

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE NAVEGACION Y TELEMETRIA EN TIEMPO REAL PARA UN ROBOT MOVIL DESDE UN SMART PHONE

Cichanowski Miguel

Kornuta, Cristian

Marinelli, Marcelo

Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales.
Universidad Nacional de Misiones

Felix de Azara 1552, Posadas, Misiones

Te: 376-422186

miguel.cicha@gmail.com

Resumen

En los sistemas de navegación de robot móviles se presenta el problema de controlar el mismo mediante algún tipo de conexión remota que brinde seguridad y control en tiempo real. En el presente trabajo, se desarrolló un sistema de control remoto para un Robot móvil de arquitectura Arduino utilizando como centro de control un Smart Phone con sistema operativo Android y como vía de comunicación una conexión de red inalámbrica punto a punto WiFi (IEEE 802.11) mediante el protocolo TCP/IP. Esto conllevó al diseño de la estructura de los comandos a ser enviados, recibidos e interpretados por ambos dispositivos, el ensamblado de los componentes hardware en el robot, el desarrollo de un sistema Android con la lógica necesaria para la navegación del robot móvil mediante conexión WiFi, y un sistema Arduino encargado de recibir e interpretar estos comandos en el robot.

Palabras clave:

Navegación, Robots móviles, Aplicaciones móviles, Control remoto, WiFi, Arduino, TCP/IP, Telemetría.

Contexto

Este proyecto se enmarcó en el grupo de investigación en robótica del “Programa de Investigación en Computación” del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones.

Introducción

Actualmente en muchos sectores las tareas humanas están siendo reemplazadas por la utilización de robots especializados. Esto se debe a que muchas veces el medio en el que se debe realizar el trabajo puede ser inaccesible para el humano, o ser zonas de alto riesgo, por ello lo que se busca con la tecnología actual es reemplazar las actividades humanas por robots no tripulados.

Las empresas buscan disminuir los costos de producción sin perder la calidad del producto, buscando también la producción en masa de los mismos. Una muy buena alternativa es la utilización de robots industriales, los cuales disminuyen gastos de mano de obra conjuntamente con la prestaciones que pueden funcionar las 24 hs. del día.

Hay casos que para poder realizar estas tareas, los robots deben poder ser preferentemente controlados a distancia con algún mecanismo de conexión remota, permitiendo que un operario le indique las tareas a realizar. En el caso de no tratarse de un robot autónomo cuyos casos existen ampliamente, para ello será necesario brindarle las indicaciones paso a paso de las acciones que debe cumplir, y en caso de ser un robot semiautónomo se debería poder controlarlo para realizar las tareas en las que no posea autonomía. Estos tipos de robots pueden ser utilizados, por ejemplo, en tareas agrícolas como ser robots de pulverización, siembra o cosecha, un ejemplo conciso es el robot “TRAKÜR” del INTA.

Partiendo desde aquí, el problema a afrontar en esta investigación es el desarrollo, implementación y prueba de un sistema que

permita el control de navegación y telemetría de un robot móvil mediante una conexión inalámbrica remota, lo que implica el diseño estructural de las ordenes “comandos” a enviar al robot y la estructura de los mensajes informativos enviados desde el robot, el desarrollo del sistema emisor de comandos y el desarrollo del sistema receptor e interprete que recibirá los comandos, los interpretara y realizara las acciones requeridas. También se doto al robot de un sensor de ultrasonido, el cual se utilizó para brindar información al operador de la distancia de obstáculos frontales al robot.

Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue el desarrollo de una aplicación para Smart Phone con Sistema operativo Android y una aplicación Arduino que mediante la emisión de comandos a través de una conexión WiFi utilizando protocolo TCP/IP se comuniquen entre si permitiendo el control de navegación y telemetría para un robot móvil desde el Smart Phone en tiempo real.

Metodología

La metodología utilizada en el presente trabajo consistió en una primera instancia de un relevamiento profundo y amplio sobre documentos, bibliografías, papers, revistas especializadas, tesis, foros y páginas en general sobre el tema, en búsqueda de los temas que guiaron esta investigación y desarrollo. Luego del análisis de la información recopilada, se procedió a la adquisición de un robot móvil DuinoBot Multiplo N6 y un módulo WiFi UART HLK-WiFi-M03 el cual se ensambló al robot móvil para que este se encuentre dotado de conectividad WiFi. A partir de esto se continuo con el desarrollo de la estructura de comandos que se utilizaron para la intercomunicación del robot y el Smart Phone, la misma se desarrolló utilizando como base las estructura de comandos que utiliza el simulador YAKS el cual permite el control de un robot virtual a través de conexión Socket TCP/IP. Una vez identificado los comandos y establecida su estructura se procedió con el desarrollo de la aplicación Arduino para el robot móvil, la cual doto al robot con la capacidad de: recibir los comandos, interpretar los comandos, realizar las acciones requeridas, enviar datos al Smart Phone.

Luego se procedió al desarrollo de la aplicación Android para el Smart Phone, a la cual se le brindo las siguientes funcionalidades: crear una red WiFi, Conectarse vía Socket al robot, permitir la navegación del robot mediante el uso del touchpad, enviar las instrucciones al robot, recibir he informar al usuario los mensajes del robot.



Figura 1. Pantalla principal aplicación en android



Figura 2. Navegación por multi-touch

Posteriormente se procedió a diseñar y realizar las pruebas necesarias que avalen el presente trabajo realizado, se obtuvieron a partir de ellas datos sobre el comportamiento del robot y de su funcionamiento. Las pruebas consistieron en pruebas de ángulos de giro, relación potencia/velocidad, radio de alcance máximo de cobertura de la señal, corroboración de los datos sensados por el robot, pruebas de evitación de colisión y pruebas de conducción.

Resultados obtenidos

Las pruebas de alcance máximo de cobertura dieron un radio operativo de aproximadamente 110 Mts. Las pruebas de velocidad determinaron una velocidad máxima de 34,8 metros por minuto. Las pruebas de conducción realizadas fueron satisfactorias, donde el robot se comportó tal cual las ordenes emitidas por el operador, pero debido a la falta de una cámara que brinde imágenes en tiempo real del ambiente donde se encuentra el robot, la conducción del mismo a distancias elevadas entre el operario y el robot resulta tediosa ya que se carece de una buena visualización del ambiente en el cual se encuentra funcionando el robot. Los resultados obtenidos tras las pruebas de evitación de colisión frontal realizadas con un temporizador de lectura de sensor configurado a 100ms. entre cada lectura se muestran en la tabla 1.

Potencia	Evitación de colisión a:			
	15cm.	20cm.	25cm.	30cm.
20	13,0	18,5	23,4	28,2
30	12,0	16,8	22,0	27,5
40	9,5	13,3	19,2	25,8
50	6,5	11,2	17,1	22,5
60	3,2	6,2	13,5	18,1
70	0,5	3,3	10,0	15,6
80	0,0	2,2	4,3	11,6
90	0,0	0,0	2,4	8,6
100	0,0	0,0	0,0	2,5

Tabla 1. Valores de detención del robot tras evitación de colisión.



Figura 3. Prueba de potencia del robot.

Conclusiones y aportes

A partir de los resultados obtenidos de las diversas pruebas realizadas, pudimos concluir que es posible la utilización de un Smart Phone como centro de control para la navegación de un robot móvil, mediante conexión WiFi, con la arquitectura de protocolos TCP/IP.

Los aportes se pueden dividir en 3 áreas las cuales pueden ser utilizadas individualmente o en conjunto como base para la realización de otros trabajos, estas áreas son:

- **Diseño de comandos:** este área se corresponde al diseño de la estructura de los comandos, puede ser utilizado como base para cualquier tipo de trabajo que requiera comunicación a través de la red entre 2 o más entidades.
- **Desarrollo de aplicación de robot móvil:** esta área corresponde al desarrollo de la aplicación Arduino para el robot móvil, capaz de recibir, emitir e interpretar comandos enviados a través de una red WiFi mediante protocolo TCP/IP.
- **Desarrollo de aplicación móvil Android:** esta área corresponde al desarrollo de la aplicación móvil Android para el Smart Phone, capaz de crear una red WiFi, y enviar, recibir e interpretar comandos. En esta área también se destaca el desarrollo de la pantalla de navegación basada en multi-touch ideal para navegación de robots de tracción diferencial.

Líneas de investigación y desarrollo

Dentro de las líneas de investigación que contienen el “Programa de Investigación en Computación”, este proyecto se enmarca en el área de inteligencia artificial en donde se aplican técnicas de lógica difusa, redes neuronales, algoritmos bioinspirados, sistemas expertos, telemetría etc., Las líneas futuras del presente trabajo que se plantearon fueron:

- **Agregar una cámara al robot,** que permita la visualización del ambiente en el que se encuentra el robot desde el Smart Phone y trabajar conjuntamente con técnicas de inteligencia artificial para la detección de obstáculos.

- Plantear tareas programadas para que el robot realice tareas pre establecidas.
- Cambiar el valor fijo de evasión de obstáculo a una función relativa a la velocidad del robot.
- Añadir la opción de piloto automático que mediante técnicas de inteligencia artificial como ser lógica difusa y redes neuronales permita el avance del robot evitando posibles obstáculos.

Referencias

- [1]. Ableson, W. F., Sen, R., King, C., & Ortiz, C. E. (2012). *Anddroid in Action* (3rd ed., p. 662). Estados Unidos: Manning Publications Co.
- [2]. Allen, G. (2011). *Beginning Android 4* (p. 575). Apress.
- [3]. Andreas, G., & David, C. R. (2012). *Professional Android open accessory programming with Arduino*. (G. Milete, Ed.) (p. 412). Estados Unidos, Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc.
- [4]. Bonaventure, O. (2011). *Computer Networking : Principles , Protocols and Practice* (p. 282). The Saylor Foundation's Open Textbook Challenge. Retrieved from www.saylor.org
- [5]. Cook, D. (2009). *Robot Building*. (S. Anglin, Ed.) (2nd ed., p. 490). Estados Unidos, New York: Paul Manning.
- [6]. Downey, A. B. (2012). Think Java How to Think Like a Computer Scientist.
- [7]. Gargenta, M. (2011). *Learning Android*. (A. O. and B. Jepson, Ed.) (p. 268). Estados Unidos, Gravenstein Highway North, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- [8]. Graba, J. (2013). *An Introduction to Network Programming with Java*. (AdAddison-Wesley, Ed.) (3rd ed., p. 389). London: Springer London. doi:10.1007/978-1-4471-5254-5
- [9]. Hallberg, B. A. (2007). *Fundamentos de Redes*. (S. A. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) (4th ed., p. 478). Mexico: The McGraw-Hill Companies.
- [10]. James, K., & Keith, R. (2010). *Redes de computadoras Un enfoque descendente*. (Pearson, Ed.) (5th ed., p. 846). Pearson.
- [11]. José, M., Ordinas, B., Íñigo, J. G., Escalé, R. M., Olivé, E. P., & Xavier, P. T. (2004). *Redes de computadores*. (F. per a la U. O. de Catalunya, Ed.) (p. 354). España, Barcelona: Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya.
- [12]. L. Marques. (2008). *Advances in mobile robotics* (p. 1309). Estados Unidos: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. All.
- [13]. Lindholm, T., & Buckley, A. (2013). *The Java ® Virtual Machine Specification Java SE 7 Edition*. Oracle America, Inc. and/or its affiliates.
- [14]. McRoberts, M. (2010). *Beginning Arduino*. Estados Unidos.
- [15]. Michael Margolis. (2011). *Arduino Cookbook*. (L. Simon & J. Brian, Eds.) (1st ed., p. 658). Estados Unidos, Gravenstein Highway North, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- [16]. Mohammad Ilyas, S. A. A. (2006). *Smartphones Research Report*. Estados Unidos, Chicago. Retrieved from http://books.google.com.ar/books?id=PdUkeVLsh_YC&printsec=frontcover&dq=smartphone&hl=es&sa=X&ei=6apFU7TcKLS-sQTnh4BA&ved=0CE0Q6AEwAQ#v=onepage&q=smartphone&f=false
- [17]. Olaf, K., & Terry, D. (2002). *Guía de Administración de Redes con Linux*. (I. O'Reilly Media, Ed.) (p. 570). Estados Unidos, Gravenstein Highway North, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- [18]. Ollero Baturone, A. (2001). *Robótica: manipuladores y robots móviles*. (Marcombo, Ed.).
- [19]. Pei Zheng, L. N. (2006). *Smart Phone and Next Generation Mobile Computing* (p. 551). Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier. Retrieved from <http://books.google.com.ar/books?id=iyEP-CX5V0oC&printsec=frontcover&dq=smartphone&hl=es&sa=X&ei=6apFU7TcKLS-sQTnh4BA&ved=0CHkQ6AEwBg#v=onepage&q=smartphone&f=false>
- [20]. Press, I., Lane, H., & Arnold, G. W. (2011). *Mobile robots* (p. 319). Estados

- Unidos, New Jersey: IEEE Press Editorial Board.
- [21]. Real Academia Española. (2013). Robot. Retrieved from <http://lema.rae.es/drae/?val=Robot>
- [22]. RobotGroup. (2014). DuinoBot v1.2 HID. Retrieved from <http://www.robotgroup.com.ar/>
- [23]. Salvetti, D. (2011). *Redes Wireless*. (Users, Ed.) (p. 324). Argentina, Buenos Aires: Users.
- [24]. Sameer, S., & M. Ajaykumar, V. (2008). *TCP/IP ARCHITECTURE, DESIGN, AND IMPLEMENTATION IN LINUX* (p. 786). Estados Unidos, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [25]. Scarfone, K., Dicoi, D., Sexton, M., & Tibbs, C. (2008). Guide to Securing Legacy IEEE 802.11 Wireless Networks, 50.
- [26]. Sommervjlle, J. A. N. (2005). *Ingeniería del software*. (M. Martín-Romo, Ed.) (7th ed., p. 691). España: Addison-Wesley Publishers.
- [27]. Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y redes de computadores*. (D. F. Aragón, Ed.) (7th ed.). España, Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- [28]. Stark, J. (2010). *Building Android Apps with HTML, CSS, and JavaScript*. (A. Zaremba, Ed.) (1st ed., p. 182). Estados Unidos, Gravenstein Highway North, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- [29]. Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de computadoras* (4th ed., p. 900). México: PEARSON Prentice Hall.
- [30]. Tse, D. (2004). *Fundamentals of Wireless Communications 12* (p. 646).
- [31]. Williams, D. (2003). *PDA Robotics*. (I. The McGraw-Hill Companies, Ed.) (p. 256). Estados Unidos: The McGraw-Hill Companies, Inc.