

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
Konetekniikan koulutusohjelma

RATSASTUSSIMULAATTORIN JATKOKEHITYS

Työn tarkastajina ovat toimineet professori Heikki Handroos ja DI Pekka Pessi

Lappeenrannassa 30.10.2009

Roope Eskola
Ainonkatu 7 c 15
53100 Lappeenranta
+358 41 4336384

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Roope Eskola
Nimi: Ratsastussimulaattorin jatkokehitys
Koulutusohjelma: Konetekniikka
Paikka: Lappeenranta
Vuosi: 2009

Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta.
52 sivua, 29 kuvaa ja 1 taulukko.

Tarkastajat: Professori Heikki Handroos ja DI Pekka Pessi

Hakusanat: Simulaattori, liikealusta, mittaus, signaalin suodatus.

Työssä tehtiin jatkokehitystyötä jo olemassa olevaan ratsastussimulaattoriin. Kehitystyö aloitettiin selvittämällä ratsastuksen liiketila, mittaamalla ratsastukseen aikana ratsastajaan kohdistuvat dynaamiset suuret 6 vapausasteen suhteen. Mitatut signaalit käsiteltiin transformaation ja suodatuksen avulla. Käsiteltyjä signaaleja käytettiin simulaattorin liikealustan asemaohjesignaaleina. Liikealustaan päälle kiinnitettyyn hevosenrunkoon muodostettiin antureiden avulla interaktiivinen rajapinta, joka mahdollisti simulaattorin ohjastamisen pohje- ja ohja-avuin.

Jatkokehitetty simulaattori toistaa käynti-, ravi- ja laukka-askellajit tunnistettavasti. Simulaattori kuvaa ratsastuksen nopeuden muutosta vaihtamalla askellajia ja muuntamalla portaattomasti askelluksen taajuutta sekä amplitudia.

ABSTRACT

Author: Roope Eskola
Title: **Development of the horseback riding simulator**
Degree Program: Mechanical Engineering
Place: Lappeenranta
Year: 2009

Master's thesis. Lappeenranta University of Technology. Faculty of Technology

52 sheets, 29 figures and 1 table.

Supervisor: Professor Heikki Handroos ja M.Sc. Pekka Pessi

Keywords: Simulator, motion platform, measuring, signal filtering.

In this work horseback riding simulator was developed. Development was started from measuring rider's saddle dynamics during riding. Measured dynamics was transformed and filtered for the control signal of the Stewart platform. On the top of the platform there was a natural size horse body which was made of glass fiber. Simulator is fully interactive and it can be steered by calf pressure, stirrup angle and reins tension.

Developed horseback riding simulator mimic three different gaits walk, trot and gallop. There is continuous amplitude and frequency control for describing variations in riding speed.

ALKUSANAT

Diplomityö on tehty Lappeenrannan teknillisen yliopiston älykkäiden koneiden laboratoriossa ja se liittyi ratsastussimulaattorin kehittämiseen. Työn ohjaajana toimi Prof. Heikki Handroos, jota haluan kiittää kiinnostuksesta työtäni kohtaan. Kiitokset myös työn tarkastaja DI Pekka Pessille, lisäksi DI Joni Salliselle ja DI Tero Eskolalle saamistani ohjeista ja neuvoista.

Haluan kiittää myös avovaimoani Mariaa, jonka kanssa elän elämäni parasta aikaa. Kiitos myös kaikille teille, jotka olette kiitoksenne ansainneet.

Lappeenrannassa 30.10.2009

Roope Eskola

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	3
1.1 Työn tavoitteet	4
1.2 Työn rajaus	4
2 VIRTUAALITODELLISUUS SIMULAATTOREISSA	6
2.1 Ihmisen aistit.....	6
2.1.1 Näkö	6
2.1.2 Tunto.....	8
2.1.3 Tasapainoelin	8
2.1.4 Kuulo	9
2.2 Virtuaalitekniikat ratsastussimulaattorissa	10
2.2.1 Liiketuntuma	11
2.2.2 Visualisointi	12
2.2.3 Ääni	13
3 RATSASTUSSIMULAATTORI.....	14
3.1 Ratsastussimulaattorit kirjallisuudessa.....	14
3.1.1 Toteutustavat.....	15
3.1.2 Simulaattorien rakenne	16
3.1.3 Käyttötarkoitukset ja saavutetut hyödyt	19
3.2 Kaupalliset tuotteet	20
3.2.1 Perusaskellaji-simulaattori.....	21
3.2.2 Kouluratsastussimulaattori.....	22
3.2.3 Kiitolaukka-simulaattori	23
3.2.4 Hevospoolo-simulaattori	23
3.3 Ratsastusterapia	24
3.3.1 Hevosen vaikutus	25
3.3.2 Terapian vaikutukset ja tavoitteet	25
4 RATSASTUSSIMULAATTORIN JATKOKEHITYS	27
4.1 Liikesignaali	27

4.1.1 Mittaus.....	27
4.1.2 Signaalin käsittely	29
4.2 Simulaattorin rakenne	32
4.2.1 Liikealusta.....	33
4.2.2 Liikealustan ohjaus- ja säätöjärjestelmä	34
4.2.3 Hevosen runko	35
4.3 Rajapinta.....	36
4.3.1 Ratsastusohjeet ja anturointi	36
4.3.2 Ohjauslogiikka	39
5 TULOKSET	41
5.1 Liiketuntuma.....	42
5.2 Rajapinta.....	43
5.3 Asemaohje ja toteutunut asema	43
6 YHTEENVETO	47
LÄHDELUETTELO	50

1 JOHDANTO

Ratsastus on hyvä harrastus ja sillä on sekä fyysisiä että psyykkisiä hyötyjä. Ratsastus auttaa esimerkiksi alaselän kipuihin, ryhtiin ja tasapainoon. Lisäksi toimiminen elävän olennon kanssa ja ulkoilmassa oleminen rentouttaa mieltä. Ratsastus on kuitenkin kallis harrastus ja se mielletään helposti vaaralliseksi, ainakin alussa hevonen voi tuntua pelottavalta. Hevosten kasvatus ja hevosfarmien ylläpito ovat myös kalliita. Nämä syyt ovat rajoittaneet ratsastuksen suosion kasvua. Lisäksi hevosen kestävyys on rajallinen, sillä ei voi harjoitella esteratsastusta kuin noin tunnin päivässä. Näistä syistä johtuen ratsastussimulaattori, joka toistaa realistisesti hevosen liikkeitä, on tarpeellinen. Ratsastussimulaattoreista on tehty paljon tutkimuksia, mutta markkinoilla ei ole kuitenkaan paljon tarjontaa tällaisista laitteista. Työssä kehitetty ratsastussimulaattori on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Ratsastussimulaattori.

Ratsastussimulaattori on kone, jolla ratsastaessa ihminen voi tuntea saman liiketilän, kuin ratsastaessa oikealla hevosella. Simulaattorin avulla aloittelevat ratsastajat voivat harjoitella perusaskellajien istuntaa ja totuttaa elimistöään hevosen selän keinuvaan liikkeeseen. Ratsastussimulaattori rakentuu liikealustasta, sen päälle kiinnitetystä hevosen rungosta ja ohjausjärjestelmästä.

1.1 Työn tavoitteet

Työ tehdään Lappeenrannan teknillisen yliopiston, älykkäiden koneiden laboratoriolle. Työn tavoitteena on tehdä jatkokehitystyötä jo olemassa olevaan ratsastussimulaattoriin. Ratsastussimulaattorinaskellajien liikesignaaleja kehitetään, jotta simulaattorin tuottamasta liiketuntumasta saadaan mahdollisimman realistisen tuntuinen. Lisäksi simulaattorin visuaalista ulkoasua parannetaan ja simulaattoriin kehitetään interaktiivinen rajapinta. Rajapinta luodaan antureiden avulla simulaattorin ja ratsastajan välille. Rajapinnan avulla ratsastajan tulee voida ohjastaa simulaattorilla toteutettaviaaskellajeja.

1.2 Työn rajaus

Työn teoriaosuus rajataan ja jaetaan kahteen osa-alueeseen. Luvussa 2 kerrotaan virtuaaliympäristön tuottamistekniikoista ja niihin liittyvistä ihmisen aisteista. Luvussa 3 käsitellään ratsastussimulaattoreihin liittyviä aikaisempia tutkimuksia, ja jo markkinoilla olevia ratsastussimulaattoreita.

Työn käytännön osiossa käsitellään ratsastussimulaattorin jatkokehitystyötä. Jatkokehitystyössä hevosen satulasta mitataan dynaamisia suureita ratsastuksen aikana, mitattujen suureiden avulla kuvataan ratsastuksen liiketila. Ratsastuksen liiketila toteutetaan simulaattorin liikealustan avulla.

Liikealustana käytetään laboratorion yleiskäyttöön suunniteltua hydraulikäyttöistä Stewart-liikealustaa.

Simulaattoriin mitataan ja ohjelmoidaan kolme perusaskellajia käynti, ravi ja laukka. Simulaattorin visuaalisen ulkoasun ja rajapinnan antureiden hankinta toteutetaan low-cost -periaatteella.

2 VIRTUAALITODELLISUUS SIMULAATTOREISSA

Simulaattoreissa tuotetaan käyttäjälle virtuaalitodellisuus. Virtuaalitodellisuus tarkoittaa samaa kuin termit lumetodellisuus ja keinotodellisuus. Se on tietotekniikan keinoin tuotettu aistihavaintojen kokonaisuus, joka kokijasta vaikuttaa todelliselta. Ihminen havainnoi ja aistii ympäristöään aistien avulla. Virtuaalitodellisuutta luotaessa on siis tärkeää tuntee ihmisen aistien toimintaperiaatteet. Tärkeimpinä aisteina ovat näkö-, kuulo-, tunto- ja tasapainoaisti.

Kaikissa simulaattoreissa ei tarvitse tuottaa yhtä monipuolista aistihavaintojen kokonaisuutta. Seuraavissa kappaleissa käsitellään ratsastussimulaattoriin liittyvien virtuaalitekniikoiden kannalta ihmisen tärkeimpiä aisteja.

2.1 Ihmisen aistit

Ihmisen olennaisimmat aistit ja niiden perustiedot on tärkeää tietää virtuaalitodellisuutta kehitettäessä. On tiedettävä mitkä aistit ovat tärkeimpiä ja miten aisteille voidaan tuottaa haluttuja havaintoja. Virtuaalitodellisuus perustuu aistihavaintojen kokonaisuuteen. Virtuaalitodellisuuden realistisuuden tasoon vaikuttaa kuinka moneen aistiin vaikutus kohdistuu ja miten hyvin aistimuksien kokonaisuus tuotetaan. Tärkeää on myös aistimuksien synkronointi, erot aistimuksien väleillä voivat aiheuttaa pahoinvointia.[1]

2.1.1 Näkö

Näköaisti on tärkein aisti, työskenneltäessä virtuaalisten ympäristöjen kanssa. Visuaalinen informaatio on moninkertaisesti tehokkaampaa ja siksi myös tärkeämpää kuin muut informaation muodot. Mikäli esimerkiksi käytetään

kuva- ja ääni-informaatiota samanaikaisesti, kuvan tuoma informaatio yleensä voittaa.[1][2]

Kahden silmän yhdistetty näkökenttä on yhteensä 120 astetta pystysuunnassa ja 200 astetta vaakasuunnassa. Vaakasuunnan näkökentästä molemmille silmille samanaikaisesti näkyvää aluetta on 120 astetta. Luvut ovat tietysti vain suuntaa-antavia arvioita, koska näkökentän ominaisuudet vaihtelevat yksilöittäin.[1][2]

Kahden silmän yhteisestä näkökentästä noin 30 asteen osuudella on merkitystä stereonäön kannalta. Silmien välisestä etäisyydestä aiheutuu, että verkkokalvoille muodostuvat projektiot ovat toisistaan eroavia. Projektoiden eron avulla aivot pystyvät muodostamaan syvyysvaikutelman näkökentässämme olevien kappaleiden välille.[1]

Ihminen kykenee muodostamaan käsityksen syvyys-suuntaisista etäisyyksistä myös muidenkin vihjeiden avulla. Syvyysvihjeet ovat havaittavissa myös yhdellä silmällä. Noin kymmeneltä prosentilta ihmisistä puuttuu stereonäkökyky, he tulevat toimeen yhdellä silmällä havaittavien syvyysvihjeiden avulla.[1]

Yksi tärkeimmistä syvyysvihjeistä on liikeparallaksi. Ihmisen siirtäessä katsettaan, lähempänä olevat kohteet liikkuvat verkkokalvoprojektiolla nopeammin kuin kauempana olevat. Liikenopeuksien eron avulla aivot pystyvät muodostamaan käsityksen syvyys-suuntaisista etäisyyksistä. Toinen tärkeä vihje on kohteiden toistensa peittävyys. Etummaisat kohteet näkyvät kokonaan ja samalla etummaisena olevat kohteet peittävät takanaan olevia kohteita.[1]

Perspektiivi muokkaa näkemäämme, se aiheuttaa näkemiemme kohteiden välille näennäisiä kokoeroja ja muotojen muutoksia. Esimerkiksi lähempänä oleva kuutio näyttää suuremmalta kuin kaukana oleva samankokoinen kuutio. Toinen klassinen esimerkki on rautatien kapeneminen horisonttia kohden.[1]

Kaukana olevien kohteiden yksityiskohdat hälvenevät ja katoavat. Kaukana oleva kohteet näyttävät myös sinertäviltä. Pintarakenteiden muodot ja erilaiset valaistussuhteet antavat myös vihjeitä syvyysuunnaisista eroista.[1]

2.1.2 Tunto

Ihmiselle luonnollinen koskettaminen on käsityksen muodostamisen ja vaikuttamisen keino. Tuntoaistilla tarkoitetaan väljästi kaikkea, minkä kautta ihmiselle syntyy aistimukset kuten kosketus, paine, lämpötila tai kipu. Näitä aistimuksia välittäviä hermonpäätteitä on esimerkiksi ihossa, lihaksissa, jänteissä ja sisäelimissä. Lihastunto muodostuu näistä kaikista yhdessä. Lihastunnon avulla ihminen saa tuntemuksia esimerkiksi asennosta tai liikkeestä.[1]

2.1.3 Tasapainoelin

Ihmisen tasapainoelin sijaitsee kuuloelimen läheisyydessä sisäkorvassa. Molemmissa korvissa on yksi tasapainoelin, joka jakautuu liike-elimeen ja kuulokivielimiin.[1]

Liike-elimessä on kolme kaarikäytävää, nämä kaarikäytävät ovat toisiaan vastaan kohtisuoria nestetäytteisiä renkaita. Renkaissa on joustava läppä, joka tunnistaa renkaan nesteen liikettä. Liike-elin on hyvin herkkä, se havaitsee parhaiten kiertymät ja kallistumat.[1]

Ihmisellä on kaksi kuulokivielintä, jotka sijaitsevat sisäkorvassa. Kuulokivielimet ovat asettuneet toinen pystysuoraan ja toinen vaakasuoraan. Elimessä on hyytelömäinen elastinen massa-alusta, jonka pinnalla on kalkkijyväsiä. Elimen elastinen hyytelö joustaa elimeen kohdistuessa kiihtyvyyksien aiheuttamia voimia. Elin aistii ja havaitsee translaatio kiihtyvyyksiä. Hyytelön sisälle ulottuvat hiusmaiset aistinsolujen jatkeet välittävät informaatiota hyytelön muodonmuutoksesta.[1]

Tasapainoelimen toimintaa hyödynnetään yleisesti simulaattoreissa. Käyttäjän tasapainoon voidaan vaikuttaa kallistelemalla tai näköärsykeitä luomalla.[1][3]

Tasapainoaistin toiminnan tuntemus on tärkeää, jotta siihen voidaan vaikuttaa hallitusti. Esimerkiksi simulaattoreissa täytyy käyttäjän tunteman kallistuman ja näköaistin havaintojen olla synkronisia keskenään. Erot näiden aistimuksien välillä voivat aiheuttaa pahoinvointia.[1]

2.1.4 Kuulo

Kuulo on ihmisen toiseksi tärkein aisti virtuaaliympäristöjen todentuntuisuuden kannalta. Äänet toimivat kuvaa tukevana vihjeenä ja ne parantavat virtuaalimaailman todentuntuutta.[1]

Ihmisen kuulojärjestelmä voidaan karkeasti jaotella osiin, korvan mekaaniset osat, kuulohermo ja aivot. Korva jaottelee äänen voimakkuuksia, piirteitä ja taajuuksia. Nämä aistimukset muodostuvat aivoissa äänihavainnoiksi, joiden avulla ihminen muodostaa tila- ja suuntavaikutelmia.[1]

Äänen kautta annettava palaute täytyy suunnitella todellisuutta vastaavaksi. Esimerkiksi käyttäjä voisi kuulla askeltensa äänet kävellessään tai kellon

tikityksen kellon suunnasta. Äänilähteiden paikat ja etäisyydet vaihtelevat käyttäjän tai äänilähteen liikkeiden mukaan. Äänen avulla voidaan antaa käyttäjälle informaatiota myös eri pintamateriaalien ominaisuuksista. Äänet voivat kuulua osittain päällekkäisinä tai myös peittää toisiaan. Virtuaaliympäristöjen tekniikoiden yhteydessä äänien synnyttämää kokonaisuutta tilan-, suunnan- ja äänilähteen sijainnin vaikutelmasta kutsutaan äänikuvan näytöksi.[1]

Realistisen tuntuista virtuaalimaailmaa suunniteltaessa on huomioitava äänen toistaminen siten, että käyttäjän käsitys suunnista ja tilasta pysyy mahdollisimman oikeanlaisena. Tilavaikutelma syntyy äänen kaiusta. Kaiuttomien äänisignaalien käytön on havaittu aiheuttavan havaintovirheitä. Havaintovirheinä on havaittu, etu- ja takaäänien sekoittumista, äänen sijaintikorkeuden ja äänilähteen paikallistamisen vaikeutumista. Tilavaikutelman tuottaminen äänen kaiun avulla reaaliaikaisena vaatii merkittävän paljon laskentatehoa.[1]

Tilavaikutelman tuottamisen äänen avulla tekee haasteelliseksi äänen muokkaustarve reaaliaikaisesti käyttäjän liikkeiden mukaan. Tämän lisäksi omat vaikeutensa äänimaailmojen toteutukseen aiheuttaa jokaisen ihmisen korvan ja pään rakenteen yksilöllisyys. Yksilöllisyydestä johtuen ihmiset aistivat eritavoilla ääniaaltoja.[1]

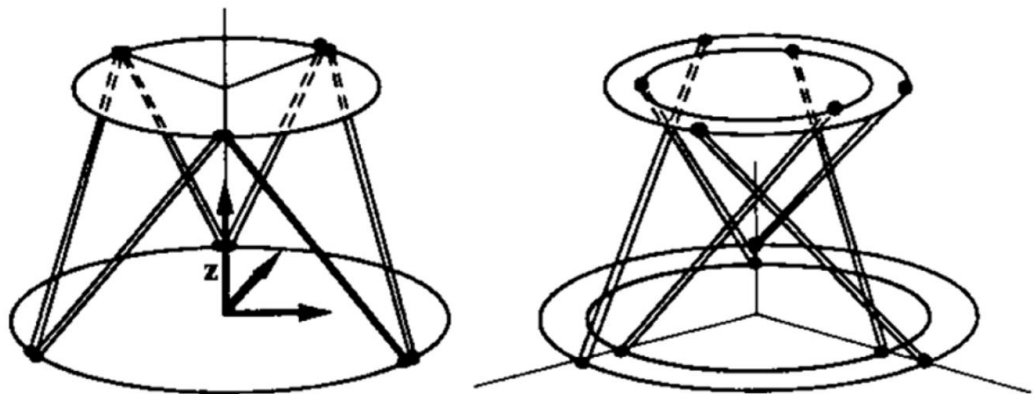
2.2 Virtuaalitekniikat ratsastussimulaattorissa

Ratsastussimulaattorissa virtuaalitekniikoista tärkeimmät ovat liiketuntuma, visuaalinen maailma ja äänimaailma. Seuraavissa kappaleissa käsitellään ratsastussimulaattoriin liittyvien virtuaalitekniikoiden toteutusta periaatetasolla.

2.2.1 Liiketuntuma

Ratsastussimulaattorissa tärkeimpänä aistimuksena käyttäjälle on liiketuntuma, joka syntyy näkö-, tunto- ja tasapainoelimen yhteisvaikutuksesta. Simulaattorin liiketuntuman täytyy muistuttaa riittävän paljon todellista ratsastamista, jotta simulaattorilla ratsastavalle ihmiselle voi muodostua virtuaalitodellinen tunne todellisesta ratsastamisesta.

Simulaattoreissa liiketuntuma tuotetaan erilaisien liikealustojen avulla. Yleisesti käytetään Stewartin alustaa, jossa on 6 vapausastetta. Stewartin alusta mahdollistaa ylälevyn liikuttamisen x-, y- ja z-akselien suuntiin sekä kiertymät akselien ympäri. Liikealusta voi olla sähkö- tai hydraulikäyttöinen. Kuvassa 2 on periaatekuva Stewartin alustasta.[4]



Kuva 2. Stewart liikealustan kaksi erilaista konstruktio vaihtoehtoa [5].

Kuvassa 2 esitetty Stewartin liikealusta rakentuu kahdesta tasosta ja niiden välille sijoitetusta 6 toimilaitteesta. Toimilaitteiden pituutta muuttamalla saadaan ylälevy toteuttamaan halutut liikkeet. Toimilaitteiden pituuksien ollessa rajalliset ja geometrisistä rajoitteista johtuen liikealustan ylälevyn liike on kuitenkin rajallinen. Ratsastussimulaattorissa liikealustan rajallinen liikealue tekee liiketuntuman toteuttamisesta haasteellista. Liikealustalla toteutettu ratsastuksen liike täytyy saada tuntumaan etenevältä, todellisuudessa

liikealustan tehdessä kallistuksia ja lineaariliikkeitä vain rajallisella liikealueella. Koska kuitenkin ihmisen tunto- ja tasapainoelin havaitsee ainoastaan lineaariset kiihtyvyydet, kiertymät ja kallistumat. On liikealustan avulla mahdollista kuvata etenevää liikettä rajallisella liikealueella.

Liiketuntuman täydellinen toteuttaminen vaatii liikealustan liikkeiden lisäksi myös visuaalisen havainnon, koska näköelin on osana liiketuntuman aistimista. Visualisointia käsitellään seuraavassa kappaleessa. Ilman visuaalista palautetta, ratsastussimulaattorin liike tuntuu normaalilta hevosen askeltamiselta, mutta näköelin palauttaa paikallaan askeltamisen tunteen. Aistimus vastaa tilannetta, jossa hevosella ratsastetaan juoksumatolla.

2.2.2 Visualisointi

Visualisointitekniikka on olennainen osa virtuaalitodellisuuden luomista, koska näkö on ihmisen tärkein aisti. Ratsastussimulaattorissa visualisointi liittyy liiketuntumakokonaisuuden toteutukseen. Visualisoinnin avulla kuvataan ratsastuksen eteenpäin suuntautuvaa liikettä.

Visualisoinnilla tuotetaan ratsastusympäristö, maisema jossa ratsastetaan. Ympäristöllä voidaan myös vaikuttaa ratsastuksesta välittyvään tunteeseen. Visualisoimalla esimerkiksi jyrkänteen reunalla ratsastamista, voidaan aktivoita tiettyjä lihaksia ratsastajalta, koska ihminen aistii vaistomaisesti jyrkänteen reunan vaaran.

Näyttöpintojen tulee olla riittävän isot, jotta ne kattavat ihmisen näkökentän. Esimerkkinä kolmen näyttöpinnan menetelmä, jossa yksi näyttöpinta on edessä ja yksi kummallakin sivulla. Toisena esimerkkinä on virtuaalikypärää, jossa näyttöpinnat asettuvat aurinkolasien linssien tapaan aivan kummankin silmän

eteen. Virtuaalikypärän huonoina puolina on, ettei ratsastaja voi nähdä simulaattorin hevosen runkoa, eikä myöskään ohjaksia.

2.2.3 Ääni

Simulaattorin äänimaailma toimii visualisointia tukevana tekniikkana. Äänet tuotavat ratsastussimulaattorin käyttäjälle havainnon ratsastusympäristöstä ja lisäksi hevosen askelluksen äänet vahvistavat liiketuntuman rytmitystä. Myös äänimaailmat vaihtelevat ympäristöjen vaihdellessa kenttäratsastuksesta maastoratsastukseen. Erilaisien ympäristöjen kuvaamiseen käytetään kaikutekniikkaa, koska äänien kaikuminen kertoo paljon ympäröivän maailman pinnoista. Äänimaailma on myös tarkka samanaikaisuudesta muiden havaintojen kanssa.

3 RATSASTUSSIMULAATTORI

Ratsastus on hyvä harrastus ja sillä on sekä fyysisiä että psyykkisiä hyötyjä. Ratsastus auttaa esimerkiksi alaselän kipuihin, ryhtiin ja tasapainoon. Lisäksi toimiminen elävän olennon kanssa ja ulkoilmassa oleminen rentouttaa mieltä. Ratsastus on kuitenkin kallis harrastus ja se mielletään helposti vaaralliseksi, ainakin alussa hevonen voi tuntua pelottavalta. Hevosten kasvatus ja hevosfarmien ylläpito ovat myös kalliita. Nämä syyt ovat estäneet ratsastuksen suosion kasvua. Lisäksi hevosen kestävyys on rajallinen, sillä ei voi harjoitella esteratsastusta kuin noin tunnin päivässä. Näistä syistä johtuen realistisesti hevosen liikkeitä toistava ratsastussimulaattori on tarpeellinen. Ratsastussimulaattoreista on tehty paljon tutkimuksia, mutta markkinoilla ei ole kuitenkaan paljon tarjontaa tällaisista laitteista.[6][7][8]

Ratsastussimulaattori on kone, jolla ratsastaessa ihminen voi tuntea saman liiketilän, kuin ratsastaessa oikealla hevosella. Simulaattorin avulla aloittelevat ratsastajat voivat harjoitella perusaskellajien istuntaa ja totuttaa elimistöään hevosen selän keinuvaan liikkeeseen.

Edellä mainittujen lisäksi mahdollinen käyttökohde ratsastussimulaattorille on ratsastusterapia. Simulaattorin etuna oikeaan hevoseen on turvallisuus ja askelluksen helppo muokattavuus yksilölliseksi terapian tarpeiden mukaan.

3.1 Ratsastussimulaattorit kirjallisuudessa

Kirjallisuustutkimustyötä varten tehtiin laaja verkkotietokantahaku käyttäen kahta eri hakukonetta. Ensimmäinen oli patenti- ja rekisterihallituksen hakukone esp@cenet ja toinen oli kaupallinen tietokantahakukone google-scholar. Kirjallisuustutkimuksessa selvitettiin, missä ja minkälaisia tutkimuksia ratsastussimulaattoreista on tehty.

Kirjallisuustietokannoista löytyi useita vuosina 1990-2005 julkaistuja tiedeartikkeleita ja konferenssijulkaisuja. Suurin osa julkaisuista oli japanilaisten tekemiä. Japanissa on tutkittu simulaattoreiden teknisen puolen lisäksi, myös ratsastussimulaattoreiden terapia vaikutuksia ja käyttöä ihmisten hyvinvoinnin parantamiseen.

3.1.1 Toteutustavat

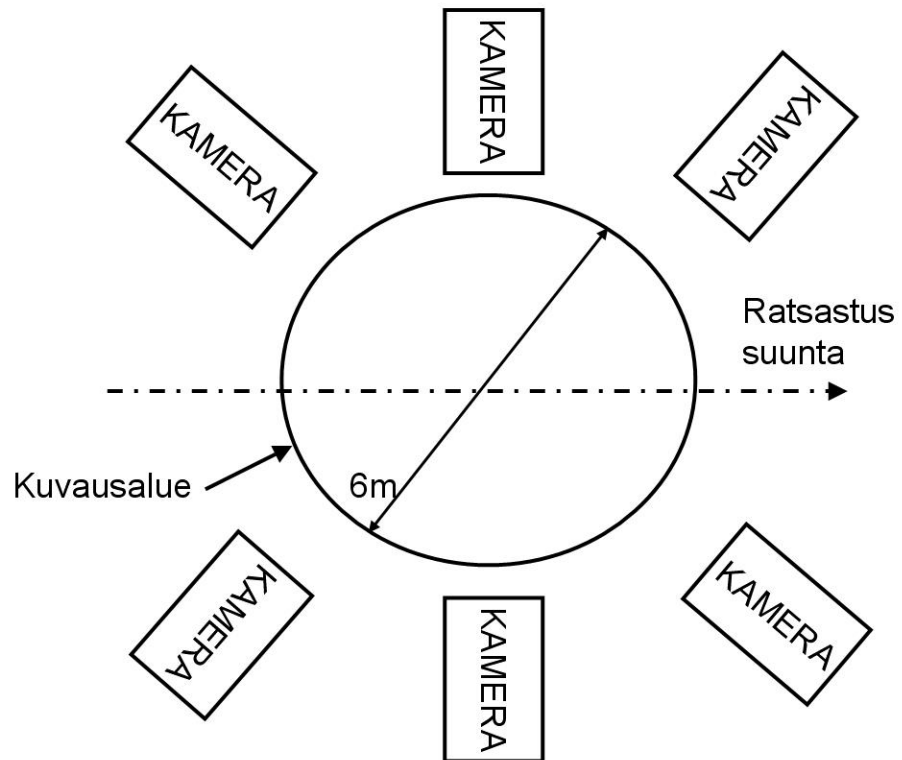
Vanhimmat julkaisuista käsittelivät ratsastuksen liikkeiden mittausta ja analysointia. Mittaus on suoritettu suurnopeuskameroiden avulla kuvaamalla hevoseen ja ratsastajan satulaan kiinnitettyjä merkkejä. Kuvassa 3 on esitetty periaate merkkien kiinnityskohdista.[6][7][8][9]



Kuva 3. Mittausmerkkien kiinnityskohdat [9].

Mittauksissa merkkeinä on käytetty valkoisia pisteitä. Merkkien kiinnityksen jälkeen ratsastaja on ratsastanut hevosella kuvan 4 mukaisen kuvausalueen

lävitse. Kuvausalueella ratsastaessa 6 suurnopeuskameraa kuvasivat satulaan kiinnitettyjä valkopistemerkkejä eri suunnista.[6][7][8][9]



Kuva 4. Kameroiden asetteluperiaate.

Suurnopeuskameroilla otettujen kuvien avulla hevosen selänliikkeistä muodostettiin 6 vapausasteen kuvaus, jota käytettiin simulaattorin liikesignaalina. Liikesignaalit olivat muodostettu perusaskellajeista käynnistä, ravista ja laukasta.[6][7][8][9]

3.1.2 Simulaattorien rakenne

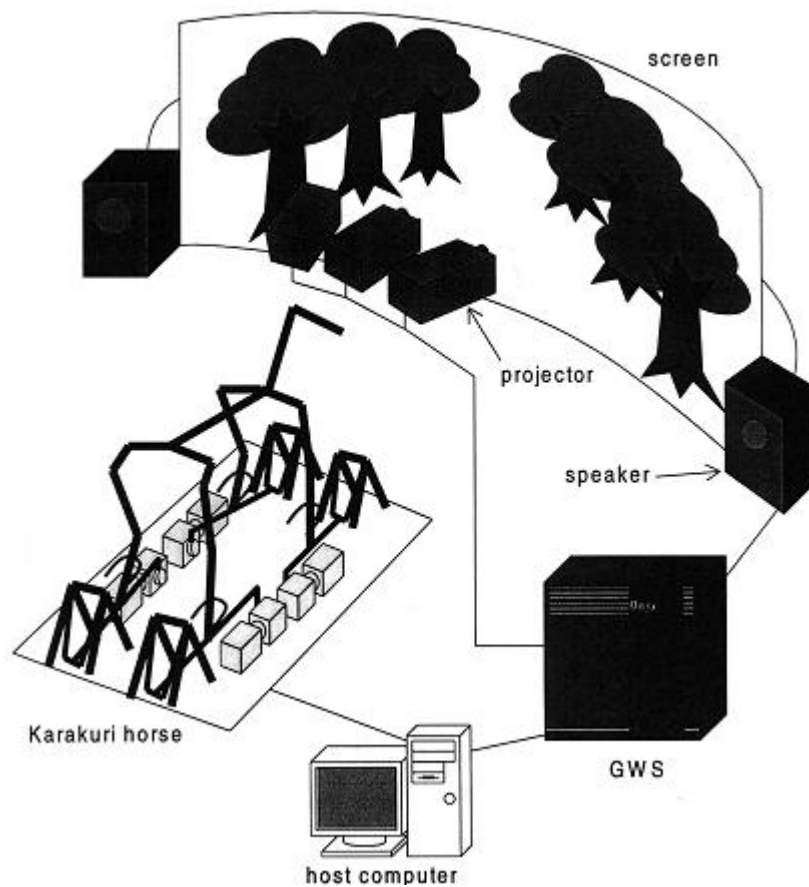
Useissa tutkimuksissa simulaattorin rakenne oli lähes samanlainen. Simulaattorin liikealustana oli Stewart-liikealusta, liikealustan päälle oli sijoitettu hevosta muistuttava rakenne. Simulaattoriin oli asennettu satula, jalustimet ja ohjakset. Simulaattorin anturointi oli sijoitettu ohjaksiin, satulan

alle ja satulan sivuille. Antureiden avulla voitiin tarkkailla käsien liikkeitä (ohjaksia vetämällä), jalkojen puristusta (anturit satulan sivuilla) ja painonsiirtelyä (anturit satulan alla). Virtuaalitodellisuutta oli lisätty visualisoimalla ratsastusympäristö näyttöpinnalle ratsastajan eteen ja luomalla äänimaailma äänentoistolaitteiston avulla. Kuvassa 5 on esitetty sähkökäyttöisellä Stewart-liikealustalla varustettu ratsastussimulaattori.[7][8][9]



Kuva 5. Tyypillinen tutkimuksissa käytetyn ratsastussimulaattorin rakenne [9].

Perusajatuksena tutkimuksissa oli toteuttaa hevosen liikkeistä vain selän ja mahdollisesti myös kaulan liike. Japanilaisessa ”Karakuri”-nimisessä tutkimuksissa oli myös otettu huomioon hevosen vartalon eläminen ratsastuksen aikana. Rungon sisään oli kehitetty mekanismi, joka sai hevosen jalat liikkumaan, kuva 6.[10]



Kuva 6. Karakuri-ratsastussimulaattorin periaate [10].

Kuvassa 6 esitetty hevosen vartaloa muistuttava vipumekanismi on sähkökäyttöinen, jokaista jalkaa ohjataan oman sähkömoottorin avulla. Jalkojen kautta ohjattuna saadaan koko hevosenrunko liikkumaan siten, että hevosen selkä toteuttaa ratsastuksesta mitattuja liikearvoja. Koko hevosenrunnon liikkeessä saadaan aikaan elävämpi kokonaisvaikutelma.[10]

3.1.3 Käyttötarkoitukset ja saavutetut hyödyt

Simulaattoreiden käyttötarkoituksina mainittiin koulutus-, huvi- ja erilaiset terapiakäytöt. Terapiakäyttöihin voidaan sisällyttää ratsastusterapian eri sovellukset ja ihmisten yleisen hyvinvoinnin parantaminen. Ratsastusterapian teoria on esitelty lyhyesti luvussa 3.3.

Ratsastussimulaattoriharjoittelun hyvinvointi vaikutuksina olivat alaselän lihaksiston vahvistaminen ja tasapainon kehittyminen. Nämä johtivat ryhtiongelmien ja selkäkipujen poistumiseen. Lihaksiston kehitys ja aktivointi edesauttaa myös muun elimistön toimintoja, kuten insuliinin eritystä. Tästä johtuen ratsastussimulaattori harjoittelun on havaittu toimivan 2. tyypin diabeteksen hoidossa.[11][12][13]

Ratsastussimulaattori on erityisen hyvä 2. tyypin diabeteksen hoitomuoto ikääntyneille ihmisille, joiden lihaksisto on rappeutunut ikääntymisen ja vähäisen liikunnan vuoksi. Ratsastussimulaattorin avulla voidaan harrastaa tukilihaksistoa aktivoivaa, tasapainon säilyttämiseen perustuvaa liikuntaa. Ihmiset joiden on vaikea kävellä, heikentyneen lihaksiston vuoksi, voivat myös kuntoilla ratsastussimulaattorin avulla. Tukilihaksiston ja tasapainon kehittyminen auttaa ihmistä selviämään paremmin arkielämästä. Ratsastussimulaattorin keinuva liike antaa käyttäjälleen rentouttavan tunteen lihaksistoon.[12][13]

2. tyypin diabeteksen hoidossa tuloksia antavaan harjoitteluun riittää 30 min 4 kertaa viikossa, 12 viikon ajan. Lihaksiston vahvistuminen on havaittavissa jo muutaman viikon käytön jälkeen.[11][12][13]

3.2 Kaupalliset tuotteet

Kaupallisia tuotteita etsiessä huomioitiin hevosella ratsastamista jäljittelevät ratsastussimulaattorit. Ratsastussimulaattorit joissa käyttäjälle luodaan virtuaalitodellisuus ratsastustilanteesta. Haun ulkopuolella jätettiin kuvan 7 mukaiset laitteet, joissa toiminta perustuu ainoastaan liikkuvaan istuimeen.



Kuva 7. Olarin fysikaalinen hoitolaitos tarjoaa ratsastusterapiahoitoja [16].

Kuvassa 7 oleva laite on tarkoitettu kehon hallinnan, alaselän ja lantion seudun lihaksiston kehittämiseen. Istuimen liike on hevosen selän liikkeen omaista, muutoin laitteisto ei yritä luoda käyttäjälleen virtuaalitodellisuuden tunnetta ratsastustilanteesta.

Google:n avulla löytyi yksi merkittävä kaupallisten ratsastussimulaattorien valmistaja, The Racewood Simulators. Yrityksen nimi Pohjois-Amerikan markkinoilla on Equine Simulators. Yrityksen tuotevalikoimasta löytyy 10 erilaista ratsastussimulaattoria.

Tuotteet ovat tarkoitettu perusistunta, kouluratsastus, kiitolaukka ja hevospoolo harjoitteluun. Seuraavissa kappaleissa on esitelty neljä erilaista ratsastussimulaattoria.

3.2.1 Perusaskellaji-simulaattori

Perusaskellaji-simulaattorissa on kolme eri askellaji vaihtoehtoa käynti, ravi ja laukka, simulaattori kuvassa 8.



Kuva 8. The Racewood Simulators –ratsastussimulaattori [17].

Kuvassa 8 olevan simulaattorin runko on kooltaan sama kuin täysikasvuisen hevosen. Liikkeet tuotetaan yhden sähkömoottorin ja vipumekanismien avulla. Simulaattoria ohjataan kuten oikeaakin hevosta. Ratsastaja voi ohjata simulaattoria suitsi- ja jalkaohjein.[17]

3.2.2 Kouluratsastussimulaattori

Perusaskellaji-simulaattoria mielenkiintoisempi tuote on tekniikaltaan monipuolisempi kouluratsastussimulaattori, esitetty kuvassa 9. Kouluratsastussimulaattorissa ratsastajan eteen on sijoitettu näyttöruutu, johon voidaan visualisoida kouluratsastusympäristö.[17]



Kuva 9. Kouluratsastussimulaattori [17].

Simulaattori hallitsee hevosen askellajit käynnistä piaffeen. Simulaattoria ohjataan suitsi- ja pohjeohjein. Simulaattorilla voidaan suorittaa ratsastajaa kouluttavia testejä. Testin jälkeen ratsastaja voi lukea näytöltä suoritettujen testien tulokset. Testin tuloksena voidaan esimerkiksi tarkkailla ratsastajan istunnan painojakaumaa.[17]

3.2.3 Kiitolaukkasimulaattori

Kiitolaukkasimulaattorin avulla voi harjoitella tasapainoa ja istuntaa jockey-kiitolaukkaa varten. Kiitolaukkasimulaattori on esitelty kuvassa 10.



Kuva 10. Kiitolaukkasimulaattori.

Kuvassa 10 oleva hevosenrunko on varustettu anturityynyllä, piiskan iskun harjoittelua varten. Runko kallistuu sivuttaissuunnassa kiitolaukkaliikkeen lisäksi ja kaula tekee kiitolaukan omaista eteenpäin kurotusta. Simulaattoria ohjataan piiska-, suitsi- ja pohjeohjein.

3.2.4 Hevospoolosimulaattori

Hevospoolossa pelaajan täytyy kyetä pelaamaan hevosen selästä käsin. Peli vaatii hyvää mailatekniikkaa ja hyvää tasapainoa hevosen selässä pysymiseksi. Simulaattorin avulla voi harjoittaa lyöntitekniikoita ja tasapainoa. Hevospoolosimulaattori on esitelty kuvassa 11.



Kuva 11. Hevospoolosimulaattori.

Hevospoolosimulaattorissa on yhdistetty ratsastussimulaattori ja liikkuva viheriömatto. Viheriömatto tuo liukuhinnan tavoin palloja pelaajan lyöntialueelle. Simulaattoria ohjataan suitsi- ja pohjeohjein.

3.3 Ratsastusterapia

Ratsastusterapia on hevosen ja ratsastusterapeutin yhdessä toteuttamaa kokonaisvaltaista kuntoutusta, jonka tavat ja tavoitteet suunnitellaan jokaiselle

potilaalle yksilöllisesti. Ratsastusterapia liittyy asiakkaan kokonaiskuntoutukseen, esim. fysio- tai toimintaterapiaan.[18]

3.3.1 Hevosen vaikutus

Hevonen on eläin, joka on yhteistyöhaluinen ja sosiaalinen olento. Hevosen kanssa toimiminen on palkitseva kokemus, joka motivoi jatkamaan yhteistyötä. Hevosen kävelyn aikana siitä välittyy ratsastajaan minuutin aikana noin sata moniulotteista, symmetristä ja rytmistä liikeimpulssia. Liikeimpulssit ovat hyvin samantyyppisiä kuin ihmisen kävelyssä.[18]

Hevosesta välittyvä liike vaikuttaa ihmiseen tunto-, tasapaino- ja liikeaistijärjestelmien kautta. Aistimukset aktivoivat tietoisuutta omasta kehostamme, jolloin liikkeiden suunnittelu ja taitavuus paranevat. Liikkeiden lisäksi hevonen tarjoaa hyvin monipuolisia haju-, kuulo- ja näköaistikokemuksia.[18]

3.3.2 Terapian vaikutukset ja tavoitteet

Ratsastusterapia kehittää monipuolisesti ihmisen kaikkia motoriikan osaluueita. Ratsastusistunta harjoittaa pään ja vartalon hallintaa sekä tasapainoa. Liikkuva hevonen vaatii ratsastajalta aktiivista reagoitua, liikkeet mobilisoivat etenkin lonkkia, lantiota ja selkärankaa. Hevosen liikkeistä tasaisen rytmikäs käynti vaikuttaa lihasjänteveyteen edullisesti vähentämällä spastisuutta ja samanaikaisesti kohottamalla vartalon jänteveyttä.[18]

Ratsastusterapialla voidaan kehittää myös hengitystä ja puheen tuottamista, hevosen rytmikkäiden liikkeiden tahdittaessa ja tehostaessa hengitystä. Hevosen kanssa toimiminen maasta käsin ja ratsain tukee avaruudellisen hahmotuskyvyn kehittymistä. Hevosen selässä kävelyrajoitteinen

liikuntavammainen saa sensomotorisen kokemuksen kävelystä. Ratsastusterapiaa käytetäänkin monesti kävelyn harjoittelemisen apukeinona.[18]

Vammaisille, joilla on psyykkisiä ja sosiaalisia ongelmia, ratsastusterapiassa korostuvat vuorovaikutukselliset tavoitteet. Hevosen kanssa toimiminen tarjoaa monipuolisia ja haastavia vuorovaikutustilanteita, jotka kehittävät tunne-elämää sekä rehellistä ja aitoa kommunikaatiokykyä. Ratsastusterapialla voi olla myös kasvatuksellisia tavoitteita mm. itsehillinnän kehittäminen, keskittymiskyvyn parantaminen ja ohjeiden noudattaminen. Hevonen ja talliympäristö antavat toiminnalle selkeät rajat ja tarjoaa kokonaisvaltaista, monipuolista ja konkreettista toimintaa. Pelon voittaminen, onnistumisen elämykset, luottamus omiin kykyihin ja taitoihin vahvistavat omaa minäkuvaa ja itsetuntoa.[18]

Ratsastusterapia on kokonaisvaltainen toiminnallinen terapia, jossa ihminen on mukana koko kehollaan, tunteillaan ja ajatuksillaan. Ihminen on terapiassa jatkuvassa kosketus-, tunne- ja liikevuorovaikutuksessa hevosen ja sen elinympäristön kanssa.[18]

Terapian tavoitteet ovat aina yksilölliset. Pyrkimyksenä on terapian itseohjautuvuus sekä opittujen taitojen ja tunteiden siirtäminen jokapäiväiseen elämään. Ratsastusterapian toteutuksessa ensisijainen vaatimus on turvallisuus, jonka edellytyksenä on luottamuksellinen ja toimiva vuorovaikutus ratsastajan, hevosen ja terapeutin välillä. Terapeutin ja hevosen täytyykin olla tähän tehtävään koulutetut.[18]

4 RATSASTUSSIMULAATTORIN JATKOKEHITYS

Simulaattorin jatkokehityksen tavoitteena oli simulaattorin liiketuntuman ja simulaattorin visuaalisen ulkoasun parantaminen. Lisäksi tavoitteena oli interaktiivisen rajapinnan luominen ihmisen ja simulaattorin välille. Rajapinnan täytyi mahdollistaa simulaattorin ohjastaminen simulaattorin ratsastajan paikalta ratsastuksessa käytössä olevien perusohjein. Perusohjeet ovat pohje-, jalustin- ja suitsiohje.

Tässä osiossa esitetään liikesignaalin toteuttaminen simulaattorille, aihe jakautuu mittaukseen ja signaalin käsittelyyn. Edellä olevan lisäksi käsitellään simulaattorin kokonaisrakenne ja rajapinnan toiminta.

4.1 Liikesignaali

Ratsastussimulaattorin jatkokehityksessä tärkeintä oli realistisen liiketuntuman toteuttaminen simulaattorilla. Liiketuntuman toteutuksen lähtökohtana oli selvittää mittaamalla ratsastuksessa ratsastajalle välittyvät dynaamiset suureet. Mittauksessa mitattiin ihmisen aistien parhaiten havaitsemat suureet, lineaariset kiihtyvyydet ja kallistumat.

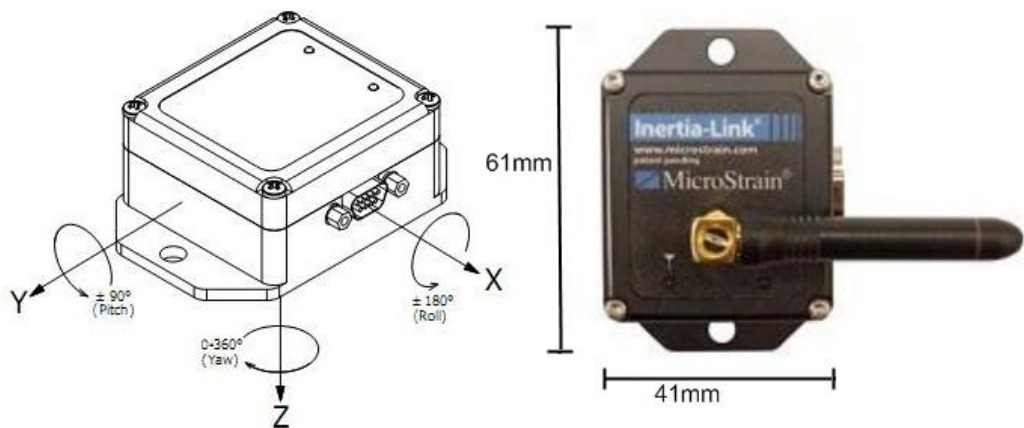
Mitattu signaali käsiteltiin liikealustan ohjaussignaaliiksi. Käsittelyn vaiheina olivat transformointi, suodatus ja yhden harmonisen vaiheen leikkaaminen signaalista.

4.1.1 Mittaus

Oikean hevosen ratsastajalleen tuottama liiketuntuma selvitettiin mittaamalla satulan translaatiokiihtyvyydet ja kulmanopeudet ratsastuksen aikana. Mittaus

suoritettiin 3.6.2008 Lappeenrannassa ratsastustallilla. Mittauksissa hevosella ratsastettiin kolme askellajia käyntiä, ravia ja laukkaa.

Mittalaitteena käytettiin Lappeenrannan teknillisen yliopiston älykkäiden koneiden laboratorion langatonta 6 vapausasteen kiihtyvyyssanturia (Microstrain, Inertia-Link), joka koostuu kolmesta kiihtyvyyssanturista ja kolmesta gyrosta. Anturi mittaa 100 Hz:n taajuudella ja mittaalueella: ± 10 g ja ± 1200 \hat{U} /s. Anturi on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. 6-vapausasteen langaton anturi.

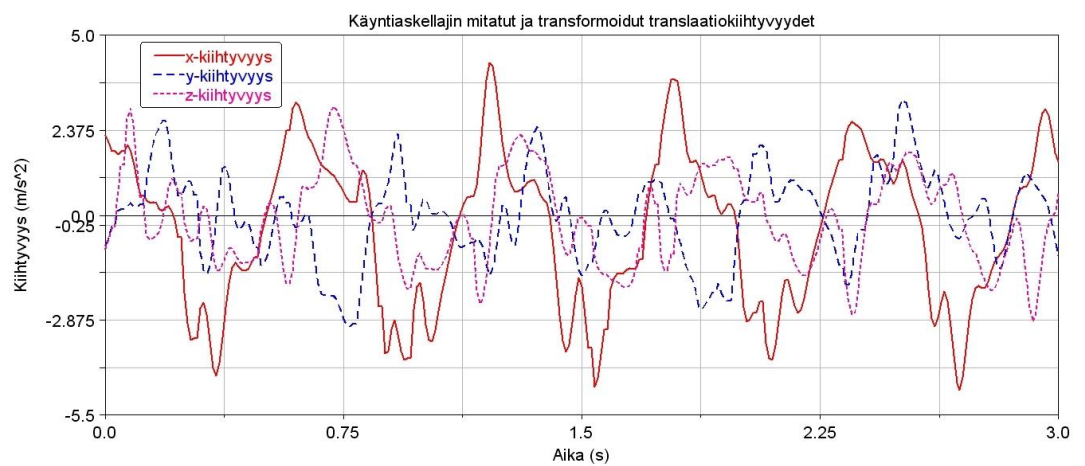
Kuvassa 12 esitetty anturi oli pienen kokonsa vuoksi helppo kiinnittää satulaan ratsastuksen ajaksi. Mittalaitteen kiinnityskohta on esitetty kuvassa 13. Mittauksissa käytetty hevonen oli Haflinger-rotuinen.

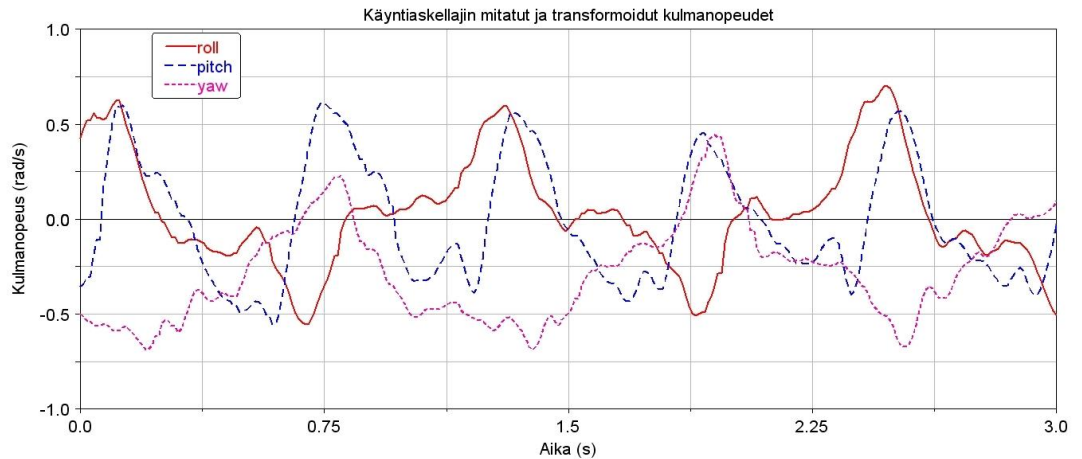


Kuva 13. Mittalaite kiinnitettiin satulan takaosaan.

4.1.2 Signaalin käsittely

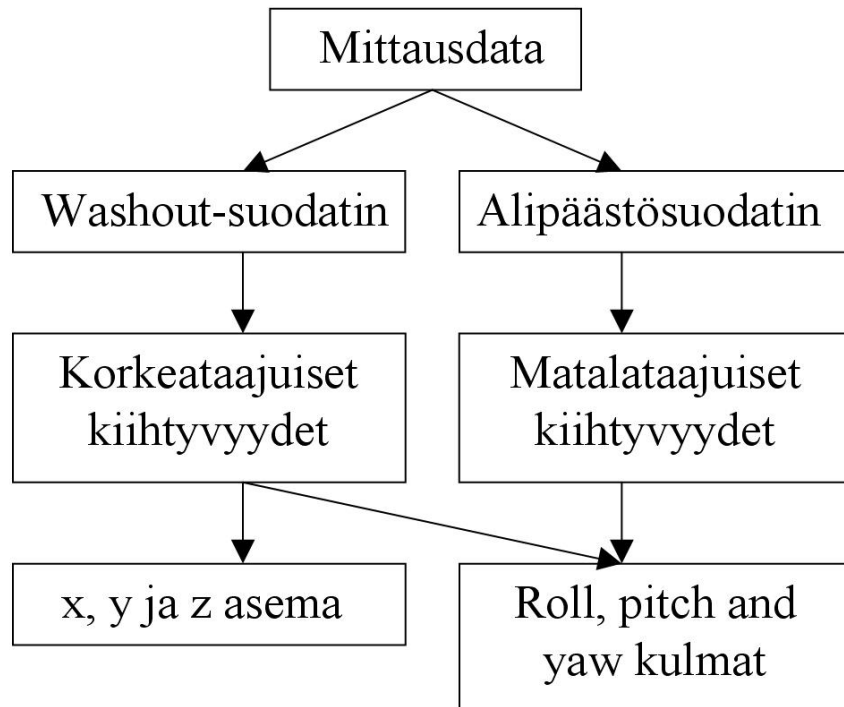
Mittauksista saatu raakadata vaati manipulointia matkalla liikealustan ohjaussignaalksi. Mittauksissa syntyneet jatkuvat asentovirheet poistettiin transformaation avulla. Transformoinnin jälkeen liikesignaalin koordinaatisto asento oli, X eteen, Y vasemmalle ja Z ylös. Kuvassa 14 on esitetty käyntiaskellajin transformoidut liikesignaalit.





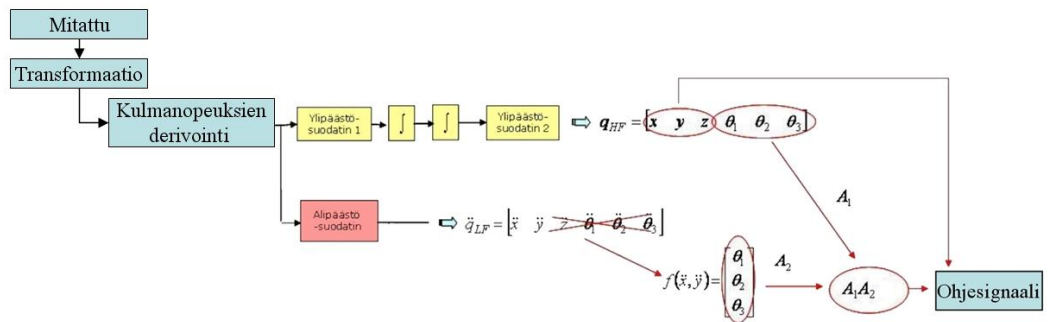
Kuva 14. Mitattu ja transformoitu käyntiaskellajin liikesignaali.

Mitatuista kiihtyvyyksistä nähdään hevosen askelluksen aiheuttavan ratsastajalleen harmonisesti toistuvan kiihtyvyytilan, sama toistuvuus nähdään myös kulmanopeuksien kohdalla. Mitatusta ja transformoidusta signaalista muodostetaan liikesignaali suodatuksen avulla. Suodatusperiaate on esitelty kuvassa 15.



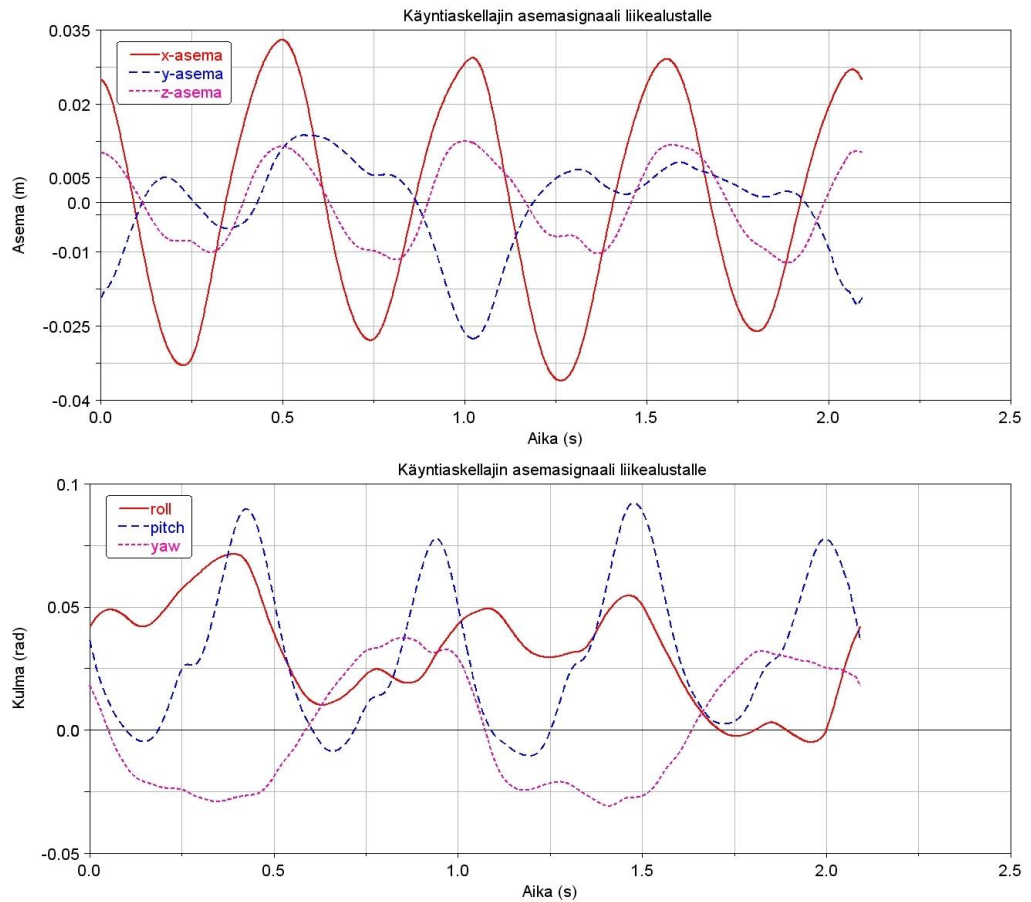
Kuva 15. Liikesignaalin suodatusperiaate.

Korkea- ja matalataajuiset kiihtyvyydet eroteltiin mitatusta datasta washout- ja alipäästösuodattimia käyttäen. Suodatuksen periaate on esitetty kuvassa 16. Liikesignaalin translaatio asemat x , y ja z ratkaistiin korkeataajuisista kiihtyvyyksistä suoraan. Liikesignaalin kiertymät ja kallistumat laskettiin korkea- ja matalataajuisien kiihtyvyyksien yhteisvaikutuksesta.[12]



Kuva 16. Liikesignaalin suodatus [14].

Suodatetuista kiihtyvyyssignaaleista tuotettiin 6 vapausasteen asemaohje liikealustalle, jota voitiin suoraan käyttää liikealustan käänteiskinemaattisen ohjauksen ohjesignaalina. Suodatettu asemasignaali on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Käyntiaskellajin asemasignaali liikealustalle.

Asemasignaali oli harmonisesti jatkuvaa, siitä leikattiin yhden jakson pituinen osa jota käytettiin liikealustan ohjaukseen. Huomioitavaa oli että kaikkien 6 vapausasteen tuli olla harmonisesti jatkuvia kohdassa josta jaksonaika päättyi ja alkoi.

4.2 Simulaattorin rakenne

Ratsastussimulaattori rakentui Stewart-liikealustasta, ohjausjärjestelmästä ja hevosenrungosta. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan tarkemmin jokaisesta osaluueesta.

4.2.1 Liikealusta

Tutkimuksen liikealustana käytettiin laboratorion yleisliikealustana toiminutta hydraulikäyttöistä 6 vapausasteen Stewart-liikealustaa, liikealusta kuvassa 18.



Kuva 18. Stewart-liikealusta.

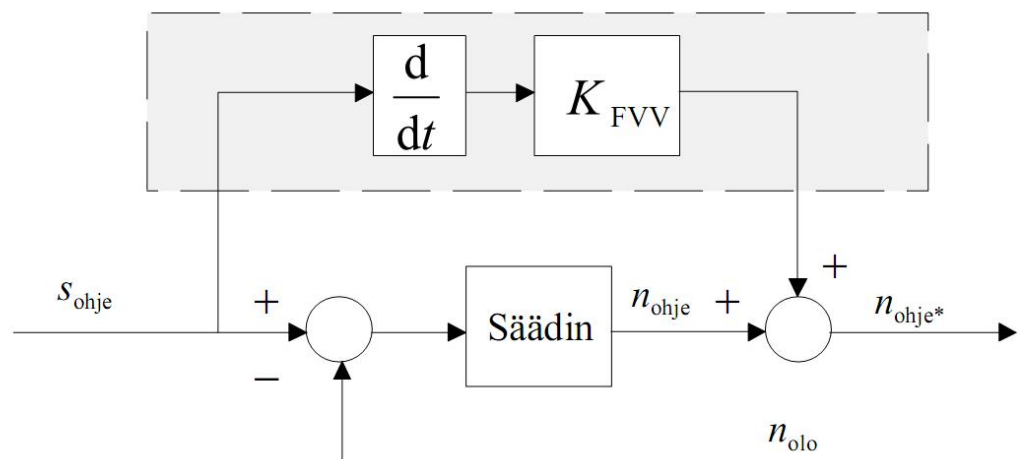
Hydraulikäyttöisen Stewart-liikealustan venttiileinä olivat Rexroth-Boschin 4WRP-sarjan proportionaaliventtiilit. Venttiilien turvaominaisuudet oli tarpeellinen ominaisuus simulaattorin koeajoissa. Mahdollisissa virhetilanteissa liikealustan asema pystyttiin helposti lukitsemaan eikä ajon keskeytymisestä koitunut vaaratilanteita käyttäjille tai vahinkoja laitteistolle. Toimilaitteina liikealustassa olivat Hydoring Oy:n toimittamat HD 6000-sarjaan kuuluvat hydraulisylinterit. Sylintereiden iskunpituus on 500 mm ja männän halkaisija 50 mm. Sylinterit ovat varustettu magneetostriktiivisillä MTS Temposonics asema-antureilla. Yleiskäyttöön soveltuva hydraulikäyttöinen

liikealusta oli alun perin toimilaitteiltaan hyvin suunniteltu ja siksi sen käyttöönotto uuteen projektiin oli vaivatonta.

4.2.2 Liikealustan ohjaus- ja säätöjärjestelmä

Liikealustan venttiilien ohjaus toteutettiin pc-tietokoneen avulla. Tietokone oli varustettu dSPACE-prosessorikortilla, monikanavaisella I/O-kortilla ja ohjauksen liityntäpaneelilla. Ohjelmistoina käytettiin ControlDesk Developer- ja Matlab/Simulink-ohjelmistoja. Matlab-ohjelmistossa oli käytössä dSPACE Real-Time interface- ja Real-Time Workshop -laajennusosat.

Liikealustan säätöjärjestelmää kehitettiin työn aikana, koska liikealustan liikenopeus ei ollut riittävä toteuttamaan nopeampien askellajien ravin ja laukan liiketuntumaa. P-säätimestä johtuvien stabiiliusongelmien ja maksimipoikkeamien vuoksi säädin päivitettiin nopeusmyötäkentyksäättimeen. Nopeusmyötäkentyksäättimeen periaatekuva on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Nopeusmyötäkentyksäädin [15].

Nopeusmyötäkytkentä-säädin ennakoi P-säädintä paremmin järjestelmässä syntyvää virhettä. Sen vuoksi se soveltui järjestelmän säätimeksi paremmin, koska paremmin ennakoimalla syntyvää virhettä, säädin piti liikealustan liikkeen juoheasti etenevänä tasaisena liikkeenä. Uuden säätöjärjestelmän myötä liikealustalla oli mahdollista tuottaa harmonisesti etenevää liiketilaa.

4.2.3 Hevosen runko

Liikealustan antaessa simulaattorille liiketuntuman toteuttavan ytimen lisäksi tarvittiin uskottava visuaalinen ulkoasu. Projektiin löydettiin Hööksratsastustarvikeliikkeestä sopiva oikean hevosen lasikuiturakenteinen mallinukke, joka oli visuaalisesti näyttävä. Simulaattorin aikaisempi omatekemä hevosen runko vaihdettiin uuteen visuaalisesti näyttävämpään, rungot ovat esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Simulaattoriin hankittiin uusi hevosen runko.

Hankittu hevosenrunko vahvistettiin uretaanivaahdolla, jotta se kestäisi ratsastajan tuottamat dynaamiset kuormat. Ureetaanivalu poisti myös ontouden tunteen rakenteesta. Vahvistettu hevosenrunko kiinnitettiin liikealustaan ja satuloitiin käyttövalmiuteen perusharjoittelua varten.

4.3 Rajapinta

Rajapinta käsittää tässä simulaattorin ohjastamiseen liittyvän anturoinnin ja niihin liittyvän ohjelmoinnin. Rajapinnan avulla ratsastaja voi ohjastaa simulaattoria oikeiden ratsastusohjeiden tavoin. Ratsastaja voi ohjastaa simulaattoria ja siten hallita ratsastuksen etenemisnopeutta, jota tässä työssä kutsutaan virtuaaliseksi nopeudeksi. Virtuaalista koska ratsastajan todellinen lineaarinen siirtymä ratsastuksen aikana on nolla. Virtuaalisen nopeuden muutoksen tunne tuotetaan ratsastussimulaattorin askellajien vaihtoina ja askeltamisen taajuuden säätönä. Rajapinta käsitti ratsastuksessa käytettävät perusohjeet suitsi-, pohje- ja jalustinohjeet. Rajapinnan anturointi toteutettiin low-cost -periaatteella.

Rajapinnan anturien signaalit käsiteltiin liikealustan ohjauksessa käytettävän pc-tietokoneen avulla. Tietokone oli varustettu dSPACE-prosessorikortilla, monikanavaisella I/O-kortilla ja ohjauksen liityntäpaneelilla. Ohjauslogiikka ohjelmointiin Matlab/Simulink-ohjelmistolla. Matlab-ohjelmistossa oli käytössä dSPACE Real-Time interface- ja Real-Time Workshop -laajennusosat.

4.3.1 Ratsastusohjeet ja anturointi

Simulaattoriin rajapintaan valittiin toteutettavaksi kolme perusratsastusohjetta suitsi-, pohje- ja jalustinohje. Koska rajapinnan anturointi toteutettiin low-cost -periaatteella, täytyi ohjeiden toteutukseen tehdä yksinkertaistuksia. Yksinkertaistettuna ohjeiden toimintatavat ovat, suitsista vedetään, pohkeilla

puristetaan hevosen kylkiä ja jalustinohjeen avulla tarkkaillaan ratsastajan jalkojen asemaa (edessä-takana).

Suitsiohje

Suitsiohjeet toteutettiin lineaaripotentimetrillä johon asetettiin jousivastus. Jousen jousivakio valittiin vastaamaan hevosen ohjeistamiseen tarvittavaa voimaa. Jousen täysi puristuma 50mm saavutetaan 50N voimalla. Lineaaripotentimetrit kiinnitettiin suitsien alkuun, esitetty kuvassa 21.

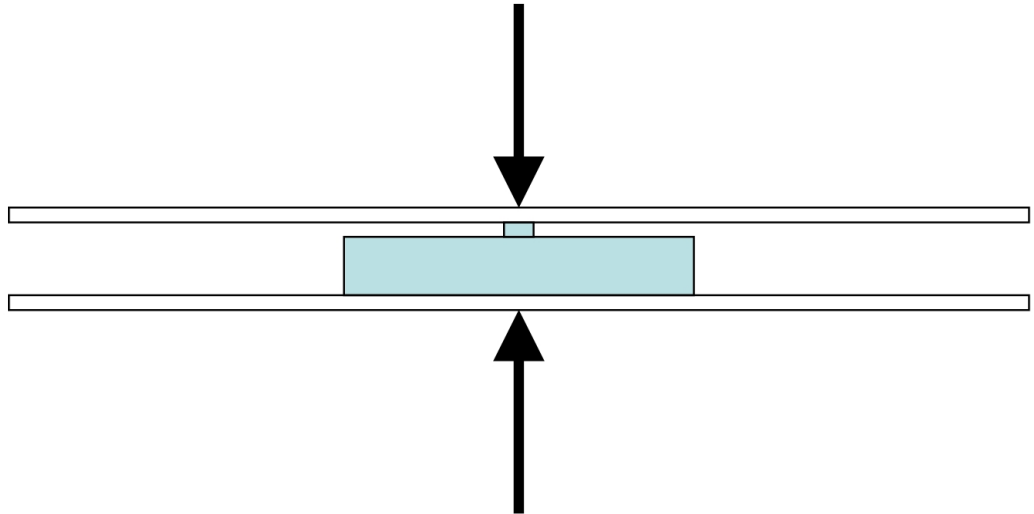


Kuva 21. Suitsiohjeet toteutettiin lineaaripotentimetrillä.

Lineaaripotentimetrit kiinnitettiin niin että anturi voi hieman mukautua vedon suuntaan, näin varmistetaan vedon ja anturin lineaariliikkeen yhdensuuntaisuus. Anturin kestoiän ja toiminnan kannalta on tärkeää, ettei vedosta synny vääntömomenttia anturin lineaarijohteeseen.

Pohjeohje

Pohjeohjeen toteuttamiseen soveltuvien antureiden löytäminen osoittautui haastavaksi, koska budjetti ei sallinut usean sadan euron käyttöä anturointiin. Pohjeohjeiden anturit toteutettiin sijoittamalla nappi-voima-anturi kahden ohutlevyn väliin. Rakenteen periaate on esitelty kuvassa 22.



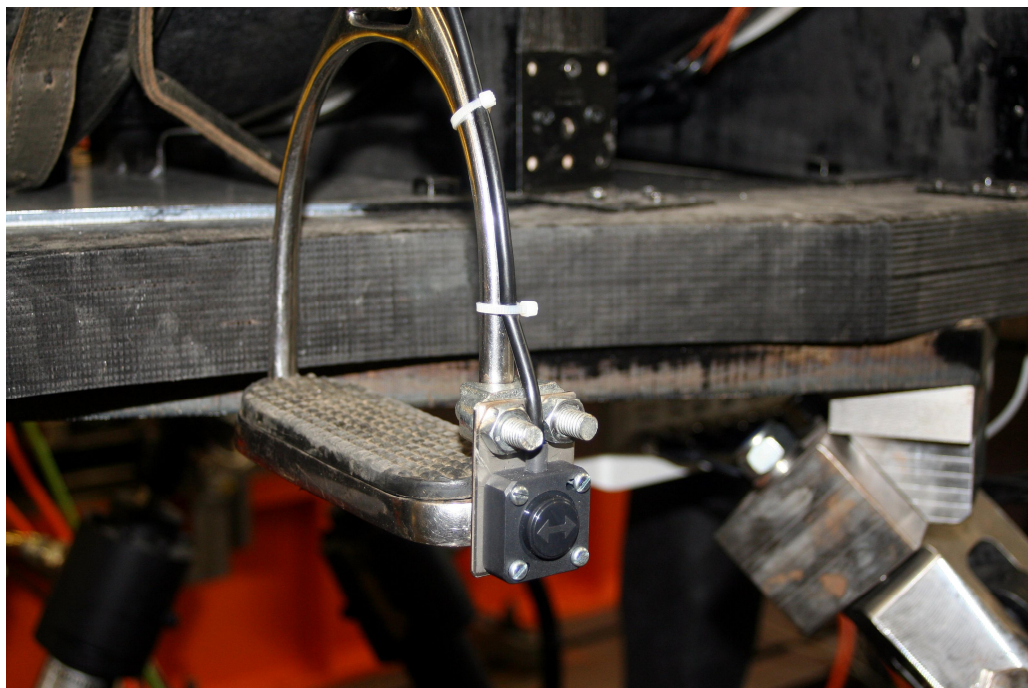
Kuva 22. Pohjeohje-anturi rakennettiin asettamalla voima-anturi kahden ohutlevyn väliin.

Ohutlevyt ja voima-anturi sijoitettiin kankaaseen taskuun, jolloin saatiin tyynymäinen puristusvoimaa mittaava anturi. Valmistetut tyynymäiset anturit sijoitettiin simulaattorin hevosen rungon kylkiin. Anturit eivät soveltuneet pohkeilla puristettaviksi, joten ne sijoitettiin ylemmäksi satulan alle. Näin sijoitettuna anturit mittaavat puristusta ratsastajan polvien kohdalta, joka ei täysin vastaa oikeaa pohjeohjetta. Tämän todettiin kuitenkin olevan riittävän lähellä oikeaa, jotta rajapinnan ohjelmistoa voitiin kehittää.

Jalustinohje

Jalustinohje toteutettiin jalustimeen liitettävän kulma-anturin avulla. Kulma-anturi soveltui tehtävään hyvin, koska jalustin roikkuu satulaan kiinnittyvien nahkaisten hihnojen varassa ja se voidaan ajatella heilurina. Jalustinta eteen tai

taakse vietäessä jalustin kallistuu ja kulman avulla tiedämme onko jalustin edessä vai takana. Kulma-anturi kiinnitettynä jalustimeen on esitetty kuvassa 23.

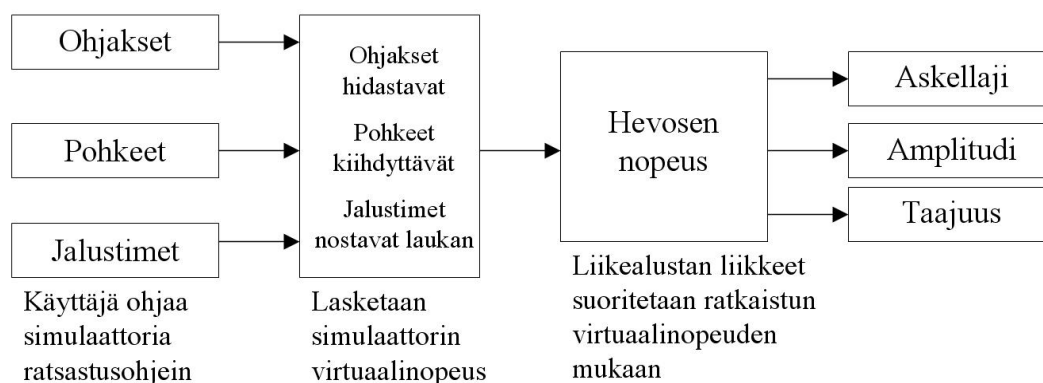


Kuva 23. Jalustinohje toteutettiin kulma-anturin avulla.

Kulma-anturit asennettiin jalustimiin ulkopuolelle, etteivät anturit osu hevosen runkoon ratsastuksen aikana. Koko rajapinnan anturoinnin johdotukset kiinnitettiin hyvin satulan ja suitsien hihnoiniin, etteivät johdot ole ratsastuksen haittana ja etteivät ratsastajat vahingoita johdotuksia.

4.3.2 Ohjauslogiikka

Rajapinnan ohjauslogiikka käsittelee ratsastusohjeantureista tulevat signaalit ja ratkaisee niiden mukaan simulaattorin käyttäytymisen. Ohjauslogiikan periaate on esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Simulaattorin rajapinnan ohjauslogiikan periaate.

Kuvasta 24 nähdään, että simulaattorille lasketaan virtuaalinopeutta. Virtuaalinopeus on tässä yhteydessä vain numeerinen apusuure, joka kuvaa hevosen ratsastusnopeutta eli lineaarista siirtymää suhteessa aikaan. Lasketun virtuaalinopeuden mukaan ratkaistaan liikealustalla toistettava askellaji, sen taajuus ja amplitudi. Nopeuden muutoksen tunne tuotetaan siis vaihtamalla askellajia ja muuntamalla askellajin amplitudia ja taajuutta. Taulukossa 1 on esitetty suuntaa antavia suureita taajuuden ja amplitudin kertoimiksi.

Taulukko 1. Virtuaalinopeuden mukaan lasketut taajuus- ja amplitudikertoimet.

Virtuaalinopeus	Askellaji	Taajuuskerroin	Amplitudikerroin
0-10	Käynti	0-1	0.8-1
10-20	Ravi	0.5-1	0.8-1
20-30	Laukka	0.5-1	0.8-1

5 TULOKSET

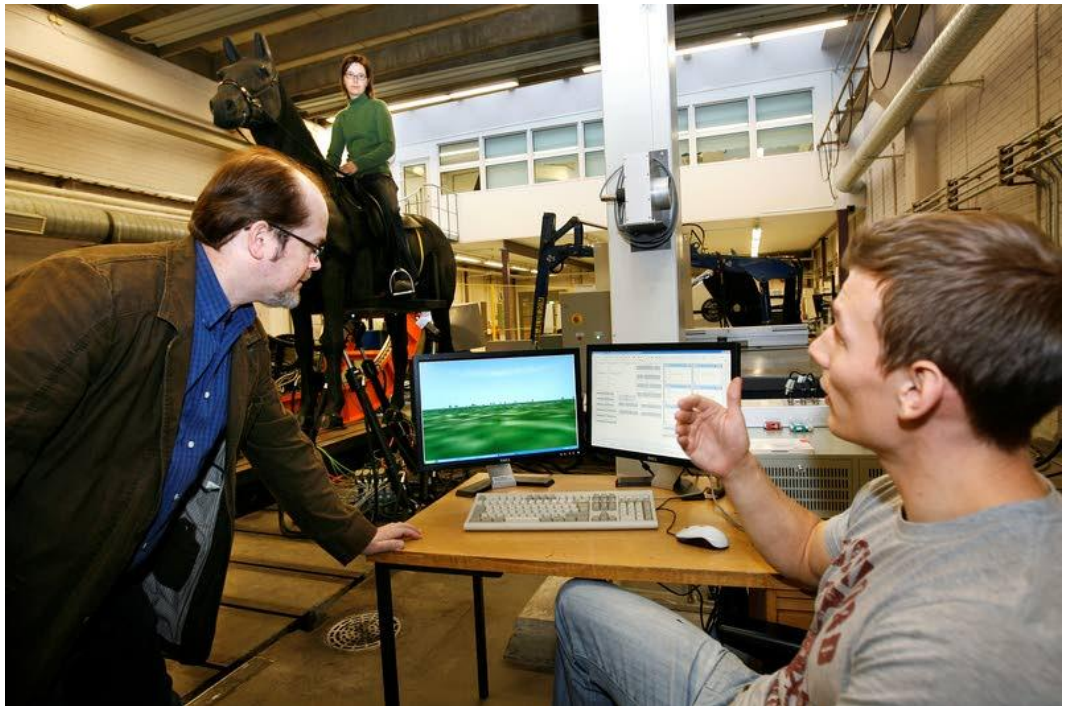
Ratsastussimulaattorin jatkokehitystyön tuloksena oli ratsastussimulaattori jossa hevosen visuaalinen ulkoasu ja liiketuntuma ovat lähellä oikeaa hevosta. Simulaattori kykenee askellajien vaihdon lisäksi, kuvaamaan ratsastusnopeuden muutosta säätämällä portaattomasti askelluksen taajuutta ja amplitudia. Kehitetty ratsastussimulaattori on esitetty kuvassa 25.



Kuva 25. Jatkokehitetty ratsastussimulaattori.

5.1 Liiketuntuma

Ratsastussimulaattorin tuottamaa ratsastuksen liiketuntumaan on vaikea löytää mitattavaa suuretta, joka todentaisi liiketuntuman toteutuksen onnistumista. Parhaiten liiketuntuman kuvauksen onnistumista voidaan arvioida simulaattorin testiratsastajien mielipiteillä. Testiratsastajaksi valittiin ihmisiä, jotka omaavat yli 5 vuoden aktiivisen ratsastustaustan. Kuvassa 26 ratsastuksenopettaja ratsastaa simulaattorilla.



Kuva 26. Testiratsastajina käytettiin mm. ratsastuksenopettajia.

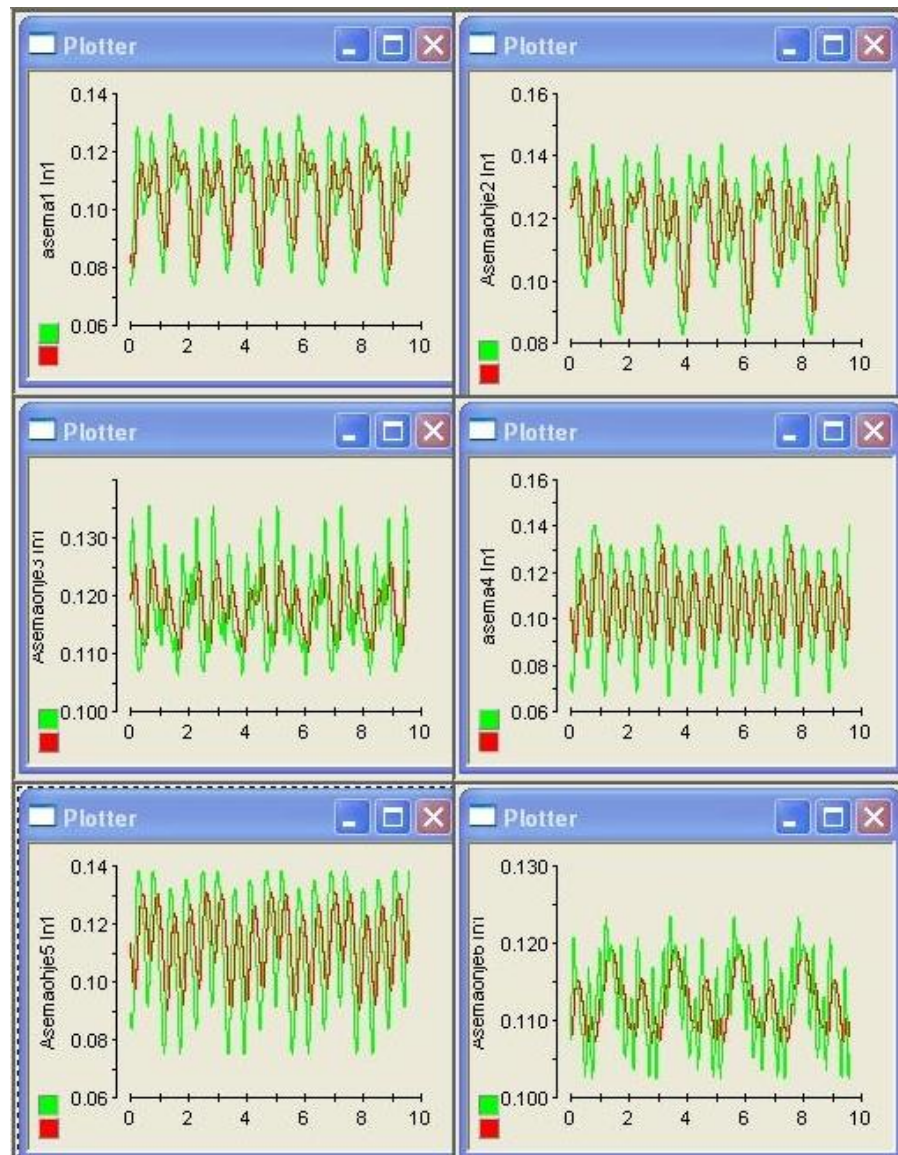
Tähän mennessä simulaattorilla on ratsastanut 2 ratsastuksenopettajaa, 1 ratsastusterapeutti ja 1 Suomen huipputasoinen esteratsastusvalmentaja. Palaute liiketuntumasta on ollut positiivista, etenkin käyntiaskellajin realistinen liiketuntuma on saanut kehuja.

5.2 Rajapinta

Rajapinta tuo simulaattorilla ratsastamiseen lisää mielenkiintoa ja realistisuuden tunnetta, vaikkakin rajapinta on toteutettu low-cost periaatteella. Rajapinta on tärkeä osa simulaattori kokonaisuutta, koska sen avulla ratsastaja voi itse hallita simulaattorin käyttäytymistä. Täten ratsastaja ei tunne olevansa matkustajana simulaattorin selässä, operaattorin vaihtaessa askellajeja.

5.3 Asemaohje ja toteutunut asema

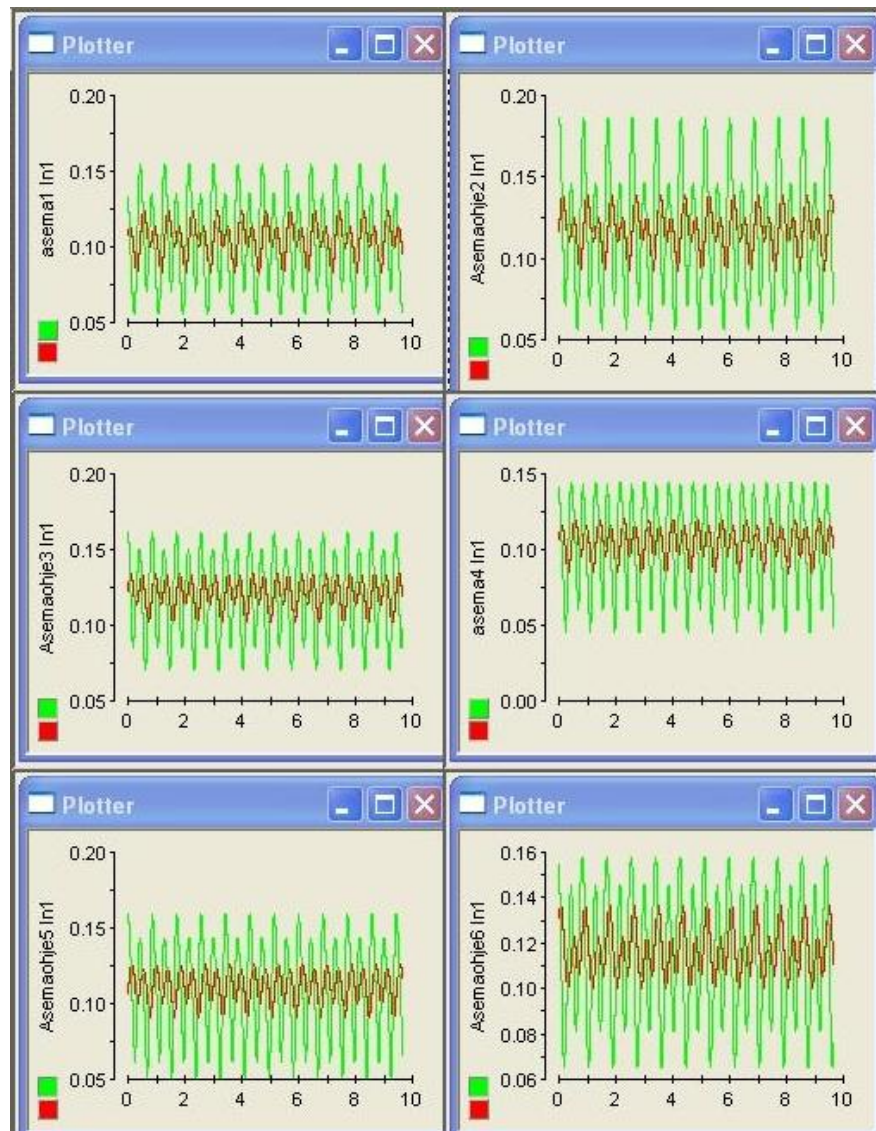
Vaikka simulaattorin liiketuntuman toteutumiseen on vaikea löytää mitattavaa suuretta, voidaan liikealustan ja säätöjärjestelmän toimintaa arvioida liikealustan asemaohjearvon ja toteutuneen aseman mukaan. Liikealustan toimilaitekohtaiset signaalit toistettaessa käyntiaskellajia, ovat esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Liikealustan sylinterien asemaohjeet ja toteutuneet asemat käyntiaskellajissa.

Liikealustan liike on lähes koko asemaohjeen laajuista, osuus joka jää käynnistä toistamatta liittyy todennäköisesti kiertymiin ja kallistuksiin. Toteutunutta asemaa voidaan kuitenkin pitää riittävänä, liiketuntuman saadessa kehuja testiratsastajilta.

Ravi- ja laukka-askellajeja toistettaessa liikealusta ei kykene toistamaan yhtä laajaa liiketilaa. P-säädöllä liikealustan liike jäi jälkeen asemasignaalista, virhe aiheutti liikealustan liikkeeseen epästabiilisuutta. Säätojärjestelmän kehityksellä saavutettiin parannusta liikealustan liikkeiden tahdistuksessa ohjaussignaaliin. Tahdistuksen parantuminen oli selvästi huomattavissa ratsastaessa nopeampia askellajeja ravia ja laukkaa. Liikealustan liike muuttui nytkähtelevästä, juohevaksi askellajin luonteiseksi liikkeeksi. Liikealustan rajallinen nopeus vaikutti amplitudiin pienentävästi, joten vieläkkään ei kyetty toistamaan kokonaan mitatun liikkeen laajuutta. Kuvassa 28 on esitetty liikealustan toteuttama raviaskellaji.



Kuva 28. Liikealustan sylinterien asemaohjeet ja toteutuneet asemat raviaskellajissa.

Ravin liikkeen kuvauksen koko laajuutta ei pystytty toteuttamaan, mutta liikealustan liike oli oikean liikeradan mukaista. Liiketuntuman toteutumisen kannalta olikin tärkeää saada askellajien kuvauksesta juoheasti etenevä harmoninen liike.

6 YHTEENVETO

Japanissa on pitkään tutkittu ratsastuksen liiketuntuman toteuttavaa ratsastussimulaattoria. Japanissa kehitetyistä ratsastussimulaattoreista löytyykin useita tieteellisiä julkaisuja ja artikkeleita. Heidän tutkimuksensa käsittelevät koneen lisäksi, ratsastussimulaattoriharjoittelun vaikutusta ihmisen hyvinvointiin. Havaittuja hyötyjä ovat ihmisen tukilihaksiston voimistuminen, tasapainon kehittyminen ja jopa kakkostyyppin diabeteksen parantaminen.

Lappeenrannan teknillinen yliopiston älykkäiden koneiden laboratoriossa oli aiemmin kehitetty ratsastussimulaattori, jonka avulla oli tarkoitus tututella hevosenselän keinuvaan liikkeeseen. Työ oli aloitettu tekemällä kirjallisuuskatsaus tieteellisiin julkaisuihin ja artikkeleihin. Kirjallisuuskatsauksessa löytyneitä liikesignaaleja oli testattu liikealustan ohjaussignaaleina. Näiden liikesignaalien positiivinen vaste, herätti mielenkiinnon tuottaa laboratoriolle omat liikesignaalit. Ensimmäisten mittauksien tuloksena oli osittain epäkuranttia dataa, jossa oli paljon datakatkoksia. Kuitenkin mitatun datan ja kirjallisuuskatsauksesta löydettyjen signaalien avulla tuotettiin ensimmäinen versio ratsastussimulaattorista. Ensimmäinen versio oli monella tavalla keskeneräinen ja se tarvitsi jatkokehitystä.

Ratsastussimulaattorin jatkokehitystyö aloitettiin mittaamalla ratsastajan satulan dynaamiset suureet ratsastuksen aikana. Suureista mitattiin kolme lineaarista kiihtyvyyttä ja kolme kulmanopeutta, eli mittaus suoritettiin kaikkien kuuden vapausasteen suhteen. Mittaukset suoritettiin perusaskellajeille, käynnille, raville ja laukalle. Mitatut signaalit suodatettiin simulaattorin liikealustalle sopivaksi asemaohjesignaaliksi. Suodatuksessa signaaleista poistettiin jatkuvat kiihtyvyydet, jotta liikealusta kykeni toistamaan signaalit pysyen rajallisella työskentelyalueellaan.

Simulaattorin liikealustana käytettiin hydraulikäyttöistä Stewart-liikealustaa. Liikealustan päälle kiinnitettiin hevosen runko ja se satuloitiin ratsastusta varten. Projektissa käytettiin laboratoriosta ennalta löytyneitä liikealustaa, tietokonetta ja ohjelmistoja. Aiemmistä projekteista jäljelle jääneet laitteistot soveltuivatkin hyvin tarkoitukseen, liikealustan rajallista liikenopeutta huomioimatta. Liikealusta oli alun perin suunniteltu huomattavasti raskaampien kuormien siirtelyyn ja sen rajallinen liikenopeus vaikutti ravin ja laukan toteutuneen liiketilän amplitudin suuruuteen negatiivisesti. Onnistuneen säätöjärjestelmän ansiosta, myös näiden askellajien liikkeet ovat jouhevaa ja askellajit ovat selvästi tunnistettavissa.

Simulaattorin suitsiin, satulaan ja jalustimiin kytkettiin antureita joiden välityksellä ratsastaja voi ohjastaa simulaattorin käyttäytymistä. Ratsastaja pystyy hidastamaan ja kiihdyttämään ratsastuksen virtuaalista nopeutta. Simulaattori kuvaa virtuaalinopeuden muutoksen askellajien vaihdolla, sekä amplitudin ja taajuuden muutoksella.

Ratsastussimulaattorin jatkokehitys toteutettiin ilman erillistä projektia, joten projektiin käytössä olleet rahavarat olivat hyvin rajalliset. Kuitenkin jatkokehitystyön tuloksena oli kolmea perusaskellajia osaava interaktiivinen ratsastussimulaattori. Joten kehitystyön tuloksia voidaan pitää kiitettävänä.

Toteutettu jatkokehitysprojekti sai osakseen suurta mielenkiintoa myös lukuisten ihmisten ja useiden medioiden piirissä. Simulaattorista on julkaistu artikkeleita lehdissä kuten Etelä-Saimaa, Fluid Finland ja Hippos. Lisäksi simulaattori oli MTV3:n kymppi uutisen loppukevennyksen aiheena. Näin esillä ollessaan projekti on tuottanut myös koko yliopistolle hyvää mainosta, yksi yliopiston mainoskuva on esitetty kuvassa 29.



Kuva 29. Simulaattorin jatkokehitystyö keräsi paljon huomiota.

Median lisäksi simulaattorin kehitystyö on esitelty, The 11th Scandinavian International Conference on Fluid Power, "SICFP'09", June 2-4, 2009 – konferenssissa. Konferenssissa työ herätti mielenkiintoa, niin teknisen toteuttamisen kuin taloudellisen hyödyntämisenkin suhteen.

LÄHDELUETTELO

- [1] Ilpo Reitmaa, Jukka Vanhala, Ari Kauttu ja Marko Antila. Virtuaaliympäristöt -kuvan sisälle vievät tekniikat. TEKES. 1995.
- [2] Roy S. Kalawsky. The Science of Virtual Reality and Virtual Environments. Addison-Wesley Publishers Ltd, 1993.
- [3] Timo Tossavainen, Martti Juhola, Ilmari Pyykkö, Esko Toppila, Heikki Aalto and Pekka Honkavaara, Towards Virtual reality Simulation in Force Platform Posturography, Medical Informatics 2001, luonnos, joulukuu, 2000.
- [4] Rafael Åman. Hydraulisen kuristinmallin ja liikealustan ohjauksen kehittäminen reaaliaikasisimulointiin. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2007. 62 s.
- [5] Joni Sallinen. Liikealustan suunnittelu liikkuvan työkoneen simulaattoriin. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2008. 74 s.
- [6] Yamaguchi, M & Iguchi, N. Development of a horseback riding simulator. Advanced Robotics, 6 (4) s 517-528. 1992.
- [7] Chen, G & Wan, S & Kawata, K & Shinomiya, Y & Ozawa, T & Ishida, K & Kimura, T & Tsuchiya, T. Biofeedback control of horseback riding simulator. Proceedings of the International Conference on Machine Learning and Cybernetics, s. 1905-1908. 2002.

- [8] Shinomiya, Y & Nomura, J & Yoshida, Y & Kimura, T. Horseback riding therapy simulator with VR technology. ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Proceedings, VRST, s. 9-14. 1997.
- [9] Nomura, J & Sawada, K. Virtual reality technology and its industrial applications. Control Engineering Practice, 7 (11). s. 1381-1394.1999.
- [10] Sato, M & Terajima, M & Ojika, T & Kijima, R & Kobayashi, T & Inoue, Y & Hashimoto, K. Development of horse-riding simulator by “Karakuri” technique. Proceedings of the Virtual Reality Society of Japan Annual Conference. s 479-482. 2000.
- [11] Shinomiya, Y & Ozawa, T & Hosaka, Y & Wang, S & Ishida, K & Kimura, T. Development and physical training evaluation of horseback riding therapeutic equipment. Proceedings of the IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. 2003.
- [12] Kubota, M & Nagasaki, M & Tokudome, M & Shinomiya, Y & Ozawa, T & Sato, Y. Mechanical horseback riding improves insulin sensitivity in elder diabetic patients. Diabetes research and clinical practice 71. s 124-130. 2006
- [13] Kajioka, T. & Nagasaki, M. & Kitamura, I. & Tokudome M. & Kubota M. & Ozawa, T. Acute effects on glucose metabolism in mechanical horseback riding therapy, Japan. Diabetic Society 11 (47) s 879–882. 2004.

- [14] Eskola Tero. Liiketuntuman kehitys. MARTSI-Tutkijaseminaari, Lappeenrannan teknillinen yliopisto 13.12.2006. 12 esityskuvaa.
- [15] Markku Jokinen. Induktiomoottorikäytön paikkasäädön suorituskyky. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2004. 85 s.

www-lähteet

- [16] Olarin fysikaalinen hoitolaitos. Viitattu 29.4.2009. Saatavissa: <http://www.olarinfysikaalinenhoitolaitos.fi/palvelut.htm>
- [17] The Racewood Simulators. Viitattu 29.4.2009. Saatavissa: <http://racewood.com/index.php>
- [18] Suomen ratsastusterapeutit ry. Viitattu 5.5.2009. Saatavissa: <http://www.suomenratsastusterapeutit.net/terapia.html>