

Acceso ágil a redes de sensores

Un caso de estudio de monitorización de datos de calidad del aire y meteorológicos

TRILLES, Sergi; DÍAZ, Laura; HUERTA, Joaquín

Estamos siendo testigos del creciente despliegue de redes de sensores que miden el estado físico del medio ambiente en el que vivimos. Estas redes proporcionan grandes volúmenes de datos en muchos formatos diferentes, resoluciones y escalas. Los datos pueden ser de diferente tipo y carácter, en este artículo se trabaja únicamente con dos tipos, meteorológicos y de calidad del aire.

En el presente trabajo, se pretende incrementar la interoperabilidad y accesibilidad de estos datos para que los usuarios puedan utilizarlos en diferentes escenarios y con variedad de necesidades dependiendo del lugar y tiempo específico. El objetivo deriva en la publicación de estos tipos de datos ambientales y facilitando el acceso a ellos, mediante servicios que proporcionan una entrada estructurada para el consumo en dispositivos ligeros, como los teléfonos móviles.

PALABRAS CLAVE

Sensores de calidad del aire, sensores meteorológicos, dispositivos móviles, RESTful, IoT, SOS.

1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día hay muchos tipos de sensores que miden una amplia variedad de valores ambientales. Debido a una creciente preocupación por el cambio climático, existe una demanda de estos sensores que se desplegarán para vigilar el medio ambiente para un desarrollo sostenible de las ciudades y una mejora de la calidad de la vida humana. Se encuentran, por ejemplo, sensores de calidad del aire, desplegadas en las zonas urbanas, industriales o rurales. Tener acceso interoperable a estos datos ambientales y la integración de éstos en las herramientas de análisis es fundamental para extraer información útil para ayudar en la gestión y la reducción de los problemas que son causados, por ejemplo, por los contaminantes de las industrias o por el tráfico [1].

El objetivo de este proyecto es facilitar el acceso interoperable a diferentes fuentes de datos, el uso de interfaces estándares y ágiles que permitan un fácil acceso. Para ello, se utilizan los estándares Open Geospatial Consortium (OGC), siguiendo la arquitectura INSPIRE [2]. Esta incluye datos ambientales relacionados con 34 temas, en la cual están, las redes de transporte, la cobertura del suelo e hidrografía. INSPIRE proporciona una parte importante de la contribución europea a un Sistema de Observación Global de la Tierra (GEOSS). Se utilizan formatos estándares tales como el Service Observation Sensor (SOS). SOS proporciona una interfaz de servicios web estandarizados que permiten a los clientes acceder a las descripciones de sensores asociados y sus observaciones recogidas [3].

Se proporciona otros tipos de interfaces capaces de aligerar el uso de este tipo de datos para ser consumidos en los dispositivos más restrictivos, tales como teléfonos móviles, aunque sin comprometer las normas de interoperabilidad. Se ha diseñado una interfaz *Representational State Transfer* (REST), siguiendo los principios de *Internet of Things* (IoT) [4] y en relación con las diferentes normas para definir los datos del sensor, como las observaciones mediante el estándar *Observations & Measurements* (O&M) y el modelo para describir un sensor, *Sensor Model Languages* (SensorML) [5]. Por último se añade la elaboración de clientes para su visualización.

2 BACKGROUND

En este apartado, se presenta algunos conceptos que se utilizan para el desarrollo del trabajo, tales como: *Sensor Web Enablement* (SWE), servicios RESTful o IoT.

2.1 SENSOR WEB ENABLEMENT (SWE)

La tendencia actual consiste en implementar y organizar la Información Geoespacial (IG) en las conocidas Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) [4]. Para aumentar la eficiencia y la interoperabilidad de IG, muchas iniciativas regionales y mundiales trabajan en el establecimiento de normas y acuerdos abiertos.

Las IDEs están formadas por los servicios web interoperables, que tienen por objetivo la mejora de la disponibilidad de los datos espaciales, y su uso eficiente entre sistemas y organizaciones. Las IDEs se dividen en tres capas: contenidos, servicios y aplicaciones. En este trabajo, se ha desarrollado cada una de estas partes. La capa de contenido tiene los datos, modelos y metadatos. La capa de servicios contiene diferentes servicios, tales como: descubrimiento, vista, descarga, publicación e invocación. Por último, la capa de aplicación contiene los clientes para los usuarios finales.

Los esfuerzos para normalizar la interoperabilidad están encabezados por la OGC. OGC pretende definir estándares abiertos e interoperables dentro de los IG y la *World Wide Web* (WWW). El OGC estableció el SWE como un conjunto de especificaciones relacionadas con sensores, los modelos de datos y los servicios web para sensores que permitan hacerlos accesibles y controlables a través de la Web [6]. El SWE nace, con el fin de estandarizar los sensores y sus observaciones, mejorando su descubrimiento y acceso mediante web. El núcleo del SWE incluye lo siguiente: O&M, SensorML, SOS, *Transducer Model Language* (TransducerML), Sensor Planning Service (SPS), Servicio de Alerta Sensor (SAS), *Web Notification Services* (WNS). Pero en este trabajo se utilizan sólo los tres primeros, que se detallan a continuación:

- O&M: modelo mediante un esquema XML utilizado para codificar las observaciones y mediciones de un sensor, en tiempo real e histórico.
- SensorML: modelo mediante un esquema XML utilizado para la descripción de los sistemas y procesos de sensores, proporciona la información necesaria para el descubrimiento de los sensores, la ubicación de las observaciones, el procesamiento de las observaciones del sensor a bajo nivel, y el listado de propiedades de cada sensor disponibles.
- SOS: interfaz de servicios web estándar para la solicitud, filtrado y recuperación de las observaciones y la información de cada sensor. Este es el intermediario entre un cliente y el almacenamiento de las observaciones.

2.2 SERVICIOS PARA INTERFACES LIGERAS

RESTful [7] es una arquitectura de aplicaciones distribuidas en un servidor. REST se basa en tres conceptos: la representación, el estado y la transferencia, se detallan cada uno de ellos:

- Representación: es un modelo arquitectónico de cómo se distribuyen los recursos de aplicaciones. Estas representaciones se transfieren entre clientes y servidores.
- Estado: el estado necesario para completar la solicitud deberán ir provistas de la solicitud.
- Transferencia: las representaciones y el estado se transfieren entre el cliente y los servidores.

RESTful es un modelo arquitectónico que puede ser implementado de manera eficiente como una combinación del *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) y *TCP/IP*. Con la creación de instancias

RESTful, las peticiones HTTP se utilizan para transferir representaciones de recursos entre clientes y servidores. Los *Uniform Resource Identifier* (URI) se utilizan para codificar los estados de transacción.

Con estos URIs, podemos identificar un sensor, si se siguen los principios de la Internet de las Cosas (IoT) y *Web of Things* (WoT), un sensor se convertirá en un "sensor inteligente" [8]. IoT describe un concepto en el que el mundo de los objetos reales, se integra en el mundo virtual de los bits y bytes. Este término primero fue utilizado en un artículo de David Brock en 2001 [9]. El término WoT describe la evolución de la IoT [10], el cual se integra estándares web [11].

3 CALIDAD DEL AIRE, DATOS METEOROLÓGICOS Y ZONA DE ESTUDIO

En este trabajo se tratan con dos fuentes de datos, Meteoclimatic y calidad del aire de la red de Valencia.

3.1 INFORMACIÓN VOLUNTARIA DE SENSORES: METECLIMATIC

Meteoclimatic es una gran red de estaciones meteorológicas no profesionales, que toman mediciones automáticas en tiempo real. La red Meteoclimatic se extiende a través de: Península Ibérica, los dos archipiélagos, el sur de Francia y África cerca del Estrecho de Gibraltar. Actualmente hay más de 1000 estaciones (Figura 1).

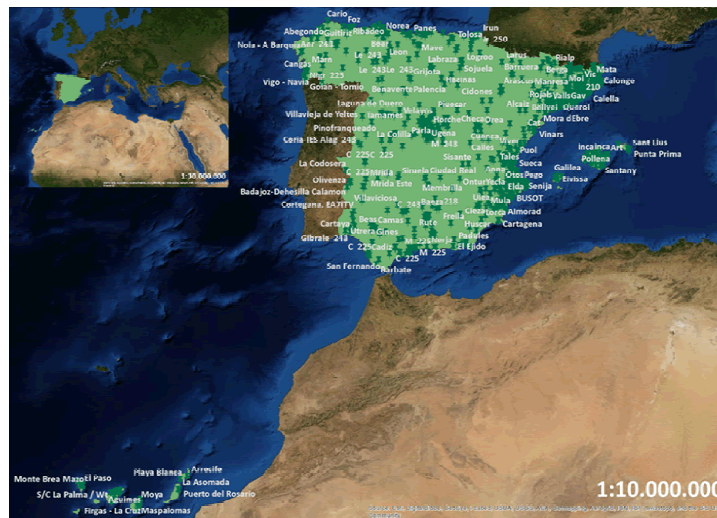


Figura 1: Mapa de las estaciones de la red Meteoclimatic.

Meteoclimatic mide componentes meteorológicos tales como la temperatura, humedad, viento, la presión, la precipitación o la radiación. La frecuencia de actualización es irregular y varía de cada uno de los sensores, pero la más habitual es cada 10 minutos.

3.2 INFORMACIÓN OFICIAL DE SENSORES: RED DE CALIDAD DEL AIRE DE LA GENERALITAT VALENCIANA

Aparte de los sensores de Meteoclimatic, también se han incluido sensores de calidad del aire, provenientes de la red de la calidad del aire de la Comunidad Valenciana¹. Se trata de una red de estaciones que realizan un seguimiento de los niveles de los distintos contaminantes y elementos

¹ <http://www.cma.gva.es>

meteorológicos en las zonas urbanas, rurales e industriales, extendiéndose dicho control a todo el territorio de la Comunidad Valenciana.

Los contaminantes que son capaces de medir son los siguientes: el dióxido de azufre (SO₂), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), el benceno (C₆H₆) y otros hidrocarburos tales como tolueno y xileno; las partículas de diámetro inferior a 10 micras (PM₁₀), de 2,5 micras (PM 2.5) y de 1 micra (PM₁). También se analizan los metales como el arsénico, el níquel, el cadmio, el plomo y los hidrocarburos aromáticos y policíclicos en fracciones de PM₁₀. Algunas estaciones también tienen sensores meteorológicos para diversos parámetros, tales como la velocidad y dirección del viento, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica y la precipitación.

En la actualidad, la red de calidad del aire tiene 61 estaciones que están en funcionamiento: 24 en Castellón, 24 en Valencia y 13 en Alicante (Figura 2). Estos datos se publican en un sitio web que se valida y actualiza cada hora con los datos que se han obtenido cada 2-3 horas antes.

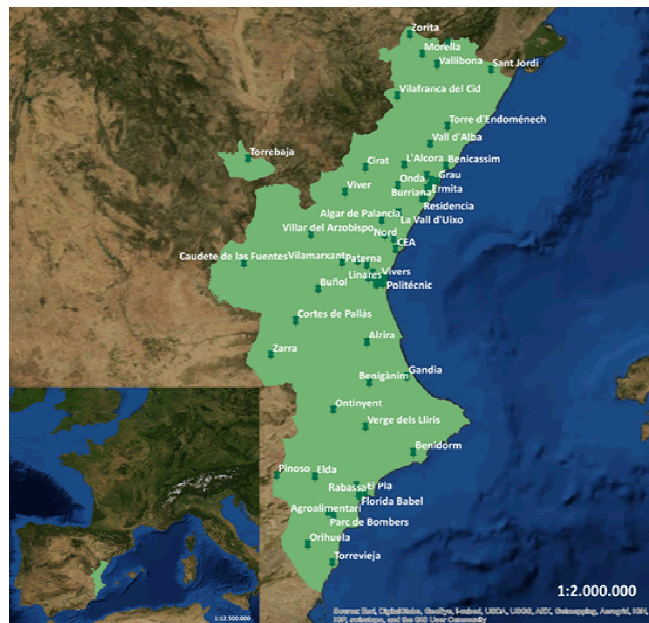


Figura 2: Mapa de las 61 estaciones de calidad del aire en la red Valencia.

4 DISEÑO DEL SISTEMA

En los últimos años, la tecnología de la información ha pasado a arquitecturas orientadas a servicios y la computación distribuida. Esta tendencia se aplica a las IDEs actuales que ofrecen la posibilidad de acceder a los recursos geoespaciales distribuidos y heterogéneos. En este sistema, se sigue la arquitectura técnica INSPIRE, que contiene tres capas [2]: capa de contenido, la capa de servicio y la capa de aplicación. En la capa superior residen los usuarios y las aplicaciones (clientes). En la capa media residen todos los servicios que proporcionan la funcionalidad requerida, tales como la accesibilidad y el procesamiento de los datos. Y en la capa inferior residen los datos en sí.

El sistema opera en las tres capas de la arquitectura. En la capa de contenido, tenemos que elaborar un preprocesamiento para integrar diferentes fuentes y aglutinarlo en un sistema único. En la capa de servicios, se quiere interrelacionar las diferentes fuentes, (geo) visualizar y procesar datos para obtener información útil, como pueden ser: índices de generación o predicciones como las concentraciones de contaminantes en un área. Además, el sistema permite el acceso a estos servicios desde cualquier dispositivo que tenga acceso a Internet, desde un escritorio, web o aplicación móvil, teniendo como objetivo el acceso ágil a la información. En la capa de aplicación, se dispone de la aplicación cliente para consumir los servicios de la capa anterior.

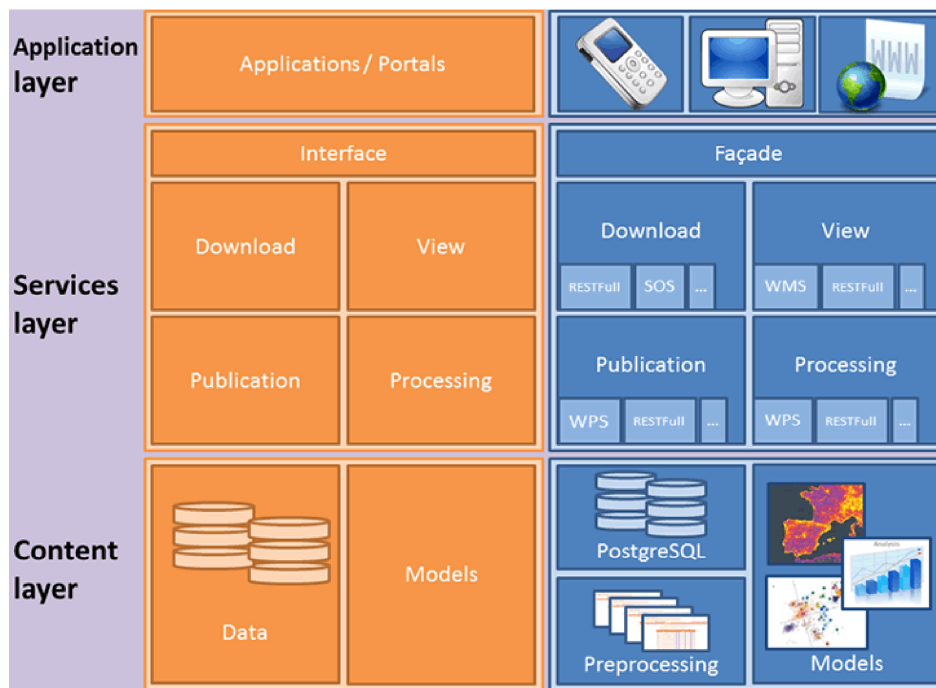


Figura 3: Arquitectura del sistema.

La Figura 3 muestra la arquitectura conceptual del sistema. En el lado izquierdo, se muestra la vista conceptual de la arquitectura del sistema. En la capa de contenido, están los datos, obtenidos de las diferentes fuentes sensoriales. Además también se prevé añadir modelos científicos, los cuales se podrán utilizar para modelar y procesar los datos. En la capa de servicios, se han agregado los cuatro servicios INSPIRE, descarga, servicio de visualización, publicación de servicios y servicios de procesamiento. Por último, en la capa de aplicación, se dispone de aplicaciones y portales para la visualización de información.

En el lado derecho de la figura, hay una visión más tecnológica del sistema propuesto. En la parte inferior, se encuentra el módulo de pre-procesamiento, donde el sistema implementa la preparación y la integración de la información en diferentes estructuras, como bases de datos.

Una vez que los datos han sido procesados, éstos se insertan en la base de datos. Se ha usado PostgreSQL² para la gestión de bases de datos.

En la parte central de la derecha de la figura se indican los servicios utilizados. Se han utilizado diferentes servicios que siguen los estándares, tales como, SOS, *Web Processing Services* (WPS) [12], *Web Map Service* (WMS) [13] y otras interfaces livianos de datos y, tales como, RESTFull.

En la parte superior derecha de la figura, se muestra la interacción con el usuario a través de las aplicaciones de cliente. En este primer enfoque, y debido a la creciente demanda en dispositivos móviles, se ha desarrollado una aplicación cliente y utilizando servicios con interfaces más ligeras para una comunicación eficiente.

5 IMPLEMENTACIÓN

En este apartado se detallan los aspectos más relacionados con la implementación del trabajo. En primer lugar, existe un pre-paso para la integración de datos de diversas fuentes. A continuación, se enumeran los servicios específicos, que son capaces de servir los datos en la forma anunciada. Por último, se muestra un ejemplo del desarrollo de un cliente.

² PostgreSQL: El proyecto PostgreSQL. <http://www.postgresql.org>

5.1 MODELO DE DATOS Y PRE-PROCESADO

Como primer paso para construir el sistema propuesto, se han preparado las bases de datos. Para ello se realizan varios pasos de preprocesamiento para preparar e integrar diferentes fuentes de datos. Se han preparado dos interfaces diferentes (REST y SOS), dando paso a dos módulos diferenciados. Como se ha indicado, son dos módulos diferentes y se ejecutan de forma concurrentemente.

5.1.1 SENSOR DATA BASES (DDBB) PUBLICATION MODULE

Para crear la interfaz REST, se ha implementado un módulo (Figura 4) capaz de conectarse a los sitios web anunciados anteriormente, para obtener las observaciones y almacenarlos en nuestra base de datos.

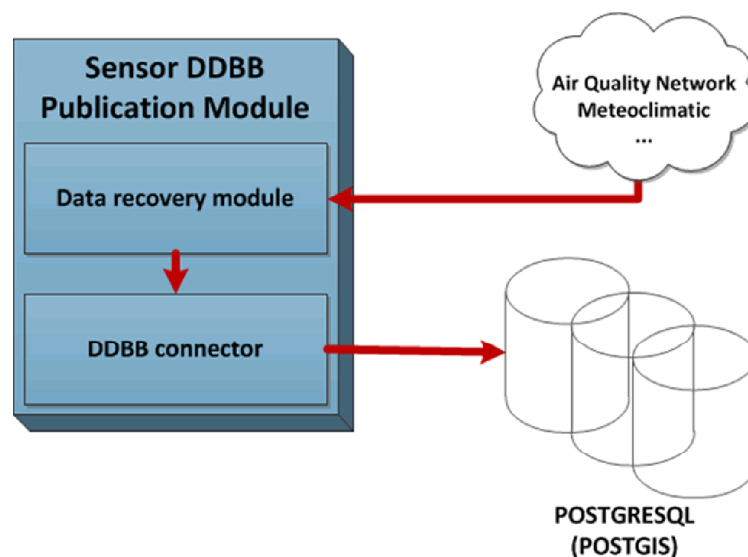


Figura 4: Sensor Módulo de publicación BBDD.

Este módulo tiene dos sub-módulos diferentes, uno se encarga de la recuperación de datos y otro de conectar con la base de datos. El módulo de recuperación de datos es responsable de la extracción de los datos de sensores directamente desde los sitios web indicados. De esta manera, este módulo es responsable de la conexión y el procesamiento de los datos para su almacenamiento. Mediante este módulo se permite la expansión del sistema para añadir nuevas fuentes de datos.

El conector de la base de datos es responsable de la conexión a la base de datos y lleva a cabo inserciones. Se utilizó PostgreSQL con PostGis³ para la base de datos. Se almacena toda la información de cada sensor, tales como: la ubicación, dirección, código, etc. También se almacenan todas las observaciones con cada uno de los componentes de medición.

5.1.2 MODULO DE PUBLICACIÓN SOS

Para crear el servicio SOS, se ha implementado un módulo capaz de publicar en un servidor de SOS los diferentes sensores y observaciones. Este módulo está integrado en el *GEOSS Service Factory* (GSF) tool [15]. GSF es nuestra propuesta para desarrollar un servicio de publicación genérica para ayudar a los usuarios expertos y ocasionales.

³ PostGIS: El proyecto PostGIS. [<http://postgis.refractions.net/>]

El módulo integra tres módulos secundarios: recuperación de datos, gestión de datos y el adaptador para el transaccional del SOS (SOS-T) (Figura 5).

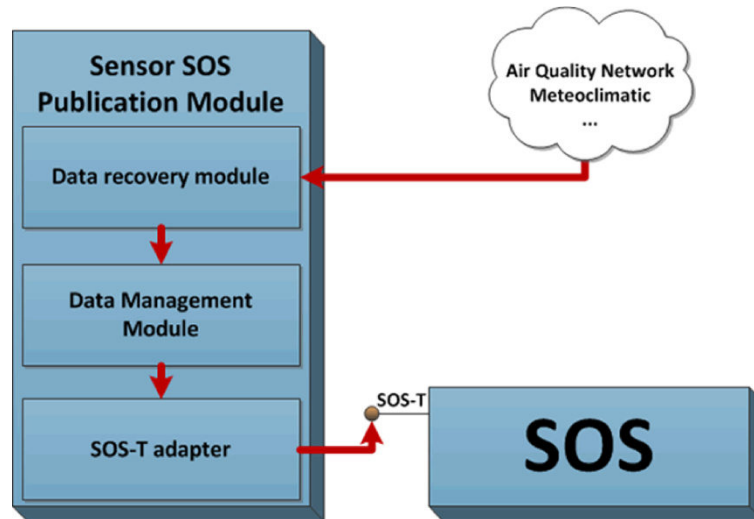


Figura 5: Sensor Módulo de publicación SOS.

El módulo de recuperación es igual al del punto anterior. El módulo de gestión de datos es responsable de codificar las inserciones de las observaciones para publicar más adelante en el servicio de SOS. Adaptador de SOS-T se encarga de establecer la conexión con el servicio SOS y permite la publicación de nuevos sensores y observaciones.

Adaptador de SOS-T incluye dos operaciones: *RegisterSensor* y *InsertObservation*. La operación *RegisterSensor* permite registrar nuevos sensores con el SOS a través de la interfaz de servicio mediante el envío de la descripción del sensor (SensorML). La operación *InsertObservation* permite introducir nuevas observaciones.

5.2 SERVICIOS

Esta sección detalla los diferentes servicios creados para el consumo de los datos descritos. Como ya se anunció, se ha creado una interfaz REST, esta interfaz se adapta a los servicios SWE. Además, se ha creado un servicio de SOS y un servicio capaz de devolver KML.

5.2.1 SERVICIOS RESTFUL

En una primera aproximación al acceso y servicio de descarga, se ha diseñado un servicio que implementa una interfaz REST, capaz de servir los datos de forma estructural, con lo que se mejora la interoperabilidad al acceder a los datos. La interfaz REST ofrece un mejor acceso desde cualquier dispositivo, incluso desde teléfonos móviles [16] con características reducidas.

Se ha elegido un servicio web RESTful para desarrollar un sistema que sigue el paradigma de la IoT y más concretamente Web de las Cosas (WoT). WoT es la evolución de la IoT [17], que utiliza los estándares web, como una implementación RESTful. En el concepto WoT, los servicios web representan los objetos cotidianos, los cuales pasan a ser "cosas inteligentes" [8].

El RESTful permite el acceso a los recursos del sensor mediante *Uniform Resource Identifier* (URI). El servicio permite obtener la lista con todos los sensores y las observaciones de datos del sensor. El

formato de salida es *JavaScript Object Notation (JSON)*⁴. JSON tiene la ventaja de ser más compacto que el *eXtensible Markup Language (XML)*. Está basado en un formato de intercambio de datos ligero, de lectura y escritura para los seres humanos, así como analizable y generable para máquinas [18].

Los datos del sensor se devuelven al acceder al recurso correspondiente. El patrón de la URI se ha definido como seguidamente se define:

`http:// <servidor> / <sensorId> / <metodo>`

- **servidor:** es el punto de entrada del servicio. Se proporciona el conjunto de sensores al acceder.
- **sensorId:** se refiere a un identificador de un sensor específico. Cuando se accede a este recurso se devuelven los datos del sensor indicado.
- **metodo:** se indica el tipo de método para obtener los datos del sensor.

Por ejemplo, el método, "date", enumera las observaciones para el sensorID indicado. Este método permite que las consultas entre las dos fechas y diferentes componentes, con los parámetros "date1", "date2 " y "comp". En este caso se devuelve una lista.

El modelo O&M se utiliza para representar e intercambiar los resultados. La salida tiene el formato de JSON en lugar de XML. El resultado devuelto se genera mediante el uso de una plantilla que se almacena en la plataforma de sensores.

5.2.2 SENSOR OBSERVATION SERVICE

El sistema también proporciona una interfaz de SOS que garantiza una interfaz estándar capaz de utilizar los datos del sensor en una forma interoperable. Se ha utilizado la implementación de 52North. SOS tiene tres operaciones básicas que proporcionan la funcionalidad básica: *GetCapabilities*, *DescribeSensor* y *GetObservation*.

La operación *GetCapabilities* devuelve una descripción acerca de la interfaz de servicio y los datos de los sensores disponibles. La operación *DescribeSensor* devuelve una descripción de un sensor, la respuesta es codificada mediante el formato SensorML. La operación *GetObservation* proporciona acceso a las observaciones de los sensores a través de una consulta espacio-temporal.

5.2.3 DATOS VECTORIALES DE SENSORES

Se ha diseñado una operación RESTful capaz de exportar los datos a *Keyhole Markup Language*⁵ (KML) (Figura 8). Esta operación tiene 3 parámetros, "date1" con la fecha inicial, "date2" con la fecha límite y el componente ("comp") para mostrar.

⁴ <http://json.org/>

⁵ <https://developers.google.com/kml/documentation/>

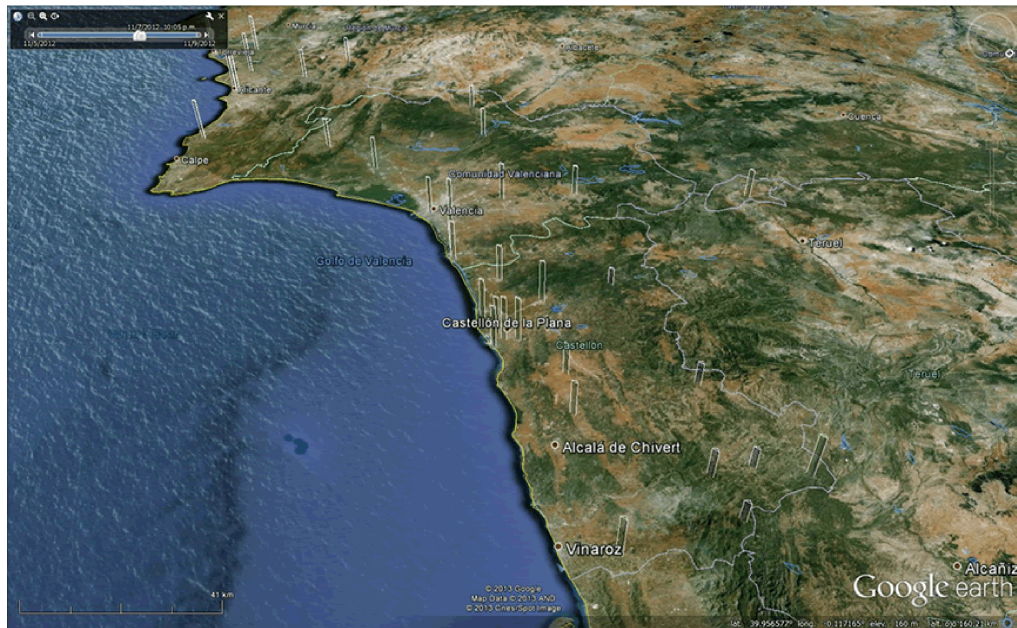


Figura 6: Ejemplo de representación KML.

El archivo KML generado muestra columnas gráficas para cada sensor, variando su color para los tres niveles definidos: bajo, normal y alto. El KML permite su reproducción en Google Earth⁶ y podemos ver los valores de cada componente de un sensor que toma durante las fechas indicadas.

5.3 APLICACIÓN CLIENTE

Se ha creado una aplicación para el sistema operativo *Windows Phone 7* (Figura 7). La Figura 8 muestra los diferentes casos de uso de la aplicación móvil. La aplicación tiene dos usos prácticos. El primer uso, es capaz de enumerar todos los sensores y los usuarios pueden consultar la información del sensor, además pueden acceder a las observaciones actuales e históricas. Hay filtros de tiempo para una búsqueda más exacta. Adicionalmente, la aplicación ofrece la posibilidad de localizar los sensores en el mapa y visualizar los valores más recientes para cada sensor, donde los usuarios pueden seleccionar los valores físicos medidos a mostrar y seleccionar el tipo de cartografía.

⁶ <http://www.google.es/intl/ca/earth/>

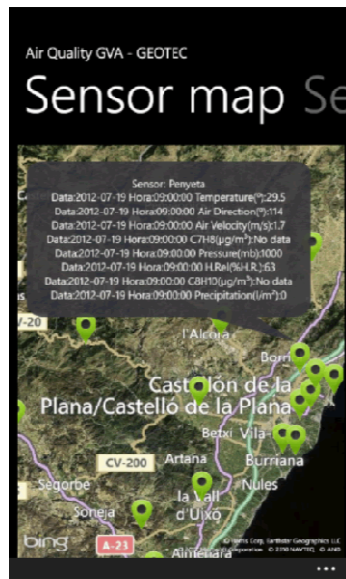


Figura 7: Cliente (WP7).

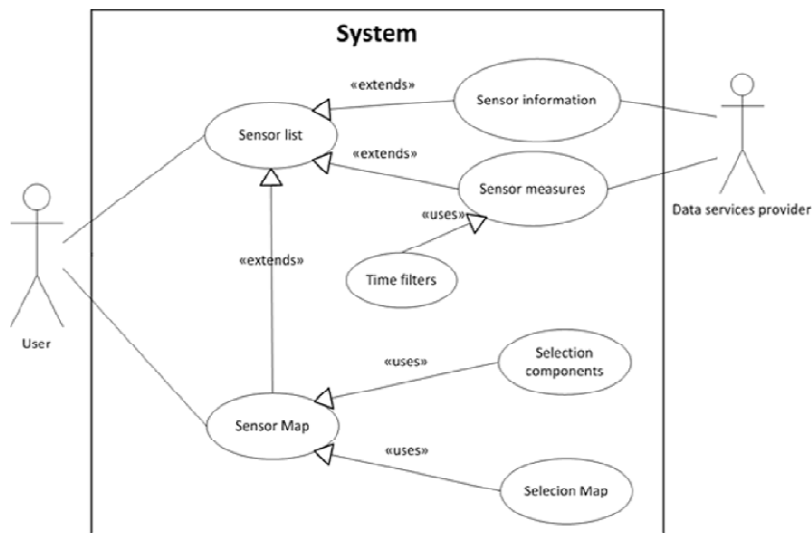


Figura 8: Diagrama de caso de uso.

6 EXPERIMENTACIÓN

Durante el mes de Junio de 2012, se declararon dos incendios en la Comunidad Valenciana fueron especialmente críticos debido a su tamaño y agresividad. El primero de ellos se originó en Cortes de Pallars (Figura 9). El fuego se inició el 28 de junio, y el resultado fue de 26.643 hectáreas quemadas. El segundo incendio se declaró en Andilla (Figura 9) y comenzó el 29 de junio, este resultó de 19.940 hectáreas quemadas. Los dos incendios fueron controlados el 6 de julio.

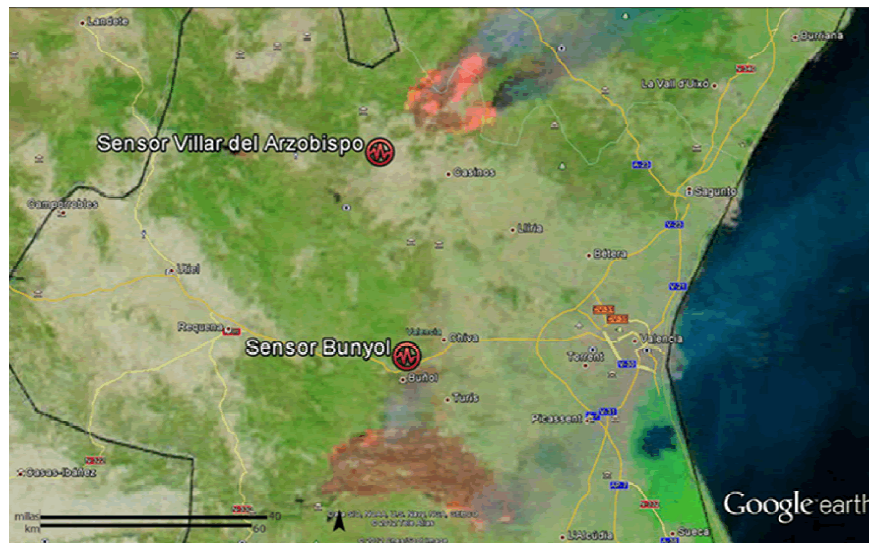


Figura 9: Incendios en la región de Valencia en el verano de 2012 y los sensores utilizados.

Según [19], uno de los principales síntomas de fuego es el incremento de los ciertos componentes, entre ellos están: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO, NO₂ y NO_x) y las partículas en el aire (PM_x).

El monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno son generadas por la quema de combustibles fósiles y de biomasa. Sin embargo, el aumento de partículas es la muestra más relevante cuando se produce un incendio [19], ya que se propagan a través del humo y son visibles al ojo humano. Utilizando el sistema propuesto, los usuarios podrían detectar varios indicadores que advertirían la existencia de incendios.

Para esta prueba se han tomado los dos sensores más cercana a las regiones afectadas, para ser capaz de medir el mayor número de contaminantes mencionados anteriormente. Para el fuego de Cortes de Pallars, se ha tomado un sensor ubicado en un pueblo vecino llamado Bunyol, y visualizamos las observaciones de 27 y 29 de junio y 7 de julio a las 6 de la mañana. Para el fuego de Andilla, se ha seleccionado un sensor en un pueblo vecino, llamado Villar del Arzobispo, situado a pocos kilómetros de la región quemada. Para este incendio, se realizaron observaciones el 27 y 30 de junio y el 7 de julio, también a las 6 de la mañana. Los días elegidos, en ambos casos, se corresponden con el período anterior al incendio, el día comenzó el fuego y después de la neutralización del fuego.

El primer sensor, el de Bunyol, puede medir los siguientes elementos: partículas (PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀), SO₂, CO, NO, NO₂, NO_x y O₃. De éstas, las partículas, CO, NO, NO₂ y NO_x están directamente relacionados con los efectos de un incendio forestal. El segundo sensor, en Villar del Arzobispo, puede medir los siguientes elementos: partículas (PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀), SO₂, NO, NO₂, NO_x y O₃. En este caso las partículas, NO, NO₂ y NO_x, son las que están directamente relacionadas con los efectos de un incendio.

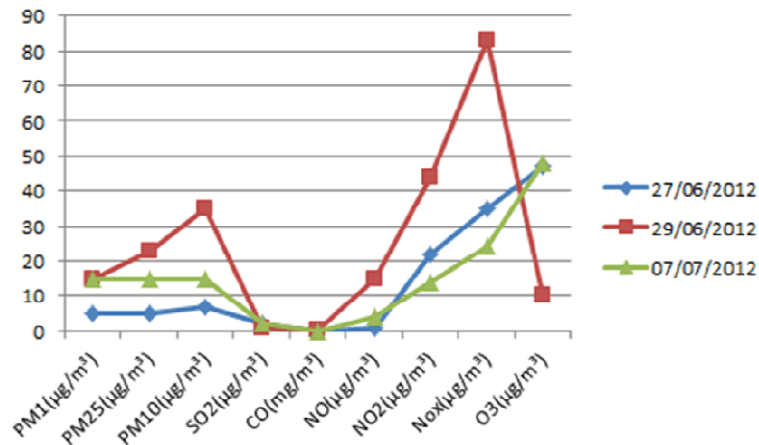


Figura 10: Gráfico con las observaciones del sensor de Bunyol.

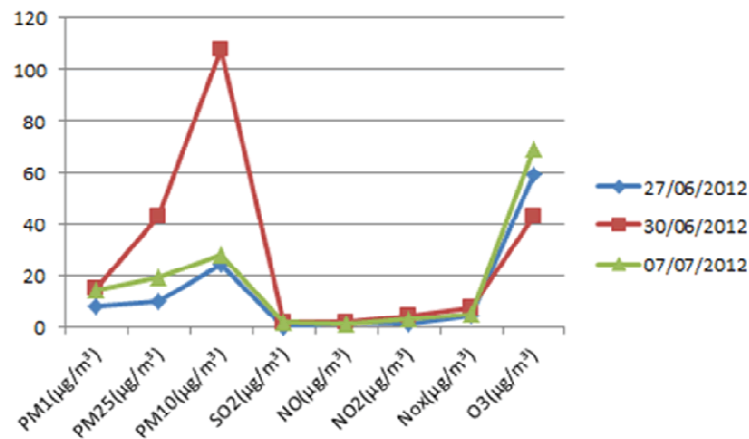


Figura 11: Gráfico con las observaciones del sensor de Villar del Arzobispo.

En los gráficos anteriores (Figuras 10-11) se ve que el 29 y el 30 junio aumentaron significativamente los niveles de partículas (PM10, PM2.5, PM1). En el caso de partículas de 10 micras y 2,5 micras, vemos que el 7 de julio el nivel ha vuelto a su normalidad, pero las de 1 micra, debido al menor peso, las partículas todavía están suspensión. La Figura 12 muestra diferentes mapas de calor para PM1 (Figura 12(a)), PM2.5 (Figura 12(b)), PM10 (Figura 12(c)) y NOx (Figura 12(d)). Como se ha visto los niveles de los cuatro componentes ha aumentado en la zona del incendio. Los mapas de calor en partículas (Figura 12(a)(b)(c)) muestran cómo las partículas se mueven hacia el oeste debido al viento. Por otro lado, el mapa de calor del NOx (Figura 12(d)) muestra un aumento en esa área cremada para este componente.

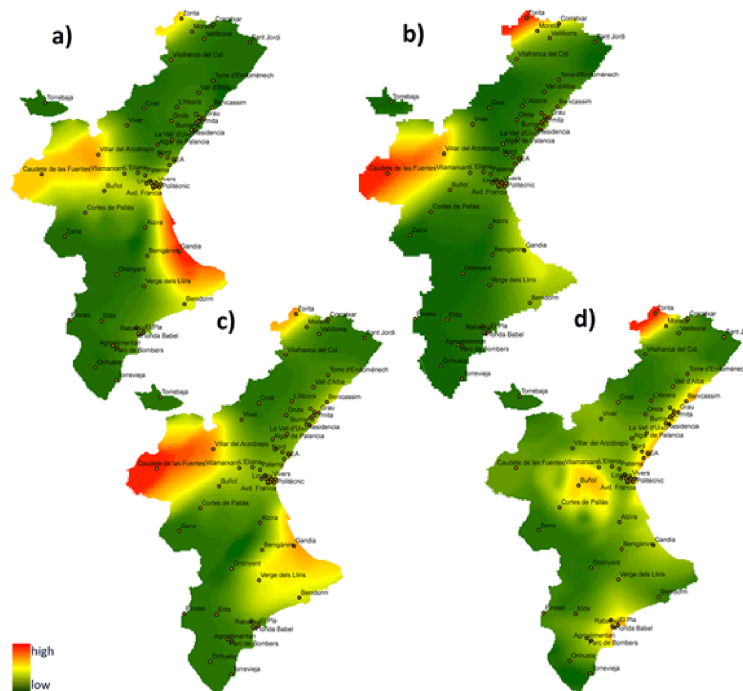


Figura 12: (a) Mapa de calor para PM1 (27 de abril). (b) Mapa de calor para PM10 (27 de abril). (c) Mapa de calor para PM2, 5 (27 de abril). (d) Mapa de calor para Nox (27 de abril).

También se puede observar un aumento significativo de los óxidos de nitrógeno en los dos sensores durante los incendios forestales, especialmente en el sensor de Buñol. Cuando el fuego ha sido controlado, los valores de los óxidos de nitrógeno son similares al primer día, al igual que al de monóxido de carbono (CO) que sólo está disponible en el sensor de Buñol y que se incrementaron en un 10% durante el incendio. Se ha visto que, cuando se declararon dos incendios, en los dos sensores más cercanos, la emisión de partículas en el aire y los óxidos de nitrógeno aumentaron sensiblemente y cuando se controlaron los índices de incendios volvieron a su estado inicial. El nivel de partículas y óxidos de nitrógeno aumento cuando se produjeron los incendios, de acuerdo con [19], de modo que nuestro sistema es capaz de monitorizar y detectar un incendio cercano a un sensor.

7 CONCLUSIONES

En este trabajo se ha propuesto una arquitectura orientada a servicios para implementar una aplicación, que organiza el flujo de trabajo para la gestión de una red de sensores. Se ha propuesto un sistema que tiene como objetivo la integración de los datos que se ofrecen de forma estructurada e interoperable. Además, la capa de servicio en nuestra aplicación se ha mejorado con un módulo que implementa el patrón de diseño de *façade*, y actúa como un "*middleware*" entre el cliente y los servicios para aumentar la interoperabilidad mediante la aplicación de varias interfaces y ayudan a los usuarios obtener información más fácil.

Utilizamos diferentes interfaces (SOS, RESTful...) lo que mejora la interoperabilidad. El servicio RESTful es capaz de representar a cada sensor por un URI (WOT). Pero, además es capaz de mantener el estándar de SIG de los datos sensoriales (SensorML y O&M). Se ha implementado un cliente móvil para los usuarios interactuar con la funcionalidad ofrecida y poder acceder y visualizar los datos de la red de sensor seleccionado. Para demostrar la funcionalidad y viabilidad de nuestro sistema que se ha descrito un experimento en el que podemos detectar incendios forestales cercanos a las estaciones.

AGREDECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Generalitat Valenciana (Contrato predoctoral ACIF/2012/112). Y el proyecto CITYBENCH, número 121/PR3/10/0503, financiado por el programa ESPON de la Unión Europea.

REFERENCIAS

- [1] Gualtieri, G. and Tartaglia, M. (1998). Predicting urban traffic air pollution: A gis framework. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 3(5):329-336.
- [2] Community, E. (2007). Directive 2007/2/ec of the european parliament and of the council of 14 march, 2007 establishing an infrastructure for spatial information in the european community (inspire). http://inspire.jrc.it/directive/l_10820070425en00010014.pdf.
- [3] Na, A. and Priest, M. (2006). Ogc sensor observation service implementation specification, ogc 06-009r6, open geospatial consortium, inc.
- [4] Uckelmann, D., Harrison, M., and Michahelles, F. (2011a). An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things. In: Uckelmann, Dieter (Edt.) ; Harrison, Mark (Edt.) ; Michahelles, Florian (Edt.): *Architecting the Internet of Things*. Springer Berlin Heidelberg.
- [5] Botts, M. and Robin, A. (2006). Opendgis sensor model language, ogc 07-000, open geospatial consortium, inc.
- [6] Amit, S., Cory, H., and Satya, S. (2008). Semantic sensor web. *IEEE Internet Computing*, pages 78-83.
- [7] Masser, I. (2010). *GIS Worlds: Creating Spatial Data Infrastructures*. Redlands: ESRI Press.
- [8] Guinard, D., Trifa, V., Mattern, F., and Wilde, E. (2011b). From the internet of things to the web of things: Resource oriented architecture and best practices. <http://www.vs.inf.ethz.ch/res/papers/dguinardfromth-2010.pdf>.
- [9] Guinard, D., Trifa, V., Mattern, F., and Wilde, E. (2011a). From the Internet of Things to the Web of Things: Resource Oriented Architecture and Best Practices. In: Uckelmann, Dieter (Edt.) ; Harrison, Mark (Edt.) .
- [10] Brring, A., Remke, A., and Lasnia, D. (2011). Sensebox- a generic sensor platform for the web of things. In: 8th Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services (MobiQuitous 2011).
- [11] Guinard, D. and Trifa, V. (2009). Towards the web of things: Web mashups for embedded devices. In: Workshop on Mashups, Enterprise Mashups and Lightweight Composition on the Web (MEM 2009), in proceedings of WWW (International World Wide Web Conferences).
- [12] Schut, P. (2008). Opendgis web processing service version 1.0.0. opengeospatial consortium.
- [13] De La Beaujardiere, J. (2008). Opendgis web map service (wms) implementation specification. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=5316.
- [14] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., and Vlissides, J. (1995). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison Wesley.
- [15] Trilles, S., Diaz, L., Gil, J., and J, H. (2012). Assisted generation and publication of geospatial data and metadata. *International Journal of Spatial Data Infrastructure Research*, 8.
- [16] Hamad, H., Saad, M., and Abed, R. (2013). Performance evaluation of restful web services for mobile devices. *International Arab Journal of e-Technology*, 1.
- [17] Duquennoy, S., Grimaud, G., and Vandewalle, J. (2009). The web of things: Interconnecting devices with high usability and performance. *Proc. of the International Conference on Embedded Software and Systems, ICESS 09*, pages 323-330.

- [18] Crockford, D. (2011). The application/json media type for javascript object notation (json). rfc 4627 (informational). <http://www.ietf.org/rfc/rfc4627.txt>.
- [19] Mejias, E. and Manso, R. (2010). Estimacin de las emisiones de gases, producidos por incendios detectados por satlite en la cinaga de zapata. cuba. XIV Simposio Internacional Selper., pages 323-330.

AUTORES

Sergio TRILLES
strilles@uji.es
INIT
DLSI - UJI

Laura DÍAZ
ldiaz@uji.es
INIT
DLSI - UJI

Joaquín HUERTA
huerta@uji.es
INIT
DLSI - UJI