

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO ACÚSTICO PARA TELESCOPIOS SUBMARINOS DE NEUTRINOS

PACS: 43.30.-G, 43.30.-XM

M. Ardid, M. Bou, G. Larosa, J. Martínez Mora, F. Camarena y V. Espinosa
Instituto de Investigación para la Gestión integrada de Zonas Costeras,
Universidad Politécnica de Valencia,
Crta. Natzaret-Oliva s/n,
46730 Grau de Gandia, Spain

ABSTRACT

Underwater neutrino telescope is a experimental setup composed by a 3-dimensional array of photomultipliers with the goal to detect the Cerenkov light that has been emitted by a charged particle that cross the medium faster than light. Acoustics are involved in a positioning system of the detector due to requirement to know the correct position of each photomultiplier in order to reconstruct the track of detected particles.

RESUMEN

Un telescopio submarino de neutrinos es un sistema de detección de partículas formado por un array tridimensional de fotomultiplicadores con el objetivo de detectar la luz de Cerenkov emitida por partículas cargadas que viajan a través del mar con una velocidad mayor a la de la luz en dicho medio. La acústica está presente en un telescopio submarino de neutrinos en el posicionamiento acústico del mismo ya que si se desea reconstruir las trayectorias de las partículas detectadas es necesario conocer la posición de cada uno de los fotomultiplicadores que componen el detector.

INTRODUCCIÓN

Un telescopio de neutrinos es un dispositivo diseñado para llevar a cabo la detección de aquellas partículas generadas por la interacción de los neutrinos con la materia.

Debido a que el neutrino posee una pequeña probabilidad de interacción con la materia, se necesitan detectores con un gran volumen efectivo de detección así como un sistema de detección óptica muy sensible, que permita la detección y posterior amplificación de la señal óptica generada por la partícula que interacciona con la materia debido a que esta es muy débil. La mayor parte de telescopios de neutrinos están construidos bajo el agua (Antares, o el futuro KM3NET) o hielo (Ice Cube), debido a que en ambos medios las partículas generadas

en la interacción de los neutrinos con la materia viajan a mayor velocidad que la de la luz generándose la emisión de luz de Cerenkov.

Si la configuración del detector es tal que debido a las corrientes marinas los PMT's pueden moverse, se hace necesario disponer de un sistema de posicionamiento acústico que permita conocer la posición de los detectores ópticos en función del tiempo. Además para realizar un correcto análisis de las trazas de las partículas detectadas la precisión requerida en dichas posiciones debe ser aproximadamente de 10cm (incertidumbre menor al diámetro del fotomultiplicador).

La idea básica del sistema de posicionamiento acústico está basada en la medida del TdoA (Time Difference of Arrival) que corresponde a realizar la diferencia $T^{Emit} [Beacon] - T^{Receive} [Hydro]$ con el objetivo de obtener el tiempo de vuelo del sonido entre emisor y receptor, para aplicar posteriormente el algoritmo de triangulación necesario. Para poder posicionar el objeto en cuestión es necesario disponer de cuatro medidas correspondientes a cuatro emisores diferentes.

Un ejemplo de sistema de posicionamiento acústico aplicado a un detector submarino de neutrinos es el diseñado para el telescopio Antares. Antares es un telescopio de neutrinos situado en el mar mediterráneo a 40Km de la costa de Toulon sumergido a una profundidad de 2400m. Esta formado por 12 líneas de aproximadamente 350m de longitud divididas en 25 pisos que a su vez están formados por tripletes de fotomultiplicadores cubriendo un volumen efectivo de detección de $0,1 \text{ Km}^3$. El sistema de posicionamiento acústico de este detector está formado por emisores situados en las bases de la líneas que conforman el ciclo de emisión del sistema de posicionamiento acústico y de 5 receptores por línea de manera que mediante un ajuste de las posiciones de los PMT's se obtiene la forma geométrica de la línea.

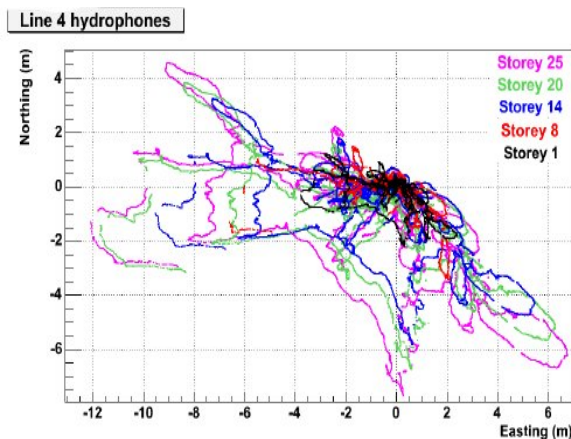


Fig1. Ejemplo del desplazamiento lateral de los hidrófonos de la línea 4 obtenidos mediante triangulación.

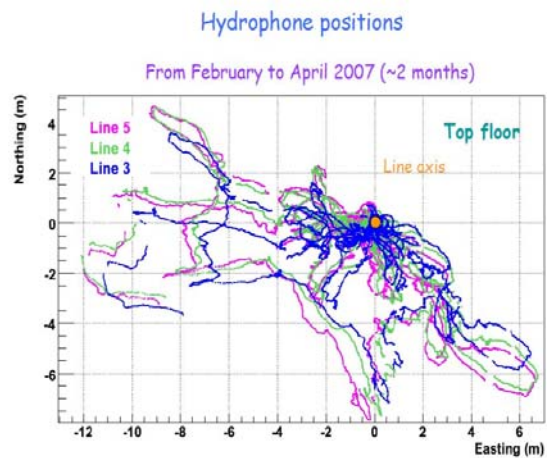


Fig2. Comportamiento similar para diferentes líneas.

En la presente comunicación se va a presentar un estudio de viabilidad sobre una clase de hidrófonos (Free flooded ring) con el objetivo de conocer si cumplen los requerimientos básicos para ser considerados como futuros candidatos a emisores en el sistema de posicionamiento acústico del telescopio KM3NET.

DESARROLLO Y RESULTADOS

El proyecto KM3NET es un consorcio europeo con el objetivo de construir un telescopio de neutrinos que se situará en el mar mediterráneo y que dispondrá de un volumen efectivo de

detección de 1 km^3 . Es necesario diseñar para este futuro telescopio de neutrinos un sistema de posicionamiento acústico que permita conocer la geometría del detector en función del tiempo. Como primer paso a realizar en el diseño se han de elegir según las características deseadas unos hidrófonos que cumplan los requerimientos necesarios y caracterizar los mismos.

Con este objetivo se realizó una campaña de medidas durante quince días en el tanque hiperbárico del IFREMER (Institute Francais de Reserche Pour l'explotation de la mer) con el objetivo de estudiar la influencia de la presión en la sensibilidad de los hidrófonos FFR Sx30 y su posible implicación en la calibración de los mismos ya que si han de formar parte del sistema de posicionamiento acústico se debe conocer su comportamiento a la presión a la cuál estarán sometidos. La profundidad aproximada a la cuál deberán trabajar será de 3000m.

En la campaña de medidas realizadas en el tanque hiperbárico se han utilizado cuatro hidrófonos del tipo FFR Sx30 que en adelante nombraremos como Hyd 530, Hyd 566, Hyd 744 e Hyd 788. Las medidas han consistido en un barrido frecuencial para diferentes valores de presión con la idea de por un lado caracterizar la banda óptima de frecuencia para la emisión y recepción y por otro lado estudiar la posible influencia de la presión en la sensibilidad de los hidrófonos.

La disposición geométrica de los hidrófonos puede verse en la figura 4.



Fig3. Detalle del tanque hiperbárico. Fig4. Detalle de la geometría del montaje experimental.

A modo de ejemplo para visualizar las señales emitidas y recibidas en el proceso de medida se puede observar en la figura 5 la señal emitida (por el Hyd 530) en color azul, y la señal recibida (Hyd 788) en color verde. La información que nos ofrece esta representación no es amplia pero fue de utilidad para comprobar que las señales se emitían y recibían de manera correcta.

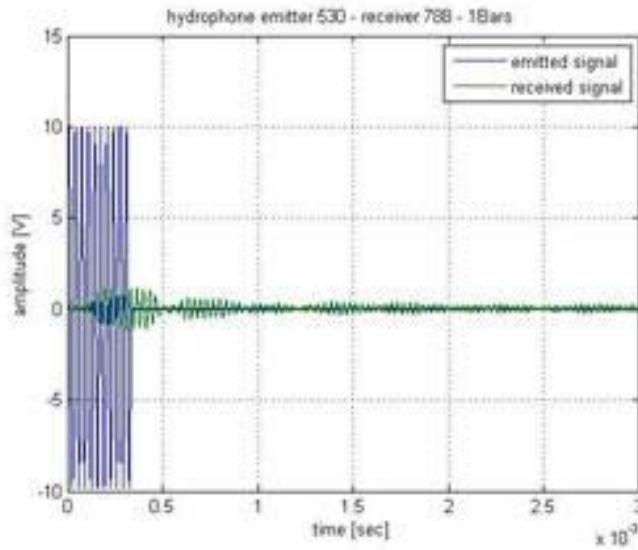


Fig5. Señal emitida (azul) y recibida (verde) por la pareja de hidrófonos Hyd 530 e Hyd788 a la presión de 1bar

Para realizar el análisis se decidió realizar diez medidas por parejas de hidrófonos emisores y receptores, se optó por hacer la media de la mismas y representar el valor máximo obtenido para la PSD (Power Spectrum Density) que nos permitiera obtener un resultado relacionado con la energía radiada por el hidrófono emisor y conocer si la misma varía en función de la presión a la cuál estaba sometido.

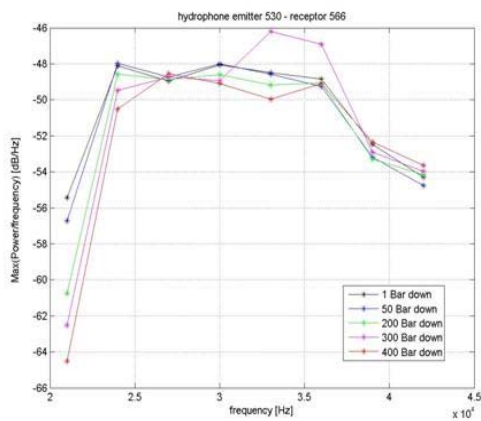


Fig6. Máximo de la función PSD obtenida para diferentes valores de la presión vs frecuencia Hyd 530 - Hyd566

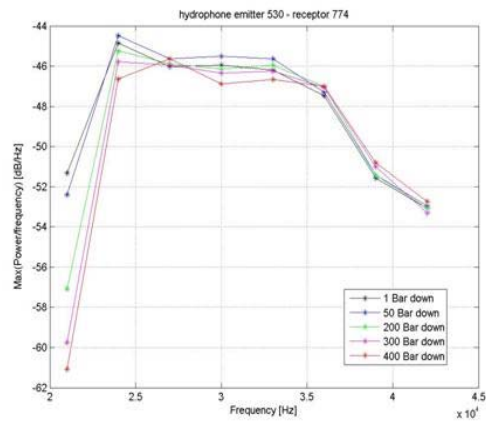


Fig7. Máximo de la función PSD obtenida para diferentes valores de la presión vs frecuencia Hyd 530 - Hyd774

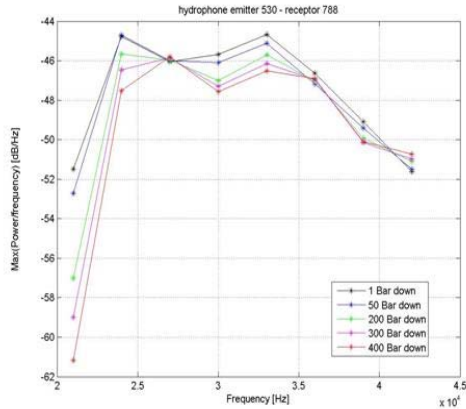


Fig8. Máximo de la función PSD obtenida para diferentes valores de la presión vs frecuencia Hyd 530 - Hyd788

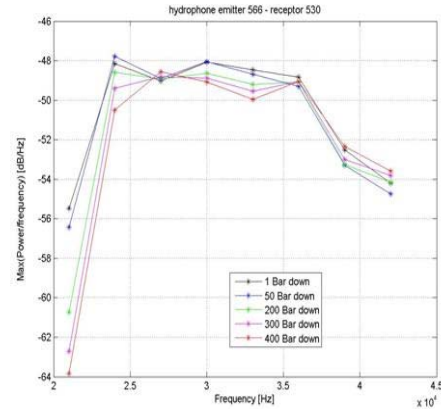


Fig9. Máximo de la función PSD obtenida para diferentes valores de la presión vs frecuencia Hyd 566 - Hyd530

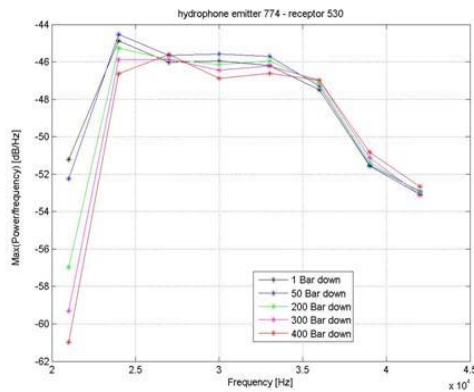


Fig10. Máximo de la función PSD obtenida para diferentes valores de la presión vs frecuencia Hyd 774 - Hyd530

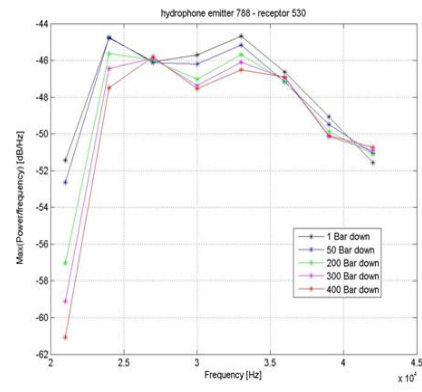


Fig11. Máximo de la función PSD obtenida para diferentes valores de la presión vs frecuencia Hyd 788 - Hyd530

CONCLUSIONES

En las gráficas anteriores se puede apreciar como existe una banda de frecuencia comprendida entre 25Khz y 35 Khz aproximadamente en la cuál la emisión es máxima para nuestro transductor. Por otro lado se observa como para diferentes valores de la presión en una misma configuración emisor receptor, la densidad de potencia radiada es muy similar pudiendo concluir que el comportamiento de los hidrófonos bajo presión no varia sustancialmente en el rango de presiones estudiado pudiendo considerarse como hidrófonos candidatos a formar parte del sistema de posicionamiento acústico.