

# Analiza vibracionih karakteristika mobilnih telefona

Đorđe Klisić, Ivan Božić, Katarina Savić

**Sadržaj** — Mobilni telefoni u zadnjoj deceniji su postali globalni proizvod dostupan gotovo svima. Širenje tržišta mobilnih telefona je proširilo istraživanja vezana za štetno dejstvo ovakvih uređaja na njegove korisnike. Iako se ova istraživanja prevashodno odnose na elektromagnetno zračenje uređaja, štetne okolnosti po čoveka mogu izazvati i vibracije. U radu je dat pregled vibracionih karakteristika različitih klasa mobilnih telefona.

**Ključne reči** — Vibracije, mobilni telefoni, uticaj na čoveka, karakterizacija.

## I. UVOD

**T**VORAC prvog mobilnog telefona, koji je mogao da se koristi iz ruke, van vozila ili kuće, bio je Martin Kuper, istraživač i jedan od rukovodilaca Motorole. Prvi razgovor koji je se vodio preko mobilnog telefona odigrao se 3. aprila 1973. Kada je Martin Kuper pozvao svog velikog rivala Džozela S. Ejndžela iz Belovih laboratorija.

Mobilna telefonija je nastavila da se razvija i pored prvobitne skeptičnosti javnosti i danas je postala sastavni deo svakodnevnog života. Ipak, jedno pitanje na koje ni danas, posle više od 35 godina postojanja nije dat adekvatan odgovor, jeste da li postoji štetan uticaj EM zračenja mobilnih telefona na čoveka i ako postoji, koliki je on zaista. Ovo pitanje se može pored uticaja EM zračenja proširiti i na uticaj vibracija niskog intenziteta na ljudski organizam [1-4].

Izvori vibracija kod mobilnih telefona su vibracioni motori, koji su od najranijih modela postali sastavni deo svakog mobilnog telefona. Većina proizvođača ne daje nikakve podatke o karakteristikama ovih motora, čije se karakteristike menjaju sa napretkom i usavršavanjem mobilnih telefona. U radu su predstavljeni rezultati merenja izvršenih na 14 mobilnih telefona različitih generacija i od različitih proizvođača. Testirani su telefoni sledećih proizvođača: Nokia, Sony Ericson, Samsung i HTC.

## II. OPIS EKSPERIMENTA

Korišćena oprema za izvođenje eksperimenta je uređaj za merenje vibracija „GeoShock“, USB AD kartica model

Đ. Klisić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-64-1519929; e-mail: klisic\_djordje@yahoo.com).

I. Božić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-64-2174568; e-mail: ivbozic@yahoo.com).

K. Savić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-63-1030777; e-mail: catrins@gmail.com).

NI 6112 i personalni računar. Testirano je 14 mobilnih telefona gore navedenih proizvođača, videti Tabelu 1. Na drvenoj podlozi na kojoj se vrše merenja su postavljeni GeoShock i AD kartica. Računar je udaljen od radne površine u cilju izbegavanja stvaranja šuma usled vibracija računara.

Testirani mobilni telefon nalazi se na rastojanju od 20cm od GeoShock-a, pri čemu je obezbeđeno dobro prijanjanje oba uređaja za podlogu. Na ovaj način je izbegnuto pojavljivanje neželjenih frekvencijskih komponenti.

Merenja su izvršena na 14 različitih modela telefona (različitih proizvođača i različitih generacija), radi poređenja vibracionih motora. Poređenja su vršena kako među proizvođačima i između modela istih proizvođača, ali različitih generacija.

Snimanja su vršena u trajanju od 30 sekundi. Posmatran je broj vibracija koje vibracioni motor telefona proizvede u tom vremenu, kao i njihov oblik, intenzitet i spektralni sadržaj.

Dobijene vrednosti se snimaju na računar radi dalje obrade. Prilikom obrade posmatrani su dominantni pikovi grupisani oko određenih frekvencija i gustina snage spektra, koja se koristi pri utvrđivanju postojanja eventualnih štetnih uticaja na ljudski organizam.

Blok šema sistema eksperimenta je data na slici 1.

## III. OPIS HARDVERA

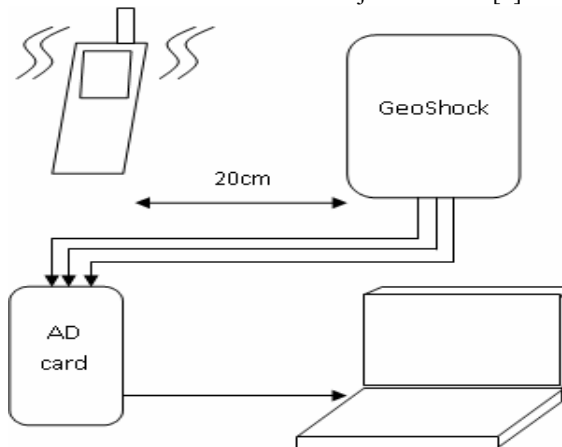
Vibracije se u praksi najčešće mere nekim od seizmičkih instrumenata željene preciznosti. Najprecizniji od svih instrumenata tog tipa je seizmograf koji ima veliku osetljivost, ali je takođe i veoma skup instrument i u našoj zemlji se koristi samo za seizmička ispitivanja od strane zavoda za seizmologiju. Iz tog razloga konstruisan je uređaj, nazvan GeoShock [8], koji koristi potpuno drugačiji metod detekcije vibracija od seizmičkih uređaja, a poseduje i dovoljnu preciznost za izvršeni eksperiment. U uređaju GeoShock kao senzor se koristi akcelerometar visoke osetljivosti, namesto DIT senzora koji je sastavni deo svakog seizmografa.

Kao što je napomenuto centralni deo senzorskog sistema uređaja GeoShock je solid-state akcelerometar. Izborom ovakvog senzora namesto DIT senzora postiže se povećanje robusnosti uređaja, koji se najpre ogleda u njegovoj istrajnosti i manjoj temperaturskoj zavisnosti. Konkretno, upotrebljeni akcelerometar u ovoj generaciji GeoShock uređaja je akcelerometar sa mogućnošću merenja u sve tri ose sa osetljivošću od 860mV/g. Sam

uređaj, takode uključuje i aktivne filter. Postoje filtri za uklanjanje jednosmerne komponente, stop-band filter na mređnom napajanju (50Hz) i promenljivi filter na višim frekvencijama. Zadnji filter se ponaša kao cut-off filter i služi za ograničavanje spektra signala koji se kasnije obrađuje. U izvršenom eksperimenti korišćen je cut-off filter na 300Hz. Ovakav izbor frekvencije je zadovoljio potrebe vršenog eksperimenta.

Izabrano napajenje je baterijsko, zbog stabilnijeg napona napajanja, korišćene su četiri alkaline AA baterije od 1,5V.

Korišćena AD kartica ima rezoluciju od 16 bita [7].



Sl. 1. Blok šema mernog sistema

#### IV. OPIS SOFTVERA

Za prihvatanje i obradu podataka sa GeoShock uređaja, bilo je potrebno realizovati odgovarajući softver. Korišćena je kombinacija LabView [7] i Matlab [6] softverskih paketa.

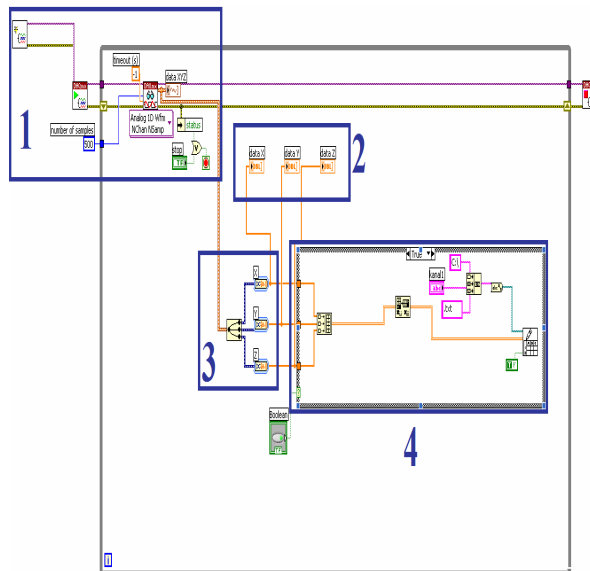
Sobzirom da su podaci skladišteni direktno na računar preko AD kartice, realizovan je akvizicioni softver. Za ove potrebe korišćen je softversko paket LabView 8.2, blok šema akvizicionog softvera je prikazana na slici 2. Na blok šemi su uokvirena četiri bloka koja izvršavaju osnovne funkcije prilikom akvizicije. Blok 1 služi za akviziciju signala, i realizovan je, korišćenjem DAQ Assistant-a, blok 2 su objedinjeni objekti za prikaz signala. Blok 3 služi za raspodeli jednog celokupnog signala na tri pojedinačna kanala, dok je blokom 4 predstavljena petlja za snimanje signala u tekstualni fajl. Korisnik softvera samostalno definiše naziv fajla i mesto na hard diku računara na koje se fajl smešta.

Snimljeni signal potrebno je procesirati i analizirati dobijene rezultate. Za ove potrebe je korišćen softversko paket Matlab R2007b. Procesiranje uključuje analizu u vremenskom i frekvencijskom domenu, određivanje amplitude signala, trajnaje signala, karakteristične frekvencije i određivanje gustine spektralne snage. Takođe, u ovom delu se i isctavaju rezultati korišćeni u analizi i prikazu podataka.

#### V. REZULTATI

U ovom delu će biti prikazani rezultati koji su određivani za svaki od modela koji je bio testiran. U

osnovi će biti prikazana tabela u kojoj su prikazani proizvođači, modeli i godine proizvodnje testiranih telefona, Tabela 1. Analiza dobijenih rezultata data je u sledećem stavu (VI Zaključak)



Sl. 2. Blok šema LabVIEW programa za akviziciju podataka

TABELA 1: PREGLED KORIŠĆENIH TELEFONA I NJIHOVIH GODINA PROIZVODNJE

<i>Proizvođač</i>	<i>Model</i>	<i>Godina</i>
Nokia	3410	04 2002.
Nokia	1110i	06.2006.
Nokia	3110c	02.2007.
Nokia	E50	05.2006.
Nokia	7270	03 2004.
Nokia	6230	01 2005.
Samsung	E250	10.2006.
Samsung	B130	12.2008.
Samsung	X800	01 2005.
Sony Ericsson	W380i	03.2008.
Sony Ericsson	Z300i	11.2005.
Sony Ericsson	K700	03.2004.
Sony Ericsson	Z530i	02.2006.
HTC	Touch HD	11.2008.

U Tabeli 2., su date "vremenske" karakteristike, broj vibracija u toku vremena snimanja, intenzitet vibracija, za svaki od testiranih mobilnih telefona

U Tabeli 3. je dat pregled snimanih spektralnih karakteristika, dominantne frekvencije vibriranja i spektralna gustine snaga [5] (kolona snaga u tabeli 3) vibracija svakog od testiranih mobilnih telefona.

TABELA 2. "VREMENSKE" KARAKTERISTIKE VIBRACIJA MOBILNIH TELEFONA

<i>Proizvođač</i>	<i>Model</i>	<i>Broj Vibracija</i>	<i>Intenzitet</i>
Nokia	3410	8	65mV
Nokia	7270	15	120mV
Nokia	6230	21	40mV
Nokia	E50	22	50mV
Nokia	1110i	21	45mV
Nokia	3110c	23	50mV
Samsung	X800	9	60mV
Samsung	E250	10	65mV
Samsung	B130	10	75mV
Sony Ericsson	K700	29	40mV
Sony Ericsson	Z300i	21	30mV
Sony Ericsson	Z530i	24	35mV
Sony Ericsson	W380i	30	50mV
HTC	Touch HD	6	220mV

TABELA 3., SPEKTRALNE KARAKTERISTIKE VIBRACIJA MOBILNIH TELEFONAMOBILNIH

<i>Proizvođač</i>	<i>Model</i>	<i>Frekvencija</i>	<i>Snaga</i>
Nokia	3410	167Hz	16.7745
Nokia	7270	260Hz	30.7338
Nokia	6230	120Hz	6.8196
Nokia	E50	194Hz	14.1023
Nokia	1110i	145Hz	13.6191
Nokia	3110c	140Hz	12.3036
Samsung	X800	190Hz	20.2753
Samsung	E250	196Hz	10.058
Samsung	B130	207Hz	23.5417
Sony Ericsson	K700	136Hz	6.4223
Sony Ericsson	Z300i	210Hz	2.8503
Sony Ericsson	Z530i	116Hz	11.0166
Sony Ericsson	W380i	164Hz	13.7102
HTC	Touch HD	170Hz	117.9965

## VI. ZAKLJUČAK

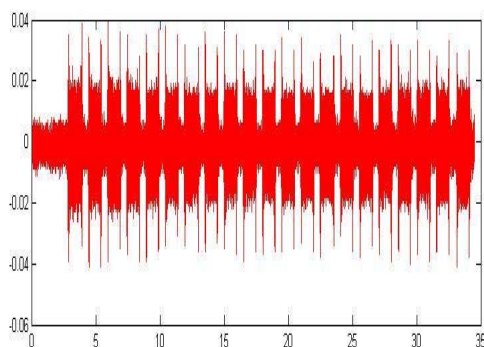
Na osnovu dobijenih rezultata, zaključuje se da od posmatranih marki po pitanju jačine vibracije i spektralne snage dominira telefon iz najnovije generacije, HTC Touch HD. Imajući prethodnu činjenicu u vidu, očekivani linearni rast jačine vibracija ipak nije bio slučaj kod svih proizvođača (npr. Nokia, tabela 1 i tabela 2). U ovom

slučaju pojedini stariji modeli imaju značajno izraženiju amplitudu vibracija negoli telefoni novije proizvodnje ovog proizvođača (za najstariji model 3410 ima duplo niži intenzitet vibracija negoli mlađi model 7270, kod kojeg je pak intenzitet 2,4 puta veći negoli kod „najmladeg“ testiranog modela ove kompanije). Ipak, konzistentnost kod Nokie se primećuje kada je u pitanju broja uključivanja vibracija motora u vremenskom periodu korišćenom u eksperimentu (35s).

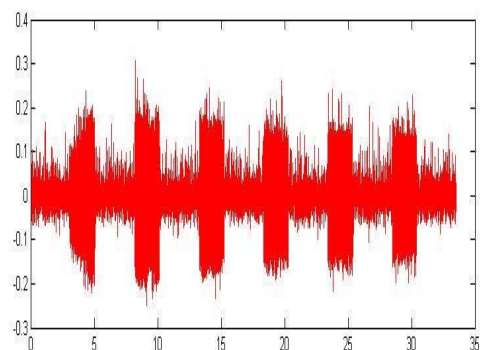
Prilikom analize rezultata eksperiment na modelima firme Samsung primećuje se da su amplituda i broj vibracija u istom vremenskom intervalu u konstantnom porastu kod novijih generacija.

Rezultati za Sony-Ericsson pokazuju sličan trend kao rezultati modela firme Samsung, ali su amplitude vibracija generalno niže negoli kod testiranih Samsungovih mobilnih telefona. Karakteristika telefona Sony-Ericsson je pored generalno niske amplitude vibracija i veliki broj vibracija.

HTC, kao proizvođač prevashodno PDA telefona, opredelila se za veoma jak vibracioni motor, koji po amplitudi premašuje ostale i po nekoliko puta. Ovakav jak motor je zato praćen i značajno manjim brojem vibracija u odnosu na druge testirane modele proizvođača.



Slika 3. – Telefon sa najvećim brojem uključivanja vibracionog uređaja u vremenu trajanja testa



Slika 4. – Telefon sa najmanjim brojem uključivanja vibracionog uređaja u vremenu trajanja testa

Prema rezultatima eksperimenta zaključuje se da generalno postoji trend povećanja amplitude vibracija vibracionih motora kod novih generacija mobilnih telefona svih proizvođača, izuzev Nokie. Takođe je uočen i trend porasta broja vibracija. Primećena je i zavisnost broj vibracija od amplitude vibracija, tako da vibracioni motori sa koji proizvode intenzivnije vibracije imaju i nekoliko puta manji broj uključivanja nego li motori sa slabijim intenzitetom. Frekvenzijska analiza nije pokazala određen trend kada su u pitanju dominantne frekvencije u spektru, izuzev možda kod mobilnih telefona marke Samsung, ali je utvrđeno konstantno povećanje gustine spektralne snage. Ovo povećanje ukazuje kako na postojanje sve gušćeg spektralnog sadržaja tako i na povećanje udela svake frekvencije u spektru.

Buduća istraživanje će za cilj imati upotpunjavanje baze podataka zarad dobijanja realnije slike o stvarnim trendovima i ispitivanje uticaj opisanih trendova na korisnike mobilnih telefona.

#### LITERATURA

- [1] W. Qassem, "Model prediction of vibration effects on human subject seated on various cushions" in *Med. Eng. Phys.*, vol. 18, no. 5, 1996, pp. 350–358.
- [2] I. Hostens, H. Ramon, "Descriptive analysis of combine cabin vibrations and their effect on the human body" in *Journal of sound and vibration*, vol. 266, 2003, pp. 453–464.

- [3] M. Demić, J. Lukić, "Investigation of the transmission of fore and aft vibration through the human body" in *Applied Ergonomics*, vol. 40, 2009, pp. 622–629.
- [4] Cho-Chung Liang, Chi-Feng Chiang, "A study on biodynamic models of seated human exposed to vertical vibration" in *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 36, 2006, pp. 869–890.
- [5] Lj. Milić, Z. Dobrosavljević, *Uvod u digitalnu obradu signala*, Akademska misao, Beograd 2004
- [6] [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)
- [7] [www.ni.com](http://www.ni.com)
- [8] Patentna prijava 2009/0417, Đ. Klisić, I. Božić, K. Savić "GeoShock – seizmometar široke primene", Zavod za intelektualnu svojinu Srbije, septembar 2009.

#### ABSTRACT

During the last decade, mobile phones became globally available product for almost everyone. Expansion of the cellular phone market lead to expansion of research related to negative effects of this devices on humans. Although, this researches are related to electro-magnetic radiation of the devices, negativ effects can be induced also by vibration. In this paper are reviewed characteristics of the different cellular phone types.

#### ANALYSIS OF THE CELLULAR PHONES VIBRATION CHARACTERISTICS

Đorđe Klisić, Ivan Božić, Katarina Savić.