

A continuació es presenta un resum del projecte/treball final de carrera *Integració d'una unitat inercial i d'un giroscopi de fibra òptica en un robot submarí i desenvolupament d'un sistema de posicionament dins una piscina*.

## 1 Introducció

El Grup de Visió per Computador i Robòtica (VICOROB) del departament d'Electrònica, Informàtica i Automàtica de la Universitat de Girona investiga en el camp de la robòtica submarina. Al CIRS (Centre d'Investigació en Robòtica Submarina), laboratori que forma part del grup VICOROB, el robot submarí Ictineu és la principal eina utilitzada per a desenvolupar els projectes de recerca. Recentment, el CIRS ha adquirit un nou sistema de sensors d'orientació basat en una unitat inercial i un giròscop de fibra òptica. Aquest projecte pretén realitzar un estudi d'aquests dispositius i integrar-los al robot Ictineu. D'altra banda, aprofitant les característiques d'aquests sensors giroscòpics i les mesures d'un sonar ja integrat al robot, es vol desenvolupar un sistema de localització capaç de determinar la posició del robot en el pla horitzontal de la piscina en temps real.



Figura 1: El robot Ictineu operant a la piscina del CIRS.

Tot i que eventualment es realitzen experiments en entorns naturals allunyats de la universitat, la gran majoria de missions on intervé l'Ictineu es fan a la piscina de la qual es disposa al CIRS. De cara a l'efectivitat dels sistemes de navegació, peces clau per a la correcta execució de les missions que duu a terme un robot, el fet que aquestes es realitzin en una piscina presenta dues dificultats principals:

- D'una banda, els materials ferromagnètics presents en el formigó amb qual estan construïts els murs de la piscina provoquen distorsions en les mesures de les brúixoles que permeten conèixer l'orientació del robot.

- De l'altra, les parets llises representen una gran dificultat per al correcte funcionament dels sensors basats en ones acústiques, ja que aquestes reboten fàcilment en les superfícies de la piscina i donen lloc a mesures errònies.

La idea d'aquest projecte és estudiar aquests dos problemes i establir les bases per a plantejar-ne una solució. Pel que fa al problema de la distorsió magnètica, el nou giròscop de fibra òptica és essencialment immune a aquest tipus de perturbacions, característica clau per a obtenir una bona mesura de l'orientació del robot dins la piscina. D'altra banda, es dissenyarà un sistema de localització que tingui en compte les dificultats que presenta l'entorn de la piscina per als sensors acústics capaç de determinar la posició en dues dimensions del robot i que estableixi la base per a futurs treballs en aquesta línia.

## 2 Objectius

Els objectius d'aquest projecte són els següents:

- Estudiar el funcionament d'un conjunt sensorial basat en una unitat de referència inercial i un giròscop de fibra òptica.
- Estudiar l'arquitectura de control del robot Ictineu i comprendre el seu funcionament amb la finalitat de construir peces de programari que n'ampliïn la funcionalitat.
- Desenvolupar el programari necessari per integrar aquests sensors a l'arquitectura de control del robot IctineuAUV.
- Comprovar el correcte funcionament i la precisió del conjunt sensorial mitjançant experimentació.
- Estudiar el funcionament del sonar integrat al robot IctineuAUV.
- Dissenyar un sistema de localització basat aquest sonar i en el giròscop de fibra òptica que permeti determinar la posició del robot a la piscina en temps real.
- Implementar aquest sistema de localització.
- Comprovar el correcte funcionament i la precisió del sistema de localització desenvolupat.

## 3 Estudi i integració dels sensors giroscòpics

El nou conjunt sensorial que es vol integrar al robot Ictineu consta de dos aparells: una unitat inercial, anomenada iGC, que proporciona dades d'orientació basades en la mesura de camps magnètics en tres graus de llibertat: *yaw*, *roll* i *pitch*; i d'un giròscop



Figura 2: La unitat inercial iGC (esquerra) i el giròscop de fibra òptica iFG (dreta).

de fibra òptica, anomenat iFG que proporciona una mesura precisa de l'orientació en *yaw* inicialitzant-se amb una mesura de la unitat inercial.

S'ha dut a terme experiments per determinar l'efecte provocat per la presència de cossos metàl·lics en l'entorn de la unitat inercial, així com per determinar la deriva (error acumulatiu) que provoca que la precisió del sistema disminueixi amb el temps. Un cop estudiats els sensors, s'ha procedit a desenvolupar un programari que permeti integrar els sensors a l'arquitectura *software* que controla el robot basada en la tecnologia CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*). Aquesta tecnologia orientada a objectes permet desenvolupar aplicacions que funcionin en un sistema distribuït (com és el cas del robot Ictineu) de manera transparent. Per a integrar els nous sensors giroscòpics al sistema, s'ha dissenyat un objecte CORBA tenint en compte el diagrama de classes de l'arquitectura de control i ubicant-lo apropiadament en la jerarquia.

Ja amb els sensors integrats al robot Ictineu i plenament operatius, s'ha desenvolupat una interfície gràfica que permet visualitzar en temps real les dades d'orientació del robot durant una missió. Aquesta interfície, mostrada a la figura 3 s'ha implementat amb les biblioteques gràfiques *Qt* a més de CORBA, fet que ha implicat un procés addicional d'aprenentatge.

Els sensors i la interfície van passar el test definitiu durant els experiments que l'equip del CIRS va dur a terme a principis de juny de 2008 a Colera (Alt Empordà). Allà es van dur a terme diverses missions de reconeixement del fons marí utilitzant les dades d'orientació proporcionades pels sensors giroscòpics d'aquest projecte.

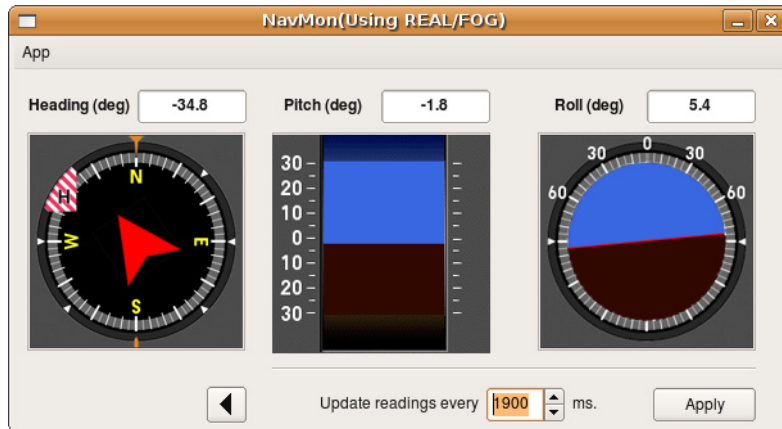


Figura 3: Interfície gràfica desenvolupada en aquest projecte per a visualitzar les dades dels sensors giroscòpics en temps real.

## 4 Estudi del sonar

El MiniKing de Tritech (figura 5a) és un sonar de formació d'imatges compacte dissenyat per utilitzar-se en aplicacions submarines com per exemple detecció d'obstacles o reconeixement d'objectes. Aquest sonar pot dur a terme reconeixements de l'entorn en un pla 2D rotant un raig acústic en forma de ventall a través de petits increments de l'angle del raig. El sonar pot programar-se per cobrir sectors circulars de longitud variable, des d'uns pocs graus fins a escanejos complets de  $360^\circ$ . El raig en forma de ventall, amb un angle d'obertura vertical de  $40^\circ$  i una obertura horitzontal de  $3^\circ$ , permet la formació d'una imatge acústica (figura 5b) amb informació suficient sobre l'entorn com per reconèixer mides, formes i reflexions de superfície d'un objecte a distàncies de fins a 50 metres.

## 5 Disseny del sistema de localització

Utilitzant els sensors estudiats, s'ha dissenyat un sistema de localització 2D que permet posicionar el robot en el pla horitzontal de la piscina. Per a fer-ho, les dades d'orientació proporcionades per la unitat inercial i el giròscop de fibra òptica es mesclen amb les del sonar per a obtenir la distància a la que es troba el robot de la paret. Per calcular la distància la imatge acústica capturada amb el sonar es segmenta per a operar només amb els valors d'intensitat més alta (que representen els objectes, parets de la piscina en aquest cas). Tot aquest procés s'executa en temps real.

Per a implementar el sistema de localització, s'ha desenvolupat una interfície gràfica (de manera similar a la interfície dels sensors giroscòpics) que mostra a cada moment la imatge acústica segmentada i les dades d'orientació i localització proporcionades per l'algorisme. Aquesta interfície permet també desar fitxers de *log* a fi de poder analitzar les dades posteriorment a l'execució d'una missió. Finalment, s'ha dut a terme un conjunt

d'experiments per determinar la precisió del sistema de localització desenvolupat.

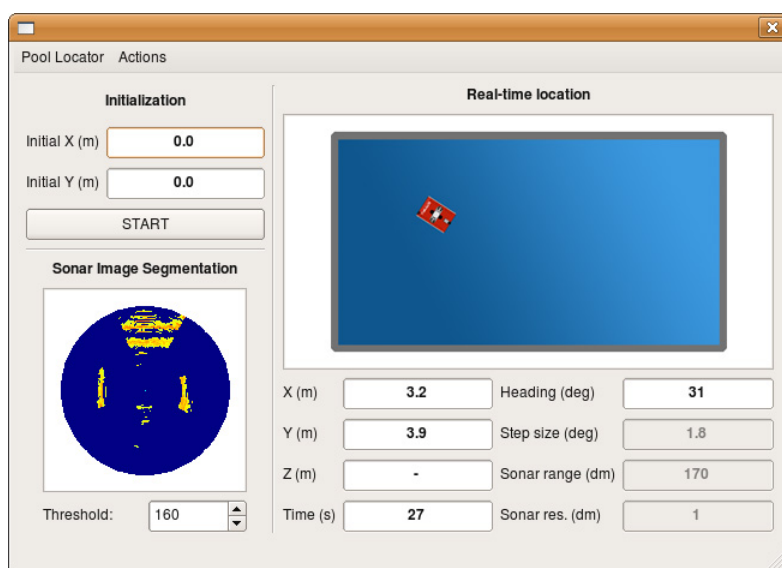


Figura 4: El sistema de localització dissenyat en execució.

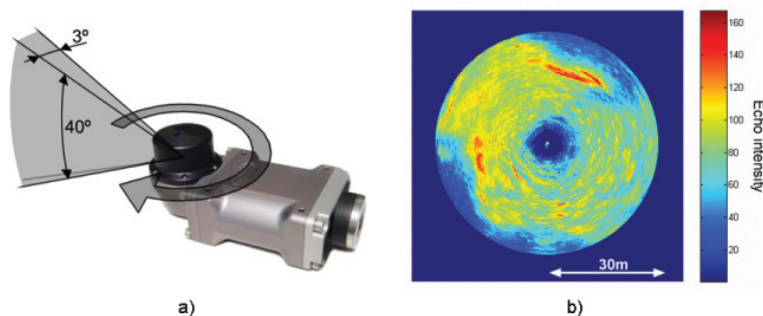


Figura 5: a) El sonar MiniKing. b) Imatge acústica adquirida pel sonar.

## 6 Conclusions

S'ha assolit tots els objectius plantejats inicialment de manera satisfactòria. Primerament, l'estudi dels sensors giroscòpics i de l'arquitectura de control del robot ha permès proporcionar al laboratori la informació necessària per a operar amb el sensor i per a utilitzar-lo en futures aplicacions, i ha permès també la integració dels sensors al robot Ictineu tal com inicialment s'havia plantejat. A més, s'ha desenvolupat una interfície gràfica per a visualitzar les dades d'orientació en temps real.

S'ha estudiat el sonar MiniKing a fi de poder-lo utilitzar en el disseny d'un sistema de posicionament 2D que funciona en el pla horitzontal de la piscina utilitzant dades dels

giroscopis i del propi sonar. El sistema de localització ideat s'ha implementat en forma d'aplicació gràfica, i se n'ha determinat la precisió a partir d'experiments realitzats a la piscina del laboratori.