



**Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación
Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos - DIT
Máster en Ingeniería de Servicios Telemáticos**

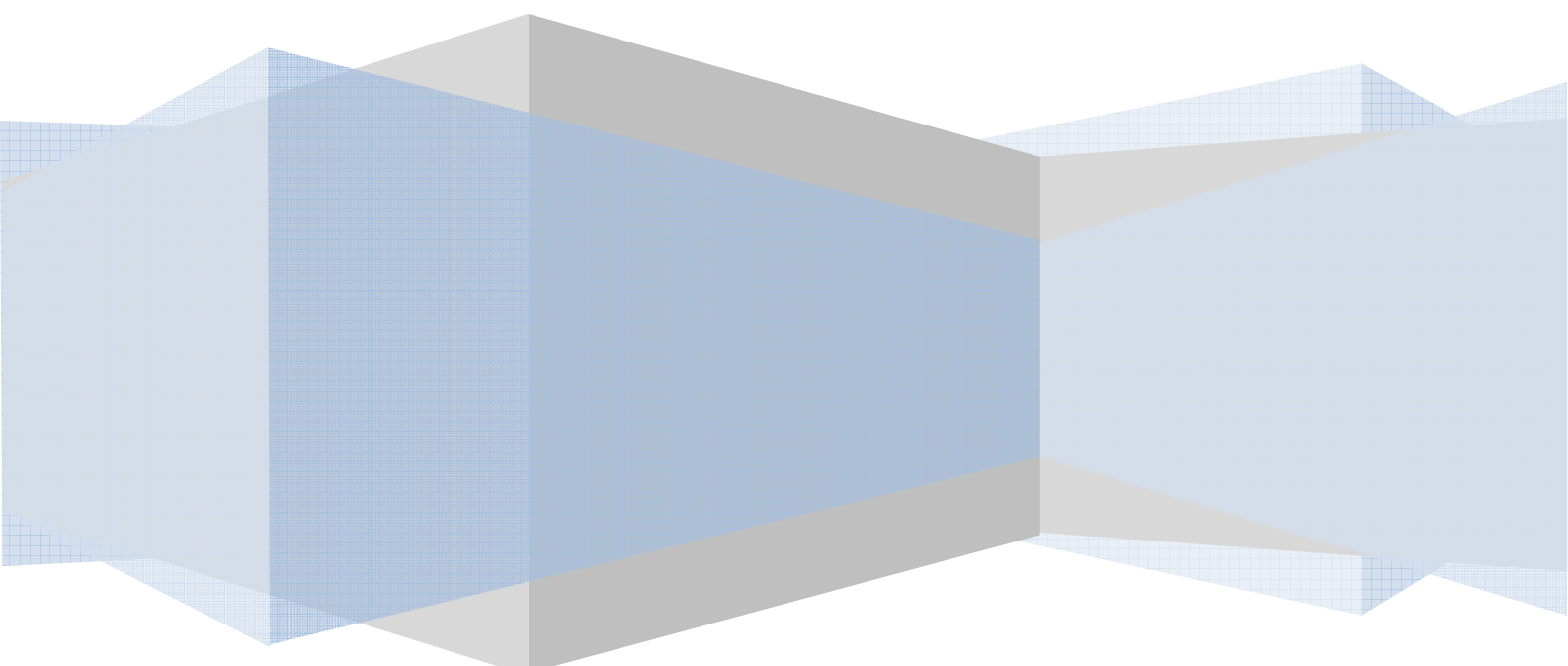
Estado del Arte de las Arquitecturas de Internet de las Cosas (IoT)

Integrantes:

Jurado Pérez Luis Alberto

Velásquez Vargas Washington Adrián

Vinueza Escobar Nelson Fernando



Contenido

1	Introducción.....	5
2	Generalidades de Internet de las cosas: conceptos, aplicaciones, tendencias ..	6
3	Dominios de Aplicación de IoT.....	10
3.1	Una aproximación de los dominios aplicativos de la IoT.	10
3.2	Aplicaciones de la IoT	11
3.2.1.	Aeroespacial y Aviación	11
3.2.2.	Automoción	12
3.2.3.	Telecomunicaciones	12
3.2.4.	Edificios Inteligentes	13
3.2.5.	Salud y Tecnología médica	13
3.2.6.	Vida Independiente.....	13
3.2.7.	Farmacéutica	14
3.2.8.	Ventas al por menor, Logística y Cadena de Suministro.....	14
3.2.9.	Manufactura, administración Del ciclo de vida Del producto	15
3.2.10.	Industrias de procesamiento - Petróleo y Gas.....	15
3.2.11.	Protección, Seguridad y Privacidad.....	15
3.2.12.	Monitoreo Ambiental	16
3.2.13.	Transporte de Personas y Mercancías	16
3.2.14.	Trazabilidad de alimentos.....	17
3.2.15.	Agricultura y la cría de animales	17
3.2.16.	Medios, Entretenimiento y venta de entradas.....	17
3.2.17.	Seguros	18
3.2.18.	Reciclaje.....	18
4	Tecnologías en entornos inteligentes	18
4.1	Tecnologías de detección y recolección de datos.....	19
4.2	Tecnologías de comunicaciones de datos	21
4.2.1	Redes alámbricas	23
4.2.2	Redes Inalámbricas.....	24
4.2.3.	Satélite IoT	25
4.3	Tecnologías de almacenamiento y análisis de datos	26
4.4	Plataforma y Servicios	26

4.5	Estándares para la Smart City	28
4.6	Estándares M2M	28
5	Evaluación de las características principales de las Arquitecturas para IoT..	29
5.1	Soluciones Publicas	31
5.2	Productos Comerciales.....	32
5.3	Actividades de Estandarización	34
6	Arquitectura de Referencia IoT desde el punto de vista funcional	36
6.1	Breve definición de Tendencias y Perspectivas de arquitectura	36
6.2	Vista arquitectónica	37
6.3	Vista Funcional	37
	6.3.1 Gestión de Procesos de la IoT	38
	6.3.2 Organización Del Servicio	38
	6.3.3 Entidad virtual	39
	6.3.4 Servicio IoT.....	39
	6.3.5 Comunicación.....	40
	6.3.6 Seguridad.....	41
6.4	Gestión de Redes.	42
7	Conclusiones y Comentarios	44
8	Referencias	46

Índice de Figuras

Fig. 1 Los datos generados por la IoT tendrán un crecimiento exponencial .	7
Fig. 2 Dispositivos comunicándose en una red mundial .	8
Fig. 3. Dominio de Aplicaciones de IoT	10
Fig. 4 Interrelación entre los sistemas de la ciudad	19
Fig. 5 Medidores conectados a Internet	20
Fig. 6 Tecnologías QR, RFID y NFC	21
Fig. 7 Imagen SEM del microchip fabricado que contiene un prototipo MEMS mas de 40 Microdispositivos MEMS.	21
Fig. 8 Redes inalámbricas de corto y largo alcance	24
Fig. 9 Vista Funcional	37
Fig. 10 Descomposición de la arquitectura de referencia de la IoT	38

Índice de Tablas

Tabla 1. Dominios, Características y Ejemplos varios	11
Tabla 2 Características de redes inalámbricas	22
Tabla 3 Dominios de aplicación en entornos inteligentes	27
Tabla 4 Estatus de adaptación al concepto M2M de los diferentes estándares	29
Tabla 5 Evaluación de las Características de IoT relacionadas con Soluciones Publicas	32
Tabla 6 Nivel de relevancia con enfoque hacia IoT en productos comerciales	33
Tabla 7 Análisis de las Características – Actividades de Estandarización	36
Tabla 8 Cartografía de los roles de alto nivel de la FG en gestión de los FCs.	42

1 Introducción.

El termino Internet de las cosas fue acuñado por Kevin Ashton en el año 2009 señalando que toda la información que manejaban las computadoras incluida la Internet dependía casi completamente de los seres humanos (introducida por diversos medios) y que los seres humanos tienen limitaciones tanto en tiempo, exactitud y en la atención que esto involucra para capturar otros tipos de datos del mundo real. Además, reflexionaba sobre la necesidad de computadoras que sean capaces de ver, oír e incluso oler el mundo por ellas mismas ya que el mundo que a nuestro alrededor y el ser humano en si mismo son físicos [1]. Actualmente el Cluster Europeo de Proyectos de Investigación trabaja activamente en la Internet de las cosas (IoT Internet of Things) y espera que “estas cosas” sean capaces de comunicarse entre sí y reaccionar automáticamente a eventos del mundo físico/real disparando acciones para satisfacer un determinado servicio [2].

Hoy en día se tienen entre otras aplicaciones de IoT algunas que pueden estar disponibles en nuestros teléfonos inteligentes usando sistemas de recomendación para ayudarnos a localizar lugares de ocio cerca de nuestra ubicación. Otras aplicaciones IoT ayudan en las zonas agrícolas al control de cultivos monitorizando y actuando ante variables del crecimiento de las plantas. Y por nombrar un solo ejemplo más cabe anotar uno de los sectores que fue el primero en beneficiarse de las tecnologías de la IoT: la logística y el transporte, por medio de las etiquetas de Identificación por Radiofrecuencia (RFID Radio Frequency IDentification) se logran identificar los productos a lo largo de toda la cadena de distribución [3].

IoT es un concepto que ha venido madurando desde aplicaciones muy específicas para determinadas áreas muchas de ellas con soluciones propietarias. Pero, los avances tecnológicos están llevando a determinadas líneas de investigación a una convergencia que están llevando las ideas iniciales de Kevin Ashton a cristalizarse. A esta nueva realidad se suma la existencia de varios proyectos de investigación auspiciados por organizaciones que impulsan la I+D+I, como es el caso de los proyectos sobre Ciudades Inteligentes. La idea de comenzar a convertir a las Ciudades en Inteligente (Smart City) es lo que dará la oportunidad de evaluar el impacto y la aceptación por parte de la sociedad del abanico de servicios innovadores que se crearan [4].

La IoT ha traído consigo entre otras cosas el uso integrado de las tecnologías de la información y las comunicaciones, el desarrollo y acuerdos sobre estandarización, y un nuevo modo de ver a toda la sociedad interactuando con una infraestructura de comunicaciones Persona-Máquina o M2M (Máquina a Máquina) que proporcionara una nueva generación de servicios en una Internet del Futuro con la interconexión de dispositivos de detección inalámbricos en Redes de Sensores Inalámbricos (WSN Wireless Sensor Network) basadas en IP [5].

La búsqueda de una arquitectura IoT de referencia válida que soporte los diferentes entornos y contextos del mundo de las cosas ha sido un desafío desde la misma aparición del concepto de la IoT. Han existido una serie de arquitecturas propuestas muchas de ellas definidas en contextos determinadas y dando soluciones a una parte del

mundo de las cosas. Daremos una mirada a dichas arquitecturas tomando como referencia para el trabajo el proyecto de la IoT-A por ser uno de los estudios más recientes realizados en este campo. También realizaremos una revisión de la arquitectura de referencia para la IoT propuesto por la IoT-A para lograr una comprensión de sus componentes propuestos y dar una mirada crítica sobre su alcance en relación con los conceptos funcionales de Internet de las cosas y las tecnologías involucradas.

2 Generalidades de Internet de las cosas: conceptos, aplicaciones, tendencias

El RFID group define la IoT como: “La red mundial de objetos interconectados direccionables basado exclusivamente en estándares de protocolos de comunicación” [2].

Para el Cluster of European Research Projects: “En la IoT se espera que “las cosas” conviertan a los participantes activos en procesos sociales, de información y negocios en donde “estas cosas” sean capaces de interactuar y comunicarse entre ellos mismos y con el ambiente a través del intercambio de datos e información detectada a su alrededor, mientras reaccionan automáticamente a los eventos del “mundo físico/real” y son influenciados a través de procesos en ejecución que disparan acciones y crean servicios con o sin la intervención directa del ser humano” [2].

En general, se puede afirmar que la IoT permitirá a los agentes integrantes o participantes de Internet, comunicarse desde cualquier lugar del mundo y en cualquier instante a través de un conjunto de tecnologías de información y comunicaciones con el objeto de ofrecer o utilizar los servicios de la red que permitan el control o monitorización de dichos agentes en tiempo real o en diferido de manera automática.

Entre algunas aplicaciones de IoT se tienen por ejemplo: una red de sensores inalámbricos que permitan controlar el cultivo de innumerables parcelas con diferentes tipos de granos en muy variadas condiciones en diferentes puntos del planeta produciendo miles de datos, una aplicación en tiempo real que proporciona los datos del viaje de un vehículo en función de los diversos sensores que puede tener, la monitorizan y optimización de las condiciones del flujo de tráfico vehicular en tiempo real [6]. Algunas de estas soluciones son muy puntuales e implementadas con tecnologías propietarias.

En enero de 2013, Telefónica lanzo Smart M2M Solution que conecta, gestiona y controla las comunicaciones M2M usando tarjetas SIM y como servicio derivado de esta solución se lanzó Smart Parking con la que se puede conocer el estado en tiempo real de las plazas de aparcamiento en zonas reguladas a través de sensores con tarjetas SIM, permitiéndole al usuario entre otros servicios el pago del aparcamiento a través del móvil. [7]

Las tecnologías que están dando paso a la IoT han madurado rápidamente y en los próximos años se espera ver más servicios que las exploten. Las tecnologías necesarias tendrán que facilitar la gestión de gran cantidad de datos, la captura, el encaminamiento y su análisis en función de tipo de aplicación ya sea en tiempo real o diferi-

do. La gestión de la gran cantidad de datos y la potencia de proceso tienen soluciones que se relacionan con otros paradigmas que se encuentran en la Cloud: Big Data y la Cloud Computing. El desafío está en la gestión a gran escala de los recursos de detección, recursos de computación de proceso, y del almacenamiento. En el caso del volumen de datos que se espera genere la IoT se perfila con un crecimiento exponencial como se muestra en la Fig. 1.

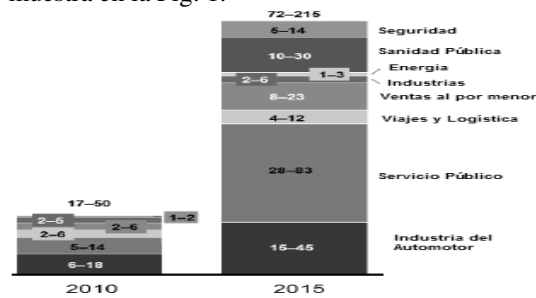


Fig. 1 Los datos generados por la IoT tendrán un crecimiento exponencial [6].

Las tecnologías manejadas por la IoT exigen un gran consumo de energía e incluso se están desarrollando propuestas de soluciones para garantizar la preservación del medio ambiente específicamente tales entornos [8].

En un mundo con sistemas de IoT, los objetos tendrán conexiones inteligentes y ubicuas, ya que se espera un mayor uso de la WiFi y el acceso a internet inalámbrico 4G-LTE (Long Term Evolution) [2]. Los sistemas serán complejos con elevado número de objetos interactuando alrededor de una persona, procesando en línea y en paralelo todos los eventos generados por cada objeto. Este es el caso de los entornos urbanos en donde los objetos deben trazar los millones de eventos que se generen. Se estima que para el 2015 habrá un crecido exponencialmente el número de dispositivos conectados a nivel mundial como se muestra en la Fig. 2.

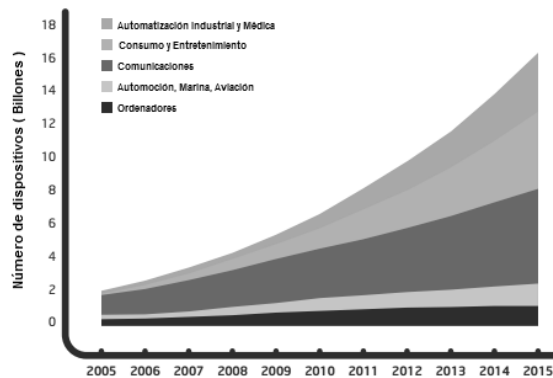


Fig. 2 Dispositivos comunicándose en una red mundial [9].

En vista del futuro tecnológico que se espera, rodeado de sensores y con el objetivo de facilitar estos cambios, ya se fabrican diminutos sensores y dispositivos electrónicos incorporándoles cierto grado de inteligencia a costes muy bajos que tienen un consumo reducido de energía [10].

La IoT conectará dispositivos tan diversos como lo son nuestro teléfono móvil y los electrodomésticos los cuales se encontraran en entornos inteligentes con capacidad de detectar y ejecutar funciones de manera automática. Entre las áreas con potencial aplicación se tienen: Smart Cities (y regiones), Smart Car and mobility, Smart Home y Asistencia Personal, Smart Industries, Seguridad Pública, Protección Ambiental y Energetica, Agricultura y Turismo todas formando parte de un futuro ecosistema IoT [10].

Uno de los primeros sectores que hizo uso de tecnologías IoT como son las etiquetas RFID se encuentran la logística, pero actualmente la tecnología RFID se está desplegando en una amplia gama de sistemas industriales y comerciales, incluyendo la fabricación, ventas al por menor, rastreo de animales, el transporte y la venta de entradas de admisión a conciertos [3]. Mediante radiofrecuencia la información viaja de las etiquetas RFID a un ordenador o dispositivo móvil con acceso a Internet, la cual es procesada para disparar procesos en función de determinados eventos.

Dentro del sector de la Sanidad también se pueden citar el uso de redes de sensores inalámbricas en hospitales basadas en el protocolo 6LoWPAN para monitorización de las constantes vitales de los pacientes. Existe también la asistencia online desde el domicilio del paciente hasta el centro médico que se realiza a través de conexiones Wi-Fi. Y las etiquetas RFID que se utilizan para facilitar el cuidado de las personas de la tercera edad a través de la monitorización de actividades como por ejemplo la ingesta de la medicación [11]. Las aplicaciones de IoT en el campo médico del futuro tiende a manejar la información de miles de pacientes que tendrán al alcance las tecnologías de IoT, dichos datos pueden ser explotados tanto por el usuario como por las organizaciones interesadas para controlar por ejemplo la producción de medicamentos o al envío de pedidos necesarios a los puntos de distribución antes de un posible desabastecimiento [3].

El proyecto que más ha ayudado a divulgar los conceptos de IoT durante los últimos años son las Smart Cities. Las Smart Cities son aquellos entornos en donde ya se está poniendo en práctica el conjunto de aplicaciones que traen consigo la IoT, como es el caso de la ciudad de Dubuque en el estado de Iowa en Estados Unidos de América que ya está desplegando infraestructuras inteligentes [12]. Mediante medidores inteligentes miden y transmiten los datos del consumo de agua y la electricidad de un conjunto de hogares tomados como piloto. Existe otra gama de dispositivos remotos, incluyendo teléfonos inteligentes y los sistemas RFID que actualmente ayudan a monitorear los patrones del uso de transporte a lo largo de Dubuque. A través de la Web, participantes del estudio acceden el tiempo real a sus datos de consumo de agua y electricidad permitiéndoles gestionar y optimizar el consumo de dichos recursos. En Dubuque los planificadores de transporte utilizan técnicas avanzadas de análisis de datos para optimizar el uso de la flota y de los horarios de autobuses de la ciudad basándose en los patrones de viajes de los usuarios.

Uno de los proyectos más recientes sobre Smart City es SmartSantander. SmartSantander es una ciudad a escala experimental con centros de investigación y de apoyo para la creación de aplicaciones y servicios típicos de una Smart City [4]. Se espera obtener modelos de arquitecturas que sirvan de referencia para el desarrollo de la IoT con la ayuda del desarrollo de aplicaciones con alto impacto en los ciudadanos para medir la aceptación social proporcionando confianza y seguridad en sus despliegues a los ciudadanos. Se prevé contar con la elaboración de un plan de explotación.

El uso de IoT traerá beneficios a toda la sociedad, las compañías eléctricas pueden ofrecer rebajas en sus facturas si sus clientes no sobrepasan ciertos límites de consumo que pueden ser controlados por ellos mismos en tiempo real, las aseguradoras de coche podrían cobrar por los buenos comportamientos al volante de sus clientes (datos que pueden ser obtenidos a través de sensores en sus vehículos) [13], con el uso de la tecnología RFID y los códigos BiDi (Bi-Directionalcode) y QR (Quick Response code) la ubicación de objetos o animales perdidos aumentará la probabilidad de encontrarlos.

El dispositivo por excelencia a incentivar el uso de aplicaciones IoT será el teléfono inteligente. Actualmente, los teléfonos inteligentes están ya equipados con una serie de sensores y actuadores: cámara, el micrófono, acelerómetros, indicador de temperatura, altavoces, pantallas, etc. Pero se espera que existan otra serie de productos innovadores de detección portátiles [10]. A través de los teléfonos actualmente se pueden ubicar los lugares más cercanos para visitar o ir a comer. Las recomendaciones que pueda realizar una aplicación en base a datos recolectados de tus patrones de preferencias son servicios que tienen un nuevo mundo por descubrir [14]. En los últimos años la planificación de las vacaciones ha cobrado una mayor dependencia del uso del teléfono inteligente por parte del usuario. Existen aplicaciones que te ayudan en todas las partes del proceso desde la búsqueda del billete, pasando por el embarque, el alojamiento y las visitas programadas con facilidades de reconocimiento de voz de otros idiomas [15].

A lo largo de los últimos años se han desplegado redes de sensores inalámbricas con diversos tipos de tecnologías algunas de estas soluciones son propietarias (es el caso de Sistemas M2M) y su integración es un gran desafío que habrá que acometer

en los próximos años. La tendencia actual es que pasen de utilizar estándares cerrados y propietarios a adoptar redes de sensores basadas en IP usando estándares emergentes como 6LoWPAN/IPv6 [16]. Durante los próximos años se espera que el hardware de sensores sea más pequeño, potente, inteligente y que comience a incrementarse el uso de dispositivos con sistemas M2M estandarizados así como el uso de las redes de sensores inalámbricas, por lo que se necesitará el desarrollo de algoritmos óptimos que permitan la comunicación entre máquinas y del desarrollo de software que permita analizar gran cantidad de información en tiempo real.

En definitiva, las aplicaciones de los conceptos de IoT son muy diversas y tienen perspectivas de un potencial crecimiento debido a los avances tecnológicos, pero al mismo tiempo habrá que confrontar varios retos como son la gestión de gran cantidad de datos, la falta de capacidad de procesamiento en línea, la gestión del consumo de energía, la interoperabilidad entre sensores y una falta de integración de sus componentes. Todo esto es fundamental para la explotación de los datos a través nuevos productos y servicios basados en la ubicuidad y en la innovación.

3 Dominios de Aplicación de IoT.

3.1 Una aproximación de los dominios aplicativos de la IoT.

En el libro del CERP-IoT (Cluster of European Research Projects on the Internet of Things), “Vision and Challenges for Realising the Internet of Things” de 2010, se presenta una aproximación de los dominios de las aplicaciones de IoT [17]. El concepto de Internet de las cosas al tener que conectar todas las cosas existentes en muchos entornos, la interpretación de lo que es “una cosa” se percibe de manera diferente y en función del ámbito en el que se utilice. Agregando valor y ampliando capacidades tanto de localización y de identificación con ayuda de tecnologías de vanguardia su penetración en el mundo se extiende a cualquier ámbito. Con el fin de pensar en las posibilidades posibles de aplicaciones de la Internet de las cosas, en principio es necesario identificar los principales dominios de aplicación que podemos ver en la figura 3.

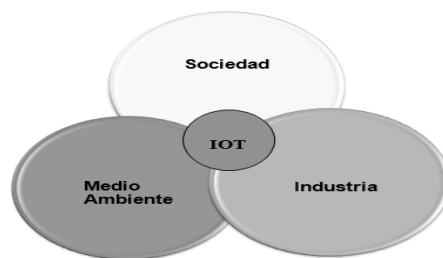


Fig. 3. Dominio de Aplicaciones de IoT

Tabla 1. Dominios, Características y Ejemplos varios

Dominio	Descripción	Ejemplos indicativos
Industria	Las actividades que involucran las transacciones financieras o comerciales entre empresas, organizaciones y otras entidades	Fabricación, logística, sector de los servicios, la banca, las autoridades gubernamentales financieras, intermediarios, etc.
Medio ambiente	Las actividades relacionadas a la protección, la supervisión y el desarrollo de todos los recursos naturales	Agricultura y la cría de animales, el reciclaje, los servicios de gestión ambiental, gestión de la energía, etc.
Sociedad	Actividades o iniciativas relacionadas con el desarrollo y la inclusión de las sociedades, ciudades y personas	Los servicios gubernamentales hacia los ciudadanos y otras estructuras de la sociedad (e-participación), e-inclusión (por ejemplo, las personas mayores, las personas con discapacidad), etc.

Las características de cada dominio y algunos determinados ejemplos se presentan en la Tabla 1.

Los dominios de IoT están relacionados ya que las aplicaciones de cada dominio no están completamente aisladas, de esta manera las aplicaciones se tienen que ver desde un punto de vista intra y extra dominio y sus implicaciones con sus dominios vecinos. Por ejemplo, el control de la cadena alimentaria, o mercancías en peligrosas, no sólo tiene que ver con la propia industria, sino que también tiene implicaciones sociales que necesitan ser tomados en consideración. Aunque los dominios de aplicaciones tienen diferentes objetivos o metas, no tienen significativamente diferentes requisitos con respecto a la IoT y a las aplicaciones que serían desplegadas en una plataforma en un sistema completo.

En paralelo, al CERP-IoT por otro lado los dominios de aplicación de la IoT identificados por IERC se basan en las aportaciones de expertos, encuestas e informes. La aplicación IoT abarca entornos o espacios "inteligentes" en dominios tales como: transporte, construcción, ciudad, estilo de vida, las ventas al por menor, la agricultura, las fábricas, cadenas de suministros, servicios de emergencia, cuidado de la salud, cultura y turismo, interacción con el usuario, medio ambiente y energía. A continuación se presenta una lista extendida de entornos inteligentes en donde se aplica o se aplicara la IoT [18]: SmartCities, Smart Environment, Smart Water, Smart Metering, Security & Emergencies, Retail, Logistics Industrial Control, Smart Agriculture, Smart Animal Farming, Domestic & Home Automation, eHealth

3.2 Aplicaciones de la IoT

3.2.1. Aeroespacial y Aviación

El internet de las cosas puede ayudar a la seguridad y protección de productos y servicios protegiéndolos de la falsificación. La aviación industrial por ejemplo recibe

serias falsificaciones en las partes de las aeronaves, la cual producen pérdidas y accidentes irreparables. A este problema se lo conoce como “SUP”, un SUP es una parte de la aeronave que no se garantiza que cumpla con los requisitos aprobados para su uso. Este problema puede ser resuelto con la introducción de electrónica en ciertas partes de aeronaves, con esto nos podemos asegurar la originalidad de los productos.

Otra aplicación, es la monitorización inalámbrica de la aeronave mediante el uso de dispositivos inteligentes con capacidades de detección, disponibles dentro de la cabina o en el exterior y conectado a los sistemas de seguimiento de aeronaves.

3.2.2. Automoción

Aplicaciones en la industria automovilística incluyen el uso de “Smart things” para supervisar e informar de todo, desde la presión de los neumáticos hasta la proximidad de otros vehículos. La tecnología RFID se utiliza para optimizar la producción de vehículos, mejorar la logística, aumentar el control de calidad y mejorar el servicio al cliente.

El uso de dispositivos inalámbricos ayudan a identificar mejor donde están las cosas, lo que hace posible acelerar los procesos de montaje y localizar vehículos o componentes en una fracción del tiempo. Por lo tanto, comunicaciones de corto alcance (DSRC) tendrán la posibilidad de tener tasas de bits más altas y así reducir la posibilidad de interferencia con otros equipos, generando con esto que las comunicaciones de vehículo-a-vehículo (V2V) y Vehículo-a-Infraestructura (V2I) avancen significativamente en los sistemas inteligentes de transporte, como por ejemplo; servicios de seguridad de vehículos.

3.2.3. Telecomunicaciones

IoT creará la posibilidad de fusión de diferentes tecnologías de telecomunicaciones para crear nuevos servicios. Un ejemplo es el uso de GSM, la tecnología NFC (Near Field Communication), Bluetooth de bajo consumo, WLAN, redes hop múltiples, GPS y sensores de redes, junto con la tecnología de la tarjeta SIM. NFC permite la comunicación entre los objetos de una manera sencilla y segura sólo por tener ellos cerca uno del otro. Por consiguiente, el teléfono móvil puede ser utilizado como un lector de NFC y transmitir los datos leídos a un servidor central. Cuando se utiliza en un teléfono móvil, la tarjeta SIM tiene un papel importante como la edad de almacenamiento para los datos de la NFC y las credenciales de autenticación (como números de los billetes, los recuentos de tarjetas de crédito, información de ID, etc).

Se podría decir que en un futuro no muy lejano las fronteras de la IoT y las redes clásicas de telecomunicaciones convergerán haciendo un cruce de dominios y así apoyar la creación de servicios de información, y al mismo tiempo garantizar la protección.

3.2.4. Edificios Inteligentes

Tecnologías de automatización de edificios o casas han sido desarrolladas para oficinas y departamentos de lujo. Muchas investigaciones actuales se están desarrollando para lograr tener una “casa smart”, pero como esta tecnología es cara se están desarrollando aplicaciones acorde a las necesidades humanas y a su factor económico, como por ejemplo: tener contadores inteligentes es cada vez más popular para medir el consumo de energía y permitir transmitir esta información al proveedor del servicio eléctrico.

El uso de automatización de dispositivos del hogar con las tecnologías de comunicación inalámbrica (por ejemplo ZigBee, 6LoWPAN, etc) permitirían que todas las cosas del edificio puedan tener una comunicación bidireccional con los demás. Por ejemplo el monitor de la pantalla táctil en la nevera se puede utilizar para cambiar la configuración del termostato o un teléfono móvil que entra en el edificio puede activar preferencias de configuración en base al perfil de la persona.

3.2.5. Salud y Tecnología médica

La IoT tendrá muchas aplicaciones en el sector de la salud, con la posibilidad de utilizar el teléfono móvil con capacidades de RFID con sensores como una plataforma para la monitorización de parámetros médicos y la administración de fármacos. Las grandes ventajas de estos sistemas serían la prevención, monitoreo de accidentes y el diagnóstico rápido de algún paciente.

La combinación de sensores, RFID, NFC (Near Field Communication), Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN, WirelessHART, ISA100, WiFi permitirá mejorar significativamente la medición y los métodos de seguimiento de las funciones vitales (temperatura, presión arterial, frecuencia cardíaca, niveles de colesterol, glucosa en la sangre, etc.). Adicionalmente, se espera que la tecnología de sensores esté disponible a un costo mucho menor con el apoyo incorporado para la conectividad y monitorización remota.

3.2.6. Vida Independiente

Aplicaciones y servicios de IoT tendrán un gran impacto en cada una de las vidas independientes ofreciendo apoyo a una población que envejece, detectando las actividades de la vida diaria mediante sensores capaces de monitorear interacciones sociales, además de esto, se tendrá un seguimiento de enfermedades crónicas mediante sensores portátiles de signos vitales y sensores localizados en el cuerpo.

Con la aparición de los algoritmos de detección de patrones y aprendizaje automático, las "things" en el entorno de un paciente serían capaces de realizar el cuidado del mismo, debido a que las cosas pueden aprender las rutinas regulares y generar alertas o enviar notificaciones en situaciones de anomalía.

3.2.7. Farmacéutica

En IoT, particularmente el dominio de los productos farmacéuticos, al igual que cualquier tecnología a ser aplicada directamente sobre el ser humano, una adecuada aplicación es de suma importancia para prevenir el comprometer la salud de los pacientes.

La posibilidad de monitoreo mediante sensores al estatus de productos farmacéuticos que deben pasar a través de una cadena de suministros hasta llegar a los pacientes, tiene múltiples beneficios como:

- Identificación de productos que requieren especiales condiciones de almacenamiento o transporte.
- Seguimiento de medicamentos originales que cumplen estándares de calidad, de forma que se posibilite la detección de productos falsificados y mantener la cadena de suministros libre de estafadores.

Así también, las etiquetas inteligentes sobre medicamentos pueden beneficiar a los pacientes informando a de dosis, fecha de caducidad, y asegurando la autenticidad del medicamento.

A través de etiquetas inteligentes conjuntamente con un gabinete de medicina también inteligente, que lee la información transmitida por las etiquetas de los medicamentos, los pacientes pueden recibir un recordatorio para tomar su medicamento a intervalos apropiados, en las dosis prescritas y el cumplimiento del paciente puede ser monitoreado.

3.2.8. Ventas al por menor, Logística y Cadena de Suministro

Implementar IoT en las cadenas de ventas al por menor a través de RFID en los productos o ítems sumados a estanterías inteligentes, tiene muchas ventajas. Posibilita un seguimiento en tiempo real permitiendo la optimización de varias aplicaciones, como la comprobación automática de la entrada de mercancías, el seguimiento en tiempo real de los inventarios, el seguimiento fuera de las poblaciones o la detección de robo. El potencial de ahorro en una tienda al por menor es grande. Por ejemplo, en todo el mundo las pérdidas que se producen cuando los estantes llegan a quedar vacíos se estiman en 3,9% del total de ventas.

Así mismo, los datos de la tienda al por menor pueden utilizarse para optimizar la logística de la cadena de suministro ya que si los fabricantes conocen la existencia de inventarios y los datos de ventas de los minoristas, dichos fabricantes pueden producir y enviar la cantidad necesaria de los productos, evitando así ya sea una excesiva o una insuficiente producción.

Por otra parte, en la misma tienda la IoT ofrece muchas aplicaciones como: la orientación en la tienda de acuerdo con una lista de compras preseleccionada, soluciones como pago rápido automático de salida utilizando biometría, detección del potencial alergénico de un determinado producto, incluso marketing personalizado en caso de aceptarse, etc.

3.2.9. Manufactura, administración Del ciclo de vida Del producto

Mediante la vinculación de artículos con tecnología de la información, ya sea a través de dispositivos inteligentes integrados o mediante el uso de identificadores únicos, los procesos de producción se pueden optimizar y todo el ciclo de vida de los artículos, desde la producción hasta la disposición puede ser monitoreado.

Mediante el etiquetado de artículos y envases, una mayor transparencia puede ser adquirida del estado de la planta de producción, la ubicación y disposición de los lotes y el estado de las máquinas. La granularidad y detalle de la información sirve como datos de entrada para los programas de producción refinados y mejora de la logística. Soluciones de manufactura auto-organizados e inteligentes de fabricación pueden ser diseñadas alrededor de los artículos identificables.

Desde el inicio de la producción hasta el final del ciclo de vida, el historial de un artículo y su estado actual se pueden continuamente monitorear y almacenar en la etiqueta o en el sistema de información. Los datos reflejan la historia de uso de un producto que incluye información valiosa para el diseño de productos, la comercialización y el diseño de los servicios relacionados con el producto. Así como también al final del ciclo la toma de decisiones para un reciclaje seguro y respetuoso con el medio ambiente, aplicación de reciclaje, re manufactura o eliminación del producto.

3.2.10. Industrias de procesamiento - Petróleo y Gas

La industria del petróleo y el aceite está usando arquitecturas escalables que consideran posibilidades como “plug and play” de nuevos métodos de identificación combinados con detección/actuación integrada con infraestructura de IoT. E integra el monitoreo móvil del personal petrolero en situaciones críticas en tierra o mar adentro, seguimiento de contenedores, seguimiento de los componentes de tubería en la cadena de perforación, monitoreo y administración de equipo fijo.

La IoT podría ayudar a reducir los accidentes en la industria del petróleo y el gas. Por ejemplo, los contenedores con mercancías peligrosas se pueden hacer inteligentes equipándolos con nodos de sensores inalámbricos para seguimiento y monitoreo.

Un posible escenario es que estos nodos envían periódicamente mensajes de información sobre el producto químico que está en el interior del contenedor al que están unidos, así como el límite máximo de almacenamiento de este producto químico en la ubicación actual.

3.2.11. Protección, Seguridad y Privacidad

Dispositivos identificables inalámbricos son usados en diferentes áreas para incrementar la protección y seguridad. Varios de estos son:

Vigilancia del medio ambiente: como temblores, terremotos, tornados, tsunamis, incendios forestales, inundaciones, contaminación.

Monitoreo de edificios: fugas de agua, gases, fuego, vibraciones, entrada no autorizada, vandalismo.

Personal: alarma de asalto, vigilancia de equipamiento, sistemas de pago, seguridad de identidad.

Regular el uso de chips en el cuerpo humano ha sido rechazado, sin embargo en los últimos tiempos ha aumentado la aceptación al uso de éste tipo de tecnologías, aunque no deja de tener algunos aspectos legales que pueden ser violentados, no deja de ser cierto que existen casos que sería justificado el implante de un chip, como por ejemplo en pacientes diabéticos para monitorear el nivel de azúcar en su sangre, o como un desfibrilador automático en el caso de otros pacientes.

Lo cierto es que el creciente uso de dispositivos identificables inalámbricos ha abierto más oportunidades y amenazas, dado la proliferación de datos, su compartición y la posibilidad de que esta información sea interceptada por terceras personas.

A nivel de los consumidores, queda por investigar la cantidad de información que se puede extraer de la electrónica de consumo a través de sensores, y en qué medida esto puede ser regulada por la ley.

3.2.12. Monitoreo Ambiental

Uno de los segmentos de mercado más prometedores en el futuro, como parte de la utilización de las tecnologías de la IoT, es el uso de dispositivos inalámbricos identificables en aplicaciones relacionadas con la naturaleza y conservación del medio ambiente. Donde se estima habrá un aumento en el uso de dispositivos inalámbricos en los programas de identificación con el medio ambiente en todo el mundo.

En este sentido, se están realizando trabajos para estandarización de las tecnologías de RFID y WSNs. A través de las que se podría lograr una velocidad de hasta 1Mbps, integración de sensores heterogéneos con diferentes frecuencias de trabajo. Esto abrirá nuevas aplicaciones con impactos positivos sobre la sociedad tales como: el monitoreo remoto de datos en escenarios de desastre, conectividad ubicua para monitores de salud en las redes de área corporal y banda ancha inalámbrica para áreas rurales.

Las comunicaciones seguras son también una preocupación de los usuarios finales. Mientras tanto, los operadores están buscando previamente a incurrir en gastos de capital con el funcionamiento las redes de RFID, minimizar los costos de operación tales como el consumo de energía y los costos de sitio (instalación, integración, mantenimiento).

3.2.13. Transporte de Personas y Mercancías

El IoT ofrece soluciones para sistemas de peajes y sus tarificación, sistemas de controles de pasajeros y bolsos que suben a los transportes comerciales (marítimos, aeropuertos y estaciones de ferrocarril), así como el control de mercancías que circulan a través del sistema de carga internacional que apoya las pretensiones de los gobiernos y la industria del transporte, para satisfacer la creciente demanda de seguridad en el mundo.

Monitoreo de los atascos de tráfico a través de los teléfonos celulares de los usuarios y el uso de sistemas de transporte inteligentes (ITS) van a mejorar y hacer que el transporte de mercancías y personas más eficientes. Las empresas de transporte se convertirán en más eficientes con contenedores de embalaje que se pueda escanearse y pesarse ellos mismo. Esto reduciría el consumo de recursos mediante la optimización de los flujos de mercancías en transporte.

3.2.14. Trazabilidad de alimentos

En Europa, la trazabilidad de los alimentos es obligatoria a través de la regulación de la EU-178/2002, y en los EE.UU. es ejecutada por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA - Food and Drug Administration). La trazabilidad de alimentos eficiente puede salvar vidas por el descubrimiento de patógenos con anticipación o atajarlos con urgencia.

La Internet de las cosas puede ayudar a la implementación de trazabilidad de los alimentos, por ejemplo, si la tecnología RFID se adjunta a los artículos (a través de niveles de etiquetado de los artículos), entonces la información de seguimiento se puede almacenar y actualizar en los mismos artículos.

3.2.15. Agricultura y la cría de animales

Las regulaciones para la trazabilidad de los animales agrícolas y sus movimientos requieren el uso de tecnologías como la IoT, haciendo posible la detección en tiempo real de los animales, por ejemplo, durante los brotes de enfermedades contagiosas manteniendo continuamente el censo de los rebaños en las granjas. Además, las muestras de sangre y tejidos se pueden identificar con precisión, y el estado de salud de los rebaños, las regiones y los países pueden ser certificados por el uso de la IoT.

Con el Internet de las cosas, los agricultores individualmente pueden ser capaces de distribuir las cosechas directamente a los consumidores cambiando toda la cadena de suministro a una cadena más directa con la garantía de identificación de cosecha previamente negociada.

3.2.16. Medios, Entretenimiento y venta de entradas

La recopilación de noticias específicas sobre eventos utilizando el IoT, basados en la ubicación. En un escenario futuro, se puede prever que la recopilación de noticias sobre eventos pueda ocurrir a través de las consultas vía Internet de las cosas. Se pueden detectar los dispositivos con capacidades multimedia y enviarles por ejemplo una promoción sobre de las ventas de un determinado concierto. Adicionalmente, los carteles que promocionan determinados eventos podrían contener una etiqueta RFID que pueda permitir a través de un lector este tipo de etiquetas (integradas por ejemplo en un móvil) la conexión a una dirección URI, que proporciona más información relacionada con el evento del cartel.

3.2.17. Seguros

Un ejemplo es el seguro de automóvil. Si los clientes de seguros están dispuestos a aceptar grabadores electrónicos en su coche, que son capaces de registrar la aceleración, velocidad y otros parámetros, y comunicar esta información a su compañía de seguros, esto probablemente consiga una tarifa o prima más barata. El asegurador puede ahorrar costes a través del buen comportamiento del conductor de un coche. A parte de ahorrar costos, se pueden ofrecer descuentos a las primas de seguro. Esto podría ser extensible a otros activos de las empresas o familiares.

3.2.18. Reciclaje

Las tecnologías de la IoT inalámbricas se pueden utilizar para avanzar en la eficiencia y eficacia de numerosas ciudades importantes y de los programas nacionales medioambientales, incluyendo la monitorización de las emisiones de los vehículos que ayuda a supervisar la calidad del aire, la recolección de materiales reciclables. RFID se utiliza para identificar los subcomponentes electrónicos de ordenadores, teléfonos móviles, etc., para aumentar la reutilización de estas partes y reducir los desechos electrónicos.

4 Tecnologías en entornos inteligentes

La Internet de las Cosas (IoT) es un desarrollo reciente en el área de la computación pervasiva. La computación pervasiva está siendo utilizada por algunos autores como sinónimo, otros consideran la computación pervasiva como la tecnología de computación que penetra en los objetos cotidianos. Le tomó cerca de una década a las tecnologías subyacentes madurar hasta ser probados en los primeros escenarios previsivos realistas de los laboratorios. Esta primera fase de la computación previsiva fue bastante eufórica, con la idea de instrumentar cada cosa, creando redes masivas de sensores inalámbricos y dispositivos de computación reduciéndolos a "polvo inteligente" o pintados en las paredes [19].

La siguiente fase trajo el choque con la realidad: Todos estos pequeños dispositivos tendrían que ser administrado, necesitarían el suministro de energía, y ser aceptados por los usuarios. Así, en la actualidad encontramos una revisión del enfoque, teniendo en cuenta un menor número de dispositivos, que estarían cableados o en forma inalámbrica dependiendo de los requerimientos, y más inteligencia programada en los dispositivo, que requieren algoritmos más sofisticados. La Internet de las cosas se centra en el aspecto de las redes de computación previsivas, con una gran cantidad de comunicación entre los dispositivos, así denominado, así como las comunicaciones de Máquina a Máquina (Machine-to-Machine Communication - M2M). A continuación se introducirán las tecnologías de internet de las cosas desde la perspectiva de las Smart Cities, para tener una aproximación más extendida de las tecnologías pervasivas en entornos inteligentes.

Una Smart City es un ecosistema formado por los componentes existentes en una ciudad en donde subsisten infraestructuras de comunicación que tienen capacidad de detectar datos del entorno; además, proporcionar servicios de gestión de la información y control de sus componentes a los agentes participantes en tiempo real o en diferido [20], [21]. Todos los elementos presente en una ciudad incluidas las infraestructuras de la información y comunicaciones están interconectados y la dependencia de energía y el consumo de recursos tienen un impacto directo con el ambiente tal como se muestra en la Fig. 4. Este nuevo concepto de ciudad inteligente trae consigo la oportunidad de que los sistemas inteligente en dichas ciudades ayuden sus componentes a hacer un uso racional de sus recursos con el objetivo de hacerla sostenible [22].

En el año 2010, Telefónica clasifico los componentes tecnológicos de las Smart Cities: un conjunto de tecnologías de detección y recolección de datos, de comunicaciones de datos, de almacenamiento y análisis de datos acompañada además de una plataforma de prestación de servicios [20], [21].



Fig. 4 Interrelación entre los sistemas de la ciudad

4.1 Tecnologías de detección y recolección de datos

- Los sensores recolectan la información (por lo general variables físicas) del entorno de la ciudad, se pueden integrar a las infraestructuras urbanas ya sean la vía pública o en los sistemas de distribución de servicios que envuelven la ciudad, en todo tipo de vehículos, o anclarlos a animales o personas, o en general en cualquier objeto que este fijo o tenga movilidad y que esté conectado a la red de comunicaciones de la ciudad.

Podemos definir un sensor (también llamado un detector) como un dispositivo que responde a un estímulo físico, mide la cantidad estímulo físico, y la convierte en una señal, generalmente eléctrica, que puede ser leída por un observador o por un instrumento [23]. En base a esta definición, un sensor es básicamente un dispositivo eléctrico. Podría ser un terminal M2M (Machine-to-Machine), un lector RFID (Ra-

Radio Frequency Identification, identificación por radiofrecuencia), o un medidor de SCADA (Supervisory Control And Data AcquisitionSupervisión,Control y Adquisición de Datos). En este último caso cabe indicar que los sistemas SCADA permiten la automatización de procesos industriales complejos en los que el control humano es poco práctico.

Además de los sensores tenemos a los actuadores y diferentes dispositivos, entre los que hay que incluir los móviles de las personas, diferentes aparatos del entorno del hogar, los existentes en los vehículos, así como los dispositivos de medida situados en infraestructuras fijas, como mobiliario urbano, edificios, sistemas de canalización y tuberías, estaciones meteorológicas, etcétera.

Las redes de sensores actuales tienen multitud de uso y cada una con diferentes estándares, protocolos y formatos de datos, por lo que es necesaria una plataforma que gestione esas diferencias (Ver Figura 5).



Fig. 5 Medidores conectados a Internet

Los sensores disponibles en los teléfonos inteligentes pueden generar grandes cantidad de datos útiles en tiempo real por lo que la red de comunicaciones de la ciudad debe actuar en consecuencia optimizando sus servicios. Los sensores adaptados a un objeto recuperan información del entorno y desencadenan una acción y son localizables en todo momento. Así, los teléfonos inteligentes se han convertido en el dispositivo número uno para la penetración de la IoT, lo cual exigirá que los sensores comiencen a tener cierto grado de capacidad de proceso o almacenamiento de dato y puedan así realizar ciertas tareas de manera autónoma.

Ya se ha indicado la posibilidad de tener como sensor a los lectores RFID dentro del grupo de tecnologías de detección y recolección de datos ya que la información contenida en las etiquetas RFID puede ayudar a generar acciones dentro de un sistema. En paralelo, hay otras tecnologías como: NFIC (Near Field Communication) y los populares códigos BiDi y QR que pueden ser leídos por los teléfonos móviles y permite a hoy a los usuarios realizar determinadas acciones. A los sistemas interesados

en adoptar esta tecnología dichos datos les permitirá crear servicios que exploten la información contenida en dichos códigos.

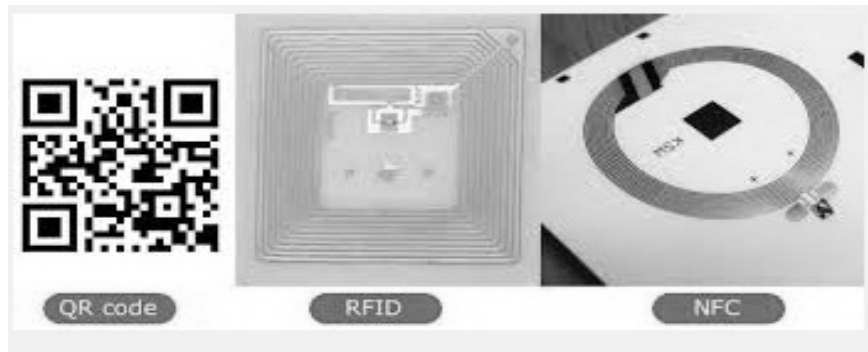


Fig. 6 Tecnologías QR, RFID y NFC

Por último hablaremos de la tecnologías de sistemas microelectromecánicos (MEMS) que es una tecnología de muy pequeños dispositivos mecánicos impulsados por electricidad. Fusiona a nanoescala los sistemas nanoelectromecánicos (NEMS) y la nanotecnología. Los MEMS también se conocen como micromáquinas en Japón, o Tecnología de Microsistemas en Europa. Los MEMS pueden actuar como un sensor o actuador, o un transductor [23] [24].

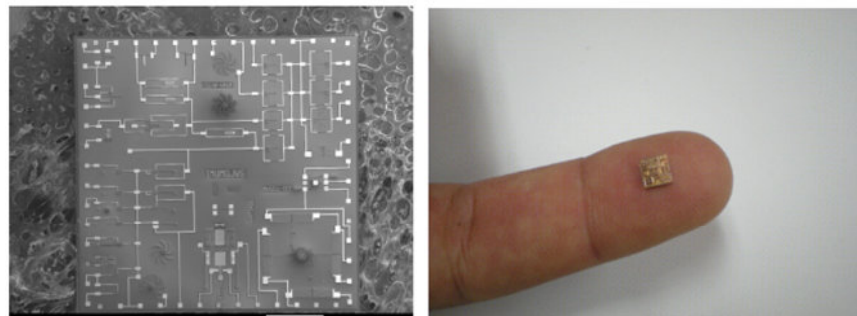


Fig. 7 Imagen SEM del microchip fabricado que contiene un prototipos MEMS mas de 40 Microdispositivos MEMS.

4.2 Tecnologías de comunicaciones de datos

La infraestructura de comunicaciones es fundamental en los sistemas pervasivos y se incluyen dentro de las ciudades ya sea como redes fijas y redes inalámbricas. Las redes inalámbricas permitir la conexión de todo tipo de vehículos, dispositivos móviles y personas como parte integrante del sistema [20], [21].

Con respecto a las tecnologías M2M están teniendo un gran impacto en las nuevas redes inalámbricas por lo que se están haciendo verdaderos esfuerzos en los procesos de estandarización que faciliten el uso de los servicios específicos de los sistemas M2M. No obstante en las Smart City será necesaria la existía de la conexión directa entre dispositivos M2M y será necesaria la interacción con otros sistemas como las redes inalámbricas a las cuales se podrán llegar por medio de pasarelas.

La tecnología inalámbrica permite ofrecer una gama de nuevos productos y servicios basados en la ubicuidad y en la innovación. De hecho el usuario actual asume que al lugar donde va, tiene acceso a su Red y le permita realizar sus actividades diarias y poder usar cualquier servicio que permita su movilidad. Si compran algo quieren saber si dicho producto tiene facilidades de conexión y control desde su Red.

Tabla 2 Características de redes inalámbricas

	Nivel físico y MAC	Radio de acción	Tasa de bits	Consumo	Normas
ZigBee	802.15.4-2003 DSSS CSMA-CA	10-100m interior ~1Km exterior	250Kbps (2.4GHz) 20Kbps (868MHz) 40Kbps (915MHz)	Consumo pico 50mW (2.4GHz) En suspensión: <1μW	Estándar de facto
Wavenis	Propietario	200m interior – 1km LOS	desde 10kb/s hasta 100kb/s	18 mA RX, 45 mA TX y 2μA en suspensión	Propietario
Wireless MBus	EN 13757-4:2005	60-80m interior, 500 m exterior sin obstáculos	desde 16 Kbps-66 Kbps, hasta 100 kbps	22 mA RX, 37 mA TX y 0,2 uA en suspensión	Estándar EN
Z-Wave	Propietario	30m interior 100m exterior	40-100Kbps	20mA suspensión: 1μA	Propietario
WiFi low power (GainSpan Wi-Fi low power optimized chip)	802.11b/g DSSS CSMA-CD	50-70m interior <300m exterior	1/2/5.5/11Mbps	60mW suspensión: 5 μW	Estándar
WiMAX (Altair's ALT2150 chipset lowpower)	Se basa en IEEE 802.16	Hasta 75 km	hasta 75 Mbps	230mW-49 mW	Estándar
PLC Watteco	Línea eléctrica	50m (objetivo: 150m)	10Kbps (objetivo: 40Kbps)	Inferior a ZigBee y Z-Wave	Propietario
PLC NEC	Línea eléctrica	-	100bps-30Kbps	25mW	Propietario
GSM/GPRS (Telit GM862 Quad module)			hasta 85,6 Kbps	Modo en reposo 2,6 mA, GPRS cl. 10(max): 370 mA	Estándar

Entorno de las comunicaciones de hoy es una mezcla compleja de redes cableadas e inalámbricas. Se necesitamos una red de próxima generación (NGN), que cuenta con más capacidad de transición entre los diferentes tipos de redes. La idea general detrás de la NGN es que una red transporta toda la información y los servicios (voz, datos, y todo tipo de medios de comunicación tales como vídeo) mediante la encapsulación de estos en paquetes, similares a los utilizados en la Internet y el término todo-IP también a veces se utilizan para describir la transformación hacia las NGN. Por ejemplo, la evolución a largo plazo del 3GPP (LTE) es un estándar para la comunicación inalámbrica de datos de alta velocidad, una de las características más importantes de LTE es que va a ser una arquitectura de red plana todo IP incluyendo QoS extremo a extremo [23].

Después del cambio, de IPv4 a IPv6, cada conducto en el planeta, podría tener una dirección IP fija, lo que tendría un enorme impacto en el Internet de las cosas en todos los aspectos. Cuando se habla de la IoT, en las comunicaciones inalámbricas se tratan los temas relacionados con M2M, RFID y WSN ya que se basan en tecnologías inalámbricas. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de automatización industrial, automatización de edificios, entre otros se construyen utilizando la tecnología SCADA con redes TCP / IP cableadas, por lo que el desarrollo de la Internet de las cosas, por el momento, debe cubrir tanto las redes cableadas e inalámbricas.

4.2.1 Redes alámbricas

Las redes cableadas para la IoT se pueden categorizar como las redes de corto basados en bus de acceso, sobre todo para las aplicaciones SCADA y redes basadas en IP, para M2M y aplicaciones SCADA. Las redes basadas en IP son ampliamente utilizados y su bien conocida pila de protocolos, junto con el protocolo SS7 y el protocolo de TV por cable DOCSIS (data-over-cable service interface specification), SON las redes candidatas para un plan de convergencia [23].

SS7 (Sistema de Señalización 7) es un componente crítico de los sistemas modernos de telecomunicaciones (PSTN, xDSL, GPRS, etc.). Todas las llamadas en cada red dependen del SS7. Del mismo modo, el usuario de teléfono móvil depende de SS7 para permitir la itinerancia entre redes. SS7, es una forma de conmutación de paquetes, también es el "pegamento" que mantiene unido las redes de conmutación de circuitos (tradicionales) con las redes basadas en el protocolo de Internet.

DOCSIS es un estándar internacional que permite la adición de la transferencia de datos a alta velocidad a un sistema de televisión por cable ya existente. Es empleado por muchos operadores de televisión por cable para proporcionar acceso a Internet a través de su actual HFC (hybridfiber-coaxial) infraestructura.

Un sistema industrial automatizado complejo, como una línea de montaje de fabricación, por lo general tiene una jerarquía organizada de sistemas de control para funcionar. En esta jerarquía, existe por lo general un SCADA / HMI (interfaz hombre-máquina) en la parte superior, donde un operador puede controlar o manejar el sistema. Esto suele estar vinculada a una capa intermedia de controladores lógicos pro-

gramables (PLC) a través de un sistema de comunicación en tiempo no-crítico (por ejemplo, Ethernet).

En la parte inferior de la cadena de control es el bus que une los PLCs de los componentes de los dispositivo IoT que realmente hacen el trabajo, tales como sensores, actuadores, motores eléctricos, la consola luces, interruptores, válvulas, y contactores. El protocolo industrial común (CIP) es la base para una familia de tecnologías afines y tiene numerosos beneficios tanto para los fabricantes de dispositivos y los usuarios de los sistemas de automatización industrial. La primera de las tecnologías basadas en CIP, DeviceNet, surgió en 1994 y es una implementación del CIP sobre CAN (ControllerArea Network), que proporciona la capa de enlace de datos para DeviceNet.

4.2.2 Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas para la IoT se pueden clasificar de la siguiente manera [23]:

Redes de mallas de corto alcance (incluyendo la comunicación de campo cercano [NFC], por lo general de banda estrecha y PAN, LAN y MAN inalámbricas), RFID, WiFi, WiMax, etc.;

Redes de larga alcance (vía redes celulares, WAN inalámbrica) GSM, CDMA, WCDMA, y otras redes, así como la comunicación vía satélite.

Las redes de malla inalámbricas de corto alcance son las técnicas de comunicación fundamentales de WSN y RFID. Las redes celulares de largo alcance son redes fundaciones para M2M. Los estándares de comunicaciones inalámbricas también se pueden clasificar como estándares para redes de comunicaciones celulares (tales como GSM, CDMA, HSPA, LTE, etc) y las redes de conectividad inalámbrica (como Bluetooth, WiFi, WiMax). Se esperan que nuevos estándares aparezcan debido a los requerimientos de redes inalámbricas para las comunicaciones entre máquinas. El ETSI tiene ahora un comité técnico se centró exclusivamente en M2M. La figura 8 muestra el espectro de estándares de comunicaciones inalámbricas de corto alcance a largo plazo. RFID y NFC son partes de WPAN.

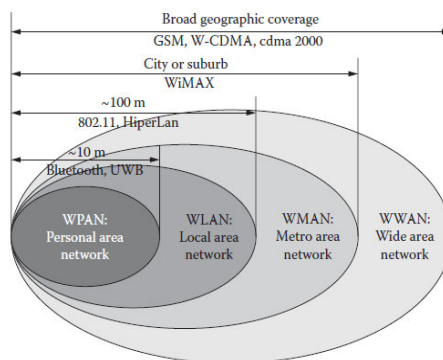


Fig. 8 Redes inalámbricas de corto y largo alcance

Las comunicaciones inalámbricas pueden ser a través de RF, microondas (línea visual de largo alcance a través de antenas altamente direccionales, o de corto alcance), o infrarrojo (de corto alcance, dispositivos IR de consumo, tales como controles remotos infrarrojos). Algunos de los estándares son:

- BSN (body sensor network): IEEE 802.15.6
- Broadband fixed access: LMDS, AIDAAS, HiperMAN
- DASH7: active RFID standard
- DECT (digital enhanced cordless telecommunications): cordless telephony
- EnOcean: low-power, typically battery-less, proprietary wireless technology
- HomeIR: wireless IR home networking
- HomeRF: wireless RF home networking
- IEEE 1451: a set of smart transducer interface standards by the IEEE
- InfiNET: from home automation industry leader Crestron
- INSTEON: dual-mesh technology from SmartLabs
- IrDA: from Infrared Data Association
- ISA100.11a: an open wireless networking technology standard developed by the International Society of Automation (ISA)
- Land mobile radio or professional mobile radio: TETRA, P25, OpenSky, EDACS, DMR, dPMR, etc.
- ONE-NET: open-source standard for wireless networking
- OSIAN: open-source IPv6 automation network

4.2.3. Satélite IoT

Un satélite de comunicaciones (COMSAT) es un transpondedor inalámbrico especializado en el espacio, que recibe ondas de radio desde una localización determinada y las transmite a otra. Cientos de satélites comerciales están en funcionamiento alrededor de todo el mundo. Estos satélites se utilizan para propósitos tan diversos como las comunicaciones de red de área amplia (para los buques, vehículos, aviones, así como terminales y teléfonos de mano), la predicción del tiempo, la radiodifusión de televisión y radio, las comunicaciones de radios aficionados, acceso a Internet y la del sistema de posicionamiento global (GPS). Las comunicaciones por satélite son especialmente importantes para el transporte, la aviación, la navegación marítima, y el uso militar. Los satélites de comunicaciones modernos utilizan una variedad de órbitas [23].

La industria de los satélites es un subconjunto de las telecomunicaciones y la industria espacial. Es obvio que las tecnologías de satélite se pueden utilizar para las aplicaciones de IoT (como M2M, SCADA y telemetría) como redes celulares, con una mejor cobertura en las zonas remotas.

4.3 Tecnologías de almacenamiento y análisis de datos

Se requieren de repositorios para el almacenamiento de gran cantidad de datos con arquitecturas distribuidas de sistemas de gestión bases de datos, que permitan al mismo tiempo realizar un estudio de los patrones de datos y obtener subdivisiones y categorías. Los centros de datos deben proveer en tiempo real del poder computacional para el análisis así como la capacidad de almacenamiento [20], [21]. Además estos temas están relacionados con la Fusión de datos, el Data Mining y el Big Data, estos temas están fuera del alcance de este documento.

4.4 Plataforma y Servicios

Las Smart City deberá ofrecer una plataforma común para los servicios que se vayan ofrecer permitiendo que sea horizontal y escalable, facilitando las tareas comunes como es el caso de la autenticación y la seguridad o el almacenamiento seguro de los datos [20], [21].

Los servicios tienen que manejar algoritmos para la monitorización de los patrones de comportamiento de las personas u estados de los objetos a gran escala y a la vez mediante determinadas secuencias programadas disparar eventos para accionar actuadores del propio sistema para satisfacer dicho servicio. En general, los servicios, serán muy diversos y dependen del área de aplicación. El éxito de la IoT en las Smart Cities está en la explotación de la información que se ha recopilado, lo que posibilitará la mejora y optimización de los servicios públicos (o privados).

Un enfoque de entornos inteligentes, donde se incluyen subsistemas y sus características desde un punto de vista tecnológico, se enumeran brevemente en la Tabla 3 [2].

Tabla 3 Dominios de aplicación en entornos inteligentes

	Oficina/Casa Inteligente	Minorista Inteligente	Ciudad Inteligente	Agricultura/Bosque Inteligente	Agua Inteligente	Transporte Inteligente
<i>Tamaño de Red</i>	Pequeño	Pequeño	Medio	Medio / Amplia	Amplia	Amplia
<i>Usuarios</i>	Muy pocos, miembros de familia	Pocos, nivel de comunidad	Muchos, marcadores de política, público en general	Pocos, terratenientes,	Pocos, gobernadores	Abundante, público en general
<i>Energía</i>	Batería recargable	Batería recargable	Batería recargable, Captación de energía	Captación de energía	Captación de energía	Batería recargable, Captación de energía
<i>Conectividad de Internet</i>	Wifi, 3G, 4G LTE backbone	Wifi, 3G, 4G LTE backbone	Wifi, 3G, 4G LTE backbone	Wifi, comunicación de satélite	comunicación de satélite, enlace de microondas	Wifi, comunicación de satélite
<i>Administración de datos</i>	Servidor local	Servidor local	Servidor compartido	Servidor local, Servidor compartido	Servidor compartido	Servidor compartido
<i>IoT Dispositivos</i>	RFID, WSN	RFID, WSN	RFID, WSN	WSN	Sensores Únicos	RFID, WSN, Sensores Únicos
<i>Requerimiento de Ancho de banda</i>	Pequeño	Pequeño	Amplio	Medio	Medio	Medio/Amplio
<i>Banco de Pruebas Ejemplo</i>	Hogar sensible al entorno	SAP Futuro centro minorista	Santander Inteligente	SisViA	GBROOS, SEMAT	Pocas implementaciones de ensayo

4.5 Estándares para la Smart City

Aunque ya ha venido trabajando en los impactos de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en nuestro entorno, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) creó febrero de 2013 un FocusGroup sobre la sostenibilidad de las ciudades inteligentes para evaluar las necesidades de normalización de las ciudades con el objetivo de impulsar su sostenibilidad social, económica y ambiental a través de la integración de las TIC en sus infraestructuras y operaciones [20], [21], [25].

El Comité de Estandarización ISO (International Organization for Standardization) en su edición de ISO Focus+ de Enero de 2013 da una visión global de los beneficios de las normas ISO en las futuras ciudades inteligentes entre lo que se puede destacar las características básicas, tales como la terminología, la compatibilidad, la interoperabilidad y además la contribución que los gobiernos y los ciudadanos pueden realizar para optimizar el uso energético, incrementar la seguridad, la planificación del desarrollo urbano, medios de transporte entre otras ideas [26].

4.6 Estándares M2M

El ETSI (European Telecommunications Standards Institute) divide los estándares en: los de M2M y los de la red y el primero de ellos es que él tiene la mayor cantidad de soluciones en su mayoría patentadas. En el 2009 se constituyó un comité técnico del ETSI dedicado a la elaboración de estándares e informes técnicos sobre M2M y hasta el 2012 se publicaron entre otros informes especificaciones que cubren la arquitectura funcional M2M y la tecnología de acceso. Otra iniciativa que fue formada en julio de 2012 para atajar la falta de estándares M2M es el proyecto OneM2M entre sus miembros se encuentran ETSI, Telefónica y CISCO con el propósito y el objetivo de desarrollar las especificaciones técnicas de la capa común de servicios M2M que se pueda integrar fácilmente [20], [21].

El 3GPP dedicado a las comunicaciones móviles de banda ancha entre sus actualizaciones relacionadas con M2M se encuentran estudios sobre las comunicaciones entre máquinas en Sistemas 3GPP, aspectos de seguridad de aprovisionamiento remoto, el cambio en la suscripción por equipos M2M y los requisitos de servicio para la comunicación entre máquinas sin la intervención del ser humano.

El IETF (Internet Engineering Task Force) trabaja sobre los estándares para las tecnologías M2M tales como [20]:

- 6LoWPAN (IPv6 over Low power WPAN).
- ROLL (Routing Over Low power and Lossy networks).
- CORE (Constrained RESTful Environments).

Entre los principales estándares de comunicaciones a ser utilizados por los dispositivos M2M se tienen [20] como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4 Estatus de adaptación al concepto M2M de los diferentes estándares

SDO (organizaciones para el desarrollo de normas)	Desarrollo M2M
3GPP	Release 10: identificar requisitos y optimizar la radio y la red para funciones tales como bajo consumo y control de sobrecarga, identificadores, direccionamiento, control de suscripción y seguridad. Release 11 y más allá: mejoras de red para dispositivos de comunicación, M2M Gateway, mejoras para el grupo de M2M y co-ubicación de dispositivos M2M, selección de red y dirección, requisitos y optimización de servicio.
ETSI	Arquitectura de red M2M: definir los requisitos funcionales y de comportamiento de cada elemento de la red para proporcionar una perspectiva extremo a extremo.
GSMA	Operación de GSM para M2M: definir un conjunto de módulos embebidos basados en GSM que abordan las cuestiones operacionales, tales como diseño de módulo, interfaz de radio, administración remota, UICC abastecimiento y autenticación, y los costes de elementos básicos. Definir también los casos de uso en mercados verticales: dispositivos de salud, utilidades, automóvil y de consumidor.
IEEE	802.16p (WiMAX): optimizar la interfaz de aire de bajo consumo, transmisión masiva de dispositivo, y autenticación del dispositivo. Temas futuros: gateway de M2M, redes de cooperación M2M, características avanzadas de M2M. 802.11 (WiFi): actualización de la interfaz de aire para permitir el uso del espectro de sub-GHz. 802.15.4 (ZigBee): optimización de interfaz de aire para redes <i>smart grid</i> .
WiMAX Forum	Especificación de arquitectura de sistemas de red: definir usos, modelos de desarrollo con baja OPEX, requisitos funcionales basados en protocolos IEEE 802.16 y pautas de funcionamiento para sistema M2M de extremo a extremo.
WFA	Smart grid task group: promover la adopción de Wi-Fi dentro de <i>smart grid</i> a través de iniciativas de marketing, el compromiso del Gobierno y la industria, y programas de técnicas/certificación. Health care task group: Wi-Fi como la tecnología de acceso inalámbrico preferido y aumentar la adopción del sector de mercado en Hogar y Área de Salud.
OMA	Capacidad de gestión de dispositivos: definir los requerimientos para la administración del Gateway.
TIA	M2M SW arquitectura de TR50: desarrollar y mantener estándares de acceso de interfaz independiente para monitorizar y permitir la comunicación bidireccional de eventos e información entre dispositivos inteligentes y otros dispositivos, aplicaciones o redes.
CCSA NITS	CCSA TC10: centrarse en redes ubicuas, incluyendo requisitos generales, aplicaciones, conexión de redes, detección y la conectividad de corto alcance RF. NITS WGSN: centrarse en la interfaz de red del sensor y formato de datos, ID y seguridad, aplicaciones verticales, como aeropuertos y edificios inteligentes.

5 Evaluación de las características principales de las Arquitecturas para IoT

El proyecto IOT-A que finalizado en Diciembre de 2013 ha realizado una serie de trabajos relacionados con los entornos de IoT, de entre dichos trabajos se encuentra una valoración realizada de una serie de plataformas, soluciones y estándares que hasta la fecha se han desarrollado para el desarrollo del mundo de la internet de las cosas. Traemos dichas evaluaciones con el objeto de estudio para este trabajo. Las soluciones se dividieron en: (1) las soluciones proporcionadas por los proyectos públicos, como los del FP7 de la Comisión Europea, (2) soluciones derivadas de productos comerciales existentes, y (3) los intentos de normalización de los diferentes organismos de normalización [27].

A continuación se presentan las características que se toman a consideración para el análisis de las Arquitectura IoT:

Descripción de la Arquitectura: aborda como la visión de la arquitectura está provista en relación al proyecto/ producto/estándar.

Estilo de Arquitectura: aborda sobre el estilo que gobierna la estructura de la arquitectura.

Modelo y distribución de la información: aborda el problema de cómo la información es tratada por el proyecto/producto/estándar y cómo se distribuye en el sistema y la forma en la que se hace accesible.

Horizontalidad: se refiere a la capacidad del sistema de la reutilización de los mismos bloques de construcción para proporcionar diferentes funcionalidades de la capa superior. Por ejemplo, la horizontalidad se aplica a un framework de prestación de servicios virtuales para la construcción de aplicaciones.

Conocimiento del contexto y capacidades semánticas: Se refiere a la posibilidad de mejorar la información intercambiada a través de sistemas con descriptores, que permiten a los datos ser categorizados y realizar consultas complejas para ser respondidas.

Especificación Tecnológica e Interoperabilidad: Cuanto de los proyectos / productos / estándares dependen de una tecnología en particular y como concentrarlos en la interoperabilidad

Adaptación y Autoadaptación: Capacidades ofrecidas por el proyecto / producto / estándar en términos de reactividad a los cambios ambientales

Programabilidad: Define APIs y estándares específicos para el desarrollo de una aplicación.

Interfaz con el mundo exterior: Se presentan varios productos o interfaces con las cuales interactuar el usuario.

Plan de trabajo: Toma en consideración si un producto(en este caso comercial),incluye dentro de su planificación una o varias medidas que están orientadas hacia la mejora de la compatibilidad y/ o desarrollo desde la perspectiva de IoT.

Puede el producto interactuar con otros artículos?: Se refiere a la capacidad o flexibilidad que un determinado producto presenta al momento de establecer interacciones con elementos del entorno.

Aspectos obvios de integración: Evalúa si un determinado producto comercial ha tomado en consideración aspectos que son básicos o elementales para integración hacia una arquitectura de IoT.

El proyecto IoT-A ha realizado la evaluación en base a unos determinados niveles de puntuación de inclusión como características relevantes dentro de los sistemas de IoT:

- → la característica se debe evitar
- → la característica se recomienda
- 0 → un sistema que utiliza esta característica puede ser parte del universo de la IoT, pero en términos generales no es recomendable
- + → la característica se debe tener para los sistemas de IoT y se propone como

una guía para una arquitectura de referencia
++ → la característica ofrece una buena contribución al universo IoT
N/A: No se especifica la característica en la plataforma, solución o estándar

5.1 Soluciones Publicas

SENSEI: Crea una arquitectura abierta, impulsado por el negocio que se ocupa fundamentalmente de los problemas de escalabilidad para un gran número de dispositivos WS&AN distribuidos globalmente. Al mismo tiempo, proporciona servicios de red y gestiona la información necesaria para permitir una recuperación fiable y precisa de contexto e interacción con el medio físico. Mediante la adición de mecanismos de contabilidad, seguridad, privacidad y confianza que permite un espacio de mercado abierto y seguro para sensibilidad al contexto y la interacción del mundo real.

CASAGRAS: (Acción de Coordinación y Apoyo (CSA) para actividades globales relacionadas con RFID y Normalización) fue un proyecto FP7 que finalizó el 30 de junio del 2009 después de 18 meses. Su objetivo era proporcionar un marco de estudios para ayudar a la Comisión Europea y la comunidad mundial en la definición de acontecimientos internacionales relativos a la identificación por radiofrecuencia (RFID) con especial referencia a recopilar, revisar y analizar las propuestas de las soluciones actuales a la Internet de las Cosas.

SMARTSANTANDER: Propone una investigación experimental de una ciudad que soporta aplicaciones y servicios típicos de una ciudad inteligente. La instalación estará abierta a la comunidad y proporcionará una infraestructura para la experimentación de IoT a diferentes niveles (protocolos de comunicación, arquitecturas IoT, servicios a usuarios finales, etc.)

BRIDGE: El EPCIS ofrece dos interfaces: una para la solicitud de consulta y el otro para las operaciones de captura. La interfaz de consulta permite a los socios comerciales poder consultar la información sobre los datos de eventos almacenados en el repositorio. Los aspectos importantes de IoT en esta arquitectura están relacionados con área de las redes, aplicaciones de software y seguridad.

SMARTPRODUCTS: SmartProduct desarrolla la base científica y tecnológica para la construcción de “productos inteligentes” con conocimiento incorporado-proactivo. El conocimiento proactivo abarca el conocimiento sobre el propio producto (características, funciones, dependencia, uso, etc.), su entorno (contexto físico, otros productos inteligentes) y sus usuarios (preferencias, habilidades, intenciones, etc.)

CUBIQ: Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una plataforma común que facilita el desarrollo de aplicaciones sensibles al contexto. La idea es ofrecer una plataforma integrada que ofrece un acceso unificado de datos, procesamiento y servicio de federación.

En la tabla 5 se presenta una comparación de las características relevantes de cada una de las propuestas.

Tabla 5 Evaluación de las Características de IoT relacionadas con Soluciones Publicas

Característica	SENSEI	CASAGRAS	SMART SANTANDER	BRIDGE	SMARTPRO DUCT	CUBIQ
Descripción de la Arquitectura	+	+	--	+	+	0
Estilo de Arquitectura	+	-	0	+	+	+
Modelo y distribución de la información	++	-	0	+	+	+
Horizontalidad	+	0	+	-	+	0
Conocimiento del contexto y capacidades semánticas	+	0	--	+	0	0
Especificación Tecnológica e Interoperabilidad	+	0	0	0	+	0
Adaptación y Autoadaptación	0	0	--	0	+	-

5.2 Productos Comerciales

ZigBee: Es una especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de WPAN, siendo compatible con IP mediante un gateway. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, por lo que se prevé esta tecnología cobre más fuerza es en domótica. Las principales características técnicas son: puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos, velocidad de hasta 250 kbit/s, bajo consumo de energía, arquitectura en tipo malla y fácil integración.

ZigBee Smart Energy v2.0: Esta versión es considerada clave hacia la preparación para el área de aplicación de dispositivos usados en Smart-Grid. Es independiente del estándar IEEE 802.15.4 a nivel físico y MAC. Adopta el conjunto IP Zigbee (6lowPAN – IPv6 formato de paquete y fragmentación) y el protocolo de enrutamiento sobre redes con pérdida y de baja potencia (RPL) está siendo definido por IETF. Mientras a nivel de aplicación los protocolos apropiados se están discutiendo aún, entre otras soluciones vale la pena mencionar CoAP y SOAP sobre UDP.

WirelessHART (HighwayAddressableRemoteTransducer): Es una extensión de la popular tecnología de comunicación HART alámbrica hacia aplicaciones inalám-

bricas, basada en IEEE 802.15.4 Física y aspectos seleccionados de MAC (con diferentes enfoques). Posibilita comunicaciones robustas en tiempo real mediante una administración central de enrutamiento, de las ranuras TDM así como la creación de redes de malla. Permite comunicaciones seguras a través de varios mecanismos de seguridad y debido a su filosofía de función única no permite interoperabilidad con otras tecnologías de comunicación.

Sensinode: Es una solución comercial que provee software para red embebido y productos de hardware basados sobre la tecnología IP 6LoWPAN para las aplicaciones empresariales que son regularmente más exigentes. Así por ejemplo, NanoStack 2.0 es un producto de software de la pila de protocolos 6LoWPAN avanzado, orientado para comunicaciones RF en frecuencias de 2.4 GHz y frecuencias por debajo de 1GHz.

SunSPOT (Sun Small Programmable Object Technology): Es una plataforma de Sun Microsystems para el desarrollo de redes de sensores y sistemas integrados. Un punto importante es que utiliza Java para su desarrollo, así Sun ha desarrollado su propia máquina virtual Java Squawk-VM. Por lo anterior, desarrollar aplicaciones orientadas a Sun SPOT sería fácil. El modelo de comunicación está basado en el estándar IEEE 802.15.4 y permite velocidades de transmisión de datos de hasta 250Kbps.

Tabla 6 Nivel de relevancia con enfoque hacia IoT en productos comerciales

Aspecto de Integración	ZigBee	ZigBee Smart Energy v2.0	Wireless HART	Sensinode	SunSPOT	QR Code
Programabilidad	+	+	0	+	0	0
Interface con el mundo exterior	0	+	-	+	+	0
Conceptos de Arquitectura	-	-	-	+	Ninguno	0
Adopción / Estandarización	-	+	0	0	-	Ninguno
Plan de trabajo	-	0	-	0	0	Ninguno
¿Puede el producto interactuar con otros artículos?	0	0	-	0	+	0
Aspectos obvios de integración	0	-	-	+	Ninguno	Ninguno

QR Code(Quick Response Code): Es un código de barras de dos dimensiones creado por Denso-Wave in 1994, muy popular en procesos automáticos gracias a mediante estos se puede transmitir un mensaje que puede ser reconocido por dispositivos provistos de cámaras como por ejemplo los teléfonos inteligentes. Dado que el

contenido de código QR puede ser cualquier cadena de datos, son comúnmente utilizados para transmitir un URL hacia un dispositivo.

En la tabla 6 se presenta una comparación de las características relevantes de cada una de las propuestas.

5.3 Actividades de Estandarización

ETSI TC M2M: Es una arquitectura que fue el resultado de los estudios un comité técnico de la ETSI creado en 2009 con el objeto de estudiar las comunicaciones máquina a máquina (M2M) entre sus funciones están las de recopilar y especificar los requisitos de M2M de los sectores interesados, proporcionar especificaciones y normas, coordinación con otros grupos de normalización y desarrollar y mantener una arquitectura de extremo a extremo en general de alto nivel para M2M.

ITU-T- USN (Ubiquitous Sensor Networks): La UIT-T, USN es una red conceptual construida sobre redes físicas existentes que hacen uso de datos detectados y proporcionan servicios de conocimiento cuya estandarización se lleva a cabo por la Next-Generation Network Global Standards Initiative (NGN-GSI). Sus principales componentes son: una plataforma de aplicaciones y Servicios en redes de sensores ubicuas USN, USN Middleware con funcionalidades para la gestión de redes de sensores y conectividad, procesamiento de eventos, la minería de datos de los sensores, etc., una infraestructura de red basada e redes de próxima generación (NGN) y una red de Sensores con nodos de sensores interconectados IP o No IP – con puerta de enlace USN.

ISO / IEC JTC 1 WG7 (Working Group on Sensor Networks): Fue un proyecto establecido por la ISO y un Comité Técnico del grupo de trabajo 7 en el 2007, el resultado fue un arquitectura de referencia para las redes de sensores de aplicaciones y servicios consistente de configuraciones de red y sistema, funcionalidades de procesamiento de datos, y las relaciones de interfaz debido a la aplicación heterogénea componentes.

OGC ® SWE (Sensor Web Enablement): Este consorcio (Open Geospatial Consortium - OGC) estable todas las actividades llamada Web Geoespacia para publicar, descubrir y usar datos geográficos, así como servicios de geoprocesamiento en una forma interoperable La misión del OGC ® Sensor Web Enablement (SWE) es el desarrollo de normas que permitan la integración de sensores y redes de sensores en la Web Geoespacial. Está llevando a cabo la actividad de normalización SWE mediante el establecimiento de varios sistemas de codificación para la descripción de los sensores y las observaciones de los sensores, ya través de varias definiciones de interfaz estándar para los servicios web.

IETF (Dispositivos Limitados)

La Internet Engineering Task Force, IETF, es una comunidad internacional de diseñador de la red, operadores, proveedores e investigadores interesados en la evolución de la arquitectura de Internet y el buen funcionamiento de Internet. Para realizar su misión, IETF sigue estos principios básicos: Proceso de Apertura, Competencia técnica, Núcleo Voluntario, Propiedad Borradores, etc

Arquitectura de red EPCglobal (Electronic Product Code-global): La rápida difusión y la escalada de la EPC fue especialmente impulsado por el Auto-ID Center, un proyecto para desarrollar estándares RFID fundado en 1999 en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) con la colaboración de numerosos patrocinadores industriales para la creación de un código inequívoco en todo el mundo para la designación de los bienes físicos basados en la interoperabilidad RFID en una cadena de suministro. Además, de la integración de esquemas de numeración globales como el GTIN (Global Trade Item Number) que se utiliza en el comercio minorista, también incluyen protocolos de interfaz aérea, interfaces de software y servicios de directorio. En el 2003, el Auto-ID Center se transformó en una red de investigación internacional denominado Auto-ID Labs, que se concentra en la tecnología, así como la investigación orientada a la aplicación y EPCglobal responsable de la comercialización, estandarización y gestión de EPC normas.

Arquitectura REST: REST (Roy T. Fielding 2000) es un conjunto coordinado de restricciones arquitectónicas que intenta minimizar la latencia y la comunicación en la red, mientras que al mismo tiempo maximizar la independencia y la escalabilidad de las implementaciones de los componentes. REST elabora sólo aquellas porciones de la arquitectura que se consideran esenciales para la interacción a escala de Internet hipermedia distribuida.

Arquitectura de Servicios Web (Web Service Architecture - WSA): La arquitectura no trata de especificar cómo se implementan los servicios Web, y no impone ninguna restricción sobre cómo se pueden combinar los servicios Web. El WSA describe tanto las características mínimas que son comunes a todos los servicios Web y una serie de características que son necesarias por muchos, pero no todos, los servicios Web. La arquitectura de los servicios Web es la arquitectura de interoperabilidad: identifica los elementos globales de la red de servicios de la Web global que se requiere a fin de garantizar la interoperabilidad entre los servicios Web.

En la tabla 7 se presenta una comparación de las características relevantes de cada una de las propuestas.

Tabla 7 Análisis de las Características – Actividades de Estandarización

Característica	ETSI TC M2M	ITU-T USN (Ubiquitous Sensor Networks)	ISO/IEC JTC1 WG7 (Working Group on Sensor Networks)	OGC® SWE (Sensor Web Enablement)	IETF (constrained devices)	EPCglobal Network Architecture	REST Architecture	Web Service Architecture
Descripción de la Arquitectura	++	-	++	++	+	+	+	+
Estilo de Arquitectura	0	0	++	++	++	+	+	-
Modelo y distribución de la información	0	N/A	+	+	0	0	0	+
Horizontalidad	+	0	+	++	++	+	++	0
Conocimiento del contexto y capacidades semánticas	--	--	0	+	0	-	+	0
Especificación Tecnológica e Interoperabilidad	-	0	+	+	+	0	0	0
Adaptación y Auto-adaptación	--	N/A	N/A	+	++	-	+	0

6 Arquitectura de Referencia IoT desde el punto de vista funcional

El trabajo más relevante dentro del proyecto de la IoT-A y su aporte a la comunidad de investigación es haber proporcionado un marco de referencia para una comprensión más clara de las características de los sistemas de la IoT y del comportamiento con las posibles interacciones con dichos sistemas. Es así que el proyecto IoT-A ha tomado de base una serie de estudios dentro de su mismo proyecto que han dado como resultado una arquitectura de referencia que nos permite estudiar y entender los componentes necesarios para la implementación de posibles sistemas IoT del futuro [28].

A continuación se presenta una breve descripción de las vistas arquitectónicas y perspectivas de la arquitectura IoT de referencia, propuesta por IoT-A, dando un vistazo general de cada capa.

6.1 Breve definición de Tendencias y Perspectivas de arquitectura

Una arquitectura de referencia tiene que responder a una amplia gama de cuestiones. Estas preguntas pueden ser, por ejemplo:

- Elementos funcionales
- Interacciones de dichos elementos

- Gestión de la información
- Características operativas
- Implementación del sistema

En el pasado, se ha encontrado que las opiniones, lamentablemente, no son suficientes para describir arquitecturas de sistemas y que muchas aspiraciones de las partes interesadas son más bien de carácter cualitativo, tales aspiraciones se refieren a las perspectivas arquitectónicas, de las que la intimidad es sólo un ejemplo.

6.2 Vista arquitectónica

Las vistas se utilizan durante la fase de diseño e implementación del cuerpo de la arquitectura, se define de la siguiente manera:

"Una visión es una representación de uno o más aspectos estructurales de una arquitectura que ilustra cómo la arquitectura se ocupa de uno o más problemas en poder de uno o más de sus grupos de interés."

Algunos ejemplos típicos de los puntos de vista son:

- Vista Funcional. Descomposición funcional, interacción e interfaces
- Vista de Información. Jerarquía de la Información, semántica, procesamiento de información y flujo de información

6.3 Vista Funcional

La vista funcional se basa más en el modelo funcional tal como se lo observa en la figura 9

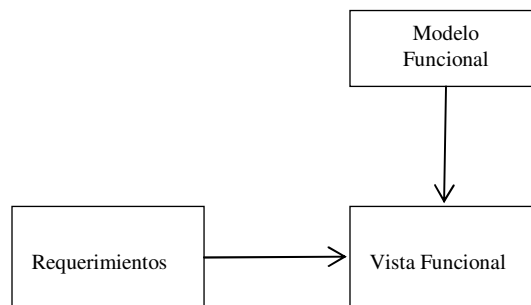


Fig. 9 Vista Funcional

En una primera etapa, los requerimientos se asignan a los diferentes Grupos de funcionalidad del Modelo Funcional IoT.

A continuación, se forman grupos de requisitos de funcionalidad similar y un componente funcional para estos requisitos definidos. Por último, los componentes funcionales son refinados después de la discusión con los paquetes de trabajo técnicos.

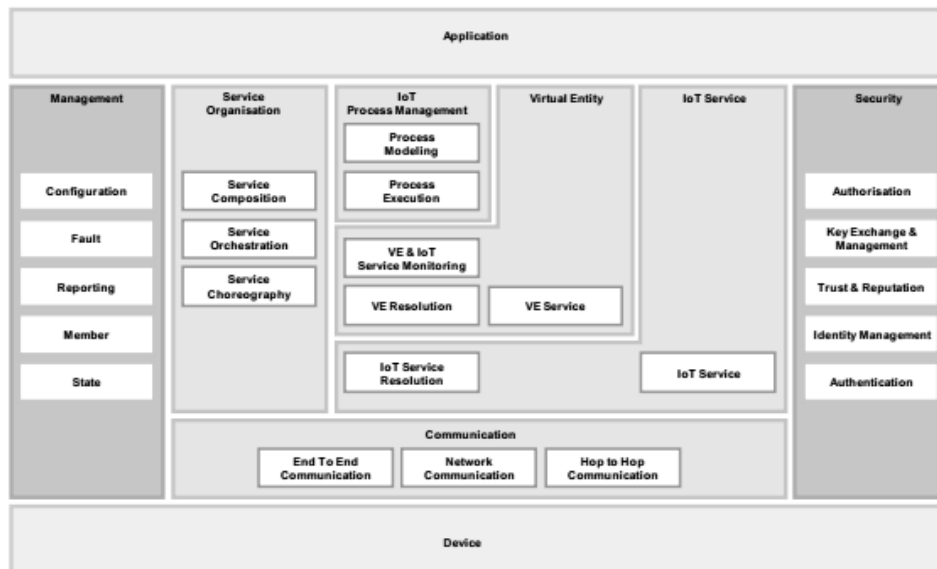


Fig. 10 Descomposición de la arquitectura de referencia de la IoT

6.3.1 Gestión de Procesos de la IoT

El FG Process Management IoT se refiere a la integración de sistemas de gestión de procesos tradicionales con la IoT ARM. El objetivo general del FG es proporcionar los conceptos funcionales e interfaces necesarias para aumentar los procesos tradicionales (de negocios) con la idiosincrasia del mundo IoT.

El FG Process Management IoT consiste en dos componentes funcionales:

El **Modelado de Proceso FC** proporciona un entorno para el modelado de procesos de negocio conscientes de la IoT que se va a serializar y a ejecutar en el **Proceso de Ejecución FC**. Además, provee las herramientas de modelado con la idiosincrasia del ecosistema IoT.

La **Ejecución de Proceso FC** ejecuta los procesos conscientes de la IoT que han sido modelados con el **Modelado de Proceso FC** descrito anteriormente. Esta ejecución se consigue mediante la utilización de servicios de la IoT que son orquestados en la capa de la Organización de Servicio. Por último, la **Ejecución de Procesos FC** puede ejecutar aplicaciones invocando una secuencia de servicios.

6.3.2 Organización Del Servicio

La Organización de Servicio FG es el grupo funcional central que actúa como un centro de comunicación entre varios otros grupos funcionales. Dado que el concepto

principal de la comunicación dentro de la IoT ARM es la noción de un servicio, la Organización de Servicio se utiliza para componer y orquestar servicios de diferentes niveles de abstracción.

La Organización de Servicio FG consiste en tres componentes funcionales:

El **Orquestación de Servicio FC** resuelve los Servicios de IoT que son adecuados para cumplir con las solicitudes de servicio procedentes desde la **Ejecución de Proceso FC** o de los Usuarios. Su única función es el de orquestar los servicios de IoT: resolver los servicios apropiados que son capaces de manejar la petición del usuario IoT.

La **Composición Servicio FC** resuelve servicios que se componen de Servicios de la IoT y otros servicios con el fin de crear servicios con funcionalidad extendida. El componente funcional tiene dos funciones principales: (1) apoyar a las composiciones de servicios flexibles y (2) aumentar la calidad de la información.

La **Coreografía de Servicio FC** ofrece un bróker que se encarga de la comunicación publicación/suscripción entre los servicios. Un servicio puede ofrecer sus capacidades a el FC (FunctionalComponent) y la función del bróker asegura un cliente interesado en de un servicio encontrara uno con las capacidades deseadas.

6.3.3 Entidad virtual

La **Entidad Virtual FG** contiene funciones para interactuar con el sistema de la IoT sobre la base de los VEs, así como funcionalidades para descubrir y buscar los servicios que pueden proporcionar información acerca de los VEs, o cual permite la interacción con los VEs. Además, contiene toda la funcionalidad necesaria para la gestión de las asociaciones, así como la búsqueda de forma dinámica nuevas asociaciones y el seguimiento de su validez.

La **Entidad Virtual FG** consiste de tres componentes funcionales:

Las funciones de Monitoreo de Servicio IoT& VE son para hacer valer las asociaciones estáticas, es decir, crear una nueva asociación estática entre VEs y servicios descritos por la asociación provista, descubrir asociaciones dinámicas, es decir, crear una nueva dinámica o monitorea asociación entre VEs y los servicios, actualizar la asociación y eliminar la asociación desde el framework de resolución VE.

Por último, el **Servicio VE FC** es manejado con los servicios de entidad. Los servicios de entidades proporcionan acceso a una entidad a través de operaciones que permiten la lectura y/o actualizar el valor (s) de los atributos de las entidades.

6.3.4 Servicio IoT

El Servicio IoT FG contiene los servicios de la IoT, así como funcionalidades de descubrimiento, de búsqueda, y la resolución de nombres de los Servicios de la IoT. Consta de dos componentes funcionales:

Un **Servicio IoT** expone un recurso (sensores, actuadores) para que sea accesible a otras partes del sistema de la IoT, proporcionando información sobre el recurso, configuración o controlarlo. El **Servicio de Resolución IoT FC** proporciona todas las funcionalidades necesarias para el usuario con el fin de encontrar y ser capaz de ponerse en contacto con Servicios de IoT. El servicio de resolución de la IoT también da servicios de la capacidad de gestión de sus descripciones de los servicios, por lo que puede ser visto y descubierto por el usuario. El usuario puede ser un usuario humano o un componente de software.

6.3.5 Comunicación

La comunicación FG (Funcionalidad de grupo) es una abstracción que provee una interfaz común para el servicio FC (Componente Funcional) de IoT. Consiste en tres componentes funcionales.

- Comunicación salto a salto
- Comunicación de la red
- Comunicación extremo a extremo

La comunicación FG salto a salto, tiene como función principal transmitir una trama desde la red de comunicación FC a la comunicación FC de salto en salto y desde un dispositivo a la comunicación FC salto a salto. Esta función permite el encaminamiento de una trama dentro de una red de malla, tales como por ejemplo 802.15.4. La comunicación FC salto a salto permite gestionar la cola de tramas, establecer el tamaño y las prioridades de las colas de entrada y salida de tramas. Los argumentos para la transmisión de tramas son configurables.

La Comunicación de red FC, se encarga de habilitar la comunicación entre las redes a través de localizadores (direccionamiento) y resolución de ID. El FC incluye enrutamiento, que permite vincular diferentes espacios de direcciones de red.

Esta capa transmite un paquete de la comunicación FC paso a paso a la comunicación de red FC y de la comunicación FC de extremo a extremo a la comunicación de red FC. Los argumentos para la transmisión de paquetes son configurables.

La **comunicación extremo a extremo FC** se encarga de toda la abstracción de comunicación extremo a extremo, es decir, que se encarga de la transferencia fiable, transporte y, funcionalidades de traducción, proxies/gateways de apoyo y de los parámetros de configuración de ajuste cuando la comunicación atraviesa diferentes entornos de red. Esta capa permite también el almacenamiento de caché en proxy.

La **seguridad** es un tema extenso e importante y será considerado particularmente en el siguiente apartado, considerando que de todos los cambios que están configurando la evolución de Internet este es quizá el de mayor influencia.

6.3.6 Seguridad

El FG seguridad FC, ES responsable de garantizar la seguridad y la privacidad de los sistemas compatibles IoT.

Consta de cinco componentes funcionales:

- Autorización;
- Intercambio de claves y de gestión;
- Confianza y Reputación;
- Gestión de Identidad;
- Autenticación.

La **Autorización FC** es un front-end para la gestión de políticas y realización de decisiones de control de acceso basado en *políticas de control de acceso*. Se la puede llamar siempre que se solicite el acceso a un recurso restringido.

Las dos funciones predeterminadas que ofrece la autorización FC son:

- 1) Determinar si una acción es autorizada o no
- 2) Gestionar políticas

La **Autenticación FC** controla la autenticación de usuarios y servicios. Una vez que se comprueba la corrección de las credenciales suministradas por un nodo de nueva unión, se establece contextos garantizados entre este nodo y diversas entidades en su entorno local.

Las dos funcionalidades proporcionadas por la autenticación de FC son:

- 1) Autenticar un usuario en base a las credenciales proporcionadas,
- 2) Verificar si una afirmación proporcionada por un usuario es válida o no.

La **Gestión de Identidad FC**, aborda cuestiones de privacidad mediante la emisión y gestión de seudónimos e información de los accesorios de los sujetos de confianza, para que puedan operar (uso o prestación de servicios) de manera anónima.

Sólo una función predeterminada se atribuye a este FC: para crear una identidad ficticia (la identidad de la raíz , la identidad secundaria , seudónimo o identidad de grupo), junto con las credenciales de seguridad relacionados para los usuarios y los servicios a utilizar durante el proceso de autenticación.

El **Intercambio y Administración de Claves (KEM) FC** permite las comunicaciones seguras entre dos o más pares de IoT que no tienen conocimiento de unos a otros, o cuya interoperabilidad no está garantizada, asegurando la integridad y confidencialidad.

Dos funciones se atribuyen a este FC:

- 1) *Distribución de claves en forma segura:*
- 2) *Registro de capacidades de seguridad:*

La **Arquitectura de reputación y confianza FC**, recoge las puntuaciones de reputación de usuario y calcula los niveles de confianza de servicios.

Dos funciones predeterminadas se atribuyen a la FC:

- 1) *Solicitud de información de reputación:*
- 2) *Proporcionar información de reputación:*

6.4 Gestión de Redes.

La administración de redes se describe en base a las letras FCAPS en Inglés, corresponde a las funciones de: **Error, configuración, contabilidad (administración), rendimiento, seguridad** que son mostradas en la Tabla 8.

La funcionalidad de *rendimiento* se relaciona con la vigilancia del estado del sistema y la adaptación de su configuración, por lo que se refleja en los componentes de **error, estado y configuración**. En la Tabla 8, se muestra cómo se motiva los objetivos de alto nivel para la creación de la administración FG.

Tabla 8 Cartografía de los roles de alto nivel de la FG en gestión de los FCs.

Objetivos Alto – Nivel	Administración FCs				
	Error	Configuración	Reporte	Miembro	Estado
Reducción de Costos	X	X	X	X	
Asistir problemas de uso imprevisible	X	X	X	X	X
Manejo de errores	X	X	X	X	X
Flexibilidad		X	X	X	X

Los sistemas de IoT se diferencian de las soluciones de redes puras en que también ofrecen servicios de bajo nivel y de apoyo a la administración de empresas. Un sistema IoTs, es más complejo que un sistema de comunicación. La Gestión de FG se basa en la extrapolación de un número de requisitos de comunicaciones a la gestión y comportamientos de todo el sistema.

Por exclusión, las siguientes actividades de gestión están fuera del alcance de la administración FG.

- 1) Las actividades que sólo pertenecen a un único grupo de funcionalidad, por ejemplo la gestión de las autorizaciones de la Seguridad FG;
- 2) La gestión de las interacciones entre los grupos de funcionalidad que no requieren la intervención "externa".

La administración FG, consiste en cinco componentes funcionales: **Configuración, error, reporte, miembro, estado**.

La **configuración FC** es responsable de inicializar la configuración del sistema, tales como la selección y almacenamiento de configuración FC y dispositivos. También es responsable del seguimiento de los cambios de configuración y planificación de la futura ampliación del sistema.

Las principales funciones de la configuración FC para recuperar, así como para establecer la configuración son:

- La función de recuperación de configuración.
- La función de configuración de conjunto.

El objetivo del **Error FC** es identificar, aislar, corregir y registrar los errores que se producen en el sistema IoT. Cuando se produce un error, el componente funcional respectivo notifica al Error FC, con el fin de identificar la naturaleza y la gravedad del problema. El Error FC puede controlar errores y proporcionar acceso al historial de errores.

Los registros de errores son utilizados para la elaboración de estadísticas de error, también contiene funciones para manejar, vigilar y recuperar un error.

El **miembro FC** es responsable de la gestión de los miembros y la información asociada a cualquier entidad pertinente (FG, FC, VE, Servicio IoT, dispositivos, aplicaciones, usuario) a un sistema de IoT.

El miembro FC tiene tres funciones por defecto:

- 1) La supervisión continua de los miembros.
- 2) La recuperación de la función.
- 3) Actualizar los metadatos

El **Informe FC** se puede ver como una superposición de los otros bloques FC de Gestión. Uno de los objetivos es la presentación de informes para determinar la eficiencia del sistema actual. Este FC también se puede utilizar para tareas de facturación.

Sólo hay una función predeterminada para el FC: recupera un informe. Esta función genera informes sobre el sistema.

El **Estado FC** supervisa y predice el estado del sistema IoT. Para una lista de diagnóstico del sistema, como lo requiere el Error FC, se proporciona el estado pasado, actual y previsto del sistema. Las funciones / servicios como reportes o facturación necesitan conocer el estado actual y futuro del sistema. Para una lista de diagnóstico del sistema también es necesario conocer su rendimiento actual.

Este FC abarca una funcionalidad comportamiento, lo que obliga al sistema a un estado en particular o una serie de estados.

Las funciones del Estado FC son cambiadas o forzadas a cumplir un estado en particular en el sistema. Esta función genera la secuencia de comandos que se enviará a otras FCS. Una segunda función FC es la de controlar el estado, mientras otras predicen el estado por un tiempo determinado, para recuperar el estado del sistema a través del acceso a la historia del estado y para actualizar el estado, modificando o creando una entrada del estado.

7 Conclusiones y Comentarios

La IoT supondrá un cambio para toda la sociedad ya que todo estará conectado, las personas estarán rodeadas de miles de objetos en redes con dispositivos de detección. Existirán escenarios de comunicaciones entre máquinas que se comunican a través de sistemas M2M formando redes de sensores WSN e interactuando con otras redes como redes 6LoWPAN, formando redes de sistemas heterogéneos - la llamada Internet del Futuro la Wireless Embedded Internet. Es un hecho que la interconectividad de cosas traerá beneficios a todos los agentes participantes en la sociedad. Estas configuraciones de redes permitirán identificar cada uno de sus agentes de manera unívoca a través de IPv6 haciendo uso de tecnologías como RFID o de los códigos QR lo que requerirá la garantía de protección de datos y de la privacidad.

La implantación de la IoT permitirá a los agentes participantes que puedan intercambiar un gran volumen de datos lo que exigirá de una gran capacidad de procesamiento en tiempo real o en diferido para el análisis de los mismos. Muchos de estos desafíos están por resolverse y relacionados con otros paradigmas como son el Big Data, la Cloud Computing y el Data Mining. La explotación final de los datos se podrá realizar a través de innovadores productos y servicios que contemplen la solución de algunas de estas necesidades.

El uso generalizado de IoT tendrá que hacer frente con la interoperabilidad entre tecnologías y la estandarización así como a la gestión del consumo energético.

La necesidad de un determinado dominio de las tecnologías depende de los requisitos funcionales y no funcionales muchos de los cuales abren un abanico casi infinito de situaciones y posibilidades de uso. Hemos visto que cada dominio y sus subdominios y en si las aplicaciones dependen o están relacionadas con determinadas tecnologías las cuales llegan a dar soluciones específicas como hemos indicado en varios ejemplos.

Muchos de estos desafíos ahora mismo son de estudio y experimentación, es el caso de los proyectos de Smart Cities como SMARTSANTANDER que persigue como uno de sus objetivos tener un plan de explotación de las tecnologías implantadas y analizar los impactos dentro de la sociedad. La estandarización es uno de los temas sobre los que se sigue trabajando, especialmente a los relacionados con los sistemas M2M.

El Internet de las cosas puede ser atemorizante o amenazante para algunas personas debido al mundo robótico automatizado en el que nos encontramos, pero la realidad es que ya hemos empezado a automatizar muchos aspectos de los lugares de trabajo, tantos como sea posible, y las casas son el siguiente paso en este nuevo mundo que está por venir. IoT se continúa desarrollando, por lo que se estima que nuevos conceptos permitan una combinación de tecnologías como se ha comentado. Sin embargo, el

Internet de las cosas sigue madurando, en particular, debido a una serie de factores que limitan la plena explotación de la IoT pero que con nuevas arquitecturas propuestas se tratan de solventar:

- Respetar la seguridad y privacidad en un entorno complejo de IoT.
- Avances en la interoperabilidad para el intercambio de información de entornos heterogéneos.
- Infraestructura apropiada que permita el desarrollo de las tecnologías
- Pruebas de aprendizaje en entornos de gran escala, que facilitan la experimentación con las redes complejas.
- La lógica del negocio presenta dificultades al querer abarcar todo el concepto de IoT, debido a que no hay un modelo en específico el cual seguir.

Respecto a la intención de tener una arquitectura de Internet de las Cosas, han habido muchas arquitecturas de IoT que se pueden dividir desde diferentes puntos de vista: soluciones (por ejemplo: SENSEI), productos comerciales (por ejemplo: ZigBee) y estándares (por ejemplo: ETSI TC M2M). En general, existen dos comunidades que básicamente están trabajando en la definición de arquitecturas de IoT: WSN (Redes de sensores y actuadores inalámbricas), el sector de RFID (Identificación por radio frecuencia). Pero no se puede dejar de nombrar también a sector del M2M (Machine to Machine). Se espera tener una arquitectura que unifique estos mundos y habilitar un framework con Web.

El proyecto IoT-A, cuyo trabajo en lo relativo al estudio de arquitectura hemos analizado ha generado una serie de resultados dentro de los cuales se encuentra las especificaciones de una arquitectura de referencia para la IoT. Entre otros trabajos generados en este proyecto que finalizó el 2013 fue proporcionar un modelo de referencia que ha proporcionado una comprensión de una arquitectura abierta para la IoT y abarca completamente los problemas de seguridad y privacidad así como a la escalabilidad y la interoperabilidad entre otros temas,

Es necesario analizar y diferenciar los conceptos de: Modelo de Referencia, Arquitectura Concreta, y Arquitectura de Referencia. La IoT-A aborda modelos de referencia para IoT, pero existen también propuestas que a través del uso de metodologías basadas en puntos de vista y perspectivas abordan a Arquitecturas Concretas que describan dominios específicos. Tanto el modelo de referencia como las arquitecturas concretas que se abordan, carecen del nivel suficiente que permita definir una **Arquitectura de Referencia** que sería la “herramienta” esperada por un arquitecto de sistemas. Esta debería, en una forma modular mediante bloques y opciones flexibles de diseño, ser capaz de abarcar y describir sistemas específicos que no pierdan de vista los requerimientos funcionales, el desempeño, el despliegue, la estandarización de interfaces, la seguridad y la conectividad con un entorno que tiende a un esquema de movilidad IP. A pesar de que el proyecto IoT-A ha realizado validaciones de su arquitectura de referencia debe también tomarse en consideración un esperado grado de maduración de la misma.

8 Referencias

1. That 'Internet of Things' Thing - RFID Journal. [En línea]. <http://www.rfidjournal.com/article/print/4986>. [Consulta: 22/05/2014].
2. J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems-the International Journal of Grid Computing and Escience*, vol. 29, pp. 1645-1660, Sep. 2013, 2013.
3. Q. Z. Sheng, Xue Li and S. Zeadally, "Enabling Next-Generation RFID Applications: Solutions and Challenges," *Computer*, vol. 41, pp. 21-28, 2008.
4. L. Sanchez, J. A. Galache, V. Gutierrez, J. M. Hernandez, J. Bernat, A. Gluhak and T. Garcia, "SmartSantander: The meeting point between future internet research and experimentation and the smart cities," in *Future Network & Mobile Summit (FutureNetw)*, 2011, 2011, pp. 1-8.
5. I. Ishaq, D. Carels, G. K. Teklemariam, J. Hoebeke, F. Van den Abeele, E. De Poorter, I. Moerman and P. Demeester, "IETF standardization in the field of the internet of things (IoT): a survey," *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 2, pp. 235-87, June 2013, 2013.
6. "A. Zaslavsky, C. Perera, and D. Georgakopoulos, "Sensing as a service and big data," in *International Conference on Advances in Cloud Computing (ACC-2012)*, Bangalore, India, July 2012, pp. 21-29."
7. Smart m2m Solution, We give you a complete vision of your m2m communications. [En línea]. <https://m2m.telefonica.com/telefonica-m2m/solutions/m2m-managed-connectivity/smart-m2m-solution>. [Consulta: 22/05/2014].
8. N. A. Ali and M. Abu-Elkheir, "Data management for the internet of things: Green directions," in *Globecom Workshops (GC Wkshps)*, 2012 IEEE, 2012, pp. 386-390.
9. Rise of the Embedded Internet, White Paper Intel Embedded Processors. [En línea]. http://download.intel.com/newsroom/kits/embedded/pdfs/ECG_WhitePaper.pdf. [Consulta: 22/05/2014].
10. "Internet of Things - Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems. IERC Cluster Book 2013, River Publishers, ISBN: 978-87-92982-73-5. [En línea]. http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf. pp. 95-97, pp. 1, pp. 59. [Consulta: 22/05/2014]. "
11. A. J. Jara, M. A. Zamora and A. F. G. Skarmeta, "HWSN6: Hospital wireless sensor networks based on 6LoWPAN technology: Mobility and fault tolerance management," in *Computational Science and Engineering*, 2009. CSE '09. International Conference on, 2009, pp. 879-884.

12. IBM Smarter Planet Leadership Series - City of Dubuque. [En línea]. <http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/leadership/dubuque/>. [Consulta: 22/05/2014].
13. Cómo el "Internet de las cosas" creará valor para personas y empresas I creatiabusines. [En línea]. <http://www.creatiabusines.com/como-el-internet-de-las-cosas-creara-gran-valor-para-personas-y-empresas/>. [Consulta: 22/05/2014].
14. Maps - Aplicaciones de Android en Google Play. [En línea]. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps>. [Consulta: 22/05/2014].
15. Aplicaciones de viajes para smartphones Samsung. [En línea]. <http://www.samsung.com/es/article/aplicaciones-android-para-viajar/>. [Consulta: 22/05/2014].
16. L. Mainetti, L. Patrono and A. Vilei, "Evolution of wireless sensor networks towards the Internet of Things: A survey," 2011 19th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM 2011), pp. 6 pp.-6 pp., 2011, 2011.
17. Cluster of European Research Projects on the Internet of Things(CERP-IoT), "Vision and Challenges for Realising the Internet of Things", 2010, ISBN 978-92-79-15088-3.
18. "IERC Cluster Book 2013, ""Internet of Things - Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems""", River Publishers, 2013, ISBN: 978-87-92982-73-5, [En línea], http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf, [Consulta: 22/05/2014].
19. Tom Pfeifer, "The Internet of Things", Waterford IT Consulting, 2012.
20. "AMETIC, ""Informe 2012 Smart Cities""", AMETIC, Depósito Legal: AS 0926-2013,
21. [En línea], <http://www.ametic.es/DescargarDocumento.aspx?idd=4966>, [Consulta: 23/04/2014]."
22. Fundación Telefonica, "Smart Cities: un primer paso hacia la internet de las cosas", 2010, [En línea], http://www.fundacion.telefonica.com/es/que_hacemos/media/publicaciones/SMART_CITIES.pdf, [Consulta: 23/04/2014].
23. IBM Institute for Business Value, Ciudades más inteligentes, Hacia un nuevo modelo de eficiencia y sostenibilidad, 2009, [En línea]. http://www-05.ibm.com/services/es/bcs/pdf/Ciudades_mas_inteligentes.pdf, [Consulta: 23/04/2014].
24. "Honbo Zhou, ""The Internet of Things in the Cloud. A Middleware Perspective""", CRC Press, 2013, ISBN 978-1-4398-9302-9.

25. J. Varonaa, M. Tecpoyotl-Torresb, and R. Velázquez, "Micro sensor-actuador térmico sin baterías para aplicaciones en microelectrónica de ultra-bajo consumo de potencia", *Revista Mexicana de Física* 59 26–38, 2013
26. ITU-T Newslog - ITU establishes Focus Group on Smart Sustainable Cities, [En línea], http://www.itu.int/ITU-T/newslog/ITU+Establishes+Focus+Group+On+Smart+Sustainable+Cities.aspx#.UsH9v_QW0pd, [Consulta: 23/04/2014].
27. IoT-A (Internet of Things Architecture), "Project Deliverable D1.1 - SOTA report on existing integration frameworks/architectures for WSN, RFID and other emerging IoT related Technologies", 2011
28. IoT-A (Internet of Things Architecture), "Deliverable D1.5 –Final architectural reference model for the IoT v3.0", 2013