



# Gli standard dei dati di sensori

## Appunti delle Lezione

### **Autore(i)/Organizzazione(i):**

Anders Östman (Novogit AB)

### **Licenza**



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

### **Versione**

Versione 1.0

Data: Marzo 2024

### **Risultati di apprendimento**

Al termine di questa lezione, lo studente dovrà essere in grado di

- Spiegare i concetti fondamentali, come sensori e reti di sensori.
- Elencare i diversi tipi di sensori e il loro utilizzo.
- Descrivere i principi di base dell'accesso alle reti di sensori.

### **Requisiti in entrata**

Nessun requisito specifico richiesto.

### **Sintesi**



L'obiettivo di questa lezione è definire i concetti di sensori e di rete di sensori e fornire alcuni esempi del loro utilizzo. La parte restante di questa lezione consiste nel descrivere come accedere agli output dei sensori e delle reti di sensori, utilizzando gli standard OGC come Sensor Observation Services e OGC sensor API.

### **Carico di lavoro previsto**

14 diapositive con i contenuti didattici del corso, 2 ore di lezione in aula, 0,2 ECTS (ECVET)

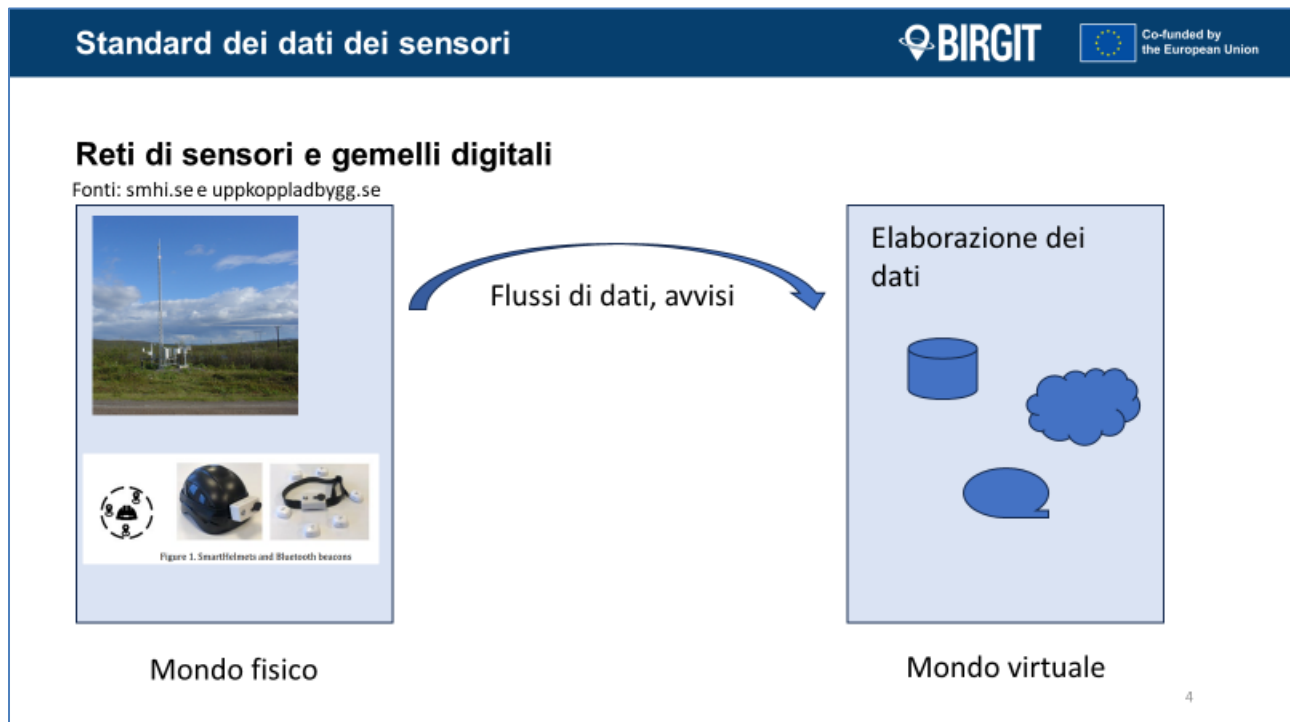
*Finanziato dall'Unione europea. Le opinioni espresse appartengono, tuttavia, al solo o ai soli autori e non riflettono necessariamente le opinioni dell'Unione europea o dell'Agenzia esecutiva europea per l'istruzione e la cultura (EACEA). Né l'Unione europea né l'EACEA possono esserne ritenute responsabili.*

## Contenuto della lezione:

Reti di sensori e gemelli digitali	4
Definizione di sensore	5
Reti di sensori Wireless	6
Caschi intelligenti	7
Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria	8
Esempi di sensori	9
Accesso alle reti di sensori	10
API web	11
Consorzio Geospaziale Aperto (OGC)	12
Servizi di abilitazione web per sensori OGC	13
Servizio di Osservazione dei sensori OGC (SOS)	14
Esempio di richiesta HTTP GET	15
API OGC SensorThings	16
Gestione delle reti di sensori in QGIS	17
Fonti	18



## Reti di sensori e *Digital Twins*



I sensori e le reti di sensori sono un tipo di fonti di dati per un gemello digitale urbano, o *Digital Twin*. In questa lezione ci concentreremo su come vengono progettati i sensori e le reti di sensori e su come si può accedere ai flussi di dati e agli avvisi provenienti dalla rete di sensori. Nella prossima lezione e nel prossimo compito ci occuperemo dell'utilizzo dei dati provenienti dalle reti di sensori.

## Definizione di sensore

### Standard dei dati dei sensori

 Co-funded by  
the European Union

### Definizione di sensore

"Un sensore è un dispositivo, un modulo, una macchina o un sottosistema che rileva eventi o cambiamenti nel suo ambiente e invia le informazioni ad altri dispositivi elettronici, spesso a un processore di computer" (Wikipedia).

Più semplicemente: Un **sensore** è un dispositivo che produce un segnale di uscita dopo aver rilevato un caso di un certo fenomeno fisico.

Spesso un sensore è dotato di un'unità di controllo che consente la connessione wifi.

### Diversi tipi di sensori di luce



Wikipedia, CC BY-SA 4.0,  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Sensor>

5

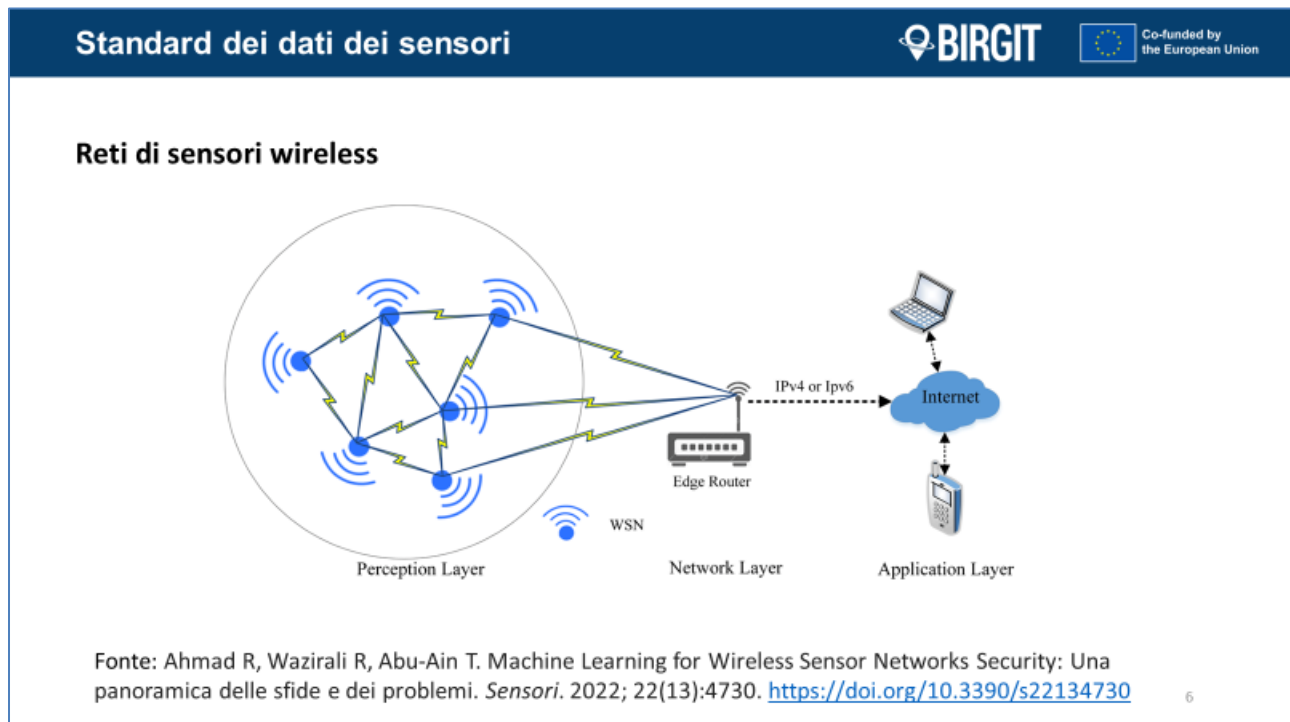
Un sensore è un dispositivo che misura qualcosa. Di solito sono collegati al processore di un computer e possono comunicare con altri dispositivi attraverso connessioni Wi-Fi, GSM o via cavo.

In passato si utilizzavano sensori analogici, che richiedevano la lettura manuale dei contatori. Un esempio sono i misuratori di livello, che misurano il livello dell'acqua tramite un dispositivo galleggiante. Per collegare questi sensori analogici a una rete di sensori wireless, è necessaria una conversione A/D (da analogico a digitale).

I sensori digitali sono ormai comuni nei kit di elettronica domestica e nei giocattoli e possono essere collegati a piccoli processori, ad esempio alla famiglia Raspberry Pi, utilizzando l'interfaccia GPIO. Questi piccoli processori spesso supportano connessioni Wi-Fi e possono essere programmati in Python.



## Reti di sensori Wireless



Un sensore di solito non opera da solo, ma fa parte di un sistema più ampio, una rete di sensori. I sensori possono essere dello stesso tipo o di tipo diverso. Ogni sensore è dotato di un'unità di controllo, che controlla le operazioni di questo specifico sensore. L'unità di controllo comunica poi con un punto di accesso centrale (*edge router* nella figura), che controlla le operazioni dell'intera rete di sensori.

L'accesso alle uscite dei sensori è facilitato dal punto di accesso centrale tramite interfacce specifiche predefinite.

Questa lezione si concentra sugli standard dei dati dei sensori utilizzati nell'ambito del GIS, che facilitano l'accesso ai risultati dei singoli sensori in una rete di sensori. Questi standard specificano la forma delle richieste HTTP GET per accedere a uno o più sensori e come interpretare i risultati. Nel dominio BIM, gli standard IFC non si concentrano sull'accesso ai sensori in modo così dettagliato come gli standard OGC. Tuttavia, fornisce un quadro di riferimento per l'integrazione dei sensori nei modelli BIM.



## I caschi *Smart*

### Standard dei dati dei sensori



### Caschi intelligenti



Figure 1. SmartHelmets and Bluetooth beacons

- Sensori di temperatura, accelerometri e giroscopi
- Trasmissione Bluetooth ai beacon (controller del sensore)
- Beacon collegati al punto di accesso della rete di sensori tramite una normale connessione wifi

Fonte: Rudberg M, Sezer A.A. SmartHelmets e tecnologie BuildingCloud.

<https://www.uppkoppladbygg.se/media/amwgv2ch/ub-white-paper-ncc-scharc-smart-helmets.pdf>

7

I caschi smart (o intelligenti) sono stati brevemente introdotti nella lezione introduttiva sui digital twins urbani. Ogni casco è dotato di tre diversi sensori: un sensore di temperatura, un accelerometro e un giroscopio. I segnali in uscita da questi sensori vengono trasmessi a un beacon, tramite connessione Bluetooth. Questo beacon funge da controllore del sensore e comunica con il punto di accesso centrale della rete.

Questo tipo di dispositivi ha molte possibilità di utilizzo. Il caso d'uso citato nella diapositiva è l'utilizzo dei caschi per il rilevamento degli incidenti nei cantieri.

## Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria

### Standard dei dati dei sensori



#### Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria

- Solo il sensore PM10 in questo caso specifico
- Convertitore A/D e controller del sensore in scatola
- Solitamente, la connessione GSM al punto di accesso della rete di sensori

Immagine: Östra Sveriges Luftvårdsförbund.  
[https://oslvf.se/matningar\\_och\\_vaderstationer/](https://oslvf.se/matningar_och_vaderstationer/)



8

Un altro tipo di sensori è quello della qualità dell'aria, che approfondiremo nelle prossime lezioni. Esiste una rete globale di stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, collegate in rete.

Il sensore specifico mostrato in questa diapositiva si trova a Södertälje, una città a sud di Stoccolma, in Svezia. In questo caso, il box è dotato di un solo tipo di sensore, che misura la concentrazione di PM10 (piccole particelle con diametro inferiore a 10 micrometri). Il box dispone anche di un convertitore AD e di un'apparecchiatura per la trasmissione dei dati attraverso la rete GSM.



## Esempi di sensori

### Standard dei dati dei sensori

 Co-funded by  
the European Union

#### Esempi di sensori

##### Case intelligenti

- Perdite, movimenti, temperatura, energia, ecc.

##### Sensori ambientali

- Aria, acqua, suolo, ...

##### Sensori mobili

- Telefoni cellulari, montati in auto

##### Sensori umani

- Social media, utilizzo di risorse pubbliche



Fonte: Rete di notizie ECT, <https://www.technewsworld.com/story/the-smart-home-jury-is-still-out-on-matter-ai-could-help-178442.html>

Ecco alcuni esempi dei tipi più comuni di sensori. Lo scopo di questa diapositiva è quello di mostrare l'ampia varietà di sensori e di applicazioni che utilizzano sensori nella vita quotidiana.

Il settore delle **case smart** è in rapida crescita e i sensori supportano molte applicazioni ed esigenze diverse, ad esempio il rilevamento di perdite nelle tubature dell'acqua, il rilevamento di movimenti all'interno e all'esterno, il controllo della temperatura degli ambienti e del consumo energetico, ecc. In molti casi, i sensori sono collegati a un hub centrale (punto di accesso) tramite WLAN o cavi.

I **sensori ambientali** sono in uso da diversi anni. In passato si basavano su letture manuali, ma ora dominano le letture automatiche. Molte legislazioni ambientali dell'UE richiedono un qualche tipo di monitoraggio delle condizioni ambientali, ad esempio il programma di monitoraggio della qualità dell'aria di cui parleremo più diffusamente nelle prossime lezioni.

Un moderno smartphone è dotato di diversi tipi di sensori, tra cui la fotocamera e il GPS sono quelli più utilizzati. Ma ci sono anche altri sensori, come l'accelerometro e il termometro. Anche un'automobile è dotata di sensori e anche questi rientrano nella categoria dei **sensori mobili**.

Un quarto gruppo di sensori spesso trascurato è costituito da noi esseri umani, che osserviamo o diamo inizio a eventi e condizioni mentre ci muoviamo. Ad esempio, le epidemie locali di influenza possono essere rilevate dall'aumento dell'uso di alcune parole chiave sui social media (febbre, influenza, malato, malata, ...). Un altro esempio di **sensore "umano"** è l'utilizzo dei servizi pubblici, ad esempio i trasporti pubblici, attraverso l'uso di biglietterie automatiche e tessere di accesso.

## Accedere a reti di sensori

**Standard dei dati dei sensori**

  Co-funded by  
the European Union

**Accesso alle reti di sensori**

- HTTP (Hypertext transfer protocol) è la base della comunicazione di dati per il World Wide Web.
- HTTP GET è la richiesta HTTP più utilizzata. Viene utilizzata per recuperare i dati. La richiesta può essere avviata da un clic del mouse su un collegamento ipertestuale.
- Esistono anche altre richieste HTTP, ad esempio POST, PUT, DELETE ecc.
- Una richiesta HTTP GET può essere facilmente inviata utilizzando Python

```
import request

# The API endpoint
url = "https://mySensorNetwork.com/sensors"

# A GET request to the API
response = requests.get(url)
```

TRADUZIONE:  
richiesta di importazione

# Il punto finale dell'API  
url = "https://mySensorNetwork.com/sensors"

# Una richiesta GET all'API  
response = requests.get(url)

10

L'Hypertext Transfer Protocol (HTTP) è un protocollo di livello applicativo nel modello della suite di protocolli Internet per sistemi informativi ipermediali distribuiti e collaborativi (Fielding, Nottingham, Reschke, 2022). La semantica http (<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9110>) è la base della comunicazione dei dati per il World Wide Web, dove i documenti ipertestuali includono collegamenti ipertestuali ad altre risorse a cui l'utente può accedere facilmente, ad esempio facendo clic con il mouse o toccando lo schermo in un browser web.

HTTP GET è la richiesta HTTP più utilizzata. Si tratta di una richiesta che viene semplicemente inviata all'URL specificato nella chiamata e il server che risponde restituisce il contenuto di tale URL. Questa richiesta viene emessa, ad esempio, quando si fa clic su un collegamento ipertestuale in una pagina web.

Le richieste HTTP GET sono spesso utilizzate anche per accedere alle reti di sensori. Un problema è spesso quello di cosa fare con la risposta ottenuta. In molti casi, è necessaria una sorta di programmazione.

Il codice Python riportato in questa diapositiva mostra come accedere a una rete di sensori. La prima istruzione dice semplicemente che è necessario importare una libreria standard che faciliti l'uso delle richieste HTTP. Le due dichiarazioni successive specificano l'URL a cui accedere e infine viene emessa una richiesta e la risposta viene memorizzata nella variabile "response". La domanda successiva è come devono essere strutturati l'URL e la risposta. Per semplificare il nostro lavoro, abbiamo bisogno di standard.



## Le Web API

**Standard dei dati dei sensori**

**API web**

- Chiamate di procedura remota (RPC)
  - Standard di osservazione dei sensori OGC
  - url=http://myAccessPoint?service=SOS&version=2.0.0& ...
- Trasferimento di stato rappresentativo (REST)
  - Standard OGC SensorThings
  - url=http://myAccessPoint/sensor
- Protocollo di accesso semplice agli oggetti (SOAP)
  - Invio di messaggi complessi tramite XML

11

Il termine "API" sta per Application Programming Interface (Interfaccia di programmazione di un'applicazione) e l'intenzione è quella di fornire modi uniformi per accedere alle risorse web da ambienti di programmazione come Python e C#. Le API web aggiungono un ulteriore livello allo standard HTTP.

La suite di standard OGC SWE (Sensor Web Enablement) si basa principalmente su RPC e SOAP (opzionale). Le chiamate RPC hanno un punto interrogativo alla fine dell'URL della procedura remota. Poi possono essere forniti parametri aggiuntivi tramite coppie chiave-valore (nome del parametro e valore del parametro). Ciò consente di effettuare interrogazioni piuttosto complicate alla procedura remota. Molti dei primi standard OGC, come WMS e WFS, si basano su RPC.

Le API REST hanno ricevuto una crescente attenzione negli ultimi anni. Presentano alcuni vantaggi rispetto a RPC e SOAP. Uno di questi è che semplifica lo sviluppo di diverse applicazioni mobili, almeno in parte.

La distinzione tra RPC e chiamate REST non è sempre chiara. Le RPC possono essere conformi ai paradigmi REST e le chiamate REST possono accedere alle risorse anche attraverso le RPC. Quindi, la linea di demarcazione tra questi due principi è davvero confusa.

Alcuni standard per i sensori, come la Sensor Web Enablement suite, hanno anche un binding SOAP. Nonostante il nome, non è così semplice come le chiamate RPC e REST. Al contrario, si ha la possibilità di includere molte informazioni nella chiamata, utilizzando documenti XML, che consentono di effettuare interrogazioni complesse e altre operazioni.

## Consorzio Geospaziale Aperto o *Open Geospatial Consortium (OGC)*

### Standard dei dati dei sensori



#### Consorzio Geospaziale Aperto

- Sviluppa standard industriali per il settore GI
- Fondata nel 1994
- Si tratta di aziende private, autorità pubbliche e istituzioni accademiche.
- Lo sviluppo e la verifica di nuovi standard sono tra le sue attività principali.
- Esempi di standard
  - Servizio mappe web (WMS/WMTS)
  - Servizio di funzionalità web (WFS)
  - Servizio di catalogo per il Web (CSW)
  - Linguaggio di marcatura della geografia (GML)
- Abilitazione del Web dei sensori (SWE)
- API OGC SensorThings

12

Ora analizzeremo gli standard dei sensori spesso utilizzati nel settore della GI (*Geographical Indication*). L'Open Geospatial Consortium è l'organizzazione che specifica gli standard industriali de-facto nel settore della GI. È stato fondato nel 1994 e i suoi membri comprendono aziende private (fornitori di software, consulenti, ecc.), autorità pubbliche e istituzioni accademiche. Il suo obiettivo è quello di specificare gli standard tecnici che soddisfano le esigenze dell'industria GI.

Esistono anche altri organismi di standardizzazione, come ISO e CEN. Questi organismi sviluppano standard formali che possono essere presi come riferimento dalle legislazioni. L'ISO agisce a livello internazionale, mentre il CEN agisce a livello europeo. OGC ha una stretta collaborazione con questi enti di standardizzazione formale, oltre che con altri sviluppatori di standard de-facto, come il W3C (World Wide Web Consortium). Una grande differenza tra OGC e ISO/CEN è che OGC testa anche gli standard, con l'obiettivo di assicurarne il funzionamento nella pratica. I processi ISO/CEN si limitano in linea di principio a un processo di revisione cartacea. Di conseguenza, la procedura generale prevede che OGC sviluppi e testi gli standard industriali, che dopo un po' vengono adottati da ISO e CEN. Va inoltre ricordato che gli standard OGC sono liberamente accessibili, mentre quelli ISO e CEN sono documenti a pagamento. Va anche detto che ci sono alcuni standard ISO che non sono coperti dall'OGC, ad esempio gli standard sui profili dei metadati e sulla qualità dei dati.

In questa lezione verranno discussi due diversi standard OGC per i sensori, ovvero la Sensor Web Enablement suite e l'API OGC SensorThing.



## I servizi di abilitazione web per sensori OGC

### Standard dei dati dei sensori



#### Servizi di abilitazione web per sensori OGC

- Servizi di osservazione dei sensori (SOS)
  - Interfaccia di servizio web che consente di interrogare le osservazioni, i metadati dei sensori e le rappresentazioni delle caratteristiche osservate.
- Servizi di pianificazione dei sensori (SPS)
  - forniscono informazioni sulle capacità di un sensore e sulle modalità di utilizzo del sensore stesso.
- Linguaggio del modello di sensore (SensorML)
  - definire i processi e i componenti di elaborazione associati alla misurazione e alla trasformazione post-misurazione delle osservazioni
- Standard di implementazione del modello di servizio SWE
  - Tipi di dati di uso comune per i servizi SWE
- Standard di codifica del modello di dati comune SWE
  - Standard di dati di basso livello per lo scambio di dati relativi ai sensori

13

La suite di standard **OGC Sensor Web Enablement** è composta da 5 diversi standard. Lo standard più utilizzato è quello del Sensor Observation Service (**SOS**), che interroga i sensori della rete di sensori per ottenere i dati più recenti o storici.

Il Sensor Planning Service (**SPS**) è più mirato alla gestione delle reti di sensori, ad esempio a fini di ottimizzazione, mentre il Sensor Model Language (**SensorML**) è un profilo basato su XML che specifica la semantica delle caratteristiche e delle osservazioni dei sensori. Inoltre, esistono anche alcuni standard *low-level* che specificano tipi di dati e modelli di dati comuni.

In questa lezione si parlerà principalmente dello standard SOS.





## Servizi di osservazione dei sensori OGC (SOS)

### Standard dei dati dei sensori



#### Servizi di osservazione dei sensori OGC

- Progettato principalmente per fornire accesso alle osservazioni dei sensori
- Per l'accesso e l'inserimento di nuove osservazioni e metadati del sensore
- Basato su RPC (HTTP GET) e SOAP (opzionale) (HTTP POST)
  - Sintassi RPC: `http://serviceUri?kvp1&kvp2&kvp3&...`
- Tre operazioni di base definite
  - *GetCapabilities* - fornisce metadati e informazioni dettagliate sulle operazioni disponibili da un server SOS.
  - *DescribeSensor* - consente di interrogare i metadati sui sensori e sulle reti di sensori disponibili da un server SOS.
  - *GetObservation* - fornisce l'accesso alle osservazioni consentendo il filtraggio spaziale, temporale e tematico attraverso coppie di valori chiave.

14

Lo standard SOS è stato progettato principalmente per fornire accesso alle osservazioni dei sensori. Si basa sull'uso di HTTP GET e, come opzione, anche di HTTP POST, attraverso il binding SOAP.



Il modo più semplice di accedere alle osservazioni dei sensori è quello di utilizzare le chiamate di procedura remota (RPC), che si basano su HTTP GET. Una RPC consiste nell'URI del servizio seguito da un punto interrogativo. Dopo il punto interrogativo, possono essere specificate diverse KVP (coppie chiave-valore), che forniscono informazioni aggiuntive alla procedura remota. Una KVP è una combinazione di una chiave e di un valore, ad esempio `REQUEST=GetObservation`.

Lo standard SOS può essere utilizzato anche per inserire nuove osservazioni, nuovi sensori e nuovi metadati dei sensori. Poiché i metadati dei sensori possono essere piuttosto voluminosi, il binding SOAP può essere più facile da usare per questo tipo di operazioni.

Un servizio SOS deve fornire almeno tre operazioni di base, ovvero *GetCapabilities* (un'operazione necessaria per tutti gli standard OGC di tipo RPC, come WMS, WFS e così via), *DescribeSensor*, che interroga i metadati del sensore e *GetObservation*, che interroga i dati di osservazione. Le operazioni *GetObservation* consentono anche di filtrare, utilizzando filtri spaziali (bounding box), temporali (before, between, after) e altri filtri.

## Esempio di richiesta HTTP GET

**Standard dei dati dei sensori**

  Co-funded by  
the European Union

**Esempio di richiesta HTTP GET**

```
# procedureID = sensorID

sosEndPoint = "https://OurApiEndpoint?"
swesCommon = "service=SOS&version=2.0.0&"
getObservationString = "REQUEST=GetObservation&procedure="
+ procedureID + "&responseFormat=application/json"

sosUrl = sosEndPoint + swesCommon + getObservationString
response = requests.get(sosUrl)
```

15

In Python, una richiesta RPC può essere costruita come segue.

La variabile `sosEndPoint` è qui impostata sull'URL del servizio.


I nomi e il significato delle coppie chiave-valore sono definiti nello standard SOS. La variabile `swesCommon` è impostata sulle KVP comuni a tutte le operazioni SWE.

La variabile `getObservationString` viene quindi impostata sulle KVP aggiuntive da aggiungere al nostro RPC. Di particolare interesse è il KVP `responseFormat`, in cui si dichiara di voler ricevere i dati in formato json. Ciò richiede ovviamente che il servizio sia in grado di rispondere in formato json, cosa che viene indicata nei metadati del servizio ricevuti dall'operazione `GetCapabilities`.

Il termine "procedura" viene qui utilizzato per specificare il valore ID di ciascun sensore.

Infine, l'intero URL viene creato sommando tutte e tre le stringhe e inviato al server SOS tramite il metodo `requests.get`

## API OGC SensorThings

**Standard dei dati dei sensori**

**API OGC SensorThings**  
  

TRAD:	
baseUri/sensore	baseUri/sensor
baseUri/flusso di dati	baseUri/datastream
baseUri/osservazione	baseUri/observation
baseUri/cosa	baseUri/thing
baseUri/localizzazione	baseUri/location
...	

```
response = requests.get("baseUri/sensor") -> Tutti i sensori in JSON
```

```
response = requests.get("baseUri/sensor(43)") -> Sensore con id=43 in JSON
```

16

Lo standard OGC SensorThings è uno standard più recente e si basa sull'uso moderno delle API REST. In questa sede esamineremo queste API REST dal punto di vista della programmazione di un'applicazione, cioè di chi vuole utilizzare una specifica risorsa web in un programma Python.

Un modo di vedere le API REST è quello di considerarle come pagine web, strutturate in modo gerarchico. Se si cercano dati in formato json, si può considerare ogni risorsa come una pagina web composta da un file json.

Nell'esempio di questa diapositiva, supponiamo di avere un database con informazioni sui sensori di una rete di sensori. Le caratteristiche di un determinato sensore sono descritte dalla sottocartella "/sensor". Altre sottocartelle vengono poi utilizzate per accedere ai flussi di dati e alle singole osservazioni.

Ma questo è solo il modo in cui guardiamo i dati dal punto di vista dell'utilizzo. Spesso tutte le informazioni vengono memorizzate in un unico database, ma l'architettura del nostro sistema è disaccoppiata dall'accesso alle risorse. Questo significa la possibilità di cambiare l'architettura del sistema senza dover cambiare tutte le applicazioni che accedono alle risorse.





## Gestire reti di sensori in QGIS

### Standard dei dati dei sensori



#### Gestione delle reti di sensori in QGIS

- Attualmente non esiste un supporto per i servizi SWE in QGIS.
  - È richiesto lo scripting Python
  - Necessaria la pre-analisi dei metadati del servizio
- Plug-in per SensorThings API disponibile in QGIS
  - Esistono pochissimi servizi di questo tipo

17

In passato era disponibile un plug-in QGIS per i servizi SWE, ma dopo gli ultimi aggiornamenti del software, tali plug-in non sono più disponibili. Ciò significa che per poter accedere ai servizi SWE è necessaria una programmazione in Python (o in un altro linguaggio adatto). Ciò significa anche che è necessaria un'analisi dei metadati del servizio prima di poter sviluppare gli script Python.

Tra gli sviluppi recenti c'è anche un plugin per l'API SensorThings. Purtroppo, poiché lo standard è così nuovo, oggi (ottobre 2023) esistono pochissimi servizi che lo utilizzano.



## Fonti

Fielding, Nottingham, Reschke, 2022. HTTP Semantics.

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9110>

OASIS, 2020. OData version 4.01. Part 2: URL Conventions. <https://docs.oasis-open.org/odata/odata/v4.01/odata-v4.01-part2-url-conventions.pdf>

OGC, 2012. OGC Sensor Observation Service Interface Standard, OGC 12-006. <https://www.ogc.org/standard/sos/>

OGC, 2021. OGC SensorThings API Part 1. Sensing Version 1.1. <https://docs.ogc.org/is/18-088/18-088.html>

Stowe M, 2015. Undisturbed REST. <https://www.mulesoft.com/lp/ebook/api/restbook>.

Ullo S.L, Sinha G.R, 2020. Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7309034/>