

La interferencia como un factor que afecta el desempeño de un sistema RFID

Interference as a factor affecting the performance of an RFID system

JULIÁN BOTERO D.

Ingeniero electrónico e Investigador de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. julian0387@hotmail.com

DAVID GONZÁLEZ

Ingeniero electrónico e Investigador de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Corrladuda1@hotmail.com

HERNÁN PAZ

Ingeniero electrónico, Investigador y Docente de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, ingeniero electrónico y docente de esta universidad. hernan.paz@hotmail.com

Clasificación del artículo: reflexión (recreaciones)

Fecha de recepción: 10 de agosto de 2009

Fecha de aceptación: 13 de noviembre de 2009

Palabras claves: RFID, interferencia, interferencia mutua, canal adyacente, patrón de radiación.

Keywords: RFID, interference, Crosstalk, channel adjacent, patron of radiation.

RESUMEN

En aplicaciones de radiofrecuencia podemos encontrar problemas, los cuales están relacionados con el tipo de entorno de cada aplicación. RFID presenta problemas en la comunicación por interferencia interna o debido a factores externos que pueden afectar el correcto funcionamiento. El objetivo de este artículo es analizar el fenómeno de la interferencia en la tecnología de radiofrecuencia RFID y posibles soluciones.

Se tomó como base los estudios realizados en [2], además, de la experiencia que se obtuvo en el diseño e implementación de un prototipo de dispensador para tarjetas de acceso a un sistema de

transporte masivo usando la tecnología RFID, el cual tuvo como objetivo agilizar el acceso y circulación de los usuarios a las estaciones y, por consiguiente, mejorar la calidad del servicio. En el desarrollo de este proyecto, se presentaron algunos inconvenientes en la comunicación por radio frecuencia entre el dispositivo lector y las tarjetas, tales como la interferencia electromagnética y la interferencia, debida a materiales presentes en el entorno. La idea principal del proyecto fue contribuir en el estudio de esta tecnología basados en nuestra propia experiencia.

ABSTRACT

In radio frequency applications we can find problems related to the type of environment for each application. RFID has communication problems due to internal interference or to external factors that may affect correct functioning. We based our study on the experience and implementation of a transportation card dispenser prototype that uses RFID. The prototype pretended to improve user

access and mobility within the stations, thus improving service quality. In the development of this project some problems in radio frequency communication occurred between the decoder and the cards, such as electromagnetic and material interference. The main objective of this project is to contribute research in the field of this technology based on our own experience.

* * *

1. Introducción

RFID¹ es una de las tecnologías que ha despertado interés y expectativa entre muchos usuarios, pues ofrece facilidades en su implementación y flexibilidad de los servicios en las aplicaciones cuando se desea utilizar; algunos tags no requieren alimentación, ocupan reducido espacio y proporcionan una identificación única para cada elemento.

Algunas aplicaciones de esta tecnología, son las siguientes: sector de distribución y logística, como es el caso del sistema de banda UHF para logística y distribución SIMATIC RF600 presentado por Siemens; éste tiene como características la alta tasa de detección de portadoras de datos, distancia de escritura de hasta 10m y compatible con los estándares de frecuencia de Europa y Estados Unidos, haciendo de éste un sistema ideal para esta aplicación específica. Otra aplicación es la utilización en transportes masivos, como la empresa canadiense Action Trailer que utiliza la tecnología RFID para hacer inventario de más de 1000 camiones de transporte, ubicados de una superficie de unas 10 hectáreas y que sustituyó una labor que tomaba muchas horas de trabajo. Entre otras aplicaciones, éstas se puede llevar a cabo gracias a que RFID

permite la localización, la identificación, el estado o cualquier otro tipo de información de los productos o personas, incluso en movimiento y sin necesidad de intervención humana. Pero así como es un sistema prometedor, por sus innumerables opciones de desarrollo y aplicaciones, también posee problemas en su implementación.

Debido a que esta tecnología se basa en la comunicación con ondas de radio, las interferencias que se pueden generar en un canal de comunicaciones de este tipo son innumerables, y es sobre este aspecto que se debe evaluar la eficiencia de una aplicación.

El diseño y la construcción de la aplicación que se nombró anteriormente, consistió en la elaboración de un prototipo de suministro de tarjetas de ingreso a un sistema de transporte masivo, para este caso Transmilenio. Los aspectos más relevantes que se tuvieron en cuenta en esta aplicación fueron: el hardware de suministro de tarjetas, el software para lograr las validaciones correspondientes para una correcta información en su carga y, por último, la interacción de éstos con los lectores y etiquetas (Readers y Tags)², los cuales aplicaron tecnología RFID.

En el desarrollo de este diseño se identificaron algunos problemas de interferencia, tanto de señales como causados por materiales, además de ruido

1 RFID (Radio Frequency Identification) es una tecnología que consiste en el almacenamiento de lectura de códigos para identificar objetos, mediante la transmisión de los mismos por ondas de radio.

2 Elementos básicos usados en RFID.

eléctrico. La interferencia que ocurría cuando dos o más tarjetas se encontraban en la zona de lectura y ocasionaban una mala captura de información, se solucionó elaborando un sistema que permitiera que las tarjetas ubicadas en el stock de almacenamiento estuvieran lo suficiente lejos de la zona de lectura para que no interfirieran con el proceso. Cuando se interponía un material entre la tarjeta y el lector, ocasionaba que no se realizara correctamente la transacción, en consecuencia, después de analizar que la potencia que utilizaba el lector usado era baja, y de realizar una serie de pruebas con distintos materiales, se logró identificar que con materiales como la madera balsa y cartón de no más de 2,5 mm se logra una correcta lectura. De esta manera se consiguió establecer una comunicación confiable entre las distintas tarjetas utilizadas y el lector.

2. Marco teórico

Interfaz de aire y campo cercano: RFID usa algunos estándares que definen y especifican el esquema de comunicación por radiofrecuencia, uno de ellos es la interfaz de aire (ISO 15693). Ésta trata acerca de puntos de ondas de radiofrecuencia, tales como modulación, frecuencias portadoras, intensidad de campos y codificación de los datos. Dicha norma es la encargada de establecer un “Alfabeto común” [10]. En las especificaciones de modulación hay normas dependiendo del direccionamiento de la comunicación, tanto de la tarjeta al reader como del reader a la tarjeta. Cuando la comunicación se dirige hacia el reader, según el estándar, se usa ASK (Amplitude Shift Keying) con un índice de modulación del 100%, una subportadora de 423.75 KHz en la cual la tasa es 6,62 Kbit/s ($f_c/2048$) para baja y 26,48 kbit/s ($f_c/512$) para alta, o dependiendo de la aplicación se usa también PSK (Phase Shift Keying) intercambiando la frecuencia entre 423,75 KHz y 484,25 KHz y con una tasa de transmisión de 6,67 kbit/s ($f_c/2032$) para baja y 26,69 kbit/s ($f_c/508$) para alta. Ahora bien cuando la comunicación se dirige a la tarjeta se utiliza únicamente ASK con un índice de modulación de 10 o 100% [8]. Entre otras especificaciones, éstas son las más relevantes al momento de trabajar con RFID para poder hacer un buen análisis del entorno y conocer cómo se comportan

las ondas en este tipo de comunicación.

El entorno, las características de transmisión, el tipo de radiación de campo de la antena pueden dar mucha información a la hora de realizar una aplicación, pues de ellos depende el alcance de la comunicación. En la teoría, se define que “Cuando las corrientes dadas por la inducción de una onda TEM circulan por un conductor cuyas dimensiones son de orden comparable a la longitud de onda equivalente (mayores a 0,1 longitudes de onda) la energía presente en el circuito puede radiarse y el circuito se convierte en una antena” [8]. Aunque la mayoría de las antenas son terminales de circuito abierto, se tiene un patrón de corriente por eso conductores. Entonces, se define dos regiones por donde la onda electromagnética radia:

- Campo cercano, el cual se refiere al patrón de campo que está cerca de la antena.
- Campo lejano, se refiere al patrón de campo que está a gran distancia de la antena

Si D es la longitud total de la antena, r la distancia desde el punto de radiación hasta un punto de medición arbitrario, se consideran las siguientes regiones de campo [11]:

Campo cercano reactivo:

$$r < 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (1)$$

Campo cercano radiado:

$$0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq r < \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2)$$

Patrón de radiación: según las características del entorno de campo electromagnético de una aplicación RFID, se puede modelar éste como un entorno de campo cercano en el cual el patrón está cerca de la antena y se pueden utilizar las ecuaciones (1) y (2) para analizar el comportamiento. Este patrón de radiación, que para el caso de RFID está descrito por el tipo de antena que se utiliza para

cada aplicación, es uno de los elementos que componen un sistema RFID genérico y se diferencia del lector, pues es el que posee la electrónica capaz de crear y decodificar las corrientes oscilantes y moduladas, mientras que son las antenas las que transforman las corrientes en ondas y las ondas en corrientes oscilantes.

Las antenas crean un campo de acción a su alrededor, tridimensional que se llama “Haz”, el propósito de una antena es la capacidad de aumentar el radio de acción y también aumentar la densidad de campo electromagnético lo máximo posible. Es decir, que cuanto más alcance y más denso sea su campo mejor leerá. Los parámetros de las antenas RFID se muestran en la siguiente figura.

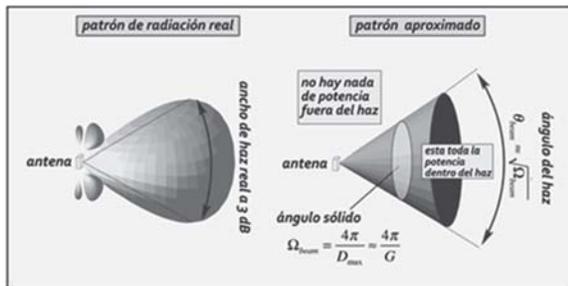


Figura 1. Patrón de radiación RFID. [12]

El dibujo de la izquierda muestra la forma 3D del campo electromagnético generado y en el de la derecha muestra su representación esquemática. Como se puede apreciar, las antenas tienen una apertura en las que puede moverse el tag para poder ser leído. Los patrones de radiación usuales en las antenas se pueden dividir en: isotrópico, omnidireccional y directivo. Donde:

- El patrón isotrópico es el que se toma como referencia.
- El patrón omnidireccional es el haz que tiene una antena clásica tipo dipolo (Tag).
- El patrón directivo es el haz de un arreglo de antenas [12].

Si se quiere, un análisis del entorno RFID, teniendo en cuenta los patrones nombrados anteriormente y los parámetros de relevancia en el patrón de



Figura 2. Patrones típicos para tags y readers. [12]

radiación debemos tener en cuenta los siguientes: densidad de potencia radiada, ganancia en relación con el haz patrón, polarización de la onda emitida y ángulo de apertura.

Entorno en aplicaciones RFID: cada patrón de radiación utilizado para modelar una aplicación depende del entorno que lo rodee y en cada caso presenta distintos inconvenientes.

Tabla 1. Comparación aplicaciones rfid

Aplicación	Entorno	Inconvenientes Frecuentes
Trazabilidad de productos	Ambiente múltiple (Aire libre o cerrado)	Distancias, empaquetado del producto, interferencia mutua.
Sistemas de seguridad	Ambiente cerrado	Interferencia por materiales, gran cantidad de dispositivos.
Cadena de suministros	Ambiente de transporte	Distancias, potencia e interferencia mutua.
Gestión de activos	Ambiente cerrado	Interferencia mutua.
Transporte masivo	Ambiente abierto	Interferencia mutua, colisión.
Monitoreo de animales	Ambiente abierto	Distancias, niveles de potencia altos. colisión.
Monitoreo de animales	Ambiente abierto	Distancias, niveles de potencia altos.

La ecuación de transmisión de un sistema RFID predice la potencia de la señal recibida. Una primera forma de la ecuación de alcance de esta tecnología es:

$$R = \left[\frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 P_r} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

P_t = Potencia emitida por la fuente.

G_t = Ganancia de la antena transmisora en la dirección considerada.

G_r = Ganancia de la antena receptora en la dirección considerada.

λ = Longitud de onda.

P_r = Potencia recibida en el receptor.

R = Es la distancia entre el reader y el tag.

Esta ecuación de alcance es obtenida de la ecuación de transmisión³ por simple proceso aritmético; además, de esto la expresión no da el alcance máximo que pudiera llegar a tener un sistema de comunicaciones RFID; simplemente, sirve para obtener el alcance una vez conocidos los parámetros que se encuentran en el lado derecho de la ecuación, si se quiere una ecuación que proporcione el máximo alcance se deben tener en cuenta dos supuestos teóricos: 1) la potencia recibida en el receptor P_r disminuye cuando aumenta el alcance R , y 2) existe una potencia mínima recibida $P_{r\ min}$. Lo que se verifica con la siguiente ecuación:

$$R_{\max} = \left[\frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 P_{r\ \min}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

La presencia de una $P_{r\ \min}$ en el extremo receptor está directamente relacionada con el efecto nocivo del ruido, la interferencia, la multitrayectoria y el desvanecimiento de la señal transmitida, luego es conveniente expresar la $P_{r\ \min}$ en términos de la mínima relación señal a ruido $\left(\frac{S}{N}\right)_{\min}$:

$P_{r\ \min} = \left(\frac{S}{N}\right)_{\min} * P_n$, donde P_n es la potencia del ruido en los circuitos de recepción.

El análisis matemático de señales de información contaminadas de ruido a la salida del detector en el receptor, se puede considerar como un proceso estocástico. Un primer acercamiento al cálculo de la potencia del ruido aditivo, blanco y gaussiano es P_n :

3 Ecuación de transmisión: $P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi R)^2}$

$P_n = N_0 B_n$ donde B_n es el ancho de banda del ruido del receptor y es la densidad de potencia del ruido; depende de la temperatura de ruido del sistema receptor y está expresada como sigue:

$N_0 = kT_s$, en donde k es la constante de Boltzmann y T_s la temperatura de ruido del sistema en grados Kelvin. Con la ayuda de las anteriores ecuaciones se puede expresar $P_{r\ \min}$ como:

$P_{r\ \min} = \left(\frac{S}{N}\right)_{\min} * kT_s B_n$, Con lo que la ecuación de queda como:

$$R_{\max} = \left[\frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 \left(\frac{S}{N}\right)_{\min} * kT_s B_n} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

3. Análisis de la interferencia

Cuando se pretende desarrollar una aplicación basada en tecnología de radiofrecuencia es preciso, examinar varios factores que pueden limitar el correcto funcionamiento de la tecnología, como son sus potencias y características de recepción y transmisión, etc.

Existen diversos factores que pueden afectar el correcto funcionamiento de un sistema de radio frecuencia; la mayoría de ellos están relacionados con la atenuación, el ruido, la distorsión y la interferencia. Estos problemas se presentan por las limitaciones del mismo sistema y por el proceso de comunicación a través del canal, debido al entorno, el cual se convierte en un punto de divergencia y problemática en estos sistemas.

El entorno de trabajo de un sistema es uno de los parámetros con mayor trascendencia en éste. Ya que sobre él recae gran parte de la responsabilidad

4 B_n en esta definido como: $B_n = \frac{1}{G_0} \int_{f_1}^{f_2} G(f) df$ donde

G_0 es la ganancia a la frecuencia de máxima ganancia, $G(f)$ es la ganancia de la potencia captada expresada en términos de la frecuencia, finalmente f_1 y f_2 son frecuencias para las cuales $G(f)$ es significativamente mayor que cero.

del correcto funcionamiento y de que todos los parámetros intrínsecos en él, también funcionan de forma adecuada, lo cual se irá corroborando.

Para identificar las características del canal de transmisión es necesario realizar un modelo matemático de éste; sin embargo, será posible construirlo para un sistema de comunicación específico y no para la generalidad de los casos, dadas las particularidades que pueden llegar a tener las diversas aplicaciones de radiofrecuencia. Para los sistemas de comunicaciones RFID, no existe un modelo de canal específico, por lo cual se sugiere adoptar los mismos procedimientos que se usan en la tecnología WLAN⁵.

Las interferencias son causa de errores en las comunicaciones y tipos; en este artículo se estudian principalmente dos de las más comunes: la interferencia por acceso y la interferencia debida a los materiales presentes en el entorno de comunicación: metal, elementos traslucidos, y otros materiales conductores.

Interferencia por acceso múltiple: se divide en interferencia mutua (crosstalk), interferencia de canal adyacente e interferencia isofrecuencial. Estos tipos de interferencia dependen de las aplicaciones RFID y cada uno de ellos tienen estrategias de solución distintos, examinemos cada una de estas interferencias.

La interferencia mutua, se conoce como Crosstalk y se presenta cuando dos o más lectores detectan, procesan e incorporan a un sistema común, la información de una misma etiqueta; la causa de esta falla se debe a la mala instalación y sincronización de las antenas, sobreponiendo áreas de cubrimiento.

Existen métodos para solucionar este tipo de problemas: cuando se puede especificar un área delimitada para cada lector de interrogación.

La manera correcta de solucionar el problema es asignar antenas a cada lector con una potencia adecuada, de tal manera que el alcance se reduzca a su área correspondiente y no interfiera con la de las demás, sin embargo, se puede tener delimitada el área, pero, la potencia emitida es alta, porque se requiere penetrar barreras físicas; en este caso, se debe tomar una adecuación física de la zona del lector. Por ejemplo, apantallamiento con una red conductora, de tal manera que los conductores se puedan aislar mutuamente.

Ahora bien, otra solución que es eficiente, si no se requiere una lectura continua, es el uso de un habilitador del lector que se active únicamente en el momento que sea necesario, como un sensor infrarrojo; que en un momento específico de la orden de lectura, haciendo que los lectores estén siempre en estado apagado y sólo se usen en intervalos de tiempo cortos cumpliendo su función, pero, a la vez, evitando la interferencia, el uso innecesario del lector y ahorrando potencia.

Otro tipo de interferencia es la de **canal adyacente**; éste se debe a señales fuertes en frecuencias cercanas de portadoras moduladas en RFID. Esto ocasiona superposición de señales en bandas laterales que provocan distorsión de intermodulación; sin embargo, este inconveniente se puede solucionar de manera óptima haciendo un buen diseño de los filtros RF en el reader.

La interferencia isofrecuencial es la más común y ocurre cuando el lector está recibiendo simultáneamente señales a la misma frecuencia, causando así una tasa de error de bit. En muchas de las aplicaciones de RFID, se presenta el escenario en el cual un lector debe recibir información de varias etiquetas al mismo tiempo, y debe tener un procedimiento adecuado para que toda la información se reciba y se almacene adecuadamente. Existen varios estándares para evitar este tipo de problemas, de manera que se solucionen eficientemente. La FCC (Federal Communication Commission) estableció una técnica llamada salto de frecuencia, la cual evita este tipo de interferencia y hace que los lectores salten de canal en canal de una manera pseudo-aleatoria, así se reduce la probabilidad de que se esté trabajando a una misma frecuencia. En

5 WLAN (Wireless Local Area Network) es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizable como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de estas. Utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas.

Europa, la entidad encargada de regular la tecnología RFID estipuló que un lector no puede estar en funcionamiento más del 10% del tiempo, este método es llamado ciclo de tareas; sin embargo, esta manera de lectura presenta evidentemente problemas para aplicaciones de alta velocidad y fue cambiada a la técnica de frecuencia ágil, en la cual el lector escucha primero el canal antes de transmitir por éste.

Interferencias debidas a materiales presentes en el entorno:

se deben a la susceptibilidad de las ondas electromagnéticas a ser cambiadas en sus trayectorias por medios físicos presentes en el entorno. Muchas aplicaciones RFID involucran etiquetas sobre productos o superficies que pueden afectar su lectura y su escritura de las mismas. En estos productos o superficies están presentes ciertos materiales que por sus propiedades físicas interfieren con la adecuada propagación de las ondas electromagnéticas afectándolas en amplitud frecuencia y fase.

Materiales traslucidos, líquidos y ferromagnéticos frecuentemente se ven involucrados en aplicaciones RFID y son causa de desvanecimiento e interferencia en las ondas RF, por lo que es sobre éstos que recae un mayor énfasis cuando de aplicaciones RFID se trate. Cada uno de estos elementos causa un efecto diferente en la onda, pero, en la superposición de éstas interferencias terminan desencadenando una mala lectura de los datos que contienen los tags, lo que causaría inconveniente serios, creándose datos erróneos y alteraciones en la trazabilidad de los procesos.

De los efectos que genera cada material sobre las aplicaciones, se puede encontrar lo siguiente: las cajas de cartón, líquidos, ventanas o cristales y algunos revestimientos, causan atenuación en la señal haciendo que sea necesario el uso de más potencia para la lectura; ejemplo: los productos de vidrio y gran cantidad de empaques que lleven en su interior etiquetas deber ser analizados para que la atenuación que cause dicho material no afecte demasiado la aplicación. Los planos conductores que se encuentren en el camino de la señal de

lectura la absorben, haciendo imposible la lectura, por lo cual es importante que las pruebas y las planeaciones de las aplicaciones se hagan en el entorno real en el que se van a desarrollar, tratando de tener una trayectoria limpia para la señal. Cuando estos planos conductores están muy cerca de la antena, tienden a hacerse parte del sistema, cambiando las trayectorias de las ondas causando problemas de interferencia mutua y afectando la correcta lectura del transpondedor. Otro efecto negativo de la cercanía de los planos conductores a la antena es la reflexión total o parcial de la señal, así como otros efectos indeseados.

4. Soluciones a la problemática planteada

En el mundo existen varias compañías que tienen que superar estos inconvenientes, como es el caso de las empresas embotelladoras de bebidas alcohólicas en el reino unido, Lynx Express que trabaja en el transporte de jaulas metálicas y, en general, los productos como comidas enlatadas, productos químicos y las industrias de caucho sintético. Otra estrategia es la disposición de varias tarjetas en cascada en un mismo producto trabajando a distintas frecuencias, aunque el precio y el costo tengan un valor agregado. Estas soluciones no son las más óptimas, pero son un esfuerzo por controlar la interferencia de las ondas de radio en aplicaciones RFID.

El protocolo RuBee (IEEE 1902.1) se presenta como una alternativa de solución al problema de la interferencia causada por materiales que afectan la propagación de las ondas RFID; este protocolo funciona de manera distinta que RFID, pues su operación se basa en ondas magnéticas y no tiene problemas de interferencia con materiales líquidos o metálicos, que es una de las deficiencias de RFID. Aunque trabajar con las ondas magnéticas suene muy llamativo, pues estas señales pueden pasar incluso a través de la roca, la idea no es reemplazar la tecnología RFID, sino complementarla, ya que RuBee sólo puede realizar diez lecturas por segundo contra las cien y docientas que puede realizar RFID.

5. Conclusiones

Según cada una de las aplicaciones, se puede ver qué tan necesario es utilizar una tecnología como ésta, y si las interferencias que se manejan requieren o no la atención de una de las soluciones. Si se desea implementar un sistema de aplicación que utilice la tecnología RFID eficientemente, es bueno tener en cuenta todas estas posibles interferencias, tanto las del medio como las propias de cada aplicación e indagar en las posibles soluciones que existen.

Es importante tener claro la diferencia que existe entre todas y cada una de las interferencias RFID, ya que de no ser así, se puede prestar para confusiones en la corrección de los problemas que vayan surgiendo en la aplicación que utilice esta tecnología.

En el desarrollo y el avance de las comunicaciones, los medios inalámbricos cada vez se están comenzando a ver con mayor énfasis en el desarrollo de las aplicaciones y sistemas de comunicación. Debido a la cantidad de facultades de la tecnología y la facilidad de trabajo en diferentes entornos ésta se hace muy llamativa. Sin embargo, como se analizó a través de este documento este tipo de comunicaciones, aunque aportan gran cantidad de

ventajas, hay factores externos intrínsecos a la utilización de esta tecnología que hacen que, en ciertos casos no sea del todo útil o por lo menos cree inconvenientes. Los factores que se evaluaron nos dan una pauta de ciertos rigores en la comunicación inalámbrica. Se sabe de la gran capacidad de esta tecnología y de los alcances que puede tener si se logra implementar de manera adecuada, pero, se debe ser consciente de todos los factores que hay que optimizar para lograrlo.

RFID, más allá de ser una tecnología inalámbrica, que usa ondas de radio, es el comienzo de una nueva generación de comunicación, que puede brindar parámetros específicos en una comunicación. Además de otorgar beneficios adicionales, como bases de datos, manejo con diferentes materiales, compatibilidad en los diferentes entornos, frecuencias y afinidad entre países para la homologación de ésta.

Aunque en este momento se posee diversos inconvenientes, con diferentes temas referentes a la tecnología, se han ido solucionando y cada vez se está evolucionando la idea de poder implementar dicha tecnología con beneficios concretos y de gran importancia en la vida cotidiana.

Referencias

- [1] C. Fennig y ODIN technologies EPC Global, Interferencia en lectores RFID Laboratorio ODIN technologies Dulles, VA julio de 2005.
- [2] J. Dobson y NCR Corporation. 50 Ideas for revolutionizing the store through RFID. 2003.
- [3] F. Klaus. RFID Handbook: Fundamentals and applications en contactless smart cards and identification. Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd. 2003.
- [4] II. Sweeney y J. Patrick. RFID for Dummies. Wilie publishing 2005.
- [5] EPC Global, EPCglobal Tag Data Standard, Versión 1.4, 2008.
- [6] Xiaoyong Su, Chi-Cheng Chu, B.S. Prabhu, Rajit GDA On tej creation of automatic indetification and data capture infrastructure via RFID. University of California, Los Angeles.

- [7] L. Youbok. Microchip Technology Inc. Antenna Circuit Design for RFID Applications, AN710 2003, Pdf.
- [8] H. Paz Penagos. Sistemas de comunicaciones digitales. Primera edición, editorial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2009.
- [9] V.J. Acevedo Durán Víctor José, A. García Sandoval Alejandro y J.S. Sandino Ariza Juan Sebastián. Sistema de registro y control de salida de elementos mediante dispositivos RFID. Pontificia Universidad Javeriana, 2004.