

EL4005 Principios de Comunicaciones

Clase No.3: Modelos de Canales y Modulación de Amplitud I



Patricio Parada

Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Chile

18 de Agosto de 2010

Contenidos de la Clase (1)

Modelos Matemáticos de Canales de Comunicación

Introducción a la Modulación Analógica

Modulación de Amplitud (AM)

- Introducción a AM

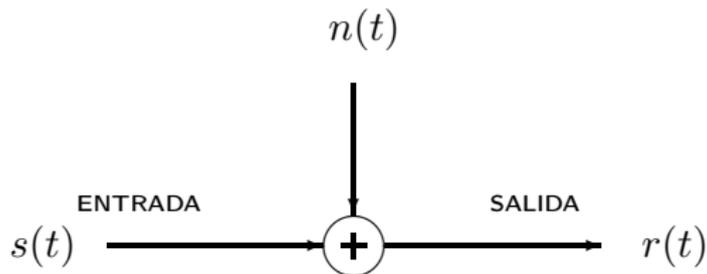
- DSB-SC AM

Resumen y Lecturas

Necesidad e Importancia de Modelos

- Modelos resumen las características más sobresalientes e importantes de un medio de transmisión.
- Facilitan el diseño de codificadores de canal y moduladores en el extremo Tx, así como también el de demoduladores y decodificadores de canal en el extremo Rx.
- En general, permiten un mejor diseño, análisis y evaluación de sistemas de comunicación.

Canal de Ruido Aditivo (1)



donde

- $s(t)$: forma de onda de la entrada (potencia limitada por P).
- $r(t)$: forma de onda de la salida

Canal de Ruido Aditivo (2)

- $n(t)$: forma de onda de ruido (potencia N_0 , independiente de X).
son procesos estocásticos.

$$r(t) = s(t) + n(t), \quad t > t_0. \quad (1)$$

- Generalmente, el ruido es de tipo térmico, generado a la entrada del Rx. Este tipo de ruido es caracterizado estadísticamente como un proceso de ruido blanco Gaussiano.

Canal de Ruido Aditivo (3)

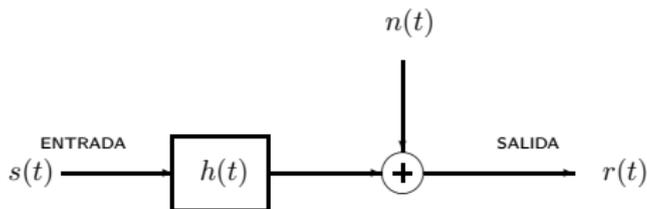
- Si $Z(t)$ es Gaussiano y blanco (espectro constante), el canal recibe el nombre de **canal de ruido blanco aditivo Gaussiano (AWGN)**.
- Este es un buen modelo para canales de ancho de banda ilimitado (deep-space communication channel).
- Incorporación de atenuación:

$$r(t) = as(t) + n(t).$$

El Canal de Filtro Lineal (1)

- Filtrado es usado comúnmente para garantizar que la señal Tx no exceda cierto rango de frecuencias (de tal manera de no interferir con otras).
- Se da en forma natural en canales cableados on inalámbricos con línea de visión.

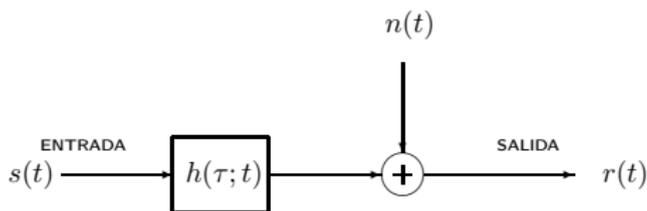
El Canal de Filtro Lineal (2)



- Salida del canal:

$$\begin{aligned} r(t) &= s(t) * h(t) + n(t) \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau) s(t - \tau) d\tau + n(t). \end{aligned}$$

El Canal de Filtro Lineal Variante en el Tiempo (1)



- Salida del canal:

$$r(t) = s(t) * h(\tau, t) + n(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau, t) s(t - \tau) d\tau + n(t).$$

El Canal de Filtro Lineal Variante en el Tiempo (2)

- Ej.: Sistemas celulares móviles:

$$h(\tau, t) = \sum_{k=1}^L a_k(t) \delta(\tau - \tau_k)$$

con L = cifra de dispersión, $\{a_k(\cdot)\}$ = factores de atenuación y $\{\tau_k\}$ = retardos.

- Salida:

$$r(t) = \sum_{k=1}^L a_k(t) s(t - \tau_k) + n(t).$$

Capítulo 2: Transmisión y Recepción Analógica

Modulación Analógica (1)

- Sea $m(\cdot)$ una señal analógica que representa el mensaje que deseamos transmitir.
- Consideraremos que es una señal pasabajos con ancho de banda W , i.e.,

$$M(f) = \mathcal{F}[m(t)] \equiv 0 \text{ si } |f| > W. \quad (2)$$

Modulación Analógica (2)

- Su contenido de potencia es:

$$P_m = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} |m(t)|^2 dt.$$

Modulación Analógica (3)

- La Tx de la señal $m(\cdot)$ a través del canal de comunicación se logra vía su “impresión” en una señal *portadora* de la forma:

$$c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \phi_c)$$

con A_c la *amplitud de portadora*, f_c la *frecuencia de portadora* y ϕ_c la *fase de portadora*.

- **Modulación** es un proceso que desplaza el rango de frecuencias de una señal.

Modulación Analógica (4)

- Consideraremos dos rangos de frecuencias en esta aplicación:
 - **Banda Base:** es el rango de frecuencias de la señal original entregado por la fuente.
Ejemplos:
 - Telefonía: 0 a 3,5 kHz.
 - Video (TV Analógica): 0 a 4,3 MHz.
 - Datos (PCM) a R_b bits por segundo, utiliza la banda 0 a R_b Hz.
 - La banda base se transmite directamente al medio, sin modulación.

Modulación Analógica (5)

- Sin embargo, consideraciones de potencia la hacen útil sólo en guías de onda (cables) y no en medios radiados (por problemas de atenuación).
- **Banda Portadora** o **Pasabanda**: corresponde al rango de frecuencias de la señal modulada, es decir, aquella cuyo rango de frecuencias ha sido desplazado en torno a la frecuencia de una señal especial llamada **portadora**.
- La modulación de la portadora $c(\cdot)$ por la señal mensaje $m(\cdot)$ se realiza para lograr uno o más de los siguientes objetivos:

Modulación Analógica (6)

1. Mover las frecuencias de la señal pasabajos de tal forma que el espectro de frecuencia pasabanda resultante coincida con las características del canal de comunicación.
2. Simplificar la estructura del Tx mediante el empleo de altas frecuencias (permitiendo, por ejemplo, el uso de antenas más pequeñas).
3. Acomodar transmisiones simultáneas (*multiplexión en frecuencia*).
4. Expandir el ancho de banda de la señal transmitida a modo de hacerla más inmune al ruido y la interferencia sobre un canal ruidoso.

Modulación Analógica (7)

- Decimos que la señal *mensaje* $m(\cdot)$ *modula* la señal *portadora* $c(\cdot)$ en *amplitud*, *frecuencia* o *fase* si después de la modulación la amplitud, frecuencia o fase, respectivamente, de la señal modulada resultante se vuelven funciones del mensaje $m(\cdot)$.

Introducción a AM (1)

- En la **modulación de amplitud** (AM), el mensaje $m(\cdot)$ modifica la amplitud de la señal portadora

$$c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t). \quad (3)$$

- Lo anterior resulta en una señal sinusoidal cuya amplitud es una función del mensaje $m(\cdot)$.
- Existen varios modos de realizar lo anterior, cada uno resultando en distintas características espectrales de la señal Tx:

Introducción a AM (2)

1. *AM de Banda Lateral Doble con Portadora Suprimida (Double-sideband, Suppressed-carrier AM: DSB-SC AM).*
2. *AM de Banda Lateral Doble Convencional (Conventional Double-sideband AM: Conventional DSB AM).*
3. *AM de Banda Lateral Simple (Single-sideband AM: SSB AM).*
4. *AM de Banda Lateral Vestigial (Vestigial-sideband AM: VSB AM).*

DSB-SC AM (1)

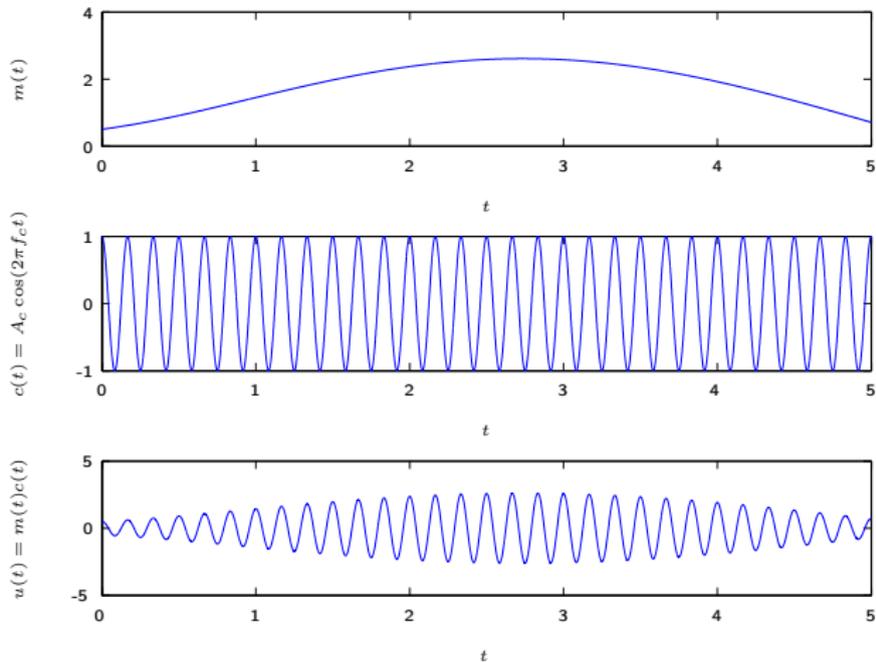
- La señal DSB-SC AM se obtiene multiplicando la señal de mensaje $m(\cdot)$ con la señal portadora $c(\cdot) = A_c \cos(2\pi f_c \cdot)$.
- Así, la señal modulada en amplitud es de la forma:

$$\begin{aligned}u(t) &= m(t)c(t) \\ &= A_c m(t) \cos(2\pi f_c t).\end{aligned}$$

DSB-SC AM (2)

- Notar que la señal $m(\cdot)$, que varía relativamente “lento” en el tiempo, es transformada en la señal modulada $u(\cdot)$ que varía rápidamente en el tiempo.
- Así, la señal modulada $u(\cdot)$ contiene más altas frecuencias que la señal inicial $m(\cdot)$.
- Al mismo tiempo, la señal modulada $u(\cdot)$ preserva las características principales de $m(\cdot)$, por lo que puede ser usada, como veremos, para recuperar $m(\cdot)$.

DSB-SC AM (3)



Resumen

- Tres modelos de canal de comunicación, válidos en una variedad de aplicaciones:
 - con ruido blanco aditivo Gaussiano (AWGN).
 - con memoria y ruido blanco aditivo Gaussiano.
 - con memoria dependiente del tiempo y ruido blanco aditivo Gaussiano.
- Nociones de modulación, banda base y portadora.
- DSB-SC AM.

Lecturas

- Salehi & Proakis, *Communication Systems Engineering*, Capítulo 3, secciones 3.1 a 3.2.1.