

Identificación por Radiofrecuencia: Fundamentos y Aplicaciones

**Dante I. Tapia^{1,2}, José R. Cueli¹, Óscar García¹, Juan M. Corchado², Javier Bajo²,
Alberto Saavedra¹**

¹Tulecom Solutions, Salamanca, España
{dante.tapia, jose.ramos, oscar.garcia, alberto.saavedra}@tulecom.com

²Grupo BISITE, Universidad de Salamanca, España
{dantetapia, corchado, jbajope}@usal.es

Resumen

Este artículo introduce a la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) a un nivel divulgativo y aplicado. Se muestran los componentes de un sistema RFID, describiendo los tipos de etiquetas y antenas, así como los principales estándares existentes para el desarrollo y funcionamiento de productos RFID. Además, se presentan algunos de los problemas implícitos en esta tecnología. Asimismo, se describen algunas aplicaciones representativas sobre el uso de sistemas RFID, en ámbitos tan distintos como transporte de mercancías, correos, implantes en animales, sistemas de pago, localización en tiempo real, etc. Finalmente, se muestran algunos avances en la integración de dispositivos RFID con otras tecnologías, creando nuevas formas de interacción con los usuarios.

Palabras clave: Radiofrecuencia, Identificación, Localización, Antenas, Etiquetas, Lectores

1. Introducción a la identificación por radiofrecuencia

La identificación por radio frecuencia, RFID (*Radio Frequency IDentification*) por sus siglas en inglés, es una tecnología utilizada para la captura automática de datos e identificar electrónicamente productos, artículos, componentes, animales, incluso personas, mediante el uso de dispositivos llamados etiquetas (*tags*) (U.S. Department of Commerce, 2005). RFID proporciona una individualización a través de un único número ID (*ID number*) (Garfinkel y Rosenberg, 2005). Su principal uso es en la industria manufacturera, así como en el almacenamiento y distribución de productos, pero existen otros sectores en crecimiento, entre ellos los enfocados al cuidado médico, por lo que se estima un rápido crecimiento de RFID en los próximos años (ITAA, 2004; EICTA, 2006; CE RFID, 2006).

Esta tecnología surgió desde la segunda guerra mundial, sin embargo el desarrollo de sistemas de identificación por radiofrecuencia tal y como los conocemos en la actualidad, empezó a principios de los años setenta. En 1973, Mario Cardullo patentó en Estados Unidos la primera aproximación a la tecnología RFID pasiva, en la que los chips receptores solamente reaccionan ante la estimulación que reciben por parte de los lectores (RFID Journal, 2007). En 1979, Michael Beigel había diseñado la que se considera la primera aplicación RFID de pequeño tamaño (Troyk, 1999). La primera patente norteamericana en llevar la nomenclatura "RFID" (U.S. Patent 4.384.288) fue otorgada en 1983 a Charles Walton (PatentGenius, 2006). Desde entonces, la tecnología RFID ha ido adquiriendo una gran importancia, y se espera que tenga un papel determinante en la construcción de entornos inteligentes, especialmente basados en la Inteligencia Ambiental (Richter y Hellenschmidt, 2004).

Un sistema RFID se compone principalmente de cuatro elementos, tal y como se muestra en la Figura 1 (Want, 2006; Garfinkel y Rosenberg, 2005):

1. **Etiquetas (*tags*).** Consisten básicamente en una antena, un pequeño chip de silicio que contiene un receptor y un transmisor de ondas de radio, un modulador para enviar señales de respuesta, lógica de control, memoria interna, y algunas de ellas un sistema de energía.
2. **Lectores.** Transmiten continuamente pulsos de energía mediante ondas de radio, los cuales son recibidos por las etiquetas. Las etiquetas detectan la energía y devuelven una señal de respuesta, que es recogida por el lector. La señal de respuesta contiene la información almacenada en el chip de las etiquetas, generalmente un número de serie.
3. **Antenas y Radios.** Conforman la capa física de esta tecnología y se utilizan para transferir información entre los lectores y las etiquetas. El diseño de las antenas afecta en gran medida el rendimiento y comportamiento de un sistema RFID.
4. **Hardware de procesamiento.** Por lo general, es un repositorio de datos que se utiliza para procesar la información obtenida por los lectores.

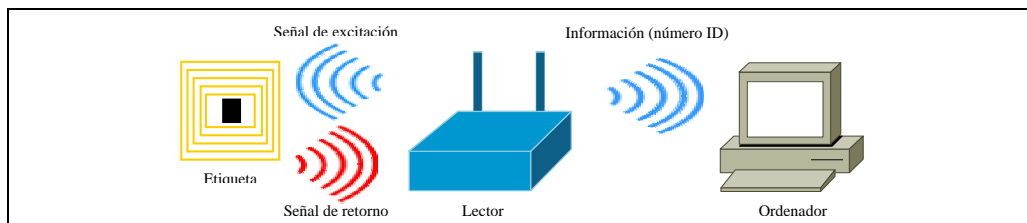


Figura 1. Funcionamiento de la tecnología RFID

1.1. Etiquetas

Las etiquetas RFID pueden clasificarse dependiendo de varios aspectos, por ejemplo por su forma o sus características físicas, como se muestra en la Figura 2. Sin embargo, la forma más común de clasificarlas es por el sistema de alimentación que poseen, dividiéndose básicamente en pasivas y activas. A continuación se describen los dos tipos de etiquetas.



Figura 2. De izquierda a derecha y arriba abajo: Adhesivas de papel, Adhesivas sin sustrato, Tarjetas, Llavero, Disco, Plásticas de alta resistividad, Pulsera, En clavo, Integrada en textil, Implantable, Para inyección en plástico, En brida, Brazalete. (www.nextpoints.com)

1.1.1. Etiquetas pasivas

También conocidas como “*transponders*”, no tienen integrado un sistema de energía, por lo que la absorben del campo electromagnético generado por los lectores RFID. La señal transmitida por los lectores provee la energía suficiente para alimentar el chip de la etiqueta y enviar una señal de respuesta (Lalley, 2004). Las antenas para este tipo de etiquetas deben ser

diseñadas tanto para absorber la energía, como para transmitir la señal de respuesta. Dicha señal no solo es capaz de enviar un número de identificación ID, sino también información almacenada en una pequeña memoria que puede integrarse en la etiqueta. La estructura de una etiqueta pasiva se muestra en la Figura 3, identificando la antena y el chip RFID.

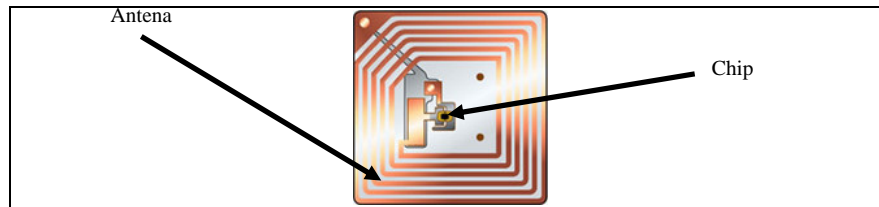


Figura 3. Etiqueta RFID

Las etiquetas pasivas tienen un corto alcance de lectura, que va desde centímetros hasta pocos metros, dependiendo de las frecuencias de transmisión y el diseño de las antenas. Este tipo de etiquetas se utilizan principalmente en la industria manufacturera y en implantes, y debido a que no cuentan con sistema de alimentación, pueden llegar a ser muy pequeñas, pudiéndose integrar en una gran cantidad de productos y dispositivos, como pegatinas, brazaletes, botones, juguetes, etc. De hecho, en febrero de 2007 la empresa Hitachi desarrolló un *transponder* llamado μ -Chip, que mide tan solo 0.05×0.05 mm (sin antena) y menos de $7.5 \mu\text{m}$ de grosor, con un alcance de lectura de hasta 30 cm y que opera a 2.45 GHz.

Entre los distintos tipos de *transponders*, se encuentran los implantables, como el que es posible apreciar en la Figura 4. Tal y como se puede observar en la Figura 4, la estructura interna de un *transponder* está compuesta de un cilindro de vidrio que contiene un microchip, una antena, y un condensador de energía.

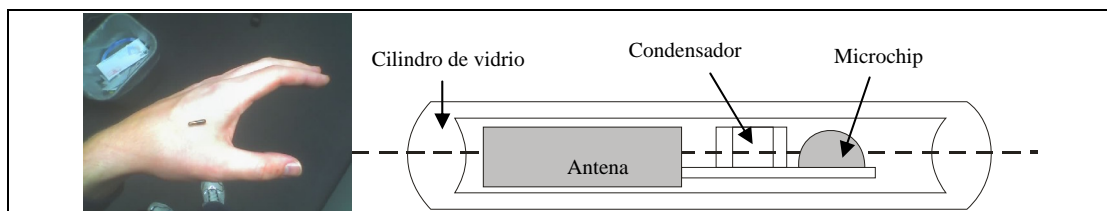


Figura 4. *Transponder* implantable y su Estructura interna

La empresa VeriChip ha desarrollado la primera etiqueta RFID implantable para uso humano, que ha sido aprobada recientemente por la FDA (*Food and Drug Administration*) de Estados Unidos para uso médico (SDSU, 2005). La etiqueta se compone de un pequeño *transponder* cubierto por una cápsula de vidrio de 11 mm de largo y 2.1 mm de diámetro. Transmite en la frecuencia de los 125 KHz (± 6 KHz) y almacena un número ID único de 15 dígitos, el cual se graba desde el proceso de manufactura y es muy difícil de alterar, ya que tan solo el proceso de codificación utiliza 38 bits de información, lo que permite un total de 490 mil millones de posibles números ID (Lalley, 2004).

Las etiquetas pasivas son más pequeñas, baratas, y tienen un mayor tiempo de uso, pero la desventaja es que el rango de lectura es mucho menor que el de las activas las cuales se describen a continuación.

1.1.2. Etiquetas activas

Las etiquetas activas tienen integrado su propio sistema de alimentación, transmitiendo continuamente una señal, la cual es recogida por los lectores. Esto incrementa significativamente los rangos de lectura hasta en cientos de metros respecto de las etiquetas

pasivas y además, cuentan con una autonomía de las baterías de varios años. El rendimiento y fiabilidad también es mayor que las etiquetas pasivas, siendo más efectivas en entornos con altos niveles de interferencias (Ramakrishnan y Deavours, 2006).

Debido a la autonomía de las etiquetas activas, es posible integrar sensores (temperatura, humedad, luz, vibración, etc.) y sistemas de almacenamiento con mayores capacidades y funcionalidades, aunque se incrementa sensiblemente el tamaño de las etiquetas.

El costo y tamaño de las etiquetas activas es mayor que las etiquetas pasivas (Garfinkel y Rosenberg, 2005), por lo que es necesario estudiar detenidamente el ámbito de aplicación para elegir la mejor opción a ser implementada. Las etiquetas activas se utilizan principalmente cuando es necesario un mayor alcance de lectura, mayor ancho de banda, en entornos sensibles a interferencias, o cuando es necesaria la utilización de sensores integrados en las etiquetas.

1.2. Frecuencias y estandarización

Actualmente no existe ningún organismo internacional que regule oficialmente las frecuencias en las que operan los dispositivos RFID, por lo que cada país es responsable de normalizarlas. Aún así, existen algunos organismos que trabajan en la estandarización y regulación de las frecuencias, entre ellos, los más importantes son: En Estados Unidos la FCC (*Federal Communications Commission*); en Canadá el DOC (*Department of Communication*); en Japón el SOUMU (*Ministry of Internal Affairs and Communications*); en China el MII (*Ministry of Information Industry*); y en Europa los organismos ERO (*European Radiocommunications Office*), CEPT (*Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications*), ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), así como las administraciones propias de cada país. Además de la estandarización para el uso de las frecuencias, existen organismos que regulan el funcionamiento de la tecnología RFID, entre ellos la ISO (*International Organization for Standardization*) y la EPCglobal (Duc, et al., 2006; CE RFID, 2006). Dependiendo de la frecuencia en la que operan, los sistemas RFID se clasifican en cuatro tipos: Baja frecuencia (LF – *Low Frequency*), alta frecuencia (HF – *High Frequency*), ultra alta frecuencia (UHF – *Ultra High Frequency*), y microondas. Esta clasificación se describe en detalle en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación y rango de frecuencias

País/Región	LF	HF	UHF	Microondas
USA	125-134 KHz	13.56 MHz	902-928 MHz	2400-2483.5 MHz 5725-5850 MHz
Europa	125-134 KHz	13.56 MHz	865-868 MHz	2.45 GHz
Japón	125-134 KHz	13.56 MHz	No permitida	2.45 GHz
China	125-134 KHz	13.56 MHz	No permitida	2446-2454 MHz

Los sistemas LF y HF pueden utilizarse en todo el mundo sin requerir licencia, mientras que los sistemas UHF requieren autorización y certificación de cada país para poder ser implementados (EICTA, 2006). En Estados Unidos pueden utilizarse sistemas UHF sin licencia, aunque con ciertas restricciones, mientras que en Europa es necesario que se cumplan las regulaciones EN-300-220 y EN-302-208 del ETSI y la 70-03 del ERO, además de contar con la licencia correspondiente otorgada por cada país.

1.2.1. Electronic Product Code

El EPC (*Electronic Product Code*) es un esquema de codificación para RFID desarrollado inicialmente por los laboratorios Auto-ID (*Auto-ID labs*) del MIT (*Massachusetts Institute of*

Technology) (Auto-ID Labs, 2007). EPC es ahora gestionado por EPCglobal en alianza con diversos organismos, entre ellos la organización de estándares mundiales GS1, que estandarizó el código de barras UPC (*Universal Product Code*) (GS1, 2007).

EPC surge por la necesidad de contar con un estándar global para la identificación de productos vía RFID, intentando reemplazar al tradicional código de barras. Las etiquetas EPC (*EPC Tags*) van más allá que la tecnología de código de barras, ya que permiten identificar no solo al fabricante y el tipo de artículo, sino que además se identifica al artículo en sí.

En Diciembre de 2004, se aprobó un nuevo protocolo en la frecuencia UHF, llamado EPC Gen2 (Alien Technology, 2005), adoptado en 2006 por la ISO, con la norma ISO 18000-6C. En la actualidad, compañías como Coca-Cola, Wal-Mart, Nestlé, etc., han impulsado la utilización del estándar EPC Gen2 (RFID Journal, 2007), por lo que el futuro de este estándar resulta prometedor.

2. Aplicaciones de la tecnología RFID

La tecnología RFID ha tenido un crecimiento considerable en los últimos años (ITAA, 2004; EICTA, 2006; CE RFID, 2006), a través del desarrollo de nuevos sistemas y soluciones muy variados, dependiendo del ámbito de implementación. A continuación, se presentan algunas de las principales aplicaciones de la tecnología RFID, describiendo sus principales características, junto con algunos casos de éxito.

2.1. Logística

Una de las aplicaciones más comunes es el control de inventario y seguimiento de artículos, con el objetivo de optimizar los procesos de contabilidad y monitorización de productos. Diversas empresas, algunas de gran proyección internacional como Coca-Cola, Wal-Mart, McDonalds, Nestlé, etc. (RFID Journal, 2007), han implantado tecnología RFID en sus sistemas de distribución y almacenamiento de productos. La industria de fabricación de automóviles es otra rama en la que se está utilizando esta tecnología, con empresas como BMW o Toyota, controlando en tiempo real el proceso de manufactura (RFID Journal, 2007). Los puertos marítimos, en donde se controla una gran cantidad de contenedores, también se han visto beneficiados con este tipo de sistemas, como es el caso del puerto más grande del mundo en Rotterdam, Holanda (Port of Rotterdam, 2007).

Entre los distintos sistemas RFID, el implementado por la empresa pública *Correos* es uno de los más complejos. *Correos* gestiona más de 5.000 millones de envíos postales y llega diariamente a más de 19 millones de domicilios y 2 millones de empresas (iAnywhere, 2007). Dado el elevado volumen de envíos, fue necesario disponer de un sistema que permitiera mejorar la calidad en cuanto al cumplimiento del plazo de los envíos postales. El hecho de etiquetar todos los paquetes, cartas y valijas postales con etiquetas RFID resultaba inviable, por lo que se optó por un sistema de control de la calidad que permite realizar, de una forma completamente automatizada, la traza del camino seguido por una serie de envíos seleccionados. Este sistema utiliza el estándar ETSI EN 302 208-1 y EPC Gen 2 a 869MHz (iAnywhere, 2007). De esta forma, con sólo 5.000 etiquetas reutilizables, 1.900 antenas fijas y 330 lectores, es posible monitorizar la calidad del servicio postal (iAnywhere, 2007), mejorando significativamente la calidad del servicio y el rastreo de envíos.

2.2. Sistemas de pago

La tecnología RFID se presenta como una potente alternativa de futuro para sistemas de pago. Un claro ejemplo puede encontrarse en la ciudad de Salamanca, España, en la que se utiliza

esta tecnología para realizar los pagos en el autobús urbano (Salamanca de Transportes, 2007). El sistema utiliza etiquetas RFID montadas en tarjetas plásticas para almacenar el saldo que el cliente tiene disponible. Cada vez que el usuario pasa la tarjeta por uno de los lectores instalados en los autobuses, la tarifa es automáticamente descontada de su saldo. Sin embargo, este sistema no ofrece medidas de seguridad ni autenticación para los usuarios.

Diversos sistemas de pago más avanzados se han implementado en diversas partes del mundo (Thomas y Menezes, 2006), entre ellos el sistema *Octopus* (Wong, 2007), basado en el uso de tarjetas para pago electrónico. Este sistema surgió en Hong Kong en 1997 como solución para evitar las congestiones que se producían en la ciudad al momento de utilizar el transporte público. *Octopus* utiliza tarjetas de pago con chips Sony FeliCa que operan en la frecuencia de 13,56MHz. La distancia de lectura oscila entre 30 y 100mm. Existe una red de máquinas para la recarga del saldo de tarjetas, las cuales se conectan directamente con el elemento central que las gestiona, utilizando encriptación PKI (*Public Key Infrastructure*) para sus comunicaciones (Winer, 2003). Actualmente existen alrededor de 14 millones de tarjetas *Octopus*, utilizadas por el 95% de la población de Hong Kong entre los 12 y 65 años, realizándose un promedio de diez millones de transacciones al día (Wong, 2007). Además del transporte público, se puede pagar con estas tarjetas en tiendas, supermercados, restaurantes, máquinas expendedoras, aparcamientos, taxis, etc., incluso existen tarjetas personalizadas que permiten el acceso a museos, edificios de oficinas bibliotecas, etc. De esta forma, la población de disfruta de uno de los sistemas de pago electrónico mejor implantados a nivel mundial.

2.3. Localización y seguimiento de patrones

La localización es uno de los usos más recientes que se han dado a la tecnología RFID. Este método se basa en la utilización de múltiples antenas y lectores ubicados estratégicamente, con mayor o menor número de etiquetas o lectores, dependiendo del tipo de etiquetas (activas o pasivas) y del tipo de lectores (fijos o móviles). Los sistemas de localización mediante RFID generalmente utilizan etiquetas activas, debido a que el alcance de lectura es mucho mayor. Las principales configuraciones son:

- *Lectores fijos y etiquetas móviles.* Los lectores se colocan en posiciones determinadas, mientras que las etiquetas se ubican en los objetos que se desean localizar. Esta configuración es la más utilizada, incluso para localizar personas. La Figura 5 muestra un sistema de localización de personas, desarrollado por el grupo de BISITE de la Universidad de Salamanca, España.
- *Etiquetas fijas y lectores móviles.* Se coloca una serie de etiquetas en un área determinada, mientras que el lector va detectando las antenas a su paso, siguiendo las etiquetas o realizando una triangulación para saber su posición exacta. Esta configuración, se utiliza principalmente para la orientación de robots autónomos, como se muestra en la Figura 6 (Bohn y Mattern, 2004).

La localización mediante RFID se utiliza principalmente en interiores, cubriendo el hueco que tecnologías como GPS (*Global Positioning System*) han dejado debido a su poca precisión en entornos cerrados donde la señal es difícil de llegar (Dridra, 2006). Un sistema de localización RFID requiere la ubicación de marcadores (etiquetas o lectores) en posiciones fijas. Mediante la medida de la intensidad de la señal enviada por los marcadores o por el tiempo que tarda la señal en transmitirse, se puede determinar la distancia aproximada a los marcadores. En un plano, basta tener dos distancias para determinar la posición por métodos de triangulación.

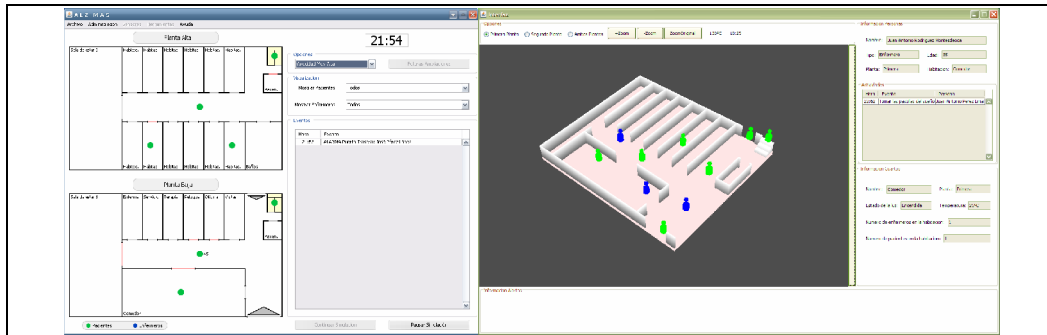


Figura 5. Localización de personas en tiempo real (<http://bisite.usal.es>)

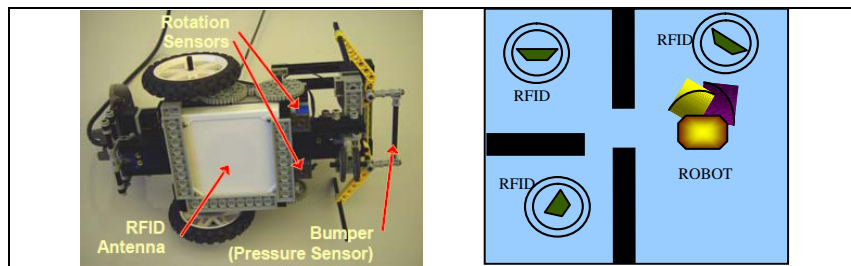


Figura 6. A la izquierda: robot diseñado para seguir un patrón con etiquetas pasivas. A la derecha: robot diseñado para calcular su posición mediante triangulación, utilizando etiquetas activas

2.4. RFID y su integración con otras tecnologías

Las tecnologías de información y comunicación están integradas en prácticamente todos los ámbitos de nuestras vidas, facilitando las tareas diarias y mejorando la calidad de vida (Miori, V., *et al.*, 2005). La gran cantidad de dispositivos de los que disponemos actualmente, junto a su multifuncionalidad, ha generado la necesidad de interconectarlos (Chavira *et al.*, 2007).

Una de las tecnologías que recientemente han integrado dispositivos RFID es NFC (*Near Field Communication*), desarrollada en 2002 por las empresas Phillips y Sony. NFC opera a 13,56MHz, con una tasa de transmisión de 424Kbps y un alcance de lectura de aproximadamente 10cm. Un sistema NFC está formado por dos elementos: un iniciador, encargado de comenzar y controlar el intercambio de información; y un “*target*” o dispositivo que responde a la llamada del iniciador para completar el intercambio de datos. Existen dos modos de operación: activo y pasivo. En el modo activo se produce una comunicación *peer-to-peer* entre dos dispositivos que generan su propio campo de radiofrecuencia. En el modo pasivo, sólo uno de estos dispositivos genera dicho campo, mientras que el segundo es utilizado para cargar modulaciones para la transferencia de datos. NFC emplea RFID, pero añade un conjunto de características que resuelven algunas de las limitaciones que RFID presenta por sí misma, como mayor movilidad y capacidad de memoria, proporcional al dispositivo utilizado, por ejemplo un teléfono móvil. Además, NFC permite que los dispositivos establezcan una “conversación” y se reconozcan automáticamente. Algunos usos que se da a la tecnología NFC es como sistemas de pago (RMV, 2007), gestión de conferencias (Chavira *et al.*, 2007), o para mejorar la eficiencia en entornos hospitalarios (Bravo *et al.*, 2007).

Otra tecnología recientemente asociada con RFID es EAS (*Electronic Article Surveillance*), la cual añade un componente de seguridad muy importante a RFID (RFID Journal, 2007). EAS también hace uso de etiquetas, las cuales tienen dos modos de operación: AM (acustomagnética) y EM (electromagnética), cada uno con distintas características y posibilidades de implementación (RFID Magazine, 2007). Las etiquetas EAS pueden integrarse con cualquier tipo de etiquetas RFID (pasivas o activas). El principal inconveniente es que ambas tecnologías utilizan radiofrecuencia, por lo que existe el riesgo de que se

interfieran mutuamente (RFID Magazine, 2007; RFID Journal, 2007). Para evitar esto, es necesario emplear etiquetas con frecuencias distintas, utilizando generalmente etiquetas RFID UHF y etiquetas EAS LF (RFID Magazine, 2007). Debido a que se utilizan dos frecuencias distintas, se reducen los problemas de lectura, ya que, en caso de que un lector no detecte una determinada frecuencia, es probable que detecte la otra. Los sistemas con tecnología RFID-EAS se utilizan principalmente en puntos de venta, como sistema antirrobo (RFID Magazine, 2007; RFID Journal, 2007). Desafortunadamente, esta tecnología está aún en desarrollo, y los productos que se pueden encontrar en el mercado son limitados.

3. Principales problemas en RFID

Uno de los principales problemas de la tecnología RFID es la falta de un estándar internacional para el uso de frecuencias, muchas veces incompatibles entre un país y otro (Higgins y Cairney, 2006).

Incluso más importante que un estándar internacional, está el desafío de proveer mecanismos de seguridad capaces de mantener la información ante posibles amenazas a la privacidad (EICTA, 2006; CE RFID, 2006). Dichos mecanismos deben evitar que la información sea interceptada y leída por agentes externos, entre ellos Hackers, ya sea mediante técnicas de criptografía y conexiones seguras. Sin embargo, la poca capacidad de almacenamiento y procesamiento de las etiquetas RFID hacen difícil la implementación de dichos mecanismos.

La infraestructura que proporciona un entorno con tecnología RFID debe ser más robusta, de forma que mejore su comportamiento ante posibles interferencias (Ranky, 2006), como la saturación de etiquetas, causada al leer múltiples etiquetas al mismo tiempo, o la redundancia en la lectura, producida cuando una etiqueta es detectada por varias antenas (Derakhshan, Orłowska y Li, 2007). Otro problema por solucionar es el llamado escudo electromagnético (*Electromagnetic Shielding*) (Shinagawa, *et al.*, 1999), efecto que se produce cuando se interpone un material conductor entre una etiqueta y un lector, por ejemplo, envolver con aluminio una etiqueta RFID o la presencia de agua, dificultando su lectura. El efecto del escudo electromagnético es proporcional a la frecuencia de lectura de las etiquetas, siendo menos propensas las etiquetas de baja frecuencia (LF).

Por otra parte, y tal vez sea el problema más visible, es que todas las etiquetas RFID necesitan una antena, la cual es, generalmente, mucho más grande que el chip RFID utilizado.

Finalmente, el costo de adquirir, instalar y mantener estos sistemas, comparado con sistemas como el código de barras, es el principal factor limitante para su implementación (U.S. Department of Commerce, 2005), aunque con los constantes desarrollos y mejoras, el uso de esta tecnología será cada vez más económico, fiable y sencilla de implementar.

4. Conclusiones

En este artículo se ha introducido la identificación por radiofrecuencia (RFID), definiendo sus principales características y componentes. Además, se ha realizado un análisis sobre el estado del arte, describiendo algunos casos de uso y su aplicación en diversos escenarios. Asimismo, se han presentado algunos de los principales problemas con los que cuenta esta tecnología.

RFID presenta una serie de características que la ubican entre una de las tecnologías con mayores expectativas de crecimiento a nivel mundial, exitosamente empleada en cadenas de distribución, localización de artículos y personas, sistemas de pago, etc., contando con el respaldo de numerosas empresas y organismos internacionales.

La flexibilidad que presenta RFID para integrarse con prácticamente cualquier producto o dispositivo, desde teléfonos móviles hasta ropa, incluso en implantes en animales y personas, es uno de los principales aportes de esta tecnología, impulsando nuevas formas de interacción.

En un futuro, cada vez más productos adoptarán esta tecnología, siendo tan ubicua como el tradicional código de barras.

Todavía existe mucho trabajo por hacer, principalmente en cuestiones de estandarización, seguridad y eficiencia, aún así, la tecnología RFID ha demostrado parte de su potencial, por lo que su éxito parece asegurado.

Referencias

- Alien Technology (2004) *EPCglobal Class 1 Gen 2: RFID Specification*. http://www.alientechnology.com/docs/AT_wp_EPCGlobal_WEB.pdf
- Auto-ID Labs (2007) *AUTO-ID Labs at MIT: RFID and Academic Convocation Online Community*. Massachusetts Institute of Technology. <http://autoid.mit.edu/cs/>
- Bohn J. y F. Mattern (2004) "Super-Distributed RFID Tag Infrastructures". *Ambient Intelligence: Second European Symposium, EUSAI 2004, Eindhoven, The Netherlands, November 8-11*. Berlin; Heidelberg: Springer.
- Bravo, J., Hervás, R., Sánchez, C., Fuentes, M. C., Chavira, G. y S. Nava (2007) "Adaptabilidad NFC en cuidados de enfermería". *4to. Taller de Computación Clínica e Informática Médica: CCIM'07*. México.
- CE RFID (2006) *Position Paper: General Guidelines for Promoting RFID in Europe*. Coordinating European Efforts for Promoting the European RFID Value Chain. <http://www.rfid-in-action.eu/public/papers-and-documents/guidelines.pdf>
- Chavira, G., Nava, S., Hervás, R., Bravo, J., y C. Sánchez (2007) "Combining RFID and NFC Technologies in an AmI Conference Scenario". *Mexican International Conference on Computer Science: ENC 2007*. Morelia, Michoacán (México): Sociedad Mexicana de Ciencia de la Computación.
- Derakhshan, R., Orłowska M.E., and X. Li (2007) "RFID Data Management: Challenges and Opportunities". *First IEEE International Conference on RFID, March 26-28, Grapevine, TX (USA)*: IEEE USA, pp.175-182. <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/dynhome.jsp>
- Dridra, A. (2006) *GPS Navigation for Outdoor and Indoor Environments*. Project in Lieu of Thesis presented for the Masters of Science Degree. Knoxville: University of Tennessee. http://imaging.utk.edu/publications/papers/dissertation/Anis_Pilot.pdf
- Duc D.N., Park, J., Lee H., Kim, K. (2006) "Enhancing Security of EPCglobal Gen-2 RFID Tag against Traceability and Cloning". *SCIS 2006: The 2006 Symposium on Cryptography and Information Security. Hiroshima, Japan, Jan. 17-20, 2006*. The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers. http://caislab.icu.ac.kr/Paper/paper_files/2006/duc-scis06.pdf
- EICTA. (2006) *EICTA position paper on Radio Frequency Identification (RFID)*. European Information and Communications Technology Industry Association. Disponible en: http://www.eicta.org/fileadmin/user_upload/document/document1160476341.pdf
- Garfinkel, S. y B. Rosenberg (2005) *RFID: Applications, security, and privacy*. Addison Wesley, pp. 15-36.
- GS1 (2007) *GS1 Organisation*. <http://www.gs1.org/>
- Higgins, L.N., Cairney, T. (2006) "RFID Opportunities and Risks". *The Journal of Corporate Accounting and Finance, Vol. 17, No. 5*. Wiley InterScience. Disponible en: <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jissue/112657216/>
- iAnywhere (2007) *Correos, the Spanish Postal Service: RFID Anywhere Improves Postal Delivery Service Quality*. iAnywhere Solutions. http://www.ianywhere.com/success_stories/spanish_post.html
- ITAA (2004) *Radio Frequency Identification: RFID...Coming of Age*. Information Technology Association of America. <http://www.ita.org/rfid/docs/rfid.pdf>

Lalley F. (2004) "Chip Technology and Chip-Based Security Systems". Government Information Technology. *A view to the Future*. Government Information Technology Executive Council, pp. 39-44. <http://www.gitec.org/pubs/view04.pdf>

Miori, V., Tarrini, L., Manca, M. y Tolomeo, G. (2005) "An innovative, open-standards solution for Konnex interoperability with other domotic middlewares". *2005 Konnex Scientific Conference: 15-16 September, ISTI Institute Pisa*. Konnex Association <http://www.knx.org/knx-partners/scientific/scientific-events/>

Port of Rotterdam (2007) *Port of Rotterdam.com: The official site of the Rotterdam port and industry complex*. <http://www.portofrotterdam.com/en/home/>

PatentGenius (2006) *Portable radio frequency emitting identifier*. <http://www.patentgenius.com/patent/4384288.html>

Ramakrishnan K. M. and Deavours D. D. (2006) "Performance Benchmarks for Passive UHF RFID Tags". *Proceedings of the 13th GI/ITG Conference on Measurement, Modeling, and Evaluation of Computer and Communication Systems: March 27-29, Nürnberg, Germany*. MMB. <http://www.rfidalliancelab.org/publications/mmb06.pdf>

Ranky, P. G. (2006) "An Introduction to radio frequency identification (RFID) methods and solutions". *Assembly Automation*, Vol. 26, No. 1, pp. 28-33. Bradford (UK): Emerald.

Richter, K., and Hellenschmidt, M. (2004) "*Interacting with the Ambience: Multimodal Interaction and Ambient Intelligence*". *W3C Workshop on Multimodal Interaction Papers: 19-20 July, Sophia Antipolis, France*. Position Paper. World Wide Web Consortium. <http://www.w3.org/2004/02/mmi-workshop/papers>

RFID Journal: The World's RFID Authority. <http://www.rfidjournal.com/>

RFID Magazine: Noticias y Soluciones Reales. <http://www.rfid-magazine.com/>

RMV: Rhein-Main-Verkehrsverbund. <http://www.rmv.de/>

Shinagawa, S., Kumagai, Y., Umehara, H., and Jenvanitpanjakul, P. (1999) "Conductive papers for electromagnetic shielding". *Electromagnetic Interference and Compatibility 1999: Proceedings of the International Conference*. IEEE Xplore, pp. 372-375 <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/7003/18881/00871664.pdf>

SDSU Masters of Homeland Security (2005) *RFID: Radio Frequency Identification*. San Diego: State University. http://projects.mindtel.com/2005/SDSU.Geol600.Sensor_Networks/03.RFID/03.RFID.pdf

Thomas, T. and Menezes, B. (2006) *Seminar Report on Survey of Smartcard and Mobile Payments*. Kanwal Rekhi School of Information Technology. Indian Institute of Technology: Bombay <http://www.it.iitb.ac.in/~tijo/seminar/seminar%20Report.PDF>

Troyk, P.R. (1999) "Injectable Electronic Identification, Monitoring, and Stimulation Systems". *Annual Review of Biomedical Engineering*, Vol. 01, pp. 177-209 <http://arjournals.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.bioeng.1.1.177>

USA. Department of Commerce (2005) *Radio Frequency Identification: Opportunities and Challenges in Implementation*. Washington D.C. http://www.technology.gov/reports/2005/RFID_April.pdf

Want, R. (2006) "An Introduction to RFID Technology". *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 5, No. 1, pp. 25-33. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=33539&isYear=2006>

Winer, P. (2003) "Security and Authentication Technologies". *RFID World Conference and Exhibition: 13-14 May 2003, Fort Lauderdale Convention Center, Florida*. Big Chief Partners. <http://www.bigchief.com/whitepapers/rfid-world-2003-05-13.pdf>

Wong, T. (2007) *IN08/06-07: Operation of the Octopus Card in Hong Kong*. Legislative Council Secretariat: Hong Kong. <http://www.legco.gov.hk/yr06-07/english/sec/library/0607in08-e.pdf>