

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**

**Bežična osjetilna mreža za praćenje tjelovježbe i dnevne  
aktivnosti**

Tomislav Pozaić, Matija Varga, Dominik Džaja , Luka Celić

**Rujan, 2011.**

# 1. Uvod

Naša je želja na Smotri Sveučilišta prikazati sklopovsku i programsku podršku koju smo razvili u sklopu projekta, završnih i diplomskih radova, a koji zorno prikazuju kako se na FER-u osim teorijskih znanja velika važnost posvećuje praktičnom radu i suradnji s drugim znanstvenim granama (medicina, kineziologija). Za mladog inženjera vrlo je bitan praktični rad, odnosno primjena stečenih teorijskih znanja. Ta znanja primjenjivali smo na projektima kod prof. Ratka Magjarevića na preddiplomskom i diplomskom studiju. Teme projekata su bile vezane za primjenu elektronike i računarstva u praćenju tjelovježbe i dnevne aktivnosti pacijenata s ciljem razvoja novih, intuitivnih, funkcionalnih sustava koji bi sintetizirali više jednostavnih čvorova za mjerenje različitih tjelesnih parametara u bežičnu, mobilnu, inteligentnu, osjetilnu mrežu. U ovim projektima prepoznali smo načine kako svojim inženjerskim znanjem možemo znatno olakšati regulaciju i praćenje kroničnih bolesti sa stanovišta liječnika i pacijenta te praćenje sportaša i rekreativaca.

## 2. Popis programskih i sklopovski rješenja

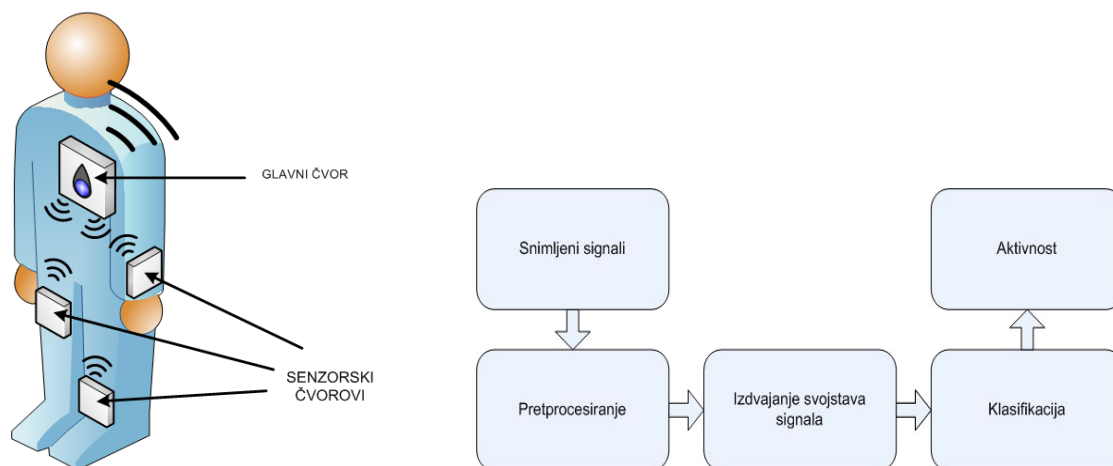
### 2.1. *Raspoznavanje i kvantifikacija tjelesne aktivnosti*

Tjelesna aktivnost važan je čimbenik zdravog života pojedinca, a često je i sastavni dio rehabilitacije nakon traume ili kod nekih kroničnih bolesti. Prekomjerno bavljenje tjelesnom aktivnošću može dovesti do neželjenih posljedica kao što je pojava hipoglikemije, osobito kod pacijenata oboljelih od dijabetesa tipa 1. Upravo iz tog razloga potrebno je pratiti više fizioloških parametara odjednom. Razvijen je sustav namijenjen za mjerenje tjelesne aktivnosti, a zasnovan je na pokretnoj mreži osjetila i odgovarajućih algoritama za kvantificiranje rezultata mjerenja. Razvijeni sustav je osvojio **nagradu za najbolji studentski znanstveni rad na međunarodnoj konferenciji MIPRO 2011. u Opatiji**.

Odgovarajuća sklopovska i programska potpora prate gibanje ispitanika. Praćenje tjelesne aktivnosti realizirano je jednim troosnim akcelerometrom, a podaci prikupljeni na osjetilnom čvoru šalju se na središnji čvor. Vježbe se izvode s repetitivnim ponavljanjem, a korisnici mogu pratiti tijek vježbi na računalu. Signali s akcelerometra se obrađuju te na temelju te obradbe i usporedbi s pohranjenim predlošcima vježbi moguće je odrediti o kojoj se vježbi radi te dali se ona pravilno izvodi. Algoritam se temelji na metodi najbližeg susjeda u n-dimenzionalnom prostoru svojstava signala, te pokazuje dobra svojstva za fizikalno različite vježbe. Određuju se karakteristični vektori koji sadrže svojstva signala. Neka od svojstava su: srednji period, maksimalna i minimalna amplituda dominantne osi, srednja vrijednost dominantne osi skaliranog i filtriranog signala, standardna devijacija na dominantnoj osi i slično. Na temelju tog vektora moguće je uspoređivati svojstva signala za učenje s novim signalom i odrediti o kojoj se aktivnosti radi. Apriori analizom snimljenih vježbi određena su uočljiva vremenska obilježja signala koja će poslužiti za razlikovanje između istih.

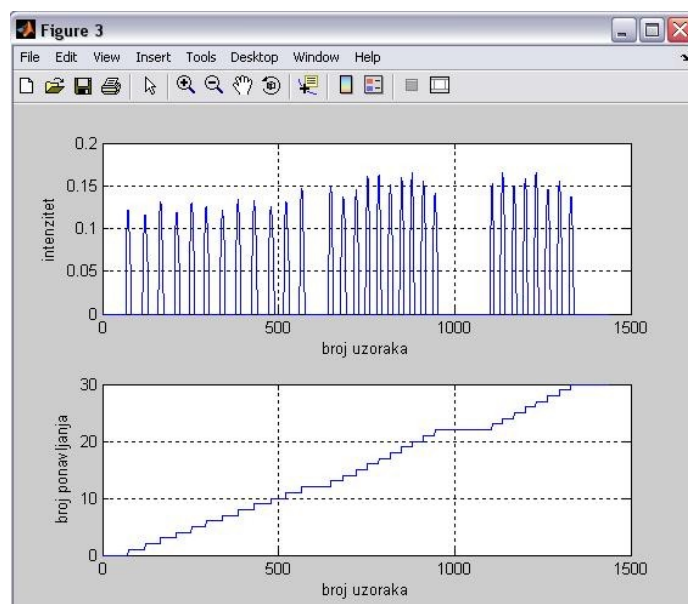
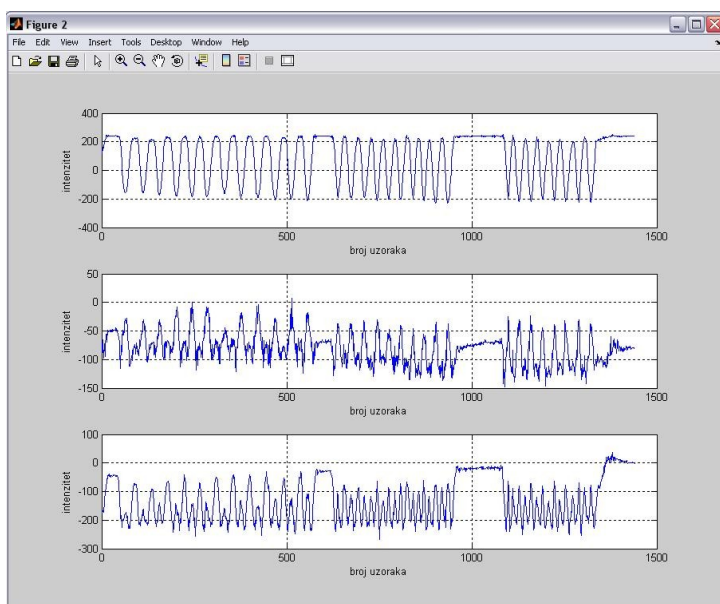
Snimljeni signali u fazi pretprocesiranja (filtriranje, skaliranje) prilagođeni su za daljnju analizu. Iz fizikalne slike svake od vježbi možemo apriori odrediti koja će svojstva signala biti

potrebno izdvojiti za daljnji proces klasifikacije. Izdvajanje svojstava signala (eng. *feature extraction*) je ključna zadaća u procesu klasifikacije tjelesne aktivnosti. Kvalitetno obrađena i izdvojena svojstva signala omogućavaju da prilikom faze klasifikacije aktivnosti možemo sa što jednostavnijim algoritmom odrediti o kojoj vrsti aktivnosti se radi. Proces klasifikacije prikazan je na Slici 1. Sva funkcionalnost algoritma za klasifikaciju aktivnosti sadržana je u jednom grafičkom korisničkom sučelju (Slika 3).

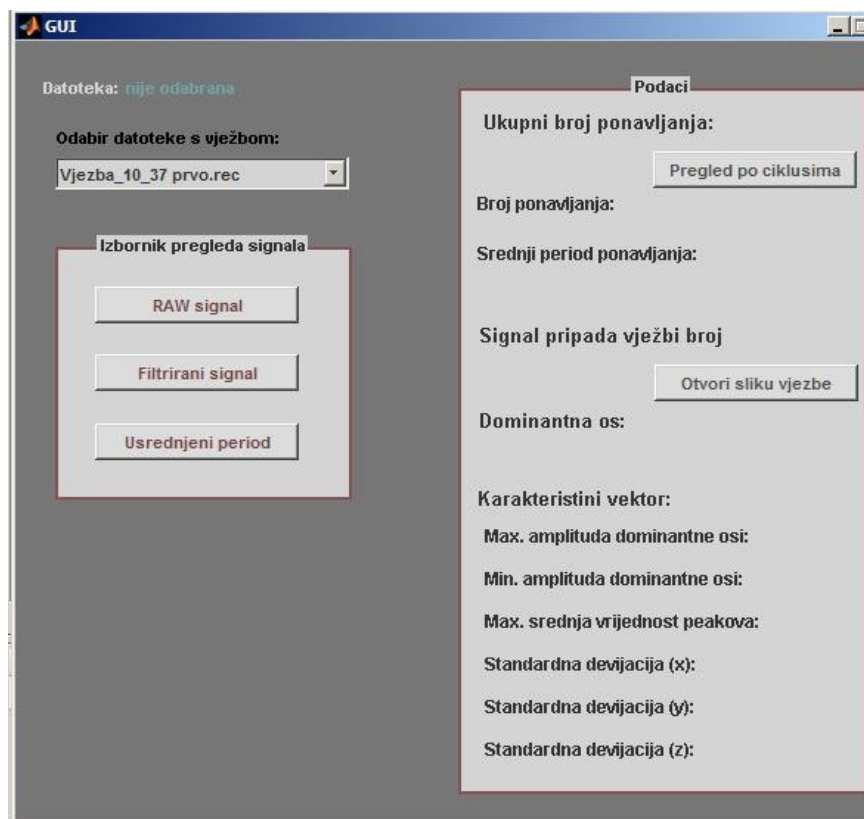


Slika 1 – Prikaz pokretne bežične mreže osjetila za medicinske primjene i proces klasifikacije aktivnosti

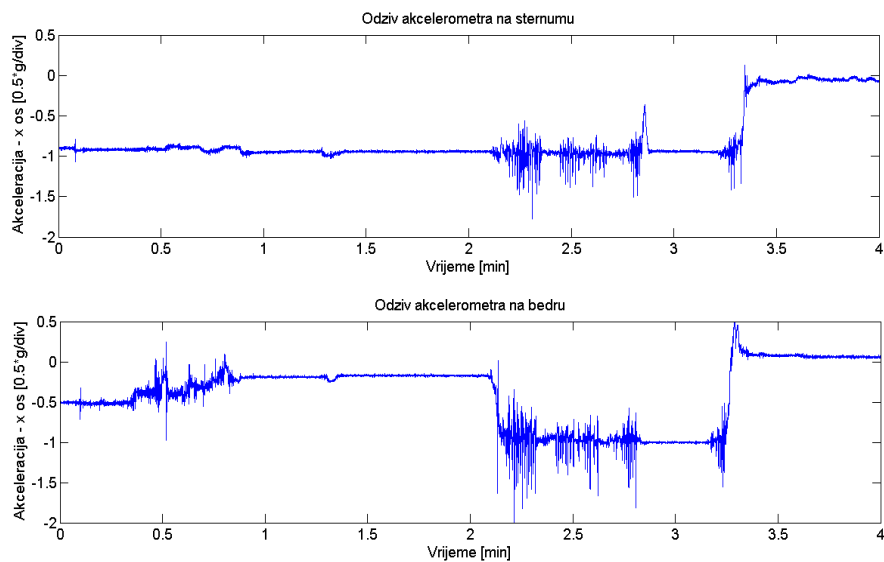
Mogući je niz primjena sklopovski potpomognutog vježbanja u rehabilitacijske svrhe ili u svakodnevnom vježbanju. Senzorski čvorovi prate fiziološke parametre kao što su tjelesna temperatura, puls, EKG ili EMG, disanje, praćenje tjelesne aktivnosti pomoću akcelerometra odnosno žiroskopa te prijenos izmjerenih signala do glavnog čvora. Integracija većeg broja senzora omogućava uštedu energije te jeftiniji razvoj i proizvodnju ovakvih čvorova. Rezultati upućuju na to da je ovakav način istovremenog praćenja tjelesne aktivnosti i vitalnih parametara pogodan za primjenu pri rehabilitaciji oboljelih od dijabetesa.



Slika 2 – Prikaz signala, dominantne osi i trajanja perioda ponavljanja kroz vrijeme



Slika 3 – Grafičko korisničko sučelje za kvantifikaciju tjelesne aktivnosti



Slika 4 – Prikaz signala, dominantne osi i trajanja perioda ponavljanja kroz vrijeme

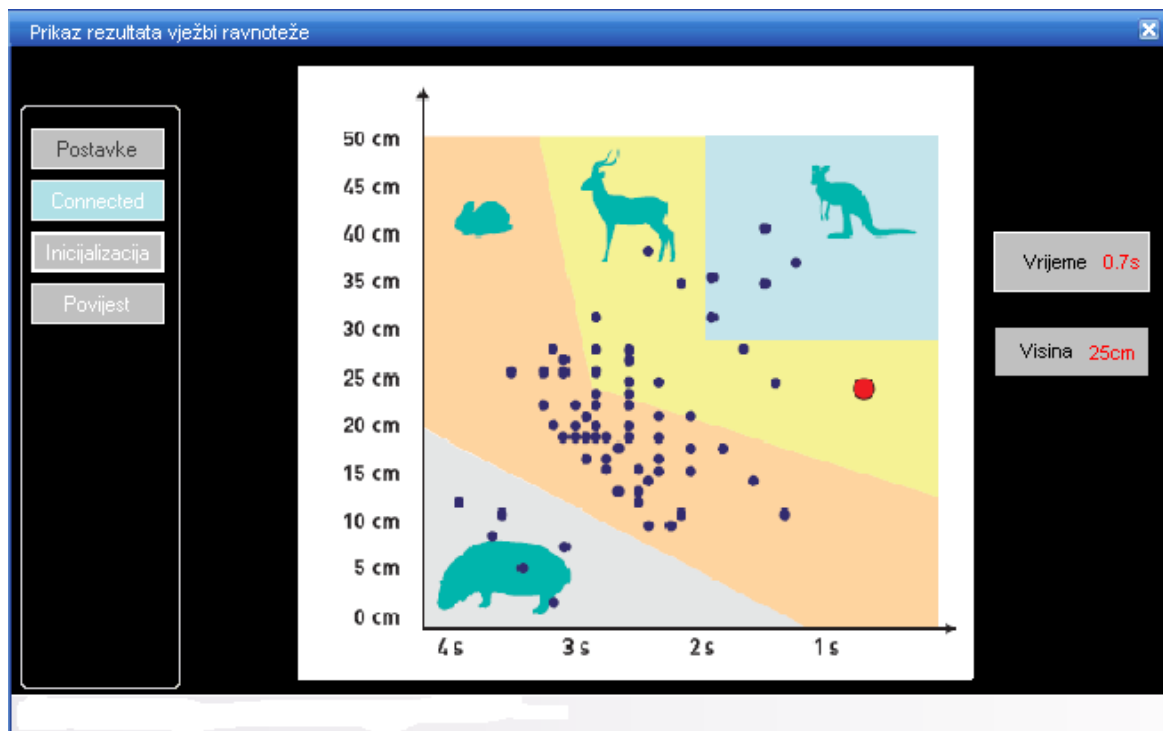
Sustav se sastoji od sljedećih komponenti:

- Bežična osjetilna mreža za praćenje tjelovježbe i dnevne aktivnosti
- Grafičko korisničko sučelje u Matlabu za prikaz rezultata
- Algoritam za klasifikaciju aktivnosti



## 2.2. Interaktivne vježbe ravnoteže

Skok i pravilan doskok su pokreti koji zahtijevaju usklađen rad mišića nogu i ruku. Sam skok ovisi o snazi mišića i tehnici. U fizici, snaga je produkt sile i brzine. Interaktivne vježbe ravnoteže izvodit će sudionici Smotre po zadanim rutama. Cilj vježbi je što brže proći zadanu rutu. Doskok je moguć samo na jednu nogu u zadani krug nakon čega je potrebno ponovno uspostaviti ravnotežu, koju potvrđuje zvučni signal sklopa. Signale će prikupljati bežični čvor s troosnim akcelerometrom pričvršćen na potkoljenici korisnika. Iz tih podataka moguće je izračunati trajektoriju skoka i maksimalnu visinu koju je ispitanik dosegnuo korištenjem znanja iz fizike (kosi hitac) i trigonometrije (početni kut odraza). Također, mjeri se vrijeme ponovne uspostave ravnoteže nakon doskoka (**definira se kao vrijeme koje je potrebno da čvor pričvršćen na potkoljenici ispitanika mjeri akceleraciju približno jednaku nuli odnosno da je gibanje minimalno**).

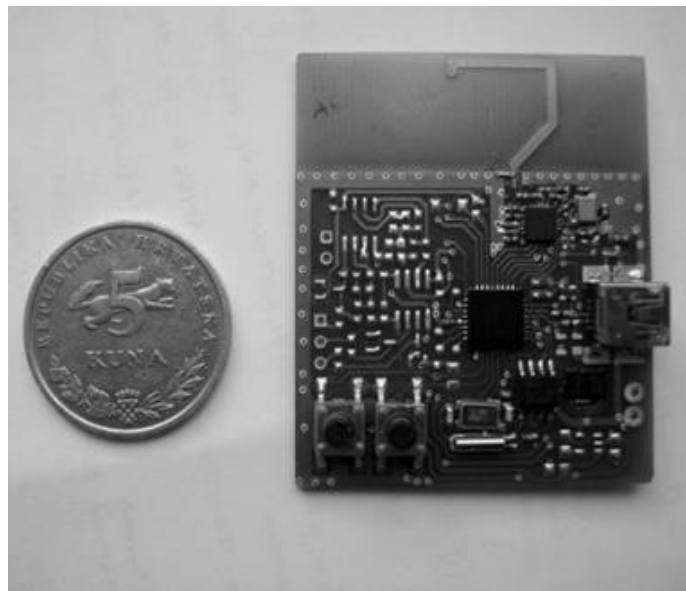


Slika 5 – Programska aplikacija – grafičko i numeričko prikazivanje rezultata vježbi

Obrada podataka vrši se u Matlabu, a samo se krajnja informacija prikazuje korisniku čime se maksimalno pojednostavljuje korištenje sustava. Na kraju vježbe, grafički i numerički se uspoređuju rezultati ispitanika sa prijašnjim rezultatima te procjenjuju njegove fizičke i motoričke sposobnosti.

Sustav za interaktivne vježbe ravnoteže sastoji se od sljedećih stavki:

- Bežični osjetilni čvor s troosnim akcelerometrom
- Programska aplikacija
- Zadana ruta kojom se ispitanik mora kretati te svjetlosna i zvučna signalizacija



Slika 6 – Bežični osjetilni čvor s troosnim akcelerometrom – razvojna pločica



### 2.3. *Penalić*

Prilikom izvođenja slobodnog udarca za Brazil, kojeg je izvodio Roberto Carlos, maksimalna brzina lopte dostigla je nevjerojatnih 170 km/h. Mislite li da možete postići veću brzinu? Navedeni bežični osjetilni čvor s troosnim akcelerometrom može nam poslužiti upravo u tu svrhu.

Penalić je interaktivna aplikacija namijenjena posjetiteljima Smotre. Cilj igre je čim većom brzinom udariti loptu te se približiti na ljestvici Robertu Carlosu. Generira se top lista najuspješnijih igrača koja se neprestano osvježava na monitoru, a kako bi se osigurala najbolja moguća atmosfera za izvođače, prateća LED rasvjeta ima zadaću simuliranja uvjeta sa pravih europskih nogometnih travnjaka.

Igra se sastoji od spužvaste lopte zavezane s elastičnom vrpcom, male vratnice prilagođene smotri, i bežičnog čvora s elastičnim zavojem koji se čičkom pričvršćuje iznad nožnog zgloba. Cijela postava igre prilagođena je smotri i zahtjeva minimalne dimenzije od cca. 1m dužine i 1m širine te prijenosno računalo i LCD. Vratnica se smješta na rub izložbenog prostora, dok je LCD moguće smjestiti bilo gdje. Čvor je smješten u kućištu koje minimizira smetnje, a istovremeno štiti sklop od mogućih oštećenja. Korisnik svom snagom udara loptu. Kako bi se izbjeglo letenje lopte po svuda odabrana je spužvasta lopta koja je zavezana elastičnom vrpcom kako bi bila u nemogućnosti ići bilo gdje van gola te upiti energiju udarca. Akcelerometar prati ubrzanje noge, te u trenutku kad detektira udarc započinje s obradom povijesti akceleracije iz koje se izračuna trenutna brzina noge prilikom udarca koja se prosljeđuje računalu zajedno s prikazom akceleracije za sve tri osi.



Slika 7 – Položaj čvora iznad nožnog zgloba dominantne noge korisnika

Ove igre pružaju mogućnost aktivnog sudjelovanja na smotri. Također moguće je i osigurati određen broj FER-ovih poklona (majica, kapa, traka...) za najbolje igrače. Istovremeno upoznati se s današnjom tehnologijom koja omogućava trenutni način života i ovakve interaktivne igre.

### 3. Potrebna oprema

- 2x Prijenosna računala i LCD-a za prikaz pojedinih aplikacija

### 4. Popis autora

- Tomislav Pozaić
- Dominik Džaja
- Matija Varga
- Luka Celić

