

# **Introducción al paradigma de Internet de las Cosas**

**Internet de las cosas en el contexto de Big  
Data**

Máster Interuniversitario en Big Data: Tecnologías de  
Análisis de Datos Masivos  
Universidade de Santiago de Compostela (USC)

# Índice

- **Internet del Futuro**
- Internet de las Cosas (IoT)
- IoT y Big Data
- Conclusión

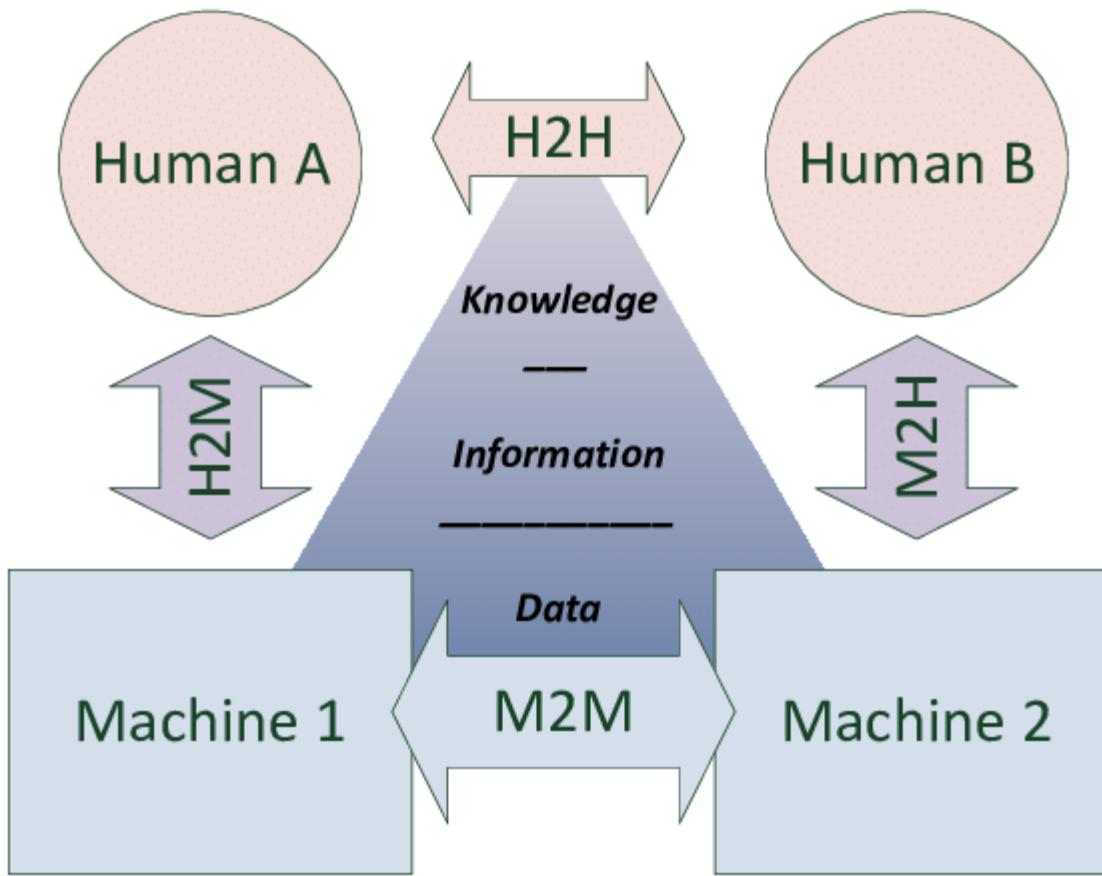
# Motivación

- Revolución tecnológica que está promoviendo una investigación multidisciplinar: Robótica, Biología, Informática, Física, Química, Psicología, Legal, ...
- IoT es un nuevo paradigma
  - Extensión de conectividad y red a todo dispositivos (sensores, RFIDs, etc.)
- Objetivo de esta sesión
  - Proporcionar una visión general de las tendencias y posibilidades.

# Tendencias de Internet

- El **dispositivo móvil** es clave en la carrera de servicios: redes sociales (Web 2.0) - Facebook, Twitter, LinkedIn, etc.
  - Servicios habilitados para ubicación
  - Aplicaciones combinadas: p.e. red social + ubicación
  - Recuperación de contenido de video – YouTube
  - Apps, Apps, miles de Apps
  - Humano a máquina (H2M) vs. Máquina a máquina (M2M)

# Tendencias de Internet



# M2M

- Extensión de los sistemas SCADA con redes de acceso público. Monitorización remota.
- Sensores, RFID, Wi-Fi y computación automática
- IA y ML como tecnologías facilitadoras
- Comunicación punto a punto (a diferencia de la comunicación basada en IP de IoT)
- Bajo consumo, detección de *eventos*, envío/recepción continuo de datos

# M2M vs. IoT: What's the difference?

M2M	IoT
Machines	Sensors
Hardware-based	Software-based
Vertical applications	Horizontal applications
Deployed in a closed system	Connects to a larger network
Machines communicating with machines	Machines communicating with machines, humans with machines, machines with humans
Uses non-IP protocol	Uses IP protocols
Can use the cloud, but not required to	Uses the cloud
Machines use point-to-point communication, usually embedded in hardware	Devices use IP networks to communicate
Often one-way communication	Back and forth communication
Main purpose is to monitor and control	Multiple applications; multilevel communications
Operates via triggered responses based on an action	Can, but does not have to, operate on triggered responses
Limited integration options, devices must have complementary communication standards	Unlimited integration options, but requires software that manages communications/protocols
Structured data	Structured and unstructured data

# Tendencias de Internet: Retos

- **Industria de la salud**

- Envejecimiento activo, vida asistida.
- Seguimiento de la salud en tiempo real
- Cirugía robótica



- **Gobierno y ciudad**

- Optimización de las operaciones incluyendo el consumo de energía.
- Emisiones, residuos y otros temas ecológicos.



- **Industria automotriz**

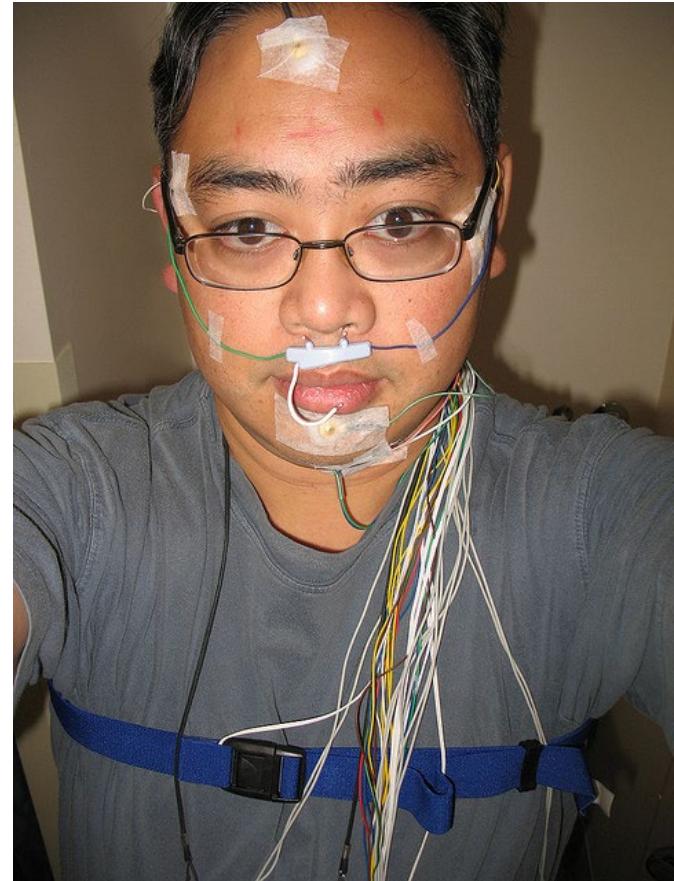
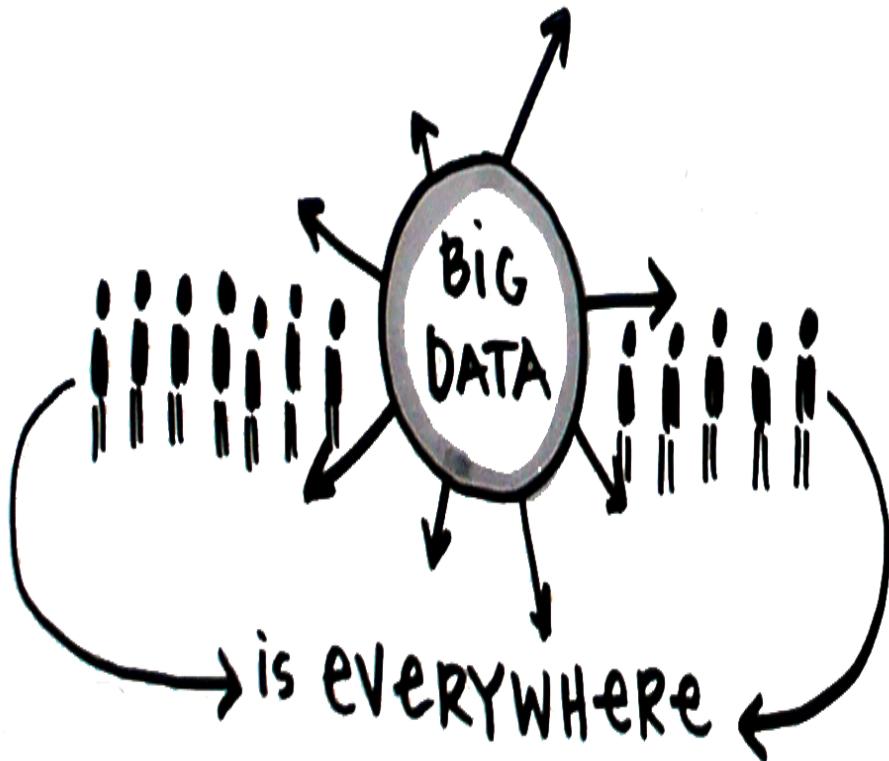
- Fabricantes de automóviles, seguridad, etc.



# Tendencias de Internet: dispositivos

- **¿Tipos** de dispositivos?
  - **Dispositivos personales**, dispositivos portátiles, en el hogar y en el automóvil
  - **Dispositivos autónomos** como robots con capacidades de comunicación.
  - **Dispositivos de medios específicos** como sensores acústicos inalámbricos bajo el agua o biosensores
  - **Dispositivos voladores** como vehículos terrestres tripulados / no tripulados

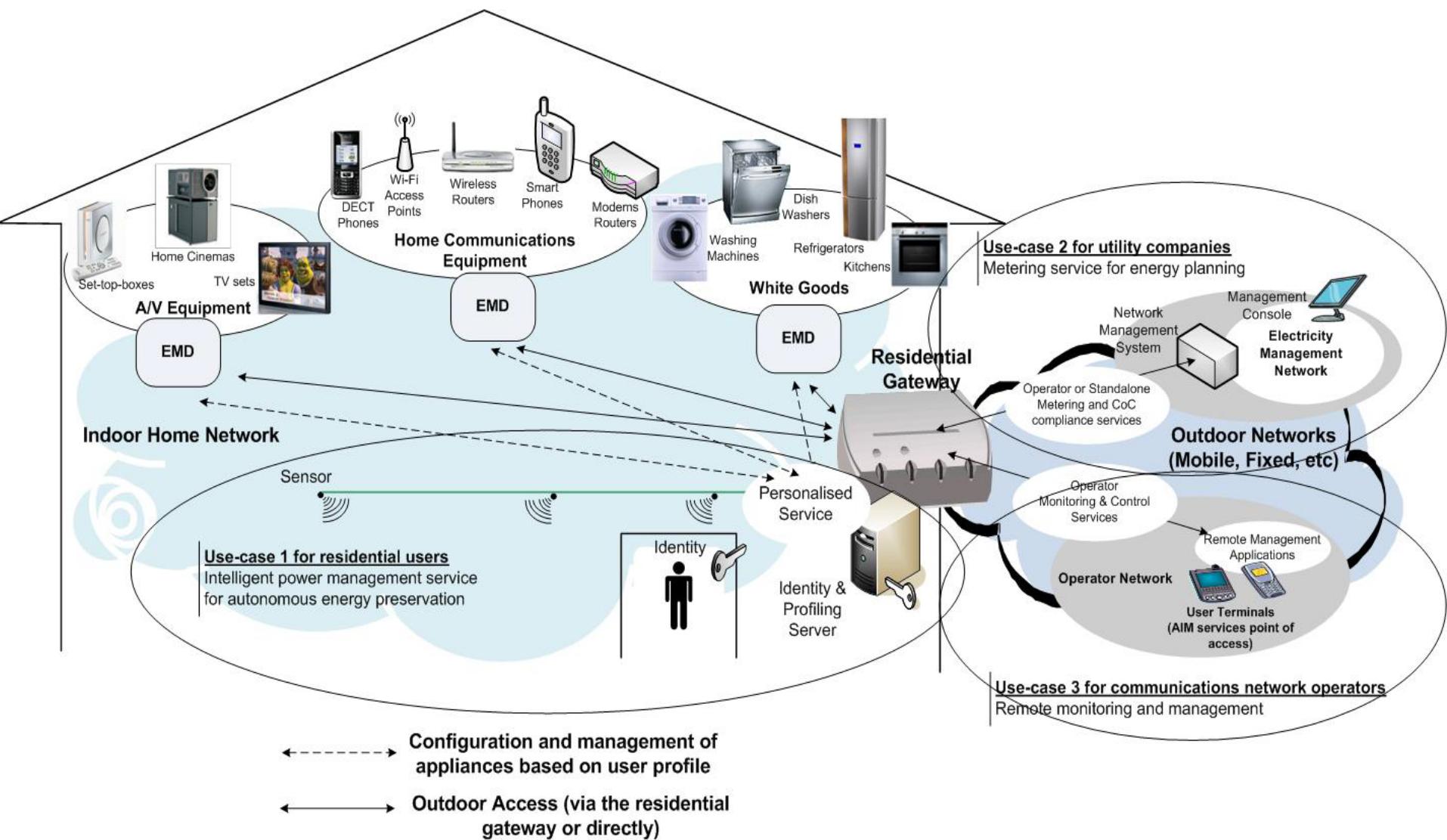
# Sensores por todas partes



# Internet del futuro

- **Dispositivos inteligentes heterogéneos** omnipresentes, que se comunican de forma **inalámbrica** a través de redes híbridas y ad hoc de dispositivos, sensores y actuadores, ...
- que trabajan en sinergia para **mejorar** la calidad de **nuestras vidas**, optimizando el consumo de energía y reduciendo constantemente el impacto ecológico de la humanidad.

# Internet del futuro



# Internet del futuro

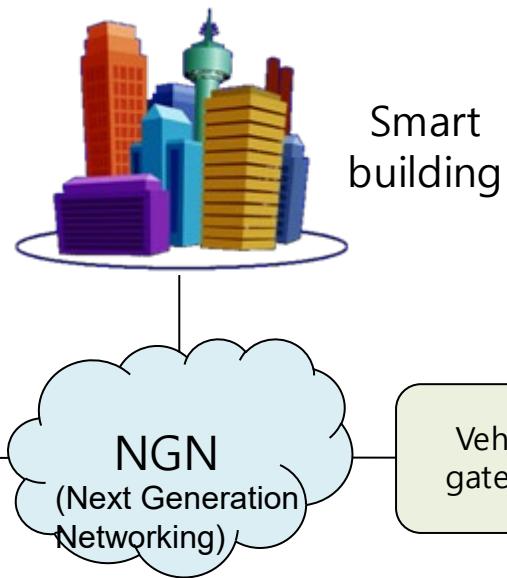
Energy management in home/building environment



Smart home

## Objects in a home/building (fixed smart environment)

- Energy saving system (ESS)
- Smart Meter /Home automation controller
- Home appliances/ storage/
- Communication equipments
- Surveillance cameras/ Personal devices



Smart building

Energy saving using intelligent transport system  
Original Equipment Manufacturer (OEM) devices

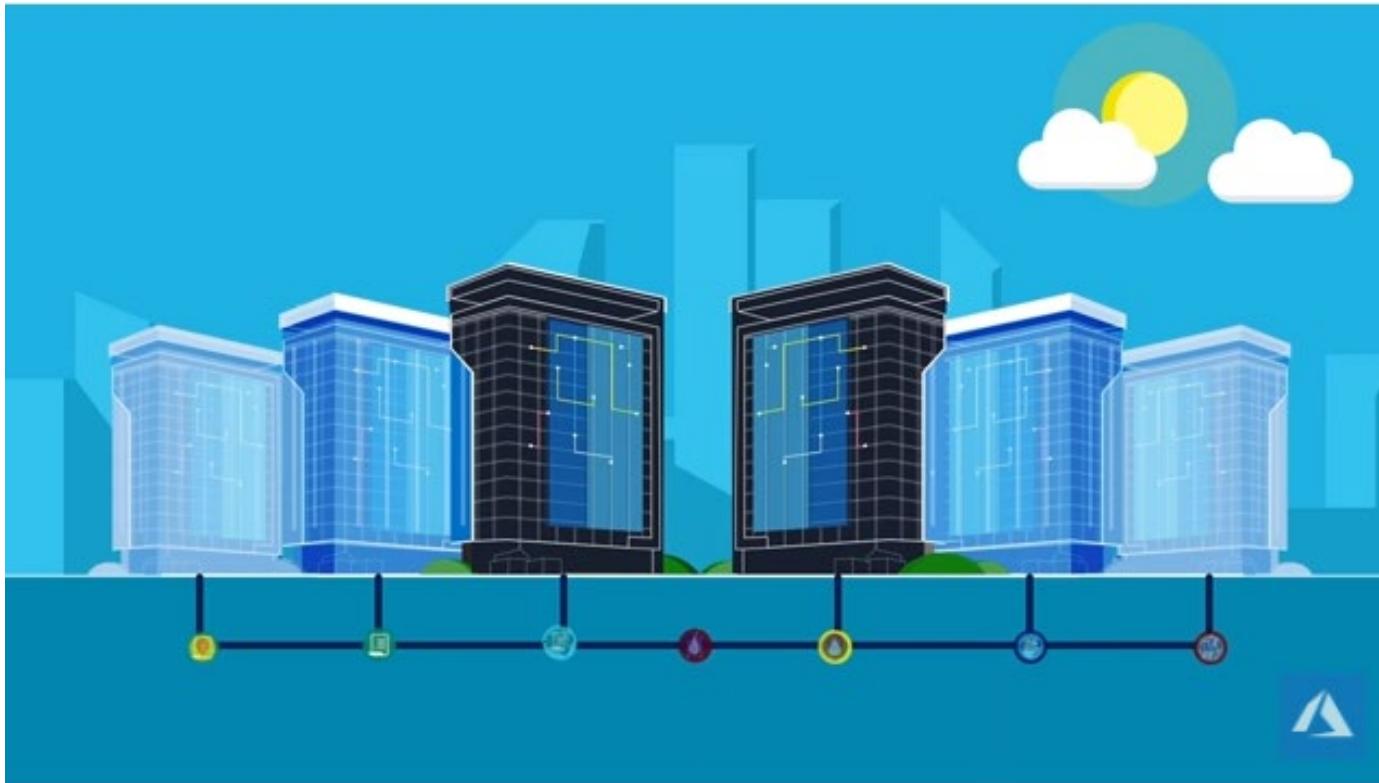


networked vehicle

## Objects in a vehicle (mobile smart environment)

- Passenger devices: mobile phone, PDA, etc
- OEM devices: vehicle dedicated devices for safety, maintenance, power/fleet management, etc
- Vehicle equipped devices: navigation, monitor, etc
- Asset: moving products

# Caso de uso



<https://www.youtube.com/watch?v=d55rBuB9D7s>

# Índice

- Internet del Futuro
- **Internet de las Cosas (IoT)**
- Internet en el borde (*edge computing*)
- IoT y Big Data
- Conclusión

# Internet de las Cosas

- El término “Internet de las cosas” fue acuñado por Kevin Ashton de Procter & Gamble en una presentación en 1999.
- Inicialmente ligado a RFID
- Ashton se mudó al Instituto de Tecnología de Massachusetts, donde cofundó y dirigió Auto-ID Center: el laboratorio de investigación que ayudó a construir la base del Internet de las cosas

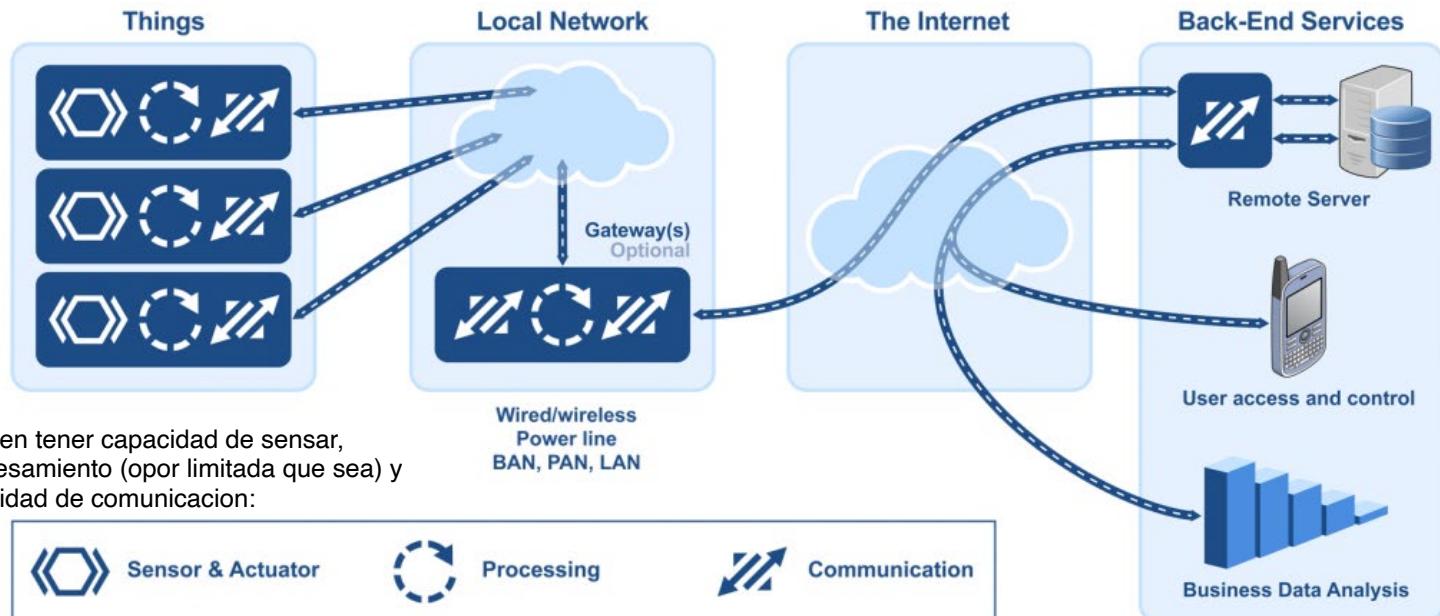
# Internet de las Cosas

- IoT consiste en conjuntos de **dispositivos y estrategias de comunicación heterogéneos**
- IoT proporciona un **conjunto de soluciones** en diferentes niveles e instancias en las que las *cosas* (por ejemplo, objetos cotidianos, ubicaciones, vehículos, medidores, etc.) se extienden con **sensores, RFID, actuadores o procesadores**.



# IoT como paradigma de comunicaciones

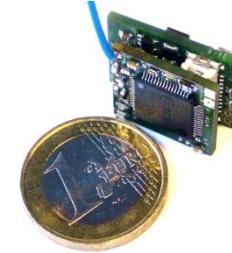
- La naturaleza del entorno de IoT requiere **protocolos, diseños de red y arquitecturas** de servicio que puedan hacer frente a miles de millones de entidades de IoT, y conectar a los proveedores de datos con los consumidores.



# Redes inalámbricas como tecnologías facilitadoras

ventaja competitiva

- Accesos multipunto económicos:
  - Nuevos tipos de dispositivos
  - Nuevos usos

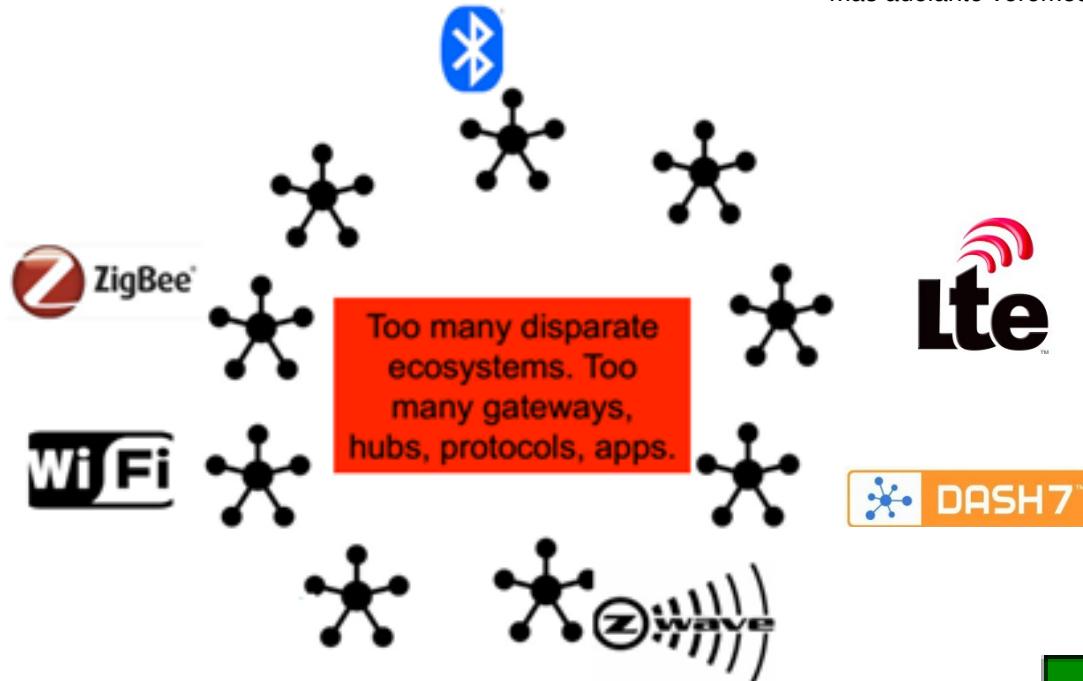


- Baratos de instalar: cablear es lento, tedioso y caro  
ej: finca agricola, militar
- Cobertura Global
  - Desde Near Field (NFC) a Satélite o 4G/5G
  - Cualquier lugar



# Redes inalámbricas como tecnologías facilitadora

mas adelante veremos mas en mas detalle



Need interoperability  
between devices/  
machines so they can  
all talk to each other.

# Monitorización y automatización



Energy Efficiency

Predictive maintenance



Healthcare



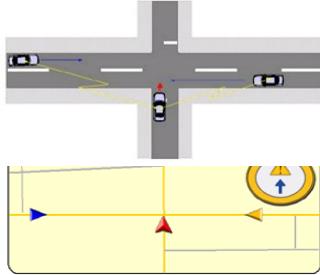
Defense



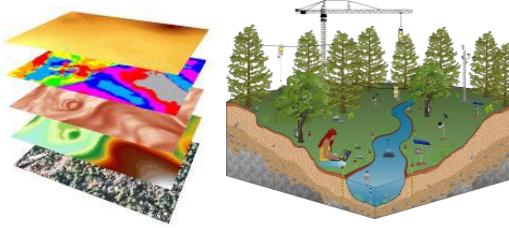
Asset tracking



Industrial Automation



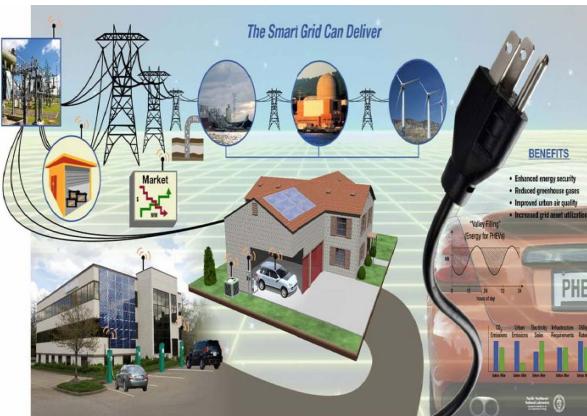
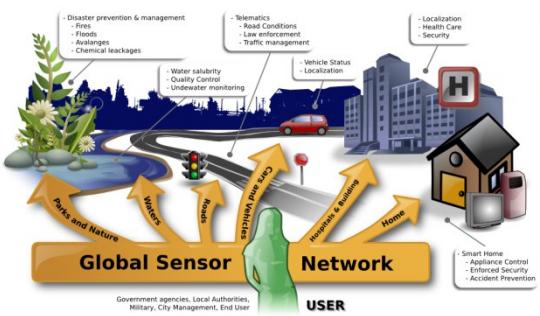
Car 2 Car



Research & Discovery



Agriculture



Smart Grid



Intelligent Building



# Claves del mercado

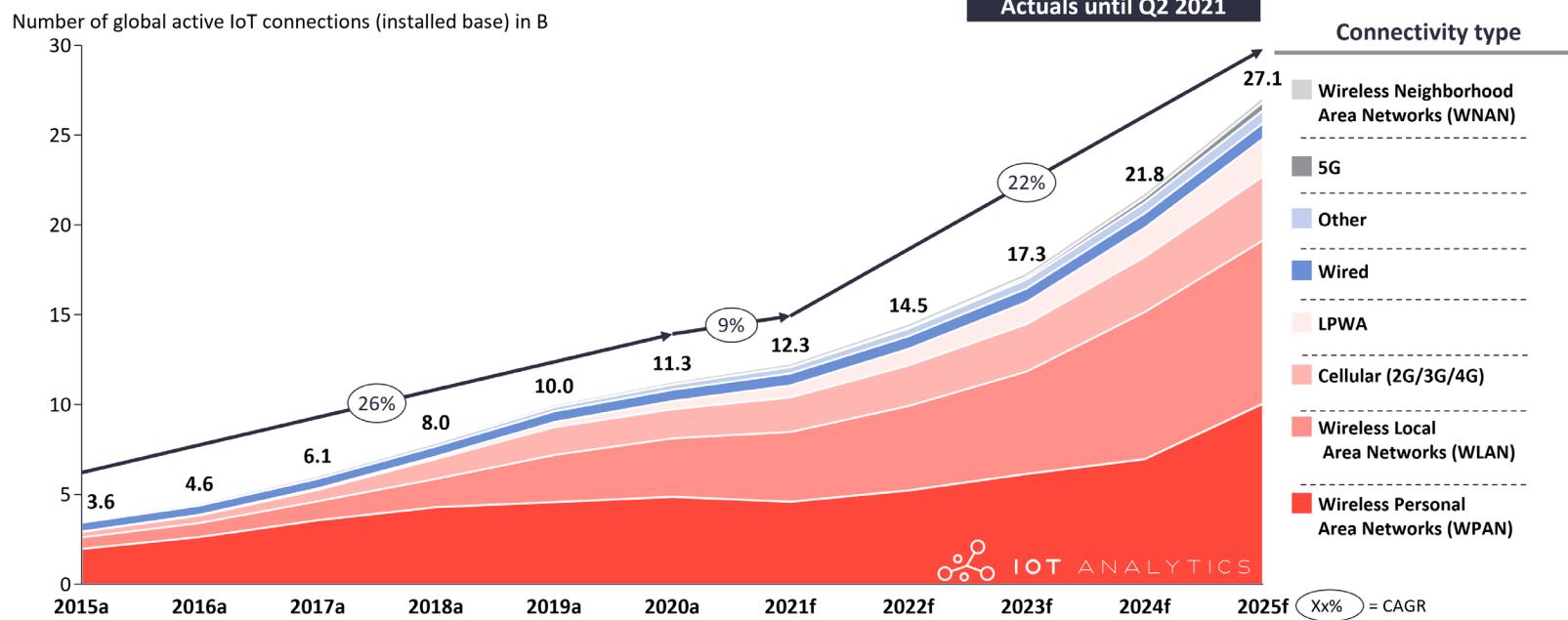
- Algunas cifras:
  - Mercado global de USD 308,97 billones en 2020.
  - Crecimiento del 23,1% en 2020 con respecto al promedio del período 2017-19.
- Para el período 2021-28 la perspectiva de crecimiento es de \$381.30 billones USD en 2021 a \$1,854.76 billones USD en 2028 con una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) del 25.4% en dicho período.

# Claves del mercado

September 2021

Your Global IoT Market Research Partner

## Global IoT market forecast (in billion connected IoT devices)



Note: IoT Connections do not include any computers, laptops, fixed phones, cellphones or tablets. Counted are active nodes/devices or gateways that concentrate the end-sensors, not every sensor/actuator. Simple one-directional communications technology not considered (e.g., RFID, NFC). Wired includes ethernet and fieldbuses (e.g., connected industrial PLCs or I/O modules). Cellular includes 2G, 3G, and 4G. LPWAN includes unlicensed and licensed low-power networks. WPAN includes Bluetooth, Zigbee, Z-Wave, or similar. WLAN includes Wi-Fi and related protocols. WMAN includes non-short-range mesh, such as Wi-SUN. Other includes satellite and unclassified proprietary networks with any range.

Source: IoT Analytics Research, September 2021 – Please remember to cite IoT Analytics as the source (with link) when re-sharing this content as per our copyright policy

Source: IoT Analytics, <https://iot-analytics.com/>

# Proyección actual

- 27 billones de nodos IoT@2025: El esquema tradicional de medir → transmitir → procesar no es escalable ni sostenible en términos de ancho de banda y energía consumida.
- Esta limitación es más relevante en el caso de flujos densos de datos tales como la información visual.

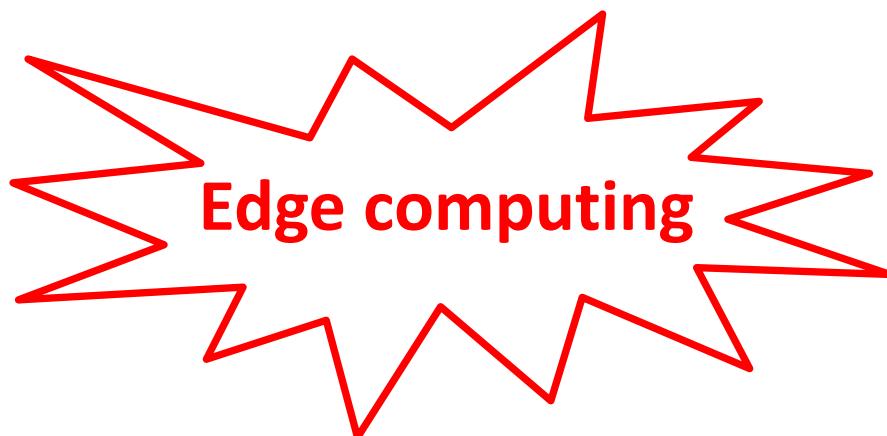
Datos 2D

# Solución

usa infor en vez de datos

- Información *versus* datos
- Procesar la información localmente y con bajo coste energético:
  - Nuevas modalidades de sensado
  - Nuevos algoritmos
  - Hardware de propósito específico

muestrear por debajo de la frecuencia de notch(compressed sensing)

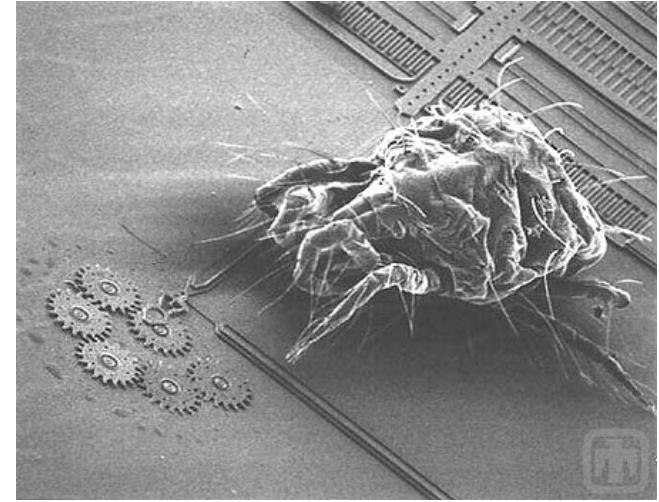


caso mas extremo de computacion en el borde

# Smart Dust

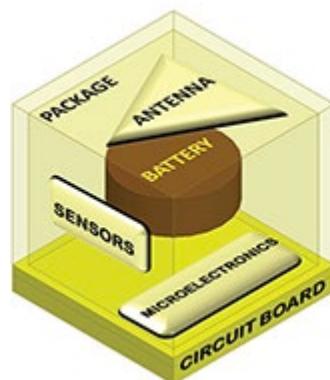
dispositivos muy muy pequeños

- Distribución geográfica **arbitraria**
- Numerosos sensores con **capacidades limitadas** (batería...)   
capacidades de procesamiento pobres
- Redes inalámbricas de sensores de escala sub-milimétrica **autónomos**
- Programa [SHIELD](#) del DARPA para autentificar la cadena de suministro en chips para aplicaciones de defensa



Ácaro de menos de 1 mm de tamaño aproximándose a una cadena de engranajes microscópicos. (Imagen: Sandia National Laboratories)

algunos no tienen microcontrolador, solo captan y envian

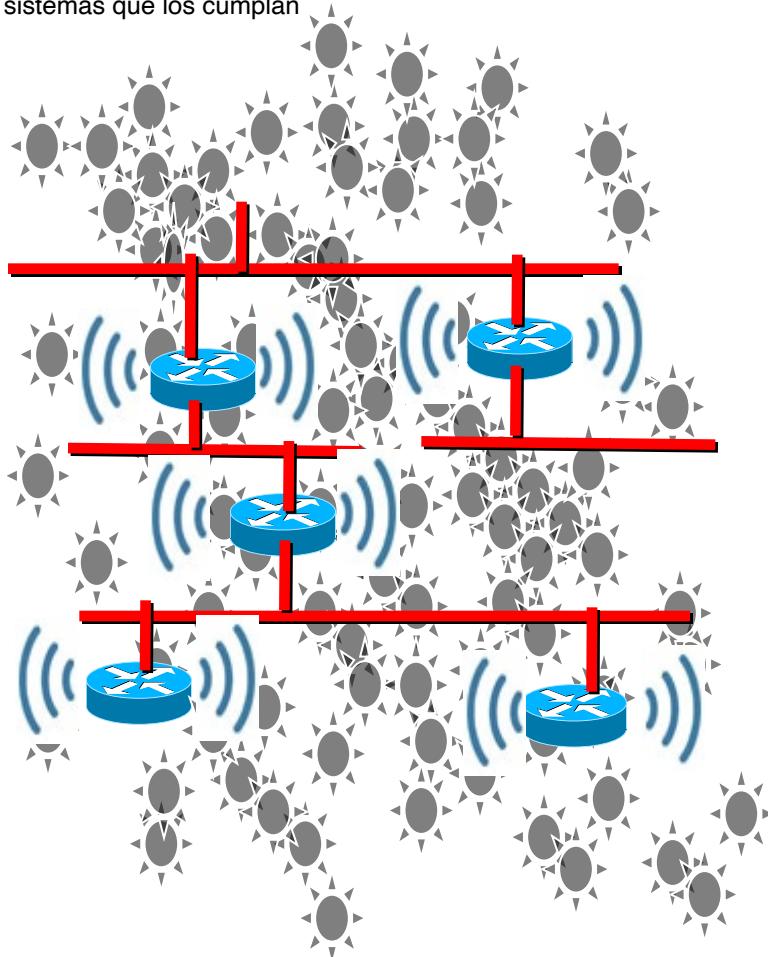


# Smart Dust

RPL es un estandar que fija condiciones de alto nivel o requisitos minimos, luego habra sistemas que los cumplan

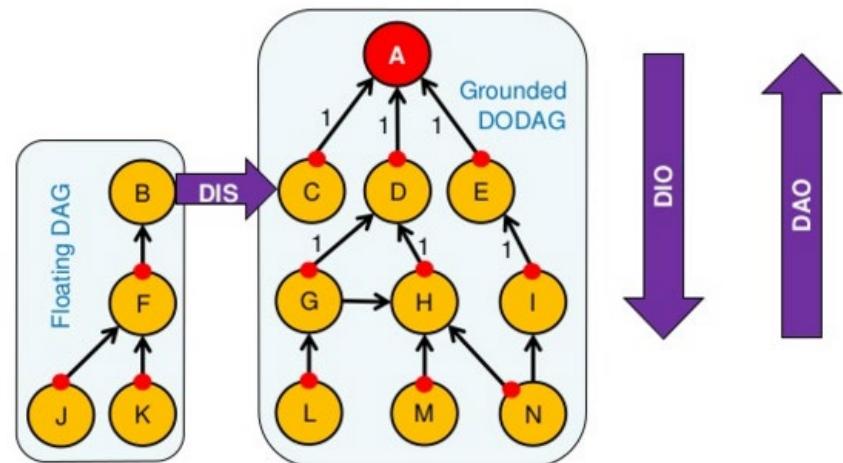
- Shortest Geopath Routing (e.g. protocolo RPL, *Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks*)
- Comunicación multipunto a punto (MP2P), punto a multipunto(P2MP) y punto a punto (P2P)
- RPL puede ser usado con los sistemas operativos de redes de sensores inalámbricos más difundidos, TinyOS y ContikiOS

TinyOs y ContikiOS cumplen con RPL



# Smart Dust - RPL

- Redes inalámbricas de bajo consumo
- Topología tipo DAG (grafo acíclico dirigido)
  - Cada nodo tiene un *rango* que aumenta al alejarse del nodo raíz (DODAG). Criterio de selección de ruta → rango más bajo:
  - Mensaje DIS
  - Mensajes DIO
  - Mensajes DAO



# Smart Dust

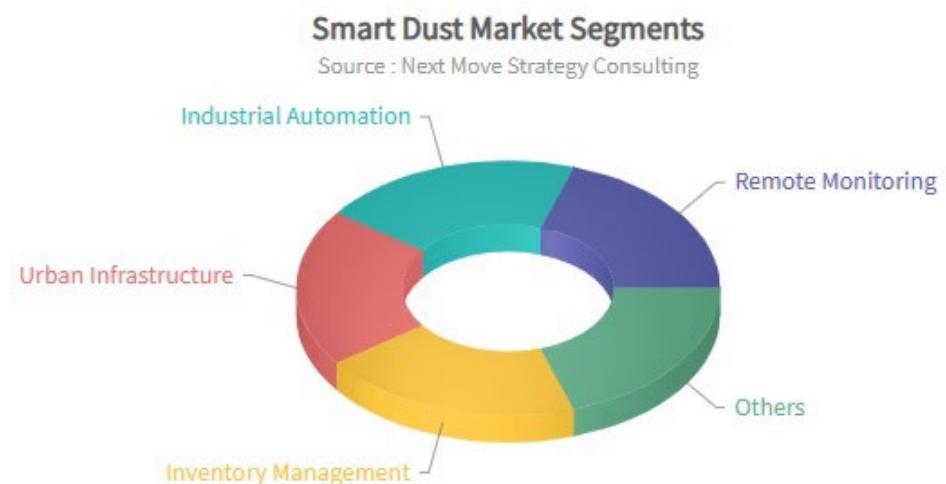
## Aplicaciones:

- Agricultura
- Industria
- Medioambiente
- Infraestructura urbana
- Gestión de inventario
- Médica – [Neural Smart Dust](#) and [Iota](#)
- Militar
- Exploración espacial

## Retos:

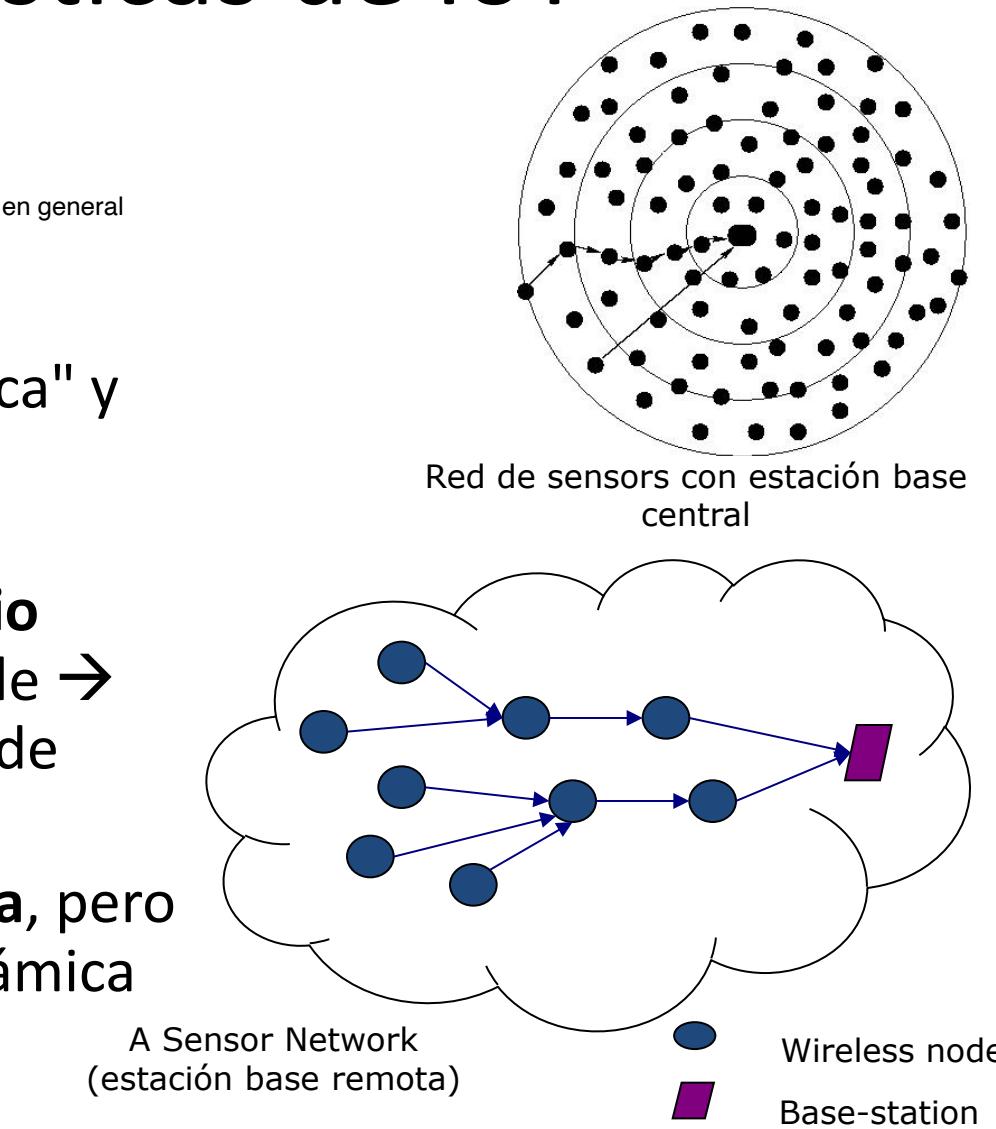
- Privacidad
- Control
- Coste
- Contaminación
- Salud
- Legal

# Smart Dust Market



# Características de IoT

- Red muy **densa** (densidad espacial): ¿qué nivel de direccionamiento? en general
- Puede **monitorizar** "de cerca" y con una escala de tiempo variable (de  $\mu$ s a días)
- Posible despliegue **aleatorio** debido a terreno inaccesible → necesidad de capacidades de auto-organización (no siempre)
- **Movilidad** típicamente **baja**, pero la topología podría ser dinámica



# Retos en IoT

- Gran escala
- Interconexión de dispositivos heterogéneos, sistemas operativos y subredes
- Apertura y seguridad
  - ¿Es posible conectar cualquier cosa a Internet?
  - ¿Queremos?
    - Protección empresarial
    - Seguridad y privacidad
    - Confianza



# Dirección IP en los sensores

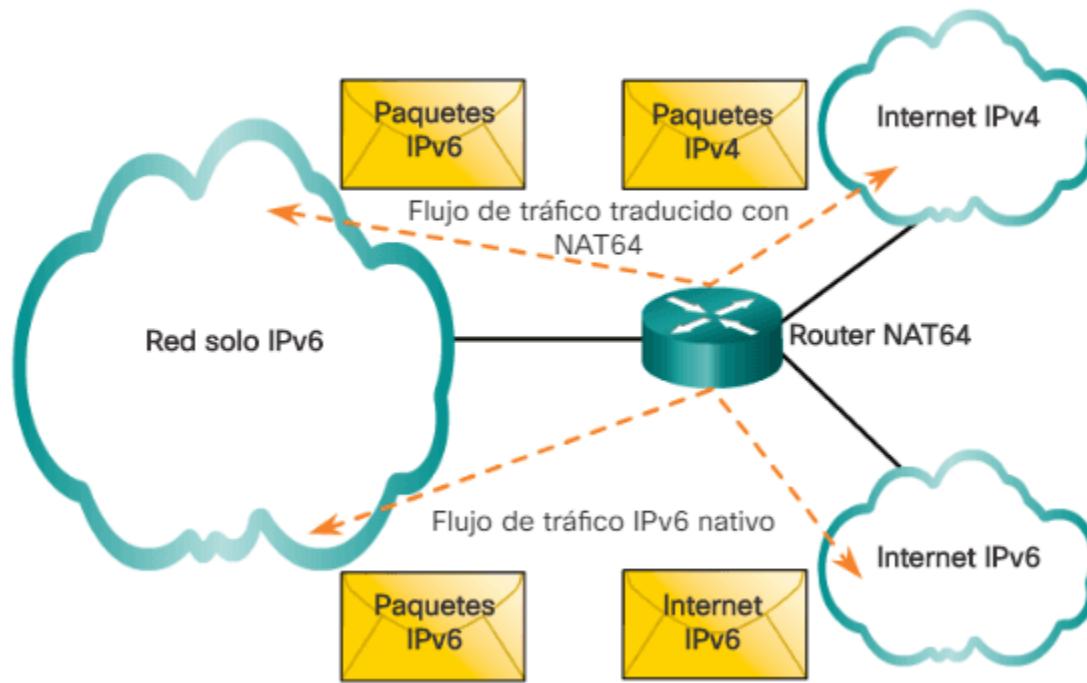
- ¿Por qué IP?
- Estándares abiertos vs. propietarios
  - Los proveedores de COTS (commercial off-the-shelf) reducen los costes
  - Fiabilidad, disponibilidad y seguridad
- Abstracción de IP vs. MAC
  - 802.11, 802.15.4 (e), Sat, 3G, UWB
- Sin gateways intermedios, túneles, middle-boxes y otros “trucos”

# NAT y Gateways no escalan

- Los recursos privados se protegen del acceso público detrás de un dispositivo Network Address Translation (NAT), y es a través de este recurso desde el cual las instancias privadas pueden acceder a internet.
- Las *gateways* como NAT solo soportan un conjunto limitado de protocolos
- IP es independiente de los medios de comunicación y también lo es IPv6
- IPv6 proporciona 340 sextillones de direcciones

# IPv6 y NAT

afecta a los dispositivos



# ¿Por qué una arquitectura de comunicación basada en IP?

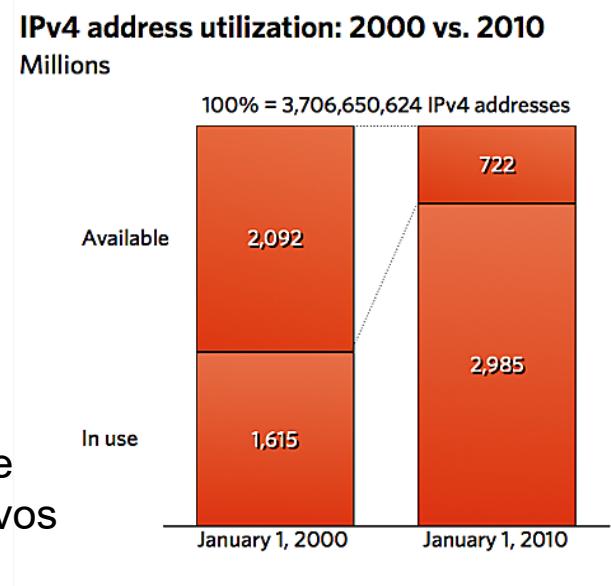
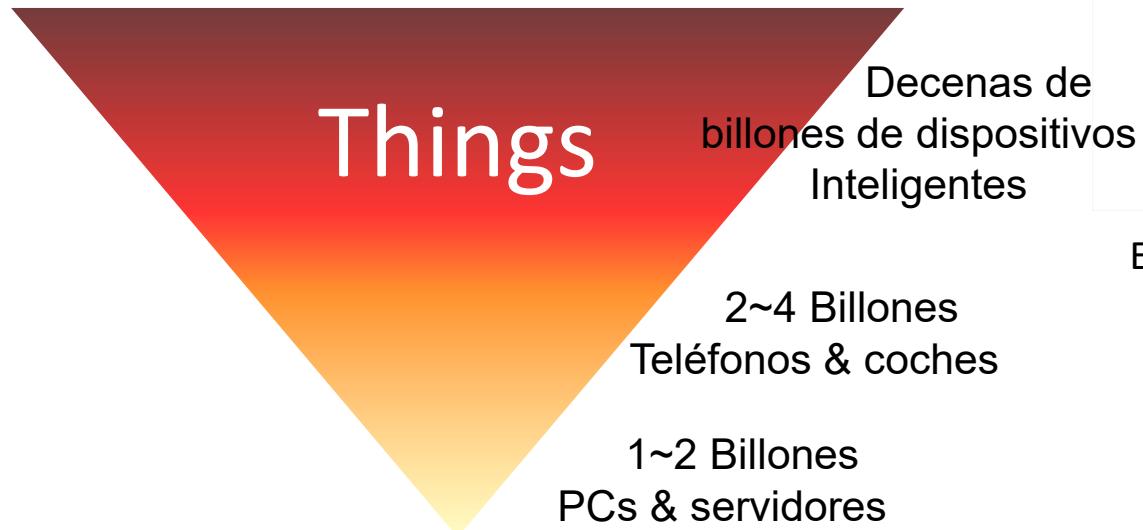
- IP proporciona **una capa de unificación común** a las tecnologías subyacentes
  - 2G/3G, 802.11 a / b / g, 802.11p, 802.16, satélite, ...
  - Cualquier aplicación que se ejecute sobre IP es independiente del medio
- IP asegura la **interoperabilidad**
  - IPs en todas partes: ITS, educación, salud, ejército.
  - Sin estar limitado a una aplicación concreta

# ¿Por qué una arquitectura de comunicación basada en IP?

- IP asegura la **portabilidad**
  - Los usos ordinarios de Internet se pueden llevar al dispositivo (navegación web, video streaming, ...)
- IP asegura un **despliegue** más amplio
  - Los equipos IP son más baratos de desarrollar.
  - Los productos se pueden actualizar constantemente (agujeros de seguridad, nuevas características)

# ¿Qué versión IP?

- Internet comprende varios miles de millones de dispositivos.
- Los objetos inteligentes agregarán decenas de miles de millones de dispositivos adicionales
- **IPv6 es el único camino viable para avanzar.**



El pool de direcciones IPv4 exhausto desde 2012

# IPv6 características avanzadas

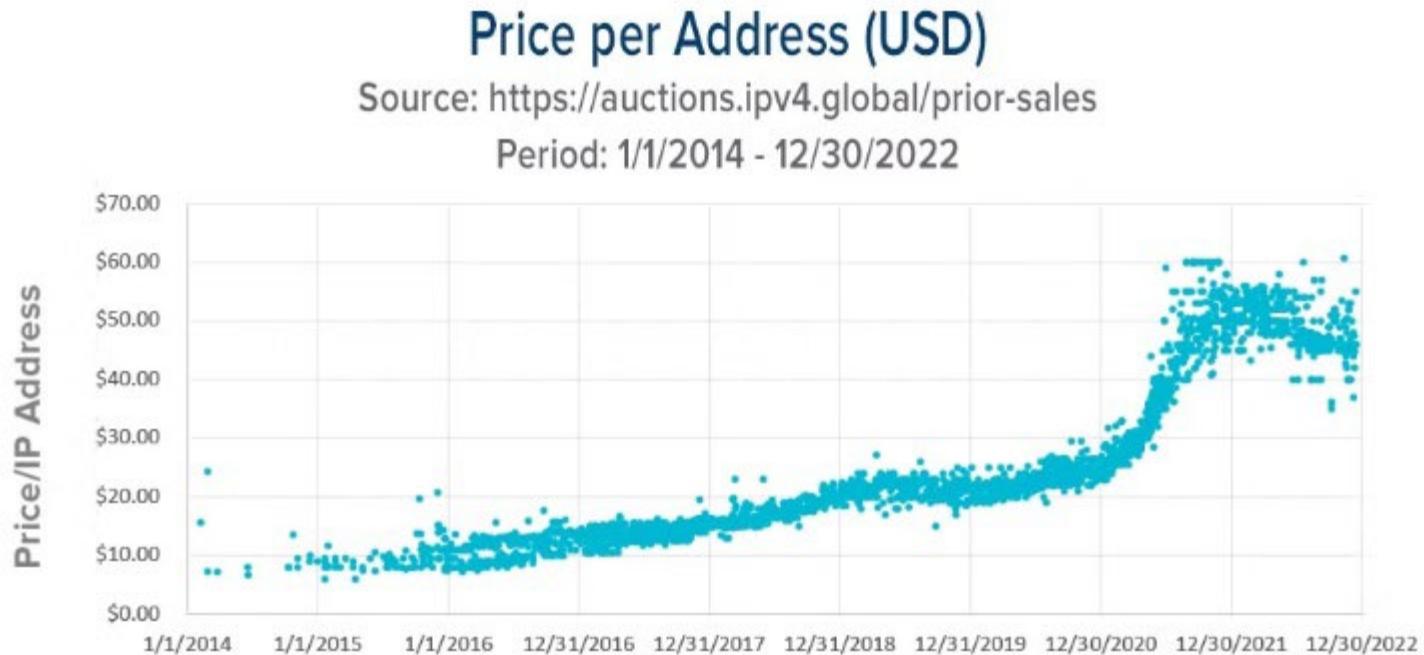
- QoS\* para flujos de tráfico prioritarios
- Compatibilidad Anycast y Multicast (múltiples interfaces de red)
- Enrutamiento inalámbrico avanzado para redes multihop
- Movilidad y seguridad
  - Mobile IPv6 (evita triangulación MIpv4)
  - IPSec obligatorio (cifrado y autenticación IP)

\*QoS: La calidad de servicio (quality of service o QoS) se refiere a cualquier tecnología que gestiona el tráfico de datos para reducir la pérdida de paquetes, la latencia y el *jitter*, o fluctuación, en una red

# Implantación IPv6

Más información:

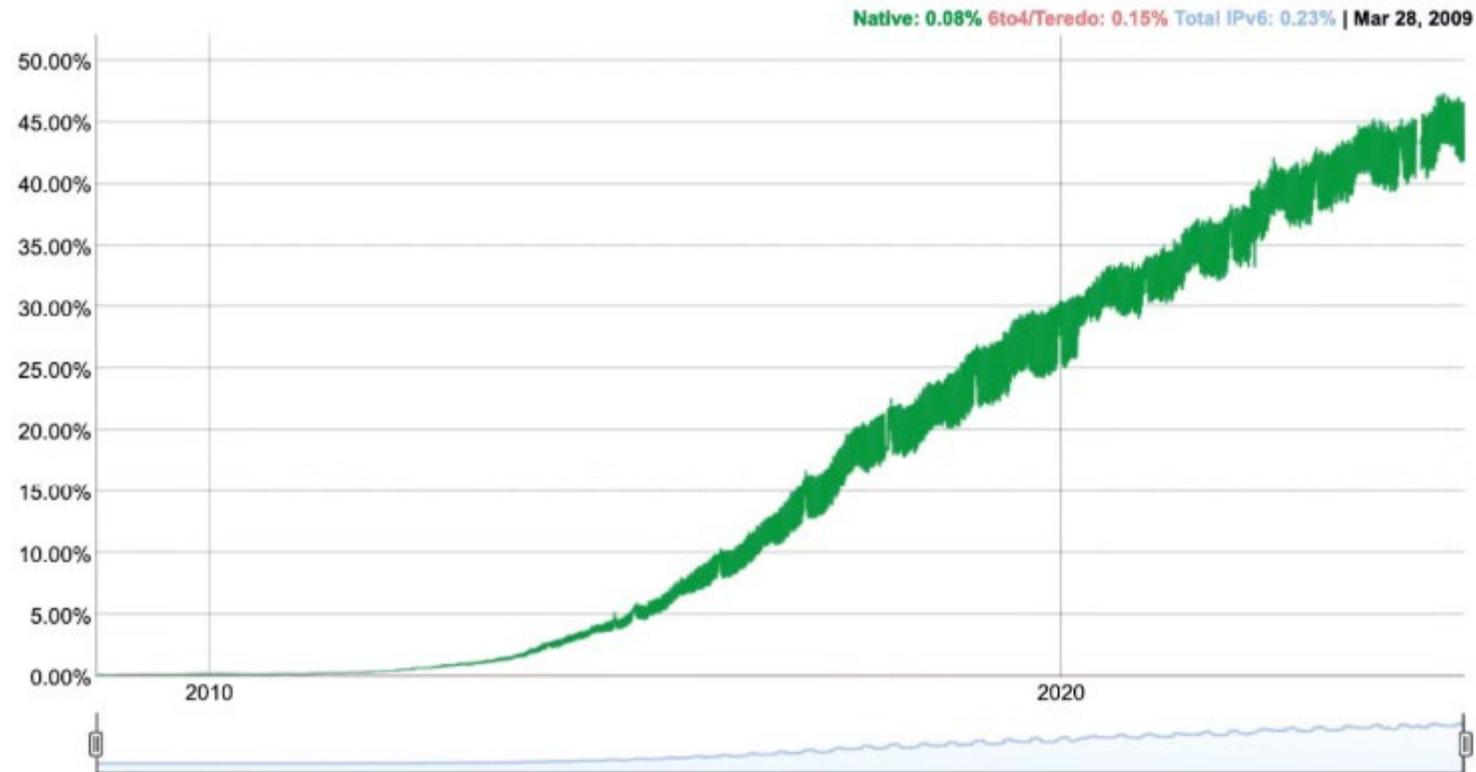
- <https://ipv6.digital.gob.es/>
- [Will IPv6 ever replace IPv4?](#)



# Implantación IPv6

## IPv6 Adoption

We are continuously measuring the availability of IPv6 connectivity among Google users. The graph shows the percentage of users that access Google over IPv6.

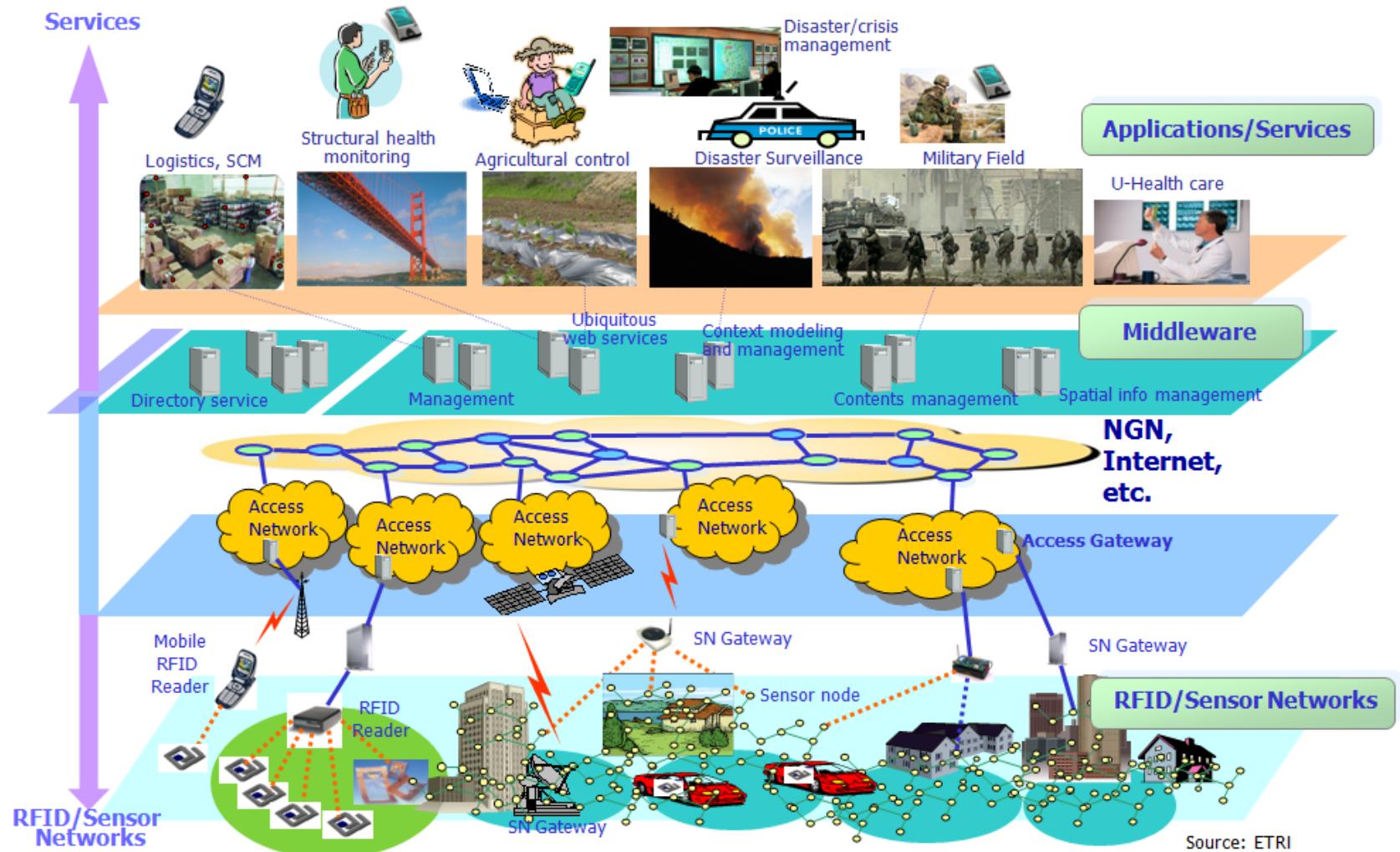


# Índice

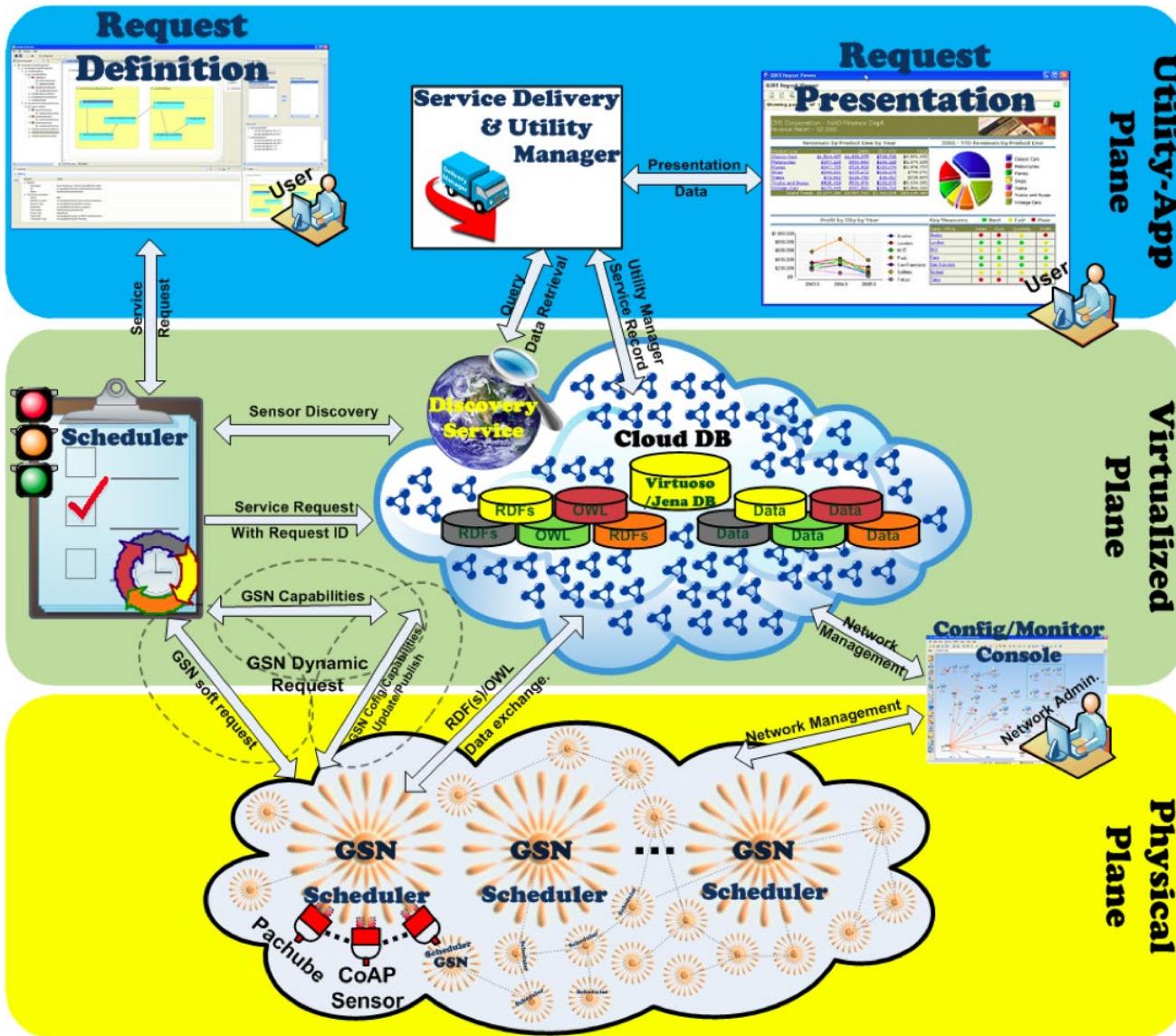
- Internet del Futuro
- Internet de las Cosas (IoT)
- IoT y Big Data
- Conclusión

donde iot es mas big data

# Servicios globales para ciudadanos

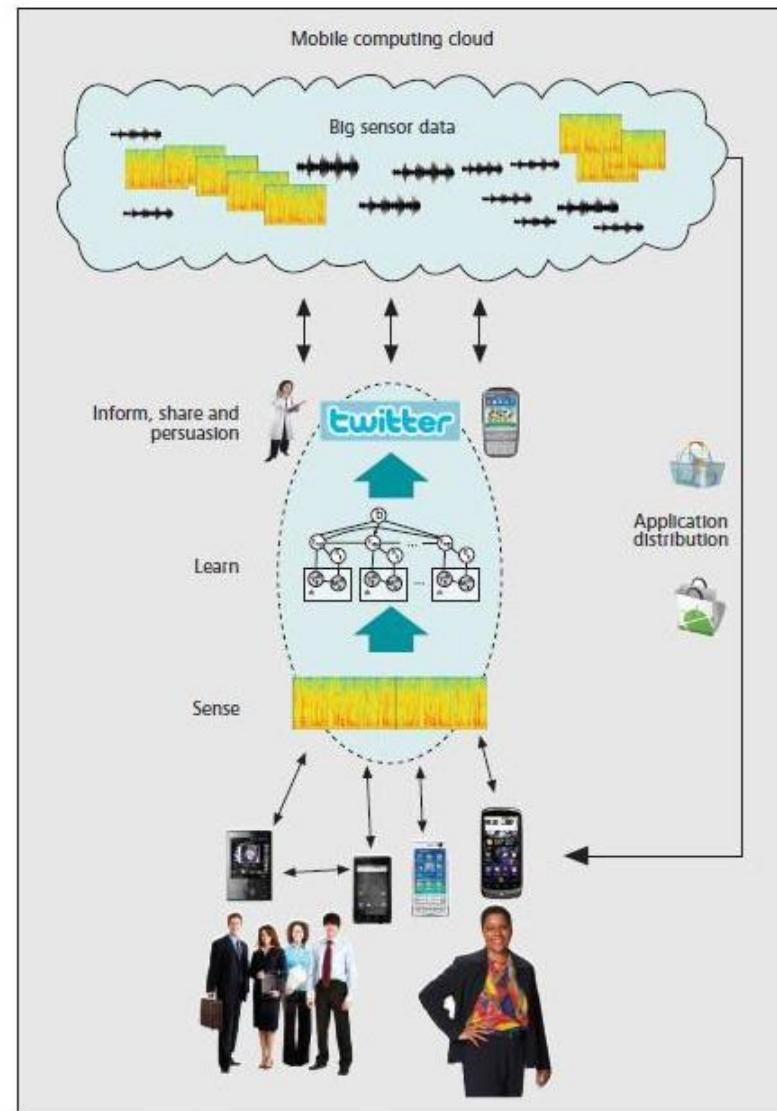


# Principios de diseño



# Arquitectura de sensorización para teléfonos móviles

ejemplo



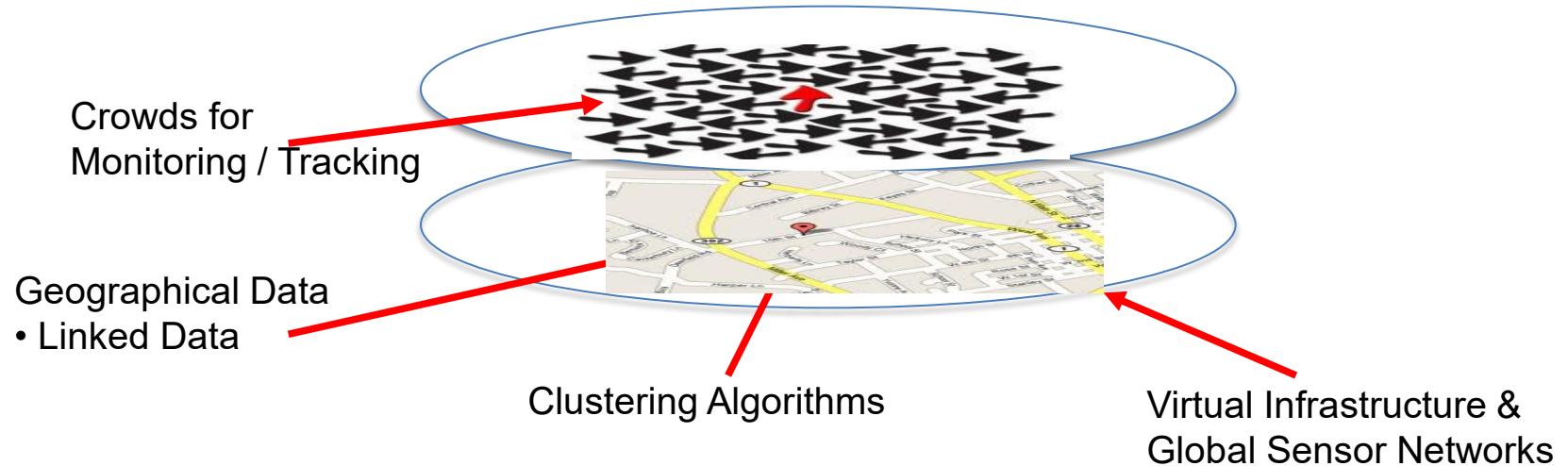
# Smart cities

- Problemas:
    - Sostenibilidad del medio ambiente
    - Creciente población urbana
  - Servicios potenciales:
    - Automatización (riego)
    - Seguimiento (contaminación)
    - Ahorro de energía / agua
    - Regulación del tráfico
    - ...



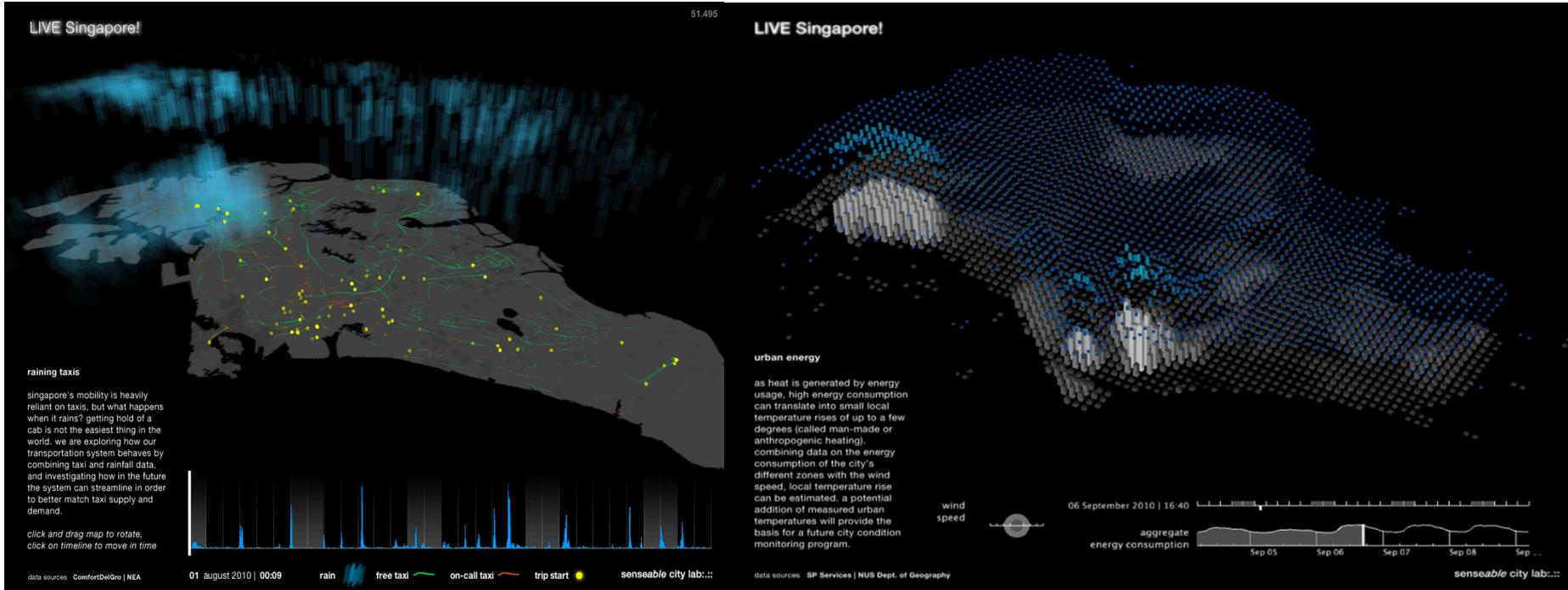
# Smart cities

- Monitorizacion de “smart crowds”



# Smart cities: caso de uso

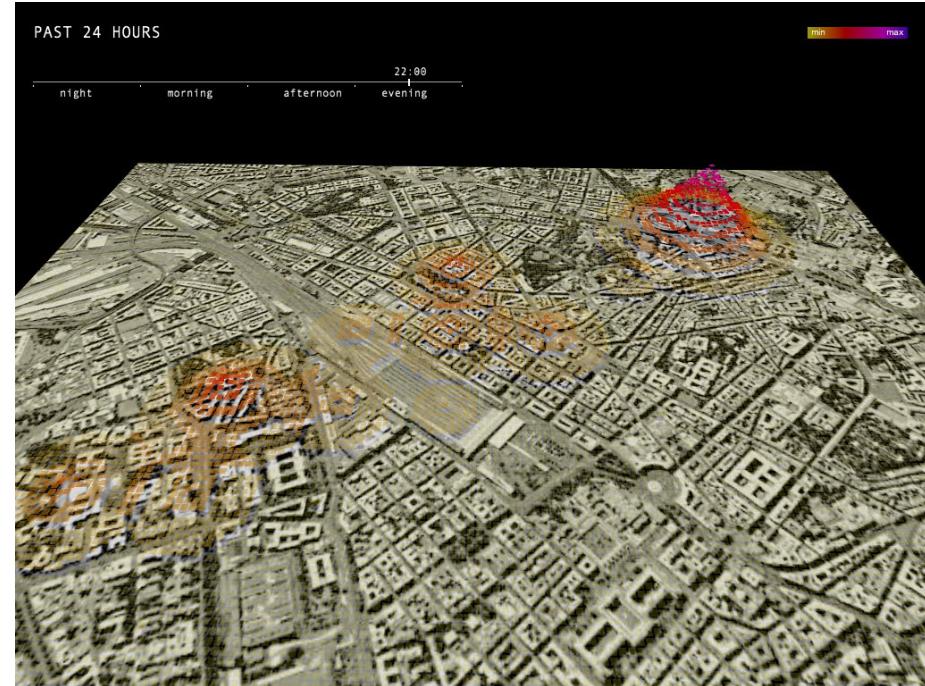
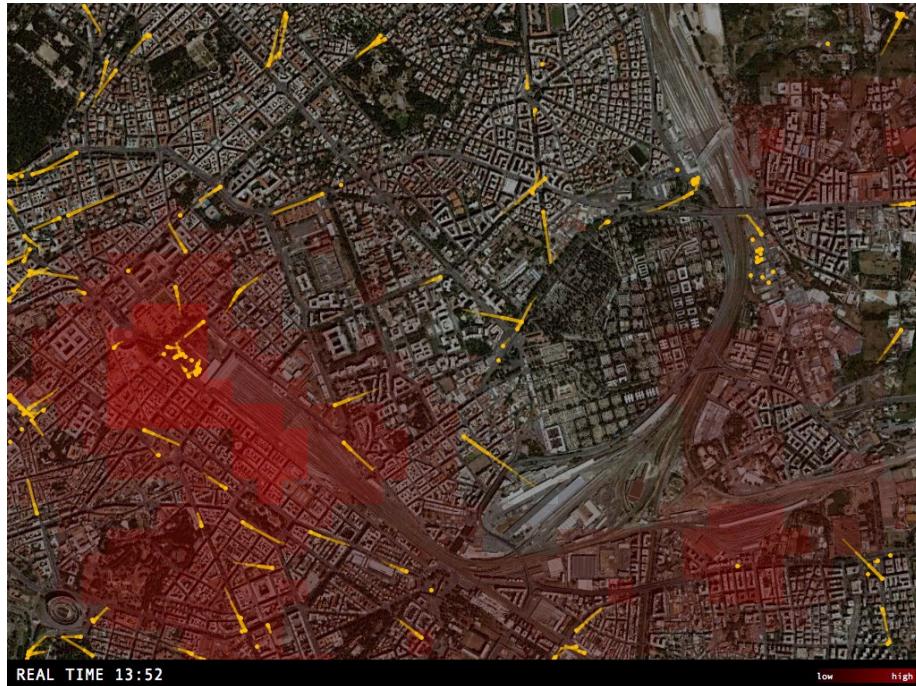
“Live Singapore”, the power of “Crowd-sourcing”



[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=2aEPkyOBtRo](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=2aEPkyOBtRo)

# Smart cities: caso de uso

“Real Time Rome”, the power of “Crowd-sourcing”



# Índice

- Internet del Futuro
- Internet de las Cosas (IoT)
- IoT y Big Data
- **Conclusión**

# Conclusión

- IoT es un elemento clave de Internet
- Potencial para nuevas aplicaciones y servicios
  - SmartCities como área clave para explotar servicios ciudadanos
  - Smartphones como plataforma sensorial.
- Nuevas oportunidades de explotación y definición de servicios centrados en el usuario.
- Desafíos: seguridad y privacidad, integración heterogénea de sistemas heredados