

## Resumen

# Control visual de sistemas robóticos remotos

Rafael Kelly      Marco A. Artega  
CICESE            UNAM

Los robots actuales son fruto de la tecnología moderna que involucra el concurso de una variedad de áreas del conocimiento como las ingenierías mecánica, eléctrica, control automático y ciencias computacionales.

Entre los elementos sensoriales más atractivos para incrementar la autonomía en robótica destacan los sistemas de visión. Estos proveen información relevante sobre el estado de los robots y su entorno físico inmediato. La importancia de contar con información visual resalta en aplicaciones con ambientes inestruados o cambiantes. Aunque los primeros intentos de incorporar sistemas de visión en robótica remontan a tres décadas, no ha sido sino hasta hace pocos años que los avances tecnológicos en fabricación de cámaras de alta velocidad así como en equipo de cómputo, han permitido incorporarlos al ámbito industrial. La intersección entre los sistemas de visión y control de robots ha dado surgimiento al control servo-visual o control en espacio de visión (Hutchinson *et al.* (1996)).

Como antecedentes de investigación por parte de miembros pertenecientes a este proyecto en control de robots en espacio de visión destacan los siguientes. El tópico de modelado e identificación de sistemas de visión fue reportado en Kelly y Reyes (2000). La aplicación en configuración de cámara fija, estudiando robustez de sistemas de control ante incertidumbre paramétrica se publicó en Kelly (1996). En lo referente a la configuración de cámara en mano, los estudios fueron reportados en Kelly *et al.* (2000a).

Más recientemente, la aplicación del concepto de campo de velocidad en robótica móvil fue reportado en Kelly *et al* (2004). También, el tema de control sin medición de velocidad ha sido reportado en Artega y Kelly (2004).

Una de las tendencias tecnológicas más prometedoras en robótica es la operación remota de máquinas y robots. Ésta consta de un sistema robótico (ya sea un brazo robot o un vehículo robótico), un operario localizado en algún lugar distante y un sistema de comunicación entre ellos para la transferencia de información. En el rubro de la educación se han realizado desarrollo de proyectos en CICESE que fueron reportados en Monroy *et al.* (2001).

Los sistemas de comunicación entre el equipo (maquinaria o robots) y el operario condicionan las prestaciones de la tarea a desarrollar. Un enlace privado permite tener un dominio total del sistema pero su costo puede resultar prohibitivo. Las nuevas tecnologías de Internet 2 ofrecen un incremento sustantivo del ancho de banda permitiendo transferencia de grandes volúmenes de información a alta velocidad. Como se ha mencionado anteriormente, la información visual resulta vital en ciertas aplicaciones robóticas, como es el caso de la operación

remota de robots. En estos escenarios el operario debe tomar decisiones de supervisión a partir de información visual sobre acciones a desarrollar por los equipos robóticos. Es aquí, con el flujo de información visual (video) a través del canal de comunicación, en donde surge la utilidad de Internet 2 para mantener índices de prestaciones aceptables a bajo costo.

La operación remota, consta de un nivel de control y otro de supervisión. Este proyecto contiene objetivos de naturaleza teórica y tecnológica. Desde el punto de visto teórico, el objetivo consiste en formular y resolver el control en espacio de visión de robots (tanto manipuladores como móviles) con el sistema de visión parcialmente calibrado. Este tópico cae dentro del nivel de control, donde se da particular valor al estudio de estabilidad del sistema de control. Como objetivo tecnológico se plantea el desarrollo de un sistema de procesamiento de imágenes de alta velocidad, de un mecanismo de transmisión directa para acoplarlo al sistema de visión y un sistema de cómputo para “operación remota”, así como su acoplamiento con un sistema de robots móviles celulares.

La meta principal considerada en este proyecto es el dominio de los fundamentos teóricos y sobre todo los tecnológicos asociados con la operación de robots remotos. De aquí se desprende como resultado el desarrollo de infraestructura —hardware y software— que quedaría operativa al finalizar el proyecto para formar laboratorios remotos de robótica.

## Bibliografía

1. Arteaga M. A., Kelly R., (2004), “Robot control without velocity measurements: New theory and experimental results”, *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, vol. 20, No. 2, April, pp. 297–308.
2. Hutchinson S., Hager G. D., Corke P. I., (1996), “A tutorial on visual servo control”, *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, vol. 12, October, pp. 651–670.
3. Kelly R., (1996), “Robust asymptotically stable visual servoing of planar robots”, *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, vol. 12, October, pp. 759–766.
4. Kelly R., Reyes F., (2000), “On vision systems identification with application to fixed-camera robotic systems”, *International Journal of Imaging Systems and Technology*, Vol. 11, No. 2, pp. 170–180.
5. Kelly R., Carelli R., Nasisi O., Kuchen B., (2000a), “Stable visual servoing of camera-in-hand robotic systems”, *IEEE/ASME Trans. on Mechatronics*, vol. 5, No. 1, March, pp. 39–48.
6. Kelly R., Bugarín E., Campa R., (2004), “Application of velocity field control to visual navigation of mobile robots”, *5TH IFAC/EUROON Symposium on Intelligent and Autonomous Vehicles*, Lisboa, Portugal, July 5–7, Memorias CD.
7. Monroy C., Campa R., Kelly R., (2001), “An application of real-time control systems to robotics”, *ROBOTICA*, Vol. 19, No. 3, May/June, pp. 323–329.