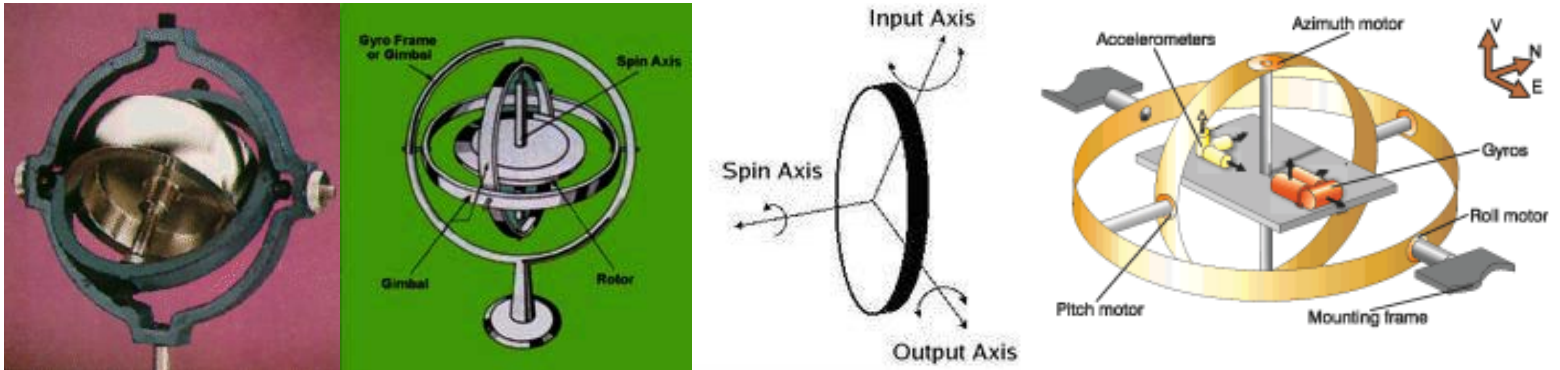




Integração de Sistemas de Navegação Inercial no Sistema de Navegação em Veículo Autónomo Terrestre

Giroscópio

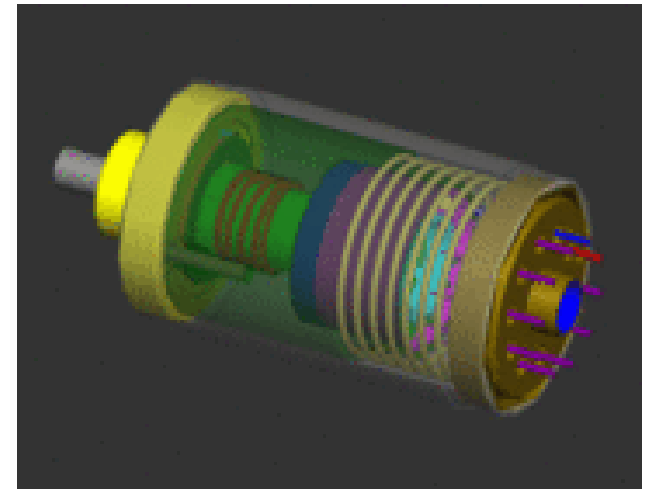


- Dispositivo para medir e manter a orientação, baseado no princípio da conservação do momento angular. Na física isto é denominado por inércia do giroscópio.

Acelerómetros

Tipos de acelerómetros:

- Piezo-film
- Surface Micromachined Capacitive (MEMS), Analog Devices, Motorola
- Thermal (submicron CMOS process), MEMSIC
- Bulk Micromachined Capacitive, VTI Technologies Oy
- Bulk Micromachined Piezo Resistive
- PiezoElectric
- Null-Balance
- Strain Gage
- Resonance
- Magnetic Induction
- Optical
- Surface Acoustic Wave (SAW)





Hodometria

Os erros sistemáticos são causados basicamente por incertezas nos parâmetros geométricos utilizados para calcular a posição e orientação do robot.

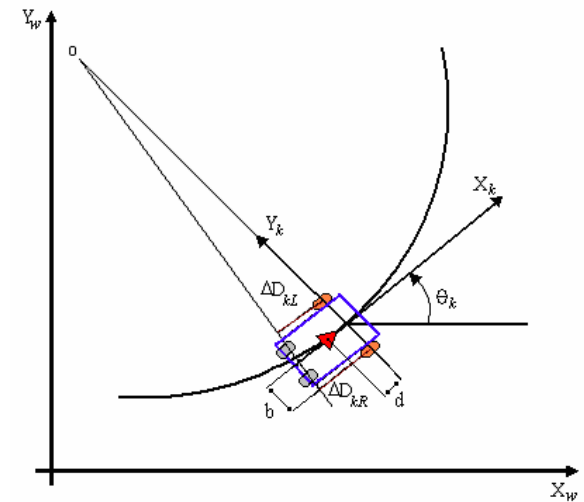
Algumas das causas deste tipo de erro são:

- a diferença entre o diâmetro nominal médio e o diâmetro real das rodas;
- a diferença entre os diâmetros médios das duas rodas de tracção;
- a diferença entre a distância entre rodas nominal e real;
- incerteza quanto à base de contacto das rodas (provocado por base de contacto das rodas desigual);
- resolução limitada do encoder;
- taxa de amostragem limitada do encoder;
- mau alinhamento das rodas.

Hodometria

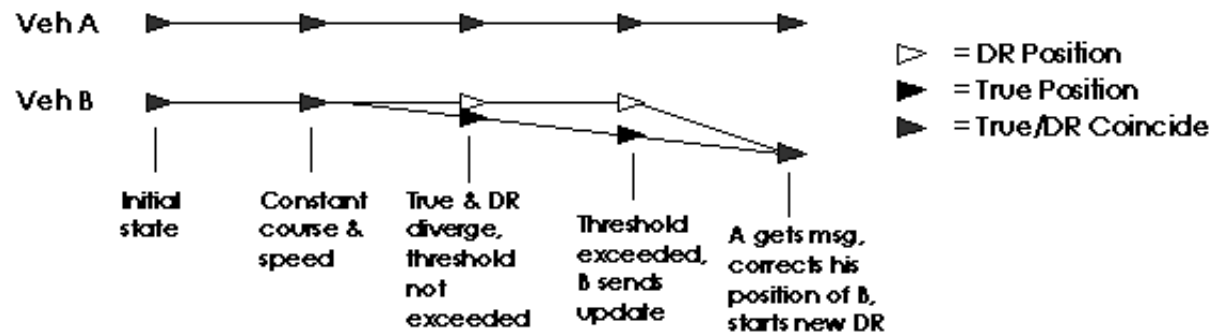
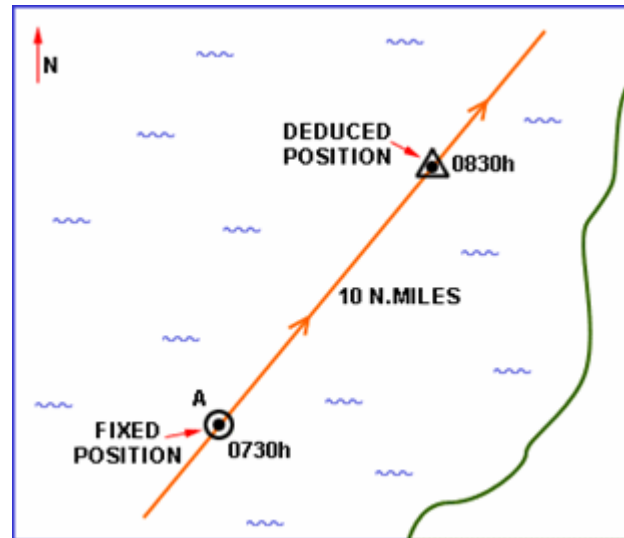
Os erros aleatórios ocorrem devido:

- salto sobre piso irregular;
- salto sobre objecto inesperado no piso;
- escorregamento das rodas, provocado por:
 - imperfeições no solo;
 - substâncias viscosas;
 - aceleração excessiva;
 - derrapagem nas curvas;
 - forças externas
(interacção com corpos externos);
 - base de contacto das rodas desigual.



Dead reckoning

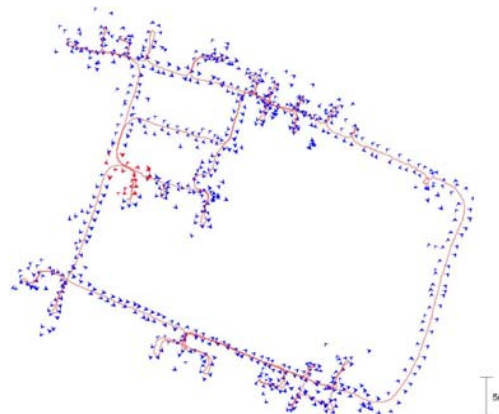
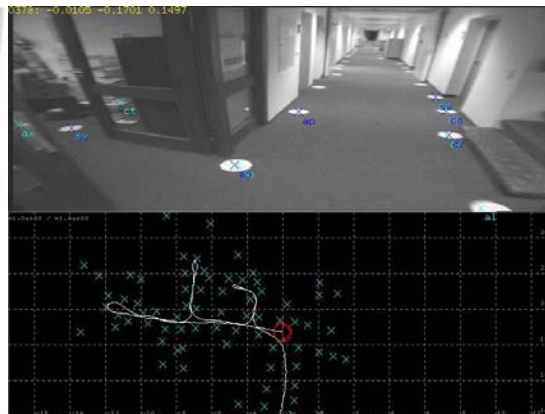
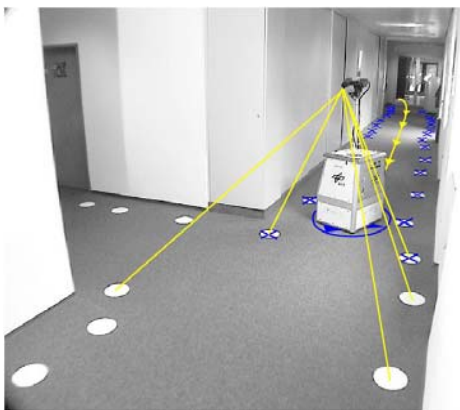
Processo de estimação da posição de um veículo utilizando uma posição conhecida através da trajectória, velocidade, tempo e distância a percorrer.





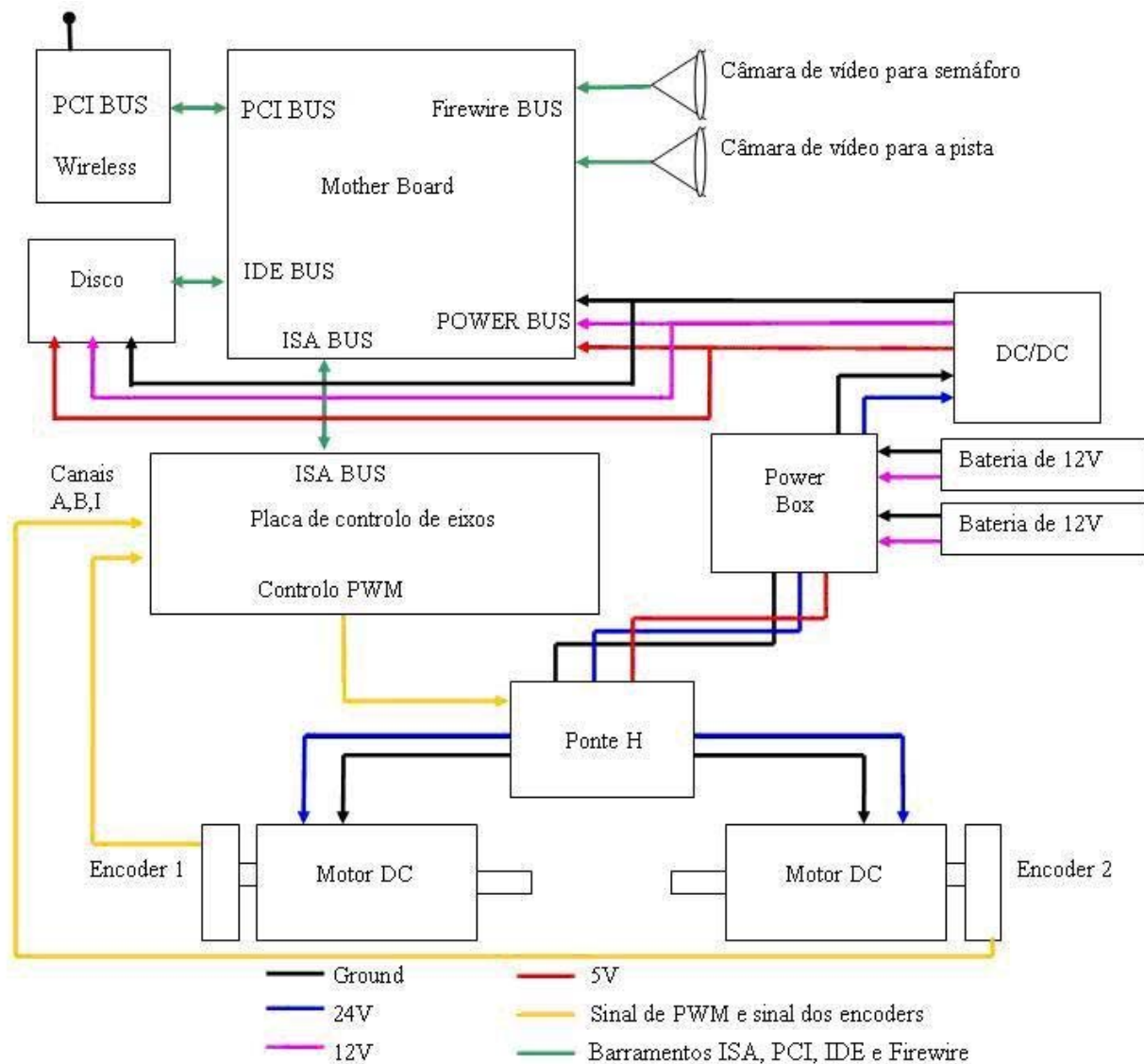
Simultaneous localization and mapping

Técnica utilizada para construir um mapa de um cenário desconhecido, ao mesmo tempo que regista os dados do seu posicionamento.



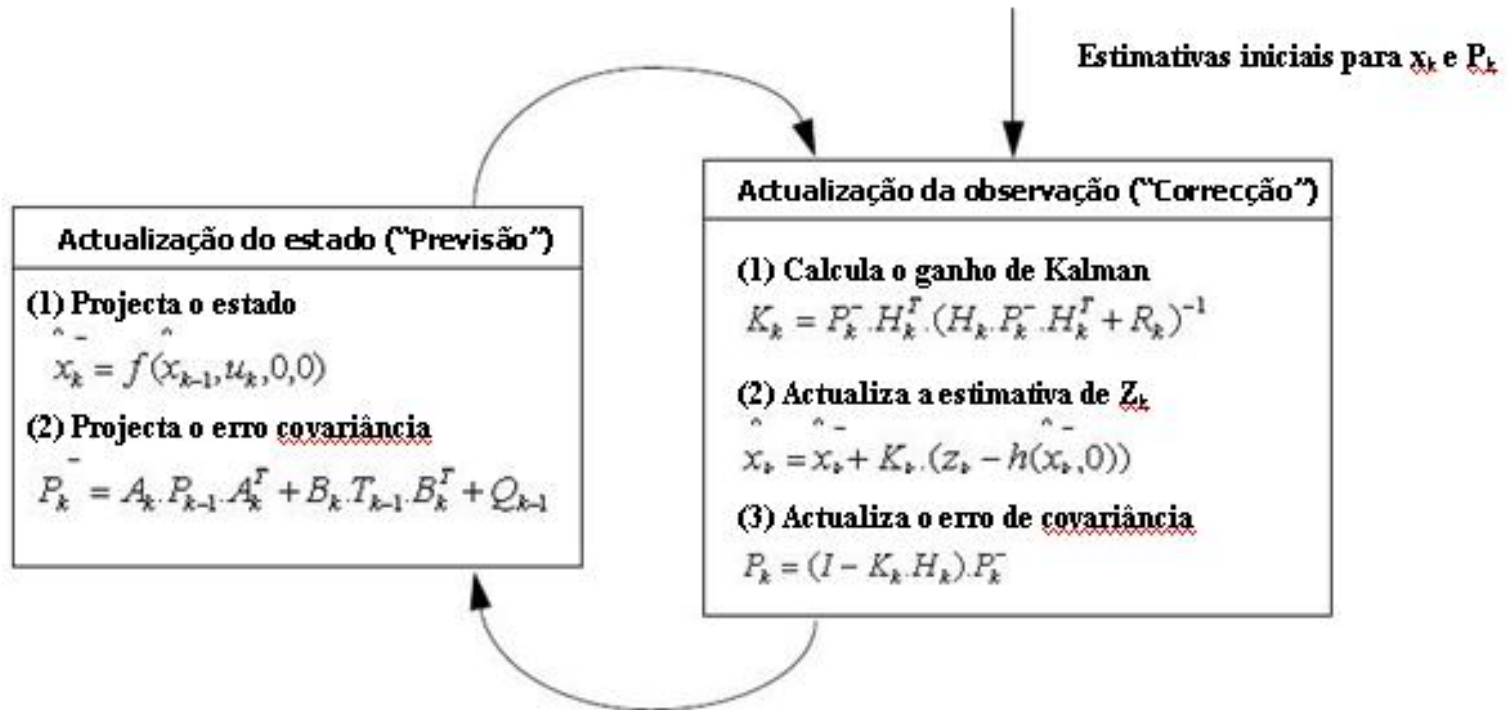


Descrição do hardware do Robot





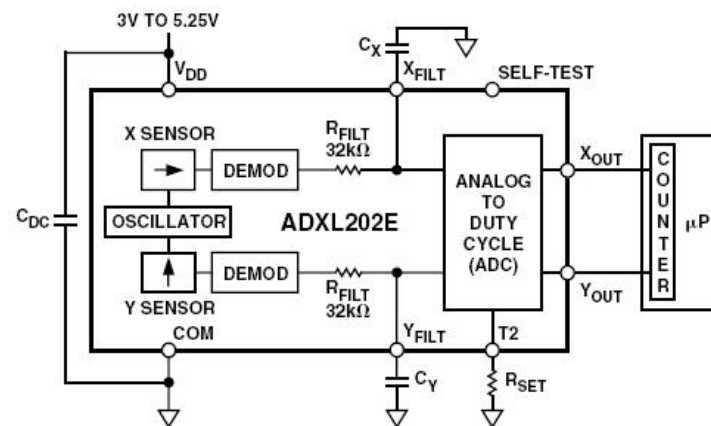
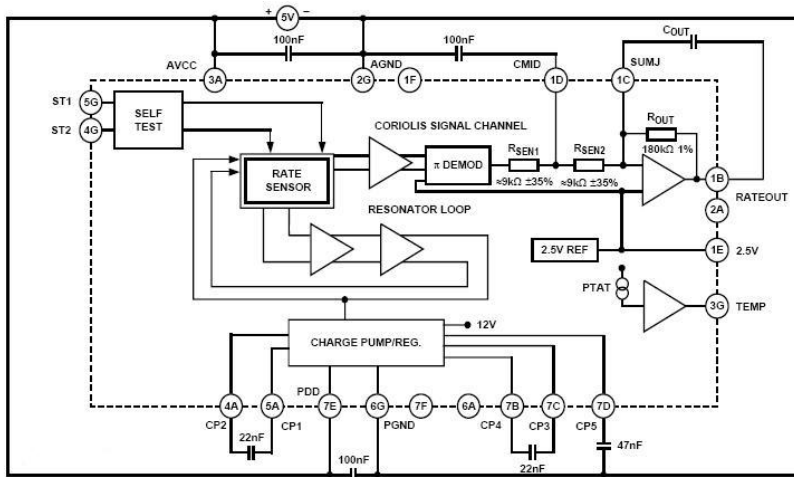
Filtro de Kalman





Análise de Requisitos

	ADXR5150	ADXR5300	ADXL202E
Ruído (a 25°C)	0.05 °/s/√Hz	0.1 °/s/√Hz	200 μg/√Hz rms
Taxa de amostragem	*	*	Ajustável de 0.5ms – 10ms



Estudo das alternativas para integração inercial

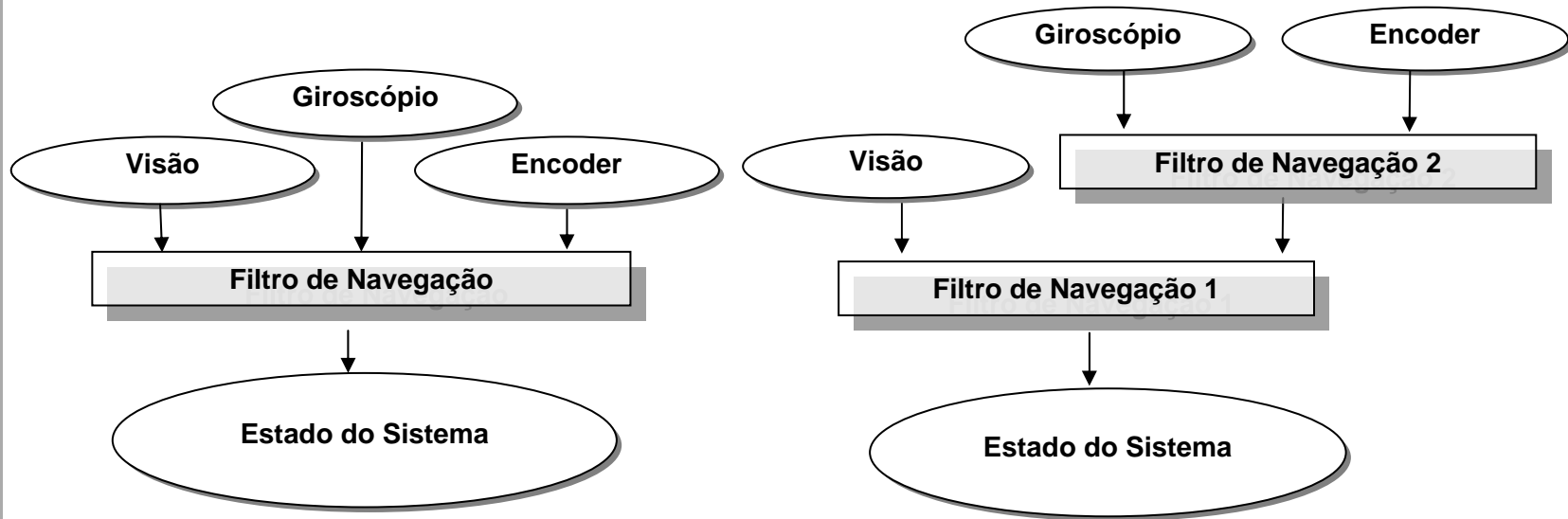
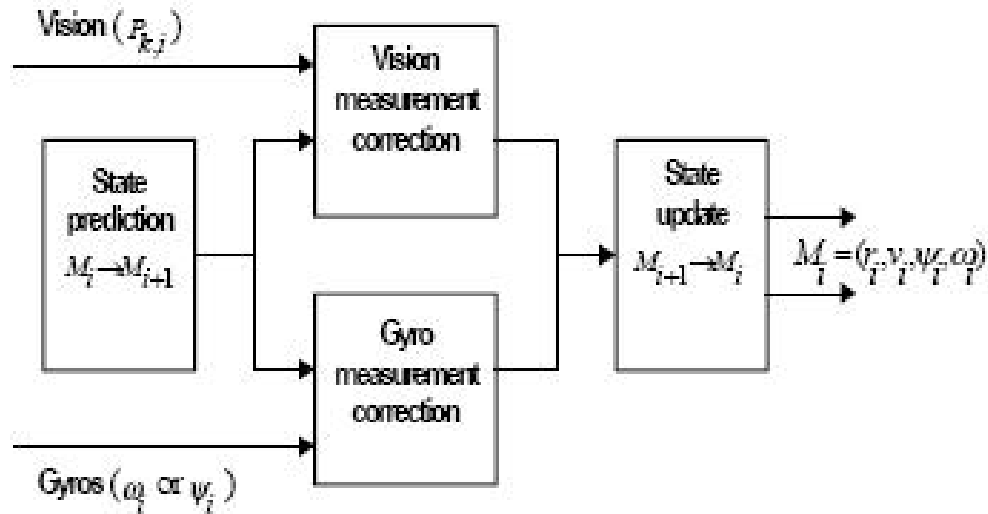


Diagrama de blocos do funcionamento da integração inercial usando um ou dois filtros de Kalman

Método 1



Representação esquemática do filtro de navegação

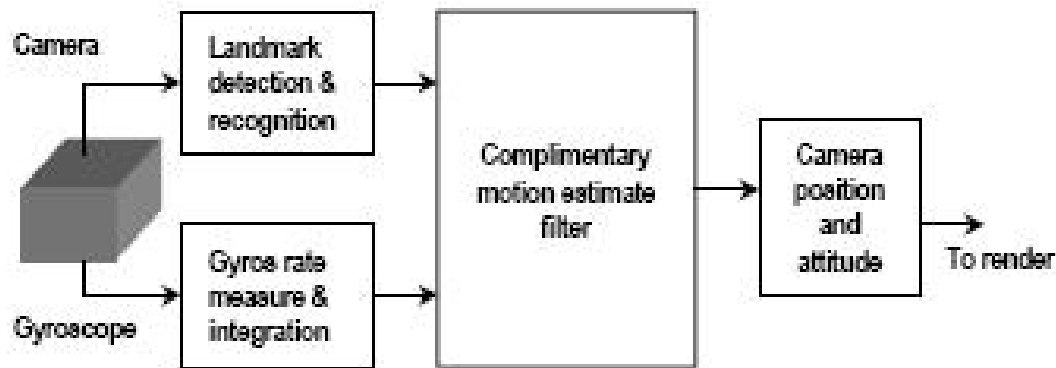
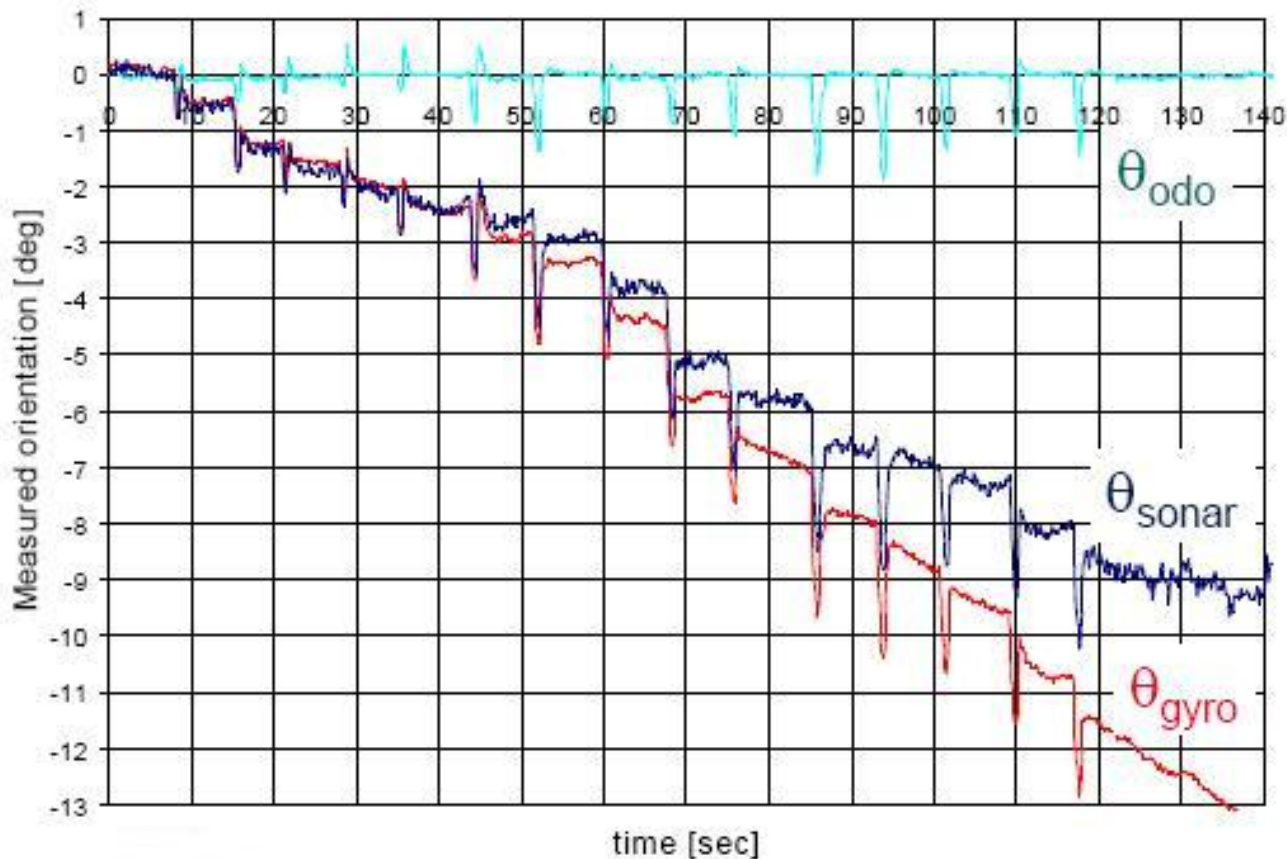


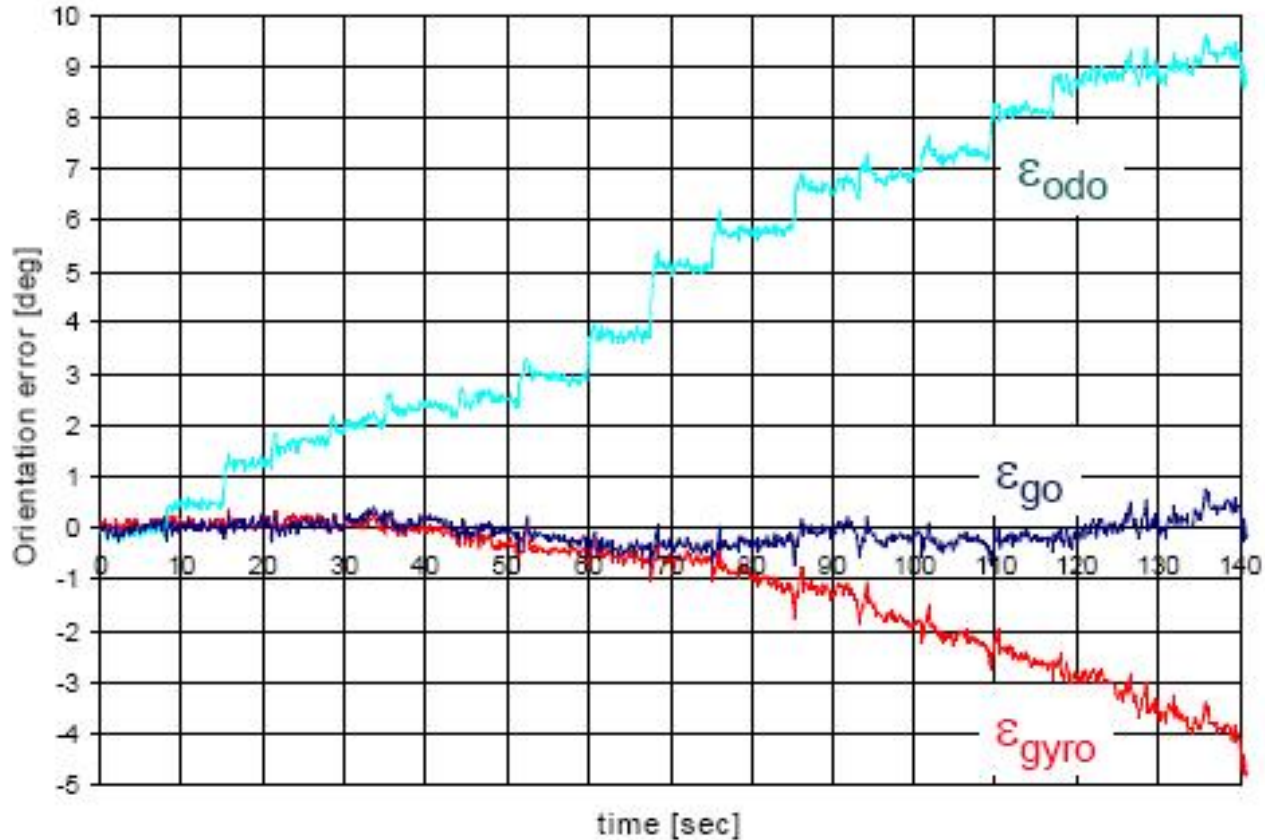
Diagrama de blocos do filtro de navegação

Método 2



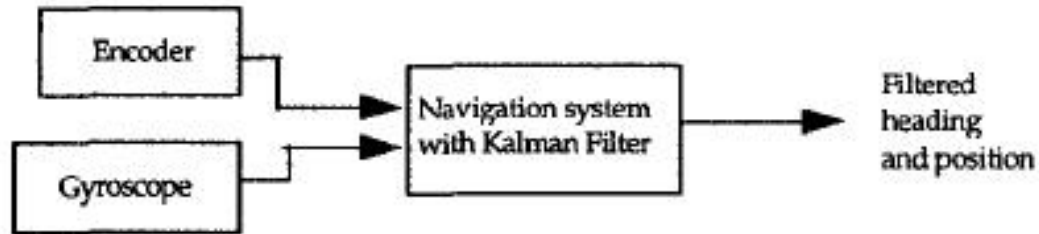
Orientação do robot medida pela hometria (θ_{odo}), giroscópio (θ_{gyro}) e sonares (θ_{sonar}). Durante 2:20 o robot andou 10cm, encontrou no percurso um total de 15 lombas de diferentes alturas debaixo da sua roda direita.

Método 2

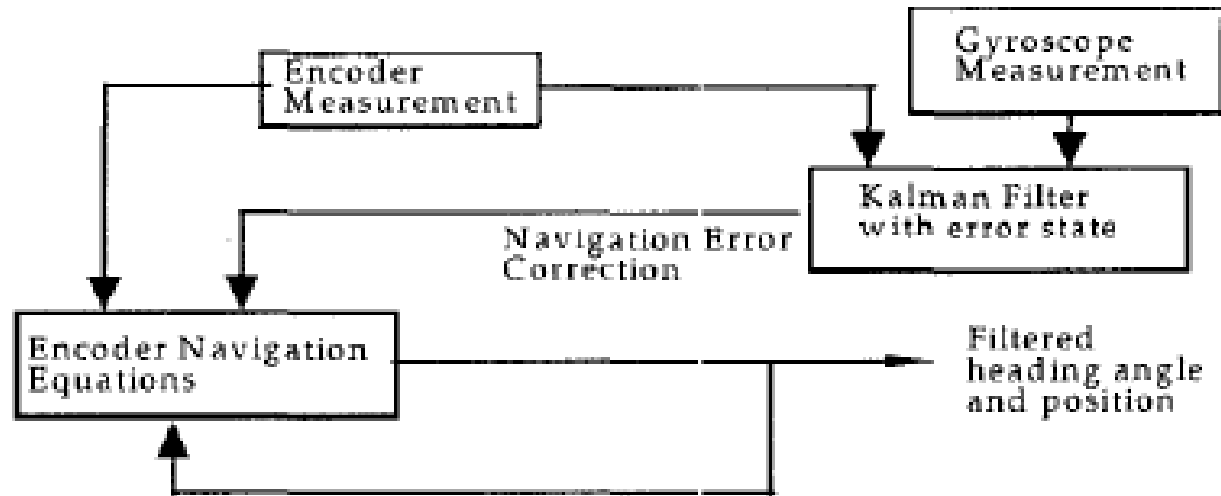


Durante 2:20 o robot andou 10cm, encontrou no percurso um total de 15 lombas de diferentes alturas debaixo da sua roda direita. Orientação do robot medida pela hodiometria (ϵ_{odo}), giroscópio (ϵ_{gyro}) e utilizando o método Gyrodometry (ϵ_{go}).

Método 3



Representação esquemática da navegação de um robot utilizando um FK directo



Representação esquemática da navegação de um robot utilizando um FK indirecto

Método 3

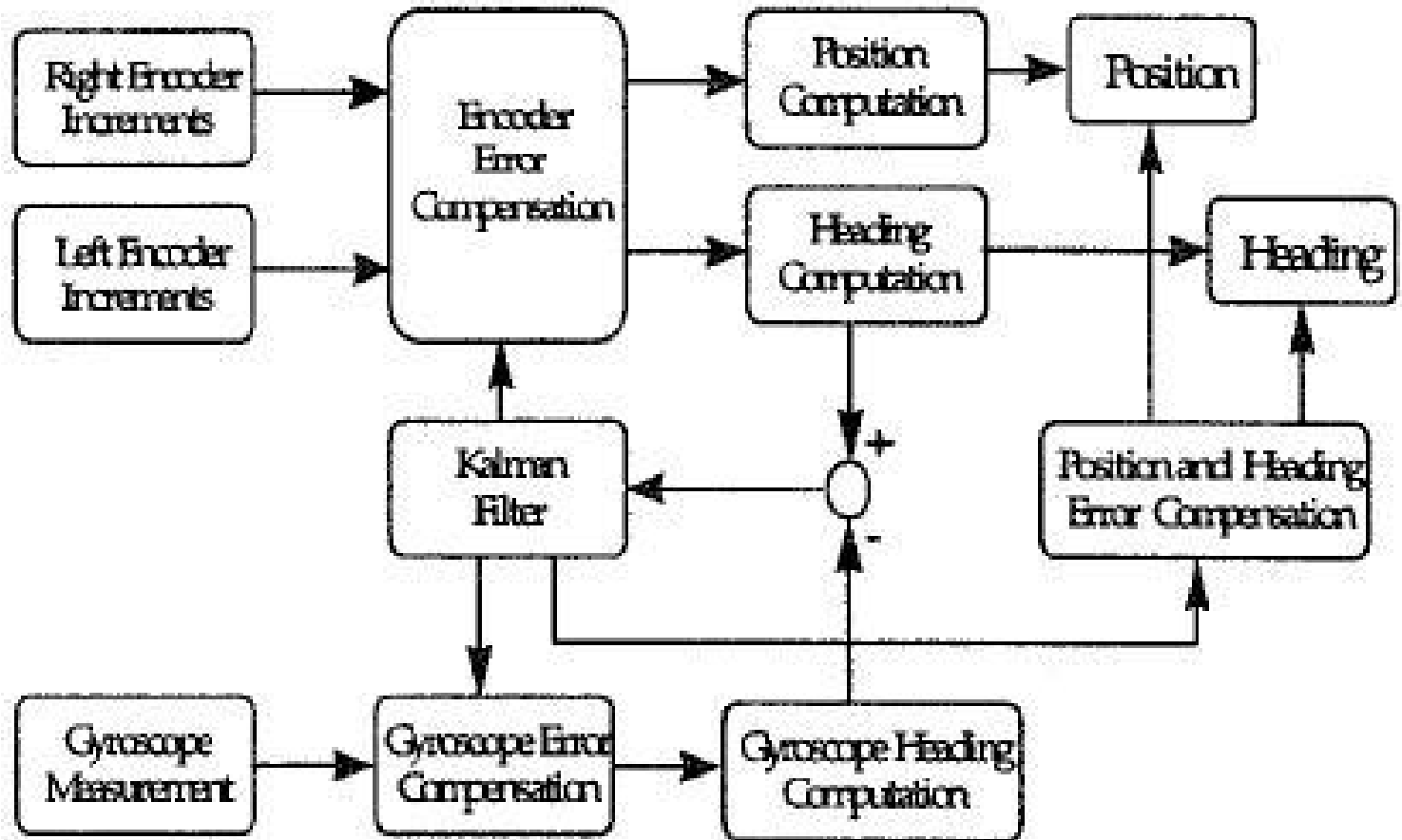


Diagrama de blocos do sistema de navegação que utiliza um FK indirecto



The CAS Robot Navigation Toolbox

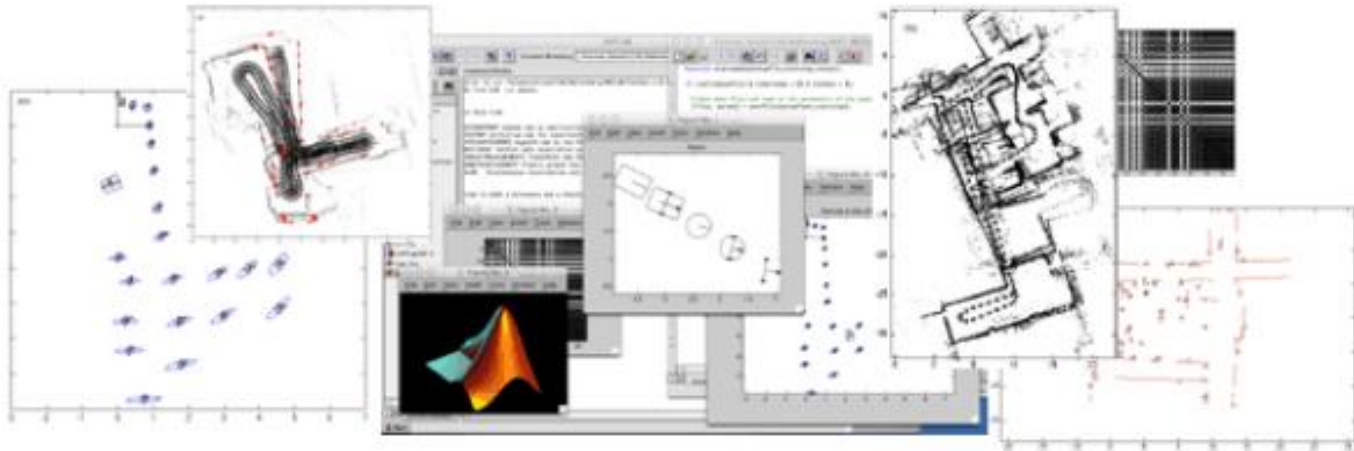
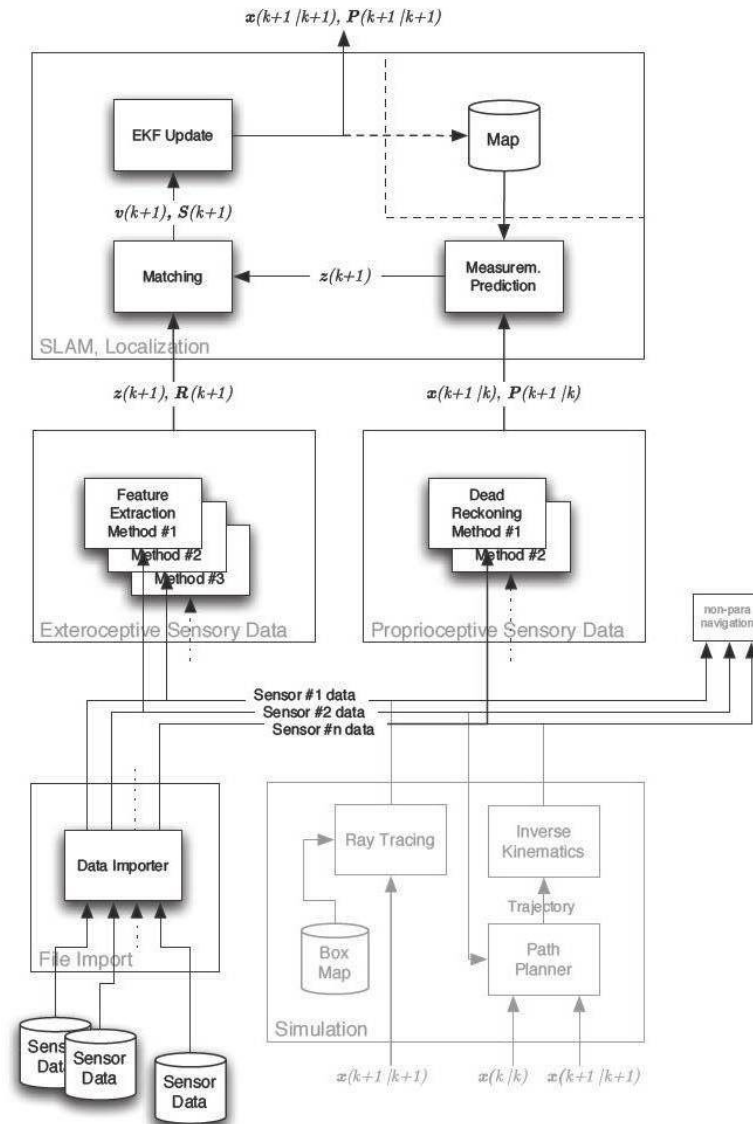


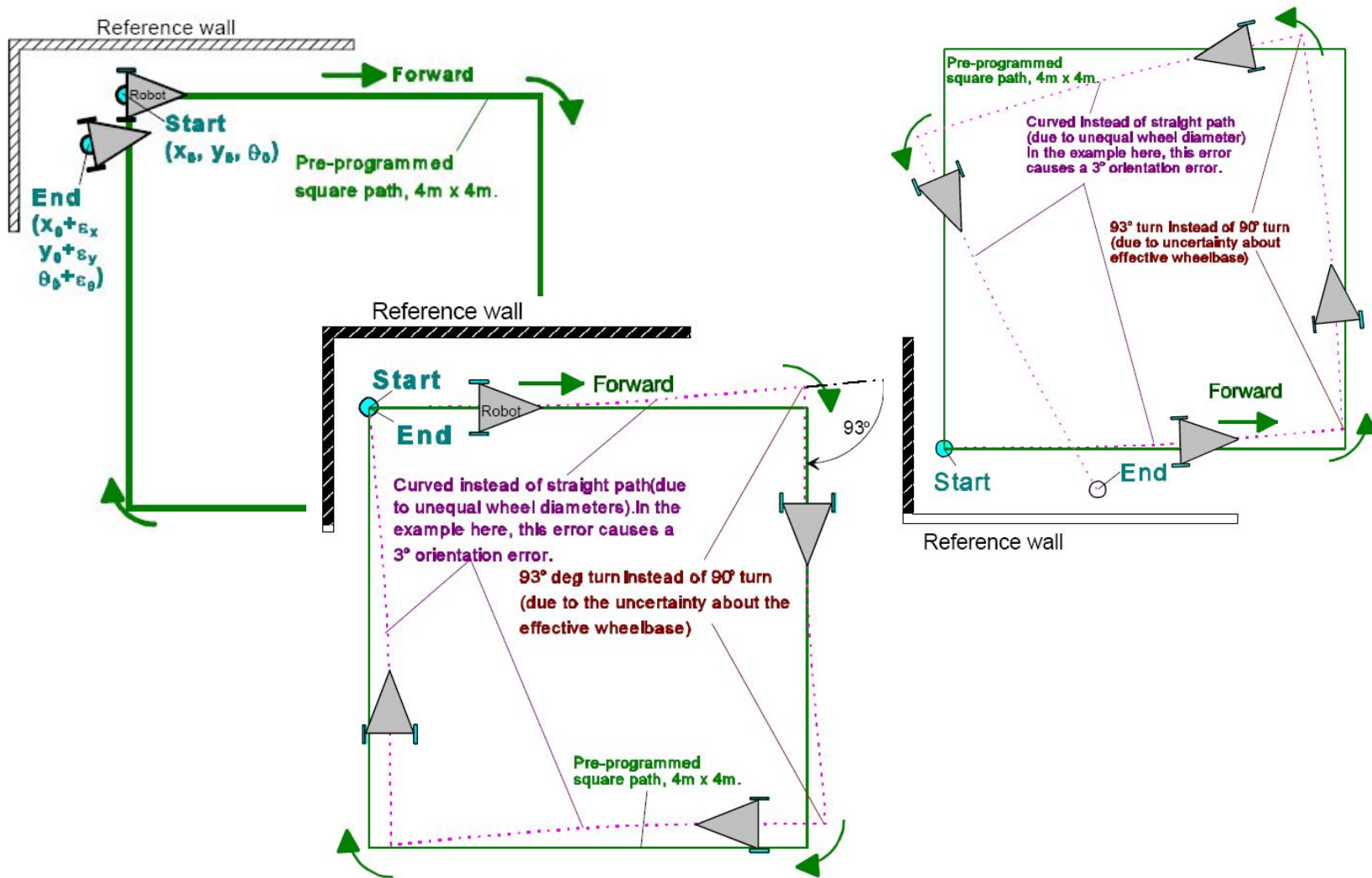
Figura de apresentação da CAS Robot Navigation Toolbox



Estrutura em 3 camadas da "The CAS Robot Navigation Toolbox"



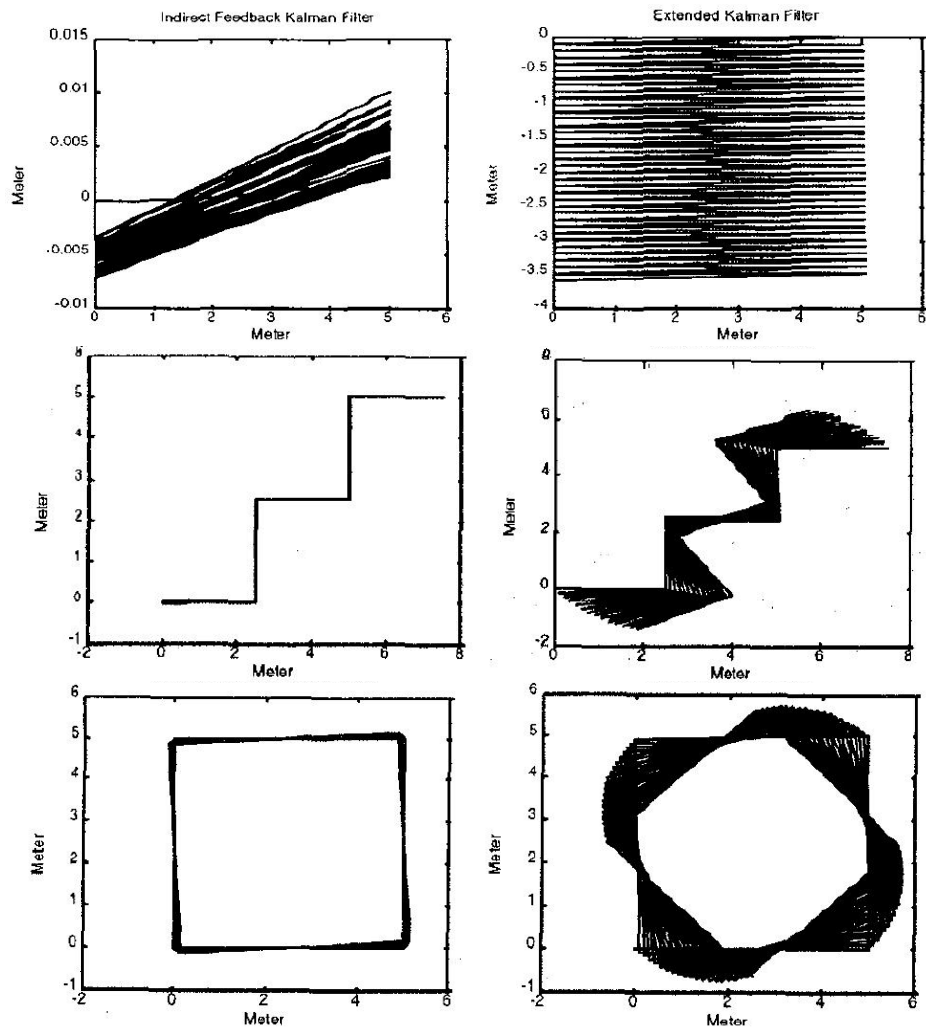
Estudo das políticas de teste e calibração dos sensores



Representação esquemática do teste UMBmark



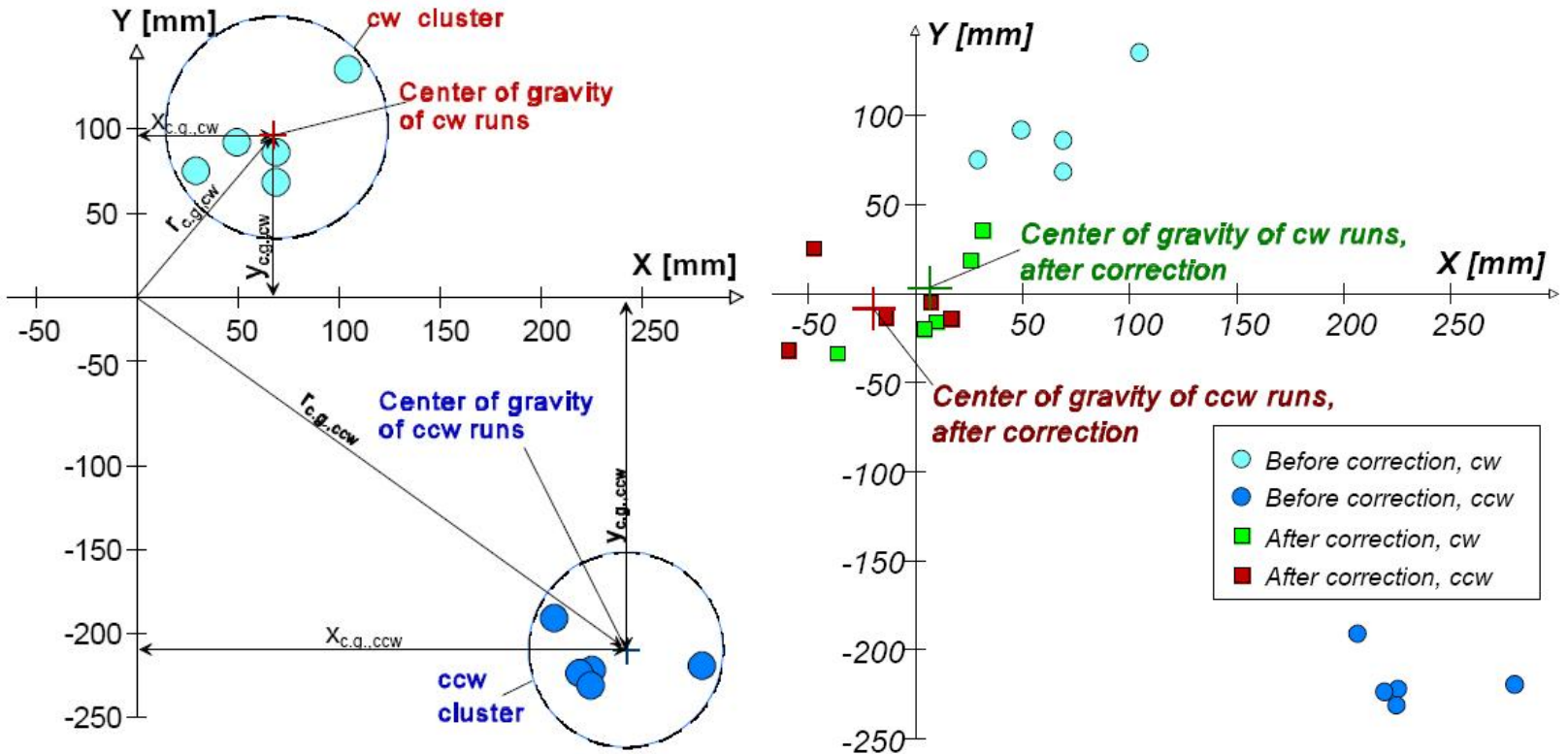
Estudo das políticas de teste e calibração dos sensores



Testes comparativos do teste UMBmark



Estudo das políticas de teste e calibração dos sensores



Resultados experimentais do teste *UMBmark*



Informação de apoio e pesquisa de informação online

- Google – <http://www.google.com>;
- Wikipedia – <http://www.wikipedia.org>;
- Analog Devices – www.analog.com;
- Unmanned Dynamics, LLC - <http://www.u-dynamics.com>;
- Computer and Information Science Papers CiteSeer Publications Research Index - <http://citeseer.ist.psu.edu/cs>;
- IEEE Xplore - <http://ieeexplore.ieee.org>;
- Google Scholar - <http://scholar.google.com/>;
- Treemap: An $O(\log n)$ Algorithm for Simultaneous Localization and Mapping German Aerospace Center http://www.informatik.uni-bremen.de/~ufrese/slamtreemap_e.html, <http://www.informatik.uni-bremen.de/%7Eufrese/fresetalk05treemap.pdf>;
- Camera Calibration Toolbox for Matlab http://www.vision.caltech.edu/bouquetj/calib_doc/ ;
- Centre for Autonomous Systems (CAS), Kungl Tekniska Högskolan (<http://www.kth.se/>), Estocolmo, Suécia, <http://www.cas.kth.se/> ;
- The CAS Robot Navigation Toolbox, <http://www.cas.kth.se/toolbox/>;
- Robotics Toolbox for MATLAB, <http://www.cat.csiro.au/ict/staff/pic/> ;
- Omnidirectional Calibration Toolbox Extension, <http://www-sop.inria.fr/icare/personnel/Christopher.Mei/Toolbox.html>;



Referências/Bibliografia

- - Relatórios de Projecto de Fim de Curso 5º ano, do curso de Engenharia Electrotécnica – Electrotécnica – Ramo de Automação e Sistemas no Instituto de Engenharia do Porto (ISEP) do Instituto Politécnico do Porto (IPP), dos alunos Nuno Xavier Lopes Moreira, Alexandre Rocha, Eduardo Silva e Ismael Ribeiro Neves;
- Mariolino De Cecco, *"Sensor fusion of inertial-odometric navigation as a function of the actual manoeuvres of autonomous guided vehicles"*, (Padova) Itália-Abril 2003;
- Farouk Azizi e Nasser Houshangi, *"Mobile Robot Position Determination Using Data From Gyro And Odometry"*, (Indiana) U.S.A.;
- Farouk Azizi e Nasser Houshangi, *"Sensors Integration for Mobile Robot Position Determination"*, (Indiana) U.S.A., 2003;
- J. Bronstein e L. Feng, *"Gyrodometry: A New Method for Combining Data from Gyros and Odometry in Mobile robots"*, Proceeding of the 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automotion, (Minneapolis) Minnesota-Abril 1996;
- Suya You e Ulrich Neumann, *"Fusion of Vision and Gyro Tracking for Robust Augmented Reality Registration"*, (Los Angeles) California;
- Louis Drolet, François Michaud e Jean Côté, *"Adaptable Sensor Fusion Using Multiple Kalman Filters"*, (Québec) Canada;
- Greg Welch e Gary Bishop, *"An Introduction to the Kalman Filter"*, (Chapel Hill) Chapel Hill-Setembro 1997. Disponível em: http://www.cs.unc.edu/~welch/media/pdf/kalman_intro.pdf
- Borenstein, J. e Feng. L., 1995b, *"UMBmark: A Benchmark Test for Measuring Dead-reckoning Errors in Mobile Robots."* 1995 SPIE Conference on Mobile Robots, Philadelphia, October 22-26, 1995;
- Evgeni Kirily e Martin Buehler, *"Three-state Extended Kalman Filter for Mobile Robot Localization"*, Abril 2002;
- Eric A. Wan e Rudolph van der Merwe, *"The Unscented Kalman Filter for Nonlinear Estimation"*, Oregon Graduate Institute of Science & Technology, (Beaverton) Oregon 2000;
- Simon J. Julier, Jeffrey K. Uhlmann e Hugh F. Durrant-Whyte, *"A New Approach for Filtering Nonlinear Systems"*, Robotics Research Group, Department of Engineering Science, University of Oxford, (Oxford) United Kingdom, Junho 1995;
- Simon J. Julier e Jeffrey K. Uhlmann, *"Uncented Filtering and Nonlinear Estimation"*, Março 2004;
- Borenstein, J., Everett, H.R. , and Feng, L., 1996, *"Navigating Mobile Robots: Systems and Techniques"* Publisher: AK Peters., Wellesley, MA, ISBN 1-56881-058-X, Projected Publication Date: 2/96;



Referências/Bibliografia

- Johann Brenstein e Liqiang Feng, “*Correction of Systematic Odometry Errors in Mobile Robots*”, University of Michigan, 1995,
- KyuCheol Park, Hayyoung Chung, Jongbin Choi e Jang Gyu Lee, “*Dead Reckoning Navigation for an Autonomous Mobile Robot Using a Differential Encoder and a Gyroscope*”, Automatic Control Research Center, School of Electrical Engineering, Seoul National Polytechnic University, (Seoul) Korea, 1997;
- KyuCheol Park, Dohyung Chung, Hakyong Chung and Jang Gyu Lee, “*Dead Reckoning Navigation of a Mobile Robot Using the Indirect Kalman Filter,*” *International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems*, Washington D.C. USA, Dec. 8-11,1996;
- Billur barshan e Hugh F. Durrant-Whyte, “*Inertial Navigation Systems for Mobile Robots*”, 1995;
- Barshan, B. and Durrant-Whyte, H. F., 1994, “*Orientation Estimate for Mobile Robots Using Gyroscopic Information.*” 1994 International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '94). Munich, Alemanha, Setembro. 12-16, pp. 2243-2248;
- Johann Borenstein e Liqiang Feng, “*Measurement and Correction of Systematic Odometry Errors in Mobile Robots*”, 1996;
- R. C. Smith, M. Self, and P. Cheeseman, “*A stochastic map for uncertain spatial relationships*”. in Fourth International Symposium on Robotics Research, pages 421--429, 1987.
- P. Moutarlier and R. Chatila, “*Stochastic multisensory data fusion for mobile robot location and environment modelling*”, in Fifth International Symposium on Robotics Research, pages 85-- 94, Tokyo, Japan, Aug. 1989.
- Kai O. Arras, “*Feature-Based Robot Navigation in Known and Unknown Environments*”, Thèse N° 2765 (2003), Swiss Federal Institute of Technology Lausanne. [[pdf-file](#), 59.1 Mbytes];
- Castellanos, J.A.; Neira, J.; Tardos, J.D.; “*Multisensor fusion for simultaneous localization and map building*” *Robotics and Automation*, IEEE Transactions on Volume 17, Issue 6, Dec. 2001 Page(s):908 - 914 , Digital Object Identifier 10.1109/70.976024;
- Trabalho de Sistema de controlo para veiculo autónomo terrestre em ambiente semi-estruturado da cadeira de Laboratório de Sistemas de 5º ano, do curso de Engenharia Electrotécnica – Electrotécnica – Ramo de Automação e Sistemas no Instituto de Engenharia do Porto (ISEP) do Instituto Politécnico do Porto (IPP), dos alunos Marco de Oliveira Marques e António Sérgio Moreira Gonçalves.



INSTITUTO
POLITÉCNICO DO PORTO



Laboratório de Sistemas

FIM

Perguntas?