

# Enfoques actuales del Internet de las Cosas.

## Tendencias en investigación y aplicaciones comerciales

Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información  
Leonardo Torres Quevedo  
10 de Marzo 2017

**Borja Bordel**  
[borja.bordel@upm.es](mailto:borja.bordel@upm.es)

**Ramón Alcarria**  
[ramon.alcarria@upm.es](mailto:ramon.alcarria@upm.es)

# Índice

- ¿Qué es el Internet de las Cosas?
- Tendencias en investigación
  - Conceptos actuales: IoT, CPS, Industry 4.0
  - Propuestas recientes. Trabajos actuales
- Aplicaciones comerciales actuales
  - Trazabilidad de activos
  - Entornos de inteligencia ambiental
  - Transmisión de información con bajo consumo
- Líneas futuras



# ¿Qué es Internet de las cosas?

- Concepto del año 1999
- Se refiere a la interconexión de objetos cotidianos con internet, de tal manera que hubiera conectadas más “cosas” que personas.
  - A 31 de marzo de 2016 se estiman 3.631 millones de usuarios
  - A finales de este año (2017) se esperan 8.400 millones de dispositivos IoT
- Propuesto por Kevin Ashton (MIT)
  - Especialista en identificación por radiofrecuencia (RFID) y sensorización



# ¿Qué es Internet de las cosas?

- IDEA INICIAL

Si los objetos de la vida cotidiana tuvieran incorporadas etiquetas RFID, podrían ser identificados y gestionados por otros equipos en red, de la misma manera que si lo fuesen por personas

- La revolución de Internet a principios de siglo (años 2000) demostró que éste no era el camino
  - RFID no es la tecnología básica de identificación (aparición IPv6)
  - El usuario debe seguir participando en cierta manera



# ¿Qué es Internet de las cosas?

- Algunas ideas básicas permanecen
  - Se deben interconectar objetos cotidianos (cosas)
    - Las redes de ordenadores no son Internet de las Cosas, aunque sean autónomas
    - Falsos dispositivos IoT: smartTV y similares
    - Casos dudosos: teléfonos móviles
  - La sensorización es la tecnología hardware imprescindible
  - RFID es una tecnología habilitadora muy importante
- Se está produciendo cierta vuelta a los orígenes
  - Algunos sistemas que se habían considerado IoT se están escindiendo
    - Por ejemplo, Entornos Inteligentes
      - Los Entornos Inteligentes usan intranets privadas, el IoT la Internet pública



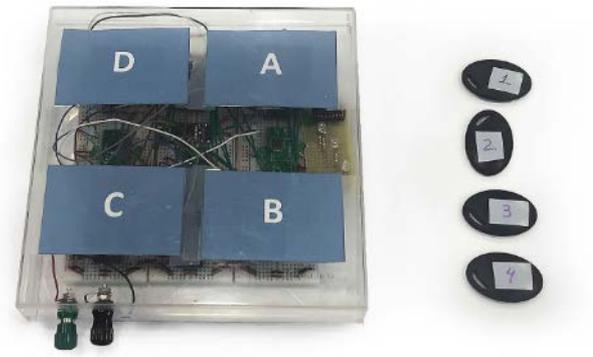
# ¿Qué es Internet de las cosas?

- En origen el número de direcciones IPv4 era claramente escaso para conectar todos los objetos cotidianos a Internet
  - Cada uno con una dirección IP única a nivel mundial
- Kevin Ashton propone conectar a Internet los objetos asignándoles un identificador (no IP) que se almacenaría en una etiqueta RFID
- La revolución de Internet en los años 2000 agotó las direcciones IPv4 rápidamente y el nuevo estándar IPv6 ya contempló direcciones suficientes para el IoT
  - RFID perdió su sentido como tecnología de identificación en red en el IoT



# ¿Qué es Internet de las cosas?

- Desde el año 2000, sin embargo (y hasta el 2010 aproximadamente) se ha empleado RFID en el IoT para detectar los deseos implícitos de los usuarios y sus actividades
  - Inferir ADLs (Activities of daily living)
  - Por ejemplo, detectar cuando una persona entra en una habitación para abrir las cortinas (puede ser IoT si la red empleada es Internet)
- El gran desarrollo de esta línea de investigación coincide con el auge de RFID (la visión artificial o Bluetooth la han superado)
  - Hoy en día se sigue usando en investigación de aplicaciones IoT no tecnológicas (educación especial o control de calidad, por ejemplo)



# Tendencias en investigación

## Conceptos actuales: IoT, CPS, Industry 4.0

- El Internet de las Cosas convive con todo un ecosistema de sistemas similares
  - En los últimos años (desde 2014) se vive cierta expansión terminológica
- En investigación hay una percepción del IoT como término “europeo”
  - El apoyo institucional al IoT puede ser mayor en la UE que en EEUU
  - Otros “bloques” han reaccionado con propuestas propias
- Campos tradicionales (como las redes inalámbricas de sensores) se han reivindicado



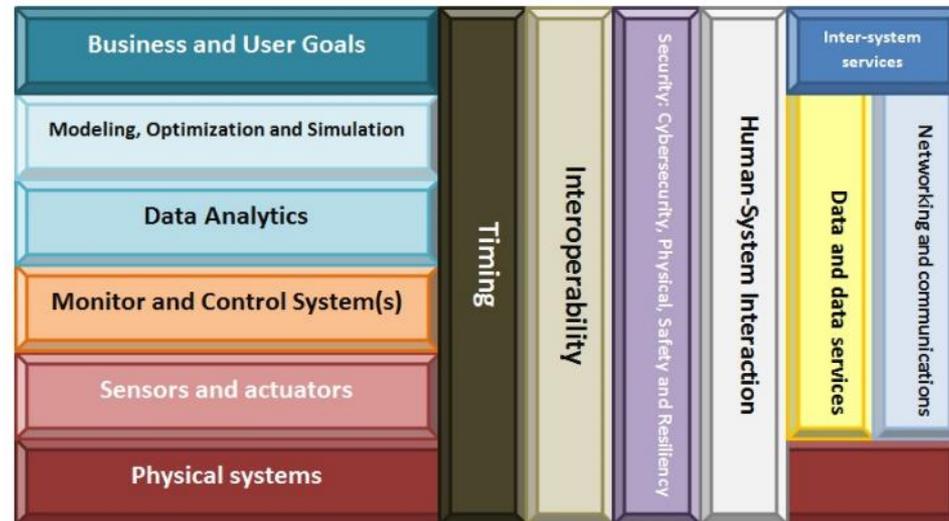
# Conceptos actuales: IoT, CPS, Industry 4.0

- En 2006 la NSF (National Science Foundation) propuso el término Cyber-Physical Systems
- El escenario es casi idéntico al de Internet de las Cosas
  - Aunque hay debate
- Es el término tecnológico más buscado en la actualidad (desde 2010 y, sobre todo, desde 2013)
  - Casi todo los trabajos de IoT podrían serlo de CPS
  - ¡No es una limitación!
- Supone una cierta vuelta al IoT más “tradicional”
  - Sensorización
  - Trazabilidad



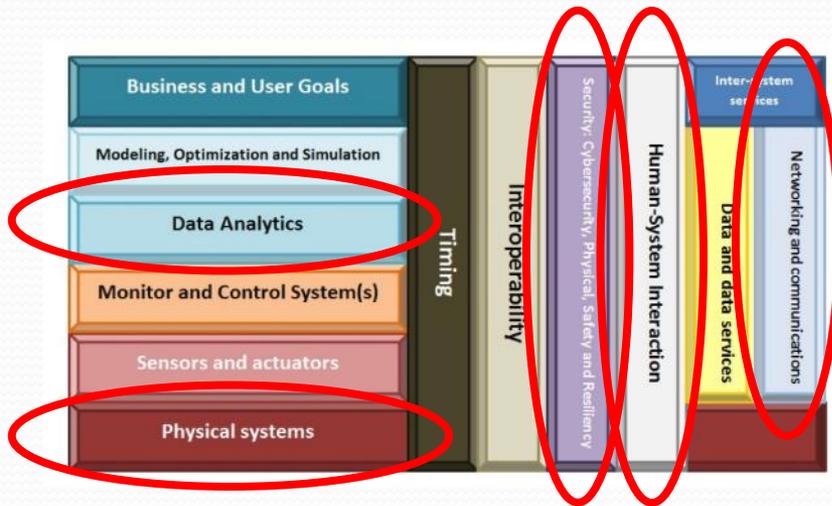
# Conceptos actuales: IoT, CPS, Industry 4.0

- Los CPS son más planificados que el IoT (más general)
- El IoT sólo incluye una infraestructura, los CPS además la aplicación (objetivos de usuario)
- Tienen una clara vocación industrial, quizá no tanto de uso masivo
- Su principal ventaja: soporte del NIST (desde 2015)



# Conceptos actuales: IoT, CPS, Industry 4.0

- Los CPS incluyen todas las tecnologías del momento
  - Muchas no consideradas tradicionalmente en la IoT
  - Ahora se están empezando a trabajar
    - OPORTUNIDAD



Big Data

Deep Learning

SEGURIDAD

Sistemas empotrados

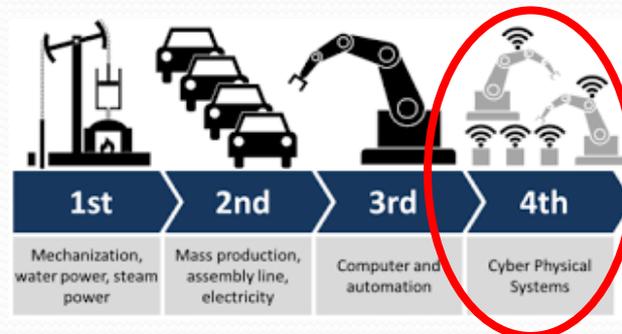
Wearables

Interacciones implícitas

Comunicaciones de bajo consumo

# Conceptos actuales: IoT, CPS, Industry 4.0

- A finales de 2014, en Alemania, se propuso un término “europeo” que englobase el IoT y (sobre todo) los CPS
  - Industria 4.0
- Es un término muy nuevo pero que ha tenido una gran acogida
- Los CPS siguen siendo el término “de moda”, pero comienzan un lento declive
  - Japón cierra el grupo de investigación (fin 2017)
- Industria 4.0 puede ser el próximo paradigma tecnológico

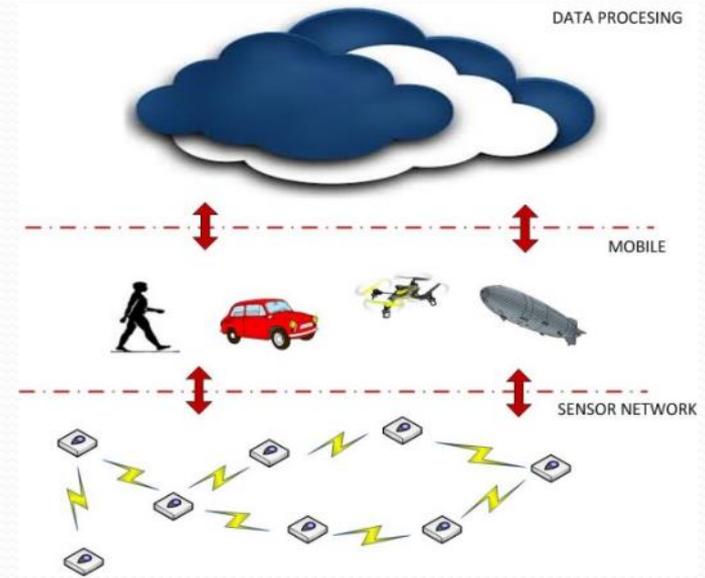


# Conceptos actuales: IoT, CPS, Industry 4.0

- En paralelo a Industry 4.0, otros términos que buscaban “hacer oposición” a los CPS desde el mundo IoT han aparecido
- El I-IoT (Industrial IoT, 2016) ha sido quizá el que más repercusión ha tenido
  - Son sistemas IoT dedicados a la monitorización y control de procesos a través de Internet
  - Es una referencia clara a los CPS, que se definen como “la integración de procesos computacionales y procesos físicos”
    - E. Lee [Cyber-physical systems-are computing foundations adequate?](#)
    - Investigadores de Berkely (“padres” de los CPS) han definido también los [Industrial CPS](#) (finales 2013)
  - Si los procesos a monitorizar son señales biométricas se habla de Healthcare Industrial IoT (HealthIIoT)

# Conceptos actuales: IoT, CPS, Industry 4.0

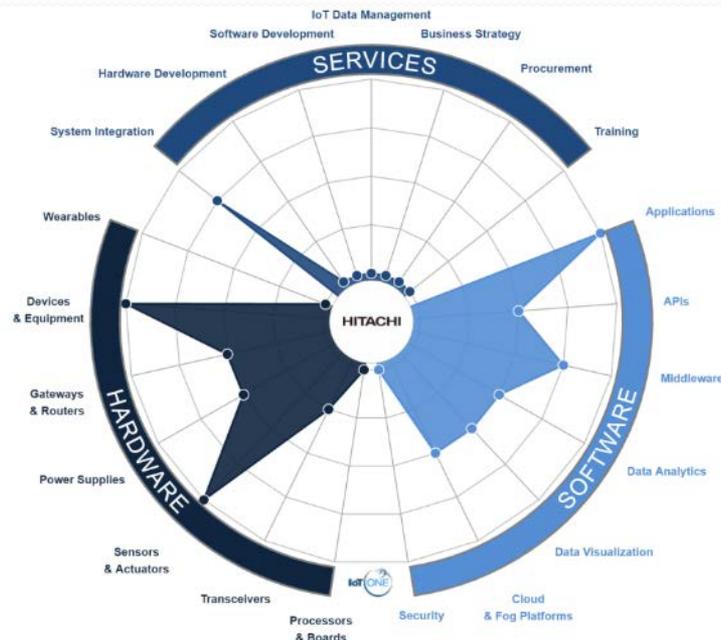
- Hay cierta confusión entre IoT y WSN (wireless sensor networks)
  - Los especialistas en WSN son especialmente sensibles al problema
- Los sensores en las WSN no están integrados en objetos y no los gestionan, aunque los pueden monitorizar
  - Por ejemplo, sensorización ambiental
- No suelen tener acceso a Internet, aunque hay propuestas en ese sentido



# Tendencias en investigación

## Propuestas recientes. Trabajos actuales

- En Internet de las Cosas suele investigarse en tres líneas muy diferenciadas
  - Creación de infraestructura (hardware)
  - Desarrollo de aplicaciones para sistemas de IoT (software)
  - Economía en la era del IoT (servicios)



Fuente: IoTOne  
<http://www.iotone.com/>

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- La creación de infraestructuras de IoT, en la actualidad, está mayoritariamente basada en 5 tecnologías

- **Bluetooth 4**
- Bluetooth 3
- ZigBee
- WiFi
- RFID



- Hay otras soluciones propietarias o de tipo móvil, que son de uso más minoritario

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- Existen soluciones comerciales muy comunes en investigaciones no tecnológicas basadas en IoT
  - Por ejemplo, estudios agronómicos sobre el uso de IoT en cultivos
- LTE-M, SIGFOX y LoRa son algunas de las tecnologías más comunes en este campo
  - Requieren de una infraestructura celular de área extensa (WAN)
    - El despliegue es caro y complicado, y no muy flexible
    - No es común emplear estas soluciones si se quiere investigar la infraestructura del IoT
  - Ser usuario de estas redes es sencillo y permiten desplegar sistemas de IoT sin ser experto tecnológico
    - En investigación de aplicaciones IoT sí son relativamente habituales

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

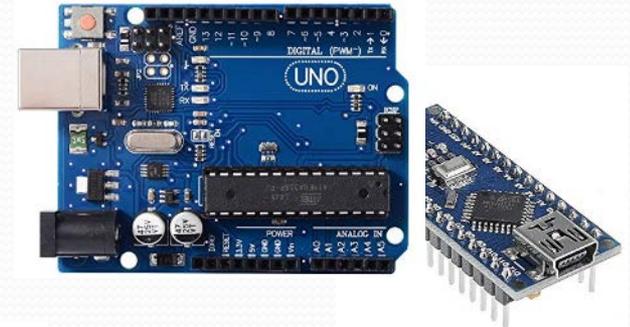
- Actualmente varias familias de dispositivos hardware que son los más empleados
  - La mayoría de trabajos se basan en estas plataformas
  - Es más sencillo aprovechar ideas previas



EDISON de Intel



ARTIK de Samsung



Arduino

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

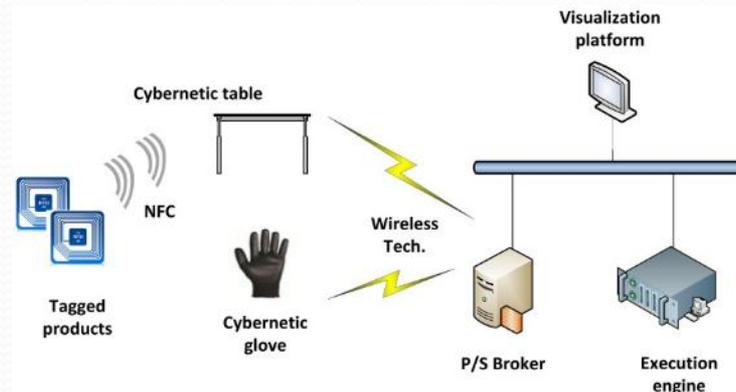
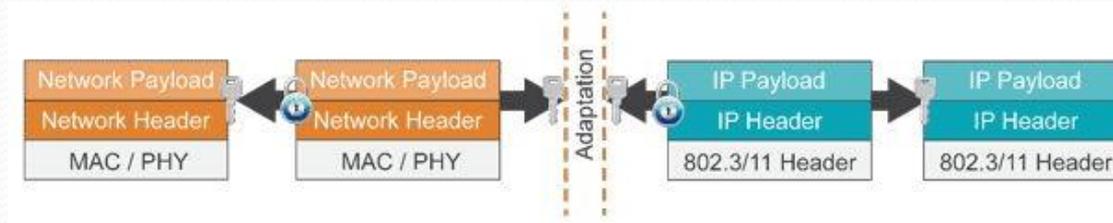
- La familia Intel Edison tiene mucho soporte de marca, pero aún no es de uso masivo en investigación
  - Puede ser la tecnología del futuro
  - El precio por dispositivo es de 100€-150€ (kit de desarrollo)
- Arduino es una tecnología muy barata y relativamente fácil de manejar
  - Su uso masivo ha hecho que se perciba como tecnología “quemada” para investigación puntera
  - Tiene limitaciones para soportar aplicaciones avanzadas
  - Hay dispositivos desde 3€ (o incluso menos)

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- Artik es la tecnología más cara (100€-200€ por cada kit de desarrollo)
  - Ha sido adoptada muy rápidamente por los investigadores en IoT y, sobre todo, la industria
  - Ya hay anunciados productos comerciales basados en Artik
  - Los dispositivos más grandes (Artik 5, 7 ó 10) se basan en sistemas Linux
  - Los dispositivos más pequeños (Artik 0) exigen herramientas de programación específicas
    - Las licencias se expiden bajo demanda (no hay precio estándar) pero pueden costar a partir de 1000€ dependiendo de lo contratado

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- En todos estos sistemas, para reducir el consumo de recursos, se proponen dos tipos de dispositivos
  - Uno de gran capacidad y potencia que actúa de “concentrador” o “gateway”
  - Tanto como sea preciso de consumo reducido asociados a los objetos

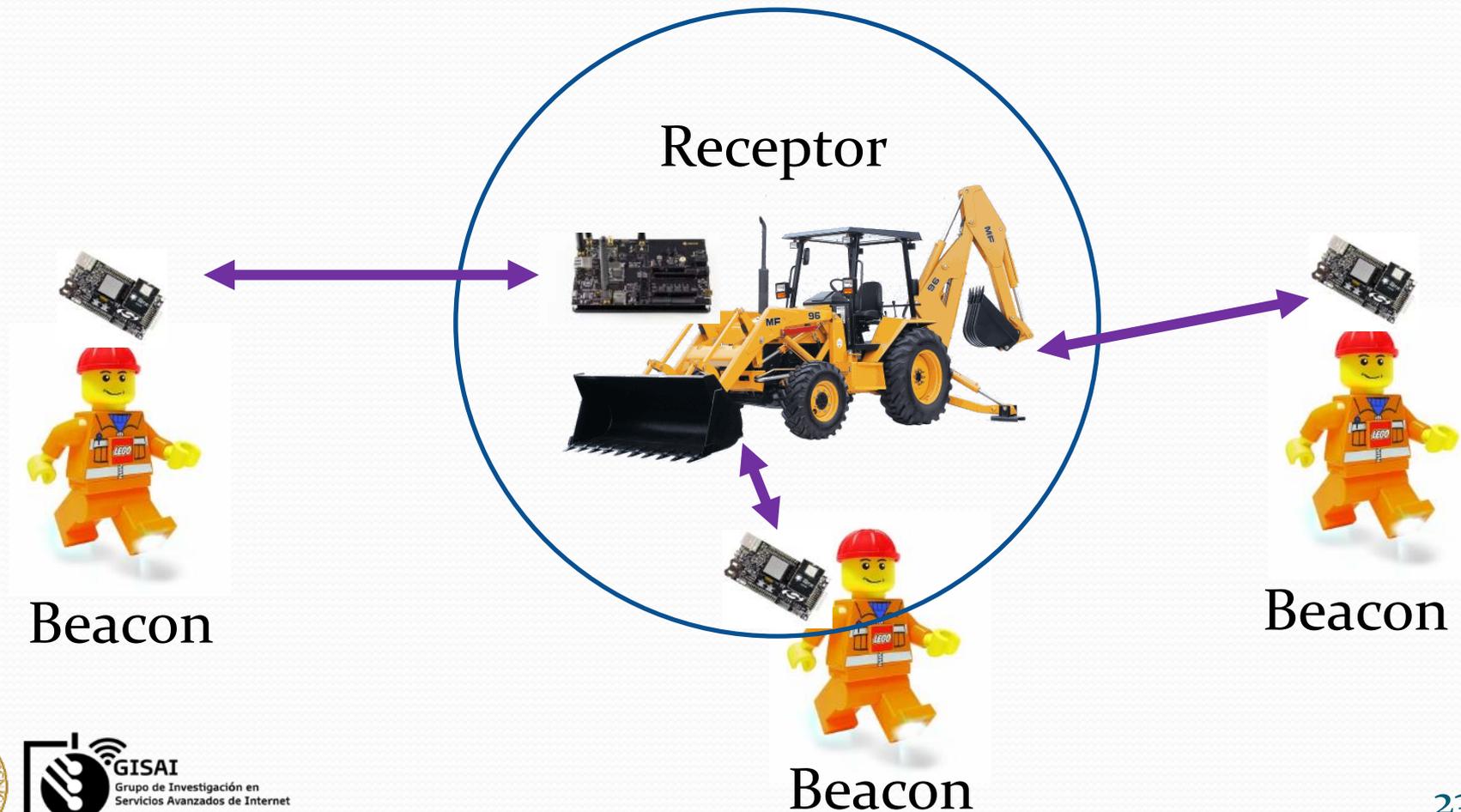


# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- El despliegue de la plataforma es casi inmediato
- El interés investigador está en la programación de los dispositivos
  - Transmisión en tiempo real, autoconfiguración, etc.
- La seguridad empieza a ser un tema crucial
  - Los últimos ataques contra la IoT han mostrado su relevancia
  - Las soluciones tradicionales son demasiado pesadas
  - En la actualidad no se trabaja en seguridad pensando en que “no hay interés en realizar un ataque”

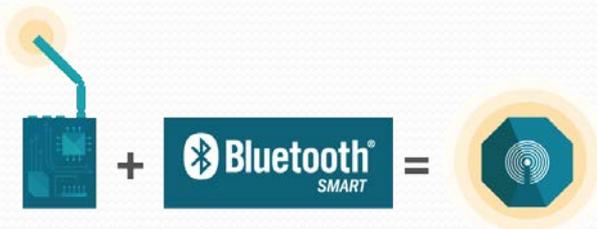
# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- Un posible ejemplo de aplicación: sistema de seguridad en el trabajo basado en Bluetooth Beacons



# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- Cada beacon envía de forma periódica, en abierto y en broadcast un identificador de 16 bits
  - El identificador es único en cada sistema
  - Cualquier receptor cerca de un beacon puede “escucharlo”
  - El periodo de envío es crítico
  - Podría configurarse como sistema bidireccional en otras aplicaciones
    - Realidad aumentada



# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- Temas de investigación en este escenario
  - Hacer configurable la distancia de detección
  - Gestión de la información
  - SEGURIDAD
    - Cifrado de flujo para evitar el trazado ilegal del escenario
- Es la tecnología de trazabilidad de nueva generación
  - Ambos equipos son activos (batería), pero en un beacon dura años
  - Admite temporización
  - Permite crear aplicaciones avanzadas

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

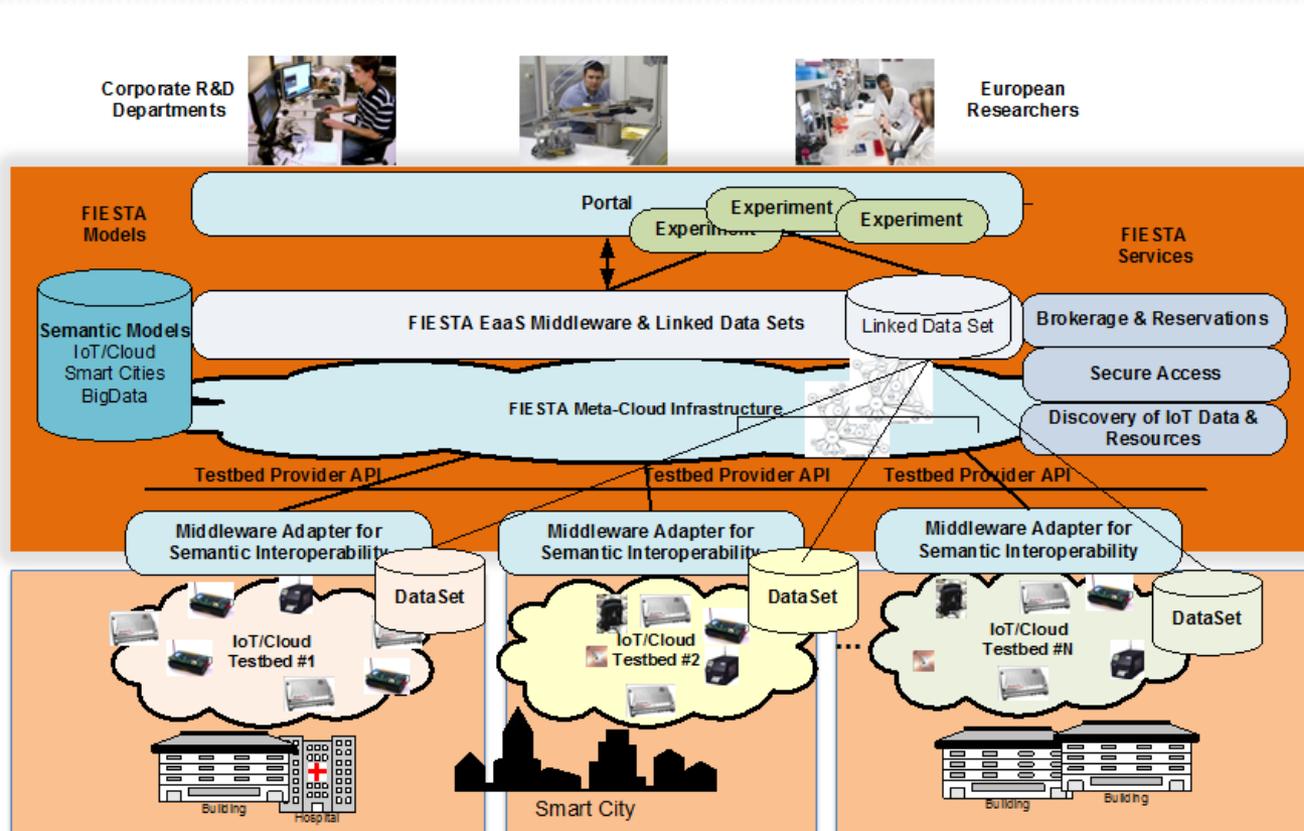
- El desarrollo de aplicaciones para IoT suele requerir de una infraestructura previa
  - En IoT todos los elementos son dedicados, no hay (no son adecuadas) soluciones de “propósito general”
- Es la línea de investigación del momento en IoT
  - Semántica
  - Big Data
  - Interoperabilidad de datos
  - Confiabilidad de los datos/ Reputación

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- La gestión de datos en IoT es muy compleja, por lo que suelen desarrollarse muchas capas antes de realizar la aplicación final
- El reto principal es crear aplicaciones que soporte el “caos” de la IoT como ocurre en el internet tradicional
  - Muchos fabricantes
  - Muchos tipos de sistemas/datos
  - Falta mucha conciencia de utilidad/valor
    - La IoT es solo infraestructura, la aplicaciones llegaron después

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- Ejemplo: Cálculo de calidad de datos en IoT



# Propuestas recientes. Trabajos actuales

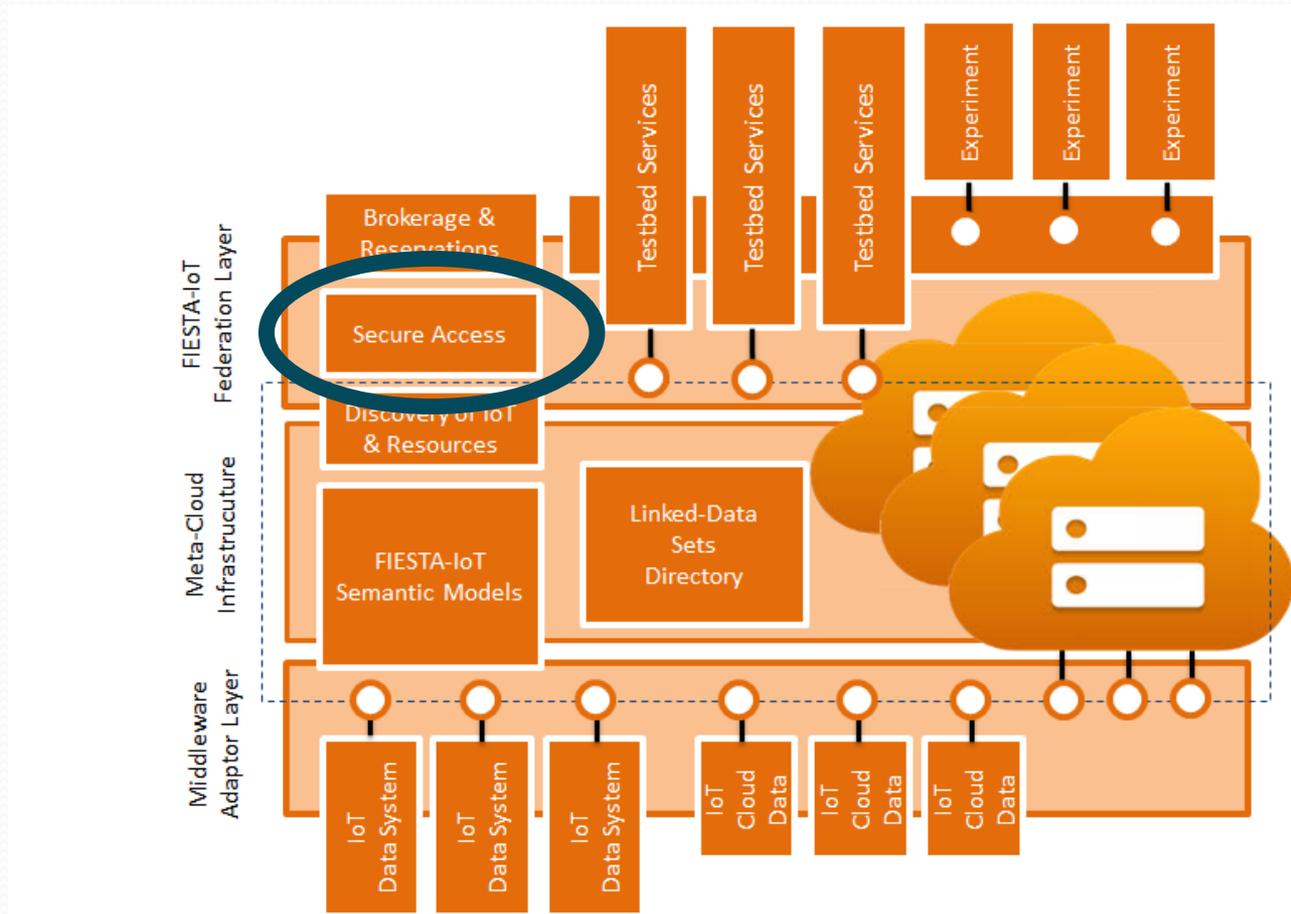
- Cuando los datos llegan a las aplicaciones mucha “metainformación” se ha perdido
  - Retraso que tiene el dato
  - Precisión
  - Periodicidad
  - Prioridad
  - Etc.
- Reconstrucción de la metainformación
  - Básicamente es un problema de tratamiento de datos

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- La pérdida de metainformación también afecta a la seguridad
  - ¿Quién generó el dato?
  - ¿Podía generarlo?
  - ¿Ha sido modificado?
- La confiabilidad en IoT es uno de los temas más candentes
- Otro tema de interés es la privacidad
  - ¿Estamos seguros de que no hay interés en nuestros datos?

# Propuestas recientes. Trabajos actuales

- La seguridad actual es “flotante”



Enfoques actuales del Internet de las Cosas.  
Tendencias en investigación y aplicaciones  
comerciales

# Aplicaciones comerciales actuales

Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información  
Leonardo Torres Quevedo  
10 de Marzo 2017

**Ramón Alcarria**

# Aplicaciones comerciales: Casos de estudio

- Trazabilidad de activos:
  - Trazabilidad de medicamentos y personal sanitario en un hospital.
- Entornos de inteligencia ambiental
  - Identificación y seguimiento de personas
  - Simulación de entornos sensorizados
- Transmisión de información con bajo consumo
  - Protocolos y modelos de comunicaciones de bajo consumo.
  - Representación de información en soportes eInk

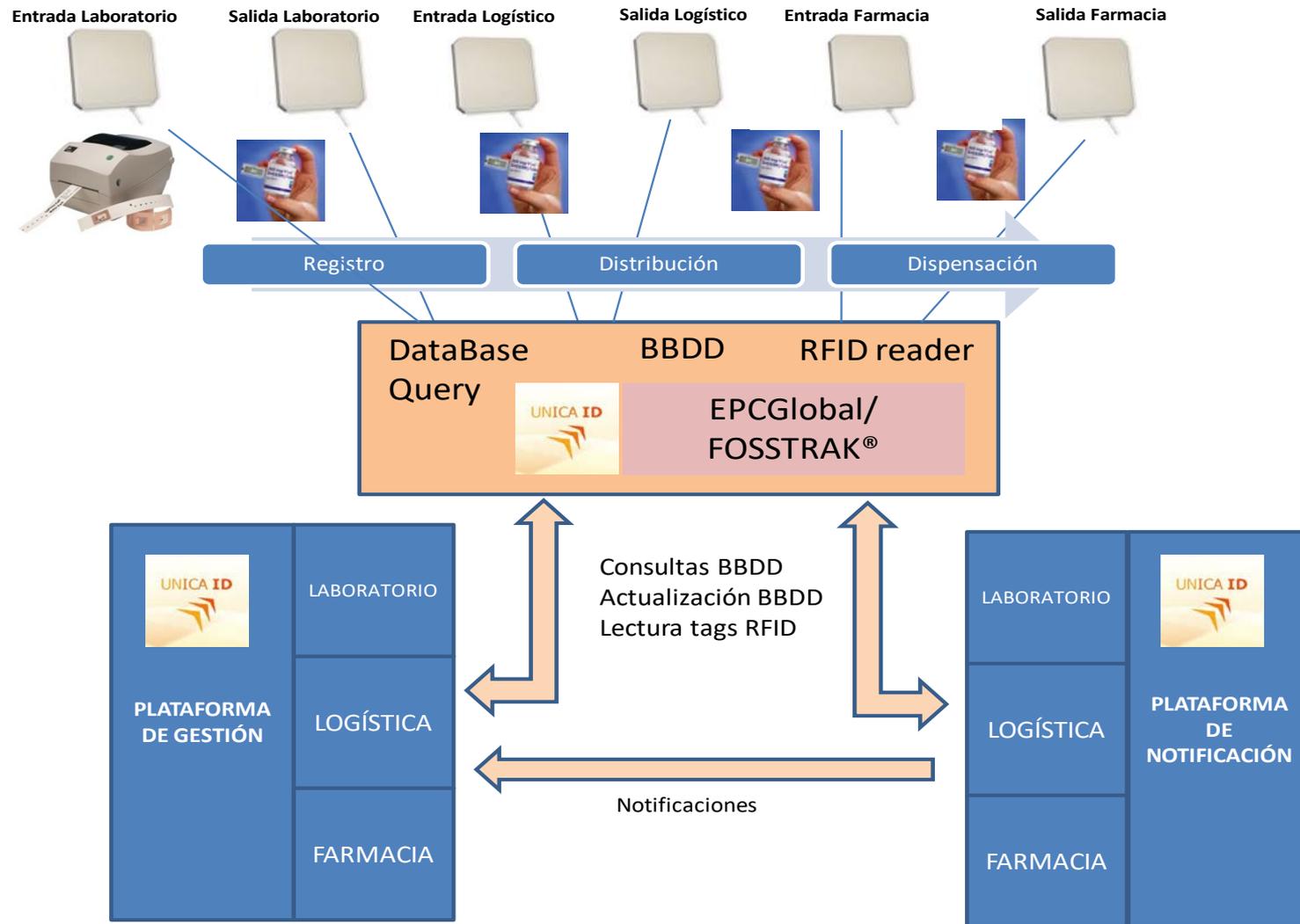
# Caso de estudio #1

- Trazabilidad de medicamentos y personal sanitario en un hospital
- Problema:
  - La cadena de abastecimiento de medicamentos no mantiene información de trazabilidad
  - La información sobre medicamentos se mantiene en soporte analógico y no es accesible por los participantes de la cadena.
  - Se producen descontrol de stock en medicamentos (+caros)



# Caso de estudio #1

- Trazabilidad de medicamentos y personal sanitario en un hospital. Arquitectura:



# Caso de estudio #1

- Trazabilidad de medicamentos y personal sanitario en un hospital
- Elección de tecnología de sensores: RFID

Fuente: <http://mwrf.com/systems/4-major-m2m-and-iot-challenges-you-need-know>

IOT WIRELESS TECHNOLOGIES

Technologies	Standards & Organizations	Network Type	Frequency (US)	Max Range	Max Data Rate	Max Power	Encryption
WiFi	IEEE 802.11 (a,b,g,n,ac,ad, and etc)	WLAN	2.4,3.6,5,60 GHz	100 m	*6-780 Mb/s 6.75 Gb/s @ 60 GHz*	1 W	WEP, WPA, WPA2
Z-Wave	Z-Wave	Mesh	908.42 MHz	30 m	100 kb/s	1 mW	Triple DES
Bluetooth	Bluetooth (formerly IEEE 802.15.1)	WPAN	2400-2483.5 MHz	100 m	1-3 Mb/s	1 W	56/128-bit
Bluetooth Smart (BLE)	IoT Interconnect	WPAN	2400-2483.5 MHz	35 m	1 Mb/s	10 mW	128-bit AES
Zigbee	IEEE 802.15.4	Mesh	2400-2483.5 MHz	160 m	250 kb/s	100 mW	128-bit AES
THREAD	IEEE 802.15.4 + 6LoWPAN	Mesh	2400-2483.5 MHz	160 m	250 kb/s	100 mW	128-bit AES
RFID	Many	P2P	13.56 MHz, etc.	1 m	423 kb/s	-1 mW	possible
NFC	ISO/IEC 13157 & etc	P2P	13.56 MHz	0.1 m	424 kb/s	1-2 mW	possible
GPRS (2G)	3GPP	GERAN	GSM 850/1900 MHz	25 km / 10 km	171 kb/s	2 W / 1 W	GEA2/GEA3/GEA4
EDGE (2G)	3GPP	GERAN	GSM 850/1900 MHz	26 km / 10 km	384 kb/s	3 W / 1 W	A5/4, A5/3
UMTS (3G) HSDPA/HSUPA	3GPP	UTRAN	850/1700/1900 MHz	27 km / 10 km	0.73-56 Mb/s	4 W / 1 W	USIM
LTE (4G)	3GPP	GERAN/UTRAN	700-2600 MHz	28 km / 10 km	0.1-1 Gb/s	5 W / 1 W	SNOW 3G Stream Cipher
ANT+	ANT+ Alliance	WSN	2.4 GHz	100 m	1 Mb/s	1 mW	AES-128
Cognitive Radio	IEEE 802.22 WG	WRAN	54-862 MHz	100 km	24 Mb/s	1 W	AES-GCM
Weightless-N/W	Weightless SIG	LPWAN	700/900 MHz	5 km	0.001-10 Mb/s	40 mW / 4 W	128-bit



# Caso de estudio #1

- Trazabilidad de medicamentos y personal sanitario en un hospital
- RFID
  - Muy utilizado en transporte y logística
  - Despliegue sencillo: La comunicación se produce entre los lectores y las etiquetas RFID.
  - El rango de comunicación y la frecuencia depende del tipo de tecnología.



# Caso de estudio #1

- Trazabilidad de medicamentos y personal sanitario en un hospital
- Provisión de antenas receptoras y tags RFID

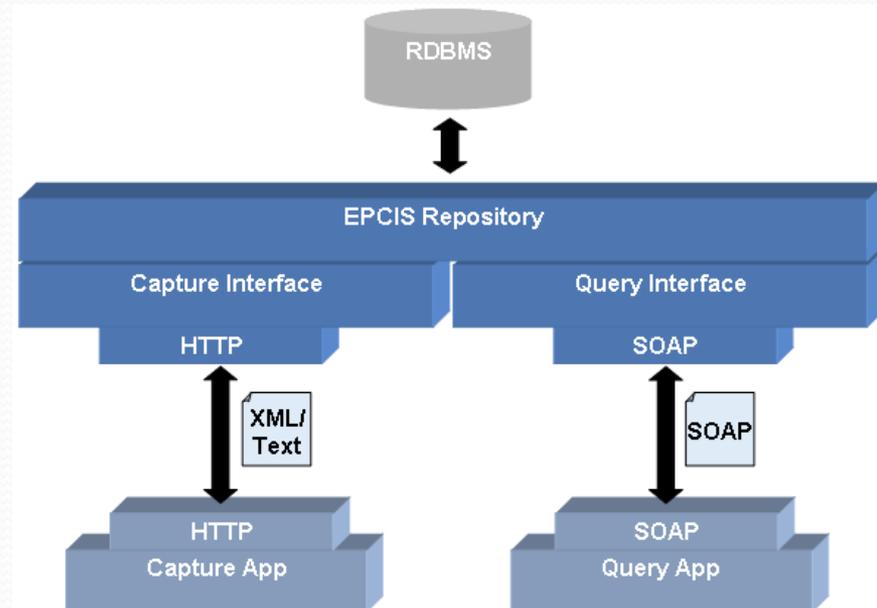


# Caso de estudio #1

- Trazabilidad de medicamentos y personal sanitario en un hospital
- Consideraciones de seguridad: Tags RFID
  - Robo de etiquetas -> Seguridad física
  - Lectura / manipulación de tags -> Password de acceso a Tags (UHF Class 1 Gen 2)
  - Clonado de Tags -> Protocolos desafío-respuesta (Gen 2 no permite la autenticación mutua)
  - MITM / Replay -> Cover-coding (la contraseña de acceso a la Tag nunca se envía completa, sino por mitades)

# Caso de estudio #1

- Trazabilidad de medicamentos y personal sanitario en un hospital
- Consideraciones de seguridad:
- Lectores RFID
  - Lector RFID se ha visto comprometido -> Autenticación a nivel de lector RFID (PKI basada en X.509)
- Sistema de trazabilidad
  - Spoofing, MITM -> SSL-TLS / EAP-TLS X.509

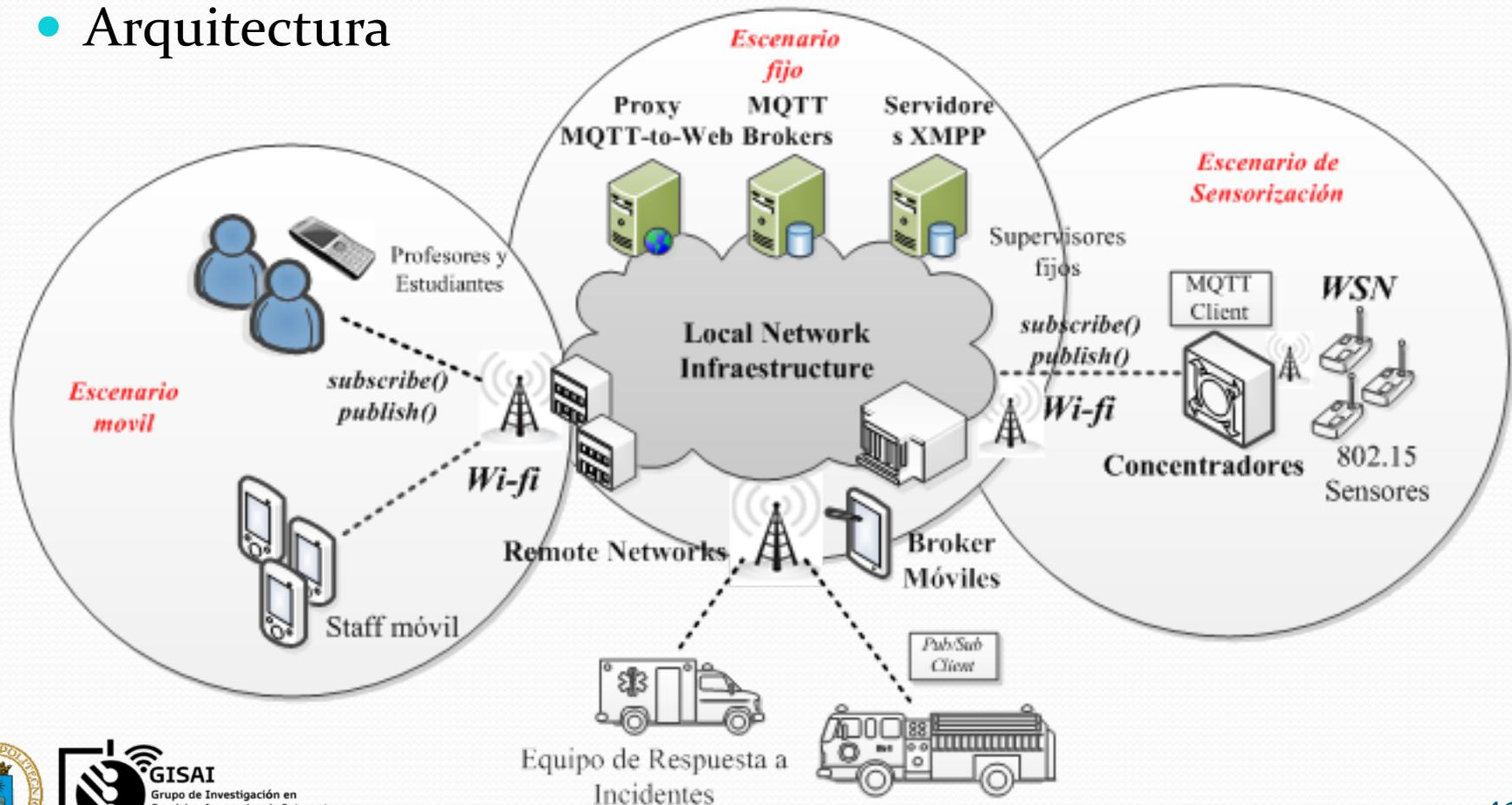


# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- Problema:
  - Localización de personas en interiores es muy compleja.
  - En eventos críticos como una evacuación no se ofrece un soporte adecuado ni planes de evacuación dinámicos
- Objetivo:
  - Aplicación de IoT para la provisión de un sistema de soporte a la evacuación
  - Monitorización en tiempo real a través de sensores
  - Toma de decisiones para la evacuación
  - Monitorización de espacios para detección de eventos críticos
  - Detección de situaciones que generan cambios en los planes de evacuación (salidas bloqueadas, pasillos inaccesibles, etc.)

# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- Arquitectura



# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- Elección de tecnología de sensores: Zigbee

Fuente: <http://mwrf.com/systems/4-major-m2m-and-iot-challenges-you-need-know>

## IOT WIRELESS TECHNOLOGIES

Technologies	Standards & Organizations	Network Type	Frequency (US)	Max Range	Max Data Rate	Max Power	Encryption
WiFi	IEEE 802.11 (a,b,g,n,ac,ad, and etc)	WLAN	2.4,3.6,5,60 GHz	100 m	"6-780 Mb/s 6.75 Gb/s @ 60 GHz"	1 W	WEP, WPA, WPA2
Z-Wave	Z-Wave	Mesh	908.42 MHz	30 m	100 kb/s	1 mW	Triple DES
Bluetooth	Bluetooth (formerly IEEE 802.15.1)	WPAN	2400-2483.5 MHz	100 m	1-3 Mb/s	1 W	56/128-bit
Bluetooth Smart (BLE)	IoT Interconnect	WPAN	2400-2483.5 MHz	35 m	1 Mb/s	10 mW	128-bit AES
Zigbee	IEEE 802.15.4	Mesh	2400-2483.5 MHz	160 m	250 kb/s	100 mW	128-bit AES
THREAD	IEEE 802.15.4 + 6LoWPAN	Mesh	2400-2483.5 MHz	160 m	250 kb/s	100 mW	128-bit AES
RFID	Many	P2P	13.56 MHz, etc.	1 m	423 kb/s	-1 mW	possible
NFC	ISO/IEC 13157 & etc	P2P	13.56 MHz	0.1 m	424 kb/s	1-2 mW	possible
GPRS (2G)	3GPP	GERAN	GSM 850/1900 MHz	25 km / 10 km	171 kb/s	2 W / 1 W	GEA2/GEA3/GEA4
EDGE (2G)	3GPP	GERAN	GSM 850/1900 MHz	26 km / 10 km	384 kb/s	3 W / 1 W	A5/4, A5/3
UMTS (3G) HSDPA/HSUPA	3GPP	UTRAN	850/1700/1900 MHz	27 km / 10 km	0.73-56 Mb/s	4 W / 1 W	USIM
LTE (4G)	3GPP	GERAN/UTRAN	700-2600 MHz	28 km / 10 km	0.1-1 Gb/s	5 W / 1 W	SNOW 3G Stream Cipher
ANT+	ANT+ Alliance	WSN	2.4 GHz	100 m	1 Mb/s	1 mW	AES-128
Cognitive Radio	IEEE 802.22 WG	WRAN	54-862 MHz	100 km	24 Mb/s	1 W	AES-GCM
Weightless-N/W	Weightless SIG	LPWAN	700/900 MHz	5 km	0.001-10 Mb/s	40 mW / 4 W	128-bit

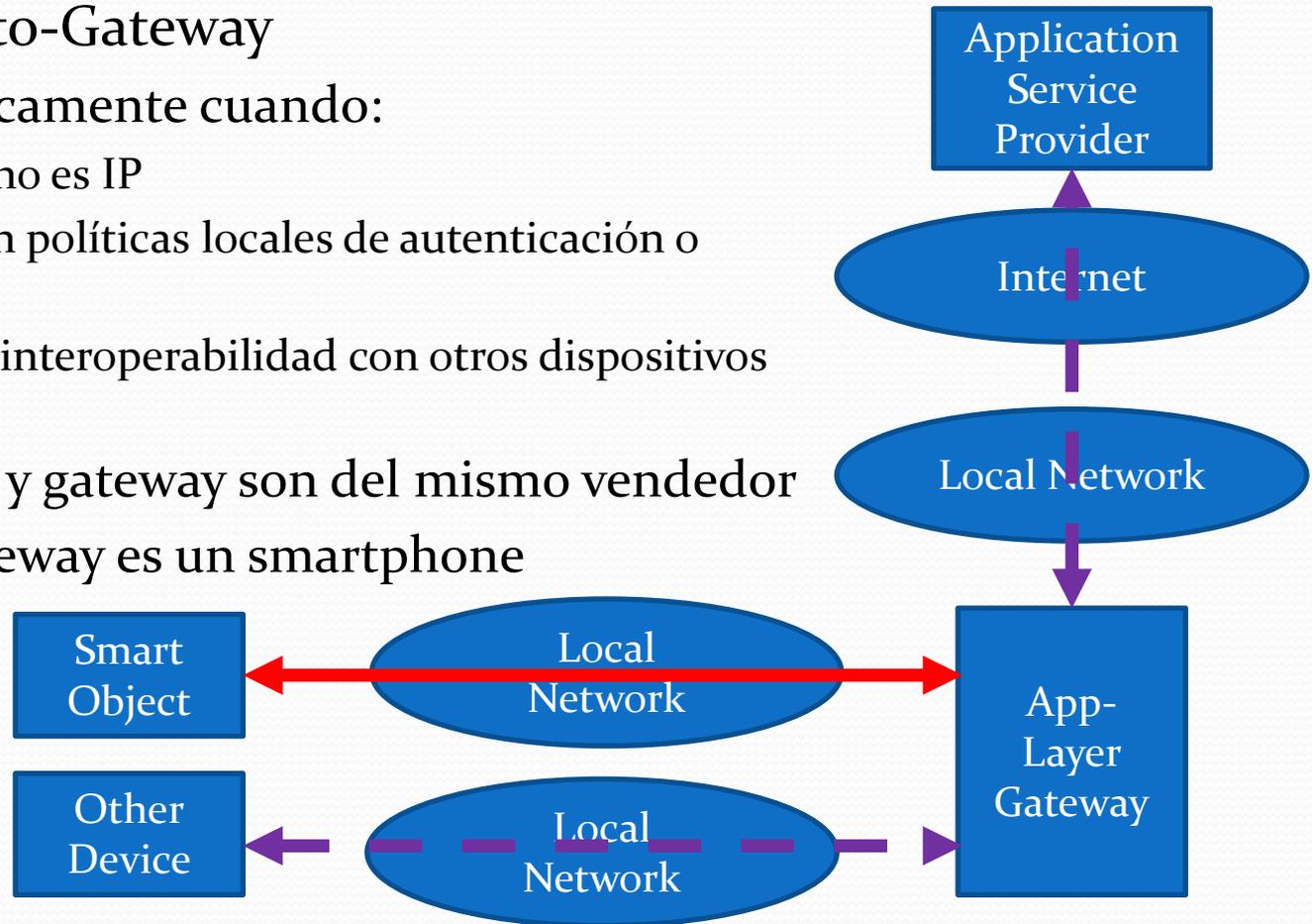


# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- ZigBee
  - Basado en IEEE's 802.15.4, estándar radio para PAN.
  - Alcance: hasta 200 metros entre dos nodos.
  - Bajo coste.
  - Bajo consumo (vida de las baterías de alrededor de 2 años)
  - Bajo ancho de banda (250 kbps)
  - Facilidad de despliegue
  - Permite direccionamiento a un gran número de nodos (64770)
  - Requiere un nodo coordinador (gateway)
  - Incorpora características de seguridad
  - Tecnología ideal para redes Mesh y WPAN, ya que soporta múltiples topologías de Red (estrella, árbol, Mesh).

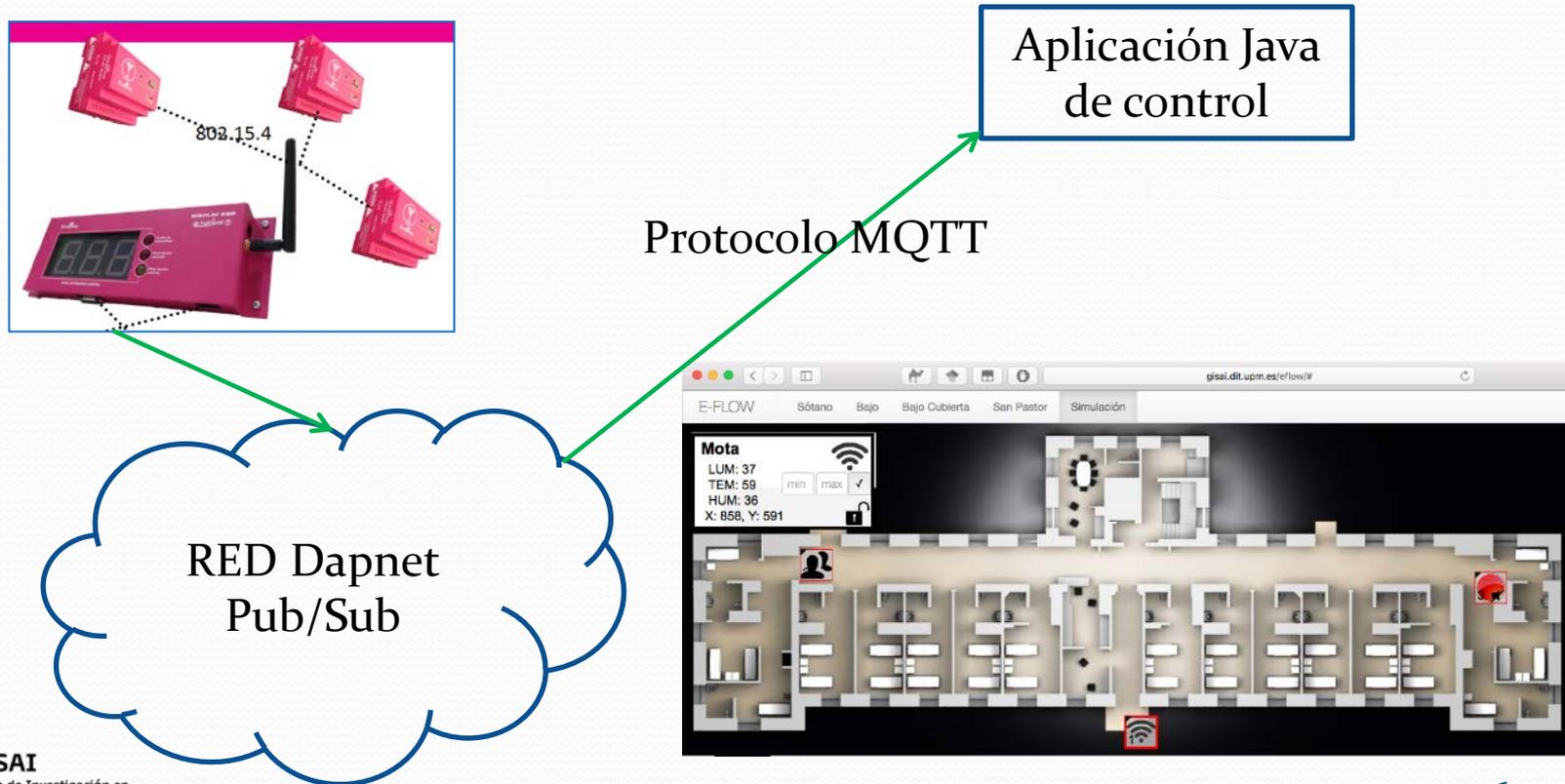
# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- Patrón Device-to-Gateway
  - Utilizado típicamente cuando:
    - Nivel de red no es IP
    - o se necesitan políticas locales de autenticación o autorización
    - o se necesita interoperabilidad con otros dispositivos no-IP
  - El dispositivo y gateway son del mismo vendedor
  - A veces el gateway es un smartphone



# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- Escenario de sensorización



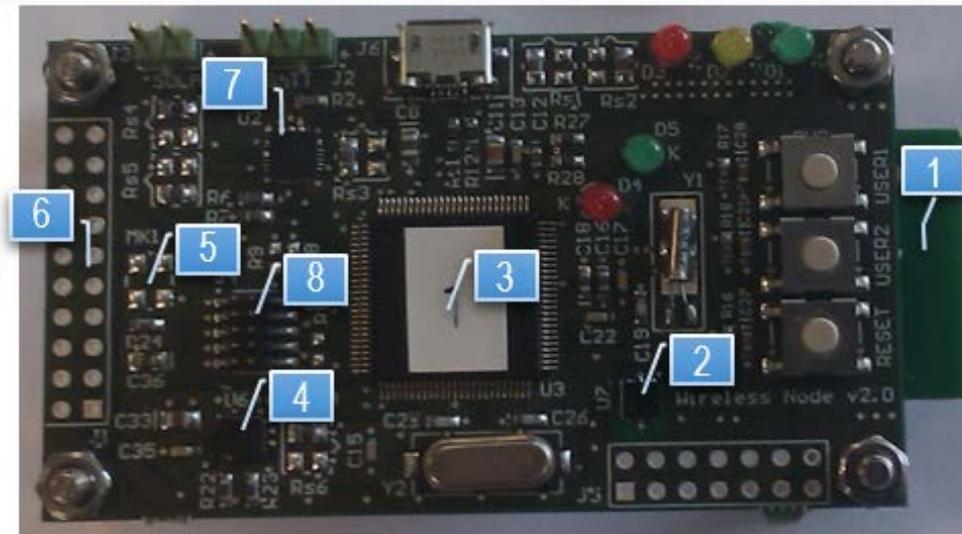
# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- MQTT (Message Queue Telemetry Transport)
  - Basado en el modelo de Publicación / Suscripción
  - Requiere de la presencia de un bróker
  - Soporta broadcast (comunicación muchos a muchos).
  - Basado en topics. Se pueden definir conjuntos de topics y jerarquías multinivel.
  - Seguridad a través de SSL/TLS
  - QoS:
    - Nivel 0: Best effort
    - Nivel 1: Garantía de llegada (pueden llegar varios mensajes iguales)
    - Nivel 2: Garantía de llegada y sin repetición

# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- Dispositivos IoT

Motas

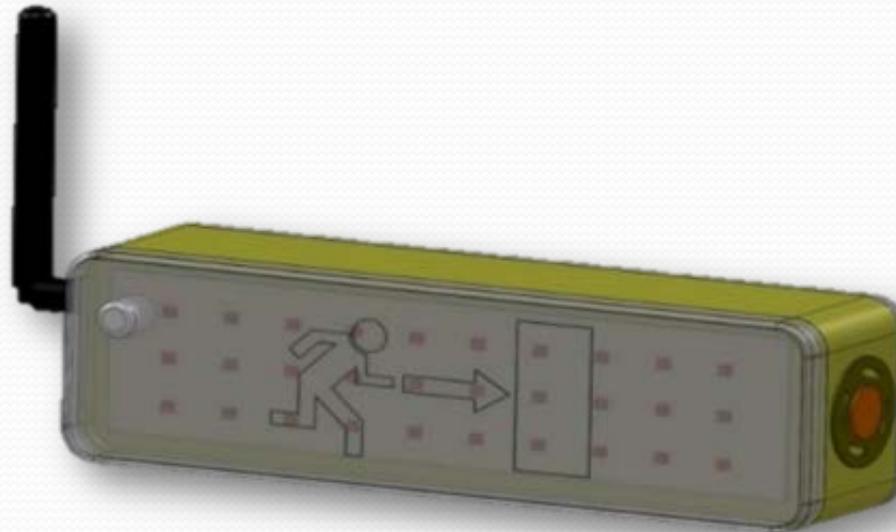


1. Módulo RF	6. Puerto de expansión
2. Sensor de temperatura / humedad	7. Gestor de alimentación
3. PSoC 3	8. Interfaz de depuración JTAG
4. Acelerómetro	
5. Micrófono (no soldado)	

# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- Dispositivos IoT

Dispositivos de señalización dinámica



# Caso de estudio #2

- Aml: Identificación y seguimiento de personas
- Dispositivos IoT

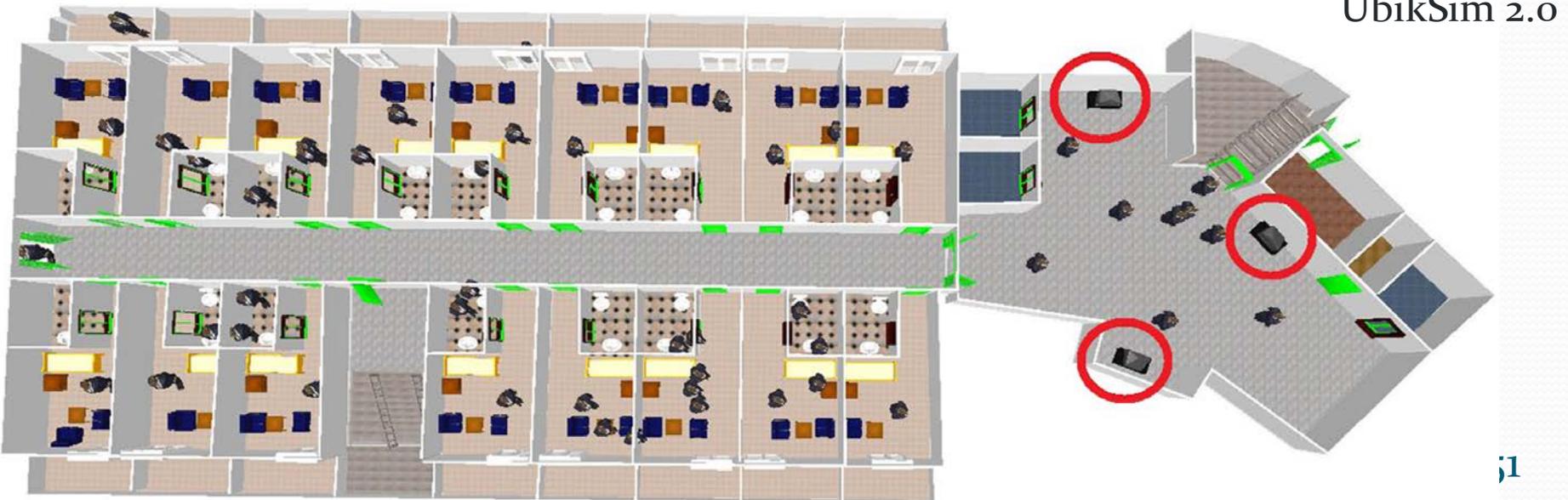
## Concentrador

- Procesador OMAP-L137, con un procesador digital de señal (en adelante DSP) de punto flotante C674x VLIW y un procesador de propósito general (en adelante ARM) ARM926EJ-S operando hasta 300 Mhz.
- 64 Mbytes de memoria SDRAM
- 4 Gbytes de memoria NAND FLASH
- 8 Mbytes de memoria FLASH serie
- 2 conectores Ethernet RJ-45
- Interfaz USB 1.1 high speed
- Interfaz USB 2.0 full speed
- Interfaz RS-232
- Conector de expansión para el uso de placas hijas
- Interfaz de depuración JTAG



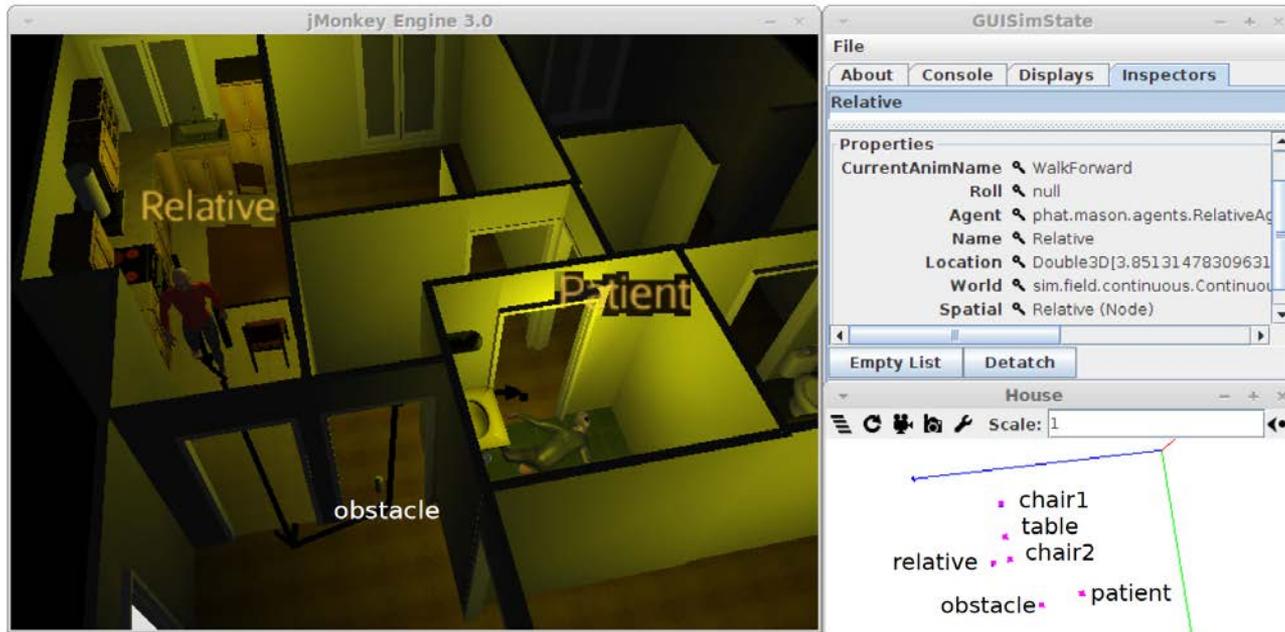
# Caso de estudio #3

- Simulación de entornos sensorizados
- Problema:
  - El despliegue de tecnologías Aml requiere de experimentos con usuarios y dispositivos en escenarios similares.
  - Estos experimentos son complejos y costosos
- Retos
  - Incluir técnicas de simulación social con técnicas de simulación de dispositivos IoT.



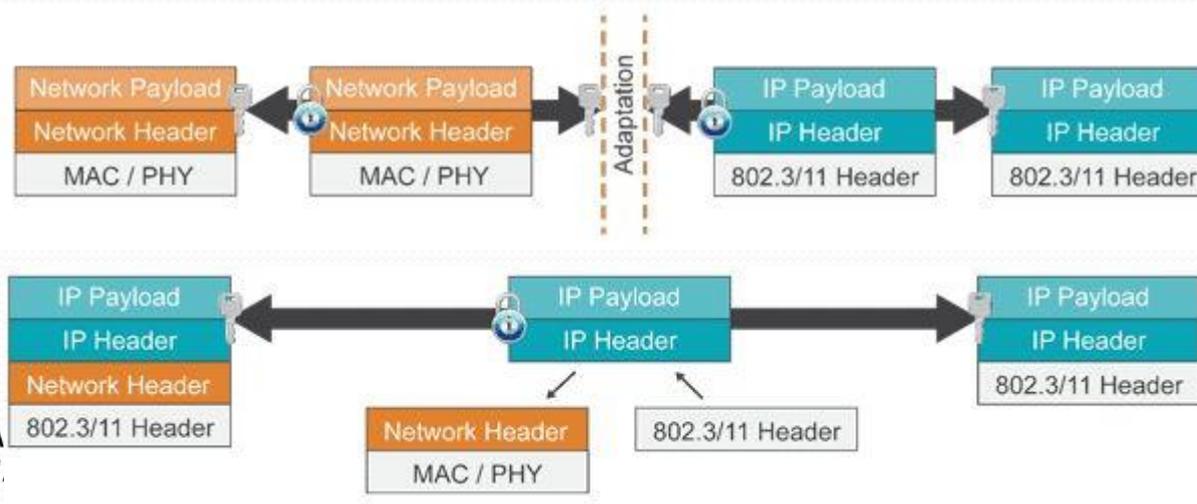
# Caso de estudio #3

- Simulación de entornos sensorizados
- Problema:
  - El despliegue de tecnologías Aml requiere de experimentos con usuarios y dispositivos en escenarios similares.
  - Estos experimentos son complejos y costosos
- Retos
  - Incluir técnicas de simulación social con técnicas de simulación de dispositivos IoT.



# Caso de estudio #3

- Simulación de entornos sensorizados
  - Decisiones: IP vs No-IP en los objetos inteligentes
- Desventajas IP:
  - Dedicar recursos a implementar la pila
  - Accesible directamente desde Internet (debemos proporcionar seguridad)
- Desventajas No-IP
  - Necesitaremos una puerta de enlace.
  - No nos aprovechamos de los estándares IETF y del ecosistema IP

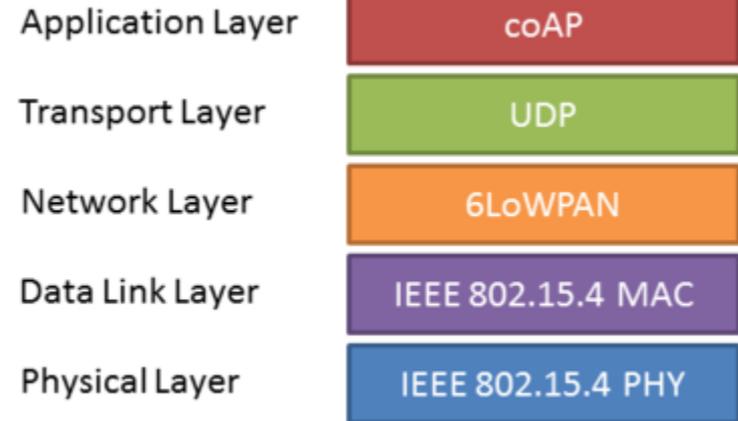


# Caso de estudio #3

- Simulación de entornos sensorizados
  - Decisiones: IP vs No-IP en los objetos inteligentes
- Desventajas IP:
  - Dedicar recursos a implementar la pila
  - Accesible directamente desde Internet (debemos proporcionar seguridad)
- Desventajas No-IP
  - Necesitaremos una puerta de enlace.
  - No nos aprovechamos de los estándares IETF y del ecosistema IP
- ¿Por qué IPv6?
  - IPv4 soporta direccionamiento en 32-bit ( $2^{32} = 4000$  Mill)
  - IPv6 soporta 128-bit ( $3.4 * 10^{38}$  direcciones)

# Caso de estudio #3

- Simulación de entornos sensorizados
- Arquitectura
  - NS3: Uso de COAP sobre 6LowPAN



Fuente: <http://mwrf.com/systems/4-major-m2m-and-iiot-challenges-you-need-know>

## IOT WIRELESS TECHNOLOGIES

Technologies	Standards & Organizations	Network Type	Frequency (US)	Max Range	Max Data Rate	Max Power	Encryption
WiFi	IEEE 802.11 (a,b,g,n,ac,ad, and etc)	WLAN	2.4,3.6,5,60 GHz	100 m	"6-780 Mb/s 6.75 Gb/s @ 60 GHz"	1 W	WEP, WPA, WPA2
Z-Wave	Z-Wave	Mesh	908.42 MHz	30 m	100 kb/s	1 mW	Triple DES
Bluetooth	Bluetooth (formerly IEEE 802.15.1)	WPAN	2400-2483.5 MHz	100 m	1-3 Mb/s	1 W	56/128-bit
Bluetooth Smart (BLE)	IoT Interconnect	WPAN	2400-2483.5 MHz	35 m	1 Mb/s	10 mW	128-bit AES
Zigbee	IEEE 802.15.4	Mesh	2400-2483.5 MHz	160 m	250 kb/s	100 mW	128-bit AES
THREAD	IEEE 802.15.4 + 6LoWPAN	Mesh	2400-2483.5 MHz	160 m	250 kb/s	100 mW	128-bit AES
RFID	Many	P2P	13.56 MHz, etc.	1 m	423 kb/s	-1 mW	possible
NFC	ISO/IEC 13157 & etc	P2P	13.56 MHz	0.1 m	424 kb/s	1-2 mW	possible
GPRS (2G)	3GPP	GERAN	GSM 850/1900 MHz	25 km / 10 km	171 kb/s	2 W / 1 W	GEA2/GEA3/GEA4
EDGE (2G)	3GPP	GERAN	GSM 850/1900 MHz	26 km / 10 km	384 kb/s	3 W / 1 W	A5/4, A5/3
UMTS (3G) HSDPA/HSUPA	3GPP	UTRAN	850/1700/1900 MHz	27 km / 10 km	0.73-56 Mb/s	4 W / 1 W	USIM
LTE (4G)	3GPP	GERAN/UTRAN	700-2600 MHz	28 km / 10 km	0.1-1 Gb/s	5 W / 1 W	SNOW 3G Stream Cipher
ANT+	ANT+ Alliance	WSN	2.4 GHz	100 m	1 Mb/s	1 mW	AES-128
Cognitive Radio	IEEE 802.22 WG	WRAN	54-862 MHz	100 km	24 Mb/s	1 W	AES-GCM
Weightless-N/W	Weightless SIG	LPWAN	700/900 MHz	5 km	0.001-10 Mb/s	40 mW / 4 W	128-bit



# Caso de estudio #3

- Simulación de entornos sensorizados
- Arquitectura
  - NS3: Uso de COAP sobre 6LowPAN
- CoAP
  - 10k. Diseñado para microcontroladores con escasa memoria.
  - Protocolo simple de petición/respuesta
  - Basado en UDP y modelo REST (GET, PUT, POST, DELETE). Implementa modelo de confirmación para fiabilidad.
  - Seguridad vía Datagram Transport Layer Security (DTLS)
  - Cabeceras de 4 bytes
  - Comunicación como subconjunto de HTTP

Application Layer

coAP

Transport Layer

UDP

Network Layer

6LoWPAN

Data Link Layer

IEEE 802.15.4 MAC

Physical Layer

IEEE 802.15.4 PHY

 **ns-3**  
NETWORK SIMULATOR

# Caso de estudio #3

- Simulación de entornos sensorizados
- Patrón Device-to-Cloud
  - Permite a los usuarios acceder a los dispositivos desde cualquier sitio.
  - Nivel de enlace debe ser compatible con el *stack* IP, como WiFi.
  - El servicio cloud y el dispositivo son a menudo del mismo fabricante.
    - Esto puede dar lugar a ecosistemas con protocolos propietarios



Báscula  
rnet  
inteligente

Architectural Considerations in Smart Object Networking  
IAB: RFC 7452

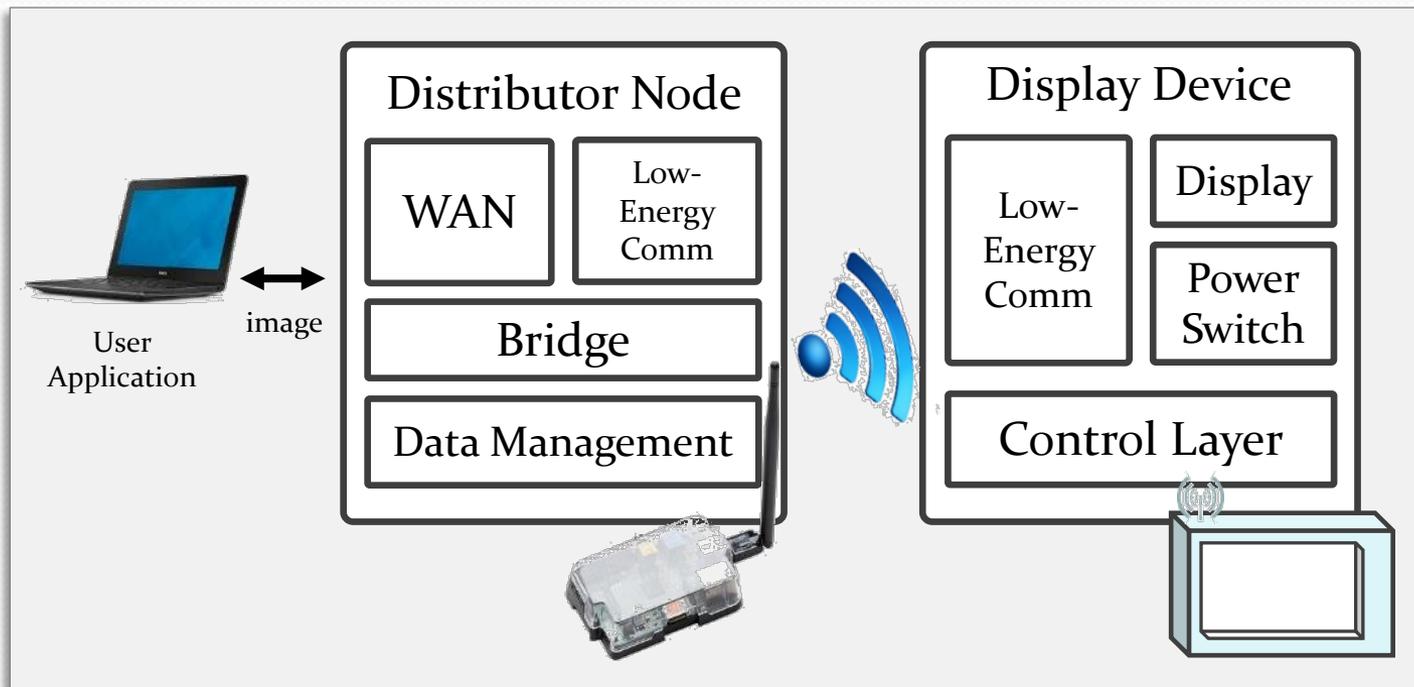
# Caso de estudio #4

- Transmisión de información con bajo consumo
- Problema:
  - Los sistemas de información actuales no están adaptados para la presentación de información utilizando técnicas de bajo consumo
  - La aparición de las pantallas de tinta electrónica supone un reto en la provisión de técnicas para la transmisión de información
  - Consideramos un escenario de supermercado. Las pantallas de tinta electrónica actúan como etiquetas de productos.



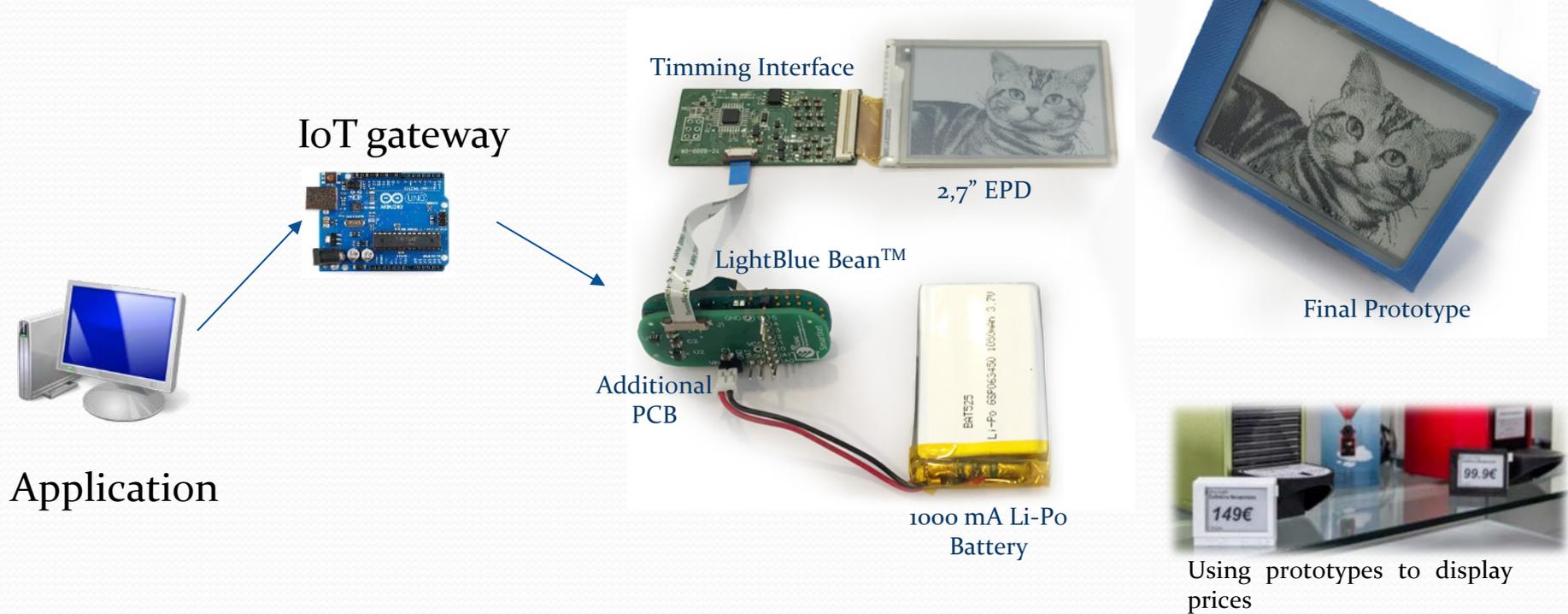
# Caso de estudio #4

- Transmisión de información con bajo consumo
- Arquitectura:



# Caso de estudio #4

- Transmisión de información con bajo consumo
- Prototipo:



# Caso de estudio #4

- Transmisión de información con bajo consumo
- Prototipo con última tecnología: Familia Artik de Samsung

## Artik 5

- dual Cortex<sup>®</sup>-A7 with Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Thread
- 512MB RAM, 4GB flash (eMMC)
- Enterprise class security
- Fedora Linux<sup>®</sup>

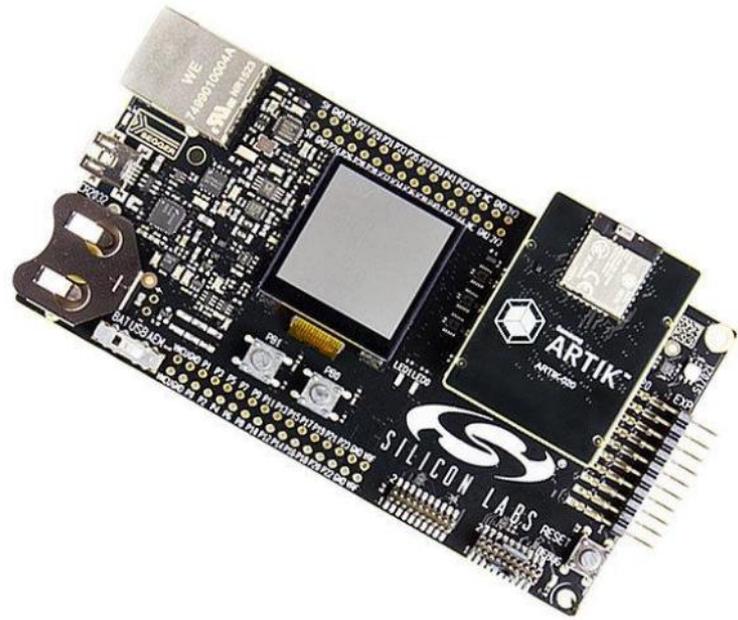


# Caso de estudio #4

- Transmisión de información con bajo consumo
- Prototipo con última tecnología: Familia Artik de Samsung

## Artik o

- 020: Bluetooth 4.2 Smart
- 030: ZigBee, Thread
- 13mm x 15mm



# Caso de estudio #4

- Transmisión de información con bajo consumo
- Bluetooth 4.2
  - Mejora las velocidades de su antecesor el 4.0 sin aumentar el consumo
  - Implementa conexiones seguras con ECDH. Protección contra ataques MITM.
    - La anterior versión implementaba seguridad por clave de acceso que se mandaba en claro en el proceso de pairing.
  - Topologías de red típica en estrella (host y muchos dispositivos).
  - Rango: Hasta 60 metros
  - Velocidad máxima: 25 Mbps

# Líneas futuras

- Uso de Thread
  - Nuevo protocolo introducido por Google, Samsung, ARM, Qualcomm
  - Funciona sobre IEEE 802.15.4 (6lowPAN)
  - Basado en IPv6
  - Soportar redes Mesh multisalto
  - Alrededor de 250 dispositivos por red
  - Muy bajo consumo
  - Tecnología aún algo inmadura, aunque ya se implementa en los dispositivos de nueva generación como los Samsung Artik.

# Líneas futuras

- Crowdsensing
  - Utilización del teléfono móvil como conjunto de sensores en movilidad



## Sensores:

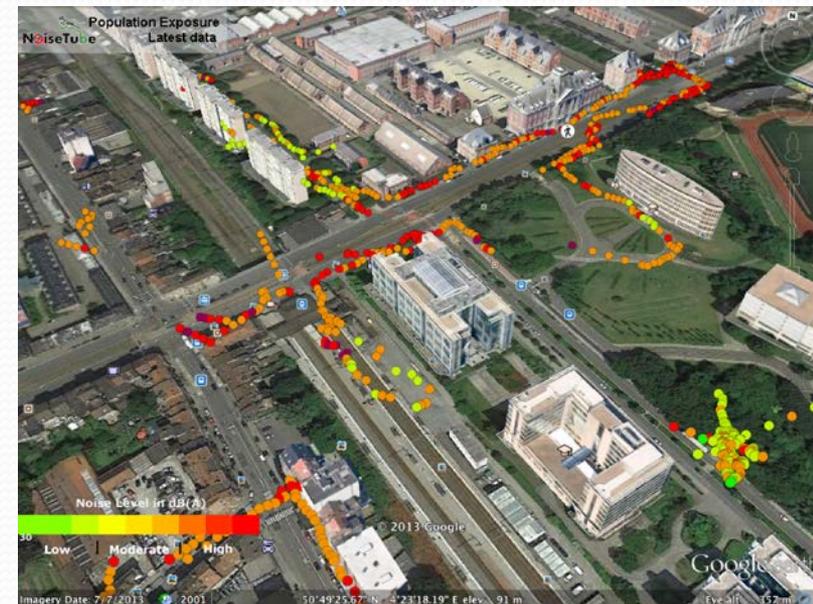
*Cámara*  
*Audio*  
*Acelerómetro*  
*GPS*  
*Giroscopo*  
*Brújula*  
*Proximidad*  
*Luz ambiental*

## Definen contexto:

- *Espacial* (lugar, orientación)
- *Temporal* (tiempo, duración)
- *Entorno* (temperatura, luz, ruido)
- *Caracterización del usuario* (actividad, relaciones sociales)
- *Disponibilidad de recursos* (almacenamiento, memoria, batería, capacidad proceso)

# Líneas futuras

- Crowdsensing: Aplicaciones
  - NoiseTube: Crowdsourcing de información sobre contaminación acústica
  - Para ciudadanos
    - Etiquetado y compartición de elementos ruidosos
    - Contribución a la creación de mapas de ruido
  - Para gobiernos
    - Toma de decisiones
    - Feedback de los ciudadanos
  - Para investigadores
    - Acceso a datos para análisis
    - Estudios sobre el nivel de ruido



# Líneas futuras

- Web of Things
- Incorporar las tecnologías desarrolladas para la Web a IoT.
  - Uso del protocolo HTTP como protocolo universal por su simplicidad, ligereza, desacople entre las transacciones y el HW y SW subyacente, escalabilidad, flexibilidad y carácter estándar.
  - URIs para la identificación y direccionamiento de objetos
  - XML, JSON y REST para permitir a los objetos publicar sus capacidades y enviar/recibir información.

# Líneas futuras

- Web Semántica para IoT
- Problema:
  - Los modelos de datos utilizados para la comunicación en IoT carecen de significado que pueda ser interpretado por una máquina.
  - Esto requiere un acuerdo entre las partes no solo en los protocolos utilizados, sino también en los modelos de datos
  - La interoperabilidad, la integración y fusión de datos se ven restringidas.
- Necesitamos:
  - Descripciones de sensores y datos interpretables por máquinas.
  - Modelos de datos alineados y compatibles
  - Mecanismos de razonamiento

# Líneas futuras

- Web Semántica para IoT proporciona
  - Estándares bien definidos en la web semántica: RDF, OWL, SPARQL
  - Gran cantidad de aplicaciones open-source y comerciales para el tratamiento de los datos: Jena, Virtuoso, Protégé
  - Está apareciendo ontologías para el campo del IoT:
    - HyperCat, W3C SSN, etc.
- Retos:
  - Crear y (re)utilizar ontologías para representar el conocimiento.
  - Enlazar unos modelos de datos con otros (Linked Data)
  - Avanzar en los modelos intermedios entre la Web actual y la Web semántica: Anotaciones semánticas
  - Procesamiento de datos anotados semánticamente en tiempo real

# Enfoques actuales del Internet de las Cosas. Tendencias en investigación y aplicaciones comerciales

## ¡Muchas gracias! ¿Preguntas?

Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información  
Leonardo Torres Quevedo  
10 de Marzo 2017

**Borja Bordel**  
[borja.bordel@upm.es](mailto:borja.bordel@upm.es)

**Ramón Alcarria**  
[ramon.alcarria@upm.es](mailto:ramon.alcarria@upm.es)