

# Celovit sistem za upravljanje voznega parka v potniškem prometu

Dalibor Igrec, Amor Chowdhury, Gregor Felzer

MARGENTO R&D d.o.o., Gosposvetska cesta 84, 2000 Maribor, Slovenija  
E-pošta: dalibor.igrec@margento.com

## A comprehensive fleet management system for passenger transport

**Abstract.** In order to increase or at least sustain the quality of live for citizens and visitors, improving management capabilities of the services is a necessary task of everyone involved in urban planning. With the rising city population and urbanization smart managing of city services becomes more and more important. Public transit, as one of the most important city services, stands to gain the most from the introduction of the smart management system. This article presents solution called comprehensive fleet management system for passenger transport. Featured example is based on management of bus transit services. Presented solution is comprised of mobile units, installed in bus vehicles and platform acting as central back-office processing system. Key tasks of the platform are managing communication with mobile units and performing data processing. Platform also contains web applications and interfaces for operational management, communicating with drivers and supporting services as well as interfaces for third party integration, such as time schedules, mobile planners etc.

## 1 Uvod

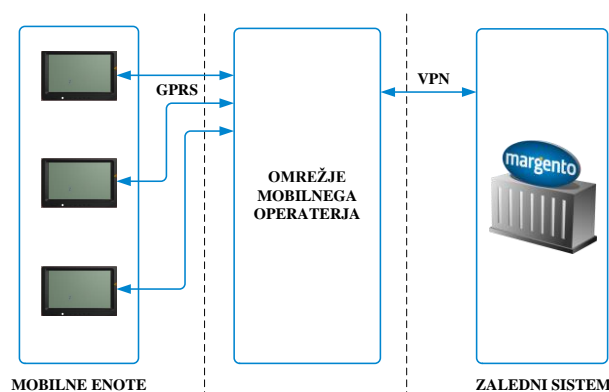
Upravljanje voznega parka brez informacijskega sistema je v današnjem času nepredstavljivo. Takšni sistemi za upravljanje voznega parka omogočajo sledenje vozil in voznikov, beleženje voženj in delovnega časa voznika, prikaz podatkov o trenutni lokaciji in preteklih vožnjah na zemljevidu, omogočajo enostavno komunikacijo med vozniki in upravljavcem voznega parka, navigacijo voznika, beleženje dogodkov in telemetrije vozila ter optimizacijo voženj, stroškov goriva in ostalih stroškov voznega parka.

Sistemi za upravljanje voznega parka v potniškem prometu poleg navedenih funkcionalnosti vključujejo še nekaj dodatnih. Mednje spada urejanje postaj in linij, urejanje urnikov voženj s časi pričetka linije in časi prihodov na postaje, sledenje avtobusnih vozil na liniji, beleženje voženj po urnikih z ugotavljanjem razlik med urnikom in dejanskim prihodom na postajo ter izračunavanje predvidenega časa prihoda na naslednjo postajo s pomočjo analize podatkov preteklih voženj. Takšen sistem vključuje dodatne senzorje za nadzor avtobusnega vozila, senzorje za nadzor števila potnikov ter dodatne sisteme za obveščanje potnikov, kot so mobilne in spletne aplikacije, informacijske table ter

avtomatske in/ali ročne plačilne sisteme za obračunavanje prevozov.

## 2 Komponente sistema

Celovit sistem za upravljanje voznega parka v potniškem prometu (slika 1) zajema mobilne enote in zaledni sistem. Mobilne enote se namestijo v avtobusna vozila in preko GPRS mobilnega omrežja komunicirajo z zalednim sistemom, ki je nameščen v ustreznem strežniškem prostoru in dosegljiv preko interneta.



Slika 1: Komponente sistema

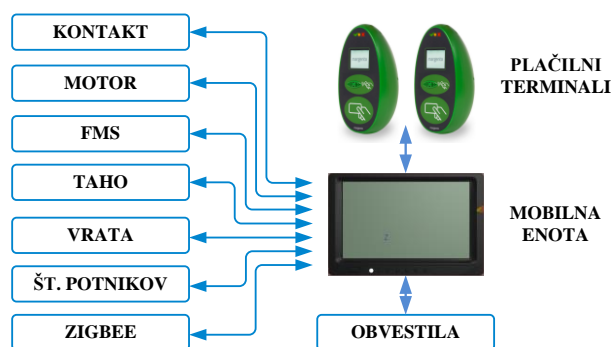
Za zaščito prenosa podatkov med mobilnimi enotami in zalednim sistemom se uporablja kombinacija zasebni APN in virtualno zasebno omrežje VPN. Zasebni APN predstavlja zaprto mobilno omrežje na relaciji mobilna enota in mobilni operater. Povezava med mobilnim operaterjem in zalednim sistemom poteka preko internetne povezave zaščitene z VPN standardom.

Podatki, ki se prenašajo med mobilno enoto in zalednim sistemom, se sestavljajo v sporočila zapisana v JSON formatu. Vsako sporočilo se shrani v čakalno vrsto, za katere prenos v zaledni sistem oz. v mobilno enoto poskrbi komunikacijski vmesnik. Vsako sporočilo vsebuje parametra tip in podtip, ki določata strukturo in vsebino. Na podlagi teh parametrov procesna logika pravilno obdela sporočilo in nanj ustrezno odgovori, v kolikor je to potrebno. Sporočila so lahko tudi binarni podatki, ki se uporabljajo za nadgradnjo programske opreme mobilne enote oz. za prenos drugih strnjenih podatkov. Takšen prenos sporočil omogoča zelo raznolik način komunikacije na visokem programskem nivoju.

### 3 Mobilna enota

Mobilno enoto [1] sestavljajo mobilni računalnik in ostale komponente združene v ohišje z LCD zaslonom občutljivim na dotik. Ostale komponente zajemajo GPRS vmesnik, GPS vmesnik, pospeškometer, digitalni vhodi in komunikacijski vmesniki (RS232, RS485, USB).

LCD zaslon občutljiv na dotik služi za prijavo voznika in vnos podatkov. Omogoča enostavno izbiro menijev za prikaz in delo z različnimi moduli mobilne enote. GPRS vmesnik skrbi za mobilno dvosmerno komunikacijo med mobilno enoto in zalednim sistemom. GPS vmesnik se uporablja za zajemanje trenutne lokacije. Na podlagi lokacije se beležijo prevožene poti, podatek o lokaciji se uporablja za detekcijo avtobusnih postaj, obenem pa se podatek o lokaciji beleži tudi na druge dogodke (npr. podatki senzorjev). Pospeškometer je uporabljen za beleženje pospeškov in pojemekov, ki so vir podatkov za ugotavljanje kvalitete vožnje voznika.



Slika 2: Vse možnosti uporabe digitalnih vhodov in komunikacijskih vmesnikov mobilne enote v avtobusnem vozilu

V nadaljevanju sledi prikaz funkcionalnosti glede na posamezne sklope mobilne enote.

#### 3.1 LCD zaslon občutljiv na dotik

Predstavlja robustno izvedbo LCD zaslona, preko katerega voznik v času opravljanja dejavnosti izvaja različne naloge: vnaša število vozovnic pri validaciji z mestno kartico, opazuje dejansko stanje glede prihoda na naslednjo avtobusno postajo (v kolikor prehiteva ali zamuja), vnaša manjše okvare posameznih sklopov avtobusa, ki jih zasledi med vožnjo, pošilja vnaprej pripravljena sporočila, prejema sporočila informativne narave, ...

#### 3.2 GPRS modul

Omogoča stalno komunikacijsko povezavo s sistemom za upravljanje in s tem prenos podatkov v obe smeri v realnem času.

#### 3.3 GPS modul

Omogoča zajemanje trenutne lokacije v vsakem trenutku in s tem računanje prevožene razdalje od začetne postaje.

#### 3.4 3-osni pospeškometer

Omogoča detekcijo tipa vožnje (pospeške in pojemke), na podlagi katerih se izvaja enostaven prikaz vozniku na zaslonu (zeleno, rumeno in rdeče področje) ter podrobnejša analiza v sistemu za upravljanje.

#### 3.5 ZigBee modul

Omogoča komunikacijo z napovedno tablo na avtobusni postaji. Namen te komunikacije je dodatna detekcija približevanja avtobusa k avtobusni postaji in dodatna korekcija prihoda na sami prikazovalni tabli. Domet komunikacije je odvisen od okolice in se lahko giblje do nekaj 100 metrov.

#### 3.6 Digitalni vhodi

Na digitalni vhod je prvenstveno priključen kontakt motorja avtobusa. Na podlagi te informacije se sistem mobilne enote odloča, kdaj bo zaključil delovanje in se postavil v stanje nizke porabe oz. se izklopil iz napajanja. Na ostale proste digitalne vhode so priključena posamezna vrata, na podlagi katerega se izvaja detekcija odprtosti posameznih vrat.

#### 3.7 FMS vmesnik

FMS vmesnik omogoča varno povezavo na CAN vodilo avtobusa in/ali digitalnega tahografa. Na ta način pridobimo natančne informacije, kot so nivo goriva v rezervoarju, trenutna in povprečna poraba goriva, ekonomičnost vožnje, števec kilometrov ipd. Pri izvedbah z digitalnim tahografom je dodatno omogočeno oddaljeno prenašanje šifriranih DDD tipa tahografskih datotek direktno do sistema za njihovo nadaljnjo obdelavo.

#### 3.8 Serijski vmesniki

Posamezni vmesnik se glede na potrebe nastavi na RS232 ali RS485 tip delovanja. V praksi so na serijske vmesnike mobilne enote priključene sledeče enote:

- en, dva ali trije terminali za validacijo elektronskih vozovnic (odvisno od izvedbe),
- tiskalnik za tiskanje vozovnic v primestnem prometu,
- senzor za štetje potnikov (IBIS IRMA protokol),
- zunanji ZigBee vmesnik,
- sprednja in/ali stranska tabla z oznako linije po kateri avtobus trenutno vozi,
- sistem za oglaševanje v avtobusu,
- sistem za zvočno napoved naslednje avtobusne postaje.

Glavne funkcionalnosti mobilne enote so prijava voznika, ugotavljanje lokacije vozila, beleženje in javljanje teh podatkov v zaledni sistem. Vse glavne in dodatne funkcionalnosti so prikazane na sliki 3.

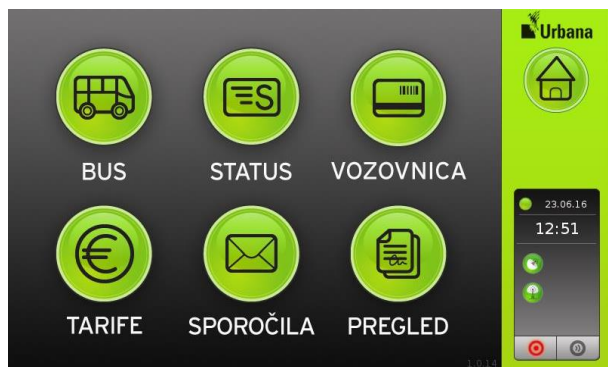


Slika 3: Funkcionalnosti mobilne enote

Izbira statusa voznika upravljavcu voznega parka pove ali je voznik na liniji ali na poti v garažo. Vnos službe voznika služi pridobivanju podatkov, na podlagi katere mobilna enota s centra pridobi vse podatke o pričetkih linij, dolžini linije, postajah, njihovih lokacijah ter razdaljah med njimi in časih prihoda na posamezno postajo. To vozniku omogoča enostaven nadzor nad opravljenim delom, obenem pa s temi podatki mobilna enota izvaja detekcijo vožnje po liniji in detekcijo avtobusnih postaj. Te podatke mobilna enota sproti pošilja v zaledni sistem, kjer podatki upravljavcu voznega parka služijo za nadzor nad opravljenimi vožnjami v realnem času. Ti podatki se v zalednem sistemu beležijo za nadaljnjo obdelavo, poročila in analizo, obenem pa se nad temi podatkih izvaja napovedni izračun prihoda na naslednje postaje za obveščanje potnikov preko spletnih portalov, mobilnih aplikacij in prikazovalnikov na avtobusnih postajah. Prodaja vozovnic omogoča izbiro števila potnikov, izbiro tarif, beleženje gotovine in drugih plačil. Vnos okvar omogoča enostavno sprotno beleženje morebitnih okvar in opažanj na vozilu. Ti podatki se prenašajo v zaledni sistem v realnem času, kar ustreznim službam omogoča vnaprejšnjo pripravo razporeda popravil in morebitno nabavo rezervnih delov. Sporočanje predstavlja klasično pošiljanje sporočil med upravljavcem voznega parka in vozniki oz. mobilnimi enotami, ki služi za obveščanje o stanju na cestah, iskanju izgubljenih predmetov, menjavi služb, vozil, itd.

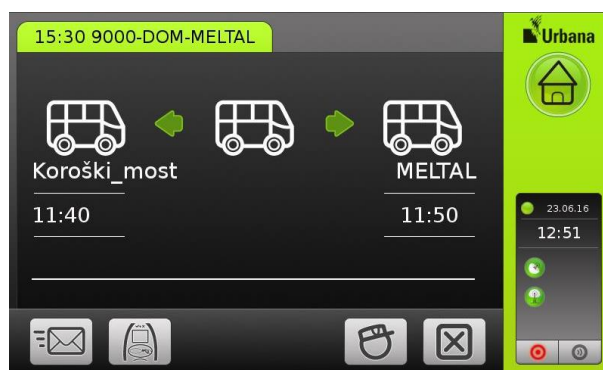
V nadaljevanju sta prikazana primera dveh zaslonov aplikacije na mobilni enoti.

Slika 4 prikazuje voznikov osnovni meni, ki podaja na izbiro 6 podmenijev: Bus, Status, Vozovnica, Tarife, Sporočila in Pregled.



Slika 4: Prikaz osnovnega menija

Slika 5 prikazuje trenutno, prejšnjo in naslednjo postajo na trenutni liniji.

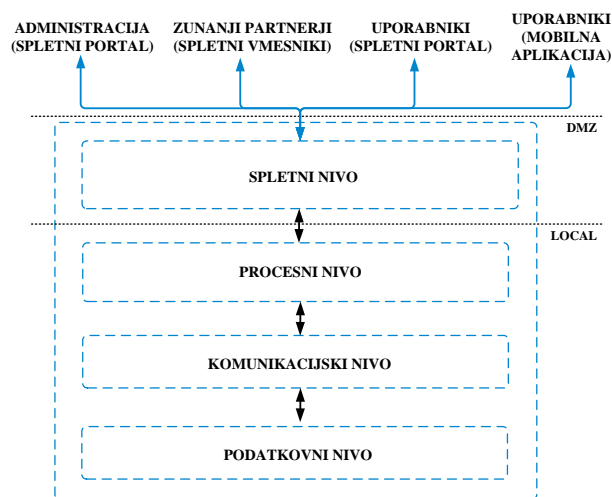


Slika 5: Prikaz podmenija Bus

## 4 Zaledni sistem

Oprema, ki sestavlja zaledni sistem [2], zajema strežnike, diskovno polje, sistem za arhiviranje podatkov in mrežno opremo. Oprema je postavljena v visoko razpoložljivo konfiguracijo in je nameščena v ustrezen strežniški prostor, kjer sta zagotovljena varnost in nadzor, zagotovljene so hitre in visoko razpoložljive internetne povezave, visoko razpoložljiv vir električne energije s sistemom za neprekinjeno napajanje ter visoko razpoložljiv sistem hlajenja. Celoten sistem je postavljen v primernem strežniškem virtualnem okolju oz. strežniškem oblaku.

Strežniki zalednega sistema (slika 6) so postavljeni v več logičnih nivojev med katerimi je zagotovljena varnost na podlagi seznama dostopa in kontrole prometa (ang. access lists, intrusion prevention system).



Slika 6: Struktura zalednega sistema

Podatkovni nivo zajema podatkovno bazo, kamor se beležijo in hranijo vsi podatki potrebni za upravljanje. Prav tako so v njej shranjeni vsi podatki mobilnih enot, ki se arhivirajo za kasnejšo analizo ter izdelavo poročil oz. so potrebni za obdelave v realnem času. Komunikacijski nivo skrbi za povezavo z mobilnimi enotami in prenose sporočil. Procesni nivo zajema sistemske servise za obdelavo sporočil mobilnih enot.

Procesni nivo zajema ostalo procesiranje podatkov kot so izdelava poročil, analize, izračun napovedi prihodov na postaje na podlagi preteklih podatkov ter drugo. Komunikacijski in procesni nivo sta dimenzionirana na način, da lahko obdelata večje število sporočil in drugih obdelav hkrati. To omogoča, da je v zaledni sistem lahko povezano večje število mobilnih enot, kjer vse komunicirajo istočasno in v realnem času.

Spletni nivo zajema spletne portale za upravljanje ter spletne portale in mobilne aplikacije za obveščanje oz. prikaz urnikov voženj končnim uporabnikom. Ena ključnih komponent spletnega nivoja so tudi spletni vmesniki, ki se uporabljajo za prenos podatkov iz oz. v zunanje sisteme. V zunanje sisteme se prenašajo podatki o prihodih na postaje (prikazovalne table na postajah), trenutno stanje vozil za različne obdelave ter linije, postaje in urniki v druge sisteme, ki se uporabljajo za usmerjanje oz. navigacijo potnikov (npr. Google Transit). Iz zunanjih sistemov se prenašajo podatki o urnikih, sezname voznikov, vozil in drugo.

Funkcionalnosti zalednega sistema povzema slika 7. Osnovne funkcionalnosti zalednega sistema so komunikacija z mobilnimi enotami, procesiranje podatkov, ki se generirajo na mobilnih enotah oz. pri uporabnikih ter priprava in obdelava teh podatkov za prikaz rezultatov upravljavcem voznega parka kot tudi končnim uporabnikom.



Slika 7: Funkcionalnosti zalednega sistema

## 5 Spletna aplikacija za upravljanje

Spletna aplikacija za upravljanje zajema administracijo vozil, mobilnih enot, voznikov, linij, postaj in urnikov. Te nadalje zajemajo spletne forme, ki omogočajo pregled, urejanje, dodajanje in brisanje podatkov. Pomemben segment za delo upravljavca voznega parka je pregled trenutnega stanja vozil, kjer se preverja javljanje vozil, prijava voznika in njegov status. Iz pregleda trenutnega stanja je možen pregled vozila oz. več vozil na mapi. Za zemljevid se uporablja GoogleMaps storitev, brezplačna OpenStreetMap storitev ali drugi podobni servisi; odvisno od naročnika.

Zraven trenutnega stanja vozil je možen pregled poti vozil, ki zajema podatke o vozniku, podatke o času prijave in odjave voznika, čas gibanja in mirovanja vozila, trajanje poti in prevoženi kilometri. Možen je

pregled celotne poti enega ali več vozil na mapi. Pregled senzorjev omogoča pregled in podrobno analizo nad podatki, ki se zbirajo preko senzorjev mobilne enote. Sporočanje omogoča pošiljanje sporočil, kjer je možen pregled poslanih in prejetih sporočil ter pregled združenih sporočil posameznega vozila (potek pogovora med vozilom in upravljavcem voznega parka). Pri poslanih sporočilih je na voljo informacija, kdaj je bilo sporočilo prejeto na mobilni enoti in kdaj prebrano s strani voznika.

Napoved prihodov zajema algoritem, ki na podlagi povprečnih časov voženj avtobusov med posameznimi postajami na liniji, izračuna predviden čas prihoda na naslednje postaje. Povprečni časi voženj med posameznimi postajami na liniji se izračunavajo na podlagi preteklih podatkov. Upoštevajo se primerni časovni intervali, da se zajamejo prometne konice, delovni dnevi, vikendi, prazniki in različnimi urniki (poletni, zimski, šolski, počitnice, ...). Napovedni časi izboljšajo točnost prihodov avtobusov na posamezne postaje in s tem končnim uporabnikom omogočajo boljše časovno planiranje ter manj čakanja na avtobusni postaji. Napovedni časi in urniki voženj so končnim uporabnikom na voljo preko spletne in mobilne aplikacije, preko spletnih vmesnikov pa se čas prihoda avtobusa za posamezno postajo prikazuje na prikazovalnikih, ki so nameščeni na nadstreške avtobusnih postaj. Pomembna funkcionalnost zalednega sistema je izdelava poročil, ki omogoča izvoz podatkov v različnih formatih za poročanje in nadaljnjo obdelavo ter analizo.

## 6 Zaključek

Ključni cilj modernizacije sistema za upravljanje voznega parka predstavlja razbremenitev spremnega osebja, saj ni več potrebna prodaja in/ali validacija vozovnic, temveč le kontrola potnikov. Modernizacija sistema hkrati predstavlja večji korak dostopnosti in prilagodljivosti sistema za potnika, saj mu ves čas in v realnem času podaja informacije o zamudah in sprotnih spremembah voznega reda.

Razvoj v prihodnje zajema širitev funkcionalnosti mobilne enote in zalednega sistema s ciljem poenostavitve nalog in opravi upravljavcev voznega parka ter voznikov, izboljšave načina optimizacije voznega parka in stroškov, kakor tudi izboljšave uporabniške izkušnje upravljavcem in končnim uporabnikom. Razvoj se nadaljuje v smeri izdelave modulov za enostavno razporejanje voznikov in vozil ter širitvijo spletnih vmesnikov za integracijo zalednega sistema naročnika s sistemi drugih ponudnikov.

## Literatura

- [1] Mobilna enota – interna dokumentacija, Margento R&D d.o.o., Maribor 2018
- [2] Zaledni sistem – interna dokumentacija, Margento R&D d.o.o., Maribor 2018