obsahující organizační strukturu, rozhodovací pravomoci, zodpovědnosti jednotlivých organizačních celků, atd.

Systémová architektura definuje základní uspořádání zkoumaného systému v prostoru a je spolu s vytyčeným rozhraním výchozím stupněm identifikace, resp. kompozice celého systému. Prvky systému jsou v tomto případě chápány jako nosiče dílčích systémových funkcí (služeb), vazby systému definují možnosti řetězení prvků a dále pak možnost existence procesů.

Základní charakteristikou telematického systému jsou jeho silné procesy, z jejichž množiny jsou vytvářeny jednotlivé telematické aplikace. Podle aplikací jsou dále systémy funkčně dekomponovány na jednotlivé subsystémy, resp. moduly.

Architekturu dopravního telematického systému lze z hlediska použití a obsahu rozdělit na:

- **Referenční architekturu**, která definuje základní aktéry a procesy v dopravním systému, specifikuje základní cílové charakteristiky systému a je jeho relace s okolím.
- **Funkční architekturu**, která definuje jednotlivé funkce prvků, modulů a subsystémů a to včetně jejich vazeb mezi nimi, díky čemuž umožňuje definovat aplikace.
- **Informační architekturu**, která definuje principy tvorby struktury příslušného informačního subsystému, včetně požadavků na alokaci a přenos informace.
- **Fyzickou architekturu**, která definuje fyzická zařízení, jež vykonávají jednotlivé funkce takovým způsobem, aby byla zajištěna funkčnost aplikací, tedy přiřazení jednotlivých prvků, modulů a subsystémů definovaných ve funkční architektuře relevantním fyzickým zařízením.
- **Komunikační architekturu**, která popisuje přenos informace v systému ve vazbě na fyzickou architekturu.
- **Organizační architekturu**, která stanovuje zásady tvorby struktury a přiřazení funkcí jednotlivým úrovním managementu.

Výše uvedená terminologie odpovídá evropskému pojetí dopravní telematiky. Dopravní telematika ve Spojených státech amerických sjednocuje funkční a informační architekturu pod pojem **logická architektura** a fyzickou a komunikační architekturu označuje jednotně jako **fyzickou vrstvu** (příp. jako **fyzickou architekturu**), která je dále dělena na dopravní komunikační subsystémy. [4]

Tato práce dále pracuje s terminologií tak, jak je definovaná ve Spojených státech a používá tedy termíny logické a fyzické architektury.

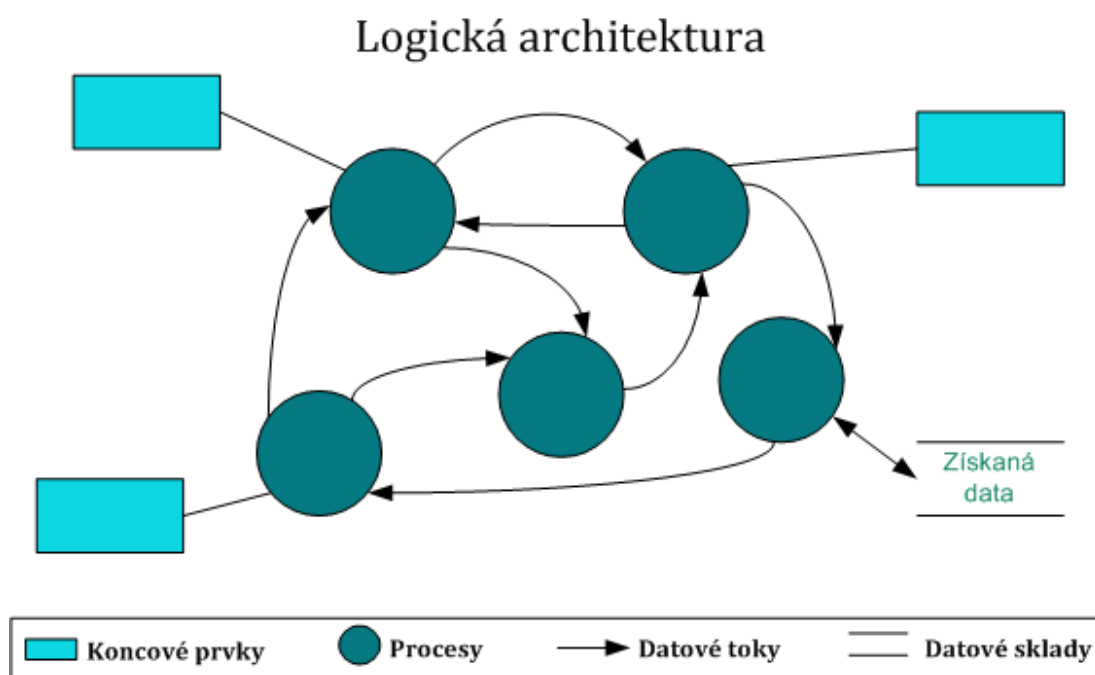
2.1.1 Logická architektura

Logická architektura definuje procesy, které jsou vyžadovány pro poskytování uživatelských služeb, přičemž není závislá na implementaci konkrétních technologií. Tyto procesy musí mezi sebou komunikovat, sdílet informace a mohou být implementovány prostřednictvím software, hardware nebo firmware.

Logická architektura se skládá z jednotlivých procesů, datových toků, koncových prvků a datových skladů. Datové toky v sobě obsahují informace, které jsou sdíleny mezi procesy. Vstupními a výstupními body logické architektury

jsou senzory, počítače, zaměstnanci, atd., tito se nazývají koncovými prvky a současně se vyskytují také ve fyzické architektuře. Datové sklady pak v sobě shromažďují informace, které vnikají a jsou aktualizovány prostřednictvím jednotlivých procesů. [19]

Schéma logické architektury a jejich jednotlivých prvků pak uvádí obrázek č. 5.



Obrázek č. 5: schéma logické architektury

2.2 Identifikace jednotlivých procesů ve vazbě na technologie

Aby bylo navrhované řešení logické architektury reálné a následně použitelné v praxi, je vhodné ji navrhnout v rámci již existujícího systémového prostředí v reálné společnosti. Vzhledem k tomu, že se jedná o návrh systémové architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě, bude dále tato práce vytvářet svůj návrh v rámci systémového prostředí společnosti **ČD Cargo**, která je největším dopravcem v oblasti nákladní železniční dopravy a současně držitelem největšího počtu nákladních železničních vozů v České republice.

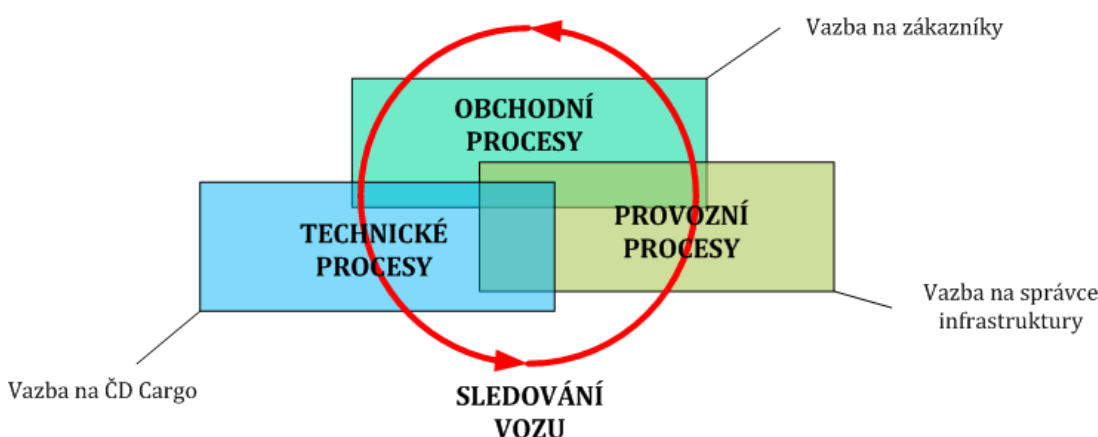
Následující část kapitoly se věnuje analýze současných procesů, ve vazbě na identifikované inteligentní technologie. Jedná se konkrétně o ty procesy, které mohou být přímo dotčeny a dále optimalizovány eventuálním zavedením inteligentních technologií.

Dotčené procesy lze obecně rozčlenit na tři velké skupiny:

- obchodní procesy,
- provozní procesy
- technické procesy.

Hranice všech tří procesních skupin nejsou jasně definovatelné a vzájemně se překrývají, což znamená, že některé procesy mohou být zařazeny do více skupin. Nicméně všechny tři skupiny procesů mají společný základ - pro své efektivní fungování potřebují bezpodmínečně sledovat pohyb, respektive sledovat pohyb jednotlivých vozů.

Tento vzájemný vztah zobrazuje schéma na obrázku č. 6.



Obrázek č. 6: základní skupiny procesů a jejich vzájemný vztah

Obchodní procesy tvoří mimořádně velkou skupinu procesů, která má komplikovanou vazbu na zákazníky, přičemž se stejné procesy pro různé zákazníky mohou výrazně lišit a současně každý jednotlivý zákazník může mít vlastní požadavky na technologie a jejich implementaci.

Provozní procesy rovněž tvoří velkou skupinu procesů. Tato skupina procesů má opět komplikovanou vazbu, v tomto případě především na správce, či vlastníka infrastruktury. Ani v tomto případě pak není zcela jasné jaké technologie zvolit, kam je umístit a především, kdo je bude spravovat.

Technické procesy, opět velká skupina procesů, která ale jako jediná nemá složitou vazbu mimo společnost ČD Cargo a je tedy možné, se zde zcela vyhnout složité specifikaci požadavků a následnému rozdělování kompetencí mezi více stran. Technické procesy tedy tvoří jistou autonomní část procesů, která spadá především do kompetencí provozovatele.

Z výše uvedených důvodů se tato práce dále zaměřuje pouze na technické procesy, jelikož implementace technologií v rámci technických procesů je nejméně komplikovaná, nejvíce viditelná a má největší pozorovatelný efekt.

2.3 Technické procesy s vozy

V rámci technických procesů byly identifikovány tři prioritní procesní oblasti obsahující velmi silné procesy, které poskytují největší příležitost pro optimalizaci zavedením ITS.

První identifikovaná skupina se týká **oblasti evidence, identifikace a inventarizace**. Jedná se o oblast, kde zavedením ITS dojde ke zjednodušení procesů s hlediska hospodaření s vozy a jejich komponentami.

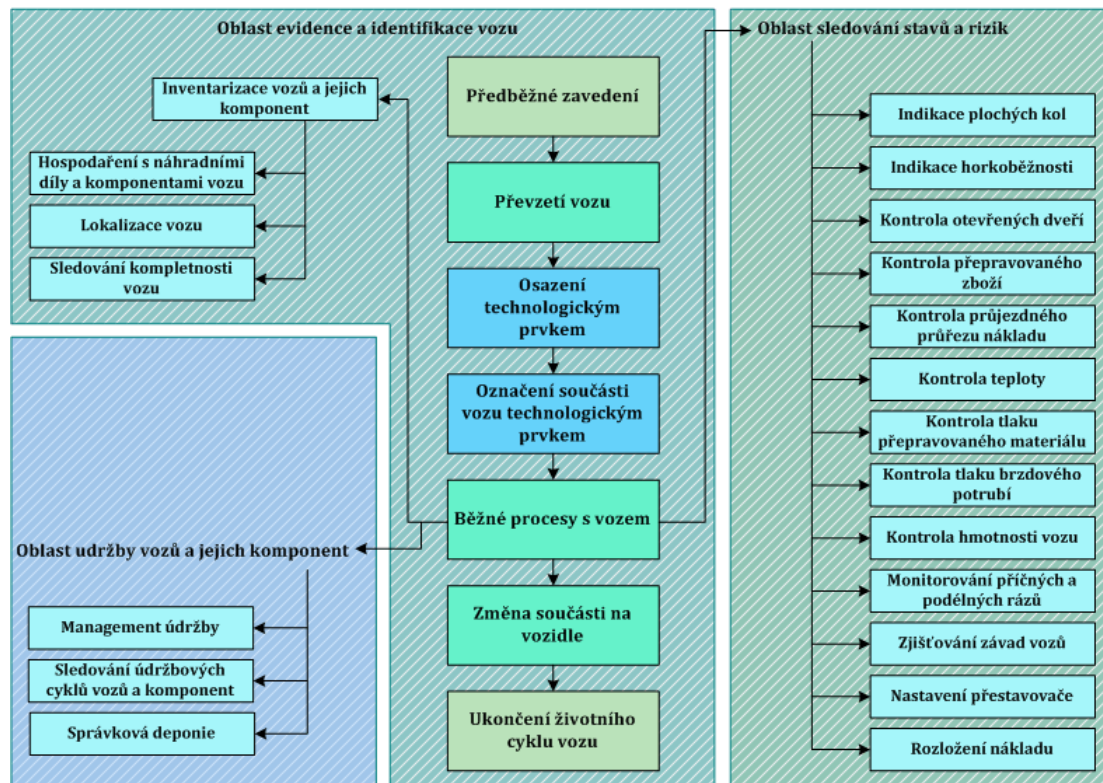
Další skupinu tvoří procesy z **oblasti údržby vozů a jejich komponent**. Tyto procesy jsou zaměřeny především na sledování pohybu jednotlivých vozů, což je podstatné především ve vazbě na servisní intervaly a efektivní vynakládání finančních prostředků na údržbu a hospodaření s vozy.

Třetí identifikovaná skupina procesů se týká **oblasti sledování stavů a rizikových stavů**. Tato skupina procesů monitoruje stavy a průběžně sleduje konkrétní veličiny. V případě rizikových stavů ještě navíc odesílá avízo krizového stavu, v případě přiblížení či překročení definovaných limitních hodnot.

Základní proces pro vozy popisuje životní cyklus vozu z evidenčního pohledu a je uveden na obrázku č. 7. Zde jsou současně schematicky znázorněny tři zvolené prioritní procesní oblasti, a také konkrétní procesy, které to těchto oblastí spadají.

Je ještě třeba zdůraznit, že zde uvedené procesy se vztahují především na vozy v majetku společnosti ČD Cargo. Pro vozy najaté a pro vozy cizí se může průběh zde uváděných procesů výrazně lišit.

Procesní mapa



Obrázek č. 7: základní proces - životní cyklus vozu z pohledu evidenčního

Obrázek č. 7 uvádí schéma základního procesu, čili životního cyklu vozu z evidenčního pohledu. Tento proces byl zvolen za základní z toho důvodu, že v sobě obsahuje všechna klíčová místa z pohledu implementace a provozu inteligentních technologií. Ostatní procesy jej pouze doplňují.

Následující část této kapitoly je věnována podrobnému popisu procesů a jejich jednotlivým krokům. Níže jsou uvedeny pouze procesy, které jsou následně zahrnuty do fyzické architektury systému.

K této kapitole se váže příloha B: Technické procesy. Tato kapitola obsahuje detailní popis zbývajících procesů, které nejsou zahrnuty do návrhu fyzické architektury inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě.

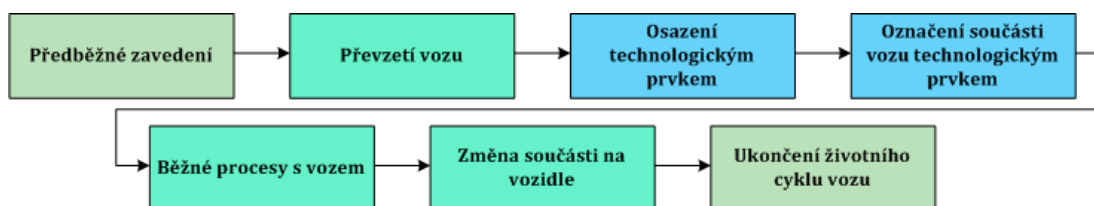
2.3.1 Procesy z oblasti evidence a identifikace vozu

Tato oblast v sobě obsahuje následující identifikované procesy:

- evidence vozů a jejich komponent,
- inventarizace vozů a jejich komponent,
- hospodaření s náhradními díly a komponentami vozu,
- lokalizace vozu,
- sledování kompletnosti vozu.

Evidence vozů a jejich komponent

Proces evidence vozů a jejich komponent se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 8.



Obrázek č. 8: proces evidence vozů a jejich komponent

Předběžné zavedení v sobě zahrnuje záměr koupě nového vozu, zánovního vozu od jiného majitele, případně nájmu od pronajímatele. Je vždy relevantní až po přidělení čísla vozu Drážním úřadem.

Během převzetí vozu dochází poprvé k tomu, že je fyzicky vůz převzat. Může se jednat o skutečné převzetí nového vozu z vlečky výrobce, přechod vozu do držení, případně se může jednat o přečíslování či převod vozu k novému držiteli či majiteli. Nejpozději v tuto chvíli by měla být známa i konfigurace vozu (jeho jednotlivé díly a komponenty) a nejdříve nyní lze vůz vybavit technologií, resp. aktivovat ji pro vlastní procesy.

Osazení technologickým prvkem znamená vybavení vozu příslušnými zařízeními pro zvolenou technologii, přičemž jí vůz může být vybaven přímo z výroby.

Označení součásti vozu technologickým prvkem znamená vybavení vozových komponent zvolenou technologií, přičemž, také v tomto případě, mohou být komponenty označeny přímo z výroby.

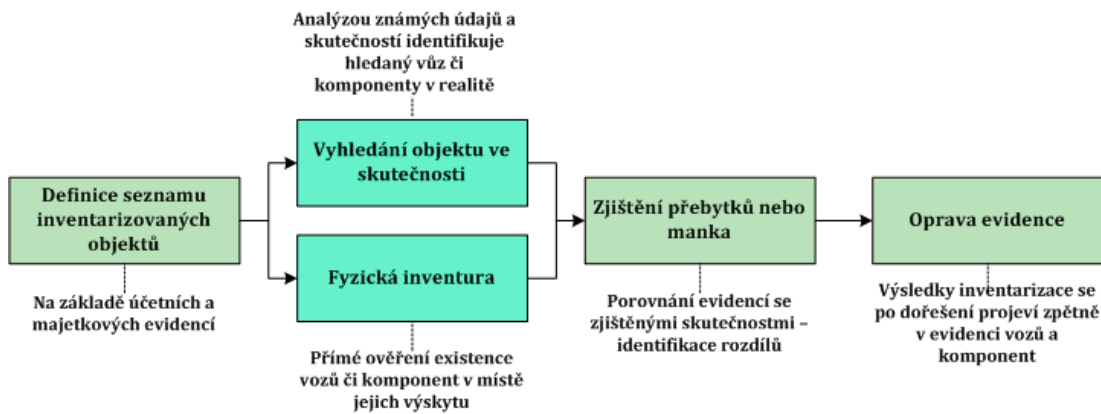
Běžné procesy s vozem se odkazují na všechny další popisované procesy.

Změna součásti na voze znamená, změnu přiřazení komponenty k vozu, např. výměna dvojkolí za jiné s odlišným identifikačním číslem, atd.

Ukončení životního cyklu vozu v sobě obsahuje další nezbytné kroky spojené se samotnou likvidací vozu nebo jeho vyčleněním z majetku dosavadního vlastníka.

Inventarizace vozů a jejich komponent

Proces inventarizace vozů a jejich komponent se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 9.



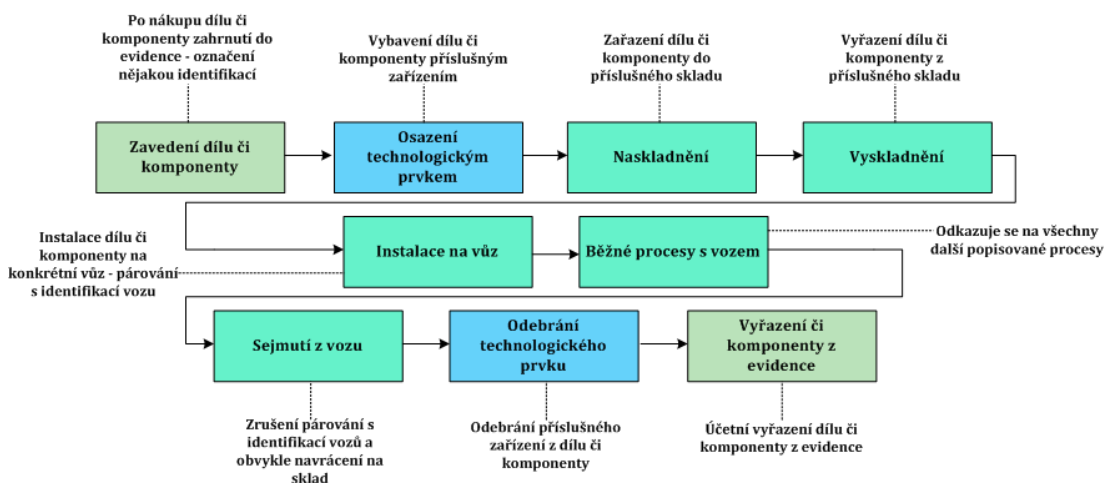
Obrázek č. 9: inventarizace vozů a jejich komponent

Během tohoto procesu probíhá pravidelně nebo na vyžádání identifikace inventarizovaných vozů, včetně instalovaných součástí. Předávaná informace zpravidla obsahuje polohu či umístění inventarizovaného vozu. V závislosti na technologii může být umožněna nezávislá lokalizace všech inventarizovaných součástí vozu.

Tento proces slouží k řádné a jednoznačné evidenci komponent a vozů, kdy pomocí jednoznačného identifikátoru jsou automatizovaně přenášeny informace do existujících informačních systémů.

Hospodaření s náhradními díly a komponentami vozů

Proces hospodaření s náhradními díly a komponentami vozů se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 10.



Obrázek č. 10: hospodaření s náhradními díly a komponentami vozů

Během toho procesu probíhá sledování pohybu náhradních dílů či komponent ve skladu, v opravnách a jejich instalace nebo sejmutí z vozů. Sleduje se tedy stav a umístění dílů či komponent v konkrétních skladech a dále zařazení jednotlivých dílů či komponent na konkrétním voze, jejich proběhy a umístění.

Lokalizace vozu

Proces lokalizace vozu se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 11.

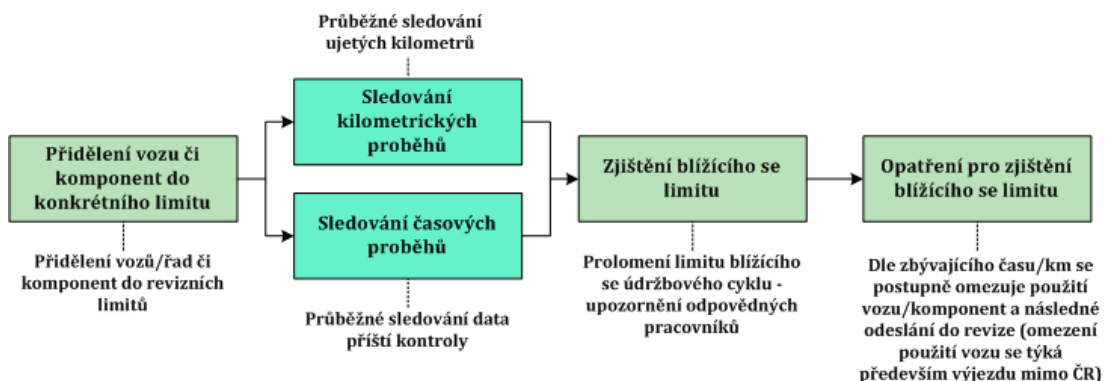


Obrázek č. 11: lokalizace vozu

Během tohoto procesu probíhá identifikace vozu při jakékoliv činnosti, která je jím vykonávána či během jeho přemísťování v kolejišti. Proces lokalizace vozu je podstatný především z důvodu, že je díky němu umožněna automatizace procesů s vozy a následné usnadnění některých dalších procesů.

Sledování kompletnosti vozu (vybavení komponentami)

Proces sledování kompletnosti vozu se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 12.



Obrázek č. 12: sledování kompletnosti vozu (vybavení komponentami)

Během tohoto procesu probíhá ověřování konfigurace vozu. Jedná se tedy o ověřování výskytu součástí na voze, které na něm mají být dle evidence instalovány.

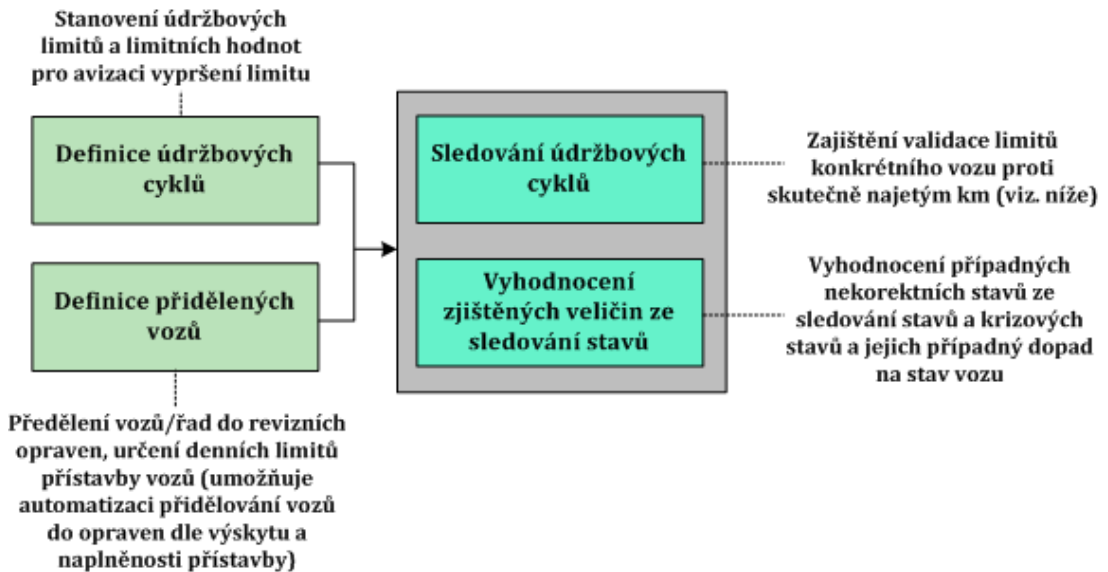
2.3.2 Procesy z oblasti údržby vozů a jejich komponent

Tato oblast v sobě obsahuje následující identifikované procesy:

- management údržby,
- sledování údržbových cyklů vozidel a komponent,
- správková deponie – běžná, periodická oprava a oprava na cizí železnici

Management údržby

Proces managementu údržby se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 13.

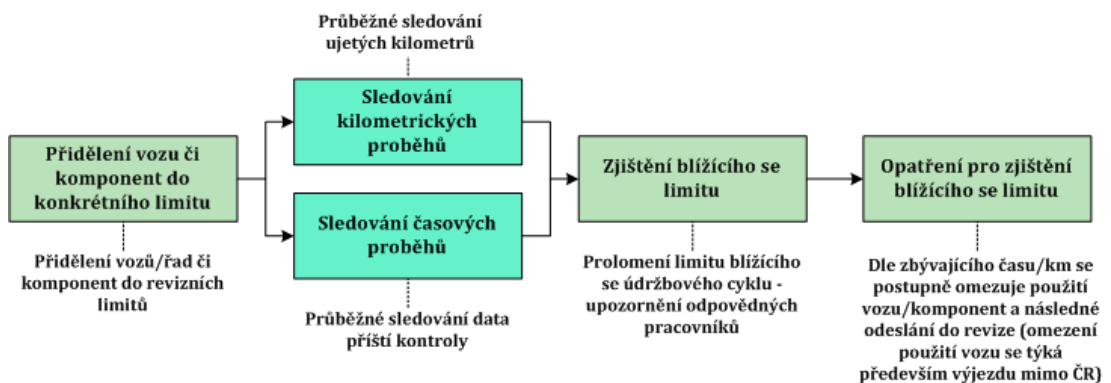


Obrázek č. 13: management údržby

Během tohoto procesu probíhá nastavení kritérií pro údržbové cykly v kombinaci časových a kilometrických limitů. Dále probíhá definice přidělení vozů na revizní opravy do konkrétních oprav a další nastavení pro zjednodušení práce.

Sledování údržbových cyklů vozidel a komponent

Proces sledování údržbových cyklů vozidel a komponent se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 14.

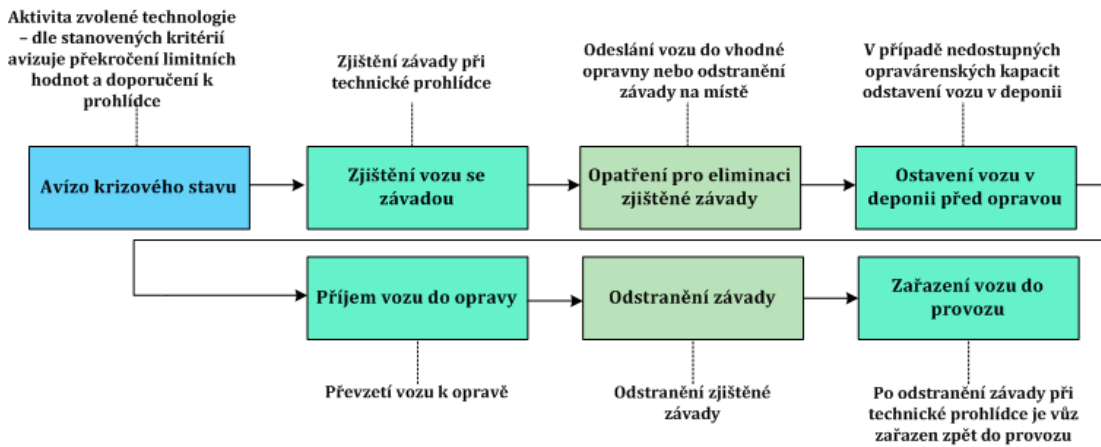


Obrázek č. 14: sledování údržbových cyklů vozidel a komponent

Během tohoto procesu probíhá sledování naplnění kritérií údržbových cyklů vozů a komponent, avizace blížícího se překročení limitu a omezení využití vozu s těmito komponentami.

Správková deponie – běžná oprava

Proces správkové deponie – běžné opravy se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 15.

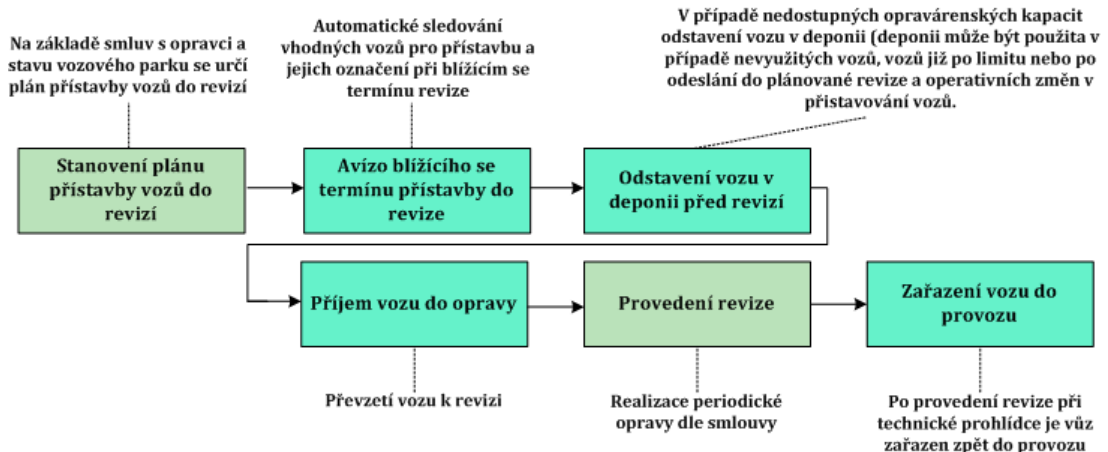


Obrázek č. 15: správková deponie - běžná oprava

Během tohoto procesu dochází k odbavení běžných závad vozu, směřování vozů do opraven či deponie, zohledňování stavu ložení a zajištění náhradních dílů.

Správková deponie – periodická oprava

Proces správkové deponie – periodické opravy se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 16.

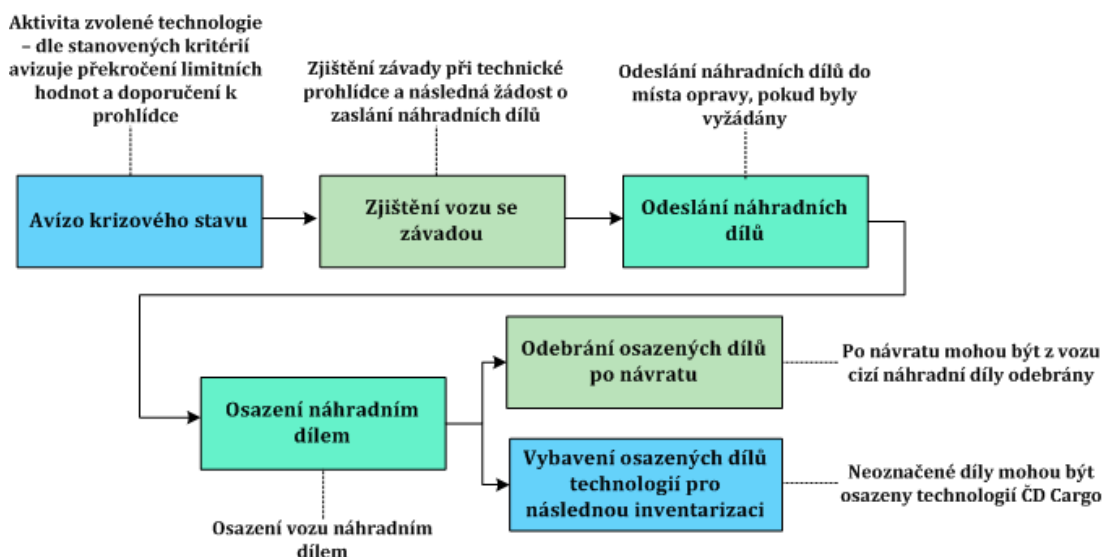


Obrázek č. 16: správková deponie - periodická oprava

Během tohoto procesu dochází k plánování periodických oprav, začlenění konkrétních vozů do revizí, prodloužení revizní lhůty tj. deponie a konfigurace vozu (skladba dílů a komponent).

Správková deponie – oprava na cizí železnici

Proces správkové deponie – opravy na cizí železnici se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 17.



Obrázek č. 17: správková deponie - oprava na cizí železnici

Během tohoto procesu dochází ke zjišťování závady mimo českou republiku, vyžádání nezbytných náhradních dílů a odeslání na opravu zpět k držiteli.

2.3.3 Procesy z oblasti stavů a rizikových stavů

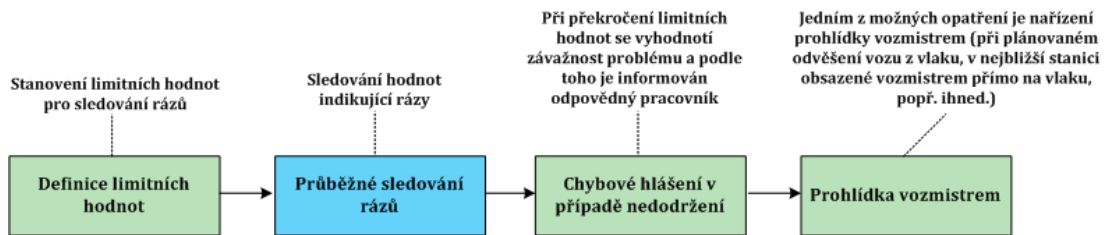
Tato oblast v sobě obsahuje následující identifikované procesy:

- monitorování příčných a podélných rázů,
- indikace plochých kol,
- indikace horkoběžnosti,
- kontrola otevřených dveří,
- kontrola přepravovaného zboží,
- kontrola průjezdného průřezu nákladu,
- kontrola teploty,
- kontrola tlaku přepravovaného materiálu,
- kontrola tlaku v brzdovém potrubí,
- kontrola hmotnosti vozu,
- zjišťování závad vozu,
- nastavení přestavovače,
- rozložení nákladu.

Procesy vyznačené šedou barvou jsou procesy, které nejsou přímo ovlivněny následujícím návrhem konkrétní architektury, resp. návrhu fyzické architektury systému inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě a jsou tedy umístěny v příloze toho dokumentu.

Monitorování příčných a podélných rázů

Proces monitorování příčných a podélných rázů se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 18.

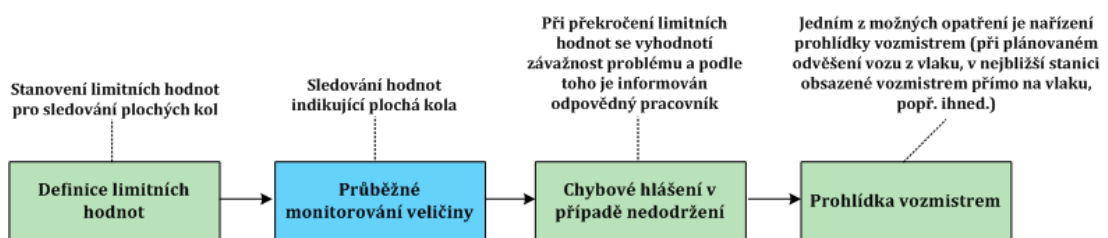


Obrázek č. 18: monitorování příčných a podélných rázů

Během tohoto procesu dochází k identifikaci rázů při pohybu vozu a následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak). V tomto případě by bylo vhodné nasazení technologie spojené s vozem trvalejším způsobem, nikoliv jen na dočasné sledování.

Indikace plochých kol

Proces indikace plochých kol se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku č. 19.

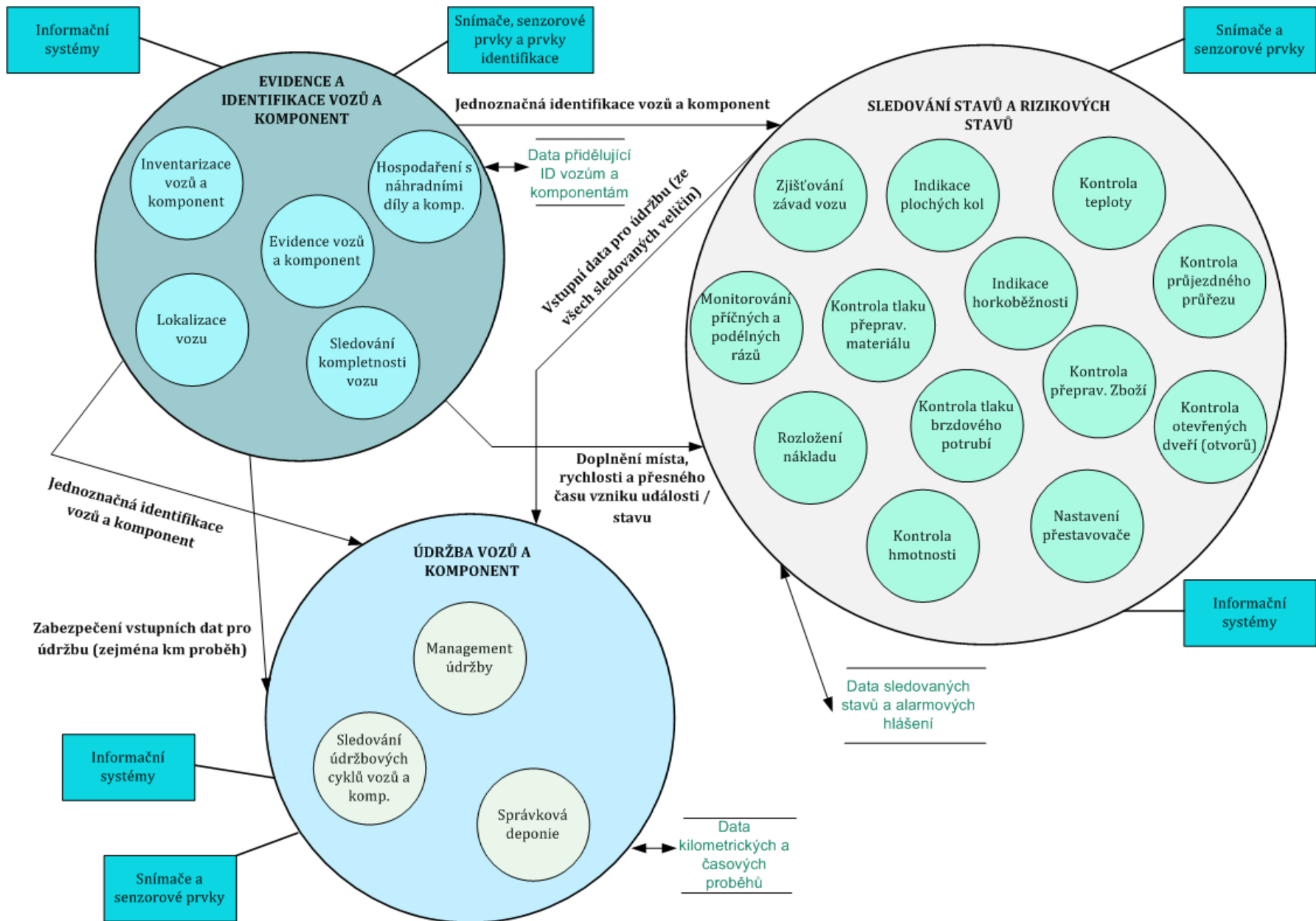


Obrázek č. 19: indikace plochých kol

Během tohoto procesu dochází k identifikaci plochého kola na vozidle, následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak). V případě havarijního stavu by měla být tato informace podána i strojvedoucímu nebo dispečerovi. Také v tomto případě by bylo vhodné nasazení technologie spojené s vozem trvalejším způsobem, nikoliv jen na dočasné sledování.

2.4 Návrh logické architektury inteligentního vozu

Návrh logické architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě vychází ze všech dosud zpracovaných informací a je zpracován pomocí schéma, resp. diagramu prvků a datových toků a je uveden na obrázku č. 20.



Obrázek č. 20: návrh logické architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě

Schéma logické architektury uvedené na obrázku č. 20, zobrazuje jednotlivé funkce, procesy a informační toky, které jsou zahrnuty do návrhu architektury inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě. Pro přehlednost jsou použity pouze čtyři typy symbolů, a to kružnice, šipky, paralelní linky a obdélníky.

Kružnice znázorňují jednotlivé procesy, příp. funkce, které představují určité úkony, podrobně popsané výše v této kapitole. Šipky prezentují informační a datové toky, které v rámci systému probíhají. Paralelní linky představují datové sklady a poslední symboly, tedy obdélníky reprezentují koncové prvky, kterými jsou současně definovány hranice návrhu systému.

Jiný pohled na návrh logické architektury inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě uvádí příloha C – Návrh logické architektury – detailní rozpracování, která obsahuje podrobný popis průniků jednotlivých procesů a uvažovaných technologií.

Toto zpracování, oproti návrhu uvedenému výše, zohledňuje problematiku vlastní a cizí infrastruktury, dále pak problematiku vlastních, najatých, pronajatých a cizích vozů a upozorňuje na možné problémy a komplikace s tím spojené.

Návrh logické architektury – detailní rozpracování je zpracováno formou tabulky a v elektronické podobě je přílohou toho dokumentu.

2.5 Dílčí závěr kapitoly

V rámci této kapitoly byly zavedeny pojmy týkající se návrhu systémové architektury a vysvětlen princip její tvorby. Následně byla provedena identifikace jednotlivých procesů ve vazbě na technologie analyzované v první kapitole, případně v příloze A: Analýza dostupných technologií této práce.

Byly zde identifikovány silné procesy, které byly následně rozpracovány do velkého detailu a byly popsány jejich jednotlivé části.

Nejpodstatnější částí kapitoly je návrh logické architektury inteligentního železničního vozu v nákladní železniční dopravě. Ta je zpracována ve dvou provedeních. První návrh je zpracován prostřednictvím diagramu procesů, prvků a datových toků. Druhý návrh je zpracován formou tabulky, která proti sobě staví jednotlivé procesy a technologie, tato je v elektronické podobě uvedena v příloze C - Návrh logické architektury – detailní rozpracování, resp. na přiloženém CD.

Součástí kapitoly je také příloha B – Technické procesy, která uvádí ostatní zpracované procesy, které nebyly zahrnuty do hlavního textu této práce.

3 Analýza potřeb, požadavků a možných omezení

Následující kapitola obsahuje analýzu potřeb a požadavků uživatelů systému a případných dalších omezení, které se mohou k návrhu systémové architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě vztahovat. Potřeby a požadavky na návrh systémové architektury jsou posuzovány z hlediska právních předpisů, platné legislativy a specifického provozního prostředí společnosti ČD Cargo.

3.1 Právní předpisy a legislativa

Následující část kapitoly je věnována analýze právních předpisů a související legislativy, vztahující se k zavedení inteligentních technologií a jejich umístění na nákladní železniční vozy. Kapitola dále pracuje s následujícím věcným rozdělením:

- předpisy právního charakteru a
- předpisy technického a technologického charakteru.

Za předpisy právního charakteru jsou považovány takové předpisy, které je nezbytně nutné dodržet na území Evropské unie a České republiky vzhledem k charakteru uvažovaných technologií a jejich nasazení do železničního provozu. Jedná se především o předpisy bezpečnostního charakteru, jako např. přepravy nebezpečného zboží, pohyb vozidel v areálech s nebezpečím výbuchu či zajištění bezpečného provozu na železnici.

Za předpisy technického a technologického charakteru jsou považovány takové předpisy a normy, které jsou rozhodující pro výrobce a provozovatele uvažovaných technologií. Jedná se především o normy ČSN, ETSI, EN ISO, GS1, TSI a podobně.

3.1.1 Předpisy právního charakteru

Technologie, na které se vztahuje nejvíce právních předpisů a další legislativy, jsou především technologie RFID a technologie GNSS. Zvláštní důraz je také nezbytné věnovat legislativě související s technologiemi montáže a dalšího umístění technologií na železniční vozy, případně přímo na infrastrukturu.

Přenosových technologií a technologie RFID se z obecného pohledu týká Zákon č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů. Zákon definuje plány přidělení kmitočtových pásem, plány využívání rádiového spektra a individuální oprávnění k využívání radiových

kmitočtů. Zákon dále ukládá povinnost držiteli oprávnění k využívání radiových kmitočtů platit za jejich užívání roční poplatky.

Plán přidělení kmitočtových pásem neboli národní kmitočtová tabulka, je stanovena Vyhláškou č. 105/2010 Sb., o plánu přidělení kmitočtových pásem (národní kmitočtová tabulka). Touto vyhláškou se stanovují pásma, ve kterých je možné a ve kterých je zakázáno vysílat. Přednostně jsou pohyblivé službě přiděleny pásma 698-960 MHz. Takové využívání nevyklučuje využití těchto pásem jinými aplikacemi služeb než těmi, pro které jsou přednostně přiděleny, nezakládá však přednost v řádu.

Z hlediska posuzování rizik plynoucích z nasazení nových technologií na železniční vozy je zásadní prováděcí nařízení Komise (EU) č. 402/2013 ze dne 30. dubna 2013 o společné bezpečnostní metodě pro hodnocení a posuzování rizik a o zrušení nařízení (ES) č. 352/2009 (Text s významem pro EPH) ve znění 2015/1136. Nařízení se týká takového navrhovatele provádějícího změnu železničního systému v členském státě. Tyto změny mohou mít technickou, provozní nebo organizační povahu. V případě organizačních změn se jedná o takové změny, které by mohly mít dopad na železniční dopravu z hlediska provozních postupů nebo údržby.

V případě, že navrhovaná změna nemá žádný dopad na bezpečnost železniční dopravy, nemusí se proces řízení rizik, tak jak to vyžaduje toto nařízení, použít a postačí pouze uchování příslušné dokumentace, na jejímž základě bylo rozhodnuto, že se nejedná o významnou změnu. Naopak v případě, kdy se změna považuje za významnou, použije se proces řízení rizik, tak jak jej stanovuje článek 5 tohoto nařízení.

Na používání zařízení v prostředí s nebezpečím výbuchu se vztahuje směrnice 94/9/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 3. března 1994 o sblížení právních předpisů členských států týkající se zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu. Tato směrnice definuje pojem zařízení jako stroje, přístroje, pevné nebo mobilní zařízení, ovládací součásti a detekční či preventivní ochranné systémy, které jsou samostatně nebo společně určeny pro výrobu, přenos, akumulaci, měření, regulaci a přeměnu energie a které jsou schopny způsobit výbuch v důsledku svých vlastních potenciálních zdrojů vznícení.

Hořlavé prostředí je takové prostředí:

- kde se vyskytuje směs hořlavých látek v podobě plynů, par, mlhy nebo prachu se vzduchem při atmosférických podmínkách, ve které se po vznícení rozšíří hoření do celé nespálené směsi,
- kde je nebezpečí výbuchu a
- takové prostředí, které se může stát výbušným v důsledku místních a provozních podmínek.

Zařízení fungující v hořlavém prostředí musí být navrženy a provedeny tak, aby se zabránilo vzniku zdrojů vznícení, i v případě často vznikajících poruch nebo provozních chyb zařízení, se kterými je nutno běžně počítat. Jednotlivé části zařízení musí být navrženy a provedeny tak, aby jejich stanovené maximální povrchové teploty nebyly překročeny ani v případě nebezpečí vznikajícího za mimořádných situací předpokládaných výrobcem. Současně jak samotné zařízení, tak jeho kabelové vývody a spojovací díly musí být provedeny tak, aby prach s ohledem na velikost jeho částic nemohl uvnitř zařízení vytvářet výbušnou prachovzdušnou směs nebo nebezpečné vrstvy usazeného prachu.

V principu platí, že pokud se na výrobek či zařízení vztahují zároveň jiné směrnice, musí být současně použity všechny směrnice tak, aby splněny všechny požadavky každé z nich. V případě směrnice 94/9/ES a směrnice Rady 92/31/EHS ze dne 28. dubna 1992, kterou se mění směrnice 89/336/EHS o sbližování právních předpisů členských států týkajících se elektromagnetické kompatibility se směrnice 94/9/ES musí používat tak, aby byly splněny požadavky týkající se bezpečnostních požadavků ohledně hořlavého prostředí. Směrnice o elektromagnetické kompatibilitě musí být rovněž použita tak, aby bylo zajištěno, že zařízení nemůže způsobit elektromagnetické rušení a že není takovýmto rušením ovlivněn jeho normální provoz.

Z hlediska umístění technologií na železniční nákladní vozy je nutné dodržet příslušná ustanovení vyhlášky 173/1995 Sb. Vyhláška Ministerstva dopravy, kterou se vydává dopravní řád drah, zejména Část pátá, týkající se drážních vozidel. Odstavec § 62 vyhlášky 173/1995 Sb. specifikuje konkrétní podmínky pro schvalování změny na drážním vozidle, jejichž podstatou je zásah do konstrukce vozidla, znamenající odchylku od schváleného typu. Podmínkami, podle nichž se schvalují změny na drážním vozidle, jsou:

- ověření rozsahu a druhu odchylek od chváleného typu a
- ověření změny zkouškou v rozsahu nezbytném k provedené změně.

Odchytkou se, mimo jiné, rozumí změna související s vybavením palubní diagnostikou s přenosem dat, nosných částí ovlivňujících jejich pevnost či funkčnost a zdrojových energetických soustav. Pro schválení změny platí technické podmínky a technická dokumentace pro schvalování typu nebo jeho konstrukční části, doplněné o dokumentaci, určující změnu, přičemž každé schválení změny musí být zapsáno v průkazu způsobilosti drážního vozidla nebo v technické dokumentaci v případě, že drážní vozidlo nemá průkaz způsobilosti.

Zásahy do vozové skříně, např. vyvrtání otvorů pro uchycení technologií pomocí šroubů není zásadní změnou konstrukce, nicméně stejně musí být vypracováno „Posouzení původního a nového stavu s ohledem na bezpečnost“ takovým způsobem, jako to ukládá nařízení Komise EU č. 402/2013 o společné bezpečnostní metodě pro hodnocení a posouzení rizik, ve znění nařízení EU č. 2015/1136. Toto posouzení zpracovává Drážní úřad či osoba splňující kritéria dle přílohy II výše zmíněného nařízení.

Pokud je shledaná změna bezpečnosti vlivem nového stavu vozidla, je nezbytné, aby notifikovaná osoba, např. Výzkumný ústav železniční, provedl zkoušky bezpečnosti a došlo ke schvalování změny dle vyhlášky 173/1995 Sb.

Upevnění technologií musí být takové, aby např. vlivem vibrací nedocházelo k trhlinám a jiným únavovým stavům skříně vozidla, a to zejména díky samotné hmotnosti technologie. S ohledem na bezpečnost fungování jednotlivých technologií je vhodné je umístit do prostoru pod vozem, nebo v horní části vozu tak, aby umístění technologie nebylo na první pohled viditelné.

Umístění zařízení podél dopravní cesty je nutné projednat a dohodnout s vlastníkem či správcem infrastruktury, nicméně z hlediska národní legislativy neexistuje pro umístění čtecí a zapisovací traťové jednotky žádné omezení.

3.1.2 Předpisy technického a technologického charakteru

V případě uvažovaných technologií je dodržení technických a technologických norem záležitostí téměř výhradně výrobců jednotlivých součástek nebo finálních výrobků a tudíž není v tuto chvíli úplně nezbytné je do podrobností analyzovat. V tomto případě tedy postačuje doklad od výrobce o dodržení příslušných, zejména technických norem a dále deklarace charakteru a formátu získávaných dat.

Vzhledem k tomu, že data přicházejí ze zařízení konkrétního výrobce, který pro výrobu zařízení musel dodržet harmonizované předpisy a normy, je z hlediska návrhu architektury systému inteligentního vozu v nákladní

železniční dopravě zcela dostačující doložení certifikátu či dokladu o dodržení těchto norem.

3.2 Potřeby a požadavky uživatelů na návrh systému

Návrh architektury systému inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě vzniká za účelem dodat ucelený dokument, obsahující návrh a doporučení na implementaci inteligentních či inovativních technologií pro sledování a analyzování provozních stavů nákladních železničních vozů, zejména jejich geografické polohy na železniční síti i mimo ni, technického stavu, stavu ložení a dalších parametrů. Smyslem implementace inteligentních technologií na jednotlivé železniční vozy je optimalizace jejich využívání, včetně upřesnění informací o jejich opotřebení a o opotřebení jednotlivých vozových komponent.

3.2.1 Funkční požadavky na návrh systému

Z funkčního hlediska je možné navrhovanou logickou architekturu, rozdělit na následující subsystémy:

- subsystém vozidlové části,
- subsystém komunikační části,
- subsystém centrální části.

Subsystém vozidlové části se skládá z konkrétních ICT umístěných na voze, které by měly sledovat jednotlivé veličiny takovým způsobem, který byl popsán v rámci první kapitoly tohoto dokumentu.

Subsystém komunikační části by měl zajišťovat sběr dat z technologií umístěných na voze a jejich bezpečný přenos do subsystému centrální části takovým způsobem, aby nemohlo dojít k jejich poškození či ztrátě ani v případě výpadku, poruchy nebo údržby některé z částí. V případě výpadku spojení s centrální částí by měl subsystém komunikační části zajišťovat archivaci dat, až do navázání opětovného spojení. Subsystém by měl také zajišťovat přenos dat pomocí některé zvolené přenosové technologie.

Data by měla být skrz komunikační bránu přenášena do subsystému centrální části. Softwarová aplikace na serveru centrální části by měla zajišťovat příjem dat z vozidlového subsystému, jejich ukládání do databáze, správu zařízení a další sdílení dat s informačními systémy.

3.2.2 Specifické požadavky vyplývající z provozního prostředí

Vozový park ČD Cargo čítá kolem 17 000 vozů a v ideálním případě, by měl být každý provozuschopný vůz vybaven inteligentními technologiemi. V případě, kdy by se vybavilo pouze určité malé procento vozů, působil by nový navrhovaný systém spíše kontraproduktivně a to z důvodu, že by nedošlo k optimalizaci a zlepšení technických procesů, ale spíše k zařazení dalších úkonů do vyhodnocovacího procesu.

Vzhledem ke skutečně početnému vozovému parku je nezbytné, aby implementované technologie nebyly příliš finančně náročné a během jejich provozu nedocházelo ke generování dalších dodatečných nákladů, zejména při přenosu dat z vozidlové části do centrální části navrhovaného systému.

S tímto je samozřejmě spojena také potřeba jednoduché údržby tak, aby vzhledem k množství vozů nedocházelo k jejich nepřiměřeně dlouhému odstavení z důvodu údržby nových technologií. Ideálně by se mělo jednat o kompaktní (monoblokové) zařízení, které je v případě poruchy možné vyměnit za jiné a není z důvodu nefunkčnosti technologie nutné odstavovat z provozu celý vůz.

Je třeba brát na vědomí, že se budou vybavovat především dnes funkční a používané vozy a komponenty, díky čemuž je nezbytné, aby montáž byla snadná a rychlá. S tím je spojen také fakt, že se musí jednat o čistě bezdrátovou technologii, protože není možné montovat kabelové rozvody na takové množství vozů.

Z důvodu vyloučení montování kabelových rozvodů na nákladní železniční vozy je tedy nezbytné napájet jednotlivá zařízení pomocí vlastních baterií. Vzhledem k vlastnostem dobíjecích baterií a jejich velkému sklonu k samovybíjení je v tomto případě vhodné volit baterie jednorázové, jejichž provozní vlastnosti jsou do provozního prostředí nákladní železniční dopravy jednoznačně vhodnější.

Jednorázové baterie není možné po jejich vybití znovu využívat k opakovanému napájení zařízení a navíc vyžadují komplikovanou ekologickou likvidaci. Je tedy žádoucí, aby instalovaná zařízení nebyla příliš náročná na energii. Malá energetická náročnost tedy umožní zařízení fungovat po relativně dlouhou dobu bezúdržbově a nebudou vznikat příliš vysoké náklady na časté pořizování baterií.

Jak již uvedla první část této kapitoly, veškeré větší zásahy do železničního vozu, případně umístování zařízení na železniční vozy, či zavádění nových procesů

s tím spojených, znamená velmi složitý legislativní proces schvalování, testování a také další administrativní agendy. To způsobí průtahy před tím, než bude možné technologie v reálném provozu využít a opět to znamená další náklady nejen z finančního pohledu, ale také z pohledu vytížení lidských zdrojů.

Je žádoucí se těmto komplikacím vyhnout a navrhnout systém tak, aby tyto schvalovací procedury vyplývající z legislativních povinností byly co nejjednodušší, ideálně tedy tak, aby nebyly žádné.

3.3 Dílčí závěr kapitoly

V rámci této kapitoly byla provedena analýza potřeb, požadavků a možných omezení vzhledem k návrhu systémové architektury inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě.

Byla zde provedena analýza právních předpisů a legislativy, která se přímo vztahuje na zavádění inovativních postupů a technologií v rámci železniční dopravy a byly popsány postupy a omezení v případě jejich implementace.

Dále zde byly popsány potřeby a požadavky na návrh architektury systému z pohledu uživatelů a závěr kapitoly byl věnován definování specifických potřeb a požadavků z hlediska provozního prostředí společnosti ČD Cargo.

Na návrh systému byly tedy definovány následující nároky, požadavky a omezení:

- minimální legislativní schvalovací procedury – ideálně žádné,
- kompaktní monoblokové zařízení,
- snadná a rychlá montáž zařízení,
- jednoduchá údržba,
- pouze bezdrátové technologie – žádné kabelové rozvody,
- nepřliš vysoké nároky na energii a
- napájení pomocí baterií – ne dobíjecí zařízení.

4 Návrh fyzické architektury

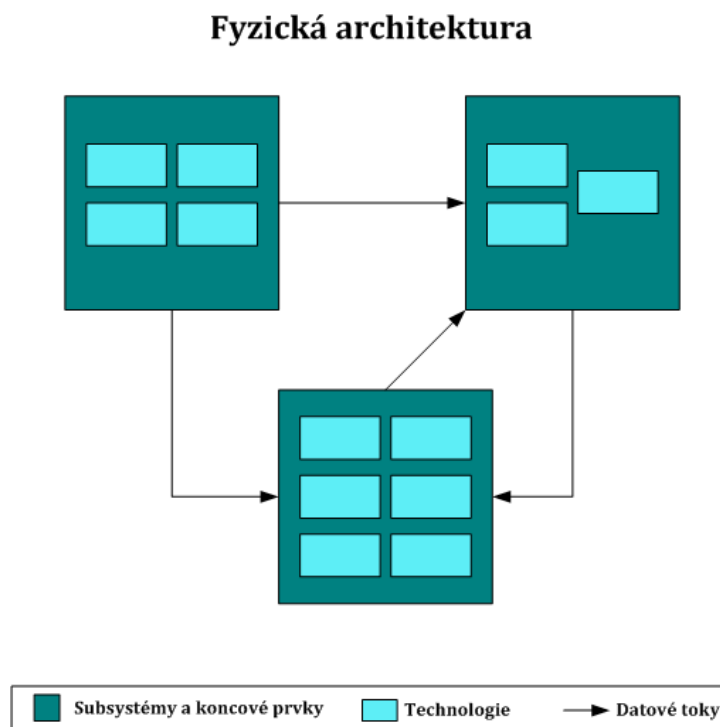
Následující kapitola obsahuje návrh fyzické architektury systému inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě a vychází z jednotlivých výstupů předchozích kapitol této práce.

4.1 Fyzická architektura

Fyzická architektura představuje prezentaci hlavních prvků a stěžejních rozhraní navrhovaného inteligentního systému, ale pouze do takového detailu, aby byl jednoznačně definován smysl a funkčnost navrhovaného systému. Současně definuje strukturu nad jednotlivými procesy a datovými toky definovanými v rámci logické architektury.

Tato struktura je tvořena jednotlivými subsystémy a koncovými prvky, které tvoří samotný inteligentní dopravní systém. Subsystémy jsou mezi sebou propojeny datovými toky, které propojují subsystémy a koncové prvky v jeden integrovaný systém. Subsystémy jsou tvořeny konkrétními technologiemi, případně jejich soubory či balíčky. [20]

Schéma fyzické architektury a jejich jednotlivých prvků znázorňuje obrázek č. 21.



Obrázek č. 21: schéma fyzické architektury

4.2 Návrh fyzické architektury inteligentního vozu

Konkrétní návrh fyzické architektury systému inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě je vytvořen na základě všech jednotlivých dílčích **výstupů z předchozích kapitol** a obsahuje ucelený návrh kompletního systému.

4.2.1 Subsystém vozidlové části

Subsystém vozidlové části se skládá z jednotlivých technologií umístěných na železničním voze. Tyto technologie sledují jednotlivé veličiny takovým způsobem, který již byl popsán v rámci první kapitoly tohoto dokumentu. Jedná se o následující technologie:

- RFID (resp. pasivní RFID tagy),
- GNSS (resp. GPS),
- akcelerometr,
- přenosu dat GSM a IoT.

Prolnutí jednotlivých technologií a pokrytých procesů uvádí schéma na obrázku č. 22. V místě, které je označeno zeleným příznakem, pak technologie přímo zasahuje či ovlivňuje uvedený proces.

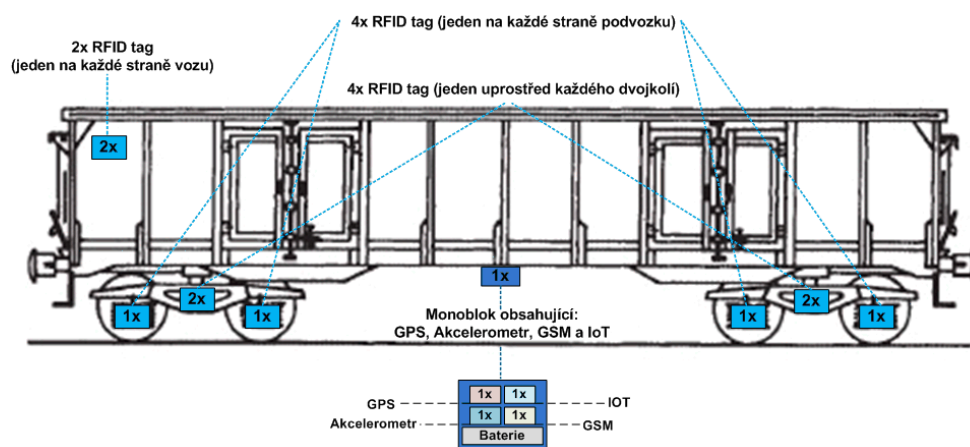
	RFID	GNSS	Akcelerometr	Přenos dat: GSM / IoT
Oblast evidence a identifikace				
Evidence vozu	✓			
Inventarizace vozů a jejich komponent	✓	✓		✓
Hospodaření s náhr. díly a kompon. vozů	✓			
Lokalizace vozu		✓		✓
Kompletnost vozu	✓			
Oblast údržby				
Management údržby		✓		✓
Sledování údržbových cyklů vozidel		✓		✓
Sledování údržbových cyklů komponent		✓		✓
Správková deponie	✓	✓		✓
Oblast sledování stavů a rizikových stavů				
Monitorování příčných a podélných rázů		✓	✓	✓
Indikace plochých kol		✓	✓	✓

Obrázek č. 22: schéma konkrétních technologií a pokrytých procesů

Navrhované řešení tedy počítá se zavedením technologie RFID, resp. **umístěním celkem 10 pasivních RFID tagů na jeden železniční vůz** s tím, že vůz bude označen z každé strany (2x tagy), podvozky vozů budou také označeny z každé strany (4 tagy) a jednotlivá dvojkolí, která budou označena uprostřed nápravy (4 tagy).

Zbývající technologie, čili **GPS, akcelerometr, GSM a IoT, budou podle tohoto návrhu sdruženy do jednoho přístroje – jednotky či monobloku**. Záznam dat bude inteligentně řízen řídicím software jednotky (tzv. firmware). Jedno takové zařízení bude následně umístěno na každém železničním voze.

Schéma subsystému vozidlové části a umístění jednotlivých ICT je uvedeno obrázku č. 23.



Obrázek č. 23: schéma subsystému vozidlové části

Navrhované řešení spočívá ve vybavení vozů a jejich klíčových komponent odolnými pasivními RFID tagy, které při přiblížení čtecího zařízení vyšlou jedinečný kód, kterému bude v databázi přiřazen konkrétní vůz či komponenta. Pasivní RFID tag byl zvolen především pro jeho nízkou pořizovací cenu, mechanickou odolnost, nízkou hmotnost a absenci vlastního zdroje energie. Pro vysílání identifikačního kódu využívá pasivní RFID tag energii získanou formou radiofrekvenčních vln z čtecího zařízení v okamžiku jeho přiblížení.

Množství a rozmístění tagů bylo zvoleno takovým způsobem, aby bylo možné vyčíst informace z tagů na obou stranách vozu, bez nutnosti jej obcházet, což je praktické především v případě, kdy je vůz součástí vlakové soupravy.

Další součástí navrhovaného řešení je skloubení čtyř technologií do jednoho zařízení – jednotky či monobloku. Tato jednotka v sobě, mimo jiné, kombinuje dvě přenosové technologie což znamená, že umožňuje využít výhody přenosu dat IoT tam, kde je tato síť dostupná a v oblastech nepokrytých signálem IoT přenáší data konvenční technologií GSM.

Jedná se o následující ICT:

- GPS pro lokalizaci vozu, výpočet kilometrického proběhu, přesnou synchronizaci času, zjištění směru pohybu, rychlosti a případně nadmořské výšky,
- akceleromet pro detekci vibrací, nárazů ve všech geometrických osách a rozlišení stavu zda je vůz v pohybu nebo zda stojí na místě,
- GSM pro zajištění přenosu nasbíraných dat na server centrální části v oblastech bez pokrytí signálem IoT,
- IoT pro zajištění přenosu nasbíraných dat na server centrální části v oblastech s pokrytím signálu IoT.

Jednotlivé technologie budou společně s bateriovým zdrojem energie umístěny v jednom mechanicky odolném pouzdře s krytím IP69, čili jednotka bude plně chráněna před vniknutím prachu a tlakové vodě. Tato jednotka bude umístěna na každém provozním voze.

Způsob záznamu dat bude inteligentně řízen řídicím software jednotky (tzv. firmware). Ten bude podle administrátorského nastavení rozlišovat několik následujících základních provozních stavů vozu:

- stojící vůz bez pohybu,
- vůz v pohybu na domácí síti (domácí mobilní operátor) a
- vůz v pohybu na cizí síti (roamingový mobilní operátor).

V režimu stojícího vozu bez pohybu není potřeba zaznamenávat údaje o poloze, akcelerační čidlo zůstává v pohotovostním režimu a zařízení je ve stavu nejvyšší úspory energie. Jednotka naváže jednou za 24 hodin krátkodobě spojení se serverem, aby zjistila, zda pro tento vůz administrátor nevytvořil nějaké nové konfigurační požadavky a také, aby přenesla stavové informace (např. stav nabití baterie).

V režimu vůz v pohybu na domácí síti jednotka zaznamenává data o poloze, vibracích a rázech dle administrátorem nastavených parametrů. V nastaveném časovém intervalu data odesílá na server centrální části. Minimální časový interval pro záznam a odesílání dat by neměl být vyšší než 15 minut.

V režimu vůz v pohybu na cizí síti jednotka zaznamenává data a funguje stejným způsobem jako vůz v pohybu na domácí síti, avšak z důvodu snížení provozních nákladů spojených s přenosem dat, mohou být podmínky a časové intervaly pro záznam a přenos dat na server centrální části odlišné, než pro domácí síť. Minimální časový interval pro záznam by opět neměl být vyšší než 15 minut,

ale přesnos dat na server centrální části by se, z důvodu snížení provozních nákladů, měl pohybovat maximálně v rozmezí 12 hodin.

Softwarová aplikace na serveru centrální části bude zajišťovat příjem dat z jednotek na vozech, jejich ukládání do databáze, správu zařízení a sdílení dat s dalšími informačními systémy.

Je vhodné zdůraznit, že technologie IoT je nová a tedy neexistují praktické zkušenosti s kombinací přenosu dat přes IoT a GSM. Existuje několik vlastností technologie IoT (viz. první kapitola tohoto dokumentu), které tuto kombinaci komplikují, ale dá předpokládat, že budou s rozvojem technologie IoT překonány.

Energetické nároky

Technologie RFID, resp. pasivní RFID tagy jsou z hlediska energetických nároků zcela ideální. Pasivní tagy umístěné na voze a komponentách nepotřebují vlastní zdroj energie, protože k vyslání informace využívají energii přijatou z čtecího zařízení formou radiofrekvenčních vln, které zásobují energií tag na dobu potřebnou k vyslání informace z pět k čtecímu zařízení.

Ruční čtecí zařízení budou (příp. již jsou) vybavena bateriemi, ať již jednorázovými nebo dobíjecími. Dobíjení pak probíhá klasicky z rozvodné sítě. V případě použití automatických čtecích bran je předpokládáno také zásobování z rozvodné sítě, stejně jako v případě dobíjení ručních čtecích zařízení.

Monobloková jednotka umístěná na voze bude napájena jednorázovými bateriemi a energetická náročnost závisí, kromě **administrátorského nastavení intervalů pro sběr a přenos dat**, také na poměru využívání obou přenosových technologií.

V konfiguraci, kde by se pro přenos dat využívalo pouze síť GSM, která patří mezi energeticky náročnější řešení, je podle odhadu energetických nároků jedné jednotky na dobu tří let vhodné využít 12 Lithiových článků v balíčku po třech kusech, s napětím jednoho balíčku 4,5 V, kapacitou 11,6 Ah a s konektorem pro snadnou výměnu. V konfiguraci, kde by se využívala pouze síť IoT, která patří mezi energeticky málo náročné řešení, je podle odhadu energetických nároků jedné jednotky na dobu tří let, možné využít dvě baterie s kapacitou 2,5 Ah.

Oběktivně nelze předem stanovit, jak dlouho se bude vůz pohybovat na území s pokrytím IoT a o kolik poklesne energetická náročnost oproti využívání GSM. Energetické nároky jedné monoblokové jednotky, která využívá obě technologie, se tedy budou pohybovat mezi 2,5 Ah a 11,6 Ah.

Nároky na montáž

V případě technologie RFID, jsou průmyslové tagy přizpůsobeny k montáži na kovové povrchy několika způsoby v závislosti na tvaru a velikosti komponenty. Tag může být uchycen vysoce pevnostním lepidlem, které odolá širokému spektru teplot. Dále je možné uchytit tag pomocí šroubů, případně existuje také provedení s plastovou či kovovou stahovací páskou. Materiál provedení samotného RFID tagu může být odolný plast, nerezová ocel nebo hliník. Tvary průmyslových tagů mohou být také různé, např. štítek do kterého mohou být vygravírovány další údaje formou textu nebo kódu.

Doba potřebná pro upevnění jednoho RFID tagu se liší podle použité montážní technologie a pohybuje se od přibližně 5 min v případě stahovací pásky či lepení, až po 20 minut v případě vyvrtání dvou otvorů a upevnění šrouby.

V případě monoblokové jednotky bude na každém provozním voze namontováno mechanicky odolné pouzdro s vysokým krytím IP69, obsahující jednotku a balíčky baterií, aby odolalo vniknutí prachu a tlakové vodě. Pouzdro bude k vozu upevněno šrouby, nebo pomocí magnetického držáku s vysoce přilnavými neodymovými magnety.

Místo kde bude pouzdro s jednotkou a bateriemi umístěno, musí být zvoleno tak, aby zde nedocházelo ke kontaktu s jinou částí vozu, nebo aby nedošlo k jeho poškození při opravách, údržbě nebo čištění. Doba potřebná pro instalaci na jeden vůz je od pěti minut v případě magnetického držáku, až po maximálně jednu hodinu v případě využití šroubových spojů.

4.2.2 Subsystem komunikací části

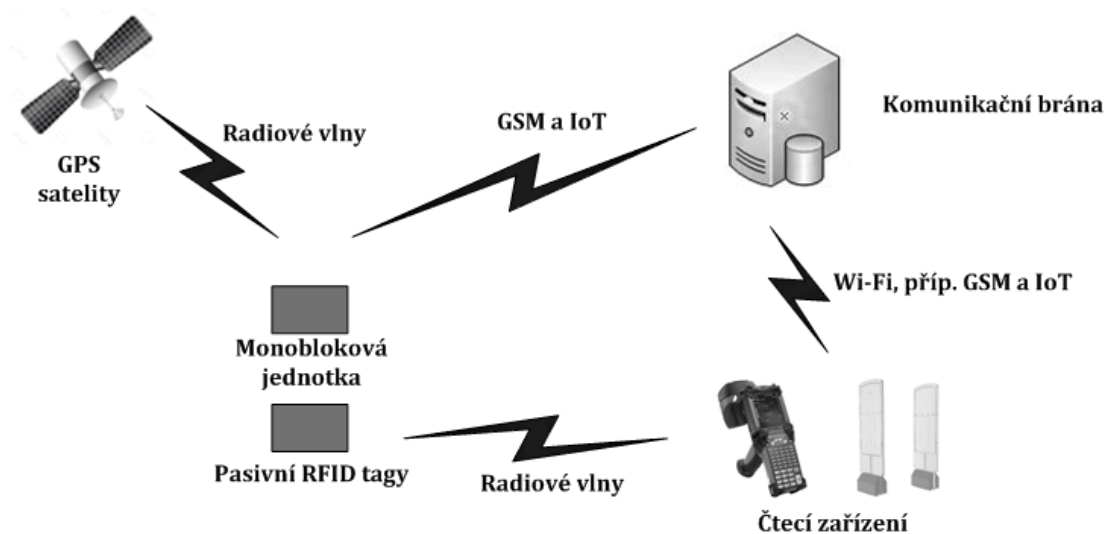
Návrh subsystému komunikací části zajišťuje sběr dat z jednotlivých technologií a jejich bezpečný přenos do subsystému centrální části systému.

V případě monoblokové jednotky zajišťuje přenos dat pomocí technologie GSM nebo IoT. V případě RFID probíhá komunikace na bázi radiofrekvenčních vln mezi čtecími zařízeními a pasivními tagy. Propojení čtecích zařízení do centrální sítě může být realizováno nejlépe prostřednictvím Wi-Fi, příp. GSM nebo IoT.

Subsystem komunikací části se skládá z následujících prvků:

- monobloková jednotka (resp. vnitřní firmware a integrovaná anténa),
- přenosových sítí,
- čtecích zařízení,
- komunikační brány a
- pasivních prvků systému (resp. GPS satelitů a pasivních RFID tagů).

Schéma subsystému komunikační části a jednotlivých prvků uvádí obrázek č. 24.



Obrázek č. 24: schéma subsystému komunikační části systému a jednotlivých prvků

Příjem a přenos dat z monoblokové jednotky bude podle návrhu probíhat zcela automaticky, bez nutnosti zásahu zaměstnanců. Příjem dat a způsob přenosu bude inteligentně řízen firmware jednotky, vysílán prostřednictvím integrované antény a realizován jednou ze dvou metod v závislosti na aktuálním pokrytí přenosové sítě.

Technologie přenosu dat jsou následující:

- integrovaný GSM modem s vloženou SIM kartou mobilního operátora a
- integrovaný modem IoT.

Pomocí seznamu preferovaných operátorů bude v jednotce nastaveno, ve kterých zemích má být pro přenos dat použit GSM modem (tam, kde je známo, že není dostupná síť IoT). Jednotka se prostřednictvím privátní nebo veřené APN (Access Point Network) připojí do VPN (Virtual Private Network), kde se spojí se serverem centrální části, kam přeneše nasbíraná data, přijme nové konfigurační požadavky (pokud byly administrátorem vytvořeny) a následně spojení ukončí. V době neaktivního přenosu dat je GSM modem v režimu minimální spotřeby energie bez registrace do sítě operátora. Dále podle aktuálního dostupného mobilního operátora GSM sítě jednotka zjistí, ve které zemi se nachází a v případě, že v dané zemi je dostupnost sítě IoT, bude k přenosu dat využívat technologii IoT.

Seznam mobilních operátorů ze zemí, v nichž se mají data přenášet prostřednictvím GSM sítě, bude spravovatelný pověřeným zaměstnancem s přiděleným administrátorským účtem. Změnu nastavení bude provádět

v případě rozšíření dostupnosti IoT v dalších zemích. Pokud nedojde ke změně pokrytí IoT signálem, nebude potřeba konfiguraci upravovat.

Jedním z konfigurovatelných parametrů pro automatické přepínání mezi přenosem dat technologií IoT a GSM bude časový interval, v němž bude jednotka zjišťovat prostřednictvím GSM sítě, v jaké zemi se nachází. Interval zjištění nebude kratší než jeden den, v opačném případě by nebylo dosaženo požadované snížené spotřeby energie.

Všechna data přenesená prostřednictvím mobilního operátora budou podléhat zpoplatnění. Na objem dat přenesený z jednotky na voze mají vliv následující faktory:

- poměr doby vozu v pohybu a bez pohybu – v době kdy vůz stojí bez pohybu, nebude aktivní akcelerační čidlo ani GPS přijímač, nebude tedy nutné data ani přenášet,
- administrátorské nastavení vytvořené v aplikaci na centrálním serveru – zaměstnanec s administrátorským účtem může měnit konfiguraci jednotky, např. podmínky pro záznam polohy, stupně nárazů a vibrací a časové intervaly pro pořizování a přenos dat,
- minimální účtovací jednotka mobilním operátorem – jelikož budou přenášena jen malá množství dat v řádech jednotek kB je žádoucí, aby byla minimální jednotka účtovaná operátorem co nejmenší.

Použití technologie RFID nevyžaduje žádnou formu placeného přenosu dat ze subsystému vozidlové části do subsystému centrální části, jelikož dochází k datové komunikaci mezi tagy na voze a čtecími zařízeními. Tato komunikace na bázi radiofrekvenčních vln není nijak zpoplatněna, je však omezena vzdáleností mezi tagem a čtecím zařízením, která je v řádu jednotek metrů (dle provedení a umístění).

Další datové přenosy probíhají mezi čtecími zařízeními a centrálním serverem, resp. aplikací na ukládání a správu dat pořízených čtením RFID tagů. Připojení čtecích zařízení do sítě může být ideálně realizováno prostřednictvím Wi-Fi, což ovšem vyžaduje investici do vybudování pokrytí Wi-Fi sítí na provozech. Nevýhodou tohoto řešení ale je omezený dosah, resp. nefunkčnost přenosu dat pokud bude potřeba čtecí zařízení použít mimo tyto provozy.

Alternativou, která není omezená lokálně, jsou přenosy dat mezi čtecími zařízeními a centrálním serverem prostřednictvím mobilních operátorů. Díky tomu nebude potřeba budovat vlastní Wi-Fi síť na provozech, protože pokrytí signálem s přístupem na internet zajišťuje a udržuje mobilní operátor. S tímto

způsobem přenosu dat jsou ovšem spojeny poplatky za přenesená data z a do každého čtecího zařízení. Další možností je pak využití sítě IoT, která ovšem není v tuto chvíli na celém území České republiky dostupná.

Základní faktory, které ovlivňují objem přenášených dat, jsou následující:

- počet čtecích zařízení,
- interval vyčítání RFID tagů,
- rozsah komunikace mezi čtecími zařízeními a centrálním serverem.

Čtecí zařízení mohou jen vyčíst tagy na voze, přiřadit vozu komponenty a data odeslat bez další interakce s centrálním serverem, nebo si může čtecí zařízení ze serveru vyžádat a obsuze zobrazit údaje z historie, např. datum a místo poslední aktualizace údajů o voze a komponentách, historii předchozích komponent na voze, podrobnosti o voze a komponentách (technické údaje vozu, údaje o opravách a údržbě, příští termín údržby nebo výměny, atd.).

Dalším prvkem subsystému komunikační části je komunikační brána, která podle návrhu zajišťuje inteligentní služby bezdrátové přenosové sítě, jako jsou:

- DDNS (Dynamic Domain Name System) zajišťující překlad jemných názvů koncových zařízení na IP adresy,
- sestavování tunelů pro transparentní komunikace prostřednictvím různých přenosových sítí,
- přidělování IP adres a
- odevzdávání získaných dat všem aplikacím, které tyto informace vyžadují.

4.2.3 Subsystém centrální části

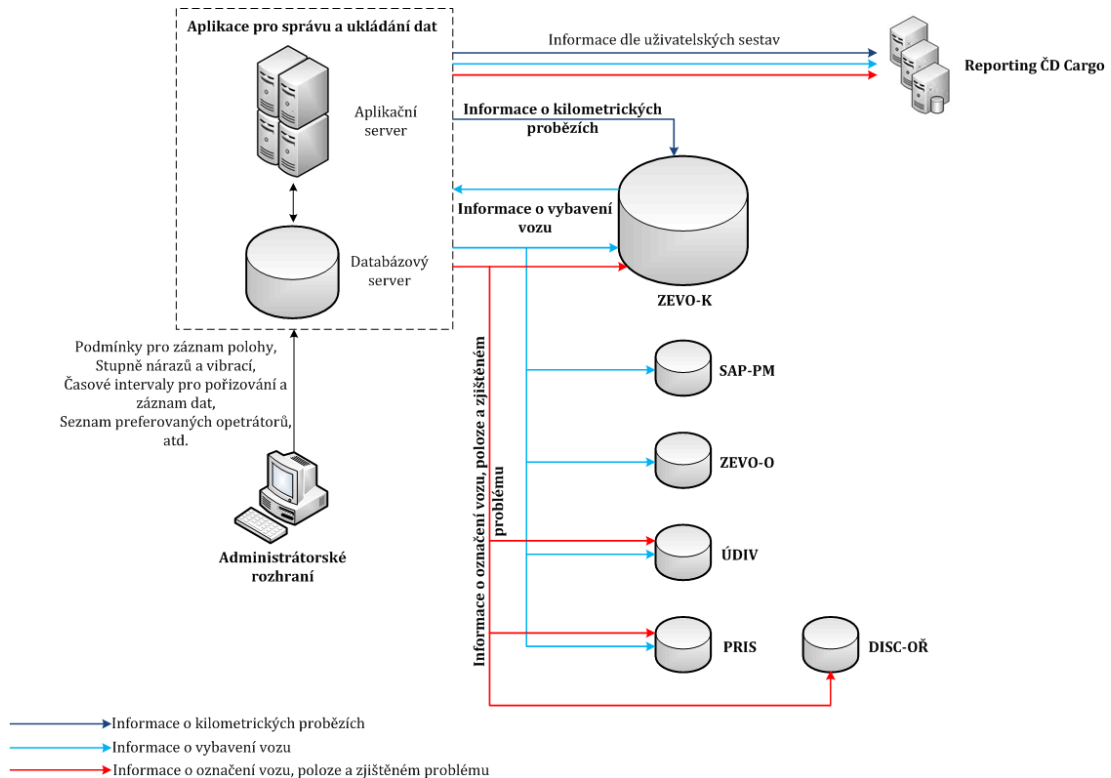
Návrh subsystému centrální části, resp. subsystému aplikačního a stacionárního software, zajišťuje propojení nově navrhovaného systému na funkční informační systémy společnosti ČD Cargo. Slouží pro vyhodnocení získaných a naměřených dat ze subsystému vozidlové a komunikační části a dále k tvorbě administrátorských nastavení a konfiguraci parametrů zařízení umístěných v rámci subsystému vozidlové části.

Subsystém centrální části se skládá a ovlivňuje následující informační systémy:

- aplikace pro správu a ukládání dat,
- administrátorské rozhraní,
- ZEVO-K,
- SAP-PM,
- ZEVO-O,
- ÚDIV,

- PRIS,
- DISC-OŘ a
- Reporting ČD Cargo.

Schéma subsystému centrální části a jednotlivých prvků uvádí obrázek č. 25.



Obrázek č. 25: schéma subsystému centrální části a jednotlivých prvků

Základní úpravou bude zavedení nové aplikace pro správu a ukládání dat ze subsystému vozidlové části. Přes tuto aplikaci, resp. administrátorské rozhraní se budou konfigurovat parametry a provozní podmínky pro technologie umístěné na vozech. V rámci této aplikace by měla být současně centralizována všechna data tak, aby bylo možné prostřednictvím této aplikace přistupovat ke kompletnímu souboru naměřených dat.

Největší úpravou stávajících informačních systémů u společnosti ČD Cargo by podle návrhu mělo být propojení informací z vozidlového subsystému zejména se systémem ZEVO-K, resp. Kartotéka železničních vozů. Systém ZEVO-K, funguje v rámci modulů systému SAP, plní účel kartotéky nákladních vozů a zajišťuje funkcionality, jako je snadné sledování a řízení životního cyklu vozu, přičemž tyto informace současně sdílí s dalšími informačními systémy.

V tomto případě pak jde především o propojení RFID tagů s evidencí vozu, přenesení informace o vybavení vozu, identifikaci příslušné jednotky a případně možnost změny těchto údajů. Možnost změny údajů prostřednictvím systému

ZEVO-K není nutnou podmínkou, nicméně jde o zvýšení uživatelského komfortu, aby při změně údajů vozu byla použita jedna aplikace.

Další změny v systému ZEVO-K se budou týkat kilometrických proběhů. Avšak dnes již tento systém s řízením oprav dle kilometrických proběhů počítá, změna bude spočívat v části získávání dat, kde se místo známých událostí budou hledat vzdálenosti mezi GPS polohami. Toto bude mimořádně prospěšné zejména pro vozy pohybující se mimo Českou republiku a pro vozy na vlečkách, u kterých tyto informace v současné době nejsou známy.

Informace o vybavení vozu by měly být dále předány do systémů, které přijdou s vozem bezprostředně do styku. Jedná se o následující systémy:

- **SAP-PM**, resp. modul údržby - v rámci kterého jsou plánovány veškeré údržby,
- **ÚDIV**, resp. ústřední dirigování vozu – v rámci kterého je poskytována komplexní podpora řídicích systémů a prováděcích procesů nad vlastními vozy a komplexní podpora a sledování všech vozů, které jsou přepravovány prostřednictvím ČD Cargo.
- **ZEVO-O** – databáze nákladních vozů a jejich vlastností (vlastních, půjčených, pronajatých), spadá pod systémy plánování kapacit.
- **PRIS**, resp. provozní informační systém – jedná se o komplexní informační systém pro podporu veškerých technologických procesů a provozních pracovníků. Systém dále poskytuje kompletní informace o životním cyklu vlaku či vozu. V rámci systému dále funguje systém MODAK (resp. PDA), prostřednictvím kterého se pořizují provozní data pomocí mobilních zařízení PDA a také se v nich zobrazují informace poskytnuté systémem PRIS.

Ve všech těchto systémech by mělo jít pouze o přenesení informace o provázání RFID tagů s konkrétními vozy a komponentami a dále o přenesení údajů o instalovaných monoblokových jednotkách na vozech a provázání ID jednotky s konkrétním vozem.

V oblasti monitoringu stavů a důležitých veličin pak jde o dopracování nových datových toků s označením vozu, jeho polohy a zjištěným problémem směrem k aplikacím, které tento problém mohou aktuálně řešit, popř. data alespoň využít. V tomto případě se jedná zejména o systémy ZEVO-K, ÚDIV a PRIS. Při akutním problému by se měla informace dostat až do systému DISC-OŘ, který slouží pro potřeby dispečerů společnosti ČD Cargo a poskytuje jim spolehlivé informace

nezbytné k řízení provozu nákladní dopravy. V takovém případě by na závažné problémy mohli aktuálně reagovat.

Další úpravou dle návrhu je propojení aplikace na správu dat se systémy Reportingu ČD Cargo. Informace by byly z aplikace předávány prostřednictvím uživatelských sestav a agregovaných výstupů tak, aby to plně vyhovovalo požadavkům zaměstnanců, kteří s nimi budou dále pracovat.

4.3 Dílčí závěr kapitoly

V rámci této kapitoly byl proveden návrh fyzické architektury systému inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě.

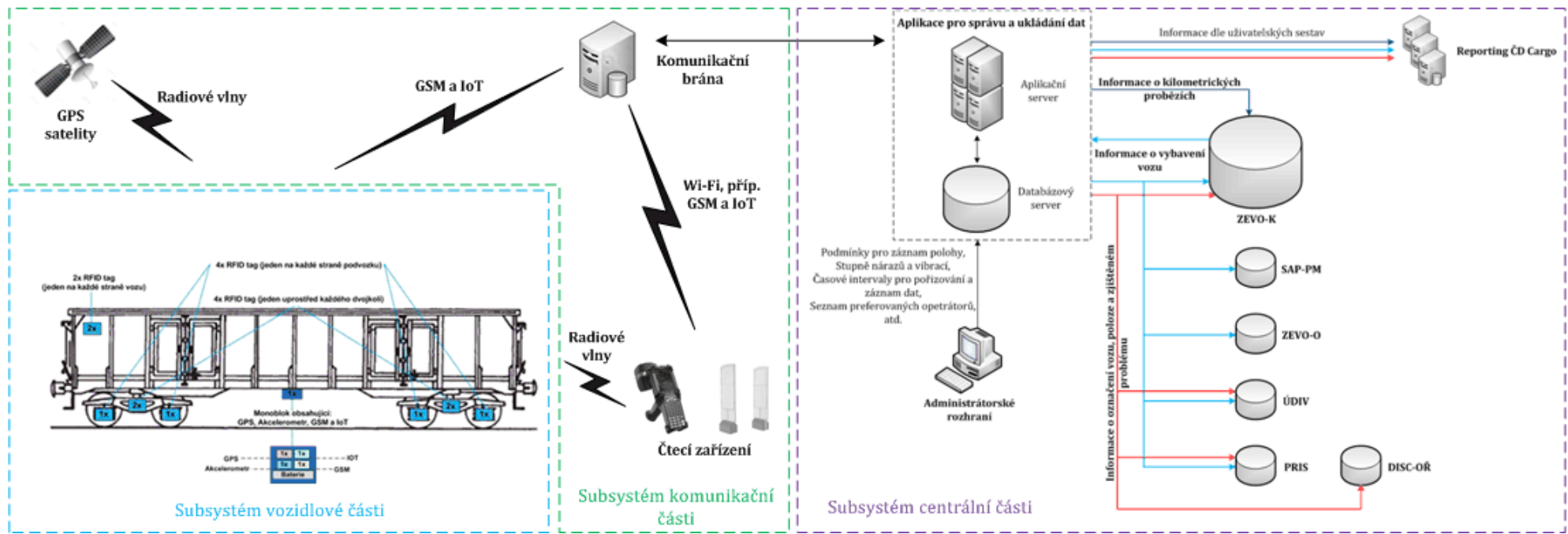
Návrh fyzické architektury je tvořen následujícími subsystemy:

- systém vozidlové části,
- systém komunikační části a
- systém centrální části.

Jednotlivé subsystemy zde byly podrobně popsány a rozkresleny. Byl zde vysvětlen jejich význam, důležité prvky a datové toky. Celý návrh fyzické architektury vycházel z jednotlivých výstupů předchozích kapitol této práce a současně vznikal takovým způsobem, aby mohl být co nejdříve přiveden v rámci jeho pilotního projektu do běžné praxe.

Kompletní schéma návrhu fyzické architektury včetně vyznačení jednotlivých subsystemů a datových toků zobrazuje schéma na obrázku č. 26.

Návrh fyzické architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě



Obrázek č. 26: schéma návrhu fyzické architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě

Závěr

Cílem této práce bylo podat ucelený návrh systémové architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě. Konkrétní návrh je již implementován do provozního prostředí největšího dopravce v oblasti nákladní železniční dopravy a současně držitele největšího počtu nákladních železničních vozů v České republice, společnosti ČD Cargo.

Práce byla rozdělena do čtyř základních kapitol, z nichž první kapitola obsahuje analýzu dostupných informačních a komunikačních technologií, které by mohly být pro nákladní železniční dopravu, resp. nákladní železniční vozy, perspektivní. Vzhledem k potřebám této práce je provedená analýza dále rozšířena o analýzu možností montáže a napájení technologií v případě jejich umístění na nákladní železniční vozy. U všech uvedených technologií byly jednoznačně definovány jejich výhody a nevýhody s ohledem na provozní prostředí, do kterého mají být zaváděny. K první kapitole se váže příloha A - Analýza dostupných technologií.

V rámci druhé kapitoly byly zavedeny základní pojmy týkající se návrhu systémové architektury a vysvětlen princip její tvorby. Byly zde identifikovány silné procesy, které je možné zavedením inovativních technologií ovlivnit, usnadnit či optimalizovat. Tyto procesy pak byly následně rozpracovány do detailu a popsány jejich jednotlivé kroky. Nejpodstatnější částí druhé kapitoly je návrh logické architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě.

Následující třetí kapitola byla věnována analýze potřeb, požadavků a možných omezení vzhledem k návrhu systémové architektury inteligentního železničního vozu v nákladní dopravě. Byla zde provedena analýza právních předpisů a legislativy, která se přímo vztahuje na danou problematiku. Dále zde byly popsány potřeby a požadavky na návrh architektury systému z pohledu uživatelů a provozního prostředí společnosti ČD Cargo. Z analýzy vyplynulo množství omezení, která jsou dále zohledněna v návrhu fyzické architektury.

Čtvrtá kapitola byla věnována konkrétnímu návrhu fyzické architektury systému inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě a tento byl navržen prostřednictvím následujících subsystémů:

- subsystém vozidlové části,
- subsystém komunikační části a
- subsystém centrální části.

Jednotlivé subsystémy zde byly podrobně popsány a rozkresleny tak, aby byl jednoznačně vysvětlen jejich smysl a význam.

Fyzická architektura počítá s osazením vozů a vybraných komponent pasivními RFID tagy a vybavením provozů čtecími zařízeními, díky čemuž bude zaveden jednotný proces přidělování jedinečných identifikátorů a vznikne jednotná databáze, jejíž údaje se budou průběžně aktualizovat. Tyto informace budou dále sdíleny s dalšími již užívanými informačními systémy. Současně při použití čtecích zařízení nebo čtecích bran bude možné informace v reálném čase získat, porovnat s evidovaným stavem v databázi a na případné neshody okamžitě upozornit zodpovědné osoby. Benefity získané provozováním RFID jsou významné především díky nízkým pořizovacím a provozním nákladům, je však nutné vybavit touto technologií celý vozový park i všechny vybrané komponenty včetně těch, které jsou umístěny ve skladech.

Fyzická architektura dále počítá se zavedením monoblokové jednotky, která v sobě integruje lokalizační technologii GPS, akcelerometr, přenosové technologie GSM a IoT a vlastní zdroj napájení. Kombinace zavedené, spolehlivé, ale morálně zastaralé technologie GSM a nové perspektivní a úsporné IoT, může eliminovat jejich slabé stránky. V oblastech s pokrytím sítí IoT budou data přenášena úsporně a efektivně prostřednictvím IoT, jinde bude využito osvědčené a všude funkční sítě GSM. Postupem času, jak se bude rozšiřovat síť IoT bude procento jejího využití stoupat a tím bude provoz stále úspornější, a to především z hlediska snižování energetické náročnosti a snižování nákladů na datové přenosy. Avšak zkušenosti s takto kombinovaným přenosem dat zatím nejsou dostupné, což může představovat významný rizikový faktor.

Přínosem této práce, resp. zavedení zde uvedeného návrhu systémové architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě, spočívá především v modernizaci a optimalizaci stávajících procesů. V přímém důsledku pak lze očekávat úspory a benefity zejména v oblasti evidence a identifikace vozů, v oblasti údržby vozů a jejich komponent a v oblasti sledování stavů a rizikových stavů.

Tato práce předkládá ucelený návrh, který je připravený k dalšímu zpracování v návazných dokumentech, pro jeho reálnou implementaci a odzkoušení v rámci pilotního projektu.

Použitá literatura

- [1] Mobility Solutions. *Bosch Media Service* [online]. Stuttgart (Spolková republika Německo), 2015 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?locale=en&txtID=7216>
- [2] EGNOS - Evropská „podpůrná“ geostacionární navigační služba. *Český kosmický portál: Informační stránky koordinační rady ministra dopravy pro kosmické aktivity* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/egnos/>
- [3] *Global Positioning System Standard Positioning service performance standard: 4th Edition* [online]. In: . Washington DC (USA): Department of defence United States of America, 2008, s. 160 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.gps.gov/technical/ps/2008-SPS-performance-standard.pdf>
- [4] PŘIBYL, Pavel a Miroslav SVÍTEK. *Inteligentní dopravní systémy*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2001. ISBN 80-7300-029-6.
- [5] *GPS TTFF and startup modes: Simply smart technology to improve your GPS day* [online]. In: MEASUREENT SYSTEMS LTD. Chicago (USA), 2016, s. 3 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.measys.com/docs/TTFFstartup.pdf>
- [6] 8. AKCELEROMETRY. *KATEDRA MIKROELEKTRONIKY: Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze* [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.micro.feld.cvut.cz/home/x34ses/prednasky/08%20Akcelerometry.pdf>
- [7] Principy akcelerometrů - 1. díl - Piezoelektrické. *Automatice.hw.cz: rady a poslední novinky z oboru* [online]. Praha, 2007 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2007011401>
- [8] Principy akcelerometrů - 2. díl - Piezorezistivní. *Automatice.hw.cz: rady a poslední novinky z oboru* [online]. Praha, 2007 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2007012601>
- [9] Principy akcelerometrů - 3. díl - Tepelné akcelerometry MEMSIC. *Automatice.hw.cz: rady a poslední novinky z oboru* [online]. Praha, 2007 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2007040901>
- [10] HERŠTUS, Michal. RFID – principy, typy, možnosti použití. *AUTOMA: časopis pro automatizační techniku* [online]. 2011, **2011**(7), 2 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://automa.cz/rfid-%E2%80%93-principy-typy-moznosti-pouziti-44083.html>

- [11] BANKS, Jerry. *RFID applied*. Hoboken: Wiley, c2007. ISBN 978-0-471-79365-6.
- [12] HILL, Marek. GX CORPFIN, A.S. *Způsoby montáže používané v železniční dopravě*. Ostrava, 2012.
- [13] BURIAN, Pavel. *Internet inteligentních aktivit*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2014. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-247-5137-5.
- [14] EHRENBERGER, Luděk. E LIMITED TECHNOLOGY S.R.O. *Technologie IoT*. Brno, 2015.
- [15] ZELINKA, Tomáš a Miroslav SVÍTEK. *Telekomunikační řešení pro informační systémy síťových odvětví*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-247-3232-9.
- [16] Who We Are. *Wi-Fi Alliance* [online]. Texas (USA), 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.wi-fi.org/who-we-are>
- [17] FELBER, Antonín. UNICONTROLS, A.S. *Možnosti napájení napříč dopravními prostředky*. Praha, 2015
- [18] MAIER, Mark W. a Eberhardt. RECHTIN. *The art of systems architecting*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, c2009. ISBN 1420079131.
- [19] Logical Architecture. *Transportation.gov: U.S. Department of Transportation* [online]. Washington, DC (USA), 2015 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.iteris.com/itsarch/html/menu/laindex.htm>
- [20] Physical Architecture*. *Transportation.gov: U.S. Department of Transportation* [online]. Washington, DC (USA), 2015 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.iteris.com/itsarch/html/menu/paindex.htm>
- [21] Určování polohy kolejových vozidel pomocí satelitů pro průmyslové dráhy: Michael Schmidt / Joachim Winter. *ODIS: odvětvové informační středisko dopravy* [online]. Praha, 2000 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: http://edice.cd.cz/edice/IZD/izd1_01/urcpol.pdf
- [22] HILL, Marek. GX CORPFIN, A.S. *Moderní použití technologií v železniční dopravě*. Ostrava, 2015.
- [23] BREJČEK, Ludvík. Optické vláknové snímače teploty. *AUTOMA* [online]. 2011, **2011**(8-9), 6 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://automa.cz/opticke-vlaknove-snimace-teploty-44586.html>
- [24] MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-114-4.

- [25] Příklady měřících metod průtoku. *Průtoky.cz* [online]. Praha, 2013 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.prutoky.cz/kapaliny/teorie/priklady-mericich-metod/>
- [26] *Level Instruments cz: Level Expert* [online]. Ostrava, 2015 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.levelexpert.cz/produkty-detail.php?kod=117&kategorie=1>
- [27] ŠOUSTEK, Petr a Radek MATOUŠEK. Moderní čárové kódy. *AUTOMA*. **2012**(5), 4.
- [28] LIŠKA, Petr. Výstavba drážní komunikační sítě GSM-R. *AUTOMA: Časopis pro automatizační techniku* [online]. 2007, **2007**(06) [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: http://automa.cz/index.php?id_document=34086
- [29] LAŠKA, Richard. KAPSCH CARRIERCOM S.R.O. *Richard. Druhy hovorů v síti GSM-R*. Praha, 2015.
- [30] VÍTEK, Petr. Aplikace Rádiového standardu GSM-R. In: *7. konference - Zabezpečovací a telekomunikační systémy na železnici* [online]. České Budějovice, 2015, s. 2 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: http://www.ztscb.cz/sites/default/files/prednasky2015/sA09_Vitek_Kapsch.pdf
- [31] Evropský standard GSM-R propojí českou železnici s rakouskou. *Ministerstvo dopravy* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: http://www.mdcr.cz/cs/Media/Tiskove_zpravy/evropsky_standard_gsm-r_propoji_ceskou_zeleznici_s_rakouskou.htm
- [32] *Všeobecné obchodní a provozní podmínky neveřejných služeb elektronických komunikací poskytovaných v mobilní telefonní síti GSM-R: Správy železniční dopravní cesty, státní organizace*. In: . Praha, 2012, S 9616/2012-OAE.
- [33] BREJČEK, Ludvík. Přehled trhu snímačů teploty do průmyslového prostředí. *AUTOMA* [online]. 2009, **2009**(6), 5 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: http://automa.cz/index.php?id_document=39160

Seznam zkratek

A/C	Hrubý/dostupný	Coarse/Acquisition
ACL	Asynchronní připojení bez fyzického propojení	Asynchronous Connectionless Link
APN	Přístupový bod sítě	Access Point Network
CCD	Zařízení s vázanými náboji	Charge-coupled device
ČD Cargo	ČD Cargo, a.s.	
ČSN	České technické normy	
DDNS	Dynamický systém doménových jmen	Dynamic Domain Name System
EGNOS	Evropský geostacionární navigační překryv služby GPS	European Geostationary Navigation Overlay Service
EIRENE	Evropská integrovaná železniční rádiová síť	European Integrated Railway Radio Enhanced Network
eMLPP	Zvýšená víceúrovňová prevence nuceného spojení	Enhanced Multi-level Precedence and Preemption
EPC	Jednoznačný unikátní kód produktu	Electronic Product Code
ERTMS	Evropský systém řízení železniční dopravy	European Traffic Management System
ETCS	Evropský vlakový zabezpečovací systém	European Train Control System
ETSI	Evropský ústav pro telekomunikační normy	European Telecommunications Standards Institute
EU	Evropská unie	European Union
GNSS	Globální družicový navigační systém	Global Navigation Satellite System
GPRS	Univerzální paketové radiové služby	General Packet Radio Service
GPS	Globální polohový systém	Global Positioning System
GS1		Global Standards One
GSM	Globální systém pro Mobilní komunikaci	Global System for Mobile Communications
GSM-R	Globální systém pro Mobilní komunikaci - Železnice	Global System for Mobile Communications - Railway
HF	Vysoká frekvence	High Frequency
I/O	Vstup/výstup	Input/Output

ICT	Informační a komunikační technologie	Information and Communication Technologies
IEC	Mezinárodní elektrotechnická komise	International Electrotechnical Commission
IoT	Internet věcí	Internet of Things
IR	Infračervený senzor	Infrared sensor
IRNSS	Indický regionální navigační systém	Indian Regional Navigational Satellite System
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci	International Organization for Standardization
ITS	Inteligentní dopravní systém	Intelligent Transportation System
LCD	Displej z tekutých krystalů	Liquid Crystal Display
LED	Luminiscenční dioda	Light-Emitting Diode
LF	Nízká frekvence	Low Frequency
LoRaWAN	Širokopásmová síť s dlouhým dosahem	Long Range Wide Area Network
LPWAN	Širokopásmová síť s nízkou spotřebou	Low Power Wide Area Network
MAT	Multiaplikační terminál	
P	Přesný	Precision
PDA	Osobní digitální pomocník	Personal Digital Assistant
PIR	Pasivní infračervený senzor	Passive Infrared sensor
PPS	Služba přesných polohových údajů	Precise Positioning Service
PRN	Pseudonáhodný šum	Pseudo Random Noise
QZSS	Japonský navigační družicový systém Quasi-Zenith	Quasi-Zenith Satellite System
RFID	Radiofrekvenční identifikace	Radio Frequency Identifier
RO	Pouze ke čtení	Read-Only
RW	Čtení i zápis	Read-Write
SHF	Super vysoká frekvence	Super High Frequency
SIM	Modul identifikace odběratele	Subscriber Identity Module

SPS	Služba standardních polohových údajů	Standard Positioning Service
SSD	Pevný polovodičový disk	Solid State Drive
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty	
TSI	Technické specifikace pro interoperabilitu	Technical Specifications for Interoperability
TTF	Čas do prvního získání polohy	Time To First Fix
UHF	Ultra vysoká frekvence	Ultra High Frequency
UIC	Mezinárodní železniční unie	International Union of Railways
UNB	Ultra úzkopásmový kanál	Ultra Narrow Band
USB	Univerzální sériová sběrnice	Universal Serial Bus
VBS	Služba jednosměrného volání	Voice Broadcast Service
VGCS	Služba skupinového volání	Voice Group Call Service
VPN	Virtuální privátní síť	Virtual Private Network
Wi-Fi	Bezdrátová věrnost	Wireless Fidelity

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: schéma získání informace a následného naložení se získanou informací.....	5
Obrázek č. 2: faktory limitující využití ICT na železničních nákladních vozech.....	6
Obrázek č. 3: členění a jednotlivé prvky analýzy	6
Obrázek č. 4: schéma principu fungování technologie SIXFOX [14]	21
Obrázek č. 5: schéma logické architektury	29
Obrázek č. 6: základní skupiny procesů a jejich vzájemný vztah.....	30
Obrázek č. 7: základní proces - životní cyklus vozu z pohledu evidenčního	32
Obrázek č. 8: proces evidence vozů a jejich komponent	33
Obrázek č. 9: inventarizace vozů a jejich komponent	34
Obrázek č. 10: hospodaření s náhradními díly a komponentami vozů	34
Obrázek č. 11: lokalizace vozu.....	35
Obrázek č. 12: sledování kompletnosti vozu (vybavení komponentami)	35
Obrázek č. 13: management údržby.....	36
Obrázek č. 14: sledování údržbových cyklů vozidel a komponent.....	36
Obrázek č. 15: správková deponie - běžná oprava	37
Obrázek č. 16: správková deponie - periodická oprava.....	37
Obrázek č. 17: správková deponie - oprava na cizí železnici.....	38
Obrázek č. 18: monitorování příčných a podélných rázů	39
Obrázek č. 19: indikace plochých kol.....	39
Obrázek č. 20: návrh logické architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě	40
Obrázek č. 21: schéma fyzické architektury.....	50
Obrázek č. 22: schéma konkrétních technologií a pokrytých procesů	51
Obrázek č. 23: schéma subsystému vozidlové části.....	52
Obrázek č. 24: schéma subsystému komunikační části systému a jednotlivých prvků	56
Obrázek č. 25: schéma subsystému centrální části a jednotlivých prvků	59
Obrázek č. 26: schéma návrhu fyzické architektury inteligentního vozu v nákladní železniční dopravě	62

Seznam příloh

Příloha A – Analýza dostupných technologií	1
Příloha B – Technické procesy	24
Příloha C – Návrh logické architektury – detailní rozpracování	29

PŘÍLOHY

Příloha A – Analýza dostupných technologií

A - 1.1 Snímání

A- 1.1.1 Odometr

Odometry jsou u kolejových vozidel často využívanými senzory. Slouží k počítání kilometrů ujetých jednotlivými vozy, či jednotlivými nápravami, na trati a případně je lze také využít k určování jízdní rychlosti.

Odometry mohou být konstruovány ve dvou provedeních. Prvním je kolový vysílač impulsů a druhým je tachogenerátor. Kolový vysílač impulsů bývá instalován na volnoběžné ose vozu a dává na každé otočení nápravy určitý počet signálů, kdy lze z počtu impulsů a známého obvodu kola vypočítat, jakou vzdálenost vozidlo urazilo. Tachogenerátory mají, oproti kolovému vysílači impulsů, v poměru k rychlosti pouze jeden napěťový signál. Ujetá vzdálenost musí být následně zjišťována pomocí integrace. [21]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- zavedená a často používaná součástka.
- dobrá lokální přesnost – v porovnání s ostatními zde uváděnými technologiemi lze pomocí odometru získat nejpřesnější údaj,
- stálá dostupnost informací – není závislý např. na signálu družic.

Nevýhody:

- nutnost přesného umístění senzoru
- nutnost pravidelné kontroly a kalibrace – data mohou být často znehodnocena vybočením senzoru, osoustružením jízdních kol dvoukolí, apod.

A- 1.1.2 Tenzometr – kolejové váhy

Tenzometr se používá k nepřímému měření mechanického napětí na povrchu součásti, prostřednictvím měření její deformace. Tohoto efektu se využívá především k měření síly v mechanismu vah.

Kolejová váha je pevně zabudovaná a spojená s tratí. Jednou z hlavních součástí je železobetonový vážní most, ve kterém jsou uloženy ocelové desky pro uložení snímačů a nárazníků. Nárazníky zajišťují zachycení horizontálních sil působících na mosty kolejové váhy a vymezení potřebné vůle mezi mosty a základem

kolejové váhy. Celý mechanismus je umístěn v železobetonové vaně, umístěnou v drážním tělese.

Při průjezdu vlakové soupravy přes vážní těleso je váha schopná automaticky rozpoznávat jednotlivé typy vozů a provádět jejich vážení. Informace o hmotnosti vozů, jeho typu, pořadí v soupravě a jeho okamžité rychlosti při vážení, bývají ukládány v řídicím systému váhy, odkud mohou být dále využívány. Prakticky jediným nicméně velmi důležitým údajem, který je nutno doplnit k získaným informacím z váhy, je jedinečné identifikační číslo váženého vagónu. Toho lze dosáhnout spojením s některou z technologií identifikace. [22]

Účinně toho lze dosáhnout například s využitím technologie RFID. Pak při průjezdu vlakové soupravy přes váhu se jednotlivým váženým vozům automaticky přiřazuje jejich číslo získané pomocí RFID systému. Okamžitě po průjezdu vlakové soupravy přes váhu je k dispozici komplexní informace o vážené soupravě a jednotlivých vozech, která je následně automaticky přenášena na server a odtud je pak dále distribuována ke koncovým uživatelům.

Běžně se používají dva typy kolejových vah. Prvním typem jsou statické kolejové váhy a tím druhým jsou dynamické kolejové váhy. Statické kolejové mostové váhy jsou určeny pro vážení vozů v klidu, tedy když stojí. Konfigurace mostů kolejových vah je určována geometrií vážených vozů. Podstatnou výhodou statických kolejových vah oproti vahám dynamickým je jejich vysoká přesnost.

Dynamické kolejové váhy jsou určeny pro vážení všech typů vozů s libovolnou geometrií podvozků a to za jízdy. Kolejová váha může umožnit vážení celých vagónů ve statickém režimu pro dosažení vyšší přesnosti. V tomto případě pak konfigurace mostů vychází z geometrie vážených vozů a kolejová dynamická váha může být také více mostová. [22]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- přesné vážení, rozlišení prázdných a ložených vozů,
- možnost vážení vozů v soupravě i za jízdy (v případě dynamických vah),
- ve spojení s identifikací vozu je k dispozici okamžitá informace o stavu naložení každého vozu, včetně jeho pořadí v soupravě.

Nevýhody:

- nutná pevná zástavba do kolejiště,
- pro plošné sledování hmotnosti a skladby souprav by bylo nutné vybudovat síť kolejových vah,

- pro plně automatizované snímání a zpracování údajů je nutno váhu doplnit o další technologie (jako např. RFID, přenos dat GSM, indukční snímače na počítání náprav a jiné).

A- 1.1.3 Teplotní snímač

V železniční nákladní dopravě lze tohoto snímače využít ke všeobecnému monitorování teploty jak přepravovaného nákladu, tak jakýchkoliv součástí vozu, případně k využití pro detekci požáru.

Snímače teploty se mohou dělit podle různých kritérií. Podle fyzikálního principu je lze rozdělit na:

- dilatační – plynové, kapalinové, parní a bimetalové,
- elektrické – kovové, polovodičové, termoelektrické,
- speciální – optické, frekvenční, kapacitní a jiné.

Další možnost dělení pak spočívá ve vzájemném působení měřeného objektu a čidla (metody). V tomto případě se pak rozlišují snímače dotykové a bezdotykové.

Dilatační snímače teploty využívají roztažnosti látek ve všech třech možných skupenství. Existují dilatační snímače teploty s plynovou nebo kapalinovou náplní, případně pevnou látkou. Při změně teploty použité látky se mění její objem a měřítkem této změny je součinitel teplotní délkové roztažnosti.

Odporové snímače teploty využívají závislosti ohmického odporu materiálu měřicího čidla na teplotě. Použitý materiál určuje měřící rozsah, nejistotu měření a konstrukci samotného čidla. Mezi základní požadavky na materiál patří, aby byl teplotní součinitel odporu použitého materiálu co největší a stálý. Závislost odporu na teplotě pak dále musí být lineární a měrný elektrický odpor (rezistivita) co největší. Současně s tím musí být proud procházející čidlem co nejmenší, aby teplo vznikající v čidle působilo co nejmenší oteplení.

Podle materiálu se odporová čidla dělí na kovová a polovodičová. Kovová čidla se zhotovují z materiálu jako je nikl, platina nebo měď. Polovodičová čidla se dále dělí na polykrystalická a monokrystalická. Polykrystalická čidla (termistory) se vyrábějí metodami práškové metalurgie spékáním oxidů železitých, titaničitých, měďnatých, nikelnatých, apod. Monokrystalická čidla se vyrábějí z germania, křemíku a arzenidu galia.

Termoelektrické snímače teploty patří mezi generátorová čidla teploty. Používají se zejména při dotykovém měření teplot a představují v podstatě jediné řešení použitelné v praxi.

Základ tvoří termoelektrický článek (termočlánek) a funguje na principu, kdy na styku dvou různých kovů s různou výstupní prací vzniká rozdíl potenciálů úměrných teplotě tohoto místa a použitým materiálům. Při uzavření takového obvodu bude výstupní termoelektrické napětí úměrné rozdílu teploty obou míst.

Termoelektrické čidlo tedy ve své podstatě představuje generátor napětí. Generované napětí závisí na materiálu, ze kterého je čidlo vyrobeno a na rozdílu jednotlivých teplot obou spojů. Podle použitých kovů lze termočláanky dělit na termočláanky z obecných kovů nebo na termočláanky z drahých kovů. [33]

Optické vláknové snímače nejsou v dnešní době používány ve velké rozsahu a to z důvodu jejich výrazně vyšší pořizovací a konstrukční ceny. V principu fungují na principu změny optických vlastností, které způsobuje teplota působící na optické vlákno. Nejčastěji jsou optické vláknové snímače založeny na generátorovém principu, na spektrálně závislé absorpci a fluorescenci, dilataci, doznívání fluorescence v čase, na závislosti indexu lomu, atd.

Z konstrukčního hlediska se rozlišují snímače vlastní, kdy teplota přímo ovlivňuje přímo vlastnosti optického vlákna a nevlastní, kdy optické vlákno pouze plní funkci transportního prostředí. Dále rozlišujeme bodové, rozprostřené, přenosové, průchozí a reflexní. Podle zapojení mohou být dále děleny na pasivní a elektricky napájené.[23]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- malé rozměry,
- odolnost vůči vibračním a teplotním šokům,
- krátká časová odezva.

Nevýhody:

- pouzdra snímačů nesmí být mechanicky namáhána,
- snímače nemohou být v praxi umístěny přímo v měřeném prostředí – k jejich ochraně se používají teploměrné jímky nebo ochranné trubky, které je třeba připojit k vozu šrouby, svary nebo použitím přírub.

A- 1.1.4 Indukční senzory

V železniční nákladní dopravě je tento senzor možné využít v mnoha případech a to jak při jeho umístění na vůz nebo při umístění do kolejiště. Konkrétně jej lze použít pro počítání náprav vozů, zjištění délky soupravy, při aplikaci na otáčející se prvek, lze detekovat počet otáček, detekce otevřených či zavřených dveří,

krytů, poklopů, uzávěrů, atd. Při jeho umístění do kolejiště je možné jím detekovat vůz nebo soupravu v daném místě, případně jím zle na dálku aktivovat jiné zařízení, např. čtečku kódů, váhu nebo jiná zařízení.

Aktivním prvkem indukčního senzoru je cívka. Součástí je také oscilátor generující vysokofrekvenční střídavý proud, který protéká cívkou a vytváří magnetické pole. Jestliže se v blízkosti magnetického pole nachází nějaký předmět z elektricky vodivého materiálu, dojde k jeho deformaci. V předmětu se indukují vířivé proudy a změna magnetického pole vlivem vířivých proudů působí zpátky na cívku tak, že změní její elektrickou impedanci.

Změna impedance je vyhodnocena elektronikou senzoru, která řídí klopný obvod ovládající výkonový stupeň. Podle druhu spínače (spínací, nebo rozpínací) se výstup spojí nebo rozpojí při přiblížení elektricky vodivého materiálu do aktivní zóny snímače.

Indukční snímače pracují bezdotykově, bez zpětného působení a jsou díky uzavřenému pouzdru odolné vůči vlivům provozního prostředí, díky čemuž se vyznačují vysokou spolehlivostí. Indukční senzor je zcela polovodičový prvek, který pracuje s vysokou spínací frekvencí a pokud nedojde k jeho mechanickému poškození, může mít téměř neomezenou životnost. Avšak okolí cívkového systému senzoru, ať již se jedná o kovové pouzdro nebo přímo o umístění v kovovém držáku představuje problém, protože vždy dojde ke zvýšení ztrátového odporu cívky. [24]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- velmi odolný snímač určený pro průmysl,
- osvědčená a spolehlivá technologie,
- pracuje spolehlivě bez vlivu počasí a teplot,
- cenově dostupný.

Nevýhody:

- dosah maximálně desítky mm,
- nutno zajistit aby se ve směru a dosahu indukce nenacházely jiné kovy,
- vyšší náklady při instalaci senzoru do kolejiště a nutnost zajistit rozložení a směřování indukce tak, aby nebyly detekovány samotné koleje.

A- 1.1.5 Optické senzory

V železniční nákladní dopravě je těchto senzorů možné využít k detekci, resp. počítání náprav vozů, zjištění zda je ložný prostor plný nebo prázdný, detekce překážek na trati, detekce pohybu, teploty, kouře, atd. Jedná se o možné doplňkové senzory, které se mohou připojit k použité vyhodnocovací jednotce ať již na voze samotném, nebo v prostoru kolejiště.

Základní vlastností používaných prvků je přeměna elektrického proudu na elektromagnetické vlnění, neboli světlo a obráceně. Pojem světlo v tomto případě znamená magnetické spektrum od ultrafialové oblasti přes oblasti viditelného světla až do infračervené oblasti. Moderními vysílacími prvky jsou dnes luminiscenční diody (LED, Light-Emitting Diode) a polovodičové laserové diody, přijímacími prvky jsou fotodiody, fototranzistory a diody s laterálním efektem.

Optické senzory se dají rozdělit na reflexní senzory, reflexní senzory s odrazkou (reflexní závory) a senzory obsahující oddělený vysílač a přijímač (jednocestné závory). [24]

Vzhledem k prostředí je vhodné využít laserové senzory. Je to především z důvodu, že laserový senzor díky intenzivnímu světlu a malému vyzařovacímu úhlu je méně náchylný na rozptyl světla v prašném či nečistém prostředí než jiné optické senzory.

Technologie laserových diod umožnila vyrábět senzory, které mají velmi intenzivní světlo a dále je pro ně typický dlouhý dosah a malý vyzařovací úhel neboli úzký světelný paprsek. Vyskytují se ve všech základních provedeních jako klasické optické senzory. Při použití jako jednocestná závora se kombinují laserový vysílač a klasický přijímač. Ten má stejnou vlnovou délku světla a má filtr dle modulace vysílače. Praktický dosah takové závory je až několik desítek metrů, ale je velmi obtížné zajistit jejich mechanickou stabilitu obou prvků.

Při měření vzdálenosti je nejnámější a historicky nejstarší metoda používaná u těchto senzorů metoda triangulační. Vyslaný paprsek se odrazí od detekovaného předmětu pod konstantním úhlem, přičemž vzdálenost odraženého paprsku na čelo senzoru je úměrná vzdálenosti detekované předmětu. Avšak ani laserový senzor se příliš nehodí do prašného a nečistého prostředí, kde dochází k rozptylu světla a tím poklesu světelného výkonu. [24]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- velmi vysoká přesnost na vzdálenost okolo 5 metrů,
- spolehlivá a prověřená technologie.

Nevýhody:

- optické zařízení – jeho činnost je výrazně ovlivnitelná či úplně znemožněna nečistotou, sněhem či námrazou,
- vysoká cena.

A- 1.1.6 Magnetické senzory

V železniční nákladní dopravě je možné těchto sensorů využít např. k detekci otáčení dvojkolí, k detekci otevřených nebo zavřených dveří, oken, poklopů, snímání hladiny kapalin a sypkých materiálů, atd. Opět se jedná o možný doplňkový senzor.

Magnetické senzory jsou založeny na principech známých z měření magnetického pole, kde zdrojem magnetického pole bývá permanentní magnet. Ten je většinou umístěn na snímaném předmětu, nebo méně často na je součástí senzoru pod jeho čelní plochou. V tom případě, ale předmět musí být feromagnetický.

Téměř 90% všech magnetických snímačů využívá Hallova jevu. Hallovým jevem se rozumí fyzikální princip, kdy elektrický vodičem ve tvaru destičky protéká proud. Vektor magnetické indukce je kolmý k destičce, čímž začne působit napříč proudem intenzita elektrického pole, tzv. Lorencova síla. Vyhodnocuje se napětí úměrné právě velikosti magnetické indukce nebo protékanému proudem. [24]

Magnetické snímače se vyrábějí buď jako kompaktní prostorové snímače, nebo jako malé či velmi malé snímače integrované na jednom čipu společně s vyhodnocovacími obvody.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- jednoduchá konstrukce a vysoká spolehlivost,
- cenová dostupnost.

Nevýhody:

- možnost nežádoucího ovlivnění snímače cizím magnetickým polem.

A- 1.1.7 Ultrazvukové senzory

V železniční nákladní dopravě je těchto senzorů využít v mnoha oblastech, např. k detekci objektů či překážek na trati, k detekci vzdálenosti od objektů, k detekci hladiny, atd.

Ultrazvukem se označují akustické vlny ve frekvenčním rozsahu nad hranicí lidské slyšitelnosti, ale platí pro ně stejné fyzikální zákony jako zvukové vlny slyšitelného pásma. Zvuk vzniká chvěním hmoty a ta jej předává hmotným částicím prostředí. Oproti elektromagnetickým vlnám se mohou zvukové vlny šířit jen hmotou, což znamená, že vzduchoprázdnem se nešíří. Při nejčastějším použití těchto senzorů, čili šíření zvuku vzduchem, se vyskytují pouze vlny podélné.

Jako měniče zvuku se nejčastěji používají piezokeramické měniče a méně často se používají elektrostatické měniče. Ultrazvukové měniče principiálně založené na magnetostrickci, se používají hlavně v ultrazvukové svářecí technice a pro potřeby výše zmíněné aplikace se nehodí.

Senzory pracují na principu vyhodnocování času odezvy (tzv. echa). Měníč vyšle v časovém okamžiku několik impulsů, které se šíří rychlostí zvuku prostorem. Když tato dávka impulsů narazí na nějaký předmět, část vlnění se odrazí a vrátí zpět. Vyhodnocovací obvody pak po dalším zpracování vrácené odezvy, určí vzdálenost předmětu. [24]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- flexibilita umístění senzoru,
- malé rozměry,
- mnoho variant využití,
- ideální alternativa optických snímačů pro nasazení v prašném a nečistém prostředí.

Nevýhody:

- náročné na energii a napájení,
- vysoká cena.

A- 1.1.8 Průtokoměry a hladinové sondy

Průtokoměrů lze v železniční nákladní dopravě využít k měření průtoku tekutin a plynů, např. v případě železničních cisternových vozů. Hladinových sond je možné využít pro monitorování výšky hladiny tekutin a sypkých materiálů,

opět např. v případě cisternových a jiných vozů. Mnohé fungují na fyzikálních principech, které byly popsány výše, nebo na jiných principech, z nichž každý má své specifické výhody a nevýhody.

Většina metod měření průtoku je v podstatě shodná pro měření plynu i kapalin.

Při měření průtoku plynů se využívají následující typy průtokoměrů:

- plynoměry,
- Venturyho dýzy,
- Pitotovy a Prandtlovy trubice,
- clony,
- ultrazvukové měřiče rychlosti proudění plynů,
- mechanické měřiče rychlosti proudění,
- plováčkové průtokoměry – rotametry a
- teplotní průtokoměry.

Při měření průtoku kapalin se využívají následující typy průtokoměrů:

- objemové měřiče průtoku,
- ultrazvukové měřiče rychlosti proudění kapalin,
- magneto-indukční měření průtoku,
- hmotnostní průtokoměry na principu Coriolisovy síly,
- clony do potrubí a
- vírové průtokoměry. [25]

V případě měření výšky hladiny se velmi často nehovoří o měření výšky hladiny v pravém slova smyslu, ale spíše o zjišťování množství látky v nádrži. Z údajů zjištěných měření polohy hladiny je následně toto množství možné vypočítat s tím, že je nutné znát přesný tvar a velikost nádrže, ve které se nachází.

Nejčastěji používanými snímači hladiny jsou snímače:

- radarové,
- reflektometrické radarové,
- ultrazvukové,
- radioizotopové,
- plovákové či reléové a
- kapacitní. [26]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- vysoká přesnost – pro každý sypký materiál, plyn či kapalinu lze zvolit velmi přesný způsob měření.

Nevýhody:

- velmi náročné na energii a napájení,
- komplikovaná instalace.

A - 1.2 Identifikace

A- 1.2.1 Čárové kódy

Čárový kód je jednoduchý způsob uložení identifikačních dat do černobílého obrazce, který dále umožňuje jejich snadný automatizovaný strojový odečet. Běžné typy čárových kódů většinou nesou pouze údaje vedoucí k identifikaci pomocí příslušné databáze. Oproti tomu moderní čárové kódy jsou navíc schopny poskytnout jistý datový prostor k přímému ukládání dodatečných údajů. Dále také nabízejí možnost detekovat a případně opravit chyby.

Čárové kódy se primárně dělí podle své struktury a počtu směrů, ve kterých jsou v obrazcích kódovány data. Rozlišují se 1D a 2D čárové kódy. 1D čárové kódy neboli lineární čárové kódy jsou tvořeny černými paralelními pruhy přesně dané šířky, mezi nimiž se nacházejí nepotištěné mezery, také přesně určené šířky. Do lineárních čárových kódů je možno obvykle zakódovat 9 až 128 znaků, podle počtu pruhů a zvoleného typu kódu. V případě 2D čárových kódů se lze nejčastěji setkat s podobou matice bodů doplněných různými pozičními značkami. Existují také kódy využívající k zakódování údajů barevné značky, případně skládanou řádkovou symboliku. 2D čárové kódy mohou obsahovat až 7000 znaků. [27]

Obraz čárového kódu vhodné velikosti a orientace se umístí na identifikovaný objekt tak, aby byl dobře viditelný z místa čtecího zařízení. Na objekt může být čárový kód upevněn libovolným způsobem, např. nalepením, nátiskem, vyleptáním, vypálením, zavěšením, atd. Prakticky jediným požadavkem je, aby byl pro čtecí zařízení dobře viditelný.

Čtecí zařízení obvykle pomocí světelného paprsku osvětlí obrazec čárového kódu a z intenzity odrazu světla snímá obsah kódu. Kód v sobě také obsahuje krom vlastní identifikační informace, také kontrolní součet nebo jiný podobný druh zabezpečení), díky čemuž jsou chyby během odečtu okamžitě detekovány. Během samotného odečtu čárového kódu dochází k jeho přečtení několikrát velice rychle po sobě, což dále zvyšuje spolehlivost přečtených dat.

Ke čtení 1D kódů se využívají laserové čtečky. Ke čtení 2D a případně také 1D čárových kódů se nejčastěji využívají čtečky s CCD (Charge-coupled device) snímačem. Realizací čtecích zařízení je mnoho např. čtecí brány, terminály či ruční čtečky. [27]

System může být ideálně vybudován jako kombinace plně automatických čtecích stanic a osob s ručním čtecím zařízením.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- snadný automatický odečet identifikačních údajů i z pomalu pohybujících se vozů,
- minimální náklady na výrobu jednoho kódu – jedná se o tisk obyčejného černobílého obrazce.

Nevýhody:

- nesmí se příliš znečistit – v případě znečistění se stává nečitelným,
- čtení komplikuje nebo omezuje vrstva sněhu či námraza,
- pro změnu informace je potřeba kód fyzicky vyměnit,
- v případě ručních čtecích zařízení personálně a organizačně náročné řešení.

A- 1.2.2 Kamerové systémy a rozpoznání znaků OCR

Kamerové systémy nabízejí velmi široké možnosti využití. Z obrazu snímaného kamerou lze při dnešních výkonech mikroprocesorové techniky automaticky rozpoznávat čísla vozů, rozměry vozů, rozměry nákladu vozu, rychlost vozu a případně další vizuálně zjistitelné parametry. Lze je použít pro vyhodnocení přítomnosti vlaku na koleji, osob v kolejišti, nebo obecně jakýkoliv druh automatického dohledu.

Obrazové rozlišení kamer se obvykle pohybuje od 640x480 pixelů do 1920x1080 pixelů. Běžné kamery snímají obraz 50x za sekundu a podle použitého objektivu dokáží rozpoznávat identifikační čísla vozů ze vzdálenosti i několika desítek metrů. Ve zhoršených světelných podmínkách může být nutné doplnit kameru o přísvit snímané scény obvykle infračerveným světlem. Pro snímání velmi rychle se pohybujících objektů lze použít i kamer z vyšší snímkovou frekvencí až 500-1000 snímků/s.

Pro efektivnější hospodaření se spotřebou energie snímacího systému lze doplnit kameru o senzory pohybu (IR – Infrared sensor, PIR – Passive Infrared sensor), které aktivují elektroniku jen na dobu, kdy je to potřeba. [22]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- obecné zpracování obrazu umožňuje pouhou úpravou softwaru libovolně se přizpůsobit různým požadavkům, tedy doplňovat funkce,
- lze sledovat poměrně velkou oblast (až několik kolejí) najednou jednou kamerou.

Nevýhody:

- dražší technologie,
- energeticky velmi náročná,
- vyžaduje napájení a větší početní výkon vyhodnocovacího systému,
- nečistoty, sníh či námraza na průhledu kamery může znehodnotit nebo znemožnit funkci systému.

A - 1.3 Montáž

A- 1.3.1 Svárové spoje

Svarové spoje jsou nejrozšířenějším nerozebíratelným spojem. V průběhu mnohaletého rozvoje této technologie se vyvinulo velké množství metod.

Svařování je spojování kovových, nejčastěji ocelových součástí, ale i součástí z plastů v nerozebíratelný celek působením tepla, tlaku, nebo obojího a většinou z použitím přídavného materiálu stejného nebo podobného složení, jako má spojovaný materiál. Při svařování se spojuje základní a přídavní materiál v tekutém, případně těstovitém stavu. Pro přenos jsou tedy rozhodující kohezní síly základního a přídavného materiálu.

Způsobnost kovů k vytvoření dobrého svarového spojení tak, aby svar i okolí jím ovlivnitelné odpovídaly požadavkům na ně kladeným pro daný účel, se nazývá svařitelnost. Dobrou svařitelnost vykazují oceli s nižším obsahem uhlíku, maximálně do 0,3 %. Některé slitinové konstrukční oceli mají svařitelnost podstatně lepší než uhlíkové oceli stejné pevnosti. Šedá litina je jen velmi těžko svařitelná. [12]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- trvanlivost,
- velká pevnost a těsnost,
- menší spotřeba materiálu,
- rychlá realizace konstrukčních návrhů.

Nevýhody:

- nerozebíratelnost spojů,
- potřeba kvalifikovaných svářečů,
- může nastat změna struktury i mechanických vlastností svarového spoje, v důsledku pnutí, deformací, popř. vnitřních vad.

A- 1.3.2 Nýtové spoje

Nýtové spoje patří mezi spoje nerozebíratelné. Takový spoj vznikne buď deformací jedné součásti, nebo vložením nýtu. Základní dělení nýtového spoje je následující:

- nýtování nepřímé – deformací jedné ze spojovaných součástí a
- nýtování přímé – vložením nýtu do průchozích děr.

Jiným dělením může být rozdělení na nýtování za tepla a zastudena. Nýtové spoje se používají pro spojování především těžko svařitelných materiálů, na spojení profilů a plechů z lehkých kovů a slitin, atd.

Nýtované spoje jsou v současnosti používány v menší míře. Bývají často nahrazeny technologií pájení a lepení, které mají nižší hmotnost a jsou jednodušší. [12]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- spoje jsou pružnější než svařované,
- nedochází k deformacím materiálu teplem, jako je tomu např. u svařování,
- umožňuje spojení v jinak nepřístupných místech pomocí nýtu s trnem.

Nevýhody:

- rozebírání je možné jen porušením nýtu nebo spojovaných součástí,
- nýtované spoje nezaručují přesnou vzájemnou polohu spojovaných součástí,

- ve spojovaných součástech je třeba vytvořit otvory pro nýty, přičemž tyto otvory mohou být zdrojem trhlin a spojované materiály jsou otvory zeslabeny.

A- 1.3.3 Pájené spoje

Pájené spoje jsou nerozebíratelné spoje vznikající za použití roztaveného spojovacího materiálu odlišných vlastností, než má základní materiál. Pájením mohou být spojovány všechny běžné kovy, sklo nebo keramika. Podle pracovní teploty rozlišujeme pájení naměkko s tavidlem a pájení natvrdo s tavidlem. Pájení naměkko probíhá při pracovní teplotě pod 500 °C. Je vhodné jej použít v případě, že nejsou na pevnost pájeného spoje kladeny příliš vysoké požadavky. Pájení natvrdo s tavidlem v ochranném plynu nebo vakuu probíhá při pracovní teplotě nad 500 °C a je vhodné je použít na spoje s vyšší pevností.

Jako pájky jsou používány především slitiny kovů, jako jsou olovo, cín, zinek (měkké pájky), mosaz, bronz (tvrdé pájky) a slitiny stříbra (vysokoteplotní pájky). Bod tavení pájky musí být zásadně pod bodem tavení součásti, které mají být pájením spojeny.

Tavidla pak jsou nekovové látky, které odstraňují oxidy z pájeného povrchu a které mají zamezovat jejich nové tvorbě. Každý kov je potažen vrstvou oxidů, která zamezuje spojení s pájkou. I když je tato vrstva rozpuštěna, tvoří se okamžitě nová vrstva. Tavidla, ochranné plyny nebo vakuum mohou vrstvu oxidů rozpustit nebo omezit. Tavidla se rozlišují podle jejich použití pro těžké kovy, lehké kovy, měkké pájky a tvrdé pájky. [12]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- mohou být spojovány konstrukční součásti s velkými rozdíly stěn,
- pájecí teploty jsou značně nižší než při svařování, díky čemuž vzniká menší pnutí a napětí (která vznikají v důsledku rozdílných teplot),
- jsou vodotěsné a současně elektricky vodivé.

Nevýhody:

- pájené spoje jsou napadnutelné korozí, vzhledem k rozdílným materiálům pájky a základního materiálu,
- použití tavidla nebo ochranného plynu je obvykle nutné,
- především u pájení naměkko je dosahováno jen malé pevnosti spojů.

A - 1.4 Přenos dat

A- 1.4.1 GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railway)

GSM-R je digitální neveřejný systém pro komunikaci na železničních tratích, který se od systému GSM liší především svým pokrytím úzkého pruhu území podél železničních koridorů tak důsledně, aby nezůstala žádná místa bez signálu a byla zajištěna nepřerušovaná kvalitní komunikace s projíždějícími vlaky.

Systém GSM-R je součástí evropského systému pro řízení dopravy ERTMS (European Traffic Management System) a je určen především pro komunikaci jednotlivých železničních subsystémů. Dále musí splňovat všechny požadavky funkčních a systémových specifikací GSM-R formulované UIC (International Union of Railways) pro hlasovou komunikaci a přenos dat ETCS (European Train Control System) v rámci projektu EIRENE (European Integrated Railway Radio Enhanced Network).

Síť GSM-R je založena, stejně jako síť GSM, na celulární struktuře, jež je tvořena soustavou základnových stanic, s nimiž prostřednictvím rádiového rozhraní komunikují mobilní zařízení. Na rozdíl od GSM ale pracuje v nižším frekvenčním pásmu, kdy pro vysílač mobilní stanice je stanoveno pásmo 876 – 880 MHz a pro přijímač je stanoveno pásmo 921 – 925 MHz, což zajišťuje menší rušení. Rychlost přenosu dat je 9,6 Kbit/s.

GSM-R se dále od veřejného systému GSM liší mnoha funkcemi specifickými pro železniční dopravu. [28] Systém například umožňuje službu eMLPP (enhanced Multi-Level Precedence and Preemption). Tato služba umožňuje přidělování různé priority telefonním hovorům a pro nouzové hovory a specifické uživatele zabezpečuje jistotu prioritního spojení a to i při obsazené síti. V případě, že účastník s vyšší prioritou volá na obsazený terminál s nižší prioritou, bude toto volání upřednostněno takovým způsobem, že volání účastníka s nižší prioritou bude buď ukončeno, nebo převedeno do stavu čekání. To stejné platí také pro případy, kdy nejsou volné hovorové kanály, pak je hovor s nižší prioritou ukončen a sestaven hovor s vyšší prioritou.

Systém GSM-R dále umožňuje hovory VBS (Voice Broadcast Service) a VGCS (Voice Group Call Service). Hovor VGS je jednosměrní hovor, který umožňuje jednostrannou hlasovou distribuci informací v předem definované geografické lokalitě pro účastníky v dané servisní skupiny, přičemž účastníci zahrnutí v servisní skupině mohou pouze poslouchat. Hovor VGCS oproti hovoru VBS umožňuje oboustrannou hlasovou komunikaci. Účastníci zahrnutí v servisní

skupině mohou hovořit jednotlivě, po stisku tlačítka na terminálu, což je obdoba klasického analogového provozu. Dispečer, který se účastní skupinového hovoru, pak může hovořit bez omezení.

Obdobou VBS a VGCS je železniční nouzový hovor, což je skupinový hovor, aktivovaný v dané geografické oblasti pro všechna hnací vozidla, dispečery a další zahrnutý personál o nebezpečné situaci. Existují dva typy nouzových hovorů, prvním je vlakové nouzové volání a druhým je nouzové volání o posunu.

Dalšími specifickými funkcemi pak jsou např. funkční adresování, prezentování funkčního čísla, adresování v závislosti na poloze mobilního zařízení, posunový mód a vzájemná komunikace mezi hnacími vozidly. [29]

V současné době je v České Republice realizováno nebo je v realizaci téměř 1800 traťových kilometrů a do roku 2020 se plánuje rozšířit pokrytí až na cca 2500 kilometrů. [30] Situace realizovaných a plánovaných projektů realizace GSM-R v České republice uvádí obrázek 1.



Obrázek 1: situace realizovaných a plánovaných projektů GSM-R v České republice [30]

GSM-R funguje na dvou mezinárodních koridorech vedoucích z Německa přes Prahu, Brno, Břeclav, na Slovensko a dál do Rakouska. Dále pak na koridoru mezi Českou Třebovou a Ostravou nebo na nákladním koridoru vedoucím z Kolína přes Lysou nad Labem do Děčína. [31]

Provoz neveřejné mobilní telekomunikační sítě GSM-R v celé České republice zajišťuje Správa železniční dopravní cesty, státní organizace (SŽDC) a poskytuje neveřejné služby elektronických komunikací v síti GSM-R zákazníkům. SŽDC současně spravuje a vydává SIM karty, díky kterým dává zákazníkům k dispozici služby GSM-R. [32]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- vybudováno speciálně pro železniční dopravu – ideální pokrytí podél železničních tratí, včetně tunelů, mostů a dalších míst, na kterých většinou signál GSM není ideální, případně žádný.

Nevýhody:

- větší energetická náročnost na provoz v porovnání s jinými, především novými technologiemi,
- větší finanční náročnost,
- zatím plně funkční pouze na několika mezinárodních koridorech, což v tuto chvíli není dostačující pro potřeby návrhu systému inteligentního vozu.

A- 1.4.2 Bluetooth

Technologie Bluetooth představuje bezdrátovou technologii radiového datového přenosu na velmi krátkou vzdálenost. Podobně jako Wi-Fi je i Bluetooth založený na standardu vyvinutém společností IEEE pod označením 802.15.1.

Původním cílem autorů této technologie bylo nahradit metalické kabely pro přenos dat na vzdálenost do 10 m a do této vzdálenosti také technologie Bluetooth funguje. Využívá stejně jako technologie Wi-Fi neregulované pásmo 2,4 GHz a přenos dat probíhá formou přepojování paketů v asynchronním režimu ACL (Asynchronous Connectionless Link). [15]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- zavedená, spolehlivá technologie

Nevýhody:

- nutnost vybudovat síť,
- krátký dosah sítě.

A- 1.4.3 Kabelový přenos dat

Tato technologie umožňuje přenos dat pevnou sítí pomocí soustavy dvou nebo více elektrických a optických vodičů. Mezi běžně používané druhy kabelů patří zejména kroucená dvojlinka, koaxiální kabel nebo optický kabel, přičemž každý má svá specifika a jinou nabídku na rychlost spojení či šířku pásma.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- velmi nízké provozní náklady,
- vysoká spolehlivost,
- vysoká rychlost přenosu dat.

Nevýhody:

- funkčnost pouze v místě fyzického připojení.

A- 1.4.4 Paměťové médium

Tato technologie umožňuje ukládání dat na paměťové médium či datový nosič, používající k uchování dat nějaký fyzikální princip. Mezi nejvíce rozšířené a dostupné v dnešní době patří zejména USB (Universal Serial Bus) flash disk nebo SSD (Solid State Drive). V obou případech je jako médium použita flash paměť.

V závislosti na kapacitě a přenosové rychlosti se následně odvíjí i cena jednotlivých zařízení.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- velmi nízké provozní náklady,

Nevýhody:

- nutnost zajištění fyzického sběru dat zaměstnanci,
- vysoké riziko ztráty dat.

A - 1.5 Napájení

A- 1.5.1 Mechanické zdroje

Mechanické zdroje energie transformují mechanickou energii na elektrickou. Jako zdroj mechanické energie může být využito otáčení kola, nebo proud vzduchu obtékající jedoucí vůz, který pohání turbínu. Tato technologie dodává elektrickou energii jen při pohybu vozu a množství dodávané energie je úměrné dodané kinetické energii, což je problematické z hlediska zajištění stabilního napájení inteligentních systémů na železničním voze.

Další komplikace jsou spojeny s mechanickou náročností celého provedení a v případě větrné turbíny i vysokým rizikem mechanického poškození.

S komplikovaným mechanickým provedením jsou spojeny i vysoké nároky na údržbu, která svými náklady může přesáhnout přínosy technologie. K tomu, aby bylo vůbec možné takovou technologii na železniční vůz instalovat, bude nutné získat schválení změny Drážním úřadem. [17]

Z výše uvedených důvodů není mechanický zdroj energie vhodný k přímému napájení inteligentních systémů na železničních vozech. Může se jednat o doplňkovou alternativu energie zajišťující dobíjení akumulátorů, které jsou primárně určeny k napájení inteligentních systémů.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- výroba elektrické energie je vedlejším produktem pohybu vozu,
- může zajistit dobíjení akumulátorů.

Nevýhody:

- komplikované mechanické řešení,
- není možné instalovat na vůz bez jeho úpravy,
- nutnost schválení Drážním úřadem,
- dodává energii pouze, když je vůz v pohybu,
- nutná častá údržba mechanických částí,
- riziko poškození překážkami kolem trati.

A- 1.5.2 Tepelné zdroje

Termočlánek je zdroj elektrického proudu, používaný především jako čidlo teploty, jehož princip fungování, parametry a materiály již byly popsány výše v této příloze.

Pro výrobu proudu je výkon jednotlivého termočlátku velice malý. Proto jsou při praktickém použití takové termočláanky sdružovány do baterií. Významné použití termočláneků je u kosmických sond, kde jsou součástí radioizotopového termoelektrického generátoru. Zde se využívá především dlouhodobé spolehlivosti termočláneků, avšak pro jejich použití pro využití na železničních nákladních vozech jsou nevhodné. [17]

Výhody a nevýhody

Výhody:

- vysoká spolehlivost,
- žádné nároky na údržbu.

Nevýhody:

- velmi malá účinnost,
- nevhodné jako hlavní zdroj napájení.

A- 1.5.3 Fotoelektrické zdroje

Typickým představitelem fotoelektrického zdroje energie je fotovoltaický článek. Fotovoltaický článek je velkoplošná polovodičová dioda schopná přeměňovat světlo na elektrickou energii s pomocí fotovoltaického jevu. Tyto články se vyrábějí z křemíkových plátek, ať už monokrystalického nebo polykrystalického křemíku. Touto technologií se v současné době vyrábí více než 85 % solárních článků na trhu.

Výkon tohoto zdroje je striktně závislý na množství a intenzitě dopadajících slunečních paprsků, resp. fotonů. Energie fotonu, která překračuje potřebnou hranici pro výrobu elektřiny, se mění s teplo. Ve fotovoltaickém článku tak lze na elektřinu přeměnit teoreticky maximálně 50 % dopadajícího světla. Prakticky se dosahuje účinnosti do 15 % u průmyslově vyráběných článků. U experimentálních článků vyráběných laboratorně se dosahuje účinnosti až 30 %. [17]

Není tedy možné použít fotovoltaický článek jako hlavní zdroj energie, ale je vhodným doplňkovým zdrojem, který zajišťuje dobíjení hlavních baterií. Pro správnou funkci fotovoltaického článku je potřeba zajistit, aby na jeho plochu dopadaly sluneční paprsky.

Výkon fotovoltaického článku ovlivňují především následující faktory:

- fáze dne (den – noc),
- úhel dopadajícího světla,
- klimatické a atmosférické podmínky,
- čistota povrchu panelu (prach, sníh, námraza, atd.),
- teplota,
- stáří článku (časem se snižuje účinnost). [17]

Aplikace této technologie jako alternativní zdroj energie sloužící pro dobíjení hlavního akumulátoru inteligentního vozu je možná, za akceptace, nebo vyloučení negativ a hrozeb uvedených mezi nevýhodami této technologie.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- bez nákladů na provoz,

- spolehlivost,
- nevyčerpatelný zdroj energie,
- absence mechanických dílů.

Nevýhody:

- velmi nízká mechanická odolnost – vysoké riziko poškození,
- nízká účinnost – nároky na velkou plochu,
- závislost na klimatických podmínkách,
- funkční jen při denním světle,
- nefunkční při pokrytí sněhem, ledem, silnou vrstvou nečistot (např. uhelný prach, atd.),
- cena.

A- 1.5.4 Externí zdroje

Specifickým řešením je možnost využít k napájení inteligentního systému na železničním voze připojení k elektrické síti jiného prostředku. V tomto případě se nabízí možnost využít k napájení zařízení umístěného na železničním voze palubní síť hnacího vozidla, ke které je vůz připojen. Prakticky to znamená, že by vůz musel být vybaven rozvodnou sítí, vedoucí od jednoho spřáhla k druhému.

Vozy celého vlaku i hnací vozidlo by musely být všechny touto elektroinstalací vybaveny, mít kompatibilními konektory na obou koncích a následně by musely být propojeny. Vozy bez elektroinstalace by musely být zařazeny na konec vlaku, aby nebyl přerušen elektrický obvod.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- bez nákladů na zajištění energie,
- bez potřeby zajišťovat výměnu či dobíjení zdroje systému na voze.

Nevýhody:

- náročná elektroinstalace na voze,
- legislativní nároky na schválení instalace, atd.,
- funkční jen při plošném a rychlém nasazení,
- nutná údržba a opravy elektroinstalace,
- nefunkční při tažení nevybaveným hnacím vozidlem,
- nákladné pořízení elektroinstalace a propojovacích prvků,
- funkční pouze s připojeným a zapnutým hnacím vozidlem.

A - 1.6 Zobrazení

A- 1.6.1 MAT (Multiaplikační terminál)

MAT je zařízení, které umožňuje podobně jako chytrá zařízení a počítače běh více aplikací současně. V železniční dopravě se používá především v hnacích vozidlech. MAT je umístěn na stanovišti strojvedoucího a zobrazuje v nainstalovaných aplikacích různé údaje.

Může být využit pro zobrazení údajů z řídicího systému vozidla, zobrazení jízdnicích řádů, hlášení závad na vozidle, nebo zobrazení stavu paliva a dalších provozních informací. Záleží na tom, jaké aplikace jsou v MAT obsaženy. [22]

Pro účely zobrazení dat z inteligentního systému nákladních železničních vozů strojvedoucímu se jedná o vhodnou formu. V případě, že je MAT připojen prostřednictvím internetu do místní sítě, může ze stacionárního serveru získávat užitečná provozní data, např. o teplotě ložisek, nebo nežádoucím vibracím. Strojvedoucí by tímto způsobem mohl být informován o případných rizikových stavech, aby zabránil nehodové události nebo případné škodě.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- rizikové stavy je možné zobrazit přímo strojvedoucímu v reálném čase.

Nevýhody:

- zobrazení jen vozů tažených daným hnacím vozidlem – náročná spolupráce několika informačních systémů,
- zobrazení dat jen ve hnacím vozidle s MAT,
- vhodné jen pro rizikové stavy.

A- 1.6.2 I/O (input/output) modul

I/O modul slouží pro zobrazení stavu vstupů připojeného inteligentního systému nákladního železničního vozu. Modul by měl být umístěn na dobře dostupném místě na železničním voze, nejlépe v bezprostřední blízkosti inteligentního systému, kvůli minimalizaci potřeby vedení kabeláže. Modul formou jednoduchých LED signalizuje aktuální stav měřených parametrů, nebo došlo-li od posledního resetování stavu k dosažení krajních, či rizikových hodnot na vstupech.

Komfortnější verze může být vybavena LED, nebo LCD (Liquid Crystal Display) displejem pro zobrazení konkrétních hodnot. I/O modul čerpá informace přímo

z jednotky inteligentního systému a vizualizuje jednoduchou formou údaje přímo na voze. [22] Modul musí být napájen elektrickou energií, zdroj může mít vlastní, nebo jej může sdílet s inteligentním systémem železničního vozu. Verze modulu pro použití na železničním vozu musí být v odolném provedení.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- informace o vstupech je viditelná na voze a bez nutnosti použití dalšího zařízení s přenosem dat.

Nevýhody:

- další hardware na voze,
- zvýšení energetických nároků,
- informace zobrazuje pouze na voze.

A- 1.6.3 Další moderní chytrá zařízení

Zřízení jako smart brýle, hodinky a náramky mohou sloužit jako doplňková metoda zobrazení vybraných, především rizikových stavů. Tato řešení jsou, pokud jde o zobrazovací dispozice omezené, avšak je možné jejich využití v určitých případech zvažovat. V současné době se ale nepředpokládá jejich širší nasazení. Při srovnání s konvenčními chytrými zařízeními (PDA, tablet, příp. chytrý telefon) je jejich výhoda v menší velikosti, ovšem na úkor velikosti zobrazovací části.

Výhody a nevýhody

Výhody:

- je možné je mít u sebe (na sobě) neustále,
- malý předmět každodenního použití.

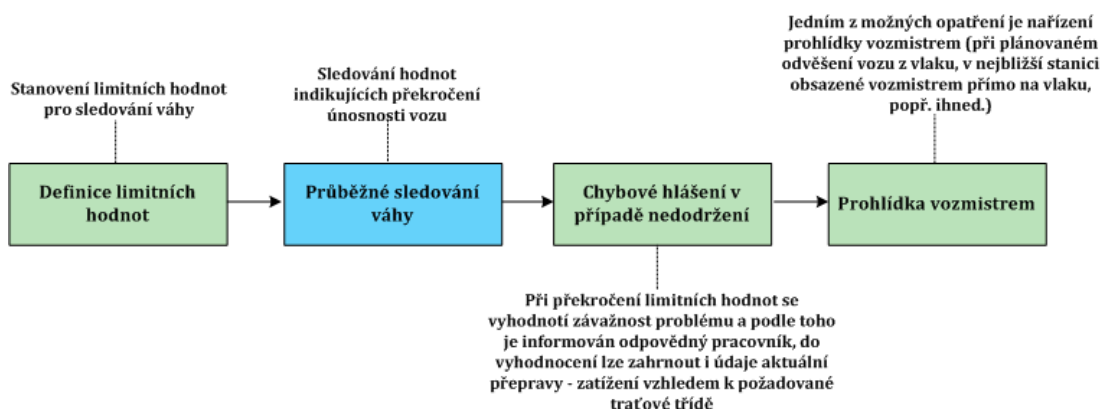
Nevýhody:

- malá zobrazovací plocha,
- diskutabilní využitelnost v praxi,
- omezený výběr na trhu,
- neefektivní pro tento účel.

Příloha B – Technické procesy

Kontrola hmotnosti vozu

Proces kontroly hmotnosti vozu se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 2.

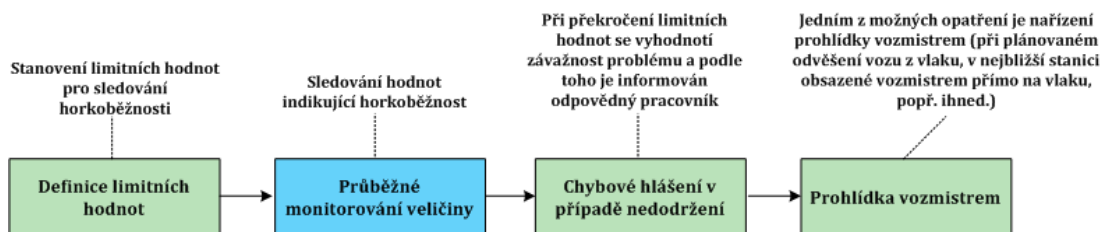


Obrázek 2: kontrola hmotnosti vozu

Během tohoto procesu dochází ke sledování přetížení vozu a avizace dle výskytu vozu. Předpokládá se nasazení technologie spojené s vozem trvalejším způsobem, nikoliv jen na dočasné sledování.

Indikace horkoběžnosti

Proces indikace horkoběžnosti se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 3.

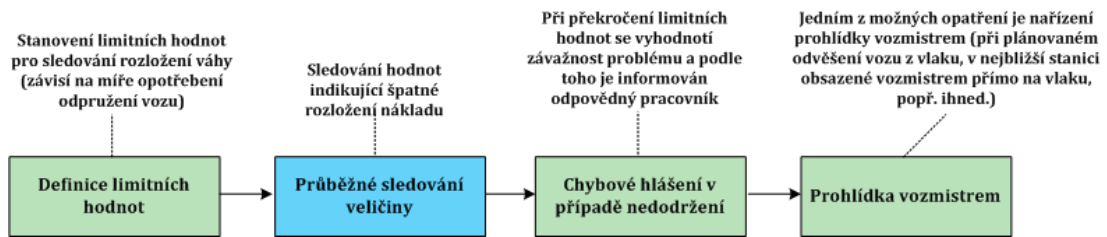


Obrázek 3: indikace horkoběžnosti

Během tohoto procesu dochází k identifikaci horkoběžnosti na vozidle, následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak) a v případě havarijního stavu podá informaci strojvedoucímu nebo dispečerovi. Předpokládá se nasazení technologie spojené s vozem trvalejším způsobem, nikoliv jen na dočasné sledování.

Rozložení nákladu

Proces sledování rozložení se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 4.

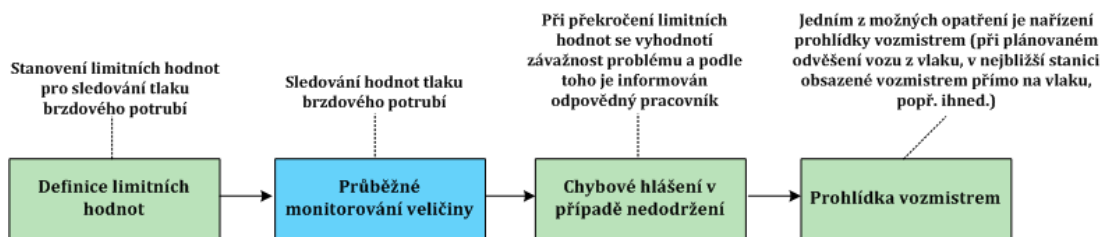


Obrázek 4: rozložení nákladu

Během tohoto procesu dochází ke sledování rozložení nákladu na vozidle, následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak) a v případě havarijního stavu podá informaci strojvedoucímu nebo dispečerovi. Do vyhodnocení lze zahrnout i údaje aktuální přepravy, tj. zatížení vzhledem k požadované traťové třídě. Předpokládá se nasazení technologie spojené s vozem trvalejším způsobem, nikoliv jen na dočasné sledování

Kontrola tlaku brzdového potrubí

Proces kontroly tlaku brzdového potrubí se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 5.

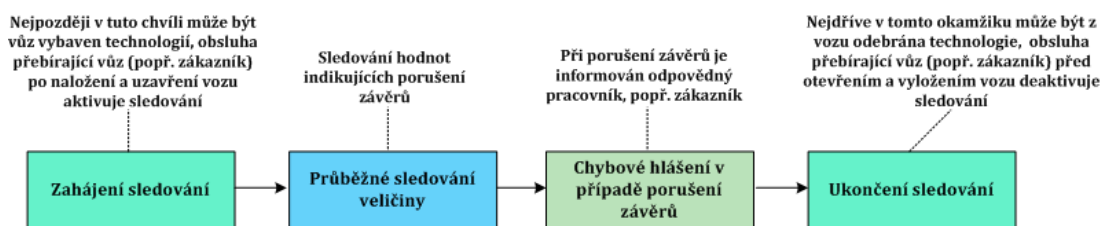


Obrázek 5: kontrola tlaku brzdového potrubí

Během tohoto procesu dochází ke sledování tlaku brzdového potrubí, následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak) a v případě havarijního stavu podání informace strojvedoucímu nebo dispečerovi. Předpokládá se nasazení technologie spojené s vozem trvalejším způsobem, nikoliv jen na dočasné sledování

Kontrola otevřených dveří

Proces kontroly otevřených dveří se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 6.

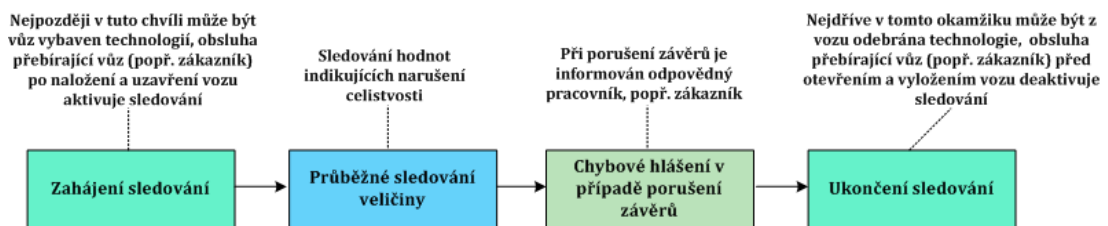


Obrázek 6: kontrola otevřených dveří

Během tohoto procesu probíhá sledování a monitorování otevřených dveří (otvorů) na voze a následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak). Před započítím procesu musí také dojít k definici stavů vozu pro posouzení relevantnosti informace. Technologie sledování může být na voze instalována trvale nebo jen dočasně vzhledem k důležitosti přepravovaného zboží.

Kontrola přepravovaného zboží

Proces kontroly přepravovaného zboží se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 7.

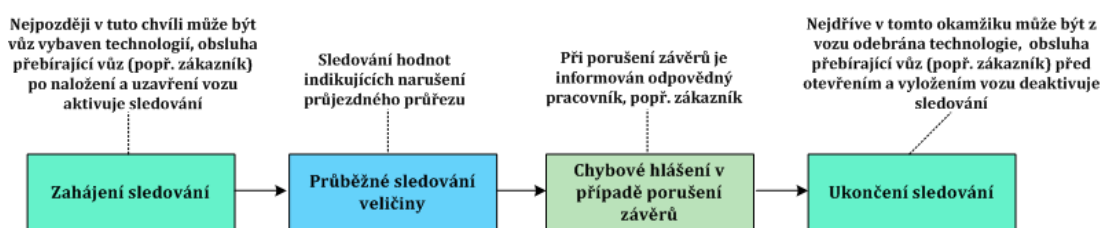


Obrázek 7: kontrola přepravovaného zboží

Během tohoto procesu dochází ke kontrole celistvosti nebo úniku přepravovaného zboží a následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak). Před započítím procesu musí také dojít k definici stavů vozu pro posouzení relevantnosti informace. Technologie sledování může být na voze instalována trvale nebo jen dočasně vzhledem k důležitosti přepravovaného zboží.

Kontrola průjezdného průřezu

Proces kontroly průjezdného průřezu se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 8.

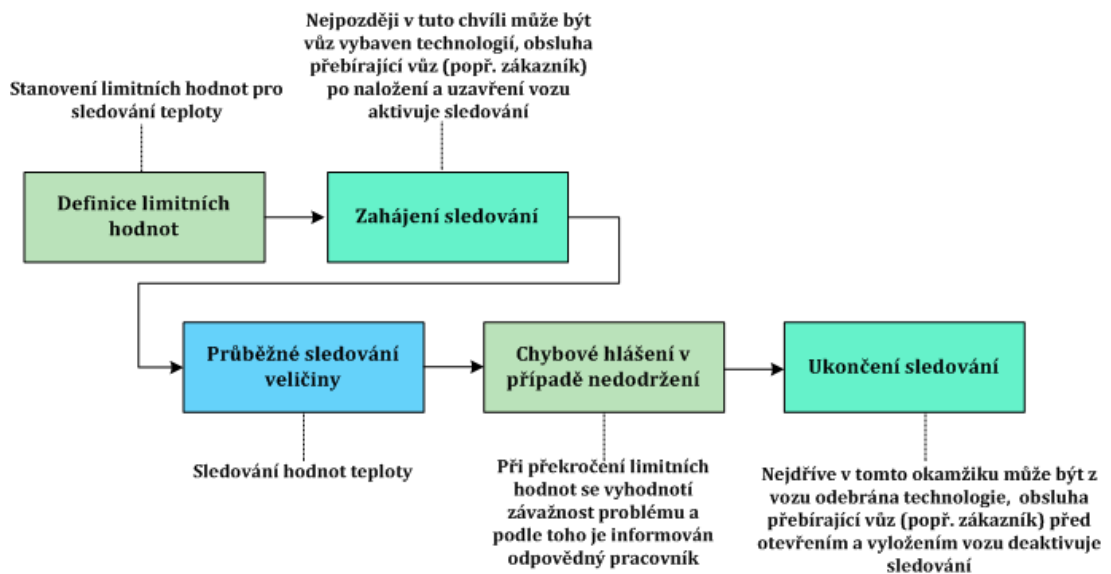


Obrázek 8: kontrola průjezdného průřezu nákladu

Během tohoto procesu dochází ke kontrole narušení průjezdného průřezu naloženého zboží na voze a následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak). Před započítím procesu musí také dojít k definici stavů vozu pro posouzení relevantnosti informace. Technologie sledování může být na voze instalována trvale nebo jen dočasně vzhledem k důležitosti přepravovaného zboží.

Kontrola teploty

Proces kontroly teploty se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 9.

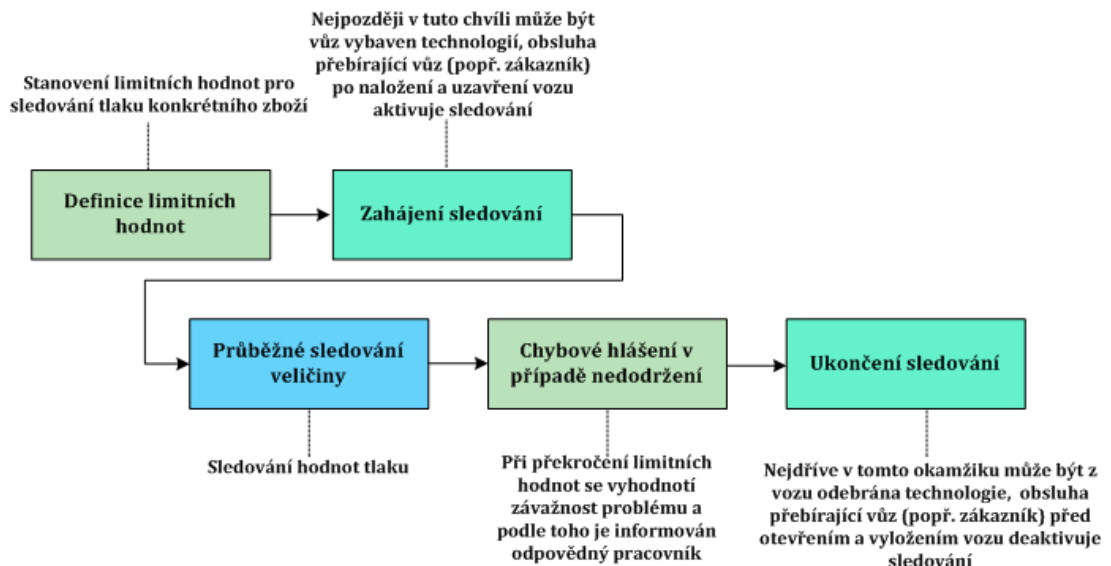


Obrázek 9: kontrola teploty

Během tohoto procesu dochází měření teploty a následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak). Před započítím procesu musí také dojít k definici stavů vozu pro posouzení relevantnosti informace. Technologie sledování může být na voze instalována trvale nebo jen dočasně vzhledem k důležitosti přepravovaného zboží.

Kontrola tlaku přepravovaného zboží

Proces kontroly tlaku přepravovaného zboží se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 10.



Obrázek 10: sledování tlaku přepravovaného zboží

Během tohoto procesu dochází měření tlaku a následné avizaci dle výskytu vozu (stanice/vlak). Před započítím procesu musí také dojít k definici stavů vozu pro posouzení relevantnosti informace. Technologie sledování může být

na voze instalována trvale nebo jen dočasně vzhledem k důležitosti přepravovaného zboží.

Zjišťování závad vozů

Proces zjišťování závad vozů se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 11.

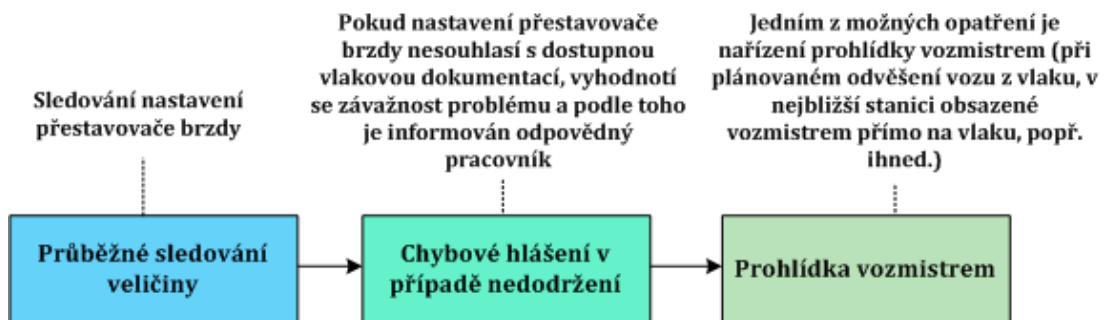


Obrázek 11: zjišťování závad vozů

Během tohoto procesu dochází k identifikaci závad vozů a následné avizaci nestandardního stavu dle výskytu vozu (stanice/vlak).

Nastavení přestavovače

Proces kontroly polohy přestavovače se skládá z kroků, uvedených níže na obrázku 12.



Obrázek 12: nastavení přestavovače

Během tohoto procesu dochází ke kontrole polohy přestavovače a následné avizaci rozdílu vůči dostupné vlakové dokumentaci. Přepokládá se nasazení technologie spojené s vozem trvalejším způsobem, nikoliv jen jako dočasné sledování.

Příloha C – Návrh logické architektury – detailní rozpracování

Příloha je pod názvem: Navrh_logicke_architektury_detailni_rozpracovani.xlsx uvedena na CD přiloženém k této práci.