

Joonas Taivalmaa – Torsti Laine – Paavo Mattila – Patrik Heinonen

Autonominen vartiointirobotti

Tekijä(t)	Joonas Taivalmaa, Torsti Laine, Paavo Mattila, Patrik Heinonen
Otsikko	Siirrettävä Autonominen vartiointirobotti.
Sivumäärä	18 sivua + 2 liitettä
Aika	30.3.2019
Tutkinto-ohjelma	Tieto- ja viestintätekniikka
Pääaine	Ohjelmistotuotantotuotanto
Projekti	Ohjelmointiprojekti
Ohjaaja(t)	Simo Silander
Avainsanat	

Sisällys

1	Johdanto	4
2	Tuotteen visio	4
3	Käsitteet, määritelmät	5
4	Toimintaympäristö	6
5	Tuotteen ominaisuudet	6
6	Rajaukset	10
7	Toteutus ja testaus	10
7.1	Käyttöliittymä	15
8	Robotin käyttöohje	17
8.1	Alkutoimet	17
8.2	Robotin käyttöohje	17
9	Projektin yhteenveto	18

Liitteet

Liite 1. Javadoc-dokumentaatio

Liite 2. Rakennusohje

1 Johdanto

Projektissa on tarkoitus rakentaa, neljän hengen ryhmässä robotti, joka osaa toimia täysin itsenäisesti tai käyttäjän ohjaamana. Robotin ohjelmoinnissa käytetään kurssin aikana opittuja ohjelmointimenetelmiä ja -taitoja, ja siten myös näytetään ryhmän kyky soveltaa opittua tietoa itsenäisesti suunnitellussa ja toteutetussa projektissa. Robotti rakennetaan Lego-Mindstorms robottien osista, ja ohjelmoinnissa hyödynnetään lejos-EV3 rajapintaa.

Kyseisessä dokumentissa esitellään ryhmämme rakentaman robotin keskeiset toiminnot, käsitteet, anturit, osat ja ohjelmistot. Käymme läpi myös toimintojen testauksen, kuinka onnistunut lopputulos oli ja miten hyvin se vastasi alkuperäistä suunnitelmaa.

Robottimme on autonominen, ja aseistettu vartiotorni, joka pystyy paikantamaan ympärillään olevia kohteita käyttämällä antureitaan. Autonomiseen toimintaan kuuluu myös kyky havaita ns. "maalattuja" kohteita, joita simuloimme EV3 kauko-ohjaimella, jota robotin tulee kyetä seuraamaan. Robottiin kehitetään myös etäkäyttöliittymä, jolla robottia voidaan hallita etäältä.

2 Tuotteen visio

Rakennamme itsenäisen vartiotornin, joka on aseistettu Legon poikkiakseleita ampuvalla tykillä. Robotillamme on kolme eri valmiustilaa, joita voidaan vaihtaa etäkäyttöliittymää käyttäen. Tavoite on, että vartiotorni pystyy suoriutumaan eri vaatimustasoja edellyttävistä toiminnoista mahdollisimman tehokkaasti. Käytännössä robottimme tarkkailee ympäristöään infrapuna-antureilla ja tarpeen tullen ampuu tykillään kohti havaitsemiaan kohteita, tai toteuttaa käyttäjän lähettämiä toimintaohjeita.

Robottimme kolmea valmiustilaa voidaan luonnehtia seuraavan laisiksi: etsi ja tuhoa, vartio ja suora käyttäjän hallinta. Etsi ja tuhoa tilassa robottimme toimii itsenäisesti etsien ympäristöstään kohteita anturiensa avulla, ja ampuu havaitsemiaan kohteita. Vartiotilassa robottimme toimii samalla tavoin kuin edellä mainitussa sillä poikkeuksella, että ennen ampumista, robotti kysyy etäkäyttäjältä lupaa ampua kohdetta. Viimeisessä,

suoran hallinnan tilassa, robotti toimii etäkäyttäjän syötteiden pohjalta esimerkiksi ampuen sille annettuihin koordinaatteihin.

Koska Lego-Mindstorms anturit ovat heikkotehoisia, prototyyppimme valvonta-alue on hyvin rajallinen, mutta sillä voidaan silti osoittaa, onko tuotteen toimintaperiaate saavutettavissa laajemmassa skaalassa ja tehokkaammilla antureilla.

Tornille annetaan myös vartioitavan alueen kartta rakennuksineen, jotta vältytään omien tilojen vaurioittamiselta.

3 Käsitteet, määritelmät

Tässä dokumentissa robotilla ja tornilla tarkoitetaan Lego-palikoista rakennettua, EV3-keskusyksikköä käyttävää rakennelmaa, joka suorittaa mekaanisia toimintoja antureista saadun datan pohjalta. Rakennelma koostuu kahdesta osasta: paikallaan seisovasta lavetista, jonka päällä lepää antureista, keskusyksiköstä, moottoreista ja tykistä koostuva rakennelman yläosa. Yläosa pystyy kääntymään 360 astetta paikallaa lavetin ja itsensä keskiakselin ympäri.

Kohteella tarkoitetaan esinettä, joka on kooltaan sellainen, jonka on robotin infrapuna-anturin havaittavissa. Maali on kohde, johon robotin odotetaan reagoivan.

Valvonta-alue on robottia ympäröivä alue, jota robotti antureillaan tarkkailee. Valvonta-alue on ympyrän muotoinen ja säteeltään 50 cm, jonka keskipisteessä robotti sijaitsee.

Lavetti on robotin seisova alusta, joka on riittävän tukeva kannattamaan robotin toiminnallisuuden omaavaa raskaampaa yläosaa.

Tykkitorni on lavetin päällä oleva robotin toiminnallisuuden kattava yläosa. Tykkitorniin kuuluu tykki, syöttösilta, tutka ja tykkitornin toimintaan tarvittavat neljä moottoria.

Tykki kiihdyttää ammuksen korkeaan nopeuteen, ja vapauttaa sen maalia kohti.

Tutka on laite, joka lähettää ja vastaanottaa signaalia. Tutka vertailee lähetettyä signaalia paluusignaaliin ja laskee tämän avulla etäisyyksiä kohteeseen. Kääntyvällä tutkalla saadaan suhteellinen paikkatieto robottiin. Tässä projektissa tutka toteutetaan infrapunatutkana.

Käyttäjäpääte on laite, joka vastaanottaa robotin lähettämää tietoa, sekä lähettää robotille käyttäjän antamia komentoja. Käyttäjäpääte sisältää käyttöliittymän robotin hallintaa varten ja robotille syötettävän vartioalueen kartan.

Infrapunamajakka on valvonta-alueelle asetettu kohde, joka lähettää infrapunasygnalia.

Syöttösillalla tarkoitetaan tykin mekanismia, jota pitkin tykkiin syötetään uusi ammus.

4 Toimintaympäristö

Robotti asetetaan tasaiselle alustalle. Robotti luo ympärilleen 360 astetta kattavan, säteeltään 50 cm laajan ympyrän muotoisen valvonta-alueen. Toiminta-alueelle asetetaan robottiin lähetetyn kartan mukaisesti kohteita, minkä jälkeen alueelle tuodaan maaleja.

5 Tuotteen ominaisuudet

Seuraavassa esitellään robotin keskeiset ominaisuudet, sekä niiden toimintaperiaate taulukkomuodossa.

Ominaisuus	Robottiin voidaan syöttää valvonta-alueen pohjapiirros.	
Todentamiskriteeri (mittari ja tavoitearvot)	Kun vallitsee lähtötilanne:	Robotti on asetettu paikoilleen, virta kytkettynä.
	ja tapahtuu seuraavaa	Käyttäjä syöttää päätelaitteelta karttatiedoston.
	järjestelmä reagoi näin:	Robotti ilmoittaa kartan olevan ladattu.

Ominaisuus	Robotti voidaan asettaa erilaisiin toimintatiloihin	
Todentamiskriteeri (mittari ja tavoitearvot)	Kun vallitsee lähtötilanne:	Robotti on käynnistetty ja valvonta-alueen pohjakartta on latautunut.
	ja tapahtuu seuraavaa	Käyttäjä valitsee päätelaitteen käyttöliittymästä halutun toimintatilan
	järjestelmä reagoi näin	Joku valituista toimintatiloista käynnistyy, käyttäjälle ilmoitus toimintatilasta. Valvontatila (kohteen ampuminen), Infrapunavalvontatila (maalin ampuminen), Käyttäjäohjaustila (tornin manuaalinen käyttö) Ohjelman lopetus / hätäseis

Ominaisuus	Robotti osaa tunnistaa maalin suunnan ja etäisyyden, ja ampua sitä kohti.	
Todentamiskriteeri (mittari ja tavoitearvot)	Kun vallitsee lähtötilanne:	Robotti on asetettu valvontatilaan.
	Ja tapahtuu seuraavaa:	Robotti saa infrapuna-anturilta tiedon maalista.
	Järjestelmä reagoi näin:	Robotti laukaisee tykistään ammuksen kohti maalia.

Ominaisuus	Robotti voi kääntää tykkitornia	
Todentamiskriteeri (mittari ja tavoitearvot)	Kun vallitsee lähtötilanne:	Robotti on asetettu mihin tahansa toimintatilaan
	Ja tapahtuu seuraavaa:	Robotti havaitsee infrapunamajakan, on asetettu valvontatilaan, tai käyttäjäpääteeltä on annettu koordinaatti, jota kohti tykkitornin on käännettävä.
	Järjestelmä reagoi näin:	Robotti kääntää tykkitornia.

Ominaisuus	Robotti osaa vastaanottaa ohjauskomentoja päätelaitteelta.	
Todentamiskriteeri (mittari ja tavoitearvot)	Kun vallitsee lähtötilanne:	Robotti on asetettu valvontatilaan.
	ja tapahtuu seuraavaa:	Robotti saa ensin käskyn asettua käyttäjäohjaustilaan, jonka jälkeen tykin kääntämiskomentoja.
	järjestelmä reagoi näin:	Robotti lopettaa valvontatilan, ja tykki liikkuu käyttäjäsyötteen mukaiseen suuntaan sekä ampuu erikseen käyttäjän komennosta.

Ominaisuus	Robotti osaa ampuu infrapunamajakkaa kohti	
Todentamiskriteeri (mittari ja tavoitearvot)	Kun vallitsee lähtötilanne:	Robotti on asetettu infrapunavalvontatilaan ja alueelle on asetettu infrapunamajakka.
	ja tapahtuu seuraavaa	Robotti havaitsee majakan tuottaman infrapunasygnaalin.
	järjestelmä reagoi näin	Robotti kääntyy ja ampuu kohti maalia.

Ominaisuus	Robotti osaa ladata uuden ammuksen syöttösillalta ampumavalmiiksi.	
Todentamiskriteeri (mittari ja tavoitearvot)	Kun vallitsee lähtötilanne:	Robotti on asetettu valvontatilaan ja havaitsee kohteen
	ja tapahtuu seuraavaa	Robotti ampuu kohdetta
	järjestelmä reagoi näin	Robotti lataa uuden ammuksen syöttösillalle.

Ominaisuus	Robotin toiminnot voidaan lopettaa päätelaitteen käyttäjän toimesta	
Todentamiskriteeri (mittari ja tavoitearvot)	Kun vallitsee lähtötilanne:	Kun laite on käynnistynyt ja mikä tahansa robotin toimintatila on käynnissä
	ja tapahtuu seuraavaa	Käyttäjä painaa päätelaitteen käyttöliittymästä sille määritettyä hätäseis-nappia.
	järjestelmä reagoi näin	Robotin toiminnot lopetetaan välittömästi ja robotti sammuu.

6 Rajaukset

Seuraavassa listassa määrittelemme asiat, jotka eivät kuulu vartiotorni-robottimme toimintaan.

- Lavetin ei tarvitse liikkua.
- Robotin ei tarvitse tunnistaa kohteita, jotka ovat valvonta-alueen ulkopuolella.
- Robotin ei tarvitse ampua useampaa kohdetta samaan aikaan, tai vaihtaa maalia ilman käyttäjäsyötettä.

7 Toteutus ja testaus

Tässä kappaleessa esittelemme ominaisuuksien ja toimintojen toteutuksen tilan sekä niiden kehitykseen käytetyn ajan taulukkomuodossa.

Ominaisuus: Robottiin voidaan syöttää valvonta-alueen pohjapiirros.		
Toiminto	Toteutuksen tila	Tekijä ja aika
Robottiin voidaan syöttää valvonta-alueen pohjapiirros.	Jätetty toteuttamatta.	-

Ominaisuus:

Robotti voidaan asettaa erilaisiin toimintatiloihin.

Toiminto	Toteutuksen tila	Tekijä ja aika
Valvontatila (kohteen ampuminen)	OK	Patrik Heinonen, Joonas Taivalmaa. 1 tunti.
Infrapunavalvontatila (maalin ampuminen)	OK	Torsti Laine. 2.5 tuntia.
Käyttäjäohjaustila (tornin manuaalinen käyttö)	OK	Patrik Heinonen, Joonas Taivalmaa, Paavo Mattila, Torsti Laine. 15 tuntia.
Ohjelman lopetus (häätäseis)	OK	Patrik Heinonen, Joonas Taivalmaa. 0.5 tuntia.

Ominaisuus: Robotti osaa tunnistaa maalin suunnan ja etäisyyden, ja ampua sitä kohti.		
Toiminto	Toteutuksen tila	Tekijä ja aika
Robotti voidaan asettaa valvontatilaan.	OK	Joonas Taivalmaa. 10 min
Robotti saa infrapuna-anturilta tiedon maalista.	OK	Joonas Taivalmaa, Patrik Heinonen. 20 min
Robotti laukaisee tykistään ammuksen kohti maalia saatuaan tiedon infrapuna-anturilta. Robotti laukaisee ammuksen, jos infrapuna-anturi palauttaa tiedon, että kohde on alle 50 cm päässä.	OK Anturi pystyi havaitsemaan kohteita vain noin 30 cm päähän.	Joonas Taivalmaa, Patrik Heinonen. 1 tunti.
Robotti osaa tunnistaa maalin suunnan ja etäisyyden, ja ampua sitä kohti.	Jätetty toteuttamatta.	-

Ominaisuus: Robotin tykkitori kääntyy. (mekaaninen toteutus)		
Toiminto	Toteutuksen tila	Tekijä ja aika
Robotin tykkitori kääntyy.	OK	Torsti Laine 25 tuntia

Ominaisuus: Robotti osaa vastaanottaa ohjauskomentoja päätelaitteelta.		
Toiminto	Toteutuksen tila	Tekijä ja aika
Robotti osaa vastaanottaa ja suorittaa päätelaitteelta annettuja komentoja.	OK	Joonas Taivalmaa, Torsti Laine, Patrik Heinonen, Paavo Mattila. 3 tuntia.

Ominaisuus:

Robotin toiminnot voidaan lopettaa päätelaitteen käyttäjän toimesta.

Toiminto	Toteutuksen tila	Tekijä ja aika
Missä tahansa robotin toimintatilassa käyttäjä voi painaa käyttöliittymän hätäseis nappia. Hätäseis nappi pysäyttää robotin täysin.	OK	Joonas Taivalmaa. 0.5 tuntia.

Ominaisuus:

Robotti osaa seurata ja ampua "maalattua" kohdetta (EV3 kaukosäädintä).

Toiminto	Toteutuksen tila	Tekijä ja aika
Robotti seuraa havaitsemaansa majakkaa, ja pyrkii saamaan kohteen tykin ampuma-alueelle.	OK	Torsti Laine, 2,5h
Saatuaan majakan ampuma-alueelle, torni ampuu sitä kohti kolmen ammuksen sarjan.	OK	0,5h

Ominaisuus: Robotti osaa ampuessaan saman aikaisesti ladata seuraavan ammuksen lippaasta syöttösillalle. (mekaaninen)		
Toiminto Keskikokoinen moottori liikuttaa syöttöpaalua, joka puolestaan työntää ammuksen pyörän kiihdyttäväksi.	Toteutuksen tila OK	Tekijä ja aika Torsti Laine, 10h
Sama moottori saman aikaisesti liikuttaa myös akselia, joka syöttää lippaasta uuden ammuksen syöttösillalle juuri ammutun tilalle.	OK	Torsti Laine, 10h

7.1 Käyttöliittymä

Robotin ohjaaminen toteutettiin tietokoneella graafisen käyttöliittymän avulla. Ohjelmoinnissa käytimme JavaFX:ää hyödyntävää Scene Builder-sovellusta. Käyttöliittymästä halusimme yksinkertaisen, sisältäen ainoastaan robotin ohjaamiseen tarvittavaa tietoa.

Jokaiselle toimintotilalle luotiin oma nappi, kuten myös käyttäjätilassa robotin kääntämiselle ja ampumiselle. Tämän lisäksi datayhteyden luomiselle ja robotin pysäytykselle haluttiin oma nappi.

Robotin ollessa käyttäjätilassa, käyttäjä voi halutessaan painaa hiiren nappulaa kartalla, joka sijaitsee komentonappien yläpuolella. Tämä kääntää robotin haluttuun suuntaan ja säättää tykin korkeuskulmaa sen perusteella, kuinka kaukana valittu piste on kartan keskipisteestä. Robotin kääntyminen toteutettiin suoraan myös siten, että käyttäjä voi antaa tekstikenttään arvoltaan positiivisen tai negatiivisen asteluvun ja robotti kääntyy painamalla Turn-nappia joko myötä-, tai vastapäivään syötetyn asteluvun verran (Kuva 1).



Kuva 1. Robotin etäkäyttöliittymä

Robotin ampumiskäskyt ovat sallittuja ainoastaan käyttäjätilassa. Taulukko 1 osoittaa eri painikkeiden toiminnot eri tiloissa.

	Fire	Burstfire	Scanner mode	User mode	SnD mode	Stop	Connect	Turn
Valvontatila	- (Antaa virheilmoituksen)	- (Antaa virheilmoituksen)	-	Käynnistää käyttäjätilan	Käynnistää SnD-tilan	Lopettaa toiminnan ja sammuttaa robotin	-	-
Käyttäjätila	Ampuu yhden ammuksen	Ampuu kolme ammusta	Käynnistää valvontatilan	-	Käynnistää SnD-tilan	Lopettaa toiminnan ja sammuttaa robotin	-	Kääntyy tekstikenttään syötetyn asteluvun
SnD-tila	- (Antaa virheilmoituksen)	- (Antaa virheilmoituksen)	Käynnistää valvontatilan	käynnistää käyttäjätilan	-	Lopettaa toiminnan ja sammuttaa robotin	-	-
Valmistautumistila	-	-	-	-	-	-	Luo yhteyden, aloittaa valvontatilan	-

Taulukko 1. Etäkäyttöliittymän painikkeiden toiminnot

8 Robotin käyttöohje

Robotin käyttöohjeita tulee noudattaa järjestelmällisesti ja äärimmäisen tarkasti. Mikäli robottia on käytetty muulla, kuin näissä ohjeissa annetulla tavalla, raukeaa robotin takuu välittömästi, eikä väärinkäytöstä aiheutuneita kuluja korvata käyttäjälle.

8.1 Alkutoimet

Robotti luo ympärilleen IR-anturin toimintaetäisyyden kattavan valvontatilan. Tämän tilan tulee olla vapaa vieraista esineistä. Ammukset lentävät huomattavasti valvontatilaa pidemmälle, joten varmistu myös alueen turvallisuudesta n. 5 m säteellä. Robottia ei saa käyttää ilman suojalaseja, eikä ilman suojalaseja saa alittaa 10 metrin varoaluetta! Väärinkäyttö saattaa aiheuttaa välittömän kuoleman!

8.2 Robotin käyttöohje

Kun robotti on käynnistetty ja ohjelman suoritus alkanut, käyttäjäpääätteeltä ajetaan GuardTowerApp. Käyttäjän tulee ensimmäiseksi painaa Connect-painiketta, jolloin ohjelma luo yhteyden robotin ja käyttöpääteen välille. Robotti siirtyy tämän jälkeen valvontatilaan. Käyttöliittymässä on painikkeet eri toimintatiloihin siirtymiselle. Käyttäjäohjaustilassa I. user mode, käyttäjä voi painaa hiirellä karttaruudulta pistettä,

jolloin robotti kääntyy painettua koordinaattia kohti, ja asettaa korkeussuunnan keskipisteestä lasketun etäisyyden mukaisesti. Käyttäjätilassa voidaan myös käskää robottia ampumaan. Stop-painikkeella voidaan pysäyttää robotti, jolloin robotti sammuu, ja etäkäyttöliittymän suoritus loppuu.

9 Projektin yhteenveto

Projektin tarkoituksena oli tehdä konseptimalli itsenäisestä vartiotornista, jonka toimintoja pystyttäisiin laajentamaan modulaarisesti lisäämällä erilaisia käyttäytymismalleja ja yhdistelemällä olemassa olevia käyttäytymismalleja. Projekti onnistui erittäin hyvin sillä monista haasteista huolimatta onnistuimme toteuttamaan keskeisimmät suunnittelemistamme toiminnoista.

Yksi suurimmista haasteista liittyi vartiotornin rakentamiseen, erityisesti rakentamiseen kuluneeseen aikaan. Olimme alkusuunnittelussa keskittynyt pääasiassa robotin ohjelmalliseen puoleen, ja suunnitelleet aikataulumme sen mukaisesti. Hyvin pian aloitettuumme rakentamisen havaitsimme, että siihen todennäköisesti kuluu kolminkertainen aika, koska Legot eivät kestäneet tykin pyörän kiihdyttämiseen tarvittavan koneiston rasitusta, mikä johti siihen, että robottiin oli lisättävä huomattava määrä tukirakenteita. Rakentamisen pitkittyessä, taasen ohjelmiston testaaminen myöhästyi, koska kunnollista testi alustaa ei ollut tuolloin saatavilla.

Toisena haasteena oli matemaattisten laskutoimitusten asettaminen ohjelmistoihin. Ongelmaksi tässä nousi eritoten robotin kääntymiskulman laskeminen käyttäjän suoran ohjauksen aikana, ja se miten robotin nykyinen kulma selvitettiin lähtöpisteen avulla.

Haasteista huolimatta Guardtower 9001 saatiin valmiiksi ja täyteen toimintaan määrääjän puitteissa, ja toiminnot vastasivat suunniteltua erinomaisesti. Prototyyppimme osoittaa, että tämän kaltainen rakennelma kykenee tehokkaasti valvomaan anturiensa kentän sisäpuolella tapahtuvaa toimintaa, sekä kykenee tekemään päätöksiä antureista saamansa tiedon pohjalta.

Tärkeimpänä oppina projektista jäi käteen se, miten tärkeää on käyttää aikaa ennalta suunnitteluun, etenkin mahdollisten ongelmien syvälliseen käsittelyyn, koska ilman tarkkaa ja paikkaansa pitävää aikataulua, on hankala koordinoida ryhmän sisäistä toimintaa tehokkaasti.