

Prenosni sistem za snimanje kinematike i dinamike hoda zasnovan na *Bluetooth* komunikaciji

Nenad S. Jovičić, Milica D. Đurić i Dejan B. Popović, *Member, IEEE*

Sadržaj - Rad prikazuje novo rešenje prenosnog sistema za snimanje kinematike i dinamike hoda koji se zasniva na *Bluetooth* komunikaciji između računara i prenosnog uređaja. Novi akvizicioni sistem omogućava snimanje do 24 naponska signala, njihovo prikazivanje u realnom vremenu, i memorisanje sa ciljem kasnije analiza merenja. Uređaj je pre svega namenjen primeni akcelerometara realizovanih u MEMS tehnologiji, piezoelektričnih pretvarača za merenje sile, ali i žiroskopa, goniometara koji su od značaja za analizu kinematike i dinamike hoda. Uređaj je testiran za analizu hoda sa zdravim ispitanicima i osobama s neurološkim problemima.

Ključne reči - *Bluetooth*, akvizicija, MEMS

I. UVOD

ANALIZA kinematike i dinamike hoda je od značaja za pravilnu neurološku dijagnostiku. Poznavanje kinematičkih i dinamičkih parametara hoda (simetrija, brzina kretanja, položaj segmenata tela u odnosu na vertikalnu, sile reakcije podloge na noge, itd.) omogućuju procenu nivoa hendikepiranosti, toka oporavka u rehabilitaciji i potencijalno senzorno upravljanje rehabilitacionom pomagalicama.

Postoji veći broj sistema (Popović i Sinkjær, 2000, glava 3) koji omogućuju snimanje kinematičkih i dinamičkih parametara hoda. Najpouzdaniji i tačni uređaji su stacionarni i smešteni u specijalnim laboratorijama za analizu hoda. Neophodni uređaji u laboratoriji su veći broj kamera koji snimajući zračenje reflektivnih markera postavljenih na telo određuju položaj tačaka u prostoru, i merne platforme ugrađene u pod koje mere silu kojom deluje noga na podlogu. Pored ovih stacionarnih uređaja koriste se i pretvarači koji se postavljaju na telo (goniometri, merači sile) koji su povezani sa računarem i sa manjom preciznošću, u odnosu na kamere i merne platforme, registruju parametre koji definišu hod. Razvoj MEMS [4] tehnologije, mikroracunari koji omogućuju A/D konverziju, razvoj uređaja koji olakšavaju bežični prenos, i nove tehnike obrade signala otvaraju nove mogućnosti merenja parametara hoda.

Mi smo napravili prenosni sistem koji prikuplja signale sa senzora i šalje ih preko bežične komunikacije

Nenad S. Jovičić, Milica D. Đurić, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Dejan B. Popović, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet i Aalborg University, SMI, Denmark (tel. +381 11 3248464, fax +381 11 3248681; mail: dbp@smi.auc.dk, milica@eunet.yu, nenad@el.tif.bg.ac.yu)

(*Bluetooth*) [2] na računaru. Taj računaru radi kao kontroler merenja, ali i uređaj za snimanje podataka. Ovaj sistem ima 24 ulazna kanala i mogućnost monitoringa u realnom vremenu na računaru. *On-line* monitoring je posebno bitan zbog eventualnih korekcija prilikom postavljanja senzora, a pruža neophodnu kontrolu priključaka i senzora tokom celog merenja. Sistem podržava upotrebu senzora koji mere pritisak koristeći efekte piezorezitivnosti (FSR, Interlink, CA, U.S.A) [5], MEMS [4] akcelerometara i goniometara. Konstrukcija sistema omogućava i prikupljanje podataka sa drugih senzora koji daju naponski signal u posegu od 0 do 3.3 V. Snimljeni podaci se kasnije koriste za *off-line* obradu.

U radu je dat opis konstrukcije uređaja i njegovog interfejsa sa računarem, kao i softvera za vizualizaciju dobijenih rezultata.

II. OPIS SISTEMA

Hardver senzorskog sistema čine inteligentni prenosni uređaj sa ugrađenom bežičnom komunikacijom i računaru sa odgovarajućim modulom za bežičnu komunikaciju na kome je instaliran specijalni softver za snimanje i pregled mernih rezultata.

Prenosni uređaj je jednostavan za korišćenje, postavlja se relativno brzo i lako, i robustan je na mehaničke potrebe.

Prenosni uređaj ima baterijsko napajanje sa četiri NiMH (nikl metal hidrid) baterije od 2700 mAh koje obezbeđuje neprekidan rad uređaja u trajanju od oko 40 h.

Uređaj omogućava povezivanje do 24 ulazna naponska kanala. Od toga je 8 kanala predviđeno za FSR senzore, a 16 kanala za akcelerometre i/ili goniometre.

Brzina akvizicije podataka je 100 odbiraka u sekundi. Tokom intervala vremena $t_s=10$ ms, mikrokontroler uzima odbirke sa svih senzora, pakuje ih i šalje preko modula za bežičnu komunikaciju ka stacionarnom računaru.

Rezolucija A/D konvertora je 10 bita, odnosno 1024 nivoa.

Na uređaju postoje 24 utičnice za priključivanje senzora (8 FSR senzora i 16 akcelerometara i/ili goniometara).

Uređaj ima tri celine: ulazni deo (za kondicioniranje signala), mikrokontroler i modul za bežičnu komunikaciju (*Bluetooth*). Blok šema uređaja za snimanje hoda prikazana je na sl. 1.

A. Senzori

Za potrebe snimanja karakteristika hoda, korišćena su 3 tipa senzora: FSR (*force-sensing resistor*) senzori,

