



ARHITEKTURA MJERNO-INFORMACIONOG SISTEMA U TELEMEDICINI

ARCHITECTURE OF MEASUREMENT AND INFORMATION SYSTEM IN TELEMEDICINE

Jelena Ećimović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj- *Ovaj rad se bavi arhitekturom mjerno-informacionog sistema u telemedicini. Prvi dio rada se odnosi na telemedicinu, njenu isoriju, podjelu i razvoj. Drugi dio rada se odnosi na primjenu telemedicine na već postojećim zdravstvenim sistemima. Treći dio rada obuhvata arhitekturu mjerno-informacionog sistema u telemedicini i njeno testiranje. Završni dio rada se odnosi na podatke, medicinsku etiku i na kraju rada su data završna razmatranja.*

Ključne reči: *Telemedicina, Mjerno-informacioni sistem, Arhitektura sistema.*

Abstract- *This paper is about the architecture of measurement and information system in telemedicine. The first part of the paper is about the history of telemedicine. The second part is about the application of measurement and information system in telemedicine to already existing healthcare systems. The third part of the paper contains the architecture and testing of the measurement and information system in telemedicine. The final part of the paper is data and medical ethics, final considerations and a list of used literature.*

Keywords: *Telemedicine, measurement and information system, system architecture.*

1. UVOD

Nedavni razvoj digitalnih tehnologija otvara put sve većoj upotrebi informacione tehnologije i sistema zasnovanih na podacima u medicinskoj i zdravstvenoj praksi. Ovaj rad opisuje kako informacione i komunikacione tehnologije, internet, bežične tehnologije i bežične mreže, baze podataka i telemetrija omogućavaju prenos informacija i kontrolu informacija unutar medicinskog centra i između medicinskih centara. Na primjer, jednostavna udaljena bazna jedinica može kontinualno da prikuplja i lokalno integriše mnoge dolazne signale, kao što su elektrokardiografija, zasićenost kiseonikom, brzina otkucaja srca, neinvazivni krvni pritisak, temperatura i disanje i pruži informacije potrebne za otkrivanje mogućih hitnih slučajeva za pacijenti. Medicinski centar tada može da primi sve komplementarne i glomazne sisteme, uključujući telemedicinsku opremu kao što su jedinice intenzivne njege, inteligentni analizatori i automatski snimači i profesionalno vođen sistem baza podataka koji podržava profesionalni provajder [5].

NAPOMENA:

Ovaj rad proisteklo je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Platon Sovilj.

2. UOPŠTENO O TELEMEDICINI

2.1 Podjela telemedicine

Današnja tehnologija omogućava da se klinički procesi odvijaju na daljinu. Tehnologija je sredstvo koje to omogućava, ali sama po sebi tehnologija nije telemedicina. Telemedicina se može smatrati zadatkom koji medicinsko osoblje ili ljekar obavlja (kao što je posmatranje, konsultacije, tumačenje i pružanje mišljenja) uz pomoć informacionih i komunikacionih tehnologija u okolnostima kada su učesnici fizički razdvojeni [5-7].

Podjela telemedicine se vrši na osnovu načina kako se ona može koristiti tako da se može govoriti o sledećim telemedicinskim servisima:

- telekonsultacije (obezbeđenje daljinskog pristupa bilo medicinskim stručnjacima bilo informacijama smeštenim u elektronskim bazama podataka).
- teledijagnostika (postavljanje dijagnoze pacijentu od strane ljekara koji nema direktan kontakt sa pacijentom, a uz pomoć medicinskih informacija (nalaza, slika, video snimaka).
- telemonitoring (daljinsko praćenje fizioloških parametara pacijenata, najčešće kod hroničnih pacijenata koji ne zahtevaju stalan bolnički nadzor).
- telenege (terapija pacijenata van fizičkih okvira zdravstvene ustanove).
- teledukacija (obuka i vježba medicinskog osoblja van ustanove koja ih provodi, daljinski pristup bazama podataka preko telekomunikacionih kanala (Internet) [6].

Ako medicinu gledamo kao na specijalnosti onda primjenom telemedicine na te specijalnosti dobijamo sledeću podjelu, ali bitno je napomenuti da zapravo ne postoje ograničenja da se telemedicina primjeni u svim oblastima medicine:

- teleradiologija (dijagnostika, edukacija...).
- telepatologija (postavljanje dijagnoze, edukacija...)
- telehirurgija (robotska hirurgija upravljana daljinski od strane hirurga).

2.2. Istorija telemedicine

Istorija moderne telemedicine povezana je sa istorijom telekomunikacija i informatike. Značajni momenti u razvoju telekomunikacija i informatike, koji su istovremeno značajni i za razvoj telemedicine, su pronalasci i uvođenje: električne telegrafije (sredinom 19-og vijeka), telefona i radio prenosa (krajem 19-og vijeka), televizije (prva polovina 20-og vijeka), satelitskih telekomunikacija (druga polovina 20-og vijeka), uvođenje digitalnih umesto ana-

lognih telekomunikacija (druga polovina 20-og vijeka), Interneta i mobilne telefonija (krajem 20-og vijeka).

Jedan od događaja koji je povezan sa stvaranjem moderne telemedicine odigrao se sa Belovim otkrićem telefona. Kada je njegov telefon prvi put proradio, Bel je vikao u ovu spravu: „Votson, dođi ovamo! Trebaš mi.“ Bel je pokušavao da dozove u pomoć svog pomoćnika Votsona, nakon što iz oborene baterije prosuo sumpornu kiselinu po svojoj ruci. Početkom dvadesetog vijeka putem telefonske linije izvršen je prenos elektrokardiograma (EKG) i elektroencefalograma (EEG). Telefon je i danas ostao najčešće korišćeno tehnološko sredstvo za telemedicinske aktivnosti kao što je npr. pozivanje hitne pomoći ili dobijanje savjeta od zdravstvenog radnika. Prvi medicinski savjet pomorskim putnicima, korišćenjem radio talasa, ostvaren je 1920. godine [5].

2.3. Razvoj telemedicine

Uvođenje Interneta u obična domaćinstva i razvoj usluge kratkih poruka (SMS) 1990-ih proizveli su najranije alate za telehealth. Medicinski i inženjerski stručnjaci su nastojali da integrišu dostupnu tehnologiju sa zdravstvenom zaštitom kako bi pružili bolje usluge. Kako su dostupnost i brzina Interneta poboljšani, stvorene su različite web aplikacije dostupne PC računarima kako bi se pružila podrška pacijentima kod kuće da upravljaju svojim vlastitim uslovima. Do sredine 2000-ih mobilni telefoni su uključivali mogućnost pristupa internetu, a istovremeno su i laptop računari kao i lični digitalni asistenti (PDA) postali široko dostupni. Mobilni telefoni i PDA bili su izbor mnogih studija telemedicine zbog njihove mobilnosti i mogućnosti pristupa internetu [5].

3. PRIPREMA MEDICINSKIH SISTEMA ZA TELEHEALTH

3.1. Tehnološki zahtjevi za mjerno-informacione sisteme u telemedicini

Da bi se analizirali razvojni aspekti pružanja zdravstvenih usluga na daljinu pomoću novih tehnologija, proces je raspoređen u tri paralelna komplementarna dijela kao što su eHealth tehnologija, TLM tehnologija i TLH tehnologija. Proces tehnološkog razvoja omogućen TLH-om je servisna platforma kombinovanih medicinskih alata i sistema, standarda komunikacijskih usluga, sistemskih mogućnosti i raspoloživosti usluga koji mogu garantovati pouzdan, fleksibilan i nesmetan protok usluge potrebnom brzinom i ugovorenim kvalitetom.

Zbog toga mjerno-informacione usluge vode računa o medicinskim i profesionalnim zdravstvenim aplikacijama za udaljene klinike. Proces tehnološkog razvoja omogućen telehealthnim zdravljem osigurava da su sve usluge dizajnirane za finansijski održive scenarije aplikacije. Na osnovu tipa interakcije između zdravstvenih radnika/ medicinskog osoblja i korisnika zdravstvene zaštite, telemedicina može biti:

- Sinhrona (interaktivna, u realnom vremenu)- zasnovana na komunikaciji zdravstvenog radnika i pacijenta ili komunikaciji dva zdravstvena radnika u realnom vremenu, npr. putem direktne dvosmjerne audio komunikacije ili videokonferencije.
- Asinhrona (sačuvaj-i-proslijedi)- zasnovana na čuvanju i prenosu (sa jedne lokacije na drugu) zapisa raz-

ličitog formata kao što su tekst, slike (npr. radiografija), audio ili video zapisa (video klipovi). Ne zahtijeva neposrednu komunikaciju zdravstvenih radnika i pacijenata. Najčešće se radi o prenosu radiografskih slika ili slika patohistoloških preparata.

Što se tiče infrastrukturnih zahtjeva za pružanje zdravstvenih i pridruženih medicinskih usluga, kategorički se može razmotriti dvosmjerna razmjena informacija radi pružanja bilo koje aplikacije utemeljene na scenariju sa dva osnovna dijela:

- Telekomunikacione tehnologije za pouzdan pristup koje uklanjaju sve moguće brige povezane sa udaljenošću i
- kolekcijom interaktivnih medicinskih uređaja i sistema (senzor, aktuator i akcelerometar).

3.2. Sadašnji izazovi i prednosti

Mnoga dostignuća u telekomunikacijama i zdravstvu se uglavnom temelje na korištenju digitalnog medija za zamjenu tradicionalnih fizičkih načina zapisivanja. Neki od dobro poznatih primjera uključuju rukovanje rendgenskim snimcima, koji su se nekada prikazivali fotografskim filmom, a sada su prikazani digitalno. Digitalno čitanje smanjuju potrebu za papirom i istovremeno pomažu u osiguravanju čitljivosti nalaza i smanjenju grešaka koje nastaju zbog loše čitljivosti medicinske dokumentacije. Modeli razmjene podataka koji se temelje čuvanju podataka u Cloud-u često su spomenuti u istraživanjima i od strane različitih IT rješenja u medicinskom sektoru. Međutim, istovremeno, ovaj novi model interakcije stvara puno novog posla i podataka u procesu. Postojeća fragmentacija u postupcima snimanja između različitih zdravstvenih ustanova i dalje je najveća prepreka koju treba riješiti prije nego što pacijenti zaista iskoriste njene pogodnosti [5].

3.3 Problemi sa primjenom

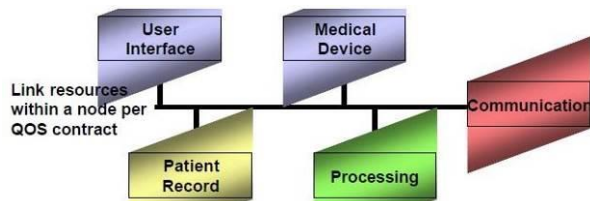
Pored jasne koristi koje nudi telemedicina, ona istovremeno ima i određene nedostatke:

- Teško dostupna telekomunikaciona oprema visokog kapaciteta upravo tamo gdje je telemedicina najpotrebnija, npr. u ruralnim predjelima. Ovo može značajno povećati inicijalne troškove razvoja mjerno-informacionog sistema. Jedno od rješenja je upotreba bežične infrastrukture u tim područjima.
- Nedovoljno razrađeni pravni aspekti rada u uslovima telemedicine. Između ostalog, problemi sa licencama za rad ljekara ako se pacijent nalazi u jednoj državi, a ljekar u drugoj državi.
- Nemogućnost da ljekar obavi pregled pacijenta kao u uobičajenim uslovima. Korišćenje telefonske linije omogućava prenos samo audio informacija. Dvosmjerna audio-vizuelna veza omogućava prenos i audio i vizuelnih informacija, ali ne omogućava perkusiju, što može biti od ključnog značaja za postavljanje nekih dijagnoza ili stanja, npr. akutnog abdomena. Nije mogućen ni prenos mirisa. Ljekar takođe nije u mogućnosti da izvodi određene testove ili manipulacije sa pacijentom, npr. ispitivanje mišićne snage, ili ispitivanje refleksa. Sve ovo može umanjiti pouzdanost dijagnoza u telemedicini u odnosu na uobičajeni način rada u medicini.

- Nedovoljna spremnost jednog dijela zdravstvenih radnika da primjenjuju telemedicinu zbog potrebe za dodatnom edukacijom, male materijalne naknade ili straha od gubitka pacijenata.
- Održavanje zdravstvene dokumentacije je komplikovanije u telemedicini [3].

3.3 Tehnički izazovi i prolagodavanje mjerno-informacione usluge sistema na već postojećem servisu

Hostovanoj platformi, obično pametnom telefonu ili računaru, često nedostaje poželjni bežični komunikacijski hardver koji bi komunicirao sa uređajem. To ograničava mogućnosti bežične komunikacije: ili samo korisnici koji imaju uređaj sa odgovarajućim bežičnim prijemnikom mogu koristiti uslugu ili usluga mora isporučiti odgovarajući adapter. Pored toga, postojeće mrežne mogućnosti mnogih bolnica i klinika nisu spremne pacijentima omogućiti pristup njihovim podacima, posebno ne potencijalno velikom broju korisnika koji pokušavaju pristupiti podacima i omogućiti pristup podacima iz spoljašnje mreže kao i da bi zaštitili podatke (slika 1).



Slika 1. Kako bi trebalo da izgleda mrežna sposobnost bolnice

Nekoliko specifikacija o kojima bi trebalo razgovarati između medicinskih i inženjerskih timova kako bi se osigurala koncepcija dobre telekomedijske usluge. Prvo je pitanje napajanja. Ako usluga uključuje elektroniku u bil Jelena Ećimović o kojem obliku, to je neizbježno. Napajanja imaju ograničeno punjenje, te težine i prostorne troškove. Za medicinsko osoblje koje je na terenu, glomazni uređaj je nepoželjan dodatak već brojnim alatima kojima moraju upravljati.

Alternativno, napajanje može imati kraće vrijeme zauzvat, kako bi se smanjila težina i prostor, mada to eventualno znači da rezervne ćelije moraju biti pripremljene. Ovdje je ključno uravnotežiti te faktore, na osnovu postupka koji će medicinsko osoblje izvoditi koristeći telemedicinsku uslugu ili uređaj.

Bez mogućnosti prenošenja podataka u nekom obliku, pružena usluga/uređaj bila bi samo tradicionalna medicinska aplikacija. Izbor komunikacionog pristupa je presudan jer se direktno vezuje za izbor napajanja o kome se upravo raspravljalo.

4. STRUKTURA MJERNO-INFORMACIONOG SISTEMA U TELEMEDICINI

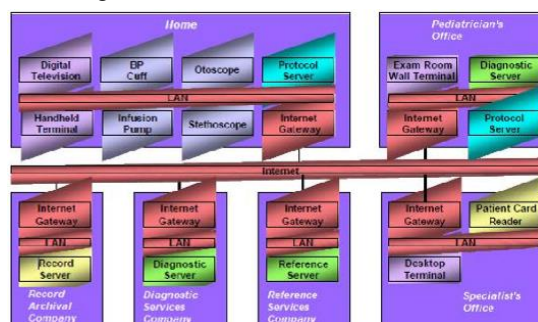
4.1. Arhitektura mjerno-informacionog sistema

Arhitektura mjerno-informacionog sistema u telemedicini (telekomunikacione i informacione tehnologije) je pored telemedicinskih servisa druga osnovna komponenta telemedicinske tehnologije.

Prije izbora opreme neophodno je razmotriti prirodu informacija koje treba premjestiti sa jednog mjesta na

drugo, kao i količinu informacija i bezbjednost informacija. Oprema mora imati tehničke karakteristike koje će omogućiti prenos onog tipa informacija koji je predviđen planom mjerno-informacionog sistema. Neophodno je da oprema, kao i svaki drugi medicinski uređaj, ima visoku pouzdanost u svom radu. Oprema je često, dijelom ili kompletno, već prisutna prije planiranja mjerno-informacionog sistema (npr. telefonska linija). Poželjno je inicijalnu nabavku opreme uskladiti sa unaprijed postavljenim zdravstvenim ciljevima, i na taj način izbjeći nepotrebne troškove.

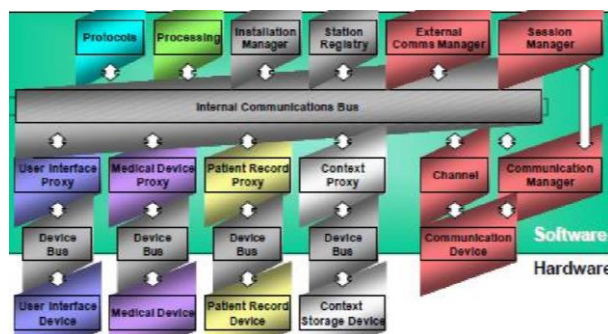
Umjesto zatvorene mreže u kojoj se nalaze sve usluge unutar stanica mreže, ovaj sistem se sastoji od skupa usluga koje su distribuisane na čitav niz uređaja i lokacija (slika 2). Baš kao što uređaji unutar stanice moraju moći da se lociraju i međusobno udružuju. Stanice unutar mreže bi takođe trebale biti u mogućnosti da se udružuju međusobno radi obavljanja kliničkih funkcija. Da bi se to postiglo, mjerno-informacioni sistemi moraju da podržavaju: lokacije resursa, sticanje resursa, konferencije, kvalitet usluge [4].



Slika 2. Arhitektura mjerno-informacionog sistema

4.2 Arhitektura mjerno-informacione stanice

Na slici 3 je prikazana arhitektura mjerno-informacione stanice koja podržava plug and play režim za komponente iz kojih je sastavljena. Glavni cilj ovog dizajna je omogućavanje ad hoc sastavljanja sistema. U središtu ovog dizajna su interna komunikaciona magistrala (internal communications bus) i registar stanice (station registry). Interna komunikaciona magistrala predstavlja one mehanizme unutar stanica koji se koriste za razmjenu informacija između komponenti [4].



Slika 3 Logička arhitektura mjerno-informacione stanice

5. TESTIRANJE SPECIFIKACIJA SISTEMA

Da bi se pokazala prava funkcionalnost mjerno-informacionog sistema neophodno je izvršiti reviziju i adekvatno testiranje sistema. Samo testiranje se može podijeliti u devet faza. Svaka faza testiranja se sastoji od neko-

liko etapa koje se obuhvataju svrhu, pristup i rezultat testiranja. Faze koje su potrebne za testiranje sistema su:

- Faza 1- obuhvata provjeru rada na onim dijelovima arhitekture koji se odnose na lokalne medicinske uređaje.
- Faza 2- podrazumjeva rad na osnovnim operacijama od stanice do stanice.
- Faza 3- rad na korisničkom interfejsu i obrada aspekata arhitekture.
- Faza 4- testiranje rada kopponenti implementacije stanice.
- Faza 5- dodavanje mogućnosti snimanja podataka pacijenata na stanici.
- Faza 6- inkorporacija sigurnosnih mehanizama u stanici.
- Faza 7- rad na naprednim mogućnostima konfiguracije stanice.
- Faza 8- dodavanje funkcije administracije stanice u sistem.
- Faza 9- ova faza rada bavi se operacijama u kojima je uključeno više od dvije stanice u datoj sesiji [4].

6. PODACI

6.1 Elektronski zdravstveni karton pacijenta

Elektronski zdravstveni karton pacijenta (electronic health record-EHR) je sistematsko prikupljanje i čuvanje podataka o zdravlju u digitalnom formatu. Ovi zapisi se mogu koristiti u različitim oblicima zdravstvene zaštite. Zapisi se dijele putem povezanih informacionih sistema koji su povezani sa mrežom ili drugim informacionim sistemima. EHR-ovi mogu obuhvatati niz podataka, uključujući demografiju, istoriju bolesti, lijekove i alergije, status imunizacije, rezultate laboratorijskih ispitivanja, radiološke slike, vitalne funkcije, lične podatke kao što su starost, težina, i podatke o zdravstvenom osiguranju [1].

6.2 Sistemi rada i protoka rada u arhitekturi Clouda

Preduzećima poput medicinskih ustanova i bolnica, kao i naučnim, industrijskim i istraživačkim organizacijama su obično potrebna velika skladišta za održavanje arhiva, koje imaju velike količine podataka. Stoga je izvodljivo da se ova aktivnost može prenijeti na centre podataka. U mnogim slučajevima hijerarhijsko naređivanje zasnovano na upotrebi zajedno sa inteligentnim uslužnim programima za pretraživanje sa podrškom za keširanje, poboljšava dostupnost podataka [2]. U Cloud okruženju programer iznajmljuje uređaje za centre podataka, štedeći vreme za istraživanje i inovativni razvoj od rukovanja rutinskim poslovima [3].

7. MEDICINSKA ETIKA

Etički kodeks za medicinske i zdravstvene informatičare (MZI) mora biti jasan, nesumnjiv i lako primjenjiv u praksi. Štaviše, s obzirom na to da se informatičko područje konstantno mjenja, kodeks mora da bude fleksibilan kako bi se prilagodio promjenama bez žrtvovanja primjenjivosti osnovnih principa. Zato je neprimjereno da se etički kodeks za MZI-e bavi specifičnostima svake pojedine situacije koja se može dogoditi.

To bi kodeks učinilo previše uskim, previše rigidnim i zavisnim od postojećeg statusa u informatici. Umjesto toga kodeks mora da se usredsredi na etičke pozicije MZI-a kao stručnjaka, i na odnos između MZI-a i drugih strana s kojima su u međudodnosu tokom svog profesionalnog rada [7].

8. ZAKLJUČAK

Često se sreće usluga ili uređaje za mjerno-informacione svrhe u telemedicini koje su vrlo dobre namjene, ali tada obično potrebna ključna infrastruktura za uslugu nije prisutna. Namjera da se domet medicinske zaštite proširi na veće i ruralnije regione često podleže činjenici da internetska i komunikaciona infrastruktura ne postoji u ciljnoj regiji ili da su signali nestabilni, čineći da preko komunikacione veze nije moguće pokrenuti uslugu.

Kao i sva nova tehnološka dešavanja, početna primjena se gotovo uvijek susreće sa skepticizmom. Sa sve većim pokazateljima efikasnosti, sve više ljudi prihvata upotrebu mjerno-informacionih usluga i sistema u telemedicini. Koristeći pametne telefone i tablete kao platformu domaćina, mnoge bolnice su rasporedile svoje konsultantske usluge izvan granica ustanove. U budućnosti se očekuje još veći razvoj i primjena mjerno-informacionih sistema u telemedicini.

9. LITERATURA

- [1] C. Wang, Q. Wang, K. Ren, and W. Lou, "Ensuring data storage security in cloud computing," 17th Int. Workshop Quality Service IWQoS, 2009.
- [2] K. Bowers, A. Juels, and A. Oprea, "HAIL: A High-Availability and Integrity Layer for Cloud Storage," RSA Laboratories, Cambridge, Massachusetts 2013
- [3] P. Feresten, "Storage multi-tenancy for cloud computing," SNIA, Mar. 2010.
- [4] Rick Craft. "Telemedicine System Interoperability Architecture- Concept Description and Architecture Overview" Sandia National Labs, PO Box 5800, Albuquerque, NM, 87185-0839, USA, 2009
- [5] Halit Eren and Jhon G. Webster. "Telemedicine and electronic medicine" 2018
- [6] Institut za onkologiju Vojvodine, dostupno na <http://www.onk.ns.ac.rs/cir-telemedicina.htm> datuma: 10.11.2019
- [7] Prvi telemedicinski sajt u Srbiji, dostupno na <http://www.telemed.rs/> datuma: 10.11.2019

Kratka biografija:



Jelena Ećimović rođena je u Sokocu 1994. godine. Diplomirala je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na smjeru Biomedicinsko inženjerstvo 2017. godine. Master studije upisuje 2018. godine na smjerovima Biomedicinsko inženjerstvo i Merni sistemi (Energetika, elektronika i telekomunikacije). Masterirala je 2019. godine. na smjeru Biomedicinsko inženjerstvo. Stipendista je firme "Schneider Electric DMS NS".