

Figura 2 Ejemplo de ciclo de identificación del protocolo NFRA en el escenario de la figura 1

Esta función de distribución es considerada una función quasi-óptima, ya que es una aproximación de la función óptima de distribución de probabilidad no uniforme propuesta en [5], y se utiliza en aquellos casos en los que los lectores que quieren acceder al medio no conocen (ni pueden estimar) el número de lectores vecinos que compiten en el mismo canal por la contienda.

En este trabajo se propone una mejora del trabajo propuesto en [4] donde los lectores, utilizando la formulación propuesta en [6] extraída de la teoría de grafos de disco unitarios aplicado a redes de sensores, calculan el número medio de lectores vecinos para así poder utilizar la función de distribución de probabilidad no uniforme, función óptima que minimiza la probabilidad de colisión lector-lector. Esta nueva propuesta permite reducir aún más la probabilidad de colisión entre lectores, al no utilizar una función de aproximación, sino la función óptima. Para abordar la nueva propuesta es necesario realizar un breve repaso sobre NFRA, el protocolo propuesto en [4][5] y la formulación de [6]. Todo ello se aborda en las siguientes secciones.

2. NFRA

En NFRA el servidor central divide el tiempo en ciclos de identificación y notifica a los lectores del sistema el comienzo de un nuevo ciclo mediante el envío del paquete *broadcast AC* a través del canal dedicado a 433 MHz. Este paquete contiene la variable K que indica el número de slots temporales en los que está dividido ese nuevo ciclo de identificación. Cuando los lectores reciben el paquete *AC* eligen aleatoriamente, siguiendo una función de distribución uniforme, un slot de contienda $k=1,2,\dots,K$ en el cual enviarán sus datos. Tras el envío del *AC*, el servidor central envía por el mismo canal un paquete *OC* por cada nuevo slot de contienda que se va a suceder, indicando así a los lectores cuando comienza un slot. El paquete *OC* contiene un número que corresponde al slot de contienda al que precede. Cuando un lector recibe un *OC* cuyo valor coincide el k seleccionado, envía un paquete *B* a sus vecinos, es decir, a aquellos lectores que se encuentran a una distancia menor a la distancia de interferencia lector-lector (ver Fig. 1-2) para informar de que va a transmitir en ese instante temporal. Aquellos lectores que, enviando un paquete *B* reciben simultáneamente un paquete *B* de otro vecino, se retiran de la contienda hasta recibir un nuevo paquete *AC*. En caso

contrario, el lector que envió el paquete *B* entiende que el canal está libre y puede utilizarlo durante el tiempo requerido, por lo que envía un paquete *OF* indicando a sus vecinos que comenzará la fase de comunicación con los tags en cobertura en el canal UHF correspondiente. Aquellos lectores que, escuchando el canal de contienda reciben un paquete *OF* se retiran de la contienda hasta recibir un nuevo paquete *AC* del servidor central.

3. Mejorando NFRA

En [4] se propone una mejora de NFRA que concierne los siguientes cambios:

- Los lectores ya no trabajan en una única frecuencia UHF, sino que eligen aleatoriamente una frecuencia de las tantas que permita el estándar y regulaciones el país donde opera, siguiendo un esquema FDMA.
- La comunicación con el sistema central no se produce a 433MHz, ya que es una banda dedicada a comunicaciones de sistemas RFID activos. En su lugar, los lectores se comunicarán con el sistema central a través de una infraestructura cableada por Ethernet o sin cables con Wi-Fi.
- Se elimina el aviso del comienzo de cada nuevo slot a través del paquete *OC*, ya que los lectores conocen la longitud temporal de cada slot de contienda y pueden determinar en todo momento cuando comienza un nuevo slot mediante el uso de un reloj interno.
- Para seleccionar el slot de contienda k , los lectores utilizan la función de distribución geométrica truncada propuesta en [5]:

$$p_k = \frac{(1-\alpha) \cdot \alpha^K}{1-\alpha^K} \cdot \alpha^{-k} \quad (1)$$

donde $k=1,\dots,K$, y $\alpha = M^{\frac{-1}{K-1}}$. M es el número máximo de lectores compitiendo por ganar la contienda. Cuando $M=1$ la función de distribución de probabilidad es la uniforme, tal y como muestra la Fig. 3.

Como se ha indicado en la introducción, la función de distribución es quasi-óptima, ya que es una aproximación de la función óptima de distribución de probabilidad no uniforme:

$$p_k^* = \frac{1 - f_{K-k}(n)}{n - f_{K-k}(n)} \cdot (1 - p_1^* - p_2^* - \dots - p_{k-1}^*) \quad (2)$$

donde

$$f_{K-k}(n) = \left(\frac{n-1}{n - f_{K-k-1}(n)} \right)^{n-1} \quad (3)$$

Siendo n el número de lectores vecinos, algo que no se conoce ni se puede estimar en esta versión mejorada de NFRA.

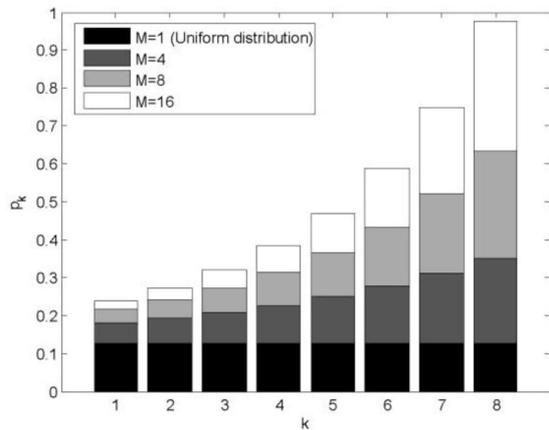


Figura 4 Probabilidad de seleccionar un slot k en un escenario de 50 lectores y $K=8$

4. Optimizando el mecanismo de contienda de NFRA

En este nuevo trabajo se propone el uso de la función óptima introducida en las ecuaciones (2) y (3) para minimizar la probabilidad de colisión lector-lector. Para ello, los lectores deben calcular el número de lectores vecinos. Esta información, que no se conocía a priori, se puede calcular siempre y cuando se consideren las siguientes condiciones de trabajo:

- Los lectores trabajan con antenas omnidireccionales, con un radio de interferencia lector-lector de r metros.
- Los lectores se instalan en una superficie rectangular de área $A=wl$, donde $w, l \geq 2r$.
- Los lectores se posicionan siguiendo una distribución uniforme.

En los escenarios que se cumplan las condiciones enumeradas, los lectores pueden calcular el número medio de vecinos con la siguiente fórmula [6]:

$$n = \left(\pi wl - \frac{4}{3} r(w+l) + \frac{r^2}{2} \right) \cdot \left(\frac{r}{wl} \right)^2 \cdot (R-1) \quad (4)$$

Donde R es el número total de lectores desplegados. Teniendo en cuenta que no todos los lectores vecinos trabajarán en la misma frecuencia, ya que eligen aleatoriamente una frecuencia de las F disponibles según las regulaciones del país, la ecuación (4) queda como sigue:

$$n = \frac{R-1}{F} \cdot \left(\pi wl - \frac{4}{3} r(w+l) + \frac{r^2}{2} \right) \cdot \left(\frac{r}{wl} \right)^2 \quad (5)$$

En [6] los autores indican que n es obtenido de manera exacta, y no es una aproximación, por lo que se puede concluir que aplicando la formulación de la ecuación (5) y aplicándola en las ecuaciones (2)-(3) los lectores son capaces de seleccionar de forma óptima un slot de contienda, minimizando las interferencias lector-lector.

5. Conclusiones y líneas futuras

En este trabajo se ha presentado un nuevo mecanismo de contienda para mejorar el rendimiento de los sistemas RFID pasivos UHF que trabajan con varios lectores y utilizan el protocolo anticollisión NFRA. En un trabajo previo los autores propusieron un mecanismo sub-óptimo debido a la imposibilidad de calcular el número de lectores vecinos que posee cada lector. Este nuevo trabajo plantea el uso del mecanismo óptimo, calculando el número medio de lectores vecinos para cada lector mediante una sencilla formulación extraída de la teoría de grafos de disco unitarios aplicado a redes de sensores. El planteamiento teórico ha sido descrito, y actualmente se está trabajando en la obtención de resultados numéricos y de simulación que avalen esta nueva propuesta.

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] Leong, K.S., Ng, M.L., Cole, P.H. (2005) "The reader collision problem in RFID systems". Proc. IEEE International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications, pp. 658–661.
- [2] EPCglobal. EPC radio-frequency identity protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID, Oct. 2008. Version 1.2.0, <http://www.epcglobalinc.org>
- [3] Bueno-Delgado, M.V., Vales-Alonso, J., Angerer, C., Rupp, M. (2010). "Study of RFID schedulers in dense reader environments". Proc. IEEE International Conference on Industrial Technology, pp 1373–1378.
- [4] Bueno-Delgado, M.V., Ferrero, R., Gandino, F., Pavon-Mariño, P., Rebaudengo, M. (2012) "A Geometric Distribution Reader Anti-collision protocol for RFID Dense Reader Environments", en revision en IEEE Transactions on Automation Science and Engineering.
- [5] Tay, Y.C., Jamienson, K., Balakrishnan (2004), H. "Collision-minimizing CSMA and its applications to wireless sensor networks". IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 22(6), pp.1048–1057.
- [6] Ferrero, R., Gandino, F. (2011) "Degree Distribution of Unit Disk Graphs with Uniformly Deployed Nodes on a Rectangular Surface". Proc. International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications, pp. 255-262.