

## Condivisione di dati real time tra sensori di Istituti del CNR: un approccio possibile

Alessandro Oggioni (\*), Mauro Bastianini (\*\*), Paola Carrara (\*),  
Tiziano Minuzzo (\*\*), Fabio Pavesi (\*)

(\*) Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente, CNR - IREA UOS Milano, Via Bassini 15,  
20133 Milano, Italia, {oggioni.a, carrara.p, pavesi.p}@irea.cnr.it

(\*\*) Istituto di Scienze Marine, CNR - ISMAR Venezia, Castello 2737 / F, 30122 Venezia, Italia,  
{mauro.bastianini, tiziano.minuzzo}@ismar.cnr.it

### Abstract

Il monitoraggio e lo studio ambientale spazialmente distribuito, in passato realizzati principalmente da osservazioni da satellite o da poche stazioni distribuite sul territorio, oggi possono avvalersi di un numero sempre maggiore di stazioni di misura *in-situ* che possono condividere dati grazie all'uso di servizi standard. Per i ricercatori l'approccio ideale alla condivisione dovrebbe prevedere la non duplicazione dei dati da essi prodotti e la possibilità che i dati vengano fruiti a partire da servizi locali mantenuti ove il dato viene raccolto; un approccio in linea con la Direttiva Europea INSPIRE. Il presente lavoro vuole essere una dimostrazione pratica, realizzata per l'ambiente marino, della possibilità di condividere in tempo reale le osservazioni raccolte da piattaforme/sensori *in-situ* seguendo un'architettura distribuita e basandosi su standard internazionali suggeriti dall'*Open Geospatial Consortium* (OGC). Verrà dimostrato come sia possibile: condividere in tempo reale osservazioni raccolte da sensori eterogenei, ottenere una descrizione delle caratteristiche e funzionalità dei sensori e creare interfacce che permettano di visualizzare osservazioni e informazioni sul sensore che le ha prodotte. Questi punti saranno attuati e dimostrati su sensori a mare del CNR che inviano osservazioni/misure in tempo reale, archiviandole ognuno in database distinti e distribuiti; esse sono infine servite da servizi web diversi, così da essere condivise in tempo reale.

### 1. Introduzione

La miniaturizzazione dei componenti elettronici, e la diminuzione dei prezzi dei sensori e dei dispositivi ha portato, in particolare nelle discipline ambientali, ad uno spostamento dal monitoraggio tradizionale ad uno costituito da reti di sensori (*Sensor Networks*) accoppiati a funzionalità e processi (Papp, Hakkesteegt, 2008). Questo nuovo approccio consente di aumentare il numero di osservazioni e misure, correlandole in maniera più veloce, al fine di facilitare lo studio e la comprensione di teorie complesse o processi ecologici fondamentali.

In una revisione di 50 *Sensor Networks*, Hart e Martinez (2006) prevedevano una integrazione totale, effettuata su reti diverse, di sensori distribuiti, mobili, fissi, e asincroni. L'integrazione è infatti il primo passo per consentire il monitoraggio ambientale a diverse scale, ma la reale capacità dei diversi sistemi di lavorare insieme, in maniera interoperabile, è stata realizzata solo negli anni più recenti (Barnaghia, Ganza, Abangara, 2011; Havlik et al., 2011). Concetti come l'interoperabilità sono fondamentali nella realizzazione, per i dati, di un collegamento logico tra gli attributi spaziali (es. profondità, proiezione geografica o località, posizione relativa), temporali (ad esempio, il fuso orario) e tematici (ad esempio qualità, dominio, unità di misura).

Alcuni ambiti di ricerca, come ad esempio il progetto LIFE+ EnvEurope (<http://www.enveurope.eu>) (Oggioni et al., 2012; Kliment et al., 2013a) e il Progetto Italiano RITMARE (<http://www.ritmare.it>), hanno sottolineato come la necessità di sfruttare l'accesso interoperabile

alle osservazioni da sensori marini è sempre più importante sia per valutare i sintomi del cambiamento climatico, sia per monitorare le anomalie improvvise.

In questo articolo, seguendo l'approccio di Hart e Martinez (2006), vorremmo analizzare quelle che sono le sfide per il rilevamento e l'uso in tempo reale di osservazioni in ambiente marino, usando come casi studio osservatori marini italiani. Le questioni che in questo ambito meritano di essere affrontate sono:

Eterogeneità dei siti - la rete osservativa marina italiana è eterogenea. Offre alcune eccellenze, come il tipo di sensori utilizzati, ma gli enti di gestione sono numerosi e le competenze/risorse sono diverse. Le tecnologie presenti nei diversi nodi della rete di osservatori non sono omogenee nella modalità di raccolta, nella frequenza e nei parametri misurati (ad esempio risoluzione temporale e spaziale diversa, unità di misura, ecc.).

Controllo di qualità e armonizzazione - Al fine di consentire un confronto tra le misure provenienti da sensori diversi, una priorità è il controllo della qualità dei dati. L'esclusione di valori anomali, i confronti con i dati raccolti da stazioni vicine, e l'analisi delle tendenze a granularità temporale diversa sono le operazioni che devono essere effettuate a diversi livelli. Un'altra azione importante è l'armonizzazione nella raccolta e nella memorizzazione, al fine di migliorare la qualità e l'interoperabilità complessiva delle osservazioni raccolte dalla rete.

Descrizione e storia del sensore - Informazioni sui sensori della rete come la descrizione, le parole chiave utili per la ricerca, un numero di archivio o d'identificazione, una classificazione attraverso parole chiave, la caratterizzazione delle proprietà fisiche o dei requisiti elettrici, le capacità, i riferimenti del produttore, del proprietario o del gestore, le caratteristiche dei dati d'ingresso o di uscita, gli elementi del sistema, e un registro cronologico per tenere traccia di eventuali modifiche o tarature, sono e devono essere raccolte e messe a disposizione al fine di valutare la qualità, la capacità, e le caratteristiche per il confronto dei sensori della rete.

Per affrontare le questioni di cui sopra, è stato creato un *proof-of-concept* il cui obiettivo è stato quello di verificare come sensori distribuiti, eterogenei, asincroni collegati al web sono in grado di interagire e di condividere osservazioni e misure allo scopo di studiare l'ecosistema marino.

Questo articolo descrive il *proof-of-concept*, relativamente ai siti di esempio, simulando una rete e descrivendo l'approccio adottato per affrontare i problemi di osservatori marini Mediterranei che devono condividere osservazioni in tempo reale. Per la realizzazione di questo *proof-of-concept* si è sfruttato l'approccio SOA (*Service Oriented Architecture*) e la tecnologia basata su standard dell'*Open Geospatial Consortium* (OGC) secondo l'approccio *Sensor Web Enablement* (SWE).

## 2. Sensor Web Enablement e Servizi Web OGC

Nel dominio degli standard per il web, l'OGC è l'organizzazione che fornisce la normalizzazione principale dei servizi per i dati geospaziali. Si tratta di un'organizzazione *no-profit* fondata nel 1994; si compone di 440 aziende, enti governativi e università e sviluppa standard per permettere l'interoperabilità tra i sistemi che elaborano dati georeferenziati. Diversi servizi web geografici sono stati sviluppati dall'OGC per lo scambio di diversi tipi di dati geografici, tra i quali i più popolari sono: *Web Map Service* (WMS), *Web Feature Service* (WFS) e *Web Coverage Service* (WCS) rispettivamente per lo scambio di mappe, *feature* e *coverage*; *Catalog Service of Metadata* (CSW) per la gestione del catalogo dei metadati.

OGC ha sostenuto e proposto, per la finalità di gestione delle osservazioni raccolte da sensori, un quadro di norme sotto l'ombrello comune dello SWE (Botts et al., 2013.) che comprende: *SWE Common Data Model*, *Sensor Model Language* (SensorML), *Sensor Event Service* (SES), *Sensor Planning Service* (SPS), *Sensor Observation Service* (SOS).

In questo articolo ci concentreremo sul servizio SOS (Na, Priest, 2007) che è stato adottato nel *proof-of-concept* con il preciso scopo di specificare le interfacce di interoperabilità e le codifiche di metadati che consentono l'integrazione di sensori eterogenei sul web. SOS è stato sviluppato per la ricerca, la connessione e l'interrogazione di sensori singoli o piattaforme di sensori in *Real Time* (RT), *Near Real Time* (NRT) o in *Delay Mode* (DM) (Bermudez et al., 2009). SOS specifica

un'interfaccia standard di servizio web per la richiesta, il filtraggio, e il recupero delle osservazioni e delle informazioni di un sensore o da un sistema di sensori (vedere le richieste disponibili nella Tabella 1). Con SOS, altre due specifiche lavorano insieme: SensorML per descrivere le caratteristiche e le capacità dei sensori e la specifica di *Observation&Measurement* (O&M) per la codifica di osservazioni e misure.

<b>Operazioni principali</b>
<i>GetCapabilities</i>
<i>DescribeSensor</i>
<i>GetObservation</i>
<b>Operazioni transazionali</b>
<i>RegisterSensor</i>
<i>InsertObservation</i>
<b>Operazioni avanzate</b>
<i>GetObservationById</i>
<i>GetResult</i>
<i>GetFeatureOfInterest</i>
<i>GetFeatureOfInterestTime</i>
<i>DescribeFeatureType</i>
<i>DescribeObservationType</i>
<i>DescribeResultModel</i>

Tabella 1. Le richieste implementate nel servizio SOS suddivise per tipologia (modificata da Bermudez et al., 2009).

### 3. Descrizione dei siti coinvolti

Il *proof-of-concept* è stato prodotto sfruttando le funzionalità di due osservatori marini italiani appartenenti al CNR ISMAR (Figura 1). Entrambi sono anche nodi della rete LTER europea (*Long Term Ecological Research*) (<http://www.lter-europe.net/>) e sono coinvolti nel progetto LIFE+ EnvEurope (Figura 4).

I due osservatori marini sono la piattaforma oceanografica “Acqua Alta” e una stazione meteo presente nella sede storica del CNR ISMAR di Venezia (Italia). I parametri misurati e inclusi nella prova sono descritti nella Tabella 2.



Figura 1. Le immagini della Piattaforma “Acqua Alta” (a sinistra) e del CNR ISMAR edificio storico che ospita la stazione meteo (a destra).

La Piattaforma “Acqua Alta” è una torre situata a 15 km al largo nel mare Adriatico, che in quel punto ha una profondità di 16 metri (Figura 1 a sinistra). Questa è l'unica struttura scientifica in Italia, e una delle poche in Europa, che permette a personale tecnico e scientifico di compiere, anche per lunghi periodi, campagne intensive di ricerca in mezzo al mare, ottenendo così misure molto accurate anche in condizioni particolarmente difficili. La torre ha tre piani ed è a un'altezza di 12 metri sopra il livello medio del mare. “Acqua Alta” è dotata di un ampio set di strumenti dedicati sia alla meteorologia, sia alla raccolta dei parametri oceanografici e chimici (Tabella 2).

Parametri	Piattaforma Oceanografica "Acqua Alta"			Stazione Meteorologica		
	Profondità/ Altezza	Frequenza	Marca/ Produttore sensore	Profondità/ Altezza	Frequenza	Marca/ Produttore sensore
Temperatura aria	+18 m sopra livello del mare medio	30''	Davis Vantage Pro2	+24 m sopra livello del mare medio	30''	Davis Vantage Pro2
Umidità						
Velocità del vento						
Direzione del vento						
Irradianza						
UV						
Precipitazione	0 m sopra livello del mare medio	30'	Nortek Awac			
Altezza d'onda						
Periodo d'onda						
Direzione d'onda						
Marea						
Velocità di corrente						
Direzione di corrente						
Temperatura dell'acqua						
Concentrazione ossigeno						
Salinità						
Clorofilla <i>a</i>	-12 m sotto livello del mare medio					

Tabella 2. Parametri raccolti nella Piattaforma Oceanografica "Acqua Alta" e nella stazione meteo. La tabella indica anche la profondità/altitudine al di sopra/sotto il livello medio del mare, la frequenza di campionamento, e marca/produttore dei sensori installati.

La stazione meteo invece è posta a 24 metri di altezza nel centro della città di Venezia, nei pressi del palazzo storico dell'Istituto ISMAR (Figura 1 a destra).

Tutte le osservazioni raccolte da queste stazioni sono inviate direttamente, attraverso un collegamento (*wireless*), nella rete locale dell'istituto e da lì ad un server.

#### 4. Il *proof-of-concept*

In campo ambientale la necessità di progettare architetture orientate ai servizi (SOA) rappresenta una sfida (Havlik et al., 2011). Le architetture SOA permettono di pubblicare i servizi web, di renderli disponibili e ricercabili, e, infine, invocarli da diversi *client* della rete in modo dinamico (Jiang et al., 2013). Molti autori (Chen et al., 2009; Woolf, 2008; Voigt et al., 2008; Di, 2007) hanno dimostrato come i servizi distribuiti possono essere accoppiati e possano interagire, ma al momento solo alcuni esempi sembrano essere veramente implementati.

Nell'architettura del *proof-of-concept* qui proposta, sia i servizi, sia gli archivi sono distribuiti, "... al fine di garantire che i dati [territoriali] siano archiviati, resi disponibili e conservati al livello più appropriato ..." (vedi Art. 6 - Direttiva INSPIRE 2007 / 2/EC). Quest'aspetto è molto importante in un contesto marino, dove diverse istituzioni hanno bisogno di gestire e mantenere i dati raccolti dalle proprie apparecchiature.

In Tabella 3 vengono descritti i 5 strati dell'architettura, ognuno dei quali contiene le componenti del *proof-of-concept*.

Livello	Significato	Uso nel <i>proof-of-concept</i>
Livello dei sensori	Il livello dei sensori. Questi possono essere distribuiti nello spazio e di tipo differente, mobili o fissi, e possono collezionare dati in <i>real-time</i> o in <i>delay mode</i> . Questo livello è differente da quello dei dati perché non agisce come contenitore delle osservazioni, ma semplicemente le raccoglie e le invia al livello successivo o, solo in alcuni rari casi, li salva temporaneamente.	Nel nostro <i>proof-of-concept</i> questo livello contiene 2 piattaforme composte da diversi sensori, poste in posizioni diverse (distribuite) e fisse (Tabella 2). Queste sono connesse alla rete internet e collezionano dati in <i>real-time</i> .
Livello dei dati	Il livello dei dati contiene i <i>repository</i> delle osservazioni raccolte dai sensori.	Nel nostro <i>proof-of-concept</i> questo livello consiste di 2 database distribuiti e separati. Ognuno di questi raccoglie e conserva le osservazioni misurate dalla rispettiva piattaforma di sensori (implementato con PostgreSQL v9.2.and PostGIS v2.0)
Livello dei servizi	Questo livello è costituito dai servizi web, capaci di distribuire le osservazioni nella rete internet. Come servizi standard permettono di ottenere la piena interoperabilità.	Nel <i>proof-of-concept</i> il servizio utilizzato è OGC SOS (uno per ciascuna stazione), accompagnato dalle specifiche SensorML e O&M (implementato con 52°North SOS v3.2.1)
Livello delle applicazioni	Questo livello mette a disposizione strumenti per l'elaborazione, l'analisi, la trasformazione, l'armonizzazione, ecc. delle osservazioni raccolte dai sensori, contenute nei database e distribuite nel web dai servizi. Esempi di applicazioni possono essere: elaborazione, controllo qualità, trasformazioni geografiche, armonizzazione di unità di misura, ecc.	Nel <i>proof-of-concept</i> questo livello contiene il tool per l'armonizzazione dei nomi dei parametri e anche il <i>portal controller</i> che diffonde le richieste e i processi che, a livello di interfaccia, l'utente ha richiesto (implementato con JBoss Application Server v7 e Tomcat v7)
Livello dell'interfaccia	Questo livello contiene l'interfaccia che permette l'accesso alle osservazioni, ma anche la loro elaborazione.	Nel <i>proof-of-concept</i> questo livello è la vera interfaccia con l'utente. Esso permette la selezione, la ricerca e la visualizzazione delle osservazioni attraverso appositi strumenti, pensati per essere intuitivi e aderenti ai bisogni dell'utente (implementato con OpenLayers v2.13.1)

Tabella 3. Descrizione dei cinque livelli dell'architettura adottati e delle componenti del *proof-of-concept*.

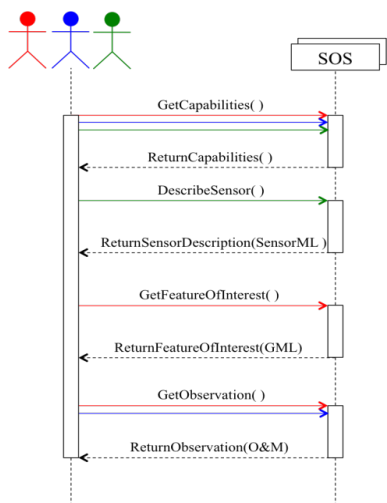


Figura 2. Diagramma UML (Unique Model Languages) rappresentante la sequenza di richieste SOS effettuate durante i differenti casi d'uso. In colori diversi, gli utenti e le richieste preferenziali effettuate da essi (rosso, blu e verde).

Il flusso di osservazioni fra le varie componenti dell'architettura è governato dall'interfaccia SOS standard. Le osservazioni raccolte dai sensori sono memorizzate nei *repository* utilizzando una richiesta SOS standard *InsertObservation()*. Il dialogo tra livello applicativo e il livello dei dati/servizi avviene anch'esso attraverso richieste standard: *GetObservations()*, *GetFeatureOfInterest()* e *DescribeSensor()*.

Il dialogo tra l'interfaccia (*presentation layer*) e l'applicazione (*application layer*) si avvale della mediazione di un *controller*, che organizza e spedisce le richieste dagli utenti della *proof-of-concept* ai diversi servizi SOS. Lo scopo principale del *controller* è di incapsulare una serie di caratteristiche in modo che siano trasparenti all'utilizzatore dell'interfaccia (es. conversione unità di misura, armonizzazione dei parametri, la revisione della disponibilità dei server o controlli di qualità (QC)). Vale la pena di notare che il livello dell'applicazione può ospitare diversi strumenti volti a svolgere il controllo di qualità, i problemi di armonizzazione e di analisi citati nell'introduzione. Il *proof-of-concept* permette di eseguire queste azioni su entrambi gli osservatori/piattaforme o selezionarli interrogando singolarmente i diversi servizi.

#### 4. I casi d'uso

Come già accennato in precedenza, il *presentation layer* del *proof-of-concept* contiene un'interfaccia per l'utente.

Questa sottosezione è dedicata a descrivere brevemente i principali requisiti dell'interfaccia in termini di attività e di dati, e le soluzioni adottate nell'esperimento qui descritto. I potenziali utenti della nostra applicazione sono diversi operatori coinvolti nel monitoraggio marino. Seguendo le sfide da noi proposte nella parte introduttiva sono stati ipotizzati 3 casi d'uso. Ciascuno di questi identifica un tipo di utente, che avrebbe la necessità di eseguire le operazioni descritte con l'unico scopo di valutare la qualità dell'acqua marina attraverso l'uso di dati provenienti da stazioni eterogenee e distribuite. Identifichiamo così 3 casi:

- a. recupero e visualizzazione delle informazioni relative alla stazione, ai sensori disponibili e ai processi di misurazione (per es. calibrazione, precisione, *offset*, ecc.) che potrebbero comprendere una procedura di controllo della qualità di tutti i sensori di una stazione;
- b. recupero e visualizzazione comparata delle osservazioni di un parametro selezionato (ad es. la temperatura dell'aria, la direzione del vento, la velocità del vento, ecc.) raccolte da sensori distribuiti su diverse stazioni;
- c. recupero delle osservazioni di tutti i parametri raccolti da tutti i sensori di una specifica stazione.

Le tre sotto-sezioni seguenti descrivono, con esempi reali, come i tre casi d'uso sono realizzati e concepiti nel nostro *proof-of-concept*.

##### 4.1 Caso d'uso a)

In questo caso d'uso l'utente vuole ad esempio ottenere le informazioni circa le caratteristiche tecniche del termometro in acqua montato sulla Piattaforma "Acqua Alta".

Le azioni sono evidenziate in verde nella figura 2. Dopo che è stata eseguita una richiesta di tipo *GetCapabilities()*, per conoscere effettivamente se il relativo servizio SOS fornisce dati sulla temperatura dell'acqua e per individuare il nome del sensore, il *proof-of-concept* effettua una richiesta di tipo *DescribeSensor()*. Questa seconda richiesta permette di visualizzare tutte le informazioni, in formato SensorML XML, relative al solo sensore in oggetto. I dati ottenuti sono: le parole chiave utili per la ricerca, un numero di archivio o d'identificazione, una classificazione la caratterizzazione delle proprietà fisiche o dei requisiti elettrici, le capacità, i riferimenti del produttore, del proprietario o del gestore, le caratteristiche dei dati di ingresso o di uscita, i componenti del sistema, e un registro cronologico per tenere traccia di eventuali modifiche o tarature.

##### 4.2. Caso d'uso b)

L'utente, in questo caso, vuole ad esempio recuperare la temperatura dell'aria raccolta nell'area del Nord Adriatico nel mese di agosto 2012, e conoscere anche la posizione geografica dei sensori. Le azioni coinvolte in questo caso sono evidenziate in rosso nella figura 2. Il *proof-of-concept* esegue una richiesta di tipo *GetCapabilities()*, al fine di sapere se i servizi web disponibili nella zona forniscono dati sulla temperatura dell'aria e se le osservazioni coprono il periodo richiesto dall'utente. In realtà, la risposta a questa richiesta contiene, tra le altre, informazioni su: i parametri misurati in ciascuno degli osservatori, il periodo temporale coperto e la posizione geografica di ciascuno dei sensori. Sia la piattaforma "Acqua Alta" sia la stazione meteorologica hanno termometri per la misurazione della temperatura dell'aria (Tabella 2).

Il secondo passo è quello di reperire le osservazioni e in seguito mostrarle in un grafico. La richiesta di tipo *GetObservation()*, con filtro sul periodo di tempo, può essere utilizzata per ottenere le osservazioni raccolte dai sensori nei 2 siti e distribuite dai 2 servizi.

Per l'utente potrebbe essere importante anche visualizzare su una mappa la posizione dei diversi sensori di temperatura dell'aria (termometro). In questo caso l'operazione *GetFeatureOfInterest(Enhanced)* (Tabella 1) può essere utilizzata per ottenere le coordinate di entrambe le stazioni che ospitano i sensori e raccolgono le osservazioni (Figura 3).



### 4.3. Caso d'uso c)

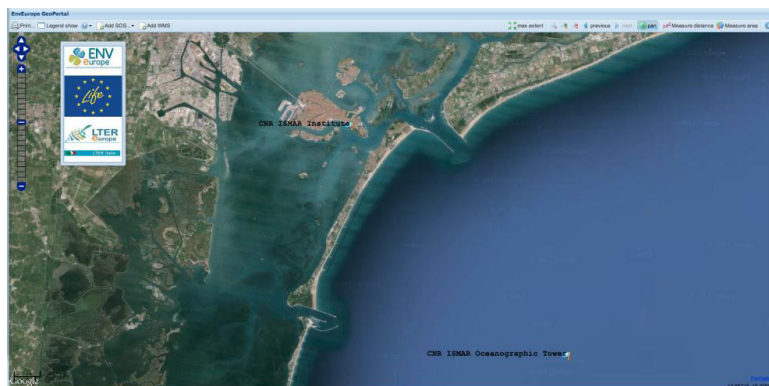


Figura 3. Interfaccia di presentazione per la visualizzazione della posizione degli osservatori e dei sensori.

L'immagine in Figura 3 rappresenta l'interfaccia di presentazione per la visualizzazione delle posizioni dei sensori.

L'utente, in questo caso, vuole ad esempio recuperare tutti i dati raccolti da tutti i sensori della Piattaforma "Acqua Alta".

Le azioni evidenziate in blu nella figura 2. A tale scopo il *proof-of-concept* sfrutta le richieste di tipo *GetCapabilities()* e *GetObservation()* per elencare i parametri, i corrispondenti valori delle osservazioni e le posizioni di

### 5. Conclusioni

Questo lavoro presenta un *proof-of-concept* creato per testare l'idoneità dei servizi OGC SWE come nucleo d'infrastrutture di dati spaziali per la gestione dei dati, raccolti in tempo reale, da una rete di sensori distribuiti ed eterogenei in ambito marino. Le architetture, gli elementi e le soluzioni proposte e implementate del *proof-of-concept* sono risultate idonee a rispondere a tutte le esigenze di una comunità di utenti che intendono recuperare e visualizzare le osservazioni provenienti da sensori distribuiti ed eterogenei, conservati in archivi anch'essi distribuiti e collegati al Web ed infine resi disponibili nella rete internet mediante standard SWE OGC.

La struttura multistrato e l'approccio a servizi consentono il disaccoppiamento dei componenti, in particolare, ciascun ente (istituto di ricerca, università, agenzia regionale per l'ambiente, ecc.) che ospita e mantiene una stazione con sensori può archiviare e metterle a disposizione le osservazioni a diversi clienti web indipendenti, i e distribuirle in modo interoperabile, con servizi standard riconosciuti e accettati a livello europeo e scala globale. Il successo e l'affidabilità della soluzione sono dimostrati dal numero di servizi SOS, che è notevolmente incrementato negli ultimi anni (Tamayo et al. 2011). Utilizzando la ricerca avanzata nel motore Google (es. inurl: Servizio SOS = inurl: richiesta = GetCapabilities) (Kliment et al., 2013b) ben 913 diversi servizi SOS sono trovati, 456 dei quali relativi all'ambiente acquatico. Sia essi che le osservazioni messe a disposizione sono potenzialmente interoperabili con le osservazioni distribuite dal *proof-of-concept*.

Se si considerano le sfide definite nell'introduzione, il *proof-of-concept* proposto permette di affrontare l'eterogeneità tecnologica degli osservatori e dei sensori montati su di essi poiché si basa sull'utilizzo di standard OGC. Esso è in grado non solo di raccogliere e descrivere le caratteristiche dei singoli sensori, ma offre una modalità uniforme per condividere le osservazioni tra i vari componenti dell'infrastruttura e componenti esterni.

Il controllo sulla qualità delle osservazioni e un'eventuale armonizzazione sono promossi da un approccio che consente di includere strumenti implementati per tale scopo anche a livelli differenti. Per esempio un controllo di qualità *fast-track* può essere eseguito prima dell'invio delle osservazioni nei *repository*, mentre un processo incrociato di validazione esteso a più sensori distribuiti spazialmente spazio può essere incluso nel livello delle applicazioni.

Ma di grande utilità è sicuramente la possibilità di fornire un'intercalibrazione *on the fly* attraverso la descrizione dei sensori e il loro stato. Queste sono informazioni estremamente importanti per il mantenimento della rete e permettono un confronto diretto nelle prestazioni dei sensori.

Gli autori non nascondono che il lavoro ancora da fare sia grande. In particolare, per la comunità dei ricercatori marini l'implementazione degli strumenti SWE e gli aspetti legati allo *storage* (es. dimensione, sicurezza e *backup*) dei dati richiedono ancora molto lavoro. Infatti da un lato il successo di questo approccio sta proprio nello sviluppo e nella disponibilità degli strumenti standard OGC, dall'altro i *cloud provider* possono offrire una soluzione ai problemi che si possono avere nelle piccole realtà di ricerca. Un successivo sviluppo di questo *proof-of-concept* dovrà prevedere l'armonizzazione sintattica e semantica, che richiede non solo la realizzazione di applicazioni dedicate che integrino le soluzioni tecnologiche standard, ma anche le conoscenze provenienti dagli esperti di dominio.

## RIFERIMENTI

- Barnaghia P., Ganza F., Abangara H., (2011), Sense2Web: A Linked Data Platform for Semantic Sensor Networks. *semantic-web-journal.net*, pp.1-11.
- Bermudez L., (2009), Web feature service (WFS) and sensor observation service (SOS) comparison to publish time series data. In *Collaborative Technologies and Systems, 2009. CTS '09. International Symposium on*. pp. 36-43.
- Botts M., (2013), OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture. OpenGis White paper, ref. n. OGC 07-165r1
- Chen N., Di L., Yu G., Min M., (2009), A flexible geospatial sensor observation service for diverse sensor data based on Web service. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(2), pp.234-242.
- Di L., (2007), (GMU): A General Framework and System Prototypes for the Self-Adaptive Earth Predictive Systems (SEPS). In *Dynamically Coupling Sensor Web with Earth System Models (AIST-05-0064)*. ESTO-AIST Sensor Web PI Meeting. San Diego.
- Goodchild, M.F., Guo H., Annoni A., Bian L., de Bie K., Campbell F., Craglia M., Ehlers M., van Genderen J., Jackson D., Lewis A.J., Pesaresi M., Remetey-Fülöpp G., Simpson R., Skidmore A., Wang C., Woodgate P., (2012), Next-generation Digital Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(28), pp.11088-94.
- Hart J.K., Martinez K., (2006), Environmental Sensor Networks: A revolution in the earth system science? *Earth-Science Reviews*, 78(3-4), pp.177-191.
- Havlik D., Bleier T., Schimak G., (2011), From Sensor to Observation Web with environmental enablers in the Future Internet.
- Kliment T., Granell C., Cetl V., Kliment M., (2013a), Publishing OGC resources discovered on the mainstream web in an SDI catalogue. In: *AGILE 2013 Conference proceedings*.
- Kliment T., Oggioni A., Peterseil J., Pugnelli A., Blankman D., (2013b), Life+ EnvEurope DEIMS-improving access to long-term ecosystem monitoring data in Europe. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts*. p. 4920.
- Na A., Priest M., (2007), Sensor Observation Service. (OGC 06-009r6), p.104.
- Oggioni A., Carrara P., Kliment T., Peterseil J., Schentz H. (2012), Monitoring of environmental status through long term series: Data management system in the enveurope project. In: W. P. E. Hans- Knud Arndt, G. Knetsch, editor, Shaker Verlag, pages 287-295. Shaker Verlag. ISBN: 978-3- 8440-1248-4.
- Papp Z., Hakkesteegt H., (2008), Sensor Web, Sensor Networks: New possibilities and new challenges. In M. Grothe & J. Kooijman, eds. *Sensor Web Enablement*. Delft: NCG, Nederlandse Commissie voor Geodesie, Netherlands Geodetic Commission, Delft, The Netherlands, pp. 21-39.
- Tamayo A., Granelly P.V.C., Huerta J., (2011), Empirical study of sensor observation services server instances. *CoRR*, abs/1109.4.
- Voigt T., Tsiftes N., Lui Z., (2008), Remote Water Monitoring With Sensor Networking Technology. *Ercim News*, pp.39-40.
- Woolf A., (2008), Building the Sensor Web - Standard by Standard. *Ercim News*, pp.24-25.
- Yongguo J., Zhongwen G., Keyong H., Feifei S., Feng H., (2013), Using Sensor Web to Sharing Data of Ocean Observing Systems. In Wang R., Xiao F., eds. *Advances in Wireless Sensor Networks*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 137-156.

## RINGRAZIAMENTI

Le attività descritte in questo documento sono state parzialmente finanziate dal Progetto LIFE + EnvEurope (<http://www.enveurope.eu>) e dal Progetto bandiera MIUR RITMARE (<http://www.ritmare.it>).