

Framework para laboratorios teleoperados de robótica

Jair Mendoza Ceballos - jmendoza@unicomfauca.edu.co
 Andrés Hurtado Banguero - ahurtado@unicomfauca.edu.co
 Docentes Investigadores
 Institución Universitaria Tecnológica de Comfaucauca

Resumen

El presente trabajo ilustra el estado del arte sobre la utilización de framework y su aplicación en la integración de laboratorios teleoperados de robótica. Se relacionan aspectos técnicos requeridos para lograr la inserción eficiente del Laboratorio de Robótica Móvil de la Institución Universitaria Tecnológica de Comfaucauca - UNICOMFACAUCA en la red de laboratorios que se establecerá con otras universidades colombianas. También hace una presentación de la red Renata y su aporte al proyecto que se adelanta, se describe qué es la Robótica Teleoperada y se termina exponiendo los elementos que componen un framework y su implementación en Unicomfaucauca.

Palabras clave: framework, teleoperación, robótica móvil, modelo-vista-controlador.

I. Introducción

RENATA, Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada, tiene como objetivo conectar, comunicar y propiciar la colaboración entre la comunidad académica y la comunidad científica de Colombia, y a éstas con la comunidad académica internacional y centros de investigación en el mundo. Actualmente está brindando un espacio para el desarrollo de propuestas de ingeniería, que permitan emplear sus recursos para interconectar no sólo servicios informáticos de nivel software, sino que con estas iniciativas las universidades podrán, de igual forma, compartir los recursos disponibles en sus laboratorios y centros de investigación.

El trabajo que actualmente se está adelantando, tiene como base un desarrollo previo, realizado por dos universidades: la Universidad del Valle y la Universidad del Quindío, el cual demuestra la gran utilidad de estas estrategias tecnológicas. Unicomfaucauca se integró a la construcción de una red de laboratorios, teniendo en cuenta los lineamientos que se están especificando, para así poder ingresar y compartir su laboratorio de robótica móvil. Adicionalmente, se plantea reglas de diseño y estándares de programación para permitir que otras instituciones de educación superior puedan hacer parte de forma rápida de este esquema. El estándar y las reglas hacen referencia a que se está desarrollando un framework que

permitirá agilizar el crecimiento y funcionalidad de la red de laboratorios de una forma clara y ordenada.

2. Teleoperación y robótica remota

Históricamente el hombre empezó a diseñar robots teniendo como premisa realizar tareas que las personas desarrollaban de forma secuencial pero bajo fuertes limitaciones de tiempo. Aplicaciones como la exploración espacial y marina, obligaban a que la operación de estos sistemas se realizara de forma remota, presentando complejas interfaces de usuario y medios de comunicación inalámbricos con ciertas limitaciones para enviar y recibir información.

Actualmente, el avance en las telecomunicaciones y el aumento de las velocidades de transmisión, permiten acceder a sistemas remotos y ejecutar tareas en tiempo real, llevando información sensorial básica y/o video con bajos tiempos de transmisión.

Para mejorar las cosas, los modelos de programación denominados Cliente-Servidor, han evolucionado gracias a la unión de las telecomunicaciones y la informática, promoviendo el desarrollo de diferentes esquemas para el control a distancia de los robots, tales como:

- Telecontrol: cuando el programa de control está en el robot (Cliente).
- Teleoperación: cuando el programa de control esta en el servidor (operador).
- Teleprogramación: “In System Programmability”, dispositivos que pueden ser programados en línea.

En adición, la misma tecnología ha derivado en un campo de acción mucho más interesante, que consiste en la posibilidad de estructurar esquemas colaborativos entre los mismos robots, con el fin de alcanzar una tarea que, en forma individual, podría ser muy difícil y podría necesitar mucho tiempo.

Actualmente la experimentación remota se apoya en dos implementaciones tecnológicas:

- Acceso vía Internet (web) a equipos conectados a un servidor, lo que inevitablemente implica el desarrollo de un modelo cliente-servidor.
- Sistemas de comunicaciones inalámbricas

Acceso vía Internet

Estas implementaciones han sido abordadas en varios trabajos Sandoval [1], Gutiérrez [2], Khamis [3], Pérez [4], Jiménez [5], Paya [6], Jitebdra y Calvache [7] sobre los cuales se ha establecido las bases teóricas del proyecto que se está desarrollando.

El acceso remoto empleando Internet se ha venido conformando como la mejor opción para la operación de plataformas robóticas, tal y como se sustenta en infinidad de iniciativas similares en el ámbito internacional y de las cuales se exponen algunos ejemplos a modo de ilustración.

- **Robolab**, Robolab [8], Jara [9]. Laboratorio de la Universidad de Alicante. Permite teleoperar el brazo robótico Scorbot ER – 1x a través de Internet y realidad virtual.
- **A Remote Laboratory for Teaching Mobile Robotics**, Khamis [3], Rodriguez [10]. Laboratorio de la Universidad Carlos III de Madrid. Permite realizar diversos experimentos sobre un robot móvil B21 e interactuar con sus sensores.
- **Sistema BGen-Web**, Barbera [11]. Es una aplicación robótica de exploración basada en Web. El objetivo de esta aplicación es proporcionar un control supervisor altamente interactivo de un robot móvil, con el objetivo de realizar una exploración de un entorno poco conocido o completamente desconocido.
- **LearNet**, Rohrig [12], Masar [13]. Proyecto realizado por la Universidad de Hagen en conjunto con otras Universidades Alemanas. Permite la interacción y control de diversos sistemas, entre ellos un robot móvil Pioneer y una plataforma móvil omnidireccional.
- **Telebased Control of Merlin Rover Robot**, Merlin [14]. Desarrollado por el Instituto de Robótica y Telemática de la Universidad de Wurzburg. El sistema le da al usuario la capacidad de controlar remotamente varios aspectos de un

robot móvil tales como la cinemática, el control de los motores o planificación de caminos.

A nivel nacional y regional, se destaca un proyecto que permite acceder a dos plataformas robóticas y manipularlas de forma remota, una de ellas ubicada físicamente en la ciudad de Cali en la sede Meléndez de la Universidad del Valle, que consta de un robot móvil, y otra ubicada físicamente en Armenia en la Universidad del Quindío, que consta de un manipulador industrial. Esta idea se materializó gracias al proyecto “Framework para el desarrollo de laboratorios de acceso remoto sobre redes de alta velocidad (RENATA) en el área de ingeniería”; proyecto cofinanciado por RENATA y que se constituye en el principal referente nacional de laboratorios virtuales de robótica. Bayron [15].

Otros ejemplos de aplicaciones desarrolladas a nivel regional se han realizado en la Universidad Javeriana de Cali y en la Universidad del Valle.

Universidad Javeriana

- Laboratorio Virtual, Remoto y Distribuido de Comunicaciones Basado en DSPs, Javeriana [16]
- A Remote Laboratory for Control Engineering Training Telemec [17] de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

Universidad del Valle

- Laboratorio virtual para la experimentación remota sobre una plataforma Servo Motor [18].
- Implementación de un laboratorio virtual para el estudio de dispositivos electrónicos [19].
- Plataforma de procesamiento distribuido, con acceso remoto multiusuario y emulación de sistemas dinámicos, para investigación y educación en ingeniería [20].
- Desarrollo tecnológico de los laboratorios remotos de estructuras e ingeniería sísmica y dinámica estructural Univalle [21].

Sistemas de comunicaciones inalámbricas

Un enlace inalámbrico busca proveer movilidad al robot dentro de la arquitectura de teleoperación, es

por esta razón, que no juega un papel de gran importancia y es suficiente con seleccionar una tecnología que provea una alta velocidad de transmisión de datos. Adicionalmente, que sea fiable y fácil de implementar, sin hacer más complejo el sistema robótico desarrollado.

Al buscar un sistema de comunicación que cumpla las anteriores características, se encuentran con experiencias que usan la norma IEEE 802.11, estandarizada por Wifi Alliance, la cual está siendo seleccionada como la tecnología de facto para la robótica teleoperada. Esta tecnología es fácilmente implementada tanto en el Computador Servidor como en el Computador del robot, de tal manera que resuelve la comunicación entre los dos dispositivos de manera eficiente, como si fuera una Red Local.

De hecho, la norma IEEE 802.11 fue planteada como el equivalente de las capas física y acceso al medio de la norma 802.3 Ethernet, de tal manera que una red inalámbrica es compatible ciento por ciento con todos los servicios de una red local.

Plataforma para Teleoperación

Basados en los anteriores desarrollos y experiencias, se ha planteado un modelo de teleoperación como el que se indica en la figura 1. Este modelo configura una plataforma para la teleoperación de un robot móvil, confinado a un ambiente cerrado que puede ser estructurado o no estructurado. Consiste básicamente en un robot móvil teleoperado en forma inalámbrica desde un servidor vía Wifi y supervisado con una cámara IP que se conecta al servidor por medio de una red Ethernet. Adicionalmente, para acceder al servidor, se cuenta con Internet o la Red de Alta Velocidad proporcionada por RENATA.

En su gran mayoría los proyectos estudiados y analizados anteriormente se enfocan en el desarrollo de un sistema de comunicación que permita interactuar de forma remota con distintas plataformas robóticas empleando una gran variedad de lenguajes de programación y distintas arquitecturas para realizar la construcción de la aplicación. Es evidente que este tipo de desarrollos

permiten alcanzar el objetivo principal de manipulación del robot, pero en virtud a que no se desarrolla teniendo en cuenta unos lineamientos genéricos, dificulta el crecimiento de las funciones, agregar nuevos recursos, y desde luego, el acceso de otros usuarios a la red de forma transparente, confiable y fácil.

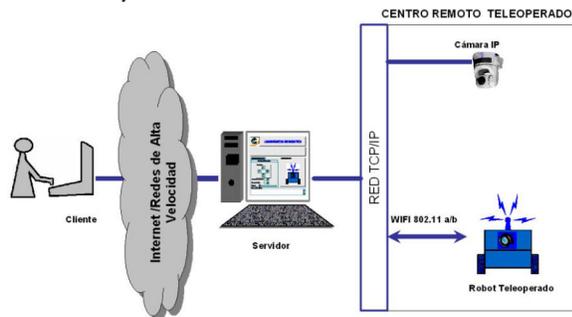


Figura 1. Modelo de laboratorio teleoperado de robótica

Debido a lo expuesto anteriormente, se ha detectado la importancia de desarrollar aplicaciones que permitan a las universidades unirse a una red de laboratorios o centros remotos y aumentar de forma proporcional las aplicaciones, permitiendo realizar tareas de teleoperación. La solución viable a este requerimiento se denomina framework y se analiza en el siguiente aparte de este artículo.

3. ¿Qué es un framework?

Un framework, desde el punto de vista de ingeniería de software, es una plataforma que se predefine en forma organizada, de tal manera que permite o ayuda al desarrollo de diferentes componentes de otros proyectos. Normalmente incluye: programas, biblioteca de funciones y un lenguaje interpretado.

Se puede decir que un framework modela las relaciones entre las entidades que componen un proyecto, a la vez que provee una estructura y una metodología de operación e integración. Se diseñan para facilitar el desarrollo de aplicaciones software, de tal manera que provee un lenguaje de alto nivel, que permite que los programadores se involucren más en resolver las funcionalidades que en el cómo hacerlo.

Como referencia en el desarrollo de frameworks se presentan algunos trabajos llevados a cabo en algunas universidades de Colombia:

- Eukopoteros [22]. Desarrollado en la Escuela Colombiana de Ingeniería. Desarrollo de un framework para implementar aplicaciones por componentes.

- Implementación de un Framework para desarrollo de aplicaciones para niños con deficiencia auditiva [23]. Desarrollado en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Framework basado en componentes

- Diseño y desarrollo de un marco de trabajo (Framework) para soportar el desarrollo de aplicaciones web de código abierto [24]. Desarrollado en la Universidad Unidades Tecnológicas de Santander. Construcción de un Framework de trabajo, que optimice en más de un 50% los tiempos de diseño y desarrollo de un sistema Web, utilizando estándares mundiales que garanticen que su utilización pueda ser aplicada en múltiples proyectos de desarrollo.

- Modelo de diseño para el desarrollo de aplicaciones Web por componentes soportado en patrones de diseño [25]. Desarrollado en la Universidad Unidades Tecnológicas de Santander. Este proyecto se centra en la realización de un modelo de diseño que sirva para la construcción de sistemas web por componentes.

La construcción de un framework, permite controlar varios recursos y ofrecer servicio a una gran cantidad de clientes, quienes ingresarían al framework para usar o manipular los recursos ofrecidos, Bottazzi [26].

Teniendo en cuenta este objetivo y basados en la propuesta de Tsui [27], quien propone el desarrollo de un framework en tres grandes partes, este trabajo se ha abordado desarrollando los siguientes bloques funcionales: agentes robóticos, comunicación e interface de usuario. Ver figura 2.



Figura 2. Bloques funcionales para un framework

Agentes robóticos

De acuerdo a la definición más generalizada del término “agentes”, se puede considerar que un agente robótico es aquel mecanismo que mediante “sensores” puede percibir su ambiente y actuar en concordancia a una programación preestablecida, gracias al uso de sus propios dispositivos denominados “actuadores”.

Para el desarrollo del presente trabajo, se considera que un agente robótico está compuesto básicamente por cuatro elementos: procesador, sensores, actuadores y comunicación.

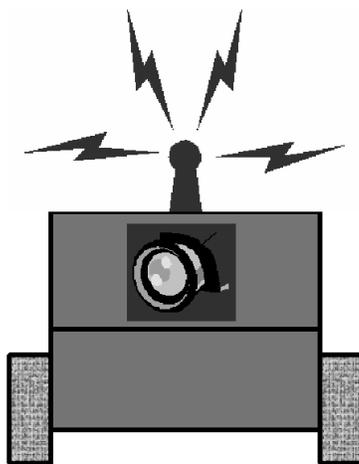


Figura 3. Agente robótico

Framework para laboratorios de robótica

Para lograr la integración de la red de laboratorios de robótica de forma eficiente y permitir que otras universidades puedan compartir sus recursos se emplea un patrón de diseño Modelo-Vista-

Controlador. Una de las características más fuertes en este patrón de diseño es la independencia entre los elementos, el modelo desconoce la existencia de las vistas y el controlador [28].

- **Modelo:** es el conjunto de clases que se implementan en Java que representan la información relacionada con las necesidades del desarrollo. Para el caso concreto del laboratorio de robótica el modelo debe tener clases que permitan realizar los desplazamientos del robot móvil, teniendo en cuenta los datos provenientes de los sensores.

- **Las vistas:** se implementan mediante clases en Java y permiten al usuario tener la información generada en el modelo. En la figura 4 se presenta una vista asociada al proyecto de robótica móvil. Se puede dar el caso de que un modelo tenga más de una vista asociada.

- **Controlador:** es el encargado de dirigir el control de flujo de toda la aplicación, mediante mensajes que se pueden generar por datos que introduce el usuario, el controlador puede cambiar el modelo o abrir y cerrar vistas. El controlador puede acceder al modelo y las vistas de forma directa, pero las vistas y el modelo no saben de la existencia de éste. En la plataforma de robótica móvil el controlador recibe el nombre de “delegado” conservando el nombre dado en la plataforma J2EE en donde se le denomina “delegate”.

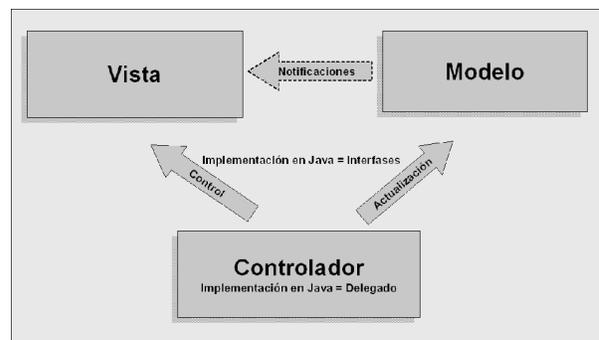


Figura 4. Patrón de diseño MVC.

Ventajas del Modelo Vista Controlador (MVC)

- La aplicación se desarrolla mediante módulos, lo que permite el trabajo descentralizado y en equipo.
- Las **vistas** se actualizan automáticamente sin la intervención del usuario.

- Los cambios realizados en las **vistas** no afectan a los módulos restantes.
- Las aplicaciones desarrolladas bajo este esquema son muchas más extensibles y modificables en términos de mantenimiento.

Desventajas del Modelo Vista Controlador (MVC)

- El tiempo de desarrollo al emplear este patrón de diseño es mayor pues se debe implementar un mayor número de clases que representen todos los elementos que componen los módulos.
- El Modelo Vista Controlador es un patrón de diseño orientado a objetos por tanto es difícil de implementar en lenguajes que no sigan este paradigma.

Adicionalmente a la implementación o desarrollo del Framework, es necesario contar con dos elementos de vital importancia que garanticen la usabilidad del mismo: comunicación e interfase de usuario.

Comunicación

La eficiencia y agilidad del framework radica en la implementación de un buen sistema de comunicación, de tal manera que se pueda tener la facilidad de conexión y a la vez la protección contra usuarios no autorizados.

En adición es necesario que el sistema, en su totalidad, considere aquellos comandos desconocidos y se descarten antes de ser enviados al agente robótico. Aunque este último debe contar con los controles adecuados que eviten se dañe así mismo.

En la implementación del sistema que se está realizando, el acceso al servidor se realiza vía Redes de Alta Velocidad, lo que garantiza un acceso muy rápido. Y desde el servidor al agente robótico se realizará vía Wi-Fi, usando equipos inalámbricos 802.11 que ofrecen una velocidad de transmisión que puede ir desde los 11 Mbps hasta los 54 Mbps dependiendo de la configuración.

Interfase de usuario

Se ha planeado el desarrollo de una interface intuitiva, de tal manera que el usuario pueda teleoperar al agente robótico mediante el uso de comandos simples. Igualmente, se dejará una opción para que el usuario pueda escribir o desarrollar aplicaciones.



Figura 5. Prototipo de interfaz de usuario

4. Conclusiones y trabajos futuros

El estado actual del presente trabajo es la fase de documentación y implementación del *Laboratorio Teleoperado de Robótica* para la Institución Universitaria Tecnológica de Comfacaucua, bajo los lineamientos del proyecto “*Framework para el Desarrollo de Laboratorios de Acceso Remoto sobre Redes de Alta Velocidad (Renata) en el Área de la Robótica*” y el cual se está desarrollando de acuerdo a las últimas innovaciones en desarrollo bajo el ambiente de **programación Java**.

El proyecto se vislumbra como una alternativa de bajo costo para tener acceso a varios laboratorios de robótica, sobre los cuales los estudiantes y docentes podrán realizar prácticas en diferentes plataformas tales como: brazos robóticos, robótica móvil y teleoperación. En adición, el framework permitirá que otros laboratorios u otras universidades sean integrados como recursos adicionales a la totalidad de la plataforma.

5. Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo se ha realizado con el auspicio de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Institución Universitaria Tecnológica de Comfacauca, como aporte contractual del proyecto “*Framework para el desarrollo de laboratorios de acceso remoto sobre redes de alta velocidad (RENATA) en el área de la Robótica*”, cofinanciado por Colciencias, Código 111348725723, y en el cual están participando las siguientes universidades: Universidad del Valle, Universidad del Quindío, Institución Universitaria Tecnológica de Comfacauca – Unicomfacauca y la Universidad EAFIT.

6. Bibliografía

- [1] Sandoval Cáceres, Wilmer Alexis y otro. MATLAB en Aplicaciones de Robótica Móvil. 2000.
- [2] Gutiérrez, Miguel Hernando. Arquitectura de Control, Planificación y Simulación para Teleprogramación de Robots. Tesis doctoral. 2002. Universidad Politécnica de Madrid.
- [3] Khamis R. Alaa, Interacción Remota con Robots Móviles Basada en Internet. Tesis Doctoral Universidad Carlos III de Madrid, 2006
- [4] Pérez Rodríguez, Eduardo Javier. Arquitectura de Navegación Distribuida para Agentes Robóticos. Tesis doctoral. 2006. Universidad de Málaga.
- [5] Jiménez, J et al. Propuesta de una Plataforma para la difusión de la Robótica Móvil: E-SMART. III Congreso Colombiano de Computación, Medellín, abril 23-25 de 2008.
- [6] Paya, Luis; Reinoso, Oscar, Gil Arturo y Jiménez Luis M. Plataforma Distribuida para la Realización de Practicas de Robótica Móvil a través de Internet. Información Tecnológica – Vol 18 No. 6 – 2007.
- [7] Calvache, Bayron; Buitrago, Jaime; Cardona, Jaiber; Bacca, Bladimir; Caicedo, Eduardo. Laboratorio Distribuido con Acceso Remoto a través de Renata para la Experimentación en Robótica. 2007.
- [8] Robolab, en: <http://disclab.ua.es/robolab/labvir.htm>
- [9] Jara C., Candelas F, Torres F, Virtual and Remote Laboratory for Robotics E-Learning, 18th European Symposium on Computer Arded Process Engineering, ELSEVIER 2008.
- [10] Rodríguez F, Salichs M., Khamis A, Teaching Mobile Robotics to Anyone, Anywere at Anytime, 1st. EURON Workshop on Robotics Education and Training, Alemania 2001.
- [11] Barbera Humberto, Una Arquitectura Distribuida para el Control de Robots Autónomos Móviles. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia 2003, en: <http://ants.dif.um.es/humberto/thesis.html>
- [12] Rohrig C., Jochheim A., Java-based Framework for Remote Access to Laboratory Experiments, IFAC/IEEE Symposium on Advances in Control Education, ACE 2000 Australia, 2000.
- [13] Masár I., Bischoff A., Gerke M., Remote Experimentation in distance education for control engineers, Proceedings of Virtual University 2004, Bratislava, Slovaquia
- [14] Telebased Control of Merlin Rover Robot, en: <http://www.merlin.informatik.uni-wuerzburg.edu>
- [15] Framework para el desarrollo de laboratorios de acceso remoto sobre redes de alta velocidad (RENATA) en el área de ingeniería, Bayron Calvache, Jaime Buitrago, Universidad del Valle, Universidad del Quindio. 2009.
- [16] Pontificia Universidad Javeriana Cali, Laboratorio Virtual, Remoto y Distribuido de Comunicaciones basado en D S P e n : http://gar.puj.edu.co/Investigacion/Grupos/GART/TmpGar/Navegacion/Projects/index_html
- [17] Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Telemec – A Remote Laboratory for control Engineering training, en: <http://ingenieria.puj.edu.co/Investigación/Grupos/GAR/TmpGar>
- [18] Barreto Miguel, Florez Julian, Laboratorio Virtual para la Experimentación Remota sobre una Plataforma Servo Motor. Tesis de pregrado, Universidad del Valle 2004.
- [19] Ibarra C., Madina S., Bernal A., Implementacion de un Laboratorio Virtual para el Estudio de Dispositivos Electrónicos, ALLexis 2007, en: <http://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/files/No2/TEYET2-art07.pdf>
- [20] Universidad del Valle, Plataforma de procesamiento distribuido, con acceso remoto multiusuario y emulación de sistemas dinámicos, para investigación y educación en i n g e n i e r í a , e n : http://www.univalle.edu.co/automatica/investigacion/proyectos_Investigacion.html
- [21] Universidad del Valle, Desarrollo tecnológico de los laboratorios remotos de estructuras e ingeniería sísmica y d i n á m i c a e s t r u c t u r a l , e n : <http://www.univalle.edu.co/automatica/investigacion/pro>

yectos_Investigacion.html

[22] Guerrero J., Jaimes D., Soto M., Eukopotos: Framework para el desarrollo de aplicaciones por componentes, en: http://www.acis.org.co/fileadmin/Revista_107/06.pdf

[23] Ocampo C., Solarte J., Mora M., Implementación de un Framework para desarrollo de aplicaciones para niños con deficiencia auditiva, en: <http://serverlab.unab.edu.co:8080/wikimedia/memorias/fullpapers/173.pdf>

[24] Guerrero Andrés, Diseño y desarrollo de un marco de trabajo (Framework) para soportar el desarrollo de aplicaciones Web de código abierto. Tesis de Maestría, Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga 2008.

[25] Gutierrez Luz, Modelo de diseño para el desarrollo de aplicaciones web por componentes soportado en patrones de diseño. Tesis de Maestría, Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga 2008.

[26] Bottazzi, Stefano. Un framework Software basato su real-time Corba per sistemedi di Teleoperazione Robotica. Dottorato di Recerca in Tecnologie dell'Informazione. Universita Degli Studi di Parma, 2004.

[27] Pui wo Tsui and Huosheng Hu. A Framework for Multi-robot Foraging over the Internet. IEEE International Conference on Industrial Technology, Bangkok, Thailand, 11-14- December 2002.

[28] Deacon John, Model – View – Controller (MVC) Architecture, en: <http://www.jdl.co.uk/briefings/mvc.pdf>.

[29] Caicedo, Eduardo y otros. Laboratorio Distribuido con Acceso Remoto para la Enseñanza de la Robótica. Revista Educación en Ingeniería. Junio 2009. No.7, pp 51-61. ISSN 1900-8260.

[30] Davenport, T.H, Prusak, L. Information Ecology: Mastering the infomartion and Knowledge environment, Oxford University Press, New York. 1997.

[31] Hetero, herramienta de tele – enseñanza de robótica, en: <http://www.esi2.us.es/ISA/GAR/GVR/hetero>

[32] Ivanova Natali, Internet Based Interface for Control of a Mobile Robot. Tesis de Maestría, Royal Institute of Technology, Suecia 2003

[33] Jaising Jitendra, Internet-Controlled Robots and Gíreles Sensor Networks Communication: Problems and Issues. Tesis de Maestría, The University of Alabama 2003

[34] KhepOnTheWeb de EPFL, en: <http://Khepontheweb.epfl.ch>

[35] Lueg, C. Information, Knowledge and Networked Mind,s Journal of Knowledge Mangagement. Volume 5, Number 2,2001. pp 151-159.

[36] Morales, Jesús de León y Guerra Torres, Cesar. Plataforma Computacional para el Control de un Robot Vía Internet. Ciencia UANL. Vol. XII, No. 2, Abril-Junio 2009.

[37] Sanchez José, Candelas Francisco, Recursos Didacticos basados en Internet para el Apoyo a la Enseñanza de Materias del Area de Ingeniería de Sistemas y Automática. Revista Iberoamericana de Automática e informática industrial, Volumen 2, Número 2, 2005

[38] Xavier de CMU, en: <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/Web/People/Xavier>

[39] Yang Qing Chen, Dorina C. Petri, Emil M. Petrid, Internet-based Teleoperation of a Robot Manipulator for Education. Lakehead University 2004, http://www.discover.uottawa.ca/qchen/my_papers/01391873_teleoperationHAVE2004.pdf