# Teórico redes I

## Introducción a las comunicaciones

Esquema básico de las comunicaciones y términos

Fuente 🡺 transmisor == ruido ==> receptor 🡺 destinatario

Objetivo: intercambiar información entre 2 entidades.

Protocolo: reglas que gobiernan la comunicación de datos (qué, cómo y cuándo se comunica)

Elementos: Sintaxis: estructura del formato de los datos, orden.

Semántica: significado de cada sección de bit ¿cómo se interpreta un patrón?

Temporización: cuando y con qué rapidez se envían los datos.

Estándar: modelo de desarrollo que hace posible que un producto funcione adecuadamente con otros sin tener en cuenta quién lo ha fabricado

De jure: han sido legislados por un organismo oficialmente reconocido.

De facto: adoptados como estándares por su amplio uso.

Certificación: Es algo que certifica, es decir, certifica que cumple con ciertos estándares

Recomendación: emitida por entes que nuclean todo tipos de actores, desde técnicos hasta constructores. Siempre empiezan con una letra, un número y un punto.

Normativa: emitida por entes construidos de forma independiente a los constructores.

Medio físico, canal y servicio

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Elemento** | **Medio físico** | **Canal de comunicación** | **Servicio de comunicación** |
|  | vía por donde se comunican los datos (aire, cobre, fibra óptica, etc.) | puede ser analógico o digital | vinculado a la tecnología disponible para el proveedor, no a los otros 2 |
| **Parámetros** | cómo se propaga la señal y velocidad de propagación | ancho de banda, retardo/BPS/BER, delay | sujeto al SLA (acuerdo de servicio) con el proveedor. |
| **Regulado por** | normativas | normativas | ente de regulación del país |

Medios de comunicación

Guiados *(señales confinadas en un camino físico)* y no guiados *(señales no confinadas).*

Enlace directo: camino entre 2 dispositivos sin uno intermedio (amplificador, repetidor).

Guiado punto a punto *(enlace directo entre únicamente dos dispositivos en un medio)* y guiado multipunto *(dos o más dispositivos comparten el medio).*

Simplex *(una única estación transmite y otra recibe)*, half-duplex *(ambas pueden transmitir, pero no simultáneamente)*, full-duplex *(ambas pueden transmitir simultaneamente).*

Modelo OSI – Interconexión de sistemas abiertos

Objetivo: posibilitar el intercambio de información entre sistemas de diferentes fabricantes que operan con los protocolos designados por cada uno de estos.

Posible por la separación de niveles que concentran funciones específicas.

7 capas: física, enlace de datos (LLC y MAC), red, transporte, sesión, presentación y aplicación.

## Ancho de banda. Señales analógicas, binarias. Espectro de señales

En dominio temporal

Expresión genérica de onda sinusoidal: s(t) = A sen (2pi f t + )

A: amplitud pico, generalmente en V

f: razón a la que la señal se repite, unidad Hz

: medida de posición relativa de la señal de un periodo de la misma

En dominio de la frecuencia

Cualquier señal electromagnética está constituida por una colección de señales periódicas analógicas (ondas seno) con diferentes amplitudes, frecuencias y fases.

Para cada señal hay

Función en el dominio del tiempo S( t ) que determina la amplitud de la señal en cada instante del tiempo.

Función en el dominio de la frecuencia S( f ) que especifica las amplitudes de pico de las frecuencias constitutivas de la señal.

Señales digitales

Se pueden descomponer en un número infinito de ondas senos sencillas denominadas armónicos gracias a la serie de Fourier.

La transformada de Fourier me dice como se distribuye lo que tengo en el eje vertical en función de la frecuencia.

Como son infinitas se envía el espectro significativo.

+ bruscos los cambios en dominio tiempo 🡺 + pesada la señal en dominio frecuencia.

Acá había más formulas sobre caracterización de señales y relaciones entre formas de onda y espectro de frecuencias.

Conceptos

Espectro de una señal: conjunto de frecuencias que la constituyen.

Espectro significativo: componentes de frecuencia con amplitud significativa.

Ancho de banda absoluto: anchura del espectro.

Ancho de banda efectivo: anchura del espectro significativo, concentra la mayor parte de la energía de la señal.

Componente continua: Es una componente de frecuencia cero, se da cuando una señal nunca cambia por lo que no completa ningún ciclo.

Esto me desplaza el eje del tiempo por lo tanto la amplitud media no es 0.

Longitud de onda y frecuencia

Velocidad de propagación: tiempo que transcurre desde que una señal es emitida y se recibe. Suele considerarse 300.000.000 m/s.

## Deterioro de la transmisión

Tres tipos: atenuación, distorsión por retardo y ruidos.

Atenuación: pérdida de energía por la resistencia del medio medida en db

Para compensarla se pueden usar amplificadores

Representa un problema significativo en señales analógicas, no tanto en digitales

Distorsión por retardo: la señal cambia su forma

Cada señal componente tiene su propia velocidad de propagación y por lo tanto su propio retraso para llegar al destino.

Crítica en la transmisión de datos digitales.

Es el que limita principalmente la velocidad máxima de transmisión de un canal.

Ruido: señales no deseadas que se insertan en algún punto entre el emisor y el receptor

Térmico o blanco: producido por el movimiento aleatorio de los electrones que genera una señal extra, presente en todos los dispositivos electrónicos.

Inducido: fuentes externas (motores, electrodoméstico) actúan como antenas emisoras y nuestro medio como antena receptora.

Diafonía: acoplamiento entre las líneas por el efecto de un cable sobre el otro donde uno actúa como emisor y el otro como receptor.

Impulsivo: picos de amplitud en periodo corto de tiempo.

+ velocidad de transmisión 🡺 + bits corrompidos por este ruido

Intermodulación: cuando señales de distintas frecuencias comparten el mismo medio.

Es endógeno cuando es propio y exógeno cuando es ajeno al medio.

## Teoría de la información

Se caracteriza la información como una secuencia de símbolos usando la entropía.

**Entropía**: mide la incertidumbre, aleatoriedad, de la fuente de información

Es la cantidad de información promedio que contienen los símbolos usados.

La información es inversamente proporcional a la probabilidad del evento.

Los símbolos con menos probabilidad de ocurrencia aportan más información.

Entropía máxima: se da cuando todos los símbolos son equiprobables.

Viene dada por la suma ponderada de la cantidad de información: es el valor medio ponderado por la cantidad de información de los diversos estados del mensaje

En sistema binario

En un sistema binario tenemos máxima entropía cuando 1 y 0 tienen la misma probabilidad

*La demostración parte de donde quedó el anterior con probabilidad ½ si se usa un dígito, ¼ si son 2 y así*

Límite de compresión R

Cuanto puede comprimirse un mensaje símbolo a símbolo sin pérdida de información en bits/segundos

r = longitud del mensaje

## Capacidad del canal

Velocidad máxima a la que se pueden transmitir los datos en un canal.

Ancho de banda de Nysquist

Considera un canal exento de ruido y la posibilidad de aumentar la capacidad mediante modulación

Como las señales son binarias B Hz 🡺 2B bps

N: número de señales discretas

Capacidad de Shannon

Considera un canal con ruido

+velocidad 🡺 +tasa de errores frente a un mismo nivel de ruido (porque el bit es más corto)

+ energía 🡺 - afecta un mismo nivel de ruido

Relación señal/ruido: cuánto excede la señal al nivel de ruido en db. Se mide en el receptor.

+S/R 🡺 +calidad de la señal 🡺 -repetidores

+B 🡺 - S/R por lo que B no puede ser infinito

Acá hizo la parte matemática de la relación entre B y S/R 🥴

## Codificación y modulación

Los términos analógico y digital se aplican a 3 contextos

Datos: entidad que transporte información. Ej analógico: audio, video. Ej digital: texto

Señalización: propagación física de las señales que representan eléctrica o electromagnéticamente los datos.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Señal analógica | Señal digital |
| Datos analógicos | Dos alternativas: (1) La señal ocupa le mismo espectro que los datos analógicos (2) Los datos analógicos se codifican ocupando otra porción distinta del espectro. | Los datos analógicos se codifican utilizando un codec |
| Datos digitales | Los datos digitales se codifican usando un módem | Dos alternativas: (1) la señal consiste en dos niveles de tensión que representan valores binarios (2) los datos digitales se codifican para producir una señal digital con las propiedades deseadas. |

Transmisión: comunicación de datos mediante señales, depende del tipo de señal.

Transmisión analógica: se usan amplificadores para inyectar energía y conseguir mayores distancias, pero también amplifican el ruido (para datos digitales mejor usar repetidores).

Señal portadora: señal que se adapta a las características del medio. Todas las técnicas de modulación se basan en la modificación de uno de los parámetros ésta.

Transmisión digital: se usan repetidores que reconstruyen la señal.

Ventaja: puede reconstruir la señal

Problemas: se necesita mucha potencia para cc y problemas con sincronismo.

Datos digitales, señales digitales

¿Por qué se codifica?

Sincronismo: que los códigos lleven una referencia del comienzo y final del bit. Manchester

No transmitir CC.

Mejorar la relación S/R. 232 (NRZ-L)

Detección de errores. AMI

Disminuir ancho de banda.

BER (Bit Error Rate): 10-x un bit erróneo cada 10x transmitidos

cantidad de bits recibidos con errores/Cantidad total de bits recibidos

**¿Ocurre si perdemos el sincronismo?**

**Unipolar**: un nivel de voltaje 1 🡺 xV 0 🡺 0V

Ventaja: sencilla y barata.

Desventaja: componente de cc y sincronización para muchos 1s o 0s consecutivos.

**Polar**: dos niveles de voltaje, uno + y otro -

Ventaja: no hay componente cc.

**NRZ-L**: estado de bit → nivel de señal

**NRZ-I**: invierte la señal cuando el estado del bit es 1. +sincronismo

**RZ**: 1 🡺 transición de + a 0 0 🡺 transición de – a 0

Mejor que las anteriores, pero necesita + Bw (pq tiene + cambios para un solo bit)

**Bifásica:** mejor para la sincronización, cambia a la mitad pero no vuelve a 0

Manchester: 1 🡺 transición de – a + 0 🡺 transición de + a –

Logra = sincronismo que RZ pero con 2 niveles

Manchester diferencial: 1 🡺 invierte la transición 0 🡺 repite la transición

**Bipolar**: tres niveles de voltaje +, - y 0

**AMI**: 1 🡺 alterna entre +V y - V 0 🡺 0V

Fácil de codificar, elimina cc, sincroniza secuencia de 1’s (no de 0’s)

**B8ZS**: = que AMI pero si vienen 8 0’s consecutivos cambia el patrón

Para 8 0’s seguidos: cero, cero, cero, positivo, negativo, cero, negativo, positivo.

**HDB3**: = que B8ZS pero con 4 0’s consecutivos.

Datos digitales, señales analógicas

Conceptos

Velocidad de transmisión: velocidad de la información tx (bps)

Velocidad de propagación: velocidad de la señal en el medio (m/s)

Velocidad de modulación: Baudios, cada cuando modifico la señal

Badios: pulsos por segundo

Tasa de bits: nro de bits por segundo

Tasa de baudios: nro de unidades de señal por segundo

- unidades de señal para representar los mismos datos 🡺 - ancho de banda

La tasa de baudios determina el ancho de banda necesario

**ASK** – modulación por desplazamiento de amplitud

Modifica la potencia de la portadora. Cons: es susceptible a los ruidos.

**FSK –** modulación por desplazamiento de amplitud

Pros: no le afecta el ruido. Cons: limitada por las capacidades físicas de la portadora.

**PSK –** modulación por desplazamiento de fase

Pros: supera los cons de los otros dos.

Cons: limitado por la habilidad de los equipos para distinguir pequeñas variaciones de fase.

**QAM –** modulación de amplitud en cuadratura (ASK+PSK)

Cambios de fase > cambios de amplitud

Datos analógicos, señales analógicas

Cambia elementos de una portadora para representar los cambios en amplitud de la señal original

**AM** – modulación en amplitud: cambia la amplitud de la portadora.

El Bw de la señal modulada debe ser al menos dos veces el Bw de la señal que se modula.

**FM** – modulación en frecuencia: cambia la frecuencia de la portadora

El Bw de la señal modulada debe ser al menos diez veces el Bw de la señal que se modula.

**PM** – modulación en fase: cambia la fase de la portadora, alternativa a fm

Datos analógicos, señales digitales

Se busca reducir el número de valores en un msj analógico con mínima perdida de información

**PCM** – modulación por codificación de pulsos

La tasa de muestreo tiene que ser al menos el doble de la frecuencia más alta de la señal f(t).

f(t) se puede reconstruir a partir de las muestras (con filtro paso bajo)

Toma una señal analógica, la muestrea (mide la amplitud de la señal en intervalos iguales) y genera una serie de pulsos basados en los resultados del muestreo.

==Señal continua en tiempo y amplitud==> Muestreador PAM ==señal continua solo en a==> Cuantizador== señal discreta en a y t==> Codificador ==señal de salida digitos binarios==>

Ruido de cuantización

Digitalizando la voz: canal de vos 64KHz

**DM** – modulación delta

La entrada analógica se próxima mediante una función escalera, si esta función sube representa un 1 y si baja un 0

## Medios de transmisión

Ver tabla clasificación → transmisión → material → construcción → tipo → estándar/propietario

¿Qué propiedades nos interesan de los medios?

Capacidad de transmisión y de qué depende, parámetros que intervienen en el Bw, cómo transmitir más información en un mismo medio, limitaciones para aumentar velocidad.

Parámetros utilizados

Atenuación [bd/m]

Potencia de transmisión [dbW]

Distorsión/imperfecciones [%]: armónica, de fase o cromática

Susceptibilidad al ruido [bd]: blanco, fliker, impulsivo

Velocidad de propagación [km/s] / retardo de propagación [ns/100m]

Ancho de banda [Hz]

### Medios de transmisión guiados

El medio en sí mismo es lo más importante en la determinación de las limitaciones de transmisión.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Rango de frecuencias | Atenuación tipica | Retardo tipico | Separación entre repetidores |
| Pares trenzados (cables multi-pares) | 0 para 1 MHz | 3 dB/km @ 1 kHz | 5 μs km | 2 km |
| Cable coaxial | 0 para 500 MHz | 7 dB/km @ 10 MHz | 4 μs km | 1 a 9km |
| Fibra óptica | 180 para 370 THz | 0,2 a 0,5 dB/km | 5 μs km | 40 km |

Par trenzado: dos cables de cobre embutidos en un aislante, entrecruzados en forma de espiral.

Teoría: modelo de constantes distribuidas **(ver explicación en práctico)**

Efectos no deseados / limitaciones

Delay Skew: retardo

Interferencia electromagnética: ruido externo, impulsivo (muy susceptible)

Reducible mediante apantallamiento del cable.

Trenzado para reducir interferencias de baja frecuencia.

Interferencia electromagnética: crosstalk o diafonia cercana al extremo

Es la interferencia (inducción) de un conductor sobre otro, se da en los extremos.

Depende de la frecuencia.

Reducible mediante el uso de distintos pasos de torsión entre pares adyacentes.

Aumentar la frecuencia implica más acoplamiento, diafonía y efectos de ruidos externos.

Tipos: UTP, FTP, STP y SFTP

Categorías: de Cat 1 a Cat 10; la más usada es 5e (Ethernet)

Cable coaxial: un conductor cilíndrico externo rodea a un cable conductor, separados por un dieléctrico.

Teoría: modelo de constantes distribuidas.

Definido por dieléctrico, diámetro interno y diámetro del dieléctrico.

- constante dieléctrica ε → + aislamiento → + Vp (= 1/sqrt(ε))

+ diámetro interno → - atenuación

Efectos no deseados / limitaciones

Atenuación, ruido térmico y de intermodulación

Potencia transmisible (W). Es la potencia que se puede transmitir a una determinada frecuencia sin que la temperatura del cable afecte el funcionamiento del mismo. Disminuye al aumentar la frecuencia.

Fibra óptica: medio flexible y delgado capaz de confinar un haz de naturaleza óptica.

Teoría: estudio desde la óptica, estudio como transmisión electromagnética (guía de onda)

+ densidad del medio → - velocidad de la luz.

La luz incide con un ángulo mayor la crítico → fenómeno de reflexión completa. Se logra cuando índice de refracción de la fibra 1% > que medio que lo contiene.

3 secciones concéntricas: núcleo *(1 o + fibras)*, revestimiento *(para cada fibra, este tiene propiedades ópticas distintas al núcleo)* y cubierta *(capa exterior que envuelve uno o + revestimientos)*

Material

Fibras de silicio ultrapuro fundido: menores perdidas, difíciles de fabricar.

Fibras de cristal multicomponente: + económicas, + pérdidas, pero prestaciones suficientes.

Fibra de plástico: + + económicas, + + pedidas → - distancias

Fuentes de luz

Diodos LED: - costo; + tiempo de vida; – potencia óptica; + ancho el espectro produce luz desenfocada, unas 200 long onda (se difumina con la distancia, limitado a distancias cortas)

Diodos ILD (laser): + eficaz, + velocidad de transmisión, + potencia óptica, - ancho del especto (dado a que es monocromático, 1 o 2 longitudes de onda)

Modos

Dependen de la frecuencia normalizada V

V < 2,405 🡺 Fibra óptica monomodo, caso contrario multimodo

Donde V = 2πr \* sqrt(n1² – n2²)/ λ

n2 << n1 (mucha diferencia entre ellos) tiende a multimodo

Porque contra mas diferencia más chico el ángulo crítico.

Apertura numérica: sqrt(n2² – n1²)

Diámetro chico tiende a monomodo

Multimodo: múltiples rayos de luz

+ atenuación por rebotes → - distancias, + económica

De índice discreto: la densidad del núcleo es constante

3 casos: rayos que viajan en línea recta, que llegan a la interfaz con un ángulo menor al crítico (se absorben) y que llegan con uno mayor (se reflejan)

Los que más veces se reflejen para llegar al destino necesitarán ser más rápidos → la señal puede llegar al receptor distorsionada por retrasos de propagación.

De índice gradual: densidad centro > densidad borde de núcleo

Los rayos se mueven a través de las densidades que cambian constantemente, Cada diferencia de densidad hace que el rayo se refracte formando una curva.

Los rayos se intersecan a intervalos regulares donde se puede situar al receptor

Monomodo: los rayos se propagan en ángulos casi horizontales.

< diámetro y < índice de refracción que multimodo 🡺 ángulo crítico ≈ 90

- atenuación (los rayos llegan “juntos”) → + distancias

Limitaciones

Atenuación

Factores intrínsecos

Absorción infrarroja y ultravioleta por el material

Esparcimiento de Rayleigh. dispersión de la luz por partículas de tamaño menor a la longitud de onda de los fotones dispersados.

Absorción por impurezas

Absorción por vibración molecular de OH

Absorción por metales de transición

Imperfecciones estructurares

No uniformidad geométrica en el límite del revestimiento del núcleo

Imperfección en la conexión o empalme entre fibras

Pérdidas de radiación.

**Por doblarlas??**

Dispersión modas. Cuando rebota en varios lados

Dispersión cromática o de longitud de onda. Cuando se transmite un color se dispersa en varios colores esto me ensancha el pulso.

Dispersión por modo de polarización (PMD). Producto de que el campo magnético está desfasado 90 grados del eléctrico y termina produciendo un ensanchamiento del pulso original. Por esto no podemos aumentar la velocidad.

Multiplexación de longitudes de onda: en una fibra n canales 🡺 aumenta capacidad

Podemos transmitir y recibir por el mismo pelo de fibra si se hace en long de onda distintas

Componentes en un sistema de transmisión óptica

Modulador → fuente de luz → conector == fibra ==> conector → sensor de luz → amplificador

Conectores: importa el tamaño y cuanto atenúa.

Plug: convierte lo eléctrico en luz, es quien tiene el láser (fuente de luz).

Amplificadores ópticos: aumentan potencia, son específicos para cada long de onda.

Tipos de cables: cable como lo que soporta al medio de comunicación

Internos: antillama.

Externos

Aéreos: autoportados, figura 8, ADSS (nada metálico), OPGW

Subterráneos (armazón metálico por roedores)

Marítimos

Ventajas y desventajas

Inmunidad al ruido, menor atenuación de la señal, mayor ancho de banda (limitado por las tecnologías de generación y recepción de señal).

coste elevado, instalación y mantenimiento relativamente complejas y fragilidad.

### Medios de transmisión no guiados

El Bw de la señal emitida por la antena es lo más importante en la determinación de las características de transmisión.

Radiofrecuencia: propagación electromagnética a través del aire

El espectro esta normado y reglamentado, se divide en 8 bandas.

Relación entre especificaciones de tipo de modulación, canal y banda (frecuencia de portadora).

Velocidad de propagación: velocidad de la luz / índice de refracción del material

Afectada por: presión barométrica, humedad, densidad, contenido molecular.

No afectada por frecuencias.

La intensidad es inversamente proporcional la distancia.

Formas de propagación

En frecuencias bajas puede ser no lineal, a medida que aumentan se hace más lineal

Configuraciones

Direccional: la energía se concentra en un haz, las antenas (emisora y receptora) deben estar alineadas. Es factibles con frecuencias más altas de trasmisión.

Omnidireccional: emite con la misma intensidad en todas las direcciones, pudiendo ser receptada por varias antenas.

Antenas: omnidireccional, patch, yagui y parabólica

Satélites

Baja órbita, alta órbita y geoestacionarios

Latencia: lo que demora el recorrido tierra-satélite-tierra

Wireless: con MultipleInputMultipleOutput tenemos diferentes canales que conforman una matriz

Resulta en más eficiencia espectral e inmunidad al ruido.

## Última milla

### Multiplexación

Tipos

FDM – multiplexación por división de frecuencia: proceso analógico

Bw = 3\*(BwC1 + BwC2 + … + BwCn)

Bandas de guardia.

WDM – multiplexación por división de longitud de onda

OFDM: ortogonal FDM, no se respetan las guardas, logro duplicar el Bw

TDM – multiplexación por división de tiempo: proceso digital

C = CC1 + CC2 + … + CCn

Ventaja: es a nivel bit

Tecnologías (en orden de aparición) ↴

PDH – jerarquía digital plesincrona

Base a canal básico de voz (64Kbps). Tipo 1 tiene 30 canales de voz + 2 señalización

Plesíncrona → necesito darle un margen al enlace para que todos los canales lleguen y no se me produzcan errores por la no precisión de los relojes → canal más grande

Se deja de usar pq para sacar un canal tenía que desanidar toda la estructura (caro)

Jerárquicas porque contienen multiplexados otros flujos digitales de una tasa inferior

SDH – jerarquía digital síncrona (SONET para EEUU)

Tiene cabecera y una carga útil

Acceso eficiente a los diversos canales individuales concatenados con solo evaluar el pointer de la cabecera.

Elementos físicos:

Repetidores

ADMs - Add-Drop Multiplexor (son multiplexores que permiten intercalar o extraer tramas de un nivel inferior en uno superior)

Digital Cross-Connect: parecido a ADMs, permiten interconexiones más complejas (interconectar anillos).

OTN – red de transporte óptica

Combinar las ventajas SDH con la técnica DWDM

Ventajas frente a SDH

forward error correction → mayores velocidades

Señales clientes transparentes: no nos importa qué es lo que está en payload

Mejor escalabilidad: más carga con estructura de multiplexado más simple

TCM: mejora la monitorización ya que los datos de performance son accesibles para cada tramo individual

Otra diferencia puede ser que tenemos un canal por long de onda y en SDH tenemos un canal en total.

### Servicio telefónico

DSL: familia de tecnologías que proporcionan acceso a internet a través de la línea telefónica por las líneas de abonados (par trezado)

Distancia máxima son 6km: - distancia → - atenuación → + ancho de banda

Las tecnologías van a depender del ancho de banda ocioso

Canal telefónico: imperfecciones

Ruido impulsivo, distorsión armónica, desviación de frecuencia (se puede dar cuando convierto a-d o d-a), hit de ganancias o atenuación, jitter: variación en el tiempo de llegada de los paquetes, retardo, diafonía

Historia

Servicios conmutados analógicos: marcamos y se nos asigna un enlace dedicado temporalmente

Servicio analógico dedicado: no es necesario marcar, enlace dedicado permanente

HFC – Hybrid Fiber-Coaxial

PON – pasive optical network: es una arquitectura de red de todo es fibra

Pasivo porque el splitter (1 fibra entra y n salen) y la fibra no requieren suministro eléctrico

Mayor alcance y permite ofrecer más servicios

FTTx: son tecnología de última milla con fibra y la x por hasta dónde llega esta

## Modelo OSI – Interconexión de sistemas abiertos

Basado en SNA de IBM

TCP/IP → simplificación de OSI en 4 capas

Una entidad de una capa provee servicio a la capa inf o sup mediante puntos de acceso de servicio

## Capa física

Propósito

Proporcionar medios mecánicos, eléctricos, funcionales y de procedimiento para activar, mantener y desactivar conexiones físicas para le transmisión de bits entre entidades de enlace de datos.

Una interfaz de capa física define aspectos

Mecánicos: es el conector (la forma, lo que involucra).

Eléctricos: lo que lleva cada señal (tensiones y codificación).

Funcionales: transmisión y recepción de datos, señales de señalización (función de cada cable/pin).

De procedimiento: secuencia de eventos en la transmisión.

Funciones

Activación y desactivación de conexiones físicas;

Los datos se codifican en señales eléctricas (se secuencian y multiplexan)

Servicios

conexiones físicas; unidades de datos del servicio físico; puntos extremos de conexión física; identificación de circuitos de datos; secuenciación; notificación de condición de fallo; y parámetros de calidad de servicio.

QoS depende de disponibilidad de servicio, bit error rate, velocidad de transmisión, latencia y si tiene encriptación.

Las entidades de la capa física están interconectadas por un medio físico, pero no dependen de este.

Implementaciones de la capa física

Tipo de transmisión:

Asíncrona: cada bloque de dato se anuncia con un bit de comienzo.

Síncrona: buscamos sincronizar el reloj de emisor y receptor, 2 formas

Mando la señal del reloj por una línea independiente

Incluyo esa info en la propia señal como con Manchester

Modo de transmisión

Desbalanceada: un cable por señal referido a masa → menor inmunidad al ruido

Balanceada: 2 cables por señal, sin referencia común → mayor inmunidad al ruido

Modo de operación: half-duplex o full-duplex

Tipo de configuración: punto a punto o punto multipunto

Según aplicacación: LAN o WAN

Serie o paralelo

Interface RS232: conecta DTE-DCE

Especificaciones

Velocidades: de 0 a 20kbps

Transición síncrona (se usan señales de temporización) o asíncrona

Modo de transmisión: desbalanceada

RS422 y RS485: balanceadas

Modo de operación: full-duplex

RS422 y RS485: full y half duplex

Tipo de configuración: punto a punto

RS422: punto – multipunto RS485: multipunto – multipunto

Líneas dedicadas o conmutadas

Longitud de hasta 15 m

Conectores db-25 – señales

Handshake

Interface FXS/FXO: interfaz analógica

Interface Ethernet – 802.3

Basado en la red ALOHA

Especificaciones

Lo actual: RJ-45, Manchester

Clasificaciones: tenemos n tipos de Ethernet respecto a medios, velocidades, etc.

La original es 10B5

10: velocidad

B: transmisión digital banda base

5: medio, coaxial 500m

AUI: conector de 15 pines (uno destinado a detectar colisiones)

Desventajas: necesito terminador para que no se refleje la onda problemas típicos topología hub

Interface WAN G.703: voz sobre red digital

## Capa de enlace

Propósito

Proporcionar medios de procedimiento y funcionales para

Establecer, mantener y liberar las conexiones a través de la red

Transferir unidades de servicios de datos a través de entidades de la red

Detecte y eventualmente corrige errores de la capa física

Ya tengo mi cadena de bits → ahora armo un msj con ella

Funciones

Delimitación y sincronización

Control de flujo

Detección de error

Recuperación de errores

Gestión de la capa, direccionamiento, establecimiento y liberación de conexión de enlace de datos

Servicios

Direcciones de enlace de datos; conexión de enlace de datos (medios para transferir datos entre entidades de red identificadas); unidades de datos del servicio de enlace de datos; identificadores de puntos extremos de la conexión de enlace de datos; notificación de errores; parámetros de calidad de servicio; y reiniciación.

QoS depende de: tiempo medio entre errores detectados no recuperables, la tasa de errores residuales, disponibilidad del servicio, retardo de tránsito y caudal.

Primitiva de servicio: acciones básicas para establecer la comunicación. Tres fases

Establecer

Hacer una llamada de un extremo a otro para decir que se quiere una comunicación. En esa llamada el parámetro que se suele utilizar es entre ellos la calidad de servicio QoS.

Mantener y liberar

Ethernet solo contempla la fase de transferencia de datos, es decir que no establece previamente la comunicación, tira el mensaje sin saber si el destinatario está o no esta

### Clasificaciones

Control de flujo: es cuando usamos elementos de la comunicación que no transmiten información, pero sirven para llevarla a cabo. Bit o Byte hace referencia a que elemento hace esa función. Los primeros eran al byte, ahora al bit.

Byte: usa caracteres ASCII

Simplex (kermt)

Half (BSC, Uniscope, poli Select)

BSC: protocolo bisíncrono: dos byte de sincronismo, no se usa más.

Uniscope: bisincrono, no se usa (muchos bits de control y no ASCII).

Duplex

Híbrido (SSCPM)

DDCMP: tenía algunas unidades de control menor al byte

Bit

SDLC

HDLC – High Data Link Control (LAP-B/D/M, LLC)

Los protocolos actuales salieron de este

Campos: FLAG=DIRECCIÓN=CONTROL=INFO=CRC=FLAG

Una sola bandera que le fija el inicio y la finalización de la trama (1 byte)

Un campo de dirección (1 o 2 bytes)

Un campo de control (1 o 2 bytes)

Información

Supervisión

No numerado (no seq): establecer y liberar la comunicación

Un campo de información (n bytes)

FCS (2 bytes, el CRC)

Configuración

Primaria: solo emite comandos

Secundaria: solo emite respuestas

Combinada: emite y recibe comandos

Configuraciones

Balanceada: dos combinada

No balanceada: una primaria y mas secundatias

Modelos de transferencia

Modo de respuesta normal: no balanceada

Balanceado sincrónico: en la balanceada

Respuesta asincrónico: la secundaria puede iniciar la conexión pero la primaria sigue controlando la linea

Full y half duplex / punto a punto o multipunto

Había más de esto pero me lo saltee 🦘

UDLC

Control de error

Tipos (corrección)

FEC – Foward Error Correction: información suficiente para que corrija.

Códigos de bloque o convolucionales.

Ganancia del código

ARQ – Automatic repeat request: el responsable de detectar errores es mi receptor. En ese caso se sigue una política de

Stop and wait (condiciona a half-duplex), regreso a N y regreso selectivo a N

S/C: sin control

Códigos de error

Distancia de Hamming: para detectar S errores necesito S+1 bit y para corregirlo 2S +1 bit.

Velocidad del código: k/n

Ganancia del código: puedo tener el mismo BER con una S/R menor en FEC.

Tipos ↴

Los que miran a la fuente: específico del dato

Los que miran hacia la línea (canal): mejora la condición de trasmisión. Tipos↴

Lineales: Cuando la suma de dos palabras del código , es otra palabra del código.

De bloque: k bits de info y r bits redundantes

Cíclico: de bloque donde la rotación en la palabra genera otro código

Polinómico: código lineal donde cada palabra del código es múltiplo de un polinomio generador. porque le pongo un peso a la transmisión binaria como si fuera un polinomio (x^n+x^n-1+...+1)

Polinómico cíclico

Convolutivo

Detección de errores

Paridad

Checksum

CRC: Los bits son vistos como un polinomio. Lo que hago es dividir esos datos en un polinomio llamado generador, hago la división polinomios entre D y el generador y coloco el resto en FCS, la parte trasera del mensaje.

El receptor: (dato recibido + el resto)/ polinomio generador = 0 si no hubo error

¿Cual es la particularidad de este metodo? Que tengo una eficacia del 100% según el peso del polinomio generador, esto quiere decir que si yo tengo un polinomio generador x^n+...+1 y n=16 como el caso de HDLC esto me protege un string de bit errados de 16, si tiene más de 16 no va a tener una eficacia <100%

Ethernet usa polinomio generador de 32, en 32 bits puedo asegurar que no hay errores

Método de acceso

Selección: hay una selección previa de quién tiene más derecho que otro.

Reserva: el profe le da más importancia a una persona que a otra.

Contienda: todos pueden acceder en un momento dado. Ethernet.

Sincronismo (síncrono, asíncrono)

Entorno (LAN, WAN, MAN)

### Elementos del mensaje

Delimitación : quien y como se lo realiza. Es lo de byte o bit

Sincronismo : en base a que realiza el sincronismo

Direccionamiento : como direccionar y en base a que

Control de flujo : como realizarlo en base a que ?

Control de errores : que sistema de detección /corrección adoptar

### Rendimiento de un protocolo

Dos puntos de vista

R = bits de info/bits transmitidos

R = tiempo que tengo para transmitir la info/tiempo total en transmitirla

Factores influyentes

Velocidad de transmisión, velocidad de propagación, distancia entre T/R, longitud de bits a transmitir, tasa de errores producidos en el canal

Tramas largas → problemáticas (ayuda de FEC) tramas cortas → poca performance

Análisis de rendimiento stop and wait

Tiempo de la información ti = long de trama/velocidad de enlace

Time out = tiempo de la información + 2\* distancia/velocidad de propagación

tv = tT/(1-p) tT = ti + tout

P = 1 🡺 ∞

Rmax = 1/tV

a= tp / ti = dist \* V enlace / long.trama \* V prop

Rendimiento normalizado = Rmax \* ti = (1 - p)/(1 + 2.a)

a + chico 🡺 + rendimiento 🡺 mejor en LAN que en WAN

p + chico 🡺 + rendimiento

Rendimiento de protocolo regreso a N

## Evolución de protocolos redes WAN

### Frame Relay

Antecedente → HDLC

Los enlaces eran de mala calidad, si cada nodo intermedio hacia la función de control y enviaba un ack antes de continuar la comunicación se generaba mucho tráfico → sacar campo de control

Campos: FLAG=DIRECCION=INFORMACION=CRC=FLAG

No hay campo de control: transmite de extremo a extremo, los BER no son tan altos

Dirección DCLI: identificador de conexión del canal virtual

Puede usarse para proveer distinta QoS a distintas tramas

Bits que indican si existe congestión en las conexiones anteriores o posteriores del nodo

F/BECN: forward/backward explicit congestión notification

Commited Information Rate (CIR): valor hasta el que se garantiza el envio de frames

Si contrato un servicio de 100M con CIR de 75% nunca puedo tener menos de 75Mbps

Tipos de conexiones

Switched virtual circuits – SVCs

Se establece una conexión, se transmite, se termina el circuito virtual entre dos DTE. Se hace una llamada, como cuando marco en el teléfono

Permanent virtual circuits – PVCs

Se transmite información entre DTEs. Levanto el teléfono y tengo comunicación directa

ISDN: integrated services digital network

Usa un cable de 64Kbps para la computadora y otro para el teléfono, nunca se usó acá

LAP-D pertenece a la tecnología ISDN y es HDLC trabajando en modo asíncrono balanceado.

### Protocolo ATM – Asynchronous Transfer Mode

Protocolo orientado a la conexión: para WAN, MAN y emula LAN.

Diseñado para transmitir voz, videos, datos simultáneamente por un mismo canal. Usa canales virtuales de identificación.

QoS: provee 4 clases

A – Constant Bit Rate: asegura una determinada capacidad

B – Variable Bit Rate, realtime: para voz, video. Hasta acá timing estricto.

C – Variable Bit Rate, non real time

D – Unspecified Bit Rate: no hay garantías de transmisión.

Frame ATM: 53 bytes = 5 bytes header (info de control y canales virtuales de identificación) y 48 bytes info

Si es UNI el primer byte del geader tiene VPathI y GenericFlowControl, si es NNI tiene solo el 1ro

UNI – User Netword Interface: conexión equipo y dispositivo de red

NNI – Network-Node Interface: entre dispositivos de red

Mediante los canales virtuales de identificación se pueden asignar QoSs

Esta long de trama aseguraba QoS pero con ineficiente la relación bits información/ bits transmitidos

## Protocolos de entorno LAN

IEEE 802

802.1: bridges, VLANs, autenticación basada en puertos, seguridad MAC, etc.

LLC: 802.2 (común para todos los estándares 802)

MAC: 802.3(Ethernet) , 802.4 (Token bus), 802.5 (Token Ring), 802.6, 802.11 (WiFi), 802.12

### Ethernet 802.3

Antecedentes

Red ALOHA: un solo canal satelital que podía ser accedido por una estación a la vez.

Protocolo de contienda

Técnicas de acceso

No Persistente: canal no libre resuelve como colisión

1 - Persistente: canal no libre, vuelve a intentar

P – persistente

Retardo prioritario: canal libre? → Retardo → si (tranmite) / no (vuelve a 1)

Configuración básica

Se plantea primero la arquitectura: cable que quería ser compartido por n estaciones.

Carrier Sense Multiple Access – CSMA: cualquiera puede acceder y primero censa si hay carrier.

CSMA/ColisionDetection

La colisión produce que la señal se autodestruya, cuando es detectada uno de los nodos transmite una señal de Jam

Al recibir la señal de Jam se realizan hasta 16 intentos de retransmisión esperando una cantidad aleatoria de microsegundos ligada al numero de intentos. Si se agotan los intentos se descarta.

Calculo del tiempo: 1ra vez: 0…2 \*51.2; 2da:0…4\*51.2; 10ma a 16ta: 0…1024\*51.2

Longitud de la trama

Trama corta: termina de transmitir y no sabe si se produjo colisión o no

Trama larga: la primer estación termina de transmitir el último bit y sabe que no hubo colisión

Trama óptima: un nodo tx debe detectar si su trama colisionó antes de dejar de transmitir

tiempo de transmisión = 2\*tiempo de propagación

Tama mínima: 64 bytes Trama máxima: 1518 bytes

Si la configuración más larga es de 2500m con segmentos de 500m y la velocidad de propagación del medio es de 200Mm/s, el retado es de 500/200M = 25 microseg de ida, duplicamos y sumamos un poco más ≈ 51.2 microseg.

51.2 microseg \* velocidad de transmisión (bps) = longitud de trama en bits

Frame Ethernet

7 bytes preámbulo y 1 byte StartFrameDelimiter: comunicación asíncrona → con el preámbulo le da tiempo al otro para prepararce y con el SFD le dice que el siguiente campo es info.

6 bytes direc destino, 6 bytes direc fuente: MAC (xcast, local, universal)

2 bytes largo o tipo

Variable Payload: dice que protocolo encapsula

4 bytes FrameCheckSequence: protege las direcciones, el tipo y carga útil

CRC-32: tenes cubiertos hasta 32 bits seguidos

### 802.1

Aspectos que debe proveer un servicio de capa 2

Preservación y provisión de servicio MAC a estaciones finales, mantenimiento de QoS, filtrado de servicios, etc.

802.1Q extiende el concepto de bridges de 802.1D a VLANs mediante el filtrado de servicios. (Tag header)

Especifica: arquitectura de bridge, spanning tree protocol, etc.

QoS

En orden descendente de prioridad: control de red, voz, video, controlled load, excelente esfuerzo, mejor esfuerzo y backgruond.

### Equipamiento

Dominio de colisión: todas las estaciones que escuchan si se produce una colisión

Dominio de broadcast: todas las estaciones a las que le llega el broadcast

HUB

Colapso el cable de 500m en el hub y cada boca es un repetidor.

Segmentos conectados por hubs fusionan dominio de colisión (el hub emite JAM) y broadcast

Bridge

Segmentos conectados por bridges separan dominio de colisión (no emite JAM)

Switch: por cada boca tenemos un bridge

Permite comunicaciones simultaneas entre las bocas.

Parámetros importantes

Conmutación de tramas: ¿cantidad de bocas o comunicaciones simultáneas?

Backplane: capacidad de comunicación → cantidad de comunicaciones simultaneas. La velocidad de conmutación de al menos 300G si tengo 3 comunicaciones de 100G

Tamaño de tabla ARP ¿Por boca?

Latencia

De las especificaciones

Estandares ieee 802.3i/3u/3x → interfaces físicas ethernet que maneja

Forward mode: A quiere transmitir a B y entra al switch, modos de actuar el switch:

Almacena toda la trama (store and forward) la lee completa hasta el CRC (chequea que esté correcto) y recién ahí la transmite al port de B

Cut through: solo lee hasta la dirección destino y ahí lo envía al otro port. Es + rápido

Uno puede detectar errores eliminando la trama y el otro transmite con errores.

Interface: autonegociación (negocia a que velocidad es factible conectar la estación)

Capacidad: es el backplane

Segmentos conectados por switches separan dominio de colisión

Switches en lazo: cuando se transmite en broadcast la trama no tiene tiempo de vida y se retransmite eternamente saturando la red. Soluciones

Spanning tree protocol 802.1d: abre una de las bocas (deshabilita una de las interfaces)

Implementado a través de intercamio de tramas BridgeProtocolDataUnits

Asigna jerarquía a los puertos de los switches para definir cual se vuelve inoperativo

Pasos

1. Determina el bridge root
2. Determina el puerto root en todos los otros bridges
3. Determina el puerto designado en cada lan

Los estados de los puertos pueden ser que pasa frames o no y solamente escucha BPDU, o aprende direcciones, o escucha los frames, o nada.

El costo esta asociado a la velocidad implícita del lazo que se abre

Rapid STP: mejora los tiempos de STP

Multiple STP 802.1s: varias instancias de STP

### VLAN 802.1Q

Separan el dominio de broadcast

Se implementa agregando un identificador de 16 bits a la trama

3 bits prioridad 802.1p: especifica el tipo de servicio que quiero darla a la VLAN, donde 0 es mejor esfuerzo (el peor) y control de red el 7 (el mejor)

1 bit format control

12 bits VLAN identificación

La VLAN se interconectan entre ellas a nivel 3

### Protocolo Token Ring IEEE802.5

Acceso por reserva (c/estación tiene una prioridad) y topología en anillo (el anillo se colapsa dentro del hub)

Eficiencia espectral = C/Bw = 2\*log2n (bits emitidos por hz)

### Últimos temas (no vistos en clases, algunos en presentaciones)

Agregación Trunking – 802.3ad

Seguridad en capa 2 – LAN

IEEE 802.1x

Metro ethernet

Carrier Ethernet: E-Line, E-LAN

Ethernet over SDH

# Práctico Redes I

## Práctico 1

La unidad de medida para velocidad de información es bps.

Data Rate o Velocidad de transmisión de datos: cantidad de información que transfiere un sistema en un momento dado.

Capacidad: máxima velocidad de transmisión o transferencia de información que tiene un sistema.

Modelo de comunicaciones: fuente, transmisor *(toma la info de la fuente y la envia al medio)*, Medio de transmisión, Receptor *(reconoce la señal que se transmite por el medio y la entrega de forma entendible a destino)*, Destinatario.

## Práctico 2

Cuando la señal llega al receptor, lo hace deformada (por la presencia de ruido) y atenuada (menor magnitud)

Ley de Ohm: veo a mi medio como una resistencia que toma determinada energía

R **[Ω]** = ( ρ [ Ω·m] \*L [m] )/ s [m2]

s = π r² [m2]

Señal continua: medio como resistencia donde V = I \* R

Señal no continua: nos importan las frecuencias, medio como combinación de resistencia, cargas capacitivas e inductivas en concepto de impedancia donde V = I \* Z

Respuesta en frecuencia que tiene mi medio: ancho de banda

Atenuación

En db: expresión de una relación, carece de magnitud

Att [db] = 10\*log(Pout [W] / Pin [W]) si se atenúa va a ser –

dbW: 10 log (Px/1 Watt)

Px potencia a expresar en dbW

Medir relación de magnitudes tomando como referencia 1 Watt

## Práctico 3

Nysquist: capacidad de una señal en medio sin ruido C = 2B log2 M

Modular y demodular

## Práctico 4

Shannon: capacidad de una señal considerando el ruido

**C (bps)= B(Hz) log 2 (1 + S/N)**

Ruido

Térmico: N = KTB

Depende del ancho de banda, no de la frecuencia, K es la const de Boltzman

Impulsivo: tengo otra cosa que me genera interferencia (motor, ascensor)

Crosstalk: se estrecha la distancia entre cables y se induce la energía del cable transmisor al del receptor, por ejemplo.

Intermodulación: se juntan las “campanitas” de los diferentes anchos de banda y recibo potencia que no es de la información.

## Práctico 5

Razones para modular: atravesar el medio (frecuencia y atenuación) y permitir comunicaciones full duplex.

Codificar: representar información mediante reglas de combinación de símbolos.

Modular es más costoso que codificar

Objetivos en codificación

Sincronismo: que los códigos lleven una referencia del comienzo y final del bit. Manchester

Ruido impulsivo: códigos diferenciales que comparan al valor anterior con el actual. NRZ-L y NRZ-I

Intermodulación: cuando solo toman valor en uno de los estados y en el otro 0, alejando los pulsos de nivel. AMI (alternate mark inversion)

Evitar cc: la ausencia de cc entre emisor-receptor se llama aislación galvánica. NRZ-L

Tabla de frecuencias por medio: long de onda inversamente proporcional a frecuencia

Cálculo de longitud de onda: λ = c / f

Par trenzado

TIA/EIA-569-B: estándares para cableados estructurados.

Categorías (3 a7)

Ventajas y desventajas

Cable coaxial

Clasificación

Banda base: señales digitales

Banda ancha: señales analógicas

Ventajas y desventajas

Fibra óptica

Ventajas y desventajas

Clasificación (monomodo y multimodo)

Conectores: algunos son enroscados otros con presión, algunos para monomodo otros para multi y otros para ambos, el que menor perdidas tiene es LC (0.1bd) y el que más FC (0.3 db)

## Práctico 6

Clasificación

radioenlaces y satelitales

Según medio de propagación: superficiales, troposféricas e Ionosféricas

comparar según uso, frecuencias y alcance

Altura de torres en radioenlaces de línea de vista: D[km] = 7,14 sqrt( (4/3) h[m] )

Atenuación

Att [db] = 10 log((4 π D) / λ)2 = 32,45 + 20 log D(expresada en Km) + 20 log f ( expresada en Mhz))

Radioenlaces según cobertura: omnidireccional y unidireccional (concentra la energía en un haz)

B del medio está limitado por las regulaciones del espectro

Se divide en bandas de 28Mhz de los cuales se usan 4,25Mhz para separarse → B = 23.75Mhz

Comunicaciones satelitales

Elementos: señal matriz, receptores de señal, satélite (principio de hub)

Frecuencias Uplink y Downlink

Footprint

Bandas de frecuencias comerciales: C, Ku, Ka

Transponder

Órbita para geoestacionarios

Azimut y elevación

Eclipse satelital de abril y octubre → - disponibilidad

## Práctico 7

Funciones capa de enlace

Sincronización y delimitación de trama: tenemos que aclarar cuando empieza y termina un frame (mediante flag de finalización o de longitud)

Control de flujo de datos: no queremos que se produzca overflow. S&W, Slide window

Detección de errores: paridad, CRC.

Control de errores: ¿Qué hago con el error que detecté? AutomaticRepeatRequest

ARQ Stop and Wait: 3 situaciones

ARQ Go Back to N

ARQ Selective Reject

Direccionamiento

Ethernet

¿Un paquete viene con error? Lo descarto

## Práctico 8

WAN vs LAN: distancias

Trama Ethernet: PREAMBULO|SFD|DF|DD|802.1Q|TYPE|PAYLOAD|GAP

Las transmisiones solo ocurren por detección de colisión