

Implementacija IoT merne stanice za primenu u preciznoj poljoprivredi

Branislav Tejić, Nikola Đukić, Srđan Tegeltija, Gordana Ostojić, Stevan Stankovski

Katedra za mehatroniku, robotiku i automatizaciju / Departman za industrijsko inženjerstvo i menadžment

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Novi Sad, Srbija

tejic@uns.ac.rs, nikoladj@uns.ac.rs, srkit@uns.ac.rs, goca@uns.ac.rs, stevan@uns.ac.rs

Sažetak — Precizna poljoprivreda omogućava da se dobiju zadovoljavajući prinos i kvalitet roda optimalnom primenom agrotehničkih mera (navodnjavanje, primena đubriva, primena pesticida, zaštita od mraza i druge). Optimalna primena agrotehničkih mera zavisi od parametara zemljišta i mikro - klime. U ovom radu je opisana realizovana merna stanica za primenu u poljoprivredi kojom se mere parametri zemljišta i mikro-klime (temperatura i vlažnost vazduha, temperatura i vlažnost zemljišta, pH vrednost zemljišta, itd). Izmerene vrednosti parametara zemljišta i mikro - klime su dostupne u svakom trenutku farmerima putem razvijenih internet aplikacija, ali i registrovanim savetodavnim službama, agencijama i drugim državnim službama.

Ključne riječi – IoT; precision agriculture; FIWARE; WSN; (key words)

I. UVOD

Veliki uticaj na prinos i kvalitet roda u poljoprivrednoj proizvodnji ima optimalna primena agrotehničkih mera. Primena odgovarajućih agrotehničkih mera u velikoj meri zavisi od parametara zemljišta i mikro-klime. Ovo se posebno odnosi na primenu đubriva i pesticida. Stoga, kako bi odgovarajuće agrotehničke mere bile primenjene na optimalan način i u optimalnoj meri, potrebno je posedovati odgovarajuće informacije o karakteristikama zemljišta i mikro-klime.

Sa druge strane, danas svako poljoprivredno domaćinstvo ima neki vid pristupa internetu (računar, pametni telefon, tablet računar). Pored toga u Srbiji, pa i u regionu, ICT nije zastupljen u dovoljnoj meri u poljoprivredi. ICT i mogućnosti koje nosi sa sobom, u velikoj meri može pomoći poljoprivrednicima, da povećaju obim i kvalitet prinosa na svojim njivama.

Idealan sistem bi omogućavao poljoprivrednicima da u bilo kom trenutku mogu da vide relevantne podatke sa svojih njiva, da podaci budu prikazani na prigodan način i da na osnovu podataka sa njiva, poljoprivrednik može sam ili uz pomoć stručnjaka da donese odgovarajuću odluku za primenu agrotehničkih mera.

Primena precizne poljoprivrede omogućava poljoprivrednicima da uštede vreme, novac, i povećaju kvalitet i obim svojih prinosa [1-3]. Poljoprivrednici štede vreme tako što ne moraju lično da proveravaju stanje na njivama, nego

putem odgovarajućih web ili mobilnih aplikacija imaju uvid u stanje na svojim njivama. Precizna poljoprivreda omogućava optimalnu primenu đubriva i pesticida, čime se štedi novac i povećava pozitivan uticaj na životnu okolinu. I na kraju precizna poljoprivreda omogućava poljoprivrednicima veći i kvalitetniji prinos.

Koncept Internet stvari (Internet of Things – IoT) nije nov. Pojam Internet stvari prvi je koristio Kevin Ashton još 1999. godine [4]. Uopšteno govoreći Internet stvari se odnosi na svakodnevne objekte koji su međusobno umreženi, koji i sami poseduju neku vrstu inteligencije (implementiranu kroz odgovarajući softver)[5]. Internet stvari se često implementira i kroz bežične senzorske mreže (Wireless Sensor Networks – WSNs). Internet stvari mogu da komuniciraju putem RFID, WIFI, 4G-LTE ili neke drugog vida bežične komunikacije, kako međusobno tako i sa centralnim čvorištem i/ili odgovarajućim serverom koji se nalazi u oblaku (cloud based web server) [6]. Internet stvari danas je prisutan gotovo u svim aspektima ljudskog života: u transportnoj industriji, u zdravstvu, u pametnim kućama, u automobilima, svakodnevni odevni predmeti itd. [7]. Očekivano internet stvari je prisutan i u poljoprivredi, gde omogućava poljoprivrednicima da smanje gubitke, uvećaju obim svojih prinosa i povećaju kvalitet krajnjeg proizvoda [8-10].

Evropska unija kroz razne projekte i fondove pokušava da pospeši primenu IT-a u poljoprivredi. Poseban akcenat se stavlja na primenu FIWARE (Future Internet WARE) tehnologija. Razvoj FIWARE tehnologije je finansiran od strane Evropske unije. FIWARE predstavlja inovativnu platformu za brzi razvoj i isporuku kompleksnih cloud-baziranih aplikacija. FIWARE skup API-ja (Application Programming Interface) je otvoren i dostupan svima, tako da svako ima mogućnost da razvije sopstvenu instancu FIWARE arhitekture ili nekih njenih delova. FIWARE omogućava jednostavnu integraciju svojih komponenti koje se nazivaju GE-i (Generic Enabler). FIWARE tehnologija omogućava relativno jednostavnu integraciju IoT (Internet of Things) u kompleksne cloud bazirane aplikacije u oblaku, kao što su pametni gradovi (smart cities) [11-12]. Između ostalih primena FIWARE zajedno sa IoT se koristi i u poljoprivredi [11-12]. FIWARE sa svim svojim GE omogućava kompletan protok podataka od izmerene fizičke karakteristike zemljišta/mirko-klime, slanje podataka na cloud, skladištenje podataka na

odgovarajući način, pa sve do preuzimanja podataka od strane odgovarajuće klijentske aplikacije (trenutno postoje android aplikacija i web aplikacija).

Ovaj rad je struktuiran na sledeći način: u drugom poglavlju opisan je problem koji je bilo potrebno rešiti, kao i idejno rešenje istog. U trećem poglavlju je detaljno opisana implementacija i delovi merne stanice, kao i njihova međusobna veza. Na kraju u poslednjem poglavlju, odnosno zaključku, analizirano je rešenje i predlozi za rešenje primećenih problema.

II. IDEJNO REŠENJE

Predlog rešenja IoT merne stanice koja bi se koristila u svrhu precizne poljoprivrede, trebalo bi da omogući merenje minimum četiri fizičke karakteristike zemljišta/mikro-klime upotrebom dostupnih senzora. Pored toga, merna stanica treba da ima informaciju da senzori funkcionišu na odgovarajući način ili su iz nekog razloga van funkcije. Odnosno, merna stanica, treba da zna da li senzor daje validnu informaciju ili ne. Nakon merenja fizičke karakteristike zemljišta/mikro-klime, potrebno je odgovarajuću veličinu poslati na cloud bazirani servis, koja će veličinu uskladištiti na odgovarajući način.

Merna stanica mora da ima pristup internetu, kako bi slala podatke na cloud bazirani servis. Pored toga, neohodno je obezbediti baterijsko napajanje kako bi merna stanica radila uz minimalno ljudsko održavanje.

Merna stanica mora da obezbedi kompletnu integraciju u FIWARE ekosistem. Da komunikacija sa cloud baziranom aplikacijom u skladu sa protokolima koje propisuje FIWARE.

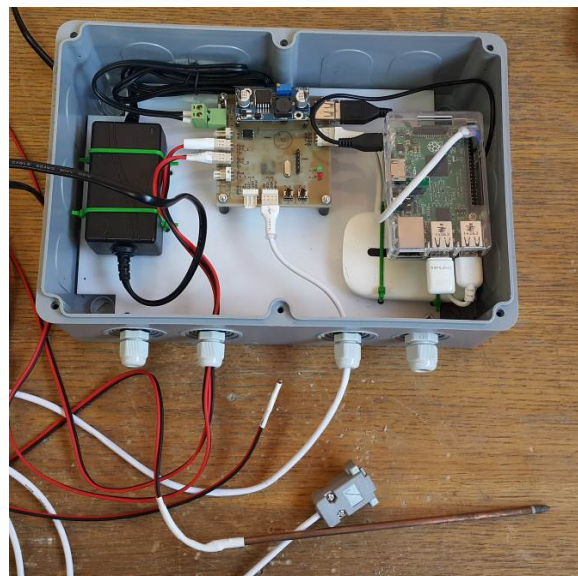
I na kraju merna stanica treba da onemogući, ili minimizuje, mogućnost pojave greške od strane operatera koji mernu stanicu postavlja i konfigurise.

III. PRAKTIČNA REALIZACIJA SISTEMA

Izgled implementirane IoT merne stanice prikazan je na Sl. 1. Sistem se sastoji iz određenog broja senzora koji su preko A/D konvertora povezani na senzorsku ploču koja poseduje Atmel AVR mikrokontroler, koji vrši osnovnu obradu podataka i šalje vrednosti očitane sa senzora kao i status senzora na Raspberry PI računar putem RS232 komunikacije. Na Raspberry PI računaru se nalazi instanca FIWARE Figway software-a, koji je namenjen za komunikaciju sa FIWARE cloud baziranim komponentama. Raspberry PI preko WIFI komunikacije se povezuje na GPRS WIFI ruter, čime se omogućava internet pristup za Raspberry PI računar. Ceo sistem se napaja sa 6 – 25 V DC izvorom napajanja.

FIWARE Figway software je uzet kao baza upravljačkog programa na Raspberry PI računaru. Pored toga što je FIWARE Figway modifikovan, uključeni su dodatni programski moduli koji omogućavaju dijagnostiku sistema, automatsku konfiguraciju, kao i slanje odgovarajućih grešaka na cloud.

Usled nepostojanja odgovarajućih upravljačkih programa za USB GPRS modem (kojim bi postigli uštedu u potrošnji), odabrano je opisano rešenje.



Slika 1. Realizovana merna stanica u vodonepropusnom kućištu

A. Senzorska ploča

Zadatak senzorske ploče jeste da periodično očitava merenja sa senzora koji su povezani na ploču. Pored merenja potrebno je izmerenu veličinu konvertovati u odgovarajuće standardne jedinice. Nakon čitanja vrednosti sa senzora, senzorska stanica vrši i dijagnostifikovanje stanja senzora. Nakon izvršene dijagnostike i očitane vrednosti sa svih senzora, podaci se šalju putem RS232 komunikacije na Raspberry PI računar.

Na senzorskoj ploči nalazi se Atmega 16 mikrokontroler, na koji su povezani senzori. Dva tipa senzora se koriste: analogni senzori čija vrednost se očitava putem A/D konvertora na samom mikrokontroleru i digitalni senzori čija vrednost se očitava putem digitalne komunikacije (I2C, 1-wire i SPI). Za svaki od analognih senzora se definiše opseg merenja i ukoliko je izmerena vrednost van opsega šalje se odgovarajuća greška za dati senzor. Za digitalne senzore važi isti princip, što se opsega merenja tiče. Pored toga pojedini digitalni senzori nude i mogućnost autodijagnostike senzora. Za potrebne testiranja korišćene su sledeći senzori:

- Temperatura vazduha,
- Vlažnost vazduha,
- Temperatura zemljišta,
- Vlažnost zemljišta,
- Količina padavina,
- Osunčanost.

Nakon izvršenog merenja i dijagnostike senzora. Mikrokontroler šalje podatke na Raspberry PI računar u sledećem formatu:

FE A.A B.B C.C D.D E.E F.F G.H I.J K.L FF

Gde su:

FE – početak poruke;

A.A – temperatura zemljišta;

B.B – vlažnost zemljišta;

C.C – temperatura vazduha;

D.D – vlažnost vazduha;

E.E – količina padavina;

F.F – osunčanost;

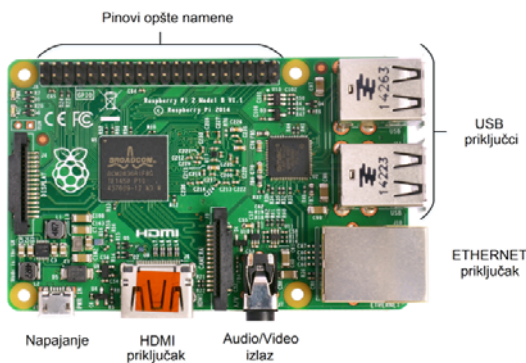
G, H, I, J, K, L – statusi odgovarajućih senzora (0 – ukoliko je sve u redu, vrednost različita od nule ukoliko je došlo do neke greške),

FF – Kraj poruke.

Sve izmerene vrednosti se šalju kao niz bajtova u heksadecimalnom formatu putem RS232 komunikacije.

B. Raspberry PI računar

Za potrebe IoT merne stanice korišćen je Raspberry PI računar. Tačnije Raspberry PI 2 Model B varijanta, prikazan na Sl. 2. Na računaru se nalazi četvororojezgarni ARM Cortex-A7 procesor na 900 MHz. Računar poseduje 1 GB SDRAM memorije, koju deli sa GPU (Graphics Processing Unit). Četiri USB 2.0 porta, koja su povezana na jedno peto-portno USB čvorište na ploči (jedan port se koristi za Ethernet vezu). Raspberry PI poseduje HDMI i TRRS konektore za prikazivanje slike. Raspberry PI poseduje i Ethernet port (brzina do 100 Mbit/s). Raspberry PI poseduje i 17 ulaza/izlaza opšte namene (GPIO), koje istovremeno koristi i za potrebe serijskih komunikacija (SPI, I2C, UART). Za potrebe skladištenja podataka na ploči se nalazi i MicroSD memorijska kartica.



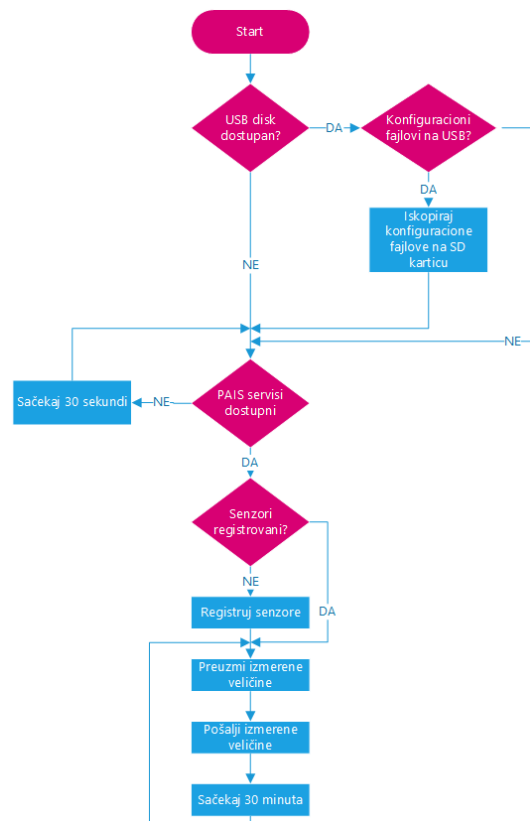
Slika 2. Raspberry PI 2 model B računar sa svojim periferijama

Na Raspberry PI računaru se nalazi instaliran Raspbian operativni sistem (varijanta Debiana prilagođena Raspberry PI računaru). Na ovom računaru se nalazi implementacija otvorenog softverskog alata FIWARE Figway, koji je prilagođen za potrebe IoT senzorske stanice. Ceo sistem na Raspberry PI računaru je zamišljen kako bi minimizovao mogućnost pojave ljudske greške. Algoritam rada aplikacije za

upravljanje radom IoT merne stanice na Raspberry PI računaru dat je na Sl. 3.

Prilikom pokretanja računara (dovodi se 5 V na napajanje Raspberry PI), automatski se pokreće program za upravljanje IoT mernom stanicom. Prva stvar koju program radi jeste provera da li je USB disk povezan na računar. Ukoliko jeste pokušava da pronađe odgovarajuće fajlove u kojima se nalaze potrebna podešavanja za računar. Prvi fajl se zove *station_config.ini* i drugi fajl koji se zove *pais_config.json*. Ukoliko se na USB disku nađu ovi fajlovi kopiraju se lokalno na microSD karticu Raspberry PI računara.

Prvi konfiguracioni fajl (*station_config.ini*) između ostalog sadrži podešavanja za WIFI konekciju i ostala podešavanja potrebna za računar uopšte. Drugi konfiguracioni fajl (*pais_config.json*) sadrži podešavanja potrebna za integraciju stanice u PAIS cloud sistem. Između ostalih podataka u fajlu se nalazi jedinstveni identifikacioni broj stanice, adrese na kojima se nalazi odgovarajući PAIS server, port koji PAIS server osluškuje, podešavanja vezana za broj i tipove senzora čija će merenja da se šalju na PAIS server.



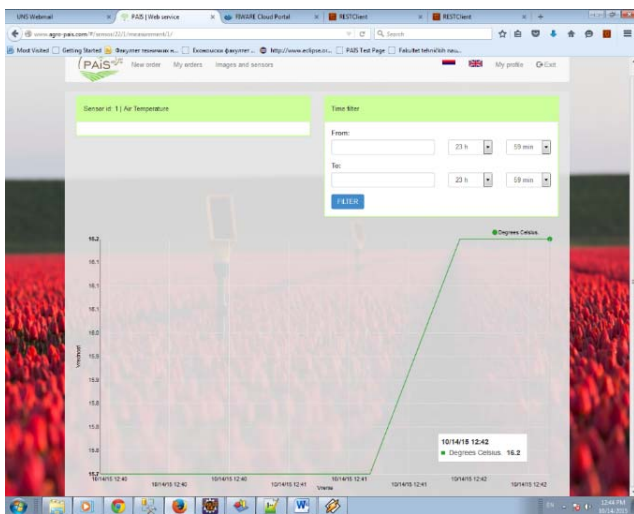
Slika 3. Algoritam rada programa za upravljanje mernom stanicom

Nakon što je konfiguracija uređaja i servisa izvršena. Raspberry PI uređaj proverava da li je PAIS servis dostupan. Dostupnost PAIS servisa se vrši u dva koraka. Prvi korak je provera da li je Orion ContextBroker GE dostupan. Ukoliko se dobije odgovor koji signalizira da je Orion ContextBroker ispravan, proverava da li je IDAS Backend Device Manager GE aktivan. Ukoliko je i IDAS Backend Device GE aktivan,

proverava se da li su senzori koji su definisani u *pais_config.json* fajlu, registrovani na PAIS cloud sistemu. Ukoliko nisu vrši se registracija senzora na PAIS servis.

Nakon što su senzori uspešno registrovani, otvara se RS232 konekcija između Raspberry PI računara i senzorske ploče. Raspberry PI čita podatke koji dolaze sa senzorske ploče. Podaci koji stižu su očitavanje vrednosti sa senzora i stanje senzora. Očitavanje sa senzora je neceli broj, dok je stanje senzora ceo broj. Ukoliko je stanje senzora jednako nuli, smatra se da senzor funkcioniše kako treba, ukoliko je vrednost različita od nule došlo je do greške na senzoru i očitana vrednost sa senzora se ne šalje na PAIS servis. Greška senzora se čuva u sistemu.

Korisnik sistema na kraju može da proveri očitane vrednosti preko odgovarajuće web aplikacije, prikazane na Sl. 4.



Slika 4. Prikaz web aplikacije sa rezultatima merenja sa senzora koji meri temperaturu vazduha

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je implementacija IoT merne stanice upotrebom FIWARE tehnologije. Merna stanica uspešno šalje izmerene podatke sa polja na PAIS server koji podatke skladišti. Slanje podataka sa merne stanice, skladištenje i dostupnost podataka dalje klijentskim aplikacijama implementirano je oslanjajući se na FIWARE tehnologiju. Upotrebom FIWARE tehnologije omogućen je brži razvoj konačnog rešenja, kao i relativno lako proširivanje funkcionalnosti sistema u budućnosti. Merna stanica se konfiguriše vrlo jednostavno USB memorije, čime se minimizuje pojava ljudske greške.

Za dalji rad planirano je povećanje autonomije sistema na jednu poljoprivrednu sezonu, gašenjem Raspberry PI računara između slanja podataka i korišćenjem Raspberry PI zero umesto Raspberry PI 2 model B računara. Pored toga, unapređenje bi bilo i pisanje namenskog upravljačkog programa za USB GRPS modem, kojim bi se pojeftinila stanica i dodatno umanjila potrošnja električne energije.

LITERATURA

- [1] A. McBratney, B. Whelan, T. Ancev, and J. Bouma. "Future directions of precision agriculture.", *Precision Agriculture* 6, no. 1 (2005): 7-23.
- [2] R. Gebbers, and V. I. Adamchuk. "Precision agriculture and food security.", *Science* 327, no. 5967 (2010): 828-831.
- [3] A. Camilli, C. E. Cugnasca, A. M. Saraiva, A. R. Hirakawa, and P. LP Corrêa. "From wireless sensors to field mapping: Anatomy of an application for precision agriculture.", *Computers and Electronics in Agriculture* 58, no. 1 (2007): 25-36.
- [4] K. Ashton, "That 'Internet of Things' thing", *RFID Journal* (2009).
- [5] F. Xia, L.T. , Yang, L. Wang, A. and Vinel, "Internet of things", *International Journal of Communication Systems*, 2012 25(9), pp. 1101.
- [6] J Gubbi, R.r Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami. "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions." *Future Generation Computer Systems* 29, no. 7 (2013) pp. 1645-1660..
- [7] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito "The Internet of Things: a survey", *Computer Networks*, 54 (2010), pp. 2787–2805
- [8] F. TongKe, "Smart agriculture based on cloud computing and IOT" *Journal of Convergence Information Technology* . Jan2013, Vol. 8 Issue 2, p1-7. 7p.
- [9] L. Zhou, L. Song, C. Xie, and J. Zhang. "Applications of Internet of Things in the facility agriculture.", *Computer and Computing Technologies in Agriculture VI*, pp. 297-303. Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [10] J. Ye, B. Chen, Q. Liu, and Y. Fang. "A precision agriculture management system based on Internet of Things and WebGIS.", *Geoinformatics (GEOINFORMATICS)*, 2013 21st International Conference on, pp. 1-5. IEEE, 2013.
- [11] A. Krylovskiy, M. Jahn, and E. Patti. "Designing a Smart City Internet of Things Platform with Microservice Architecture.", *Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, 2015 3rd International Conference on, pp. 25-30. IEEE, 2015.
- [12] D. Namiot, and M. Sneps-Sneppé. "On software standards for smart cities: API or DPL.", *ITU Kaleidoscope Academic Conference: Living in a converged world-Impossible without standards?*, *Proceedings of the 2014*, pp. 169-174. IEEE, 2014.
- [13] S. Barmounakis, A. Kaloxylas, A. Groumas, L. Katsikas, V. Sarris, K. Dimtsa, F. Fournier, E. Antoniou, N. Alonistioti, and S. Wolfert. "Management and control applications in Agriculture domain via a Future Internet Business-to-Business platform.", *Information processing in agriculture* 2, no. 1 (2015): 51-63.
- [14] A. Kaloxylas, A. Groumas, V. Sarris, L. Katsikas, P. Magdalinos, E. Antoniou, Z. Politopoulou, S. Wolfert, C. Brewster, R. Eigenmann and C.M. Terol. "A cloud-based Farm Management System: Architecture and implementation.", *Computers and electronics in agriculture* 100 (2014): 168-179.

ABSTRACT

Precision agriculture enables a satisfactory yield and quality of agricultural product by optimal usage of agritechnical measures (irrigation, fertilizing, use of pesticides, weather protection etc.). Optimal use of agro-technical measures depends on properties of soil and micro-climate (soil moisture, soil temperature, air temperature, air humidity, soil pH, wind speed, etc.). Measured values of soil and micro-climate properties are available at any time by farmers through web based application. Collected data is available also for agricultural communities and agricultural consulting agencies.

IMPLEMENTATION OF IOT MEASURING STATION FOR PRECISION AGRICULTURE

Branislav Tejić, Nikola Đukić, Srđan Tegeltija, Gordana Ostojić, Stevan Stankovski