

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
Trg mladosti 3, 3320 Velenje  
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

## **ANALIZA GIBANJA ŠPORTNIKA**

Tematsko področje: TEHNIKA

Avtorja:

Sandi Pečečnik, 3. letnik

Gašper Irman, 3. letnik

Mentorja:

Klemen Hleb, dipl. inž. (UN)

Islam Mušič, prof.

Velenje, 2018

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Velenje, Elektro in računalniški šoli.

Mentorja: Klemen Hleb, dipl. inž. (UN)

Islam Mušić, prof.

Datum predavitve:

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD ŠC Velenje, šolsko leto 2017/2018

KG Šport / analiza / statistika / signali

AV Sandi Pečečnik / Gašper Irman

SA Klemen Hleb / Islam Mušič

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2018

LI 2018

IN **ANALIZA GIBANJA ŠPORTNIKA**

TD Raziskovalna naloga

OP X, 41 str., 3 pregl., 26 sl., 55 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI Živimo v času, ko se vsi klubi trudijo biti najboljši, najuspešnejši,... Njihov cilj pa je premagati druge. Dandanes poznamo razne sisteme za spremljanje statistik in napredkov športnikov, a so vsi takšni sistemi zelo dragi in kdaj pa kdaj na določenih področjih tudi ne preveč uspešni. Zato sva si zadala cilj, da v raziskovalni nalogi zasnujemo in izdelava pas za spremljanje statistike športnikov, ki bo omogočal preprosto, učinkovito ter cenejše spremljanje treningov. S tem bi spremljanje napredka z najrazličnejšimi podatki (hitrost, pretečena razdalja, srčni utrip,...), ki jih brez podobnih sistemov zdaj med treningi ne morejo določiti, omogočila tudi manjšim klubom. Sistem, ki sva ga ob nastajanju raziskovane naloge razvila, omogoča spremljanje trenutne lokacije športnika na igrišču, njegove pospeške, srčni utrip, lokacije kjer se največkrat zadržuje, izračun porabljenih kalorij,... Med zasnovo sistema sva naletela na več različnih pristopov k spremljanju statistik. V raziskovalni nalogi sva raziskovala in opisala težave, prednosti in slabosti raznih načinov lociranja igralca, merjenja in prenosa podatkov, obdelavo le-teh teh katere komponente so najbolj učinkovite in natančne za uporabo v takšnem sistemu.

**KEY WORD DOCUMENTATION**

ND ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2017/2018

CX Sports / analysis / statistics / signals

AU Sandi Pečečnik / Gašper Irman

AA Klemen Hleb / Islam Mušič

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2018

PY 2018

TI **MOVEMENT ANALYSIS OF SPORTSMAN**

DT Research work

NO X, 41 p., 3 tab., 26 fig., 55 ref.

LA sl

AL sl / en

AB We live in time, when all the clubs try to be the best, the most successful,... and to beat others. Nowadays we know various systems for monitoring the statistics and progress of athletes; but all of that systems are very expensive and sometimes they are now very accurate. That is why we wanted to design a belt for monitoring the statistics of athletes. We wanted our system to enable simple, cheaper and efficient training monitoring. With system like that, monitoring of progress with various data could be brought to smaller clubs, that can not monitor such statistics without system like that. The system, which we developed at the time of our research, allows us to monitor the current position of the athlete on the field, athlete's acceleration, heart rate and locations where player is most often positioned. System also calculates calories burned during training. During development of the system, we encountered several different approaches to monitor statistics. In the research project, we investigated and described the problems, advantages and disadvantages of various ways of locating a player, measuring and transmitting data. We also described the most efficient way of processing data and which of the components are the most effective and precise for use in such system.

## Kazalo vsebine

1.	Uvod	1
1.1.	Hipoteze	1
2.	Pregled stanja tehnike	2
2.1.	Pregled obstoječih rešitev	2
2.1.1.	Catapult	2
2.1.2.	Bellabeat	3
2.1.3.	Stats	4
2.1.4.	STATSports	6
2.1.5.	Garmin tek	6
2.2.	Delovanje lastnega izdelka	7
2.3.	Pregled uporabljenih elementov	8
2.3.1.	Wi-Fi modul ESP 8266	8
2.3.2.	Wi-Fi modul RTL 8710	9
2.3.3.	DW 1000	10
2.3.4.	Arduino Nano	10
2.3.5.	Raspberry Pi	12
2.3.6.	Žiroskop in merilnik pospeškov MPU 6050	13
2.3.7.	Senzor srčnega utripa	14

2.4.	Pregled uporabljene programske opreme	16
2.4.1.	Apache	16
2.4.2.	MySQL	17
2.4.3.	PHP	18
2.4.4.	Arduino IDE	19
2.4.5.	Ubuntu	19
3.	Metode dela	20
3.1.	Določanje lokacije z Wi-Fi modulom	20
3.2.	Ocenjevanje pozicije z DWM 1000 modulom	24
3.3.	Spletni strežnik	28
3.4.	Prenašanje podatkov	29
3.5.	Preverjanje zmogljivosti podatkovne baze	29
3.6.	Dodajanje ostalih funkcij	31
4.	Rezultati in razprava	32
4.1.	Pregled hipotez	32
4.2.	Možne izboljšave	34
5.	Zaključek	34
6.	Zahvala	36
7.	Viri in literatura	37

## Kazalo slik

Slika 1: Izdelki podjetja Catapult	3
Slika 2: Obesek Bellabeat	3
Slika 3: Postavitev kamer sistema Stats	4
Slika 4: Pregled podatkov na sistemu Stats	5
Slika 5: Izdelek podjetja STATSports	6
Slika 6: Wi-Fi modul za Arduino – ESP 8266	8
Slika 7: Razporeditev priključkov	9
Slika 8: Realtek RTL 8710	9
Slika 9: Čip modula DW 1000	10
Slika 10: Arduino Nano	11
Slika 11: Razporeditev in uporaba priključkov mikrokrmilnika Arduino Nano	12
Slika 12: Raspberry Pi	13
Slika 13: Žiroskop in merilec pospeškov MPU 6050	14
Slika 14: Senzor srčnega utripa RB-Spa-773	14
Slika 15: Primerne točke za pritrditev elektrod za merjenje srčnega utripa	15
Slika 16: Logotip Apache	16
Slika 17: Logotip MySQL	17
Slika 18: Logotip PHP	18

Slika 19: Logotip Arduino IDE	19
Slika 20: Logotip Ubuntu	20
Slika 21: Vezava Arduina in Wi-Fi modula ESP 8266	22
Slika 22: Modul DWM 1000, na levi brez zaščitnega pokrovčka	24
Slika 23: Povezava med Arduinom in čipom DWM 1000	25
Slika 24: Modul EVK 1000	26
Slika 25: Del statistike uporabe podatkovne baze	30
Slika 26: Povezava žiroskopa z Arduinom	31

## **Kazalo tabel**

Tabela 1: Povezava Arduina z Wi-Fi modulom ESP 8266 .....	23
Tabela 2: Povezave Arduina in čipa DWM 1000 .....	25
Tabela 3: Povezava Arduina in žiroskopa .....	32

## **Kazalo enačb**

Enačba 1: Računanje polmera prve trilateracijske krožnice .....	21
Enačba 2: Računanje polmera druge trilateracijske krožnice .....	21
Enačba 3: Računanje polmera tretje trilateracijske krožnice .....	21
Enačba 4: Določanje koordinate x po trilateracijskem postopku .....	22



Enačba 5: Določanje koordinate  $y$  po trilateracijskem postopku ..... 22

Enačba 6: Pretvorba moči signala v oddaljenost ..... 23

## Uporabljene kratice

**ŠC** – Šolski center

**mAh** – Miliamperskih ur

**GPS** – Global Positioning System

**GNSS** - Global Navigation Satellite System

**GHz** – Gigahertz

**Mb/s** – Megabiti na sekundo

**IEEE** – Institute of Electrical and  
Electronics Engineers

**V** – Volt

**KB** – Kilobajt

**MB** – Megabajt

**LED** – Light Emitting Diode

**IDE** – Integrated Development  
Environment

**RAM** – Random Access Memory

**MAC** – Media Access Control Address

**MHz** – Megahertz

**KHz** – Kilohertz

**m** – Metri

**mm** – Milimetri

**dB** – Decibel

**mA** – Miliamperi

**°C** – Stopinje Celzija

**dipl. inž.** – Diplomirani inženir

**ISBN** – International Standard Book  
Number

## 1. Uvod

Živimo v času, ko se vsi klubi trudijo biti najboljši, najuspešnejši,... Njihov cilj pa je premagati druge. Dandanes poznamo razne sisteme za spremljanje statistik in napredkov športnikov, a so vsi takšni sistemi zelo dragi in kdaj pa kdaj na določenih področjih tudi ne preveč uspešni. Zato sva si zadala cilj, da v raziskovalni nalogi zasnujemo in izdelava pas za spremljanje statistike športnikov, ki bo omogočal preprosto, učinkovito ter cenejše spremljanje treningov. S tem bi spremljanje napredka z najrazličnejšimi podatki (hitrost, pretečena razdalja, srčni utrip,...), ki jih brez podobnih sistemov zdaj med treningi ne morejo določiti, omogočila tudi manjšim klubom. Sistem, ki sva ga ob nastajanju raziskovane naloge razvila, omogoča spremljanje trenutne lokacije športnika na igrišču, njegove pospeške, srčni utrip, lokacije kjer se največkrat zadržuje, izračun porabljenih kalorij,... Med zasnovo sistema sva naletela na več različnih pristopov k spremljanju statistik. V raziskovalni nalogi sva raziskovala in opisala težave, prednosti in slabosti raznih načinov lociranja igralca, merjenja in prenosa podatkov, obdelavo le-teh teh katere komponente so najbolj učinkovite in natančne za uporabo v takšnem sistemu.

### 1.1. Hipoteze

Pred začetkom raziskovanja sva si zadala sledeče hipoteze:

1. Na trgu že obstajajo podobne naprave za spremljanje statistik in napredkov športnikov.
2. Vsaj tri nogometne ekipe prve slovenske lige uporabljajo tehnološke pripomočke za spremljanje napredka igralca na treningu.
3. Možno je izdelati napravo, ki ima večjo natančnostjo določanja lokacije na igrišču od 30 cm.
4. Možno je izdelati napravo, ki lokacije in druge parametre določa dovolj hitro, da omogoča pregled podatkov v živo.

5. Naprava, ki je napajana iz akumulatorja s kapaciteto 3000 mAh lahko nemoteno obratuje vsaj 4 ure.

## **2. Pregled stanja tehnike**

Ob ustvarjanju raziskovalne naloge, sva se najprej odločila, da pregledava že obstoječe rešitve in sisteme, ki bi omogočali spremljanje statistike in napredkov športnika. Sisteme, ki sva jih našla, sva opisala v nadaljevanju.

### **2.1. Pregled obstoječih rešitev**

Preden sva se lotila razvoja svoje naprave, sva pregledala že obstoječe rešitve in podobne sisteme, ki so na voljo na trgu. Našla sva kar nekaj zelo dobrih rešitev za lociranje igralcev ter spremljanje statistik. Najdene sisteme lahko razdelimo v dve skupini glede na to, kako spremljajo statistike igralcev. Ena skupina nam predstavlja naprave, ki informacije pridobivajo s kamerami, druga pa nam predstavlja naprave, ki jih igralci nosijo med igro.

#### **2.1.1. Catapult**

Podjetje Catapult ponuja napravo podobno izdelku najine raziskovalne naloge. Za lociranje igralcev uporablja satelite GPS. Naprava ima senzorje za srčni utrip in pospeške gibanja. Razvili so svoje vezje, na katerem temeljijo njihove naprave.

Catapult ponuja več različnih izdelkov, ki se razlikujejo po natančnosti meritev. Njihov najbolj napreden je sistem Clearsky T6. To je brezžični lokacijski sistem, namenjen lociranju na manjšem območju, kot je igrišče. Omogoča določanje pozicije igralca z natančnostjo 50 cm. Poleg tega ponujajo tudi Optimeye S5, ki lokacijo igralca določa s sistemom GNSS (Global Navigational Satellite System).



Slika 1: Izdelki podjetja Catapult

### 2.1.2. Bellabeat

Podjetje Bellabeat je bilo ustanovljeno leta 2014. Ukvarja se z izdelavo pametnega nakita. Takšen nakit omogoča informiranje uporabnikov o njihovem zdravju, porabljenih kalorijah, prehojenih razdaljah, kakovosti njihovega spanja in srčnih utripih. Obeski niso namenjeni temu, da bi spremljali statistike športnikov. S pomočjo teh informacij lahko uporabniki bolje skrbijo za kakovost svojega spanja, življenja in prehrane.

Uporabniku skozi aplikacijo na mobilnem telefonu omogoča nastavljanje dnevnih ciljev za porabljene kalorije in prehojene razdalje. Poleg tega, je v aplikaciji vgrajena tudi »pametna budilka«, ki omogoča bujenje takrat, ko je uporabnik v temu primerni fazi spanja. Posledično je zbujanje uporabniku lažje in bolj prijetno.



Slika 2: Obesek Bellabeat

Cene Bellabeatovih naprav se gibljejo od 119 € za najcenejši obesek, do 199 € za najdražjega.

Soustanoviteljica podjetja Bellabeat je Slovenka, Urška Sršen.

### 2.1.3. Stats

Podjetje Stats ponuja napredne kamere ter programsko opremo, s katero lahko merijo hitrost teka igralcev, čas posesti žoge, število podaj in zadetkov, hitrost žoge,... Na sliki 3 lahko vidimo postavitev njihovega sistema kamer.



*Slika 3: Postavitev kamer sistema Stats*

Programska oprema deluje s pomočjo umetne inteligence. Njihovo programsko opremo lahko vidimo na sliki 4.



Slika 4: Pregled podatkov na sistemu Stats

Umetna inteligenca se uporablja v vseh najpomembnejših področjih za analiziranje podatkov, ustvarjanje novih algoritmov in podatkovnih baz. Deluje na principu algoritmov, ki se »učijo« glede na že pridobljeno znanje. Osnovni namen takih algoritmov je modeliranje pojavov iz podatkov, to pomeni, da takšnih algoritmov ne zapisujemo na »standardni« način z zapisom vseh korakov in postopkov, kako naj program pride do določenega rezultata. Algoritme umetne inteligence zapisujemo tako, da računalniku ustrezno pripravimo podatke, iz katerih bo iskal vzorce in mu »povemo«, kakšen rezultat želimo. Računalnik se tako uči in razvija, brez da bi bil programiran za vsako posamezno funkcijo, saj uporablja že prej pridobljeno znanje iz podatkov. To znanje razvija in uporablja za pridobivanje novih podatkov in zato, da se sam nauči izvajati določene funkcije, ki jih želimo.

#### 2.1.4. STATSports

STATSports je podjetje, ki ponuja izdelke namenjene lociranju igralcev na igrišču pri različnih športih. Najbolj se posvečajo nogometu, ameriškem nogometu, košarki, hokeju ter atletiki. Njihov trenutno najnovejši izdelek je Apex, ki omogoča spremljanje pretečene razdalje, trenutno hitrost, največjo hitrost, število »sprintov«, pospeškov, srčnega utripa ter sile ob teku.



*Slika 5: Izdelek podjetja STATSports*

Apex uporablja tako GPS kot MAPPS, ki deluje kot pomoč GPS tehnologiji ter omogoči natančnejše meritve lokacije. Vsebuje tudi Bluetooth, s katerim se lahko poveže z drugimi napravami kot so na primer športne zapestnice in biosenzorji.

#### 2.1.5. Garmin tek

Garmin tek proizvaja športne ure, ki so prilagodljive športniku. Ure so primerne za različne športe. Ne glede na izbrani šport ura spremlja srčni utrip in pretečeno razdaljo ter lokacije športnika. Posebej prilagodljive so za triatlon. Dražji modeli vsebujejo dodatne funkcionalnosti, kot so brezstično plačevanje, predvajalnik glasbe, kompas, žiroskop, prikaz



obvestil s telefona, navigacija, merjenje kisika v krvi, štetje korakov, računanje porabljenih kalorij, zemljevidi in senzorji za potapljače, ki prikazujejo globino, čas potopa, temperaturo vode, hitrost potapljanja, čas brez dekompresije in informacije o dekompresijskem postanku.

Cene Garminovih ur se gibljejo od 130 € za najcenejšo, do 999 € za najdražji model.



## 2.2. Delovanje lastnega izdelka

Po pregledu objav in že obstoječih rešitev, sva izbrala komponente, ki bi bile primerne za uporabo v najinem sistemu.

Sistem za spremljanje statistik športnikov sva nadgrajevala s pomočjo že obstoječih sistemov na trgu. Najin izdelek je v obliki pasu, ki si ga športnik pritrdi pred začetkom treninga ali tekme. Pas sprejema signale treh stacionarnih točk lociranih okoli igrišča, ter tako določa lokacijo igralca. Ko izmeri tudi ostale parametre, jih pošlje na eno izmed stacionarnih točk, ki ima tudi povezavo Wi-Fi. Tam se podatki pretvorijo v ustrezno obliko za shranjevanje v podatkovni bazi, kriptirajo ter prenesejo na strežnik.

Na strežniku je uporabnikom (trenerjem in igralcem) omogočen vpogled v statistike in zbrane podatke. Trenerju je omogočen pogled vseh podatkov celotne ekipe, igralcem pa le pogled lastnih podatkov.

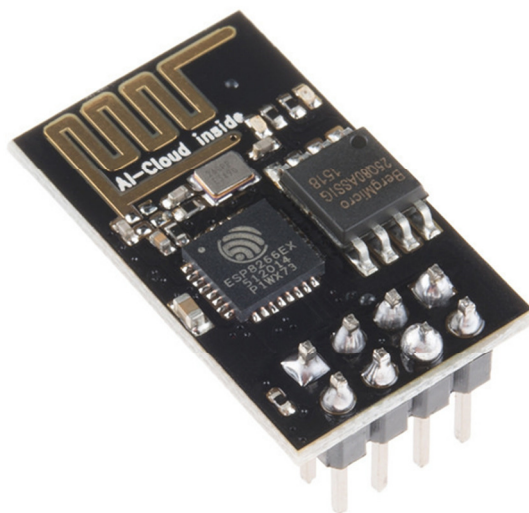
## 2.3. Pregled uporabljenih elementov

V sledečem delu bova opisala uporabljene elemente ter razloge za njihov izbor in uporabo v najinem končnem izdelku. Predstavila bova tudi funkcije, ki jih izbrani elementi v končnem izdelku opravljajo.

### 2.3.1. Wi-Fi modul ESP 8266

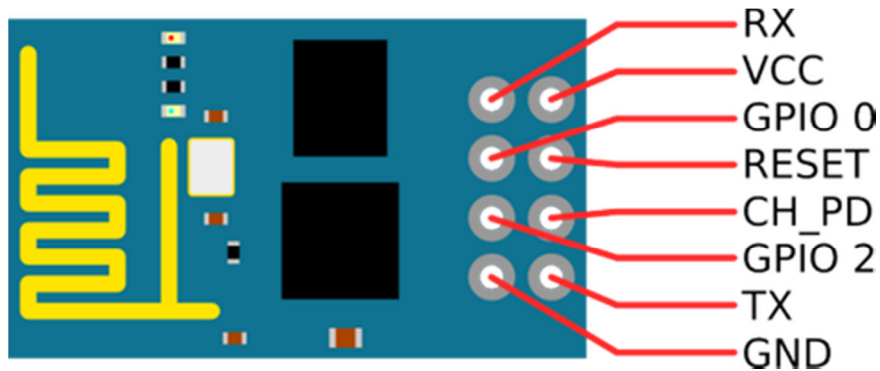
Za Arduino Wi-Fi modul sva izbrala čip ESP 8266. Ta modul je relativno preprost za uporabo. Najprej sva ga želela uporabiti za določanje lokacije igralca, vendar sva ugotovila, da so variacije v signalu prevelike za natančno merjenje. Velik vpliv na moč signala je imela tudi okolica, saj se je signal odbijal od različnih predmetov.

Čip omogoča tudi nalaganje in izvajanje kode na njem.



Slika 6: Wi-Fi modul za Arduino – ESP 8266

Čip ESP 8266 ima procesno enoto z hitrostjo 80 MHz. Ima 64 KB delovnega pomnilnika ter že vgrajeno anteno, da se lahko poveže na Wi-Fi omrežje ali ustvari Wi-Fi dostopno točko. ESP 8266 ima 8 vhodno-izhodnih priključkov, katerih razporeditev je na sliki 7.



Slika 7: Razporeditev priključkov

### 2.3.2. Wi-Fi modul RTL 8710

RTL 8710 je Wi-Fi modul podjetja Realtek. Namenjen je izdelavi naprav z možnostjo povezljivosti na internet.

Ima 1 MB pomnilnika namenjena nalaganju programa in 512 KB RAM pomnilnika. Za programiranje tega modula se uporablja Realtekovo programsko razvojno okolje.

Modul ima 17 digitalnih vhodno – izhodnih priključkov, omogoča pa do tri serijske komunikacije in štiri izhode z možnostjo moduliranja širine signala. Hitrost Wi-Fi povezljivosti dosega do 150 Mb/s. Modul deluje na frekvenci 2,4 GHz. Izhodna moč signala je 17 dB.

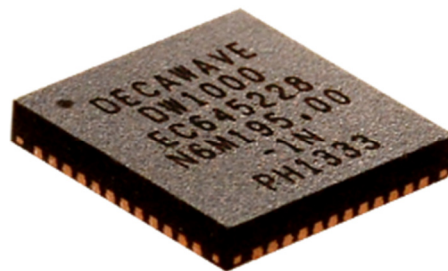


Slika 8: Realtek RTL 8710

Ugotovila sva, da je primernejši za uporabo v najini raziskovalni nalogi prvi predstavljen Wi-Fi modul, to je ESP 8266, saj ima RTL 8710 več vhodno – izhodnih priključkov, ki jih ne bi uporabila. Prav tako je priklop modula ESP 8266 lažji.

### 2.3.3. DW 1000

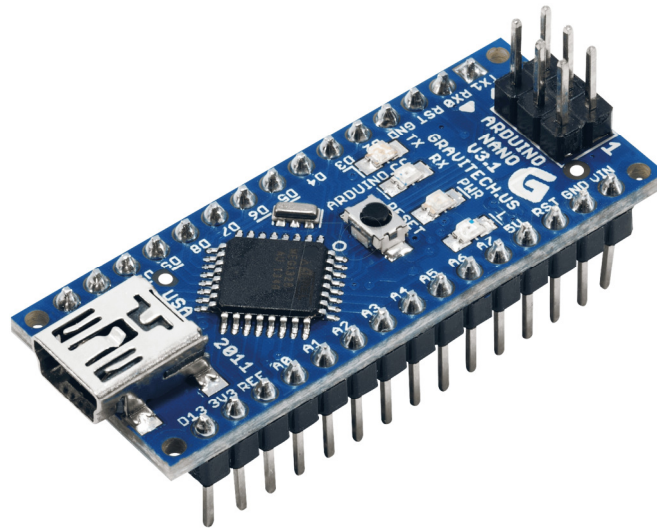
DW 1000 je oddajno – sprejemni modul, ki ga je razvilo podjetje DecaWave. Modul je namenjen uporabi v sistemih za določanje lokacij. Deluje tako na prostem, kot tudi v zaprtih prostorih. Proizvajalec navaja natančnost na 10 centimetrov. Modul omogoča uporabo šestih ultra širokopasovnih frekvenc od 3,5 GHz do 6,5 GHz. Omogoča tudi prenos podatkov s hitrostjo do 6,8 Mb/s. Prav tako je združljiv s standardom IEEE 802.15.4-2011.



*Slika 9: Čip modula DW 1000*

### 2.3.4. Arduino Nano

Arduino Nano je odprtokodni mikrokontroler podjetja Arduino. Namenjen je predvsem učenju uporabe mikrokontrolerov. Seveda se uporablja tudi v drugih sistemih in napravah. Deluje na napetosti 5 V, kar pomeni, da ima napetost na vseh izhodih 5 V. Ima 32 kB pomnilnika namenjenega shranjevanju kode. Uporablja mikroprocesor ATmega 328, ki deluje na frekvenci 16 MHz.

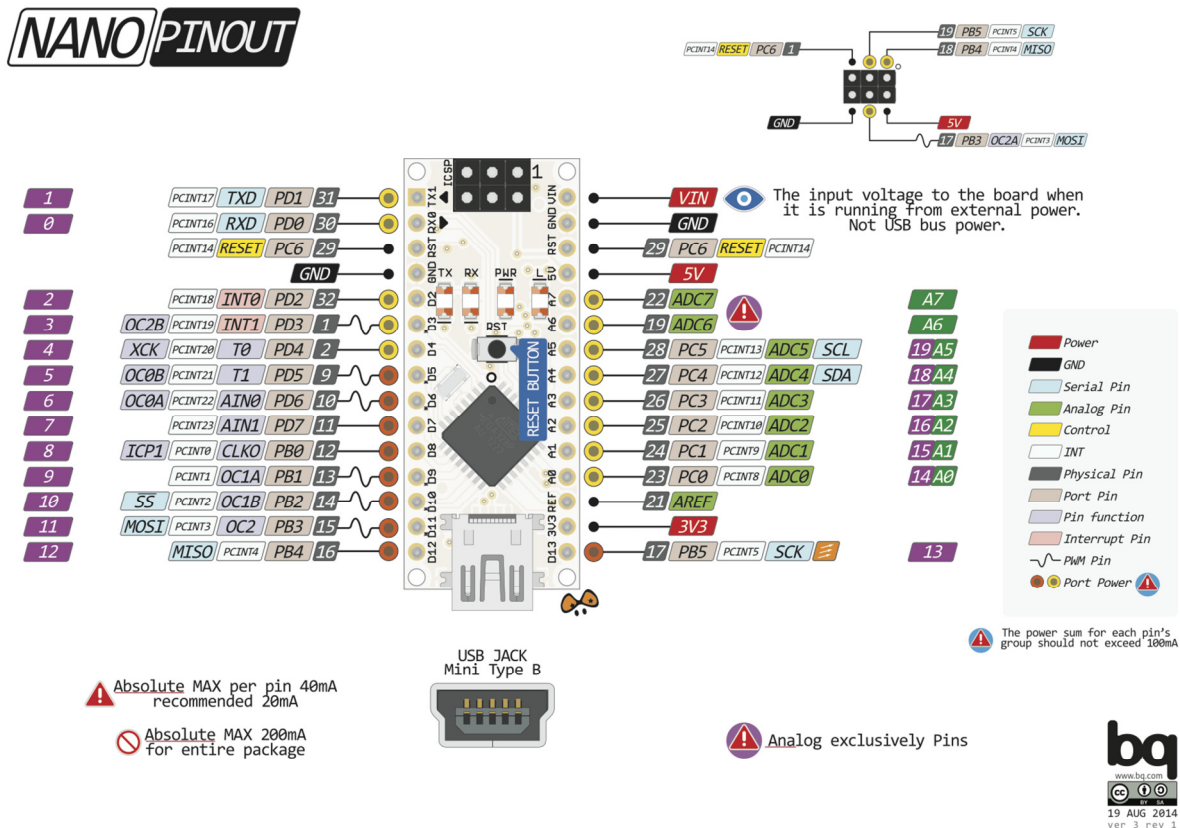


Slika 10: Arduino Nano

Arduino Nano ima 8 analognih vhodov in 22 digitalnih vhodno-izhodnih priključkov. Osem od vhodno – izhodnih priključkov podpira pulzno širinsko modulacijo signala.

Mikrokontroler ima dimenzije 18 mm x 45 mm ter tehta 7 gramov. Zaradi njegove majhnosti in cenovne ugodnosti je dobra izbira za veliko amaterskih projektov, vključno z najinim.

Arduino Nano ima poleg analognih in digitalnih priključkov tudi priključke, ki so namenjeni napajanju (3,3 V in 5 V) ter priključke z 0 V. Celotna razporeditev priključkov je vidna na sliki 11.



Slika 11: Razporeditev in uporaba priključkov mikrokrmilnika Arduino Nano

### 2.3.5. Raspberry Pi

Raspberry Pi je mikrokrmilnik v enotnem vezju, ki se lahko uporablja za zelo različne namene. Najpogosteje je to takrat, ko potrebujemo cenejši mikrokrmilnik ali manjši računalnik. Tako nam lahko Raspberry Pi služi kot multimedijski predvajalnik, Wi-Fi dostopna točka, preprostejši strežnik, za testiranje programov, krmiljenje in upravljanje naprav ter razne meritve.

Raspberry Pi je bil razvit v Združenem kraljestvu leta 2012. Namenjen je predvsem spodbujanju poučevanja osnov računalništva v vseh šolah, predvsem tudi v državah v razvoju. Raspberry Pi fundacija pravi, da so jih do konca aprila 2016 prodali več kot 10 milijonov, zaradi česar je najboljše prodajani britanski računalnik.



*Slika 12: Raspberry Pi*

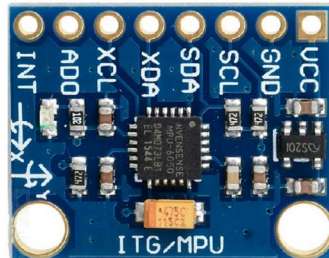
Pri izdelavi izdelka za najino raziskovano nalogo, sva se odločala, katerega od prej predstavljenih krmilnikov bi uporabila. Odločila sva se za Arduino, saj ima poleg digitalnih tudi analogne vhode, ki jih na krmilniku Raspberry Pi ni. Pri izdelavi najinega izdelka pa ne potrebujeva dodatnih priključkov, kot so USB. Z uporabo Arduina bova tako prihranila prostor v ohišju naprave.

### **2.3.6. Žiroskop in merilnik pospeškov MPU 6050**

Žiroskop je naprava za merjenje relativne orientacije ter usmerjenih pospeškov. Uporablja se v skoraj vseh pametnih telefonih, letalih, boljših dronih ter drugih napravah, ki potrebujejo uravnavanje smeri.

Za žiroskop, ki sva ga uporabila v svojem izdelku, sva izbrala MPU 6050. MPU 6050 poleg funkcij žiroskopa omogoča tudi merjenje pospeškov. Pri izdelavi pasu za športnike sva bolj potrebovala merjenje pospeškov kot nagibov, zato sva MPU 6050 uporabila le za merjenje in spremljanje pospeškov športnika. Ta žiroskop ima 3 osi za merjenje pospeškov ter orientacije.

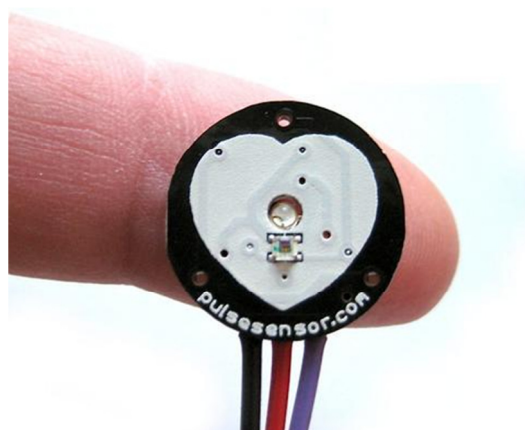
Uporabljen žiroskop vidimo na sliki 13.



Slika 13: Žiroskop in merilec pospeškov MPU 6050

### 2.3.7. Senzor srčnega utripa

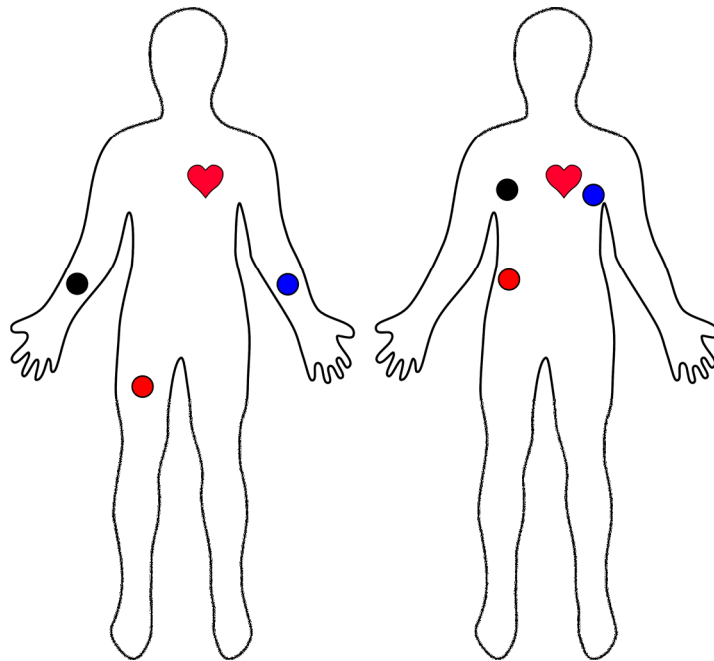
Pri izbiri senzorja za srčni utrip pa nisva našla popolne rešitve. Najprej sva izbrala senzor srčnega utripa RB-Spa-773. To je senzor srčnega utripa, ki je namenjen priključitvi na Arduino. Deluje s pomočjo svetlobe LED diode, ki osvetli kožo (najbolje nad žilo, na prstu ali na ušesu) in meri spremembe v odtenku odboja. Glede na zaznane spremembe pa izračuna srčni utrip. Pri uporabi tega senzorja sva ugotovila, da veliko motenj v njegovem delovanju povzročajo premiki osebe, katere srčni utrip želimo izmeriti. Prav tako pa bi športnika oviral, če bi bil pritrjen na prst ali uho. Opisan optični senzor srčnega utripa je viden na sliki 14..



Slika 14: Senzor srčnega utripa RB-Spa-773



Zato sva nadaljevala z iskanjem druge rešitve za merjenje srčnega utripa. Naletela sva tudi na senzorje, ki merijo srčni utrip s pomočjo treh elektrod, od katerih sta 2 pritrjeni na prsni koš, tretja pa nad kolenom, saj predstavlja ničelno točko oziroma ničelni električni potencial za meritve. Težava pri uporabi takšnih elektrod za merjenje srčnega utripa nastane pri žicah, saj bi igralca ovirale med tekom. Prav tako bi lahko prišlo do slabših meritev zaradi znojenja pod elektrodami. Možno je, da bi se med tekom in znojenjem celo odlepile. Možnosti, kamor lahko prilepimo elektrode vidimo na sliki 15. V obeh primerih rdeča elektroda predstavlja ničelni potencial.



*Slika 15: Primerne točke za pritrditev elektrod za merjenje srčnega utripa*

## 2.4. Pregled uporabljene programske opreme

V sledečem delu bova opisala uporabljeno programsko opremo, razlog za uporabo ter namen vsake uporabljene programske opreme v najinem izdelku.

### 2.4.1. Apache

Apache je odprtokodni spletni strežnik, ki deluje na več operacijskih sistemih. Razvila ga je skupnost programerjev, ki ni delovala pod nobeno družbo. Na operacijskem sistemu Windows Server potrebujemo za Apache licenco, na operacijskih sistemih Linux pa ne. Zaradi tega je postala kombinacija uporabe Linux – Apache zelo popularna. Pravzaprav je postala tako popularna, da je dandanes Apache najbolj popularen spletni strežnik. Danes ga uporablja vsaj 46 % aktivnih spletnih strani.

Apache je del paketa programov XAMPP ali LAMP. Njihova uporaba je preprosta in prijazna tudi do uporabnikov z manj izkušnjami glede nameščanja strežnikov, saj vključuje že vse osnovne funkcije strežnika (Apache, MySQL, PHP in strežnik FileZilla FTP).

Spletni strežnik Apache omogoča uporabo navideznih gostiteljev. To so nastavitve, s pomočjo katerih spletni strežnik loči posamezne spletne strani in domene. To funkcijo uporabljamo za gostovanje več spletnih strani na enem Apache strežniku.



Slika 16: Logotip Apache

## 2.4.2. MySQL

MySQL je odprtokodni sistem za upravljanje s podatkovnimi bazami. Je najbolj razširjeno strežniško orodje za upravljanje in gostovanje podatkovnih baz. Napisan je v programskem jeziku C++ ter je del paketa programov XAMPP ali LAMP. Uporablja ga veliko podjetij, med njimi so tudi Google, Facebook, Twitter, YouTube,...

MySQL za pregled, spreminjanje ter dodajanje vnosov uporablja skriptni jezik. Ta jezik ima več funkcij, najbolj uporabljene med njimi so »select«, »delete«, »insert« in »replace«.

Funkcija »select« ali »izberi« se uporablja za pridobivanje vrednosti enega ali več vnosov v tabeli. S funkcijo »delete« ali »izbriši« izbrišemo enega ali več vnosov v tabeli, »insert« ali »vstavi« uporabljamo za dodajanje novih vnosov v tabelo, »replace« ali »zamenjaj« pa spremeni vrednost vnosa v tabeli.



Slika 17: Logotip MySQL

### 2.4.3. PHP

PHP je odprtokodni skriptni jezik, ki se uporablja za razvoj spletnih aplikacij. Je strežniški skriptni jezik, torej se izvaja na spletnem strežniku, kot je na primer Apache.

Leta 1995 ga je razvil danski programer Rasmus Lerdorf. Uporablja se za povezovanje spletne strani s strežnikom. Namenjen je ustvarjanju dinamičnih spletnih strani. Trenutna najnovejša različica jezika je PHP 7, ki je bila izdana med letoma 2014 in 2015.

Kratice PHP je včasih pomenila »Personal Home Page« ali osebno domačo stran, danes pa kratice pomeni »Hypertext Preprocessor« ali procesor hiperbesedila.

Kodo v skriptnem jeziku PHP lahko pišemo poleg kode HTML spletne strani. V tem primeru jo začnemo z značko »<?php«, končamo pa z uporabo značke »?>«.



*Slika 18: Logotip PHP*

#### 2.4.4. Arduino IDE

Arduino IDE je okolje za programiranje Arduino mikrokontrolerov. Omogoča pisanje kode ter nalaganje le-te na mikrokontroler. To okolje sva uporabljala tudi za programiranje Wi-Fi modula ESP 8266 in Arduina, kamor sva kasneje povezala module DWM 1000.

Okolje je brezplačno in ponuja nekaj že pripravljenih vzorčnih programov. Dodano ima tudi možnost namestitve preverjenih ali zunanjih knjižnic.



*Slika 19: Logotip Arduino IDE*

#### 2.4.5. Ubuntu

Ubuntu je odprtokodni operacijski sistem. Je distribucija Linuxa, ki je tudi najbolj razširjena. Uporablja zelo malo računalniških virov, kot sta procesor in pomnilnik, zato je primeren za gostovanje strežnikov. Ubuntu ponuja bolj stabilno okolje kot Windows, kar je za strežnik še posebej pomembno. Za uporabo pri gostovanju strežnikov pa je primeren tudi zato, ker je brezplačen. Ob namestitvi pa so dodane tudi vse osnovne programske funkcije za uporabo.

Poleg običajnega operacijskega sistema Ubuntu, obstaja tudi različica Ubuntu Server. Različici se razlikujeta po tem, da je strežniška brez privzetega in pred nameščenega grafičnega uporabniškega vmesnika, ki ga je možno dodati tudi kasneje. V preteklosti sta različici uporabljali tudi drugačni jedri operacijskega sistema, vendar je to danes pri obeh različicah enako.

Zaradi lažjega upravljanja s strežnikom in minimalne razlike med njima sva se odločila, da uporabiva kar običajno različico Ubuntu.



*Slika 20: Logotip Ubuntu*

### **3. Metode dela**

V metodah dela bova predstavila, kako sva izdelala svoj sistem za spremljanje napredkov športnikov.

#### **3.1. Določanje lokacije z Wi-Fi modulom**

Na začetku sva želela določati pozicijo igralca s pomočjo Wi-Fi modula za Arduino. Najin namen je bil, da bi okoli igrišča postavila tri Wi-Fi usmerjevalnike ter z vsakim Arduino merila moč signala vseh treh. Iz izmerjene moči signalov bi nato izračunala oddaljenost od usmerjevalnikov v metrih. S pomočjo treh izmerjenih razdalj pa bi izračunala lokacijo na igrišču s pomočjo formule za trilateracijo.

Trilateracija je postopek, s pomočjo katerega določimo lokacijo sprejemnika signalov s pomočjo treh izmerjenih razdalj. Podobni postopki so v uporabi tudi za določanje lokacij mobilnih telefonov glede na oddaljenost od bazne postaje. Lokacijo igralca sva določala s pomočjo trilateracijskih enačb.

$$r_1^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

*Enačba 1: Računanje polmera prve trilateracijske krožnice*

$$r_2^2 = (x - d)^2 + y^2 + z^2$$

*Enačba 2: Računanje polmera druge trilateracijske krožnice*

$$r_3^2 = (x - i)^2 + (y - j)^2 + z^2$$

*Enačba 3: Računanje polmera tretje trilateracijske krožnice*

V enačbah nam spremenljivke  $x$ ,  $y$  in  $z$  določajo koordinato neznane točke. Spremenljivke  $r_1$ ,  $r_2$  in  $r_3$  so polmeri krožnic, ki jih lahko zarišemo iz znanih stacionarnih točk do neznane točke, katere lokacijo ugotavljamo. Pri računanju pa potrebujemo znan tudi odmik druge statične točke od prve po osi  $x$  koordinatnega sistema, ki si ga zamislimo (v našem primeru je to igrišče). Odmik te točke je podan v spremenljivki  $d$ . Poznati pa moramo še dva odmika. To sta spremenljivki  $i$ , ki nam predstavlja odmik tretje stacionarne točke od prve po osi  $x$  istega koordinatnega sistema in odmik tretje stacionarne točke od prve po osi  $y$ , ki je podan v spremenljivki  $j$ .

Iz enačb 1, 2 in 3 lahko koordinate premične točke izračunamo po sledečem postopku:

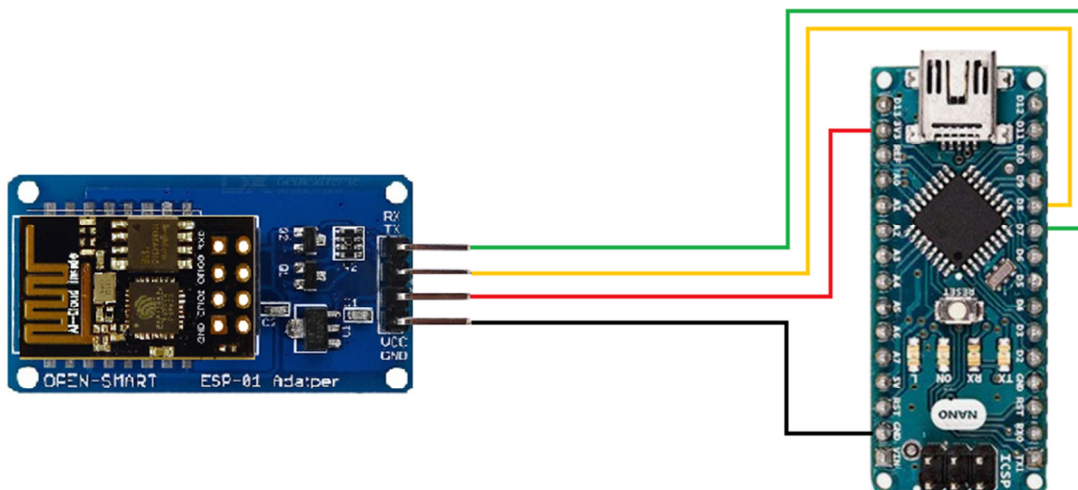
$$x = \frac{r_1^2 - r_2^2 + r_3^2}{2d}$$

Enačba 4: Določanje koordinate  $x$  po trilateracijskem postopku

$$y = \frac{r_1^2 - r_2^2 + i^2 + j^2}{2j} - \frac{i}{j}x$$

Enačba 5: Določanje koordinate  $y$  po trilateracijskem postopku

Najprej sva povezala Arduino in ESP 8266 po shemi na sliki 21.



Slika 21: Vezava Arduino in Wi-Fi modula ESP 8266



Povezave iz slike 21 so zapisane v tabeli 1.

*Tabela 1: Povezava Arduina z Wi-Fi modulom ESP 8266*

Arduino	ESP8266 - Adapter
D7	RX
D8	TX
3V3	VCC
GND	GND

Napisala sva dva programa, enega za Arduino in enega za Wi-Fi modul. Program namenjen za Wi-Fi modul, je konstantno iskal vsa razpoložljiva Wi-Fi omrežja. Najdena omrežja je nato vsakič prefiltriral tako, da je poiskal MAC naslove najinich oddajnikov. Ko je bilo filtriranje dokončano, je izmeril moči signalov, ki so jih oddajali usmerjevalniki okoli igrišča. Vse tri izmerjene moči je za tem pretvoril v oddaljenost v metrih po enačbi 6.

$$FSPL = 20 \times \log(d) + 20 \times \log(f) + K$$

*Enačba 6: Pretvorba moči signala v oddaljenost*

Za računanje **FSPL** (moči signala) moramo najprej izračunati desetiški logaritem spremenljivke **d**, ki predstavlja oddaljenost od oddajnika. Rezultat pomnožimo z 20. Izračunamo tudi desetiški logaritem spremenljivke **f**, ki predstavlja frekvenco signala. Tudi ta rezultat pomnožimo z 20. Rezultata obeh množenj seštejemo in prištejemo **K**, ki predstavlja koeficient. Koeficient je odvisen od enote, v kateri sta oddaljenost od oddajnika ter frekvenca signala.

Enačbo sva ustrezno preoblikovala, da je bila primerna za računanje razdalje. V tem primeru sva vanjo vstavila **FSPL**.

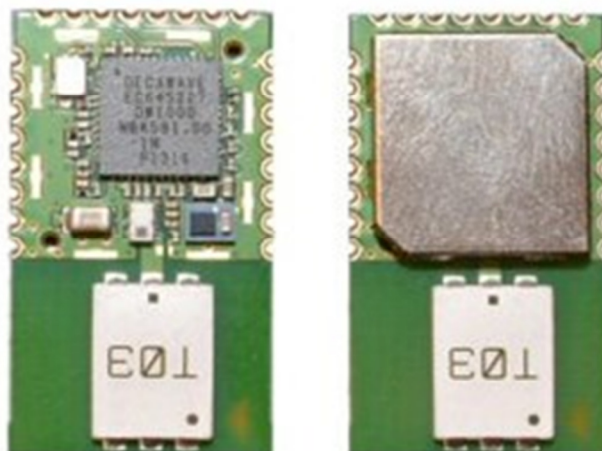
Pri najinem izračunu sva kot koeficient uporabila - **27,55**. Takšen koeficient sva uporabila, saj sva oddaljenost želela v **metrih**, frekvenco pa sva vstavila v **MHz**. Poznamo pa še dva druga možna koeficienta, če želimo uporabiti druge enote za oddaljenost in frekvenco:

- Koeficient - **87,55** uporabimo, če vstavimo razdaljo v **metrih** in frekvenco v **kHz**.
- Koeficient **32,45** uporabimo, če vstavimo razdaljo v **kilometrih** in frekvenco v **MHz**.

Postopek se je izkazal za precej nenatančnega, saj je poleg okolice na moč signala vplivala tudi bližina tal. Lociranje je bilo natančno do oddaljenosti 15 m, zatem pa so bile variacije v izmerjeni moči signala prevelike (spremembe za do 20 dB) za natančen izračun lokacije igralca. Na težavo pri takšnem določanju lokacije igralca pa sva naletela tudi pri hitrost osveževanja, saj je bilo le-to prepočasno. S takšnim načinom lociranja igralca, bi lahko lokacijo določila le enkrat na 5 sekund, kar ni ustrezalo najinim željam, da lokacijo določiva na vsaki 2 sekundi.

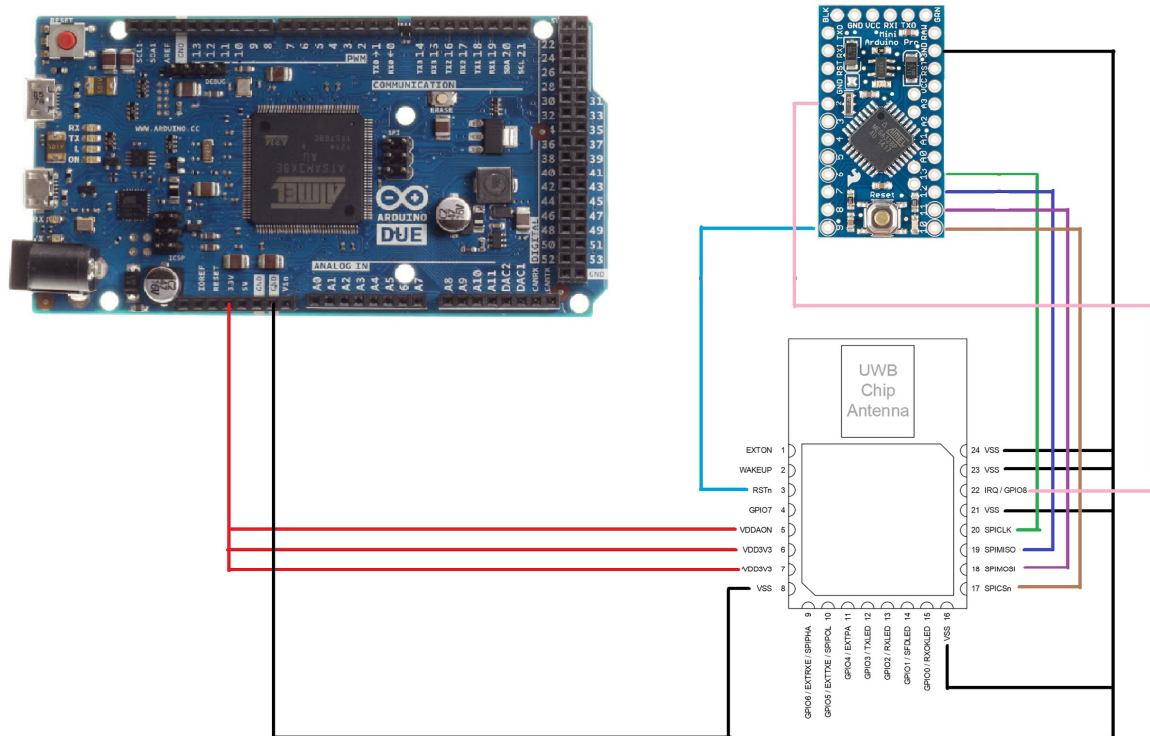
### 3.2. Ocenjevanje pozicije z DWM 1000 modulom

Po neuspešnem poskusu določanja lokacije s pomočjo ESP 8266, sva našla podjetje DecaWave. Podjetje ponuja čip DWM 1000, ki je namenjen za uporabo v manjših lokalnih sistemih za določanje lokacije. Vidimo ga na sliki 22.



Slika 22: Modul DWM 1000, na levi brez zaščitnega pokrovčka

Na sliki 23 je vidna povezava med Arduinoom ter čipom DWM 1000.



Slika 23: Povezava med Arduinoom in čipom DWM 1000

Povezave iz slike 23 so zapisane v tabeli 2.

Tabela 2: Povezave Arduina in čipa DWM 1000

Arduino	DW1000
5V (stabilizator 3,3V)	VDDAON, VDD3V3, VDD3V3
GND	VSS, VSS, VSS, VSS, VSS
D2	IRQ / GPIO8
D9	RSTn
D10	SPICSn
D11	SPIMOSI
D12	SPIMISO
D13	SPICLK

DMW 1000 lokacijo določa s pomočjo merjenja časa, ki ga signal potrebuje za pot od oddajnika do sprejemnika. Oddajnik v tem primeru pred pošiljanjem podatkov naredi »časovni žig«. Ko sprejemnik dobi podatke, tudi on doda svoj časovni žig in podatke vrne oddajniku. Takrat, ko oddajnik sprejme podatke z obema časovnima žigoma s pomočjo časa, ki je bil potreben za pot signala izračuna, kolikšna je razdalja med njima.

Ta metoda merjenja razdalje je bolj zanesljiva, saj za merjenje razdalje ne upošteva moči signalov. Kljub temu pa se lahko še vedno pojavijo manjše variacije, ki znašajo okoli 40 centimetrov.

Modul DWM 1000 omogoča merjenje razdalje do 290 m, saj je takšen domet navedel proizvajalec čipa. Med testiranjem sva ugotovila, da je domet zaradi slabše antene na tem čipu omejen na okoli 50 metrov. Za merjenje daljših razdalj, pa bi morala uporabiti zmogljivejši, a zato dražji čip EVK 1000. EVK 1000 ima nadgrajeno anteno, ki omogoča doseg signala do 290 metrov. Vidimo ga lahko na sliki 24. Meniva tudi, da bi bila z menjavo antene možna nadgradnja tudi na čipu DWM 1000.



Slika 24: Modul EVK 1000

Na težave pa sva naletela tudi pri določanju lokacije igralca z modulom DWM 1000. Težave so se najprej pojavile pri vezavi modula na Arduino Nano.

Modul in Arduino Nano sva povezala tako, da sva uporabila delilnike napetosti na vseh signalnih žicah. Takšni delilniki so bili potrebni, saj DMW 1000 deluje le na napetosti 3,3 V. To pomeni, da tudi na drugih vhodnih priključkih ni smel dobiti višje napetosti, saj bi ga lahko ta poškodovala ali uničila. Delilniki napetosti so rešili problem povezave, saj so izhodno napetost Arduina – 5 Voltov – razdelili in tako je modul dobil le polovico te napetosti in sicer 2,5 Volta. Iz karakteristik modula sva razbrala, da bi moral s takšno vezavo delovati, saj lahko sprejema vhodne napetosti od 0,7 pa vse do 3,3 Volta. Delilnike napetosti pa sva uporabila na vseh signalnih povezavah, saj v karakteristikah modula ni označeno, katere od teh povezav so vhodne in katere izhodne glede na modul. Vse povezave so označene, kot da lahko opravljajo obe izmed teh funkcij.

Ko je bila vezava na Arduino končana, ga le-ta ni prepoznal ali komuniciral z njim. Prav tako je bila poraba toka s strani modula ves čas manjša ali enaka 13,4 mA. Tako majhna poraba toka je nakazovala, da je modul v stanju nedejavnosti. Ugotovitev nama je bila v pomoč, saj sva tako lahko vedela, da je težava v komunikaciji z Arduinom. Nadaljevala sva z iskanjem težave v komunikaciji in ob pregledu karakteristik modula in Arduina ugotovila, da so nekatere napetosti prenizke za vhodne povezave na Arduinu. Pomagala sva si z merjenjem vseh napetosti med delovanjem in zagonom modula in ugotovila, katere povezave potrebujejo delilnik napetosti in so torej za DWM 1000 vhodne povezave. Prišla sva tudi do ugotovitve, katere napetosti brez delilnikov ne bi presegale omejitve 3,3 V in takšnim povezavam delilnik odstranila. Po odstranitvi nepotrebnih delilnikov napetosti sva ponovno poskusila zagonati modula. Tokrat uspešno.

Po uspešnem zagonu DWM 1000 modula sva s pomočjo knjižnice in vzorčnih programov DW1000 za Arduino najprej preizkusila natančnost merjenja oddaljenosti in domet modula. Kot že omenjeno, sva ugotovila, da je domet tega modula 50 metrov, natančnost merjenja pa na 40 centimetrov.

Po uspešnih prvih meritvah in preizkusih, pa sva se lotila pisanja svojega programa, s katerim bi na premičnih točkah (pasovih na igralcih) merila razdalje od treh stacionarnih točk, ki so nameščene okoli igrišča. Z izmerjenimi tremi razdaljami bi lahko, tako kot pri Wi-Fi modulu, izračunala lokacije igralcev. Tukaj pa sva spet naletela na težave. Tokrat je bil problem v knjižnici DW 1000 za Arduino. Ta knjižnica je namenjena merjenju razdalje med dvema modula DW 1000. Odločila sva se, da spremeniva knjižnico tako, da bo primerna za merjenje razdalj od treh stacionarnih točk. S popravki na knjižnici, ki jih ni bilo malo, sva porabila ogromno časa, saj je knjižnica napisana zelo kompleksno. V veliko pomoč pa so nama bili komentarji zapisani v kodi in vprašanja ter objave na internetu.

Seveda program ni takoj popolno deloval, zato sva med pisanjem raziskovalne naloge tudi kasneje dodajala še veliko popravkov programu. Seveda pa ima prilagojena knjižnica še vedno možnosti za popravke in optimizacije v delovanju, ki jih bova dodajala tudi po zaključku te raziskovalne naloge.

### **3.3. Spletni strežnik**

Spletni strežnik je računalnik ali pa skupina računalnikov, ki je namenjen obdelavi zahtev protokola za prenos hiperbesedila. Spletni strežnik sva postavila tudi pri izdelavi raziskovalne naloge, saj sva potrebovala strežnik, ki bo namenjen shranjevanju, prenašanju in prikazovanju zbranih podatkov uporabniku (igralcu ali trenerju), ki bo spremljal statistike in napredke.

V ta namen sva razvila tudi spletno aplikacijo za pregledovanje zbranih podatkov v realnem času. To pomeni, da spletna aplikacija omogoča pogled podatkov že v času zbiranja – med treningom.

Uporabnik ima možnost pregleda naslednjih podatkov:

- srčni utripi igralcev,
- trenutne lokacije igralcev,
- lokacije, kjer se najdlje zadržujejo posamezni igralci,
- lokacije, kjer se najdlje zadržuje celotna ekipa,

- porabljene kalorije za vsakega igralca in primerjava z obrokom, ki bi jih nadomestil,
- pospeški igralcev,
- skoki in padci igralcev,
- pretečeno razdaljo za vsakega posameznega igralca.

Pregled podatkov je omogočen trenerju, ki vidi podatke vseh igralcev in tudi skupne podatke; ter igralcem, ki vidijo svoje podatke.

### **3.4. Prenašanje podatkov**

Za prenos podatkov v podatkovno bazo, sva na spletnem strežniku ustvarila datoteko s PHP skriptom, ki je namenjen sprejemanju zahtev. Dodala sva tudi preverjanje zahtev, ki je potrdilo, da zahteva res izvira iz športnikovega pasu. Preverjanje uporablja kriptografski ključ, ki se spremeni vsakih 24 ur. Ključ je po algoritmu ustvarjen v Arduinu in na spletnem strežniku.

Ko pride do prenosa podatkov, Wi-Fi modul na spletni strežnik pošlje »post« zahtevo, ki vsebuje podatke s pasa in ključ za preverjanje pristnosti naprave. Če je preverjanje ključa uspešno, se podatki shranijo v bazo.

Vse poslane zahteve pa so tudi kriptirane za varnejši prenos podatkov in varovanje le-teh.

### **3.5. Preverjanje zmogljivosti podatkovne baze**

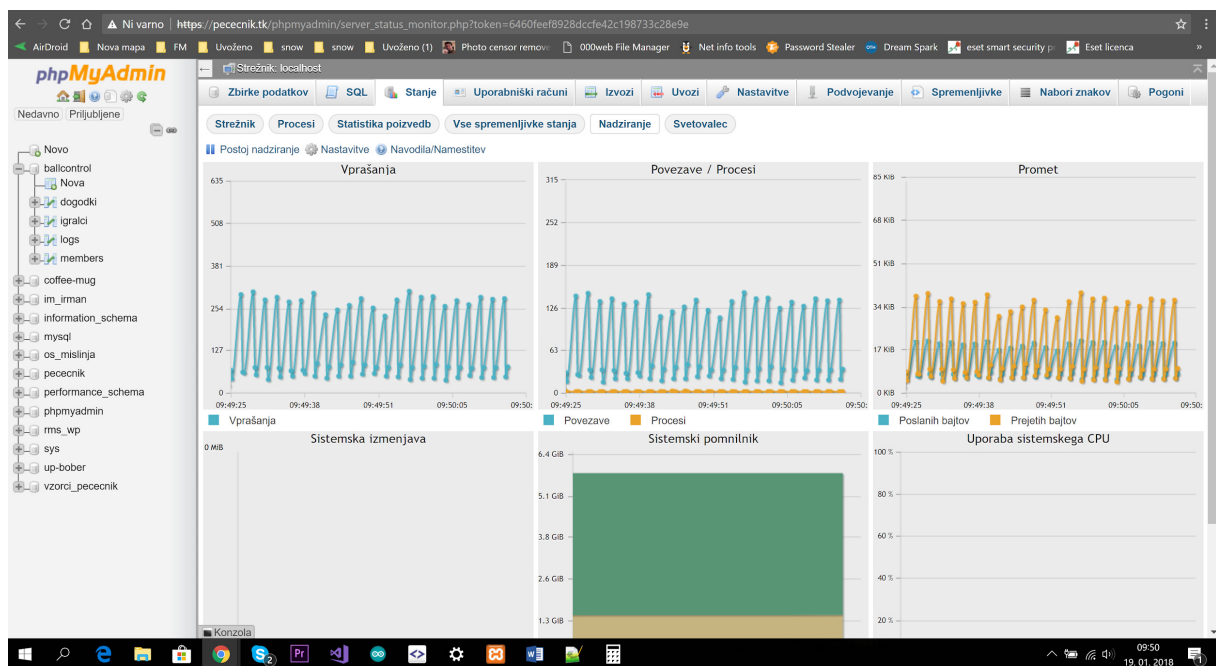
Seveda sva preverila tudi, če je strežnik s podatkovno bazo dovolj zmogljiv, da brez preobremenitev sprejema vnose vseh igralcev. Test sva izvedla tako, da sva z lastnim skriptom pošiljala »post« zahteve, točno tako, kot to počnejo pasovi za igralce. Zahteve skupaj s ključem za preverjanje sva pošiljala PHP datoteki, ki je namenjena shranjevanju vnosov v bazo.

S testom sva začela pri nizki frekvenci vnašanja, ki sva jo postopno zviševala. Začela sva z enim vnosom na sekundo, končala pa z 100 vnosi na sekundo. Večje frekvence vnašanja žal nisva mogla preizkusiti, saj skript, ki sva ga uporabila za pošiljanje zahtev na strežnik ni mogel izvajati toliko zahtev naenkrat.

Ugotovila sva, da pri shranjevanju podatkov ni težav, saj sva pri največji frekvenci vnosov, ki sva jo preizkusila (100 vnosov na sekundo) dosegla le 5 % uporabe procesorja na strežniku.

Skupno sva v 23 minutah in 7 sekundah, kolikor je trajal test v bazo shranila kar 34 507 vnosov. Torej povprečno 25 vnosov na sekundo.

Del statistike uporabe podatkovne baze lahko vidimo na sliki.



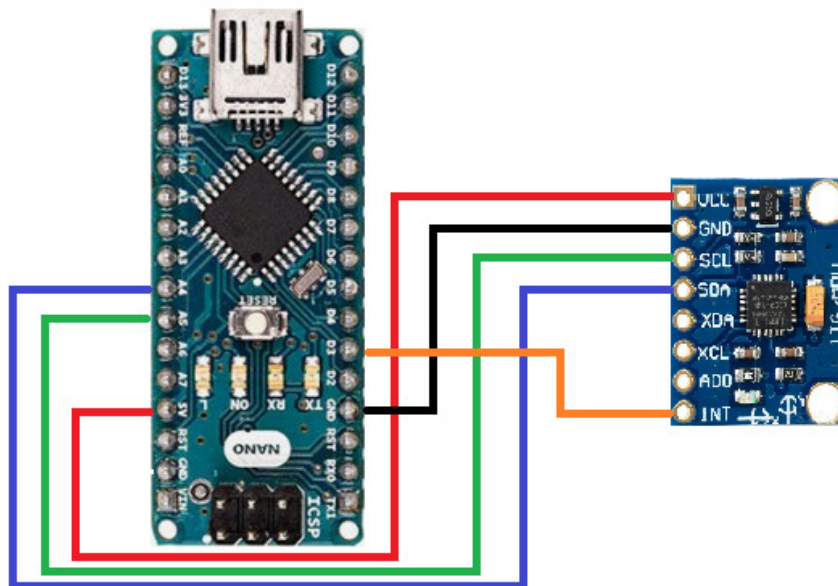
Slika 25: Del statistike uporabe podatkovne baze



### 3.6. Dodajanje ostalih funkcij

Poleg določanja lokacije igralcev, sva v izdelek dodala še nekaj drugih, manj zahtevnih, vendar vseeno uporabnih ter praktičnih funkcij. To so štetje števila skokov ter padcev z merjenjem smeri pospeškov, merjenje »eksplozivnosti« igralca s pomočjo merilnika pospeška, merjenje pretečene dolžine, možnost ogleda lokacij, kjer se igralci najdlje zadržujejo ter ocenjevanje koliko kalorij so igralci porabili med treningom ali tekmo.

Na sliki 26 vidimo, kako sva na Arduino povezala žiroskop.



Slika 26: Povezava žiroskopa z Arduino

Povezave s slike 26 so zapisane tudi v tabeli 3.

*Tabela 3: Povezava Arduina in žiroskopa*

Arduino	MPU 6050
D3	INT
A4	SDA
A5	SCL
5V	VCC
GND	GND

## 4. Rezultati in razprava

Ob zaključevanju raziskovalne naloge, sva preverila tudi, kaj sva uspela dokončati, kaj bi lahko še izboljšala, pregledala pa sva tudi hipoteze, ki sva si jih zadala na začetku.

### 4.1. Pregled hipotez

Ob zaključku raziskovanja in tudi najine naloge sva izdelala napravo, ki sva si jo zamislila. Prav tako sva o temi izvedela veliko novosti, s pomočjo katerih lahko potrdiva ali ovrževa hipoteze, ki sva si jih zastavila na začetku raziskovanja.

1. Na trgu že obstajajo podobne naprave za spremljanje statistik in napredkov športnikov.

To hipotezo sva potrdila, saj sva našla podobne izdelke, ki so že na trgu. Nekatere izmed teh naprav sva predstavila v raziskovalni nalogi.

2. Vsaj tri nogometne ekipe prve slovenske lige uporabljajo tehnološke pripomočke za spremljanje napredka igralca na treningu.

Te hipoteze nisva potrdila, saj sva se pogovorila z vsemi klubi prve slovenske lige in ugotovila, da nobeden od teh klubov ne uporablja tehnoloških pripomočkov, s katerimi bi spremljali napredke igralcev na treningih.

3. Možno je izdelati napravo, ki ima večjo natančnostjo določanja lokacije na igrišču od 30 cm.

To hipotezo sva delno potrdila, saj je najin izdelek bolj natančen kot izdelek konkurenčnega podjetja Catapult, ki ima natančnost šestih metrov. Najin izdelek pa ima slabšo natančnost od izdelka podjetja Stats.

4. Možno je izdelati napravo, ki lokacije in druge parametre določa dovolj hitro, da omogoča preprost pregled podatkov v živo.

To hipotezo sva potrdila, saj je osveževanje dovolj hitro za vpogled v živo. Osveževanje poteka, kot zaželeno, v razmiku dveh sekund.

5. Naprava, ki je napajana iz akumulatorja s kapaciteto 3000 mAh lahko nemoteno obratuje vsaj 4 ure.

To hipotezo sva potrdila, saj naprava, ki za delovanje potrebuje tok 178 mA na takšnem akumulatorju zdrži kar več kot 16 ur nemotenega aktivnega delovanja. Ta hipoteza nama je bila v pomoč tudi tako, da nama je pokazala, da lahko občutno zmanjšava velikost akumulatorja za napravo.

## 4.2. Možne izboljšave

Ugotovila sva, da bi lahko občutno zmanjšala velikost akumulatorja, saj je 3000 mAh preveč za takšno napravo. Z zmanjšanjem akumulatorja bi naprava še vedno nemoteno delovala dovolj dolgo, prav tako pa bi občutno zmanjšala težo, ki bi jo moral igralec nositi.

V prihodnosti bi lahko izboljšala tudi zanesljivost naprave, saj le-ta občasno izgubi povezavo.

Poleg zanesljivosti je potrebno izboljšati tudi domet naprave, saj trenutne antene na čipu ne morejo pokriti celotnega igrišča.

Za večjo zanesljivost naprave, pa bi morala poskrbeti tudi za to, da so naprave ves čas na primerni temperaturi, saj sva med testiranjem ugotovila, da lahko pri zimskih razmerah, ko so zunanje temperature nižje od 0 °C, pride do spremembe frekvence kristala na Arduinu. V tem primeru je naprava popolnoma neodzivna in nedelujoča, saj čipi iz kristala ne pridobijo ustrezne frekvence za svoje delovanje.

Z razvojem naprave se želiva ukvarjati tudi v prihodnosti ter jo izboljšati tako, da bi bila pripravljena za uporabo v klubih.

## 5. Zaključek

Izdelava raziskovalne naloge je bil vsekakor velik izziv. Prav tako pa sva se skozi to raziskovalno nalogo tudi ogromno naučila. Pridobila sva kopico novih znanj o akustiki signalov, strežniških sistemih, Arduinu, trilateraciji in še marsičem.

Ugotovila sva, da bi bil takšen izdelek za tržišče zanimiv produkt, še posebej zaradi pomanjkanja konkurence in podobnih izdelkov na tržišču.

Meniva, da je bil cilj raziskovalne naloge uspešno dosežen, saj sva sistem dopolnila tako, da je bil odziven in natančen pri določanju lokacije. Tudi ostali parametri so bili v večini primerov izmerjeni natančno. Seveda pa bi lahko sistem še bolj nadgradila in izboljšala njegovo učinkovitost.

Meniva tudi, da bi bil takšen pas za tržišče in klube zanimiv, saj je cenovno ugoden (privoščili bi si ga lahko tudi manjši klubi, ki nimajo sredstev za nakup dražjih sistemov), igralcem in trenerjem pa bi lahko bil v veliko pomoč pri merjenju in ugotavljanju statistik, ki jih brez pomoči podobnih sistemov ne bi mogli izmeriti. Prav tako pa je trenerjem omogočen tudi vpogled v informacije, kot so lokacije, kjer se je igralec med igro najdlje zadrževal.

Najina želja je, da bi sistem v prihodnosti še bolj izpopolnila in ga predstavila javnosti ter klubom. Igralcem, trenerjem in klubom bi s tem pomagala tudi pri napredku in izboljšanju.

## 6. Zahvala

Posebna zahvala za strokovno svetovanje, potrpežljivost in spodbudo pri nastajanju te raziskovalne naloge gre najinima mentorjema, gospodu Klemnu Hlebu in gospodu Islamu Mušiću. Pri raziskovalni nalogi sta nama bila v veliko pomoč, brez njiju zagotovo ne bi bila tako uspešno dokončana.

Zahvaljujema se tudi lektorici, Heleni Šumah, dipl. inž. logistike, ki je najino raziskovalno nalogo jezikovno pregledala.

Zahvala gre tudi Institutu Jožefa Stefana, predvsem gospodu prof. dr. Tomažu Javorniku, ki je strokovno priskočil na pomoč s formulami in razlago izračuna oddaljenosti od Wi-Fi oddajnika.

Seveda pa se pristrčno zahvaljujema tudi staršem, ki so naju med nastajanjem raziskovalne naloge ne glede na vse ovire, na katere sva naletela, podpirali od začetka pa do konca.

Zahvala velja tudi Elektro in računalniški šoli ter učiteljem za vso pomoč in spodbudo pri nastajanju naloge.

Hvala vsem in vsakemu posebej!

## 7. Viri in literatura

Knjiga: PHP in MySQL na spletnem strežniku Apache

Avtorja: Matjaž Štrancar, Simon Klemen

ISBN: 961-6361-53-8

Knjiga: Računalniške komunikacije

Avtorja: Mojca Ciglarič, Zoran Bosnić

ISBN: 978-1-78399-776-3

Knjiga: Programirajmo Arduino z lahkoto

Avtor: Peter Krkoč

ISBN: 978-961-668-0134

Knjiga: Frekvenčno modulirani signali z zvezno fazo in spremenljivo bitno hitrostjo

Avtorji: Tomaž Javornik, Gorazd Kandus, Janez Bostič

ISBN: 961-606-2115

Knjiga: Akustika - konstrukcije in samogradnje akustičnih naprav

Avtor: Jurij Mikeln Šurednik

ISBN: 961-90703-4-8

Knjiga: Tehnična akustika - Merjenje, vrednotenje in zmanjševanje hrupa in vibracij

Avtor: Mirko Čudina

ISBN: 978-961-6536-70-7

<a href="http://php.net/docs.php">http://php.net/docs.php</a> ,	05. 02. 2018
<a href="https://www.decawave.com/products/dw1000">https://www.decawave.com/products/dw1000</a> ,	11. 02. 2018
<a href="https://gobot.io/documentation/drivers/mpu6050/">https://gobot.io/documentation/drivers/mpu6050/</a> ,	01. 02. 2018
<a href="https://www.decawave.com/sites/default/files/dw1000-datasheet-v2.14_0.pdf">https://www.decawave.com/sites/default/files/dw1000-datasheet-v2.14_0.pdf</a> ,	11. 02. 2018
<a href="https://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html">https://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html</a> ,	11. 02. 2018
<a href="http://www.etchpk.net/shop/arduino/arduino-nano-v3/">http://www.etchpk.net/shop/arduino/arduino-nano-v3/</a> ,	14. 02. 2018
<a href="https://i2.wp.com/wp.laravel-news.com/wp-content/uploads/2016/12/laravel-valet-ubuntu.png?resize=2200%2C1125">https://i2.wp.com/wp.laravel-news.com/wp-content/uploads/2016/12/laravel-valet-ubuntu.png?resize=2200%2C1125</a> ,	16. 02. 2018
<a href="https://www.stats.com/sportvu-football/">https://www.stats.com/sportvu-football/</a> ,	11. 02. 2018
<a href="https://www.stats.com/football/">https://www.stats.com/football/</a> ,	05. 02. 2018
<a href="https://www.catapultsports.com/products/insights-g5">https://www.catapultsports.com/products/insights-g5</a> ,	10. 02. 2018
<a href="https://www.apache.org/foundation/press/kit/feather.png">https://www.apache.org/foundation/press/kit/feather.png</a> ,	12. 02. 2018
<a href="https://www.electronicweekly.com/market-sectors/embedded-systems/dongle-computer-lets-kids-discover-programming-on-a-2011-05/">https://www.electronicweekly.com/market-sectors/embedded-systems/dongle-computer-lets-kids-discover-programming-on-a-2011-05/</a> ,	02. 02. 2018
<a href="http://logonoid.com/images/mysql-logo.png">http://logonoid.com/images/mysql-logo.png</a> ,	18. 02. 2018
<a href="https://www.seeedstudio.com/RTL8710-WiFi-Module-p-2793.html">https://www.seeedstudio.com/RTL8710-WiFi-Module-p-2793.html</a> ,	11. 02. 2018
<a href="https://stackoverflow.com/questions/11217674/how-to-calculate-distance-from-wifi-router-using-signal-strength">https://stackoverflow.com/questions/11217674/how-to-calculate-distance-from-wifi-router-using-signal-strength</a> ,	02. 02. 2018
<a href="https://techterms.com/definition/apache">https://techterms.com/definition/apache</a> ,	18. 02. 2018



- 
- [http://www.fgg.uni-lj.si/~gstebe/Seminarij%20-%20kon%C4%8Dni/Bojan/REZONJA/DOLO%C4%8CANJE%20POLO%C5%BDAJA%20V%20MRE%C5%BDJIH%20MOBILNE%20TELEFONIJE\\_BS.docx](http://www.fgg.uni-lj.si/~gstebe/Seminarij%20-%20kon%C4%8Dni/Bojan/REZONJA/DOLO%C4%8CANJE%20POLO%C5%BDAJA%20V%20MRE%C5%BDJIH%20MOBILNE%20TELEFONIJE_BS.docx), 17. 02. 2018
- <https://www.arduino.cc/en/pub/skins/arduinoWide/img/ArduinoAPP-01.svg>, 15. 02. 2018
- <https://www.decawave.com/sites/default/files/dwm1000-datasheet-v1.6.pdf>, 03. 02. 2018
- <http://freevector.co/wp-content/uploads/2010/10/php-1.png>, 18. 02. 2018
- <https://www.theguardian.com/technology/2015/feb/18/raspberry-pi-becomes-best-selling-british-computer>, 07. 02. 2018
- [https://www.decawave.com/sites/default/files/styles/front\\_page\\_slider\\_image/public/evaluation\\_board\\_1.png?itok=Z182RmTr](https://www.decawave.com/sites/default/files/styles/front_page_slider_image/public/evaluation_board_1.png?itok=Z182RmTr), 02. 02. 2018
- <http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Biometric/PulseSensorAmpd%20-%20Schematic.pdf>, 17. 02. 2018
- <https://www.robotshop.com/en/pulse-heart-rate-sensor-arduino.html>, 17. 02. 2018
- [https://vertassets.blob.core.windows.net/image/7e4db520/7e4db520-469d-4875-bc72-09f6657823aa/375\\_250-20140627\\_dwm1000\\_300.jpg](https://vertassets.blob.core.windows.net/image/7e4db520/7e4db520-469d-4875-bc72-09f6657823aa/375_250-20140627_dwm1000_300.jpg), 01. 02. 2018
- <https://www.vmware.com/products/esxi-and-esx.html>, 03. 02. 2018
- <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRwdqDZCkWiqgdR5ZT1P50qg5nfwAJFB79W9MatpKjbtrDAp2kt>, 12. 02. 2018
- <http://www.mynodes.net/Content/images/arduino-nano-rf24.png>, 17. 02. 2018
- <https://statsweb-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2016/08/Gamelens.png>, 07. 02. 2018
- <https://www.catapultsports.com/products/optimeye-x4>, 18. 02. 2018

[https://www.makerlab-electronics.com/my\\_uploads/2015/05/mpu-6050-1.jpg](https://www.makerlab-electronics.com/my_uploads/2015/05/mpu-6050-1.jpg), 15. 02. 2018

<https://statsweb-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2016/08/SportVU-Setup-1.jpg>, 06. 02. 2018

<https://www.catapultsports.com/products/optimeye-s5>, 18. 02. 2018

[https://cdn.shopify.com/s/files/1/0100/6632/products/PulseSensorAmpedFinger-web\\_2\\_large.jpg?12](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0100/6632/products/PulseSensorAmpedFinger-web_2_large.jpg?12), 14. 02. 2018

<https://www.catapultsports.com/products/clearsky-t6>, 18. 02. 2018

[https://cdn.sparkfun.com/assets/learn\\_tutorials/2/5/0/body.png](https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/2/5/0/body.png), 11. 02. 2018

<https://bytes.wordpressiot.com/esp8266-pinouts/>, 18. 02. 2018

<https://explore.garmin.com/sl-SI/forerunner/>, 04. 02. 2018

[https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/91zSu44%2B34L\\_SX355.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/91zSu44%2B34L_SX355.jpg), 04. 02. 2018

<https://webshop.bellabeat.com/pages/press>, 17. 02. 2018

[https://cdn.shopify.com/s/files/1/1343/4177/products/bellabeat\\_silver2\\_grande\\_b763a950-7dc5-4067-ad5b-d41768ffd279\\_grande.png?v=1513960783](https://cdn.shopify.com/s/files/1/1343/4177/products/bellabeat_silver2_grande_b763a950-7dc5-4067-ad5b-d41768ffd279_grande.png?v=1513960783), 7. 02. 2018

<http://statsports.com/apex/>, 18. 02. 2018

<https://statics3.seeedstudio.com/seeed/img/2017-02/kbppFIBgi3dTTDg4A1N8Q3wK.jpg>, 05. 02. 2018

<https://static.garmincdn.com/en/products/010-01760-00/g/cf-lg.jpg>, 03. 02. 2018

<https://buy.garmin.com/sl-SI/SI/p/568181>, 03. 02. 2018

[http://img.dxcn.com/productimages/sku\\_403053\\_1.jpg](http://img.dxcn.com/productimages/sku_403053_1.jpg), 18. 02. 2018

[https://www.makerlab-electronics.com/my\\_uploads/2015/05/mpu-6050-1.jpg](https://www.makerlab-electronics.com/my_uploads/2015/05/mpu-6050-1.jpg), 18. 02. 2018

<https://cdn.instructables.com/FE9/58ZS/IJX7FON7/FE958ZSIJX7FON7.LARGE.jpg>,

18. 02. 2018

[\[cdn.arduino.cc/uni/catalog/product/cache/1/image/520x330/604a3538c15e081937dbfbd20\]\(https://store-cdn.arduino.cc/uni/catalog/product/cache/1/image/520x330/604a3538c15e081937dbfbd20\)](https://store-</a></p></div><div data-bbox=)

[aa60aad/A/0/A000005\\_featured\\_2.jpg](https://store-cdn.arduino.cc/uni/catalog/product/cache/1/image/520x330/604a3538c15e081937dbfbd20aa60aad/A/0/A000005_featured_2.jpg),

18. 02. 2018