



SAVONIA

Neurologisen kuntoustuslaitteen ohjelmistotyö

Microsoft Kinect -peliohjain

Jari Gordejev

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Jari Gordejjev			
Työn nimi Neurologisen kuntoutuslaitteen ohjelmistotyö: Microsoft Kinect -peliohjain			
Päiväys	17.02.2012	Sivumäärä/Liitteet	52
Ohjaaja(t) Kalevi Kolehmainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Neurotech Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tässä insinööriyössä tutkittiin Microsoft Kinect -peliohjaimen soveltuvuutta neurologiseksi kuntoutusvälineeksi. Microsoft Kinect -ohjaimen toiminta perustuu hahmon- ja liikkeentunnistukseen. Sen avulla käyttäjä voi pelata pelejä tarvitsematta fyysisesti koskea itse peliohjaimeen.</p> <p>Työssä oli tarkoituksena tehdä Microsoft Kinect -ohjelmisto, jolla aivohalvauspotilas voi harjoittaa motorisia toimintoja kotonaan. Työ jakaantuu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa käsitellään aivohalvaukseen liittyviä tekijöitä, kuntoutuksen teoriaa ja kuntoutusmenetelmiä. Teoriaosan lopussa tarkastellaan ohjelmistokehityksen menetelmiä ja perehdytään konenäkötekniikan perusteisiin. Työn toisessa osassa tarkastellaan itse tehtyä sovellusta. Tässä yhteydessä perehdytään muun muassa ohjelman ulkoasuun, toimintoihin ja sovelluksen ohjelmarakenteeseen.</p> <p>Työ suoritettiin ohjelmistotyönä. Tuloksena syntyi pelityyppinen Microsoft Kinect -sovellus, jolla voidaan harjoittaa aivohalvauspotilaan käden liikkeitä. Harjoittelu tapahtuu seuraamalla kädellä ruudulla liikkuvaa objektia, joka liikkuu satunnaisesti määrättyjä liikeratoja vaaka-, pysty- tai vinosuuntaan. Harjoittelun aikana käyttäjä saa audiovisuaalista palautetta. Kuntouttavan ominaisuuden lisäksi ohjelmistossa on videotointi, jolla voidaan tarvittaessa muodostaa kuvayhteys kuntoutujan ja yhteistyötahon välille yhteistyössä TeamViever -ohjelmiston kanssa.</p>			

Avainsanat

Microsoft Kinect, XNA, kuntoutus

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Computer Science			
Author(s) Jari Gordejiev			
Title of Thesis Software project of the neurological rehabilitation device: Microsoft Kinect game controller			
Date	17.2.2012	Pages/Appendices	52
Supervisor(s) Kalevi Kolehmainen			
Client Organisation /Partners Neurotech Oy			
<p>Abstract</p> <p>An overall aim of this thesis is to reflect on the study of possible usability of a motion sensing input device within neurological rehabilitation practices. For this purpose a motion sensing game controller Microsoft Kinect has been chosen because of its features of user game control using gestures and verbal commands without touching a game controller.</p> <p>The scope of the work was to design rehabilitation "Microsoft Kinect"-based software to help post-stroke patients in restoration of their motor controls in the home environment. Software resulting from this work is a rehabilitation application by using which target users – post-stroke patients, can exercise their arms controls to restore range of their motions after stroke. Rehabilitation program based on the developed software involves physiotherapeutic exercises without supervision of medical support staff. It assumes interaction between a computer and a patient, when the latter is required to follow with his hand horizontal, vertical or diagonal moving object on the computer screen. The developed software facilitates exercises through audio and visual feedback. In addition, for establishing live video connection the software has a webcam utility developed using TeamViewer remote control software platform.</p> <p>This thesis comprises two chapters. The chapter one provides an overview of factors related to a stroke, theoretic background of stroke recovery and methods of post-stroke rehabilitation. Concluding section of this chapter engages with review of software development methods and principles of machine vision. The second chapter introduces the software developed within this project, elaborating on design rationale of its functionality and structure and reflects on its development process. The thesis is concluded with summary on the achieved result indicating areas for future research and development.</p>			
Keywords Microsoft Kinect, XNA, rehabilitation			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	9
2	AIVOHALVAUS	10
2.1	Aivoverenvuoto ja aivoinfarkti	10
2.2	Aivohalvauksen mekanismi.....	11
2.3	Aivohalvaukselle altistavat tekijät.	12
2.4	Aivohalvauksen aiheuttamat haitat	12
3	AIVOHALVAUSPOTILAAN KUNTOUTUS.....	14
3.1	Neurologisen fysioterapian menetelmät.....	15
3.1.1	Bobath-menetelmä	15
3.1.2	Brunnstrom-menetelmä.....	15
3.1.3	Motorinen uudelleenoppimishjelma.....	16
3.2	Kuntoutuksessa huomioon otettavia seikkoja	17
3.3	Omaehtoinen kuntoutus	17
4	VIRTUAALIKUNTOUTUS.....	19
4.1.1	Käyttöliittymäteknikat.....	19
4.1.2	Visualisointi.....	21
4.2	Virtuaalikuntoutusohjelmistot	22
4.3	Virtuaalinen etäkuntoutus	23
5	OHJELMISTOKEHITYS.....	25
5.1	Ohjelmistotuotannon osa-alueet	25
5.2	Vesiputousmalli.....	26
5.3	Muita ohjelmistotuotantomalleja	27
6	KONENÄKÖ.....	29
6.1	Konenäön periaate.....	29
6.1.1	Biologinen ja koneellinen näkö.....	30
6.2	Konenäkösovellus:Microsoft Kinect -peliohjain	31
6.3	Microsoft Kinect -ohjaimen rakenne	31
6.3.1	Microsoft Kinect -ohjaimen toimintaperiaate.....	32
6.4	Microsoft Kinect -ohjaimen ohjelmoinnin periaate	34
7	SOVELLUKSEN TOTEUTUS	36
7.1	Käytetyt laitteet ja ohjelmistot.....	36
7.2	Sovelluksen käyttöliittymä.....	37
7.3	Harjoittelu	38
7.4	Sovelluksen ohjelmointi	39
7.4.1	Olioiden luokkarakenne.....	40

7.4.2 Sovelluksen algoritmirakenteet	41
7.5 Sovelluksen ajastetut toiminnot	44
7.5.1 Etävideoyhteys.....	44
7.6 Käyttötapahtumien tallennus	45
8 YHTEENVETO	46

LYHENTEET

API	Application programming interface
CCD	Charge-Coupled Device
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
EVO-malli	Evoluutiomalli
ICH	Intracerebral hemorrhage
IR	Infrared
LCD	Liquid Crystal Display
NUI	Natural user interface
RGB	Red Green Blue
SAV	Subaraknoidaalivuoto
SDK	Software Development Kit

1 JOHDANTO

Tietotekniikan nopea kehitys ja laitteistojen hintatason lasku on tuonut kuluttajien ulottuville yhä kehittyneempiä tietoteknisiä laitteita. Eräs tällainen kotikäyttöön tullut uusi innovaatio on hahmon- ja liikkeentunnistukseen perustuva Microsoft Kinect -peliohjain. Tämä ohjain poikkeaa perinteisistä peliohjaimista siinä suhteessa, että sillä voidaan ohjata tietoteknisiä sovelluksia pelkästään vartalon liikkeillä tarvitsematta koskea itse laitteeseen. Tämä ominaisuus on tuonut mukanaan myös monia uusia mahdollisuuksia hyödyntää laitetta. Yksi tällainen mahdollisuus on Microsoft Kinect -ohjaimen käyttö apuvälineenä neurologisessa kuntoutuksessa.

Neurologista kuntoutusta tarvitaan yleensä aivohalvauksen jälkeisessä toipumisprosessissa. Tämä on vaatinut perinteisesti monimutkaisia ja kalliita ratkaisuja tietoteknisten laitteistojen osalta. Lisäksi nämä laitteistot ja apuvälineet sijaitsevat usein erityisissä kuntoutuslaitoksissa, minkä takia niiden tarjoamat palvelut eivät ole välttämättä kaikkien tasapuolisesti saatavissa. Tässä insinööriyössä on pyritty kehittämään edellä mainittuun ongelmaan sopiva tietotekninen ratkaisu, joka olisi sekä kustannuksiltaan edullinen että mahdollista toteuttaa kotiympäristössä.

Työn lähtökohtana oli hyödyntää liikkeentunnistukseen perustavaa Microsoft Kinect -peliohjainta, jonka ominaisuuksien pohjalta oli tavoitteena luoda sovellus, jolla aivohalvauspotilaat voisivat kotiympäristössä suorittaa interaktiivisesti kuntouttavia harjoitteita henkilökohtaista tietokonetta käyttäen.

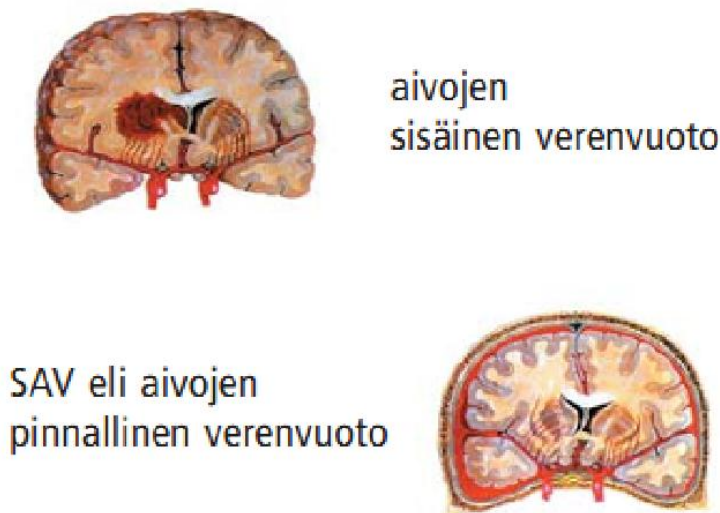
Työ jakaantuu teoreettiseen ja kokeelliseen osaan. Teoriaosassa käsitellään aivohalvaukseen liittyviä tekijöitä sekä tarkastellaan kuntoutuksen teoriaa ja kuntoutusmenetelmiä. Teoriaosan lopussa tarkastellaan ohjelmistokehityksen menetelmiä ja perehdytään konenäkötekniikan perusteisiin. Työn kokeellisessa osassa tarkastellaan itse tehtyä sovellusta. Tässä yhteydessä perehdytään muun muassa ohjelman ulkoasuun, toimintoihin ja sovelluksen ohjelmarakenteeseen.

2 AIVOHALVAUS

Aivohalvaus on yleisnimi aivoinfarktille ja aivoverenvuodolle. Aivohalvaus johtuu aivoissa tapahtuvasta verenkiertohäiriöstä. Suomessa vuosittain 14000 ihmistä sairastuu aivohalvaukseen. Aivoverenkiertohäiriö on aivoissa tapahtuva aivojen toimintahäiriö, joka aiheutuu aivoverisuonten tukoksesta tai niiden repeämästä. Lisäksi aivojen toimintahäiriöitä aiheuttavat erilaiset aivovammat, -tulehdukset tai -kasvaimet.¹

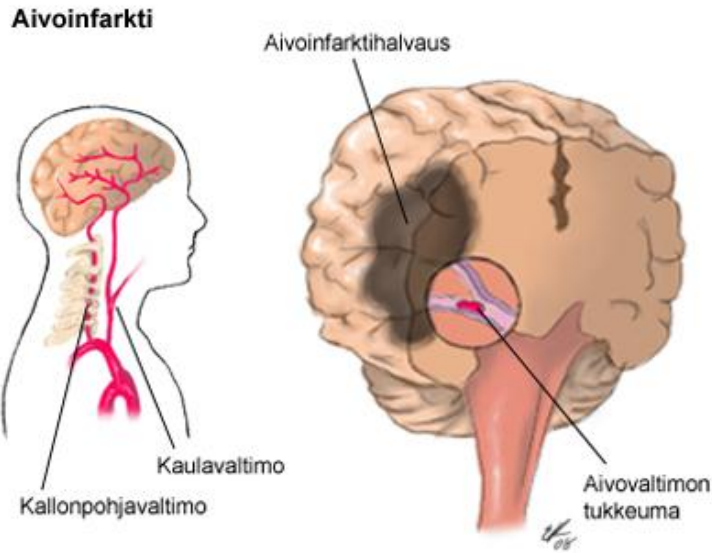
2.1 Aivoverenvuoto ja aivoinfarkti

Aivoverenvuodossa aivojen valtimosuoni repeää, minkä takia veri vuotaa aivoaineeseen (ICH) tai aivojen lukinkalvon alaiseen tilaan (kuva 1).^{2,3,4,5}



Kuva 1. Aivoverenvuoto.⁴

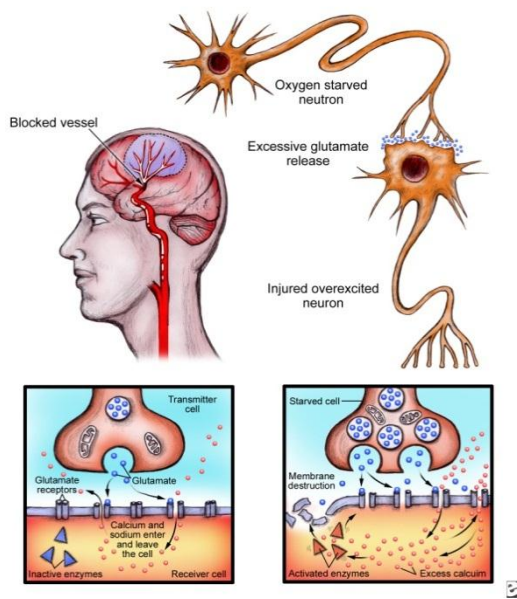
Aivoverisuonitukos eli aivoinfarkti puolestaan johtuu tyypillisesti kahdesta syystä, joko aivovaltimoiden tukkeutumisesta tai verenvuodosta ympäröivään aivokudokseen. Verenkierto valtimoissa häiriintyy tyypillisesti siellä olevasta veritulpasta, joka puolestaan aiheutuu valtimoiden kovettumissairaudesta. Kuvassa 2 on esitetty aivoinfarktin aiheuttamat muutokset aivoissa.^{6,7}



Kuva 2. Aivoinfarkti.⁶

2.2 Aivohalvauksen mekanismi.

Aivohalvauksen yhteydessä aivoissa olevat neuronit vapauttavat glutamaattia neuronien läheisyyteen. Tämä aiheuttaa puolestaan ylisuuren annostuksen kalsiumia, mikä johtaa neuronien tuhoutumiseen (kuva 3). Kuvasta nähdään, että kun aivoissa tapahtuu vaurio, niin neuronien normaali toiminta häiriytyy kalsiumin liika-annostuksen takia. Tästä aiheutuu edelleen kudoksessa olevien inaktiivisten entsyymien aktivoituminen ja solujen tuhoutuminen.^{8,9}



Kuva 3. Aivohalvauksen mekanismi.⁸

2.3 Aivohalvaukselle altistavat tekijät.

Aivohalvaukselle altistavia riskitekijöitä ovat muun muassa kohonnut verenpaine, korkea kolesterolipitoisuus ja tupakointi. Lisäksi myös runsas alkoholinkäyttö lisää aivoverenkiertohäiriön riskiä. Näiden riskitekijöiden takia verisuonten koko supistuu ja lopulta verihyytymä tukkii suonen kokonaan. Aivohalvausriskiä voidaan pienentää kiinnittämällä ajoissa huomiota edellä mainittuihin riskitekijöihin. Taulukossa 1 on esitetty yleisimmät aivohalvaukseen liittyvät riskitekijät.¹⁰

Taulukko 1. Aivoinfarktin tärkeimmät riskitekijät.¹¹

Riskitekijä	Riskisuhde
Kohonnut verenpaine	7
Sepelvaltimotauti	3
Eteisvärinä	5
Eteisvärinä ja läppävika	17
Diabetes	6
Tupakointi	2

2.4 Aivohalvauksen aiheuttamat haitat

Aivoverenkiertohäiriö aiheuttaa yleensä jonkinasteisen fyysisen haitan. Tutkimuksissa on todettu, että 70-85% potilaista saa toispuolihalvauksen. Tyypillisesti verenkiertohäiriö tapahtuu keskimmäisen aivovaltimon tai kaulavaltimon suonittamalla alueella, mistä on usein seurauksena yläraajan halvautuminen. Tämä ilmenee siten, että potilaan lihasvoima heikkenee ja raajojen koordinaationhallinta vähenee. Tämän lisäksi esiintyy erilaisia tunto- ja tasapainohäiriöitä.^{11,12}

Edellä esitettyjen erilaisten motoristen haittojen lisäksi aivohalvaus voi aiheuttaa muutoksia potilaitten kognitiivisiin toimintoihin eli aivojen tiedonkäsittelytoimintoihin. Taulukossa 2 on esitetty muutamia yleisimpiä kognitiivisten toimintojen häiriöitä.¹¹

Taulukko 2. Kognitiivisten toimintojen häiriöt.¹¹

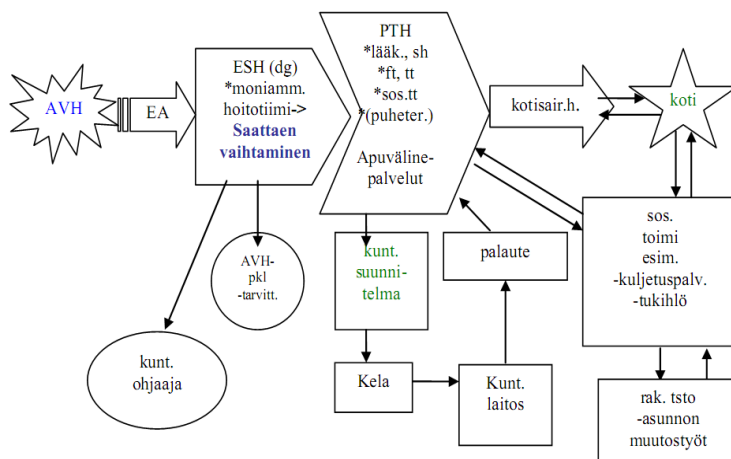
Kognitiivinen alue	Keskeisimmät häiriöt
Muistitoiminta	Lähimuistihäiriö Kielellisen muistin häiriö
Kielellinen toiminta	Kielen tuoton häiriö Kielen ymmärtämisen häiriö
Näönvarainen toiminta	Avaruudellisen hahmottamisen häiriö

3 AIVOHALVAUSPOTILAAN KUNTOUTUS

Kuntoutuksen käsite on laajentunut viime vuosina käsittäen fyysisen kuntoutuksen ohella myös psyykkiset ja sosiaaliset tekijät. Lisäksi kuntoutusprosessi on muuttunut kokonaisuudeksi, jossa eri asiantuntijat toimivat ryhmänä kuntoutusprosessin edetessä. Ulla Talvitie et al. ovat todenneet kirjassaan Fysioterapia, että kuntoutus voidaan määritellä muun muassa seuraavilla tavoilla:

- Kuntoutus on kokonaisuus, jossa eri toimenpitein pyritään ennalta asetettuihin tavoitteisiin.
- Kuntoutus nähdään prosessina, joka etenee asetettuja tavoitteita kohti.
- Kuntoutus käsitetään yhteiskunnallisena toimintajärjestelmänä, jossa otetaan huomioon myös potilaan ja ympäristön välinen vuorovaikutus eikä pelkästään keskitytä kuntoutettavan tilaan.

Aivohalvauspotilaan kuntoutus on monimutkainen prosessi, johon ottavat osaa usean alan ammattilaiset. Prosessiin kuuluvat jäsenet muodostavat neurologisen kuntoutustiimin, johon voi kuulua esimerkiksi neurologi, ortopedi, psykiatri sekä useita eri alojen terapeutteja. Terveydenhuollon ammattilaisten lisäksi prosessissa ovat mukana useat sosiaalitoimen tahot. Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen aivohalvauspotilaan kuntoutusprosessi sekä siinä mukana olevat eri alojen ammattilaiset ja sidosryhmät. Näiden eri alojen ammattilaisten tulisi tehdä tiivistä yhteistyötä, jotta kuntoutusprosessi olisi mahdollisimman tehokasta ja että saavutettaisiin kuntoutukselle asetetut päämäärät.^{12,13}



AVH= aivohalvaus
EA= ensiapu
ESH= erikoissairaanhoido
PTH= perusterveydenhuolto

Kuva 4. Aivohalvauspotilaan kuntoutuspolku.¹²

3.1 Neurologisen fysioterapian menetelmät

Aivoverenkiertohäiriöpotilaiden paranemisprosessissa on neurologisella fysioterapiakuntoutuksella merkittävä rooli. Sen käyttö aivohalvauspotilaiden kuntoutukseen tuli mukaan 1940-50-luvulla. Käytettävät neurofysioterapiamenetelmät on jaettu pääsääntöisesti kahteen ryhmään: neurofysiologisiin menetelmiin ja oppimisen teorioihin. Ulla Talvitie et al. ovat kirjassaan Fysioterapia todenneet, että molempiin ryhmiin kuuluvilla tekniikoilla on muun muassa seuraavanlaisia yhteisiä periaatteita:¹³

- Sairauden aiheuttamat epänormaalit liikemallit johtuvat aivoissa olevasta häiriöstä, eivät lihaksista.
- Potilaan liikemalleja voidaan muuttaa hermoimpulssien avulla.
- Keskushermosto rakentuu hierarkisesti siten, että ylemmät keskukset ,aivokuori ja sen alla olevat osat hallitsevat alempia keskuksia eli aivorunkoon kuuluvia osia. Nämä puolestaan hallitsevat selkäytimen toimintoja. Tämän ajattelumallin mukaan aivovamman seurauksena ylemmän aivokeskuksen hallintamekanismi häiriintyy, minkä takia alemmat aivokeskukset toimivat ilman kontrollia. Tämän takia tulisi pyrkiä palauttamaan ylempien aivokeskusten toiminta, jotta estetään virheellisten liikemallien oppiminen.

3.1.1 Bobath-menetelmä

Bobath-menetelmä on 1940-50-luvulla kehitetty CP-lasten kuntoutuksesta saatujen havaintojen perusteella. Menetelmän tavoitteena on palauttaa molemmat kehon puolet toimimaan tasapainoisesti aivovaurion jälkeen. Kuntoutus tapahtuu käytännössä siten, että terapeutti ohjaa potilaan tekemiä liikkeitä niin, että väärät liikeradat eivät ole mahdollisia. Liikkeitä ohjattaessa terapeutti antaa tuntopalautetta kehon avainkohtiin.¹³

3.1.2 Brunnstrom-menetelmä

Brunnstrom-menetelmä perustuu samaan teoriaan kuin Bobath-menetelmä, jonka mukaan halvaantumisesta toipuminen tapahtuu asteittain siten, että ensin paraneminen

tapahuu alemmissa aivokeskuksista, josta se etenee ylempiin osiin .Tämä havaitaan potilaalla esiintyvistä liikeradoista siten, että kuntoutuksen alussa ne noudattavat epänormaaleja malleja. Kuntoutuksen edetessä ylempien aivokeskusten vaikutukset muuttuvat määräävimiksi ja potilaan liikemallit sitä kautta alkavat noudattamaan normaaleja liikemalleja.¹³

Brunnstrom-kuntoutusmenetelmän mukaan potilaan liikkeet ovat paranemisen alkuvaiheessa refleksinomaisia. Tällainen refleksiliike on esimerkiksi niskarefleksi, joka voidaan havaita erityisesti vauvoilla, joilla kädet ja jalat muuttavat asentoa pään suunnan vaihtuessa. Näitä refleksiliikkeitä käytetään kuntoutuksen alkuvaiheessa aloittamaan kuntoutusliikkeet. Lisäksi liikkeitä avustetaan erilaisin aistiärsykkein. Kuntoutuksen edetessä tavoitteena on ensin kontrolloidut liikkeet ja lopulta normaaleja liikeratoja noudattavat liikkeet.^{13,14}

3.1.3 Motorinen uudelleenoppimisohjelma

Motorisen uudelleenoppimismenetelmän kehittivät australialaiset J. Carr ja R. Shepard 1970-luvulla. Menetelmässä keskeisenä ajatuksena on kiinnittää huomiota erityisesti oppimisympäristöön ja luoda oppimisen kannalta monipuoliset harjoitteluolosuhteet.¹³

Motorisessa uudelleenoppimisohjelmassa voidaan erottaa neljä vaihetta:

- tehtäväanalyysi
- vaurioituneiden liikkeiden harjoittelu
- tehtäväharjoittelu
- harjoittelun siirtovaikutus

Menetelmässä pyritään parantamaan potilaan lihasten hallintaa harjoittelemalla asennonhallintaa liikkeitä tehtäessä. Tehtävien harjoitteiden pääpaino on jokapäiväisessä elämässä tarvittavissa toiminnoissa, joita ovat esimerkiksi yläraajojen käyttö, istuminen ja seisominen. Kuntoutusta pyritään tehostamaan potilaan muistin avulla siten, että häntä pyydetään muistelemaan sellaisia liikkeitä, joita hän osasi tehdä ennen aivohalvausta. Kun kuntoutus on edennyt siihen vaiheeseen, että potilas hallitsee liikkeet, hänelle annetaan ohjeet siitä, kuinka opittuja taitoja voidaan hyödyntää arkielämän toiminnoissa.¹³

3.2 Kuntoutuksessa huomioon otettavia seikkoja.

Tutkimuksissa on todettu, että aivohalvauksesta toipumisessa on ensiarvoisen tärkeää, että kuntoutusprosessi aloitetaan mahdollisimman pian. Tämän on todettu jopa olevan määräävämmän tekijän kuin kuntoutuksen määrän tai keston. Kuntoutus tulisi aloittaa päivien sisällä halvaustilanteesta ja sitä tulisi jatkaa niin kauan kuin potilaan tilassa tapahtuu paranemista. Kuitenkin on huomattu, että kehitys on nopeinta ensimmäisten viikkojen aikana, jonka jälkeen kuntoutumiskehitys hidastuu. Toisaalta on myös todettu, että osa potilaista hyötyy kuntoutuksesta vielä useita vuosia sen aloittamisen jälkeen.¹⁵

Terapian ajoituksen ohella paranemisennusteeseen vaikuttaa potilaan ikä, sillä on todettu, että korkea ikä vaikuttaa negatiivisesti aivohalvauksesta toipumiseen. Tämän on todettu johtuvan siitä, että nuoremmilla henkilöillä aivot pystyvät kompensoimaan paremmin syntyneitä kudosvaurioita muokkaamalla ja lisäämällä aivojen neuroniverkkoja sekä regeneroimalla aivokudosta. Erityisesti iän vaikutus näkyy motorisissa kävelemis-, tasapaino- ja koordinaatiotoiminnoissa. Lisäksi on todettu, että iäkkäämmillä ihmisillä aivohalvauksen vakavuusaste voi olla korkeampi kuin nuoremmilla. Toisaalta kuitenkin on havaittu, että iän vaikutus ei ole niin suuri itse neurologisessa palautumisprosessissa kuin jokapäiväisissä toiminnoissa.^{16,17}

3.3 Omaehtoinen kuntoutus

Aivoverenkiertohäiriöpotilaan kuntoutuksessa on ohjatun kuntoutustoiminnan ohella tärkeää potilaan omaehtoinen harjoittelu. Tällä tavoin kuntoutujan aivotoiminta pysyy mahdollisimman paljon aktivoituna, mikä puolestaan kehittää käyttäytymistä sääteleviä aivotoimintoja.¹²

Omaehtoisessa kuntoutuksessa on harjoittelusta saadulla palautteella tärkeä merkitys kuntoutuksen tehokkuuteen. Palautteen tulisi olla täsmällistä oikean tai parhaan kuntoutusmenetelmän löytämiseksi. Tässä kohdin voidaan käyttää erityisesti apuna tietokonepohjaisia kuntoutusmenetelmiä, joissa palaute on mahdollista saada välittömästi ja tarkasti. Palautteenannon tärkeys on otettu huomioon myös tässä insinööriydessä tehdyssä sovellutuksessa.¹²

Muita kuntoutumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat harjoitusten oikeansuuntaisuus, toistaminen ja vaihtelu. Harjoitukset tulisi suorittaa niin oikein kuin on mahdollista. Tässä

kohdin voidaan käyttää apuna avustajaa tai videomenetelmiä, jotka ohjaavat kuntoutujaa oikeaan suuntaan. Lisäksi on tärkeää, että harjoitteita tehdään riittävässä määrin, sillä kuntoutus on aikaa vievää toimintaa ja uusien taitojen oppiminen vaatii runsaasti toistoja. Myös harjoitteiden monipuolisuus on tärkeää, jotta opittuja taitoja voidaan soveltaa arkielämän vaihtelevissa tilanteissa. Edellä olevien tekijöiden ohella kuntoutujan motivaatiolla on tärkeä merkitys kuntoutuksessa. Tästä syystä kuntoutusmenetelmien ei tulisi olla kyllästyttäviä vaan kannustaa potilasta jatkamaan eteenpäin samalla lisäten kuntoutujan luottamusta omiin kykyihinsä.¹²

4 VIRTUAALIKUNTOUTUS

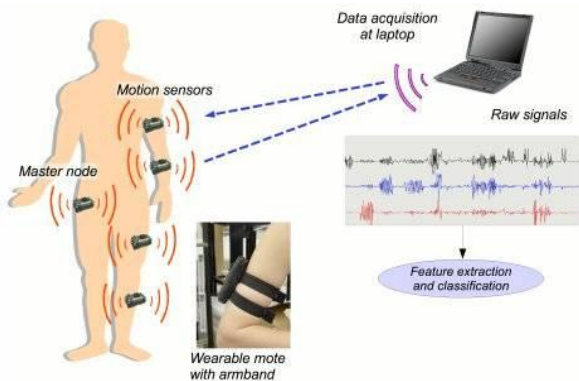
Henkilökohtaisten tietokoneiden ja tietoverkkojen kehitys on mahdollistanut tietokoneavusteisen kuntoutuksen potilaan kotona erityisen kuntoutuslaitoksen sijasta. Tämä edesauttaa potilaita palaamaan mahdollisimman pian tuttuun ympäristöönsä sairaalassa tapahtuvan kuntoutusjakson sijaan. Lisäksi kotona suoritettu kuntoutus laskee hoitokustannuksia, jotka saattavat muodostua korkeiksi hoitolaitoksessa tapahtuvassa kuntoutuksessa.

Tietokoneavusteisessa kuntoutuksessa potilas suorittaa tietokoneella simuloituja harjoitteita vuorovaikutuksessa tietokoneen luoman virtuaalimaailman kanssa. Tämän tyyppinen virtuaalikuntoutus on useissa tutkimuksissa todettu potentiaalisesti menettelmäksi aivoverenkiertohäiriöpotilaiden kuntoutuksessa.^{18,19,20}

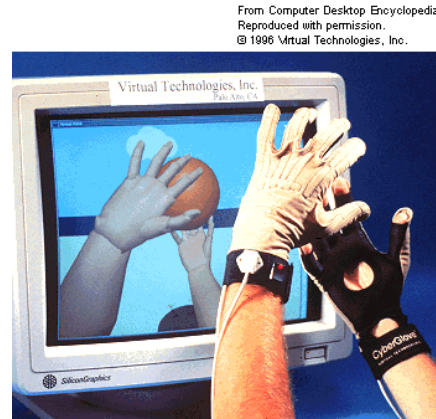
4.1.1 Käyttöliittymätekniikat

Virtuaalikuntoutuksessa potilaan tekemät harjoitteet rekisteröidään tietokoneelle käyttöliittymän välityksellä. Tästä syystä käyttöliittymän valintaan on syytä kiinnittää riittävästi huomiota, jotta harjoittelu on mahdollisimman tehokasta. Virtuaalikuntoutuksessa käytetyt käyttöliittymätekniikat voidaan jakaa esimerkiksi seuraavasti: kehoon kiinnitettävä sensoritekniikka, kameratekniikka ja liikkeentunnistustekniikka.

Kehoon kiinnitettävään sensoritekniikkaan kuuluvat esimerkiksi erilaiset kehon liikkeitä mittaavat elektromagneettiset sensorit tai niin sanotut datakäsineet (kuvat 5 ja 6).^{21,22}



Kuva 5. Kehoon kiinnitettävät anturit²¹



Kuva 6. Datakäsineet.²²

Kameratekniikkaan perustuva käyttöliittymä voi puolestaan koostua esimerkiksi web-kamerasta ja hahmontunnistusohjelmasta (kuva7). Kuvasta havaitaan, että hahmon kädet on merkitty eri väreillä. Värien tarkoituksena on parantaa liikkeentunnistamisen tehokkuutta, sillä kamera havaitsee helpommin kohteet, jotka ovat selkeästi eri väriset.



Kuva 7. Liikkeen tunnistus kameratekniikalla.

Sensori- ja kameratekniikan lisäksi liikkeen- ja hahmontunnistaminen voidaan toteuttaa erityisesti tähän tarkoitukseen kehitetyillä sensoreilla. Tällaisia liikkeen tunnistamiseen soveltuvia sensoreita ovat esimerkiksi Nintendo Wii -pelikonsolille kehitetty langaton peliohjainohjain (kuva 8) sekä tässä työssä tarkasteltu Microsoft Kinect -peliohjain (kuva 9).



Kuva 8. Nintendo Wii-peliohjain.



Kuva 9. Microsoft Kinect -peliohjain.

4.1.2 Visualisointi.

Kuntoutujan kokema virtuaalimaailma riippuu suurella määrällä tekniikasta, jolla se on toteutettu. Se voi olla joko tietokoneen ruudulla näkyvä sovellus tai sitten kolmiulotteinen virtuaalitodellisuus, jossa käyttäjä on kokonaisvaltaisessa vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Tyypillisesti tällainen reaaliympäristöä mallintava kolmiulotteinen virtuaalitodellisuuskokemus toteutetaan virtuaalikypäräteknologian avulla. Kuvassa 10 on esitetty eräs versio virtuaalikypärästä sekä näkymä käyttäjän kokemasta virtuaalimaailmasta.



Kuva 10. Näkymä kolmiulotteisesta virtuaalimaailmasta.

4.2 Virtuaalikuntoutusohjelmistot

Tyypillisesti tietokoneavusteisessa kuntoutuksessa käytetyt sovellukset ovat pelejä, joita pelatessa harjoitetaan samalla kuntoutusta vaativia toimintoja. Aiemmin kuntoutuksessa käytettiin lähinnä erilaisia normaaleja kaupallisia pelisovellutuksia. Tämän tyyppisten sovellusten hyödyntäminen fysioterapiassa on kuitenkin hankalaa, koska niitä ei ole tarkoitettu suoranaisesti kuntoutuskäyttöön, vaan lähinnä käyttäjille, joilla ei ole liikkeitä rajoittavaa häirtatekijää.^{23, 24}

Nykyään kuntoutuksessa on käytössä erityisesti fysioterapiaan kehitettyjä sovellutuksia. Tyypillisesti käytettävät sovellutukset pyrkivät harjoittamaan potilaan perustoimintoja, kuten esimerkiksi raajojen liikeratoja. Useissa sovellutuksissa tämä on toteutettu siten, että potilas seuraa kädellä ruudulla liikkuvaa objektia tai siirtää sitä paikasta toiseen. Kuvassa 11 on esimerkki pelisovellutuksesta, jossa kuntoutettava potilas pyrkii osumaan kädellään tietokoneen ruudulla liikkuviin kupliin. Kuvassa 12 olevassa sovellutuksessa puolestaan pelaaja pyrkii osumaan molemmilla käsillä ruudulla liikkuviin nuoliin.



Kuva 11. Kupla-peli



Kuva 12. Nuoli-peli.

4.3 Virtuaalinen etäkuntoutus

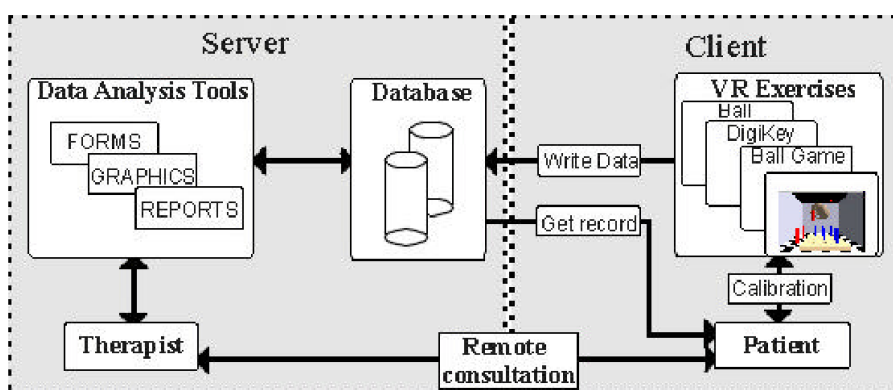
Sairaalassa tapahtuva kuntoutus edellyttää potilaan siirtymistä paikasta toiseen, mikä voi olla monille potilaille hankalaa ja kallista. Ratkaisun tähän ongelmaan voi tarjota etäkuntoutusmenetelmä. Siinä potilas suorittaa harjoitteita kotona tietokoneella, joka on internetin kautta yhteydessä kuntoutuslaitokseen. Tällöin kuntoutuslaitoksessa olevat ammattilaiset voivat seurata reaaliaikaisesti harjoitteiden tekemistä ja antaa tarvittaessa ohjeita ja palautetta.²⁵

Etäkuntoutuslaitteisto voi koostua esimerkiksi henkilökohtaisesta tietokoneesta, web-kamerasta ja riittävän suuresta näyttölaitteesta. Näyttölaitteena voidaan käyttää vaikka LCD-tekniikalla toimivaa televisiota (kuva 13). Kuvassa olevasta esimerkistä havaitaan, että potilas ja fysioterapeutti ovat vuorovaikutuksessa keskenään web-kameran kautta. Potilaan ja terapeutin välinen vuorovaikutus on tärkeää, jotta kuntoutuja kokee tilanteen mahdollisimman samankaltaiseksi kuin kuntoutustapahtuman, jossa osallistujat ovat fyysisesti läsnä. Lisäksi audiovisuaalisen vuorovaikutuksen kautta kuntoutettava henkilö saa reaaliaikaisesti ammattimaista palautetta ja opastusta.



Kuva 13. Etäkuntoutuslaitteisto.

Kuvassa 13 esitetty etäkuntoutustilanne voidaan yksinkertaisimmillaan toteuttaa käyttämällä video- ja ääniomaisuuksilla varustettuja pikaviestipalveluja, kuten esimerkiksi Microsoft Messenger- tai Skype-ohjelmistoja.^{26,27} Kuitenkin olisi tärkeää, että kuntoutuksen edistymistä seurattaisiin myös keräämällä numerotietoa harjoitustapahtumasta. Tällöin saatua tietoa analysoimalla voidaan kuntoutusta ohjata mahdollisimman tehokkaasti oikeaan suuntaan. Tiedonkeruun tulisi olla kuntoutussysteemissä automatisoitua, jolloin tieto tallentuu jatkuvasti systeemiin ja on sieltä haettavissa tarvittaessa. Tämäntyyppinen järjestelmä voidaan toteuttaa esimerkiksi siten, että potilaan tietokone on yhteydessä palvelimeen, joka kerää harjoittelusta saatua informaatiota. Tämä tieto on siten terveydenhuollonammattilaisten saatavissa tarvittaessa ja käytävissä jatkotutkimuksia varten. Kuvassa 14 on esitetty eräs etäkuntoutuksessa käytetty palvelinsysteemi.



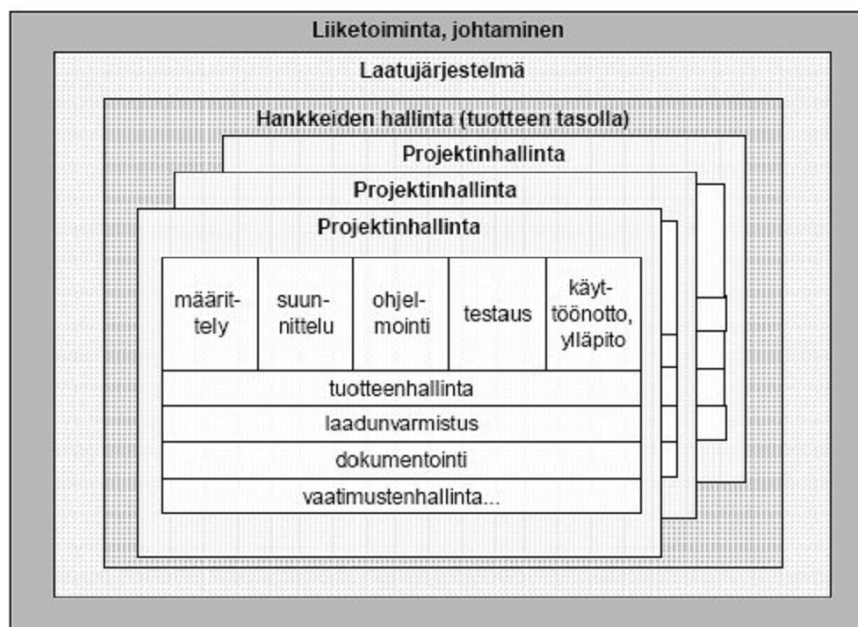
Kuva 14. Etäkuntoutusjärjestelmän arkkitehtuuri.

5 OHJELMISTOKEHITYS

Ohjelmistotuotantotermi otettiin käyttöön 1960-luvulla. Termin tulkinta on ollut epäselvää, mutta yleensä ottaen sillä tarkoitetaan ohjelmistotyötä, jonka tuloksena syntyy haluttu ohjelmisto. Muun muassa seuraavien osa-alueiden katsotaan kuuluvan ohjelmistokehitykseen: määrittely, suunnittelu, toteutus, testaus, käyttöönotto ja ylläpito.²⁸

5.1 Ohjelmistotuotannon osa-alueet

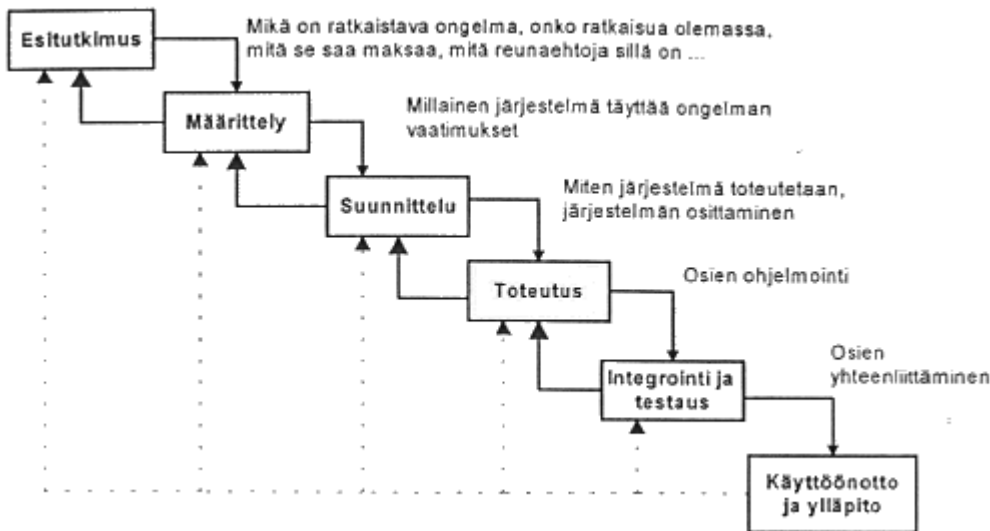
Ohjelmistotuotanto on moniulotteinen kokonaisuus, joka muodostuu erillisistä osa-alueista. Nämä osa-alueet voidaan esittää kuvan 15 osoittamalla tavalla. Kuvasta nähdään, että ohjelmistotuotanto on sidoksissa koko yrityksen toimintaan. Kuitenkin itse ohjelmistoprosessin kehityksen osalta tarkastelu voidaan rajoittaa seuraaviin vaiheisiin: määrittely, suunnittelu, ohjelmointi, testaus ja käyttöönotto. Näitä ohjelmistokehityksen eri vaiheita kuvataan usein vaihejakomallien avulla, joissa ohjelmistokehitysprosessi on jaettu eri vaiheisiin.^{28,29}



Kuva 15. Ohjelmistotuotannon osa-alueet.²⁸

5.2 Vesiputousmalli

Eräs yleisimmistä vaihejakomalleista on niin sanottu vesiputousmalli, joka esiteltiin virallisesti vuonna 1970. Kuvassa 16 on esitetty eräs ohjelmistokehityksessä käytetty vesiputousmalli.^{28,30}



Kuva 16. Vesiputousmalli.²⁸

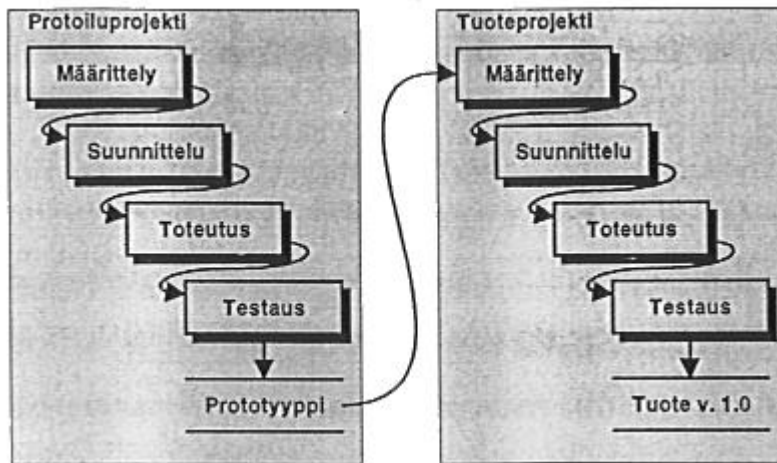
Mallia tarkasteltaessa voidaan havaita, että eri vaiheet seuraavat toisiaan peräkkäisinä vaiheina. Lisäksi mallista voidaan havaita, että eri vaiheet ovat vuorovaikutuksessa edeltäjänsä kanssa, mikä lisää osaltaan mallin tehokkuutta.

Vesiputousmallissa seuraavaan vaiheeseen siirrytään, kun edellinen vaihe on hyväksytysti suoritettu. Tämä edesauttaa poistamaan mahdolliset virheet projektin alkuvaiheessa. Virheiden havaitseminen ajoissa on erityisen tärkeää, sillä tutkimuksissa on todettu, että virheiden korjaaminen prosessin suunnitteluvaiheessa on 50-200 kertaa edullisempaa kuin niiden korjaaminen käyttöönotto- tai ylläpitovaiheessa.³¹

Vesiputousmallin haittapuolena on pidetty sen joustamattomuutta, jos projektissa tapahtuu yllättäviä muutoksia. Tyypillisesti tällainen tilanne voi syntyä esimerkiksi silloin, jos asiakas haluaa muutoksia alkuperäiseen suunnitelmaan. Tällöin joudutaan palaamaan suunnitteluprosessissa taaksepäin ja muuttamaan tai jopa tekemään uudelleen jo valmiiksi saatuja vaiheita.

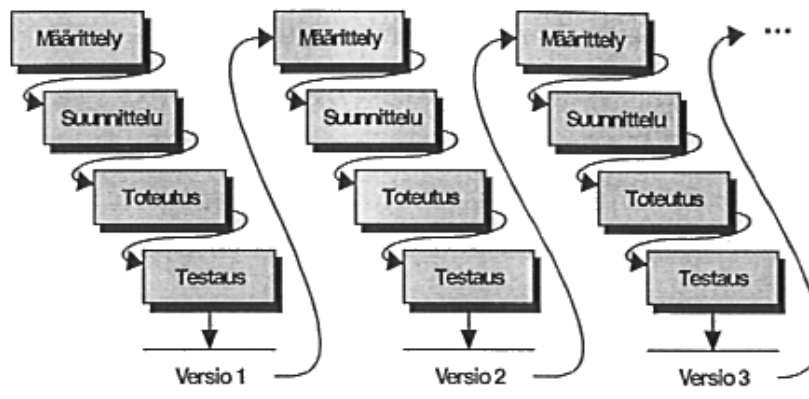
5.3 Muita ohjelmistotuotantomalleja

Vesiputousmallin lisäksi ohjelmistokehityksessä on käytössä muun muassa seuraavat mallit: prototyyppi-, EVO- ja spiraalimalli. Prototyyppimenetelmässä on lähtökohtana tehdä halutusta ohjelmistosta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa versio, jolla voidaan alustavasti testata tuotetta (kuva 17). Tämän tyyppinen lähestymistapa on edullinen silloin, kun asiakas ei tiedä tarkkaan, millaisia ominaisuuksia hän haluaa tuotteellaan olevan. Prototyyppimalli on todettu myös tehokkaaksi projekteissa, joissa on tarkoituksena kehittää jokin uusi tekninen ratkaisu. Tällöin pystytään aikaisessa vaiheessa kartoittamaan uuden teknologian mukanaan tuomat haasteet ja ongelmatilanteet.^{28,32,33,34}



Kuva 17. Prototyyppimalli.²⁸

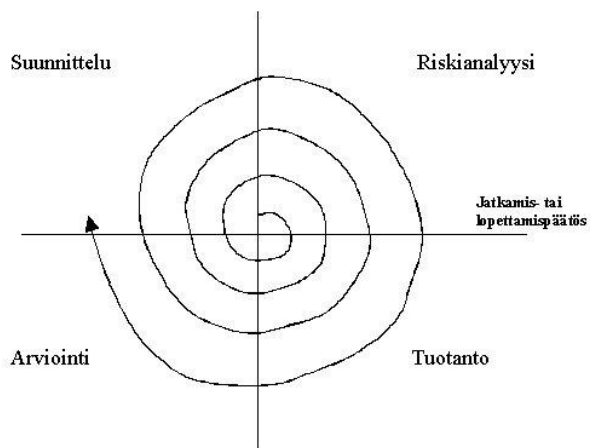
Evo-malli on puolestaan vesiputousmallin erikoistapaus, sillä se muodostuu useasta peräkkäisestä vesiputousmallista. Tämän tyyppisessä mallissa työskentely tapahtuu syklisesti. Kuvassa 18 on esitetty yksi versio EVO-mallista.²⁸



Kuva 18. EVO-malli.²⁸

Evo-mallin etu verrattuna pitkäkestoiseen vesiputousmalliin on sen iteraatioiden lyhyys. Tästä seuraa, että projektissa syntyviin ongelmiin voidaan puuttua aikaisemmin kuin perinteistä vesiputousmenetelmää käytettäessä.²⁸

Spiraalimallissa ohjelmiston kehitys tapahtuu kierroksittain, jolloin jokainen kierros sisältää kaikki kehitysprosessiin liittyvät vaiheet. Kun kehittämiskierros on saatu valmiiksi alkaa seuraava kierros, jossa käytetään hyväksi edelliseltä kierrokselta saatuja tuloksia. Tästä seuraa, että kehitysprosessin lopputulos tarkentuu jatkuvasti kierrosten lukumäärän funktiona. Kuvassa 19 on esitetty erään spiraalimallin rakenne.³⁵



Kuva 19. Spiraalimalli.³⁵

6 KONENÄKÖ

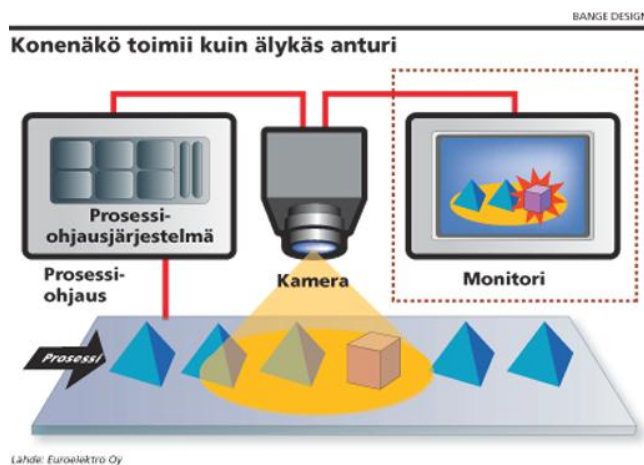
Konenäöllä tarkoitetaan teknologiaa, jolla tietokone pystyy havaitsemaan kohteen ja tunnistamaan siitä haluttuja piirteitä. Sitä käytetään laajalti teollisuuden tarpeisiin kehitetyissä roboteissa. Tyypillisesti teollisuudessa robotit suorittavat tehtäviä, joissa tarvitaan tarkkaa ja toistuvaa havainnointikykyä. Esimerkkinä tämän tyyppisestä tehtävästä voidaan mainita tuotantoyksiköiden tuotantolinjojen tarkkailu.

6.1 Konenäön periaate

Tyypillinen konenäköjärjestelmä koostuu seuraavista osista:

- kamera
- kuvankäsittely
- valaistus
- mittausohjelmisto
- ohjausjärjestelmä
- käyttöliittymä

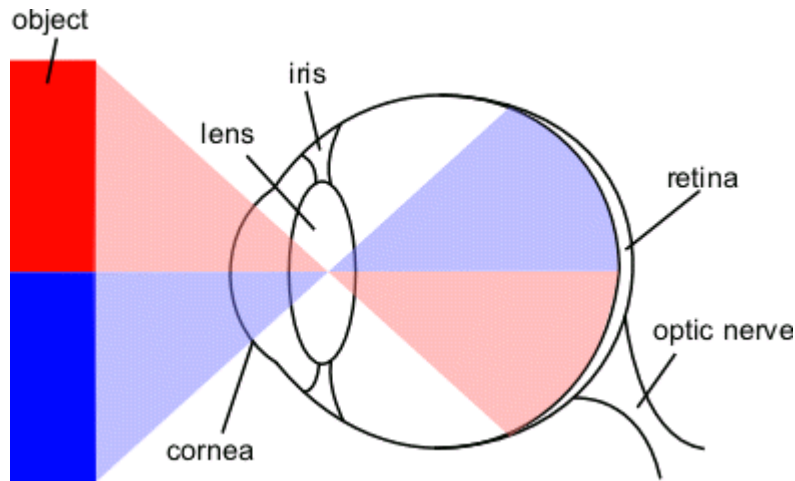
Kuvassa 20 on esitetty yleisesti teollisuudessa esiintyvä konenäköjärjestelmän rakenne.³⁶



Kuva 20. Konenäkösystemin rakenne.³⁶

6.1.1 Biologinen ja koneellinen näkö

Konenäkötekniikka pyrkii jäljittelemään biologisen näkökyvyn toimintaa. Täten systeemissä olevan kameran toimintaa voidaan tarkastella biologisen näön kautta. Biologisessa näössä kuva ympäröivästä maailmasta välittyy silmän kautta (kuva 21).³⁷



Kuva 21. Silmän toiminta.³⁷

Kuvasta 21 nähdään, että valo kulkee iiriksen kautta, jonka tehtävänä on säädellä silmään tulevan valon määrää. Tätä toimintoa voidaan pitää vastaavana kuin kamerassa oleva automaattinen kirkkauden säätö. Seuraavaksi valo kulkee silmässä olevan linssin kautta. Linssin toimintaa ohjaavat lihakset muuttavat sen muotoa, jotta kuvasta muodostuu tarkka. Kamerassa tämä vastaava toiminto tapahtuu automaattitarkennustoiminolla. Linssin kautta muodostunut kuva heijastuu silmän takaosassa olevalle verkkokalvolle. Kameratekniikassa kuva heijastuu vastaavasti valoherkälle kennolle, joka on tyypillisesti toteutettu joko CMOS- tai CCD-tekniikalla. Molemmat kennotyypit toimivat siten, että ne muuntavat kennon pinnalle osuneen valon sähkövarauksiksi. Näiden sähkövarausten arvojen perusteella voidaan muodostaa pikselitulukko. Tämän jälkeen kamera laskee kullekin pikselille värityksen ja muodostaa kuvatiedoston.³⁸

Biologisessa näössä verkkokalvolle muodostunut kuva siirretään käsiteltäväksi aivoille, joissa tapahtuu hahmon ja liikkeen tunnistaminen. Konenäössä kuvankäsittelyn puolestaan suorittaa tietokone. Käytännössä tämä tapahtuu tietokoneessa olevalla ohjelmistolla, joka hahmontunnistusalgoritmien avulla suodattaa kuvasta tarpeettoman tiedon ja tunnistaa havainnoinnin kohteena olevan objektin.³⁸

6.2 Konenäkösovellus:Microsoft Kinect -peliohjain

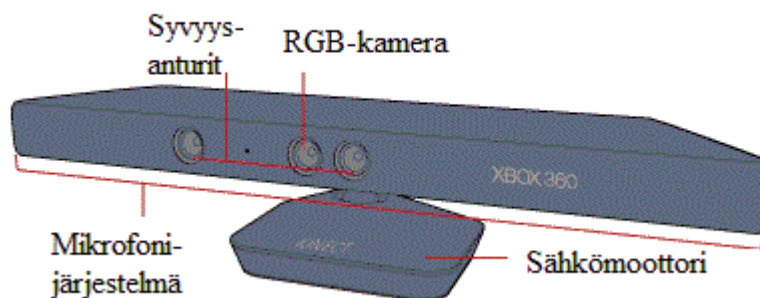
Konenäkösovellutukset ovat nyt tulleet myös tavallisen kuluttajan ulottuville, sillä Microsoft on kehittänyt Xbox 360 -pelikonsolille liikkeentunnistamiseen perustuvan Microsoft Kinect –peliohjaimen (kuva 22). Ohjaimen avulla käyttäjä voi pelata pelejä tarvitsematta fyysisesti koskea itse peliohjaimeen, sillä se tunnistaa pelaajan kehon liikkeen ja muuntaa ne pelikonsolille sopiviksi käskyiksi ja komennoiksi.³⁹



Kuva 22. Microsoft Kinect -ohjain.³⁹

6.3 Microsoft Kinect -ohjaimen rakenne

Microsoft Kinect -ohjaimen pääkomponentit ovat kaksi syvyysanturia, RGB-kamera , mikrofonijärjestelmä ja sähköinen ohjausmoottori (kuva 23).



Kuva23. Microsoft Kinect -ohjaimen osat.

Laitteen syvyysantureina toimivat infrapuna- ja CMOS-sensorit. RGB-kameralla puolestaan tunnistetaan kohteen väriskaala (kuva 24). RGB-sana tulee englannin kielisistä sanoista "red, green, blue" ja tarkoittaa väriavaruutta, jossa jokainen väri on mahdollista muodostaa punaisen, vihreän ja sinisen värin kombinaationa.

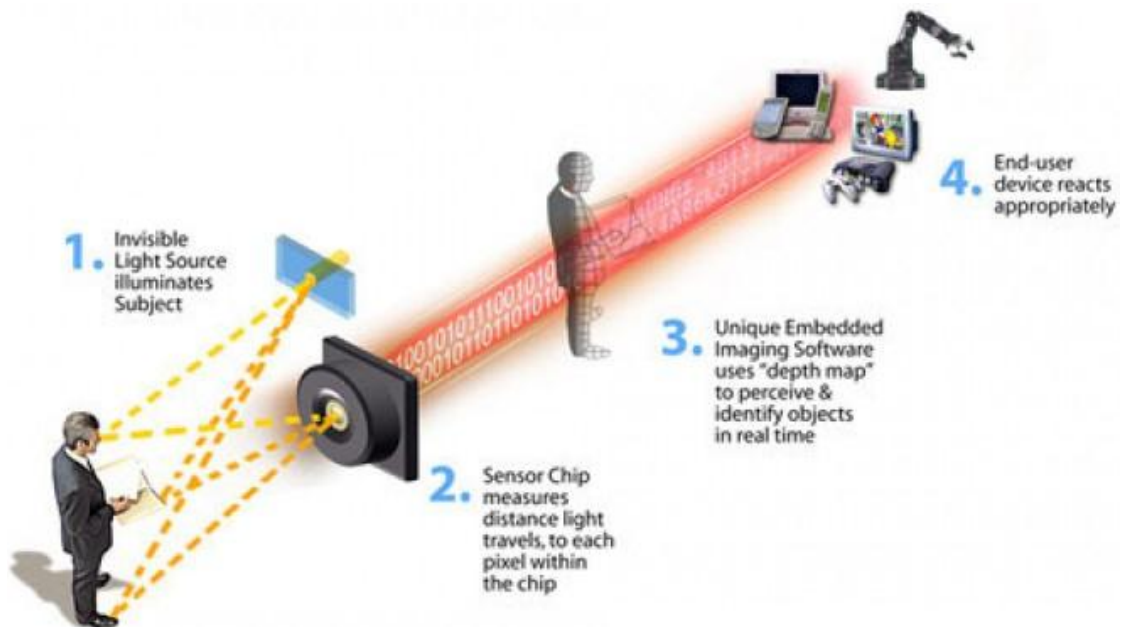
Ohjaimen mikrofoni-järjestelmä mahdollistaa laitteen ohjaamisen tarvittaessa myös äänikomentojen kautta. Laitteen liikkeen- ja hahmontunnistusjärjestelmä puolestaan ohjaa jalustassa olevaa sähkömoottoria, joka muuttaa ohjaimen asentoa käyttäjän liikkeiden mukaan.^{40, 41}



Kuva 24. Microsoft Kinect -ohjaimen rakenne.⁴¹

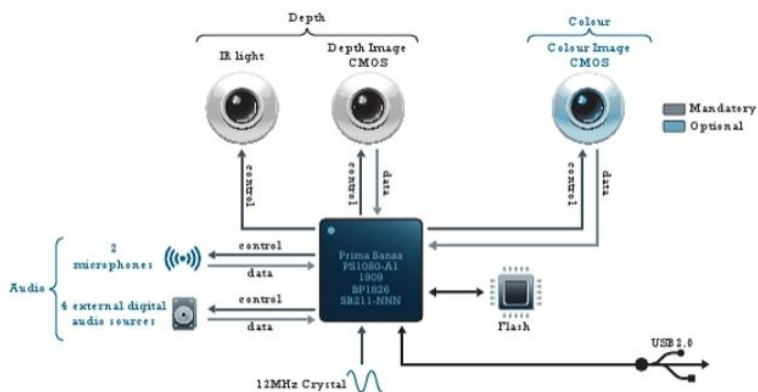
6.3.1 Microsoft Kinect -ohjaimen toimintaperiaate

Microsoft Kinect -ohjaimen hahmontunnistus perustuu ohjaimen infrapunasensorin ja CMOS-kameran yhteistyöhön, jossa IR-sensori mittaa kohteen etäisyyttä ja kamera muodostaa puolestaan kohteesta mustavalkokuvan (kuva 25). Kuvasta havaitaan, että vaiheessa numero yksi infrapunasensori lähettää infrapunasignaalin kohdetta kohti. Vaiheessa numero kaksi vastaanottosensori havaitsee kohteesta heijastuneen IR-signaalin ja laskee sen siirtymäajan. Tämän perusteella voidaan siten laskea kohteen senhetkinen sijainti Microsoft Kinect -ohjaimen nähden.⁴²



Kuva 25 Microsoft.Kinect -ohjaimen hahmontunnistusperiaate.⁴²

Infrapuna- ja kameratekniikan tuottaman informaation käsittely tapahtuu laitteessa olevassa piirisarjassa, joka on yhteydessä laitteen eri komponentteihin. Piirisarjassa oleva ohjelma käsittelee antureilta saadun tiedon ja muodostaa sen perusteella kohteesta kolmiulotteisen mallin ympäristöstä sekä tunnistaa ihmishahmon. Kuvas-
 ssa 26 on esitetty Microsoft Kinect -ohjaimen piirisarjan vuorovaikutus eri komponenttien välillä.⁴³

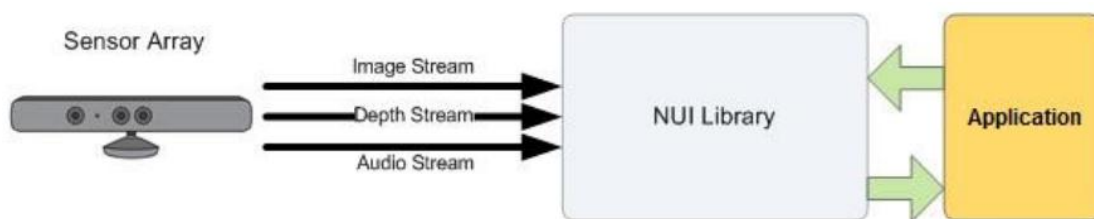


Kuva 26. Microsoft Kinect -ohjaimen piirisarja.⁴³

6.4 Microsoft Kinect -ohjaimen ohjelmoinnin periaate

Microsoftin julkaisema Software Development Kit (SDK) -ohjelmisto mahdollistaa Microsoft Kinect -ohjaimen käyttämisen nyt myös Windows-käyttöjärjestelmissä. Tämä ohjelmisto sisältää laajan joukon ohjelmakirjastoja, joiden kautta ohjelmistokehittäjät voivat hyödyntää sovelluksissa Microsoft Kinect -ohjaimen ympäristöstään keräämää informaatiota.

Microsoft Kinect -ohjaimen ja Windows-sovelluksen välinen vuorovaikutus on esitetty kuvassa 27, josta voidaan havaita, että ohjaimen toiminta perustuu NUI-Application -vuorovaikutukseen.⁴⁴

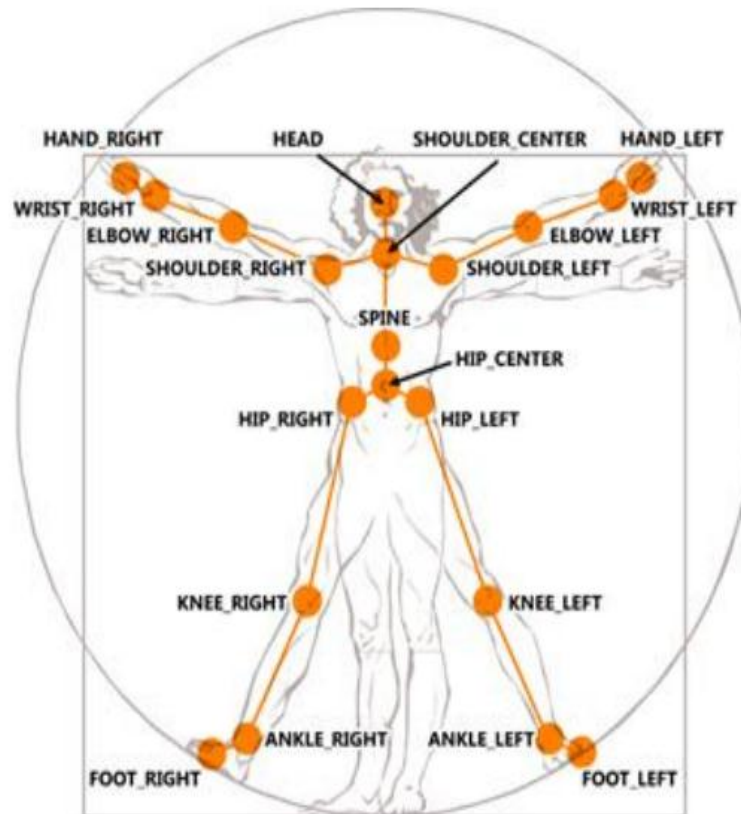


Kuva 27. Microsoft Kinect -ohjaimen ja Windows-sovelluksen välinen vuorovaikutus.⁴⁴

Ohjelmakoodissa tätä rajapintaa käsitellään Runtime-luokasta luodulla oliolla, mikä esimerkiksi C# -kielessä voidaan toteuttaa seuraavasti:

1. `Nui=new Runtime();` :luodaan olio Runtime-luokasta.
2. `Nui.Initialize();` alustetaan NUI-API -rajapinta, johon lisätään `UseColor -`, `UseDepth -` tai `UseSkeletalTracking -`optio riippuen siitä, hyödyntääkö tehty sovellus video-, syvyys- vai luurankotunnistusta. Tällöin esimerkiksi luurankotunnistus tapahtuu seuraavalla tavalla:
`Nui.Initialize(RuntimeOptions.UseSkeletalTracking).`⁴⁴

Kohdassa kaksi esitetyllä UseSkeletal-optiolla on mahdollista tunnistaa joko yksi tai kaksi hahmoa yhtä aikaa. Tunnistustapahtumasta kerätty informaatio sisältää joukon koordinaattipisteitä, joista muodostetaan senhetkisen pelaajan luurankomalli. Kuvassa 28 on esitetty luurankomallin koordinaattipisteet suhteessa ihmiskehon niveliin.



Kuva 28. Luurankomallin nivelet suhteessa ihmiskehoon.⁴⁴

7 SOVELLUKSEN TOTEUTUS

Työn toteutusvaiheessa ohjelmoitiin pelityyppinen sovellus, jota voidaan hyödyntää aivohalvauspotilaiden yläraajojen kuntoutusprosessissa. Ohjelman kuntouttava vaikutus perustuu motoriseen oppimisteoriaan, jossa liikeratoja toistamalla aktivoidaan aivokeskusten toimintaa. Sovellus pyrkii täten jäljittelemään neurofysioterapiassa yleisesti käytettyä harjoitetta, jossa potilas ojentaa kättään objektiä kohti ja siirtää sen paikkaa. Tehdyssä sovelluksessa potilas suorittaa harjoitteet Microsoft Kinect -ohjaimen avulla ohjaten vartalon liikkeillä ruudulla näkyvää hahmoa pelitapahtumien mukaisesti

7.1 Käytetyt laitteet ja ohjelmistot

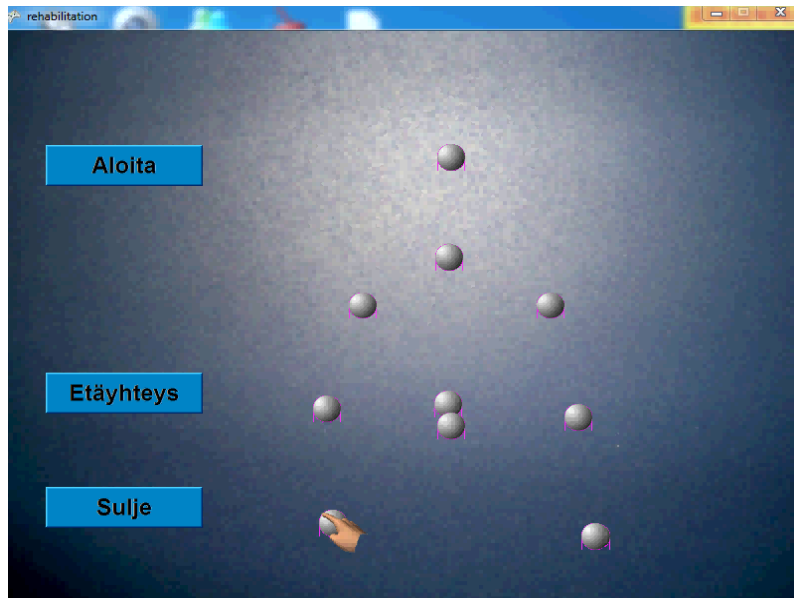
Työssä käytetty laitteisto koostui PC-tietokoneesta ja Microsoft Kinect -peliohjaimesta. Ohjelmistoina käytettiin Microsoft Windows 7 -käyttöjärjestelmää sekä Visual Studio 2010 -ohjelmaa, johon oli asennettu Microsoft XNA -ohjelmointikomponentti.

Microsoft XNA on Microsoftin kehittämä ohjelmointikirjasto, joka on erityisesti tarkoitettu peliohjelmointiin. XNA-ohjelmointikomponentti perustuu Microsoftin .NET 2.0 Framework -kirjastoon, joka on Microsoftin kehittämä natiivi ohjelmointikirjasto. Se tukee useita eri ohjelmointikieliä, mutta yleisimmät ovat VB.net ja C#. .NET Framework -ohjelmien kehitys tapahtuu yleensä Microsoft Visual Studio -ympäristössä.⁴⁵

XNA-kirjaston tarkoituksena on vähentää peliohjelmoijan työtä ja helpottaa peliohjelmoinnissa esiintyvien rutiinien käsittelyä. Tämä tuo peliohjelmoinnin helposti saavutettavaksi myös aloitteleville ohjelmoijille. Käytännössä tämä voidaan havaita muun muassa siten, että luotu XNA-projekti sisältää valmiit metodit pelin sisällön lataamiseen, pelitilanteen päivitykseen ja pelin grafiikan piirtämiseen.⁴⁶

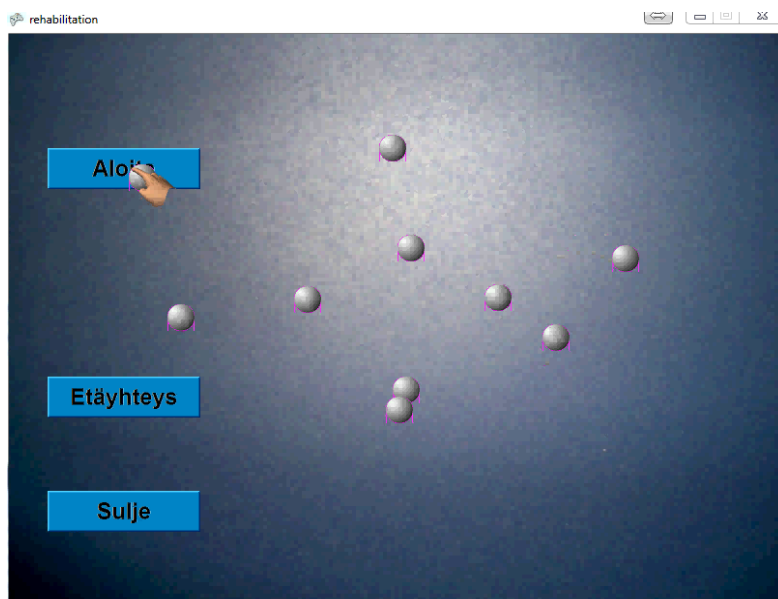
7.2 Sovelluksen käyttöliittymä.

Toteutetun sovelluksen käyttöliittymä on graafinen (kuva 29). Käyttöliittymä koostuu Microsoft Kinect -ohjaimen muodostamasta käyttäjän hahmosta esitettynä pallomallina sekä vasemmalla olevista painikkeista.



Kuva 29. Aloitusnäky.

Harjoittelu alkaa, kun pelaaja painaa käyttöliittymässä olevaa Aloita-painiketta (kuva 30)



Kuva 30. Harjoittelun aloitus.



Kuva 31. Harjoittelunäkymä.

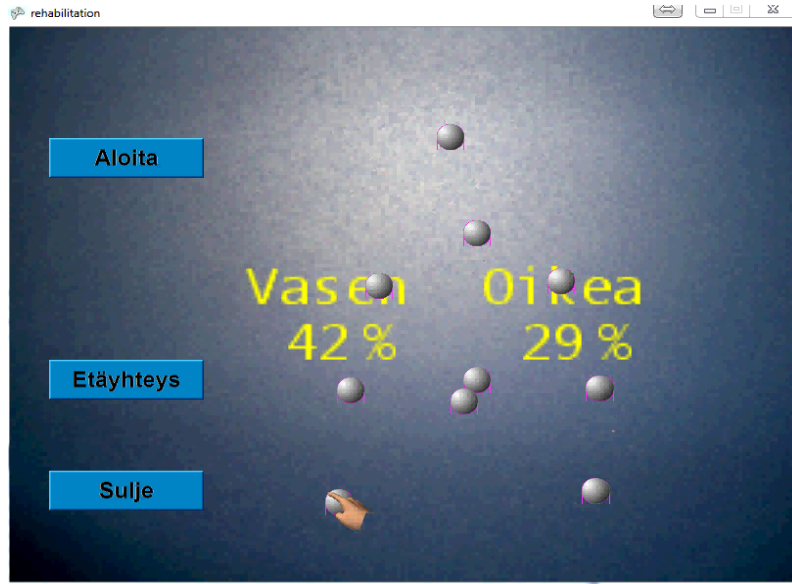
7.3 Harjoittelu

Käyttäjän aloittaessa harjoittelun avautuu kuvassa 31 esitetty harjoittelunäkymä. Harjoittelu tapahtuu seuraamalla kuvassa näkyvällä käden symbolilla ruudulla liikkuvaa punaista palloa ja koskettamalla sitä silloin, kun se on mustalla neliöllä merkityn alueen sisällä. Pallo liikkuu neliöiden välillä pysty- vaaka- ja vinosuunnassa satunnaisesti valittua liikerataa. Jos pelaaja onnistuu koskettamaan palloa riittävän nopeasti, ilmoitetaan tästä äänimerkillä sekä ruudulla esitetyllä OSUMA!-tekstillä (kuva 32).



Kuva 32. Näkymä onnistuneesta suorituksesta.

Pelaajalla on käytössään 90 sekuntia harjoittelu-aikaa, jonka jälkeen vaihdetaan harjoitettavaa kättä. Peli-aika on esitetty käyttöliittymässä sekä graafisesti että numeraalisesti (kuva 32). Kun peli-aika on päättynyt, esitetään ruudulla sekä vasemman että oikean puoleisen käden tulokset prosentteina maksimituloksesta (kuva 33).



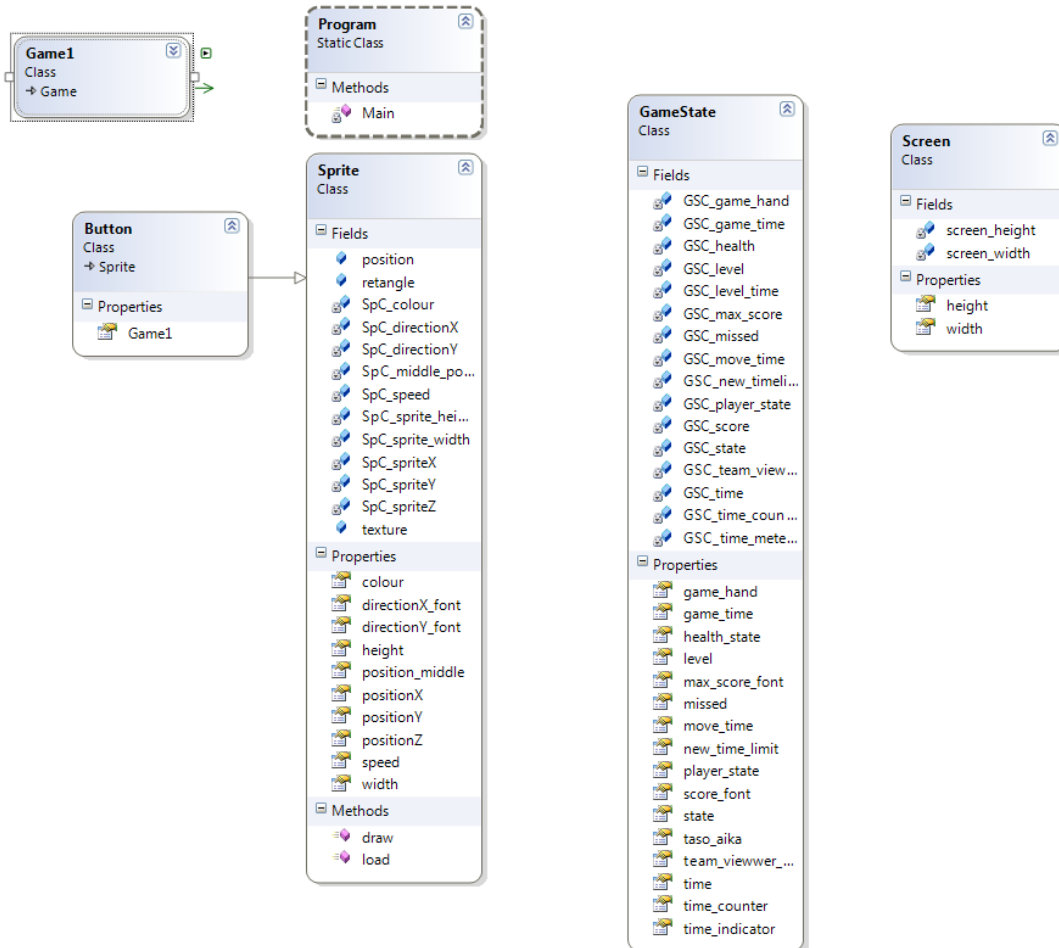
Kuva 33 .Harjoittelutulokset prosentteina.

7.4 Sovelluksen ohjelmointi

Sovelluksen ohjelmointi toteutettiin prototyypin menetelmällä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että ohjelmasta tehtiin ensin toimiva demoversio, jota sitten jatkokehitettiin edelleen uudeksi kokeiluversioksi. Tätä proseduuria toistettiin niin kauan, kunnes saatiin halutut toiminnot sisältävä toimiva tuote. Tavoitteena oli tehdä ohjelma, joka täyttää muun muassa seuraavat vaatimukset: helppokäyttöisyys, toimintojen langaton kontrolli ja interaktiivisuus.

7.4.1 Olioiden luokkarakenne

Ohjelman luokkarakenne muodostuu sovelluksen perusluokkien lisäksi seuraavista neljästä uudesta luokasta: Sprite-, Button-, Screen-, ja GameState-luokasta (kaavio 1).



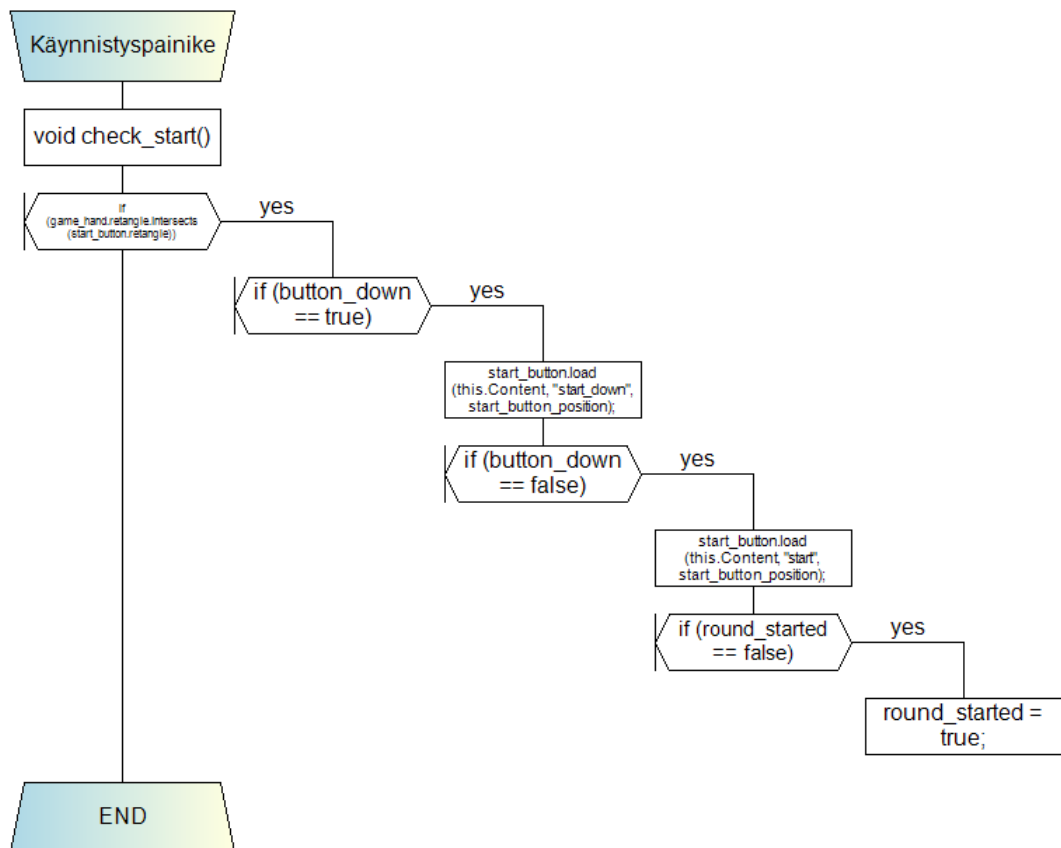
Kaavio 1. Sovelluksen luokkarakenne.

Ohjelmoinnissa on pyritty hyödyntämään mahdollisimman paljon olio-ohjelmoinnin periaatetta. Tämä näkyy ohjelmakoodissa muun muassa siten, että käyttöliittymässä olevat graafiset komponentit ovat kaikki joko kaaviossa 1 esitetyn Sprite-luokan tai siitä perityn Button-luokan olioita. Tästä on etuna se, että grafiikkakomponenttien ominaisuuksia voidaan muokata suoraan muuttamalla Sprite-luokan ominaisuuksia. Grafiikka-olioihin voidaan lukea myös kaaviossa 1 esitetystä Screen-luokasta muodostetut näyttötilan hallintaoliot.

Grafiikkakomponenttien ohella olio-ohjelmointia on hyödynnetty myös pelitapahtumien, kuten esimerkiksi pelitulos, hallinnan toteutuksessa. Käytännössä tämä on toteutettu siten, että pelitapahtumat ovat GameStatus-luokasta muodostettuja olioita. Luokan rakenne on esitetty kaaviossa 1.

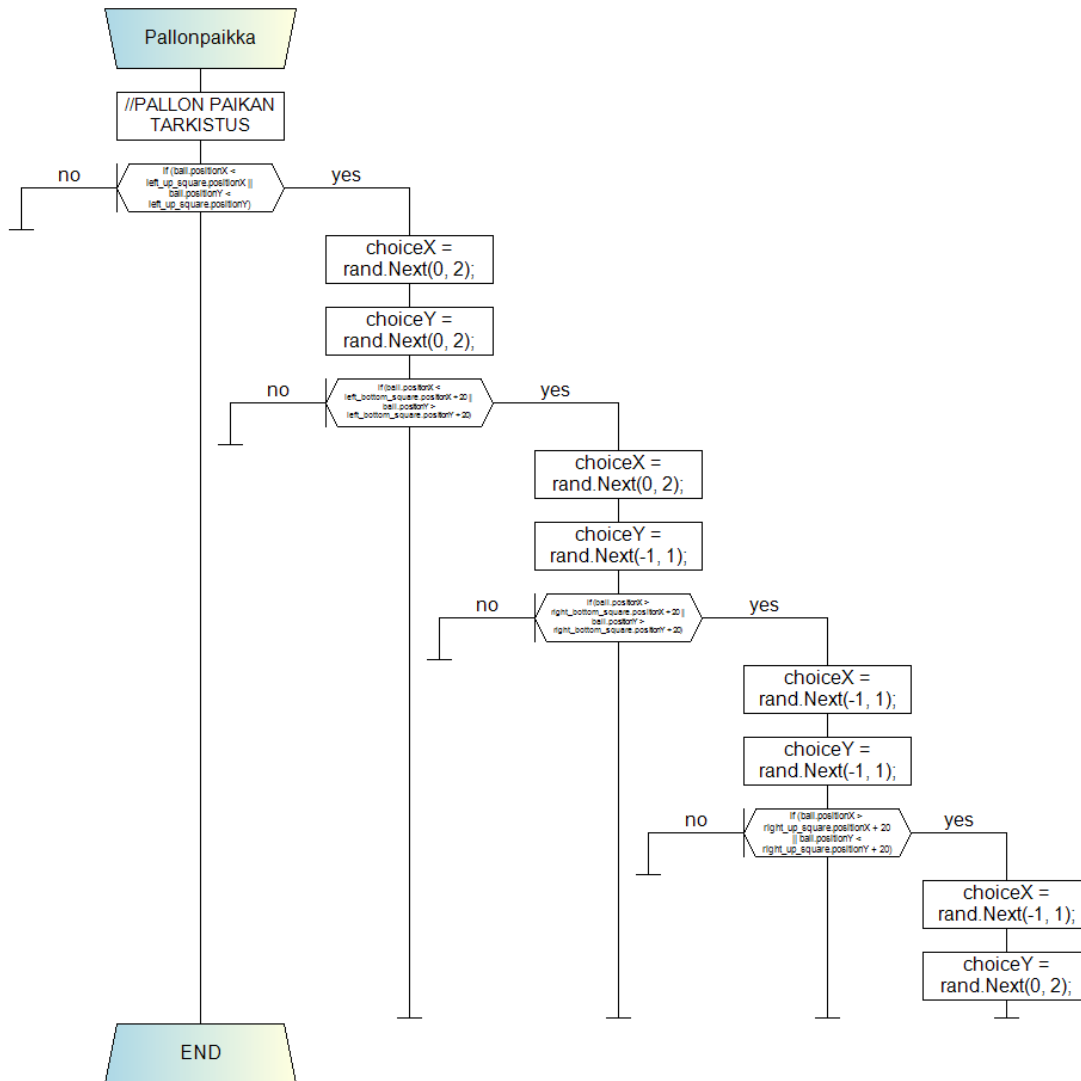
7.4.2 Sovelluksen algoritmirakenteet

Sovellus sisältää kolme pääalgoritmirakennetta, jotka ovat painikkeiden toiminta-, pelitapahtuma- ja luurankotunnistusalgoritmi. Painikkeiden käyttö tapahtuu kaaviossa 2 olevan algoritmin perusteella. Kaaviosta voidaan havaita, että painamistapahtuma todetaan vertaamalla keskenään ruudulla näkyvän pelihahmon käden ja painikkeiden x- ja y- koordinaatteja (kaavio 2).



Kaavio 2. Käynnistyspainikkeen algoritmi.

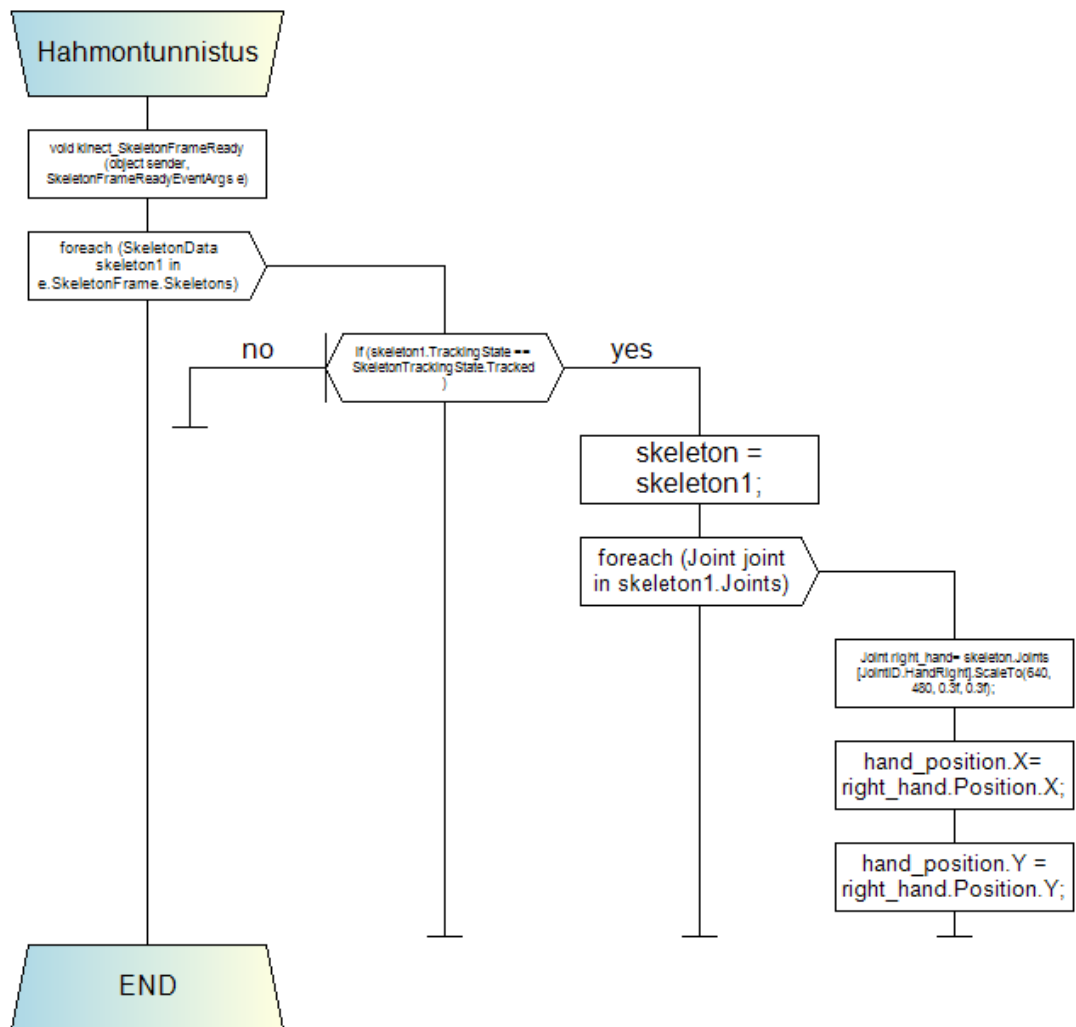
Pelitapahtuma-algoritmissa puolestaan lasketaan ruudulla liikkuvan pallon liikeradat. Tämä tapahtuu tutkimalla pallon koordinaatteja ja vertaamalla niitä liikeratojen päätepisteiden koordinaatteihin. Mikäli pallon todetaan olevan liikeradan päätepisteessä, lasketaan uusi liikesuunta satunnaisluvun perusteella. Liikeratojen määrittäminen on esitetty kaaviossa 3 olevassa algoritmiesityksessä



Kaavio 3. Pallon liikeratojen laskenta.

Luurankotunnistus tapahtuu kaaviossa 4 esitetyllä algoritmilla. Tunnistus perustuu Microsoft Kinect -ohjaimelta saatuun jatkuvasti päivittyvään paikkatietoinformaatioon. Tämä informaatio saadaan ohjaimelta tietopaketteina, joista on mahdollista ohjelmointikielen avulla edelleen muodostaa kolmiulotteinen koordinaattiesitys tunnistetavasta hahmosta. Kaaviosta 4 voidaan havaita, että käytännössä luurankomallin muodostus tapahtuu kahdessa sisäkkäisessä for each -silmukassa, joissa uloim-

massa silmukassa tutkitaan jokainen Microsoft Kinect -ohjaimelta saatu datapaketti ja sisemmässä puolestaan päivitetään datapakettissa olevan luurankomallin nivelten paikkatieto.



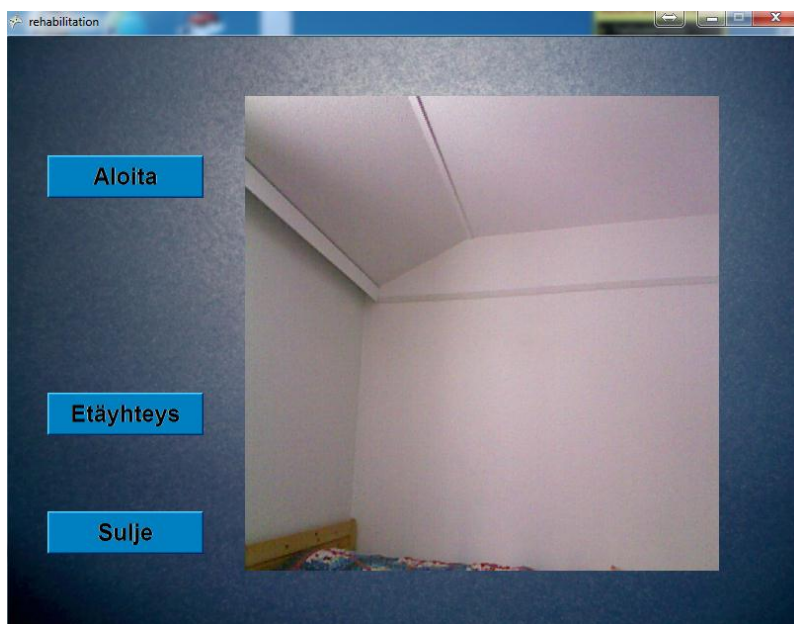
Kaavio 4. Microsoft Kinect -ohjaimen luurankomallin muodostus vuokaavioesityksenä.

7.5 Sovelluksen ajastetut toiminnot

Luvussa kolme todettiin, että kuntoutuksen tehokkuuden kannalta on tärkeää, että harjoitteita tehdään riittävässä määrin toistuvasti. Tästä syystä kuntoutujan harjoitteluun aktivoitumiseen on hyvä kiinnittää huomiota. Kehitettyssä sovelluksessa tämä näkökohta on otettu huomioon siten, että ohjelma käynnistyy Windows-käyttöjärjestelmän ajastustoiminolla ennalta laaditun aikataulun mukaan. Mikäli harjoittelua ei aloiteta tällöin, muistutetaan käyttäjää harjoitteluajankohdasta toistuvasti viiden minuutin välein.

7.5.1 Etävideoyhteys

Jos harjoittelua ei ole aloitettu 30 minuutin kuluttua ohjelmiston käynnistyksestä, avautuu sovellukseen videonäkymä huoneistosta (kuva 34) ja samalla luodaan etäyhteys erillisellä ohjelmistolla ennalta määrättyyn kohteeseen. Etäyhteys voidaan halutessa muodostaa myös painamalla käyttöliittymässä olevaa Etäyhteys-painiketta.

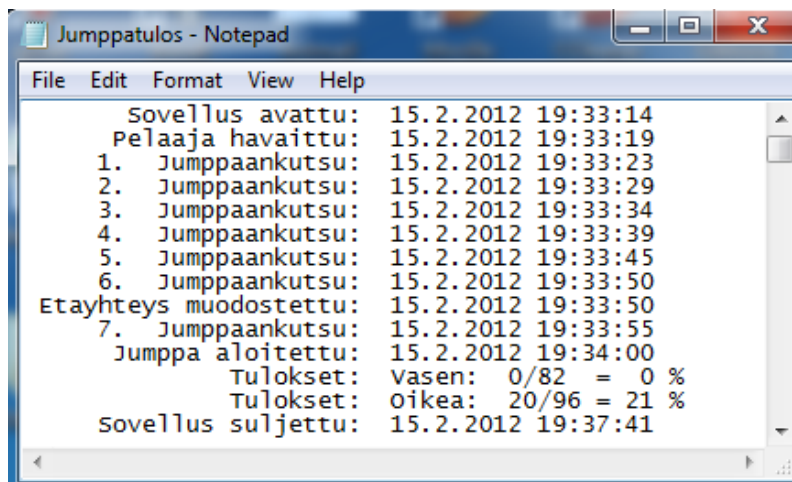


Kuva 34. Videonäkymä.

Sovelluksessa etäyhteysratkaisu on toteutettu yhteistyössä TeamViewer-etähallintaohjelmiston kanssa, jonka etäyöpöytäominaisuuden kautta on mahdollista tarkastella kuvassa 34 esitettyä videonäkymää. Videoyhteyden tarpeellisuus perustuu turvallisuusajattelumalliin, jonka mukaan kuntoutuja on usein yksin kotona ja mahdollisesti ei hätätilanteessa ole kykenevä pyytämään apua.

7.6 Käyttötapahtumien tallennus

Sovelluksen tapahtumat tallennetaan lokitiedostoon, joka luodaan ensimmäisellä käynnistyskerralla. Tähän tiedostoon tallennetaan kumuloituvasti seuraavat tiedot: sovelluksen käynnistysaika, audiomuistutuksen ajankohta, etäyhteyden muodostamisaika, käyttäjän havaitsemisajankohta, harjoittelun aloittamisaika, harjoittelutulos ja sovelluksen sulkemisaika. Tätä tiedostoa on mahdollista tarkastella tarvittaessa myös etätyöpöytäsovelluksen kautta. Kuvassa 35 on esitetty esimerkinäkymä lokitiedostosta.



```
File Edit Format View Help
Sovellus avattu: 15.2.2012 19:33:14
Pelaaja havaittu: 15.2.2012 19:33:19
1. Jumppaankutsu: 15.2.2012 19:33:23
2. Jumppaankutsu: 15.2.2012 19:33:29
3. Jumppaankutsu: 15.2.2012 19:33:34
4. Jumppaankutsu: 15.2.2012 19:33:39
5. Jumppaankutsu: 15.2.2012 19:33:45
6. Jumppaankutsu: 15.2.2012 19:33:50
Etayhteys muodostettu: 15.2.2012 19:33:50
7. Jumppaankutsu: 15.2.2012 19:33:55
Jumppa aloitettu: 15.2.2012 19:34:00
Tulokset Vasen: 0/82 = 0 %
Tulokset Oikea: 20/96 = 21 %
sovellus suljettu: 15.2.2012 19:37:41
```

Kuva 35. Esimerkinäkymä lokitiedostosta.

8 YHTEENVETO

Tässä insinööriyössä tarkasteltiin Microsoft Kinect -peliohjaimen käyttöä aivohalvauspotilaan kuntoutuksessa. Työ jakaantui teoreettiseen ja kokeelliseen osaan. Teoriaosassa käsiteltiin seuraavia asiakokonaisuuksia: aivohalvaus, aivohalvauspotilaan kuntoutus, ohjelmistokehitys ja konenäkö. Aivohalvaukseen liittyvissä tekijöissä käsiteltiin muun muassa sairauden tyyppiä, mekanismeja ja riskitekijöitä. Kuntoutusta käsittelevässä osiossa tarkasteltiin kuntoutusmenetelmien teoreettista taustaa sekä kuntoutumiseen vaikuttavia tekijöitä. Ohjelmistokehityksen yhteydessä tarkasteltiin erilaisia ohjelmistokehityksessä käytettäviä menetelmiä.

Insinööriyön kokeellisessa osuudessa ohjelmointiin Microsoft Kinect -peliohjaimelle pelityyppinen sovellus, jota voidaan käyttää apuna neurologisessa kuntoutuksessa. Ohjelmointi suoritettiin Microsoft Visual Studio 2010 -ohjelmalla hyödyntäen XNA-peliohjelmointikomponenttia. Ohjelmointiprosessi sisälsi peliohjelmoinnille tyypillisiä piirteitä, kuten esimerkiksi ruudulla liikkuvan objektin tarkastelua. Lisäksi toteutusvaiheessa perehdyttiin Microsoft Kinect -peliohjaimen ohjelmointiin toteuttamalla hahmotunnistukseen liittyviä ohjelmarakenteita.

Toteutetulla sovelluksella kuntoutuja voi harjoittaa kotiloissa motorisia taitojaan. Harjoittelu tapahtuu suorittamalla vartalon liikkeitä tietokoneen näyttöpäätteellä esitettyjen liikemallien mukaisesti. Tehdyt liikkeet todetaan Microsoft Kinect -peliohjaimen ja sovelluksen yhteistyönä.

Liikkeiden harjoittelun lisäksi tärkeänä voidaan pitää kuntoutujan aktivoitumista liikumaan säännöllisesti. Tämä on otettu huomioon sovelluksessa audiomuistutustoiminnolla. Lisäksi toteutettu systeemi käsittää kuntoutujan turvallisuutta parantavan etävideoratkaisun ja tapahtumatietojen etätarkastelumahdollisuuden toteutettuna yhteistyössä etätyöpöytäsovelluksen kanssa.

Työssä ohjelmoidun Microsoft Kinect -sovelluksen voidaan todeta olevan periaatteeltaan toimiva ja siten täyttävän sille asetetut vaatimukset. Kuitenkin on huomattava, että sovellusta ei ole testattu aidossa ympäristössä, joten sen toimintaa ei siten voida täysin arvioida. Kokonaisuutena voidaan kuitenkin todeta Microsoft Kinect -ohjaimen olevan potentiaalinen väline kehitettäessä tulevaisuudessa uusia neurologisia kuntoutusmenetelmiä

LÄHTEET

- 1 "Aivoverenkierohäiriö". Aivoliitto.fi - www-sivusto. [Viitattu 29.1.2012].
Saataavissa: [http://www.aivoliitto.fi/aivoverenkiertohairio_\(avh\)/aivoverenkiertohairio](http://www.aivoliitto.fi/aivoverenkiertohairio_(avh)/aivoverenkiertohairio)
- 2 "Cerebral hemorrhage". Wikipedia.org -www-sivusto. [Viitattu 29.1.2012].
Saataavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Cerebral_hemorrhage
- 3 "Aivoverenvuoto". Wikipedia.org -www-sivusto. [Viitattu 29.1.2012].
Saataavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Aivoverenvuoto>
- 4 "Keskushermosto". Otavanopisto.fi - www-sivusto. [Viitattu 29.1.2012]. Saataavissa:
<http://materiaalit.internetix.fi/fi/opintojaksot/5luonnontieteet/biologia/ihmisenbiologia/keskushermosto>
- 5 "Aivohalvaus voi särkeä unelmia". Aivoliitto.fi -verkkodokumentti. Saataavissa:
www.aivoliitto.fi/files/283/Aivohalvaus_voi_sarkea_unelmia_esite_net.pdf
- 6 "Aivohalvaus(aivoinfarkti ja aivoverenvuoto)". Terveyskirjasto.fi - www-sivusto
[Viitattu 29.1.2012]. Saataavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk0001
- 7 "Sydän- ja verisuonitaudit". Terveys.fi -www-sivusto. [Viitattu 29.1.2012]. Saataavissa:
<http://www.tohtori.fi/?page=4347287&id=5573440>
- 8 "Glutamiinihappo". Wkikipedia.org -www-sivusto. [Viitattu 29.1.2012]. Saataavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Glutamiinihappo>
- 9 "Motor recovery in stroke". Medscape.com -www-sivusto [Viitattu 29.1.2012]. Saataavissa:
<http://emedicine.medscape.com/article/324386-overview>
- 10 "Aivoinfarkti". Käypähoito.fi -verkkodokumentti [Viitattu 29.1.2012]. Saataavissa:
<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/naytaartikkeli/tunnus/khp00062>
- 11 Arokoski, J. et. al. *Fysiatría*. 2009. Helsinki:Kustannus Oy Duodecim. s.238-239
- 12 Kallaranta, T. et.al. *Kuntoutus*. 2001. Helsinki:Kustannus Oy Duodecim, s.81-232
- 13 Talvitie, U. et al. *Fysioterapia*. 2006. Helsinki:Edita Prima Oy. s.45-362
- 14 Nordberg, S. Early Signs of Impaired Motor Development in Infants and Toddlers. *A PEDIATRIC Perspective* 10 (2001): 5, s.1-4.

-
- ¹⁵ Kallaranta, T. *Lääketieteellinen Aikakauskirja* 110 (1994): 15, s.1419–1430.
- ¹⁶ Cramer, S.C, Randolph, J.N. *Brain repair after stroke*. 2010. Cambridge:Cambridge University Press. s.37
- ¹⁷ Nakayama, H. et. al. The influence of age on stroke outcome. The Copenhagen Stroke Study *Stroke* 4 (1994): 25, s. 808-8013.
- ¹⁸ Mclaughlin, M. et al. Haptics-Enhanced Virtual Environments for Stroke Rehabilitation *Physical Medicine and Rehabilitation* (2005) s.1-6
- ¹⁹ Merians, A.S. et al. Virtual reality- augmented rehabilitation for patients following stroke *Physical Therapy* 82 (2002):9 s.898-915.
- ²⁰ Yeh, S. et. al. An integrated system: Virtual reality, haptics and modern sensing technique (VHS) for post-stroke rehabilitation *Proceedings. VRST 2005, ACM Symposium* (2005).
- ²¹ "Medical Applications of Wireless Networks" Washington University in St. Louis- [www-sivusto](http://www.sivusto). [Viitattu 28.1.2012]. Saatavissa: <http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-08/ftp/medical/index.html#CodeBlue>
- ²² "data glove". Encyclopedia2- www-sivusto. [Viitattu 28.1.2012]. Saatavissa: <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/data+glove>
- ²³ Sheryl, F. et. al. Feasibility of Using the Sony PlayStation 2 Gaming Platform for an Individual Poststroke: A Case Report *Physical Therapy* 31 (2007): 4, s. 180-189.
- ²⁴ Deutsch, J. et. al. Use of a Low-Cost, Commercially Available Gaming Console (Wii) for Rehabilitation of an Adolescent With Cerebral Palsy *Physical Therapy* 88 (2008): 10, s. 1196-1207
- ²⁵ Cikajlo, I. & Matjačić, Z. Advantages of Virtual Reality Technology in Rehabilitation of People with Neuromuscular Disorders, *Recent Advances in Biomedical Engineering, Ganesh R Naik (Ed.)*. 2009. Vienna: Intech.
- ²⁶ "Windows Live Messenger". [Wikipedi.org -www-sivusto](http://fi.wikipedia.org/wiki/Windows_Live_Messenger). [Viitattu 29.1.2012]. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Windows_Live_Messenger
- ²⁷ "Skype". [Wikipedia.org -www-sivusto](http://fi.wikipedia.org/wiki/Skype). [Viitattu 29.1.2012]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Skype>
- ²⁸ Haikala, I. & Märijärvi, J. *Ohjelmistotuotanto*. 2004. Helsinki: Talentum, s.35-45
- ²⁹ Virkki, P. & Somermeri, A. *Systeemyö tutuksi* 1993. Helsinki: ATK-instituutti. s.1-14

-
- ³⁰ Royce, W. Managing the Development of Large Software Systems *Proceedings of IEEE WESCON 26* (1970) s. 1–9.
- ³¹ McConnell, S.. *Rapid Development: Taming Wild Software Schedules.* (1996) Washington: Microsoft Press.
- ³² "Johdatus ohjelmistotuotantoon" Joensuun yliopisto - verkkodokumentti [Viitattu 29.1.2012]. Saatavissa: http://cs.joensuu.fi/~jimmonen/jot_moniste/jot_moniste_121.html
- ³³ "Software prototyping". Wikipedia.org -www-sivusto. [Viitattu 29.1.2012]. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Software_prototyping
- ³⁴ "Prototyping Model". Toolbox.com –www-sivusto.[Viitattu 30.1.2012]. Saatavissa: http://it.toolbox.com/wiki/index.php/Prototyping_Model
- ³⁵ "Johdatus tietojärjestelmiin". Oulun kauppaoppilaitoksen verkkojulkaisu. [Viitattu 29.1.2012]. Saatavissa: http://www.okol.org/verkkokurssit/datanomi/tietojarjestelmien_kaytto_ja_kehittaminen/johdatus_tietojarjestelmiin/johdatus_tietojarjestelmiin.html
- ³⁶ "Konenäkö saa kolmannen ulottuvuuden". Tekniikkatalous.fi –www-sivusto.[Viitattu 3.2.2012]. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/ict/automaatio/konenako+saa+kolmannen+ulottuvuuden/a322619>
- ³⁷ " Programming-Computer vision tutorial "Society of robots.com http://www.societyofrobots.com/programming_computer_vision_tutorial_pt1.shtml
- ³⁸ "CCD vs. CMOS". Teledynelsa.com –www-sivusto.[Viitattu 30.1.2012]. Saatavissa: http://www.teledynedalsa.com/corp/markets/ccd_vs_cmos.aspx
- ³⁹ "Kinect". Wikipedia.org –www-sivusto.[Viitattu 3.2.2012]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kinect>
- ⁴⁰ "RGB color model". Wikipedi.org –www-sivusto. [Viitattu 30.1.2012]. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_model
- ⁴¹ "Kinect operation". Ros.org –www-sivusto. [Viitattu 30.1.2012]. Saatavissa: http://www.ros.org/wiki/kinect_calibration/technical

-
- ⁴² "How Motion Detection Works in Xbox Kinect". Wired.com –www.sivusto.[Viitattu 2.2.2012]. Saatavissa: <http://www.wired.com/gadgetlab/2010/11/tonights-release-xbox-kinect-how-does-it-work/>
- ⁴³ "The Teardown: the Kinect for Xbox 360". Engineering and Technology Magazine- www.sivusto.[Viitattu 3.2.2012]. Saatavissa: <http://eandt.theiet.org/magazine/2011/03/the-teardown.cfm>
- ⁴⁴ *Microsoft Kinect Programming Guide Beta 1 Draft Version 1.1* 2011. .
- ⁴⁵ ".NET Framework". Wikipedia.org –www.sivusto. [Viitattu 2.2.2012.] Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/.NET_Framework
- ⁴⁶ Miles, R. Microsoft XNA Game Studio 2.0 2008. Washington:Microsoft Press s.1-80

