

PRIMENA IOT I SMART CITY TEHNOLOGIJE U CILJU UNAPREĐENJA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA (Pozivni referat)

Akademik Prof Dr Vladica Ristić, email: vladicar011@gmail.com

Projektni studio "Naš stan", Kašikovićeve 1a, Beograd, Srbija

Mr Amit Vujić, email: amit@xcube.international

"xcube" International Labs, Science and Technology Park Belgrade,
V. Dugosevic 54, Belgrade, Serbia

Akademik Prof Dr Marija Maksin, email: micic70a@yahoo.com

IAUS (Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije) Beograd

Pariske Komune br. 15 stan br.15 Novi Beograd/11 070 Belgrade Serbia

Sažetak: Internet of Things (IoT) Smart City rešenje i funkcionalnosti opisane u ovom radu će ponuditi lokalnim zajednicama kao i svim učesnicima u saobraćaju potpuno nove funkcionalnosti asistencije u vožnji (driving assistance) i asistencije u kretanju (smart community) kroz implementaciju xZone rešenja (neXt generation Zone), kao i potpunu interakciju sa modernom digitalnom infrastrukturom. Sva vozila će koristiti driving assistance kao sastavni deo unapredjenih navigacionih sistema sa posebnim osvrtom na funkcionalnost predviđanja i izbegavanja sudara (anti-collision) kao i praćenje gustine saobraćaja na ključnim saobraćajnicama korišćenjem SAM (Street Activity Monitor) senzora/modula. Pomenute funkcionalnosti su samo početna faza prema još atraktivnijim servisima kao što su V2V (Vehicle to Vehicle), V2I (Vehicle to Infrastructure), I2V (Infrastructure to Vehicle) i AV (Autonomous Vehicle). Posledica digitalizovane infrastrukture u Smart City i Connected Routes okruženjima, kao i digitalizacija vozila će značajno umanjiti broj i posledice sudara, materijalnu štetu i najvažnije od svega, broj povredjenih ljudi i izgubljenih života.

Ključne reči: Internet Stvari, Pametni Gradovi, Bezbednost, Nagel-Shrackerberg

APPLICATION OF THE IOT SMART CITY TECHNOLOGY IN IMPROVING THE TRANSPORT SECURITY IMPROVEMENT (Keynote paper)

Abstract: Internet of Things (IoT) Smart City solutions and functionality described in this paper will provide local communities as well as all subjects included in road traffic completely new functionality related to driving assistance and smart community features through the implementation of xZone solutions (Next Generation Zone) as well as full interaction with a modern digital infrastructure. All vehicles will use the driving assistance as an integral part of advanced navigation systems with special emphasis on functionality predictions and avoiding collision (anti-collision) as well as traffic count at key junctions using SAM (Street Activity Monitor) sensor / module. The above mentioned features are just the initial phase to more attractive services such as V2V (Vehicle to Vehicle), V2I (Vehicle to Infrastructure), I2V (Vehicle to Infrastructure) and AV (Autonomous Vehicle). The consequence of digitized infrastructure in Smart City and Connected Routes environments, as well as the digitization of vehicles will significantly reduce the number and consequences of a collision, property damage, and most importantly, the number of injured people and loss of life.

Keywords: IoT, Smart City, Traffic Security, Nagel-Shrackerberg

1. UVOD

Najnoviji tehnološki trend u procesu digitalizacije infrastrukture u svim urbanim i ruralnim sredinama kao i digitalizacija samih vozila označava drugu dekadu 21-og veka kao početak perioda masovne implementacije Internet of Things (IoT) Smart City rešenja.

IoT Smart City koncepti, rešenja i funkcionalnosti opisane u ovom radu će ponuditi i doneti lokalnim zajednicama kao i svim učesnicima u saobraćaju potpuno nove funkcionalnosti asistencije u vožnji (driving assistance) i asistencije u kretanju (smart community) kroz implementaciju xZone (neXt generation Zone) rešenja i potpunu interakciju sa modernom digitalnom infrastrukturom.

2. PRAĆENJE I UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM

Kod istraživanja fokusiranih na praćenje i upravljanje saobraćajem postoji nekoliko pristupa:

1) Tretiranje saobraćajne mreže u kontekstu dinamike fluida gde se pojedinačni učesnici u saobraćaju ne vide već se čitava mreža saobraćajnica tretira kao sistem cevi.

2) Drugi pristup je “mikroskopski” model gde se saobraćaj posmatra kao interakcija velikog broja čestica koje zapravo predstavljaju učesnike u saobraćaju.

“Mikroskopski” model je poslednjih decenija dobio dosta varijacija kroz razvoj brojnih modela za praćenje, analizu i planiranje saobraćajne infrastrukture baziranih na konceptu ćelijskih automata. Ćelijski automati (Cellular Automata) su posebno promovisani kroz istraživanja i radove Stivena Wolframa, Wolfram (1986, 2002).

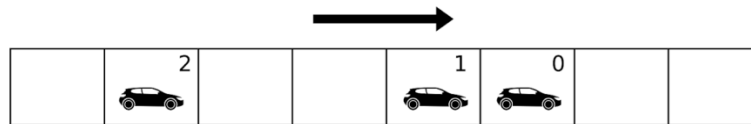
2.1. Ćelijski modeli za praćenje tokova saobraćaja

Jedna klasa matematičkih i računarskih modela za praćenje, planiranje i analizu tokova i gustine saobraćaja na putevima su ćelijski automati. Jedan od poznatijih istraživača ćelijskih automata je Stephen Wolfram, Wolfram (1986). Model ćelijskog automata korišćen u istraživanju saobraćaja za potrebe xZone Smart City studije je baziran na **Nagel-Shrackerberg** modelu (Nagel, Schreckenberg, 1992).

Osnovna ideja **Nagel-Shrackerberg (NG-SH)** modela je da se put posmatra kao niz ćelija određene širine i da se skupom od četiri osnovna pravila definiše ponašanje vozila prilikom normalnog saobraćaja, prilikom usporavanja, prilikom ubrzavanja kao i randomizacija pojava u modelu. Najjednostavniji skup pravila su uveli Nagel i Schreckenberg, (Nagel, Schreckenberg 1992).

Da bi se pratilo stanje ulice korišćenjem ovog ćelijskog automata ulica je podeljena na ćelije dužine 7.5m. To odgovara tipičnom prostoru koji zauzima standardan putnički automobil plus rastojanje do prethodnog automobila prilikom zastoja.

Svaka ćelija može da bude popunjena. Pojedinačno vozilo je opisano njegovom trenutnom brzinom v koja može imati brzine $v=0,1,2,\dots,v_{max}$. Ovde je v_{max} ograničenje brzine koja je ista za sve automobile. U varijacijama Nagel-Shrackerberg modela ova ograničenja se mogu razlikovati za različite klase automobila. Uobičajena konfiguracija puta za Nagel-Shrackerberg model je prikazana na slici 1.



Slika 1, Standardan Nagel-Shrackerberg prikaz puta za njihov ćelijski automat,
 (xCube Int. Labs)

Lista pravila za vozila u **Nagel-Shrackerberg** modelu je dolenaavedena:

Korak broj 1: Ubrzavanje

Svi automobili koji nisu dostigli maksimalnu brzinu v_{\max} ubrzavaju se za jedan korak:

$$v = v+1$$

Korak broj 2: Pravilo za bezbedno odstojanje

Ako vozilo ima d praznih ćelija ispred i njegova brzina v (posle koraka 1) je veća od d , onda smanjuje svoju brzinu na d :

$$v = \min\{d, v\}$$

Korak broj 3: Randomizacija

Sa verovatnoćom p , brzina se smanjuje za jednu jedinicu (v posle koraka 2):

$$v = v-1$$

Korak broj 4: Vožnja

Posle koraka 1-3 nova brzina v_n za svaki automobil n je postavljena unapred na v_n u ćelijama:

$$x_n = x_{n+v_n}$$

Gustina saobraćaja može biti povećana na željeni nivo i bazirana je uglavnom na izboru stohastičkih parametara u modulu i testiranje skupova parametara kako bi se dobili uslovi na ulicama modela što sličniji realnim uslovima. Jedna od najpoznatijih primena ovog modela je praćenje i predviđanje gustine saobraćaja u nemačkoj pokrajini North Rhine-Westphalia. [6]

2.2. IoT varijacija Nagel-Shrackerberg modela za Smart City, IoT Cellular Automata (IoT-CA)

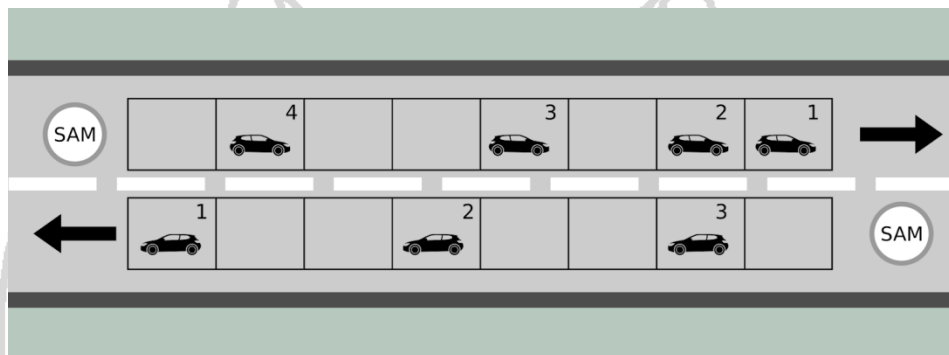
Digitalizacijom infrastrukture u Smart City okruženju će biti implementiran veliki broj digitalnih komunikacionih čvorova koji će sa okruženjem komunicirati bežično. Moguće tehnologije su DSRC (Dedicated Short Range Communications), RDS, WiFi, ZigBee.

DSRC je tehnologija koja će funkcionisati zajedno sa drugim tehnologijama i namena ove tehnologije je da obezbedi bežičnu vezu između vozila u pokretu i uređaja na putevima. Domet je oko 300m i radi u licenciranom opsegu od 5,96 GHz a brzine je 6 Mb/s. DSRC je prihvaćen kao standard u USA i EU.

IoT Cellular Automata (IoT-CA) model praćenja, predviđanja i upravljanja saobraćajem predviđa modifikovan model **Nagel-Shrackerberg** ćelijskog automata kako bi se mogla pratiti svaka saobraćajnica sa što realnijim parametrima u vremenu što bližem realnom. Svaka ulica i put u **IoT-CA** modelu ima onoliko traka koliko ih realno ima saobraćajnica koja se prati. Za priključivanje podataka iz realnog okruženja i njihov unos u model **IoT-CA** koristi se mreža **Street Activity Monitor (SAM)** senzora postavljenih na ključnim mestima svake saobraćajnice koja se prati (Slika 2).

Svaki SAM senzor detektuje brzinu i dimenzije vozila koje se unosi u model (**Slika 3**). Za razliku od **NG-SH** modela **IoT-CA** model sadrži i informacije o dimenzijama pojedinačnih vozila te je time praćenje gustine saobraćaja bliže realnom stanju na terenu.

Na vezama glavnih saobraćajnica sa sporednim ulicama i putevima se postavljaju SAM senzori (Slika 5) ili se u modelu definišu virtuelni SAM senzori koji stohastički generišu podatke o saobraćaju srazmerane statistikama praćenog puta, saobraćajnice i naselja. Što je gušća mreža SAM senzora to **IoT-CA** model realnije odslikava pravo stanje na terenu.

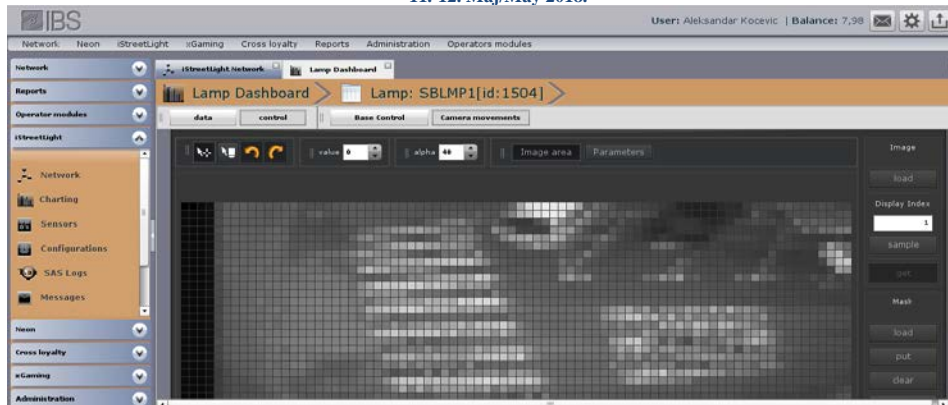


Slika 2, Modifikovan Nagel-Shrackerberg ćelijski automat koji koristi ulazne podatke sa SAM senzora (xCube Int. Labs)

Prikaz funkcionisanja SAM senzora u Smart City okruženju je prikazan na slici 3.

Pilot instalacija je realizovana početkom 2015. godine u ulici „Slobodan Bursać“, Zrenjanin, Republika Srbija i testiranja **IoT-CA** modela su trajala sve do početka 2018. godine.

IoT Street Activity Monitor (SAM) je zamena randomizatora iz originalnog **NG-SH** modela tako da podatke o stvarnim brzinama i veličinama vozila ubacuje u model. Za putničke automobile se koristi ćelija veličine 8 metara (7.5m u originalnom modelu), za autobuse i kamione se koristi veličina ćelije od 18 metara što ne postoji u originalnom modelu. Brzina vozila se za razliku od originalnog modela koji koristi randomizator određuje u realnom vremenu na posmatranim tačkama. Originalni **NG-SH** model prati samo kretanje vozila u nizu na putu dok **IoT-CA** model prati gustinu vozila u svim trakama pošto se postavlja na ključnim mestima i saobraćajnicama (Slika 5). Za ulice gde nisu instalirani SAM monitori se koriste randomizatori.



Slika 3, SAM Sensor, Gore desno senzor prati zauzeće 4 parking mesta. Dole desno je identifikovano putničko vozilo koje ulazi u ulicu. (xCube Int. Labs)

Pored podataka o dimenzijama vozila i njihovoj brzini u IoT-CA model se unose i mikro-meteorološki podaci koji pored temperature, vlažnosti i atmosferskoj pritiska daju listu dodatnih podataka koji se odnose na stepen zagadjenosti mikro-lokacije (Slika 4).

Svi dodatni podaci koji se unose u model daju dovoljno elemenata da IoT-CA model može da previdi pojavu magle i leda na pojedinim putnim pravicima i te podatke prosledi driving asistent uređajima u samim vozilima svejedno da li su u pitanju upravljana ili autonomna vozila.

3. UTICAJ NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Driving assistant uređaji u vozilima koja se kreću u Smart City okruženju i imaju na raspolaganju sistem za praćenje saobraćaja baziran na IoT-CA modelu mogu značajno unaprediti bezbednost i efikasnost saobraćaja. Sa pojavom snega, kiše i niskih temperatura menja se koeficijent prijanjanja same ulice pa su mikroklimatski podaci koji se ubacuju u IoT-CA model kao i mogućnost predikcije pojave magle će dodatno unaprediti kvalitet informacija koje driving asistent dobija sa IoT-CA platforme. Prisustvo IoT uređaja u vozilima sa senzorom 3Axis akceleratometar u Smart City okruženju gde postoji Vehicle to Infrastructure (V2I) komunikacija je dodatni aspekt istraživanja u cilju unapredjenja sveukupne bezbednosti saobraćaja u mreži puteva.

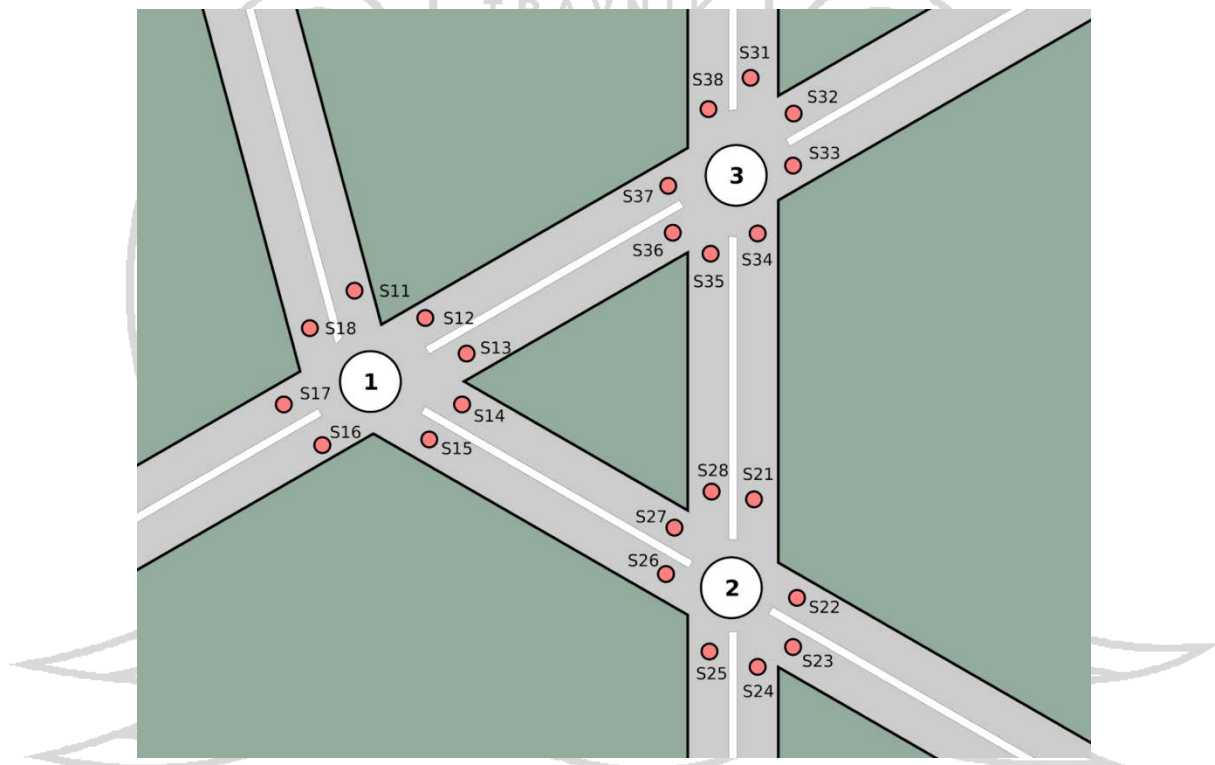


Slika 4, IoT xZone asistent koji daje informacije o svim meteo uslovima u zoni gde se krećemo. (xCube Int. Labs)

4. DINAMIČKO RUTIRANJE SAOBRAĆAJA

U daljem razvoju i unapredjenju digitalizacije putne mreže bazirane na IoT-CA modelu neophodno je testirati mogućnosti i efekte primene tehnologija rutiranja razvijenih za potrebe računarskih paketskih mreža pošto se primenom SAM senzora u IoT-CA Smart City modelu model rutiranja saobraćaja na putevima približavamo problematici rutiranja paketskih računarskih mreža.

U paketskim računarskim mrežama za prenos i usmeravanje paketa kroz sistem se koriste mnogi sofisticirani algoritmi za rutiranje. Neki od tih algoritama koriste samo predefinisane putanje za rutiranje dok tehnike rutiranja poznate kao „rutiranje kroz višestruke putanje“ mogu takodje biti primenjene u IoT-CA modulu kako bi se potencijal ovog modela iskoristio u punoj snazi. Na slici broj 5 je prikazana složena saobraćajnica koja se postavljanjem adekvatne mreže SAM senzora može potpuno digitalizovati kroz IoT-CA model i iskoristiti sve prednosti izuzetno kvalitetnih algoritama razvijenih za potrebe optimalnog rutiranja saobraćaja u paketskim računarskim mrežama na dalje unapredjenje efikasnosti i bezbednosti putnih mreža u Smart City okruženjima.



Slika 5, SAM Senzori - raspored na ulicama u Smart City okruženju. Senzori S22, S23, S32 (xCube Int. Labs)

5. ZAKLJUČAK

Mnogi autori se bave istraživanjem mogućnosti unapredjenja paterna za upravljanje saobraćajem u cilju izbegavanja zagušenja na putnoj mreži i povećanju bezbednosti na putevima. Istraživanja i testiranja sprovedena prilikom razvoja **IoT Cellular Automata (IoT-CA)** modela u periodu od tri godine (2015-2018) na pilot instalaciji su pokazala da se primenom IoT tehnologije u gradovima i njenom integracijom sa modelima ćelijskih automata upravljanje saobraćajnom infrastrukturom u Smart City okruženjima može podići na jako

visok nivo. Sva vozila koja počnu da koriste driving assistance kao sastavni deo unapredjenih navigacionih sistema će sopstvenu bezbednost unaprediti tako što će automatski postati deo Connected Route sistema i otvoriti se za napredne funkcionalnosti kao što su izbegavanja sudara (anti-collision). Posledica digitalizovane infrastrukture u Smart City i Connected Routes okruženjima, kao i digitalizacija vozila kroz driving assistance sisteme će značajno umanjiti broj i posledice sudara, materijalnu štetu i najvažnije od svega, broj povredjenih ljudi i izgubljenih života. Pomenute funkcionalnosti i opisani modeli su samo početna faza prema još atraktivnijim servisima kao što su V2V (Vehicle to Vehicle), V2I (Vehicle to Infrastructure), I2V (Infrastructure to Vehicle) i AV (Autonomous Vehicle).

7. LITERATURA

- [1] iRAP, <http://www.irap.org/en/>, 20.12.2015.
- [2] IDS: 1 and 13, (2011). Traffic Control Through Traffic Lights Management: A Comparison Study
- [3] Lipovac, K., Jovanov, D., Jovanović, D. (2009). Savremeni pristup unapređenju bezbednosti puta. Put i saobraćaj, 56(4), 32-37.
- [4] Lipovac, K., Nešić, M. (2005). Evropski akcioni program bezbednosti saobraćaja - prepolovljavanje žrtava saobraćajnih nezgoda u Evropskoj uniji do 2010. godine - zajednička odgovornost. Bezbednost, Beograd, 47(3), 513-533
- [5] Nagel, K.; Schreckenberg, M. (1992). "A cellular automaton model for freeway traffic". Journal de Physique I 2 (12): 2221. doi:10.1051/jp1:1992277.
- [6] North Rhine-Westphalia's OLSIM traffic forecasting system, <http://www.autobahn.nrw.de/>, 15.01.2016.
- [7] K. Nagel and M. Schreckenberg, A cellular automaton model for freeway traffic, J. Physique I 2, 2221 (1992)
- [8] Schadschneider, Andreas, (Apr 04, 2000), <http://www.thp.uni-koeln.de/~as/MyPage/traffic.html>, (Jan 15, 2016)
- [9] ViDA online software tools, <http://www.irap.org/en/resources/vida-online-software>, 20.01.2016.
- [10] Wolfram, Stephen (May 14, 2002). A New Kind of Science. online. Champaign, IL: Wolfram Media, Inc. ISBN1-57955-008-8. OCLC47831356.
- [11] Wolfram, Stephen (1986). Theory and Applications of Cellular Automata. World Scientific.