



Cofinanciado por
la Unión Europea



BIRGIT – training on Building InfoRmation
models integrated with Geographical
InformaTion

Con el apoyo del Programa Erasmus+ de la Unión Europea Asociaciones Estratégicas N° 2021-1-SE01-KA220-VET-000028000

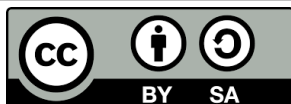
Estándares de datos de sensores

Lectura

Autor(es)/Organización(es):

Anders Östman (Novogit AB)

Licencia



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

Versión

Version 2.0

Date: 2025-05-02

Resultados de aprendizaje

Al final de esta clase, se espera que el alumno sea capaz de

- Explique los conceptos básicos, como sensores, redes de sensores.



Cofinanciado por
la Unión Europea



BIRGIT – training on Building InfoRmation
models integrated with Geographical
InformaTion

Con el apoyo del Programa Erasmus+ de la Unión Europea Asociaciones Estratégicas N° 2021-1-SE01-KA220-VET-000028000

- Enumere los diferentes tipos de sensores y sus usos.
- Describir los principios básicos del acceso a las redes de sensores.

Competencias esperadas al ingresar a la clase magistral

No se requieren requisitos previos específicos.

Resumen

El objetivo de esta conferencia es definir los conceptos de sensores y red de sensores y dar algunos ejemplos de sus usos. El enfoque restante de esta lección es describir cómo acceder a las salidas de los sensores y las redes de sensores, utilizando estándares OGC como Sensor Observation Services y OGC sensor API.

Carga de trabajo esperada

14 diapositivas con contenido didáctico, 2 horas lectivas, 0,2 ECTS (ECVET)

Financiado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados solo comprometen a su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o los de la Agencia Ejecutiva Europea de Educación y Cultura (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA pueden ser considerados responsables de ellos.



Contenido

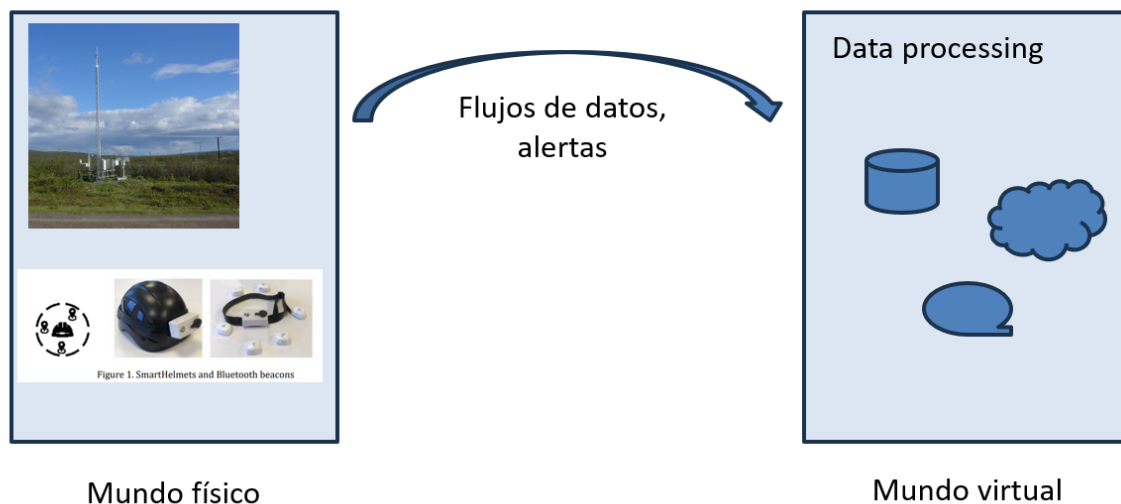
Sensor networks and digital twins	4
Definition of a sensor	5
Wireless sensor networks	6
Smart helmets	6
Air quality monitoring stations	8
Examples of sensors	9
Accessing sensor networks	10
Web API's	11
Open Geospatial Consortium (OGC)	13
OGC Sensor Web Enablement Services	14
OGC Sensor Observation Services (SOS)	15
HTTP GET Request Example	16
OGC SensorThings API	17
Handling sensor networks in QGIS	18
References	19

Redes de sensores y gemelos digitales

Estándares de datos obtenidos por sensores

Redes de sensores y gemelos digitales

Fuentes: smhi.se and uppkoppladbygg.se



4

Los sensores y las redes de sensores son un tipo de fuentes de datos para un gemelo urbano digital. En esta conferencia nos centraremos en cómo se diseñan los sensores y las redes de sensores y cómo se puede acceder a los flujos de datos y alertas procedentes de la red de sensores. En la próxima clase y tarea, trataremos más sobre los usos de los datos de las redes de sensores.



Definición de un sensor

Estándares de datos obtenidos por sensores



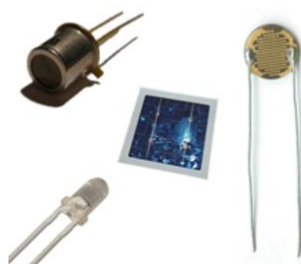
Definición de un sensor

“Un sensor es un dispositivo, módulo, máquina o subsistema que detecta eventos o cambios en su entorno y envía la información a otros dispositivos electrónicos, con frecuencia un procesador de computadora” (Wikipedia).

Más simplemente: un sensor es un dispositivo que produce una señal de salida después de haber detectado una instancia de un determinado fenómeno físico.

A menudo, un sensor está equipado con una unidad de control, lo que permite la conexión wifi.

Diferentes tipos de sensores de luz



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

5

Un sensor es un dispositivo que mide algo. Por lo general, están conectados a un procesador de computadora y pueden comunicarse con otros dispositivos a través de conexiones wifi, GSM o por cable.

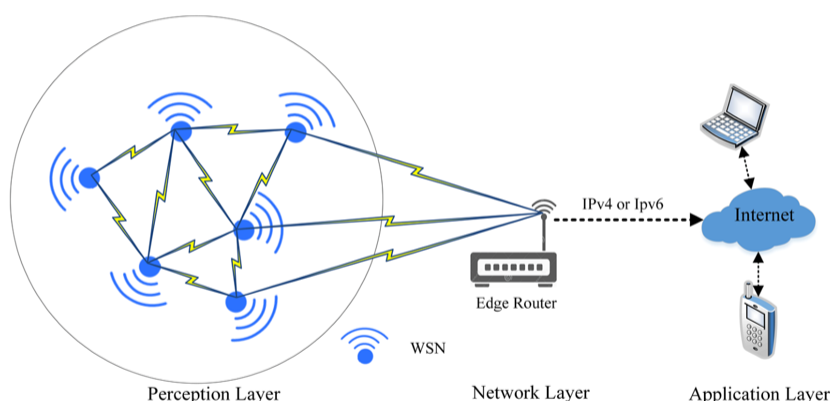
Anteriormente, se utilizaban sensores analógicos, que requerían la lectura manual de los medidores. Un ejemplo son los medidores de medidores, que miden el nivel del agua mediante un dispositivo flotante. Para conectar estos sensores analógicos a una red de sensores inalámbricos, se requiere la conversión A/D (analógico a digital).

Los sensores digitales son ahora comunes en los kits electrónicos domésticos y en los juguetes y se pueden conectar a pequeños procesadores, por ejemplo, en la familia Raspberry Pi, utilizando la interfaz GPIO. Estos pequeños procesadores a menudo admiten conexiones Wi-Fi y se pueden programar en Python.

Redes de sensores inalámbricos

Sensor Data Standards

Redes de sensores inalámbricos



Fuente: Ahmad R, Wazirali R, Abu-Ain T. Machine Learning for Wireless Sensor Networks Security: An Overview of Challenges and Issues. *Sensors*. 2022; 22(13):4730. <https://doi.org/10.3390/s22134730>

6

Por lo general, un sensor no funciona solo, sino que forma parte de un sistema más amplio, una red de sensores. Los sensores pueden ser del mismo tipo o de diferente tipo. Cada sensor tiene una unidad de control, que controla las operaciones de este sensor específico. A continuación, la unidad de control se comunica con un punto de acceso central (enrutador perimetral en la figura), que controla las operaciones de toda la red de sensores.

El acceso a las salidas de los sensores se facilita a través del punto de acceso central utilizando interfaces específicas predefinidas.

Esta conferencia se centra en los estándares de datos de sensores que se utilizan en el dominio de los SIG, lo que facilita el acceso a la salida de sensores individuales en una red de sensores. Estos estándares especifican la forma de las solicitudes HTTP GET para acceder a uno o varios sensores y cómo interpretar los resultados. En el ámbito BIM, el estándar IFC no se centra en el acceso a los sensores con tanto detalle como los estándares OGC. Sin embargo, proporciona un marco para integrar sensores en modelos BIM.



Cascos inteligentes

Estándares de datos obtenidos por sensores

Cascos inteligentes



Figure 1. SmartHelmets and Bluetooth beacons

- Sensores de temperatura, acelerómetros y giroscopios
- Transmisión Bluetooth a balizas (controlador de sensores)
- Balizas conectadas al punto de acceso de la red de sensores mediante una conexión wifi ordinaria

Fuente: Rudberg M, Sezer A.A. SmartHelmets and BuildingCloud technologies.

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

7

S

Los cascos inteligentes se presentaron brevemente en la conferencia introductoria de los gemelos urbanos digitales. Cada casco está equipado con tres sensores diferentes, a saber, un sensor de temperatura, un acelerómetro y un giroscopio. Las señales de salida de estos sensores se transmiten a una baliza, mediante una conexión Bluetooth. Esta baliza actúa como controlador de sensores y se comunica con el punto de acceso central de la red.

Este tipo de dispositivos tiene muchos usos potenciales diferentes. El caso de uso al que se hace referencia en la diapositiva es el uso de los cascos para la detección de accidentes en obras de construcción.

This type of devices has many different potential usages. The use case referenced on the slide is using the helmets for accident detection on construction sites.



Estaciones de monitoreo de la calidad del aire

Estándares de datos obtenidos por sensores



Estaciones de Monitoreo de la Calidad del Aire

- Solo sensor PM10 en este caso específico
- Convertidor A/D y controlador de sensor en la caja.
- Por lo general, la conexión GSM al punto de acceso de la red de sensores

Image: Östra Sveriges Luftvårdsförbund.

https://oslvf.se/matningar_och_vaderstationer/



8

Otro tipo de sensores son los sensores de calidad del aire, sobre los que trabajaremos más adelante en próximas conferencias. Existe una red global de estaciones de monitoreo de la calidad del aire, conectadas a una red. Por lo general, las autoridades públicas montan cada sensor en una caja y lo colocan en varios lugares.

El sensor específico que se muestra en esta diapositiva se encuentra en Södertälje, una ciudad al sur de Estocolmo, Suecia. En este caso, la caja tiene un solo tipo de sensor, a saber, para medir la concentración de PM10 (partículas pequeñas con un diámetro inferior a 10 micrómetros). La caja también cuenta con un convertidor AD y un equipo para la transmisión de datos a través de la red GSM.



Ejemplos de sensores

Estándares de datos obtenidos por sensores

Ejemplos de sensores

Hogares inteligentes

- Fugas, movimientos, temperatura, energía, etc.

Sensores ambientales

- Aire, agua, suelo, ...

Sensores móviles

- Teléfonos móviles, montados en el coche

Sensores humanos

- Redes sociales, uso de recursos públicos



Fuente: ECT News Network, <https://www.technewsworld.com/story/the-smart-home-jury-is-still-out-on-matter-ai-could-help-178442.html>

9

Estos son algunos ejemplos de los tipos de sensores más comunes. Uno de los propósitos de esta diapositiva es mostrar la amplia variedad de sensores y aplicaciones de sensores que existen.

El sector de los hogares inteligentes está creciendo rápidamente, y los sensores son compatibles con muchas aplicaciones y necesidades diferentes, por ejemplo, la detección de fugas en las tuberías de agua, la detección de movimientos tanto en interiores como en exteriores, el control de la temperatura ambiente y el consumo de energía, etc. En muchos casos, los sensores se conectan a un concentrador central (punto de acceso) mediante una WLAN o cables.

Los sensores ambientales han estado en uso durante varios años. Antes se basaban en lecturas manuales, pero ahora dominan las lecturas automáticas. Muchas legislaciones medioambientales de la UE exigen algún tipo de control de las condiciones ambientales, por ejemplo, el programa de control de la calidad del aire, del que hablaremos más en próximas conferencias.

Un teléfono móvil moderno está equipado con varios tipos diferentes de sensores, donde la cámara y el GPS pueden ser los sensores más utilizados. Pero también hay otros sensores, como el acelerómetro y un termómetro. Un coche también está equipado con sensores y estos sensores también entran en la categoría de sensores móviles.



Un cuarto grupo de sensores que a menudo se descuidan somos los humanos, que observamos o iniciamos eventos y condiciones a medida que nos movemos. A modo de ejemplo, los brotes locales de gripe pueden detectarse por un uso cada vez mayor de ciertas palabras clave en las redes sociales (fiebre, gripe, enfermo, enfermo, ...). Otro ejemplo es el uso de los servicios públicos, por ejemplo, el transporte público, mediante el uso de máquinas expendedoras de billetes y tarjetas de acceso.

Acceso a redes de sensores

Estándares de datos obtenidos por sensores



Acceso a redes de sensores

- HTTP (protocolo de transferencia de hipertexto) es la base de la comunicación de datos para la World Wide Web
- HTTP GET es la solicitud HTTP más utilizada. Se utiliza para recuperar datos. La solicitud puede iniciarse haciendo clic con el ratón en un hipervínculo.
- También hay otras solicitudes HTTP, POR EJEMPLO, POST, PUT, DELETE, etc.
- Una solicitud HTTP GET se puede emitir fácilmente utilizando Python

```
import request

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

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

10

S

El **Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP)** es un protocolo de capa de aplicación en el modelo de conjunto de protocolos de Internet para sistemas de información hipermedia distribuidos y colaborativos (Fielding, Nottingham, Reschke, 2022. Semántica HTTP. <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9110>). Es la base de la comunicación de datos para la World Wide Web, donde los documentos de hipertexto incluyen hipervínculos a otros recursos a los que el usuario puede acceder fácilmente, por ejemplo, haciendo clic con el ratón o tocando la pantalla de un navegador web.

HTTP GET es la solicitud HTTP más utilizada. Simplemente envía una solicitud de este tipo a la dirección URL especificada en la llamada y el servidor que responde devuelve el contenido de esa dirección URL. Esta solicitud se emite, por ejemplo, cuando hace clic en un hipervínculo de una página web.



HTTP GET requests are often used also when accessing sensor networks. One problem is often what to do with the response you get. In many cases, some kind of programming is required.

Las solicitudes HTTP GET también se utilizan a menudo cuando se accede a redes de sensores. Un problema suele ser qué hacer con la respuesta que se obtiene. En muchos casos, se requiere algún tipo de programación.

El código Python proporcionado en esta diapositiva muestra cómo acceder a una red de sensores. La primera declaración dice simplemente que necesita importar una biblioteca estándar que facilite el uso de solicitudes HTTP. Las siguientes dos instrucciones especifican la URL a la que se va a acceder y, finalmente, se emite una solicitud y la respuesta se almacena en la variable denominada "response". Las siguientes preguntas son cómo se debe estructurar la URL y la respuesta. Para simplificar nuestro trabajo, necesitamos normas.

Web API's

Estándares de datos obtenidos por sensores



Web API's

- Remote Procedure Calls (RPC) (Llamadas a procedimientos remotos)
 - OGC Sensor Observation Standards
 - url=http://myAccessPoint?service=SOS&version=2.0.0& ...
- Representational State Transfer (REST) (Transferencia de Estado Representacional)
 - OGC SensorThings Standards
 - url=http://myAccessPoint/sensor
- Simple Object Access Protocol (SOAP) (Protocolo simple de acceso a objetos)
 - Submitting complex messages using XML

11

El término "API" significa Interfaz de programación de aplicaciones y la intención es proporcionar formas uniformes de acceder a los recursos web desde entornos de programación como Python y C#. Las API web están agregando una capa adicional sobre el estándar HTTP.



La suite estándar OGC SWE (Sensor Web Enablement) se basa principalmente en RPC y SOAP (opcional). Las llamadas RPC tienen un signo de interrogación al final de la dirección URL del procedimiento remoto. A continuación, se pueden dar parámetros adicionales mediante pares clave-valor (nombre del parámetro y valor del parámetro). Esto permite realizar consultas bastante complicadas al procedimiento remoto. Muchos de los primeros estándares de OGC, como WMS y WFS, se basan en RPC.

Las API REST han recibido una mayor atención durante los últimos años. Tiene algunas ventajas, en comparación con RPC y SOAP. Una de las razones es que simplifica el desarrollo de diferentes aplicaciones móviles, al menos hasta cierto punto.

La distinción entre las llamadas RPC y REST no siempre es tan clara. Los RPC pueden cumplir con los paradigmas REST y las llamadas REST también pueden acceder a los recursos a través de RPC. Por lo tanto, la línea entre estos dos principios es realmente borrosa.

Algunos estándares de sensores, como el conjunto de aplicaciones Sensor Web Enablement, también tienen un enlace SOAP. A pesar de su nombre, no es tan simple como las llamadas RPC y REST. En su lugar, se tiene la posibilidad de incluir mucha información en la llamada, mediante el uso de documentos XML, lo que permite consultas complejas y otras operaciones.



Open Geospatial Consortium (OGC)

Estándares de datos obtenidos por sensores



Consorcio Geoespacial Abierto

- Desarrolla estándares de la industria para el sector de las indicaciones geográficas
- Fundada en 1994
- Está formado por empresas privadas, autoridades públicas e instituciones académicas
- El desarrollo y la prueba de nuevas normas se encuentran entre sus actividades principales
- Ejemplos de normas:
 - Web Map Service (WMS/WMTS) (Servicio de mapas web (WMS/WMTS))
 - Web Feature Service (WFS) (Servicio de características web (WFS))
 - Catalogue Service for the Web (CSW) (Servicio de Catálogo para la Web (CSW))
 - Geography Markup Language (GML) (Lenguaje de marcado geográfico (GML))
 - Sensor Web Enablement (SWE) (Habilitación de la Web de sensores (SWE))
 - OGC SensorThings API (API SensorThings de OGC)

12

A continuación, analizaremos los estándares de sensores que se utilizan a menudo en la industria de las indicaciones geográficas. El Open Geospatial Consortium es la organización que especifica los estándares de facto de la industria en el dominio de las indicaciones geográficas. Fue fundada en 1994 y entre sus miembros se encuentran empresas privadas (proveedores de software, consultores, etc.), autoridades públicas e instituciones académicas. Su objetivo es especificar normas técnicas que satisfagan las necesidades de la industria de las indicaciones geográficas.

También existen otros organismos de normalización como ISO y CEN. Desarrollan estándares formales, a los que pueden hacer referencia las legislaciones. ISO actúa a nivel internacional, mientras que CEN actúa a nivel europeo. OGC mantiene una estrecha colaboración con estos organismos formales de normalización, así como con otros desarrolladores de estándares de facto, como el W3C (World Wide Web Consortium). Una gran diferencia entre OGC e ISO/CEN es que OGC también prueba los estándares, con el objetivo de garantizar que los estándares funcionen en la práctica. Los procesos ISO/CEN se limitan, en principio, a un proceso de revisión de documentos. En consecuencia, el procedimiento general es que OGC desarrolle y pruebe estándares de la industria, que después de un tiempo son adoptados por ISO y CEN. También hay que mencionar que las normas OGC son de libre acceso, mientras que las normas ISO y CEN son documentos de pago. También hay que mencionar que hay algunas normas ISO que no están cubiertas por el OGC, por ejemplo, las normas sobre perfiles de metadatos y calidad de los datos.



En esta lección, discutiremos dos estándares de sensores OGC diferentes, a saber, la suite Sensor Web Enablement y la API OGC SensorThing.

Servicios de habilitación web de sensores OGC

Estándares de datos obtenidos por sensores



Servicios de habilitación web de sensores OGC

Sensor Observation Services (SOS) (Servicios de observación de sensores)

- Interfaz de servicio web que permite consultar observaciones, metadatos de sensores, así como representaciones de características observadas.

Sensor Planning Services (SPS) (Servicios de planificación de sensores)

- Proporcione información sobre las capacidades de un sensor y cómo asignarle una tarea.

Sensor Model Language (SensorML) (Lenguaje del modelo de sensor)

- Definición de procesos y componentes de procesamiento asociados con la medición y la transformación posterior a la medición de las observaciones

SWE Service Model Implementation Standard (Norma de aplicación del modelo de servicio SWE)

- Tipos de datos de uso común en los servicios de SWE

SWE Common Data Model Encoding Standard (Norma de aplicación del modelo de servicio)

- Estándares de datos de bajo nivel para el intercambio de datos relacionados con sensores

13

El conjunto de estándares OGC Sensor Web Enablement consta de 5 estándares diferentes. El estándar más utilizado es el estándar Sensor Observation Service (SOS), que consulta los sensores de la red de sensores para obtener los datos más recientes o históricos.

El Sensor Planning Service (SPS) está más orientado a la gestión de redes de sensores, por ejemplo, con fines de optimización, mientras que el Sensor Model Language (SensorML) es un perfil basado en XML que especifica la semántica de las características y observaciones de los sensores. Además de eso, también tenemos algunos estándares de bajo nivel, que especifican tipos de datos y modelos de datos comunes.

En esta lección, discutiremos principalmente el estándar SOS.



Servicios de observación de sensores (SOS) de OGC

Estándares de datos obtenidos por sensores



Servicios de observación de sensores OGC

- Diseñado principalmente para proporcionar acceso a las observaciones de los sensores
- Para acceder e insertar nuevas observaciones de sensores y metadatos de sensores
- Basado en RPC (HTTP GET) y SOAP (opcional) (HTTP POST)
 - RPC syntax: `http://serviceUri?kvp1&kvp2&kvp3&...`
- Definición de tres operaciones básicas
 - *GetCapabilities* - proporcionar metadatos e información detallada sobre las operaciones disponibles en un servidor SOS.
 - *DescribeSensor* – permite la consulta de metadatos sobre los sensores y las redes de sensores disponibles en un servidor SOS
 - *GetObservation* – Proporcionar acceso a las observaciones al permitir el filtrado espacial, temporal y temático a través de pares de valores clave

14

El estándar SOS está diseñado principalmente para proporcionar acceso a las observaciones de los sensores. Se basa en el uso de HTTP GET y, opcionalmente, también HTTP POST, a través del enlace SOAP.

La forma más sencilla de acceder a las observaciones de los sensores es mediante el uso de llamadas a procedimientos remotos (RPC) que se basan en HTTP GET. Una RPC consta del URI del servicio seguido de un signo de interrogación. Después del signo de interrogación, se pueden especificar varios KVP (pares clave-valor), lo que proporciona información adicional al procedimiento remoto. Un KVP es una combinación de una clave y un valor, por ejemplo `REQUEST=GetObservation`.

El estándar SOS también se puede utilizar para insertar nuevas observaciones, nuevos sensores y nuevos metadatos de sensores. Dado que los metadatos del sensor pueden ser bastante voluminosos, el enlace SOAP puede ser más fácil de usar para este tipo de operaciones.

Un servicio SOS debe proporcionar al menos tres operaciones básicas, a saber, *GetCapabilities* (una operación necesaria para todos los estándares de tipo OGC RPC, como WMS, WFS, etc.), *DescribeSensor*, que consulta los metadatos del sensor, y *GetObservation*, que consulta los datos de observación. Las operaciones *GetObservation* también permiten el filtrado, donde se pueden usar filtros espaciales (cuadro delimitador), filtros temporales (antes, entre, después) y otros filtros.



HTTP GET Request Example

Estándares de datos obtenidos por sensores



HTTP GET request example

```
#           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

SEn Python, una solicitud RPC se puede crear de la siguiente manera.

La variable `sosEndPoint` se establece aquí en la dirección URL del servicio.

Los nombres y el significado de los pares clave-valor se definen en el estándar SOS. La variable `swesCommon` se establece aquí en los KVP que son comunes para todas las operaciones de SWE.

A continuación, `getObservationString` se establece en los KVP adicionales que se agregarán a nuestro RPC. De especial interés puede ser el `responseFormat` KVP, donde manifestamos que deseamos recibir los datos en formato json. Esto requiere, por supuesto, que el servicio pueda responder en formato json, algo que se menciona en los metadatos del servicio recibidos por la operación `GetCapabilities`.

El término "procedimiento" se utiliza aquí para especificar el valor de identificación de cada sensor.

Luego, finalmente, la URL completa se crea sumando estas tres cadenas y luego se envía al servidor SOS mediante el método `requests.get`.

OGC SensorThings API

Estándares de datos obtenidos por sensores



OGC SensorThings API

baseUri/sensor
baseUri/datastream
baseUri/observation
baseUri/thing
baseUri/location

...

response = requests.get("baseUri/sensor") -> All sensors in JSON

response = requests.get("baseUri/sensor(43)") -> Sensor with id=43 in JSON

16

El estándar OGC SensorThings es un estándar más nuevo y se basa en el uso moderno de las API REST. Aquí veremos estas API REST desde la perspectiva de la programación de aplicaciones, es decir, alguien que tiene como objetivo utilizar un recurso web específico en un programa de Python.

Una forma de ver las API REST es verlas como páginas web, estructuradas de manera jerárquica. En caso de que esté buscando datos en formato json, puede considerar cada recurso como una página web que consta de un archivo json.

En el ejemplo de esta diapositiva, asumimos que tenemos una base de datos con información sobre sensores en una red de sensores. La característica de un determinado sensor se describe mediante la subcarpeta "/sensor". A continuación, se utilizan otras subcarpetas para acceder a los flujos de datos y a las observaciones individuales.

Pero esta es solo la forma en que vemos los datos desde la perspectiva del uso. A menudo, toda la información se almacena en una base de datos, pero la arquitectura de nuestro sistema está desacoplada del acceso a los recursos. Esto significa la posibilidad de cambiar la arquitectura del sistema sin tener que cambiar todas las aplicaciones que acceden a los recursos.



Manejo de redes de sensores en QGIS

Estándares de datos obtenidos por sensores



Manejo de redes de sensores en QGIS

- Actualmente no hay soporte para los servicios SWE en QGIS
 - Se requiere secuencias de comandos de Python
 - Se requiere un análisis previo de los metadatos del servicio
- Plug-in para la API de SensorThings disponible en QGIS
 - Existen muy pocos servicios de este tipo

17

Anteriormente estaba disponible un complemento de QGIS para los servicios SWE, pero desde las últimas actualizaciones del software, dichos complementos ya no están disponibles. Esto significa que para poder acceder a los servicios de SWE, se requiere algo de programación en Python (u otro lenguaje adecuado). Esto también significa que se requiere un análisis de los metadatos del servicio antes de que se puedan desarrollar los scripts de Python.

Sin embargo, los desarrollos recientes incluyen un complemento para la API de SensorThings. Desafortunadamente, dado que el estándar es tan nuevo, existen muy pocos servicios hoy en día (octubre de 2023) que utilicen el estándar.



Referencias

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/>