

Sistema automatico sottomarino di monitoraggio ambientale (SASMA)

Michele Cuccovillo
Responsabile R&S
Diamec Technology

in collaborazione con:

Ing. Michele Chiarantoni, amministratore di 1200 srl (michele.chiarantoni@1200elettronica.com)
Prof. Ing. Alessandro Rizzo, DEE Politecnico di Bari (rizzo@deemail.poliba.it)
Prof. Ing. Cataldo Guaragnella, DEE Politecnico di Bari (guaragnella@poliba.it)
Prof. Dott. Giovanni Indiveri, Università del Salento (Lecce) (giovanni.indiveri@unisalento.it)

La robotica marina è un'area di ricerca interessante e stimolante a causa della molteplicità dei problemi da affrontare che riguardano diverse branche dell'ingegneria e della fisica. Gli aspetti più critici riguardano l'interfaccia HW/SW di comunicazione, il sistema NGC e il Power Management

Nell'articolo si illustrerà come si possa ottenere il prototipo di un sistema sottomarino autonomo AUV (Autonomous Underwater Vehicle) per il monitoraggio ambientale partendo da un robot filoguidato da remoto ROV (Remote Operatively Vehicle). Il sistema finale sarà in grado di prelevare e inviare a una stazione di rilevamento e guida, posta su terraferma, i parametri ambientali rilevati, sia da sonda parametrica posta on-board, sia da sensori distribuiti in modo ordinato sul fondale marino.

Robot mobili sottomarini

I robot mobili sottomarini rappresentano una particolare categoria di robot mobili. L'obiettivo della robotica sottomarina è lo sviluppo di un veicolo autonomo dotato di apparato sensoriale e di un sistema di navigazione e manipolazione in grado di svolgere missioni in mare. Tra le mansioni richieste si trovano lo studio delle scienze marine (oceanografia, biologia e geologia marina), l'off-shore (industria estrattiva di idrocarburi e minerali, posa e manutenzione di cavi e condotti sottomarini), l'archeologia sottomarina, la difesa e la protezione portuale e ambientale. Le problematiche legate alla loro progettazione e costruzione sono molteplici, in quanto si richiede ai robot di operare in ambiente sottomarino utilizzando architetture e algoritmi di controllo necessari alla gestione del modello idrodinamico e l'imprevedibilità delle condizioni ambientali, garantendo elevata capacità di navigazione e un corretto posizionamento in prossimità del fondo marino.

Le prestazioni di un sistema di controllo dipendono dalla conoscenza che questo ha dell'ambiente che lo circonda e questa è



Fig. 1 - ROV

una ulteriore complessità della robotica sottomarina. Infatti a causa della ridottissima propagazione elettromagnetica nell'acqua, strumenti quali la radio, il radar e il GPS diventano inutilizzabili e la stessa visione artificiale è utile solo a breve raggio a causa della torbidità dell'acqua.

A causa di quanto precedentemente detto nella robotica sottomarina è necessario integrare all'interno di un unico sistema di percezione sofisticati sistemi di navigazione inerziale, telecamere ad alta risoluzione e apparati sensoriali come quello acustico, geomagnetico e chimico-fisico. Utilizzando tutte le informazioni provenienti dai suddetti sensori, il sistema robotico sottomarino dovrà essere in grado di ottenere una rappresentazione dell'ambiente finalizzata alla sintesi di comportamenti

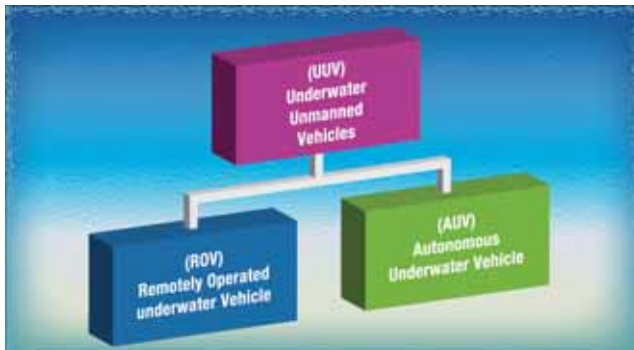


Fig. 2 - UUV

intelligenti utili alla sua sopravvivenza e al successo della missione. Questi veicoli sottomarini sono denominati anche Underwater Unmanned Vehicles (UUV), ovvero veicoli sottomarini privi di equipaggio. La famiglia degli UUV si contraddistingue nei seguenti due rami:

- Autonomous Underwater Vehicle (AUV): rappresenta un veicolo in grado di muoversi in modo autonomo all'interno dell'ambiente marino e quindi senza la guida di un operatore esterno.
- Remotely Operated underwater Vehicle (ROV): rappresenta un veicolo in grado di muoversi all'interno dell'ambiente marino ma controllato e alimentato in superficie da un operatore umano mediante un collegamento via cavo (ombelicale opp. Tethere).

La differenza tra le due famiglie di robot è molto marcata poiché le problematiche e gli obiettivi che devono raggiungere i due veicoli sono estremamente differenti.

Un sistema AUV è un robot sottomarino che mediante un'intelligenza autonoma e l'analisi sensoriale è in grado di prendere decisioni. Le operazioni che l'AUV deve compiere sono opportunamente definite e il veicolo, usufruendo di tecniche di controllo intelligente, deve essere in grado di svolgere i suoi compiti in modo autonomo. Tutti i problemi di assetto, riconoscimento e orientamento devono essere affrontati dal veicolo stesso senza alcun ausilio da parte dell'esterno. Purtroppo le complicazioni possono essere molto diverse e non sempre individuali e risolvibili. Ad esempio l'uso di un robot all'interno di un ambiente soggetto a forti correnti marine può portare a problemi di assetto e di localizzazione, che dovranno essere risolti dal veicolo in assoluta autonomia.

Un sistema ROV rimane una piattaforma fortemente legata a un controllo esterno. Sono infatti veicoli guidati in remoto da un essere umano tramite l'ausilio di opportune vie di comunicazione (cavo, fibra ottica, e così via). Le problematiche in questo settore sono più limitate rispetto alla famiglia degli AUV in

quanto la parte di percezione dell'ambiente e di controllo della posa del robot avviene in modo guidato dall'operatore umano, il quale trasmette in remoto tutte le azioni desiderate correggendo eventuali errori di rotta. Gli unici problemi affrontati sono quelli legati all'hardware del veicolo e non alla parte di controllo. Il ROV può essere visto come un sistema in anello chiuso in cui il "controllore" è sostituito dal "cervello umano".

Progetto SASMA

L'acquisizione in continua dei dati in ambiente marino viene normalmente effettuata con sistemi remoti posti sul fondo, equipaggiati con uno o più sensori che registrano su supporto locale, o con sensori collegati via cavo a sistemi galleggianti (boe attrezzate), in eventuale trasmissione radio con un centro di acquisizione posto a terra.

Con il "progetto SASMA" si è cercato di applicare la robotica marina al monitoraggio ambientale mediante una soluzione tecnologicamente avanzata e innovativa, in modo da ampliarne ulteriormente le applicazioni. Con SASMA ci si propone di sviluppare un sistema modulare di rilevamento dati, mediante sensori e acquisitori, in ambiente subacqueo, in grado di comunicare con un centro di controllo posto su un'unità ROV e su una stazione a terra, tramite canale acustico subacqueo. La modularità del sistema ottenuto è tale che il sistema finale può essere considerato AUV o ROV con poche operazioni di set-up.

In una prima fase di tale progetto, l'unità ROV, opportunamente scelta, è stata dotata di una sonda ambientale (CDT) in grado di acquisire i valori di temperatura, PH e conducibilità dell'acqua, durante missioni di monitoraggio del ROV. Successivamente si è proceduto a studiare e identificare le modifiche necessarie a rendere il suddetto ROV più "flessibile" e "modulare" in modo da poter essere utilizzato sia con un controllo mediante cavo (ROV) sia mediante controllo remoto ultrasonico (AUV) in modo da "ampliare" la "fascia di utilizzo/applicazione" del sistema di partenza.

In una seconda fase del progetto è stato definito, progettato e



Fig. 3 - AUV



Fig. 4 - Acquisizione dati in ambiente marino

realizzato un sistema automatico distribuito subacqueo di acquisizione di parametri fisici ambientali. Tale sistema è costituito da stazioni di osservazione automatiche costituite da schede di acquisizione di nuova generazione, a bassissimo consumo e costo limitato, disposte su fondali di interesse specifico su una griglia nota in modo da monitorare alcuni parametri ambientali. Il sistema ROV durante delle campagne di acquisizione, interroga tali schede mediante canali ultrasonici in modo da ottenere un sistema di monitoraggio dei parametri ambientali. Tale monitoraggio genera una mappatura spaziale/temporale dei parametri presi in considerazione in modo da poterne analizzare le evoluzioni. Un ulteriore e innovativo vantaggio/applicazione di questi sensori dispersi è che essendo posti su una griglia nota possono essere utilizzati dall'unità ROV/modem come dei "fari acustici". Questo permette all'unità ROV/modem di conoscere la sua posizione relativa e quindi poter svolgere i suoi compiti in modo autonomo avvicinando il suo comportamento a quello di AUV.

Obiettivi

Gli obiettivi si possono così riassumere:

- Definire un sistema innovativo di controllo di parametri ambientali, modulare, flessibile e integrabile con gli esistenti sistemi terrestri.
- Studiare le tecnologie e i componenti idonei a realizzare un canale acustico di comunicazione in ambiente marino.
- Studiare i modi di codifica e decodifica dei segnali che consentano collegamenti affidabili nella complessa propagazione in mare.
- Elaborare il segnale video della telecamera installata a bordo per operazioni di stima dei parametri di posizione e assetto relativo.

- Progettare e realizzare di un sistema di controllo di missione e di Navigazione, Guida e Controllo.
- Consentire un valido sistema di sorveglianza di zone costiere.
- Promuovere lo sviluppo degli studi dell'ambiente e favorire lo spirito di cooperazione tra gruppi scientifici e industriali.

La ricerca si propone di sviluppare un prototipo dimostrativo che, implementando un canale informatico subacqueo, estenda le capacità di controllo ambientale anche al settore marino. Nello specifico il sistema è stato validato attraverso l'acquisizione, trasmissione ed elaborazione dei dati scambiati con i sensori dispersi e con la sonda ambientale presente al disotto del ROV.

Problematiche

Le principali problematiche che sono state affrontate per poter realizzare il prototipo del sistema automatico sottomarino di analisi ambientale sono:

- Analisi del sistema ROV iniziale (filoguidato) e studio delle modifiche necessarie per poterlo modificare in AUV (con remote control) e renderlo comunque flessibile e modulare con il minimo delle operazioni.
- Studio e progettazione dell'HW/SW (Unità Centrale) dedicato alla gestione dei motori e dei dati dei differenti sensori ambientali da inserire on-board.
- Realizzazione di un modem subacqueo custom low cost.
- Interfaccia HW/SW tra modem subacqueo e Unità Centrale HW on board.
- Generazione, ottimizzazione e implementazione di algoritmi di controllo per la navigazione sottomarina basati su informazioni estratte da opportuni sensori (es. di temperatura, profondità, posizione, assetto e direzione-girobussola), e così via.

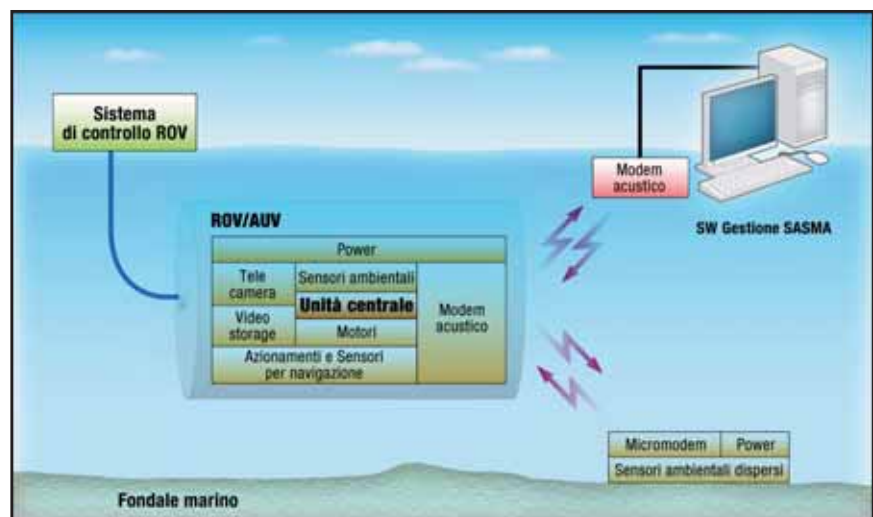


Fig. 5 - Progetto SASMA

- Stima dei parametri di posizione e assetto basandosi su video memorizzati in opportune unità di data storage, custom, da realizzare on board.
- Progettazione e realizzazione dell'Unità Centrale per il controllo remoto dei movimenti dell'AUV.
- Progettazione e realizzazione dell'HW/SW con cui gestire i dati dei sensori distribuiti.
- Progettazione e realizzazione di opportune schede (moduli HW) di acquisizione parametri ambientali (da ancorare sul fondale) da interfacciare con l'Unità Centrale presente sull'AUV mediante micro modem in esse incorporato.
- Analisi e valutazione dei problemi dovuti alla costruzione di involucri a tenuta stagna per i nuovi moduli HW.

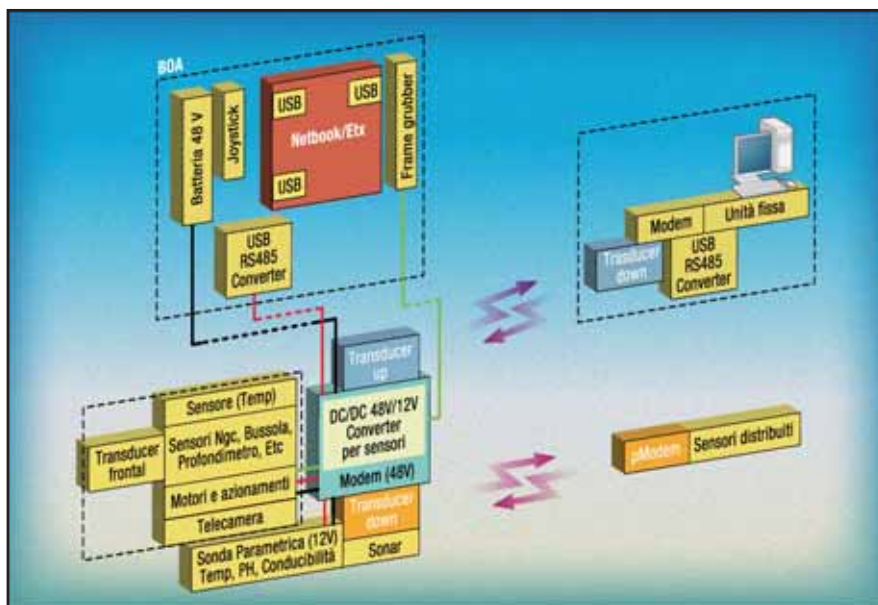


Fig. 6 - Link acustico progetto SASMA

Modulo di comunicazione ultrasonico

Uno degli aspetti innovativi di tale progetto è costituito dalla progettazione del sistema di comunicazione ultrasonico. L'unità ROV così come i sensori dispersi e l'unità remota a terra sono dotati del modulo di trasmissione/ricezione ultrasonico.

Questi 3 sistemi di comunicazione sono stati realizzati su dei circuiti stampati su cui è presente il modulo di comunicazione. Tali circuiti sono stati posti all'interno di opportune custodie subacquee in metacrilato trasparente. Su ciascuna di esse sono stati incastonati i trasduttori ceramici ultrasonici utilizzati per la trasmissione e per la ricezione dei dati. Sono stati utilizzati 2 trasduttori (1 trasmettitore e 1 ricevitore) a 40 KHz e 2 trasduttori (1 trasmettitore e 1 ricevitore) a 25 KHz posti sulla sommità della custodia.

Il sistema di comunicazione posto al di sotto del ROV (come si evince dalla precedente Fig.) è in grado di comunicare sia con i sensori dispersi sia con il modulo collegato all'unità a terra utilizzando un opportuno protocollo FSK. Grazie al modem presente sotto l'unità ROV l'unità a terra è in grado di ricevere le informazioni dei sensori dispersi e della sonda parametrica. Il modem sotto il ROV è dotato di trasduttori nella parte frontale, che gli permettono di rilevare la presenza di eventuali ostacoli così come di trasduttori inferiori utilizzati, non solo per la comunicazione con i sensori dispersi ma anche per conoscere la presenza di ostacoli verso il basso o per misurare la distanza dal fondo. La presenza di ostacoli così come la profondità sono calcolate grazie al cosiddetto "tempo di volo" ovvero il tempo che intercorre tra la trasmissione e la ricezione di un opportuno impulso acustico (sonar).

Tale distanza sarà calcolata conoscendo la velocità di propa-

gazione delle onde acustiche nell'acqua che è di circa 1480 m/sec.

Lo sviluppo di metodologie e strumentazioni innovative per il monitoraggio ambientale marino, come quello oggetto del seguente progetto è oggi di particolare interesse. Si consideri ad esempio che recentemente alcune AMP (Aree Marine Protette) italiane sono state individuate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio affinché territori compresi nelle aree protette raggiungano la registrazione di qualità EMAS II. La direttiva EMAS II prevede l'elaborazione di un Sistema di Gestione Ambientale (S.G.A.) che rappresenta lo strumento essenziale per raccogliere, analizzare e organizzare tutti i dati e tutte le informazioni necessarie per individuare le aree nell'AMP di maggiore criticità ambientale. Dall'individuazione di tali aree, evidenziate attraverso stime di fragilità, derivano gli spunti necessari per definire un programma di monitoraggio che consenta di pianificare una gestione sostenibile delle attività interne all'area.

A titolo esemplificativo, di seguito alcuni "esempi di applicazione" del sistema ottenuto:

1. Analisi e monitoraggio ambientale per la riduzione dell'inquinamento idrico da utilizzare essenzialmente in aree marine protette o aree portuali.
2. Sicurezza portuale.
3. Archeologia sottomarina.
4. Controlli su impianti di acquacoltura.
5. Verifica interna/esterna di tubature e condotte.
6. Ispezioni e controllo fondamenta e parti subacquee di canali, ponti, acquedotti, dighe, e piattaforme petrolifere.
7. Ricerche per la valutazione della presenza e della quantità di idrati di metano. ■