

SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID)

Autores: Guillermo A. Montenegro
Antonio E. Marchesin

COORDINACION DE LAS PUBLICACIONES

Ing. Guillermo Clemente | Ing. Guillermo Montenegro

Diseño y diagramación: Aixa Sacco

La información contenida en la presente publicación puede ser utilizada total o parcialmente mientras se cite la fuente.

ISBN 978-987-24110-3-9

Hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723

Primera Edición: 2000 ejemplares

Buenos Aires, Diciembre de 2007

NÓMINA DE AUTORIDADES

PRESIDENTA DE LA NACIÓN

DRA. CRISTINA FERNANDEZ

MINISTRO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL, INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS

ARQ. JULIO MIGUEL DE VIDO

SECRETARIO DE COMUNICACIONES

ARQ. CARLOS LISANDRO SALAS

COMISIÓN NACIONAL DE COMUNICACIONES

INTERVENTOR

ING. CEFERINO ALBERTO NAMUNCURÁ

UNIDAD DE AUDITORÍA INTERNA

CR. CARLOS ALBERTO BONOMI

GERENCIA DE CONTROL

DR. SILVIO DE DIEGO

GERENCIA DE INGENIERÍA

ING. GUILLERMO CLEMENTE | ING. CARLOS GAINZA

GERENCIA DE SERVICIOS POSTALES

DR. ALFREDO JAVIER PÉREZ

GERENCIA DE RELACIONES INTERNACIONALES E INSTITUCIONALES

LIC. SERGIO SCARABINO | LIC. NÉSTOR CHUMBITA

GERENCIA DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS

LIC. HORACIO JOSÉ TRUCCO

GERENCIA DE ASUNTOS JURÍDICOS Y NORMAS REGULATORIAS

DRA. JUVINA INÉS INTELÁNGELO DE TEN

COORDINACIÓN DE CENTROS DE COMPROBACIÓN TÉCNICA DE EMISIONES

ING. VICTOR DANIEL FRIZZERA

INDICE

PROLOGO	7
INTRODUCCION	11
IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID)	13
DESCRIPCION TECNICA	15
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	17
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	18
ALIMENTACIÓN O FUENTE DE ENERGÍA	19
Tags pasivos	20
Tags semi activo o semi pasivo	20
Tags Activos	21
INTERFAZ AÉREA	22
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	22
MODO DE COMUNICACIÓN	26
TIPOS DE MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN UTILIZADAS	27
ACOPLAMIENTO	27
ANTENAS: EL PORQUE DE LOS TAMAÑOS Y FORMAS	28
EL CIRCUITO INTEGRADO O CHIP	31
ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN Y	
CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO	33
ESTANDARES	35
ASPECTOS TECNOLOGICOS	37
PRINCIPALES USOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS	41
SINTESIS FINAL	45
RESUMEN	45
Arquitectura	45
Etiqueta	45
Lector	46
Subsistema de procesamiento de datos	46
Tipos de etiquetas	47
Rangos de frecuencia	47

Aplicaciones posibles	48
RESULTADOS	49
APENDICES	51
APENDICE A	51
Tipos de modulación	51
Modulación por amplitud (ASK)	51
Modulación por frecuencia (FSK)	52
Modulación por fase (PSK)	53
APENDICE B	55
Tipos de Acoplamiento	55
Acoplamiento electromagnético (Backscatter coupling)	55
Acoplamiento inductivo (inductive coupling)	56
Acoplamiento magnético (magnetic coupling)	57
BIBLIOGRAFIA	58

PRÓLOGO

En consonancia con los lineamientos trazados desde el Gobierno Nacional y el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, tendientes a promover una política social estratégica que posibilite recuperar la participación del Estado en la formulación de políticas e instrumentos de crecimiento, inclusión y desarrollo social, desde que comenzó nuestra gestión, en la CNC hemos ido desarrollando una serie de prácticas y actividades tendientes a construir un nuevo paradigma en cuanto al rol del Organismo en su relación con la sociedad.

Durante estos años hemos implementado diversos proyectos con el objetivo de mejorar los sistemas de información y comunicación, habilitar mecanismos de participación ciudadana, hacer más eficientes los procedimientos administrativos y de resolución de reclamos y diseñar nuevas estrategias de control en materia de Telecomunicaciones, Radioeléctrico y Postales, demostrando que es posible lograr una gestión pública con altos niveles de calidad y eficiencia, generando una mayor capacidad de control, optimizando recursos, desarrollando investigaciones, innovando tecnológicamente y redefiniendo las relaciones con los distintos actores sociales involucrados.

Dentro de este marco de mejores prácticas encaradas durante la actual gestión, una de las acciones fundamentales que nos hemos propuesto fue la generación y transferencia de conocimientos, impulsando, entre otros proyectos: Convenios de Cooperación para el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, CONAE;

PRÓLOGO

un Proyecto de Indicadores del Mercado de Telecomunicaciones, a efectos de disponer de información actualizada, consistente y confiable que permita reflejar el estado del sector, así como configurar un instrumento de gran valor estratégico para la gestión, planificación y control del mercado; la implementación de un Programa Federal de Capacitación a Cooperativas que prestan servicios de telecomunicaciones, informando acerca de los requerimientos, condiciones y posibilidades regulatorias y técnicas existentes, contribuyendo a mejorar la calidad de los servicios que prestan y a promover la competencia; y el desarrollo de una serie de investigaciones con el objetivo de aportar información sobre la materia en función de ciertas preocupaciones detectadas en distintos sectores sociales, tal el tema de las radiaciones no ionizantes, el emplazamiento de antenas y el reciclado y tratamiento de residuos electrónicos.

Es dentro de este contexto donde se encuadra la presente colección sobre nuevas tecnologías en el ámbito de las telecomunicaciones, conformada por 10 investigaciones realizadas por un grupo de estudio interdisciplinario, con el objetivo de brindar información actualizada a distintos actores acerca de los diversos avances tecnológicos y sus posibilidades de implementación, dotándolos de nuevas herramientas y conocimientos a fin de poder mejorar y ampliar los variados servicios de telecomunicaciones.

PRÓLOGO

El desarrollo de estas investigaciones es posible gracias al formidable capital humano con que contamos en nuestro Organismo, altamente capacitado, en constante formación y con amplia predisposición y voluntad para compartir y transmitir sus conocimientos y experiencias en la materia.

La conformación de grupos de estudio se prevé que sea extendida a otras áreas del Organismo, a fin de investigar y divulgar sobre diversas temáticas de interés tanto particular, para el mercado de telecomunicaciones, como general, para la sociedad en su conjunto, pues consideramos que el desarrollo de investigaciones propias constituye una obligación y una responsabilidad para el Estado en tanto instrumento para mejorar las condiciones sociales de nuestra población, y, en particular para nuestro Organismo, con el propósito de facilitar y promover el acceso a las telecomunicaciones, a la información y al conocimiento.



Ing. Ceferino Namuncurá

INTERVENTOR

COMISIÓN NACIONAL DE COMUNICACIONES

INTRODUCCIÓN

En esta última década se ha incrementado el uso de dispositivos por medio de los cuales es posible la detección e identificación de objetos a distancia, entre estos se pueden mencionar al código de barras, que es ampliamente utilizado para la identificación de productos en un supermercado. Otro método de identificación, que será el analizado en el presente trabajo, es el de identificación por Radiofrecuencia (RFID), mediante esta tecnología es posible realizar la detección de una manera más sencilla, que hace factible no solo la identificación del objeto en cuestión, sino además que el mismo brinde información agregada.

Algunas publicaciones mencionan que la primera aplicación de esta tecnología fue con el objetivo de identificar aviones en pleno desarrollo de la segunda guerra mundial. Más allá de estas afirmaciones, lo cierto es que desde finales de la década del 90 RFID presento aplicaciones en el ámbito comercial.

En suma, la Identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología aplicada a la captura automática de datos, para lo cual utiliza lectores/escritores y etiquetas electrónicas (transponders-TAGs-), estas últimas contienen información digitalizada acerca de un material, producto o algún otro elemento que se desee monitorear. Las mismas se encuentran conformadas por un chip y una antena, envían la información que contienen mediante ondas de radio frecuencia (RF) a los lectores/escritores que pueden estar conectados a sistemas informáticos y/o electromecánicos.

INTRODUCCIÓN

En la presente publicación sobre esta tecnología, se tratará su principio de funcionamiento, las principales aplicaciones, la normativa aplicable a esta tecnología y las futuras aplicaciones que se tienen previstas para la utilización de este método de identificación.

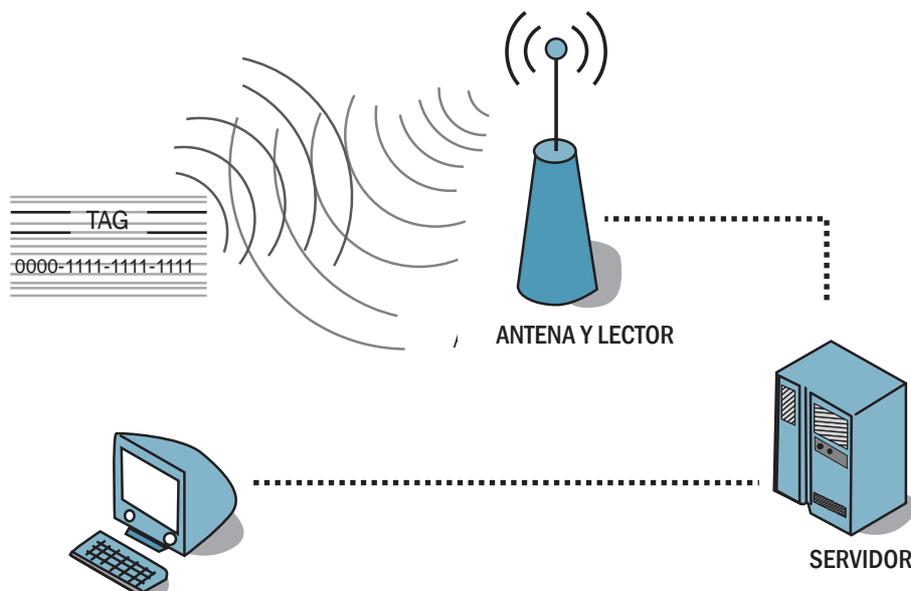
IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID)

La Identificación por Radio Frecuencia (RFID), es una de las tecnologías más no-vedosas y prometedoras de los años recientes. En este capítulo se tratarán los principios básicos de la misma, metodología de trabajo, y aquellas consideraciones que deben tenerse en cuenta para el funcionamiento del sistema.

Un sistema RFID esta constituido por:

- Uno o más **Tags** (transponder) que incluye un chip semiconductor y una antena.
- Uno o más **dispositivos de lectura/escritura incluye una antena.**
- Un software de **Aplicación** y una computadora (**Host**).

Para transferir datos entre el tag RFID y el dispositivo de lectura/escritura se utilizan ondas de radio frecuencia. Ambos deben de estar sintonizados a la misma frecuencia. El lector envía una señal, que es



IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID)

recibida por todos los tags sintonizados a esa frecuencia presentes en el campo de RF. Los tags reciben la señal, y los seleccionados responden enviando los datos almacenados. Los tags pueden contener distintos tipos de datos acerca de un ítem. Ej: número de serie, datos de configuración, momento en que el ítem viajó por una cierta zona, temperatura y otros datos provistos por sensores.

El dispositivo de lectura/escritura recibe a través de su antena la señal del tag, la decodifica y transfiere los datos a un host. Los tags RFID pueden incorporarse a un vehículo, un contenedor, un pallet, un paquete, o un ítem en una estantería, etc.

Si en el campo están presentes múltiples tags, las implementaciones más eficientes utilizan algoritmos de anticolisión que determinan el orden de respuesta tal que cada tag sea leído por vez y sólo una vez.

Las variables críticas en un sistema RFID, involucran el rango de frecuencia de la comunicación, el tamaño de la información contenida en el tag, la velocidad a la cual la comunicación con el tag puede tener lugar, la forma física del tag, la habilidad del sistema de comunicarse “simultáneamente” con múltiples tags, y la robustez de la comunicación respecto a la interferencia debida al material en el camino entre el lector y el tag. Diversos factores determinan el nivel de performance que puede lograrse en estas variables. Los factores incluyen los niveles regulados de emisión permitida en el país de uso, si se incluye o no una batería en el tag para asistir su comunicación con el lector, y la frecuencia de portadora de RF utilizada para transportar la información entre el tag y el lector.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

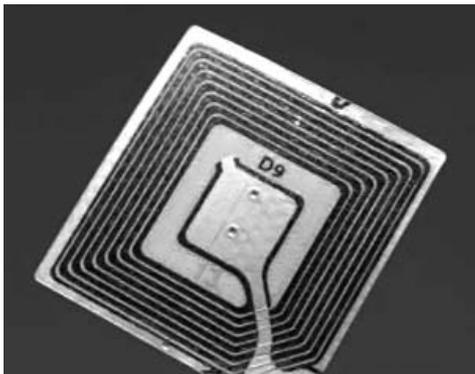
Un tag RFID es un elemento que puede almacenar y transmitir información hacia un elemento lector utilizando ondas radio. El propósito de un tag RFID o etiqueta inteligente es poder adherir a un objeto información de este (ítem). No hay un único modelo de tag, sino que hay diferentes tipos según sus características como su mecanismo de almacenar los datos o la comunicación que utilizan para transmitir la información. Un aspecto importante a tener en cuenta es que no todos los tags tienen microchip o fuente de alimentación interna, pero si es cierto que todos ellos contienen una bobina o antena, estas últimas pueden tener múltiples formas.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA



Los tags tienen características o capacidades muy diferentes, por lo que podemos realizar múltiples clasificaciones que nos ayuden a entender como afectan a su comportamiento o modo de trabajo.



Podríamos clasificar tags según su tipología (activo, pasivo y semiactivo), por su tipo de memoria, capacidad de almacenamiento, origen de alimentación, frecuencias de trabajo, características físicas, protocolo de interfaz aérea (cómo se comunica con el equipo lector) y así sucesivamente con casi todas las características.



Clasificar los tags según todas estas características nos permite obtener una guía para encontrar el mejor tipo de tag para cada una de las aplicaciones o proyectos.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Hay diversas características básicas que pueden modificar el comportamiento de un tag RFID, algunas comunes a todos los tags (requerimientos mínimos que todos deben cumplir) y otras que sólo se encuentran según el modelo de tag.

- Cualquier tipo debe tener un mecanismo adhesivo o mecánico para adjuntarlo al objeto.
- Cualquier tag debe poder comunicar la información mediante la radiofrecuencia.
- Algunos permiten al lector enviar un comando (orden) para que el tag en cuestión deje de funcionar permanentemente.
- A todos se les graba la identificación en la propia fabricación, y en algunos de ellos esta identificación se puede grabar sólo una vez.
- Otros tienen la capacidad de poder escribir y reescribir tantas veces como se desee el campo de datos del identificador.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

- Una característica denominada anticolisión permite a los tags conocer cuando debe transmitir para no entorpecer o molestar otras lecturas. Esta característica se realiza mediante protocolos que permiten controlar las comunicaciones entre tag y lector.
- Algunos permiten encriptar la información en la comunicación, además existe la posibilidad en varios tipos de estos tags que permiten responder solo a lectores que les proporcionan un password secreto.
- Los tags pueden cumplir con uno o más estándares, permitiendo la comunicación con los lectores que los cumplen.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Los tags RFID toman multitud de formas y tamaños según los diferentes entornos donde deben utilizarse. Además estos tags pueden estar encapsulados en diferentes tipos de material. Hay tags que se encapsulan en plástico (normalmente PVC), o botones para obtener mayor durabilidad, para aplicaciones de ciclo cerrado donde se tiene que reutilizar o en ambientes hostiles. También pueden estar insertadas en tarjetas de plástico como las de crédito (“contactless, smart cards”), o láminas de papel (similar a los códigos de barra “smart labels”). Como último destacamos los encapsulados de cristal o cerámica especialmente idóneos en entornos corrosivos, líquidos o para

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

incrementar la protección del tag, por ejemplo, su utilización en la trazabilidad animal. En resumen, el embalaje o encapsulado del tag puede ser una de las características más visuales para clasificar según que tipo de tags, además es una característica que afecta directamente a cómo se adhiere el tag al objeto a identificar.

ALIMENTACIÓN O FUENTE DE ENERGÍA

La energía, batería o fuente de alimentación es uno de los principales factores que determina costo y vida del tag.

Los tags pasivos obtienen la energía de la transmisión del lector, los activos utilizan una batería propia y los semi activos o semi pasivos utilizan una batería (mucho más pequeña que los activos) para activar la circuitería del chip pero la energía para generar la comunicación es la que recoge de las ondas radio del lector (como en los pasivos).

Los tags con batería son más caros, pero tienen una serie de ventajas respecto a los tags pasivos.

Los tags semipasivos tienen un rango o distancia de lectura más elevada que los pasivos porque en la comunicación se utiliza toda la energía captada del lector, ya que el chip funciona con la energía que le proporciona la batería.

Si hablamos de tags activos, la distancia de lectura se incrementa

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

extremadamente, además se pueden añadir otras funcionalidades como sensores de temperatura, velocidad o movimiento, que pueden ser de gran utilidad como por ejemplo en la identificación de productos perecederos.

TAGS PASIVOS

No requieren batería ya que toda la energía la recoge del campo electromagnético creado por el lector. Como es de suponer son los más económicos y los de menor rango de comunicación, pero por su relación entre comportamiento y precio son los más utilizados.

TAGS SEMI ACTIVO O SEMI PASIVO

Utiliza una batería para activar la circuitería del chip pero la energía para generar la comunicación es la que recoge de las ondas radio del lector (como en los pasivos). Debido a la utilización de batería, estos son más grandes y caros que los pasivos, pero consiguen mejores rangos de comunicación. Algunos tags llevan integrados sensores de temperatura, movimiento, etc. para proporcionar mayores funcionalidades.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

TAGS ACTIVOS

Tiene una batería propia para el suministro de la energía. Dicha energía es utilizada para activar la circuitería del microchip y enviar la señal a la antena. Permiten una amplia cobertura de difusión, es decir, mayor alcance. Normalmente tienen una mayor capacidad de almacenar información, más allá del simple código único, como el contenido, el origen, destino, procesos realizados, etc. También pueden llevar sensores adicionales a la propia memoria como sensores de temperatura, de velocidad, de movimiento, etc. que permiten almacenar o controlar datos vitales en algunas aplicaciones.

Estos tags son los más caros del mercado pero tienen un retorno de la inversión en muchas aplicaciones, por ejemplo, identifican los contenedores mediante esta tecnología para saber entre otras cosas, el contenido exacto de su interior. También etiquetan elementos caros para su gestión de activos. Otro ejemplo, es su utilización en aplicaciones ferroviarias, donde se pueden integrar con sistemas GPS. El ejemplo más claro de tags activos es el sistema TeleTac para el pago sin parar en peajes.

Una de las mayores razones para su falta de adopción a gran escala ha sido la ausencia de un estándar global y abierto.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

INTERFAZ AÉREA

La interfaz aérea describe la forma y el modo en que el tag y el lector se comunican o hablan. Esta característica determina la compatibilidad de los lectores y los tags, ya que la utilización de material que no soporta la misma interfaz aérea provoca el no entendimiento de los protocolos, siendo el resultado un nulo funcionamiento del sistema. Existe la necesidad de que los protocolos de interfaz aérea sean estándares y no sistemas privados para garantizar la interoperabilidad de los dispositivos. Los atributos o características más importantes de la interfaz aérea son la frecuencia de operación, el modo de comunicación, la modulación, la codificación y el acoplamiento.

FRECUENCIA DE OPERACIÓN

Es la frecuencia que utiliza el tag y el lector para comunicarse u obtener energía. El espectro electromagnético para RFID opera normalmente en baja frecuencia (LF - Low Frequency), alta frecuencia (HF - High Frequency), ultra alta frecuencia (UHF - Ultra High Frequency) y microondas. Los dispositivos RFID están regulados como un dispositivo de radio porque emiten ondas electromagnéticas.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

> Baja frecuencia



La regulación de las frecuencias resulta esencial para esta tecnología: No obstante, conviene saber que existen diferentes tipos de ondas que se distinguen, fundamentalmente por su frecuencia. Los dispositivos RFID trabajan entre tres bandas: Banda de baja frecuencia los cuales funcionan de los 100 a los 500 KHz y proporciona una distancia de lectura de un metro y medio o menos; dispositivos que trabajan a alta frecuencia, que utiliza la banda de los 10 a los 15 MHz y también cubre menos de dos metros, y dispositivos de mayor frecuencia en la banda de 860-950 MHz inclusive microondas, cuya señal puede alcanzar hasta cuatro metros o más.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Conforme han ido surgiendo necesidades se les han asignado diferentes bandas de frecuencia. Por ejemplo, en la identificación de animales se utiliza la baja frecuencia, en el etiquetado de libros se emplea la alta y la UHF se ha aplicado en la cadena de suministro

> Alta frecuencia (HF)



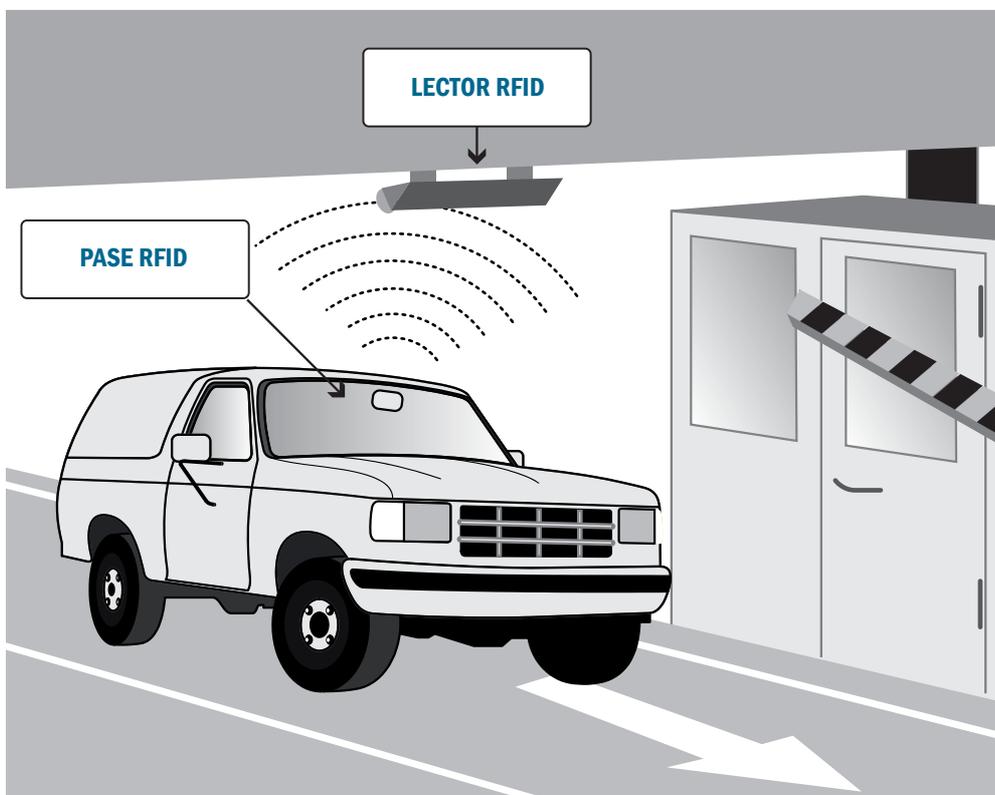
> Ultra alta frecuencia (UHF)



DESCRIPCIÓN TÉCNICA

La UHF es la que dispone de aplicaciones con más futuro, gracias a la mayor distancia de lectura que proporciona. Es el rango de frecuencias más adecuado para efectuar el seguimiento de cajas o paletas. Además, la ultra alta frecuencia proporciona otras ventajas con respecto a las bandas bajas: su velocidad es superior e incluye capacidades multilectura, es decir, los lectores sintonizados en alta o ultra alta frecuencia son capaces de leer varios tags al mismo tiempo.

> Microondas

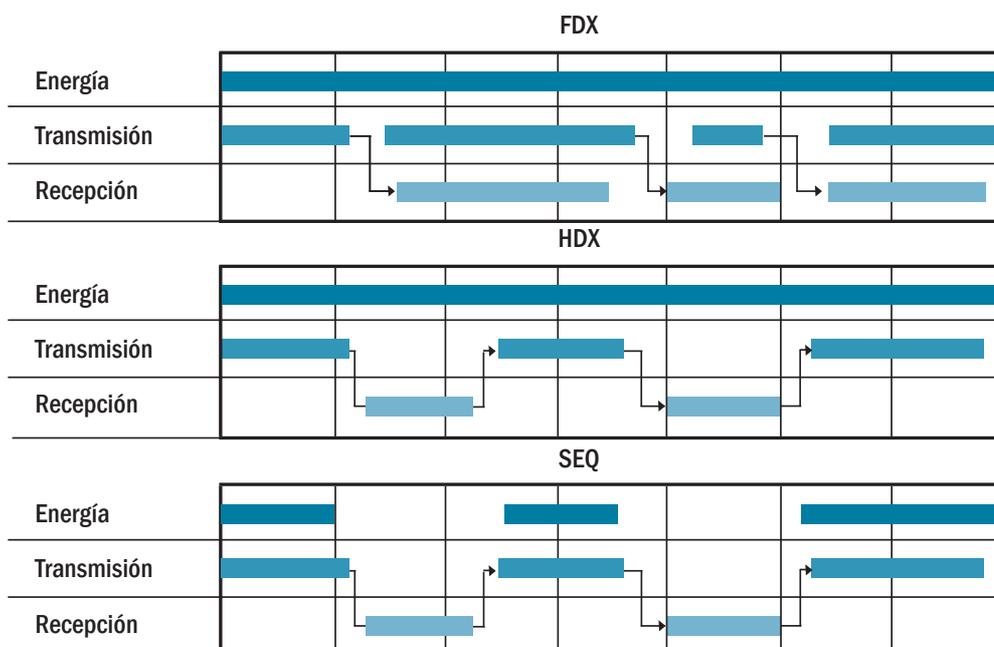


DESCRIPCIÓN TÉCNICA

MODO DE COMUNICACIÓN

Otra manera de diferenciar los tags es por el tipo de comunicación. Al igual que las comunicaciones por cables, las inalámbricas pueden ser Full-duplex (FDX), en que el lector y el tag pueden hablar simultáneamente o Half-Duplex (HDX) en que es necesario turnos. En la mayoría de los casos, para los tags pasivos, es necesario que el lector proporcione la energía para que el tag inicie la comunicación, pero hay una variación en la comunicación HDX, gracias a capacitores o propiedades físicas que permiten al tag almacenar energía y responder mientras el lector no emite señal.

Asimismo existe la posibilidad de comunicaciones en forma secuencial (SEQ), es decir que cada uno de los dispositivos tiene determinado un tiempo en el cual se debe comunicar.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA

TIPOS DE MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN UTILIZADAS

La codificación es algo muy antiguo, ya en los telégrafos se codificaban los mensajes en tonos cortos y largos. Este describe que atributos de la señal analógica portadora, modulada para su transmisión, representa los unos y los ceros de un mensaje digital. Hay tres tipos de codificación en la interfaz aérea de EPCglobal UHF Gen2: Amplitude Shift Keying (ASK)- Frecuency Shift Keying (FSK) - Phase Shift Keying (PSK). En el Apéndice A se describen brevemente las características de cada tipo de modulación.

ACOPLAMIENTO

El mecanismo de acoplamiento del tag determina como los circuitos del tag y el lector se influncian. El tipo de acoplamiento que el tag utiliza afecta directamente a la distancia de operación entre los dos dispositivos (tag y lector).

Podemos agrupar los diferentes rangos de operación en diferentes sistemas:

- El rango de lectura es cerrado en distancias menores a un centímetro.
- Remotas entre 1 cm. y 1 m.
- De largo alcance para más de 1 metro.

A lo largo de estos rangos, las diferentes opciones de acoplamiento se ven afectadas fuertemente por la frecuencia que el tag utiliza en su comunicación.

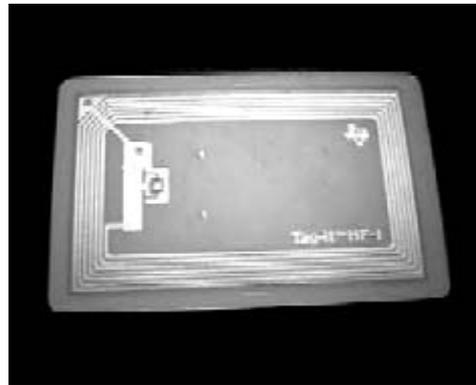
DESCRIPCIÓN TÉCNICA

En el Apéndice B se presentan los tipos principales de acoplamiento de los dispositivos.

ANTENAS: EL PORQUE DE LOS TAMAÑOS Y FORMAS

El diseño de la antena de un tag es una mezcla o combinación de ciencia y arte, sobretodo para los sistemas UHF. La mayoría de los diseños actuales se basan o han estado diseñados bajo sofisticados programas de modelación, añadiendo el conocimiento y la experiencia adquiridos en otras aplicaciones de radiofrecuencia. Las formas y tamaños de las antenas son múltiples y variados.

Para los tags de frecuencia HF, el diseño de las antenas es menos complejo, ya que consiste en una bobina de material conductor. En este caso un factor muy importante es el tamaño y la longitud que impactan directamente con la distancia de lectura, siempre limitada por el tipo de acoplamiento.

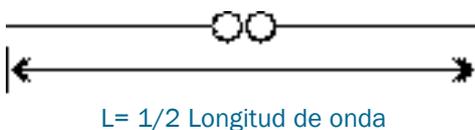


En UHF, las antenas de los tags son dipolos, y esto abre la posibilidad de múltiples diseños, siempre buscando un objetivo o un equilibrio entre varios objetivos, que normalmente son rendimiento, distancia de lectura, eficiencia en la transferencia de energía y el costo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

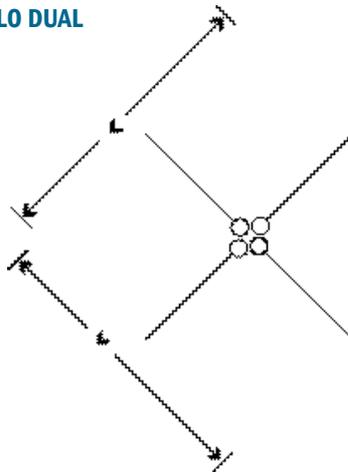
A nivel de estructura, nos encontramos con:

DIPOLO



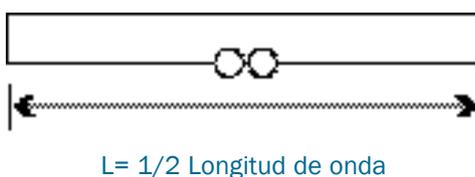
El esquema superior representa el diseño estándar de un dipolo, donde la antena está formada por dos planos de $1/4$ de longitud de onda, totalmente simétricos.

DIPOLO DUAL



El dipolo dual se crea para mejorar la sensibilidad del tag a la orientación. Así cuando un dipolo está orientado incorrectamente, el otro está correctamente, y viceversa. Así garantizamos que siempre no encontramos en la orientación correcta (ondas del campo lector en paralelo a las antenas del tag).

DIPOLO TRIPLE



Este dipolo, proporciona un mayor ancho de banda, es decir, un comportamiento similar en una banda de frecuencias mayor. Existen estándares, como el de EPC UHF Gen2, que deben recibir señales en un ancho de banda de 100 MHz.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Además de estas estructuras a nivel de orientación, cada fabricante innova diseños introduciendo curvas en el plano del dipolo u otras modificaciones. A continuación observamos tres casos concretos de tags en UHF.

A



> Alien squiggle tag

Por ejemplo, este tipo de antena (Alien squiggle tag) tiene dos dimensiones para ganar longitud virtual de la antena, aunque siga cumpliendo la mitad de la longitud de onda en tamaño en línea recta. Con esto se consigue que aunque la orientación no sea la perfecta, el tag continuará con la posibilidad de acoplar la señal y energía de los lectores.

B



> Alien squiggle tag

Sobre el modelo de Alien podemos decir que su gran ventaja es su perfecta longitud de antena (mitad de la longitud de onda) que le permite un altísimo nivel de comportamiento, sobretodo cuando su orientación es la correcta, es decir, en paralelo al campo que emite el lector.

C



> tag Strip de Avery Dennison

Como último mostraremos el caso del tag Strip de Avery Dennison, diseñado para entornos donde el metal puede interferir negativamente.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

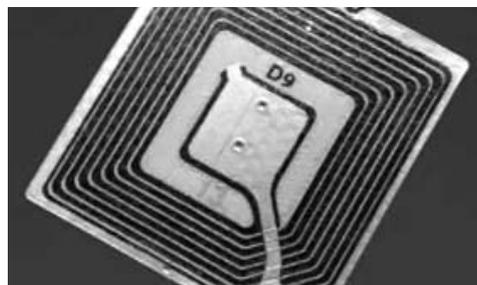
Consiste en un dipolo que cumple el tamaño correcto pero que tiene mayor superficie conductiva que le permite absorber mayor energía. Estos tres casos ilustran muy pocas variantes de las que realmente existen, ya que cada fabricante tiene normalmente más de una docena de modelos de tags, cada uno con unas características determinadas con el objetivo de adaptarse a multitud de aplicaciones o problemáticas. Como conclusión podemos extraer que las antenas del tag tienen el diseño basado en varios factores, que determinarán su forma y tamaño según el objetivo de la aplicación o solución a saber:

- Distancia de lectura
- Sensibilidad a la orientación
- Características del entorno (metal, líquido, madera, etc.)
- Polarización del sistema
- Especificaciones concretas del objeto a etiquetar

EL CIRCUITO INTEGRADO O CHIP

A pesar que la mayoría identificamos los tags por su forma y tamaño, no debemos olvidar que el chip o circuito integrado tiene un elevado impacto en el comportamiento del tag.

El chip o circuito integrado (IC) es el responsable de transformar la energía RF en alimentación eléctrica, de almacenar y recuperar la información, y de modular la señal “de vuelta” (backscatter).



DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Los parámetros que intervienen en el consumo son:

> **CAPACIDAD DE MEMORIA DEL CHIP:**

La prioridad en el diseño de los tags EPC es el costo, por este motivo los niveles de capacidad mínimos, y a veces suficiente, es de 96 bits, donde se almacena el número serializado de identificación para guardar otros parámetros asociados al producto en una base de datos potente y segura.

La potencia necesaria para codificar y leer tags EPC esta alrededor de 100 mW, Tamaño más elevados requieren también mayores consumos.

> **EFICIENCIA DE LA CIRCUITERÍA:**

El chip recibe energía de la antena del tag en forma de corriente oscilatoria a una frecuencia determinada. Esta corriente debe ser rectificadas y convertida en consonancia a una frecuencia determinada. Esto hace que la precisión de los componentes del chip tenga una elevada importancia en la eficiencia.

> **IMPEDANCIA ENTRE EL CHIP Y LA ANTENA:**

Si la conexión entre el chip y la antena no tiene la impedancia correcta, provoca que no toda la energía que llega se aproveche, debido a un efector de rebote o reflexión en este punto, que haría que una cierta cantidad de esta energía rebotara y volviese. Estos casos los podemos encontrar en tags con procesos de fabricación muy pobres, que priman el muy bajo costo sobre el bajo costo pero con calidad. La mejor forma de saber estas características es consultando estudios o preguntando a vendedores especializados.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Cada fabricante de chips realiza diseños propietarios y emplea procesos de fabricación diferentes. Estos diseños permiten a los fabricantes optimizar cada uno de estos parámetros, y nos demuestra que puede haber diferencias en el comportamiento según el tipo de tag y su fabricante

ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN Y CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO

La capacidad de almacenamiento de información y su capacidad de procesamiento es una de las consideraciones más importantes a la hora de escoger la utilidad del tag.

Los tags RFID nos permiten elegir una amplia variedad de capacidades. De los más simples con sólo un bit de almacenamiento (utilizado para soluciones antihurto) hasta kilobytes de datos para almacenar identificadores y datos complementarios.

Normalmente capacidades elevadas están asociadas a tags activos, ya que en los tags pasivos la capacidad está directamente relacionada con el costo del tag. Por este motivo la pregunta más importante a la hora de decidir la capacidad del tag es ¿Cuántos bits necesito para almacenar los datos que quiero? Pongamos una serie de ejemplos, imagínese que quiere identificar todos los habitantes de la tierra, 6.300.000.000 de personas, por lo que serían necesarios 33 bits solamente (2 elevado a 33 resulta 8.589.934.592 identificadores diferentes).

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Pero vamos a escenificar un caso que podría ser real. Imaginemos que tenemos que etiquetar un producto mediante código de 96 bits, pero además para proporcionar beneficios a nuestra cadena de suministro queremos añadir información como fecha de fabricación, lote, fecha de caducidad, cliente a enviar y orden de envío.

CALCULAMOS LOS BITS NECESARIOS PARA ALMACENAR LA INFORMACIÓN.

Identificador único: Electronic Product Code (EPC) - 96 bits

Fecha de fabricación

- Día: 31 días posibles - 5 bits
- Mes: 12 meses posibles - 4bits
- Año: decidimos que serán suficiente con un número superior a 3000 - 12 bits (4096 posibilidades)

Fechas de caducidad: igual que la fecha de fabricación

Lote: debemos tener la posibilidad de identificar más de 20.000 lotes - 15 bits (32.768 posibilidades diferentes)

Cliente: debemos poder identificar hasta un número de 3.000 clientes - 12 bits

Orden de envío: necesitamos identificar a más de 100.000 envíos - 17 bits (131.072 posibilidades)

Este pequeño resumen nos daría una necesidad de 182 bits. Esta conclusión nos llevaría a escoger un tag de una capacidad de 256 bits para satisfacer nuestras necesidades. También hay que comentar que ciertos protocolos permiten encriptación, claves de acceso o control de errores que incrementan la necesidad de mayor capacidad.

ESTÁNDARES

En principio, para que el sistema RFID funcione correctamente, etiquetas y lectores deben estar sintonizados en la misma frecuencia; de otra forma, estos elementos no se entienden y la lectura resulta imposible. En el caso de pequeñas implantaciones, en las que la tecnología radiofrecuencia se emplea sólo de forma interna no tiene por qué haber ningún problema. No obstante, cuando se trata de utilizar esta tecnología en procesos logísticos completos y estar al tanto de la trazabilidad de los productos en transacciones entre varias empresas e, incluso, a escala internacional, es preciso ponerse de acuerdo para adoptar la misma frecuencia.

Aún existe un tercer factor a tener en cuenta, y es que el espectro radioeléctrico es patrimonio de cada estado, que es quien se encarga de distribuir las licencias, liberar las bandas y regular la ordenación entre las distintas tecnologías que utilizan ondas de radio para transmitir información, con el objetivo de evitar las interferencias. Para impulsar al máximo la estandarización, tanto de los códigos utilizados en la identificación de artículos como de las frecuencias, se creó en 2003 EPCglobal, una unión entre EAN (European Article Number), la organización mundial de estándares, y el UCC (Uniform Code Council), la entidad responsable en Estados Unidos.

La estandarización a nivel internacional es imposible, fundamentalmente porque ya hay aplicaciones que utilizan las frecuencias de las otras regiones. En concreto, en el uso de UHF, en EE UU se emplea 915 MHz, que es la frecuencia recomendada por EPCglobal, pero su aplicación en Europa resulta imposible porque es la que ocupa la tecnología GSM propia de los teléfonos móviles. Como opción alter-

ESTÁNDARES

nativa, el EPCglobal recomendó a los países europeos adoptar la banda de 868 MHz, cuyas funcionalidades son prácticamente idénticas y que, al encontrarse cerca, facilitaba el desarrollo posterior de métodos que permitieran la comprensión entre ambos estándares. Las diferencias se multiplican según la zona del mundo: *“Japón utiliza la banda de 950 MHz; Nueva Zelanda trabaja en 915; África comparte la europea; Sudamérica la estadounidense...”*, *“Sucede algo similar a lo que ocurre en el mundo de la telefonía móvil”*.

La estandarización en los grandes países de la Unión Europea se encuentra muy avanzada. El ETSI (European Telecommunications Standards Institute) aprobó la norma 302-208 que, de acuerdo con las recomendaciones internacionales, establece la adopción de la tecnología EPCglobal en UHF generación 2 en la banda de los 865 a los 868 MHz. Numerosos países, como Alemania, Austria, Dinamarca, Reino Unido o Finlandia ya la han adoptado. Cuando hablamos de cadena de suministro, trazabilidad alimentaria o seguimiento e identificación de animales, es importante contar con una directiva común.

A escala internacional, donde la estandarización resulta imposible, las soluciones provienen del ámbito tecnológico: La opción será de nuevo similar a la telefonía: sistemas multifrecuencia que, a través de hardware y software, pueden adaptarse a cualquier lugar del mundo. En el caso de las etiquetas, la compatibilidad se consigue mediante una mejora de la potencia del circuito integrado, y en el de los lectores, se están imponiendo los sistemas de múltiples antenas.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Pese a todas sus ventajas y a que son ya una posibilidad tecnológica real, la implantación definitiva de este sistema RFID presenta algunos obstáculos. Los más relevantes son los problemas tecnológicos. También se les atribuye un precio elevado de los dispositivos. Sin embargo, parece que todo ello se subsanará en un período relativamente corto de tiempo. De esta forma, existen datos sobre el desarrollo de etiquetas RFID fabricadas con silicio o tarjetas con banda magnética sin chip, que serán más baratas y avanzadas. A pesar de todo, no está de más repasar algunos de los problemas que aún ha de superar la identificación radioelétrica en el camino hacia su completa aceptación.

En primer lugar, una de las principales ventajas es el costo del sistema. Una etiqueta vale, dependiendo de su complejidad, entre 30 y 70 centavos de dólar, pero el lector cuesta entre 1.000 y 2.000 dólares. Se espera que a medida que avance su desarrollo los precios se reduzcan, de tal modo que en unos años las RFID puedan competir con otros sistemas de identificación. Algunos expertos opinan que hasta que la más barata no valga uno o dos centavos no será rentable sustituir los códigos de barras.

También surgen algunas dificultades cuando se trabaja con determinados materiales. Las ondas de radio tienen problemas con el agua (que las absorbe) y con el metal (que las refleja), lo que dificulta su implantación en productos con estos componentes, incluidos los empaquetados con aluminio, se conoce que se han realizado mejoras al sistema en las cuales se mejoraría la comunicación en este ambiente.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Otros inconvenientes son la fiabilidad inalámbrica y las interferencias electromagnéticas.

Otra dificultad asociada viene del almacenamiento de datos. En casos como el de la distribución, con un RFID en cada producto, se pueden crear cantidades de información enormes, que podrían superar las posibilidades de los gestores de datos actuales.

Finalmente, también se señala la variedad de frecuencias de radio, puesto que cada país asigna una banda distinta del espectro radioeléctrico a las emisiones de corto alcance, como las de las RFID, esto dificulta su implantación para el comercio internacional.

Además de los inconvenientes tecnológicos, la implantación de las RFID también se enfrenta a problemas morales. No son pocas las voces que se han levantado contra la instauración de este tipo de etiquetas en productos, pasaportes, etcétera. El de los pasaportes ha sido, precisamente, uno de los casos que más críticas ha levantado. Personas anónimas y asociaciones de derechos civiles ya han protestado contra la iniciativa del gobierno estadounidense de introducir una RFID en todos los pasaportes. El temor viene suscitado a que los datos que contienen puedan ser leídos por cualquiera con un escáner portátil, es decir, que cualquiera con un lector de mano podría saber tu nombre, edad, lugar de residencia, etc.

Paralelamente, se ha puesto en entredicho la legalidad de emple-

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

arlas en los productos que compramos en nuestro día a día. La razón es que se teme que, al emitir a distancia y no dejar de hacerlo una vez que se sale de la tienda en cuestión, las RFID permitan a las empresas realizar un seguimiento de sus clientes: *¿Dónde están? ¿Qué consumen? ¿Cada cuánto tiempo compran un determinado producto?...* E incluso que sean utilizados por terceras partes para averiguar cuáles son nuestros hábitos de vida y de consumo sin nuestro consentimiento. Las compañías arguyen que se establecerá un código deontológico de buena conducta respecto a los RFID, pero lo cierto es que, al día de hoy, todavía no hay legislación vigente sobre el comportamiento a seguir respecto a su inserción en los productos.

PRINCIPALES USOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Las RFID presentan numerosas ventajas que han fomentado su utilización en diferentes campos. Lo primero que hay que decir es que existe una gran variedad de etiquetas y muchas de ellas están diseñadas para tener un uso específico. No obstante, dentro de esa pluralidad, donde más útiles son estas etiquetas, a priori, es en la cadena de distribución. Su empleo puede ayudar a reducir el número de pérdidas y robos, a planificar el inventario, a organizar los pedidos y, en resumen, a lograr una mayor eficiencia y rapidez en el trabajo. Las empresas podrán controlar al detalle todos sus productos: no sólo dónde están, sino en qué condiciones se encuentran.

Estas tarjetas de identificación por radiofrecuencia también son empleadas en la identificación de animales. En estos casos, se introducen bajo la piel del animal y contienen información sobre éste, de tal modo que una mascota extraviada pueda ser devuelta a su propietario. También se emplean unos dispositivos similares para el control del ganado.

También han tenido buena acogida en el mundo del motor. Las empresas automovilísticas las incluyen en las llaves de los coches como sistema antirrobo. Además, son utilizadas en bibliotecas, aeropuertos (para vigilar el equipaje), en identificaciones médicas (como las que llevan los donantes o algunos alérgicos), etcétera.

Una de las grandes ventajas de las RFID es que funcionan sin contacto directo con un escáner. De este modo se acaba con la práctica de pasar uno a uno todos los productos comprados por un lector de código de barras. Asimismo, se pueden leer a través de distintos materia-

PRINCIPALES USOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

les, entre otros el cartón y la madera. Esto permite saber cuántos productos hay en una caja sin abrirla y, además, hacerlo desde cierta distancia, sin tener que acercarse al lector al producto.

De acuerdo a la capacidad de información que tiene cada una de estas etiquetas con tecnología RFID, es posible almacenar en ellas los datos necesarios para individualizar unívocamente cada producto, de manera de obtener un seguimiento total desde la fabricación del mismo hasta el momento de su venta final.

Esa identificación de los productos es instantánea, lo que dota de gran rapidez al servicio. Además, los lectores son capaces de capturar las señales de varios transpondedores a la vez, aumentando la velocidad del flujo de información. Otra importante ventaja es su resistencia, ya que pueden fabricarse dispositivos RFID que resisten temperaturas extremas, humedad, etc.

Por estas consideraciones se presume que la tecnología RFID despegará fuertemente en el plazo de 2/3 años en EE.UU. y Europa, y en Japón tampoco tardará en hacerlo.

Sin embargo, el mercado de la RFID no ha tenido el crecimiento espectacular que se vaticinaba, esto confirma que se trata de un mercado claramente en su fase de despegue.

Algunos de los condicionantes de este crecimiento más moderado de lo esperado lo constituye en Europa la escasez de espectro radioeléc-

PRINCIPALES USOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

trico que ha frenado proyectos, aunque esto está ya en vías de solución y los precios de los tags ya han bajado.

Como toda tecnología que opera en una red abierta, los beneficios se obtienen cuando se dispone de una gran cantidad de usuarios. A fin de lograr las ventajas de la tecnología RFID, deberán establecerse los cambios informáticos que posibiliten procesar la información en forma rápida y fiable.

Una compañía Europea, para evaluar sus proyectos realizó una comparación del costo de leer 20 millones de paquetes mediante el código de barras o usando la RFID. Teniendo en cuenta la amortización de los lectores e impresoras/codificadoras, el precio de los tags o etiquetas y la mano de obra, el costo de realizar la tarea mediante la tecnología RFID resultó 10% mayor con respecto a la utilización de códigos de barras. Las diferencias principales están en el costo de la mano de obra y en los tags.

Es decir, hoy en día las diferencias totales ya son pequeñas. Como la mano de obra tiene tendencia a subir y la tecnología a bajar, se considera que se puede alcanzar el ROI (retorno de la inversión) en dos o tres años, ya que con la RFID se ofrecerán más y mejores servicios que le reportarán más ingresos.

SÍNTESIS FINAL

Hasta aquí se han presentado algunas características básicas del sistema de identificación por radiofrecuencia, a continuación se muestra un resumen de lo visto y por último algunas de las aplicaciones que se esperan en el corto plazo.

RESUMEN

ARQUITECTURA

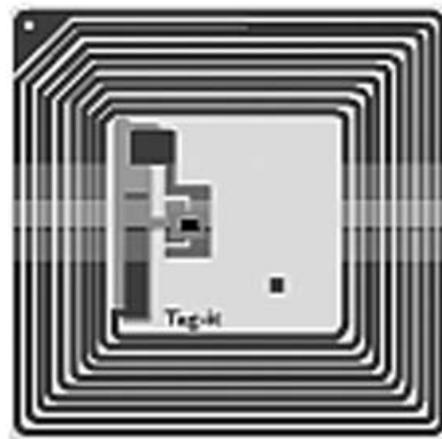
El principio básico es una etiqueta o tag que contiene los datos de identificación del objeto al que se adhiere, y que genera una señal de radiofrecuencia que permite acceder a esos datos.

Los componentes básicos son:

ETIQUETA RFID

Está compuesta por una antena, un transductor radio y un chip que contiene la información de identificación que se desea transmitir. Este chip posee una memoria interna con una capacidad variable entre una decena y millares de bytes. Hay varios tipos de memoria:

- **Memoria de sólo lectura.**
- **Memoria de lectura y escritura.**



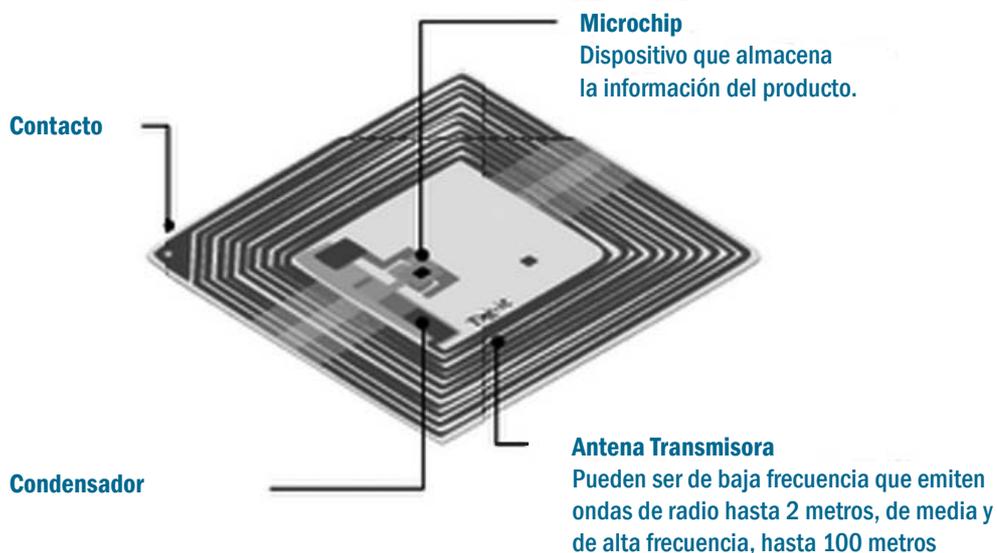
SÍNTESIS FINAL

LECTOR RFID

Compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador. Estos lectores envían periódicamente una señal para verificar la presencia de etiquetas en su área de cobertura. Cuando detecta la presencia de una etiqueta extrae la información contenida en el chip y la transmite al subsistema de procesamiento de datos.

SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Procesa, almacena y permite la consulta y visualización de la información.



SÍNTESIS FINAL

TIPOS DE ETIQUETAS

Hay 3 tipos básicos de etiquetas a considerar:

- **Etiquetas pasivas**

No tienen una fuente de alimentación propia, por lo que utilizan como fuente de alimentación la corriente eléctrica inducida en la antena por la señal de escaneo del lector RFID. Son los dispositivos de este tipo de menor costo.

- **Etiquetas semi-pasivas**

Incorporan una pequeña batería que permite que el circuito integrado esté constantemente alimentado. Esto le da la posibilidad de tener mejores tiempos de respuesta.

- **Etiquetas activas**

Tienen una fuente de energía propia, lo que permite mayores rangos de lectura y mayor espacio de memoria. También tienen la posibilidad de recibir y almacenar información.

RANGOS DE FRECUENCIA

Hay 4 tipos diferentes de sistemas RFID de acuerdo al rango de frecuencia en el que operan:

- **Frecuencia baja:** 125 a 134.2 KHz.
- **Frecuencia alta:** 13.56 MHz
- **UHF:** 868 a 956 MHz.
- **Microondas:** 2.4 GHz. Esta es la variante que se puede implementar para aprovechar como lectores los access point IEEE 802.11b/g.

SÍNTESIS FINAL

APLICACIONES POSIBLES

Esta tecnología tiene múltiples aplicaciones posibles, muchas de las cuales iremos descubriendo a medida que avancemos en la implementación de redes wireless unificadas. Entre las que se mencionan actualmente:

- **Logística**

Es quizás la más importante en la actualidad, ya que permite la rápida localización de un elemento concreto dentro de un almacén o una cadena de distribución.

- **Bibliotecas**

Para el seguimiento y localización de ejemplares.

- **Control de acceso de personal**

- **Seguimiento de equipaje en tránsito**

- **Identificación de animales**

- **Sistemas antirrobo**

Colocado en la llave de un vehículo, se podrían impedir que el mismo arranque si el lector no identifica la llave como la verdadera. Es la llamada “llave inteligente”. Adicionalmente, por proximidad se puede abrir la puerta y arrancar el vehículo.

- **Identificación vehicular** (control de tránsito, peajes, etc.).

- **Forma de pago en transporte público.**

- **Identificación de pacientes**

Utilizando etiquetas activas se puede almacenar en la etiqueta una síntesis de la historia clínica del paciente.

SÍNTESIS FINAL

RESULTADOS

En el ámbito privado existen diferentes aplicaciones de esta tecnología en la actualidad en nuestro país, se utiliza en accesos a edificios, en medios de transporte como es el caso del Subte, en control de stock en algunos supermercados y en cadenas de abastecimientos de diferentes productos.

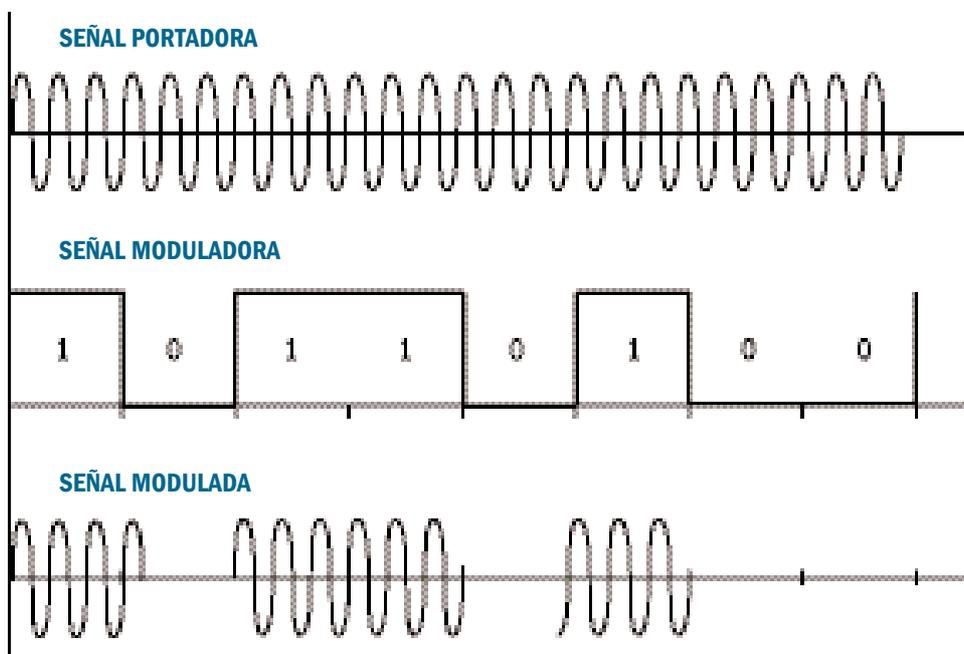
Asimismo en el ámbito público y conocida la potencialidad del sistema de identificación por radiofrecuencia, cabe mencionar a modo de ejemplo que en septiembre del año 2006 mediante la Resolución N° 3588/2006 el Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS) ha aprobado la utilización de obleas con almacenamiento de datos digitales encriptados para ser instaladas en automotores que utilizan gas natural como combustible.

APÉNDICES: APÉNDICE A

TIPOS DE MODULACIÓN

MODULACIÓN POR AMPLITUD (ASK):

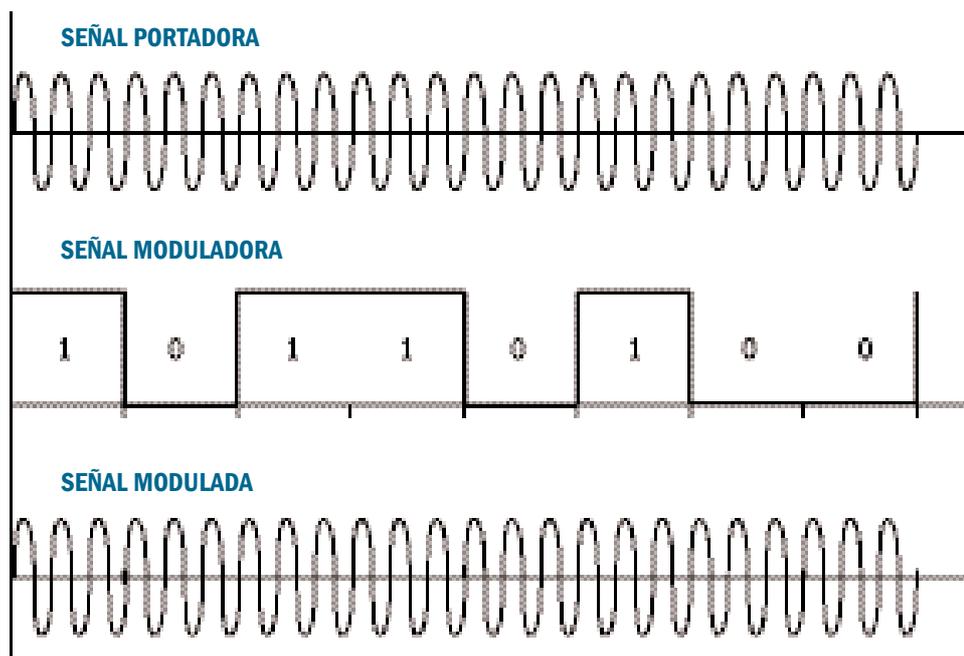
Se basa en la modulación de la amplitud y envía los datos digitales sobre una portadora analógica cambiando la amplitud de la onda en el tiempo. Los dos valores binarios se representan con dos amplitudes diferentes; es decir uno de los dígitos binarios se representa mediante la presencia de la portadora a amplitud constante, y el otro dígito se representa mediante la ausencia de la señal portadora. ASK es sensible a cambios repentinos de la ganancia, además es una técnica de modulación ineficaz. Sensible a ruidos y a la atenuación.



APÉNDICES: APÉNDICE A

MODULACIÓN POR FRECUENCIA (FSK):

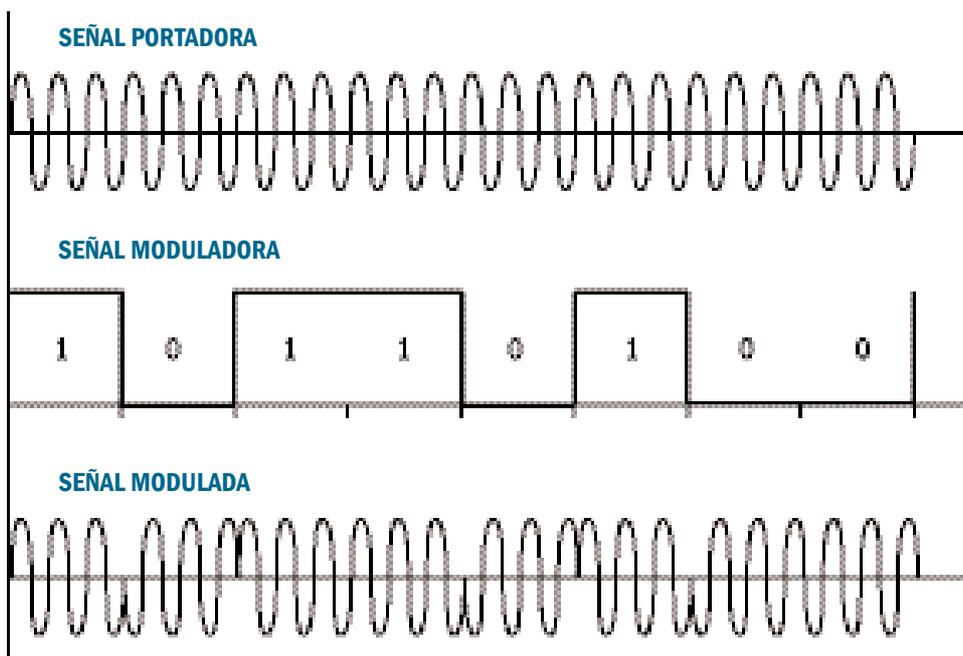
Modula basándose con la frecuencia y envía los cambios de señal a través de la modificación de la frecuencia. Los dos valores binarios se representan con dos frecuencias diferentes (f_1 y f_2) próximas a la frecuencia de la señal portadora f_p . Esta modulación aumenta la protección contra el ruido y las interferencias, obteniendo un comportamiento más eficiente respecto a ASK. La desventaja es que es necesario un mayor ancho de banda.



APÉNDICES: APÉNDICE A

MODULACIÓN POR FASE (PSK):

Consiste en modular la fase y envía los datos mediante cambios en la fase de la señal. Existen dos alternativas de modulación: PSK convencional, donde se tienen en cuenta los desplazamientos de fase y PSK diferencial, en la cual se consideran las transiciones de esta fase.



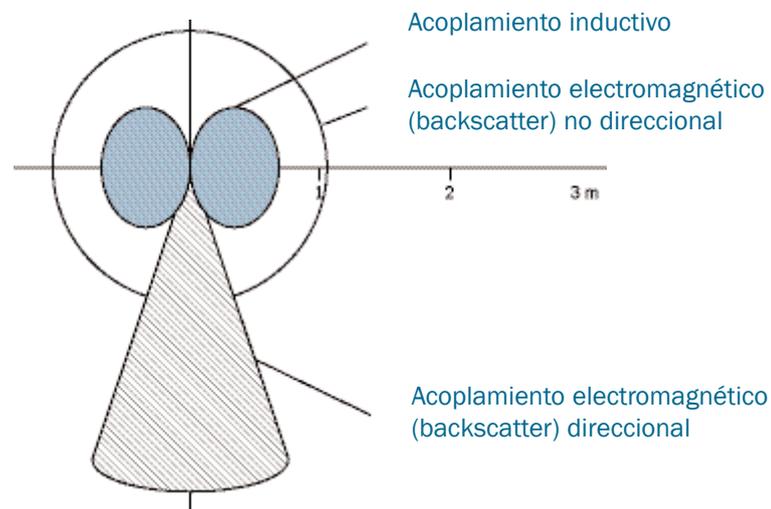
APÉNDICES: APÉNDICE B

TIPOS DE ACOPLAMIENTO

ACOPLAMIENTO ELECTROMAGNÉTICO (BACKSCATTER COUPLING):

Este tipo de acoplamiento es el utilizado en los sistemas RFID en UHF. Su nombre, backscatter (Scatter significa dispersar) describe el camino de las ondas de radiofrecuencia transmitidas por el lector y que son devueltas por el tag mediante dispersión.

El término backscatter es usado para describir que los tags reflejan la señal con la misma frecuencia emitida por el lector pero cambiando la información contenida en ella. El acoplamiento consiste en reflejar la señal para enviarla al origen.



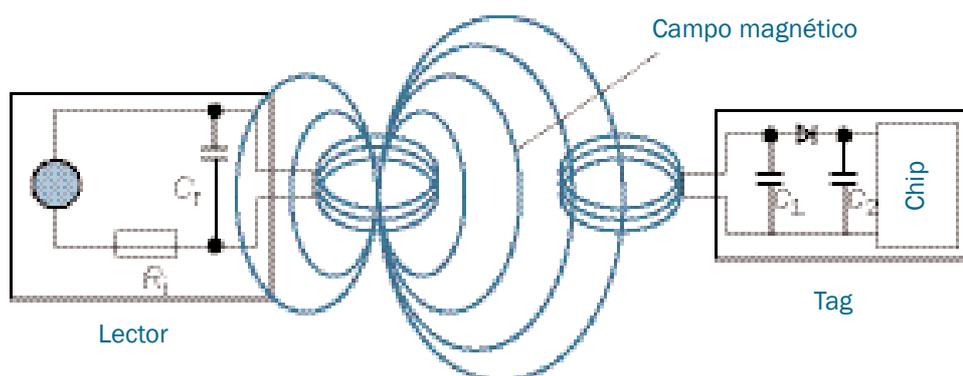
Distancias aproximadas según el tipo de acoplamiento

APÉNDICES: APÉNDICE B

Como el lector y el tag usan la misma frecuencia para comunicarse, utilizan turnos para hablar. Así el tipo de comunicación, tal y como se ha descrito anteriormente, es Half-Duplex (HDX).

ACOPLAMIENTO INDUCTIVO (INDUCTIVE COUPLING):

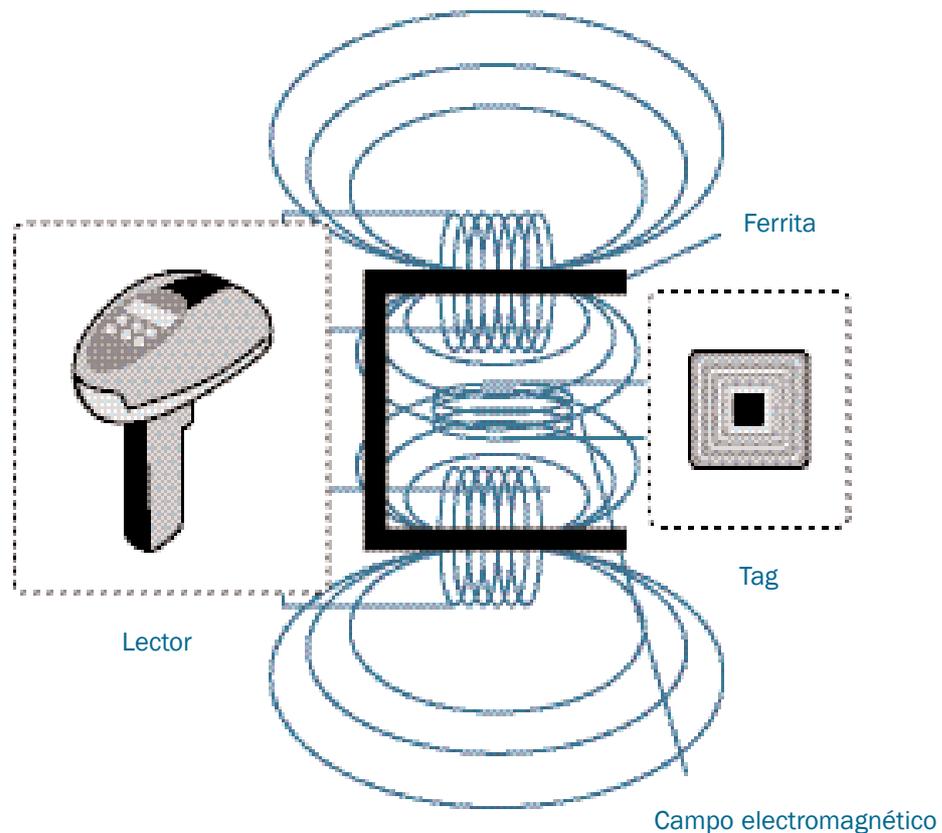
Es el más común para tipos de acoplamiento remoto. Un ejemplo serían los tags que soportan o se rigen por el estándar ISO 15693 (vicinity-coupled). El lector proporciona energía por acoplamiento inductivo a los tags mediante antenas en forma de bobina (coil) para generar campo magnético.



APÉNDICES: APÉNDICE B

ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO (MAGNETIC COUPLING):

El acoplamiento magnético es similar al acoplamiento inductivo cuando nos referimos a que el tag y el lector forman un par de transformadores mediante bobinas (coils). La mayor diferencia se encuentra en la antena del lector que consiste en una bobina (coil) enrollada en una pieza de ferrite con los dos extremos al aire. El sistema está diseñado para unos rangos de lectura entre 0,1 cm. y 1 cm. Como máximo.



BIBLIOGRAFÍA

- Telectrónica Codificación S.A., Introducción a la Identificación por Radio Frecuencia, 2006
- Red de Código Electrónico de Producto (EPC™),
<http://www.epcglobal.org.ar>
- Microchip, microID® 13.56 MHz RFID Design Guide
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21299E.pdf>
- Portal independiente sobre soluciones de RFID, “RFID magazine”,
<http://www.rfid-magazine.com>