

Vladimir Ćirić, Vladimir Simić, Teufik Tokić, Darko Tasić, Emina Milovanović, Igor Milovanović, „Projektovanje i implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju“, Tehničko rešenje, Elektronski fakultet u Nišu, 2012.

TEHNIČKO REŠENJE

Projektovanje i implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju

M-85: Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument, nova genetska proba, mikroorganizmi

Autori:

Vladimir Ćirić⁽¹⁾, Vladimir Simić⁽¹⁾, Teufik Tokić⁽¹⁾, Darko Tasić⁽²⁾, Emina Milovanović⁽¹⁾, Igor Milovanović⁽¹⁾

⁽¹⁾ Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu

⁽²⁾ Centar za transfer tehnologije, Univerzitet u Nišu



Наставно-научно веће

Број: 07/10-008/13-002

Дана: 17.01.2013. год.

На основу члана 38. Статута Електронског факултета у Нишу, у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитавном исказивању научноистраживачких резултата истраживача («Службени гласник РС», бр. 38/2008), Наставно-научно веће Електронског факултета у Нишу донело је на седници одржаној 17.01.2013. године следећу

ОДЛУКУ

1. Прихвата се техничко решење под називом «ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МРЕЖНОГ ПРОТОКОЛА ЗА КОМУНИКАЦИЈУ МЕДИЦИНСКИХ УРЕЂАЈА ЗА ФИЗИКАЛНУ ТЕРАПИЈУ», чији су аутори Владимир Ћирић, Владимир Симић, Теуфик Токић, Дарко Тасић, Емина Миловановић и Игор Миловановић.

2. Признато техничко решење спада у категорију: софтвер М85.

3. Одлуку доставити ауторима техничког решења и архиви Факултета.

Образложење

Комисија рецензента доставила је Наставно-научном већу Мишљење о испуњености услова за признање својства техничког решења резултату научноистраживачког рада под називом «Пројектовање и имплементација мрежног протокола за комуникацију медицинских уређаја за физикалну терапију» који је реализован у оквиру пројекта «Интелигентни кабинет за физикалну медицину» ТР 32012 за потребе Електромедицине д.о.о. Ниш и чији су аутори Владимир Ћирић, Владимир Симић, Теуфик Токић, Дарко Тасић, Емина Миловановић и Игор Миловановић. Наиме, рецензенти проф. др Жељко Ћуровић (Електротехнички факултет у Београду) и проф. др Вељко Малбаша (Факултет техничких наука у Новом Саду) оценили су да предложено техничко решење представља научни резултат који поред стручне компоненте пружа оригинални теоријски и научноистраживачки допринос. У том смислу рецензенти су предложили Наставно-научном већу Факултета да прихвати наведени резултат научноистраживачког рада као техничко решење.

На основу позитивног мишљења два рецензента-експерта из области техничког решења Наставно-научно веће је донело одлуку као у диспозитиву.

**Председник
Наставно-научног већа,
Декан**
Драган Јанковић
Проф. др Драган Јанковић

Tehničko rešenje:

Projektovanje i implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju

Rukovodilac projekta: prof. dr Ivan Milentijević

Autori: Vladimir Ćirić⁽¹⁾, Vladimir Simić⁽¹⁾, Teufik Tokić⁽¹⁾, Darko Tasić⁽²⁾, Emina Milovanović⁽¹⁾, Igor Milovanović⁽¹⁾

⁽¹⁾ Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu,

⁽²⁾ Centar za transfer tehnologije, Univerzitet u Nišu

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja „Inteligentni KAbinet za Fizikalnu Medicinu - IKAFIM“ TR-32012

Kratak opis

Integracija medicinskih uređaja u centralizovane sisteme u poslednje vreme je veoma česta. U ovom tehničkom rešenju predstavljen je mrežni protokol za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju sa centralnim računom radi prikupljanja informacija i centralizacije upravljanja. Protokol je razvijen na Elektronskom fakultetu u Nišu za potrebe komunikacije medicinskih uređaja koji su predmet istraživanja na projektu "Inteligentni kabinet za fizikalnu medicinu", finansiranom od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod brojem TR32012.

Tehničke karakteristike:

Nakon inicijalne konfiguracije uređaja od strane centralnog računara, protokol omogućava da server uređaju pošalje predefinisane terapije i time ga pripremi za rad u kabinetu. Protokol je projektovan po uzoru na X73 standard i omogućava detekciju i inicijalno konfigurisanje novih uređaja za fizikalnu terapiju na mreži po plug-'n-play principu. Razmenom hello poruka, protokol omogućava praćenje statusa uređaja i prijavljivanje grešaka u komunikaciji. Protokol karakteriše klijent-server arhitektura, baziran je na UDP transportnom protokolu sa nadgradnjom za obezbeđivanje pouzdanog prenosa podataka i može da koristi široko rasprostranjenu Ethernet tehnologiju na nivou veze.

Tehničke mogućnosti:

Protokol implementira sledeće scenarije u kabinetu za fizikalnu medicinu: registrovanje novog uređaja na sistem, pokretanje terapije na uređaju i sa centralnog računara, zaustavljanje terapije na samom uređaju ili sa računara, promenu radnih parametara terapije koja je u toku, sa uređaja ili računara, izveštavanje o greškama u radu uređaja ili prekoračenju vrednosti parametra terapije i periodičnu proveru statusa uređaja i servera. Svaki scenario promene stanja uređaja ili parametara terapije praćen je izveštavanjem i beleženjem na strani centralnog računara.

Realizator:

Elektronski fakultet u Nišu

Korisnik:

Elektromedicina d.o.o. Niš

Podtip rešenja:

Softver – M85

Mišljenje

Tehničko rešenje „Projektovanje i implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju“ realizovano je u okviru projekta „Inteligentni Kabinet za Fizikalnu Medicinu – IKAFIM“ autora Vladimira Ćirića, Vladimira Simića, Teufika Tokića, Darka Tasića, Emine Milovanović i Igora Milovanovića.

Opis tehničkog rešenja dat je na 25 stranica formata A4. Tehničko rešenje prikazano je u pet poglavlja ovog dokumenta.

U uvodnom delu dokumenta dat je detaljan prikaz stanja i trendova u oblasti proizvodnje medicinskih uređaja s akcentom na primeni savremenih informaciono-komunikacionih tehnologija. Proizvođači medicinske opreme uglavnom implementiraju sopstvena rešenja i protokole za komunikaciju uređaja što otežava komunikaciju uređaja različitih proizvođača i interoperabilnost.

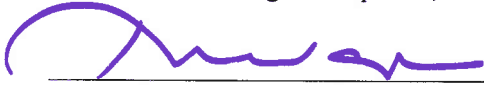
U poglavlju „Standardi za komunikaciju medicinskih uređaja“ dat je opis najpoznatijih standarda za komunikaciju medicinskih sistema. Akcenat je stavljen na X73 seriju standarda kao jedinstveni standard u potpunosti prilagođen potrebama medicinskih uređaja. Na bazi ovog standarda realizovan je protokol za komunikaciju uređaja za fizikalnu medicinu, koji su opisani u narednom, centralnom poglavlju.

Centralni deo dokumenta detaljno opisuje projektovanje i implementaciju komunikacionog protokola, od komponentnog dijagrama arhitekture sistema i pozicije protokola u njemu, preko detaljnog opisa scenarija i formata poruka. U poglavlju „Implementacija“ dat je klasni dijagram komponente protokola uz detaljan opis. Poslednje poglavlje prikazuje merene performanse protokola i količinu prenetog saobraćaja za različite scenarije.

Komunikacioni protokol opisan u dokumentu omogućava komunikaciju uređaja za fizikalnu medicinu sa centralnim računarom i podržava najbitnije scenarije koji se mogu identifikovati u kabinetu za fizikalnu terapiju: pokretanje tretmana sa servera ili uređaja, uz zadavanje parametara ili odabira predefinisane terapije, prekidanje prethodno pokrenutog tretmana na uređaju sa servera ili uređaja, pamćenje i prenos poruka o priključenju novog uređaja na mrežu, izmeni radnih parametara na uređaju, greškama u komunikaciji ili prekoračenju dozvoljenih vrednosti parametara terapije.

Arhitektura mreže uređaja i centralnog računara za kontrolu projektovana je da omogući lako proširenje funkcionalnosti samog protokola kao i veličine kabineta. Kako je protokol baziran na X73 seriji standarda, omogućena je automatska konfiguracija uređaja povezivanjem na mrežu. Modifikacije UDP transportnog protokola, na kojem se bazira komunikacija, čine ga dovoljno pouzdanim i efikasnim za praktičnu primenu u lokalnim mrežama medicinskih kabineta. Podrška za široko rasprostranjeni Ethernet standard ide u prilog njegovom širem prihvatanju. Kako ne postoji potreba za prenosom veće količine podataka, to ga čini kandidatom i za primenu u drugačijim topologijama kabineta.

U skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača (“Službeni glasnik RS”, broj 38/2008), a na osnovu analize tehničkog rešenja, predlažem da se tehničko rešenje pod nazivom „Projektovanje i implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju“ usvoji kao novo tehničko rešenje iz kategorije ”M85 Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument, nova genska proba, mikroorganizmi”.



Dr Veljko Malbaša, redovni profesor
Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad

Tehničko rešenje:

Projektovanje i implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju

Rukovodilac projekta: prof. dr Ivan Milentijević

Autori: Vladimir Ćirić⁽¹⁾, Vladimir Simić⁽¹⁾, Teufik Tokić⁽¹⁾, Darko Tasić⁽²⁾, Emina Milovanović⁽¹⁾,

Igor Milovanović⁽¹⁾

⁽¹⁾ Elektronski fakultet u Nišu

⁽²⁾ Centar za transfer tehnologije, Univerzitet u Nišu

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR-32012

Kratak opis

Integracija medicinskih uređaja u centralizovane sisteme u poslednje vreme je veoma česta. U ovom tehničkom rešenju predstavljen je mrežni protokol za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju sa centralnim računarom radi prikupljanja informacija i centralizacije upravljanja. Protokol je razvijen na Elektronskom fakultetu u Nišu za potrebe komunikacije medicinskih uređaja koji su predmet istraživanja na projektu "Inteligentni kabinet za fizikalnu medicinu", finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod brojem TR32012.

Tehničke karakteristike:

Projektovani protokol omogućava automatsku detekciju novih uređaja za fizikalnu terapiju na mreži od strane servera i njihovo inicijalno konfigurisanje po plug-'n-play principu. Nakon inicijalne konfiguracije protokol omogućava serveru da uređaju pošalje predefinisane terapije i time ga pripremi za rad u kabinetu. Sve funkcije uređaja za fizikalnu terapiju koji su deo mreže dostupne su kako na samom uređaju, tako i preko centralnog servera (pokretanje, zaustavljanje, promena parametara i sl.).

Tehničke mogućnosti:

Protokol podržava 12 različitih scenarija komunikacije uređaja za fizikalnu medicinu i centralnog servera: registrovanje novog uređaja na sistem, prijavljivanje uređaja na sistem, početak tretmana sa servera, prekid tretmana sa servera, početak tretmana sa uređaja, promena parametara tretmana sa uređaja, prekid tretmana sa uređaja, kraj tretmana (isteklo vreme), prekoračenja (greška) na uređaju, razmena HELLO poruka, gubitak veze sa uređajem, promena statusa mreže. Obim saobraćaja je reda veličine par desetina KB.

Realizator:

Elektronski fakultet u Nišu

Korisnik:

Elektromedicina d.o.o. Niš

Podtip rešenja:

Softver – M85

Mišljenje

Tehničko rešenje „Projektovanje i implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju“ realizovano na Elektronskom fakultetu u Nišu, prikazano je na 25 strana A4 formata, grupisanih u 5 poglavlja:

1. Opis problema koji se rešava tehničkim rešenjem,
2. Stanje rešenosti problema u svetu - prikaz i analiza postojećih rešenja,
3. Suština tehničkog rešenja,
4. Detaljan opis implementacije tehničkog rešenja,
5. Analiza performansi,

kojima su pridodate reference i dodatak sa opisom svih scenarija upotrebe predloženog protokola.

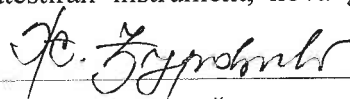
Tehničko rešenje pripada polju tehničko-tehnoloških nauka i oblasti elektrotehničkog inženjerstva. Korisnik rešenja je Elektromedicina d.o.o. Niš.

Tehničko rešenje je realizovano u okviru projekta "Inteligentni kabinet za fizikalnu medicinu ", broj projekta TR 32012. Program istraživanja projekta je u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011-2014. godina, tehnološka oblast Elektronika, telekomunikacije i informacione tehnologije. Rukovodilac projekta je prof. dr Ivan Milentijević.

Na osnovu analize tehničkog rešenja "Projektovanje i implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju " autora Vladimira Ćirića, Vladimira Simića, Teufika Tokića, Darka Tasića, Emine Milovanović i Igora Milovanovića, mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Dokumentacija tehničkog rešenja jasno prikazuje kompletnu strukturu tehničkog rešenja – opis problema, daje detaljniji osvrt na stanje u svetu, sadrži odgovarajući prikaz teorijskih osnova na kojima je zasnovano tehničko rešenje i posebno detaljno prikazuje strukturu i primenu realizovanog tehničkog rešenja.
2. U tehničkom rešenju je predstavljen mrežni protokol koji rešava problem u oblasti komunikacije medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju sa centralnim serverom, čija je namena upravljanje uređajima i akvizicija podataka, u skladu sa zahtevima projekta.
3. Tehničko rešenje karakteriše originalan doprinos koji ima izraženu praktičnu dimenziju budući da je kompletan skup funkcionalnosti uređaja pokriven protokolom uz relativno mali format i obim poruka koji se razmenjuje.

Na osnovu prethodnog, predlažem da se "Projektovanje i implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju", autora Vladimira Ćirića, Vladimira Simića, Teufika Tokića, Darka Tasića, Emine Milovanović i Igora Milovanovića prihvati kao novo tehničko rešenje i u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača ("Službeni glasnik RS", broj 38/2008) klasifikuje kao rezultat "M85 Prototip, nova metoda, softver, standardizovan ili atestiran instrument, nova genska proba, mikroorganizmi".



Prof. dr Željko Đurović
Elektrotehnički fakultet
Univerziteta u Beogradu

1. Kratak opis

Integracija medicinskih uređaja u centralizovane sisteme u poslednje vreme je veoma česta. U ovom tehničkom rešenju predstavljen je mrežni protokol za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju sa centralnim računarom radi prikupljanja informacija i centralizacije upravljanja. Protokol je razvijen na Elektronskom fakultetu u Nišu za potrebe komunikacije medicinskih uređaja koji su predmet istraživanja na projektu "Inteligentni kabinet za fizikalnu medicinu", finansiran od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije pod brojem TR32012.

Tehničke karakteristike:

Projektovani protokol omogućava automatsku detekciju novih uređaja za fizikalnu terapiju na mreži od strane servera i njihovo inicijalno konfigurisanje po *plug-'n-play* principu. Nakon inicijalne konfiguracije protokol omogućava serveru da uređaju pošalje predefinisane terapije i time ga pripremi za rad u kabinetu. Sve funkcije uređaja za fizikalnu terapiju koji su deo mreže dostupne su kako na samom uređaju, tako i preko centralnog servera (pokretanje, zaustavljanje, promena parametara i sl.).

Tehničke mogućnosti:

Protokol podržava 11 različitih scenarija komunikacije uređaja za fizikalnu medicinu i centralnog servera: registrovanje novog uređaja na sistem, prijavljivanje uređaja na sistem, početak tretmana sa servera, prekid tretmana sa servera, početak tretmana sa uređaja, promena parametara tretmana sa uređaja, prekid tretmana sa uređaja, kraj tretmana (isteklo vreme), prekoračenja (greška) na uređaju, razmena HELLO poruka, gubitak veze sa uređajem, promena statusa mreže. Obim saobraćaja je reda veličine par desetina KB.

Realizator:

Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu

Korisnik:

Elektromedicina d.o.o.Niš,

Podtip rešenja:

Softver -M85

Projekat u okviru koga je realizovano tehničko rešenje:

Program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 2011.-2014.

| | |
|-----------------------|--|
| Tehnološka oblast: | Elektronika, telekomunikacije i informacione tehnologije |
| Rukovodilac projekta: | Prof. dr Ivan Milentijević |
| Naziv projekta: | Inteligentni KAbinet za Fizikalnu Medicinu - IKAFIM |
| Broj projekta: | TR 32012 |

2. Stanje u svetu

Razvoj medicinskih uređaja zauzima značajno mesto u tehničko-tehnološkim istraživanjima [1]. Spekter medicinskih uređaja je širok i obuhvata uređaje počev od uređaja za pomoć zdravstvenim radnicima za dijagnozu i lečenje bolesti, do uređaja koji su neophodni za održavanje života pacijenata.

U velikom broju slučajeva određena grupa uređaja čini jedinstvenu celinu u praćenju stanja pacijenta i lečenju. Intenzivna nega, na primer, obuhvata nekoliko različitih uređaja koji se koriste za merenje vitalnih parametara pacijenta. Fizikalna terapija u većini slučajeva obuhvata skup uređaja koji, svaki na svoj način i u svom domenu, doprinose poboljšanju zdravstvenog stanja pacijenta. Informacione i komunikacione tehnologije se primenjuju za upravljanje i akviziciju podataka, na način koji omogućava centralnom sistemu da prikupi podatke i sačuva ih, bez potrebe za intervencijom medicinskog osoblja.

Sale za fizikalnu medicinu opremljene su raznim uređajima koji pozitivno utiču na vreme potrebno za oporavak pacijenata. Tu spadaju uređaji koji koriste dijadinamičke i interferentne struje, ultrazvučne talase, vakumske impulse, pulsirajuća magnetna polja, itd. Elektronski fakultet u Nišu pokrenuo je projekat pod nazivom "Inteligentni kabinet za fizikalnu medicinu", koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod brojem TR32012, čiji je cilj razvoj skupa novih uređaja, na osnovu postojećih uređaja firme Elektromedicina doo Niš, sa mogućnošću uključivanja u centralizovani sistem. Pod centralizacijom se podrazumeva upravljanje i akvizicija podataka, kao i implementacija procedura za bezbedno korišćenje uređaja. Kod nove generacije uređaja predviđeno je da, pored klasičnog podešavanja, postoji mogućnost za automatskim podešavanjem parametara uređaja i praćenja napretka terapije.

Međusobna komunikacija medicinskih uređaja, kao i komunikacija sa centralizovanim sistemima za akviziciju i upravljanje je trend koji poslednjih godina daje novu dimenziju primeni samih uređaja, i istovremeno obezbeđuje značajan skup podataka dobijenih akvizicijom za dalju analizu i unapređenje lečenja pacijenata.

U slučaju takozvanih kućnih 'tele-health' aplikacija za praćenje stanja pacijenta, postoje tehnički sistemi i medicinski servisi koji omogućavaju kontrolisanje parametara i bioloških signala pacijenata sa daljine. To je jedna od najčešćih primena komunikacionih tehnologija u medicini. Uređaji koji se najčešće koriste u telemedicini su uređaji za elektrokardiografiju (EKG), uređaji za merenje krvnog pritiska i broja otkucaja srca, digitalne vage, uređaji za merenje glukoze, itd. Oni mogu biti fiksni, ali je takođe sasvim uobičajeno da su bežični ili prenosivi (ugrađeni u odeću, narukvice, itd.), što čini njihovo korišćenje komfornijim za pacijenta [3]. Senzori šalju podatke udaljenom centralizovanom sistemu čija je svrha prikupljanje i čuvanje podataka, i još važnije, alarmiranje medicinskog osoblja u slučaju da parametri nisu u granicama normale [4].

Različiti proizvođači patentiraju različita rešenja koja mogu raditi samostalno ili u sistemu, što otežava da se podaci dobijeni iz različitih uređaja prikupe na jednom mestu [5]. Heterogenost prouzrokuje poteškoće prilikom integracije. Štaviše, vlasnički formati obično nisu objavljeni. Takođe, po postavljanju sistema mogu se javiti problemi prilikom zamene uređaja, čija su posledica uglavnom visoki troškovi održavanja. Može se desiti da jedan uređaj mora biti zamenjen zbog kvara, ili amortizacije opreme, a da ta promena kao posledicu ima zamenu kompletnog sistema.

Pri korišćenju većeg broja medicinskih uređaja različitih proizvođača, sa različitim vlasničkim formatima podataka, javlja se problem interoperabilnosti. Povezivanje i komunikacija su u takvim slučajevima ograničeni tako da sistem i korisnici ne mogu iskoristiti sve mogućnosti koje informacione i komunikacione tehnologije danas nude. Postoji nekoliko standarda koji se odnose na interoperabilnost medicinskih informacionih sistema. Vremenom se X73 PoC-MDC (ISO11073/IEEE1073) skup standarda za komunikaciju medicinskih uređaja (*'Point of Care Medical Device Communication'*) izdvojio kao najbolje pozicionirani standard u ovim komunikacijama.

Interoperabilnost i posrednički (*middleware*) koncept se pojavljuju kako bi rešili ove probleme. Interoperabilnost je sposobnost softvera i hardvera, da na različitim mašinama, različitih proizvođača, dele podatke [6]. Termin *'middleware'* je relativno nov u definicijama arhitektura i nastao je sa pojavom aplikacija sa više nivoa i distribuiranim okruženjima. *Middleware* tehnologije se mogu definisati kao elementi koji omogućavaju komunikaciju u distribuiranim sistemima kao i alati koji pomažu da se koriste arhitekture zasnovane na proizvodima različitih proizvođača na različitim platformama [7], [8]. Zbog toga se *middleware* može opisati kao softverski 'lepak' sposoban da poveže različite aplikacije, i jedna je od tehnologija za podršku koje koriste takozvanu Enterprise integraciju aplikacija (*EAI-Enterprise Application Intergration*). To je softverski sloj koji je lociran između aplikacije koju koristi krajnji korisnik i udruženog sistema, tako da obezbeđuje prenosivost (*Portability* - omogućavaju efikasnu razmenu vitalnih znakova i informacija vezanih za uređaj u svim mogućim kliničkim scenarijima, nezavisno od platforme) i interoperabilnost (medicinske aplikacije iz različitih kliničkih scenarija mogu razmenjivati informacije između uređaja priključenih na pacijenta).

Interoperabilnost uređaja različitog tipa podrazumeva korišćenje *plug-and-play* koncepta, što znači da je povezivanje uređaja dovoljno za ispravno funkcionisanje uređaja kao sastavnog dela sistema. Sistem treba da detektuje uređaj automatski, konfigurise ga i komunicira s njim bez potrebe za bilo kakvom intervencijom korisnika. Glavni problem koji se javlja kada se pokušava postići takozvana *plug-and-play* interoperabilnost je sledeći: kada ne postoji komunikacioni standard koji se prostire od fizičkih veza uređaja preko nivoa jezika koji se koristi u aplikacijama, svaki deo sistema se mora ispitati, u najmanju ruku, kako bi se utvrdilo kakav fizički i logički interfejs je potrebno razviti da bi se obezbedila efikasna komunikacija. Komunikacioni standardi definišu način predstavljanja informacija kao i formate za razmenu podataka, što omogućava interoperabilnost između medicinskih uređaja (slika 1) [7-9]. Jedinstveni standard je potreban, ali nijedan nije bio u potpunosti prilagođen potrebama medicinskih uređaja uopšte do pojave X73-PoC [10].



Slika 1. Interoperabilnost između medicinskih uređaja

Standardi za komunikaciju medicinskih uređaja

Evropska organizacija sa autoritetom u ovoj oblasti je Evropski komitet za standardizaciju (*Comité Européen de Normalisation* - CEN) [11]. CEN obuhvata nekoliko tehničkih komiteta (TC). Tehnički komitet TC251 je zadužen za medicinsku informatiku i predstavlja jedini evropski forum za konsenzus i standardizaciju računarske nauke primenjene na zdravstvenu zaštitu [12]. Održava međunarodne kontakte s Internacionalnom organizacijom za standardizaciju (ISO), glavnim svetskim telom za standardizaciju.

Analizirajući standarde koji se odnose na interoperabilnost medicinskih informacionih sistema, najpoznatiji su:

- DICOM
- HL7
- ISO11073/IEEE1073
- ENV 13606 / EN 13606

DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) ili standard digitalnih slika i komunikacija u medicini [13], formiran je od strane Američkog koledža za radiologiju (ACR) i Nacionalne asocijacije proizvođača električne opreme (NEMA). Zauzima privilegovani položaj u medicinskim sistemima, jer je veoma rasprostranjen u zdravstvenoj zajednici kao i među proizvođačima. On uključuje i neke direktive za razmenu biomedicinskih signala, posebno kod EKG-a. Sadrži još jedan specifičan standard: SCP-ECG, CEN/ENV1064 [14], ali se ne može primenjivati za povezivanje uređaja za monitoring.

HL7 (*Health Level 7*) [15], se finansira od strane američkih proizvođača medicinske opreme i akreditovan je od strane Američkog nacionalnog instituta za standarde (ANSI). To je standard za razmenu medicinskih poruka. On razvija sopstvenu sintaksu, podeljen je u sedam nivoa, i predstavlja informacije u jednostavnoj strukturi koja se sastoji od oznaka segmenata i oblasti (svaka identifikovana po svom tipu podataka). Kao i DICOM, on razmenjuje rezultate posmatranja koji se odnose na vitalne znake i biomedicinske signale, ali ni on se ne može primenjivati za povezivanje uređaja za monitoring.

ISO11073/IEEE1073 [16], ili kraće X73 PoC-MDC, je porodica standarda, promovisana od strane IEEE, konzorcijuma proizvođača i drugih institucija. Prihvaćena je kao međunarodni ISO standard sa oznakom ISO11073. Ovaj standard objedinjuje prethodne CEN i IEEE standarde tako da pokriva različite nivoe ISO modela: MIB za niže ISO nivoe, a INTERMED i VITAL za više nivoe.

X73 PoC-MDC standard je skup standarda razvijen i usvojen od strane standardizacionog tela za povezivanje medicinskih uređaja tako da postoji interoperabilnost u radu, *plug-and-play* mogućnost, transparentnost i jednostavnost korišćenja i konfigurisanja. Ovaj standard, je još uvek u fazi razvoja, tako da mnogi njegovi delovi još uvek imaju status nacрта.

X73 standard korišćen je kao osnova pri projektovanju i implementaciji mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju u okviru projekta "Inteligentni Kabinet za Fizikalnu Medicinu".

Uređaji za fizikalnu terapiju

Fizikalna terapija je medicinski tretman koji se primenjuje kada pacijent, usled starenja, povreda, bolesti ili poremećaja, ima probleme sa kretanjem ili funkcijom pojedinih delova tela [18]. Medicinski uređaji koji se koriste kod fizikalne terapije vrše stimulaciju delova tela. To može biti elektro stimulacija, laserska, magnetna ili stimulacija putem ultrazvučnih talasa [18]. U okviru projekta „Inteligentni kabinet za fizikalnu terapiju“, razvija se sistem za osavremenjavanje uređaja za fizikalnu terapiju. Uređaji obuhvaćeni projektom su: Intermed, Vakumed, Diaton, Sonoton, Magnemed i Eksposan.

Eksposan, slika 2a, je aparat za terapiju pacijenata sa raznovrsnim oštećenjima pojedinih organa uzrokovanih traumom ili drugim etiološkim faktorima. Aparat je generator različitih oblika strujnih impulsa koji ostvaruju elektrostimulativnu terapiju jednosmernom strujom, pravougaonim i ekspancionalnim impulsima, kao i kombinacijom ovih impulsa uz mogućnost modulacije.

Intermed, slika 2b, je terapijski aparat za terapiju interferentnim strujama. Ove struje se generišu u dve različite osnovne frekvencije u dva različita strujna kola. Jedno kola ima frekvenciju od 5000 Hz dok se drugo podešava na frekvenciju do 200 Hz. Za primenu ovih struja na pacijentu se koriste pločaste ili vakuum elektrode. Uređaj se primenjuje kod postoperativnih terapija, zatvorenih traumatskih oštećenja (hematomi, promrzline), oboljenja krvnih sudova, oboljenja mišića i tkiva, oboljenja sluzne kese, oboljenja zglobova.

Sonoton, slika 2c, je aparat namenjen za elektroterapiju ultrazvukom. Aparat preko ultrazvučnog pretvarača proizvodi visokofrekventnu ultrazvučnu energiju koja se može primeniti u kontinualnom režimu rada ili u impulsnom režimu rada.

Magnemed, slika 2d, je mikroprocesorski kontrolisan, dvokanalni elektromedicinski aparat za terapiju pulsirajućim magnetnim poljima malog intenziteta i niske frekvencije. Aparat

obezbeđuje izvođenje terapije kroz dva kanala sa nezavisno podesivim parametrima terapije. Uređaj se primenjuje kod oboljenja kičmenog i motornog aparata, reuma i artroza; sportskih povreda kao što su kontuzije, istegnuća, naprsline mišića i ligamenata, produženih lečenja rada i fraktura, glavobolja i migrena, oboljenja srca i krvotoka, poremećaja prokrvljenosti, poremećaja metabolizma; neuralgija, bronhitisa i upale disajnih puteva, akutnih i hroničnih.



Slika 2. Uređaji za fizikalnu medicinu: a) Eksposan, b) Intramed, c) Sonoton, d) Magnemed, e) Vakumed, f) Diaton

Vakumed, slika 2e, je aparat za terapiju vakuumom. Može se koristiti samostalno ili u kombinaciji sa aparatima za strujnu terapiju (*Intermed*). Za primenu na pacijentu se koriste vakum elektrode. Moguće je koristiti bipolarni ili tetrapolarni način rada. Uređaj se primenjuje kod artroza kolena, išijasa, lumbaga, hroničnog konjuktivitisa, inerkostalne neuralgije, hipertrofičnih ožiljaka, furunkula.

Diaton, slika 2f, je aparat za fizikalnu terapiju dijadinamičkim strujama. Kod dijadinamičkih struja se radi o jednostrano i dvostrano ispravljenim impulsnim strujama frekvencije 50 i 100 Hz. One se nude kao trajna struja (DF i MF) i frekventno modulisane (CP, LP i RS). Uređaj se primenjuje kod stanja simpatikusa, smetnje u cirkulaciji, elektrostimulacije vezivnog tkiva, neuralgije, distorzije, kontuzije, sindroma išijasa, lake atrofije mišića, kineziterapije, potstoperativnog tretmana, suzbijanja bolnih oboljenja i stanje algije, lumbaga, ginekoloških tretmana, pronalaženja oboljenja unutrašnjih organa. Uređaj se primenjuje kod ispitivanja nervnog sistema, terapije oduzetosti, oboljenja kože, sluzokože, reuma, smetnja krvotoka, epilacije, odstranjivanja mladeža, bradavica, naslaga masti.

Medicinski uređaji koji se koriste za tretman uglavnom se sastoje od analognog dela, koji proizvodi određenu vrstu stimulacije i digitalnog dela, koji upravlja analognim. Svaki od ovih uređaja predstavlja jedan ugrađeni sistem (eng. *embedded system*).

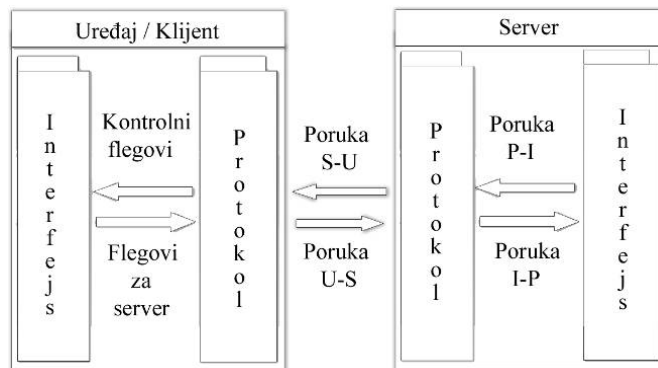
3. Mrežni protokol za komunikaciju uređaja za fizikalnu terapiju

U cilju razvoja skupa novih uređaja za fizikalnu terapiju sa novim funkcionalnostima, na osnovu postojećih uređaja firme Elektromedicina doo Niš, implementiran je mrežni hardver koji je pridodat uređajima kako bi se omogućilo uključivanje uređaja u centralizovani sistem, gde se pod centralizacijom podrazumeva upravljanje i akvizicija podataka. Kod nove generacije uređaja predviđeno je da, pored klasičnog podešavanja, postoji mogućnost automatskog podešavanja parametara uređaja i praćenja napretka terapije.

U ovom tehničkom rešenju predstavljena je implementacija mrežnog protokola za komunikaciju medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju sa centralnim računarom u cilju prikupljanja informacija i centralizacije upravljanja. Prilikom realizacije ovog sistema korišćeni su uređaji za fizikalnu terapiju firme Elektromedicina d.o.o. iz Niša. Projektom je obuhvaćeno 6 uređaja za fizikalnu terapiju iz proizvodnog programa ove kompanije, prikazanih na slici 2. Svi uređaji prikazani na slici 2 sa centralnim serverom komuniciraju preko jedinstvenog protokola koji je predmet ovog tehničkog rešenja.

Mrežni protokol za komunikaciju uređaja za fizikalnu terapiju i centralnog servera implementiraju dve komponente. Jedna komponenta se nalazi na samom uređaju za fizikalnu terapiju i predstavlja klijentski proces, dok je drugi deo implementiran na serveru i predstavlja serverski deo sistema. Ovakva implementacija je u skladu sa klijent – server modelom, s tim da su obe komponente protokola projektovane tako da mogu da se ponašaju i kao klijent (da zahtevaju akciju) i kao server (da odgovaraju na zahtev). Ovo je u skladu sa projektnim zahtevima, koji će biti detaljno opisani u daljem tekstu, a koji definišu s jedne strane server kao izvor određenog skupa akcija, a s druge strane uređaj kao izvor drugog skupa akcija. Promena parametara terapije, na primer, se može inicirati i na samom uređaju, o čemu se obaveštava server. Uloga „servera“ je u tom smislu pre topološka nego funkcionalna.

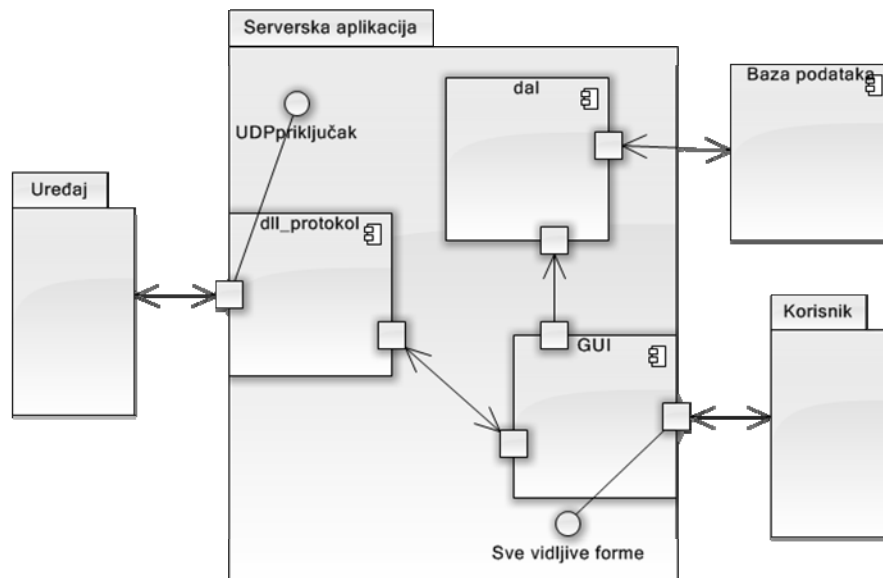
Na slici 3 su date komponente celokupnog sistema. Obe strane u komunikaciji imaju komponentu protokola i komponentu interfejsa. Na server stani se komunikacija između ove dve komponente odvija razmenom poruka. Klijent strana je specifičnija, pošto ima mnogo manje procesorske resurse i ograničenu memoriju, tako da su ovde korišćeni flegovi za razmenu informacije između komponenti (slika 3).



Slika 3. Komponente sistema

Na slici 4 prikazan je komponentni model serverske aplikacije za inteligentni kabinet za fizikalnu medicinu. Sama aplikacija komunicira sa 3 različita spoljašnja entiteta: uređajima za fizikalnu terapiju, bazom podataka i operaterom. Operater je uglavnom osoba iz redova medicinskog osoblja kabineta. Korisnici aplikacije na serveru mogu biti bilo medicinsko osoblje u ulozi operatera, bilo uprava bolnice, koja može da kontroliše vreme koje uređaji provedu u radu. Serverska aplikacija je sastavljena od 3 komponente (slika 4):

1. *dll_protokol* – naziv je skraćenica od *Dinamic Linked Library Protokol* i predstavlja serverska komponenta mrežnog protokola,
2. *dal* – logika za pristup bazi podataka (*eng. Database Access Layer*),
3. *GUI* – grafički korisnički interfejs (*eng. Graphical User Interface*),



Slika 4. Komponentni dijagram serverske aplikacije

Komponenta *dll_protokol* je serverska komponenta mrežnog protokola i ona u formi biblioteke enkapsulira svu logiku za komunikaciju sa uređajima. Komunikacija se obavlja preko UDP soketa koji, kao što je već rečeno, prima poruke na portu 162 i šalje ih na port 161. Detalji same implementacije ove komponente biće obrađeni u narednom poglavlju. U daljem tekstu predstavimo protokol za komunikaciju koji implementira ova komponenta.

Opis mrežnog protokola

Mrežni protokol za komunikaciju između uređaja za fizikalnu medicinu i serverske aplikacije je protokol aplikativnog nivoa. Protokol implementiraju dve komponente. Jedna je ugrađena u serversku aplikaciju (komponenta *dll_protokol*, slika 4), a druga je na svakom od uređaja (slika 3).

Za rad projektovanog aplikativnog protokola neophodna je podrška protokola nižih nivoa. Sloj ispod aplikativnog nivoa, čije funkcionalnosti koristi projektovani protokol je transportni nivo. Na transportnom nivou projektovanom aplikativnom protokolu podršku pruža

UDP protokol. Komunikacija preko UDP-a je brža od komunikacije preko TCP protokola, koji je takođe na ovom nivou. UDP ima manje zaglavlje, a samim tim i manju veličinu poruke, što je jedan od nefunkcionalnih zahteva. S druge strane, UDP protokol ne poseduje mogućnost za potvrdu poslanih poruka. Pošto postoji zahtev da se potvrdi prijem pojedinih poruka, potvrda se mora ugraditi u protokol aplikativnog nivoa. Serverska aplikacija prima poruke na UDP portu 162, a šalje ih na UDP portu 161, dok je kod uređaja obrnuta situacija.

Na mrežnom nivou podršku pruža IP protokol verzija 4. Uređaji imaju mogućnost statičkog postavljanja IP adrese, ili dinamičkog postavljanja preko DHCP servera. U nedostatku DHCP servera, ako uređaju nije statički zadata IP adresa, implementirana je mogućnost konfiguracije preko *zeroconf* tehnike, čime uređaj sam sebi dodeljuje neku adresu sa mreže 169.254.0.0/24.

Podršku na sloju veze podataka pruža *Ethernet*. *Ethernet* ima nekoliko svojstva koja ga čine idealnim za distribuirane ugrađene sisteme. Prvo, *Ethernet* je potpuno decentralizovan protokol. Ne postoji centralizovana biračka stanica koja može da otkáže. Uređaji MAC adrese dobijaju prilikom sklapanja. Da bi se postigla jedinstvenost, adresa se izvodi iz serijskog broja uređaja.

Prilikom definisanja zahteva, definisani su funkcionalni zahtevi koje treba da ispuni mrežni protokol. Ti zahtevi su:

- pokretanje tretmana sa servera, ili sa uređaja, uz zadavanje parametara ili odabira predefinisane terapije,
- obaveštavanje servera da je terapija pokrenuta ukoliko je pokretanje obavljeno na uređaju,
- mogućnost prekidanja prethodno pokrenutog tretmana na uređaju sa servera ili sa uređaja,
- prikazivanje obaveštenja na serveru kada se novi uređaj priključi na mrežu,
- prikazivanje obaveštenja kada uređaj više nije aktivan,
- prikazivanje obaveštenja ako je došlo do neke greške (prekoračenje parametara, nemogućnost pokretanja terapije i drugo),
- prikazivanje obaveštenja ako je terapija pokrenuta, izmenjena tokom svog izvršavanja ili prekinuta direktno na uređaju.

Pored funkcionalnih zahteva, određeni su i nefunkcionalni:

- format poruka treba da bude baziran na X73 standardu,
- poruke koje se razmenjuju treba da budu što je moguće manje, kako ne bi dolazilo da opterećenja mikrokontrolera koji ima ograničene memorijske resurse,
- za određene poruke je potrebna potvrda o stizanju na odredište,
- ne treba da postoji veliko kašnjenje prilikom stizanja obaveštenja na server o dešavanjima na uređaju,
- potrebno je omogućiti prenos uređaja s mreže na mrežu, s tim da se prilikom priključenja uređaj ponovo konfigurira po *plug-and-play* principu na odredišnoj mreži,

- potrebno je omogućiti detekciju otkaza komunikacije između uređaja i servera,
- detekcija novih uređaja treba da bude moguća, bez obzira na to da li se prvo na mrežu priključi uređaj ili server.

Pošto je moguće promeniti IP adresu uređaja, da bi uređaj ostao registrovan na sistemu pod istom oznakom i nakon promene IP adrese uveden je jedinstveni identifikator uređaja koji se neće menjati i koji će jednoznačno određivati svaki uređaj na mreži. Ovaj identifikator se naziva *ID uređaja*. Njega nije moguće menjati na samom uređaju, već se dobija prilikom prvog dolaska uređaja na mrežu, tj. registrovanja, i ostaje zapamćen u memoriji uređaja.

Da bi se omogućilo se jedan uređaj koji je već konfigurisan na jednoj mreži može preneti na drugu mrežu za koju je zadužen drugi server, uveden je logički domen mreže koji važi za sve uređaje koji su povezani na isti server. Oznaka ovog domena u paketima protokola je *ID mreže*. Uređaji će odgovarati samo na one serverske poruke koje imaju isti identifikator mreže kao i onaj koji je uređaj dobio prilikom registrovanja. Prilikom prelaska sa jednog na drugi domen uređaj će dobiti nov *ID uređaja*.

Protokol ima mogućnost da se prilikom pokretanja serverske aplikacije, neusmerenim emitovanjem poruke, javi svim uređajima koji su trenutno aktivni na mreži. Nakon toga se u nekoliko poruka izvršava prijavljivanje/registrovanje svih onih uređaja koji prepoznaju svoj ID mreže. Prijavlivanje/registrovanje je moguće i u slučaju kada protokol već neko vreme radi, a uređaj se tek uključuje.

Da bi se održala veza sa svim prijavljenim uređajima, uređaji periodično (na 10 sekundi), šalju *HELLO poruku* serveru. Za svaku primljenu *HELLO poruku*, server šalje potvrdu o uspešnom prijemu. Uređaj se proglašava neaktivnim ako ne stignu tri uzastopne *HELLO poruke*. Isto je u obrnutom slučaju, uređaj proglašava da je izgubljena veza sa serverom ako na stignu potvrde za 3 uzastopno poslate *HELLO poruke*.

Podaci o svim uređajima koji su prijavljeni na sistem čuvaju se u *Tabeli uređaja* na serveru. Ova tabela sadrži bitne podatke o prijavljenim uređajima: ID uređaja, IP adresu, tip uređaja, da li je aktivan, da li je na njemu pušten tretman. Ova tabela se briše prilikom isključivanja aplikacije. Da ne bi dolazilo do ponovne registracije uređaja prilikom svakog uključivanja aplikacije, kao ni do mogućnosti da dva uređaja imaju isti *ID uređaja*, u bazi podataka se pamte bitni podaci o uređaju, između ostalog i *ID uređaja*. U trenutku kada protokol počne da radi, a pre nego što se javi uređajima, njegova *Tabela uređaja* se inicijalizuje podacima iz baze podataka.

Kako bi se sistem zaštitio od fizičkih otkaza mreže, protokol je u stanju da detektuje otkaz mreže na fizičkom nivou. U slučaju fizičkog gubitka mreže, i nakon isteka tajmouta, svi uređaji koji su do tada bili aktivni u *Tabeli uređaja*, postaju neaktivni. Nakon ponovnog uspostavljanja mreže, protokol sam pokreće istu proceduru kao i prilikom početka rada, pokušavajući da uspostavi vezu sa svim uređajima koji su na mreži. Da ne postoji ovaj mehanizam zaštite, posle svakog prekida fizičke veze, protokol bi morao da se restartuje.

Prilikom projektovanja protokola kreirani su i formati poruka koje se šalju sa uređaja i servera. U nastavku rada biće predstavljena struktura ovih poruka, kao i mogući scenariji komunikacije između servera i uređaja.

Na slici 5 je prikazan izgled poruke protokola. Ona se sastoji iz polja:

- *Kod* – kojim počinje svaka poruka, dužine 3 karaktera, i koje predstavlja kod poruke koju šalje uređaj. Sva tri karaktera su cifre i sve poruke koje šalje uređaj počinju cifrom '1', a poruke koje šalje server počinju cifrom '0'.

| | | | | | | | | |
|-----|---|------------------|---|---|---|--------|------|------|
| 0 | 2 | 3 | 4 | 8 | 9 | 10 | N+10 | N+11 |
| Kod | D | ID Uređaja/Mreže | | | D | Poruka | | Kraj |

Slika 5. Izgled poruke koju šalje uređaj

- *D* – delimiter dužine jedan karakter. U ovu svrhu se koristi karakter crtica ('-').
- *ID Uređaja* – koji je identifikator uređaja, dužine 5 karaktera. Identifikator je definisan tako da je prvi karakter veliko slovo i on predstavlja tip uređaja, dok su 4 cifre broj uređaja. Početna slova imena svakog od medicinskih uređaja za fizikalnu terapiju koji su uključeni u ovaj projekat su uzeti kao tip uređaja. Tako da postoji tip S (Sonoton), M (Magnemed), I (Intermed), V (Vakumed), D (Diaton) i E (Eksposan).
- *ID mreže* – logički identifikator mrežnog domena. Ovaj identifikator se definiše prilikom instalacije serverske aplikacije.
- *D* – delimiter.
- *Poruka* – koje predstavlja sadržaj poruke. Ovo polje nema definisanu maksimalnu dužinu. Protokol ne menja sadržinu ovog polja, već tu samo prosleđuje ono što dobije sa interfejsa.
- *Kraj* – svaka poruka se završava karakterom '#'

Prikazane poruke se razmenjuju prilikom komunikacije uređaja i servera. Protokol razlikuje 12 različitih scenarija u kojima se vrši komunikacija. To su:

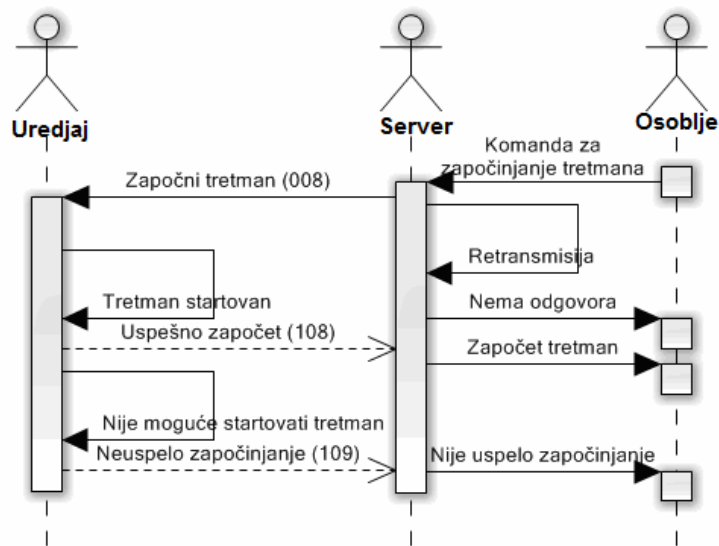
- 1. Registrovanje novog uređaja na sistem** – scenario koji opisuje slučaj kada se nov uređaj prijavljuje na sistem. Novim uređajem se smatra onaj čiji *ID uređaja* ne postoji u bazi podataka.
- 2. Prijavljivanje uređaja na sistem** – scenario kada se poznat uređaj prijavi na sistem (postane moguća komunikacija sa njim). Poznat uređaj je onaj čiji se *ID uređaja* nalazi u bazi podataka.
- 3. Početak tretmana sa servera** – scenario u kome neko od medicinskog osoblja pokreće tretman sa servera. U tom slučaju serverska aplikacija šalje zahtev odabranom uređaju da pokrene određen tretman.
- 4. Prekid tretmana sa servera** – scenario kada se tretman koji se obavlja na određenom uređaju prekine na zahtev koji potiče od serverske aplikacije.
- 5. Početak tretmana sa uređaja** – scenario kada neko od medicinskog osoblja pokrene tretman direktno na uređaju. Uređaj tada obaveštava server o pokrenutom tretmanu.
- 6. Promena parametara tretmana sa uređaja** – scenario kada se menjaju parametri tretmana koji se obavlja na uređaju. Server se obaveštava o svakoj promeni.
- 7. Prekid tretmana sa uređaja** – scenario kada neko od medicinskog osoblja prekine terapiju koja se obavlja na uređaju. Uređaj obaveštava server da je tekući tretman prekinut.
- 8. Kraj tretmana (isteklo vreme)** – scenario kada se terapija završi usled isteka vreme. Nemaju svi uređaji mogućnost definisanja vremena terapije, ali oni koji imaju obaveštavaju server kada istekne vreme terapije.
- 9. Prekoračenja (greška) na uređaju** – scenario kada se desi neka greška na uređaju (pregrevanje uređaja, otkaz nekog dela itd.). U slučaju da uređaj ima mogućnost da detektuje grešku, on o tome obaveštava server.

10. Razmena HELLO poruka – scenario kada uređaj, periodično (na 10 sekundi), šalje *HELLO poruku* serveru kako bi održao vezu sa njim.

11. Gubitak veze sa uređajem – scenario kada ne stignu 3 uzastopne HELLO poruka od nekog uređaja. U tom slučaju server proglasi da je izgubio vezu sa tim uređajem.

12. Promena statusa mreže – scenario kada komponenta mrežnog protokola u okviru serverske aplikacije detektuje promenu fizičkog statusa mreža.

Slika 6 prikazuje jedan scenario razmene poruka preko projektovanog protokola na relativno jednostavnom primeru početka tretmana sa servera (r.br. 3 na spisku scenarija). Ostalih 11 scenarija dati su u dodatku na kraju ovog dokumenta. Na slici 6 prikazan je scenario u kome medicinsko osoblje započinje pojedinačni tretman pacijenta sa servera. Osoblje preko serverske aplikacije izdaje komandu da se na određenom uređaju pokrene tretman sa zadatim parametrima. Komponenta koja realizuje protokol dobija *ID uređaja* kome je potrebno poslati poruku, sadržinu same poruke i vrstu akcije kakva se očekuje (u ovom slučaju start tretmana). Poruka se pakuje u zaglavlje. U polju *Kod* se upisuje kod poruke za ovu namenu - 008. Zatim se vrši preslikavanje *ID uređaja* u IP adresu uz pomoć tabele registrovanih uređaja koja se pamti na serveru i poruka se šalje do uređaja. Ukoliko posle određenog vremena ne stigne povratna poruka od uređaja kojom se potvrđuje startovanje tretmana, smatra se da poruka nije stigla na odredište, ili je stigla sa greškom, pa se vrši retransmisija (slika 6). Ako posle 3 poslate poruke nema odgovora, interfejs serverske aplikacije obaveštava osoblje da je došlo do greške u komunikaciji. Ukoliko uređaj uspešno pokrene tretman, on kreira svoju poruku, postavlja kod na 108 za potvrdu i vraća je serveru. Server tada obaveštava osoblje da je tretman uspešno započet. Ista situacija je i u slučaju kada uređaj iz nekog razloga nije mogao da se pokrene tretman. U tom slučaju uređaj odgovara kodom 109.



Slika 6. Komunikacija prilikom početka terapije sa servera

U tabeli 1 dati su svi kodovi poruka uređaja i servera. Leva polovina tabele predstavlja poruke koje šalje uređaj, dok su desno poruke koje se šalju sa servera. Kolona *Opis* predstavlja opis funkcije koju ima poruka. Kolona *Kod* sadrži same kodove poruka. Ako je kod poruke odgovor na neku drugu poruku, kolona *Odg* prikazuje kodove poruke na koje može da se odgovori. Ako je potrebno, nakon poslate poruke sa kodom iz kolone *Kod*, da se čeka neki odgovor, kolona *Ček* prikazuje kodove poruke koji mogu da stignu kao odgovor.

Za one kodove koji imaju sadržaj u koloni *Ček*, prilikom slanja treba omogućiti retransmisiju ako ne dođe zahtevan odgovor.

Tabela 1. Kodovi poruka za komunikaciju između uređaja i servera

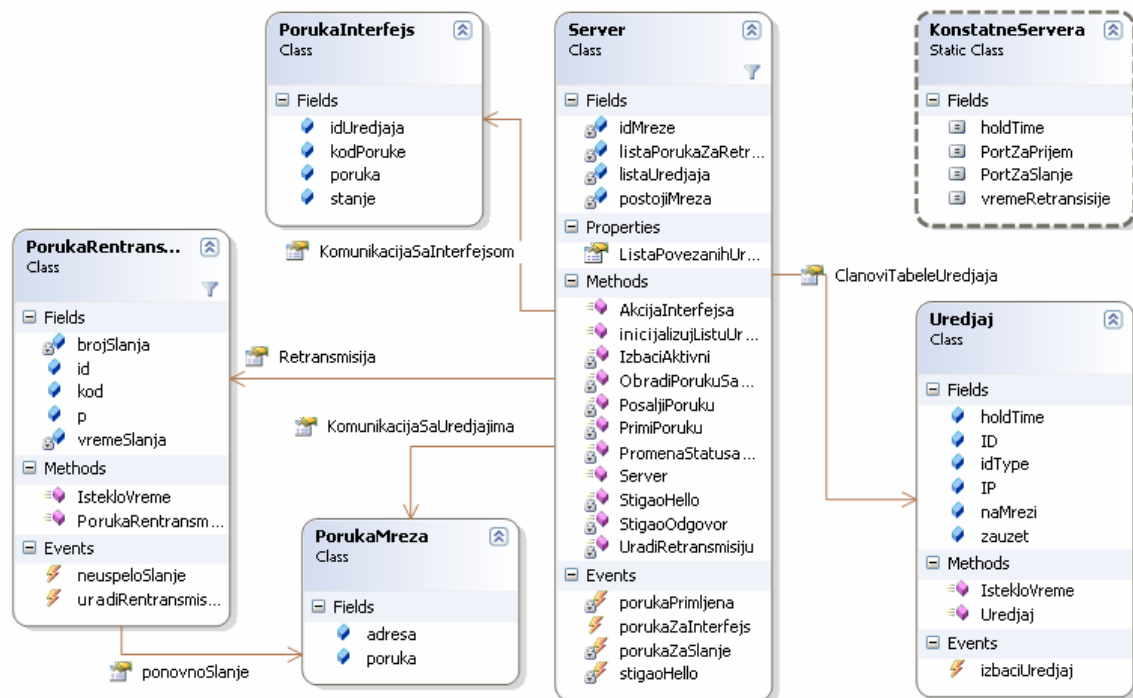
| Uređaj | | | | Server | | | |
|-----------------------------|-------------|-----|------------|-----------------------------|-------------|------------|------------|
| Opis | Kod | Odg | Ček | Opis | Kod | Odg | Ček |
| Stigao sam na mrežu | 101 | - | 002 003 | Dostupan server | 001 | 101 104 | - |
| Primljena konfiguracija | 102 | 002 | - | Konfiguracija mreže | 002 | 101 104 | 102 |
| Šaljem stanje | 103 | 003 | - | Dobrodošao na mrežu | 003 | 101 102 | 103 104 |
| Daj mi ID | 104 | 003 | 002 | - | - | - | - |
| HELLO | 105 | - | 005 | HELLO ACK | 005 | 105 | - |
| Startovana terapija | 107 | - | 007 | ACK za 107 | 007 | 107 | - |
| Uspešno započeta | 108 | 008 | - | Započni terapiju | 008 | - | 108 109 |
| Neuspešno započeta | 109 | 008 | - | - | - | - | - |
| Promenjen parametar | 110 | - | 010 | ACK za 110 | 010 | 110 | - |
| Prekoračenje | 113 | - | 013 | ACK 113 | 013 | 113 | - |
| Zaustavljena terapija | 114 | - | 014 | ACK 114 | 014 | 114 | - |
| Uspešno zaustavljena | 115 | 015 | - | Zaustavi terapiju | 015 | - | 115 116 |
| Neuspešno zaustavljen | 116 | 015 | - | - | - | - | - |
| Kraj terapije (vreme) | 117 | - | 017 | ACK 117 | 017 | 117 | - |
| Ostavljeno za buduću namenu | 118- 199 | - | - | Ostavljeno za buduću namenu | 018- 099 | - | - |

4. Implementacija protokola

Za realizaciju protokola na strani uređaja korišćeno je razvojno okruženje LV-18F v6 proizvođača MikroElektronika, sa mikročipom PIC 18F87J60. Ova komponenta je programirana u razvojnom okruženju mikroC PRO v 4.15. Ukupna veličina ovog dela protokola je 44Kb, što predstavlja oko 35% procenata programske memorije korišćenog mikroprocesora.

Komponenta protokola na strani servera je razvijena u programskom jeziku C# u razvojnom okruženju Visual Studio 2008. Ona zauzima 28KB, što je manje od jednog procenta veličine cele serverske aplikacije.

Na slici 7 prikazan je klasni model komponente *dll_protokol* (slika 5) sa vezama između klasa. Glavna klasa ove komponente je klasa **Server** koja sadrži svu logiku koja omogućava funkcionisanje protokola.



Slika 7. Klasni model komponente *dll_protokol*

Osnovna klasa komponente protokola na server strani je klase *Server*. Na klasnom dijagramu sa slike 20. su prikazani najvažniji članovi ove klase. Od bitnih atributa treba izdvojiti:

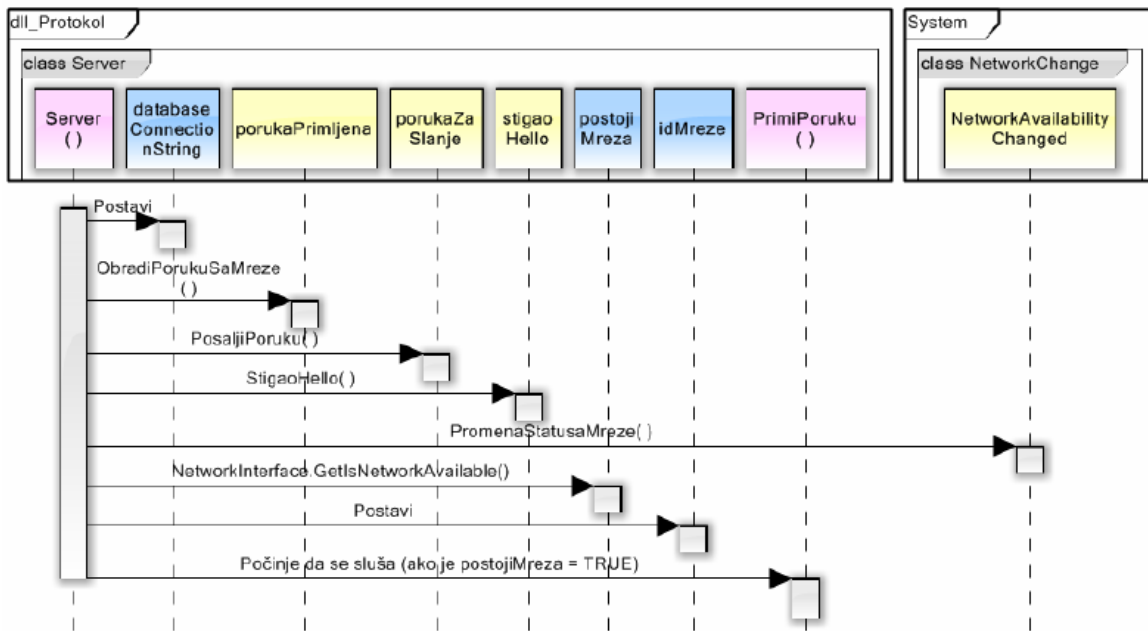
- *idMreze* – koji, kao što mu i ime kaže predstavlja identifikator mreže.
- *listaUredjaja* – je struktura u kojoj se pamti tabela registrovanih uređaja, i koja je sačinjena od članova klase *Uredjaj*.

- *listaPorukaZaRetransmisiju* – je lista poruka na koje se čeka odgovor. Ukoliko poruke na stigne, nakon isteka tajmauta vrši se retransmisija i tako tri puta. Nakon čega se poruka izbacuje iz ove liste i kreira se događaj.

Najbitnije metode ove klase su:

- *inicijalizujListuUredjaja()* – metoda koja se poziva po startovanju protokola, da bi se inicijalizovala *listaUredjaja*.
- *PrimiPoruku()* – metoda koja se pokreće u posebnoj niti kada se inicijalizuje *listaUredjaja*, koja kreira UDP soket (koristeći sistemsku klasu *UdpClient*) i neprestano osluškujе na portu 162, čekajući dolazne poruke. Koristi se sinhron način prijema (ova nit je blokirana na naredbi za prijem sve dok ne dođe poruka). Ova metoda kreira događaj *porukaPrimljena*.
- *PosaljiPoruku()* – ova metoda je rukovalac događajem i vezana je na događaj *porukaZaSlanje*. Ona šalje poruku na UDP port 161.
- *ObradiPorukuSaMreze()* – takođe rukovalac događajem, vezana na događaj *porukaPrimljena*. Ova metoda je jezgro cele klase, sve poruke koje stignu od uređaja obrađuju se u ovoj metodi. Postoji određen tok radnji za svaki kod poruke. Ovde se i kreiraju neka obaveštenja bitna za komponentu *GUI*. Kod određenih kodova poruka ova metoda kreira događaje *stigaoHello*, *porukaZaSlanje* i *porukaZaInterfejs*.
- *AkcijaInterfejsa()* – ova metoda se poziva iz *GUI*-a i preko nje se šalju poruke uređajima. Kao argument metode se prosleđuje objekat klase *PorukaInterfejs*.
- *PromenaStatusaMreze()* – ova metoda štiti protokol od fizičkog gubitka mreže. I ona je rukovalac događajem, ali je vezan za događaj sistemske klase *NetworkChange*. *NetworkAvailabilityChanged*.
- *StigaoHello()* – metoda rukovalac događajem, vezana na *stigaoHello*. Funkcija koja resetuje tajmer za izbacivanje uređaja koji je poslao *HELLO* poruku.
- *StigaoOdgovor()* – metoda koja izbacuje poruku za koju je stigao odgovor iz liste *listaPorukaZaRetransmisiju*.

Na slici 8 prikazan je dijagram sekvenci koji opisuje događaje prilikom izvršenja konstruktora klase *Server*. Pošto se kao argument prilikom pozivanja konstruktora prosleđuje string za povezivanje sa bazom, najpre se postavlja atribut klase koji pamti taj string. Potom se događaji članovi klase povezuju sa odgovarajućim metodama unutar klase. Metoda *ObradiPorukuSaMreze()* se povezuje na događaj *porukaPrimljena*, *PosaljiPoruku()* se veže na *porukaZaSlanje*, a metoda *StigaoHello()* na događaj *stigaoHello*. Potom se metoda *PromenaStatusaMreze()* veže događaj *NetworkAvailabilityChanged* sistemske klase *NetworkChange*. Nakon povezivanja svih događaja, postavlja se početna vrednost za atribut *postojiMreza*, i to preko funkcije *GetIsNetworkAvailable()* sistemske klase *NetworkInterface*. Potom se postavlja i *idMreze*. U slučaju da atribut *postojiMreza* ima vrednost *TRUE* (funkcija *GetIsNetworkAvailable()* je vratila da postoji mreža), započinje se nova nit u kojoj se izvršava metoda *PrimiPoruku()*.



Slika 8. Sekvenca prilikom kreiranja objekta klase Server

5. Performanse sistema

Prosečan kabinet koji oprema Elektromedicina svojim uređajima poseduje 10 – 12 uređaja različitog tipa. Pacijentima se terapija zakazuje na svakih pola sata, tako da se u toku jednog radnog dana obavi oko 20 terapija na jednom uređaju.

Broj različitih tipova poruka koje se koriste u sistemu dat je u tabeli 2.

Tabela 2. Broj tipova poruka koji se koriste u sistemu

| Poruka | Broj poruka |
|---------------------------|-------------|
| Poruka uređaj – server | 15 |
| Poruka server – uređaj | 19 |
| Poruka server – interfejs | 20 |
| Flegovi za server | 15 |
| Kontrolni flegovi | 15 |

U cilju evaluacije vremena odziva i brzine razmene, korišćen je programski alat Wireshark za snimanje realnog protoka podataka između servera i uređaja u toku terapije. Na slici 9 je dat prikaz ekrana iz navedenog programa. Vidi se da je razmenjeno nekoliko UDP poruka između dve IP adrese. Za poruku selektovanu na slici 9 vidi se da je njena veličina 94B [20].

| Time | Source | Destination | Protocol |
|-----------|-------------------|-------------------|----------|
| 7.543245 | GemtekTe_76:19:3f | Broadcast | ARP |
| 7.543257 | 00:1f:29:91:a0:ea | GemtekTe_76:19:3f | ARP |
| 7.544352 | 192.168.1.105 | 192.168.1.100 | UDP |
| 16.457123 | 192.168.1.105 | 192.168.1.100 | UDP |
| 16.462184 | 192.168.1.100 | 192.168.1.105 | UDP |
| 21.241921 | 192.168.1.105 | 192.168.1.100 | UDP |
| 21.244542 | 192.168.1.100 | 192.168.1.105 | UDP |
| 26.477200 | 192.168.1.105 | 192.168.1.100 | UDP |
| 26.481862 | 192.168.1.100 | 192.168.1.105 | UDP |
| 27.594573 | 192.168.1.105 | 192.168.1.100 | UDP |
| 30.340463 | 192.168.1.105 | 192.168.1.100 | UDP |
| 30.344866 | 192.168.1.100 | 192.168.1.105 | UDP |
| 33.750747 | 192.168.1.105 | 192.168.1.100 | UDP |
| 33.755153 | 192.168.1.100 | 192.168.1.105 | UDP |
| 36.456242 | 192.168.1.105 | 192.168.1.100 | UDP |
| 36.458894 | 192.168.1.100 | 192.168.1.105 | UDP |

Frame 12 (94 bytes on wire, 94 bytes captured)

Slika 9. Prikaz ekrana iz programa Wireshark

U tabeli 3 je dat pregled ostvarenog saobraćaja za svaki od identifikovanih scenarija. Za svaki scenario je dat broj poruka koji se razmeni između uređaja i servera prilikom dešavanja tog scenarija, zatim broj poruka koje se dnevno razmene za ovaj scenario i na kraju ukupan protok koji se ostvari. Merenja su izvedena u uslovima koji simuliraju kabinet za fizikalnu terapiju od 12 uređaja, pod pretpostavkom da se terapije zakazuje na pola sata, radni dan traje 10 sata i da je prosečna veličina poruke 80B. Ilustracije radi, za započinjanje terapije sa servera razmene se 2 poruke, što se pod opisanim uslovima desi 10 puta za jedan radni dan i tom prilikom se ostvari saobraćaj od 1,6KB (tabela 5, osenčena vrsta).

Tabela 3. Opterećenje mreže po slučajevima korišćenja

| Scenario | Broj | Dnevno | KB |
|--------------------------------|-------------|---------------|--------------|
| Prijavljivanje na sistem | 5 | 1 | 0,4 |
| HELLO poruke | 2 | 3600 | 562,5 |
| Početak terapije, uređaj | 2 | 10 | 1,6 |
| Početak terapije, server | 2 | 10 | 1,6 |
| Kraj terapije | 2 | 20 | 3,2 |
| Promena parametara, server | 2 | 50 | 8 |
| Promena parametara, uređaj | 2 | 50 | 8 |
| Prekoračenje | 2 | 5 | 0,8 |
| Zaustavljanje terapije, uređaj | 2 | 5 | 0,8 |
| Zaustavljanje terapije, server | 2 | 5 | 0,8 |
| Sinhronizacija baze, uređaj | 24 | 1 | 1,9 |

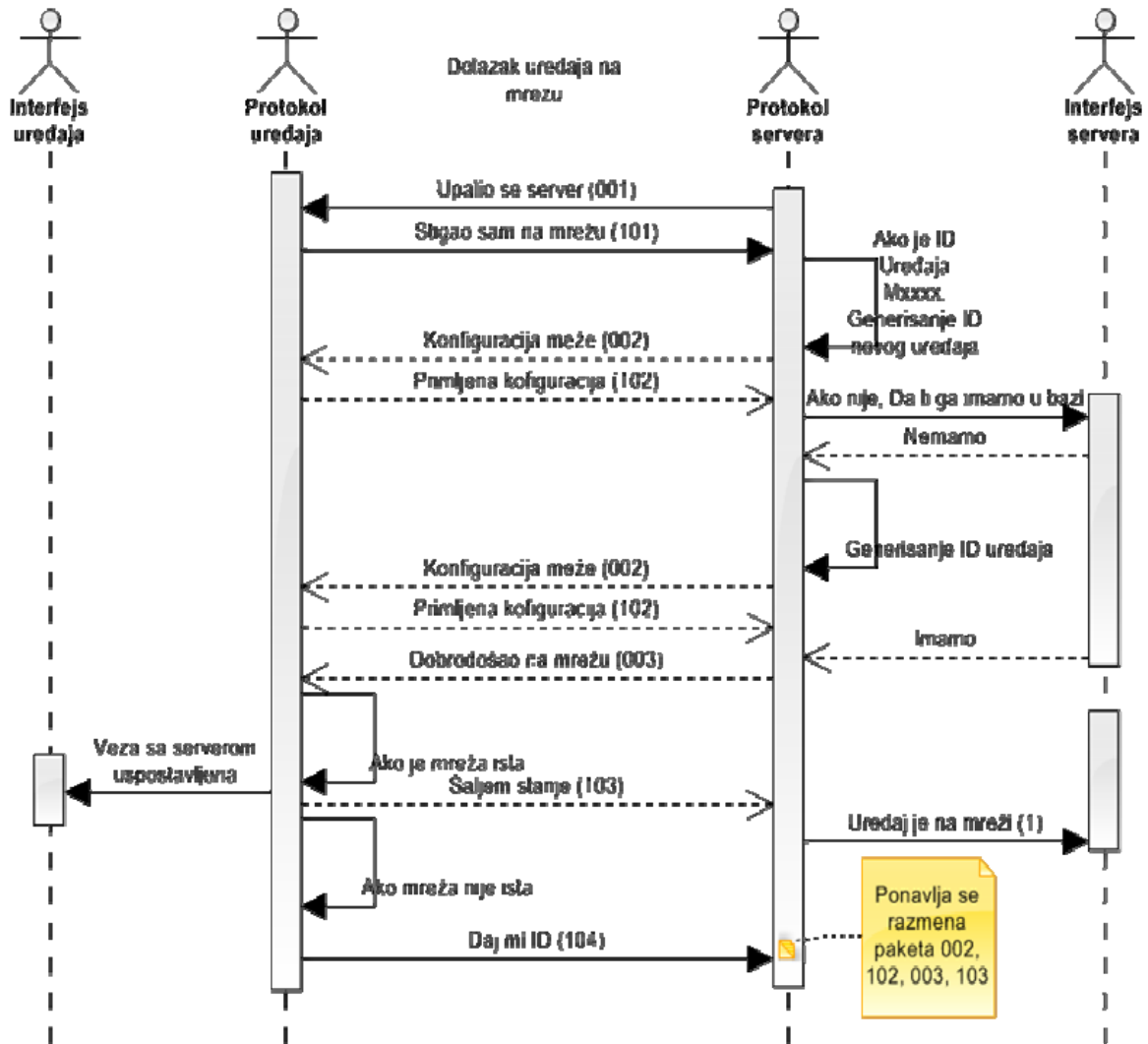
Zbirni saobraćaj za jedan dan iz tabele 5 iznosi 589,6 KB. Pošto je ukupan saobraćaj za jedan dan veoma mali, uređaji mogu da budu povezani preko veza koje imaju veoma mali protok, kao što su modemske veze od 56Kb/s.

6. Reference

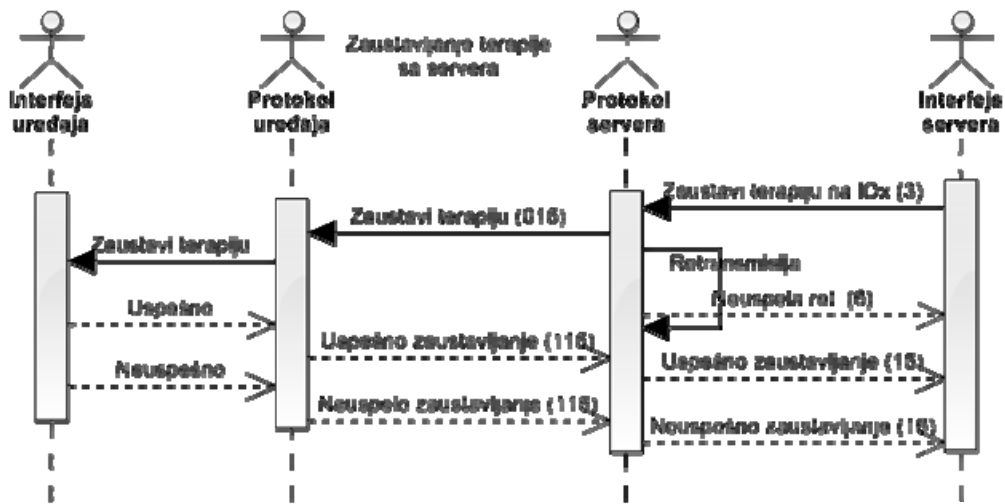
- [1] International Hospital Equipment & Solutions. www.ihe-online.com
- [2] Dept. of Tech. Planiranje. Commonwealth of Virginia, "Middleware standard. MID2001 01.1", 2001
- [3] "Wear it well", IEEE Eng Med Biol Mag, 22(3), 2003
- [4] R. Kling. "Learning About Information Technologies and Social Change: The Contribution of Social Informatics", The Information Society, 16:217–232, 2000
- [5] F. Chiarugi, D. Trypakis, M. Spanakis "Problems and Solutions for Storing and Sharing Data from Medical Devices in eHealth Applications", 2nd OpenECG Workshop, Berlin, Germany, 2004
- [6] WEBOPEDIA, Computer and Internet Technology Definitions. <http://www.webopedia.com/>
- [7] Middleware standard. Department of Technology Planning. Commonwealth of Virginia. 2001.
- [8] Dept. of Tech. Planning. Commonwealth of Virginia, "Middleware standard. MID2001 01.1", 2001.
- [9] J. Yao, S. Warren, "Applying The ISO/IEEE 11073 Standards To Wearable Home Health Monitoring Systems", Journal of Clinical Monitoring and Computing 19: 427–436, 2005
- [10] M. Galarraga, I. Martínez, P. de Toledo, L. Serrano, J. García, S. Jiménez. "Point Of Care Medical Device Communication Standars (ISO11073/IEEE1073) In Patient Telemonitoring" EMBEC'05. 3rd European Medical and Biological Engineering Conference. Prague. 2005
- [11] CEN. <http://www.cenorm.be/cenorm/index.htm>
- [12] European Committee for Standardization (CEN) Scientific Committee TC251, <http://www.cenorm.be/cenorm/index.htm>
- [13] DICOM. <http://medical.nema.org/>
- [14] ENV1064 - CEN/TC251. Medical Informatics - Standard communication protocol - Computer assisted electrocardiography, 1993
- [15] HL7 Health Level Seven. IEEE Interoperability JWG <http://www.ieee1073.org/related/hl7/jwg/hl7ieeeinterop.html>
- [16] IEEE1073. Health informatics. Point-of-care medical device communication. Standard for Medical Device Communications - Overview and Framework. <http://www.ieee1073.org>
- [17] ENV13606 - CEN/TC251. Electronic Healthcare Record Communication. Parts 1, 2, 3 and 4. Pre-standard, 2000. <http://www.medicaltech.org>

- [18] "Guide to Physical Therapist Practice, Revised 2nd Edition", American Physical Therapy Association, USA, 2001.
- [19] L. Peterson, B. Davie, "Computer Networks, Fourth Edition: A Systems Approach", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, USA, 2007.
- [20] Vladimir Simic, Vladimir Ciric, Teufik Tokic, Ivan Milentijevic, "Communication Protocol Design for Physical Therapy Devices", 18th Conference YuInfo, Kopaonik, Serbia, 2012, pp. 396-401. ISBN: 978-86-85525-09-4.

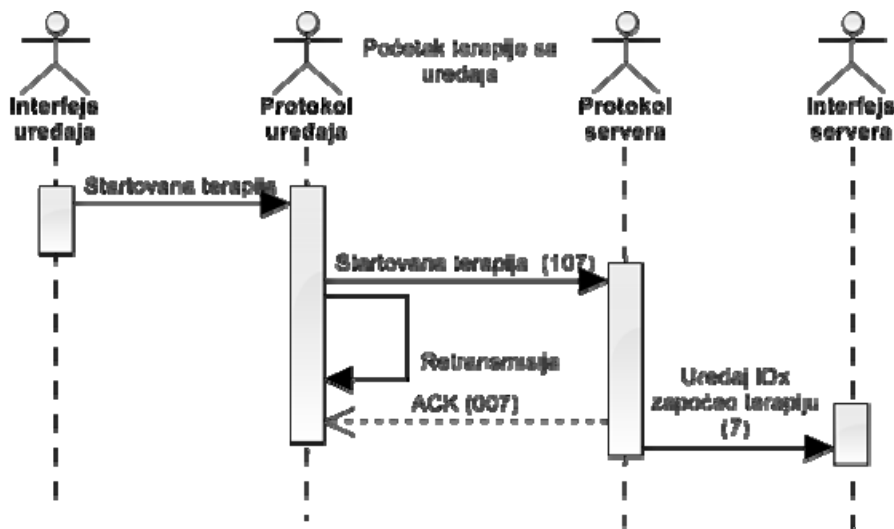
Dodatak A



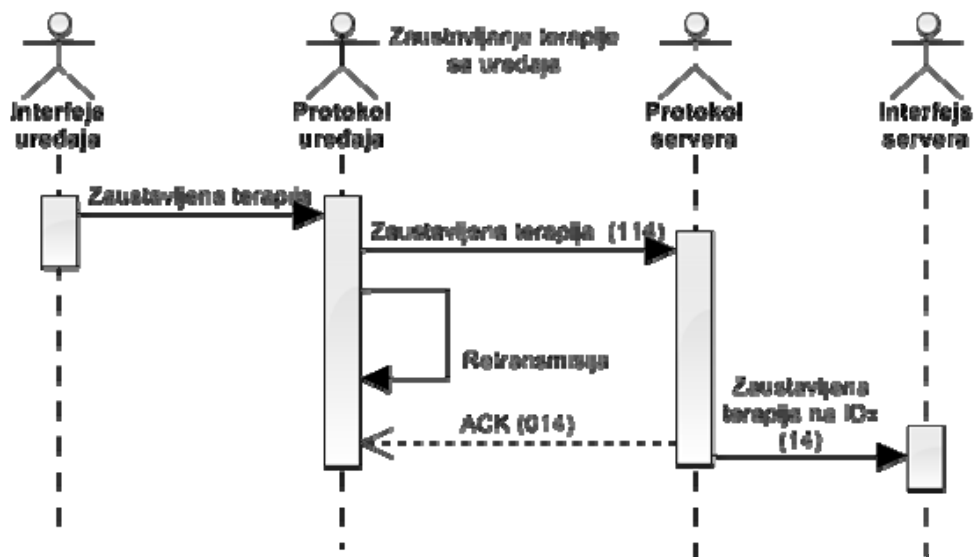
Slika 10. Dolazak uređaja na mrežu



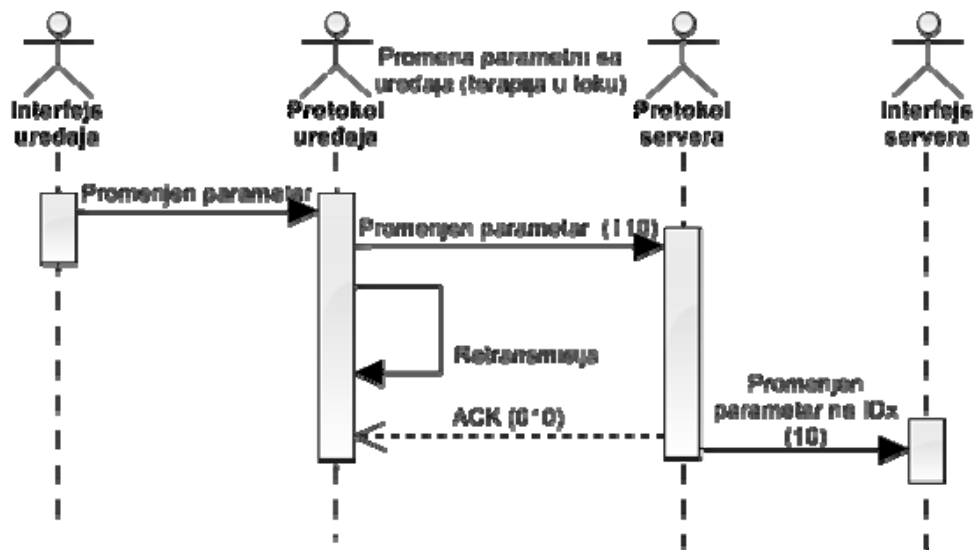
Slika 11. Zaustavljanje terapije sa servera



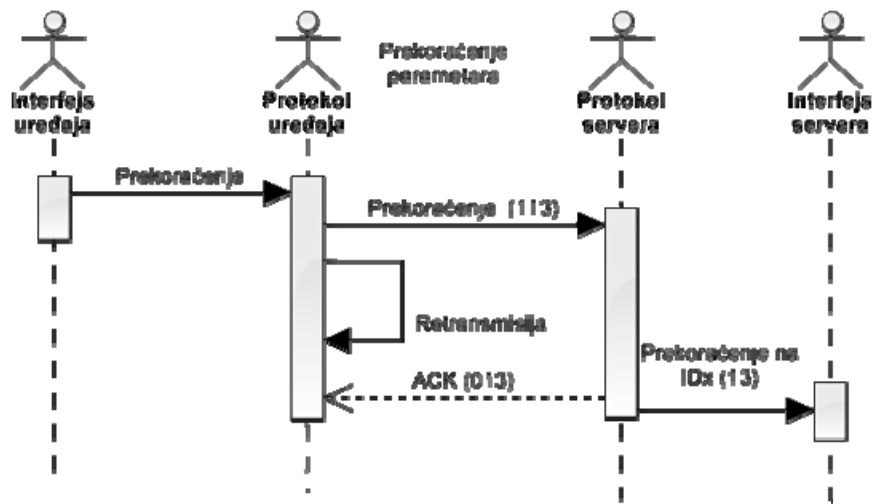
Slika 12. Početak terapije sa uređaja



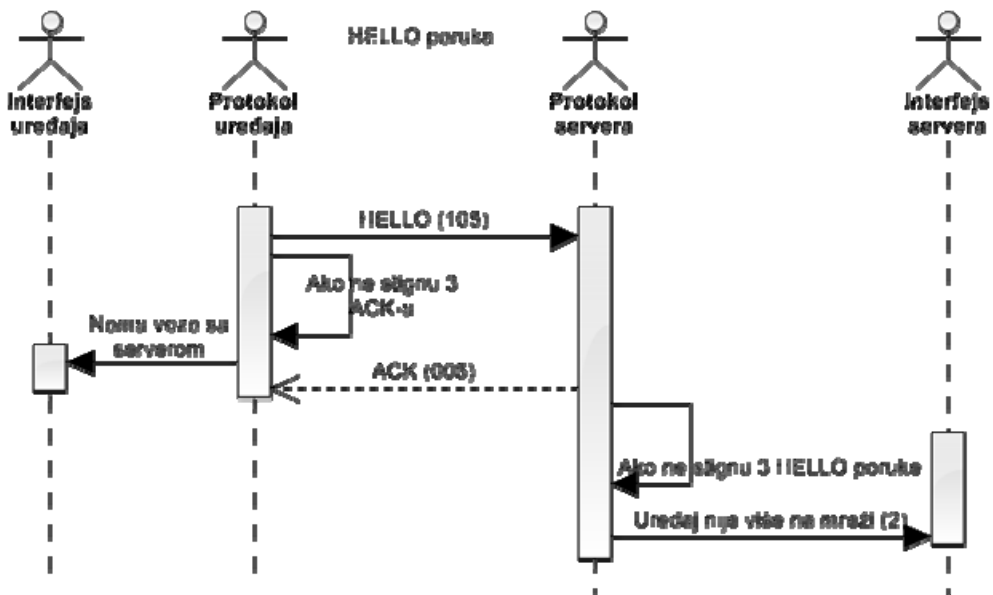
Slika 13. Zaustavljanje terapije sa uređaja



Slika 14. Promena parametara sa uređaja dok je terapija u toku



Slika 15. Prekoračenje parametara terapije



Slika 16. Razmena HELLO poruka