

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2016

MEMORIA DEL PROYECTO Nº SV-16-GIJÓN-1-03

1. DATOS DEL PROYECTO

Título: Desarrollo de un sistema de trabajo colaborativo de robots autónomos de limpieza

Investigador/a/es responsable/es: David Melendi Palacio

Tfno: 2596 / 74454

E-mail: melendi@uniovi.es

Otros investigadores: Xabiel García Pañeda, Roberto García Fernández, Alejandro García Tuero, José Antonio Sánchez Sánchez, Laura Pozueco Álvarez

Empresas o instituciones colaboradoras: UbiqWare

2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.1 Resumen ejecutivo

Este proyecto se ha centrado en el desarrollo de un sistema de trabajo colaborativo para robots autónomos de limpieza. Estos robots suelen trabajar de forma individual. Por ello, cuando se plantea su despliegue para cubrir una gran superficie, puede llegar a ser necesario utilizar varios de estos robots. Consideramos que los mejores resultados se obtendrían si estos equipos trabajasen de forma coordinada, de ahí que se haya realizado este proyecto. Los objetivos específicos que se planteaban eran los siguientes:

- Diseñar e integrar en los robots un sistema de comunicación basado en tecnologías inalámbricas
- Crear un protocolo de comunicación de alto nivel para el intercambio de información operativa
- Crear un sistema de razonamiento que permita a los robots tomar decisiones y comunicarlas para colaborar entre ellos
- Adaptar la plataforma de gestión del software de la empresa Ubiqware para su utilización en el desarrollo, evaluación y despliegue del software para este tipo de robots.

El proyecto parte del kit de desarrollo que proporciona la empresa IRobot dentro de su programa "Create 2". Tras la adquisición del kit, la metodología de trabajo ha seguido una estructura basada en sprints de mejora continua, centrados en los procesos de creación y evaluación de prototipos.

Los primeros sprints consistieron en cubrir el primero de los objetivos. Para ello, se consiguieron integrar dispositivos Raspberry Pi con los robots Roomba mediante comunicaciones serie. Así, la Raspberry Pi puede acceder a la información de los sensores del robot y enviarle comandos para que realice acciones (por ejemplo, que se mueva en una dirección). Ha sido necesario emplear baterías externas portables para alimentar las Raspberry Pi. El prototipo completo se muestra en la Figura 1. El dispositivo Raspberry Pi dispone de un mecanismo de comunicaciones inalámbricas. Los más modernos vienen equipados con este mecanismo de fábrica y los más antiguos necesitan un adaptador de red

adicional. Con estas tareas, podemos concluir que el primer objetivo se cumple satisfactoriamente.

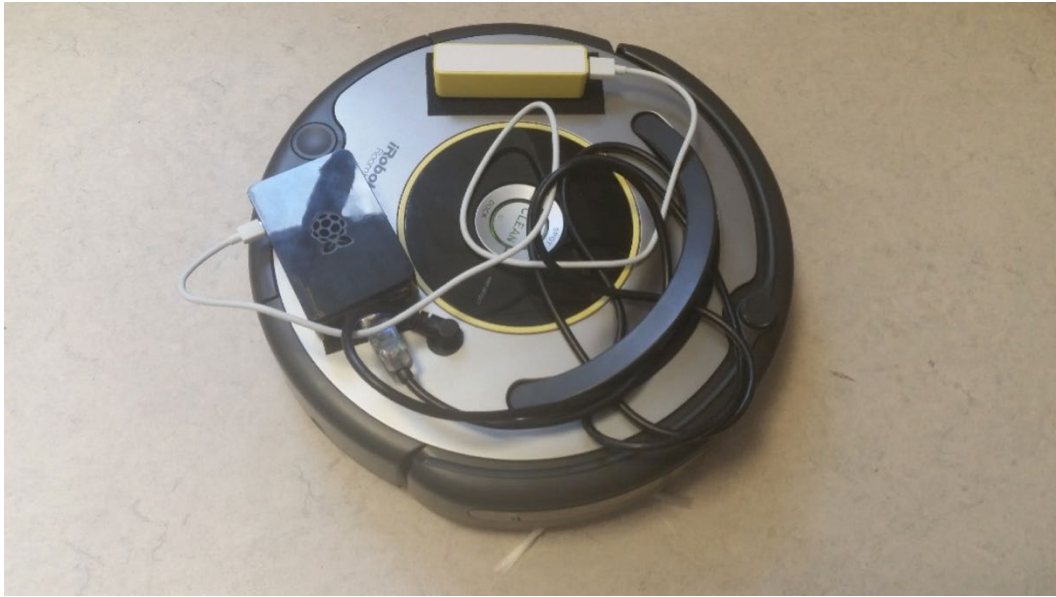


Fig. 1 Prototipo desarrollado

En cuanto al segundo objetivo, se ha definido un protocolo de comunicaciones de alto nivel basado en documentos XML y datagramas UDP. Este protocolo permite intercambiar información entre los dispositivos respecto a diferentes situaciones. Una situación es una herramienta que permite modelar un escenario determinado. Está formada por uno o varios sensores, una o varias acciones y una o varias señales que deben enviarse al resto de robots. El administrador puede configurar estas situaciones para implementar escenarios concretos. Podemos afirmar que el segundo objetivo se ha cumplido satisfactoriamente.

En lo referente al tercer objetivo, el dispositivo Raspberry Pi también se ha dotado de un programa que hace las funciones de cerebro. Este programa examina el comportamiento del robot y, si se produce una situación de las esperadas, se ejecutan las acciones debidas en el robot y se generan los mensajes correspondientes para el resto de robots. Tal y como sucedía en casos anteriores, se ha cumplido este objetivo satisfactoriamente. Prueba de ello son dos aplicaciones de demostración que se han desarrollado.

El proyecto, junto a algunas inversiones realizadas por el grupo de investigación DMMS, ha permitido crear un nuevo laboratorio de experimentación que puede ser utilizado para nuevos proyectos e investigaciones. Todo comenzó como unas prácticas externas en investigación para, posteriormente, derivar en distintos trabajos fin de estudios. Algunos de estos trabajos se han defendido y otros se encuentran en distintos puntos de desarrollo. El laboratorio permite que los estudiantes puedan realizar nuevos experimentos con la infraestructura disponible. Al mismo tiempo que se enriquece el proyecto, se crea un espacio para la innovación. En este sentido, los principales beneficiarios han sido y son los propios estudiantes.

2.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

El objetivo principal de este proyecto era el desarrollo de un sistema de trabajo colaborativo para que un grupo/enjambre de robots autónomos de limpieza (Roomba) puedan trabajar de forma conjunta.

Para llegar a conseguir este objetivo general, se habían planteado los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar e integrar en el robot un sistema de comunicación basado en tecnologías inalámbricas (100%)
- Crear un protocolo de comunicación de alto nivel para el intercambio de información operativa (100%)
- Crear un sistema de razonamiento que permita a los robots tomar decisiones y comunicarlasy para colaborar entre ellos (100%)
- Adaptar la plataforma de gestión del software de la empresa Ubiqware para su utilización en el desarrollo, evaluación y despliegue del software para este tipo de robots (10%)

2.3 Tareas realizadas

Para la realización del proyecto, el grupo de investigación DMMS ha habilitado dos laboratorios. Uno para la realización de los desarrollos y otro para la evaluación de los prototipos. El segundo laboratorio se ha equipado con cámaras robotizadas que permiten realizar la monitorización remota de los experimentos, tal y como se muestra en la figura 2.

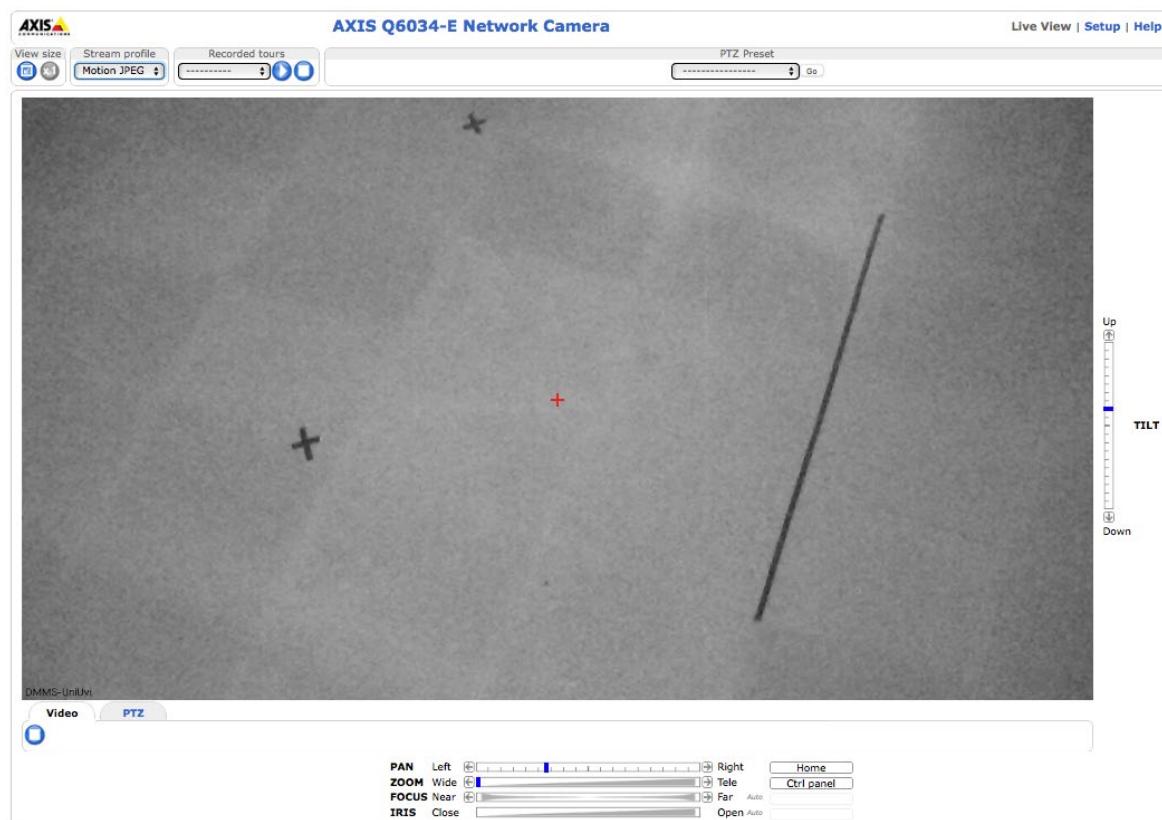


Fig. 2 Cámara robotizada en el laboratorio de experimentación

Además de estos aspectos preliminares, la primera de las tareas relevantes conseguida fue la de establecer un mecanismo de comunicación entre dispositivos Raspberry Pi y Roomba. Dado que el robot Roomba funciona de forma autónoma e independiente, lograr el trabajo cooperativo implica dotar a este dispositivo de un cerebro que permita la coordinación con otros equipos similares. Para ello, hemos seleccionado los equipos Raspberry Pi debido a su flexibilidad, a su coste reducido y al hecho de que disponen de comunicaciones inalámbricas (integradas en las versiones más recientes y a través de un adaptador USB en las versiones

anteriores). La interconexión entre el robot y la Raspberry Pi se realiza mediante una conexión serie. A través de esta conexión, la Raspberry Pi puede acceder a la información de los sensores del robot y enviarle comandos para que haga algo (por ejemplo, moverse en una dirección concreta). Esta conexión se realiza utilizando un cable de comunicación serie-USB. El cable se proporciona, dentro del proyecto "Create 2", junto con el robot. Dado que el cable no posee sistema de alimentación, ha sido necesario emplear baterías externas portables que se conectan a la entrada MicroUSB de las Raspberry Pi.

Más allá de los aspectos físicos, la comunicación se planteó originalmente mediante un programa sencillo en lenguaje Python, que contenía toda la información indicada en la especificación del robot. Se hicieron pequeñas pruebas de funcionamiento: con el envío de comandos de actuación al robot se comprobó que se movía hacia delante o atrás, que giraba hacia un lado u otro, etc.; con los comandos de limpieza se confirmó que limpiaba, encendía los motores de aspiración, etc.; con la recepción de información de los múltiples sensores hubo que estudiar cada uno en particular para interpretar correctamente la información. Tras incrementarse la dificultad notablemente, se decidió cambiar al lenguaje Java. Así, hubo que pasar todo lo creado de un lenguaje a otro y se realizaron distintas pruebas para comprobar su correcto funcionamiento.

Adicionalmente, para permitir el trabajo cooperativo, se desarrollaron mecanismos de comunicación basados en redes inalámbricas ad-hoc. Los dispositivos Raspberry Pi instalados en los robots, son capaces de comunicarse entre sí e intercambiar información sin necesidad de ningún tipo de infraestructura inalámbrica. Además, para permitir la comunicación efectiva entre las aplicaciones a desarrollar, se ha definido un protocolo de comunicaciones de alto nivel basado en documentos XML y datagramas UDP. Este protocolo permite intercambiar información entre los dispositivos respecto a diferentes situaciones que se pueden producir. Una situación es una herramienta que permite modelar un escenario determinado. Está formada por uno o varios sensores, una o varias acciones y una o varias señales que deben enviarse al resto de robots. El administrador puede configurar estas situaciones para implementar escenarios concretos.

El dispositivo Raspberry Pi también se ha dotado de un programa que hace las funciones de cerebro del sistema. Su diseño de alto nivel se muestra en la figura 3. El cerebro examina el comportamiento del robot en la que se ejecuta la aplicación, y genera eventos que contienen la información leída de los sensores. Estos eventos se comparan con la información de la base de datos local, de forma que si alguno de los valores de un sensor, o sensores, coincide con lo establecido en una situación determinada, se obtienen las acciones y señales externas. Las primeras se ejecutan en el robot y las segundas se envían al resto de robots Roomba. En caso de que se reciba un mensaje de otro robot, éste contiene la acción que debe ser realizada por parte del robot local.

Como prueba de concepto se desarrollaron dos aplicaciones de demostración:

- *RooBra*. Es un prototipo sencillo que hace que un robot que se separa del suelo emita una señal de alarma al resto de robots. El robot en cuestión empieza a pitar y los demás encienden un led de color rojo. El funcionamiento de esta aplicación se muestra en la figura 4.
- Carga colaborativa. Es una aplicación que permite que varios robots se coordinen cuando necesitan cargar su batería, existiendo una única estación de carga. El comportamiento normal del robot es el de permanecer en la estación de carga mientras no se encuentra limpiando. En este contexto sería imposible que varios robots pudiesen usar la misma estación. Esta aplicación permite liberar la estación de carga

para que sea utilizada por el robot que tiene menos capacidad almacenada. Un escenario de los producidos en esta aplicación se muestra en la figura 5.

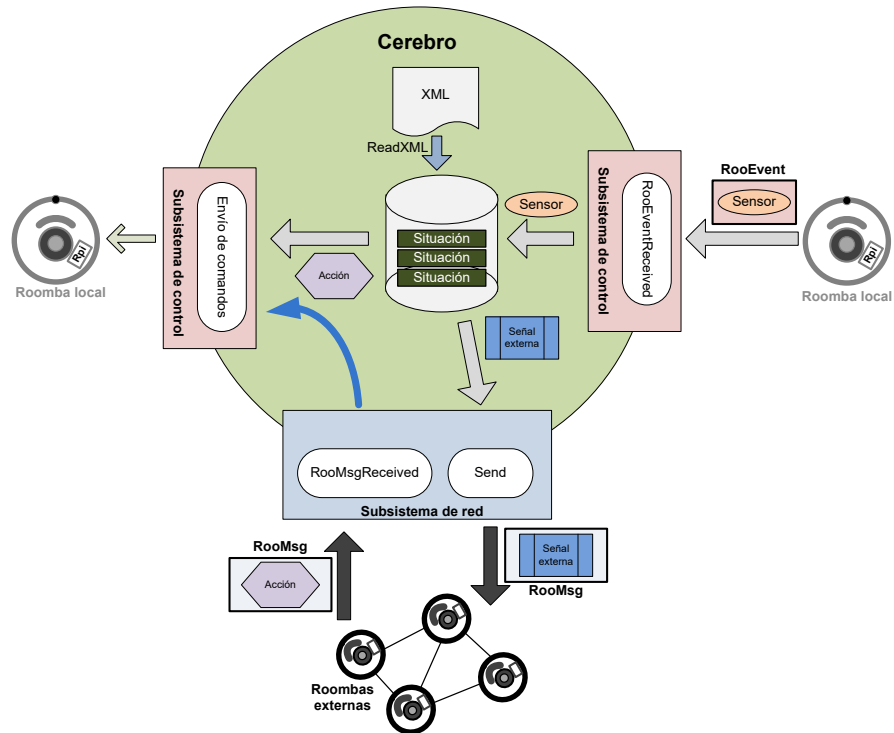


Fig. 3 Cerebro del sistema

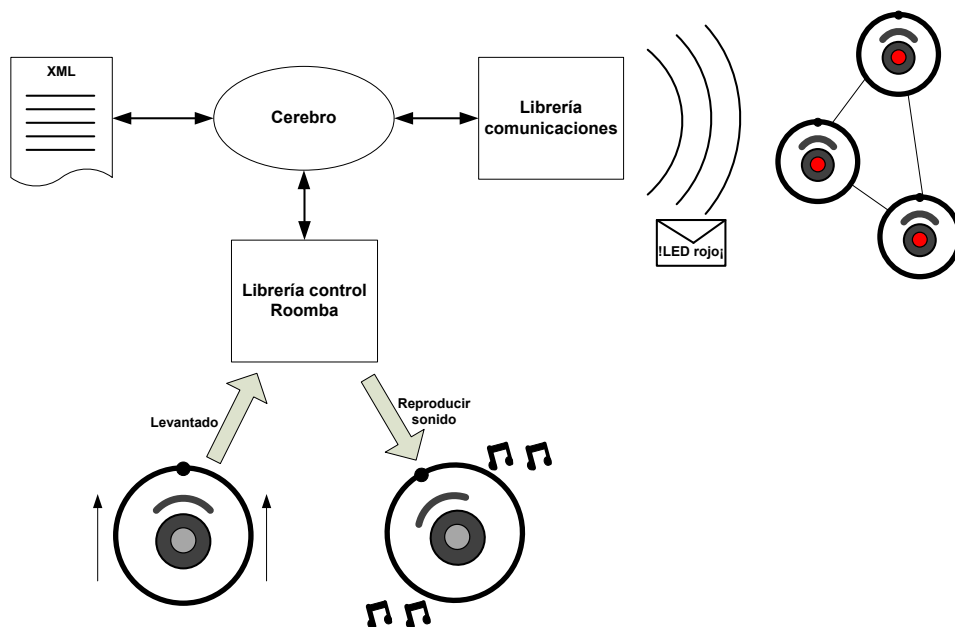


Fig. 4 Aplicación RooBra

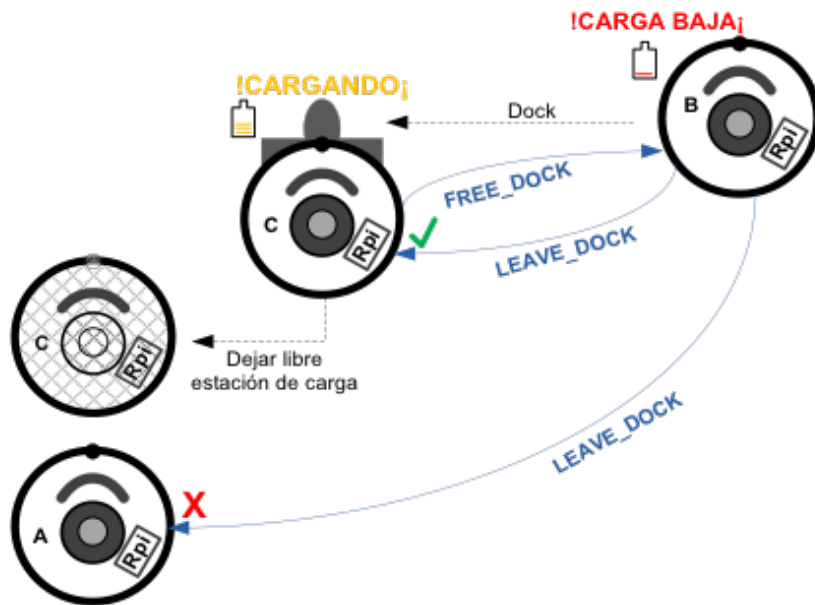


Fig. 5 Aplicación de carga colaborativa

Finalmente, se ha desarrollado un banco de pruebas que permite realizar experimentos sin necesidad de que los robots se muevan por una habitación. El banco de pruebas está basado en un sistema de rodillos, complementado con una placa Arduino equipada con sensores de efecto Hall. El banco de pruebas desarrollado se muestra en la figura 6.

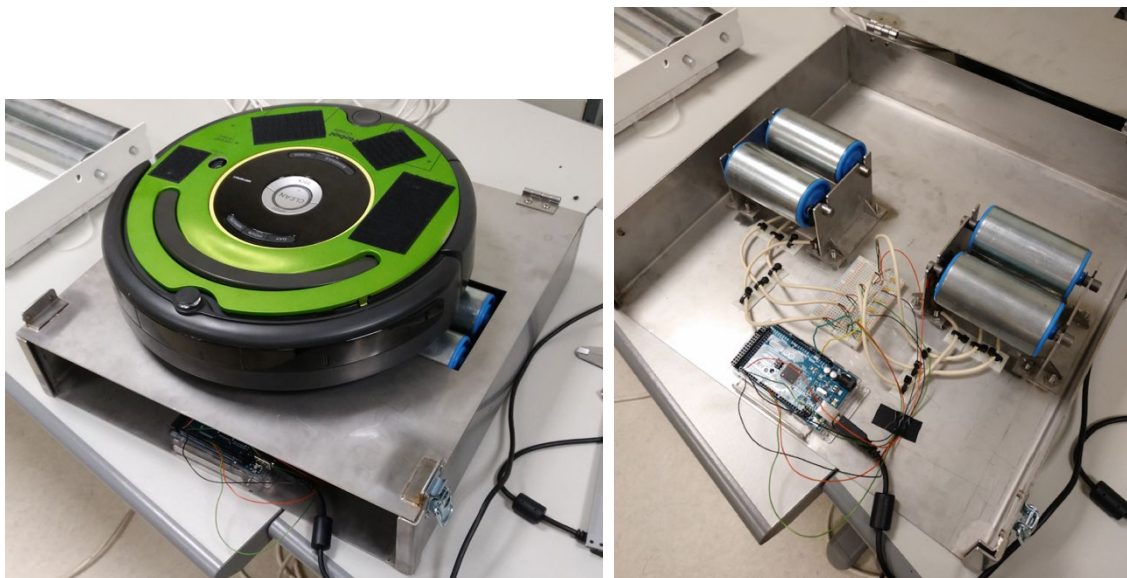


Fig. 6 Banco de pruebas desarrollado

2.4 Resultados obtenidos

- Se han equipado unos laboratorios creando un espacio de trabajo abierto para los estudiantes.
- Se ha desarrollado un banco de pruebas que permite realizar experimentos sencillos sin necesidad de que los robots se muevan por una estancia.

- Se ha implementado un prototipo autónomo basado en la integración entre un dispositivo Raspberry Pi y un robot Roomba, y la instalación de una batería adicional.
- Se ha implementado un software que permite que el dispositivo Raspberry Pi controle al robot mediante la lectura de sus sensores y la generación de comandos de control.
- Se ha desarrollado un sistema de comunicaciones entre los distintos dispositivos Raspberry Pi basado en una red inalámbrica y un protocolo de alto nivel.
- Se ha desarrollado un módulo de control que, en base a situaciones previstas, es capaz de actuar mediante la ejecución de acciones planificadas y la generación de mensajes para el resto de nodos de la red.
- Se han implementado dos aplicaciones de demostración.

2.5 Trabajos o necesidades futuras

- Completar la adaptación de la plataforma de gestión del software de la empresa Ubiqware para su utilización en este tipo de robots
- Diseñar un sistema que permita alimentar las Raspberry Pi desde la propia batería del robot Roomba
- Abordar el tema de la seguridad en las comunicaciones
- Desarrollar un cerebro más avanzado y dotado de elementos de “inteligencia” y aprendizaje automáticos
- Avanzar en el problema de la localización de los robots que forman parte de la red. Esto es una premisa en el caso de que se desee distribuir el trabajo a realizar
- Incrementar las capacidades del sistema mediante la instalación de sensores adicionales en los dispositivos Raspberry Pi
- Hacer pruebas con robots de otras marcas
- Desarrollar un sistema de monitorización externa. Se podrían utilizar cámaras para determinar el éxito de las pruebas realizadas de forma desatendida

2.6 Divulgación de los resultados (publicaciones, artículos, ponencias...)

En cuanto a la divulgación del proyecto y de sus resultados, dado lo prematuro de la situación no se han logrado publicaciones de impacto. Es cierto que el grupo DMMS está trabajando en el desarrollo de una publicación en este sentido, para enviar a una revista del ámbito de la educación en tecnología, pero esta se encuentra en elaboración.

No obstante, el proyecto ha estado presente en:

- La defensa del proyecto fin de carrera de Óscar Quintana Méndez para optar al título de Ingeniero de Telecomunicación. Hay otros dos proyectos pendientes de defensa y cuatro proyectos más sin comenzar.
- Entrevista a David Melendi Palacio en el programa Naguando de la Radiotelevisión del Principado de Asturias. Programa del 3 de Noviembre de 2016 (http://www.rtpa.es/audio:Naguando_1478208410.html)
- Workshop a cargo de Xabiel García Pañeda en el 11 Congreso Colombiano de Computación celebrado en Popayán – Colombia. Septiembre 2016 (<http://fup.edu.co/11ccc/programa-preliminar-sco2ieee-11ccc/>)

- Artículo “Laboratorio abierto para el desarrollo de proyectos con robots de limpieza autónomos”, elaborado por José Antonio Sánchez, Laura Pozueco, Alejandro García Tuero, Noemí Asenjo González, David Melendi, Roberto García Fernandez, Xabiel García Pañeda y Gabriel Díaz Orueta. Presentado en el Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (TAEE), Sevilla, Junio de 2016.

3. MEMORIA ECONÓMICA

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-16-GIJÓN-1-03	4300 EUR	-	-	-
Otras fuentes	Referencia proyecto/contrato	-	-	-	-
Estudiante con ayuda a la investigación	Nombre	Da. Noemí Asenjo González; DNI 44437069-B			
	Tareas	Desarrollo de las comunicaciones entre dispositivos Roomba y Rapsberry Pi			
	Período	Periodo de la ayuda en 2016			

4. OTROS PROYECTOS Y CONTRATOS CON FINANCIACIÓN EXTERNA

Título del proyecto/contrato	
Referencia	
Investigador/a/es principal/es	
Equipo investigador	
Periodo de vigencia	
Entidad financiadora	
Cantidad subvencionada	