 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Implementación de la técnica espectro ensanchado FHSS y DSSS usando radio definido por software

Jovanny Andrés Álvarez Montoya

Tecnología en Telecomunicaciones

Germán David Góez Sánchez

Facultad Ingeniería, Programa Telecomunicaciones

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2016

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

En este trabajo se realiza el estudio, modelado e implementación de sistemas con modulaciones de Espectro Ensanchado (SS), ampliamente usado en sistemas de comunicación inalámbricas. Se revisan los conceptos básicos de Espectro Ensanchado para dar bases y reforzar los conocimientos a los estudiantes del programa de Ingeniería de telecomunicaciones en materia de análisis de señales, sistemas de comunicaciones y sistemas inalámbricos.

Se analiza las modulaciones Espectro Ensanchado de Secuencia Directa (DSSS) y Espectro Ensanchado de Salto de Frecuencia (FHSS). Para este fin usaremos software libre en este caso (GNU radio companion) que es un potente sistema de radio definido por software que corre bajo la plataforma Linux, el cual nos permite analizar, simular y capturar muestras. Además, el análisis de los resultados obtenidos a partir de las simulaciones permite comparar el rendimiento de ambos sistemas y permite revisar las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

También en este trabajo se hace una introducción al uso de la radio cognitiva (CR) o software GNU Radio, una solución de código abierto para aplicaciones específicas de SDR (Radio Definida por Software) como una herramienta para el estudio y desarrollo de radio digital configurable. Implementamos la detección del espectro en ambiente real y se verifica las dos modulaciones en cuestión usando el periférico universal USRP (Software Radio Periférico).

Palabras clave: Espectro Ensanchado, modulación, radio cognitiva, Radio Definida por Software. C ++, python,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Agradezco a todas aquellas personas las personas que directa o indirectamente han colaborado en este proceso de aprendizaje y en la búsqueda del conocimiento, en especial al profesor de comunicaciones David Goez Sánchez, el cual admiro y ha sido un apoyo académico incondicional, también al instituto tecnológico metropolitano ITM que me ha acogido durante este tiempo de formación académica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

SS (Espectro ensanchado o expandido)

CR (Cognitive Radio)

PN (pseudo-ruido)

FHSS o FS (Espectro ensanchado por salto de frecuencia)

DSSS (Espectro expandido por secuencia directa)

SDR (Radio definida por software)

USRP(Universal Software Radio Peripheral)

ANST (AmericaNationalStándarforTelecommunications)

PNAF (Plan Nacional de Atribución de Frecuencias)

MPSKModulateusingthe (M-aryphaseshiftkeying) method

MFSK (Multiplefrequency-shiftkeying)

DS-CDMA (acceso múltiple por división de código en secuencia directa)

DBPSK (DifferentialBinaryPhaseShiftKeying)

DQPSK (DifferentialQuadraturePhaseShiftKeying)

ADC (ConvertidorAnalógico a Digital)

DAC (Convertidores de 14 bits digitales a analógicos)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN
2.	MARCO TEÓRICO
3.	METODOLOGÍA
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO
	REFERENCIAS
	APÉNDICE

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Desde varios años atrás ha sido notoria la fuerza que ha ganado las comunicaciones a distancia a nivel mundial, convirtiéndose en un derecho social, ya que es indispensable en la actualidad para la gran mayoría de las personas.

Sin embargo, para lograr una comunicación exitosa entre dos o más sistemas, es fundamental y de exigencia la realización previa de algunos procesos o técnicas encargadas de cumplir este fin. Es entonces, cuando se debe conocer las técnicas de modulación, las cuales tienen como objetivo "adaptar la señal para su transmisión en el medio". Existen diferentes tipos de modulaciones, como AM, FM, FSK, PSK, FHSS, DSSS entre otras. Pero en la que se va a enfatizar es FHSS y DSSS, puesto que son técnicas de modulación de cierta conveniencia para ser utilizada en gran variedad de proyectos de telecomunicaciones por algunas características que la definen. Fue gracias a las necesidades militares como en la primera y segunda guerra mundial, que fue creadas estas tecnologías, ya que buscaban que la transmisión de datos no fuera interceptada por usuarios que no les compete dicha entrega de datos.

Los sistemas de Espectro Ensanchado son usados como soluciones inalámbricas punto-punto y punto-multipunto, debido al bajo costo de los equipos y a sus características de protección contra el bloqueo y las perturbaciones y el encubrimiento de la señal. Dependiendo de la aplicación del enlace y de las condiciones existentes en el entorno, se selecciona una de sus modalidades: Secuencia Directa (DSSS), Salto de Frecuencia (FHSS) o Híbrido.

Las nuevas tecnologías y la creciente demanda de comunicación nos genera la necesidad de buscar nuevos medios y métodos para el desarrollo e innovación, en este orden de ideas proponemos para el estudio de estas modulaciones el concepto de radio definida por software (SDR) el cual nos permite reemplazar la aplicación tradicional de hardware por dispositivos de comunicación de aplicación más flexibles, que hace uso de dispositivos programables controlados por software, tal como un ordenador personal o un procesador incorporado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

OBJETIVOS GENERALES

Simular, e implementar sistemas de comunicaciones basados en técnicas de modulación de Espectro Ensanchado mediante el uso de radio definido por software.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementación y análisis de técnicas espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS) y espectro ensanchado de salto de frecuencia (FHSS).
- Construcción de guías para la implementación de espectro ensanchado usando radio definido por software y modos de simulación.
- Construcción de guías para la implementación de espectro ensanchado usando radio definido por software ejecutado sobre transceptores USRP.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

Para tener un entendimiento sólido de lo que compete en materia de modulaciones por espectro ensanchado, es fundamental la comprensión de algunos términos fundamentales, a continuación, se define los términos estrictamente necesarios para el conocimiento de dichas modulaciones.

Modulación: es un proceso encargado de adaptar una señal al medio de transmisión en el cual se va a propagar o dicho de otra forma similar, es una técnica que supone una transformación de la señal para poder transmitirla en el medio. Se presentan varios tipos de modulación, cada uno con un mismo fin, pero con características propias que los diferencian.

Un significado mucho más técnico que da la American National Standard for Telecommunications (ANST), es que “la modulación es el proceso de variar una característica de una portadora de acuerdo con una señal que transporta información. Básicamente consiste en cambiar el valor de un parámetro de la onda portadora, teniendo en cuenta la variación de la señal moduladora, que es la información que se desea transmitir”. Los tres aspectos o características de la onda portadora que se pueden modular son: la amplitud, la frecuencia y la fase.

Espectro: El espectro electromagnético es el medio por el cual se transmite las frecuencias de onda electromagnéticas que permiten las telecomunicaciones (televisión, radio, telefonía móvil, internet, televisión digital terrestre, entre otros) y son administradas y reguladas por el gobierno de cada país. (MINTIC, 2016)

Frecuencia: Es el número de repeticiones de un ciclo por unidad de tiempo y es expresada en hertz (khtz, Mhtz, Ghz). En las telecomunicaciones se habla de bandas de frecuencias y cada banda está definida en un rango determinado en hertz; dependiendo del rango de la frecuencia la señal va a viajar una mayor o menor distancia, puesto que la frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda, esto a su vez quiere decir que a mayor frecuencia menor longitud de onda. (Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF), 2008)

SS: sus siglas traducen espectro ensanchado o expandido, lo que se refiere a que la señal ocupa un ancho de banda mucho más grande que el mínimo permitido y necesario para transmitir la información. La característica principal de este sistema es su capacidad para rechazar y resistir interferencias. Se presentan dos métodos importantes que se utilizan para generar señales de espectro expandido y estos son, DS y FH. (Rapalleni, 2009)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

DS: Sus siglas traducen secuencia directa. Es un método de codificación de canal que usa una secuencia pseudo-aleatoria para modular una señal de MPSK, obteniéndose una expansión instantánea del ancho de banda de transmisión. La señal así obtenida tiene cierta apariencia de ruido para quien la observa, menos para el receptor a quien va dirigida. Esta técnica se encuentra definida por la IEEE en el estándar 802.11 para redes de área local inalámbrica WLAN. (Estado del arte)

FH: Sus siglas traducen salto de frecuencia. En esta técnica se utiliza una secuencia de pseudo-ruido para hacer que la frecuencia de la onda portadora salte por diferentes valores, de una manera pseudo-aleatoria, lo que quiere decir que el receptor recibe el mensaje que salta de frecuencia en frecuencia sincrónicamente con el transmisor. Esto infiere que otros usuarios no admitidos perciban una señal ininteligible. En este caso el espectro de la señal transmitida se expande secuencialmente y no en forma instantánea como en el caso de DS/MPSK. Esta técnica se encuentra definida por la IEEE en el estándar 802.11 para redes de área local inalámbrica WLAN. (Modulación por pulsos)

2.1. ESPECTRO ENSANCHADO POR SALTO DE FRECUENCIA (FHSS)

En una explicación mucho más amplia y completa de lo que hemos mencionado. El FHSS es un método o técnica de modulación tecnológica que consiste en una señal que se parte o divide en intervalos de tiempo menor a 400ms para ser transmitida en saltos de frecuencia de diferentes valores aparentemente aleatoria, las frecuencias comúnmente son de 902-928 MHz y de 2.4-2.484 GHz, disponibles sin necesitar una licencia. Se dice aparentemente, porque en realidad el transmisor y el receptor son los únicos que conocen el código de saltos de frecuencia en que viaja la señal, es decir para que haya comunicación exitosa, el transmisor debe estar sincronizado con el receptor. El código de saltos o código disperso es conocido como secuencia pseudo-aleatoria o pseudo-ruido (PN), dicha secuencia no puede ser captada por usuarios externos, en vez de esto lo que reciben es una señal brevemente ruidosa. Cabe mencionar que FHSS soporta la modulación MFSK.



Fig.1 modelo de un sistema de comunicación que usa espectro ensanchado (John G. Proakis, 2001)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para explicar la figura 1. Decimos que:

La señal de entrada ingresa a un codificador.

El codificador produce una señal analógica con ancho de banda angosto.

La señal es modulada al usar una secuencia de dígitos denominada código disperso

La señal es generada por una secuencia de pseudo-ruído o pseudo aleatoria

La señal de salida tiene un mayor ancho de banda

En la parte del receptor se utiliza la misma secuencia para demodular la señal

Por último la señal la procesa un decodificador encargado de recuperar la señal original.

El mismo proceso visto de un diagrama de bloques más técnico es:

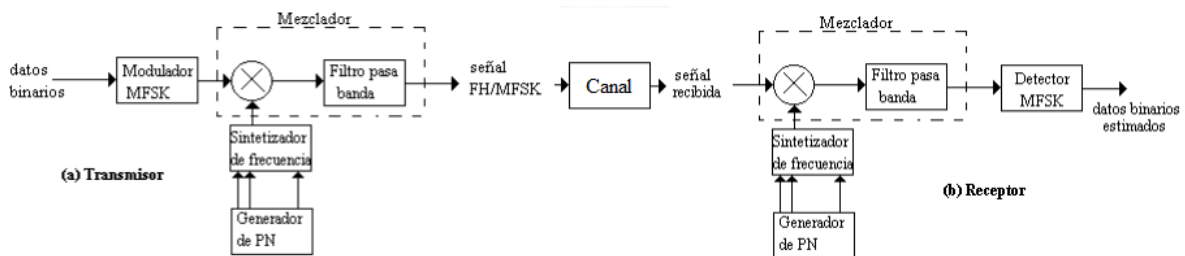


Fig.2 diagrama de bloque de FHSS

Por otro lado los saltos de frecuencia no cubren todo el espectro en forma instantánea por lo que resulta necesario tener en cuenta la velocidad a la que estos saltos ocurren. A razón de esto se requiere mencionar los dos tipos de esquemas FHSS:

- **Salto de frecuencias lentos (Slowfrequencyhopping, SFH).**

En este caso la velocidad de símbolo R_s de la señal MFSK es un múltiplo entero de la velocidad de saltos (hop rate) R_h . Esto es, varios símbolos son transmitidos por cada salto de frecuencia.

En las figuras a y b se ve el diagrama de bloque de un transmisor y receptor comunicándose con un sistema de espectro ensanchado por salto de frecuencia.

- **Salto de frecuencia rápidos (Fastfrequencyhopping, FFH).**

En donde la velocidad de saltos R_h es un múltiplo de la velocidad de símbolo R_s de la modulación MFSK. Esto equivale a decir que la frecuencia portadora cambiará varias veces durante la transmisión de un símbolo.

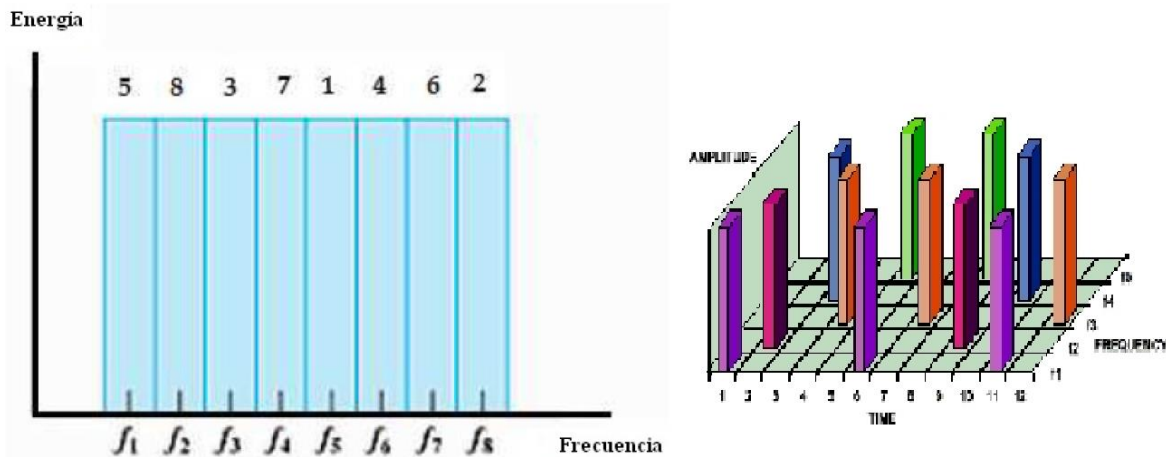


Fig.3 Asignación de canales en la modulación FHSS. Grafica en el dominio de la frecuencia.

Técnicas de modulación soportadas por HFSS

La modulación que trabaja en conjunto con FHSS es la modulación MFSK y de lo que se encarga esta segunda es de modular la señal, esto implica dividir la información para que sea transmitida de una frecuencia a otra nueva en un instante de tiempo determinado. Dependiendo del valor de la velocidad de la señal MFSK y de la velocidad de saltos, se clasifica FHSS en:

Salto de frecuencia lento (LFH) y salto de frecuencia rápido (FFH), que fueron explicados anteriormente.

Tecnologías que emplean la modulación HFSS

Por sus cualidades y características, esta técnica de modulación ha sido creada para ser aplicada en proyectos e inventos puestos a prueba en la vida real en el ámbito de las telecomunicaciones. Muchos de estos inventos tecnológicos son usados cotidianamente por las personas. Algunas de estas tecnologías son: Bluetooth, teléfonos inalámbricos (no celulares), controles de puertas eléctricas, radios militares y algunos walkie-talkies.

Beneficios y cualidades de la modulación HFSS según IEEE

El sistema FHSS requiere sincronización entre el TX y el RX para que haya una comunicación privada, por lo tanto para usuarios externos la información será ininteligible, lo que fortalece la seguridad en el paquete transmitido.

El transmisor y el receptor pueden utilizar tablas de secuencias de canal fijo para una vez sincronizado mantener comunicación siguiendo la tabla.

Varios usuarios pueden utilizar independientemente el mismo ancho de banda más alto con muy poca interferencia.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Resistencia a varios tipos de ruido e interferencia, gracias a la seguridad que proporciona la secuencia de pseudo-ruido (PN).

La técnica de espectro expandido minimiza la problemática del desvanecimiento de señales que es tan común en sistemas de comunicaciones móviles.

Los datos pueden ser re-transmitidos por otro salto de frecuencia si es que han sido corrompidos por interferencias durante su transmisión.

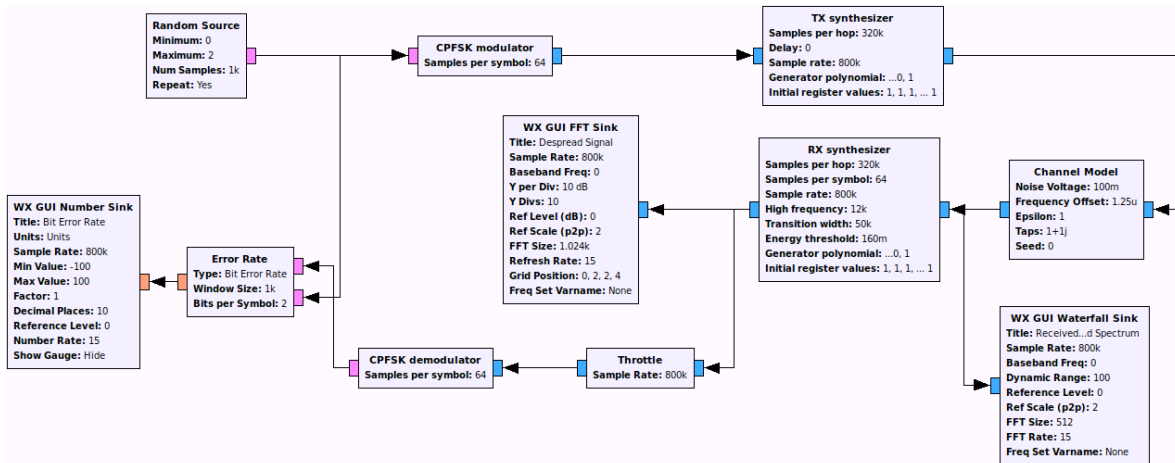


Fig.4 Simulación de modulación FHSS en GNU Radio.

2..2 ESPECTRO ENSANCHADO POR SECUENCIA DIRECTA (DSSS)

El espectro ensanchado por secuencia directa (directsequence spread spectrum o DSSS), también conocido en comunicaciones móviles como DS-SS (acceso múltiple por división de código en secuencia directa), es uno de los métodos de codificación de canal (previa a la modulación) en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas que más se utilizan. Tanto DSSS como FHSS están definidos por la IEEE en el estándar 802.11 para redes de área local inalámbricas WLAN. Este esquema de transmisión se emplea, con alguna variación, en sistemas CDMA asíncronos. [14]

El espectro ensanchado por secuencia directa es una técnica de codificación que utiliza un código de pseudoruido para "modular" digitalmente una portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral (es decir, el nivel de potencia en cualquier frecuencia dada). La señal resultante tiene un espectro muy parecido al del ruido, de tal forma que a todos los radorreceptores les parecerá ruido menos al que va dirigida la señal. [14]

Debido a la semejanza de este mecanismo de codificación con la modulación ordinaria (una "modulación digital", análoga a la que se realiza sobre una onda sinusoidal), en

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ocasiones se utiliza el término modulación como sinónimo de codificación, de manera impropia si nos atenemos al verdadero concepto de modulación en telecomunicación.[14]

En esta técnica se genera un patrón de bits redundante para cada uno de los bits que componen la señal. Cuanto mayor sea este patrón de bits, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias. El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la información original.

La secuencia de bits utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker (también llamado código de dispersión o pseudoruido). Es una secuencia rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0. Un ejemplo de esta secuencia es el siguiente. +1-1+1+1-1+1+1-1-1-1 Solo los receptores a los que el emisor haya enviado previamente la secuencia podrán recomponer la señal original. Además, al sustituir cada bit de datos a transmitir, por una secuencia de 11 bits equivalente, aunque parte de la señal de transmisión se vea afectada por interferencias, el receptor aún puede reconstruir fácilmente la información a partir de la señal recibida. [14]

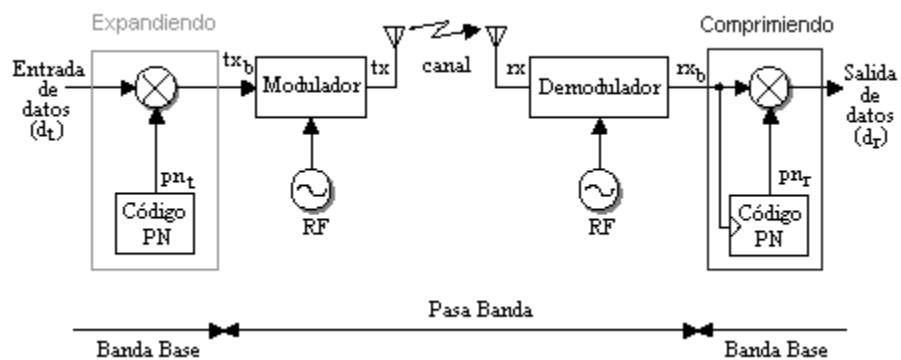


Fig.5 Diagrama de bloque de DSSS

Técnicas de modulación soportadas por DSSS

DSSS tiene definidos dos tipos de modulaciones la modulación DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) y la modulación DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) proporcionando velocidades de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente.[15]

Ventajas y características de DSSS

Reducción de densidad espectral de potencia: La potencia de la señal de datos original se distribuye en un espectro mucho más ancho.

Protección frente a interferencias de banda ancha y estrecha.

Privacidad: Solo conociendo el código se puede desenganchar la señal recibida y recuperar los datos.

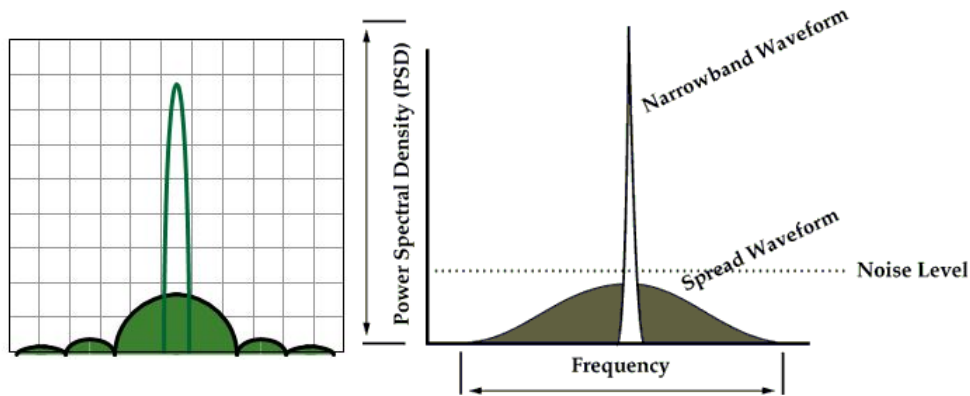


Fig.6 Modulación DSSS en el dominio de la frecuencia.

Aplicaciones DSSS

Sistemas LPI (LowProbability of beingIntercepted): donde se transmiten señales con baja densidad Espectral de Potencia con respecto al ruido de fondo y térmico para que no se distinguan.

Acceso múltiple por división de código (CDMA): las señales de otros usuarios que utilizan el mismo espectro ensanchando son interferencias que rechaza un usuario dado.

Comunicaciones móviles: donde la señal recibida es la suma de las contribuciones de diferentes caminos.[15]

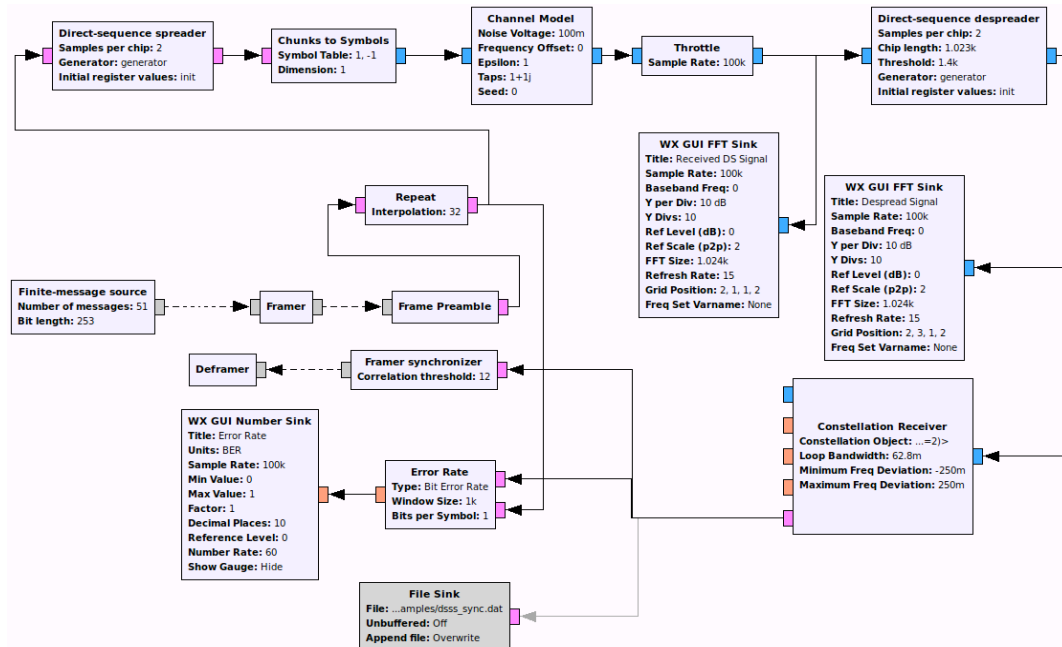


Fig.7 Simulación de modulación DSSS en GNU Radio.

Paralelo entre HFSS y DSSS.

Como se ha expuesto en repetidas veces en apartados anteriores, los sistemas de comunicación más recientes especialmente las redes de área local inalámbrica (WLAN) emplean un método de SS (espectro ensanchado) de múltiples cualidades positivas y existen dos técnicas principales que se aplican a dicho método. Estas técnicas son FH (salto de frecuencia) y DS (secuencia directa). Ahora se mostrará en un paralelo las diferencias entre estos dos procesos.

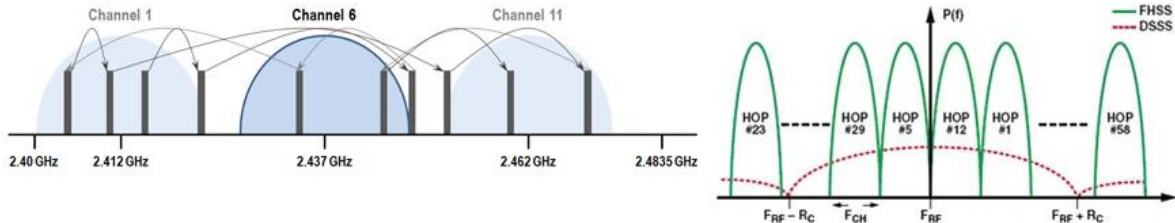


Fig.8 Comparación entre HFSS y DSSS.

FHSS	DSSS
<ul style="list-style-type: none"> - Son de bajo costo - Son de menor consumo - Tiene menor cobertura y ancho de banda - Resistente a interferencia de señales 	<ul style="list-style-type: none"> - Son de mayor costo - Son de mayor consumo - Mayor velocidad de transmisión - Tiene una cobertura más amplia - Menos número de canales

Tab.1 Comparación entre FHSS Y DSSS.

2.3. GNU RADIO.

GNU Radio es un conjunto de herramientas de software de código abierto que consiste en biblioteca de bloques de procesamiento de señal y el pegamento para atar estos bloques juntos para la construcción y despliegue de SDR [16]. GNU Radio corre sobre sistemas GNU/Linux como Ubuntu, el cual debe estar previamente instalado.

Los bloques de procesamiento de señal se escriben en C++ mientras que python se utiliza como un lenguaje de secuencias de comandos para vincular los bloques entre sí forman el gráfico de flujo. Envoltorio e interfaz simplificados el generador (SWIG) se utiliza como el compilador de interfaz que permite la integración entre C++ y el lenguaje Python.

La Fig. 9 muestra la estructura de GNU Radio y USRP SDR.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4. USRP

Conectado mediante la interfaz USB a la radio GNU, USRP consta de una placa base y hasta cuatro placas secundarias. Es desarrollado por MattEttus [9] como una plataforma flexible de bajo costo para SDR. Puede funcionar como transmisor y receptor para diferentes frecuencias dependiendo de las placas secundarias. La placa base tiene cuatro convertidores analógicos a digitales de 12 bits (ADC) con una frecuencia de muestreo de 64 MS / s, cuatro de 14 bits de digital a convertidores analógicos (DAC) con velocidad de hasta 128 MS / s, dos digital Up Converters (DUC) hasta convertir la banda base antes de transmitirla a la frecuencia de salida seleccionada y cuatro convertidores digitales (DDC) para diezmar IF antes de enviarlo a ADC. ADC y DAC están conectados a un alterador EP1, C12 FPGA. FPGA está conectado a un USB2 chip de interfaz y para GNU Radio [13]. Alta velocidad digital procesamiento de señal (DSP) se realiza en el FPGA [13]. USRP Es capaz de operar en modo dúplex completo en tiempo real. Las placas de la hija se montan en la placa Front-end integrado flexible. Se dispone de variedades amplias utilizar frecuencias diferentes para una amplia gama de aplicaciones.

3. METODOLOGÍA

Para implementar nuestro software de simulación GNU Radio, lo primero es instalar previamente el sistema operativo Ubuntu preferiblemente la versión 16.04 LTS por ser una de las distribuciones de Linux más estables, con buen soporte y de fácil instalación de repositorios. Para efectos de este artículo la instalación de OS Ubuntu no se explica.

GNU Radio esta también disponible para sistemas operativos como Windows y Mac pero se destaca que esta aplicación es nativa para sistemas bajo GNU/Linux ya que su funcionamiento bajo esta plataforma es mucho más estable y de menor complejidad.

Bajo esta aclaración se hace también advertencia con el uso de máquinas virtuales ya que el sistema se puede saturar y no funcionar correctamente. Esto porque GNU radio hace complejos cálculos y gran procesamiento de señales y demás procesos, se recomienda que la instalación se haga desde una partición física del disco duro.

Consideraciones previas antes de instalar GNU Radio.

Es fundamental que las instalaciones se hagan desde un usuario con privilegio de administrador o ROOT. Las consideraciones previas a la instalación de GNU Radio son una serie de actualizaciones, repositorios y aplicaciones necesarias para el buen

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

funcionamiento del software ya que estos no se incluye en los paquetes de instalación de GNU radio.

Se debe tener en cuenta que para este proceso se debe contar con conexión a internet sin restricciones pues en algunos casos hay redes donde se ha bloqueado algunos servicios, puertos y servidores de Linux.

Instalación de actualizaciones y repositorios necesarios para GNU-R en Ubuntu 16.04 LTS

Se inicia una terminal para ejecutar los comandos de instalación y configuración. A continuación se deben seguir las siguientes instrucciones:

```

sudo su
(password) contraseña de usuario root
sudo apt-get update && sudo apt-get -y upgrade
sudo apt-get install libreadline-gplv2-dev libncursesw5-dev libssl-dev libsqlite3-dev tk-
dev libgdbm-dev libc6-dev libbz2-dev
sudo apt-get install python-pip
sudo apt-get install make
sudo apt-get install cmake
sudo apt-get install swig
sudo apt-get install libusb-1.0-0-dev

```

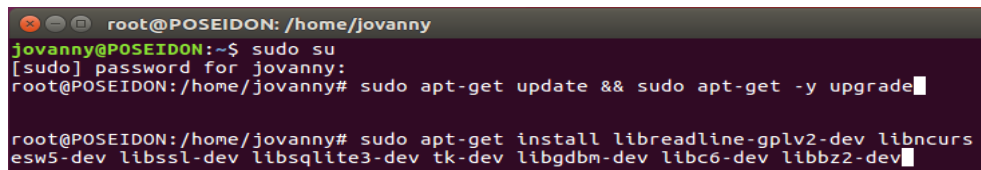


Fig.9 Instalación previa en OS Ubuntu 16.04LTS, Terminal

Instalación de GNU Radio Companion v3.7.10

```

sudo apt-get install gnuradio

```

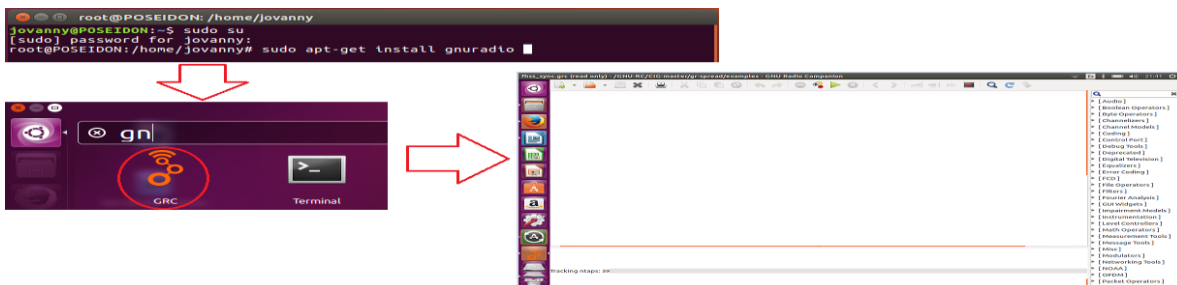


Fig.10 Instalación de GNU radio y entorno grafico del software.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En este punto ya tenemos que la instalación de GNU Radio es exitosa. Ya con esta aplicación instalada podemos empezar nuestros primeros pasos en este poderoso sistema, en youtube se puede encontrar gran variedad de ejemplos con los cuales el estudiante se puede iniciar, pero para este trabajo se hará énfasis en la modulación por espectro ensanchado (SS).

La comunidad de Linux y en especial la de GNU radio ha realizado numerosos estudios en materia de protocolos de comunicaciones, radio y RF lo cual destacamos y damos a conocer en este tratado.

Para este trabajo hemos usado librerías de la comunidad que contiene todo lo necesario para analizar, estudiar, modelar y actuar como sistema emisor y receptor de señales de radio-comunicación.

Las librerías corresponden a las modulaciones por espectro ensanchado FHSS y DSSS respectivamente. Estas las podemos encontrar en: **gr-spread**

<https://bitbucket.org/daulpavid/gr-spread>

Una vez en este portal web, nos disponemos a descargar las Librerías, estas se depositan en la carpeta descargas en formato de archivo comprimido como: **CIG-master.zip**. Se descomprime en el lugar de destino deseado y se procede a realizar la instalación de esta nueva librería GNU Radio.

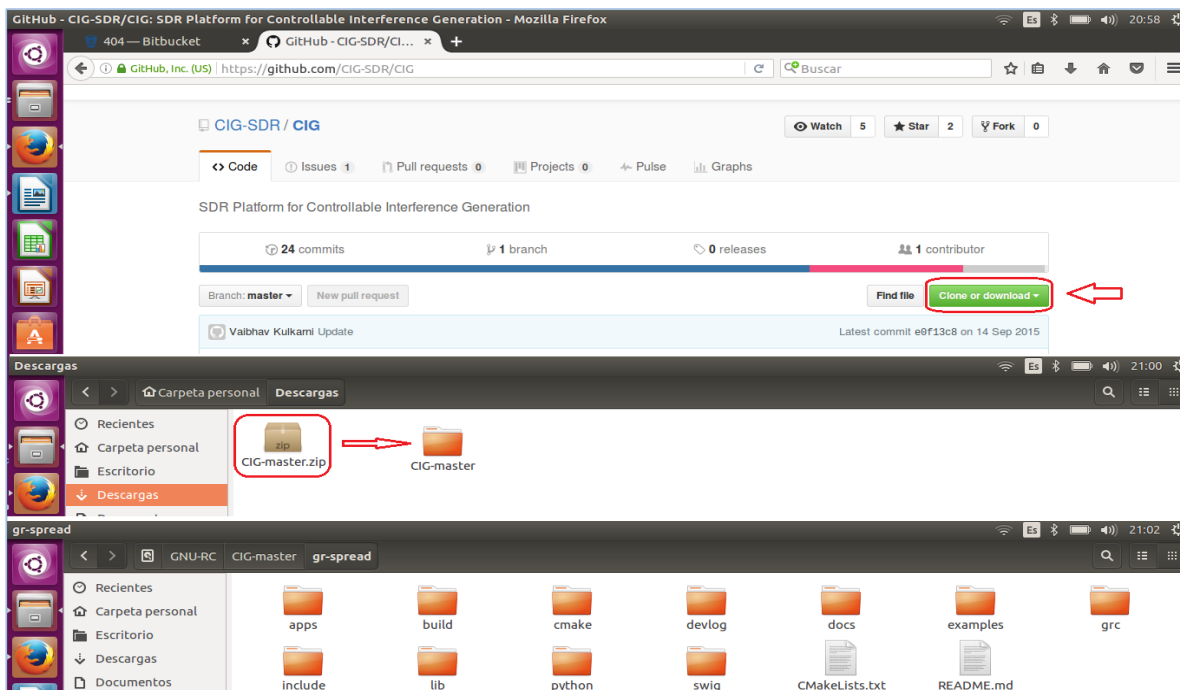


Fig.11 Ruta de instalación de las librerías para gr-spread.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Instalación de la librería Spread.

El punto de montaje de esta instalación ha sido la raíz del sistema por versatilidad en la carpeta GNU-RC desde esta carpeta haremos todos los montajes de librerías adicionales que podamos necesitar posteriormente en otros proyectos. Pero es elección de cada quien el punto donde se descomprime los archivos y se hace la instalación, otra de las carpetas en las que se recomienda el montaje es /home.

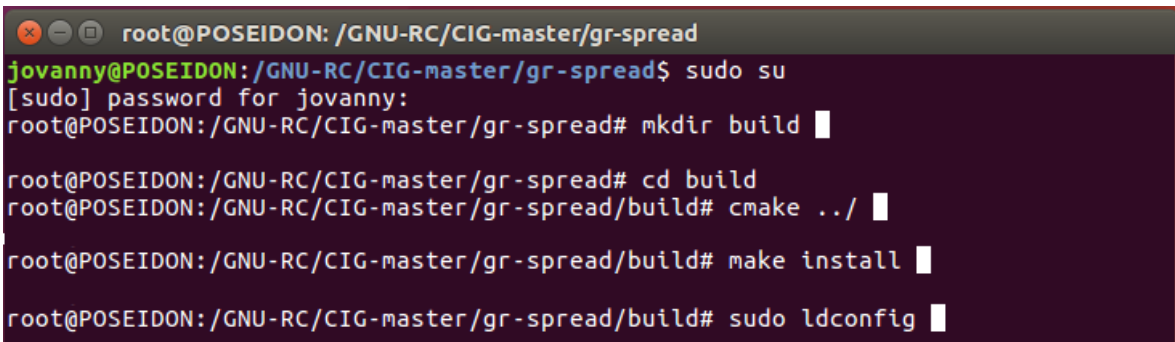
Advertencia: dependiendo de donde se descomprimen los archivos, el montaje se hará dentro de la carpeta **gr-spread/** donde se creara la carpeta **build**. Este proceso se detallara a continuación.

En resumen, los archivos se han descomprimido en la carpeta ya mencionada; esta es su ruta, **/GNU-RC/CIG-master/gr-spread/** desde aquí se hará la instalación de la nueva librería. Estos se verán luego como bloques en GNU radio.

/GNU-RC/CIG-master/gr-spread/desde este punto se inicia una terminal y ejecutamos:

```

sudo su
(password) contraseña de usuario root
mkdirbuildeste comando crea la carpeta build
cdbuildeste comando es para ingresar al directorio
/GNU-RC/CIG-master/gr-spread/build/desde este directorio se hace la instalación
cmake ../
makeinstall
sudoldconfig
  
```



```

root@POSEIDON: /GNU-RC/CIG-master/gr-spread
jovanny@POSEIDON: /GNU-RC/CIG-master/gr-spread$ sudo su
[sudo] password for jovanny:
root@POSEIDON: /GNU-RC/CIG-master/gr-spread# mkdir build
root@POSEIDON: /GNU-RC/CIG-master/gr-spread# cd build
root@POSEIDON: /GNU-RC/CIG-master/gr-spread/build# cmake ../
root@POSEIDON: /GNU-RC/CIG-master/gr-spread/build# make install
root@POSEIDON: /GNU-RC/CIG-master/gr-spread/build# sudo ldconfig
  
```

Fig.12 Instalación de la librería spread.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

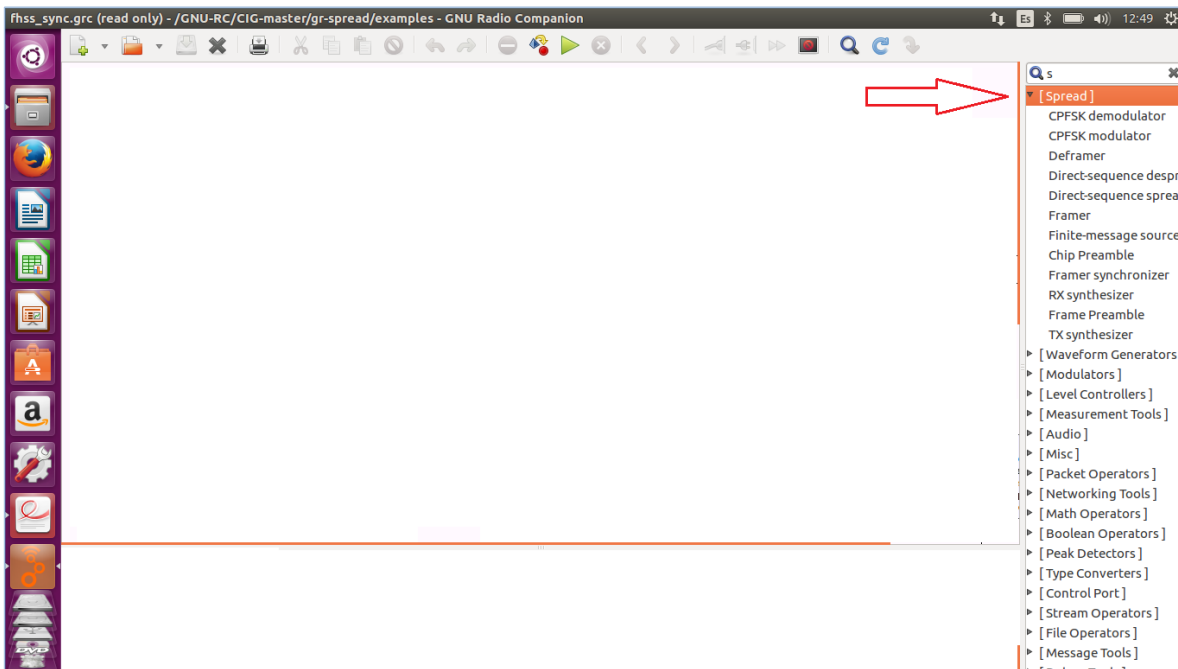


Fig.13 Librería en instalada en GNU-R

Desde aquí podemos visualizar que la librería ha sido instalada exitosamente, desde este punto ya contamos con la herramienta necesaria para realizar simulaciones con modulaciones HFSS y DSSS.

Comandos que pueden ser útiles al momento de crear, borrar y mover carpetas en Linux:

Crear carpeta

`<mkdir nombredeldirectorio$>`

Eliminar carpeta

`<rm -r nombredeldirectorio>`

Para copiar directorios completos en nuevo destino

`cp -r directorio/ ruta_de_destino/nombre_copia`

Para copiar es "cp" para mover es "mv" para crear es "mk".

Sintaxis: `cp [carpeta | archivo origen a copiar] [carpeta destino a copiar]`

Entrara a una carpeta o directorio

`<cd nombredeldirectorio>`

Salir de un directorio

`Cd ..`

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las librerías que hemos instalado están listas para ser usadas, ya con esto el estudiante tiene lo necesario para construir y simular sus propias modulaciones ya sea AM, FM y otras vistas en los cursos ya mencionados. Es importante la teoría previa para poder entender los resultados y parámetros que nos ofrece GNU-R en este documento se ha centrado principal mente en las modulaciones por ensanchamiento del espectro radioeléctrico, las consideraciones se pueden ver el marco teórico.

Además de las herramientas que son necesarias para este tipo de modulaciones la librería gr-spread incluye una serie de ejemplos ya probados el cual nos permite analizar proyectos ya diseñados. Algunos de estos proyectos son simulaciones con una fuente y banda base virtual las cuales serán procesadas por otros bloques que modulan la señal base y se visualizaran en Bloques Analizador de espectro (FFT) y osciloscopio (scope). Este tipo de simulación no requiere de equipos adicionales ni hardware especializado.

Otros ejemplos en cambio requieren de Hardware o periférico como: USRP y Dongle. USRP permite hacer capturas y radiar señales ya procesadas desde GNU-R mientras que Dongle permite hacer solo capturas y esto en un rango del espectro limitado. Los ejemplos que requieren de este Hardware son aquellos especificados en su nombre de archivo RX o TX.

`/GNU-RC/CIG-master/gr-spread/examples/` en esta ruta se encuentran los ejemplos

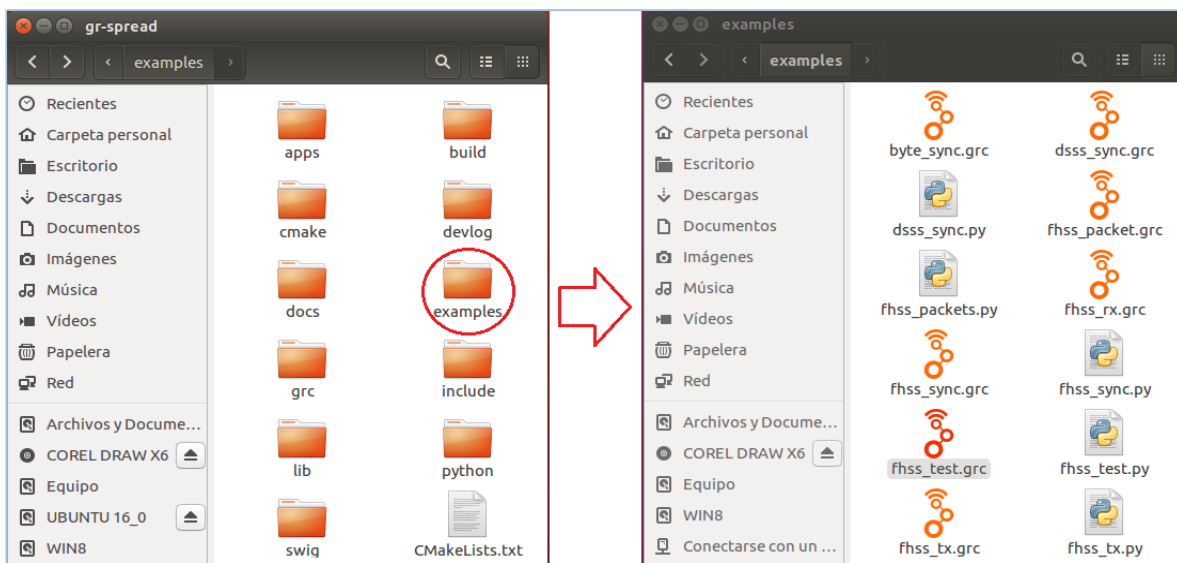


Fig.14 Ruta del fichero, ejemplos predefinidos de FHSS y DSSS.

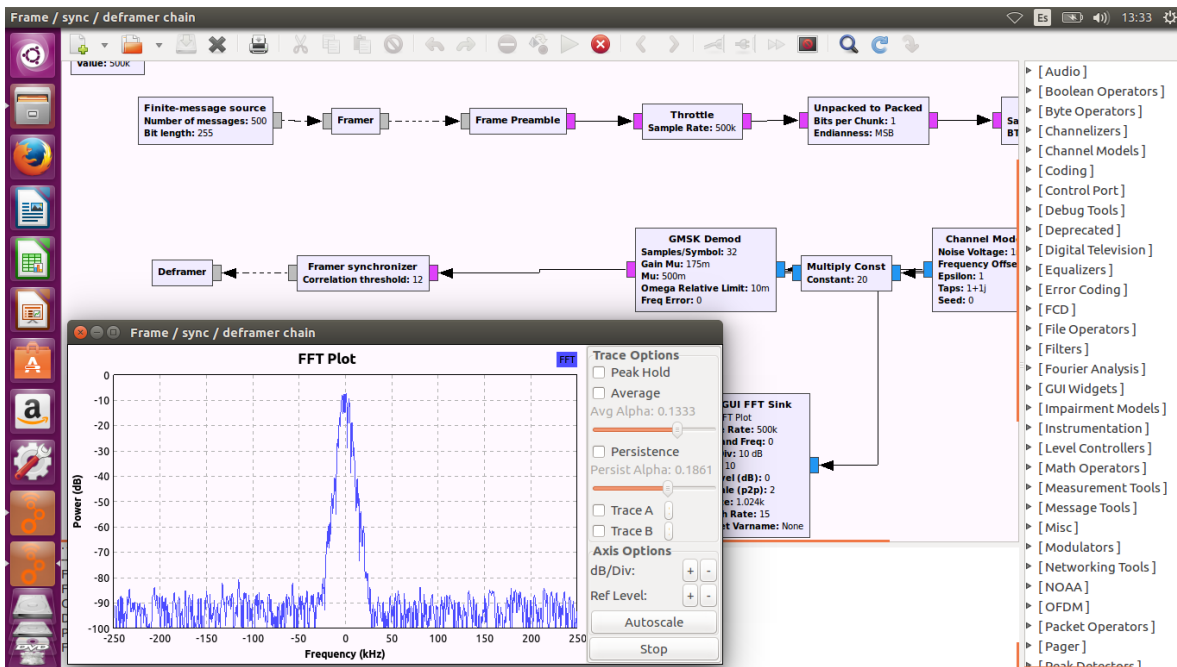


Fig.15 Simulación de DSSS, grafica de la portadora

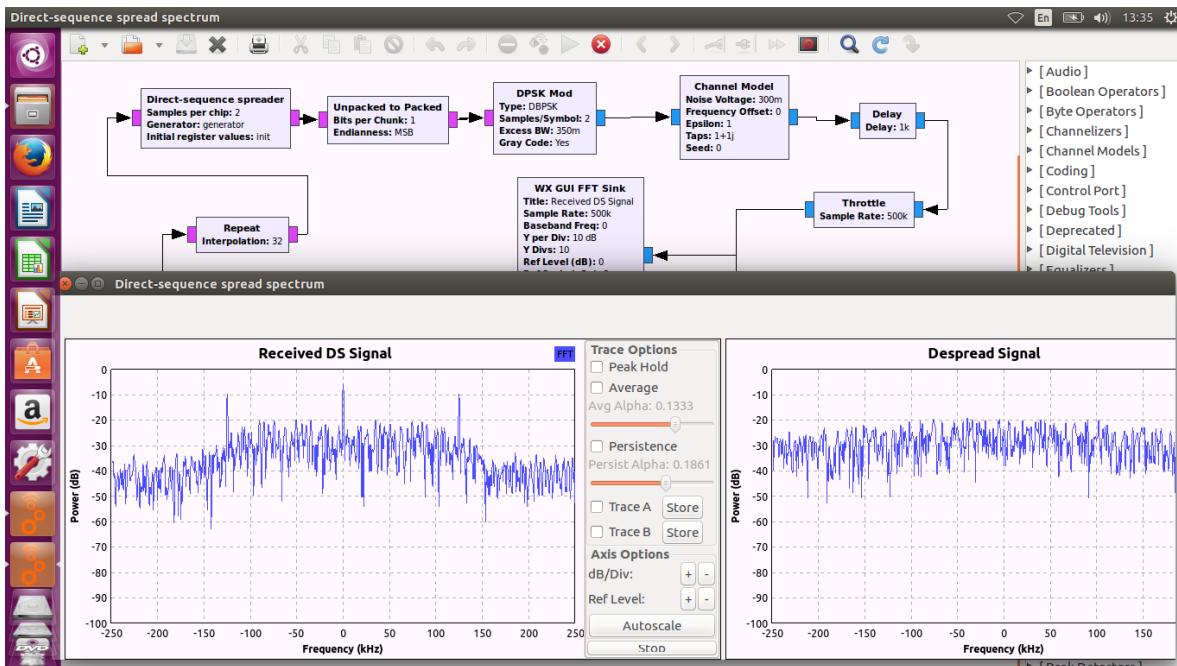


Fig.16 Simulación de DSSS con DS y con analizador de espectro.

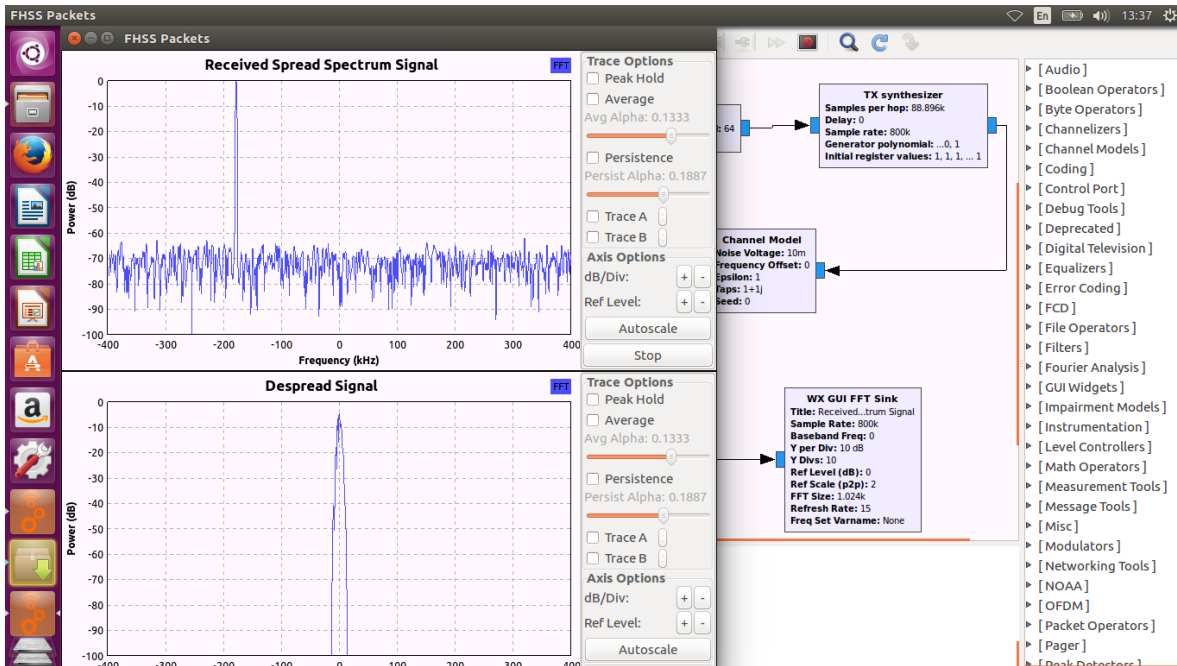


Fig.17 Simulación de FHSS, modulación por salto de frecuencia y portadora.

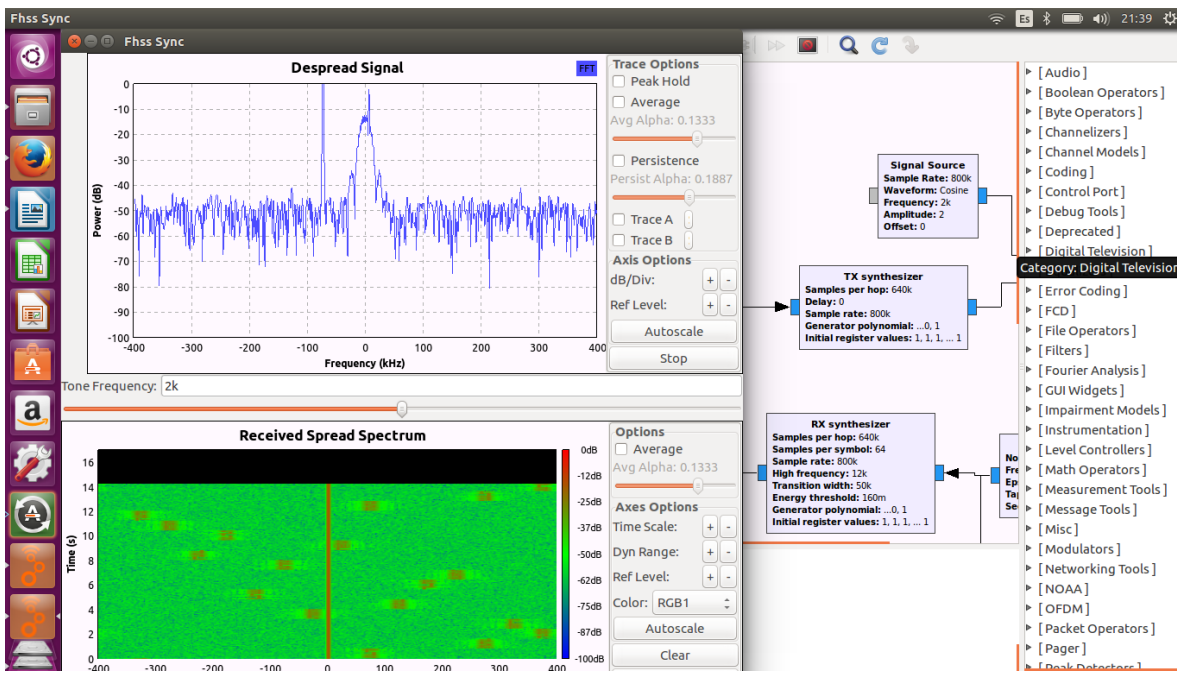


Fig.18 Modulación FHSS, en el dominio de la frecuencia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.

Este documento pretende ser un soporte y ofrecer una herramienta o alternativa para el aprendizaje y formación en materias como: sistemas de comunicación, análisis de señales y sistemas inalámbricos. Para nadie es ajeno el hecho de que los dispositivos y equipos de medición de los laboratorios de comunicaciones son limitados, por tal motivo se propone esta herramienta de software definido por radio para agilizar y generar en el estudiante interés por software de código libre en el que la comunidad aporta conocimiento sin ánimo de lucro y es perfecto para procesos de investigación sin necesidad de pagar costosas licencias.

Se destaca la facilidad y versatilidad de este software, pues ya muchos de los bloques se han generado a partir de procesos de comunicaciones ya estandarizados y de uso frecuente por los expertos, el uso de los bloques generan procesos complejos que son procesados y filtrados para el estudio de estas señales.

Como GNU Radio, existen otras poderosas herramientas que permiten procesos similares, pero de codificación mucho más compleja, un ejemplo de estos es Matlab pero este no es libre.

GNU-R nos permite un sin número de posibilidades para el tratamiento y procesamiento de señales, desde simulación de señales simples hasta recepción de señales reales y radiar señales procesadas en nuestro ordenador a través de hardware como USRP y Dongle.

Se concluye que las modulaciones por espectro ensanchado (SS), hace parte de muchos de los sistemas de comunicación que hoy conocemos, especialmente en protocolos de comunicación como IEEE-802.11 y IEEE-802.15 entre otros, por tal motivo queremos adentrarnos en el estudio de la estructura de este para mejorar los servicios móviles que trabajan con estas modulaciones.


En este tratado no se ha enfatizado mucho en el hardware como USRP y Dongle, este hará parte de otro tratado en el cual se analicen modulaciones recibidas y radiadas en el espectro radioeléctrico como: AM, FM, GSM, WiFi, entre otros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

-
- [1] Ampere. (s.f.). Obtenido de <http://www.ampere.mx/dsss-vs-fhss.html>
- [2] (Andres Agudelo Ramirez, Pablo Bernal, Edwin Quintero). Espectro ensanchado por salto de frecuencia para la transmisión por líneas de potencia. Pereira. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4320157.pdf>
- [3] http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11899/fichero/4_Cap%C3%ADtulo2.pdf
- [4] John G. Proakis, M. S. (2001). communicationsystemengineering. new Jersey: Jody Mc Donnell.
- [5] MINTIC. (2016). Obtenido de MINTIC: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-6972.html>
- [6] Modulación por pulsos. (s.f.). Obtenido de <http://www.herrera.unt.edu.ar/ft/material/apuntes/Modulaci%C3%B3n%20Digital%20-SS.pdf>
- [7] OCW. (2009). Obtenido de OCW: <http://ocw.uis.edu.co/ingenieria-electronica/comunicaciones/espectrod/MaterialEspectroDisperso.html/grafico/satelite.html>
- [8] Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF). (2008). Obtenido de Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF): http://sutel.go.cr/sites/default/files/normativas/plan_nacional_atribucion_frecuencias.pdf
- [9] PNAF. (s.f.). Obtenido de http://sutel.go.cr/sites/default/files/normativas/plan_nacional_atribucion_frecuencias.pdf
- [10] Presidente de la República, m. d. (s.f.). PNAF. Obtenido de PNAF: http://sutel.go.cr/sites/default/files/normativas/plan_nacional_atribucion_frecuencias.pdf
- [11] Rapalleni, J. A. (2009). tecnicas de espectro expandido. Obtenido de tecnicas de espectro expandido: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/stri/SS.pdf>
- [12] Torres, R. (1 de Noviembre de 2013). Prezi. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/mvwf05zavswv/fhss-puede-ser-clasificado-como/>
- [13] wikipedia enciclopedia libre. (s.f.). Obtenido de wikipedia enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_ensanchado_por_salto_de_frecuencia
- [14] <http://investigaciondsss.blogspot.com.co/>
- [15] Estándares IEEE <http://standards.ieee.org/db> + IEEE802.11 Wireless LAN Medium Access (MAC) and Physical Layer (PHY) + IEEE802.11b Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz Band

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____