

Kai Tauriainen

# B-Force - voimantuoton mittaus langattomasti

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Hyvinvointiteknologia  
Insinöörityö  
2013

Tekijä(t) Otsikko	Kai Tauriainen B-Force Voimantuoton mittaus langattomasti
Sivumäärä Aika	35 sivua + 1 liite 20.05.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Hyvinvointiteknologia
Suuntautumisvaihtoehto	Hyvinvointiteknologia
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Jukka Kuikanvirta Yliopettaja Tytti Varmavuo-Häikiö
<p>Tässä opinnäytetyössä ideoidaan kehoon liitettävä pienikokoinen laite, joka mittaa käyttäjän voimantuottoa. Laite koostuu kiihtyvyysanturista sekä Bluetooth-lähtetimestä. Laite kytketään Android-matkapuhelimeen Bluetoothin avulla, missä on sille tarkoitettu ohjelma. Koska laite käyttää bluetoothia ja mittaa voimia, niin annoin sille nimeksi B-Force.</p> <p>Tarkoituksena on pyrkiä mittaamaan henkilön fyysistä suorituskyykyä liittyen urheiluun sekä fyysiseen kuntoutukseen. Laite kiinnitetään käyttäjän vartaloon. Laitteelle löytyy myös muutama muukin käyttötarkoitus.</p> <p>Kiihtyvyysanturin kellon ja itse kiihtyvyysanturin antaman kiihtyvyyssdatan avulla pystytään laskemaan esimerkiksi ranteen suhteen paikallaan olevaan painoon kohdistuva voima, työ ja teho. Esimerkkitilanne on, että henkilö nostaa levytangon maasta vyötärönsä korkeudelle. Tällöin levytankoon ei tarvitse kiinnittää mitään, vaan mittauslaite on kiinni ranteessa.</p> <p>Tämä työ on täysin teoreettinen. Pyrin esittämään ideani tälle laitteelle sekä esittämään ideoitani, joita en kuitenkaan ottanut mukaan juuri tähän työhön niiden epävarman toimivuuden takia. Esittelen tarvittavat komponentit.</p> <p>Vertailen työssä sovellustani myös kilpailijoihin, joihin olin yhteydessä. Vaikka vastaavia sovelluksia on olemassa, ovat ne kalliimpia eivätkä niin joustavia kuin tämä.</p>	
Avainsanat	Hyvinvointiteknologia, urheilu, voimantuotto, fyysinen suorituskyyky, voima, teho

Author(s) Title	Kai Tauriainen B-Force Force production measuring wirelessly
Number of Pages Date	35 pages + 1 appendix 20 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Health Informatics
Specialisation option	Health Informatics
Instructor(s)	Senior teacher Jukka Kuikanvirta Senior teacher Tytti Varmavuo-Häikiö
<p>The purpose of this thesis is to create blueprints for a small device that measures user's force production. The device consists of an accelerometer (acceleration sensor) and a Bluetooth transmitter. The device is connected to an android mobile phone via Bluetooth. The android mobile phone will be running the necessary application. Due to the fact that the device uses Bluetooth and measures forces - hence I named it B-Force.</p> <p>Its function is to measure the physical performance of the user. The measurements can be used for sports or physical rehabilitation purposes. The device will be attached to the user's body. I also introduce a few other uses for the device.</p> <p>With the accelerometer's clock and the acceleration data given by the accelerometer it is able to calculate, for instance in a situation where a weight is in the same relative position as the user's wrist, the force, work and power. An example for this type of a situation is when a user lifts a barbell to the level of the user's hip. In this case nothing has to be attached to the barbell and the measuring device is attached to the wrist.</p> <p>This work is completely theoretical. I strive to introduce my idea for the device and to express some ideas I didn't apply to this concept due to their uncertain nature. I introduce the necessary components for the device.</p> <p>I compare my solution to those of the competitors whom I had contact with. Although similar solutions are available, they are more expensive and not as flexible as mine.</p>	
Keywords	health informatics, sports, performance, force, power

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Fysiikkateoria	3
3	Mittaustilanteet ja suoritteet	5
3.1	Jalkakyykky levytangolla ja olympiaotteella (front squat)	6
3.2	Maastaveto levytangolla ja sumo-otteella (sumo deadlift)	8
3.3	Punnerrus tasaisella penkillä levytangolla (bench press)	9
4	Kilpailijat	11
4.1	The AmmSensor	11
4.2	Gymaware powertool	12
4.2.1	GymAware Lite	14
4.2.2	GymAware Online	15
4.2.3	GymAware Pro Online	15
4.3	Hur ja Hur Labs Performance Recorder	16
5	B-Force-mittauslaitteisto	19
5.1	Kiihtyvyyssanturin toimintaperiaate	19
5.2	Bluetoothin toimintaperiaate	21
5.3	B-Forcen komponentit	22
5.4	Android-sovellus	25
6	B-Forcen käyttötarkoitukset	29
6.1	Suorituskyvyn mittaaminen	29
6.1.1	Urheilijat	31
6.1.2	Fyysinen kuntoutus	33
6.2	Muita mahdollisia sovelluksia	33
7	Yhteenveto ja pohdinta	34
	Lähteet	36

## Lyhenteet

3G	3rd generation, matkapuhelinverkko, gsm-verkon seuraaja. Tunnetaan myös UMTS-lyhenteellä.
4G	4th generation, matkapuhelinverkko, 3G-verkon seuraaja. Suurempi datansiirtokapasiteetti kuin 3G:ssä.
API	Application Programming Interface, ohjelmointirajapinta. Määritelmä, jonka mukaan eri ohjelmat voivat tehdä pyyntöjä ja vaihtaa tietoja eli keskustella keskenään.
CE	CE-merkki tuotteissa osoittaa, että valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevien EU:n direktiivien vaatimukset ja että tuote on läpikäynyt mahdollisesti vaaditut tarkistukset
DfA	Design for All -ajattelutapa, jossa etsitään sellaisia laitteisiin, ohjelmistoihin ja apuvälineisiin sijoitettavia ominaisuuksia, jotka edistävät helppokäyttöisyyttä.
EU	End-user, loppukäyttäjä.
GPS	Global Positionin System. Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä
GUI	Graphical User Interface, graafinen käyttöliittymä. Tekstiin, kuviin ja käyttöliittymäelementteihin perustuva tapa käyttää tietokonetta.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol, hypertekstin siirtoprotokolla. Protokolla, jota selaimet ja web-palvelimet käyttävät tiedonsiirtoon.
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardoimisjärjestö. Tuottaa kansainvälisiä standardeja.
LAMP	Kokoelma avoimen lähdekoodin ohjelmia. LAMP sisältää ohjelmat Linux, Apache, MySQL sekä PHP/Perl/Python.

MP3	MPEG-1 Audio Layer 3. MPEG-1-standardiin perustuva häviöllinen äänenpakkausmenetelmä, joka on noussut hallitsevaksi tiedostomuodoksi musiikin jakelussa.
MySQL	Relaatiotietokantaohjelmisto, joka käyttää kielenään SQL:ää.
PIC	Peripheral Interface Controller. Pienikokoinen mikrokontrolleri. Suosituttu edullisuutensa vuoksi.
RFID	Radio Frequency IDentification, radiotaajuinen etätunnistusmenetelmä.
SQL	Structured Query Language, kyselykieli. IBM:n kehittämä standardoitu kyselykieli, jolla relaatiotietokantaan voi tehdä erilaisia hakuja, muutoksia ja lisäyksiä.
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol. Usean Internet-liikennöinnissä käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä.
UCD	User-Centered Design, käyttäjäkeskeinen suunnittelu. Lähtökohtina ovat käyttäjien toiveet ja tarpeet.
W3C	World Wide Web Consortium. Kansainvälinen yritysten ja yhteisöjen yhteenliittymä. Ylläpitää ja kehittää WWW:n standardeja.
WLAN	Wireless local area network. Tunnetaan myös IEEE 802.11-nimellä. Langaton lähiverkko. Tekniikka minkä avulla voidaan langattomasti siirtää suurella nopeudella ja pienellä etäisyydellä.

## 1 Johdanto

Tämä työ on syntynyt hyvin monen vaiheen kautta. Työn aloittamisen ja lopettamisen välillä minulla oli haarukassa kaksi muutakin lopputyötä lymphaterapiasta pianonsoittoon. Ne kuitenkin jäivät. Voimaharjoittelu on pitkään ollut lähellä sydäntäni. Alunperin ideoin mittaavani vain maksimivoimaa, jota voimaharjoittelussa voisi tuottaa. En ajatellut toteuttaa sitä langattomasti. Idea jäi muhimaan yli vuodeksi. Sytyttelin mielessäni muita ideoita. Niiden hitaasti kuitenkin kuollessa heräsi vanha idea uudelleen henkiin. Tällä kerta päätin kuitenkin, että mittaamisen tulisi olla mahdollisimman esteettöntä – päädyin langattomuuteen. Idea Android-laitteiden (lähinnä kännyköiden) käyttöön syntyi halusta käyttää jo valmiina olevaa laitteistoa ja säästää siten kustannuksissa sekä luonnonvarojen käytössä. Nykypäivän mobiililaitteet ovat niin suorituskykyisiä, että ei ole mitään järkeä olla käyttämättä niiden potentiaalia.

Nykypäivänä fyysistä suorituskykyä pystytään mittaamaan helposti erilaisin keinoin. Oli kyseessä sitten ammattiuurheilija tai sunnuntaiurheilija, he ovat usein kiinnostuneita siitä, miten heidän kehonsa suoriutuu fyysisistä suoritteista. Heidän lisäksi fyysistä suorituskykyä seurataan erityisesti tapauksissa, joissa henkilö on ollut onnettomuudessa. Myös vanhusten fyysistä suorituskykyä olisi hyvä seurata [14].

Tarkastelen tässä työssä ideaa, missä kehoon liitetään pienikokoinen mittausyksikkö, josta on yhteys Android-käyttöjärjestelmää käyttävään minitietokoneeseen (puhelin) bluetoothin avulla. Se, mihin laite sijoitetaan kehossa, on riippuvainen siitä, mitä ollaan mittaamassa. Jos urheilija esimerkiksi suorittaa jalkakyykkyliikkeitä, esimerkiksi perinteistä kahden jalan kyykkyä (full squat) tai maastavetoa (deadlift), voidaan nauha sijoittaa ranteeseen [2]. Tällöin ranteen etäisyys liikkuvan massan suhteen ei muutu lainkaan, jolloin ranteeseen kohdistuva kiihtyvyyks on sama kuin massaan kohdistuva kiihtyvyyks. Joissakin tapauksissa laite tulee sijoittaa toisaalle, esimerkiksi kun tehdään leuanvetoja. Laitteistoa voisi myös käyttää kuntoutuksessa - pikkuhiljaa lisätään suoritteiden vaativuutta, ja voitaisiin seurata kehitystä.

Syy siihen, miksi valitsin tähän apuvälineeksi Android-käyttöjärjestelmää käyttävän laitteen (matkapuhelimen), on se, että Android-järjestelmä on avoimen lähdekoodin järjestelmä. Tämä mahdollistaa esteettömän ohjelmistokehityksen. Samalla laitteella

voidaan käyttää myös satoja tuhansia muita Android-sovelluksia, joten ylimääräisiä laitteistoinvestointeja ei tarvita. Android-käyttöjärjestelmää käyttävät laitteet tukevat lukuisia langattomia tiedonsiirtotekniikoita kuten Bluetoothia, Wlania ja 3G:tä (myös 4G), joiden avulla tietoa voidaan siirtää. [3.]

Laite voidaan teoriassa toki yhdistää mihin tahansa muuhunkin bluetoothia tukevaan tietokoneeseen (matkapuhelimeen), valitsin Android-järjestelmän vain esimerkiksi. Uskon myös, että Android on näistä alustoista paras sen joustavuuden ja laajan käytön vuoksi. Älypuhelimissa suurta markkinaosuutta pitävänä käyttöjärjestelmänä todennäköisyys, että se löytyy taskusta, on suuri. Windows Phone ja Applen iOS -käyttöjärjestelmille on täysin mahdollista luoda vastaava sovellus.

Lähtökohtana on se, että mittaustilanteessa käytetään tietyn massaisia vastuksia, esimerkiksi käsipainoja tai tankoja. Käyttäjä syöttää laitteeseen käytettävän massan. Kaikki muu tarvittava tieto saadaan ympäristöstä antureilla. Pohdin myös vaihtoehtoa, jossa käytettävä massa tunnistettaisiin automaattisesti RFID-tekniikan avulla.

Pohdin myös mahdollisuutta siihen, että Android-sovellusta (appia) käytettäisiin ilman tätä erillistä mittaussyksikköä. Tämä onnistuu esimerkiksi Android-rannetietokoneen avulla. Toisaalta sovelluksen voi asettaa myös tulkitsemaan matkapuhelimen oman kiihtyvyyssanturin dataa, mutta tämä vaatisi, että käyttäjä sitoisi oman matkapuhelimensa kiinni vartalonsa.

Koko tämän sovelluksen idea syntyi omista voimaharjoitteluihini. Pohdin, onko järkevää käyttää pienempää vai suurempaa vastusta, jos suuremmalla vastuksella kiihtyvyys on selvästi huonompi. Halusin tietää, mikä olisi optimaalinen vastus, jotta voimantuoton huippu olisi mahdollisimman korkea. Minua kiinnosti myös havainnollistaa, miten tehokas harjoittelusessio olisi laskemalla tehon (power).

Kiitän tämän työn valmistumisesta työnohjaajiani Tytti Varmavuo-Häikiötä joustavuudesta ja vilpittömästä kiinnostuneisuudesta sekä Jukka Kuinkanvirtaa inspiroimisesta. Lisäksi kiitän yliopettaja Mikael Soinia ja ystävääni Stijn Tallonia heidän kanssaan käydyistä keskusteluista.



## 2 Fysiikkateoria

Tässä osuudessa käyn läpi, miten käyttäjän tekemä voima, työ ja tehoa saadaan mitattua sekä laskettua fysiikan kaavoja käyttämällä. Kiihtyvyydenaturista saadaan kiihtyvyys kolmena eri vektorina: x-, y- sekä z-komponenttina. Lisäksi käyttäjä syöttää laitteeseen käytettävän massan aina ennen suoritusta. Mietin tähän kuitenkin mahdollisuutta, että massa saataisiin automaattiselle tunnistukselle RFID-tekniikan avulla. Aika saadaan laitteesta sen kellon ansiosta.

Alla käsitellään, millä fysiikan kaavoilla saadaan laskettua massan ja kiihtyvyyksvektorien avulla voima  $F$ , työ  $W$  sekä teho  $P$ . Käsittelen tässä työssä ainoastaan suoraviivaisia kiihtyvyyksiä (suorituksia), mitkä suuntautuvat lähinnä pois päin maasta. Keskustelusta fyysikko Tytti Varmavuo-Häikiön kanssa kävi ilmi, että ympyrämäisten liikkeiden laskemiseen tarvittaisiin tietää käyttäjän raajan pituus sekä massa, jotta liikkuvan kappaleen hitausmomentti voitaisiin määrittellä [23]. Tämä tekee ympyrämäisten liikkeiden voimien ja momenttien mittaamisesta huomattavasti työläämpää suorittajalle kuin suoraviivaisten. Suoraviivaisia urheiluharjoitteita esitellään myöhemmin 3. kappaleessa. Toisaalta gyroskoopilla voitaisiin mitata suoraan kulmanopeutta, mitä tarvitaan ympyrämäisen kiihtyvyyden laskemiseen, mutta rajasin sen pois tästä työstä.

Koska liikkeet ovat hyvin suoraviivaisia, niin käytännössä liikettä tapahtuu vain yhteen suuntaan. Johtuen kuitenkin laitteen asennosta tämä voi tarkoittaa sitä, että kiihtyvyyksvektorin  $a$  suunta on esimerkiksi sekä z- että x-akselin suuntaisia. Tästä syystä päädyin siihen, että kiihtyvyyksvektoreista lasketaan niiden summa. Muissa käyttötarkoituksissa voidaan kuitenkin eritellä eri komponentit. Kutsun tätä summavektorina  $\vec{a}_k$ . Tämä vektori saadaan pythagoraan mukaan:

$$\vec{a}_k = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}, \text{ huomaa, että tämä on ainoa yhtälöissä käytettävä kiihtyvyys.}$$

Voima  $F$  saadaan laskettua Newton II lain mukaan:

$$(1) \quad \vec{F} = m\vec{a}_k$$

missä  $m$  on massa ja  $a$  kiihtyvyys.

Tehty työ  $W$  saadaan laskettua kaavalla:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s},$$

missä  $\vec{F}$  on voima ja  $\vec{s}$  on kuljettu matka. Tässä sovelluksessa kuitenkin otetaan keskiarvo voiman vektorista, jotta saadaan koko tilannetta kuvaava työ. Tästä syystä merkitsemme kaavan seuraavaan muotoon:

$$(2) \quad W = \overrightarrow{F_{ka}} \cdot \vec{s},$$

missä  $\overrightarrow{F_{ka}}$  on keskiarvo tietyllä välillä tuotetuista hetkittäisistä voimista ja  $\vec{s}$  on kuljettu matka.

Matka  $s$  saadaan laskettua kaavalla:

$$(3) \quad \vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} t^2 \vec{a}_k$$

missä  $\vec{s}_0$  on jo kuljettu matka,  $\vec{v}_0$  on alkunopeus,  $t$  on aika sekä  $a$  on kiihtyvyys.

Mittaustilanteissa kuitenkin etukäteen kuljettua matkaa  $s_0$  sekä alkunopeutta  $v_0$  ei ole, joten  $\vec{s}_0 = 0$  sekä  $\vec{v}_0 = 0$ . Tällöin yhtälö (3) supistuu muotoon:

$$(4) \quad \vec{s} = \frac{1}{2} t^2 \vec{a}_k,$$

Teho  $P$  saadaan laskettua kaavalla:

$$(5) \quad P = \frac{W}{t},$$

missä  $W$  on tehty työ ja  $t$  on aika, jossa työ tehdään.

Sijoittamalla yhtälö (4) yhtälöön (2) saadaan:

$$(6) \quad W = \frac{1}{2} \overrightarrow{F_{ka}} t^2 \vec{a}_k,$$

Kun tähän (yhtälöön 6) sijoitetaan vielä yhtälö (1), niin saadaan tehdyn työn (W) yhtälö muotoon:

$$(7) \quad W = \frac{1}{2} m t^2 \vec{a}_k^2$$

Sijoittamalla yhtälö (7) yhtälöön (5) saadaan:

$$P = \frac{m t^2 \vec{a}_k^2}{2t},$$

Tästä saadaan supistamalla tehon lausekkeeksi:

$$(8) \quad P = \frac{m \vec{a}_k^2 t}{2} = \frac{1}{2} m \vec{a}_k^2 t,$$

missä m on liikutettava massa, a on liikutettavan kappaleen kiihtyvyys, t on aika, missä teho on tuotettu.

### 3 Mittaustilanteet ja suoritteet

Käsittelen tässä ainoastaan suoraviivaisia (ei-ympyrämäisiä) liikeratoja. Esiteltävät liikkeet kuuluvat useiden urheilijoiden perusliikkeisiin. Kaikki kuvat on otettu Järvenpään Voimailijoiden sekä Keski-Uudenmaan Voimailijoiden yhteisellä kuntosalilla. Kerron myös jokasein harjoitteen kohdalla lisäperusteluja siihen, miksi olen ne valinnut.

### 3.1 Jalkakyykky levytangolla ja olympiaotteella (front squat)

Tämä liike on osasuoritus olympiapainonnosto rinnallevedosta. Liike on turvallisempi kuin perinteinen levytangolla suoritettu jalkakyykky, missä tanko on niskassa. Tämä johtuu siitä, että selkärankarasittuu vähemmän sekä painon pudottaminen on helpompaa. Liike myös aktivoi vastus lateralis- ja rectus femoris-lihaksia paremmin. [7].

Mikäli suorittajan ranteet eivät ole tarpeeksi taipuisat, on mahdollista asettaa kädet myös ristiasentoon tai käyttää vetoremmejä helpottamaan liikettä [7]. Kuten alla olevista kuvista kuvat 1 ja 2 huomaa, niin liikerata on hyvin suoraviivainen.



Kuva 1. Jalkakyykky levytangolla ja olympiaotteella (front squat) alussa/lopusa.



Kuva 2. Jalkakyykky levytangolla ja olympiaotteella (front squat) puolivälissä.

### 3.2 Maastaveto levytangolla ja sumo-otteella (sumo deadlift)

Maastaveto on hyvin käytännönläheinen nosto. Ideana on nostaa tanko vyötärön korkeudelle suorille jaloille. Maastavetoja on erilaisia kuten sumo-, perinteinen- ja trap-tanko-maastaveto. Se mitä niistä kannattaisi tehdä, riippuu pitkälti kehon mallista. Tärkeintä on se, että selkäranka pysyy siinä asennossa kuin se olisi seistessä hyvällä ryhdillä (neutral position) [8]. Lisäksi on olemassa monia muitakin variaatioita.

Omalla kohdallani toimivin on sumo-otteelle tehty maastaveto kuten kuvista 3 ja 4 selviää. Niistä näkee helposti myös, miten suoraviivainen liikerata on. Sumo-maastavedolle tyypillisesti jalat ovat leveämmällä kuin kädet.



Kuva 3. Maastaveto levytangolla ja sumo-otteelle (sumo deadlift) alussa/lopussa.



Kuva 4. Maastaveto levytangolla ja sumo-otteelle (sumo deadlift) puolivälissä.

### 3.3 Punnerrus tasaisella penkillä levytangolla (bench press)

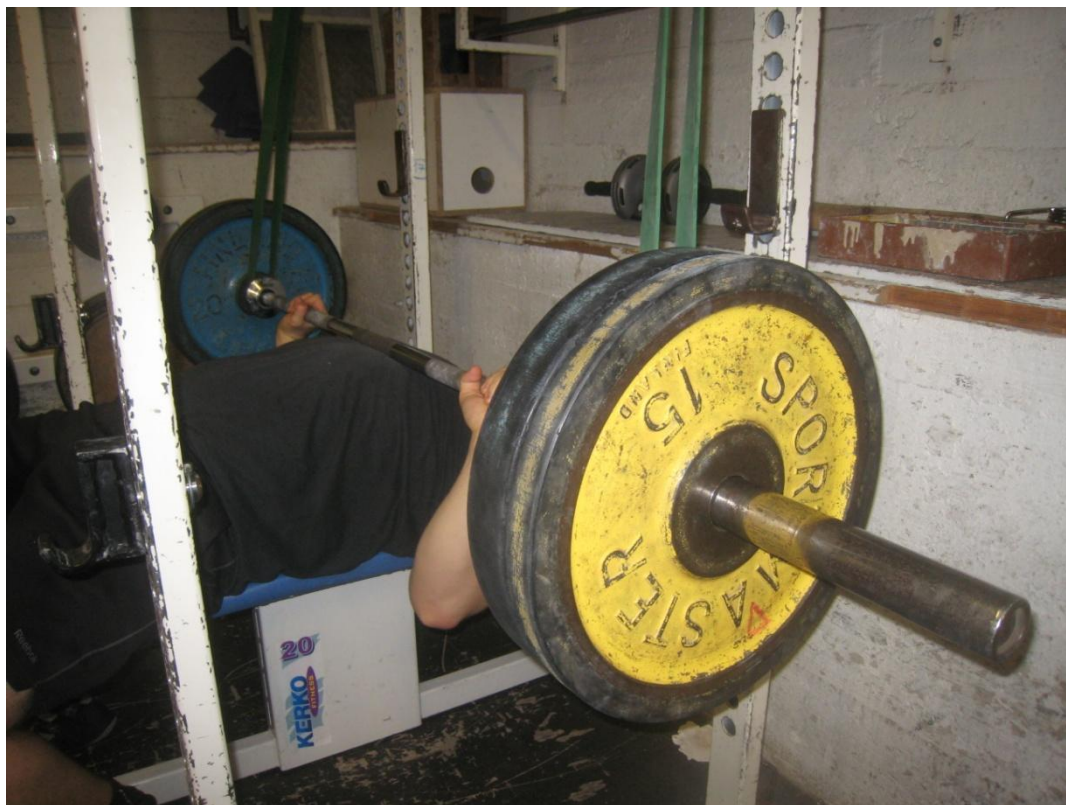
Punnerrus tasaisella penkillä levytangolla kuormittaa pääasiassa kolmipäistä olkalihasta (triceps brachii), isoa rintalihasta (pectoralis major) sekä kolmipäistä hartialihasta (deltoideus). Liike kuormittaa myös monia stabiloivia lihaksia, joihin kuuluvat monet selän lihakset, jotka ovat antagonistisia (vastakkaisia) rintalihaksille. Liike tulee suorittaa siten, että samalla selän lihaksistoa jännitetään Tämä lisää voimantuottoa ja ehkäisee vammoja. Punnerrusta penkiltä on usein kritisoitu tapaturma-alttiiksi liikkeeksi, mutta se on silti hyvin suuressa käytössä urheilijoiden keskuudessa. [9.]

Punnerrus tasapenkiltä on esimerkiksi National Football Leaguen (NFL) käyttämä työkalu, jolla mitataan urheilijoiden suorituskykyä. Se on itse asiassa ainoa heidän käyttämä testi, jossa käytetään lisäpainoa [10]. Tämä johtuu siitä, että kyseisissä lajissa eli amerikkalaisessa jalkapallossa työnnetään vastustajia vaakatasossa runsaasti. Kuvassa 5 ovat käytössä vetokumit, joiden avulla tangon käyttäjään kohdistama voima muuttuu suuremmaksi tangon liikkua poispäin maasta.



Kuva 5. Punnerrus tasaisella penkillä tangolla (bench press) alussa/lopussa.





Kuva 6. Punnerrus tasaiselta penkiltä tangolla (bench press) puolivälissä.

## 4 Kilpailijat

Sovelluksellani on muutama hieman samanlaisia ominaisuuksia mittaavia kilpailijoita. Esittelen tässä niistä muutamia ja pohdin samalla, miten oma sovelluksi eroaa niistä edukseen sekä haitakseen.

### 4.1 The AmmSensor

Laitteeni pahin kilpailija on Advanced Motion Measurement, Inc. -niminen yritys. Heillä on olemassa ranteeseen tai muuhun kehon osaan kiinnitettävä laite, The AmmSensor, joka mittaa käyttäjän suorituskykyä. Laite on hyvin pienikokoinen. Yritys mainostaa laitetta käytettäväksi pääasiassa golf-pelaajien lyöntien analysointiin. Laite vaatii aina tietokoneen, mikäli tuloksia halutaan tulkita. Tse laitteessa ei ole näyttöä. Tietokoneohjelmistot joutuu ostamaan heiltä erikseen. [6.]

Suurin ero tässä on se, että Android-järjestelmällä toteutettava sovellus tulee huomattavasti edullisemmaksi, minkä lisäksi puhelinta voidaan käyttää sen sijaan, että mukana pitäisi olla isokokoisempi tietokone. Olin yhteydessä kyseiseen yritykseen, ja he lähettivät minulle liitteen kustannuksista (liite 1). Muutettuna tämän hetkisen (21.02.2013) eurokurssin mukaisesti sovelluksen eri osien hinnaksi tulee (liite 1):

- AmmSensor 909 euroa
- AmmTrainer3D-ohjelmisto 300 euroa
- Bluetooth Dongle 65 euroa
- Kiinnitystarvikkeet 94 euroa

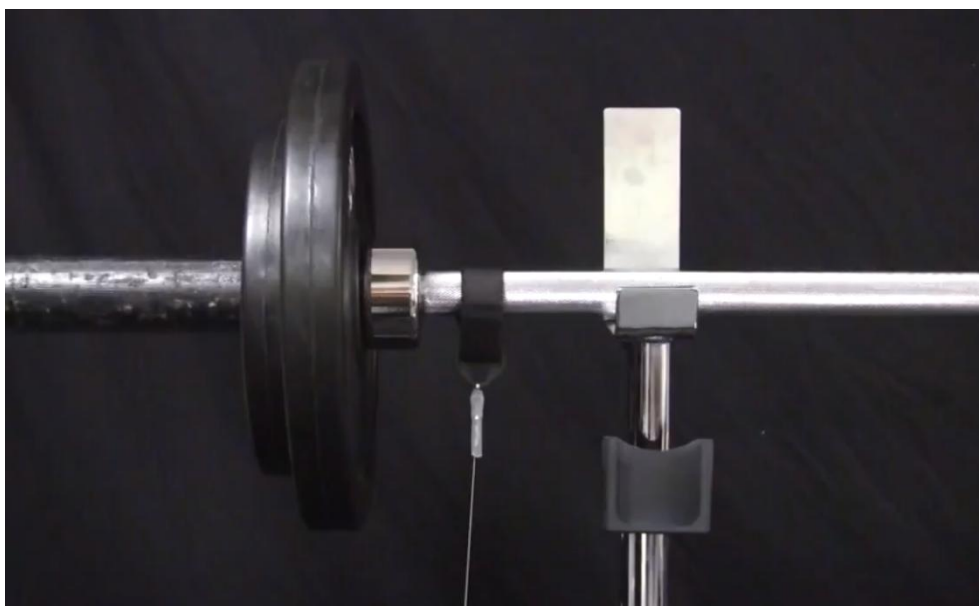
Näiden yhteisummaksi tulee 1364 euroa. AmmSensor on siis itse laite mikä mittaa kiihtyvyyden, AmmTrainer3D-ohjelmistolla mittaukset voidaan esittää graafisesti, Bluetooth Dongle on laite, joka kiinnitetään tietokoneeseen, jotta data siirtyy tietokoneen ja AmmSensorin välillä. Kiinnitystarvikkeisiin sisältyy olkapäähaarniska, rintakiinnitys- sekä lannekiinnitysvälineet sekä muita kiinnitysvälineitä, joilla AmmSensor saadaan kiinni esimerkiksi ranteeseen, nilkkaan ja reiteen. [6.]

#### 4.2 Gymaware powertool

Gymaware valmistama powertool on laite, jolla kyetään mittaamaan urheilijoiden erityisesti levytangoilla suoritettavien liikkeiden voimantuottoa. Eli juuri niitä liikkeitä, joita itse olen tässä työssä esitellyt. Laite on reilun nyrkin kokoinen musta laatikko, josta lähtee kaapeli. Tämä kaapeli kytketään kiinni levytangoon kuten ilmenee kuvissa 7, 8 ja 9. [6.]



Kuva 7. Powertool-mittalaite. [6.]



Kuva 8. Powertool-mittalaitteesta lähtevä kaapeli kytkettynä tankoon. [6.]

Laite toimii siten, että maahan laitetaan itse mittauslaite (kuva 7) ja siitä lähtevä kaapeli kytketään tankoon (kuva 8). Kuvasta 9 näkee selvästi kytkökset. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaista nostoa varten tulee Powertool asettaa maahan ja kaapeli kiinnittää erikseen. Vaikka tässä menee vain minuutti, pitää se tehdä jokaista suoritettavaa liikettä kohden erikseen. Laite tulee myös olla maassa aikalailla kohteen alapuolella, joskin laitteen hieman epäsuorassa tangon suhteen oleminen on hyväksyttävää ja laite osaa kompensoida sen. [6.]



Kuva 9. Powertool kiinnitettynä levytankoon, kaapeli korostettuna punaisella. [6.]

Laite kykenee mittaamaan tarkasti henkilön tuottamat voimat. Seuraavana on esitetty 3 eri vaihtoehtoa, miten laitteen tuottamaa dataa voi käyttää hyväkseen. Laite näyttäisi tuottavan luotettavaa dataa. Laite ottaa näytteitä 35 mikrosekunnin välein, eli laite on tarkka. Laite ei myöskään mittaa silloin, kun ei ole tarvetta. Laitteessa on akku. [6.]

Laite käyttää hyväkseen Applen mobiilituotteita. Jos sinulla ei ole sellaista, niin sellaisen voi ostaa valmistajan sivuilta. Laitteesta data siis lähetetään esimerkiksi Applen iPad-tai iPhone-laitteisiin missä dataa voidaan käsitellä. [6.]

Laitteesta saatavan datan hallitsemiseen valmistaja tarjoaa kolmea erilaista vaihtoehtoa [6]:

#### 4.2.1 GymAware Lite

GymWare Lite tarjoaa palvelun missä suorituksista tulevaa dataa voi käsitellä ainoastaan iOS-laitella, eli Applen mobiililaitteistoissa kuten iPhone ja iPad. [6.]

#### 4.2.2 GymAware Online

Tiedostot synkronisoidaan yrityksen palvelimelle, missä voidaan tulkita monista eri laitteista tulevia tuloksia. Tämä on hyvin oleellinen ominaisuus, jos on esimerkiksi valmentaja ja on useampi valmennettava. Palvelu maksaa 120 euroa vuodessa. [6.]

#### 4.2.3 GymAware Pro Online

Yhteistyössä "Kinetic-athlete":n kanssa tehty sovellus, missä GymAware Onlinelle ominaisten ominaisuuksien lisäksi järjestelmä valmistajan mukaan valvoo myös käyttäjän [6]

- hyvinvointia
- lihasarkuutta
- sairastumisia
- loukkaantumisia
- huippukunnon hallintaa (peak performance)

Valmistajan mukaan laite myös tuottaa automaattisia varoituksia, jotka lähetetään esimerkiksi sähköpostilla. Kävin katsastamassa tämän toisen valmistajan, Kinetic-athelten, sivustolla, mistä oli kyse. Siellä oli esittelyvideoita, mutta missään ei ole selvästi kerrottu, miten järjestelmä toimii. Ideana on ilmeisesti, että käyttäjä vastailee laitteen kysymyksiin, minkä perusteella se arvioi kaikkia edellä listattuja asioita. Palvelu maksaa 275 euroa. Itse laite maksaa yli 1500 euroa. [6.]

Suuri ero tällä sovelluksella omaani on, että se vaatii fyysisen kytkennän mitattavan kohteen ja mittauslaitteen välillä, kun taas oma ratkaisuni on langaton. Laite ei myöskään koskaan mittaa turhaa dataa. Oman laitteeni kohdalla turhan datan mittaaminen on taas yksi suurimmista haasteista, jota voidaan kuitenkin eliminoida ääniohjauksella, josta kerron myöhemmin.

#### 4.3 Hur ja Hur Labs Performance Recorder

Hur ja Hur Labs ovat kaksi hyvin tiivistä yhteistyötä tekevää yritystä. Heillä on laitteita voimantuoton, tasapainon sekä monien muiden asioiden mittaamiseen.

Hurilla valikoima erilaisia tiettyihin lihasryhmiin kohdistuvia kuntosalilaitteita kuten reisilihakset ja keskivartalon eri lihasryhmät. Yritys mainostaa laitteitaan erityisesti vanhuksille ja kuntoutukseen sopivaksi, mutta sanoo myös niiden soveltuvan kaikille muillekin harjoittelijoille. [11.]

Laitteiden käyttäjille annetaan smart card -nimiset kortit, joiden avulla laitteet tunnistavat käyttäjät ja asettavat ennalta valitut vastukset ja ilmoittavat ja pitävät huolen tehtävistä toistoista ja sarjoista. Valmistajalla on myös laitteita, millä voi mitata tasapainoa. [11.]

Valmistajalla on myös kuntousta varten suunniteltu Rehab Line -tuotevalikoima. Niiden erikoisuutena on säädettävä liikeratojen pituus (range of motion = ROM). Näissä laitteissa pystyy myös liikuttamaan raajoja erikseen kuten kuvassa 10 ilmenee. Niiden ideana on estää haitalliset liikeradat vammautuneelle raajalle. [11.]

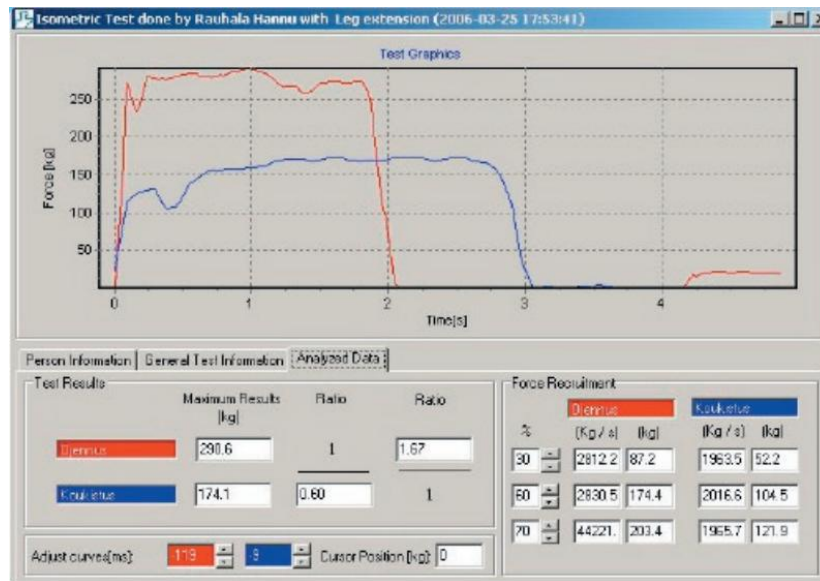


Kuva 10. Jalan ojennus/koukistus-kuntoutuslaite. Liikeratasäädöt vasemmalla. [11.]

Hur labs-yrityksellä on performance recorder -niminen laite, jolla pystytään mittaamaan tuotettuja voimia. Laite kiinnitetään Hurin kuntosalilaitteisiin fyysisesti ja niissä on kohdat pulteille, joihin se kiinnitetään, kuten kuvassa 11 ilmenee. Laite siirtää dataa kaapelia pitkin laitteeseen, mikä tallentaa tiedot. Laitteessa on pieni näyttö, joka ilmaisee hetkellisen voimantuoton, kuten kuvassa 11 ilmenee. Vasta tietokoneen ja mukana tulevan ohjelmiston avulla saadaan data oikeasti käyttöön. Tämä ilmenee kuvassa 14. [15.]



Kuva 11. Performance Recorder kiinnitettynä jalan ojennus/koukistus laitteeseen. [15.]



Kuva 12. Performance Recorder ohjelmisto. Punainen käyrä kuvaa ohjennusta ja sininen koukistusta. [15.]

Performance Recorder-ohjelmistosta selvästi näkee, miten voimaa syntyy. Mielestäni on kummallista, että kun ohjelmistossa (kuva 12) näkyy voima kilogrammoina, vaikka kyseessä on pitäisi olla newton-yksiköt. Performance Recorder -laitteessa on akku. Yleensä ihmisen tuottama voima näyttää enemmän alaspäin aukeavalta paraabelilta, sillä esimerkiksi punnertasessa tankoa on ihminen heikoimmillaan silloin, kun tanko on rinnassa, ja voimantuottokyky kasvaa koko ajan tangon ja rinnan etäisyyden kasvaessa (strength curve). Tämä selittyy myös sillä, miten myosiini- ja aktiini-levyt liikkuvat keskenään [13]. Valmistaja kehuu, että laitteet pystyvät tuottamaan tasaista vastusta, mikä ilmenee kuvassa 12, sillä voima on lähes koko ajan samanlaista, eikä paraabelimaista kuviota synny [15]. Tätä strength curvea voidaan myös manipuloida ilman erikoislaitteistoa kiinnittämällä vapaisiin painoihin esimerkiksi vetokumeja tai ketjuja.

Laitteilla voi myös suorittaa nopeusvoimaharjoitusta, mikä on etenkin vanhuksille vaikea toteuttaa vapaille painoilla, mutta heidän esittelyvideonsa perusteella tämä näytti onnistuvan vanhuksilla hyvin. Valmistajalla on myös hyppimistä mittaava laite - hyppytestilevy. Valmistajan mukaan laitteella pystytään mittaamaan hyppykorkeus, voimantuottonopeus sekä maksimivoima. Laite on Medical CE -merkitty, eli se on hyväksytty lääketieteelliseen käyttöön. [15.]



Laitteistot ovat huomattavasti kalliimpia kuin tavalliset kuntosalilaitteet. Performance recorder -laite toimii ainoastaan saman valmistajan laitteissa vaaten olla kiinnitettynä laitteista löytyviin ruuvipaikkoihin. Laitteesta kaapelin päässä olevaan tallennusyksikköön tulee hetkellinen voimantuotto näkyviin, mutta se ei ole riittävää kokonaisenanalyysin tekemiseen Toki siitä näkee nopeasti, onko huippuvoimaa ollut enemmän vai vähemmän kuin aikasemmilla kerroilla. Tarvitaan siis erillinen tietokone, jotta saadaan tulokset graafisesti ulos. [15.]

Verrattuna omaan sovellukseeni on tämä selvästi kömpelömpi ja joustamattomampi ratkaisu. Se toimii vain tietyillä ehdoilla eikä laitteita voi helposti siirtää niiden suuren koon vuoksi. Toisaalta laitteilla saa todennäköisesti tarkempaa informaatiota. Oma sovellukseni on myös huomattavasti huokeampi.

## 5 B-Force-mittauslaitteisto

B-Force koostuu useammasta eri komponentista: kiihtyvyyssanturista, Bluetooth-lähtimestä, mikrokontrollerista, virtalähteestä sekä Android-ohjelmasta (appista). Periaatteessa on myös mahdollista käyttää laitekokonaisuutta, joka sisältää kaikki edellä mainitut. En kuitenkaan löytänyt tällaisia laitekokonaisuuksia jotka tyydyttivät tarpeeni. Esittelen tässä oleellisimpien komponenttien toiminnan teoriaa.

### 5.1 Kiihtyvyyssanturin toimintaperiaate

Kiihtyvyyden voi määritellä nopeuden muutosnopeutena tai matkan muutosnopeuden muutosnopeutena. Matemaattisesti se voidaan kirjoittaa [18]:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta^2 s}{\Delta t^2}$$

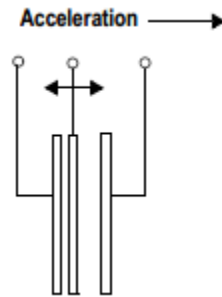
Fysiikkaosiossa on käytetty perusmekaniikan kaavoja, joiden avulla kiihtyvyydestä on saatu mitatun ajan avulla nopeus ja matka. Kiihtyvyys on tässä ratkaisussa siis vain työkalu, eikä varsinaisesti kiihtyvyydestä olla kiinnostuneita. Pää tarkoituksena on selvittää voima ja teho.

Kiihtyvyyssantureita on kahta pääluokkaa - absoluuttia ja suhteellisia. Suhteelliset kiihtyvyyssanturit mittaavat objektin ja tietyn verrokin välistä etäisyyttä Tämä ei palvele tämän työn tarpeita, joten niitä ei käsitellä. Suhteelliset kiihtyvyyssanturit voidaan kiinnittää kappaleisiin, eivätkä ne vaadi verrokkikohteita, joten tässä työssä käytetään sen tyyppistä anturia. [5, s. 193]

Texas Instrumentsin määrittelee kuusi erityyppistä kiihtyvyyssanturia [18]:

- Kapasitiivinen: Metallinen varsi tuottaa kapasitanssia, muutokset kapasitiivisuudessa voidaan mitata ja muuttaa kiihtyvyydeksi [18].
- Pietosähköinen: Pietsoelektroninen kristalli kiinnitetään massaan, syntyvä jännite voidaan mitata ja muuttaa kiihtyvyydeksi [18].
- Pietsoresistiivinen: Perustuu Hallin ilmiöön, jossa elektronien kulkusuunta muuttuu kun johdin joka niitä kuljettaa tuodaan magneettikenttään [19]. Magneettikenttien muutos mitataan ja muutetaan kiihtyvyydeksi [18].
- Magneettiresistiivinen: Materiaalin resistiivisyys muuttuu magneettikentässä, tästä saadaan sitten mitattua kiihtyvyyttä [18].
- Lämmönsiirtymä: Lämmitetyn massan sijaintia seurataan havainnoimalla sen lämpötilaa. Tästä saadaan mitattua kiihtyvyyttä. [18.]

Omassa sovelluksessani käytän kapasitiivista kiihtyvyyssanturia Niiden suosio perustuu niiden edullisuuteen. 3-ulotteisessa kapasitiivisessä anturissa on kolme erillistä muuntajaa (transducer) kuvassa 13 on yksi sellainen. Näitä tarvitaan siis kolme kappaletta, ja ne on sijoitettu siten, että jokainen niistä mittaa omaa ulottuvuuttansa, eli x-, y- tai z-ulottuvuutta. Esimerkkikuvan voisi helposti mieltää x-ulotteiseksi, sillä se mittaa kiihtyvyyttä vaakasuunnassa. [24.]



Kuva 13. Hahmoitelma kapasitiivisen kiihtyvyyssanturin toimintaperiaatteesta. [24.]

Muuntaja (kuva 13) koostuu kolmesta levystä, joista keskimäinen liikkuu, kun siihen kohdistetaan kiihtyvyyttä. Reunimmaisheet levyt ovat kapasitaattoreita. Keskimäisen levyn etäisyys muihin levyihin vaikuttaa niiden kapasitiivisyyteen. Tästä saadaan laskettua niiden etäisyydet, joista saadaan kiihtyvyys. Komponentit noudattavat kaavaa:

$$C = A\epsilon/D,$$

missä C on kapasitiivisyys, A on levyn pinta-ala,  $\epsilon$  on eristevakio ja D on levyjen välinen etäisyys. [24.]

## 5.2 Bluetoothin toimintaperiaate

Bluetooth on lyhyelle etäisyydelle tarkoitettu avoin tiedonsiirto-standardi. Se toimii radiosignaalin avulla 2400-2483,5 MHz:n taajuudella. Uusin versionumero on tällä hetkellä 4.0, sen tarkoituksena edellisiin versioihin nähden on lisätä tiedonsiirtokapasiteettia. Tästä on olemassa myös Bluetooth low energy (BLE) -protokolla, minkä tarkoituksena on vähentää nimensä mukaisesti virrankulutusta huomattavasti. Erityisesti tässä sovelluksessa (B-Force) on pääpaino pienessä virrankulutuksessa, koska datamäärät eivät ole merkittävästi suuria. [4.]

CSR-nimisellä yrityksellä on olemassa CSR Synergy for Android -niminen moniradio plug-and-play-ohjelmistoalusta Androidille. Yritys lupaa tämän alustan tarjoavan yhdistämisen moniin eri sensoreihin ja laitteisiin pienellä tehon kulutuksella. [14.]

Vaikka tässä sovelluksessa ensisijaisesti käytetään vain yhtä kiihtyvyyssanturia bluetoothin välityksellä, niin edellä mainittu CSR voisi mahdollistaa usean eri suorittajan tekemiä mittauksia samalla Android-laitteella. Toisaalta tällä tavalla voitaisiin mitata eri raajoja samaan aikaan. Bluetooth on valittu tähän sovellukseen siksi että se löytyy käytännössä kaikista Android-laitteista.

### 5.3 B-Forcen komponentit

Laitteisto voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: joko laitteella missä on integroituna Bluetooth-lähetin sekä kiihtyvyyssanturi tai erillinen kiihtyvyyssanturi ja Bluetooth-lähetin. Esittelen tässä ratkaisun, joka perustuu jälkimmäiseen, eli käytössä on erillinen bluetooth-lähetin ja kiihtyvyyssanturi. Myynnissä on myös Bluetoothilla ja kiihtyvyyssantureilla toimivia askelmittareita, jotka voisivat myös toimia tässä tilanteessa. Päällisin puolin toimintaperiaate on kuitenkin kuvan 14 mukainen.



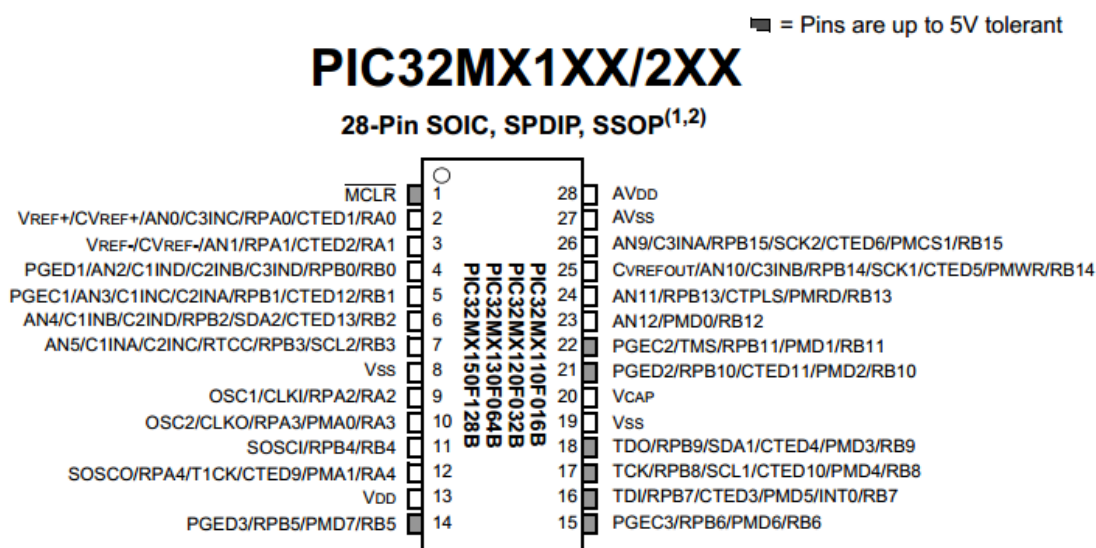
Kuva 14. Yksinkertainen kaavio tiedonsiirrosta.

Kuvassa vasemmalla on kiihtyvyyssanturi, mistä datasiirtyy Bluetooth-lähettimelle, joka lähettää tiedon radioteitse Bluetoothia tukevalle Android-laitteelle. Välissä on vielä mikrokontrolleri, joka hoitaa tiedonsiirron anturista lähettimelle.

Toisaalta Android-laitteista löytyy lähes poikkeuksetta kiihtyvyyssanturi, joten Android-ohjelmaa voi käyttää myös ilman erillistä kehoon liitettävää kiihtyvyyssanturi-Bluetooth-yhdistelmää. Ideana tässä on se, että jos henkilöllä on esimerkiksi Android-rannetietokone, niin hän voisi käyttää yksinomaan sitä mittaamaan voimia. Toisaalta, henkilö voi myös testiajaa sovellusta omalla puhelimellaan sitomalla sen kiinni vartaloonsa. Vaikka tämä ei ole ergonomisin vaihtoehto, voi se saattaisi edesauttaa henkilöä ostamaan myöhemmin kehoon kiinnitettävän osan B-Forcesta.

Esittelen tässä esimerkkinä neljän komponentin yhdistelmän, joiden avulla voidaan toteuttaa B-Forcen kehoon kiinnitettävä mittaussyksikkö. Tarvitaan siis bluetooth-lähetin, 3-ulotteinen kiihtyvyyssanturi, virtalähde sekä mikrokontrolleri. Bluetooth-lähetin ja kiihtyvyyssanturi kytketään mikrokontrolleriin. Lisäksi ne tarvitsevat virtalähteen sekä tarvittavat kaapelit kytkentöjä varten. Esittelen tässä esimerkin jokaiselle komponentille.

PIC32MX110F016B-mikrokontrolleri on Microchip Technology Inc. -yrityksen valmistama PIC-mikrokontrolleri. Tähän projektiin tarvitaan mikrokontrolleri, jossa on UART-liitännät kytkentää bluetoothia varten. Kuvassa 15) mikrokontrolleri liitännöineen. Laite toimii 40MHz:n taajuudella, mikä on täysin riittävä tähän sovellukseen. Riippuen tilattavasta kappaleiden määrästä on se hinnaltaan noin 2 euroa kappale. [20.]

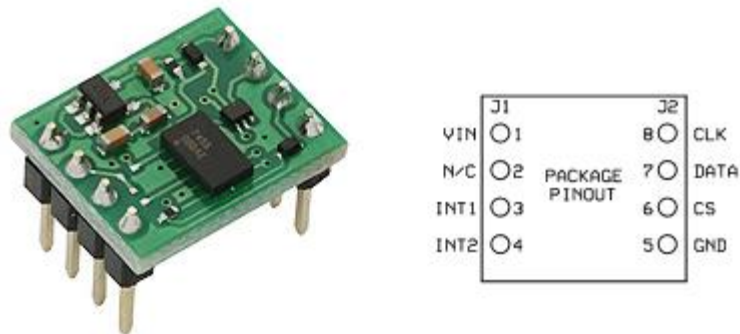


Kuva 15. PIC32MX110F016B -mikrokontrolleri ja sen pinnit. [21.]

Mikrokontrollerin tehtävänä on siirtää tuleva data kiihtyvyyssanturilta Bluetooth-lähttimelle. Lisäksi se antaa niille virtaa virtalähteen avulla.

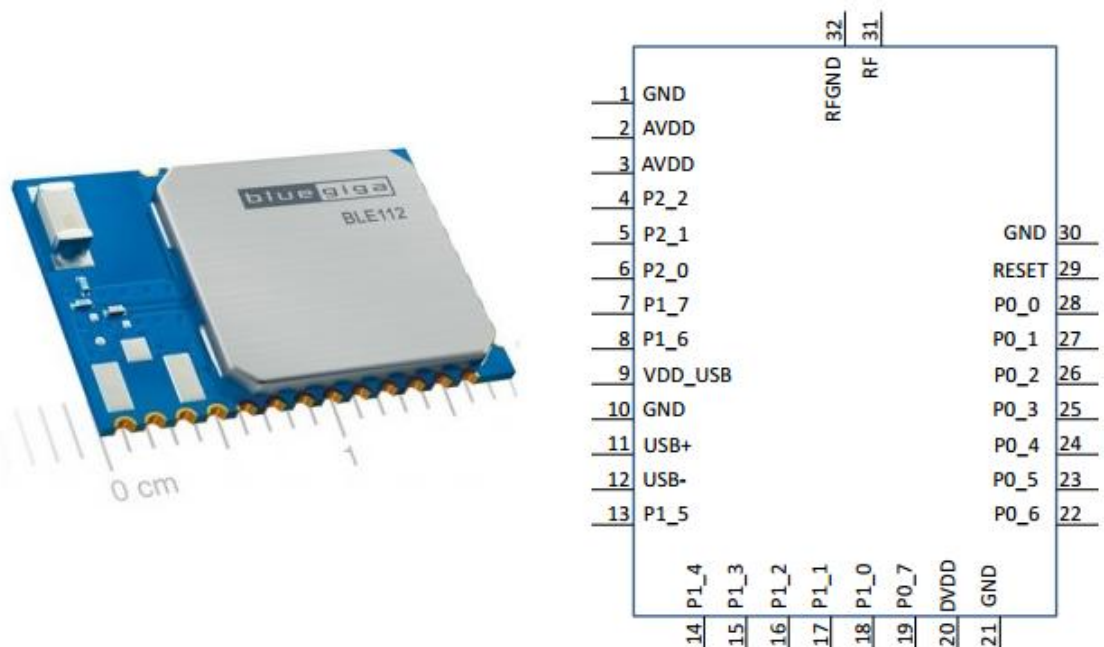
3-ulotteisena kiihtyvyyssanturina voisi käyttää esimerkiksi Freescale Semiconductor MMA7455L -kiihtyvyyssanturia. Laite kykenee mittaamaan 8g:n kiihtyvyyksiä, eli  $9,81\text{m/s}^2 * 8 = 78,48\text{m/s}^2$  [24]. Tämä on varsin riittävä B-Forcea varten. Tuote maksaa yksittäisenä kappaleena tilattuna parallax.com-verkkosivulta 23 euroa Massatilauksena

hinta on varmasti huokeampi [21]. Kuvassa 16 on piiri sekä siinä olevia liitäntöjä [21; 24].



Kuva 16. Freescale Semiconductor MMA7455L -kiihtyvyyssanturi ja sen pinnit [21; 24].

Lisäksi tarvitaan vielä Bluetooth-lähetin. Kuten aikaisemmin olen maininnut, halusin Bluetooth 4.0 -lähettimen pienemmän virrankulutuksen takia. Valitsin Bluegiga BLE112 -Bluetooth-moduulin sisäisellä antennilla. Kuva 17 moduulista sekä sen liitännöistä datasheetin mukaan P1\_4 sekä P1\_5 ovat UART input- ja output-pinnejä kytkentään mikrokontrolleria varten. [22.]



Kuva 17. Bluegiga BLE112 bluetooth 4.0 -moduuli ja pinnit. [22.]

Mouser electronics -verkkosivu myy yhtä tuotetta 12,21 euron hintaan. Hinta laskee, mikäli tuotetta tilataan enemmän kerralla. Tuote on myös pienikokoinen, mikä selviää kuvasta x. Leveyttä on noin 2 senttimetriä ja korkeutta vielä vähemmän.

Yhdistämällä nämä kaikki komponentit yhdessä virtalähteen (akku, paristo) sekä kotelon kanssa saadaan B-Force-mittausyksikkö. Nämä kolme komponenttia maksavat yhdessä

$$2\text{eur} + 23\text{eur} + 21,21\text{eur} = 46,21\text{eur}$$

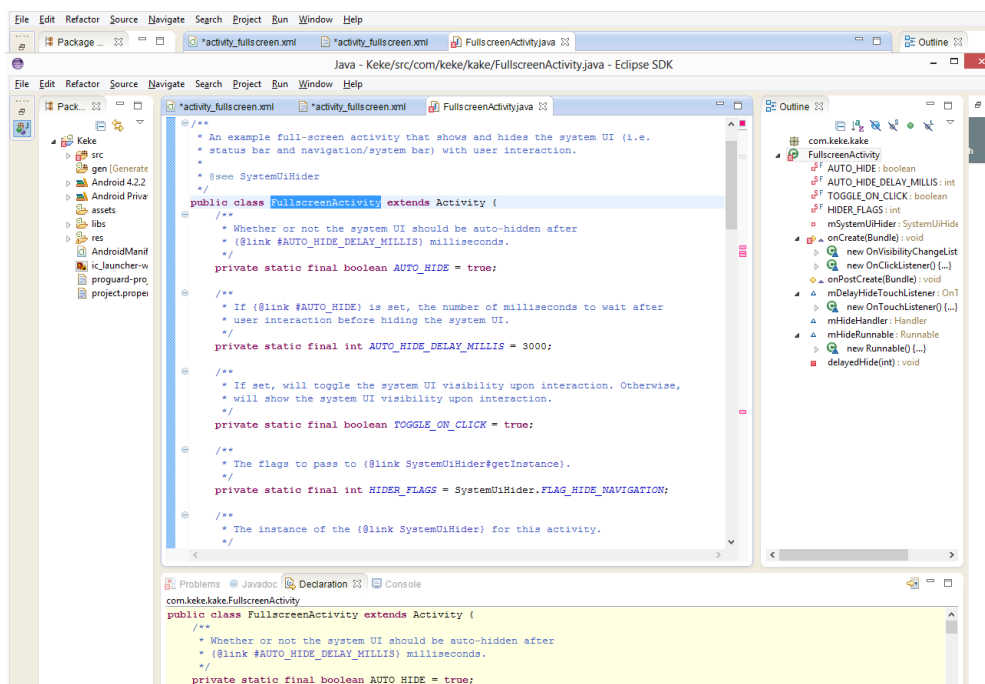
Lisäksi virtalähde ja kotelo aiheuttavat lisäkustannuksia. Suuremmissa erissä tilattuna komponentit ovat selvästi edullisempia. Myös edullisempia komponentteja on täysin mahdollista löytää. Näilläkin komponenttien hinnoilla tuote voitaisiin saada huomattavasti huokeammaksi kuin kilpailijat.

#### 5.4 Android-sovellus

B-Force-sovellus (appi) toimii Android-käyttöjärjestelmässä. Android-käyttöjärjestelmälle luodaan ohjelmia (appeja) Eclipse API:n, eli kehitysympäristön avulla. Eclipse on ilmainen kehitysympäristö, jonka voi ladata osoitteesta <http://eclipse.org>. Tämän lisäksi tarvitaan Android SDK, minkä voi myös ladata ilmaiseksi osoitteesta <http://developer.android.com/sdk/>. Näiden kahden työkalun avulla saadaan graafinen ympäristö, missä voidaan tehdä Android ohjelmia (appeja). Ohjelmointikielenä voi käyttää ainakin javaa.

Androidin kehittäjä sivuilta löytyy hyviä ohjeita ja esimerkki koodeja sovelluksien tekoon. Siellä on selvät esimerkkikoodit siihen, miten Bluetooth-vastaanotin aktivoidaan Android-laitteessa. [3.]

Uutta projektia luodessa kysytään, mitä Android-versioita tahdotaan tukea. Uusin versio tällä hetkellä on Android 4.2.x, mutta 38,4 % käyttää edelleen versiota 2.3, joten on viisasta kehittää ohjelmia, jotka tukevat vanhempaa 2.3-versiota [17].



Kuva 18. Eclipse-kehitysympäristö.

Kuvan 18 Eclipse-kehitysympäristössä on myös osio, jossa on graafinen esitys Android-ohjelmasta (app). Siinä näkymässä ohjelmoija voi klikkaa ja vedä -periaatteella lisätä ohjelmaan nappuloita, tekstikenttiä sekä muita tarpeellisia asioita.

Android-ohjelman GUI, eli graafinen käyttöliittymä perustuu teksteihin ja kuviin. Ideana on luoda prototyyppisiä, mitä esitettäisiin ihmisille ja pyydetäisiin heidän näkemyksiään ja ideoitaan Tätä kutsutaan myös UCD-termillä, eli user centered design. Ohjelmassa on myös palauteosio, johon käyttäjä voi kommentoida mahdollisia puutteita ja ehdotuksia. Koska tällaisia käyttäjätutkimuksia ei ole vielä tehty, ei tässä työssä ole graafista esitystä edellä mainitusta GUI:sta. Käyttäjän näkymästä olisi monta eri versiota, mistä ainakin yksi on suunnattu nimenomaan vanhuksille ja huononäköisille. Ideologiana tässä on DfA. Vanhukset ja huononäköiset on otettu huomioon suuremmalla fonttikoolla sekä yksinkertaistetummalla käyttöliittymällä.

Android ohjelma on myös yhteydessä keskuspalvelimeen, missä tiedot olisivat tallennettuna pilvessä. Tiedot tallennetaan MySQL-tietokantaan, mitä käytetään SQL-kielellä. Pilvipalvelun avulla käyttäjät voisivat tarkastella tietoja olematta riippuvaisia Android-laitteestaan. Tietoa voisi myös käydä verkkosivun avulla katsomassa, eli tieto välittyisi internetin kautta TCP/IP-protokollaa käyttäen. Yhteys internetiin saataisiin



joko Wlan-, 3G- tai 4G-verkon kautta. Verkkosivut toimisivat HTML-kielellä, joten ne toimivat kaikissa internetlaitteissa ja noudattaisivat W3C:n standardeja. Käyttäjä voi kuitenkin valita, mikäli ei tahdo tällaista palvelua käyttää.

Mittaustilanteiden yhteydessä sekä myöhemmässä vaiheessa on mahdollista äänittää kommentteja liittyen eri harjoitussessioihin. Äänitykset tallennetaan pakattuun MP3-ääniformaattiin. Android-puhelimissa on aina kamera. Tätä kameraa voidaan käyttää mittaustilanteen yhteydessä nauhoittamaan suoritustilanne. Mittaustilanne voidaan käynnistää äänikomennolla pienen matkan päästä. [3.]

Android ohjelman päätoiminnot ovat seuraavat:

- usean käyttäjän hallinta
- ääniohjaus sekä kosketusnäytön avulla ohjaaminen
- urheilusuurituksen mittaaminen ja samalla videon tai pelkän äänen nauhoitus
- suoritettujen mittaustulosten esittäminen graafisesti sekä arvoina
- kommenttien lisääminen tuloksiin sekä tekstinä että äänenä
- tallennus pilvipalveluun sekä paikalliseen muistiin.

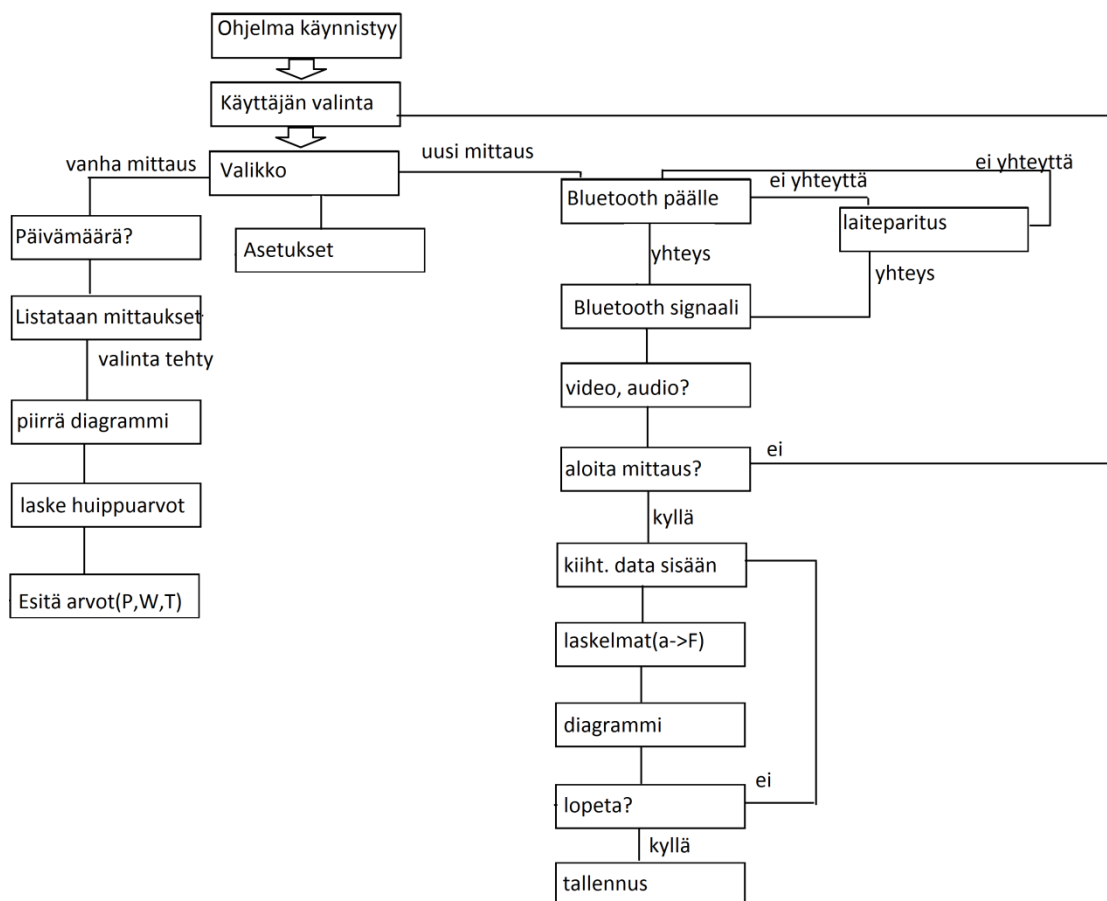
Näitä listattuja asioita on hahmoitettuna myös kuvassa 19. Mittaustapahtuman käynnistyttyä joko kosketusnäytön tai ääniohjauksen kautta ruvetaan ottamaan kiihtyvyyssanturidataa sisälle bluetoothin kautta. Saapuvat kiihtyvyysskomponentit lasketaan fysiikkaosion selostuksien mukaan yhteen, jotta saadaan kokonaiskiihtyvyys jokaiselta ajan hetkeltä Laitteesta tulee myös kellosignaali. Taajuus, jolla kiihtyvyyssarvoja otetaan, voi olla esimerkiksi 50 Hz. Kaikki mainittavat kaavat löytyvät fysiikkaosion alkaen sivulta 3. Jokainen hetkellinen kiihtyvyys muutetaan kaavan (1) avulla voimaksi, josta piirretään diagrammi.

Mittausten jälkeen lasketaan tehti ja teho kaavojen (6) ja (8) avulla. Työ tulee laskea ennen tehoa. Työn laskemisessa käytetään voimaa, mutta koska näissä

mittaustilanteissa voima ei ole vakio, vaan se muuttuu koko ajan (kuva 20 antaa tähän osviittaa), on kaikista mittaustilanteen hetkellisistä voimista laskettava keskiarvo. Jos taajuutena käytetään esimerkiksi 50 Hz ja mittaustilanne kestää 10 sekuntia, tulee 500 hetkellisiä voimaa. Näistä lasketaan edellä mainittu keskiarvo. Matemaattisesti asian voisi esittää:

$$\frac{\sum F_n}{n}$$

Lopuksi ohjelma tallentaa jokaista suoritusta varten voimakäyrän sekä tuotetun työn ja tehon arvot. Näitä voi sitten myöhemmin tarkastella ohjelman tai pilvipalvelun kautta. Android-laite lähettää tiedot pilvipalveluun käyttäen joko Wlan-, 3G- tai 4G-verkkoa.



Kuva 19. Hahmoitelma Android-sovelluksen toimintaperiaatteesta.

## 6 B-Forcen käyttötarkoitukset

Lähtökohtaisesti koko B-Forcen ideointiprosessi lähti käyntiin ajatuksesta mitata urheilijoiden ja tavallisten kuntosalilla kävijöiden suorituskykyä. Tutustuttuani mahdollisiin kilpailijoihin sekä keskusteluista ystävien kanssa sain idean, että tätä sovellusta voisi käyttää myös fyysisesti vammautuneiden sekä vanhusten kuntouttamiseen.

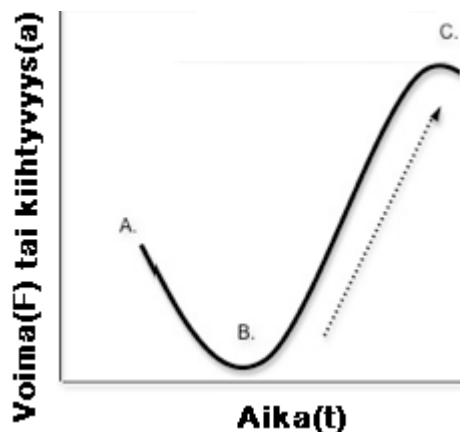
Pohdin tässä myös samalla muita käyttötarkoituksia, mihin laitteistoa pystyisi käyttämään. Esimerkiksi peruskuntoiluun ja vanhusten turvallisuuteen voisi olla mahdollista tehdä ratkaisuja.

Kehoon kiinnitettävä osa on suunniteltu DfA-ideologialla, eli kiihtyvyyssanturin kiinnitys olisi jokaiselle ihmiselle sopiva. Android-sovellus olisi myös hyvin muokattavissa ja sitä pystyisi käyttämään kuka hyvänsä.

### 6.1 Suorituskyvyn mittaaminen

Suoritettaessa joitakin kappaleessa 3 esitettyjä suoritteita saadaan antureista saatavan kiihtyvyyssinformaation avulla approksimaalisesti alapuolella olevan kuvan 16 mukaisia käyriä. Käyrässä ilmenee vain yksi toisto, eli suoritettun sarjan pituus on yksi. Todellisessa mittaustilanteessa syntyy huomattavasti kohinaa, joka ei tässä kuvassa ilmene.

Kuvaajassa pysty akselilla on merkittynä joko kiihtyvyys ( $a$ ) tai voima ( $F$ ). Sivulla 3 olevan kaavan (1)  $\vec{F} = m\vec{a}_k$ , mukaan voiman vektori on suoraan verrannollinen kiihtyvyyden vektoriin. Tästä ilmenee, että voimavektori ( $\vec{F}$ ) saadaan, kun kiihtyvyydsvektori ( $\vec{a}_k$ ) kerrotaan massalla. Tässä approksimoidussa tilanteessa on helpompi miettiä kuvaaja kiihtyvyytenä, koska esimerkiksi suoritettaessa jalkakyykkyä on helppo jokaisen mielessään hahmottaa, miten tangon kiihtyvyys käyttäytyy missäkin vaiheessa suoritetta. Näitä havainnollistavat myös kuvat 1 ja 2. Liike on suoritettu räjähtävästi, eli mahdollisimman suurella nopeudella.



Kuva 20. Kuvaaja approksimaatiosuoritetilanteesta, missä on kuvattu kiihtyvyyden (a) tai voiman (F) suhdetta aikaan (t). Kohdat A, B ja C ovat tiettyjä ajanhetkiä.

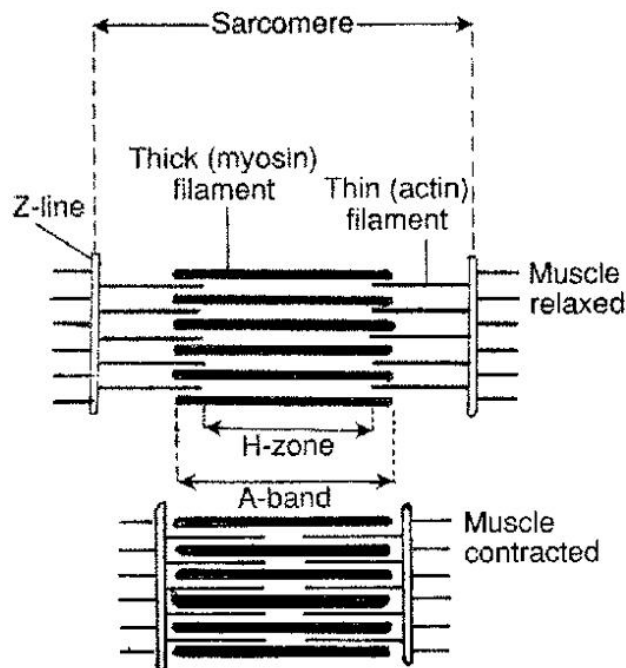
Yhdistämällä kuvan 20 kuvaajan kuvissa 1 ja 2 esitettyyn jalkakyykkyyden olympiaotteella, voidaan paremmin ymmärtää, mitä kuvan 16 kuvaajassa tapahtuu. Kuvaajassa kohdassa A ollaan juuri aloittamassa liike. Kohtaan B mennessä ollaan laskeuduttu alaspäin, ja tässä kohtaa on kiihtyvyyden ja voiman nollapiste. Tästä lähteen suoritettavan liikkeen ns. positiivinen vaihe, eli ylöspäin nousu. Pisteessä C ollaan saavutettu maksimaalinen voimantuotto tai kiihtyvyys.

Tämä perustuu sekä omaan empiiriseen tutkimukseeni vuosien varrelta että myös huippu-urheilijoita valmetavan Charles Poliquinin puheisiin. Käyrän muotoon vaikuttavat myös nivelten asennot tietyillä ajanhetkillä suoritetta tehdessä. [16.]

Oletettavaa on, että urheilija ei aina suorita vain yhden toiston sarjoja, vaan toistoja tulee useita. Tällöin Android-ohjelmiston on kyettävä tunnistamaan, missä ajankohdassa eri toistot ovat tapahtuneet. Tavoitteena urheilijalla voi olla kuvaajassa (kuva 20) kohdan B ja C aikaeron kaventaminen - urheiluliike on suoritettu nopeammin, mikä tarkoittaa, että tehokkuus on parantunut. Jos taas piste C on korkeammalla kuin aikaisemmissa mittauksissa, tarkoittaa se, että maksimivoima on suurempi.

Se miksi, kiihtyvyys ja voimantuotto voimistuvat liikkeen edetessä, eli siirryttäessä kuvan 20 kuvaajassa pisteestä B pisteeseen C johtuu lihasten rakenteesta. Lihassupistus perustuu myosiini- ja aktiini-filamenttejen liikkeeseen. Mitä enemmän

filamentit ovat lomittain, sitä enemmän lihassupistus tuottaa voimaa Tämä on hahmotettuna kuvassa 21 selvästi. [13.]



Kuva 21. Lihaksen toimintaperiaate.

Sovelluksen ideana on mitata myös tehokkuus, mihin tarvittavat kaavat on käyty läpi fysiikkaosiossa. Ideana on, että etenkin kuvan X pisteiden B ja C välillä tuotettu teho kirjattaisiin ylös myöhempää vertailua ja analyysiä varten. Toisaalta jos ranneke kytkenään aina epäaktiiviseksi, kun levätään, voi se mitata koko harjoittelusession ajan tehokkuutta. Myöhemmin eri sessioiden tehokkuutta voidaan sitten vertailla keskenään, ja saada selville, onko suorittajan kyky tehdä työtä miten kehittynyt.

### 6.1.1 Urheilijat

B-Forcen ajatus lähti alunperin urheilijoiden kehityksen näkökulmasta. Siksi se sisältää eniten ominaisuuksia juuri voimaurheilijoita varten.

Koska Android-käyttöjärjestelmä tukee ääniohjausta, voidaan sen avulla toteuttaa mittauksen käynnistäminen ja lopettaminen [3]. Ideana on se, että käyttäjän ei tarvitse fyysisesti koskea laitteeseen käynnistääkseen kiihtyvyyssanturista tulevan datan sisäänoton. Tämä on hyödyllistä, kun valmistaudutaan raskaiden painojen kanssa

tehtävään suoritukseen. Tässä on myös se etu, että suorittaja voi olla jo levytangan alla käynnistäessään mittauksen suullisesti Tämä tarkoittaa vähemmän turhaa mittaamista ja todennäköisesti vähemmän virhemittauksia.

Omien suorituksien videokuvaaminen ja lataaminen youtube-palveluun on nykyään todella suosittua, jos samaan saisi rinnastettua hetkellisen voimantuoton, tekisi se videosta vielä arvokkaamman. Tämä onnistuu käyttämällä Android-matkapuhelimissa olevaa videokameraa. Se kuitenkin vaatii telineen matkapuhelinta varten. Videointi sekä anturit saadaan siis käynnistettyä samalla äänikomennolla. Still-kuvia voidaan myös ottaa. Ideana tälle on, että dokumentoidaan suorituksessa mahdollisesti käytettävät erikoisvälineet kuten:

- vetokumit
- ketjut
- korotuslankut.

Ohjelma tukee myös äänikommenttien tekemistä kiihtyvyyssdatan ja mahdollisen videomateriaalin yhteyteen. Ideana nauhoitusten teolle on arvioida harjoituksen tuntumista ja mahdollisia oireita - antaa palautetta itselleen.

Laitetta voisi käyttää myös monissa muissa urheilulajeissa kuten pikajuoksussa. Kiihtyvyyden ja ajan avulla voidaan laskea nopeus. Sen lisäksi, että voidaan laskea huippunopeus, voisi laitetta käyttää myös nopeusrajoittimena. Tällaiselle ominaisuudella voisi olla käyttöä silloin, kun tarkoituksena ei ole juosta 100 % vauhdilla, vaan esimerkiksi 80 % huippuvauhdilla.

Laitteella voisi myös seurata itsenäisesti harjoittelevan urheilijan työtaakkoja. Valmentaja voi etänä tarkkailla, mikäli urheilija harjoittelee liian kevyesti tai liian rankasti. Kommentointiominaisuuden avulla urheilija voisi harjoittelun jälkeen arvioida oloansa ja tuntemuksiaan.

### 6.1.2 Fyysinen kuntoutus

Tapaturmien jälkeen ihmisillä voi olla heikentynyt fyysinen suorituskyky. B-Forcen avulla pystyttäisiin seuraamaan kuntoutuessa tapahtuvaa lihasten voimistumista. Myös vanhuksille voisi olla hyötyä tästä sovelluksesta lihasten voimantuoton seuraamisessa.

Yli 50-vuotiailla lihasmassa ja -voima heikentyvät 1,5 prosenttia vuodessa. Yli 60-vuotiailla sama tapahtuu 3 prosentin vuosivauhdilla. Lihaskunnan ylläpitäminen on tällöin elintärkeää. Iäkkäillä pienetkin tauot liikunnasta ovat haitallisia, eli olisi hyvin tärkeää pitää heidät motivoituneena. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos painottaa erityisesti alaraajojen rasituksen tärkeyttä. Tästä esimerkkinä ovat tässä työssä edellä esitellyt kyykky- ja maastaveto-liikkeet. Ylimääräistä lihasmassaa vanhuksilla ei voi olla. Massa auttaa heitä selviytymään sairastuessaan ja joutuessaan vuodelepoon. [14.]

Tuotetta voisi käyttää samalla seuraamaan käyttäjän kehitystä, tai vanhusten tapauksessa ehkä surkastumista, sekä myös motivoimaan käyttäjää. Varsinkin harjoittelamisen aloittaessa käyttäjän kehitys näkyy selvästi. Myöhemmin motivaation hävitessä voisi tätä aikaisempaa dataa tarkastella ja kenties sytyttää kipinän harjoitteluun uudelleen. Mikäli kuntoutuvan fyysisiä ponnistuksia olisi tarve rajoittaa, voisi laitetta käyttää myös hälyttimenä, kun voimat ja kiihtyvyydet ovat liian suuria.

Moni vanhus voi kuitenkin arastella teknologiaratkaisuja, mutta ainakin lääkäreille ja muille terveydenhuollon ammattilaisille voisi olla hyödyllistä nähdä graafinen esitys käyttäjän voimantuotosta vuosienkin varrelta.

### 6.2 Muita mahdollisia sovelluksia

Tavalliset askelmittarit toimivat kiihtyvyydsantureiden avulla, likimain samoilla komponenteilla kuin B-Force. Siksi sitä voisi käyttää myös siihen tarkoitukseen, jotta käyttäjän ei tarvitse ostaa toista laitetta sitä varten.

B-Forcen voisi myös kiinnittää vanhuksilla johonkin kohtaan keskivartaloa. Tämän avulla voitaisiin havaita, jos hän kaatuu. Ideana olisi siis, että anturi havaitsisi äkkinäisen liikkeen, jonka jälkeen oltaisiin paikallaan. Laitteen voisi myös asettaa vanhukselle siten, että 3-ulotteinen kiihtyvyydsanturi olisi aina tiettyssä asennossa, eli x-

suuntainen kiihtyvyys olisi vaakatasossa ja y-suuntainen pystytasossa. Näiden avulla voitaisiin määritellä vanhuksen asento ja voitaisiin havaita, jos hän on oudossa asennossa, etenkin päiväsaikaan. Olisi myös mahdollista kytkeä tähän GPS-paikannus, jolloin nähtäisiin henkilön koordinaatit. Jos makaaminen tapahtuisi keskellä katua, voisi matkapuhelin tehdä hälytyksen. Tässä tulevat kuitenkin vastaan jyrkästi yksityisyys ja muut henkilökohtaiset seikat.

Ajatuksenani oli alunperin käyttää kuntosaliympäristössä RFID-lukijaa laitteessa. Käytettäviin painoihin olisi tällöin kiinnitetty RFID-tageja, minkä avulla laite tunnistaisi automaattisesti, minkälaista massaa ollaan harjoituksessa käyttämässä. Ongelmia tässä luovat mm. se että käsipainoialueella on hyvin paljon eri painoa, joissa kaikissa olisi RFID-tagit voisi aiheuttaa mahdollisia virhelukuja. Levytankoja käytettäessä ei voisi käyttää RFID-tageja. Voisi kuitenkin olla mahdollista, että laite lukisi RFID-tageja, ja pyytäisi kuittausta. Se vaatii enemmän käytännön testaamista.

## **7 Yhteenveto ja pohdinta**

Tavoitteenani oli luoda pohja, blueprint esittelemälleni sovellukselle – B-Forcelle. Ideana oli siis erillinen kiihtyvyydenmittausyksikkö, joka olisi langattomasti yhteydessä Android-käyttöjärjestelmää käyttävää mobiililaitteeseen. Mielestäni tämä työ antaa hyvän pohjan tällaisen sovelluksen prototyypille. Ohjeistin Android-ohjelman rakenteen luomiseen sekä mistä löytää apua koodaamiseen. Mielestäni ilmaisoin hyvin, minkälainen ohjelma olisi ja miten se toimisi. Esittelin työssä myös tarvittavat elektroniikkakomponentit, joita B-Forcen luomiseen tarvitaan.

Koen, että tällaisille sovelluksille on kysyntää. Ongelmana jo markkinoilla vastaavanlaisten olevien sovelluksien kohdalla on mielestäni joko liian korkea hintalappu tai liian kömpelö käyttö. Oman sovellukseni kohdalla juuri näiden kahden asian eliminointi on pääpainona. Suurin haaste tässä työssä on Android-sovelluksen (appin) logiikan luominen.

Harkitsin toimivan Android-sovelluksen koodaamista, mutta totesin sen yhdessä ohjaajan kanssa paisuttavan työn yli äyräiden. Ehkä teen sen jossain hamassa tulevaisuudessa. Kirjoitin piireistä ja elektroniikasta viimeisimpänä, koska ajattelin



niiden olevan heikkouteni. Huomasin, että olisi sittenkin ollut parempi hankkia laitteistoa testikäyttöön, sillä puhtaasti teorioiminen niistä aiheuttaa virheitä herkemmin. Tämä havainto tapahtui kuitenkin ehkä liian myöhäisessä vaiheessa, enkä yrittänyt hankkia laitteita, koska pelkäsin, että en ehtisii saamaan niitä ja suorittamaan testimittauksia aikataulussa.

Kävin kattavasti läpi kilpailijoiden laitevalikoimat ja vertasin niitä omiini. Esittelin lukuisia erilaisia käyttötarkoituksia sekä lisäkäyttötarkoituksia sovellukselleni maksimoidakseni sen kannattavuuden.

## Lähteet

1. Android-alustan kotisivut. <<http://www.android.com/about/>>. Päivitetty 18.02.2013. Luettu 18.02.2012.
2. Exrx.net-tietokantasivusto kuntosaliharjoitteille. <<http://exrx.net/Lists/OlympicWeightlifting.html>>. Päivitetty 18.02.2013. Luettu 18.02.2012.
3. Android-sivusto kehittäjille. <<http://developer.android.com/guide/components/index.html>>. Päivitetty 18.02.2013. Luettu 18.02.2013.
4. Bluetooth. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Bluetooth\\_v4.0](http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Bluetooth_v4.0)>. Päivitetty 17.02.2013. Luettu 14.05.2013.
5. Ripka, Pavel sekä Tipek, Alois 2007. Modern Sensors Handbook. Iso-Britannia: ISTE Ltd.
6. Ammsensor kotisivut. <<http://www.ammsensor.com/Products/TheAmmSensor.aspx>>. Päivitetty 21.02.2013. Luettu 21.02.2013.
7. Bruno, Ben. 2011. Front Squats Made Easier. Verkkodokumentti. <[http://www.t-nation.com/free\\_online\\_article/most\\_recent/front\\_squats\\_made\\_easier](http://www.t-nation.com/free_online_article/most_recent/front_squats_made_easier)>. Päivitetty 19.10.2011. Luettu 28.02.2013.
8. Robertson, Mike. 2012. Deadlifts: Which Type is Best For you?. Verkkodokumentti. <[http://www.tnation.com/free\\_online\\_article/most\\_recent/deadlifts\\_which\\_type\\_is\\_best\\_for\\_you](http://www.tnation.com/free_online_article/most_recent/deadlifts_which_type_is_best_for_you)>. Päivitetty 25.04.2012. Luettu 28.02.2013.
9. Contreras, Bret sekä Leahey, Sam. 2011. The Best Damn Bench Press Article Period. Verkkodokumentti. Päivitetty 15.12.2011. Luettu 28.02.2013.
10. National Football League verkkosivut. Verkkodokumentti. <<http://www.nfl.com/combine/workouts>>. Päivitetty 2012. Luettu 28.02.2013.
11. Hur-kotisivut. Verkkodokumentti. <<http://www.hur.fi>>. Päivitetty 14.03.2013. Luettu 14.04.2013.
12. CSR-kotisivut. Verkkodokumentti. <<http://www.csr.com/products/51/csr-synergy-for-android>>. Päivitetty 14.05.2013. Luettu 14.05.2013.
13. Freudenrich, Craig, PhD. How muscle works. Verkkodokumentti. <<http://www.montana.edu/craigs/How%20Muscles%20Work.htm>>. Päivitetty 15.05.2013. Luettu 15.05.2013.

14. Lihaskunnan harjoittaminen. Verkkodokumentti. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos verkkosivut. < [http://www.thl.fi/fi\\_FI/web/pistetapaturmille-fi/iakkaat/kaatumisten-ehkaisy/lihaskunnan-harjoittaminen](http://www.thl.fi/fi_FI/web/pistetapaturmille-fi/iakkaat/kaatumisten-ehkaisy/lihaskunnan-harjoittaminen)>. Päivitetty 17.05.2013. Luettu 17.05.2013.
15. Hur Labs - verkkosivut. Verkkodokumentti. <<http://www.hurlabs.fi/index.php?id=114>>. Päivitetty 17.05.2013. Luettu 17.05.2013.
16. Charles Poliquin verkkosivut. Verkkodokumentti. <[http://www.charlespoliquin.com/ArticlesMultimedia/Articles/Article/820/How\\_to\\_Squat\\_Low.aspx](http://www.charlespoliquin.com/ArticlesMultimedia/Articles/Article/820/How_to_Squat_Low.aspx)>. Päivitetty 27.02.2012. Luettu 17.05.2013.
17. Android developer -verkkosivut. Verkkodokumentti. <<http://developer.android.com/about/dashboards/index.html>>. Päivitetty 01.03.2013. Luettu 17.05.2013.
18. Accelerometers and how they work. Verkkodokumentti. Texas Instruments. <<http://www2.usfirst.org/2005comp/Manuals/Acceler1.pdf>>. Päivitetty 19.05.2013. Luettu 19.05.2013.
19. Hall-ilmio. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Hall-ilmio%C3%B6>>. Päivitetty 17.03.2013. Luettu 19.05.2013.
20. PIC32MX110F016B -mikrokontrollerin tuotesivu. Verkkodokumentti. Microchip Technology. <<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en555989>>. Päivitetty 20.05.2013. Luettu 20.05.2013.
21. MMA7455 -kiihtyvyyssanturi tuotesivu. Verkkodokumentti. Parallax.com <<http://www.parallax.com/Store/Sensors/AccelerationTilt/tabid/172/CategoryID/47/List/0/SortField/0/Level/a/ProductID/585/Default.aspx>>. Päivitetty 20.05.2013. Luettu 20.05.2013.
22. BLE112 Bluetooth-moduuli datasheet. Verkkodokumentti. Bluegiga Technologies Oy. <<http://www.mouser.com/pdfdocs/BLE112Datasheet.pdf>>. Päivitetty 28.01.2011. Luettu 20.05.2013.
23. Keskustelu fyysikko yliopettaja Tytti Varmavuo-Häikiön kanssa. 19.03.2013.

24. MMA7455 -kiihtyvysanturin manuaali (datasheet). Verkkodokumentti. Freescale Semiconductor. <[http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MMA7455L.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7455L.pdf)>. Päivitetty 01.12.2009. Luettu 20.05.2013.



Advanced Motion Measurement, Inc.

'Applying Biomechanics to Achieve Peak Performance'

**QUOTATION**  
(CONFIDENTIAL)

**AmmSensor™**

TO: Kai Taurainen

DATE: February 19, 2013  
 QUOTATION: AmmS-3500  
 TERMS: Full payment in advance with PO  
 F.O.B: Phoenix, Arizona USA  
 DELIVERY: 2 weeks from receipt of PO / payment  
 PAYMENT: US Dollars

ITEM	QTY	DESCRIPTION	UNIT PRICE	TOTAL
1.	1	<b>AmmSensor™</b> ..... Includes: Kalman Filter, power charger, USB cable, Velcro hook and loop strip with sticky back and user's manual. Will require the use of a long range Bluetooth dongle. See below. (Body attachment straps are available separately - see below).	\$1,200.00	\$1,200.00
2.	1	<b>Discount</b> (offer good through March 31, 2013) ..... See my email for further multiple sensor purchase discount details.	-\$225.00	-\$225.00
3.	1	<b>AmmTrainer3D™ Software only</b> ..... This motion biofeedback training software can be used with one AmmSensor.	\$395.00	\$395.00
4.		<b>AmmTrainer3D Webinar Training Session</b> ..... Webinar training sessions will be scheduled on a monthly basis in our Phoenix office. Video training clips will also be available on our website.	\$300.00	
5.	1	<b>AmmGraph3D™ Software only</b> ..... This parameter graphics display software can be used with one AmmSensor only!	\$395.00	No Charge
6.	1	<b>AmmSensor™ SDK only</b> .....	\$495.00	\$495.00
7.		<b>Telephone Support for 2012</b> - also see training videos on web site .....	\$195.00	
8.	1	<b>Bluetooth Dongle</b> ..... SENA Model UD100 -G01 (Toshiba). Bluetooth 2.0+EDR Class 1. Working distance 200 m range. Class 1 USB adapter with replaceable external Antenna (Toshiba Bluetooth Software). Includes: Parani-UD100. Stub antenna. Quick Start Guide (Toshiba). CD-ROM including Windows Bluetooth driver, User Guide and Datasheet. Plus: DAT5-G01R 5 dB Adjustable Dipole Antenna - RP-SMA Plug Right-hand Thread.	\$85.00	\$85.00
9.		<b>Blue Soleil USB 8.0.376.0 Software</b> ..... Note! Order from their website at www.bluesoleil.com.	\$27.99	See Note!
10.	1	<b>Standard Body Straps for use with AmmTrainer3D and AmmGraph3D</b> Includes: a) Shoulder harness ..... b) \$ 35.00 \$ c) Chest strap to position AmmSensor around mid-thorax (Adult size) ..... d) 25.00 e) Hip strap to position AmmSensor over the sacrum (Adult size) ..... d) \$ 25.00 \$ Extension strap - for use with chest and hip strap ..... 15.00 e) Velcro stretch straps, 1 1/2" wide to fit wrist, ankle and thigh, i.e. 10", 20" and 30" long. Cut to length to suit your application (Total of 3) ..... \$ 24.	\$124.00	\$124.00