

Mikko Vahtera

Uusi keho ihmisroboteille

Hahmotelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

27.4.2017

Tekijä	Mikko Vahtera
Otsikko	Uusi keho ihmisroboteille; Hahmotelma
Sivumäärä	23 sivua + 2 liite
	27.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Elektroniikka
Ohjaaja	Lehtori Kai Lindgren
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena on parantaa ihmisrobotteja käyttäen nykyistä tietoa ja tekniikkaa. Työssä käsitellään ihmisrobottien nykymuotoista suunnittelua ja kehitystä, sekä niille asetettuja tavoitteita. Työssä läydyään läpi ihmisrobottien kehityshistoria, niiden käyttötarkoitus ja tulevaisuuden visiointi.</p> <p>Tämän työn pohjana on käytetty yleistä tietoa ja käsitystä ihmisroboteista ja aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, sekä Nao-robottia.</p> <p>Nao-robotti toimii tässä työssä mallina, jossa käydään läpi robotin osat, niiden toiminta ja ominaisuudet. Työssä on yritetty hahmotella, miten Nao-robotin toiminta muuttuu kun vaihdetaan sen aktuaattoreita muihin eri tehoisiin aktuaattoreihin.</p> <p>Työn tuloksena saatiin tietää Nao-robotti vaatii kehon uudelleen suunnittelua, jos siihen asennetaan aktuaattoreita, jotka ovat kymmenen kertaa tehokkaampia. Samalla on tullut esille niiden aktuaattoreiden mahdollinen hinta.</p>	
Avainsanat	ihmisrobotti, kehitys, Nao, aktuaattorit

Author	Mikko Vahtera
Title	Outline for a New Body for Humanoid Robots
Number of Pages	23 pages + 2 appendices 27 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electronics
Instructor	Kai Lindgren, Senior Lecturer
<p>This study focused on improving humanoid robots using current knowledge and technology. This report will cover current humanoid robot designs, development and what milestones are set for them. This thesis will also provide an overview on humanoid robot's history, their purpose and their future.</p> <p>To get better understanding about humanoid robots, common knowledge and understanding about them, as well as literature and Nao-robot were used.</p> <p>Nao-robot was used as basis of this study and its parts, their function and their specification we explained in this thesis. The study tried to outline the changes, if we change Nao-robot actuators to a more powerful one; how will it affect it.</p> <p>The outcome of this study showed that Nao-robot requires new body design if actuators that are ten times more powerful are installed. The result also shows the actuators pricing.</p>	
Keywords	humanoid robot, development, Nao, actuators

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ideologia roboteista	1
3	Robottien Historia	2
4	Ihmisrobotit nykyaikana	3
5	Nao-robotti	7
6	Kehon parantaminen	14
7	Robotit tulevaisuudessa	21
8	Päätelmä	22

Lähteet

Liitteet

1 Johdanto

Tämän insinööritö tavoitteena on kartoittaa ihmisrobottien kehitystä pitkällä aikavälillä, saavutukset ja tarkoitukset. Samalla kerrotaan yleisesti ihmisrobottien valmistuksesta ja miten niitä parannetaan. Tämä raportti tulkaa ihmisrobottia, jolla on keho, kahdet jalat, kahdet kädet ja pää.

2 Robottien ideologia

Kun tavalliselta ihmiseltä kysytään ihmisroboteista, niin yleinen mielikuva on ihmisten suunnittelema ja rakentama laite, joka pystyy suorittamaan saman tehtävän kun ihminen.

Jokaisessa yhteiskunnassa löytyy aina niitä ongelmia, johon ratkaisua ei löydy ja ainoa keino on niiden hallitseminen. Tähän hallitsemiseen yleisesti vaaditaan ihmisresursseja, aikaa ja rahaa. Olisi mieluisaa, että olisi robotteja hoitamassa osa yhteiskunnan ongelmista, mikä vapauttaisi ihmistä tekemään muita, tuottavampia tehtäviä.

Ihminen on yleensä aina henkisesti väsynyt työpäivän jälkeen. Ei tulisi yllätyksenä, että robotteja käytettäisiin kotona kotiaskareiden suorittamisessa. Ihmisrobotteja käytettäisiin myös ihmistukena esim. vanhusten ja liikuntarajoitteisten ihmisten avustamisessa.

Työpaikoissa käytettäisiin robotteja suorittamaan yksinkertaisia tehtäviä, joissa yleensä vaaditaan paljon fyysistä voimaa ja kuntoa. Myös sellaiset työtehtävät, joihin tavallinen ihminen ei pystyisi ilman erikoiskalustoa. Tällaiset tehtävät ovat esim. liukuhihnatyöt, tulipalon sammuttaminen ja työskentely ääriolosuhteissa.

Robotit pystyvät suorittamaan vaarallisia tutkimustehtäviä, joihin tavallinen ihminen ei käytännössä pystyisi ilman riskiä mahdolliseen henkilövahinkoon. Nämä tehtävät voivat olla esimerkiksi tehtävät ulkoavaruudessa, tyhjiössä, biovaarallisissa tai muissa vaarallisissa olosuhteissa. Ihmisrobotteja voitaisi myös käyttää tuotetestauksessa.

3 Robottien historia

Robottien historia on pitkä ja laaja. Ennen ensimmäistä ihmisrobotia, on ollut mekaanisia laitteita, jotka pystyivät suorittamaan yksinkertaisia liikkeitä. Näitä laitteita kutsuttiin silloin "automaateiksi". Itse sana "robotti" tulee tsekin kielen sanasta "robota", joka on suomeksi pakkotyö. (1.)

Legendojen mukaan ensimmäisiä automaatteja on käytetty muinaiskreikassa. On väitetty, että näitä robotteja olisi itse Hephaestus rakentanut ja "Talos" olisi yksi niistä. Talos on pronssista valmistettu automaatti, joka puolusti Kreetaa (2 s. 1.9.26). Vaikka tämä olisi pelkkä muinaiskreikkalainen myytti, se osoittaa, että sen ajan tiedemiehillä oli konsepti olemassa ihmisroboteista ja niiden käyttötarkoitus.

Alkaen 1930-luvulla tiedemiehet ovat rakentaneet lukuisia erilaisia ihmistä muistuttavia robotteja, joilla kaikilla oli jonkinlainen (yksinkertainen) toiminto. Siitä asti on aina yritetty hahmotella ja parantaa robottien mm. muotoa, liikettä ja elektroniikkaa. Vuonna 1973 oli läpimurto vuosi robottien kehityksessä: Japanissa rakennettu WABOT-1 oli ensimmäinen robotti, jolla on toimivat ja ohjattavat kädet ja jalat. Robotilla pystyi mittaamaan etäisyyttä johonkin kappaleeseen käyttämällä ulkoisia vastaanottimia kuten näkö- ja kuuloanturit. Robotilla oli myös puhe ominaisuudet. (3.)

Vuonna 1980, WABOT-1:n ja WABOT-2:n jälkeen robottien kehitys rupesi kiihtymään. Yhä useampi tunnettu yritys rupesi visioimaan ja kehittämään robottia. Honda, joka on nykyään tunnetuin ihmisrobotin kehittäjä, aloitti kehittämällä "E0" nimisen robotin. E0:lla ei ollut ylätorsoa lainkaan, vaan pelkät jalat ja se tuli yleisön nähtäväksi vuonna 1986 (4). E0 robotin jälkeen Honda on rakentanut kuusi samankaltaista robottia omilla parannuksillaan. Vuonna 1994 Honda julkaisi robotin, jolla oli jalkojen lisäksi myös ylävartalo ja kädet. Tämän robotin nimi oli P1 (prototyyppi 1). (5.)

Ottaen huomioon Hondan historia ihmisrobotien kehityksessä, keskipisteenä kehityksessä oli kaksijalkainen kävely ja siihen liittyvät teknologia.

Kun vuosia on mennyt ja teknologia on edistynyt, niin kehitykseen on otettu myös ihmisrobotin kädet, tunnistimet, akku ja tekoäly.

Ne yritykset jotka ovat rakentaneet ensimmäisiä ihmisrobotteja, erityisesti Honda, ovat onnistuneet inspiroimaan muita ihmisiä ja yrityksiä kehittämään ja rakentamaan oman ihmisrobotin. Yksi tunnettu yhtiö on Boston Dynamics, joka on kehittänyt BigDog nelijalkaista robottia. Parasta aikaa yritys kehittää ”Atlas” -nimistä ihmisrobottia. (6.)

4 Ihmisrobotit nykyaikana

Ihmisrobotteja ja niiden konsepti on tullut tutuiksi monelle ihmiselle elokuvien ja muiden medioiden kautta. Monissa elokuvissa ja videopeleissä on näytetty, että ihmisrobotit pistetään joko sotilaalliseen käyttöön tai yhteiskunnan hyvinvointia ylläpitämään. Näitä elokuvia ovat esimerkiksi ”The Terminator (1984)”, jossa ihmiskunta taistelee ihmisrobotteja vastaan tai ”A.I – Artificial Intelligence (2001)”, jossa ihmisrobotit avustavat ja palvelevat ihmisiä.

Ihmisrobottien käyttö siviilielämässä on tällä hetkellä vähäistä, koska niiden kehitys ei ole edistynyt tarpeeksi pitkälle. Ainoat ihmisrobotit, joita tavallinen ihminen voi hankkia omikseen ovat ”Ielumaisia” pieniä ihmisrobotteja. Yksi esimerkki on SoftBank Robotics (ent. Aldebaran Robotics)-yrityksen myymät Nao-robotit. Softbank Robotics on tällä hetkellä kehittämässä ”Romeo” -nimistä ihmisrobottia, joka tulee mitä todennäköisimmin korvaamaan Nao-robotit. (7.)

Useat isot tehtaات, jotka valmistavat tavaroita liukuhihnalla, käyttävät jonkinlääköistä robottia. Nämä robotit eivät kuitenkaan ole ihmisrobotteja vaan pelkkiä käsiä muistuttavia koneita, jotka siirtävät ja asentavat kappaleita tavaroihin. Syy, miksi ei käytetä ihmisrobotteja työympäristössä, on sama kuin siviilielämässä: ihmisrobottien kehitys ei ole vielä edistynyt tarpeeksi pitkälle.

Moni ihminen kokee sen, että kun ihmisrobotit tulevat yleistymään, ne tulevat korvaamaan ihmisiä työpaikoissa. Tämä idea voi pistää ihmisrobotit negatiiviseen valoon ja synnyttää raivoa ihmisten keskuudessa.

Tällä hetkellä ihmisrobotteja kehittää yli tuhat eri yhtiötä ja yliopistoja ympäri maailmaa.

Näistä kehittäjistä tunnetuimmat ovat

- Honda
- Toyota
- Softbank Robotics
- Boston Dynamics
- Sony.

Näillä kehittäjille on sama tavoite ihmisrobotin kehityksessä: ihmisrobotti, joka kykenee suorittamaan samat tehtävät kuin ihminen.

Maailmassa on monta eri kehittäjää, jotka suunnittelevat ja valmistelevat ihmisrobotteja. Konsepteissa voi olla pieniä vaihteluja kehittäjien keskuudessa, mutta ihmisrobotin konseptin ydin on suunnilleen aina pysynyt samana.

Ihmisrobotin suunnittelussa otetaan huomioon robotin koosta ja rakenteesta, jotta kaikki tarvittavat mekaniikka ja elektroniikka mahtuvat sisälle. Robotissa myös suunnitellaan sen liikkuvuutta, jota käytetään termiä "Degree of freedom" (DOF), eli vapausaste. Vapausasteella ilmaistaan kuinka moneen suuntaan nivel voi kääntyä.

Ihmisrobottien rakentamisessa painopisteenä ovat ihmisrobotin nivelet ja niihin liittyvät aktuaattorit. Tavoitteena on saada ihmisrobotille mahdollisimman suuri DOF ja myös sen lisäksi mahdollisimman tarkkoja ja tehokkaita nivelmoottoreita.

Muut painopisteet ihmisrobotin kehityksessä ovat:

- anturit
- aktuaattori
- tekoäly
- virtalähde

Anturit asennetaan ihmisrobottiin, jotta se pystyisi havainnoimaan ympäristöään ja keräämään tietoa. Nämä anturit ovat

- kuva-anturi
- lämpötila anturi
- mikrofoni
- paino-anturi
- voima-anturi
- kaiutin
- gyroskooppi.

Kuva-anturin avulla ihmisrobotti kykenee näkemään ja kuvaamaan ympäristönsä. Lämpötila-anturilla ihmisrobotti pystyy mittaamaan ympäristönsä lämpötilaa ja se tunnistaa kuumuuden ja kylmyyden. Mikrofonilla ihmisrobotti pystyy kuulemaan ympäristönsä ja reagoimaan siihen. Paino-anturilla ihmisrobotti pystyy mittamaan ja laskemaan oman painonnoston voimansa. Voima-anturilla ihmisrobotti pystyy mittaamaan ja hallinnoimaan oman puristusvoimansa. Kaiuttimella ihmisrobotti pystyy kommunikoimaan ympäristöönsä. Gyroskoopin avulla ihmisrobotti pystyy hallitsemaan oman tasapainonsa.

Aktuaattorit ovat moottoreita, joiden avulla ihmisrobotti pystyy liikuttamaan raajoja. Näitä aktuaattoreita yleensä asennetaan ihmisrobotin niveliin ja raajoihin.

Tekoälyn avulla ihmisrobotteja pystyy ohjelmoimaan, jotta ne voisivat suorittaa tiettyjä tehtäviä. Tekoäly on pieni tietokone, joka on asennettu ihmisrobottiin, jonka avulla se pystyy liikuttamaan omaa kehoaan. Tekoäly toimii Ihmisrobotin aivoina.

Virtalähde toimii ihmisrobotin energialähteenä. Virtalähde on yleensä akku, joka asennetaan ihmisrobottiin. Nykyään akut ovat isoja ja asennetaan ihmisrobotin selkään, akun koko riippuu ihmisrobotin koosta, painosta ja sen kokoonpanosta.

Haasteet ja rajoitukset

Kun ihmisrobotteja on kehitetty ja rakennettu, yleinen haaste on ollut saada niitä kävelemään samalla tavalla kuin ihminen. Yksi esimerkki on Hondan ”Asimo” ihmisrobotti, joka onnistuu kävelemään, mutta vain puolikyykyasennossa (8). Syy tälle on lantionliikkeen puute. Tämä rajoittaa ihmisrobotin kävelynopeutta ja vikkelyyttä.

Kun tarkastellaan ihmisen kaksijalkaista kävelyä, voidaan huomata, että jalkojen lisäksi myös lantio liikkuu. Kun ihminen kävelee tai juoksee lantion molemmat puoliskot joustavat, jotta ihmisen kävely olisi vaivatonta ja jalat liikkuisivat helposti ääriasentoihin asti.

Lantion toteuttaminen ihmisroboteissa on nykyisillä komponenteilla erittäin haastavaa tai jopa mahdotonta. Sen sijaan ihmisrobottien kehittäjät ovat yrittäneet kehittää robotin vyötäröä, joka simuloisi ihmisen lantiota.

Toinen haaste on ihmisrobottien virtalähde. Akkujen suuri koko nostaa huomattavasti ihmisrobotin painoa, mikä taas vaatii enemmän energiaa liikkumiseen. Tämän lisäksi suuret akut vievät valtavasti tilaa ihmisroboteissa, mikä hankaloittaa ihmisroboteille suunnatun tekniikan suunnittelua ja asennusta.

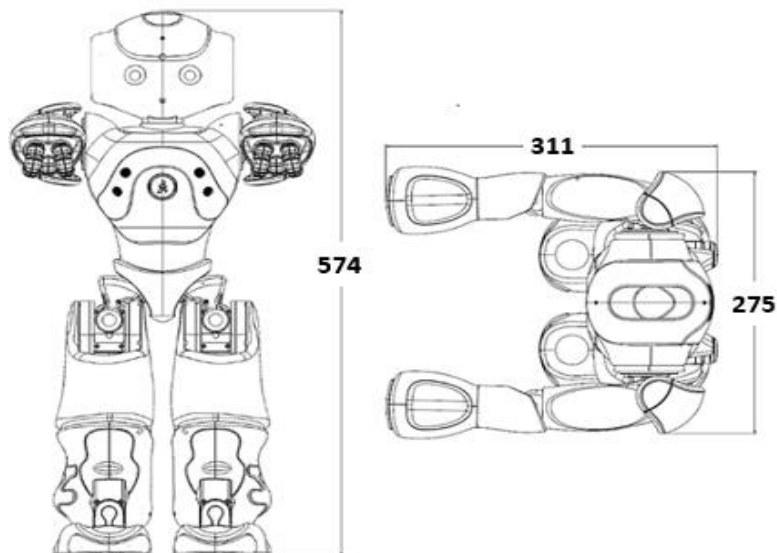
Ihmisrobotin kehityksessä on tavoitteena saavuttaa ihmisrobotin vikkelyys ja samanlainen kaksijalkainen kävelytyyli kuin ihmisellä. Toinen asia on parantaa akkuja siihen pisteeseen, että ne ovat huomattavasti pienempiä kuin nykyiset, mutta yhtä tehokkaita. Kolmantena on kehittää ihmisrobottien osat, jotka ovat kevyitä ja vievät vähemmän tilaa.

5 Nao-robotti

Nao-robotti on Aldebaran Roboticsin valmistama ihmisrobotti. Nao-robotti on yksi niitä ihmisrobotteja, joita voi julkisesti ostaa yksityiskäyttöön, mutta niitä yleensä hankkivat korkeakoulut ja yliopistot opiskelua ja tutkimuksia varten. Nao-robotin avulla opiskelijat voivat esimerkiksi tutustua, oppia ja kehittää sen ohjelmointia.

Rakenne

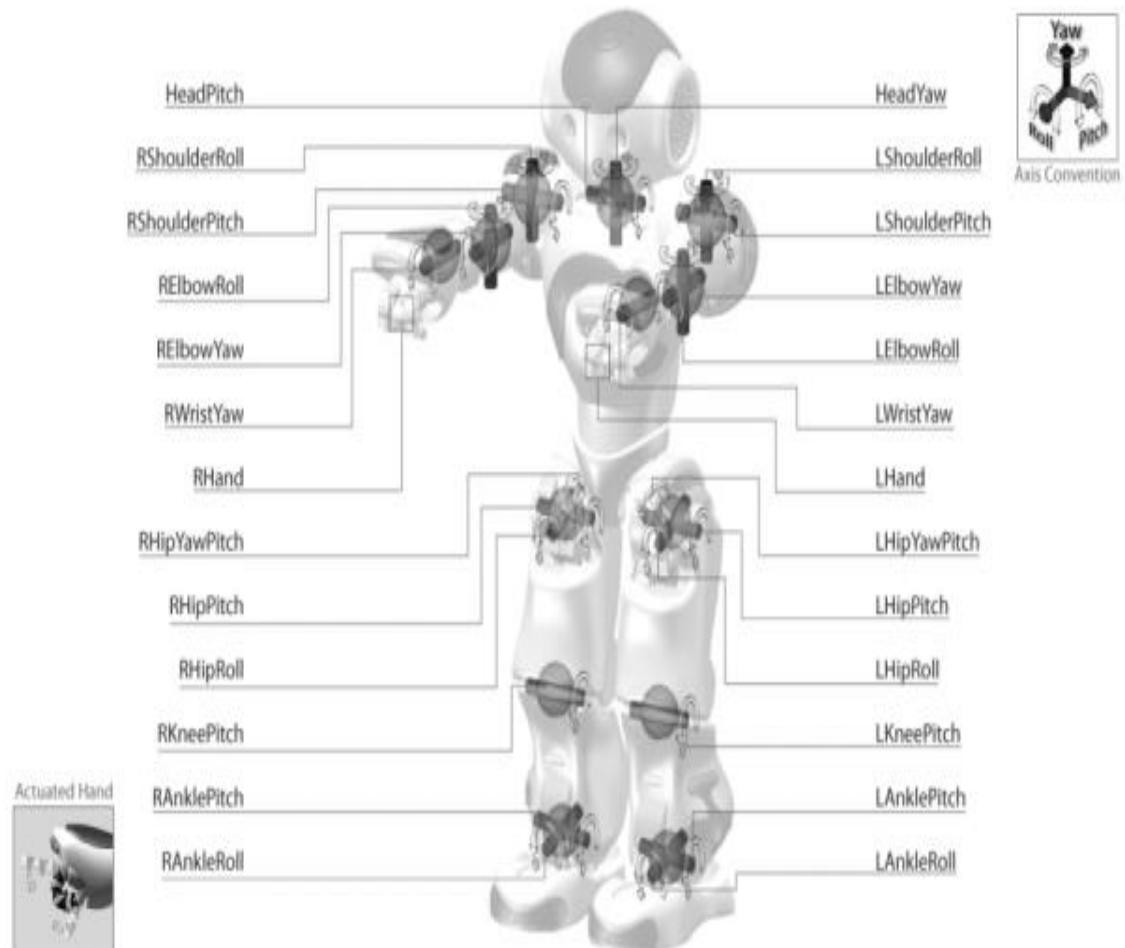
Nao-robotilla on ihmistä muistuttava rakenne, jossa on kahden kädet, kahdet jalat ja pää. Ainoa ero on käsissä, joissa Nao-robotilla on kolme sormea. Sen korkeus on 574 mm, leveys 275 mm ja syvyys 311 mm (kuva 1). Nao-robotin paino on 5,4 kg.(9.)



Kuva 1. Nao-robotti (9)

Keho

Nao-robotin ulkokuori on valmistettu kovasta muovista ja sillä on yhteensä 13 niveltä: kolme kummassakin kädessä, kolme kummassakin jalassa ja kaulassa. Degree of Freedom (DOF) lasketaan siitä, kuinka moneen suuntaan nivel voi kääntyä. Kuvan 2 mukaan Nao-robotilla olisi 26 DOF, mutta todellisuudessa sillä on 25 DOF, koska lantiot "L- ja RHipYawPitch" käyttävät samaa moottoria, eikä niitä pysty käyttämään erikseen. L- ja RHipYawPitch ovat nivelet lantiossa, jotka ohjaavat jalkojen kääntymisliikettä. Jos ohjelmoinnissa tulee ristiriita jalkojen käytöstä, niin "LHipYawPitchillä" on korkeampi prioriteetti. Esimerkiksi olkapäällä ja lantiolla on vähintään 3 DOF. Nao-robotin torso on kiinteä ja sen virtalähde on ladattava akku, joka on selässä kiinni. (10)



Kuva 2. Nao-robotin nivelet (11)

Anturit

Nao-robotilla on lukuisia antureita, jotka mahdollistavat robotin monipuolisen toiminnan. Ne ovat

- ultraäänianturit
- mikrofoni
- kuva-anturit
- gyroskooppi
- kiihtyvyysanturi
- voima-anturit
- asentoanturit
- kosketusanturit
- lämpötila-anturit.

Nao-robotilla on kaksi ultraäänianturia rinnassaan. Se mahdollistaa etäisyyden mittauksen. Mikrofoneilla Nao-robotti pystyy kuuntelemaan ja vastaanottamaan komentoja käyttäjältä. Mikrofonit sijaitsevat Nao-robotin päässä kaiuttimien vieressä. Kuva-antureita, jotka sijaitsevat Nao-robotin otsassa ja suussa, mahdollistavat ympäristön näkemisen ja analysoimisen. Gyroskooppi ja kiihtyvyysanturit mahdollistavat Nao-robotin tasapainossa pysymisen, kun se kävelee tai suorittaa toimintoja. Voima-, asento- ja lämpötila-anturit on asennettu Nao-robotin niveliin. Niiden avulla Nao-robotin voimankäyttöä pystyy hallitsemaan ja havaitsemaan missä asennossa raajat ovat. Lämpötila-anturi mittaa aktuaattoreiden lämpötilaa, mikä voi estää niiden ylikuumentumisen ja välttää mekaanisia vahinkoja. Kosketusanturin sijaitsevat Nao-robotin pään yläpinnassa, käsissä ja jalkaterissä. Niiden avulla Nao-robotti pystyy tunnistamaan kosketukset.

Aktuaattorit

Nivelmoottorit eli aktuaattorit ovat pieniä moottoreita, jotka on asennettu Nao-robotin niveliin. Ne mahdollistavat robotin liikkeen, ja niitä ohjaa robotin tietokone, joka sijaitsee päässä.

Nao-robotilla on eri nivelissä eri aktuaattoreita, jotka eroavat toisistaan nopeuden ja tehon suhteen (taulukko 1). Nämä aktuaattorit voidaan vielä jakaa kahteen eri hidastussuhdetyyppiin: A ja B (taulukko 2). Hidastussuhteen avulla aktuaattoreiden nopeutta voidaan muuntaa vääntömomentiksi.

Taulukko 1. Eri aktuaattoreiden tehot (12).

	Moottori tyyppi 1	Moottori tyyppi 2	Moottori tyyppi 3	Moottori tyyppi 4
Malli	22NT8213P	17N88208E	16GT83210E	DCX16S01GBK L651
Kuormaton nopeus	8300 rpm ±10%	8400 rpm ±12%	10700 rpm ±10%	12700 rpm ±10%
Pysähdys vääntömo- mentti	68 mNm ±8%	9,4 mNm ±8%	14,3mNm ±8%	22,4 mNm ±8%
Jatkuva vääntömo- mentti	16,1 mNm	4,9 mNm	6,2 mNm	5,53 mNm

Taulukko 2. Aktuaattoreiden hidastussuhde (13).

Vaihteisto- tyyppi	Moottori tyyppi 1	Moottori tyyppi 2	Moottori tyyppi 3	Moottori tyyppi 4
Tyyppi A	201,3	50,61	150,27	150,27
Tyyppi B	130,85	36,24	173,22	

Kuvassa 3 on esitetty hammasrattaat, jotka sijaitsevat Nao-robotin reidessä.



Kuva 3. Hammasrattaat, jotka sijaitsevat Nao-robotin jalassa (13).

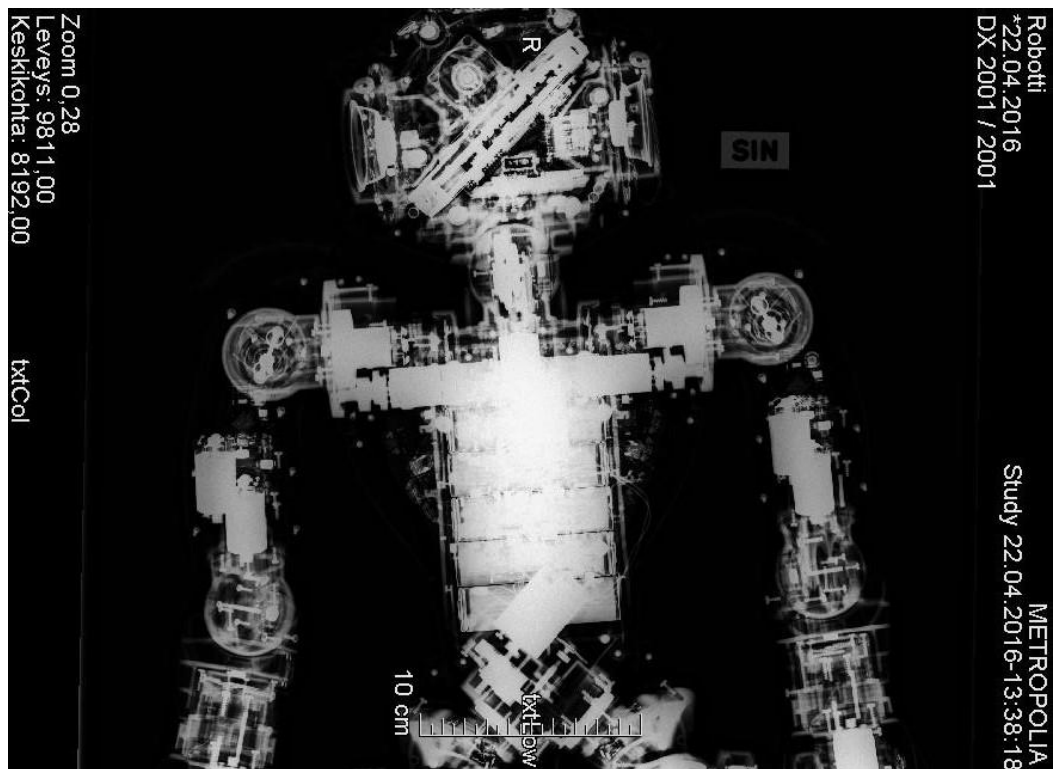
Liitteessä 1 on esitetty, kuinka hidastussudetta voi laskea kahdella eri menetelmällä.

Akku ja virtalähde

Nao-robotilla on selän kohdalla irrotettava, ladattava akku. Ennen kuin sitä voi irrottaa, pitää sammuttaa Nao-robotti ja sen jälkeen avata ruuvit Nao-robotin selästä. Se vie liki puolet Nao-robotin torson tilasta: siitä johtuen torso on kiinteä, eikä pysty taipumaan mihinkään suuntaan. Taulukkossa 3 on listattu akun ominaisuudet. On otettu huomioon, että Nao-robotin akku ei lataudu, jos sitä lataa ja käyttää samanaikaisesti. Nao-robotin pitää olla sammutettu, jotta akku latautuisi. Kuvassa 4 on läpivalaistua kuva Nao-robotista, jossa näytetään akun torsosta ottama tila. Kuva 4 on otettu röntgenkuvaushuoneessa, joka sijaitsee Metropolian Myllypuron kampuksessa.

Taulukko 3. Nao-robotin akun ominaisuudet. (14)

Batterin tyyppi	litiumioniakku
Tyypillinen jännite/kapasiteetti	21,6V/2,25 Ah
Maksimi latausjännite	25,2 V
Suosittelua latausvirta	1,8 A
Maksimi lataus/purkaus virta	2,3 A / 2,0 A
Energia	48,6 Wh
Latausaika	3 h
Käyttöaika	~60 min aktiivinen käyttö, ~90 min passiivinen käyttö



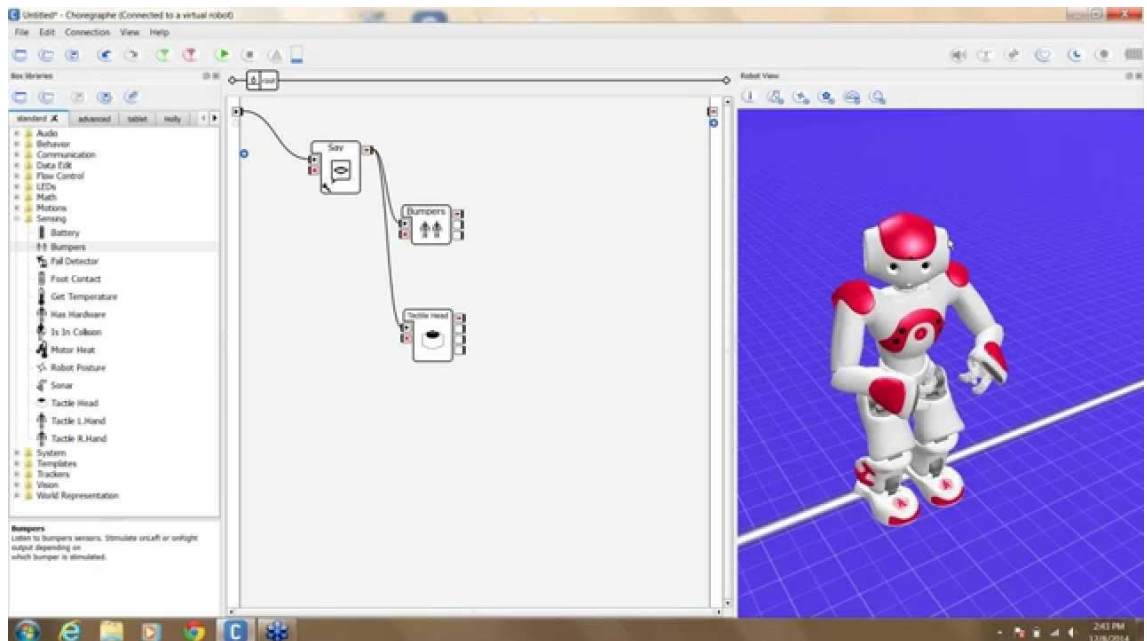
Kuva 4. Nao-robotin kehon läpivalaistus.

Ohjelmointi

Nao-robottia pystyy ohjelmoimaan käyttämällä Choregraphe-ohjelmaa (kuva 5). Nao-robotti tukee ohjelmointikieliä C++ ja Python ja niillä pystyy ohjelmoimaan Nao-robotin toimintoja. Myös muita ohjelmointikieliä voi käyttää Nao-robotissa. Nämä kielet ovat .Net, Java, Matlab ja Urbi.

Choregraphe on Labviewta muistuttava ohjelma, jossa liikutetaan ja yhdistetään eri laatikoita, jotka suorittavat tiettyä toimintaa. Choregraphe-ohjelma on aloittelijaystävällinen ja sen käyttämisen oppii nopeasti.

Varsinainen Nao-robotin ohjelmointi tapahtuu langattomasti, joten ei ole tarve kytkeä robottia tietokoneeseen. Ainoa ehto on, että tietokone ja Nao-robotti ovat samassa tietoliikenneverkossa.



Kuva 5. Choregraphe-ohjelma (15).

6 Kehon parantaminen

Nao-robotin avulla ihmiset pääsevät tutustumaan ihmisroboteihin ja niiden mahdollisuuksiin. Tällä hetkellä Nao-robotti ei paranna ihmisen elämänlaatua, ja se on enemmän monipuolinen lelu kuin apulainen. Syy tälle on sen heikkoudet, jotka näkyvät sen kävellessä: Nao-robotti kävelee puolikyykkyasennossa eikä liikkuminen onnistu ilman koko vartalon keinumista. Jos Nao-robotti saa saman kaksijalkaisen kävelytyylin kuin ihmisillä, se avaa uuden polun erilaisiin käyttötarkoituksiin, joka voi esimerkiksi auttaa rakentamaan isompaa ihmisrobottia, käyttäen Nao-robotia suunnittelun pohjaksi.

Nao-robottia pitää suunnitella ja parantaa niin, että se nostaisi robotin vikkelyyttä ja joustavuutta, jotta se pystyisi suorittamaan komentoja nopeammin ja sujuvammin. Tämä pätee myös muihinkin ihmisrobotteihin.

Keho

Torso on yksi kohta, jossa Nao-robottia pitäisi parantaa. Nao-robotin torso on kiinteä, muovista valmistettu kappale, jossa ei ole joustavuutta lainkaan. Tämä aiheuttaa sen, että Nao-robotti ei pysty kääntämään torsoa mihinkään kulmaan liikuttamatta jalkojaan. Tämä aiheuttaa sen, että Nao-robotti on hidas ja kömpelö.

Asiaa voidaan parantaa muuttamalla Nao-robotin kiinteä muovinen vatsa-alue joustavaan silikoniin pohjautuvaan materiaaliin ja lisäämällä selkäranka, joka tukisi vartaloa, saadaan parempi vyötärön joustavuus. Tähän voidaan lisätä myös aktuaattori vatsa-alueelle. Näillä muutoksilla voitaisiin saavuttaa se, että Nao-robotti pystyisi ohjaamaan omaa vyötäröliikettään ja päästäisiin lähemmäksi ideaalista kaksijalkakävelyä.

Akku ja virtalähde

Nykyinen akku lepää Nao-robotin selässä kiinni, ja se vie melkein puolet torson tilasta. Robottia voidaan parantaa asentamalla akku uudelleen. Akkua voidaan kutistaa ja asentaa se torson yläosaan rintakehän taakse. Siellä akku ei tule aiheuttamaan esteitä ja ratkaisu vapauttaa alavartalon liikkumiseen.

Toinen tapa parantaa toimintaa on muuntaa iso akku moneksi pieniksi akuiksi. Nämä pienemmät akut asettuisivat erikseen jokaiselle aktuaattorin kohdalle. Pienet akut voidaan sitten yhdistää johdolla rinnakkain, jotta niitä pystyisi lataamaan yhdestä latauspääteestä. Tällä menetelmällä pystytään tehokkaammin käyttämään Nao-robotin sisäistä tilaa.

Aktuaattorit

Nao-robotissa on nykyään tehokkaita aktuaattoreita, mutta siitä huolimatta korvataan nykyiset aktuaattorit toisiin aktuaattoreisiin. Tavoitteena on hahmotella, kuinka paljon Nao-robotin toimintakyky muuttuu, jos siihen laittaa eri aktuaattorit. Tässä tullaan ottamaan huomioon aktuaattoreiden mitat, painot, tehot ja virrankulutus.

Nao-robottia, jota käytetään tässä työssä ei voitu purkaa, joten nykyiset mitat, painot ja virrankulutus ovat arvioita. Taulukossa 4 arviot on saatu aktuaattoreiden datalehdistä, jotka vastaavat Nao-robottissa käytetyistä aktuaattoreista. Liitteeseen 2 on lisätty nämä datalehdet.

Taulukko 4. Nao-robotin aktuaattoreiden ominaisuudet(* - merkatut ovat arviot).

	22NT8213P	17N88208E	16GT83210E
Mitat (mm)	32.05x22	25.9x17	28x16
Paino (g)	53*	27*	24*
Teho (W)	16.3*	4,5*	5,25*
Virrankulutus(mA)	75*	4,9*	5,5*
Pysähdys vääntömomentti(mNm)	68 ±8%	9.4 ±8%	14.3 ±8%
Jatkuva vääntömomentti(mNm)	16.1	4.9	6.2

Nao-robotissa on yhteensä 25 aktuaattoria, jotka koostuvat 3-4 eri mallista. Nämä aktuaattorit jakautuvat seuraavasti: Jaloissa ja vyötärössä on yhteensä 11 kappaletta 22NT8213P-mallista aktuaattoria. Kämmissä ja ranneissa on yhteensä 4 kappaletta 17N88208E-mallista aktuaattoria. Kyynärpäässä, olkapäässä ja kaulassa on yhteensä 10 kappaletta 16GT82310E-mallista aktuaattoria. Kaikkien aktuaattoreiden yhteenlaskettu paino on 931g ja virrankulutus on 910.8 mA.

Eri aktuaattorit

Nykyiset aktuaattorit tullaan korvaamaan Maxon motorin valmistamilla aktuaattoreilla. Nämä aktuaattorit ovat eri eritehoisia ja eri erikokoisia verrattuna Nao-robotissa käytettyihin aktuaattoreihin. Taulukossa 5 esitetään Maxon motorsin aktuaattoreiden mitat, paino, tehot ja virrankulutus.

Taulukko 5. Maxon motorin aktuaattoreiden ominaisuudet.

	DCX22SGBSL12V	EC4Ø4-431284	DCX16SEBSL18V
Mitat (mm)	34.2x22	25.9x4	26.5x16
Paino (g)	66	2	26
Teho (W)	14	1	2,5
Virrankulutus (mA)	71,7	19	7,43
Pysähdys vääntömomentti(mNm)	108	0.63	12,5
Jatkuva vääntömomentti(mNm)	14.6	0.338	5,45
Hinta (€)	116	267	109

Nämä aktuaattorit tullaan sijoittamaan Nao-robottiin seuraavasti: Jalkoihin ja vyötäröön tulee 11 kappaletta DCX22SGBSL12V-aktuaattoria. Käteen ja ranteen tulee 4 kappaletta EC4Ø4-aktuaattoria. Kyynärpäihin, olkapäihin ja kaulaan tulee 10 kappaletta DCX12SGBSL18V-aktuaattoria. Kaikkien aktuaattoreiden yhteenlaskettu paino on 994 g ja virrankulutus on 939 mA. Jos hankkii nämä Maxon motorsin aktuaattorit, niiden yhteenlaskettu hinta olisi 3434 euroa. Tämä antaa kuvan, että nykyiset aktuaattorit, joita käytetään Nao-robotissa saattavat, olla hinnoiltaan useita tuhansia euroa.

Kun verrataan taulukkoa 4 ja sama 5, niin huomataan, että Maxon motorsin aktuaattorit ovat painavampia, vähemmän tehoisia ja kuluttavat enemmän virtaa. Nykyiset aktuaattorit Nao-robotissa saattavat olla erikseen suunniteltu ja rakennettu Nao-robottia varten, koska niiden tarkkaa tietoa ei löytynyt esim. Googlestä. Maxon motorin aktuaattorit löytyvät niiden omilta kotisivuilta josta yksittäiset ihmiset voivat ostaa niitä.

Nao-robotti, johon on asennettu Maxon motorin ei tule hirveästi vaikuttamaan sen toimintaan. Suurin ero tulee näkymään kämmenen ja ranneliikkeessä, johon on asennettu heikompi tehoinen, mutta pienempi ja kevyempi aktuaattorit. Tämä tietty aktuaattori vapauttaa tilaa nykyisestä, isommasta ja painavasta aktuaattorista karsimalla ranteen ja kämmenen vääntömomenttia. Tämä tarkoittaa myös sitä, että olkapää ja kyynärpää aktuaattorit tulee käyttämään vähemmän tehoa nostakseen koko kättä.

Nao-robotin jalkoihin ja vyötäröön sijoitetut Maxon motorsin aktuaattorit, jotka ovat painavampia, hieman isompia ja teholtaa hieman heikompia kuin Nao-robotin nykyiset aktuaattorit, mutta ne kuluttavat hieman vähemmän virtaa. Toisaalta, jalkoihin sijoitettu Maxon motorisin aktuaattorit tarjoavat enemmän pysähdysvääntömomentti, joka tarkoittaa, että Nao-robotti pystyy kantamaan jaloillaan raskaampaa kuormaa.

Nao-robotin kyynärpäihin, olkapäihin ja kaulaan sijoitetut Maxon motorsin aktuaattorit ovat hieman pienempiä ja teholtaan heikompia kuin nykyiset Nao-robotin aktuaattorit. Kun verrataan jatkuvaa ja pysähdysvääntömomenttia, niin huomataan, että Nao-robotti ei pystyisi nostamaan yhtä raskaita esineitä Maxon motorsin aktuaattoreilla. Otetaan huomioon, että kun ranteessa ja kämmenessä on asennettu kevyet Maxon Motorsin aktuaattorit, niin tämä tulee kompensoimaan asentamalla pienemmän rasitukset kyynärpään ja olkapään aktuaattoreihin.

Maxon motorsin aktuaattorit eivät tule paljon vaikuttamaan Nao-robotin tasapainoon, koska valitut aktuaattorit nostavat robotin kokonaispainoa vain 63 grammalla.

Tehokkaat aktuaattorit

Seuraavaksi voidaan katsoa, miten Nao-robotti fyysinen rakenne ja toimintakyky tulee muuttumaan, jos siihen laittaa 10 kertaa tehokkaammat aktuaattorit. Taulukossa 6 on Maxon motorsin aktuaattorit, jotka ovat 10 kertaa tehokkaampia kuin nykyiset Nao-robotin aktuaattorit. Nämä aktuaattorit ovat selvästi isompia kuin nykyiset aktuaattorit, joten mahdollisia Nao-robotin kehonmuutoksia on tehtävä, jotta nämä mahtuisivat sisälle.

Taulukko 6. Maxon motorin aktuaattoreiden ominaisuudet (15).

	EC40Ø40-393024	EC-4pole22Ø22-311535	EC-Max30Ø30-272762
Mitat (mm)	80x40	66x22	64x30
Paino (g)	580	170	300
Teho (W)	170	120	60
Virrankulutus (mA)	230	298	396
Pysähdys vääntömomentti(mNm)	2740	874	381
Jatkuva vääntömomentti(mNm)	161	53,9	63,6
Hinta (€)	508	533	239

Nämä aktuaattorit tullaan sijoittamaan Nao-robottiin samalla tavalla kuin edelliset: Jal-koihin ja vyötäröön tulee 11 kappaletta EC40Ø40-393024-aktuaattorit. Käteen ja ranteen

tulee 4 kappaletta EC-4pole22Ø22-311535-aktuaattoria. Kyynerpäihin, olkapäihin ja kaulaan tulee 10 kappaletta EC-Max30Ø30-272762-aktuaattoria. Kaikkien aktuaattoreiden yhteenlaskettu paino on 10060 g eli noin 10 kg ja virrankulutus on 7682 mA eli noin 7.6 A. Kaikkien aktuaattoreiden yhteenlaskettu hinta olisi 10110 euroa.

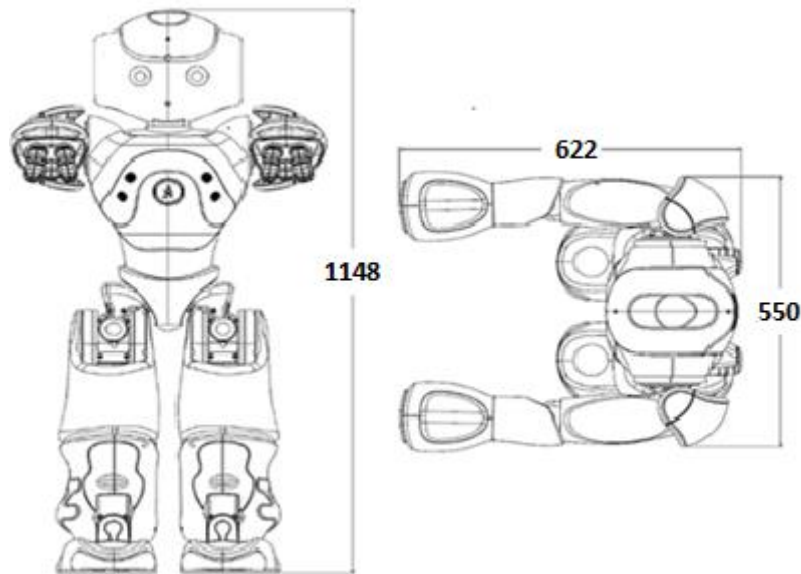
Kun tarkastellaan eroja nykyisistä Nao-robotin aktuaattorien ja taulukon 6 aktuaattorien välillä, niin voidaan heti huomata isoja eroja koossa sekä tehoissa. Kun tarkastellaan Maxon motorsin aktuaattoreiden kokoja, niin ne ovat noin yli kaksi kertaa pidempiä. EC40Ø40-393024 ja EC-Max30Ø30-272762 ovat myös noin kaksi kertaa halkaisijaltaan isompia kuin nykyiset Nao-robotin aktuaattorit.

Kun Nao-robottiin asennetaan nämä Maxon motorsin aktuaattorit, joilla on kymmenen kertaa suurempi vääntömomentti, niin voidaan vähentää nykyistä hidastussuhdetta kymmenenteen (kts.Taulukko 7). Tämä muutos nopeuttaa Nao-robotin liikettä kymmenenkertaiseksi.

Taulukko 7. Vaihteistotyyppien A ja B hidastussuhdeet vähennetty kymmenenteen

Vaihteisto- tyyppi	Moottori tyyppi 1	Moottori tyyppi 2	Moottori tyyppi 3
Tyyppi A	20,13	5,061	15,027
Tyyppi B	13,085	3,624	17,322

Jotta nämä aktuaattorit mahtuisivat, Nao-robotin jalat, kädet ja loppuosa kehoa pitäisi suurentaa ainakin kaksikertaiseksi (kuva 15). Tämän lisäksi nämä aktuaattorit lisäsivät robotin painoa 9129 grammalla eli moottoreiden paino olisi noin kymmenen kertaa suurempi. Jalkoihin ja vyötäröön paino nousisi 5796 grammalla, yhteensä molemmissa kämmenissä ja ranteissa paino nousisi 657 grammalla ja yhteensä molemmissa kyynär- ja olkapäissä paino nousisi 2760 grammalla.



Kuva 15. Nao-robotti suurennettu kaksinkertaiseksi

Nämä muutokset saattavat vaatia Nao-robotin uudelleen kalibroinnin, jotta se kykenisi hallitsemaan uusia aktuaattoreita ja isompaa kehoa, jotta se pystyisi olemaan tasapainossa, kun se suorittaa komentoja.

Ajattellaan, että suurin sallittu kuorman hitausmomentti olisi alun perin ollut:

$$J_{L1(max)} = a^2 \cdot J_{1Rotor} \cdot (IR).$$

Tässä a on vaihteiston hidastuskerroin, J_{1Rotor} on alkuperäisen roottorin hitausmomentti ja IR on Nao-robotin ohjausjärjestelmän sallima suurin mahdollinen hitaussuhde (Inertia Ratio), $IR = J_{Load}/J_{Rotor}$. Uudella moottorilla saadaan kuorman suurimmaksi mahdolliseksi hitausmomentiksi:

$$\begin{aligned} J_{L2(max)} &= (a/10)^2 \cdot J_{2Rotor} \cdot (IR) \\ &= (a/10)^2 \cdot 10 \cdot J_{1Rotor} \cdot (IR) \\ &= (1/10) \cdot a^2 \cdot J_{1Rotor} \cdot (IR) \\ &= (1/10) J_{L1(max)}. \end{aligned}$$

Siis uusi välitys yhdessä uuden moottorin kanssa tekee Nao-robotin ohjaamisesta 10 kertaa vaativampaa. Tämä asia olisi tietenkin helppo korjata vielä kerran säätämällä välityssuhdetta, jolloin hidastussuhde pienenesi vain noin 3 kertaa, mutta tässä työssä on tarkoitus vain esittää periaatteita eikä suunnitella lopullista systeemiä.(16.)

Nao-robotin alusta, ulkokuori ja hammasrattaat saattaisivat vaatia vahvistusta, jotta ne kestäisivät näiden tehokkaiden aktuaattoreiden aiheuttamat rasitukset. Lopputuloksena Nao-robotti olisi noin kaksi kertaa isompi, vahvempi ja kolme kertaa nopeampi. Tämän lisäksi Nao-robotin kämmen ja kädet olisivat suurempia ja näin se voisi nostaa ja kantaa isompia ja raskaampia esineitä.

Vaikka aktuaattorit Nao-robotissa ovat tehokkaita, mutta ne kuluttavat paljon energiaa, josta osittain johtuu Nao-robotin pieni akku ja lyhyt käyttöaika yhdellä latauksella. Aktuaattoreita voidaan parantaa optimoimalla niiden virran käyttöä niin, että se säästäisi robotin virran kulutusta vaikuttamatta sen toimivuuteen. Nämä optimoinnit liittyvät esimerkiksi voiman käyttöön ja jäykistymisen hallintaan.

Tavoitteet

Vaikka Nao-robotti on lelumainen ja kallis, se on silti hyvä malli, kun suunnitellaan ihmisen kokoista ihmisrobotia. Tavoitteena on parantaa Nao-robotin liikettä ja vikkelyyttä, jotta se pystyisi suorittamaan komentoja ja tehtäviä paremmin. Lisäämällä joustavaa materiaalia ja parantamalla kehon tilan käyttöä, voidaan hyvin päästä lähemmäksi näitä tavoitteita.

7 Robotit tulevaisuudessa

Ihmisrobotteja kehitetään jatkuvasti, ja niille asetetut tavoitteet kasvavat jatkuvasti, mikä puskee ja haastaa suunnittelijoita ja kehittäjiä rakentamaan ideaalisen ihmisrobotin.

Kun katsotaan, kuinka paljon ihmisrobotit ovat kehittyneet viimeisten 30 vuoden aikana, voidaan hyvinkin ennustaa, että ihmisrobotit tulevat yleistymään nykyisestä entisestään. On mahdollista, että ihmisrobotit tulevat korvaamaan ihmisiä tietyissä työtehtävissä, mutta ihmisrobotit eivät tule korvaaman kokonaan semmoisia tehtäviä, joissa vaaditaan ihmisen päätöksentekoa.

Suurin teknologinen kehitys ihmisroboteissa tulee olemaan niiden tekoäly. Kehittyneen tekoälyn avulla ihmisrobotit pystyvät suorittamaan vaativia tehtäviä ilman ihmisen läsnäoloa ja valvontaa. Kehittyneen tekoälyn avulla voidaan lähettää ihmisrobotteja suorittamaan tehtäviä semmoisiin paikkoihin, joihin ihminen ei itse lähtisi.

Toinen merkittävä kehitys olisi ihmisrobotin keho. Keho tulee olemaan nykyistä joustavampi ja kestävämpi. Se olisi myös tiivis ja korroosionkestävä, näin ihmisrobotilla olisi oma vastustuskyky.

Myös aktuaattorit ja akut tulevat parantumaan. Aktuaattorit olisivat energiatehokkaampia, jolloin ne vaatisivat vähemmän virtaa toimiakseen ja akkujen virtakapasiteetti kasvaisi, mutta ei itse akun fyysinen koko ei kasvaisi.

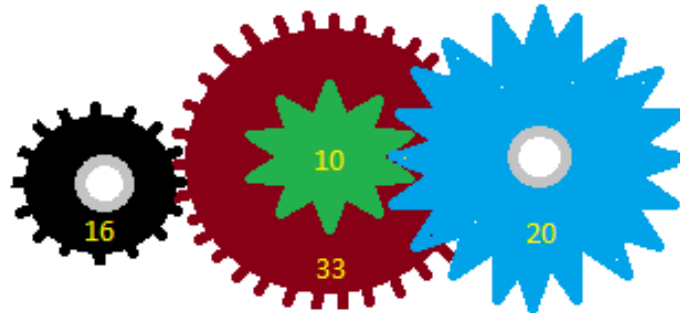
8 Päätelmä

insinööri työn tarkoitus oli katsoa ihmisrobottien kehityksen historiaa, miten ne ovat vaikuttaneet ihmiskunnassa ja miten ne tulevat kehittymään ja vaikuttamaan yhteiskuntaan tulevaisuudessa. On tullut esille, että ihmisrobotteja haluttiin kehittää ja rakentaa, jotta ne voisivat avustaa ja palvella ihmistä. On tullut myös esille, että ihmisrobotteja voitaisiin soveltaa sotateollisuuteen, jolloin ne taistelisivat muita vastaan ihmisten sijasta.

Työssä on myös otettu huomioon ihmisrobottien nykyaikaisen kehityksen ja niille asettamat tavoitteet, joka oli saada ihmisrobotin kävelemään ja toimimaan samalla lailla kuin ihminen. Tästä johtuen on hahmotettu parempaa kehoa Nao-robotille, jonka tavoitteena on parantaa sen suorituskykyä. Tämän ehdotuksen tarkoitus oli antaa ymmärrystä siihen, kuinka haastavaa on kehittää ja rakentaa ihmisrobottia.

Lähteet

1. Zunt, Dominik. 2013 <http://capek.misto.cz/english/robot.html>. Verkkodokumentti. Wayback Machine <https://web.archive.org/web/20130727132806/http://capek.misto.cz/english/robot.html>. Luettu 18.3.2017
2. James G. Franzer (Kääntäjä). 1921. Apollonius Rhodius - Argonautica, London : Loeb classical library, 1921. Verkkodokumentti. Theoi Project. <http://www.theoi.com/Gigante/GiganteTalos.html>. Luettu 20.2.2017
3. Development of Waseda Robot. 1985. Verkkodokumentti. Waseda University. <http://www.humanoid.waseda.ac.jp/booklet/katobook.html#top>. Luettu 20.3.2017.
4. History of Honda's Robot Development. 1986. Verkkodokumentti. Honda. <http://world.honda.com/ASIMO/history/e0/index.html>. Luettu 20.3.2017.
5. History of Honda's Robot Development. 1993. Verkkodokumentti. Honda. http://world.honda.com/ASIMO/history/p1_p2_p3/index.html. Luettu 20.3.2017.
6. The agile anthropomorphic Robot. 2016. Verkkodokumentti. Boston dynamics. http://www.bostondynamics.com/robot_Atlas.html. Luettu 20.3.2017.
7. Softbank Robotics. Robots - What is the Romeo project? Verkkodokumentti. Softbank Robotics. <https://www.aldebaran.com/en/cool-robots/romeo>. Luettu 20.3.2017.
8. Asimo. 2017. Verkkodokumentti. Honda. <http://asimo.honda.com/asimo-movement/iwalk-technology/>. Luettu 23.3.2017.
9. Aldebaran documentation. 2016. Verkkodokumentti. Softbank Group. http://doc.aldebaran.com/2-1/family/robots/dimensions_robot.html. Luettu 24.3.2017.
10. Aldebaran documentation. 2016. Verkkodokumentti. Softbank Group. <http://doc.aldebaran.com/1-14/nao/replacing-battery.html#replacing-battery>. Luettu 24.3.2017.
11. Aldebaran documentation. 2016. Verkkodokumentti. Softbank Group. http://doc.aldebaran.com/2-1/family/nao_h25/motors_h25.html#h25-motors. Luettu 24.3.2017.
12. Aldebaran documentation. 2016. Verkkodokumentti. Softbank Group http://doc.aldebaran.com/2-1/family/nao_dcm/actuator_sensor_names.html. Luettu 24.3.2017.
13. Nao Robot - Repair part 3. gvm exp. 2015. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=m3cfWwiPq4A>. Katsottu 25.3.2017.
14. Aldebaran documentation. Verkkodokumentti. Softbank Group. http://doc.aldebaran.com/2-1/family/robots/battery_robot.html#robot-battery. Luettu 25.3.2017
15. Aldebaran Choregraphe Webinar. 2014. Kuvankaappaus. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=2byYfgypse8>.
16. Kai lindgrenin kanssa käyty keskustelu. 27.4.2017. Metropolia.

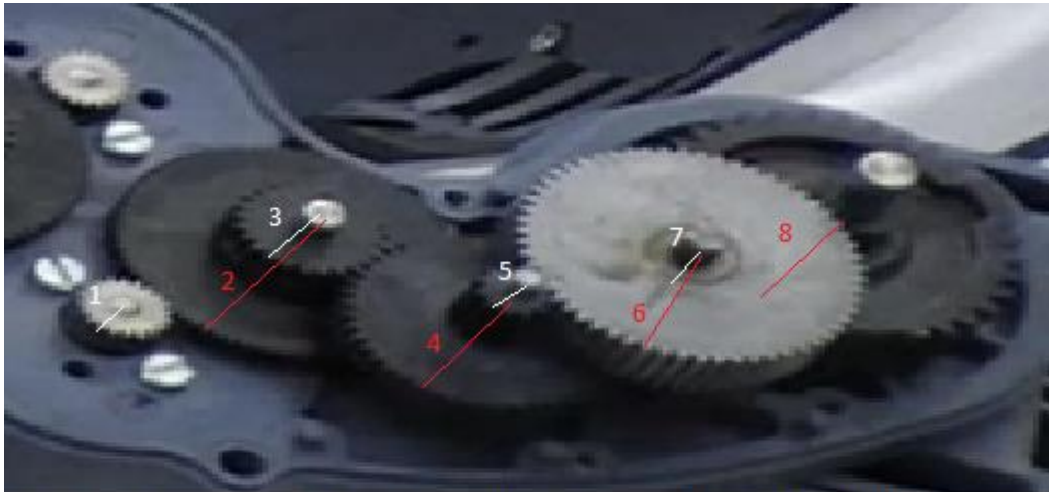
hidastussuhteen laskeminen hampaiden perusteella

$$\text{Hidastussuhde} = \frac{33}{16} * \frac{20}{10} = \frac{33}{8} = 4.125$$

Jos musta hammasratas pyörii 80 kierrosta minuutissa,
niin sininen pyörii:

$$\text{Sinisen kierrosnopeus} = \frac{\text{Mustan kierrosnopeus}}{\text{hidastussuhde}} = \frac{80}{4.125} = 19.39 \text{ kierrosta minuutissa}$$

hidastussuhteen laskeminen etäisyyden perusteella



Hidastussuhdetta voi laskea, jos tiedetään hammasrattaiden säteen (r) pituus.

$$\text{Hidastussuhde} = \frac{r_{\text{out}}}{r_{\text{in}}}$$

Kuvassa laskettu hidastussuhde:

$$\text{Hidastussuhde} = \frac{r_2}{r_1} * \frac{r_4}{r_3} * \frac{r_6}{r_5} * \frac{r_8}{r_7}$$

$$\text{Hidastussuhde} = \frac{40\text{mm}}{9\text{mm}} * \frac{23\text{mm}}{18\text{mm}} * \frac{30\text{mm}}{6\text{mm}} * \frac{30\text{mm}}{7\text{mm}} = \frac{23000}{189} = 121.6$$