

Modelado de un sistema de radiofrecuencia para una aplicación médica utilizando tecnología BLE mediante un SoC nRF52832 Nordic Semiconductor como TX y RX.

Jorge Brenes Alfaro*, Pablo Calderón Piedra*, Kimberly Carvajal Méndez* y Jason Valverde Picado*

*Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), 30101 Cartago, Costa Rica, {jorgebre2098, pablo98150012ccp, kcarvajal1998, jsvalverde98}@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

La comunicación se ha vuelto un elemento de vital importancia, donde la interconexión de sistemas o redes son la base de la comunicación actualmente [1]. En el área de salud el desarrollo de estos sistemas deben cumplir rigurosos estándares y funcionar de la mejor manera posible, ya que una afectación en el proceso puede resultar en un diagnóstico erróneo, es por ello que todo proceso debe ser ejecutado con la mayor precisión y eficiencia en términos de salvaguardar la integridad de cada persona. Por ello, la obtención y el análisis de los datos se vuelve de importancia al igual, que el correcto preprocesamiento y la eliminación ruido, la correcta codificación para en etapas posteriores detectar y corregir errores de transmisión y la correcta modulación con la tecnología proporcionada (BLE) para transmitir correctamente la información.

II. METODOLOGÍA

Para el presente documento se toma una muestra de datos proveniente de una prueba de *ecostress* y se lleva a cabo un análisis de datos para poder realizar un filtrado del ruido proveniente de la conexión alamburada, posteriormente esta se codifica y se modula para su transmisión.

II-A. Análisis de Datos

El análisis de datos consiste en utilizar la estadística para determinar los valores de promedio, desviación estándar, máximo, mínimo y la cantidad de muestras de los datos recopilados. Seguidamente, se realiza un test de Anderson Darling, el cual mide qué tan bien siguen los datos una distribución específica [2]. Para esto, se establece 2 hipótesis:

- H_0 : los datos siguen una distribución normal.
- H_1 : los datos no siguen una distribución normal.

Tras probar el test de Anderson Darling, se grafica el histograma de los datos, que se muestra en la Fig. 1 donde este ayuda de una forma visual ver la tendencia que tienen los datos, en donde los resultados obtenidos se apoyan en conjunto con lo obtenido en el test de Anderson Darling.

Por último en esta subsección, se determina si existen valores atípicos dentro del conjunto de datos, para lo cual

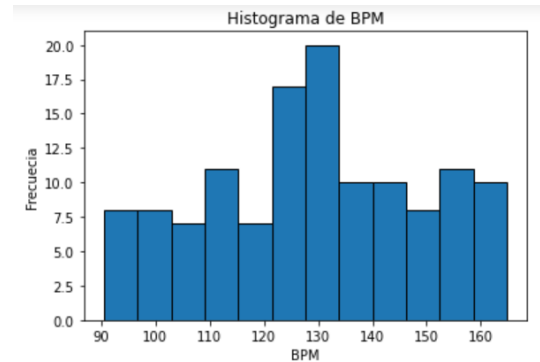


Figura 1: Histograma del conjunto de datos recopilados. Fuente: Propia.

se aplica un test de Grubbs y en adición un diagrama de caja para visualizar de mejor forma si hay dichos valores atípicos.

II-B. Preprocesamiento

Seguidamente, se realiza un preprocesamiento de los datos mediante el método de filtrado *Moving Average* con una topología *Simple Moving Average* y utilizando una magnitud de *window* de 3. Además, es importante destacar que la elección del filtro es debido a la simplicidad del mismo y la característica de reducir ruido aleatorio que se pueda presentar. [3]. El tiempo promedio de ejecución es de 0.21711 s.

II-C. Codificación — Hamming

Con el fin de contar con información apta para la transmisión por medio de un canal como lo es el aire, se procede a convertir los datos en una serie de bits, los cuales son la representación en binario de cada valor de BPM sin su parte fraccionaria, una vez hecho esto se realiza una codificación tipo Hamming para la posterior detección de errores una vez que el mensaje haya sido transmitido y recibido por el receptor. En el cuadro I se tiene un ejemplo del funcionamiento del bloque. El tiempo promedio de ejecución de este bloque es de 0.12804 segundos.

Cuadro I: Ejemplo de funcionamiento del bloque de codificación. Fuente: Propia.

Decimal	Binario	Hamming (7,4)	Hamming (15,11)
90.4358	01011010	0101'10'1' 1010'01'0'	01011011'0011'01'0'

II-D. Modulación

Una vez realizada la codificación de los datos estos pasan a través de un bloque de modulación que permitirá la transmisión de los datos, donde se toma el proceso de modulación aplicado a la tecnología BLE el cual corresponde a una modulación de tipo GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*) [4] cuyo proceso se representa en la Fig.4. Dicha modulación se realiza mediante un script de Octave.

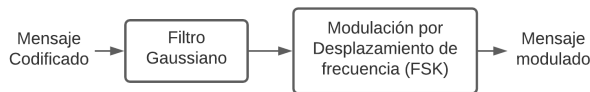


Figura 2: Modulación GFSK del mensaje. Fuente: Propia.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

III-A. Análisis de Datos

Tras realizar el test de Anderson Darling, el cual nos da un valor de p de 0.5780 a un valor de significancia del 5 %, se infiere que se cumple la hipótesis nula, por lo que los datos siguen una distribución normal. También se puede observar en la Fig. 1 que los datos persiguen dicha distribución.

En cuanto, al test de Grubbs realizado se obtiene que no existen valores atípicos en el conjunto de datos recopilados. Donde la respuesta se apoya en conjunto con el diagrama de caja.

III-B. Preprocesamiento

Al aplicar el filtro *Moving Average* se tiene como resultado los datos de la señal filtrada, la cual se puede observar en la Fig.3, donde la señal azul corresponde a los datos originales y la señal roja corresponde a la señal filtrada.

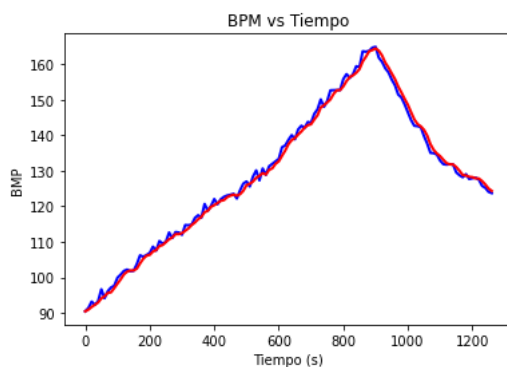


Figura 3: Señal filtrada. Fuente: Propia

III-C. Codificación — Hamming

Al analizar el cuadro I se observa que el dato de 90.4358 es convertido de decimal a binario con el resultado de 01011010 lo que equivale a únicamente la conversión del 90, una vez obtenido este resultado se utiliza la codificación Hamming en sus versiones (7,4) y (15,11), lo cual hace que el dato sea dividido en dos partes para el (7,4) o por el contrario incluya tres bits del siguiente dato para completar los once bits de información del (15,11). Los bits de paridad se representan en el cuadro con un apóstrofe, estos son los encargados de detectar y por consiguiente corregir, errores en la cadena de bits recibidos.

III-D. Modulación

La cadena de bits recibida por la codificación se observa en la Fig.4 de color azul, la cuál se le aplica un filtro Gaussiano para pre-modular que suaviza las curvas del mismo como en la señal verde. La señal obtenida de este filtro se aplica a un modulador digital FSK con lo que se obtiene la señal magenta que minimiza la variación instantánea de frecuencias de una modulación FSK sin filtro Gaussiano [5]. Si no se aplicara el filtro Gaussiano la modulación FSK se vería como la señal roja. Finalmente el tiempo promedio que toma el script para generar esta modulación es de 0.5955 segundos.

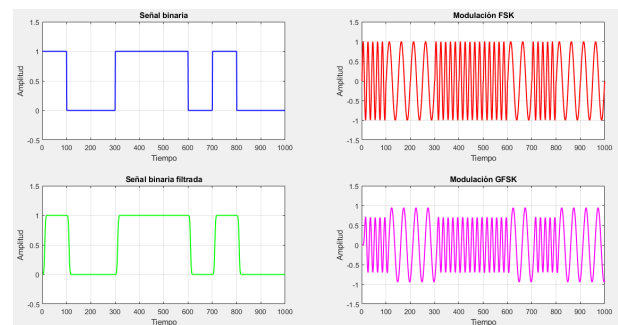


Figura 4: Modulación con GFSK. Fuente: Propia.

REFERENCIAS

- [1] KioNetworks, "Protocolos de comunicación de redes", 2020. [Online] Disponible en: <https://www.kionetworks.com/blog/data-center/protocolos-de-comunicaci%C3%B3n-de-redes>.
- [2] Minitab, "El estadístico de Anderson-Darling", s.f. [Online] Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/the-anderson-darling-statistic/>
- [3] S. Smith, "Moving Average Filters", en *The Scientist & Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, California Technical Publishing, 1998, pp277-284.
- [4] D. Franco y F. Castillo, Comunicaciones Inalámbricas: Bluetooth, Pri, vol. 1, n.º 1, pp. 19-21, sep. 2009. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/412/html>
- [5] D. Santana, "Estudio e implementación de un modem digital HFSK aplicado a comunicaciones móviles", Tesis, Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey, México, Monterrey, 2005. Disponible en: https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/567139/DocsTec_3381.pdf?sequence=1&isAllowed=y