

Detaljna analiza protokola, komponenti i implementacije Interneta stvari (*Internet of Things*) tehnologije u mobilnom zdravstvu (*mHealth*)

Marija Čolić

Sadržaj - U današnje vrijeme svijet bez interneta je nezamisliv. Internet je uveliko izmjenio naše navike i načine funkcionisanja u svakodnevici i poslovanju. Postavio je temelje raznim aspektima tehnologije, a jedan od noviteta u tehnologiji je Internet stvari (Internet of Things ili skraćeno IoT). IoT se odnosi na fizičke objekte povezane na Internet preko ugrađenih senzora i ostalih uređaja koji mogu primati i slati odredene podatke.

U ovom radu je prikazana detaljna analiza komponenti i protokola koji se koriste u realizaciji IoT rješenja. Primjena IoT tehnologije u praksi je detaljno analizirana na primjeru „Smart Watch“ tehnologije i ROAMM (Real-time and Online Assessment and Mobility Monitoring) metodologije koja je zasnovana na tehnologiji pametnog sata i koristi se za praćenje zdravstvenog stanja pacijenata u realnom vremenu.

Ključne riječi - Internet, IoT tehnologija, aplikacija, protokol, smartwatch, ROAMM

I. UVOD

Naš svijet postaje sve digitalniji. Ne samo mi ljudi, već i stvari oko nas su sve više povezane. Mašine, automobili, frižideri, pa čak i poljoprivredno zemljište, nasipi i zgrade. Moglo bi se reći da sve "stvari" mogu biti povezane na internet koristeći senzore i drugi posebni hardver. Jednom kada se nađu na internetu, oni mogu komunicirati jedan sa drugim, sa svojim korisnicima, sa organizacijama i drugim povezanim stranama.

Još 2008. – 2009. godine bilo je više stvari povezanih na internet nego ljudi

na Zemlji. Internet je uveliko izmjenio naše navike i načine funkcionisanja u svakodnevici i poslovanju. Udario je temelje raznim aspektima tehnologije, a jedan od noviteta u tehnologiji je Internet stvari (*Internet of Things* ili skraćeno IoT). IoT je koncept koji podrazumjeva spajanje bilo kog uređaja na internet i/ili s drugim uređajima. Ilustrativno se može zamisliti kao divovska mreža koja uključuje milijardu uređaja koji prikupljaju i međusobno razmjenjuju informacije. Ovakvi uređaji imaju novi nivo digitalne inteligencije koja im omogućava komunikaciju i razmjenu podataka u realnom vremenu bez ljudske uključenosti u tu komunikaciju. Prva zamisao o povezivanju uređaja sa internetom potiče još od 1980-e i 1990-e. Razmatralo se o dodavanju senzora i inteligencije u osnovne objekte. Tadašnja tehnologija nije bila spremna za tako veliki poduhvat pa je sam razvoj tekao jako sporo. Prvi veći pomak u razvoju dogodio se usvajanjem RFID označa. To su čipovi male snage koji mogu komunicirati bežično, s kojima je riješen dio problema uz sve veću dostupnost interneta i mobilnog i bežičnog umrežavanja. Izraz „*Internet of Things*“ smislio je britanski tehnolog i inovator Kevin Ashton 1999. godine. Ovoj tehnologiji bila je potrebna čitava decenija da uhvati korak sa vizijom o međusobnoj povezanosti svih uređaja.

IoT je pronašao svoju primjenu gotovo u svim aspektima ljudskog djelovanja, od industrije, medicine, trgovine i kućne automatizacije. Bez obzira na različita mišljenja i stavove o IoT-u, nepobitna je činjenica da je ova brzorastuća i sveprisutnija tehnologija postala neizbjegjan dio privatnog i poslovнog života ljudi. IoT ljudima omogućava bolji uvid i kontrolu nad objektima i okruženjem. Omogućava bržu, kvalitetniju, jednostavniju komunikaciju i povezanost, a samim tim i učinkovitost rada, proizvodnje te ispunjavanje različitih zadataka.

U ovom radu pokazano je kako na osnovu „Smart Watch“ aplikacije koju su razvili Matin Kheirkhahan i saradnici i ROAMM metodologije koju su koristili u svom rješenju može da se prati zdravstveno stanje pacijenata. Takođe analizirane su komponente i tehnologije koje se koriste u razvoju IoT sistema.

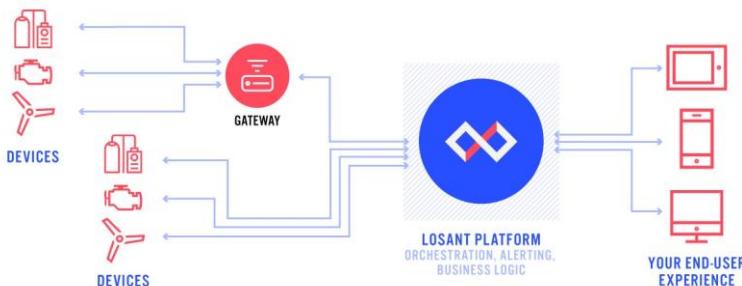
II. KOMPONENTE IoT SISTEMA

Za realizaciju IoT sistema potrebne su sledeće komponente:

- IoT uređaji
- IoT konekcija

- IoT platforma
- IoT aplikacije

Komponente IoT sistema prikazane su na slici 1 u nastavku teksta.



Sl. 1. Komponente IoT sistema

A. IoT uređaji

IoT hardver uključuje širok spektar uređaja kao što su uređaji za usmjeravanje, mostovi, senzori itd. Ovi IoT uređaji upravljaju ključnim zadacima i funkcijama kao što su aktivacija sistema, bezbjednost, specifikacije akcija, komunikacija i otkrivanje ciljeva i radnji vezanih za podršku. Komponente hardvera IoT mogu biti procesori sa jednom pločom, poput Arduino Uno, koji su u osnovi manje ploče koje su priključene na matične ploče radi poboljšanja i povećanja njegove funkcionalnosti. Arduino UNO je mikrokontrolerska pločica koja se temelji na ATmega328P mikro čipu. Ima 14 digitalnih ulaznih / izlaznih priključaka, 6 analognih ulaza, USB priključak, utičnicu za napajanje, ICSP priključak i dugme za resetovanje. Sadrži sve što je potrebno za podršku mikrokontrolera, jednostavno se može spojiti na računar pomoću USB kabla, sa adapterom ili AC-DC baterijom. Arduino UNO se razlikuje od svih prethodnih ploča po tome što ne koristi FTDI USB- serijski upravljački čip. Umjesto toga, sadrži Atmega16U2 programiran kao USB- serijski pretvarač.

Hardveru IoT sistema takođe pripada različita vrsta senzora. Senzor je uređaj koji detektuje promjenu fizičkog stimulusa i pretvara ga u signal koji se može mjeriti ili snimiti. Prema prirodi spoljnjih stimulusa, senzori mogu biti dva osnovna tipa i to fizički senzor i hemijski senzor. Svi električni pretvarači su široko klasifikovani u dvije kategorije i to aktivni i pasivni.

Osjetljivost senzora pokazuje koliko se mijenja izlazna vrijednost senzora pri promjeni ulazne količine. Senzor proizvodi mjerljiv odgovor na promjenu bilo kog fizičkog stanja poput temperature ili promjene u hemijskoj koncentraciji. Senzori su važan dio svake primjene mjerena i automatizacije. Neki od uobičajenih senzora prikazani su u daljem tekstu. Fizički senzori se generalno koriste za fizičke veličine kao što su dužina, temperaturni pritisak, električna energija, težina, zvuk itd. Može se definisati kao uređaj koji reaguje na fizička svojstva, koja se nazivaju stimulus, i proizvodi odgovarajući mjerljivi električni signal. Hemijski senzori su uređaji za konvertovanje hemijske veličine u električni signal. Takav senzor se bavi otkrivanjem i mjeranjem određene hemijske supstance ili skupa hemikalija. Svaki hemijski senzor se sastoji od selektivnog receptora (hemijskog interfejsa) i specifičnog prenosnika signala (pretvarača interfejsa) u realnom vremenu.

Biosenzor je podskup hemijskog senzora, ali se često tretira kao zasebno područje. U osnovi biosenzor je samostalni analitički uređaj koji selektivno i reverzibilno reaguje na koncentraciju ili aktivnost hemijskih vrsta bioloških uzoraka, što znači da se svaki senzor koji fizički ili hemijski radi u biološkim uzorcima može smatrati biosenzorom koji koristi žive komponente za mjerjenje. Raspon senzora može biti od vrlo jednostavnog do složenog. Klasifikovani su na osnovu njihovih svojstava u zavisnosti od toga šta mjeri, koje su njegove specifikacije, koji fizički fenomen oseća, koja metoda konverzije se koristi, koji materijal je napravljen i koje je područje primjene. Bilo koji električni pretvarač je senzorski uređaj čija se fizička, mehanička ili optička veličina mjeri i transformiše direktno pomoću mehanizma u električni napon ili struju koja je proporcionalna mjernoj veličini na ulazu.

B. IoT konekcija

U većini IoT rješenja, uređaji šalju podatke o stanju i primaju komande sa centralizovane IoT platforme. Postoji mnogo opcija za to kako se povezuje uređaj sa platformom i to u velikoj mjeri zavisi od okruženja i ograničenja samog uređaja. Ako je uređaj spolja i kreće se praćenje mobilnih uređaja je dobar izbor. Ako se uređaj nalazi u zatvorenom prostoru u kućnom ili građevinskom okruženju, koristi se Ethernet ili Wi-fi. Budući da će u budućim IoT aplikacijama biti milijarde različitih vrsta povezanih uređaja, apeluje se na razvoj različitih tehnologija koje će podržati njihovu povezanost. O postojećim bežičnim tehnologijama za IoT

povezivanje više će se govoriti u trećem poglavlju. Tehnologije za IoT povezivanje mogu se kvalifikovati u dvije kategorije u smislu opsega pokrivanja, naime tehnologije kratkog dometa i tehnologije velikog dometa.

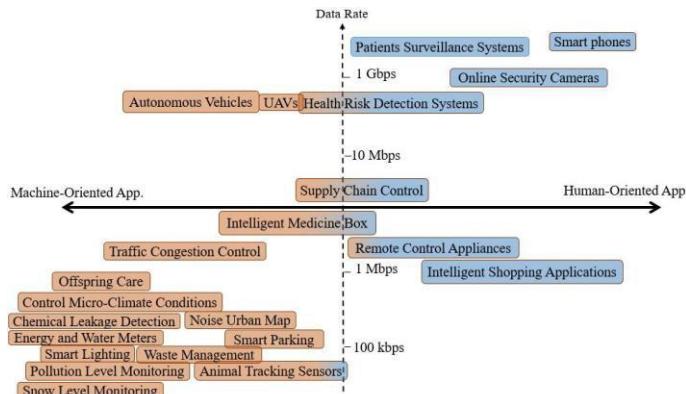
C. IoT platforma

Danas su na raspolaganju različite IoT platforme koje se mogu koristiti za razvoj IoT rješenja. U ovom odjeljku opisane su četiri najpopularnije platforme koje se široko koriste za izgradnju IoT sistema. Jedna od najpoznatijih platformi je „*Google Cloud*“ platforma. Google riješava pitanja u vezi sa infrastrukturom, računarskom snagom i skladištem podataka. Google je jedna od popularnih IoT platformi zbog: Brze globalne mreže, Google -ovog alata *BigData*, podrške različitim dostupnih usluga u oblaku, poput *RiptideIO*, *BigKueri*, *Firebase*, *PubSub*, *Telit Vireless Solutions*, *Connecting Arduino* i *Firebase* i *Cassandra* na *Google Cloud* platformi i još mnogo toga. Takođe, poznata platforma je i „*Amazon Web Service*“. Amazon web servis (AVS) dozvoljava IoT na globalnom nivou olakšavanjem sigurnosti, usluga i podrške. Omogućava trenutni pristup željenoj računarskoj snazi pomoću *Amazon Elastic Cloud Compute* (EC2). Pomaže u analizi velikih podataka i podržava podatke velike količine. Amazon Kinesis pomaže u unosu podataka sa hiljada senzora. AVS pruža sigurnost vašim podacima koji mogu biti u tranzitu ili u mirovanju. Ima više modela određivanja cijena, kao što su višeslojne cijene, rezervisane instance i aktivno tržište. AVS podržava infrastrukturu na zahtjev kako bi se zadovoljile potrebe IoT sistema. Omogućava pristup više prostora za skladištenje, mogućnosti računanja i globalne resurse kada je to potrebno. AVS pruža fleksibilnost IoT aplikacija u smislu alata, programskih jezika, upravljanja podacima i drugih infrastrukturnih resursa. *ActiveMk* i *Moskuitto* serveri pomažu u upravljanju i analizi IoT aplikacija. Identitet korisnika, analiza uređaja i slanje obavještenja sa uređaja su zajednički dijelovi IoT aplikacije. AVS pruža usluge koje ulažu napore iz ovih važnih dijelova aplikacije.

D. IoT aplikacije

U poslednjih nekoliko godina, na tržištu, većina aplikacija je klasifikovana s obzirom na njihove domene korišćenja. Neki primjeri domena korišćenja na tržištu su sledeći: transport, pametni grad, zdravstvena zaštita, poljoprivreda, životna sredina, maloprodaja i pametna kuća. Klasifikacija

IoT aplikacija na osnovu njihovih domena korišćenja može dovesti do nekih sukoba i preklapanja. Na primjer, senzor za mjerjenje vlažnosti može se uzeti u obzir u više domena upotrebe, kao što su industrija, pametna poljoprivreda ili čak pametno okruženje.



Sl. 2. Aplikacije orijentisane na mašinu i aplikacije orijentisane na čovjeka

Klasifikacija aplikacija može da se uradi prvo po vrsti aplikacija krajnjih korisnika, a zatim da se uzmu u obzir drugi zahtjevi aplikacija tj. brzina prenosa podataka, kašnjenje, pokrivenost, snaga, pouzdanost i mobilnost. Klasifikacija tipa krajnjeg korisnika ilustrovana je na slici 2. Nasuprot klasičnoj klasifikaciji domena korišćenja klasifikacija koja je korišćena u ovom radu fokusira se na tip krajnjeg korisnika za svaku aplikaciju kako bi je svrstali u jednu od dvije glavne kategorije aplikacija orijentisanih na čovjeka ili na mašinu. Čovjek igra bitnu ulogu u aplikacijama orijentisanim ka čovjeku, dok aplikacije orijentisane na mašine automatski upravljaju svojim zadacima bez potrebe za ljudskom intervencijom.

III KOMUNIKACIJSKA TEHNOLOGIJA I ANALIZA PROTOKOLA KOJI SE KORISTE ZA REALIZACIJU IoT SISTEMA

Tehnologije za IoT povezivanje mogu se kvalifikovati u dvije kategorije u smislu opsega pokrivanja. Dijele se u tehnologije kratkog dometa i tehnologije velikog dometa. U nastavku su navedene najpopularnije tehnologije koje se koriste za IoT rješenja.

A. Tehnologije kratkog dometa

Bežične tehnologije kratkog dometa za IoT aplikacije obično se koriste za podršku povezivanju na malom području pokrivanja. Postoji niz tehnologija kratkog dometa sa različitim karakteristikama i performansama. Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi i OWC, kao glavne tehnologije ove vrste opisane su u daljem tekstu.

Bluetooth je popularna bežična tehnologija koja se prvenstveno koristi za komunikaciju između prenosivih uređaja raspoređenih na malom području (maksimalno 100 m dometa pokrivanja). Tehnički, Bluetooth šalje kratke pakete podataka preko nekoliko kanala propusnog opsega i njegova brzina prenosa podataka varira od 1Mbps do 3Mbps. Ipak, velika potrošnja energije klasičnog Bluetooth-a čini ga nepraktičnim za neke nove slučajeve upotrebe IoT-a koji zahtjevaju prenos male snage za male uređaje i uređaje sa ograničenim kapacitetom baterije. U tu svrhu, Bluetooth Low Energy (BLE) je uveden u Bluetooth 4:0 posebno za IoT uređaje male snage. ZigBee je još jedna bežična tehnologija kratkog dometa koja je izgrađena na osnovu IEEE. Trenutno se ZigBee naširoko koristi za razne IoT aplikacije, uključujući kućnu automatizaciju, industrijsko nadgledanje i brigu o zdravlju i starenju stanovništva. Slično BLE-u, Zigbee je takođe tehnologija male snage. Zigbee radi na 2: 4GHz i opcionalno na 868MHz ili 915MHz. On može istovremeno da poveže do 255 uređaja sa maksimalnom veličinom paketa od 128 bajtova. U zavisnosti od okruženja, opseg prenosa između uređaja varira od nekoliko metara do 100 metara.

Wi-Fi je porodica tehnologija koja se obično koristi za bežične lokalne mreže (VLAN). Za razliku od Bluetooth -a i Zigbee -a koji omogućavaju povezivanje između uređaja, Wi-Fi pruža bežično povezivanje uređaja sa Internetom sa većom pokrivenošću i većom brzinom prenosa podataka. Standardi IEEE 802: 11a/b/g nisu mogli zadovoljiti rastuću potražnju hipermedijskih aplikacija preko VLAN -a zbog njihove relativno niske propusnosti i kapaciteta. Stoga su nove generacije VLAN (IEEE 802: 11n i IEEE 802: 11ac) objavljene 2008. odnosno 2014. godine. Ove nove generacije mogu postići mnogo veće brzine prenosa podataka (do 600Mbps u IEEE 802: 11n i 7Gbps u IEEE 802: 11ac) sa većom pokrivenošću u odnosu na prethodne korišćenjem gustih modulacija i MIMO tehnologija. Osim toga, IEEE 802: 11ah uveden je 2017. godine za podršku IoT-u sa proširenom pokrivenošću i zahtjevima za nisku potrošnju energije. Radi u nelicenciranim opsezima ispod 1 GHz, a propusnost mu je obično samo 1 MHz ili 2 MHz, dok su u nekim zemljama dozvoljeni i širi propusni opsezi

do 16 MHz.

Još jedna nova bežična tehnologija kratkog dometa koja je razvijena za podršku povezivanju IoT uređaja u zatvorenom prostoru je OWC. OWC je obećavajuća arhitektura koja se može koristiti za rješavanje problema koji proizilaze iz velikih propusnih opsega i aplikacija sa malim kašnjenjem za unutrašnje IoT aplikacije. U OWC-u, vidljivi svjetlosni (VL), infracrveni (IR) ili ultraljubičasti (UV) spektar se koriste kao mediji za širenje. Do danas su različite istraživačke grupe iz akademske zajednice i industrije pokazale niskokompleksne optičke bežične veze koje mogu da rade pri brzini prenosa podataka od više gigabita u sekundi na energetski efikasan način u tipičnom sobnom okruženju za podršku različitim aplikacijama. Predložene su brze OWC veze za obezbjeđivanje povezivanja za IoT aplikacije. Predlažu se veze OWC-a za povezivanje za podvodna vozila na daljinsko upravljanje, gusto urbano okruženje, autonomnu komunikaciju vozila i senzore za povezivanje u hemijskim i elektranama gdje je upotreba radio frekvencija ograničena. Među različitim vrstama OWC tehnologija koje su razvijene, postoje dvije glavne kategorije OWC tehnologija koje se mogu identifikovati kao potencijalni alati za obezbjeđivanje velike propusnosti i povezivanja sa malim kašnjenjem za nove IoT aplikacije. Ove kategorije su komunikacija vidljivom svjetlošću (VLC) i komunikacija infracrvenom svjetlošću usmjerrenom snopom (BS-ILC).

B. Tehnologije dugog dometa

LTE i 5G su bitni dijelovi IoT tehnologije. Kao standardizovana tehnologija četvrte generacije (4G), LTE/LTE-Advance (LTE-A) je sada uspješno postavljen širom svijeta, koji je uglavnom dizajniran da podržava komunikacije za velike brzine prenosa. Od 2016. godine standardizaciju 5G podržavaju međunarodna telekomunikaciona unija (ITU) i 3GPP. Tehnički, glavna prednost 5G u odnosu na LTE je njegova sposobnost da obezbjedi 100 puta veću brzinu prenosa podataka, 10 puta manju latenciju i podržava 100 puta više povezanih uređaja korišćenjem novog vazdušnog interfejsa koji uključuje mnogo veće frekvencije, kao što je milimetarski talas (mmWave) i korišćenje naprednijih radio tehnologija. U poređenju sa LTE-om, očekuje se da 5G ne samo da će poboljšati HTC (human-type communications) rukovanjem daleko većim prometom pri mnogo većoj brzini prenosa podataka, već će podržati i neke važne aplikacije. U tabeli 1 prikazano je poređenje specifikacija LTE i 5G. U budućnosti će se razne

aplikacije, poput pametnog transporta, postepeno spajati u naš svakodnevni život. Ove aplikacije su obično neosjetljive na potrošnju energije i imaju vrlo restriktivne zahtjeve u pogledu kašnjenja (1ms ili manje) i pouzdanosti prenosa. Stoga je jedan od ključnih zadataka 5G rješavanje izazova niske latencije, kao i prenosa izuzetno visoke pouzdanosti. U stvari, niska latencija i ultra visoka pouzdanost dva su glavna zahtjeva.

Trenutno je LPWAN ispunjen zahtjevima novih IoT aplikacija da ponude skup funkcija, uključujući komunikaciju širokog područja i povezivanje velikih razmjera, za uređaje male snage, niske cijene i niske brzine prenosa podataka sa određenom tolerancijom kašnjenja. Generalno, LPWAN se može podijeliti u dvije kategorije, i to nelicencirani i licencirani LPWAN. Nelicencirane LPWAN tehnologije se odnose na LPWAN tehnologije koje koriste resurse nelicenciranog spektra u industrijskom, naučnom i medicinskom (ISM) opsegu. Zahvaljujući korišćenju nelicenciranog opsega, nelicencirani LPWAN provajderi ne plaćaju nužno licenciranje spektra, što kao rezultat smanjuje troškove implementacije. Za nelicencirani LPWAN, LoRa i Sigfok su dva najveća konkurenta. Licencirani LPWAN odnosi se na LPWAN tehnologije koje koriste licencirane resurse spektra. Standardizovao ih je 3GPP. Za licencirani LPWAN, LTE-M i NB-IoT su dva standarda koji najviše obećavaju i koji su uvedeni u 3GPP Rel-13 2016.

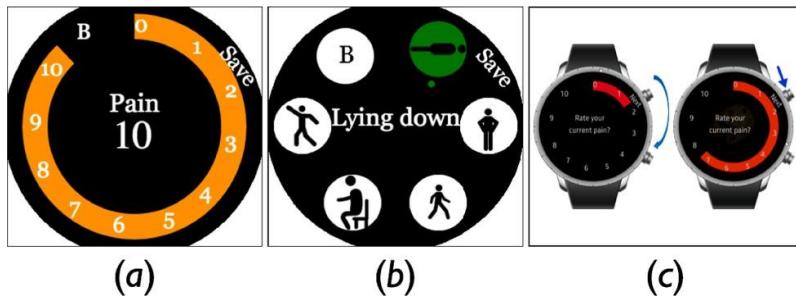
IV DETALJNA ANALIZA TEHNOLOGIJE PAMETNOG SATA I NJENA IMPLEMENTACIJA

Internet stvari igraju značajnu ulogu u zdravstvenim aplikacijama kroz ugrađivanje senzora i pokretača u cilju praćenja zdravstvenog stanja pacijenta. IoT se koristi u kliničkoj njezi za praćenje fizioloških statusa pacijenata putem senzora prikupljanjem i analizom informacija, a zatim analizirane podatke pacijenata šalju u centre za obradu radi poduzimanja odgovarajućih radnji. Pored toga, znajčenu ulogu u zdravstvu igraju pametni satovi. Tehnologija pametnog sata inicijalno zamišljena da pokazuje vrijeme i mjeri korake danas se koristi za prikupljanje zdravstvenih podataka o pacijentima u realnom vremenu. Prenos i nadgeldanje pacijenata i njihovog zdravstvenog stanja potpuno su promjenjeni pri čemu fleksibilna razmjena informacija u realnom vremenu omogućava razvoj velikog broja aplikacija koje omogućavaju visok stepen interaktivnosti između sistema i pacijenata i u stanju su da se brzo prilagode promjenama u okruženju. Kako pametni satovi pokazuju visoku prihvatljivost korisnika i sve veću popularnost, oni su idealni uređaji za praćenje aktivnosti tokom dužeg

vremenskog perioda kako bi se istražili obrasci fizičkih aktivnosti u slobodnom životnom stanju i njihov odnos sa naizgled slučajnim bolestima. Detaljan prikaz ROAMM okvira će biti dat u nastavku rada.

A. Aplikacija Smartwatch

U ovom poglavlju opisane su neke karakteristike smartwatch aplikacije. Osnovna namjena ove aplikacije jeste prikupljanje podataka i slanje istih ka serveru. Podaci se prikupljaju pomoću senzora, a šalju se preko HTTPS komunikacijskog protokola kako bi se osigurala sigurnost prenosa podataka. Podaci se šalju preko Wi-Fi mreže što omogućava prikupljanje podataka na server u realnom vremenu. Osim slanja prikupljenih podataka, aplikacija traži od servera da primi konfiguracijske parametre i u skladu s tim prilagođava upotrebu senzora. Server može prilagoditi funkciju aplikacije za gledanje kroz konfiguracijske parametre, koji uključuju listu senzora za prikupljanje podataka kao i njihovu brzinu uzorkovanja. Aplikacija je dovoljno fleksibilna da prilagodi različite vrste studija sa različitim ciljnim promjenljivim. Prenos promjenljivih umjesto sirovih podataka rezultira značajnim smanjenjem veličine podataka poslatih na udaljeni server, a time smanjuje troškove prenosa. Pored toga, sat omogućava razvoj interaktivnog interfejsa, na primjer, podsticanje korisnika da prijavi simptome ili traženje od njega da napuni sat. Korisnički interfejs pametnog sata prikazan je na slici 3.



Sl. 3. Korisnički interfejs pametnog sata Samsung Gear S2

Ova aplikacija je razvijena i testirana za pametne satove Samsung Gear S2 i S3. Operativni sistem ovih pametnih satova je Tizen, koji pruža API-je za upravljanje senzorima i postupke na nivou sistema i interakciju sa njima. Tizen podržava web-aplikacije napisane u Javascript-u i HTML-u. API-ji

Tizen Javascript su sredstvo za sve interakcije sa hardverom sata, poput senzora i memorije. U mrežnom okruženju postoje i HTTP alati za mrežnu povezanost.

Aplikacija pametni sat može da posluži kao alat za dobijanje izvještaja učesnika o njihovom zdravlju. Postoje dva odvojena načina za korisnike da daju svoje ulaze:

- za promjenljive na koje se može primjeniti redoslijed (npr. Nivo bola i umora) stope na Likertovoj skali, npr u opsegu od 0 do 10
- za kategoričke promjenljive (npr. Vrste aktivnosti) prikazuje se korisnički interfejs sa jednim izborom

Korisnici mogu da promjene numeričke vrijednosti ili kategoričke izbore okretanjem maske sata, a da bi prešli na sledeće pitanje o zdravstvenom stanju, trebalo bi da pritisnu dugme. Aplikacija je dizajnirana na modularan način kako bi mogla da dodaje / uklanja pitanja po želji. Ona prima daljinsku konfiguraciju sa početnim vremenom i intervalima tokom kojih korisnik treba da bude zatražen. Istraživači mogu daljinski prilagoditi konfiguracije, što oslobađa korisnika da sat odvede u istraživačku ustanovu radi ažuriranja softvera.

Aplikacija prikuplja podatke o pacijentima i podatke o monitoru senzora. Podaci o pacijentima dobijaju se postavljanjem pitanja korisnicima o unapred definisanim ishodima, kao što su bol i umor. Modul za nadgledanje podataka je povezan sa bibliotekama Human Activiti Monitor, koje Tizen pruža za prikupljanje podataka nadgledanja senzora. Budući da se akcelerometri široko koriste za praćenje i procjenu aktivnosti, validacija podataka akcelerometara pametnog sata je zagarantovana.

Aplikacija pametni sat vrši čišćenje podataka u realnom vremenu i na satu. Ovaj korak ima dodatnu prednost smanjenja veličine podataka koji se prenose na server. Logika obrade za trenutnu verziju ovog modula implementirana je u JavaScript koji se može prilagoditi bilo kojem skupu funkcija koji uzimaju neobrađene vrijednosti senzora kao ulaz i izlaze tražene promenljive. Podrazumjavana primjena izračunava vremenske i frekvencijske domene promjenljivih na osnovu podataka tri-aksijalnog akcelerometara. Aplikacija gradi sledeće promjenljive akcelerometara za svakih 15-ak epoha prikupljenih podataka na 10 Hz:

- Promenljive u vremenskom domenu
- Orijentacione promenljive
- Promenljive u frekvencijskom domenu

Modul za skladištenje podataka je programiran da povremeno premješta prikupljene podatke iz privremenog skladišta u trajno skladište podataka u memoriji uređaja. Za ovu aplikaciju korišćena je IndekedDB JavaScript biblioteka za primjenu trajnog skladišta podataka. Budući da modul za skladištenje podataka radi paralelno sa modulom za nadzor podataka, on asinhrono čuva očitavanja senzora u trajnom skladištu podataka bez potrebe da zaustavlja pokrenute procese na pristupima memoriji. Za prikupljanje podataka, čišćenje i čuvanje podataka sat ne mora biti na mreži. Ako nije povezana, aplikacija radi na podrazumjevanoj konfiguraciji i može lokalno da skladišti podatke više od 30 dana. Kada se uspostavi povezanost, modul za prenos podataka izvršava grupno premještanje uskladištenih podataka iz trajnog skladišta podataka putem HTTPS zahtjeva na udaljeni server. Prenos podataka pokreće se automatski kada se uređaj puni ili ručno i od strane korisnika. Nakon što server uspješno primi podatke, oni se mogu izbrisati sa sata ili označiti kao poslati.

B. Server

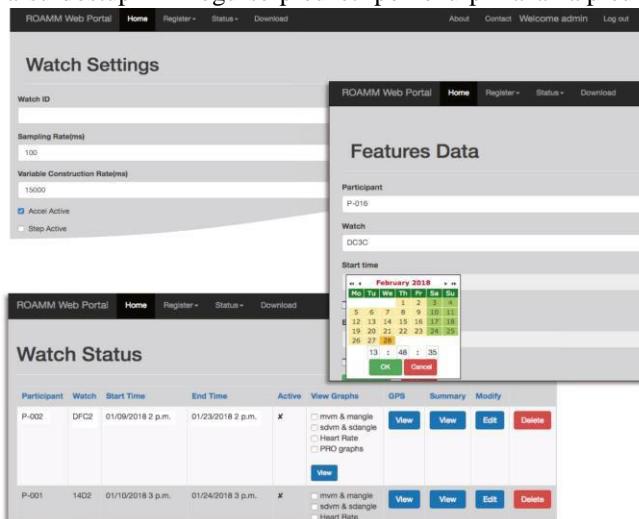
Jedna od najznačajnijih karakteristika serverskog softvera jeste to što nudi platformu za registraciju učesnika, personalizaciju aplikacije na osnovu njihovih želja i konfigurisanje postavki za prikupljanje podataka u skladu sa zahtjevima. Personalizacija uključuje promjenu teme u boji aplikacije i promjenu doba dana. Konfiguracija prikupljanja podataka uključuje identifikovanje aktivnih senzora, specificiranje brzine uzorkovanja i definisanje parametara koji se koriste za konvertovanje sirovih podataka u promjenljive potrebne za proučavanje.

Pored toga, u server je ugrađen niz modula i funkcija kojima se može pristupiti putem definisanih uloga. Server je sposoban da komunicira sa više satova i istovremeno prima podatke od njih. Primljeni podaci čuvaju se u centralizovanoj bazi podataka koja podnosi otkaze. Podaci se kodiraju i prenose na server putem HTTPS komunikacije. Server prikupljene podatke dekodira i održava sigurnim davanjem pristupa bazi podataka samo putem svog web portala. Takođe, server nudi veb portal koji prikazuje informacije iz svih aktivno postavljenih satova i prikupljene podatke za svaki zasebni uređaj. Prikazuje sažetu statistiku aktivnosti, trenutni status satova i detaljni prikaz podataka o aktivnostima. Podacima se može pristupiti putem web portala za istraživanje i analizu podataka.

Server pruža tri glavne funkcionalnosti:

Administracija uređaja - Glavna funkcionalnost ovog modula je

komunikacija sa aplikacijama pametnog sata koje su aktivne na terenu. Ovo je dvosmjerna komunikacija gde server šalje konfiguracione parametre pametnim satovima i od njih prima senzor i rezultate dobijene od korisnika. Server pruža istraživačima pogodna sredstva za podešavanje parametara prikupljanja podataka, koje ovaj modul isporučuje pametnim satovima. Pametni satovi prenose svoje prikupljene podatke na server koji prima menadžer aplikacija. Menadžer aplikacija se može pogodno modifikovati da prihvati novi skup promjenljivih i proslijedi očekivane podatke u bazu podataka. Prilagodljivost koju pruža modul administracije uređaja dodaje potrebnu fleksibilnost serveru, tako da se može prilagoditi svim zahtjevima sa minimalnim izmenama. Administrativni panel na web portalu servera ima tri glavna dijela i prikazan je na slici 4. Istraživači mogu dodati novi sat u sistem, postaviti početne konfiguracione parametre njegove aplikacije i dodjeliti ga učesniku na određeno vreme pomoću prikaza registra. Istraživači takođe mogu da provere status svih registrovanih pametnih satova kao i kratku statistiku podataka. Podaci prikupljeni pametnim satovima su dostupni i mogu se preuzeti pomoću prikaza za preuzimanje.

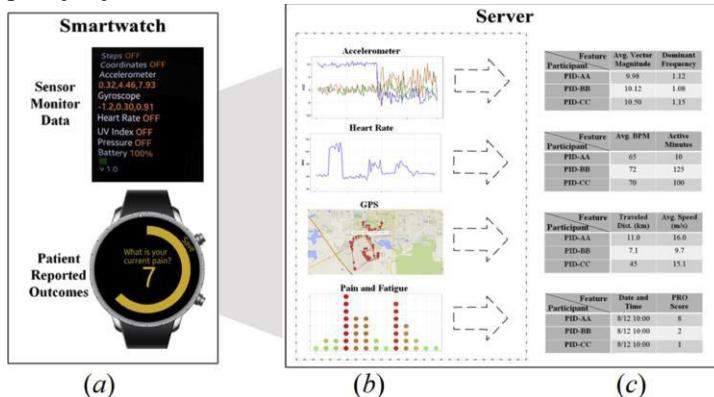


Sl. 4. Dijelovi administrativnog panela servera na web portalu

Skladištenje podataka - Prikupljeni podaci se potvrđuju i obrađuju u prethodnim koracima prije nego što stignu do modula za skladištenje podataka. Ovaj modul vrši završne provjere i modifikacije i podatke čuva u bazi podataka visokih performansi. Podaci ubaćeni u bazu podataka

uključuju unos za svaku stavku podataka prenijetu sa sata kao i veličinu primljenih podataka. Prvo se adresa za prijem podataka definiše dinamički na serveru. Aplikacije Smartwatch dobijaju ovu adresu nakon pokretanja i kada se verifikuju njihovi akreditivi. Ova adresa se može pogodno izmjeniti kako bi se obezbjedila anonimnost i izostavila mogućnost prijema neželjenih podataka od nepouzdanih strana. Primljeni podaci se provjeravaju kako bi se potvrdilo da su primljeni od registrovanog učesnika i pametnog sata. I na kraju, zaštitni zid blokira direktni pristup bazi podataka. Daljinski pristup uskladištenim podacima i informacijama pruža se preko namjenskih web interfejsa. Svi ostali pristupi podacima daju se samo administratoru baze podataka.

Ko risnički interfejs - ROAMM okvir ima korisnički interfejs koji predstavlja statistiku prikupljenih podataka i status satova. Web portal je takođe u stanju da prikaže izračunate promjenljive iz podataka, što je efikasan način za smanjenje grešaka tokom faze prikupljanja podataka. Zbog fleksibilne i proširive prirode okvira, moguće je dodati dodatne slojeve logičke prezentacije i analize pored prikupljenih podataka kako bi se dobio informativniji sadržaj. Slika 5 prikazuje protok podataka ROAMM okvira. Aplikacija prikuplja podatke senzora i podatke o kojima izvještava pacijent i prenosi ih na server. Istraživači mogu filtrirati podatke prema datumu, vremenu i učesniku. Za prikaz interaktivne mape koja pruža vizuelni prikaz prikupljenih podataka koristi se JavaScript API Google Maps. Prikupljeni podaci mogu se dalje obrađivati kako bi se generisalo više promjenljivih za analizu.



V PRIMJENA IoT TEHNOLOGIJE U MOBILNOM ZDRAVSTVU

Jedna od najznačajnijih primjena IoT tehnologije jeste primjena u mobilnom zdravstvu. U ovom radu, pomoću riješenja koje uključuje pametni sat i ROAMM okvir, analiziran je uticaj IoT tehnologije na zdravlje ljudi. ROAMM (real-time and online assessment and mobility monitoring) okvir služi za procjenu u realnom vremenu i praćenje mobilnosti. Ovaj okvir razvijen je na univerzitetima University of Florida i Johns Hopkins University, a razvili su ga Matin Kheirkhahan i Amal A. Wanigatunga sa saradnicima ***. U nastavku je detaljno prikazana ROAMM metodologija i arhitektura, kao i rezultati istraživanja koja su sproveli navedeni naučnici.

A. *ROAMM metodologija*

ROAMM okvir nudi:

- pogodan pristup za dugoročnu procjenu u kontekstu različitih zdravstvenih stanja
- mogućnost sinhronizacije podataka senzora sa izvještajima o zdravstvenim događajima i simptomima
- interaktivnu komunikaciju u realnom vremenu, pružajući mogućnost izvještavanja pacijenata o ishodima, zdravstvenim promjenama i budućim intervencijama

Nadgledanje mobilnosti, aktivnosti i zdravstvenih promjena dobro je istraženo područje. ROAMM infrastruktura koristi „Metodologiju uzorkovanja iskustva“ prikupljanja podataka koju su prvobitno razvili Larson i Csikszentmihalii 1983. godine. Metoda uzorkovanja iskustva (experience sampling method (ESM)), koja se takođe naziva metoda dnevnog dnevnika ili trenutna ekološka procjena (ecological momentary assessment (EMA)) je metodologija istraživanja koja uključuje traženje od učesnika da izvještavaju o svojim mislima, osećanjima, ponašanju i/ ili okruženju u više navrata tokom vremena. Učesnicima se može dati dnevnik sa mnogo identičnih stranica. Svaka stranica može imati psihometrijsku skalu, otvorena pitanja ili bilo šta drugo što se koristi za procjenu njihovog stanja u tom mjestu i vremenu. ESM studije takođe mogu raditi potpuno automatizovano na prenosivim elektronskim uređajima ili putem interneta. Postoje različiti načini da se učesnicima signalizira kada treba da vode bilješke u svoj dnevnik ili popunjavaju upitnik. Posmatrač može snimiti određene događaje dok učesnici bilježe svoja osjećanja ili druga ponašanja.

Najbolje je izbjegavati obavljanje subjekata unapred kada će snimiti svoja osećanja, tako da ne mogu predvideti događaj, već će se samo ponašati prirodno. Korišćenjem metode uzorkovanja iskustva mogu se analizirati različita istraživačka pitanja.

Neki autori takođe koriste termin uzorkovanje iskustva kako bi obuhvatili pasivne podatke izvedene iz izvora kao što su pametni telefoni, nosivi senzori, Internet stvari, e-pošta i društveni mediji koji ne zahtjevaju izričit doprinos učesnika. Ove metode mogu biti korisne jer nameću manje zahtjeva učesnicima poboljšavajući usklađenost i dozvoljavajući prikupljanje podataka na duže periode. Manja je vjerovatnoća da će promjeniti ponašanje koje se proučava i omogućiti uzorkovanje podataka po mnogo većim stopama i sa većom preciznošću. Mnoga istraživačka pitanja mogu imati koristi i od aktivnih i od pasivnih oblika uzorkovanja iskustva.

Proučavanje fizičke aktivnosti, za koju su potrebni nosivi senzorski podaci, zajedno sa EMA -om privuklo je pažnju poslednjih godina. Blaauw i dr. su predložili okvir za dobijanje jedinstvenih podataka senzora sa pametne nosive opreme zajedno sa odgovorima učesnika na upitnik EMA. Pametni satovi pružaju podatke senzora, mogućnost da upute korisnike i mogućnost povezivanja koja omogućavaju prikupljanje i analizu senzorskih i EMA podataka istovremeno i u realnom vremenu. ROAMM infrastruktura ima za cilj da iskoristi mogućnosti pametnih satova i napravi značajan iskorak u nosivom interfejsu koji nudi pogodnost kao i povezivanje u realnom vremenu.

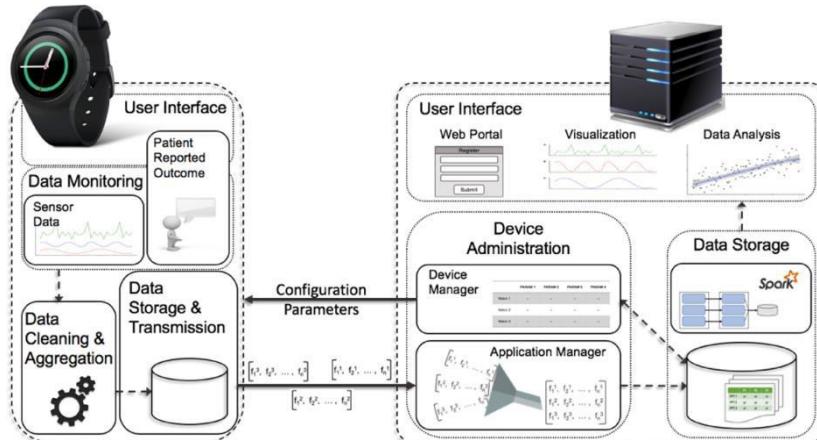
B. ROAMM arhitektura

ROAMM je dizajniran da uhvati tri važna domena koja uključuju

- pokretljivost i aktivnost pomoću senzora
- EMA-u i ishode prijavljene od strane pacijenta kroz ekran
- interventne zdravstvene događaje (hospitalizacije i padovi).

ROAMM arhitektura je infrastruktura za prikupljanje, prenos, vizuelizaciju i analizu podataka koje prijavljuju senzori i korisnici. Infrastruktura se oslanja na aplikaciju pametnih satova za prikupljanje i predobradu podataka koja je razvijena za Samsung Gear S2 i S3. Prikupljeni podaci se prenose na udaljeni server koji ih održava u bazi podataka. Server pruža sredstva za daljinsku modifikaciju konfiguracija aplikacije za gledanje tako da se okvir može prilagoditi zahtjevima bilo koje studije. Osnovne komponente ROAMM okvira prikazane su u slici 6. Okvir ROAMM

podržava sposobnost proširivanja funkcija servera i aplikacija da bi imali više operativnih pametnih satova na terenu. Okvir je izgrađen sa proširivim interfejsom koji bi omogućio komunikaciju bilo kog mobilnog uređaja sa serverom. To bi omogućilo novijim pametnim satovima da se integrišu u ROAMM infrastrukturu bez napora.



Sl. 6. Dvije osnovne komponente ROAMM okvira

C. Rezultati istraživanja

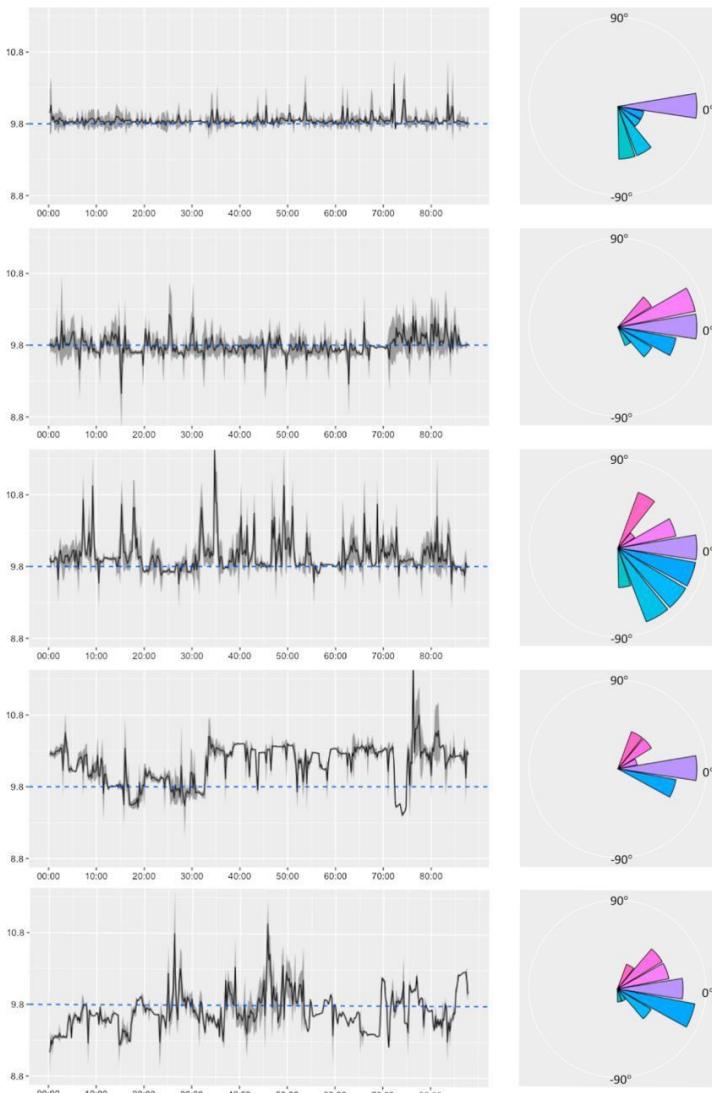
U istraživanju koje su sproveli Matin Kheirkhahan i njegove kolege ROAMM je korišćen za prikupljanje podataka o slobodnom životu od 5 učesnika od kojih je traženo da pametni sat nose na lijevom zglobu približno dvije nedelje. Od 8:00 do 20:00 učesnici su ispitivani u četiri nasumična vremenska intervala sa minimalnim trosatnim razmakom između dva uzastopna upita. Od učesnika se tražilo da satove pune svako veče. Ukratko, prikupljeno je ukupno 777 sati podataka o ishodu koji su prijavili senzori i pacijenti. Ukupno je prikupljeno 50,60 MB podataka sa većinom pripadnika senzora i 17% za EMA podatke.

TABELA 1. KARAKTERISTIJE AKCELEROMETRA IZDVOJENE IZNEOBRAĐENIH PODATAKA

| | Dani | MVM | SDVM | MANGLE | SDANGLE | DF | FPDF | P625 |
|-----------|------|------|------|--------|---------|------|-------|-------|
| Učesnik 1 | 3 | 9.90 | 0.29 | -4.26 | 2.41 | 2.20 | 0.041 | 0.390 |
| Učesnik 2 | 15 | 9.77 | 0.33 | 2.60 | 3.87 | 2.51 | 0.035 | 0.395 |
| Učesnik 3 | 7 | 9.83 | 0.38 | -3.89 | 4.53 | 2.23 | 0.035 | 0.407 |
| Učesnik 4 | 15 | 9.67 | 0.29 | -1.86 | 2.08 | 2.23 | 0.035 | 0.395 |
| Učesnik 5 | 7 | 9.81 | 0.46 | 1.03 | 5.44 | 2.02 | 0.037 | 0.408 |
| Ukupno | 47 | 9.76 | 0.34 | -0.39 | 3.51 | 2.29 | 0.036 | 0.398 |

Bilo je vrlo malo slučajeva kada prikupljeni podaci nisu bili odmah dostupni na serveru. Učesnici su 550 puta odgovorili na pitanja u vezi sa njihovim bolom, umorom i nivoom raspoloženja putem iste aplikacije. Tabela 1 sadrži karakteristike akcelerometra koje su izdvojene iz neobrađenih podataka. SDVM predstavlja standardnu devijaciju vektorske veličine, MANGLE predstavlja srednji ugao između podlaktice i horizontalne linije, SDANGLE je standardna devijacija ugla između podlaktice i horizontalne linije, DF je dominantna frekvencija, FPDF predstavlja dio snage pokriven dominantnom frekvencijom, dok je P625 dio snage pokriven frekvencijama u [0,6, 2,5] Hz. Srednja vrijednost vektorske veličine (MVM) je blizu vrijednosti gravitacije (9,8 m/s²) za sve učesnike, a prosjek dominantnih frekvencija je veći od 2 Hz, što ukazuje da su učesnici bili angažovani u sjedećoj aktivnosti tokom većeg dijela perioda prikupljanja podataka. Slika 7 prikazuje karakteristike pokretane akcelerometrom, tj. MVM i prosjek postojećeg ugla između podlaktice i vodoravne linije (MANGLE) za 350 tačaka podataka za sve učesnike. Svaka tačka podataka izračunava se na osnovu 15s podataka akcelerometara. Vrijednosti veličine vektora su predstavljene kao talasni oblici vremenskih serija kako bi se pokazala promjenljivost ubrzanja u vremenu. Osjenčena područja za svaku tačku pokazuju jedno standardno odstupanje za tu određenu epohu od 15s. Kako bi prikazali MANGLE vrednosti korišćeni su polarni grafikoni da bi se postiglo bolje razumjevanje položaja ruke. Na primjer, 90 ° predstavlja vrijeme u kojem se ruka odmara pored učesnika. Kao što se vidi na slici 7, ugao između ruke P1 i vodoravne linije

i mala varijabilnost vrijednosti vektorske veličine pokazuju da je on ili ona većinu vremena bio u mirovanju dok podaci iz P3 ukazuju na viši nivo aktivnosti.



Sl. 7. Vizualizacija 350 tačaka podataka senzora akcelerometra za 5 učesnika (gdje je P1 prva slika, a P5 zadnja)

Tabela 2 predstavlja detalje o indeksima povezanim sa bolom iz EMA podataka, kao što su prosječni bol, veliki bol, opseg bolova i varijabilnost bola. Učesnici su mogli da odaberu bilo koju vrijednost od 0 (bez bolova) do 10 (najgori mogući bol). Međutim, zabilježene vrijednosti bola kretale su se od 0 do 6, gde je najčešći odabran nivo bola bio ukupno 1 (vrlo malo bola). Slični indeksi su takođe izračunati za umor i raspoloženje i predstavljeni su u tabelama 3 i 4. Aplikacija je omogućila izbor nivoa umora od 0 (bez umora) do 10 (najgori mogući umor), ali učesnici su zabilježili nivo umora u rasponu od 0 do 6. Najčešći odgovor za nivo umora bio je 0. Nivoi raspoloženja mogli su se zabeležiti na drugačijoj skali, gde je -5 predstavljalo najsročnije, 0 bilo je neutralno, a 5 je pokazalo najsrećnija raspoloženja. Osim učesnika 2, ostatak nikada nije zabilježio nesrećno raspoloženje, a najčešći zabeleženi odgovor bio je 4.

TABELA 2. INDEKSI POVEZANI SA BOLOM IZ EMA PODATAKA

| | Odgovori | Veliki bol | Prosječni bol | Opseg bolova | Varijabilnost bola |
|-----------|----------|------------|---------------|--------------|--------------------|
| Učesnik 1 | 8 | 3 | 2.07 | [1,3] | 0.83 |
| Učesnik 2 | 19 | 2 | 1.71 | [0,2] | 0.62 |
| Učesnik 3 | 50 | 6 | 2.58 | [0,6] | 1.40 |
| Učesnik 4 | 61 | 5 | 0.55 | [0,5] | 1.06 |
| Učesnik 5 | 51 | 3 | 0.94 | [0,3] | 0.72 |
| Ukupno | 189 | 6 | 1.37 | [0,6] | 1.33 |

TABELA 3. INDEKSI POVEZANI SA UMOROM IZ EMA PODATAKA

| | Odgovori | Veliki bol | Prosječni bol | Opseg bolova | Varijabilnost bola |
|-----------|----------|------------|---------------|--------------|--------------------|
| Učesnik 2 | 19 | 3 | 2.08 | [1,3] | 0.77 |
| Učesnik 3 | 50 | 3 | 0.95 | [0,3] | 0.90 |
| Učesnik 4 | 61 | 6 | 1.95 | [0,6] | 1.75 |
| Učesnik 5 | 51 | 3 | 1.21 | [0,3] | 0.91 |
| Ukupno | 189 | 51 | 1.42 | [0,6] | 1.33 |

TABELA 4. INDEKSI POVEZANI SA RASPOLOŽENJEM

| | Odgovori | Veliki bol | Prosječni bol | Opseg bolova | Varijabilnost bola |
|-----------|----------|------------|---------------|--------------|--------------------|
| Učesnik 1 | 8 | 4 | 2.45 | [0,4] | 1.63 |
| Učesnik 2 | 18 | 4 | 1.65 | [-3,4] | 2.08 |

| | | | | | |
|-----------|-----|---|------|--------|------|
| Učesnik 3 | 48 | 4 | 2.35 | [0,4] | 1.52 |
| Učesnik 4 | 60 | 5 | 1.66 | [0,5] | 1.69 |
| Učesnik 5 | 48 | 5 | 3.42 | [0,5] | 1.38 |
| Ukupno | 189 | 5 | 2.34 | [-3,5] | 1.77 |

Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da pametni satovi mogu imati veliki uticaj na praćenje zdravstvenog stanja pacijenata. Podaci koji su prikupljeni pomoću senzora odmah su dostupni na serveru što omogućava zdravstvenim radnicima pregled stanja pacijenata u realnom vremenu. Pored toga, nacin prikupljanja podataka pomoću metodologije uzorkovanja iskustva, koju nudi ROAMM infrastruktura, pokazao se kao dobar jer učesnicima nije bio problem da redovno odgovaraju na pitanja ispitivača. Korišćenje pametnih satova i ROAMM metodologije u zdravstvene svrhe može dovesti do brže reakcije zdravstvenih radnika ukoliko dođe do pogoršanja zdravstvenog stanja pacijenata pa samim tim i do smanjenja mogućih smrtnih ishoda.

VI LITERATURA

- [1] Sin Kit Lo, Chee Sun Liew, Kok Soon Tey, Saad Mekhilef “An Interoperable Component-Based Architecture for Data-Driven IoT System”
- [2] Thanos G. Stavropoulos, Asterios Papastergiou, Lampros Mpaltadoros, Spiros Nikolopoulos and Ioannis Kompatsiaris “ IoT Wearable Sensors and Devices in Elderly Care: A Literature Review”
- [3] Anand Nayyar “Raspberry Pi-A Small, Powerful, Cost Effective and Efficient Form Factor Computer: A Review”
- [4] Rajesh Ramachandran “The Analysis of Different Types of IoT Sensors and security trend as Quantum chip for Smart City Management”
- [5] Bhumi Nakhuva and Prof. Tushar Champaneria “Study of various internet of things platforms”
- [6] Rosilah Hassan, Faizan Qamar, Mohammad Kamrul Hasan, Azana Hafizah Mohd Aman and Amjed Sid Ahmed “Internet of Things and Its Applications: A Comprehensive Survey”
- [7] Abdullah Ahmed Bahashwan, Mohammed Anbar, Nibras Abdullah, Tawfik Al-Hadhrami, and Sabri M. Hanshi “ Review on Common IoT Communication Technologies for Both Long-Range Network (LPWAN) and Short-Range Network”
- [8] Matin Kheirkhahan (PhD), Sanjay Nair, Anis Davoudi, Parisa Rashidi,

Amal

[9] A. Wanigatunga, Duane B. Corbett, Tonatiuh Mendoza, Todd M. Manini, Sanjay Ranka "A smartwatch-based framework for real-time and online assessment and mobility monitoring"

ABSTRACT

Nowadays, a world without the internet is unthinkable. The Internet has greatly changed our habits and ways of functioning in everyday life and business. He laid the foundations for various aspects of technology, and one of the novelties in technology is the Internet of Things (IoT for short). IoT refers to physical objects connected to the Internet through embedded sensors and other devices that can receive and send certain data.

This paper presents a detailed analysis of components and protocols used in the implementation of IoT solutions. The application of IoT technology in practice is analyzed in detail on the example of "Smart Watch" technology and ROAMM (Real- time and Online Assessment and Mobility Monitoring) methodology, which is based on smartwatch technology and is used to monitor the health of patients in real time.

Detailed analysis of protocols, components and implementation of Internet of Things technology in mobile healthcare (mHealth)

Marija Čolić