

CAPÍTULO 2.- ESTADO DEL ARTE

2.1.- RFID

A continuación expondremos el estado del arte de la tecnología RFID, antecedentes, estándares y dispositivos utilizados con esta tecnología, a fin de aportar unas nociones y conocimientos básicos sobre la misma. Finalmente se exponen las aplicaciones que se le esta dando hoy en día a esta tecnología, las líneas de investigación que se están siguiendo y futuras implantaciones que tendrán la tecnología RFID, tanto comerciales como de investigación.

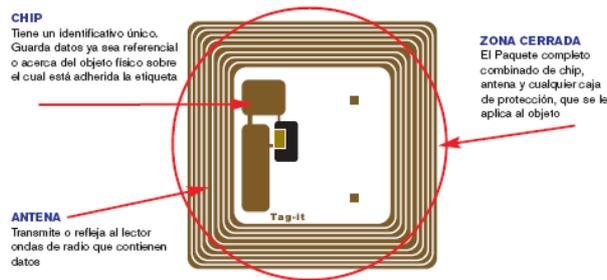
2.1.1.- La tecnología RFID

- Introducción a la tecnología RFID

RFID son las siglas de Radio Frequency IDentification, en español Identificación por radiofrecuencia. Se trata de una tecnología de almacenamiento y recuperación de datos que consiste básicamente en una etiqueta (tag), compuesta por un chip integrado y una antena, y un lector sintonizado con ella. Estos dos elementos intercambian información mediante el envío y recepción de señales por radiofrecuencia. Por otro lado, en la memoria del chip se introduce un código de identificación único (ID) para la etiqueta que permite diferenciarla de todas las demás, siendo este dispositivo de memoria quien proporciona una capacidad de almacenamiento considerablemente mayor para cualquier tipo de información sobre el producto que se quiera mantener en la etiqueta. La cantidad de información que será capaz de almacenar un tag RFID podrá ir desde 1 bit, hasta varias decenas de KBytes., dependiendo del tipo de tag.

Las etiquetas (tags o transponders) RFID son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor

El proceso para establecer la comunicación, usualmente lo inicia el lector enviando señales de búsqueda de transponders en su radio de acción. Cuando estas ondas de radiofrecuencia son captadas por la microantena del tag, se activa el microchip y se generan nuevas ondas de respuesta con la información almacenada en la memoria del tag. Los datos llegarán a la antena del lector y serán recuperados por el mismo. Una vez detectados, podrán ser enviados a un sistema de procesamiento, middleware alojado en un ordenador, donde se realicen las operaciones oportunas dependiendo de los requerimientos del usuario y de la aplicación deseada.



La implantación de la tecnología RFID implica el uso de :

- Etiquetas o TAG's
- Antenas / Lectores
- Software:
 - Específico RFID de desarrollo e integración
 - Middleware
 - Aplicativos

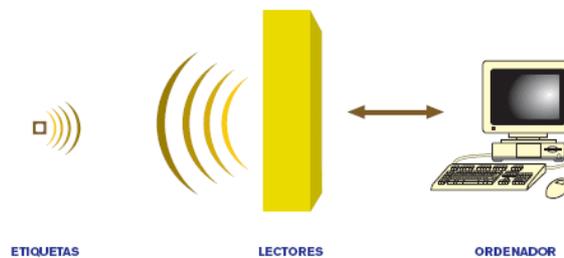


Figura 1.- Principales elementos RFID

La frecuencia de operación de los sistemas RFID es variable en función de la normativa escogida. Incluso, para un mismo estándar, las frecuencias a las que emiten el lector y los tags pueden ser distintas. El rango de frecuencias usadas para RFID es muy amplio: desde los 50 kHz hasta los 2.5 Ghz. A mayor frecuencia tendremos mayor tasa de bits y mayor alcance. Esa gran dispersión de frecuencias también es debida a las diferentes restricciones impuestas en cada país o continente. Puesto que la tecnología RFID se ha extendido mundialmente, las frecuencias de trabajo además de a los estándares propios RFID, se deben acoger a las reglamentaciones locales de cada zona para no producir interferencias con otros sistemas RF.

La identificación por radiofrecuencia se ha convertido en uno de los segmentos de mayor crecimiento de las industrias de la tecnología de información y de identificación automática y captación de datos de hoy en día. Las organizaciones están aprovechando las capacidades robustas y automáticas de intercambio de datos inalámbrico que ofrece la tecnología RFID.

El crecimiento de los sistemas RFID se ha extendido entre otros a control de fabricación y gestión de materiales, logística de cargamento, control de accesos, seguridad, sectores farmacéuticos, gestión de bienes, rastreo de clientes y pacientes, etc. Como se aprecia en esta evolución, la aplicación de la tecnología RFID es un campo multidisciplinar y en gran expansión. Las aplicaciones potenciales de los sistemas RFID se incrementan conforme la tecnología avanza (tamaños menores, formatos distintos, costes menores, etc.).

Cabe destacar, que en la actualidad, la tecnología más extendida para la identificación de objetos sigue siendo la de los códigos de barras. Sin embargo, éstos presentan algunas desventajas (cubiertas por la tecnología RFID), como son la escasa cantidad de datos que pueden almacenar, la imposibilidad de ser modificados (reprogramados) una vez imprimido, la necesidad de una visión directa entre el lector y el código de barras, la imposibilidad de leer mas de un código de barra por barrido, el deterioro e inhabilitación de los códigos de barras, etc. Son algunas de los inconvenientes que presenta el código de barras frente a la tecnología de identificación por radiofrecuencia. Por tanto la tecnología RFID se esta asentando como un sistema de identificación con unas capacidades mucho mayores que las de los códigos de barra tradicionales y capaz de suplir las deficiencias de este, y creemos, desde este proyecto, que será el tiempo, el que acabe con el código de barra tradicional frente a los sistemas de identificación por radiofrecuencia. Aún así la mayoría de etiquetas RFID, llevan impreso en el reverso el código de barra así que ambos sistemas de identificación son más que compatibles y se están empleando indistintamente en distintas aplicaciones industriales.

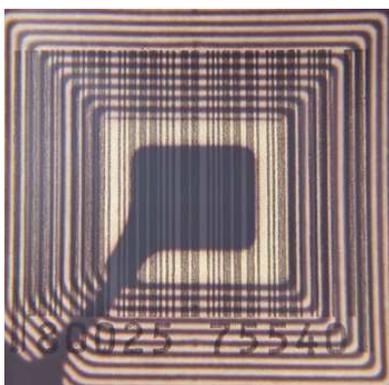


Figura 2.- Tag RFID - Codigo barras

- Componentes de la tecnología RFID

En una visión genérica, un sistema RFID es la comunicación entre un lector y una etiqueta “inteligente”, transponder o tag a través del aire y mediante una frecuencia conocida por ambos elementos, como cualquier otra comunicación radio común. También en esta comunicación entran en juego otros elementos, como son antenas, middleware, ordenador de gestión, etc. que hacen en conjunto, posible la comunicación RFID.

A continuación se exponen los distintos elementos de la tecnología RFID:

El lector RFID

A grandes rasgos, un lector RFID es un transcriptor de señales de radio, que al mismo tiempo transmite y recibe señales con el tag RFID.



Figura 3.- Lector RFID

Su funcionamiento es sencillo, el lector produce una señal que viaja por cable o por wireless a un ratio determinado, normalmente hacia una antena que radia la misma señal en el espacio a una frecuencia determinada para que otros elementos lo escuchen.

El lector, tendrá la posibilidad de realizar operaciones de lectura o lectura/escritura. En general, podremos dividirlo en varios bloques funcionales:

- Un módulo transceptor de RF (transmisor y receptor)
- Una unidad de procesamiento y control de señal (DSP)
- Un elemento de acoplo (antena)
- Un interfaz de intercambio de datos (RS-232, RS-485, Ethernet, USB, etc.)

En la Figura siguiente se muestra los distintos bloques y elementos de un lector, sobre una placa impresa. El layout de cada lector puede ser distinto al aquí mostrado, así como puede incorporar otros módulos adicionales, o integrados de forma distinta a como se muestra en la figura siguiente.

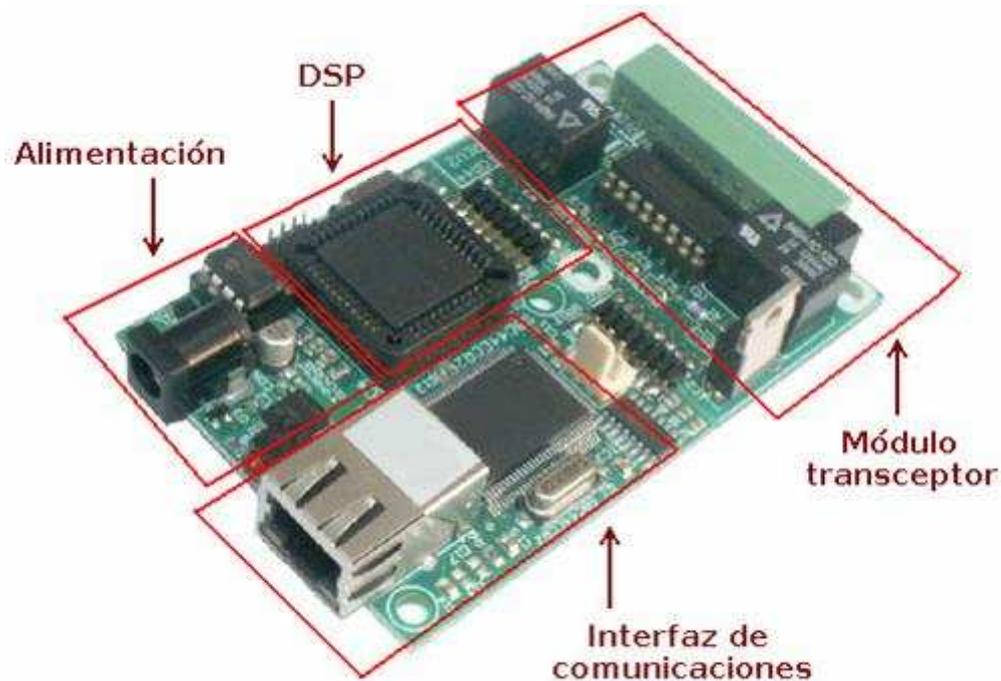


Figura 4.- Bloques Lector RFID

Un lector RFID típico podrá tener una o varias antenas con las que comunicarse con las etiquetas que estén dentro de su rango de acción. Estas antenas podrán estar incorporadas en el propio lector, o por el contrario, ser externas al mismo; ofreciendo así un radio de cobertura mayor. Por lo general, a mayor tamaño de antena, mayor cobertura del lector. Podremos tener antenas tipo lazo (una sola espira), tipo bobina, tipo puerta (para controles de accesos), etc.

Además, podremos encontrarnos con lectores RFID que ofrezcan la posibilidad de detectar tags de distintos estándares (los lectores normalmente implementarán algoritmos anticolidión para conversar de forma no ambigua con más de un tag a la vez) o incluso que trabajen a frecuencias distintas. También existen en el mercado lectores que incluyen varias tecnologías de identificación automática: RFID + huella dactilar, RFID + banda magnética, etc.

En cualquier caso, el lector será el encargado de hacer llegar la información al sistema gestor (caso de existir), alojado en el ordenador de control, a través de una o varias interfaces normalizadas. Por supuesto, gracias a las interfaces ofrecidas podremos incluir los lectores RFID dentro de redes corporativas o, incluso, crear verdaderas redes de lectores RFID. De esta forma, por ejemplo, se podrán controlar las lecturas de éstos remotamente y utilizarlas para los procesos concretos de cada tipo de empresa u organización.

El lector, no solo genera la señal que a través de las antenas se transmite en el aire, sino que también escucha las respuestas de las etiquetas. Transmite y recibe ondas analógicas que transforma en cadenas de bits de ceros y unos, bits de información digital. Cada lector es conectado a una o más antenas (existe un máximo según el tipo de lector).

En definitiva, el lector crea la señal electromagnética y la antena realiza la difusión en su zona de interrogación (campo de radio frecuencia). Además el lector también se puede conectar a la red o a una máquina mediante varios tipos de interfaz como pueden ser por ejemplo RS-232 o Ethernet.

También existe la posibilidad (además de los lectores fijos) de utilizar lectores RFID portátiles o de mano. Por regla general, estos lectores tendrán un rango de lectura más pequeño, frente a los lectores fijos, pero su funcionamiento en esencia es igual a los lectores fijos.

Como características que deben presentar los lectores, además de una exactitud, eficiencia, y una flexibilidad con un bajo ruido de radiación, deberán de tenerse en cuenta los siguientes factores fundamentales que nos ayudarán a escoger el lector adecuado para cada aplicación:

1.- Sensibilidad: Hoy en día, se pueden detectar señales de hasta -115 dBm. Los buenos lectores RFID llegan a -80 dBm

2.- Selectividad: Deberá poder seleccionar la señal procedente del tag RFID dentro de un vasto espectro de señales recibidas.

3.- Alcance Dinámico: Deberá de poder detectar y seleccionar señales procedentes, al mismo tiempo, de varios tag RFID que estén a distancias diferentes.

4.- Trabajo bajo Normativas: En Europa la entidad reguladora es ETSI (European Telecommunications Estándar Institute).

5.- Operatividad en entornos Densos de lectores RFID

6.- Inter – Operatividad multi – Fabricante: Poder trabajar con todo tipo de fabricantes de chips RFID y lectores RFID siendo intercambiables sus productos sin ningún problema.

Por último, y como conclusión, remarcaremos, que a grandes rasgos, un lector RFID se compone de una electrónica con su correspondiente fuente de alimentación, conexión/es a antena/s, que cumpliendo una serie de requerimientos y características para una conexión por radiofrecuencia, y dentro de una caja de protección, permite la conexión sin cables, por radiofrecuencia, con las etiquetas (elementos de almacenamiento de información) y por cable a los sistemas de gestión de esta información.

Etiquetas, transponder o tag

Etiqueta, transponder o tag se denomina al elemento dentro de la tecnología RFID encargado de funcionar como un dispositivo de almacenamiento y transporte de datos y consistirá, de forma genérica, en:

- Un elemento de acoplo (circuito resonante sintonizado) (antena)

- Un microchip: circuito integrado CMOS de baja potencia (IC). Compuesto, a su vez, por:

- Interfaz RF
- Capacidad sintonizable de antena
- Sistema rectificador RF a DC
- Memoria
- Circuito de modulación de datos

La gran mayoría de los tags o transponders RFID usan un microchip de silicio para almacenar usualmente un número de serie único y alguna información adicional; sin embargo, algunos pueden ofrecer utilidades adicionales como la incorporación de sensores de temperatura o de presión entre otras.

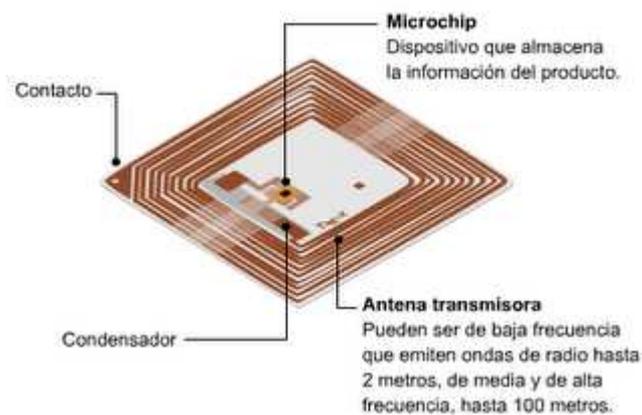


Figura 5.- Etiqueta o Tag RFID

Existen dos categorías muy generales de etiquetas RFID, dependiendo de la forma en que obtienen la energía para entrar en funcionamiento: *activos*, *pasivos* y *semi-pasivos*.

- Los **tags RFID pasivos** no poseen fuente de alimentación propia ni tampoco transmisor. Por lo tanto, son los más baratos y no necesitan mantenimiento. Adquieren la potencia necesaria para funcionar del campo generado por el lector.

Estos tags pasivos se comunican basándose en reflejar de forma adecuada la energía que les llega desde el lector (ondas radio) para codificar su propia información. Debido a este principio de funcionamiento, el rango de alcance teórico de las etiquetas pasivas está limitado (en torno a los 3 metros), en la práctica es muy difícil encontrar incluso rangos mayores a los 5 ó 10 metros. Los tags pasivos podrán operar en cualquier rango de frecuencias (definidas en puntos posteriores de este proyecto): LF, HF o UHF.

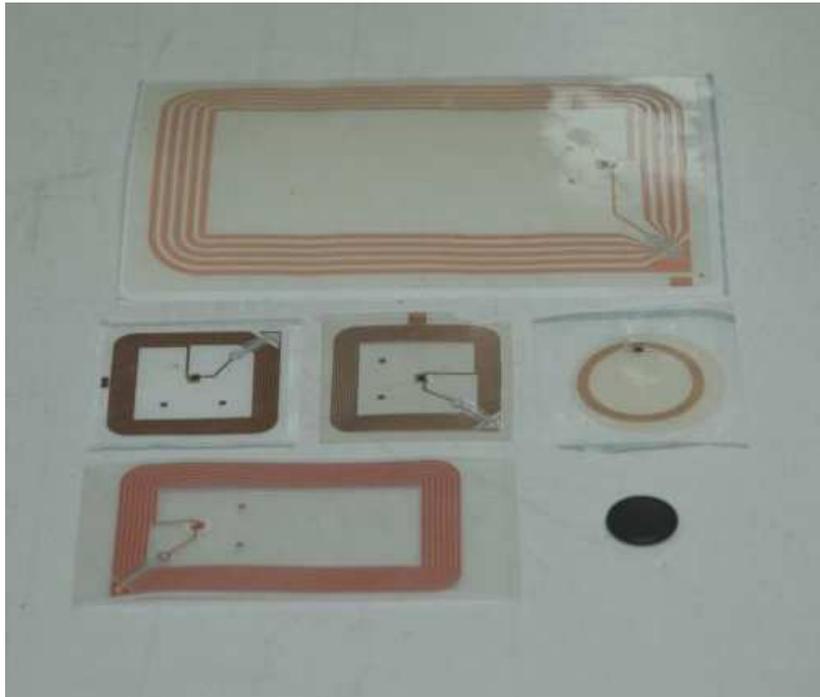


Figura 6.- Tags pasivo RFID

- Los *tags RFID activos* sí dispondrán de fuente de alimentación propia. Al tener una batería, el ciclo de vida de las etiquetas activas tiene una duración mucho menor que en las pasivas (idealmente infinita) debido a la propia duración de la batería. La vida media de un tag activo se sitúa alrededor de los 5 años. Dichos tags difundirán la información que almacenen cuando sean activados por el lector, pero utilizando su propia alimentación para generar la señal que emite. Esta difusión tendrá un alcance mayor que en los pasivos, llegando incluso hasta los 100 metros. Además, estos tags activos, son como se ha comentado anteriormente, los que podrán incorporar elementos adicionales como pueden ser sensores de temperatura o de presión, lo que les conferirá un valor añadido respecto a los demás. Sólo será posible incluir dichos sensores en transponders activos, puesto que para su funcionamiento necesitan una alimentación continua. Con tags activos de este tipo se podrán obtener medidas de magnitudes en lugares con difícil acceso, donde las condiciones sean extremas o en recintos estancos donde el cable no pueda ser instalado.



Figura 7.- Tag activo

Por supuesto, el coste de los transponders activos es mucho mayor al de los pasivos, siendo rentable para aplicaciones que requieran tags activos muy específicos, con gran cantidad de memoria o que incluyan dispositivos adicionales como los sensores ya comentados.

- Existe otro tipo de dispositivos que se sitúan en un punto intermedio entre los dos anteriores. Se trata de los *tags semi-pasivos*, *BAP* (*battery assisted passive*). Estos, también poseen una batería; pero no es utilizada para la transmisión de las señales hacia el lector. Sólo se encarga de mantener los datos almacenados en la memoria del dispositivo. Los datos se transmitirán haciendo uso del mismo mecanismo de los pasivos: la modificación del campo creado por el lector. El coste será menor que en los activos, pero superior al de los pasivos.

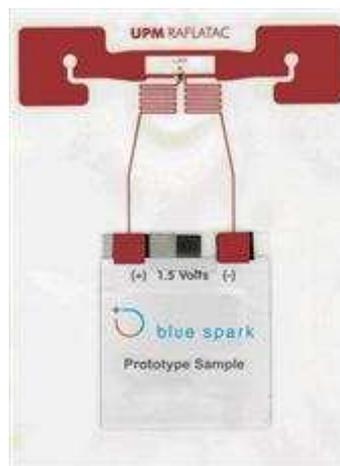


Figura 8.- Inlay BAP

Formatos y alojamientos de etiquetas RFID

Así sean activos, pasivos o semi-pasivos, cualquiera de estos tipos de transponders pueden ser fabricados atendiendo a muy diversos formatos. Dependiendo de la aplicación concreta, de las condiciones de trabajo que puedan soportar o incluso de los propios gustos de los usuarios; los transponders pueden ser construidos con una forma, encapsulado o sustrato distintos. A continuación se exponen algunos de los formatos y alojamientos desarrollados más comunes (cabe mencionar que existen multitud de encapsulados, y se están desarrollando mas).

Discos y Monedas

Es uno de los formatos más utilizados. El transponder es albergado dentro de un molde con forma circular y relleno con “polystyrol” o resina epóxica (epoxy resin). El diámetro del molde puede variar entre algunos milímetros y unos 10 centímetros.

Alojamiento bajo la piel

Han sido desarrollados para la identificación de animales, inyectándolos bajo la piel de los mismos. Se basan en unos tubos de plástico de unos 12 – 32 mm de longitud donde se coloca el chip y la bobina de acoplo.

Alojamiento de Plástico

Son usados en aplicaciones con alta demanda mecánica (muchos movimientos e incluso golpes), tales como llaves de coches o sistemas de inmovilización. Estos transponders aceptan unos chips de mayores dimensiones, con el objetivo de soportar mayor cantidad de vibraciones mecánicas. Son especialmente utilizados en la industria de la automoción. Además, ofrecen muy buenas prestaciones ante test de ciclos de temperatura y de fallo.

Identificación de Herramientas y Bombonas de Gas

Se han desarrollado formatos específicos para instalar los transponders en superficies metálicas (mencionar que las superficies metálicas dan problemas en la comunicación RFID). El chip se monta detrás de un alojamiento de ferrita donde se coloca la bobina y se conecta a ésta. Para ofrecer mejor eficiencia ante vibraciones y temperatura, se encapsulan con un compuesto plástico.

Llaves y Llaveros

Los transponders también son integrados en llaves para aplicaciones de cierre y apertura de accesos con especiales necesidades de seguridad. Son normalmente emplazados en plástico y colocados en el interior de llaves. Son muy populares en los accesos de oficinas y áreas de trabajo, actualmente también se están usando en automóviles.

Relojes

Este formato fue desarrollado por primera vez al inicio de los años 90 por una compañía austriaca: Ski-Data, para los pases de acceso de sus instalaciones. El transponder se incrusta en la carcasa de un reloj de pulsera, con lo que no es necesario portar ninguna tarjeta identificativa; evitando así pérdidas u olvidos.

Tarjetas Inteligentes sin contacto

Se trata de tarjetas de las mismas dimensiones de las populares tarjetas de crédito: 85.72 x 54.03 x 0.76 mm (ISO 10536). La ventaja principal que nos ofrecen es la posibilidad de desarrollar una antena con un área bastante mayor que en los demás casos; ayudando sensiblemente al acoplo inductivo con el lector (es utilizada por ejemplo en acceso a las empresas, y en pistas de esquí)

Etiquetas Inteligentes

En este tipo de transponders, la bobina de acoplo es aplicada por estampación en una fina lámina de plástico. Dichos láminas se desarrollan con una cara adhesiva para poder colocarlas sobre los objetos a identificar. Además, son muy flexibles y permiten ser colocadas en las etiquetas de los equipajes.

Pulseras

Otra posibilidad es colocar el transponder en pulseras de materiales plásticos, como silicona o PVC. Este tipo de transponders es muy usado en eventos deportivos, casi siempre de atletismo, para controlar la llegada de los corredores.

Bobina sobre Chip

Hasta ahora, en los demás formatos, siempre se han tenido separados la bobina (elemento de acoplo – antena) y el chip del transponder. Esto provoca la necesidad de usar un área considerable. Con esta nueva tecnología podemos colocar la bobina justo encima del chip, con el ahorro de superficie que eso conlleva. Para realizar la conexión entre ambos dispositivos, se utilizan procesos microgalvánicos. De esta forma el tamaño del transponder queda reducido



Figura 9.- Encapsulados etiquetas RFID

Antena

Como inicio comentar que en un sistema de comunicación RFID, en la conexión entre etiqueta y lector, se utilizan 2 antenas; una para cada elemento de conexión.

La función de la antena en una etiqueta RFID es la de absorber las ondas RF y entonces difundir por el mismo medio la información contenida en el chip del tag. La energía para activar el chip la colecta del campo RF. Este proceso es llamado acoplamiento.

La antena del lector es un dispositivo que permite radiar las señales de los lectores y leer las ondas radio de los tags. El acoplamiento describe como la energía se transfiere de un sistema a otro, en nuestro caso del aire a la antena.

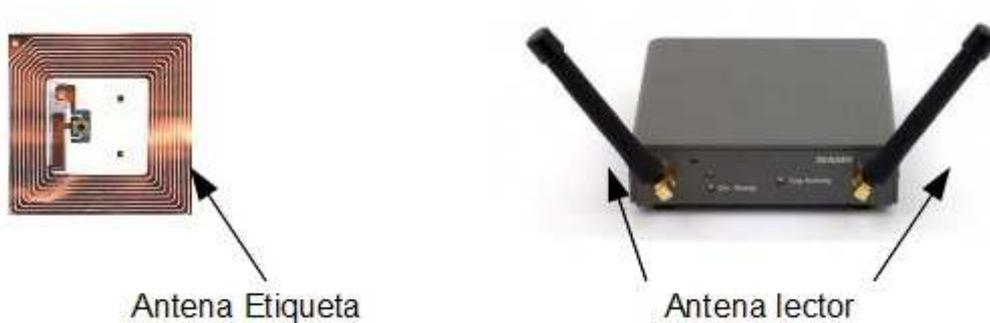


Figura 10.- Antenas RFID

Muchas veces al hablar de lectores, sobre todo en el caso de lectores móviles, se habla de lector al conjunto lector-antena ya que esta, está integrada, en todo caso es aconsejable distinguir ya que son componentes que hacen funciones totalmente diferentes.

Middleware

El middleware, es el dispositivo situado entre el hardware RFID y las aplicaciones software del cliente, tal como sistemas de gestión de inventarios, ERPs, CRMs, etc.

Su función es la de gestionar todo el sistema RFID a nivel de hardware, recibir la totalidad de la señales de los tags y filtrar la información, para sólo transmitir información útil a los sistemas empresariales.

Clasificación de los sistemas RFID

Los sistemas RFID pueden ser clasificados atendiendo a múltiples aspectos o características. En este punto se pretende ofrecer una panorámica global de la variedad de posibilidades que podemos encontrar para estos sistemas, si tenemos en cuenta los principales factores que los definen.

Con este objeto se han elegido las siguientes características para diferenciarlos:

- *Frecuencia de operación*
- *Tipo de acoplo*
- *Modo de acceso*
- *Fuente de energía*
- *Rango de lectura*
- *Capacidad de memoria*
- *Procesamiento de la información*

Por supuesto, es necesario señalar que ningún sistema RFID estará definido sólo por una de las características anteriores; sino que se nutrirá de todas ellas. Además, el valor que tomen algunas de ellas influirá sobre otras; por ejemplo, el tipo de acoplo limitará el rango de lectura.

Frecuencia de operación

Una de las características más importantes de un sistema radio, tal y como son los sistemas RFID, es la frecuencia de operación. En un sistema RFID, se tomará como frecuencia de operación aquella a la que transmite los datos el lector, la potencia transmitida por el transponder será siempre mucho menor a la que recibe del lector.

Las diferentes frecuencias de transmisión para los sistemas RFID están clasificadas en cuatro rangos básicos:

- 1- *LF (low frequency): 120 KHz – 134 KHz*
- 2- *HF (high frequency) / RF (radio frequency): 13.56 MHz*
- 3- *UHF (ultra high frequency): 868-956 MHz*
- 4- *Microondas: 2.45 GHz*

Dependiendo de la frecuencia de operación de un sistema RFID, podemos encontrarnos con distintas ventajas e inconvenientes. Por ejemplo, la tasa específica de absorción de potencia para el agua u otras sustancias no conductivas (electromagnéticamente hablando) se reduce en un factor de 100000 a 100 kHz respecto a 1 GHz. Esto hará que los sistemas LF y HF sean los preferidos, por ejemplo, para sistemas RFID de identificación de animales donde el tag se inyecta bajo la piel de los mismos. Sin embargo, si tenemos en cuenta la sensibilidad a las interferencias electromagnéticas que se pueden producir, por ejemplo, por motores eléctricos cercanos; los sistemas que utilicen un tipo de acoplo inductivo (se verá en el siguiente punto) en LF o HF serán claramente menos recomendables. Por tanto para sistemas RFID que operen en entornos industriales con alta interferencia electromagnética, serán las frecuencias de la banda UHF las que se deban usar.

En la tabla a continuación se muestran las distintas bandas de frecuencia empleadas en los sistemas RFID

Banda	LF Baja frecuencia	HF Alta frecuencia	UHF Ultra-alta frecuencia	Microondas
Rango de frecuencias	30-300KHz	3-30MHz	300MHz-2GHz	2-30GHz
Frecuencias RFID	120-134Khz	13.56MHz	868-956MHz	2.45GHz
Distancias (aprox) tags pasivos	<0.5m	Hasta 2m	6m	Activo:>100m No habitual pasivo
Velocidad	<1kbps	25kbps	Hasta 640kbps	

Ventajas	Buen comportamiento	Buena distancia, mejor velocidad y anticolisión	Muy alta velocidad (600 tags/s), estandarización global epc, mayores distancias	
Inconvenientes	Corta distancia, baja velocidad, poca capacidad anticolisión	Peor comportamiento con agua y metales	Muy sensible al agua y al metal	
Uso habitual	ID Animal, coches, controles de accesos	Accesos y seguridad, smart cards, pasaporte	Logística procesos de fabricación	Activos: autopistas, contenedores
Otras características	Campo cercano Acop. Magnético	Campo cercano Acop. Magnético	Campo lejano Acop. Eléctrico	

Tabla 1.- Rango de frecuencias RFID

Otro factor importante a tener en cuenta en la elección de la frecuencia de trabajo de nuestro sistema RFID, será la regulación radioeléctrica bajo la que nos encontremos. El funcionamiento de otros sistemas de radio no debe verse interrumpido ni perjudicado, bajo ninguna circunstancia, por las ondas emitidas por los sistemas RFID. Por este motivo, normalmente sólo es posible usar rangos de frecuencia que han sido reservados específicamente para aplicaciones industriales, científicas o médicas. Estas son las frecuencias clasificadas mundialmente como rangos ISM (Industrial- Scientific-Medical) o SRD y pueden también ser usadas para aplicaciones de RFID.

Dentro del espectro de frecuencias estandarizadas para el RFID, nos encontramos una sustancial diferencia entre los RFID tags que operan bajo cada una de ellas. Así, a medida que vamos aumentando de frecuencia en la que deseamos trabajar, los tags RFID bajan significativamente de precio, llegando a unas diferencias de coste significativas para cada proyecto de aplicación.

La figura adjunta muestra las diferencias entre las 4 frecuencias RFID mas utilizadas y que cubre casi el 98% de todos los casos:

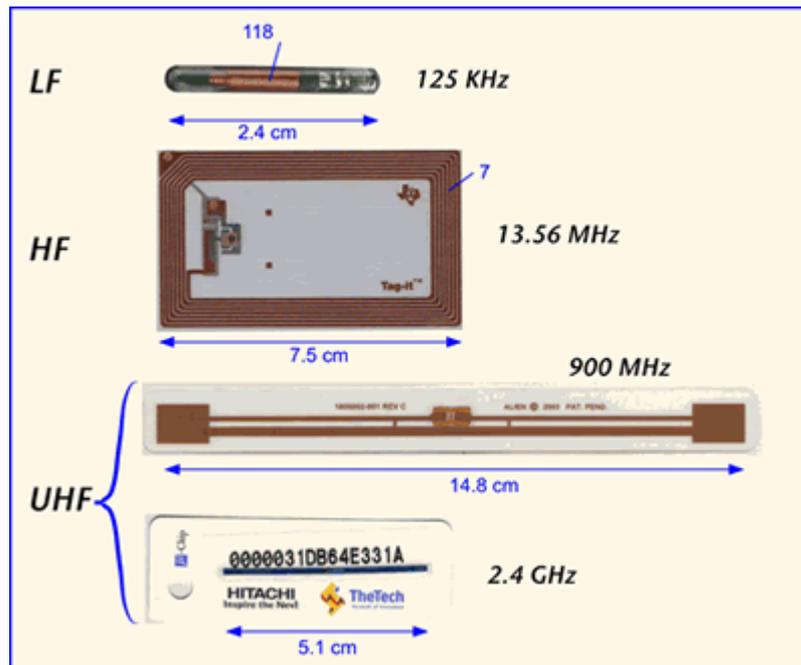


Figura 11.- Diferencia entre tags por frecuencia

Tipo de acoplo

Esta característica se refiere al modo mediante el cual intercambian los datos los lectores y las etiquetas. Existen dos categorías principales:

- Sistemas de Acoplo Inductivo

Cuando la frecuencia de operación no es muy alta, la radiación electromagnética intercambiada entre lector y tags puede ser tratada como un simple campo magnético alterno. Esto es así siempre que el transponder se encuentre dentro de una “esfera de radiación” ficticia centrada en el lector.

Esencialmente, la bobina en la antena del lector y la bobina en la antena del transponder forman un campo electromagnético. El transponder obtiene potencia de dicho campo, la usa para poner en funcionamiento la circuitería del chip y entonces, modifica la carga eléctrica de la antena. El lector notará la modificación del campo y convertirá estos cambios en “unos” y “ceros” que entienda el computador. Debido a que ambas bobinas deben crear un campo magnético, la etiqueta deberá estar bastante cerca de la antena del lector. Esto limitará el rango de lectura de estos sistemas. Normalmente esta técnica es usada por tags pasivos LF y HF.

- Sistemas de Acoplo por Propagación

Usualmente usan este modo los transponders pasivos UHF. Para estas frecuencias, la esfera de radiación tendrá un radio muy pequeño comparado con las dimensiones del sistema. Por ello, se podrá trabajar con ondas planas, en vez de con campos electromagnéticos. En este caso, el tag recoge energía de las ondas de radio emitidas por la antena del lector, y el microchip usa esta energía para modificar la carga en su antena. Así, se refleja hacia el lector la misma señal que él transmitió, pero modificada. Esto se

denomina **backscatter**. Los transponders podrán comunicar “unos” y “ceros” de diferentes formas. Podrán modificar la amplitud de la onda entrante (ASK – amplitude shift keying); la fase (PSK – phase shift keying); o la frecuencia (FSK – frequency shift keying). El lector recogerá la señal que se ha “reflejado” en el otro extremo y convertirá la onda modificada en símbolos binarios. Esta información se pasará al computador que interpretará los bits para formar el número de serie del transponder.

Modo de acceso

Con esta denominación queremos hacer referencia al modo en que un lector puede actuar sobre un transponder. Es decir, si sólo se limita a leer la información que contiene su memoria; o si por el contrario es capaz de modificar su contenido. La posibilidad de escribir datos o no en el transponder, nos añade una clasificación nueva para los sistemas RFID:

- Sólo Lectura

Los datos de la etiqueta (normalmente un simple número de serie) son grabados en el mismo proceso de fabricación y no pueden ser modificados; por lo que el interrogador sólo tendrá la posibilidad de leerlos.

- Lectura / Escritura

Los datos almacenados por el transponder pueden ser modificados; bien, a través de comandos por parte del lector; o bien, por medios externos. Tendremos 3 métodos principales para el almacenamiento de esos datos:

- EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read- Only Memory). Son las memorias más extendidas y usadas; aunque presentan problemas como un consumo alto de potencia para el proceso de escritura, o unos ciclos de lectura limitados.

- FRAM (Ferromagnetic Random Access Memory). Se están usando recientemente en casos aislados. El consumo de potencia al leer es 100 veces menor que con las EEPROM. Además, el tiempo de lectura es del orden de 1000 veces menor que con las EEPROM. Sin embargo, problemas en el proceso de fabricación han hecho que su introducción en el mercado no haya sido muy grande.

- SRAM (Static Random Access Memory). Son usadas en sistemas de microondas. Los ciclos de lectura son muy rápidos. Pero requieren de una alimentación permanente (baterías auxiliares)

Fuente de energía

Según la procedencia de la energía para poder activar el chip y enviar la información de las etiquetas, los sistemas RFID se clasifican en activos, semi activos o pasivos. Esta clasificación se basa en la manera de alimentar al circuito que poseen las etiquetas, como se ha expuesto anteriormente. A continuación se exponen las características de cada una de estos grupos de clasificación, que remarcan las expuestas en la presentación de las etiquetas.

- *Activos*

En estos sistemas, la etiqueta posee 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:

- Amplia cobertura de difusión, mayor alcance
- Normalmente mayor capacidad de almacenar información, más allá del simple código único, como el contenido, el origen, destino y procesos realizados.
- Admiten la posibilidad de incorporar sensores y actuadores adicionales a la propia memoria. Sensores de temperatura, velocidad, movimiento, etc. o actuadores como señales luminosas.

Estas etiquetas son las más caras del mercado. Encontramos un ejemplo de su utilización en aplicaciones como el “TeleTac” para el pago sin parar de peajes.

- *Semi activos*

Las etiquetas en este caso utilizan 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, éstos 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.

- *Pasivas*

Las etiquetas pasivas 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.

Rango de lectura

De acuerdo a la distancia máxima a la cual un lector puede detectar la presencia de etiquetas, podremos clasificar a los sistemas RFID en tres tipos fundamentales: sistemas de *Acoplo Cercano*, de *Acoplo Remoto* y de *Rango Extenso*.

- *Sistemas de Acoplo Cercano*

El rango de lectura de estos sistemas se sitúa en torno a 1 cm. Esto quiere decir que la etiqueta se debe colocar muy cerca del lector para conseguir la comunicación. Debido a eso, el formato de las etiquetas más usado es el “ID-1” característico de las tarjetas inteligentes sin contacto.

Para realizar el acoplo de potencia se usan indistintamente campos eléctricos o magnéticos; pero nunca ambos a la vez para una misma comunicación. El rango de frecuencias que se adapta a estos sistemas de acoplo cercano va desde DC (continua)

hasta unos 30 MHz. Esta amplitud de rango se debe a que la operación que realiza la etiqueta no depende de la radiación de campos, ya que el lector y el transponder se encuentran muy cerca uno de otro (casi tocándose).

Las aplicaciones más típicas del acoplo cercano son aquellas con una necesidad de seguridad, pero con un rango pequeño:

- sistemas electrónicos de cerrado de puertas
- sistemas de pago con tarjetas sin contacto

Sin embargo, el papel de los sistemas de acoplo cercano en el mercado RFID está haciéndose cada vez menos importante; ya que no suponen un gran avance respecto a las tarjetas magnéticas ya existentes. En todo caso se disminuye la necesidad de mantenimiento, pero seguimos necesitando insertar la tarjeta en un lector.

- *Sistemas de Acoplo Remoto*

Serán de este tipo aquellos sistemas RFID cuyo rango de lectura no sobrepase un radio cobertura de 1 – 1'5 metros. Al igual que los sistemas de acoplo cercano, es posible utilizar tanto acoplo inductivo (campo magnético), como capacitivo (campo eléctrico). Sin embargo, la mayoría de ellos (casi el 90%) se centran en el acoplo inductivo, denominándose también “Sistemas Radio Inductivos”. Algunos fabricantes importantes (Motorola), en contraposición, siguen con el uso de acoplo capacitivo.

- *Sistemas de Rango Extenso*

Bajo esta denominación se colocarán todos aquellos sistemas RFID que posean un rango de lectura mayor a 1 – 1'5 metros. Dentro de éstos podemos especificar que, usando transponders pasivos, el rango máximo ronda los 3 – 5 metros; mientras que, con transponders activos, el rango llega hasta los 100 metros aproximadamente.

En este caso, el acoplamiento entre lector y transponder se consigue gracias al uso de ondas electromagnéticas; por lo que son ambos tipos de acoplamiento, el capacitivo y el inductivo, los que entran en juego para estos sistemas. Son “sistemas backscatter”; ya que éste es su principio de operación (reflexión de la onda procedente del lector por parte del transponder, previa modificación para incluir su información).

Capacidad de memoria

Otra característica fundamental de los transponders atiende a la capacidad de memoria disponible para almacenar datos en ellos. Esto permitirá que los sistemas RFID ofrezcan una gran flexibilidad y se utilicen en distintos tipos de aplicaciones. Por supuesto, el tamaño del chip que va en los transponders (y por consiguiente su precio) es principalmente determinado por la capacidad de memoria con la que se le quiera dotar. Por lo tanto, para aplicaciones que necesiten de gran cantidad de transponders, se utilizarán aquellos de solo lectura que llevan la información permanentemente programada; ya que su precio es menor. Con esto sólo podemos asegurar el almacenamiento de la identidad del objeto en cuestión. Por el contrario, si los datos del

transponder requieren ser modificados o existe la necesidad de añadir algunos nuevos, serán necesarias memorias EEPROM o RAM.

Las memorias EEPROM son utilizadas principalmente en sistemas de acoplo inductivo. Las capacidades disponibles van desde los 16 bytes, hasta los 8 Kbytes. Por otro lado, los dispositivos de memorias SRAM con batería de apoyo son los más utilizados en sistemas de microondas. Las capacidades, en este caso, van desde los 256 bytes hasta los 64 Kbytes.

Procesamiento de la información en el tag

Si clasificamos a los sistemas RFID de acuerdo al rango de información y funciones de procesamiento de datos ofrecidas por el transponder, además del tamaño de la memoria de datos del mismo; podemos obtener un extenso espectro de variantes. Los extremos finales de ese espectro están representados por los sistemas de “extremo inferior” (low-end) y “extremo superior” (high-end)

- Sistemas de Extremo Inferior (Low-Range)

Estos sistemas se basan en una búsqueda y monitorización de la presencia de una etiqueta en la zona de acción del lector usando efectos físicos simples.

Por otro lado, nos encontramos con los sistemas de “sólo lectura” con microchip. En las etiquetas de este tipo se almacena un número de serie compuesto por unos cuantos bytes. Si una etiqueta de “sólo lectura” se coloca en el campo HF de un lector, comenzará a difundir continuamente su número de serie. No será posible que el lector se dirija al transponder; ya que sólo existe un único flujo de datos, el que va desde el transponder al lector.

Para estos sistemas será necesario asegurar que sólo se encuentre una única etiqueta en la zona de cobertura; ya que, en caso contrario, las transmisiones simultáneas de datos de varios transponders provocarían colisiones que impedirán al lector discernir los números de serie de los transponders. A pesar de estas limitaciones, los sistemas de “sólo lectura” son idóneos para muchas aplicaciones en las que sólo es necesario leer un único número. Además, debido a la simple función que realizan estos transponders, se consiguen ventajas inherentes: el tamaño del chip (y por consiguiente, el del transponder) en muy reducido, se necesita baja potencia para su funcionamiento y el coste de fabricación es bajo.

Los sistemas “sólo lectura” podrán operar en cualquiera de las frecuencias disponibles para RFID. Las aplicaciones donde se usarán estos sistemas serán aquellas donde se necesite transmitir un pequeño conjunto de datos o donde puedan reemplazar las funciones de un código de barras.

- Sistemas de Rango Intermedio (Mid-Range)

La parte intermedia es ocupada por una variedad de sistemas con memorias de datos escribibles. Esto quiere decir que en este sector tendremos, de lejos, la mayor diversidad de tipos.

El rango de tamaños de memoria oscilará entre uno cuantos bytes y cientos de kilobytes (tanto EEPROM, como SRAM). Estos transponders serán capaces de procesar comandos simples procedentes del lector para lectura y escritura selectiva de la memoria.

En general, también sustentarán procedimientos para asegurar el acceso múltiple (*anticolisión*), por lo que podremos tener a varios transponders dentro de la zona de acción de un mismo lector transmitiendo al mismo tiempo sin interferirse.

También son comunes en los sistemas de rango intermedio los procedimientos de criptología con el objeto de añadir seguridad a los datos transmitidos; tales como autenticación y encriptación del flujo de datos. Al igual que los anteriores, estos sistemas pueden operar en cualquiera de las frecuencias de los sistemas RFID.

- *Sistemas de Extremo Superior (High- Range)*

Este segmento está compuesto por sistemas con un microprocesador y un sistema operativo de tarjeta inteligente (smart card OS). El uso de microprocesadores facilita la realización de algoritmos de encriptación y autenticación que no se podrían realizar con máquinas de estado.

El nivel más alto de esta familia lo ocupan las tarjetas inteligentes de interfaz dual, que usan un coprocesador adicional para funciones criptográficas. Esto hace que dichas tarjetas puedan ser usadas en sistemas con altos requerimientos de encriptación de los datos transmitidos, tales como monederos electrónicos o expedición de tickets para transporte público. La mayoría de los sistemas “high-end” operan a 13.56 MHz.

2.1.2.- Estandarización

Antes de hablar sobre la estandarización en lo referente a equipos y aplicaciones con RFID, se expondrán una serie de términos que aparecen en este punto.

- EPC: código electrónico de producto
- EPC Global: Es la organización que se encarga de asignar un numero de gestor EPC a una entidad y asegurar que este sea único.
- ISO: (Organización Internacional de Estándares)
- GEN2: “Generacion2”, nueva generación de estándares EPC desarrollada por EPC Global.

Ahora estamos en disposición de presentar, de manera concisa, las diferentes legislaciones y normativas que nos encontramos a la hora de implantar un sistema RFID:

- Legislación sobre la utilización de frecuencias:

Las etiquetas RFID de baja frecuencia (LF: 125-134 kHz y 140-148.5 kHz) y de alta frecuencia (HF: 13.56 MHz) se pueden utilizar de forma global sin necesidad de licencia. La ultra alta frecuencia (UHF: 868-928 MHz) no pueden ser utilizada de forma

global, ya que no hay un único estándar global. En Europa su uso es sin licencia solo para el rango de 869.40-869.65 MHz, pero existen restricciones en la energía de transmisión.

En España; El Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) es el instrumento legal, dependiente del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, utilizado para asignar a los distintos servicios de radiocomunicaciones las diferentes bandas de frecuencias, estas bandas se extienden desde 9 KHz hasta 105 GHz. Dentro de este Cuadro legal, aprobado por el Ministerio se especifica la banda de frecuencias que pueden ser utilizadas para aplicaciones RFID:

- 865 - 868 MHz: Fijo/Móvil
- 2,446-2,454 GHz: Fijo / Móvil

- Estándar internacional EPC Global UHF Generación 2 y estándares ISO

Los estándares de RFID abordan cuatro áreas fundamentales:

- 1.- Protocolo en el interfaz aéreo
- 2.- Contenido de los datos
- 3.- Certificación
- 4.- Aplicaciones

Los estándares EPC para etiquetas son de dos clases:

Clase 1: etiqueta simple, pasiva, de sólo lectura con una memoria no volátil programable una sola vez

Clase 2: etiqueta de sólo lectura que se programa en el momento de fabricación del chip (no reprogramable posteriormente).

Las clases no son interoperables y además son incompatibles con los estándares de ISO. Aunque EPCglobal está desarrollando una nueva generación de estándares EPC está (denominada Gen2), con el objetivo de conseguir interoperabilidad con los estándares de ISO.

Por su parte, ISO ha desarrollado estándares de RFID para la identificación automática y la gestión de objetos. Existen varios estándares relacionados, como ISO 10536, ISO 14443 e ISO 15693, pero la serie de estándares estrictamente relacionada con las RFID y las frecuencias empleadas en dichos sistemas es la serie 18000.

- Legislaciones y regulaciones adicionales

Existen regulaciones adicionales relacionadas con la salud y condiciones ambientales. Por ejemplo, en Europa, la regulación Waste Electrical and Electronic Equipment (equipos eléctricos y electrónicos inútiles), no permite que se desechen las etiquetas RFID. Es decir, las etiquetas RFID que estén en cajas de cartón deben ser quitadas antes de deshacerse de ellas.

Uno de los aspectos más sensibles en la aplicación de esta tecnología es en el tema del derecho a la privacidad del consumidor. Son muchas las organizaciones y asociaciones, incluyendo EPCglobal, que trabajan en ello y para educar a las personas sobre la RFID y el EPC. Por ejemplo, la Unión Europea (95/46/CE Directiva sobre protección de datos), recoge las directivas a seguir para el control de la libre circulación de datos sin mermar la privacidad de las personas. A nivel nacional, cada país tiene sus leyes de protección de datos vigentes, y a su vez hay organizaciones sin ánimo de lucro que se dedican a controlar el entorno legal para garantizar que se protegen los derechos del consumidor.

2.2.- APLICACIONES RFID

Actualmente la tecnología RFID se aplica, directa o indirectamente, en un gran número de los procesos industriales, teniendo eso sí, un mayor peso en procesos logísticos, creándose así el concepto de trazabilidad, así como en la cadena de suministros, además se están llevando a cabo líneas de investigación y aplicación para implantar la tecnología RFID en sectores interdisciplinarios (automoción, aeronáutica, médicos,...).

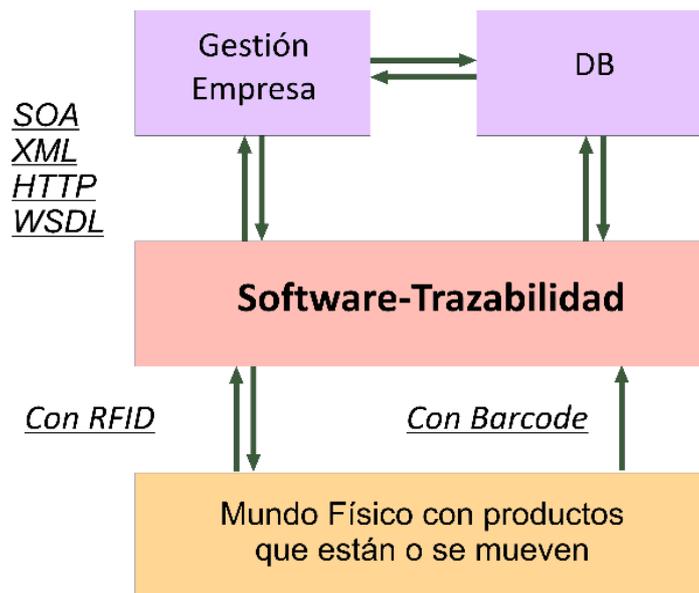


Figura 12.- Trazabilidad RFID

Una de las aplicaciones principales, como se ha comentado y se muestra en la Figura 12, de RFID en la industria es la trazabilidad, de esta forma podemos conocer como usuario, en el punto final de venta o en cualquier otro intermedio, toda la historia anterior del producto, así como todos los procesos de manufacturación por los que ha pasado el producto. Esto resulta, sin duda, un avance para este sector, que ninguna otra tecnología había aportado hasta este momento.

Los sistemas de RFID pueden utilizarse también por ejemplo en aplicaciones bastante comunes hoy en día, como tarjetas identificadoras personales sin contacto. Estas se

pueden ver por ejemplo, en el sistema de pago utilizado en peajes, que permite que el portador de la tarjeta no tenga que detenerse con su vehículo, estas aplicaciones también aparecen en los accesos a edificios oficiales o a empresas privadas. Otra aplicación muy usada son los inmovilizadores de vehículos, que consisten en un sistema interrogador situado en el vehículo a proteger y un identificador en la llave.

La tecnología RFID se está empleando también para identificar envíos de cartas o paquetes en agencias de transporte, identificadores de animales, identificadores de equipajes aéreos, gestión de supermercados, inventario automático, distribución automática, localización de documentos, gestión de bibliotecas, etc. Incluso usar los sistemas RFID para la identificación de personas con libertad vigilada, personas con deficiencias mentales o personas que se puedan considerar peligrosas para la sociedad.

También se están realizando multitud de investigaciones y desarrollos, como proyectos para incluir chips con el historial médico en personas y en billetes de curso legal para evitar posibles robos y localizar en todo momento el dinero.

Es decir, hoy día son multitud las aplicaciones y desarrollos con RFID, apenas limitados por la tecnología. Además se están llevando líneas de investigación para mejorar la transmisión (por ejemplo en metales) y normalización de los sistemas RFID. A continuación se exponen algunas de las aplicaciones encontradas en la industria así como líneas de investigación.

2.2.1.- Industria y Aplicaciones típicas

La identificación por Radiofrecuencia es una tecnología que no proporciona valor a las empresas por sí misma; sino que permite a las compañías desarrollar aplicaciones más ventajosas para su actividad.

Describiremos a continuación los espacios más característicos en los que se están implantando los sistemas RFID en la actualidad, tanto en la industria, como en aplicaciones fuera de esta y expondremos casos concretos para cada uno de estos espacios.

Administración de activos

Esta aplicación es una de las más comunes en las que se están empleando la tecnología. RFID. Una empresa puede colocar tags RFID sobre productos que se pierden o son robados habitualmente, que son poco usados o simplemente que son difíciles de localizar en el momento que hacen falta.

De esta forma, cuando se necesiten algunos de esos productos, sólo hay que realizar una lectura apropiada del almacén donde se encuentren para recuperarlos. Por supuesto, habrá que tener en cuenta las dimensiones del local en el que se depositen las mercancías, para en base de esto utilizar lectores fijos o móviles, y situar las antenas.

En general, en estas aplicaciones, se necesita un rango de lectura bastante extenso; lo que induce a la utilización de etiquetas activas para tener una cobertura total sobre el almacén. Otra posibilidad más barata sería colocar etiquetas pasivas en los productos, pero realizar lecturas sectoriales del lugar mediante lectores de mano. En cualquiera de los dos casos, las frecuencias que se utilizan para esta serán aquellas del rango de UHF.

Seguridad y control de accesos

Los sistemas RFID están siendo ampliamente utilizados también como llaves electrónicas para controlar el acceso a edificios de oficinas o áreas específicas como laboratorios.

Simplemente, los empleados no tienen más que portar un identificativo con un transponder RFID para poder desbloquear las puertas donde estarán colocados los lectores. Esto supone un gran avance respecto a las tradicionales llaves, o incluso frente a las tarjetas magnéticas; puesto que, al no existir contacto entre la etiqueta y el lector, existirá menos desgaste y, por tanto, menos (casi nulo) mantenimiento. Además, no se necesita visión directa entre el lector y la tarjeta; por lo que un usuario puede simplemente acercar la cartera donde guarde su tarjeta y ésta quedará registrada. Este uso de la tecnología RFID también está siendo utilizado en aplicaciones de seguridad. Por ejemplo, en multitud de modelos de coches de reciente fabricación se instala un lector RFID que bloquea el encendido del motor, a no ser que se detecte un identificador correcto desde un transponder RFID alojado en la cubierta de plástico de la llave.

Aplicaciones al consumidor

Dentro de esta denominación se incluyen muchas aplicaciones como por ejemplo los sistemas de pago para el acceso a líneas de metro, autobuses o trenes, los accesos en los remolques de las pistas de esquí, pago en autopistas de peaje,... El uso de tarjetas RFID para estas aplicaciones posibilita mayor rapidez en el paso a través de las puertas de acceso, evitando así las fastidiosas colas. Entre estas el pago sin dinero en efectivo es una aplicación minorista eficaz que no se relaciona con el etiquetado de artículos o contenedores.

Un ejemplo concreto de estas aplicaciones es el “Telepac” para el pago en las autopistas de peaje en Cataluña, (otras empresas se dedican a la explotación de estos sistemas de cobro en la mayoría de autopistas nacionales). Este tipo de aplicaciones permite al usuario no detenerse con el coche al pasar por la zona de peaje, ya que el coche, provisto de una etiqueta RFID se comunicara en la zona de paso con los lectores situados en su alcance, realizando automáticamente la transacción del pago.

Otro ejemplo de los sistemas RFID para pago sin efectivo es el programa “Speedpass” de la red de estaciones de servicio *Mobil*. Los clientes participantes pueden optar por un tag pasivo adherido a su llavero, o un tag activo con batería adherido a una ventanilla del vehículo, de manera similar a las familias de “tags de peaje.” El tag contiene un código de identificación exclusivo. Cuando el tag entra en el campo de lectura del surtidor de gasolina, éste activa la bomba y automáticamente carga la compra de

gasolina a la cuenta de tarjeta de crédito registrada del conductor, facilitando un servicio rápido mientras se mantiene la absoluta confidencialidad del número de cuenta.

Otro ejemplo, nos lo encontramos actualmente en algunos de los restaurantes *McDonald's* de Estados Unidos, estos están ofreciendo una aplicación similar para acelerar las transacciones en el mostrador y en la ventanilla del "drive-through". Este tipo de aplicación de la tecnología RFID está creciendo rápidamente.

Procesos de fabricación industriales

RFID lleva usándose en plantas industriales durante más de una década. Se aplica en sectores multidisciplinares para monitorizar elementos y partes durante el mismo proceso de fabricación y para reducir los posibles defectos. Con ello se consigue incrementar el flujo de productos y mejorar la gestión de la producción de diferentes versiones de un mismo producto. Colocando etiquetas RFID en algunas de las piezas o en las herramientas usadas para fabricarlas, podremos controlar multitud de factores como el número de productos terminados, cambios de herramientas para fabricar distintos productos, fallos en las propias herramientas (que implicarán productos defectuosos), etc. Además la información almacenada en las etiquetas RFID podrá ser utilizada por los autómatas industriales para programar las operaciones que se le deben realizar a cada uno de los productos o piezas del proceso. Empresas con gran importancia mundial como *Boeing* o *General Motors* usan sistemas RFID en sus procesos productivos.

En estos casos, será muy importante que las etiquetas funcionen ante condiciones de trabajo adversas (golpes, altas temperaturas). Además deben de ser fácilmente instalables y desmontables. Por ello, lo más común es el uso de etiquetas alojadas en carcasas resistentes. En cuanto al rango de lectura, lo normal es que no sea muy grande, con lo que no es necesario el uso de etiquetas activas; aunque sí acotado, para evitar realizar lecturas de dos piezas simultáneamente. Esto se acentúa mucho más cuando es necesario leer piezas próximas entre sí de forma individual. En estos casos, el rango de lectura estará limitado por la distancia entre los transponders, por lo que se necesitarán lectores con antenas muy directivas para evitar leer la pieza equivocada.

Administración de la cadena de suministros

El uso de tecnologías de identificación por Radiofrecuencia en la cadena de suministros y la entrada del estándar EPC, ha supuesto una revolución en el sector, y cada vez son más las empresas que implantan estos sistemas en sus almacenes para controlar la entrada y salida de productos. La aplicación consiste en colocar unos lectores en las entradas (o salidas) de los almacenes. De este modo, cuando cualquier producto etiquetado con una etiqueta RFID pase a través de ellos, quedará registrado en una aplicación informática diseñada a tal efecto. Así, se ahorra una gran cantidad de tiempo en comprobar la mercancía y se evitan problemas de pérdidas o extravíos de productos. Dependiendo del tipo de empresa y de lo que se quiera identificar, se pueden encontrar diferentes tipos de lectores y de formas de realizar el proceso. Este mecanismo de

registro de mercancías por RFID permite conocer en todo momento el inventario de los almacenes y agilizar la gestión de los mismos. Punto muy importante para un gran número de compañías.

Teniendo en cuenta que los productos pasarán cerca de las antenas lectoras, el rango o alcance que debe permitir el sistema será intermedio (de 1 a 2 metros aprox.). Por tanto, tampoco será necesario en este caso utilizar etiquetas activas, con lo que se reducen costes derivados de dichas etiquetas, Además, podrán utilizarse frecuencias tanto del rango de UHF como del de HF. Las más extendidas son las de 915 MHz y 13.56 MHz

Dentro de esta categoría podríamos incluir también otras muchas más aplicaciones no tan voluminosas como pueden ser el control de entradas y salidas de libros en bibliotecas y librerías; la gestión de prendas en lavanderías; o cualquier otra situación que necesite un registro de productos continuo.

Un ejemplo concreto de esta clase de aplicaciones lo encontramos en las empresas *Wal Mart*, *Tesco* o *Metro*, con una gran expansión a nivel mundial, las cuales han implantado sistemas RFID para la identificación de sus productos en la cadena de suministro, obligando con ello a que sus proveedores utilicen el etiquetado por la tecnología RFID y según el EPC.

Identificación de animales

Los sistemas RFID son muy usados también para el control de poblaciones de animales. Colocando uno o varios transponders en el cuerpo del animal podremos realizar controles de epidemias, de productividad, de procedencia o incluso automatizar sistemas de alimentación.

Existen varios tipos de transponders para estas aplicaciones. Los más usados son los emplazados en collares, los insertados en identificadores en las orejas y los de alojamiento de plástico colocados bajo la piel. La frecuencia de operación de los sistemas RFID para animales es de 135 kHz.

Sector textil-sanitario

El sector textil es otro de los campos en los que la aplicación de sistemas de RFID ha contribuido a optimizar los recursos. En la actualidad los costes del RFID textil se han reducido ostensiblemente, estos se integran en la ropa y poseen propiedades especiales que los hacen resistentes en los procesos productivos textiles (lavado, planchado, secado,...). Éstos se insertan en las prendas de forma muy discreta, dentro de los dobladillos, termosellados o simplemente cosidos. Los más resistentes están encapsulados en resina epoxi, que además son los más adecuados para los sistemas de distribución automática de prendas.

Lo ideal es el insertado en las prendas, pues la posición es muy importante ya que de situarse en determinadas zonas, puede dar error en la lectura. La importancia de la

calidad de lectura viene fundamentalmente en haber seleccionado con anterioridad tanto la posición y tecnologías de las antenas y lectores, así como el estar situado en un entorno no metálico o debidamente aislado. Hoy en día y gracias al protocolo anticolidión se pueden leer de forma masiva decenas de prendas u objetos sin necesidad de tener visibilidad directa o sin necesidad de extraer las prendas de los sacos de lavandería, cajas o plásticos en tan sólo unos pocos segundos.

Gracias a este producto en el sector textil, los procesos de lavandería, lencería y dispensación automática de ropa en sectores como el sanitario o de moda, se consigue la optimización de recursos humanos y una reducción de stockajes, importantísimos de hasta un 35% en el stock directo y de la reducción de hasta un 50% en la pérdida, extravío o robo de las prendas. Elementos como los túneles de lectura son dispositivos que ayudan de forma muy precisa al usuario de estos sistemas, llegando al 100% de lectura.

En España el auge de esta tecnología, está en claro crecimiento si bien hay muy pocas empresas que pueden ofrecer garantías de éxito en la implementación y el asesoramiento de los dispositivos a usar. Existen varias empresas expertas en este tipo de tags, por ejemplo la empresa TagsysRfid, es una de las ofrecen aplicaciones en este sector textil-sanitario.

Control de equipajes

Es un claro ejemplo de una aplicación que puede reducir (y está reduciendo) costes y tiempo a las compañías aéreas y a los aeropuertos. Con el etiquetado del equipaje de los pasajeros y mediante una codificación de las etiquetas, en las que se graba (dependiendo de cada compañía) el destino, origen, pasajero,... se tiene controlado el equipaje. El equipaje en su envío pasa por la cadena de transporte dotada de sensores, lectores y antenas, entre el avión y el pasajero es direccionado según la información que lleve la etiqueta. Por ejemplo en la carga del equipaje del avión, el equipaje será enviado desde su facturación al avión, sin pérdidas, gracias al uso de la tecnología RFID.

Aparte de esta ventaja, también es más cómodo a la hora de identificación del equipaje sobre posibles pérdidas. Además no supone un gasto excesivo para la rentabilidad que el sistema puede ofrecer. No ocurre ningún problema al ponerlo sobre las etiquetas ya usadas en los aeropuertos ni importa que los equipajes estén orientados de cualquier forma o apilados de cualquier manera.

Un sistema RFID es mucho más eficaz en esta aplicación que los usados códigos de barras. Las principales ventajas por las que las compañías del sector están incorporando estos sistemas son:

- La posibilidad de convivir con los sistemas de códigos de barras ya existentes y sus scanners. Así como encajar perfectamente en los sistemas de control de aeropuertos y sus sistemas de seguridad especialmente.
- Incorporar más información en el dispositivo sin aumentar el tamaño.

- La información va incorporada en la propia etiqueta, por lo que se ahorra la comunicación continua con una base de datos.
- No necesita visión directa entre el lector y la etiqueta situada en el equipaje

Un ejemplo de esta aplicación se encuentra en el sistema implantado en los aeropuertos de Manchester y Munich, en acuerdo con la compañía aérea British Airways, la cual lo lleva probando desde 1999.

Aplicaciones sector médico / farmacéutico

En el sector médico, los hospitales utilizan RFID para controlar productos sanguíneos y medicamentos y asignarlos a pacientes que llevan brazaletes con tecnología RFID. Esto ayuda a que los servicios médicos sepan con seguridad que están proporcionando la medicación adecuada al paciente adecuado y en el momento adecuado.

Incluso antes de que sus medicamentos lleguen al hospital, el productor farmacéutico ya los puede haber etiquetado con RFID. Conocer la "historia" de un medicamento determinado ayuda a que las empresas se aseguren de que no se ha producido ningún problema durante su largo proceso de distribución, desde la planta de fabricación hasta su farmacia local. Cabe destacar, que las empresas dejan de ingresar miles de millones de euros y miles de personas en la Unión Europea y en todo el mundo pueden ser víctimas de los medicamentos de contrabando. La tecnología RFID puede reducir el contrabando, ayudar a los fabricantes del sector farmacéutico a mejorar sus controles de calidad y, de esta forma, salvar más vidas.

Otras aplicaciones:

Como se ha comentado existen numerosas aplicaciones industriales y en sectores multidisciplinarios. Además de las desarrolladas anteriormente más en detalle, a continuación se exponen otros sectores en los que se está empleando la tecnología RFID.

- ***Aplicaciones militares***
- ***Aplicaciones gestión de los residuos***
- ***Aplicaciones en cadenas en flujo continuo***
- ***Aplicaciones para la caducidad de los alimentos***
- ***Aplicaciones deportivas y en eventos deportivos***
- ***etc.***

Por tanto como se demuestra el gran número de aplicaciones y la versatilidad de estos sistemas RFID amoldados a los requerimientos del usuario, este solo presenta en la mayoría de los sectores la limitación del enclave del proyecto (entorno con ruidos, superficies metálicas,...) y la imaginación en el desarrollo por parte del ingeniero.

2.2.2.- Líneas de investigación / aplicaciones futuras

Los sistemas RFID pueden ser utilizados en más aplicaciones de las que actualmente se están empleando, es por esto que hoy día se está investigando y estudiando a fondo las características que aporta a los procesos productivos esta tecnología para poderse aplicar a otros campos o necesidades a los anteriormente mostrados. Son aplicaciones que se encuentran en fase de desarrollo o prototipos de las aplicaciones que en un futuro nos encontraremos al alcance. Algunos de ellos los vemos a continuación.

Supermercados

Una de las aplicaciones y líneas de desarrollo que más auge está tomando en la actualidad, es la aplicación de RFID en los supermercados. Con esta aplicación, el usuario que vaya a un supermercado dotado con la tecnología RFID en sus productos de venta y en sus puntos de cobro (o en el mismo carro de la compra), puede llenar el carro sin preocuparse del tiempo que tiene que esperar en una cola a ser cobrados. Una vez realizada la compra, el usuario con su carro cargado (lleno de etiquetas), pasaría a su salida por un arco, el cual mediante lectores de RFID, detectaría cuantos productos, de que tipo y que precio tienen cada uno de ellos, y a continuación la aplicación creada para el cobro generaría una factura cobrándole el importe de su compra.

Con esto, se reducirían considerablemente los tiempos de espera de los usuarios en las colas de las cajas, con lo que se ofrecería un sistema con mayor comodidad para el usuario. Este no tendría que llenar el carro, vaciarlo, y volverlo a llenar con bolsas; ya que puede ir llenando el carro metiendo los productos en las bolsas sin perjuicio de ser leída la etiqueta. No se precisaría en los supermercados las grandes superficies de cajas, ni tanto personal dedicado exclusivamente al cobro, ya que se sustituirían por arcos con lectores y aplicaciones de cobro automáticas.

Entretenimiento

Se están llevando líneas de investigación para desarrollos en el sector del entretenimiento infantil, como puede ser la aplicación de la tecnología RFID integrada en determinados juguetes, y conseguir con ello distintas posibilidades como la interactividad en sus productos

Como ejemplo concreto a esto existen juguetes ya en el mercado con esta tecnología como los desarrollados por la empresa *Hasbro* que creó figuras relativas a la película “Star Wars – Episodio I – La amenaza fantasma” con RFID. Cuando se acercaban las figuras a una estación base, el lector, colocado en esta última, reconocía la identificación del producto y decía su nombre. Las figuras también hablaban en relación a donde se colocaban.

Otro ejemplo de aplicación al mundo infantil es la propuesta de *Mattel*: “Little Tike's MagiCook Kitchen”. Se trata de una cocina para edades tempranas que reconoce una

serie de productos que integran un chip RFID. Los lectores, situados en la parte superior del horno, leen el objeto que porta un tag y responden con frases en 3 idiomas.

Como estas aplicaciones existen multitud de ellas en el sector del entretenimiento infantil y se están desarrollando muchas más de este estilo.

Cocinas Inteligentes

La empresa *Unilever*, el gigante anglo-germano de productos de consumo, ha creado un prototipo de cocina del futuro basada en RFID. Los productos que introducimos en el frigorífico son reconocidos mediante unos lectores situados estratégicamente, de forma que el ordenador central los procese y nos anuncie que platos se pueden cocinar en base a lo que hay en el frigorífico, así como avisarnos si precisamos de algún producto del cual no se dispone.

Merloni Elettrodomestici, propone una lavadora inteligente. Esta empresa italiana basa su funcionamiento en RFID. Las prendas, que poseen cada una su tag, son leídas al ser introducidas en la lavadora, de forma que ésta ya sabe el programa que tiene que activar en base a las propiedades de la ropa (temperatura, tejido, color, etc.).

Aplicaciones médicas

Los errores médicos cuestan entre 45000–90000 vidas al año en un país grande como por ejemplo Estados Unidos. La idea de reducir estos errores ha inducido un interés en empresas dedicadas a este sector por la tecnología RFID. *Innovision Research and Technology*, empresa afincada en el Reino Unido, trabaja en tags RFID que puedan colocarse en el equipamiento médico como por ejemplo en catéteres. Si el servicio médico intenta conectar accidentalmente el tubo equivocado en el catéter, una alerta sonora se produce como consecuencia de una comunicación tag/lector, ya que el lector está esperando una identificación determinada. Del mismo modo, un médico puede ser avisado en caso de que su equipamiento no haya sido correctamente esterilizado, o si por ejemplo intenta administrar un principio al que el paciente es alérgico.

El uso de RFID para identificación de pacientes así como para prevenir mezclas entre esperma y óvulos en las clínicas de fecundación in vitro también son otras de las líneas de estudio y aplicación futura. Además, la FDA (Food and Drug Administration, “Administración de Alimentos y Fármacos”) aprobó recientemente los primeros chips RFID de EE.UU. que se pueden implantar en seres humanos. Los chips RFID de 134,2kHz, de VeriChip Corp., una subsidiaria de Applied Digital Solutions Inc., pueden incorporar información médica personal y podrían salvar vidas y limitar lesiones causadas por errores en tratamientos médicos.

Otra utilización y línea de desarrollo en el sector sanitario es la localización de expediente clínicos, dentro de un entorno masivo o de almacenes descentralizados, es decir en almacenes fuera del hospital. La gestión de inventario, localización se puede mejorar altamente obteniendo resultados increíbles con sólo poner Chip de RFID en los

mismos. Además con los dispositivos de lectura masiva, se puede garantizar el 100% de lectura de los expedientes clínicos y conseguir la trazabilidad completa sin problemas y de una manera muy sencilla.

Otro uso potencial de los tags RFID en el ámbito médico podría ser el evitar el robo o falsificación de recetas, especialmente en sustancias peligrosas (psicotrópicos, drogas, etc.). Se estiman estas falsificaciones al 8%. Pero esta falsificación también atañe a las medicinas vendidas por medios no farmacéuticos (por ejemplo, Internet), supuestamente más baratas, pero que en realidad tienen propiedades médicas debilitadas o ausentes. Al utilizar RFID en todos los productos farmacéuticos, se podrían reducir este tipo de prácticas hasta hacerlas desaparecer. Este proyecto actualmente está viendo la luz en Estados Unidos a través de la U.S. Food and Drug Administration (FDA).

Tráfico y posicionamiento

Otra aplicación en desarrollo es el uso de RFID para señales de tráfico inteligentes en la carretera. Se basa en el uso de transpondedores RFID enterrados bajo el pavimento (radiobalizas) que son leídos por una unidad que lleva un vehículo OBU (onboard unit) que filtra las diversas señales de tráfico y las traduce a mensajes de voz o da una proyección virtual usando un HUD (Heads-Up Display). Su principal ventaja comparada con los sistemas basados en satélite es que las radiobalizas no necesitan de mapeado digital ya que proporcionan el símbolo de la señal de tráfico y la información de su posición por sí mismas. Las radiobalizas RFID también son útiles para complementar sistemas de posicionamiento de satélite en lugares como los túneles o interiores, o en el guiado de personas ciegas.

Pasaportes

Varios países han propuesto la implantación de dispositivos RFID en los nuevos pasaportes, para aumentar la eficiencia en las máquinas de lectura de datos biométricos. Los pasaportes con RFID integrado únicamente identifican a su portador, y en la propuesta que se está considerando, también incluirían otros datos personales, pudiéndose expandir la cantidad de datos que hoy día aportan.

La autoridad de los pasaportes de Pakistán ha comenzado a expedir pasaportes con etiquetas RFID.

Carnet de conducir

Una aplicación similar al caso mostrado anteriormente (pasaportes) ocurre con la implantación de la tecnología RFID en los carnets de conducir. El estado estadounidense de Virginia ha pensado en poner etiquetas RFID en los carnet de conducción con el objetivo de que los policías y otros oficiales realicen comprobaciones de una forma más rápida. La Asamblea General de Virginia también espera que, al incluir las etiquetas, cueste mucho más obtener documentos de identidad falsos...

Bajo la propuesta, no se almacenaría ninguna información en la etiqueta salvo el número correspondiente a la información del portador en una base de datos, sólo accesible por personal autorizado. Además, para disuadir a las falsificaciones de identidad sólo sería necesario envolver un carnet de conducir con papel de aluminio.

Deporte

En el deporte es muy común el uso de la tecnología RFID para disciplinas como el esquí (en la entrada de los remontes) o en atletismo en las maratones (lo llevan incorporado en las zapatillas para llevar un control de paso de los corredores cada x Kms). Además de estas disciplinas, se está estudiando la posibilidad de incorporar la tecnología RFID al fútbol, gracias al diseño de un balón novedoso tecnológicamente hablando. El CTRUS será el primer balón de fútbol con la tecnología RFID, hoy por hoy, este, es un prototipo.

La agencia Agent, encargada del desarrollo de este balón, anuncio que en el futuro no muy lejano, se utilizaran balones de fútbol, con esta tecnología, para poder detectar con exactitud, si el balón entró en la portería o salía del terreno de juego, sin lugar a duda

En su interior el balón cuenta con tecnología GPS y RFID (Identificación por radio frecuencia), haciéndolo un balón inteligente y transparente. Por si fuera poco, cuenta con iluminación interna de color amarillo y verde, las cuales se vuelven rosadas cuando el balón ingresa a la portería, o sale del terreno de juego.

Por ahora su nombre original es CTRUS, y varios canales de televisión, están muy interesados en la esfera deportiva, ya que el balón tendrá la capacidad de mostrarles la fuerza de las patadas, y la velocidad exacta. La Información será enviada a una torre de control diseñada para recibir los datos del balón.

FIFA está planeando, introducir este balón muy pronto, ya que el balón promete el juego más limpio y transparente.

Como resumen cabe destacar que las distintas líneas de investigación que se están llevando a cabo en la tecnología RFID pueden recogerse en dos vertientes interrelacionadas: Una que sería las distintas aplicaciones en las que se puede emplear esta tecnología, y otra en base al estudio de los que componen esta tecnología (reducción de tamaño, peso, soportar adversidades,...) así como el comportamiento físico de estos para permitir mejores respuestas y comunicaciones entre los dispositivos de los que se compone (ver punto 2.2.1).

En este punto se han pretendido dar unas cuantas líneas de investigación e implementación que se están llevando a cabo, a modo orientativo, sabiendo que existen muchísimos más casos en los que se está implantando la tecnología RFID.

A continuación se muestra una tabla a modo de resumen, sobre las principales aplicaciones en las que se puede encontrar los sistemas RFID, agrupadas por sectores de trabajo.

SECTOR	LOGISTICA	TRAZABILIDAD	FABRICACIÓN / CADENA	CAD. SUMINISTROS	INVENTARIADO
AUTOMOCIÓN	X	X	X	X	X
AERONAUTICA	X	X		X	X
TEXTIL	X	X	X		X
MILITAR	X	X			X
MEDICO	X	X			X
FARMACEUTICO	X	X		X	X
ALIMENTACIÓN	X	X			X
DEPORTIVO		X			

Tabla 2.- Sectores aplicación RFID

Cabe mencionar que esta tabla es a modo orientativo, y al tratarse de una tecnología en constante desarrollo, esta puede no corresponder fielmente con la realidad en el momento de la lectura de este proyecto.

2.3.- VENTAJAS Y RIESGOS

Como en todos los avances tecnológicos, existen pros y contras en el uso de la identificación por radiofrecuencia. No obstante, la mayoría de los puntos en contra pueden ser superados y contrarrestados para maximizar la utilidad de RFID.

2.3.1.- Ventajas

Son innumerables las ventajas que proporciona la implantación de esta tecnología y depende del cómo y dónde se utilice, pese a ello a continuación se exponen en líneas generales algunas de estas ventajas. (En cuanto a su implantación)

Como introducción a estas ventajas, cabe destacar que los desarrollos que emplean la tecnología RFID presentan un costo inicial superior frente a otros sistemas de identificación más utilizados hoy día (como son los códigos de barra). Pese a ello y como se demuestra en las implantaciones de esta tecnología, esta inversión inicial, es más rentable a la larga que los anteriores sistemas de identificación actual.

El coste de estas aplicaciones RFID es variable, ya que depende de multitud de factores; de la tecnología que se emplee en cada sistema emisor receptor, la tecnología de las etiquetas empleadas, el encapsulado de estas, de los distintos lectores, del software de control utilizado, de los fabricantes etc.

Pese a ello, podemos dar unos números orientativos de los costes para los dispositivos empleados principalmente en los sistemas RFID, (estos números son susceptibles de cambio, ya que esta tecnología está en constante desarrollo, trayendo consigo mayor competencia y una reducción ostensible de estos costes):

- **Tags o etiquetas:**
 - o Tags pasivos: en torno a 50 céntimos de Euro
 - o Tags activos: entorno a 25 euros

- **Lectores**
 - o Lectores fijos: aprox. 1500 euros (depende de las especificaciones técnicas)
 - o Lectores móviles: aprox. 500 euros (depende de las especificaciones técnicas)

La implantación de esta tecnología en el conjunto de los procesos productivos, es capaz de reducir los costes fijos acelerando sensiblemente el procesamiento (reduciendo tiempos) e incrementar las órdenes de producción con base en las demandas del consumidor, permitiendo el flujo de información sobre mercancías en tiempo real.

Las ventajas que se obtienen de ellos son duración y surtimiento eficiente, los tiempos y costos de mano de obra pueden ser reducidos y si se implanta en forma optima, se convertirían en costos más bajos a través de la cadena de proveedores y consumidor final.

Además, los sistemas se pueden construir fácilmente para programar avisos por ejemplo cuando un artículo pasa por el lector, pero no haya pasado a través de un lector de pago o de control de salida, en cualquier sector, esto detecta y disuade con eficiencia intentos de robo.

En resumen, se exponen a continuación las principales ventajas que proporciona la implantación de este sistema de identificación por radiofrecuencia:

- Reducir tiempos de entrega y recepción de los productos
- Optimizar la capacidad instalada
- Incrementar los niveles de calidad
- Reducir/Eliminar tiempos de inspección
- Aumentar la precisión en la preparación de pedidos y despachos
- Prevenir las pérdidas
- Efectuar trazabilidad de las entregas
- Reducir o eliminar los niveles de agotados
- Reducir los inventarios de seguridad
- Aumentar la seguridad de los productos en los puntos de venta
- Obtener mayor información sobre el proveedor y para el cliente
- Reducción de mermas en la cadena de abastecimiento
- Mejorar la disponibilidad en góndola
- Eliminación de errores de envío y recepción
- Eficiencias en la productividad de la mano de obra
- Seguimiento de operaciones, reparaciones y mantenimiento de alto valor

2.3.2.- Riesgos

Por contra, cada tecnología tiene sus límites. Las etiquetas y los tags RF transfieren información a través de las ondas de radio y están sujetas a interferencias, predominantemente en los productos de metal y líquidos, en especial cuando la mercancía se empaqueta en latas o envases de metal. Estas fuentes potenciales de interferencia se deben identificar y tomar en cuenta durante la planificación del sistema.

Además de estos límites que presenta la tecnología RFID, esta también plantea una serie de riesgos que se deben considerar, estos principales riesgos se enmarcan en:

- Privacidad
- Seguridad
- Confiabilidad tecnológica
- Compatibilidad internacional

Existen varias asociaciones civiles y juristas que están en contra de esta tecnología y de su aplicación, principalmente por la invasión de la privacidad y su afectación a los derechos humanos. Otras se oponen por aspectos referentes a daños a la salud, como la afección que las señales de radio pudieran causar a los humanos.

Pese a ello, desde este proyecto, consideramos que son más las ventajas que se nos presenta en la implantación de esta tecnología que los posibles riesgos con los que nos podamos encontrar.