

Konsta Hölttä

**Esteenväistö- ja
liikkeensuunnittelumenetelmät liikkuville
roboteille**

Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta

Kandidaatintyö

Espoo x.y.2010

Vastuupettaja:

TkT Ilkka Seilonen

Työn ohjaaja:

TkT Jari Saarinen



Aalto-yliopisto
Teknillinen korkeakoulu

Tekijä: Konsta Hölttä

Työn nimi: Esteenväistö- ja liikkeensuunnittelumenetelmät liikkuville roboteille

Päivämäärä: x.y.2010

Kieli: Suomi

Sivumäärä:5+7

Tutkinto-ohjelma: Automaatio- ja säätötekniikka

Vastuuopettaja: TkT Ilkka Seilonen

Ohjaaja: TkT Jari Saarinen

Tutkitaan menetelmiä liikkuvien robottien reaaliaikaiseen esteenväistöön ja lokaaliin liikkeensuunnitteluun dynaamisessa ympäristössä.

Eritellään eri anturointitekniikoita, niihin soveltuvia esteentunnistusalgoritmeja ja ohjausmenetelmiä maaliin pääsemiseksi osumatta ympäristön yllättäviin muutoksiin.

Avainsanat: taika, musta magia, ydinfysiikka, rajatiede

Esipuhe

Glxbt. Huu haa, foo bar.

Otaniemi, x.y.2010

Konsta Hölttä

Sisältö

Tiivistelmä	ii
Esipuhe	iii
Sisällysluettelo	iv
Symbolit ja lyhenteet	v
1 Johdanto	1
2 Taustatutkimus	2
3 Navigointi ja liikkeensuunnittelu yleisesti	3
4 Esteenväistömenetelmiä	4
4.1 Potentiaalikenttä	4
4.2 Histogrammit	4
4.3 Puumenetelmät	4
4.4 Neuroverkot	4
4.5 Konenäkö	4
5 And now for something completely different	5
6 Yhteenveto	6
Viitteet	7

Symbolit ja lyhenteet

Lyhenteet

VFH	vector field histogram
DWA	dynamic window approach
AGV	automated guided vehicle
RRT	rapidly-exploring random tree

1 Johdanto

Liikkuva robotti, esteenväistö ja liikkeensuunnittelu ovat sellaisinaan hyvin laajoja käsitteitä. Tämän tekstin tarkoituksena on kartoittaa eri menetelmiä eri ympäristöihin, painottuen kuitenkin erityisesti ulkotiloissa maanpinnalla vaihtelevassa ympäristössä kulkeviin robotteihin. Tässä (ja myöhemmin) robotilla tarkoitetaan itenäisesti liikkuvaa ajoneuvoa, kuten AGV:tä, eikä kiinteästi asennettavia robotteja kuten manipulaattorikäsivarsia.

Lokaaliin anturipohjaiseen esteenväistöön on luonnollisesti monia eri menetelmiä, joiden hyödyllisyys ja soveltuvuus riippuu robotin ympäristöstä ja anturien laadusta. Universaalia kaikkialle sopivaa lokaalia esteenväistöä ei ole olemassa. On tosin monia yleisiä menetelmiä (potentiaalikenttä, neuroverkot, satunnaispuut, jne, TODO: parit referenssit tähän), tilannekohtaista heuristiikkaa sekä myös niistä osittain jalostettuja kehittyneempiä tapoja (VFH jne) kartoittamalla heikkoudet ja soveltamalla tiettyyn ympäristöön; monia on testattu käytännössä ja jotkut ovat jääneet vain kaavoiksi.

Globaalia liikkeensuunnittelua (kartta tiedossa etukteen jonka mukaan reitti suunnitellaan) sivutaan myös hieman. Teksti keskittyy kuitenkin yhtäkkisten, odottamattomien esteiden havaitsemiseen ja väistämiseen kun jonkinlainen reitti on tiedossa ennalta – aiemmin tarkasti suunniteltu mutkineen ja risteyksineen, tai summittainen ohje luokkaa "50 metri pohjoiseen". Reitin ja/tai ympäristön muutoksia saatetaan myös päivittää robotille reaaliajassa.

Aina ei välttämättä voida saada mitään ennakkotietoa ympäristöstä, jossa robotti kulkee; tällin tieto pitää kartoittaa matkan varrella. Jatkossa keskitytään jonkinlaiseen kompromissiin täysin ennalta suunnitellun kartta/reitti-yhdistelmän ja tyhjältä päydltä lähtemisen väliltä.

Esteitä on havainnoitava jatkuvasti ja niit voi väistää vasta havaitsemisen jälkeen. Yleisiä havainnointimenetelmiä ovat ultraäänianturit, laserskannerit ja konenäkö. Hyvillä menetelmillä anturointi onnistuu jatkuvasti; toisilla robotti joutuu välillä pysähtymään mittauksia varten.

Esteiden ohi selviämisen lisäksi robotin on pysyttävä reitillään ja sen on jotenkin saatava tietoa sijainnistaan ja suunnastaan. Tämäkin riippuu robotin antureista ja niiden sopivuudesta ympäristöön. Yleisesti käytettyjä tapoja paikannukseen ovat mm. odometria, maamerkit, gps, radiomajakat ja näkyvien seinien/maanmuotojen vertaaminen karttaan. Kaikki tavat ovat tosin jossain määrin eptarkkoja, joten virhearviot on otettava huomioon ja mielellään käytettävä useampaa tapaa rinnakkain.

TODO: kielioppi; filttteri: tajunnanvirta -> tiede.

2 Taustatutkimus

Aluksi on perehdyttävä tarkemmin aiheen käsitteisiin: mitä tarkoitetaan reitillä ja sen suunnittelulla? Mitä esteitä ylipäättään reitillä voi olla, ja millä tavoin niihin on suhtauduttava? Millaiset (matemaattiset) menetelmät robotin navigoinnin takana yleensä ovat?

Paljon tutkimusta on tehty [1] ja sitä tätä.

3 Navigointi ja liikkeensuunnittelu yleisesti

4 Esteenväistömenetelmiä

4.1 Potentiaalikenttä

Keinopotentiaalikentät (artificial potential functions, artificial potential fields) ovat vanha [6] mutta usein (sellaisenaan tai toisen navigointitavan pohjana) käytetty väistömenetelmä. Mitään oikeita fysikaalisia voimia nämä kentät eivät tuota robotille, jolloin kenttiä sanotaan keinotekoisiksi.

Tekniikan idea on, että reitin kohde aiheuttaa robottiin voiman kohdetta päin tai reitin suuntaisesti. Jokainen lähistöllä oleva este vaikuttaa robotin potentiaalikenttään joka kokonaisuudessaan saa robotin hylkimään esteitä – mitä lähemmäs estettä siirrytään, sitä suuremman "voiman" potentiaali aiheuttaa suoraan esteestä poispäin.

Potentiaalikenttiä käytetään myös robottimanipulaattoreilla, mutta ne soveltuvat liikkuvillekin roboteille. [8]

[7]

4.2 Histogrammit

Borestein ja Koren toteavat potentiaalikentät riittämättömiksi ja esittävät niihin pohjautuvan virtual force field -menetelmän [5] ja siitä edelleen kehittyneen vector field histogram -tekniikan [2]. Virtuaalinen voimakenttä perustuu liukuvaan robotin mukana kulkevaan ruudukkoon, johon lasketaan varmuusarvoja esteistä. Vektorkenttähistogrammi jalostaa tätä eteenpäin rakentamalla ruudukosta kulmapohjaisen histogrammin.

Tämä tapa soveltuu erityisesti häiriöiseen ja epävarmaan mittaukseen, ja sitä onkin testattu ultraäänisensoreilla joihin liittyy lähes ominaisesti tietynlaista häiriötä.

4.3 Puumenetelmät

(Execution extended) Rapidly-exploring random tree [3] käyttää hyväkseen jo olemassaolevaa dataa ajoympäristöstä.

4.4 Neuroverkot

4.5 Konenäkö

Konenäkö yleisesti soveltuu hyvin sisätiloissa seinien ja yksinkertaisten geometrioiden havainnointiin [4, s. 245]. Ulkotiloissa sisätilojen kaltaisia käytäviä ja huoneita ei ole, jolloin vastaavat menetelmät eivät ole suoraan käytettävissä; tosin mikäli edessä on helposti samanlaista materiaalia kuten puita tai suora autotie [4, s. 255], toimii menetelmä hyvin.

5 And now for something completely different

Foo

6 Yhteenveto

Bar

Viitteet

- [1] F. Bonin-Font, A. Ortiz, and G. Oliver. Visual navigation for mobile robots: A survey. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 53(3):263–296, 2008.
- [2] J. Borenstein and Y. Koren. The vector field histogram-fast obstacle avoidance for mobile robots. *Robotics and Automation, IEEE Transactions on*, 7(3):278–288, 2002.
- [3] J. Bruce and M.M. Veloso. Real-time randomized path planning for robot navigation. In *RoboCup 2002: Robot Soccer World Cup VI*, pages 288–295. Springer, 2003.
- [4] G.N. DeSouza and A.C. Kak. Vision for mobile robot navigation: A survey. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 24(2):237–267, 2002.
- [5] Y. Koren and J. Borenstein. Potential field methods and their inherent limitations for mobile robot navigation. In *Proceedings of the IEEE international conference on robotics and automation*, volume 2, pages 1398–1404. Citeseer, 1991.
- [6] E. Rimon and D.E. Koditschek. Exact robot navigation using artificial potential functions. *IEEE Transactions on robotics and automation*, 8(5):501–518, 1992.
- [7] P. Vadakkepat, K.C. Tan, and W. Ming-Liang. Evolutionary artificial potential fields and their application in real time robot path planning. In *Evolutionary Computation, 2000. Proceedings of the 2000 Congress on*, volume 1, pages 256–263. IEEE, 2002.
- [8] C.W. Warren. Global path planning using artificial potential fields. In *Robotics and Automation, 1989. Proceedings., 1989 IEEE International Conference on*, pages 316–321. IEEE, 2002.