

# Řízení veřejné dopravy v Brně

*Dopravní podnik města Brna, a. s., (DPMB) má v současné době největší systém řízení městské hromadné dopravy (MHD) v České republice. Řídicí a informační systém DPMB – RIS je komunikačním a analytickým nástrojem dispečerského řízení. Slouží v rychlému odhalení odchylek v provozu a k jejich úspěšné eliminaci. Kromě toho potlačuje subjektivní posuzování informací. Dispečer se může rozhodovat na základě skutečných a zaručených informací a ihned si může ověřit dopad svého rozhodnutí. Není přítom zatěžován zbytečnými rutinními činnostmi.*

## 1 Řídicí a informační systém RIS

### 1.1 Funkce a cíle

Na projektu řídicího a informačního systému RIS se podílelo několik firem. Generální dodavatel firma Buse dodala palubní počítač a vyvinula aplikace RIS. Vedle ní se na projektu spolupracovaly firmy: T-mapy (serverová aplikace dispečerského systému), Herman (napájecí jednotka, indukční modem, akustická ústředna), Konektel (fónická trunková rádiová síť) a Racom (datová rádiová síť).

Systém RIS má následující funkce a cíle:

- podpora práce dispečera a řidiče;
- neustálé vyhodnocování jízdy podle jízdního řádu;
- dopravní průzkum, statistika a plánování;
- cílené informace pro cestující;
- informace o skutečné poloze vozidel pomocí GPS;
- předávání dat v režimu on-line;
- přednost vozidel MHD na řízených křižovatkách.

Systém RIS je v současnosti použit ve 240 tramvajích, 145 trolejbusích, 289 autobusech a v šesti záahových vozidlech. Do každého vozu MHD byly instalovány následující přístroje: palubní počítač, inteligentní jednotka napájení, akustická ústředna, fónická radiostanice, přijímač GPS a čtyři antény. Kromě byla vozidla vybavena mikrofonem, reproduktory, ovládacími tlačítky a radiomodemy pro kmitočtové pásma 425 MHz a pro 900 MHz. Všechna drážní vozidla mají indukční modem s vysílacími cívkami.

### 1.2 Podpora práce dispečera

K obsluze RIS slouží aplikace server/klient. Pracoviště pro jednoho dispečera



Obr. 1 Pracoviště dispečera systému RIS pro řízení veřejné dopravy v Brně

(obr. 1) tvoří PC, běžný kancelářský software (MS Office, intranet apod.), druhý výkonný PC se dvěma displeji pro práci v RIS, stolní hovorová souprava pro rádiové spojení, monitor městského okruhu průmyslové televize s ovládací konzolou, systémový telefonní přístroj a síťová tiskárna.

Data RIS lze v dispečerském sále zobrazit na velkoplošné projekční stěně Barco. Rozhraní dispečera a RIS tvoří tři clientské stanice – datová, grafická a fónická, které jsou vzájemně propojitelné, takže akce v jedné stanici klientu dovoluje podle uživatelského nastavení způsobit okamžitou odezvu v jiné stanici.



Obr. 2 Grafická stanice systému RIS

*Datová clientská stanice prezentuje uživateli okamžitý provoz MHD (on-line) nebo umožňuje prohlížení archivních dat (off-line). Podle individuálního uživatelského nastavení zobrazuje jízdu vozidel na liniovém schématu linek, barevně vyhodnocuje dodržování jízdního řádu, odlišuje záložní autobusy, zobrazuje teoretickou polohu odchýlených nebo chybějících vozidel. Sděluje úplná data vybraného vozidla, umožňu-*

*je jeho selektivní sledování a dovoluje rychlé sestavení fónického spojení s vybraným vozem. Slouží k příjmu a odesílání kódových a datových zpráv mezi centrálou a vozidlem.*

*Grafická clientská stanice (obr. 2) zobrazuje provoz v reálném měřítku nad mapou nebo nad ortofotomapou (pořízená snímkováním z letadla). Symboly vozidel jsou zobrazeny se štítkem nesoucím základní identifikační a provozní údaje (obr. 3 a, b). Štítek je barevně odlišen shodně s datovou*

*klientskou stanicí. Zobrazení je možné filtrovat podle požadavků uživatele. Grafická stanice dovoluje sledovat pohyb vozidla vybraného na datovém klientu a umožňuje graficky definovat množinu vozidel k vytvoření dynamické skupiny fónické komunikace.*

*Fónická clientská stanice slouží ke správě radiofónních hovorů. Zobrazuje frontu žádosti o rádiové spojení. Odlišuje tísňová volání a řídí spojení v režimu přepadení. Veškeré údaje o hovorech se automaticky zaznamenávají do textového souboru, kam může obsluha připsovat své poznámky. Vzniká tak elektronický radiodeník. Obsah hovorů se nahrává na velkokapacitní záznamové médium přístupné oprávněným pracovníkům po síti LAN.*

### 1.3 Údržba dat v RIS

Na dispečerské centrále je vytvořeno samostatné pracoviště pro správu systému. Je zde nainstalován systémový simulátor, což je kompletní vozidlová technologie RIS, která se chová jako skutečné vozidlo MHD. Na simulátoru se odlaďují data informačních systémů a firmware vozidlových komponentů. Simulátor dovoluje přezkušovat odezvu systému bez nutnosti angažovat skutečná vozidla v terénu. Správce RIS má k dispozi-

ci výkonný osobní počítač s dispečerskými aplikacemi. PC slouží rovněž k údržbě zdrojových dat systému a ověřování provozních dat před jejich aplikací do vozidel. Na pracovišti správce se programují fónické radio-stanice.

#### 1.4 Vyhodnocování jízdy podle jízdního řádu

Důležitou funkcí je vyhodnocování jízdy podle jízdního řádu. Systém podporuje dodržování jízdního řádu ve dvou úrovních, na vozidle a v dispečinku. Na vozidle má řidič jízdní řád k dispozici v datech palubního počítače. Při jízdě na lince se na displeji počítače zobrazuje název zastávky, čas odjezdu, jednotný čas a rovněž okamžitý rozdíl reálného času a času podle jízdního řádu. V zastávce má řidič informaci, zda jízdní řád dodržel, za jízdy pak čas, za jak dlouho má odjezd z následující zastávky.

Na dispečinku se kontinuálně vyhodnocuje čas odjezdu získaný z vozidla s časem jízdního řádu a odchylka se různými způsoby, nejčastěji vizuálně, prezentuje na PC dispečera. Všechna data v systému se archivují, lze kdykoliv dohledat jízdu libovolného vozidla a zjistit, zda řidič dodržel předepsané odjezdy.

#### 1.5 Cílené informace pro cestující

K podávání informací cestujícím se používá tradiční model automatických hlášení a vizuálních sdělení při jízdě po trase linky. Systém RIS umožňuje, aby podle situace podával cestujícím informace dispečer, a to informace osobní – pomocí fónické rádiové sítě – nebo generované na vozidle na základě dat doručených na vozidlo pomocí datové sítě. V digitálním hlásiči je uložena rozsáhlá slovní zásoba, ze které lze pomocí datových příkazů vybírat slova a fráze a skládat celé věty. Obdobně lze poslat text na vybrané vizuální informační panely.

Datový přístup je adresný podle vozidla, podle linky apod., informace se tak dostane pouze k cílené skupině příjemců a neobtěžuje tak nezúčastněné.

#### 1.6 Poloha vozidla

Každé vozidlo MHD je vybaveno přijímačem GPS (*Global Positioning Satellite*) a jeho prostřednictvím se každou sekundu získávají údaje jeho polohy a předávají se do palubního počítače, který zajišťuje pravidelné odesílání dat polohy na dispečink. Z GPS se rovněž získává hodnota světového času k synchronizaci hodin palubního počítače. Synchronizace udržuje přesnost palubních hodin v toleranci (0,1 s). Přesnost určení polohy je závislá na pohybu vozidla. Pohybující se vozidlo dokáže systém rozeznat s přesností 5 až 2 m. Naproti tomu poloha vozidla, které delší dobu stojí nebo které se nachází v nepříznivých příjmových podmínkách, se zobrazí s jistou chybou, odhadem 20 až 10 m. Za normálních podmínek systém rozezná například jízdu tramvaje v kolejišti vedle silničního pásu, zajíždění autobusu k ostrůvku anebo stranu vozovky, na které stojí pohotovostní vozidlo dispečinku.

#### 1.7 Předávání dat v režimu on-line

Žádný údaj o kterémkoliv vozidle nesmí být na dispečinku starší než 30 s. K předávání dat z vozidel na dispečink proto bylo nutné vybudovat patřičně dimenzovanou datovou rádiovou síť.

Datová síť je tvořena 23 základnovými, retranslačními a vykrývacími stanicemi, které obsluhují přibližně 95 % území obsluhovaného MHD. Bez možnosti datového spojení jsou málo frekventované lokality na okraji města, kde by nebylo hospodárné budovat pevné body datové sítě. V takových lokalitách funguje fónická síť. Vozidlo MHD vysílá svá data v intervalu 20 až 25 s, přičemž technologické zpoždění průchodu dat sítí na server dispečinku není větší jak 3 s. Každé vozidlo začíná vysílat v náhodně zvoleném okamžiku. Tak je zajištěno rovnoměrné vyřízení datové sítě.

#### 1.8 Preference vozidel MHD na řízených křižovatkách

Systém RIS umožňuje výrazné zvýšení úrovně řízení světelné signalizace na křižo-

vatkách. Aby byla preference možná pro vozidlo MHD z jakékoliv trakce a aby nebyla nutná nákladná pozemní infrastruktura, rozhodl se DPMB pro použití rádiového datového spojení na krátkou vzdálenost (900 MHz).

## 2 Privátní rádiová datová síť

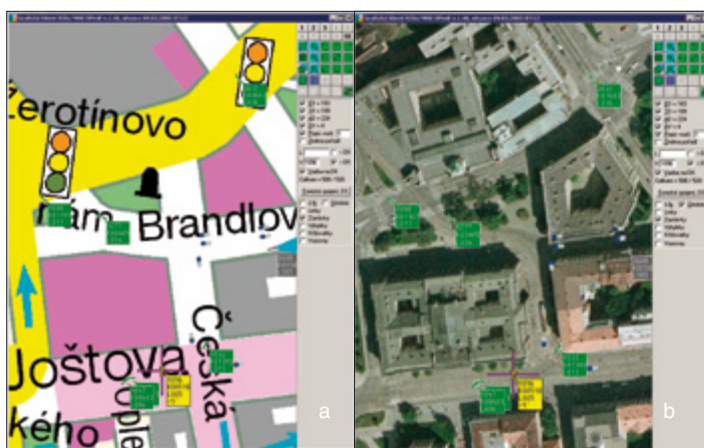
### 2.1 Princip mobilní sítě

Potíž se začleněním mobilních stanic do sítě spočívá v tom, že v krátkém čase mění svoji polohu v rámci topologie sítě. Nelze tudíž použít statické nasměrování (*routing*) pomocí retranslačních tabulek, nadefinovaných na základě vyprojektované a ověřené topologie sítě pro každý bod zvlášť. Platí tedy zvláštní pravidla pro provoz v mobilních sítích. Datový paket pro mobilní síť nese tři adresy – adresu mobilní stanice, základnové stanice v jejímž dosahu se nalézá, a koncové pevné stanice. Každá mobilní stanice neustále sleduje provoz v rádiovém kanálu a udržuje v paměti informaci o nejsilnější základnové stanici ze své sítě. Pokud v paměti nemá žádný platný záznam o základnové stanici, vysílá mobilní stanice výzvu, na kterou odpovídají všechny pevné stanice v síti, které ji uslyší. U pevných (základnových) stanic sítě, kde se předpokládá provoz mobilních stanic, jsou nakonfigurovány cesty ze všech základnových stanic na dispečink a opačně. Mobilní stanice si tedy může zvolit kteroukoli základnovou stanici v síti. Velmi významné je také u každé mobilní stanice nastavení týkající se přístupu na kanál a způsobu řešení kolizí (opakování).

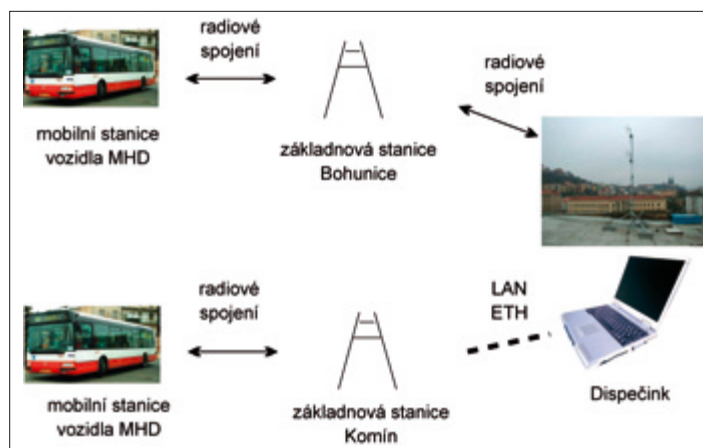
Komunikace v DPMB probíhá v průmyslovém standardním protokolu Modbus směrem vzhůru – mobilní stanice inicializují komunikaci směrem k základnovým stanicím a dispečinku.

### 2.2 Charakteristika datové sítě

Firmou Racom byla vybudována rozsáhlá privátní datová síť, která umožňuje spojení



Obr. 3 Zobrazení vozidel na digitální mapě (a) a ortofotomapě (b) pomocí štítků



Obr. 4 Komunikace mobilních stanic se základnovými stanicemi a dispečinkem vzduchem a po síti LAN

s centrálou – dispečinkem režimu on-line. Je tvořena pevnou páteří sítí a pohyblivými mobilními zařízeními. Páteří sítí tvoří základnové stanice, které jsou rozmístěny s ohledem na celoplošné pokrytí celého města Brna včetně jeho příměstských částí. Základnové stanice umožňují obousměrný přenos dat mezi stanicemi a dispečinkem. Vozidla MHD předávají datové síti pravidelně každých 20 s provozní údaje. Všechny důležité



Obr. 5 Rádiový modem MR900

základnové stanice jsou mezi sebou a s dispečinkem spojeny pevnou datovou sítí WAN. Pevná datová síť LAN (WAN) je sdílená s ostatními aplikacemi DPMB. Datový paket obsahuje dostupná data o vozidle: číslo vozu, kurz, linku, směr, cíl, skutečný čas odjezdu od zastávky, fyzická poloha GPS, úroveň signálu fónické radiostanice atd. Každé vozidlo vysílá v jiný náhodně zvolený okamžik.

Mimo pravidelné automatické posílání dat jsou v případě potřeby z vozidla na centrálu a zpět předávány kódové zprávy, textové zprávy a povely pro informační zařízení pro cestující. Firma Racom vytvořila pro řízení dopravy v Brně paketovou datovou síť. Datový paketový přenos mezi základnovými stanicemi, mobilními stanicemi a dispečinkem zajišťují radiomodemy MR25 pro privátní kmitočtové pásmo 425 MHz a MR900 (obr. 5) pro volné kmitočtové pásmo 900 MHz. Rádiový modem MR25 zajišťuje předávání žádostí o preferenci na řízených křižovatkách a nahrávání dat do palubního počítače a do dalších informačních periferií vozidla MHD (panely, hlásič).

Z rádiových modemů MR lze postavit jakoukoliv hybridní datovou síť. Rádiové modemy umožňují datové obousměrné spojení s vozidly a některé z nich zajišťují rovněž bezdrátový přenos dat z okraje území k bodům napojeným na pevnou datovou síť DPMB. Vzhledem k rozlehlosti systému je páteří sítí na dvou privátních kmitočtech.

### 3 Další funkce RIS

#### 3.1 Automatická volba stavění výhybek

Drážní vozidla mají v datech trasy jízdy zpracovány polohy, adresy a způsob stavění

výhybek. Při jízdě po nastavené trase se řidiči automaticky nabízí stavění výhybek do správného směru. Řidič tak může pouze sledovat návěstidlo výhybky a nemusí se starat o to, aby ve správný okamžik provedl správnou manipulaci. K předávání dat z vozidla na zařízení výhybky slouží indukční datový přenos.

#### 3.2 Preference vozidla MHD na řízené křižovatce

Obdobně jako data výhybek jsou v datech jízdy všech vozidel MHD zpracována data křižovatek, na kterých zpožděné vozidlo požádá o preferenci. Žádost vyhodnocuje řidič křižovatky a podle svého nastavení preferenci přidělí. Vozidlo komunikuje s křižovatkou rádiově v pásmu 900 MHz pomocí rádiového modemu MR900. Dnes se komunikuje se dvěma křižovatkami, na kterých se ověřuje komunikace a chování dynamické preference.

Dálkový dozor, který je důležitou součástí rádiové datové sítě od firmy Racom, ilustruje typický případ nastavení řízení křižovatky:

Před spuštěním preference tramvaj bylo nutné nastavit konfiguraci rádiového datového modemu v řadiči semaforů na křižovatce ulic Vídeňské a Vojtovy. Pracovníci firmy Racom se vzdáleně z Nového Města pomocí internetu připojili na datovou síť DPMB sloužící ke komunikaci vozidel MHD s dispečinkem. Vybrali si tramvaj projíždějící Vídeňskou ulicí, v předstihu si připravili potřebné data. Pomocí mobilní sítě (využitím projíždějící tramvaje) se napojili do rádiového modemu v křižovatce a nahráli do něj potřebná data. Křižovatka se nastavila a od té chvíle zde funguje preference tramvaj.

#### 3.3 Dálkový dozor

Pro automatickou údržbu dat ve vozidlech je důležité nahrávání dat do vozidel odstavených v noci ve vozovně. V každém areálu vozoven je instalován stacionární rádiový modem MR900 propojený do sítě LAN. Na odstaveném (vypnutém) vozidle je v úsporném režimu zapnuta pouze integrovaná jednotka napájení, která v pravidelných intervalech krátkodobě zapíná modem MR900 a očekává plán nahrávání. V naplánovaném okamžiku napájecí jednotka „probudí“ palubní počítač a potřebné periferie a spustí příjem dat. Po ukončení přenosu se vozidlo obdobně „uspí“.

Dálkový dohled umožňuje parametrizaci jednotlivých komunikačních jednotek v síti, měření a testování jednotlivých komunikačních spojů (počty paketů, využití kapacity spojů), cest a sítí, sledování provozu, sledování a detekci technických a provozních parametrů sítě, diagnostiku poruch a dálkový servis sítě (změna konfigurace sítě, nastavení parametrů rádiových modemů atd.), měření vlastností rádiových kanálů, archivaci

krátkodobého a dlouhodobého rušení a šumu k optimalizaci rádiového spojení, zjišťování důležitých hardwarových parametrů (teploty, napětí) atd.

#### 3.4 Budoucnost

Uvažuje se i o propojení této datové sítě se systémem řídicím odběr elektrické energie ve vozidlech elektrické trakce. Pak by bylo možné dálkově vypínat topení v odběrových špičkách a snížit příkon dopravních prostředků. Tím by si mohl dopravní podnik zajistit výhodnější podmínky při nákupu elektrické energie.

#### 3.5 Zhodnocení

Systém RIS urychluje detekci nepříznivých situací a zlepšuje podmínky pro rozhodování a komunikaci. Komunikační nástroje, tj. fónická a datová síť, se vzájemně doplňují a v nepříznivých podmínkách na okraji území zastupují. Velkou výhodou a v dnešní době již nezbytnou věcí je propojení rádiové datové sítě a LAN. Datové a grafické klient-ské stanice spolu se síťovým přístupem k datům v režimu on-line a k archivu dat, dovolují vedoucím pracovníkům sledovat provoz vozidel a hodnotit práci svých podřízených.

Systém RIS také umožňuje tolik potřebný trvalý a objektivní dohled nad provozem MHD. Z každého vozidla je trvale přijímáno a archivováno množství údajů: poloha GPS, skutečný čas odjezdu od zastávek, jízda po trase linky, nastavení kódů informačních zařízení atd. Archivní údaje lze efektivně využít k analýze provozu a jeho obtížnosti a k hodnocení práce řidičů.

Důležitým přínosem je kontrola jízdního řádu, jehož dodržování je jedním ze stěžejních atributů kvality dopravy. RIS je také usnadňuje práci řidičům, kteří nemusí studovat papírový jízdní řád a počítat jízdní doby. Na displeji počítače se zobrazují údaje jízdního řádu a okamžitá odchylka.

Systém RIS v Brně funguje a postupně se rozšiřují doplňkové možnosti, které skýtá kvalitně postavená datová síť. Pomocí rádiového dohledu je síť dynamická a je možné ji v budoucnu libovolně upravovat podle požadavků uživatele. Použité technologie ušetří mnoho prostředků a zkvalitňují veřejnou dopravu. Jsou pohodlné nejen pro řidiče, dispečery, vedení dopravní společnosti, ale hlavně pro cestující.

Ing. Zuzana Kováčiková  
Racom Nové Město na Moravě