

Desarrollo de sistema embebido autónomo de márketing de proximidad en tecnología Bluetooth

Embedded system development marketing autonomous with Bluetooth proximity

Hermes Galvis Mejía*, Plinio Neira Vargas**

Resumen

En Europa y parte de Asia, el márketing de proximidad con Bluetooth se ha masificado en los últimos cuatro años, sin embargo en Colombia aún no se ha logrado promover esta forma de publicidad debido al desconocimiento de la tecnología. En este artículo, se presenta el desarrollo de un sistema embebido de funcionamiento autónomo e independiente de software de alto nivel, que utiliza la tecnología Bluetooth para transmitir mensajes a dispositivos móviles y puede facilitar la masificación del márketing de proximidad en Colombia. Mediante un proceso de desarrollo por etapas se obtuvo un prototipo en el cual se integraron un microcontrolador, un módulo Bluetooth y una memoria SD con FAT16. Se comprobó el funcionamiento del sistema en un evento de exposición de pinturas, donde se detectaron 52 aparatos y el 20 % de estos recibieron el mensaje. Adicionalmente, el dispositivo puede operar sin la comunicación con un computador. El dispositivo, contribuye al cambio de paradigmas de márketing como los que trata la publicidad convencional; además, puede mejorar las campañas ambientales reduciendo el consumo de papel. Muchas posibilidades con variaciones del prototipo, pueden ser aplicadas de forma masiva tales como: márketing, apoyo en eventos masivos, guías turísticas, entre otras.

Palabras claves: Márketing de proximidad, Bluetooth, sistema embebido, OBEX, memoria SD.

* Especialista en Gestión de Software. Líder en procesos de desarrollo de sistema de costos ABC. ESE Hospital Gilberto Mejía Mejía. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: hermesagm@gmail.com.

** Especialista en Gestión de Software. Director de Informática. Coordinador Diseño y Desarrollo Sistema de Mantenimiento Biomédico. ESE Hospital Gilberto Mejía Mejía. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: Plinio.ise@gmail.com.

Abstract

In Europe and parts of Asia, the Bluetooth proximity marketing has become massive in the last four years, but in Colombia has not been able to promote this form of advertising because of the lack of technology. In this article, the development of an embedded system of autonomous operation, which uses Bluetooth technology to transmit messages to mobile devices and can facilitate the mass marketers proximity in Colombia is presented. Through a process of phased development a prototype in which a microcontroller, a Bluetooth module and an SD memory with FAT16 were integrated was obtained. System performance was tested in a painting exhibition event, where 52 devices were detected and 20 percent of them got the message. Additionally, the device can be operated without communication with a computer. The device contribute to the marketing paradigm shift as it is conventional advertising, and it can improve environmental campaigns by reducing paper consumption. Many possibilities with variations of the prototype, can be applied on a large scale such as: marketing, support for massive events, tour guides, among others.

Keywords: Proximity marketing, Bluetooth, embedded system, OBEX, SD memory.

Introducción

Debido al volumen de penetración que quieren tener las empresas para captar la atención del cliente, hoy se observa la saturación de papeles en diferentes formatos publicitarios provocando un gran problema: la contaminación como consecuencia de la generación de residuos sólidos y la poca efectividad en la transmisión del mensaje generan la necesidad de cambiar los paradigmas de comunicación. «La reducción, tratamiento y confinamiento de los residuos sólidos urbanos es una de las mayores preocupaciones medioambientales de las sociedades modernas» (Gándara, 2010).

Con el desarrollo tecnológico, se ha hecho posible el surgimiento de diferentes formas de comunicación, en especial la inalámbrica. Según Chen, Chou, Lin, Lin y Yuan (2008), los dispositivos móviles como celulares, computadores y teléfonos inteligentes están dotados de tecnología Bluetooth para la transmisión de archivos de manera inalámbrica y como aporte de su investigación, mostraron que en un supermercado fue posible reducir los costos de distribución de volantes usando el sistema de publicidad con Bluetooth; en otras palabras, el supermercado entregó su publicidad sin necesidad de recurrir a imprimirla; esto indica que Bluetooth es una de las mejores herramientas para el intercambio

de mensajes entre una variedad de dispositivos móviles.

El uso de esta tecnología como herramienta de mercadeo solo tiene lugar de forma masiva en países de Europa, Norteamérica y parte de Asia; existen investigaciones basadas en sistemas embebidos como las propuestas por Reaz, Alam, Kamal y Alam (2004) y Jianbi (2011) que fueron desarrolladas con sistemas de alto nivel; la primera requiere de un computador para conectar el dispositivo mediante un conector USB y la segunda es un desarrollo de software sobre un teléfono móvil. En Colombia, solo unas pocas aplicaciones han sido desarrolladas en software para computadores y teléfonos celulares como la realizada por Parra, Sabogal y Castellanos (2012); además, existen empresas de publicidad que ofrecen el servicio de máquetin Bluetooth pero no diseñan los dispositivos. A nivel de sistemas embebidos, los dispositivos de máquetin utilizados requieren de la integración con un sistema de *software* de alto nivel para su funcionamiento. La investigación realizada, se enfocó en el desarrollo de un prototipo embebido para máquetin de proximidad con tecnología Bluetooth, independiente de un *software* de alto nivel, que aprovecha algunas de las potencialidades de la tecnología: ubicuidad, reconocimiento a nivel mundial y la transmisión sin costo del mensaje,

característica que contribuyen a la masificación del máquetin de proximidad en Colombia. Ho (2006) refiere que con la tecnología Bluetooth se pueden difundir mensajes de manera digital de una forma que no ha sido posible lograr con otras tecnologías; esto implica que se tiene un gran potencial para ser explotado en aplicaciones innovadoras que requieran la transmisión de información utilizando dispositivos móviles como receptores.

Con este artículo se pretende mostrar la metodología de desarrollo del prototipo del sistema embebido para máquetin Bluetooth y los resultados acerca de su funcionamiento con pruebas de envío de objetos a teléfonos móviles.

Chen, Chou, Lin, Lin y Yuan (2008) definen Bluetooth como una tecnología para transferencia de datos de forma inalámbrica en cortas distancias que opera en la banda de frecuencias de 2,4—2.485 GHz llamada ISM (industrial, científica y médica). Para minimizar las interferencias con otras tecnologías inalámbricas que utilizan la misma banda de frecuencias, como WiFi, Zigbee, RFID, etc., Bluetooth emplea una técnica de saltos de frecuencia (Bensky, 2007); esta, por sus siglas FHSS (*Spread spectrum, frequency fopping*) indica que la rata de una señal *full* dúplex es de 1600 saltos/segundo, lo cual disminuye las posibilidades de que una onda electromagnética sea interceptada.

Como toda tecnología de telecomunicaciones, Bluetooth está soportada por una pila de protocolos, desde banda base hasta protocolos de aplicación. Según Liu, Sun, Zhao, Yao y Zhang (2012), está dividido en cuatro grupos: protocolos de banda base BP (*baseband protocol*), protocolos de administración de enlace LMP (*link management protocol*), protocolo de adaptación y control lógico de enlace L2CAP (*logical link control adaptation protocol*). En la jerarquía de protocolos existe uno que predomina en cada nivel: adaptación L2CAP, transporte RFCOMM

(*radio frequency communication*), sesión OBEX (*object exchange protocol*) y en el de aplicación existen diferentes protocolos de alto nivel.

Bluetooth tiene una estructura de perfiles que son el pilar de las aplicaciones. Un perfil es una especificación de alto nivel que define el comportamiento para aplicaciones específicas (SIG, Special Interested Group, 2012) y tiene relación directa con los protocolos que hacen su implementación. Al igual que los protocolos, los perfiles se dividen en tres grupos jerárquicos: perfil de acceso genérico GAP (*generic access profile*), perfil de puerto serial SPP (*serial port profile*) y perfil de intercambio de objetos genérico GOEP (*generic object exchange profile*); cada uno de estos grupos, tiene perfiles de uso especializado.

El desarrollo de la tecnología Bluetooth está evolucionando gracias a los nuevos perfiles que implementan servicios para aplicaciones de salud, deporte, automovilismo, etc. El núcleo del proyecto es el perfil OPP (*object push profile*) que hace parte de GOEP (SIG, Special Interested Group, 2005). Para más detalles técnicos acerca de la tecnología Bluetooth, referirse a Perterson, Baldwin y Kharoufeh (2006).

El desarrollo del dispositivo se realizó en cuatro etapas: análisis, diseño, implementación y pruebas. Los elementos utilizados para la construcción del prototipo fueron: módulo Bluetooth, microcontrolador, *slot* memoria SD y elementos electrónicos para la integración del sistema. El sistema desarrollado muestra una faceta diferente de los sistemas de máquetin, ya que es un dispositivo autónomo y no requiere interacción con un computador para su funcionamiento; utiliza el microcontrolador como coordinador de las acciones que se realizan con la memoria SD y el módulo Bluetooth; este hace uso del *driver* que manipula el sistema de archivos FAT16 para solicitar a la memoria SD la lectura de un objeto (archivo); posteriormente, el *driver* que

controla el Bluetooth realiza la transferencia del archivo a los dispositivos móviles que aceptan la recepción.

Metodología

Para el desarrollo del prototipo, se recurrió a una metodología orientada por el proceso de ingeniería de *software*, enfocada también al *hardware*. Consistió de una etapa de análisis, la cual tuvo como objetivo comprender el problema, así como las tecnologías que contribuirían a la solución del mismo, otra etapa de diseño donde se crearon diagramas que dan la solución al problema planteado dando como resultado la arquitectura del sistema, posterior a esto una etapa de pruebas donde se comprobó la funcionalidad del sistema y, finalmente, la implementación que puso en funcionamiento el producto en un ambiente real.

A continuación se describen cada una de las etapas de la metodología:

Análisis

Se requería un prototipo que enviara objetos, autónomo, portátil, independiente de un *software* de alto nivel y de fácil manejo. Se analizaron diferentes tecnologías inalámbricas y Bluetooth cumplió con los requerimientos: ubicuidad, transmisión sin costo y envío de objetos. Luego de consultar las funcionalidades del módulo, se tuvo la necesidad de un microcontrolador y un medio de almacenamiento de objetos. Para almacenar los objetos se analizaron diferentes opciones: banco de integrados de memorias con protocolo I2C, el cual fue descartado debido a la rigidez que tendría el sistema al estar quemada en *hardware* y, además, se requerían procesos para la actualización de los objetos y no cumplía con el estándar *plug & play*. Otra opción consistió en integrar un dispositivo de almacenamiento externo que fuera *plug & play*; entre este tipo se encontraron memorias USB, SD y micro SD. Finalmente se eligió la memoria SD.

Diseño

Desde la época de los 80, personajes como Jacobson, Rumbaugh y Booch se encontraban trabajando en el problema que implicaba entender un sistema a partir de la lectura de las líneas de código, donde el coordinador de desarrollo imponía cambios al programador y este refulataba; al final terminaban discutiendo debido a que ninguno entendía con claridad el sistema modelado. A pesar de que existe un estándar para el análisis y diseño de sistemas como lo es UML (*unified modeling language*) soportado por OMG (grupo de administración de objetos), no se enfoca directamente en el modelado de sistemas embebidos, pero sería una buena práctica tomar esta metodología y aplicarla directamente en este campo. Sin embargo, para la solución del problema, se estructuró el diseño en diagramas, abstrayendo cada parte como un objeto y no como un bloque secuencial de código.

El diseño del sistema embebido se realizó en dos etapas: estructuración de los módulos *hardware* y modelamiento del *firmware*. La primera etapa consistió en diseñar las conexiones de los módulos y estructurar sus características, de tal forma que cumplieran con el objetivo del problema: transmitir un objeto por Bluetooth.

El módulo Bluetooth seleccionado soporta los siguientes perfiles: GAP (*generic access profile*), SDP (*service discovery profile*), SPP (*serial port profile*) y Generic OBEX Push/Pull Client, que son indispensables para las acciones que intervienen en el proceso de descubrimiento de servicios, envío de comandos AT y transmisión-recepción de objetos respectivamente. Este módulo es un integrado de clase 1, el cual incorpora amplificación de potencia, bajo ruido que maximiza los enlaces RF para proveer grandes rangos de cobertura; está diseñado para integración de aplicaciones a bajo costo y es implementado con la versión 2.0 de Bluetooth. Posee alta sensibilidad y ganancia que provee un excelente rango de cobertura. Típicamente en espacio abierto

podrían alcanzarse los mil metros con una potencia de transmisión de 65 mW. Está basado en el chip «Cambridge Silicon Radio's BlueCore 04 chipset». Implementa un procesador virtual utilizado para procesar comandos AT.

El microcontrolador es el encargado de coordinar las acciones entre los diferentes dispositivos (módulo Bluetooth, memoria SD, leds indicadores y demás periféricos requeridos). Proporciona las herramientas necesarias: protocolos de comunicación, puertos digitales y análogos, reloj del sistema, memoria, entre otros elementos que se requieren para realizar las tareas de gestión del sistema a bajo nivel. Los módulos principales que se utilizan son comunicación serial y SPI. Debido a las limitantes de memoria que tiene

el microcontrolador, además de la versatilidad que se requiere en el desarrollo del sistema, fue necesario un medio externo de almacenamiento para los objetos e interacción con el usuario.

Luego de analizar diferentes opciones de almacenamiento, se optó por trabajar con una memoria SD. En su implementación de FAT16, es abierta y con disponibilidad para acceder al sistema de archivos liberado por Microsoft.

La interacción entre la memoria y el microcontrolador se realiza con el protocolo de comunicación SPI y entre el microcontrolador y el módulo Bluetooth con el protocolo de comunicación serial.

En la figura 1 se muestra la arquitectura del sistema:

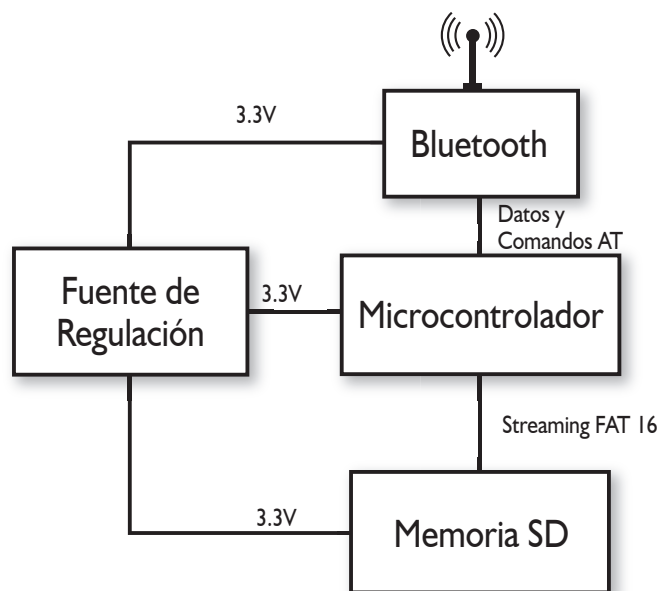


Figura 1. Arquitectura del sistema.

La segunda etapa del diseño consistió en modelar el sistema embebido; este está compuesto por diferentes módulos, por lo cual fue necesario desarrollar *drivers* para integrarlos.

El núcleo del sistema está constituido por

el microcontrolador; se utilizaron rutinas de programación mapeadas en lenguaje C sobre las instrucciones de ensamblador propias del procesador.

El sistema coordina la interacción entre el micro-

controlador, la memoria SD y el módulo Bluetooth. Para llevar a cabo lo anterior, fue necesario implementar procedimientos para el control de comunicaciones y manejo de periféricos. Luego de identificar los protocolos que comunican el microcontrolador con los diferentes módulos, se pasó a la etapa de diseño de cada uno de los *drivers*. El *driver* de la memoria está compuesto por tres bibliotecas que sirven para manipular datos y comandos por medio del protocolo SPI, control y el sistema de archivos

FAT16. Para el desarrollo del *driver*, se estudió el protocolo SPI y la especificación del sistema de archivos FAT16, para acceder a las funcionalidades de la memoria, que son leer, escribir y abrir archivos.

Posteriormente, se diseñó el *driver* para el módulo Bluetooth. Se enfocó en las funcionalidades de *streaming* para la transmisión de archivos, configuración y acciones previas a la transmisión. En tabla 1 se muestran los métodos desarrollados en el *driver*:

Tabla 1. Métodos desarrollados para interacción con el modulo Bluetooth

Proceso	Descripción
Habilitación del perfil SDP (<i>service discovery profile</i>)	Habilita el módulo Bluetooth para ser descubierto y así permitir conexión con otros dispositivos.
Habilitación del perfil SPP (<i>serial port profile</i>)	Establece comunicación serial con el microcontrolador para el envío de comandos AT.
Habilitación del perfil genérico para intercambio de objetos GOEP (<i>generic object exchange profile</i>).	Necesario para el funcionamiento del perfil de intercambio de objetos OBEX.
Habilitación del perfil utilizado para la transferencia de objetos OBEX (<i>object exchange profile</i>)	Establece el dispositivo Bluetooth como cliente para intercambiar objetos con dispositivos servidores como por ejemplo el Bluetooth de un celular.
Búsqueda de dispositivos	Realiza un escaneo de los dispositivos Bluetooth que se encuentran activos.
Establecimiento de sesión OBEX con dispositivo encontrado.	Establece una sesión para intercambiar archivos con un dispositivo Bluetooth servidor.
Envío de datos mediante <i>streaming</i>	Envía los datos de un archivo a un dispositivo Bluetooth que haya aceptado la sesión OBEX.
Cerrar sesión OBEX	El dispositivo Bluetooth cierra la sesión OBEX para liberar la comunicación.

Para la integración de la arquitectura con los métodos, se realizó un programa coordinador compuesto por una máquina de estados que permite la interacción entre los dispositivos y el *firmware*.

Implementación y pruebas de integración

Teniendo los diseños depurados, se procedió a implementar el *hardware* requerido en una placa base para ensamblar los diferentes dispositivos del prototipo. Basados en la arquitectura

diseñada, se planteó un trabajo por etapas de integración para cada módulo que, luego de ser instalado, se probó individualmente.

La primera etapa se inició con el módulo SD y el microcontrolador, donde se realizaron pruebas de acceso de lectura, escritura, creación y borrado de archivos; posteriormente los resultados de las pruebas fueron aceptables para los requerimientos del sistema. El proceso crítico de esta etapa fue la codificación del proceso de *streaming* que consistió en dividir los archivos

provenientes de la memoria en paquetes (según FAT32); la prueba para este proceso se realizó mediante un ejercicio de *loopback* de lectura y escritura entre la memoria y el microcontrolador. En la segunda etapa, previamente a la integración del módulo Bluetooth en la placa base, se conectó el dispositivo con un equipo de cómputo mediante un cable serial RS 232, con los que se realizaron pruebas de conectividad y funcionalidad desde una aplicación hiperterminal para verificar la transmisión y recepción desde el módulo. Posteriormente, se conectó el módulo Bluetooth en la placa base que tenía conexión directa con el microcontrolador y se realizaron pruebas de transferencia entre ambos dispositivos hasta obtener resultados aceptables.

La integración del *hardware* con los métodos de *software* constituyó un proceso crítico, ya que la implementación y las pruebas se realizaron con un lenguaje de bajo nivel que no poseía un *framework* específico para la aplicación como un sistema operativo base con componentes reutilizables. Otro aspecto importante fue la limitación de memoria del microcontrolador, que obligó a utilizar una externa para el almacenamiento de los objetos. También se tuvieron en cuenta los retardos de los procesos para obtener tiempos aceptables de respuesta del sistema.

El proceso que controla el sistema embebido se implementó utilizando una FSM (*finite state machine*) que consiste en una secuencia de decisiones dependientes de eventos que pueden modificar algunas variables que llevan al sistema a un estado determinado. Por ejemplo, un temporizador, cuando llega a un valor deseado, puede provocar el evento de cambio en los estados de un semáforo y de esta forma modificar el comportamiento del sistema. El estado inicial del sistema consiste en configurar los módulos SD, microcontrolador y Bluetooth, luego se comprueban las conexiones físicas entre los diferentes dispositivos. Posteriormente se inicia un ciclo «infinito» de operación del sistema que

comienza con el descubrimiento de dispositivos Bluetooth mediante la operación de escaneo. Para cada dispositivo encontrado se envía una petición de establecimiento de sesión OBEX; si esta es aceptada, comienza el proceso de *streaming* que inicia desde el módulo SD, pasando por el microcontrolador hasta el módulo Bluetooth que lo envía a la estación con la que se estableció la sesión, donde se empaqueta el objeto transmitido. Finalmente se cierra la sesión y se repite el mismo procedimiento para los dispositivos encontrados. El proceso descrito se visualiza en la figura 2.

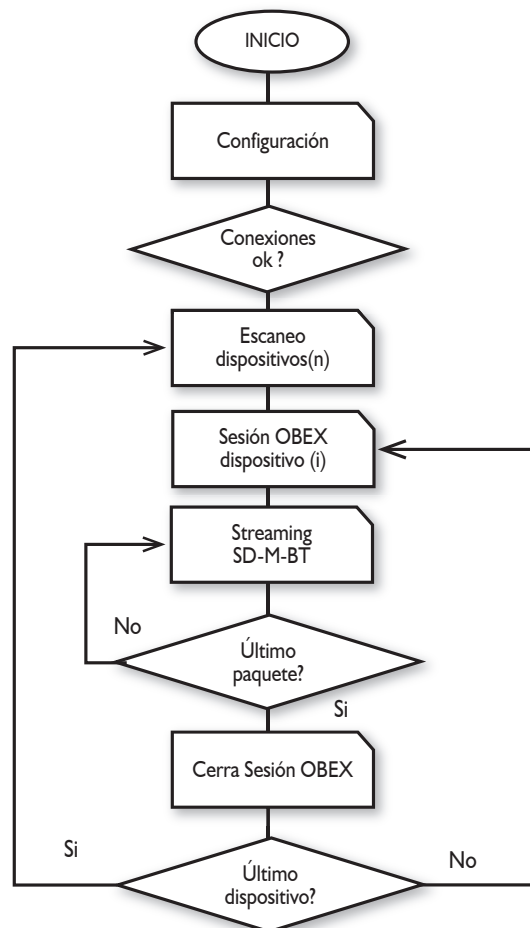


Figura 2. Proceso de transmisión de objetos con Bluetooth.

Resultados y discusión

En un sistema embebido es indispensable utilizar una herramienta de depuración para ejecutar pruebas, de manera que, en caso de errores, se puedan detectar los puntos críticos. Fue importante adecuar un ambiente de pruebas que integrara herramientas independientes para depurar del sistema. Para el caso, se montó un prototipo con depurador en tiempo real y una herramienta hiperterminal como apoyo visual. Las pruebas fueron realizadas con diferentes dispositivos Bluetooth como destino, obteniendo resultados diferentes; sin embargo, al final de las pruebas, se observó la homogeneidad del prototipo en la funcionalidad de los dispositivos que soportan la tecnología

Bluetooth y las especificaciones desarrolladas por el SIG para la transferencia de objetos.

Se realizaron pruebas de envío de objetos creados desde el microcontrolador a dispositivos móviles, teléfonos inteligentes, agendas electrónicas, tabletas y portátiles. También se enviaron otros objetos como imágenes, archivos de texto y PDF, almacenados previamente en la memoria SD.

En las pruebas realizadas, se concluyó que la transmisión era sensible a los siguientes factores: el tiempo *time out* de aceptación o rechazo de un archivo en una sesión OBEX, la cobertura, cuando el destino se aleja del área y el tipo de objetos que soporta el dispositivo Bluetooth que son programados por el fabricante. Algunos de los resultados de las pruebas se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de las pruebas de transmisión

Prueba realizada	Resultado	Observaciones
El dispositivo destino canceló la transmisión en el proceso de <i>streaming</i> . El módulo se detuvo y no continuó enviando datos.	Problema en la transmisión.	Verificando el proceso en modo <i>debug</i> , se comprobó que el dispositivo se quedaba en un <i>loop</i> en el método OBEX <i>disconnection</i> .
Se repitió el proceso anterior en un teléfono inteligente diferente y el proceso funcionó adecuadamente.	Dudoso.	Se continuó verificando.
Se repitió la prueba anterior con otro teléfono inteligente y funcionó correctamente.	Dudoso.	Se continuó verificando.
Se repitió nuevamente el proceso anterior con un teléfono inteligente y se generó un error.	Problema en la transmisión.	Se corrigió el problema, suprimiendo un fragmento del código de confirmación de comunicación serial en el método OBEX <i>disconnection</i> .
Se envió un archivo de 32 Kb a tres Mac escaneadas. La transmisión fue exitosa para los tres destinos.	Satisfactorio.	Para el caso de prueba anterior, se adicionó una rutina de espera en la secuencia de envío de tramas Bluetooth, con el fin de estabilizar la transmisión.
Prueba de transferencia a un teléfono móvil, el cual no aceptó ni rechazó la transmisión de un archivo mientras se alejaba del transmisor Bluetooth, hasta una distancia aproximada de 40 metros con una pared de barrera, cerrando la sesión al perder cobertura. El sistema volvió a un estado conocido.	Satisfactorio.	
Prueba de transmisión de archivo a un teléfono inteligente que se encontraba aproximadamente a 12 metros de distancia con barrera de una pared: el objetivo se desplazaba y aceptó la transmisión; mientras recibía el archivo se fue alejando aproximadamente a 15 metros y culminó la transmisión con éxito.	Satisfactorio.	
Prueba de transmisión a un teléfono inteligente en movimiento: el destino aceptó la transmisión y continuó desplazándose sin terminarla; aproximadamente a los 24 metros se perdió la comunicación. La sesión OBEX fue finalizada y el sistema volvió a un estado conocido.	Satisfactorio.	
El sistema trabajó de manera autónoma durante 58 minutos sin interrupción alguna y se realizaron de nuevo las pruebas anteriores sin problemas.	Satisfactorio	

En la figura 3 se muestra el resultado de pruebas realizadas con el dispositivo. El dispositivo estuvo activo durante dos días, en total fueron detectados 84 dispositivos, 52 de estos no tenían el Bluetooth visible, 11 rechazaron el objeto enviado cuando se solicitó la confirmación de

recepción y 21 recibieron el objeto transmitido. Teniendo en cuenta que en la región no es conocida la *zona Bluetooth*, el 25 % de los objetos fueron recibidos, lo que representa un buen indicador, ya que este tipo de publicidad aún no está masificado.

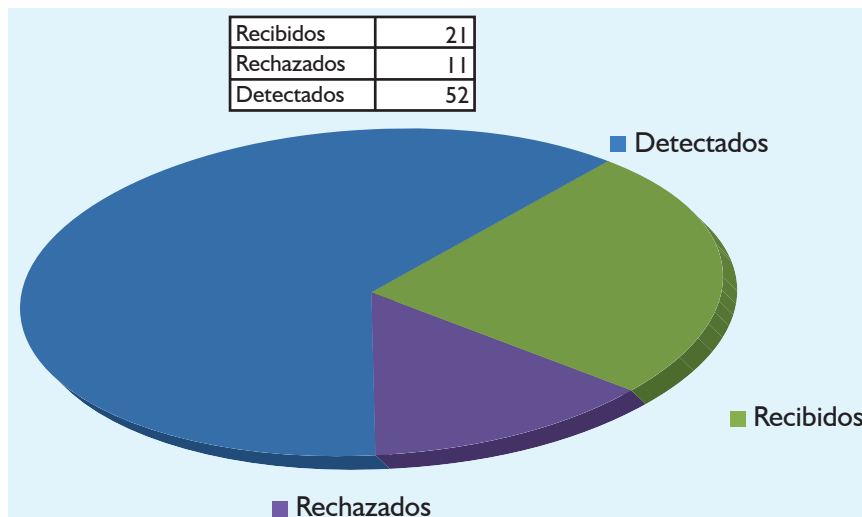


Figura 3. Pruebas realizadas en la exposición de pintura en la Universidad Católica de Oriente.

Conclusiones

La metodología empleada permitió definir el problema, los requerimientos y restricciones, plantear una posible solución, probarla e implementarla. Fue una guía de trabajo que sirvió para cumplir con cada una de las etapas requeridas para la fabricación de un dispositivo como el planteado.

El prototipo aún cuenta con limitaciones para nombrar archivos dinámicamente, programación de campañas en horarios definidos e identificación del tipo de equipo detectado, es decir, si se trata de un teléfono celular o un computador, ya que con esto se podría focalizar la publicidad solamente hacia dispositivos móviles como celulares y tabletas. Estas restricciones pueden ser mejoradas en versiones posteriores, pudiéndose

utilizar un microcontrolador de mayor nivel. Sin embargo, el sistema es funcional y cumple con las características propuestas: autónomo, independiente de un *software* de alto nivel y transmisor de objetos a dispositivos con Bluetooth.

Aunque el objetivo del sistema desarrollado era transmitir objetos, se detectó una funcionalidad paralela, que consiste en servir como sistema de rastreo para verificar el tráfico de personas que circulan por un área determinada.

Referencias bibliográficas

Bensky, A. (2007). *Wireless positioning technologies and applications*. Boston: Artech.
 Chen, Y. L., Chou, H. J., Lin, C. P., Lin, H. T. y Yuan, S. M. (4 de septiembre de 2008). A System Implementation of Pushing Advertisement

to Handheld Devices via Bluetooth. *NCM '08. Fourth International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management, 2008.*, 133-136.

Gándara, G. (2010). *Valoración monetaria de la contaminación por incineración y vertido.*

Ho, J. (2006). *Bluetooth Broadcasting.* Noruega: Norwegian University of Science and Technology.

Jianbi, Z. (2011). Design of embedded Bluetooth information broadcast system. *Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011 International Conference on*, 2142-2145.

Liu, J., Sun, G., Zhao, D., Yao, X. y Zhang, Y. (2012). MCU-Controlling Based Bluetooth Data Transferring System. *SciVerse ScienceDirect*, 2109 - 2115 .

Parra, O., Sabogal, S. y Castellanos, L. (30 de mayo de 2012). A Based Bluetooth Tourist

Service Prototype. *Computer and Information Science (ICIS), 2012 IEEE/ACIS 11th International Conference on*, 387-392.

Perterson, B., Baldwin, R. y Kharoufeh, J. (2006). Bluetooth inquiry time and selection. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 1173-1187.

Reaz, A., Alam, R., Kamal, B. y Alam, F. (2004). Application development for Bluetooth embedded systems. *Multitopic Conference, 2004. Proceedings of INMIC 2004. 8th International*, 244- 249.

SIG, Special Interested Group. (7 de febrero de 2005). *Bluetooth Specification. Version 1.1.*

SIG, Special Interested Group. (2012). *Bluetooth developer portal.* Recuperado el 2 de noviembre de 2012, de <http://developer.bluetooth.org/KnowledgeCenter/TechnologyOverview/Pages/Profiles.aspx>