

SISTEMA DISTRIBUIDO PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS POR MEDIO DE UN SENSOR LÁSER EN UN ROBOT MOVIL

José Luis Poza Luján

Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, Valencia 46022, jopolu@disca.upv.es

Juan Luis Posadas

Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, Valencia 46022, jposadas@disca.upv.es

José Enrique Simó

Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, Valencia 46022, jsimo@disca.upv.es

Fernando Serrano

Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, Valencia 46022, ferserc1@eui.upv.es

Miguel Albero

Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, Valencia 46022, mialgil@doctor.upv.es

Resumen

El proceso de generación de mapas de entorno, con el objetivo de facilitar la navegación de robots móviles, está condicionado, tanto por los sensores, como por el tipo de mapa que se pretende lograr. En este artículo se hace una exposición de una arquitectura distribuida y escalable, y en componentes. La arquitectura propuesta provee la infraestructura necesaria para poder emplear al máximo la información que proporcionan los sensores, así como poder generar el tipo de mapa requerido. En una primera fase el modelo se ha ensayado con un sistema distribuido basado en un solo sensor láser LMS200, un servo motor, un subsistema de procesamiento y generación de mapas, y un visor 3D para los mapas geométricos que permite gestionar los modelos de.

Palabras Clave: Mapas de entorno. Robots móviles. Sistemas Distribuidos.

1 INTRODUCCION

La realización de mapas de entorno para la navegación de robots móviles implica la adquisición de una serie de características relevantes del medio. Estas características son relevantes para la toma de decisiones, o para la representación interna, que el robot debe realizar. La adquisición de las características del entorno se realiza, en la mayor parte de las ocasiones, por parte de los sensores. La información que proporcionan los sensores es muy diversa, tanto en formato como en tipo. Además está

el problema añadido de la diversidad de formas de comunicar dicha información.

Si se desea realizar un mapa de entorno métrico, se debe procesar la información para obtener medidas tales como las distancias entre obstáculos, trayectorias libres o similares. Sin embargo, si se desea lograr un mapa topológico, se deben obtener características más abstractas del entorno. Estas características generalmente se obtienen a partir de un procesado del mapa métrico [2], o la integración de ambos tipos de mapas [9], para lo cual la información, tanto métrica como topológica, debe estar accesible por parte de los módulos integradores.

Para lograr la accesibilidad de la información se precisa de una comunicación abierta, segura y precisa entre ellos. Además, la aparición de nuevos sensores en el sistema, o incluso de nuevos robots, hace que la arquitectura deba ser escalable.

Con el objetivo de solucionar las cuestiones anteriores, se ha desarrollado un sistema basado en una arquitectura de componentes distribuidos. La comunicación del sistema está basada en un servidor de comunicaciones propio [6]. De esta manera, ampliar el sistema con nuevos componentes requiere una labor mínima de adaptación [5], sencilla de realizar dada la naturaleza distribuida y escalable del sistema.

En una primera fase, se está experimentando la arquitectura propuesta, por medio de un sensor láser de la empresa SICK [10], un servo motor que varía la inclinación del láser, y un sistema de procesamiento y visión.

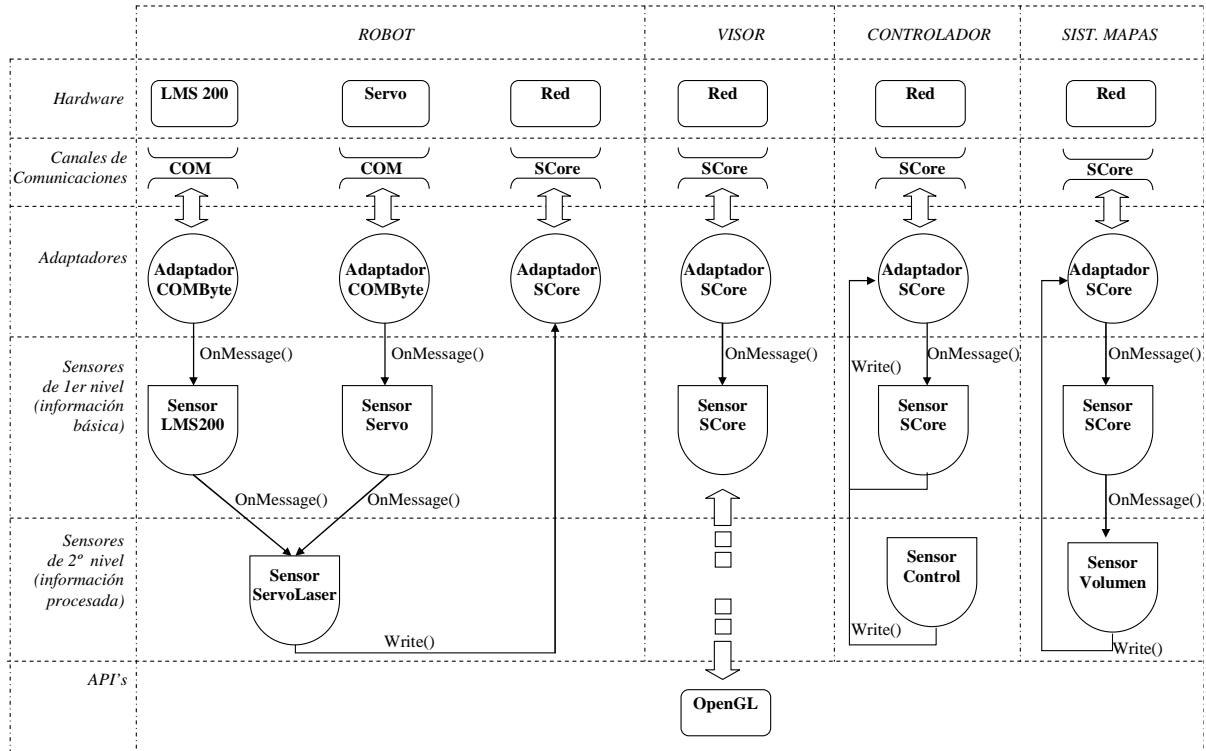


Figura 1: Arquitectura distribuida empleada.

2 ARQUITECTURA

La información que circula por todo el sistema se puede organizar o clasificar en niveles de conocimiento (figura 2). La arquitectura del sistema propuesto se basa en el flujo de información que se intercambia entre componentes. El paso de un nivel de conocimiento a otro se hace a través de la aplicación de la inteligencia. Esta aplicación de inteligencia la realizan los componentes que, leen información o la inyectan en el sistema. A partir de estos niveles de conocimiento, se establece un esquema de la arquitectura basada en componentes. Estos componentes interactúan con los niveles de conocimiento que permitan obtener la información relevante para ellos, de forma que puedan aportar nuevos datos que sean relevantes para otros componentes con mayor o menor nivel de inteligencia.

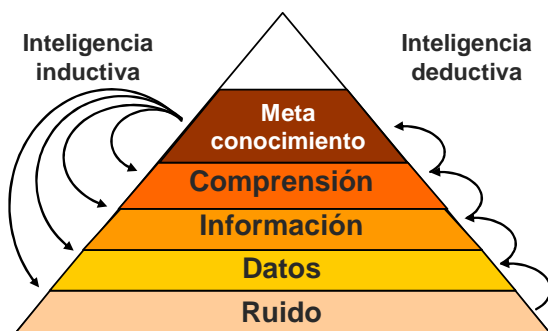


Figura 2: Niveles de conocimiento del sistema.

En la figura 1 se puede observar la arquitectura propuesta. Esta arquitectura está basada en componentes comunes denominados adaptadores y sensores. Los adaptadores deben gestionar las comunicaciones con el hardware, mientras que los sensores de primer nivel son los que proporcionan la concreción necesaria. Por ejemplo, el interfaz de comunicaciones de un anillo de ultrasonidos puede ser un puerto serie, al igual que el láser LMS 200 empleado. La gestión del puerto RS232 la oculta el adaptador COM (figura 1) mientras que los detalles de formato de mensaje, protocolo y similares lo realiza el sensor correspondiente. Se debe tener en cuenta que para la nomenclatura empleada en el resto del artículo, sensor es un componente software que representa al sensor físico. Estos sensores representan el nivel más básico de conocimiento en la que sólo se dispone de datos acerca de los sensores.

A partir de los sensores de primer nivel, se pueden “conectar” otros sensores, similares en interfaz, pero de mayor procesamiento, se han etiquetado como sensores de segundo nivel, y son los que obtienen la información a partir de los datos que les proporcionan el resto de sensores. En este nivel se sitúan los sensores que reconocen volúmenes, objetos en movimiento, o diversas características que pueden determinar la aparición de un nodo en el grafo de un mapa topológico. A medida que se sitúan más niveles de sensores, se aumenta el conocimiento que se tiene del entorno en el que el robot móvil se desplaza.

3 SISTEMA DISTRIBUIDO

Partiendo de la premisa de que se está trabajando en un sistema con componentes, en los que un sistema de comunicaciones es el responsable de contener y transmitir la información, la aproximación de un sistema distribuido parece la más adecuada. El sistema que se ha empleado para comprobar la arquitectura se puede ver en la figura 4.

En este sistema los datos del entorno se obtienen por medio de un sensor láser LMS200 de la empresa SICK [10]. Para facilitar la obtención de características del entorno que sean relevantes para los mapas, especialmente los topológicos, y que no implique un movimiento del robot, se ha acoplado al láser un sencillo servo que gira el láser y obtiene una perspectiva en tres dimensiones del entorno del robot. Para poder girar el láser ha sido necesario instalar un armazón al mismo.

3.1 SISTEMA DE COMUNICACIONES

La comunicación entre componentes la realiza el sistema SCORE. El SCORE se basa en la representación interna de datos por medio de una pizarra distribuida. La estructura de datos representada en la pizarra está continuamente actualizada por el SCORE, mostrando los valores de los mensajes entre los procesos. A través del acceso a la estructura de datos del SCORE, los procesos distribuidos se comunican usando un interfaz común independientemente de su ubicación.

El sistema SCORE requiere que cada computador que se encuentre en el sistema ejecute una instancia del SC. Estas instancias son las que se encargan de realizar las labores de comunicación, actualizando y controlando los datos para obtener, de esta forma, copias parciales de la pizarra en distintos ordenadores tal como se muestra en la figura 3. Esto hace que los procesos, independientemente de su localización, sólo deban acceder a la correspondiente instancia del SC para contactar con el resto del sistema.

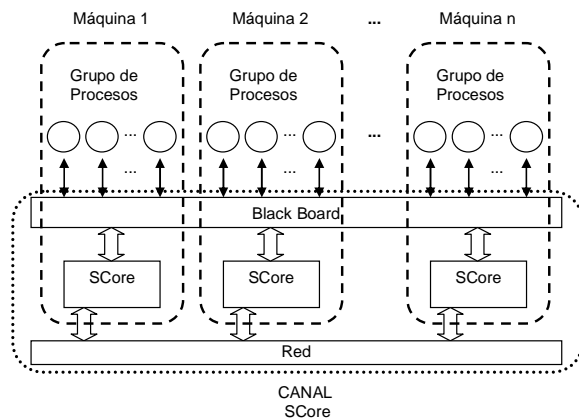


Figura 3: Sistema de comunicaciones SCORE.

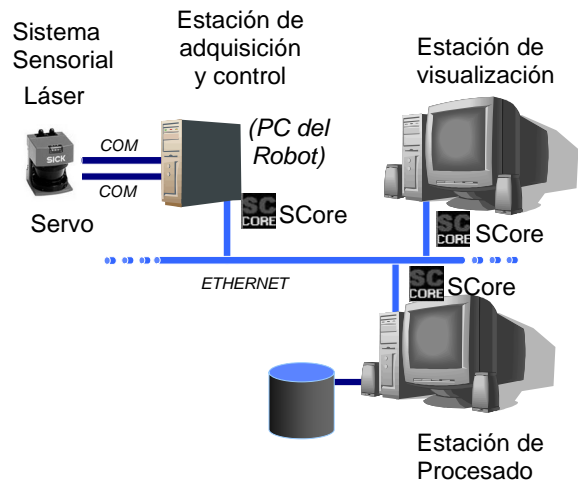


Figura 4: Sistema desarrollado.

3.2 SISTEMA SENSORIAL

3.2.1 Láser

El láser empleado es un sensor que trabaja escaneando el contorno en dos dimensiones. La resolución que proporciona es de cerca de 10 milímetros, la máxima distancia que puede alcanzar es de 30 metros. El entorno escaneado está entre los 100 y 180° con una resolución que varía entre 0,5° y 1°. Funciona en la frecuencia de infrarrojos, por lo que no es visible y precisa de alimentación de 24 V. La información la transmite por medio de un puerto serie RS232 o por medio de un bus RS422. El tiempo de respuesta es de entre 13 y 56 milisegundos y la tasa de transferencia puede variar de 9.6 a 500 Kilo Baudios. Es un láser muy ampliamente utilizado en robótica móvil por sus excelentes prestaciones. Entre otros, se pueden encontrar diversas formas de emplear este láser en [3] y [8].

3.2.2 Servo motor

La inclinación del láser se ha obtenido por medio de la inclusión de un armazón sobre el que el aparato pueda girar en un ángulo (figura 5). Los giros para lograr un escaneo de 360° los proporciona el mismo robot.

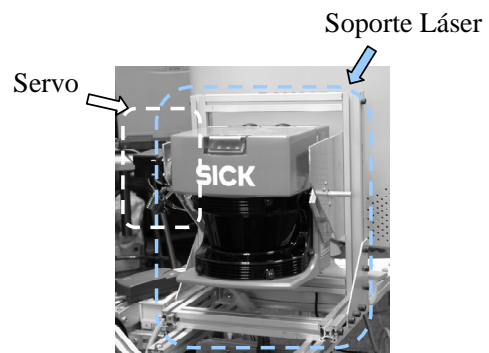


Figura 5: ServoLáser.

El servo facilita la visión del láser permitiendo variar su inclinación entre los -30° y $+30^\circ$ sobre el plano horizontal. La información del ángulo en el que se encuentra la proporciona continuamente, por medio de un interfaz serie RS232, a una frecuencia de 30 mensajes por segundo. El servo recibe también por el puerto serie el ángulo al que se precisa que incline el láser.

3.3 SUBSISTEMA DE ADQUISICION

Para poder proporcionar toda la información necesaria al sistema, se precisa de una aplicación que agrupe los componentes de adquisición. Esta aplicación se ha denominado ScanLaser y es la responsable de volcar al sistema de comunicaciones SCore. El sistema de adquisición se compone de tres adaptadores de comunicaciones, dos de ellos son serie RS232 y otro de ellos el que recibe o vuelca los datos en SCore. Se dispone de un sensor láser (sensor LMS200 de la figura 1), de un sensor servo (sensor servo de la figura 1) y un tercer sensor SCore, que es el que envía o recibe, procesa y procesa la información de SCore. En la aplicación desarrollada estos dos sensores no vuelvan la información en SCore, pero podrían hacerlo, si para algún otro componente del sistema la información cruda de los sensores es interesante.

El sensor LMS200 recoge la información del láser y genera un vector con 361 mediciones correspondientes a las 361 distancias de 180° de rango con precisión de $0,5^\circ$. El sensor Servo, proporciona el ángulo en el que se encuentra el láser. Además, estos dos sensores llevan la gestión de mensajes entrantes y salientes, así como la inicialización y comunicación de órdenes a los sensores físicos.

La fusión de la información la realiza un sensor de segundo nivel (sensor ServoLaser de la figura 1). Esta fusión es muy básica pero asegura la veracidad de los datos que se van a suministrar al siguiente nivel. Este sensor une los datos más recientes, del láser y del servo, pero también puede servir como regulador del flujo de información, ya que se puede programar para que sólo envíe información en caso de cambio en los datos del láser o del servo.

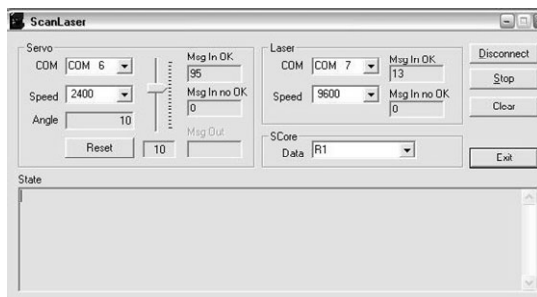


Figura 6: Sistema de adquisición.



Figura 7: Filtro de detección de volúmenes.

3.4 SUBSISTEMA DE PROCESADO

Una vez el sistema de adquisición ya tiene el dato de ángulos y distancias proporcionado por los sensores físicos, cualquier componente conectado al SCore puede hacer uso de ellos. En el sistema de ejemplo presentado en este artículo, se ha empleado un sencillo filtro detector de volúmenes en función de la distancia a la que se encuentran del láser (figura 7). De esta manera se puede distinguir un elemento cercano a una pared (tanto por dentro (puertas abiertas) como por fuera (columnas)). Este filtro se ha planteado como inicio de la detección de rasgos que puedan ser relevantes para la generación de un mapa topológico.

3.5 SUBSISTEMA DE VISION

El sistema de visión (figura 8) se ha desarrollado como otro componente aparte, que en el sistema de ejemplo presentado, está en otra máquina para no sobrecargar al PC del robot. La aplicación se ha denominado VisorLaser, aunque está diseñada para poder recibir y representar información de distintas fuentes, y no necesariamente del laser LMS200.

El sistema está basado en OpenGL [4], y permite visualizar la información de sensores en tres dimensiones. Soporta aceleración por hardware por medio de adaptadores gráficos compatibles con OpenGL. El sistema ha sido probado utilizando tarjetas nVidia GeForce 4 y FX5200, proporcionando resultados muy buenos en cuanto a rendimiento.

Actualmente, el sistema de visualizado muestra el dato ServoLaser en forma de una matriz de puntos representando las medidas tomadas para cada ángulo de cabeceo del laser. Permite visualizar esta información como puntos aislados, en forma de malla de puntos conectados (alambre) o en forma de superficie sólida.

La vista en perspectiva puede controlarse mediante la interacción del usuario por medio de ratón y teclado. El usuario controla las fuentes de luz para obtener una visión óptima de la información.

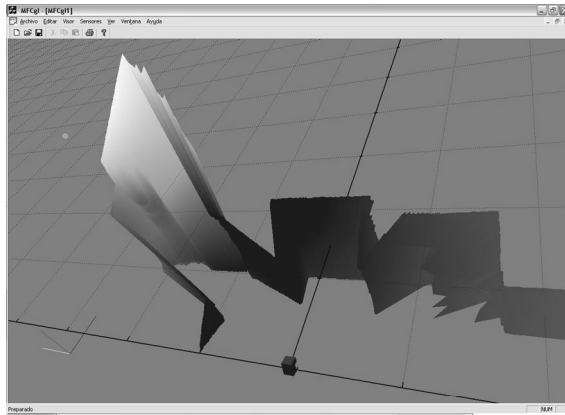


Figura 8: Sistema de visión.

4 MAPA GEOMETRICO

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema, y prepararlo para el trabajo futuro, se ha instalado el Servo-Láser en el robot móvil YAIR. El montaje se realiza en la parte frontal y elevado (figura 9), para aprovechar los ángulos negativos del servo. El montaje del sistema ServoLaser en el robot facilita la realización de pruebas en entornos.

Para la realización de mapas métricos del entorno, se desplazó el robot en un entorno cerrado (figura 10). En la figura 11 se puede ver la representación 3D del entorno y en la figura 12 la representación 2D.

En la generación de mapas métricos, sólo es relevante la información que se obtiene del sensor ServoLaser (figura 1), ya que esta contiene las distancias de los elementos del entorno con respecto al robot. Una vez se tiene la información de las distancias, el visor puede mostrar las representaciones del entorno que el láser ha generado (figura 11).

Para la generación del mapa geométrico se deben recoger las características del sistema que tendrán relevancia para el mapa, tales como columnas, puertas, y sobre todo paredes y esquinas.



Figura 9: ServoLaser montado en el robot YAIR.



Figura 10: Entorno de ejemplo.

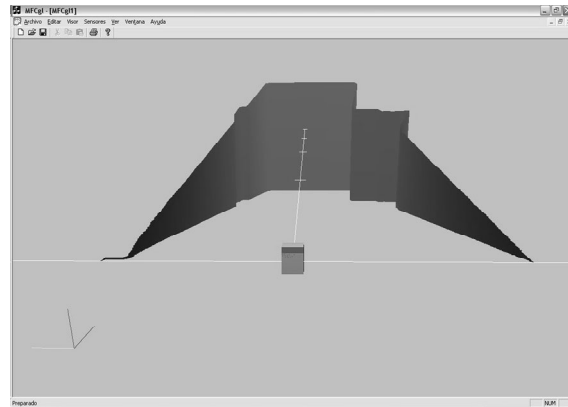


Figura 11: Entorno 3D representado.

Para el reconocimiento de las características geométricas del sistema, se decidió realizar un filtro que distinguiese entre elementos más cercanos o lejanos a una pared. Este filtro detecta rasgos diferenciados a partir de una distancia de “cercanía” o “profundidad” (figura 7). En este caso los datos que proporciona el sensor ServoLaser son crudos y se pueden ver en la figura 11. El filtro es el sensor Volumen (figura 1) y proporciona los datos ya procesados (figura 12).

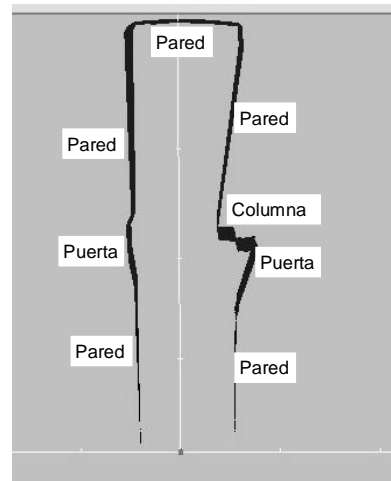


Figura 12: Mapa métrico del entorno de ejemplo.

5 CONCLUSIONES

En el presente artículo se ha presentado una arquitectura basada en componentes que permite realizar diferentes tipos de mapas. La arquitectura se ha validado por medio de un sistema distribuido conectado por un servidor de comunicaciones. En el sistema se encuentra el subsistema de adquisición y adaptación de los datos al resto de los componentes. En el sistema, un componente de detección de objetos relevantes, detecta los objetos que componen el mapa geométrico. Otro componente de visión refleja la información que proporciona el resto de componentes. Esta información puede ser muy básica, como la proporcionada por el componente ServoLáser, o más procesada, como la proporcionada por el componente Volumen. A partir de la ampliación a diversos componentes, la información va adquiriendo un conocimiento del entorno.

Otra de las líneas necesarias es la generación de mapas topológicos que traduzcan la información que circula por el sistema en información de las características. Actualmente se está trabajando en dicha línea y se espera conseguir resultados en un corto plazo. El hecho de tener un servidor de comunicaciones que puede estructurar la información en función de la capacidad “informativa” que tenga, hace que escalarlo, con la inclusión de nuevos componentes, sea muy sencillo. Por ejemplo, la localización de puertas para generar arcos es inmediata, así como la composición de objetos del mapa geométrico para constituir con ellos nodos del mapa topológico que representen a habitaciones, pasillos y objetos similares. La inclusión en el sistema de sensores de precisión, de cámaras que recojan imágenes de los objetos, permitirá tener un sistema de realidad aumentada que proporcione a la generación de mapas mayor riqueza.

Como futuro trabajo se propone la realización de componentes que desarrollen algoritmos de comportamientos. La adaptación de la arquitectura de componentes a la arquitectura de agentes [7] ya existente es otra de las líneas que se desea seguir. Finalmente, la inclusión de la planificación, para cerrar el bucle de la navegación, junto algoritmos de SLAM, en la arquitectura desarrollada constituye uno de los retos del grupo de investigación.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por el vicerrectorado de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Politécnica de Valencia mediante el proyecto “Comunicaciones Para La Distribución Del Procesamiento De Gráficos En La Tele Operación De Sistemas Autónomos”.

Referencias

- [1] Benet, G., Blanes, F., Simo, J.E., Pérez P. (2002) "Using Infrared sensors for distance measurement in mobile robots". *Robotics and autonomous systems*. Elsevier Science Vol. 40/4 pp. 255-266.
- [2] Fabrizi E. and Saffiotti A. (2000). *Extracting Topology-Based Maps from Gridmaps*. Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA), pp. 2972-2978. San Francisco, CA.
- [3] Kaess M., Arkin R. C., Rossignac J. () "Compact Robot-Generated 3D Maps for Efficient Wireless Transmission". 11th International Conference on Advanced Robotics (ICAR). Coimbra (Portugal).
- [4] Neider J., Davis T. and Mason Woo, (1994) *OpenGL Programming Guide*. Addison-Wesley Publishing Company.
- [5] Pérez, P., Posadas, J.L., Simó, J.E., Benet, G., Blanes, F., (2002). *A Software Framework for Mobile Robot Sensor Fusion and Teleoperation*. Proceedings of the 15th IFAC world Congress. Barcelona (Spain).
- [6] Posadas, J.L., Pérez, P., Simó, J., Benet, G. and Blanes, F. (2002) "Communications structure for sensory data in mobile robots", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 15/3-4, pp. 341-350.
- [7] Posadas, J.L., Simó, J., Blanes, F. Benet, G. Poza, J.L. Martínez, M. (2004) *An Architecture to Control Mobile Robots by means of Code Delegation and Multi-Agent Systems*. 5th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles. Lisbon (Portugal)
- [8] Surmann H., Nüchter A., and Hertzberg J. (2003) "An autonomous mobile robot with a 3D laser range finder for 3D exploration and digitalization of indoor environments", *Journal Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 45, Issue 3-4, pp. 181 – 198
- [9] Tomatis, N., Nourbakhsh, I. and Siegwart, R. (2003) Hybrid Simultaneous Localization and Map Building: a Natural Integration of Topological and Metric. *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 44, pp. 3-14.
- [10] Web: SICK Sensor Intelligence (Julio 2004). <http://www.sick.com>