

Avance 1 Proyecto Final

Mark Prendas Carranza*, Fernando Zamora Arce*, Douglas Barrantes Alfaro * y Isaac Moreno Fuentes*

*Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), 30101 Cartago, Costa Rica,
{markpc21, lfzam.98, imoreno.04, dbarrantes45}@gmail.com

-A. Bloque Latidos por minuto/Prueba Ecostress

Primeramente se realizó una prueba de normalidad de los datos, mediante una prueba de normalidad de Anderson-Darling y un histograma para medir qué tan bien siguen los datos una distribución específica.

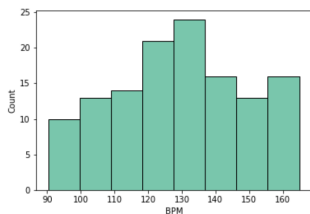


Figura 1. Histograma de los datos

Como se aprecia en la figura 1 se puede ver que la distribución se acerca mucho a una distribución normal, exceptuado por los datos que se encuentran en los 160 BPM que distorsionan esta distribución porque en ese rango también hay muchas mediciones.

Asimismo, se observó mediante un box plot que los datos bajo análisis se encuentran en su mayoría entre los valores de 115 y 145 para los datos del BPM, además, no se presentan outliers en nuestros datos, por otro lado, se está trabajando con datos que van en un rango entre los 90 y 165 aproximadamente.

-B. Bloque Pre-Procesamiento

En esta etapa se tomaron los datos con ruido capturados por la prueba de Ecostress y a partir del análisis estadístico realizado en la sección anterior implemento un filtro que permita suprimir el ruido presente en la señal para luego pasar dicha información al bloque de Codificación.

Para filtrar el ruido presente en la señal, se implementaron una serie de filtros para comparar cual es el más acertado para suavizar la señal y que a la vez no perder información, entre los filtros que se utilizaron destacaron: Simple Model Average (SMA), Cumulative Moving Average (CMA) y Exponential Moving Average (EMA), los cuales se describirán a continuación.

En cuanto al Filtro con una topología de Simple Model Average (SMA), funciona realizando una media no ponderada de la media móvil anterior de k puntos de datos anteriores, para este caso en particular, se utilizó esta topología con un k de 5 y 20. Al utilizar esta topología, se está asegurando que las variaciones en la media estén alineadas con las variaciones

de los datos en lugar de cambiar en el tiempo [1]. El filtro aplicado que obtuvo la mejor aproximación sin perder tanta información fue el SMA utilizando la media móvil de los 5 datos anteriores, por lo tanto fue el utilizado en este primer avance.

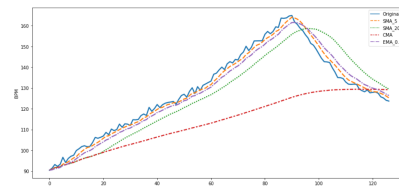


Figura 2. Comparación de señal original y filtrada

-C. Bloque Codificación

En esta etapa se tomó la información filtrada proveniente del bloque de Pre-procesamiento, para posteriormente aplicar un método de codificación de tipo Hamming, tal como se indica en el enunciado.

La señal recibida de la etapa anterior se discretiza, para esto se utilizó una función en Python de convertidor analógico-digital que muestrea la señal analógica, para lo cual se usó un tiempo de muestreo de 10 segundos; la señal muestreada se pasa por un cuantificador uniforme, donde se escogió un nivel de cuantificación igual a 100. El nivel de cuantificación determina la precisión con que se cuantifica la señal, cuanto mayor sea, mayor precisión.

Después de cuantificar la señal, se procedió a codificarla mediante el uso de una etapa de conversión de decimal a binario para poder representar los 74 niveles mediante 11 bits, de esta manera, es posible representar a todos los niveles de la señal discreta en binario. Estos 74 niveles, se encontraban entre 90 BPM como el nivel más bajo y 164 BPM como el nivel más alto en la muestra de datos bajo estudio.

Una vez cuantificada y codificada la señal, esta se procesó por medio de una codificación tipo Hamming. La codificación Hamming, es una etapa que funciona como detector y corrector de errores que puedan estar afectando la calidad y fiabilidad de la señal de datos recibidos.

A continuación se muestra en el Cuadro I, se muestra el flujo de procesamiento que se ha utilizado para poder procesar las mediciones bajo estudio.

Para implementar la codificación tipo Hamming se tiene a disposición dos enfoques predominantes. En primera instancia, el Hamming (7,4) en el cual se transmiten cuatro bits de

Cuadro I
FLUJO DE PROCESAMIENTO DE LAS MEDICIONES

| | Tempo(s) | Señal Original | Datos filtrados (SMA, 5) | Datos cuantificados | Datos codificados | Datos codificados por Hamming |
|-----|----------|----------------|--------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------|
| 0 | 0 | 90.433881 | 90.433881 | 90 | 0000000000 | 00000000000000 |
| 1 | 10 | 91.373558 | 90.893720 | 91 | 0000000001 | 00000000000111 |
| 2 | 20 | 91.177147 | 91.462862 | 92 | 0000000010 | 000000000011001 |
| 3 | 30 | 92.253070 | 91.810414 | 92 | 0000000010 | 000000000011001 |
| 4 | 40 | 93.287168 | 92.107765 | 92 | 0000000010 | 000000000011001 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 122 | 1220 | 127.489200 | 128.013833 | 128 | 0000100110 | 00001010110001 |
| 123 | 1230 | 125.722564 | 127.357960 | 127 | 0000100101 | 00001010101111 |
| 124 | 1240 | 125.762571 | 126.552302 | 127 | 0000100101 | 00001010101111 |
| 125 | 1250 | 124.052306 | 126.084054 | 128 | 0000100100 | 00001010101000 |
| 126 | 1260 | 123.681345 | 125.224547 | 125 | 0000100011 | 00001010011100 |

datos y tres bits de paridad. En segunda instancia, se tiene el Hamming (15,11) en el cual se transmiten once bits con información, y cuatro bits que corresponden a bits de paridad. Tomando en cuenta la cantidad de niveles planteados, se requieren de al menos siete bits para poder representarlos. Con base en lo anterior, se descarta el Hamming(7,4) como opción, y por ende se concluye que el enfoque que mejor se adecuaba a estas condiciones corresponde al Hamming(15,11), con la desventaja que se transmiten cuatro bits de datos de manera innecesaria.

-D. Bloque Modulación

En esta etapa se toma como base la información proveniente del bloque de Codificación. Dichos datos pasan por un proceso de modulación que emplea la tecnología BLE, utilizando el software de Matlab como herramienta para desarrollar esta fase del proyecto. La tecnología mencionada anteriormente utiliza un esquema de modulación GFSK, que corresponde a un modulador FSK tradicional con un filtro gaussiano incluido.

Ahora en lo que respecta a la modulación GFSK, se tiene que los datos se codifican variando las frecuencia de la portadora de manera similar a la modulación FSK. Por lo tanto, el modulador utilizado puede ser el mismo que se utiliza para la modulación FSK. Asimismo, los datos pasan a través de un filtro gaussiano antes de entrar en el modulador de pulsos para disminuir el ancho espectral de los mismos. El filtro gaussiano se utiliza para suavizar la transición entre los valores de los pulsos.

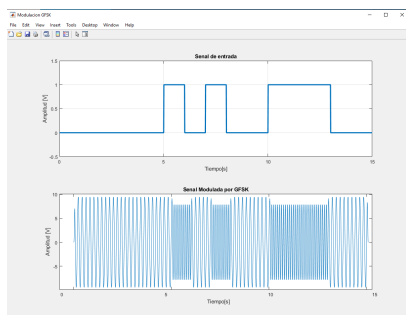


Figura 3. Modulación GFSK

Para la gráfica anterior se tomo como ejemplo uno de los códigos que representa a uno de los datos que se desean enviar, obtenido como resultado del proceso de cuantificación para dicho dato. Interpretando la figura 3, se tiene que la gráfica superior corresponde al código binario del dato que se desea

enviar, mientras que la gráfica inferior corresponde a la señal digital original ya modulada. Tal como se observa en dicha gráfica, la señal modulada no corresponde a una señal senoidal con un periodo definido. Lo anterior se debe a las variaciones que se presentan en cuanto a la frecuencia de la portadora, obteniendo un valor para cuando se transmite un 1 y otro diferente cuando se transmite un 0.

-E. Bloque Antena

En lo que respecta al bloque de la antena, se tiene que para esta etapa, en primera instancia, se analizo el rango de operación de la tecnología BLE para poder determinar la topología adecuada para la aplicación que se desea desarrollar con el proyecto. En lo que respecta a la tecnología BLE, los dispositivos que implementan dicha tecnología operan en la banda ISM de 2.4 GHz. Ahora, con base en el archivo adjunto en el enunciado del proyecto para esta etapa, se seleccionaron 2 topologías para la implementación de la antena que se utilizara para la transmisión de los datos, las cuales son bow-shaped e inverted-F. [2]

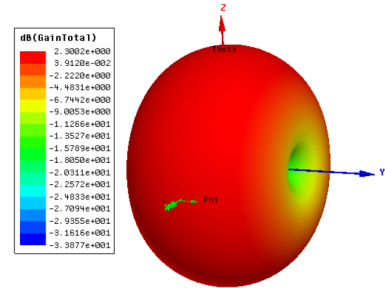


Figura 4. Patrón de radiación 3D de antena en forma de arco

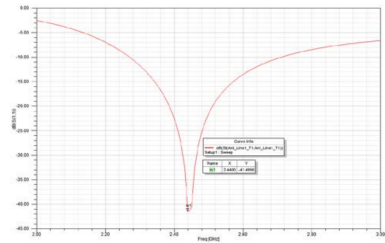


Figura 5. Curva del parámetro S(1,1) de una antena Bow shaped

Para poder escoger entre las topologías propuestas, se tomaron en cuenta como referencia aspectos tales como los parámetros de transmisión y reflexión, patrones de radiación, y rango de frecuencia a la cual se desea operar. Como se menciono inicialmente la tecnología BLE trabaja en la banda ISM a 2.4 GHz, con lo cual dicha valor corresponde a la frecuencia de interés. Observando la figura 4, se observa el parámetro de reflexión para la topología bow-shaped donde se alcanza un mínimo a 2.4 GHz como se puede observar en la Figura 5, lo cual es un aspecto positivo ya que significa que para nuestra frecuencia de interés la transmisión de datos

es óptima. Con base en lo anterior se escogió la topología tipo bow-shaped para la implementación de la antena del transmisor.

REFERENCIAS

- [1] F. Johnston, J. Boyland, M. Meadows, and E. Shale, "Some properties of a simple moving average when applied to forecasting a time series," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 50, no. 12, pp. 1267–1271, 1999.
- [2] T. Pattnayak, G. Thanikachalam, and A. P. Family, "Antenna design and rf layout guidelines," *Cypress Semiconductor AN91445; Cypress Semiconductor: San Jose, CA, USA*, p. 17, 2015.