

Petr Jindra¹

Projekt Inteligentní vůz v prostředí společnosti ČD Cargo, a.s.

Klíčová slova: železniční vůz, dopravní telematika, GPS, internet věcí, ETA, ETI, lokalizace vozu, TSI TAF

Úvod

Nezbytnost sledování stavu, polohy a pohybu železničních nákladních vozů vychází z potřeb řízení práce vozového parku pro efektivní využití tohoto majetku a samozřejmě z potřeb informovanosti zákazníka o průběhu přepravy. Historicky byla tato potřeba vždy řešena pomocí stavových veličin ložený / prázdný a v rámci železniční dopravní sítě pak s podporou informací řízení provozu. Přesnost těchto informací o okamžité poloze není příliš vysoká, ale při hustotě železničních stanic / dopravních bodů lze konstatovat, že na vnitrostátní železniční síti je v kterémkoli okamžiku k dispozici s přesností 10-20 km. To pro běžné potřeby řízení parku nákladních vozů, resp. informací pro zákazníka, vždy stačilo. V mezinárodní dopravě však situace byla a stále je mnohem složitější a je závislá na technologické vyspělosti provozovatele konkrétní infrastruktury, resp. partnerského železničního podniku.

Pokud jde o moderní technologie, fenomén GPS zasáhl železniční dopravu naplno krátce po přelomu tisíciletí. Avšak počáteční nadšení nad přesností tohoto způsobu sledování brzy opadlo, když se projevil jeho zásadní nedostatek, totiž fakt, že tato informace neobsahuje žádný údaj o události, která se s vozem v daném místě výskytu děje a ani žádnou prognózu dalšího průběhu přepravy a především předpokládaného času příjezdu vozu do stanice určení – Estimated Time of Arrival, ETA) např. v případě vozu stojícího ve stanici. Je odstaven krátkodobě? Má poruchu? Kdy bude pokračovat v jízdě? Naopak informace o aktuální poloze je při použití těchto technologií k dispozici s přesností několika desítek centimetrů, případně metrů, což je velmi přínosné např. v případě mimořádné události nebo při přepravě nebezpečných věcí.

Pro zákazníka železničního podniku je dnes údaj ETA mnohem důležitější, než informace o aktuální poloze, ale podmínkou je samozřejmě jeho kvalita a především spolehlivost dodržení tohoto prognózovaného času. Povinnost vypočítat a předávat si čas ETA, resp. ETI (Estimated Time of Interchange, předpokládaný čas výměny vozů mezi dvěma železničními podniky) mezi subjekty zúčastněnými na přepravě je založena *nařízením Evropské komise č. 1305/2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Využití telematiky v nákladní dopravě“ železničního systému Evropské unie (TSI TAF)*, které nahradilo nařízení č. 62/2014 [1].

¹ Ing. Petr Jindra, Ph.D. (1963), absolvent doktorského oboru Technologie a management v dopravě a telekomunikacích Univerzity Pardubice. V současnosti působí jako specialista podpory prodeje ve společnosti ČD Cargo, a.s.

Dobrým důvodem, kdy vozidla osadit moderními technologiemi sledování polohy s využitím systému GPS, je cílový stav, kdy se informace získané touto technologií doplní a zkombinují s informacemi získanými z jiných systémů, např. údaji rutinně poskytovanými vlastními informačními systémy či systémy provozovatele infrastruktury, nebo z čidel měřících fyzikální veličiny, popř. sledujících stav částí vozu nebo i nákladu.

Toto byl také jeden z hlavních cílů, proč společnost ČD Cargo, a.s., spustila pilotní provoz osazení železničních nákladních vozů novými technologiemi. Projekt ověření jejich využitelnosti v oblasti sledování a vyhodnocování pohybu a chování železničních vozů v provozu s názvem „*Inteligentní vůz v prostředí společnosti ČD Cargo, a.s.*“ byl zahájen na konci listopadu 2016 a po nepředpokládaném dvouměsíčním přerušení, nutném ke srovnatelnému znovunastavení výchozích parametrů a zdokonalení měření požadovaných výstupů, byl ukončen k 30. 6. 2017.

Očekávané přínosy projektu

V rámci očekávaných přínosů byly identifikovány tři základní oblasti, v nichž by se měly přednosti „inteligentního vozu“, tj. vozu osazeného inovativními technologiemi, nejvíce projevit:

1. Sledování polohy a pohybu vozu zejména v oblastech, kde v současnosti nejsou k dispozici spolehlivé informace – stanice, vlečky, manipulační místa, opravy.

Přínosem by mělo být získání informací o poloze a pohybu vozidla v místech nesledovaných vlastními informačními systémy, ani systémy provozovatele infrastruktury, a to jak pro vlastní potřeby, tak pro potřeby zákazníků. Patří sem rovněž přeprava vozů jiným dopravcem, pohyb na soukromých kolejištích nebo v zahraničí.

2. Zpřesnění výpočtu ujeté vzdálenosti, především v zahraničí, potřebné pro zdokonalení modelu technické údržby na základě kilometrického proběhu.

Údržba vozidel, založená pouze na časových lhůtách, nerespektuje jejich skutečné provozní zatížení. Naopak údržba na základě kilometrických proběhů může být zatížena poměrně významnou chybou v jejich evidenci, zejména v případě pohybu na soukromých kolejištích či zahraniční železniční síti. V takových případech se někdy technická údržba provádí u vozidel, která ji ještě nevyžadují, a naopak u více využívaných vozidel se zvyšuje riziko výskytu závady v provozu (dnes eliminováno konzervativním modelem dopočtu). Údržba vozidel s využitím přesnějších kilometrických proběhů tedy umožní zvýšit hospodárnost prováděných oprav.

3. Sledování komponent vozů – zejména dvojkolí a dalších konstrukčních prvků pro potřeby inventarizace.

Jako hlavní přínos se očekává nižší potřeba lidské práce, zkrácení času potřebného pro inventarizaci a snížení rizika záměny komponent v opravárenských zařízeních, jak vlastních, tak partnerských.

Výchozí podmínky projektu

Předmětem realizace projektu bylo ověření závěrů studie proveditelnosti „*Inteligentní vůz v provozním prostředí ČD Cargo, a.s.*“, se zaměřením na výběr vhodných komponent pro potřeby realizace u společnosti ČD Cargo, a.s., tedy vhodnosti implementace zvolených technologií na ověřovací skupině vozů [2].

Studie analyzovala technologie aktuálně existující na trhu, které jsou potenciálně vhodné pro využití v železniční nákladní dopravě, a navrhla množinu těch, které by mohly mít největší potenciál pro využití společností ČD Cargo, a.s. Studie rovněž ekonomicky vyhodnotila různé varianty využití jednotlivých použitelných technologií.

Jako potenciálně využitelné v procesech společnosti ČD Cargo, a.s., byly identifikovány následující technologie:

- RFID
- Skloubení několika technologií sdružených do jednoho přístroje, jednotky či monobloku:
 - Varianta GPS, akcelerometr, GSM
 - Varianta GPS, akcelerometr, internet věcí (IoT)
 - Varianta GPS, akcelerometr, GSM, internet věcí (IoT)

Realizace pilotního projektu proběhla v souladu se závěry Studie proveditelnosti, která doporučila ověřit fungování jednotlivých technologií na malém vzorku vozů v reálném provozu z pohledu:

- posouzení jejich skutečného přínosu v procesech ČD Cargo, a.s.
- umístění technologie na voze
- upevnění technologie k vozu
- výdrž zdroje elektrické energie
- prověření fungování nové technologie, zejména IoT (dostupnost, síla signálu)
- nastavení software a hardware

Ve vazbě na doporučení studie byla v rámci tohoto projektu provedena instalace monitorovacích jednotek na vybrané železniční nákladní vozy. Montáž technologií proběhla ve Středisku oprav kolejových vozidel ČD Cargo, a.s., v Ústí nad Labem. Vozy byly z důvodu nepříznivého počasí přistaveny do haly pro opravy nákladních vozů. Tímto byly připraveny podmínky, které umožnily instalaci technologií všemi dodavateli monitorovacích systémů současně.

Pilotní ověření

V pilotu probíhalo ověřování využitelnosti všech navržených technologií na vzorku čtyř vybraných železničních nákladních vozů po dobu celkem pěti měsíců (s přerušením pro vyhodnocení a optimalizaci zvolených vozů a zařízení).

V rámci pilotu byly ověřovány výše uvedené technologie pomocí těchto typových zařízení:

- RFID čip (technologie RFID)
- STICKNTRACK GPS (technologie GSM)
- IoT SMART (GSM) (technologie GSM)
- GC092 Total FINDER (technologie GSM)
- IoT SMART (SIGFOX) (technologie IoT)

Pro osazení a otestování technologií byly zvoleny vozy řady Roos, Sggrss, Eas a Habbillnss. Technologie byly posuzovány na základě následujících kritérií:

Business požadavky

- Evidence vozů a jejich klíčových komponent (vůz, podvozek, dvojkolí)
- Snadnost odečtu informací z klíčových komponent
- Lokalizace vozu
- Sledování kilometrického proběhu vozů
- Monitorování podélných rázů
- Indikace plochých kol
- Indikace prázdný / ložený
- Zajištění dodatečného přenosu dat v případě nedostupnosti sítě
- Indikace, zda je technologie stále umístěna na voze

Technické požadavky

- Výdrž zdroje elektrické energie
- Průmyslový obal
- Pevné uchycení technologie na voze
- Snadná montáž a výměna technologie na voze
- Integrační rozhraní
- On-line přenos dat
- Zabezpečení dat
- Vzdálená změna konfigurace
- Pokrytí signálem pro přenos dat na území ČR a mimo ČR
- Chybovost technologie
- Odolnost celku vůči klimatickým a dalším nepříznivým podmínkám

Ekonomické požadavky

- Provozní náklady (Operating Expenses, OPEX)
- Investiční náklady (Capital Expenditures, CAPEX)

Vyhodnocení první etapy

Popis celého průběhu testování a způsobu vyhodnocování jednotlivých technologií ve vztahu k výše uvedeným požadavkům by značně převyšoval přijatelný rozsah tohoto příspěvku. Z tohoto důvodu je dále popsán již vlastní závěr testování a získané zkušenosti [3].

Pro vyhodnocení jednotlivých kritérií byly využity předem stanovené váhy. To umožnilo upřednostnit požadavky, které jsou pro společnost v současné době prioritní. Mezi kritéria s nejvyšší vahou bylo zařazeno zejména sledování kilometrického proběhu vozů, lokalizace vozu, zajištění dodatečného přenosu dat v případě, že v době plánovaného vysílání je zařízení mimo komunikační signál, dále výdrž zdroje, monitorování podélných rázů a snadná montáž a výměna zařízení [4].

Konkrétně k jednotlivým technologiím

Technologie RFID

Tato technologie představovala určitou testovací podkategorii, neboť zde nešlo o přímé porovnání s dalšími technologiemi a byly na ni tedy kladeny jiné business požadavky. Bylo ověřeno, že technologie plně vyhovuje potřebám inventarizace železničních vozů a jejich součástí s výjimkou inventarizace dvojkolí, která mají zvláště přísné podmínky pro osazování jakýmkoli zařízeními.

Silné stránky	Slabé stránky
Snadný odečet.	Nutnost speciální čtečky k načtení kódu.
Odolnost proti zničení.	Cena čtecího zařízení.
Výdrž na voze.	Nemožnost inventarizace dvojkolí.
Cena RFID čipu.	
Velikost RFID čipu.	

Technologie GSM

Tato technologie byla zastoupena nejvíce typovými zařízeními především proto, aby mohly být ohodnoceny a porovnány výsledky pro zpřesnění výpočtu ujeté vzdálenosti, zejména v zahraničí. Bylo ověřeno, že výpočet kilometrického proběhu je kvalitní, ale v kombinaci s požadavkem na zjišťování okamžité polohy je odesíláno velké množství zpráv, což je energeticky velmi náročné a snižuje výdrž zdroje pod hranici očekávání hospodárného provozu.

Silné stránky	Slabé stránky
Budoucí možnosti rozšíření o doplňkové požadavky / další senzory.	Při montáži bez ochranného rámečku snadné odcizení.
Indikace, zda je technologie stále na voze.	Dlouhý čas první montáže při použití upevňovacího rámečku.
Způsob ochrany proti odcizení při použití rámečku.	Výdrž zdroje.
Snadná výměna při použití rámečku.	

Technologie IoT (internet věcí)

U této technologie bylo zkoumáno především chování v místech s méně rozšířeným pokrytím pro přenos zpráv. Vzhledem k dosud poměrně nízkému pokrytí sítěmi pro internet věcí v Evropě se potvrdilo, že zjišťování okamžité polohy je využitelné pouze v zemích s dobrým pokrytím. Naopak výpočet kilometrického proběhu je z hlediska přesnosti srovnatelný s technologií GSM, ale při mnohem nižší spotřebě energie. Výdrž zdroje tak naplňuje očekávání hospodárnosti provozu, tj. výdrž po dobu celého období mezi dvěma pravidelnými prohlídkami v opravně kolejových vozidel.

Silné stránky	Slabé stránky
Identifikace a hlášení podélných rázů.	Nesprávná časová razítka zaslaných dat.
Výdrž zdroje.	Nedostatečný algoritmus pro detekci, zda je technologie stále na voze.
Nejkratší potřebný čas pro montáž a výměnu technologie.	Snadné odcizení jednotky z vozu.
	Prozatím neúplné pokrytí signálem v Evropě

Pro použití v dalším testovacím provozu je tedy možné brát v potaz kombinaci technologií, neboť pilotní testování ověřilo, že odlišné technologie lze integrovat. K dalšímu využití technologií pro „inteligentní vůz“ je nutné ještě počítat s přínosem při tzv. alarmových funkcích, kdy technologie ve spojení s dalšími čidly či měřidly na voze nebo nákladu může předávat zprávy o změně stavu, která vyžaduje nějaký zásah. Vzhledem k nutnosti propojení těchto alarmů s polohou vozu je takovéto využití opět ovlivněno pokrytím přenosové sítě a spotřebou energie, která je navíc zvýšena odběrem přídavných zařízení.

Pokud jde o finanční model srovnávající OPEX a CAPEX pro výše uvedené technologie, je z pohledu OPEX levnější technologie IoT SIGFOX. Z pohledu CAPEX jsou technologie srovnatelné.

Obecná doporučení z pilotního testování

V průběhu pilotního testování bylo ověřeno, že v současné době existují technologie vhodné pro železniční provoz, které splňují definované požadavky.

U technologie RFID z testování vyplynulo doporučení zvolit umístění této technologie na voze i z pohledu snadného odečtu údajů. Bylo doporučeno vytvoření typového montážního plánu pro každou řadu vozů z důvodu snížení časové náročnosti odečtu inventarizačních kódů částí vozů.

V průběhu testu bylo identifikováno, že časová základna nebyla jednotná napříč všemi technologiemi, aktivně vysílajícími informace, což způsobovalo nekonzistence v databázích a obtížné určování sousledností zaslaných dat. Z tohoto důvodu je nutné detailněji popsat způsob pořízení časového razítka a stanovit, jaký

zdroj času bude brán jako primární (NTP, GPS, server, BTS apod.). Časové razítko musí být zcela striktně určeno na všech do budoucna používaných technologiích.

Během posuzování kvality a provedení obalu technologií se objevily určité pochybnosti ohledně jeho zpracování. Některé technologie v pilotním testování používaly pro upevnění krycího víka standardní šrouby. Toto se v prostředí železničního provozu nejeví příliš vhodné zejména z důvodu řešení případných reklamací a nedostatečného zabezpečení elektroniky před odcizením či poškozením.

Z hlediska ochrany technologie před odcizením bylo doporučeno přehodnotit její upevnění na voze pouze kombinaci magnetů, resp. lepicích pásek. Optimálním řešením by byla ochrana pomocí pevného spoje, který může zajistit tmel v kombinaci s rámečkem (držákem). Ten zároveň v případě potřeby umožní rychlou výměnu jednotky. Současně musí obsahovat takové prvky, aby jednotku bylo možné vyjmout výhradně speciálním přípravkem, který bude mít k dispozici pouze servisní pracovník. Použití rámečku přitom jednoznačně určí místo instalace a výměny technologie na voze, což zároveň zpřesní snímaná data, zejména údaje o podélných rázech.

Jako jedna z klíčových charakteristik zařízení byla identifikována životnost zdroje elektrické energie. Z tohoto důvodu je třeba dále sledovat vývoj v oblasti jejího zvyšování, např. s využitím solárních článků či jiných technologií. Ty už se na některých zařízeních v Evropě objevují, ale zatím neexistuje dostatečně spolehlivé vyhodnocení jejich reálného použití v prašném a pro povětrnostní vlivy otevřeném železničním prostředí.

Závěr

Pilotní provoz testovaných technologií prokázal, že jak technologie založené na principu GSM, tak technologie založené na principu internetu věcí jsou v prostřední železničního provozu využitelné.

Technologie na bázi GSM jsou dnes v podmínkách železniční nákladní dopravy rutinně používané s relativně uspokojivými výsledky, avšak informace o vývoji a pokroku technologií internetu věcí naznačují, že jejich potenciál bude velmi vysoký a je třeba jej brát v úvahu a dále sledovat. Technologie internetu věcí obsahuje několik zcela zásadních přínosů pro využití v železniční dopravě:

- Výrazně nižší spotřeba elektrické energie, znamenající delší výdrž zdroje.
- Nižší provozní náklady.
- Možnosti snadného vytváření virtuální sítě v rámci jednotlivých vozů a na nich umístěných senzorů a rovněž v rámci celé vlakové soupravy [4].

Nevýhodou pro plnohodnotné využití této technologie v železniční dopravě je však prozatím ne zcela dostatečné pokrytí signálem IoT v jednotlivých zemích (v ČR je pokrytí již na velmi dobré úrovni).

Samozřejmě vývoj pokračuje i v oblasti zvyšování efektivity zdroje elektrické energie – ať již v možnostech využití energie sluneční, energie proudění vzduchu anebo přeměny energie vibrační, která se v podmínkách železniční nákladní dopravy jeví jako velmi zajímavá [4].



Využití těchto pokročilých technologií však zatím nepřináší takové efekty, aby bylo výhodné plošné osazení celého vozového parku. Technologie lze efektivně využít v konkrétních případech, kdy potřebná zjištění (poloha, kilometrický proběh, alarmy) nelze zajistit jinak.

Z těchto důvodů je velmi důležité se před konečným rozhodnutím o použité technologii neupnout k jedinému řešení, ale sledovat více technologií s dostatečně vysokým potenciálem.

Literatura:

- [1] Nařízení Komise (EU) č. 1305/2014 ze dne 11. prosince 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Využití telematiky v nákladní dopravě“ železničního systému Evropské unie a o zrušení nařízení (ES) č. 62/2006.
- [2] GX CORPFIN, a.s. *Studie proveditelnosti: Inteligentní vůz v provozním prostředí ČD Cargo*. Ostrava, 2015.
- [3] ČD – Informační Systémy, a.s. *Vyhodnocení projektu Inteligentní vůz v prostředí společnosti ČD Cargo, a.s.* Praha, 2017.
- [4] ČD – Informační Systémy, a.s., ČD Cargo, a.s. *Technická specifikace projektu Inteligentní vůz v prostředí společnosti ČD Cargo, a.s.* Praha, 2016.
- [5] WON, Jong Un. *IoT (Internet of Things) based real time freight cars and hazardous freight monitoring system*. Korea Railroad Research Institute, 2016.

Seznam zkratk:

BTS	Systém základnových stanic (Base Transceiver Station)
CAPEX	Investiční náklady (Capital Expenditures)
ČR	Česká republika
ES	Evropské společenství
ETA	Předpokládaný čas příjezdu (Estimated Time of Arrival)
ETI	Předpokládaný čas výměny vozů mezi dvěma železničními podniky (Estimated Time of Interchange)
EU	Evropská unie
GPS	Globální polohový systém (Global Positioning System)
GSM	Globální systém pro mobilní komunikaci
IoT	Internet věcí (Internet of Things)
NTP	Protokol pro synchronizaci vnitřních hodin počítačů (Network Time Protocol)
OPEX	Provozní náklady (Operating Expenses)
RFID	Radiofrekvenční systém identifikace (Radio Frequency Identification)
TSI TAF	Technické specifikace pro interoperabilitu pro telematické aplikace v nákladní dopravě

Praha, říjen 2017

Lektorovali: Ing. Juraj Kanis, PhD.
Železnice Slovenskej republiky

Ing. Lukáš Hejzlar
Výzkumný ústav železniční, a.s.