

Consideraciones estratégicas ante la implantación de un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID)

Ruth Carrasco Gallego, Carlos Rodríguez Monroy

Dpto. de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. Calle José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.
ruth.carrasco@upm.es, crmonroy@etsii.upm.es

Resumen

Los sistemas RFID despiertan una gran expectación entre los profesionales y académicos de la gestión logística. Sin embargo, existen determinados factores que retardan la adopción generalizada de esta tecnología, como su alto coste en comparación a otras tecnologías de identificación automática o la falta de estándares. En esta comunicación se identifican estos factores y se presenta el análisis coste-beneficio que una organización realizaría ante la decisión de implantar o no un sistema de identificación por radiofrecuencia.

Palabras clave: Identificación por radiofrecuencia (RFID), gestión cadena suministro (SCM), estrategia, trazabilidad, auto-identificación

1. Introducción

La identificación por radiofrecuencia, RFID (Radio Frequency Identification) es una tecnología de autoidentificación que permite enlazar el mundo virtual de las transacciones, reglas de negocio y procesos con el movimiento físico de los objetos. Muchos autores se refieren a RFID como una tecnología de ruptura que va a provocar cambios en los mercados durante las próximas dos décadas.

RFID viene a complementar, y en largo plazo quizá a sustituir, a otras tecnologías de identificación, como el código de barras, que han provocado grandes cambios en la forma de hacer negocios en los últimos 30 años. Con RFID han aparecido nuevas oportunidades en diversos ámbitos. Para la operación de sistemas logísticos resulta especialmente interesante la facultad de identificar unívocamente un objeto y monitorizarlo a lo largo de toda la cadena de suministro, la posibilidad de identificar automática y simultáneamente varios elementos sin necesidad de que la etiqueta identificadora sea visible para el lector, o la capacidad de añadir información diversa sobre la propia etiqueta identificadora en diferentes momentos del ciclo de vida del objeto, por ejemplo, un número de lote, una fecha de caducidad o el distribuidor que ha facturado el artículo. Sin embargo, la extensión de la tecnología en los diferentes sectores es aún muy incipiente. Existen varios factores, que analizaremos en esta comunicación, que hacen que la adopción de los sistemas RFID sea lenta y progresiva, como son su alto coste en comparación con otras tecnologías de captura de datos o la falta de estándares mundiales.

En esta comunicación tratamos de dar una visión general del estado del arte actual de la tecnología RFID, para pasar después considerar el análisis de los puntos que un decisor estratégico debe tener en cuenta a la hora de considerar la implantación de un sistema RFID en una organización. En cuanto a la metodología empleada, se ha realizado una revisión de la bibliografía internacional existente, un examen de las experiencias prácticas de implantación documentadas y un seguimiento de noticias del sector publicadas en prensa empresarial especializada.

2. Fundamentos de la tecnología RFID

La identificación automática (auto-ID) está constituida por una serie de tecnologías que permiten a las máquinas identificar objetos, animales o personas sin necesidad de intervención humana en el momento de la captura. Generalmente, nos referimos a una captura de datos automática, de modo que el elemento equipado con un mecanismo de auto-ID se “presenta” ante un sistema de información, sin necesidad de introducción manual de datos.

El código de barras, ya ampliamente extendido y conocido por todos, es un tipo de tecnología de auto-ID. También pertenecen a esta categoría los sistemas biométricos, el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) o las tarjetas empleadas en control de accesos. RFID también pertenece a la familia de tecnologías auto-ID. Cuando nos referimos a RFID, hablamos de una tecnología basada en radiofrecuencia, generalmente de corto alcance, que permite identificar objetos de modo inalámbrico. La tecnología RFID ya está presente hoy en día en nuestras vidas. Su uso está ampliamente extendido en los sistemas de arranque de los vehículos utilitarios, las tarjetas de peaje electrónico, en la gestión del préstamo en bibliotecas o en los sistemas antihurto de grandes almacenes. Sin embargo, en la gestión de operaciones productivas y logísticas es aún una tecnología en fase de despegue.

Un sistema RFID consta de los siguientes elementos: a) Etiquetas RFID (*tags*) b) Lectores RFID y c) Sistemas de información adaptados a esta tecnología.

La etiqueta RFID o *tag* es un identificador unívoco del objeto al que va asociado. El lector RFID envía una señal y la etiqueta responde con otra señal para identificarse ante el lector. El lector recoge las ondas de radio emitidas y las transforma en datos que se envían a un sistema de procesamiento de información que filtra y analiza la información de identificación recibida.

2.1.1 Etiquetas RFID (*tags*)

Las etiquetas RFID están formadas por 3 elementos básicos: chip o circuito integrado; antena; y encapsulado. El circuito integrado (CI) contiene los datos de identificación del objeto. La antena permite la emisión de la información contenida en el CI. El encapsulado protege al CI y a la antena y puede presentarse en multitud de formas, materiales y tamaños diferentes, dependiendo de la aplicación que quiera darse a la tecnología. De este modo, las etiquetas RFID pueden tomar forma de pequeños discos, etiquetas adhesivas, elementos soldables, etc.

Las etiquetas RFID pueden clasificarse en activas y pasivas. Se diferencian principalmente en que las activas requieren de una fuente de energía en su interior para poder funcionar, mientras que las pasivas son capaces de emitir señales sin necesidad de una fuente de alimentación interna. En consecuencia, sus señales son forzosamente más débiles (menor alcance) y de menor duración (menos información transmitida). A cambio, presentan una vida ilimitada (no necesitan cambiar la fuente de alimentación interna) y un coste mucho menor.

Las etiquetas RFID también pueden clasificarse en función de sus capacidades de memoria, de modo que encontramos en el mercado etiquetas de sólo lectura, en las que los datos almacenados en el CI no pueden modificarse, y de lectura-escritura, que permiten sobrescribir la información. También existen *tags* combinados, en los que algunos datos se almacenan de manera permanente, dejándose una cantidad de memoria adicional para almacenar actualizaciones futuras.

2.2. Lectores RFID

Un lector RFID está formado de tres elementos principales: antena; *transceiver* (dispositivo emisor-receptor); y decodificador. El lector emite una onda electromagnética para consultar si hay alguna etiqueta presente en su campo de lectura. Cuando recibe una señal de respuesta en su antena, pasa la información al software de decodificación. Éste procesa la señal y la envía, ya decodificada, al siguiente elemento del sistema de información: un PC, un servidor, etc.

Los lectores RFID pueden presentarse en multitud de formatos diferentes. Por un lado, existen grandes lectores fijos que emiten una señal continua y potente, como los arcos o los suelos RFID del área de recepción de un centro logístico. Por otro lado, encontramos pequeños lectores portátiles que sólo emiten la señal cuando el operario lo demanda, como las raquetas, las pistolas o los terminales portátiles tipo PDA. Típicamente, los lectores portátiles tienen un campo de lectura mucho más reducido que los fijos.

En la figura 1 se muestran algunos ejemplos de *tags* RFID y lectores.

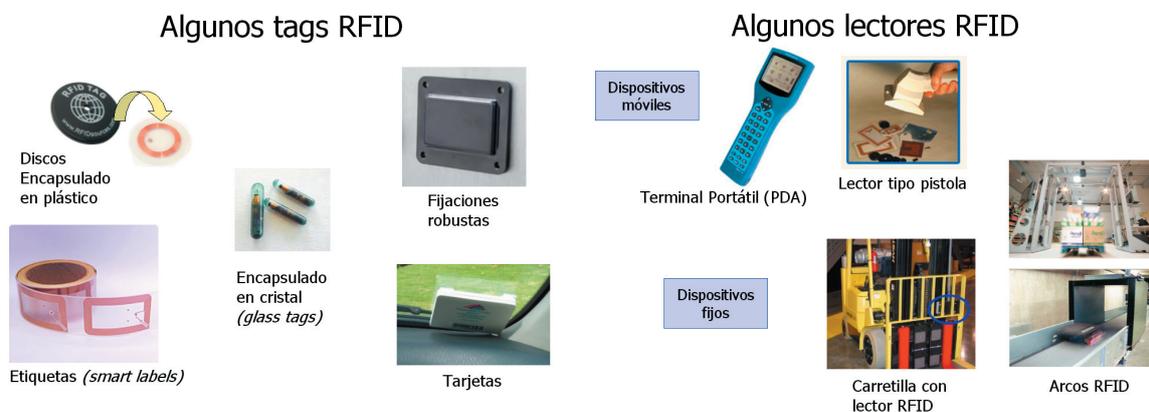


Figura 1. Etiquetas y lectores RFID.

Los sistemas RFID pueden operar en diferentes frecuencias, y en función de este criterio se clasifican en:

- Baja Frecuencia: 125 kHz en Europa y 134 kHz en EE.UU.
- Media Frecuencia: 13,56 MHz en todo el mundo.
- Frecuencia Ultraelevada (UHF): alrededor de los 868 MHz en Europa, de los 915 MHz en EE. UU. y de los 954 MHz en Japón.
- Microondas: en torno a los 2,45 GHz.

Para que el sistema funcione, las etiquetas y el lector RFID deben operar en la misma frecuencia y ser técnicamente compatibles. No todos los lectores pueden detectar todas las etiquetas, bien porque etiqueta y lector trabajan en frecuencias diferentes, bien porque proceden de fabricantes cuyos protocolos de comunicación no son compatibles. Este punto cobra especial importancia cuando consideramos aspectos relativos a la estandarización.

Otro problema añadido es el uso de frecuencias diferentes en las distintas zonas mundiales. Los sistemas RFID generan y emiten ondas electromagnéticas y, por tanto, se clasifican como

sistemas de radio. El funcionamiento de un sistema RFID no debe afectar en ningún caso a otros servicios que operan en el mismo espacio: radio y televisión, teléfonos móviles, servicios de radio (policía, ejército, marina, aeronáutica). Por este motivo, los gobiernos regulan las telecomunicaciones, permitiendo que la tecnología RFID opere únicamente en las bandas de frecuencia reservadas para uso Industrial-Científico-Médico, conocidas mundialmente como frecuencias ISM.

Dado que no existe consenso mundial en el modo de regular el espacio de radiofrecuencia, encontramos que en Europa, Norteamérica y la zona de Asia-Pacífico no se utilizan las mismas frecuencias en determinados rangos. Con sistemas productivos y logísticos cada vez más globales, este aspecto también debe ser tenido en cuenta a la hora de tomar una decisión estratégica respecto a RFID.

2.3. Sistemas de Información

Existen dos aspectos fundamentales que han de considerarse al integrar identificación por radiofrecuencia en el sistema de información ya presente en una organización: *middleware* y capacidad suficiente en la infraestructura de información de la organización. Los lectores RFID recogen un gran volumen de datos, muchos de los cuales son redundantes o irrelevantes para el negocio. El *middleware* filtra estos datos y los pone, en el formato adecuado, a disposición de las aplicaciones de gestión de la empresa, como son los ERPs, los sistemas de gestión de la cadena de suministro (SCM) o las herramientas de trazabilidad.

Los lectores RFID detectan la señal de todas las etiquetas contenidas en su ámbito de acción cada x milisegundos. El *middleware* instalado acumula y filtra las lecturas “brutas”, para transmitir al escalón siguiente únicamente las lecturas correspondientes a las entradas o salidas de objetos del campo de acción del lector. Los fabricantes de aplicaciones para la industria han adoptado estrategias diferentes respecto al *middleware* de RFID. Mientras ORACLE se mantiene apartado del *middleware*, SAP proporciona su infraestructura de autoidentificación propia (SAP Netweaver), asegurando una mejor integración de la tecnología RFID en los sistemas de información (Baudin, 2005). Este concepto queda ilustrado en la figura 2.

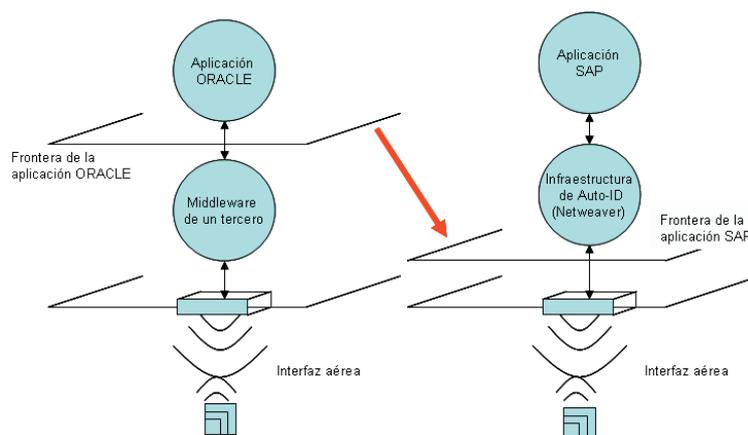


Figura 2. Estrategias de SAP y ORACLE.

En cuanto a la capacidad de la infraestructura de información, los analistas estiman que el uso de radiofrecuencia multiplica por 10 ó 15 el volumen de datos a procesar. Tanto el software como el hardware de la compañía deben estar preparados para trabajar con ese volumen adicional de datos. En el sector este fenómeno se conoce por “avalancha de datos de RFID”.

3. Consideraciones estratégicas

En este apartado pretendemos evidenciar una serie de consideraciones estratégicas que el gestor debe tener en cuenta antes de lanzarse a la implantación de un sistema de identificación por radiofrecuencia.

3.1. Respecto a la tecnología

RFID, en sus aplicaciones masivas, es una tecnología casi recién nacida. Aunque se han hecho y se están llevando a cabo muchas mejoras para aumentar su fiabilidad, aún pueden esperarse otras mejoras en el futuro. Existen tres puntos principales desde el punto de vista de la tecnología que un potencial usuario de RFID debe examinar cuidadosamente antes de lanzarse a la implantación.

3.1.1 Efectos de los materiales en la fiabilidad de las señales de radiofrecuencia

Las ondas electromagnéticas pueden ser reflejadas o absorbidas por los materiales del entorno, degradando la señal de radio emitida por la antena de la etiqueta y haciéndola quizá ilegible para la antena del lector. Por ejemplo, si una onda UHF atraviesa un líquido, una gran cantidad de la energía será refractada en el líquido. Si una señal UHF atraviesa un metal, una parte de la onda será reflejada por el metal. La solución en estos entornos difíciles, donde existen metales o líquidos que pueden degradar las señales de RF, pasa por el uso de etiquetas activas, que permiten emitir una señal más robusta, o por el uso de lectores de mayor potencia. Ambas soluciones encarecen evidentemente la adopción de RFID. Con respecto a este punto, los fabricantes de hardware RFID (lectores y etiquetas) están trabajando para ofrecer soluciones cada vez más convincentes. Algunos ejemplos de industrias afectadas son: bienes de consumo con un alto porcentaje de agua, como champús o zumos, bienes envasados en elementos metálicos como latas o bombonas, fabricantes que trabajen en entornos altamente metálicos o húmedos, como por ejemplo, en zonas de costa.

3.1.2 Colisión de señales simultáneas

Hace unos años, los lectores RFID eran incapaces de detectar varias etiquetas a la vez, siendo éste era uno de los principales problemas que frenaban la adopción de la tecnología. Por ejemplo, el estándar ISO14443, usado en pasaportes digitales y control de acceso, era un protocolo sin anticolidión. Posteriormente, hubo que desarrollar el estándar ISO 15693, que ya incorporaba capacidades de lectura simultánea. Hoy en día, prácticamente todos los sistemas RFID incorporan “protocolos anticolidión” o capacidades de “identificación simultánea”, que permiten capturar los datos de muchos *tags* contenidos en el campo de influencia del lector casi simultáneamente. En realidad, cada una de las etiquetas responde de manera individual con un espacio de milisegundos entre una y otra, pero de modo que los protocolos de respuesta de sus señales evitan la colisión de las mismas.

Los decisores deben asegurarse de que el sistema RFID que van a implantar integra un buen procedimiento anticolidión. Un sistema de captura de datos que no asegura una tasa de lectura automática muy cercana al 100 por cien puede verse seriamente comprometido. En cualquier caso, los sistemas RFID actuales permiten una mayor fiabilidad de lectura automática que los códigos de barras. Ambos sistemas proporcionan una fiabilidad del 100 por ciento en ratios de lectura manual. Sin embargo, en lectura automática, el código de barras ofrece una tasa de lectura exitosa de tan solo el 90 por ciento, mientras que para los actuales sistemas de RFID hablamos de lecturas correctas en más de un 99 por ciento de los casos.

3.2. Respecto a los estándares

En nuestra opinión, el desarrollo de estándares en RFID es crucial para que esta tecnología pueda desarrollarse en todo su potencial. En efecto, un estándar común aseguraría compatibilidad entre etiquetas y lectores fabricados por diferentes proveedores. Aunque la obtención de un estándar común no es aparentemente tan importante si las operaciones con RFID quedan dentro del ámbito de una única corporación, las tendencias actuales en sistemas logísticos conducen a la búsqueda de colaboración entre las partes, con un flujo de información cada vez más integrado entre diferentes actores. El uso de sistemas compatibles parece crucial para que todas las ventajas de la tecnología puedan aprovecharse. A esta razón de una cadena de suministro tendente a la máxima integración, hay que añadir razones de coste. Cuanto mayor sea la demanda de componentes RFID, mayores economías de escala podrán realizar los fabricantes, generando una reducción de precios que pondrían RFID al alcance de aplicaciones que hoy no pueden acceder a la tecnología debido a su alto coste. Finalmente, un estándar internacional facilitaría las operaciones transfronterizas; teniendo en cuenta la creciente globalización de los mercados, este punto parece también de vital importancia.

¿Qué problemas relativos a la estandarización se encuentran hoy en día los potenciales implantadores de RFID?

En primer lugar, está la falta de un estándar común. En la actualidad dos organismos están desarrollando estándares RFID: EPC Global, con un estándar bastante específico y muy orientado a aplicaciones industriales, e ISO, con estándares mucho más genéricos pero con un proceso de desarrollo mucho más lento. Ambos estándares están en proceso de desarrollo y en la actualidad, no son completamente compatibles entre sí. La falta de un estándar claro en el mercado está frenando a muchas compañías a lanzarse a la implementación de RFID. Estos inversores temen comprometerse en una inversión arriesgada, dado que una elección equivocada de estándar puede desembocar en un sistema RFID sin valor para el mercado. Esta estandarización debe llevarse a cabo de manera global. Los beneficios procedentes de la estandarización se perderían si en diferentes partes del mundo, las multinacionales deben invertir en tecnologías diferentes de RFID.

En segundo lugar, está la variedad de frecuencias en las que puede operar un sistema RFID. Como vimos anteriormente, en Norteamérica y en Europa se usan frecuencias diferentes para los *tags* de baja frecuencia: 125 KHz y 134 KHz, debido a la reserva de la frecuencia para otros usos. El problema es quizá más grave en la frecuencia UHF, donde cada zona aplica sus propias reglas. En EE.UU. y Canadá se usa el espectro comprendido entre 902 y 928 MHz. En el resto del mundo, sin embargo se usan otras frecuencias, ya que la banda cercana a los 915 MHz ha sido asignada casi exclusivamente a las comunicaciones inalámbricas tipo GSM, GPRS o 3G.

En Europa, el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) ha destinado a RFID el espectro comprendido entre 865,6 a 867,6MHz. En Japón, siendo el organismo regulador la Association of Radio Industries and Business (ARIB), el rango asignado comprende a la banda de 2 MHz comprendida entre 953 y 954 MHz (Wu, 2005). En China, las últimas informaciones de las que disponemos indican que aún no ha finalizado la asignación de la banda de radiofrecuencia para RFID (Lai, 2005).

Esta diversidad en la asignación de espectros nacionales viene a añadir más problemas a la extensión de un sistema RFID transfronterizo, al que se suman las diferentes regulaciones en materia energética y los procedimientos de certificación incompatibles de un país a otro. Recordemos que en los sistemas RFID, tal y como se han conocido hasta ahora, lectores y

etiquetas deben ser compatibles tanto en el protocolo de comunicación como en la frecuencia utilizada.

¿De qué soluciones disponemos ante esta situación?

Aunque los gobiernos y organizaciones supranacionales deben trabajar para conseguir especificaciones técnicas compatibles y asignaciones de espectro de radiofrecuencia más razonables (desde el punto de vista de RFID), en cierto modo también la propia tecnología puede ser capaz de solventar el escollo que supone la falta de estándares comunes. En efecto, ya se han desarrollado antenas en *tags* que pueden utilizarse para emitir y recibir señales en un espectro de radiofrecuencia, en lugar de utilizar una frecuencia en concreto. Estas etiquetas podrían ser, por tanto, leídas por lectores usados en diferentes países. También se están desarrollando lectores multi-protocolo que podrían leer etiquetas correspondientes a estándares diferentes.

En cualquier caso, quedaría por determinar como se realizaría la integración de datos con estructuras diferentes en los sistemas de información de las organizaciones.

3.3. Respetto al coste

Los costes constituyen todavía el principal impedimento a una adopción masiva de RFID. En los últimos años, desde que EPC Global se formó, los costes han bajado, por término medio, desde más de 1\$ a 0,20\$ por etiqueta comprada al por mayor (RFID Journal, 2006a). A mediados de 2006, un fabricante anunció que podía vender sus *tags* al precio de 5 centavos de dólar para volúmenes superiores a 100 millones de unidades (RFID Journal, 2006b). La aparición del *tag* de 5 centavos se ha considerado tradicionalmente en la industria de sistemas RFID y sus usuarios como el indicador que iniciaría la expansión de RFID en la identificación de objetos individuales (Sarma, 2003). Sin embargo, aunque los costes siguen bajando gracias a una demanda y aceptación creciente de la tecnología, un *tag* RFID barato sigue siendo 10 veces más caro que una etiqueta de código de barras. Esto es particularmente cierto, para las etiquetas pasivas de sólo lectura, generalmente desechables. Las etiquetas activas, o las de lectura/escritura se emplean con intención de reutilización, por lo que su coste real es sólo una fracción de su precio.

El coste de un *tag* RFID se descompone básicamente en 2 elementos principales: el coste del circuito integrado y el coste de montaje. Ambos procesos se caracterizan por sus altos costes fijos. En la fabricación de chips, el coste de preparación (cambio de matriz, obleas de silicio) es muy alto y sólo se reparte entre los chips finalmente buenos. El montaje es una operación muy delicada, dado el pequeño tamaño de los chips y los materiales blandos con los que están fabricadas etiqueta y antena. La reducción del precio unitario en ambos procesos pasa por mejorar el proceso productivo para tener menores tasas de desperdicio o por conseguir mayores economías de escala.

Sin embargo, quizá sea una innovación tecnológica de ruptura, que aún no ha llegado, la que permita una disminución radical en los costes de fabricación de los *tags* RFID. En este sentido, es posible que dicha innovación venga de la I+D+i en el sector nanotecnológico.

3.4. Respetto a la seguridad y privacidad

Como se ha mencionado anteriormente, una de las grandes ventajas de RFID sobre otras tecnologías es la autoidentificación sin contacto entre etiqueta y lector. Esta ventaja puede considerarse también un riesgo objetivo, ya que los *tags* RFID pueden ser interrogados sin

que el portador del objeto tenga consciencia de ello. Por tanto, un usuario malintencionado equipado de un lector con suficiente potencia podría leer clandestinamente los *tags* que porta un individuo y obtener información personal importante, como el tipo de medicinas que toma, la talla de ropa que utiliza o en que supermercado realiza su compra.

En Norteamérica, existen movimientos asociativos defensores de los derechos civiles que se oponen a la extensión no regulada del uso de RFID. Alegan que los sistemas RFID suponen una intromisión de gobiernos y grandes corporaciones en la privacidad de los consumidores, ya que RFID permite técnicamente la obtención de datos personales del individuo sin que éste emita su consentimiento libre, consciente e informado. Los más representativos son CASPIAN (www.spychips.org) en EE.UU. y FoeBud (www.foebud.org) en Europa.

Ya se han propuesto varias soluciones para evitar los problemas de privacidad planteados por la tecnología RFID. Encontramos en la literatura desde la alternativa draconiana de inutilizar la etiqueta RFID a su paso por la línea de venta, desactivando su CI, hasta sofisticados sistemas de encriptación que intentan proteger la información transmitida (Juels, 2006). Sin embargo, ninguna de las soluciones propuestas hasta ahora es completamente satisfactoria. La desactivación del *tag* a su paso por la línea de venta elimina el problema de privacidad de raíz, pero suprime completamente los beneficios post-venta de RFID para el consumidor. Los sistemas de encriptación descritos hasta el momento parecen vulnerables en exceso o no han sido suficientemente probados. En la actualidad, los asuntos relativos a la privacidad y seguridad en sistemas RFID constituyen un animado campo de investigación en el que intervienen muchas disciplinas diferentes: teoría de la señal, diseño de hardware, gestión de la cadena de suministro, criptografía, etc.

Al margen de soluciones técnicas al problema de la privacidad, es necesario conseguir un mejor conocimiento de la tecnología RFID en los consumidores, ya que gran parte del rechazo social que acompaña a estos sistemas se debe a una mitificación de sus posibilidades técnicas. Asimismo, el desarrollo de una legislación que garantice la protección de los datos de carácter personal específicamente en la aplicación y uso de sistemas RFID, elevaría la confianza de la sociedad civil frente a esta tecnología.

3.5. Análisis Coste-Beneficio

Ante la conveniencia de implementar o no RFID, lo primero que hará un decisor será analizar las ganancias que va a obtener con el nuevo sistema frente a la inversión necesaria. Si realizamos un análisis coste-beneficio rápido, del lado de los costes tenemos un coste fijo, correspondiente a la inversión en el sistema RFID y que incluiría:

- el coste del hardware - lectores, impresoras, grabadoras-
- el coste de adaptar los sistemas de información a la nueva tecnología - redes, interfaces, *middleware*, capacidad de almacenaje adicional -
- el coste de consultoría y formación de usuarios.

Las etiquetas, tanto de un solo uso como reutilizables, constituyen un coste recurrente. Habría que tener en cuenta también el potencial coste oculto debido al rechazo de los consumidores a los productos etiquetados con RFID.

Por otro lado, los beneficios para nuestra organización serán:

- una mejora en la gestión de la cadena de suministro del producto, gracias a la mayor cantidad de información disponible - más visibilidad-
- una mayor automatización de los procesos, con su consiguiente reducción de costes - más velocidad –
- valor añadido en nuestro producto como consecuencia, por ejemplo, de una mejor trazabilidad o un mejor servicio postventa - más valor-.

Además, en aquellos casos en que el uso del código de barras no está aconsejado (ambiente industrial difícil, imposibilidad de lecturas individuales), se obtienen de manera adicional todos los beneficios derivados de la autoidentificación de objetos: automatización en la introducción de datos, reducción de errores, etc.

Sin embargo, hemos de destacar que el beneficio que la organización obtenga de la inversión viene dado por su capacidad para gestionar y capitalizar la “riqueza” proporcionada por una gran cantidad de datos obtenidos automáticamente y en tiempo real. La verdadera dificultad organizacional no está hoy en día en obtener los datos. Está en transformar esos datos en información, siendo capaces de encontrar un dato concreto entre la montaña de datos disponibles y enviarlo a la persona adecuada. En este sentido, las aplicaciones tipo “*event management*” (gestión de eventos) van a jugar un papel importante en los próximos años. Estas aplicaciones son capaces de detectar excepciones en un proceso rutinario y enviarlas a un agente decisor preprogramado de modo que responda a situaciones del tipo “si ocurre A, ejecutar el grupo de acciones B”.

Al igual que ocurre con los sistemas ERP, RFID no será la solución para las malas prácticas de negocio. De hecho, es probable que al aplicar RFID en un proceso mal definido, el problema se acreciente. Sin embargo, RFID pone a disposición de las organizaciones capacidades hasta ahora no conocidas, permitiéndoles quizá rediseñar sus procesos para obtener más eficacia y más eficiencia.

4. Conclusiones

RFID constituye una nueva tecnología de la información con la que se abren oportunidades hasta ahora no conocidas en la forma de hacer negocios. Entre sus principales ventajas, RFID permite la identificación automática de objetos sin necesidad de establecer contacto directo entre lector e identificador, la posibilidad de identificar unívocamente a nivel objeto, la oportunidad de disponer de una base de datos deslocalizada y actualizable y la monitorización continua del objeto, permitiéndonos saber en cada instante el lugar en que se encuentra un objeto determinado. Sin embargo, RFID es todavía una tecnología joven, en la que aún se está en proceso de fijar los estándares mundiales y todavía de alto coste en comparación con otras tecnologías de autoidentificación, como el código de barras. En la medida en que ambos obstáculos se superen, se tendrá una adopción más o menos rápida de la tecnología.

El cambio de paradigma que se supone traerá RFID pasa por la integración de los datos captados mediante RFID con el resto de tecnologías de información de la organización, así como por la creación de un estándar global que permita utilizar un lenguaje común para todos los actores de la cadena de valor.

En los últimos tiempos, la preocupación de los consumidores por la falta de privacidad en los sistemas RFID ha surgido como un nuevo factor a considerar. Este punto no debe ser desdeñado

por los desarrolladores, pues una oposición frontal de los consumidores a estos sistemas puede constituir un coste oculto que impida la adopción de la tecnología. En este aspecto, aún existe campo para el avance técnico y la educación del gran público en las ventajas e inconvenientes de los sistemas RFID.

Referencias

Asif, Z.; Mandviwalla, M. (2005). Integrating the Supply Chain with RFID: A Technical and Business Analysis. *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 15, pp.51-65.

Baudin, M.; Rao, A. (2005). RFID applications in manufacturing. *Manufacturing Management & Technology Institute*. Palo Alto, California.

Finkenzeller, K. (2003). *RFID Handbook – Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. 2nd ed. Wiley, New York.

Juels, A. (2006). RFID Security and Privacy: A Research Survey. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 24 N° 2, pp.381-394.

Lai, F.; Hutchinson, J.; Zhang, G. (2005). Radio frequency identification (RFID) in China: opportunities and challenges. *International Journal of Retail & Distribution Management*; vol.33 N°12, pp. 905-916.

RFID Journal, 2006a. Unrealistic Expectations, Costs Curb Retailers' Appetite for RFID. 02/08/06. [En línea] <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/2538/>.

RFID Journal, 2006b. SmartCode Offers 5-Cent EPC Tags. 01/05/06. [En línea] <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/2296/1/1/>.

Sarma, S.E.; Weis, S.A.; Engels, D.W. (2003). RFID Systems and Security and Privacy Implications. *Lecture Notes on Computer Science*, N° 2523, pp 454-489.

Wu, N.C. et al. (en prensa). Challenges to global RFID adoption. *Technovation: The International Journal of Technological Innovation, Entrepreneurship and Technology Management*. Elsevier. Disponible en línea en: www.sciencedirect.com.

Wyld, D.C. (2005). RFID: the Right Frequency for Government. *E-Government Series*. The IBM Center for the Business of the Government Publications.