

# Bezdrátové technologie v železniční dopravě

Jiří MARTINOVSKÝ

Jiří MARTINOVSKÝ, České dráhy, s.o., Divize dopravní cesty, o. z., Technická ústředna  
dopravní cesty, Bělehradská 22, 120 00 Praha 2

## 1 Úvod

V dopravním procesu železničního provozu je od nepaměti aktuální potřeba doručení zprávy – informace od řídicího pracoviště k pohyblivému účastníku. V počátcích rozvoje železniční dopravy byl dostačující přenos informací pomocí předem stanovených účelových znamení – návěstí. S rostoucí intenzitou, rychlostí a technických předpokladů bylo potřebné k pohyblivému účastníku doručit větší objem a strukturu informací, přesahující možnosti jednoduchého návěstění. Technický rozvoj v oblasti bezdrátových rádiových technologií nabídl železniční dopravě optimální způsob dopravy informačních toků na jedoucí vozidlo.

## 2 Analogové rádiové systémy

Historie traťových rádiových sítí v železniční dopravě dřívějších ČSD spadá do druhé poloviny 60.let. Pomiňme 1. testovaný rádiový systém DMZ, který byl neúspěšně zkoušen na trati Praha – Kolín. Hlavním důvodem nezavedení tohoto systému do provozu byla jeho nespolehlivost, daná součástkovou základnou, která v té době byla našemu průmyslu k dispozici.

Prvním rádiovým traťovým systémem, který byl úspěšně nasazen do železničního provozu bylo zařízení vyvinuté v Tesle Pardubice. V roce 1969 byl zahájen provoz, na svou dobu unikátní, systém pracující v kmitočtovém pásmu 160 MHz na dispečersky řízené trati Plzeň – Cheb. Z různých důvodů, které není třeba zmiňovat, nebylo pokračováno v jeho rozšíření na další tratě.

V tomto období bylo rozhodnuto o vypracování koncepce řízení technologických činností souvisejících s vlakotvorbou v železničních uzlech a stanicích. Tato koncepce definovala pracovní postupy posunovacích prací, komerčních a technických činností s využitím rádiových prostředků. V souvislosti se specifickými podmínkami v možnostech využívání kmitočtových skupin v železničním prostoru bylo vypracováno celosíťové kmitočtové řešení v pásmu 160 MHz s přihlédnutím na opakovatelnost jednotlivých intermodulačně odolných kmitočtových skupin v celém regionu ČSD. Současně byla uskutečněna mezinárodní kmitočtová jednání, vedoucí k dohodám o využití jednotlivých kmitočtů sousedícími státy v pohraničních oblastech. Tato koncepce je úspěšně aplikována do současné doby, kdy dochází k pouhé průběžné náhradě morálně a technicky zastaralých rádiových prostředků moderními a spolehlivějšími radiostanicemi.

V druhé polovině 80. let byly, z důvodu nutné evropské kompatibility, na půdě UIC definovány jednotné technické parametry pro traťové rádiové systémy a určeno jednotné evropské kmitočtové pásmo 460 MHz (standard UIC 751 – 3).

Na dodávky traťových rádiových systémů pro železnice se zaměřila řada renomovaných evropských výrobců, Bývalé ČSD byly nuceny se orientovat na jediného dodavatele traťových rádiových sítí pro země RVHP, východoněmeckou firmu Funkwerk Kölleda i přes skutečnost nižší užitné hodnoty systému. Domácí výrobce rádiových zařízení, Tesla Pardubice, prakticky do roku 1990 neměl zvládnutou technologii výroby radiostanic, pracujících v kmitočtovém pásmu 460 MHz. ČSD proto realizovaly dovoz traťového rádiového systému od východoněmecké firmy a nasadily jej jako, v té době, jediné možné řešení do provozu na tratích Praha–Děčín–státní hranice, Praha–Kutná Hora, Praha–Tábor a Praha–Beroun. Jedná se o rádiový systém, který je v současné době, přes svou morální a kvalitativní technickou zastaralost, dosud používán v trati Děčín–Praha–Kutná Hora.

K zásadnímu obratu v předmětné problematice došlo po roce 1989, kdy se otevřela i možnost orientace na přední světové firmy. Bývalé Ústřední ředitelství ČSD v rámci výběrového řízení v roce 1990 schválilo následující koncepci řešení traťových rádiových spojení:

- důležité hlavní tratě s mezinárodním provozem vybavit systémem zahraničního dodavatele, kompatibilním se systémy sousedních železničních správ dle standardu UIC 751 – 3

- vedlejší tratě a tratě s nižší důležitostí vybavit jednodušším a levnějším systémem, jehož vývoj byl současně zadán u domácí firmy HTT Tesla Pardubice.

Vývojové práce probíhaly, v rámci státního úkolu, v úzké spolupráci řešitele úkolu s odbornými pracovišti ČSD. Výsledek řešení úkolu, traťový rádiový systém TRS, předčil očekávání. Byl vyvinut systém, který je, z hlediska technických, provozních a funkčních parametrů, srovnatelný se systémy renomovaných evropských výrobců. V průběhu vývojových prací byl systém TRS testován a provozně zkoušen na trati Pardubice – Hradec Králové. Tento zkušební úsek byl vybrán z důvodu blízkosti vývojového pracoviště výrobního závodu.

Na základě úspěšných provozních zkoušek, ukončených v červnu 1993, tým odborníků ČSD, tzv. „Poradní sbor rádio“ doporučil schválit použití domácího rádiového systému na tratích všech kategorií. Toto doporučení bylo podpořeno, kromě technicko-provozní kvality i hledisky ekonomickými. Systém TRS je, v porovnání se zařízeními zahraničních dodavatelů, 3 až 5 krát lacinější.

V návaznosti na ukončení vývojových a testovacích prací bylo zahájeno zpracování projektové dokumentace a následná výstavba systému v pilotním traťovém úseku Karlovy Vary – Cheb – Plzeň -- Beroun s termínem uvedení do provozu v dubnu 1995. V rámci této investiční akce bylo mobilním rádiovým zařízením TRS vybaveno 200 lokomotiv, pojezdějících příslušné vozební rameno.

Současně bylo rozhodnuto o komplexní radiofikaci železničního provozu ČD tímto systémem. Byl ustanoven specializovaný tým složený z odborníků v železniční technické i provozní problematice, který zajišťuje koordinaci a realizaci výstavby TRS z účelového státního fondu.

Spolu s rozšiřováním TRS na další tratě ČD byl systém, za úzké spolupráce specialistů Českých drah a výrobního závodu, doplňován o další významné funkce. K nejdůležitějším patří možnost dálkového zastavení vlaku z pracoviště, řídicí dopravní proces (dispečer, výpravčí), spolehlivý záznam a archivace veškerých hlasových přenosů a možnost přenosů krátkých datových zpráv.

K traťovým rádiovým systémům lze obecně uvést, že efektivnost jejich využití spočívá v jejich komplexnosti. Účelná a bezpečná technologie řízení železničního provozu s využitím rádiových prostředků vychází ze dvou základních podmínek:

- vysoké kvality a spolehlivosti technického řešení rádiového přenosu od dispečera resp. výpravčího ke strojvedoucímu hnacího vozidla
- komplexnosti ve vybavení lokomotivního parku vozidlovými radiostanicemi v příslušných radiofikovaných traťových úsecích.

Se zvýšením spolehlivostních a funkčních parametrů, které systém TRS poskytuje, došlo i k revizi předpisů pro dopravní technologie. Touto úpravou dopravních technologií s využitím rádiových prostředků prokazatelně došlo nejen k zvýšení bezpečnostních kritérií, ale i k urychlení řídicích technologických činností se snížením nároků na počty pracovních kapacit.

### 3 Digitální rádiové systémy

Rozvoj a výstavba vysokorychlostních tratí ve vyspělých evropských státech ukázal, že hranice národních železničních správ jsou malé pro efektivní využití této dopravy, která úspěšně konkuruje automobilové i letecké dopravě. Tyto důvody vedly, na základě provedených rozborů přepravních toků, Mezinárodní železniční unii (UIC) k definování tzv. pan – evropské železniční sítě – sítě železničních vysokorychlostních koridorů. Základním problémem pro dopravní proces v mezinárodních rozměrech je však

v nekompatibilitě národních systémů infrastruktury i ve způsobu řízení železniční dopravy.

Ve snaze unifikovat dopravní technologii v evropském prostoru, vyvinuly vyspělé železniční správy, provozující vysokorychlostní přepravu, jistý tlak na UIC s požadavkem na vypracování kritérií, které by definovaly jako standard jednotné technicko – provozní podmínky pro mezinárodní provoz. Pod tlakem těchto požadavků UIC zahájila v r. 1992 práce na řešení rozsáhlého projektu pod pracovním názvem ERTMS/ETCS (evropský systém pro řízení železniční dopravy). Na financování tohoto projektu se zásadní měrou podílí Evropská unie s příspěvím evropských železničních správ a průmyslu.

Jednou z dílčích částí tohoto velkolepého projektu, která má zásadní význam pro vytvoření podmínek k jeho efektivní realizaci, je dílčí projekt EIRENE - „Evropská integrovaná vyspělá železniční rádiová síť“.

Významnými mezníky průběhu řešení projektu EIRENE zahájeného pod záštitou UIC v roce 1992 jsou:

- 1992/93 - definování základních technických a provozních požadavků pro realizaci evropského standardu rádiové technologie v budoucích železničních mobilních systémech
- 1993 - volba standardu GSM (Globální systém pro mobilní komunikaci), jako technologického základu pro železniční rádiový digitální systém GSM – R
- 1994/95 - definování kmitočtových úseků z pásma 900 MHz a jeho schválení evropskou správou pro využití kmitočtového spektra CEPT pro celoevropský prostor
- 1995 - založení konsorcia MORANE (Mobilní rádio pro evropskou železniční síť, pověřeného vývojem prototypů a provedením technických a provozních zkoušek
- 1996 - dokončení modifikací standardu GSM – R k uspokojení specifických požadavků železnic
- 1997 a dále - průběh vývoje prototypů systému, jeho testování a zahájení výroby a dodávek
- 1999/2000 - zahájení výstavby systému u některých železničních správ

### ***Konsorcium MORANE***

Cílem aktivit konsorcia MORANE bylo specifikovat, vyvinout, testovat a následně předložit ke schválení prototypy nového digitálního rádiového systému GSM – R, definovaného standardem UIC EIRENE.

Na činnosti konsorcia se podílelo 21 evropských partnerů: 7 železničních společností, 3 výzkumná pracoviště a 11 výrobců rádiových zařízení. Celý projekt byl rozdělen do dvou základních fází:

Fáze 1 (1996 – 1997)

- vypracování detailních specifikací systému
- vývoj specifických technických prostředků pro železnice
- testování systému na zkušebních traťových úsecích u DB, SNCF a FS

Fáze 2 (1996 – 1999)

- na základě rozboru výsledků testování vypracování dalších specifikací
- vývoj specifických železničních telekomunikačních požadavků
- kompletace rádiových služeb pro přenos dat GPRS (General Packet Radio Service)

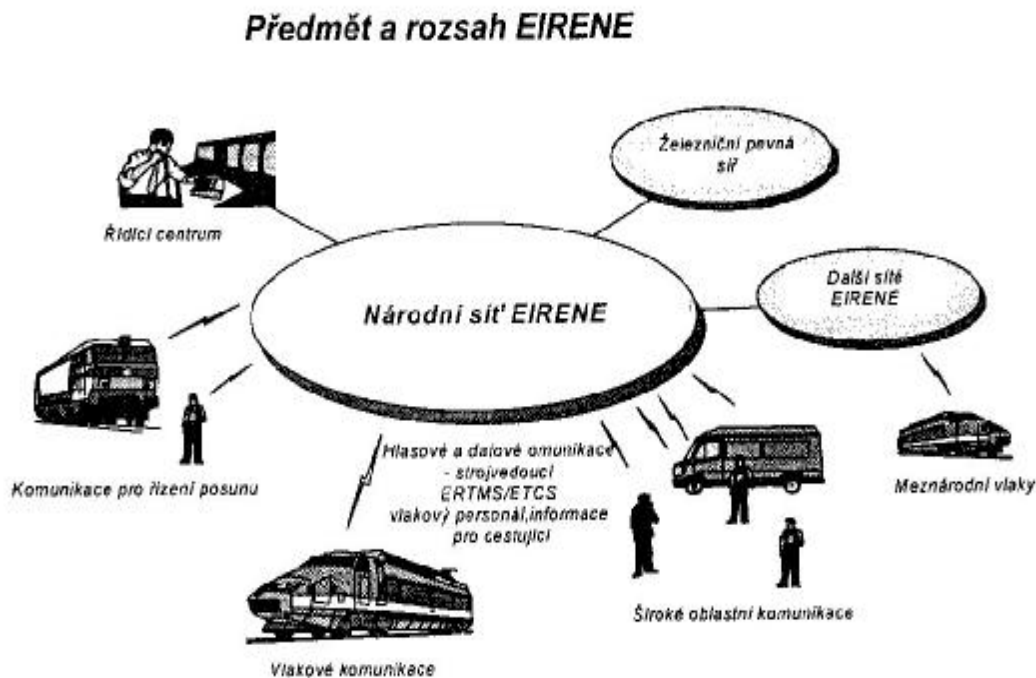
Je možno konstatovat, že stanovený časový harmonogram prací byl s poměrně velkou přesností dodržen, i když je systém „doladován“ zvláště v problematice datových přenosů i v současné době.

### ***Projekt EIRENE – základní technické specifikace***

S přihlédnutím k rozsahu projektu je možno na tomto místě uvést pouze některé základní technické specifikace, které podají základní rámcový přehled o systému. Technické a funkční specifikace EIRENE definují rádiový systém GSM – R tak, aby splňoval požadavky evropských železnic. Jsou v nich zahrnuty požadavky na pozemní hlasové a datové rádiové komunikace stacionárních drážních zařízení spolu s potřebami pozemních mobilních komunikací, které mají zaměstnanci dráhy pracující podél trati, v železničních stanicích, depech kolejových vozidel a také administrativní a řídicí

personál. Systém rovněž zajišťuje vzájemnou komunikaci mezi vlaky a pracovníky přejíždějícími státní nebo jiné hranice.

Komunikační možnosti Systému EIRENE jsou znázorněny na obrázku.



Systém je založen na standardech ETSI GSM fáze 2, fáze 2+ a fáze 2++, v nichž jsou definovány základní služby pro účastníky veřejné sítě GSM:

- Fáze 2
  - služba přenosu hovoru mezi 2 body
  - služba datového přenosu mezi 2 body
  - faxová služba
  - konference 3 účastníků
- Fáze 2+
  - další speciální služby (přenos krátkých zpráv, přednostní volání a pod.)
  - služba skupinového volání (tzv. oběžník)
  - **prioritní volání**
  - optimální trasování přenosu a pod.
- Fáze 2++
  - zahrnuje celou řadu dalších služeb, z nichž nejzávažnější jsou datové paketové přenosy (GPRS – General Packet Radio Service).

Aby bylo možno splnit další požadavky na funkční vybavení, je standard GSM doplněn o služby pro specifické železniční aplikace:

- GSM-R
  - výměna informací, týkajících se adres a polohy mezi vlakem a pozemní stanicí
  - nouzové hovory (prioritní volání)
  - režim pro vlakový posun
  - komunikace mezi několika strojvedoucími
  - možnost přímé komunikace pro operaci typu soustava - soustava
  - funkční specifikace pro pracoviště dispečera a strojvedoucího
  - specifická konfigurace systému

**Kmitočtové řešení**

V rámci řešení projektu byly definovány kmitočtové úseky z pásma 900 MHz. Jedná se o jednotné pásmo UIC definované pro použití v evropském prostoru pro systém GSM – R.

Jde o kmitočtové úseky 876 až 880 MHz a 921 až 925 MHz.

### ***Funkční číslování účastníků provozu***

Mnoho pracovníků železničního provozu potřebuje adresaci prováděnou spíše podle funkčních čísel, než podle čísel osobních. Funkční čísla se mohou měnit na pravidelném základě. Hlavním příkladem jsou strojvedoucí vlaků, kteří potřebují být adresováni podle jízdních čísel vlaků. Aby bylo možno překonat tento problém, je k dispozici převáděcí možnost, která zajistí směrování hovorů pro funkční čísla na čísla osobní. Tímto způsobem budou hovory uskutečněné na vlakové číslo směrovány na odpovídajícího strojvedoucího nebo lokomotivu daného vlaku v daném čase.

### ***Adresování závislé na poloze***

Je potřebné, aby strojvedoucí vlaků mohli kontaktovat řídicí pracovníky dopravy a jiný personál stisknutím jediného tlačítka. S tím, jak vlak projíždí různými oblastmi sítě, se adresy těchto pracovníků mění. Z tohoto důvodu je požadován prostředek pro adresaci hovorů z vlaku v závislosti na jeho poloze, na určitá funkční místa v organizaci drážní dopravy.

Jediným zdrojem informací o poloze, který je k dispozici v rámci sítě GSM je buňka, ve které se vlak nachází. Existuje také několik vnějších zdrojů, ze kterých lze získat přesnější polohové informace. Jsou to autonomní systémy zjišťování polohy vlaku a informační systémy založené na pozemní nebo satelitní bázi (GPS – General Position System).

### ***Přímý režim***

Železniční mobilní zařízení mohou podporovat přímý komunikační režim, kterým může mobilní zařízení komunikovat v nějaké lokální oblasti bez použití základnové infrastruktury GSM – R. Takový režim se požaduje tam, kde není k dispozici žádná základnová infrastruktura GSM – R, případně při jejím selhání.

### ***Sítové plánování***

Základním aspektem pro realizaci projektu digitálního rádiového systému je definování všech vstupních požadavků na rozsah služeb poskytovaných systémem, Cílem sítového plánování je dosáhnout nejen propojitelnosti mezi sítěmi, ale zároveň zajištění stálé úrovně služeb, které jsou na GSM – R požadovány.

Jako základní plánovací hodnotou u globální sítě je považováno pokrytí rádiovým signálem v hodnotě 95% času na 95% definované označené oblasti pokrytí, kdy daný systém bude zajišťovat komunikaci pro vlaky jedoucí rychlostí až 500 km/hod.

### ***Datový přenos GPRS/ERTMS***

Zvláštní pozornost při využití nového evropského digitálního rádiového systému GSM – R je věnována možnosti přenosu datových zpráv GPRS jako nosné služby v evropském standardu systému automatizovaného řízení železniční dopravy ERTMS – European Railway Train Management System. Cílem UIC je poskytnout evropským železnicím komplexní prostředek, který umožní kompatibilní efektivní prostředek pro jízdy vlaků po pan - evropské železniční síti.

### ***Shrnutí***

**Základním výsledkem řešení projektu EIRENE bylo:**

- zpracování přesného znění funkčních specifikací FRS a systémových specifikací SRS
- definováno a mezinárodně schváleno jednotné evropské kmitočtové pásmo pro GSM – R
- zajištění vývoje a testování prototypů základnové infrastruktury a mobilních prostředků GSM – R

### ***Podíl Českých drah na projektu EIRENE***

České dráhy se na řešení projektu EIRENE aktivně podílely od r. 1994 účastí a prací svých zástupců ve stálé pracovní komisi UIC pro rádiovou techniku (7B9), UIC EIRENE Project Team a v pracovní uživatelské UIC – UG (User Group). V rámci činností výše citovaných orgánů UIC v předmětné problematice byl zpracován návrh „Protokolu o společném stanovisku“ k zavádění nových rádiových systému pro železniční provoz dle standardu EIRENE mezi členskými železnicemi UIC.

České dráhy, stejně jako více než 30 evropských železničních správ, signovaly v r. 1997 Memorandum o společném přístupu k implementaci traťového rádiového systému na bázi GSM – R, definovaného k zajištění kompatibility a interoperability provozu na pan-evropských železničních koridorových tratích.

Pro vnitřní potřeby ČD byla zpracována „Studie proveditelnosti zavedení GSM – R do provozu Českých drah“, která předkládá variantně rozsah implementací systému se současným ekonomickým rozbohem.

Následně, po přijetí a schválení předmětné studie bylo zajištěno finanční krytí pilotního projektu realizace systému GSM – R se současným vypsáním veřejné obchodní soutěže na projekt a výstavbu pilotního projektu v traťovém úseku státní hranice – Děčín – Praha – Kolín. Výběrové řízení je v současné době ve stadiu řízení.

Paralelně se záměrem realizace pilotního projektu byly zahájeny práce na aplikacích využití systému GSM - R pro datové přenosy ve vztahu k ETCS – European Train Control System, pro národní systém AVV (automatické vedení vlaku) a pro informační a komerční využití u služeb pro cestující veřejnost.

Po dokončení výstavby pilotního projektu a jeho následném provozním a technickém vyhodnocení bude rozhodnuto o rozsahu jeho rozšíření na další tratě Českých drah.

## **4 Závěr**

Bezdrátové telekomunikační prostředky se bezkonkurenčně podílí na řízení technologických procesů v železniční dopravě. Podle funkčních a spolehlivostních kritérií významně zasahují do zvýšení bezpečnosti dopravního procesu, jeho automatizace se současným snížením nároků na pracovní kapacity. Současně provozované analogové systémy TRS prozatím poskytují, při absenci automatizačních systémů, dostatečné technické řešení. Je však zřejmé, že se současným rozvojem a realizací systémů dle ERTMS/ETCS je řešení dopravního procesu, bez využití digitálních radiokomunikačních prostředků nemyslitelné. Efektivita využití nových digitálních systémů je však podmíněna jejich komplexním nasazením. To si samozřejmě vyžádá velké finanční prostředky, které však mají perspektivu rozumné návratnosti.

### **Literatura**

[1] Pracovní dokumentace UIC EIRENE Project Team, Paříž, 1992 - 1999