

# LABORATORIO A DISTANCIA VÍA INTERNET EN ROBÓTICA MÓVIL

M.Salichs, A. Khamis, F. Rodríguez  
Universidad Carlos III de Madrid, { salichs, akhamis,urbano }@ing.uc3m.es

M. Rivero  
Universidad de los Andes, Mérida, mrivero@ing.uc3m.es

## Resumen

*En este trabajo se presenta un laboratorio de robótica móvil accesible a través de Internet. Este laboratorio se usa para cubrir la parte experimental de un curso en robótica móvil, y ha sido desarrollado como parte del proyecto IECAT (Innovative Educational Concepts for Autonomous and Teleoperated Systems).*

**Palabras Clave:** Robots móviles, Laboratorios remotos, Interfases hombre máquina, teleducación.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas basados en Internet tienen cada vez mayor aceptación, sobre todo debido a las grandes ventajas que aportan de cara al usuario. Entre las más importantes cabe citar la independencia de la plataforma y del sistema operativo, y su accesibilidad desde cualquier computador conectado a Internet en cualquier momento.

Sin embargo, existen todavía ciertas limitaciones como el ancho de banda insuficiente de las redes actuales, los retrasos en las comunicaciones (altos y no deterministas), y los problemas de seguridad y fiabilidad en las transmisiones, que están limitando la utilización masiva de estos sistemas en la actualidad.

Las primeras aplicaciones de Internet en robótica tenían como objetivo conseguir que un robot convencional fuese accesible a través de la red. Uno de los primeros robots móviles accesible vía Internet es XAVIER [14], que lleva en funcionamiento desde 1995. Un sistema similar es RHINO [13], desarrollado en la Universidad de Bonn, y que se utiliza como guía en museos.

Otros trabajos se han centrado en definir la infraestructura necesaria para el acceso remoto a un robot. En Pérez [9] se describen los elementos necesarios para realizar un acceso remoto a un robot móvil. En Eliane [7] y en Schilling [12] se presentan varias propuestas de laboratorios remotos de robótica móvil.

El acceso remoto hace necesario separar de forma clara los programas que implementan funciones propias de los robots, de los que forman parte de la interfase de usuario. Actualmente, esta separación se realiza usando arquitecturas de tres capas basadas en un middleware. Por ejemplo en [8] se propone un middleware basado en CORBA para aplicaciones de robótica móvil.

## 2. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE EDUCACIÓN BASADO EN WEB

Un sistema de teleducación puede definirse como un entorno educacional basado en una red de comunicaciones, donde el profesor y los estudiantes están separados geográficamente. Por ello, es necesario utilizar las tecnologías de las comunicaciones para realizar de una forma diferente las tareas tradicionales de enseñanza y aprendizaje.

Para poder simular las actividades tradicionales de enseñanza con un sistema de teleducación, es necesario dotar al sistema de unos contenidos teóricos accesibles vía web, unos laboratorios remotos para la parte práctica, unas herramientas de evaluación, y herramientas para la comunicación profesor-alumno.

### 2.1. CONTENIDOS TEÓRICOS

La forma usual de reemplazar a las clases teóricas en un sistema de teleducación es mediante contenidos teóricos accesibles vía web o mediante la utilización de libros electrónicos.

### 2.2. LABORATORIOS REMOTOS

Las clases prácticas de algunas materias como la robótica móvil requiere el acceso a datos de sistemas reales, no siendo suficiente el uso de sistemas de realidad virtual o de simulación.

Otra característica muy importante de un laboratorio remoto es la interactividad. El usuario debe poder dar órdenes al sistema y comprobar su comportamiento, no siendo suficiente en muchos con mostrar varios

El mayor problema de los laboratorios remotos, es que requieren un esfuerzo de desarrollo que muchas veces está más allá de las posibilidades de un solo laboratorio o incluso de un único país, dado que es necesario la colaboración de expertos de un amplio espectro de disciplinas. Esto ha dado lugar a la aparición de proyectos de colaboración multinacionales como los proyectos VVL, TEAM o IECAT

Es posible la integración de herramientas de evaluación como parte del sistema de teleducación. Los estudiantes podrían realizar una serie de tests, y según el resultado se pueden planificar actividades de estudio que refuercen las áreas en las que el estudiante tenga malos resultados.

Los sistemas de teleeducación deben disponer de dos tipos de herramientas de comunicación entre el profesor y el alumno, o entre los propios alumnos. Las herramientas de comunicación síncronas, como la videoconferencia, la telefonía vía internet o video directo, permiten una comunicación directa durante la sesión de aprendizaje entre los participantes. Las comunicaciones asíncronas, como el correo electrónico, las listas de noticias o las listas de distribución permiten la comunicación sin que todos los participantes estén conectados a la red al mismo tiempo.

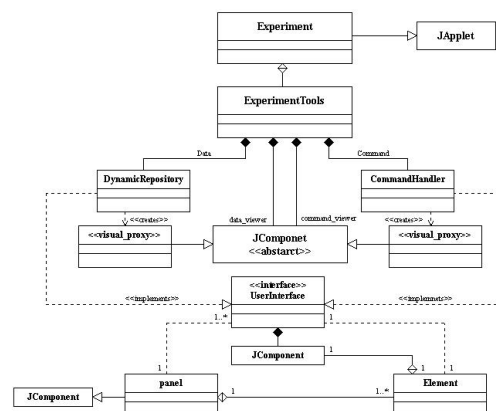
El laboratorio remoto desarrollado se compone de una serie de experimentos en robótica móvil para los estudiantes, cuya implementación está distribuida en diferentes equipos, todos ellos accesibles vía Internet por los estudiantes.

La capa cliente se ejecuta en el computador de los alumnos, y consiste en un navegador y un conector de Java.

[illegible]

### 3.1. CAPA DEL CLIENTE

La interfase de usuario desarrollada se basa en el uso de la arquitectura visual-proxy, que puede considerarse como una extensión del patrón de diseño Presentación/Abstracción/Control (PAC) [4]. Dicha arquitectura puede verse en la Figura 2.



### 3.2. CAPA DE MIDDLEWARE

72

abierta que permite el desarrollo de nuevos servicios de una forma modular. Todos los módulos usan programación multihilo, y puede ser usados indistintamente como clientes o como servidores.

### 3.3. CAPA DEL SERVIDOR

La capa del servidor está basada en la arquitectura de control propuesta por Barber [2], que consta de dos niveles con diferentes niveles de razonamiento y capacidad de actuación.

El nivel deliberativo está constituido por habilidades de razonamiento, como pueden ser planificadores o sistemas de relocalización. Este tipo de habilidades requiere normalmente una gran potencia de cálculo.

El nivel automático consta de las habilidades que no necesitan ningún proceso de planificación o aprendizaje, y pueden realizarse de forma mecánica por el robot sin ningún tipo de razonamiento. Dentro de este nivel, se sitúan por ejemplo las habilidades motoras y sensoriales básicas.

## 4. EXPERIMENTOS IMPLEMENTADOS

La implementación de los laboratorios remotos debe hacer un uso eficiente de los recursos. Debe evitarse consumir un ancho de banda excesivo transmitiendo datos innecesarios, y deben tenerse en cuenta los retrasos temporales que puedan producirse.

La arquitectura propuesta permite una implementación modular de los experimentos. A medida que existen nuevos algoritmos, o se añade nuevo hardware al sistema, es posible añadir nuevos módulos de software sin necesidad de modificar los anteriores. Esto hace que el sistema sea fácilmente extensible, pudiendo aumentarse progresivamente los experimentos disponibles.

### 4.1. CONTROL DIRECTO

El experimento de control directo tiene como objetivo familiarizar al usuario con el control de movimientos del robot. A través de la interfase de este experimento, el usuario puede mover el robot hacia delante, hacia atrás, o rotarlo. El usuario puede ver los efectos de los comandos en un modelo 2D donde aparece el entorno y la posición real del robot.

### 4.2. ACTIVACIÓN DE HABILIDADES DE MOVIMIENTO

Las habilidades pueden definirse como capacidades internas del robot tanto de percepción como de acción [1]. La conexión del robot con el mundo exterior se realiza a través de las habilidades [5]. Las habilidades

pueden ser activadas por otras habilidades o por algún tipo de secuenciador. Cuando finalizan, devuelven datos y eventos a la habilidad o secuenciador que los activó. Las habilidades pueden enviar una información de estado durante su ejecución, o cuando son desactivadas. Por ejemplo, existe una habilidad IraPunto, que envía al robot a una posición determinada. El interfase de usuario para la realización del experimento basado en la habilidad IraPunto puede verse en la Figura 3.

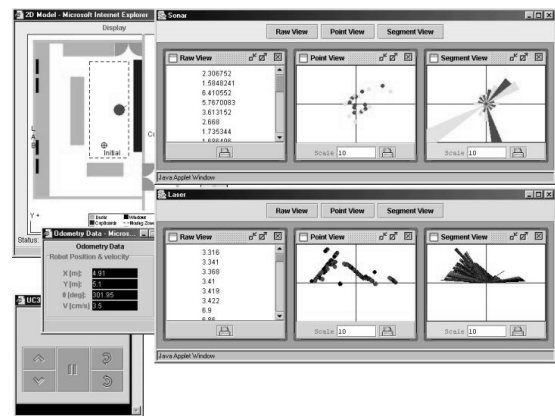


Figura 3: Ejemplo de Interfase de un experimento

### 4.3. ADQUISICIÓN DE DATOS SENSORIALES

El objetivo de este experimento es la percepción del entorno con diversos sensores (ultrasonidos y láser). Los experimentos se realizan primero con el robot parado y después, moviendo el robot a diferentes posiciones.

El objetivo de la primera parte es entender el modo de funcionamiento de los sensores de ultrasonidos y del láser. En la segunda parte, se intenta reconocer el entorno a partir de los datos de los sensores, viendo la complejidad que esto supone.

### 4.4. MODELADO DEL ENTORNO USANDO DATOS SENSORIALES

Uno de los puntos cruciales de la robótica móvil es la construcción de mapas del entorno a partir de la información sensorial, sobre todo en aplicaciones que tienen lugar en entornos no estructurados. Una primera aproximación es la construcción de mapas a partir de la información de los sensores de ultrasonidos, dado que son muy baratos y sencillos.

En este experimento se usa el algoritmo de Elfes [6] para generar un mapa del entorno a partir de la información de los ultrasonidos. En este algoritmo se combinan medidas de los sensores, colocando el robot en varios puntos para obtener por combinación de todas las medidas una rejilla de ocupación. Cada celda en esta rejilla tienen un valor asignado, en

función de la probabilidad de que esa celda esté ocupada.

Posteriormente, un algoritmo de relocalización [3] estima la posición del robot, comparando las lecturas de los sensores con la información disponible en el mapa. El usuario puede en este caso comparar los errores de la odometría con los valores del algoritmo de relocalización.

## 5. CONCLUSIONES

La teleeducación permite el acceso de un gran número de personas a través de Internet a cursos en temas muy especializados como la robótica móvil. Además, puede proporcionarse acceso a equipos reales de alto coste, no disponibles en todos los centros educativos.

Estos experimentos permiten una interacción bastante alta del usuario, y le ayudan a comprender los problemas existentes en los sistemas reales.

Otra ventaja muy importante de los sistemas de educación basados en Internet, es que los contenidos se pueden actualizar frecuentemente, lo que favorece la adición de lecciones y nuevos experimentos sin necesidad de reinstalar programas en los clientes, así como el desarrollo de cursos de forma colaborativa entre varias personas.

### Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación del proyecto IECAT (Innovative Educational Concepts for Autonomous and Teleoperated Systems) en el marco del programa de cooperación CE/EE.UU. en materia de enseñanza superior y formación profesional.

### Referencias

- [1] Alami, R., Chatila, R., Fleury, S., Ghallab, M., Ingrand, R., "An Architecture for Autonomy". The International Journal of Robotics Research, 17 (4): 315-337, 1998.
- [2] Barber, R., Salichs, M.A., "A New Human based Architecture for Intelligent Autonomous Robots". The 4<sup>th</sup> IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, IAV 01, pages 85-90, 2001.
- [3] Brown, R., Donald, B., "Mobile Robot self-Localization without Explicit Landmarks". In Algorithmica (2000) 26: 515-559.
- [4] Buschman, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerlad, P., Stal, M., Pattern-oriented Software Architecture. John Wiley, 2001.
- [5] Bonasso, R.P., Firby, J., Gat, E., Kortenkamp, D., Miller, D.P., Slack, M.G., "Experiences of Robotics and Automation", RA-2, Journal of Experimental Theory of Artificial Intelligence, 9:237-256, 1997.
- [6] Elfes, A., "Occupancy grids: A stochastic spatial-representation for active robot perception", Proceedings of the Sixth International Conference on uncertainty in AI
- [7] Eliane, G. and Antonio, T. (2001). REAL: A Virtual Laboratory for Mobile Robot Experiments. Proceedings of 1<sup>st</sup> IFAC Conference Telematics Applications in Automation and Robotics, TA 2001, pp. 209-214, July 24<sup>th</sup> - 26<sup>th</sup>, Weingarten, Germany.
- [8] Enderle, S. MIRO: Middleware for Autonomous Mobile Robots. Proceedings of 1<sup>st</sup> IFAC Conference Telematics Applications in Automation and Robotics, TA 2001, pp. 149-154, July 24<sup>th</sup> - 26<sup>th</sup>, Weingarten, Germany.
- [9] Pérez, P. Communication Architecture for Mobile Robots Teleoperation. Proceedings of 1<sup>st</sup> IFAC Conference Telematics Applications in Automation and Robotics, TA 2001, pp. 233-237, July 24<sup>th</sup> - 26<sup>th</sup>, Weingarten, Germany.
- [10] Rodríguez, F., Khamis, A., Salichs, M., "Design of a Remote Laboratory on Mobile Robots", Internet-based Control Education, ibce01, 12-14 Dec. 2001, UNED, Madrid, Spain.
- [11] RWI, Inc., Real World Interface. Mobility Robot Integration. Tech. Sheet.
- [12] Schilling, K. (2001). Model Design for Remote Mobile Robots", Proceedings of Tele-Education in Mechatronics Based on Virtual Laboratories, July 18<sup>th</sup> - 21<sup>st</sup>, 2001, Weingarten, Germany.
- [13] Schulz, D., Burgard, W., Fox, D., Thrun, S., Cremers, A. "Web Interfaces for Mobile Robots in Public Places". IEEE Robotics & automation Magazine, Vol.7, No.1, pp. 48-56, March 2000.
- [14] Simmons, R., Fernandez, J., Goodwin, R., Koeing, S., O'Sullivan, J. "Lessons Learned from Xavier". IEEE Robotics & automation Magazine, Vol.7, No.2, pp. 33-39, June 2000.