

# Pametni košarkaški rukav za šutiranje

Igor Popadić, Aleksandar Kostovski, Đorđe Polovina, Igor Milijašević i Marjan Urekar, Member, IEEE

**Apstrakt** – U ovome radu je predstavljena ideja razvoja pametnog košarkaškog šuterskog rukava koji bi pomogao košarkašima prilikom treniranja i trenerima da pomoću aplikacije bolje isprate napredak igrača koje treniraju. Pametni šuterski rukav bi se sastojao iz tri povezana dijela, senzora na rukavu, senzora na košu i web aplikacije.

**Ključne riječi**- Košarka; IOT; Senzori; WEB aplikacija;

## I. UVOD

Zadnjih godina u košarci je preovladao trend po kome igračeva vrijednost usko zavisi od preciznosti njegovog šuta. Za razliku od 2000-ih, 90-ih i ranijih godina kada su dobri šuteri većinom bili niži igrači na perimetru, danas to nije slučaj i bez obzira na poziciju i visinu od igrača se zahtijeva da ima pouzdan šut.

Treneri nastoje da objasne djeci na treningu kako se pravilno šutira lopta, pod kojim uglom, na kojoj visini i slično. Ali treneri nisu uvijek tu pa djeca imaju tendenciju da izvode nepravilne pokrete koji im se čine lakšim. Kasnije se javlja problem kada treba ispraviti ono što je pogrešno uvježbano. U nastavku ovoga rada biće dato objašnjenje pravilnog šuta, primjer košarkaškog šuterskog rukava koji već postoji na tržištu i ideja kako bi se taj šuterski rukav mogao unaprijediti.

Igor Popadić – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: igorpop96@hotmail.com)

Aleksandar Kostovski – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [kostovski.aleksandar12@yahoo.com](mailto:kostovski.aleksandar12@yahoo.com))

Đorđe Polovina – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: polovina.djordje@yahoo.com)

Igor Milijašević – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [igorm994@gmail.com](mailto:igorm994@gmail.com))

Marjan Urekar – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: urekarm@uns.ac.rs)

## II. OBJAŠNJENJE PRAVILNOG ŠUTA

Koristeći se matematičkim formulama mogu se izračunati optimalni uglovi pri kojima je najveća vjerovatnoća pogotka. Koš je fiksiran na visinu od 3.05 m, a uglovi prilikom izbačaja lopte su različiti u zavisnosti od toga da li je igrač bliže košu pa izvodi slobodno bacanje koje se nalazi na udaljenosti od 4.90 m od koša ili je dalje od koša pa šuta trojku koja se nalazi na 6.75 m od koša (slika 1.). Da bi se postigao ugao ulaska lopte u koš od 48°, pri kome je najveća vjerovatnoća pogotka, optimalan ugao koji ruka zaklapa prilikom šuta kod slobodnog bacanja je 51°, a prilikom šuta za tri poena je 45°.[1]. Ako uzmemo u obzir i visinu igrača dolazimo do sledećih proračuna za slobodna bacanja:

- Igrač visine 162 cm treba izvoditi slobodno bacanje pod uglom od 52.2°
- Igrač visine 172 cm treba izvoditi slobodno bacanje pod uglom od 51.5°
- Igrač visine 182 cm treba izvoditi slobodno bacanje pod uglom od 50.8°
- Igrač visine od 192 cm treba izvoditi slobodno bacanje pod uglom od 50.1°
- Igrač visine od 202 cm treba izvoditi slobodno bacanje pod uglom od 49.4°
- Igrač visine od 212 cm treba izvoditi slobodno bacanje pod uglom od 48.7°

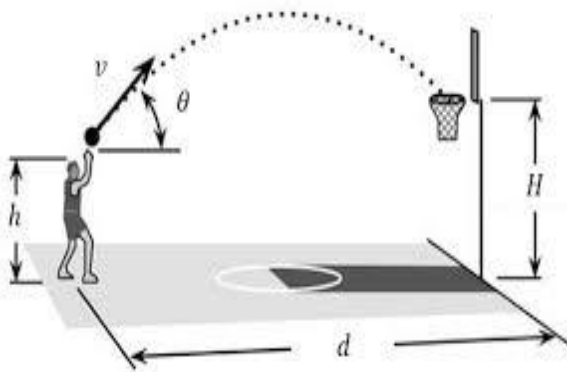
Na slici 1. je prikazan igrač koji izvodi slobodno bacanje. H označava visinu koša, h visinu igrača, d rastojanje između koša i slobodnog bacanja,  $\Theta$  ugao, v je početna brzina i g je gravitaciona konstanta [2]. Početna brzina se računa prema formuli:

$$v = \frac{x}{\cos \theta} \sqrt{\frac{g/2}{x \tan \theta + h - H}} \quad (1)$$

Minimalni ugao potreban za postizanje koša se računa prema formuli:

$$\tan \theta_{min} = \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{-1/2} + \frac{2(H-h)}{d} \quad (2)$$

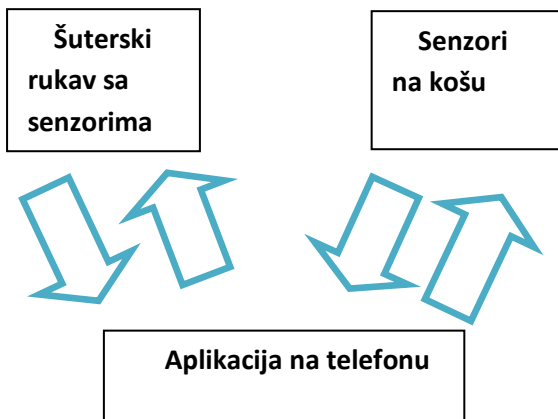
R je poluprečnik obruča i iznosi 0.23 m, r je poluprečnik lopte i iznosi 0.12 m.



Sl. 1. Šutiranje slobodnog bacanja

### III. SKLOP PAMETNOG KOŠARKAŠKOG RUKAVA ZA ŠUTIRANJE

Pametni košarkaški rukav za šutiranje koji se već nalazi na tržištu se sastoji od senzora u rukavu koji su povezani preko bluetooth-a sa aplikacijom na telefonu. Poboljšana verzija rukava bi se sastojala od senzora u rukavu koji bi bili povezani sa aplikacijom pomoću wi-fi i od senzora na košu koji bi bili povezani sa aplikacijom takođe preko wi-fi (slika 2.).



Sl. 2. Strelicama je naznačen smjer komunikacije između dijelova



Sl. 3. Izgled običnog šuterskog rukava

Na slici 3. je prikazan izgled običnog šuterskog rukava, čija je prvobitna uloga da štiti ruku od povreda, u kome bi bili smješteni senzori i napajanje.

### IV. ŠUTERSKI RUKAV SA SENZORIMA

Kao što je ranije naglašeno glavni dijelovi u šuterskom rukavu koji se već nalazi na tržištu su 3 grupe senzora (senzori na šaci, na podlaktici i na bicepsu). Senzori na šaci rade zajedno sa sensorima na podlaktici detektujući da li je ručni zglob pravilno podešen pri izbačaju. U novijoj verziji ti senzori se zadržavaju kao i njihov način rada koji će biti objašnjen kroz par sledećih rečenica, ali umjesto preko bluetooth-a, senzori bi slali podatke preko wi-fi. Nakon što se uporede sa formulom za pravilan šut i pravilnim položajem ruke prilikom šutiranja lopte, pokazuju da li se lopta samo gura pomoću šake ili zglob pravilno prati putanju lopte. Senzori na podlaktici u saradnji sa sensorima na bicepsu šalju informacije o položaju lakta, na osnovu čega se može zaključiti da li se lakat nalazi u pravilnom položaju u odnosu na ostatak ruke ili je previše pomjeren u stranu. Novija verzija rukava bi sadržala mjerač pulsa i zvučnik koji bi emitovao zvuk kada korisnik ne izvede pravilno šut, kao i led diode koje bi zasvijetlile u zelenoj boji ako je šut pravilno izveden, odnosno u crvenoj ako nije. Mjerač pulsa je dodat na originalni rukav iz razloga što djeca mogu biti u kući, navući rukav, uzeti loptu i samo izvoditi pokrete iste kao prilikom šutiranja bez da trener može da provjeri da li su oni stvarno bili napolju i trenirali. Zbog postojanja senzora za mjerenje pulsa na aplikaciji bi se prikazalo koliko se ko umorio i koliko je intezivan trening bio. Još jedna prednost mjerenja pulsa je što u saradnji sa zvučnikom može stvoriti realniji prikaz utakmice. Kada se korisnik dovoljno umori mjerenjem pulsa će to biti prepoznato i to će biti signal zvučniku da krene sa simulacijom buke navijača, što dodatno ometa korisnika da pravilno izvede šut. Zvučnik sa diodama takođe služi da obavijesti korisnika da je završio sa vježbanjem. U aplikaciji prije početka korisnik unese broj šuteva koji želi i kad uputi

zadnji šut diode i zvučnik to jave. Na košu bi bio smješten infracrveni senzor, koji bi javljao da li je lopta prošla kroz obruč. Kada lopta prođe kroz koš a infracrveni snop se prekine, na aplikaciji bi se upisao postignut koš. Razlog za ovaj infracrveni senzor na košu je što su svi ljudi specifični na svoj način i svakome odgovara neka tehnika šuta. Nekome će odgovarati idealna tehnika za njegovu visinu, a nekome položaj ruke neće biti u potpunosti pravilan. Zahvaljujući podacima koliko je lopti prošlo kroz obruč i podacima koliko je puta pravilno šut izveden moći će se uporediti podaci na kraju mjeseca i vidjeti šta svakome više odgovara.

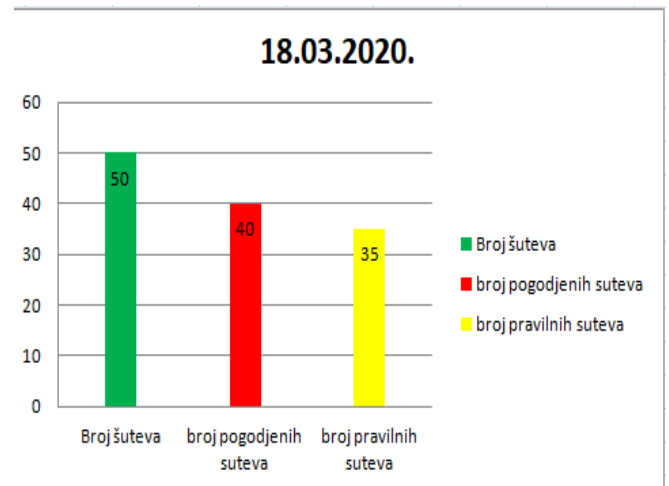
## V. APLIKACIJA NA TELEFONU

Šuterski rukav sa senzorima ne može sam da ponudi povratnu informaciju o pravilnosti izvedenog šuta. Da bi ponudio tu povratnu informaciju potrebno je da šuterski rukav bude povezan preko wi-fi sa aplikacijom koja se nalazi na telefonu ili tabletu. Aplikacija bi se sastojala od dva korisnička naloga. Jedan korisnički nalog koristi igrač koji trenira, a drugi korisnički nalog koristi trener koji bi imao evidenciju svih korisnika rukava. Potrebno je da igrač u svoj korisnički nalog unese odgovarajuće podatke kao što su njegova visina, vrsta treninga koji želi da odraditi, broj šuteva koji želi da izvede tog dana. Na osnovu podataka o visini, vrsti treninga koje korisnik unese, formule o pravilnom šutu i pravilnom položaju ruke prilikom šutiranja lopte koji se već nalaze u aplikaciji izračuna se optimalni ugao šutiranja. Pomenuti senzori prilikom šutiranja šalju prikupljene podatke koji se uporede sa formulama i uglovima koje ponudi aplikacija i na osnovu toga se dobije povratna informacija. Aplikacija bi na mjesečnom nivou obavještavala korisnika gdje je najviše napredovao, a gdje je potrebno povećati intenzitet treninga. Na slici 4. je dat prikaz početnog ekrana aplikacije koju koriste igrači.

Datum:		18.03.2020		
Ime	Prezime	Visina	Vrsta treninga	Broj šuteva
Igor	Popadić	190 cm	Slobodna bacanja	50
Puls	Broj pravilnih šuteva	Broj pogodenih šuteva		
60	35	40		
Procenat pravilnog šuta	Procenat pogodenih šuteva			
70%	80%			

Sl. 4. Početni ekran aplikacije

Kao što se vidi na slici korisnik unese ime i prezime kako bi otvorio personalni nalog koji će moći pogledati i trener, zatim unese svoju visinu i iz opadajućeg menija odabere vrstu treninga kako bi aplikacija mogla izračunati optimalne uglove. Na kraju još unese broj šuteva koji želi da šutne za taj dan i trening može da počne. Nakon što led diode i zvučnik označe kraj treninga, korisnik može da pogleda broj pogodenih šuteva i broj šuteva koje je pravilno šutnuo.

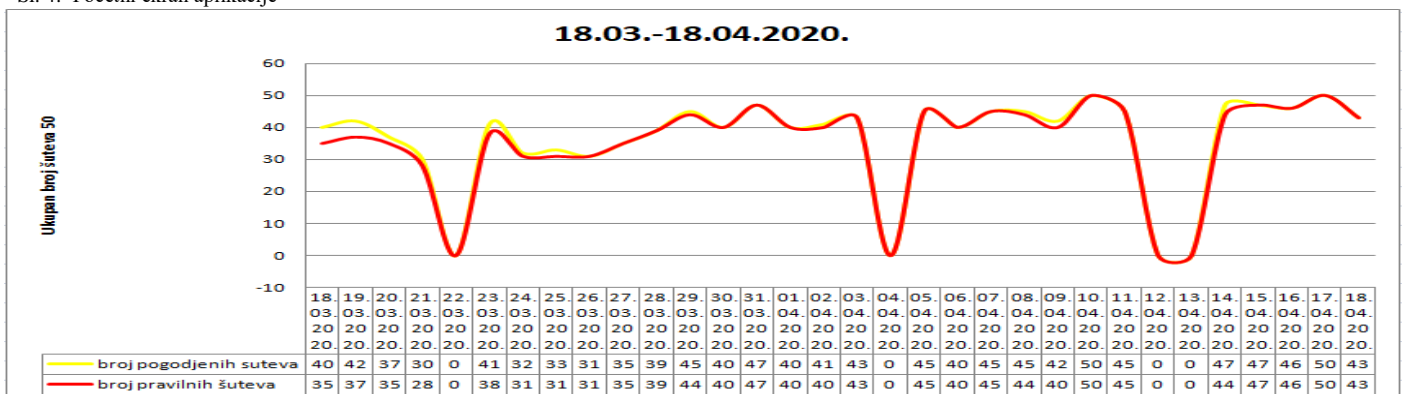


Sl. 5. Prikaz broja šuteva za određeni dan



Sl. 6. Prikaz procenta šuteva za određeni dan

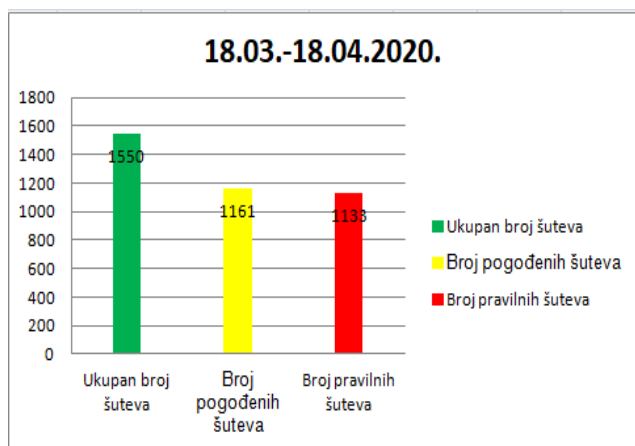
Na slici 5. je prikazan drugi dio menija koji grafički prikazuje broj pogodenih šuteva i broj pravilnih šuteva.



Sl. 7. Prikaz šuteva za mjesec dana

Slika 6. pokazuje odnos tih šuteva i ako je nakon dužeg vremenskog perioda odnos pogođenih šuteva veći od odnosa pravilno izvedenih šuteva, aplikacija će sama napraviti korekcije u svojim formulama dok ne dođe do načina šutiranja koji najbolje odgovara korisniku.

Na slici 7. je prikazano kakav se odnos pogođenih slobodnih bacanja i pravilno šutnutih slobodnih bacanja očekuje nakon mjesec dana korištenja rukava. Sa grafika se može primjetiti da na početku treniranja postoji razlika između pravilno šutnutih bacanja i pogođenih. Onda se broj pogođenih bacanja smanjuje postepeno ali je sve sličniji broju pravilno šutnutih bacanja jer korisnik počinje da razmišlja o formi svog šuta. Pri kraju mjeseca broj pogođenih bacanja je porastao i skoro je identičan broju pravilno izvedenih bacanja. Iz razloga što se trenira napolju, pa radi kiše ili nekih drugih razloga se trening ne može održati, u nekim danima je stavljeno da je broj šuteva 0 jer korisnik nije trenirao.



Sl. 8. Prikaz broja šuteva za mjesec dana



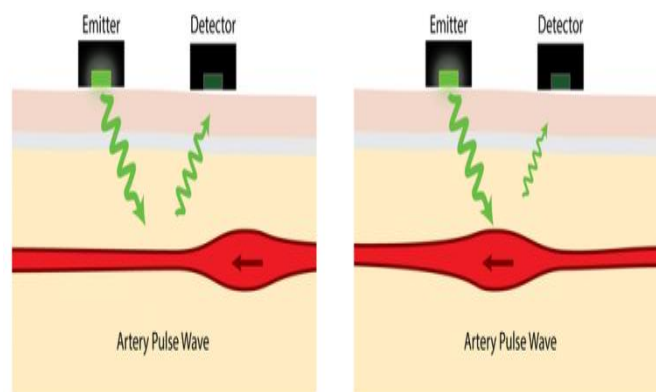
Sl. 9. Prikaz procenta šuteva za mjesec dana

Na slici 8. je prikazano kako to izgleda u aplikaciji. Na slici 9. se vidi da je razlika između broja pogođenih šuteva i broja pravilnih šuteva zanemarljiva. To znači da forma pravilnog šuta odgovara korisniku i nema potrebe za prilagođavanjem.

U slučaju da je razlika velika, aplikacija bi izvršila promjene u svojoj formuli tako što bi se uporedili uglovi pri kojima korisnik pogađa sa onima pravilnog šuta. Korisnički nalog koji koristi trener bi imao na početnoj strani opadajući meni iz koga trener izabere igrača koga želi da pogleda. Nakon odabira na njegovom uređaju bi se prikazalo sve ono što vidi i igrač koji trenira.

## VI. DISKUSIJA

Novina u ovome rukavu kako je naglašeno je senzor koji mjeri puls kod igrača. Ovaj senzor radi na principu svjetla. Ima u sebi diodu koja emituje svjetlost i fotodetektor koji skuplja odbijenu svjetlost (slika 10.). Kada se arterije stežu, odnosno nabubre kao odgovor na pulsirajući krvni pritisak, intenzitet reflektovane svjetlosti raste i opada. Nakon što sakupi svjetlost, fotodetektor proizvede električni signal. Ovaj analogni signal se pretvara u digitalni i male promjene u ovom signalu se koriste da mjere otkucaje srca.



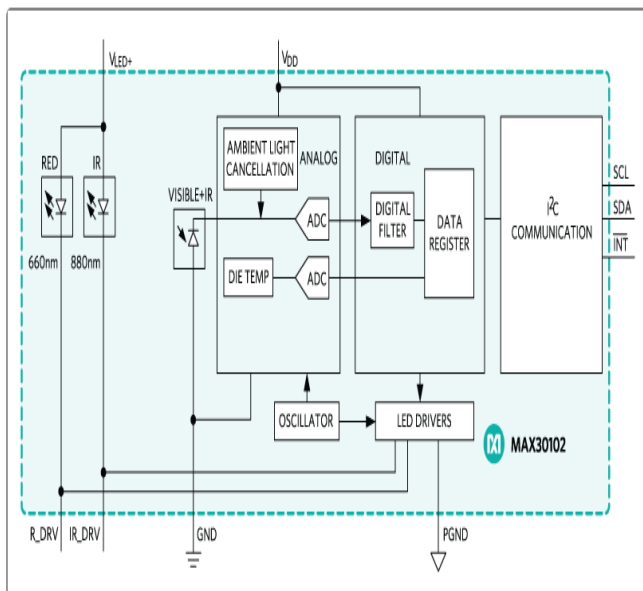
Sl. 10. Princip rada senzora koji mjeri puls

Rukav koji se već nalazi na tržištu daje korisniku informaciju nakon što lopta napusti šaku da li je šut izveo pravilno ili ne. Na osnovu ovoga sprječava se mišićno učenje pogrešnih poza i pokreta. Nedostatak takvog rješenja je što ne znamo intenzitet treninga. Nije isto šutirati na koš prilikom normalnog pulsa i kada igrača sustigne umor kao što je slučaj na utakmici. Uz pomoć senzora koji mjeri puls možemo i to da pratimo. Drugi nedostatak je što ne odgovara svakome isti način šutiranja. Ako igrač pravilno šutira ali ne pogađa dovoljno, onda nešto treba mijenjati. Sa postojanjem senzora na košu koji prati broj pogođenih šuteva može se izračunati forma šuta koja odgovara pojedinačnom igraču. Ova dva rješenja poboljšavaju postojeći pametni šuterski rukav, ali ne otklanjaju u potpunosti probleme. Prilikom šutiranja lopte na koš, položaj ruku i forma šuta je bitna, ali to nije jedina stvar koja utiče na šut. Dio koji se ovdje zanemaruje a isto je važan je položaj nogu prilikom šuta. Treneri imaju naviku da kažu da šut kreće iz nogu i to je istina. Položaj nogu prilikom

zaustavljanja, odraz, to su sve stvari koje su takođe važne. Tako da sledeći korak u unapređenju ovoga sklopa bi bio neki senzor koji prati i položaj nogu.

## VII. SENZOR MAX30102

Kada pričamo o nekim uređajima koje želimo plasirati na tržište uvijek koristimo velike riječi kao što su u ovom slučaju internet stvari [3], pametni uređaj koji sam uči, aplikacija sa personalnim nalogom. To su i dijelovi uređaja na koje se i najviše fokusiramo prilikom razvijanja. Ali treba naglasiti da sve to ne može raditi kako treba bez odabira odgovarajuće tehnologije koja je na prvoj liniji, a to su senzori. Ako je mjerenje koje dobijemo preko senzora netačno onda će naš uređaj pogrešno učiti, pogrešne podatke ćemo skladištiti i koliko god bila personalna aplikacija primamljiva korisniku, na njoj će biti netačne informacije. Zato je bitno prvo odabrati precizan senzor i znati sa kojom on mjernom nesigurnošću mjeri, kako se ponaša u uslovima u kojima radi i šta tačno mjeri. U ovome slučaju važno je da senzor za mjerenje pulsa nudi informaciju koliki je tačno puls igrača, a ne da daje otprilike očitavanja ili da daje samo informaciju puls se povećao. MAX30102(slika 11.) je visokoosjetljivi senzor za mjerenje pulsa. Ovaj senzor se koristi u fitness uređajima koji nose sportisti na zglobu prilikom trčanja i njegove performanse u takvim uslovima su bile zadovoljavajuće. Ovaj model [4] radi na jednom napajanju od 1.8 V i posebnom napajanju od 3.3 V kojim se napajaju unutrašnje led diode. Komunikacija se obavlja preko standardnog I<sup>2</sup>C kompatibilnog interfejsa.



Sl. 11. Blok šema čipa MAX30102

Kako bi bolje pokazali karakteristike ovog senzora možemo ga uporediti sa još jednim senzorom pristupačne cijene. Taj

senzor je SFH 7051 koji takođe mjeri puls pomoću dioda. Razlika između ova dva senzora je u tome što se ovdje koriste zelene diode. Na slici 12. je prikazan dio datasheet-a koji prikazuje talasnu dužinu zelene diode i talasnu dužinu fotodetektora čipa SFH 7051 [5], a na slici 13. je prikazana talasna dužina infracrvene i crvene diode čipa MAX30102 kao i talasna dužina njegovog fotodetektora. Vidimo da je talasna dužina zelene diode manja od talasne dužine i crvene i infracrvene diode. Što se tiče fotodetektora vidimo da fotodetektor kod SFH 7051 ima veću oblast koju pokriva i veći domet.

### Characteristics (T<sub>A</sub> = 25 °C)

Parameter		Symbol	Value	Unit
<b>Green Emitter (single emitter)</b>				
Wavelength of peak emission (I <sub>F</sub> = 20 mA)	(typ.)	λ <sub>peak</sub>	530	nm
<b>Detector</b>				
Photocurrent (E <sub>0</sub> = 0.1 mW/cm <sup>2</sup> , λ = 535 nm, V <sub>R</sub> = 5 V)	(typ.)	I <sub>p,535</sub>	0.42	μA
Wavelength of max. sensitivity	(typ.)	λ <sub>S max</sub>	920	nm
Spectral range of sensitivity	(typ.)	λ <sub>-10%</sub>	400 ... 1100	nm
Radiant sensitive area	(typ.)	A	1.7	mm <sup>2</sup>
Dimensions of radiant sensitive area	(typ.)	L x W	1.3 x 1.3	mm x mm
Dark current (V <sub>R</sub> = 5 V, E <sub>e</sub> = 0 mW/cm <sup>2</sup> )	(typ. (max.))	I <sub>R</sub>	1 (≤5)	nA

Sl. 12. Talasna dužina fotodiode i fotodetektora senzora SFH 7051

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>IR LED CHARACTERISTICS (Note 3)</b>						
LED Peak Wavelength	λ <sub>p</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C	870	880	900	nm
Full Width at Half Max	Δλ	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C	30			nm
Forward Voltage	V <sub>F</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		1.4		V
Radiant Power	P <sub>O</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		6.5		mW
<b>RED LED CHARACTERISTICS (Note 3)</b>						
LED Peak Wavelength	λ <sub>p</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C	650	660	670	nm
Full Width at Half Max	Δλ	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C	20			nm
Forward Voltage	V <sub>F</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		2.1		V
Radiant Power	P <sub>O</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		9.8		mW
<b>PHOTODETECTOR CHARACTERISTICS (Note 3)</b>						
Spectral Range of Sensitivity	λ (QE > 50%)	QE: Quantum Efficiency	600	900		nm
Radiant Sensitive Area	A			1.36		mm <sup>2</sup>
Dimensions of Radiant Sensitive Area	L x W			1.38 x 0.98		mm x mm

Sl. 13. Talasna dužina fotodiode i fotodetektora senzora MAX30102

Iako je jeftiniji senzor SFH 7051 razlog za odabir MAX30102, pored veće talasne dužine dioda je i postojanje  $I^2C$  komunikacije.

Prilikom izbora infracrvenog senzora situacija je prostija, treba nam informacija da li je lopta prošla kroz obruč ili ne. To se može postići sa aktivnim infracrvenim senzorom koji se sastoji iz dva dijela, emitera i prijemnika. Kada se snop svjetlosti između emitera i prijemnika prekine jer lopta prođe kroz obruč, to je signal aplikaciji da je postignut koš. Medjutim i tu treba voditi računa, da li je senzor dobro podešen, da li radi u uslovima u kojima se nalazi. Sva pametna tehnologija je beskorisna ako informacija kojom baratamo nije tačna.

## VIII. ZAKLJUČAK

Kao što je i prethodno naznačeno, ovaj rad nudi rješenja koja bi mogla da unaprijede i otklone nedostatke već postojećeg sistema koji se nalazi na tržištu. Upotrebom senzora na košu i senzora za mjerenje pulsa igrač dobija dodatne informacije u aplikaciji koje bi mu pomogle da napreduje, a u isto vrijeme učinile njegov trening zanimljivijim. Simulacija buke navijača u dvorani pomoću zvučnika, koja bi se aktivirala kada se sportista dovoljno umori daje novu dimenziju njegovom treningu. Priprema ga za realnu situaciju na utakmici što prije nije bilo moguće. Kombinacija ovih senzora, led dioda i zvučnika daje osjećaj kao da igrač ima personalnog trenera na svojoj ruci. Tehnologija sve više postaje dio sporta i ovo je jedan od načina kako iskoristiti šuterski rukav sa kojim su igrači već upoznati, i promijeniti ga da pomogne još više.

## ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju profesoru Marjanu Urekaru na velikoj pomoći i podršci pri izradi ovoga rada. Takođe, veliko hvala cijeloj Katedri za električna merenja na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

## Literatura

- [1] Bob J. Fisher, Straight shooter, Fisher Sharp Shooter, 2018
- [2] <https://arxiv.org/pdf/1702.07234.pdf>
- [3] <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>
- [4] <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30102.pdf>
- [5] <https://docs.rs-online.com/c9d8/0900766b813dd153.pdf>
- [6] <https://www.te.com/usa-en/trends/connected-life-health-tech/sensors-in-sports/sensors-in-basketball.html>
- [7] John J.Fontanella, The Physics of BASKETBALL, Johns Hopkins University Press, 2006
- [8] [https://www.eti.uni-siegen.de/ubicomp/papers/ubi\\_iwoar2018b.pdf](https://www.eti.uni-siegen.de/ubicomp/papers/ubi_iwoar2018b.pdf)

## ABSTRACT

This paper introduces the idea of developing a smart basketball shooting sleeve that would help basketball players during training and coaches to track players progress using the app. A smart shooting sleeve would consist of three connected parts, a sensor on the sleeve, a sensor on the basket and web application.

### Smart basketball shooting sleeve

Igor Popadić, Aleksandar Kostovski, Đorđe Polovina, Igor Milijašević,  
Marjan Urekar, Member, IEEE