vt

informe de vigilancia tecnológica

mi+d

tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): aplicaciones en el ámbito de la salud

Javier I. Portillo García

Ana Belén Bermejo Nieto

Ana M. Bernardos Barbolla

Con la colaboración de:

Iván Martínez Salles

www.madrimasd.org

citic mi+d

ceim CONFEDERACIÓN EMPRESARIAL DE MADRID CEOE

La Suma de Todos

Comunidad de Madrid

www.madrid.org

Biblioteca Virtual
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Comunidad de Madrid

Colección de Informes de Vigilancia Tecnológica madri+d

Dirigida por:
José de la Sota Ríus

Coordinada por:
Fundación madri+d para el Conocimiento
CEIM Confederación Empresarial de Madrid - CEOE

Este informe ha sido coordinado por CITIC, Círculo de Innovación en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, iniciativa de la Comunidad de Madrid gestionada desde la Universidad Politécnica de Madrid. El informe ha sido elaborado conjuntamente por CEDITEC-ETSIT (Centro de Difusión de Tecnologías de la ETSIT-UPM) y CITIC.

La autoría del mismo corresponde a *Javier I. Portillo (CEDITEC-ETSIT)*, *Ana Belén Bermejo (CITIC-UPM)* y *Ana M. Bernardos (CEDITEC-ETSIT)*, con la colaboración de *Iván Martínez (CITIC-UPM)*. El trabajo ha sido realizado para AETIC (Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones de España) y definido dentro de las líneas marcadas en la Agenda Estratégica de Investigación de las Plataformas Tecnológicas Españolas de eMOV (Comunicaciones Inalámbricas) y eSEC (Seguridad y Confianza). Un equipo de expertos de ambas Plataformas ha sido el encargado de seguir y validar el informe.

Todos los derechos están reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de este informe con fines educacionales, divulgativos y no comerciales citando la fuente. La reproducción para otros fines está expresamente prohibida sin el permiso de los propietarios del copyright.

Título: Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d
"Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): Aplicaciones en el ámbito de la salud"

Autores: Javier I. Portillo, Ana Belén Bermejo y Ana M. Bernardos.
Con la colaboración de: Iván Martínez

© De los textos: Los autores
© De las ilustraciones: Autores y fuentes citadas
© De la colección «vt» y de la presente edición:
CEIM Confederación Empresarial de Madrid - CEOE
Dirección General de Universidades e Investigación
Fundación madri+d para el Conocimiento

Edita: Fundación madri+d para el Conocimiento
Velázquez, 76. E-28001 Madrid

Depósito Legal: 27.213-2008
ISBN-13: 978-84-612-4360-0
Proyecto Gráfico: base12 diseño y comunicación s.l.

Esta versión digital de la obra impresa forma parte de la Biblioteca Virtual de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión de encuentran amparadas por el marco legal de la misma.

www.madrid.org/edupubli

edupubli@madrid.org

índice de contenidos

7 RESUMEN EJECUTIVO

11 EXECUTIVE SUMMARY

15 FICHA TÉCNICA Y METODOLOGÍA

19 CAPÍTULO 1
Introducción
1.1 Antecedentes (PÁG. 21)
1.2 Justificación y objetivos del estudio (PÁG. 24)
1.3 El ámbito de la salud: contexto (PÁG. 25)

29 CAPÍTULO 2
La tecnología RFID
2.1 Descripción de la tecnología (PÁG. 31)
2.2 Principio de funcionamiento y componentes (PÁG. 34)
2.3 Tipos de sistemas (PÁG. 56)
2.4 Comparativa con tecnologías competidoras (PÁG. 63)
2.5 Near Field Communications (PÁG. 72)
2.6 Aspectos de seguridad, privacidad y confidencialidad (PÁG. 75)
2.7 Tipos de aplicaciones (PÁG. 82)

87 CAPÍTULO 3
Tendencias en I+D
3.1 Resultados de vigilancia tecnológica en base a publicaciones científicas (PÁG. 89)
3.2 Resultados de vigilancia tecnológica en base a solicitudes de patentes (PÁG. 95)

101 CAPÍTULO 4
Aplicaciones de RFID en el ámbito de la salud
4.1 Tipos de aplicaciones (PÁG. 102)
4.2 Caso de aplicación: empresas suministradoras de bienes médicos/farmacéuticos (PÁG. 106)
4.3 Caso de aplicación: etiquetado y seguimiento de activos en hospitales (PÁG. 111)
4.4 Caso de aplicación: pacientes fuera del entorno sanitario (PÁG. 118)
4.5 Resumen (PÁG. 121)

123 CAPÍTULO 5
El mercado de RFID y del cuidado de la salud
5.1 Algunos datos de mercado (PÁG. 125)
5.2 Actores en el mercado de las tecnologías RFID (PÁG. 131)
5.3 Análisis DAFO (PÁG. 136)
5.4 Factores críticos de vigilancia (PÁG. 139)

141 CAPÍTULO 6
Conclusiones

147 CAPÍTULO 7
Bibliografía y fuentes de interés
7.1 Bibliografía empleada (PÁG. 148)
7.2 Fuentes de interés consultadas (PÁG. 149)

151 ANEXOS
Anexo I Publicaciones científicas e informes relevantes (PÁG. 152)
Anexo II Solicitudes de patentes relevantes (PÁG. 157)
Anexo III Miembros del grupo de expertos en RFID de la CE (PÁG. 172)
Anexo IV Normas ISO relativas a RFID (PÁG. 174)
Anexo V Tipos de acoplamiento (PÁG. 175)

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1.1. Evolución del número de casos al año de falsificación de medicamentos en EEUU (PÁG. 26)
FIGURA 2.1. Etiquetas RFID pasivas (izquierda) y activas (derecha) (PÁG. 32)
FIGURA 2.2. Esquema de funcionamiento de un sistema RFID pasivo (PÁG. 34)
FIGURA 2.3. Aspecto de los dos principales diseños de una etiqueta (a la izquierda antena inductiva y a la derecha antena dipolar) (PÁG. 36)
FIGURA 2.4. Detalle de una antena de un tag (PÁG. 37)
FIGURA 2.5. Diversos formatos de etiquetas RFID (PÁG. 43)
FIGURA 2.6. Ejemplos de etiquetas comerciales RFID (PÁG. 44)
FIGURA 2.7. Ejemplo de tarjetas inteligentes y aplicaciones (PÁG. 45)
FIGURA 2.8. Esquema de un lector de RFID (PÁG. 46)
FIGURA 2.9. Distintos tipos de antenas de baja frecuencia (PÁG. 48)
FIGURA 2.10. Lector RFID fijo (PÁG. 50)
FIGURA 2.11. Lectores RFID de mano (PÁG. 50)
FIGURA 2.12. Ejemplo de Impresora RFID Printronix (PÁG. 53)
FIGURA 2.13. Código de barras de Wikipedia (PÁG. 64)
FIGURA 2.14. Ejemplo de código de barras 2-D con el estándar PDF 417 (PÁG. 65)
FIGURA 2.15. Código QR (PÁG. 66)
FIGURA 2.16. Brazalete médico con memoria de botón (PÁG. 66)
FIGURA 2.17. Ejemplo de dispositivo lector (PÁG. 67)
FIGURA 2.18. Funcionamiento de SAW (PÁG. 68)
FIGURA 2.19. El mu-chip (PÁG. 70)
FIGURA 2.20. Distribución de los casos de estudio almacenados en IDTechEx (PÁG. 86)
FIGURA 3.1. Evolución del número de publicaciones relacionadas con RFID (PÁG. 90)
FIGURA 3.2. Instituciones que más publicaciones acreditan en RFID (PÁG. 90)
FIGURA 3.3. Evolución de la publicación científica RFID por países (PÁG. 91)
FIGURA 3.4. Comparativa Producción vs. Calidad científica (PÁG. 92)
FIGURA 3.5. Publicaciones relacionadas con el tipo de tag (activo / pasivo) (PÁG. 93)
FIGURA 3.6. Publicaciones en función de las frecuencias de operación de RFID (PÁG. 93)
FIGURA 3.7. Evolución de las principales tecnologías de comunicación competidoras en función del número de patentes solicitadas en el período 2000-2006 (PÁG. 94)
FIGURA 3.8. Evolución de las patentes relacionadas con RFID en el período 2000-2007 (PÁG. 96)
FIGURA 3.9. Número de patentes solicitadas (PÁG. 96)
FIGURA 3.10. Tipos de sistemas RFID (PÁG. 98)
FIGURA 3.11. Distribución de las aplicaciones RFID más populares (PÁG. 99)
FIGURA 4.1. El sistema de Medixine (PÁG. 120)

FIGURA 4.2. El sistema de Mobitel (PÁG. 120)
FIGURA 5.1. Crecimiento previsto 2004-2010 del gasto mundial en RFID (PÁG. 125)
FIGURA 5.2. Comparación de previsiones del mercado de RFID (PÁG. 126)
FIGURA 5.3. Mercado global para las etiquetas activas y pasivas (PÁG. 126)
FIGURA 5.4. Distribución del mercado total de RFID 2007-2017 (PÁG. 127)
FIGURA 5.5. Precio medio de etiqueta versus el número de etiquetas vendidas (PÁG. 128)
FIGURA 5.6. Evolución del número de hospitales en EEUU con equipamiento de RFID (PÁG. 128)
FIGURA 5.7. Evolución del volumen de inversiones en RFID y equipamiento de conectividad en EEUU (PÁG. 129)
FIGURA 5.8. Mercado Global de RFID en "cuidado de la salud" 2006-2016. (US$) (PÁG. 130)
FIGURA 5.9. Etapas de transformación y actores en la cadena de valor de la RFID (PÁG. 131)
FIGURA 5.10. Mapa de actores en el sector RFID (PÁG. 132)
FIGURA A.1. Izquierda: Acoplamiento inductivo (campo cercano). Derecha: Propagación por ondas electromagnéticas (campo lejano) (PÁG. 176)

listado de figuras

LISTADO DE TABLAS

TABLA 2.1. Principales características de los modos de propagación (PÁG. 37)

TABLA 2.2. Etiquetas activas vs Etiquetas pasivas (PÁG. 39)

TABLA 2.3. Protocolos EPCGlobal para RFID (PÁG. 42)

TABLA 2.4. Comparativa de las características asociadas a cada rango de frecuencia (PÁG. 62)

TABLA 2.5. Comparativa de RFID con tecnologías competidoras emergentes (PÁG. 71)

TABLA 2.6. Impacto en la privacidad de RFID frente a otras tecnologías (PÁG. 79)

TABLA 2.7. Algunas aplicaciones y sus volúmenes de negocio (PÁG. 85)

TABLA 3.1. Evolución del número de publicaciones de RFID por países (PÁG. 91)

TABLA 3.2. Ranking de organismos solicitantes de patentes en el período 2005-2007 (PÁG. 97)

TABLA 4.1. Algunos casos de estudio de aplicación de RFID en hospitales (PÁG. 116)

TABLA 4.2. Evolución de las aplicaciones de RFID en el cuidado de la salud (PÁG. 121)

TABLA 5.1. Evolución del número de proyectos y los ingresos esperados por aplicaciones RFID en hospitales de Estados Unidos (PÁG. 129)

RESUMEN EJECUTIVO

La tecnología de Identificación por Radiofrecuencia RFID (RadioFrequency Identification) es, sin duda, una de las tecnologías de comunicación que ha experimentado un crecimiento más acelerado y sostenido en los últimos tiempos. Las posibilidades que ofrece la lectura a distancia de la información contenida en una etiqueta, sin necesidad de contacto físico, junto con la capacidad para realizar múltiples lecturas (y en su caso, escrituras) simultáneamente, abre la puerta a un conjunto muy extenso de aplicaciones en una gran variedad de ámbitos, desde la trazabilidad y control de inventario, hasta la localización y seguimiento de personas y bienes, o la seguridad en el control de accesos.

Son muchas las grandes compañías que apoyan la implantación y el uso sensato de la RFID, por lo que se puede esperar que su futuro sea muy prometedor. No hay duda de que se trata de una tecnología que puede aportar sustanciales ventajas en muchos ámbitos de aplicación. Sin embargo, el éxito final en la implantación de esta tecnología está sujeto a la superación de una serie de obstáculos, entre los que es necesario destacar los aspectos de seguridad y privacidad.

En este informe de vigilancia tecnológica se consideran principalmente las aplicaciones de esta tecnología al cuidado de la salud, así como las actividades relacionadas con la misma. Tras una introducción en la que se presentan los antecedentes de la tecnología, la justificación del estudio y el contexto en el entorno sanitario de cuidados para la salud, se pasan a describir los fundamentos de la tecnología, describiendo el funcionamiento y las características de sus principales elementos:

- Etiquetas (tags o transpondedores): almacenan la información.
- Lectores (interrogadores): leen la información de las etiquetas, proporcionándoles energía para que éstas transmitan.
- Programadores: escriben información en las etiquetas.
- Middleware: gestiona el intercambio de información.
- Sistema de información: procesa la información del middleware y toma las decisiones oportunas.

Se consideran también los diferentes tipos de sistemas atendiendo principalmente a la frecuencia de trabajo, distinguiéndose:

- Los sistemas de baja frecuencia.
- Los sistemas de alta frecuencia.
- Los sistemas de ultra alta frecuencia.
- Los sistemas en frecuencia de microondas.

Todos ellos se analizan desde la perspectiva de capacidad, velocidad, cobertura, coste y áreas de aplicación, lo que permite una comparación y valoración sencilla de sus ventajas e inconvenientes.

Existen tecnologías competidoras de RFID, algunas de ellas ya maduras y con una fuerte presencia en el mercado, como el código de barras y los botones de contacto. En el informe se realiza un análisis de estas tecnologías competidoras ya establecidas, junto con otras emergentes que pueden suponer una alternativa a RFID en un futuro no muy lejano.

Uno de los aspectos que ha supuesto (y está suponiendo) uno de los mayores problemas para la implantación de sistemas basados en RFID es la seguridad. Por ello en el informe se incluye una sección con las principales amenazas de seguridad en RFID, con una breve discusión de las soluciones. También se consideran algunos aspectos relacionados con la privacidad y confidencialidad.

Tras esta primera parte de aspectos generales se realiza un análisis de las tendencias y evolución del desarrollo e implantación de los sistemas basados en RFID mediante una revisión metodológica de las publicaciones y las solicitudes de patentes en este ámbito, como indicadores del estado actual y de la evolución de la tecnología.

La segunda parte del informe se centra en la aplicación de RFID en el ámbito de la salud. Se consideran las posibilidades y aplicaciones de esta tecnología en el sector hospitalario, en el sector farmacéutico y en su aplicación a pacientes fuera del entorno sanitario.

La última parte del informe está dedicada a analizar la situación del mercado de la RFID aplicada a la sanidad. Con tal fin se establece la cadena de valor y se presentan algunos de los actores involucrados en dicha cadena, finalizándose con un análisis DAFO como resumen de los puntos fuertes y débiles de esta tecnología.

EXECUTIVE SUMMARY

RFID technology (RadioFreqency Identification) is a communication technology that has experimented a steadily and rapidly growth during last few years. Some of these technology key features – its flexibility and ease of reading RFID tags wirelessly, the possibility of reading a lot of them simultaneously, or its tag writing capability, for instance- are yielding a broad range of applications: from tracking, stock control or real-time location systems, to security issues.

A lot of well-known companies are heavily committed to RFID implementation and its sensible use, so this technology is predicted to get a successful development in the near future. The key benefits of this technology have been certainly proved right in many practical situations. However, a complete and successful RFID development depends on several barriers to implementation, such as security and privacy issues.

This technology watch report is mainly focused on RFID applications in healthcare, taking into consideration technology aspects and related activities. In addition to a brief introduction to RFID history, the scope of this study and a general health environment overview, this report includes a detailed technical description of RFID technology and examines its main components:

- Tags or transponders: store item information.
- RFID readers (interrogators): read tag information and provides tags the needed energy to transmit.
- Software.
- Middleware, manages the information exchange.
- Information systems: process information and takes timely decisions.

The different kinds of systems depending on the operating frequency range are also taken into consideration:

- Low-frequency systems.
- High-frequency systems.
- Ultra high-frequency systems.
- Microwave systems.

All of them are analyzed in terms of memory capacities, data transmission speed, range, costs and applications. As a result, an easy comparison and assessment of their advantages and disadvantages has been made.

There are several competing technologies, some of which are really mature. In fact, up to now, these technologies, such as barcodes or contact buttons, have a solid market

presence. These ones, as well as those technologies which are emerging nowadays and seem to be an alternative to RFID in a near future, are analyzed in this report.

One of the barriers to RFID systems implantation is the one concerning privacy and security. Therefore, there is a chapter which deals with the main security threats of an RFID system and that ends with a brief overview of the solutions for it. Other privacy aspects are considered here, too.

Apart from these general chapters, a trend analysis and a description of the evolution of RFID systems implementation, based on a methodological revision of scientific publications and patents, which are proved to be key indicators of any technology evolution, are included as well.

The second part of the report is focused on RFID applications in healthcare, gathering specific issues of different environments: the hospital, the pharmaceutical industry and the one concerning telemonitoring patients outside the hospital area.

Finally, the report attempts an analysis of the RFID market perspectives in healthcare, including the value chain and the main actors and stakeholders. The study concludes with a SWOT analysis, identifying strengths and weaknesses of this technology.

FICHA TÉCNICA Y METODOLÓGICA

El presente informe ha sido realizado por CITIC (Círculo de Innovación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) para AETIC (Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones de España), estando definido dentro de las líneas marcadas en la Agenda Estratégica de Investigación de las Plataformas Tecnológicas Españolas de eMOV (Comunicaciones Inalámbricas) y eSEC (Seguridad y Confianza). El informe está cofinanciado por la Comunidad de Madrid y la Universidad Politécnica de Madrid.

Metodológicamente, los informes de vigilancia tecnológica realizados por CITIC se desarrollan en cuatro fases, que se detallan a continuación.

La primera fase involucra la definición de la temática y de los factores críticos de vigilancia; esta actividad se realiza conjuntamente entre el equipo de CITIC y, en este caso, representantes de la Plataforma eMOV y eSEC. A partir de esta definición se decide el *equipo de trabajo*, que son los expertos académicos con experiencia y conocimientos en la temática elegida y autores del informe de vigilancia (en este caso, CEDITEC-ETSIT). Al mismo tiempo se conforma el equipo de seguimiento por parte de la Plataforma eMOV y eSEC, constituido por un conjunto de empresas con experiencia y líneas de negocio en la temática bajo estudio, cuya labor es definir, seguir y evaluar el trabajo de vigilancia.

Tras la formación de los equipos, se procede a la reunión de lanzamiento del trabajo, cuyo objetivo es aclarar el enfoque idóneo y las líneas prioritarias del estudio. Con las ideas resultantes de la reunión, se inicia la segunda fase, donde el equipo de trabajo reúne la información solicitada y considerada de interés por las empresas, concretando la primera versión del informe que se envía al equipo de seguimiento.

La tercera fase involucra al equipo de seguimiento que, tras analizar el informe, aporta su opinión y sugerencias sobre el avance del trabajo y, si es el caso, procede a la redefinición y concreción de algún aspecto referido a los objetivos y perfil de la vigilancia tecnológica establecida.

En la cuarta y última fase, el equipo de trabajo elabora la versión final del informe, añadiendo y completando los comentarios aportados por el equipo de seguimiento y concluyendo de este modo el trabajo.

Esta metodología permite la existencia en todo momento de una fluida comunicación entre el personal que realiza el trabajo (CEDITEC-ETSIT) y las Plataformas eMOV y eSEC, obteniéndose de ese modo un informe ajustado a las necesidades del cliente. La relación entre el equipo de trabajo y el equipo de seguimiento está coordinada por el equipo de CITIC desde la Universidad Politécnica de Madrid.

Finalmente, se detalla a continuación las personas que han colaborado en el presente informe:

- Equipo de CITIC:
    - Coordinador: Juan M. Meneses Chaus
    - Técnicos: Ana Belén Bermejo Nieto
      Iván Martínez Salles
- Equipo de seguimiento
    - Equipo de seguimiento de la Plataforma eMOV:

Expertos de la Plataforma eMOV

Julián Seseña Antonio Alfaro	*Coordinadores eMOV* *AETIC*	Francisco José Núñez Francisco José Cañas	*At4Wireles*
Albert Sitja	*CTTC*	Josep M. Colomé	*Fundación i2CAT*
Ana M.ª Vega Nuria Higueras	*Telefónica España*	Sergio García José Ángel Blanco	*Treelogic*
Antonio López	*UPN*	David Rebordinos	*Ingenius Team*

- Equipo de seguimiento de la Plataforma eSEC:

Expertos de la Plataforma eSEC

Sofía Moreno	*Coordinadora eSEC* *AETIC*	Francisco Gómez Domingo López	*VISUAL TOOLS*
José Jiménez	*Telefónica I+D*	Mayte Hurtado	*TB-SOLUTIONS*
Diego Fernández	*ISDEFE*	Vicente Simorte	

CAPÍTULO 1

Introducción

1.1 Antedecentes (PÁG. 21)

1.2 Justificación y objetivos del estudio (PÁG. 24)

1.3 El ámbito de la salud: contexto (PÁG. 25)

El presente informe está dedicado a exponer las posibilidades ofrecidas por la tecnología RFID (Radiofrequency Identification) en el ámbito de la salud. RFID representa una tecnología con un carácter emergente (aunque cada vez menos) por lo menos en cuanto a las posibilidades de su aplicación industrial. Son muchos los sectores de la economía que se pueden beneficiar de las principales ventajas que ofrece esta tecnología, a saber:

- Posibilidad de almacenar un volumen importante de información en etiquetas de tamaño reducido.
- Posibilidad de actualizar en tiempo real la información de esas etiquetas.
- Posibilidad de leer la información de forma remota y de leer múltiples etiquetas de forma cuasi simultánea.
- Posibilidad de localizar el entorno inmediato donde se encuentra ubicada una determinada etiqueta.

A la vista de las anteriores ventajas, es obvio que pueden surgir, y de hecho surgen, aplicaciones de esta tecnología en múltiples ámbitos. De hecho, los principales motivos por los cuales esta tecnología no se encuentra ya en una fase de implantación industrial mucho mayor son cada vez menos tecnológicos (ya es un hecho la posibilidad real de disponer de un sistema operativamente viable) y más bien económicos (coste del sistema y, sobre todo, coste de las etiquetas).

En la actualidad esta última barrera está cerca de solventarse, por lo que estamos asistiendo a despliegues de sistemas RFID que han pasado de la fase de meros pilotos a la de sistemas comerciales en explotación. La sanidad no ha sido un campo ajeno a esta evolución, y en la actualidad existe ya una cierta actividad en la aplicación de las tecnologías RFID en el ámbito de la salud, actividad que es probable se incremente a medio plazo.

1.1 Antecedentes

Es complicado establecer un punto de partida claro para la tecnología RFID. La historia de la RFID aparece entrelazada con la del desarrollo de otras tecnologías de comunicaciones a la largo del siglo XX: ordenadores, tecnologías de la información, teléfonos móviles, redes inalámbricas, comunicaciones por satélite, GPS, etc.

La existencia actual de aplicaciones viables basadas en RFID se debe al desarrollo progresivo de tres áreas tecnológicas principales:

- *Electrónica de radiofrecuencia*. Necesaria para el desarrollo de las antenas y los sistemas de radiofrecuencia presentes en las etiquetas e interrogadores RFID.
- *Tecnologías de la información*. En su vertiente de computación (en el lector, en la propia etiqueta y en el sistema de información asociado) y en su vertiente de comunicaciones para el envío de información entre etiqueta y lector, y entre lector y sistema de información asociado).
- *Tecnología de materiales*. Necesaria para el abaratamiento de las etiquetas.

RFID no es una tecnología nueva, sino que lleva existiendo desde 1940. Durante la Segunda Guerra Mundial, los militares estadounidenses utilizaban un sistema de identificación por radiofrecuencia para el reconocimiento e identificación a distancia de los aviones: "Friend or Foe" (amigo o enemigo). Acabada la guerra, los científicos e ingenieros continuaron sus investigaciones sobre estos temas. En octubre de 1948, Harry Stockman publicó un artículo en los Proceedings of the IRE titulado "Communications by Means of Reflected Power", que se puede considerar como la investigación más cercana al nacimiento de la RFID.

A partir de ese momento, el desarrollo de la tecnología RFID ha sido lento pero constante. Durante la década de los 50 se realizaron multitud de estudios relacionados con la tecnología, principalmente orientados a crear sistemas seguros para su aplicación en minas de carbón, explotaciones petrolíferas, instalaciones nucleares, controles de acceso o sistemas antirrobo. Durante esta época se publicaron dos artículos importantes: "Applications of Microwave Homodyne", de F. L. Vernon, y "Radio Transmission Systems with Modulatable Passive Responders", de D. B. Harris.

En los años 60 se profundizó en el desarrollo de la teoría electromagnética y empezaron a aparecer las primeras pruebas de campo, como por ejemplo, la activación remota de dispositivos con batería, la comunicación por radar o los sistemas de identificación interrogación-respuesta. Aparecieron las primeras invenciones con vocación comercial, como "Remotely Activated Radio Frequency Powered Devices", de Robert Richardson, "Communication by Radar Beams" de Otto Rittenback, "Passive Data

Transmisión Rechniques Utilizing Radar Beams" de J. H. Vogelman, y "Interrogator-Responder Identification System", de J. P. Vinding.

Asimismo, comenzaron las primeras actividades comerciales. Se fundaron Sensormatic y Checkpoint, que junto con otras compañías, desarrollaron un equipo de vigilancia electrónica anti-intrusión denominado EAS (Electronic Article Surveillance). EAS fue el primer desarrollo de RFID y el que indiscutiblemente se ha venido utilizando más ampliamente. Fue el preludio de la explosión de esta tecnología.

Durante los años 70 desarrolladores, inventores, fabricantes, centros de investigación, empresas, instituciones académicas y administración realizaron un activo trabajo de desarrollo de la tecnología, lo que redundó en notables avances, apareciendo las primeras aplicaciones de RFID. A pesar de ello, la tecnología se siguió utilizando de modo restringido y controlado. Grandes empresas como Raytheon, RCA y Fairchild empezaron a desarrollar tecnología de sistemas de identificación electrónica, y en 1978 ya se había desarrollado un transpondedor pasivo de microondas. A finales de esta década ya se había completado una buena parte de la investigación necesaria en electromagnetismo y electrónica para RFID, y la investigación en otros de los componentes necesarios, las tecnologías de la información y las comunicaciones, estaba empezando a dar sus frutos, con la aparición del PC y de ARPANET.

En los años 80 aparecieron nuevas aplicaciones. Fue la década de la completa implementación de la tecnología RFID. Los principales intereses en Estados Unidos estuvieron orientados al transporte, al acceso de personal y, más débilmente, a la identificación de animales. En Europa sí cobró un especial interés el seguimiento de ganado con receptores de identificación por radiofrecuencia como alternativa al marcado. Más tarde también aparecieron los primeros peajes electrónicos. La primera aplicación para aduanas se realizó en 1987, en Noruega, y en 1989 en Dallas. Todos los sistemas eran propietarios, y no existía la interoperabilidad.

Ya en la década de los 90 se tomó conciencia de las enormes posibilidades que podía brindar la explotación de RFID y comenzaron a aparecer los primeros estándares. En Estados Unidos se siguió profundizando en la mejora de los peajes automáticos y la gestión de autopistas. Mientras tanto en Europa se implementaron aplicaciones RFID para controles de acceso, peajes y otras aplicaciones comerciales. En 1999, un consorcio de empresas fundó el Auto-ID Center en el MIT.

Y a partir del año 2000, empezó a quedar claro que el objetivo de desarrollo de etiquetas a 0,05 dólares podría alcanzarse, con lo que la RFID podía convertirse en una tecnología candidata a sustituir a los códigos de barras existentes. El año 2003 marcó un hito en el desarrollo de la tecnología RFID: Walmart y el Departamento de Defensa (DoD) estadounidense decidieron adherirse a la tecnología RFID. Les siguieron otros

fabricantes, como Target, Procter & Gamble y Gillette. En 2003 el centro AutoID se convirtió en EPCglobal, creadora de estándares adoptados por Walmart y el DoD.

La empresa Texas Instruments desarrolló diversas aplicaciones para el control del encendido del motor del vehículo, control de acceso de vehículos o pases de esquí. Asimismo, numerosas empresas en Europa se introdujeron en el mercado, más aún tras detectar la potencial aplicación en la gestión de artículos.

En año 2002 empezó a despuntar la tecnología NFC (Near Field Communication), tecnología que mejora las prestaciones de RFID gracias a que incluye en un único dispositivo, un emisor y un receptor RFID, y que puede insertarse en un dispositivo móvil, aportando a éste nuevas funcionalidades para un gran número de aplicaciones.

En Europa, el proyecto lanzado en 2005 por Correos (España), Q-RFID, liderado por AIDA Centre SL, ha contribuido a incorporar las últimas tecnologías de control por radiofrecuencia para permitir la trazabilidad de la correspondencia a lo largo de todo el proceso postal. Q-RFID ha resultado uno de los más importantes proyectos de RFID de Europa, suponiendo una gran contribución al desarrollo e implantación de la tecnología. Aunque el proyecto ha finalizado en 2007, el éxito alcanzado garantiza la continuidad del mismo.

Todo hace pensar que en los próximos años la tecnología RFID va camino de convertirse en una tecnología ampliamente utilizada en multitud de sectores. El creciente interés en el comercio electrónico móvil traerá consigo más aplicaciones, gracias a la capacidad de RFID para transportar datos que pueden ser capturados electrónicamente.

1.2 Justificación y objetivos del estudio

La tecnología RFID parece estar tecnológicamente madura, aunque se halla inmersa en una continua evolución y mejora de sus prestaciones, como evidencia el número cada vez mayor de patentes y publicaciones en este campo. Las etiquetas son cada vez más pequeñas y su capacidad de almacenamiento continúa en aumento, las antenas son más eficientes y potentes permitiendo alcanzar rangos de cobertura mayores, los algoritmos de seguridad son cada vez más robustos... y con ello van surgiendo nuevas aplicaciones innovadoras.

Ha habido diversos casos de éxito en la implantación de sistemas de RFID, especialmente en actividades relacionadas con la logística y la distribución, como los ejemplos de grandes distribuidores como Walmart y Metro. Igualmente, en muchos aeropuertos hay implantado un sistema RFID para la gestión de las maletas. También hay empresas cuyo personal está equipado con una tarjeta RFID para su identificación y gestión de zonas autorizadas o restringidas.

Últimamente parece que la sanidad está atrayendo gran interés por parte del mercado de RFID. Un informe reciente de IDTechEx prevé un crecimiento del mercado RFID en sanidad desde los 90 M$ en 2006 a más de 1000 M$ en 2011 y 2.1 B$ en 2016. Esta previsión de crecimiento resulta, sin duda, espectacular.

El principal precursor de esta progresión viene dado por la parte logística del sector sanitario. Es decir, una vez corroborado que la aplicación de sistemas RFID en el sector de la logística y distribución mejora la eficiencia de los procesos y reduce los errores, es el turno de aplicarlo a la salud, donde existen gran cantidad de bienes y activos cuya gestión debe mejorarse. En primer lugar, los medicamentos farmacéuticos y la gestión de sus dosis; pero también el equipamiento crítico (electrocardiógrafos, desfibriladores, sillas de ruedas) en los hospitales o centros sanitarios; sin olvidar a las personas, tanto personal sanitario como pacientes y visitas, que han de ser controladas en un entorno con zonas de acceso restringidas.

Sin embargo, a día de hoy, únicamente se encuentran casos puntuales de implantación de esta tecnología en el sector del cuidado de la salud, con empresas consultoras que ofrecen soluciones basadas en RFID para entornos sanitarios o de cuidados de la salud, como una solución más de su oferta de productos.

A partir de esta situación el presente informe tratará de analizar el estado actual de la tecnología y de su aplicación al sector de la salud, mediante una revisión de las solicitudes de patentes, publicaciones y casos de éxito a nivel mundial, tratando de analizar los factores de éxito de dichos casos y las barreras que aún quedan por superar para su implantación a gran escala.

1.3 El ámbito de la salud: contexto

Los pacientes de los hospitales esperan que sus tratamientos sean seguros, exitosos, eficientes y respetuosos con el entorno. Para ello, la evolución de la actual estructura de salud española, europea y mundial exige que los hospitales aborden políticas de contención de los costes manteniendo o incluso incrementando su calidad de servicio. Ello exigirá, entre otras cosas, la automatización de procesos en la medida que sea posible y seguro.

El uso de tecnologías emergentes, como las redes inalámbricas, la identificación por radiofrecuencia y la conectividad de los instrumentos médicos pueden facilitar el objetivo anterior. Pero no hay que olvidar que el entorno en el que nos movemos presenta ciertos problemas como:

- Envejecimiento cada vez mayor de la población.
- Aumento de problemas hospitalarios (infecciones, errores médicos, errores logísticos, etc.).
- Falta de personal médico cualificado.
- Problemas para financiar las inversiones en el sector sanitario.
- Resistencia o prevención al uso de las nuevas tecnologías por parte de los usuarios (personal médico y pacientes).

Una inversión adecuada en las tecnologías de la información y las comunicaciones aplicadas a la salud producirá sin duda una mejora en la eficiencia, evitará escasez de existencias, producirá retornos de inversión y motivará a la Administración a reforzar la política de ayudas a la investigación y al desarrollo.

Existe ya un movimiento claro en el uso de las nuevas tecnologías en el entorno hospitalario. Por ejemplo, un estudio realizado en EE.UU. en 1999 por la National Association of County and City Health Officials mostró que entonces, el 50% de los centros públicos relacionados con la sanidad no disponían de acceso de banda ancha, y un tercio no disponía de correo electrónico ni conectividad a Internet. En la actualidad, el 90% de los centros de salud estadounidenses disponen de acceso a Internet de alta velocidad.

Algo semejante ocurre con los sistemas informáticos avanzados aplicados en entornos sanitarios. En 2002, sólo el 3% de los centros de salud en EE.UU. disponía de algún sistema de este tipo. En 2004, ya era el 15%.

La adopción de estas tecnologías, entre las que se encuentra RFID, en el ámbito de la salud es lenta, debido principalmente a los siguientes factores:

- Deficiente formación y cultura institucional en estas tecnologías.
- Coste.
- Falta de estándares universalmente empleados.
- Influencia de los aspectos de seguridad y privacidad.
- Dificultades de configuración y mantenimiento de los sistemas.

Será necesario superar estas barreras para hacer frente a una implantación masiva. Además, es imprescindible también que aparezcan los *drivers* adecuados, capaces de favorecer y fomentar dicha implantación. Un claro ejemplo de la necesidad de estos *drivers* es lo ocurrido en EE.UU. con la falsificación de medicamentos. A día de hoy, se trata de un problema que ocasiona unas pérdidas enormes al sector (ver Figura 1.1). Sin ir más lejos, existen estimaciones que indican que del orden del 7% de los medicamentos en la cadena de suministros farmacéutica tradicional son falsificaciones.[1]

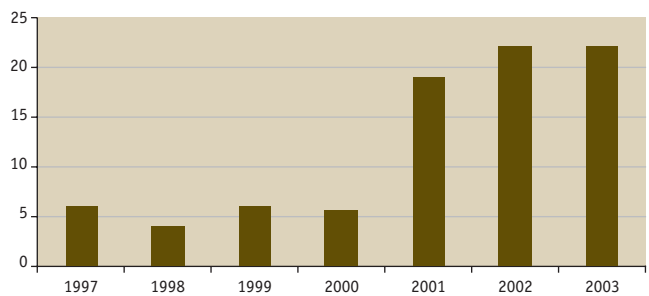


FIGURA 1.1. *Evolución del número de casos al año de falsificación de medicamentos en EE.UU.*
Fuente: The Food and Drug Administration (FDA, EE.UU.).

Es de notar el grave incremento de casos (del orden del 15%) a partir del 2001. Como respuesta, la FDA (Food and Drug Administration) formó la Counterfeit Drug Task Force en 2003. Asesorada por múltiples expertos, desarrolló un modelo de cadena de suministro para la industria farmacéutica, robusto frente a las falsificaciones. En este modelo, la tecnología RFID jugaba un papel crucial. De hecho, la FDA estableció el 1 de diciembre de 2006 como fecha límite para etiquetar con RFID aquellos medicamentos más caros y/o populares y evitar así las falsificaciones. La obligación se hará extensible al resto de medicamentos.

[1] *Item Level Visibility in the Pharmaceutical Supply Chain: A Comparison of HF and UHF RFID Technologies* Philips et al. Julio 1994.

Y es que la falsificación de medicamentos en EE.UU. se estima que cuesta a la industria farmacéutica estadounidense entre 30 y 35 mil millones de US$ al año (a efectos comparativos, las falsificaciones en todo el mundo y en todas las industrias suponen unas pérdidas anuales de unos 450 mil millones de US$).

Estos y otros esfuerzos tuvieron algunas consecuencias interesantes, como por ejemplo:

- Purdue Pharma anunció su intención de utilizar etiquetas en los envíos de determinadas sustancias, blanco de robos frecuentes.
- Pfizer anunció su intención de etiquetar los envases de Viagra para su venta en EE.UU., antes de finales del 2007.
- GlaxoSmithKline anunció que empezaría a utilizar RFID en varios medicamentos, y entre los posibles candidatos estaban las drogas anti-VIH.
- Johnson and Johnson anunció el lanzamiento de estudios piloto, pero sin nombrar medicamentos específicos.

Ante este escenario, la tecnología RFID se presenta como una tecnología que permitirá salvar vidas, prevenir errores, ahorrar costes e incrementar la seguridad. RFID elimina procesos tediosos de toma y registro de datos que, gracias a esta tecnología, es posible automatizar.

CAPÍTULO 2

La tecnología RFID

2.1 Descripción de la tecnología (PÁG. 31)

2.2 Principio de funcionamiento y componentes (PÁG. 34)

2.3 Tipos de sistemas (PÁG. 56)

2.4 Comparativa con tecnologías competidoras (PÁG. 63)

2.5 Near Field Communications (PÁG. 72)

2.6 Aspectos de seguridad, privacidad y confidencialidad (PÁG. 75)

2.7 Tipos de aplicaciones (PÁG. 82)

La identificación por radiofrecuencia es una tecnología básicamente (aunque no sólo) de captura e identificación automática de información contenida en etiquetas (tags o transpondedores). Cuando estos transpondedores entran en el área de cobertura de un lector RFID, éste envía una señal para que la etiqueta le transmita la información almacenada en su memoria. Una de las claves de esta tecnología es que la recuperación de la información contenida en la etiqueta se realiza vía radiofrecuencia y sin necesidad de que exista contacto físico o visual (línea de vista) entre el dispositivo lector y las etiquetas, aunque en muchos casos se exige una cierta proximidad de esos elementos.

Desde este punto de vista, resulta claro que RFID ofrece interesantes potencialidades, siquiera como sustituto más versátil de las aplicaciones de identificación tradicionales basadas en el código de barras.

Pero inmediatamente veremos que las posibilidades que ofrece RFID trascienden esa mera sustitución, y la hacen un candidato idóneo en muchos otros campos donde se precise una identificación fiable de objetos o personas y una localización de los mismos (junto con otras potenciales aplicaciones). RFID puede proporcionar ventajas estratégicas en muy diversas áreas de negocio, ofreciendo seguimiento preciso en tiempo real de la cadena de suministro de bienes o materias primas, y en general, la posibilidad de monitorización en tiempo real de los activos de una empresa.

En este capítulo se explicará el funcionamiento y principales componentes que conforman un sistema RFID, analizando las posibles características de cada uno, que redundan en distintas funcionalidades para el sistema. Asimismo se realiza una comparativa entre RFID y sus tecnologías competidoras, que permite contrastar los beneficios e inconvenientes de cada una de ellas. Por último, se explica brevemente el caso de la tecnología NFC (Near Field Communication) estándar de comunicación que integra transmisor y receptor RFID en tarjetas inteligentes (smartcards) ofreciendo funcionalidades mejoradas.

2.1 Descripción de la tecnología

RFID (Identificación por Radiofrecuencia) es un método de almacenamiento y recuperación remota de datos, basado en el empleo de etiquetas o "tags" en las que reside la información. RFID se basa en un concepto similar al del sistema de código de barras; la principal diferencia entre ambos reside en que el segundo utiliza señales ópticas para transmitir los datos entre la etiqueta y el lector, y RFID, en cambio, emplea señales de radiofrecuencia (en diferentes bandas dependiendo del tipo de sistema, típicamente 125 KHz, 13,56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz).

Todo sistema RFID se compone principalmente de cuatro elementos:

- Una **etiqueta RFID**, también llamada tag o transpondedor (transmisor y receptor). La etiqueta se inserta o adhiere en un objeto, animal o persona, portando información sobre el mismo. En este contexto, la palabra "objeto" se utiliza en su más amplio sentido: puede ser un vehículo, una tarjeta, una llave, un paquete, un producto, una planta, etc.

  Consta de un microchip que almacena los datos y una pequeña antena que habilita la comunicación por radiofrecuencia con el lector.

- Un **lector** o interrogador, encargado de transmitir la energía suficiente a la etiqueta y de leer los datos que ésta le envíe. Consta de un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar los tags vía radiofrecuencia.

  Los lectores están equipados con interfaces estándar de comunicación que permiten enviar los datos recibidos de la etiqueta a un subsistema de procesamiento de datos, como puede ser un ordenador personal o una base de datos.

  Algunos lectores llevan integrado un programador que añade a su capacidad de lectura, la habilidad para escribir información en las etiquetas.

  A lo largo del presente estudio, cuando hablemos de lector, se considerará que es un dispositivo capaz de leer la etiqueta, independientemente de si puede sólo leer, o leer y escribir.

- Un **ordenador, host o controlador**, que desarrolla la aplicación RFID. Recibe la información de uno o varios lectores y se la comunica al sistema de información. También es capaz de transmitir órdenes al lector.

- Adicionalmente, un **middleware** y en *backend* un **sistema ERP de gestión de sistemas IT** son necesarios para recoger, filtrar y manejar los datos.

Todos estos elementos conforman un sistema RFID que, atendiendo a distintos criterios relacionados con las características técnicas y operacionales de cada uno de los

componentes, puede ser de diversos tipos. A continuación se muestra esquemáticamente una clasificación de los distintos sistemas RFID existentes:

- Según su capacidad de programación:
    - *De sólo lectura:* las etiquetas se programan durante su fabricación y no pueden ser reprogramadas.
    - *De una escritura y múltiples lecturas:* las etiquetas permiten una única reprogramación.
    - *De lectura/escritura:* las etiquetas permiten múltiples reprogramaciones.
- Según el modo de alimentación:
    - *Activos:* si las etiquetas requieren de una batería para transmitir la información.
    - *Pasivos:* si las etiquetas no necesitan batería.

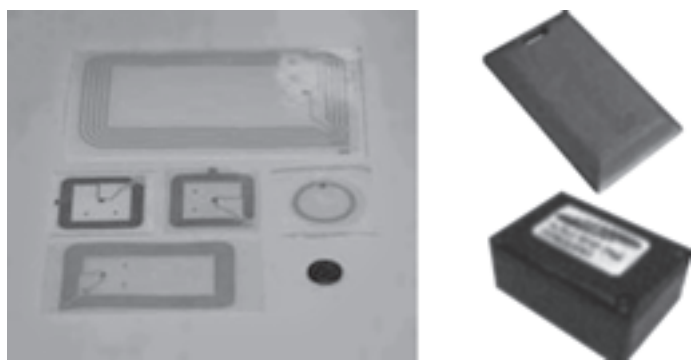


FIGURA 2.1. *Etiquetas RFID pasivas (izquierda) y activas (derecha).*

Fuente: Grand-Flo.

- Según el rango de frecuencia de trabajo:
    - *Baja Frecuencia (BF):* se refiere a rangos de frecuencia inferiores a 135 KHz.
    - *Alta Frecuencia (AF):* cuando la frecuencia de funcionamiento es de 13,56 MHz.
    - *Ultra Alta Frecuencia (UHF):* comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 433 MHz, 860 MHz, 928 MHz.
    - *Frecuencia de Microondas:* comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 2,45 GHz y 5,8 GHz.

- Según el protocolo de comunicación:
    - *Dúplex:* el transpondedor transmite su información en cuanto recibe la señal del lector y mientras dura ésta. A su vez pueden ser:
        - *Half dúplex*, cuando transpondedor y lector transmiten en turnos alternativos.
        - *Full dúplex*, cuando la comunicación es simultánea. Es estos casos la transmisión del transpondedor se realiza a una frecuencia distinta que la del lector.
    - *Secuencial:* el campo del lector se apaga a intervalos regulares, momento que aprovecha el transpondedor para enviar su información. Se utiliza con etiquetas activas, ya que el tag no puede aprovechar toda la potencia que le envía el lector y requiere una batería adicional para transmitir, lo cual incrementaría el coste.
- Según el principio de propagación:
    - *Inductivos:* utilizan el campo magnético creado por la antena del lector para alimentar el tag. Opera en el campo cercano y a frecuencias bajas (BF y AF).
    - *Propagación de ondas electromagnéticas:* utilizan la propagación de la onda electromagnética para alimentar la etiqueta. Opera en el campo lejano y a muy altas frecuencias (UHF y microondas).

2.2 Principio de funcionamiento y componentes

Como hemos visto, existe una gran diversidad de sistemas RFID, los cuales pueden satisfacer un amplio abanico de aplicaciones para los que pueden ser utilizados. Sin embargo, a pesar de que los aspectos tecnológicos pueden variar, todos se basan en el mismo principio de funcionamiento, que se describe a continuación:

1. Se equipa a todos los objetos a identificar, controlar o seguir, con una etiqueta RFID.
2. La antena del lector o interrogador emite un campo de radiofrecuencia que activa las etiquetas.
3. Cuando una etiqueta ingresa en dicho campo utiliza la energía y la referencia temporal recibidas para realizar la transmisión de los datos almacenados en su memoria. En el caso de etiquetas activas la energía necesaria para la transmisión proviene de la batería de la propia etiqueta.
4. El lector recibe los datos y los envía al ordenador de control para su procesamiento.

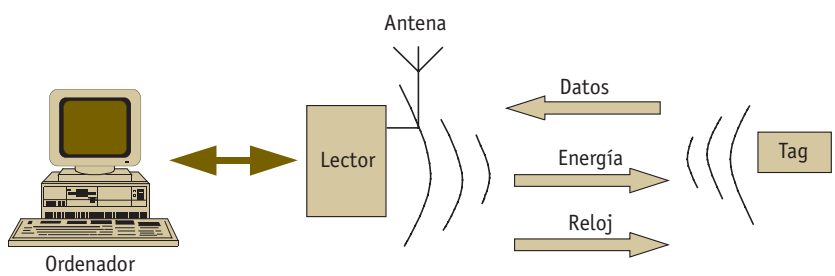


FIGURA 2.2. *Esquema de funcionamiento de un sistema RFID pasivo.*

Como podemos ver en la Figura 2.2, existen dos interfaces de comunicación:

- Interfaz Lector-Sistema de Información.

  La conexión se realiza a través de un enlace de comunicaciones estándar, que puede ser local o remoto y cableado o inalámbrico como el RS 232, RS 485, USB, Ethernet, WLAN, GPRS, UMTS, etc.

- Interfaz Lector-Etiqueta (tag).

  Se trata de un enlace radio con sus propias características de frecuencia y protocolos de comunicación.

Como ya hemos comentado, todo sistema RFID se compone básicamente de cuatro elementos: transpondedor o etiqueta, lector o interrogador, sistema de información y, adicionalmente, middleware. En el presente apartado vamos a proceder a describir cada uno de estos componentes y los principales parámetros que los caracterizan.

2.2.1 Transpondedores

El transpondedor es el dispositivo que va embebido en una etiqueta o tag y contiene la información asociada al objeto al que acompaña, transmitiéndola cuando el lector la solicita.

Está compuesto principalmente por un **microchip y una antena**. Adicionalmente puede incorporar una batería para alimentar sus transmisiones o incluso algunas etiquetas más sofisticadas pueden incluir una circuitería extra con funciones adicionales de entrada/salida, tales como registros de tiempo u otros estados físicos que pueden ser monitorizados mediante sensores apropiados (de temperatura, humedad, etc.).

El **microchip** incluye:

- Una circuitería analógica que se encarga de realizar la transferencia de datos y de proporcionar la alimentación.
- Una circuitería digital que incluye:
    - La lógica de control.
    - La lógica de seguridad.
    - La lógica interna o microprocesador.
- Una memoria para almacenar los datos. Esta memoria suele contener:
    - Una ROM (Read Only Memory) o memoria de sólo lectura, para alojar los datos de seguridad y las instrucciones de funcionamiento del sistema.
    - Una RAM (Random Access Memory) o memoria de acceso aleatorio, utilizada para facilitar el almacenamiento temporal de datos durante el proceso de interrogación y respuesta.
    - Una memoria de programación no volátil. Se utiliza para asegurar que los datos están almacenados aunque el dispositivo esté inactivo. Típicamente suele tratarse de una EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM). Este tipo de memorias permite almacenar desde 16 bytes hasta 1 Mbyte, posee un consumo elevado, un tiempo de vida (número de ciclos de escritura) limitado (de entre 10.000 y 100.000) y un tiempo de escritura de entre 5 y 10 ms. Como alternativa aparece la FRAM (Ferromagnetic RAM) cuyo consumo es 100 veces menor que una EEPROM y su tiempo de escritura también es menor, de aproximadamente 0,1 μs, lo que supone

que puede trabajar prácticamente en tiempo real. En sistemas de microondas se suelen usar una SRAM (Static RAM). Esta memoria posee una capacidad habitualmente entre 256 bytes y 64 kbytes (aunque se puede llegar a 1 Mbyte) y su tiempo de escritura es bajo, pero en contrapartida necesita una batería adicional para mantener la información.

- Registros de datos (buffers) que soportan de forma temporal, tanto los datos entrantes después de la demodulación como los salientes antes de la modulación. Además actúa de interfaz con la antena.

La información de la etiqueta se transmite modulada en amplitud (ASK, *Amplitude Shift Keying*), frecuencia (FSK, *Frequency Shift Keying*) o fase (PSK, *Phase Shift Keying*). Es decir, para realizar la transmisión se modifica la amplitud, frecuencia o fase de la señal del lector. Típicamente la modulación más utilizada es la ASK debido a su mayor sencillez a la hora de realizar la demodulación.

La frecuencia utilizada por el transpondedor, en la gran mayoría de los casos, coincide con la emitida por el lector. Sin embargo, en ocasiones se trata de una frecuencia subarmónica (submúltiplo de la del lector) o incluso de una frecuencia totalmente diferente de la del lector (no armónica).

La **antena** que incorporan las etiquetas para ser capaces de transmitir los datos almacenados en el microchip puede ser de dos tipos:

- Un elemento inductivo (bobina).
- Un dipolo.

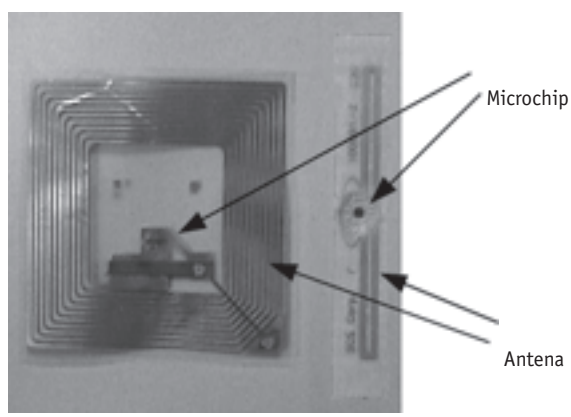


FIGURA 2.3. *Aspecto de los dos principales diseños de una etiqueta (a la izquierda antena inductiva y a la derecha antena dipolar).*

Fuente: EAN Argentina.

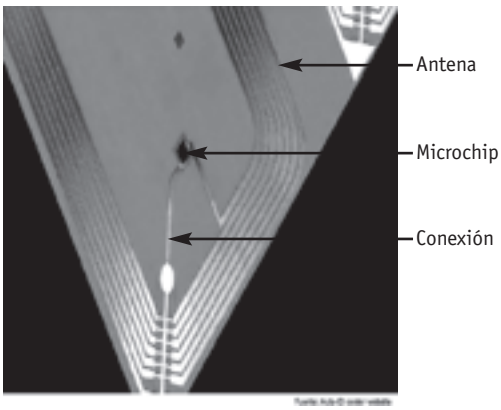


FIGURA 2.4. *Detalle de una antena de un tag.*

Fuente: Auto-Id Center.

Existen dos mecanismos por los cuales es posible transferir la potencia de la antena del lector a la antena de la etiqueta, para que ésta transmita su información: acoplamiento inductivo y propagación por ondas electromagnéticas. Estos dos tipos de acoplamiento dependen de si se trabaja en campo cercano o en campo lejano[2]. En la Tabla 2.1 se resumen las principales características de ambos modos. Es posible obtener información ampliada sobre el funcionamiento de ambos modelos de propagación en el Anexo 5.

Propagación/acoplamiento inductivo	***Propagación por ondas EM***
· Trabaja en el campo cercano: cobertura baja.	· Trabaja en el campo lejano: cobertura mayor.
· Hay que considerar la orientación de la antena.	· La orientación de la antena es indiferente.
· Suele trabajar a bajas frecuencias.	· Suele trabajar a altas frecuencias.
· Suele utilizar etiquetas pasivas.	· Suele utilizar etiquetas activas.
· Es muy sensible a las interferencias electromagnéticas.	· Necesita regulación.

TABLA 2.1. *Principales características de los modos de propagación.*

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros que caracterizan las etiquetas RFID y comprenden las bases para diseñar sus especificaciones son: el modo de alimentación, la capacidad y tipo de datos almacenados, la velocidad de lectura de datos, las opciones de programación, la forma física y los costes.

[2] El límite teórico entre campo lejano y campo cercano depende de la frecuencia utilizada, ya que de hecho es proporcional a $\lambda/2\pi$, donde λ es la longitud de onda. Esto implica por ejemplo unos 5 cm para un sistema AF y 3,5 m para un sistema UHF, valores que se reducen cuando se tienen en cuenta otros factores.

- **Modo de alimentación**

Aunque los niveles requeridos para que el transpondedor envíe la información son muy pequeños, del orden de micro a miliwatios, es necesario que las etiquetas dispongan de algún tipo de alimentación. Dependiendo del modo en que éstas obtengan su potencia, las etiquetas se clasifican en activas o pasivas.

Las **etiquetas activas**, además de recoger energía del lector, se alimentan de una batería. Normalmente incorporan una pila que posee una alta relación potencia-peso y son capaces de funcionar en un intervalo de temperaturas que va desde –50ºC hasta 70ºC.

Aunque el empleo de baterías implica un tiempo de vida finito para el dispositivo, la colocación de una pila acoplada de forma apropiada a la circuitería de baja potencia, puede asegurar un tiempo de vida de algo más de 10 años, dependiendo también de las condiciones de trabajo en las que se encuentre, es decir, las temperaturas, ciclos de lectura/escritura y su utilización.

Típicamente son dispositivos de lectura/escritura. Además, una ventaja adicional que presentan frente a las etiquetas pasivas es que pueden usarse parar gestionar otros dispositivos, como pueden ser los sensores.

En términos generales las etiquetas RFID activas permiten un radio de cobertura mayor, mejor inmunidad al ruido y tasas de transmisión más altas cuando se trabaja a alta frecuencia. Estas ventajas se traducen en un coste mayor, por lo que se aplican cuando los bienes a identificar lo justifican.

Existen dos tipos de etiquetas activas:

- Aquellas que normalmente se encuentran desactivadas (modo reposo) y se activan (despiertan) cuando un lector las interroga. De esta forma se ahorra batería.
- Aquellas que periódicamente envían señales, aunque un lector no las interrogue. Operan a frecuencias más bajas y a menores tasas de transferencias, para ahorrar batería.

Las **etiquetas pasivas** funcionan sin una batería interna, obteniendo la potencia que necesitan para funcionar del campo generado por el interrogador.

La ausencia de batería provoca que los transpondedores pasivos sean mucho más ligeros, pequeños, flexibles y baratos que los activos, hecho que redunda en que puedan ser diseñados en una amplia gama de formas. Además, ofrecen un tiempo de vida prácticamente ilimitado. Como contrapartida, poseen unos radios de cobertura menores y requieren más cantidad de energía procedente del interrogador para poder transmitir los datos. También poseen restricciones a la hora de almacenar los datos y

no funcionan demasiado bien en ambientes con interferencias electromagnéticas. Asimismo, su sensibilidad y orientación están limitadas por la potencia disponible.

Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, las etiquetas pasivas ofrecen mejores ventajas en términos de coste y longevidad.

Existe un tipo especial de etiqueta pasiva que sí incorpora una batería, pero la misión de ésta es alimentar la circuitería interna del microchip. Nunca se utiliza esa energía para transmitir.

Resumimos la comparativa de las principales características en la Tabla 2.2:

	Etiquetas Activas	*Etiquetas Pasivas*
Incorporan batería	Sí	No
Coste	Mayor	Menor
Tiempo de vida	Limitado	Casi ilimitado
Cobertura	Mayor	Menor
Capacidad datos	Mayor	Menor

TABLA 2.2. *Etiquetas activas vs Etiquetas pasivas.*

Fuente: Elaboración propia.

- **Tipo y Capacidad de los Datos Almacenados**

Los datos almacenados en las etiquetas requieren algún tipo de organización como, por ejemplo, identificadores para los datos o bits de detección de errores (bits de paridad, bits de redundancia cíclica), con el fin de satisfacer las necesidades de recuperación de datos. Este proceso se suele conocer como codificación de fuente.

La cantidad de datos que se desea almacenar, evidentemente, dependerá del tipo de aplicación que se desee desarrollar. Básicamente, las etiquetas pueden usarse con el fin de transportar:

- *Un identificador*. El tag almacena una cadena numérica o alfanumérica que puede representar:
    - *Una identidad*. Tanto para identificar un artículo de fabricación o un producto en tránsito, como para proporcionar una identidad a un objeto, un animal o un individuo.
    - *Una clave de acceso* a otra información que se encuentra almacenada en un ordenador o sistema de información.
- *Ficheros de datos*. Se denominan PDF (*Portable Data Files*) y permiten el almacenamiento de información organizada, sin perjuicio de que adicionalmente

exista un enlace a información adicional contenida en otro sitio. El objeto del PDF puede ser:

- Transmitir la información.
- Iniciar acciones.

En términos de **capacidades** de datos son habituales los tags que permiten almacenar desde un único bit hasta centenares de kilobits, aunque ya hay prototipos en el orden del Mbit. Considerando que 8 bits representan un carácter, una capacidad de 1 kilobit permite almacenar 128 caracteres.

Los dispositivos de un único bit poseen dos estados: "la etiqueta está en zona de lector" o "la etiqueta no está en la zona del lector". Algunos permiten la opción de desactivar y activar el dispositivo. Estos transpondedores no necesitan un microchip, por lo que su coste de fabricación resulta muy barato.

Su principal área de aplicación se da en el campo de los dispositivos antirrobo, en particular en aplicaciones EAS (*Electronic Article Surveillance*), con propósitos de vigilancia electrónica de artículos de venta. El bit permite disparar una alarma cuando la etiqueta atraviesa el campo de acción del interrogador. Por otro lado, este tipo de etiquetas también suele utilizarse en aplicaciones de recuento de objetos o individuos.

Los dispositivos que permiten almacenar hasta 128 bits suelen portan un número de serie o de identificación junto con, normalmente, bits de paridad. Tales dispositivos pueden ser programados por el usuario.

Las etiquetas con capacidades de hasta 512 bits son siempre programables por el usuario e ideales para alojar identificadores y otros datos específicos, como números de serie, contenido de paquetes, instrucciones de los procesos a realizar o posiblemente resultados de anteriores transferencias interrogador-transpondedor.

Las etiquetas que permiten albergar 64 kilobits o más son portadoras de ficheros de datos. Incrementando la capacidad, el servicio puede también permitir la organización de los datos en campos o páginas que pueden ser selectivamente interrogadas durante el proceso de lectura.

- **Velocidad de Lectura de Datos**

La velocidad de lectura de los datos depende principalmente de la frecuencia portadora. En términos generales, cuanta más alta sea dicha frecuencia, más alta será la velocidad de transferencia.

Un aspecto a considerar es la velocidad con que las etiquetas se mueven dentro de la zona de lectura. El tiempo que tarda una etiqueta en atravesar una zona de lectura debe ser superior al tiempo de lectura de la propia etiqueta, o no dará tiempo al lector para que pueda realizar adecuadamente la lectura. Este problema puede agravarse si son varias las etiquetas que el interrogador debe detectar, ya que cuando varios tags intentan transmitir sus datos a un mismo lector, el tiempo de lectura se multiplica por el número de tags.

Para etiquetas que poseen una alta capacidad de almacenamiento de datos, cuando se trata de leer toda la información almacenada en la etiqueta los tiempos de lectura serán en consecuencia elevados. En este sentido, la opción que poseen algunas etiquetas para realizar lecturas selectivas, por bloques o por sectores, puede ser muy beneficiosa para reducir considerablemente el tiempo de lectura.

A baja frecuencia (<135 KHz) una unidad lectora estándar tardará aproximadamente 0,012 segundos en capturar la información de una etiqueta, permitiendo una velocidad de 3 m/s. Para velocidades más rápidas se necesitarían antenas más grandes. Por ejemplo ha sido posible realizar lecturas cuando las etiquetas se movían velocidades de 65 m/s (unos 240 km/h).

- **Opciones de Programación**

Dependiendo del tipo de memoria que incorpore el transpondedor, los datos transportados pueden ser:

- *De sólo lectura*. Son dispositivos de baja capacidad, programados por el fabricante desde el primer momento. Normalmente portan un número de identificación o una clave a una base de datos donde existe información dinámica relativa al objeto, animal o persona a la que van adheridos.
- *De una escritura y múltiples lecturas*. Son dispositivos programables por el usuario, pero una única vez.
- *De lectura y escritura*. También son programables por el usuario pero adicionalmente permiten modificar los datos almacenados en la etiqueta. Los programadores permiten la escritura directamente sobre la etiqueta adherida al objeto en cuestión, siempre y cuando se encuentre dentro del área de cobertura del programador.

EPCGlobal[3], organización de empresas específicamente orientada a desarrollar estándares globales para un Código Electrónico de Producto (EPC, Electronic Product Code), tiene el objetivo de normalizar la información contenida en las etiquetas RFID. En la Tabla 2.3 se resumen los diferentes protocolos que especifica EPC junto con el tipo de etiquetas y rango de frecuencias que lleva asociadas.

[3] Más información: http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/ratifiedStandards.html

Protocolo	*Frecuencia*	*Tipo de etiqueta*
Clase 0	UHF	Sólo lectura
Clase 0 Plus	UHF	Lectura-escritura
Clase 1	HF/UHF	Una escritura múltiples lecturas
Clase 1 Gen2	UHF	Una escritura múltiples lecturas
Clase 2	UHF	Lectura y escritura
Clase 3	UHF	Clase 2 más batería y sensores
Clase 4	UHF	Etiquetas activas
Clase 5	UHF	Clase 4 + capacidad de lectura

TABLA 2.3. *Protocolos EPCGlobal para RFID.*

Cabe destacar que estas especificaciones se refieren al nivel físico (interfaz radio que permita leer la información en cualquier lugar del mundo) y de codificación (Código Electrónico del Producto unívoco). Aún está bajo desarrollo el interfaz de servicios de información, EPC-IS (EPC Information Services), que permitirá la automatización de las cadenas de suministro de las empresas.

- **Forma física**

Las etiquetas RFID pueden tener muy diversas formas, tamaños y carcasas protectoras, dependiendo de la utilidad para la que son creados. El proceso básico de ensamblado consiste en la colocación, sobre un material que actúa como base (papel, PVC), de una antena hecha con materiales conductivos como la plata, el aluminio o el cobre. Posteriormente se conecta el microchip a la antena y opcionalmente se protege el conjunto con un material que le permita resistir condiciones físicas adversas. Este material puede ser PVC, resina o papel adhesivo.

Una vez construida la etiqueta, su encapsulación puede variar de modo que faciliten su inserción o acoplamiento a cualquier material (madera, plástico, piel,...).

Con respecto al tamaño, es posible desarrollar etiquetas del orden de milímetros hasta unos pocos centímetros. Por ejemplo los transpondedores empleados en la identificación de ganado, que son insertados bajo la piel del animal, miden entre 11 y 34 mm, mientras que aquellos que se encapsulan en discos o monedas, suelen tener un diámetro de entre 3 y 5 cm. Las etiquetas inteligentes RFID tienen las medidas estandarizadas de 85,72 mm x 54,03 mm x 0,76 mm ± tolerancias.

Algunas de las formas que pueden albergar un transpondedor pueden agruparse en:

- Transpondedores encapsulados en ampollas, monedas, pilas, llaves, relojes, varillas, cápsulas, discos, botones,... La figura que sigue da una idea de la amplia variedad de formas que existen.

P-LABEL TAG

Etiquetas adhesivas de papel

F-LABEL TAG

Etiquetas adhesivas de papel

INLET TAG

Etiquetas adhesivas sin sustrato

ISO CARD

Tarjetas identificativas de PVC

K-TAG

Llavero para identificación
en accesos

ACTIVE CARD TAG

Tarjeta identificativa
de muy largo alcance

B-TAG, CD-TAG

Tag adhesiva circular

D-TAG

Disco para identificación

TEX TAG

Etiquetas plásticas de alta
resistividad para textil

ACTIVE COMPACT TAG

Tag de largo alcance para objetos

ACTIVE W-TAG

Pulsera identificativa
de muy largo alcance

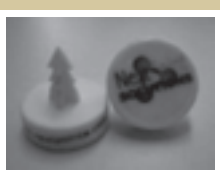
PHONE TAG

Tag especial y personalizable
para teléfonos móviles

THERMRF TAGS

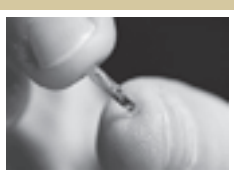
Etiquetas con sensor
de temperatura integrado

HAM TAG



Tag atóxico y reutilizable
para piezas de carne y jamón

MICRO TAG



Tag de vidrio para su inserción
en personas, animales u objetos

FIGURA 2.5. *Diversos formatos de etiquetas RFID.*

Fuente: Nextpoint Solutions.

FIGURA 2.6. *Ejemplos de etiquetas RFID comerciales.*

Fuente: Lowry Computer Products.

- Etiquetas inteligentes: pueden ser tarjetas o tickets, que tienen el mismo formato que las habituales tarjetas de crédito, a las que se le incorpora un tag RFID impreso. Esto permite la utilización de la tarjeta tradicional sin necesidad de contacto físico con un lector.

FIGURA 2.7. *Ejemplo de tarjetas inteligentes y aplicaciones.*

Fuente: AIM UK y Texas Instruments.

- **Costes**

Las principales variables que influyen en el coste de las etiquetas son el tipo y cantidad que se adquieran. Respecto a la cantidad, la relación está clara: cuantas más etiquetas se compren, menor será su precio.

En relación al tipo de etiquetas, se pueden considerar los siguientes factores:

- *La complejidad de la lógica del circuito*, de la construcción de la etiqueta o de su capacidad de memoria, influirá en el coste tanto de los transpondedores como de los lectores y programadores.
- *La forma de la etiqueta*, es decir, el modo en que el dispositivo es encapsulado para formar la etiqueta. Algunas aplicaciones pueden requerir carcasas robustas, mecánica o químicamente, o de alta tolerancia a las variaciones de la temperatura, debido a las condiciones de trabajo a las que deben funcionar. El encapsulado en dichas circunstancias puede representar una proporción significativa del coste total del transpondedor (el 30%).
- *La frecuencia de trabajo de la etiqueta*. En general, los transpondedores de baja frecuencia son más baratos que los de alta frecuencia.
- *El tipo de etiqueta:* posibilidades de lectura/escritura, activas o pasivas. Los tags pasivos son más baratos que los activos.

Para grandes cantidades de etiquetas, el precio puede variar entre unos pocos céntimos, para etiquetas muy simples, hasta decenas de euros para dispositivos más sofisticados.

El precio objetivo actualmente es de 5 céntimos de euro por etiqueta, pero cómo lograrlo implica un amplio debate, ya que el camino para alcanzarlo seguramente implicará reducir las actuales capacidades que se esperan de la etiqueta.

2.2.2 Lectores

Un lector o interrogador es el dispositivo que proporciona energía a las etiquetas, lee los datos que le llegan de vuelta y los envía al sistema de información. Asimismo, también gestiona la secuencia de comunicaciones con el lector.

Con el fin de cumplir tales funciones, está equipado con un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena. Además, el lector incorpora un interfaz a un PC, *host* o controlador, a través de un enlace local o remoto: RS232, RS485, Ethernet, WLAN (RF, WiFi, Bluetooth, etc.), que permite enviar los datos del transpondedor al sistema de información.

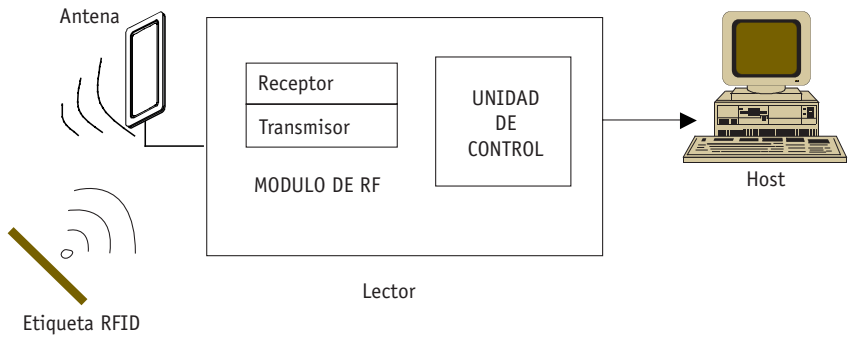


FIGURA 2.8. *Esquema de un lector de RFID.*

Fuente: Elaboración propia.

El lector puede actuar de tres modos:

- Interrogando su zona de cobertura continuamente, si se espera la presencia de múltiples etiquetas pasando de forma continua.
- Interrogando periódicamente, para detectar nuevas presencias de etiquetas.
- Interrogando de forma puntual, por ejemplo cuando un sensor detecte la presencia de una nueva etiqueta.

Los componentes del lector son, como podemos ver en la Figura 2.8, el módulo de radiofrecuencia (formado por receptor y transmisor), la unidad de control y la antena. A continuación se procede a describir un poco más cada uno de estos elementos.

- El **módulo de radiofrecuencia**, que consta básicamente de un transmisor que genera la señal de radiofrecuencia y un receptor que recibe, también vía radiofrecuencia, los datos enviados por las etiquetas. Sus funciones por tanto son:
    - Generar la señal de radiofrecuencia para activar el transpondedor y proporcionarle energía.

- Modular la transmisión de la señal para enviar los datos al transpondedor.
- Recibir y demodular las señales enviadas por el transpondedor.

- La **unidad de control**, constituida básicamente por un microprocesador. En ocasiones, para aliviar al microprocesador de determinados cálculos, la unidad de control incorpora un circuito integrado ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*), adaptado a los requerimientos deseados para la aplicación.

  La unidad de control se encarga de realizar las siguientes funciones:

  - Codificar y decodificar los datos procedentes de los transpondedores.
  - Verificar la integridad de los datos y almacenarlos.
  - Gestionar el acceso al medio: activar las etiquetas, inicializar la sesión, autenticar y autorizar la transmisión, detectar y corregir errores, gestionar el proceso de multilectura (anticolisión), cifrar y descifrar los datos, etc.
  - Comunicarse con el sistema de información, ejecutando las órdenes recibidas y transmitiéndole la información obtenida de las etiquetas.

  Una de las funciones más críticas que debe realizar la unidad de control es gestionar el acceso al medio. Cuando se transmite información mediante una tecnología que no requiere contacto físico, existe la posibilidad de que aparezcan interferencias que provoquen cambios indeseados a los datos transmitidos y, en consecuencia, errores durante la transmisión. Para evitar este problema se utilizan procedimientos de comprobación (checksum). Los más comunes son la comprobación de bits de paridad, comprobación de redundancia longitudinal (LRC, Longitudinal Redundancy Check) y comprobación de redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check).

  El número de etiquetas que un lector puede identificar en un instante de tiempo depende de la frecuencia de trabajo y del protocolo utilizado. Por ejemplo, en la banda de Alta Frecuencia suele ser de 50 tags por segundo, mientras que en la banda de Ultra Alta Frecuencia puede alcanzar las 200 tags por segundo.

- La **antena** del lector es el elemento que habilita la comunicación entre el lector y el transpondedor. Las antenas están disponibles en una gran variedad de formas y tamaños. Su diseño puede llegar a ser crítico, dependiendo del tipo de aplicación para la que se desarrolle. Este diseño puede variar desde pequeños dispositivos de mano hasta grandes antenas independientes. Por ejemplo, las antenas pueden montarse en el marco de puertas de acceso para controlar el personal que pasa, o sobre una cabina de peaje para monitorizar el tráfico que circula.

  La mayor parte de las antenas se engloban en alguna de las siguientes categorías:

  - Antenas de puerta (uso ortogonal).
  - Antenas polarizadas circularmente.

- Antenas polarizadas linealmente.
- Antenas omnidireccionales.
- Antenas de varilla.
- Dipolos o multipolos.
- Antenas adaptativas o de arrays.

FIGURA 2.9. *Distintos tipos de antenas de baja frecuencia. De pie: antenas de puerta; en el suelo: antenas de varilla.*

Fuente: Texas Instruments.

El elemento más característico de la antena del lector es la frecuencia de operación a la que trabaja el sistema. Sin embargo, existen otra serie de parámetros físicos que es necesario considerar: impedancia, máxima potencia permitida, ganancia, patrón de polarización (polarización X-Y o circular). Estos son los elementos clave que crean el campo de radiofrecuencia, pero a su vez están influenciados por otros parámetros, como la eficiencia de la antena o el tipo de acoplamiento con la antena de la etiqueta. En general, las posibilidades que brinda el tipo de antena, su conexión al lector y su ubicación son innumerables. Cabe destacar que algunos lectores (principalmente aquellos que trabajan en campo cercano, como los lectores de mano), incorporan la antena integrada en el lector, lo que reduce enormemente esta flexibilidad.

El principal aspecto a considerar a la hora de elegir una antena es el área de cobertura requerido para la aplicación, de modo que sea lo suficientemente grande para detectar las etiquetas, pero lo suficientemente pequeño para evitar lecturas espúreas no válidas que pueden afectar y confundir al sistema.

Otro aspecto que puede afectar a la cobertura es la orientación de la antena del lector con respecto a la etiqueta, que influye sobre la cantidad de potencia transferida al tag, afectando en ocasiones de forma significativa a la lectura.

A pesar de que las etiquetas pueden leerse en todas las orientaciones, en general el campo generado por la antena del lector tiene una dirección determinada. Este hecho influye especialmente en AF y UHF, pudiendo reducirse la cobertura al 50% o incluso imposibilitando la lectura de la etiqueta. Por ello, resulta conveniente buscar el acoplamiento óptimo entre ambas antenas, y si la orientación de la etiqueta no puede controlarse se debe buscar una compensación mediante un adecuado diseño de la antena.

Todos estos aspectos hay que tenerlos en cuenta antes de adquirir el lector, ya que en general todas las antenas RFID se presentan como productos finales, por lo que es necesario analizar previamente sus características. Sin embargo, la mayoría son sintonizables de modo que puedan ajustarse a la frecuencia de operación seleccionada para el sistema. Esto las hace susceptibles a multitud de factores externos, como son:

- Variaciones RF.
- Pérdidas por proximidad de metales.
- Variaciones del entorno.
- Efectos armónicos.
- Interferencias con otras fuentes de RF.
- Reflexiones de la señal.
- Diafonía (cross-talk).

El problema de desintonización de la antena, como consecuencia del efecto de estos factores, puede corregirse mediante la introducción de circuitos dinámicos autosintonizadores, que realimentan continuamente la antena para que ésta esté siempre bien sintonizada.

Una vez que una etiqueta es detectada y seleccionada, el lector puede realizar operaciones sobre ella, es decir, leer su información o escribir en ella. Después de finalizar la operación, el lector descarta la etiqueta para proceder a interrogar a la siguiente. Existen algoritmos como el “Protocolo Orden-Respuesta”, en el que el lector ordena a un transpondedor que cese su transmisión, cuando reconoce que ya ha recibido la información. Otro método alternativo, más seguro pero más lento y costoso, se denomina “Sondeo Selectivo”, donde el lector busca específicamente las etiquetas que tienen una determinada identificación y las interroga por turnos. Por último, otra aproximación, aunque más cara, incluye el empleo de varios lectores multiplexados en único interrogador.

Los lectores pueden variar su complejidad considerablemente dependiendo del tipo de transpondedor que tengan que alimentar y de las funciones que deban desarrollar. Una posible clasificación los divide en fijos o móviles dependiendo de la aplicación que se considere.

- Los dispositivos fijos se posicionan en lugares estratégicos como puertas de acceso, lugares de paso o puntos críticos dentro de una cadena de ensamblaje, de modo que puedan monitorizar las etiquetas de la aplicación en cuestión.

FIGURA 2.10. *Lector RFID fijo.*

Fuente: GrupoHasar.

- Los lectores móviles suelen ser dispositivos de mano. Incorporan una pantalla LCD, un teclado para introducir datos y una antena integrada dentro de una unidad portátil. Por esta razón, su radio de cobertura suele ser menor.

FIGURA 2.11. *Lectores RFID de mano.*

Fuente: GrupoHasar.

Los principales parámetros que caracterizan un lector RFID son:

- *Frecuencia de operación*. El lector puede funcionar a baja frecuencia, alta frecuencia, ultra alta frecuencia y frecuencia de microondas. Ya existen en el mercado lectores multifrecuencia.
- *Protocolo de funcionamiento*. Muchas compañías ofrecen soporte multiprotocolo (ISO, propietarios...), pero no admiten todos los protocolos existentes.
- *Tipo de regulación que siguen*. Por ejemplo, existen distintas regulaciones de frecuencia y de potencia en Estados Unidos y en Europa:
    - La banda de UHF funciona a 902–930 MHz en Estados Unidos y a 869 MHz en Europa.
    - La máxima potencia permitida es de 2 Watios en Estados Unidos y 0,5 Watios en Europa.
- *Interfaz con el sistema host:*
    - TCP/IP.
    - WLAN.
    - Ethernet (10BaseT).
    - Serie: RS 232, RS 485.
- *Capacidad para multiplexar muchos lectores:*
    - A través de concentradores.
    - A través de middleware.
- *Capacidad para actualizar el software del lector on-line:*
    - Vía Internet.
    - Vía interfaz con el host.
- *Capacidad para gestionar múltiples antenas*, típicamente 4 antenas/lector.
- *Capacidad para interactuar con otros productos de* middleware.
- *Entrada/salida digital* para conectar otros dispositivos tales como sensores externos o circuitos de control adicionales.

2.2.3 Programadores

Los programadores son los dispositivos que permiten escribir información sobre la etiqueta RFID. La programación se realiza una vez sobre las etiquetas de sólo lectura o varias veces si las etiquetas son de lectura/escritura. Es un proceso que generalmente se suele llevar a cabo "fuera de línea", es decir, antes de que el producto entre en las distintas fases de fabricación.

El radio de cobertura al que un programador puede operar, es generalmente menor que el rango propio de un lector, ya que la potencia necesaria para escribir es mayor. En ocasiones puede ser necesario distancias próximas al contacto directo.

Por otro lado, el diseño de los programadores permite una única escritura cada vez. Esto puede resultar engorroso cuando se requiere escribir la misma información en múltiples etiquetas. Sin embargo, nuevos desarrollos de programadores vienen a satisfacer la necesidad de realizar la programación de múltiples etiquetas.

Existen sistemas en los que la reprogramación puede desarrollarse "en línea", es decir, permaneciendo la etiqueta sobre el articulo cuya información o identificación porta. Esto resulta especialmente interesante si se trata de un fichero de datos interactivo, que va cambiando dentro de un proceso de producción. De este modo, los datos pueden irse modificando según el artículo vaya pasando por las distintas etapas de producción. El hecho de quitar la etiqueta del artículo para poder escribir la nueva información reduciría en gran medida las ventajas de flexibilidad inherentes a la tecnología RFID.

La combinación de las funciones de un lector/interrogador con las de un programador permite recuperar y modificar los datos que porta el transpondedor en cualquier momento, sin comprometer la línea de producción.

Un tipo especial de programador es la impresora RFID. Existen impresoras con capacidad de lectura/escritura, que permiten programar las etiquetas a la vez que se imprime con tinta de información visible. Antes de realizar la escritura de la etiqueta, deben introducirse los datos deseados en la impresora. Una vez escritos, un lector a la salida comprueba la fiabilidad de los datos. Evidentemente este tipo de programación debe realizarse sobre etiquetas especiales hechas de materiales flexibles y que permiten la impresión en su exterior. Algunos sistemas comerciales con este tipo de etiquetas son fabricados por Zebra y Printronix.

FIGURA 2.12. *Ejemplo de Impresora RFID Printronix.*

Fuente: Printronix.

2.2.4 Middleware

El *middleware* es el software que se ocupa de la conexión entre el hardware de RFID y los sistemas de información existentes (y posiblemente anteriores a la implantación de RFID) en la aplicación. Del mismo modo que un PC, los sistemas RFID hardware serían inútiles sin un software que los permita funcionar. Esto es precisamente el middleware. Se ocupa, entre otras cosas, del encaminamiento de los datos entre los lectores, las etiquetas y los sistemas de información, y es el responsable de la calidad y usabilidad de las aplicaciones basadas en RFID.

El middleware de RFID se ocupa por tanto de la transmisión de los datos entre los extremos de la transacción. Por ejemplo, en un sistema RFID basado en etiquetas, en el proceso de lectura se ocuparía de la transmisión de los datos almacenados en una de las etiquetas al sistema de información. Las cuatro funciones principales del middleware de RFID son:

- *Adquisición de datos*. El middleware es responsable de la extracción, agrupación y filtrado de los datos procedentes de múltiples lectores RFID en un sistema complejo. Sin la existencia del middleware, los sistemas de información de las empresas se colapsarían con rapidez. Por ejemplo, se ha estimado que cuando Walmart empezó a utilizar RFID, generaba del orden de 2 TBytes de datos por segundo.
- *Encaminamiento de los datos*. El middleware facilita la integración de las redes de elementos y sistemas RFID de la aplicación. Para ello dirige los datos al sistema apropiado dentro de la aplicación.

- *Gestión de procesos*. El middleware se puede utilizar para disparar eventos en función de las reglas de la organización empresarial donde opera, por ejemplo, envíos no autorizados, bajadas o pérdidas de stock, etc.
- *Gestión de dispositivos*. El middleware se ocupa también de monitorizar y coordinar los lectores RFID, así como de verificar su estado y operatividad, y posibilita su gestión remota.

Muchos de los middleware desarrollados o en desarrollo se ajustan a los estándares de EPCglobal, conocidos como Savant. La especificación Savant ordena los componentes del middleware de acuerdo a sus funciones.

En la actualidad, el desarrollo del middleware dista de ser algo acabado. Los sistemas actuales se centran sobre todo en la integración y la coordinación, con funciones de filtrado básicas. La evolución será hacia la gestión avanzada de dispositivos, integración de aplicaciones, integración de *partners*, gestión de procesos y posibilidad de desarrollo de aplicaciones.

Debido al reciente interés que ha surgido en el middleware, han aparecido gran cantidad de suministradores, aunque no se puede decir que en la actualidad exista ninguno que sea dominante. Algunos de los actores en el mercado en este momento son:

- Proveedores de software de aplicación empresarial, que ofrecen adiciones RFID a las aplicaciones de software empresarial existentes. Como ejemplo destacamos Provia, Maniatan Associates y RedPrairie.
- Proveedores de software de infraestructura, como Sun, IBM, Oracle, SAP, y Microsoft, que están ampliando sus productos middleware existentes para incluir RFID.
- Los fabricantes de equipamiento RFID extienden sus líneas de producto y se introducen en el mercado del middleware. Como ejemplos tenemos Zebra, Check Point e Internec.
- Empresas recién llegadas a este ámbito, como GlobeRanger, OutSystems, ConnecTerra y Data Brokers, ofrecen productos para filtrado de datos y gestión y aplicación de reglas de negocio empresarial.

2.2.5 Sistema de información

De manera similar a los códigos de barras estándar, las etiquetas RFID son simplemente un modo automatizado para proporcionar datos de entrada al sistema cliente. Sin embargo, las etiquetas RFID son capaces de proporcionar también una salida automatizada del sistema hacia la etiqueta, permitiendo la actualización dinámica de los datos que ésta porta.

El sistema de información se comunica con el lector según el principio maestro-esclavo. Esto quiere decir que todas las actividades realizadas por lector y transpondedores son iniciadas por la aplicación software. Cuando el lector recibe una orden de esta aplicación, establece una comunicación con los transpondedores, comunicación en la que a su vez el lector ejerce de maestro y los tags de esclavos.

El principal objetivo de la aplicación software es gestionar y tratar los datos recibidos por el lector. El sistema debe ser lo suficientemente robusto para poder manejar las múltiples lecturas que permiten realizar los sistemas RFID, coordinar tiempos y flujos de información, gestionar los distintos eventos, soportar las realimentaciones de los usuarios, introducir las actualizaciones del sistema cuando sea requerido e integrarlo con otros sistemas de información de la empresa. En todos los casos el sistema cliente necesitará modificaciones software para integrar los datos proporcionados por el lector y el programador. Sin la posibilidad de acceder a todas estas funcionalidades, el sistema RFID perderá en eficacia y no proporcionará el deseado retorno de la inversión.

Algunos de los sistemas de información de la empresa con los que se puede integrar un sistema RFID son: el sistema de planificación de recursos ERP (*Enterprise Resource Planning*), el sistema de gestión de almacenes WMS, (*Warehouse Management System*), el sistema de albaranes y comprobantes de entrega POD (*Proof Of Delivery*) o el sistema de comprobantes de recogida POC (*Proof Of Collection*).

2.3 Tipos de sistemas

La frecuencia de utilización es el elemento más determinante a la hora de desplegar un sistema RFID. Por ello en este apartado se va a realizar un análisis de las implicaciones que supone trabajar en las distintas bandas de frecuencia.

Ya hemos visto que existen cuatro posibles frecuencias de funcionamiento: baja frecuencia, alta frecuencia, ultra alta frecuencia y frecuencia de microondas. En apartados sucesivos se va a proceder a realizar un análisis sobre las características de los sistemas RFID propias para cada rango. Previamente, se exponen las características que se van a considerar.

- *Capacidad de almacenamiento de datos*. Corresponde a la memoria de la etiqueta, para almacenar códigos o directamente datos.
- *Velocidad y tiempo de lectura de datos*. Es el parámetro que más se ve afectado por la frecuencia. En términos generales, cuanto más alta sea la frecuencia de funcionamiento mayor será la velocidad de transferencia de los datos. Esta circunstancia está estrechamente relacionada con la disponibilidad de ancho de banda en los rangos de frecuencia utilizados para realizar la comunicación. El ancho de banda del canal debe ser al menos dos veces la tasa de bit requerida para la aplicación deseada. Sin embargo, no es aconsejable seleccionar anchos de banda elevados, ya que según aumenta el ancho de banda aumentará también el nivel de ruido recibido, lo que redundará en una reducción de la relación señal a ruido.

  El tiempo de lectura dependerá lógicamente de la velocidad de lectura y de la cantidad de datos que hay que transmitir.
- *Cobertura*. Además de la frecuencia, la cobertura depende también de la potencia disponible en la etiqueta, de la aportada por la antena del lector y de las condiciones del entorno de la aplicación. El valor real será siempre función de estos parámetros y de la configuración final del sistema. Por este motivo, los valores que se presentan para cada banda, son meramente orientativos.

Se considera una cobertura pequeña los valores inferiores a 1 metro, mientras que las coberturas superiores a 1 metro se consideran altas.

- *Características de la zona de lectura:* orientación de la etiqueta, influencia de los obstáculos, influencia de las interferencias.
- *Costes*.
- *Áreas de aplicación más adecuadas*.

2.3.1 Sistemas de baja frecuencia (135 KHz)

Los sistemas RFID de baja frecuencia suelen emplear etiquetas pasivas y utilizan para su funcionamiento el acoplamiento inductivo. Poseen pocos requisitos regulatorios.

Capacidad de datos

En el caso usual de etiquetas pasivas, la capacidad de datos es baja, de alrededor de 64 bits. Si se trata de etiquetas activas, éstas permiten una capacidad de almacenamiento de hasta 2 kbits.

Velocidad y tiempo de lectura de datos

Las tasas de transferencia de datos son bajas, típicamente entre 200 bps y 1 kbps.

Por ejemplo, una etiqueta de 96 bits transmitiéndose a una velocidad de 200 bps, necesitará 0,5 segundos para ser leída, lo que implica un tiempo de lectura muy lento.

Cobertura

Al tratarse de un sistema inductivo, el campo magnético decrece muy rápidamente con la distancia (con el inverso del cubo de la distancia) y con las dimensiones de la antena. Este hecho puede verse como una ventaja en aplicaciones donde se requiera que la zona de cobertura esté estrictamente limitada a un área pequeña (en controles de producción).

Las antenas que utilizan son pequeñas y complejas, pero la tecnología está muy desarrollada.

Las etiquetas pasivas suelen poseer una cobertura pequeña, que alcanza como mucho los 0,5 metros, aunque depende también de la potencia disponible en la etiqueta.

Las etiquetas activas pueden superar los 2 metros, aunque este rango también depende de la potencia, construcción, configuración de la antena y tamaño.

Zona de lectura

La penetración en materiales no conductores es buena, pero no funcionan bien con materiales conductores. Este problema se incrementa con la frecuencia. Además son muy susceptibles a interferencias electromagnéticas industriales de baja frecuencia.

Costes

Dependen en gran medida de la forma y de las necesidades del sistema. En general, se puede decir que las etiquetas tanto activas como pasivas que se utilizan en los sistemas RFID de baja frecuencia son caras, en relación a aquellas que se utilizan en frecuencias superiores. Esto se debe a la naturaleza de los componentes utilizados, incluyendo la antena en espiral necesaria, y a que los costes de fabricación son elevados en comparación con las etiquetas que trabajan a frecuencias superiores. Sin embargo, la construcción del chip y el encapsulado resulta más barato.

Además, los lectores y programadores son simples y su coste de fabricación es menor que los de frecuencias más altas.

Áreas de aplicación

Aptas para aplicaciones que requieran leer poca cantidad de datos y para pequeñas distancias. Por ejemplo: control de accesos, identificación de animales, gestión de bienes, identificación de vehículos y contenedores, y como soporte a la producción.

El control de accesos es sin duda la aplicación más extendida para este intervalo de frecuencias. Sin embargo, hay que considerar la baja cobertura y pequeña capacidad de memoria de las etiquetas pasivas, por lo que para este tipo de aplicaciones en ocasiones puede ser necesario el empleo de etiquetas activas para ampliar la zona de lectura y poder mejorar la seguridad encriptando la información.

Las etiquetas de baja frecuencia también aparecen en la identificación animal con el fin de gestionar el ganado, identificar y controlar las especies protegidas o identificar animales domésticos.

2.3.2 Sistemas de alta frecuencia (13,56 MHz)

La mayoría de los sistemas que trabajan a 13,56 MHz utilizan etiquetas RFID pasivas y su principio de funcionamiento básico, al igual que en baja frecuencia, se basa en el acoplamiento inductivo.

Capacidad de datos

Las etiquetas (pasivas) suelen poseer capacidades típicas que van desde 512 bits (frecuentemente portan un número unívoco de identificación industrial de 64 bits) hasta 8 kbits, divididos en sectores o bloques que permiten direccionar los datos.

Velocidad y tiempo de lectura de datos

Típicamente la velocidad de datos suele ser de unos 25 Kbps (menor si se incluyen algoritmos de comprobación de errores de bit). También están disponibles dispositivos con tasas mayores de 100 Kbps.

Los sistemas RFID a esta frecuencia son capaces de leer aproximadamente 40 etiquetas por segundo.

Por ejemplo 512 bits transmitiéndose a 25 Kbps tardan aproximadamente 0,02 segundos. Por tanto en leer 40 etiquetas, se empleará 1 segundo.

Cobertura

Típicamente las etiquetas pasivas poseen un radio de cobertura de alrededor de 1 metro.

Zona de lectura

Posee una buena penetración en materiales y líquidos no conductores. Sin embargo, no funciona bien cuando existen materiales metálicos en la zona de lectura, ya que éstos producen reflexiones en la señal. Su inmunidad al ruido por interferencias electromagnéticas industriales de baja frecuencia es mejor que para los sistemas de Baja Frecuencia.

La orientación de la etiqueta puede resultar otro problema según aumenta la distancia, debido a las características vectoriales de los campos electromagnéticos. Este efecto puede contrarrestarse mediante la utilización de antenas de transmisión más complejas.

Costes

El diseño de la antena del tag es sencillo, por lo que su coste es menor que a BF.

El coste depende principalmente de la forma de la etiqueta y de su aplicación. Por ejemplo, los sistemas de RFID que utilizan tarjetas inteligentes son los más baratos dentro de la categoría de alta frecuencia. Por ejemplo, los sistemas de RFID que utilizan tarjetas inteligentes son los más baratos dentro de la categoría de alta frecuencia.

Áreas de aplicación

Al igual que en BF, los sistemas de AF son aptos para aplicaciones que requieran leer poca cantidad de datos y a pequeñas distancias. Es el caso de la gestión de maletas en

aeropuertos, bibliotecas y servicios de alquiler, seguimiento de paquetes y aplicaciones logísticas en la cadena de suministros.

2.3.3 Sistemas de ultra alta frecuencia (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz)

Los sistemas RFID que trabajan a Ultra Alta Frecuencia basan su funcionamiento en la propagación por ondas electromagnéticas para comunicar los datos y para alimentar la etiqueta en caso de que ésta sea pasiva.

Capacidad de datos

Están disponibles etiquetas activas y pasivas con capacidades típicas desde los 32 bits (frecuentemente portan un número unívoco de identificación) hasta los 4 Kbits, típicamente divididos en páginas de 128 bits para permitir direccionar los datos.

Velocidad y tiempo de lectura de datos

La velocidad de transferencia de datos está típicamente alrededor de 28 kbps (menor si se incluyen algoritmos de comprobación de errores de bit) pero también están disponibles velocidades mayores.

Permite la lectura de aproximadamente 100 etiquetas por segundo. Por ejemplo 32 bits transmitidos a 28 Kbps tardan 0,001 segundos. Por tanto en leer 100 etiquetas se emplearán 0,1 segundos.

Cobertura

Las etiquetas de UHF pasivas pueden alcanzar una cobertura de 3 ó 4 metros. Trabajando con etiquetas activas y a la frecuencia más baja, 433 MHz, la cobertura puede alcanzar los 10 metros.

Sin embargo, la cobertura está significativamente influenciada por las regulaciones de los distintos países correspondientes a la cantidad de potencia permitida, que es menor en Europa que en Estados Unidos. La estandarización es insuficiente y la tecnología poco madura.

Sin ir más lejos, en Europa, donde la potencia máxima emitida por el lector es de 0,5 Watios, el alcance del sistema puede reducirse hasta los 33 centímetros. Se espera que este valor se incremente hasta los 2 metros, cuando la potencia máxima permitida aumente hasta 2 Watios.

Zona de lectura

Posee una buena penetración en materiales conductores y no conductores, pero presenta dificultades ante la presencia de líquidos (agua). Su inmunidad al ruido por interferencias electromagnéticas industriales de baja frecuencia es mejor que para los sistemas de baja frecuencia, pero debe considerarse la influencia de otros sistemas de UHF operando en las proximidades.

La orientación de la etiqueta también puede resultar un problema a esta frecuencia, debido a las características vectoriales de los campos electromagnéticos. Este efecto puede contrarrestarse mediante la utilización de antenas de transmisión más complejas.

Costes

Los costes dependen principalmente de la forma. Las tarjetas inteligentes presentan un coste razonable, representando la opción más barata dentro de la categoría de sistemas RFID UHF. En grandes cantidades, estos tags a UHF pueden ser más baratos que los de frecuencias más bajas.

Áreas de aplicación

Apta para aplicaciones que requieran distancias de transmisión superiores a las bandas anteriores, como en la trazabilidad y seguimiento de bienes y artículos, y logística de la cadena de suministros.

2.3.4 Sistemas en frecuencia de microondas (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz)

Capacidad de datos

Están disponibles sistemas de etiquetas activas y pasivas, con capacidades que van típicamente desde 128 bits hasta dispositivos de 512 Kbits, que pueden dividirse en sectores o bloques para permitir direccionar los datos.

Velocidad y tiempo de lectura de datos

Depende del diseño de la etiqueta, pero suele ser elevada. La velocidad típica está por debajo de los 100 kbps, aunque algunos dispositivos pueden alcanzar 1 Mbps. Por ejemplo 32 kbits transmitidos a 100 kbps tardan 0,3 segundos. Si lo que mide son bloques de 128 bits, de 40 etiquetas, se emplearán 0,05 segundos.

Cobertura

Buen rango de trabajo, abarcando regiones de entre 1 y 2 metros para dispositivos pasivos y hasta 15 metros o más, para dispositivos activos.

Zona de lectura

Posee una buena penetración en materiales no conductores, pero no así en líquidos que contienen agua, donde el coeficiente de absorción es importante. Es reflejado por metales y otras superficies conductoras. Es susceptible al ruido. Se trata de una banda de trabajo compartida.

Costes

Los costes dependen principalmente de la forma y el modo de alimentación (activo/pasivo).

Áreas de aplicación

Apta para aplicaciones que requieran alta cobertura y velocidades de transmisión elevadas. Por ejemplo: automatización en la fabricación, control de accesos, peaje de carreteras, logística de la cadena de suministros y aplicaciones logísticas militares.

A continuación se realiza una comparativa de las características de las etiquetas, dependiendo del intervalo de frecuencia de trabajo.

Parámetros	*Baja frecuencia (<135 KHz)*	*Alta frecuencia (13,56 MHz)*	*Ultra alta Frecuencia (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz)*	*Frecuencia microondas (2,45 GHz, 5,8 GHz)*
Cobertura	Menor	←	→	Mayor
Tamaño de la etiqueta	Mayor	←	→	Menor
Velocidad de lectura de datos	Menor	←	→	Mayor
Lectura en presencia de líquidos o metales	Mejor	←	→	Peor
Lectura en presencia de interferencias EM	Peor	←	→	Mejor

TABLA 2.4. *Comparativa de las características asociadas a cada rango de frecuencia.*

Por último, queremos resaltar que un gran avance en España, de gran relevancia para el impulso definitivo de la RFID en nuestro país, llegó en enero de 2007, de la mano de la Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías, quién aprobó la liberalización de frecuencias 865-868 MHz para usos UHF RFID. Esta nueva legislación permite el uso libre de esta frecuencia sin necesidad de solicitar ningún permiso a la Administración, además de asegurar la interoperabilidad entre países.

2.4 Comparativa con tecnologías competidoras

En el ámbito de las tecnologías de identificación automática existen otras alternativas a RFID. Por un lado están las tecnologías de identificación y captura de datos que se han venido utilizando hasta ahora, entre las que destaca claramente el código de barras, que ya ha alcanzado un alto grado de madurez y de penetración en el mercado. Por otro lado, aparecen nuevas tecnologías aún bajo estudio o incluso en sus primeros estadios de fase de implantación, algunas de las cuales se basan en ondas de radio (como RFID) y otras en lectores láser (como el código de barras).

En primer lugar vamos a comparar RFID con dos de las tecnologías de identificación competidoras que ya existen y están disponibles en el mercado: los códigos de barras y los botones de contacto. Las características que utilizaremos para realizar la comparación son:

- Posibilidad de modificar los datos.
- Seguridad de los datos.
- Cantidad de datos almacenados.
- Costes.
- Estándares.
- Vida útil.
- Distancia de lectura.
- Número de elementos que se pueden leer simultáneamente.
- Posibilidad de interferencias.

2.4.1 Códigos de barras

El código de barras se basa en la representación de la información mediante un conjunto de líneas paralelas verticales de distinto grosor y espaciado. De este modo, el código de barras permite, por ejemplo, reconocer rápidamente un artículo en un punto de la cadena logística y así poder realizar inventario o consultar sus características asociadas. Actualmente, el código de barras está implantado masivamente de forma global.

Los códigos de barras presentan diversas ventajas, como son la facilidad de implementación, bajo coste y amplia madurez y disponibilidad de productos. Como

contrapartida, los códigos de barras presentan diversos inconvenientes como su limitación de una única lectura cada vez, es decir, no se pueden leer varios códigos de barras de forma simultánea, o que únicamente se puede almacenar un código de información, sin poder añadir datos adicionales. Además, requieren línea de visión física para realizar la lectura así como que el código esté en la orientación adecuada.

Existen tres tipos principales de códigos:

- Códigos lineales.
- Códigos de barras 2-D.
- Códigos matriciales.

Seguidamente analizamos los tres tipos desde el punto de vista de las características mencionadas anteriormente.

Códigos lineales

Son los tradicionales códigos de barras. Ampliamente utilizados desde hace tiempo, se pueden encontrar hoy en día en cualquier tipo de producto. Están formados por una serie de bandas verticales alternando negras y blancas. En el patrón que forman se encuentra codificada la información. Su lectura se realiza mediante un escáner LED o Láser.

FIGURA 2.13. *Código de barras de Wikipedia.*

Fuente: Wikipedia.

- *Posibilidad de modificar los datos*. No existe. Una vez impreso el código de barras, no se puede modificar.
- *Seguridad de los datos*. No usan cifrado, y el estándar es bien conocido.
- *Cantidad de datos almacenados*. Pueden almacenar hasta 30 caracteres.
- *Costes*. Muy bajos.
- *Estándares*. Aunque existen más de 200 esquemas diferentes de códigos de barras en uso, existen cuatro tipos dominantes: UPC/EAN, Interleaved 2-of-5, Código 39 y

Código 128, y se encuentran cubiertos por la *International Organization for Standarization* (ISO).

- *Vida útil*. Baja, pues se trata de información impresa que tiende a borrarse con el tiempo, aunque se pueden proteger.
- *Distancia de lectura*. Necesitan línea de visión, por lo que la lectura debe ser cercana (del orden de un metro).
- *Número de elementos que se pueden leer simultáneamente*. Sólo se puede leer un código cada vez.
- *Posibilidad de interferencias*. Los códigos de barras no suelen tener corrección contra errores, y los daños físicos en la etiqueta del código pueden imposibilitar su lectura. Además son sensibles al polvo y a la suciedad, tanto en la etiqueta como en las lentes del lector.

Códigos de barras 2-D

Estos códigos consisten en una pila de códigos de barras muy cortos dispuestos ordenadamente para su descodificación. El estándar más utilizado es PDF 417.

FIGURA 2.14. *Ejemplo de código de barras 2-D con el estándar PDF 417.*
Fuente: BarCode 1.

Sus características son muy semejantes a las del código lineal. Sus principales diferencias son:

- *Seguridad de los datos*. Emplean corrección de errores mediante códigos Reed-Solomon, con lo que se podría destruir parte de la etiqueta sin destruir la información.
- *Cantidad de datos almacenados*. Pueden almacenar hasta 1 Kbyte.
- *Costes*. Muy bajos.
- *Estándares*. PDF 417 es un estándar de ISO.
- *Posibilidad de interferencias*. Son más robustos a los errores de lectura que los códigos lineales, aunque cantidades importantes de polvo o suciedad los pueden inutilizar por completo.

Códigos matriciales

Están formados por elementos simples (puntos o cuadrados) dispuestos formando un modelo bidimensional. Éstas son las diferencias fundamentales con el código de barras lineal:

- *Seguridad de los datos*. Semejante a la de los códigos de barras 2-D.
- *Cantidad de datos almacenados*. Semejante a la de los códigos de barras 2-D.
- *Costes*. Más altos que los anteriores.
- *Estándares*. Existen diferentes estándares, pero los más importantes son: Data Matrix, códigos QR y MaxiCode.

FIGURA 2.15. *Código QR.*

Fuente: QR Code.com.

2.4.2 Botones de contacto

Aunque no se trata de una tecnología muy extendida, y cuenta con pocos suministradores, ha tenido cierta utilización y es potencialmente alternativa a la RFID, por lo que la comentaremos en este apartado. Requiere contacto físico entre el lector y la etiqueta en forma de botón para realizar la lectura.

FIGURA 2.16. *Brazalete médico con memoria de botón.*

Fuente: Macsema Inc.

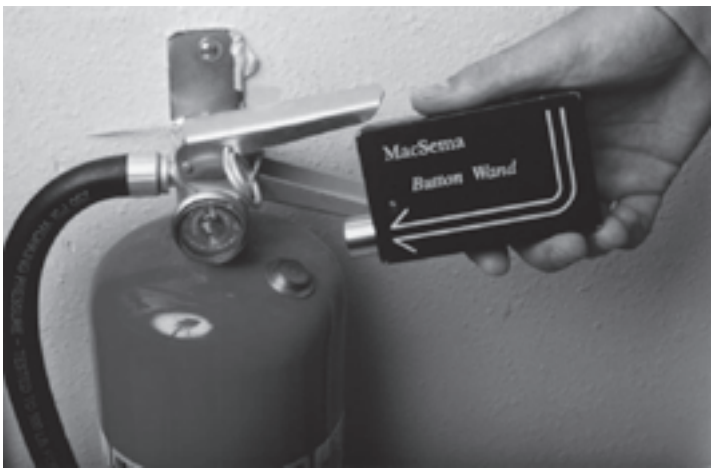


FIGURA 2.17. *Ejemplo de dispositivo lector.*

Fuente: Macsema Inc.

Sus características más relevantes son:

- *Posibilidad de modificar los datos*. La información almacenada en un botón puede leerse y escribirse muchas veces.
- *Seguridad de los datos*. Los datos pueden estar cifrados.
- *Cantidad de datos almacenados*. Hasta 8 MB.
- *Costes*. A partir de 0,5€.
- *Estándares*. Se trata de tecnologías propietarias, y no existe un estándar aceptado universalmente.
- *Vida útil*. Al requerirse contacto físico, la vida útil queda limitada.
- *Distancia de lectura*. Se requiere contacto físico entre el lector y la etiqueta.
- *Número de elementos que se pueden leer simultáneamente*. Sólo se puede leer una etiqueta cada vez.
- *Posibilidad de interferencias*. Al requerirse contacto físico, el peligro de interferencias es menor.

2.4.3 Tecnologías competidoras emergentes

Como ya hemos comentado, existen otras tecnologías aún en fase emergente, que pueden considerarse competidoras de RFID por ofrecer funcionalidades parecidas. A continuación se describen brevemente.

- *Surface Acoustic Waves* (SAW)[4] (Ondas Acústicas de Superficie).

  La principal ventaja de la tecnología SAW es la posibilidad de disponer de etiquetas de lectura a muy bajo coste, principalmente gracias a que no requiere un chip de procesado. Su funcionamiento es el siguiente: una vez que el tag recibe la señal radio del lector, un simple transductor en el tag la convierte en onda acústica, que incide sobre la superficie metálica construida sobre él a tal efecto (ver Figura 2.18). Esta superficie reacciona según un patrón preestablecido, reflejando la señal acústica de vuelta hacia el transductor que la convierte de nuevo en señal de radio. El efecto final es muy similar al de RFID pero, al no requerir chip de procesado, el coste es significativamente menor. Otra ventaja es que funciona muy bien en presencia de líquidos y metales, al contrario que RFID en HF y UHF. Como inconvenientes aparece que las etiquetas no son modificables (se codifican en fabricación) y que aún existen problemas para evitar colisiones entre lecturas.

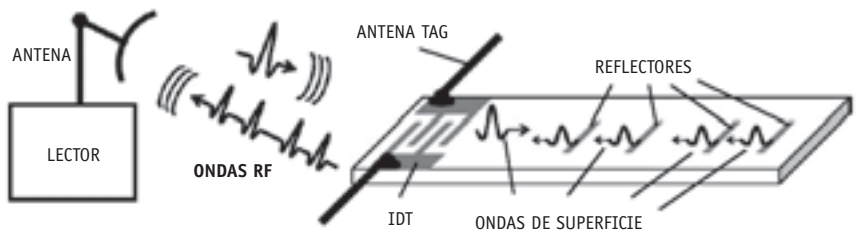


FIGURA 2.18. *Funcionamiento de SAW.*

Fuente: RFID Magazine

- *Tags celulares.* El etiquetado celular tiene el inconveniente de que las células mueren y por ello es preciso reemplazar el tag fecuentemente. Sin embargo, este tipo de etiquetado es probable que tenga éxito para tratamientos médicos, ya que ofrece identificación durante la duración del tratamiento y luego se desecha. Además se pueden usar para identificar/marcar células cancerosas o para guiar a robots quirúrgicos durante una operación. Sin embargo, las posibilidades ofrecidas por RFID, su bajo coste, facilidad de implantación y de lectura... parece que superan los beneficios de los tags celulares.

- *Tags UWB (Ultra Wide Band)*[5]. La transmisión de señales simultáneamente en múltiples bandas de frecuencia pero emitiendo una potencia muy baja, dota a esta tecnología de un mayor rango de operación, menor consumo de energía y mayor robustez frente a interferencias. Sin embargo, el coste de este tipo de etiquetas es significativamente mayor (unos 40-50€).

---

[4] Más información: http://www.rfsaw.com

[5] La empresa Parco Wireless ha preparado un área de demostración para exponer las ventajas de las etiquetas RFID: la demo recrea un entorno hospitalario donde se etiqueta a pacientes y a equipamiento médico y paramédico para su localización.

- *Tags ópticos*[6]: Requieren una precisa orientación para ser leídos, lo que los hace poco prácticos para la mayoría de las aplicaciones que consideramos. Su potencial ventaja es que permite proporcionar diferente información en función del ángulo de lectura. Esta característica puede ser de gran utilidad en aplicaciones de alta seguridad, en las que sólo el ángulo adecuado asegura una correcta información. Su falsificación es realmente complicada. Además es posible combinar la información procedente de varios lectores para dotar de aún más seguridad a la información.
- *Tags de ADN*[7]. Etiquetas que embeben pequeños fragmentos de ADN, para sistemas antirrobo y antifalsificación.
- *Tags de software*[8]. Aunque la tecnología difiere significativamente en relación a las etiquetas RFID, su funcionalidad es muy similar. Se trata de una aplicación que permite asociar una determinada imagen o patrón (líneas/cuadros blancos/negros) a un enlace a Internet con información. Muy útil para acceder a gran cantidad de información relacionada con el objeto etiquetado.

Al estar estas tecnologías en un estado incipiente, no es posible realizar una comparación de los factores críticos como en casos anteriores.

2.4.4 RFID

Aunque sus características generales han sido vistas en profundidad anteriormente, a efectos de efectuar una adecuada comparación incluimos los aspectos considerados en las tecnologías consideradas anteriormente:

- *Posibilidad de modificar los datos*. Depende del estándar que se utilice, aunque sí es posible. Por ejemplo, utilizando el estándar EPC, existen básicamente varias clases de etiquetas: de sólo lectura, de una escritura y múltiples lecturas o de lectura-escritura.
- *Seguridad de los datos*. En las últimas generaciones de dispositivos RFID es posible cifrar los datos, de forma que no puedan ser leídos con lectores RFID estándar.
- *Cantidad de datos almacenados*. Hasta 1 MB de información en los últimos prototipos.
- *Costes*. En descenso a medida que se aplican los últimos avances tecnológicos. El objetivo de hace unos años de alcanzar los 0,05€ por etiqueta parece cada vez más cercano, aunque lógicamente depende del tipo de etiqueta.
- *Estándares*. Existen diferentes estándares universalmente aceptados, y relacionados con la banda de frecuencia utilizada, que como ya hemos visto, determina el tipo de sistema RFID. Los dos estándares principales son el estándar EPC y el estándar ISO.

[6] El MIT ha desarrollado prototipos de este tipo de etiquetas.

[7] La American Applied DNS Science está desarrollando este tipo de tags.

[8] Ejemplo: http://www.semapedia.org/

- *Vida útil*. Al no haber necesidad de contacto físico ni de baterías, la vida útil de las etiquetas pasivas es muy grande. Las etiquetas activas tienen limitada su vida útil a la duración de su batería.

- *Tamaño*. En general, desde el tamaño de un botón o un caramelo hasta el tamaño de un paquete de tabaco. No obstante, Hitachi ha anunciado recientemente su mu-chip, un chip RFID con tecnología de 2,4 GHz y un tamaño de 0,4 x 0,4 mm, con un espesor de 0,06 mm.

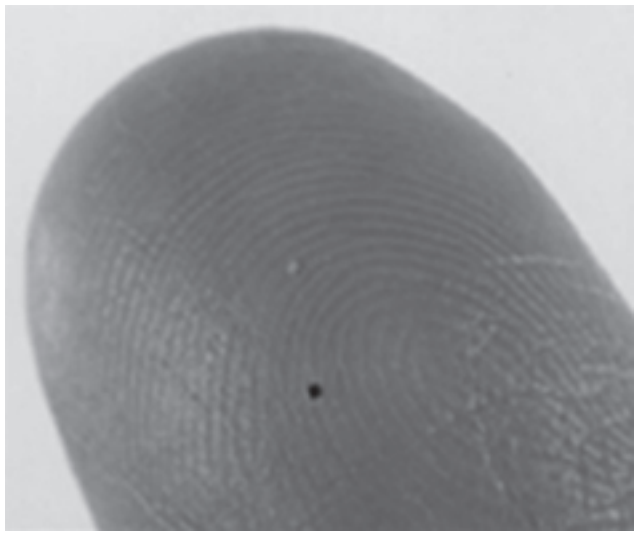


FIGURA 2.19. *El mu-chip.*
Fuente: Hitachi.

- *Distancia de lectura*. Las etiquetas pasivas tienen un alcance del orden del metro, y las activas pueden tener un alcance de decenas de metros. Además, para realizar la lectura o escritura no se necesita línea de visión directa.

- *Número de elementos que se pueden leer simultáneamente*. Un lector puede leer cientos de etiquetas de forma casi simultánea.

- *Posibilidad de interferencias*. En función de la frecuencia, los líquidos, madera o metales puede impedir la propagación de la señales.

Por otro lado, si comparamos RFID con las tecnologías emergentes citadas, tenemos la siguiente tabla:

TECNOLOGÍA	***Principales ventajas frente a RFID***	***Principales desventajas frente a RFID***
SAW	–Coste sensiblemente inferior. –Mejor funcionamiento en presencia de líquidos.	–Etiqueta no modificable: una única escritura (en fabricación). –Problema de colisiones entre lecturas aún no resuelto.
Tags celulares	–Baja vida útil, beneficio para determinadas aplicaciones.	–Coste. –Facilidad de lectura. –Facilidad de implantación.
Tags UWB	–Menor consumo de potencia. –Mayor cobertura. –Robustez frente a interferencias.	–Coste muy superior.
Tags ópticos	–Coste inferior (similar al código de barras). –Elevada seguridad en la información contenida.	–Poco práctica para las aplicaciones usuales.
Tags ADN	–Elevada seguridad de la información.	–Poco desarrollada aún.
Tags de software	–Almacena gran cantidad de información. –Útil para aplicaciones específicas.	–Poco práctico para aplicaciones de inventariado. –No válido para aplicaciones de localización/seguimiento.

TABLA 2.5. *Comparativa de RFID con tecnologías competidoras emergentes.*
Fuente: Elaboración propia.

Aunque RFID ha aparecido con fuerza, no debemos esperar que sustituya con rapidez a las tecnologías existentes. Al igual que tampoco hemos de esperar que aquellas tecnologías que vienen por detrás, sustituyan rápidamente a la tecnología RFID. Todas las tecnologías tienen sus fortalezas y debilidades y RFID no supone ninguna excepción. Sin embargo, no cabe duda que será necesaria una labor de monitorización y vigilancia de estas tecnologías para no verse sorprendidos por una solución tecnológica más barata y eficiente y que, sin darnos cuenta, ha entrado a formar parte del campo de aplicación o sector donde estamos trabajando con otra tecnología que a priori parecía óptima en ese entorno.

2.5 Near Field Communications

La tecnología NFC (Comunicaciones en Campo Cercano) ofrece nuevas funcionalidades a la tecnología RFID propiamente dicha, gracias a la combinación de una etiqueta y un lector RFID en un mismo dispositivo. Este hecho facilita la comunicación bidireccional entre dos dispositivos, pudiendo actuar ambos como emisor y como receptor. La tecnología NFC rompe por tanto con la separación funcional descrita en apartados anteriores, entre el lector y la etiqueta RFID.

La tecnología NFC resulta especialmente útil aplicada a los dispositivos móviles (teléfonos, PDAs), de modo que el usuario lleva en su terminal móvil además de una etiqueta RFID con sus datos (o la información necesaria para cada aplicación), un lector para poder leer información de otras etiquetas. De este modo se complementa la comunicación a corta, media y larga distancia provista por los dispositivos móviles (Bluetooth, WiFi, GPRS, UMTS) con la comunicación a muy corto alcance (centímetros) provista por NFC.

NFC surgió en el año 2002 como resultado de la cooperación entre Philips, Sony y posteriormente Nokia. Se trata de un estándar ISO, ECMA y ETSI que trabaja en la banda de frecuencia AF (13,56 MHz) y por tanto con un rango de cobertura pequeño (<10 cm). Actualmente ofrece velocidades de transmisión de datos de 106 kbps, 212 kbps y 424 kbps –no está pensado para transmitir grandes volúmenes de datos, sino más bien para intercambiar información de forma rápida, eficiente y segura–. Al igual que el resto de tecnología RFID, el protocolo NFC cubre los modos de operación activo y pasivo.

El NFC Forum[9] ha desarrollado cuatro tipos diferentes de etiquetas que todo dispositivo NFC debe soportar:

- Tipo 1: basado en ISO 14443 A. Proporcionado por Innovision Research &Technology (Topaz™)[10]. Posee una capacidad de hasta 1 Kb y velocidades de transmisión de 106 Kbps. Son etiquetas de bajo coste.
- Tipo 2: basado en ISO 14443 A. Proporcionado por NXP Semiconductors[11] (MIFARE Ultralight)[12]. Posee una capacidad de 0,5 Kb y velocidad similares a las tipo 1. También son de bajo coste.
- Tipo 3: basado en FeliCa[13] (que deriva de ISO 18092). Proporcionado por Sony, con capacidades de hasta 2 Kb y velocidades de 212 Kbps. El coste es mayor aunque útil para aplicaciones más complejas.

[9] Más información: http://www.nfc-forum.org/home

[10] Más información: http://www.innovision-group.com/topaz.php

[11] Spin off de Philips.

[12] Más información: http://www.mifare.net/products/mifare_ultralight.asp

[13] Más información: http://www.sony.net/Products/felica

- Tipo 4: Basado en ISO 14443 A/B. En este caso son varios fabricantes los que proporcionan este tipo de etiquetas. Posee capacidad de hasta 64 Kb y velocidades comprendidas entre 106 Kbps y 424 Kbps.

La elección del tipo de etiqueta a utilizar dependerá del tipo de aplicación que se necesite. NFC es especialmente útil en su aplicación a medios de pago, aunque también se está tratando de introducir en aplicaciones de transporte, de control de accesos o incluso en entornos sanitarios y de cuidados de la salud. Existen fundamentalmente tres tipos de aplicaciones que la tecnología NFC puede habilitar:

- Conexión P2P (Peer To Peer) entre dos dispositivos NFC. Facilita la transferencia de datos para la sincronización y autoconfiguración entre dos dispositivos, por ejemplo, en el momento de establecer una conexión posterior de más largo alcance o de mayores tasas de transferencia (WiFi, Bluetooth).
- Pagos y tickets. Facilita la realización de pagos electrónicos y la obtención de billetes de transporte de forma inteligente.
- Servicios de inicialización. Facilita el descubrimiento de servicios o el desbloqueo/lanzamiento de los mismos (por ejemplo, abrir una puerta o lanzar una aplicación).

En el ámbito de la salud, la tecnología NFC ofrece interesantes escenarios de aplicación, especialmente en la gestión de pacientes que sufren enfermedades crónicas y requieren una periódica monitorización. En este sentido, NFC ofrece a los pacientes la posibilidad de acceder a los sistemas de monitorización en el hogar. Los equipos de medida dotados de tecnología NFC se comunican con el móvil del paciente, que envía la información recogida al centro de salud. Este proceso de autogestión garantiza la provisión de un tratamiento adecuado y actualizable en tiempo real, en función de la evolución del paciente, cualidad especialmente útil en el caso de enfermedades crónicas.

Otra oportunidad significativa podría surgir en la atención a pacientes externos, permitiendo a los profesionales sanitarios atender a pacientes externos que se encuentran en sus domicilios. Lo mismo ocurre con las visitas domiciliarias, en los que el profesional que realiza la visita, puede leer la información del paciente y administrarle en consecuencias los servicios o tratamientos apropiados.

Por último el progreso e implantación de la receta electrónica permitirá realizar la compra de medicamentos directamente desde el teléfono móvil NFC.

El futuro de esta tecnología es aún incierto. Aunque actualmente existen algunas experiencias y pilotos al respecto, aún resultan insuficientes para mostrar al mercado las potencialidades de esta tecnología. Hoy en día, existen pruebas de esta tecnología incorporada a teléfonos móviles que se están utilizando comercialmente como medio de

pago en Alemania y Austria, y como pilotos en Londres, Singapur, Holanda y Finlandia y Nueva York, entre otros. El futuro parece por tanto prometedor. Jupiter Research lo confirma: el mercado de pagos por móvil alcanzará los 22 billones de US$ en 2011.

Finalmente el éxito de esta tecnología dependerá de la producción masiva de dispositivos móviles NFC (como el Nokia 6131 NFC), que aún resulta demasiado escasa. Pero no únicamente depende de la tecnología en sí, sino también de la estandarización e interoperabilidad que se logre alcanzar, y de la superación de los temas de seguridad y privacidad. Además, será necesario considerar la complejidad de las relaciones entre todos los actores del modelo de negocio: administración, operadoras de telefonía y el sistema bancario.

2.6 Aspectos de seguridad, privacidad y confidencialidad

A pesar de los potenciales beneficios que conlleva la implantación de sistemas RFID, existe una creciente corriente en contra de esta tecnología, debido a que cualquier persona, con un lector apropiado, puede leer la información que llevan las etiquetas. En este sentido, todo sistema RFID debe protegerse, en mayor o menor medida de:

- Lecturas/escrituras indeseadas, con objeto de obtener información o modificar datos de forma fraudulenta.
- La existencia de etiquetas falsas dentro de una zona restringida, que tratan de burlar la seguridad del sistema accediendo a lugares no autorizados o recibiendo determinados servicios sin previo pago.
- Escuchas ilegales con objeto de copiar los datos y falsificar etiquetas.

2.6.1 Aspectos de seguridad

La seguridad es un aspecto especialmente importante. A menudo abrazamos las nuevas tecnologías sin preocuparnos excesivamente de la seguridad. Podemos pensar en los ordenadores (con la aparición de los virus), en Internet (con la aparición de diversos tipos de ataques a los ordenadores conectados a la red), etc. RFID es una tecnología reciente y prometedora, y si no se dota de la debida seguridad, aparecerán sin duda problemas a la hora de prestar servicio, o robos de datos personales y confidenciales, etc. De hecho, RFID se está empezando a utilizar en muchísimas aplicaciones sin demasiadas preocupaciones en los aspectos de seguridad.

A pesar de ser una tecnología joven, ya han aparecido casos de compromisos de seguridad en sistemas RFID. Por ejemplo, en enero de 2005 un grupo de estudiantes consiguió romper el cifrado del sistema de puntos de venta RFID de ExxonMobil.

En Febrero de 2006, Adi Shamir, un profesor del Instituto Wiezmann, demostró que era posible monitorizar los niveles de potencia de etiquetas RFID utilizando una antena direccional y un osciloscopio. Los patrones que aparecen en los niveles de potencia pueden servir para determinar si la contraseña es aceptada o no por el dispositivo RFID. Utilizando esta información y un teléfono móvil podría comprometerse la información que se transmite vía RFID. Por abundar más en estas ideas, un grupo de la Free University de Holanda se ha dedicado a crear virus para RFID a modo de "prueba de concepto". Consiguieron crear malware que se almacenaba en una etiqueta RFID, de donde podía pasar al lector y de allí al sistema de explotación.

La forma más simple de ataque a un sistema RFID es evitar la comunicación entre el lector y la etiqueta. Esto se puede realizar de forma tan simple como apantallar con metales. Existen otras formas de ataque más sofisticadas, cuyo blanco son las comunicaciones en radiofrecuencia. Las más importantes se pueden clasificar en cuatro tipos: *Spoofing,* Inserción, *Replay* y Denegación de servicio.

- *Spoofing*

  Este tipo de ataque consiste en suministrar información falsa que parece ser válida y que es aceptada por el sistema. Por ejemplo, se podría enviar un código electrónico de producto (EPC) falso, cuando el sistema espera uno correcto.

- *Inserción*

  Este tipo de ataque inserta comandos del sistema donde habitualmente se esperan datos. Por ejemplo, inserción de comandos SQL en una base de datos o inserción de comandos donde deberían ir, por ejemplo, códigos EPC.

- *Replay*

  En este tipo de ataque, se intercepta una señal RFID y se graban los datos. Posteriormente se retransmiten al sistema, que los acepta como válidos.

- *Denegación de servicio (DOS)*

  En este tipo de ataques, se colapsa al sistema alimentándole con más datos que los que puede manejar. Hay una variante conocida como RF jamming en el que se anula la comunicación RF emitiendo ruido suficientemente potente.

Por supuesto, es también posible atacar la información contenida en la etiqueta. Si esta información fuera, por ejemplo, un precio, el atacante podría obtener una rebaja sustanciosa. Por ejemplo, ya en 2004, existía un programa denominado RF Dump, escrito en Java, y que podía correr en Linux y en Windows XP. Este programa, utilizando un lector RFID conectado al puerto serie del ordenador, leía los datos de la etiqueta y los presentaba en una hoja de cálculo. El usuario podía cambiar datos y volver a escribirlos en la etiqueta.

Otro programa, denominado RF Dump-PDA está escrito en Perl, y corre en PDAs. Asimismo, son también posibles los ataques al middleware, o incluso al sistema de aplicación, en este caso ataques de tipo “tradicional”, como virus, malware, etc.

Otros tipos de ataque son:

- *Ataques Man in the Middle (MIM)*

  Este tipo de ataque se aprovecha de la confianza mutua en el proceso de comunicación suplantando una de las entidades. RFID es particularmente vulnerable a este tipo de ataque, debido a la interoperabilidad de muchos lectores y etiquetas, y a la automatización del proceso de lectura y escritura.

- *Fraudes por modificación de chips*

  En la Black Hat Conference de Las Vegas, Lukas Grenwald explicó un tipo de ataque realizado sobre una tienda piloto que empleaba etiquetas RFID para marcar cuatro tipos de productos. Utilizando una PDA con un lector RFID pudo leer la información de las etiquetas. Para cerciorarse de que se podían escribir fue al sitio donde se borraba la información de las etiquetas para respetar los aspectos de privacidad y pudo ver que lo que se hacía en ese sitio era reescribir las etiquetas con ceros. Eso le indicó que realmente se podía escribir nueva información en las etiquetas. El paso siguiente fue reescribir la información del tipo y precio de un producto por el tipo y precio de otro mucho más barato, utilizando para ello una PDA, y software estándar de fácil consecución.

- *Inutilización de etiquetas*

  Consiste en inutilizar la etiqueta RFID sometiéndola a un fuerte campo electromagnético. Esto se realiza de forma legal cuando compramos un producto y lo acercan a un sistema que desactiva el código de seguridad. Lo que hace este sistema es introducir un pulso electromagnético que inutiliza una sección más débil de la antena, con lo que el sistema queda inoperativo. Si se dispone de la tecnología necesaria, entre otras cosas una antena altamente direccional, se pueden inutilizar las etiquetas de protección de los productos, favoreciéndose así su sustracción.

Por supuesto, existen soluciones que permiten robustecer la seguridad de estos sistemas. Consideraremos a continuación algunas de ellas, sin pretender ser exhaustivos.

Medidas de seguridad para las etiquetas

Una forma obvia de evitar la modificación de la información en las etiquetas es utilizar etiquetas de sólo lectura, o no escribir los datos directamente en las etiquetas, sino incluir en dichas etiquetas únicamente un código, y desplazar todo el resto de la información a una base de datos en el sistema *backend*, cuyas medidas de seguridad pueden ser muy superiores a las de la etiqueta.

Para evitar los borrados y desactivaciones no autorizadas de las etiquetas se pueden utilizar métodos de autentificación previos.

Adicionalmente, el uso de cifrado puede ser recomendable cuando las etiquetas porten información sensible o privada.

Medidas de seguridad para la comunicación radio

El desplazamiento de la información a la base de datos del *backend* resulta también de utilidad en este punto.

El cifrado de los datos puede evitar la obtención de información monitorizando el enlace radio.

Medidas de seguridad para el lector

Para evitar la falsificación de identificadores de lector, obteniéndose así acceso a las etiquetas, se pueden utilizar métodos de autentificación para validar la comunicación entre lector y etiqueta.

En resumen, las soluciones, en general, no son muy diferentes de las utilizadas en los sistemas computadores tradicionales:

- Uso de esquemas de cifrado y protocolos seguros, fundamentalmente a nivel de middleware, con sistemas de cifrado tradicionales, como DES (*Data Encryption Standard*).
- Uso de *buffers* para evitar ataques de denegación de servicio.
- Realización de análisis de patrones de eventos, a fin de detectar eventos espurios.
- Uso de procedimientos de autentificación de fuente, para evitar ataques de sustitución de dirección TCP/IP.
- Uso de extensiones de seguridad para el DNS.

2.6.2 Privacidad de los datos

Otro de los aspectos importantes es el de la privacidad: RFID hace posible la captura de información personal de forma silenciosa y a veces transparente para el usuario.

La OECD en un reciente informe ha puesto de relieve la importancia de los aspectos de privacidad en los sistemas y desarrollos relacionados con RFID. En el estudio se menciona también otro estudio realizado por *EU Article 29 Working Party on Data Protection*, un grupo establecido en relación con el Artículo 29 de la directiva Europea de privacidad 95/46/EC. (Artículo 29,2005a). Este estudio apoya los resultados del informe de la OEDC sobre privacidad. De acuerdo con la opinión de la OEDC y de muchas otras organizaciones, la seguridad y la privacidad deben verse como dos caras de una misma moneda. El Workshop de la Unión Europea de mayo de 2006, sobre RFID, hizo especial hincapié sobre la importancia de la privacidad y la seguridad como dos aspectos dominantes en el éxito de la implantación futura de estos sistemas.

Un estudio realizado por Capgemini en 2005 sobre los aspectos de privacidad reveló resultados muy interesantes, que se muestran en la Tabla 2.6. Dicha tabla muestra la opinión del público sobre cómo percibe la privacidad de RFID frente a la privacidad apreciada de otras tecnologías/soluciones tecnológicas. Es decir, los porcentajes de

gente que opinan que RFID tiene mayores problemas de privacidad, menores o iguales que las tecnologías con las que se le compara.

Es interesante notar cómo RFID se percibe como causante de un mayor impacto en la privacidad, incluso en comparación con aplicaciones que pueden utilizar RFID, como el control de equipajes o las tarjetas inteligentes, lo que infiere que en realidad se trata de una desinformación o falta de conocimiento de la tecnología RFID. En todos los casos, la apreciación de que RFID tenía menor impacto sobre la privacidad que las tecnologías de comparación fue inferior al 10%. Este resultado muestra la preocupación que puede suscitar en el público el aspecto de la privacidad de los dispositivos RFID, lo cual puede suponer un problema si no se trata con la adecuada prudencia.

RFID frente a:	*Mayor impacto*	*Mismo impacto*	*Menor impacto*	*No sabe /no contesta*
Teléfonos móviles	36	33	10	21
Tarjetas de débito	36	29	7	26
Tarjetas de crédito	41	31	8	20
Cajeros automáticos	41	32	8	19
Tarjetas de compra	42	33	7	18
Control de equipajes	45	31	6	18
Tarjetas inteligentes	46	28	6	20
Teléfonos con cámara	34	32	10	24

TABLA 2.6. *Impacto en la privacidad de RFID frente a otras tecnologías.*
Fuente: Capgemini.

Especialmente relevante para las organizaciones de defensa del consumidor resulta su posible intromisión en la privacidad de las personas, ya que consideran que constituye un medio peligroso para recuperar datos personales sin autorización, sobre todo si se tiene en cuenta que marcas como Gillette, Prada o Benetton la utilizan o la han utilizado ya de manera experimental. Además, si pensamos, por ejemplo, en el uso de RFID como medio de pago, sería sencillo construir un perfil personalizado de los gustos del cliente, con objetivo de presentarle publicidad u ofertas "a medida".

La asociación estadounidense CASPIAN (*Consumers Againts Supermarket Privacy Invasión and Numbering*) lo considera un nuevo medio de intrusión y vigilancia de la vida privada de las personas. Asimismo, en Francia, la CNIL (*Comission Nationale de l'Informatique et des Libertés*) ha calificado la tecnología RFID como de riesgo para las libertades individuales.

Aunque es cierto que la tecnología RFID puede atentar contra la privacidad y confidencialidad de las personas, existen, como ya hemos mencionado, soluciones técnicas para controlar las utilizaciones indeseadas de los sistemas RFID, como son los procedimientos de cifrado y autenticación. El cifrado se utiliza para asegurar que la

información sólo pueda ser entendida por los usuarios de la aplicación y evitar de ese modo lecturas indeseadas. La autenticación se utiliza para que únicamente personal autorizado pueda acceder a dicha información, tanto para leer como para escribir.

Los riesgos potenciales hacen surgir un debate, muchas veces acalorado, sobre los aspectos de privacidad. A principios de 2003, Walmart, Procter & Gamble, Gillette y la cadena de supermercados Tesco realizaron pruebas piloto sobre un sistema de "estanterías inteligentes", donde se dotaba a los productos de las estanterías del supermercado con una etiqueta RFID, lo que permitía a los empleados del supermercado realizar un seguimiento inteligente del consumo y el stock. Inmediatamente surgió la pregunta de si esa información se podía utilizar para llevar cuenta de las compras realizadas por los clientes del supermercado. Finalmente, WalMart decidió retrasar las pruebas del sistema.

En la primavera de 2003, Benetton Clothing Co. anunció su intención de evaluar chips RFID introducidos en la ropa, para realizar el seguimiento de los productos en la cadena de suministro. Esto levantó una gran polémica, sobre aspectos tales como si al acercarse un consumidor con una prenda con RFID a un lector, se podrían saber aspectos privados del mismo. Al final, Benneton decidió también quitar los chips de las prendas a solicitud del consumidor.

Existen otros ejemplos semejantes con Gillette, Procter & Gamble, etc., que no detallaremos. Lo que sí parece cierto es que cuanto más se acerca la tecnología RFID al consumidor final, surgen más problemas potenciales en lo que respecta a los aspectos de privacidad. En muchos casos, la reticencia la provoca la falta de conocimiento y desinformación. Porque a pesar del creciente alarmismo, sólo el 30% de los consumidores estadounidenses y el 18% de los consumidores europeos, afirman conocer la existencia y aplicaciones de la tecnología RFID; el resto nunca han oído hablar de ella.

Las asociaciones defensoras de la privacidad insisten en que son necesarias amplias garantías legislativas para asegurar la privacidad antes de la implementación a gran escala de la tecnología RFID a nivel del consumidor. Los principales argumentos que aducen las organizaciones defensoras de la privacidad son los siguientes:

- *Las etiquetas se pueden ocultar con facilidad*. Máxime con la reducción creciente en su tamaño que posibilitan los avances tecnológicos actuales.
- *Cada objeto posee un identificador único*. Lo que posibilita la creación de grandes bases de datos con los gustos de los consumidores. Además, si se relaciona el identificador único con datos personales, se pueden establecer perfiles de los usuarios y realizar un seguimiento de los mismos sin su conocimiento ni su consentimiento.
- *Los lectores se pueden ocultar con facilidad*. Lo que se facilita por la reducción de tamaño y el aumento de la distancia de lectura, tanto en etiquetas activas como pasivas.

Las principales amenazas a la privacidad en los sistemas RFID provienen de:

- *Lecturas no autorizadas de las etiquetas*. Las etiquetas pueden contener información personal, como nombres, fechas de nacimiento, direcciones, etc. Pueden contener también datos en forma de una clave de acceso a una base de datos con información confidencial sobre las personas.
- *Seguimiento de las personas, preferencias, gustos, etc*. Cuando una persona porta una etiqueta con sus datos y la emplea para pagos de compras, transportes, etc., sus movimientos y gustos pueden ser seguidos y almacenados, extrayendo por ejemplo preferencias y gustos personales.
- *Uso de datos para extracción de información personal*. A partir del conjunto de datos de una persona extraídos del uso de RFID se pueden emplear, por ejemplo, técnicas de minería de datos para encontrar patrones, correlaciones de comportamiento, prioridades, etc., de una persona e incluso de su relación con las demás.
- *Uso de datos para propósitos diferentes de su empleo original*. Una vez se dispone de los datos, nada impide utilizarlos para cualquier propósito.
- *Uso de datos para monitorización de comportamientos específicos*. Esta monitorización se podría realizar en tiempo real, pero también mediante almacenamiento de datos y estudio posterior de los mismos. Por ejemplo, un comerciante podría estudiar los patrones de comportamiento de los usuarios en sus compras para establecer las políticas de precios que le resultaran más ventajosas.

Como respuesta al planteamiento de estos problemas, EPCglobal formó una comisión encargada de buscar el equilibrio entre los aspectos de privacidad y los posibles beneficios de la implantación de la tecnología RFID. Uno de los resultados de esta comisión fueron unas directrices[14] para la protección de la privacidad de los consumidores. Estas directrices son:

- *Información al consumidor*. Los consumidores deben ser advertidos claramente de la presencia de códigos electrónicos en los productos o envases.
- *Elección del consumidor*. Los consumidores deben ser informados de la elección de un producto de este tipo, por si desean descartarlo o quitar las etiquetas RFID.
- *Educación al consumidor*. Los consumidores deben tener la posibilidad de informarse correctamente sobre el uso de las etiquetas electrónicas y sus aplicaciones.
- *Grabación de usos, retención y seguridad*. De la misma forma que con el código de barras, las empresas deben almacenar registros de uso, mantenimiento y protección de la información obtenida con esta tecnología, y deben publicar en sus sitios web sus políticas al respecto.

[14] *Guidelines on EPC for Consumer Products,* EPCglobal.

2.7 Tipos de aplicaciones

La principal característica de la tecnología RFID es la capacidad de identificar, localizar, seguir o monitorizar personas u objetos sin necesidad de que exista una línea de visión directa entre la etiqueta y el lector (al menos en algunas de las frecuencias de trabajo, como hemos visto en una sección anterior). Alrededor de esta funcionalidad han surgido una gran variedad de aplicaciones perfectamente adaptables a una gran diversidad de sectores industriales.

En el ámbito de las aplicaciones de negocios, comerciales y de servicios, el potencial de negocio de las aplicaciones RFID es muy grande, como muestran los siguientes ámbitos:

- Transporte y distribución.
    - Seguimiento de activos.
    - Aeronaves, vehículos, ferrocarriles.
    - Contenedores.
    - Sistemas de localización en tiempo real.
- Empaquetado de artículos.
    - Gestión de la cadena de suministro.
    - Seguimiento de cajas y palés.
    - Seguimiento de elementos.
    - Industria farmacéutica.
    - Inventario y stocks.
- Industria y fabricación.
    - Estampación.
    - Flujo de trabajo.
- Seguridad y control de accesos.
    - Gestión de pasaportes y visados.
    - Seguimiento de niños.
    - Seguimiento de animales.
    - Seguimiento de equipajes.
    - Prevención de falsificaciones.

    - Acceso a ordenadores.
    - Identificación de empleados.
    - Acceso a aparcamientos.
    - Acceso a laboratorios, recintos, etc.
    - Peajes.
    - Pagos automáticos.
    - Reconocimiento de clientes.
- Monitorización y sensado.
    - Presión, temperatura, volumen y peso.
    - Aplicaciones de localización.
- Sistemas de biblioteca.
    - Acceso y gestión de libros.
    - Acceso y gestión de todo tipo de objetos.

En concreto, sin ánimo de ser exhaustivos, podemos citar algunos de los usos actuales de RFID:

- Puntos de venta.
- Sistemas de identificación automática de vehículos.
- Control de acceso a edificios o recintos en el interior de edificios.
- Identificación de animales de granja y ganado.
- Seguimiento de activos.
- Identificación de mascotas.
- Logística y gestión en almacenes mayoristas (Ejemplo, Kimberly Clark).
- Seguimiento de productos en cadena de suministro (por ejemplo, seguimientos de palés, Walmart, DoD, Target, Tesco, Metro Group).
- Seguridad de productos.
- Seguimiento de materiales para movimiento en fábrica.
- Aplicaciones de trazabilidad.
- Sistemas de pago de peajes.
- Entrada y salida de libros en bibliotecas (Biblioteca Vaticana, Berkeley, Universidad de Connecticut).

- Seguimiento de equipajes en aeropuertos (por ejemplo, en el Aeropuerto de Hong Kong, o Delta Airlines, o Globalbagtag).
- Arranque de automóviles (Toyota, Renault, Lexus y Audi).
- Deportes (aplicación en el seguimiento de deportistas en la Maratón).
- Entradas (por ejemplo, uso en la Master Cup de Tenis en 2005 o en la 2005 Canon Expo en París).
- Seguimiento de personas (en aplicaciones médicas o como medida de seguridad, por ejemplo, para identificación de recién nacidos en hospitales).
- Aplicaciones farmacéuticas.

Además de estas aplicaciones industriales mencionadas, existen otros ámbitos en los que los dispositivos RFID aparecen como una opción altamente prometedora. Uno de ellos es el de los sistemas de seguridad fronteriza. En este ámbito, la función de los sistemas de identificación biométrica con las capacidades de localización e identificación de los dispositivos RFID está teniendo resultados muy positivos. Pueden aplicarse a:

- Identificación de vehículos, conductores, pasajeros y personal en puestos fronterizos.
- Sistemas de registro de vehículos.
- Control de acceso de vehículos en recintos protegidos.
- Trazabilidad de bienes importados, y seguridad en las importaciones.
- Seguimiento e identificación de contenedores.
- Control de pasajeros, equipajes y carga en transportes aéreos.

Otro de los aspectos en los que la RFID puede resultar de utilidad es el de la mejora en la eficacia policial y judicial. Los aspectos donde la tecnología RFID puede contribuir son:

- *Mejora de la eficacia policial*. En este ámbito podemos destacar:
    - Gestión y seguridad en el almacenamiento de pruebas policiales.
    - Localización policial en comisarías.
- *Mejora de la seguridad policial*. En este ámbito podemos destacar:
    - Protección de armas de fuego.
    - Monitorización de patrullas.

- *Lucha contra el crimen*. En este ámbito podemos destacar:
    - Protección de bienes.
    - Placas de matrículas de automóviles.
    - Carnés y permisos de conducción.

La Tabla 2.7 da una idea de los usos y volúmenes de negocio de RFID en diversos países.

Aplicación	*Volumen potencial*	*Comentarios*
Identificación. Tarjetas inteligentes inalámbricas	Italia, 50 millones U.K., 58 millones India, 500 millones China, 970 millones	China envió 8 millones de tarjetas de este tipo a sus países vecinos. En 2010 China necesitará del orden de 1.000 millones de tarjetas, y otros países tendrán necesidades similares.
Pasaportes electrónicos	400 millones anuales	EE.UU., UK, Tailandia y Australia, entre otros países, tienen en sus planes incluir chips RFID en los pasaportes. Ya existen las primeras versiones operativas.
Llantas de automóviles	200 millones anuales	El Acta TREAD en EE.UU. ordena utilizar RFID para monitorizar la presión y la temperatura de la llantas.
Lavanderías	Hasta 1.000 millones de etiquetas al año	Se trata de un área con grandes potencialidades de crecimiento. Ya se han vendido del orden de 70 millones de etiquetas.
Archivo	Hasta 100.000 millones de etiquetas.	Mercado potencialmente masivo, que incluye las bibliotecas y las entradas a todo tipo de eventos.
Transportes	2.000 millones por año.	En palés y cartones de embalaje se pueden necesitar varios miles de millones de etiquetas al año, sin contar necesidades en otros elementos como DVD, CD, hojas de afeitar, etc. o marcado de equipajes en aeropuertos.

TABLA 2.7. *Algunas aplicaciones y sus volúmenes de negocio.*

Fuente: IDTechEx.

Si nos fijamos ahora en los casos de estudio almacenados en IDTechEx[15] (empresa que recopila casos de estudio a nivel mundial, así como otra información relevante relacionada con la tecnología RFID), la Figura 2.20 muestra la distribución de los casos por ámbitos de aplicación.

[15] http://www.idtechex.com/. La consulta de casos de estudio fue realizada en julio de 2007.

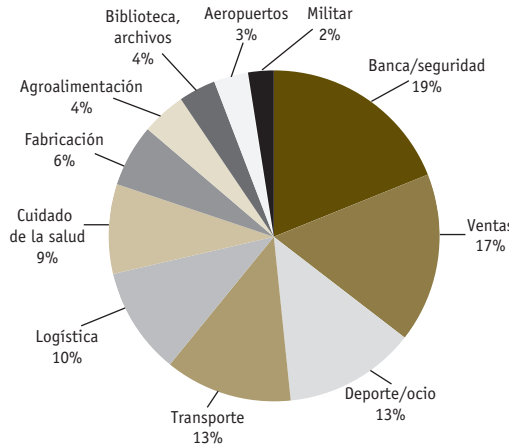


FIGURA 2.20. *Distribución de los casos de estudio almacenados en IDTechEx (julio de 2007).*

Las anteriores aplicaciones se presentan desde un punto de vista general. Si nos centramos en el ámbito de la salud, objetivo de este informe, podemos ser más específicos en el ámbito de las aplicaciones:

- Localización y seguimiento de personal, pacientes y visitas.
- Identificación de personal, pacientes y visitas.
    - Pacientes: almacenamiento de su historia médica, control de su tratamiento.
    - Visitas: control de las visitas.
    - Personal: identificación del profesional que trata a cada paciente, periodicidad y tiempo dedicado a cada visita.
- Etiquetado de productos farmacéuticos. Trazabilidad y localización de los medicamentos.
- Etiquetado de material sanitario. Seguimiento y localización del material.

En el capitulo 4 se entrará más en detalle en el tipo de aplicaciones existentes en el ámbito de la salud.

CAPÍTULO 3

Tendencias de I+D

3.1 Resultados de vigilancia tecnológica en base a publicaciones científicas (PÁG. 89)

3.2 Resultados de vigilancia tecnológica en base a solicitudes de patentes (PÁG. 95)

En esta sección daremos algunas pautas que permitan extraer la evolución de la tecnología RFID desde el punto de vista de la investigación y desarrollo. Para ello pasaremos revista a los indicadores más significativos que permiten medir la evolución de una tecnología, que son las patentes y las publicaciones.

3.1 Resultados de vigilancia tecnológica en base a publicaciones científicas

3.1.1 Metodología empleada

El análisis de las publicaciones científicas nos proporciona una idea de las tendencias en materia de investigación. Sin embargo, tenemos que considerar que las publicaciones suelen tardar entre año y año y medio en ver la luz, por lo que, aunque no debemos dejar de lado este retraso, con este análisis lo que se pretende es medir la evolución de la tecnología, más que el estado del arte actual.

La metodología empleada ha sido la siguiente:

- **Base de datos utilizada:** Web Of Science.

  Web Of Science agrupa las bases de datos de publicaciones editadas por ISI *(Institute for Scientific Information),* con información sobre investigaciones multidisciplinares proveniente de revistas especializadas en ciencias, ciencias sociales, artes y humanidades. Incluye alrededor de 9.000 revistas, 27.000 nuevos registros semanales y más de 500000 nuevas referencias citadas cada semana.

- **Palabras clave utilizadas:**

  - Caso general: RFID, radiofrequency identification.

- **Período de análisis:** 2000-2006.

3.1.2 Análisis de las publicaciones

Según la metodología presentada anteriormente se han encontrado un total de 662 publicaciones científicas relacionadas con la tecnología RFID en el período indicado (2000-2006). La mayoría de ellas se refieren a avances en la tecnología relacionados con diferentes procesos, protocolos, sistemas y etiquetas. Asimismo, aparecen una cantidad no despreciable de publicaciones relacionadas con aplicaciones de RFID a distintos sectores. Se espera que este tipo de publicaciones vaya aumentando su peso específico debido a la expansión que se augura en todos los campo en un periodo no superior a 10 años.

En la Figura 3.1 se puede apreciar el creciente aumento del número de publicaciones científicas en RFID durante los últimos años. Queda patente que se trata de una línea de investigación en auge, ya que cada vez son más los investigadores que trabajan en la mejora de esta tecnología: desde el año 2000 en que apenas alcanzaban las

15 publicaciones, hasta 2006 en que el número de publicaciones alcanza casi las 300 (en 6 años, se ha multiplicado por 20).

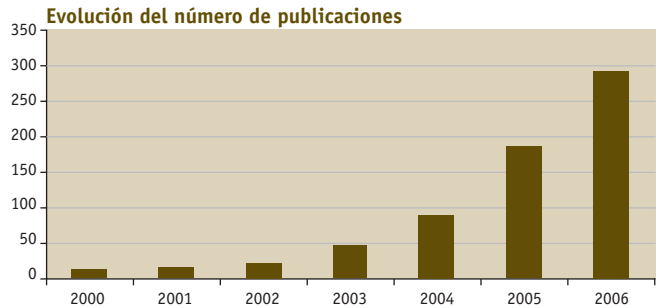


FIGURA 3.1. *Evolución del número de publicaciones relacionadas con RFID.*

Fuente: Elaboración propia.

Si prestamos ahora atención a la filiación de los autores de las publicaciones (Figura 3.2), destacan en los primeros lugares dos organismos coreanos (una universidad y un centro de investigación) por delante de universidades y centros estadounidenses de reconocido prestigio. El primer organismo europeo es la Universidad Tecnológica de Tampere, Finlandia, que ocupa la sexta posición. Como suele ocurrir en el ámbito de las publicaciones, los organismos que más publican son las universidades o centros y laboratorios de investigación, mientras que, como veremos, las patentes suelen despertar más interés entre las empresas al suponer una protección de cara a su comercialización. Esta tendencia, afortunadamente, parece que poco a poco está cambiando, al menos en el ámbito de las patentes, donde universidades y centros de investigación comienzan a proteger cada vez más sus resultados. Sin embargo, aún queda un largo camino por recorrer.

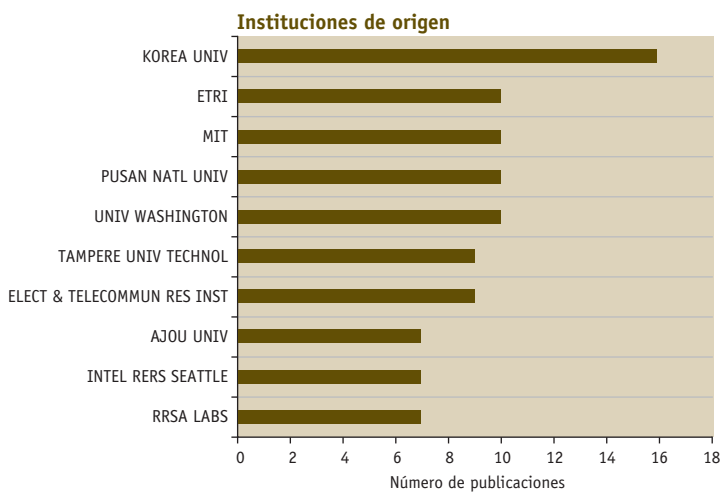


FIGURA 3.2. *Instituciones que más publicaciones acreditan en RFID.*

Fuente: Elaboración propia.

Por países, es EE.UU. quien ocupa el primer lugar en cuanto a producción de publicaciones anuales, aunque debemos destacar el enorme crecimiento que ha tenido Corea del Sur entre 2005 y 2006 (ver Tabla 3.1). Es necesario también mencionar el caso de China, que sin tener apenas actividad en este campo, irrumpe en 2006 con 15 publicaciones, lo que demuestra la apuesta que están realizando por esta tecnología. Los primeros países europeos son Alemania e Inglaterra, con 32 y 24 publicaciones respectivamente. España aparece en el decimonoveno lugar de la lista, comenzando su actividad en 2005 con 2 publicaciones y en 2006 con 4. Cabe destacar que en 2003 se creó en España el Centro Logístico de Zaragoza (ZLC, Zaragoza Logistics Center), como un centro de investigación promovido por el Gobierno de Aragón, en el que participan conjuntamente la Universidad de Zaragoza y el MIT. Este centro pretende liderar la formación e investigación europea en logística y gestión de la cadena de suministro, así como difundir y transferir el conocimiento aprendido. La tecnología RFID constituye una de las líneas prioritarias de investigación en este centro.

	País de origen	*2000*	*2001*	*2002*	*2003*	*2004*	*2005*	*2006*	*Total*
1	EE.UU.	4	5	4	13	28	41	99	194
2	Corea Sur			1	1	3	10	75	90
3	Japón		3	2	2	4	12	25	48
4	Alemania	1	1	1	3	2	10	14	32
5	Inglaterra	1		1	3	2	4	13	24
6	Suiza	2	1			6	8	6	23
7	China			1	1	1	1	15	19
8	Taiwán						5	14	19
9	Canadá	2	1		2	3	4	5	17
10	Francia			1	1	3	6	6	17

TABLA 3.1. *Evolución del número publicaciones de RFID por países.*

Fuente: Elaboración propia.

Esta evolución se puede observar igualmente en la Figura 3.3, donde se comprueba mejor el interés investigador en esta tecnología a partir de 2004 y los focos destacados de EE.UU., Corea del Sur y, más recientemente, China.

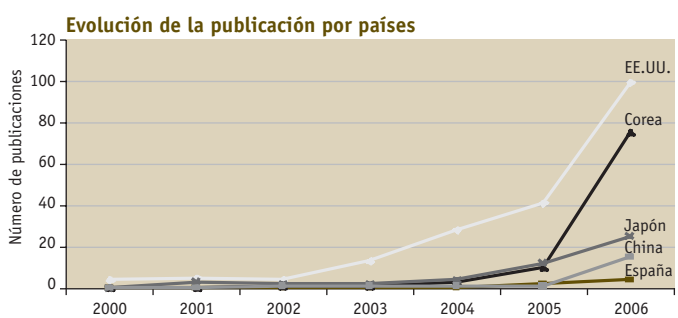


FIGURA 3.3. *Evolución de la publicación científica RFID por países.*

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura (Figura 3.4), se analiza la producción de publicaciones científicas por países en función de la calidad de dichos artículos. Para ello, se toma el ratio de citación media[16] como indicador de esta calidad y como medio de conocer publicaciones y autores de referencia. Se compara, por tanto, cantidad o producción frente a calidad. Se observa, en primer lugar, que EE.UU. no sólo lidera el campo en cuanto a producción, sino también en índice de citación, lo que parece demostrar un grado destacado de calidad investigadora en relación con esta tecnología. Sin embargo, los países asiáticos (Corea del Sur, Japón, China o Taiwán), aún cuando acreditan un número importante de publicaciones, especialmente los dos primeros, presentan las tasas de citación más bajas. La producción de estos países no es por tanto comparable a su calidad medida en estos términos. De alguna forma y por motivos diversos, sus trabajos aún no han despertado el suficiente interés por parte del resto de la comunidad investigadora como para convertirse en referencia habitual de la misma forma que sucede con EE.UU. Cabe destacar el lugar de Francia como país de origen de publicaciones con un alto grado de citación, con centros destacados como: France Telecom R&D, CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), École Normale Supérieure y las Universidades de Lyon y París.

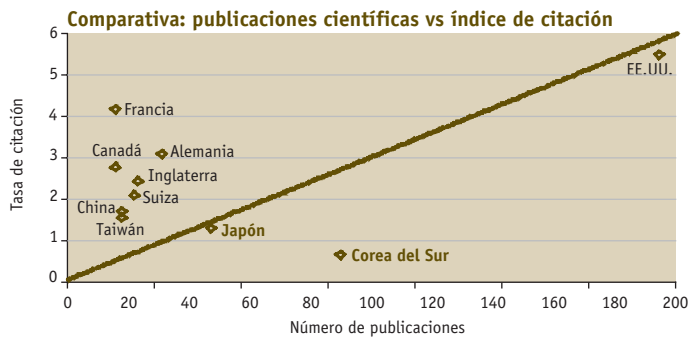


FIGURA 3.4. *Comparativa Producción vs. Calidad científica.*

Fuente: Elaboración propia.

Una vez revisados en términos generales la evolución y tendencia de la tecnología RFID, intentaremos analizar de forma más específica la temática de las publicaciones para tratar de extraer tendencias de interés.

Por ejemplo, podemos comparar la evolución de las publicaciones relacionadas con los tags activos frente a los pasivos (Figura 3.5). Observamos en dicha figura cómo los autores dedican más esfuerzos a los tags pasivos que a los activos. Se deduce con ello que en el mercado actual despiertan más interés aquellas aplicaciones que emplean tags pasivos que, aunque poseen prestaciones inferiores, su coste en el mercado de cara a su aplicación a distintos sectores de actividad, es inferior.

[16] Tasa de citación media: número de citas / número de artículos.

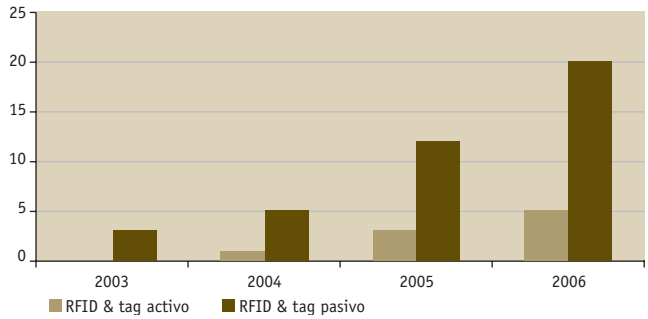


FIGURA 3.5. *Publicaciones relacionadas con el tipo de tag (activo / pasivo).*

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, podemos comparar la evolución de las publicaciones realizadas en BF (LF), AF (HF), UHF y microondas, obteniendo la Figura 3.6 donde no aparecen diferencias significativas entre las distintas bandas de frecuencia. Esto resulta lógico porque en realidad estas frecuencias no se hacen la competencia entre sí, ya que hemos podido ver anteriormente, que las aplicaciones para cada uno de los rangos de frecuencia son distintas. Sí destaca el fuerte crecimiento de actividad: en tres años el número de publicaciones se ha multiplicado por cuatro.

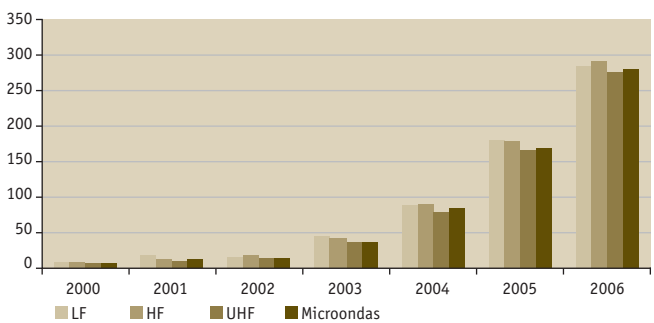


FIGURA 3.6. *Publicaciones en función de las frecuencias de operación de RFID.*

Fuente: Elaboración propia.

Por último se muestra la evolución de las principales tecnologías que se consideran competidoras de RFID para los próximos años (previamente expuestas en el apartado 2.4.3), a partir del análisis del número de publicaciones.

Vemos cómo la tecnología SAW se ha mantenido estable en el último período, síntoma de madurez, mientras que RFID muestra una fuerte tendencia de crecimiento, descubriéndose cada día mejoras y nuevas aplicaciones. En el caso de UWB, *embedded tags* y *optic tags* muestran un crecimiento más suave y sostenido en el tiempo, lo que indica que son tecnologías que aún no han despegado.

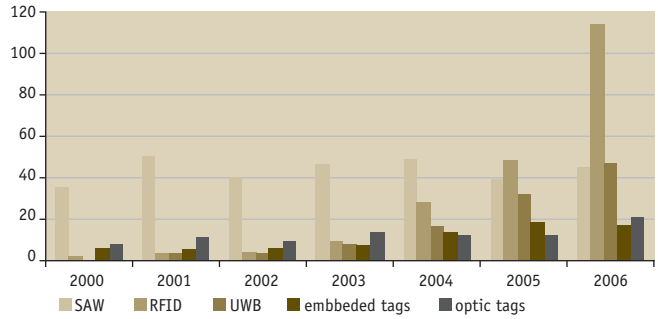


FIGURA 3.7. *Evolución de las principales tecnologías de comunicación competidoras en función del número de publicaciones en el período 2000-2006.*

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo I se recogen, a modo de ejemplo, algunas publicaciones interesantes sobre RFID.

3.2 Resultados de vigilancia tecnológica en base a solicitudes de patentes

3.2.1 Metodología empleada

Las patentes proporcionan una información temprana de productos y tecnologías previamente a su comercialización, sobre todo de cara a las empresas líderes, que suelen proteger su I+D con patentes, por lo que éstas se convierten en un buen medio para seguirles la pista. De este modo se puede obtener un mapa tecnológico de las instituciones que más investigan en esa tecnología, o de los países más avanzados. Además, se trata de información técnica que está en el dominio público y que no es posible obtener de otro modo.

La metodología que se ha empleado para realizar el análisis de patentes se detalla a continuación.

- **Base de datos utilizada:** Derwent World Patents Index®.
- **Palabras clave utilizadas:**
    - Caso general: RFID, radiofrequency identification.
    - Caso particular: healthcare, ehealth, home care
- **Período de análisis:** 2000-2007.

Cabe destacar además que:

- Una patente puede tardar unos tres años de media en ser concedida, pero en ser publicada el tiempo aproximado está entre uno y dos años.
- En el análisis que efectuamos a continuación, se consideran las solicitudes de patentes publicadas, lo que incluye tanto las patentes concedidas como las que aún están en trámite o incluso no han sido concedidas, pero que igualmente tienen validez para el análisis que pretendemos realizar.
- Se ha considerado el año 2007 ya que la muestra obtenida para ese año es suficientemente significativa (no ocurría lo mismo con las publicaciones). Sin embargo, se debe recalcar que en la fecha de toma de datos del informe (septiembre de 2007), el año 2007 aún no ha acabado por lo que evidentemente se trata de una muestra no actualizada y que se verá incrementada.

A continuación procederemos a realizar el análisis de las patentes y solicitudes de patentes encontradas.

3.2.2 Análisis de las solicitudes de patentes

En primer lugar analizaremos la evolución del número de patentes de RFID entre 2000-2007. Se han encontrado un total de 8.044 repartidas a lo largo de ese período, con valores en constante crecimiento anual. La Figura 3.8 muestra el creciente interés por estas tecnologías y sus potenciales aplicaciones.

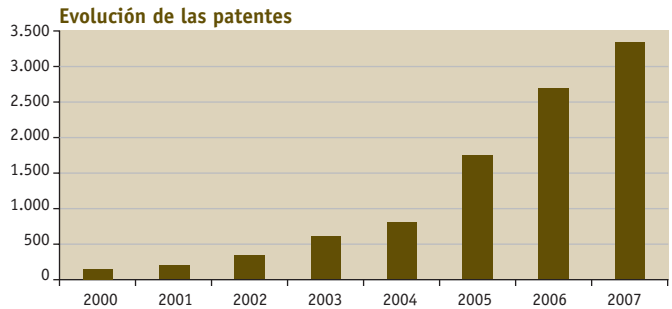


FIGURA 3.8. *Evolución de las patentes relacionadas con RFID en el período 2000-2007.*

Fuente: Elaboración propia.

Si analizamos los organismos solicitantes de estas patentes, vemos cómo Fujitsu LTD y Bridgestone ocupan las dos primeras posiciones. Hemos de destacar especialmente el caso de Fujitsu LTD, por ser la empresa con un mayor número de solicitudes en 2006 (67), lo que supone un incremento del 90% con respecto a años anteriores. Y a fecha de toma de datos de este análisis (septiembre de 2007), mantiene esta cifra (67 solicitudes más). Esto refleja que se trata de una línea por la que esta empresa está apostando fuertemente.

FIGURA 3.9. *Número de patentes solicitadas.*

Fuente: Elaboración propia.

Al mismo tiempo, si nos fijamos únicamente en el panorama de los tres últimos años (2005-2007), detectamos los organismos que actualmente están invirtiendo más en esta tecnología. Podemos verlo en la Tabla 3.2 donde aparece el ranking de instituciones que más patentes han solicitado y donde se comprueba, como ya hemos comentado, que la mayoría son empresas. Destaca el dominio casi total del sudeste asiático en estos últimos tres años, con muchas empresas apostando muy fuerte por esta tecnología, especialmente las japonesas.

	Institución	*País*	*Número*
1	FUJITSU	Japón	143
2	BRIDGESTONE	Japón	127
3	SAMSUNG	Corea del Sur	124
4	NEC	Japón	119
5	TOKIO ELECTRIC	Japón	105
6	CANON	Japón	101
7	SEMICONDUCTOR ENERGY LAB.	Japón	99
8	SYMBOL TECHNOLOGIES	EE.UU.	93
9	TOPPAN FORMS CO LTD	Japón	92
10	HITACHI	Japón	92
11	MATSUSHITA DENKI SANGYO	Japón	89
12	IBM	EE.UU.	87
13	SATO	Japón	80
14	BROTHER KOGYO	Japón	74
15	ELECTRONICS & TELECOM	Corea del Sur	63
16	PHILIPS	Holanda	62
17	EPSON	Japón	59
18	RICOH	Japón	58
19	SONY	Japón	58
20	IMPINJ	EE.UU.	57

TABLA 3.2. *Ranking de organismos solicitantes de patentes en el período 2005-2007.*

Fuente: Elaboración propia.

Si nos fijamos ahora en el campo de aplicación de estas patentes, obtenemos la mayor o menor popularidad de los distintos sistemas RFID así como de sus aplicaciones a distintos sectores de actividad. Para ello se ha realizado una búsqueda de patentes en aquellos campos que se han considerado clave, obteniéndose como resultado los gráficos de la Figura 3.10 y Figura 3.11.

En la primera de ellas (Figura 3.10) queda claro que las principales funcionalidades de RFID son la identificación, localización y seguimiento, que en muchas ocasiones vienen unidas: una persona/objeto identificado, puede ser localizado por proximidad a través de un lector, y seguido/monitorizado a través de varios. Por tanto el despegue final del mercado de la RFID dependerá en buena medida de la implantación de esta tecnología en este campo.

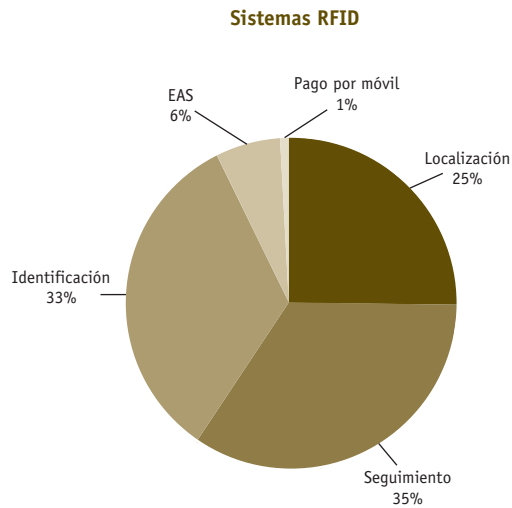


FIGURA 3.10. *Tipos de sistemas RFID.*

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura (Figura 3.11) se reflejan las patentes dirigidas a algún sector específico de actividad, considerando aquellos que parecen que poseen más interés actualmente:

- Salud: cuidado de la salud y etiquetado de medicamentos.
- Agricultura: etiquetado de ganado y trazabilidad alimentaria.
- Logística, distribución (y transporte).
- Militar (y defensa).
- Control de accesos.

De nuevo aparece la logística y distribución como principal exponente para la implantación de RFID. De hecho como veremos se trata de un mercado en el que ya existen un número importante de implantaciones de esta tecnología.

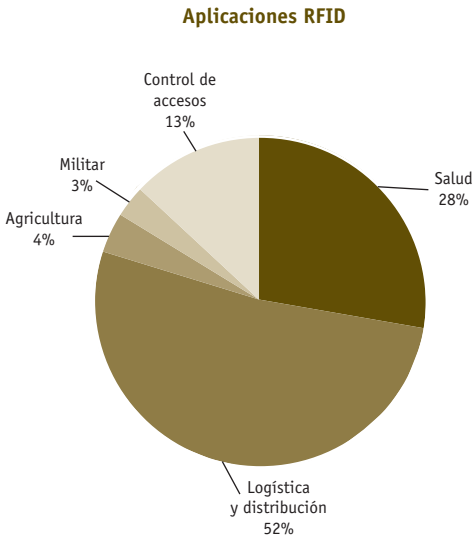


FIGURA 3.11. *Distribución de las aplicaciones RFID más populares.*

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo II se presentan, a modo de ejemplo, algunas patentes relevantes relacionadas con la RFID.

CAPÍTULO 4

Aplicación de la tecnología RFID en el ámbito de la salud

4.1 Tipos de aplicaciones (PÁG. 102)

4.2 Caso de aplicación: empresas suministradoras de bienes médicos/farmacéuticos (PÁG. 106)

4.3 Caso de aplicación: etiquetado y seguimiento de activos en hospitales (PÁG. 111)

4.4 Caso de aplicación: pacientes fuera del entorno sanitario (PÁG. 118)

4.5 Resumen (PÁG. 121)

4.1 Tipos de aplicaciones

La tecnología RFID posee una potencialidad de aplicación muy amplia y diversa, y puede aportar valor en muchos sectores de actividad. Un estudio realizado en 2006 por la Universidad Politécnica de Milán analizó la distribución de las diversas aplicaciones relacionadas con RFID en estado de evolución avanzado (en explotación, pilotos, demostradores, pruebas de concepto), obteniendo como resultado que la mayor parte de las aplicaciones (60%) se encuentran en el sector de servicios, dentro del cual se incluye el sector sanitario y de cuidado de la salud.

Más específicamente, de acuerdo a las predicciones de la analista Gartner, el sector farmacéutico será uno de los sectores que más rápidamente adopten esta tecnología, en gran parte favorecido por la Food and Drug Administration (FDA), que recomienda adoptar esta tecnología para prevenir las falsificaciones. Adicionalmente, la FDA tiene previsto emitir una guía relacionada con la identificación unívoca de los dispositivos médicos, alzándose RFID como la tecnología ideal para soportar esta identificación. La conexión de todos los dispositivos médicos al sistema de información del hospital ayudará a gestionarlos mejor: localización de dónde están, de dónde y a quién han operado, periodicidad de uso, etc., todo ello para, por ejemplo, mejorar el control de infecciones o simplemente utilizar de forma más eficiente los recursos disponibles.

En este capítulo se expondrán algunos casos de estudio, que se han constituido en pilotos o incluso iniciativas reales en los que se ha aplicado la tecnología RFID para mejorar procesos o cubrir necesidades existentes en el ámbito de la salud.

Ya se ha comentado cómo la tecnología RFID se emplea principalmente para dos grandes aplicaciones:

- *Etiquetar* para mejorar la gestión.
- *Localizar* para obtener una monitorización. Esta localización puede ser:
    - RFID zonal donde los lectores o interrogadores están fijos en lugares estratégicos a lo largo del recinto y son capaces de detectar cuándo un objeto/persona ha pasado por un determinado lugar. Suele emplear una frecuencia de 433 MHz o 2.45 GHz.
    - Localización por celdas. Combina RFID con otras tecnologías inalámbricas (generalmente WiFi) para obtener localización en tiempo real dentro de un entorno determinado. Se conoce como RTLS (Real Time Locating System).

Los Sistemas de Localización en Tiempo Real se usan para seguir y localizar objetos en tiempo real utilizando etiquetas que se adhieren o embeben en los objetos y dispositivos lectores que reciben la señal inalámbrica de dichas etiquetas,

permitiéndoles calcular su posición. Los sistemas RTLS pueden implementarse con distintas tecnologías (UWB, Infrarrojos, WiFi, RFID, Ultrasonidos, entre otros), pero frente a ellas, los sistemas de localización basados en RFID presentan ciertas ventajas, como por ejemplo que no necesitan línea de visión directa con la etiqueta (al contrario que IR y ultrasonidos), son baratos (más que UWB) y son rápidos de leer. Sin embargo, el hecho de que la tecnología RFID no haya sido creada con propósitos de localización, provoca una serie de inconvenientes a la hora de aplicarla con tal fin. Los principales son el elevado tiempo de latencia que necesitan y su cobertura limitada. El tiempo de latencia se refiere al tiempo que transcurre desde que una etiqueta envía su información hasta que puede volver a enviarla. En general suele ser de unos pocos segundos, pero lo suficiente para que no permita monitorizar adecuadamente un objeto móvil, que en unos segundos puede realizar varios movimientos no detectados. La duración de este intervalo se debe por un lado a la configuración de la propia etiqueta, relacionada con el mecanismo anticolisión, y por otro al tiempo que requiere el lector para calcular la posición, ya sea mediante diferencias de retardos o mediante comparación de potencias. La provisión de mecanismos para reconfigurar este parámetro y mejorar de ese modo la localización, resulta de gran interés.

Una solución RTLS basada en RFID utiliza típicamente etiquetas RFID activas para detectar la presencia, en combinación con un sistema de posicionamiento celular, generalmente WiFi, para localizar las etiquetas. Los sistemas RFID-WiFi son más baratos y evitan problemas de interferencias electromagnéticas, por lo que actualmente son los que están ganando más cuota de mercado. Algunos de los suministradores que lo ofrecen son G2 Microsystem (Australia), Ekahau (EE.UU.) o Aeroscout (EE.UU.).

Estas dos grandes aplicaciones (etiquetado y localización) se despliegan sobre dos tipos de recursos: los recursos materiales o los recursos de personal.

- *Etiquetado de material*, tanto de medicamentos como de otros suministros de bienes a hospitales (instrumental médico, bolsas de sangre, implantes ortopédicos)
    - Etiquetado de medicamentos para una mejor gestión de los mismos y evitar falsificaciones.
    - Etiquetado de objetos:
        - Para la localización inmediata, seguimiento, rápido inventariado o prevención de robos[17] de bienes del hospital, (por ejemplo, sillas de ruedas, camas) o equipamiento crítico (por ejemplo, desfibriladores portátiles, electrocardiogramas, etc.).
        - Para evitar olvidos de material quirúrgico en el cuerpo del paciente.

[17] Se estima que en los hospitales de Estados Unidos, se pierden 4.000$ por habitación al año debido a los robos de equipamiento y otros bienes. Esto supone unas pérdidas de casi 4 mil millones de $ al año.

- Para asegurar que la medicación es la correcta y en la cantidad adecuada.
- Para comprobar que la transfusión de sangre es del grupo adecuado.
- Para mejorar la gestión de las historias clínicas de los pacientes.

· *Etiquetado de personal*: tanto del profesional sanitario como de los propios pacientes:

  · Identificación de pacientes para consultar su historial clínico, comprobar el tratamiento que sigue (el medicamento adecuado en la dosis adecuada) y prevenir de ese modo errores.

  · Localización de personas en el centro médico: tanto de los profesionales sanitarios, como de los pacientes o sus visitas.

  · Localización de personas mayores en sus domicilios.

  · Etiquetas que graban eventos: presencia de la enfermera, al paciente ha tenido tres visitas, ha saltado una alarma, se ha llevado al paciente a la UCI, etc. La grabación de estos eventos permite tener disponible el protocolo de actuación seguido con un paciente.

  · Monitorización de constantes vitales: el dispositivo médico de monitorización lleva un interfaz RFID que permite recuperar la información a través de un lector.

  · Seguridad y control de accesos a zonas restringidas.

Por otro lado, de entre estas posibilidades, diversos estudios afirman que las cinco aplicaciones de RFID que tendrán un crecimiento más rápido en el ámbito de la salud son:

1. Cadena de suministro: seguimiento de productos farmacéuticos y de instrumental de alto valor.
2. Sistemas de localización en tiempo real (RTLS): localización y seguimiento de pacientes y de recursos y activos de valor.
3. Seguimiento de equipamientos en alquiler.
4. Seguimiento de registros de documentos.
5. Gestión de materiales peligrosos y de residuos.

Y en secciones sucesivas se mostrará cómo efectivamente los dos primeros puntos son, sin duda alguna, de las aplicaciones que más éxito están teniendo.

Por último, los entornos donde se ha considerado que pueden implantarse estas aplicaciones son:

- En las empresas que suministran a la institución sanitaria material médico o farmacéutico.
- En las instituciones sanitarias: hospitales, centros sanitarios, residencias de la tercera edad, centros de día.
- En ubicaciones fuera del entorno sanitario: el domicilio del paciente, la oficina, en movilidad (en la calle).

Siguiendo esta clasificación, en sucesivos apartados vamos a exponer, sin ánimo de resultar exhaustivos, una muestra de algunos de los casos particulares de más relevancia a nivel mundial, realizados en los últimos años (de 2003 a 2007). A la hora de presentar los casos, hemos optado por primar la presentación breve de un número relevante de casos, en lugar de realizar una presentación más profunda de sólo unos pocos. Entendemos que uno de los objetivos de este informe es presentar una panorámica lo más amplia posible de las posibilidades del empleo de RFID en el ámbito de la salud, y creemos que se llega mejor a dicho objetivo con esta forma de presentación.

4.2 Caso de aplicación: empresas suministradoras de bienes médicos/farmacéuticos

Ya hemos comentado el problema de las falsificaciones de medicamentos en todo el mundo, y en particular en EE.UU., y la elección por parte de la FDA de la tecnología RFID para el etiquetado de determinados medicamentos más relevantes, consciente de los aspectos positivos que puede aportar a la industria farmacéutica. Esta decisión ha impulsando la regulación de RFID dentro de este sector, donde se deberá garantizar la trazabilidad del medicamento, desde su fabricación hasta su llegada a farmacia.

En Europa, el uso de la RFID por parte de la industria farmacéutica europea continuará siendo motivado por el incremento de la falsificación de productos en el mercado. Estas falsificaciones son debidas principalmente a las deficiencias en la cadena de suministro y al comercio paralelo legalizado de los fármacos entre los distintos Estados Miembro de la Unión Europea. Según un estudio de Frost & Sullivan los mercados europeos para la RFID en el sector farmacéutico obtuvieron unos ingresos de alrededor de 14 millones de euros en 2005 y se estima que se alcancen los 350 millones de euros para 2012.

A pesar del elevado potencial para la utilización de la RFID en el seguimiento y gestión de los productos en la industria farmacéutica, la falta de interoperabilidad y armonización de estándares sigue siendo una cuestión clave. Los Estados Miembro de la UE tendrán que llegar a un consenso y, al mismo tiempo, los vendedores de tecnología RFID deberán mantenerse al corriente de las regulaciones y de los requerimientos tecnológicos de los diversos países y trabajar conjuntamente con las agencias gubernamentales para asegurar una suave transición de los códigos de barras a la tecnología RFID.

Hasta ahora, solo los grandes gigantes de la distribución como Wal Mart (EE.UU.), Metro (Alemania), Marks and Spencer (Reino Unido), Boekhandels Group (Holanda), Maruetsu (Japón), etc., han conseguido que el etiquetado de sus productos con RFID sea rentable. La obligación de la FDA en el mercado farmacéutico hará que cada vez sean más los proveedores que ofrezcan el despliegue de sistemas con la tecnología RFID, lo que reducirá el precio de los mismos y animará al resto de distribuidores y empresas de logística a implantar estos sistemas. Por tanto parece que la masiva implantación de RFID vendrá liderada desde el mercado de la logística y distribución.

A continuación se muestran en primer lugar algunos casos de éxito de aplicación de la tecnología RFID a la industria farmacéutica, para después continuar con otros ejemplos de aplicación en empresas que suministran activos médicos a hospitales o centros médicos (bolsas de sangre, implantes ortopédicos, etc.).

- AmerixourceBergen, mayorista americana, utiliza el middleware de IBM Websphere, y el software de autenticación de Verisign, para el seguimiento de productos farmacéuticos a lo largo de toda la cadena de suministro.
- Cardinal Health, proveedora de productos y servicios tecnológicos en el ámbito sanitario, desplegó a finales de 2006 un piloto para etiquetar y seguir productos farmacéuticos a lo largo de toda la cadena de suministro (extremo a extremo). A pesar de confirmar las mejoras en eficiencia y en evitar falsificaciones, los responsables del piloto extrajeron la conclusión de que aún existen barreras en los temas relacionados con la estandarización global y con asuntos de privacidad.
- Mallinckrodt Pharmaceuticals, fabricante de medicamentos genéricos, implementó en 2005 un sistema basado en RFID con el fin de mantener una vigilancia sobre los medicamentos a lo largo de la cadena de suministro. El fabricante utiliza la tecnología procedente de ADT Security Services y OAT Systems.
- Sun Microsystems ha desarrollado una solución RFID para la autenticación de medicamentos que proporciona trazabilidad en cada una de las etapas de la cadena de suministro.
- Pfizer posee un piloto en este ámbito, con la utilización de RFID para evitar falsificaciones de la píldora Viagra.
- Intelligentz Corporation ha desarrollado un sistema para eliminar las falsificaciones de medicamentos utilizando tecnología RFID. Una base de datos genera un código unívoco para cada pastilla, código que se envía a los fabricantes a través de Internet.
- Zimmer, multinacional distribuidora de productos de cirugía ortopédica, ha instalado lectores RFID de Maguellan Technology a través de sus centros operativos en Nueva Zelanda, Australia, Japón y Tailandia. Los implantes ortopédicos individuales forman parte de un kit más amplio que se suministra a hospitales y en escenarios de operaciones. La creación de los kits se lleva a cabo con un 100% de precisión, asegurando que todos los ítems son fácilmente visibles para facilitar la calidad del envío previo y su posterior recepción. Cuando esos kits son devueltos para su actualización, limpieza y acondicionamiento anual, es necesario revisarlos uno a uno, cuando únicamente el 3% de su contenido suele estar utilizado. Las pérdidas de tiempo y costes eran significativas hasta que el etiquetado de ítems mediante RFID ha acelerado dicha comprobación además de que la precisión en el registro de inventarios ha mejorado drásticamente.
- Purdue Pharma integra etiquetas RFID de Gen 2 de Impinj en sus líneas de embalaje farmacéutico de alta velocidad con el objetivo de mejorar la eficiencia y la seguridad de la cadena de suministro farmacéutica. La solución utilizada se basa en el UHF RFID GrandPrixTN, que comprende los lectores SpeedwayTM, los tags con los chips MonzaTM y antenas lectoras con una aplicación específica de campo cercano.

- Farmacéuticos MAYPO (distribuidor de medicamentos en México), ha inaugurado la primera línea de etiquetado de medicamentos con tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) del país, que permite su autentificación e identificación única proporcionando gran trazabilidad a lo largo de los procesos logísticos gracias la solución ofrecida por Egoméxico. MAYPO apoya así el modelo de provisión de medicamentos presentado por la Comisión Nacional de Protección Social en Salud conocida como Seguro Popular, que integra la tecnología RFID para proveer las recetas electrónicas programadas en las tarjetas inteligentes de sus afiliados.

- El Hospital Universitario de Jena (Alemania) ha anunciado la implementación de un sistema basado en RFID para la identificación, seguimiento y comprobación precisa y en tiempo real de los medicamentos desde la farmacia del propio hospital hasta el uso en los pacientes. La medicación podrá ser comprobada de manera automática antes de ser administrada, comprobando el identificador del brazalete RFID del paciente. El software de gestión ha sido realizado por SAP, mediante el NetWeaver, e Intel ha proporcionado toda la infraestructura hardware del proyecto, incluyendo dispositivos de comunicación, lectores y tags RFID. Utilizando terminales móviles RFID, las enfermeras pueden leer los códigos y visualizar la información del paciente en la pantalla. Además, el sistema se ha diseñado para registrar toda la medicación del paciente, incluyendo detalles sobre el tipo, la cantidad, hora de administración, etc.

- Una empresa alemana[18] especializada en etiquetas farmacéuticas empezará a probar los tags con sensor de temperatura de Montalbano Technology (Italia), que ha creado una familia de tags RFID HF semipasivos que permiten registrar condiciones ambientales tales como la luz, la temperatura y la humedad. La industria farmacéutica está muy interesada en ensayar con el uso de estos tags RFID con sensor de temperatura, ya que determinados medicamentos muy costosos se pueden estropear debido a condiciones inadecuadas en almacén. Los tags permiten añadir funcionalidades adicionales como memoria adicional o sensores. Además, son programables, permitiendo a los usuarios definir sus propios criterios de grabación de los datos de los sensores como el intervalo entre medidas, por ejemplo, o medidas únicamente que estén fuera de un umbral preestablecido, etc. Están provistos de pequeñas baterías para activar el sensor y adquirir la temperatura, mientras que el envío de señal se realiza con la potencia captada de los lectores.

- En EE.UU. la National Patient Safety Agency (NPSA) ha publicado sus recomendaciones relacionadas con los sistemas de trazabilidad electrónica para pacientes y bolsas de sangre, mediante una especificación llamada Electronic Clinical Transfusion Management System (ECTMS), que pretende gestionar la historia clínica de las transfusiones electrónicamente. El objetivo de estas especificaciones es garantizar que el paciente reciba la transfusión correcta. El sistema ECTMS necesitará integrar servidores centrales, ubicaciones clientes y terminales remotos de acuerdo a las especificaciones del organismo NPSA. La especificación cubre la trazabilidad

[18] No se dispone del nombre por motivos de confidencialidad.

automática de productos como las bolsas de sangre desde el punto de extracción a la transfusión final, además permite gestionar la administración de los activos de sangre.

- Mississippi Blood Services (EE.UU.) ha completado recientemente sus primeros ensayos, utilizando la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) de Texas Instruments y AARFID, para mejorar la eficiencia de la gestión de bolsas de sangre, consolidando procedimientos de seguridad y mejorando las entregas en los hospitales.

- En Malasia, tres instituciones médicas (Universidad Malaya Medical Centre, el Hospital Penang Adventist y el Banco Nacional de Sangre) están probando un sistema RFID para mejorar el seguimiento de las bolsas de sangre y disminuir los errores por incompatibilidad sanguínea, entre otros avances. Esta solución RFID de reciente desarrollo, llamada BloodBank Manager, ha sido desarrollada conjuntamente por el Siemens Malaysia Sdn Bhd e Intel MSC Sdn Bhd. La solución asegurará la transparencia y la responsabilidad de los registros, etiquetado y seguimiento de productos sanguíneos, se podrán crear perfiles de pacientes y generar históricos de donaciones y transfusiones así como perfiles de donantes y pacientes.

- El Hospital San Rafaelle, en Milán, ha desarrollado tres proyectos de RFID. Comentaremos uno de ellos, enfocado a reducir los errores en las transfusiones de sangre. Según estadísticas, la tasa de error en transfusiones es de 1 transfusión errónea de cada 12.000. Cerca del 80% de los errores en la transfusión se deben a errores de etiquetado, y de ellos, una mayor parte son debidos a errores humanos, causados por sobrecarga de trabajo del personal médico.

  El proyecto estaba enfocado a asegurar las donaciones propias, es decir, un paciente se extrae sangre para donarse a sí mismo. Sus objetivos principales fueron:

  - Eliminar los errores de etiquetado.
  - Eliminar en la medida de lo posible los formularios en papel.
  - Proporcionar trazabilidad de las bolsas de sangre en todo el proceso.

  Se emplearon etiquetas HF, aplicadas a una banda en la muñeca del paciente y a las bolsas de sangre. La banda de muñeca almacenaba información del paciente, incluyendo una fotografía del mismo. Esta información se copiaba en una etiqueta que se fijaba a la bolsa de sangre. En el proyecto colaboraron Intel, Autentica y Cisco Systems, proporcionando los ordenadores, las etiquetas RFID y la red inalámbrica que se emplearon en el proyecto.

Por último, citaremos un par de soluciones tecnológicas para la gestión de la cadena de suministro, que podrían particularizarse perfectamente a la gestión de bienes sanitarios y por eso los recogemos aquí:

- Microsoft lanzó en 2006 el BizTalk RFID Server 2006 que permite a las empresas mejorar la gestión de su cadena de suministro gracias a la integración de su software

de gestión con los datos procedentes de sistemas RFID. Además Microsoft se ha asociado con fabricantes de hardware como Alien Technology Corp., Intermec Inc. y Paxar Corp.

- RF SAW Inc. comercializa un nuevo tipo de sistema RF basado en dispositivos de onda acústica superficial (SAW), tecnología ya comentada. Esta empresa ha patentado y desarrollado con éxito este nuevo sistema, cuyo núcleo central se denomina "Global SAW Tag". Este sistema proporciona soluciones competitivas en mercados como el de la cadena de suministro, gestión de activos y recursos y seguimiento de instrumentación.

Hemos visto por tanto que la aplicación que mejor acogida está teniendo en el ámbito de la salud, y la que a buen seguro liderará el mercado de las etiquetas RFID, sirviendo de tractor para el resto de aplicaciones, es la del etiquetado y seguimiento de medicamentos y activos, con el fin de conservar la trazabilidad de los productos a lo largo de toda la cadena de suministro y evitar así las falsificaciones de los mismos al mismo tiempo que se previenen errores en su administración y gestión. En este campo, son numerosos los casos, tanto de hospitales como de distribuidores farmacéuticos, que han desplegado con éxito pilotos de RFID con tal objetivo. A pesar del éxito de las iniciativas y los claros beneficios, fabricantes y distribuidores de medicamentos genéricos poseen un problema de financiación del despliegue, ya que el coste de implantación de este sistema es elevado, y parte de esos costes no se pueden revertir en los clientes, como ocurre en el caso de los medicamentos no genéricos.

Las frecuencias de operación más utilizadas son tanto HF como UHF. En particular, las empresas suelen probar HF para etiquetar individualmente los medicamentos y UHF para las cajas o palés, al igual que se hace en el resto de servicios logísticos.

4.3 Caso de aplicación: etiquetado y seguimiento de activos en hospitales

Centrándonos ahora en el entorno hospitalario (o cualquier centro donde se presten servicios sanitarios), a continuación exponemos algunos casos de éxito llevados a cabo en hospitales, en especial de seguimiento de activos. Se estima que el coste por robo de equipamiento y bienes en los hospitales estadounidenses está cercano a los 4000 US$ anuales por cada cama. Esto implica unas pérdidas potenciales de 3,9 miles millones US$ anuales[19]. Tampoco resultan desdeñables las cifras asociadas a los elementos que se quedan olvidados en el cuerpo del paciente tras una operación: de cada 10.000 intervenciones, se olvida un objeto en el cuerpo del paciente, lo que supone un total de 1.500 objetos al año, con los consecuentes riesgos para la salud (en el año 2000, en EE.UU. 57 muertes se asociaron a este error) y pérdidas económicas por aumento del tiempo de hospitalización. A continuación se muestran algunos casos de despliegue de RFID para solucionar este problema.

- La Clínica Mayo dio a conocer en enero de 2007 el éxito de un piloto, llevado a cabo con 3M, en las instalaciones de cirugía endoscópica que la clínica posee en Minnesota. El proyecto, que se desarrolló a lo largo de 6 meses, pretende mejorar la gestión de las muestras de los pañuelos y gasas de los pacientes, desde que se recogen, momento en el cual son etiquetadas, hasta que se llevan al laboratorio de patología, para su análisis. La clínica planea ahora ampliar el sistema.
- Medline Industries es otra compañía que ofrece sistemas RFID para realizar seguimiento de gasas quirúrgicas durante las operaciones.
- Precision Dynamics Corporation (PDC), desarrollador de productos para el cuidado de la salud, ha desarrollado pulseras que incorporan tanto código de barras como tecnología RFID para identificación de pacientes. Además, en colaboración con Hewlett Packard Co. ha anunciado que ofrecerá pulseras de identificación de pacientes RFID a hospitales de la región de Asía-Pacífico.
- Anteriormente, HP y PDC también acordaron desarrollar en Taiwán, en el Chang-Gung Memorial Hospital (CGMH), un sistema de gestión de pacientes basado en RFID. La solución se focaliza en la identificación, verificación y seguridad del paciente durante las operaciones, en las cuales se recogen datos en tiempo real, reduciendo así los errores gracias a la automatización de tareas: administración de los medicamentos adecuados en las dosis adecuadas e instantes correctos, y conforme a los procedimientos de operación dictados por el hospital para garantizar la seguridad de los pacientes.

[19] Información extraída de http://www.rfidnews.org/weblog/2004/02/13/rfid-asset-tags-tested-in-22-us-hospitals

- En el Hospital Ospedale Maggiore de Bolonia (Italia) se desarrolló un sistema donde se equipa a los pacientes con pulseras RFID. Las etiquetas contienen códigos que pueden compararse con los códigos que poseen las unidades de sangre. Únicamente una coincidencia exacta permitirá que se abra el sello de la unidad de sangre para realizar la transfusión, no dejando lugar a errores. Esta misma aplicación también ha sido desplegada en forma de piloto en el AMC Hospital (Holanda). Asimismo, la Saarbruecken Clinic cuenta con un sistema similar desarrollado por Siemens y el Servicio de Sangre de Mississippi otro.

- La adopción de la Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) en EE.UU. en 1996 (que aseguraba la cobertura sanitaria de los trabajadores que pierden o cambian de trabajo) ha hecho que la gestión y seguimiento de la información de los pacientes se convierta en una de las principales prioridades para las organizaciones de salud. Con objeto de facilitar su cumplimiento, el hospital académico Capital Health System (Trenton, EE.UU.) ha implementado un sistema de seguimiento de documentos (fichas de pacientes) utilizando una solución de gestión de registros sanitarios de Infolinx Systems Solutions y tecnología UHF Gen2 RFID pasiva de Intermec. Los tags se colocan en cada una de las carpetas con los documentos de los pacientes, al tiempo que se posicionan una serie de lectores RFID fijos en localizaciones estratégicas para programar los tags y seguirlos a medida que se van utilizando alrededor del complejo. El sistema actualiza automáticamente la base de datos para proporcionar registros de información de localización precisa y actual.

- Hitachi Maxwell Ltd. está dando los pasos para convertir las aplicaciones en la salud en un objetivo estratégico de sus chips RFID. Además de ampliar su producción, la compañía está desarrollando nuevos productos, como chips RFID que sirven de ayuda en el seguimiento de material de diagnóstico como láseres o catéteres. Como ya hemos comentado en el capítulo dedicado a la tecnología, Hitachi ha desarrollado un chip RFID con forma de cuadrado de sólo 0,5 mm de lado.

- El hospital Mercy Medical (Des Moines, Iowa) utiliza un sistema RFID para ayudar a realizar el seguimiento de sus inventarios de cardiovasculares, balones de oxígeno, cables de filtro, dispositivos de trombectomia y otros muchos consumibles médicos en su laboratorio de cateterización. El sistema RFID, proporcionado por WaveMark, utiliza tags pasivos de HF que cumplen con el estándar ISO 15693. Cuenta con "botiquines" inteligentes dotados de lectores RFID que leen los ítems en sus estantes, además, lectores RFID fijos en puntos de servicio (PoS) y un software basado en Web para monitorizar, analizar y gestionar inventarios, completan el sistema. WaveMark gestiona el sistema como un servidor de hosting en un centro de datos seguro en Dallas. El hospital está empleando el sistema para hacer el seguimiento de los 1.600 ítems en 16 "botiquines" inteligentes, que hacen el recuento automático de los inventarios, lo que facilita a su vez el recambio de ítems y que el hospital sepa en todo momento qué está pasando con sus inventarios, pueda analizar el uso del producto, realizar reposiciones y sacar productos que no se

usan. También puede mejorar el seguimiento de los números de los lotes y fechas de caducidad, quitando los ítems que han caducado o están a punto de hacerlo.

- El centro de cardiología del hospital infantil de Columbus implementará un sistema de gestión de inventario basado en RFID para almacenar, seguir y gestionar la utilización de los dispositivos de alto valor (como catéteres) y equipamiento de soporte del cuidado del corazón. Desarrollado por Mobile Aspects, el sistema llamado iRISupplyTM, utiliza una arquitectura de seguimiento RFID para automatizar el cargo de las capturas, la gestión de inventario y las fechas de caducidad de los dispositivos, además de otros procesos operacionales claves en el campo del cuidado de la salud de los pacientes.

- La Fundación Ave María (España) ha puesto en marcha un dispensador automático de medicamentos con tecnología RFID. Aunque presenta numerosas prestaciones, la más importante sigue siendo la detección de errores en la administración de fármacos con un grado de fiabilidad del 100%. El dispensador avisa, gracias a la alarma, si se medica al enfermo más tarde de la hora prevista y también cuando el cuidador olvida administrarle la medicina. Además, el proyecto presenta otras ventajas: la gestión y el control de los fármacos de la enfermería, la realización de estadísticas sobre el consumo anual de medicamentos, el cruce de informes entre los administradores de los medicamentos y el departamento farmacéutico, y la identificación de pacientes y cuidadores (a través de un chip en la ropa). También contiene un segundo chip que contrasta la información, una vez más, cuando cae el bote unidosis con la medicación.

- La lavandería del Hospital de Cannes (BIH), en Francia, desplegará a través de Tagsys un nuevo sistema para proporcionar trazabilidad completa de la ropa que se gestiona en la lavandería. Hasta la fecha, esta lavandería se encarga de la limpieza y gestión de los uniformes de la plantilla de tres hospitales locales, los de Cannes, Antibes y Grasse. En el proyecto, alrededor de 36.000 uniformes han sido equipados con el tag RFID de Tagsys, ARIOTM 70-TL, un tag pequeño y rígido que es capaz de resistir exposiciones repetidas al agua, al calor y a los productos químicos. Antes, esto suponía contar cada uniforme manualmente a medida que éstos entraban en las instalaciones. Con esta nueva solución, los uniformes están disponibles para poder ser trazados de manera rutinaria y registrados para el inventario, a medida que van entrando en las instalaciones. A través del escaneo de cada pieza de ropa, el personal de la lavandería cuenta con la posibilidad de determinar los stocks, identificar la ropa instantáneamente, su respectivo dueño y la unidad del hospital al que corresponde, así como determinar el tiempo de tratamiento de la misma.

- El hospital cardiológico Heart Hospital Baylor Plano (Texas), implementará un sistema basado en RFID para gestionar los inventarios y guardar, trazar y controlar la utilización de dispositivos y otros equipos cardiovasculares de elevado coste. El sistema utilizado, llamado iRISupplyTM, desarrollado por Mobile Aspects, utiliza una arquitectura de seguimiento RFID para automatizar la captura de las cargas, la

gestión de inventario, el control de la caducidad de los dispositivos, y otros procesos operacionales clave en el cuidado de los pacientes. El sistema IRISupply forma parte de la solución de Mobile Aspects, One System of CARETM, que utiliza tecnologías de identificación e información para automatizar procesos para la gestión de recursos clínicos de los proveedores médicos.

- El Herentals Hospital (Bélgica) se ha lanzado (finales de 2007) a implementar un sistema de seguimiento en tiempo real de los pacientes por sus instalaciones. El integrador de redes y seguridad, Quantum junto con Ekahau provee el sistema.

- RF Monolithics Inc. comercializa un dispositivo que permite el seguimiento de instrumentación médica en un hospital mediante una combinación de dispositivos RFID y tecnología de redes de sensores.

- El Medi-Clinic Hospital Group en Sudáfrica probó en Enero de 2006 un sistema RFID para el seguimiento de los pacientes quirúrgicos. La solución, denominada Holbert System (de Wavetrend Technologies), ayuda a monitorizar el tiempo exacto que pasan los pacientes dentro de quirófano. Esto, además de mejorar la eficiencia de las operaciones, ayuda a concretar y mejorar los términos de pago de las compañías aseguradoras. Las etiquetas se colocan en la cama del paciente. La solución se ha probado en seis hospitales del Grupo y ahora el siguiente paso es realizar seguimiento de equipos y personal.

- Varios hospitales estadounidenses se asociaron a principios del año 2004 para realizar una prueba de etiquetas de eXI Wireless, perteneciente actualmente a Verichip Corporation. El objetivo era la protección, localización y seguimiento de equipamiento médico en los hospitales.

  El objetivo del proyecto fue probar el sistema Asetrac[20], con el objetivo de reducir los costes de pérdidas de equipamiento hospitalario y las pérdidas de tiempo del personal dedicado a las búsquedas del equipamiento extraviado. Para ello se fijaron etiquetas RFID al equipamiento, para hacer saltar una alarma siempre que un determinado equipo saliera de su perímetro asignado. El sistema Asetrac dispone de una interfaz gráfica donde se pueden mostrar planos del lugar de despliegue, ayudando así al personal en el seguimiento de los equipos.

- En el Centro Médico Universitario de Stanford se llevó a cabo un estudio para etiquetar objetos quirúrgicos, como instrumentos, esponjas, etc. que se introducen en el cuerpo del paciente, de forma que se facilitara su contabilización al comienzo y al final de una operación.

- AT4Wireless (España) ha afrontado el despliegue de diversas experiencias de implantación de la tecnología RFID en entornos sanitarios. Uno de ellos se ha desarrollado en el Hospital de Alta Resolución de Benalmádena en Málaga. Se trata de un Sistema de Localización en Tiempo Real (RTLS) basado en tecnología RFID

[20] Más información: http://www.verichipcorp.com/content/solutions/asset_tracking

activa, aplicado a la localización de equipos de electromedicina y de personas en las diferentes áreas del Hospital. También se usa para la recepción de avisos de emergencia emitidos por parte del personal sanitario.

- Asimismo, en el Hospital Costa del Sol de Marbella (Hospital de día Oncológico), AT4Wireless ha desplegado un sistema de identificación de pacientes basado en RFID HF. Utiliza pulseras que disponen de un microchip RFID que almacena los datos de identificación de cada paciente. El personal sanitario utiliza dispositivos portátiles (PDAs) provistos de lectores RFID y con capacidad inalámbrica WiFi para identificar a los pacientes y asegurar que la medicación suministrada es la que le corresponde y en el orden establecido por el medico. El Hospital ha controlado hasta el momento con este sistema a más de 3.000 pacientes.

Tradicionalmente, los hospitales han tenido problemas con la gestión del material médico y la localización del equipamiento escaso (electrocardiogramas, bombas intravenosas, ventiladores de respiración). Es por ello que, como hemos visto, un número cada vez mayor de hospitales combinan sus redes de comunicación inalámbrica y sus sistemas de información con la tecnología RFID para crear un sistema de localización en tiempo real. Los proveedores de tecnologías aseguran que, en los hospitales donde ya existe un sistema inalámbrico de comunicaciones, resulta ágil y sencillo añadir componentes de RFID para desplegar un sistema RTLS (Real Time Location System).

En otros, ámbitos, por ejemplo residencias y ayuda a discapacitados, podemos destacar:

- GEMA A.B.S., (Grupo GEMA), dispone de la solución GEMA LOC+ Residencias. Basada en tecnología RFID, la solución permite la localización, identificación y monitorización en tiempo real de residentes y empleados. Así, GEMA LOC+ Residencias posibilita el control automático de errantes de tal forma que, si un residente se aproxima a un acceso no permitido para él, el sistema genera las alarmas programadas (sonoras, luminosas, envío a telefonía inalámbrica, SMS, etc.) y, si es necesario, bloquea la puerta de manera automática. Al mismo tiempo, permite localizar en todo momento a las personas, lo que permite conocer la ubicación de cualquier residente en tiempo real y visualizarla sobre el plano de la residencia, gracias a lo cual se evitan las pérdidas de las personas mayores en el centro. Asimismo, GEMA LOC+ Residencias proporciona la funcionalidad conocida como alarma de pánico permitiendo, tanto a residentes como a empleados, la solicitud de ayuda en caso de necesidad con sólo pulsar el botón de su identificador. Por último, el registro automático de todos los eventos producidos, permite la generación de informes a medida para facilitar la toma de decisiones por parte de la dirección.

De forma más breve, incluimos en la tabla que sigue otros casos de aplicación en hospitales.

Hospital	*Empresa suministradora*	*Tecnología RFID*	*Breve resumen de la aplicación*
Massachussets General Hospital (EE.UU.)	Radianse	Activa con un sistema de localización en proceso de patente	Seguimiento de la cadena de suministros de medicamentos y equipamiento.
Bon Secours Richmond Health System (3 hospitales) (EE.UU.)	Agility HC-RF Code	Activa, para realizar localización por triangulación	Seguimiento de activos y recursos (equipamiento médico móvil) y del personal.
Howrah Hospital (India)	Dassnaggar Infosystems	Etiquetas RFID pasivas	Uso de brazaletes para el seguimiento de paciente, médicos y enfermeras en el hospital, con objeto de monitorizar sus movimientos. Se usan también etiquetas electrónicas en el historial de los pacientes.
Hannibal Regional (EE.UU.)	Radianse Inc.	Chips RFID que se comunican con un sistema de seguimiento	Seguimiento de pacientes y personal para mejorar el flujo de trabajo y optimizar el recorrido de los pacientes por las áreas de tratamiento.
Good Shepherd Advocate (EE.UU.)	Sovereign Tracking Systems	Etiquetas RFID pasivas	Etiquetado de equipamiento móvil, para control de inventario. Se ha informado de una reducción a la mitad de los errores de inventario.
Gleneagle Hospital (Singapour)	VHF Technologies Ltd.	Etiquetas RFID de baja frecuencia	Utilización en el parking, optimización de su uso y reducción de atascos.
Jacobi Medical Center (EE.UU.)	Siemens Business Services	Tablet PC equipados con lector RFID y conexión WiFi	Se identifica el paciente en la etiqueta, que incluye un código de registro médico que se utiliza para adquirir información adicional y para la facturación.
Regional Medical Center (EE.UU.)	FedEx Center for Supply Chain Management	Etiquetas RFID activas	Los pacientes que entran a la unidad de traumatología reciben una etiqueta RFID con su identificación. Un sistema de antenas recoge y actualiza información de los pacientes con respecto a una base de datos.
Hospital KangNam St. Mary. (Corea Sur)	Aeroscout	Etiquetas RFID activas	El sistema permite conocer en tiempo real la ubicación de los pacientes y los médicos.
Hospital Universitario de Colorado (EE.UU.)	RFIDeas EXACTacess	Etiquetas RFID activas	El sistema para agilizar el acceso de los médicos a los historiales médicos, se integra en las tarjetas de proximidad que ya existían, y permite acceder a los datos desde cualquier estación de trabajo. Además se adapta a los requisitos de HIPPA, ya que añade dos factores de autentificación.

(Cont.) *Hospital*	*Empresa suministradora*	*Tecnología RFID*	*Breve resumen de la aplicación*
Hospital de Cabueñes (España)	TreeLogic	Etiquetas RFID activas	Sistema de gestión hospitalaria mediante unas "pulseras inteligentes" RFID que serán facilitadas a cada usuario del servicio. La plataforma tecnológica "Smartik", proporcionará en tiempo real la posición del paciente dentro del recinto así como la recepción de los datos del paciente (resultados de análisis, próximas pruebas a realizar, etc.) así como a sus familiares.
Hospitales y Residencias de Cataluña (España)	Icnita SL	Etiquetas RFID activas	Sistema de localización del paciente dentro del hospital. En caso de irregularidad asociada, el sistema de información toma las medidas oportunas.

TABLA 4.1. *Algunos casos de estudio de aplicación de RFID en hospitales.*

4.4 Caso de aplicación: pacientes fuera del entorno sanitario

El tercer ámbito de aplicación que vamos a considerar en este capítulo es cuando el paciente sale del entorno sanitario, pero sigue requiriendo determinados cuidados o facilidades específicas que vienen determinadas por su estado de salud. A continuación mostramos algunos ejemplos.

- MedicAlert es un servicio en EE.UU. donde las personas con alergias graves y peligrosas, u otras condiciones médicas peligrosas pueden llevar un brazalete o collar con una identificación. Esto permite a los médicos acceder a información sobre cada uno, en caso de situación de emergencia. Habitualmente, el acceso a estos datos puede llevar demasiado tiempo, tiempo que puede salvar la vida de la persona. Para reducir este tiempo, MedicAlert conjuntamente con Siemens Business Services han comenzado a probar este mismo sistema con etiquetas RFID accesibles desde un lector portátil, minimizando completamente el tiempo de acceso a la información. Una vez que el paciente llega al hospital es posible disponer de más información sobre el paciente a través de la base de datos de MedicAlert.

- Verichip ha desarrollado y patentado un sensor RFID implantable (Verimed), aprobado por la FDA, que permite, entre otras funciones, identificar al paciente, así como realizar seguimiento de sus movimientos. De este modo, los profesionales médicos pueden disponer de los datos del paciente en tiempo real, y acelerar así los protocolos de actuación. Esto resulta especialmente útil y ventajoso para los pacientes crónicos. El sensor almacena un código de 16 dígitos que no contiene ninguna información del paciente, sino que sirve de enlace con la base de datos del hospital donde está almacenada la información. A este sensor implantable se le pueden añadir diversas funcionalidades. Por ejemplo, la Digital Angel Corporation ha desarrollado un sistema con un biosensor embebido que utiliza este microchip RFID implantable. El sistema es capaz de medir el nivel de glucosa en sangre del paciente y de transmitirlo a un escáner que se pone encima de él. El microchip es pasivo por lo que se alimenta de la energía proporcionada por el escáner.

- También el Hackensack University Medical Center y el Horizon Blue Cross Blue Shield de New Jersey iniciaron en 2006 un programa de dos años con pacientes crónicos voluntarios que se implantaron el chip RFID (del tamaño de un grano de arroz). El código que éste almacena da acceso al Registro Electrónico del Paciente que a su vez contiene:

    - Información de contacto de los familiares.
    - Resultados de las pruebas y análisis más recientes.
    - Medicación prescrita.

- Información médica del propio hospital.
- La aseguradora que lleva el piloto.

Esta misma tecnología se emplea en España en el Baja Beach Club (Barcelona), para identificar a los clientes VIP.

- Desde 2006 el Centre d'Estudis Tecnològics per la Dependència (CETpD) ubicado en el Centre Tecnològic de Vilanova i la Geltrú, Barcelona, está desarrollando un proyecto para personas ciegas utilizando tecnología RFID que está subvencionado por el IMSERSO. El proyecto, denominado Servicio de Gestión de Información Remota para las Actividades de la Vida Diaria Adaptable a Usuario (SIRAU), nace con la idea de poder utilizar la tecnología RFID conjuntamente con otros dispositivos móviles (PDA o teléfonos móviles) o fijos (RFID+Microprocesador) para aplicaciones de identificación de objetos comunes en la vida diaria (medicinas, alimentos, ropa, utensilios, etc.) y facilitar su uso y seguridad obteniendo así una mejora de la calidad de vida tanto de los propios usuarios como también de su entorno familiar y social. SIRAU plantea crear un servicio que ofrezca al usuario la posibilidad de identificar un objeto cualquiera y que, mediante el acceso automático a un sistema remoto, pueda obtener información referente al producto y presentarla por el canal más adecuado.

- En Finlandia (Imatra), Medixine Ltd[21], realizó en 2006 un piloto en colaboración con la operadora de telecomunicaciones Elisa, la Sociedad Finesa del Alzheimer (entidad financiadora), Nokia (proveedora de teléfonos móviles NFC) y Pfeizer (proveedora de los medicamentos). El piloto tiene por objeto que las personas que se encuentran en las primeras fases de la enfermedad puedan continuar viviendo en su domicilio. Para ello se dota a la persona con un teléfono móvil con tecnología NFC y un "Tablero de Comunicación" que puede incorporar hasta seis etiquetas personalizadas a los requerimientos de cada medicación. En el piloto desarrollado, se utilizaron únicamente tres etiquetas, señalizadas con tres símbolos que representaban: "me he tomado la medicación", "me siento solo" y "me encuentro mal". Cada vez que el paciente se encuentra en uno de esos tres estados, acerca su teléfono NFC al símbolo correspondiente, y el terminal móvil emite un aviso a través de la red móvil al Centro de Atención, que responde en consecuencia. Si el paciente olvida tomar la medicación, no se emite ningún mensaje y el SW genera una alarma de recordatorio vía voz. Del éxito del proyecto depende su comercialización. La idea es ofrecer el terminal móvil, etiquetas y soporte médico por 20-30€ al mes.

La empresa Medixine cuenta con otras soluciones NFC-RFID. Por ejemplo, posee una solución para el control de las visitas del médico o enfermera. El profesional médico que visita la casa del paciente acerca su teléfono móvil a la etiqueta RFID que posee el paciente en su domicilio para que el evento de la visita quede grabado y llevar así un control exhaustivo de dichas visitas.

[21] Más información: http://www.medixine.com

FIGURA 4.1. *El sistema de Medixine.*

Fuente: RFID Journal.

- El centro de investigación austriaco Austrian Research Centers GmbH ha desarrollado un prototipo de sistema de monitorización de pacientes cardíacos para mostrar al mercado el potencial de la tecnología NFC frente al concepto original de RFID. La aplicación se conoce como Mobitel (Mobile Telemonitoring for Heart Failure Patients) y consiste en un prototipo que incorpora NFC en el terminal de monitorización del paciente. El paciente, en lugar de tener que ir al hospital para realizar las revisiones periódicas de su estado de salud, puede realizar éstas desde casa, y además con mayor asiduidad. El paciente se mide diariamente la presión arterial y ritmo cardíaco y pasa dicha información al móvil vía NFC. El móvil a su vez trasmite los datos vía GPRS o UMTS a una base de datos centralizada accesible vía web. La aplicación es capaz de detectar desviaciones significativas y alertar al médico en caso de que los datos no sean los esperados. El paciente recibe realimentación del tratamiento a través del móvil.

  El componente NFC empleado es un chip suministrado por Philips (PN531, Philips Semiconductors, Gratkorn, Austria) y un microcontrolador embebido. Este modulo se inserta en el dispositivo médico de medida (en este caso un medidor de la tensión sanguínea Bosch + Sohn GmbH U. Co KG, Jungingen, Alemania). Sin más que acercar el móvil (Nokia 3510i), automáticamente se portan las medidas realizadas al teléfono y éste inicia la transmisión de los datos al centro de monitorización donde puede ser accesible vía web previa autenticación.

FIGURA 4.2. *El sistema de Mobitel.*[22]

[22] Más información: http://delivery.acm.org/10.1145/1300000/1295540/p258-morak.pdf?key1=1295540&key2=0429799911&coll=&dl=&CFID=15151515&CFTOKEN=6184618

4.5 Resumen

Como resumen de ese capítulo sobre casos de éxito y aplicaciones de la tecnología RFID, vamos a mostrar la Tabla 4.2 (obtenida del estudio "*RFID in Healthcare 2006-2016*") donde se presenta la evolución pasada y esperada de las aplicaciones de RFID relacionadas con la salud.

APLICACIONES		
Hasta 2004	***De 2005 a 2010***	***2011 en adelante***
– Prevención de errores en el uso de productos (administración de medicamentos, transfusiones, recién nacidos, etc.).	– Prevención de errores en productos, incluyendo el rechazo automático de defectuosos.	– Prevención de errores en productos.
– Localización y alarmas del personal médico.	– Aplicación de etiquetas en pacientes para prevención de errores.	– Aplicación de etiquetas a pacientes para prevención de errores.
– Localización de bienes y activos.	– Localización y alarmas de personal médico. Las etiquetas pueden almacenar datos de incidentes.	– Localización y alarmas de personal médico.
	– Prevención de robos.	– Localización de visitantes. Gestión de visitantes en alarmas. Gestión de colas virtuales.
	– Control de costes.	– Localización de bienes y activos. Gestión óptima de stocks.
	– Grabación de procedimientos (aspectos legales).	– Prevención de robos.
	– Monitorización de pruebas de medicamentos.	– Control de costes.
	– Estudios de comportamiento para optimización de operaciones.	– Grabación de procedimientos (aspectos legales).
	– Prevención de falsificación de medicamentos.	– Monitorización de pruebas de medicamentos.
		– Monitorización de los pacientes en pruebas de medicamentos.
		– Estudios de comportamiento para optimización de operaciones.
		– Prevención de falsificación de medicamentos.
		– Localización y seguimiento de la mayor parte de los medicamentos, consumibles y material médico.

TABLA 4.2. *Evolución de las aplicaciones de RFID en el cuidado de la salud.*

Fuente: IDTechEx.

Por último destacar que la mayoría de los pilotos y casos analizados consideran como mejor opción la tecnología RFID a frecuencia HF (Alta Frecuencia) debido a su mejor tolerancia a la presencia de metales y líquidos, su cobertura controlada y su pequeño tamaño, fácilmente embebible en los objetos a monitorizar.

Asimismo, si lo que se desea es realizar un seguimiento y monitorización de los movimientos de los activos o del personal, para conocer dónde se encuentran en cada momento e incluso llevar un historial de dónde han estado, se utilizan etiquetas RFID activas, que poseen un mayor alcance, necesario para poder ser localizadas.

La decisión final de elegir un tipo de tecnología RFID u otro (activa vs. pasiva, rango de frecuencia) depende fundamentalmente del tipo de aplicación para el que se desee, aunque la decisión no es única y ante todo, no se debe olvidar que la tecnología evoluciona con el tiempo, superando sus puntos débiles y mejorando sus prestaciones en todos los rangos de frecuencia. Sin ir más lejos, a día de hoy se están desarrollando etiquetas UHF que operan en el campo cercano, mejorando de ese modo su lectura en presencia de líquidos y metales a cambio de reducir su rango de cobertura (hasta situarse en campo cercano). También el radio de cobertura de los sistemas a las distintas frecuencias es cada vez mayor, y los diseñadores de circuitos consiguen reducir el tamaño de las etiquetas.

Por otro lado, los sistemas de localización, aunque se encuentran aún en un estado incipiente, gozarán de un crecimiento incluso mayor que las soluciones de etiquetado (se verá en el capitulo 5, Figura 5.8). Será sin duda una aplicación de gran relevancia a tener en cuenta. A día de hoy, uno de los mayores inconvenientes a su despliegue viene dado por el coste de las etiquetas necesarias para el etiquetado, que se estima entre 1 y 100 US$, dependiendo de la complejidad de la aplicación.

CAPÍTULO 5

El mercado de RFID y del cuidado de la salud

5.1 Algunos datos de mercado (PÁG. 125)

5.2 Actores en el mercado de las tecnologías RFID (PÁG. 131)

5.3 Análisis DAFO (PÁG. 136)

5.4 Factores críticos de vigilancia (PÁG. 139)

En los capítulos anteriores ya se ha dejado ver cómo la tecnología RFID está experimentando un rápido incremento los últimos años. Este capítulo trata de averiguar la evolución de esta tecnología en términos de mercado, qué actores están implicados y qué rol deben jugar éstos. Se facilitarán asimismo algunos datos extraídos principalmente de IDTechEx y Garnter, consultoras estadounidenses especializadas en este tipo de análisis a nivel mundial. Estas empresas ofrecen además predicciones de evolución a futuro, a pesar de la dificultad derivada de trabajar en un panorama altamente cambiante como es el de las nuevas tecnologías. Existen, no obstante, algunos informes de prospectiva que consideran este caso:

- Un estudio de mercado de Venture Development Corporation (VDC) titulado "Global Markets and Applications for Radio Frequency Identification Equipment and Systems" predice un incremento del volumen de negocio de aproximadamente el 24% anual.
- Un estudio de IDC Market predijo que el volumen de negocio de la industria de RFID sería de 3.300 millones de dólares en 2007.
- El informe Krannert Technology Forecast 2004-2006 predice que en 2008 el coste de la etiqueta RFID bajaría de los 5 céntimos, y el volumen total de negocio sería de 5.000 millones de dólares anuales.

Las discrepancias habituales en estos casos, se deben a los diferentes mercados y actores implicados que cada empresa considera. Sin embargo, como veremos, todas coinciden en el fuerte incremento y definitivo despegue.

5.1 Algunos datos de mercado

Gartner, importante analista en la revisión de mercados y volúmenes de negocio relacionados con las tecnologías de la información y las comunicaciones, afirma en su informe "Market Share and Forecast: Radio Frequency Identification, Worldwide, 2004-2010", que en tan sólo cinco años, del 2005 al 2010, los gastos en RFID pasarán de 504 millones de dólares a superar los 3.000 millones de dólares, lo que supone un espectacular incremento (ver Figura 5.1). La consultora matiza explícitamente que estos volúmenes se refieren al uso de la tecnología RFID dentro de la cadena de suministro, con el fin de mejorar la visibilidad, gestión y seguridad de la misma. Las aplicaciones y hardware asociado que se utilizan fuera de este entorno, no se consideran. Es decir, que únicamente son tenidas en cuenta las aplicaciones relacionadas con la logística y distribución, y no aquellas relacionadas con el control de accesos, seguridad o venta.

En dicho informe Gartner afirma que no se debe esperar que la tecnología RFID sustituya totalmente a los códigos de barras, sino que ambas pueden coexistir, ya que mientras el código de barras puede ser útil en operaciones no demasiado complejas y muy estructuradas, RFID es idónea para aplicaciones donde los bienes a etiquetar y seguir son móviles, con procesos más caóticos, lo que implicaría que un recuento para identificarlos a través de su código de barras resultaría tedioso. Un claro ejemplo de esta situación se da en los hospitales, donde los bienes se mueven de forma libre y sin seguir caminos claramente preestablecidos. Este inconveniente no supone ningún problema para la tecnología RFID.

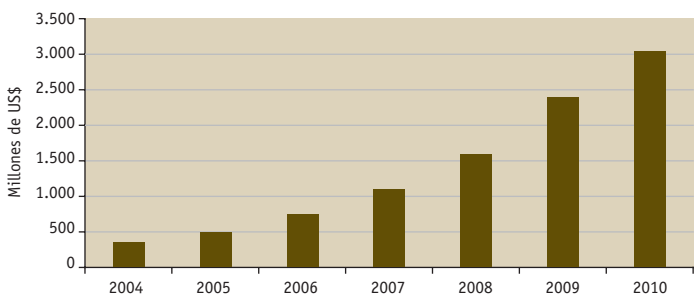


FIGURA 5.1. *Crecimiento previsto 2004-2010 del gasto mundial en RFID.*

Fuente: Gartner.

Por otro lado, IDTechEx, en su informe "RFID Forecasts, Players & Opportunities 2007-2017", ha ido más allá y ha considerado todos los actores del mercado mundial RFID, esto es, fabricantes de hardware, desarrolladores de software, desarrolladores de sistemas, integradores, etc. Con estos agentes incluidos, IDTechEX afirma que el valor mundial del mercado RFID será de 5.000 millones de dólares en 2007. Esta cifra alcanzará los 26.880 millones en 2017, de los cuales sólo las aplicaciones RTLS supondrán 6.000 millones en 2017.

En la Figura 5.2 se puede ver una comparativa entre ambas previsiones, donde se ha excluido de los datos de IDTechEx el volumen generado por las tarjetas inteligentes (*smart cards*) RFID. Se observa que ambas previsiones coinciden en el fuerte crecimiento, aunque parece que IDTechEx es más optimista, seguramente porque considera un mercado más amplio que incluye a más agentes.

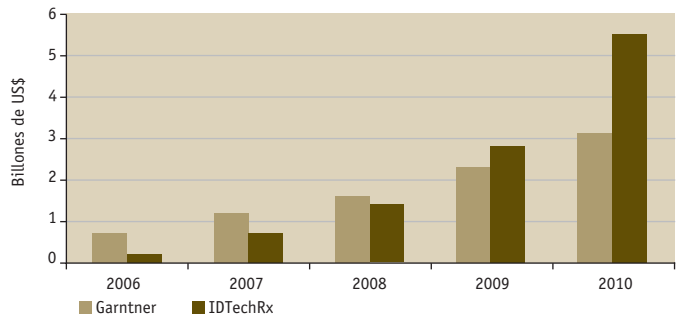


FIGURA 5.2. *Comparación de previsiones del mercado de RFID.*

Fuente: IPTS.

Al haber eliminado del análisis las tarjetas inteligentes RFID, destaca el hecho de que este mercado movió en 2007, 2.000 M$, liderado en su mayor parte por China (que ha lanzado su documento nacional de identidad con RFID).

Continuando con el informe de IDTechEx, reproducimos aquí la Figura 5.3, donde aparece segmentada la evolución del mercado global de RFID, analizando por separado las etiquetas activas y las etiquetas pasivas, y comparando después ambas evoluciones. Aunque ambos tipos de etiquetas presentan un gran crecimiento, no cabe duda de que son las etiquetas pasivas las que liderarán el mercado (resultado similar se obtenía en el análisis de las tendencias de I+D del capítulo 3).

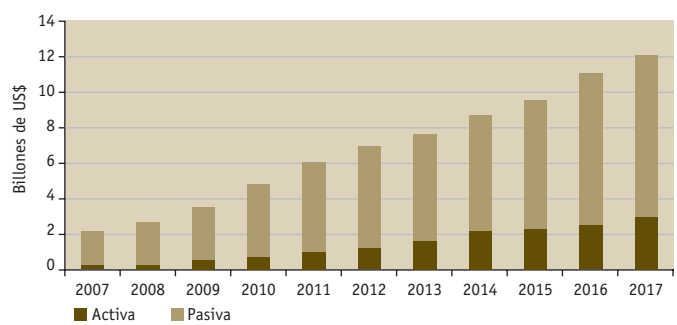


FIGURA 5.3. *Mercado global para las etiquetas activas y pasivas.*

Fuente: IDTechEx.

Este mismo informe realiza también una fragmentación del mercado global por continentes, que podemos ver en la Figura 5.4. En dicha figura se observa cómo, aunque actualmente el mercado está liderado por Norteamérica, con EE.UU. a la cabeza seguido tímidamente por Canadá, en los próximos años perderá terreno en relación con los países del sudeste asiático (Japón, China, Corea del Sur) que aumentarán espectacularmente su mercado hasta superar el de EE.UU. En relación a Europa, las previsiones no parecen muy positivas, ya que se prevé que reduzca su volumen de negocio en detrimento sobre todo de los países asiáticos.

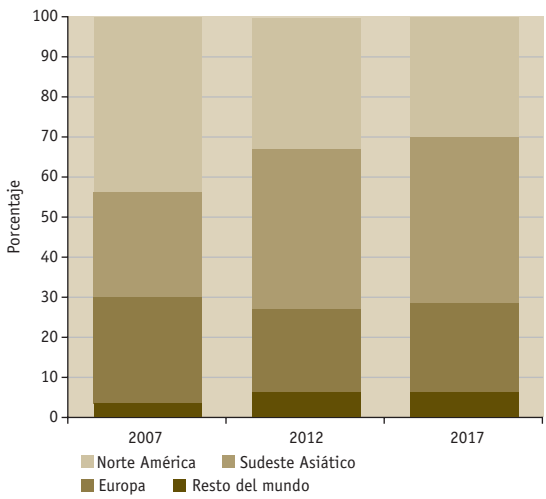


FIGURA 5.4. *Distribución del mercado total de RFID 2007-2017.*

Fuente: IDTechEx.

Según Análisis Internacional (compañía china), las cuantiosas ayudas que el gobierno chino está dando a diversos programas relacionados con la RFID son el principal revulsivo de esta tecnología allí. Por ejemplo, la tarjeta de identificación china supondrá la introducción en el mercado de más de mil millones de tarjetas inteligentes basadas en RFID, esto es, el 34% del mercado RFID chino. Otro ejemplo es el transporte público, que posee el 14% de la cuota de mercado. En tercera posición (11%) aparecen las aplicaciones en campus universitarios.

En relación al precio estimado de las etiquetas para identificar artículos, palés u otros bienes, vemos el descenso que sufrirán los costes según IDTechEx, hasta alcanzar los 5 céntimos hacia 2010, al menos en etiquetado pasivo. Lo podemos ver en la Figura 5.5. La figura hace referencia tanto a etiquetas activas como pasivas, y de todas las formas y tamaños posibles, desde aquellas más caras para cumplir complejos requisitos en aplicaciones militares, hasta aquellas más baratas que pueden imprimirse

directamente en el objeto a medir. La línea discontinua indica el precio mínimo de las etiquetas más baratas.

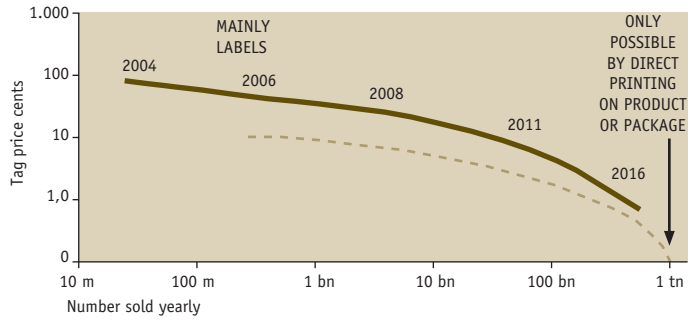
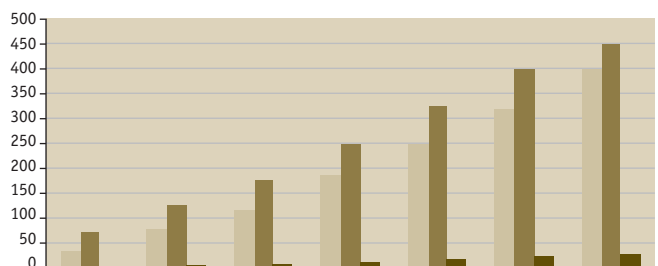


FIGURA 5.5. *Precio medio de etiqueta versus el número de etiquetas vendidas.*

Fuente: IDTechEx.

Las siguientes figuras dan una idea de la evolución esperada de la implantación del equipamiento de RFID en hospitales de EE.UU. Aunque no son extrapolables directamente al panorama europeo, sí pueden darnos una idea de la evolución que se prevé.



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Activos	30	75	115	185	250	320	400
Pacientes	70	125	175	250	325	400	450
Otro seguim	0	2	5	10	15	20	25

FIGURA 5.6. *Evolución del número de hospitales en EE.UU. con equipamiento de RFID.*

Fuente: FCC.

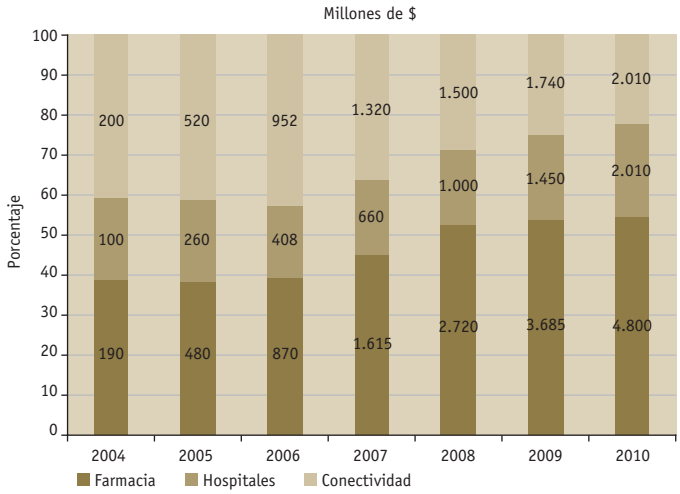


FIGURA 5.7. *Evolución del volumen de inversiones en RFID y equipamiento de conectividad en EE.UU.*

Fuente: FCC.

Por otro lado, la Tabla 5.1 muestra la evolución del número de proyectos y los ingresos esperados por aplicaciones RFID en hospitales de Estados Unidos.

	2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010	
	N.º proy.	$	N.º proy.	$	N.º proy.	$	N.º proy.	$	N.º proy.	$	N.º proy.	$	N.º proy.	$
Activos	30	8	75	45	115	69	185	148	250	200	320	256	400	320
Instrumenta.	—	—	—	—	2	1	4	3	5	4	7	6	10	8
Pacientes	70	22	125	65	175	105	250	150	325	195	400	240	450	270
Mat. Peligrosos	—	—	2	1	3	2	6	5	10	8	13	10	15	14
Total	100	30	202	111	295	177	445	306	590	407	740	512	875	612
Farmacia	—	50	125	100	295	236	445	356	590	472	740	592	875	700
Total con farmacia	**—**	**80**		**211**		**413**		**662**		**879**		**1.104**		**1.312**

TABLA 5.1. *Evolución del número de proyectos y los ingresos esperados por aplicaciones RFID en hospitales de Estados Unidos.*

Fuente: FCC.

De nuevo consultando un informe de IDTechEx, en este caso específico del sector de cuidados de la salud "*RFID in Healthcare 2006-2016*", obtenemos datos sobre el volumen del mercado global de etiquetas y sistemas RFID aplicados a la salud, que se incrementará rápidamente desde los 90 millones de dólares en 2006 hasta los 2.100 millones en 2016. El citado informe afirma que las principales aplicaciones que

liderarán este crecimiento serán el etiquetado de medicamentos y los Sistemas de Localización en Tiempo Real (RTLS) para el personal, los pacientes y los objetos o equipamiento crítico en general, en aras de mejorar la eficiencia, seguridad y disponibilidad, y de reducir las pérdidas que una mala gestión de los mismos conlleva. Lo podemos ver en la Figura 5.8.

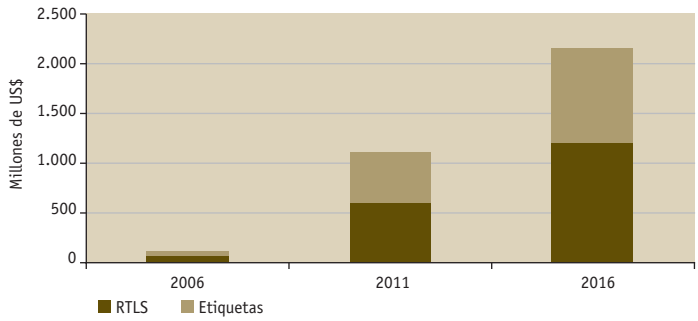


FIGURA 5.8. *Mercado Global de RFID en "cuidado de la salud" 2006-2016. (US$).*

Fuente: IDTechEx.

5.2 Actores en el mercado de las tecnologías RFID

5.2.1 Cadena de valor del mercado de la tecnología RFID

Hemos considerado las siguientes etapas de la cadena de valor junto con sus actores involucrados:

- Proveedores de tecnología: incluye a diseñadores, fabricantes y proveedores de microchips de silicio, tags, antenas y/o lectores.
- Proveedores de software y middleware: incluye a desarrolladores del software y middleware necesarios para el tratamiento de los datos, así como a programadores de tags (caracterización de tags).
- Integradores: empresas de integración de componentes.
- Consultoras y grandes empresas técnicas: empresas de desarrollo de soluciones e implantación de producto.
- Operadores de telecomunicaciones, que proporcionan conectividad en remoto, tanto en entornos móviles como fijos, complementando las comunicaciones de corto alcance ofrecidas por RFID, con comunicaciones de largo alcance.
- Usuarios: en el sector de la salud.
    - Profesionales de la salud: en hospitales, centros sanitarios, residencias, etc.
    - Pacientes, personas dependientes.
    - Empresas especialistas que gestionen o centralicen la provisión del servicio.

FIGURA 5.9. *Etapas de transformación y actores en la cadena de valor de la RFID.*

Hay que tener en cuenta que el mercado actual tiende a la integración vertical, es decir, que cada vez son más los casos en los que una empresa se extiende por la cadena de valor agrupando varias de las etapas de transformación del producto.

En la Figura 5.10 se incluye una representación de la interrelación entre los distintos actores de la cadena de valor del mercado RFID descritos. En el eje horizontal se describen las actividades que componen la cadena de valor:

- Diseño HW y producción.
- Desarrollo SW.
- Integración de sistemas.
- Consultoría.

Y en el eje vertical se especifican los siguientes niveles:

- Hardware: elementos físicos, como tags, antenas, lectores, etc.
- Middleware.

Componentes software comunes a casi todas las aplicaciones RFID: aplicaciones y componentes desarrollados para un servicio específico en función de los requisitos del producto final.

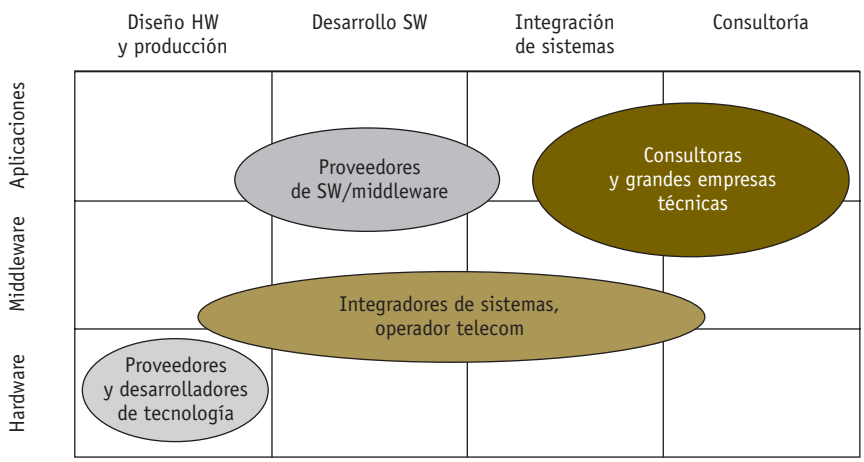


FIGURA 5.10. *Mapa de actores en el sector RFID.*

5.2.2 Algunos ejemplos de actores involucrados

Se identifican aquí algunos ejemplos de los principales actores del mercado. Las tablas que siguen muestran por tanto únicamente una pequeña muestra de empresas significativas.

Fabricantes de etiquetas/lectores

ASK Technologies (Francia)	http://www.ask.fr
Hitachi (Japón)	http://www.hitachi.co.jp/Prod/mu-chip/index.html
Innovision (Reino Unido)	http://www.innovision-group.com
Motorola (EE.UU.):	http://www.motorola.com/mot/doc/0/202_MotDoc.pdf
Nokia (Finlandia)	http://www.nokia.es
Philips (Holanda)	http://www.semiconductors.philips.com/products identification/index.html
Siemens (Alemania)	http://www.automation.siemens.com/rfid/index_76.htm
Texas Instruments (EE.UU.)	http://www.ti.com/rfid
Tagsys RFID (EE.UU.)	http://www.tagsysrfid.com/html/index.php
Thingmagic (EE.UU.)	http://www.thingmagic.com/html/index.htm

Desarrolladores y proveedores de componentes

Alien Technology (EE.UU.)	http://www.alientechnology.com
AVID (EE.UU.)	http://mail.avidid.com/web/index.htm
CAEN (Italia)	http://www.caen.it/rfid/index.php
GE Healthcare (Reino Unido)	http://www.gehealthcare.com/worldwide.html
Impinj (EE.UU.)	http://www.impinj.com
Inside Contactless(Francia)	http://www.insidecontactless.com
Intellident (Reino Unido)	http://www.intellident.co.uk
Intermec (EE.UU.)	http://www.intermec.com/products/rfid/index.aspx
PSC (EE.UU.)	http://www.psc.com
PSION (EE.UU.)	http://psionteklogix.com
Sarnoff (EE.UU.)	http://www.sarnoff.com/products_services/ communications_solutions/rf/index.asp
Sirit (Canadá)	http://www.sirit.com
Symbol (EE.UU.)	http://www.symbol.com/products/rfid/rfid.html
TEK Industries (EE.UU.)	http://www.tekind.com/rfid.htm
UPM Raflatac (Finlandia)	http://www.rafsec.com/homeb.html
VTT (Finlandia)	http://www.vtt.fi
Xtag (Reino Unido)	http://www.xtagltd.co.uk
Zebra Technologies (EE.UU.)	http://www.zebra.com/id/zebra/na/en/index/ products/printers/rfid.html

Integradores de sistemas

Aeroscout (EE.UU.)	http://www.aeroscout.com
AT4Wireless (España)	http://www.at4wireless.com
Checkpoint Systems (EE.UU.)	http://www.checkpointsystems.com/ default.aspx?page=epcrfid
Feig Electronic (Alemania)	http://www.feig.de
RFCode (EE.UU.)	http://www.rfcode.com
Treelogic (España)	http://www.treelogic.com
Visual Tools (España)	http://www.visual-tools.com

Saident (España)	http://www.saident.com
Savi Technology (EE.UU.)	http://www.savi.com

Desarrolladores de software

Aeroscout (EE.UU.)	http://www.aeroscout.com
ATOS (Francia)	http://www.atosorigin.com
BEA Systems (EE.UU.)	http://www.bea.com/content/products/weblogic/rfid/index.htm
CISCO (EE.UU.)	http://www.cisco.com/web/strategy/retail/RFID.html
Deloitte (Reino Unido)	http://www.deloitte.com
Globeranger, (EE.UU.)	http://www.globeranger.com
Checkpoint Systems (EE.UU.)	http://www.checkpointsystems.com/default.aspx?page=epcrfid
Microsoft, (EE.UU.)	http://www.microsoft.com/industry/retail/solutions/rfid.mspx
OATSystems, (EE.UU.)	http://www.oatsystems.com
Oracle (EE.UU.)	http://www.oracle.com/technologies/rfid/index.html
RedPrairie (EE.UU.)	http://www.redprairie.com/uk/default.aspx
RF-iT Solutions (Austria)	http://www.rf-it-solutions.com
Sybase (EE.UU.)	http://www.sybase.com/products/mobilesolutions/rfid_anywhere
TIBCO (EE.UU.)	http://www.tibco.com/solutions/rfid/default.jsp

Consultoras

Accenture (EE.UU.)	http://www.accenture.com
ATOS (Francia)	http://www.atosorigin.com/wp_RFID.htm
Cap Gemini (Francia)	http://www.capgemini.com/resources/success-stories/by_solution/rfid
Deloitte (Reino Unido)	http://www.deloitte.com
HP (EE.UU.)	http://h20223.www2.hp.com
IBM (EE.UU.)	http://www-03.ibm.com/solutions/businesssolutions/sensors/index.jsp
Lockheed Martin (EE.UU.)	http://www.lockheedmartin.com
Manhattan Associates, (EE.UU.)	http://www.manh.com
Medixine Ltd (Finlandia)	http://www.medixine.com
Northrop-Grumman (EE.UU.)	http://www.it.northropgrumman.com/offer/enterprise/rfid.html
SAP (Alemania)	http://www.sap.com/index.epx
SUN Microsystems (EE.UU.)	http://www.sun.com/software/products/rfid

Laboratorios/distribuidores de productos farmacéuticos

Abbot (EE.UU.)	http://www.abbott.com
Baxter (EE.UU.)	http://www.baxter.com
Covidien (EE.UU.)	http://www.covidien.com

Directorio de laboratorios farmacéuticos en España (España)	http://www.pmfarma.com/laboratorios
GlaxoSmithKline (Reino Unido)	http://www.gsk.com
Pfizer (EE.UU.)	http://www.pfizer.com
Roche (Suiza)	http://www.roche.com/home.htm
Sanofi-aventis (España)	
Watson Wyatt Worldwide (EE.UU.)	http://www.watsonwyatt.com

Empresas sanitarias/cuidado de la salud

Cardinal Health (EE.UU.)	http://cardinalhealth.com
Johnson & Johnson (EE.UU.)	http://www.jnj.com
Massachusetts General Hospital (EE.UU.)	http://www.mgh.harvard.edu
McKesson (EE.UU.)	http://www.mckesson.com

Otros: organizaciones de consumidores, organismos de estandarización...

Agencia Española de Normalización y Certificación (AENOR)	http://www.aenor.es/desarrollo/inicio/home/home.asp
AIM Global	http://www.aimglobal.org
EPCglobal (EE.UU.)	http://www.epcglobalinc.org
European Committee for Electrotechnical Standardization	http://www.cenelec.org/Cenelec/Homepage.htm
European Committee for Standardization	http://www.cen.eu/cenorm/homepage.htm
European Telecommunications Standards Institute	http://www.etsi.org/WebSite/homepage.aspx
Food and Drug Administration (EE.UU.)	http://www.fda.gov
Global Data Synchronization	http://www.gs1.org/productssolutions/gdsn
Indicod ECR, (Italia)	http://www.indicod-ecr.it/progetti/index.php
ISO (International Standards Organization)	http://www.iso.org
Privacy Commissioners Conference (Canada)	http://www.privacyconference2003.org
Ubiquitous ID Center (Japón)	http://www.uidcenter.org

5.3 Análisis DAFO

El análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), si bien no permite directamente la toma de decisiones, sí puede servir de orientación a las empresas en el sentido de proporcionar una presentación sintética de los factores positivos y negativos de una determinada tecnología, proyecto o aventura empresarial, con objeto de proporcionar una visión panorámica que permita tener una primera idea acerca de la conveniencia de acometer su realización.

A continuación realizamos un análisis DAFO sencillo sobre la implantación de las tecnologías RFID en aplicaciones relacionadas con la sanidad.

Fortalezas:

- Permite mejorar la eficiencia de los procesos asistenciales, mejorar la gestión de inventario y reducir los errores derivados de su manipulación.
- Éxito probado en el despliegue de otras aplicaciones logísticas.
- Las características de la tecnología: lectura a distancia, posibilidad de programación, compacta, robusta, y de bajo consumo de potencia, la hacen muy adecuada en aplicaciones destinadas al cuidado de la salud.
- La versatilidad de la tecnología: etiquetas de muy diversas formas, tamaños, alcances, consumos, etc., le permiten adaptarse con facilidad a los requerimientos cambiantes de los procedimientos y las diversas características de los equipos en entorno hospitalario.
- Movimiento claro hacia la adopción de estándares que facilitarán la interoperabilidad de los equipos. Aunque esto está todavía en proceso, parece claro que al final uno o dos estándares serán los que predominen en el mercado.
- La tecnología parece estar alcanzando un cierto grado de madurez.
- Reducción decidida del precio de los equipamientos: etiquetas, lectores y software (en especial de los sistemas pasivos), motivo de la oferta cada vez más amplia presente en el mercado de RFID.
- La no necesidad de alimentación de las etiquetas pasivas y el bajo precio de éstas.
- La misma tecnología que se utiliza para la identificación se puede utilizar también para la localización y seguimiento.

Debilidades:

- Limitaciones de la tecnología. No funciona bien en presencia de metales o elementos ricos en agua, lo que puede causar dificultades en ciertas aplicaciones hospitalarias.

Existen además limitaciones de propagación en función de la frecuencia utilizada, que se han considerado anteriormente.

- Limitaciones de cobertura en la tecnología RFID pasiva. En muchos casos, este alcance es inferior al metro, lo que dificulta la operación a distancias mayores.
- Problemas de privacidad y confidencialidad de los datos. Aunque es posible dotar de seguridad a las transmisiones de RFID, como vimos en la sección correspondiente, el público la percibe todavía como una tecnología potencialmente invasiva de su privacidad.
- Frecuencia de operación. En función de la banda de trabajo, pueden existir posibles interferencias de RFID con el equipamiento médico. Este problema se acrecentará a medida que los despliegues de este tipo de sistemas se hagan más densos en los hospitales.
- Falta de unanimidad sobre cuál será el estándar que prevalecerá, a pesar de que se está trabajando en ello. No solo se necesita una certificación de los sistemas actuales, sino que también se necesita interoperabilidad entre ellos.
- Aunque disminuyendo de precio, el coste de los sistemas activos es aún alto.

Oportunidades:

- Los nuevos hospitales y centros sanitarios de reciente creación están más sensibilizados para incorporar las nuevas tecnologías a sus procesos, una vez demostradas sus potencialidades.
- La mejora de la calidad en los servicios médicos que se puede conseguir es un importante incentivo a la inversión en RFID en el entorno sanitario.
- Se pueden desarrollar rápidamente nuevos servicios y aplicaciones aprovechando las oportunidades que ofrezcan las necesidades detectadas en los pacientes y el personal médico.
- RFID no sólo mejora los actuales procesos sino que genera nuevas oportunidades de negocio con aplicaciones que hasta ahora no se podían desarrollar con otras tecnologías (por ejemplo, localización en tiempo real).
- La nueva tarjeta sanitaria incorporará electrónicamente el historial clínico de los pacientes, lo que facilitará la integración de sus datos en sistemas RFID.
- El etiquetado de los pacientes en realidad provee a la persona de más libertad, ya que supone reducir el número de profesionales pendientes de su estado y que tienen que estar frecuentemente monitorizándole.
- Aplicación inmediata en la lucha contra la falsificación de medicamentos.

Amenazas:

- Los costes de transición desde sistemas basados en otras tecnologías pueden ser altos, o al menos el retorno de los beneficios económicos a corto plazo, lo que puede causar una cierta resistencia a la adopción de sistemas basados en RFID.
- Reticencia del personal médico al uso de las nuevas tecnologías.
- Reticencias de los pacientes a ser monitorizados y controlados.
- Un inadecuado dimensionamiento de las necesidades o expectativas erróneas de su funcionalidad puede no causar los beneficios esperados.
- Aparición de nuevas tecnologías (o de variantes de éstas) que mejoren sus prestaciones. Ello causa un cierto riesgo de obsolescencia en los desarrollos que se acometan, y obligan al personal sanitario y a sus asesores a ser especialmente cuidadosos con los contratos de mantenimiento y de actualización.
- Las diferentes regulaciones existentes, por ejemplo, en EE.UU. y en la Unión Europea sobre las potencias emitidas, alcances, etc. En algunas de las bandas de frecuencia pueden suponer una amenaza a la estandarización a nivel mundial.

5.4 Factores críticos de vigilancia

Como resumen del anterior apartado donde se ha realizado un análisis DAFO con el fin de determinar cómo será la evolución de RFID en el ámbito de la salud en los próximos años, a continuación vamos a exponer a modo de resumen los factores que nos resultan más críticos a día de hoy, a la hora de obtener un despliegue masivo de esta tecnología, y que por tanto será necesario vigilar para poder estar al tanto de la evolución de RFID.

- **Estandarización:**

  Hemos visto cómo la estandarización es una de las principales amenazas a la implantación de RFID. Sin embargo se reciben mensajes contradictorios sobre su estado verdadero, que conviene aclarar. La estandarización en RFID ya ha llegado. Sin embargo los distintos estándares existentes no son interoperables entre sí ni compatibles con otras tecnologías.

  Por ejemplo, a nivel radio, parece que existen dos estándares que destacan sobre los demás: el ISO 18000-3 (HF, 13.56MHz) y el ISO 18000-6 (UHF 860-960MHz), ambos adoptados a nivel mundial de modo que una etiqueta puede leerse tanto en EE.UU. como en Europa. Sin embargo, el estándar ISO 18000-6 que utiliza el espectro UHF tiene algunos problemas de interoperabilidad, ya que la banda UHF está ocupada y no todos los países la han liberado. Ya hemos comentado que en España esta banda está libre de uso para RFID desde enero de 2007, pero hay otros países europeos como Francia o Italia que aún no la han liberado. Como es lógico, este hecho bloquea el desarrollo del mercado de esta tecnología a gran escala.

  En cambio, parece que a nivel de codificación la cuestión de la estandarización sí está resuelto, ya que EPCGlobal ha desarrollado un código electrónico de producto, único para cada ítem, que facilita la gestión y el desarrollo de aplicaciones sobre toda la cadena de suministros.

- **Coste**

  El coste es otro factor crítico cuya información parece contradictoria y que resultará un importante driver de mercado. Por un lado aparece como una fortaleza, ya que poco a poco se están cumpliendo las previsiones de reducción del coste de la etiqueta, y por otro lado, aparece como una amenaza, ya que el coste asociado a la implantación de un sistema RFID es elevado.

  Los fabricantes de chips trabajan actualmente en nuevas técnicas más eficientes de diseño y fabricación de etiquetas, con el fin de reducir los costes asociados al tag e impulsar de ese modo un mayor despliegue de pilotos. De la exposición y éxito de los pilotos, con demostraciones claras de las funcionalidades asociadas a estos sistemas, dependerá que haya otras empresas o sectores industriales que sean

capaces de percibir los beneficios y el retorno de la inversión necesarios para invertir en sistemas RFID, logrando con ello una mayor implantación, que a su vez redunde en la reducción de los costes de las etiquetas.

- **Seguridad, Privacidad, Confidencialidad**

Constituyen uno de los principales obstáculos al desarrollo y diseminación de aplicaciones basadas en RFID, tanto en el ámbito de la salud como en otros ámbitos. Es bien cierto que la tecnología de seguridad en comunicaciones proporciona un medio fiable para el envío de información que puede ser sensible (no olvidemos que, en el ámbito sanitario, además de información de carácter personal, como nombres o direcciones, puede ir asociada información de carácter especialmente delicado, como dolencias, tratamientos, etc.). Pero no es menos cierto que la percepción que el público tiene de estos sistemas como intrusivos en la privacidad de las personas obliga a ser especialmente cuidadoso en el diseño de la seguridad de los sistemas, y en la formación e información del público en general, para que acabe aceptando esta tecnología y posicionando adecuadamente sus riesgos en la seguridad y privacidad con respecto a los mismos aspectos de otros sistemas de amplia utilización, como son las transacciones por Internet, o el uso de tarjetas de crédito y débito.

CAPÍTULO 6

Conclusiones

A lo largo de estos capítulos hemos visto cómo la tecnología RFID ha dejado de ser una tecnología prometedora para hacerse realidad, postulándose como una tecnología de amplias posibilidades de utilización en el ámbito de la salud.

Prácticamente todos los estudios y pilotos realizados muestran preferencia de RFID sobre el código de barras, aún siendo estos últimos más baratos que las etiquetas. De hecho, la tecnología RFID resulta ser más eficiente en términos de coste, gracias al valor añadido que supone la facilidad y rapidez en la lectura y su mejor integración con los sistemas de información existentes, infiriendo todo esto en un ahorro del tiempo del personal dedicado a tareas fácilmente automatizables, así como la minimización de las pérdidas y de los errores. Además, la integración es especialmente sencilla con la estructura de comunicaciones inalámbricas (posiblemente) desplegada en el hospital, centro sanitario o residencia. Por tanto, los inversores deben ampliar miras y analizar la situación de este modo, no esperando un retorno de la inversión a corto plazo, sino más bien a medio plazo.

Cabe destacar que no se prevé que la tecnología RFID sustituya o elimine por completo al código de barras, sino que serán dos tecnologías que coexistirán en el tiempo. En primer lugar, porque aún no existe un estándar único a nivel mundial, como ocurre con los códigos de barras, y en segundo lugar porque actualmente RFID no es la solución idónea para cualquier producto. Por ejemplo, en la industria farmacéutica, hay sustancias que contienen líquidos, por lo que la señal puede verse alterada. Esto significa que mientras no se encuentre una solución, se seguirá utilizando el código de barras para estos productos. Otra razón de peso es el coste. Sigue resultando cara la implantación masiva y mientras los inversores no aprecien un evidente retorno de beneficios, o aparezca algún driver de mercado que fomente su implantación, será difícil alcanzar un despliegue a gran escala. Sin embargo, no debemos olvidar que RFID posibilita un modelo de negocio mucho más amplio que el código de barras.

Asimismo hemos visto cómo la tecnología RFID se presenta también como una solución muy adecuada para el etiquetado y localización de objetos en hospitales o centros sanitarios, desde las gasas o instrumental quirúrgico, hasta los aparatos médicos críticos (electrocardiógrafos, desfibriladores) u equipamiento inventariado del hospital (sillas de ruedas), en aras de conseguir un adecuado dimensionamiento de estos recursos gracias al conocimiento preciso del grado de utilización y de la localización de los mismos. Sin olvidar por supuesto su empleo en el etiquetado de personas, tanto pacientes como personal médico.

Otra de las ventajas que aporta RFID frente a otras tecnologías es su capacidad para, sólo o en cooperación con la infraestructura inalámbrica existente en el centro sanitario, poder realizar el seguimiento de todos aquellos objetos etiquetados: objetos, pacientes, personal médico. Esta aplicación viene despertando un creciente interés, ya

que los problemas logísticos en un centro que debe gestionar tanto personal (pacientes, médicos, auxiliares, enfermeras, visitas) como activos y equipos, son enormes.

Por todo ello RFID puede convertirse en una tecnología estratégica para la reducción de costes en el sector de cuidados de la salud. Los servicios de salud deben afrontar pérdidas millonarias cada año con motivo de objetos extraviados (máquinas de transfusión, aparatos de rayos X, dispositivos de monitorización, etc.), tanto por el valor en sí de los objetos que se pierden definitivamente, como por el valor de las horas del personal sanitario dedicado a su búsqueda. También cuentan las pérdidas debidas al sobredimensionamiento en las adquisiciones o alquiler de ciertos equipos fundamentales para salvar vidas (máquinas de transfusión, unidades de reanimación), de forma que siempre se pueda localizar uno de ellos sin pérdida de tiempo.

Todos estos problemas y sus costes asociados se pueden reducir utilizando RFID para marcar, localizar y seguir los equipos, bienes y activos hospitalarios. Ya hemos visto en el estudio de casos realizado en una sección previa que una buena parte de los proyectos considerados están orientados a este tipo de aplicaciones, y a nuestro juicio es una de las áreas con más potencial de crecimiento para las aplicaciones basadas en RFID en el ámbito de la salud.

Sin embargo, por distintas razones, la adopción de la tecnología RFID por parte de la industria del cuidado de la salud ha sido lenta debido a que el retorno de la inversión que supone implantar un sistema RFID en un centro sanitario es menos inmediato de lo que las instituciones desearían. A pesar de que los costes están disminuyendo, muchas empresas son reticentes a invertir en una tecnología que aún no ha sido ampliamente adoptada y cuyos retornos a corto plazo no están claros.

Maximizar los beneficios de RFID también requiere modificar los actuales procesos de negocio, lo que implica a su vez cambios en las estrategias de inversión de tecnología que, en el caso de los hospitales, suelen estar ya de por sí bastante limitadas.
Y todavía sin unos estándares claros ni unas políticas de protección de datos bien definidas, las inversiones en RFID tienen aún algunos escollos que superar.

En este sentido, desde la Comisión Europea se ha propuesto durante 2007 una estrategia política común sobre las etiquetas RFID, para dar respuesta a las preocupaciones de los ciudadanos en relación a la protección de la privacidad, y trata de impulsar de ese modo la confianza de los consumidores y fomentar la posición de Europa en un mercado que crece a un ritmo del 60% en todo el mundo. En Italia, el Ministerio de Salud, al igual que hizo la FDA estadounidense en su día, ha dispuesto un Decreto-Ley por el cual impone a todas las medicinas individuales la trazabilidad desde su producción hasta farmacia, y aunque se han considerado otras tecnologías, RFID resulta la más barata.

Otro modo de explotar las potencialidades ofrecidas por RFID al entorno de la salud es la provisión de la tarjeta sanitaria dotada de esta tecnología. De este modo el tiempo destinado cada vez para identificar al paciente, realizar su historial, anotar sus alergias o sus tratamientos, se reduciría considerablemente.

Por otro lado, el uso masivo de la telefonía móvil entre la población junto con la posibilidad real de tener teléfonos móviles que incorporan dicha tecnología (por ejemplo, Nokia 6131 NFC) hacen necesaria una seria apuesta por la tecnología NFC.

Resumiendo, aunque las previsiones de crecimiento del mercado RFID en general, y en su aplicación al sector de la salud en particular, son espectaculares, y a pesar de los beneficios claros que esta tecnología ofrece para el sector, algunos de los retos a los que esta tecnología debe enfrentarse para su explosión definitiva son:

- Estandarización de EPC Global, ISO, ETSI: se hace necesaria una codificación unívoca de la información.
- Regulación. Existen cuatro posibles bandas de frecuencia, cada una con sus restricciones de potencia y con ello de cobertura y almacenamiento de la información.
- Tecnológicas.
    - Compromiso: tamaño del tag-potencia emitida.
    - Cobertura alcanzada.
    - Tags activas o pasivas.
    - Mal funcionamiento en presencia de líquidos y metales.
    - Compatibilidad electromagnética en entornos altamente ruidosos como un hospital.
- Aspectos socioeconómicos y de mercado.
    - Confianza y aceptación de la tecnología RFID por parte de los usuarios: superación de los posibles problemas de privacidad y confidencialidad.
    - Seguridad de la información: sólo debe ser leída por las personas autorizadas.
    - Costes. El objetivo es llegar a 5 céntimos por etiqueta.
    - Intrusión de la tecnología: el usuario debe llevar una etiqueta o pulsera para su identificación, lo cual puede resultar invasivo para determinadas personas. Solución: chip en ropa, en calzado, en teléfono móvil...

Por último, deseamos remarcar cómo diversos estudios de mercado constatan el bajo conocimiento y en algunos casos desinformación que existe entre los consumidores, alrededor de la tecnología RFID: la ven como una tecnología potencialmente invasiva de su privacidad y de la que no logran entender su funcionalidad. Es posible esperar por tanto que, en cierta medida, lo mismo ocurra entre las empresas potencialmente usuarias de esta tecnología. Se hace necesaria por tanto una profunda labor de concienciación y de demostración de esta tecnología, que permita dar a conocer tanto a consumidores finales como a empresas usuarias todos sus beneficios. Es cierto que el problema de la privacidad existe, pero cuando los beneficios que reporta la utilización de una tecnología son mayores que el riesgo que se corre, los usuarios están más predispuestos a utilizarla. Un claro ejemplo de este hecho está en las compras por Internet. A pesar de todas las medidas de seguridad, existe un cierto riesgo al enviar por Internet datos de identificación o de la tarjeta de crédito, pero no cabe duda de que para la mayor parte de los usuarios, estos riesgos son mínimos comparados con la comodidad y rapidez que supone una compra por Internet. Es por ello que, en el caso de la salud, cuando se comprenda que la implantación de esta tecnología puede ayudar a salvar vidas, minimizando los errores humanos, el problema de la privacidad tendrá menos relevancia. Por supuesto esto no es óbice para dejar de investigar e invertir en sistemas que hagan que esta tecnología sea cada vez más fiable, en todos los sentidos.

CAPÍTULO 7

Bibliografía y fuentes de interés

7.1 Bibliografía empleada (PÁG. 148)

7.2 Fuentes de interés consultadas (PÁG. 149)

7.1 Bibliografía empleada

La Identificación por Radiofrecuencia. Ana Belén Bermejo. CEDITEC-ETSIT. Octubre de 2004.

Near Field Communication in the real world – part II. Using the right NFC tag type for the right NFC application. Innovision Research Technology. 2007.

Radio-frequency identification (RFID): Drivers, challenges and public policy considerations. OECD. Febrero 2006.

RFID A Guide to Radiofrequency Identification, V. Daniel Hunt, Albert Puglia, Mike Puglia, Wiley Interscience, 2007.

RFID Drivers, challenges and public policy considerations. OECD. 2006.

RFID for Dummies, Patrick J. Sweeney II, Wiley Publishing, Inc., 2005.

RFID for Healthcare and Pharmaceuticals 2007-2017. Dr Peter Harrop y Raghu Das. IDTechEX. Septiembre de 2006.

RFID Handbook, Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition, Klaus Finkenzeller, John Willey & Sons, 2003.

RFID in healthcare 2006-2016. IDTechEx. Junio 2006

RFID Security. John Kleinschmidt, Technical Editor, Syngress Publishing, 2006.

RFID Technologies: Emerging Issues, Challenges and Policy Options. Marc van Lieshout et al. IPTS. Febrero de 2007.

Servicios de Telecomunicación basados en RFID: nuevas oportunidades para los operadores. Cristina Mozas y Ana Bernardos. CEDITEC-ETSIT. 2006.

Tecnologías y Servicios para la Sociedad de la Información. Coordinador: José Ramón Casar. CEDITEC-ETSIT. Diciembre de 2005.

The RFID Knowledge Base – Sample Case Studies. IDTechEx. 2006.

7.2 Fuentes de interés consultadas

- NFC Forum.

  Sitio web sobre NFC.

  http://www.nfc-forum.org/aboutnfc

- Directorio RFID.

  Sitio web con información sobre empresas españolas del mercado RFID.

  http://directoriorfid.com

- RFID Gazette.

  Noticias y Comentarios sobre RFID y el cuidado de la salud.

  http://www.rfidgazette.org/healthcare/index.html

- RFIDHealthcare.com.

  Soluciones RFID para la industria sanitaria y asistencial.

  http://www.rfidhealthcare.com

- Sitio web de la Comisión Europea.

  Descripción de las políticas y actividades de RFID dentro de la UE.

  http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/index_en.htm

- RFID Consultation Website.

  Sitio web que muestra los resultados de la Consulta Pública sobre RFID, así como noticias, eventos e iniciativas de interés dentro de la CE.

  http://www.rfidconsultation.eu

- RFID security &Privacy.

  Sitio web con información sobre publicaciones e informes relacionados con la seguridad y privacidad en RFID.

  http://www.avoine.net/rfid

- Requirements and options for Actions in RFID in Healthcare.

  Call for Tenders del VIIPM que cerró en Septiembre de 2007.

  http://cordis.europa.eu/fp7/dc/index.cfm?fuseaction=UserSite.CooperationDetailsTenderPage&call_id=67

- The Independent European Centre for RFID, Wireless and Mobility.

  http://www.rfidc.com/docs/about.htm

- IDTrack – Sure Identifiation & Traceability.

  Asociación Europea de Identificación Segura.

  http://www.idtrack.org/IDtrack

- ISi Web of knowledge.

  Base de datos con información científica.

  http://www.accesowok.fecyt.es/login

- Gartner Consulting.

  http://www.gartner.com

- RFID in Action.

  http://www.rfidinaction.net

Anexos

Anexo I Publicaciones científicas e informes relevantes (PÁG. 152)

Anexo II Solicitudes de patentes relevantes (PÁG. 157)

Anexo III Miembros del grupo de expertos en RFID de la CE (PÁG. 172)

Anexo IV Normas ISO relativas a RFID (PÁG. 174)

Anexo V Tipos de acoplamiento (PÁG. 175)

Anexo I Publicaciones científicas e informes relevantes

Este apartado recoge las publicaciones científicas e informes más recientes y que más interés pueden despertar dentro del ámbito de este trabajo.

Título	Los aspectos físicos detrás de la tecnología RFID
Fecha	*03-11-2007*
Descripción	Informe que describe los principios físicos de la tecnología RFID: tipos de comunicaciones, antenas, polarizaciones, efectos de absorción de los diferentes materiales, etc.
Revista/Fuente	RFID Magazine
Autor(es)	—

Título	Los aspectos físicos detrás de la tecnología RFID
Fecha	*03-11-2007*
Descripción	Informe que describe los principios físicos de la tecnología RFID: tipos de comunicaciones, antenas, polarizaciones, efectos de absorción de los diferentes materiales, etc.
Revista/Fuente	RFID Magazine
Autor(es)	—

Título	Securing RFID tags: authentication protocols with completeness, soundness, and non-traceability
Fecha	*02-11-2007*
Descripción	Although radio frequency identification (RFID) technology is promising, it is vulnerable and subject to a wide range of attacks due to possible tags compromise, difficulty in physical protection, absence of infrastructure and so on. Generally speaking, the threat to RFID systems mainly comes from the illegal reader's attempt to compromise tag identity. In order to protect the tag carries' privacy (intuitively, privacy for RFID tags means that the communication of a tag does not allow an adversary to determine the identity of the tag (non-traceability), however the reader should be able to determine whether the tag it reads is valid (completeness) and only such tags (soundness)), a security model that supports the analytical argument of properties, addressing both security and performance issues for RFID tags is introduced and formalized in this paper.
Revista/Fuente	2007 8th IEEE Wireless Communications and Networking Conference IEEE Cat No. 07TH8918. 2007: 5 pp.
Autor(es)	Huafei Zhu; Feng Bao.

Título	WiBro-based mobile RFID service development
Fecha	*02-11-2007*
Descripción	Radio frequency identification (RFID) is a technology that recognizes information and circumference environment from tags attached to objects via wireless technology, and provides various services such as location tacking, supply chain management. The mobile RFID technology which uses this RFID technology gives mobility to the RFID leader and makes it possible to exchange information between the users and objects whenever or wherever it is needed. The KT introduced the portable Internet service (WiBro) into commercial service as a new growth engine. WiBro is the wireless Internet service which enables a high speed Internet even while moving. Based on WiBro, Korea Telecom (KT) is also developing a new concept WiBro RFID service, combining the WiBro network and the mobile RFID. In this paper, we introduce a mobile RFID service platform and some prototype services based on wireless broadband (WiBro) network.
Revista/Fuente	2007 8th IEEE Wireless Communications and Networking Conference IEEE Cat No. 07TH8918. 2007: 5 pp.
Autor(es)	Seokhun Kim; Soonyong Song; Hyunsub Jung

Título	Architecture design and performance evaluation of RFID object tracking systems
Fecha	*02-11-2007*
Descripción	The network architecture of an RFID system affects the operating performance and scalability of the entire system. The related researches about RFID system could be made easier as the bridge-based and the gateway-based network architecture. This study considers a scenario for an RFID object tracking system designs a hierarchical RFID network system and evaluates the operating performance of different RFID system architectures. The results of performance evaluations demonstrate that the proposed hierarchical RFID network architecture reduces the network and database system loading by 41.8% and 83.2%, respectively. The operation of RFID object tracking over the hierarchical network architecture is indicated to be highly efficient and scalable
Revista/Fuente	Computer Communications. 2007; 30(9): 2070-86
Autor(es)	Jiann Liang Chen; Ming Chiao Chen; Chien Wu Chen; Yao Chung Chang.

Título	T-Phone, el teléfono para ancianos
Fecha	*23-10-2007*
Descripción	Un teléfono desarrollado para el colectivo de mayores, que realiza las llamadas acercando una chapa RFID con la foto de la persona con la que se quiere contactar
Revista/Fuente	+34.net
Autor(es)	—

Título	A study of context inference for Web-based information systems
Fecha	*05-10-2007*
Descripción	Recently, context-awareness has been a hot topic in the ubiquitous computing field. Numerous methods for capturing, representing and inferring context have been developed and relevant projects have been performed. Existing research has tried to determine user's contextual information physically by using stereo type cameras, RFID, smart devices, etc. These are heavily focusing on external context such as location, temperature, light, etc. However, cognitive elements of the context are important and need more study. This paper confines its research domain to the Web-based information system (IS).
Revista/Fuente	Electronic Commerce Research and Applications. Summer 2007; 6(2): 146-58
Autor(es)	Suh E; Sangjun Kim; Keedong Yoo

Título	A single-chip CMOS transceiver for UHF mobile RFID reader
Fecha	*05-10-2007*
Descripción	A UHF mobile RFID single-chip reader is implemented in a 0.18 mu m CMOS technology. The reader IC integrates an RF transceiver, a digital baseband modem, an MPU and host interfaces in 4.5 x 5.3mm/sup 2/. The RF transceiver draws 61mA from a 1.8V supply and achieves an 8dBm P/sub 1dB/, an 18.5dBm IIP3, and a 4dBm TX power.
Revista/Fuente	2007 IEEE International Solid State Circuits Conference IEEE Cat. No.07CH37858. 2007: 216-598
Autor(es)	Ickjin Kwon; Heemun Bang; Kyudon Choi; Sangyoon Jeon et Al.

Título	Read rate analysis of radio frequency identification systems for business applications
Fecha	*05-10-2007*
Descripción	This paper presents a study on operational effectiveness of Radio Frequency Identification (RFID) systems in a controlled environment. Logistic regression models are developed to capture the dynamic relationship among implementation factors affecting the performance of an RFID system. Distance and angle between tag and antenna, orientation and position of tag on the container are found to be important factors among other implementation factors.
Revista/Fuente	International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Applications. 2007; 1(2): 147-63
Autor(es)	Buyurgan N; Ertem MA; Chimka JR

Título	A 900-MHz direct-conversion transceiver for mobile RFID systems
Fecha	*05-10-2007*
Descripción	A fully integrated 900-MHz direct-conversion transceiver for mobile RFID system is presented. The transceiver consists of a low noise amplifier, a down-conversion mixer, a band pass filter, and programmable gain amplifier (PGA) for RX path; and a power amplifier, an up-conversion mixer, a low-pass filter, and a PGA for TX path. In addition, the fractional N PLL is integrated to cover different frequency standards for different nations. The transceiver meets the dense reader environment specifications.
Revista/Fuente	2007 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits RFIC Symposium IEEE Cat No. 07CH37828C. 2007: 4 pp
Autor(es)	Jong Eim Jang; Hoon Lee; Seung Wan Choi; Karam Ahn et Al

Título	Position-aware service provision with RFID
Fecha	*05-10-2007*
Descripción	Radio frequency identification (RFID) has recently received a lot of attention as an augmentation technology in the pervasive computing domain. In this paper we present a brief introduction about RFID technology and its possible contribution for the future achievement of a system that is pervasively and unobtrusively embedded in the environment, completely connected, intuitive, effortlessly portable, and constantly available. The goal of this paper is to illustrate the potentialities of RFID when this technology is used to implement augmented reality (AR) and mixed reality (MR) systems. To this end, we present the results of our conceptual design and the implementation of a pervasive application using smart identification technologies.
Revista/Fuente	Industrial Simulation Conference 2006. 2006: 486-9
Autor(es)	Genco A; Sorce S; Battaglia R; La Spina E

Título	Study on RFID and Identity Management in Everyday Life
Fecha	*25-07-2007*
Descripción	Estudio comunitario europeo que analiza cómo experimenta Europa la tecnología RFID, dibuja futuros escenarios y formula los retos de este emergente tecnología.
Revista/Fuente	Parlamento Europea
Autor(es)	—

Título	Wi-Fi Muscling in on RFID's Location-Based Services Markets
Fecha	*24-07-2007*
Descripción	There is a growing trend towards using Wi-Fi to provide real-time location services (RTLS) for asset management, security, and work-in-progress tracking, which have traditionally been the province of proprietary RFID solutions
Revista/Fuente	LBS Zone
Autor(es)	—

Título	Etiquetas de radiofrecuencia inteligentes
Fecha	*03-07-2007*
Descripción	Propuesta global de la Comisión Europea para llevar a cabo una estrategia conjunta sobre las RFID en Europa
Revista/Fuente	Comisión Europea
Autor(es)	—

Título	Radio Frequency Identification (RFID) in Europe: step towards a policy framework
Fecha	*31-03-2007*
Descripción	Informe europeo sobre la tecnología RFID y su contribución social y económica a la sociedad europea.
Revista/Fuente	Comisión Europea
Autor(es)	—

Título	RFID y los servicios de proximidad
Fecha	*29-11-2006*
Descripción	Estudio completo sobre la tecnología RFID (características, regulación y aplicaciones) y los servicios de proximidad asociados a la misma
Revista/Fuente	Telefónica I+D
Autor(es)	Lourdes Moreno De Barreda.

Título	RFID technology innovations: the use of patent data
Fecha	
Descripción	Study on radio frequency identification (RFID) has recently gained increasing attention from both industry practitioners and academic researchers. However, despite discussions of its promising future and potential applications of RFID, to date, a surprising dearth of work has been conducted on RFID technology development from the holistic perspective. Patent analysis has long been considered to be an important method for assessing various aspects of technological change. This paper utilises rich, reliable information provided by RFID-related invention patents in the USPTO database to provide an overall picture of RRD innovations.
Revista/Fuente	International Journal of Manufacturing Technology and Management. 2007; 10(1): 106-20
Autor(es)	Yen Chun Jim Wu; Tzu Chin Yen

Título	Indoor/outdoor pedestrian navigation with an embedded GPS/RFID/self-contained sensor system
Fecha	—
Descripción	This paper describes an embedded pedestrian navigation system composed of a self-contained sensors, the global positioning system (GPS) and an active radio frequency identification (RFID) tag system.
Revista/Fuente	Advances in Artificial Reality and Tele Existence. 16th International Conference. Proceedings Lecture Notes in Computer Science Vol. 4282. : 1310-21
Autor(es)	Kourogi M; Sakata N; Okuma T; Kurata T

Título	Towards and RFID policy for Europe
Fecha	*31-08-2006*
Descripción	The main objective of the workshops was to bring together relevant stakeholders, raising and discussing concerns envisaged by these stakeholders in the field of RFID and collaboratively chart out new ways to address the related challenges and opportunities. As this document contains the proceedings of the workshops, the views expressed in the document are those of the presenters and discussants, and are not necessarily shared by the Commission's or the researchers.
Revista/Fuente	Comisión Europea
Autor(es)	Maarten Van De Voort, Andreas Ligtvoet

Anexo II Solicitudes de patentes relevantes

Este apartado recoge las solicitudes de patentes más recientes y que más interés pueden despertar dentro del ámbito de este trabajo. Para acceder a una información más detallada de la mayoría de las patentes recogidas en este anexo, se puede consultar de forma gratuita la base de datos Espacenet de la OEPM[23] (Oficina Española de Patentes y Marcas), a través de su formulario de búsqueda avanzada[24], en el que se debe seleccionar la base de datos de patentes a nivel mundial (*Worldwide*) e indicar el número de publicación de la patente de interés en el campo correspondiente.

Nº patente	WO2007109636
Título	*Method to Promote and Distribute Multimedia Content Using Radio Frequency Identification Tags*
Descripción	The present invention provides a method to advertise consumer items that are used in outdoor activities. It utilizes radio frequency identification (RFID) tags, computers, PDAs, and cell phones to link, record, and retrieve positional, personal, and historical data. The personalization and association of an object to a unique event by the consumer will lead to enhanced value of a product. Information that is stored on cell phones, PDAs, computers, and external databases are transferred as multimedia messages. The information is cataloged and organized using the unique RFID number. The subject line of the multimedia message is the RFID tag number. The system can be used to advertise recreational events and commercial items such as skis, coats, hats, shoes, shirts, pants, gloves, sunglasses, surfboards, bicycles, wetsuits, cell phones, computers, golf clubs, golf balls, fishing poles, and lures. The system can be used to disseminate and promote brand names, copyrights, and trademarks.
Fecha	27-09-2007
Titular(es)	KUMAGAI MONTO; MILLER PHILIP
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	WO2007106221
Título	*Energy Harvesting for Mobile RFID Readers*
Descripción	Methods, systems, and apparatuses for providing power to a radio frequency identification (RFID) reader on a mobile structure are described. Energy is generated at the mobile structure. A battery or other energy storage device disposed on the mobile structure is charged with the generated energy. The RFID reader is powered with the energy storage device. The energy may be generated in a variety of ways, including using a vibratory energy harvesting device, a magnetic energy harvesting device, an optical energy harvesting device, a heat energy harvesting device, or a mechanical energy harvesting device.
Fecha	20-09-2007
Titular(es)	SYMBOL TECHNOLOGIES INC
Ámbito original	EE.UU.

[23] http://es.espacenet.com/

[24] http://es.espacenet.com/search97cgi/97_cgi.exe?Action=FormGen&Template=es/advanced.hts

Nº patente	WO2007103254
Título	*System and Method for Determining Location, Directionality, and Velocity of RFID Tags*
Descripción	In certain embodiments, a method for tracking tags includes transmitting wake-up signals from a number of activation antennas located throughout an environment. Each wake-up signal includes an antenna ID of the antenna that transmitted the wake-up signal. A plurality of identification signals are received from a tag, each identification signal generated in response to receipt by the tag of a wake- up signal from a corresponding antenna and including a tag ID of the tag and the antenna ID included in the wake-up signal of the antenna that transmitted the wake-up signal. A directionality of the tag is determined based on the sequence in which the plurality of identification signals are received from the tag.
Fecha	13-09-2007
Titular(es)	AXCESS INTERNAT INC
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2007205867
Título	*Ultra Wideband Radio Frequency Identification System, Method, and Apparatus*
Descripción	A method associated with a UWB RFID system provides for receiving a data transmission transmitted using UWB and accessing data within the data transmission using a communications protocol. An initial portion of the data transmission defines a structure of the data transmission such that subsequent data in the data transmission is directly accessible without additional decoding.
Fecha	06-09-2007
Titular(es)	LIGHTWAVES SYSTEMS INC
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2007205865
Título	*Wireless communication device with RFID reader*
Descripción	A wireless communication device is provided with both a transceiver and a low-cost RFID reader. The RFID reader is operable to generate a first outbound radio frequency (RF) signal from first outbound data, to receive a first inbound RF signal responsive to the outbound RF signal and to convert the first inbound RF signal into inbound RFID digital data. The transceiver is operable to generate a second outbound radio frequency (RF) signal, to receive a second inbound RF signal and to convert the second inbound RF signal into inbound transceiver data.
Fecha	06-09-2007
Titular(es)	BROADCOM CORP, CALIFORNIA CORP
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2007203796
Título	*RFID Advertisement and Purchase Information Dispersion Method*
Descripción	A business method that includes an RFID tag embedded into (1) a display advertisement (printed or illuminated) or (2) into a product with or without an RFID logo indicating the RFID presence. The display advertisement or product is communicated with by a user of a mobile communications unit (MCU) such as a cell phone. The RFID tag allows the user of the mobile communications unit to quickly obtain additional information regarding the advertised product or service (or unadvertised product or service) using an MCU. Additional information may include product specifications, dealer locations, and real time purchase or contract for services using the MCU (e.g. ordering ink for a printer or batteries for an electronic device). The RFID tag provides the necessary identification information to the user's MCU and retrieves the desired information from a remote server or database using the MCU, service provider, telephone system and/or the Internet. The mobile communications unit can identify the advertisement or product using the RFID and numerous communication protocols such as Bluetooth (such as described in Patent 6,895,221 hereby incorporated by reference) WiFi or other electromagnetic receive/transmit frequencies and protocols. Many different frequencies can be used. Today the most common are unlicensed low-frequency (in the range of 125 KHz), high-frequency (13.56 MHz), ultrahigh-frequency (902-928 MHz) and microwave (2.45 Mhz). Information and/or purchase capability can be stored on Internet available servers or databases maintained by the MCU service provider. Manufacturers, entertainment companies and service providers would purchase space on the server, control the information content provided to the user on demand and receive real time demographic, sales and survey information.
Fecha	30-08-2007
Titular(es)	RIGGS GEORGE III
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2007182566
Título	*Mobile device having RFID system*
Descripción	A mobile communication terminal has a radio frequency identification (RFID) system to read information from RFID tags at predetermined distances. An RFID transmission antenna to transmit or receive a wireless signal for mobile communication to/from a base station, or transmit wireless signal to the RFID tag, and an RFID reception antenna to receive RFID wireless signal transmitted from the RFID tag. Accordingly, ingress of the RFID transmission carrier leakage to the RFID reception circuit can be prevented. Additionally, a small size antenna such as a chip ceramic antenna is used exclusively for RFID reception, and the RFID reception antenna is also used as a mobile communication antenna. As a result, the mobile communication terminal can be compact-sized, the size of transmission signal can be increased, and dynamic range increases without having to increase the sensitivity of the RFID tag, to extend the communication distance.
Fecha	09-08-2007
Titular(es)	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD
Ámbito original	Corea del Sur

Nº patente	US2007181665
Título	*Mobile Communication Terminal and Method for Providing RFID Technique*
Descripción	A mobile communication terminal and method for providing an RFID technique is provided. The terminal includes an RFID reader unit for receiving identification information from an RFID tag and a controller for detecting a pre-set theme corresponding to the identification information and outputting a control signal based on the detected theme
Fecha	09-08-2007
Titular(es)	LG ELECTRONICS INC
Ámbito original	Corea del Sur

Nº patente	WO2007072264
Título	*Collaborating RFID Devices*
Descripción	Cooperative RFID devices are provided that are aware of other RFID devices in their near vicinity (field range), and their operational pattern depends on presence of these other devices. If a cooperative RFID device is alone in the RF field of a reader terminal, it will allow operation of a first type (e.g. not allowing complex communication, but only allowing responses to requests for non-sensitive data or completely concealing its presence by not allowing any transmission at all) and when another defined and known RFID device is detected in the same RF field, operation of a second type is allowed (e.g. allowing any data transfer, responding to requests for any data, including sensitive data, etc.).
Fecha	27-06-2007
Titular(es)	KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV
Ámbito original	Holanda

Nº patente	WO2007071979
Título	*Adaptable RFID System*
Descripción	A data-hosting device with human readable information thereon, the device comprising a data storage means adapted to store data associated with the human readable information, and a data interface adapted to communicate the stored data to an RFID tag.
Fecha	20-06-2007
Titular(es)	ROYAL MAIL GROUP PLC
Ámbito original	Reino Unido

Nº patente	US2007141997
Título	*Radio Frequency Identification (RFID) Antenna Integration Techniques in Mobile Devices*
Descripción	Methods, systems, and apparatuses for mobile devices and antenna thereof, are described herein. A mobile device include RFID reader functionality, and functionality for communicating with one or more wireless networks. A single antenna of the mobile device accommodates the network communication functionality and the RFID reader functionality. The communications network is any type of communications network, including a personal area network (PAN), a local area network (LAN), a wide area network (WAN), or a cell phone network. An antenna pattern of the antenna may be configurable. For example, a gain of the antenna may be varied, the antenna pattern may be shaped, directed, and/or polarized, the antenna pattern may be steered, and/or the antenna pattern may be ranged.
Fecha	06-06-2007
Titular(es)	SYMBOL TECHNOLOGIES INC
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	WO2007070188
Título	*RFID Tag with Embedded Internet Address*
Descripción	A radio frequency identification (RFID) transponder comprises a memory space having a predetermined data field for storing a destination address identifying a location on the Internet corresponding to the RFID transponder. The Internet address may further comprise an e-mail address or Uniform Resource Locator (URL). In an embodiment of the invention, a computer network comprises a client computer having an application executing thereon, an RFID tag having a memory containing an Internet address corresponding to the RFID tag, and an RFID reader connected to the client computer and adapted to communicate with the RFID tag.
Fecha	30-05-2007
Titular(es)	INTERMEC IP CORP
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2007125837
Título	*Method for Processing Reception Call in Mobile RFID Service, and a Wireless Communication Terminal*
Descripción	Provided are a method for processing reception calls during mobile RFID service processing, and a wireless terminal employing the method. The terminal provides mobile RFID service by receiving tag information from the RFID reader, requesting the object directory server for CS position information based on the tag information, requesting service contents based on the tag information and CS position information. The present invention prevents collision between reception call processing and mobile RFID service processing in the wireless terminal by processing reception call appropriately to each duration of mobile RFID service processing.
Fecha	30-05-2007
Titular(es)	PARK CHAN-WON
Ámbito original	Corea del Sur

Nº patente	US2007119926
Título	*Radio Frequency Identification (RFID) Based Location Tracking System in an Airport Environment*
Descripción	Methods, systems, and apparatuses for tracking items automatically are ed. A radio frequency identification (RFID) tag is used with a material g system to enable the identification, location tracking, and managing of aviation assets, such as baggage and cargo, in an airport environment. For example, passive RFID tags are attached to an aviation asset. Antennas are placed at locations where monitoring of assets is necessary. A local controller and RFID reader use the antennas to communicate with the passive RFID tags to determine the identity and location of the asset.
Fecha	06-06-2007
Titular(es)	SLOAN MICHAEL
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	WO2007061836
Título	*Method and Apparatus for Localization of RFID Tags*
Descripción	A method and apparatus for an RFID tag to facilitate the determination of its location while at the same time minimizing the energy drain on the tag's battery (306). At predetermined intervals, the tag transmits its identifier along with status information (302). If the status indicates that the tag is in a new location (304), the tag will then expend additional battery energy by participating in the determination of its location (306). The distance from an interrogator to the tag is determined by transmitting two signals from the interrogator that propagate at different velocities (602/604). By determining the difference in arrival times at the tag of the two signals, the distance from the interrogator to the tag can be determined
Fecha	30-05-2007
Titular(es)	HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	WO2007056333
Título	*Wireless RFID Networking Systems and Methods*
Descripción	Embodiments of the present invention include a wireless access point that acquires and processes radio frequency identification (RFID) information. The wireless access point may be coupled to a network of RFID readers over a wireless network. The RFID readers may read a plurality of RFID tags and transmit information to one or more readers. The readers may, in turn, transmit the RFID information to a wireless access point. The wireless access point may include a middleware layer for performing a variety of RFID data processing functions. In one embodiment, the wireless RFID reader network may be used to improve positioning of readers and tags, and may include a GPS system or position assisted GPS system at the reader and/or tag level
Fecha	17-05-2007
Titular(es)	RADIOFY LLC
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	WO2007052136
Título	*RFID Tag Record for Service Discovery of UPnP Devices and Services*
Descripción	A RFID tag format for UPnP service discovery. UPnP service discovery is carried out using the SSDP protocol. The tag format provides all the necessary fields of an SSDP service announcement. According to the present invention, the tag contains a record. Each record is a sequence of three elements—a triplet of type, content-length, and content. The record type identifies the structure and semantics of the record by providing the type name. For service discovery, a suitable choice would be the discovery protocol name and version. The content-length identifies the length of the record content. The record content contains the actual data. These are the SSDP presence announcement parameters. The record content includes sub-records which reuse the basic triplet structure. A sub-record is defined for each SSDP parameter.
Fecha	09-05-2007
Titular(es)	NOKIA CORP
Ámbito original	Finlandia

Nº patente	US2007138302
Título	*RFID Tag Record for Service Discovery of UPnP Devices and Services*
Descripción	A RFID tag format for UPnP service discovery. UPnP service discovery is carried out using the SSDP protocol. The tag format provides all the necessary fields of an SSDP service announcement. According to the present invention, the tag contains a record. Each record is a sequence of three elements—a triplet of type, content-length, and content. The record type identifies the structure and semantics of the record by providing the type name. For service discovery, a suitable choice would be the discovery protocol name and version. The content-length identifies the length of the record content. The record content contains the actual data. These are the SSDP presence announcement parameters. The record content includes sub-records which reuse the basic triplet structure. A sub-record is defined for each SSDP parameter.
Fecha	09-05-2007
Titular(es)	NOKIA CORP
Ámbito original	Finlandia

Nº patente	US2007138302
Título	*RFID Tag Record for Service Discovery of UPnP Devices and Services*
Descripción	A RFID tag format for UPnP service discovery. UPnP service discovery is carried out using the SSDP protocol. The tag format provides all the necessary fields of an SSDP service announcement. According to the present invention, the tag contains a record. Each record is a sequence of three elements—a triplet of type, content-length, and content. The record type identifies the structure and semantics of the record by providing the type name. For service discovery, a suitable choice would be the discovery protocol name and version. The content-length identifies the length of the record content. The record content contains the actual data. These are the SSDP presence announcement parameters. The record content includes sub-records which reuse the basic triplet structure. A sub-record is defined for each SSDP parameter.
Fecha	09-05-2007
Titular(es)	NOKIA CORP
Ámbito original	Finlandia

Nº patente	US2007095926
Título	*RFID Tag with Improved Range*
Descripción	An RFID tag having an rfid integrated circuit and an antenna is combined with a first passive antenna circuit to provide an extended operating range. The first passive antenna circuit has a first coil and a first capacitor to tune the passive antenna circuit to a resonant frequency the same as the operating frequency of the RFID tag. The first coil has a central opening larger than the size of the antenna. The passive antenna circuit is arranged with the antenna located in the central opening of the coil, preferably in a co-planar manner, to promote inductive interaction there between. A second passive antenna circuit essentially identical to the first, but having larger dimensions, is positioned with the coil of the second passive antenna circuit surrounding the first coil to extend the operating range even further
Fecha	02-05-2007
Titular(es)	MAGNEX CORP
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	WO2007041153
Título	*Determining RFID Tag Location*
Descripción	In some embodiments, a radio frequency identification (RFID) reader with multiple antennas may determine the location of an RFID tag relative to the reader's antennas, by using a difference-in-time-of-arrival technique to triangulate on the RFID tag based on the difference in distances between the tag and each antenna. A given point in the signal from the RFID tag may provide a narrow point in time from which to make the calculations, while a common clock to the multiple receive paths may permit making accurate measurements of the difference in time of reception of that point at the different antennas. In some embodiments, movement of the RFID tag may be determined by calculating a series of locations over time
Fecha	11-04-2007
Titular(es)	INTEL CORP; POSAMENTIER JOSHUA
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2007075873
Título	*Location Awareness System Using RFID and Wireless Connectivity Apparatus for Location Awareness System*
Descripción	A location awareness system using RFID and a wireless communication apparatus for the location awareness are provided. The location awareness system includes a RFID tag, a wireless communication apparatus for location awareness, more than three anchors, a coordinator, and a server. The wireless communication apparatus identifies the target object with the RFID attached through communicating with the RFID tag. The anchors receive information about the identified target object and measuring a distance by communication with the wireless communication apparatus using a predetermined wireless communication scheme. The coordinator collects the measure distance and the information from each of the anchors. The server calculates a location of the target object by receiving information about the measured distances and the target objects from the coordinator and calculating the location of the wireless communication apparatus using the received information
Fecha	04-04-2007
Titular(es)	SAMSUNG ELECTRONICS
Ámbito original	Corea del Sur

Nº patente	WO2007036940
Título	*A Wide Area Dynamic RFID System Using UWB*
Descripción	A wide area radio frequency identification (RFID) system includes: a first RFID cell and a second RFID cell. The first RFID cell and the second RFID cell each include a reader and tags. The readers access the tags using ultra-wide band signaling. The RFID cells each include: a communications interface operable to communicate with a network operations center, and a communications gateway which supports direct communications between RFID cells. The method includes accessing the second RFID cell from the first RFID cell, and the accessing is performed using the communications gateway that can cover a range of at least five hundred meters.
Fecha	04-04-2007
Titular(es)	SANDLINKS SYSTEMS LTD; KAPLAN GIDEON
Ámbito original	Israel

Nº patente	US2007066221
Título	*Method and apparatus for activating and managing VoIP phone with RFID*
Descripción	An apparatus equipped with Radio Frequency Identity (RFID) reader and LAN/WAN access reads an RFID tag attached to a Video and Voice Over Internet Protocol (VoIP) phone. The apparatus retrieves phone information, including such information as an Ethernet Media Access Control (MAC) address from the RFID tag and requests that a VoIP call server register the phone automatically. A VoIP service operator can register multiple phones without opening phone packaging. Additional information such as a directory number (DN) or a phone user name can be associated with the phone during the registration process using the apparatus
Fecha	21-03-2007
Titular(es)	SHIM CHOON B; BYUN JOONBUM
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	WO2007017871
Título	*RFID-UWB system connected to WLAN infrastructure*
Descripción	A system including a radio frequency identification (RFID) network and a wireless local area network (WLAN). The RFID network transfers ultra-wide band signals between a reader and a tag. In the wireless local area network (WLAN) an access point communicates with a WLAN transceiver using WLAN signals. The reader is operatively attached to either the wireless access point or the WLAN transceiver and the WLAN is a back haul network of the RFID network. Co-existence of the two networks is provided either by time division between the ultra-wide band signals and WLAN signals; and/or receiver isolation of said RFID network from said WLAN signals.
Fecha	14-02-2007
Titular(es)	SANDLINKS SYSTEMS LTD; KAPLAN GIDEON
Ámbito original	Israel

Nº patente	EP1752908
Título	*Portable RFID reader having a location determination system*
Descripción	A portable RFID reader (or reader/writer) that also employs a location determination subsystem that facilitates determination of the reader (or reader/writer) location. The location subsystem can employ a satellite-based GPS (Global Positioning System) location technology where such signals are unimpeded by structures. Additionally, the location subsystem can employ other terrestrial location technologies that operate inside structures such as warehouses and the factory automation environment.
Fecha	13-02-2007
Titular(es)	ROCKWELL AUTOMATION TECH INC
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2007018820
Título	*Mobile RFID reader with integrated location awareness for material tracking and management*
Descripción	A portable RFID reader (or reader/writer) that also employs a location determination subsystem that facilitates determination of the reader (or reader/writer) location. The location subsystem can employ a satellite-based GPS (Global Positioning System) location technology where such signals are unimpeded by structures. Additionally, the location subsystem can employ other terrestrial location technologies that operate inside structures such as warehouses and the factory automation environment.
Fecha	24-01-2007
Titular(es)	ROCKWELL AUTOMATION TECH INC
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2007013516
Título	*Methods and systems for locating VoIP terminals for improved 911 service*
Descripción	Systems and methods are presented for providing updated VoIP terminal location information to emergency call service providers, in which RFID tags are positioned at various locations within an enterprise and coded with unique tag data. A database is provided with a mapping of RFID tag data and tag locations in the enterprise, and the VoIP phone terminals are equipped or otherwise connected with RFID tag readers. The VoIP phones read the tag data upon initiation of a 911 or other an emergency call and report the tag data to a network server that determines the VoIP phone location according to the tag data and provides the phone location to the emergency call service provider.
Fecha	17-01-2007
Titular(es)	LUCENT TECHNOLOGIES
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	EP1738333
Título	*Wireless ad-hoc RFID tracking system*
Descripción	A method of tracking an entity through a plurality of tracking stations in a wireless ad-hoc network. A unique identifier can be assigned to the entity at a first of the plurality of tracking stations and wirelessly transmitted to at least a second tracking station. The number of the tracking stations can be dynamically varied on an ad-hoc basis responsive to variations in a tracking environment. The unique identifier can be selectively communicated to at least a second tracking station based on a predicted transit scenario of the entity. The identifier can be stored on a datastore, such as a radio frequency identification tag attached to the entity. A biometric scan of the entity can be performed. For example, a facial scan, an iris scan, a fingerprinting, or palm printing can be performed to assign a unique identifier.
Fecha	02-01-2007
Titular(es)	HARRIS CORP
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	WO2006137740
Título	*Mobile phone with RFID reader and WLAN transmitter integrated on SIM card*
Descripción	A method and system for acquiring information related to a transponder (RFID tag 40) read by a mobile telephone 60 comprising a RFID reader 80, and an identification and authentication module (SIM card 90) . When the RFID reader has read the data from the RFID tag 40, the identifier and the content data is processed and transmitted to a local network for further processing and delivery of supplementary information linked to the RFID tag 40. The SIM card comprises a Wlan transmitter, and transmitting of the identifier is via the WLAN.
Fecha	27-12-2006
Titular(es)	TELENOR ASA; BREDE STEINAR
Ámbito original	Noruega

Nº patente	WO2006131861
Título	*Method and device for increased rfid transmission security*
Descripción	A method and system for secure RFID system communication is provide. The RFID system comprises an RFID reader communicating with an RFID tag. The RFID reader sends to the RFID tag a request ti write. The RFID tag generates random data, and sends the random data to the RFID reader. The RFID system encrypts information by using the random data, and the RFID reader sends the encrypted information tothe RFID tag which decrypts the information by using the random data. Finally the RFID tag stores the decrypted information on a memory of the RFID tag
Fecha	13-12-2006
Titular(es)	KONINKL PHILIPS ELECTRONICS; TEUWEN PHILIPPE; THUERINGER PETER
Ámbito original	Holanda, Bélgica y Austria (respectivamente)

Nº patente	US2006261951
Título	*RFID systems and methods employing infrared localization*
Descripción	A series of radio frequency identification (RFID) systems are delineated. One such RFID system comprises an RFID signpost, and a plurality of infrared transmitters, wherein each infrared transmitter of the plurality of infrared transmitters is arranged to cover, when transmitting, a distinct sector relative to the RFID signpost. Another RFID system comprises an RFID signpost having a transmitter for transmitting signals of a predefined type, and a receiver for receiving signals of the predefined type, wherein the transmitter for transmitting signals of the predefined type cannot transmit until a determination is made that the predefined type of signal is not present at the receiver. Still another RFID system comprises an RFID signpost including a transmitter having a continuous power dissipation rating, and a processor for controlling the transmitter such that peak pulse power of a transmission from the transmitter multiplied by its duty cycle does not exceed the continuous power dissipation rating for the transmitter.
Fecha	22-11-2006
Titular(es)	RF CODE INC
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	EP1721187
Título	*Object location system and method using RFID*
Descripción	A system and method is provided for locating objects using RFID tags. The system and method uses an RFID reader and a distance calculator to efficiently and accurately determine the location of objects that include an RFID tag. The RFID reader transmits a plurality of signals to the RFID tag, with the plurality of signals having different fundamental frequencies. In response, the RFID tag backscatter modulates the plurality of transmitted signals to create a plurality of backscatter modulated signals. The RFID reader receives and demodulates the plurality of backscatter modulated signals. The distance calculator determines the phase of the plurality of backscatter modulated signals and determines a rate of change of the phase in the backscatter modulated signals with respect to the rate of change in the fundamental frequency of the transmitted signals and uses this information to calculate the distance to the RFID tag.
Fecha	14-11-2006
Titular(es)	SYMBOL TECHNOLOGIES
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	WO2006119412
Título	*System and method for 3-D position determination using RFID*
Descripción	Determining the location of wireless devices is improved by storing location information in RFID devices. As RFID devices come within range of each other they examine a confidence level associated with each others location information. The RFID device may update their location information based upon location information received from other RFID devices that have a higher confidence level.
Fecha	08-11-2006
Titular(es)	QUALCOMM INC; SOLIMAN SAMIR
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	CA2531667
Título	*Mobile devices including RFID tag readers*
Descripción	A wireless access point in an object location system is provided that includes a tag filtering agent 128 operable to (a) receive tag information from a mobile communication device 104, (b) compare the received tag information with a set of a plurality of tag information to determine whether to report the received tag information to a central registry 116; and (c) when appropriate report the received tag information a nd physical location information to the central registry 116. The tag information corresponds to tag information contained by a tag 120 on an object and was obtained by a tag reader 256 on the mobile communication device. The physical location information corresponds to a physical location of the mobile communication device 104 at a selected point in time
Fecha	19-07-2006
Titular(es)	AVAYA TECHNOLOGY
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2006111053
Título	*RFID system using mobile phone as device of access control and security response*
Descripción	The present invention discloses a RFID system using mobile phone as a device of access control and security response, comprising: a mobile phone, having a RFID tag disposed therein; a RFID transponder, capable of activating the RFID tag for enabling the mobile phone to issue a message while detecting the RFID-tagged mobile phone; and a wireless communication system, capable of informing the message to a specific person through an networking interface while receiving the message sent by the RFID-tagged mobile phone
Fecha	24-05-2006
Titular(es)	IND TECH RES INST
Ámbito original	Taiwan

Nº patente	US2006107307
Título	*Object location based security using RFID*
Descripción	A system and method for controlling access to a wireless networking system using RFID tags is provided. The security system and method uses RFID tags to determine the location of mobile computing device. The security system and method selectively allows access to the wireless networking system based on the determined location of the mobile computing device. For example, the security system and method will permit access to the wireless networking system if the mobile computing device is determined to be in an area of permitted access. Conversely, the security system and method will deny access to the wireless networking system if the mobile computing device is determined to be not within an area of permitted access. Thus, the system and method is able to effectively control access to the wireless networking system by only permitting access to mobile devices within designated areas.
Fecha	17-05-2006
Titular(es)	KNOX MICHAEL; BRIDGELALL RAJ
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	US2004166807
Título	*Apparatus, system, method and computer program product for implementing an automatic identification*
Descripción	An apparatus, system, method and computer program product for implementing an automatic identification system to improve the functionality of a personal communication device. A data carrier that contains one or more data items transmits a data signal wirelessly to a personal communication device equipped with an RFID reader. The personal communication device decodes the data signal and at least a portion of the data is used by the personal communication device to establish a communication connection with another device or network. The data subsequently transmitted by the personal communication device is accomplished using GSM, GPRS, WAP, EDGE, UMTS or other similar wireless network protocol. The communication connection is used to provide a request for a service such as a phone call, an Internet connection, a third party service, or to request for the storage of data in a network.
Fecha	25-08-2004
Titular(es)	—
Ámbito original	Finlandia

Nº patente	US2003104848
Título	*RFID device, system and method of operation including a hybrid backscatter-based RFID tag protocol*
Descripción	An RFID system includes a hybrid backscatter-based RFID tag protocol-compatible with existing 802.11x/Bluetooth Standards as well as RFID standards. The tag is linked to a multi-protocol Interrogator via a generated RF Continuous Wave (CW) field. The tag includes an antenna coupled to an RFID and a Bluetooth/802.11x transceiver section. A Protocol Processor services RFID and transceiver sections and is coupled to the antenna via a backscatter switch. The Interrogator can switch the tag to an RFID backscatter radiation mode where the processor switches the antenna impedance to reflect the CW signal. For transceiver operation the processor switches antenna impedance in synchronization with a frame organized bit stream. For reception, the RFID section utilizes demodulation techniques, typically Amplitude Shift Keying (ASK), and provides a wake up mode within a predetermined distance of the Interrogator. The transceiver may operate in a backscatter or regular mode as directed by an Access Point.
Fecha	04-06-2003
Titular(es)	—
Ámbito original	EE.UU.

Nº patente	PCT/EP2006/006138
Título	*Blister package identity tag*
Descripción	La presente invención está relacionada con etiquetas RFID integradas en un "blister package" del tipo que se utiliza para contener pastillas en el sector farmacéutico. La idea principal es utilizar la capa metálica que contienen muchos de estos blister para fabricar la propia antena. Aplicación original: Sector farmacéutico, sector aeronáutico, o cualquier proceso que necesite la identificación de piezas u objetos contenidos en este tipo de embalajes.
Fecha	26-06-2006
Titular(es)	AIDA Centre S.L
Ámbito original	España

Modelo de utilidad	200502181
Título	*Full Security Identity Tag*
Descripción	Etiqueta RFID que proporciona autenticidad mediante el uso de claves públicas y privadas. Una firma digital es grabada en la etiqueta a partir de los datos contenidos en la misma (por ejemplo el código EPC) y mediante el uso de una clave privada que únicamente conoce el fabricante. El usuario, utilizando una clave pública proporcionada por el fabricante puede comprobar la autenticidad de la etiqueta. De esta manera se puede evitar una producción masiva de etiquetas falsas. Aplicación original: Etiquetado de productos que requiera un cierto nivel de autenticidad como objetos valiosos, productos farmacéuticos, recambios de automoción o aeronáutica, etc.
Fecha	06-10-2005
Titular(es)	AIDA Centre S.L
Ámbito original	España

Anexo III Miembros del grupo de expertos en RFID de la CE

La Comisión Europea decidió el 28 de Junio de 2007 establecer un "Grupo de Expertos en Identificación por Radiofrecuencia" (2007/467/EC, Official Journal of the European Union, L 176/25, 6 July 2007). A continuación exponemos el listado de estos miembros.

Miembros

1) Representantes de las Comunidades de Usuarios Finales: ciudadanos, consumidores, pacientes, empleados.

Institución	*Web*
The European Association for the Co-ordination of Consumer Representation in Standardisation (ANEC)	http://www.anec.org
The European Consumers' Organisation (BEUC)	http://www.beuc.eu
GMB	http://www.gmb.org.uk
Union Network International (UNI)	http://www.union-network.org

2) Asociaciones industriales que promueven la tecnología y sus aplicaciones

Institución	*Web*
Informationsforum RFID	http://www.info-rfid.de
RFID Centre UK	http://www.rfidc.com
The Traceability Centre	http://www.poletracabilite.com

3) Representantes de organizaciones privadas

Institución	*Web*
European Digital Rights (EDRi)	http://www.edri.org

4) Representantes de usuarios de diferentes sectores de aplicación

Institución	*Web*
Carrefour	http://www.carrefour.com
Deutsche Post World Net	http://www.dpwn.de
European Association for Forwarding, Transport, Logistic and Customs Services (CLECAT)	http://www.clecat.org
Coordination Committee of the Radiological and Electromedical Industries (COCIR)	http://www.cocir.org
European Federation of Pharmaceutical Industries & Associations (EFPIA)	http://www.efpia.org
European Generic Medicines Association (EGA)	http://www.egagenerics.com

5) Representantes de actores activamente implicados en implantar sistemas RFID

Institución	*Web*
Nokia	http://www.nokia.com
NXP	http://www.nxp.com
SAP	http://www.sap.com

6) Representantes de organismos de estandarización:

Institución	*Web*
European Committee for Standardisation (CEN)	http://www.cen.eu
EPCglobal	http://www.epcglobalinc.org
European Telecommunications Standards Institute (ETSI)	http://www.etsi.eu
ICT Standards Board (ICTSB)	http://www.ictsb.org

Observadores

1) Representantes de los Estados Miembros que asumen la Presidencia de la UE durante el desarrollo del Grupo de Expertos:

Estados Miembros
Alemania
Portugal
Eslovenia
Francia

2) Representantes de las autoridades de protección de datos

Institución	*Web*
Article 29 Data Protection Working Party	http://ec.europa.eu/justice_home/fsj/privacy/workinggroup/index_en.htm
European Data Protection Supervisor (EDPS)	http://www.edps.europa.eu
Commission nationale de l'informatique et des libertés	http://www.cnil.fr

Anexo IV Normas ISO relativas a RFID

- ISO 14223/1 Identificación por radiofrecuencia de animales, transpondedores avanzados e interfaz radio.
- ISO 14443 Estándar HF muy popular que se está utilizando como base para el desarrollo de pasaportes que incorporan RFID (ICAO 9303).
- ISO 15693 Estándar HF también muy popular, utilizado en tarjetas sin contacto de crédito y débito.
- ISO 18000-7 Estándar industrial para UHF, para todos los productos basados en RFID activa, promovido por el Departamento de Defensa de EE.UU., la OTAN y usuarios comerciales de RFID activa.
- ISO 18185 Estándar industrial para el seguimiento de contenedores a frecuencias de 433 MHz y 2,4 GHz.

Anexo V Tipos de acoplamiento

En este apartado se va a describir brevemente los dos mecanismos por los cuales la etiqueta o tag es capaz de recibir energía del lector. Podemos además verlo en la Figura A.1.

Acoplamiento inductivo

Este método se basa en el acoplamiento magnético entre el interrogador y el transpondedor, funcionamiento similar al de un transformador. La antena del lector genera un campo magnético que induce una corriente en la antena de la etiqueta, formada normalmente por una bobina y un condensador. La corriente inducida en el elemento acoplado (bobina) carga el condensador y éste proporciona el voltaje necesario para la transmisión.

Los sistemas que utilizan este principio de funcionamiento deben trabajar siempre en el campo cercano, que suele ser una distancia aproximadamente equivalente al diámetro de la antena. Para distancias superiores la fuerza del campo de la señal transmitida decrece con el inverso del cubo de la distancia o incluso con el inverso de la distancia elevada a su cuarta potencia ($1/d^3$ o $1/d^4$), dependiendo de la orientación de la etiqueta respecto a la antena del lector, lo que dificulta en extremo una correcta recepción de la señal. Este fuerte debilitamiento de la señal puede ser positivo para aquellas aplicaciones donde se desee acotar la zona de cobertura del lector.

Normalmente este modo de funcionamiento se da en sistemas que trabajan a bajas frecuencias (BF y AF). Como el área de cobertura es pequeña, suele utilizarse con etiquetas pasivas, ya que éstas carecen de baterías de alimentación.

Por otro lado, cabe resaltar que la sensibilidad a las interferencias electromagnéticas es mayor en este tipo de sistemas, mientras que su coeficiente de penetración en materiales no conductivos es bueno.

Algunas de las aplicaciones que más utilizan los sistemas RFID inductivos son: las etiquetas inductivas de 1 bit para vigilancia electrónica de artículos (EAS), los controles de acceso y seguridad, sistemas antirrobo, identificación de animales e identificación de vehículos.

Propagación por ondas electromagnéticas

En el campo lejano la señal electromagnética puede considerarse como una señal de radio. Cuando se trabaja en estas condiciones el acoplamiento se produce a través de la recepción de ondas electromagnéticas planas.

En los sistemas basados en campos electromagnéticos, el interrogador o lector transmite la energía a través de ondas electromagnéticas. Los transpondedores situados dentro de la zona de cobertura se ven inmersos en el campo generado y recogen parte de la energía según pasa. La cantidad de energía disponible en un punto concreto está relacionada con la distancia al transmisor (antena) y es proporcional al inverso del cuadrado de la distancia ($1/d^2$).

Este tipo de propagación se utiliza a muy altas frecuencias: UHF y microondas. Ofrece una cobertura alta, entre 2 y 15 metros, pero normalmente necesitan una batería adicional, ya que la potencia recibida del lector no es suficiente para alimentar la transmisión del transpondedor. Por este motivo, con este sistema suelen utilizarse etiquetas activas.

Por otro lado, la alta cobertura proporcionada hace necesaria una regulación, ya que se trata de una zona del espectro que es necesario gestionar para evitar interferencias sobre otros dispositivos que trabajen a la misma frecuencia.

Los transpondedores que funcionan en el campo cercano requieren una antena grande para recoger la energía procedente del campo magnético generado por el lector. Este tipo de antenas consta de un conductor con muchas vueltas que permiten acumular la energía. En cambio, según aumenta la frecuencia, el número de vueltas que necesita la antena para transmitir se reduce, por lo que la utilización de este modelo de propagación es más adecuada para UHF y microondas.

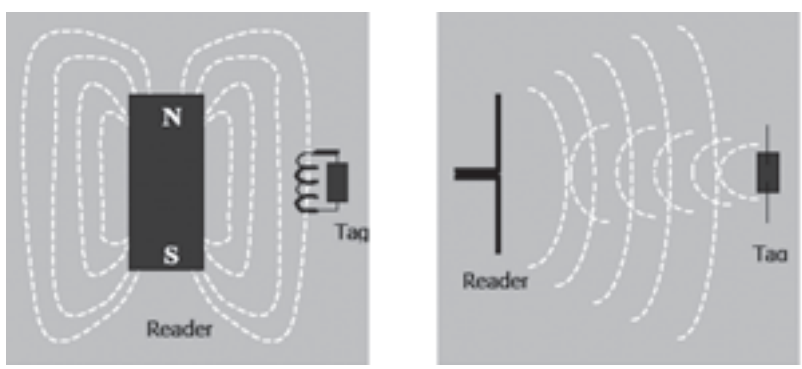


FIGURA A.1. *Izquierda: Acoplamiento inductivo (campo cercano). Derecha: Propagación por ondas electromagnéticas (campo lejano).*