

## AS-84.3127 Paikannus- ja navigointimenetelmät

Tentti 7.3.2007

Tentissä on lupa käyttää T. Pentikäinen, Matematiikan kaavoja tai MAOL matematiikan taulukot kaavakokoelmaa.

1.) Tavoitteena on mitata Suomen teiden NE-koordinaatit GPS paikannusta ja autoa käyttäen. Mitä antureita tarvitaan, jotta satelliittien katvealueilla voitaisiin navigoida keskeytyksettä. Kuvaile miten eri menetelmillä laskettu reitti yhdistetään luennolla esitetyn materiaalin perusteella. Selosta myös jälkiprosessointi. (6p)

2.) Määritä diskreetit liikeyhtälöt pohjois-eteläsuuntaisessa kompassi-koordinaatistossa ohessa esitetylle ”differential drive” tyyppiselle robottialustalle. Tarkastele erikseen suoraa liikettä ja pelkkää kääntymistä. Liikeyhtälöt kuvaavat robotin vetävien pyörien akselin keskipisteen (kuvassa: Centerpoint C) paikkakoordinaattien  $(x_i, y_i)$  ja suuntakulman  $\theta_i$  muuttumista ajan funktiona. Oikeanpuoleisen ja vasemmanpuoleisen vetävän pyörän diskreetointivälillä pyörimää matkaa merkitään  $\Delta U_R$ :llä ja  $\Delta U_L$ :llä. (6p)

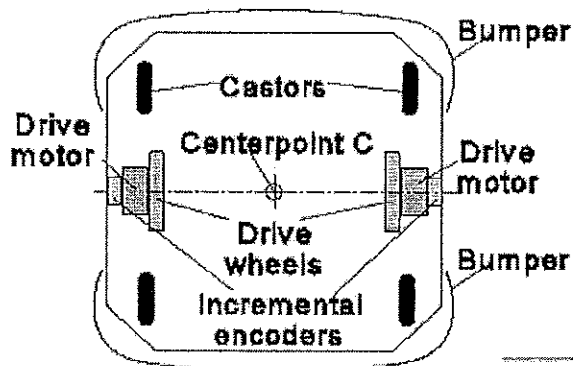


Figure 1.6: A typical differential-drive mobile robot (bottom view).

3.) Laadukkaan kiihtyvyyssanturin kohinan keskihajonta on 2 mV ja 10 V lukema vastaa kiihtyvyyttä 10 m/s<sup>2</sup>. Laske Riccatin yhtälöä käyttäen kiihtyvyydestä integroidun paikan keskihajonta ajan funktiona. (6p)

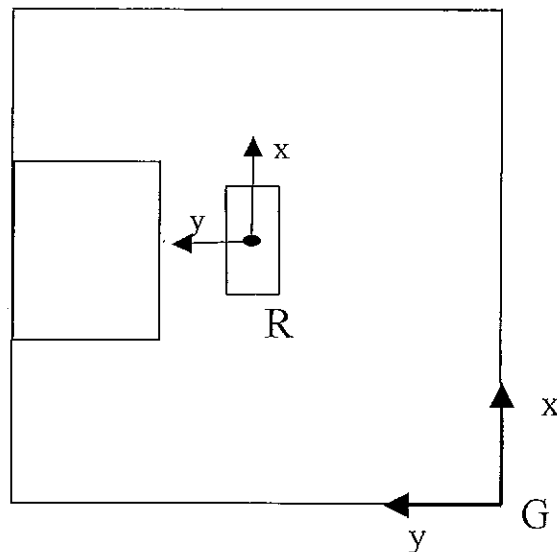
$$dx/dt = A * x + w \quad E\{w * w^T\} = Q$$

Riccatin yhtälö:

$$dP/dt = A * P + P * A^T + Q$$

4.) Alla olevassa kuvassa on esitetty robotti, jonka toimintaympäristönä on huone. Huoneen nurkkaan on liitetty referenssikoordinaatisto G, jonka suhteen robotti määrittää paikkakoordinaattinsa sekä suuntakulmansa referenssikoordinaatiston x-akselista myötäpäivään

- a) Selosta sanallisesti miten robottiin kiinnitetyn, tasossa mittaavan laserskannerin peräkkäisistä etäisyysmittauksista lasketaan kulmahistogrammi (Angle Histogram, s.181) vastaten kuvassa esitettyä robotin paikkaa ja asentoa. Robotin skannaussektori on 180 astetta robotin y-akselin suunnasta alkaen myötäpäivään. (3p)
- b) Selosta sanallisesti miten x- ja y-koordinaattien suuntaiset etäisyys histogrammit määritetään sen jälkeen kun laserin osumapisteiden x- ja y-koordinaateista on ”kompensoitu” a)-kohdassa määritetty kiertokulman vaikutus pois.(3p)



5.) Junan veturi liikkuu suoraa kiskoja pitkin, joten vapausasteita on yksi. Veturin tilasuureina ovat paikka ja nopeus. Kirjoita kaksi differentiaaliyhtälöä Kalman suodinta varten, jotka kuvaavat veturin tiloja. Junan paikkaa ja nopeutta voidaan mitata GPS vastaanottimella 1 Hz taajuudella. Kirjoita myös diskreetti matriisimuotoinen mittausyhtälö Kalman suodinta varten. Veturin kiihtyvyyden keskihajonta on  $0,5 \text{ m/s}^2$ . GPS paikkamittauksen virheen keskihajonta 5 m ja nopeusmittauksen keskihajonta on 0,1 m/s. Kirjoita diskreetin mittausmallin ja jatkuva-aikaisen tilamallin virheiden diagonaaliset kovarianssimatriisit. (6p)