

IoV KAO NOVA PARADIGMA U KONCEPTU PAMETNIH GRADOVA

Slaven Tica, Goran Marković, Valentina Radojičić, Slobodan Mitrović
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,
slaven.tica@sf.bg.ac.rs, g.markovic@sf.bg.ac.rs,
valentin@sf.bg.ac.rs, s.mitrovic@sf.bg.ac.rs

Sadržaj: *Jedan od aktuelnih pravaca razvoja koncepta inteligentne mobilnosti (smart mobility) uobličen je u paradigmi Internet of Vehicles (IoV), koji podrazumeva hibridnu upotrebu Internet of Things (IoT) uređaja, različitih bežičnih komunikacionih tehnologija, tehnologija u oblaku (cloud) i internet servisa i aplikacija. IoV koncept omogućava prikupljanje i deljenje informacija o vozilima, infrastrukturi i njihovom okruženju. Štaviše, IoV omogućava procesiranje, proračun, deljenje i objavljivanje informacija na informacionim platformama danas dostupnim većini korisnika. Sa druge strane, na osnovu ovih podataka, omogućen je monitoring i upravljanje gradskim transportnim sistemom u realnom vremenu, ali i formiranje BigData za čitav spektar multimedijalnih i mobilnih Internet aplikacija. U ovom radu predstavljena je arhitektura IoV, kao i mrežni model na nivoima oblaka, komunikacionih tehnologija i korisnika. U radu se navode ključni problemi koje je neophodno rešiti u cilju efikasne implementacije IoV tehnologija. Pored navedenog, dati su mogući pravci razvoja IoV posmatrano sa stanovišta razvoja budućih aplikacija.*

Ključne reči: *aplikacije, Internet of Things, Internet of Vehicles, info-komunikacione tehnologije, model mreže, transport.*

1. Uvod

Aktuelne demografske promene i trend raspodele svetske populacije, progresivno povećanje gustine naseljenosti u urbanim sredinama¹, razvoj senzora, mobilnih uređaja, pametnih vozila, beskontaktna tehnologije, preko monitoringa i upravljanja gradskim transportnim sistemima u realnom vremenu, pa sve do razvoja koncepta inteligentne mobilnosti (*smart mobility*) i mobilnosti kao usluge (*Mobility-as-a-Service*), u budućem periodu zahteva primenu sofisticiranih komunikacionih tehnologija. U tom smislu, IoT (*Internet of Things*) se može definisati kao infrastruktura međusobno povezanih objekata, ljudi, transportnih sistema i informacionih resursa sa inteligentnim

¹Prema zvaničnim podacima Ujedinjenih Nacija – Odeljenja za ekonomska i socijalna pitanja, 2050. godine broj stanovnika u urbanim područjima će se povećati za 85% (6,3 milijardi stanovnika živeće u gradovima, odnosno oko 2/3 svetske populacije)

servisima u cilju procesiranja informacija iz fizičkog i virtuelnog okruženja [1]. ITU (*International Telecommunication Union*) definiše IoT kao globalnu infrastrukturu informacionog društva koja omogućava napredne servise povezujući fizičke i virtuelne "stvari" zasnovane na postojećim i inovativnim informaciono-komunikacionim tehnologijama [2]. Realno je očekivati da će *smart city* baziran na konceptu IoT imati dramatičan uticaj na svakodnevni život, u smislu različitih pogodnosti, projektovanja pametnih kuća, pametnih automobila, pametnih transportnih sistema, itd. Svakodnevni život može postati lakši i komforniji usvajanjem različitih komunikacionih tehnologija na bazi IoT. Procenjuje se, da će se IoT koncept sastojati od oko 30 milijardi objekata do 2020. godine [3]. U poslovnom sektoru, ovo rezultira приметnim napretkom u proizvodnji i uslužnim delatnostima, što se ogleda u poboljšanju kvaliteta pružanja usluga i stavljanja korisnika u fokus. Većina metropola suočava se sa velikom gustinom naseljenosti, što dovodi i do povećanog stepena motorizacije, emisije štetnih gasova, stvaranja negativnog uticaja na rad i životnu sredinu, odnosno utiče na degradaciju kvaliteta života u urbanim područjima. Zbog negativnih uticaja koji gradski transportni sistem ima na kvalitet života i održivost gradova, smatra se da je koncept razvoja pametne mobilnosti (*smart mobility*) jedan od najvažnijih elemenata u razvoju budućih "pametnih gradova".

Sadašnja infrastruktura gradskog transportnog sistema ima ograničene resurse na raspolaganju vezane za kvalitetnu realizaciju transportnih potreba i transportnih zahteva stanovnika urbanih područja. Za efikasnije upravljanje gradskim transportnim sistemom u realnom vremenu implementacija koncepta IoV (*Internet of Vehicles*) može da bude jedan od snažnih alata u stvaranju gradova pogodnih za život (*livable cities*). IoV je posebna oblast primene IoT, gde primena odgovarajućih komunikacionih tehnologija ima ključnu ulogu u pogledu efikasnije realizacije transportnih potreba stanovnika. Kao i druge aplikacije na Internetu, koncept IoV oslanja se na centre za obradu podataka koji bi podatke mogli da skladište, obrađuju i prosleđuju. IoV korisničke aplikacije zahtevaju prikupljanje svakodnevnih informacija o raznim segmentima gradskog transportnog sistema, kao na primer, informacije o raznim vidovima i mogućnostima realizacije putovanja, informacije o funkcionisanju sistema javnog transporta putnika, mogućnost monitoringa i upravljanja sistemom u realnom vremenu, upravljanje sistemom parkiranja i sl. U tom cilju mogu se primeniti različite komunikacione tehnologije koje se odnose na specifične karakteristike svake aplikacije.

U ovom radu, posle uvodnog dela predstavljena je petoslojna arhitektura IoV. U trećem poglavlju prikazane su osnovne komponente IoV, kroz mrežni model na nivou oblaka, komunikacione tehnologije i korisničke aplikacije. Takođe, dat je pregled trenutno raspoloživih tehnologija pogodnih za primenu IoV koncepta. Četvrto poglavlje daje pregled korisničkih aplikacija u okviru predloženog koncepta. Zaključna razmatranja daju pravce daljeg istraživanja i razvoja u ovoj oblasti.

2. Arhitektura IoV mreže

Širok spektar funkcija IoV sistema, kao i potreba za interakcijom sa drugim sistemima, dovodi IoV koncept u direktnu vezu sa heterogenim bežičnim mrežama. Kompleksnost funkcionalnosti koje se postavljaju pred IoV zahteva definisanje arhitekture višeslojnog karaktera, koja mora da zadovolji kriterijume interoperabilnosti, skalabilnosti, pouzdanosti i modularnosti [4]. Sa druge strane, prisutan je i zahtev vezan za ekonomsku isplativost posmatrano sa stanovišta investitora. Najvažniji zadatak IoV

arhitekture je povezivanje vozila sa heterogenim bežičnim mrežama, kao i međusobno, na takav način da gradski transportni sistem funkcioniše bezbedno, proizvodno i ekonomski efikasno, energetski i ekološki prihvatljivo. Shodno navedenom, predložena je petoslojna arhitektura IoV otvorenog tipa za buduće standarde (Tabela 1). Ključne osobine ovako dizajnirane arhitekture su jaka integracija sa Internetom, servisno orijentisana arhitektura i tzv. *plug-and-play* interfejs [4].

Tabela 1. Arhitektura IoV

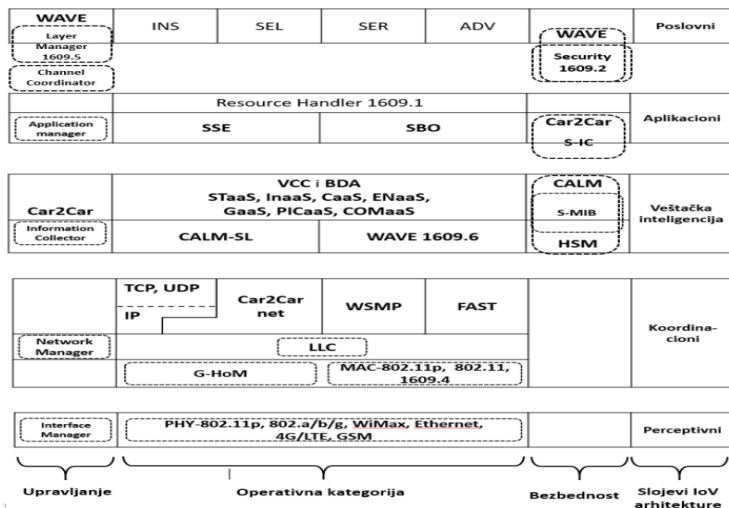
Sloj	Tip realizacije	Funkcionalnosti
Poslovni	Grafikon, tok podataka, tabela, dijagram	<ul style="list-style-type: none"> - Biznis modeli i investicioni planovi - Upotreba resursa i tarifiranje - Priprema budžeta i agregacija podataka
Aplikacioni	Pametne aplikacije za vozila i dinamiku vozila	<ul style="list-style-type: none"> - Inteligentni servisi za krajnje korisnike - Pretraga i identifikacija servisa - Upotreba statističkih i drugih podataka
Sloj veštačke inteligencije (AI sloj)	Kompjuting u oblaku, <i>big-data</i> analize, ekspertni sistemi	<ul style="list-style-type: none"> - Skladištenje, obrada i analiza podataka - Analičko donošenje odluka - Profitno orjentisano upravljanje servisima
Koordinacioni	Heterogene mreže: WAVE, WiFi, LTE, itd.	<ul style="list-style-type: none"> - Transformacija u jedinstvenu strukturu - Interoperabilnost - Bezbedan prenos podataka
Perceptivni	Senzori i aktuatori na vozilima, uličnoj/putnoj infrastrukturi i personalnim uređajima	<ul style="list-style-type: none"> - Prikupljanje podataka od strane vozila, infrastrukture i PC-a - Digitalizacija i prenos - Optimizacija potrošnje energije na nižim nivoima

Perceptivni sloj predstavlja najniži sloj IoV arhitekture, koji obuhvata sve vrste senzora i aktuatora integrisanih u vozilima, uličnu i putnu infrastrukturu (*Road Side Units*, RSU), kao i personalne uređaje koji čine deo IoV sistema. Njihov osnovni zadatak je prikupljanje svih vrsta podataka, koje se odnose na gradski transportni sistem, stanje vozila, kao i drugih informacija relevantnih za funkcionisanje IoV sistema. Podaci koji se prikupljaju mogu se klasifikovati na podatke vezane za kretanje vozila (brzina i ubrzanje vozila, geografska pozicija, pravac i smer kretanja), tehničke parametre (identifikacioni podaci o vozilu, parametri koji ukazuju na stanje baterija/akumulatora, i drugih bitnih komponenti vozila), saobraćajni (gustina i intenzitet saobraćaja na posmatrnoj saobraćajnici, meteorološki parametri), kao i podaci multimedijalnog i informativnog karaktera, prikupljeni od strane personalnih uređaja osoba koje se prevoze u vozilima. Ovaj sloj ima zadatak da omogući pouzdan prenos prikupljenih podataka ka koordinacionom sloju, koji koristi tzv. univerzalni koordinacioni modul za heterogene mreže, koji uključuje komunikaciju sa 4G/LTE, Wi-Fi, WAVE, kao i satelitskim mrežama, radi pouzdanog i bezbednog prenosa podataka ka AI sloju [4]. Osnovni problem u implementaciji koordinacionog sloja je nedostatak standarda, koji se odnose na interoperabilnost i kooperaciju različitih tipova mreža, sa ciljem da se obezbedi pouzdana i bezbedna komunikacija. Sloj veštačke inteligencije (AI sloj), ima zadatak da skladišti, obrađuje i analizira podatke, prikupljene od strane nižih slojeva. Na osnovu navedenih kriterijuma, donose se odluke relevantne za funkcionisanje IoV sistema. Realizacija navedenih zadataka se fizički vrši u upravljačkim centrima, a logički – na nivou *oblaka* (*Vehicular Cloud Computing*, VCC), uz koordinaciju sa *Big Data Analysis* (BDA) platformama i komponentama ekspertnih sistema. Izlaznu komponentu čine različite forme pametnih servisa, koji predstavljaju deo ovog sloja i neophodni su za efikasno

funkcionisanje viših slojeva. Aplikacioni sloj ima zadatak da izvrši efikasnu pretragu i identifikaciju raspoloživih servisa, koje nadalje koristi kao izvore podataka za tzv. pametne aplikacije. Ove aplikacije imaju širok spektar primene, od aplikacija koje se odnose na bezbednost ili efikasnost gradskog transportnog sistema, pa do aplikacija namenjenih multimedijalnim servisima i servisima informativnog karaktera, zbog čega one imaju ključnu ulogu u razvoju IoV sistema [4]. Pored navedenog, ovaj sloj snabdeva viši (poslovni) sloj sa statističkim i drugim informacijama koje se odnose na nivo i strukturu upotrebe pametnih aplikacija. Poslovni sloj je ujedno i najviši sloj IoV arhitekture. Zadatak ovog sloja je da omogućí podršku strategijama namenjenim razvoju poslovnih modela na osnovu navedenih statističkih podaka, dobijenih od aplikacionog sloja. Na ovaj način, pružena je mogućnost razvoja različitih analitičkih alata, koji koriste analitičke forme (dijagrami, tokovi podataka, tabele, itd.), sa ciljem pružanja podrške u procesu odlučivanja u sferama investicija, budžetske problematike i drugih operativnih aktivnosti.

2.1 Pregled protokola po slojevima IoV arhitekture

Komunikacioni protokoli, koji se koriste u okviru IoV arhitekture, grupisani su dvodimenzionalno (Slika 1): *i*) prema pojedinim slojevima IoV arhitekture, sa zadatkom da podrže funkcionalne zahteve određenog pripadajućeg sloja, kao i samu arhitekturu u celini, i *ii*) prema ulozi u okviru IoV sistema - svrstani u bezbednosnu, operativnu i upravljačku kategoriju.



Slika 1. Pregled protokola po slojevima IoV arhitekture

Protokoli vezani za bezbednost uključuju standard za bežični pristup u okruženju vozila (*Wireless Access in Vehicular Environments*, WAVE), IEEE 1609.2, zatim *Security Information Connector* (S-IC), *Security Management Information Base* (S-MIB), kao i *Hardware Security Module* (HSM).

Kategorija komunikacionih protokola vezanih za operativne namene podrazumeva upotrebu bežičnih protokola pogodnih za primenu u okviru IoV sistema.

Posmatrajući petoslojnu IoV arhitekturu, protokoli na perceptivnom sloju figurišu u okviru OSI fizičkog sloja, što uključuje WAVE (IEEE802.11p), *Wireless Local Area Network* (WLAN, IEEE 802.11a/b/g) *Worldwide Interoperability for Microwave* (WiMAX, IEEE 802.16), Ethernet (IEEE 802.3), 4G/*Long Term Evolution* (LTE), *Global System for Mobile communication* (GSM) i satelitske komunikacione sisteme. Na koordinacionom sloju IoV arhitekture postoje 3 podsloja: (1) najniži podsloj na kome figurišu različiti MAC protokoli (IEEE 802.11p, 802.11 (a/b/g/n), kao i IEEE WAVE 1609.4, zajedno sa Global Handoff Manager (GHoM); (2) srednji podsloj na kome je prisutan IEEE 802.2 *Logical Link Control* (LLC) protokol; viši podsloj uključuje protokole: Car2Car network protocol (C2C-net, za IPv6 komunikaciju), protokole koji ne uključuju IP komunikaciju, poput *Short Message Protocol* (SMP) i *Fast Application and Communication Enabler* (FAST), ali i grupu standardnih protokola, koji figurišu na mrežnom i transportnom sloju OSI modela.

U okviru sloja veštačke inteligencije, definisana su dva podsloja: niži podsloj, namenjen grupi protokola, u koji je uključen *CALM Service Layer* (CALM-SL), kao i grupa protokola predviđena za IEEE WAVE-1609.6, koji je još uvek u fazi razvoja; viši podsloj, na kome su locirani protokoli vezani za izvršavanje *Vehicular Cloud Computing* (VCC) and *Big Data Analysis* (BDA), kao i drugih *cloud* servisa (*Storage as a Service* (SaaS), *Infrastructure as a Service* (IaaS), *Network as a Service* (NaaS), *Cooperation as a Service* (CPaaS), *Entertainment as a Service* (ENaaS), *Gateway as a Service* (GaaS), *Picture as a Service* (PICaaS) i *Computing as a Service* (COMaaS)).

Aplikacioni sloj namenjen je funkcionisanju dve grupe aplikacija, odnosno *Smart Safety and Efficiency* (SSE) i *Smart Business Oriented* (SBO). Nad ovim aplikacijskim grupama nalazi se protokol IEEE WAVE1609.1, zadužen za efikasno upravljanje resursima, koji je namenjen za rad *smart* aplikacija [4].

Poslovni sloj se nalazi u fokusu novijih istraživanja, jer nije zaokružen set protokola koji bi trebalo da pruže podršku za rad poslovnih aplikacija, koje su klasifikovane u grupe namenjene poslovnima osiguranja (INS), prodaje (SEL), usluga (SER) i marketinga (ADV) [4].

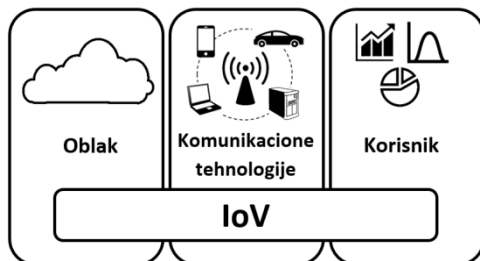
U kategoriji protokola vezanih za upravljanje, predviđena je upotreba WAVE protokola za koordinaciju kanala (*channel coordinator protocols*, IEEE WAVE 1609.5), zatim tri CALM upravljačka protokola (tzv. application, network, interface managers), kao i *Car2Car* informacioni protokol.

3. IoV model mreže

IoV model mreže koncipiran je na takav način da pruža mogućnost efikasnog, bezbednog i pouzdanog funkcionisanja IoV sistema, kako po elementima tako i u celini. IoV modela mreže identifikuje tri osnovna elementa: oblak, komunikacione tehnologije i korisnike [4] (Slika 2).

Podelom modela mreže na navedene elemente naglašava se funkcionalnost koncepta IoV. Prvi element, oblak, svojom infrastrukturom omogućava realizaciju servisa koji stoje na raspolaganju korisnicima sistema. Efikasna realizacija servisa nije moguća bez sistema pouzdanih komunikacionih linkova, imajući u vidu procesnu moć sistema za kompjuting na nivou oblaka, kao i prisutne kapacitete za skladištenje podataka. Sa druge strane, postoji potreba i za pouzdanim, efikasnim i energetski prihvatljivim sistemom bežičnih komunikacionih tehnologija za (jednosmerni/dvosmerni) prenos informacija ka

pametnim aplikacijama i uređajima, koji su implementirani na prevoznim sredstvima ili su instalirani na personalnim pametnim uređajima. Treba imati u vidu da različiti tipovi uređaja ili pametnih aplikacija mogu pojedinačno realizovati jednu ili više istih, ili različitih tipova bežičnih pristupnih mreža, zavisno od prioriteta i/ili preferencije ka servisima. Shodno navedenom, komunikacione tehnologije predstavljaju drugi osnovni element modela mreže IoV.



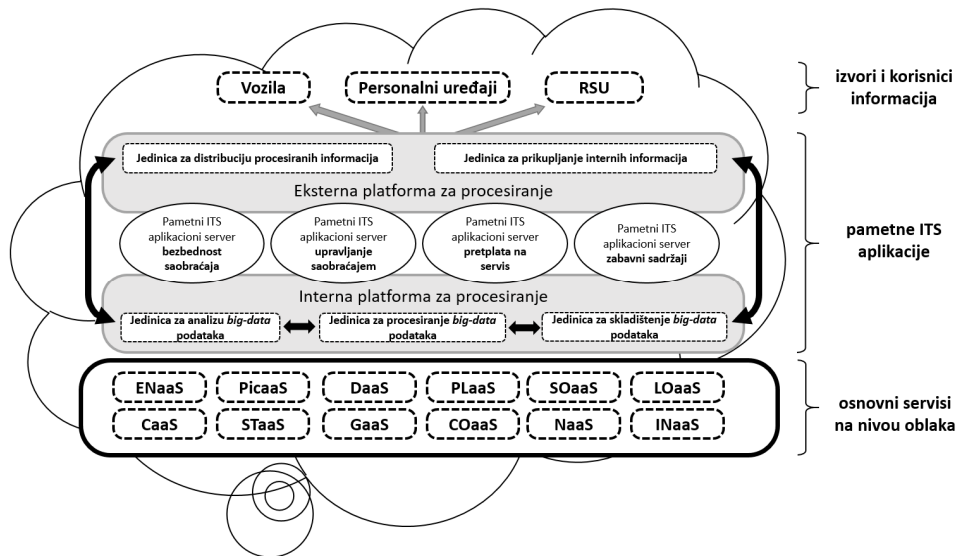
Slika 2. Elementi IoV modela mreže

Na ovaj način, stvorena je osnova za efikasan rad korisničkih pametnih aplikacija, bez kojih nije moguće realizovati proces donošenja odluka, bez obzira da li su korisnici sistema instalirani na uređajima (ugrađenim u transportnim sredstvima), pametnim personalnim uređajima, ili su u pitanju korisnici, koji funkcionišu na poslovnom sloju IoV arhitekture. Zbog svoje važnosti i širokog dijapazona uloga, korisničke aplikacije, odnosno korisnici čine treći osnovni element modela mreže IoV.

3.1 Oblak

Projekcije implementacije i razvoja IoV koncepta ukazuju na mogućnost drastičnog rasta količine informacija o gradskom saobraćajno-transportnom sistemu, posmatrano sa stanovišta obima i strukture. Imajući u vidu dinamičku prirodu pametnog ITS sistema, koji bi trebalo da funkcioniše u okviru pametnih gradova, procenjuje se da bi količina podataka koje treba procesirati dostigla nivo petabajta [5]. Navedene projekcije ukazuju na neophodnost obrade informacija na nivou oblaka, imajući u vidu infrastrukturne kapacitete, koji se odnose na procesiranje i skladištenje podataka. Zbog važnosti svoje uloge, oblak je definisan kao jedan od tri osnovna elementa mrežnog modela IoV. Predloženo je da ovaj element ima tri operativna nivoa: osnovne servise na nivou oblaka (*basic cloud services*), pametne ITS aplikacione servere (*smart application servers*), kao i tzv. izvore i korisnike informacija (*information consumers and producers*), kao što je prikazano na Slici 3.

Operativni nivoi su definisani na osnovu kriterijuma vezanih za lokaciju ulaza informacija o sistemu u oblak, lokacija za procesiranje i skladištenje podataka, kao i pravaca distribucije procesiranih informacija o gradskom transportnom sistemu.



Slika 3. Operativni nivoi oblaka, kao elementa mrežnog modela IoV

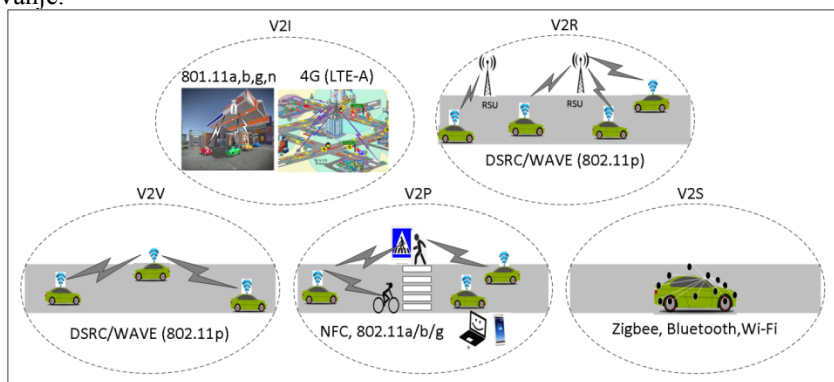
Osnovni servisi na nivou oblaka čine jezgro operativnog okvira za realizaciju aplikacionih servera za potrebe pametnog ITS-a [6]. U ove servise spadaju, *Co-operation as a Service* (CaaS), *Storage as a Service* (STaaS), *Gateway as a Service* (GaaS), *Computing as a Service* (COaaS), *Network as a Service* (NaaS), kao i *Data as a Service* (DaaS). Pametni ITS aplikacioni serveri su klasifikovani u četiri kategorije, koje se odnose na bezbednost, upravljanje, pretplatu na servis i pružanje zabavnih sadržaja [7]. Za obradu informacija, predviđene su dve platforme za procesiranje – interna i eksterna. Interna platforma uključuje jedinicu za skladištenje, jedinicu za procesiranje, kao i jedinicu za analizu procesiranih *big-data* podataka. Sve operacije navedenih jedinica sprovode se upotrebom servisa, lociranih na nižem operativnom nivou (nivo osnovnih servisa). Sa druge strane, eksterna platforma uključuje jedinicu za prikupljanje internih informacija, kao i jedinicu za distribuciju procesiranih informacija zaduženu za stavljanje servisa na raspolaganje korisničkim aplikacijama.

Pametni IoV uređaji, u koje spadaju vozila, personalni uređaji i infrastrukturna oprema (RSU) predstavljaju krajnje korisnike inteligentnih informacija dobijenih od pametnih ITS aplikacionih servera, ali ujedno i jedinice za prikupljanje informacija o stanju transportnog sistema u okruženju. To je posebno korisno za razvoj poslovnih modela namenjenih kompanijama koje se bave osiguranjem, proizvodnjom vozila i rezervnih delova, servisiranjem vozila. Pored navedenog, prikupljanje podataka, dobijenih od strane pametnih uređaja, ima veliku važnost za razvoj novih internet servisa [8]. Navedene činjenice karakterišu oblak, kao jedan od važnih elemenata koji figurišu u daljem razvoju IoV sistema. Servisi koji su distribuirani od strane pametnih ITS aplikacionih servera, a koji pripadaju kategorijama koje se odnose na bezbednost, upravljanje, pružanje zabavnih sadržaja predstavljaju osnovu „pameti“ IoV, u cilju donošenja pametnih odluka namenjenih pametnim korisničkim aplikacijama.

3.2 Komunikacione tehnologije

Bežične komunikacione tehnologije imaju ključnu ulogu u implementaciji budućeg IoV koncepta, obezbeđujući međusobno povezivanje krajnjih uređaja (vozila, postrojenja, *RSU* opreme, personalnih terminalnih uređaja i dr) sa *smart cloud* serverima. U zavisnosti od objekata koji učestvuju u procesu komuniciranja, IoV komunikacije se mogu podeliti na sledeće tipove: komunikacije vozilo-senzor (V2S, *vehicle to sensors*), komunikacije vozilo-vozilo (V2V, *vehicle to vehicle*), komunikacije vozilo - personalni uređaji (V2P, *vehicle to personal*), komunikacije vozilo - *RSU* oprema duž puta (V2R, *vehicle to roadside*), kao i komunikacije vozila sa infrastrukturno baziranim komunikacionim mrežama (V2I, *Vehicles to Infrastructure*). Slika 4 ilustruje V2X (*vehicle to everything*) koncept heterogenih bežičnih komunikacija u okviru IoV sistema.

V2S komunikacije omogućuju povezivanje različitih senzora ugrađenih u vozilu sa centralnim računarskim procesorom (OBU, *On-Board Unit*) vozila. V2V komunikacije omogućuju direktne komunikacije između vozila putem samo-organizovane *ad-hoc* bežične mreže, koja se uspostavlja unutar grupe vozila bez potrebe za postojanjem bilo kakve unapred instalirane komunikacione infrastrukture. V2P komunikacije omogućuju razmenu informacija između vozila i personalnih uređaja putnika, pešaka, biciklista, motociklista i drugih učesnika u neposrednom okruženju vozila. Sa druge strane, V2R i V2I komunikacije zasnivaju se na konceptu korišćenja infrastrukturnih mreža. V2R konekcije omogućuju razmenu informacija između vozila i namenski postavljene (*RSU*) opreme duž ulične infrastrukture, dok V2I komunikacije služe za povezivanje vozila sa različitim infrastrukturnim komunikacionim mrežama, kao što su bežične lokalne mreže (*WLAN*, *Wireless Local Area Network*), bežične mreže za šira područja (kao što su mobilne ćelijske mreže), sve do satelitskih komunikacija koje pružaju globalno pokrivanje.



Slika 4. Koncept heterogenih (V2X) bežičnih komunikacija u okviru IoV

IoV koncept biće zasnovan na primeni različitih bežičnih komunikacionih tehnologija, koje se mogu generalno svrstati u sledeće kategorije: *i*) namenske komunikacione tehnologije u okruženju za vozila (*DSRC*, *Dedicatet Short Range Communications* / *WAVE*, *Wireless Access in Vehicular Environments*) razvijane za potrebe *VANET* (*Vehicular Ad-hoc Networks*) mreža, *ii*) tehnologije mobilnih ćelijskih komunikacija, uključujući aktuelne 3G/4G (*UMTS*, *LTE*, *LTE-A*), kao i bežične mreže naredne generacije (*5G*) i *iii*) tehnologije fiksnih bežičnih komunikacija za male domete,

uključujući Wi-Fi *IEEE 802.11 a/b/g/n* standard, NFC (*Near Field Communications*), *Zigbee*, *Bluetooth*, *VLC (Visible Light Communications)* i dr. Ove tehnologije su namenjene za različite tipove komunikacija u okruženju za vozila, pri čemu svaka od njih ima svojih prednosti, ali i nedostataka. Interkonekcija različitih tipova bežičnih mreža (*VANET*, *Wi-Fi*, *3G/4G*, satelitskih komunikacija i dr.) i tehnologija predstavljaće ozbiljan izazov u realizaciji budućeg heterogenog koncepta *IoV* umrežavanja.

3.3 Korisničke aplikacije

Usluge pametnih servera baziranih na *Cloud* tehnologiji koriste se od strane korisničkih aplikacija pomoću odgovarajuće komunikacione tehnologije. Korisničke *IoV* aplikacije mogu se u opštem slučaju podeliti na dve osnovne kategorije: aplikacije orijentisane na bezbednost i upravljanje, i poslovno orjentisane aplikacije.

ITS aplikacije vezane za bezbednost i upravljanje mogu se podeliti u četiri podgrupe: bezbednost, navigacija, dijagnostika i telematika (*remote telematics*). Aplikacije koje se odnose na bezbednost u saobraćaju su *M2M (machine to machine)* komunikacione aplikacije. Performanse i kvalitet operacija mogle bi biti značajno poboljšane integrisanjem pametnih servera baziranih na *Cloud*-u. Ovi serveri koriste tzv. *big data* podatke kako bi donosili inteligentne odluke u *IoV* konceptu. Primenom navedenih aplikacija mogu se unaprediti performanse samog vozača, kao i kvalitet vožnje. Aplikacije uključuju automatske operacije i tako smanjuju napore vozača potrebne za kvalitetnu vožnju. Neke od bezbednosnih aplikacija navedene su u nastavku:

Sprečavanje saobraćajnih nezgoda: To je bezbednosni *M2M* komunikacioni sistem namenjen vozilima. On je u funkciji sprečavanja saobraćajnih nezgoda i zasniva se na razmeni informacija u realnom vremenu između različitih vozila. Podrazumeva različite automatske operacije uključujući kontrolu brzine, promenu saobraćajnih traka, zaustavljanje, kontrolu upravljanja vozilom itd. Ovakav sistem bio bi veoma koristan za autoputeve i urbane sredine sa velikom gustinom saobraćajnog toka.

Hitni poziv (emergency call): To je sistem hitnih poziva koji se upućuju u slučajevima vanrednih situacija kada je neophodno kontaktirati hitne službe (policija, vatrogasci, pomoć na putu), kao i porodicu ili prijatelje. Ovi pozivi mogu biti automatski ili manuelno generisani, pružajući sve informacije u vezi sa trenutnim i ranijim situacijama vozila, kao što su broj putnika, brzina, pravac, lokacija, traka, uzroke hitnosti itd. Ovo se može smatrati "crnom-kutijom" vozila.

Navigacija: *ITS* aplikacije vezane za navigaciju su usluge bazirane na georeferenciranim podacima. Performanse ove aplikacije uglavnom zavise od tačnosti informacija o lokaciji. Informacije se dobijaju iz *GPS* uređaja u vozilu. Ove aplikacije predstavljaju podršku upravljanju saobraćajnim i transportnim sistemom u realnom vremenu. Neometan protok vozila i minimalna emisija ugljen-dioksida u okruženju su neki od ključnih ciljeva navigacionih aplikacija zasnovanih na lokaciji. Ovaj sistem prikuplja podatke od video senzora vozila i heterogenih komunikacionih mreža. Sistem se oslanja na *online streaming* informacije o saobraćaju putem heterogene mreže vozila.

Pametni parking: To je sistem za efikasno upravljanje parkiranjem u urbanim sredinama. Pomaže u pronalaženju najbližeg raspoloživog parking prostora komuniciranjem sa parkiranim vozilima. Sistem se oslanja na tačno pozicioniranje vozila unutar bilo koje infrastrukture za parkiranje. Koristi *GPS* prijemnik i tehnike

kooperativnog pozicioniranja. Sistem smanjuje potrošnju goriva i vreme pronalaženja mesta za parkiranje.

Multi-modalni transport: Ovaj koncept transportnog sistema predstavlja sistem od više integrisanih vidovnih podsistema transporta putnika koji funkcionišu u jednom urbanom području. Optimizuje iskorišćenje angažovanih i raspoloživih transportnih kapaciteta i postiže sveukupnu pogodnost za korisnike, a sa druge strane proizvodna, tehnička i ekonomska efikasnost transportnog sistema, podignuta je na optimum. Aplikacija je uvedena zbog postojanja čitavog spektra različitih vidova transporta u gradskom transportnom sistemu.

Dijagnostika: Aplikacija se odnosi na dijagnostiku vozila u cilju zaštite vozila. Osim praćenja vozila u realnom vremenu, upravljanje podacima o stanju vozila baziranih na oblaku je jedna od bitnih svojstava ove aplikacije. Dijagnostički podaci se koriste za *online* predviđanje stanja vozila i održavanje vozila. Na ovaj način smanjuju se troškovi održavanja vozila. Aplikacije blagovremeno ukazuju na potrebu za popravkom ili servisiranjem vozila. Jedan od dijagnostičkih klijenata je *Self-Repair* - to je sistem za navođenje popravki, koji pomaže vlasniku vozila da odgovori zahtevima hardvera/softvera samog vozila. Sistem se oslanja na bazu podataka baziranu na oblaku.

Telematika: Ova aplikacija podrazumeva mogućnost daljinskog pristupa parkiranim vozilima upotrebom veoma sigurnih daljinskih telematskih aplikacija. Aplikacije su zasnovane na preciznom daljinskom praćenju, metodama autentifikacije i autorizacije. Neki od primera u ovoj kategoriji uključuju daljinsko zaključavanje/otključavanje, nadzor automobila itd.

Poslovno orijentisane ITS aplikacije mogu se svrtati u četiri kategorije koje uključuju osiguranje, *car sharing*, aplikacije informativnog i zabavnog karaktera, i dr.

Osiguranje: ITS aplikacije vezane za osiguranje zasnivaju se na statističkoj analizi informacija uključujući korišćenje vozila, ponašanje vozača, mesto korišćenja i vreme korišćenja vozila. Ove aplikacije smanjuju troškove osiguranja, a time optimizuju troškove vlasnika vozila. Jedna od aplikacija zasnovanih na osiguranju je statistika vožnje, na osnovu koje se automatski izračunava naknada za osiguranjem. Informacije uključuju dnevno / mesečno / godišnje vreme vožnje - koliko vozite, i dnevno / mesečno / godišnje kršenje saobraćajnih propisa - kako vozite. Sistem se u potpunosti oslanja na statistiku korišćenja vozila na oblaku.

Ride Sharing: Ova aplikacija predstavlja poseban hibridni sistem zajedničkog transporta, koji neki autori nazivaju i modifikovano korišćenje putničkih automobila. Tipični predstavnici ovog podsistema su zajednički privatni automobil (*Carpool*), zajednički privatni minibus (*Vanpool*) i zajednički automobil (*CarSharing*). Procesi planiranja i organizacije transporta kod ovog podsistema su posledica zajedničkog dogovora dve ili više osoba koje se udružuju u cilju zajedničkog korišćenja jednog transportnog sredstva. To znači da se ovaj podsistem može svrstati u transport za sopstvene potrebe, ali i u javni gradski transport putnika (preciznije, u podsistem fleksibilnog transporta). Aplikacije su zasnovane na konceptu poboljšanja korišćenja putničkog automobila za realizaciju iste transportne potrebe u prostoru i vremenu, a samim tim i smanjenju personalnih troškova transporta. Aplikacija locira korisnike koji ispostavljaju isti ili sličan transportni zahtev i spaja ih sa vlasnikom automobila odnosno vrši se optimizacija realizacije putovanja bazirana na ukrštanju istovetnih transportnih zahteva putnika u bliskom vremenskom periodu u različite svrhe putovanja.

Infotainment: Polazeći od koncepta povezanosti kuće, posla i opšte mobilnosti, ova aplikacija podrazumeva povezane vožnje. Aplikacije se oslanjaju na pouzdanu Internet vezu. Aplikacija omogućava veću produktivnost i pouzdanost tokom vožnje zbog korištenja aplikacija za automatsku podršku vozača. Jedna od poznatih aplikacija je: *Connected Driving*. To je sistem za sinhronizaciju uređaja koji povezuje displej u vozilu sa kancelarijom ili kućnim računarom, *smart* telefonom ili drugim *online* uređajima.

Postoje i druge aplikacije koje ne spadaju u gore navedene kategorije. Misli se na aplikacije koje su veoma korisne u smislu komercijalizacije transportnih usluga. To su aplikacije zasnovane na različitim tehnologijama i konceptima poslovanja. Jedna od aplikacija u ovoj kategoriji je *Cloud Service*. Sistem oblaka formira autonomni oblak grupe vozila ili povezuje vozila sa tradicionalnim oblakom. U svakom slučaju, resursi povezanih vozila su dostupni za korištenje kao *Cloud* servis, a isto tako vozila mogu koristiti *smart Cloud* servise. Na ovaj način eliminišu se ograničenja u smislu obrade i skladištenja podataka u vozilu. Navedene korisničke aplikacije imaju različite servisne zahteve u smislu zahtevanih parametara mreže. Servisni zahtevi zavise, pre svega, od tipa aplikacije. Odgovarajuće preferencije bežične pristupne tehnologije se setuju od strane korisnika kako bi se odabrala odgovarajuća bežična pristupna tehnologija tokom uspostavljanja veze.

4. Mogući pravci razvoja IoV

Smatra se da bi IoV koncept doneo nove funkcionalnosti na svakom polju drumskog saobraćaja i transporta, od same proizvodnje vozila i dalje tokom celokupnog životnog ciklusa vozila, pa sve do kvalitetne proizvodnje i pružanja transportne usluge. U budućem IoV konceptu, svako vozilo bilo bi *online* vozilo, vidljivo na mreži od proizvodnje, kupovine, korišćenja, sve do okončanja upotrebe od strane kupaca. Većina usluga vezanih za vozila (kao npr. status vozila, godišnji izveštaj o inspekciji, status plaćanja drumskih taksi, popravke itd) bila bi *online* dostupna putem IoV mreže. Troškovi upravljanja vozilom bili bi drastično smanjeni. Svako vozilo bi imalo jedinstvenu identifikacionu Internet adresu (ID), što je preduslov za *online* vozilo. Globalni ID bi eliminisao potrebu za identifikacijom vozila na bazi GPS-a. Takođe, uvođenjem globalnog Internet ID-a bilo bi moguće realizovati koncept "crne kutije" za vozila. Jedinstveni ID vozila bi omogućio sva plaćanja koja se odnose na vozilo. Ovo bi bio značajan korak u smislu sticanja ekonomskog identiteta vozila. Automatska plaćanja, koja se odnose na putarine, parking, gorivo, različite takse, usluge i dr., uveliko bi poboljšala efikasnost upravljanja saobraćajno-transportnim sistemom. Pored toga, integracija RFID + GPS-a bi u velikoj meri proširila operativni okvir postojećih ITS sistema. To je zbog mogućnosti implementacije novih, kao i unapređenja efikasnosti i kvaliteta postojećih ITS aplikacija. Zaštita privatnosti i generisanje pouzdanog ID-a će otvoriti nove izazovne teme istraživanja i budućeg razvoja. Integracija heterogenih mreža baziranih na oblaku sa mrežom vozila rezultirala bi ogromnim izvorom (bazom) podataka. Ovakav resurs bi se mogao iskoristiti na produktivan način od strane različitih kompanija, uključujući automobilsku industriju, prevoznike, internet provajdere, osiguravajuće kompanije i dr. Upravljanje velikom količinom poslovnih podataka biće izazovno u IoV konceptu u smislu skladištenja, obrade i digitalne distribucije podataka bazirane na oblaku.

5. Zaključak

IoV koncept razvija se kao globalna heterogena mreža vozila. Dva osnovna cilja IoV koncepta uključuju automatizaciju različitih funkcionalnosti vozila i komercijalizaciju mreže vozila. U ovom radu predstavljen je okvir IoV koncepta, koji treba da obezbedi osnovu za dobijanje uvida i celokupnog razumevanja slojevitih arhitekture IoV koncepta, komunikacionih tehnologija, sadašnjih i budućih aplikacija vezanih za sigurnost, efikasnost i komercijalizaciju ovog koncepta. Prihvaćenost navedenih komunikacionih tehnologija na globalnom nivou uključuje mnogo problema koje treba rešiti. Glavni problem tiče se sigurnosti podataka zbog različitih internet napada. Budući rad na ovom polju treba da bude usmeren na rešavanje problema vezanih za sigurnost podataka, zakonske i regulatorne okvire, nedostatak standarda, probleme adresiranja i skalabilnosti. Istraživački rad bi trebao biti usmeren ka razvoju tehnološko orijentisanih aplikacija, standardizaciji i unapređenju pratećih tehnologija.

Literatura

- [1] ISO/IEC JTC1–Information Technology. Internet of Things (IoT)-Preliminary Report 2014. Online: http://www.iso.org/iso/internet_of_things_report-jtc1.pdf (accessed on 20 April 2015).
- [2] ITU-T, Rec. ITU-T Y.2060, Overview of the Internet of Things, ITU-T Standard Y.2060, Jun. 2012.
- [3] A. Nordrum, "Popular Internet of Things Forecast of 50 Billion Devices by 2020 Is Outdated", *IEEE Spectrum*, Avg., 2016.
- [4] O. Kaiwartya et al, "Internet of Vehicles: Motivation, Layered Architecture, Network Model, Challenges, and Future Aspects", *IEEE Access*, Vol. 4, pp. 5356-5373, Sept., 2016.
- [5] R. Kitchin, "The real-time city? Big data and smart urbanism", *GeoJournal*, 79(1), pp. 1-14, 2014.
- [6] N. Mitton, S. Papavassiliou, A. Puliafito and K. S. Trivedi, *Combining Cloud and sensors in a smart city environment*, Springer, 2012.
- [7] K. Su, J. Li and H. Fu, "Smart city and the applications", in *Electronics, Communications and Control (ICECC), 2011 International Conference on*, 2011.
- [8] N. Walravens and P. Ballon, "Platform business models for smart cities: from control and value to governance and public value", *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 6, pp. 72-79, 2013.

Abstract: *The new era of the smart mobility is shaped in the Internet of Vehicles (IoV) paradigm, which implies hybrid use of Internet of Things (IoT) devices, various wireless communication technologies, cloud technologies, Internet services and applications. The IoV concept enables the collection and sharing of the information about vehicles, infrastructure and their environment. Moreover, the IoV enables processing, calculation, sharing and publishing of the information on the various platforms available to the most users today. This paper presents a comprehensive framework of IoV with emphasis on layered architecture, network model, discusses the communication technologies required to create the IoV, presents different applications based on certain currently existing technologies, provides some open research challenges and describes essential future research in the area of IoV.*

Keywords: *applications, Internet of Vehicles, smart city, network model, communication technologies, transport*

IoV AS A NEW PARADIGM OF SMART CITY

Slaven Tica, Goran Marković, Valentina Radojičić, Slobodan Mitrović