

CONTROL REMOTO VÍA BLUETOOTH PARA APLICACIONES DE DOMÓTICA

Hernández Fernández Kevin Julio ², Quiroz Hernández Nicolás^{1, 2},
Ata PerezApolonio¹, Bustillos Díaz Mario.¹, Rangel H. Alejandro.¹.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Computación¹

Facultad de Ciencias de la Electrónica²

nquiroz@cs.buap.mx, apolonio@cs.buap.mx

RESUMEN

La Domótica es el área responsable del control y monitoreo de los elementos tecnológicos existente en una casa. La tendencia es comunicar los diferentes elementos de una casa de forma inalámbrica a través de radiofrecuencia o de luz. A través del diseño de una aplicación en Java Micro, se puede enviar comandos desde un dispositivo móvil (teléfono celular) con comunicación Bluetooth, a un transceptor Bluetooth genérico controlado por un microcontrolador, con el fin de utilizar este mando a distancia para el control y la supervisión de los servicios presentes en la automatización casa. Mostrando una aplicación que puede controlar algunos elementos como: luces, puertas, portones, bomba de agua, aire acondicionado, etc

1. INTRODUCCIÓN

El hogar es un campo extenso para implementar mejoras en el sentido de confort y seguridad. La domótica se ha esforzado en automatizar estas actividades para satisfacer las necesidades del usuario. Diseñar un control inalámbrico universal utilizando el teléfono celular con una interfaz amigable, se podrían controlar equipos eléctricos y electrónicos muy distintos entre sí como las luces, las puertas, la bomba de agua, el aire acondicionado, el portón eléctrico, alarmas, etcétera, utilizando la tecnología Bluetooth, esto permitiría un ahorro de componentes (diferentes controles) y baterías; así como, evitaría la fabricación de los mismos, por lo tanto, menos contaminación.

Cada vez una mayor cantidad de personas tiene un teléfono celular y la telefonía celular crece exponencialmente, la mayor venta de estos, son los que tienen la capacidad de hacer la función de una pequeña computadora, con diferentes tipos de comunicación inalámbrica, como el Bluetooth.

Las personas llevan casi siempre su celular, por lo tanto, traerían consigo un control remoto inalámbrico, personalizado, para controlar los diferentes equipos de casa que le brindan confort y seguridad.

Diseñar un sistema que cuente con comunicación Bluetooth, requiere de un módulo Bluetooth y un microcontrolador, además de una etapa de potencia para proporcionarle energía a los actuadores de los equipos eléctricos o electrónicos, siendo estos elementos relativamente económicos. Este sistema se puede flexibilizar el uso y el abanico de oportunidades donde se puede implementar este tipo de control, diferentes actividades realizadas con equipo eléctrico o electrónico en casa serán susceptible de ser controlada desde nuestro celular si le podemos agregar la comunicación Bluetooth.

2. DESARROLLO

Para realizar el control remoto con el celular, se requieren de dos etapas: 1. Diseñar una aplicación en el teléfono y 2. Una tarjeta electrónica que irá en el equipo a controlar.

Se desarrolló una aplicación en Micro edition de Java 2 (J2ME) que accede a los recursos de un teléfono celular para utilizarlo como control remoto para los equipos eléctricos y electrónicos que existan en un hogar, haciendo uso del protocolo de comunicación Bluetooth [1]. También desarrolló una tarjeta transceptora que tiene un módulo Bluetooth y un microcontrolador, que se acoplará al equipo para que este pueda ser controlado desde el teléfono celular. A continuación se describen estas dos partes.

2.1 Aplicación del celular

NetBeans es un entorno de desarrollo libre y gratuito, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java, que permite editar, compilar, ejecutar, y depurar programas. El paquete de movilidad de NetBeans (Pack Mobility) es una herramienta para desarrollar aplicaciones para la

plataforma J2ME que se ejecutan en teléfonos móviles.

La versión utilizada para desarrollar esta aplicación es la versión 7.0, la cual puede descargarse de manera gratuita desde su página oficial. NetBeans permite desarrollar la interfaz de usuario de manera sencilla con sus herramientas. Además estructurar el programa con diagrama de flujo. La interfaz de usuario puede ser modificada con la paleta de herramientas de NetBeans de forma gráfica [12] (figura 1).



Figura 1. NetBeans, Pack Mobility

Para desarrollar una aplicación en J2ME (Midlet) es importante considerar la importancia que tienen la máquina virtual, los perfiles y la configuración ya que estos elementos son los que determinarán la portabilidad de la aplicación.

La máquina virtual de Java es un programa encargado de interpretar código intermedio de los programas precompilados, a código máquina ejecutable por la plataforma, la máquina virtual proporciona al programa independencia de la plataforma, esto permite ejecutar la aplicación en cualquier dispositivo que cuente con la máquina virtual [6].

El perfil establece unas APIs que definen las características mínimas en cuanto a la configuración del hardware y software de un dispositivo, mientras que la configuración hace lo propio con una familia de ellos.

El perfil MIDP está construido sobre la configuración CLDC, y está orientado para dispositivos con características limitadas como los teléfonos celulares.

Esta aplicación utiliza la configuración CLDC 1.1 y el perfil MIDP 2.0 [5]. La aplicación tiene un menú desde el que accede a la actividad a realizar, esto crea una conexión con el módulo Bluetooth

de la tarjeta correspondiente y la prepara para recibir órdenes, cuando una orden válida es recibida, la tarjeta tendrá que activar el actuador correspondiente; la aplicación es informada de que la acción se realizó y vuelve al menú de opciones, cerrando la conexión con esa tarjeta. En la figura 2 se puede observar el algoritmo de la aplicación.

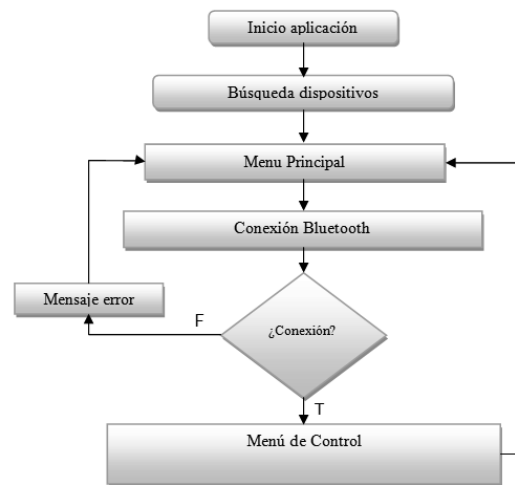


Figura. 2. Diagrama de flujo de la aplicación en el teléfono

Después de compilar la aplicación esta puede ser ejecutada y probada en el emulador de NetBeans (figura 3).

El emulador permite visualizar la aplicación desde su instalación, hasta el menú y la interfaz de usuario, con respecto a la emulación de la comunicación Bluetooth es posible verificarla. Para esto solo es necesario ejecutar dos emuladores en la misma computadora, esto se hace desde el mismo NetBeans.

La aplicación de Java puede ejecutarse en cualquier teléfono que tenga transceptor Bluetooth y máquina virtual de Java, que sea compatible con la versión del perfil y configuración.

2.2. Módulo Bluetooth

El protocolo Bluetooth es una tecnología que se desarrolló para servir como enlace inalámbrico de transmisión de datos para diferentes dispositivos. El ancho de banda que utiliza es 2.4 Ghz, una frecuencia no licenciada, su uso es libre [3,4].

El módulo que se utilizó es el BC4, un módulo Bluetooth clase 2 [3] con un alcance aproximado de 10 metros que usa un chip BlueCore4 de Cambridge Silicon Radio. Tiene la antena

integrada y soporta las especificaciones Bluetooth v2.0+EDR, tiene una velocidad de transmisión de 2Mbps o 3 Mbps y opera en voltajes de 3.3V y 5V.

Tiene una interfaz de comunicación UART y su configuración se realiza vía comandos AT. El diseño de la tarjeta controladora utilizó un microcontrolador que está a la espera de las instrucciones que se envían desde el teléfono. Este microcontrolador se comunica con el módulo de Bluetooth por comunicación serial UART.



Figura 3. Aplicación en el emulador de NetBeans

2.3. Microcontrolador

Para controlar al módulo Bluetooth de la tarjeta se utilizó un microcontrolador PIC18F2550 el cual cuenta con comunicación USB. El microcontrolador se programa utilizando comunicación USB a través de un firmware llamado Bootloader, el cual es un pequeño programa que se graba en el microcontrolador. Microchip ofrece un Bootloader para grabar el microcontrolador, el USB HID C18, el cual puede ser descargado desde su página oficial, y al que solo hay que hacerle algunos ajustes para usar en un microcontrolador específico. También proporciona la aplicación que se ejecuta en la PC (figura 4.). Este bootloader está escrito en lenguaje C y se descarga por USB [10].

El microcontrolador es programado utilizando la versión 3.38 de MPLAB C18, el cual es un compilador de Microchip para la familia PIC18XXXX. Microchip también ofrece una versión Lite para estudiantes.

Este bootloader utiliza el puerto USB para descargar el nuevo programa, cuenta con dos botones, uno para reset y otro para seleccionar la carga del programa.

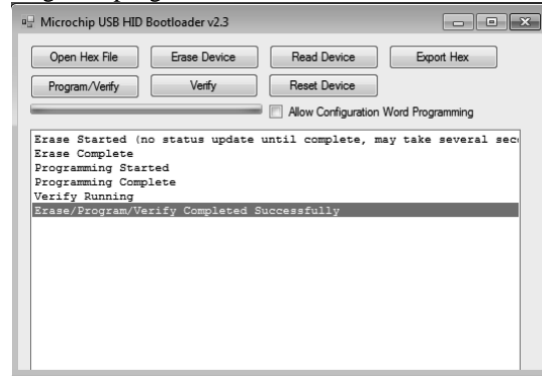


Figura 4. Microchip USB HID Bootloader

Para descargar el nuevo firmware en el microcontrolador es necesario conectar a la computadora vía USB y ejecutar el programa Microchip USB HID Bootloader [11].

La figura 5 muestra el algoritmo del código que ejecuta el microcontrolador de la aplicación desarrollada para el sistema.

La comunicación serial con el módulo Bluetooth y la tarjeta es a una velocidad de 38400 baudios [7]. El microcontrolador procesa la información que recibe del módulo Bluetooth, además de adquirir las lecturas de los sensores, si es el caso. Cuando se recibe una instrucción, el microcontrolador manda a los actuadores la señal para proporcionar la energía necesaria para que trabajen los equipos controlados.

2.4. Tarjeta controladora

Se diseñaron 4 tarjetas para controlar 4 elementos de una casa, como son: Un portón eléctrico, un sistema de iluminación, una bomba de agua, y un ventilador. Las tarjetas son muy similares.

La tarjeta que controla al portón se compone de un microcontrolador, conector USB tipo B hembra, el cual funciona como fuente de alimentación y puerto de descarga de actualizaciones, y un módulo transceptor de Bluetooth, la tarjeta tiene flexibilidad para las otras aplicaciones, con algunas terminales de conexión para agregar sensores y la etapa de potencia que sea necesaria según la aplicación (figura 6).

La etapa de potencia puede ser implementada fácilmente conectando transistores a las salidas del microcontrolador o agregando relevadores a

las salidas de los transistores. Para el caso del portón se utilizaron relevadores miniatura.

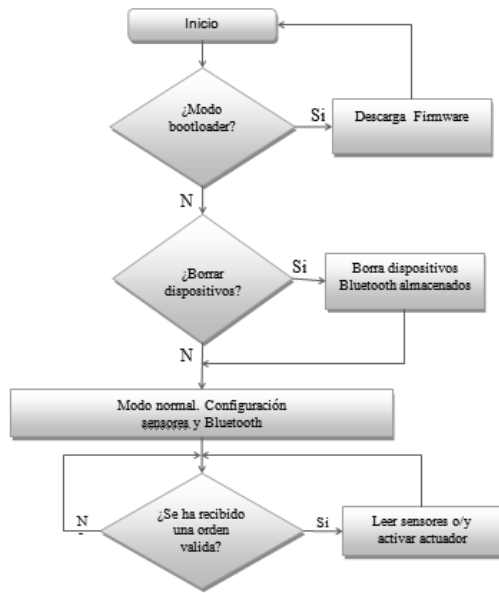


Figura 5. Diagrama de flujo del programa en el microcontrolador

2.5 Seguridad

Para tener acceso a las tarjetas de control de equipos a través de un teléfono celular, se requiere dar de alta un dispositivo Bluetooth al teléfono. Para agregar un nuevo dispositivo será necesario introducir una contraseña para emparejar los dispositivos de 15 dígitos numéricos, lo que nos da un total de 1,000,000,000,000,000 posibles combinaciones. Una vez aceptada la contraseña, el módulo Bluetooth agregará la dirección mac del dispositivo a su memoria.

En el caso de la pérdida del control remoto (celular), a través de la tarjeta se tiene acceso para eliminar el emparejamiento dicho celular, pulsando un botón manualmente desde la tarjeta de control, esto eliminará todas las direcciones MAC registradas anteriormente.

Es posible cambiar y personalizar el software de la placa controladora para que puedan interactuar diferentes servicios sin interferir unos con otros, mediante la descarga del firmware específico por medio del uso del bootloader.

3.- RESULTADOS

El sistema diseñado se utilizó en una casa habitación para probar la funcionalidad, confiabilidad, intervalo de cobertura, y la facilidad de portabilidad del sistema. Para probar el funcionamiento se utilizó: un portón eléctrico, una lámpara para iluminación de una habitación, una bomba de agua, y un ventilador. A continuación se describen los resultados obtenidos.

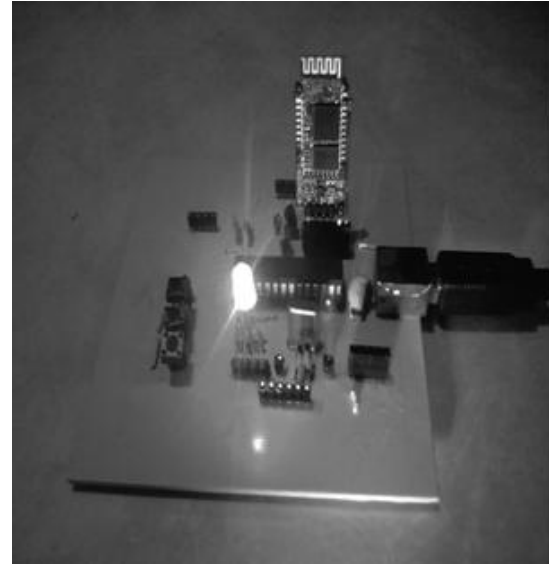


Figura 6. Tarjeta controladora de equipos eléctricos o electrónicos.

3.1. Portón eléctrico

Se utilizó un portón eléctrico funcional, instalado en una casa, con diseño de hojas tipo abatibles. Se sustituyó el sistema de radiofrecuencia, control y potencia por un diseño propio.

El portón eléctrico fue dotado de un sensor ultrasónico para poder detectar obstáculos, un sensor de velocidad para medir las revoluciones del motor, el cual permite detectar si las hojas del portón se encuentran obstruidas y un sensor pirolico para detectar la presencia de seres humanos y controlar la iluminación. Estos sensores permitieron agregarle un grado mayor de seguridad al portón eléctrico.

Debido a que el módulo Bluetooth es un transceptor, se pudieron enviar órdenes para controlar al portón eléctrico y al mismo tiempo se pudo recibir en tiempo real, el estado de la actividad mientras se ejecutaba. Por otra parte esto deja abierta la posibilidad de dotar a un sistema con toda clase de sensores que permitirían pedir

desde el teléfono fallas detectadas en el funcionamiento del sistema. Se conectó el sensor ultrasónico a la tarjeta mediante un cable de tipo telefónico de 6.5 metros. Las pruebas de control del portón está ubicado en el jardín, es decir es un lugar abierto (Tabla 1).

Tabla 1. Prueba de distancia entre el teléfono celular y la tarjeta controladora.

Número de intento	Distancia entre el cel y tarjeta.	Intentos exitosos	Funcionamiento de los sensores
1-10	4m	Todos	Si
11-20	6m	Todos	Si
21-30	8m	Todos	Si
31-40	10m	Todos	Si
40-50	+13m	5	si

Con estas mediciones podemos concluir que todas las pruebas realizadas fueron exitosas hasta una distancia de 10 metros, debido a que hay una línea de vista entre los dos transceptores de radio. Después de los 13 metros no siempre se logra la comunicación, si se establecía conexión en algunos casos se perdía sin razón aparente. La distancia entre el transceptor y el motor era de aproximadamente 15 cm y no hubo problemas de interferencia. Para verificar esto se realizaron las siguientes pruebas.

Tabla 2. Prueba de distancia e inmunidad al ruido entre la tarjeta controladora y el motor

Número de prueba	Distancia entre la tarjeta controladora y el motor de AC	Pruebas exitosas
1-10	20cm	Todas
11-21	15cm	Todas
21-30	10cm	Todas
31-40	5cm	Todas

El funcionamiento del transceptor Bluetooth tiene una buena inmunidad al ruido del motor. Esta característica es importante para conectarlo a otros equipos que cuenten con motores(Tabla 2)..

3.2. Sistema de iluminación

El sistema se probó en el control de iluminación interno de una casa habitación, las luces son de tipo fluorescente y la tarjeta controladora se conectó al apagador de pared mediante relevadores.

Se realizó la prueba de conectividad entre el teléfono y la tarjeta controladora en interiores cerrados (Tabla 3).

La tabla 3 muestra que la potencia de este tipo de transceptor (transceptores Bluetooth con potencia de transmisión clase 2) es absorbida por las paredes de la edificación, estas pruebas se realizaron con muros de ladrillos pero podría variar con el grosor de las paredes y los materiales de construcción. En este caso solo se probó el encendido y apagado de la luces, pero queda abierta la posibilidad de un control de intensidad en la iluminación, lo cual sería sencillo de modificar en la aplicación y que solo variaría la etapa de potencia cambiando los relevadores por un dimmer.

Tabla 3. Prueba de distancia y conexión en interiores.

Número prueba	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
Distancia	8 m	10 m	6 m con 1 muro	8 m con 1 muro	6 m con dos muros	8m con dos muros	10m con dos muros
Exitosas	Todas	Todas	Todas	Todas	Todas	5	3

3.3 Encendido de una bomba de agua y ventilador

La tarjeta controladora se conectó al interruptor de encendido de una bomba de agua, mediante un relevador, esto permitió encender y apagar una bomba que llena un tinaco, sin embargo un sistema más sofisticado podría mostrar el nivel de agua en la interfaz de nuestro programa e incluso apagar la bomba cuando se llene completamente el tinaco. En este caso es recomendable observar el tiempo de reacción del usuario con respecto a su interacción con la aplicación. Hay que tomar en cuenta que se toman como 15 segundos aproximadamente para establecer una conexión vía Bluetooth y apagar la bomba.

Se controló un ventilador en el interior de una casa conectando la tarjeta controladora a la alimentación de este mediante un relevador. El control de esta actividad solo consistió en encender y apagar el ventilador. Sin embargo podría regularse la velocidad de las aspas desde la aplicación en el teléfono de la misma manera que en el caso del sistema de iluminación. En este caso, de la misma manera que en la actividad de

controlar el motor del portón eléctrico, no hubo interferencias de ningún tipo y las pruebas de alcance reflejan lo mismo que en el caso del sistema de iluminación. Se realizaron pruebas con tres teléfonos celulares diferentes obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 4.

Tabla 4. Pruebas con el teléfono

Marca	Módelo	Resultado
Sony Ericsson	K610	Funciono
Sony Ericsson	W610	Funciono
Motorola	Razr V3	No funciono

En todos los casos se utilizó la tarjeta de control genérica que se diseñó, utilizando una tarjeta independiente para cada actividad (figura 6).

4. CONCLUSIONES

Se puede aprovechar un teléfono móvil para controlar actividades dentro del hogar. El lenguaje de programación J2ME es una herramienta que facilita mucho el trabajo del diseñador. Implementar un sistema de este tipo con el teléfono celular permitiría un ahorro de componentes y baterías en la fabricación de controles.

El sistema de radio control mencionado nos brindara mayor confort, además pudiendo enviar y recibir información, podría enviarnos el progreso de la tarea asignada a realizar, o el estado de algún sistema si se le agregaran sensores para detectar fallas.

La aplicación hace uso del hardware presente en el teléfono móvil (Bluetooth y la máquina virtual de Java). Se decidió optar por el protocolo Bluetooth como medio de conexión debido a que se puede interactuar con este transceptor de radio relativamente fácil con la ayuda de las bibliotecas de Java micro, en la actualidad es uno de los

medios de comunicación de mayor crecimiento, esta tecnología puede ser exportada a muchas aplicaciones, estos módulos Bluetooth son relativamente económicos, su consumo de energía es mucho menor con respecto a otra tecnología muy difundida en dispositivos móviles, “WiFi”, esta cualidad es muy útil e importante debido a que se cuenta con una batería, la cual es una fuente muy limitada de energía y no se quiere sacrificar el funcionamiento a costa del tiempo útil de uso.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Lawrence Harte, Althos, *Introduction to Bluetooth: Technology, Market, Operation, Profiles, & Services*, , 2004
- [2] Christian Gehrmann, Joakim Persson, Ben SMeets, Artech House, *Bluetooth Security*, 2004
- [3] H. Labiod, H. Afifi, C. de Santis, Springer, *Wifi, Bluetooth, Zigbee, and Wimax*, 2007
- [4] The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON) *A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi*, Nov. 5-8, 2007, Taipei, Taiwan
- [5] Sergio Gálvez Rojas - Lucas Ortega Díaz, *Java a Tope: J2ME (Java 2Micro Edition)*, Universidad de Málaga, 2003
- [6] John W. Muchow, Prentice Hall PTR *Core J2ME Technology & MIDP*, , 2001
- [7] MykePredko, *Programming and customizing the pic microcontroller*, McGraw 3 ed.
- [8] <https://www.bluetooth.org/apps/content/>
- [9] <http://www.bluetooth.com/English/Technology/Works/Pages/Compare.aspx>
- [10] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632b.pdf>
- [11] http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB_C18_Libraries_51297f.pdf
- [12] <http://netbeans.org/kb/trails/mobility.html>