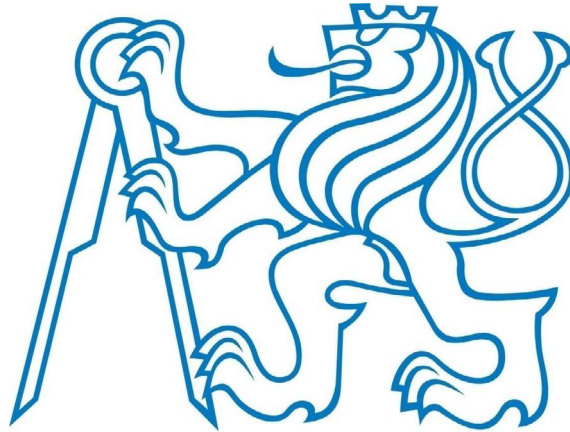


**České vysoké učení technické v Praze
Fakulta dopravní**

Ústav dopravních systémů, K612



**Semestrální práce
Systém ERTMS/ETCS**

Předmět: Vysokorychlostní tratě, K612Y2VT

Akademický rok 2010/2011

Tomáš Konopáč, 2.75

1. Úvodem

Na území České republiky se od šedesátých let 20. století používá čtyřpojmový liniový vlakový zabezpečovač označovaný jako LS. Tento systém přenáší v omezeném rozsahu informaci o návěsti k níž se vlak přibližuje a vyžaduje potvrzení bdělosti strojvedoucího. Základní nevýhodou je nemožnost přenosu podrobné informace o omezení rychlosti (které je návěstěno) a nedohlžení skutečné rychlosti vlaku. Do systému rovněž nelze implementovat dohled nad dodržováním dočasných omezení.

V průběhu 80. let se zrodily myšlenky vytvořit jednotný systém, který by zastřešoval existující zabezpečovací zařízení v jednotlivých zemích a umožnil pohyb kolejových vozidel v rámci železničních sítí různých států bez nutnosti technických úprav nebo opatření na hranicích. Uvedenou skutečnost lze zahrnout jako jeden z mnoha prvků pařících do skupiny souhrnně nazývané interoperabilitou. Dosažení interoperability je podporováno ze strany Evropského společenství souhrnem legislativních a technických opatření, která se označují jako Technické specifikace interoperability (TSI). Je třeba mít na paměti, že na jedno hnací vozidlo lze umístit jen velmi omezený počet systémů, zejména s ohledem na prostorové možnosti

- podvozku vozidla pro umístění snímačů
- skříně vozidla pro technologii systému
- stanoviště strojvedoucího pro DMI.

V roce 1991 byl zahájen UIC projekt s názvem ETCS (European Train Control System) v rámci skupiny projektů ERTMS (European Rail Traffic Management System), jehož cílem je naplnění uvedené myšlenky. Postupně tak byl vyvinut složitý elektronický zabezpečovací systém na bázi počítačových systémů liniového charakteru. Typickou záležitostí je nutnost implementace do stávajícího prostředí a navázání na existující zabezpečovací systémy.

Z hlediska systémové teorie je základním požadavkem pro splnění interoperability spolehlivost normálního průběhu silných procesů v systému.

V České republice probíhá v současné době pilotní projekt implementace systému ETCS aplikační úrovně L2 v úseku Poříčany – Kolín (mimo) jakožto součást Koridoru E v trase Dresden – Praha – Budapest (Wien) – Bucuresti – Constanta. Předpokládané uvedení pilotního úseku do provozu je v roce 2011. Následně bude probíhat implementace systému na další koridory v České republice, opět použitím aplikační úrovně L2. V zahraničí je systém implementován na různém stupni pokročilosti, například na Slovensku byl počátkem prosince 2010 uveden do provozu úsek Bratislava Rača – Nové Město n.V. použitím aplikační úrovně L1. Z dalších projektů jmenujme projekt ETCS L2 pro trať Firenze – Arezzo, nebo zkušební provoz v úseku Albacette – Villar de Chinchilla trati Madrid – Valencia.

2. Architektura systému ERTMS/ETCS

Architektura systému vychází z požadavků uvedených v dokumentu UNISIG Subset – 026, System Requirement Specification.

Za základní rozdělení systému se považuje členění na

- traťovou (infrastrukturní) část a
- palubní (mobilní) část

Obě části vždy zahrnují příslušné komponenty podle zvolené aplikační úrovně.

Do infrastrukturní části lze zahrnout

- radioblokovou centrálu (RBC) a subsystem Euroradio
- balízy (Eurobalise)
- zařízení LEU (Lineside Electronic Unit)
- jednotky RIU (Radio in-fill Unit)
- smyčky Euroloop
- rozhraní vůči infrastrukturnímu zabezpečovacímu zařízení
- systém řízení kryptografických klíčů (Key Management Centre)
- pevná zařízení systému GSM-R

Mobilní část zařízení je tvořena

- palubním počítačem EVC (ETCS Vital Computer), OBU (On-board Unit)
- rozhraním vůči strojvedoucímu DMI (Driver Machine Interface)
- rozhraním vůči systému řízení vlaku TIU (Train Interface Unit)
- modulu STM (Specific Transmission Module)
- systémem odometrie
- záznamového zařízení JRU (Juridical Recording Unit)
- subsystemem Euroradio
- palubní částí systému GSM-R

3. Popis subsystémů

3.1. Subsystém Eurobalise

Balíza je zařízení, které se montuje na železniční svršek a slouží pro komunikaci s právě přejezdějícím kolejovým vozidlem. Balízy pracují na principu pasivního transponderu. Energie je balíze dodána prostřednictvím elektromagnetického pole o kmitočtu 27 MHz vytvořeného anténou umístěnou na projíždějícím kolejovém vozidle. Jakmile je balíza aktivována, vysílá opakovaně telegram zpět kolejovému vozidlu v kmitočtovém pásmu 4 MHz.¹⁾ Telegramy přenášené prostřednictvím balíz jsou krátké (341 bit, 240 bitů pro uživatelská data) nebo dlouhé (1023 bity, 830 bitů pro uživatelská data). Struktura uživatelských dat v rámci telegramu, který je přenášen prostřednictvím balíz je dána jazykem ETCS. Balízy mohou vysílat pevně určená nebo proměnná data. Balízy jsou standardizovány ve dvou rozměrových provedeních (standardní a redukovaná velikost). Data dlouhého telegramu vysílaná balízou standardní velikosti může přečíst kolejové vozidlo, které se pohybuje rychlostí až 500 km/h (maximální rychlost, pro niž je konstruován systém Eurobalise), oproti tomu balízou redukované velikosti lze přenést data krátkého

¹⁾ Pro komunikaci je využita frekvenční modulace, logická 0 je reprezentována 3,954 MHz, logická 1 pak 4,519 MHz

telegramu na trati, kde je maximální povolená rychlost 300 km/h. Balízy standardní velikosti vyrábí například firmy Alstom, Ansaldo STS, balízy redukované velikosti Alstom, Bombardier, Siemens. Balízy jsou rovněž vyráběny v Čínské Lidové Republice.

3.1.1. Balízové skupiny

Balízy se sdružují do balízových skupin (Balise Group, BG). Balízová skupina se skládá z jedné až osmi balíz, většinou se však skupiny navrhují v počtu dvou balíz (pro možnost určení směru jízdy). Další balízy se zpravidla navrhují v případě požadovaného zvýšení dostupnosti. Samostatné balízy (Single Balise Group) se používají zpravidla pro přenesení doplňkové informace. U každé balízy ve skupině musí být stanoveno pořadové číslo balízy v rámci balízové skupiny (1 až 8, určeno relativně v rámci jedné skupiny), dále musí mít každá balíza informaci o ostatních balízách (jejich počtu) v dané skupině a identifikačním čísle balízové skupiny, jejíž je součástí. Každá balízová skupina má stanoven vlastní souřadný systém. Počátek souřadnic je stanoven v balíze s pořadovým číslem 1 v rámci skupiny. Základní směr je stanoven v souladu s rostoucím pořadovým číslem balíz. Balízy mohou předávat informace platné pro lichý i sudý směr jízdy.

3.2. Radio Block Centre (RBC)

Zařízení RBC patří do infrastrukturní části systému ETCS. RBC je propojeno s palubními jednotkami kolejových vozidel prostřednictvím telekomunikačního systému GSM-R (týká se aplikačních úrovní L2 a L3). RBC sleduje trasu a polohu stanovených vlaků a předává jim MA, komunikuje přes definovaná rozhraní s infrastrukturním zabezpečovacím zařízením, které se nachází v jím řízené oblasti, komunikuje se sousedními RBC a provádí vzájemné předávání (handover) vlaků.

Rozhraní RBC a palubního zařízení vlaků je standardizováno úplně, rozhraní vůči infrastrukturním zabezpečovacím zařízením (stavědlům) je prozatím definováno jen v omezeném rozsahu a není zcela standardizováno. Zařízení RBC jsou v rámci aplikační úrovně L2 provozována na španělských a italských vysokorychlostních tratích a na nově budovaných tratích ve Švýcarsku. V komerčním provozu jsou provozována do rychlosti 300 km/h, v testovacím provozu LGV ve Francii až 500 km/h.

3.3. Subsystem Euroradio

Subsystem Euroradio je implementován na straně infrastrukturní části do RBC, na straně mobilní pak v rámci palubní jednotky kolejového vozidla. Komunikační protokoly subsystemu Euroradio jsou soustavou pravidel pro komunikaci infrastrukturní a mobilní části systému ETCS. Definují postupy pro sestavení, ukončení a průběh komunikační relace. Komunikační relaci může zahájit palubní jednotka nebo RBC. Komunikaci mezi palubní a infrastrukturní částí zařízení může zahájit palubní jednotka po inicializaci hnacího vozidla, případně před vjezdem vlaku do oblasti vybavené systémem ETCS, případně na zvláštní příkaz infrastrukturní části zařízení. Příkaz pro zahájení relace s RBC zahrnuje identifikaátor dané RBC, telefonní číslo RBC, jaká operace bude následovat (zahájení – ukončení relace) a jestli platí i v případě režimu SM palubního zařízení.

3.3.1. Sestavení relace mezi palubní a infrastrukturní částí

Sestavení relace mezi palubní a infrastrukturní částí probíhá v několika krocích. Sestavení komunikační relace může vyvolat palubní část nebo infrastrukturní část (RBC). Prvek, který iniciuje sestavení relace vyše žádost o navázání zabezpečeného spojení. Proces se opakuje, dokud nedojde k úspěšnému navázání spojení nebo dokud není vyčerpán definovaný počet pokusů. Není-li úspěšně navázáno spojení, strojvedoucí musí být neprodleně informován. Získá-li palubní jednotka informaci o aplikační úrovni systému ETCS použité na dané části infrastruktury, musí vyhodnotit, zda je vlastní použitá aplikační úroveň kompatibilní, nebo nikoliv. Je-li kompatibilní, zašle infrastrukturní části zprávu, která zahrnuje telefonní číslo palubní jednotky a považuje relaci za sestavenou. Není-li kompatibilní, informuje o tom infrastrukturní část a zahájí kroky k ukončení komunikace.

3.3.2. Ukončení relace

Palubní jednotka vyše zprávu pro ukončení relace (End of Communication Session). Jakmile tuto zprávu obdrží infrastrukturní zařízení, odešle zpět potvrzení (Acknowledgement). Je-li přijato toto potvrzení, považuje palubní jednotka relaci za ukončenou a požádá o zrušení zabezpečeného spojení s infrastrukturním zařízením. Od okamžiku, kdy palubní jednotka zašle zprávu o ukončení relace již nemůže posílat žádné další zprávy, v případě infrastrukturního zařízení toto platí od okamžiku odeslání zprávy s potvrzením.

3.4. Euroloop

Zařízení Euroloop je semiliniovým přenosovým systémem, který slouží k přenosu informací z infrastrukturní do palubní části systému ETCS. K tomuto účelu je použit tzv. leaky feeder kabel délky až 1000 metrů, instalovaný u paty kolejnice. Zařízení Euroloop je uváděno do činnosti prostřednictvím elektromagnetického pole vytvářeného anténou umístěnou na kolejovém vozidle (jedná se o tutéž anténu jako v případě systému Eurobalise). Zařízení po uvedení do činnosti cyklicky vysílá telegramy palubnímu zařízení. Zařízení pracuje s technologií rozprostřeného spektra, kmitočtové pásmo se pohybuje mezi 11 až 16 MHz. Telegramy přenášené prostřednictvím Euroloop mají shodný formát jako telegramy přenášené balízami. Na počátku každého zařízení Euroloop je umístěna balízová skupina informující o přítomnosti tohoto zařízení (End of Loop Marker, EOLM). Zařízení Euroloop se používá v případě aplikační úrovně L1.

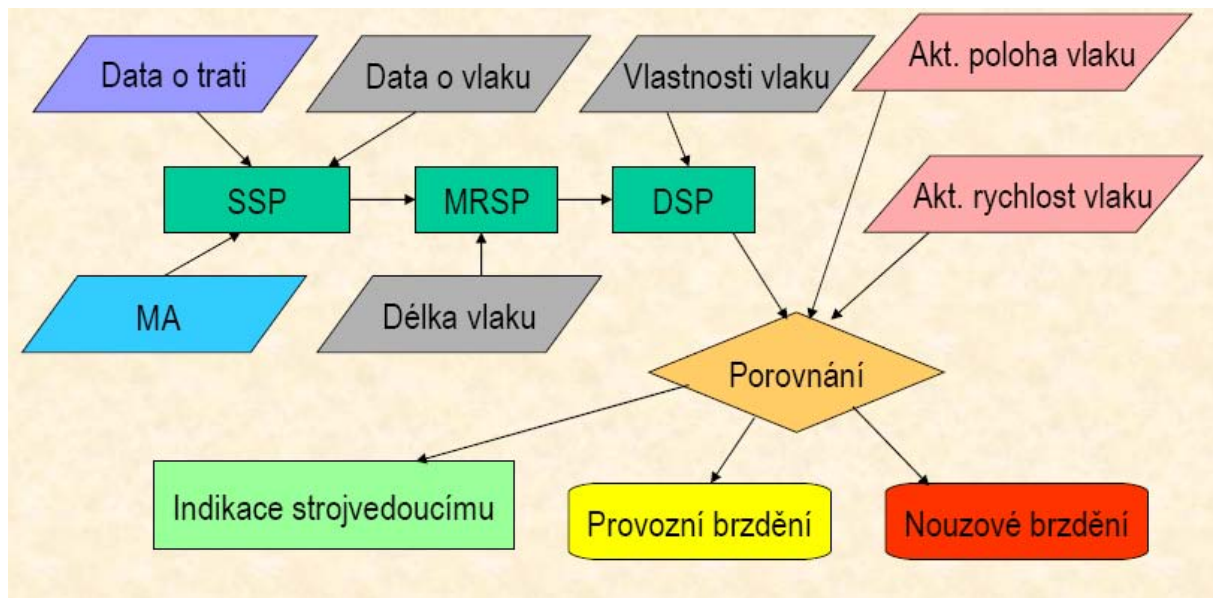
3.5. Lineside Electronic Unit (LEU)

Zařízení LEU slouží k propojení systémů Eurobalise a Euroloop s infrastrukturním zabezpečovacím zařízením. LEU není standardizovaným subsystémem, neboť rozhraní vůči infrastrukturnímu zabezpečovacímu zařízení se liší podle typu tohoto zařízení, které je na LEU navázáno. Rozhraní mezi Eurobalise/Euroloop a LEU je definováno jako informativní, nikoliv mandatorní. Existují různé typy LEU podle toho, jaké infrastrukturní zabezpečovací zařízení je navazováno (mohou pracovat s kontakty relé, snímat proudy tekoucí v obvodech návěstních světél a podobně). Zařízení LEU je možno montovat decentralizovaným způsobem podél trati (například v blízkosti balízových skupin) nebo centralizovaně ve stavědlové ústředně. LEU jsou navrženy v úrovni SIL 4. Typické zařízení LEU se skládá z

- jednotek, které snímají obvody návěstních světel (až 16)
- jednotky, která vytváří telegramy pro zařízení Eurobalise/Euroloop
- napájecí soustavy
- sériového rozhraní do elektronického stavědla.
-

3.6. Palubní jednotka

Palubní část zahrnuje veškerá zařízení instalovaná v kolejovém vozidle. Jádro je nazýváno European Vital Computer (EVC) a komunikuje přes definovaná rozhraní se subsystémem odometrie, systémem řízení vlaku (Train interface), rozhraním vůči strojvedoucímu DMI, systémem GSM-R, záznamovým zařízením JRU přenosovým zařízením pro Eurobalise / Euroloop a případně také s moduly STM. Konstrukční provedení palubní jednotky pro konkrétní vozidlo navrhuje výrobce, musí však respektovat požadavky na chování a bezpečnost systému. Základní princip činnosti palubní části systému vyplývá z obr.1.



Obr.1 Princip činnosti palubní části systému ETCS, zdroj autor.

3.6.1. Rozhraní DMI

Rozhraní DMI bylo vytvořeno koncem 90. let 20. století pracovní skupinou A200 UIC, poté se vývoje účastnila organizace CENELEC. Vznikl soubor specifikací, které obsahují pravidla pro předávání informací strojvedoucímu (vizuální formou i prostřednictvím zvukových signálů), zadávání instrukcí strojvedoucímu, ergonomické požadavky a podobně. Přestože nebyla zpočátku specifikace pro DMI mandatorní, výrobci převzali toto provedení jako základ pro výrobu jejich DMI. DMI je provedeno formou dotykového displeje. V roce 2005 vydala ERTMS User's Group dokument „Operational DMI information“, v němž je stanoveno, které části DMI je při výrobě nutno závazně dodržet (odpovídá poslední verzi pokynů organizace CENELEC z roku 2005). V prosinci roku 2008 vytvořila organizace ERA novou specifikaci na základě předchozích prací v ERTMS User's Group a CENELEC, která je již mandatorní.

Vlastní provedení a design zařízení DMI je v kompetenci výrobce s tím, že je nutno dodržet některý ze dvou přístupů. První způsob provedení považuje DMI za nástroj, který zobrazuje to, co přichází na rozhraní EVC/DMI tak, jak sám rozhodne.

Analyzuje závažnost informace a následně zvolí místo, kde bude informace zobrazena, barvu, případně zvuk a podobně. V případě druhého přístupu je DMI informačním zařízením s nižší mírou inteligence, které pouze zobrazuje informace podle předem stanovených pravidel. Komunikační rozhraní mezi EVC a DMI není standardizováno (je možno využít Ethernet, RS485 apod.). DMI existuje ve dvou provedeních: Dotyková obrazovka a klávesnice „soft-keys“. Stanovení SIL pro DMI je předmětem diskusí, většinou se technická řešení pohybují na úrovni SIL 0 až SIL 2.

4. Principy určování polohy vlaku

Pro funkci systému ETCS je třeba rozlišovat data, která platí pouze v určitém bodě (místě) - Location data a data platná pro určitý úsek trati – Profile data. Stanovení polohy vlaku na trati (například v traťovém oddílu) je záležitostí úsekovou. Palubní jednotka vždy určuje polohu vlaku relativně vůči poslední projeté balízové skupině, která je nazývána Last Relevant Balise Group (LRBG). Data přenášená balízou musí být vždy doplněna identifikací balízy a balízové skupiny, do níž tato balíza patří. Pro zprávy, které jsou přenášeny palubní jednotkou od RBC musí být uvedeno, zda platí pro nominální nebo zpětný směr jízdy, případně pro oba případy. Palubní jednotka se musí řídit pouze informacemi platnými pro daný směr jízdy vlaku, který je nastaven, ostatní nesmí brát v úvahu. Není-li známa orientace vlaku, data přenesená jakýmkoliv přenosovým médiem platná pouze pro jeden směr jízdy nejsou brána v úvahu, naopak data platná pro oba směry jízdy musí být vyhodnocena a vozidlo se jimi řídí.

Určování aktuální polohy vlaku neprobíhá striktně bodově, ale jedná se o úsekovou záležitost. Při určování úseku, v němž se nachází vlak je třeba brát v úvahu nejistoty v měření odometru a v určení polohy balízové skupiny - LRBG. Úsek, v němž se nachází vlak není omezen přesně čelem a koncem vlaku, ale je rozšířen o určitou rezervu – tzv. Confidence interval.

4.1. Zasilání informace o poloze vlaku

Zpráva o poloze, kterou zasílá palubní zařízení do RBC v případě použité aplikační úrovně L2 nebo L3 musí obsahovat údaj o vzdálenosti mezi LRBG a čelem vlaku (odhadnutým podle stanovených zásad), Confidence interval v němž se nachází vlak, identifikaci LRBG, k níž je měření vztahováno, polohu čela vlaku, orientaci vlaku vzhledem k orientaci LRBG, směr jízdy vlaku vzhledem k orientaci LRBG, rychlost vlaku a v případě L3 také údaj o celistvosti vlaku.

Palubní jednotka musí zaslat do RBC informaci o poloze vlaku ve stanovených případech

- jestliže vozidlo zastaví,
- pokud dojde ke změně režimu palubní jednotky
- potvrdí-li strojvedoucí integritu vlaku
- je-li zjištěna ztráta celistvosti vlaku
- přejede-li čelo vlaku hranici mezi dvěma oblastmi, kdy každá oblast je řízena jiným RBC
- změní-li vlak svoji orientaci
- kdykoliv, vyžádá-li si RBC informaci o upřesnění polohy vlaku

Pro aplikační úroveň L3 je definována zpráva o poloze konce vlaku. Informace o celistvosti vlaku je podána technickým zařízením, nebo v případě, že je vozidlo v klidu, také strojvedoucím. Bezpečná informace o poloze konce vlaku musí být přepočítána pro každé hlášení, avšak minimální (dříve určená) bezpečná poloha konce vlaku musí být uvažována až do okamžiku stanovení (výpočtu) nové hodnoty.

4.2. Kilometrická poloha vlaku

DMI palubního zařízení musí být schopno zobrazit na žádost strojvedoucího kilometrickou polohu čela vlaku s přesností 1 metr (tato funkce je potřebná například pro komunikaci strojvedoucího s výpravčím). Změní-li vlak směr jízdy, musí být tato informace dstraněna z DMI. V úsecích kde dochází ke zvláštnostem ve staničení (abnormální hektometr, změny orientace staničení apod.) může být větší odchylka od správné hodnoty.

5. Jízda vlaku pod dohledem systému ETCS

Aby byl umožněna jízda vlaku, musí být k dispozici informace vydané infrastrukturním zařízením. Jízda vlaku je povolena do přesně definovaného místa – End of Authority (EoA). Povolení k jízdě do tohoto místa se označuje jako Movement Authority (MA). Vyžaduje-li to provozní situace, je třeba doplnit dodatečná omezení jízdy – například omezení rychlosti v režimu On Sight, Shunting. Nezbytným podkladem pro jízdu vlaku je popis trati který pokrývá minimálně úsek do místa, do něhož je vydáno MA. Popis trati obsahuje informace o omezení rychlosti, statický rychlostní profil, sklonové poměry, případně i rychlostní profil určený podle hmotnosti na nápravu (ASP), další specifické podmínky trati, případně vhodnost trati pro jízdu daného vozidla, oblasti, kde je povolena změna směru jízdy, faktor změny adheze a další.

5.1. Movement Authority (MA)

Pojmem Movement Authority se obecně označuje oprávnění k jízdě. Za skutečnost, že palubní jednotka vlaku obdržela správné MA odpovídá infrastrukturní zařízení. Palubní jednotka se nesmí řídit přijatým MA, pokud nezbytné doplňující informace nejsou postačující, například nepokrývají celý úsek až do místa, k němuž je vydáno MA. Úsek trati, pro který je vydáno MA může být rozdělen do několika částí - Sections. Termínem „Overlap“ se označuje úsek trati za nebezpečným místem, který má zaručit zabránění kolizní situaci v případě, že strojvedoucí nesprávně posoudí situaci, nezačne včas brzdit a dojde k zásahu systému ETCS.

Palubní zařízení má možnost požádat RBC o vydání MA. Pokud RBC na výzvu nereaguje a nezašle MA, palubní zařízení žádost opakuje do vyčerpání stanoveného počtu pokusů.

6. Aplikační úrovně ETCS

V průběhu vývoje systému ETCS byly vytvořeny tři základní aplikační úrovně, které využívají výše uvedených konstrukčních prvků.

6.1. Aplikační úroveň L1

Aplikační úroveň L1 je do určité míry doplněním klasického infrastrukturního zabezpečovacího zařízení. Zjišťování volnosti/obsazenosti kolejových úseků je stále

úkolem technologií, které spolupracují se staničním, traťovým resp. přejezdovým zabezpečovacím zařízením (kolejové obvody, počítače náprav, v zahraničí vozidlové detektory apod.). Na trati jsou osazeny proměnné (přepínatelné) balízy (balízové skupiny), které mají funkci referenčního bodu a zároveň předávají hnacímu vozidlu informace o návěstním znaku proměnného návěstidla, k němuž vlak přijíždí. Přepínatelné balízy jsou kabelovým systémem propojeny s jednotkami LEU (Lineside Electronic Unit), které tvoří interface s prvky infrastrukturního zabezpečovacího zařízení. Jednotka LEU je schopna snímat například až 16 návěstních svítilen.

Po funkční stránce lze ETCS L1 považovat za bodový vlakový zabezpečovací systém. Informaci o návěsti nepřenosného návěstidla obdrží palubní jednotka v okamžiku míjení balízové skupiny, dojde-li po tomto okamžiku ke změně návěsti, vozidlo již nemá možnost informaci aktualizovat. O pokračování v jízdě musí strojvedoucí rozhodnout na základě viditelné návěsti. Možnost vyhnout se uvedenému problému nabízí technické řešení - zavedení tzv. in-fill informace. Pro vysílání in-fill informace je zapotřebí vybudovat systém doplňujících balíz v úseku před hlavním návěstidlem (mezi hlavním návěstidlem a přepínatelnou balízkou). Liniový přístup k řešení problému nabízí instalace smyčky Euroloop, která nepřerušovaně předává vozidlu informaci, případně vytvoření radiového komunikačního systému v úseku před hlavním návěstidlem (GSM-R).

6.2. Aplikační úroveň L2

Úroveň L2 (Level 2) systému ETCS je určena pro využití na tratích, které jsou vybaveny klasickým infrastrukturním zabezpečovacím zařízením, tedy staničním zabezpečovacím zařízením ve stanicích a traťovým zabezpečovacím zařízením na širé trati. Tato zařízení vykonávají nadále svoji činnost v oblasti zjišťování přítomnosti a celistvosti vlaku, tak jako tomu bylo před implementací systému ETCS, tedy zabezpečují provoz v rámci železniční stanice, respektive na širé trati. Povolení k jízdě jsou kolejovým vozidlům předávána prostřednictvím subsystému Euroradio. Systém ETCS v tomto případě vykonává průběžně dohled nad okamžitou rychlostí vozidla, provádí srovnání s rychlostí v daném místě povolenou a v případě překročení této povolené rychlosti provádí zásah. Pro přispění ke zjednodušení architektury systému a rovněž snížení provozních nákladů je v této úrovni možno upustit od proměnných návěstidel na širé trati. Není též třeba dalšího paralelně pracujícího vlakového zabezpečovacího zařízení pod podmínkou, že všechan vozidla pohybující se na dané trati jsou vybavena palubní částí pro ETCS L2.

Aplikační úroveň L2 vyžaduje vybudování komunikačního prostředí, které je schopno umožnit souvislou obousměrnou komunikaci mezi infrastrukturní a mobilní částí systému. K tomuto účelu se používá systém GSM-R.

Informace v čase proměnné (předem stanovené) musí infrastrukturní zabezpečovací zařízení předávat radioblokové ústředně RBC, která z nich vychází a následně uděluje povolení k jízdě kolejovému vozidlu. Přenos informace o povolení k jízdě probíhá prostřednictvím GSM-R. Dalším prvkem v rámci ETCS L2 pro komunikaci mezi kolejovým vozidlem a infrastrukturou jsou balízy. V případě aplikační úrovně L2 se používají neproměnné balízy, které zde slouží ve funkci referenčního bodu pro orientaci kolejového vozidla.

6.3. Aplikační úroveň L3

Vybudování systému ETCS úrovně L3 znamená rozšíření aplikační úrovně L2, kdy je třeba doplnit do systému další nezbytné funkce. V této fázi již odpadají technické prostředky pro kontrolu volnosti/obsazenosti kolejových úseků, a není též třeba ze

strany infrastruktury zajišťovat kontrolu integrity vlaku. Funkce detekce integrity vlaku se stává úkolem vlastního palubního zařízení na vozidle. Na základě toho infrastrukturní část systému (RBC) nakládá s vlakem jakožto souvislou jednotkou, která jí předává informaci o své poloze na trati. Existují úvahy o změně koncepce provozování železniční dopravy od stávajících „pevně stanovených“ oddílů – fixed block k tzv. pohyblivým oddílům - moving block. Uvedená varianta se však v současné době nachází stále ve fázi výzkumu a vývoje, v reálném provozu není dosud nasazena.

6.3.1.Řešení integrity vlaku

V říjnu roku 2000 vytvořila pracovní skupina TIMS WG (Train Integrity Monitoring System Working Group) dokument TIMS Functional Requirement Specification. Technická řešení integrity vlaku značně závisí na skutečnosti, zda je vlak vybaven elektrickými infrastrukturními prvky (vozidlová sběrnice apod.), nebo zda je propojení provedeno pouze mechanicky (spřáhlem) a potrubím vzduchové brzdy. Moderní jednotky disponují sběrnici po které lze přenášet informace potřebné pro kontrolu a řízení vozidla, v tomto případě lze implementovat i systémy TIMS poměrně výhodně. V některých zemích se používají automatická spřáhla a elektropneumatické brzdové systémy – elektrickou infrastrukturu lze v těchto případech považovat za páteř TIMS systémů. Jako složitější se jeví řešení TIMS u vlaků bez elektrické infrastruktury. Řešení lze v těchto případech klasifikovat podle [5] do tří skupin.

a) Systémy, které vyžadují instalaci speciální jednotky do posledního vozu systémy založené na sledování polohy čela a konce vlaku pomocí GNSS. Poloha konce vlaku je přenášena radiovým signálem do vyhodnocovací jednotky umístěné na hnacím vozidle. Vzhledem k vlastnostem GNSS (nedostupnost signálu v tunelech, v případech zakrytí vysokými budovami, v hlubokých zářezech a podobně) je třeba doplnit tento způsob určení konce vlaku dalším nezávislým zařízením. Umístění radiových jednotek na čelo a konec vlaku, kdy se vyhodnocuje doba přenosu signálu do vyhodnocovací jednotky na hnacím vozidle, nebo sledování poklesu tlaku vzduchu v potrubí průběžné tlakové brzdy u posledního vozu a následný přenos informace radiem do vyhodnocovací jednotky hnacího vozidla. Systémy založené na GNSS jsou sice dnes technicky realizovatelné a komerčně dostupné, avšak není v tuto chvíli k dispozici potřebná přesnost systému GNSS. Sledování poklesu tlaku v potrubí průběžné tlakové brzdy vykazuje v případě přetržení vlaku určité časové zpoždění s nímž je možno tuto událost detekovat. V případě hlavních evropských tratí toto zpoždění výrazně limituje použití takového systému. Velkým problémem u systémů, které vyžadují instalaci speciální jednotky na konec vlaku je bezpečně zaručit, aby byla tato jednotka umístěna skutečně pouze na posledním voze vlaku.

b) Systémy, které nevyžadují instalaci speciální jednotky do posledního vozu Tento způsob zjišťování celistvosti vlaku využívá například ultrazvukové signály, které se vysílají prostřednictvím kol hnacího vozidla do kolejnic a následně se detekuje počet a rozmístění náprav vlaku vyhodnocením odrazů od kol dalších vozů. Sledování vybraných parametrů v potrubí průběžné tlakové brzdy vlaku (tlak, objem vzduchu). Systémy, které vysílají akustické signály do potrubí průběžné tlakové brzdy v místě hnacího vozidla a vyhodnocují jejich odrazy od zakončení potrubí v místě konce

vlaků. Tento způsob zjišťování celistvosti vlaku zkoumaly například DB AG, použity byly akustické signály o kmitočtech 10 – 20 Hz. Vyskytují se však problémy s rušením, neboť při jízdě vlaku a zejména při brzdění jsou generovány různé akustické signály, které mohou ovlivnit výsledek použití těchto zařízení.

c) Systémy využívající kombinovaně zařízení umístěné na infrastruktuře i ve vlaku Využívají porovnání informací o počtu náprav, které jsou zjištěné infrastrukturním a palubním zařízením. Potřeba infrastrukturních zařízení však již snižuje ekonomickou situaci, neboť je třeba budovat a následně udržovat systémy kolejových obvodů, počítače náprav a podobně.

Celý problém má rovněž politický a ekonomický rozměr. Současné infrastrukturní zabezpečovací systémy využívají odlišného přístupu k řízení železničního provozu, proto v případě instalace zcela nového zařízení na bázi ETCS L3 dochází nutně k likvidaci stávajících systémů, jejichž vybudování vyžadovalo značné náklady a životnost zdaleka není v tuto chvíli vyčerpána.

7. Použité zdroje a literatura

[1] KUNHART, Milan. PP ETCS v ČR : Aktuální stav projektu v květnu 2008. *K aktuálním problémům zabezpečovací techniky* [online]. 2008, III, [cit. 2010-12-29]. Dostupný z WWW: <http://www.fel.zcu.cz/Data/documents/sem_de_2008/Kunhart_08.pdf>.

[2] KUNHART, Milan; MAREK Jakub. Popis prací na projektu interface IRI. *K aktuálním problémům zabezpečovací techniky* [online]. 2009, IV, [cit. 2010-12-29]. Dostupný z WWW: <http://www.fel.zcu.cz/Data/documents/sem_de_2009/ects/02_kunhart-marek.pdf>.

[3] HORÁK, Pavel. MODUL STMLS. *K aktuálním problémům zabezpečovací techniky* [online]. 2009, IV, [cit. 2010-12-29]. Dostupný z WWW: <http://www.fel.zcu.cz/Data/documents/sem_de_2009/ects/03_horak.pdf>.

[4] *European Railway Agency* [online]. 2010 [cit. 2010-12-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.era.europa.eu/Pages/Home.aspx>>.

[5] SEIFFERT, Rolf. Train Integrity, making ETCS L3 happen. *Signal+Draht*. Září 2010, 9/2010, s. 49-50.

[6] *Ministerstvo dopravy České republiky* [online]. 2010 [cit. 2010-12-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.mdcr.cz/>>.

[7] *Etcs.cz* [online]. 2004 [cit. 2010-12-29]. Konference ERTMS/ETCS. Dostupné z WWW: <<http://www.etcs.cz/etcs2004/>>.

[8] CHUDÁČEK, Václav; LOCHMAN, Libor. VLAKOVÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM ERTMS/ETCS. *Vědeckotechnický sborník ČD* [online]. 1998, 5, [cit. 2010-12-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.cdmail.cz/VTS/CLANKY/504.pdf>>.

[9] CHUDÁČEK, Václav; LOCHMAN, Libor. VLAKOVÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM ERTMS/ETCS (2.část). *Vědeckotechnický sborník ČD* [online]. 1999, 7, [cit. 2010-12-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.cdmail.cz/VTS/CLANKY/701.pdf>>.