



La tesi doctoral de Francesc Bonin desenvolupa un sonar visual per millorar la navegació dels robots mòbils autònoms en entorns desconeguts

La recerca *An Inverse-Perspective-based Approach to Monocular Mobile Robot navigation* defensada a la Universitat de les Illes Balears, ha dissenyat un algoritme de detecció i evitació d'obstacles per a un sensor visual que emula el funcionament dels sonars ultrasònics emprats en el camp de la navegació marítima

Palma. Juny de 2012

La tesi doctoral de Francesc Bonin Font, defensada a la Universitat de les Illes Balears, ha desenvolupat un sistema de navegació per a robots mòbils basat en un únic sensor visual que emula el funcionament dels sonars d'ultrasons i que es basa en un algoritme de detecció i evitació d'obstacles independent de l'entorn. La recerca *An Inverse-Perspective-based Approach to Monocular Mobile Robot navigation* l'han dirigida els doctors Alberto Ortiz Rodríguez i Gabriel A. Oliver Codina, professors del Departament de Ciències Matemàtiques i Informàtica i investigadors del grup de recerca en Sistemes, Robòtica i Visió de la UIB.



Francesc Bonin, autor de la tesi: Foto: UIB

La detecció i evitació d'obstacles, la planificació de moviments i el càlcul de la posició són funcionalitats essencials i necessàries en pràcticament qualsevol robot mòbil autònom que s'hagi de moure en un entorn desconegut –acció coneguda com a navegació reactiva. Per executar aquestes funcionalitats, els sistemes instal·lats en els robots adquireixen informació, tant del seu estat intern com de l'entorn, mitjançant els sensors amb els quals estan equipats. Els sensors que serveixen al robot per percebre l'entorn en què es mou poden ser acústics, làsers, òptics, inercials, visuals, tàctils, de lluminositat, o de temperatura, entre d'altres. No obstant això, a poc a poc, la utilització dels sensors visuals (càmeres) va guanyant terreny respecte a la resta gràcies al relatiu baix cost i a la quantitat i qualitat de la informació que proporcionen les imatges.

Imitant el funcionament d'un sonar

L'investigador ha analitzat els treballs d'investigació publicats els darrers vint anys en l'àrea de la navegació visual autònoma adreçada als robots mòbils, i assegura que encara no s'ha trobat cap sistema que plantegi abordar, amb un únic sensor, els problemes d'evitació d'obstacles i de navegació reactiva simultàniament amb el càlcul de la pròpia posició, tasca també anomenada localització. A més, fer-ho conjuntament i amb un sol sensor visual permetria reduir considerablement l'espai utilitzat dins el robot, la complexitat i el cost en el seu hardware.



En les darreres dues dècades s'han proposat multitud de solucions diferents per abordar amb una sola càmera els problemes de detecció i d'evitació d'obstacles en entorns desconeguts. Moltes d'aquestes solucions plantejades depenen excessivament de les característiques de l'entorn: els canvis en la il·luminació, les reflexions, les ombres, les diferències en les textures del terra, els terres massa texturitzats o els canvis en la fisonomia de l'entorn poden alterar els resultats dels sistemes o simplement donar resultats erronis. Altres solucions, com per exemple les basades en la perspectiva inversa, fan servir tots els píxels de la imatge per extreure la informació desitjada, quan, moltes vegades, molts dels punts d'una imatge no donen cap informació rellevant. Altres solucions, basades en la construcció de mapes locals a partir de la informació de l'entorn capturada pels sensors, estan massa lligades a l'exactitud en les mesures d'aquestes dades.

L'altra tasca important en un robot mòbil i autònom és el càlcul de la seva posició a l'entorn, generalment mesurada respecte a la posició del robot a l'inici de la missió. La utilització de sensors propioceptius, és a dir, que mesuren informació interna del robot, té com a conseqüència l'obtenció de dades de posicionament completament incorrectes (derives) en rutes llargues o amb moltes corbes. Les solucions clàssiques utilitzen sensors externs, tipus sonar o làser, per corregir les derives en la informació subministrada pels sensors interns, però els escàners làser són molt cars, i els sonar presenten resolucions temporals i espacials limitades. Per això, les càmeres són una bona alternativa, ja que tenen resolucions espacials i temporals més grans que els sonars i solen ser més econòmiques que els escàners làser.

En aquest sentit, la tesi doctoral ha tingut com a objectius, d'una banda, dissenyar un algoritme de detecció i evitació d'obstacles al més independent possible de l'entorn en el qual s'ha de moure el robot, i que fos al més descriptiu possible, i, per altra banda, cercar la manera de resoldre de forma simultània els problemes de navegació reactiva i localització utilitzant un únic sensor.

Amb això el que s'aconsegueix és, en primer lloc, optimitzar el cost en components sensorials del robot i no dependre de la utilització de mapes, punt molt important en robòtica submarina, i, en segon lloc, un algoritme que, a partir de la mateixa font d'informació que s'ha fet servir per a la detecció dels obstacles, permet corregir les derives en les estimacions de posició que donen els sensors de les rodes o els sensors inercials (sensors interns del robot).

Per al desenvolupament d'aquest sistema s'han fet una sèrie de supòsits fonamentals: primer, el terreny pel qual circula el robot és pla; segon, els obstacles no es mouen; i, tercer, l'alçada de la càmera respecte al pla del terra és constant. La recerca feta és d'interès per dues raons bàsiques. En primer lloc, hi ha moltes aplicacions en entorns estructurats o no tan estructurats, tant interiors com exteriors, en les quals es poden assumir les limitacions esmentades de forma natural. Per exemple, robots programats per dur a terme tasques de verificació i/o transport en magatzems, robots submarins que normalment naveguen a distància constant al fons, dedicats a la inspecció d'instal·lacions subaquàtiques, o per exemple, en sistemes autònoms d'inspecció de les parets d'un pantà.

El sistema desenvolupat per Francesc Bonin emula el funcionament i els resultats d'un sonar, utilitzant, però, una càmera en lloc d'un sensor d'ones sonores, i representant els punts on els obstacles toquen en terra. L'algoritme global es basa en la detecció dels punts característics que es van trobant en les successives imatges que pren la càmera. Aquests punts característics són punts de la imatge que compleixen una sèrie de requisits que els fan "especials" enfront de la resta. L'algoritme classifica aquests punts entre punts d'obstacle i punts de terra utilitzant un algoritme basat en la perspectiva inversa de la imatge. Els punts d'obstacle s'utilitzen per generar el sonar visual i els punts de terra s'utilitzen per calcular el moviment del robot.

La tesi doctoral de Francesc Bonin desenvolupa un sonar visual per millorar la navegació dels robots mòbils autònoms en entorns desconeguts

La figura 1 mostra un parell d'imatges on es veu clarament els punts característics classificats com a obstacles en vermell, i els classificats com a punts de terra en blau, juntament amb el resultat del sonar visual, on es veu la presència dels obstacles captats per la càmera i que estan a una distància màxima de 2 metres del robot. La recta de color verd assenyala la direcció que pren el robot per evitar la col·lisió.

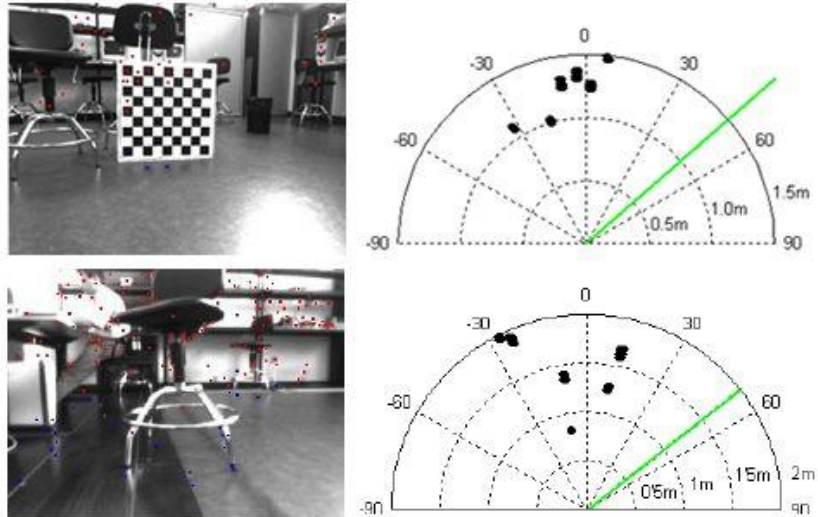


Figura 1

A la figura 2 es mostra: a) en vermell, la ruta real seguida pel robot corresponent a un experiment fet en un escenari interior, b) en blau, la ruta estimada pels hodòmetres de les rodes, i c) la ruta estimada pel nostre algoritme de localització. Es veu clarament com la ruta calculada pels hodòmetres de les rodes difereix exageradament de la ruta real seguida pel vehicle. També s'aprecia com la ruta corregida per l'algoritme de localització s'aproxima quasi perfectament a la ruta real.

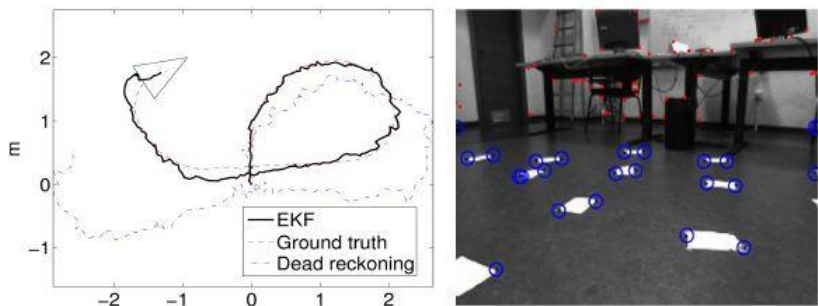


Figura 2

La figura 3 mostra un experiment dut a terme en un escenari exterior. En aquest cas no s'ha pogut calcular la ruta real del robot. El robot es va programar per anar paral·lel a dues parets perpendiculars d'un edifici del campus de la UIB. Els punts en blau representen les parets de l'edifici. La ruta reconstruïda pel sistema de localització visual (en negre) corre paral·lela a les parets de l'edifici, en canvi la ruta calculada pels hodòmetres de les rodes del robot (en vermell) és obliqua, "travessa" les parets de l'edifici. A la dreta dels dibuixos de les trajectòries es mostra una foto presa per la càmera durant l'experiment, on es veuen els punts característics classificats com a obstacle i els punts de terra.

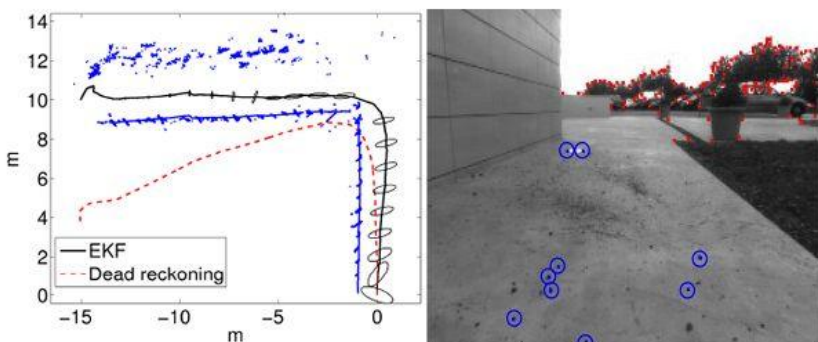


Figura 3



Referència de la tesi

Títol: An Inverse-Perspective-based Approach to Monocular Mobile Robot navigation

Autor: Francesc Jesús Bonin Font

Programa de doctorat: Informàtica

Àrea de coneixement: Arquitectura de Computadors

Departament: Ciències Matemàtiques i Informàtica

Directors: Alberto Ortiz Rodríguez i Gabriel A. Oliver Codina

Qualificació: Excel·lent cum laude

Membres del tribunal

President

Dr. Ramon Puigjaner Trepas
Departament de Ciències Matemàtiques i
Informàtica
Universitat de les Illes Balears

Vocals

Dr. Raúl Marín Prades
Departament d'Enginyeria i Ciència dels
Computadors
Universitat Jaume I de Castelló

Secretari

Dr. Xavier Cufí Solé
Departament d'Arquitectura i Tecnologia de
Computadors
Universitat de Girona

Dr. Luis Ignacio Pastor Pérez
Departament d'Arquitectura i Tecnologia de
Computadors i Ciència de la Computació i
Intel·ligència Artificial
Universitat Rey Juan Carlos

Dr. Josep Fernàndez Ruzafa
Departament d'Enginyeria de Sistemes,
Automàtica i Informàtica Industrial
Universitat Politècnica de Catalunya

Publicacions relacionades

- BONIN-FONT, F.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «Visual Navigation for Mobile Robots: a Survey». *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, vol. 53, nbr 3, pp. 263-296, 2008.
- BONIN-FONT, F.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «A Novel Image Feature Classifier based on Inverse Perspective Transformation», *Technical Report A-1-2008*, 2008.
- BONIN-FONT, F.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «A novel Vision-based Reactive Navigation Strategy Based on Inverse Perspective Transformation», *Proceedings of IEEE-IFAC International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)*, Milan (Italy), pp. 141-146, 2009.
- BONIN-FONT, F.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «A Novel Inverse Perspective Transformation-based Reactive Navigation Strategy», *Proceedings of European Conference on Mobile Robots (ECMR)*, Dubrovnik (Croatia), pp. 25-30, 2009.
- BONIN-FONT, F.; ORTIZ, A. «Building a Qualitative Local Occupancy Grid in a new Vision-based Reactive Navigation Strategy», *Proceedings of IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, ref. 004847, 2009.
- BONIN-FONT, F.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «A Visual Navigation Strategy Based on Inverse Perspective Transformation». *Robot Vision*, chapter 5. Intech-Sciyo. ISBN 978-953-307-077-3 2010



La tesi doctoral de Francesc Bonin desenvolupa un sonar visual per millorar la navegació dels robots mòbils autònoms en entorns desconeguts

- BONIN-FONT, F.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «Experimental Assessment of Different Feature Tracking Strategies for an IPT-based Navigation Task». *Proceedings of the IFAC International Conference on Autonomous Vehicles (IAV)*, september 2010.
- BONIN-FONT, F.; BURGUERA, A.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «Towards Monocular Localization Using Ground Points». *Proceedings of IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, september 2010.
- BONIN-FONT, F.; BURGUERA, A.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «Visual Localization Using Ground Points». *Artificial Intelligence Research and Development*. IOS Press, Frontiers in Artificial Intelligence Series. October 2010. Pg 301-310.
- BONIN-FONT, F.; BURGUERA, A.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «Combining Obstacle Avoidance with Robocentric Localization in a Reactive Visual Navigation Task». *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, March 2012.
- BONIN-FONT, F.; BURGUERA, A.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «A Monocular Mobile Robot Reactive Navigation Approach Based on the Inverse Perspective Transformation», *Robotica*, Cambridge University Press, (in press).
- BONIN-FONT, F.; BURGUERA, A.; ORTIZ, A.; OLIVER, G. «Concurrent Visual Navigation and Localization using the Inverse Perspective Transformation». *IET Electronic Letters*, vol 48, nbr 5, pp 264-266, 2012.