

# Analiza SPP i HDP Bluetooth profila kao osnove za prikupljanje vitalnih podataka u sveprisutnim zdravstvenim sistemima

Vanja Mišković, Dragoljub Pilipović, Željko Gavrić  
Fakultet za informacione tehnologije  
Slobomir P Univerzitet  
Doboj, Republika Srpska, BiH  
vanja.elcic@gmail.com

*Sadržaj*—Teži se ka razvoju zdravstvenih sistema čije se usluge pružaju na daljinu i dostupne su svakome i svugdje. Kod sveprisutnih zdravstvenih sistema izvor vitalnih znakova pacijenata su senzorske mreže, koje se sastoje od nosivih ili implantiranih senzora na tijelu pacijenta, a mobilni uređaj ima funkciju agregatora. Bežična komunikacija između agregatora i senzora se obično ostvaruje pomoću Bluetooth tehnologije. Za ovu namjenu se dugo koristio opšti (Serial Port Profile) SPP profil, dok su se nove verzije Bluetooth Low Energy sistema usko specijalizovale sa (Health Device Profile) HDP profilom. U ovom radu analiziraju se navedeni profili i navodi Android aplikacija koja koristi dva uređaja za mjerenje pulsa i jedan za mjerenje temperature, od kojih jedni podržavaju SPP a drugi HDP Bluetooth profil. U zaključku su dati zapaženi rezultati opisane implementacije.

**Ključne riječi-** *Bluetooth SPP, Bluetooth HDP, Android mobilna aplikacija, sveprisutni zdravstveni sistem*

## I. UVOD

Bardram [1] prvi navodi da je “sveprisutni zdravstveni sistem” nova istraživačka disciplina i koristi englesku riječ *pervasive*. Međutim jako često u engleskoj literaturi koristi se i engleska riječ *ubiquitous*. Veliki broj autora koristi ove dvije riječi kao sinonime, jer se odnose na dvije glavne odlike ovih sistema [2]:

- (*eng. ubiquitous*) sveprisutan – usluge sistema su dostupne bilo gdje i bilo kad pomoću današnjih mrežnih tehnologija (WiFi, Bluetooth);
- (*eng. pervasive*) prožimajući - nudi personalizovane usluge čiji je cilj da zadovolje korisnikova očekivanja, te tako se nenametljivo prožmu sa njegovim svakodnevnim prirodnim aktivnostima.

Osnova za usluge ovakvog sistema su podaci o fizičkom i / ili psihičkom stanju pacijenta koji se prikupljaju iz senzorskih mreža, a one se sastoje od nosivih ili implantiranih senzora na tijelu pacijenta (Body Area Networks – BANs). Mobilni uređaji su obično uređaji agregatori senzorskih podataka te prenosioci istih uz pomoć WiFi/ mobilne mreže ka centralnim serverima. Zahtjevi koji se postavljaju pred BANs tehnologiju su sljedeći [3]: siguran prenos podataka (zagarantovana

privatnost pacijenta); kompatibilnost uređaja različitih proizvođača; jednostavnost nošenja, održavanja i kontrole rada senzora; pristupačnost cijenom; te vrijednost u vidu stepena uticaja na poboljšanje kvaliteta života pacijenta koji koristi sistem. Ovo su neki od najbitnijih preduslova da sistem bude široko prihvaćen [3]. Jednostavnost rukovanja senzorskim uređajima podrazumjeva da su oni mali i jednostavni za nošenje, da imaju jako dugo trajanje baterije, te da se konekcija između senzora i mobilnih uređaja ostvaruje po principu „plug-and-play“. Pacijent i mobilni uređaj su pokretni te se može desiti lako da se raskinu konekcije BAN mreža, zato je bitno da se sama mreža može ponovo rekonfigurirati.

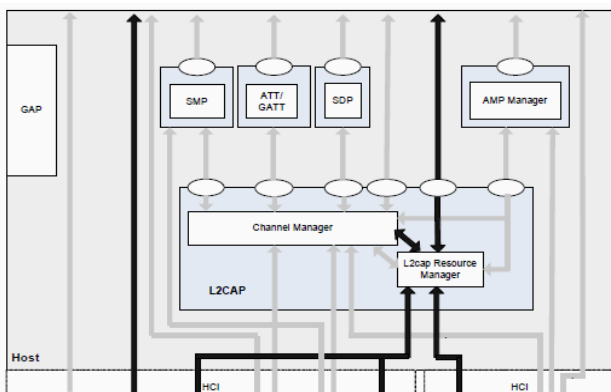
Continua Health Alliance [4] je neprofitabilna zdravstvena organizacija sa preko 200 kompanija članica širom svijeta, koje su se udružile kako bi povećale kvalitet individualne brige o vlastitom zdravlju (*eng. personal healthcare*). Prema podacima Continua Health Alliance [4] širom svijeta danas: milijardu odraslih ima prekomjernu težinu, 860 miliona ljudi se bori sa hroničnim bolestima, 600 miliona su stariji ili imaju 60 godina, i čak 75%-85% troškova zdravstvenih sistema odlaze na pomoć hroničnim bolesnicima. Procjene za naredni period su još alarmantnije, zato se ulažu naponi da se zdravstvene usluge vrše što efikasnije, pacijenti budu aktivno uključeni u proces liječenja, smanji broj preventivnih pregleda i bespotrebnih terenskih intervencija, te da se starijima omogući kvalitetniji i udobniji život. Jedan od napora Continua Health Alliance je bio da se definiše koji će protokoli predstavljati standard za senzorsku komunikaciju i zdravstveni profili ZigBee [5] i Bluetooth Low Energy (BLE) [6] standardi su prihvaćeni kao odgovarajući. Bluetooth ipak ima dominantan uticaj u ovoj oblasti jer je dostupan u svim mobilnim uređajima i personalnim računarima.

U ovom radu identifikovani su najčešći oblici komunikacije pomenutih BAN mreža: Bluetooth (Serial Port Profile) SPP ili (Health Device Profile) HDP. U 2. poglavlju opisana je arhitektura osnove Bluetooth sistema na kojoj su nadograđeni pomenuti profili. Potom su u 3. poglavlju pojašnjene karakteristike svakog od profila. U 4. poglavlju ilustrovana je mobilna Android aplikacija koja se koristi navedenim profilima da bi ostvarila vezu sa senzorskim uređajima. Na osnovu sprovedene analize na kraju rada dat je konačan zaključak.

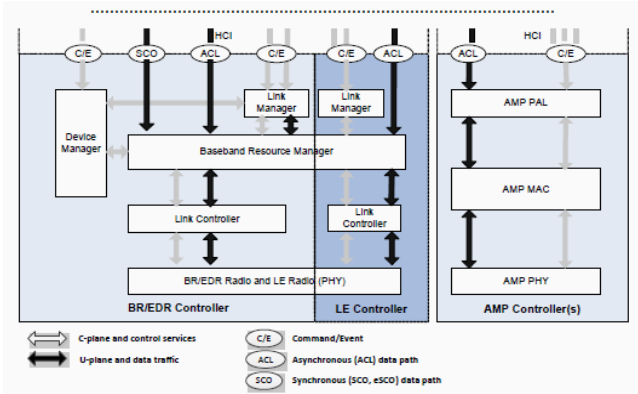
## II. ARHITEKTURA BLUETOOTH SISTEMA

Na početku je Bluetooth satandardizovan kao IEEE 802.15.1 standard, ali danas ga u potpunosti nadgleda i razvija Bluetooth Special Interest Group - SIG alijansa uspostavljena 1998. godine. Bluetooth je kratkodometni komunikacioni sistem čija je osnovna namjera da zamjeni kablove koji povezuju fiksne ili/i pokretne elektronske uređaje. Najvažnije karakteristike ove bežične tehnologije su: robustnost, mala potrošnja energije i niski troškovi ove tehnologije. [7] Postoje dva oblika Bluetooth sistema: Basic Rate (BR) i Low Energy (LE). Oba sistema uključuju mahanizme za otkrivanje Bluetooth uređaja, uspostavljanje, održavanje i korištenje konekcije. [7] BR sistem ima i opciono Enhanced Data Rate proširenje sa izmjenama na sloju kontrole pristupa medijumu (Medium Access Control –MAC) i fizičkom sloju (Physical-PHY). BR nudi brzine prenosa podataka od 721.2 Kb/s, dok unapređeni prenos podataka – EDR nudi obično 2 Mb/s. Low Energy sistem je uveden od Bluetooth 4.0 verzije sa karakteristikama za uređaje koji zahtjevaju malu potrošnju energije i malu kompleksnost steka protokola, ali i male troškove (pristupačni cijenom). LE je namjenjen manjim protocima podataka oko 200 Kb/s i pogodan je za senzorske uređaje. Neki uređaji mogu da implementiraju oba sistema, dok je nekima neophodan samo jedan od njih.

Jezgro (*eng. core*) sistema se sastoji od hosta i jednog ili više kontrolera. Host se sastoji od svih slojeva koji su ispod definisanih specifičnih profila i iznad host-kontroler interfejsa (Host Controller Interface-HCI). [7] Jedna implementacija Bluetooth jezgra može da ima samo jedan primarni kontroler (BR/EDR kontroler, LE kontroler ili njihovu kombinaciju u jednom kontroleru sa jednom adresom uređaja) i više sekundarnih kontrolera (Alternate MAC/PHY kontroler za velike brzine do 54 Mb/s) [7]. Sl. 1. i 2. ilustruju arhitekturu jezgra Bluetooth sistema koja pokazuje veze između različitih Bluetooth sistema kao što je klasični BR/EDR sistem, AMP sistem i LE sistem. Ove veze pokazuju kako je omogućena interoperabilnost između različitih Bluetooth sistema i takođe kako je moguće da jedan uređaj ima jedan host koji preko HCI interfejsa komunicira sa više kontrolera. Bluetooth koristi na fizičkom sloju nelicencirani 2.4 GHz ISM opseg. BR/EDR sistem koristi Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) sa 79 pseudoslučajnih fekvencija udaljenih po 1 MHz.



Slika 1. Arhitektura Bluetooth sistema – host



Slika 2. Arhitektura Bluetooth sistema – kontroler

Jedan uređaj daje takt (*eng. clock*) i šablon za FH tehniku i naziva se master (glavni uređaj). Dok uređaji koji slijede takt i frekvencije mastera su uređaji pratioci (*eng. slave*). Na ovakav način sinhronizovani uređaji čine osnovu komunikacije Bluetooth tehnologije, koja se naziva pikonet. Jedan glavni uređaj može da uspostavi vezu sa više uređaja pratioca, ali oni se između sebe ne mogu direktno povezati. Glavni uređaj može imati ovu ulogu samo u jednom pikonetu, dok uređaji mogu biti pratioci u više pikonet formacija čime se dobija razbacana mreža (*eng. scatternet*). FHSS tehnika se prilagođava u slučaju kada Bluetooth treba da koegzistira sa drugim statičnim (*eng. non-hopping*) bežičnim sistemima, kao što je npr. WiFi tehnologija, tako što se preskaču frekvencije koje bi dovele do interferencije. Fizički kanal za prenos podataka je podijeljen u slotove. Paketu podataka se dodjeljuje 1, 3 ili 5 slotova za slanje. Takođe je za potrebe prave dvosmjerne komunikacije podržana (Time-Division Duplex – TDD) vremenska dupleks šema slotova. Slotovi su obično vremenske cjeline od 625  $\mu$ s, gdje glavna stanica šalje svoje podatke u neparnim slotovima, a prateći uređaji u parnim slotovima.

Fizički kanal dijele svi uređaji pikoneta, ali fizički link se kreira između glavnog uređaja i pratećih uređaja. Fizički link je obično dvosmjernan, osim u slučaju kada se koristi samo za broadcast poruke ka pratećim uređajima. Jedan fizički link služi kao transport za jedan ili više logičkih linkova, koji mogu biti predmet broadcast ili unicast sinhronog, asinhronog i izohronog saobraćaja. Logičkim linkovima je u okviru fizičkog linka dodijeljen određen broj i redoslijed slotova (vremensko multipleksiranje). Osim kod već pomenutog broadcast slanja poruka ka pratećim uređajima, sve druge konekcije moraju kreirati dodatni logički link za slanje podataka protokola za upravljanje logičkim linkovima (Link Manager Protocol - LMP). Rezultati LMP protokola se prosljeđuju (Logical Link Control and Adaptation Protocol) L2CAP protokolu, koji vrši potrebnu apstrakciju za aplikacioni sloj i usluge iznad njega što obično podrazumjeva kodovanje / dekodovanje, multipleksiranje / demultipleksiranje više logičkih linkova. I podaci L2CAP se prenose preko logičkog linka kao i LMP.

I Low Energy sistem koristi opseg frekvencija od 2.4 – 2.485 GHz i adaptivni FHSS. On takođe podržava frekvencijsko i vremensko multipleksiranje. Kod frekvencijskog multipleksiranja (Frequency Division Multiple

Access – FDMA) koristi se 40 kanala razdvojenih sa po 2MHz. 3 od 40 kanala se koriste za oglašavanje, dok se 37 koristi za slanje podataka. Vremensko multipleksiranje (Time Division Multiple Access – TDMA) se koristi kada jedan uređaj u prethodno određenom (dogovorenim) trenutku šalje paket podataka, a odgovarajući uređaj uzvraća paketom podataka nakon dogovorenog intervala. Opisani slučaj je u suštini TDMA bazirana šema prozivke.

Fizički kanal kod LE je podijeljen u vremenske jedinice poznate kao događaji (*eng. events*). Podaci između uređaja se prenose u paketima koji su smješteni u navedene događaje. Postoje dvije vrste događaja: oglašavanje (*eng. Advertising event*) i konekcionni događaj (*eng. Connection event*). Ulogu oglašavanja može da iskoristi glavna stanica da objavi svoje prisustvo pratećim uređajima, ali takođe i prateći uređaji mogu koristiti ovaj režim rada da se ponovo povežu sa mrežom radi nastale lokalne promjene ili da se oglase po prvi put. Uređaj koji može, a ne mora da odgovori na ovo oglašavanje, ali ih osluškujeskenira zove se skener. Uređaji koji koriste jednosmjernu unicast komunikaciju ili broadcast između dva ili više uređaja mogu da svoju komunikaciju u potpunosti izvrše preko događaja oglašavanja. Takođe događaj oglašavanja se koristi da se uspostavi dvosmjerna konekcionno orijentisana veza između dva ili više uređaja. Uređaji inicijatori osluškujes događaje oglašavanja na koje se mogu konektovati. Inicijatori odgovaraju na istom fizičkom kanalu na poslatu poruku oglasa. Nakon toga ukoliko uređaj koji je poslao oglas prihvati inicijatora, on započinje konekcionni događaj. Tada oba koriste isti fizički kanal sa FHSS tehnikom, gdje inicijator postaje glavni uređaj, a uređaj koji se oglašavao postaje prateći uređaj kao u standardnoj master-slave piconet vezi. Glavni uređaj može da prekine konekcionni događaj kada želi. Informacije o FHSS šalje inicijator pri zahtjevu za uspostavljanje konekcije.

Kod LE sistema je dozvoljeno da prateći uređaji imaju konekcije ka više glavnih uređaja u isto vrijeme. Uređaj takođe može da ima u isto vrijeme i ulogu glavnog uređaja i ulogu uređaja pratioca u dvije različite veze, tj. nije dozvoljeno mijenjati uloge u jednoj konekciji.

Svaki put kada se LE uređaj pridruži piconetu kreira se logički link kojim se prenosi signalizacija Logical Layer (LL) protokola. LL je kontrolni protokol za linkove i fizički sloj i njegovi se podaci prenose dodatnim logičkim linkom kao što je slučaj sa LMP i L2CAP protokolom kod BR sistema. LE sistem takođe ima L2CAP sloj, ali i još dva dodatna sloja na vrhu L2CAP koji koriste njegove kanale. Prvi je Menadžer sigurnosti koji dodaje L2CAP kanalima sigurnosne mehanizme, a drugi protokol je Attribute protocol (ATT) koji omogućuje da se komunikacija između uređaja vrši preko male količine podataka zbog predefinisanih atributa za komunikaciju.

#### A. Gradivni blokovi hosta za BR/EDR i LE sistem

Upravljanje kanalima : Channel Manager (CM)

Odgovoran je za kreiranje, upravljanje i zatvaranje L2CAP kanala za transport uslužnih protokola i aplikacionih tokova podataka. CM ima direktnu interakciju sa link menadžerom kontrolera da bi kreirao novi logički link i konfigurisao ga da

zadovolji (Quality of Service) QoS za tip podataka koji će se njime prenositi.

L2CAP Upravljanje resursima: L2CAP Resource Manager

Ovaj blok upravlja raspoređivanjem i prijavom paketa L2CAP protokola u niže slojeve, kako bi se osigurao odgovarajući QoS za L2CAP kanale. Takođe vodi računa o ograničenim memorijama za baferovanje podataka u kontroleru i ograničenom propusnom opsegu HCI. Kontrolriše da li aplikacije šalju L2CAP Service Data Units – SDU u skladu sa definisanim QoS.

Sigurnosni protokol: Security Manager Protocol (SMP)

SMP je peer-to-peer protokol i koristi se za generisanje ključeva za identifikaciju i šifrovanje. Protokol koristi posvećeni fiksni L2CAP kanal. SMP direktno upravlja skladištem ključeva i omogućuje kontroleru ključeve koji su mu potrebni za enkripciju podataka. Ovaj blok se nalazi samo u LE sistemu. Slične funkcije kod BR/EDR sistema se nalaze u Link Menadžer bloku njegovog kontrolera.

SDP- Service Discovery Protocol se koristi kod BR/EDR sistema za otkrivanje usluga koje nudi uređaj, dok se za ovu namjenu kod LE sistema koristi ATT protokol.

Atributski protokol: Attribute Protocol -ATT

ATT blok implementira peer-to-peer protokol između atribut servera i atribut klijenta. Oni komuniciraju pomoću navedenog protokola preko posvećenog fiksnog L2CAP kanala. ATT klijent šalje komande, zahtjeve i potvrde ka ATT serveru. ATT server šalje odgovore, notifikacije i indikacije ka ATT serveru.

AMP Manager Protocol je predmet AMP sistema.

Generic Attribute Profile – GATT

GATT blok predstavlja funkcionalnosti atributskog servera i opciono atributskog klijenta. Profil opisuje hijerarhiju usluga/servisa, karakteristika i atributa koje koristi atributski server. Omogućuje interfejsne za otkrivanje, čitanje i upis servisnih karakteristika i atributa. GATT je najvažniji sloj podataka kod LE sistema.

Bitni koncepti kod GATT specifikacije su:

Klijent je uređaj koji pokreće komunikaciju, te šalje zahtjeve i prima odgovore (npr. mobilni uređaj). Server je uređaj koji prima zahtjeve i šalje odgovore (npr. senzor temperature).

Servis je kolekcija povezanih karakteristika koje zajedno čine nekakvu funkciju (npr. Health Thermometer servis uključuje karakteristike za vrijednost temperature, interval čitanja i mjernu jedinicu temperature). Svaki servis može imati proizvoljan broj karakteristika.

Karakteristika je vrijednost koja se izmjenjuje između klijenta i servera. Svaka karakteristika može imati proizvoljan broj opisa. Opis je vrijednost koja pobliže opisuje neku karakteristiku (npr. minimalna i maksimalna vrijednost).

Generic Access Profile- GAP

GAP predstavlja osnovne funkcionalnosti uobičajene za Bluetooth uređaj kao što su režimi i pristupne procedure za transportne, protokolne i aplikacione profile. GAP usluge uključuju otkrivanje uređaja, konekcione modove, sigurnosne

mehanizme, autentifikaciju, modele pridruživanja mreži i otkrivanje usluge. GAP je najvažniji kontrolni sloj.

### B. Gradivni blokovi kontrolera za BR/EDR i LE sistem

Vrste logičkog transporta za prenos podataka su sljedeće: asinhroni bez uspostave veze (Asynchronous ConnectionLess - ACL), sinhroni sa uspostavom veze (Synchronous Connection Oriented -SCO), prošireni sinhroni (Extended Synchronous Connection-Oriented - eSCO).

Na Sl. 2. se vide navedeni tipovi tokova podataka označeni kao (eng. *U-user*) korisnička ravan, te takođe Command/Event tokovi upravljačkih servisa kao (eng. *C-control*) kontrolna ravan.

#### Upravljanje Bluetooth uređajem: Device Manager

Ovaj blok kontrolira osnovna ponašanja Bluetooth uređaja. Odgovoran je za sve operacije Bluetooth sistema koje nisu direktno vezane za transport podataka, kao što je pretraživanje obližnjih uređaja, konektovanje na Bluetooth uređaje, ili činjenje lokalnog uređaja vidljivim. Upravlja i sa komandama koje dobija preko HCI kao što je ime uređaja, uskladišteni link ključevi i slično. Da bi vršio svoje funkcije ovaj blok preko menadžera resursa osnovnog opsega (eng. *baseband*) pristupa fizičkom sloju.

#### Upravljanje logičkim linkom: Link Manager

Link menadžer je odgovoran za kreiranje, modifikaciju i otpuštanje logičkih linkova. Takođe može vršiti izmjene parametara fizičkog linka, npr. enkripcija, snaga transmisije, QoS parametri. Dva link menadžera na dva Bluetooth uređaja komuniciraju preko Link Manager Protocol (LMP) protokola u BR/EDR sistemu i Link Layer Protocol (LL) protokola u LE sistemu.

#### Baseband Resource Manager (BRM)- Menadžer resursa fizičkog sloja

Zadužen je za sve pristupe ka radio medijumu. Ima dvije glavne funkcije: raspoređivač koji dodjeljuje vrijeme na fizičkom kanalu svim entitetima koji su mu se prijavili za pristup istom i druga funkcija je proces pregovora sa svim entitetima koji žele da se kreira njihov ugovor pristupa. Ugovor pristupa je efektivno potvrda da će BRM isporučiti dogovoreni QoS korisničkoj aplikaciji.

#### Link kontroler: Link Controller

Link kontroler je zadužen za kodovanje i dekodovanje paketa podataka iz korisnih podataka i parametara vezanih za fizički kanal, logički transport i logički link. Link kontroler sprovodi Link Control Protocol u BR/EDR sistemu i Link layer Protocol u LE sistemu. Ovi protokoli se koriste za kontrolu toka podataka, te potvrdu i retransmisiju zahtjevanih signala. Interpretacija ovih signala se vrši preko dodatnih parametara dodatnih baseband paketa.

#### Fizički radio sloj:PHY

Fizički sloj vrši slanje i prijem tokova bitova na fizičkom kanalu. Kontrolna veza između sloja osnovnog opsega i fizičkog sloja dozvoljava da sloj osnovnog opsega kontrolira vrijeme slanja podataka i frekvenciju signala nosioca fizičkog sloja.

TABELA I. KRATAK PREGLED RAZLIKA BR/EDR I LE SISTEMA

Opis karakteristike	BR/EDR	LE	Napomena
Broj različitih formata paketa	6	2	ID, FHS, DM, DH, 2-DH, 3-DH Advertising/Data
Dužina ACK paketa	126 $\mu$ s	80 $\mu$ s	63% kraći
Maksimalna veličina paketa	2875 $\mu$ s = 1021 okteta	328 $\mu$ s = 27 okteta	LE je mnogo kraći
Maksimalne brzine slanja podataka	obično oko 2Mb/s	do 305 kb/s	LE namjenjen za manje protoke
Enkripcija podataka	Safer+	AES-128	LE ima bolje sigurnosne mjere
Protokoli podržani od strane hosta	14	3	LE : Samo ATT zahtjevan za aplikacije bez sigurnosnih mjera
Broj protokola zahtjevan za kreiranje aplikacije	3(SDP, L2CAP, App protokol)	2(ATT, L2CAP)	LE koristi ATT i za otkrivanje usluga uređaja i kao podlogu za kreiranje aplikacija, bez dodatnih aplikacionih protokola.
L2CAP zaglavlje	4 do 12 okteta	4 okteta	Mnogo manja zaglavlja protokola kod LE.
L2CAP konfiguracijske opcije	7	0	LE nema dodatnih opcija
L2CAP komande	17	1	LE jako jednostavan

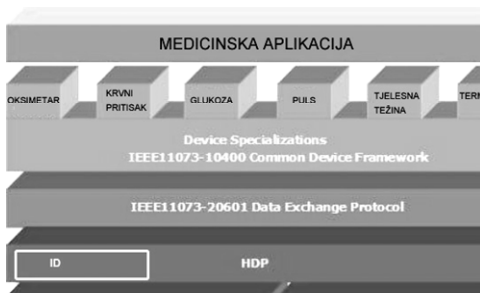
U Tabeli 1. je dat kratak pregled opisanih sistema. Istaknuta su pojednostavljena LE sistema sa mnogo manjim brojem protokola i manjim brojem opcija u okviru protokola, kraćim kontrolnim i korisničkim paketima, ali i boljim sigurnosnim mjerama.

### III. SPP I HDP PROFILI

Interoperabilnost između različitih aplikacija kod Bluetooth sistema je postignuta pomoću Bluetooth profila. Profili definišu zahtjevane funkcije i karakteristike svakog sloja sistema od fizičkog do L2CAP sloja. Profil definiše i vertikalnu interakciju između slojeva, kao i peer-to-peer interakciju određenog sloja između dva uređaja koji komuniciraju preko Bluetooth profila. Ponašanje aplikacije i format podataka su takođe definisani pomoću profila.

#### A. BLE Health Device Profile (HDP) profil

Specifičan stek protokola za medicinski Bluetooth profil je prikazan na Sl. 3. Medicinska aplikacija opisuje korisnički interfejs, aplikacioni scenario i integraciju sa IEEE 11073-20601 stekom protokola. HDP ne definiše format podataka i sadržaj podataka. Bluetooth SIG je odredio za HDP IEEE 11073-20601 protokol za razmjenu podataka između HDP sloja i IEEE 11073-104xx specifikacije uređaja (Device Specification). IEEE 11073-20601 definiše protokol za razmjenu podataka i IEEE 11073-104xx definiše format podataka, uključujući veličinu i kodiranje svih podataka koji se razmjenjuju između HDP uređaja. Device ID (DI) Profile je dizajniran da omogući za uređaj specifične informacije (npr. informacije o proizvođaču). HDP komunicira sa MCAP slojem ali i sa ATT slojem radi povezivanja sa udaljenim HDP uređajima. Multi-Channel Adaptation Layer (MCAP) koristi HDP da bi se kreirali posebni komunikacioni linkovi za razmjenu generičkih komandi medicinskog profila (Medical Communication Link - MCL), i takođe jednog ili više linkova za razmjenu medicinskih podataka (Medical Data Link - MDL). [9] MCAP je specifičan za HDP i omogućuje i dva tipa kanala podataka: pouzdani kanali podataka (eng. *Reliable Data Channels*) i tokovi podataka (eng. *Streaming Data Channels*).



Slika 3. Medicinska aplikacija

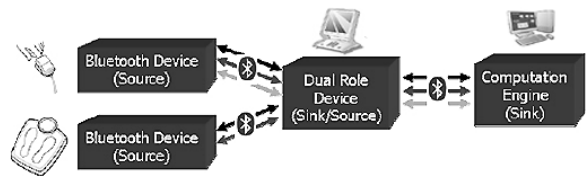
Pouzdana veza otkriva pakete koji nisu došli u ispravnom stanju i zahtjeva ponovo slanje tih paketa. Sa druge strane tokovi podataka su mnogo bolji za aplikacije realnog vremena.

Definisana su dva tipa uređaja: uvir (*eng. sink*) i izvor (*eng. source*) uređaji. Izvor je mali uređaj koji djeluje kao predajnik medicinskih podataka. Uvir je funkcionalno bogat uređaj koji će dijelovati kao prijemnik medicinskih podataka. [9] Na Sl. 4. su prikazana dva uređaja (izvori) koji koriste pouzdane i kanale tokova podataka za slanje podataka ka uređaju koji ima dvije uloge: prva je (uvir) prijem i prikaz podataka a druga slanje podataka (izvor) ka uređaju koji će izvršiti procesiranje.

HDP/MCAP koristi veze sa uspostavljanjem konekcije koje omogućavaju brzo otkrivanje prekinutih veza i odmah ponovno uspostavljanje L2CAP kanala. Između dva HDP uređaja uspostavlja se jedna kontrolna veza i jedna ili dvije veze podataka. Da bi se omogućila kombinacija nekoliko senzorskih signala HDP podržava sinhronizaciju signala kako bi se omogućila bolja analiza od strane ljekara. HDP vrši sinhronizaciju pomoću Bluetooth master takta i pomjeraja (offset) takta izvor uređaja.

#### B. Serial Port Profile (SPP)

SPP ima široku primjenu kao zamjena za ožičeni serijski port. Mnoge aplikacije koriste ovaj profil, ali format podataka i redosljed (protokol) njihovog slanja pomoću SPP nije standardizovan i lično je vlasništvo proizvođača Bluetooth uređaja. SPP koristi RFCOMM (Radio Frequency Communication) protokol, koji se nalazi iznad L2CAP protokola. SPP emulira asinhroni serijski port. RFCOMM ne nudi nikakvu pouzdanost pri prenosu podataka, već ovo mogu da omoguće samo viši aplikacioni slojevi. Kod BR/EDR sistema glavni uređaj se oglašava i prateći uređaji koji odgovore na njegov upit konektuju se u piconet mrežu (dobija svoju adresu i sinhronizuje se na kanal i takt glavnog uređaja). Sam prateći uređaj ne može sam da objavi svoje postojanje. Nakon sinhronizacije otkrivaju se pristupne tačke servisa i kreiraju potrebni kanali pridruženi definisanim tačkama. Moguće je takođe da se izvrši uparivanje uređaja pomoću PIN koda, radi sigurnosti. Dalja sama komunikacija na kanalu realizovana je po principu prozivke: glavni uređaj šalje zahtjev za podacima, a prateći uređaj (senzor) kada je spreman šalje odgovor sa podacima i postupak se ponavlja do raskidanja konekcije. Svaki proizvođač definiše svoj format poslanih podataka, te nije moguće da se preko SPP automatski izvrši proces pretvaranja primljenih podataka u razumljive vrijednosti.



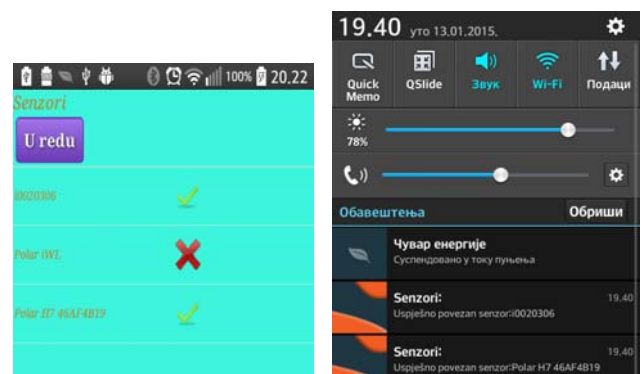
Slika 4. Uloge uređaja u HDP profilu

Glavni uređaj ne može imati predstavu da li je prateći uređaj uopšte senzor čije podatke želi da pročita, dok kod HDP ATT server i ATT klijent prepoznaju jedan drugog na osnovu ATT protokola. Takođe prateći uređaj može da pošalje glavnom uređaju interval koji mu je potreban za slanje novog podatka. Vremensko multipleksiranje (Time Division Multiple Access – TDMA) se koristi kada jedan uređaj u prethodno određenom (dogovorenom) trenutku šalje paket podataka, a odgovarajući uređaj uzvraća paketom podataka nakon dogovorenog intervala. Prateći uređaj ne mora stalno da osluškuje i čeka paket prozivke.

#### IV. MOBILNA ANDROID APLIKACIJA

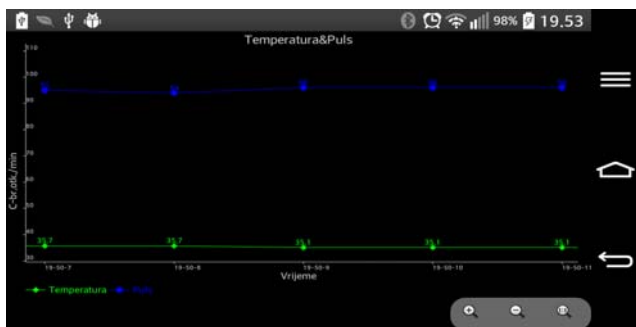
Mobilni uređaji sa Android OS su najčešći na tržištu pametnih telefona. Android OS nudi Java API za Bluetooth stek protokola, a od verzije 18 i podršku za Bluetooth Low Energy. U ovom radu korištena su dva pulsmetra [10] i jedan termometar [11]. Prvi pulsmetar posjeduje Bluetooth 3.0 klasični sistem za slanje podataka, a drugi pulsmetar ima BLE sistem sa HDP ATT serverom i IEEE 11073–10406 formatom podataka. Termometar je primjer starijeg zdravstvenog uređaja sa Bluetooth 2.1+EDR sistemom. Oba pulsmetra imaju za napajanje potrošnu bateriju CR2025, dok je kod termometra moguće punjenje baterije putem USB kabla i potrebna su joj 2 časa da se potpuno napuni. Termometar se može koristiti 48 sati bez potrebe za dodatnim punjenjem. Ipak termometar ima i LCD displej za prikaz izmjerene temperature, mjernu jedinicu (F ili C koja se može mijenjati) i indikator za bateriju; što mu je dodatni potrošač energije. Kod prvog pulsmetra baterija traje oko 150 časova, dok kod drugog pulsmetra trajanje baterije je oko 200 časova ( 1/3 vremena više u odnosu na prvi).

Potrebno je senzore trakama postaviti na mjerna mjesta, omogućiti Bluetooth na mobilnom telefonu, pa u aplikaciji pokrenuti konekciju sa sensorima.



Slika 5. Grafički interfejs za odabir/ povezivanje senzora





Slika 6. Prikaz senzorskih podataka: temperature i pulsa (HDP)

Sama aplikacija može da provjeri da li je Bluetooth omogućen, te da pita korisnika da potvrdi njegovo uključivanje. Ako uspije da se konektuje sa senzorima aplikacija će poslati notifikaciju korisniku. Sl. 5. ilustruje konektovanje senzora i poruke o uspješnoj konekciji. Sa aspekta krajnjeg korisnika dalji postupak prijema podataka sa konektovanih senzora izgleda potpuno isto, mada se u listi senzora BluetoothManagera Android OS vide samo upareni uređaji klasičnih Bluetooth sistema za koje su kreirane specijalne programske niti za prijem i slanje podataka prema formatu proizvođača, dok BLE skener automatski prepoznaje, a aplikacija dodaje na spisak one uređaje koji su BLE HDP omogućeni. ATT server za HeartRate Monitor uslugu daje karakteristike o procentu nivoa energije u bateriji, sam broj otkucaja srca u minuti i RR interval – broj milisekundi koji je protekao između dva otkucaja.

U aplikaciji moguće je istovremeno se povezati sa jednim pulsmetrom i termometrom. Takođe je moguće pregledati po minutama (agregirano) i sekundama (pojedinačno) zabilježene vrijednosti senzora. Temperatura se mjeri sa kože abdomena i mjerna jedinica je C. Prikupljeni podaci se šalju ka PHP serveru u MySQL bazu preko WiFi konekcije. Na Sl. 6. je dat prikaz prikupljenih senzorskih podataka po sekundama.

## V. ZAKLJUČAK

Testiranjem nosivih uređaja uz pomoć Android aplikacije BLE senzor se pokazao kao stabilniji od Bluetooth 3.0 senzora i njegova mjerenja su prikupljena svake sekunde. Termometar je pokazao dosta grešaka pri mjerenju u slučaju fizičkih aktivnosti, mnogo više nego pulsmetar. Pri skidanju senzora sa tijela senzor pulsmetar se brzo isključuje jer ne detektuje više otkucaje srca. Kod BLE konekciono orijentisanog HDP protokola aplikacija je brzo detektovala prekid konekcije, dok kod SPP protokola koji je asinhroni bez uspostavljanja konekcije potrebno je bilo mnogo više vremena. Ovo je jako bitno da bi se pokušala uspostaviti ponovo veza se senzorom kako bi se ponovo dobili potrebni vitalni podaci pacijenta ili mogao poslati kontrolni alarm da senzor nije ispravan. Ipak kada je u pitanju kompatibilnost uređaja BLE HDP je veliki korak unaprijed, i ovakve uređaje je mnogo lakše upravljati kroz standardni Android API za Bluetooth. Ukoliko bi uređaji bili stalno nošeni pomoću traka za vezanje, dugoročno bi ovo bio problem za kožu pacijenta. Kada je u pitanju potrošnja energije, život baterije kod BLE je produžen za 1/3 kada su u pitanju uređaji opisanog testa. BLE takođe nudi bolje

sigurnosne mehanizme u vidu AES-128, dok se kod klasičnog Bluetooth-a obično koristilo samo uparivanje pomoću PIN koda od 4 broja. Privatnost podataka je na ovaj način bolje osigurana. Većina ovakvih aplikacija preko WiFi konekcije šalje prikupljene podatke ka centralnom serveru i istovremeno korištenje više BLE veza može da poveća mogućnost interferencije kanala. Zbog toga bi bilo poželjno da BLE koristi pouzdano slanje podataka.

## LITERATURA

- [1] J.E. Bardram, Pervasive Healthcare as a Scientific Discipline, *Methods Inf Med*, 2008., Volume 47 (3), str. 129-142.
- [2] J. Ye, S. Dobson, P. Nixon, An Overview of Pervasive Computing Systems, Volume 18, 2008, str. 3-17.
- [3] M. Hanson, H. Powell, A. Barth, K. Ringgenberg, B. Calhoun, J. Aylor, J. Lach: *Body Area Sensor Networks: Challenges and Opportunities*, IEEE Computer Society, Januar 2009., str. 58-65.
- [4] Continua Health Alliance, Overview Presentation: The Next Generation of Healthcare: Personal Connected Health & Wellness, 2010., [Online]. Available: <http://www.continuaalliance.org>
- [5] ZigBeeAlliance, *ZigBee Wireless Sensor Applications for Health, Wellness and Fitness*, Mart 2009.
- [6] Bluetooth Medical Devices WG, *HDP Implementation Guidance Whitepaper*, Decembar 2009.
- [7] BLUETOOTH SPECIFICATION Version 4.1 [Vol 1], Architecture & Terminology Overview, Publication date: 03 December 2013.
- [8] Harald Naumann, *Rutronik: Comparison of radio links inside an Android device and examples for applications (Bluetooth Low Energy, Bluetooth, ANT+, NFC, WIFI)*, Droidcon Berlin, 2012. [Online.] Available: <http://www.slideshare.net/droidcon/radio-links-in-android-device-rutronik>
- [9] R. Latuske, ARS Software GmbH: *Bluetooth Health Device Profile (HDP)*, 2009., [Online.] Available: [www.ars2000.com/Bluetooth\\_HDP.pdf](http://www.ars2000.com/Bluetooth_HDP.pdf)
- [10] Polar Electro, *Polar WearLink transmitter with Bluetooth* (2013), [Online]. Available: <http://www.polar.com/en/products>
- [11] Ithermometer, [Online]. Available: <http://www.ithermometer.info/specification.php>

## ABSTRACT

There is a tendency to develop health care systems whose services are provided at a distance and they are available to everyone and everywhere. The ubiquitous health care systems use body sensor networks as a source of some patient's vital signs data. These networks consist of the wearable or implantable sensors on the body of the patient, and a mobile device acts as an aggregator. A wireless communication between the aggregator and the sensors is usually achieved by using Bluetooth technology. For this purpose a general (Serial Port Profile) SPP profile has been used for a long time, whereas a new version of Bluetooth Low Energy System offers specialized (Health Device Profile) HDP profile. This paper analyzes the aforementioned profiles and presents Android application that uses two pulse-meters and one thermometer. And one of them supports the HDP and the others support SPP Bluetooth profile. The gathered experiences of the described implementation are given in the paper conclusion.

### AN ANALYSIS OF THE SPP AND HDP BLUETOOTH PROFILES AS A BASIS FOR COLLECTING PATIENT VITAL SIGNS IN THE UBIQUITOUS HEALTHCARE SYSTEMS

Vanja Miskovic, Dragoljub Pilipovic, Zeljko Gavric