

Estudio de los factores que degradan el rendimiento de los sistemas de identificación por radiofrecuencia pasivos

M. Victoria Bueno Delgado

Grupo de Ingeniería Telemática- Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Cartagena
Antiguo Cuartel de Antigonos. Plaza del Hospital, Nº 1, 30202 Cartagena (Murcia)
E-mail: mvictoria.bueno@upct.es

Resumen. *En este trabajo se presenta un estudio sobre los factores que degradan el rendimiento de los sistemas de identificación por radiofrecuencia pasivos y las soluciones que propone la comunidad científica. Se analizan las limitaciones impuestas por los estándares y regulaciones, los factores físicos y del entorno y las limitaciones hardware y software. El estudio parte del caso de estudio de la implantación de un sistema RFID pasivo en un supermercado o entorno similar.*

1 Introducción

La identificación por radiofrecuencia (RFID) en Ultra High Frequency (UHF) es la gran apuesta en innovación tecnológica de los entornos industriales y escenarios de identificación y trazabilidad masiva. RFID-UHF permite identificar miles de ítems en pocos segundos, sin necesidad de visión directa entre la antena identificadora (lector) y los ítems, y a distancias de lectura de hasta 10 m. Entre los cientos de proyectos piloto e implementaciones RFID que encontramos actualmente, cabe destacar la identificación de productos en supermercados [1]. En estos entornos, los productos, en lugar de incorporar un código de barras, se etiquetan con tags RFID UHF, dispositivos muy sencillos que no incorporan baterías (pasivo) y alimentan su circuito con la energía de la señal incidente generada por una antena lectora. Los tags almacenan en una pequeña memoria un código de identificación del producto (Electronic Product Code, EPC) [2]. Cuando un lector identifica un tag obtiene su EPC, y lo envía a un subsistema middleware. Éste hace una consulta a una base de datos (EPC-IS [2]) para obtener los datos de interés del producto asociado al código EPC, p.ej. el precio o la fecha de caducidad.

La implantación de RFID en supermercados permite a los clientes obtener información de los productos que desean en *check points* (lectores de etiquetas con acceso a las EPC-IS) instalados en puntos estratégicos del recinto o en el propio carro (carros RFID). Para realizar el pago, el cliente ya no tiene que sacar los productos del carro para pasarlos por la cinta de caja, sino que pasa con el carro por unas antenas lectoras (similares a las actuales antenas de los sistemas antirrobo) y de forma casi instantánea se identifican todos los productos del carro, calculando el coste final de la compra e imprimiendo el ticket en pocos segundos. RFID en estos escenarios ahorra tiempo a los clientes y ofrece servicios valor añadido que actualmente no existen en la mayoría de supermercados.

Para las empresas del sector, la tecnología RFID les permite controlar el inventario en tiempo real, la trazabilidad de los productos, etc. El inconveniente es que en el entorno donde se instala el sistema RFID existen muchos factores que degradan notablemente al rendimiento de los sistemas, no pudiendo identificar los productos en el tiempo esperado o incluso no identificando ítems debido a interferencias y limitaciones hardware y software, lo que se traduce en grandes pérdidas económicas.

En este trabajo se hace un breve repaso de los principales factores que degradan el funcionamiento de los sistemas RFID pasivos UHF y se referencian algunas de las soluciones que propone la comunidad científica para reducir o eliminar dichos problemas.

1 Incompatibilidad de frecuencias

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) [3] gestiona el espectro radioeléctrico mundial dividiendo el mundo en tres regiones. Cada región tiene un conjunto de atribuciones de frecuencias. La Tabla I resume las asignaciones de frecuencia para RFID. De este panorama radioeléctrico se deduce que en el mundo se pueden encontrar productos etiquetados con tags LF, HF, etc., dependerá del sistema RFID utilizado por el proveedor del producto. Para el caso de los tags UHF, éstos funcionan en el rango de frecuencia definida en cada región. Con un sistema RFID-UHF en un supermercado ubicado en EEUU, solo se podrían identificar los productos etiquetados con RFID-UHF en la banda 902-928 MHz, y un jamón etiquetado con UHF que podría ser identificado en España no podría identificarse en EEUU, y tags LF no podrían ser leídos por el lector UHF. Para solventar estos problemas se trabaja en el diseño de nuevas antenas de tags y lectores que trabajan en el espectro total UHF [4] y antenas duales HF/UHF [5].

2 Ruido, absorción y reflexión

Los metales de las estanterías y carritos, los líquidos de los productos, el cuerpo humano, incluso las máquinas de refrigeración provocan interferencias que afectan notablemente el rendimiento de los sistemas RFID. Algunas son imposibles de evitar, como p.ej. el ruido electromagnético provocado por la maquinaria de los establecimientos o las interferencias de los móviles GSM de los clientes [6]. Para minimizar el efecto de estas interferencias es necesario hacer un estudio electromagnético del recinto para establecer los puntos estratégicos donde ubicar los sistemas RFID para obtener un rendimiento del sistema RFID aceptable. Por otro lado, encontramos fenómenos de absorción, provocados por aquellos materiales con un gran porcentaje de líquido. Si los tags están adheridos a estos elementos (p.ej. una botella de zumo) o cerca de ellos (p.ej. el cuerpo humano), una gran parte de la señal incidente del lector la absorbe el líquido, lo que provoca que al tag pasivo le llegue una cantidad de energía insuficiente para alimentar su circuito y provocar señal de respuesta, es decir, el envío del EPC. No hay que olvidar el fenómeno de reflexión, que se produce cuando los tags están cerca o adheridos a metales. La señal incidente del lector es reflejada por el metal, lo que provoca que al tag le llegue una cantidad de energía insuficiente para comunicarse. Un ejemplo curioso de reflexión es el de los tubos de luz fluorescentes. En [7] se demostró que estas lámparas reflejan y modulan la señal incidente de un lector, provocando una señal reflejada con una potencia muy superior a la de respuesta de un tag, sobretodo, cuando las lámparas están a menos de 5 m de distancia del lector. En la literatura científica se encuentran diversos trabajos que estudian el diseño de tags no susceptibles a estos fenómenos [8].

3 El control de acceso al medio

Cuando los tags se sitúan en la zona de cobertura del lector, la señal incidente del lector alimenta sus circuitos, activándolos. Inmediatamente los tags envían el EPC almacenado en memoria. Si dos o más tags transmiten simultáneamente a un mismo lector se producen *colisiones tag-tag* (p.ej. cuando cientos de productos están en el carro de la compra y pasan por el lector de caja de cobro).

Región	1-Europa, África	2. América, Canadá	3- China, Japón, Australia
LF	125 KHz	125 KHz	125 KHz
HF	13.56 MHz	13.56 MHz	13.56 MHz
UHF	868-870 MHz	902-928 MHz	950-956 MHz
Microwave	2.44-2.45 GHz	2.4-2.48 GHz	2.42-2.47 GHz

Tabla 1. Asignación de frecuencias de ITU según regiones

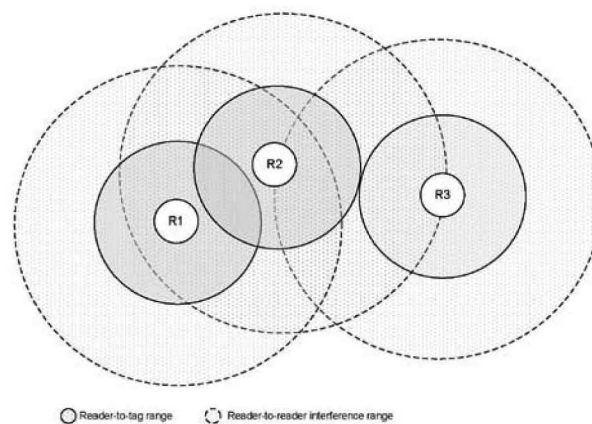


Figura 1 Entorno de colisiones lector-lector y lector-tag

Para minimizar las colisiones se utilizan mecanismos de control acceso al medio (MAC). El estándar EPCglobal [2] define un mecanismo MAC para RFID-UHF simple y con baja tasa de identificación. Esto ha llevado a los científicos a diseñar nuevas alternativas que mejoran notablemente el rendimiento del estándar [9].

Si varios lectores conviven en un mismo entorno se suceden *colisiones lector-tag* y *colisiones lector-lector*. Las primeras ocurren cuando los tags están situados en una zona de solapamiento entre dos zonas de cobertura de lectores (p. ej. en la Fig. 1, cuando los tags se sitúan en la zona de solapamiento de coberturas lector-tag de R1 y R2). El tag recibe la señal de ambos lectores pero, al ser un dispositivo muy simple, es incapaz de seleccionar un lector para identificarse, incluso aunque los lectores trabajen a distinta frecuencia. Las colisiones lector-lector las provocan las señales interferentes de los lectores. Los lectores se configuran a una potencia de transmisión (Ptx) que limita la distancia máxima de cobertura lector-tag, es decir, la distancia a la cual los lectores pueden alimentar el circuito de un tag y provocar su señal de respuesta. Ptx también limita la distancia máxima a la que los lectores interfieren entre ellos. P.ej. a 3.2 Watts EIRP (Ptx máxima en Europa) un lector interfiere con otros lectores situados a un máximo de 1000 m [10]. EPCglobal propone un protocolo de comunicación para escenarios con muchos lectores basado en el mecanismo de salto de frecuencia FHSS (Frequency Hop Spread Spectrum) [2], donde el número de frecuencias de salto está regulado por la UIT. La sencillez y falta de eficiencia del estándar ha llevado a la comunidad científica a proponer nuevas alternativas que mejoran el rendimiento de estos escenarios [10].

4 Middleware

El estándar EPCglobal Network [2] define la arquitectura y elementos que conforman la red global de trazabilidad RFID, así como los protocolos de comunicación entre elementos, seguridad, etc. Cuando se identifica un tag, solo se obtiene el EPC del producto al que está adherido. Los datos de

interés del producto identificado se obtienen a través de un middleware, el cual hace una consulta a la BBDD del sistema (en el caso de estudio la BBDD del supermercado), que asocia el EPC a un precio. Otros datos de interés del producto como p.ej., fecha de caducidad, valores nutricionales, etc., se obtienen haciendo una consulta directa al EPC-IS del fabricante (Fig. 2). Para ello es necesario obtener la URL o IP que da acceso a la EPC-IS solicitada mediante una consulta a al servidor *Root Object Name Server* (Root ONS) (similar a un servidor DNS). Para obtener el historial de trazabilidad de un producto se hace una consulta al servidor *EPC Discovery Services*. Éste almacena todas las ubicaciones y otros datos de interés los productos registrados en el EPCglobal Network desde el momento de su etiquetado y registro en fábrica. Los datos se actualizan conforme el producto cambia de ubicación. Para que la EPCglobal Network permita obtener la información actualizada en tiempo real es necesario resolver problemas de sincronización global de la red, escalabilidad, seguridad en el acceso a las EPC-IS y ONS [11].

4 Seguridad

Además de los problemas de seguridad a resolver en la EPCglobal Network, es necesario aclarar las dudas sobre la seguridad y privacidad de clientes y empresas. Las empresas se sienten vulnerables a problemas de espionaje industrial (*Spoofing*), es decir, la lectura desautorizada de productos para conocer su tipo, composición, cantidad, etc. y *Tampering Data*, provocado por la desestabilización de la cadena de suministro y perturbación de las operaciones por la reescritura o eliminación de los EPC de los tags por parte de lectores maliciosos, p. ej., cambiar el EPC de un tag por otro asociado a un coste de producto más bajo. Los clientes también sienten vulnerabilidad ante el *Tracking*, donde lectores maliciosos pueden identificar a los clientes (p.ej. con el pasaporte o DNI-RFID) para que una entidad superior controle sus costumbres y movimientos o *Hostlisting/Profiling*, en el que los clientes temen la clasificación de individuos en función de los ítems que compran o poseen.

Los retos actuales de seguridad y privacidad se centran en el establecimiento y manejo de claves, certificados de autorización y el uso de algoritmos de encriptación-criptográficos [12].

5 Conclusiones

En este trabajo se han resumido los factores ambientales, hardware y software que degradan el rendimiento de los sistemas RFID pasivos en entornos de gran potencial para la expansión de la tecnología RFID y de interés para la sociedad, como es el caso de los supermercados. Además, se han referenciado algunos de los trabajos más relevantes de la literatura científica que tratan de eliminar o minimizar el impacto de los problemas enumerados.

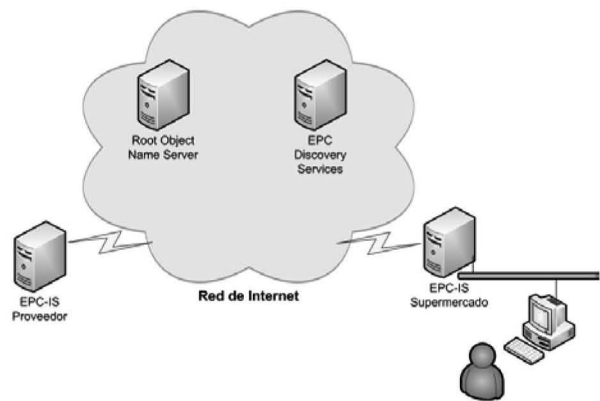


Figura 2. Ejemplo red EPCglobal Network

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el MICINN/FEDER con el proyecto TEC2010-21405-C02-02/TCM (CALM) y por el “Programa de Ayudas a Grupos de Excelencia de la Región de Murcia” de la Fundación Séneca.

Referencias

- [1] E. Bottani et al., The impact of RFID and EPC network on the bullwhip effect in the italian FMCG supply chain. *International Journal of Production Economics*, vol. 124(2), pp. 426-432, 2010.
- [2] EPCglobal standard: <http://www.epcglobal.org>
- [3] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT): <http://www.itu.int>
- [4] A. Amin et al., Design and characterization of Efficient Flexible UHF RFID tag Antennas. 3^{er} European Conference on Antennas and Propagation, pp. 2784-2786, 2009.
- [5] T. Deleruyelle et al., Dual band mono-chip HF-UHF tag antenna. *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation Society*, pp. 1-4, 2010.
- [6] W. Hong et al., Electromagnetic compatibility of UHF-RFID to GSM. *International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, pp. 63-66, 2008.
- [7] G. Ibrahim et al., UHF RFID Systems; Their Susceptibility to Backscattered Signals Induced by Electronic Ballast Driven Fluorescent Lamps. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 58(7), pp. 2473-2478, 2010.
- [8] R. Harish et al., Conformal RFID antenna design suitable for human monitoring and metallic platforms. 4^o European Conference on Antennas and Propagation, pp. 1-5, 2010.
- [9] M.V. Bueno-Delgado et al., Analysis of DFSA Anti-collision protocols in passive RFID environments. 35 International Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Porto (Portugal), 2009.
- [10] M.V. Bueno-Delgado et al., A comparative Study of RFID Schedulers in Dense Reader Environments. 3^{er} IEEE International Conference on Industrial Technologies, Viña del Mar (Chile), 2010.
- [11] Y-W. Ma et al., Load Balancing mechanism for the RFID middleware applications over grid networking. *Journal of Network and Computer Applications*, 2011, vol. 34(3), pp. 810-820.
- [12] C-L. Chen et al., Conformation of EPCglobal Class-1 Gen-2 standards RFID system with mutual authentication and privacy protection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence Journal*, vol. 22(8), pp. 1284-1291, 2009.