

Equipos de Radio Definidos por Software

Especificaciones de Proyecto

2 de noviembre de 2017

Grupo de Aplicaciones del Procesado de Señales, ETSI Telecomunicación,
Universidad Politécnica de Madrid

1. Descripción del sistema básico

1.1. Parámetros

El sistema de comunicación se basa en transmisiones BFSK con los siguientes parámetros:

Velocidad $R_b = 564,48 \pm 2,5\%$ bps

Frecuencia del '1' $f_L = 3,951$ kHz

Frecuencia de '0' $f_H = 4,516$ kHz

Frecuencia de portadora $f_c = \frac{f_H + f_L}{2} = 4,234 \pm 0,175$ kHz

Separación de frecuencias $\Delta f = f_H - f_L = 564,48 \pm 7\%$ Hz

Duración del '1' 7 ciclos de f_L

Duración del '0' 8 ciclos de f_H

Cabe observar que tanto la duración del '1' como la del '0' son $T_b = 1/R_b = 1,77$ ms

1.2. Funcionamiento con valores nominales de los parámetros

Cuando las frecuencias del sistema están en sus valores nominales, se cumplen relaciones entre las mismas que justifican sus valores desde el punto de vista de las prestaciones de la transmisión.

Así ocurre que:

$$\Delta f = R_b$$

$$f_c = 7,5R_b$$

$$f_L = 7R_b$$

$$f_H = 8R_b$$

En estas condiciones, transmitir un símbolo implica enviar un pulso de duración T_b que contiene una senoide de la frecuencia adecuada a la transmisión de un '1' o '0' lógicos.

- El pulso asociado al '1' contiene 7 ciclos de senoide de frecuencia $7R_b$.
- El pulso asociado al '0' contiene 8 ciclos de senoide de frecuencia $8R_b$.

Además imponemos la condición de que, en las transiciones entre pulsos, la fase ha de ser continua.

Utilice $f_s = 56R_b$ como frecuencia de muestreo.

1.3. Sistema de expansión espectral

El sistema ha de utilizarse en un entorno de comunicaciones tácticas. Para ello la frecuencia de portadora se hace cambiar de forma pseudoaleatoria, pudiendo adoptar cualquiera de los valores siguientes:

$$f_c \in \{4,5R_b, 5,5R_b, 6,5R_b, 7,5R_b, 8,5R_b, 9,5R_b, 10,5R_b\}$$

que se mantiene durante un tiempo T_h que llamaremos *periodo de salto*.

Observe que dispone de 8 posiciones frecuenciales para transmitir los bits de información. En cada periodo de salto empleará dos posiciones contiguas. Observe igualmente que cada posición frecuencial es utilizada por dos valores contiguos de portadora y su significado como '1' o '0' depende de cuál es la portadora activa.

Como la secuencia de valores de portadora es pseudoaleatoria el transmisor comienza su actividad enviando un patrón de sincronismo conocido en el tque se transmite de forma secuencial en cada una de las 8 posiciones disponibles, con una secuencia preestablecida. Terminado el patrón comienza la transmisión con uno de los 7 valores posibles de portadora.

2. Escenarios de diseño

Comunicación monoportadora Suponga que no hay expansión espectral y ponga a punto el diseño de un transmisor nominal y un receptor para portadora fija. Considere como métodos de recepción posibles los que siguen:

- Filtros paso-banda sintonizados a las frecuencias de los bits con detección de energía.
- Demodulación de portadora y filtros paso-banda sintonizados a las frecuencias de los bits con detección de energía.
- PLLs para las frecuencias de los bits.

Comunicación de espectro ensanchado con receptor de banda estrecha Amplíe el transmisor y receptor del escenario anterior para incorporar la expansión espectral mediante saltos de portadora.

Suponga que el frontal de RF es de banda estrecha, por lo que sólo puede utilizar en el receptor el ancho de banda de una transmisión monoportadora. Esto le obliga a demodular la transmisión con el valor correcto de portadora en cada valor de ésta.

Comunicación de espectro ensanchado con receptor de banda ancha Suponga que el frontal de RF le permite ver la totalidad de la banda muestreada. Considere dos formas de recepción diferentes:

1. Cooperativa En este tipo su receptor es aquel al que la transmisión se destina. Aproveche la condición de banda ancha para perfeccionar el receptor de banda estrecha.
2. No cooperativa Adopte aquí la posición de quien quiere escuchar la transmisión sin estar autorizado. No dispone por tanto de información acerca del patrón de sincronismo, ni de la secuencia de valores de portadora.

3. Condiciones de transmisión

En el canal de transmisión aparecen los efectos siguientes:

- Retardo de propagación arbitrario.
- Ruido blanco y gaussiano.
- Dispersión de hasta $180\ \mu s$ de exceso de retardo.
- Presencia de perturbación intencionada con ruido de ancho de banda R_b y potencia igual a la de la señal.

Además el sistema debe tolerar:

- Distorsión no lineal en el transmisor.
- Diferencias entre las frecuencias de bit de transmisor y receptor de acuerdo con las tolerancias.
- Diferencias entre las frecuencias de portadora de transmisor y receptor de acuerdo con las tolerancias.

4. Objetivos

1. En las condiciones especificadas su sistema debe tolerar la mayor cantidad de ruido posible. Utilice como referencia la tasa de error de BFSK para un receptor óptimo coherente o no.

2. La degradación debida a no cumplir con los valores nominales, pero dentro de tolerancias, debe ser mínima.
3. Debe diseñar la secuencia pseudoaleatoria de valores de portadora.
4. El periodo de salto (dado en múltiplos o submúltiplos de T_b) debe ser lo más pequeño que permita su receptor. Esta es una medida de la calidad de su diseño, puesto que aumenta la robustez del sistema a perturbaciones intencionadas.

Los objetivos alcanzados deben verificarse mediante simulación para obtener las tasas de error.

5. Verificación

Una vez terminado el diseño y evaluación de su sistema:

1. Se le entregará una secuencia de bits para que genere la forma de onda de transmisión asociada a ella.
2. A dicha forma de onda se aplicarán las condiciones de transmisión que se han especificado, por parte del profesorado. Éste le devolverá un archivo con la forma de onda que ha de transmitirse.
3. La transmisión se realizará mediante conexión de audio entre dos ordenadores.
4. La forma de onda recibida será tratada por el receptor de otro equipo, que deberá recuperar la secuencia original de bits.
5. Su receptor deberá tratar la forma de onda transmitida por otro equipo.

La asignación de receptores a transmisores será aleatoria entre los equipos de trabajo.