

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



Laboratorio N 5 Redes de Computadores

Integrantes: Catalina Morales Rojas
Benjamin Muñoz Tapia
Curso: Redes de Computadores
Profesor(a): Carlos González Cortés

13 de Julio de 2019

Tabla de contenidos

1. Introducción	1
2. Marco Teórico	2
3. Desarrollo de la experiencia	5
4. Análisis de los resultados	8
5. Conclusiones	12
Bibliografía	13

1. Introducción

La comunicación que existe hoy en día fue generada producto de la necesidad de establecer una comunicación de un lugar a otro, pero este proceso no es tan simple como parece. Para que se produzca una comunicación tan avanzada y pueda transmitirse un mensaje, sin importar el dispositivo, se ha creado la modulación de señales.

En trabajos anteriores fueron presentadas señales analógicas, las cuales utilizaban modulación AM y FM para que la señal se pueda adaptar al medio y la transmisión sea exitosa. A continuación se presenta el laboratorio n° 5, en cual busca implementar un modelo de canal con modulador y demodulador digital. El proceso de modulación sirve para enviar mensajes mediante una señal portadora (generalmente una senoide), y está su contraparte, la demodulación, que permite recuperar la señal original sin importar el dispositivo.

El presente informe muestra el desarrollo de la implementación de la modulación digital ASK, que es uno de los tipos de modulación digital. Además se muestra como se vuelve a la señal original y se aplica un canal AWGN que es responsable de producir ruidos en la señal. Se mostrarán las pruebas experimentales y los resultados logrados además de sus análisis y finalmente las respectivas conclusiones. Este trabajo fue desarrollado con Python 3.7 y las bibliotecas Scipy, Matplotlib, Random y Matplotlib.

2. Marco Teórico

1. Convolución: transforma una función F en Y al pasar por un sistema H . Para realizar esto se toma una función, se invierte con respecto al origen, se traslada sobre la otra función y luego se suman los valores obtenidos de las áreas de ambas funciones en cada instante de tiempo. Es posible expresar la convolución como:

$$f_1(t) * f_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(t) * f_2(t - \tau) d\tau \quad (1)$$

2. Transformada de Fourier: Herramienta matemática que permite pasar del dominio del tiempo al de las frecuencias para realizar análisis respecto a esta, como se muestra a continuación:

$$X(w) = \int_{-\infty}^{\infty} F(t) e^{-j\pi t} dt \quad (2)$$

3. FIR: es un tipo de filtro digital caracterizado por tener una frecuencia de corte. Existen tres tipos: pasa bajos (deja pasar a las frecuencias bajo el rango), pasa altos (deja pasar a las frecuencias sobre el rango) y pasa banda (deja pasar solo a las frecuencias que se encuentran dentro de un rango).
4. Modulación: Técnica que permite transmitir una señal mediante el uso de una onda portadora, de esta forma se mejora la resistencia contra interferencias y ruidos durante el proceso de transmisión. Para realizar la modulación se sobrepone la señal a una onda portadora. Este proceso se puede aplicar a la amplitud de la señal, conocido como modulación AM, a sus frecuencias conocido como modulación FM, a la fase, entre otros.
5. Modulación AM: Modifica las amplitudes de la señal. Para el caso del laboratorio se multiplica con una señal portadora coseno y por un índice de modulación.

$$y(t) = k * m(t) * \cos(2\pi f_c t) \quad (3)$$

6. Modulación FM: Modifica la frecuencia de la señal. Para este caso se utiliza la función coseno como portadora, pero se considera la fase del mensaje, de la siguiente forma:

$$y(t) = \cos(2\pi f_c t + k \int_0^t m(t) dt) \quad (4)$$

En donde la integral corresponde a la frecuencia instantánea del mensaje.

7. Modulación Digital: Es un proceso de modulación que se aplica a las señales digitales que, a diferencia de las analógicas, solo contienen valores discretos en lugar de ser continuas en el tiempo. Para este caso se tratará con señales con valores 0 y 1.
8. Modulación ASK: Funciona igual que la modulación AM, pero para señales digitales. En este caso se crea una portadora a multiplicar por la señal original, en la que si el bit es 0 se obtiene una amplitud pequeña, y si es uno se obtiene una amplitud mayor, pero la frecuencia se mantiene ya que se usa la misma portadora.

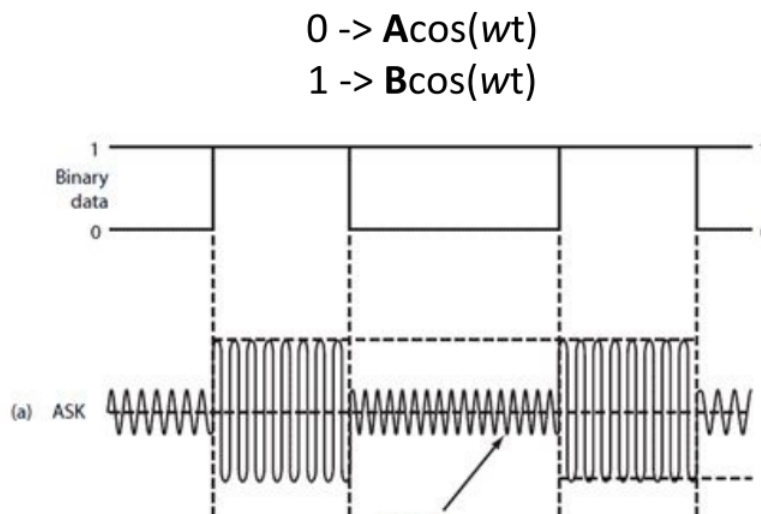


Figura 1: Modulación ask

9. Canal AWGN (Ruido Gaussiano Aditivo): Es un canal que afecta a la señal de manera continua y el ruido está en todas las frecuencias (por eso es Blanco), y se distribuye con una probabilidad Gaussiana con distribución normal $N(0,1)$, y se adhiere a la señal de forma aditiva y lineal.
10. SNR: razón de ruido que se le agrega a la señal. Formalmente se define como la relación que existe entre un señal y el ruido que le afecta.
11. Teorema de Parseval: "define que la potencia de las señales es equivalente a la suma de la potencia de sus componentes espectrales y se toma dependiendo de si la señal

es periódica o no ya que para su análisis se implementa la serie y la transformada de Fourier respectivamente.” (Gutiérrez, Pérez, 2013.) Matemáticamente se expresa como:

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)^2 dt \quad (5)$$

3. Desarrollo de la experiencia

Para el desarrollo del experimento fueron realizados los siguientes procedimientos:

1. En primer lugar se crea un arreglo pequeño de bits y su tasa de bits, la cual corresponde a la cantidad de bits por unidad de tiempo, en este caso son 10 bits por segundo. Luego estos parámetros son ingresados a la función modularAsk, la cual crea un arreglo de tiempo entre 0 y 1, en donde la cantidad de elementos corresponde al doble de la tasa de bits ingresada, para cumplir con el teorema del muestreo. A su vez, se generan las funciones portadoras 1 y 2 que contienen el coseno a usar como función portadora, en donde lo que varía es la amplitud (5 y 20) para representar los dos cambios de la modulación ASK, que es la que se empleará en este laboratorio. Se evalúa el arreglo de tiempo en cada portadora y a continuación se recorre el arreglo de bits, si el bit corresponde a un 0 se añade a un nuevo arreglo los elementos de la portadora 1 y en caso de ser 1 los elementos de la portadora 2. Esto se puede ver en el siguiente diagrama:

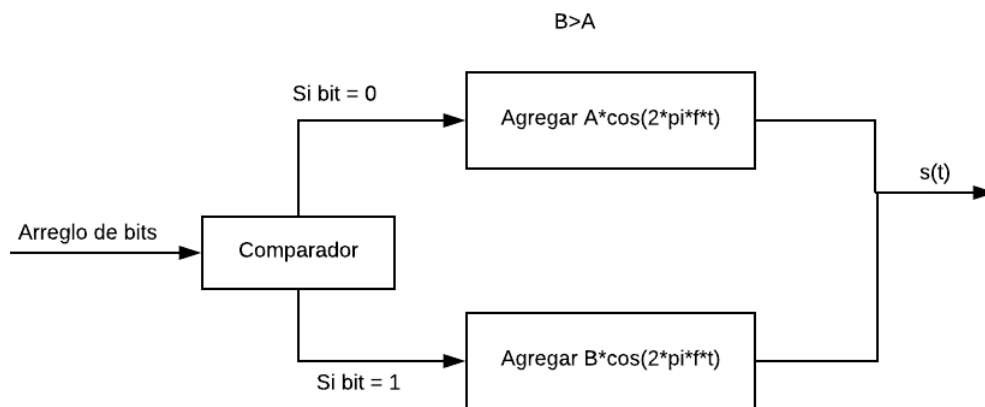


Figura 2: Modulación ASK

2. A continuación se procede a realizar la demodulación con ASK. Como ASK es una modulación AM, para demodular se crean las mismas portadoras que en la modulación y se recorre el arreglo de la señal modulada. Se calcula un promedio, en donde la cantidad

de datos corresponde al valor de muestras asignadas en el arreglo de tiempo anterior, es decir, las muestras que son asignadas a cada bit. Si el valor promedio encontrado mayor o igual al promedio de la portadora 2 (que es la que tiene una amplitud mayor), se añade un 1 y si no, se añade un 0, lo cual permite recuperar la señal original. La siguiente imagen ilustra el proceso de demodulación descrito:

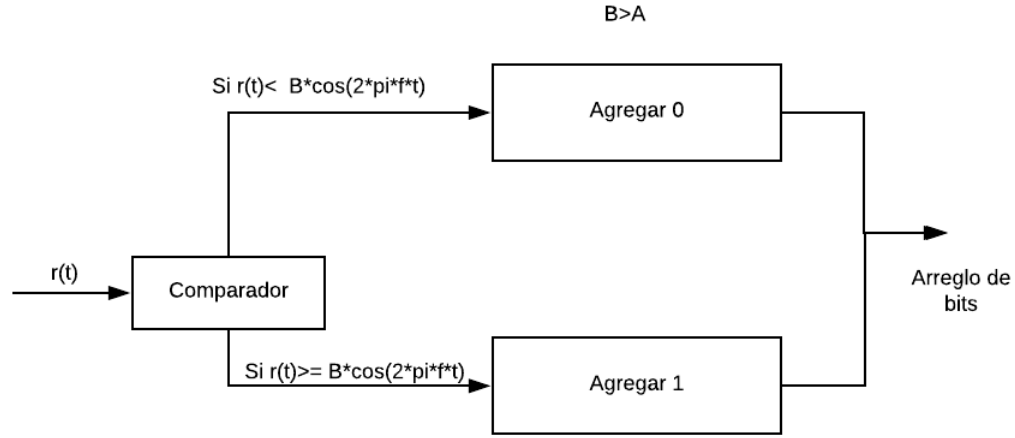


Figura 3: Demodulación ASK

3. Por otro lado, se implementa la función ruido, que recibe una señal modulada y el SNR (razón de señal a ruido). Se utiliza la función normal de numpy, para crear un arreglo con distribución normal con un número de elementos del mismo tamaño que la señal original, el cual es multiplicado por la desviación estándar. De esta forma es posible variar el ruido que se genera.

Para calcular la desviación se tiene la fórmula:

$$desviación = \frac{EnergíaDeLaSeñal}{SNR} \quad (6)$$

La energía de la señal se calcula con el teorema de Parseval, es por esto que mediante simpson se obtiene el valor de la integral de la señal.

El canal AWGN después de haber calculado el ruido Gaussiano con los distintos SNR se puede ver explicar con el siguiente diagrama:

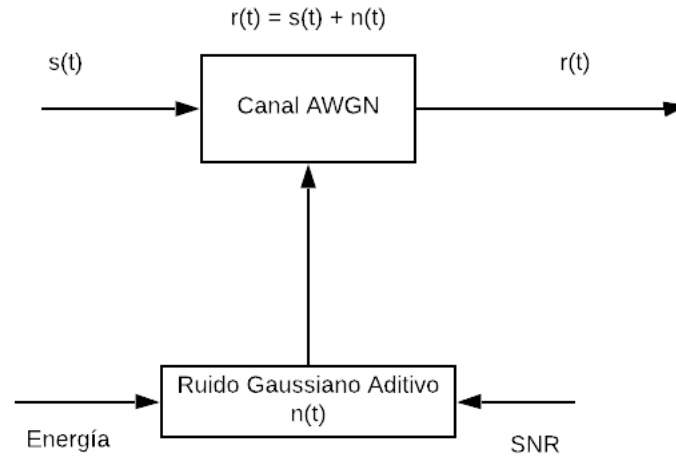


Figura 4: Canal AWGN

4. Finalmente se prueba el programa con los siguientes parámetros:

- SNR = 1,2,3,4,8,10
- Tasa de bits: 5,10,15
- Cantidad de bits: 100000

Los pasos seguidos son:

- a) Se modula la señal con respecto a su tasa de bits correspondiente
- b) Se calcula la energía de la señal
- c) Se genera el arreglo con el ruido de la señal en base a la energía y al SNR.
- d) Se demodula según la cantidad de muestras
- e) Se grafican los resultados (grafico de BER vs SNR).

4. Análisis de los resultados

El paso de modulación y demodulación se puede ver en el siguiente gráfico. Donde el primer gráfico corresponde a la señal digital original con sus bits, el segundo es la señal modulada, y el tercero la señal demodulada sin ser aplicado el ruido. Se puede observar la efectividad al ver la forma de la señal modulada cambiando según el bit de la señal digital, y que el gráfico de la demodulada es igual al original.

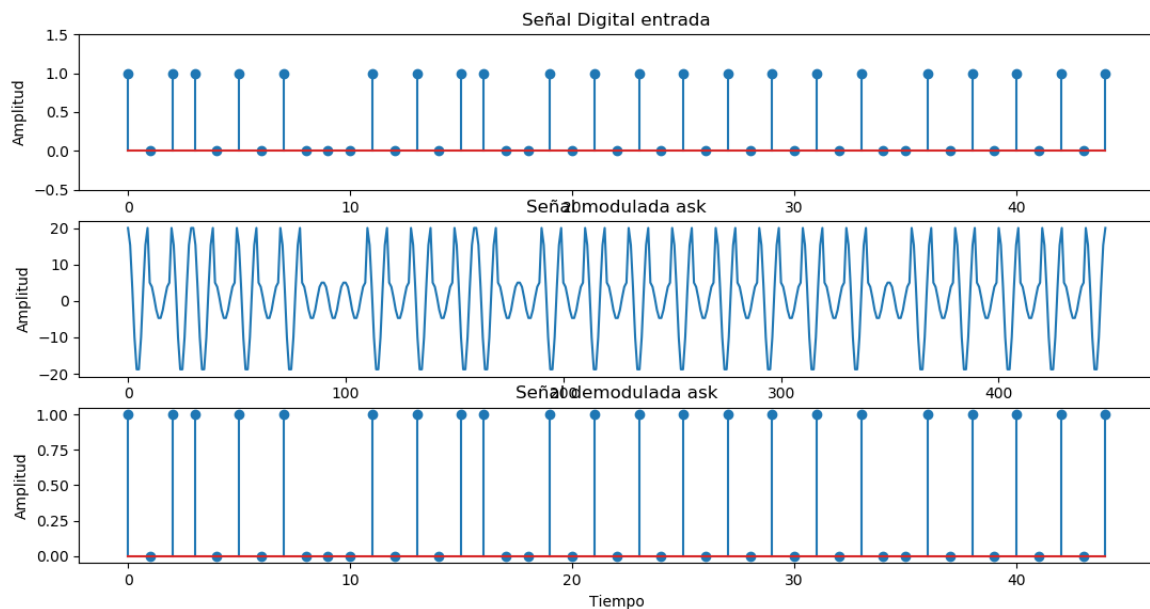


Figura 5: Modulación y demodulación ASK

También se obtuvo el gráfico de la señal analoga con ruido y la señal con ruido demodulada. En este caso es apreciable que con respecto a la original si te tienen errores en los bits, por lo cual el mensaje pierde información en el medio.

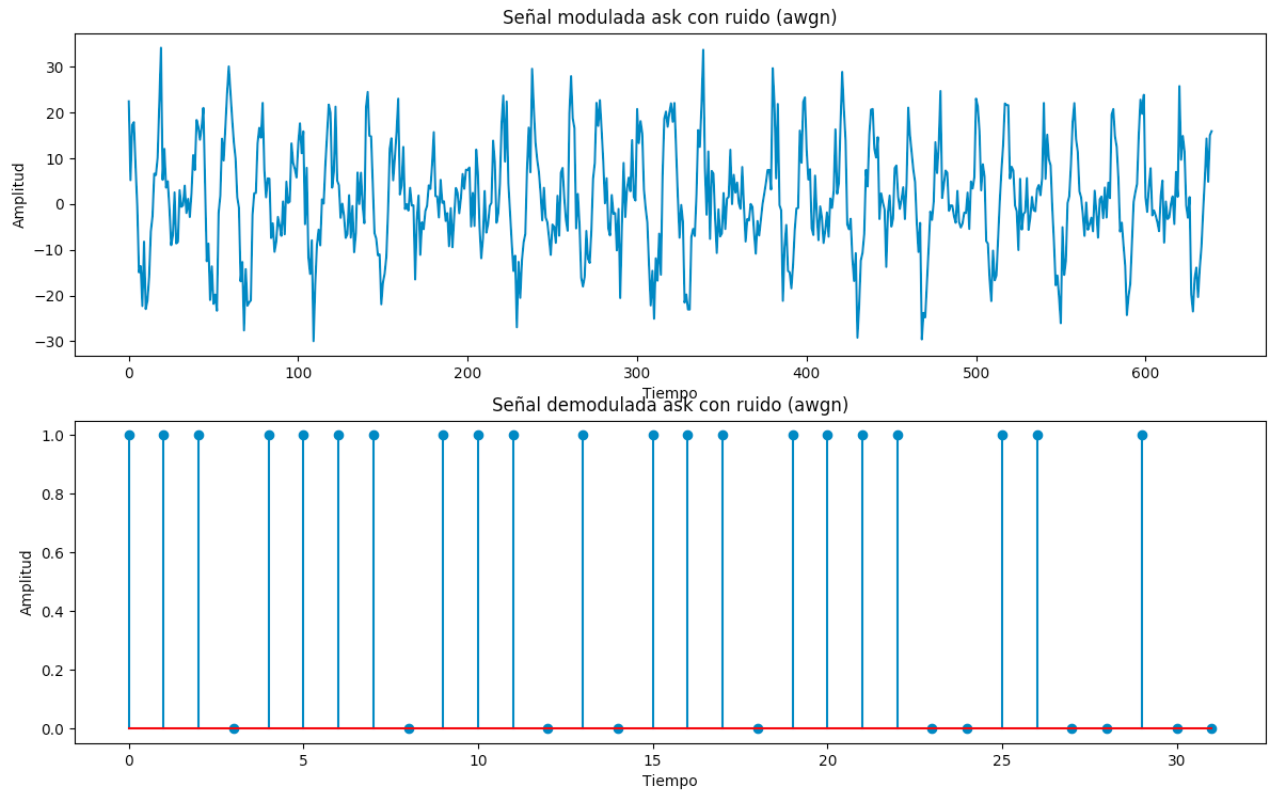


Figura 6: Señal con ruido y demodulación con ruido ASK

Pero, a pesar de haber implementado correctamente el canal AWGN, se ve que el ruido Gaussiano sí afecta a la señal modulada, por como cambia la forma de la onda de la portadora, pero no influye al momento de poder recuperar la señal original. Es decir, el ruido no afecta al momento de realizar una modulación digital tanto como se vió en la modulación AM en experimentos pasados.

Al momento de aplicar el canal AWGN se ve el funcionamiento de este, ya que en la portadora se notan los cambios donde le afecta el ruido. Y por otro lado, al involucrar distintos niveles de SNR, se ve como al aumentar este, la tasa de error de bits (BER) disminuye exponencialmente, como se muestra en la siguiente figura:

A partir de lo realizado es posible responder las siguientes preguntas

- ¿Cuales son las ventajas y desventajas de la modulación digital? Entre las ventajas de la modulación digital se encuentra que si el ruido tiene una intensidad menor a la señal

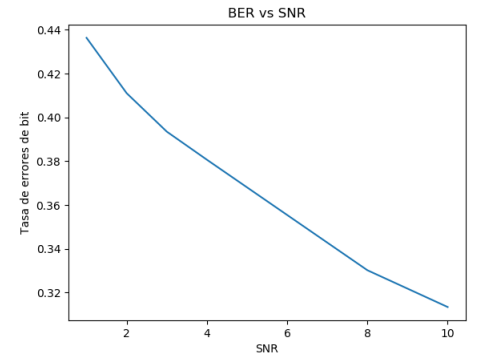


Figura 7: Relación BER v/s SNR

y el demodulador está correctamente implementado es posible volver a la señal original o de lo contrario disminuir la tasa de error con respecto a la modulación analógica. Una de las desventajas es que requieren de un mayor ancho de banda para funcionar. En el caso específico de ask, una de sus principales ventajas es su sencilla implementación, pero a pesar de esto necesita mucha energía para la transmisión y es sensible al ruido atmosférico.

- ¿Cuáles son los principales usos para la modulación digital? Los principales usos de la modulación digital es en los sistemas de transmisión de datos, redes inalámbricas, de televisión, satelitales, entre otras. Esto debido a que es posible recuperar el ruido si es que los valores de este son menores a la amplitud de la señal.
- ¿De qué depende la tasa de errores de un sistema de comunicación digital?

Depende directamente del SNR aplicado, ya que al ser mayor la potencia de la señal que la del ruido disminuyen los valores de la desviación estándar, por ende, el nivel de ruido. Esto se puede apreciar en el gráfico de salida entregado en este laboratorio y mencionado en la sección anterior.

- ¿Cómo se puede mejorar la tasa de errores de un sistema de comunicación digital?

Se puede mejorar la tasa de errores de bits (BER) aumentando el SNR, es decir, la relación entre la señal y el ruido. O en otras palabras, debe buscarse cómo disminuir el ruido.

- ¿Cómo afecta el ruido a la tasa de datos del sistema? El ruido afecta negativamente a la tasa de datos del sistema, ya que entre más bits se pierden en la transmisión, menor es la cantidad de datos recibidos de manera correcta por el receptor.
- ¿Cómo se puede mejorar la tasa de datos de un sistema de comunicación digital? La tasa de datos se puede mejorar si es que se establece un valor máximo de velocidad de transmisión, tal como lo detalla el teorema de shannon, en donde establece que a mayor velocidad de transmisión, mayor es el daño que el ruido provoca a la señal. Es por esto que se debe establecer un SNR.

5. Conclusiones

En esta experiencia fue posible realizar la modulación digital ASK para una señal generada aleatoriamente con una portadora sinusoidal, junto con su respectiva demodulación, el cual retorna un arreglo de bits con la señal original.

Por otro lado, también se pudo implementar un canal AWGN con distribución gaussiana normal de ruido, la cual variaba dependiendo del SNR. Al ser aplicado este ruido a la señal se logró ver como afecta el medio de transmisión a la señal modulada y luego al demodular, como afecta negativamente a la información que finalmente es recibida.

Esto es normal, ya que en las situaciones reales se produce que haya ruido, aunque este no es blanco gaussiano, ya que no es posible implementar en toda la señal con una distribución normal. Por otro lado se logró estudiar la tasa de errores de bit según el SNR, ya que se observa la disminución de este error al aumentar el valor de la razón de señal a ruido (SNR).

Finalmente se puede ver un cumplimiento de los objetivos del trabajo al analizar la importancia de la modulación digital y conocer las diversas ventajas esta, en donde una de las más importantes corresponde a la capacidad de recuperarse ante el ruido, siempre y cuando este sea menor a las amplitudes que tiene la señal a transmitir, además se toma noción de las aplicaciones que tiene esta modulación en la vida diaria, principalmente en las comunicaciones inalámbricas, satelitales, de televisión, entre otras. Aunque también se cuenta con desventajas como la necesidad de un mayor ancho de banda lo cual puede ser costoso.

Bibliografía

- (2008). numpy.normal. [Online] <https://docs.scipy.org/doc/numpy-1.15.0/reference/generated/numpy.random.normal.html>.
- (2019). Enunciado laboratorio 5. [Online] http://www.udesantiagoovirtual.cl/moodle2/pluginfile.php?file=%2F252906%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FLaboratorio%203%20-%20Convoluci%C3%B3n.pdf.