

INNOVA: Control no convencional e implementación de un prototipo de una silla de ruedas eléctrica a través de la electroencefalografía-Módulo de comunicación inalámbrica.

Alvaro Eleázar Martínez Aceituno

Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala, mar07466@uvg.edu.gt

César Augusto Cuevas Guerra

Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala, cue07211@uvg.edu.gt

Carlos Fernando Castillo Calderón

Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala, cas07129@uvg.edu.gt

Erick Giovanni González Meléndez

Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala, gon07332@uvg.edu.gt

Luis Fernando Reina García-Salas

Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala, lfreina@uvg.edu.gt

MSc. Carlos Alberto Esquit Hernandez

Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala, caesquit@uvg.edu.gt

RESUMEN

El objetivo principal del megaproyecto INNOVA fue diseñar e implementar el prototipo a escala de una silla de ruedas, con capacidad de superar obstáculos, el cual posee un sistema de control no convencional basado en ondas cerebrales. El presente módulo tiene a su cargo dos tareas principales: La primera, diseñar e implementar un protocolo de comunicación sencillo, que permite al usuario el envío de comandos al sistema de control de forma inalámbrica, a través de una computadora. Con ello se puede validar que los comandos sean recibidos correctamente. La segunda tarea es realizar mediciones de distancia utilizando sensores ultrasónicos para lograr la detección de gradas y obstáculos. El prototipo posee indicadores de luz (LEDs) que permiten conocer si se detectó grada (de subida o bajada) u obstáculo (parte frontal o posterior del prototipo).

Palabras claves: Comunicación inalámbrica, protocolo de comunicación, sensor ultrasónico, tranceptor.

ABSTRACT

The main objective of the INNOVA megaproject was to design and implement a scale prototype of a wheelchair, able to overcome obstacles, which has a non-conventional control system based on brain waves. This module is responsible for two main tasks: First, design and implement a simple communication protocol that allows the user to send commands to the control system wirelessly via a computer. This can be validated that the commands are received correctly. The second task is to make distance measurements using ultrasonic sensors to achieve the detection of stairs and obstacles. The prototype has light indicators (LEDs) that provide insight if detected step (up or down) or obstacle (front or back of the prototype).

Keywords: Wireless communication, communications protocol, ultrasonic sensor, transceiver.

1. INTRODUCCIÓN

La comunicación inalámbrica se ha convertido a través de los años en una de las comunicaciones más utilizadas en la actualidad, independientemente de la tecnología (Celular, Wi-Fi, Bluetooth u otros estándares IEEE). Estas tecnologías permiten que usuarios, dispositivos, robots o máquinas se comuniquen a través de un medio físico, sin necesidad de compartir cable físicamente conectado. Una ventaja que proporciona es que permite mayor movilidad; específicamente, para el presente megaproyecto, es posible mover el prototipo de la silla de ruedas de un lugar a otro a ciertas distancias, sin necesidad de conectar físicamente la computadora al sistema de control. Esto le da independencia al prototipo y evita el exceso de circuitería a bordo.

El megaproyecto es financiado por USAID ASHA y consta de cinco módulos: El módulo interfaz cerebro-máquina, que tiene la capacidad de reconocer señales cerebrales a través de una gorra de electrodos y define comandos que sirven para controlar el prototipo de la silla (González, 2011); el módulo de potencia, que se encarga de llevar a cabo el movimiento de los motores a partir del sistema de control, suministrando la potencia necesaria (Castillo, 2011); el módulo de mecánica, encargado de elegir los mecanismos, engranajes y estructura para construir el prototipo de la silla de ruedas (Cuevas, 2011); el módulo de planificación, que tiene a su cargo diseñar e implementar una metodología de trabajo para llevar a cabo el manejo del tiempo y los recursos humanos, materiales y financieros (Izquierdo, 2011); y el módulo de comunicación inalámbrica, el cual se encarga de implementar un protocolo de comunicación para el envío de información desde el módulo interfaz cerebro-máquina hasta el módulo de potencia.

2. METODOLOGÍA.

El desarrollo del trabajo del presente módulo, se divide en cuatro partes; dos de ellas consisten en una serie de pruebas de comunicación inalámbrica para las tareas requeridas. La tercera parte, son pruebas de distancia de los módulos inalámbricos XBee PRO (transceptores) con el fin de conocer el comportamiento de los mismos en el entorno. La cuarta parte comprende la relacionada a instrumentación, en la que se utilizan sensores ultrasónicos de distancia para la detección de gradas y obstáculos.

2.1 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE EL MÓDULO DE INTERFAZ CEREBRO-MÁQUINA Y LA COMPUTADORA.

Se realizaron las conexiones necesarias con los transceptores utilizando el estándar RS-232 para el envío de datos provenientes de circuitos con etapas de filtración y amplificación (Reina, 2009) hacia la computadora. Debido a que dichos circuitos poseen una salida con el estándar RS-232, únicamente se acopló un circuito MAX232 para convertir los voltajes de las señales a niveles TTL y de esta forma, transmitir las a través de un transceptor.

2.2 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE LA COMPUTADORA Y EL SISTEMA DE CONTROL.

Las primeras pruebas fueron simulaciones, tanto de la información proveniente de la computadora, como del sistema de control, como se puede observar en el diagrama de bloques de la fig. 1.

En este caso, se escribieron dos programas diferentes en dos microcontroladores distintos: PIC16F887 y dsPIC30F4011. Para el primero se tenía un circuito con cuatro pulsadores; el segundo estaba directamente conectado a la computadora por medio de una interfaz RS-232. Ambos, conectados vía RS-232 a los transceptores.

La prueba consistió en los siguientes pasos:

- 1) En el microcontrolador PIC16F887 se lee si fue presionado alguno de los cuatro pulsadores.
- 2) De ser positivo el paso 1, se envía la información a un transceptor para que ésta sea transmitida hacia la computadora.
- 3) El otro transceptor recibe la información y se verifica en el microcontrolador dsPIC30F4011.

4) Este último envía los mensajes recibidos a la computadora y se despliega en Hyperterminal.

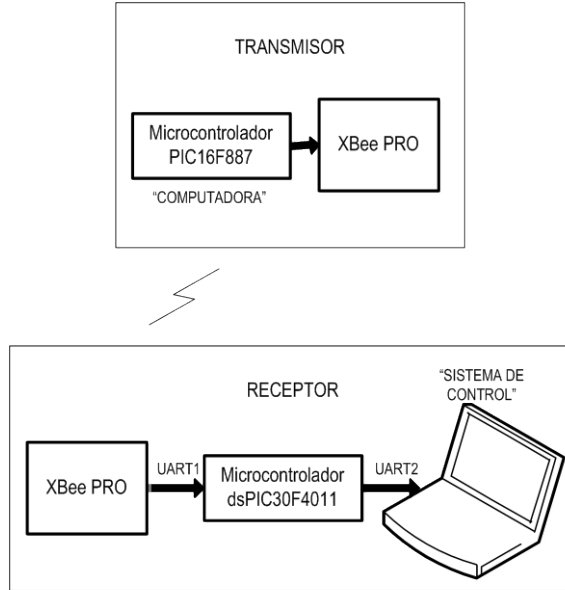


Figura 1: Diagrama de bloques de la simulación entre la computadora y el sistema de control.

Además, se utilizó un programa de interfaz PC operado con joystick (Castillo, 2011) para el envío de comandos desde la computadora, la cual tiene conectado un transceptor. El otro transceptor se incluyó al módulo de potencia a través de un microcontrolador dsPIC30F4011, en el que se implementó el protocolo de comunicación, de manera tal que se verificara la validez de la instrucción o comando; para el efecto, se implementó la utilización de una trama en el envío de datos desde la computadora, para asegurar que los comandos que se estén transmitiendo, sean recibidos de forma correcta. Dicha trama consta de un encabezado (3 bytes), los datos a transmitir (1 byte) y un fin de trama (1 byte). La forma de dicha trama se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1: Trama de datos implementada para comandos del prototipo de la silla de ruedas.

Encabezado	Datos	Fin de trama
##	DATA	\$

Para asegurar que los datos llegan correctamente al receptor, se añadió una instrucción de contestación al transmisor (conocida como ACKNOWLEDGMENT), la cual consiste en reenviar los mensajes recibidos.

2.3 DISTANCIA.

Se llevaron a cabo dos tipos de pruebas de comunicación inalámbrica entre los módulos XBee PRO. Para el primer tipo de pruebas se utilizó el software X-CTU (Configuration & Test Utility Software) (Digi International Inc., 2011), el cual muestra en una ventana la cantidad de datos recibidos y perdidos. Para el segundo tipo de pruebas se utilizó el programa transmisor y receptor de la prueba de comunicación inalámbrica entre la computadora y el sistema de control.

2.4 SENSORES ULTRASÓNICOS.

Para la detección de gradas y obstáculos, se utilizaron sensores ultrasónicos y un microcontrolador PIC16F887. Este sensor posee un pin de entrada/salida, en el cual se introduce un pulso positivo de un ancho determinado y después de un tiempo (750 μ s), devuelve otro con un ancho diferente, dependiente de la distancia. Con éste último es posible calcular la distancia entre el sensor y el objeto. En la fig. 2 se muestra un diagrama del funcionamiento básico del sensor.

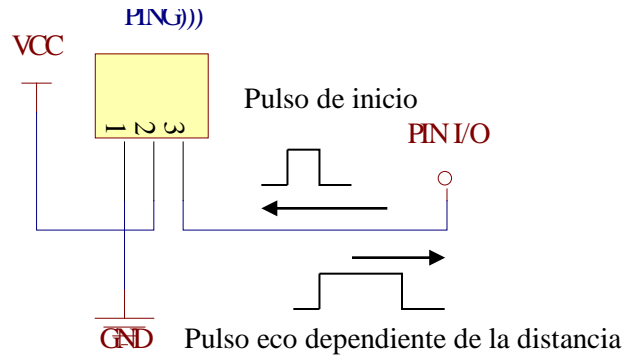


Figura 2: Diagrama del funcionamiento básico del sensor ultrasónico PING))), realizado en Altium Designer (Altium Limited, 2011).

Con la ayuda del microcontrolador, se realizan cálculos de diferencia en distancia entre parejas de sensores para determinar si se está detectando una grada o un obstáculo.

3. RESULTADOS.

3.1 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE EL MÓDULO INTERFAZ CEREBRO-MÁQUINA Y LA COMPUTADORA.

En la fig. 3 se puede observar el valor de 1,000 muestras tomadas, pertenecientes a un conjunto de seis valores posibles, que corresponden a niveles de intensidad específicos. Esta señal es el resultado de una conversión analógico/digital y la señal que fue muestreada es la diferencia de voltaje entre dos electrodos de la gorra que se encontraban al aire. Es por esto que la diferencia entre ellos se mantiene casi constante, lo que representa una variación mínima, ya que solamente son seis niveles de una conversión de diez bits. (González, 2011)

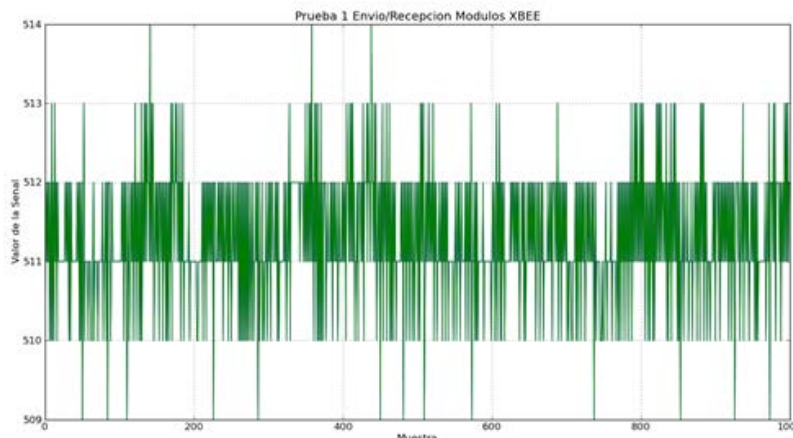


Figura 3: Prueba de envío y recepción de datos entre módulo interfaz cerebro-máquina y la computadora. (González, 2011)

3.3 DISTANCIA.

Con el software X-CTU se realizaron pruebas de distancia estando los dispositivos en movimiento. En la figura 6 se pueden observar dos de ellas. La diferencia entre las mismas es que en la primera (fig. 6 (a)) se habilitó la opción de mostrar la intensidad de la señal, en la cual la velocidad de transmisión/recepción disminuyó significativamente en relación con la opción deshabilitada, debido al funcionamiento del software.

Se puede observar en la figura 6 (a) que fueron perdidos 78 de 295 paquetes, lo cual representa un 26% (primera prueba). Para la segunda prueba (fig. 6(b)), fueron perdidos 195 de 6099 paquetes, un 3.1%. Aunque éste último parece ser aceptable, el problema que se presentó fue que la señal se atenuaba a tal grado que se perdía por completo la comunicación en ciertos puntos (detrás de paredes y columnas), por lo que se requiere que ambos transceptores se encuentren en un lugar suficientemente abierto para evitar pérdida de comunicación.

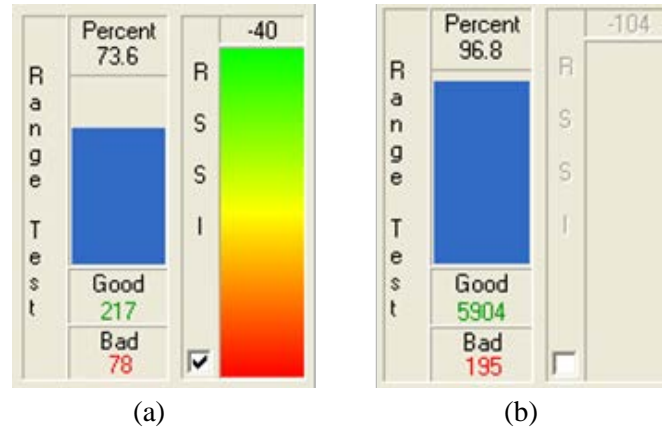


Figura 6: Paquetes de datos recibidos y perdidos para pruebas de distancia con el software X-CTU.

3.4 SENSORES ULTRASÓNICOS.

La medición de distancia se logró a partir de obtener la ecuación de una línea recta, la cual se muestra en (1):

$$y = (8.1044x + 135.989) * 10^{-3} \quad (1)$$

Al realizar operaciones de diferencia entre las distancias de dos sensores (colocados dos en la parte frontal y dos en la parte posterior), se pudo definir el momento en que se detecta una grada o un obstáculo.

En el prototipo de la silla de ruedas se colocaron cinco leds: dos de ellos (color rojo) indican la detección de una grada de subida, ya sea en la parte delantera o trasera. Otros dos leds (color blanco) indican la detección de un obstáculo, de igual forma, en la parte frontal o posterior; y por último, un led (color azul) indica la detección de una grada de bajada.

Cabe destacar que la detección de grada de subida fue bastante direccional, ya que fue posible detectarla únicamente en el momento en que los sensores del prototipo se encontraban de forma paralela a la grada. Si lo anterior se cumplía el porcentaje de éxito de detección era de 100%. En el caso de la detección de obstáculos, ésta era menos direccional debido a la forma en que se programó esta condición en el microcontrolador (se definió una diferencia de error de 2 cm). La detección de grada de bajada fue más sencilla, primero por la utilización de un solo sensor y segundo, se detectaba en el momento en que encontrara a una determinada distancia o mayor que ésta.



Figura 7: Detección de grada de subida (led rojo).

4. CONCLUSIONES

El módulo de comunicación inalámbrica permite de manera exitosa todo el intercambio de datos necesario para que el prototipo ejecute comandos de manera adecuada.

La comunicación inalámbrica entre los transceptores XBee PRO es más efectiva en lugares con baja densidad estructural, es decir, lugares abiertos.

La detección de gradas de subida con los sensores ultrasónicos es de forma direccional.

5. RECONOCIMIENTO

El presente megaproyecto es financiado por USAID ASHA y el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Valle de Guatemala.

6. REFERENCIAS

- Reina, L. F. (2009) ANIMA: "Métodos no convencionales de interfaz en el control de robots a través de la electroencefalografía y la electrooculografía", Módulo PRE. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- González, E. G. (2011). INNOVA: "Control no convencional e implementación de un prototipo de una silla de ruedas eléctrica a través de la electroencefalografía" Módulo de interfaz cerebro-máquina. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Castillo, C. F. (2011). INNOVA: "Control no convencional e implementación de un prototipo de una silla de ruedas eléctrica a través de la electroencefalografía" Módulo de potencia. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Cuevas, C. A. (2011). INNOVA: "Control no convencional e implementación de un prototipo de una silla de ruedas eléctrica a través de la electroencefalografía" Módulo mecánico. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Izquierdo, M. (2011). INNOVA: "Control no convencional e implementación de un prototipo de una silla de ruedas eléctrica a través de la electroencefalografía" Módulo de planificación. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Cuevas, C. A. (2011). INNOVA: “Control no convencional e implementación de un prototipo de una silla de ruedas eléctrica a través de la electroencefalografía” Módulo mecánico. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Digi International Inc. (2011). X-CTU software, <http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl.jsp?kb=125>

Parallax Inc. (2011). (Ping)) Ultrasonic sensor, <http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/acc/28015-PING-v1.6.pdf>

Microsoft TechNet. (2011). Introducción a HyperTerminal, <http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc736511%28WS.10%29.aspx>

Microchip Technology Inc. (2011) PICkit 2 Development Programmer/Debugger, http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en023805

Altium Limited. (2011). Altium Designer 10, <http://products.live.altium.com/>

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito