

REPORT SERIES

A. Clematis, B. Bonino, A. Galizia

Standard per la gestione e procedure di validazione di dati meteo prodotti da sensori eterogenei e distribuiti



IMATI REPORT Series

Nr. 18-03

April 2018

Managing Editor

Michela Spagnuolo

Editorial Office

Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche “E. Magenes”

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Via Ferrata, 5/a

27100 PAVIA (Italy)

Email: reports@imati.cnr.it

<http://www.imati.cnr.it>

Follow this and additional works at: <http://www.imati.cnr.it/reports>

Copyright © CNR-IMATI, 2018.

IMATI-CNR publishes this report under the Creative Commons Attributions 4.0 license.

Standard per la gestione e procedure di validazione di dati meteo prodotti da sensori eterogenei e distribuiti

Andrea Clematis, Brigida Bonino, Antonella Galizia

Andrea Clematis
Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche "E. Magenes"
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Via de Marini, 6 (Torre di Francia) 16149 Genova - Italy
E-mail: andrea.clematis@ge.imati.cnr.it

Brigida Bonino
Dipartimento di Matematica
Università di Genova
via Dodecaneso 35, 16146 Genova – Italy
E-mail: brigida.bonino@ge.imati.cnr.it

Antonella Galizia
Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche "E. Magenes"
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Via de Marini, 6 (Torre di Francia) 16149 Genova - Italy
E-mail: antonella.galizia@ge.imati.cnr.it

Abstract.

Le informazioni meteo in tempo reale rappresentano, in alcune applicazioni, un'informazione essenziale che deve essere nota sia a un pubblico ampio che ai così detti decisori. Negli ultimi anni si è assistito a un notevole sviluppo di reti non ufficiali di osservazione di fenomeni meteo gestite da semplici cittadini. Spesso queste reti utilizzano sensori e strumenti di misura di qualità confrontabile con gli strumenti utilizzati dalle reti ufficiali. La loro disposizione geospaziale rappresenta spesso un'informazione complementare ed importante rispetto alle reti ufficiali. Tuttavia l'integrazione e l'utilizzo di tali dati presenta diversi problemi in vista del loro utilizzo per lo sviluppo di applicazioni a valore aggiunto in sistemi ambientali di vocazione diversa (e.g. geologico, idrologico, meteorologico, oceanico).

Il report ha l'obiettivo di fornire un background metodologico e tecnologico per supportare la realizzazione di tali servizi. Nello specifico il report propone una panoramica di nozioni e strumenti per l'accessibilità dei dati raccolti da sensori meteo installati sul territorio e per la loro gestione sia in termini di formati che di servizi forniti dalla comunità scientifica. Viene presentata una rassegna sulle procedure per la validazione di dati da sensore utilizzate nella comunità idro-meteorologica; il report si chiude discutendo alcuni approcci architetturali per l'integrazione dei dati in applicazioni e servizi.

Keywords: *Sensori eterogenei, dati non autoritativi, standard OGC, validazione*

Sommario

1. INTRODUZIONE	4
1.1 Scopo del documento.....	4
1.2 Struttura del documento	4
1.3 Acronimi	5
2. Motivazioni ed obiettivi.....	6
2.1 I sensori installati sul territorio – il caso dei dati meteo	6
2.1.1 <i>Weather Underground</i>	7
2.1.2 <i>MeteoNetwork</i>	8
2.1.3 <i>Altri esempi di reti</i>	9
2.2 Problemi metodologici e tecnici per lo sviluppo di applicazioni	12
3. Gestione di dati da sensori eterogenei secondo gli standard OGC	13
3.1 Formato dei dati	14
3.1.1 <i>GML</i>	14
3.1.2 <i>KML</i>	15
3.1.3 <i>Il caso dei dati meteo WaterML 2</i>	15
3.2 Servizi di accesso ai dati meteo georeferenziati	18
3.2.1 <i>WPS</i>	18
3.2.2 <i>Web Map Service Interface</i>	19
3.3 Sensor Web Enablement	20
3.3.1 <i>Observation and Measurement</i>	21
3.3.2 <i>Sensor Observation Service</i>	23
4. Procedure di controllo della qualità per la raccolta dati da sensori meteo	26
4.1 Le procedure NOAA MADIS	26
4.2 Le procedure WMO.....	27
4.3 Applicazione delle procedure nella comunità idro-meteorologica.....	28
5. Modalità di accesso ai dati da sensori e Open Data	31
5.1 Open Data	32
6. Architetture e delle tecnologie per la raccolta e la gestione di dati da sensori	34
7. Bibliografia.....	42

1. INTRODUZIONE

Le informazioni meteo in tempo reale sono un importante elemento per una vasta gamma di applicazioni e rappresentano in alcune situazioni un'informazione essenziale che deve essere nota sia a un pubblico ampio che ai cosiddetti decisori. Negli ultimi anni si è assistito a un notevole sviluppo di reti non ufficiali di osservazione di fenomeni meteo gestite da semplici cittadini. Molto spesso queste reti di osservazione utilizzano sensori e strumenti di misura di qualità confrontabile con gli strumenti utilizzati dalle reti ufficiali. La loro disposizione geospaziale rappresenta spesso un'informazione complementare ed importante rispetto alle reti ufficiali. Tuttavia l'integrazione e l'utilizzo di tali dati presenta diversi problemi in vista del loro utilizzo per lo sviluppo di applicazioni a valore aggiunto in sistemi ambientali di vocazione diversa (e.g. geologico, idrologico, meteorologico, oceanico). È quindi importante fornire un background metodologico e tecnologico per supportare la realizzazione di tali servizi.

1.1 Scopo del documento

Il report è incentrato sullo studio dei dati provenienti da sensori già presenti in una determinata area geografica e in particolare fa riferimento al caso dei sensori meteo distribuiti sul territorio. I dati prodotti da questi sensori sono spesso raccolti e organizzati attraverso portali web dedicati e tecnologie internet che ne amplificano l'utilizzabilità rendendoli accessibili attraverso specifiche API (Application Programming Interface). I dati meteo prodotti da una molteplicità di sensori possono integrare le reti ufficiali di raccolta di dati meteorologici e costituiscono un'importante informazione per diverse applicazioni tra cui quelle di info-mobilità.

Nello specifico il report propone una panoramica di nozioni e strumenti per l'accessibilità dei dati raccolti da sensori installati sul territorio e per la loro gestione sia in termini di formati che di servizi forniti dalla comunità scientifica. Viene presentata una rassegna sulle procedure per la validazione di dati da sensore utilizzate nella comunità idro-meteorologica; il report si chiude discutendo alcuni approcci architetturali per l'integrazione dei dati in applicazioni e servizi.

1.2 Struttura del documento

Il presente documento è strutturato come segue:

- Capitolo 1 – è questa introduzione;
- Capitolo 2 – fornisce le motivazioni e specifica gli obiettivi: perché sono importanti i dati meteo prodotti da diversi tipi di sensori e quali sono i principali problemi che si incontrano nell'utilizzo di questi dati e che sono affrontati nei tre capitoli successivi;
- Capitolo 3 – introduce gli standard Open Geospatial Consortium per la raccolta e

l'accesso ai dati meteo e ai dati prodotti da sensori geo-referenziati;

- Capitolo 4 – tratta il problema del controllo della qualità del dato in particolare si presentano nelle loro linee generali le procedure utilizzate in ambito NOAA e WMO. Il capitolo si chiude fornendo una panoramica sulle procedure adottate dalla comunità scientifica idrometeorologica.
- Capitolo 5 – presenta le linee generali le modalità di accesso ai dati;
- Capitolo 6 – conclude il documento proponendo lo stato dell'arte sulle architetture per la raccolta e l'utilizzo di dati meteo da sensore.
- Capitolo 7 – è la raccolta dei documenti di riferimento;

1.3 Acronimi

API	Application Programming Interface
BGS	British Geological Survey
GML	Geography Markup Language
KML	Keyhole Markup Language
MMWG	Mass Market Geo Working Group
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
O&M	Observations & Measurements Schema
OGC	Open Geospatial Consortium
PWS	Personal Weather Station
SAS	Sensor Alert Service
SOS	Sensor Observations Service
SVG	Scalable Vector Graphics
SWE	Sensor Web Enablement
WebCGM	Web Computer Graphics Metafile
WFS	Web Feature Service
WMO	World Meteorological Organization
WMS	Web Map Service
WNS	Web Notification Services
WRF	Weather Research and Forecasting Model
XML	eXtensible Markup Language

2. MOTIVAZIONI ED OBIETTIVI

Le informazioni meteo in tempo reale rappresentano un'importante elemento che deve essere nota alla comunità per il supporto allo sviluppo di servizi a valore aggiunto in diversi ambiti applicativi. In particolare l'utilizzo di dati non ufficiali, provenienti da reti di osservazione che collezionano sensori gestiti da semplici cittadini, ha dimostrato un valore non trascurabile dovuto in primo luogo alla qualità dei dati osservati, confrontabile con gli strumenti utilizzati dalle reti ufficiali, ed anche alla loro capillare distribuzione sul territorio.

In questo capitolo si illustrano le fonti di dati meteo provenienti da reti di osservazione non ufficiali, si propongono esempi di utilizzo documentati in letteratura e si illustrano i principali problemi metodologici e tecnologici che devono essere affrontati per sviluppare applicazioni in grado di sfruttare questi dati.

2.1 I sensori installati sul territorio – il caso dei dati meteo

Si considerano in particolare le reti di stazioni meteo gestite da cittadini (Personal Weather Station - PWS) e collegate ad internet. Queste stazioni raggiungono una qualità del dato spesso confrontabile con i dati forniti dalle reti ufficiali.

Tra gli aspetti più rilevanti che muovono l'attenzione verso l'utilizzo e l'integrazione di dati geospaziali provenienti da sensori meteo vi è l'urgenza di prevenire e/o arginare fenomeni naturali generati da precipitazioni estreme che causano inondazioni e sono annoverati tra i pericoli naturali più comuni a livello mondiale. Mentre nelle regioni di montagna le inondazioni sono spesso accompagnate da frane, la complessa orografia naturale, delle aree densamente urbanizzate di città come Genova, e l'occorrenza di periodi precipitativi, anche di breve durata, ma di alta intensità, possono causare inondazioni che spesso comportano danni e conseguenze drammatiche [4]. Ciò risulta particolarmente vero nelle aree urbane, dove spesso la mancanza di drenaggio naturale e l'insufficiente volume di canali di scarico sono sovente causa di allagamento. Le previsioni meteorologiche, ed il tempestivo monitoraggio di eventi idrologici estremi attraverso sensori, in combinazione con azioni preventive possono essere meccanismi indispensabili nella prevenzione delle catastrofi, ma anche fornire un notevole aiuto nel facilitare la gestione ordinaria e l'informazione quotidiana e migliorare e rendere più sicura la circolazione stradale.

Per questo motivo l'osservazione delle condizioni meteo con stazioni meteorologiche automatiche si sta rivelando un tema sociale estremamente importante [1, 2, 3]. L'incremento della copertura territoriale e della diffusione di dati meteo in tempo reale è favorito dalla

produzione di stazioni meteorologiche automatiche di diverse tipologie, a costi convenienti costantemente in calo. Molte applicazioni software per la visualizzazione online dei dati osservativi vengono attualmente progettate. A questo si accompagna l'emergere di una varietà di fonti meteo Web presenti online, giusto per citare le più note: Weather Underground (www.wunderground.com), Weather Bug (www.weather.weatherbug.com), The Weather Channel (www.weather.com), Yr.no (www.yr.no). In questo modo i siti meteo Web diventano parte essenziale del *social networking*. Alcuni dei servizi meteo Web sono gestiti da organizzazioni di appassionati e volontari, altri da istituzioni scientifiche. Alcuni di loro sono organizzati da associazioni meteorologiche locali. Nel seguito presentiamo alcuni esempi di queste reti di sensori meteo.

2.1.1 Weather Underground

Il progetto Weather Underground nasce presso l'Università del Michigan nel 1991, come interfaccia di visualizzazione delle informazioni meteo in tempo reale. Attualmente "Weather Underground Incorporation" ha un marchio "Wunderground", un sito ufficiale www.wunderground.com e gestisce una rete meteo che integra più di 8,000 stazioni meteo istituzionali e 23.000 stazioni personali negli Stati Uniti e oltre 13.000 nel resto del mondo. Il sito offre una mole considerevole di prodotti meteo: previsioni, immagini satellitari e radar, indagine sugli uragani, mappa interattiva sulle condizioni meteo attuali (Figura 1) e avvisi meteorologici. I proprietari delle stazioni meteorologiche da tutto il mondo sono invitati a registrare le loro stazioni meteorologiche personali da cui vengono estratte le informazioni meteo on-line. I dati osservativi meteo vengono aggiornati solitamente nell'intervallo di 3-5 minuti. Recentemente (ottobre 2015) Weather Underground è stata acquisita da IBM attraverso "The Weather Company" (<http://techcrunch.com/2015/10/28/ibm-will-acquire-the-weather-companys-digital-business/#.pxvm7ti:Wlpp>). E' interessante riportare il punto di vista espresso da IBM in quell'occasione: "*The Weather Company, an IBM Business, is the world's largest private weather enterprise, helping people make informed decisions – and take action – in the face of weather. The company offers the most accurate, personalized and actionable weather data and insights to millions of consumers and thousands of businesses via Weather's API, its business solutions division, and its own digital products from The Weather Channel (weather.com) and Weather Underground (wunderground.com). The company delivers up to 26 billion forecasts daily.*"

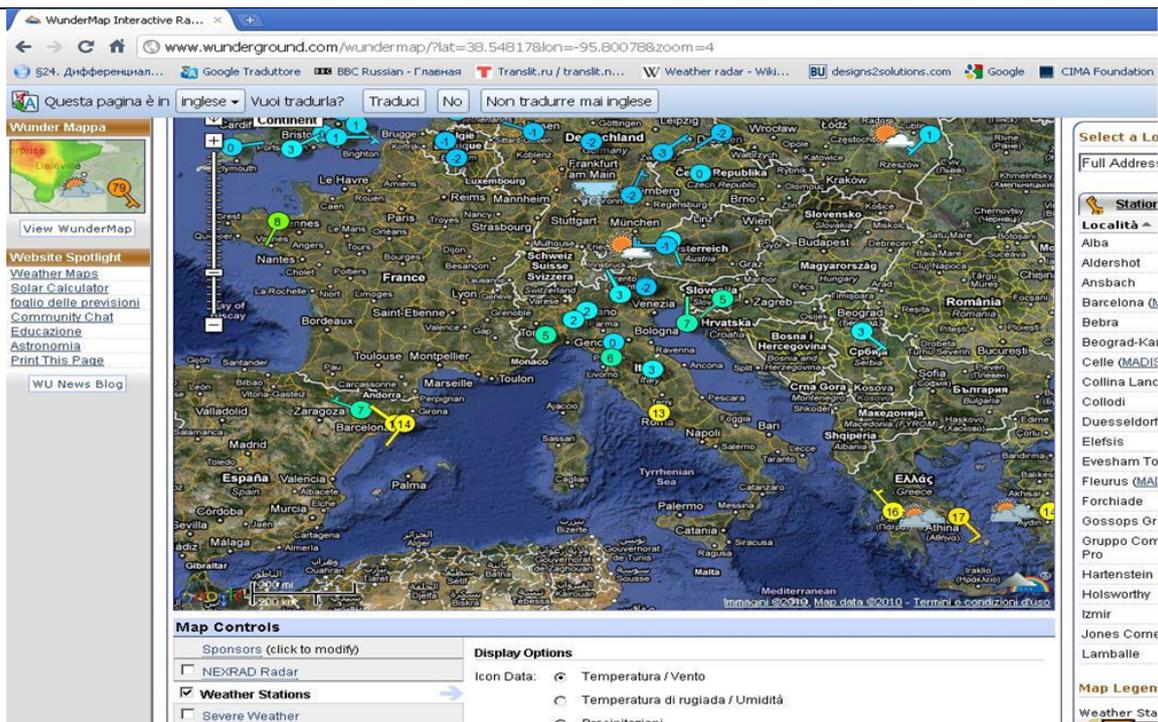


Figura 1 Wunderground Interactive Wunder Map

2.1.2 MeteoNetwork

Anche in Europa la partecipazione dei cittadini all'attività di monitoraggio ambientale si sta diffondendo. MeteoNetwork ONLUS (www.meteonetwork.it) è un'associazione senza scopo di lucro, fondata in Italia nel 2002, con l'intenzione di sviluppare e diffondere la conoscenza delle scienze meteorologiche, climatologiche, gli effetti sull'ambiente e sulle attività umane con particolare riguardo alle realtà microclimatologiche, topoclimatologiche e climatologiche su scala locale, regionale e nazionale. L'obiettivo principale dell'organizzazione è il design di un 'circuito' meteorologico che coinvolga cittadini e reti meteo esistenti. L'associazione è costituita da organizzazioni pubbliche e private, che partecipano al mantenimento di reti meteo in tutta Italia, ed attualmente comprende circa 600 stazioni meteo personali (eventualmente già registrate su altre reti meteo, es. Weather Underground). Il servizio web di MeteoNetwork fornisce sia le mappe dei dati osservativi correnti sia i risultati previsionali dei modelli meteo su mesoscala (i.e. Weather Research and Forecasting Model – WRF <http://www.wrf-model.org/index.php>). L'associazione MeteoNetwork ha un archivio (attualmente chiuso al pubblico) di dati meteo degli ultimi 2-3 anni. I dati osservativi correnti sono visualizzati tramite l'interfaccia di Google Map mediante 'markers' relativi alle stazioni meteo (Figura 2). Tra i parametri visualizzati vi sono temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità e direzione del vento, pressione atmosferica, temperatura, precipitazioni. L'interazione con il marker fornisce

grafici relativi alla temperatura, velocità del vento e velocità, tasso di precipitazione e cumulativa misurata durante le ultime 24 ore.

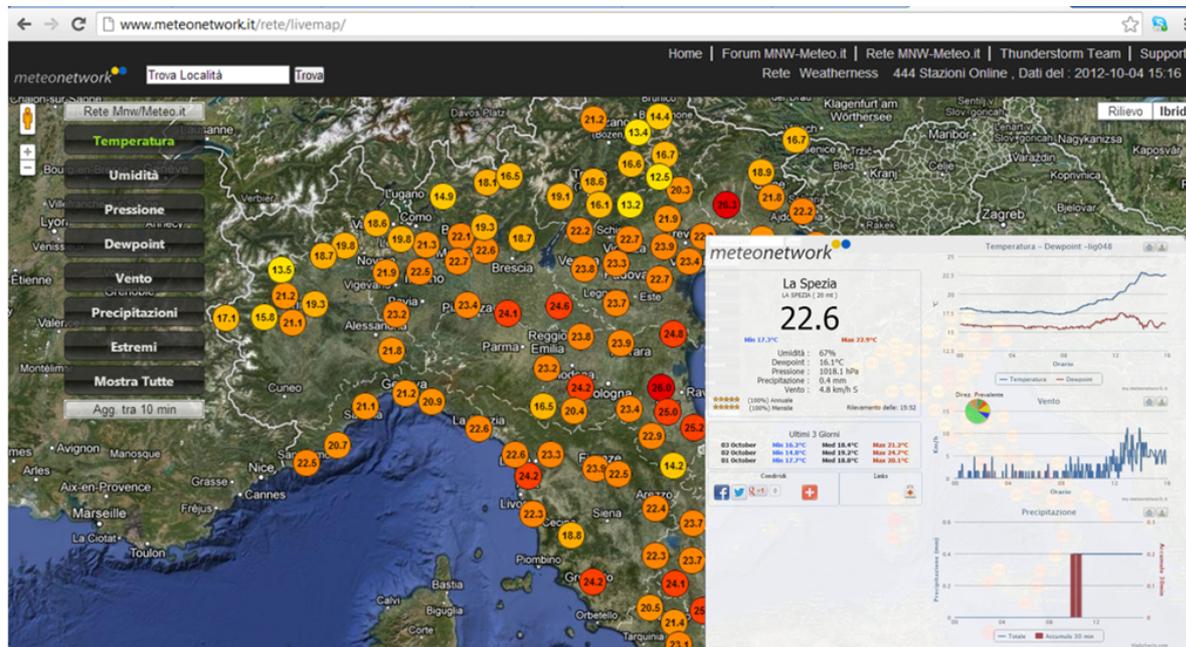


Figura 2 Live Map di MeteNetwork, i markers visualizzano le temperature correnti

2.1.3 Altri esempi di reti

In UK un esempio di coinvolgimento dei cittadini-scienziati nel settore geologico è il programma Crowdmap of British Geological Survey (BGS) (<http://www.bgs.ac.uk/citizenScience/home.html?src=topNav>). Il progetto mira ad incoraggiare sia singoli individui che reti di volontari, a rilevare situazioni geologiche locali e pericoli idrogeologici, come frane e inondazioni costiere e fluviali. I partecipanti non sono tenuti ad avere alcun addestramento speciale, essi possono caricare sia foto personali che collegamenti a file video, come pure la descrizione dell'evento con la posizione esatta. L'informazione è inviata via e-mail alla BGS Crowdmap (www.britishgeologicalsurvey.crowdmap.com), che contiene le comunicazioni attuali e passate dei cittadini. Questo servizio web permette la registrazione degli eventi estremi di tipo idrologico e geologico e fornisce queste informazioni al pubblico in modalità Open Access. Tramite il coinvolgimento del pubblico nell'indagine geologica il progetto BGS, promuove l'interazione con la ricerca. Gli scienziati grazie alle tempestive informazioni messe a disposizione dai cittadini possono avere un'idea più chiara sulla situazione geologica di un'area (v. Figura 3).

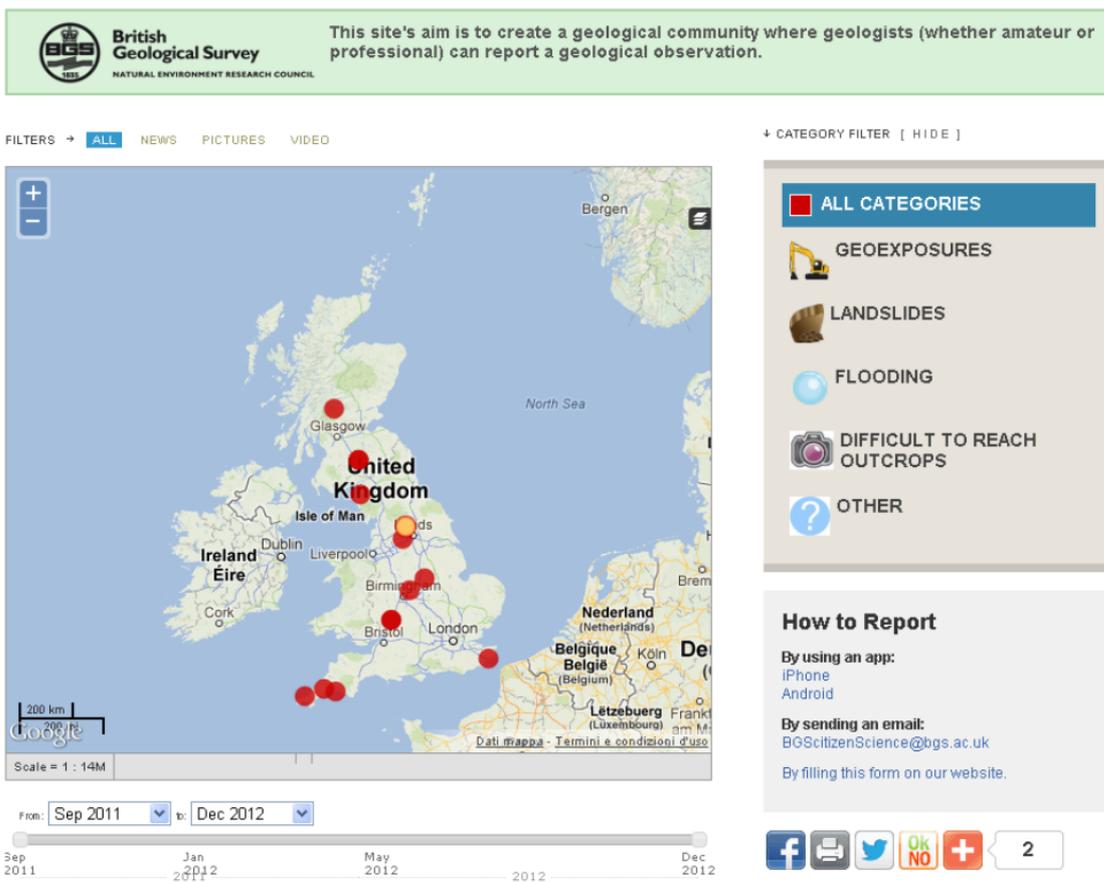


Figura 3 British Geological Survey Crowdmap

Carte Météo des stations météo (<http://station-meteo.com>) è un network di stazioni meteo amatoriale in Francia. Il sito visualizza la mappa live delle stazioni meteo i cui parametri osservati vengono caricati ogni 2 ore. Ogni stazione fornisce misurazioni relative alla temperatura dell'aria, velocità del vento, precipitazione cumulativa sulle 24 ore, pressione atmosferica, umidità relativa. Sul sito sono archiviate le informazioni dettagliate di ogni stazione di cui sono registrati: posizione, marchio del dispositivo, prezzi, dati di installazione e apparecchiature di sensori. La rete di Stazione Meteo France gestisce circa 300 di stazioni personali.

La Tabella 1 seguente riassume alcune delle caratteristiche salienti relative a questi ed altri simili iniziative di reti pubbliche realizzate in toto od in parte con il contributo di privati cittadini. Per un quadro più ampio si faccia riferimento a [11].

Project name	Organization Type	Diffusion	Data Access	Data feeds	Tools/Devices	Focus	Task
NOAA SKYWARN, USA	Non-profit	Worldwide	Online visualisation	-	Trained volunteers reports by radio	Severe weather reports	Population awareness
NOAA CWOP, USA	Non-profit	National, worldwide	Online visualization, spreadsheets	-	Automatic Weather Stations	Severe weather reports	Population awareness
CoCoRaHS, USA	Non-profit, volunteers association	National, USA	Online visualisation	-	Portable rain-gauges	Precipitation cumulates	Population awareness
WWMC	Non-profit, educational	Worldwide	Online visualisation	-	Chemical-physical tests	Water analysis	Population awareness water quality, education
BGS Crowdimap, UK	Non-profit, educational	Worldwide	Online visualisation	-	Trained volunteers online reports	Geological, hydrological hazards	Population awareness, geological education
Keraunos observatory, FR	Non-profit and commercial products	Europe	Online visualisation	Text reports by request	Volunteers online reports	Weather Extreme Events	Population awareness, education
Station-meteo, FR	Non-profit, volunteers activity	National, France	Online visualisation	-	Automatic Weather Station	Weather observation	Current weather, population awareness
ESWD, DE	Non-profit, volunteers activity	Europe	By requirement, fee	Text reports by request	Volunteers online reports	Weather Extreme Events	Data archive
MeteoNetwork, IT	Non-profit, volunteers association	National, Italy, 600 weather stations	By requirement	-	Automatic Weather Station	Weather observation	Forecast, current weather, population awareness
LIMET, IT	Non-profit, volunteers association	Regional, 90 weather stations	By requirement	-	Automatic Weather Station	Weather observation	Current weather, population awareness
Wunderground, USA	Commercial and developers weather products	Worldwide, 23.000 weather stations USA, 13.000 worldwide	License key for developers	APIs: XML, JSON	Automatic Weather Station	Weather observation	Weather forecast, current weather, data archive
Weather Bug, USA	Commercial and developers weather products	Worldwide	License key for developers	APIs: XML, RSS	Automatic Weather Station	Weather observation	Weather forecast, current weather

Tabella 1 Reti di Sensori non-profit e commerciali e loro caratteristiche, nei settori relativi alle scienze della terra

2.2 Problemi metodologici e tecnici per lo sviluppo di applicazioni

L'integrazione nei modelli e nell'esperienza sensoriale dei dati provenienti da sensori eterogenei già installati nelle città e in particolare l'integrazione dei dati provenienti da PWS presenta diversi problemi e lo sviluppo di applicazioni e servizi basati su questi dati richiede di analizzare almeno quattro aspetti principali:

- Eterogeneità dei dati prodotti dai sensori;
- Qualità e affidabilità dei dati prodotti da sensori;
- Modalità di accesso ai dati;
- Definizione di strategie e architetture di riferimento per l'integrazione dei dati in modelli, applicazioni e servizi.

Ciascuno di questi ambiti viene trattato nel seguito in un capitolo dedicato. In particolare per la gestione di dati da sensori eterogenei si parla degli standard OGC [5] come strumento per uniformare dati eterogenei e creare gli opportuni livelli software di armonizzazione. Per il controllo di qualità [11] si fa riferimento alle procedure del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), del World Meteorological Organization (WMO) e si propone una rassegna delle procedure adottate nella comunità scientifica idro-meteorologica [32]. Per la modalità di accesso ai dati si parla di Open Data e infine per la parte architeturale si presenta lo stato dell'arte per l'integrazione dei dati in modelli, applicazioni e servizi. Nessuno di questi capitoli ha la pretesa di essere esaustivo o prescrittivo. L'obiettivo è piuttosto quello di fornire un background metodologico e tecnologico per la realizzazione di servizi a valore aggiunto basati sull'uso di dati provenienti da sensori già installati.

3. GESTIONE DI DATI DA SENSORI ETEROGENEI SECONDO GLI STANDARD OGC

I sistemi ambientali (e.g. geologico, idrologico, meteorologico, oceanico) sono strettamente interconnessi e pertanto è fondamentale per coloro che lavorano nei settori delle geo-scienze e ambientali poter scoprire, accedere, rielaborare e condividere, tra le varie discipline, dati e risorse relativi a fenomeni geo-spaziali. Purtroppo, sovente, i professionisti intenti a comprendere tali fenomeni ambientali al fine di gestire in modo sostenibile beni quali, acqua, rifiuti, energia, inquinamento, foreste, terreni agricoli, oceani e clima, si scontrano con la difficoltà che l'elaborazione di dati vario genere così come la loro scoperta e accesso, è già compito arduo, anche all'interno di una sola disciplina.

Uno, dei motivi principali da imputarsi a questa difficoltà è la mancanza o non adeguatezza dei diversi tipi di dati geo-spaziali prodotti dai diversi sistemi, a consolidati, riconosciuti e condivisi standard per la loro rappresentazione. Al fine di supportare gran parte delle attività di elaborazione ed interscambio dei dati geo-spaziali, l'Open Geospatial Consortium (OGC) (<http://www.opengeospatial.org>) è un consorzio industriale internazionale cui fanno riferimento 478 tra aziende, agenzie governative e Università ed il cui obiettivo principale è la progettazione di codifiche standard interoperabili e interfacce per servizi geografici e dati spaziali. Gli standards promulgati da OGC (OGC® Standards) supportano soluzioni interoperabili atte a "geo-abilitare" il Web, i servizi geo-localizzati e wireless, così come le applicazioni IT tradizionali (e.g. GIS, workflows di modelli previsionali), agevolando quindi il processo di sviluppo tecnologico, rendendo servizi e informazioni spaziali complessi, accessibili e fruibili a tutti i tipi di applicazioni.

Il processo di sviluppo degli standard OGC definisce due tipi di specifiche standard: Abstract e Implementazione. Lo scopo della specifica astratta è creare e documentare un modello concettuale sufficiente per consentire la creazione di specifiche di Implementazione. Queste ultime sono specifiche non ambigue di piattaforme tecnologiche per l'implementazione di standard di settore, e lo sviluppo di applicazioni software. Gli sviluppatori software utilizzano questi documenti di specifica per costruire interfacce aperte e codificare i dati prodotti dai loro servizi. Questi standards sono i principali "prodotti" di OGC e sono stati sviluppati dai membri del consorzio per affrontare le diverse sfide specifiche di interoperabilità occorrenti nei diversi scenari ambientali. Almeno idealmente, quando gli standard OGC vengono implementati in prodotti o servizi online in due diversi sistemi software sviluppati indipendentemente, questi dovrebbero risultare immediatamente accoppiabili (e.g. in modalità plug and play), cioè

lavorare insieme senza ulteriore debug.

L' OGC Technical Committee (TC) ha sviluppato un'architettura a sostegno della sua visione di tecnologia geo-spaziale e di interoperabilità dei dati chiamata OGC Abstract Specification (<http://www.opengeospatial.org/standards/as>). Tale specifica astratta fornisce le basi concettuali (i.e. un modello di riferimento) per la maggior parte delle attività di sviluppo degli standard OGC. Gli standard OGC sono progettati e fanno riferimento a questa specifica astratta comune, consentendo così l'interoperabilità tra diversi prodotti e diversi tipi di sistemi di elaborazione spaziale.

Considerando che l'approccio di OGC, è dichiaratamente Open, tutti i documenti (incluse le diverse revisioni e/o versioni), relativi agli standard prodotti (così come le proposte candidate, sottoposte a processo di standardizzazione) sono liberamente e completamente fruibili tramite il sito del consorzio, ci limiteremo pertanto, nelle due prossime sottosezioni a presentare brevemente alcuni di questi standard per la descrizione (formato) e l'accesso ai dati, in particolare quelli attualmente più diffusi e di applicazione generale – mentre nella terza sottosezione ci focalizzeremo sugli standard relativi a dati provenienti/prodotti da sensori che vanno sotto il cappello del SWE, dettagliandone in particolare due di particolare interesse: O&M per la specifica di dati osservazionali (misurati) e SOS che definisce i servizi di accesso a tali dati.

3.1 Formato dei dati

Vengono considerati i ruoli di GML, KML, WaterML2

3.1.1 GML

Il Geography Markup Language (GML) (<http://www.opengeospatial.org/standards/gml>) è una grammatica XML per esprimere caratteristiche geografiche. GML serve sia come linguaggio di modellazione per sistemi geografici, così come formato di interscambio aperto per le transazioni geografiche su Internet. Come con la maggior parte delle grammatiche basate su XML, ci sono due parti alla grammatica – lo schema che descrive il documento e l'istanza del documento che contiene i dati effettivi. Un documento GML è descritto utilizzando uno Schema GML. Questo consente agli utenti e agli sviluppatori di descrivere insiemi di dati geografici generici che contengono punti, linee e poligoni. Tuttavia, gli sviluppatori di GML hanno prefigurato comunità attive nella definizione di schemi specifici per lo sviluppo delle applicazioni proprie di ciascuna comunità che costituiscano estensioni specializzate di GML. A tal fine GML fornisce la base per la definizione di "Schemi di applicazione" specifici per dominio o comunità, che a loro volta supportano l'interoperabilità dei dati all'interno di una

comunità di interesse. Utilizzando questi schemi specifici di applicazione, gli utenti possono, ad esempio, consultare strade, autostrade e ponti invece di punti, linee e poligoni, come nel caso delle estensioni specificate nello standard CityGML (<http://www.opengeospatial.org/standards/citygml>). GML è anche uno standard ISO (ISO 19136:2007).

3.1.2 KML

KML (Keyhole Markup Language) (<http://www.opengeospatial.org/standards/kml>) è un linguaggio XML, sviluppato da Google, incentrato sulla visualizzazione geografica, con particolare enfasi sull'annotazione di mappe e immagini. Secondo KML la visualizzazione geografica include non solo la presentazione di dati grafici sulla superficie terrestre, ma anche il controllo di navigazione dell'utente nel senso di strumenti di ricerca localizzata.

La proposta di standardizzazione del formato KML è stata presentata da Google al consorzio OGC ed il processo di standardizzazione si è evoluto con il risultato di produrre la versione KML 2.2 che è stata adottata come implementazione standard OGC. L'obiettivo è quello di far sì che le versioni future del linguaggio saranno ulteriormente armonizzate con gli altri standard che compongono la baseline di OGC (quelli di maggiore diffusione, e comunque relativi agli aspetti trattati da KML), con l'intento condiviso di giungere alla definizione di un linguaggio standard internazionale per esprimere annotazioni e visualizzazioni geografiche sia sulle presenti, che sulle future, applicazioni Web e mobile basate su mappe (2d) e su browser (3d). Google e OGC concordano nel credere che un maggior adattamento di KML all'interno di quella famiglia incoraggerà una più ampia attuazione e una maggiore interoperabilità e condivisione di contesti e contenuti attraverso i browser di visualizzazione terrestre. In questa prospettiva, KML è complementare alla maggior parte degli standard OGC esistenti quali GML (Geography Markup Language), WFS (Web Feature Service) e WMS (Web Map Service). Attualmente, KML 2.2 utilizza alcuni elementi di geometria derivati da GML 2.1.2. Questi elementi includono punto, linea, anello lineare e poligono.

OGC e Google hanno inoltre convenuto che possa esserci una ulteriore armonizzazione di KML con GML (ad esempio nell'utilizzare la stessa rappresentazione geometrica) in futuro. Il Gruppo di Lavoro OGC Mass Market Geo Working Group (MMWG) stabilirà tali attività di ulteriore armonizzazione.

3.1.3 Il caso dei dati meteo WaterML 2

WaterML 2.0 (<http://www.opengeospatial.org/standards/waterml>) è un modello di informazioni

standard per la rappresentazione dei dati di osservazioni sull'acqua, nato con l'intento di permettere lo scambio di tali insiemi di dati tra sistemi informativi diversi. Attraverso l'uso di altri standard OGC esistenti (e.g. O&M), WaterML 2.0 intende costituire un formato di scambio interoperabile che può essere riutilizzato per affrontare una vasta gamma di requisiti di interscambio. WaterML 2.0 si rivolge innanzitutto all'archiviazione e all'invio (basato su file) di dataset relativi a serie temporali di punti, ed è mirato prevalentemente al settore idrologico. Tali set di dati comprendono sia serie prodotte da modelli numerici (e.g. simulatori) sia quelle relative a misurazioni osservate tramite sensori.

WaterML 2.0 è basato su XML ed è stato progettato per la codifica e lo scambio di dati che descrivono lo stato e la posizione delle risorse idriche, sia sopra che sotto la superficie del terreno. WaterML 2.0 Time Series supporta la codifica dei dati di osservazione idrologica e idrogeologica per supportare una pluralità di scenari di scambio. Questo lavoro è stato sostenuto attraverso un'alleanza di ricerca e sviluppo tra l'Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) e l'Australian Bureau di Meteorologia. Il lavoro è stato anche supportato dal Consorzio statunitense interuniversitario CUAHSI (Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science Hydrologic Information System) e da molte altre organizzazioni mondiali nel settore. Nel settembre 2012 il consorzio OGC ha adottato "WaterML 2.0 Part 1: Time Series Encoding Standard" come standard ufficiale.

Si ritiene possa essere d'interesse fornire un confronto sinottico tra gli schemi XML utilizzati da Weather Underground, Weather Bug e WaterML 2.0: La Tabella 2 riassume gli elementi di questo confronto. Sintetizzando lo schema di codifica di WaterML 2.0 ha un'architettura complessa a più livelli, che comprendono ontologyNode, childNode, conceptID e Keyword. Usando questo schema è possibile produrre una descrizione dettagliata di "Time Series Value Pair" (TVP) di un fenomeno idrologico osservato, con metadati molto ricchi.

Wunderground	Weather Bug	WaterML 2.0
<current_observation>	<aws:ob>	<om:OM_Observation gml:id="xsd-timeseries-observation.example"> <om:metadata> <wml2:ObservationMetadata> <gmd:identificationInfo xlink:href=http://www.example.com/observations/example xlink:title="Example Observation"/> </wml2:ObservationMetadata>
<station_id> <station_type>davis vantage pro 2 wireless</station_type>	<aws:requested-station-id> <aws:station-id> <aws:station>	om:featureOfInterest> <wml2:MonitoringPoint gml:id="Ki.Sta.6731310"> <gml:identifier codeSpace="http://kiwis.kisters.de/datasource/0/stations">6731310</gml:identifier>

<pre><observation_time>Last Updated on December 5, 2:05 PM CET</observation_time> <observation_time_rfc822>Wed, 05 Dec 2012 13:05:00 GMT</observation_time_rfc822></pre>	<pre><aws:ob-date> <aws:year number="2012"/> <aws:month number="12" text="Decemb er" abbrev="Dec"/> <aws:day number="5" text="Wednesday " abbrev="Wed"/> <aws:hour number="2" hour-24="14"/> <aws:minute number="55"/> <aws:second number="00"/> <aws:am-pm abbrev="PM"/> <aws:time- zone offset="1" text="Central Europe Time" abbrev="CET"/> </aws:ob-date></pre>	<pre><gmd:dateStamp> <gco:DateTime> </gmd:dateStamp> <wml2:point> <wml2:MeasurementTVP> <wml2:time> <wml2:value> </wml2:MeasurementTVP> </wml2:point> <wml2:timeZone> <wml2:TimeZone> <wml2:zoneOffset> <wml2:zoneAbbreviation> </wml2:TimeZone> </wml2:timeZone></pre>
<pre><weather>clear</pre>	<pre><aws:current- condition icon="http://deskwx.weath erbug.com/images/Forecast/icons/con d007.gif"></pre>	<pre><OntologyNode><keyword>Area, atmosphere</keyword> <conceptid>26</conceptid> <childNodes> <OntologyNode> <keyword>Cloud cover</keyword> <conceptid>27</conceptid> </OntologyNode> </childNodes></pre>
<pre><temperature_string> <temp_f> <temp_c></pre>	<pre><aws:temp units="&deg;C"> <aws:temp-high units="&deg;C">14 <aws:temp-low units="&deg;C">10 <aws:temp-rate units="&deg;C/h">0.0</pre>	<pre><OntologyNode> <keyword>Temperature</keyword> <conceptid>40</conceptid> <childNodes> <OntologyNode> <keyword>Temperature, air</keyword> <conceptid>49</conceptid> </OntologyNode></pre>
<pre><relative_humidity> %</pre>	<pre><aws:humidity units="%"> <aws:humidity-high units="%"> <aws:humidity-low units="%"> <aws:humidity-rate></pre>	<pre><OntologyNode> <keyword>Water Content</keyword> <conceptid>70</conceptid> <childNodes> <OntologyNode> <keyword>Relative Humidity</keyword> <conceptid>70</conceptid> </OntologyNode></pre>
<pre><wind_string> <wind_dir> <wind_degrees> <wind_mph> <wind_gust_mph></pre>	<pre><aws:wind-speed units="km/h"> <aws:wind-speed-avg units="km/h"> <aws:wind-direction> <aws:wind-direction-degrees> <aws:wind-direction-avg></pre>	<pre><OntologyNode> <keyword>Flux, wind</keyword> <conceptid>66</conceptid> <childNodes> <OntologyNode> <keyword>Wind direction</keyword> <conceptid>67</conceptid> </OntologyNode> <OntologyNode> <keyword>Wind gust direction</keyword> <conceptid>68</conceptid> </OntologyNode> </OntologyNode></pre>
<pre><pressure_string> <pressure_mb> <pressure_in></pre>	<pre><aws:pressure units="mb"> <aws:pressure-high units="mb"> <aws:pressure-low units="mb"> <aws:pressure-rate units="mb/h"></pre>	<pre><OntologyNode> <keyword>Pressure</keyword> <conceptid>52</conceptid> <childNodes> <OntologyNode> <keyword>Atmospheric pressure</keyword> <conceptid>55</conceptid> </OntologyNode></pre>
<pre><dewpoint_string> <dewpoint_f> <dewpoint_c></pre>	<pre><aws:dew-point units="&deg;C"></pre>	<pre><OntologyNode> <keyword>Water content</keyword> <conceptid>130</conceptid> <OntologyNode> <keyword>Dew point temperature</keyword> <conceptid>136</conceptid> </OntologyNode></pre>
<pre><heat_index_string> F (C)</pre>	<pre><aws:feels-like units="&deg;C"></pre>	
<pre><windchill_string/> <windchill_f/> <windchill_c/></pre>		
<pre><solar_radiation/> <UV/></pre>	<pre><aws:light> <aws:light-rate></pre>	<pre><OntologyNode> <keyword>Energy</keyword> <conceptid>139</conceptid> <childNodes></pre>

		<pre> <OntologyNode> <keyword>Energy, flux</keyword> <conceptid>147</conceptid> <childNodes> <OntologyNode> <keyword>Radiation, incoming UV- A</keyword> <conceptid>5011</conceptid> </OntologyNode> </pre>
<pre> <precip_lhr_string> <precip_lhr_in> <precip_lhr_metric> <precip_today_string> <precip_today_in> <precip_today_metric> </pre>	<pre> <aws:rain-month units="mm"> <aws:rain-rate units="mm/h"> <aws:rain-rate-max units="mm/h"> <aws:rain-today units="mm"> <aws:rain-year units="mm"> </pre>	<pre> <OntologyNode> <keyword>Flux</keyword> <conceptid>61</conceptid> <childNodes> <OntologyNode> <keyword>Precipitation duration</keyword> <conceptid>64</conceptid> </OntologyNode> <OntologyNode> </pre>
	<pre> <aws:moon-phase moon-phase- img="http://api.wxbug.net/images/mo onphase/mphase19.gif"> <aws:sunrise> <aws:sunset> </pre>	

Tabella 2: gli "element titles" nei diversi schemi XML.

3.2 Servizi di accesso ai dati meteo georeferenziati

Si descrivono Web Map service interface, Sensor Web Enablement, Observation and Measurement e Sensor Observation Service.

3.2.1 WPS

Tra i numerosi standard promulgati, l'OGC ha introdotto la specifica Web Processing Service (WPS) (<http://www.opengeospatial.org/standards/wps>) con l'obiettivo di proporre un'interfaccia standardizzata per la pubblicazione e l'esecuzione di applicazioni di geo-processing in un ambiente di servizi web. L'elaborazione geo-spaziale su Internet può richiedere lo sviluppo di un'ampia varietà di web services che supportino sia operazioni geo-spaziali atomiche che più sofisticate capacità di modellazione. Al fine di ridurre lo sforzo di programmazione e per facilitare l'implementazione e l'adozione di nuovi servizi è importante riuscire a standardizzare il modo in cui questi servizi sono acceduti. Lo scopo di WPS è di ausilio al raggiungimento di questi obiettivi

La specifica WPS fornisce l'accesso degli utenti a calcoli pre-programmati (e.g. creazione di mappe) e/o modelli di calcolo che operano su dati geo-spaziali. I dati richiesti dal servizio possono essere trasportati tramite la rete, o disponibili sul server. Questi dati possono utilizzare standards per il formato delle immagini o per lo scambio dei dati come ad esempio il Geography Markup Language (GML). Le computazioni fornite da servizi WPS possono essere semplici come ad esempio sottrarre una serie di valori geo-riferiti da un altro (ad esempio per determinare la differenza di casi di influenza tra due diverse stagioni), più complessi come un modello di interpolazione su dati pluviometrici o estremamente complessi

e time-consuming come un modello di previsione idrometeorologica. Quello che rimane uguale, ed è garantito dalla specifica, è l'accesso al servizio tramite un'interfaccia standard. Inoltre WPS consente di 'wrappare' interfacce software preesistenti così da essere presentate agevolmente sulla rete come nuovi servizi web. Implementazioni WPS possono quindi essere considerate come middleware per lo sviluppo ed il deployment di nuovo software. Negli ultimi anni, sono state proposte diverse implementazioni che hanno dimostrato l'applicabilità dell'approccio WPS. In particolare, ne sono stati sottolineati la riusabilità e la possibilità concatenare servizi diversi per risolvere problemi specifici e complessi.

3.2.2 Web Map Service Interface

WMS (Web Map Service Interface Standard) (<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>) è uno standard che fornisce una semplice interfaccia HTTP per richiedere immagini di mappe geo-riferite provenienti da uno o più database geo-spaziali distribuiti.

Un servizio WMS, produce mappe di dati spazialmente referenziati, in modo dinamico, a partire da informazioni geografiche. Questo Standard internazionale definisce come "mappa" una rappresentazione di informazioni geografiche resa sotto forma di un file contenente un'immagine digitale adatto per la visualizzazione sullo schermo del computer. Una mappa non è il dato stesso. Mappe prodotte da un servizio WMS sono generalmente rese in formati immagine quali PNG, GIF o JPEG, o occasionalmente come elementi grafici vettoriali in SVG Scalable Vector Graphics o in formati Web Computer Graphics Metafile (WebCGM).

Questo Standard internazionale si applica (i.e. viene implementato da) a un'istanza di un servizio WMS che rende pubblica la sua capacità di produrre mappe piuttosto che la sua capacità di accedere agli specifici dati. Un servizio WMS di base classifica le sue componenti informative geografiche in "Layers" (livelli) e offre un numero limitato di "Styles" (stili) predefiniti in cui visualizzare tali livelli, e non include un meccanismo per consentire all'utente di definire una propria simbolizzazione delle caratteristiche (features) dei dati.

WMS definisce tre operazioni: una restituisce metadati a livello di servizio; un'altra restituisce una mappa i cui parametri geografici e dimensionali sono ben definiti; mentre una terza operazione facoltativa restituisce informazioni su particolari 'features' presenti sulla mappa. Le operazioni di Web Map Service possono essere richiamate tramite un browser web standard inviando richieste sotto forma di Uniform Resource Locator (URL). Il contenuto di tali URL dipende dall'operazione richiesta. In particolare, quando è richiesta una mappa l'URL indica quali informazioni devono essere riportate sulla mappa, quale porzione della superficie

terrestre deve essere mappata, il sistema di riferimento delle coordinate desiderate e le dimensioni (larghezza e altezza) dell'immagine prodotta. Quando due o più mappe sono prodotte con gli stessi parametri geografici e dimensioni di output, i risultati possono essere accuratamente sovrapposti per produrre una mappa composita. L'uso di formati di immagine che supportano sfondi trasparenti (ad es. GIF o PNG) permette di rendere visibile le mappe sottostanti. Inoltre, mappe diverse possono essere richiesti da server diversi. WMS consente la creazione di una rete di server distribuiti da cui i clienti possono costruire mappe personalizzate.

3.3 Sensor Web Enablement

Secondo l'ottica di OGC, una rete di sensori è una rete informatica costituita da molti dispositivi spazialmente distribuiti che utilizzano sensori per monitorare condizioni ambientali in diverse località, quali temperatura, suono, vibrazione, pressione, movimento o inquinanti. Con Sensor Web OGC si riferisce a reti di sensori accessibili tramite il WEB e/o a dati da sensori archiviati in opportuni repositories, che possono essere scoperti e acceduti utilizzando protocolli standard via API.

Scopo dell'iniziativa OGC, Sensor Web Enablement¹ (SWE), è la costruzione di un quadro unico e rivoluzionario di standard aperti per lo sfruttamento di sensori connessi al Web e sistemi di sensori di tutti i tipi: sensori di flusso idrogeologico, monitoraggio dell'inquinamento di aria, stress di carico su ponti, webcam, dispositivi di imaging da satellite terra e innumerevoli altri sensori e sistemi di sensori. SWE offre molte opportunità per l'aggiunta di una dimensione 'sensoriale' in tempo reale ad Internet ed al Web. La portata di questa iniziativa, coinvolge innumerevoli settori: monitoraggio ambientale, gestione del sistema dei trasporti, pubblica sicurezza, sicurezza di impianti di produzione, gestione dei disastri, operazioni di vigilanza controllo, controlli industriali, gestione degli impianti e molti altri settori di attività.

¹ <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/sensorwebdwg>

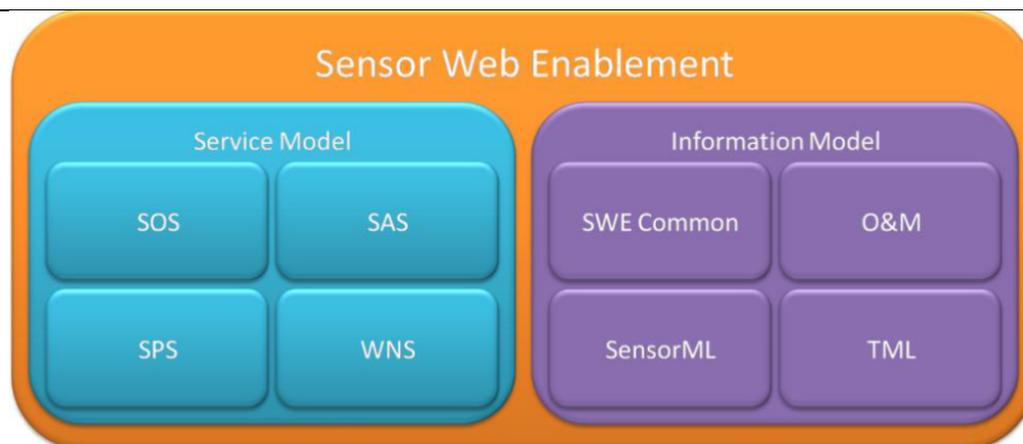


Figura 8 SWE: famiglia di standard suddivisi in Service e Information Model

L'iniziativa SWE di OGC sta promuovendo una serie di standard per l'accesso e la fruizione di dati prodotti da sensori, o di servizi che producono questi dati (vedi Figura 8). Per ragioni di sintesi citiamo tra questi:

- Observations & Measurements Schema (O&M) – Definisce il Modello standard e lo Schema XML per la codifica di osservazioni e misurazioni da un sensore, sia archiviati che in tempo reale.
- Sensor Model Language (SensorML) – Definisce il Modello standard e lo Schema XML per descrivere sistemi di sensori e processi; fornisce le informazioni necessarie per la scoperta dei sensori, la localizzazione delle osservazioni del sensore, e l'elaborazione delle osservazioni del sensore a basso livello.
- Sensor Observations Service (SOS) - Interfaccia di web service standard per la richiesta, filtraggio e recupero delle osservazioni e le informazioni di sistema del sensore. Questo servizio funge da intermediario tra un client e un repository od un canale real-time di dati da sensore.
- Sensor Alert Service (SAS) – Interfaccia di web service standard, per la pubblicazione e sottoscrizione di avvisi provenienti da sensori.
- Web Notification Services (WNS) – Interfaccia di web service standard, per l'invio asincrono di messaggi o di avvisi da SAS e/o da altre sorgenti provenienti da workflows di servizi.

3.3.1 *Observation and Measurement*

La specifica O&M OGC (<http://www.opengeospatial.org/standards/om>) ed il relativo modello concettuale ISO, sono state standardizzate rispettivamente come Observation and

Measurements v2.0 e ISO/DIS 19156, e sono conformi allo schema di specifica di GML, Version 3.2. OM definisce lo schema di base per la modellazione sia di dati osservazionali real-time generati da sensori che per l'archiviazione di serie temporali. Il modello supporta sia i metadati relativi all'osservazione, come pure la capacità di accedere alla procedura (i.e. procedure, cioè l'insieme di sensori ed elaborazione, nella nomenclatura O&M) che ha creato l'osservazione, quindi, fornendo un'indicazione più completa sulla provenienza delle misurazioni.

La codifica O&M è piuttosto generale nel senso che il risultato può essere presentato in qualsiasi struttura specificata in XML. Tramite la specifica Common Observation, che a sua volta utilizza le indicazioni contenute in SWE Common è poi possibile impacchettare il contenuto XML tramite file, sia in formato ASCII o binario o tramite strutture di dati basate su standard dati di tipo MIME (ad esempio JPEG, J2K, ecc.).

Il nucleo dello standard è modellato tramite lo Observation schema. Secondo tale modello un'osservazione è un *azione* il cui risultato è una stima del valore di una proprietà caratteristica e comporta l'applicazione di una specifica procedura, sia essa rappresentata da una catena di processi di elaborazione, da un algoritmo, da uno strumento composto o da un singolo sensore. Per quanto riguarda la posizione di campionamento, la procedura può essere applicata in situ, in remoto, o ex-situ. L'utilizzo di un modello comune per i metadati relativi all'osservazione permette di combinare dati, provenienti anche da discipline diverse, in modo non ambiguo. I dettagli relativi ad un'osservazione sono importanti anche per la scoperta di altre informazioni e per la stima della qualità dati. Un'osservazione è definita in termini di un insieme di proprietà, utili a supportare tali applicazioni. In particolare O&M definisce un "core set" di proprietà:

- `feature of interest`
- `observed property`
- `result`
- `procedure` – lo strumento, l'algoritmo od il processi utilizzati per produrre l'osservazione - che possono essere descritti tramite lo standard SensorML (<http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>)
- `phenomenon time` – il tempo reale associate al risultato dell'osservazione
- `result time` – il tempo in cui il risultato è stato generato
- `valid time` – il periodo di validità in cui il dato può essere usato

3.3.2 *Sensor Observation Service*

Lo standard Sensor Observation Service (SOS <http://www.opengeospatial.org/standards/sos>) definisce un'interfaccia standardizzata per la gestione e l'accesso ai metadati e alle osservazioni provenienti da sistemi di sensori eterogenei. I sistemi di sensori forniscono la maggior parte dei dati utilizzati oggi nei sistemi geo-spaziali. Questi sistemi includono ad esempio sensori in situ (come quelli per rilevare il livello dei fiumi), piattaforme di sensori mobili (per esempio, satelliti o veicoli aerei senza equipaggio) o reti di sensori statici (ad esempio matrici sismiche). Utilizzato in combinazione con altre specifiche OGC, SOS fornisce una vasta gamma di funzionalità interoperabili per scoprire, accedere ed interrogare le informazioni relative a singoli sensori, alle piattaforme multi-sensore e/o mobili, sino alle reti comunque complesse di sensori, prodotte sia in tempo reale che ottenute in ambienti di simulazioni o provenienti da archivi storici.

L'interfaccia di SOS fornisce un set di funzionalità predefinite per gestire i sensori e le osservazioni da essi prodotte. SOS permette la registrazione e la rimozione dei sensori in/da una rete, descrive le funzionalità sia di ogni singolo sensore, così come di tutto il sistema. Il servizio SOS fornisce accesso alle osservazioni prodotte in tempo reale così come ai dati archiviati: in particolare le informazioni sui sensori e le osservazioni risultanti possono essere ordinate sia su scala temporale, spaziale o per mezzo di altre caratteristiche specifiche. La Figura 9 presenta lo schema UML che sintetizza la sequenza delle principali funzionalità messe a disposizione da un'istanza del servizio SOS.

Come evidenziato da Figura 9 il principio operativo di base del servizio SOS è incentrato sull'implementazione di flussi di richiesta-risposta basati su un'interfaccia web interoperabile. Si distinguono essenzialmente tre insiemi di procedure eseguibili dal servizio SOS, definite come: *obbligatorie* (o "core"), *transazionali* e *facoltative*.

Le procedure obbligatorie sono le seguenti:

- **GetCapabilities** – fornisce la descrizione del servizio tramite le seguenti informazioni: identificazione del fornitore, localizzazione, informazioni di contatto, dati relativi alle persone responsabili della gestione della rete, periodo di tempo di sfruttamento della rete, le funzionalità del sistema, l'elenco degli identificatori dei sensori della rete e parametri misurati.
- **DescribeSensor** – Questa procedura produce una descrizione dettagliata di un singolo sensore, che può essere usata dagli sviluppatori per creare applicazioni che accedono e/o rielaborano le singole informazioni generate da un sensore: nomi

lunghe e corte, nome del luogo di installazione e le coordinate geografiche, il modello del sensore, tipo, capacità tecniche e apparecchiature associate, elenco dei parametri misurati corredato di una descrizione dettagliata e le unità di misura corrispondenti.

- GetObservation – fornisce le osservazioni misurate dal sensore. Questa procedura contiene funzionalità di filtro, che consentono di interrogare le osservazioni prodotte secondo parametri quali spazio, tempo, tipo di fenomeno registrato.

Le procedure di tipo transazionale sono le seguenti:

- RegisterSensor – consente la registrazione di un nuovo sensore in una rete.
- InsertObservation – funzionalità indispensabile per registrare una nuova osservazione.

Infine le procedure opzionali includono:

- GetFeatureOfInterest – Definisce 'dove' è stata condotta ciascuna osservazione. Caratteristiche spaziali possono essere relative ad: un fiume, con osservazioni di qualità dell'acqua o del livello dell'acqua; posizione geografica, dove una serie di parametri meteo sono misurati; un punto fisso, dove occasionalmente osservazioni dei parametri meteo sono effettuati. Ogni caratteristica di interesse è registrata dal servizio SOS e ha un nome identificativo unico.

GetResult – richiede periodicamente i dati prodotti da un sensore.

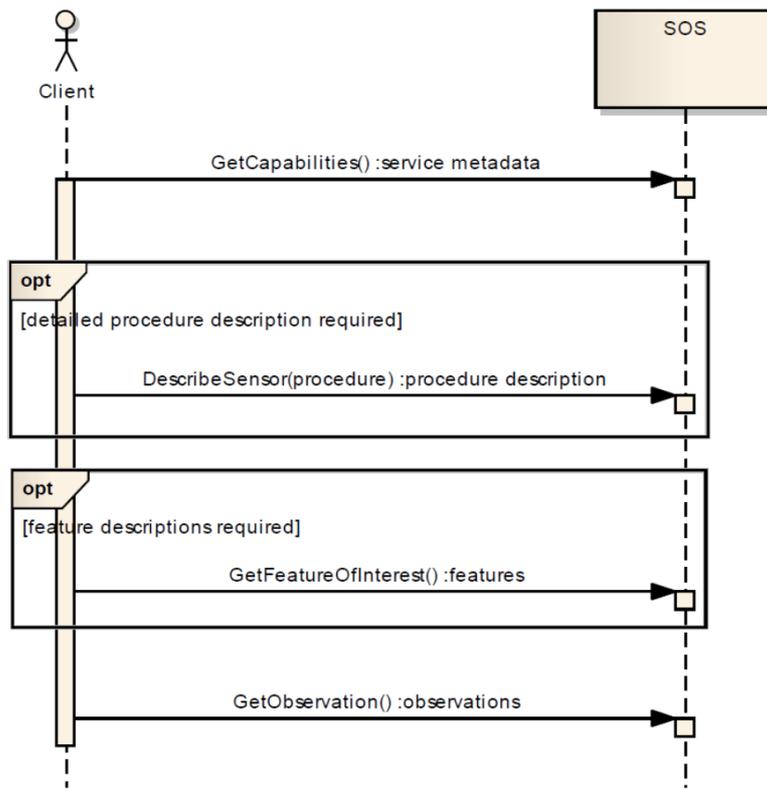


Figura 9 Principali funzionalità previste da SOS

4. PROCEDURE DI CONTROLLO DELLA QUALITÀ PER LA RACCOLTA DATI DA SENSORI METEO

Uno dei principali problemi aperti per quanto riguarda l'integrazione in applicazioni e servizi di dati provenienti da sensori eterogenei e da raccolte di tipo crowdsourcing, riguarda il controllo di qualità e la "quality assurance" del dato. In particolare per alcuni tipi di applicazione, soprattutto nell'ambito dell'utilizzo da parte della pubblica amministrazione, è necessario arrivare a una chiara certificazione del dato. In questi ultimi termini il problema è oggetto di discussione ed è fuori dagli obiettivi di questo documento. Qui di seguito si forniscono alcune brevi indicazioni facendo riferimento ai più rilevanti standard internazionali disponibili: le procedure NOAA MADIS per quality assurance e le procedure WMO per quality assurance e controllo di qualità. Il capitolo si chiude presentando una rassegna delle procedure utilizzate nella comunità idro-meteorologica [32].

4.1 Le procedure NOAA MADIS

La National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) nell'ambito della progettazione del Meteorological Assimilation Data Ingest System (MADIS) ha stabilito alcune procedure per il controllo automatico della qualità di data set meteorologici. In particolare i dati memorizzati nei data base accessibili sono corredati da una serie di informazioni che indicano la qualità dell'informazione da diversi punti di vista a partire dalla consistenza temporale e spaziale. Le procedure di controllo qualità adottate da NOAA sono a loro volta basate sul National Weather Service (NWS) Techniques Specification Package (TSP) 88-21-R2 (1994) e sono utilizzate ad esempio dal NOAA Citizen Weather Observer Program (CWOP).

Queste procedure prevedono un controllo statico e uno dinamico del dato. I controlli di tipo statico sono dedicati alla singola stazione e al singolo istante temporale, in modo quindi indipendente da precedenti valori e da valori prodotti dai vicini. In questo caso si verificano ad esempio la ragionevolezza e la consistenza intrinseca del dato. Questi controlli non sono in grado di filtrare dati ragionevoli ma non validi. Per questa ragione viene introdotto un controllo dinamico che verifica il dato statico in relazione alle informazioni temporali e spaziali disponibili, fornendo quindi informazioni sulla validità della posizione, sulla consistenza temporale e spaziale e su altri aspetti.

A ciascuna osservazione viene attribuito un descrittore sintetico che fornisce una sorta di opinione sulla qualità dell'osservazione, ottenuta combinando i risultati dei controlli effettuati. Si distinguono tre livelli di controllo di qualità. Il livello 1 (il meno sofisticato) riguarda la verifica di tolleranza e indica che il dato è all'interno di un determinato intervallo, Il livello 2 introduce

anche controlli sulla tolleranza temporale e introduce alcuni controlli incrociati interni, ad esempio tra il punto di rugiada e la temperatura e anche controlli statistici. Al livello 3, il più sofisticato, si introducono controlli spaziali utilizzando tecniche di interpolazione e confronto con i vicini usando algoritmi che verificano i dati in modo incrociato evidenziando possibili sensori da escludere perché sospetti di produrre dati non attendibili. Per un'applicazione di queste tecniche al caso Weather Underground si veda anche [11].

4.2 Le procedure WMO

Il Quality Management System del WMO definisce i principi chiave del controllo della qualità dei dati. Le procedure di controllo sono associate ai processi di produzione dei dati permettendo di ottenere un controllo di qualità real-time a due livelli:

- Controllo di qualità del dato grezzo, effettuato fisicamente a bordo della Weather Station;
- Controllo del dato trattato effettuato di solito in un centro di raccolta dati.

Il controllo sul dato grezzo è finalizzato a intercettare ad esempio errori di misura e di sincronizzazione dovuti a fault temporanei o sistematici dello strumento. Il controllo sul dato trattato è orientato a intercettare ad esempio situazioni di non consistenza interna e temporale, deviazioni di base, divergenze progressive e altri malfunzionamenti dei sensori.

Per un'analisi più completa si rimanda a [11] mentre la Tabella 3 riporta alcuni controlli temporali e intervalli di tolleranza per NOAA MADIS e WMO.

Measured values	NOAA MADIS	WMO
Temporal Consistency Checks		
Air temperature	1.6 °C/min	2 °C/min
Dew point temperature	1.6 °C/min	2 °C/min
Ground and soil temperature	5 °C/min	2 °C/min
Relative humidity	10 %/min	5 %/min
Atmospheric pressure	0.25 hPa/min	0.3 hPa/min
Wind speed: (sampling every 2 seconds)	10 ms/min	20 ms/min
Solar radiation	—	800 Wm ² /min
Precipitation intensity	0 – 18.6 mm/min	0 - 40 mm/min

Tolerance Limits		
	NOAA MADIS	WMO
Air temperature	-50 °C - +55 °C	-80 °C - +60 °C
Dew point temperature	-70 °C - +35 °C	-80 °C - +35 °C
Ground temperature	—	-80 °C - +80 °C
Soil temperature	-40 °C - +65 °C	-50 °C - +50 °C
Relative humidity	0 - 100 %	0 - 100 %
Atmospheric pressure at the station level	568 – 1100 hPa	500 - 1100 hPa
Wind direction	0 - 360 degrees	0 - 360 degrees
Wind speed (2-minute, 10-minute average)	0 – 128 m/s	0 - 75 m/s
Solar radiation	—	0 - 1600 Wm ⁻² ;

Tabella 3: Controlli di consistenza temporali e intervalli di tolleranza per NOAA e WMO

4.3 Applicazione delle procedure nella comunità idro-meteorologica

Di seguito saranno descritti alcuni metodi di validazione di dati acquisiti tramite i sensori delle stazioni meteorologiche, applicati per identificare eventuali errori avvenuti durante le misurazioni [32]. Vi sono tre importanti motivi per applicare le procedure di controllo della qualità ai dati meteorologici: (i) per garantire che le informazioni meteorologiche siano correttamente generate; (ii) identificare dati errati che implicano una decisione inadeguata; e (iii) rilevare e risolvere problemi per una corretta manutenzione delle stazioni e la calibrazione periodica dei sensori [33].

Tuttavia, è chiaro che una tale analisi automatizzata, qualche volta, non è in grado di riconoscere particolari problemi nelle misurazioni meteorologiche, come ad esempio errori dovuti agli strumenti. Inoltre, alcuni fenomeni climatici localizzati, come temporali e terremoti, potrebbero essere classificati in maniera errata dagli algoritmi di validazione [32]. E' dunque necessario aggiungere un ulteriore step nel processo di validazione, ossia un'analisi manuale, condotta da esperti o meteorologi, che aiuti a identificare problemi nel dataset.

I metodi di controllo analizzati sono i seguenti: range test, step test, internal consistency test, persistence test o time series consistency test, spatial consistency test. Questi metodi hanno la finalità di verificare che tutti i dati siano stati registrati e che la raccolta di dati sia corretta, completa e senza buchi. I dati meteorologici che non soddisfano le richieste precedenti sono

contrassegnati come errati, oppure come sospetti e devono essere convalidati mediante ispezione manuale.

Range test

Il range test si basa sia sulle specifiche di funzionamento di ogni sensore, sia sulle condizioni climatiche e fisiche estreme verificabili nel luogo in cui si trova il sensore e riferite alla variabile analizzata. I limiti di ogni variabile meteorologica possono dipendere dalle condizioni climatiche del sito in cui è collocata la stazione e dalla stagione. Le misurazioni che non rispettano i valori di minimo e massimo stabiliti saranno adeguatamente segnalate; i dati misuranti, per essere considerati validi, dovranno rimanere all'interno delle soglie, [32, 34].

Ci sono due tipi di range test: quello statico e quello dinamico.

Il range test statico verifica che i valori di una variabile meteorologica rimangano all'interno di un intervallo dagli estremi fissati. Le misurazioni che cadono al di fuori del range definito sono segnalate come errate e non saranno convalidate dai test successivi.

Il range test dinamico fissa, per ogni variabile meteorologica, dei valori di minimo e massimo basandosi sui valori estremi misurati nei luoghi in cui si trova il sensore o su possibili valori limite teorici riferiti ad ogni luogo e periodo dell'anno. I dati che non rispettano le soglie fissate in maniera dinamica, sono contrassegnati come dati sospetti e dovranno essere controllati manualmente. Se, dopo il controllo, una misurazione sospetta viene dichiarata corretta, questo dato verrà registrato come il nuovo valore estremo per quella particolare localizzazione.

Step test

Questo tipo di test segnala l'eccessiva variazione tra due misurazioni consecutive. In particolare, i metodi che si basano sulla coerenza nel tempo (gli step test) considerano la differenza tra due dati successivi. Se tale differenza supera un valore limite, fissato diverso per ogni variabile meteorologica, entrambe le misurazioni coinvolte sono segnalate come sospette [32]. Le verifiche della consistenza temporale dei dati meteorologici si basano sulla ridondanza delle informazioni di successive osservazioni in una data stazione meteorologica. In questo senso, la WMO ha proposto alcune raccomandazioni di tolleranza per temperatura, temperatura del punto di rugiada e pressione atmosferica - come riportato in Tabella 3.

Internal consistency test

Il test si basa sulla verifica della coerenza fisica e climatica di ogni parametro analizzato o

sulla relazione tra due variabili misurate. Molte variabili meteorologiche misurate nello stesso luogo e allo stesso tempo devono essere in accordo tra di loro. In caso contrario, entrambe le osservazioni saranno segnalate come sospette. Per esempio, un valore medio sarà sempre più basso del valore massimo e più alto del valore minimo, oppure il livello di precipitazioni cadute in 6 ore sarà sempre minore o uguale delle precipitazioni registrate in 24 ore [35].

Persistence test o time series consistency test

Questo test controlla la variabilità delle misurazioni. Un sensore, quando sbaglia, spesso registra un valore costante, di conseguenza la deviazione standard, in presenza di errori, diventerà sempre minore. Quando, poi, un sensore non funziona per un intero periodo di osservazione, la sua deviazione standard risulterà nulla [32].

In generale, per ogni parametro, vengono calcolate la media e la deviazione standard relative ai dati misurati in un certo intervallo temporale. Se la deviazione standard è più bassa di un certo valore minimo accettabile, i dati corrispondenti sono segnalati come sospetti. Poiché il persistence test si basa sulla statistica, non è possibile individuare quali misurazioni, all'interno dell'intervallo temporale considerato, sono la causa di questo allarme. Di conseguenza, ogni dato relativo a questo periodo è segnalato come sospetto.

Spesso viene anche utilizzato un **Delta test** per individuare la maggiore differenza tra ogni coppia di osservazioni in un intervallo di tempo selezionato. Se la differenza è minore di un certo valore minimo, tutti i dati sono contrassegnati come sospetti

Spatial consistency test

Questo tipo di test è utilizzato per individuare errori gravi nelle singole misurazioni. Si basano sulla comparazione tra i dati di una stazione [36] e i valori corrispondenti registrati dalle stazioni circostanti; errori più sottili sono identificati da analisi manuali.

Un metodo di paragone, per esempio [32], è il seguente: le osservazioni possono essere pesate in funzione della distanza dalla stazione meteorologica considerata. La differenza tra i valori registrati e quelli stimati viene messa in relazione con la deviazione standard. Le osservazioni la cui differenza è maggiore del doppio della deviazione standard vengono segnalate. Per applicare in maniera adeguata questi algoritmi è necessario considerare almeno sei stazioni meteorologiche. La maggior parte degli algoritmi applicati per stimare i dati di una stazione meteorologica tramite i valori registrati dalle stazioni circostanti si fondano su una tecnica che attribuisce un peso ad ogni valore delle stazioni vicine. Tale peso è proporzionale all'inverso della distanza tra le due stazioni.

5. MODALITÀ DI ACCESSO AI DATI DA SENSORI E OPEN DATA

Le modalità di accesso ai dati prodotti dai sensori installati nelle città possono variare in modo notevole a seconda del tipo della quantità e qualità del dato, del produttore e dell'organizzazione che raccoglie i dati.

La Tabella 4 seguente, tratta da <http://www.programmableweb.com/news/top-weather-apis-depth-comparison/analysis/2015/01/12> riporta alcuni casi di prezzi riferiti alla fine del 2015.

Pricing	Weather Underground	Forecast.io	World Weather Premium	World Weather Free
Free account / freemium	✓	✓	✓	✓
Free trial for paid plans	✓ *	✓ **	60 day free trial	Not Applicable
Pay-as-you-go	✗	✓ \$1 per 10,000 (that is, \$0.0001);	✗	Not Applicable
Subscription	✓ ***	✗	✓ ****	Not Applicable

* Developer plan is the free trial.

** First 1,000 calls per day are free.

*** From \$20/mo. to \$600/mo.+.

**** Price can be as low as \$10.00 USD a month. Price is based on API features selected. There is a price calculator on the website.

Tabella 4 costi per l'accesso ai dati

Allo stesso modo è utile tenere in conto i possibili costi di utilizzo delle API disponibili, come riportato dalla Tabella 5 (stessa fonte di informazioni della tabella precedente).

API Comparison	Weather Underground	Forecast.io	World Weather Premium	World Weather Free
Instantly accessible	✓	✓	✓	✓
Language support	✓	✓	✓	✓
Location search	✓	✗	✓	✓
Requests allowed	100,000 per day, 100,000+ Quote	First 1,000 calls/day are free	Pricing starts from 5,000 calls/day	Max 12,000 calls/day

- **Instantly Accessible** - Fully automated API key and account creation.
- **Language Support** - Multilingual support across a number of languages.
- **Location Search** - Function that allows a query value to return information about a specified location.

Tabella 5 costi di utilizzo di alcune API

E' da notare che è possibile svolgere attività sperimentali e/o di sviluppo iniziale di servizi

usando le opzioni libere, anche se con alcune limitazioni sulle API disponibili. Tuttavia, eventuali prove di stabilità e scalabilità di eventuali servizi è necessario accesso ai dati e alle API tenendone in considerazione i costi.

5.1 Open Data

Parlando di modalità di accesso ai dati prodotti dai sensori presenti nelle città non possiamo ignorare quello che possiamo chiamare il movimento Open Data che diventa di sempre maggiore interesse. Una trattazione del caso Open Data è al di fuori degli scopi di questo rapporto tecnico, ma riteniamo interessante riassumere alcune informazioni in relazione alla gestione, attraverso il paradigma Open Data dei dati prodotti da sensori.

In particolare consideriamo il caso Linked Open Data (LOD). A questo riguardo l'attività del W3C, relativamente al Semantic Web, è rivolta a definire un insieme di tecnologie che favorisca un "web dei dati" dove le informazioni siano facilmente condivise e riutilizzate tra le applicazioni. Tra gli elementi chiave di questo 'stack' tecnologico, alla base della tecnologia LOD, troviamo lo standard per il modello dei dati RDF (Resource Description Framework) (<http://www.w3.org/RDF/>), ed il protocollo SPARQL (<http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query>) utilizzato come linguaggio di interrogazioni dei dati descritti secondo RDF. L'interpretazione di un sensore e del flusso di dati da questo generati come URL, inserisce i sensori in questo "mainstream", aprendo quindi una effettiva prospettiva di integrazione in applicazioni e servizi per smart cities and communities a partire da quelle di mobilità intelligente.

A questo riguardo diverse organizzazioni sia governative che non-governative hanno già reso disponibile una varietà di dati sul Web riguardanti diversi domini come educazione, economia, sicurezza, patrimonio culturale e dati scientifici. D'altra parte, gli sviluppatori e operatori dei media rielaborano questi dati per creare visualizzazioni grafiche ed eseguire analisi dei dati. Tuttavia, nonostante queste esperienze, diverse importanti questioni rimangono da affrontate al fine di soddisfare compiutamente le esigenze sia dei produttori che dei consumatori di dati.

Nel tentativo di risolvere questi problemi, il "Data on the Web Best Practices" Working Group del W3C (http://www.w3.org/2013/dwbp/wiki/Main_Page) sta cercando di elaborare e fornire degli strumenti guida ai produttori di dati con l'intento di migliorare la coerenza in cui i dati di sono prodotti, promuovendone il riutilizzo. La guida avrà due forme: un insieme di best practices applicabili a molteplici tecnologie e l'individuazione di vocabolari attualmente mancanti, ma che sono necessari per sostenere l'ecosistema dei dati Open sul Web secondo il paradigma LOD.

A corredo di questa sintesi è utile citare alcuni progetti ed esperienze di best practice:

- Helsinki Open Transport Data Manifesto (<http://www.epsiplatform.eu/transport>) che affronta le sfide aperte nell'ambito dell'interoperabilità, degli standard e degli ecosistemi per l'accesso e il riuso dei dati prodotti;
- Il Recife Open Data Portal (<http://dados.recife.pe.gov.br>) che nasce per integrare dati prodotti anche con finalità diverse;
- L' Open City Data Pipeline (<http://bach.wu.ac.at/bachapp/cgi-bin/fides/fides.aspx/documents/fides.aspx?search=true;project=true;type=project;tid=2501;lang=EN>) un'iniziativa austriaca che mira a costituire una piattaforma estendibile per sostenere i cittadini e gli amministratori delle città fornendo indicatori chiave (KPI) sulle prestazioni delle unità urbane, sfruttando le fonti di dati aperti.
- Il progetto di Amsterdam su Big & Open Data (<http://amsterdamsmartcity.com/projects/theme/label/big-open-data?lang=en>) che mira ad utilizzare i dati prodotti a favore del cittadino tenendo conto della prospettiva "big data" insita nella produzione di dati da sensori.

6. ARCHITETTURE E DELLE TECNOLOGIE PER LA RACCOLTA E LA GESTIONE DI DATI DA SENSORI

L'utilizzo di sensori consente la raccolta di dati dal mondo fisico ottenuti tramite una serie di dispositivi locati in luoghi diversi. Con la crescita di precisione ed affidabilità nel misurare informazioni in tempo reale, l'utilizzo di dati provenienti da sensori rappresenta una nuova sfida della ricerca in termini di raccolta, rielaborazione ed analisi delle informazioni registrate. Scenari estremamente complessi di utilizzo di reti di sensori sono innumerevoli e diversificati, tra gli altri: applicazioni militari, previsioni meteo, il rilevamento tsunami, il rilevamento dell'inquinamento e la gestione dei consumi energetici nelle scuole ed edifici per uffici. Nei casi in cui la complessità e l'importanza dei sistemi informativi, basati su questi sensori vada oltre le relativamente semplici funzionalità di riuso e ripubblicazione dei dati, fornite dalla metodologia di mashup, sarà necessario progettare ed implementare piattaforme architettoniche capaci di rispondere ai requisiti che sorgono da tali scenari applicativi.

In [20], gli autori propongono meccanismi per la progettazione di applicazioni multi-livello; l'approccio proposto permette di integrare diversi livelli di dati geo-spaziali in un framework basato su standard. Nell'articolo vengono descritte le soluzioni per la gestione di dati provenienti da differenti sensori, focalizzandosi su aspetti di interoperabilità in relazione all'interazione di due o più componenti difformi. La proposta è rivolta principalmente alla progettazione di un sistema GIS WebMAPS per supportare la pianificazione ed il monitoraggio agricolo. In [17] è presentata un'applicazione per la simulazione di situazioni di emergenza denominata Collaborative Virtual Environment (CVE) rivolta a scopi di addestramento, per la valutazione di situazioni di emergenza, l'apprendimento e una formazione pratica. L'obiettivo della piattaforma CVE è di fornire una migliore comprensione delle tecnologie di integrazione e visualizzazione dei dati in tempo reale. Gli autori descrivono un componente per l'integrazione tramite il quale dati possono essere rapidamente raccolti e trasferiti nell'ambiente virtuale. I dati monitorati riguardano due categorie: sia dati pubblici che privati. I primi includono informazioni in tempo reale relative ad aspetti meteo, di traffico e dati relativi alla localizzazione ed allo stato di incidenti stradali. La seconda tipologia di dato è relativa ad informazioni di allerta ed informazioni di movimento veicolare derivanti da GPS.

In molti casi, il software per l'aggregazione dei dati e il processo decisionale che deriva dalla loro analisi sono strettamente collegati alla specifica applicazione; tuttavia, una serie di operazioni possono essere considerate come una base comune ad applicazione; ad esempio tutti gli scenari applicativi si basano sull'interrogazione della rete di sensori e sul recupero dei

dati osservati. Alcuni scenari possono avere bisogno di condividere le informazioni, possono richiedere l'analisi degli "storici" memorizzati in un repository e/o interrogazioni regolari per poter automaticamente indirizzati a chi di dovere eventuali decisioni da prendere.

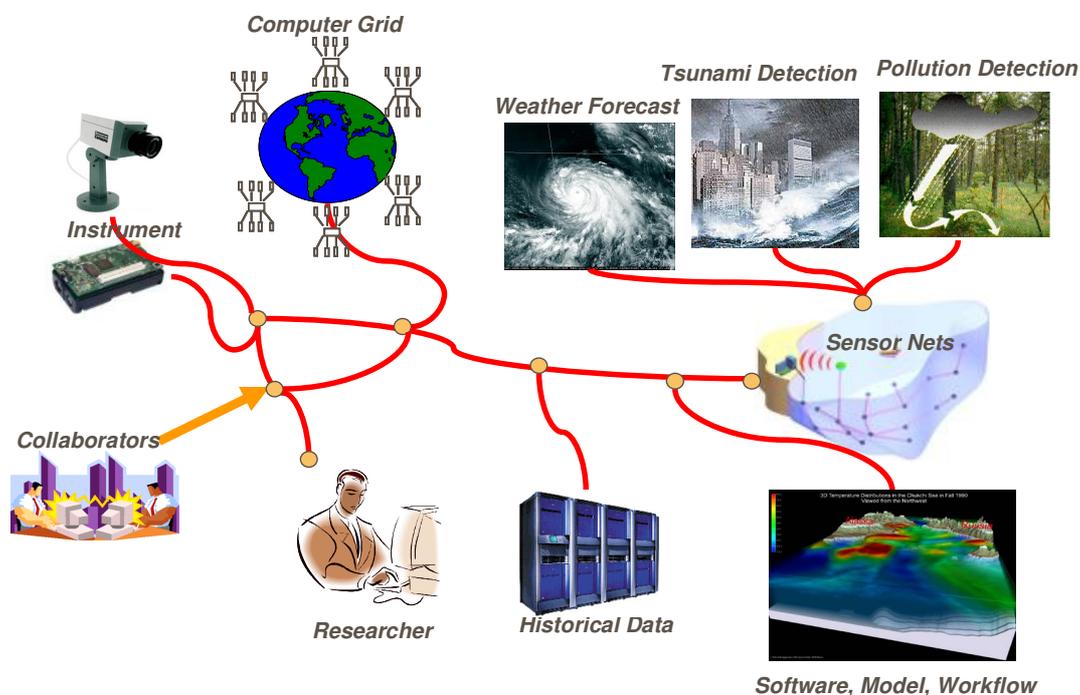


Figura 15 Idea generale di Sensor Web sensori come servizi secondo [21]

In quest'ottica, in [21] gli autori propongono un'architettura orientata ai servizi per la gestione di reti di sensori; tale architettura viene chiamata Sensor Web e risulta indipendente dallo scenario di utilizzo. Un punto molto importante è l'integrazione di sensori e piattaforme di calcolo distribuite su architetture SOA e Grid, in particolare il Grid viene visto come fornitore di risorse di calcolo, che quindi permette di spostare l'elaborazione dei dati dalle reti di sensori ai sistemi distribuiti di back-end. L'idea è fornire servizi che implementino le operazioni più comuni, tra cui l'aggregazione dei dati, scheduling, l'allocazione delle risorse ed il discovery delle risorse; su questi servizi i diversi scenari applicativi possono essere implementati. La fase di calcolo è lasciata a risorse distribuite accessibili ad esempio come risorse Grid. La Figura 15 mostra l'idea generale di Sensor Web; i diversi sensori sono trattati come servizi a disposizione di tutti gli utenti che accedono al web: un utente che ad esempio intenda prevedere uno tsunami può interrogare l'intero Sensor Web e recuperare la risposta sia da sensori in tempo reale che da dati storici in database. I dati provenienti da tutte le fonti possono essere aggregati e utilizzati da strumenti per la modellazione e/o la visualizzazione per

supportare la previsione. Tutto questo può essere condiviso a diversi livelli per eseguire algoritmi o trasformazioni sui dati grezzi con l'ausilio di risorse Grid. Andando più in dettaglio, gli autori si basano sulla definizione di SWE data da OGC, e ne propongono una implementazione che chiamano Open Sensor Web Architecture (OSWA).

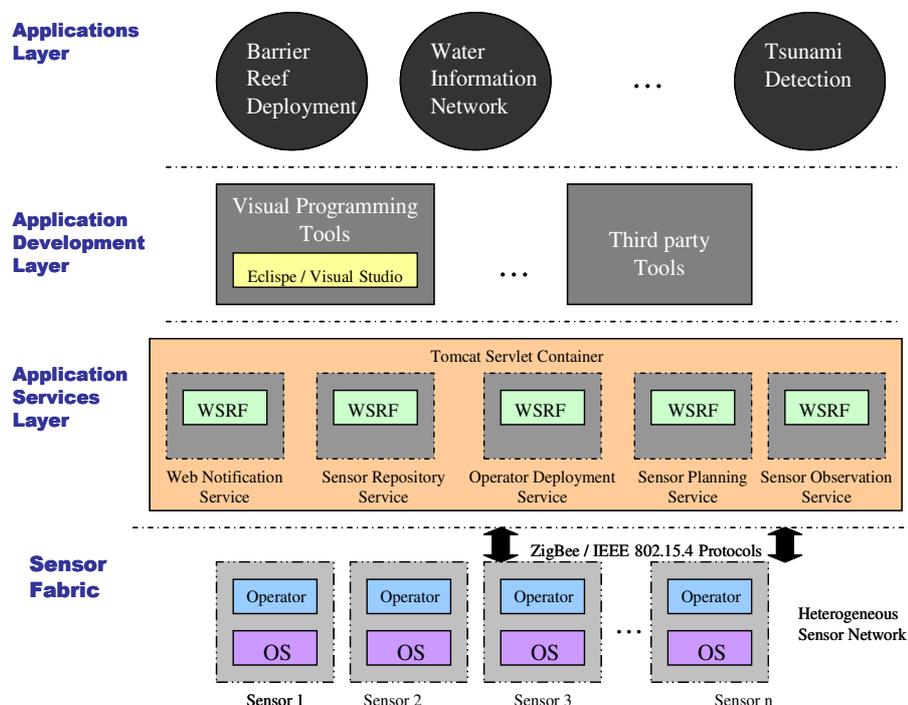


Figura 16 Vista ad alto livello dell'Open Sensor Web Architecture [21]

OSWA implementa un'estensione nella definizione della tipica interfaccia di un Web Service per ottenere un Web Services con stato (Stateful) chiamato WSRF; questo deriva dalla necessità di garantire il giusto supporto alle richieste in corso e che persistono nel tempo; in questo modo i servizi diventano fonti attive di dati che vengono forniti con il paradigma publish-subscribe. Una visione ad alto livello dell'architettura proposta è fornita in Figura 16, dove si possono individuare quattro livelli di base: il livello Sensor Fabric, il livello Application Service, il livello Application Development ed il livello Applications. Servizi fondamentali sono forniti dai componenti di livello più basso, i componenti di livello superiore forniscono strumenti per la creazione di applicazioni e la gestione del ciclo di vita dei dati acquisiti attraverso i sensori.

Lo strato Sensor Fabric include il sistema operativo e il codice distribuito su sensori fisici che permette loro di registrare osservazioni; OSWA supporta risorse sensori eterogenee in TinyDB, Sunspot, TinyOS e Linux. Per quanto riguarda il livello Application Service, le specifiche SWE vengono utilizzate come modello su cui basare questo livello, implementato

un insieme di servizi WSRF. Lo strato Application Development fornisce API per creare e distribuire applicazioni, definire le relazioni tra i servizi e costruire uno schema per lo scheduling attraverso una interfaccia grafica interattiva. Su questo insieme di servizi ed API vengono poi sviluppati codici specifici. Gli autori, oltre ad un'accurata descrizione dei servizi di base, presentano l'analisi del sistema per il riconoscimento dei movimenti (SunSPOT, Sun Small Programmable Object Technology) che è stato deployato su OSWA.

Un altro interessante lavoro di tipo generale, è proposto in [22], dove l'enfasi è posta sulla caratteristica di fault-tolerance del sistema. Gli autori propongono FlexFT, un framework basato su componenti generici per la costruzione di sistemi adattivi fault-tolerant in grado di integrare e riutilizzare le tecnologie, e istanziarle su sistemi eterogenei. FlexFT fornisce un'interfaccia standardizzata e interoperabile per le osservazioni da sensori che si basa sul paradigma Sensor Web, istituito dalla OGC. Gli autori hanno implementato un prototipo Java e valutano i potenziali benefici mediante studi di caso e valutazioni di performance; l'implementazione e l'analisi dei casi di studio considera sia PC standard che reti di sensori, dimostrando di un ampio grado di eterogeneità, in particolare viene considerata un applicativo per monitorare la temperatura dall'ambiente tramite l'utilizzo di sensori Sun SPOT.

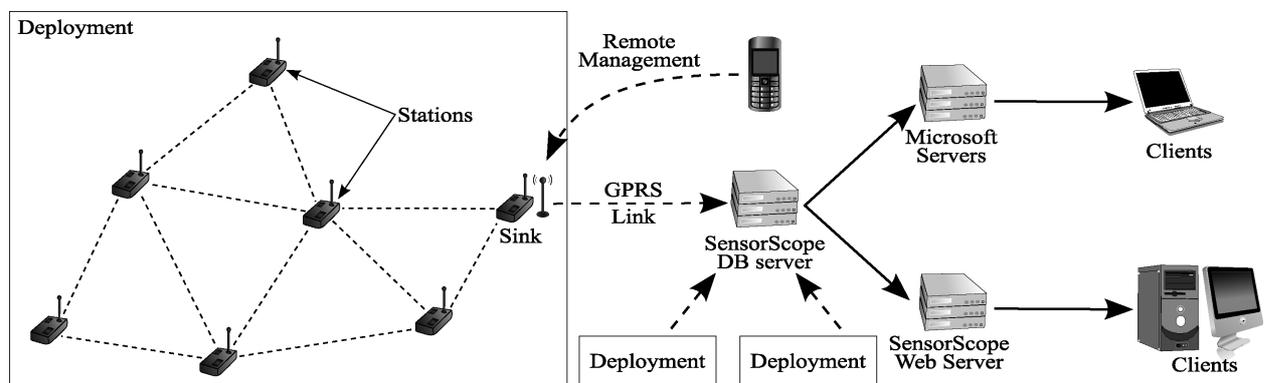


Figura 17 Visione ad alto livello del sistema Sensor Scope [23]

Movendoci verso specifiche applicazioni, un esempio interessante è fornito da [23]. SensorScope è un sistema di monitoraggio ambientale basato su reti di sensori e che è stato sviluppato grazie alla collaborazione di un gruppo di ricercatori con competenze in ambito di reti e ambientali. Il monitoraggio ambientale è sicuramente un dominio applicativo dove i sensori hanno un grande impatto fornendo dati spazio-temporali ad alta risoluzione e per lunghi periodi di tempo. Sensor-Scope è stato installato in diversi ambienti sia di montagna che aree urbane, nel lavoro specifico che qui citato viene presentato l'installazione su un

ghiacciaio svizzero, permettendo così lo studio ed il monitoraggio di fenomeni di microclima che portano alla formazione di aria fredda che nascono dalle rocce coperte dai ghiacciai in zone alpine ad alto rischio.

Il software sviluppato si basa su hardware di diversa natura ovviamente in dipendenza dell'applicazione considerata, ma l'hardware sensoristico è stato specificamente modificato; inoltre, un focus particolare è posto sui consumi energetici dei sensori stessi. Figura 17, viene descritta una visione ad alto livello del sistema; le stazioni di trasmettono regolarmente i dati (ad esempio, la velocità e direzione del vento) ad un sink, che a sua volta utilizza un gateway per trasmettere i dati al server. A seconda dello scenario di utilizzo e delle risorse disponibili, possono essere utilizzati diversi tipi di gateway (ad esempio, GPRS, Ethernet). I dati vengono pubblicati in real-time basati su specifiche mappe basate su Google (<http://www.climaps.com>) e Microsoft SensorMap (<http://atom.research.microsoft.com/sensormap/>) Molto del lavoro sviluppato, oltre all'utilizzo di hardware specifico, riguarda la comunicazioni dei dati raccontati da sensori, tramite uno stack di comunicazione. Il livello application raccoglie i dati da inviare al sink, interroga periodicamente sia i sensori che le batterie, le cui letture vengono utilizzati per monitorare il livello di energia delle stazioni; gli altri tre livelli formano lo stack di comunicazione. A parte tutti i dettagli sulla rete costruita e le comunicazioni implementate, nell'articolo c'è un'interessante descrizione di come si sia riusciti a trasformare SensorScope da un esperimento di laboratorio ad installazioni in contesti ambientali che vengono definiti difficili. Altrettanto interessate sono le "lezioni apprese" durante il lavoro sul progetto che gli autori propongono, tra queste l'importanza del codice semplice, adeguato all'applicazione, la stretta interazione con gli utenti finali durante tutto il percorso di sviluppo del sistema. SensorScope è un prodotto operativo, non solo per il monitoraggio ambientale ma anche per supporto all'agricoltura, <http://www.sensorscope.ch>

Un altro dominio applicativo con potenziali impatti nell'utilizzo di sensori è il monitoraggio del traffico, dove diverse direzioni di ricerca possono essere evidenziate, dall'utilizzo di sensori mobili per il monitoraggio del traffico [24], sistemi di controllo adattivi dei semafori basati su dati da sensori [25], studi sulla locazione ottimale dei sensori [26]. In particolare, in [27] viene proposto un sistema per il monitoraggio degli incidenti stradali, con il fine di gestire il soccorso in maniera tempestiva ed efficace, di ridurre il conseguente traffico generato da incidenti e di evitare possibili altri incidenti. Ad oggi molti sistemi per il rilevamento automatico di incidenti si basano sull'analisi delle immagini ottenute attraverso le telecamere di sorveglianza autostradale; questo è un metodo molto promettente, tuttavia manca della possibilità di

aggregare le informazione nel complesso. Gli autori propongono una nuova architettura basata su SWE.

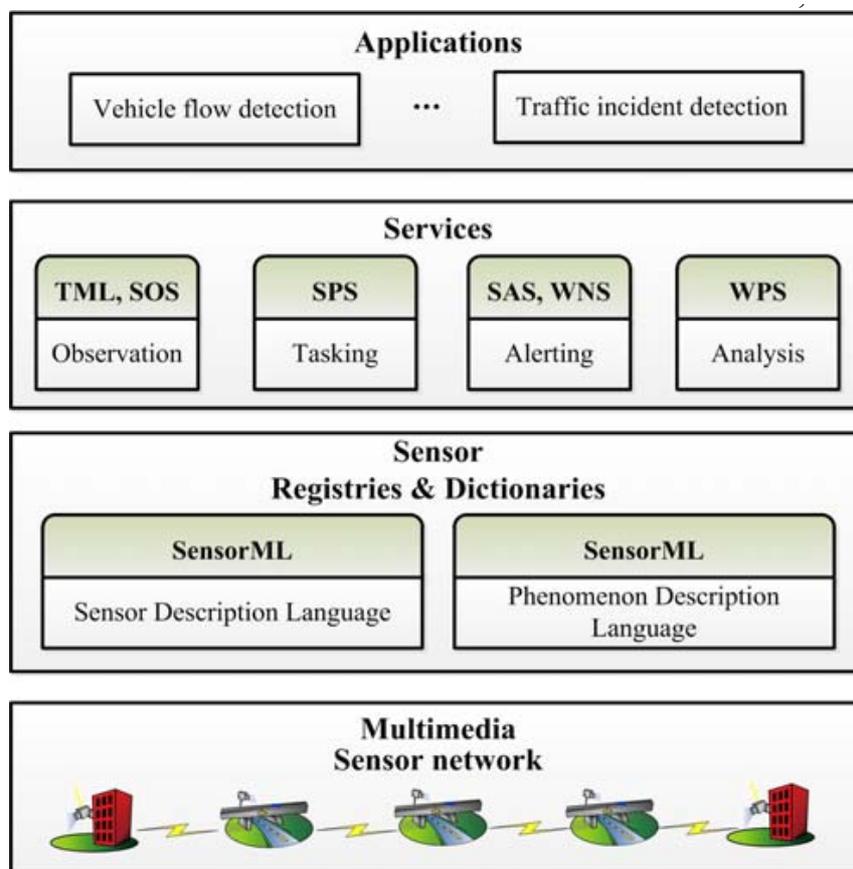


Figura 18 Architettura di reti multimediali per il monitoraggio delle accidentalità traffico [27]

I sensori di traffico sono accessibile tramite Web come suggerito in SWE da OCG, i dati ottenuti dai sensori (eterogenei) vengono integrati in tempo reale nel sistema informatico ed analizzati con le dovute procedure. Una visione ad alto livello del sistema è presentato in Figura 18; questa propone quattro livelli: il livello multimedia sensor network, il livello sensor registries a dictionaries, il livello services ed il livello applications. Il livello multimedia sensor network è composto per lo più da telecamere del traffico; il livello sensor registries a dictionaries permette di accedere rapidamente fotocamera traffico e dati video come ad esempio la posizione. Il livello service include i servizi di osservazione, tasking, alerting e di analisi. Il servizio di osservazione fornisce l'accesso ai dati osservati, il tasking permette la pianificazione del traffico dei dati a secondo delle specifiche applicazioni. Alerting permette la sottoscrive a ricevere avvisi quando un sensore rileva un particolare fenomeno, analisi riguarda l'elaborazione dei dati osservati. Il livello application utilizza servizi forniti dai livelli

sottostanti per sviluppare algoritmi per il monitoraggio del traffico e il rilevamento di incidenti stradali. Il flusso dei dati invece viene riportato in Figura 19 .

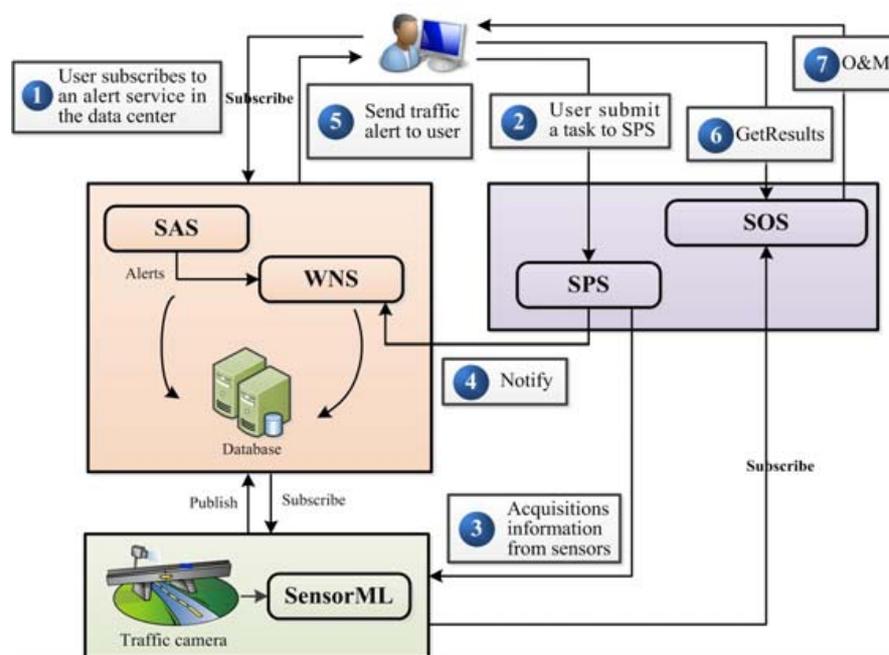


Figura 19 Data flow dl sistema presentato in [19]

Come ultimo esempio di applicazione dell'utilizzo di dati da sensori, consideriamo la loro applicazione nel settore del turismo, dove possiamo trovare diversi contributi che coprono un arco che va dai sistemi di sorveglianza di beni culturali [28], ai sistemi di raccomandazione basati su sensori e device mobili [29]. Particolarmente interessante è il lavoro presentato in [30]. In questo caso, l'uso di sensori installati in una posizione specifica, vengono utilizzati per fornire informazioni in tempo reale ad una specifica tipologia di utenti. Più in dettaglio, i sensori sono stati installati presso il museo Van Gogh di Amsterdam per misurare il tempo di attesa per l'ingresso, ed in combinazione con altri dati rilevanti per i turisti, consente servizi di informazione più utili al turista stesso. Questo sistema è stato sviluppato utilizzando il framework fornito dal progetto finanziato dalla comunità europea CitySDK <http://www.citysdk.eu> il progetto CitySDK mira alla creazione di un toolkit per lo sviluppo dei servizi digitali all'interno delle città, e fornisce interfacce aperte e interoperabili per lo sviluppo di servizi digitali, ma anche linee guida e gli standard di usabilità. L'idea è quella di consentire un utilizzo più efficiente delle competenze e del know-how della comunità di sviluppatori da applicare nello sviluppo dei servizi della città. Per quanto riguarda i dati, il progetto tende ad utilizzare open data disseminati in Europa; questi consistono sia di informazioni statiche che

di informazioni in tempo reale ottenuti tramite sensori distribuiti sul territorio; ad esempio le informazioni possono essere la densità di traffico, ritardi di transito per i mezzi pubblici e la qualità dell'aria. I dati sono sempre legati a luoghi fisici all'interno di un ambiente urbano (cioè strada o edificio). Tornando allo specifico applicativo presentato in [30], gli autori, basandosi sul quanto fornito in CitySDK, pianificano l'utilizzo di dati generati con sonic proximity sensors per monitorare la coda davanti al museo; utilizzando questi sensori gli autori hanno sviluppato un'applicazione per la pianificazione dinamica del percorso dei turisti, con meno tempi di attesa quando si visita la città.

7. BIBLIOGRAFIA

Rif.	Codice Identificazione	Data	Titolo
1	N/A	2015	Muller C.L., Chapman L., Johnson S., Kidd C., Illingworth S., Foody G., Overeem A. and Leigh R.R.: Crowdsourcing for climate and atmospheric sciences: current status and future potential, International Journal of Climatology, 2015, wileyonlinelibrary.com
2	N/A	2014	Tsai P-H., Lin Y-J., Ou Y-Z., Chu Edward T-H., Liu Jane W.S.: A framework for fusion of human sensor and physical sensor data, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics: Systems, vol.44, No.9, September, 2014
3	N/A	2011	Boulos M.N.K., Resch B., Crowley D.N., Breslin J.G., Sohn G., Burtner R., Pike W.A., Jezierski E., Chuang K-Y.S.: Crowdsourcing, citizen sensing and sensor web technologies for public and environmental health surveillance and crisis management: trends, OGC standards and application examples, International Journal of Health Geographics 10: 67, 2011
4	N/A	2012	Bedrina T., Parodi A., Quarati A., Clematis A.: ICT approaches to integrating institutional and non-institutional data services for better understanding of hydro-meteorological phenomena, Natural Hazards Earth Systems Science, 12, 1961-1968, 2012
5	N/A	2012	Bröring, A., Stasch, C., Echterhoff, J.: OGC® Sensor Observation Service Interface Standard Version 2.0. OGC document 12-006, 2012. Accessible from: http://www.opengis.net/doc/IS/SOS/2.0
6	N/A	2013	Fiourucci, P., Molini, L., Parodi, A.: Spatio-temporal relative humidity patterns and extreme wildfires in the Mediterranean. International Journal of Wildland Fire, 2013
7	N/A	2015	NOAA Citizen Weather Observer Program (CWOP). Accessible from http://www.wxqa.com
8	N/A	2008	MADIS Meteorological Surface Quality Control, 2008. Accessible from http://madis.noaa.gov/madis_qc.html
9	N/A	2004	Zahumensky, I.: Guidelines on Quality Control Procedures for Data from Automatic Weather Stations, World Meteorological Organization, Commission for basic systems open programme area group on integrated observing systems, Expert team on requirements for data from automatic weather stations, Third session, CBS/OPAG-IOS/ET AWS-3/Doc. 4(1), 25.V.2004, 2004
10	N/A	2012	Taylor, P.: OGC® WaterML 2.0, Version 2.0, OGC Document 10-126, 2012. Accessible from: http://www.opengis.net/doc/waterml/2.0
11	N/A	2015	T. Bedrina, A. Clematis, A. Quarati, Crowdsourcing Contribution in Weather Observation, Rapporto Tecnico IMATI – CNR 2015
12	N/A	2007	Chow, S.-W.: PHP Web 2.0 Mashup Projects. In: Packt Publishing, Packt Publishing Ltd., Birmingham, B27 6PA, UK, 304, ISBN-13: 978-1-84719-088-8, 2007
13	N/A	2009	Ogrinz, M.: Mashup Patterns: Designs and Examples for the Modern Enterprise. ISBN-13:978-0-321-57947-8, 2009

Rif.	Codice Identificazione	Data	Titolo
14	N/A	2009	Fichter, D., What is Mashup? University of Saskatchewan Library, 2009
15	N/A	2009	Peenikal, S., Mashups and enterprise. White Paper. Mphasis an HP company, 2009
16	N/A	2011	WILLIAMS, M., CORNFORD, D., BASTIN, L., JONES, R., PARKER, C.: AUTOMATIC PROCESSING, QUALITY ASSURANCE AND SERVING OF REAL-TIME WEATHER DATA. COMPUTERS AND GEOSCIENCES, 37, 353-362, 2011
17	N/A	2009	WANG, P., BISHOP, I.D., STOCK, C.: REAL-TIME DATA VISUALIZATION IN COLLABORATIVE VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR EMERGENCY RESPONSE. IN: PROCEEDINGS OF THE SURVEYING & SPATIAL SCIENCES INSTITUTE BIENNIAL INTERNATIONAL CONFERENCE, ADELAIDE, SURVEYING & SPATIAL SCIENCES INSTITUTE, 435-441, ISBN: 978-0-9581366-8-6, 2009
18	N/A	2009	YONG, L., HILL, D., MARINI, L., KOOPER, R., RODRIGUEZ, A., MYERS, J: WEB 2.0 GEOSPATIAL VISUAL ANALYTICS FOR IMPROVED URBAN FLOODING SITUATIONAL AWARENESS AND ASSESSMENT. ACM GIS '09 , NOVEMBER 4-6, 2009
19	N/A	2014	T. Bedrina, A. Parodi, A. Clematis, A. Quarati, Mashing-up weather networks data to support Hydro-Meteorological research. In Advanced Research and Trends in New Technologies, Software, Human-Computer Interaction, and Communicability, Chapter: 23, Publisher: IGI Global, Editors: Francisco Vicente Cipolla-Ficarra (ALAIPO – AINCI, Spain and Italy, pp.245-254, 2014.
20	N/A	2009	Pastorello, Jr. G.Z., A.Senra, R.D., B.Medeiros, C., A standards-based framework to foster geospatial data and process interoperability. Journal of the Brazilian Computer Society, 15(1):13-25, 2009.
21	N/A	2010	Tomasz Kobialka, Rajkumar Buyya, Peng Deng, Lars Kulik, Marimuthu Palaniswami, Sensor Web: Integration of Sensor Networks with Web and Cyber Infrastructure, Handbook of Research on Developments and Trends in Wireless Sensor Networks: From Principle to Practice, 447-473pp, H. Jin and W. Jiang (eds), ISBN: 978-161-520-701-5, IGI Global, Hershey, PA, USA, Feb. 2010.
22	N/A	2013	Delano Medeiros Beder, Jó Ueyama, João Porto de Albuquerque, Marcos Lordello Chaim, FlexFT: A Generic Framework for Developing Fault-Tolerant Applications in the Sensor Web, International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 2013, Article ID 385892, 12 pages, Hindawi Publishing Corporation http://dx.doi.org/10.1155/2013/385892
23	N/A	2010	Ingelrest, F., Barrenetxea, G., Schaefer, G., Vetterli, M., Couach, O., and Parlange, M. 2010. Sensor- Scope: Application-specific sensor network for environmental monitoring. ACM Trans. Sensor Netw. 6, 2, Article 17 (February 2010), 32 pages.DOI = 10.1145/1689239.1689247 http://doi.acm.org/10.1145/1689239.1689247
24	N/A	2009	XU LI, WEI SHU, MINGLU LI, HONG-YU HUANG, PEI-EN LUO, MIN-YOU WU, PERFORMANCE EVALUATION OF VEHICLE-BASED MOBILE SENSOR NETWORKS FOR TRAFFIC MONITORING, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 58, NO. 4, PP. 1647-1653, 2009
25	N/A	2010	Binbin Zhou, Jiannong Cao, Xiaoqin Zeng, Hejun Wu, Adaptive Traffic Light Control in Wireless Sensor Network-based Intelligent Transportation System, ..., 2010
26	N/A	2012	M. Gentili, P.B. Mirchandani, Locating sensors on traffic networks: Models, challenges and research opportunities, Transportation

Rif.	Codice Identificazione	Data	Titolo
			Research Part C 24 (2012) 227–255
27	N/A	2011	Haifeng Li, Xinsha Fuc, An Intelligence Traffic Accident Monitor System Using Sensor Web Enablement, <i>Procedia Engineering</i> 15 (2011) 2098 – 2102, Elsevier
28	N/A	2009	Jaehun Joo , Jaegeol Yim & Choong-Ki Lee (2009) Protecting cultural heritage tourism sites with the ubiquitous sensor network, <i>Journal of Sustainable Tourism</i> , 17:3, 397-406, DOI: 10.1080/09669580802582498
29	N/A	2010	Kenteris, Michael, Damianos Gavalas, and Aristides Mpitiopoulos. "A mobile tourism recommender system." <i>Computers and Communications (ISCC), 2010 IEEE Symposium on. IEEE, 2010.</i>
30	N/A	2013	Groen, Maarten, Wouter Meys, and Mettina Veenstra. "Creating smart information services for tourists by means of dynamic open data." <i>Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication. ACM, 2013</i>
31	N/A	2011	J.EstévezaP.Gavilánb, J.V.Giráldez. "Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations." <i>Journal of Hydrology. Volume 402, Issues 1–2, 2011, Pages 144-154. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2011.02.031</i>
32	N/A	2000	Shafer, M.A., Fiebrich, C.A., Arndt, D.S., Fredrickson, S.E., Hughes, T.W., 2000. Quality assurance procedures in the Oklahoma Mesonet. <i>Journal of Atmospheric and Oceanic Technology</i> 17, 474–494.
33	N/A	2000	Doraiswamy, P.C., Pasteris, P.A., Jones, K.C., Motha, R.P., Nejedlik, P., 2000. Techniques for methods of collection, database management and distribution of agrometeorological data. <i>Agricultural and Forest Meteorology</i> 103, 83–97.
34	N/A	2004	Feng, S., Hu, Q., Qian, Q., 2004. Quality control of daily meteorological data in China, 1951–2000: a new dataset. <i>International Journal of Climatology</i> 24, 853–870.
35	N/A	2002	Vejen, F., Jacobson, C., Fredriksson, U., Moe, M., Andresen, L., Hellsten, E., Rissanen, P., Palsdottir, T., Arason, T., 2002. Quality control of Meteorological Observations. Report 8/2002 KLIMA. Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway.
36	N/A	2001	Hubbard, K.G., 2001. Multiple Station Quality Control Procedures. Automated Weather Stations for Applications in Agriculture and Water Resources Management. World Meteorological Organization Tech. Doc. AGM-3 WMO/TD No. 1074, pp. 133–136.

Recent titles from the IMATI-REPORT Series:

2018

18-01: *Arbitrary-order time-accurate semi-Lagrangian spectral approximations of the Vlasov-Poisson system*, L. Fatone, D. Funaro, G. Manzini.

18-02: *A study on 3D shape interaction in virtual reality*, E. Cordeiro, F. Giannini, M. Monti, A. Ferreira.

18-03: *Standard per la gestione e procedure di validazione di dati meteo da sensori eterogenei e distribuiti*, A. Clematis, B. Bonino, A. Galizia.