

# **“Control Basado en Visión de Robots Industriales con Interfaz en Internet 2”**

## **—Primer Informe Semestral—**

### **Proyecto de colaboración entre la UASLP y la UAEM para la convocatoria CONACYT-CUDI sobre aplicaciones avanzadas para Internet2**

Dr. Juan Antonio Cárdenas Galindo  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Dr. Juan Manuel Rendón Mancha  
Universidad Autónoma del Estado de  
Morelos

#### **1. Introducción**

De acuerdo a las cláusulas TERCERA y CUARTA de la Carta/Convenio suscrita por un lado, el equipo de Investigación arriba listado, y por otro lado, la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet CUDI, como resultado del otorgamiento de financiamiento en el marco de la Convocatoria para el Desarrollo de Aplicaciones Avanzadas que Utilicen la Red Internet 2 de la CUDI, así como la Carta/Oficio firmada el 29 de Noviembre 2004 por el Lic. Carlos Casasús López Hermosa, Director General del CUDI y enviada al Dr. Juan Antonio Cárdenas Galindo y al Dr. Juan Manuel Rendón Mancha, a continuación se presenta el primer informe semestral del proyecto; el cuál incluye los informes técnico semestral y financiero semestral del proyecto.

#### **2. Informe Técnico Semestral**

Del cumplimiento que se lleva a la fecha de los objetivos planteados en el proyecto se ha escrito un (1) artículo de investigación, y una (1) participación en la Reunión de Primavera 2005 del CUDI. Asimismo están por concluirse tres (3) tesis de maestría: una en Ingeniería de la Computación y otra en Ingeniería Eléctrica con Especialidad en Control Automático, y se está desarrollando otra tesis de maestría en Ingeniería Eléctrica con especialidad en Control Automático. Una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) ha sido desarrollada para permitir el acceso visual al espacio de trabajo del robot; la GUI muestra imágenes capturadas por cámaras y las transmite a sitios remotos. Se han utilizado protocolos y software de arquitectura abierta. Se desarrolló un controlador basado en PC usando el lenguaje C++ para un brazo robótico PUMA 760. El software de control basado en visión CSM también se ha desarrollado en lenguaje C++, usando una tarjeta de digitalización de video. En adición, se realizó la instalación de fibra óptica hasta el laboratorio de robótica haciendo posible la conexión directa al backbone del CUDI de un servidor de teleconferencia, que se conecta a un equipo a través del cual se lleva a cabo el control de alto nivel del robot. La Tabla 1 presenta el calendario de actividades donde se marca cuales objetivos fueron alcanzados. En la sección 3 se presentan los artículos de investigación y participaciones en las Reuniones de CUDI, artículos en preparación, así como los temas de tesis en desarrollo. En la sección 3. se presenta un avance en los objetivos estipulados en el protocolo del convenio. En la sección 4. se presentan los artículos de investigación y participaciones en congreso así como los temas de tesis en desarrollo. En el anexo 1. se presenta una copia del artículo aceptado para el congreso “The 9th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics”. En el anexo 2. se presenta copia de la presentación en la Reunión de Primavera del CUDI 2005.

### 3. Avance en los Objetivos Estipulados en el Protocolo

- i) Desarrollo de una interfaz a través de Internet 2 que permita el acceso remoto del usuario al espacio de trabajo del manipulador para todas aquellas situaciones de peligro o de difícil acceso que requieran una estación remota que permita un control de alto nivel del manipulador.

Actualmente se cuenta con la primera versión de esta interfaz, por medio de ella se permite al usuario seleccionar la pieza de trabajo, así como la tarea robotizada usando control basado en visión. Recientemente (junio 10) se logró establecer el enlace entre el Laboratorio de Robótica y la torre de telecomunicaciones de la UASLP. En el corto plazo se realizarán las pruebas preliminares a través de Internet2 haciendo el enlace desde Cuernavaca hasta el Laboratorio de Robótica de la UASLP

- ii) Ampliar el entendimiento de los problemas teóricos y prácticos que se presentan en la aplicación de la visión artificial para el control de robots usando herramientas de estimación y modelos estocásticos, así como desarrollar técnicas de visión basadas en el paradigma de CSM tomando ventaja del retardo reducido y uniforme que proporciona Internet 2.

Se han desarrollado algoritmos que permiten la identificación de las piezas de trabajo utilizando visión de cámara, este esquema permitirá automatizar las tareas robotizadas a un nivel de control supervisorio. Este trabajo es aún tema de desarrollo del trabajo de tesis de maestría de uno de los estudiantes colaboradores y es objeto de un artículo en preparación.

- iii) Fortalecer las líneas de investigación en control basado en visión del laboratorio Robótica de la Facultad de Ingeniería de la UASLP y de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, desarrollando estrategias de control basadas en visión artificial para guiar y controlar sistemas robóticos utilizando Internet 2.

Los algoritmos de procesamiento digital de imágenes, su implementación y optimización para el uso de un control supervisado basado en visión a través de Internet2 han sido objeto de investigación conjunta entre el equipo de la UAEM y de la UASLP, se encuentra en desarrollo de un artículo de colaboración conjunta donde se presentan los resultados obtenidos.

- iv) Formación de Recursos Humanos: se espera graduar a dos estudiantes de maestría especialistas en control basado en visión de robots y en interfaces en Internet 2 para el control remoto de robots controlados por visión.

Los tesis de maestría Erika Laborico, Yazmin Covarrubias y Fco. Martínez tienen programadas la presentación de sus respectivas tesis de grado en el semestre de otoño del 2005. En estas tesis se reportará parte sustantiva del proyecto "Control Basado en Visión de Robots Industriales con Interfaz en Internet 2".

#### **4. Divulgación de Resultados en Publicaciones Científicas, Congresos y Reportes Académicos**

**Artículos Aceptados** en el semestre cuyos resultados se obtuvieron con el financiamiento del Proyecto CUDI :

- “Vision-based control for industrial robots with interface on internet2”. Felipe A. DeLaPeña-Contreras, Antonio Cárdenas, Emilio J. González-Galván, Guillermo DelCastillo, Francisco E. Martínez; “The 9th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics”. Orlando USA; Julio 11 al 13 del 2005

#### **Trabajos Presentados en Congresos:**

- “Control Basado en Visión de Robots Industriales con Interfaz en Internet 2”; Juan A. Cárdenas G., Emilio J. González G., Juan M. Rendón M., Fco. Javier Ramírez A., Felipe A. De la Peña C., y F. E. Martínez P. ; Reunión de primavera del CUDI 2005, Veracruz, México; Abril 27 al 29 de Abril 2005.

#### **Artículos en Proceso de Escritura:**

- Desarrollo de interfaces intuitivas en Internet 2 para la aplicación de autonomía supervisada en robots.

#### **Tesis en Proceso:**

- Tesis de Maestría en Ingeniería Eléctrica especialidad en Control Automático: "Experimentos de control de un manipulador usando un sistema operativo no propietario", Norma Yazmín Covarrubias González.
- Tesis de Maestría en Ingeniería de la Computación: “Interfaz portable utilizando Internet y herramientas orientadas a objetos, para la definición de tareas robotizadas basadas en visión computacional” Francisco Eduardo Martínez Pérez.
- Tesis de Maestría en Ingeniería Eléctrica “Desarrollo de un Algoritmo para Tareas Robotizadas de Corte de Plasma por Medio de Visión” Erika Dorit Laborico Avilés.

#### **5. Informe Financiero**

El informe financiero se anexa usando el formato proporcionado junto con la carta/Convenio (Anexo 3).

**Tabla 1. Calendario de Actividades**

ACTIVIDAD	Investigador Involucrado	2005											
		I				II				III			
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Revisión Bibliográfica	JACG,EJGG,JMRM,FJRA,FJMP	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
1 Adquisición de equipo	JACG,JMRM,	////	////	////	////								
2 Configuración de hardware y software para tarjetas adquisidoras de Imagen y controladoras.	JACG,FJMP		////	////	////								
3 Puesta apunto de las Unidades de luz estructurada bajo control computacional	JACG,FJMP				////								
4 Desarrollo de algoritmos para posicionamiento del robot usando CSM	JACG,EJGG,FJMP					////	////						
5 Depuración y pruebas de programa.	FJMP									////			
6 Desarrollo de algoritmos para la identificación de los puntos de luz estructurada en plano de imagen.	JACG,JMRM						////						
7 Realización de pruebas y experimentos para la identificación de Puntos en espacio de cámara	FJMRM,FJMP							////					
8 Interconexión del laboratorio de robótica con la torre de informática, utilizando fibra óptica, en la UASLP	FJRA,FJMP	////						////					
9 Instalación y configuración de los switches para la puesta a punto del enlace sobre Internet 2	FJRA,FJMP		////	////				////					
10 Interconexión del laboratorio de computo con el SITE utilizando fibra óptica, en la UAEM	JMRM	////						////					
11 Instalación y configuración de los switches para la puesta a punto del enlace sobre Internet 2	FJRA,FJMP		////	////				////					
12 Monitoreo del ancho de banda utilizado por la aplicación	FJRA,FJMP			////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
13 Desarrollo de un portal en Internet para acceso remoto al área de trabajo del manipulador móvil.	FJRA,FJMP	////	////	////									
14 Implementación del algoritmos en Internet para control de las unidades de láser de manera remota y para despliegue de imágenes	JMRM,FJRA,JACG			////	////	////	////						
15 Desarrollo e Implementación de Algoritmos para Procesamiento de Imágenes y control del robot usando Internet.	FJMP,JACG					////	////	////	////				
16 Depuración y pruebas de programa.	FJMP									////			
17 Realización de pruebas y experimentos para el control de robots basado en visión usando Internet.	JACG,JMRM,FJMP									////	////	////	////
18 Revisión de resultados y escritura de artículo.	JACG,EJGG,JMRM,FJRA,FJMP										////		
19 Redacción de tesis estudiante de maestría.	FJMP											////	////

Dr J. Antonio Cárdenas Galindo (JACG)  
 Dr Emilio J. González Galván (EJGG)  
 Dr. Juan Manuel Rendón Mancha (JMRM)  
 MC F. Javier Ramírez Aguilera (FJRA)  
 Ing. Francisco J. Martínez Pérez (FJMP)

//// //// Actividades Completadas

//// //// Actividades Programadas

# Vision Based Control for Industrial Robots with Interface on Internet2

Felipe A. DeLaPeña-Contreras<sup>1</sup>, Antonio Cárdenas-Galindo<sup>1</sup>, Emilio J. González-Galván<sup>1</sup>,  
Guillermo DelCastillo<sup>2</sup>, Francisco E. Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Dr. Manuel Nava 8, C.P. 78290, San Luis Potosí, S.L.P., Mexico

felipep@uaslp.mx, jcardena@uaslp.mx, egonzale@uaslp.mx, fco\_e\_mtz@uaslp.mx

<sup>2</sup>Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, ETH Zentrum, HG Rämistrasse 101 CH-8092 Zürich  
gdelcast@nd.edu

## ABSTRACT

In this paper we detail an Internet2-based application in which remote users are allowed to exercise high-level supervisory control over an industrial robot. The vision-based control paradigm used to control the robot is Camera Space Manipulation (CSM) [1][2] over an Internet2 Initiative project. The purpose of this application is to provide remote-distance operation intended to enable one-to-one, one-to-group, and group-to-group collaborative real-time environment for members with Internet2 access. The potential of the project is attuned to the trend of geographical independency between expert human resources and physical resources. One of the project's major issues is the counseling of experts for solving a critical task, having consultation, deliberation, and discussion before executing the task. The avoidance of danger situations and difficult access situations, are additional issues. All the actions of the robot are controlled by high-level vision-based control of the intended maneuver.

**Keywords:** Computer Vision and Intelligent Robots Technologies and Applications, Internet2, Collaborative Environments.

## 1. INTRODUCTION

High precision duties, difficult access and hostile environments for life conditions are the most common fields for robotics applications. Nowadays industrial, educational and research fields confronts new human hard-to-execute barrier: *ubiquity*. High qualified workers (engineers, teachers, researchers,...) are often linked to a work-place. Human relocation, (the same than with other resources) always means a difficult task to do (increased if we think in terms of political frontiers.)

Computational resources like clusters or supercomputers are shared between organizations through broad band communication methods. Attending classes with teachers

located miles away in other universities is common today. Both are good examples of resources ubiquity. In the robotics field, ubiquity means humans controlling robots wherever in the world. Specific humans spread on the whole world, each one with precise knowledge concerning a critical task to do in a determined place. Let's think about any of these persons can reach physically that place (because all the given reasons) and the only thing that can execute the required tasks is a machine. The present work is about how those humans may accomplish together their task using the machine a robot, vision sensors and Internet2 to perform actions in a place where they are absent.

## 2. BACKGROUND

Controlling robots using vision sensors is the single most limiting factor problem in the application of robots. Many efforts have been done in this field in the recently years. Among the most popular vision based strategies for robot control are Tele-operation, Calibration Methods, Visual Servoing (VS) and Camera Space Manipulation. Here we synthesize some of the main characteristics of these strategies.

**Tele-operation:** The simplest way to control robots using sense of vision. The control of the joints of robot are performed by a human being. The vision-recognition aspect of the control is done by an operator either directly by his own sight or through a remotely located vision sensor and image transmission to the human controller. Tele-operation takes advantage of the human's powerful vision sense perception capability[1]. It also leaves control of the joints of the robot to the human, which in some respects is an obvious choice for control of the robot. More sophisticated Tele-operation involves the use of a remote vision sensor. In such systems, the remotely located operator views the workspace of the robot (and usually the robot itself through the video signal sent from the sensor(s)). The human manipulates the robot to perform the desired task based on feedback from the

vision sensor. One of the difficulties of such systems is the time delay associated with the video signal. The process of accomplishing a task becomes extremely painstaking, if not entirely impossible, with long delays.

### Calibration Method

Much research is directed toward the use of calibration methods. Such methods entail two separate calibration events, which are equally critical for maneuver success: 1. Calibration of cameras relative to a fixed, physical “world” coordinate system. 2. Calibration of the robot kinematics relative to the physical coordinate system. [3]

Imaging and manipulations steps are separated. In the first step the cameras locate the physical coordinates of the workpiece. Then the internal coordinates of the robot are set to an end position upon an inverse-kinematics calculation. Vision sensors are very sensitive to the ambient operating conditions. The camera parameters that must be calibrated can change significantly enough due to variations in temperature or small physical perturbations to cause a relatively large degradation in system performance. Likewise, it is difficult to keep the robot in calibration over time due to changing kinematics, dynamics, etc. The process of recalibrating a system can be quite difficult and time consuming considering the complexity of the calibrated system.

### Visual Servoing

The VS paradigm is that imaging and manipulation steps need not be separated. Organisms provide an example of hand-eye coordination which is certainly based upon pursuing maneuvers in terms of “sensor-space” success, without reference to any absolute coordinate system [1]. Disparities between the actual and desired sensor-frame locations of key features are used in a control law in order to drive the key features toward a zero-image-error state. Some knowledge of the partial sensitivity of image response to increments in each joint rotation is required, but terminal success tends to be robust to errors in the needed matrix Jacobians. This paradigm requires Jacobian estimation in real time because updates data in a closed-loop fashion. Delays in data updating interrupts the method execution.

### Camera-Space Manipulation

Essentially this technique identifies and refines the input-output relationship of the plant using estimation methods and drives the plant open-loop to its target state [3]. CSM [2] shares with VS the property of working only in the reference frame of the vision sensor. However, the following facts favor the use of CSM over VS methods, specially in situations where the uncalibrated cameras used to control the maneuver remain stationary in the time elapsed between the detection of the workpiece and task culmination: 1. Works in the reference frame of the vision sensors(s) avoiding camera and robot calibration. 2. Historic data is used to average out the zero-mean noise

present in the images obtained from the sensors [4], eliminating sensitivity to image noise [5]. 3. Uses available, algebraic models and data to estimate the relationship between camera space and robot-joint space, which are refined for the local region of operation with local visual and robot-joint data[6]. 4. Unlike VS techniques, CSM does not require a real-time estimation of the image Jacobian. Instead, the camera-space kinematics is determined and refined by continuously estimating six view parameters [7]. 5. Works in an open-loop fashion utilizing newly acquired data to update estimated parameters and the target terminal pose, as opposed to relying on the incoming visual data to close a servo loop.

In a typical CSM application, the “vision recognition” is performed by human operators in a remote station using a Graphic User Interface (GUI) which display the robot’s work space. The GUI allows to the operator to select the work piece and to control a set of parameters needed for the operation. For example the velocity of the robot, the task to be performed, the separation between the workpiece and the end effector, etc.

In this kind of typical implementations the user define the workpiece and the task by selecting the edge of the workpiece on the image shown on the monitor of the computer that controls the robot; this is a constraint for all those cases where the operator has to be located in a remote location. Figure 1. shows a diagram of the components of a CSM system.

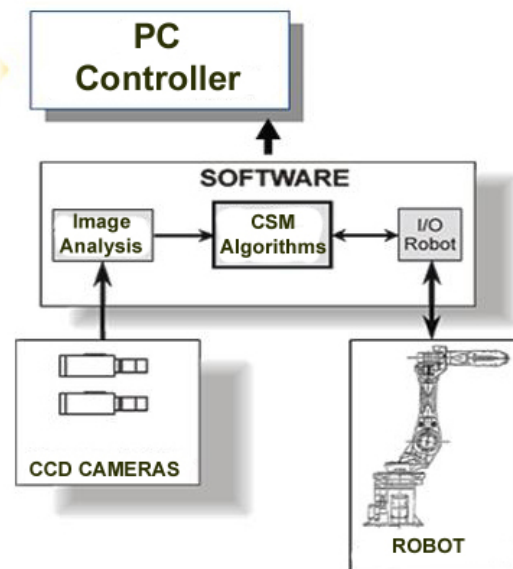


Fig. 1. Typical CSM System

However, the graphical user interface used in a typical CSM system is merged with the control routines in just one software application running in the same computer. All the CSM applications before the creation of this paper have in their implementations the same condition.

### 3. GRAPHICAL USER INTERFACE ON INTERNET2

The purpose of this application is to provide remote-distance operation intended to enable one-to-one, one-to-group, and group-to-group collaborative real-time environment for members with Internet2 access application, in which remote users are allow to exercise high-level supervisory control over an industrial robot.



Fig. 2. Graphics User Interface

As described in the abstract, the entire application establish a connection between Internet2 users and the controller of an industrial robot. The remote user should be able to exercise high-level supervisory control over the industrial robot. This application must complies with the following objectives:

- Use the *Camera Space Manipulation (CSM)* vision-based control paradigm[1].
- The application must contain a GUI to facilitate the use of the semi-autonomous camera space manipulation robotic system.
- Provide remote-distance operation intended to enable one-to-one, one-to-group, and group-to-group collaborative real-time environment for members with Internet2 access.
- Grant the capability of counseling of experts for solving a critical task, having consultation, deliberation, and discussion before executing the task.

As described above in a typical CSM implementation[1,5-10] the user interacts with the CSM

implementation in the same PC where the operations and functions required by the method are realized.

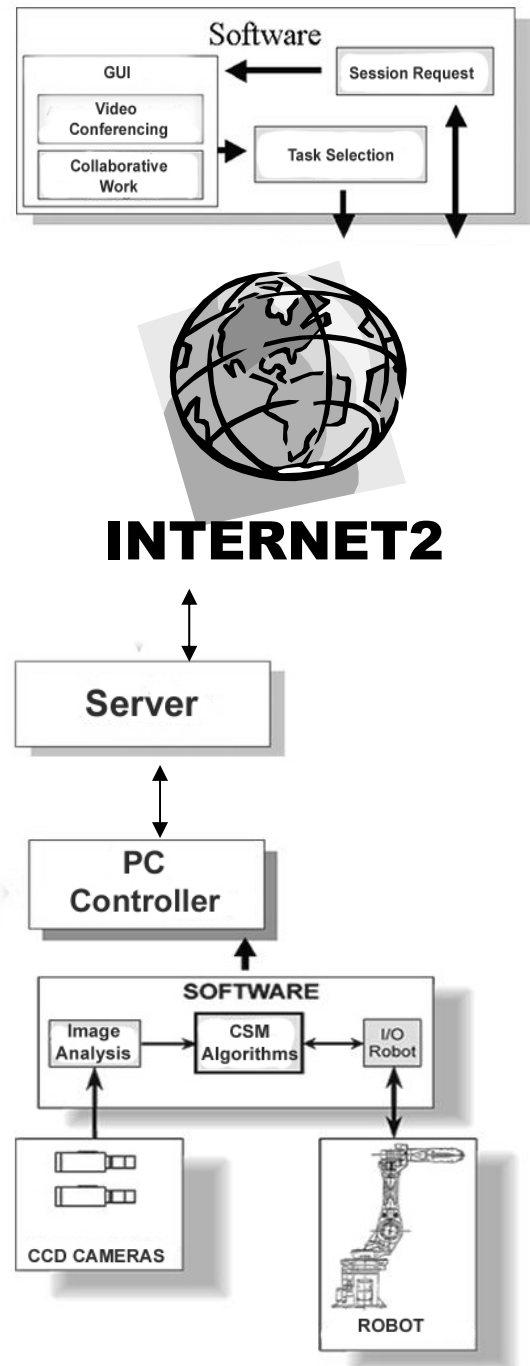


Figure 3. System Architecture

To enable a high-level supervisory control, a Graphic User Interface (GUI) has been developed to enable visual access to the robot workspace (Figure 2.) The GUI displays image captured by cameras transmitted via multicast to the remote sites from the robot workspace. Users in different remote locations can view or gain control of the robot in real time. In a collaborative environment, the users can discuss and agree in the actions the robot has to perform. The user with the control can define the region of interest in a workspace and command the required high-level actions.

### Working over Internet2

In this work, collaborative environment and video multicast are the major issues. The infrastructure capable to provide the features to support that issues is the Internet2. This features include video multicast protocols, QoS, security, routing and topology. QoS is obtained following ITU-T H.460.9 [11] recommendation, that allows an endpoint to report Quality of Service information to the Gatekeeper, aiding in determine how to route calls. Security is obtained following the ITU-T H.235 [11] recommendation that supports users signaling, validation, data integrity, privacy and non-repudiation.

### System Architecture

The system consists in a two computer system. Cameras, PTU and robot arm are connected to one computer denominated *Controller Computer*, where CSM algorithms and robot controlling routines are executed. The second computer is the *Application Server*, from where remote Internet2 clients login into load the GUI in their own terminals. Users don't get direct access to the Controller Computer, instead of this, actions defined in the GUI are transmitted from the Application Server to the Controller Computer. Then these actions are validated and performed. Feedback is committed in return to the remote users throughout the Application Server. An overview of system architecture is schematized in Figure 3.

### Open Source Project

The scalable nature of this project required an open architecture design. This need arises due to the development of new modules, the avoidance of technology depreciation, and the support for future works with backward compatibility. Both, Controller Computer and application server runs Linux Operative System (Figure 4.). The GUI was entirely developed in Java2 using the ECLIPSE platform. The project is registered as COVIRO-I2 (Computer Vision Robotics over Internet2) in the Sourceforge project web site [12] under the Unix name *Kheiron*.

### Experimental Setup

This project implements a vision based control for a PUMA 700 robot with a designed PC-based controller employing real-time direct control of the six articulated

joints. The original structure of the PUMA 700 has been retained. A controller has been implemented based on user programs written in the C programming language. The hardware of the new controller includes a PWM ICM-1900 Interconnect Module. A DMC-1800 PCI controller is used for the PC-based control. The CSM control software is also written in C; the image digitizing hardware is a PCI frame grabber board and the cameras used are two Sony high resolution B&W cameras CCD 1/3" model SSC-M383 using Rainbow varifocal lens 6.5 – 82.5 mm model I639VCS.



Figure 4. Application Server and Controller Computer

The remote control implementation of the robot includes a Java based GUI. The applications servers runs in an IBM compatible computer with Linux Operative System and Jakarta Tomcat as Internet Java application server.



Fig. 5. CCD Camera

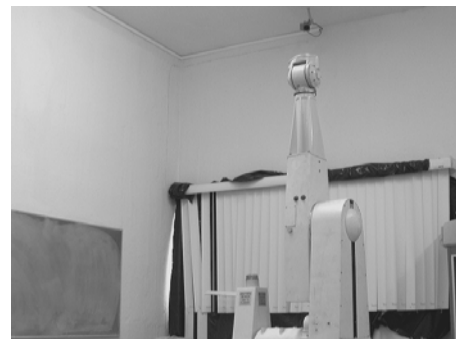


Fig. 6. Unimate PUMA 762



#### 4. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

This paper presents the initial extension of camera space manipulation to general Internet2 based systems. This paper describes a GUI that makes use of the advantages of Internet2 to allow a remote user to exercise high level supervisor control over a remote industrial robot. At this stage the robot vision control software has been developed and its fully working. In the preliminary tests this application has provided remote distant operation enabling one-to-one real time environment over Internet2. The full project is scheduled to report results in 5 months from this document's submission date. The robot is physically located in the Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). It will be controlled from the Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) and from ETH Zurich, Switzerland.

#### 5. ACKNOWLEDGMENTS

This work has been sponsored partially by the National Council of Science and Technology of Mexico (CONACYT) and the Mexican Universities Corporation for the Development of Internet (CUDI)

#### 6. REFERENCES

- [1] Seelinger MJ. "Point-and-Click" Camera-Space Manipulation and some Fundamental Issues regarding the Control of Robots using Vision. Ph.D. Thesis. University of Notre Dame, Notre Dame IN, 1999. p. 14-19.
- [2] Skaar SB, Brockman WH, Jang WS, Three dimensional camera space manipulation. International Journal of Robotics Research, 1990. volume 9, no. 4, p. 22-39.
- [3] Goodwine B, Seelinger M, Skaar SB, Qun M. Nonholonomic camera space manipulation using cameras mounted on mobile base. University of Notre Dame, Notre Dame IN.
- [4] Allen PK, Timcenko A, Yoshimi B, Michelman P. Real-time visual servoing. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation 1992. p. 1850-6.
- [5] Seelinger M, Skaar SB, Robinson M. An alternative approach for image-plane control of robots. A chapter. In: Kriegman DJ, Hager GD, Morse AS, editors. The confluence of vision and control. Springer: London Limited, 1998. p. 41-65.
- [6] González-Galván EJ, Pazos-Flores F, Skaar SB, Cárdenas-Galindo A. Camera pan/tilt to eliminate the workspace-size/pixel-resolution tradeoff with camera-space manipulation. Robotics and

- Computer Integrated Manufacturing 18 (2002) 95-104.
- [7] Horaud R, Dornaika F, Espiau B. Visually guided object grasping. IEEE Trans Robot Automat 1998;14(4):525-32.
- [8] Qun M, Cardenas A, Goodwine B, Skaar SB. Supervisory control of a mobile robot using point-and-click mobile camera-space manipulation. In B. Sánchez, R. Hammel II, M. Soriano, and P. Tiako editors, Proceedings of the world Multiconference on Systemics, cybernetics and Informatics, column IX, 2000. p. 38-43.
- [9] Baumgartner ET, Skaar SB. An autonomous, vision-based mobile robot. IEEE Transactions on Automatic Control, 39(3):493-502, 1994.
- [10] Baumgartner ET, Seelinger MJ, Fessler M, Aldekamp A, Gonzalez-Galvan EJ, Yoder J, Skaar B. Accurate 3-d robotic point positioning using camera-space manipulation.
- [11] H.323, Packet Based Multimedia Communications Systems, ITU-T Recommendation, 2003.
- [12] Sourceforge Project. ([www.sourceforge.net](http://www.sourceforge.net))
- [13] Cessati M, Bovet DP. Driver for the Galil 1800 PCI Motion Controllers. Shell Technologies 2003. (<http://www.galil.com>)
- [14] Hager GD, Rizzi AA, Cavan NJ. Driver for the frame grabber image acquisition card DT-3155.

## CONTROL BASADO EN VISIÓN PARA ROBOTS INDUSTRIALES CON INTERFAZ EN INTERNET2

Juan A. Cárdenas G.<sup>1</sup>, Emilio J. González G.<sup>1</sup>, Juan M. Rendón M.<sup>2</sup>, Fco. Javier Ramírez A.<sup>1</sup>,  
Felipe A. De la Peña C.<sup>1</sup>, y F. E. Martínez P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CIEP-FI, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Dr. Manuel Nava 8, San Luis Potosí, S.L.P.,  
tel. & fax (52) 444-8173381, México

jcardena@uaslp.mx, egonzale@uaslp.mx, javier@uaslp.mx, felipep@uaslp.mx, fco\_e\_mtz@uaslp.mx

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001. Col. Chamilpa

Cuernavaca, Morelos. C. P. 62000, Tel. 329700, México

juan.rendon@uaem.mx

**Temática:** Visualización por Computadora, Robots Inteligentes, Colaboración a Distancia

### RESUMEN

En este documento se presentan *los avances* de una aplicación basada en Internet2 donde uno o varios usuarios remotos tienen control de alto nivel sobre un robot industrial. El paradigma usado para el control basado en visión es *Manipulación de Espacio de Cámara* (CSM de las siglas del inglés *Camera Space Manipulation*) [1][2]. Esto se lleva a cabo bajo la iniciativa del proyecto Internet2. El propósito de esta aplicación es proveer la capacidad de operar un robot industrial desde distancias remotas en ambientes colaborativos, donde se establezcan comunicaciones de los tipos uno-a-uno, uno-a-varios y varios-a-varios entre miembros con acceso a Internet2. El potencial del proyecto se enfoca en proporcionar independencia geográfica entre el área física de acción del robot y el personal que va a actuar sobre esta área. El interés más importante de este desarrollo es la característica de poder reunir expertos para resolver tareas críticas a través de herramientas de software que les permita tener acceso visual en tiempo real al entorno de trabajo del robot, consultarse entre sí, deliberar y discutir antes de ejecutar la solución óptima. Otro tópico interesante de esta aplicación será el permitir acciones en situaciones de peligro o de difícil acceso en donde todos los movimientos del robot son realizados por un control de alto nivel basado en visión.

Este proyecto ampliará el conocimiento en problemas teóricos y prácticos que se presentan actualmente en visión artificial y aplicaciones de control de robots basadas en visión, usando herramientas estimativas, modelos estocásticos y técnicas de visión CSM sobre Internet2, así como para el desarrollo de sistemas de programación intuitiva y autonomía supervisada para robots[3].

Para el desarrollo de este proyecto se aprovecha las potencialidades que provee la infraestructura del CUDI, como son protocolos de seguridad, QoS, y capacidad de teleconferencia basada en la recomendación H.323. Se hace uso del Gatekeeper y del MCU con que cuenta la UASLP, para ello se realizó la instalación de fibra óptica desde la torre de telecomunicaciones de la UASLP hasta el laboratorio de robótica, con ello se hace posible la conexión directa al backbone del CUDI de un servidor de teleconferencia. Para esta aplicación se implementó un servidor Tomcat corriendo en Linux, al cual se enlaza la computadora que lleva a cabo el control de alto nivel basado en visión del robot.

A la fecha se ha desarrollado una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) para permitir el acceso visual al espacio de trabajo del robot[4]. La GUI muestra imágenes capturadas por cámaras y las transmite vía multicast a sitios remotos. El software de colaboración ha sido diseñado siguiendo la recomendación para teleconferencias ITU-3 H.323[5], que involucra un sistema de comunicaciones multimedia basado en paquetes, protocolos de control de llamadas, seguridad, protocolos de control de medios, señalización de subscripciones digitales y codificación-decodificación de video. La naturaleza escalable de este proyecto requiere un diseño de arquitectura abierta. Esta necesidad surge debido al desarrollo de nuevos módulos, evitar la depreciación de las tecnologías, soporte y compatibilidad con futuras tecnologías.

La necesidad de transparencia entre tecnologías es una de las preocupaciones de Internet2. Entre los objetivos intermedios de este proyecto es el implementar un control basado en visión para un robot PUMA 700 a través de un controlador basado en PC que emplea control directo en tiempo real de los seis ejes articulados. La estructura original del PUMA 700 se ha conservado. Un controlador se encuentra en implementación usando lenguaje C++. El hardware del nuevo controlador incluye un módulo de interconexión Galil PWM ICM-1900 y una tarjeta controladora PCI DMC-1800. El software de control CSM también se está desarrollando en lenguaje C++. La implementación de la interfaz gráfica se llevó a cabo con lenguaje Java usando una tarjeta de digitalización de video Data Translation DT3155 y cámaras CCD Sony MPT304. El proyecto completo está programado para reportar resultados en cinco meses a partir de la fecha de este documento. El robot está localizado físicamente en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y podrá ser controlado desde la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

## Referencias

- [1] Skaar, S. B., Brockman, W. H., Jang, W. S. 1990. Three dimensional camera space manipulation. *International Journal of Robotics Research*, volume 9, no. 4, pp. 22--39.
- [2] Skaar S.B., Seelinger M.J., Robinson M.L., González Galvan E.J. Means and method of robot control relative to an arbitrary surface using camera-space manipulation. United States Patent # 6,304,050.2001.
- [3] Qun Ma, Antonio Cardenas, Bill Goodwine, and S.B. Skaar. Supervisory control of a mobile robot using point-and-click mobile camera-space manipulation. In B. Sánchez, R. Hammel II and P. Tiako editors, *Proceedings of the world Multiconference on Systemics, cybernetics and Informatics* , volumen IX, pages 38-43, 2000.
- [4] Martínez Pérez F.E., Pérez González H.G., Cárdenas Galindo J. Antonio, "Control basado en Visión de Robots Industriales con interfaz en Internet". Encuentro Internacional de Ciencias de la Computación, Colima, México, Septiembre 2004. Premiado como el primer lugar de los trabajos presentados en el congreso, sesión posters.
- [5] H.323, Packet Based Multimedia Communications Systems, ITU-T Recommendation, 2003.