

# Desde la Internet de los equipos hacia la Internet de las cosas

Friedemann Mattern y Christian Floerkemeier

Grupo de sistemas Distribuidos, Instituto de computación ubicua, ETH Zurich  
{mattern, floerkem}@inf.ethz.ch

**Resumen.** Este documento explica la visión, los desafíos, posibles escenarios de uso y elementos tecnológicos de la "Internet de las cosas". En particular, consideramos RFID y otros importantes avances tecnológicos como pilas IP y los servidores web de objetos inteligentes cotidianos. El documento concluye con una discusión de cuestiones sociales y de gobernanza que puedan representar como la visión de la Internet de los objetos se convierte en una realidad.

**Palabras clave:** Internet de las cosas, RFID, objetos inteligentes, redes de sensores inalámbricos.

*En unas pocas décadas, los equipos se entrelazarán en casi todos los productos industriales.*

Karl Steinbuch, pionero de la ciencia de equipo alemán, 1966

## 1. La Visión

La Internet de cosas representa una visión en la que Internet se extiende en el mundo real abarcando objetos cotidianos. Los elementos físicos ya no están desconectados del mundo virtual, pero pueden controlar a distancia y pueden actuar como puntos de acceso físico a los servicios de Internet. La Internet de las cosas hace a la informática verdaderamente omnipresente: un concepto inicialmente presentado por Mark Weiser en la década de 1990 [29]. Este desarrollo está abriendo grandes oportunidades para la economía y las personas. Sin embargo, también implica riesgos y sin duda representa un gran reto técnico y social.

La visión de Internet de las cosas se basa en la creencia de que los constantes avances en microelectrónica, comunicaciones y tecnología de la información que hemos presenciado en los últimos años continuarán en el futuro previsible. De hecho: debido a su tamaño decreciente, constantemente cayendo los precios y la disminución de consumo de energía: los procesadores, componentes de comunicación y otros componentes electrónicos están siendo cada vez más integrados en objetos cotidianos hoy en día. Los objetos "Inteligentes" desempeñan un papel clave en la visión de Internet de las cosas, donde la comunicación integrada e información tecnología tendrían el potencial para revolucionar la utilidad de estos objetos. Con sensores, que son capaces de percibir su contexto y a través de funciones de redes integradas puedan comunicarse entre sí, acceder a servicios de Internet e interactuar con personas. Los objetos convencionales "Digitalmente actualizados" de esta manera mejoran su función física mediante la adición de capacidades de objetos digitales, generando un importante valor añadido. Hoy ya son evidentes precursores de este desarrollo: cada vez más dispositivos tales como máquinas de coser, bicicletas de ejercicio, cepillos de dientes eléctricos, máquinas lavadoras, metros de electricidad y fotocopiadoras están siendo las interfaces equipados con la red "informatizados".

En otros dominios de aplicación, se puede utilizar conectividad de Internet de objetos cotidianos para determinar de forma remota su estado para que los sistemas de información puedan recopilar información actualizada sobre los procesos y objetos físicos. Esto permite en muchos aspectos del mundo real "observar" a nivel de detalle algo anteriormente inlogrado y a un costo insignificante. Esto no sólo permitiría una mejor comprensión de los procesos subyacentes, sino también un control más eficaz de administración [7]. La capacidad de reaccionar a los acontecimientos en el mundo físico de manera automática, rápida e informatizada no sólo abre nuevas oportunidades para hacer frente a situaciones complejas o críticas, sino que también permite una amplia variedad de procesos de negocios para optimizar. La interpretación en tiempo real de datos desde el mundo físico probablemente dará lugar a la introducción de diversos servicios de nuevos negocios que pueden ofrecer importantes beneficios económicos y sociales.

El uso de la palabra "Internet" en el término "Internet de cosas" significa que la visión mencionada puede considerarse simplemente una metáfora: de la misma manera que personas usa la Web hoy, las cosas pronto también se comunicarán entre ellos, utilizando servicios, proporcionando datos y así generando valor agregado: o se puede interpretarse en un sentido técnico más estricto, como un postulante que utilizará una pila de protocolo IP por cosas inteligentes (o al menos por los "proxy", sus representantes en la red).

El término "Internet de las cosas" se popularizó por el trabajo del centro de Auto-ID en el Instituto de tecnología de Massachusetts (MIT), que en 1999 comenzó a diseñar y propagar una infraestructura RFID.2 de toda la compañía, en el 2002 su cofundador y ex jefe Kevin Ashton fue citado en la revista Forbes donde dijo, "Necesitamos un internet de las cosas, una forma estandarizada para equipos entender el mundo real" [23]. Este artículo fue titulado "Internet de las cosas" y fue el primer uso documentado del término en un sentido literal<sup>3</sup>. Sin embargo, ya en 1999 esencialmente el mismo concepto fue utilizado por Neil Gershenfeld desde el MIT Media Lab en su libro "Cuando las cosas empiezan a pensar" [11] donde escribió "en retrospectiva parece que el rápido crecimiento de la World Wide Web puede haber sido sólo la acusación de desencadenada explosión real que ahora está provocando, que las cosas comiencen a utilizar la red."

En los últimos años, el término "Internet de las cosas" se ha extendido rápidamente: en el 2005, ya se encontró en los títulos de libros [6, 15] y en el 2008 se celebró la primera Conferencia científica en esta área de investigación [9]. Los políticos europeos inicialmente sólo usaban el término en el contexto de la tecnología RFID, pero los títulos de las conferencias RFID "De RFID a la Internet de las cosas" (2006) y "RFID: hacia la Internet de las cosas" (2007), celebradas por la Comisión de la UE ya aluden a una interpretación más amplia. Por último, en el 2009, un plan de acción de la Comisión de la UE dedicado al final vio la Internet de las cosas como una evolución general de Internet "desde una red de computadoras interconectadas a una red de objetos interconectados" [5].

## 2. Conceptos básicos

La Internet de las cosas desde un punto de vista técnico, no es el resultado de una sola tecnología novedosa; consiste en varios avances técnicos complementarios que proporcionan capacidades y que en conjunto ayudan a reducir la brecha entre el mundo virtual y físico. Estas capacidades incluyen:

- Comunicación y cooperación: Los objetos tienen la capacidad de estar en red con recursos de Internet o incluso con otros, hacer uso de los datos y servicios y actualizar su estado. La tecnologías inalámbricas como GSM y UMTS, Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee y varios otros estándares de red inalámbricas actualmente en desarrollo, especialmente los relativos a redes inalámbricas de área Personal (WPANs), son de primordial importancia.
- Capacidad de direccionamiento: Dentro de una Internet de las cosas, los objetos pueden ser ubicados y dirigidos a través de servicios de investigación, búsqueda o nombres y por lo tanto remotamente interrogados o configurados.
- Identificación: Los objetos son identificables de forma única. RFID, NFC (Near Field Communication) y códigos de barras ópticamente legibles son ejemplos de tecnologías que pueden identificarse incluso si son objetos pasivos que no tienen recursos energéticos integrados (con la ayuda de un "mediador", como un lector de RFID o teléfono móvil). La identificación permite que los objetos estén ligados a información asociada con el objeto concreto y que se pueda recuperar de un servidor, siempre que el mediador está conectado a la red (consulte la figura 1).
- Detección: Los objetos recopilan información sobre su entorno con sensores, graban, reenvían o reaccionan directamente sobre él.
- Actuación: Los objetos contienen actuadores para manipular su entorno (por ejemplo, convertir las señales eléctricas en movimiento mecánico). Estos actuadores pueden utilizarse para controlar de forma remota procesos reales a través de Internet.
- Procesamiento de información – Integrado: Los objetos inteligentes cuentan con una capacidad de procesador o microcontrolador y además capacidad de almacenamiento. Estos recursos pueden utilizarse, por ejemplo, para procesar e interpretar información del sensor, o guardar productos en "memoria" de cómo se han utilizado.

- Localización: Los objetos inteligentes son conscientes de su ubicación física, o puede ser ubicadas. La red de teléfono móvil o GPS son tecnologías adecuadas para lograrlo, así como medidas de tiempo de ultrasonido, UWB (banda de Ultra-Wide), radio beacons (por ejemplo, los vecinos las estaciones base de WLAN o lectores RFID con coordenadas conocidas) y tecnologías ópticas.
- Interfaces de usuario -: Los objetos inteligentes pueden comunicarse con la gente de manera adecuada (directa o indirectamente, por ejemplo a través de un smartphone). Paradigmas de interacción innovadores son pertinentes, como interfaces de usuario tangibles, pantallas flexibles basadas en polímeros y métodos de reconocimiento de voz, imagen o gesto.

Las aplicaciones más específicas necesitan sólo un subconjunto de estas capacidades, sobre todo porque implementar todo en éstas suele ser costoso y requiere un esfuerzo técnico significativo. Las aplicaciones de logística, por ejemplo, actualmente se concentran en la identificación de costo relativamente bajo de objetos mediante RFID o códigos de barras y localización aproximada (es decir, la posición del último punto de lectura). Los datos de los sensores (por ejemplo, para supervisar las cadenas cool) o procesadores integrados se limitan a aquellas aplicaciones de logística cuando dicha información es esencial, como el transporte de temperatura controlada de las vacunas.

Los precursores de objetos cotidianos ya son evidentes, particularmente en relación con RFID: por ejemplo la comunicación a corto alcance con tarjetas con claves pasadas por las puertas de las habitaciones de un hotel o de esquí que hablan para levantar los molinetes. Escenarios más futuristas incluyen una tabla cartas inteligentes, donde en el transcurso del juego se controla mediante tarjetas equipadas de RFID [8]. Sin embargo, todas estas aplicaciones implican aún sistemas dedicados en una implementación local; no estamos hablando de una "Internet" en el sentido de un sistema abierto, escalable y estandarizado.

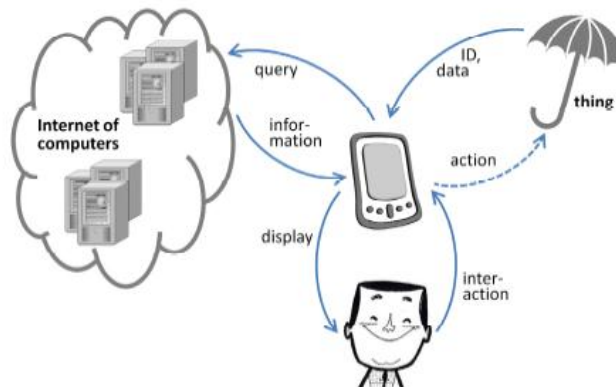


Figure 1. The smartphone as a mediator between people, things and the Internet.

Pero estos módulos de comunicaciones inalámbricas con el pasar de los días son cada vez más pequeños y más baratos, IPv6 se está utilizando cada vez más, está aumentando la capacidad de chips de memoria flash, los requisitos de energía por instrucción de procesadores sigue bajando y los teléfonos móviles tienen reconocimiento de código de barras integrado, NFC y pantallas: táctiles que pueden servir de intermediarios entre la gente, artículos y la Internet (véase la figura 1). Todo esto contribuye a la evolución del paradigma de Internet de las cosas: desde la identificación remota de objetos y un Internet "con" las cosas, estamos avanzando hacia un sistema donde los objetos inteligentes (más o menos) realmente se comunicarán con los usuarios, servicios de Internet e incluso, entre otros. Estas nuevas capacidades que ofrecen cosas abren perspectivas fascinantes e interesantes posibilidades de aplicación; pero también son acompañados por importantes requisitos relativos a la tecnología y la infraestructura subyacente. De hecho, la infraestructura de una Internet de las cosas no sólo debe ser eficiente, escalable, fiable, segura y digno de confianza, también debe ajustarse las expectativas sociales y políticas generales, ser ampliamente aplicables y debe de tomar en cuenta las consideraciones económicas.

### 3. Controladores y expectativas

¿Qué está impulsando el desarrollo de la Internet de las cosas? Un factor importante es el mero progreso evolutivo de tecnología de información y las comunicaciones que permiten mejoras continuas de producto. Un ejemplo son los dispositivos de navegación que reciben mensajes de tráfico vial remoto, por medio de cámaras que se conectan a un netbook cercano para intercambiar fotos, los sensores de presión envían sus lecturas a tablero de mandos del coche y marcos de foto electrónica que se comunican con metros de electricidad domésticos y permite mostrar fotos no solo de la familia, sino también gráficos ilustrativos que muestran que pueden ser generados por paneles solares domésticos de los neumáticos.

En lugar de dar muestra y controles operativos convencionales de dispositivos, pronto puede ser más rentable que les implementen una interfaz inalámbrica "invisible", como NFC, WLAN o ZigBee y exportar sus componentes de interacción para la Web o un teléfono móvil. Este desarrollo beneficiará también objetos inteligentes que anteriormente no podían revelar su estado a su entorno, ya sea porque eran demasiado pequeñas para interfaces de usuario convencional o por otras razones (como la inaccesibilidad o estética): por ejemplo, marcapasos o prendas de vestir. Desde aquí es un paso pequeño pero lógico para que los objetos inteligentes puedan conectarse a servicios de Internet e incluso a redes entre sí en lugar de que sólo puedan navegadores o teléfonos móviles.

Los escenarios de aplicaciones más grandes y más visionarias están cada vez más en el ámbito de lo posible. Aunque requieren una infraestructura más compleja, mayor inversión y cooperación entre varios socios, pueden ser socialmente deseable u ofrecer la perspectiva de nuevos servicios con potencial de ganancias significativas. La primera categoría incluye automóviles, comunicándose entre sí para mejorar la seguridad vial, formas de utilizar la energía de forma más racional en el hogar por cooperantes dispositivos domésticos conscientes de energía [20], y "ambiente vida asistida" encaminadas a apoyar discretamente las personas mayores en su vida cotidiana.

Ejemplos de la segunda categoría podría ser en una Oficina donde se perdió algo [10], donde una infraestructura móvil podría recoger débiles gritos de ayuda desde las cosas perdidas, o propiedades de seguro donde el riesgo puede ser a menudo mejor cobrado (y posiblemente incluso reducida) si el elemento asegurado es "inteligente". Esto puede ser un seguro de automóvil dinámico que hace su cliente dependa no sólo de un punto de unidad ("pago mientras conduce"), sino también esté consciente del riesgo individual. Exceso de velocidad, peligro de adelantamiento y conducir en condiciones peligrosas, a continuación, tendría un impacto directo sobre los costos del seguro [3].

En general, podemos esperar que la Internet de las cosas pueda dar lugar a un número creciente de productos híbrido que proporcionen una función física convencional y servicios de información. Si los objetos se convierten en puntos de acceso para los servicios pertinentes, los productos podrán proporcionar recomendaciones para quienes lo utilizan y las instrucciones de mantenimiento, suministros de información sobre la garantía o resaltar productos complementarios. Además, el valor añadido digital de productos de la compañía puede utilizarse no sólo para distinguirlos de los productos competidores físicamente similares sino también para atar a los clientes con servicios adicionales de la compañía o productos compatibles de seguimiento, pero también puede utilizarse para proteger contra los productos falsificados. Completamente nuevas oportunidades se plantearían si los productos independientemente cooperan con otros objetos en su proximidad. Por ejemplo, una heladera inteligente puede reducir su temperatura cuando el medidor de electricidad inteligente indica que la energía barata está disponible, evitando así la necesidad de consumir energía en una etapa posterior, cuando la electricidad es más cara.

Otro piloto para la Internet de las cosas es la conciencia de sistemas de información reales. Respondiendo con prontitud a eventos físicos pertinentes, las empresas pueden optimizar sus procesos, como típicamente lo haría con el uso de RFID en aplicaciones de logística.

O dicho de otra manera, incrementando la "agudeza visual" de sistemas de información, es posible administrar mejor los procesos, se suele aumentar la eficiencia y reducir los costos [7].

Aunque tales aplicaciones de telemetría no son nada nuevo en principio, previamente se han restringido a casos especiales debido a la tecnología costosa (como lazos inductivos en carreteras que transmiten las condiciones del tráfico a una computadora central a fin de optimizar la secuenciación de semáforos). Debido a la disminución de costos y progreso técnico, muchas otras áreas de aplicación pueden ahora beneficiarse de una mayor conciencia de los procesos reales. Por ejemplo, ahora resulta útil para los

proveedores de calefacción remotamente comprobar el aceite de los clientes para completar los tanques (optimizar las rutas de camiones cisterna de combustible individual) y para los operadores de máquinas de cigarrillos y bebidas establecer el estado de sus máquinas expendedoras (cómo cuando están completas, o simplemente reportar cualquier mal funcionamiento, etc.) a través de un módem inalámbrico.

Si un objeto inteligente posee una interfaz inalámbrica adecuada (por ejemplo, NFC), el usuario puede interactuar con el objeto a través de un teléfono móvil. Como se dijo anteriormente, cuando sólo la información sobre el objeto se muestra, a menudo es suficiente simplemente identificar el objeto en cuestión (figura 1). Por ejemplo, si pueden leer el código de barras en un elemento de supermercado con un smartphone, datos adicionales pueden ser obtenidos de Internet y automáticamente aparece en el teléfono [1]. La "realidad aumentada" logró de esta manera que se pueda utilizar para mostrar información adicional útil sobre el producto de fuentes independientes, por ejemplo una advertencia de alergia personalmente a medida o nutricional "semáforo". Una política de compras también sería posible (mostrar el país de un elemento de origen, sello de aprobación o CO<sub>2</sub> huella), esto libraría de desprotecciones en supermercados.

Smartphones así puede proporcionar muestra objetos físicos y actuar como navegadores de Internet de las cosas, con la ventaja que el teléfono sabe algo acerca de la situación actual (por ejemplo, la ubicación actual o el perfil del usuario). "Apuntando" en el objeto en cuestión también elimina la necesidad de introducir una dirección de Internet o término, haciendo el proceso muy fácil y rápido de búsqueda manualmente. Parece concebible que en el futuro la posibilidad de obtener información acerca de cosas cercanas se considerará tan importante como la Web "en todo el mundo" es hoy en día, o que esta capacidad incluso se convertirá en parte de la Web. En resumen, las siguientes expectativas pueden asociarse con el Internet de las cosas: desde un *punto de vista comercial*, incrementar la eficiencia de los procesos de negocios y reducción de los costos de logística de almacén y en las industrias de servicios (mediante la automatización y outsourcing al cliente), mejorar la retención de clientes y vender más específicos y nuevos modelos de negocio que implican cosas inteligentes y servicios asociados. De interés desde el *punto de vista social y político* es un aumento general en la calidad de vida debido a los consumidores y ciudadanos puedan obtener información más completa, debido a la mejoraron atención para personas que necesitan ayuda gracias a sistemas inteligentes de ayuda y también debido a la mejora de la seguridad, por ejemplo en las carreteras. Desde el *punto de vista personal*, lo que importa sobre todo son nuevos servicios habilitados de una Internet de las cosas que haría la vida más agradable, divertida, independiente y también más seguro, por ejemplo mediante la ubicación de las cosas que se pierden, como mascotas o incluso otras personas.

#### 4. Retos tecnológicos

Las posibles aplicaciones y escenarios descritos pueden ser muy interesantes, las exigencias de la tecnología subyacente son sustanciales. A pesar que el Internet de equipos tiene como objetivo remoto y un poco borroso progresar con la Internet de las cosas, hay que hacer un paso a la vez. Además de la expectativa de que la tecnología debe estar disponible a bajo costo si un gran número de objetos es realmente equipado, también tenemos muchos otros desafíos, tales como:

- *Escalabilidad*: El Internet de los objetos potencialmente tiene un mayor alcance global que el Internet convencional de los equipos. Pero otras cosas cooperan principalmente dentro de un entorno local. Funciones básicas como la comunicación y el servicio de descubrimiento, necesitan funcionar igualmente de forma eficiente en la mediana y gran escala de sus entornos.
- *"Llegar y actuar"*: Los objetos inteligentes cotidianos no deben percibirse como equipos que requieren configurarse y adaptarse a situaciones particulares con los usuarios. Las cosas móviles, a menudo sólo se usa en forma esporádica, deben establecer conexiones espontáneamente y organizarse y configurarse para satisfacer su entorno particular.
- *Interoperabilidad*: El mundo de cosas físicas es muy diverso, en un Internet de cosas cada tipo de objeto inteligente es probable que tenga capacidades diferentes de información, procesamiento y comunicación. Los diferentes objetos inteligentes también podrían someterse a condiciones muy diferentes, como la energía disponible y el ancho de banda de las comunicaciones necesarias. Sin embargo, para facilitar la comunicación y cooperación, las prácticas y estándares comunes se necesitan. Esto es particularmente importante en relación con las direcciones del objeto. Estos deben cumplir con un esquema estandarizado si es posible, a lo largo de las líneas de la norma IP en el dominio de Internet convencionales.

- *Descubrimiento:* En entornos dinámicos, los servicios adecuados para las cosas deben ser identificados automáticamente, se requiere el medio adecuado para la semántica que describe su funcionalidad. Los usuarios desean recibir información relacionada con el producto y querrán utilizar motores de búsqueda que puedan encontrar cosas o proporcionar información sobre el estado de un objeto.
- *Complejidad del software:* Aunque los sistemas de software en objetos inteligentes para funcionar necesitan de recursos mínimos, como en convencional embedded systems, una más amplia infraestructura de software se necesitarán en la red y en servidores de fondo para administrar los objetos inteligentes y proporcionar servicios de apoyo.
- *Volúmenes de datos:* Mientras algunos escenarios de aplicación implican comunicación breve, poco frecuente, otros, tales como redes de sensores, logística y escenarios a gran escala "conciencia del mundo real", implican grandes volúmenes de datos en nodos de la red central o servidores.
- *Interpretación de datos:* Para apoyar a los usuarios de cosas inteligentes, nos gustaría interpretar el contexto local determinado por sensores con la mayor exactitud posible. Para que proveedores de servicios para beneficiarse de los datos dispares que se generará, necesitamos poder sacar algunas conclusiones generalizables de los datos del sensor interpretado. Sin embargo, generando información útil de datos raw de sensor que pueden desencadenar otras medidas no son una empresa trivial.
- *Seguridad y privacidad personal:* Además de los aspectos de seguridad y protección de Internet con el que todos conocemos (como la confidencialidad de las comunicaciones, la autenticidad y la fiabilidad de los compañeros de comunicación y la integridad del mensaje), otros requisitos también sería importantes en un Internet de las cosas. Podríamos queremos dar cosas sólo acceso selectivo a determinados servicios o les impide comunicarse con otras cosas en determinados momentos, o de forma incontrolada; y las transacciones de negocios relacionadas con objetos inteligentes serían necesarias para protegerse de los competidores de ojos curiosos.
- *Tolerancia a fallas:* El mundo de las cosas es mucho más dinámico y móvil que el mundo de las computadoras, con contextos de cambiar rápidamente y de forma inesperada. Pero queremos depender de cosas que funcionen correctamente. La estructuración de una Internet de las cosas de manera sólida y confiable requeriría redundancia en varios niveles y una capacidad de adaptarse automáticamente a las condiciones modificadas.
- *Fuente de alimentación:* Las cosas suelen moverse y no están conectadas a una fuente de alimentación, por lo que su elegancia debe alimentarse con una fuente de energía autosuficiente. Aunque los transpondedores RFID pasivos no necesitan su propia fuente de energía, su gama de funcionalidad y las comunicaciones son muy limitadas. En muchos escenarios, baterías y power packs son problemáticas debido a su tamaño y peso y sobre todo debido a sus requisitos de mantenimiento. Lamentablemente, la tecnología de batería avanza a ritmo relativamente lento, y "recolección de energía", es decir, generar electricidad desde el medio ambiente (mediante las diferencias de temperatura, vibraciones, corrientes de aire, luz, etc.), aún no es lo suficientemente poderoso como para satisfacer los requerimientos de energía de los actuales sistemas electrónicos en muchos escenarios de aplicación. Son esperanzas sobre futuros procesadores de bajo consumo y unidades de comunicaciones para sistemas integrados que pueden funcionar con significativamente menos energía. El ahorro de energía es un factor no sólo en la arquitectura de hardware y sistema, sino también en el software, por ejemplo, la aplicación de las pilas de protocolo, donde cada byte de transmisión solo tendrá que justificar su existencia. Ya hay algunos sensores inalámbricos sin pilas que pueden transmitir sus lecturas a distancia de algunos metros. Como los sistemas RFID, que obtienen la energía que requieren o remotamente desde el proceso de medición, por ejemplo mediante el uso de materiales piezoeléctricos o piroeléctrico para medidas de presión y temperatura.
- *Interacción y comunicaciones de corto alcance:* La comunicación inalámbrica de unos pocos centímetros de distancia será suficiente, por ejemplo, si un objeto es tocado por otro objeto o un usuario mantiene su móvil contra ella. Cuando se trate de tales distancias cortas, se requiere muy poca energía, abordar es simplificado (como es a menudo sólo un destino posible) y normalmente no hay riesgo de ser escuchada por otros. NFC es un ejemplo de este tipo de comunicación. Como RFID, utiliza acoplamiento inductivo. Durante la comunicación, es uno de los socios en modo activo y el otro puede ser en modo pasivo. Unidades activas de NFC son lo suficientemente pequeñas como para ser utilizado en teléfonos móviles; pasivas unidades son similares a los transpondedores RFID y son significativamente más pequeño, más barato y no necesitan su propia fuente de alimentación.
- *Wireless communications:* Desde un punto de vista energético, se estableció las tecnologías inalámbricas como GSM, UMTS, Wi-Fi y Bluetooth son mucho menos adecuadas; más recientes

normas WPAN como ZigBee y otros aún en desarrollo pueden tener un ancho de banda más estrecho, pero utilizan mucho menos poder.

## 5. RFID y la red EPC

RFID (identificación por radiofrecuencia) se utiliza principalmente para identificar objetos a una distancia de pocos metros, con un lector normalmente estacionario permite comunicarse inalámbricamente con pequeñas baterías transpondedores (etiquetas) conectados a los objetos. Así como también proporciona dos importantes funciones básicas de una Internet de cosas: identificación y comunicación: RFID también puede utilizarse para determinar la ubicación aproximada de objetos proporcionando la posición del lector cuando es conocida.

Al final de la década de 1990, tecnología RFID se limitaba a nichos de aplicaciones como identificación animal, acceso inmovilizado de control y el vehículo. Transpondedores de altos precios y la falta de normas constituyen un obstáculo para un mayor uso de la tecnología. Desde entonces, sin embargo, su campo de aplicación se ha ampliado considerablemente, sobre todo gracias al centro de Auto-ID del MIT, que fue fundada en 1999. El centro de Auto-ID y su organización sucesora EPCglobal han perseguido sistemáticamente una visión de transpondedores baratos, estandarizadas, que permiten la identificación de miles de millones de objetos cotidianos, y han desarrollado la tecnología necesaria conjuntamente con sus socios comerciales. El uso de la tecnología RFID en las cadenas de suministro de los gigantes minoristas como Wal-Mart y Metro es el resultado de estos esfuerzos. Si bien la adopción por los principales minoristas representa un éxito notable, la evolución de RFID y sus tecnologías de infraestructura asociada en los últimos años también destaca los desafíos involucrados en la realización de una Internet de las cosas en el sentido más amplio del término.

El desarrollo de RFID en los últimos años se refleja no sólo en el progreso técnico, sino también en reducciones de costos y normalización. Por ejemplo, el consumo de energía de la última generación de transpondedores es de menos de  $30 \mu\text{W}$ , con distancias de hasta diez metros en condiciones favorables de lectura. El aumento de miniaturización ha llevado también a un precio de cerca de cinco centavos para los pedidos de simples transpondedores RFID gruesos. También han logrado avances importantes en materia de normalización, con el ISO 18000-6 C protocolo RFID: también conocida como EPCglobal de segunda generación: el apoyo de varios fabricantes, dominando el mercado y garantizando la interoperabilidad.

La presión de alto costo y la ausencia de baterías en medio de transpondedores implican que protocolos de comunicaciones de RFID no puedan basarse en protocolos establecidos en Internet debido a una escasez de recursos. Por ejemplo, un típico microchip RFID sólo consta de unos cien mil transistores, no contiene microcontrolador y tiene capacidad de almacenamiento mínimo: normalmente sólo unos pocos bytes. En lugar de utilizar una batería, los microchips RFID pasivos se suministran con poder remotamente desde un dispositivo de lectura. Dado que la fuente de alimentación con frecuencia puede ser interrumpida debido a los "valores nulos de campo", se evita la transmisión de paquetes de datos de gran tamaño – a 128 bits, estos son generalmente mucho más cortos que los paquetes IP.

Los objetos cotidianos que se van a abordar en un Internet de las cosas, utilizan tecnología RFID, por lo tanto, no se comportan exactamente igual a los nodos de Internet. En cambio, es probable que se utilice un protocolo inalámbrico optimizado en los últimos metros debido a la escasez de recursos y las condiciones adversas encontradas en el mundo físico. El lector RFID actuaría como una puerta de enlace entre los dos protocolos diferentes.

Los protocolos basados en HTTP y TCP han desarrollado para su uso entornos de RFID, éstos se utilizan para configurar los lectores y distribuir los datos capturados a través de Internet.

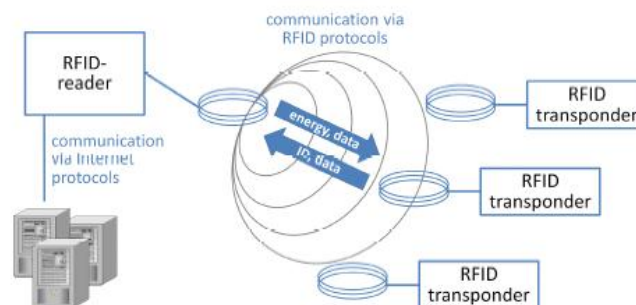


Figure 2. RFID communication.

Un área clave de la aplicación de RFID es la logística. Mientras que anteriormente los sistemas de información debían ser "alimentados a mano" con los datos a través de un teclado o un lector de código de barras, los datos sobre las unidades de logística ahora pueden capturar automáticamente, sin demora y a una fracción del costo utilizando tecnología RFID. Ahora el desarrollo sistemático de tecnología RFID no solo significa que se utiliza en la cadena comercial, sino también en muchas otras áreas de aplicación. Por ejemplo, RFID se utiliza para administrar libros y medios de comunicación en las bibliotecas, para encontrar herramientas y otros artículos de inventario portátil en las fábricas e incluso en la industria del vestido, donde sistemas RFID garantizan que las tiendas sean abastecidas regularmente al por menor con las prendas apropiadas.

La mayoría de las aplicaciones de RFID implementadas son aplicaciones de bucle cerrado. Cuando se introduzcan sistemas RFID en bucle abierto se podrán hacer aplicaciones para cadenas de suministro con muchos diferentes asociados de diferentes intereses comerciales, la complejidad organizativa resultante puede convertirse rápidamente en un problema. Por lo tanto, es recomendable utilizar RFID inicialmente en una sola organización y quizá incluso en un área geográfica limitada. En esas aplicaciones de bucle cerrado, los costos pueden compensarse directamente contra un valor añadido y ganancias en eficiencia y desafíos tecnológicos que son a menudo más fáciles de superar.

Transfiriendo la visión general de Internet de las cosas, significa que es poco probable ver aplicaciones "globales" que requieran cooperación entre muchos socios diferentes. Por lo tanto es importante utilizar interfaces estandarizadas para implementar aplicaciones locales, que luego pueden combinarse en un punto en el tiempo.

A largo plazo, infraestructuras tales como la red EPC desempeñarán un importante papel [28]. La red EPC toma su nombre del "Código electrónico de producto": Es un identificador estructurado que identifica cada transpondedor RFID relacionados con los productos individuales. El objetivo de la red EPC es no sólo activar la tecnología RFID para identificar objetos, sino también simplificar el procesamiento y el intercambio de los datos capturados.

El estándar EPCIS representa una parte fundamental de esta red y ya es compatible con muchos fabricantes de software. Define los eventos que se pueden utilizar para vincular los datos RFID capturados por lectores con información contextual. Por ejemplo, los eventos EPCIS sólo nos pueden decir cuándo y dónde un transpondedor particular fue detectado, pero también proporcionar información sobre los procesos de negocios asociados o eventos de aplicación. La lógica empresarial personalizada, específica la aplicación que se utiliza para la interpretación de datos contextuales que resulta en la generación de eventos EPCIS.

Además de definir eventos EPCIS, el estándar EPCIS también define una interfaz que puede utilizarse para buscar para esos eventos en repositorios. Si se conocen los repositorios que contienen información sobre un determinado transpondedor RFID, uno puede seguir el "camino" del objeto al que está conectado. En la práctica, sin embargo, existen numerosos problemas asociados con este tipo de escenario global de la información. Por ejemplo, no todos los repositorios contienen datos relativos a un determinado objeto, y una búsqueda global de todos los repositorios sería realista a medida que crecen sus números. En muchos casos, los datos serían comercialmente confidenciales y no es generalmente accesible: el hecho de que una empresa posee información relativa a un objeto determinado puede ser confidencial. Estas dificultades muestran que aún hay muchos desafíos relativos a la aplicabilidad, escalabilidad y seguridad que hay que superar antes de que podamos conseguir un Internet de las cosas que soporte estas consultas globales.

## **6. IP para cosas**

Si en un futuro en el Internet de las cosas, los objetos de uso cotidiano serán dirigidos y controlados a través de Internet, debemos entonces idealmente no recurrir a protocolos de comunicaciones especiales como es el caso con RFID. Las cosas deberían comportarse como nodos de Internet normales. En otras palabras, debe tener una dirección IP y utilizar el Protocolo Internet (IP) para comunicarse con otros objetos inteligentes y nodos de la red. Debido a la gran cantidad de direcciones necesarias, se debe utilizar la nueva versión de IPv6 con direcciones de 128 bits.



Los beneficios de tener cosas habilitadas para IP son evidentes, incluso si los objetos en cuestión no van a ser globalmente accesibles pero en cambio utilizados en un entorno de intranet controlado. Este enfoque permite construir directamente en la funcionalidad existente, como interoperabilidad global, entrega de paquetes de datos de toda la red (enrutamiento y reenvío), transporte de datos a través de diferentes medios físicos, nombres de servicios (URL, DNS) y administración de redes. El uso de la propiedad intelectual permite a los objetos inteligentes utilizar mediante aplicaciones existentes, servicios de Internet, por el contrario, estos objetos inteligentes se pueden abordar desde cualquier lugar ya que son los participantes de Internet adecuados. Por último, los protocolos de la capa de aplicación deben ser importantes pero sencillos como HTTP. IPv6 que también ofrece la posibilidad interesante de configuración automática de direcciones, que permite a los objetos inteligentes asignar sus propias direcciones.

No hace mucho, sin embargo, la perspectiva de soporte completo de IP para cosas sencillas parecía ilusoria debido a los recursos necesarios (tales como la capacidad del procesador y la energía) y así los costos. En su lugar, se sugirió conectar objetos inteligentes hacia el Internet indirectamente a través de servidores proxy o gateways. Pero la desventaja de tales soluciones no estandarizadas es que la funcionalidad end-to-end se pierde porque protocolos estandarizados de Internet se convertirán en protocolos propietarios durante los últimos metros. Las puertas de enlace también generarían mayor complejidad, haciendo la instalación, operación y mantenimiento lento y costoso.

Sin embargo, ahora existen microcontroladores de sólo 16 bits con suficiente espacio de almacenamiento que requieren menos de 400 MW/MIPS, además de las pilas TCP/IPv6 que pueden operar con 4 kB RAM y memoria flash de 24 kB [13]. Igualmente importantes son los estándares de comunicaciones inalámbricas como IEEE 802.15.4 que cubren las capas inferiores IP y consumen relativamente poca energía: Las implementaciones ZigBee requieren aproximadamente de 20 a 60 mW (para una potencia de transmisión de 1 mW, un rango de 10 a 100 metros y una velocidad de transmisión de datos de 250 kbit/s). Siempre que sea posible, la unidad inalámbrica sirve durante cortos períodos de tiempo sólo para ahorrar energía. Este enfoque permite pilas AA proporcionar un nivel modesto de potencia de procesamiento y comunicación inalámbrica que sin embargo es suficiente para muchos propósitos durante muchos meses.

Las oportunidades que esto abre recientemente han llevado a los comités de empresas y normas adoptar diversas medidas. A finales del 2008, Atmel, Cisco, Intel, SAP, Sun Microsystems y otras empresas fundaron la Alianza corporativa "IP para objetos inteligentes" (IPSO) para promover la aplicación y el uso de la propiedad intelectual para dispositivos de baja potencia, como sensores de radio, metros de consumo y otros objetos inteligentes. Más concretamente, el grupo de trabajo "IPv6 controla el poder de éstas áreas de redes inalámbricas" (6LoWPAN), creado por la Internet Engineering Task Force (IETF) consiste en abordar el problema de soporte IPv6 mediante el 802.15.4 estándar de comunicación inalámbrica [14]. Esto es un desafío técnico porque la longitud máxima de 802.15.4 genera paquetes de datos de sólo 127 bytes debido a datos de menor precio, mayor susceptibilidad a, la tasa de error de fracaso y un poco de las comunicaciones inalámbricas. El encabezado del paquete IPv6 sólo tiene 40 bytes (principalmente debido a sus direcciones de origen y destino cada 16 bytes de longitud), y sin fragmentar los paquetes IPv6 pueden ser hasta de 1280 bytes de longitud.

Para hacer eficaz la función de comunicación de IPv6 en redes inalámbricas, se ha definido una capa de modificación del Protocolo que se ocupa esencialmente de cuatro temas: incorporación de paquetes IPv6 en marcos de 802.15.4, fragmentando paquetes largos para ajustarse a estos marcos, consiste en la compresión de encabezados de paquetes (por lo general a sólo 6 bytes) y el envío de paquetes IPv6 a través de ruteo o rutas inalámbricos. Es posible comprimir tan drásticamente el encabezado IPv6 porque puede reconstruir 802.15.4 y los nodos se comunicarán principalmente dentro de su propia red inalámbrica y por lo tanto, la mayoría de la información desde el contexto general o la 802.15.4 circundante puede utilizar marcos y direcciones locales considerablemente más cortas.

La propuesta del grupo de trabajo ha sido publicada ahora como propuesta de Internet estándar RFC 4944 y una implementación sobre esta base se describe en [13]. En el 2009, la Alianza ZigBee anunció que podría incorporar este "soporte nativo de IP" en futuras especificaciones ZigBee, "que permitiría una integración de conectividad a Internet en cada producto".

## 7. La Web de las cosas

Un desarrollo lógico de la Internet de las cosas es aprovechar la Internet y sus muchas tecnologías como una infraestructura de objetos inteligentes. Hace varios años, Kindberg et al. presentó la idea de marcar objetos físicos con direcciones URL que podría, por ejemplo, leer con una interfaz infrarrojos y referencia cruzada páginas Web que contenían información y servicios sobre los objetos en cuestión [16]. Otra forma fundamental del uso de la Web es incorporar objetos inteligentes en una arquitectura estándar de servicios Web (mediante normas tales SOAP y WSDL), aunque en la práctica esto sería demasiado costoso y complejo para objetos simples.

En lugar de tecnología convencional de servicio Web, la iniciativa "Web de las cosas" recientemente establecida [12] utiliza simples servidores HTTP integrados y tecnología Web 2.0. Los servidores Web modernos con un conjunto de características suficientes (soporte para varias conexiones simultáneas, una capacidad de transmitir contenido generado dinámicamente y "server push" informes de eventos) pueden contentarse con 8 kB de memoria y sin soporte de sistema operativo gracias a la optimización de TCP y HTTP Cruz capa inteligente. Estas implementaciones de servidor web, por tanto, son adecuadas para incluso diminutos sistemas integrados como tarjetas inteligentes, donde se proporciona un alto nivel de API para un dispositivo de bajo consumo [4]. Dado que los servidores Web incrustados en un Internet de cosas generalmente poseen menos recursos que los clientes tanto la Web como los navegadores en los ordenadores o teléfonos móviles, han demostrado que la tecnología AJAX (JavaScript asincrónico y XML) puede ser una buena forma de transferir parte de la carga del servidor al cliente.

En la Web de las cosas, los objetos inteligentes y sus servicios son normalmente dirigidos a través de las direcciones URL y controlados a través de una sencilla interfaz con algunas operaciones de HTTP bien definidas como GET y PUT. Los datos de objetos a transmitir en la Web normalmente toman la forma de un documento XML estructurado o un objeto JSON que es legible por máquina (con JavaScript). Estos formatos pueden entenderse no sólo por las máquinas, sino también por la gente, siempre se utilizan elementos de marcado sentido y nombres de variables. También puede complementar con información semántica mediante microformatos. De esta manera, los objetos inteligentes pueden no sólo comunicar en la Web sino también crear una fácil representación de uso así mismos, lo que permite interactuar con ellos a través de navegadores Web normales y explorar el mundo de cosas inteligentes con sus muchas relaciones (a través de enlaces a otras cosas relacionadas). Generados de forma dinámica los datos reales en objetos inteligentes pueden mostrarse en las páginas Web de "representantes" y, a continuación, pueden procesarse con la amplia funcionalidad de herramientas Web 2.0 ampliamente disponibles. Por ejemplo las cosas podrían, a través de sus representaciones digitales, indexar páginas Web, los usuarios podrían "googlear" sus propiedades o podrían pasarlas como referencias. Los objetos físicos en sí podrían activarse y mantener blogs o actualizarse entre sí mediante herramientas de redes sociales como Twitter. Aunque esto puede sonar como extraña humanización de objetos inanimados, es de importancia en la práctica. La Web y sus servicios se utilizan como middleware ubicuo: facilitar la implementación de nuevas funcionalidades y aplicaciones innovadoras para cosas inteligentes. Así que si, por ejemplo, la lavadora está en el sótano y desea supervisar su progreso, podría suscribirse a su átomo de alimentación de un cliente Web y obtener información sobre los principales cambios del Estado, o seguir sus tweets en Twitter.

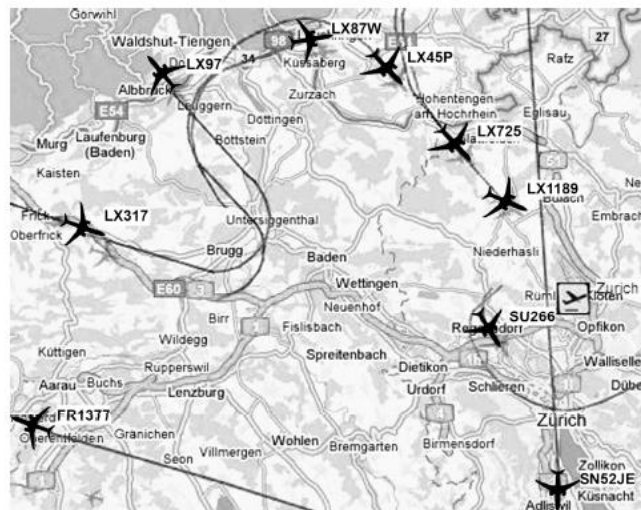


Figure 3. A mashup displaying flight paths around Zurich [18].

De forma más generalizada, un editor mashup puede utilizarse para vincular las fuentes de datos y eventos de objetos físicos entre sí (y con servicios Web). Este es un ejemplo para ilustrar esto: la mayoría de aviones están equipados con radiobalizas ("ADS-B") que transmiten un paquete de datos corto una vez o dos veces por segundo a 1090 MHz, que puede ser recibido dentro de un rango de unos pocos cientos de kilómetros. Además de identificador del avión, este paquete contiene su posición actual, la altura, la velocidad y la velocidad de ascenso o descenso. En <http://radar.zhaw.ch> se puede encontrar un mashup que utiliza Google maps para mostrar las rutas de vuelo en tiempo real de planos alrededor de Zurich en Suiza (ver figura 3; el tamaño de la sombra y su proximidad con el símbolo de plano que indica la altitud). Este mashup enriquecido con datos adicionales de diversas fuentes se puede apreciar en [www.flightstats.com](http://www.flightstats.com). Al hacer clic en el símbolo de plano ahora resulta en una pantalla de detalles como las aerolíneas, los aeropuertos de partida y de destino, hora de llegada prevista, etc..

Aunque los aviones no son pequeños "objetos cotidianos" previsto en un Internet último de las cosas, este ejemplo ilustra convincentemente el potencial para conectar el mundo físico con el ciberespacio. Un más "realista" mashup físico se describe en [12] que muestra el consumo de energía de electrodomésticos como refrigeradores, teteras y pantallas de PC en navegadores Web utilizando sockets de poder inteligente y tecnología Web.

Independientemente de la visión a largo plazo de una Internet de las cosas, la interfaces web baratas incrustadas podrían abrir pronto una amplia variedad de oportunidades de aplicación. Tomemos el ejemplo de automatización del hogar, por ejemplo. Ahorrar energía y reducir los costos o – sobre todo en casas privadas, para aumentar la comodidad y seguridad: sensores de temperatura, detectores de movimiento y otros tipos de sensores controlarán muchos aspectos diferentes de edificios, como iluminación, calefacción, ventilación, persianas y sistemas de bloqueo. Para ello, estas unidades deben ser capaces de comunicarse. En el pasado, se desarrollaron una variedad de estándares, como el Bus de instalación Europeo (BEI), pero la instalación todavía es un negocio bastante costoso; y configurar, parametrizar y asignar direcciones a las unidades se debe realizar por expertos utilizando software especial.

Ya que es barata, estandarizada y ampliamente disponible, la tecnología Web y la Internet podría ser la respuesta aquí. Este enfoque permitiría el uso y testeo de conceptos de red (por ejemplo, herramientas de administración de red y configuración automática) y mantenimiento remoto sería posible mediante interfaces y navegadores Web estándar. Con electrodomésticos inteligentes ("Web 2.0-ready"), habilitados para WLAN electricidad metros y otros gadgets de forma inalámbrica comunicación y self-integrating, podría ser posible realizar gradualmente un viejo sueño (o tal vez una pesadilla?) de la "casa inteligente"...

## **8. Cuestiones sociales y políticas**

El Internet ha pasado desde hace tiempo de ser un sistema puramente informativo a uno que es socio tecnológico y tiene una dimensión social, creativa y política. Pero la importancia de sus aspectos no tecnológicos es cada vez más evidente en el desarrollo de una Internet de las cosas, ya que añade una nueva calidad a estos aspectos no tecnológicos. Por lo que además de las expectativas positivas antes mencionadas, varias preguntas críticas deben pedirse con respecto a las posibles consecuencias.

Gran parte del debate público sobre si aceptar o rechazar la Internet de las cosas implica los dualismos convencionales de "seguridad y libertad" y "comodidad y privacidad de los datos". En este sentido, el debate no es muy diferente de los notorios altercados relativos a tarjetas de tienda, vigilancia por video y pasaportes electrónicos. Como con RFID [27], la inquietud se centra principalmente en datos de carácter personal que se recopilan automáticamente y que podrían utilizarse por terceros sin acuerdo o conocimiento de la gente desconocida y potencialmente causantes de efectos dañinos.

La privacidad personal viene de hecho bajo presión. Los objetos inteligentes pueden acumular una enorme cantidad de datos, con que simplemente que nos sirvan de la mejor manera posible. Puesto que

normalmente tiene lugar discretamente en segundo plano, no podemos nunca estar completamente seguros de que si estamos siendo "observado" cuando las transacciones tienen lugar. Las instancias individuales de observación pueden parecer bastante inofensivas, pero si varios de esos casos se unieron y reenvían a información a otros lugares, esto podría bajo ciertos resultados de circunstancias convertirse en una grave violación de la privacidad.

Independientemente de las cuestiones de protección de datos, también está la cuestión que sería propia de las masas de datos reales automáticamente capturados e interpretados, que podrían ser de importante valor comercial o social, y tendrían derecho a usarlo y dentro de qué marco ético y jurídico.

Otro aspecto crítico es el de la dependencia de la tecnología. En los negocios y también en la sociedad en general ya somos muy dependientes de la disponibilidad general de electricidad: apagones poco frecuentes afortunadamente todavía no han tenido consecuencias graves.

Pero si sólo los objetos cotidianos están funcionando correctamente con una conexión a Internet en el futuro, esto conduciría a una mayor dependencia de la tecnología subyacente.

Si la infraestructura de la tecnología no por cualquier motivo: errores de diseño, defectos en el material, sabotaje, sobrecarga, desastres naturales o crisis, éstos podrían tener un efecto desastroso sobre la economía y la sociedad. Incluso un virus programado por algunos adolescentes vivaces podrían jugar el Mundial de estragos con los objetos seleccionados todos los días y así provocar una seguridad crítica, mortal o incluso políticamente explosiva esta situación podría tener consecuencias catastróficas.

Las cosas controladas remotamente también podrían provocar dependencia y perder nuestra supremacía a nivel personal. Y aún sin ninguna intención de enfermo, nuestros propios objetos inteligentes no podrían comportarse como desearíamos o más bien como "creeríamos", es mejor para nosotros, presagiar un tipo sutil de paternalismo tecnológico [24]. La retroalimentación inmediata que nos pueden dar cosas inteligentes sobre sí mismos o que nos puedan dar herramientas útiles tales como smartphones y espectáculos de realidad aumentada sobre nuestro medio ambiente también es una bendición. Mientras que se puede alentar a que hagamos las cosas bien, útiles (como un smiley animado en un espejo de baño inteligente que nos elogia para cepillarse los dientes correctamente con el cepillo de dientes eléctrico), podría también seducirnos de forma impulsiva en compras innecesarias.

Ahora ha llegado el Internet de las cosas en la política. Un estudio de las "tendencias globales 2025" [21] este proyecto llevado a cabo por el Consejo de inteligencia nacional nos declara que "los fabricantes extranjeros podrían ser la fuente y el punto único de falla para misiones críticas basadas en la Internet de las cosas" [25], la alerta no es sólo de la nación, cada vez se depende críticamente de ellas, pero también se destaca el aspecto de seguridad nacional de la extensión cyberwars en el mundo real: "Aplicación de la ley de U.S. y organizaciones militares podrían buscar supervisar y controlar los activos de los opositores, mientras que los opositores podrían tratar de explotar los Estados Unidos" [26].

La Comisión Europea está reflexionando vocalmente pero vagamente algo sobre el problema de la gobernabilidad para una futura Internet de las cosas. La cuestión aquí es cómo proteger el interés público general y cómo prevenir estructuras centralizadas excesivamente poderosas cuando éstas llegan a ser o el poder regulador de la Internet de los objetos o simplemente caigan exclusivamente en manos de lo que describen como una única "autoridad específica".

El plan de acción de la Comisión Europea en la Internet de las cosas [5] mencionado anteriormente también ha provocado una reacción emocional enorme, señalada críticamente en la revista en línea de alemán "Telepolis" [17] con su nota principal titulado como "Una ruta breve a la incapacidad colectiva" (el tono del artículo es que la Internet de los objetos costaría mucho dinero, que los consumidores tendrían

que pagar por ellos y que sus beneficios serían pequeños). Estos comentarios de los lectores sobre el artículo describen la Internet de los objetos como un "mundo de las redes" y una "gigantesca funny farm;" nos hacen "totalmente dependientes de la tecnología y aquellos en el poder" les significaría "renunciar a toda libertad".

Incluso fue llamada una perversión de la Internet y su presunta misión política: "un medio que fue desarrollado para la humanidad libre y que se debe utilizar para ello podría utilizarse, por tanto causan un mal a fin de establecer un control total".

Aunque estas opiniones extremas no son representativas, hay que decir que para que la Internet de las cosas resulte verdaderamente beneficiosa requiere de objetos más que sólo cotidianos provistos de microelectrónica que puedan cooperar entre sí. Igual de esenciales son las infraestructuras seguras, deben de ser fiables, las condiciones económicas y jurídicas adecuadas y un consenso social sobre cómo se deben utilizar las nuevas posibilidades técnicas. Esto representa una tarea importante para el futuro.