

IoT U ŽELEZNIČKOM SAOBRAĆAJU – REALNOST I IZAZOVI

Snežana Mladenović, Ana Uzelac, Slađana Janković, Slavko Vesković
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,
snezanam@sf.bg.ac.rs, ana.uzelac@sf.bg.ac.rs,
s.jankovic@sf.bg.ac.rs, veskos@sf.bg.ac.rs

Sadržaj: *Da bi železnički saobraćaj bio konkurentan drugim vidovima kopnenog saobraćaja, neophodno je da odgovori na brojne izazove koji se tiču poboljšanja organizacije, bezbednosti transporta putnika i robe, kao i kvaliteta usluge. Aktuelne informacione tehnologije imaju veliki uticaj na unapređenja u ovoj oblasti. Internet inteligentnih uređaja (IoT) predstavlja noviji koncept, čija primena počinje da utiče na funkcionisanje pojedinih delova železničkog sistema, čineći ih "pametnijim" i autonomnijim. Od implementacije IoT koncepta u budućnosti očekuje se da unapredi monitoring infrastrukture i voznih sredstava, upravljanje železničkim saobraćajem i on-line informisanje korisnika železničkih usluga. U ovom radu dat je pregled nekih prisutnih rešenja u železničkom saobraćaju koja se baziraju na IoT konceptu, kao i smernice za pravce njegove dalje primene u ovom vidu saobraćaja.*

Ključne reči: *IoT, železnički saobraćaj, monitoring, upravljanje*

1. Uvod

Glavne prednosti železničkog nad drugim vrstama kopnenog saobraćaja ogledaju se u visokoj efikasnosti kod masovnih tokova robe i putnika, visokom nivou bezbednosti, sigurnosti, pouzdanosti i automatizacije. Sve ovo ga, uz brojne i nedvosmislene ekološke prednosti u odnosu na druge vidove saobraćaja, a naročito drumski, deklariše kao najznačajniji transportni sistem kod javnog prevoza putnika (naročito u gusto naseljenim regionima i zonama velikih gradova), ali i robe kada su u pitanju dugolinijski prevoz i intermodalni sistemi prevoza [1]. Razvojem ekološke svesti, železnički saobraćaj sve više dobija na značaju u svim uslovima, pa se uz povećanu ulogu na transportnom tržištu nameće kao transportni sistem budućnosti. U direktivi Evropskog parlamenta navodi se da je obim transporta jedan od glavnih uzročnika zagađenja na putevima, a ističe se da je problem nemoguće rešavati isključivo postojećim tradicionalnim metodama, već je neophodno uvesti inovacije kroz uvođenje inteligentnih transportnih sistema, a preporučuju se i rešenja zasnovana na korišćenju RFID (*Radio Frequency IDentification*) tagova koji bi imali ulogu u praćenju robe, voznih jedinica, itd. [2]. Železnička vozila, kao i sistem u celini, potpuno su nezavisna od pojave zagađenja, a ujedno su idealni za primenu sistema automatskog upravljanja i praćenja.

Glavni izazovi sa kojima se sreće železnički saobraćaj odnose se na operativnu efikasnost, povećanje pouzdanosti, smanjenje i eliminisanje kašnjenja, povećanje propusne moći pruga i stanica, uz konstantnu obavezu održavanja najvišeg mogućeg nivoa bezbednosti. Dotrajalost sistema za regulisanje i upravljanje železničkim sistemom na pojedinim železničkim mrežama (naročito kada su u pitanju pruge za klasične brzine) smanjuju efikasnost sistema, a dovode u pitanje i pouzdanost i sigurnost. Postojeći informacijski sistemi, na mnogim prugama pa tako i u Srbiji, su stari i kompleksni i otežavaju deljenje informacija koje bi se koristile za bolje donošenje dugoročnih odluka. Nisu retki ni otkazi u postojećim mrežama, a izostajanja vozova i kašnjenja u sistemu utiču i na krajnje nezadovoljstvo korisnika. Prihvatanjem novih tehnologija mogao bi se poboljšati tok informacija, čime bi se poboljšala efikasnost i efektivnost, a mreža bi postala agilnija. Inteligentna infrastruktura ima potencijal da transformiše upravljanje železnicom omogućujući bolje razumevanje međusobne povezanosti sistema. Ona povezuje senzorske i komunikacione tehnologije s ciljem unapređenja različitih aspekata upravljanja i kontrolisanja železničkog sistema.

IoT (engl. *Internet of Things*) predstavlja noviji koncept i ima široku primenu u raznim oblastima: u zdravstvu, poljoprivredi, monitoringu životne sredine; implementira se u pametnim gradovima, zgradama, kućama, učionicama, a veliku primenu ima i u svim vidovima saobraćaja. Ne postoji opšteprihvaćena definicija IoT-a, prvenstveno zbog toga što postoji veliki broj različitih konzorcijuma koji se bave njegovom standardizacijom [3]. ITU (engl. *International Telecommunication Union*) definiše IoT kao globalnu infrastrukturu za informaciono društvo koja omogućuje napredne servise putem povezivanja (fizičkih i virtuelnih) "stvari" koje su zasnovane na već razvijenim interoperabilnim informacijama i komunikacionim tehnologijama kao i onima koje se tek razvijaju [4]. IoT pruža novi pristup virtuelnoj reprezentaciji stvarnih entiteta u virtuelnom okruženju i predstavlja svetsku mrežu međusobno povezanih objekata kojima je moguće jednoznačno pristupiti s ciljem da se obavi razmena informacija. Zahvaljujući sveobuhvatnom povezivanju, transferu i deljenju informacija, IoT može da unapredi monitoring železničke infrastrukture i vozni sredstava, upravljanje železničkim saobraćajem, raspoređivanje tokova putnika i robe, planiranje na strategijskom, taktičkom i operativnom nivou, *on-line* informisanje korisnika železničkih usluga, bezbednost železničkog saobraćaja, sigurnost robe i putnika, proces rezervisanja i prodaje karata, itd.

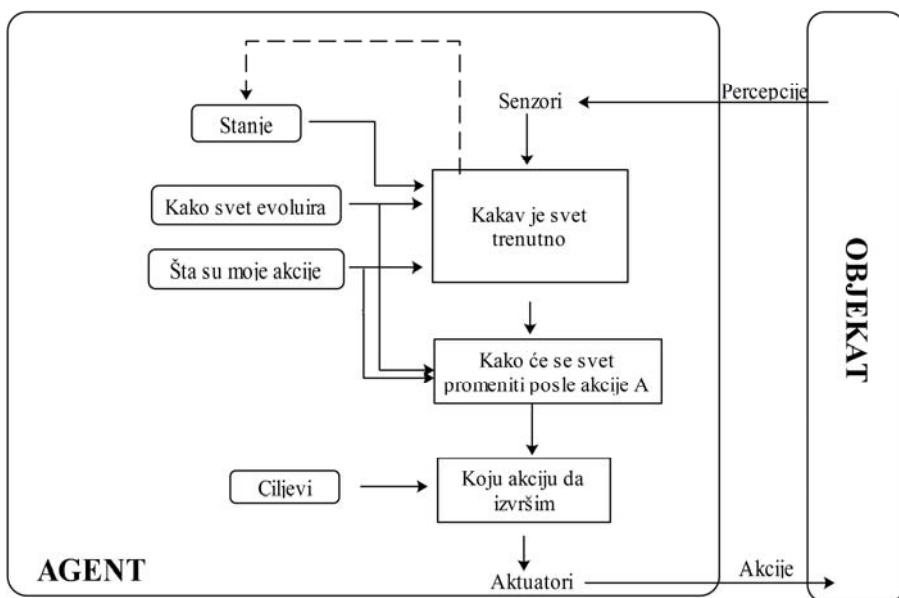
Naredne sekcije rada organizovane su na sledeći način: u drugoj je dat kratak opis IoT koncepta, a u trećoj su analizirane i sistematizovane neke od dosadašnjih primena ovog koncepta u železničkom saobraćaju. Četvrta sekcija analizira mogućnosti unapređenja nekih ranijih rešenja autora ovog rada korišćenjem IoT koncepta, dok je u petoj sekciji dat zaključak.

2. IoT koncept

Počeci razvoja Interneta vezuju se za 1969. godinu i stvaranje ARPANET mreže, koja je predstavljala mrežu računara pod kontrolom Ministarstva odbrane SAD-a. Vremenom je evoluirala, pa od mreže koja povezuje par računara, postaje mreža koja povezuje milijarde računara širom sveta. Razvoj Interneta nije stao, već on prerasta u mrežu koja ne povezuje samo računare, već i razne objekte, odnosno "stvari". Stvari možemo definisati kao objekte iz fizičkog ("fizičke stvari") ili informacionog sveta ("virtuelne stvari") koji imaju sposobnost da budu identifikovane i integrisane u

komunikacionim mrežama [4]. Informacione i komunikacione tehnologije su omogućile povezivanje “bilo kad” i “bilo gde”, dok IoT koncept dodaje novu dimenziju povezanosti “bilo čega”, pa tako omogućuje komunikaciju ne samo između računara već između ljudi bez korišćenja računara, kao i komunikaciju između ljudi i stvari, ali i samih stvari.

Broj uređaja koji se povezuju na Internet raste velikom brzinom. Po Ciscovoj definiciji, IoT je nastao onog trenutka kad je broj uređaja koji su povezani na Internet postao veći od ukupnog broja ljudi, što se desilo između 2008. i 2009. godine [5]. Istraživači predviđaju da će broj uređaja povezanih na Internet do 2020. godine dostići 50 milijardi. Popularno se kaže da će 2020. godine fizički svet biti “preseljen na Web”: posebni računarski programi, tzv. inteligentni softverski agenti, će nadgledati udaljene objekte i upravljati njima. U literaturi je opisano više klasa inteligentnih softverskih agenta [6] uzimajući u obzir njihov stepen percipirane inteligencije i mogućnosti, a na slici 1 je prikazan agent baziran na ciljevima.

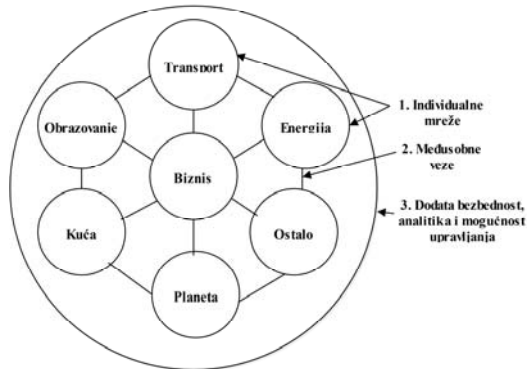


Slika 1. *Inteligentni softverski agent baziran na ciljevima*

U ovom trenutku IoT predstavlja skup slabo povezanih mreža, a smatra se da će njegov dalji razvoj da ide u smeru stvaranja jače veze između postojećih, ali i povezivanju novonastalih mreža [5]. Na slici 2 je prikazan IoT kao “mreža mreža”.

Porast broja povezanih uređaja utiče i na porast broja IoT platformi. Kao i za ostale pojmove koji su u vezi sa IoT-jem, još uvek ne postoji standardizacija na polju IoT platformi, pa ni njena jednoznačna definicija. Po jednoj od njih, IoT platforma predstavlja skup generičkih funkcionalnosti koje se koriste prilikom pravljenja IoT aplikacija [7], sa mogućnošću da pristupa podacima koje detektuju inteligentni uređaji, da ih čuva, skladišti i transformiše, ali i da te podatke sigurno poveže i integriše sa poslovnim procesima i sistemima. U [8] je predstavljeno pet trenutno najčešće korišćenih IoT platformi, prikazane su njihove karakteristike i urađena je komparativna analiza zasnovana na funkcionalnostima.

Internet inteligentnih uređaja



Slika 2. IoT kao “mreža mreža” [5]

3. Pregled primena IoT-a u železničkom saobraćaju

Iako noviji koncept, IoT se ubrzano razvija i već je našao veliku primenu u domenu celokupnog saobraćaja [9], a brojne su i primene u železničkom saobraćaju (kompanija Siemens je čak uvela i pojam *Internet of Trains*). Neke od tih primena upravo će biti analizirane u ovoj sekciji.

U radu [10] ispituje se uticaj mobilnih komunikacija na poslovanje železnice i dolazi se do zaključka da se železnički saobraćaj može učiniti konkurentnijim drugim vrstama saobraćaja ako bi se korisnicima omogućilo da u vozu izvršavaju radne zadatke, ali i da se zabavljaju.

RFID predstavlja bitan deo IoT-a, a ima široku primenu u železničkom saobraćaju. Na ovoj tehnologiji je zasnovan Gotcha Monitoring System [11] koji ima mogućnost da prikuplja podatke od vozova u kretanju. Na svakoj mernoj stanici su instalirani čitači dugog dometa, a na više od 1500 kola su montirani ID tagovi čime je omogućeno brzo očitavanje informacija o osovinskom opterećenju i lociranje kola. Sistem omogućava i automatsko ažuriranje rasporeda održavanja voznih sredstava kao i informacije o tonskom kilometru. Pored RFID tehnologije, korišćeni su i optički senzori koji su montirani ispod šina i imaju zadatak da mere vibraciju pruge. Ovaj sistem daje kompletno rešenje za registrovanje i merenje neispravnosti koje se tiču točkova i osovinskog opterećenja, što obezbeđuje sigurnost i doprinosi smanjenju operativnih troškova. Drugi sistem zasnovan na RFID tehnologiji predstavljen je u radu [12]. To je inteligentna identifikaciona platforma koja se koristi da bi se u realnom vremenu pratilo, efektivno kontrolisalo i upravljalo različitim aspektima železničke logistike. Inteligentni logistički sistem kombinuje bežične tehnologije, elektroniku (tagove, čitače, repetitore, itd.), originalni i komercijalno raspoloživi softver za logističke probleme. RFID tehnologija može biti korišćena i za lociranje kola i određivanje pređene kilometraže što olakšava donošenje odluka o pravovremenom održavanju [13]. U radu [14] ispituje se mogućnost uvođenja RFID tehnologije u Železnice Srbije i dolazi se do zaključka da bi formiranje sistema mernih stanica za dinamičku kontrolu tehničkog stanja voznih sredstava smanjilo uticaj ljudskog faktora pri njihovom pregledu što bi omogućilo pravovremeno otkrivanje nedostataka. Uvođenje ovakvog sistema bi doprinelo i povećanju pouzdanosti voznih sredstava, bezbednosti i smanjenju troškova poslovanja.

IoT se uspešno koristi za podizanje nivoa bezbednosti železničkog saobraćaja. U radu [15] predstavljen je sistem koji poseduje i funkcionalnost za detekciju preopterećenja i disbalansiranog opterećenja kola. U sistem je integrisana i inteligentna video identifikacija sa mogućnošću prepoznavanja određenih osoba i njihovog praćenja, čime se sigurnost u utovarno-istovarnim stanicama diže na viši nivo. Povećanjem stepena bezbednosti železničkog saobraćaja su se bavili i istraživači u radu [16] gde je predstavljen i implementiran sistem za izbegavanje nesreća koji je zasnovan IoT-u i *cloud computing*-u. Zadatak sistema je detekcija polomljene šine i slanje odgovarajućeg upozorenja nadležnoj osobi. Bezbednošću u zoni putno-pružnih prelaza se bavi platforma SIMPLE (engl. *Railway Safety and Infrastructure for Mobility applied at level crossings*) [17]. Platforma je zasnovana na radarskim sensorima i mreži pametnih kamera i pruža simultano i koordinisano upravljanje mestima gde se ukrštaju drumske i železničke saobraćajnice u nivou. Platforma detektuje i upozorava na prepreke (zarobljena vozila, izgubljeni teret, itd.) u zoni putno-pružnog prelaza.

IoT se može koristiti u železničkom saobraćaju i za kontrolisanje i upravljanje pojedinim delovima železničkog sistema [18]. Centralni deo sistema čini konfigurabilni kontrolni agent, softverski modul, koji dobija ažurne podatke (preko GPS-a, različitih senzora, itd.) od objekata koje kontroliše i proverava eventualnu narušenost bezbednosnih i sigurnosnih regulativa. Sistem može biti koristan u različitim slučajevima: izbijanje požara, otkaćivanje kola, prekoračenje brzine, predviđanje mogućeg sustizanja vozova, automatsko zaustavljanje voza prilikom približavanja stanici, automatsko upravljanje rampama koje regulišu saobraćaj na mestima ukrštanja drumskog puta sa železnicom. Kako navode autori, predstavljeni sistem je dao zadovoljavajuće rezultate prilikom testiranja u Egiptu.

I internacionalni giganti pokušavaju da nametnu svoja rešenja u domenu železnice. S tim ciljem je IBM [19] osnovao *Global Rail Innovation Center* koji radi na rešenjima koja se bave povećanjem kapaciteta, operativnom efikasnošću, pouzdanošću, povećanjem stepena bezbednosti i sigurnosti.

Ciscov *Connected Rail System* [20] ima za cilj modernizaciju operacija koje se odnose na funkcionisanje celokupnog železničkog sistema. Njihov cilj je da postojeće raznorodne Internet mreže povežu u jednu koja bi imala dodatne mogućnosti i servise. Od novih servisa bio bi omogućen video nadzor koji bi značajno doprineo povećanju sigurnosti.

Bosch je razvio AMRA [21] sistem koji se može primeniti za praćenje teretnih kola (engl. *Asset Monitoring for Railway Applications*). Teretna kola su opremljena GPS senzorom i akcelerometrom, kao i sensorima za praćenje temperature, vlažnosti i meračima rastojanja. Akcelerometar se koristi za detekciju naglih pokreta i njihove učestalosti. GPS senzor omogućuje lociranje svih teretnih kola, pa njihovo praćenje olakšava logistička planiranja i obezbeđuje tačniju informaciju o isporuci. Senzori za temperaturu i vlažnost služe za praćenje uslova u kojima se odvija transport i omogućuju detekciju prekida "hladnog lanca". Senzori kojima se meri pređeno rastojanje imaju ulogu prilikom donošenja pravovremenih odluka o potrebi servisiranja.

Bomardier je predstavio integrisani paket Orbita [22], koji omogućava operatorima železničkog saobraćaja pristup podacima koji se odnose na signalizaciju, napajanje i putno-pružne prelaze. Balfour Beatty je razvio Asset^{view}, softverski sistem koji ima mogućnost da izvrši dijagnostiku i predvidi otkaze sistema, nadgledanje signalizacije, detekciju vozova, kao i monitoring tačaka ukrštanja vozova [23].

Strukton [24] je razvio POSS [25] sistem koji je zasnovan na *cloud computing* tehnologiji, a pruža sveobuhvatni pregled železničkog sistema zasnovan na podacima dobijenim pomoću raznih merenja u cilju predviđanja otkaza pre njihovog nastanka.

Da bi se podaci dobijeni od senzora što bolje iskoristili neophodno je da bude razvijen i odgovarajući informacioni sistem. Predlog dizajna informacionog sistema za železnicu koji se zasniva na IoT-u predstavljen je u radu [26]. Arhitektura predloženog rešenja sastoji se od pet slojeva: (1) sloja koji se bavi prikupljanjem informacija baziranog na sensorima; (2) sloja za upravljanje poslovima, koji se bavi organizacijom železničkog transporta, upravljanjem resursima, transportom putnika i robe, ali i analizom podataka i odlučivanjem; (3) IoT aplikativnog sloja; (4) sloja za podršku odlučivanju i (5) aplikativnog sloja za industrijske servise.

Iako je ogroman broj radova, zbog ograničenog prostora, izostavljen iz ovog pregleda, možemo zaključiti da rešenja bazirana na IoT konceptu u železničkom saobraćaju imaju sledeće funkcionalnosti (najčešće više njih istovremeno):

- monitoring i upravljanje odabranim delovima železničkog sistema (putno-pružni prelazi, putničke stanice, teretne i ranžirne stanice),
- upravljanje tokovima putnika i robe, integrisanje informacija koje su vezane za putnike i robu,
- monitoring i dijagnostika infrastrukture i voznih sredstva i upravljanje njihovim održavanjem,
- podizanje nivoa bezbednosti saobraćaja,
- povećanje stepena sigurnosti putnika i robe,
- podrška planiranju na strategijskom, taktičkom i operativnom nivou,
- moderni marketing putničkog i teretnog saobraćaja,
- rezervacija i kupovina karata, praćenje kretanja vozova/robe od strane zainteresovanih korisnika korišćenjem standardnih i mobilnih web aplikacija.

4. Ranija istraživanja autora i IoT izazovi

Autori ovog rada godinama se bave različitim problemima vezanim za železnički saobraćaj: operativnom *real-time* rekonstrukcijom reda vožnje kao odgovorom na nastale poremećaje, dinamičkim praćenjem stanja voznih sredstava, razvojem informacionog sistema za podršku odlučivanju na železnici, razvojem modela interoperabilnog elektronskog poslovanja železnice sa poslovnim subjektima iz javnog sektora, efikasnošću praćenja stanja železničke infrastrukture, itd. U današnje vreme, sprovedena istraživanja mogu biti značajno kvalitativno unapređena korišćenjem IoT koncepta i upravo o tome će biti reči u ovoj sekciji.

Inicijalni železnički red vožnje često mora biti modifikovan zbog saobraćajne nezgode, prirodne katastrofe, tehničkih problema, ljudskog faktora, itd. Ovo je složen zadatak koji se postavlja pred operativno upravljanje u železničkom saobraćaju jer zahteva visok stepen hitnosti, ne postoji univerzalni optimizacioni kriterijum primenljiv u svim situacijama, neke potrebne informacije mogu biti nedostupne i najčešće se radi o problemu kombinatorne optimizacije velikih dimenzija. U prošlosti su iskusni dispečeri rešavali ovaj zadatak *ad-hoc*, koristeći jednostavna pravila otpreme (engl. *dispatching rules*) i trenutno dostupne informacije. Međutim, u današnje vreme softverski sistemi su sposobni da do oporavljenog reda vožnje dođu u realnom vremenu. U radu [27] predstavljen je heuristički baziran *real-time* softverski sistem za rešavanje poremećaja

reda vožnje. Za potrebe testiranja ovog softvera, razvijen je poseban softverski modul koji generiše realno moguće dinamičke podatke o poremećajima reda vožnje i šalje ih u SQL Server bazu podataka. Savremene informaciono-komunikacione tehnologije i inteligentni uređaji mogu obezbediti podatke o trenutnoj lokaciji vozova što praktično znači da softver za rekonstrukciju reda vožnje može biti pokrenut u trenutku nastanka poremećaja. Ovo “dobijanje na vremenu” daje mogućnost da softver pronađe više dopustivih rešenja za različite optimizacione kriterijume, i da dispečer bude u poziciji da ih sagleda i izabere neko od više ponuđenih rešenja. Da bi opisani softverski sistem zaživeo u praksi, buduća istraživanja moraju biti usmerena u razvoj sistema za monitoring realizacije reda vožnje baziranog na IoT konceptu.

Blagovremeno uočavanje tehničkih neispravnosti i izbegavanje naknadnih oštećenja na železničkim voznim sredstvima omogućava: podizanje nivoa bezbednosti, izbegavanje smetnji u saobraćaju, smanjivanje troškova zbog izbegavanja nesreća, produženje rokova revizije i održavanja kola, optimizaciju održavanja voznih sredstava. Prvi korak u procesu praćenja i upravljanja održavanjem voznih sredstava je ugradnja mernih stanica za dinamičku kontrolu tehničkog stanja kola. Drugi korak je obrada i analiza podataka prikupljenih sa mernih stanica. “Železnice Srbije” a.d. postavile su u železničkoj stanici Batajnica, kao “pilot” projekat, mernu stanicu za dinamičku kontrolu tehničkog stanja kola. Merna stanica Batajnica sastoji se od uređaja za otkrivanje pregrejanih ležajeva osovinskih sklopova i blokiranih kočnica TK99 i uređaja za dinamičko merenje mase vozova i detekciju ravnih mesta na površini kotrljanja (dinamička vaga) G-2000. U radu [28] razvijena je baza podataka koja omogućava lokalno skladištenje i analizu podataka prikupljenih na mernoj stanici Batajnica. Da bi se omogućilo dinamičko praćenje tehničkog stanja čitavog voznog parka trebalo bi postaviti sistem mernih stanica na čitavoj mreži železničkih pruga Republike Srbije. U tom slučaju, umesto skladištenja i obrade izmerenih podataka lokalno – na računaru koji pripada mernoj stanici, potrebno je projektovati sistem *real-time* prikupljanja podataka sa svih mernih stanica i skladištenja prikupljenih podataka na jednom mestu, što predstavlja IoT izazov. Buduća istraživanja trebalo bi da teku u dva pravca: korišćenje interneta inteligentnih uređaja za potrebe prikupljanja senzorskih podataka sa mernih stanica i analize prikupljenih podataka uz pomoć alata *Big Data* tehnologije. Autori su u radu [29] istraživali mogućnosti jedne od najpopularnijih *Big Data* platformi danas u analizi senzorskih podataka u saobraćaju.

U radu [30] autori predlažu model B2B (*Business-to-Business*) integracije saobraćajnih poslovnih sistema u *cloud computing* tehnološkom okruženju. Predloženi model implementiran je u studiji slučaja B2B integracije Železnica Srbije i Javnog preduzeća Putevi Srbije (JPPS). Dva pomenuta poslovna subjekta imaju zajednički cilj: podizanje nivoa bezbednosti drumskog i železničkog saobraćaja na mestima ukrštanja drumskih saobraćajnica i železničkih pruga u istom nivou. Oba subjekta nezavisno vode svoje evidencije o putno-pružnim prelazima. Železnice Srbije raspolaze podacima o načinu obezbeđenja putno-pružnih prelaza i obimu železničkog saobraćaja na njima, dok JPPS poseduje automatske brojače saobraćaja na putevima i raspolaze podacima o obimu drumskog saobraćaja na prelazima. Model B2B integracije koji je predložen u radu [30] baziran je na integraciji podataka u *SQL Azure* bazama podataka i deljenju podataka uz pomoć WCF (*Windows Communication Foundation*) servisa. Pomenuto istraživanje nije obuhvatilo metode prikupljanja podataka koji bi se integrisali u bazama u oblaku i delili uz pomoć servisa iz oblaka. Prikupljanju podataka koje generišu automatski brojači

saobraćaja na putevima može se pristupiti i kao IoT i *Big Data* problemu, što su autori i učinili u okviru rada [31]. Međutim, prikupljanju podataka o železničkom saobraćaju na putno-pružnim prelazima, trebalo bi, takođe, pristupiti u IoT kontekstu, što će biti predmet budućih istraživanja autora.

U radovima [32] i [33] autori predlažu model praćenja stanja železničke infrastrukture, baziran na korišćenju tablet računara u *wireless* okruženju i skladištenju podataka u bazi podataka u oblaku. Predloženi model podrazumeva fizičko prisustvo lica zaduženog za nadgledanje infrastrukturnih elemenata. Praćenje stanja železničke infrastrukture korišćenjem savremenih senzorskih tehnologija, bez prisustva čoveka, postavilo bi pred autore novi izazov: razvoj modela prikupljanja podataka o stanju železničke infrastrukture baziranog na IoT konceptu.

5. Zaključak

Zastareli sistemi komunikacije i sporo usvajanje automatizacije su realnost železničkog saobraćaja u Srbiji. Međutim, razvojem ekološke svesti, železnički saobraćaj sve više dobija na značaju. To je danas nezamenjiv oblik javnog prevoza putnika u širim zonama velikih gradova, ali i robe kada je pitanju dugolinijski masovni prevoz i intermodalni sistemi prevoza.

IoT, ili u ovom slučaju *Internet of Trains*, daje mogućnost brze modernizacije šinskih sistema. Inteligentni uređaji mogu obezbediti neprekidan priliv podataka o lokaciji vozova, stanju železničke infrastrukture i voznih sredstava, tokovima putnika i robe, itd. Zadatak IoT aplikacija u oblasti železničkog saobraćaja je da pristupe podacima koje detektuju inteligentni uređaji, da ih čuvaju, skladište i transformišu, povezuju i integrišu sa ciljem podizanja operativne efikasnosti, povećanja pouzdanosti, smanjenja kašnjenja, povećanja propusne moći pruga i stanica, uz visok nivo bezbednosti i sigurnosti putnika i robe. Posebna pažnja se mora posvetiti *on-line* informisanju korisnika železničkih usluga korišćenjem standardnih i mobilnih web aplikacija.

Zahvalnost

Ovaj rad delimično je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekata pod brojem 032025.

Literatura

- [1] International Union of Railway, "Energy and CO2 Emissions", Available: <http://www.uic.org/energy-and-co2-emissions>
- [2] European Parliament, "Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport", *Official Journal of the European Union*, 2010.
- [3] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A Survey", *Computer Networks*, vol. 54, pp. 2787-2805, 2010.
- [4] ITU-T, Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union, "Overview of the Internet of things", *Recommendation ITU-T Y.2060*, Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>, 2012.

- [5] D. Evans, "The Internet of Things - How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything", *Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)*, 2011.
- [6] S. Russell, and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3rd edition, Publisher: Pearson, 2009.
- [7] M. Castro, A. Jara, and A. F. Skarmeta, "An Analysis of M2M Platforms: Challenges and Opportunities for the Internet of Things", *Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*, pp. 757–762, 2012.
- [8] A. Uzelac, S. Mladenović, D. Zoranović, S. Zdravković, i S. Janković, "Komparativna analiza IoT platformi", *XLII Simpozijum o operacionim istraživanjima*, pp. 186-189, 2015.
- [9] S. Mladenović, A. Uzelac, S. Janković, i D. Mladenović, „Primena IoT koncepta u saobraćaju“, *Postel 2015*, pp. 305-314, 2015.
- [10] P. Vuletić, i Ž. Bojović, "Inteligentni uređaji i mobilne komunikacije u poslovanju železnice", *XLII Simpozijum o operacionim istraživanjima*, pp. 28-31, 2015.
- [11] Open Trackside Monitoring Platform, *Gotcha Monitoring System*, Available: <http://www.railway-technology.com/contractors/track/gotcha/>
- [12] Z. Guo, Z. Zhang, and W. Li, "Establishment of Intelligent Identification Management Platform in Railway Logistics System by Means of the Internet of Things", *Procedia Engineering*, vol. 29, pp. 726-730, 2012.
- [13] X. Lei, and X. Wang, L. Li, "Application of Internet of Things in Rail Cars Management", *Advanced Materials Research*, vols. 694-697, pp. 3357-3360, 2013.
- [14] J. Nikolić, i V. Jovanović, „Mogućnost primene RFID tehnologije u sistemima za otkrivanje neispravnosti na železničkim kolima u Železnici Srbije“, *XVIII konferencija YUINFO 2012*, pp. 233- 238, 2012.
- [15] J. Zhang, and L. Shao, "Research on the Railway Safety Monitoring Based on the Internet of Things Technology", *Proceedings of third International Conference on Logistics, Informatics and Service Science*, pp. 921-926, 2015.
- [16] K. V. D. Sagar, A. P. Kumar, G. S. Ankush, T. Harika, M. Saranya, and D. Hemanth, "Implementation of IoT based Railway Calamity Avoidance System using Cloud Computing Technology", *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 9(17), 2016.
- [17] M. Magrini, D. Moroni, G. Palazzese, G. Pieri, O. Salvetti, D. Azzarelli, and A. Spada, "An Infrastructure for Integrated Management of Urban Railway Crossing Areas", *IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2015.
- [18] O. Oransa, and M. Abdel-Azim, "Railway as a Thing New Railway Control System in Egypt Using IoT", *Science and Information Conference*, pp. 124-133, London, 2015.
- [19] www.ibm.com
- [20] S. McGillicuddy, "Cisco's industrial Internet of Things campaign hones in on railroads", *CISCO*, Available: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/news/2240230464/Ciscos-industrial-Internet-of-Things-campaign-hones-in-on-railroads>, 2014.
- [21] Bosch, AMRA, Available: <https://www.bosch-si.com/solutions/mobility/connected-vehicles/amra.html>
- [22] M. J. Provost, "Bombardier Orbita: Railway Asset Management for the 21st century", Available: https://www.sics.se/~aho/tor/Michael_Provost_ToR-091202.pdf
- [23] Asset^{view}, *Balfour Beatty*, Available: <http://www.balfourbeatty.com/media/29010/asset-view-datasheet.pdf>
- [24] www.strukton.com

- [25] Strukton Rail, *POSS Railway Condition monitoring*, Available: <http://www.struktonrail.com/systems/poss-railway-condition-monitoring/>
- [26] L. Li, X. Wang, and X. Feng, "Research on Railway Information Technology System Based on IOT", *Advanced Materials Research*, vols. 694-697, pp 3349-3352, 2013.
- [27] S. Mladenović, S. Vesković, I. Branović, S. Janković, and S. Acimović, "Heuristic Based Real-Time Train Rescheduling System", *Networks*, vol. 67, issue 1, pp. 32-48, 2016.
- [28] S. Janković, Ž. Đorđević, S. Mladenović, S. Vesković, and I. Branović, "A Database for Dynamic Monitoring of the Rolling Stock", *Proceedings of 4th International Conference Novi horizonti saobraćaja i komunikacija*, pp. 212-217, 2013.
- [29] S. Janković, S. Mladenović, D. Mladenović, A. Uzelac, i S. Zdravković, "Korišćenje Apache Hadoop Big Data platforme u analizi senzorskih podataka u saobraćaju", *Zbornik radova XLIII simpozijuma o operacionim istraživanjima - SYMOPIS 2016*, pp. 243-246, 2016.
- [30] S. Janković, S. Mladenović, i S. Vesković, "Model of Interoperable E-Business in Traffic Sector Based on Cloud Computing Concepts", *High Performance and Cloud Computing in Scientific Research and Education*, pp. 341-361, IGI Global, USA, 2014.
- [31] S. Janković, S. Mladenović, D. Mladenović, S. Zdravković, i A. Uzelac, "Big Data tehnologija u saobraćaju: Studija slučaja automatskih brojača", *Tehnika*, vol. 2, pp. 281-288, 2016.
- [32] S. Mitrović, S. Čičević, S. Janković, N. Pavlović, S. Acimović, S. Mladenović, i S. Milinković, "Railway infrastructure maintenance efficiency improvement by using tablet PCs", *Proceedings of the ICEST 2012 - XLVII International Scientific Conference On Information, Communication And Energy Systems And Technologies*, vol. 2, pp. 407-410, 2012.
- [33] S. Mitrović, S. Čičević, N. Pavlović, S. Janković, S. Acimović, i S. Milinković, "Evaluation of Tablet PC Usage for Some Railway Infrastructure Inspection Tasks", *Proceedings of the 20th International Symposium EURO – Žel 2012 "Recent Challenges for European Railways"*, pp. 180-187, 2012.

Abstract: *In order to be competitive with the other forms of land transport, the railway transport must respond to the numerous challenges such as: enhancements related to the overall organization, transport and freight security, and quality of service. Current informational technologies create a great impact in this field. Internet of Things (IoT) is a new concept and its implications have started to influence functional parts of the railway system, making them smarter and more autonomous. It is expected that further implementations of IoT would enhance infrastructure and rolling stock monitoring, rail traffic control and improve on-line customer information. In this paper we have presented an overview of existing solutions in the railway transport based on IoT concept, as well as directions for its further applications.*

Keywords: *IoT, railway traffic, monitoring, control*

IoT IN THE RAILWAY TRAFFIC – REALITY AND CHALLENGES

Snežana Mladenović, Ana Uzelac, Slađana Janković, Slavko Vesković