

Mecanismos de contienda que mejoran el rendimiento de los sistemas RFID pasivos UHF con múltiples lectores

M^a Victoria Bueno Delgado, Pablo Pavón Mariño

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, N° 1, 30202 Cartagena (Murcia)
E-mail: mvictoria.bueno@upct.es, pablo.pavon@upct.es

Resumen. En este trabajo se resumen algunas de los mecanismos anticolidión propuestos por los autores en el último año que mejoran el rendimiento de los sistemas RFID pasivos UHF con múltiples lectores. Por un lado se presenta el mecanismo CASE que mejora el throughput del estándar EPCglobal C1G2 a la vez que permite modular la justicia en el reparto de recursos entre lectores planteando el problema del reparto de recursos como un problema de programación MIP. Por otro lado se presenta MALICO, un mecanismo anticolidión distribuido que utiliza un estimador de máxima verosimilitud para mejorar la eficiencia del conocido Colorwave.

1. Introducción

Los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) pasivos en UHF son la gran apuesta para la identificación y trazabilidad masiva de ítems [1]. RFID permite identificar objetos en pocos segundos, sin necesidad de visión directa entre la antena identificadora (lector) y las etiquetas (tags) adheridas a los ítems, y a distancias de lectura de hasta 10 m.

En algunas instalaciones un sistema RFID con una única antena lectora no es suficiente para cubrir el área deseada, y es necesario instalar más antenas, tal y como muestra el ejemplo de la Figura 1. Esto trae consigo problemas de solapamiento de coberturas e interferencias entre lectores, lo que se traduce en *colisiones lector-tag* y *colisiones lector-lector*. Las primeras suceden cuando un tag se encuentra en una zona de solapamiento entre dos coberturas lector-tags (p.ej. el tag A en la Figura 1). Las colisiones lector-lector se suceden cuando la potencia de transmisión de un lector incide en otro, de forma que este último recibe dicha señal como una interferencia. Por ejemplo, en la Figura 1 el lector 2 produce interferencias al lector 1 y 3 y viceversa.

En la literatura científica existen muchos numerosos trabajos [2] que tratan de mejorar la baja eficiencia del protocolo que implementan los lectores del mercado, EPCglobal C1G2 [3]. Éstos proponen mecanismos que reducen las colisiones coordinando los lectores mediante el uso de las técnicas de acceso al medio TDMA, FDMA, CSMA; etc.

En este trabajo se resumen algunos de los mecanismos de contienda propuestos por los autores en el último año que mejoran el rendimiento de los sistemas RFID pasivos UHF que trabajan con varios lectores, los protocolos CASE y MALICO. Estos se basan en la mejora del estándar EPCglobal C1 G2 y del protocolo Colorwave respectivamente.

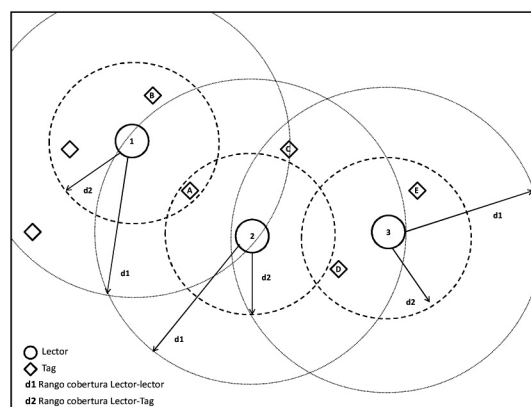


Fig. 1: Ejemplo de instalación con varios lectores RFID interfiriendo.

2. EPCglobal C1G2

El estándar EPCglobal propone un mecanismo anticolidión para escenarios con muchos lectores basado en FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) [3], donde cada lector salta de frecuencia hasta encontrar una libre donde establecerse para comunicarse con los tags. El tiempo de comunicación con los tags no puede superar los 4 segundos. En Europa, la regulación ETSI En 302 208 solo permite el uso de 4 frecuencias, lo que hace que este mecanismo presente una baja eficiencia cuando el número de lectores es muy grande.

2.1 Mejorando el estándar: mecanismo CASE

CASE son las siglas de *Centralized and Aligned Scheduler EPCglobal*, un algoritmo propuesto por los autores en [4] que, mediante un mecanismo centralizado, asigna cada 4 segundos frecuencias y ranuras temporales (slots) a los lectores del sistema para comunicarse con los tags que tienen en cobertura, minimizando las interferencias lector-tag y lector-lector. El algoritmo se basa en una combinación de TDMA y FDMA y el problema

de cómo asignar frecuencias y slots se modela y formula como un problema de Programación Entera Mixta (MIP). Para llevar a la práctica esta propuesta se realizan las siguientes asunciones:

- Los lectores están conectados a una entidad central (EC) que se comunica con ellos para enviar/recibir los datos necesarios para resolver el problema MIP. La conexión puede ser por cable o inalámbrica.
- La EC conoce la disposición física de los lectores. Esto le permite a la EC calcular las restricciones sobre solapamiento de coberturas entre lectores.
- Los lectores envían a la EC una estimación sobre la población de tags a identificar. Esto le permite a la EC resolver el problema MIP para maximizar el número de tags a identificar, la justicia entre lectores, etc.

Se realizaron simulaciones para distintos escenarios donde se evaluó el throughput (en número de slots libres de colisión frente al número total de slots) y la justicia del mecanismo, es decir, evaluar si la distribución de recursos libres de colisión entre los lectores de la red que necesitan recursos es equitativa.

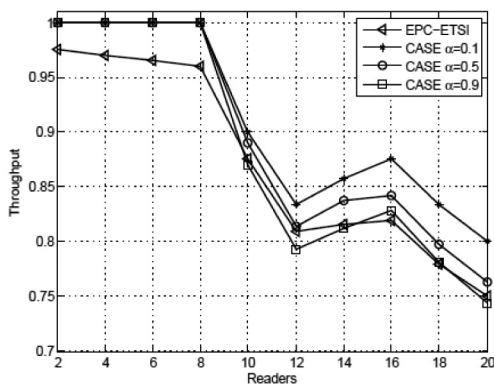


Fig. 2: Medida del throughput de un sistema RFID estático en array, con lectores distantes 500 m.

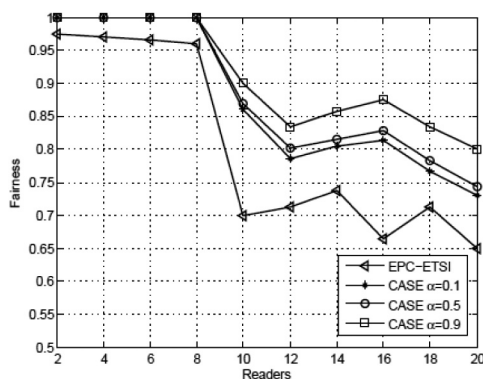


Fig. 3: Medida de la justicia (Fairness) de un sistema RFID estático en array, con lectores distantes 500 m.



Fig. 4: Ciclos de identificación en Colorwave.

En la figura 2 se muestra una de las gráficas obtenidas en [4], donde se evalúa el throughput de un sistema con lectores situados en forma de array a

500 metros de distancia entre ellos. Se varía el número de lectores del sistema y el grado de justicia a aplicar (factor α). En casi todos los escenarios evaluados el throughput es mayor con CASE, y la diferencia con el estándar es mayor conforme el número de lectores del sistema aumenta. Lo mismo ocurre con los resultados de la figura 3, donde se mide la justicia del protocolo propuesto.

3. Protocolo Colorwave

Colorwave [5-6] es un mecanismo anticolidión distribuido, donde el tiempo se divide en ciclos de identificación y estos a su vez en ranuras temporales (slots), que en este protocolo se denominan *Colors*. Se usa una única frecuencia, y los lectores, mantienen ciclos de identificación propios, con su longitud temporal determinada por ellos (K slots), modulable según la información que llega de los lectores vecinos. Cada lector, en cada ciclo de identificación elige un color para intentar comunicarse con los tags que tiene en cobertura. Justo antes de que se suceda la ranura temporal asociada a ese slot, envía un mensaje *Kick* con el fin de reservar el canal. Si dos o más lectores envían un *Kick* simultáneamente, colisionarán, por lo que no podrán reservar el canal para transmitir. Cuando esto sucede, los lectores aumentan el tamaño del siguiente ciclo en $K+1$, eligen de nuevo un color para transmitir en la siguiente ronda y envían la información de su elección al finalizar la ranura temporal donde se sucedió la colisión con otros lectores, es decir, en el campo *Kick color phase* mostrado en la Figura 4. Todos los lectores vecinos que reciben esta información recalculan, a través del porcentaje de transmisiones formulado en [5-6], si deberían o no cambiar el color en el que van a transmitir, siguiendo unos parámetros establecidos en el protocolo (UpTrig y DnTrig) antes de iniciarlo.

3.1 Mejorando Colorwave: protocolo MALICO

MALICO es el acrónimo de *Maximum Likelihood Colorwave* y fue propuesto por los autores en [7] con el fin de mejorar el throughput de Colorwave en dos aspectos:

- MALICO elimina la limitación de no poder adaptar el número de colores en cada ciclo. Así se elimina la necesidad de usar parámetros de entrada (p.ej. UpTrig y DnTrig). En su lugar, MALICO lo ejecuta cada lector en cada ciclo, obteniendo el color que le permite obtener el mayor throughput teórico.
- MALICO elimina la limitación de una única frecuencia, ya que está diseñado para utilizar las 4 frecuencias disponibles en Europa.

Para obtener el color que maximiza el throughput de cada lector en cada ciclo, MALICO utiliza un estimador de máxima verosimilitud, utilizado por los autores para resolver problemas de colisiones entre tags en entornos con un único lector [8]. Los lectores,

al finalizar un ciclo de identificación han almacenado la información de lo sucedido en el ciclo: número de slots con colisión, slots donde los lectores han transmitido, y slots vacíos. Con esa información, los lectores calculan el número más probable de lectores vecinos. Esta información se utiliza para calcular el tamaño que del siguiente ciclo que maximiza el throughput teórico. Al ser un mecanismo basado en FSA, el tamaño (en número de slots) coincidirá con el número de lectores vecinos estimado.

En la siguiente gráfica se muestran algunos de los resultados obtenidos al comparar MALICO con Colorwave y su antecesor, el mecanismo DCS [5]. En la Figura 4 se muestra el throughput del sistema, medido en número de transmisiones de lector por segundo, para distintas poblaciones de lectores fijos, y situados uniformemente en una superficie de 2000x2000 m. Se evaluaron dos configuraciones de MALICO, con 1 única frecuencia de transmisión (como Colorwave y DCS) y con 4. El valor de K que se muestra en las gráficas es el tamaño inicial del ciclo que tienen los lectores. Este tamaño variará con el tiempo según el mecanismo. Los resultados muestran como MALICO con 4 frecuencias tiene un throughput muy superior al de resto de propuestas, mientras que MALICO con una única frecuencia tiene un throughput mayor pero más cercano a Colorwave.

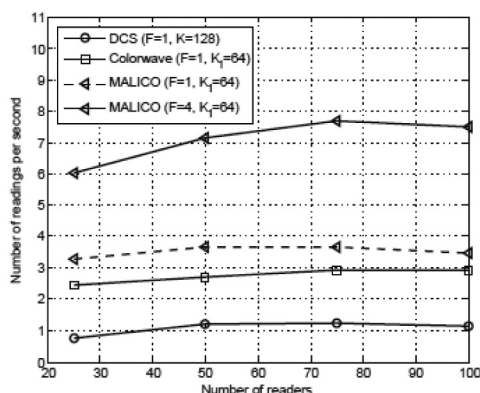


Fig. 5: Throughput del sistema RFID con lectores uniformemente distribuidos en superficie 2000x2000m.

5. Conclusiones y líneas futuras

En este trabajo se han resumido algunos de los mecanismos de contienda para mejorar el rendimiento de los sistemas RFID pasivos UHF con varios lectores, que han propuesto los autores en los últimos años. Los autores siguen trabajando en otros mecanismos que, aunque no han sido resumidos en este trabajo [9 y 10], sus resultados son destacables. Las líneas futuras pasan por intentar mejorar el mecanismo MALICO, haciendo que los lectores no elijan el slot de contienda de forma uniforme sino siguiendo una distribución de probabilidad geométrica ascendente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el MINECO/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] M.V. Bueno Delgado, E. Egea López, J. Vales Alonso & J. García Haro (2009) Radio Frequency Identification Technology, Handbook of Enterprise Integration, Chapter 14, 3rd Edition, Auerbach Publications.
- [2] M.V. Bueno-Delgado, J. Vales-Alonso, C. Angerer & M. Rupp (2010) Study of RFID schedulers in dense reader environments. Proc. IEEE International Conference on Industrial Technology, 1373–1378.
- [3] EPCglobal. EPC radio-frequency identity protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID (2008) Version 1.2.0. Disponible on-line en: <http://www.epcglobalinc.org>
- [4] M.V. Bueno Delgado & P. Pavon Mariño, A Centralized and Aligned Scheduler for passive RFID Dense Reader Environments working under EPCglobal standard, J. of Simulation Modelling Practice and Theory. In press.
- [5] J. Waldrop, D.W. Engels & S.E. Sarma (2003) Colorwave: an anticollision algorithm for the reader collision problem. In Proc. of IEEE International Conference on Communications, pp. 1206-1210.
- [6] J. Waldrop, D.W. Engels & S.E. Sarma (2003) Colorwave: a MAC for RFID reader networks. In Proc. of IEEE Conference on Wireless communications and networking, 3, 1701-1704.
- [7] M.V. Bueno Delgado & P. Pavon Mariño. A Maximum Likelihood based distributed protocol for RFID Dense Reader Environments, Journal of Supercomputing. In press.
- [8] J. Vales Alonso, M.V. Bueno Delgado, E. Egea Lopez, J.J. Alcaraz Espin & F.J. Gonzalez Castaño (2011) Multi-Frame Maximum-Likelihood Tag Estimation for RFID Anti-Collision Protocols, IEEE Trans. on Industrial Informatics, vol. 7(3), 487-495.
- [9] M.V. Bueno Delgado, R. Ferrero, F. Gandino, P. Pavon Mariño & M. Rebaudengo. A Geometric Distribution Reader Anti-collision Protocol for RFID Dense Reader Environments, IEEE Trans. on Automation Science and Engineering. In press.
- [10] M.V. Bueno Delgado & Pablo Pavon Mariño (2012). Uso de la función de distribución óptima de probabilidad no uniforme p^* en el mecanismo de contienda del protocolo anticollisión NFRA, V Jor. Introd. Invest. UPCT.