

FUSICO 2022 Laboratorio 2: detección y decodificación digital

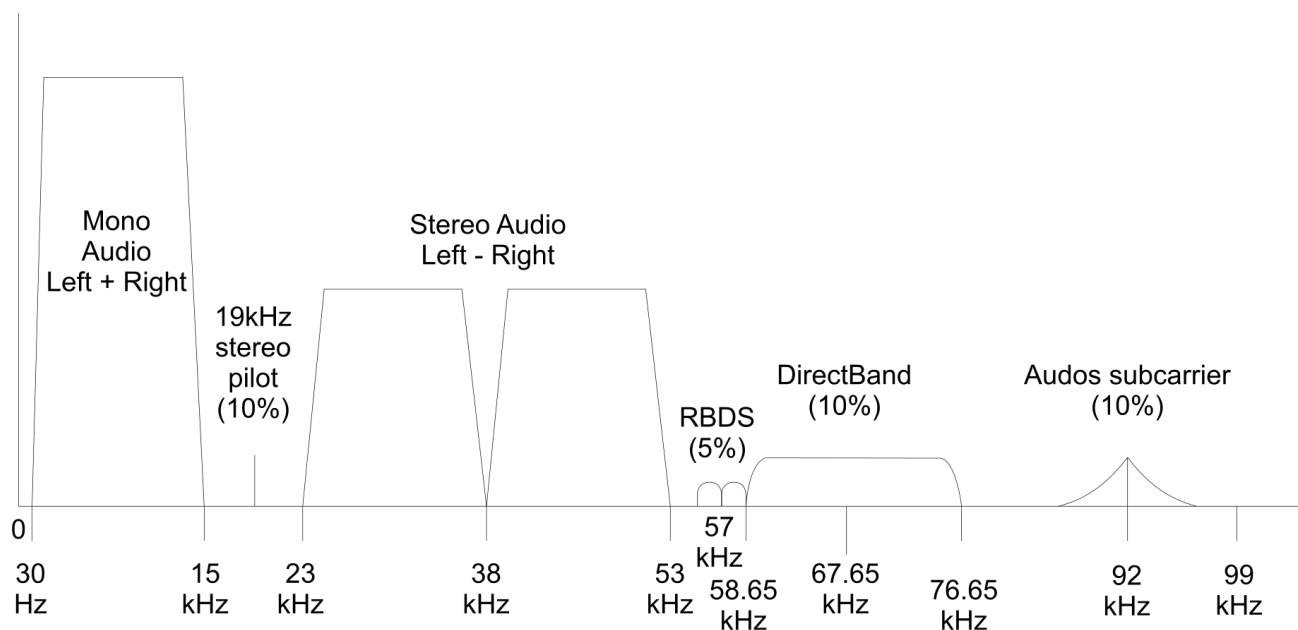
Introducción: Radio Data System (RDS)

El sistema de datos para radio (RDS) es un sistema estandarizado que permite la transmisión de información adicional, en forma digital, en transmisiones radiofónicas en la banda de FM. Entre otras cosas, las emisoras pueden transmitir: nombre de la emisora, nombre del programa/canción, reloj, información de tránsito (esta información es utilizada en receptores GPS para actualizar condiciones de tránsito en tiempo real sin contar con conexión a internet!), información de frecuencias alternativas para la misma emisora, alertas climáticas, etc.

El sistema está definido en la norma IEC 62106.

Modulación y multiplexación

La señal RDS se multiplexa en frecuencia de una señal digital x_{RDS} en adición a las señales monofónica y estereofónica de FM.



By Arthur Murray - http://en.wikipedia.org/wiki/File:RDS_vs_DirectBand_FM-spectrum2.png, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5594246>

Específicamente, la inserción se hace generando una señal de datos tipo PAM binaria:

$$x_{PAM}(t) = \sum_k a_k p(t - kD)$$

Donde los a_k son los símbolos a transmitir que pueden tomar valores -1 y 1 únicamente, $p(t)$ es la forma de los pulsos transmitidos, y D el tiempo entre pulsos. La forma $p(t)$ es similar a la

de la codificación de Manchester, pero con pulsos suavizados de forma de tener un ancho de banda finito en la transmisión.

La señal PAM descrita anteriormente se multiplexa en frecuencia con las componentes de audio de la señal FM utilizando una subportadora de $f_c = 57\text{kHz}$ (el tercer armónico de la señal piloto de 19kHz que se utiliza en la multiplexación de la señal estereofónica) y la tasa de bits (que coincide con la de pulsos por tratarse de una señal binaria) se elige como $r = D^{-1} = 1187.5\text{bps}$ de manera que hayan exactamente 48 períodos de la portadora en cada tiempo de bit. La señal transmitida puede escribirse entonces como:

$$x_{RDS}(t) = \cos(2\pi f_c t + \Phi) \sum_k a_k p(t - kD)$$

Señalización

En el estándar RDS, la codificación de símbolos es diferencial, de manera que el símbolo transmitido a_k es igual a a_{k-1} cuando el bit a transmitir es 0, y distinto cuando el bit es 1. De esta manera, el sistema es robusto ante inversiones de la señal, pues no interesa distinguir los valores 'positivos' de los 'negativos' si no simplemente los cambios de signo.

Corrección de errores

El flujo de datos utiliza un código de corrección de errores de redundancia cíclica (CRC) tipo (26,16), llamado CRC-16, de manera que cada 16 bits de datos se agregan 10 bits de redundancia (generando bloques de 26 bits). Los códigos tipo CRC se caracterizan por permitir la detección de múltiples errores en ráfaga (*burst*), muy comunes en sistemas de comunicación, pero **no están diseñados para maximizar la capacidad de corregir errores**. En el caso de RDS, el código utilizado permite **detectar** el 100% de las ocurrencias de hasta 5 errores consecutivos por bloque (y detectan secuencias más largas aún con buena probabilidad), y hasta dos errores cualesquiera por bloque. Aunque este código no aspira a corregir errores, puede corregir errores de hasta 1 bit por bloque.

Contenido y estructura de los datos

La transmisión de datos ocurre en grupos de 104 bits (4 bloques) cuya estructura varía levemente en función de la información que se esté transmitiendo. Para el caso de uso más común (transmisión de texto de radio), se transmiten . Por más detalle ver el estándar IEC 62106, sección 3.1.5.

Referencias

[Radio Data System - Wikipedia](#)
[Estándar RDS \(IEC 62106:1999\)](#)

Nota: la capa física del sistema se cubre en la sección 1 del documento anterior, la codificación para corrección de errores en la sección 2, y la estructura de datos en la sección 3.

Parte 1: caracterización de la señal RDS

1. Utilizando la información del standard RDS, hallar una expresión para la forma de los pulsos y el espectro de la señal RDS.
2. Mediante GNU radio y el dispositivo SDR, sintonizar una estación de radiodifusión FM, aislar y visualizar la señal RDS temporalmente, y en su espectro. Estime el ancho de banda de la señal y compare con lo esperado.
3. Traslade la señal RDS a bandabase (LP) mediante multiplicación por un coseno de frecuencia 57 kHz generado localmente. Visualice la señal resultante en una gráfica temporal. ¿Coincide con lo que espera?

Nota: se recomienda leer la sección 1 del estándar IEC 62106 en su totalidad antes de realizar estas parte.

Parte 2: diagrama de ojo y sincronismo

1. A partir del resultado de la parte anterior, realizar un diagrama de ojo de la señal RDS pasada a bandabase. Se recomienda remuestrear la señal a 19kHz, de manera de que cada símbolo tenga, nominalmente, 16 muestras de duración. Observe el diagrama resultante: ¿la amplitud de los pulsos se mantiene estacionaria?

La observación de la parte anterior se debe a un problema de sincronismo entre la subportadora utilizada por el transmisor y la utilizada en la demodulación de la señal RDS hacia bandabase. A efectos de estudiar y solucionar este problema, se utilizará un diagrama de constelación.

2. Repita la traslación de la parte 1.3, pero utilizando esta vez una exponencial compleja de frecuencia y fase inicial variables (deben ser modificable a través de la interfaz gráfica de GNU radio en tiempo real), en lugar del coseno de frecuencia fija utilizado anteriormente.
3. Muestree dicha señal a exactamente 1187.5bps, utilizando un delay variable que permita modificar en qué parte de los pulsos se tomarán las muestras. Visualice el resultado del muestreo mediante un diagrama de constelación. ¿Qué observa?
4. Ajuste la frecuencia y fase de la exponencial compleja hasta que el diagrama de constelación se alinee con el eje x. Cuando esto ocurre, la exponencial compleja ("el oscilador local") se encuentra sincronizado en frecuencia y fase con la subportadora correspondiente de la señal. Vuelva a visualizar el diagrama de ojo con estos ajustes. ¿Es de amplitud constante ahora?
5. (OPCIONAL) Diseñe un sistema que mantenga la sincronización sin requerir ajustes manuales. Sugerencia: la subportadora puede obtenerse de la señal FM mediante procesamiento apropiado.

Parte 3: detección

1. Detección sincrónica: realice un histograma de las muestras de la parte real de la señal bandabase equivalente para distintos valores de delay de muestreo (se provee bloque a estos efectos). ¿Cuál es el delay óptimo para muestreo? ¿Cómo fijaría el umbral en este caso? Guarde las muestras de la señal en un archivo `.wav` muestreado a 19kHz.

Al tratarse de un código diferencial, es posible intentar clasificar directamente las diferencias entre símbolos consecutivos en lugar de clasificar cada símbolo y calcular las diferencias después. Este método tiene ventajas y desventajas respecto del método anterior, que se explorarán brevemente en las siguientes partes.

2. Detección diferencial: calcule la señal diferencia entre un símbolo y el siguiente mediante la resta de la señal bandabase equivalente y la misma señal retrasada 16 muestras. ¿Qué representa esta señal? Tome la magnitud de la señal diferencia (como medida de la diferencia entre símbolos consecutivos) y utilícela para repetir la parte 3.1
3. Modifique el valor de frecuencia de la exponencial compleja utilizada para el pasaje a bandabase a un valor distinto pero cercano al que se utilizó anteriormente (p.ej. 57 kHz) y visualice los histogramas de la parte anterior. ¿Se ven afectados? ¿Y los histogramas del detector sincrónico?
4. (OPCIONAL) Implemente un filtro apareado previo al muestreo y repita la parte 1.

Parte 4: tasa de error y corrección de errores

Nota: se recomienda leer la sección 2 del estándar IEC 62106 en su totalidad antes de realizar esta parte.

TBD

- Abrir archivo(s)
- Ajuste el delay variable de muestreo para optimizar la distancia entre las muestras correspondientes a los dos valores posibles de a_k , muestree, clasifique.
- Calcule las diferencias entre símbolos para determinar los bits transmitidos.