

UDC: 614:004

Info M: str. 48-54

## MODEL MOBILNOG ZDRAVSTVA ZASNOVAN NA TEHNOLOGIJAMA WEARABLE COMPUTING-A MOBILE HEALTH MODEL BASED ON WEARABLE COMPUTING TECHNOLOGIES

Branka Rodić Trmčić

Visoka zdravstvena škola strukovnih studija u Beogradu, brodic@gmail.com

Aleksandra Labus

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, aleksandra@elab.rs

Zorica Bogdanović

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, zorica@elab.rs

**REZIME:** Predmet istraživanja ovog rada je razvoj modela mobilnog zdravstva zasnovanog na wearable computing-u. Razvijeni model ima za cilj da pokaže jedan od načina integracije koncepta elektronskog zdravstva, mobilnog zdravstva, Interneta inteligentnih uređaja i wearable computinga. U radu je dat prikaz razvoja wearable sistema zasnovanog na uređajima i tehnologijama Interneta inteligentnih uređaja. Razvijeni sistem omogućava merenje otkucaja srca kod pacijenata. Kao podrška wearable sistemu razvijena je mobilna aplikacija koja pruža servise mobilnog zdravstva. Servisi treba da unaprede način pružanja zdravstvenih usluga, praćenje zdravstvenog stanja, sprovođenja preventivnih programa, smanjenje troškova pružanja zdravstvene zaštite i način na koji pacijent uzima aktivno učešće u brizi o svom zdravlju.

**KLJUČNE REČI:** e-zdravstvo, mobilno zdravstvo, wearable computing, Internet inteligentnih uređaja

**ABSTRACT:** The objective of this paper is development of mHealth model based on wearable computing. Developed model aim to demonstrate one way of integrating eHealth, mHealth, Internet of Things and wearable computing. The paper present the development of a system based on wearable devices and technologies of the Internet of Things. The developed system allows the measurement of the patient's heart rate. Mobile application that provides mobile health services is developed in support of wearable system. Those services needs to improve the way health services are delivered, health condition monitoring, and prevention programmes implementation, reduce the costs of health care delivery, and allow patient to take an active role in one's health care.

**KEY WORDS:** e-health, mobile health, wearable computing, Internet of Things

### 1. UVOD

U poslednjih nekoliko godina zabeležen je porast broja mobilnih uređaja kod stanovništva u zemljama u razvoju. U Srbiji preko 90% stanovnika u 2015. godini koristi mobilni telefon, a 64% poseduje internet priključak [1]. Istovremeno se u razvijenim i zemljama u razvoju beleže promene kao što su ekonomska kriza, starenje populacije, smanjenje broja radno sposobnog stanovništva [2], a uticaj tih promena se odražava na javni budžet, smanjenje broja zdravstvenih radnika, povećanje incidence hroničnih bolesti i sl. Zemlje u razvoju se, pored pomenutih izazova, suočavaju sa lošim uslovima za pružanje zdravstvenih usluga [3]. Dostupnost zdravstvenih usluga, pristupačnost, kvalitet i cena zdravstvenih usluga su problem u mnogim zemljama sveta [2], [3], [4].

Rasprostranjenost mobilnih telefona i savremenih informaciono-komunikacionih tehnologija u zemljama u razvoju i razvijenim zemljama omogućava efikasno rešenje za realizaciju osnovnih zdravstvenih usluga i usluga wellness-a [3].

Napredak medicine ima uticaj na produženje životnog veka kod ljudi, bolju zdravstvenu negu, lečenje hroničnih bolesnika, što sa druge strane uslošnjava i poskupljuje zdravstvenu zaštitu. Promocija wellness-a, zdravih stilova života i njihovog uticaja na zdravlje, ohrabrila je ljude da uzmu učešće u upravljanju svojim zdravljem. To je dovelo do inovativnih rešenja koja imaju ključnu ulogu u pomeranju zdravstvene zaštite iz bolnica i lekarskih ordinacija do doma pacijenta. Zdravstvenim ustanovama streme ka tačnim i pouzdanim dijagnostičkim rezultatima u realnom vremenu, bez obzira na lokaciju i

udaljenost pacijenta od ustanove za lečenje [5]. Tako uređaji povezani sa internetom omogućavaju nadgledanje stanja pacijenta ili praćenje nekih vitalnih parametara, npr. praćenje ploda kod trudnica, elektrokardiogrami, temperaturna merenja ili merenja nivoa glukoze u krvi što je ponekada od vitalnog značaja za ove pacijente [6]. Putem mobilnih aplikacija, senzora, medicinskih uređaja i udaljene dijagnostike, stvaraju se nove mogućnosti za pružanje zdravstvene zaštite. Ove tehnologije pomažu smanjenju troškova pružanja zdravstvene zaštite i povezuju pojedinca sa pružaocem zdravstvene zaštite [7].

U radu je dat pregled koncepta elektronskog zdravstva, mobilnog zdravstva i Interneta inteligentnih uređaja u zdravstvu. Razvijen je model mobilnog zdravstva zasnovan na konceptu wearable computing-a. Razvijena je Android aplikacija koja omogućava pružanje različitih zdravstvenih informacija i usluga korisnicima zdravstvene zaštite.

### 2 INTERNET INTELIGENTNIH UREĐAJA U SLUŽBI ZDRAVLJA I WELLNESS-A

Prema definiciji Evropske komisije [8] elektronsko zdravstvo se definiše kao primena informaciono-komunikacionih tehnologija za zadovoljenje potreba građana, pacijenata, zdravstvenih radnika, pružaoca zdravstvenih usluga i kreatora zdravstvene politike. Prema istom izvoru e-zdravlje označava korišćenje informaciono-komunikacionih tehnologija u cilju:

- unapređenja i poboljšanja prevencije, dijagnostike, lečenja, praćenja i upravljanja,

- poboljšanje pristupa zdravstvenim uslugama i kvalitetu usluga usled poboljšanja efikasnosti zdravstvenog sektora,
- razmenu informacija između pacijenata i pružaoca zdravstvenih usluga, bolnica, zdravstvenih radnika,
- upotrebu telemedicine i prenosivih uređaja za praćenje stanja i druge vrste razmene informacija.

Mobilno zdravstvo, kao oblast elektronskog zdravstva i tehnologija integrisana unutar zdravstvenog sektora ima ogroman potencijal da uspostavi bolju zdravstvenu komunikaciju, promoviše zdrave stilove života, olakša procese odlučivanja, kako za stručnjake tako i za pacijente, i konačno da poboljša kvalitet zdravstvenih usluga omogućavajući lakši pristup medicinskim i zdravstvenim informacijama u onim mestima gde je pristup informacijama otežan ili nemoguć.

Aplikacije mobilnog zdravstva imaju za svrhu prikupljanje kliničkih i opštih zdravstvenih informacija, obezbeđenje komunikacije između pojedinaca i zdravstvenog sistema, pružanje zdravstvenih i preventivnih informacija, monitoring i nadzor, sprovođenje preventivnih programa, praćenje zdravstvenog stanja pacijenta u realnom vremenu, kao i direktno pružanje medicinskih usluga (oblast mobilne telemedicine). Ovim se zdravstvene usluge dovode do osetljivih (vulnerabilnih) populacionih grupa (populacije koje u određenom periodu nemaju jednake mogućnosti da dobiju zdravstvenu zaštitu). Može da se poveća efikasnost pružanja zdravstvene nege uz smanjenje troškova, kao i da se poveća efikasnost preventivnih programa, programa javnog zdravlja, kao i istraživačkih projekata.

Internet inteligentnih uređaja predstavlja mrežu fizičkih objekata povezanih preko bežičnih ili žičnih Internet mreža u koje je ugrađena senzorska tehnologija koja omogućava interakciju sa unutrašnjim stanjem samog pametnog objekta ili sa spoljnim okruženjem. Uređaji prikupljaju i razmenjuju informacije direktno među sobom, sa drugim uređajima ili preko *cloud*-a gde je omogućeno prikupljanje, čuvanje i analiza podataka [6]. Godinama unazad eksperti su predviđali da će Internet inteligentnih uređaja – sistem u kojem objekti komuniciraju međusobno ili sa drugim uređajima – transformisati način življenja [9]. U poslednjih nekoliko godina svedoci smo povećanog interesovanja za wearable zdravstvene uređaje, kao u istraživačkoj, tako i u zdravstvenoj delatnosti (fitness, wellness, uređaji za osobe sa posebnim potrebama, dermatologija i dr.) [10]. Ubrzani razvoj novih i različitih vrsta medicinske opreme, uključujući i različite senzore koji se koriste uz opremu usmeren je ka praćenju zdravstvenog stanja starijih osoba. Kako je u današnje vreme dostupno mnogo tehnologija (mikro tehnologije, telekomunikacije, štedljivi uređaji koji troše minimalne količine energije, novi tekstilni materijali i fleksibilni senzori), u cilju poboljšanja komfora i bezbednosti pacijenata moguće je dizajnirati nove uređaje koji su laki za upotrebu. Senzori se koriste i u elektronskim medicinskim uređajima gde im je zadatak da konvertuju različite oblike stimulansa u električni signal.

Wearables su mali elektronski uređaji, koji se često sastoje iz jednog ili više senzora i imaju računarske sposobnosti [11]. Oni su sastavni deo artikala ili predmeta koji se nose na telu, npr. na glavi, stopalu, rukama, zglobovima ili struku, mogu biti ugrađeni u odeću, a mogu biti i sama odeća [12]. Mogu biti u

vidu satova, sunčanih naočara, odeće, kontaktnih sočiva, cipele ili čak nakita. Wearable uređaji su prenosivi pa je omogućen komfor i mobilnost onih koji ih nose. Merenja određenih parametara je moguće vršiti u toku normalnih dnevnih aktivnosti korisnika, bez obzira na lokaciju korisnika, a podaci će se prenositi na udaljeni server ili mobilni uređaj gde će se dalje vršiti njihova analiza i distribucija.

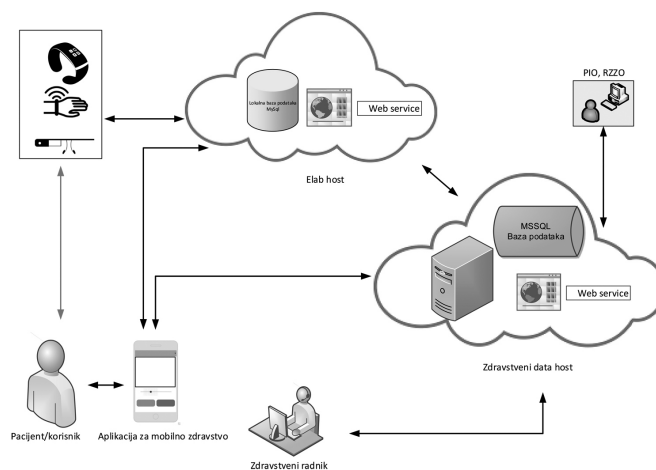
Veliki broj wearable uređaja za zdravstvo (fitness, wellness, medicinski uređaji, wellbeing i dr.) i servisa mobilnog zdravstva je implementiran i uspešno primenjen u svetu [11]. Sistem za merenje pulsa je često implementiran u uređajima za sport [13], fitnes [14], kao deo aplikacije za zdravstvo [15], [16] i stres menadžment [17].

Mikrokontroleri ili mikroročunari, odnosno procesori imaju ulogu kontrole rada senzora, procesiranja podataka i implementacije mrežnih protokola i protokola za rutiranje. Najčešće korišćeni u svrhu testiranja i izrade pilot projekata su mikrokontroler Arduino i RaspberryPi mikroročunar.

### 3. MODEL MOBILNOG ZDRAVSTVA ZASNOVAN NA WEARABLE TEHNOLOGIJAMA

Model mobilnog zdravstva zasnovan na konceptu wearable computing se sastoji iz Android aplikacije za mobilno zdravstvo *Moj mobilni doktor*, wearable sistema za praćenje zdravstvenog stanja pacijenata odnosno korisnika, servisa za povezivanje komponenti, hostova i učesnika. Model je baziran na komunikaciji između klijenata/korisnika zdravstvene zaštite, zdravstvenog osoblja i servisa, a zasniva se na subjektivnim procenama i objektivnim merenjima fizioloških parametara za procenu zdravstvenog stanja, preporukama za očuvanje i unapređenje zdravlja i prezentaciji relevantnih zdravstvenih podataka. Prikupljanje podataka se od strane korisnika vrši preko mobilnog telefona i senzora, a sa druge strane relevantni učesnici u zdravstvenoj zaštiti učestvuju u formiranju podataka o pacijentu (korisniku) i zdravstvenih poruka koje se čuvaju u zdravstvenom data hostu.

Model servisa mobilnog zdravstva zasnovan na konceptu wearable computing-a prikazan je na slici 1.

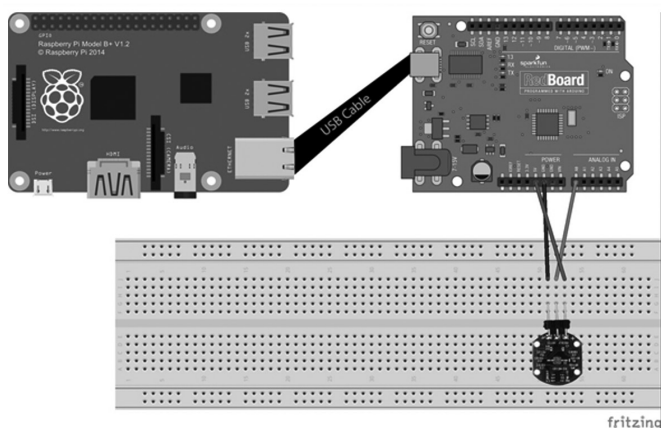


Slika 1. – Model mobilnog zdravstva zasnovan na konceptu wearable computing

**Realizacija wearable sistema**

Wearable sistem je zasnovan na uređajima i tehnologijama Interneta inteligentnih uređaja, a kao test implementacija realizovan je wearable sistem za merenje pulsa u cilju merenja otkucaja srca pacijenta.

Prototip je implementiran pomoću senzora, mikroprocesora *Arduino* i *Raspberry Pi* mikroracunara. Implementacija na ovim uređajima je izvršena pomoću programskog jezika *Python* i *php* skript jezika. Za registrovanje otkucaja srca koristi se Heartbeat senzor. Dobijeni podatak se prosleđuje na mikroracunar Raspberry Pi. Fizičko povezivanje senzora i uređaja za pametno zdravlje prikazano je pomoću Fritzing programa (Slika 2).



Slika 2. – Fizičko povezivanje senzora, Arduina i Raspberry Pi mikroracunara

Na slici 2 prikazano je spajanje mikroprocesora i senzora različitim kablovima kojima se povezuje ground izvod, izvod od 5V i prenos podataka. Povezivanje između Raspberry Pi-a i Arduina je ostvareno pomoću USB kabela.

Za realizaciju sistema, odnosno čitanje vrednosti sa Heartbeat senzora korišćena je biblioteka za Arduino PulseSensorAmped\_Arduino. Prenos podataka se vrši na Raspberry Pi.

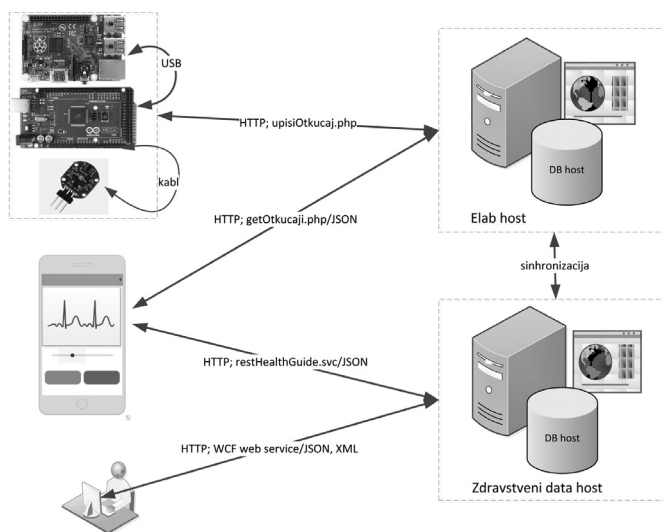
**Povezivanje komponenti modela**

Raspberry Pi ima zadatak da, nakon što dobije podatak od Arduina, pročita iste i ukoliko nije zabeležena greška, te vrednosti upiše u MySQL bazu podataka na serveru.

Podaci mogu biti preneti preko Bluetooth/GPRS/WiFi/Zigbee komunikacionih modula. U realizovanom modelu komunikaciju smo ostvarili preko LAN-a.

Pristup podacima sa vrednostima pulsa je omogućen preko veb servisa koji pristupa MySQL bazi na serveru i zahvata zapise sa vrednostima pulsa. Vrednosti koje vraća veb servis su u JSON formatu koji se parsira i na osnovu dobijenih vrednosti se iscertava grafik sa vrednostima pulsa i prikazuje na ekranu aplikacije.

Na slici 3 prikazana je komunikacija u realizovanom prototipu mobilnog zdravstva zasnovanom na wearable computing-u.



Slika 3. – Komunikacije u realizovanom prototipu mobilnog zdravstva zasnovanom na wearable computing

Za realizaciju servisa koji omogućavaju komunikaciju između baza podataka na udaljenom hostu (simulacija realnog zdravstvenog data hosta) i mobilne aplikacije korišćeno je Visual Studio.NET 2010 razvojno okruženje, WCF (*Windows Communication Foundation*) programska platforma i izvršno okruženje za razvoj i konfigurisanje mrežno-distribuiranih servisa i programski jezik C#. Implementacija veb servisa je zasnovana na REST principima kroz standardni HTTP komunikacioni protokol.

Za skladištenje podataka korišćen je Microsoft SQL Server 2008. Baza podataka i servisi su hostovani na iznajmljenom serveru koji je modelu prikazan kao zdravstveni data host. Zdravstveni data host sadrži podatke o korisniku (pacijentu), zdravstvenim ustanovama, lekarima, kao i relevantne informacije koje se prikazuju u aplikaciji za mobilno zdravlje.

Za programsko okruženje VS.NET smo se opredelili, osim određenih prednosti [18], zbog široke rasprostranjenosti .NET tehnologije i Windows servera, familijarnosti sa Windows tehnologijama u zdravstvu, kao i stručnjaka koji rade u toj oblasti u zdravstvenim institucijama u Srbiji.

Obzirom da je istraživanje bazirano na podršci i unapređenju zdravstvenog sistema i pružanja zdravstvenih usluga u Srbiji, smatrali smo da je korisno iskoristiti postojeće infrastrukturne potencijale u zdravstvenom sistemu.

**4 RAZVOJ APLIKACIJE ZA MOBILNO ZDRAVLJE**

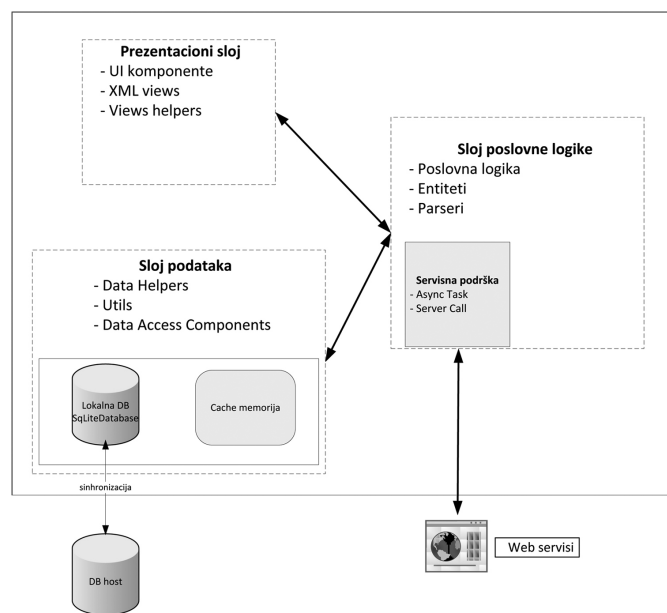
Android aplikacija je realizovana u programskom okruženju *Android Studio* (v1.0.2) uz pomoć programskog jezika *Java*.

Na slici 4 je prikazana arhitektura aplikacije podeljena u tri sloja: prezentacioni koji sadrži klase neophodne za uređivanje i izgled ekrana i pomoćne klase za upravljanje komponentama



na ekranima; sloj poslovne logike gde su definisane klase entiteta, parseri koji prevode JSON format poruka i objekte koji će se ili čuvati lokalno ili prosleđivati prezentacionom sloju, kao i servisna podrška koja upravlja asinhronim pozivanjem veb servisa; sloj podataka koji upravlja podacima u *cache* memoriji, lokalnoj SQLite bazi podataka u telefonu, vrši sinhronizaciju podataka sa udaljene baze podataka i sadrži pomoćne klase za upravljanje podacima.

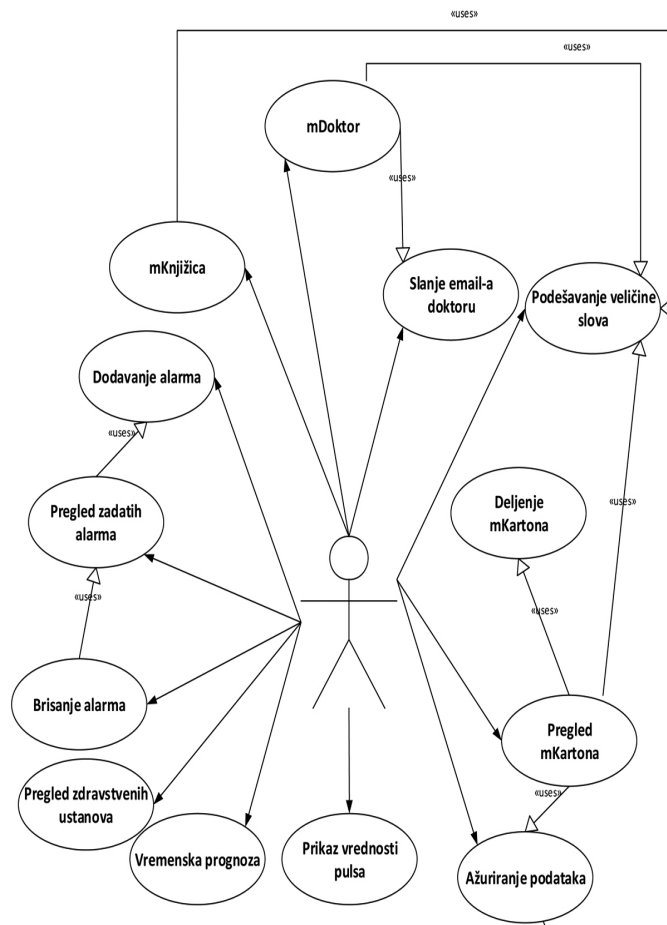
Obrada i čuvanje podataka se jednim delom vrše lokalno, u *cache* memoriji telefona i lokalnoj bazi u telefonu korisnika, dok se veći deo obrađuje i prosleđuje sa odgovarajućih hostova.



Slika 4. Arhitektura Android aplikacije za mobilno zdravstvo

Klijentska Android aplikacija *Moj mobilni doktor* omogućava korisnicima da:

- imaju na raspolaganju mKnjižicu (zdravstvena knjižica u mobilnom telefonu) koju će na zahtev pokazati, odnosno približiti barkod čitaču barkodova na prijemnom šalteru u primarnoj zdravstvenoj zaštiti;
- unesu podatke u mKarton (zdravstveni karton u mobilnom telefonu), podele podatke sa svojim doktorom ili drugim zdravstvenim radnikom;
- dobiju spisak lekara dostupnih u datom trenutku za konsultacije putem video poziva;
- podese podsetnik za uzimanje lekova ili terapije;
- postavbe pitanje nutricionisti i pregledaju bazu pitanja i odgovora;
- imaju uvid u vremensku prognozu koja može da ima uticaja na njihovo zdravstveno stanje;
- imaju pregled zdravstvenih institucija u Srbiji, sa mapom, opcijom slanja emaila, telefonskog pozivanja i prikazom veb prezentacije ustanove;
- prikaz vrednosti pulsa u realnom vremenu;
- imaju spisak relevantnih dežurnih ustanova sa mogućnošću pozivanja;



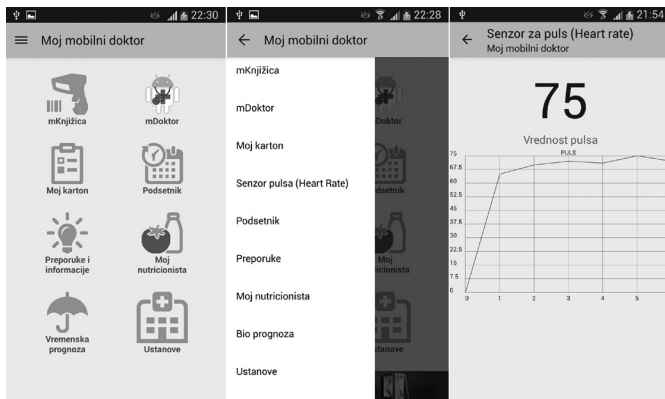
Slika 5. Use case dijagram aplikacije Moj mobilni doktor

Korisnički interfejs je realizovan tako da korisnicima omogućava jednostavno i lako korišćenje i snalaženje.

Na ekranu *Moj mobilni doktor* korisniku se pruža mogućnost uvida u listu doktora koji su trenutno na raspolaganju korisniku ili pacijentu radi konsultacija. Korisnik bira doktora odgovarajuće specijalnosti, te izborom lekara dobija mogućnost da obavi video konsultaciju sa izabranim lekarom. Povezivanjem doktora sa komercijalnim kratkim SMS brojem ili online plaćanjem moguće je implementirati i naplatu konsultacija.

Preko mKarton-a je omogućen unos brojnih parametara o zdravstvenom stanju korisnika ili pacijenta. Svrha mKartona je sticanje uvida i ažuriranje zdravstvenih parametara, kao i deljenje parametara sa relevantnim zdravstvenim radnikom. Opcija mKnjižica u prvom planu ima istaknut odgovarajući barkod koji može da se prisloni uz barkod čitač na šalteru odeljenja. Aplikacija *Moj mobilni doktor* obezbeđuje korisnicima podsećanje za uzimanje terapije ili lekova u vidu alarma. Osim toga, podsetnik je moguće koristiti i u svrhu poboljšanja zdravih stilova života i sl. (podsetnik za fizičku aktivnost, podsetnik za užinu, podsetnik za pijenje vode i dr.).

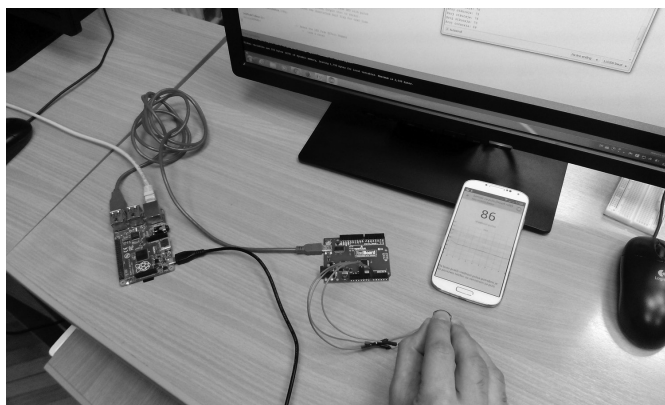
Na ekranu senzor za puls prikazana je brojačano i grafički vrednost pulsa u trenutku merenja preko wearable senzora.



Slika 6. Početni ekran, dashboard i ekran Senzora sa vrednostima pulsa

### 5 REZULTATI TESTIRANJA WEARABLE SISTEMA ZA MERENJE PULSA

Testiranje realizovanog wearable sistema je obavljeno u Laboratoriji za elektronsko poslovanje Fakulteta organizacionih nauka, Univerziteta u Beogradu. Cilj testiranja sistema je bio utvrđivanje postojanja razlike između izmerenih vrednosti pulsa preko realizovanog wearable sistema i standardnog palpatornog merenja na ručnom zglobu. Uzorak je činio jedan ispitanik.



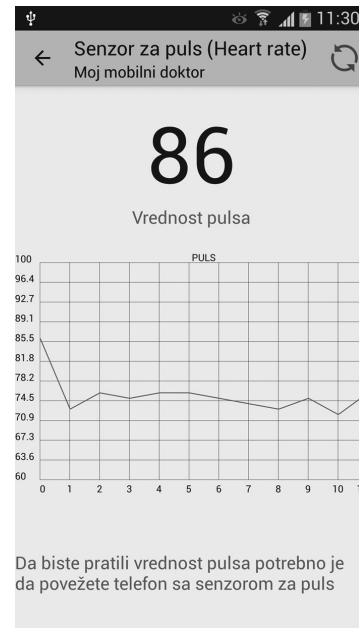
Slika 7. Fizička realizacija wearable sistema za merenje pulsa

Merenja su vršena na dva načina: palpacijom i putem senzora. Oba merenja su rađena istovremeno što je bilo važno kako bi se isključili eventualni spoljni činioci koji bi rezultirali promenama vrednosti pulsa.

*Palpatorno merenje* je obavljeno na levoj ruci na radijalnoj arteriji zgloba šake, tako što se tri prsta jedne ruke, kažiprst, srednjak i prstenjak, postave jedan pored drugog na zglob šake. Vreme je mereno štopericom na mobilnom telefonu. Očitavanje rezultata palpatornog merenja je vršeno i zapisivano svakih 30 sekundi. Kako bi se dobio rezultat pulsa u minuti vrednost je pomnožena sa 2.

*Senzorsko merenje* je obavljeno pomoću senzora IC Station Pulse Heart-Rate Module for Arduino [19]. Puls je meren pomoću senzora postavljenog između desnog palca i kažiprsta desne ruke ispitanika. Senzorska merenja su se obavljala i evidentirala automatski u bazi podataka. Senzor je očitavao

rezultate svakih 30 sekundi. Izmerene vrednosti su se čuvale na serveru, a omogućen je bio prikaz izmerenih vrednosti na ekranu *Senzor za puls* aplikacije *Moj mobilni doktor*. Sa servera se učitava poslednjih 12 vrednosti merenja koje su sačuvane u bazi podataka radi prikaza u aplikaciji. Za prikaz novih izmerenih vrednosti bilo je potrebno osvežiti ekran aplikacije. Brojčana vrednost pulsa na ekranu predstavlja poslednji izmereni i zabeleženi rezultat senzorskog merenja kod ispitanika.



Slika 8. Prikaz rezultata senzorskog merenja pulsa na ekranu telefona

U toku testiranja izmerene vrednosti pulsa preko senzora su prikazivane na ekranu računara putem monitora za serijsku komunikaciju na Arduino.

#### Poređenje izmerenih vrednosti pulsa senzorem i palpacijom

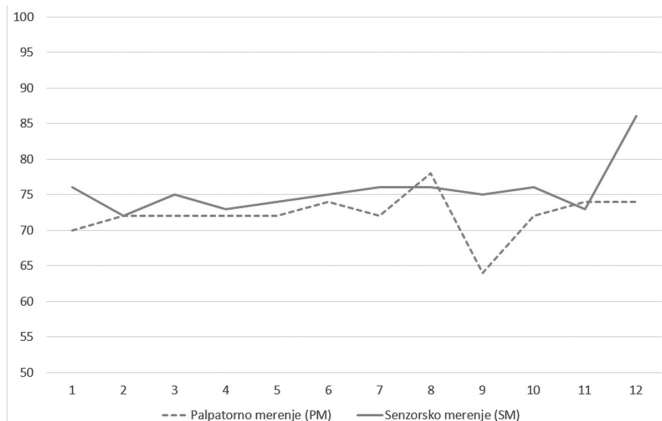
Performanse realizovanog sistema su testirane kontrolnim palpatornim merenjem [20]. Relativna greška je dobijena po formuli [21]:

$$Relativna\ greška = \frac{\# \text{ Senzorski } \bar{puls} - \text{Palpatorni } \bar{puls}}{\text{Senzorski } \bar{puls}} * 100$$

Tabela 1. Vrednosti palpatornog i senzorskog merenja pulsa kod ispitanika (očitavanja na 30 sekundi)

Palpatorno merenje (PM)	70	72	72	72	72	74	72	78	64	72	74	74
Senzorsko merenje (SM)	76	72	75	73	74	75	76	76	75	76	73	86
Relativna greška (%)	7.89	0	4	1.37	2.70	1.33	5.26	2.63	14.67	5.26	1.37	13.95

Prosečna vrednost 6-minutnog PM iznosi 72.2±3.2, a prosečna vrednost SM je 75.6±3.6, pa je prosečno povećanje pulsa senzorskim merenjem bilo 4 otkucaja. Senzorska merenja u odnosu na palpatorna imaju relativnu grešku od 5.04%. Najveća izmerena vrednost PM je 78, a najveća vrednost SM je 86.



Slika 9. Razlike u palpatornom i senzorskom merenju pulsa

Testiranje razlike u varijansama dva uzorka merenja pulsa je izvršeno primenom F-testa (dvosmerno testiranje), a izračunata vrednost ( $F=1.2$ ;  $p>0,05$ ) ukazuje na jednakost varijansi. Normalnost distribucije razlika između varijabli je dokazana je Kolmogorov-Smirnov testom, pa su ispunjeni preduslovi za primenu t-testa za testiranje postojanja jednakosti dva uparena uzorka merenja pulsa. Rezultat ukazuje na odbacivanje tvrdnje o jednakosti primenjenih metoda merenja, odnosno razlike u merenjima su statistički značajne ( $t=2.69$ ;  $p<0.05$ ).

## 6 DISKUSIJA

Mobilni uređaji predstavljaju idealnu platformu za mnoge aktivnosti. Iako su inicijalno služili za komunikaciju i prenos tekstualnih poruka, vremenom postaju nezamenljivi poslovni asistenti, a onda i uređaji za kvantitativno praćenje određenih fizioloških parametara.

Uvođenje informaciono-komunikacionih tehnologija u jedan kompleksan sistem kao što je zdravstveni sistem je složen i skup proces. Pored brojnih prednosti, javljaju se i barijere koje otežavaju ili onemogućavaju implementaciju elektronskog i mobilnog zdravstva [2].

Kao neki od ograničavajućih faktora na strani zdravstvenih radnika javljaju se nedostatak svesti kao i poverenja u servise mobilnog zdravstva. Sa tehničko-tehnološke strane limitirajući faktori mogu biti nedostatak interoperabilnosti između različitih rešenja primene m-zdravstva, visoki troškovi uvođenja i primene novih tehnologija. Nepostojanje odmah vidljivog dokaza o isplativosti uvođenja servisa mobilnog zdravstva, i/ili nepostojanje pravnih akata kojima se uređuje primena servisa e-zdravstva, takođe, može biti jedan od razloga za odlaganje primene ovih servisa.

Realizovani sistem je prototip wearable sistema, a glavna ograničenja i izazovi se odnose na preciznost, robusnost, portabilnost i napajanje wearable uređaja.

Postoje statistički značajne razlike u primenjena dva metoda merenja pulsa i najverovatnije su posledica prisustva pomičnih delova u wearable sistemu, odnosno prilikom spajanja senzora sa mikroprocesorom, ali i moguća nepreciznost senzora ili grešaka kod palpatornog merenja usled višeminutnog merenja na jednom mestu.

Značajna odstupanja od realnih vrednosti pulsa su zabeležena kod merenja pulsa putem senzora preko kažiprsta i palca sa lakiranim noktom.

Težinu wearable uređaja uglavnom uslovljava težina baterije pa su i zahtevi za laganim uređajem direktno proporcionalni dužinom trajanja baterije. Integracijom bežičnog komunikacionog interfejsa u samom senzorskom uređaju (npr. RFID, NFC) [22] dobilo bi se na smanjenju robusnosti uređaja, ali i na portabilnosti. Jedan od značajnijih izazova je napajanje wearable uređaja. Bežične tehnologije kao što su RFID, NFC troše male količine energije, pa su jedno od rešenja kojima se produžava period rada uređaja. Drugo rešenje bi bio samo-napajajući senzor, npr. solar panel integrisan u wearable uređaju.

Sofisticirani senzori za merenje pulsa postoje u obliku *patch*-a (tanke nalepnice nosive na mestu gde je pogodno meriti puls) [23] te su pogodni za korisnika koji je u pokretu, a na rezultate merenja ne bi uticala pomeranja senzora.

Obzirom da nošenje *patch* senzora u dužem vremenskom periodu može biti nezgodno za korisnika (pojave alergija, nošenje u toku noći ili pod vodom i sl.), jedno od rešenja bi bilo korišćenje *patch* uređaja koji bi za telo bio vezan hipoalergijskim gelovima ili van der Waals-ovim silama [24] [25].

## 7 ZAKLJUČAK

Rešenje predloženo u ovom radu omogućava povezivanje korisnika zdravstvene zaštite i zdravstvenog radnika, praćenje zdravstvenog stanja, vizuelizaciju izmerenih podataka sa senzora, prikaz relevantnih zdravstvenih informacija i notifikacija za korisnika. Zajedno sa wearable sistemom predstavlja jedan od načina na koji može biti unapređena dostupnost zdravstvenih usluga, smanjeni troškovi pružanja zdravstvene zaštite i način na koji pacijent uzima aktivno učešće u brizi o svom zdravlju.

Cilj ovog rada je uspešno ostvaren. Predloženi model pokazuje jedan od načina integracije koncepta elektronskog zdravstva, mobilnog zdravstva, Interneta inteligentnih uređaja i wearable computinga. Realizovani wearable sistem omogućava merenje pulsa uz odstupanja u odnosu na palpatorna merenja, a razlike su najverovatnije posledica prisustva pomičnih, nefiksiranih delova i kontakata u wearable sistemu.

Unapređenje sistema je moguće preko implementacije preciznijeg (sertifikovanog za primenu u zdravstvu) senzora i implementaciji rešenja uz primenu bežičnih tehnologija koje bi bilo portabilno.

Rešenje wearable sistema predloženo u ovom radu može se uspešno primeniti u svrhu praćenja nivoa stresa u različitim životnim situacijama. Osim senzora za puls, moguće je implementirati senzore za telesnu temperaturu i vlažnost dlanova, te kombinacijom sva tri senzora omogućiti praćenje pojave stresa putem mobilne aplikacije. U oblasti obrazovanja je moguća implementacija sličnog sistema koji bi pratio pojavu i promene stresa kod studenata u toku polaganja ispita. U sportu je moguće pratiti vrednosti pulsa kod profesionalnog sportiste ili osobe koja rekreativno trenira, a usled opterećenosti srca signalizirati opasnost i time sprečiti komplikacije. U oblasti nutricionizma i zdravih stilova života moguća je dopuna predloženog rešenja sa izračunavanjem kalorijske potrošnje pri različitim fizičkim aktivnostima i njeno poređenje sa ciljanim utroškom.



LITERATURA

[1] Republički zavod za statistiku, „Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Republici Srbiji, 2015.“, Republički zavod za statistiku, Beograd, 2015.

[2] European Commission, „eHealth Action Plan 2012-2020 - Innovative healthcare for the 21st century“, European Commission, Brussels, 2012.

[3] PricewaterhouseCoopers, „Touching lives through mobile health. Assessment of the global market opportunity“, PWC, India, 2012.

[4] European Commission, „eHealth Task Force Report – Redesigning health in Europe for 2020“, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2012.

[5] R. Thusu, „Medical Sensors Facilitate Health Monitoring“, *SensorsOnline*, 2011. [Na mreži]. Dostupno na: <http://www.sensorsmag.com/specialty-markets/medical/sensors-facilitate-health-monitoring-8365>. [Poslednji pristup 26 April 2015].

[6] R. Chouffani, „Can we expect the Internet of Things in healthcare?“, *TechTarget*, 25 April 2015. [Na mreži]. Dostupno na: <http://searchhealthit.techtarget.com/feature/Can-we-expect-the-Internet-of-Things-in-healthcare>. [Poslednji pristup June 2015].

[7] D. West, „Improving Health Care through Mobile Medical Devices and Sensors“, Center for Technology Innovation at Brookings, Washington, 2013.

[8] European Commission, „Policy“, 2015. [Na mreži]. Dostupno na: <http://ec.europa.eu/health/ehealth/policy/>. [Poslednji pristup 27 December 2014].

[9] Lopez Research, „An Introduction to the Internet of Things (IoT). Part 1. of “The IoT Series”“, Lopez Research, San Francisco, 2013.

[10] J. Ranck, „The wearable computing market: a global analysis“, GigaomPRO, San Francisco, 2012.

[11] H. Salah, E. MacIntosh / N. Rajakulendran, „Wearable Tech: Leveraging Canadian Innovation to Improve Health“, MaRS Market Insights, Toronto, 2014.

[12] S. Mann, „Wearable Computing. In: Soegaard, Mads and Dam, Rikke Friis (eds.). “The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed.”. Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation, 2014. [Na mreži]. Dostupno na: [https://www.interaction-design.org/encyclopedia/wearable\\_computing.html](https://www.interaction-design.org/encyclopedia/wearable_computing.html). [Poslednji pristup 03 June 2015].

[13] Suunto, „SUUNTO Foot Pod Mini“, 01 November 2015. [Na mreži]. Dostupno na: <http://www.suunto.com>.

[14] BASIS Science, 02 November 2015. [Na mreži]. Dostupno na: <http://www.mybasis.com/>.

[15] P. Maiaa, T. Batista, E. Cavalcante, A. Baffa, F. C. Delicato, P. F. Pires / A. Zomaya, „A Web platform for interconnecting body sensors and improving health care“, u *Fourth International Conference on Selected Topics in Mobile & Wireless Networking*, 2014.

[16] Y.-C. Wu, P.-F. Chen, Z.-H. Hu, C.-H. Chang, G.-C. Lee / W.-C. Yu, „A mobile health monitoring system using RFID ring-type pulse sensor [abstract]“, *Dependable, Autonomic and Secure Computing*, t. 1, pp. 317-322, 2009.

[17] A. Millings, J. Morris, A. Rowe, S. Easton, J. K. Martin, D. Majoe / C. Mohr, „Can the effectiveness of an online stress management program be augmented by wearable sensor technology?“, *Internet Interventions*, 2015.

[18] C. Vawter / E. Roman, „J2EE vs. Microsoft.NET: A comparison of building XML-based web services“, 1 Jun 2001. [Na mreži].

Dostupno na: <http://www.theserverside.com/news/1365389/J2EE-vs-MicrosoftNET-A-comparison-of-building-XML-based-web-services>. [Poslednji pristup December 2014].

[19] Icstation.com, „ICStation Pulse Heart-Rate Sensor Module For Arduino“, 2015. [Na mreži]. Dostupno na: <http://www.icstation.com/>. [Poslednji pristup 02 Jun 2015].

[20] H. Mansor, S. Meskam, S. Zamery, N. Rusli / R. Akmeliawati, „Portable Heart Rate Measurement for Remote Health Monitoring System“, *10th Asian Control Conference (ASCC)*, pp. 1-5, 2015.

[21] M. M. A. Hashem, R. Shams / A. Kader, „Design and development of a heart rate measuring device using fingertip“, u *2010 International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE)*, Kuala Lumpur, 2010.

[22] Gentag, „Gentag, NFC Skin Patches“, 2015. [Na mreži]. Dostupno na: <http://gentag.com/nfc-skin-patches/>. [Poslednji pristup 15 November 2015].

[23] R. Mena, „Bio-patch Solutions for health and fitness“, Texas Instruments, Texas, 2014.

[24] K. Harmon, „Skinlike Electronic Patch Takes Pulse, Promises New Human-Machine Integration“, *Scientific American*, A Division of Nature America, inc., 11 August 2011. [Na mreži]. Dostupno na: <http://www.scientificamerican.com/article/skin-electronic-patch/>. [Poslednji pristup December 2015].

[25] C. Pang, W.-G. Bae, H. N. Kim / K.-Y. Suh, „Wearable skin sensors for in vitro diagnostics“, u *SPIE Newsroom*, 2012.



**Spec. inž. Branka Rodić Trmčić**, Visoka zdravstvena škola strukovnih studija u Beogradu.  
**Kontakt:** brodic@gmail.com  
**Oblasti interesovanja:** elektronsko zdravstvo, mobilno zdravstvo, mobilne tehnologije, wearable computing



**Doc. dr Aleksandra Labus**, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.  
**Kontakt:** aleksandra@elab.rs  
**Oblasti interesovanja:** elektronsko obrazovanje, Internet inteligentnih uređaja, elektronsko zdravstvo, wearable computing



**Doc. dr Zorica Bogdanović**, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.  
**Kontakt:** zorica@elab.rs  
**Oblasti interesovanja:** elektronsko obrazovanje, Internet inteligentnih uređaja, elektronsko zdravstvo, wearable computing

CIP – Katalogizacija u publikaciji Narodna biblioteka Srbije, Beograd 659.25

INFO M : časopis za informacionu tehnologiju i multimedijalne sisteme = journal of information technology and multimedia systems /

glavni i odgovorni urednik Dejan Simić.

– Štampano izd. – God. 1, br. 1 (2002) – . – Beograd : Fakultet organizacionih nauka, 2002 – (Stara Pazova : SAVPO). – 30 cm

Tromesečno. – Je nastavak: Info Science = ISSN 1450-6254. – Drugo izdanje na drugom medijumu: Info M (CD-ROM izd.) = ISSN 1451-4435

ISSN 1451-4397 = Info M (Štampano izd.) COBISS.SR-ID 105690636