



Plataforma computacional para el control de un robot vía Internet

JESÚS DE LEÓN MORALES*, CÉSAR GUERRA TORRES*

Exploraciones al espacio con lanzamientos de sondas espaciales, control de satélites, aviones teleoperados y telecontrol de misiles son ejemplos de tecnologías que, hoy en día, entremezclan las técnicas de los sistemas de control y los sistemas de comunicaciones.

Sin embargo, y aunque pareciera que esta tecnología vanguardista sólo es accesible a un grupo selecto de personas, debido a las fuertes inversiones económicas, gracias a la Internet, a la reducción de precios de microprocesadores y tarjetas de adquisición de datos, al considerable aumento potencial de las computadoras personales, entre otros, el uso de estas mezclas tecnológicas se vuelve más y más accesible. De modo que ahora se utiliza en universidades para implementar laboratorios a distancia; en empresas para mantenimiento, programación y control de dispositivos en forma remota, y en la implementación de casas, hoteles y restaurantes inteligentes, todos de una manera relativamente muy accesible.

Asimismo, los beneficios del control a distancia han impactado en forma muy positiva el área de investigación en robótica, de modo que los robots ya no sólo son utilizados para movimientos básicos, sino que son capaces de interactuar con personas a distancia.^{1,2}

Hoy es más común escuchar el término "telerrobótica", esto no es más que una aplicación del control de los robots a distancia, se utiliza tanto en la docencia como en la investigación y en la industria. Actualmente, este interés se ha incrementado debido al acceso a la tecnología de Internet como medio de comunicación entre hombre y robot.

De modo que la telerrobótica, en conjunto con el Internet como medio de comunicación, se conoce como Internet -robots, y provee de diferentes aplicaciones en distintas áreas, por ejemplo: servicios en el hogar, entretenimiento, telemedicina, la industria de automatización, servicios militares, educación a distancia y laboratorios remotos de investigación.

En este trabajo se detalla la metodología, los requerimientos, así como los resultados de la implementación y puesta en marcha de una plataforma computacional para el control de un manipulador a distancia, usando el Internet como medio de comunicación.

Esta plataforma tiene como objetivo facilitar el acceso a la experimentación remota en el área de robótica, en beneficio de estudiantes, maestros e investigadores, como se muestra en la figura 1.

* Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL.



Fig. 1. Telerrobótica

Metodología

La plataforma se basa, principalmente, en el uso de una computadora dotada con un conjunto de programas computacionales, que en su mayoría son servidores de medios, http, bases de datos, RS232 y VNC.

Esta plataforma reúne las siguientes características:

- En su mayoría se realiza con software de uso libre o, en cierta manera, gratuito. Lo que permite reducir costos de implementación, sobre todo a nivel educativo, donde una variedad de programas computacionales permite su uso sin ningún costo.
- Permite experimentar usando los tres esquemas de telecomunicación: telecontrol, teleoperación y teleprogramación. Muchas de las plataformas hablan de telecontrol cuando en realidad es una teleoperación, pocas le dan importancia a la teleprogramación. Ésta permite experimentar bajo los tres esquemas.
- Se utiliza una interfase diseñada con un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento llamado Picaxe. Este microcontrolador, relativamente reciente, ha despertado un gran interés en la comunidad estudiantil, pero ahora varias empresas ven en él un "pequeño gigante" de bajo costo, fácil programación e importantes características en su interfase, ya que acepta entradas y salidas analógicas y digitales.

Programación "In System Programmability". Utiliza una interfase con un microcontrolador Picaxe que permite la programación sin necesidad

de programadores especiales, es decir, se programa y se ejecuta en línea.

- Software de control proporcionado por la plataforma para el telecontrol.
- Se puede utilizar el programador gratuito del Picaxe, ya sea para programar el dispositivo a distancia, o bien para realizar programas de interacción con algún otro software. Esto es, se puede programar el Picaxe para interactuar con programas propios del cliente o usuario de la plataforma.

Requerimientos

Para implementar esta la plataforma se tuvo una serie de requerimientos, tanto en software (SW) como en hardware (HW). De modo que la buena selección de estos elementos repercute en la eficiencia, robustez y mantenimiento del mismo.

La mayor aportación en SW la dan como servidores de medios, que permiten compartir los recursos de una computadora, o bien como elementos integradores entre SW o HW.³

En lo que respecta a HW, el principal requerimiento consiste en que la interfase que comunica la computadora con los servomotores del robot disponga de un microcontrolador programable en línea (In System Programmability) usando el protocolo RS232, es decir, que no requiera de programadores especiales y que se tenga que extraer de la interfase.

En cuanto al SW, se requieren cuatro elementos: servidor HTTP, servidor de bases de datos, servidor serial y lenguaje a nivel servidor.

Servidor HTTP. Es un programa que implementa el protocolo HTTP diseñado para transferir lo que llamamos hipertextos, páginas web o páginas HTML "hypertext markup language": textos complejos con enlaces, figuras, formularios, botones y objetos incrustados como animaciones o reproductores de sonidos, elementos integradores.

Servidor de bases de datos. Es un programa que permite almacenar, administrar y compartir información sobre una red de computadoras.

Servidor VNC. Las aplicaciones de VNC (Virtual Network Computing) permiten compartir el escritorio de una computadora (pantalla visual de trabajo) mediante un protocolo simple, de acceso a interfaces gráficas llamado RFB (Remote Frame Buffer).

En resumen, estas aplicaciones permiten que una computadora que llamaremos PcClient se conecte a otra que llamaremos PcServer y tomar el control de la misma como si se estuviera presencialmente en ella, como se puede apreciar en la figura 2.



Fig. 2. Servidores VNC.

Servidor RS232 o servidor serial. Los servidores seriales son pequeños programas que permiten compartir el puerto serial de una computadora por medio de la red; por lo tanto, para hacer uso de ellos es necesario disponer de una PC dedicada.

Estos servidores también son conocidos como convertidores de protocolo en software de RS232 a TCP/IP, ya que además existen en hardware, donde no es necesario utilizar una computadora dedicada.

Lenguaje a nivel servidor. Éste permite ejecutar aplicaciones en el servidor, y permite crear páginas dinámicas. Los códigos de estos programas permanecen ocultos al cliente, por lo que éste sólo envía una petición, el servidor ejecuta una serie de comandos y devuelve los resultados, y oculta

al cliente la manera en que lo hace. Los lenguajes más usados a nivel servidor son: Java, Net, PHP y ASP.

In System Programmability. Este término se utiliza actualmente en dispositivos electrónicos que pueden ser programados en línea, sin necesidad de programadores especiales ni de ser extraídos del hardware donde trabajan.

Implementación

Una vez vistos los requerimientos de la plataforma, se detalla el procedimiento utilizado para la implementación de la misma, se especifica el tipo de SW y el HW utilizado para cumplir con dichos requerimientos.

Apache Friends

Este software, cuya licencia es GNU/GLP, cumple con varios de los requerimientos vistos con anterioridad, pues en un solo paso instala, entre otros, los siguientes componentes:

1. Servidor http Apache
2. Servidor de bases de datos MySQL
3. Lenguaje de servidor PHP.

Para mayor referencia consúltese la página oficial.⁴

TCP-Com

Para compartir los recursos del puerto serial a través de la Internet se utilizó un software llamado TCP-Com.⁵ Este sencillo programa puede utilizarse como cliente o como servidor (figura 3).

La configuración del TCPCom es simple, y los parámetros necesarios a modificar serán:

Connector. Se refiere al puerto RS232, se selecciona el puerto físico, si es que la PC es un servidor; o bien un puerto virtual, si es que la PC es cliente. En caso de utilizar un puesto virtual (sólo para PC cliente), será necesario activar la casilla "Create Virtual COM port".

Baud Rate. Deberá estar a 9600, en caso de teleprogramación, y 2400 en caso de telecontrol.

Create Virtual COM port. Ésta se activa en caso de que sea un cliente, y es necesario crear un puerto virtual de comunicación remota.

This PC will act as TCP Client. Esta opción se aplica para el caso de que la PC sea cliente.

This PC will act as TCP Server. Esta opción se aplica para el caso de que la PC sea servidor.

Remote Host IP Address. Aquí se coloca la dirección URL en la que se va a realizar comunicación, se aplica al caso de una PC cliente; en caso de servidor, ésta es indistinta.

Remote Port. Es la puerta de enlace, se deberá asignar un host por puerto, iniciando desde el 1000 de preferencia. Es importante consultar con el responsable del área de sistemas, para verificar si cuenta con los permisos de comunicación por estos hosts.

Activate. Activa el servicio, ya sea cliente o servidor.

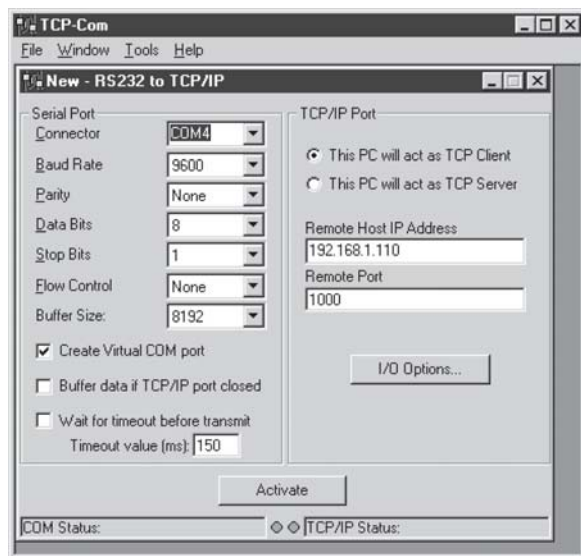


Fig. 3. Servidor RS232.

Microcontrolador Picaxe

Estos microcontroladores son nuevos y apasionantes "computadoras de un solo chip" electrónicos, que están incursionando

rápidamente, tanto en la industria como en la educación. El Picaxe es un sistema de programación de microcontroladores altamente poderoso, pero muy económico, diseñado para el uso educacional y aficionado de los microcontroladores.

Una de las características únicas del sistema Picaxe es que los programas pueden descargarse directamente al microcontrolador mediante un cable conectado al mismo, por lo tanto, no se requiere el uso de equipos programadores/eliminadores de alto costo. Además, el software es fácil de utilizar y gratis; por lo tanto, los estudiantes pueden trabajar sus proyectos utilizando el sistema de programación completo en casa.

El microcontrolador Picaxe dispone de una terminal exclusiva para su programación, éste se conecta al RS232 de la computadora con unos simples componentes electrónicos; sin embargo, se puede utilizar cualquier entrada y salida del mismo para interactuar "en tiempo real", a través del puerto serial, en este caso es necesario agregar un dispositivo convertidor del voltaje del RS232 de la computadora, a uno de TTL, el MAX232 es una buena opción.

Resultados y discusiones

La figura 4 muestra los robots utilizados para prestar el servicio en esta plataforma, dos robots de la marca CRYA ©.

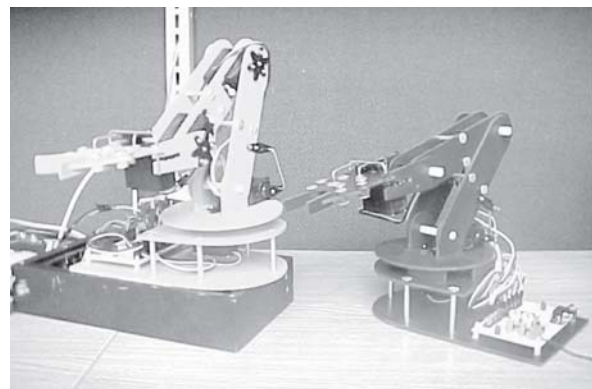


Fig. 4. Robots CRYA©.

La figura 5 muestra la plataforma web en funcionamiento, ésta proporciona los medios necesarios para la experimentación, ya que cuenta con la información necesaria y una guía para su uso; además, permite la descarga de los programas para su utilización.

Para su comprensión, dispone de una ayuda que permite comprender y distinguir los términos telecontrol, teleoperación y teleprogramación.



Fig. 5. Plataforma Web.

Prácticamente, la diferencia entre telecontrol y teleoperación radica en la ubicación del programa de control; si éste se encuentra del lado del cliente; entonces se tiene un telecontrol; en caso de que esté del lado del servidor, entonces hablaremos de teleoperación.



Fig. 6. Servicio de VNC para la teleoperación.

En cuanto a la teleoperación, la plataforma cuenta con un servicio de VNC, mediante la cuál es posible acceder a ciertos recursos de la computadora para utilizar el robot a distancia, pero como si estuviera "físicamente" en él (figura 6).

Para el caso de telecontrol se puede hacer uso del programa proporcionado por la misma plataforma (figura 7), o bien se puede diseñar una interfase a la medida con algún lenguaje de programación que soporte la comunicación serial.

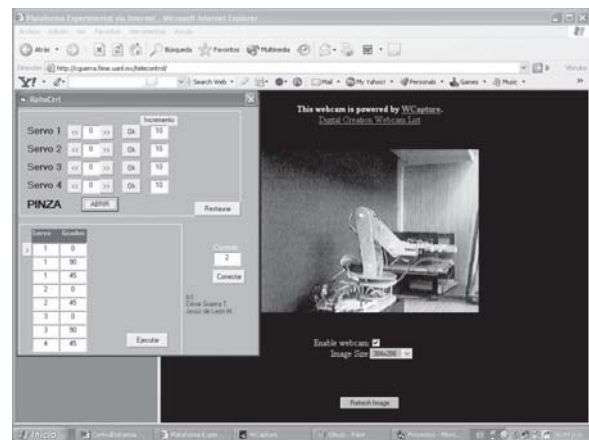


Fig. 7. Servicio de telecontrol.

Incluso se puede emplear el hyperterminal de Windows.

Lo anterior, gracias a que la interfase fue dotada con dos canales de comunicación serial: uno, utilizado como medio de programación, mientras el otro es el medio de interacción en tiempo real.

Hablando del retardo, cuando se tiene un esquema de teleoperación, el retardo prácticamente no es considerado, ya que sólo se envía la información de lo que se desea hacer, el resto lo hace el programa de control del lado del servidor. Mientras que para el caso de telecontrol, éste puede ser importante dependiendo el tipo de experimentación.

Sin embargo, considerando sólo el tiempo de respuesta del movimiento del robot, en esta plataforma es más rápido el esquema de telecontrol que el de teleoperación, ya que utiliza pocos re-

cursos para el envío de instrucción, éste se transporta prácticamente al instante; sin embargo, para visualizar los resultados, la velocidad de transferencia de imágenes dependerá de la velocidad de conexión, así como de los recursos de la misma computadora.

No así en el caso de teleoperación, ya que utiliza los servicios del VNC mediante, y mediante la cual envía una serie de imágenes que muestra lo que ocurre en el escritorio de la computadora servidora.

En lo que respecta a la teleprogramación, se puede usar la herramienta de programación del mismo fabricante del Picaxe, ésta es gratuita y se puede descargar de su página oficial.⁶ Esta herramienta posee tres formas de programación: el lenguaje Basic, mediante diagramas de flujo y mediante diagrama esquemático TTL.

Juntando las características del Picaxe con las de su herramienta de programación se puede hacer interfase a la medida para la operación del robot.

Conclusiones

En este trabajo se analizaron los elementos que permiten implementar una plataforma computacional para la experimentación en telerrobótica. Aunque la dinámica presente por el uso del Internet como medio de comunicación pudiera afectar los experimentos, aquí se limitó exclusivamente a proporcionar las características de la plataforma, y deja dichos efectos como parte de las investigaciones futuras.

Primero se hizo un estudio detallado de los elementos tanto en software, como en hardware, que pueden ser utilizados para la implementación de este tipo de plataformas.

Posteriormente, se mencionaron los elementos utilizados tanto en HW como en SW para implementar la plataforma computacional, la combinación de los elementos utilizados le dan ciertas características únicas a la plataforma.

Por último, se mostró una serie de imágenes de la plataforma en operación, mediante la cual se reveló cómo es posible experimentar bajo los esquemas de telecontrol, teleoperación y teleprogramación.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó gracias al apoyo brindado por las instituciones SEP, Conacyt, ANUIES, así como por el Institut de Recherche en Communication et Cybernétique de Nantes (IRCCyN) para una estancia de investigación en Nantes, Francia.

Resumen

Actualmente los robots ya no son utilizados sólo para movimientos básicos, sino que ahora son capaces de interactuar con personas en tiempo real y a distancia, siendo el Internet un excelente medio de comunicación. En este trabajo se presentan los resultados de implementación de una plataforma computacional para el control de un robot vía Internet, con fines de investigación y docencia.

Palabras clave: Telecontrol, Telerrobótica, Internet, Robots.

Abstract

Currently robots are no longer used for basic movements alone, they are now capable of interacting with people at a distance and in real time, being the Internet an excellent way of communication. In this work we show the results of the implementation of a computer based platform for the control of a robot via Internet, for research and teaching purposes.

Keywords: Telecontrol, Telerobot, Internet, Robots.

Referencias

1. K. Taylor, J. Trevelyan. "Australia 's telerobot on the web" in: International Symposium on Industrial Robots, 1995, pp. 39-44.
2. P. Saucy, F. Mondada, "KhepOnTheWeb: open access to a mobile robot on the Internet", IEEE Rob. Autom. Mag 7 (March(1)),2000, pp.41-47.
3. César Guerra, Jesús de León. "Elementos SW para el telecontrol o teleoperación vía Internet", memorias del congreso AMCA2006, www.amca.org.mx.
4. Apache friends, <http://www.apachefriends.org/>, consultado en marzo 2007.
5. Tal Tech, "<http://www.taltech.com/>", revisado en marzo 2007.
6. PICAXE, <http://www.rev-ed.co.uk/picaxe/es/index.htm>, revisado en marzo 2007.

Recibido: 26 de agosto de 2008

Aceptado: 22 de enero de 2009