

Teoría de las telecomunicaciones



Instituto Tecnológico Superior de Acayucan
SCY-0434
Ing. Carlos Daniel Olvera Aguirre

Teoría de las telecomunicaciones

UNIDAD I INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES

1.1 LAS TELECOMUNICACIONES Y SU IMPORTANCIA EN LA VIDA MODERNA.

Las telecomunicaciones son ya indispensables y un elemento fundamental en la comunicación y para las funciones básicas de la vida moderna, ya que son de suma importancia en la vida de las personas, "sin telecomunicaciones, se reduce considerablemente el acceso a las necesidades básicas".

Es por ello que a nadie escapa la importancia de las telecomunicaciones en la vida moderna. Las recientes modalidades de comercio electrónico, Internet y todas las comúnmente denominadas tecnologías han multiplicado exponencialmente los requerimientos en el área de las telecomunicaciones.

Antes de empezar a examinar los aspectos técnicos en detalle, es importante dedicar algún tiempo a entender por qué la gente está interesada en las redes de computadoras y para qué puede usarlas.

Redes para compañías

Muchas organizaciones tienen una cantidad importante de computadoras en operación, con frecuencia alejadas entre sí. En términos generales, la cuestión aquí es compartir los recursos y la meta es hacer que todos los programas, el equipo y especialmente los datos estén disponibles para cualquiera en la red, sin importar la localización física de los recursos y de los usuarios.

Una segunda meta es lograr una alta confiabilidad al contar con fuentes alternativas de suministro. Por ejemplo, todos los archivos podrían replicarse en dos o tres máquinas; así, si una de ellas no está disponible (debido a una falla en el hardware), podrán usarse las otras copias.

Teoría de las telecomunicaciones

Otra meta es ahorrar dinero. Las computadoras pequeñas tienen una relación precio/rendimiento mucho mejor que las grandes. Las mainframes (computadoras del tamaño de un cuarto) son aproximadamente 10 veces más rápidas que las computadoras personales, pero cuestan mil veces más. Este desequilibrio ha ocasionado que muchos diseñadores construyan sistemas compuestos por computadoras personales, una por usuario, con los datos guardados en una o más máquinas servidoras de archivos compartidas. En este modelo, los usuarios se denominan clientes, y el arreglo completo se llama cliente-servidor. En el modelo clienteservidor, la comunicación generalmente adopta la forma de un mensaje de solicitud del cliente al servidor pidiendo que se efectúe algún trabajo. A continuación, el servidor hace el trabajo y devuelve la respuesta. Por lo regular, muchos clientes utilizan un número pequeño de servidores.

Otra meta al establecer redes es la escalabilidad: la capacidad para incrementar el rendimiento del sistema gradualmente cuando la carga de trabajo crece, añadiendo solamente más procesadores.

Un objetivo más del establecimiento de una red de computadoras tiene poco que ver con la tecnología. Una red de computadoras puede proporcionar un potente medio de comunicación entre empleados que están muy distantes. Al usar una red, es fácil para dos o más personas que viven lejos escribir un informe juntas. A largo plazo, el uso de redes para mejorar la comunicación entre las personas probablemente resultará más importante que las metas técnicas tales como la mejora de la confiabilidad.

Redes para la gente

Todas las motivaciones arriba citadas para construir redes de computadoras son de naturaleza esencialmente económica y tecnológica. Al iniciar la década de

Teoría de las telecomunicaciones

1990, las redes de computadoras comenzaron a prestar servicios a particulares en su hogar. Estos servicios y la motivación para usarlos son muy diferentes del modelo de eficiencia corporativa descritos anteriormente. A continuación esbozaremos tres de los más estimulantes aspectos de esta evolución:

1. Acceso a información remota.
2. Comunicación de persona a persona.
3. Entretenimiento interactivo.

El acceso a la información remota vendrá en muchas formas. Un área en la cual ya está sucediendo es el acceso a las instituciones financieras. Mucha gente paga sus facturas, administra sus cuentas bancarias y maneja sus inversiones en forma electrónica. Las compras desde el hogar se están haciendo populares, con la facilidad de inspeccionar los catálogos en línea de miles de compañías. Los periódicos se publicarán en línea y serán personalizados al igual que la biblioteca digital en línea.

Otra aplicación en esta categoría es el acceso a sistemas de información como la actual red mundial (World Wide Web), la cual contiene información sobre arte, negocios, cocina, gobierno, salud, historia, aficiones, recreación, ciencia, deportes, viajes y muchos otros temas, demasiado numerosos para mencionarlos aquí.

Todas las aplicaciones antes mencionadas implican la interacción entre una persona y una base remota. La segunda categoría extensa de redes que se usará implica la interacción persona a persona. Millones de personas utilizan ya el correo electrónico o email y pronto contendrá en forma rutinaria audio y video además de texto. El correo electrónico de tiempo real permitirá a los usuarios remotos comunicarse sin retraso, posiblemente viéndose y escuchándose. Esta tecnología hace posible realizar reuniones virtuales, llamadas videoconferencias, entre gente muy alejada.

Teoría de las telecomunicaciones

La tercera categoría es el entretenimiento, que es una industria enorme y en crecimiento. La aplicación irresistible aquí (y que puede impulsar a todas las demás) es el vídeo por solicitud o talvez la petición de juegos.

En pocas palabras, la capacidad para combinar información, comunicación y entretenimiento seguramente hará surgir una nueva y enorme industria basada en las redes de computadoras.

Consideraciones sociales

La introducción ampliamente difundida de redes significará nuevos problemas sociales, éticos y políticos. Solo mencionaremos en forma breve algunos de ellos. Una característica popular de muchas redes son los grupos de noticias o quioscos de anuncios en los que la gente puede intercambiar mensajes con individuos de gustos parecidos. Mientras los temas estén restringidos a asuntos técnicos o aficiones como la jardinería, no se presentarán muchos problemas.

El problema surge cuando los grupos de noticias tratan temas que la gente en verdad le importan, como la política, la religión o el sexo. Las opiniones expresadas en tales grupos pueden ser profundamente ofensivas para algunas personas. Además, los mensajes no necesariamente están limitados al texto. Fotografías a color de alta definición e incluso pequeños videoclips pueden transmitirse ahora con facilidad por las redes de computadoras.

Otra área divertida es el conflicto entre los derechos de los empleados y los derechos de los patrones. Muchas personas leen y escriben correo electrónico en su trabajo. Algunos patrones han reclamado el derecho de leer y posiblemente censurar los mensajes de los empleados, incluidos los mensajes enviados desde una terminal casera después de horas de trabajo. Las redes de computadoras ofrecen la posibilidad de enviar mensajes anónimos. En algunas situaciones, esta capacidad puede ser deseable.

Teoría de las telecomunicaciones

En pocas palabras, las redes de computadoras, igual que la imprenta hace 500 años, permiten a los ciudadanos comunes distribuir sus puntos de vista en diferentes formas y a diferentes públicos que antes estaban fuera de su alcance. Esta nueva libertad trae consigo muchos problemas sociales, políticos y morales aún no resueltos.

1.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Comenzaremos nuestro estudio con un modelo sencillo de sistema de comunicación mostrado en la Fig. 1.1 en la que se propone un diagrama de bloques.

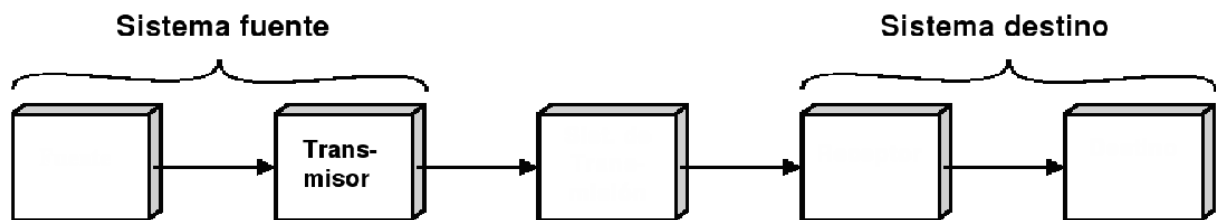


Diagrama general a bloques

Fig. 1.1 Elementos de un sistema de comunicación.

El objetivo principal de todo sistema de comunicación es intercambiar información entre dos entidades. La Fig. 1.2 muestra un ejemplo particular de comunicación entre una estación de trabajo y un servidor a través de una red telefónica pública. Otro posible ejemplo consiste en el intercambio de señales de voz entre dos teléfonos a través de la misma red anterior. Los elementos claves de este modelo son:

- Fuente (Remitente) ("Source"). Este dispositivo genera los datos a transmitir: por ejemplo teléfonos o computadores personales.

Teoría de las telecomunicaciones

Transmisor. Transforma y codifica la información, generando señales electromagnéticas susceptibles de ser transmitidas a través de algún sistema de transmisión. Por ejemplo, un modem convierte las cadenas de bits generadas por un computador personal y las transforma en señales analógicas que pueden ser transmitidas a través de la red telefónica.

Sistema de transmisión. Puede ser desde una sencilla línea de transmisión hasta una compleja red que conecte a la fuente con el destino.

Receptor. Acepta la señal proveniente del sistema de transmisión y la transforma de tal manera que pueda ser manejada por el dispositivo destino. Por ejemplo, un modem captara la señal analógica de la red o línea de transmisión y la convertirá en una cadena de bits.

Destino (Destinatario) ("Destination"). Toma los datos del receptor.

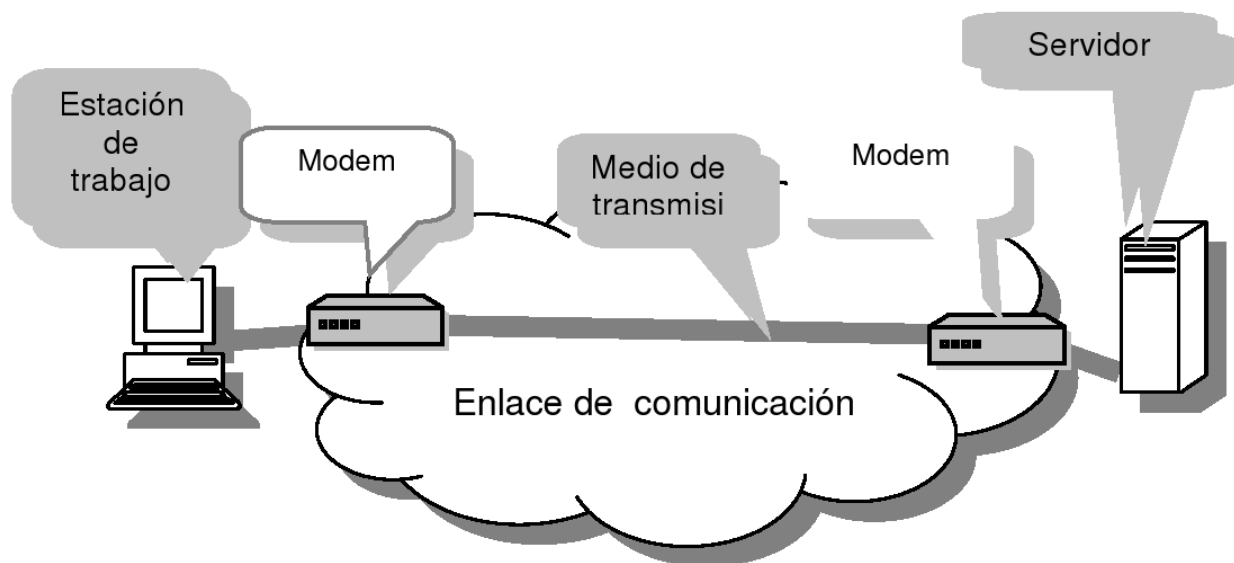


Fig. 1.2 Ejemplo de un enlace de comunicación.

Aunque el modelo presentado puede parecer sencillo, en realidad implica una gran complejidad. Para hacerse una idea de la magnitud de ella a continuación una breve explicación de algunas de las tareas claves que se deben realizar en un sistema de comunicaciones.

Teoría de las telecomunicaciones

- Utilización del sistema de transmisión. Se refiere a la necesidad de hacer un uso eficaz de los recursos utilizados en la transmisión, los cuales típicamente se suelen compartir entre una serie de dispositivos de comunicación.

Implemento de la interfaz. Para que un dispositivo pueda transmitir tendrá que hacerlo a través de la interfaz con el medio de transmisión. Generación de la señal. Esta se necesitará una vez que la interfaz está establecida, Las características de la señal, tales como, la forma y la intensidad, deben ser tales que permitan:

- 1) ser propagadas a través del medio de transmisión.
- 2) ser interpretada en el receptor como datos.

Sincronización. Las señales se deben generar no sólo considerando que deben cumplir los requisitos del sistema de transmisión y del receptor, sino que deben permitir alguna forma de sincronizar el receptor y el emisor. El receptor debe ser capaz de determinar cuándo comienza y cuándo acaba la señal recibida. Igualmente, deberá conocer la duración de cada elemento de señal.

Gestión del intercambio. Esto es que si se necesita intercambiar datos durante un periodo de tiempo, las dos partes (emisor y receptor) deben cooperar. En los dispositivos para el procesamiento de datos, se necesitaran ciertas convenciones además del simple hecho de establecer la conexión. Se deberá establecer si ambos dispositivos pueden transmitir simultáneamente o si deben hacerlos por turnos, se deberá decidir la cantidad y el formato de los datos que se transmiten cada vez, y se debe especificar que hacer en caso de que se den ciertas contingencias.

Detección y corrección de errores. Se necesita en circunstancian donde no se pueden tolerar errores es decir, cuando la señal transmitida se distorsiona de alguna manera antes de alcanzar su destino.

Teoría de las telecomunicaciones

Control de flujo. Se utiliza para evitar que la fuente no sature al destino transmitiendo datos más rápidamente de lo que el receptor pueda procesar o absorber.

Direccionamiento y encaminamiento. Se utiliza cuando cierto recurso se comparte por más de dos dispositivos, el sistema fuente deberá de alguna manera indicar a dicho recurso compartido la identidad del destino. El sistema de transmisión deberá garantizar que ese destino, y sólo ése, reciba los datos.

Recuperación. Se utiliza cuando en una transacción de una base de datos o la transferencia de un fichero, se ve interrumpida por algun fallo, el objetivo será pues, o bien ser capaz de continuar transmitiendo desde donde se produjo la interrupción, o al menos recuperar el estado donde se encontraban los sistemas involucrados antes de comenzar el intercambio.

Formato de mensajes. Esta relacionado con el acuerdo de que debe existir entre las dos partes respecto al formato de los datos intercambiados, como por ejemplo el código binario usado para representar los caracteres.

Seguridad. El emisor debe asegurarse de que sólo el destino deseado reciba los datos. Igualmente, el receptor querrá estar seguro de que los datos recibidos no se han alterado en la transmisión y que dichos datos realmente provienen del supuesto emisor.

Gestión de red. Se necesita para que configure el sistema, monitorice su estado, reaccione ante fallos y sobrecargas, y planifique con aciertos los crecimientos futuros.

A veces no es practico que dos dispositivos de comunicaciones se conecten directamente mediante un enlace punto a punto, debido a que los dispositivos

Teoría de las telecomunicaciones

pueden estar separados por miles de kilómetros o bien que haya un conjunto de dispositivos que necesitan conectarse entre ellos en instantes de tiempo diferentes; la solución a este problema es conectar cada dispositivo a una red de comunicación como se muestra en la Fig. 1.3. Este concepto sugiere dos grandes categorías en las que se clasifican tradicionalmente las redes: redes de área amplia (WAN) y redes de área local (LAN).

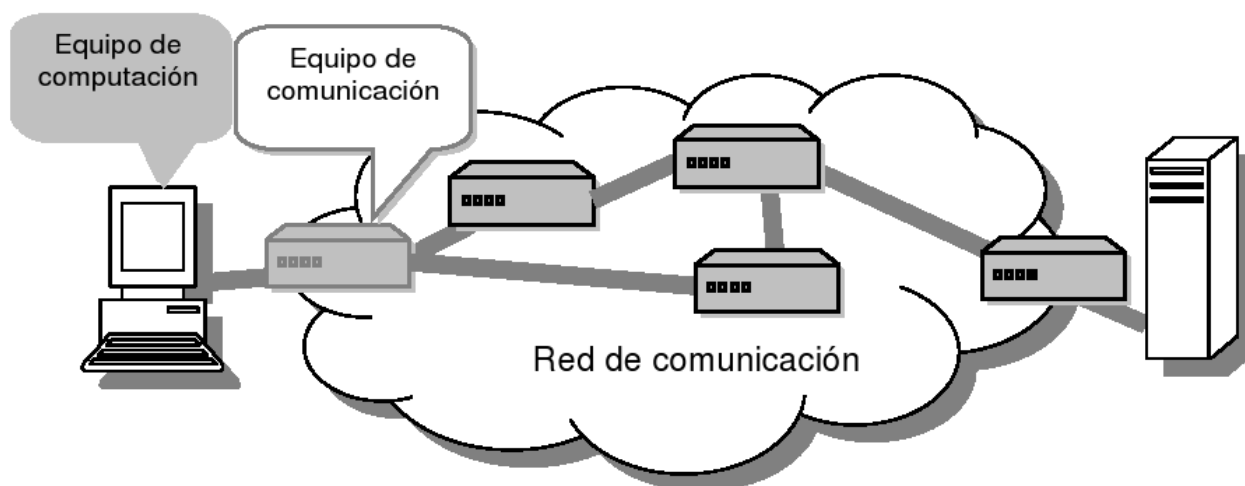


Fig. 1.3 Ejemplo de una red de comunicación

Red de Área Amplia ("Wide Area Network", WAN).

Generalmente se considera como redes de área amplia a todas aquellas que cubren una extensa área geográfica, requieren atravesar rutas de acceso público, y utilizan parcialmente circuitos proporcionados por una entidad proveedora de servicios de telecomunicación. Típicamente una WAN consiste en una serie de dispositivos de comunicación interconectados. La transmisión generada en cualquier dispositivo se encaminará a través de estos nodos internos hasta alcanzar el destino. Tradicionalmente, las WAN se han implementado las tecnologías de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. Aunque últimamente, se está empleando como solución la técnica de retransmisión de tramas (frame relay), así como las redes ATM.

Teoría de las telecomunicaciones

Red de Área Local (“Local Area Network”, LAN)

Al igual que las WAN, una red de área local es una red de comunicaciones que interconecta varios dispositivos y proporciona un medio para el intercambio entre ellos. No obstante, hay algunas diferencias entre las LAN y las WAN que se enumeran a continuación:

1. La cobertura de una LAN es pequeña, típicamente un edificio o como mucho un conjunto de edificios próximos.
2. Es común que la LAN sea propiedad de la misma entidad que es propietaria de los dispositivos conectados a la red. En WAN, esto no es tan corriente, o al menos una fracción significativa de recursos de la red son ajenos (alquiler de líneas). La responsabilidad de la gestión de la red local recae solamente en el usuario.
3. Las velocidades de transmisión internas en una LAN son mucho mayores.

Tradicionalmente las LAN se utiliza la difusión en lugar de utilizar técnicas de conmutación, no hay nodos intermedios. En cada estación hay un transmisor/receptor que se comunica con las otras estaciones a través de un medio compartido y debido a este medio compartido, una y sólo una estación en cada instante de tiempo podrá transmitir el paquete. Más recientemente, la conmutación también se está utilizando en LAN, fundamentalmente en LAN tipo ethernet. Otros dos ejemplos de especial relevancia son las LAN ATM en las que se usa una red ATM como una red de área local, así como los canales de Fibra.

En el estudio de las comunicaciones entre computadores y las redes de computadores, son especialmente relevantes los dos conceptos siguientes: los protocolos y las arquitecturas para comunicaciones entre computadores.

Para la comunicación entre dos entidades situadas en sistemas diferentes es

Teoría de las telecomunicaciones

necesario la definición y utilización de un protocolo. Ejemplo de entidades son: los programas de aplicación de los usuarios, las utilidades para la transferencia de ficheros, los sistemas de gestión de base de datos, así como los gestores de correo electrónico y terminales. Ejemplos de sistemas son: los computadores, los terminales y los sensores remotos. Para que dos entidades se comuniquen con éxito, se requiere que hablen el mismo idioma. Qué se comunica, cómo se comunica y cuándo se comunica debe seguir una serie de convenciones mutuamente aceptadas por las entidades involucradas. Este conjunto de convenios se denominan protocolos, que se pueden definir como el conjunto de reglas que gobiernan el intercambio de datos entre dos entidades. Los puntos laves que definen a un protocolo son:

- La sintaxis: incluye aspectos tales como el formato de los datos y los niveles de señal.
- La semántica: incluye información de control para la coordinación y el manejo de errores.
- La temporización: incluye la sintonización de velocidades y secuenciación.

En vez de disponer de un solo modulo que realice todas las tareas involucradas en la comunicación, se considera una estructura consistente en un conjunto de módulos que realizarán todas la funciones. Esta estructura se denomina arquitectura se protocolos.

Hay dos arquitecturas que han sido determinantes y básicas en el desarrollo de los estándares de comunicación: el conjunto de protocolos TCP/IP y el modelo de referencia OSI. TCP/IP es la arquitectura más adoptada para la interconexión de sistemas, mientras que el OSI se ha convertido en el modelo estándar para clasificar las funciones de comunicación.

1.3 UNIDADES Y MEDIDAS

Para evitar confusiones, vale la pena indicar de manera explícita que en esta

Teoría de las telecomunicaciones

materia, como en las ciencias de la computación en general, se utilizan unidades métricas en lugar de las unidades inglesas tradicionales. En la tabla 1.1 se muestran los principales prefijos del sistema métrico. Por lo general, los prefijos se abrevian mediante sus primeras letras, con las unidades mayores que uno en mayúsculas (KB, MB, etc.). Una excepción (por razones históricas) es kbps, de kilobits por segundo. Por lo tanto, una línea de comunicación de 1 Mbps transmite 10^6 bits por segundo y un reloj de 100 pseg (o 100 ps) marca cada 10^{-10} segundos. Dado que tanto mili como micra empiezan con la letra “m”, se tiene que hacer una distinción. Por lo general, “m” es para mili y μ (la letra griega mu) es para micra.

También vale la pena señalar que para medir el tamaño de la memoria, de disco, de archivo y de bases de datos, en la práctica común de la industria de la computación las unidades tienen equivalencias ligeramente distintas. En ésta, kilo equivale a 2^{10} (1024) en vez de (1000) porque (el tamaño de) las memorias siempre son potencia de dos. De esta forma, 1 KB de memoria son 1024 bytes, no 1000 bytes. De manera similar, 1 MB de memoria son 2^{20} (1,048,576) bytes, 1 GB de memoria son 2^{30} (1,073,741,824) bytes, y 1 TB de base de datos son 2^{40} (1,099,511,627,776) bytes.

No obstante, una línea de comunicación de 1 kbps transmite 1000 bits por segundo y una LAN de 10 Mbps corre a 10,000,000 de bits por segundo debido a que estas velocidades no son potencias de dos. Desgraciadamente, mucha gente mezcla estos dos sistemas, en particular en lo referente a los tamaños de disco. Para evitar la ambigüedad, utilizaremos los símbolos KB, MB y GB para 2^{10} , 2^{20} y 2^{30} bytes, respectivamente, y los símbolos kbps, Mbps y Gbps para 10^3 , 10^6 y 10^9 bits por segundo, respectivamente.

Teoría de las telecomunicaciones

Exp. Explícito	Prefijo	Exp.	Explícito Prefijo
10^{-3} 0.001	mili	10^3	1000 Kilo
10^{-6} 0.000001	micra	10^6	1,000,000 Mega
10^{-9} 0.000000001	nano	10^9	1,000,000,000 Giga
10^{-12} 0.000000000001	pico	10^{12}	1,000,000,000,000 Tera
10^{-15} 0.000000000000001	femto	10^{15}	1,000,000,000,000,000 Peta
10^{-18} 0.000000000000000001	atto	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000 Exa
10^{-21} 0.000000000000000000001	zepto	10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000 Zata
10^{-24} 0.000000000000000000000001	yocto	10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000 Yotta

Tabla 1.1. Los principales prefijos métricos.

1.4 LAS SEÑALES Y SUS CLASIFICACIONES

La transmisión de datos entre un emisor y un receptor se realiza a través de un medio de transmisión los cuales pueden ser guiados (pares trenzados, cables coaxiales y fibras ópticas) donde las ondas se transmiten confinándolas a lo largo del camino físico, y no guiados (propagación a través del aire, el mar o el vacío) proporcionan una forma de transmitir las ondas electromagnéticas sin confinarlas. En el momento que se genera una señal que se envía a través del medio, la señal, que es una función del tiempo, se puede expresar también en función de la frecuencia.

1.4.1 Señales periódicas y aperiódicas

El tipo de señales más sencillas que se pueden considerar son las señales periódicas que se caracterizan por contener un patrón que se repite a lo largo del tiempo en la Fig. 1.4 se muestra un ejemplo de señal periódica continua (onda sinusoidal) y un ejemplo de la señal periódica digital (una onda cuadrada). Matemáticamente, una señal $s(t)$ se dice periódica si y solamente si

$$S(t + T) = s(t)$$

donde la constante T es el periodo de la señal (T debe ser el menor valor que

Teoría de las telecomunicaciones

verifique la ecuación). En cualquier otro caso la señal es no periódica (no se repiten a lo largo del tiempo).

La onda seno es la señal continua fundamental por excelencia. Cualquier onda seno se representa mediante tres parámetros: la amplitud (A), la frecuencia (f) y la fase (ϕ). La amplitud de pico es el valor máximo (o energía) de la señal en el tiempo; normalmente este valor se mide en voltios. La frecuencia es la razón (en ciclos por segundo o Hertzios) a la que la señal se repite. Un parámetro equivalente es el periodo (T), definido como la cantidad de tiempo transcurrido entre dos repeticiones consecutivas de la señal; por tanto $T = 1/f$. La fase es una medida de la posición relativa de la señal dentro de un periodo de la misma (radianes o grados).

La expresión general de una onda sinusoidal es:

$$S(t) = A \text{ Sen } (2\pi ft + \phi)$$

Para una señal, se define como longitud de onda (λ) como la distancia que ocupa un ciclo, en otras palabras, la distancia entre dos puntos de igual fase en dos ciclos consecutivos. Supóngase que la señal se propaga a una velocidad v . En ese caso, la longitud de onda se puede relacionar con el periodo de la señal a través de la siguiente expresión: $\lambda = vT$. O equivalente a $\lambda f = v$. Es frecuente el caso en que $v=c$; es decir, cuando la velocidad de propagación en el medio es igual a la de la luz en el espacio libre, que como es sabido es:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \text{ (velocidad de la luz en el vacío)}$$

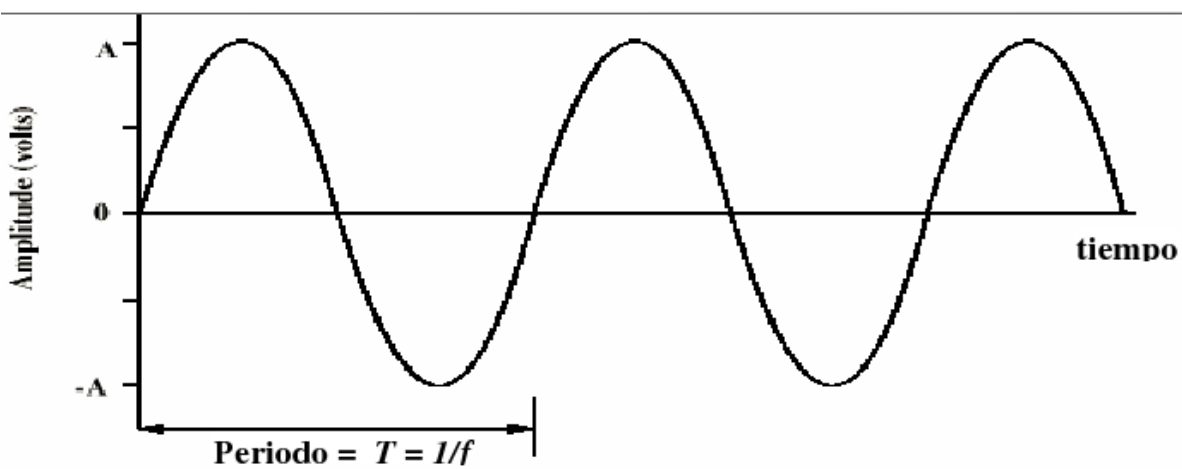
1.4.2 Señales determinísticas y aleatorias

Señal determinística: Hay certeza con respecto al valor de la señal en cualquier instante de tiempo. Cada valor está fijo y puede ser determinado por una

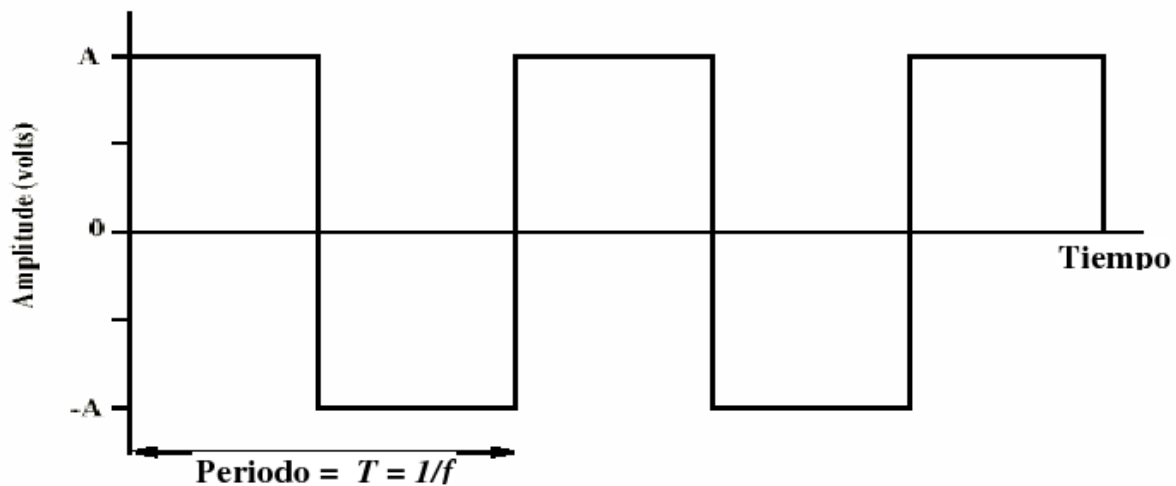
Teoría de las telecomunicaciones

expresión matemática, regla, o tabla. Los valores futuros de esta señal pueden ser calculados usando sus valores anteriores teniendo una confianza completa en los resultados.

Señal aleatoria: Existe incertidumbre sobre el valor que tomará la señal (previo a su ocurrencia). Tiene mucha fluctuación respecto a su comportamiento. Los valores futuros de una señal aleatoria no se pueden predecir con exactitud, solo se pueden basar en los promedios de conjuntos de señales con características similares.



a) Onda Sinusoidal



b) Onda cuadrada

Fig. 1.4 Señales periódicas

Teoría de las telecomunicaciones

1.4.3 Señales de Energía y de Potencia

Señal de energía: es una señal de energía si y solo si tiene una energía (E) positiva y finita todo el tiempo, es decir, las señales limitadas en tiempo, tienen energía de duración finita y potencia promedio de cero son Señales de Energía. Señal que tiene energía (E) finita positiva: $0 \leq E < \infty$

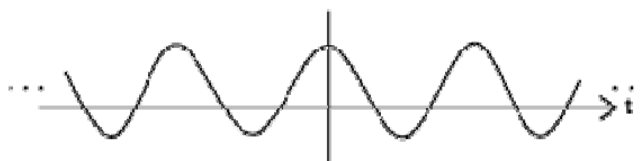
$$E = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\int_{-T}^T |x(t)|^2 dt \right] = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt$$



Fig. 1.5 La energía de esta señal es la región sombreada.

Señal de potencia: es una señal de potencia si y solo si tiene una potencia positiva y finita todo el tiempo, es decir, las señales periódicas, que existen para todos los valores de tiempo, tienen energía infinita, pero en muchos casos tienen una Potencia Promedio finita, lo que las convierte en Señales de Potencia. Señal que tiene potencia (P) finita positiva: $0 \leq P < \infty$

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{2T} \int_{-T}^T |x(t)|^2 dt \right]$$



Teoría de las telecomunicaciones

Fig. 1.6 Ejemplo de una señal simple, común con energía infinita.

Para saber si la señal es de energía o es de potencia debemos tomar en cuenta lo siguiente:

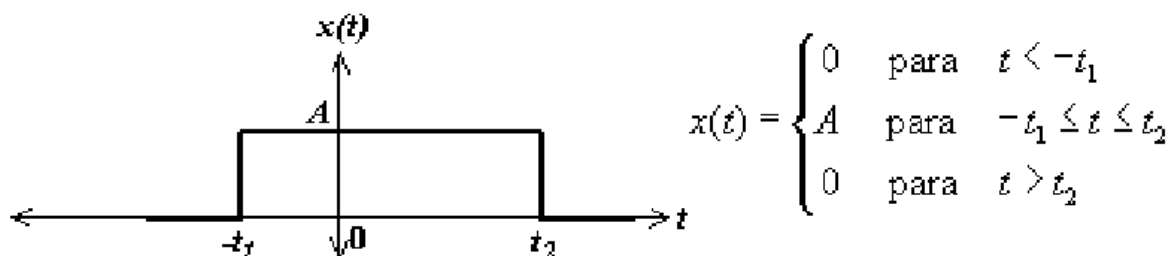
Regla general: las señales periódicas y aleatorias son de potencia las señales determinísticas y aperiódicas son de energía.

En la práctica: Aplique las definiciones anteriores a la señal bajo estudio, si la señal es periódica, entonces no es de energía, puede ser de potencia o ninguna de las dos. Si la señal es aperiódica, pruebe primero si es de energía, si no lo es, pruebe si es de potencia.

Existen señales que no son de energía ni de potencia ya que para ellas $P = \infty$.

Ejemplo 1.1

Determine si $x(t)$ es señal de energía o de potencia

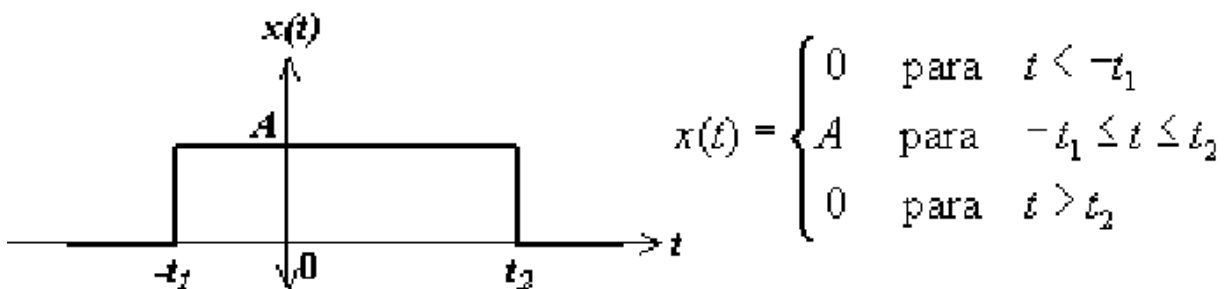


Solución: Suponga que es señal de energía, verifíquelo...

Teoría de las telecomunicaciones

$$E = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\int_{-T}^T |x(t)|^2 dt \right] = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = \int_{t_1}^{t_2} |A|^2 dt = A^2 [t_2 - (-t_1)] = A^2 (t_2 + t_1)$$

Entonces, es señal de energía (Señal no periódica). ¿Y si supone que es señal de potencia?



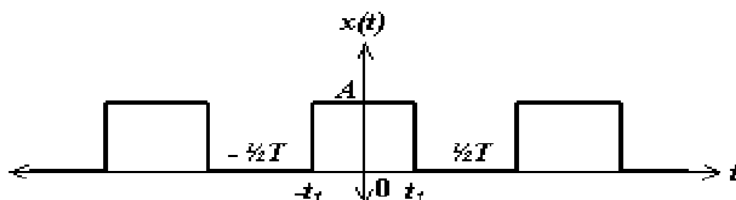
Verifiquemos...

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{2T} \int_{-T}^T |x(t)|^2 dt \right] = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{2T} \int_{-t_1}^{t_2} |A|^2 dt \right] = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{A^2}{2T} (t_2 + t_1) \right] = 0$$

Entonces, NO es señal de potencia.

Ejemplo 1.2

Determine si $x(t)$ es señal de energía o de potencia.

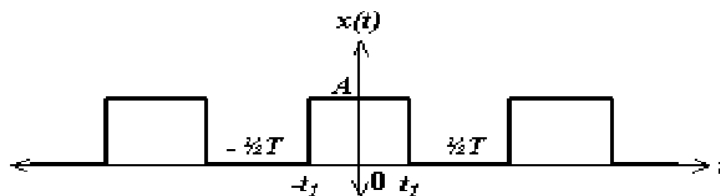


Teoría de las telecomunicaciones

Solución: Suponga que es señal de potencia, verifíquelo...

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{2T} \int_{-T}^T |x(t)|^2 dt \right] = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{2T} \int_{-t_1}^{t_1} |A|^2 dt \right] = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{A^2}{2T} (2t_1) \right] = \frac{A^2 t_1}{T}$$

Entonces, es señal de potencia (Señal periódica). ¿Y si supone que es señal de energía?



Verifiquemos...

$$E = \lim_{T \rightarrow \infty} \left[\int_{-T}^T |x(t)|^2 dt \right] = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = \infty$$

Entonces, NO es señal de energía.

1.4.4 Señales analógicas y digitales.

Los términos de analógico y digital corresponden, en términos generales a continuo y discreto, respectivamente. Estos dos términos se aplican con frecuencia en las comunicaciones de datos a: Datos, Señalización y Transmisión.

Se define dato como cualquier entidad capaz de transportar información. Las señales son representadas eléctricas o electromagnéticas de los datos. La señalización es el hecho de la propagación física de la señales a través de un medio adecuado. Por último, se define transmisión como la comunicación de datos mediante la propagación y el procesamiento de señales

Teoría de las telecomunicaciones

Los datos analógicos pueden tomar valores en algún intervalo continuo; por ejemplo, el video y la voz son valores de intensidad que varían continuamente. Los datos digitales toman valores discretos, como, por ejemplo, los textos o los números enteros.

Una señal analógica es una onda electromagnética que varía continuamente y que, según sea su espectro, puede propagarse a través de una serie de medios; por ejemplo, a través de un medio conductor como un par trenzado, un cable coaxial, un cable de fibra óptica, o a través de la atmósfera o el espacio.

Una señal digital es una secuencia de pulsos de tensión que se pueden transmitir a través de un medio conductor; por ejemplo, un nivel de tensión positiva constante puede representar un 1 binario y un nivel de tensión negativa constante puede representar un 0.

Tanto las señales analógicas como digitales se pueden transmitir a través de un medio de transmisión adecuado. La transmisión analógica es una forma de transmitir las señales analógicas independientemente de su contenido; las señales pueden representar datos analógicos o datos digitales. En cualquier caso la señal analógica se va debilitando (atenuándose) con la distancia.

La transmisión digital, por el contra, es dependiente del contenido de la señal. Una señal digital sólo se puede transmitir a una distancia limitada, ya que la atenuación y otros aspectos negativos pueden afectar a la integridad de los datos transmitidos. Para conseguir distancias mayores se usan repetidores. Un repetidor recibe la señal digital, regenera el patrón de ceros y unos y los transmite. De esta manera se evita la atenuación.

Teoría de las telecomunicaciones

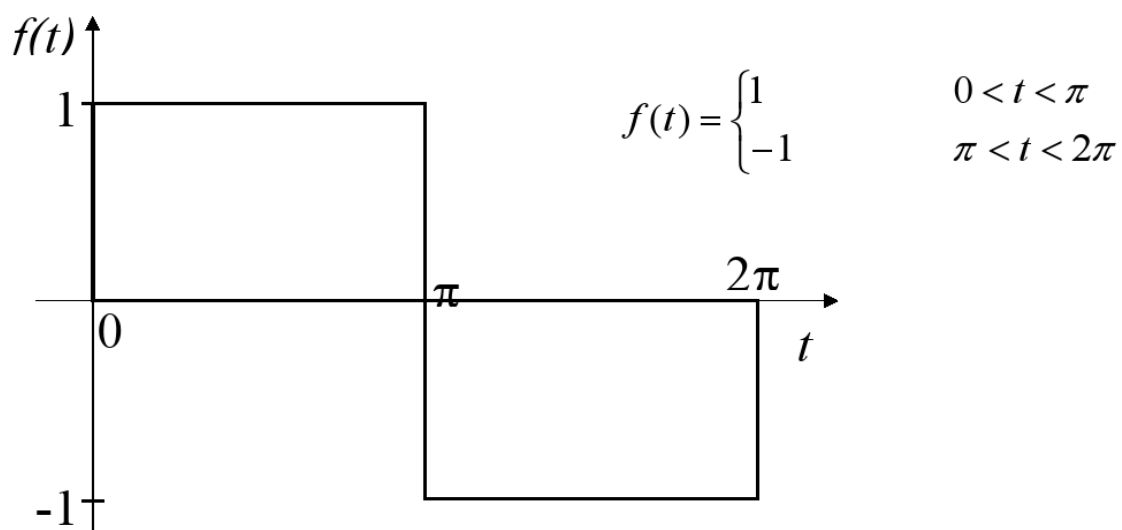
1.5 EL ANÁLISIS DE FOURIER: UNA HERRAMIENTA MATEMÁTICA PARA EL ESTUDIO DE LAS SEÑALES.

A principios del siglo XIX, el matemático francés Jean-Baptiste Fourier demostró que sumando una cantidad (posiblemente infinita) de senos y cosenos se puede construir cualquier función periódica de comportamiento razonable, $g(t)$, con periodo T :

$$g(t) = \frac{1}{2}C + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \text{sen}(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \text{cos}(2\pi nft)$$

Donde $f=1/T$ es la frecuencia fundamental y a_n y b_n son las amplitudes de seno y coseno del n ésimo (término) armónico. Tal descomposición se llama serie de Fourier.

Cada valor de n ($n=1,2,3\dots$) es un armónico, la frecuencia f es la fundamental con $n=1, n=2,3 \dots$ siempre es múltiplo de la frecuencia fundamental. Cuanto mayor sea n , la señal estará más cercana a la señal original La señal digital



Teoría de las telecomunicaciones

tras el análisis de Fourier se representa como

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \left(\text{sen}t + \frac{1}{3} \text{sen}3t + \frac{1}{5} \text{sen}5t + \frac{1}{7} \text{sen}7t + \dots + \frac{1}{n} \text{sen}nt \right)$$

En la práctica, la señal electromagnética puede estar compuesta de muchas frecuencias, por ejemplo, en la Fig. 1.7c se muestra la siguiente señal

$$s(t) = (4/\pi) \times (\text{sen}(2\pi ft) + (1/3) \text{sen}(2\pi(3f)t))$$

en este ejemplo la señal está compuesta por dos términos correspondientes a las frecuencias f y $3f$; dichas componentes se muestran en las partes (a) y (b) de la mencionada figura. Hay varias consideraciones que se pueden hacer a la vista de estas figuras:

- La frecuencia de la segunda es un múltiplo entero de la primera. Cuando todas las componentes de una señal tienen frecuencias múltiplo de una dada, ésta se denomina frecuencia fundamental.
- El periodo de la señal suma de componentes es el periodo correspondiente a la frecuencia fundamental. El periodo de la componente $(2\pi ft)$ es $T = 1/f$, y el periodo de $s(t)$ es también T , como se puede observar en la figura 1.7c.

Teoría de las telecomunicaciones

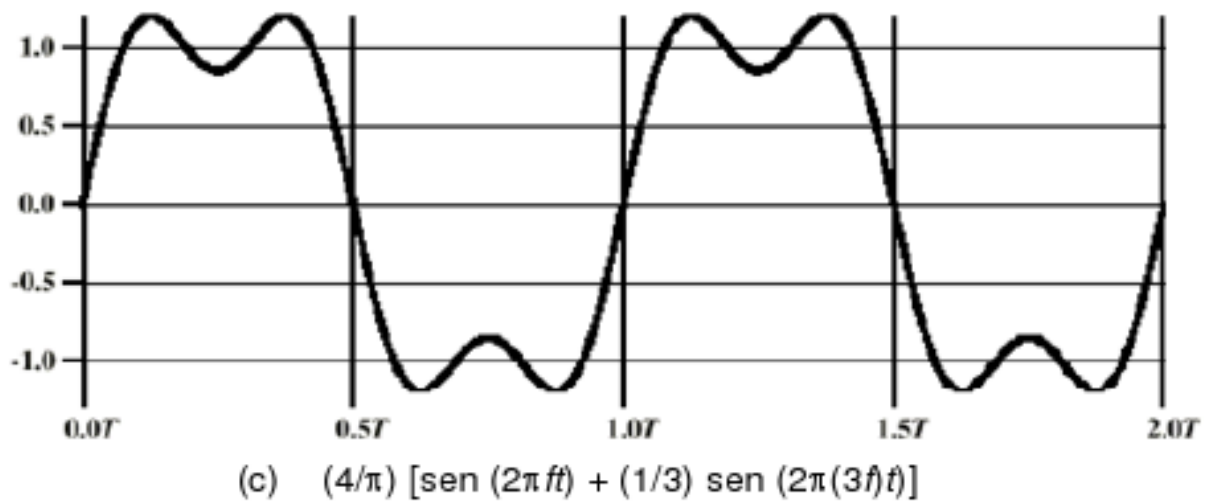
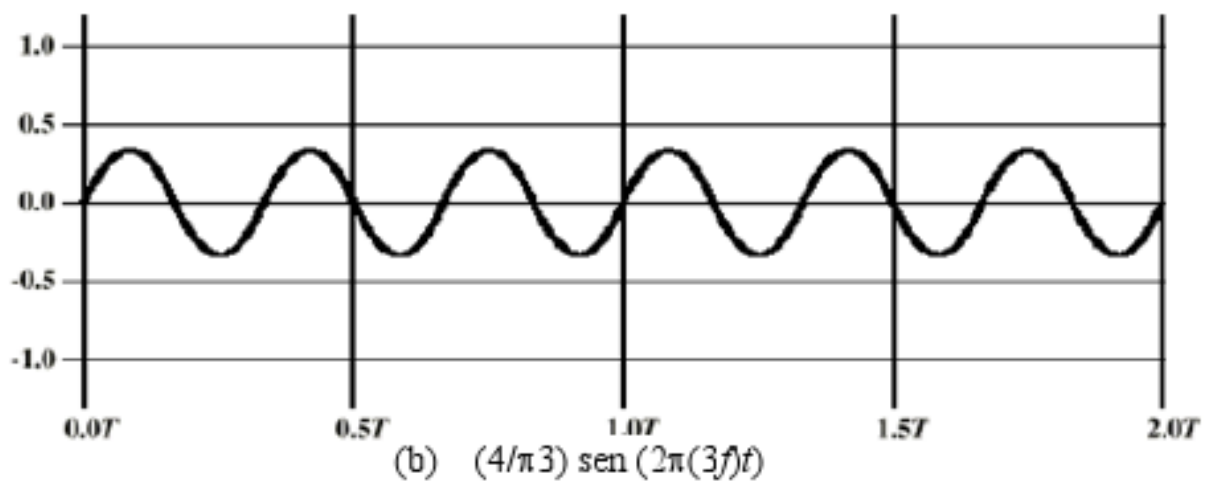
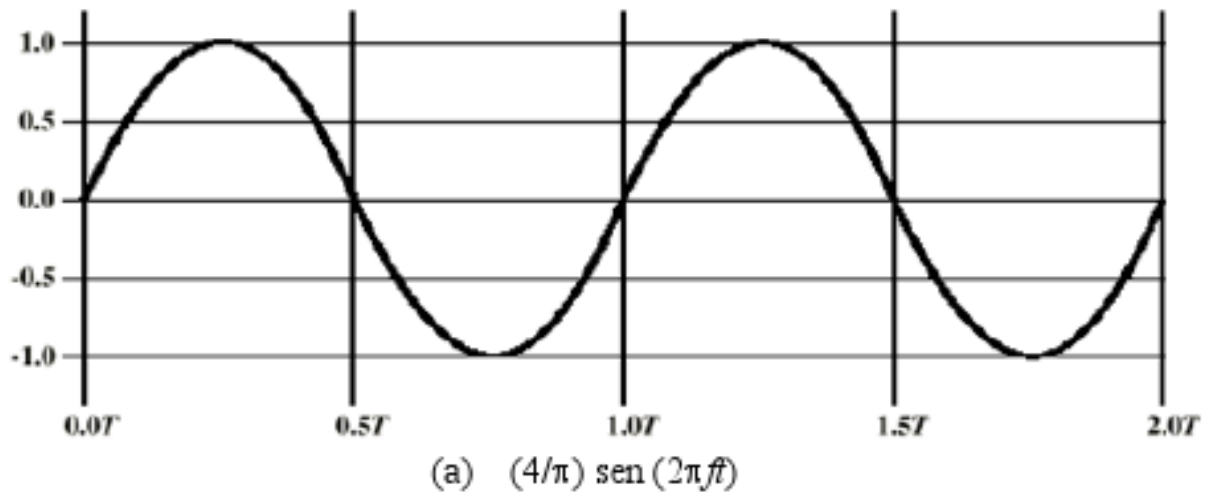


Fig. 1.7 Suma de componentes en frecuencia ($T=1/f$).

Teoría de las telecomunicaciones

Se puede demostrar, usando el análisis de Fourier, que cualquier señal está constituida por componentes sinusoidales de distintas frecuencias. Por lo tanto, para cada señal se puede decir que hay una función en el dominio del tiempo $s(t)$ en el determina la amplitud de la señal en cada instante de tiempo. Igualmente, hay una función $S(f)$ en el dominio de la frecuencia que especifica las frecuencias constitutivas de la señal. En la Fig. 1.8 se muestra la señal de la Fig. 1-7c. en el dominio de la frecuencia. Obsérvese, que en este caso $S(f)$ es discreta.

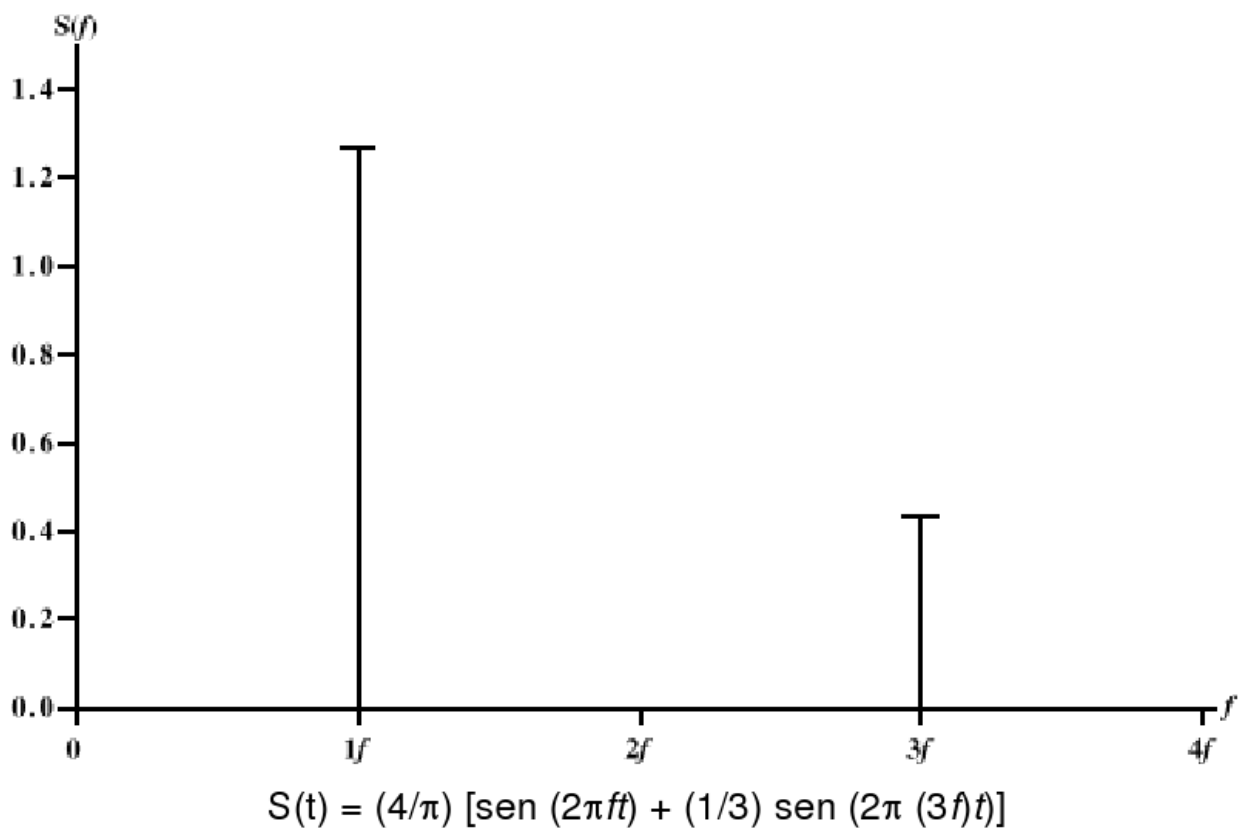


Fig. 1.8 Representación en el dominio de frecuencia.

Se define el espectro de una señal como el conjunto de frecuencias que la constituyen. Para la señal de la Fig. 1.7c el espectro se extiende desde f a $3f$. Se

Teoría de las telecomunicaciones

define el ancho de banda absoluto de una señal como la anchura del espectro. En el caso de la Fig. 1.7c el ancho de banda absoluto es $2f$. No obstante, la mayor parte de la energía de la señal se concentra en una banda de frecuencias relativamente estrecha. Esta banda se denomina ancho de banda efectivo o simplemente ancho de banda. Si una señal contiene una componente de frecuencia cero, esa componente se denomina componente continua.

1.6 REPRESENTACION DE LAS SEÑALES EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y LA FRECUENCIA.

Conceptos en el dominio de tiempo:

La señal electromagnética considerada como función del tiempo, puede ser continua como discreta. Una señal continua es aquella en la que la intensidad de la señal varía suavemente en el tiempo. Es decir, no representa saltos ni discontinuidades. Una señal discreta es aquella en que la intensidad se mantiene constante durante un determinado intervalo de tiempo, tras la señal cambia a otro valor constante. En la Fig. 1.9 se muestran ejemplos de ambos tipos de señales. La señal continua puede corresponder a voz y la señal discreta puede representar valores binarios (0 y 1).

Conceptos en el dominio de la frecuencia:

Véase tema 1.5. Análisis de Fourier.

Teoría de las telecomunicaciones

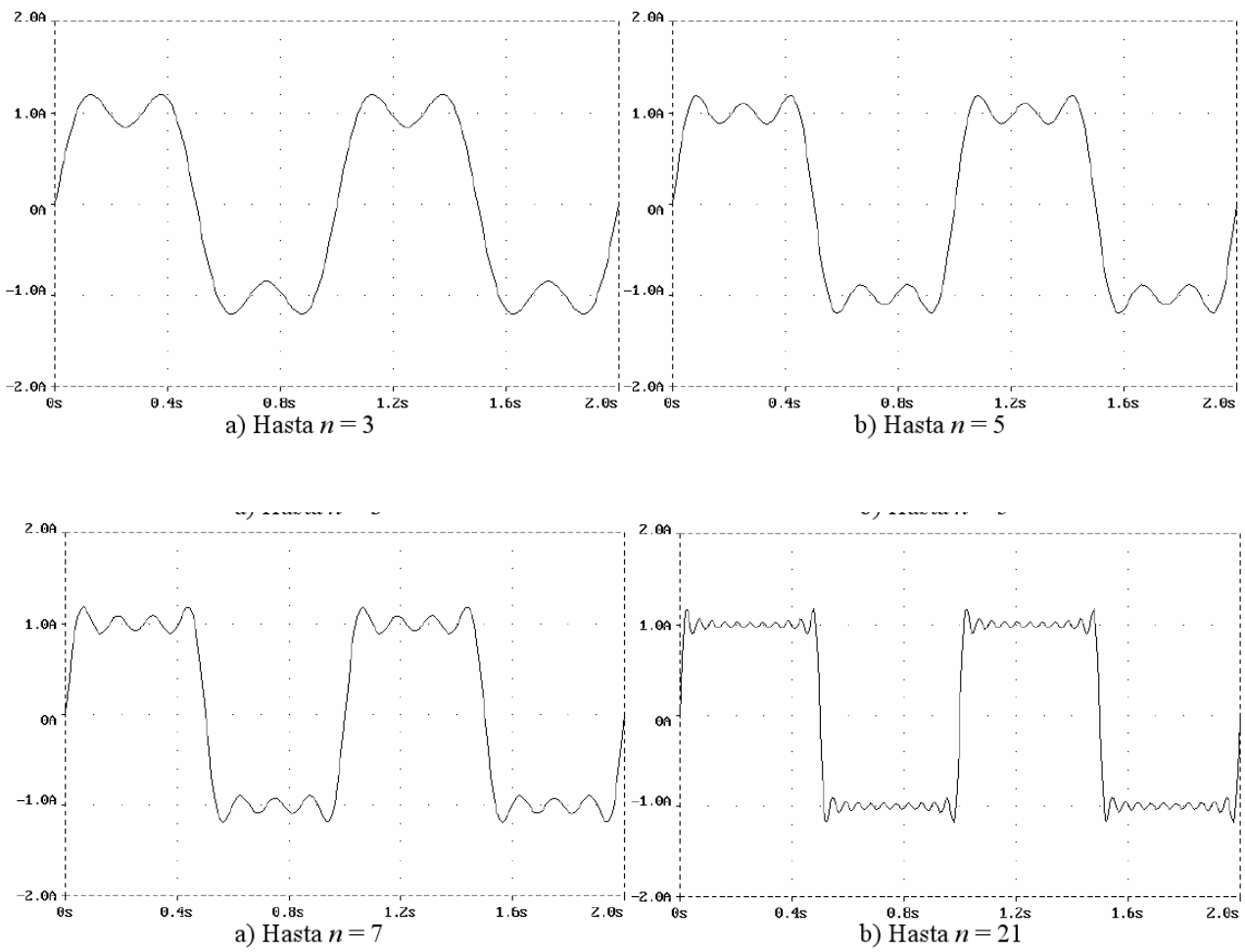


Fig. 1.9 Análisis de Fourier: n armónicas

Teoría de las telecomunicaciones

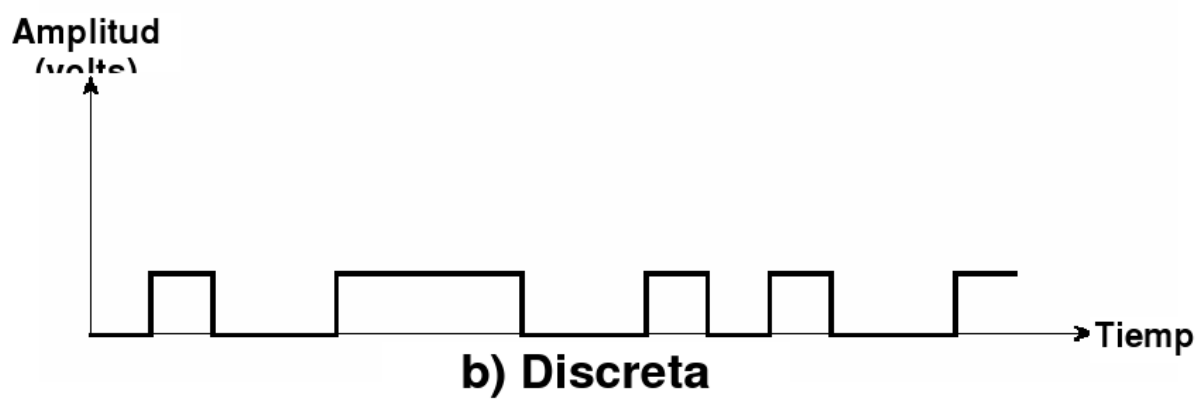
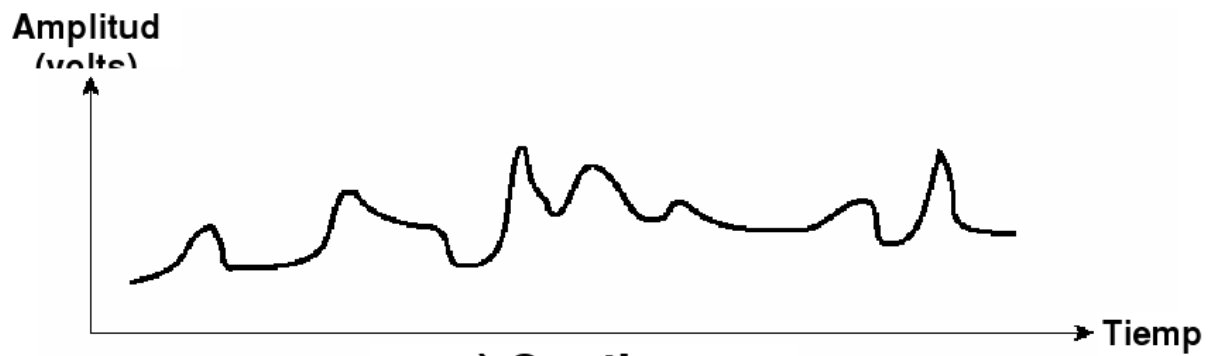


Fig. 1.9 Señal en el dominio de tiempo.