



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Comunicaciones submarinas mediante modem acústico en aplicaciones de monitorización remota de variables biológicas del fondo marino.

Leopoldo Gómez Castillo, Alfonso Corzo Rodríguez, Julio Bohórquez Ferrando, Sokratis Pappaspyrou, Luis A. Mariscal Rico
E-Mail: leopoldo.gomez@uca.es
Universidad de Cádiz, Laboratorio de Telecomunicaciones Marinas
Avenida República Saharhui S/N, 11510, Puerto Real, Cádiz

Palabras Clave: módem acústico, microperfilador, sensor, comunicación, electrónica

ABSTRACT

The Marine Telecommunications Laboratory (LTM) of the University of Cadiz participates in a research project for the study of intertidal sediments of the Bay of Cádiz. His contribution to the project has been the technological improvement of the submarine platform that transports the scientific equipment to the seabed. The LTM has developed a wireless system for data transmission and remote control surface-seafloor for said platform. This has made it possible to replace the original wired system with another based on an acoustic modem. The advantages are a lower weight and greater platform manoeuvrability.

RESUMEN

El Laboratorio de Telecomunicaciones Marinas (LTM) de la Universidad de Cádiz participa en un proyecto de investigación relativo al estudio de los sedimentos intermareales de la bahía de Cádiz. Su contribución al proyecto ha sido la mejora tecnológica de la plataforma submarina que aloja el equipamiento científico en el fondo marino. El LTM ha desarrollado un sistema inalámbrico de transmisión de datos y de control remoto superficie-fondo marino para dicha plataforma [1]. Ello ha permitido sustituir el sistema cableado original por otro basado en módem acústicos. Las ventajas son un menor peso y una mayor maniobrabilidad de la plataforma.

I. Introducción

Para el estudio de los sedimentos intermareales de la Bahía de Cádiz [2] se utiliza un Mini Perfilador de cuatro canales (MP4) suministrado por la empresa UNISENSE. El MP4 permite transmitir los datos biológicos tomados en el sedimento, hasta un PC que se encuentra en la superficie. Cada canal procesa las muestras recogidas por un único sensor. Para la alimentación, el control y la transmisión de datos el MP4 utiliza originalmente un cableado especial, que conecta el subsistema sumergido con el subsistema de superficie. La tensión que el cable trasmite a la estructura del MP4 y el espacio que ocupa dificulta la maniobrabilidad y el posicionamiento del mismo bajo el agua. La Figura 1 muestra el diagrama de bloques original del subsistema de transmisión del MP4.

Este artículo explica la solución tecnológica desarrollada por los investigadores del LTM para eliminar el cableado del MP4. En el prototipo de prueba se han utilizado dos módem acústicos submarinos y se ha desarrollado un sistema electrónico, basado en la plataforma Arduino, para multiplexar, digitalizar y transmitir los datos obtenidos por los sensores del MP4, y para controlar desde superficie los motores que desplazan el grupo de sensores. Además, se ha provisto al subsistema sumergido de alimentación autónoma mediante una batería ubicada en la misma caja estanca que contiene toda la electrónica implementada. Dicha caja lleva instalados un conjunto de conectores especiales para comunicaciones submarinas que

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

conectan los circuitos de su interior con los motores y los sensores del MP4. Mediante dichos conectores se realiza en el laboratorio la carga de batería y la descarga de los datos almacenados a un PC, además de la programación del sistema electrónico. Mediante un interruptor magnético se activa y desactiva la alimentación general del MP4, lo que permite economizar la energía eléctrica disponible.

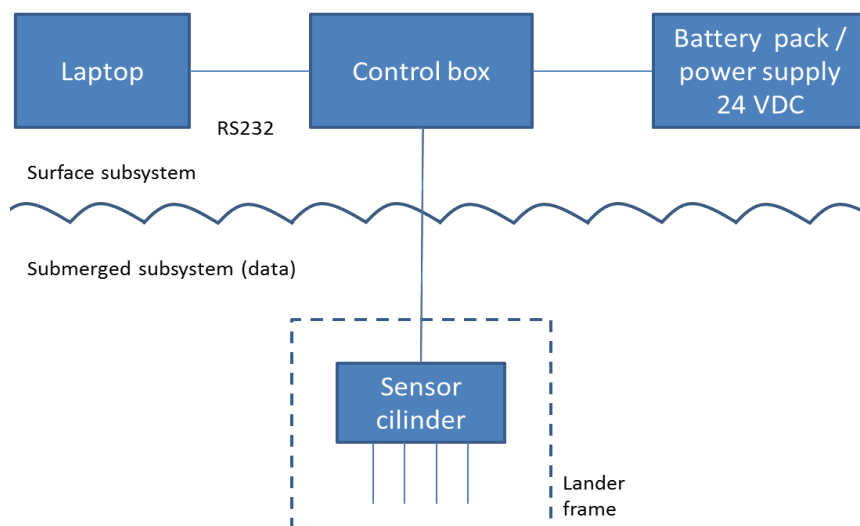


Fig. 1. Diagrama de bloques del subsistema de comunicación del Mini Perfilador original.

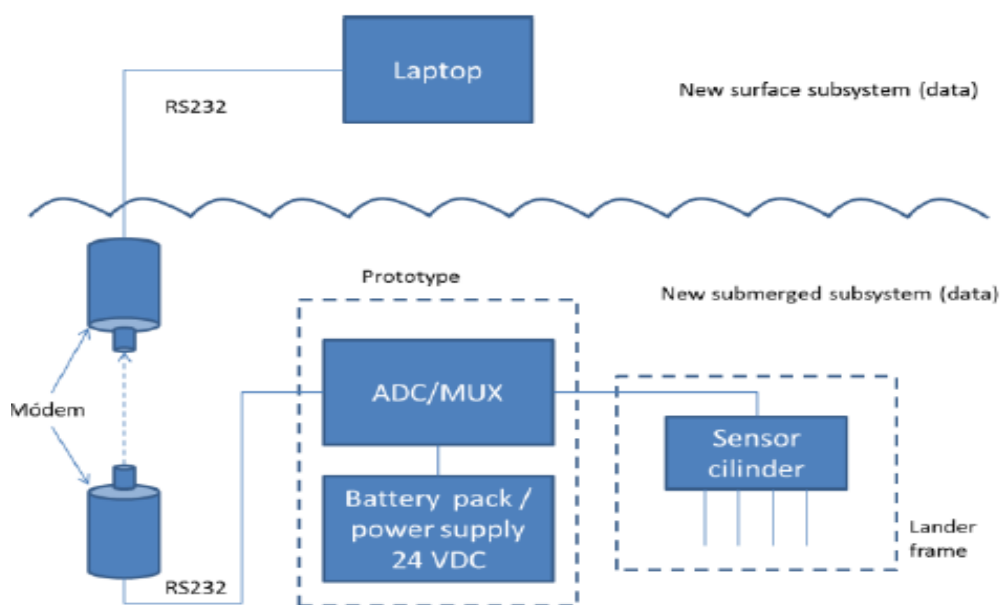


Fig. 2. Diagrama de bloques del subsistema de datos del Mini Perfilador mejorado.

II. Descripción del sistema.

Originalmente, el cableado que conecta la caja de control con el cilindro que contiene los sensores y los amplificadores analógicos, soporta la transmisión de varias señales. Por una parte, la señal de alimentación de bajada (dos hilos), y por otra, las señales de subida de datos

(cuatro hilos, uno por canal) y las señales de bajada de control (cuatro hilos, dos por motor).

Por lo tanto, para implementar las mejoras señaladas es necesario incorporar al subsistema sumergido las funciones de transmisión de datos y de alimentación. Así, el subsistema sumergido estará compuesto por un módem acústico, para recibir y transmitir información al módem de superficie, por una batería con capacidad suficiente para realizar las medidas en el sedimento y por un sistema electrónico e informático que sustituirá las funciones de la caja de control usada anteriormente. Dichas funciones son las de monitorizar las señales de los distintos sensores y mover los motores para recoger datos en distintas zonas. La Figura 2 muestra el diagrama de bloques del sistema mejorado.

III. Subsistema de comunicación

La comunicación inalámbrica se lleva a cabo a través de dos módem acústicos de la marca EVOLOGICS [3] (modelo S2CR 18/34). El alcance de dichos módem es de varios centenares de metros, lo que permite su utilización para transmisión de datos en aguas someras. Los módem acústicos tienen un patrón de emisión omnidireccional (Figura 3), lo que les hace especialmente interesantes para este tipo de enlaces. La conexión física con el módem es a través del estándar RS232, que condiciona la realización de la interfaz con el sistema electrónico. El módem permite velocidades de transferencia de datos de hasta 13.9 Kbits/s.

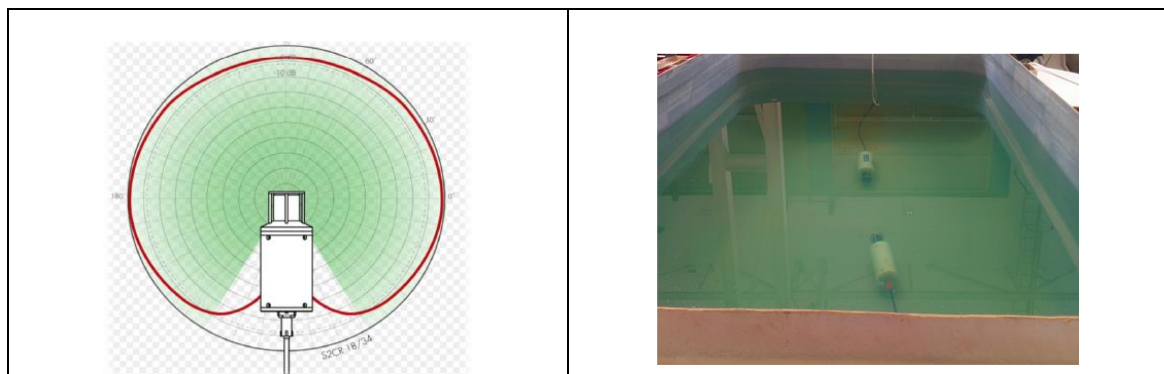


Fig. 3. Patrón de directividad del módem acústico y estanque de pruebas con los módem acústicos.

Como puede verse en la Figura 2, un módem se mantiene bajo el agua pero cerca de su superficie, para poder así ser conectado por cable al ordenador del operador. Este módem enviará señales hacia el MP4 sumergido para el control de los motores de posicionamiento del cabezal de sensores, y recibirá señales desde el MP4 con los datos recogidos por dichos sensores. El otro módem se instala en la estructura del MP4. Una batería le suministrará energía eléctrica e irá conectado al sistema de recepción de señales de control y al de transmisión de datos. La electrónica del subsistema de comunicación se basa en la plataforma de desarrollo Arduino y en circuitos electrónicos diseñados para realizar el tratamiento de datos que implementa la caja de control del diseño original. En resumen, el prototipo realiza las mismas funciones que el sistema original pero sin el lastre del cableado que éste soportaba. Básicamente, desde el subsistema de comunicaciones instalado en el MP4 se puede:

- Activar la parte esencial de la electrónica con un interruptor magnético para minimizar el consumo.
- Activar el resto de la electrónica cuando el módem de superficie pasa a estar activo.
- Enviar y recibir datos, es decir, establecer una comunicación bidireccional entre módem.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

- Procesar los datos obtenidos por el grupo de sensores, para su transmisión vía módem.
- Decodificar la información de control recibida y actuar sobre los motores de posicionamiento del cabezal de sensores.

En la Figura 4 se ha representado el esquema eléctrico de una de las dos placas de circuitos que constituyen el subsistema de comunicación del MP4. En dicho esquema eléctrico se han resaltado dos circuitos que se explican a continuación. El circuito 1 corresponde al interruptor magnético, que se encuentra separado del resto debido a que debe estar próximo al imán que se encuentra en la parte lateral del cilindro estanco. Este interruptor conecta la batería con una parte básica de la electrónica, es decir, con el circuito 2. Dicho circuito es el encargado de suministrar alimentación eléctrica al resto de circuitos del subsistema de comunicación cuando el módem de superficie inicia su actividad. Por ello, debe estar activo desde el inicio de la inmersión, para poder detectar los primeros datos transmitidos por el módem de superficie y así “despertar” el sistema. De este modo se consigue un ahorro de energía durante los momentos iniciales de la operación, cuando todos los esfuerzos se centran en depositar adecuadamente el MP4 en el fondo marino y ninguna transmisión se está produciendo.

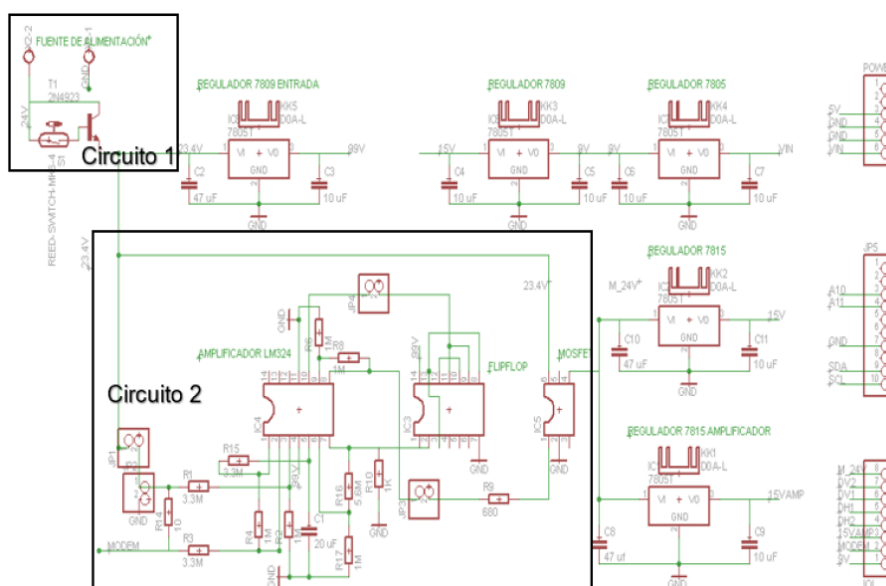


Fig. 4. Esquema eléctrico de la placa de alimentación y de la placa del interruptor magnético.

El resto de los circuitos que pueden verse en el esquema eléctrico de la Figura 4 son reguladores de tensión, encargados de aplicar los niveles de alimentación adecuados a cada componente activo en función de sus márgenes de tensión nominales, y zócalos que conectan los circuitos de la placa de alimentación con los de la placa de tratamiento de datos, cuyo esquema eléctrico se representa en la Figura 5. En dicha figura aparecen resaltados varios circuitos que gobiernan el funcionamiento de los motores y los sensores. El circuito 3 implementa la electrónica necesaria para adaptar las señales procedentes de los sensores (LM324) al convertidor analógico / digital y multiplexador (ADS1115). Además, implementa la interfaz de señal RS232 con el módem (MAX232). El circuito 4 realiza el control de los motores mediante el circuito integrado L293D. Esta placa también contiene los zócalos de conexión con la placa de alimentación y todos los conectores necesarios para los distintos elementos del MP4, a través del cilindro estanco.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

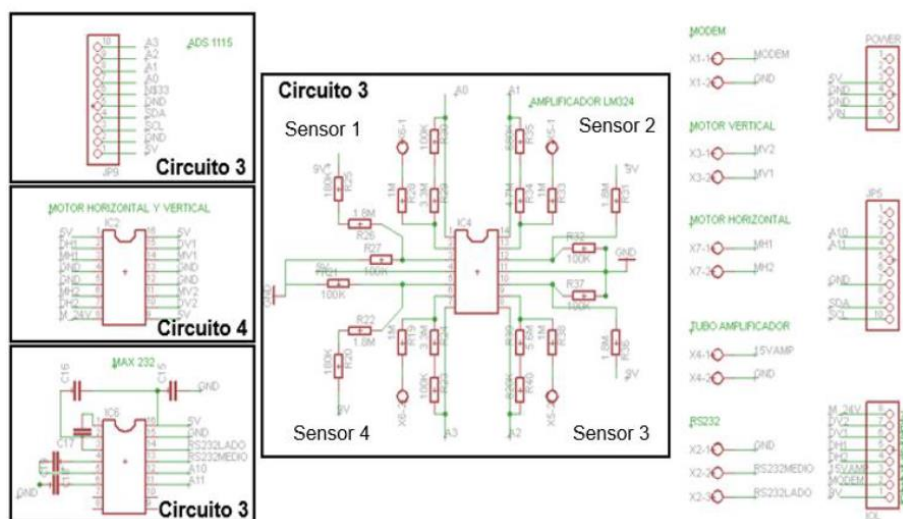


Fig. 5. Esquema eléctrico de la placa de tratamiento de datos.

En la Figura 6 se puede ver el montaje final de ambas placas tal y como se hallan dispuestas en el interior del cilindro estanco. La fuente de alimentación local es una batería con una autonomía de unas 6 horas de trabajo continuo, para asegurar el periodo de trabajo normal del MP4. La batería proporciona 24V y 7.8Ah, tiene forma cilíndrica, va alojada en el fondo del cilindro estanco y se conecta directamente al interruptor magnético y al conector que permite su recarga desde el exterior.

IV. Software

Originalmente, el MP4 estaba conectado mediante cable a una caja de control en superficie que era la encargada de gestionar la monitorización de las señales y la actuación de los motores, a través de un programa informático propietario. Al sustituir el medio de transmisión del MP4, el diseño inicial del mismo ha sufrido un cambio sustancial. Ahora, buena parte del tratamiento de datos que se realizaba en superficie se lleva a cabo en la parte sumergida del sistema. Esto ha obligado a diseñar una nueva aplicación que gestione el flujo de datos y de órdenes según el nuevo esquema. Se ha tratado de desarrollar un software que emule las características del original.

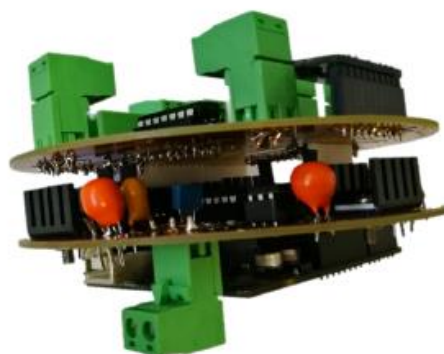


Fig. 6. Montaje final de las placas del prototipo.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

La interfaz gráfica se ha realizado mediante Visual Studio, un entorno de desarrollo integrado para distintos sistemas operativos, que trabaja con varios lenguajes de programación. La plataforma de desarrollo Arduino, utilizada para implementar parte de la electrónica del prototipo, tiene su propio software de programación, el IDE (*Integrated Development Environment*) de Arduino, que permite generar el código deseado para el microcontrolador. La parte más importante de la programación es la relativa a la gestión de la comunicación inalámbrica entre los módems, para enviar y recibir información. La interfaz gráfica desarrollada mediante Visual Studio se instala en un ordenador portátil para su uso por el operador que se encuentra en superficie. El código del microcontrolador se instala en la placa Arduino que se encuentra en el cilindro estanco unido al MP4. Ambos programas se comunican mediante los módems que constituyen los terminales de la red inalámbrica. El programa desarrollado mediante Visual Studio genera las acciones a realizar mediante una interfaz gráfica y, además, muestra en pantalla los datos enviados por el MP4 en forma de tabla o de gráfica. El programa residente en la placa Arduino se encarga de ejecutar las acciones recibidas actuando sobre los componentes sumergidos del MP4. Los datos se almacenan en una base de datos (SQLite) generada mediante la interfaz gráfica.



Fig. 7. Mini Perfilador MP4. Vista del módem y del cilindro estanco.

En la Figura 7 se puede ver el aspecto final del MP4 con las modificaciones realizadas, el módem (a la izquierda) y el cilindro estanco conteniendo los circuitos electrónicos y la placa Arduino (a la derecha).

V. Pruebas sobre el prototipo

Se realizaron varios ensayos durante las diferentes fases del desarrollo del prototipo, desde pruebas de laboratorio hasta medidas en condiciones reales (Figura 8) para comprobar el funcionamiento de las mejoras introducidas. Esto permitió detectar y solucionar problemas de tipo mecánico, electrónico e informático. Finalmente, se pudo constatar que la sustitución del cable por un enlace acústico era posible. Además, al desarrollar una interfaz gráfica especial para el nuevo MP4 se añadieron mejoras en la configuración de las medidas y en la visualización de los datos.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

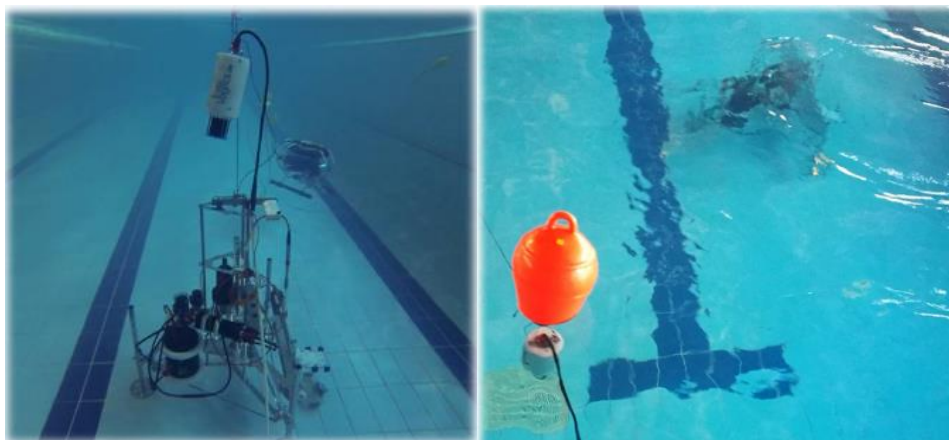


Fig. 8. Vista del MP4 y el módem de superficie desde el fondo de la piscina de pruebas.

VI. Conclusión

Este trabajo es fruto de un proyecto de investigación llevado a cabo por investigadores del LTM en colaboración con el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biogeoquímica de la Universidad de Cádiz. Se trataba de realizar una actualización tecnológica del dispositivo submarino MP4 empleado por el grupo de ecólogos para el estudio de los sedimentos marinos en el entorno de la Bahía de Cádiz. El MP4 original resultaba difícil de maniobrar por el cableado que lo unía al equipo de superficie (caja de control). Tanto la alimentación de los sistemas sumergidos, como el envío de comandos desde superficie para mover los motores, como la transmisión de datos desde el fondo, se realizaban a través de los correspondientes cables. Se sustituyeron todos los cables por un enlace acústico mediante módem, y se desarrolló un sistema electrónico e informático para gestionar las transmisiones por el nuevo medio de transmisión. Tras una serie de pruebas, se pudieron validar las modificaciones realizadas.

VII. Referencias

- [1] Mariscal, Luis, et all., Development of a prototype for submarine communications in shallow waters, 2016
- [2] Corzo, Alfonso, et all., Microecology and biogeochemistry of tidal flats in the Bay of Cádiz: Physical forcing by tidal cycle and photoperiod, 2015.
- [3] <http://www.sidmar.es/S2CR-18-34.html>