

IntelliSenses: Sintiendo Internet de las Cosas

IntelliSenses: Sensing The Internet of Things

Notice: this is the author's version of a work accepted to be published in 2016 11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). It is posted here for your personal use and following the IEEE copyright policies. Changes resulting from the publishing process, such as editing, corrections, structural formatting, and other quality control mechanisms may not be reflected in this document. A more definitive version can be consulted on:

Meana-Llorián, D., González García, C., Pelayo G-Bustelo, B. C., Cueva Lovelle, J. M., & Medina García, V. H. (2016). IntelliSenses: Sintiendo Internet de las Cosas. *2016 11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 234–239. <https://doi.org/10.1109/CISTI.2016.7521551>

© **2016**. This manuscript version is made available under the CC-BY-NC-ND 4.0 license <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

IntelliSenses: Sintiendo Internet de las Cosas

IntelliSenses: Sensing The Internet of Things

Daniel Meana-Llorián, Cristian González García, B.
Cristina Pelayo G-Bustelo, Juan Manuel Cueva
Lovelle
Departamento de Informática, Universidad de Oviedo
Oviedo, España
danielmeanallorian@gmail.com,
gonzalezgarciaacristian@hotmail.com,
crispelayo@uniovi.es, cueva@uniovi.es

Victor Hugo Medina García
Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”
Bogotá, Colombia
vhmedina@gmail.com

Resumo — El auge de Internet de las Cosas permite que cada vez existan más dispositivos conectados a Internet y por tanto más información disponible. Sin embargo, hay muchos datos que por sí solos pueden no tener mucho valor pero que combinándolos pueden ser más valiosos. Esto también es aplicable a la información obtenida por los sentidos del cuerpo humano. El cuerpo humano hace uso de los sentidos para recopilar datos del entorno, y combina esa información para tomar las decisiones oportunas. Nuestra propuesta se basa en el mismo principio, la creación de un sistema dividido en varios subsistemas que simulen los sentidos humanos y un subsistema central que orqueste y tome decisiones en función de los datos obtenidos por los demás subsistemas. De este modo, y al igual que hace el cuerpo humano con los sentidos, la información obtenida por un subsistema se complementaría con la información obtenida de los demás subsistemas.

Palabras Clave – Internet de las Cosas; Sensores; Ingeniería Dirigida por Modelos; Inteligencia artificial; Sentidos.

Abstract — The popularity of the Internet of Things allows the existence of many connected devices and thus, the quantity of data available is higher. However, many data are unusable if they are alone or out of context but a combination of these data can be valuable. This idea is also present in the information gathered by the human senses. The human body uses the senses to gather data about the environment in order to take the best possible decisions taking into consideration the whole environment. Our proposal is based on the same idea. We propose the creation of several subsystems that would simulate the human senses and another subsystem capable to manage them, and take decisions based on the data gathered by all subsystems. In this way, the data gathered by one subsystem would be complemented with the data gathered by the rest of systems as the human body does.

Keywords - The Internet of Things, Sensors, Model-Driven Engineering; Artificial Intelligence; Senses.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, muchos dispositivos se encuentran conectados continuamente a Internet, desde teléfonos inteligentes hasta coches; televisores; relojes y muchos otros dispositivos. Esta tendencia es creciente con una previsión de crecimiento que pasa de 3750 millones de objetos conectados en 2014 a 25000 millones de objetos conectados en 2020 [1]. Este crecimiento de objetos conectados a Internet ha hecho que

aparezca el término Internet de las Cosas (*The Internet of Things* o IoT en inglés) y que puede ser definido como la interconexión entre objetos heterogéneos y ubicuos a través de Internet [2], [3].

Las posibilidades de Internet de las Cosas son muy amplias. En la actualidad existen diversos campos donde se aplican conceptos relacionados con IoT como las casas inteligentes o *Smart Homes* [4], los pueblos como los *Smart Towns* [5] y las *Smart Cities* [6]–[10] o ciudades inteligentes, en el medioambiente por medio de lo conocido como *Smart Earth* [10] o cualquier inteligencia distribuida en objetos heterogéneos y ubicuos, también denominados *Smart Objects*.

Internet de las Cosas puede ayudar a las personas en muchas situaciones ayudándolos a percibir el entorno y facilitándoles la vida. En [11] usan tecnologías de IoT y RFID, para ayudar a personas invidentes a usar el transporte público. En [12] también usan RFID junto a códigos QR (*Quick Response*) para ayudar a personas invidentes, pero en este caso, para moverse por interiores debido a las limitaciones del GPS. Otro enfoque útil para personas invidentes es el uso de cámaras para reconocer objetos o texto y transmitir esa información al usuario como en [13], donde han desarrollado un sistema que utiliza reconocimiento de caracteres y conversión de texto a audio para leer textos a personas invidentes. En [14] combinan ambos enfoques desarrollando un sistema que otorga capacidad de reconocimiento visual y movimiento autónomo a personas invidentes a través de un sensor laser, un sensor con unidad de medición inercial (IMU) y una cámara.

IoT no solo es útil para personas invidentes, sino que también permite simular otros aspectos de las personas como hacer uso del olfato o el gusto para clasificar sabores. En [15] hacen uso de sensores químicos para clasificar cervezas en función del olor y en [16] hacen uso de sensores para clasificar vinos en función del sabor. El sentido del olfato y el gusto están muy relacionados ya que las personas los utilizamos conjuntamente. Por esto, en [17], han desarrollado un sistema que combina sensores que simulan ambos sentidos con el fin de mejorar el reconocimiento de sabores. Otro sistema que se puede comparar con otro sentido, el tacto, es el propuesto en [18], en el que han desarrollado un sistema que permite integrarse en superficies y medir la presión que se ejerce sobre ellas. Mediante el análisis de la presión se puede deducir la acción que el usuario está realizando, como por ejemplo, ejercicios de Yoga.

Aunque los sistemas propuestos intentan ser análogos a los sentidos de los humanos no hacen uso de los 5 sentidos. Usando todos los sentidos y un subsistema inteligente central, un sistema podría ser capaz de interpretar los diferentes datos de una manera más próxima a las personas. Debido a esto, nosotros proponemos la creación de sistemas que simulen todos los sentidos, además de una unidad central e inteligente que las conecte. Para ello hemos comenzado el desarrollo de prototipos acerca de cada uno de los sentidos, como veremos en la siguiente sección.

Aún con el auge y las posibilidades de Internet de las Cosas, este no está muy extendido entre la población de la calle puesto que requiere ciertos conocimientos relacionados. Una posible solución sería integrar Internet de las Cosas en tareas frecuentes como pueden ser las redes sociales ya que según científicos de Ericsson [19], la analogía entre el uso de tecnologías relacionadas con Internet de las Cosas y redes sociales permiten que las personas sean capaces de familiarizarse mejor con esas tecnologías. Por esta razón, una de nuestras propuestas está relacionada con el uso de redes sociales para intercomunicar los subsistemas propuestos. Con el fin de facilitar la configuración del sistema, aplicamos técnicas de Ingeniería Dirigida por Modelos (*Model-Driven Engineering* o MDE en inglés). MDE apareció para resolver los problemas del desarrollo del software que existen desde 1960s [20]. El uso de MDE nos permite elevar el nivel de abstracción y automatizar el proceso de configuración de los sistemas gracias al uso de Lenguajes de Dominio Específico (*Domain-Specific Language* o DSL).

Durante las siguientes secciones mostraremos nuestras propuestas comparándolas con los 5 sentidos del cuerpo humano para finalmente concluir con los beneficios de nuestra propuesta y el trabajo futuro que se deberá hacer de aquí en adelante.

II. CONTRIBUCIONES

Nuestra propuesta se basa en la creación de un sistema que sea capaz de interpretar el mundo que lo rodea a modo de distintos subsistemas que representen los 5 sentidos del cuerpo humano y actuar en función de la combinación de los datos obtenidos. De esta manera se podrían entrelazar datos de diferente tipo, entre los que puede haber en algunos casos datos irrelevantes que combinándolos pueden formar un contexto donde cobren un mayor sentido. Para poder llegar a esto es necesaria la existencia de un sistema inteligente que coordine y comunique los distintos subsistemas. Nosotros proponemos la creación de varios subsistemas que puedan simular individualmente cada sentido o parte de ellos y un subsistema central que intercomunique todos los demás subsistemas permitiendo interpretar todos los subsistemas conjuntamente y por tanto tomar decisiones de manera combinada.

Los 5 sentidos del cuerpo humano son la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto. Para realizar nuestra propuesta es necesario buscar una analogía entre estos sentidos y el mundo del Internet de las Cosas.

El sentido de la vista se podría modelar a través del uso de cámaras con la capacidad de reconocer objetos, colores y/o formas o sensores de ultrasonidos que permitan reconocer formas. El sentido del oído a través de sensores relacionados con cambios sonoros como aquellos capaces de identificar las

variaciones del nivel de ruido o la frecuencia del sonido. También se podrían utilizar las redes sociales como parte del sentido del oído puesto que pueden servir como sistema de escucha de lo que está sucediendo en el mundo que nos rodea. Los sensores de olores y gases permitirían modelar el sentido del olfato mientras que los sensores químicos podrían modelar el sentido del gusto. Para modelar el sentido del tacto se podría recurrir a sensores de flexibilidad o presión. Otra opción sería la de usar sensores ambientales que puedan medir la temperatura o la humedad puesto que nosotros percibimos la temperatura a través de este sentido.

Todos estos sistemas deben ser capaces de comunicarse con otros dispositivos para compartir la información detectada y computarla, ya sea a través de internet, o a través de conexiones directas a los dispositivos.

Con el fin de actuar de mediador y combinar los datos obtenidos, debería aparecer un nuevo actor que puede ser comparado con un cerebro puesto que se sitúa en el centro de todos los sentidos y debe de orquestarlos. Este sistema debería contener cierto nivel de inteligencia que le permita analizar los datos de manera autónoma y decidir las consecuencias oportunas en función de los resultados obtenidos. Para ello se podrían aplicar técnicas de Inteligencia Artificial que permitan al sistema aprender de manera autónoma. No obstante, esto debería de ir acompañado de Big Data para tratar el gran volumen de datos que pueden llegar a aparecer.

A lo largo de esta sección hablaremos de nuestras propuestas para simular los 5 sentidos y de los sistemas propuestos para procesar e intercomunicar los sentidos. Para ello se introducirán varios prototipos ya desarrollados e ideas para futuros desarrollos.

A. Sentidos

Como ya hemos mencionado, pretendemos crear una simulación de los sentidos humanos en el marco de Internet de las Cosas. A continuación, hablaremos más en detalle de la analogía de cada uno de los 5 sentidos.

1) Vista

El sentido de la vista permite a las personas reconocer formas y colores a través de imágenes procesadas por el cerebro. Nuestra propuesta se basa en algo similar, el uso de sensores para reconocer formas y/o colores que nos permitan identificar objetos que estamos buscando o que queremos evitar. Para ello se podrían usar diversos tipos de sensores como los sensores ultrasónicos que se basan en el cálculo de la distancia de un objeto al sensor en función del tiempo que tardan los ultrasonidos emitidos por el sensor en rebotar y volver al sensor. Combinando las distintas distancias se consigue obtener las diferentes formas de los objetos.

Nosotros hemos desarrollado un prototipo basado en visión por computador en vez de en el uso de sensores. Para ello usamos una cámara de vigilancia IP dotada con software que permite enviar imágenes a un servidor cuando se detectan cambios en la grabación.

El prototipo desarrollado analiza la grabación en dos fases. En la primera realiza un análisis de todas las imágenes recibidas por la cámara en busca de personas y en la segunda fase, analiza

las imágenes con resultados positivos en busca de rostros. Al completar la primera fase se envían las imágenes con los cuerpos detectados y marcados a usuarios suscritos al prototipo con el fin de notificarles la nueva presencia en la sala y al completar la segunda fase, si se encuentran rostros, se envían las imágenes a un *Bucket* de Amazon Web Services (AWS) con el fin de permitir un tratamiento futuro haciendo uso de tecnologías de Big Data. En la Fig. 1 se muestra un ejemplo del reconocimiento efectuado por el prototipo.

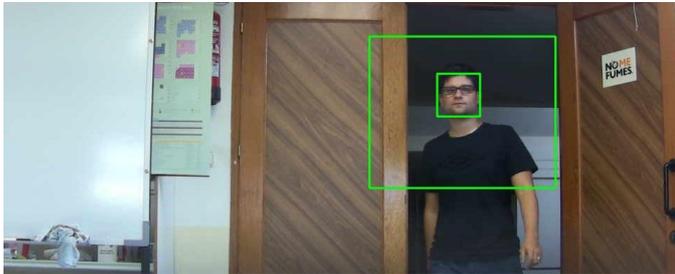


Figura 1. Reconocimiento efectuado por el prototipo de la vista.

Para la realización de este prototipo se utilizaron como tecnologías el lenguaje de programación Python 3.4 junto a la librería OpenCV 3.0.0 para visión por computador.

2) Oído

El sentido del oído nos permite identificar y reconocer sonidos de nuestro alrededor. Nuestro cerebro es capaz de asociar sonidos a otros elementos como palabras u objetos, lo que nos permite entender el lenguaje humano o reconocer que objeto está emitiendo sonidos. Nosotros proponemos el uso de sensores que puedan medir el nivel de ruido o la frecuencia sonora. Así, procesando la información obtenida de los sensores y mediante técnicas de aprendizaje proponemos realizar el reconocimiento de objetos. Además, con el fin de simular el entendimiento del lenguaje humano, proponemos la incorporación de las redes sociales. Mediante el análisis de las redes sociales se puede extraer información relevante para el sistema relacionada con el entorno que le rodea. Por ejemplo, tuits relativos a un accidente, a un evento deportivo, o cualquier tipo de suceso que tenga lugar en el entorno próximo.

Sin embargo, en el caso del oído, todavía no hemos desarrollado un prototipo funcional por lo que estas propuestas son una línea de investigación futura.

3) Olfato

Gracias al sentido del olfato podemos detectar cuando algo fuera de lo normal está sucediendo en el entorno y actuar en consecuencia. El sentido del olfato nos puede servir tanto para detectar situaciones buenas relacionadas con olores agradables como comida recién hecha, limpieza o situaciones cotidianas que son identificables por el olor, como para detectar situaciones que puede acarrear algún problema como escapes de gases, comida en mal estado o cualquier otra situación en la que mediante con el olor se pueda identificar un peligro. Nuestra propuesta se basa en el uso de sensores para identificar situaciones parecidas a las ya mencionadas en nuestro entorno. El sentido del olfato funciona mediante quimiorreceptores por lo que para simular su comportamiento se pueden usar sensores de gases. Mediante el uso de estos sensores se podría llegar a

reconocer los distintos patrones de gases que permitirían identificar diferentes olores.

Nosotros hemos desarrollado un prototipo cuya función es controlar el nivel de gases de una sala y realizar acciones en función de una serie de reglas definidas con el fin de simular el sentido del olfato en lo que se refiere a reaccionar en función de la composición química del ambiente. Para ello hemos creado una aplicación web donde los usuarios pueden definir reglas seleccionando el gas que quieren controlar, el valor y la condición de control, y la acción a realizar, como por ejemplo enviar un email. En la Fig. 2 se muestra el hardware implicado en el prototipo.

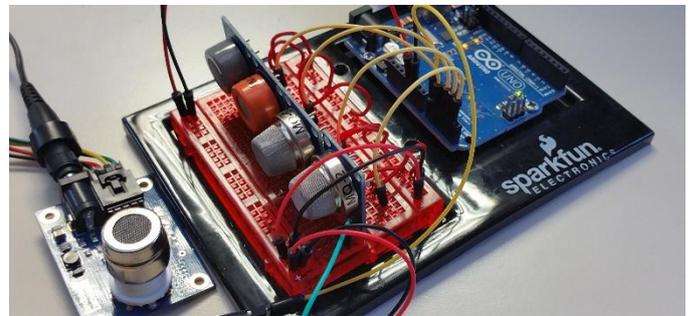


Figura 2. Hardware implicado en el prototipo del olfato.

Para la realización de este prototipo se utilizaron como tecnologías el lenguaje de programación JavaScript sobre Node.js 5.5.0. A nivel de hardware se han usado 5 sensores de gases: MG811, MQ3, MQ4, MQ7 y MQ8 capaces de medir dióxido de carbono (CO_2), alcohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H_2) respectivamente y una placa Arduino UNO.

4) Gusto

El sentido del gusto nos permite identificar sabores de alimentos o bebidas gracias a quimiorreceptores ubicados en la lengua. Mediante esta identificación podemos reconocer de qué está compuesto un alimento o bebida y en algunos casos se puede saber si está en buenas condiciones o no. El gusto tiene una estrecha relación con el sentido del olfato puesto que se complementa con los olores para afinar la identificación. Nuestra propuesta referente a este sentido se basa en el uso de sensores químicos que permitan identificar la composición de distintos elementos, por ejemplo, mediante un sensor sumergido en líquidos. Para poder llegar a identificar sabores será necesario disponer de un sistema inteligente y entrenado mediante técnicas de aprendizaje e inteligencia artificial. Mediante esta propuesta, por ejemplo, se podrían identificar componentes dañinos en líquidos que deberían ser inocuos.

Sin embargo, en el caso del gusto, todavía no hemos desarrollado un prototipo funcional siendo estas propuestas líneas de investigación futuras.

5) Tacto

El tacto es uno de los sentidos más importantes del cuerpo humano. Este sentido nos permite percibir distintas características de los objetos de nuestro entorno como la forma, la suavidad, la rugosidad o cualquier otra característica física. También nos permite percibir características del medio como la

temperatura, la humedad o la presión. Para ello, nuestro cuerpo cuenta con diferentes tipos de receptores nerviosos que recogen la información de nuestro entorno y la envían al cerebro para que este la interprete. Entre estos receptores se encuentran quimiorreceptores, mecanorreceptores y termorreceptores.

A modo de prototipo relacionado con el sentido del tacto, hemos desarrollado un sistema capaz de reaccionar en función de la sensación térmica. Para ello tomamos el valor de la temperatura exterior a través de sensores localizados en un Arduino UNO y haciendo uso de la plataforma de IoT Midgar, de la que hablaremos más adelante, el valor de la humedad exterior a través de servicios web de ThinkSpeak y la temperatura interior a través de un sensor de temperatura conectado a una Raspberry Pi 2. La combinación de los factores exteriores teniendo en cuenta el cuadro de la Fig. 3, nos permite obtener la sensación térmica exterior.

Temperatura (°C)	Humedad (%)																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	16	16	17	17	17	18	18	19	19	19	19	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21
21	18	18	18	19	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	22	22	22	22	22	22	23
22	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23	23	23	24
23	20	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25
24	21	21	22	22	22	23	23	23	24	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26	26
25	22	23	23	24	24	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28
26	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30
27	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	31	31	33
28	26	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30	31	32	32	33	33	34	34	36
29	26	26	27	27	28	29	29	29	29	30	30	31	33	33	34	35	35	37	37	38	40
30	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	39	40	41	41	45
31	28	28	29	29	29	30	31	31	31	33	34	35	36	37	39	40	41	45	45	45	50
32	29	29	29	30	31	31	33	33	34	35	35	37	39	40	42	44	45	51	51	51	55
33	29	29	30	31	33	33	34	34	35	36	38	39	42	43	45	49	49	53	54	55	55
34	30	30	31	31	32	34	34	35	36	37	38	41	42	44	47	48	50	52	55		
35	31	32	32	32	33	35	35	37	37	40	40	44	45	47	51	52	55				
36	32	33	33	34	35	36	37	39	39	42	43	46	49	50	54	55					
37	32	33	34	35	36	38	38	41	41	44	46	49	51	55							
38	33	34	35	36	37	39	40	43	44	47	49	51	55								
39	34	35	36	37	38	41	41	44	46	50	50	55									
40	35	36	37	39	40	43	43	47	49	53	55										
41	35	36	38	40	41	44	45	49	50	55											
42	36	37	39	41	42	45	47	50	52	55											
43	37	38	40	42	44	47	49	53	56												
44	38	39	41	44	45	49	52	55													
45	38	40	42	45	47	50	54	55													
46	39	41	43	45	49	51	55														
47	40	42	44	47	51	54	55														
48	41	43	45	49	53	55															
49	42	45	47	50	54	55															
50	42	45	48	50	55																

Figura 3. Sensación térmica en función de la temperatura y la humedad¹.

Para realizar estos cálculos de una manera más humana recurrimos a la utilización de la lógica difusa puesto que nuestro cuerpo no distingue valores concretos, sino que se maneja en rangos de términos como “caliente” o “frio” cuya interpretación puede ser distinta en función de la combinación de humedad y temperatura.

Una vez obtenida la sensación térmica exterior y la temperatura interior, nuestro sistema es capaz de ajustar la temperatura de la estancia para maximizar el confort y ahorrar energía mediante el apagado del sistema de aire acondicionado o calefacción en caso de no ser necesario.

Para la realización de este prototipo se utilizaron como tecnologías el lenguaje de programación Java en su versión 8 junto a la librería jFuzzy-Logic. A nivel de hardware hemos usado un sensor de temperatura analógico conectado a una Raspberry Pi 2 mediante el uso de un conversor analógico digital. También se ha usado un Arduino con un sensor de temperatura conectado a la plataforma Midgar.

B. Procesamiento y comunicaciones

En la sección anterior mencionamos los distintos sentidos y su posible analogía con el mundo de Internet de las Cosas. Sin embargo, para completar la simulación, es necesario un sistema inteligente en el centro de los sentidos, simulando el cerebro, que facilite la realización de acciones en función de los datos captados y que comunique a los sensores con ellos mismos y con el exterior con el fin de poder distribuirse en diferentes ubicaciones o de permitir a terceros agentes interactuar con el sistema. Para ello hemos desarrollado dos sistemas que permiten estas tareas. Actualmente se encuentran separados ya que tienen distintos objetivos de investigaciones. Sin embargo, al tener cierta funcionalidad similar se plantea su integración en un único sistema como trabajo futuro.

1) Midgar

Uno de los sistemas desarrollados que permiten crear aplicaciones basadas en IoT de manera que se puede usar para conectar las propuestas anteriores y realizar acciones de acuerdo a los datos obtenidos es Midgar [21]–[23].

Midgar es una plataforma de IoT que desarrollamos para realizar diversas investigaciones en el marco de Internet de las Cosas [21]. Mediante Midgar abstraemos la creación de la conexión entre los objetos y el software necesario evitando que los usuarios tengan que programar gracias al uso de lenguajes de dominio específico (DSL) gráficos. Midgar ofrece dos DSLs, uno para la creación de la interconexión entre objetos heterogéneos y ubicuos, como son los smartphones o los microcontroladores basados en Arduino, llamado *Midgar Object Interconnection Specific Language* (MOISL) [22] y otro para la creación del software para los distintos dispositivos llamado *Midgar Object Creation Specific Language* (MOCSL) [23]. De esta manera, el usuario solo necesita tener unos conocimientos mínimos de IoT y saber qué es lo que quiere que haga la aplicación generada ya que Midgar genera la aplicación final que el usuario puede usar sin la necesidad de tener conocimientos de programación y sin necesidad de saber o tener que sincronizar los diferentes objetos, pues Midgar se encarga de todo este trabajo sin necesidad de interacción por parte de los usuarios. Por tanto, el objetivo de Midgar es facilitar a usuarios no necesariamente desarrolladores la creación de diferentes componentes y la interconexión de estos en IoT.

El propósito de integrar Midgar en el conjunto del sistema propuesto es disponer de una unidad central que se encargue de procesar los datos obtenidos de los distintos sentidos y en función de eso realizar diversas acciones, es decir, pretendemos que Midgar aporte cierto nivel de autonomía al sistema y por tanto de inteligencia.

2) Bilrost

El otro sistema desarrollado que puede ser usado como eje central del sistema es Bilrost [24]. Bilrost, a diferencia de Midgar, está enfocado en investigar las posibilidades de las redes sociales como método de interconexión entre diferentes dispositivos u objetos de IoT.

¹ Datos obtenidos de <http://www.tutiempo.net/meteorologia/sensacion-termica.html>

Bilrost es una plataforma para la creación de la interconexión de objetos inteligentes a través de redes sociales de humanos. El fin de usar redes sociales es aprovechar sus beneficios como la garantía de estabilidad que aportan al contar con millones de usuarios. Además, el incorporar objetos a estas redes sociales hace que se pueda establecer una comunicación entre objetos y personas.

El prototipo realizado hace uso de la red social Twitter y su funcionamiento se basa en la publicación de tuits con información de los sensores o con invocaciones a actuadores de objetos inteligentes [25]. Estos tuits los define el usuario a través de un DSL al que hemos llamado *Bilrost Specific Language* (BSL). Mediante el BSL, un usuario puede definir el contenido de los tuits indicando los hashtags necesarios para realizar el filtrado en las búsquedas de tuits, los hashtags que invocan las acciones de actuadores, los tiempos de publicación de los datos de sensores y las reglas que automatizan el proceso de publicación de datos de sensores y el invocado de acciones de actuadores. Además, los usuarios también pueden publicar tuits que accionen diferentes actuadores como si fuesen un sensor más.

Por ejemplo, en Código fuente 1 se muestra un extracto de una definición de un actuador usando el BSL textual. En este ejemplo se define una alarma con dos acciones: alertar y parar.

ACTUATORS

```
DEFINE ACTUATOR "alarm"
ACTIONS "alert", "stop"
```

Código fuente 1. Ejemplo de definición de un actuador usando BSL.

A través de Twitter sería posible invocar a esas acciones usando los hashtags apropiados. Por ejemplo, se puede invocar a la acción de alertar mediante el uso de hashtags y cadenas de texto que identifiquen al dispositivo y los necesarios para invocar la acción del actuador como se puede ver en el siguiente tuit: *#bilrost #mderg #alarm alert*.

De la misma manera se pueden definir sensores y el modo de publicación de sus valores en las redes sociales, y reglas que automaticen acciones en función de valores de sensores, tanto del mismo dispositivo como de dispositivos externos.

Por lo tanto, el propósito de Bilrost es interconectar objetos entre sí y con personas a través de redes sociales además de incorporar un nivel de inteligencia al permitir establecer reglas que controlen la publicación e invocación de acciones.

III. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A lo largo de la sección anterior hemos presentado nuestras propuestas para un sistema inteligente capaz de interactuar con el entorno que lo rodea a través de una analogía con los sentidos humanos. Por ello, nuestra propuesta se basa en la creación de varios subsistemas que simulen los 5 sentidos y otro subsistema central que se encargue de orquestarlos, comunicarlos y tomar decisiones de acuerdo a los datos obtenidos. De esta forma, las decisiones obtenidas habrán tenido en cuenta mucha más información que si solo se hace uso de un único y aislado sistema.

Como trabajo futuro se encuentra la creación de prototipos que abarquen todas las propuestas realizadas en secciones anteriores. Además, Bilrost y Midgar tienen cierta similitud por el hecho de que incorporan cierto nivel de inteligencia basado en el automatismo por lo que en un futuro se deberán integrar en una única plataforma convirtiéndose Bilrost en un módulo de Midgar para el uso de redes sociales a modo de canal de comunicación. Por último, el sistema central debería incorporar una inteligencia artificial capaz de aprender del entorno y tomar decisiones en función de los datos obtenidos de todos los subsistemas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado por el grupo de investigación "Ingeniería Dirigida por Modelos MDERG" de la Universidad de Oviedo bajo el contrato No. FC-15-GRUPIN14-084 del proyecto de investigación "Ingeniería Dirigida Por Modelos MDERG". Proyecto financiado por PR Proyecto Plan Regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Telefónica, *La Sociedad de la Información en España 2014*. Grupo Planeta Spain, 2015.
- [2] G. Kortuem, F. Kawsar, D. Fitton, and V. Sundramoorthy, "Smart objects as building blocks for the Internet of things," *IEEE Internet Comput.*, vol. 14, no. 1, pp. 44–51, Jan. 2010.
- [3] K. a. Hribernik, Z. Ghrairi, C. Hans, and K.-D. Thoben, "Co-creating the Internet of Things - First experiences in the participatory design of Intelligent Products with Arduino," in *2011 17th International Conference on Concurrent Enterprising*, 2011, pp. 1–9.
- [4] H. G. H. Gu and D. W. D. Wang, "A Content-aware Fridge based on RFID in smart home for home-healthcare," in *2009 11th International Conference on Advanced Communication Technology*, 2009, vol. 02, pp. 987–990.
- [5] H. Song, "Internet of things for rural and small town america," in *6th Annual Create West Virginia Training and Education Conference*, 2013, pp. 1–6.
- [6] A. Kylili and P. A. Fokaidis, "European Smart Cities: The Role of Zero Energy Buildings," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 15, pp. 86–95, Jan. 2015.
- [7] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, Feb. 2014.
- [8] R. Lea and M. Blackstock, "Smart Cities: An IoT-centric Approach," in *Proceedings of the 2014 International Workshop on Web Intelligence and Smart Sensing*, 2014, pp. 12:1–12:2.
- [9] A. J. Jara, Y. Sun, H. Song, R. Bie, D. Genoud, and Y. Bocchi, "Internet of Things for Cultural Heritage of Smart Cities and Smart Regions," in *2015 IEEE 29th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, 2015, pp. 668–675.
- [10] L. Hao, X. Lei, Z. Yan, and Y. ChunLi, "The application and implementation research of smart city in China," in *2012 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, 2012, pp. 288–292.
- [11] J. Al Kalbani, R. B. Suwailam, A. Al Yafai, D. Al Abri, and M.

- Awadalla, "Bus detection system for blind people using RFID," in *2015 IEEE 8th GCC Conference & Exhibition*, 2015, pp. 1–6.
- [12] S. Alghamdi, R. van Schyndel, and A. Alahmadi, "Indoor navigational aid using active RFID and QR-code for sighted and blind people," in *2013 IEEE Eighth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing*, 2013, vol. 1, pp. 18–22.
- [13] R. Neto and N. Fonseca, "Camera Reading for Blind People," *Procedia Technol.*, vol. 16, pp. 1200–1209, 2014.
- [14] M. L. Mekhalfi, F. Melgani, A. Zeggada, F. G. B. De Natale, M. A. M. Salem, and A. Khamis, "Recovering the sight to blind people in indoor environments with smart technologies," *Expert Syst. Appl.*, vol. 46, pp. 129–138, Oct. 2016.
- [15] C. Pornpanomchai and N. Suthamsmai, "Beer classification by electronic nose," in *2008 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition*, 2008, vol. 1, pp. 333–338.
- [16] A. Riul, H. C. de Sousa, R. R. Malmegrim, D. S. dos Santos, A. C. P. L. F. Carvalho, F. J. Fonseca, O. N. Oliveira, and L. H. C. Mattoso, "Wine classification by taste sensors made from ultra-thin films and using neural networks," *Sensors Actuators B Chem.*, vol. 98, no. 1, pp. 77–82, Mar. 2004.
- [17] M. Cole, J. A. Covington, and J. W. Gardner, "Combined electronic nose and tongue for a flavour sensing system," *Sensors Actuators B Chem.*, vol. 156, no. 2, pp. 832–839, Aug. 2011.
- [18] J. Cheng, M. Sundholm, B. Zhou, M. Hirsch, and P. Lukowicz, "Smart-surface: Large scale textile pressure sensors arrays for activity recognition," *Pervasive Mob. Comput.*, Jan. 2016.
- [19] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "From 'smart objects' to 'social objects': The next evolutionary step of the internet of things," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 1, pp. 97–105, Jan. 2014.
- [20] E. Dijkstra, "The humble programmer," *Commun. ACM*, vol. 15, no. October 1972, pp. 859–866, 1972.
- [21] C. González García, "MIDGAR: Plataforma para la generación dinámica de aplicaciones distribuidas basadas en la integración de redes de sensores y dispositivos electrónicos IoT," University of Oviedo, 2013.
- [22] C. González García, B. C. Pelayo G-Bustelo, J. Pascual Espada, and G. Cueva-Fernandez, "Midgar: Generation of heterogeneous objects interconnecting applications. A Domain Specific Language proposal for Internet of Things scenarios," *Comput. Networks*, vol. 64, pp. 143–158, 2014.
- [23] C. González García, J. Pascual Espada, E. R. Núñez-Valdez, and V. García-Díaz, "Midgar: Domain-specific language to generate smart objects for an internet of things platform," *Proc. - 2014 8th Int. Conf. Innov. Mob. Internet Serv. Ubiquitous Comput. IMIS 2014*, pp. 352–357, 2014.
- [24] D. Meana-Llorián, C. González García, J. Pascual Espada, and V. B. Semwal, "Bilrost: Connecting the Internet of Things through human social networks with a Domain-Specific Language," *unpublished*.
- [25] D. Meana-Llorián, C. González García, B. C. Pelayo G-Bustelo, and J. M. Cueva Lovelle, "Bilrost: Domain-Specific Language to define actions for the Internet of Things actuators, triggered by Twitter users posts," *unpublished*.