

EL4005 Principios de Comunicaciones

Clase No.5: AM Convencional



Patricio Parada

Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Chile

25 de Agosto de 2010

Contenidos de la Clase (1)

DSB AM Convencional

Resumen y Lecturas

Motivación (1)

- En DSB-SC, el receptor debe generar sincronismo en frecuencia y fase para correcta recepción.
- Tal Rx puede ser muy caro y complejo de realizar.
- Una alternativa que simplifica la estructura del receptor es enviar directamente la señal portadora, junto con el mensaje modulado.
- Esto da origen a AM Convencional.

DSB AM Convencional (1)

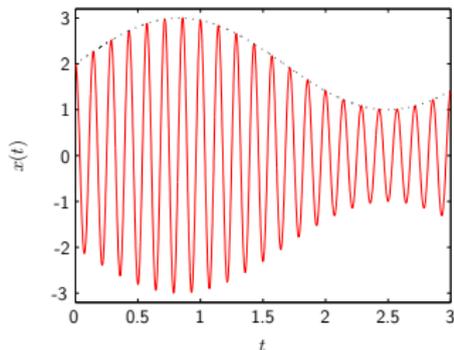
- Una señal DSB AM convencional es de la forma:

$$u(t) = A_c [1 + m(t)] \cos(2\pi f_c t)$$

donde la señal mensaje $m(\cdot)$ es restringida a satisfacer la condición $|m(t)| \leq 1$ para todo t (en la práctica, $m(\cdot)$ es escalada en magnitud de tal forma de satisfacer esta restricción).

DSB AM Convencional (2)

- Notar que $A_c m(t) \cos(2\pi f_c t)$ es una señal DSB AM, mientras que $A_c \cos(2\pi f_c t)$ es la componente portadora.



DSB AM Convencional (3)

- La presencia de la portadora en la señal modulada $u(\cdot)$ resultará en una estructura simple para el demodulador.
- Transmisión AM comercial generalmente emplea esta técnica.
- Notar que como $|m(\cdot)| \leq 1$, la amplitud

$$A_c[1 + m(\cdot)] \geq 0. \quad (1)$$

- Ésta es la propiedad que hace la demodulación de este tipo de señales simple.

DSB AM Convencional (4)

- Por otro lado, si $m(t) < -1$ para algún t , la demodulación respectiva se hace más compleja, y la señal AM se dice entonces **sobremodulada**.
- La condición $|m(\cdot)| \leq 1$ se logra en la práctica escalando apropiadamente en amplitud.

DSB AM Convencional (5)

- Es conveniente escribir:

$$m(t) = am_n(t),$$

con $m_n(\cdot)$ normalizado de tal forma que su valor mínimo sea -1 .

- Ej.:

$$m_n(t) = \frac{m(t)}{\max |m(t)|}.$$

DSB AM Convencional (6)

- El factor de escala a es llamado índice de modulación; generalmente una constante < 1 .
- Dado que $|m_n(\cdot)| \leq 1$ y $0 < a < 1$, tenemos $1 + am_n(t) > 0 \forall t$, y la señal modulada:

$$u(t) = A_c [1 + am_n(t)] \cos(2\pi f_c t)$$

no resulta sobremodulada.

Espectro de la Señal DSB AM Convencional (1)

- Con $M_n(f) = \mathcal{F}[m_n(t)]$, el espectro $U(f) = \mathcal{F}[u(t)]$ de la señal modulada $u(\cdot)$ es:

$$U(f) = \mathcal{F} [A_c a m_n(t) \cos(2\pi f_c t)] + \mathcal{F} [A_c \cos(2\pi f_c t)] ,$$

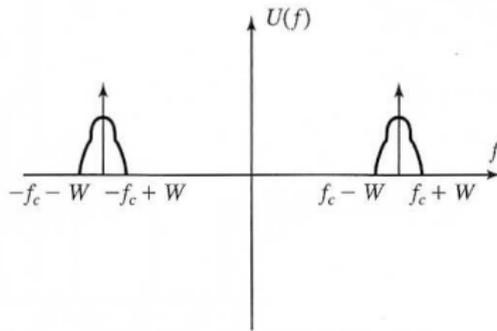
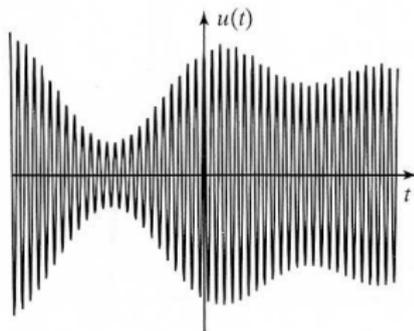
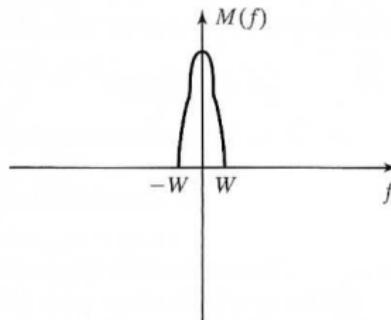
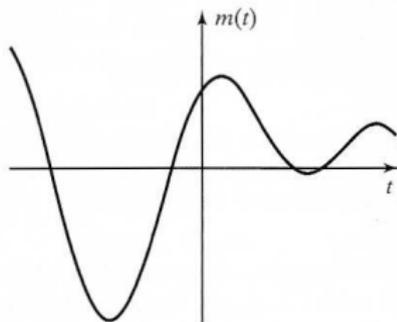
esto es:

$$U(f) = \frac{A_c a}{2} [M_n(f - f_c) + M_n(f + f_c)] \\ + \frac{A_c}{2} [\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)] .$$

Espectro de la Señal DSB AM Convencional (2)

- Como antes, el espectro de la señal modulada ocupa el doble de ancho de banda que el del mensaje.

Espectro de la Señal DSB AM Convencional (3)



Potencia de la Señal DSB AM Convencional (1)

- La señal DSB AM Convencional es similar al caso DSB-SC AM con $m(\cdot)$ substituído por $1 + am_n(\cdot)$. En este último caso teníamos:

$$P_u = \frac{A_c^2}{2} P_m$$

con P_u y P_m el contenido de potencia de la señal modulada y el mensaje, respectivamente.

Potencia de la Señal DSB AM Convencional (2)

- Para la señal DSB AM Convencional tenemos:

$$\begin{aligned} P_m &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} [1 + am_n(t)]^2 dt \\ &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} [1 + a^2 m_n^2(t)] dt, \end{aligned}$$

bajo la hipótesis de media nula para $m_n(\cdot)$ (válido para la mayoría de las señales de interés).

Potencia de la Señal DSB AM Convencional (3)

- Entonces:

$$P_m = 1 + a^2 P_{m_n},$$

con P_{m_n} el contenido de potencia en $m_n(\cdot)$, y por lo tanto finalmente obtenemos:

$$P_u = \frac{A_c^2}{2} + \frac{A_c^2}{2} a^2 P_{m_n}.$$

Potencia de la Señal DSB AM Convencional (4)

- La primera componente de la expresión anterior refleja la presencia de la portadora en la señal modulada y no representa contenido de potencia relativo a “información” (mensaje), mientras que la segunda representa el contenido de potencia relativo al transporte de información.

Potencia de la Señal DSB AM Convencional (5)

- Usualmente la segunda componente es mucho más pequeña que la primera

$$a < 1, |m(\cdot)| < 1 \quad (2)$$

y, para señales de rango dinámico amplio, y

$$P_{m_n} \ll 1, \quad (3)$$

reflejando que este tipo de modulación es menos eficiente, en términos de potencia, que DSB-CS AM.

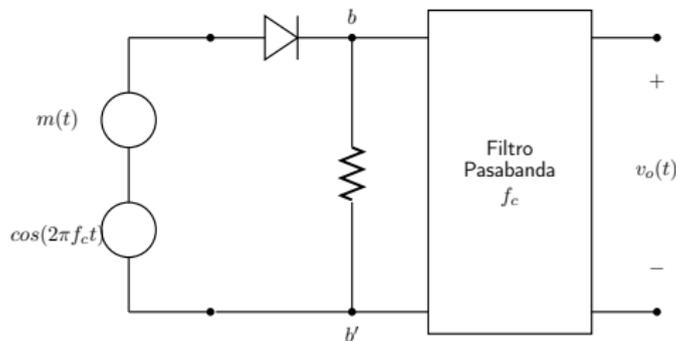
Potencia de la Señal DSB AM Convencional (6)

- La ventaja de este tipo de modulación proviene, como mencionamos, de la simplicidad de su demodulación asociada.
- La eficiencia de la transmisión es definida como

$$\eta = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia total}} = \frac{P_{m_n}}{1 + a^2 P_{m_n}}. \quad (4)$$

Generación de Señales AM (1)

- Puede utilizarse la misma estructura de los moduladores con portadora suprimida, excepto que no es necesario que sean balanceados.



Generación de Señales AM (2)

- Si $A_c \gg m(t)$ la acción conmutadora del diodo es controlada por el voltaje $A_c \cos(2\pi f_c t)$.
- El diodo se abre y cierra periódicamente con período $T = 1/f_c$, de forma tal que

$$v_{bb'}(t) = [A_c \cos(2\pi f_c t) + m(t)]w(t) \quad (5)$$

$$= [A_c \cos(2\pi f_c t) + m(t)] \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \left(\cos(2\pi f_c t) + \dots \right) \right] \quad (6)$$

$$= \frac{A_c}{2} \cos(2\pi f_c t) + \frac{2}{\pi} m(t) \cos(2\pi f_c t) + \text{otros términos.} \quad (7)$$

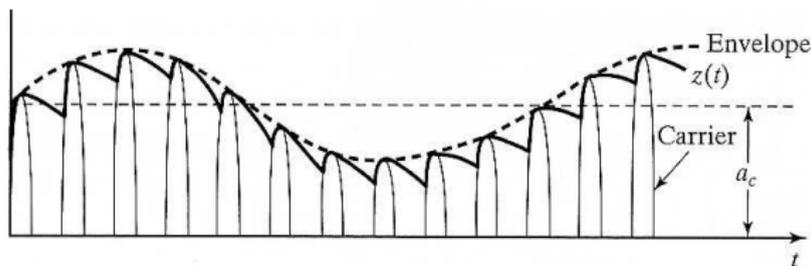
Generación de Señales AM (3)

- El filtro pasabanda elimina todas las armónicas, de modo que la señal que sobrevive es

$$v_o(t) = \frac{A_c}{2} \cos(2\pi f_c t) + \frac{2}{\pi} m(t) \cos(2\pi f_c t). \quad (8)$$

Demodulación de Señales DSB AM Convencional (1)

- Característica importante: No hay necesidad de demodulación síncrona.
- En efecto, como el mensaje satisface $|m(\cdot)| < 1$, tenemos que la *envolvente* $1 + m(\cdot) > 0$.
- Por lo tanto, la *rectificación* de la señal recibida no afecta la señal de mensaje.



Demodulación de Señales DSB AM Convencional (2)

- La señal de mensaje es entonces recuperada pasando la señal rectificadora a través de un filtro pasabajos cuyo ancho de banda coincide con el del mensaje.
- La combinación del rectificador y el filtro pasabajos es llamado *detector de envolvente*.

Demodulación de Señales DSB AM Convencional (3)

- Idealmente, la salida de dicho detector, $d(\cdot)$, es de la forma:

$$d(t) = g_1 + g_2m(t)$$

con g_1 y g_2 representando una componente continua y un factor de ganancia de la señal demodulada, respectivamente.

- La componente continua puede ser eliminada pasando $d(\cdot)$ a través de un transformador, cuya salida es entonces:

$$g_2m(\cdot).$$

Ventajas de DSB AM Convencional (1)

- Como mencionamos, la simplicidad en la demodulación de señales DSB AM Convencional las han convertido en la alternativa práctica para la transmisión de radio AM comercial.
- En efecto, como existen literalmente billones de receptores de radio, una implementación de bajo costo para la demodulación se vuelve extremadamente importante.

Ventajas de DSB AM Convencional (2)

- Como el número de transmisores es mínimo respecto al de receptores radiales, la desventaja relativa a la ineficiencia en términos de potencia de este tipo de modulación queda así justificada.
- Es efectivo entonces, en términos de costo, el construir transmisores potentes y sacrificar eficiencia, para simplificar la demodulación respectiva en los billones de receptores.

Resumen

- Estudiamos principios de AM convencional
- Definimos índice de modulación y eficiencia de la transmisión.
- Circuito para generar AM convencional.

Lecturas

- Salehi & Proakis, *Communication Systems Engineering*, Capítulo 3, secciones 3.2.2.