Sustav za stvarno vremenski dohvat podataka iz prometne mreže

Čižmešija, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:885908

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Filip Čižmešija

SUSTAV ZA STVARNOVREMENSKI DOHVAT PODATAKA IZ PROMETNE MREŽE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 31. siječnja 2020.

Zavod: **Zavod za inteligentne transportne sustave**
Predmet: **Napredne baze podataka**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5493

Pristupnik: **Filip Čižmešija (0036463398)**
Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

Zadatak: **Sustav za stvarno vremenski dohvat podataka iz prometne mreže**

Opis zadatka:

Današnji prometni sustavi generiraju velike količine podataka koja pristižu od senzora postavljenih na prometnicama. Obradom takvih podataka moguće je raditi predikcije prometnih tokova u budućnosti i analizirati postojeće stanje prometnih tokova. Dobar primjer takvih senzora su radari i bluetooth detektori koje nakon što se postave na mjerne pozicije treba opremiti dodatnom komunikacijskim sklopovljem i softverskim komponentama za dohvat podataka tj. sustavom za prijenos i pohranu prikupljenih podataka. U tu svrhu potrebno je izraditi sustav za dohvat podatka s bluetooth detektora i radara u PHP programskom jeziku, te kreirati SQL bazu podataka za pohranu dohvaćenih podataka. Posebnu pažnju potrebno je posvetiti konfiguriranje potrebne komunikacijske opreme i objasniti kako takav jedan sustav pokrenuti i započeti s eksperimentalnim korištenjem tj. prijenosom i pohranom podataka u realnom slučaju.

Mentor:

prof. dr. sc. Tonči Carić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

SUSTAV ZA STVARNOVREMENSKI DOHVAT PODATAKA IZ PROMETNE MREŽE

SYSTEM FOR REAL-TIME TRAFFIC NETWORK DATA ACQUISITION

Mentor: prof. dr. sc. Tonči Carić

Student: Filip Čižmešija

JMBAG: 0036463398

Zagreb, srpanj 2020.

SUSTAV ZA STVARNOVREMENSKI DOHVAT PODATAKA IZ PROMETNE MREŽE

SAŽETAK

Dohvat i obrada podataka je nešto što nas svakodnevno okružuje. Podaci se dohvaćaju i obrađuju za sustave koji su pogodni za mjerenje. Promet je jedan od takvih sustava. Dohvatom i obradom izmjerenih podataka, omogućuje se analiza i predviđanje ponašanja prometa. Kroz rad je opisan princip rada sustava za stvarnovremenski dohvat podataka iz prometne mreže, baziran na mjerenju prometa putem Bluetooth detektora i Doppler radara. Razvijena je aplikacija čija je osnovna funkcionalnost dohvat podataka s uređaja, pohrana podataka u bazu podataka, kao i prezentacija istih krajnjim korisnicima sustava.

Ključne riječi: radar, Bluetooth detektor, prometna mreža, web aplikacija, baza podataka

SYSTEM FOR REAL-TIME TRAFFIC NETWORK DATA ACQUISITION

SUMMARY

Data retrieval and processing is something that surrounds us on a daily basis. Data is retrieved and processed for systems that are suitable for measurement. Traffic is one of these systems. By retrieving and processing the measured data, it is possible to analyze and predict traffic behavior. This work describes the principle of operation of the system for real-time retrieval of data from the traffic network, based on the measurement of traffic via Bluetooth detectors and Doppler radar. Application that has been developed has basic functionality of retrieving data from the device, storing data in a database, as well as presenting them to end users of the system.

Keywords: radar, Bluetooth detector, traffic network, web application, database

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Senzori u prometnoj mreži 3
2.1. Bluetooth senzor 3
2.1.1. Bluetooth tehnologija i princip rada senzora 5
2.1.2. Rezultati dobiveni mjerenjem prometa DeepBlue R-Model senzorom 7
2.2. Radarski uređaj 8
2.2.1. Radarski uređaj Houston Radar SpeedLane Pro 8
2.2.2. Rezultati mjerenja prometa pomoću radara 9
2.3. Alternativni načini mjerenja prometa 10
3. Programski protokoli dohvata podataka za Bluetooth detektore i radare 11
3.1. Protokoli za razmjenu podataka Bluetooth senzora DeepBlue 11
3.1.1. DeepBlue senzor kao server 12
3.1.2. DeepBlue senzor kao klijent 13
3.2. Protokoli za razmjenu podataka radarskog uređaja SpeedLane Pro 14
4. Funkcionalnost sustava za dohvat podataka 15
4.1. Mrežno povezivanje senzora 16
4.2. Konfiguracija mrežnih uređaja 20
4.2.1. Konfiguracija dinamičkog osvježavanja DNS zapisa 22
4.2.2. Prosljeđivanje TCP porta za komunikaciju s senzorima 26
5. Izrada programskog koda PHP programskim jezikom i izrada SQL baze podataka 28
5.1. Web aplikacija bazirana na PHP programskom jeziku 28
5.1.1. Korisnički pristup aplikaciji 28
5.1.2. Aplikativni pristup podacima 32
5.2. Microsoft SQL Server baza podataka 34
6. Testiranje sustava 41
7. Zaključak 42
Reference 43
Popis kratica 44
Popis slika 45
Popis tablica 46

1. Uvod

Promet kao i prometni tok moguće je mjeriti raznim mjernim instrumentima, ali i uređajima čija prvenstvena namjena nije mjerenje prometa. Potreba za mjerenjem prometa, nastala je radi potrebe za analizom prometa i prometnog toka, ali i radi raznih predikcija ponašanja prometa. Uz danas sve dostupne tehnologije, može se predvidjeti ponašanje prometa. Na temelju dobivenih podataka putem mjernih uređaja ili javno dostupnih podataka, svaki pojedinac može planirati rute putovanja, kako bi što prije i što lakše stigao do odredišta.

U ovome radu obrađuje se tematika dohvata i obrade podataka s Bluetooth senzora i radarskog uređaja. Bluetooth senzor radi na principu detekcije aktivnih Bluetooth primopredajnika, a radar radi na principu Doppler efekta. Oba senzora su korisna za mjerenje prometne mreže, bilo brzine vozila, smjera kretanja vozila ili količine vozila na određenoj prometnici.

Svaki od navedenih senzora ima mogućnost komunikacije putem interneta s poslužiteljima od svoga proizvođača. Navedenim rješenjem moguće je pratiti podatke, no podaci se ne nalaze na jednom mjestu, već na više poslužitelja što svakako otežava dohvat pa i kasniju analizu istih. Uz sve navedene činjenice, potrebno je kreirati centralizirani sustav koji dohvaća podatke sa svih dostupnih senzora. Uz navedeno kreirana je i infrastruktura putem koje se vrši dohvat podataka na siguran način.

Diplomski rad strukturiran je u 7 poglavlja

1. Uvod
2. Senzori u prometnoj mreži
3. Programski protokoli dohvata podataka za Bluetooth detektore i radare
4. Funkcionalnost sustava za dohvat podataka
5. Izrada programskog koda PHP programskim jezikom i izrada SQL baze podataka
6. Testiranje sustava
7. Zaključak

U drugom poglavlju rada, objašnjeni su senzori u prometnoj mreži bazirani na Bluetooth detektoru i Doppler radaru, koji će se koristiti za dohvat podataka iz prometne mreže.

U trećem poglavlju, opisani su programski protokoli za dohvat podataka s Bluetooth detektora i radarskog uređaja. Protokoli opisani u navedenom poglavlju korišteni su za komunikaciju između servera i senzora.

Četvrto poglavlje opisuje sve funkcionalnosti sustava za dohvat podataka, kao i logiku dohvata i pohrane podataka.

U petom poglavlju prikazana je web aplikacija razvijena za potrebe prikaza podataka te sama struktura baze podataka.

U šestom poglavlju, opisano je testiranje sustava u testnom okruženju.

2. Senzori u prometnoj mreži

Senzor ili pretvornik [1] je uređaj čija je svrha mjerenje određenih fizikalnih veličina te pretvorba izmjerenih veličina u signal pogodan za daljnju obradu. Najčešće je rezultat pretvorbe upravo električni signal. Električni signal je pogodan za prijenos kao i za pohranu te daljnju obradu.

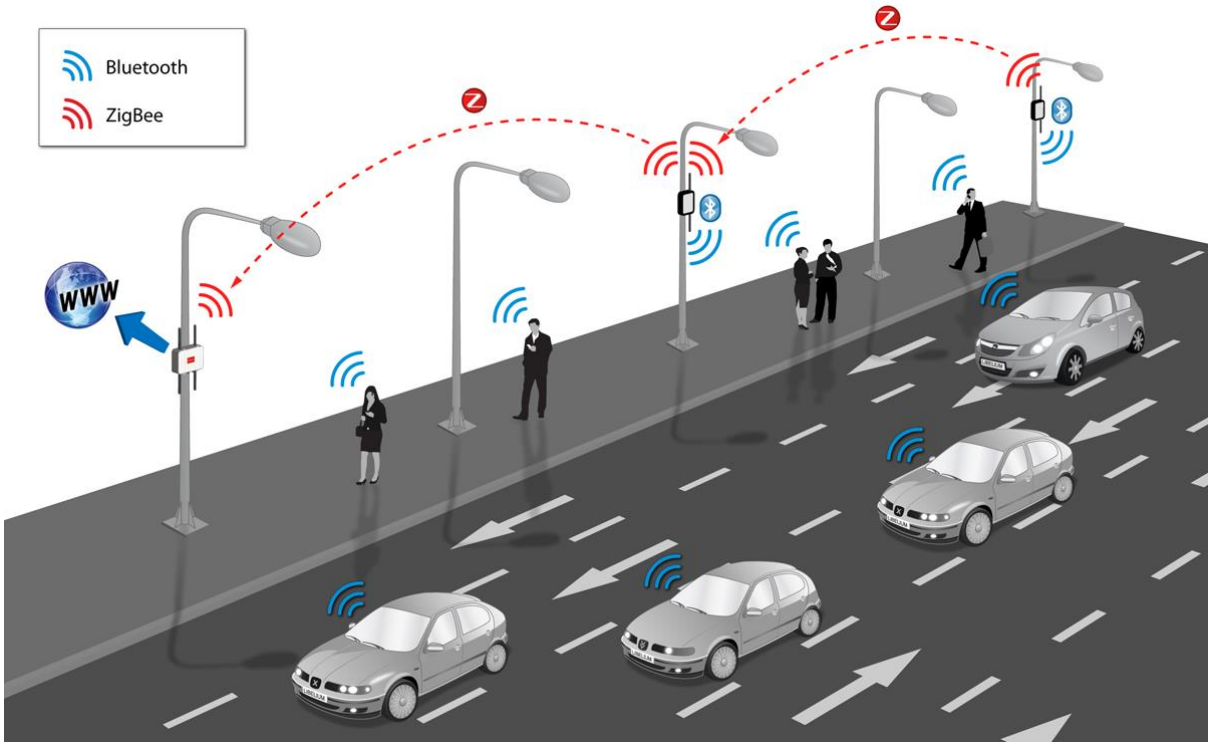
Senzore susrećemo u svakodnevnom životu, iako toga nismo ni svjesni. Nalaze se u vozilima u vidu parking senzora, u vozilima javnog gradskog prijevoza radi sigurnosti ulaska i izlaska putnika ili u dizalima kao senzor za zatvaranje vrata. Navedeni senzori osim što olakšavaju izvršavanje određenih aktivnosti, ujedno doprinose i sigurnosti svih pojedinaca.

Osim navedenog, olakšavanja izvršavanja određenih aktivnosti, senzori mogu služiti i kao mjerni instrumenti. Primjerice mjerenje udaljenosti, mjerenje brzine kretanja, prebrojavanje ljudi na vratima i slično. U prometnoj mreži svakako su zanimljivi senzori za mjerenje brzine kretanja, ali i za prebrojavanje vozila. Također, vrlo su česti i senzori na parkirnim mjestima, koji javljaju zauzetost određenog parkirnog mjesta centralnom sustavu, te korisnici na temelju tih informacija mogu zaključiti ima li na navedenom parkiralištu slobodnih mjesta ili ne. U vidu predikcije i analize podataka iz same prometne mreže, najzanimljiviji su senzori za mjerenje brzine kretanje, primjerice radar, kao i senzor koji može prebrojiti količinu vozila, primjerice Bluetooth detektor. Bluetooth senzori postali su u današnje vrijeme zanimljivi u prometu, s obzirom da velika većina današnjih vozila ima aktivan Bluetooth primopredajnik za neko od mogućih povezivanja s audio sustavom vozila ili netko od putnika ima uređaj s aktivnim Bluetooth primopredajnikom, pa se može detektirati Bluetooth signal prilikom prolaza vozila pokraj detektora.

2.1. Bluetooth senzor

Bluetooth senzor je vrsta uređaja čija je namjena dohvaćanje podataka o drugom uređaju ili senzoru koji emitira Bluetooth signal. U prometnom pogledu, cilj Bluetooth senzora je dohvat podatka s Bluetooth uređaja iz samog vozila [2]. Prilikom dohvata podataka najčešće

se dohvaćaju podaci o identifikatoru samog uređaja, odnosno MAC adresi i vremenskoj oznaci dohvata podataka. MAC adresa je jedinstvena oznaka svakog uređaja, te svaki uređaj ima svoju vlastitu jedinstvenu adresu. Na temelju tog podatka i vremenskih oznaka, moguće je procijeniti kretanje samog vozila kao i neke korisne podatke kao što su primjerice vrijeme putovanja ili prosječna brzina između dvije mjerne točke. Na slici 1 prikazan je primjer mjerenja prometa pomoću Bluetooth mjernih senzora.



Slika 1: Primjer postavljenih senzora u prometnoj mreži [3]

Na navedenoj slici, vidljivo je postavljanje više uređaja na stupovima od javne rasvjete radi što preciznije izmjerenih podataka. Svako od navedenih vozila ima u sebi određeni Bluetooth uređaj kojega mjerni senzor prepoznaje i pohranjuje. Također uz sama vozila, detektor ujedno detektira i sve ostale uređaje koji emitiraju signal putem Bluetootha. To mogu biti mobilni telefoni, ali i razni drugi senzori. Na primjeru sa slike, vidljivo je da senzori mogu međusobno komunicirati putem ZigBee mreže. ZigBee mreža [4] je komunikacijska mreža vrlo male snage i protoka podataka, povoljna za korištenje na IoT uređajima odnosno senzorima. Bluetooth detektore također možemo gledati i kao IoT senzore.

2.1.1. Bluetooth tehnologija i princip rada senzora

Bluetooth kao tehnologija i protokol, inicijalno je razvijen od strane Ericssona, te predstavljen 1989. godine. Prvobitno je zamišljena kao tehnologija koja je trebala služiti za bežično povezivanje slušalica na mobilni telefon. Kasnije se pokazalo da se navedena tehnologija može koristiti i za puno šire primjene, pa je tako vidljivo da se može koristiti između ostaloga i za mjerenje prometa.

Bluetooth radi u frekvencijskom pojasu komercijalne namjene od 2.4 GHz. Točan raspon mu se kreće od 2.402 – 2.480 GHz [5]. Za komunikaciju i prijenos podataka koristi 79 kanala s razmakom od 1 MHz. Kapacitet Bluetootha je od 1 do 3 Mb/s ovisno o korištenoj modulaciji. Za potrebe IoT-a, razvijena je verzija Bluetootha s ciljem manje potrošnje električne energije tzv. Bluetooth Low Energy (LE) [6]. Potrošnja energije Bluetootha LE je u rasponu od 1 – 50% u odnosu na klasični Bluetooth. Zbog manje potrošnje ujedno je smanjen i protok podataka, ali maksimalna brzina je i dalje 2 Mb/s. U tablici 1 prikazana je paralelna usporedba Bluetooth tehnologije i Bluetooth LE tehnologije.

	Bluetooth Low Energy (LE)	Bluetooth Basic Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR)
Frekvencijski pojas	2.4GHz ISM Band (2.402 – 2.480 GHz Utilized)	2.4GHz ISM Band (2.402 – 2.480 GHz Utilized)
Kanali	40 channels with 2 MHz spacing (3 advertising channels/37 data channels)	79 channels with 1 MHz spacing
Iskoristivost kanala	Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)	Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)
Modulacija	GFSK	GFSK, π/4 DQPSK, 8DPSK
Potrošnja energije	~0.01x to 0.5x of reference (depending on use case)	1 (reference value)
Propusnost	LE 2M PHY: 2 Mb/s LE 1M PHY: 1 Mb/s LE Coded PHY (S=2): 500 Kb/s LE Coded PHY (S=8): 125 Kb/s	EDR PHY (8DPSK): 3 Mb/s EDR PHY (π/4 DQPSK): 2 Mb/s BR PHY (GFSK): 1 Mb/s
Maksimalna potrošnja	Class 1: 100 mW (+20 dBm) Class 1.5: 10 mW (+10 dBm) Class 2: 2.5 mW (+4 dBm) Class 3: 1 mW (0 dBm)	Class 1: 100 mW (+20 dBm) Class 2: 2.5 mW (+4 dBm) Class 3: 1 mW (0 dBm)
Mrežna topologija	Point-to-Point (including piconet) Broadcast Mesh	Point-to-Point (including piconet)

Tablica 1: Usporedba Bluetooth tehnologije s Bluetooth LE tehnologijom

Primjer Bluetooth senzora za mjerenje prometne mreže je DeepBlue R-Model. Navedeni uređaj razvijen je od strane kompanije Trafficnow [7]. Glavne karakteristike modela su jednostavno postavljanje na vanjskoj lokaciji, istosmjerno napajanje u rasponu od 12 – 48 V, napajanje putem Ethernet priključka, ali i komunikacija s drugim uređajima ili poslužiteljima

putem 3G ugrađenog modula. Uz mogućnost detekcije Bluetooth signala, moguće je detektirati i Wi-Fi signal. Sami uređaj posjeduje ugrađenu antenu s kutom pokrivanja 65°, koja može raditi i kao omni antena s pokrivanjem od 360°. Osjetljivost samog uređaja i antene je do -104 dB. Za komunikaciju je moguće koristiti već od prije naveden 3G modul, ali i klasičan Ethernet port. Komunikacijski moduli se najčešće koriste za transfer podataka, bilo fizički sa samog uređaja ili udaljenim putem koristeći neke od navedenih tehnologija. Uređaj posjeduje i GNSS modul, točnije GPS, za točno pozicioniranje i sinkronizaciju vremena. Ima siguran SSL pristup i ugrađeni vatrozid kako bi se uređaj maksimalno zaštitio, bilo mrežno ili aplikativno. Na slici 2 prikazan je navedeni model DeppBlue R-Model.



Slika 2: DeepBlue R-Model [8]

2.1.2. Rezultati dobiveni mjerenjem prometa DeepBlue R-Model senzorom

Bluetooth senzor pohranjuje podatke o vremenu detekcije uređaja, prvih šest znakova MAC adrese, MAC adresu, vrsti uređaja i snazi snimljenog signala. Vrijeme označava u sekundama, a u stvarno vrijeme se pretvara tako da se računa proteklo vrijeme u sekundama od 1.1.1970. Prvih šest znakova MAC adrese pogodno je za pronalazak proizvođača

snimljenog uređaja, jer je prvih šest znakova vezano uz proizvođača, te je navedeno unikatno za svakog proizvođača zasebno. U tablici 2 prikazan je primjer ispisa podataka.

Vrijeme	MAC 6 znkaova	MAC	Vrsta	Snaga [dBm]
1553257548	48:5a:b6	48:5a:b6:f0:a5:d8	3e010c	-79
1553257548	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-76
1553257551	74:95:ec	74:95:ec:1d:81:26	340408	-71
1553257558	48:5a:b6	48:5a:b6:f0:a5:d8	3e010c	-66
1553257559	74:95:ec	74:95:ec:1d:81:26	340408	-74
1553257559	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-68
1553257560	48:f0:7b	48:f0:7b:c1:5b:c1	340408	-81
1553257560	8c:eb:c6	8c:eb:c6:d3:01:b7	5a020c	-85
1553257568	8c:eb:c6	8c:eb:c6:d3:01:b7	5a020c	-70

Tablica 2: Primjer rezultata očitanih s Bluetooth senzora

2.2. Radarski uređaj

Radarski uređaj ili stručno Doppler radar je uređaj s kojim je moguće mjeriti udaljenost od određenog objekta u pokretu i samog radara [9]. Na temelju udaljenosti između ta dva objekta, moguće je izračunati brzinu kretanja pokretnog objekta. Mjerenjem brzine u prometnoj mreži, vrlo lako se može zaključiti gustoća prometa na određenim mjernim dionicama. Uočavanjem smanjenja brzine kretanja vozila na određenoj dionici, može se zaključiti da se dogodilo zagušenje prometa na toj dionici, ali i obrnuto, povećanjem brzine vozila da je gustoća prometa manja.

2.2.1. Radarski uređaj Houston Radar SpeedLane Pro

SpeedLane Pro proizvođača Houston Radar, upravo je jedan od takvih uređaja koje je moguće koristiti za analizu i mjerenje prometne mreže [10]. Navedeni uređaj služi za paralelno

mjerenje 16 prometnih traka. Mjerenja mu se baziraju po vozilu, ali i po prometnoj traci. Za komunikaciju i prijenos podataka, uređaj je moguće povezati Ethernet priključkom, putem Bluetooth-a ili opcionalno putem 3G modula unutar samog uređaja. Uređaj ujedno može snimati i videozapise mjerene dionice. Na slici 3 prikazan je izgled radarskog uređaja.



Slika 3: Radarski uređaj SpeedLane Pro [11]

2.2.2. Rezultati mjerenja prometa pomoću radara

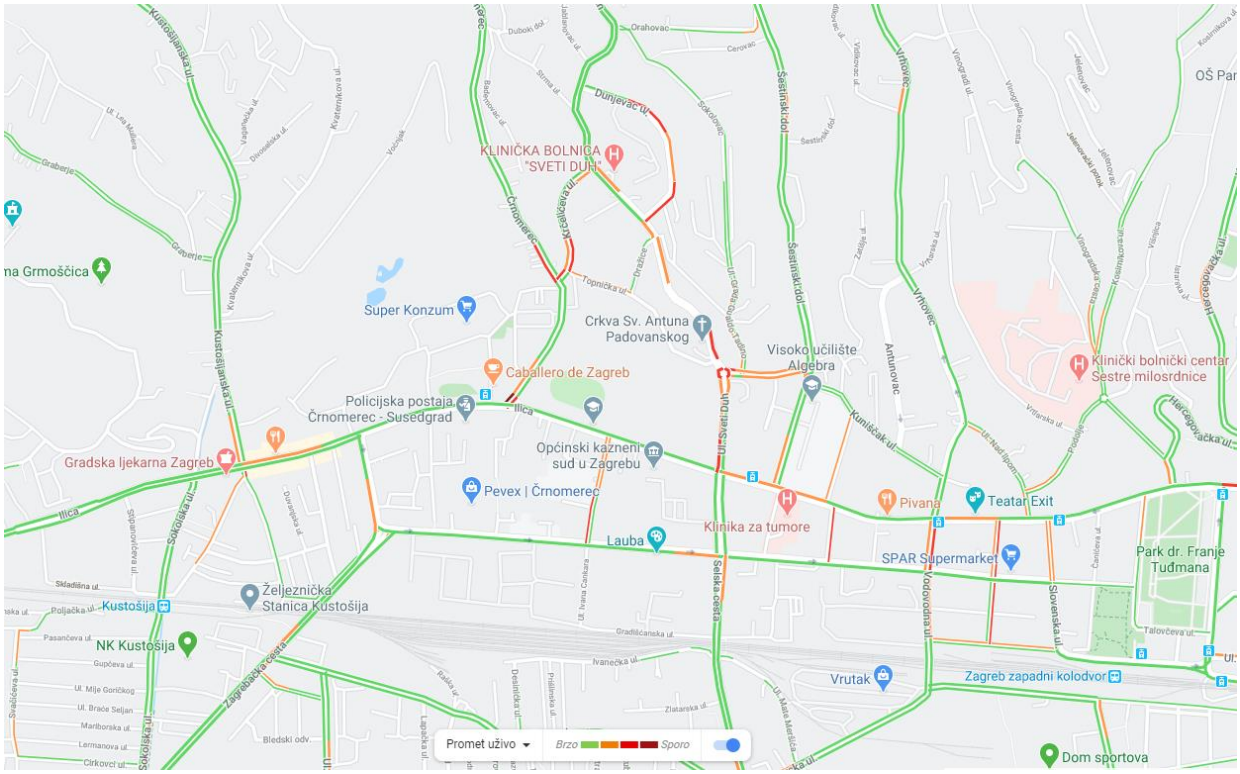
SpeedLane Pro pohranjuje sve izmjerene podatke unutar svoje interne baze podataka. Osnovni podaci koje uređaj pohranjuje su identifikator zapisa (ID), vrijeme zapisa, brzina kretanja, prometna traka, smjer kretanja i duljina vozila. U tablici 3 prikazan je primjer podataka koji su očitani s SpeedLane radara.

ID	Vrijeme	Brzina	Traka	Smjer	Duljina [cm]
102501	2015-10-14 17:00:24.000	18	4	2	671
102502	2015-10-14 17:00:25.000	14	1	2	274
102503	2015-10-14 17:00:26.000	37	3	2	701
102504	2015-10-14 17:00:26.000	26	4	2	274
102505	2015-10-14 17:00:26.000	37	2	2	518
102506	2015-10-14 17:00:27.000	47	3	1	945
102508	2015-10-14 17:00:29.000	29	4	2	274
102509	2015-10-14 17:00:29.000	16	1	2	274
102510	2015-10-14 17:00:29.000	39	2	2	366

Tablica 3: Primjer rezultata očitanih s radara

2.3. Alternativni načini mjerenja prometa

Ukoliko putujemo između dvije točke, sami možemo provjeriti zagušenost prometnica na navedenoj relaciji putem dostupnih rješenja. Neka od njih su besplatna, dok je za određena potrebno izdvojiti određena financijska sredstva. Najpoznatije besplatno rješenje putem kojega je moguće pratiti promet kao i zagušenost na određenim dionicama je Googleov servis Google Maps. Google Maps podatke o gustoći prometa dobiva s pametnih telefona. Napravljen je algoritam koji prati kretanje svakog telefona, te ukoliko se na određenoj prometnici nalazi više uređaja koji se kreću određenom brzinom, algoritam računa zagušenost odnosno protočnost prometnice. Na slici 4 prikazan je primjer zagušenosti prometnica prema Google Maps-u.



Slika 4: Prikaz prometnog opterećenja na Google Maps-u

Navedenu funkcionalnost podržavaju i ostale kartografske platforme kao što su Here WeGo ili Bing Maps.

3. Programski protokoli dohvata podataka za Bluetooth detektore i radare

Svaki od navedenih uređaja koristi određene protokole za dohvat podataka sa samih uređaja. Najčešće korišteni protokoli za razmjenu i dohvaćanje podataka su putem web servisa ili putem direktne veze na bazu podataka uređaja. Podatke je moguće dohvaćati i putem protokola za razmjenu podataka (engl. *File Transfer Protocol* – FTP). Svaki uređaj ima svoje specifičnosti propisane od strane proizvođača.

3.1. Protokoli za razmjenu podataka Bluetooth senzora DeepBlue

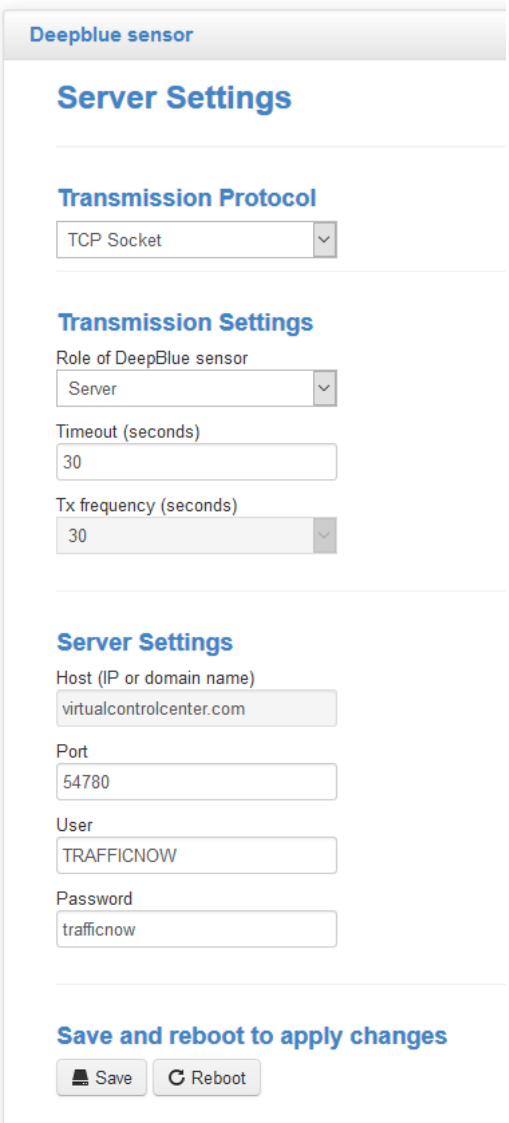
DeepBlue senzor može se ponašati kao server ili kao klijent u pogledu razmjene podataka. Uz navedena dva moda rada, može slati podatke u *Comma-separated values* – CSV obliku na neki od FTP servera ili SSH servera. U tom slučaju generira se CSV datoteka koja se šalje na server putem FTP protokola. FTP protokol je nesiguran protokol iz razloga što sve vrijednosti šalje u nezaštićenom obliku.

Zanimljiviji transfer podataka je svakako koristeći web servise. Kada se za dohvat podataka koriste web servisi, senzor može biti u modu rada kao server ili kao klijent. U slučaju kada se senzor podesi u mod rada kao server, moguće je dohvatiti podatke sa senzora s centralnog mjesta pomoću web servisa. U obrnutoj situaciji, server upisuje podatke na određeno centralno mjesto odnosno server.

U svim navedenim slučajevima za komunikaciju se koristi mrežna komunikacija, bilo žičana preko Ethernet priključka ili bežična putem 3G modula.

3.1.1. DeepBlue senzor kao server

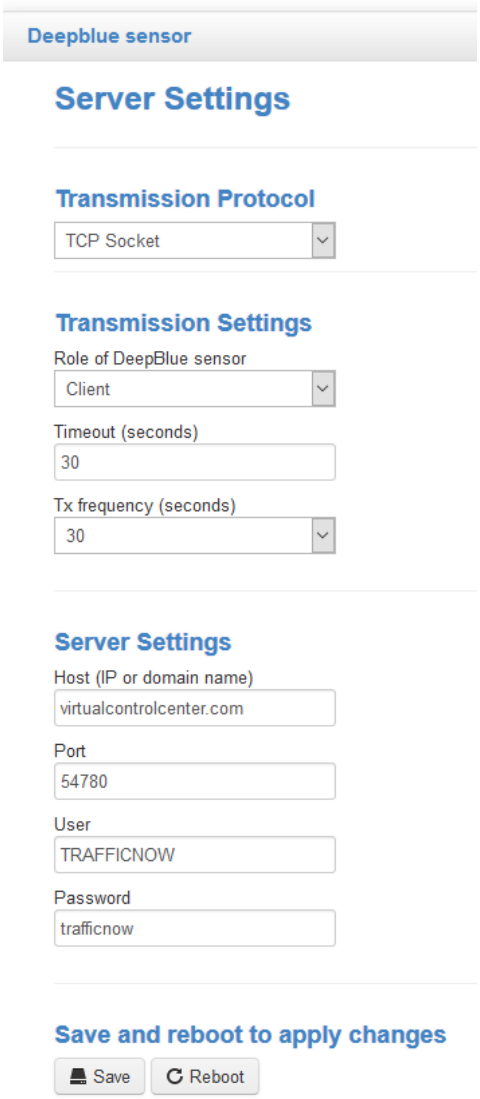
Kada se DeepBlue senzor postavi kao server, u tom slučaju računalo čita podatke sa senzora. Prvo je potrebno u samoj konfiguraciji uređaja omogućiti komunikaciju putem TCP protokola. Senzor će čekati dolaznu konekciju od računala, te po primitku konekcije, izvršiti će autorizaciju. Po uspješnoj autorizaciji, senzor će slati podatke prema računalu do primitka poruke o prekidu slanja podataka. Izgled navedene konfiguracije na samom uređaju prikazan je na slici 5.



Slika 5: Konfiguracija senzora u modu rada kao server

3.1.2. DeepBlue senzor kao klijent

Drugi način rada putem TCP protokola, je kada se senzor ponaša kao klijent. U tom slučaju, u postavkama senzora potrebno je podesiti IP adresu poslužitelja, port koji se koristi za komunikaciju, korisničko ime i lozinku. Centralni server će čekati dolazne konekcije sa senzora, te po primitku iste i uspješne autorizacije, senzor će slati podatke u određenim vremenskim intervalima. U odnosu na prethodnu konfiguraciju uređaja, u ovom modu rada mijenja se rola uređaja u rolu „Client“, podešava se vrijeme slanja podataka kao i adresa servera na koji se podaci šalju. Na slici 6 prikazana je takva vrsta konfiguracije senzora.



Slika 6: Konfiguracija senzora u modu rada kao klijent

3.2. Protokoli za razmjenu podataka radarskog uređaja SpeedLane Pro

Radarski uređaj ima izvedenu komunikaciju na nešto drugačiji način. Osnovni načini povezivanja uređaja su putem:

- Ethernet priključka
- Bluetootha
- serijskog porta
- opcionalno putem 3G modula.

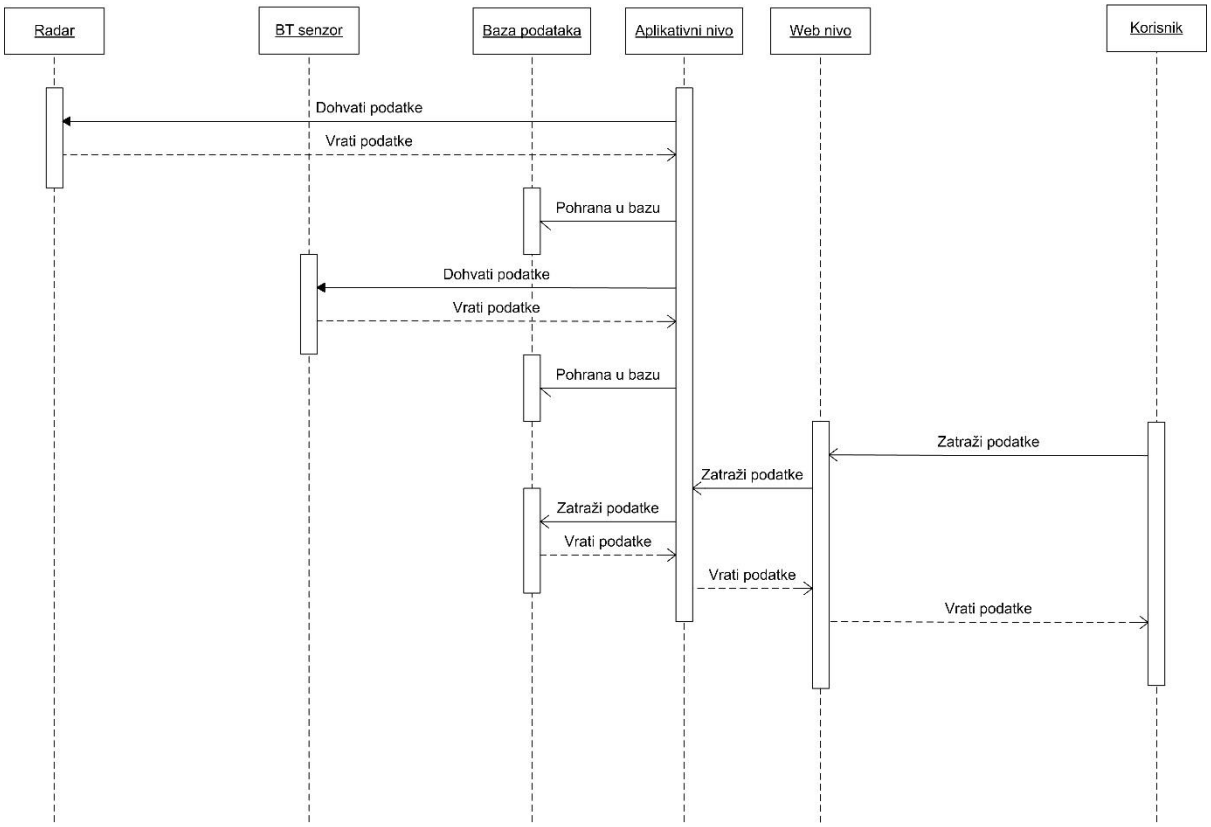
U slučaju povezivanja putem Etherneta, Bluetootha ili serijskog porta, radar radi u modu da se spaja na uređaj i prenose podaci, dok prilikom povezivanja pomoću 3G modula, radar šalje podatke. Inicijalno podatke je moguće učitavati isključivo putem računalne ili Android aplikacije od strane samog proizvođača. Na zahtjev je moguće dobiti i SDK kit, putem kojega je moguće, uz određene dorade dohvaćati podatke i putem servera radi daljnjeg prikupljanja i obrade istih.

Za korištenje SDK kita preporučeno rješenje je spojiti radar putem mrežnog Ethernet porta, koji ima pristup prema Internetu. Server se prema zahtjevu ili postavljenoj komunikaciji, spaja na radar te dohvaća podatke s njega. Za spajanje na radar, u ovom slučaju, koristi se nezaštićeni TELNET protokol i prilikom povezivanja TELNET protokolom, dohvaćaju se podaci iz baze podataka samog uređaja.

4. Funkcionalnost sustava za dohvat podataka

Kako svaki od navedenih uređaja koristi različite protokole za razmjenu podataka, postoji potreba za izradom centraliziranog rješenja koje se može koristiti za dohvat podataka sa svih uređaja centralizirano. Osnovna konfiguracija sastoji se od radarskog uređaja, Bluetooth senzora, mrežnog usmjerivača, modema za pristup mobilnoj mreži, dok s druge strane, centraliziranog servera s aplikacijom i bazom podataka.

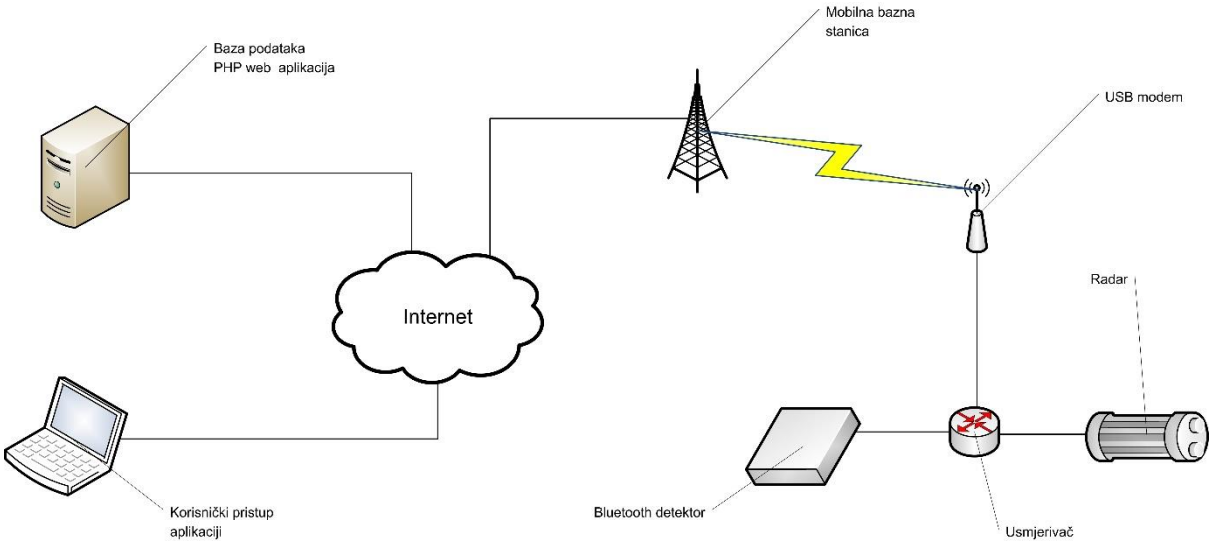
Kompletan sustav, moguće je podijeliti u nekoliko cjelina. Cjelina zadužena za mjerenje prometnih parametara, cjelina za pohranu i prikaz odnosno server. Također korisnik koji pristupa podacima, može se promatrati kao zasebna cjelina. Funkcionalnost centraliziranog sustava zamišljena je da server, točnije aplikativni nivo na serveru, periodički zahtjeva podatke sa senzora te ih pohranjuje u bazu podataka. Korisnik pristupa podacima putem web nivoa na server, dok web nivo preko aplikativnog nivoa dohvaća podatke iz baze podataka. Na dijagramu na slici 7, prikazana je logika rada sustava.



Slika 7: Shema rada sustava

4.1. Mrežno povezivanje senzora

Osnovna podjela topologije je na klijentsku i serversku stranu. U ovom slučaju klijentsku stranu predstavljaju senzori (Bluetooth detektor i radar) dok serversku stranu predstavlja poslužitelj povezan na Internet. Za povezivanje klijentske strane potrebni su usmjerivač, 3G USB modem, SIM kartica s pristupom internetu, kao i potrebni kabeli za povezivanje svih uređaja. Usmjerivač se povezuje s detektorom i radarom pomoću mrežnog kabela, dok se USB modem povezuje pomoću USB kabela na sami usmjerivač. Serverska strana sadrži server na kojemu se nalazi baza podataka i PHP web aplikacija s pristupom Internetu. Korisnik putem Interneta pristupa do web aplikacije. Shema kompletnog spajanja prikazana je na slici 8.



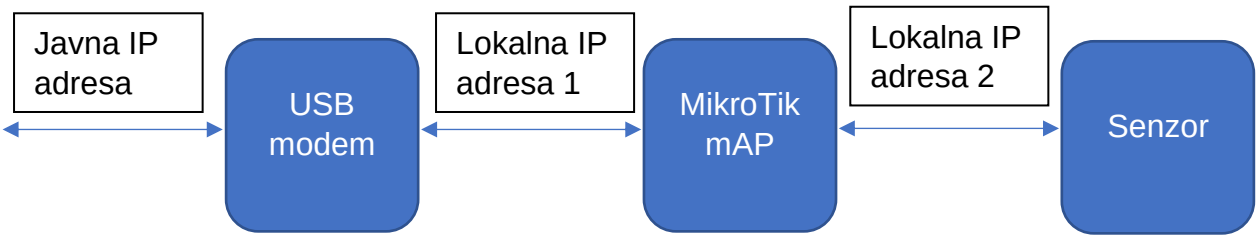
Slika 8: Shema mrežnog spajanja

Za povezivanje klijentske strane koristi se prijenosni usmjerivač proizvođača MikroTik, model mAP (micro Access Point). Navedeni uređaj, pogodan je za korištenje u klijentskom djelu same topologije iz razloga što omogućava povezivanje dva uređaja putem mrežnog Ethernet priključka, kao i malu potrošnju električne energije. Mala potrošnja električne energije izrazito je bitna stavka, s obzirom da se navedeni uređaji najčešće koriste na javnim prometnicama gdje nema dostupnih komercijalnih izvora električne energije. U tom slučaju potrebno je osigurati napajanje bilo putem raznih baterija, solarnih panela ili sličnih izvora. Bitna stavka koju navedeni uređaj omogućava je i povezivanje vanjskog USB modema za povezivanje na mobilnu podatkovnu mrežu.

Kako bi se omogućio pristup Internetu korišten je USB modem ZTE MF 100. Navedeni uređaj je starije proizvodnje, te omogućava pristup isključivo putem 2G/3G mreže, no jedini u odnosu na novije uređaje, ima potrebne funkcionalnosti za nesmetan rad kompletnog sustava. Današnji USB modemi, ponašaju se u neku ruku kao usmjerivači, te rade određenu vrstu Network address translation-a (NAT). Usmjerivač je mrežni uređaj čija je osnovna namjena usmjeravanje prometa između dvije različite mreže. Kako je navedeno da se današnji USB modemi ponašaju kao usmjerivači, iz navedenog se može zaključiti da je njihova osnovna funkcija usmjeravanje prometa između dvije različite mreže. Navedeni uređaji su napravljeni

na način da im je ulazna mreža, mobilna mreža mrežnog operatora, dok im je izlazna mreža, mreža prema uređaju gdje je spojen. Time je omogućen NAT, odnosno translacija vanjskih javnih IP adresa, na posebne lokalne IP adrese. Navedeno je dobro u slučaju direktnog korištenja navedenih uređaja na samom računalu, jer se time dobiva dodatna zaštita da cijelo računalo nije direktno povezano na Internet s javnom IP adresom, no za potrebe ovakvoga povezivanja, navedeno nije poželjno.

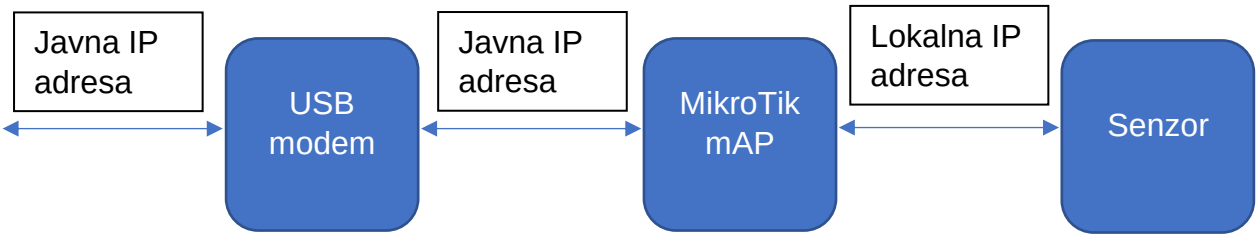
Kada bi takav USB modem povezali na MikroTik mAP uređaj, imali bi dvostruki NAT postupak do samog odredišta, odnosno jednog od dva navedena senzora. Na slici 9 prikazan je postupak u navedenoj situaciji s primjerom IP adresa.



Slika 9: Prikaz dvostrukog NAT postupka

Kao što je na slici prikazano, USB modem dobiva određenu javnu IP adresu, koju onda promijeni u lokalnu IP adresu, te ju prosljeđuje slijedećem uređaju. Slijedeći uređaj je mAP usmjerivač, koji dobiva lokalnu IP adresu od USB modema, te ponovno radi NAT postupak i slijedećem uređaju u lancu prosljeđuje novu privatnu IP adresu. Ukoliko bi slijedeći uređaj u lancu bio određeni uređaj koji se koristi isključivo za pristup Internetu, primjerice računalo, ovo ne bi stvaralo nikakav problem, ali kako je riječ o senzoru na koji se potrebno spojiti iz vanjske mreže navedeno uvelike stvara problem. Sami serveri dobivaju trenutnu javnu IP adresu sa samog MikroTik mAP uređaja putem tzv. servisa Dynamic DNS. Navedeni servis pohranjuje na centralnom mjestu trenutnu javnu IP adresu MikroTik uređaja. U ovom slučaju „javna“ IP adresa je zapravo lokalna adresa koja je dobivena od strane USB modema. Kako je to adresa koja je lokalna i nije dostupna na Internetu, preko te adrese nije moguće pristupiti prema samom senzoru kako bi se vršio dohvat podataka.

Navedeni ZTE MF100 uređaj ne radi kao usmjerivač nego isključivo kao modem. U tom slučaju nema NAT postupka, već sami MirkoTik mAP dobiva vanjsku IP adresu. Time se na samom uređaju mAP nalazi kao dolazna mreža javna mobilna mreža, te Dynamic DNS servis ažurira javnu IP adresu. Kako je ažurirana javna IP adresa, preko nje je moguće pristupiti do samih senzora. Na slici 10 prikazana je takva shema, te je vidljiv jedan NAT postupak.



Slika 10: Prikaz jednostrukog NAT postupka

Na slikama 11 i 12 prikazani su mrežni uređaji MikroTik mAP i ZTE MF100.



Slika 11: MikroTik mAP uređaj

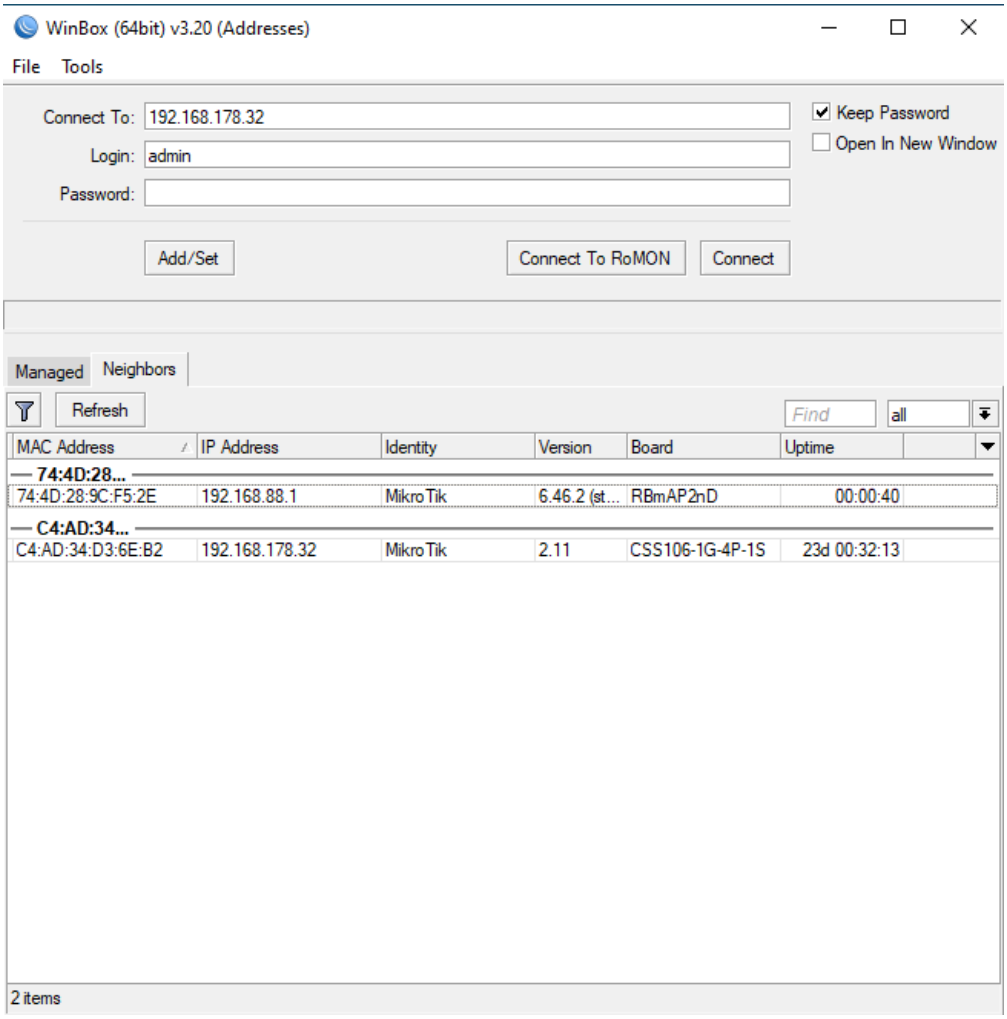


Slika 12: ZTE MF100 USB modem

4.2. Konfiguracija mrežnih uređaja

MikroTik mAP posjeduje 2 Ethernet priključka, te jedan USB priključak. Osim navedenog, uređaju je moguće pristupiti i putem bežične WLAN mreže. Za potrebe centraliziranog pristupa koriste se Ethernet priključci i USB priključak. Putem USB priključka povezuje se USB modem, ZTE MF100, a putem Ethernet priključaka, povezuje se radar i Bluetooth detektor.

Za potrebe konfiguracije uređaja potreban je poseban program od strane proizvođača, WinBox. WinBox je alat za administraciju svih vrsta MikroTik uređaja. Na slici 13 prikazano je sučelje za prijavu i odabir dostupnih uređaja.



Slika 13: MikroTik sučelje za prijavu u mrežni uređaj

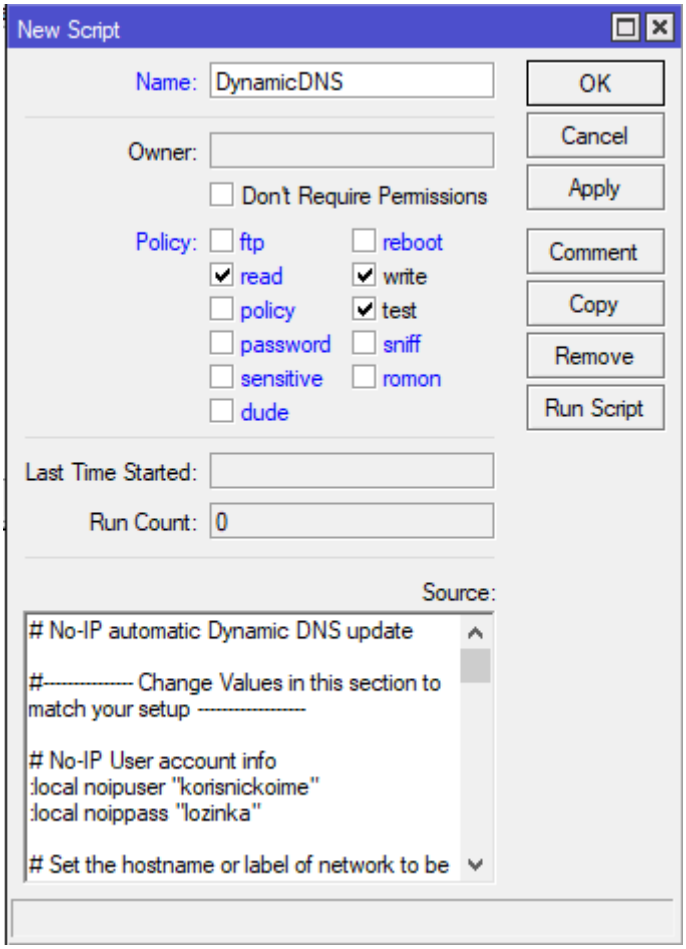
Po uspješnoj prijavi u uređaj otvara se početna stranica, na kojoj je moguće konfigurirati neke od dostupnih opcija. Nakon osnovne konfiguracije moda rada, stavke koje je potrebno konfigurirati je konfiguracija skripte za ažuriranje DNS zapisa, kao i konfiguracija propuštanja mrežnih portova prema uređajima koji su povezani, u ovom slučaju to su radar i Bluetooth detektor. U osnovnoj konfiguraciji odabire se da je WAN uređaj, uređaj koji je povezan na USB priključak odnosno USB modem, dok su lokalni portovi Ethernet 1 i Ethernet 2.

4.2.1. Konfiguracija dinamičkog osvježavanja DNS zapisa

Ukoliko ne postoji mogućnost statičke IP adrese, na određenom mobilnom priključku, što je opcija koja se dodatno naplaćuje, potrebno je podesiti dinamičko osvježavanje DNS zapisa. Statičkom IP adresom, navedeni mobilni priključak uvijek bi imao istu IP adresu, te bi server koji bi dohvaćao podatke uvijek znao na koju se IP adresu treba spojiti. Kako je navedeno opcija koja se dodatno plaća kod pružatelja internetskih usluga, standardna konfiguracija priključka je da prilikom svakog spajanja na mobilnu mrežu, priključak dobije novu IP adresu. Navedeno svakako otežava pristup spajanju na udaljene uređaje, u ovom slučaju rada i senzor. Zaobilazno rješenje za navedeno je dodijeliti trenutnoj IP adresi određeni DNS zapis. DNS zapis, je zapis IP adrese u tekstualnom obliku, prihvatljivijem za čitanje čovjeku. Primjerice iza DNS zapisa google.hr stoji IP adresa 172.217.19.99. Postoje razni pružatelji ažuriranja dinamičkog DNS zapisa, a neki od navedenih su No-IP ili Oracle Dyn. Za potrebe sustava, korišteno je rješenje od No-IP pružatelja.

Registracijom na stranicama No-IP-a, dobiven je DNS zapis fpzradar.ddns.net s pripadajućim korisničkim imenom i lozinkom. U postavkama MikroTik uređaja potrebno je kreirati skriptu koja se javlja centralnom poslužitelju No-IP servisa, te javlja trenutnu javnu IP adresu koju koristi usmjerivač. Navedeno se kreira u postavkama sistema (System) te odabirom skripti (Scripts).

Nakon što se otvori novi prozor s listom postojećih skripti potrebno je odabrati kreiranje nove skripte pritiskom na tipku plus. Otvara se prozor koji je potrebno podesiti kao na slici 14, a u tablici 4 prikazana je cijela skripta.



Slika 14: Izgled konfiguracije skripte za ažuriranje DNS zapisa

```
# No-IP automatic Dynamic DNS update

#---------- Change Values in this section to match your setup ----------

# No-IP User account info
:local noipuser "korisnickoime"
:local noippass "lozinka"

# Set the hostname or label of network to be updated.
# Hostnames with spaces are unsupported. Replace the value in the quotations below with your host names.
# To specify multiple hosts, separate them with commas.
```

```
:local noiphost " fpzradar.ddns.net"

# Change to the name of interface that gets the dynamic IP address
:local inetinterface "your_external_interface"

#------------------------------------------------------------------------------
# No more changes need

:global previousIP

:if ([/interface get $inetinterface value-name=running]) do={
# Get the current IP on the interface
  :local currentIP [/ip address get [find interface="$inetinterface" disabled=no] address]

# Strip the net mask off the IP address
  :for i from=( [:len $currentIP] - 1) to=0 do={
    :if ( [:pick $currentIP $i] = "/") do={
      :set currentIP [:pick $currentIP 0 $i]
    }
  }

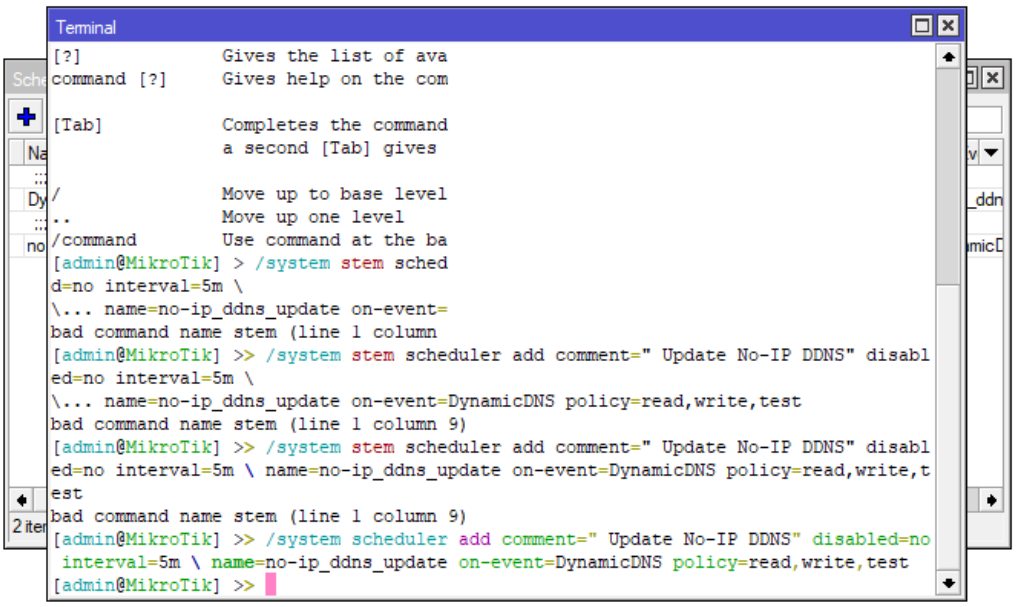
  :if ($currentIP != $previousIP) do={
    :log info "No-IP: Current IP $currentIP is not equal to previous IP, update needed"
    :set previousIP $currentIP

# The update URL. Note the "\3F" is hex for question mark (?). Required since ? is a special
character in commands.
    :local url "http://dynupdate.no-ip.com/nic/update\3Fmyip=$currentIP"
    :local noiphostarray
    :set noiphostarray [:toarray $noiphost]
    :foreach host in=$noiphostarray do={
```

```
        :log info "No-IP: Sending update for $host"
        /tool fetch url=($url . "&hostname=$host") user=$noipuser password=$noippass
mode=http dst-path=("no-ip_ddns_update-" . $host . ".txt")
        :log info "No-IP: Host $host updated on No-IP with IP $currentIP"
      }
    } else={
      :log info "No-IP: Previous IP $previousIP is equal to current IP, no update needed"
    }
} else={
    :log info "No-IP: $inetinterface is not currently running, so therefore will not update."
}
```

Tablica 4: Skripta za ažuriranje DNS zapisa

Nakon uspješnog kreiranja skripte, potrebno je podesiti automatsko pokretanje navedene skripte. Prilikom kreiranja potrebno je podesiti pokretanje skripte primjerice svakih 5 minuta. Navedeno se radi putem terminala kao što je prikazano na slici 15 dok je sami kod prikazan u tablici 5.



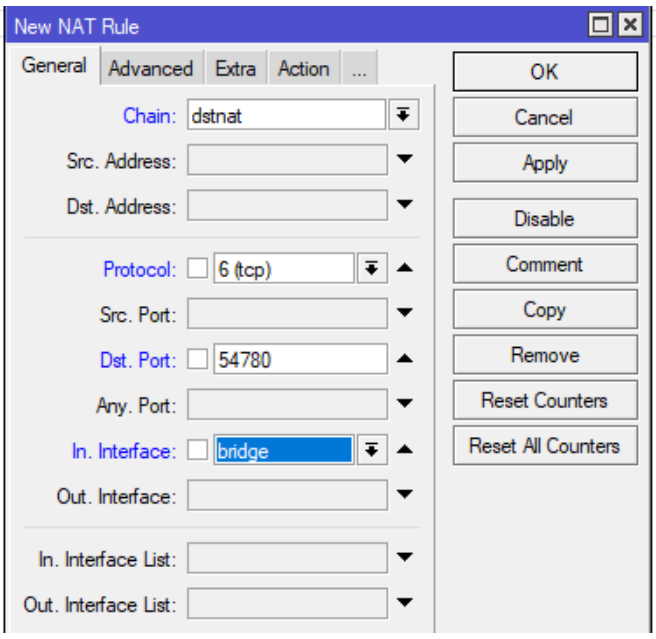
Slika 15: Konfiguracija Scheduler-a za pokretanje skripte

```
/system scheduler add comment="Update No-IP DDNS" disabled=no interval=5m \
name=no-ip_ddns_update on-event=DynamicDNS policy=read,write,test
```

Tablica 5: Skripta za postavljanje automatskog ažuriranja

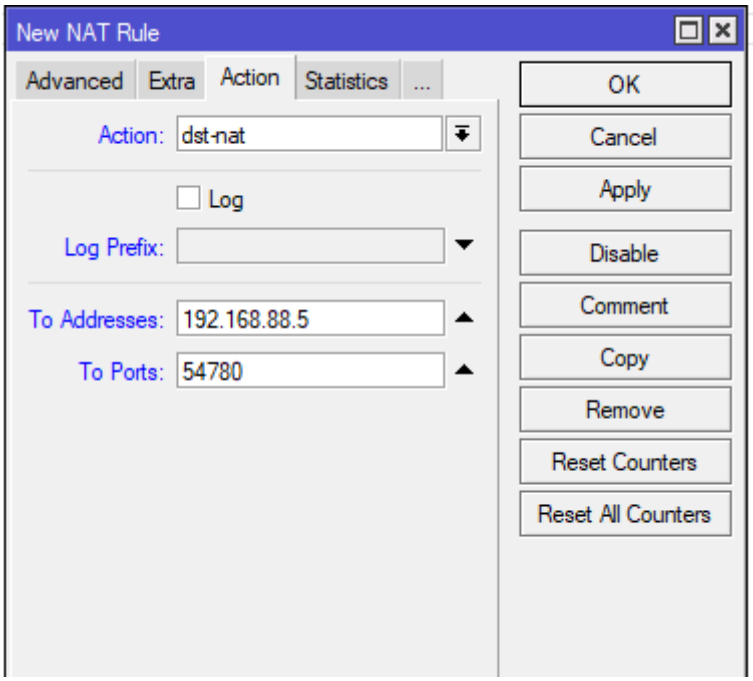
4.2.2. Prosljeđivanje TCP porta za komunikaciju s senzorima

Prema osnovnim postavkama MikroTik uređaja, kao i svih usmjerivača, dolazni portovi prema lokalno spojenim uređajima su blokirani. Da bi centralni sustav mogao pristupiti do krajnjeg uređaja, senzora, potrebno je napraviti propuštanje određenih portova prema samom uređaju. Primjerice za pristup radaru koristi se TELNET port 23, dok za pristup Bluetooth detektoru koristi se port postavljen u postavkama detektora. U ovom primjeru je postavljen port 54780. Navedeno se konfigurira u firewall postavkama usmjerivača u odjeljku za NAT postavke. Po odabiru NAT odjeljka, potrebno je odabrati kreiranje novog NAT pravila, te popuniti polja o protokolu, broju ulaznog porta i dolaznom sučelju na usmjerivaču. U slučaju Bluetooth detektora navedeni parametri bi bili TCP protokol, ulazni port 54780, a dolazno sučelje se postavljao kao USB modem. Navedeno je prikazano na slici 16.



Slika 16: Konfiguracija otvaranja portova - ulazni port

Nakon što su podešene ulazne postavke, potrebno je podesiti odredišni port i IP adresu uređaja koju ima spojeni uređaj za kojeg radimo propuštanje. Primjerice ako detektor ima IP adresu 192.168.88.5 tu adresu koristimo za propuštanje. Na slici 17 prikazan je primjer navedenoga.



Slika 17: Konfiguracija otvaranja portova - odredište

Po završetku potvrdimo navedeno i time je odrađen sav dio potreban na mrežnoj strani samih klijenata odnosno detektora i radara.

5. Izrada programskog koda PHP programskim jezikom i izrada SQL baze podataka

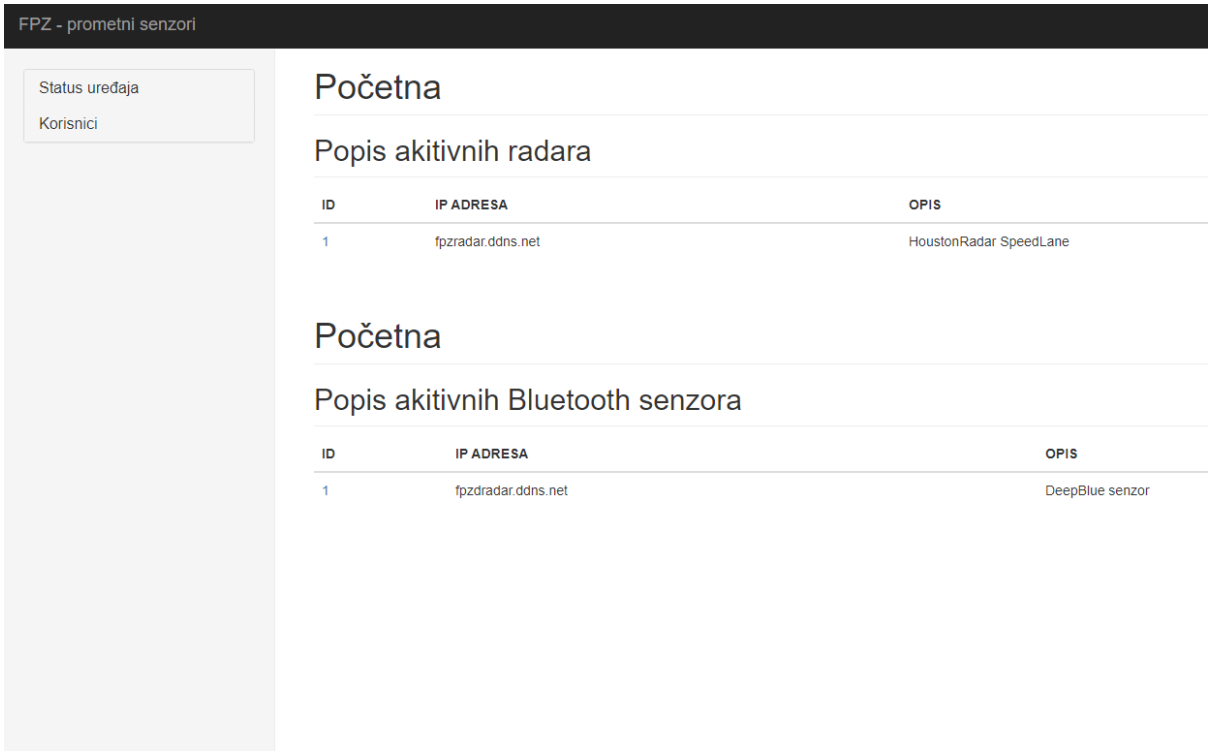
Podatke sa senzora potrebno je pohraniti na određenom centralnom mjestu, serveru. Server je centralno mjesto na kojemu će se vršiti pohrana i prikaz podataka. Za pohranu podataka koristi se Microsoft SQL server baza podataka, dok se za prikaz koristi web aplikacija. Web aplikacija programirana je PHP programskim jezikom. Određene funkcionalnosti su korištene iz završnog rada *Izvedba daljinskog pristupa bazi podataka radarskog sustava putem web servisa* [12], za čiju potrebu su i kreirane. Tadašnji sistem, bio je dizajniran isključivo za dohvat podataka s radarskog uređaja. Novom aplikacijom, proširen je i za dohvat podataka sa senzora, ali i budućih potencijalnih uređaja za mjerenje prometa.

5.1. Web aplikacija bazirana na PHP programskom jeziku

PHP - Hypertext Preprocessor programski je jezik otvorenog koda pogodan za kreiranje web aplikacija. Za prikaz samih funkcionalnosti koristi standardni HyperText Markup Language – HTML. Funkcionalnosti su razvijene u PHP-u uz pomoć JavaScript biblioteka. Uz sami prikaz podataka na web sučelju, kreirani su i web servisi, za aplikativni pristup podacima. Putem web servisa, bilo koji drugi sustav ili aplikacija može dohvaćati podatke iz baze.

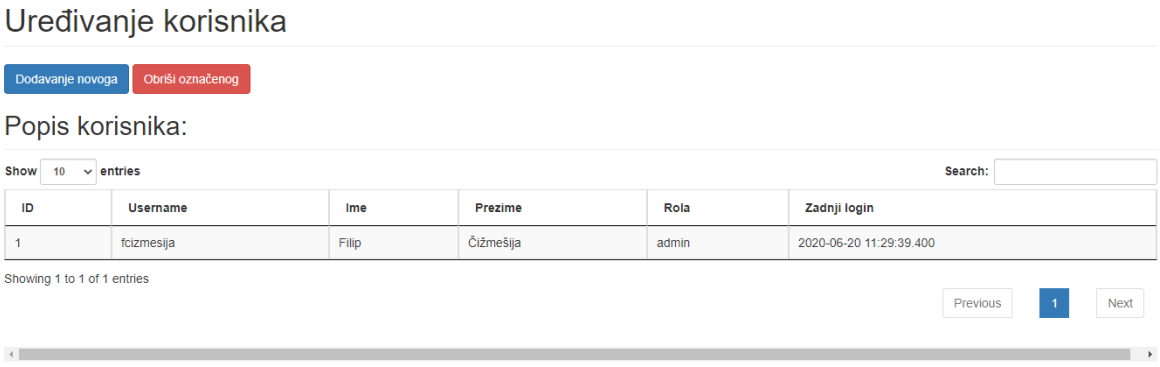
5.1.1. Korisnički pristup aplikaciji

Krajnji korisnik pristupa aplikaciji preko korisničkog web sučelja. Web sučelje podijeljeno je u dva segmenta, jedan za administriranje senzora i čitanje podataka s istih, te drugi koji služi za administraciju korisnika na samoj web aplikaciji. Podjela sučelja kao i prikaz početnog zaslona s trenutno aktivnim uređajima, prikazan je na slici 18.



Slika 18: Početna stranica web sučelja

U segmentu uređaji podešava se konfiguracija radara i senzora, dok se u segmentu korisnici administriraju prava pristupa na sustav. U segmentu korisnici moguće je vidjeti sve aktivne korisnike na sustavu, kreirati nove korisnike ili obrisati postojeće. Na slici 19 prikazan je izgled sučelja za administraciju korisnika.

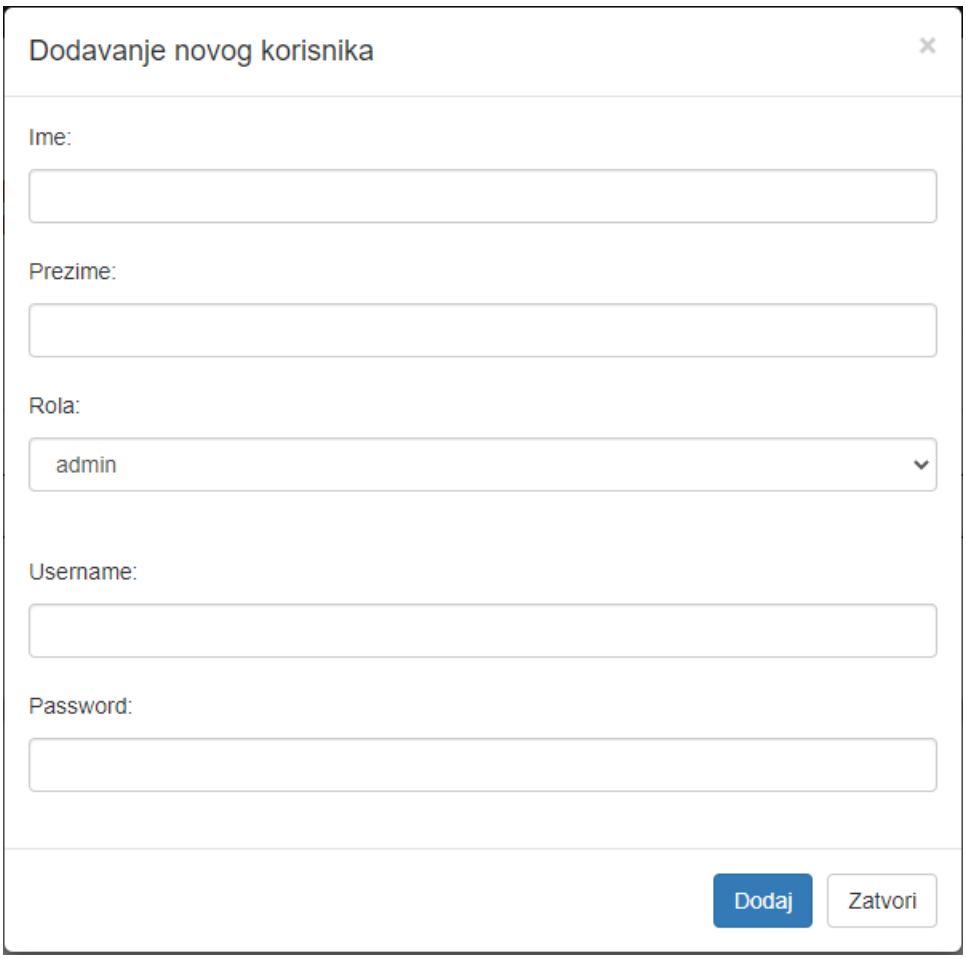


Slika 19: Forma za ažuriranje korisnika

Prilikom kreiranja novog korisnika, obvezni podaci koje je potrebno unijeti su:

- Ime korisnika
- Prezime korisnika
- Rola
- Korisničko ime (Username)
- Lozinka (Password)

Prilikom kreiranja, navedeni podaci se pohranjuju u bazu. Iz sigurnosnih razloga, lozinka je kriptirana SHA-512 hash oznakom. Na slici 20 prikazana je forma za unos podataka o novom korisniku web aplikacije.



Slika 20: Forma za unos podataka o novom korisniku

U segmentu administracije uređaja nalaze se dvije forme, jedna za ažuriranje radara, dok je druga namjena za ažuriranje Bluetooth detektora. Prilikom dodavanja novih uređaja, polja

obvezna za unos su IP adresa i opisno polje za eventualni komentar. U polje IP adresa moguće je unijeti ili IP adresu ili dinamički DNS zapis, koji je konfiguriran na lokaciji gdje se nalaze radar i senzor. Na slici 21 prikazana je forma za unos novog radara. Za unos Bluetooth detektora, forma izgleda identično.



Slika 21: Forma za unos podataka o novom uređaju

Za sami prikaz podataka kreirane se posebne forme koje su prilagođene ovisno o vrsti uređaja. Potreba za time je što sami uređaji pohranjuju različite tipove i vrste podataka. Na slikama 22 i 23 prikazane su forme za prikaz podataka s radara i s Bluetooth senzora.

Show 10 entries Search:

Vrijeme	Brzina	Prometni trak	Smjer
2015-10-14 17:00:24.000	18	4	2
2015-10-14 17:00:25.000	14	1	2
2015-10-14 17:00:26.000	37	3	2
2015-10-14 17:00:26.000	26	4	2
2015-10-14 17:00:26.000	37	2	2
2015-10-14 17:00:27.000	47	3	1
2015-10-14 17:00:29.000	29	4	2
2015-10-14 17:00:29.000	16	1	2
2015-10-14 17:00:29.000	39	2	2
2015-10-14 17:00:30.000	21	4	2

Showing 1 to 10 of 100 entries Previous 1 2 3 4 5 ... 10 Next

Slika 22: Prikaz podataka s radara

Show 10 entries Search:

Vrijeme	6-MAC	MAC adresa	Tip	Snaga
2019-03-22 12:25:48.000	48:5a:b6	48:5a:b6:f0:a5:d8	3e010c	-79
2019-03-22 12:25:48.000	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-76
2019-03-22 12:25:51.000	74:95:ec	74:95:ec:1d:81:26	340408	-71
2019-03-22 12:25:58.000	48:5a:b6	48:5a:b6:f0:a5:d8	3e010c	-66
2019-03-22 12:25:59.000	74:95:ec	74:95:ec:1d:81:26	340408	-74
2019-03-22 12:25:59.000	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-68
2019-03-22 12:26:00.000	48:f0:7b	48:f0:7b:c1:5b:c1	340408	-81
2019-03-22 12:26:00.000	8c:eb:c6	8c:eb:c6:d3:01:b7	5a020c	-85
2019-03-22 12:26:08.000	8c:eb:c6	8c:eb:c6:d3:01:b7	5a020c	-70
2019-03-22 12:26:09.000	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-66

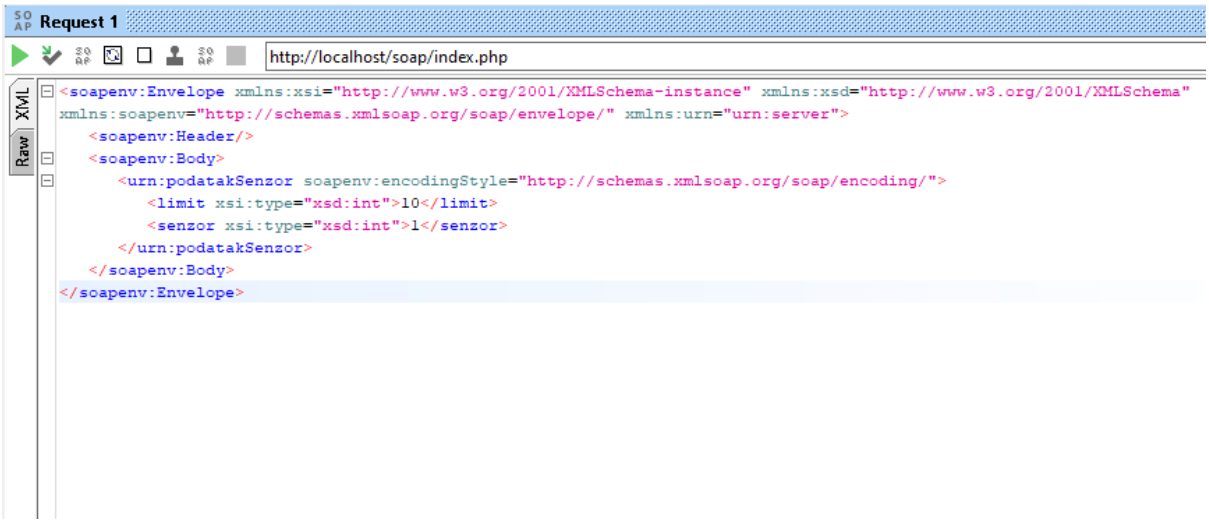
Showing 1 to 10 of 100 entries Previous 1 2 3 4 5 ... 10 Next

Slika 23: Prikaz podataka s Bluetooth senzora

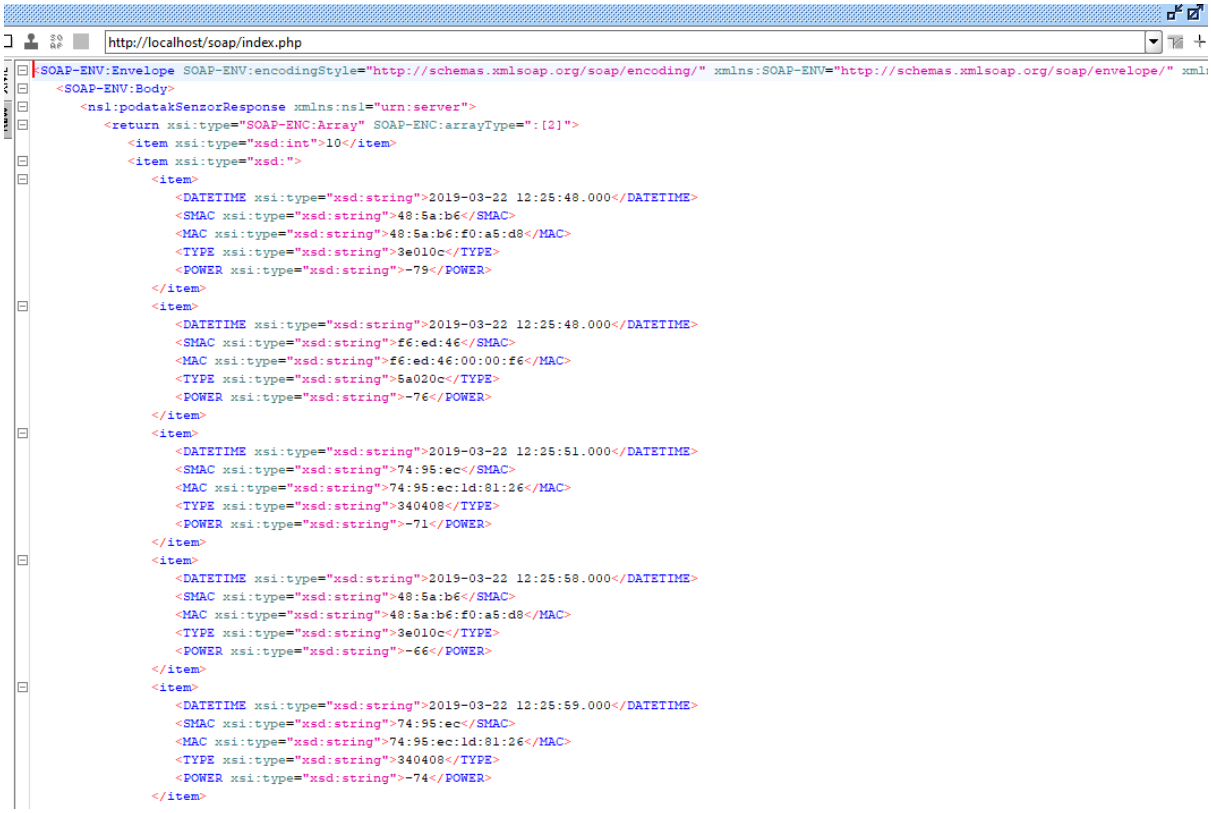
5.1.2. Aplikativni pristup podacima

Forme koje se unutar web aplikacije koriste za prikaz podataka pohranjenih u bazu za dohvat koriste SOAP web servise. SOAP [13] web servisi su web aplikacije, koje služe za komunikaciju između raznih programskih sustava. Za komunikaciju koriste HTTP protokol, a poruke šalju i primaju u XML obliku zapisa.

S obzirom da sustav prihvaća podatke s dva različita uređaja koji imaju različite podatke, kreirane su i dvije metode unutar web servisa za dohvat podataka i prikaz na formama, odnosno unutar drugih aplikacija i sustava**.** Uz postojeću metodu za dohvat podataka naziva podatak, kreirana je i nova metoda podatakSenzor. Metoda za ulazni parametar prima ID uređaja te broj redova koliko želimo da nam metoda vrati. ID uređaja je jedinstveni identifikator koji je dobiven prilikom inicijalnog unosa uređaja u bazu. Ulazni parametar koji govori o količini redova služi radi smanjenja opterećenja samog dohvata podataka. Izlazne vrijednosti su sve vrijednosti koje su prikazane na web aplikaciji. Na slici 24 prikazan je primjer upita putem web servisa, a na slici 25 odgovor na metodu podatakSenzor pomoću alata za testiranje web servisa, SoapUI.



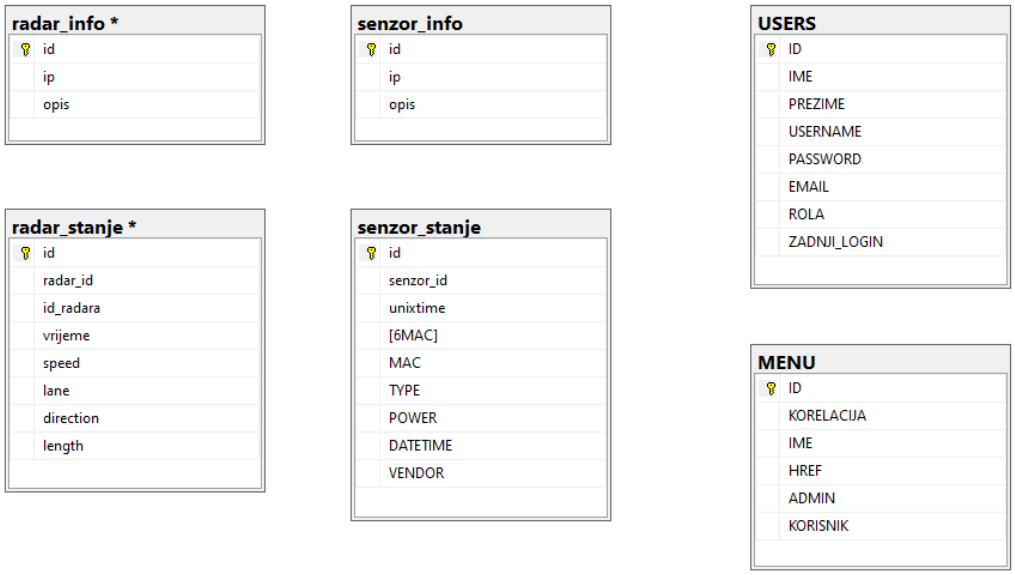
Slika 24: Prikaz upita na web servisu za dohvat podataka s Bluetooth senzora



Slika 25: Primjer odgovora s podacima o Bluetooth senzoru

5.2. Microsoft SQL Server baza podataka

Pohrana podataka radi se na Microsoft SQL Server bazi podataka. Za instalaciju i potrebe pohrane koristi se besplatna Express verzija baze. Na serveru je iskorištena postojeća baza imena radar, te su kreirane dodatne tablice za pohranu podataka s Bluetooth senzora. Na slici 26 vidljiva je struktura baze s popisom svih tablica i svih stupaca unutar istih.



Slika 26: Prikaz tablica unutar baze podataka radar

Nove tablice unutar baze, senzor_info i senzor_stanje, imaju atribute kao što je prikazano u tablicama 6 i 7.

NAZIV ATRIBUTA	VRSTA ATRIBUTA	KRATKI OPIS
ID	INT	Identifikator
IP	NVARCHAR	IP adresa senzora
OPIS	NVARCHAR	Kratki opis senzora

Tablica 6: Opis tablice "senzor_info"

NAZIV ATRIBUTA	VRSTA ATRIBUTA	KRATKI OPIS
ID	INT	Identifikator
SENZOR_ID	INT	Strani ključ nad tablicom senzor_info
UNIXTIME	INT	Vrijeme u sekundama od 1.1.1970.
6MAC	NVARCHAR	Prvih 6 znakova MAC adrese
MAC	NVARCHAR	Puna MAC adresa
TYPE	NVARCHAR	Vrsta uređaja
POWER	NVARCHAR	Snaga dobivenog signala
DATETIME	DATETIME	Vrijeme događaja
VENDOR	NVARCHAR	Proizvođač snimljenog uređaja

Tablica 7: Opis tablice "senzor_stanje"

Vidljivo je kako tablica senzor_stanje unutar baze podataka ima više atributa no što je prikazano na samoj web aplikaciji. Određena polja su tzv. sistemska polja, kao što je ID, odnosno primarni ključ u navedenoj tablici. Polja koja nisu prikazana su jedno UNIXTIME i VENDOR. UNIXTIME je vrijeme dobiveno direktno sa senzora. Ono je u obliku zapisa u sekundama, s odmakom od 1.1.1970. u 00:00:00 sati. U tom obliku vrijeme pohranjuju svi uređaji s UNIX operativnim sustavom, a jedan od takvih je i Bluetooth senzor. Kako bi se krajnjem korisniku prikazalo vrijeme u obliku datuma, sati, minuta i sekundi, kreiran je okidač koji prilikom unosa podataka u bazu, konvertira UNIXTIME u čovjeku razumljiv zapis, te isti upisuje u stupac DATETIME. U tablici 8 prikazan je kod samog okidača.

```
CREATE TRIGGER [dbo].[unix_time]
ON [dbo].[senzor_stanje]
AFTER insert
AS
update senzor_stanje set datetime=dateadd(S, (select unixtime from inserted), '1970-01-01') where id=(select id
from inserted)
```

Tablica 8: Kod okidača unix_time za konverziju zapisa vremena

Microsoft SQL Server baza podataka ima mogućnost pozivanja web servisa za dohvat podataka. Može pozivati SOAP i REST tipove servisa, te dobiveni rezultat pohraniti ili prikazati unutar baze. Stupac VENDOR je bio zamišljen kao stupac gdje će se ispisati proizvođač samog uređaja kojeg je Bluetooth detektor prepoznao. Kako je MAC adresa univerzalna oznaka svakog uređaja, na temelju iste je vrlo lako doći do proizvođača. Prvih 6 znakova same MAC adrese označava proizvođača, dok je preostalih 6 znakova, vezano uz uređaj i jedinstvenost istoga. Primjerice iz MAC adrese 10:1d:c0:18:21:bb može se na temelju podatka 10:1d:c0 zaključiti da se radi o Samsung uređaju. Na webu postoji puno besplatnih servisa gdje je ulazni parametar MAC adresa, a izlazni parametar ime proizvođača. Za potrebe dohvata tih podataka, korišten je servis https://macvendors.com/ koji omogućava i putem REST API-a dohvat podataka.

Za konfiguraciju navedenog potrebno je u bazi omogućiti pokretanje sistemskih procedura za dohvat podataka s vanjskih izvora podataka. Navedeno se pokreće procedurama opisanim u tablici 9.

```
sp_configure 'show advanced options', 1;
GO
RECONFIGURE;
GO
sp_configure 'Ole Automation Procedures', 1;
GO
RECONFIGURE;
GO
```

Tablica 9: Omogućavanje pokretanja procedura za dohvat podataka

Inicijalno je bilo zamišljeno da kao što se radi konverzija vremena, da se i podaci o proizvođačima dohvaćaju putem okidača. U trenutku inicijalnog testiranja, uočeno je da baza podataka radi brže no što besplatna verzija web servisa može vraćati podatke o proizvođačima uređaja. Besplatna verzija ima mogućnost obrade 1000 zahtjeva dnevno, odnosno 2 zahtjeva po sekundi. Prilikom unosa podataka u bazu broj bude i više od 2 zahtjeva po sekundi, a u konačnici u jednom danu senzor uhvati i više od 1000 zapisa. Plaćene verzije

omogućavaju češće upite kao i ukupan broj upita dnevno. Radi navedenog ograničenja nije kreiran okidač, već funkcija na samoj bazi koju je moguće pozvati po potrebi, u slučaju ako se radi određena analiza podataka ili slično. U tablici 10, prikazan je kod navedene funkcije.

```
CREATE FUNCTION dbo.vendor(
   @MAC varchar(255)


)
RETURNS varchar(255)
AS
BEGIN
Declare @Object as Int;
Declare @ResponseText as Varchar(8000);
Declare @link as varchar(200);
select @link=concat('https://api.macvendors.com/',@MAC);

Exec sp_OACreate 'MSXML2.XMLHTTP', @Object OUT;
Exec sp_OAMethod @Object, 'open', NULL, 'get',
            @link,
            'false'
Exec sp_OAMethod @Object, 'send'
Exec sp_OAMethod @Object, 'responseText', @ResponseText OUTPUT




Exec sp_OADestroy @Object
RETURN @ResponseText
END;
```

Tablica 10: Kreiranje funkcije s pozivanjem web servisa

Navedena funkcija za ulazne parametre uzima cijeli zapis MAC adrese, a vraća tekstualni zapis proizvođača povezanog s navedenom MAC adresom. Na slici 27 prikazan je primjer upita za zadnjih nekoliko redaka u tablici senzor_stanje, dok je na slici 28 prikazan postupak ažuriranja podataka u stupcu VENDOR, za određeni broj redaka.

```
select top 10 *,dbo.vendor(MAC) as 'Dohvat podataka'
from senzor_stanje
order by id desc
```

100 %

Results | Messages

	id	senzor_id	unixtime	6MAC	MAC	TYPE	POWER	DATETIME	VENDOR	Dohvat podataka
1	10872	1	1553257548	48:5a:b6	48:5a:b6:f0:a5:d8	3e010c	-79	2019-03-22 12:25:48.000	NULL	Hon Hai Precision Ind. Co.,Ltd.
2	10871	1	1553295599	c0:97:27	c0:97:27:4e:14:f5	08043c	-84	2019-03-22 22:59:59.000	NULL	{"errors":{"detail":"Too Many Requests","message...
3	10870	1	1553295589	c0:97:27	c0:97:27:4e:14:f5	08043c	-75	2019-03-22 22:59:49.000	NULL	{"errors":{"detail":"Too Many Requests","message...
4	10869	1	1553295558	c0:97:27	c0:97:27:4e:14:f5	08043c	-81	2019-03-22 22:59:18.000	NULL	SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS(THAILAND)
5	10868	1	1553295552	00:12:10	00:12:10:15:13:36	001f00	-84	2019-03-22 22:59:12.000	NULL	{"errors":{"detail":"Too Many Requests","message...
6	10867	1	1553295549	58:7f:66	58:7f:66:30:51:27	5a010c	-84	2019-03-22 22:59:09.000	NULL	{"errors":{"detail":"Too Many Requests","message...
7	10866	1	1553295545	00:12:10	00:12:10:15:13:36	001f00	-83	2019-03-22 22:59:05.000	NULL	{"errors":{"detail":"Too Many Requests","message...
8	10865	1	1553295534	a4:50:46	a4:50:46:24:cf:ae	5a020c	-81	2019-03-22 22:58:54.000	NULL	{"errors":{"detail":"Too Many Requests","message...
9	10864	1	1553295532	00:12:10	00:12:10:15:13:36	001f00	-76	2019-03-22 22:58:52.000	NULL	{"errors":{"detail":"Too Many Requests","message...
10	10863	1	1553295532	c0:97:27	c0:97:27:4e:14:f5	08043c	-77	2019-03-22 22:58:52.000	NULL	SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS(THAILAND)

Slika 27: Prikaz dohvata podataka pomoću funkcije

```
UPDATE senzor_stanje set VENDOR=dbo.vendor(mac) where id >10865
```

100 %

Messages

```
(7 rows affected)

Completion time: 2020-06-21T18:20:25.1760975+02:00
```

Slika 28: Postupak ažuriranja podataka pomoću funkcije

Kao što je vidljivo, pozivanje samog web servisa javlja određene greške. Najčešća greška je upravo greška koja se odnosi na brzinu dohvata podataka, odnosno na ograničenje besplatnog web servisa. U tom slučaju javi grešku „{"errors":{"detail":"Too Many Requests","message":"Please slow down your requests or upgrade your plan at https://macvendors.com"}}“. U nekoliko iteracija moguće je ažurirati i određene stupce, no zbog navedenih ograničenja ovo je povoljno isključivo za analizu podataka direktno na bazi podataka. Na slici 29 prikazan je ispis podataka s ispravnim podacima o proizvođačima uređaja.

```
Select top 100 * from senzor_stanje
```

100 %

Results | Messages

	id	senzor_id	unixtime	6MAC	MAC	TYPE	POWER	DATETIME	VENDOR
1	1	1	1553257548	48:5a:b6	48:5a:b6:f0:a5:d8	3e010c	-79	2019-03-22 12:25:48.000	Hon Hai Precision Ind. Co.,Ltd.
2	2	1	1553257548	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-76	2019-03-22 12:25:48.000	{"errors":{"detail":"Not Found"}}
3	3	1	1553257551	74:95:ec	74:95:ec:1d:81:26	340408	-71	2019-03-22 12:25:51.000	ALPS ELECTRIC CO., LTD.
4	4	1	1553257558	48:5a:b6	48:5a:b6:f0:a5:d8	3e010c	-66	2019-03-22 12:25:58.000	Hon Hai Precision Ind. Co.,Ltd.
5	5	1	1553257559	74:95:ec	74:95:ec:1d:81:26	340408	-74	2019-03-22 12:25:59.000	ALPS ELECTRIC CO., LTD.
6	6	1	1553257559	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-68	2019-03-22 12:25:59.000	{"errors":{"detail":"Not Found"}}
7	7	1	1553257560	48:f0:7b	48:f0:7b:c1:5b:c1	340408	-81	2019-03-22 12:26:00.000	ALPS ELECTRIC CO., LTD.
8	8	1	1553257560	8c:eb:c6	8c:eb:c6:d3:01:b7	5a020c	-85	2019-03-22 12:26:00.000	HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD
9	9	1	1553257568	8c:eb:c6	8c:eb:c6:d3:01:b7	5a020c	-70	2019-03-22 12:26:08.000	HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD
10	10	1	1553257569	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-66	2019-03-22 12:26:09.000	{"errors":{"detail":"Not Found"}}
11	11	1	1553257569	48:f0:7b	48:f0:7b:c1:5b:c1	340408	-73	2019-03-22 12:26:09.000	ALPS ELECTRIC CO., LTD.
12	12	1	1553257571	00:12:10	00:12:10:15:12:92	001f00	-67	2019-03-22 12:26:11.000	WideRay Corp
13	13	1	1553257579	00:12:10	00:12:10:15:12:92	001f00	-75	2019-03-22 12:26:19.000	WideRay Corp
14	14	1	1553257579	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-63	2019-03-22 12:26:19.000	{"errors":{"detail":"Not Found"}}
15	15	1	1553257581	8c:eb:c6	8c:eb:c6:d3:01:b7	5a020c	-75	2019-03-22 12:26:21.000	HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD
16	16	1	1553257581	48:f0:7b	48:f0:7b:c1:5b:c1	340408	-70	2019-03-22 12:26:21.000	ALPS ELECTRIC CO., LTD.
17	17	1	1553257584	64:a2:f9	64:a2:f9:f1:db:04	5a020c	-82	2019-03-22 12:26:24.000	OnePlus Technology (Shenzhen) Co., Ltd
18	18	1	1553257590	64:a2:f9	64:a2:f9:f1:db:04	5a020c	-74	2019-03-22 12:26:30.000	OnePlus Technology (Shenzhen) Co., Ltd
19	19	1	1553257590	8c:eb:c6	8c:eb:c6:d3:01:b7	5a020c	-78	2019-03-22 12:26:30.000	HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD
20	20	1	1553257591	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-70	2019-03-22 12:26:31.000	{"errors":{"detail":"Not Found"}}
21	21	1	1553257592	00:12:10	00:12:10:15:12:92	001f00	-79	2019-03-22 12:26:32.000	WideRay Corp
22	22	1	1553257593	48:f0:7b	48:f0:7b:c1:5b:c1	340408	-75	2019-03-22 12:26:33.000	ALPS ELECTRIC CO., LTD.
23	23	1	1553257596	10:1d:c0	10:1d:c0:18:21:bb	5a0204	-81	2019-03-22 12:26:36.000	Samsung Electronics Co.,Ltd
24	24	1	1553257596	00:03:19	00:03:19:50:f5:40	340408	-79	2019-03-22 12:26:36.000	Infineon AG
25	25	1	1553257599	00:14:09	00:14:09:72:0f:4e	360408	-68	2019-03-22 12:26:39.000	MAGNETI MARELLI S.E. S.p.A.
26	26	1	1553257600	f6:ed:46	f6:ed:46:00:00:f6	5a020c	-70	2019-03-22 12:26:40.000	{"errors":{"detail":"Not Found"}}
27	27	1	1553257600	00:0d:18	00:0d:18:00:00:d6	240404	-61	2019-03-22 12:26:40.000	Mega-Trend Electronics CO., LTD.
28	28	1	1553257600	64:a2:f9	64:a2:f9:f1:db:04	5a020c	-66	2019-03-22 12:26:40.000	OnePlus Technology (Shenzhen) Co., Ltd
29	29	1	1553257601	10:1d:c0	10:1d:c0:18:21:bb	5a0204	-79	2019-03-22 12:26:41.000	Samsung Electronics Co.,Ltd
30	30	1	1553257605	00:1d:a5	00:1d:a5:00:35:e6	001f00	-67	2019-03-22 12:26:45.000	WB Electronics
31	31	1	1553257618	00:14:02	00:14:02:20:07:30	001f00	-82	2019-03-22 12:26:58.000	kk-electronic a/s
32	32	1	1553257634	14:5f:94	14:5f:94:89:7e:68	5a020c	-72	2019-03-22 12:27:14.000	HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD
33	33	1	1553257638	10:1d:c0	10:1d:c0:18:21:bb	5a0204	-86	2019-03-22 12:27:18.000	Samsung Electronics Co.,Ltd
34	34	1	1553257645	14:5f:94	14:5f:94:89:7e:68	5a020c	-84	2019-03-22 12:27:25.000	HUAWEI TECHNOLOGIES CO.,LTD

Slika 29: Ažurirana tablica s podacima s Bluetooth detektora

6. Testiranje sustava

Testiranje kompletnog rješenja rađeno je s istog mjesta, radi eventualnih dorada i poboljšanja uočenih tijekom testiranja. Bluetooth detektor i radar spojeni su prema shemi spajanja na MikroTik usmjerivač. Usmjerivač je povezan na mobilnu mrežu putem USB modema. U tom djelu testiranja, navedeni se uređaji i senzori ponašaju kao da su stvarno povezani na određenoj lokaciji gdje se mjeri promet. Za potrebe testiranja, klasično računalo, predstavljalo je poslužitelj na kojemu je instalirana baza podataka i web server, zajedno sa svim pripadajućim programima potrebnim za rad novokreirane aplikacije. Navedeno računalo dohvaćalo je podatke sa samih senzora, te ih je uspješno pohranilo u bazu. Također i obrada podataka prilikom unosa, primjerice konverzija vremena u slučaju Bluetooth senzora bila je uspješna, te je zaključak da sve funkcionalnosti rade ispravno.

S obzirom kako je riječ o manjoj količini podataka i manjem broju stvarno povezanih uređaja, vremena dohvata i unosa podataka s radarskog uređaja, bila su oko 15 sekundi. Navedeno vrijeme se odnosi za jednu iteraciju dohvata podataka, odnosno razliku podataka od prethodno upisanih podataka. U slučaju Bluetooth detektora, vremena dohvata i pohrane podataka bile su oko 10 sekundi. Navedena vremena su prosjek dvije iteracije dohvata i pohrane podataka. Više od dvije iteracije nije bilo moguće izvesti s obzirom na manji spektar podataka koji su bili dostupni prilikom testiranja.

7. Zaključak

U današnje vrijeme kada podatak predstavlja vrijednost, vrijednost koju je moguće obogatiti obradom i primijeniti rezultate te obrade u određenu korist, dolazi do potrebe za prikupljanjem podataka iz prometne mreže. Ključni faktori su pravovremeni dohvat podataka s više različitih izvora, pohrana navedenih podataka i priprema za prikaz krajnjem korisniku. Navedeno se smatra preduvjetima za obradu podataka i dodavanje dodatne vrijednosti. Dodatna vrijednost u slučaju prometa, svakako je planiranje ruta, optimizacija prometnica i slično.

Upravo s navedenim ciljem, u sklopu ovoga rada, kreiran je centralizirani sustav za dohvat podataka iz prometne mreže. Ideja samog sustava je u stvarnom vremenu dohvaćati podatke s dostupnih senzora, napraviti obradu istih te pohranu unutar baze podataka. S obzirom da sustav kao takav nema funkcionalnosti planiranja ruta, optimizacije prometnica i slično, kreiran je korisnički prikaz za pristup dohvaćenim podacima. Podacima je također moguće pristupiti i putem web servisa, spajanjem na bazu ili raznim analitičkim alatima.

Aplikativni nivo sustava realiziran je uz pomoć PHP programskog jezika i Microsoft SQL server baze podataka. Bluetooth detektor i radar povezani su putem zajedničkog usmjerivača na lokaciji, koji je povezan s internetom pomoću USB 3G modema. Navedeni elementi čine centralizirani sustav kao jedinstvenu cjelinu.

Ovim rješenjem, dobiveno je centralno rješenje za dohvat podataka, što predstavlja nulto stanje za eventualne buduće obrade podataka, kao što i olakšava eventualna očitavanja i potrebe za podacima.

Reference

[1] PMF Portal. Preuzeto sa: http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~marrast/Senzori [Pristupljeno: lipanj 2020.].

[2] L. Klinkusoom, C. Aswakul i P. Janpugdee, Bluetooth Sensors for Vehicular Traffic Monitoring, Faculty of Engineering Chulalongkorn University, 2014.

[3] Libelium. Preuzeto sa: http://www.libelium.com/libelium-images/generico2/bluetooth_street_big.png [Pristupljeno: lipanj 2020.].

[4] Faludi R. Building Wireless Sensor Networks, O'Reilly Media, Inc, 2011.

[5] Bluetooth. Preuzeto sa: https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/bluetooth-technology/radio-versions/ [Pristupljeno: lipanj 2020.].

[6] Townsend K., Cufi C., Davidson A., Davidson R. Getting Started with Bluetooth Low Energy, O'Reilly Media, Inc, 2014.

[7] DeepBlue. Preuzeto sa: http://deepbluesensor.com/portfolio/deepblue-r-model/ [Pristupljeno: lipanj 2020.].

[8] DeepBlue. Preuzeto sa: http://deepbluesensor.com/wp-content/uploads/2015/11/xR-MODEL.jpg.pagespeed.ic.EMnAHbTgGx.webp [Pristupljeno: lipanj 2020.].

[9] Schleher D. C. MTI and Pulsed Doppler Radar With MATLAB, Artech House, 2009.

[10] Houston Radar. Preuzeto sa: http://houston-radar.com/products/radar-data-collectors/speedlane-pro-multi-lane-radar/ [Pristupljeno: lipanj 2020.].

[11] Coralsales. Preuzeto sa: http://www.coralsales.com/images/imagebank/its/trafficdatecollection/SpeedLane/speedlane%20Pro_large%202.jpg [Pristupljeno: lipanj 2020.].

[12] Čižmešija F. Izvedba daljinskog pristupa bazi podataka radarskog sustava putem web servisa, Završni rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.

[13] Mitchell L. J. PHP Web Services, 2nd Edition, O'Reilly Media, Inc, 2016.

Popis kratica

CSV	Comma-separated values
DNS	Domain Name System
FTP	File Transfer Protocol
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IoT	Internet of things
MAC	Media Access Control
NAT	Network address translation
PHP	Hypertext Preprocessor
REST	Representational state transfer
SOAP	Simple Object Access Protocol
SQL	Structured Query Language
SSH	Secure Shell
TELNET	Teletype Network
WAN	Wide Area Network

Popis slika

Slika 1: Primjer postavljenih senzora u prometnoj mreži [3] 4
Slika 2: DeepBlue R-Model [8] 7
Slika 3: Radarski uređaj SpeedLane Pro [11] 9
Slika 4: Prikaz prometnog opterećenja na Google Maps-u 10
Slika 5: Konfiguracija senzora u modu rada kao server 12
Slika 6: Konfiguracija senzora u modu rada kao klijent 13
Slika 7: Shema rada sustava 16
Slika 8: Shema mrežnog spajanja 17
Slika 9: Prikaz dvostrukog NAT postupka 18
Slika 10: Prikaz jednostrukog NAT postupka 19
Slika 11: MikroTik mAP uređaj 19
Slika 12: ZTE MF100 USB modem 20
Slika 13: MikroTik sučelje za prijavu u mrežni uređaj 21
Slika 14: Izgled konfiguracije skripte za ažuriranje DNS zapisa 23
Slika 15: Konfiguracija Scheduler-a za pokretanje skripte 25
Slika 16: Konfiguracija otvaranja portova - ulazni port 26
Slika 17: Konfiguracija otvaranja portova - odredište 27
Slika 18: Početna stranica web sučelja 29
Slika 19: Forma za ažuriranje korisnika 29
Slika 20: Forma za unos podataka o novom korisniku 30
Slika 21: Forma za unos podataka o novom uređaju 31
Slika 22: Prikaz podataka s radara 32
Slika 23: Prikaz podataka s Bluetooth senzora 32
Slika 24: Prikaz upita na web servisu za dohvat podataka s Bluetooth senzora 33
Slika 25: Primjer odgovora s podacima o Bluetooth senzoru 34
Slika 26: Prikaz tablica unutar baze podataka radar 35
Slika 27: Prikaz dohvata podataka pomoću funkcije 39
Slika 28: Postupak ažuriranja podataka pomoću funkcije 39
Slika 29: Ažurirana tablica s podacima s Bluetooth detektora 40

Popis tablica

Tablica 1: Usporedba Bluetooth tehnologije s Bluetooth LE tehnologijom 6
Tablica 2: Primjer rezultata očitanih s Bluetooth senzora..... 8
Tablica 3: Primjer rezultata očitanih s radara 9
Tablica 4: Skripta za ažuriranje DNS zapisa 25
Tablica 5: Skripta za postavljanje automatskog ažuriranja..... 26
Tablica 6: Opis tablice "senzor_info" 35
Tablica 7: Opis tablice "senzor_stanje" 36
Tablica 8: Kod okidača unix_time za konverziju zapisa vremena..... 36
Tablica 9: Omogućavanje pokretanja procedura za dohvat podataka..... 37
Tablica 10: Kreiranje funkcije s pozivanjem web servisa..... 38

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **SUSTAV ZA STVARNOVREMENSKI DOHVAT PODATAKA IZ PROMETNE MREŽE**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 07.07.20

(potpis)