

Radio Taller Fourier

Laboratorio 10

Modulación en Frecuencia (FM) - Recepción

1. Introducción

El laboratorio pasado trabajamos con la modulación de señales FM. En esta práctica implementaremos el receptor. Trataremos de verificar algunos fenómenos teóricos, para después poder recibir las radios comerciales disponibles localmente. Recordemos que la representación compleja bandabase de una señal FM se puede escribir de la forma:

$$x(t) = e^{j2\pi f_{\Delta} \int_0^t s(\tau) d\tau}, \quad (1)$$

donde en Uruguay (como en varias partes del mundo) las radios FM usan $f_{\Delta} = 75$ kHz. **En esta tarea se deberá entregar informe.**

2. Tareas

1. Diseñe e implemente en GNU Radio un sistema que a partir de las muestras $x(nT)$ recupere una buena aproximación de $s(nT)$ (donde $1/T$ es la tasa de muestreo). Para ello, primero pregúntese qué operación es necesaria realizar sobre $x(t)$ para recuperar $s(t)$ y cómo podría aproximarla a partir de muestras. Tenga especial cuidado con la fase del complejo, y recuerde que devuelve valores entre $-\pi$ y π .
2. Estime el máximo ancho de banda de la señal de entrada a su sistema para que éste obtenga una buena aproximación. Para ello, puede usar algún programa de cálculo (las PCs del laboratorio de Software cuentan con Octave).

Una vez implementado el receptor, simularemos en GNU Radio el par TX-RX para estudiar la incidencia de algunos problemas comunes.

3. Conecte una canción a la entrada de su modulador FM de la práctica pasada y verifique que su demodulador funciona como es de esperar (i.e. recibe la canción).
4. Ahora agregue algunas imperfecciones al canal (i.e. después de haber modulado la canción) que considere de interés (e.g. ruido, interferencia tipo tono y errores de sincronismo en fase y/o frecuencia) para verificar sus efectos sobre el audio demodulado.

5. En particular, en el punto anterior céntrese en el ruido. Verifique que en este caso la señal demodulada presenta también ruido de fondo, pero que a diferencia del original, no es uniforme en frecuencia. Para observar este fenómeno quizá sea necesario cambiar la señal modulada por una de frecuencia constante. Justifique matemáticamente lo que observa. Suponiendo que el ruido de fase es blanco, ¿porqué el demodulado tiene esa forma?
6. Busque información sobre filtros de pre-énfasis y de-énfasis, y justifique su uso a la luz de la observación anterior. Busque entre los bloques de GNU Radio, pues ya incluye estos filtros. Agréguelos a su par transmisor-receptor (en Uruguay, la constante τ es igual a $75 \mu s$).

Ahora es momento de verificar que su receptor funciona con señales reales.

7. Utilizando el dongle RTL-SDR verifique qué estaciones comerciales de FM puede recibir con potencia razonable.
8. Demodule alguna radio FM y vea cómo es el espectro de la señal resultante. Busque información en Internet e identifique las distintas componentes de este espectro. Escuche el audio L+R de una estación.
9. Escuche el audio L+R de dos estaciones a la misma vez.

3. Informe

Se deberá entregar informe (**máximo de 10 páginas**) con:

- Explicación teórica de su demodulador, incluyendo el análisis realizado en la parte 2.
- Estudio del impacto de las imperfecciones del canal sobre la señal FM demodulada, incluyendo discusión sobre filtros pre-énfasis y de-énfasis. Se deberá comparar la incidencia de esas mismas imperfecciones sobre AM.
- Espectro recibido con señales reales, y explicación del sistema de recepción del audio de una y dos estaciones.