

Rilievo costiero da imbarcazione mediante utilizzo integrato della tecnologia Laser Scanner e multibeam interferometrico.

Marco Bacciocchi (*), Paul Byham (**), Dario Conforti (***)

(*) Codevintec Italiana S.r.l, Via Labus 13, Milano, Italy

(**) SEA Ltd, 17 Castle Corner, Bekington, UK

(***) Optech Inc, 300 Interchange Way, Vaughan, Ontario, Canada

Abstract

Laser scanning and interferometric bathymetry represent the cutting edge of coastal survey technology and can be very beneficial for mapping complicated waterside areas.

Since 2005 Codevintec tested the integration of these two methodologies, carrying out a number of high resolution surveys, generating a complete and accurate digital model of areas both above and below water level, a result inimitable by any other topographical survey method.

The 3D-laser scanner used to scan the areas above water level was an Optech ILRIS-ER that allows scanning in dynamic from the boat while a SEA SWATHplus-H wide swath sonar system was used to collect underwater topography.

A combined GPS and inertial platform (Applanix POS/MV 320) is used to measure position and 3D attitude of the two sensors during the survey.

The similarity of the data provided by the two systems (point cloud and intensity value) makes it easy to integrate the two surveys using PolyWorks commercial software. The final product is a single 3D model made up of bathymetry and topography.

The trial has been carried out with the Italian Navy (Istituto Idrografico della Marina Italiana) in the delightful Porto Venere (Italy) and in particular the area around Fortress/Church of San Pietro has been scanned. This little church sits on the rocky promontory and emanates a sense of serenity that it is hard to imagine anywhere else in the world. The church was built by the Genoese between 1256 and 1277 on the ruins of a Paleo-Christian church that had been built over a pagan temple dedicated to the goddess Venere Ericina (Venus Erycina). She was closely associated with the history of Portovenere.

1 Introduzione

Il lavoro descritto consiste nel rilievo dell' area di Porto Venere, che include la chiesa di San Pietro, la facciata rocciosa sotto di essa e l'intera baia. Tale rilievo è stato eseguito in due momenti differenti, con due diversi approcci.

La prima campagna è stata effettuata nel Settembre 2006 (presentata ad Asita 2007) utilizzando il laser scanner terrestre ILRIS 3D e rilevando l'intera chiesa all'interno e all'esterno; successivamente i due modelli georiferiti sono stati uniti, creando un unico modello tridimensionale.

La seconda campagna, argomento di questo articolo, è stata condotta nel Giugno 2008, utilizzando due diversi sensori; i dati sono stati acquisiti dalla barca nello stesso momento, impiegando il laser scanner ILRIS MC (Motion Compensation) ed il multibeam interferometrico SWATHPlus - H.

I due sistemi sono stati georiferiti ed orientati durante il rilievo utilizzando la piattaforma inerziale Applanix Pos MV 320.

Il risultato finale consiste in un modello 3D completo dell'intera baia sopra e sotto il livello del mare, integrato con la scansione ad alta risoluzione della chiesa eseguita nel 2006.

2 Static Survey - 2006

Nel Settembre 2006 l'Istituto Idrografico della Marina ha fornito a Codevintec l'opportunità di testare il laser scanner Ilris 3D in un luogo di enorme interesse storico ed ambientale, completando un rilievo completo dell'antica chiesa di San Pietro in Porto Venere.



(Figure 1 – Chiesa di San Pietro durante il rilievo laser ILRIS 3D)

Il comandante Marco Grassi dell'Istituto Idrografico della Marina pianificò quindici stazioni di scansione esterne per un totale di trentadue acquisizioni laser. Inoltre una scansione aggiuntiva è stata effettuata dall'Isola Palmaria con lo scopo di chiudere il modello lungo il lato Sud.

Sono state pianificate ed eseguite anche nove scansioni da tre punti di stazione interni alla chiesa utilizzando l'opzione Pan and Tilt, che consente di acquisire dati a 360°, per restituire il modello 3D interno.

Mentre Codevintec conduceva il rilievo laser, i professionisti della Marina completavano il rilievo topografico della zona, utilizzando una stazione totale ad alta precisione. I punti acquisiti tramite stazione totale sono stati poi usati per georiferire il modello 3D finale fornendo così la possibilità di unire le scansioni interne con quelle esterne.

Il software Polyworks della Innovmetric è stato utilizzato per allineare e georiferire la nuvole di punti. Quindi lo stesso software è servito a creare il modello triangolato della chiesa. Inoltre il software Z-Map della Menci ha permesso la creazione dell'ortofoto ed il modello CAD della facciata principale.



(Figura 2 – modello 3D)

3 – Rilievo dinamico - 2008

Nel Dicembre 2007 l' Istituto Idrografico della Marina, dopo aver testato con successo le apparecchiature ha deciso di acquistare congiuntamente uno multibeam interferometrico SEA ed una piattaforma inerziale Applanix. Questo avvenimento, unito alla volontà di sperimentare sempre nuove tecnologia ha dato la possibilità di testare presto la combinazione delle due tecniche di rilievo descritte.

Dopo una scrupolosa preparazione il secondo rilievo è stato eseguito nel Giugno 2008, integrando i due differenti sensori installati sulla stessa barca.

Il laser Optech ILRIS-MC ed il sonar SWATHplus sono stati montati su una lancia dell' ammiraglia idrografica Magnaghi e sono stati integrati alla piattaforma inerziale e GPS Applanix POS MV 320, con lo scopo di fissare in ogni istante i parametri di posizione ed assetto

Sia lo SWATHplus che l' ILRIS-3D offrono diversi vantaggi rispetto alle tradizionali tecniche di rilievo: velocità ed efficienza nell' acquisizione, accuratezza e ridondanza dei dati sono solo alcuni di questi aspetti.

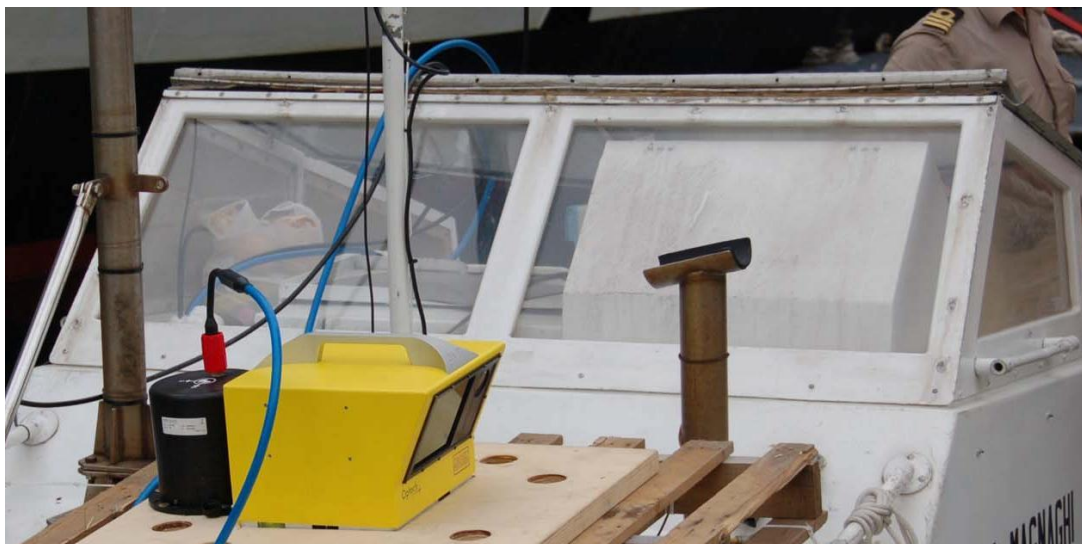
3.1 Tecnologia

ILRIS MC

La tecnologia laser a scansione si basa sul calcolo del tempo di volo di un impulso laser.

Il sistema registra le coordinate Cartesiane XYZ di ogni misura così come l' intensità del raggio riflesso.

L' ILRIS MC restituisce dati 3D compensati in modo estremamente accurato dalla componente di moto, grazie all' ausilio del sistema Applanix POS MV 320 che corregge l'orientamento e la posizione del sensore, generando automaticamente una nuvola di punti georiferiti.



(Figure 3 – Installazione dell' ILRIS MC sulla barca)

SWATHplus

Il SEA SWATHplus è un sonar in grado di acquisire porzioni molto ampie di batimetria ad alta risoluzione con una sola passata.

Grazie alle sue caratteristiche la SWATHplus è estremamente utile in acque basse (fino a 200 metri) installato su piccole imbarcazioni. La tecnologia interferometrica misura la distanza dal tempo di propagazione dell'onda e gli angoli dalla differenza di fase calcolata dai quattro trasduttori equispaziati ed installati sullo scafo. Anche lo SWATHplus è connesso all' Applanix POS MV 320 per correggere l'orientamento e la posizione di ogni impulso. Il risultato finale è una griglia regolare georiferita di punti XYZ.



(Figure 4 – SWATHplus-H installed on the hull of the boat)

Applanix POS Mv 320

L' Applanix POS MV 320 contiene tre giroscopi e tre accelerometri che misurano la accelerazione e la velocità angolare in modo da tener conto di ogni aspetto del movimento dell' imbarcazione: posizione, velocità, altezza, accelerazione, orientamento e rotazione.

Due antenne GPS a doppia frequenza (L1/L2) tracciano la traiettoria della barca fornendo la georeferenziazione basilare per la navigazione e per l'acquisizione dei dati.

Viene inoltre usata la correzione differenziale in real time (RTK) o in post processing per rifinire il dato georiferito. La stazione base utilizzata per correggere il dato è generalmente installata vicino ad un punto noto (GCP) nelle vicinanze della zona d'interesse. E' anche possibile utilizzare reti di stazioni base. L'utilizzo di tale correzione può far migliorare la posizione assoluta fino a valori centimetrici.



3.2 Integrazione dei sensori

Lo SWATHplus riceve I dati binari direttamente da sistema di posizionamento a fornisce in tempo reale una nuvola di punti georiferita ed un' immagine sidescan del fondale. Questo output può essere migliorato sia utilizzando la correzione RTK sia in post processamento.

La connettività tra l' ILRIS MC ed il sistema di posizionamento è limitata alla sincronizzazione tra gli orologi dei due strumenti. Questa operazione è realizzata attraverso il settaggio di una connessione GPS PPS connection che permette al laser di marcare temporalmente i singoli eventi con i proprio orologio locale. Contemporaneamente è necessario settare una stringa GPS NEMEA per indicare l' orario preciso GPS dell' evento PPS prima citato. L' ILRIS utilizzerà quindi questo orario per stabilire l' offset tra il suo orologio locale ed il tempo GPS.

Uno dei punti più delicati nel predisporre questo tipo di rilievi è la conoscenza delle distanze relative tra ogni oggetto costituente l'intero sistema.

Il POS ha una sua posizione ed un suo orientamento all' interno della barca ed è importante conoscere esattamente l'orientamento e la posizione dell' ILRIS MC e dello SWATHplus rispetto al POS.

Per la nostra applicazione l' ILRIS MC è stato montato sul lato della barca in modo da scansare la costa mentre la barca navigava parallelamente ad essa. L' IMU (*inertial measurement unit*) è stato posizionato sulla stessa base dell' ILRIS allo scopo di minimizzare gli errori di assetto del dato lidar. Questo ha reso più facile il calcolo delle distanza relative, poiché gli assi dell' IMU coincidevano con quelli del laser.

Per calibrare I due sensori rispetto all' IMU sono state effettuate due differenti procedure di calibrazione sia per L'Illris che per lo SwathPlus:

Lever Arm: Posizione relativa rispetto all' IMU (X, Y e Z)

Boresight: Orientamento angolare rispetto all' IMU (rollio, beccheggio e rotta).



(Figure 5 – Rilievo laser dinamico della baia)

3.3 Il rilievo

Il 19th Giugno 2008 sotto la guida degli Ufficiali Idrografi **Nicola Pizzghello** e **Nunziante Langellotto**, il rilievo è stato eseguito seguendo più linee in modo da coprire l'intera area con una risoluzione ottimale per gli scopi prefissi.

La velocità della barca è variata tra i 2 ed i 4 nodi, i dati lidar e acustici sono stati acquisiti contemporaneamente.

L'area in esame è caratterizzata da mare mosso, che richiede un'attenta compensazione dei parametri di assetto. Il sistema inerziale ha acquisito alla frequenza di 100 Hz per tutta la durata del rilievo.

Sono stati eseguiti due diversi tipi di rilievo laser scanner con l'ILRIS MC laser:

Il primo bloccando uno specchio e scansando per linee verticali. In questo caso la risoluzione lungo la traccia è data dalla velocità di crociera.

Nel secondo caso la barca era ancorata di fronte alla facciata rocciosa ed è stato effettuato un rilievo un rilievo pseudo statico, con lo scopo di migliorare la risoluzione finale (1-2 cm) e confrontare la qualità del dato.

Relativamente al rilievo batimetrico, è stato utilizzato il trasduttore a più alta frequenza (468 kHz) per monitorare un fondale marino profondo tra i 2 ed i 25 metri ottenendo una risoluzione di 10 cm.

La tecnologia interferometrica permette di acquisire anche un' immagine sidescan avente la stessa risoluzione e dimensione della batimetria. Questo consente di ottenere una nuvola di punti con le stesse caratteristiche del laser scanner (distanza ed intensità).

Inoltre è stata utilizzata una base GPS di supporto, posizionata nei pressi di un caposaldo all' interno dell' Arsenale (circa 5 km dall'area rilevata). Questa base ha acquisito alla frequenza di 1 Hz per tutta la durata del rilievo.

3.4 Elaborazione dei dati

I dati binari acquisiti dal POS MV sono stati successivamente processati con I dati della stazione GPS base utilizzando il software PosPac. Il risultato è il calcolo della *Smoothed Best Estimated Trajectory (SBET)* che è stata poi utilizzata come input per correggere sia i dati laser che quelli batimetrici.

I dati ILRIS MC sono stati processati immettendo il file SBET ed il file di calibrazione calcolato precedentemente nel software Parser della Optech. Il risultato ottenuto è una nuvola di punti ASCII georiferiti con grandissima precisione (attorno ad 1 – 2 cm di RMS).

Lo stesso software della SEA utilizzato per registrare i dati SWATHplus è stato utilizzato anche in fase di elaborazione per produrre la griglia batimetrica finale.

L' elaborazione comprende operazioni di filtraggio e definizione della griglia, oltre alla sovrapposizione dell' immagine sidescan alla batimetria. Durante questa fase, la disponibilità di tabelle di marea e di velocità del suono in acqua nelle aree osservate può migliorare sensibilmente il risultato.

Poiché ogni singolo rilievo è stato georiferito in WGS84 il software PolyWorks è stato utilizzato per integrare i tre set di dati (ILRIS 3D 2006, ILRIS MC 2008, SWATHplus 2008), ricavandone un modello tridimensionale completo ed accurato della baia di Porto Venere.

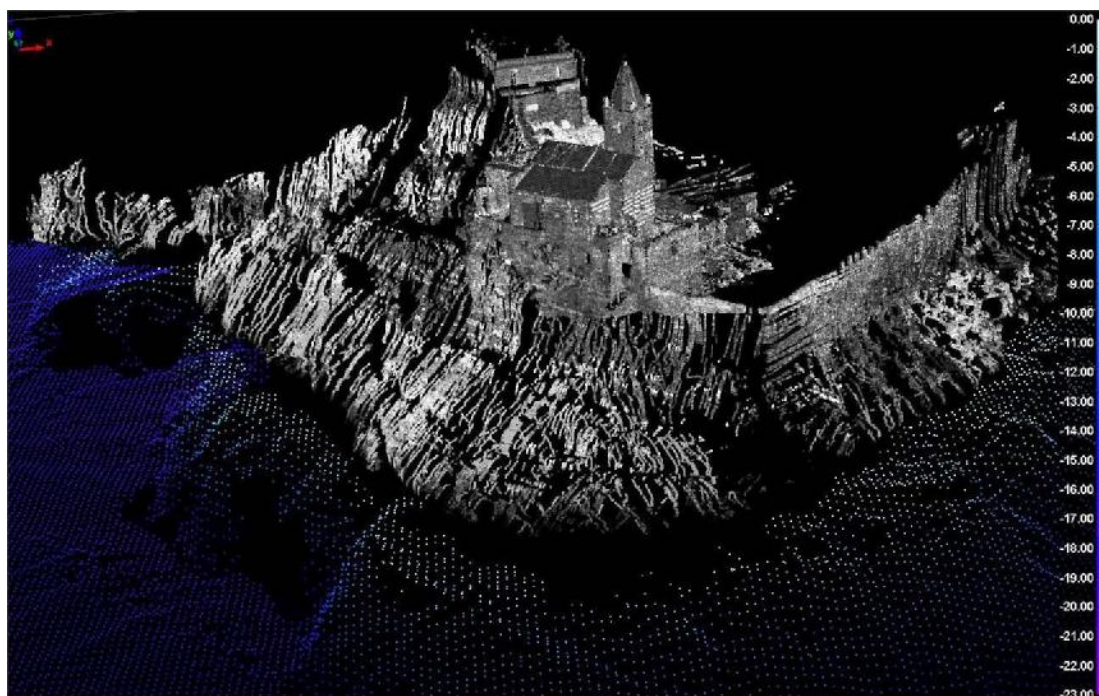


Figure 6 – Dati processati – Rilievo statico ad alta risoluzione 06, rilievo dinamico 08 e batimetria.

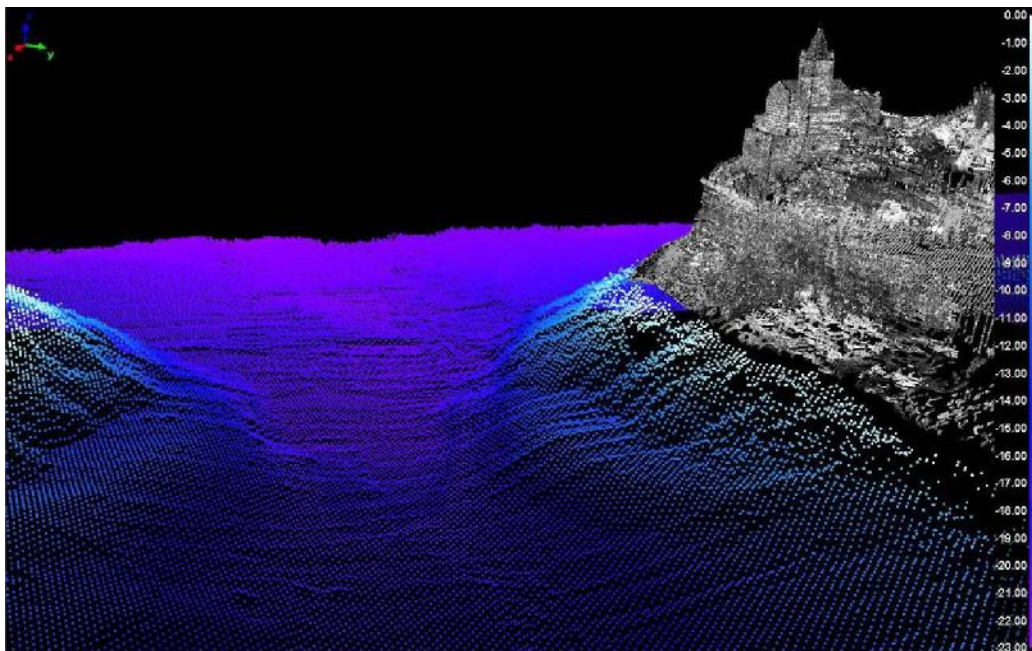


Figure 7 – Dati processati – Vista del canale e della fortezza

4 Conclusioni

Sia il laser scanner che il multibeam interferometrico forniscono la capacità di rilevare grandi aree in tempi brevi con un' accuratezza assoluta attorno ai **5 cm**, restituendo un set di dati automaticamente georiferito che può facilmente essere usato per la rappresentazione della costa e del fondale marino.

I due sistemi sono da considerarsi assolutamente complementari. Nel caso in esame la fusione delle due tecnologie ha permesso di generare un modello digitale completo ed estremamente accurate delle diverse aree sopra e sotto il livello del mare, cosa impensabile con qualsiasi altra tecnologia di rilievo.

L' accuratezza nella georeferenziazione permette l' integrazioni dei dati acquisiti in dinamico con quelli laser acquisiti da posizione fissa, permettendo di incrementare la risoluzione di oggetti di particolare interesse.

Relativamente alla nostra esperienza abbiamo notato che durante il rilievo laser dinamico è stata utilizzata una risoluzione verticale eccessivamente elevata. Questo ha costretto il laser ad impiegare tempo eccessivo a descrivere una singola linea verticale causando un degradamento della risoluzione lungo la traccia

Questo significa che il risultato, già notevole poteva essere ulteriormente migliorato abbassando la risoluzione verticale per ottenere una maggior risoluzione lungo la direzione orizzontale.

5 Crediti

Gli autori ringraziano sentitamente il comandante **Maurizio De Marte** dell' Istituto Idrografico per aver promosso la sperimentazione oggetto di studio e lo staff della “ **Nave Magnaghi**” che si è rivelato essenziale per la pianificazione e la realizzazione del rilievo di Porto Venere. In particolare si ringrazia il Comandante **Massimo Tozzi** per l'accurata preparazione dell' intero lavoro.

Un ringraziamento speciale va a Mark Field, Applanix Sales Manager per la divisione Marina, che ci ha guidato nell' istallazione e nella calibrazione del sistema, oltre ad aiutarci nell'elaborazione dei dati.