

# Teleoperación Plataforma Móvil Irobot Create

W. Quishpe, A. Salas, R. Gordillo y C. D. Altamirano

**Resumen** El tema de investigación está enfocado en la teleoperación de la plataforma móvil Irobot Create, esta plataforma móvil es distribuida por iRobot Corporation. La teleoperación consiste en enviar comandos a dicha plataforma para la ejecución de movimientos, esto mediante la utilización de un HMI basada en PC, así también la interface de teleoperación es capaz de mostrar imágenes del entorno de la plataforma móvil con ayuda de una cámara analógica montada sobre esta.

**Palabra Clave:** Teleoperación, Irobot, Wi-Fi

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen conjuntos robóticos destinados a realizar acciones y procesos específicos que ayudan en las actividades humanas; entre los existentes, se menciona con más detalle a los conjuntos robóticos móviles que, en la mayoría de casos, estos son tele-operados para realizar acciones desde locaciones remotas, y ayudan a:

- Evitar el contacto humano directo con el proceso.
- Realizar trabajos con difícil acceso para personas.

Entre las principales características que tienen estos conjuntos robóticos, son las distancias máximas de teleoperación, funciones que realizan y la autonomía del sistema.

Todas las especificaciones mencionadas, brindan la potencialidad necesaria a un conjunto robótico, dependiendo de la aplicación, las características se pueden mejorar individualmente o todas a la vez.

Para una teleoperación, además es necesaria una interface HMI, encargada de tener un control total sobre los accionamientos del conjunto robótico e información sobre el entorno del mismo con ayuda de sensores.

W. Quishpe es Ingeniero Electrónico en Automatización y Control por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (e-mail: [william0016@hotmail.com](mailto:william0016@hotmail.com)).

A. Salas es Ingeniero Electrónico en Automatización y Control por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (e-mail: [sulphur\\_17@hotmail.com](mailto:sulphur_17@hotmail.com)).

R. Gordillo es Docente Tiempo Completo de la Carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (e-mail: [rxgordillo@espe.edu.ec](mailto:rxgordillo@espe.edu.ec)).

C. D. Altamirano es Docente Tiempo Completo de la Carrera de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (e-mail: [cdaltamirano@espe.edu.ec](mailto:cdaltamirano@espe.edu.ec)).

## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### A. Plataforma móvil Irobot Create

La base móvil Irobot Create mostrada en la Figura 1., es una plataforma de desarrollo, diseñada para ser acoplada con accesorios extras con la finalidad de proveer una mayor potencialidad a la misma. Irobot Create es capaz de maniobrar sobre superficies planas debido a su diseño, su capacidad de carga de 2.26 kg, permite montar sistemas adicionales sobre la plataforma móvil, como también movilizar objetos extras que no superen este peso máximo. Continuando con las características, Irobot Create dispone de un Puerto de propósito general, dicho puerto es utilizado para establecer comunicación con los actuadores y sensores de la base móvil, y tener un control total sobre esta; en adición se menciona que el puerto tiene una interface de entradas y salidas digitales disponibles para adicionar elementos electrónicos y brindar una mayor potencialidad.



Figura 1. Plataforma móvil Irobot Create

Al ser una plataforma de desarrollo, su programación se torna relativamente fácil para la implementación de diversos algoritmos de movimientos y su posterior aplicación.

Su diseño amigable y estratégico, permite montar con gran facilidad dispositivos y elementos extras que mejoren el desempeño y capacidad.

### B. MiniCore RCM5600W

El módulo MiniCore RCM5600W Figura 2., es un microprocesador fabricado por Digi International; brinda recursos necesarios para la utilización en todo tipo de procesos convencionales e industriales. La velocidad, factor fundamental en un microprocesador, se hace presente en el RCM5600W, que opera a 74 MHz; soporta multitarea, característica que

ayuda en la velocidad, optimización y ejecución de los programas guardados en la memoria flash de 1 Mb.

Su interface de 52 pines, permite comunicarse hacia el exterior disponiendo de entradas y salidas digitales, puertos de comunicación serial, salidas pwm, y su característica principal, comunicación inalámbrica, que integra el estándar 802.11b/g.

Esta amplia gama de características hacen del MiniCore RCM5600W, un microcontrolador ideal para implementar en procesos que implementen cálculos matemáticos complejos, velocidades de respuesta rápida y procesos que necesiten una comunicación inalámbrica.



Figura 2. Minicore RCM5600W

### C. Manipulador Robótico

Existen diferentes tipos de robots dependiendo de las acciones y movimientos que realicen, entre ellos están los robots antropomórficos ó manipuladores robóticos que simulan la extremidad superior del ser humano.

Una de las potencialidades extras que tiene provista la plataforma móvil Irobot Create, es la capacidad de manipular objetos que se encuentren en el entorno del conjunto robótico. El brazo implementado sobre la base móvil dispone de un grado de libertad que realiza un movimiento de elevación y descenso, además cuenta con un gripper o pinza en su extremo final, con la capacidad de sujetar objetos. Dichos elementos son accionados con la ayuda de servomotores para lograr movimientos suaves y minuciosos. El brazo manipulador se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Manipulador robótico

### D. Comunicaciones Inalámbricas

La flexibilidad dentro un proceso convencional o industrial, tiene como ventaja la posibilidad de ser monitoreado y operado, y el sistema se torna más eficiente cuando se dispone de un control inalámbrico. En la actualidad se puede encontrar en el mercado electrónico, numerosas opciones para implementar sistemas teleoperados.

Entre los protocolos inalámbricos más conocidos están: estándar Wi-Fi 802.11, bluetooth, Zigbee, WIMAX; siendo el primero el utilizado en la teleoperación de la plataforma móvil Irobot Create, es utilizado el estándar Wi-Fi 802.11 por sus características y desempeño en cuanto a distancias máximas de comunicación, velocidad de transmisión relativamente alta y la gran variedad de dispositivos que disponen de este estándar que pueden ser acoplados al conjunto robótico.

El conjunto robótico al disponer del estándar Wi-Fi 802.11, las Interfaces Hombre Máquina basadas en PC se enlazan directamente sin disponer de ningún dispositivo extra para su comunicación inalámbrica, excepto la tarjeta de red inalámbrica que por lo general vienen integradas en los ordenadores; con ello se elimina dispositivos extras para la teleoperación de sistemas que muchas veces entorpece el trabajo del operario o vuelve lento al sistema.

### III. INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

El conjunto robótico está implementado por la plataforma móvil Irobot Create encargado del desplazamiento en superficies planas, el MiniCore RCM5600W microcontrolador que sirve como interface entre la plataforma móvil y el HMI y el monitoreo y control remoto basado en PC ó en un teléfono inteligente que disponga de la aplicación TouchOSC.

#### A. Comunicación Irobot Create RCM5600W

La comunicación establecida entre la base móvil y el microcontrolador, permite accionar movimientos al conjunto robótico y además tener información del entorno del conjunto para mostrar en el HMI. La comunicación entre estos dos dispositivos está basada en transmisión serial RS-232, Figura 4., el RCM5600W con ayuda de la comunicación serial acciona los movimientos manuales o automáticos de la base móvil y también es encargado de recibir información del entorno del conjunto robótico por medio de los sensores. Cabe mencionar que el accionamiento del brazo manipulador lo realiza directamente el módulo RCM5600W.



Figura 4. Comunicación Irobot Create RCM5600W

### B. Comunicación RCM5600W – HMI

La Interface Hombre Máquina que monitorea y acciona los movimientos del conjunto robótico está basada en PC.

El enlace entre el conjunto robótico y la interface HMI, es vía inalámbrica utilizando el protocolo UDP, permitiendo maniobrar el conjunto hacia lugares en que el hombre no puede tener un contacto directo con el proceso o simplemente locaciones inaccesibles para personas.

El conjunto robótico permite establecer la comunicación inalámbrica hacia el HMI de dos diferentes maneras:

#### 1. Comunicación inalámbrica modo Adhoc.

En este modo el enlace entre el conjunto robótico y el HMI, se establece directamente Figura 5., entre ambos dispositivos, sin ayuda de elementos extras para el propósito, brindando mayor movilidad al sistema completo y reduciendo distancias de teleoperación.

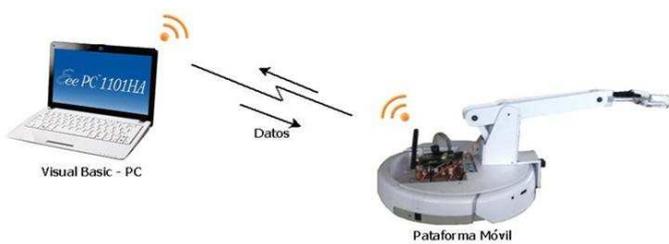


Figura 5. Comunicación inalámbrica modo Adhoc

#### 2. Comunicación inalámbrica modo Infraestructura.

Este modo establece comunicación entre los dispositivos con ayuda de un dispositivo extra llamado router Wireless, Figura 6., el router crea un punto de acceso estableciendo una red entre todos los dispositivos que se unan a este. A diferencia del modo Adhoc, reduce la movilidad del sistema completo al depender de la conectividad con el router Wireless, y aumenta las distancias de teleoperación.



Figura 6. Comunicación inalámbrica modo Infraestructura

### C. Interface Hombre Máquina

El HMI diseñado para monitoreo o control del conjunto robótico, está implementado en PC en el entorno de Visual Basic o en cualquier teléfono inteligente que disponga de la aplicación TouchOSC, ambas HMI disponen de funciones similares pero no en su totalidad.

El HMI basado en PC Figura 7., tiene como función la teleoperación del sistema robótico, permitiendo accionamientos manuales y recolección automática de objetos a corta distancia, además muestra información del entorno de la plataforma emitidos por sensores integrados, así también es capaz de adquirir imágenes desde una cámara montada sobre la base móvil utilizando la librería openCV, para tener información visual extra del entorno en el que se encuentra la plataforma Irobot Create.



Figura 7. HMI PC Visual basic

El HMI integrado en un teléfono inteligente, Figura 8., estaba basada en la aplicación de pago TouchOSC disponible para IOS y android, esta permite únicamente la ejecución de los movimientos de la plataforma móvil y del brazo manipulador, aquí no se dispone de lectura de información del entorno, ni información visual emitida por la cámara.



Figura 8. HMI teléfono inteligente TouchOSC

## IV. RESULTADOS

Los resultados que se mencionan a continuación, muestran datos numéricos del desempeño y las capacidades experimentales del conjunto robótico.

- A. Alcance máximo de teleoperación modo Adhoc
  - a) Línea de vista: 60 m.
  - b) Cobertura lugares cerrados: 100 m<sup>2</sup> aprox.
- B. Alcance máximo de teleoperación modo Infraestructura
  - a) Línea de vista plataforma Irobot Create router wireless: 210 m.
  - b) Línea de vista router wireless HMI: 220 m.
  - c) Cobertura lugares cerrados: 700 m<sup>2</sup> aprox.
- C. Capacidad máxima soportado por el manipulador: 300 g.
- D. Repetibilidad recolección objetos a corta distancia
  - a) A 3 cm del gripper (mínima): 100%
  - b) A 6 cm: 100%
  - c) A 10 cm: 100%
  - d) A 15 cm: 80%
  - e) A 25 cm (máxima): 60%
- E. Autonomía: 120 min aprox.
- F. Velocidad plataforma Irobot Create
  - a) Modo avanzar: 0.83 – 24.11 cm/seg
  - b) Modo retroceder: 0.84 – 24.6 cm/seg
  - c) Giro derecha, izquierda: 4 – 21.25 rpm

## V. CONCLUSIONES

Para el envío y recepción de datos entre el conjunto robótico y la interface HMI, es necesario de una comunicación inalámbrica en donde la transferencia de información sea en tiempo real, para ello se utiliza del protocolo UDP.

El MiniCore RCM5600W dispone de gran capacidad de procesamiento y memoria, permitiendo realizar todo tipo de proceso que demande altas complejidades de cálculo, como también procesos extensos donde es necesario memoria suficiente para el programa.

El uso del puerto de propósito general, presente en la plataforma Irobot Create, permite utilizar entradas digitales y

analógicas, y su puerto de comunicación, para la integración del manipulador robótico y el MiniCore RCM5600W.

En el diseño de la interface HMI, el uso de la librería de visión artificial, openCV, ayuda a tener un rendimiento óptimo en la adquisición de imágenes en tiempo real.

El MiniCore RCM5600W, refiriéndose en su comunicación inalámbrica, puede trabajar en modo Adhoc e Infraestructura, permitiendo en esta última mayores alcances de teleoperación.

El diseño eficiente del brazo manipulador, permite un menor esfuerzo de sus actuadores y por consiguiente un menor consumo de energía.

El algoritmo de recolección automática de objetos que realiza el conjunto robótico, es efectivo cuando el objeto se encuentra en línea directa, caso contrario, su eficacia de recolección es baja debido a que se tiene un único sensor de distancia encargado de realizar este proceso.

## REFERENCIAS

- [1] Irobot Corporation, Irobot Create. *Irobot Create Open Interface*. [En línea]. <http://www.irobot.com>
- [2] MiniCore RCM5600W, User's Manual. *MiniCore RCM5600W C-Programmable Wi-Fi Core Module*. [En línea]. <http://www.rabbit.com>
- [3] Dynamic C, Function Reference Manual. *Integrated C Development System for Rabbit 4000, 5000, and 6000 Microprocessors*. [En línea]. <http://www.rabbit.com>
- [4] ARTAS, Engineering Software. *SAM The Ultimate Mechanism Desigers*. [En línea] 2012. <http://www.artas.nl/>
- [5] Naranjo, Lilian. Diseño e implementación de un sistema de monitorización y control remoto mediante la tarjeta minicore RCM5600W. [En línea] 2011. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4535/1/T-ESPE-032706.pdf>
- [6] Álvarez, Luis y Figueroa, Juan. Implementación de algoritmos de navegación utilizando la plataforma del Irobot Create y módulos de comunicación inalámbrica XBEE. [En línea] 2011. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2643>
- [7] Bradsky, Gary. *Open Source Computer Vision*. [En línea] 2012. <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>
- [8] National Instruments, forum. *Control LabVIEW from the iPhone, iPad or iPod Touch*. [En línea] 2010. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-12289>.