

Radio Taller Fourier

Laboratorio 8

Hardware SDR: primeros pasos

En esta práctica comenzaremos a dar los primeros pasos en el uso de los equipos SDR. Durante la asignatura utilizaremos el modelo más barato, pero de todas formas muy útil y con una numerosa base de usuarios, denominado comúnmente RTL-SDR. En particular, el equipo que les será entregado este año es el RTL-SDR Blog R820T2 (<https://www.rtl-sdr.com/buy-rtl-sdr-dvb-t-dongles/>). Recuerden que el equipo queda bajo la responsabilidad del grupo en su totalidad, y en caso de pérdida o daño deberá ser repuesto.

1. Parte I

1. Busque información y responda: ¿Qué rangos de frecuencia portadora soporta? ¿Con señales de hasta qué ancho de banda se pueden trabajar con este equipo? ¿Porqué cree que sale tan barato? Puede comparar el equipo usado contra otros disponibles en el mercado en el siguiente artículo: <http://www.rtl-sdr.com/roundup-software-defined-radios/>.
2. En función de la respuesta anterior, ¿cuáles de estas señales podrá recibir con el RTL-SDR?
 - Una estación de Radio AM.
 - Una estación de Radio FM.
 - Un canal de Televisión analógica.
 - Un canal de Televisión digital.
 - Un control remoto de auto o portón.
 - Una transmisión de Wi-Fi.
 - La señal de una radiobase celular.
- Conecte el dongle e intente encontrar algunas de estas transmisiones usando el programa `Gqrx` (o `SDR#` en Windows).

En esta búsqueda quizá haya notado que distintos países pueden tener distintas asignaciones para cada servicio. Por ejemplo, un caso típico es el celular, donde suele suceder que el terminal que usamos en Uruguay no funciona en otros países, pues allí se utilizan otras bandas. Esta asignación, junto con toda la regulación referida al uso del espectro radioeléctrico, es realizada por autoridades gubernamentales, siendo el

caso más famoso la FCC de Estados Unidos (Federal Communications Commission). En Uruguay la autoridad en este tema es la URSEC (Unidad Reguladora de Servicios de Comunicaciones).

Aunque muchas veces la asignación tiene carácter confidencial (e.g. por temas de seguridad de estado) y no se puede decir exactamente para qué se utiliza cada banda, sí es práctica normal que estos entes reguladores presenten una cartilla donde se indica qué usos (en general) se hace de cada banda.

3. Busque y descargue la cartilla publicada por la FCC (denominada United States Frequency Allocations o US Frequency Allocation Chart). Obsérvela con detenimiento y reconozca la ubicación de los servicios de la parte 2.
4. Ahora busque la cartilla de URSEC (denominada Cuadro Atribución de Frecuencias). Búsquela en la web de URSEC, chóquese contra la realidad, y encuéntrela en el EVA del curso. Mírela con atención, compárela contra la de la FCC, y haga el mismo ejercicio de reconocer la ubicación de los servicios de la parte 2.

Esperemos que las partes anteriores hayan dejado claro que el espectro es un bien escaso, y por tanto caro. Es más, muchas veces no está claro qué servicios se ofrecen en cada banda de frecuencias, o la información se encuentra dispersa y desordenada.

Una buena fuente bibliográfica para el caso de Uruguay es la documentación del proyecto de fin de carrera de Ingeniería Eléctrica “Esopo”¹. Allí se describe el funcionamiento básico de la regulación del espectro radioeléctrico en Uruguay y se explican algunas particularidades, como la ausencia de la cartilla en la web de URSEC. Entre los resultados presentados, en esta ocasión son de particular interés las tablas 3.5 y 3.6.

5. Descargue la documentación del EVA del curso. Lea la sección 3.3.1 y preste especial atención a las tablas 3.5 y 3.6 y su significado.
6. Explore el espectro en las bandas identificadas por los estudiantes en la tabla 3.5 (además del `Gqrx`, puede ser útil el comando `osmocom_fft`, que levanta un flowgraph de GNU Radio ya listo para usar como analizador de espectro). Trate de localizar al menos una transmisión de cada tipo de servicio.
7. Trate de encontrar alguna transmisión en las zonas no identificadas por los estudiantes.

2. Parte II

En esta primera parte se tratarán de demodular señales similares a las del parcial, pero transmitidas por el aire. En particular, se modularán las siguientes señales

¹Patricia Hernández, Gonzalo Carro, “Espectro Radioeléctrico en Uruguay y Oportunidades para el Uso de Radio Cognitiva”, 2016

(centradas en 400.1 MHz, 400.2 MHz y 400.33 MHz respectivamente):

$$\begin{aligned}x(t) &= s_1(t) + js_2(t), \\y(t) &= 1 + s_3(t), \\z(t) &= 1.\end{aligned}$$

Las señales $s_1(t)$ y $s_3(t)$ envían el mismo mensaje: un número de teléfono **secreto**. En particular, $s_3(t)$ lo envía codificado en tonos y $s_1(t)$ en claro (una persona los lee en voz alta), y en todos los casos se cumple que $|s(t)| < 1$. Ahora bien, $s_2(t)$ enmascara este último mensaje, y es ruido.

8. ¿Cuál es el número secreto? Puede intentar dos caminos:

- a) Demodular $x(t)$ y recibir $s_1(t)$, por ejemplo utilizando los flowgraphs que utilizó para el parcial. ¿Porqué falla y durante el parcial funcionaba? ¿Qué cambió, en particular respecto a la frecuencia? Verifique esto tratando de demodular $z(t)$. ¿No puede usar este último a su favor?
- b) Recibir $s_3(t)$, utilizando el +1 a su favor para evitar los problemas que tuvo en la parte anterior. Por ejemplo, aunque el sincronismo en frecuencia falle, ¿es posible de todos modos recuperar $s_3(t)$? Como ayuda, plantee analíticamente como resulta la señal demodulada (incluyendo el error en frecuencia), y considere el módulo esta última. Como anécdota, ésta es la señal enviada en transmisiones de AM tradicionales.

Quizá el segundo camino resulte el más sencillo, pero para obtener el número deberá decodificar los tonos. En el segundo, aunque más complicado, puede obtener el mensaje en claro.