

1

Simulación de transmisión efectiva para WiFi 802.11ah HaLow - NinjaHacker y los Shinobi

Departamento de Electrónica, Universidad Técnica Federico Santa María

Mario Araya F. - 201630003-1; Christian Fuentes - 201530024-0; Marcelo Villablanca -

Resumen — Durante este informe se establecerán las bases del simulador que determinará la eficiencia de transmisión de paquetes del estándar de transmisión inalámbrica WiFi HaLow utilizando factores como la distancia, la SNR (relación señal a ruido) y el PER (tasa de error de paquete).

I. INTRODUCCIÓN

El estándar de comunicación 802.11ah más conocido como HaLow pertenece a la familia de estándares WiFi. HaLow trabaja con un frecuencia cercana a los 900 MHz en la mayoría de los países, puede alcanzar distancias de hasta 10 Kilómetros y alcanzar una tasa de 54[Mbits/s][1]. Estas características les permiten ser una buena alternativa para abordar problemas del IoT que requieren transmisión de imágenes o grandes cantidades de datos, cosa que LoRa y Zigbee no podrían por su tasa de transmisión más acotada. Tomando en cuenta las características y afirmaciones antes hechas sobre este estándar, se le someterá a una pruebas mediante un simulador que tendrá como variables de entrada la distancia entre nodos, la SNR en el receptor, entre otras para finalmente calcular la probabilidad o tasa de error de paquete (PER) y mediante experimentos determinar la tasa de transmisión promedio que alcanza este estándar para ciertas distancias y entornos. Para simular los entornos de transmisión se tiene pensado implementar modelos de transmisión inalámbrica distintos al de espacio libre (Friis), como el de dos rayos, 10 rayos o log-distance path loss model with shadowing, este último es el utilizado por simuladores de redes inalámbricas como OMNeT++.

II. DESCRIPCIÓN DE LA RED

La red consistirá en un nodo central que obtiene la información que debe transmitirse a otros nodos de forma directa (Ethernet). Este nodo central enviará la información de

forma inalámbrica utilizando el estándar de comunicación HaLow a nodos receptores a una distancia de X kilómetros. Los nodos receptores estarán distanciados a 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1, 3, 5, 7 y 10 kilómetros del nodo central. La comunicación con cada nodo será independiente y se simularán de tal manera.

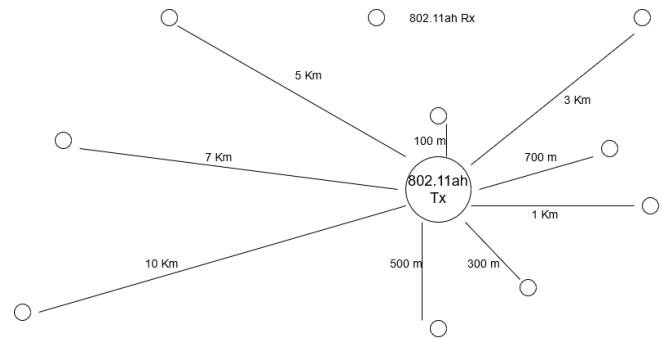


Fig.1 Diagrama de la red.

III. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es simular un entorno de transmisión de paquetes usando comunicación inalámbrica con tecnología WIFI (802.11ah HaLow). A diferencia de las simulaciones realizadas para distintas investigaciones[2][3], se tomará tanto la distancia como la cantidad de datos de los paquetes y el PER para determinar la tasa efectiva.

IV. DESARROLLO

El desarrollo de este proyecto se efectuará utilizando un número finito de Mbits que se enviarán a cada nodo de forma independiente. Esto se hará utilizando canales de diferente ancho de banda distribuidos en la banda total utilizada por el estándar y además usando esquemas QAM de distintas constelaciones para variar los bits por símbolo y en consecuencia, por paquete. En la figura 2 y en la figura 3 se muestran las bandas utilizadas para este estándar y también las variaciones el ancho de banda para cada canal en el caso de la banda Estadounidense[4].

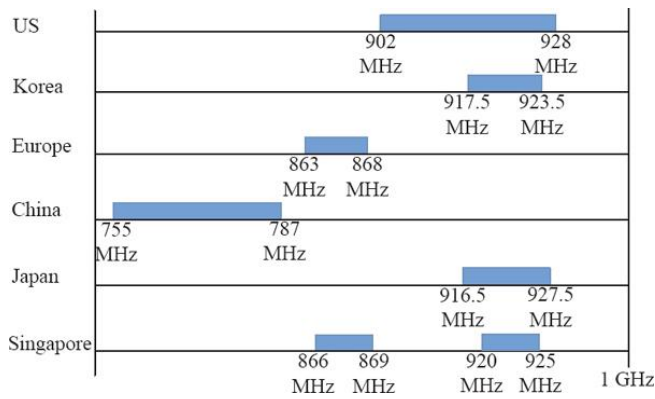


Fig.2 Bandas de frecuencia por país.

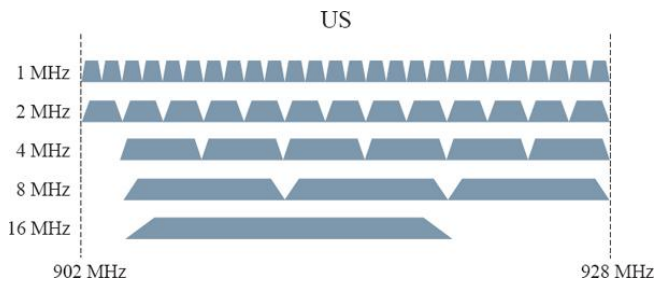


Fig.3 Anchos de banda por canal en USA.

Luego de haber determinado todo lo anterior, se procederá a iterar sobre los nodos a transmitir. Cada nodo tiene una distancia definida y con ella se podrá calcular la SNR y el PER, el cual determinará nuestra probabilidad de obtener un paquete errado, el cual se asume que no es corregido por ningún algoritmo y con esto calcular cual es la tasa efectiva de recepción de paquetes que tuvo ese nodo en específico. La potencia de transmisión y la potencia mínima de recepción están definidas por el módulo WiFi SX-NEWAH[5].

Para calcular la probabilidad de error de paquete o PER, primero se deberá elegir el entorno o modelo de propagación[6]. Luego de esto usaremos las ecuaciones para determinar la tasa de error de bits(BER) o símbolos(SER) para un canal Gaussiano y así obtener la probabilidad de error de bit o símbolo para el caso de QAM[7] y con esto finalmente calcular la tasa de error de paquete(PER) o probabilidad de error de paquete usando las probabilidades antes calculadas[8]. Antes de calcular el SER deberemos determinar la SNR en la antena receptora, por lo tanto se generará un número aleatorio con distribución normal con media cero y desviación estándar uno, para generar ruido blanco gaussiano en potencia(Watts)[9] y poder obtener la relación en decibeles. Luego de esto finalmente se tendrá que calcular el PER y a través de él generar números aleatorios con distribución Normal estándar ya que las probabilidades anteriormente calculadas fueron en un canal Gaussiano utilizando la famosa función Q. La distribución Normal o Gaussiana genera variables aleatorias independientes por lo que es perfecto para determinar si paquetes independientes están errados. El

criterio que se utilizará para determinar si el paquete transmitido está errado será calculando esta variable aleatoria Normal estándar y comparando si ese número en la función distribución nos entrega una probabilidad 1-PER o mayor, en ese caso, el paquete estará errado. Este proceso se iterará para cada nodo donde se tendrá como criterio de salida la cantidad finita de Mbits definida por el equipo.

V. CONOCIMIENTOS Y HERRAMIENTAS

A. Conocimientos y herramientas adquiridas

Hasta el momento los integrantes del grupo en su mayoría han cursado ramos que le permitirán entender la transmisión de señales como tal y los problemas que conlleva. Se han estudiado los distintos métodos de modulación digital como QAM y el análisis del espectro de frecuencias que permiten calcular la información que se puede transmitir para cada ancho de banda. Además de los distintos modelos de propagación de señales inalámbricas que nos ayudarán a determinar las pérdidas de señal simulando un entorno con o sin obstáculos. Por otro lado, también se tiene a disposición los conocimientos adquiridos en redes inalámbricas y de simuladores que nos permitirán enfrentarnos a este desafío. En la figura 4 podremos ver la ecuación de espacio libre y en la tabla 1 los distintos valores para el exponente de pérdida para la distancia.

15.3.1.5 Path loss estimation

An important parameter that indicates the nature of the propagation environment is the **path loss exponent** γ . Considering the Friis equation for free-space propagation of an EM wave from [19],

$$P_r = P_t \frac{G_r G_t}{L} \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \left(\frac{1}{d} \right)^\gamma \quad (15.8)$$

where

P_r and P_t =Received and transmitted power, respectively;

G_r and G_t =Gain of receiver and transmitter antenna, respectively;

L =System loss (attenuation) such as insertion loss, and matching loss;

d =Distance between the receiver and transmitter antenna;

$\lambda=c/f$, where $f=865$ MHz; and

γ =The path loss exponent.

Fig 4. Modelo espacio libre.

Enviroment	Path Loss Exponent, n
Free Space	2
Urban area cellular radio	2.7 to 3.5
Shadowed urban cellular radio	3 to 5
In building line of sight	1.6 to 1.8
Obstructed in building	4 to 6
Obstructed in factories	2 to 3

Tabla 1: Exponente del camino de pérdidas para diferentes ambientes.

A. Conocimientos y herramientas necesarias

Las herramientas que son necesarias para desarrollar este proyecto y que no han sido parte de nuestra formación hasta ahora es sobre algunos modelos de propagación de señales inalámbricas utilizados en la industria, cálculos de probabilidad del BER/SER y PER(TCD fue un ramo perdido). Conocimientos que a pesar de no estudiar a profundidad previamente, tenemos la capacidad de comprender sin problema debido a nuestra formación. A continuación en las figuras 5, 6 y 7 podemos ver algunas ecuaciones de conceptos a estudiar.

1.4 BER for QAM constellation

The SER for a rectangular M-QAM (16-QAM, 64-QAM, 256-QAM etc) with size $L = M^2$ can be calculated by considering two M-PAM on in-phase and quadrature components (see figure 3 for 16-QAM constellation). The error probability of QAM symbol is obtained by the error probability of each branch (M-PAM) and is given by:

$$P_s = 1 - \left(1 - \frac{2(\sqrt{M} - 1)}{\sqrt{M}} Q\left(\sqrt{\frac{3\gamma_s}{M-1}}\right)\right)^2 \quad (15)$$

Fig 5. BER o SER para QAM.

$$\frac{E_s}{N_0} = SNR \cdot \frac{B}{R}$$

donde

SNR es la [relación señal a ruido](#) o relación portadora a ruido.

B es el ancho de banda en hercios (Hz).

R es la tasa [símbolos por segundo](#) (baudios, o tasa binaria bruta f_b).

Fig 6. SNR por bit o símbolo.

• Following equation mentions relationship between **BER** vs **PER**. This is valid for Ideal communication system which transmits data over binary symmetric channel with uncorrelated noise.

$$p_n = 1 - (1 - p_b)^n$$

• In the formula "n" denotes number of bits in a packet, Pb denotes bit error rate (BER) and Pn denotes packet error rate (PER).

• The PER is determined exclusively by the BER and the number of bits in the packet's data payload and is not dependent by how the data is encoded or what happens during the transmit-receive process. Therefore the relationship between PER and BER is given by following formula.

► $PER = 1 - (1-BER)^n$

Fig 7. Cálculo del PER usando BER o SER.

Podría ser necesario revisar trabajos de terceros para poder tener una referencia a un simulador de redes inalámbricas real[10].

VI. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto se ha identificado como factor principal la probabilidad de transmisión efectiva entre dos o más módulos WiFi 802.11ah en diferentes distancias y entornos.

A partir de la información recabada se determina que es posible realizar la simulación. La teoría planteada comprende lo necesario para utilizar herramientas computacionales y obtener información valiosa respecto del protocolo WiFi 802.11ah HaLow.

VII. REFERENCIAS

- [1][Wi-Fi HaLow: Qué es y características del WiFi para dispositivos IoT](#)
- [2][Throughput and Range Characterization of IEEE 802.11ah](#)
- [3][Resultados experimentales de 802.11ah con respecto a la distancia.](#)
- [4][IEEE 802.11ah: A Long Range 802.11 WLAN at Sub 1 GHz](#)
- [5][Industry's first 802.11ah Wi-Fi Solution for Internet of things \(IoT\) devices SX-NEWAH](#)
- [6][Modelos de propagación.](#)
- [7][BER\(or SER\) calculation.](#)
- [8][BER vs PER-difference between Bit Error Rate,Packet Error Rate](#)
- [9][1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN](#)
- [10][UN SIMULADOR DE CANALES INALÁMBRICOS](#)