

Liikkuvien robottien paikallinen esteenväistö ja liikkeensuunnittelu

Konsta Hölttä

9.12.2010

Robotti

- Automaattisesti toimiva kone
- Tässä yhteydessä: itsestään ajava työväline tai ajoneuvo
- Kun robotti liikkuu itsestään, sen on myös väistettävä esteitä automaattisesti
- Robotti pidetään ohjauskäskyillä konfiguraatioavaruudessaan ja poissa sen reunoilta eli esteiden lähistöltä

Tutkimusrobotti



Real World Interface B21 -tutkimusrobotti labraympäristöön.
Chakravarthy, A. ja Ghose, D. Obstacle avoidance in a dynamic environment: A collision cone approach

Vihivaunu



Roclan AGV (automated guided vehicle). Lokalisointi maamerkeillä ja lasereilla sekä esteiden (ihmisten) etähavainnointi tutkilla.

<http://www.kiit.ru/images/stories/rocla/agv%20rocla%20russia.jpg>

HMMWV



"High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle", Humvee, varustettuna laserskannerilla, videokameroilla ja gps:llä. Tutun näköinen? Siviiliversio on Hummer.

Kelly, A. An intelligent, predictive control approach to the high-speed cross-country autonomous navigation problem

RAVON



Robust Autonomous Vehicle for Off-road Navigation. Haastavaan maastoon suunniteltu robotti 3d-laserskannerilla ja stereonäöllä. Schäfer H ym. Stereo-Vision-Based Obstacle Avoidance in Rough Outdoor Terrain

Audi RSQ



Konseptiauto scifielokuvasta I, Robot. Ohjaajana autopilotti, johon tosin päähenkilö ei luottanut.

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Audi_study.JPG

Roomba



Automaattinen pölynimuri; jo nykyaikaa! Väistää esteet vasta niihin törmättyään.

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Roomba3g.jpg>

Liikkeesuunnittelu

- Robotin ohjaaminen liittyy aina ennalta suunniteltuun reittiin
- Globaali: kartta tiedossa ennalta; ei sinänsä väistettä mitään vaan lasketaan optimaalinen reitti
- Lokaali: reitillä havaittiin este johon törmääminen pitää nopeasti estää
- Tässä työssä keskityttiin lokaaliin tilanteeseen

Esteenväistö

- Yksinkertaistettuna: robottia ohjaavassa tietokoneessa pyörii havaitse-suunnittele-toimi-silmukka
- Anturointi: vaikka laserskannaus tai konenäkö
- Anturoinnin pohjalta saadaan rakennettua (lokaali) kartta
- Parsitaan kartasta esteet ja tehdään väistösuunnitelma
- Ohjataan robottia suunnitelman mukaisesti, kunnes alkaa uusi kierros

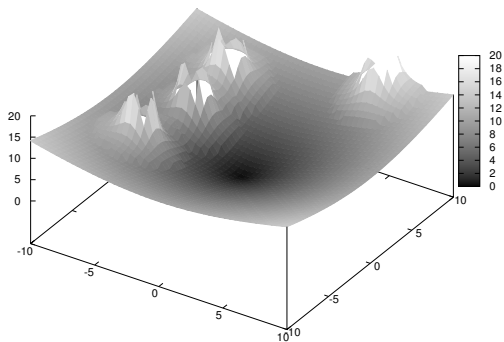
Havainnointi

- Monesti ympäristöä havainnoidaan tutkaamalla ultraäänellä tai laserilla
- Nämä tuottavat pistemäisiä etäisyysmittauksia
- Tieto ympäristöstä kannattaa säilöä jonnekin jatkokäsittelyä varten (varausruudukko)
- Monimutkaisemmat algoritmit tulkitsevat kamerakuva suoraan virtana

Potentiaalikenttä

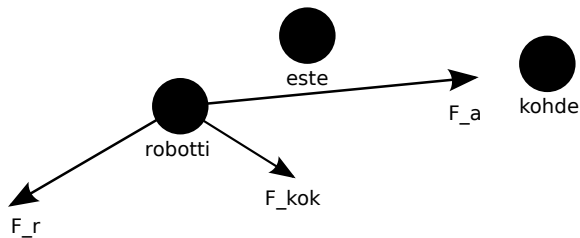
- Kohde ja esteet aiheuttavat virtuaalisia potentiaalikenttiä
- Magneetteina ajateltuna: päämääräpiste vetää robottia puoleensa, esteitä vastaavasti hyljitään
- Maastokarttana: päämäärä on matalin kuoppa, esteet pieniä vuoria
- Potentiaalifunktioiden aiheuttamat voimat lasketaan niiden gradientteista (vektoreita)
- Voimat summataan yhteen ja kokonaisvoimalla kiihdytetään robottia oikeaan suuntaan

Potentiaalikartta



Potentiaalfunktioiden summan suuruudesta korkeuskartta. Tavoite keskellä ja neljä estettä ympärillä.

Voimavektorit



Kohteen ja yhden esteen aiheuttamat voimat: F_r repulsiivinen, F_a attraktiivinen ja F_{kok} kokonaisvoima. Robottia kiihdytetään vektorin F_{kok} suuntaan.

Ongelmia

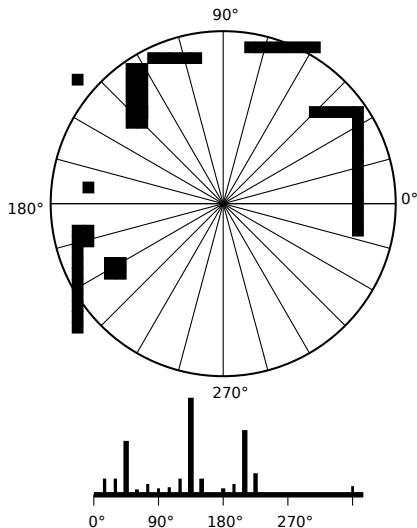
- Lokaali minimi: jumiudutaan paikalliseen kuoppaan jonka keskellä voimat kumoutuvat
- Värähtely lähekkäisistä seinistä: ohjaussignaalia pitäisi filtteröidä tai jalostaa muuten
- Kapeat välit: robotti juuri ja juuri mahtuisi, mutta molemmat reunat työntävät pois päin

VFH

- Vektorikenttähistogrammi, vector field histogram
- Anturien tieto kerätään taulukkoon
- Jaetaan robotin lähialue sektoreihin
- Summataan esteinformaatio sektoreittain
- Käydään sektorit läpi ja kuvataan ne histogrammiin
- Tulkitaan histogrammista matalin laakso lähinnä nykyistä suuntaa

Ruudukko ja histogrammi

Robottikeskeisestä ympyrästä katsotaan kullekin sektorille osuvat arvot varausruudukosta ja rakennetaan niistä histogrammi.



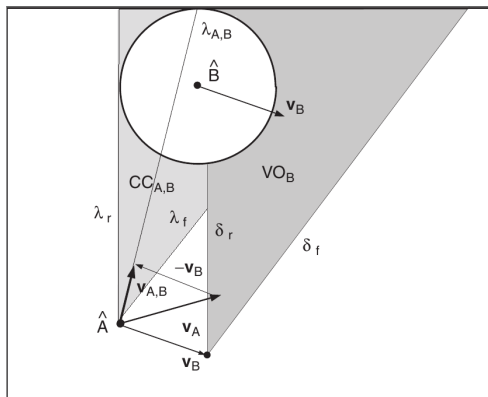
VFH:n laajennukset

- VFH+: teknisiä parannuksia histogrammin laatimisessa
- Lisäksi otetaan huomioon robotin kaarevuussäde
- Käytetään vielä hyvyysfunktia suunnan valitsemiseen
- VFH*: A* avuksi suuntakandidaatin valinnassa, jolloin ei käännytä umpikuiiin (mikäli siitä on tietoa etukäteen)

Nopeuseste

- Robotti mallinnetaan pisteeksi ja esteet ympyröiksi
- Esteiden nopeudet, kulkusuunnat ja sijainnit tunnettava
- Esteiden ja robotin nopeuseroista määritetään sallitut nopeusvektorit
- Tietyillä nopeuksilla robotti ja este ovat väistämättä törmäyskurssilla
- Robotin maksimikiihtyvyys on huomioitava uuden nopeuden valinnassa

Nopeuseste



Robotti A, este B, törmäyskeila CC, nopeuseste VO.

Prassler, E. ym. A robotics wheelchair for crowded public environment

Kinematiikan rajoitteita

- Robotti ei ole oikeasti pistemäinen eikä välttämättä edes approksimoitavissa sellaiseksi
- Massalla on hitautta eikä robotti käänny välittömästi
- Pyörät eivät aina voi aikaansaada kiihtyvyyttä mihin tahansa
- Ratti ohjaa autoa aina ympyrän kaarella

Tilannekohtainen heuristiikka

- Erikoistapauksia intuitiolla tai nopeita reaktioita ”selkärangasta”; myös sumeaa logiikkaa
- Tuntosarvityyliset hätäkytkimet: este jäi muilta havaitsematta
- Hätäjarrutus yhtäkkisistä muutoksista
- Kaistanvaihto ajotiellä
- Erityiset risteystilanteet tai muu väistäminen

Konenäkö

- Kokonaan oma tieteenalansa
- Usein yhdistettynä syvyysnäköön 3d-laserskannereilla
- Epäjatkuvuudet syvyyssiedossa ja väreissä
- Kappaleet ja suunnat havaitaan peräkkäisten kuvien samankaltaisuuksista
- Korkea resoluutio muihin verrattuna

Yhteenveto

- Useita menetelmiä eri tarpeisiin
- Vanhimmat väistömetodit teoreettisia ja abstrakteja, tarvitsevat toisinaan vähän viilausta ja huijausta
- Ulkotilat haastavia
- Konenäkö kehitymässä
- Tulevaisuuden ala, sovellettavissa vaikka mihin