

Protocolos Anticolisión en RFiD

Juan Michel García Díaz¹, Laura Victoria Escamilla Del Río², Omar Álvarez Cárdenas², Margarita G. Mayoral Baldivia³

¹Universidad de Colima, Alumno-Investigador Maestría en Computación, ing.juanmichel@ucol.mx

²Universidad de Colima, Alumno-Investigador Maestría en Computación, laura_escamilla@ucol.mx

³Universidad de Colima, Profesor-Investigador, xe1aom@ucol.mx

⁴Universidad de Colima, Profesor-Investigador, mglenda@ucol.mx

RESUMEN

La tecnología de Identificación por Radio Frecuencia, conocida como RFiD, se conoce y aplica desde la Segunda Guerra Mundial. Se utiliza primordialmente en la identificación, seguimiento, control y procesamiento de productos y servicios. Como es una tecnología que no emplea un medio guiado o físico para su transmisión, es importante conocer las maneras de control de acceso al medio existentes para etiquetas RFiD pasivas y activas. Presentamos los protocolos anticollisiones más utilizados y su forma de operación, como una referencia para la selección adecuada de esta tecnología y para invitar a la investigación y desarrollo de nuevos algoritmos que permitan la aparición o propuesta de nuevos estándares.

Palabras claves: Anticolisión, RFiD, Tag.

INTRODUCCIÓN

El RFID (Identificación por Radio Frecuencia) es una tecnología de identificación que utiliza radiofrecuencia para leer/escribir de manera inalámbrica y sin necesidad de línea de vista¹. De manera general, un sistema RFID está conformado por un lector (Reader), etiqueta (Tag) y un sistema de comunicación.

1. Lector

Es el dispositivo encargado de leer y/o grabar las etiquetas RFID. Generalmente las lectoras tienen integradas la antena, sin embargo existen soluciones donde un lector es capaz de soportar una o varias antenas para lograr un mejor alcance de los productos a identificar. La elección del tipo de antena es un elemento importante a considerar debido a que ella proporcionará la comunicación y acceso al sistema de comunicaciones desarrollado para una aplicación en específico. Los lectores pueden estar montados en dispositivos móviles como PDAs, en vehículos, bandas transportadoras o en marcos de puertas.

2. Etiqueta.

Es un elemento del sistema RFID que transmite información a un lector que se encuentra en ella misma. Las etiquetas transmiten su información cuando es solicitada y puede efectuarse de forma unidireccional o bidireccional. Los Tag RFID también son conocidos en la literatura como transponder RFID. Generalmente una etiqueta RFID consta de un circuito integrado donde se almacena la información y que está conectado a su antena, la cual tiene dos funciones primordiales: transmitir la información almacenada en el circuito integrado y alimentación de la etiqueta cuando son pasivas.

Las etiquetas pasivas son aquellas que no cuentan con una fuente de voltaje integrada lo que las hace totalmente dependientes de la energía recibida por el campo electromagnético emitido la lectora. Estas son generalmente pequeñas y ligeras con respecto a las activas, además están libres de mantenimiento y por consiguiente son económicas.

En el caso de las etiquetas activas, además de tener su propia fuente de alimentación tienen una distancia de lectura mayor. Como desventajas tienen mayor tamaño y peso con respecto a las pasivas, tiempo de vida limitado a la duración de sus baterías, sensible en ambientes severos de operación y por consiguiente su costo es mayor.

3. Sistema de comunicación.

Para su comprensión se puede dividir en tres fases básicas:

a) Inicialización.

La lectora comienza a interrogar por etiquetas dentro del rango de lectura para establecer la comunicación. En el caso de las etiquetas pasivas dentro de la zona de cobertura de la lectora, el campo electromagnético es utilizado para energizar el Tag.

b) Envío de Datos.

Cuando una etiqueta recibe la solicitud de lectura por parte del lector envía un bloque de información cuando se trata de un Tag de solo lectura. Cuando la etiqueta es de lectura/escritura, recibe el comando

de la lectora para grabar los datos en cierta localidad de memoria del circuito integrado. Almacena la información y la reenvía para su verificación.

c) Fin de la Comunicación.

Concluidos los dos pasos anteriores, el lector envía un comando de fin de comunicación para que las etiquetas que ya fueron identificadas permanezcan en estado de reposo. Cada uno de los Tags que recibe el comando de finalización responde con un reconocimiento (ACK) y pasa a estado de reposo (Figura 1)

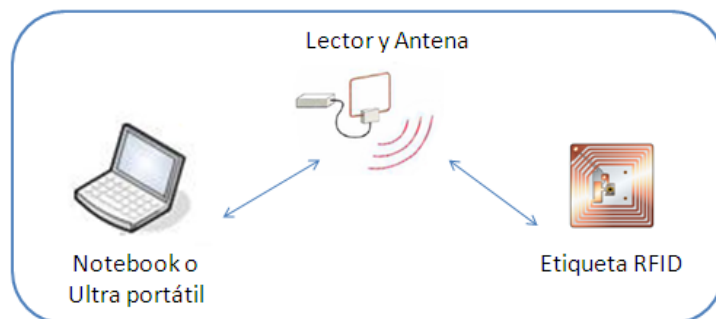


Figura 1. Elementos de un esquema RFID.

Las etiquetas RFID operan en diversas bandas de frecuencias y su aplicación depende en gran medida de las regulaciones para el uso del espectro electromagnético de cada país. Actualmente la gran mayoría de soluciones RFID utilizan el rango de frecuencias de uso libre ISM (Industrial, Scientific and Medical) dentro de los siguientes tres grandes grupos:

- Baja Frecuencia (Low Frequency).

Se encuentra contenido entre los 30 - 500 KHz. Dentro de este rango la frecuencia más utilizada es 134.200 KHz. Las soluciones de baja frecuencia tienen un corto rango de lectura y por lo tanto bajo costo debido a que las etiquetas son pasivas. Sus aplicaciones van desde controles de seguridad (acceso), seguimiento e identificación de objetos o animales. Son poco sensibles a interferencia por agua, metales o ruido eléctrico.

- Alta Frecuencia (High Frequency).

Estos sistemas trabajan en el rango de 400 - 1000 Mhz además de 2.4 - 2.5 Ghz. El costo es alto con respecto a las soluciones de baja frecuencia pero logran mayor velocidad de acceso y alcance en distancia. Generalmente se aplican para tarjetas inteligentes y para controles de acceso.

- Ultra Alta Frecuencia (Ultra High Frequency).

Funcionan de 400 -1000 Mhz y 2.4 - 2.5 Ghz. Es la más costosa de las soluciones pero ofrece más alcance y mayor velocidad de lectura. Sin embargo, a diferencia de los anteriores, se requiere contar con línea de vista entre la etiqueta y el lector para su óptimo funcionamiento. Sus aplicaciones son primordialmente industriales.

Modos de operación.

Las formas de operación de los sistemas RFID se agrupan en Full Duplex, Half Duplex o Sistemas Secuenciales. Cuando tenemos sistemas Half/Full Duplex las etiquetas crean un dominio de difusión cuando reciben la señal emitida por el lector. En este modo de operación se requiere el uso de técnicas para detectar las señales débiles emitidas de la etiqueta al lector para reconocer la información y en las lectoras técnicas de sub-armónicas para la frecuencia de transmisión.

Los Sistemas Secuenciales realizan un apagado temporal a intervalos regulares de tiempo de su campo electromagnético en la lectora. Esto se hace para que las etiquetas, una vez detectado el espacio generado por el lector, puedan transmitir datos. El problema principal radica en la pérdida de energía en las etiquetas, el cual debe ser resuelto con el uso de capacitores o fuentes de voltaje.

Control de acceso al medio y colisiones en RFID

Es inevitable que las transmisiones de los lectores y etiquetas lleguen a producir colisiones al momento de ser activados. Las colisiones se pueden presentar entre lectoras o etiquetas. En el primer caso, cuando se utiliza más de una lectora para identificación se presenta la situación que ellas interroguen de manera simultánea por una etiqueta específica, esto origina que ésta no sea capaz de decodificar la solicitud enviada por ellas. Para el segundo caso, es posible que más de un Tag envíe su identificación al mismo tiempo, la colisión originada evitará su identificación por parte de las lectoras.

Ambos tipos de colisión producen sobrecarga y retardos en la identificación de las etiquetas, restándole utilidad a la solución, especialmente en el caso de las pasivas donde son incapaces de conocer el estado de las etiquetas vecinas. Por tal motivo se requiere el uso de un protocolo anticolisión que permita reconocer las respuestas de emitidas por los Tags con el mínimo de colisiones posibles.

Protocolos anticolisión en tags pasivos.

En estos sistemas de RFID pasivos los algoritmos ALOHA y Árbol Binario son los más utilizados. Ambos basados en el método de multiplexación por división de tiempo (Time Division Multiple Access-TDMA). Este método consiste en dividir un solo canal en ranuras de tiempo que después son asignadas a los diferentes Tags, que deben estar sincronizados para enviar su información en la ranura asignada. Para los sistemas pasivos de RFID, la simplicidad de los Tags requiere que el lector controle la sincronización.

ALOHA

Los protocolos ALOHA, también llamados probabilísticos o de acceso aleatorio, son utilizados en escenarios donde el lector no sabe exactamente cuando un Tag pasará por el área de interrogación. Las diferentes versiones de ALOHA se dividen en cuatro grandes grupos:

- ALOHA puro

Cuando un Tag llega a la zona de interrogación de un lector, esta transmite los datos inmediatamente, y cuando hay más de un Tag que responde al mismo tiempo, se produce la colisión. Así que, el mayor inconveniente de este algoritmo es la alta probabilidad de colisión.

- ALOHA ranurado (Slotted ALOHA)

El canal es dividido en varias ranuras de tiempo y la etiqueta debe transmitir los datos en la ranura seleccionada. El lector y el Tag deben estar sincronizados, así cuando existe un solo Tag, el lector puede interrogarlo y exigir la información de manera correcta. El número limitado de ranuras, restringe el uso de este algoritmo a unas cuantas etiquetas por zona.

- ALOHA enmarcado ranurado (Framed Slotted ALOHA -FSA)

FSA ha sido estandarizado en ISO/ IEC 18000-6C, ISO/IEC 18000-7 [ISO03] y EPC-C1G2 [EPCgl05]. El canal es dividido en ranuras de tiempo que están confinadas a una súper estructura llamada "frame". Cada frame tiene una longitud estática de ranuras "K", los Tags seleccionan una ranura de manera aleatoria dentro del frame para enviar su información al lector. Cuando el número de Tags es mucho mayor que el número de ranuras en el frame, el retraso en la identificación se incrementa considerablemente. Por otro lado, si el número de Tags es menor que el número de ranuras, muchas de estas pueden estar vacías, lo que incrementaría el retraso de identificación.

- FSA dinámico (Dinamic Frame Slotted ALOHA -DFSA)

El número de ranuras de tiempo es variable. Cuando un frame termina un ciclo de identificación concluye y el lector determina si el número de ranuras se incrementa, decrementa o mantiene. Debido a que el número de ranuras por ciclo es dinámico, el lector debe estimar este número de acuerdo a los Tags que competirán en ese ciclo, entonces el lector ajustará el tamaño del frame para lograr el máximo rendimiento, minimizando así el retraso de identificación.

Árbol binario

Los protocolos basados en árbol binario, ponen el peso de la operación computacional en el lector. Este intenta reconocer un conjunto de Tags en varios ciclos de interrogación. En cada uno de estos ciclos, el lector envía un paquete de consulta llamado "Query", si se encuentra más de un Tag, el lector divide el conjunto de Tags en subconjuntos hasta que se encuentre un solo Tag por conjunto. Este mecanismo no es eficiente cuando el número de Tags a reconocer es grande. Este protocolo está basado en el modelo mostrado en la figura 2.

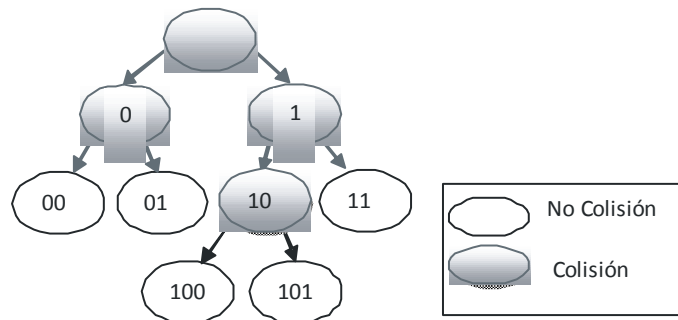


Figura 2. Algoritmo de árbol binario

Los protocolos anticoliación basados en árbol binario se dividen en dos grupos:

- Árbol de consulta (Query Tree protocol):

El lector comienza dividiendo un grupo de Tags enviando un paquete Query con un bit puesto en 1 o 0. Los Tags en el área reciben este paquete, aquellos Tags cuyo prefijo coincida con el enviado por el lector, envían su número de identificación al lector. Si más de un Tag responde, hay una colisión y el lector envía un segundo paquete Query con un segundo bit de identificación. El mecanismo continúa hasta que un solo Tag en el conjunto envíe su respuesta al lector. Una vez que el mecanismo ha completado el primer subconjunto, el lector envía nuevos paquetes Query con la segunda combinación de bits hasta que todos los Tags hayan sido reconocidos por el lector.

- Protocolos de árbol binario (Binary Tree protocols):

Estos protocolos utilizan el mismo mecanismo que el árbol de consulta, pero los Tags cuentan con la característica adicional de generación de números aleatorios y un contador. Este protocolo comienza enviando un paquete Query que anuncia el inicio de las ranuras de tiempo. Si sólo hay un Tag en el área, este será identificado exitosamente. En caso contrario, los Tags en el área que respondan durante una misma ranura de tiempo colisionarán. Los Tags que participaron en la colisión, generan un número aleatorio entre 0 y 1. Basados en este número, el conjunto de Tags se divide en dos subconjuntos. Los Tags que generaron el valor 0 envían su información al lector en la siguiente ranura de tiempo, si más de un Tag envía información al lector, se produce una segunda colisión y el mecanismo divide el conjunto de nuevo. Este mecanismo continuará de manera recursiva hasta que un subconjunto sea reducido a un Tag, siendo este correctamente identificado.

Protocolos anticolisión en tags activos.

A pesar de que el estándar de facto fue ratificado hace varios años, existen pocos trabajos científicos que expliquen el problema de las colisiones para Tags activos.

ISO/IEC 18000-7

El estándar ISO/IEC 18000-7 fue aprobado en 2004 y se han realizado modificaciones en 2008 y 2009. En él se define la interfaz de comunicaciones aérea activa para sistemas de identificación por radiofrecuencia de dispositivos que operan en la banda de 433 MHz de frecuencia.

El algoritmo anticolisión definido en ISO/IEC 18000-7 se basa en el procedimiento FSA donde se recomienda un mecanismo de adaptación de la longitud de la trama pero no especifica uno en particular y se deja a elección del vendedor.

El proceso de identificación del Tag se explica a continuación: el lector envía una señal de alerta para notificar a los Tags que están en su área de cobertura. Los Tags pasan al modo de espera, escuchando el canal. Posteriormente el lector inicia el proceso de identificación mediante el envío del comando Collection, con dos parámetros:

- Tiempo en que el Reader escuchará el canal (Windows Size WS), esperando a que el Tag responda.
- La longitud de la respuesta del Tag (Ttag), determina el tipo de respuesta del Tag (por ejemplo, solo el identificador, solo los datos específicos).

Al terminar la transmisión del comando Collection, el lector escuchará el canal por el tiempo definido en la ventana de contención (Windows Size), esperando que el Tag responda. Cuando se recibe la respuesta del Tag, se añade al buffer el identificador del Tag. Enseguida el lector extrae los identificadores de cada

Tag de forma independiente y transmite en unicast el comando Sleep para que los Tag cambien al modo suspensión (modo de ahorro de energía) al recibirlo y no participen en el siguiente round de Collection. Posteriormente, se reinicia el proceso de identificación enviando nuevamente el comando Collection, lo que finalizará después de tres ciclos de Collection sin respuesta.

De esta manera, la tecnología RFID resulta ser una opción apropiada para la identificación de cualquier elemento deseado dentro de prácticamente cualquier solución tecnológica, lo más sencillo sería utilizar Tags pasivos y lectoras con capacidad de identificar un solo Tag a la vez para evitar colisiones. Sin embargo, si sus necesidades así lo requieren, es posible encontrar en el mercado diversas marcas que cubren con nuestras necesidades de identificación por radiofrecuencia, pero es importante considerar el protocolo utilizado, frecuencia y si aplica para el tipo de operación del Tag requerido.

Tabla 1. Concentrado de características y fabricantes RFID.

Protocolo	Pasivo	Activo	Algoritmo	Aborta transmisión cuando detecta colisión	Frecuencia	Empresas que los utilizan
ISO/IEC 18000-7		x	Probabilístico	SI	433 Mhz	ATMEL, <u>Confidex</u> , OMNI-id, <u>Sontec</u> , Philips HITAG, Texas Instruments
Arbol Binario	x		Determinista	No	865 - 870 Mhz	<u>Confidex</u> , <u>Sontex</u> , OMNI-id, Texas Instruments
ALOHA	x	x	Probabilístico	SI	860 - 960 Mhz	Alien Technology, U/I-CODE, <u>Sontec</u> , OMNI-id, <u>Confidex</u>

CONCLUSIONES

La tecnología RFID es una manera de identificación, seguimiento, control y procesamiento de productos y servicios que ha utilizado desde la Segunda Guerra Mundial. Sus aplicaciones actuales demandaron el estudio, desarrollo e implementación de esquemas anticolisión para dar eficiencia, rapidez y seguridad a los sistemas basados en RFID.

Presentamos, de manera resumida, la forma en la cual los algoritmos anticolisión se adecuaron a la Identificación por Radiofrecuencia en su lucha por la contención al medio (aire). Se describen primeramente los protocolos más utilizados por los fabricantes en Tags pasivos y activos. Se discute su forma de operación, resaltando su potencial y debilidades, las cuales sirven de manera importante para seleccionar el algoritmo de control de acceso al medio más conveniente para las necesidades presentes.

De acuerdo a las características del sistema RFID a implementar, es importante seleccionar un Tag pasivo o activo con un protocolo estandarizado, la frecuencia de operación y no dejar como menos importante el protocolo anticolisión disponible. La mayoría de fabricantes de productos y soluciones RFID compiten en el mercado primordialmente con el costo de implementación, el cual podría ser la opción más conveniente para nuestra necesidad presente, sin embargo, existen algunas necesidades muy particulares donde las soluciones de bajo costo no darán los resultados esperados.

Con la información presentada se pretende difundir la aplicación de la tecnología RFID como una opción ideal para identificación por radiofrecuencia sin necesidad de línea de vista para usuarios finales. En el campo de la investigación se abren las posibilidades para mejorar los sistemas anticolisiones actuales y la búsqueda de nuevos algoritmos que permitan la aparición o propuesta de nuevos estándares a ser utilizados en la industria del ramo.

Referencias

1. GLOVER, B., HIMANSHU, B.: RFID Essentials. Ed. O`Reilly Media. Estados Unidos de América 2006.
2. FINKENZELLER, K., MÛELLER, D.: RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication. Ed. Wiley. Inglaterra 2010.
3. BROWN, D.: RFID Implementation. Ed. MacGraw-Hill. Estados Unidos de América 2006.
4. HAL, W.: How RFID Works. Ed. Kindle Edition. Estados Unidos de América 2011.
5. LOZANO NIETO, A.: RFID Design Fundamentals and Applications. Ed. CRC Press. Estados Unidos de América 2011.
6. BUENO DELGADO, M.V.: "Contribución a los Protocolos Anticolisión y Técnicas de Dimensionamiento para Sistemas de Identificación por Radiofrecuencia". Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena, España, 2010.
7. TAO, C., LI, J.: "Analysis and Simulation of RFID Anti-collision Algorithms": School of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P.R. China, 2007.
8. LA PORTA, T. F., MASELLI, G., PETRIOLI, C.: "Anti-collision Protocols for Single-Reader RFID Systems: Temporal Analysis and Optimization": IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 10. pp.267-279, USA 2011, ISSN: 1536-1233.
9. ISO.: Parameters for active air interface communications at 433 MHz, ISO/IEC 18000-7. Ed. ISO. Suiza, 2004.
10. VALES ALONSO, J., GONZALEZ CASTAÑO, F.J., EGEA LÓPEZ, E., BUENO DELGADO, M.V., MARTINEZ SALA, A., GARCÍA HARO, J.: Evaluación de CSMA No Persistente como protocolo anticolisión en sistemas RFID activos. España 2007.
11. PALOMO LÓPEZ, A., BUENO DELGADO, M.V., EGEA LÓPEZ, E., ALCARAZ ESPÍN, J.J., VALES ALONSO, J.: CSMA Multi-Stage Anti-collision Protocol for Active. Portugal 2010.