

Arquitectura de una Red de Sensores Inalámbrica para la monitorización de la laguna costera del Mar Menor

C. Albaladejo Pérez, F. Soto, J.A. López Riquelme, A. Iborra.

DSIE, Universidad Politécnica de Cartagena, Campus Muralla del Mar s/n 30202 Cartagena (Murcia)

Teléfono: 968326543

E-mail: cristina.albaladejo@upct.es

Resumen. En el presente trabajo se propone una red de sensores inalámbrica cuyo objetivo es la monitorización de la laguna costera del Mar Menor, situada al sureste de la Península Ibérica, en la Región de Murcia, frente a las aguas próximas adyacentes del Mar Mediterráneo. Una vez que dicha red de sensores sea desplegada en los próximos meses formará parte del Observatorio Oceanográfico Costero de la Región de Murcia (OOCMur). Este trabajo describe la red de sensores inalámbrica propuesta especificando las tecnologías involucradas en el funcionamiento de la misma, se detalla la instrumentación oceanográfica seleccionada de acuerdo a los requisitos del despliegue y finalmente se muestra en detalle el diseño de los nodos de la red.

1 Introducción

Las lagunas costeras son masas de aguas someras más o menos extensas, saladas y cuyo origen está vinculado al mar adyacente del que se mantienen separadas por una franja de tierra, generalmente arenosa. Estos ambientes al estar relativamente aislados del mar abierto adyacente, sus aguas presentan valores extremos de salinidad y temperatura y las especies que las habitan necesitan estar especialmente adaptadas a dichas fluctuaciones. Además, la escasa profundidad de sus aguas permite que la luz penetre hasta el fondo y que los vientos afecten a toda la columna de agua, suspendiendo partículas de sedimento cuyos nutrientes son necesarios para el desarrollo de las algas y pequeños organismos que viven en el fondo. Estas características hacen que muchas especies marinas utilicen las lagunas costeras como refugio y como zona en las que pueden desarrollarse sus larvas y juveniles, en un ambiente con abundante alimento y, sin embargo, con escasos depredadores y parásitos, ya que la mayor parte de estos no toleran las condiciones salinas extremas de las lagunas. En el caso del Mar Menor [1], la preocupación por establecer este tipo de relaciones es antigua y desde hace tiempo se vienen buscando las razones del descenso de las capturas pesqueras. El principal objetivo de la red de sensores inalámbrica (Wireless Sensor Networks, WSN) [2] propuesta es la monitorización de la laguna costera del Mar Menor (ver Fig. 1). La experiencia adquirida en el ámbito agrícola, [3], es trasladada al ámbito marino con objeto de conocer el comportamiento hidrodinámico de dicha laguna frente al Mar Mediterráneo y otros parámetros de interés oceanográfico. Para ello, una serie de nodos sensores ubicados en situaciones estratégicas serán los encargados de tomar medidas de ciertos parámetros del agua. La información recogida por estos nodos sensores será transmitida hasta una estación base, ubicada en Cartagena, en la

que se almacenarán los datos y se realizarán los estudios necesarios de acuerdo con los modelos teóricos existentes.

2 Descripción general de la WSN

La WSN que se ha diseñado (ver Fig. 1) está formada por diferentes tipos de nodos sensores, nodos routers y una serie de nodos gateways. Estos nodos serán los encargados de transmitir la información que se reciba de los nodos sensores hasta el servidor FTP que se encuentra situado en una estación remota. Se han definido 4 tipos de nodos sensores: nodo Profundidad, nodo Correntímetro, nodo Rambla y nodo Completo. Los Nodos Profundidad toman muestras de la presión y la temperatura del mar. Los Nodos Correntímetros son los encargados de monitorizar la velocidad de las corrientes. Los Nodos Completos monitorizan la presión, la corriente del mar, la salinidad y el perfil de temperaturas. Y por último, en el Nodo Rambla se miden, además de los parámetros físicos de la temperatura, la presión y la salinidad, otros parámetros como turbidez, oxígeno disuelto, clorofila y nitratos.

La ubicación de cada uno de los nodos sensores se ha realizado teniendo en cuenta el comportamiento hidrodinámico del Mar Menor frente a las aguas próximas adyacentes del Mar Mediterráneo (en adelante Mar Mayor). La única comunicación entre la laguna costera del Mar Menor y el Mar Mayor se realiza mediante las tres golas de La Manga del Mar Menor (Gola de las Encañizadas, Gola de El Estacio y Gola de Marchamalo) en las que, ante vientos de poniente y levante, se produce un importante intercambio de aguas. Por tanto, para tener conocimiento de dicho fenómeno se ubica un nodo Correntímetro en la zona más estrecha de cada gola (CR1, CR2, CR3). En consecuencia, surge el interés de conocer la profundidad del mar en los extremos de cada una de las golas y para ello se emplea un nodo Profundidad (P1-P6).

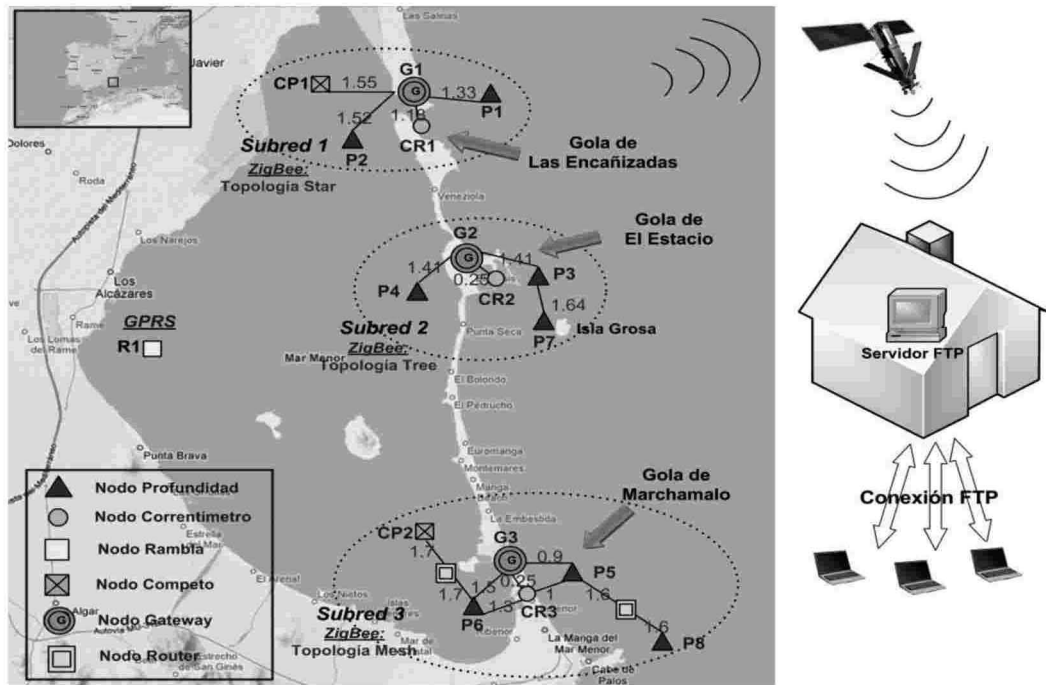


Fig 1 Despliegue de nodos en el Mar Menor

Para obtener un estudio completo se estudian las aguas adyacentes a La Manga en el Mar Mayor se pueden emplazar dos nodos Profundidad, uno cercano a Isla Grosa (P7), y otro en Cabo de Palos (P8). Por otro lado, mediante los nodos Completos se tendrán monitorizadas las cubetas Norte (CP1) y Sur (CP2) en las que existen corrientes de agua cuyo conocimiento es esencial para conocer el comportamiento de la laguna costera. Finalmente, con el nodo Rambla (R1) se persigue controlar el agua vertida a la laguna procedente de la desembocadura de la rambla del Albuñón, ya que ésta constituye el principal colector de agua de explotaciones agrícolas del Campo de Cartagena, pudiendo afectar a ciertos parámetros de la laguna.

Los nodos, con capacidad de adquisición de datos, se dispondrán en la zona estudiada repartidos en tres subredes diferentes cada una de ellas con un nodo gateway. Los nodos sensores, cada cierto tiempo, tomarán medidas de distintos parámetros y zonas de la laguna y serán enviadas al nodo gateway correspondiente o a un nodo sensor que implemente multi-hop hasta el nodo gateway, y será éste quien envíe la información al servidor FTP vía GPRS. El nodo R1 se comunica directamente con el servidor de datos vía GPRS debido a la gran distancia que lo separa del resto de nodos. La comunicación entre los nodos de las subredes se implementará utilizando el protocolo de comunicaciones inalámbricas ZigBee construido sobre las capas definidas por el estándar IEEE 802.15.4 [4] de redes WPAN y utilizada con radios digitales de bajo consumo. En cada una de las subredes se implementa una topología ZigBee (star, tree y mesh) cada una de las cuales nos ofrece diferentes características. Habrá nodos sensores que además de monitorizar la laguna actúen como routers

contemplando además nodos que actuarán únicamente de routers (Nodo Router en Fig.1) con el objetivo de cubrir toda la zona de monitorización.

3 Instrumentación Oceanográfica Seleccionada

Para seleccionar la instrumentación oceanográfica adecuada, se ha realizado un estudio sobre los instrumentos que ofrecen diversos fabricantes y únicamente se expondrán los finalmente seleccionados de acuerdo a los requisitos del despliegue siguiendo criterios de coste, deriva en el tiempo de las medidas y rango de medida (ver Tabla 1). En el despliegue nos encontraremos en todo momento en profundidades inferiores a los 20 metros en las proximidades del Mar Mayor e inferiores a 7 metros en el Mar Menor. Éste será, entre otros, un factor a tener en cuenta a la hora de seleccionar el instrumento en cuestión. Otro factor indispensable para la selección de la instrumentación es el rango de medida de cada uno de los parámetros. En la Tabla 1 se muestran los valores de los rangos para cada uno de los parámetros que son objeto de este trabajo y el fabricante de los sensores finalmente seleccionados.

Tabla 1. Rango de medidas

Parámetro	Rango	Unidad	Sensor
Temperatura	12-30	°C	SBE 39
Profundidad	20max.	metros	SBE 39
Salinidad (Conductividad)	42 y 47	g/L	SBE 16plusV2
Velocidad de corrientes	0.01-3	m/s	NORTEK Aquadopp
Turbidez	0-500	NTU	YSI 6136
Clorofila	0-300	µg/L	YSI 6025
Oxígeno Disuelto	0-10	mg/L	AANDERAA - Oxygen Optode 4835
Nitratos	0-100	mg/L	Satlantic - SUNA

4 Desarrollo de un prototipo genérico de nodo

Para llevar a cabo esta red de sensores se han diseñado los nodos atendiendo a criterios de mínimo consumo y mayor integración posible. Con el fin de disminuir los tiempos de desarrollo y dado que la arquitectura de los nodos sensores y gateways es muy similar, se ha construido un prototipo genérico de nodo como el de la Fig.2.

El núcleo de la plataforma es el microcontrolador (μ C) de baja potencia MSP430F2618 de Texas Instruments, encargado de gestionar el comportamiento del nodo. La comunicación inalámbrica es proporcionada por el módulo de radio CC2520 que en combinación con el dispositivo CC2591 permiten conseguir un alcance del orden de varios kilómetros [5]. La alimentación del nodo se proporciona mediante baterías de polímero de litio 2000 mAh, con una tensión nominal de 3.7 V. Además, es necesario realizar una adaptación de tensiones mediante los DC/DC Converter #1 y #2.

Se muestra la batería conectada al μ C mediante una interfaz de medida, lo que permitirá realizar un muestreo periódico del nivel de batería y poder monitorizar el estado de ésta para cambiarla cuando sea necesario. Se presenta un esquema que incorpora hasta un máximo de 4 sensores con interfaz de conexión RS-232. Además, en este diseño se ha contemplado la necesidad de un multiplexor que, gestionado desde el μ C, seleccione el sensor adecuado en cada momento. Además de los componentes hardware necesarios descritos anteriormente, se han incluido un interfaz SDI-12 que puede ser de utilidad para la conexión de otro tipo de sensor, y un interfaz SD.

En este primer prototipo (ver Fig. 3), el nodo gateway se conecta al PC vía RS-232 y es éste quien realiza la conexión con el servidor de datos. En el PC también se ejecuta una aplicación de monitorización que permite comprobar el correcto funcionamiento de la WSN.

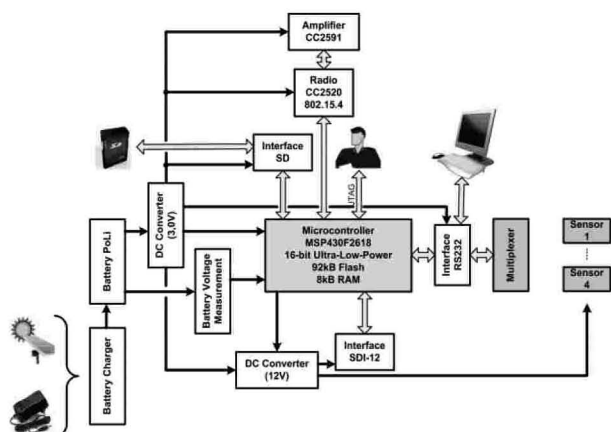


Fig. 2 Diagrama de bloques del prototipo genérico de nodo

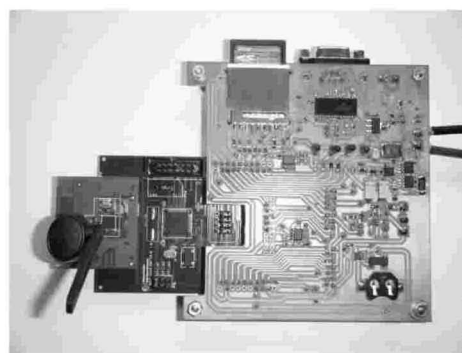


Fig.3 Prototipo genérico de nodo

5 Conclusiones

Se ha diseñado una red de sensores inalámbrica aplicada al ámbito marino que permite monitorizar ciertos parámetros oceanográficos y analizar las características de la laguna del Mar Menor. Se han realizado pruebas experimentales en el laboratorio verificando el correcto funcionamiento de la red desplegada. Actualmente se está trabajando en la preparación de la fase experimental en la zona del Mar Menor. Esto implica, entre otras cosas, realizar el diseño y llevar a cabo el encapsulado de la electrónica en una boya superficial con todos los requisitos que sean necesarios.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado mayoritariamente en el marco del proyecto “Monitorización Costera para el Mar Menor, CMS (463.01-08_CLUSTER)” del Plan de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia 2007-2010. Los autores quieren también agradecer la ayuda recibida en el marco de los proyectos CICYT EXPLORE (ref TIN2009-08572) del Ministerio de Educación y Ciencia de España, SICORI (08754/PI/08) y MOTEFRUT (ref 08850/PI/08) de la Fundación Séneca de la Región de Murcia.

Referencias

- [1] Alfonso A. Ramos Esplá, Angel Perez Ruzafa. Contribución al conocimiento de la ictiofauna bentónica del Mar Menor (SE España) y su distribución bionómica. 1985: 49-55
- [2] I.F. Akyildiz, et al. Wireless sensor networks: a survey, *Computer Networks* 38 (2002)393-422.
- [3] J.A. Lopez, et al. “Wireless Sensor Networks for precision horticulture in Southern Spain”, *Computers and Electronics in Agriculture* 68 (2009) 25-35.
- [4] P. Baronti, et al. Wireless Sensor Networks: a survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards. *Comp. Commun.* 30, 1655-1695, 2007.
- [5] AN065 Using CC2591 Front End with CC2520. Texas Instruments.