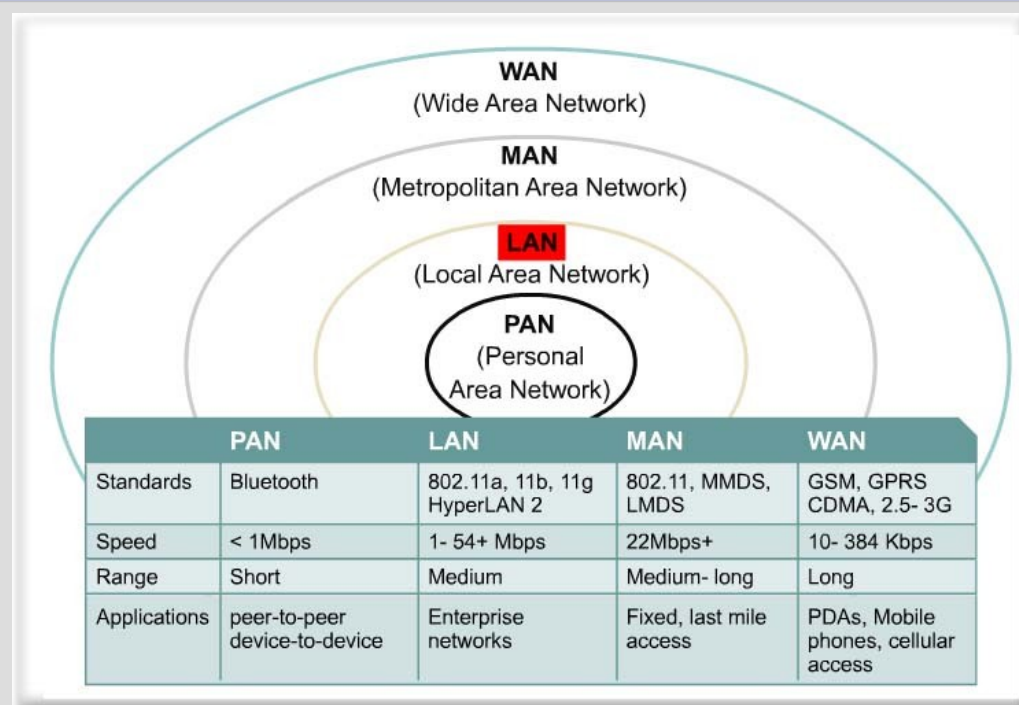


Wireless LAN



César A. Cabrera E.

Ingeniero de Sistemas y Computación UTP
Instructor Academia Regional de Networking UTP
CCNP en proceso (BSCI)
CISCO Certified Networking Associate (CCNA)
CISCO Certified Academy Instructor (CCAI)
----- www.cesarcabrera.info ----- Pereira, 2007 ---

Tecnologías Inalámbricas

Según la FCC (Commercial Radio Mobile Services) :

- Voz móvil interconectada
- Transporte móvil de datos interconectado
- Satélites móviles interconectados

El presente curso se basa en las tecnologías de datos interconectados: **802.11** usando equipos **CISCO**

Telefonía móvil

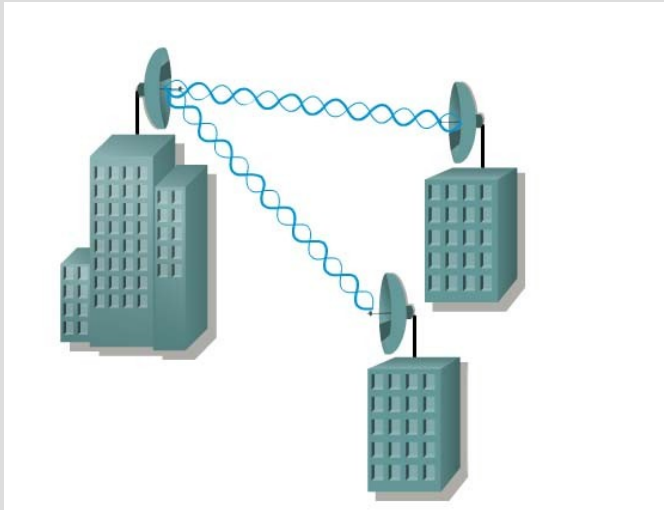
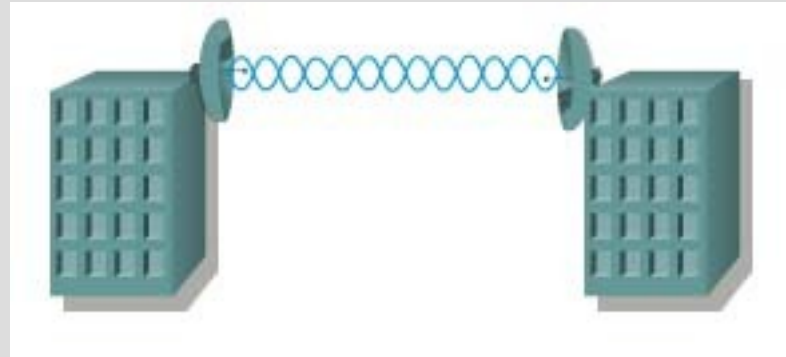
- **GPRS** General Packet Radio Service
 - Hasta 8 canales de 14.8Kbps
 - Mejora sobre infraestructuras TDMA/GSM
- **EDGE** Enhanced Data rate for GSM Evolution
 - Tasas de transferencia de 100Kbps hasta 130Kbps
 - Mejora sobre infraestructuras TDMA/GSM
- **WCDMA** Wideband CDMA o UMTS Universal Mobile Telecommunications System
 - Hasta 2Mbps con promedios de 220/330 Kbps
- **WCDMA con HSDPA** High Speed Data Packet Access
 - Descarga de 400 a 700kbps con ráfagas de varios Mbps
 - No compatible con GPRS/EDGE, tarjetas con ambos servicios disponibles para PC

Modelos de Negocio

- **Transporte de datos Punto a Punto**
 - Equivalente a interconectar dos sucursales físicamente (Fibra óptica).
- **Transporte de datos Punto a Multipunto**
 - Establecer punto de acceso central para las sucursales
- **Hot Spots**
 - Dar acceso inalámbrico a usuarios convencionales de una LAN a una infraestructura alambrada.

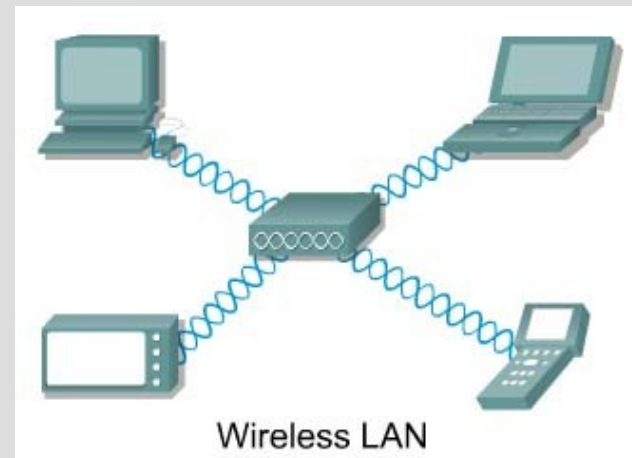
Topologías básicas

- Punto a Punto →



- ← • Punto a Multipunto

- Hot Spots →



Clientes Potenciales

- Oficinas caseras -SOHO-.
- Pequeños negocios
- Redes de Campus
- Clientes corporativos

Clientes Potenciales

Beneficios de las WLAN

- Movilidad
- Escalabilidad
- Flexibilidad
- Ahorro a corto y largo plazo
- Ventajas de instalación
- Confiabilidad en ambientes hostiles
- Tiempo de instalación reducido

Ambientes beneficiados

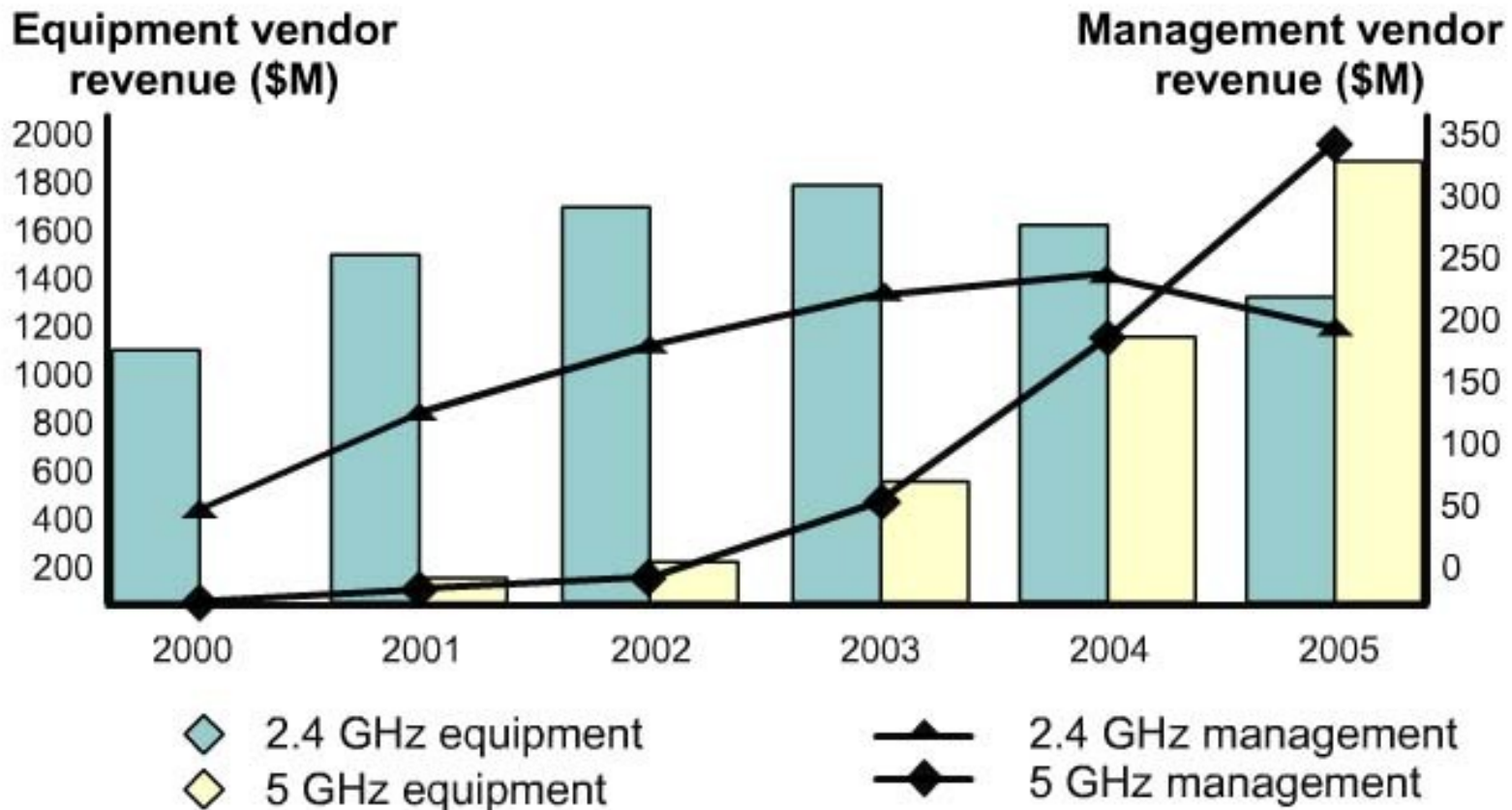
- Requieren velocidades estándar de LAN Ethernet
- Tienen usuarios móviles
- Reconfiguran con frecuencia las oficinas/instalaciones
- Expanden rápido
- Usan conexión a Internet de banda ancha
- Enfrentan grandes dificultades para cablear
- Necesitan conectividad entre dos LAN separadas por áreas metropolitanas
- Requieren oficinas temporales

WISP: Wireless ISP

Nicho de mercado

- Proveedor de acceso a Internet: ISP -Internet Service Provider
- Antenas focalizadas en un sector para dar acceso a un grupo de usuarios
- Puede usar 802.11 u otras tecnologías de transporte inalámbrico
- La forma más rápida de instalar una infraestructura de distribución de datos
- Más de 2400 en EUA <http://www.bbwxchange.com/wisps/>
- Público objetivo: Municipalidades, pueblos, sitios públicos

Evolución de WLAN



The market for WLANs has increased steadily since 2000, when the 802.11a and 802.11b standards were completed.

Evolución de WLAN

Factores de influencia en su adopción

- **Velocidad:** 802.11 alcanza velocidades tradicionales Ethernet
- **Posicionamiento:** Complemento de la LAN alambrada
- **Costo:** Disminución del costo de los equipos con mejores prestaciones
- **Facilidad** de implementación

Evolución de WLAN

Aplicaciones inmediatas

- Profesionales de TI en busca de movilidad complementaria a la LAN
- Propietarios en busca de flexibilidad por frecuentes cambios
- Corporaciones en edificios antiguos o temporales
- Empresas en busca de conectividad entre edificios que evitan obra civil, mensualidades por líneas dedicadas o derechos de paso.

Mercados Verticales

Vertical Markets which are Adopting WLAN Technology

Wireless Application

- Retail
- Warehouses
- Electronics and technology
- Government
- Healthcare
- Insurance
- Real estate
- Transportation
- Delivery by train, ground, ship, and air
- Hospitality and conventions
- Energy and utilities such as water, gas, and electricity
- Banking and financial
- Field service
- Vending
- Manufacturing and industrial
- Education
- Travel and recreation
- Military

Exigencias del Mercado

¿Una sola tecnología o entorno de múltiples tecnologías?

- Entorno cerrado: **Un sola marca**
 - Saca más provecho de las tecnologías propietarias
 - Evita conflictos de responsabilidades entre proveedores
- Entorno abierto: **Múltiples marcas**
 - Acceso público en bibliotecas o municipalidades: prioridad al acceso.

Estandarización

Beneficios de la estandarización

- **Interoperabilidad**
- **Desarrollo más rápido de productos**
- **Estabilidad**
- **Habilidad de actualización**
- **Reducción en costos**

Dominios de Regulación: **USA/FCC**, ETSI, Japón

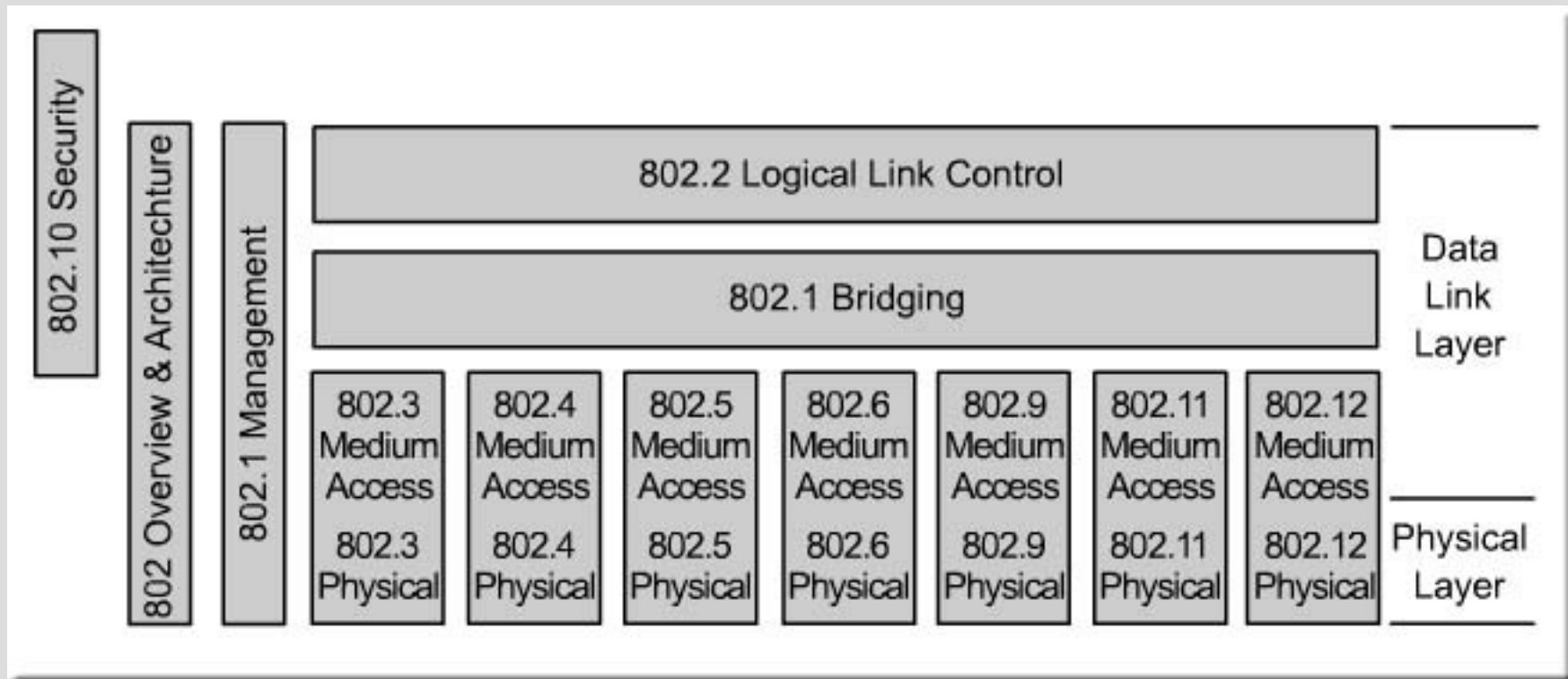
Organizaciones



Official Standards



Comité 802



IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee (LMSC), **estándares LAN/WAN** fundamentalmente en las **2 capas más bajas del modelo OSI**

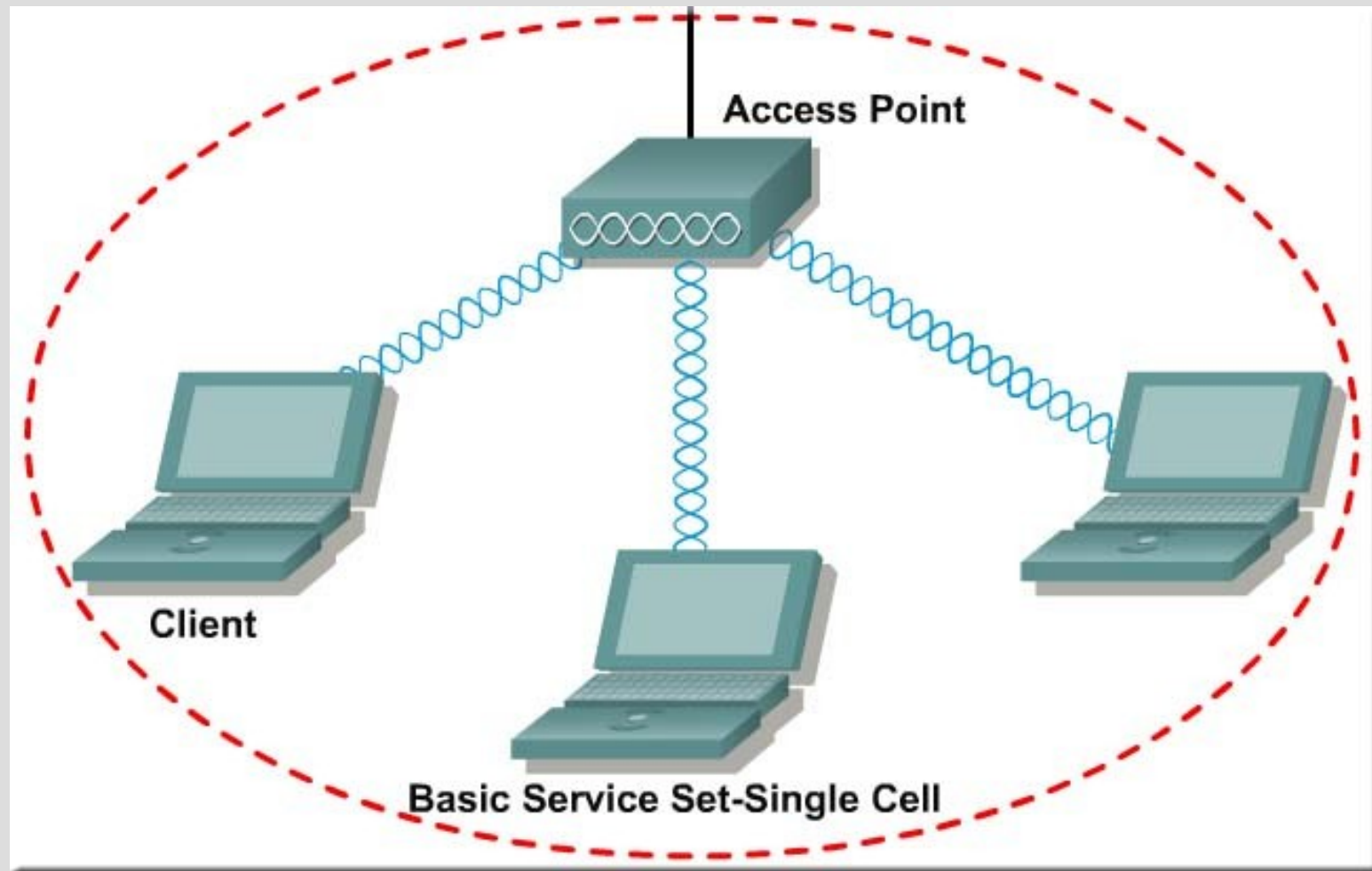
Elementos constitutivos de una WLAN

- AP: Access Point
 - Acceso a estaciones, cobertura de clientes
- STA: Station
 - Dispositivos Cliente del sistema, p. ej.: PDA
- DS: Distribution System
 - Infraestructura de intercambio de datos, p. ej.: LAN alamburada
- Bridge: Puente
 - Conectividad entre edificios.

Arquitectura de una WLAN

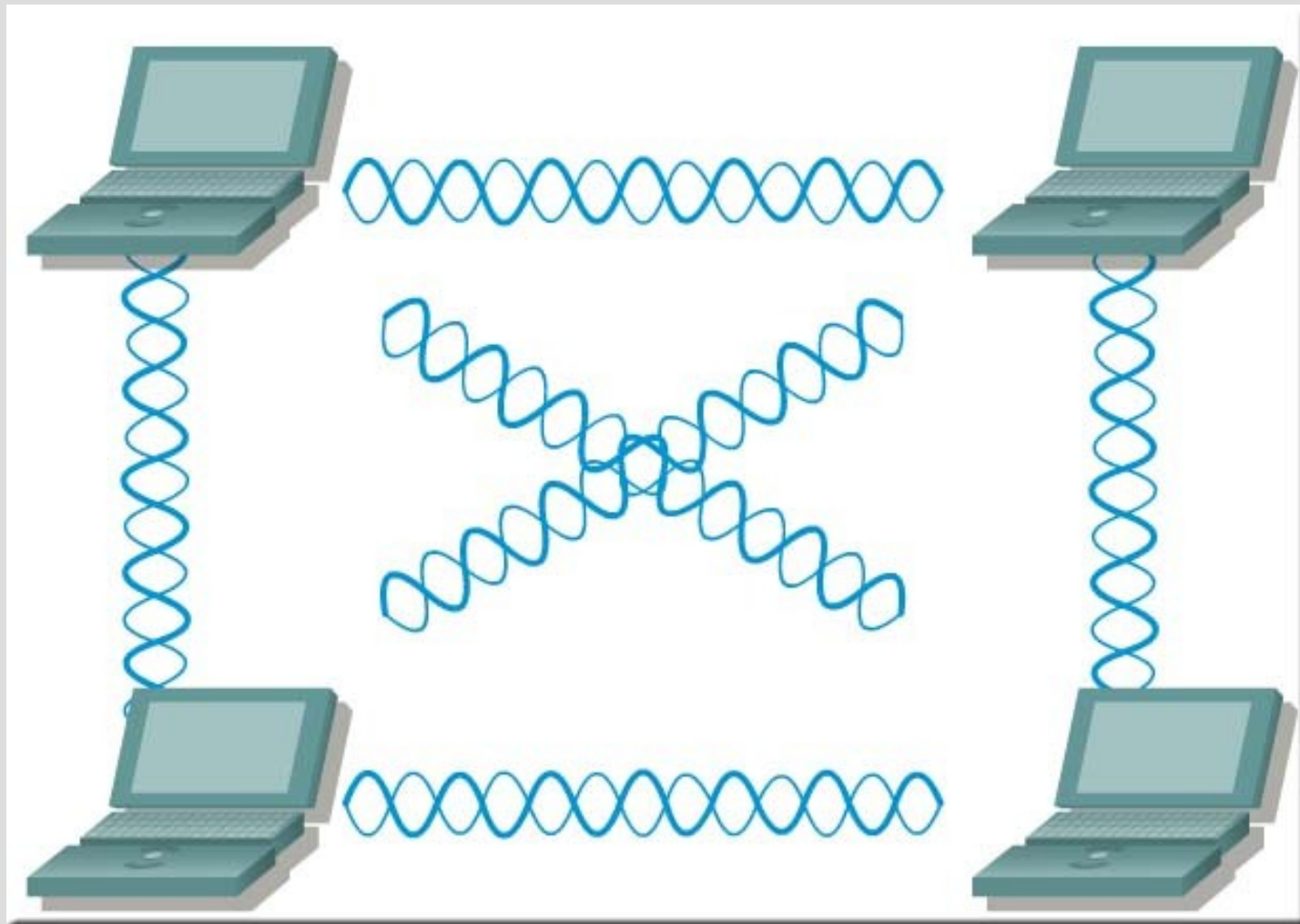
- BSS: Basic Service Set
 - Un Access Point (AP) y sus clientes (STAs)
- IBSS: Independent Basic Service Set
 - Sólo clientes (STAs): red Ad Hoc
- EBSS: Extended Basic Service Set
 - Varios BSS conectados a una infraestructura común (DS -Distribution System)

Arquitectura de una WLAN: BSS



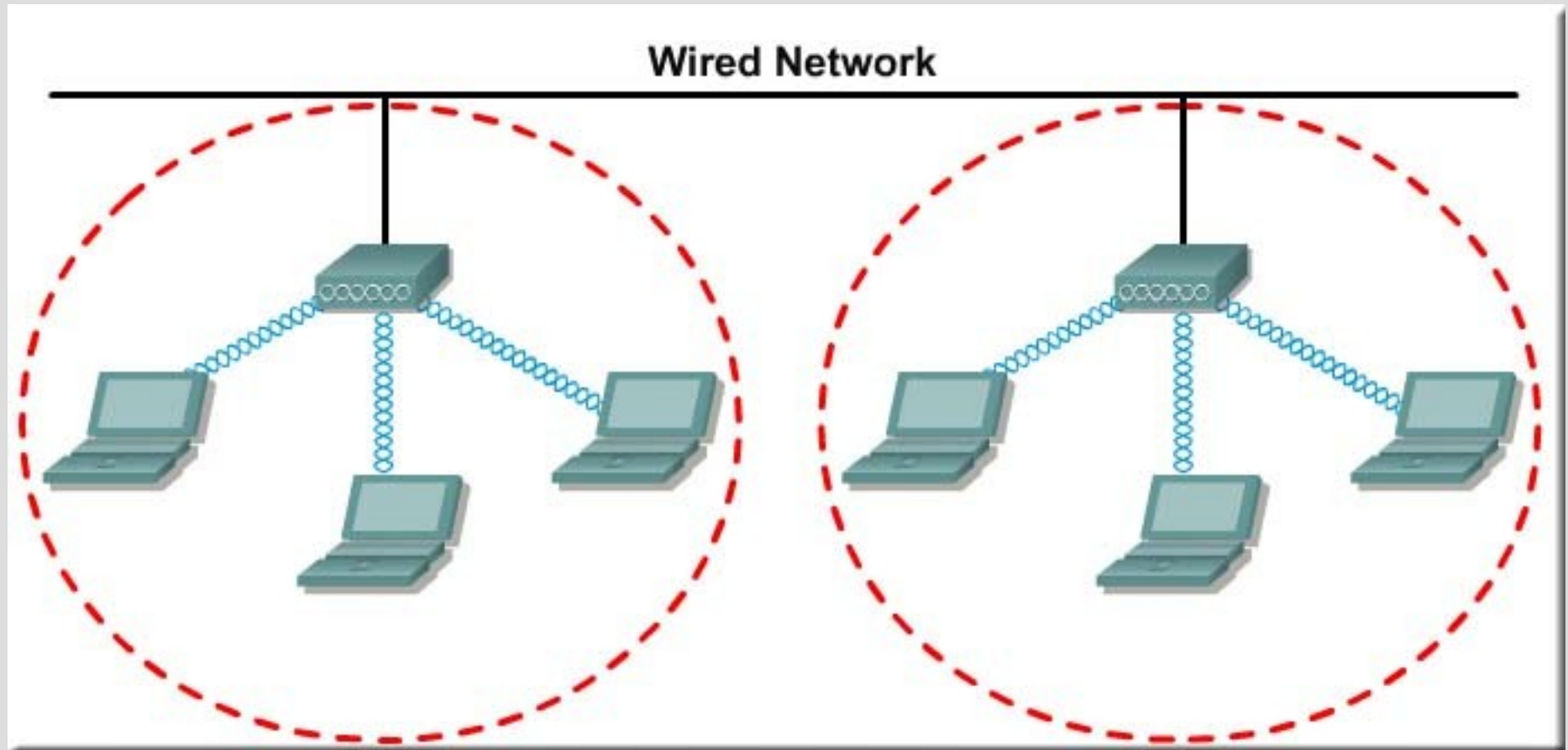
La comunicación entre estaciones ocurre sólo a través del AP,
Modo de Infraestructura

Arquitectura de una WLAN: iBSS



Intercambio de información estrictamente entre estaciones,
modo red **Ad Hoc**

Arquitectura de una WLAN: eBSS



A nivel LLC todo es el mismo sistema

Consideraciones de implementación

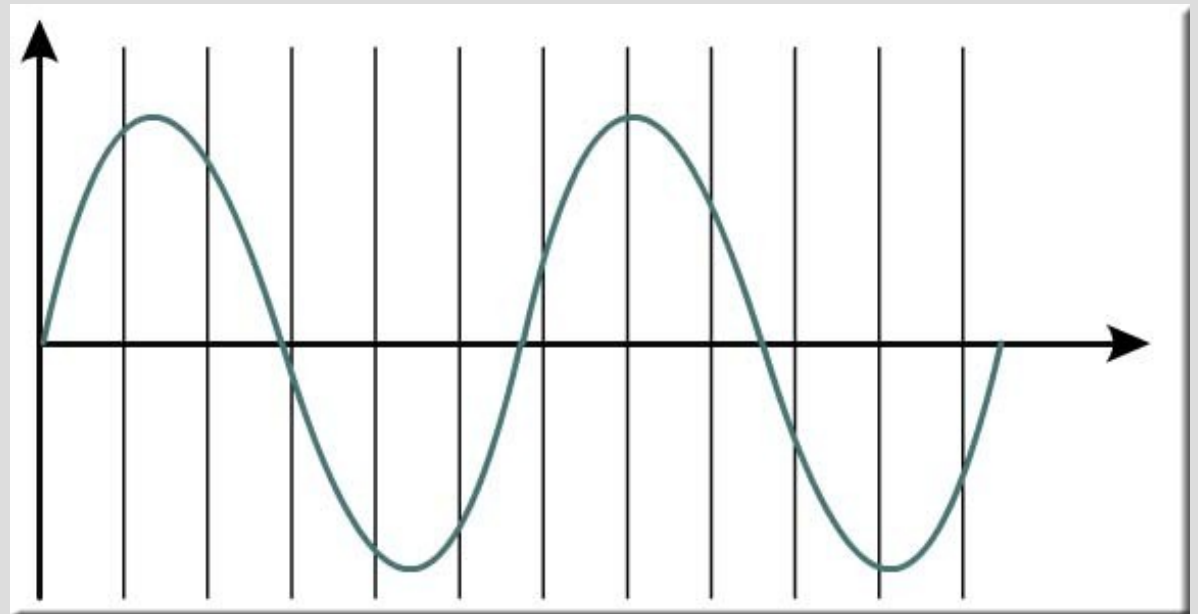
- Interferencia y degradación de la señal
- Administración de energía
- Interoperabilidad
- Seguridad
- Confiabilidad y conectividad
- Instalación, site survey y temas de diseño
- Asuntos de salud

Otras aplicaciones de la RF

- Difusión de Radio AM/FM
- Teléfonos inalámbricos
- Puertas de estacionamiento
- Redes inalámbricas
- Juguetes por control remoto
- Difusión de Televisión
- Comunicación por satélite en una vía y dos vías
- Control remoto de dispositivos
- Teléfonos Celulares

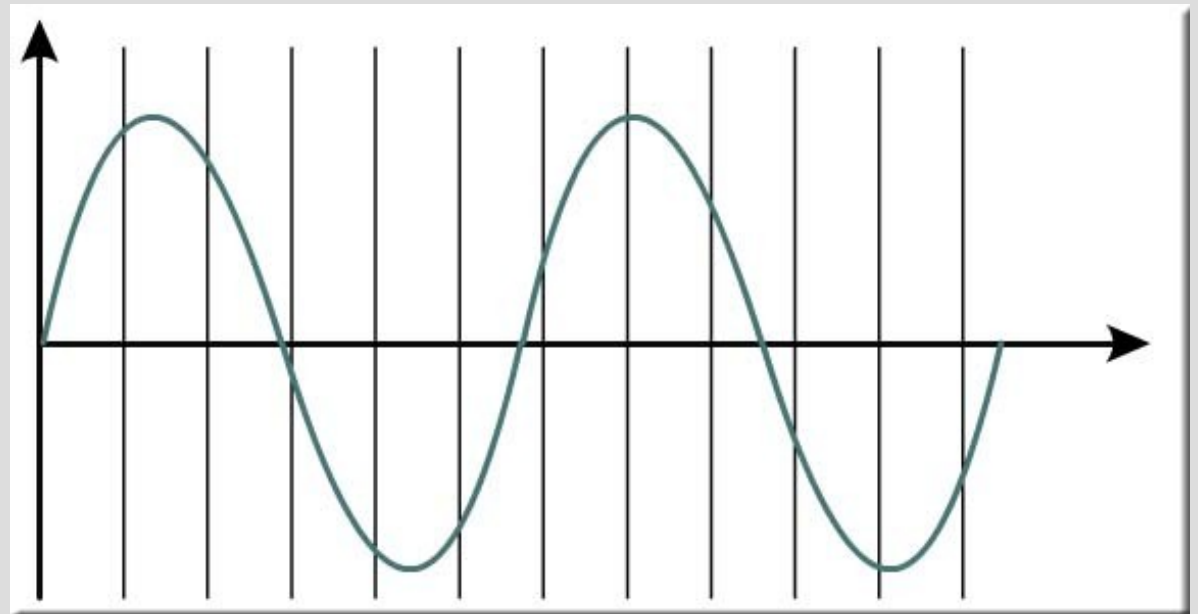
Propiedades de las Ondas

- Amplitud = Intensidad
- Periodo = $1/f$
- Longitud de Onda = λ
- Frecuencia = $1/T$



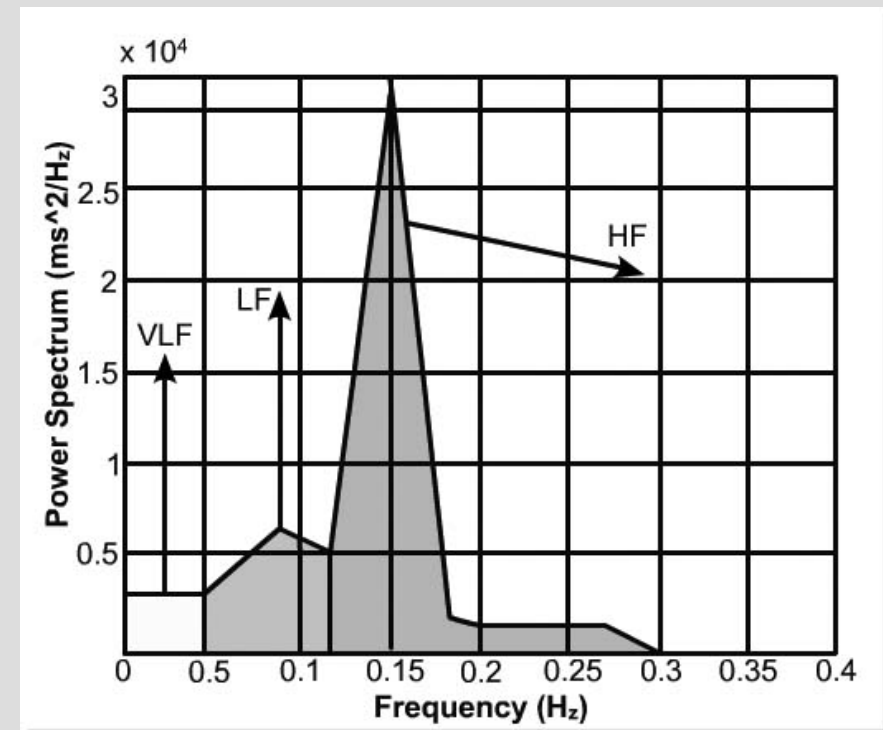
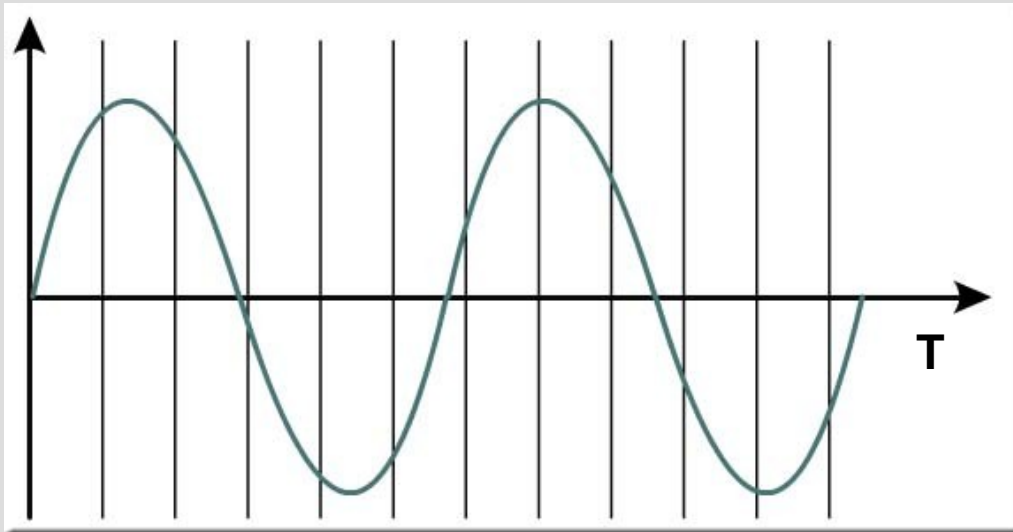
Características de las Ondas

- Interferencia
- Modulación
- Ruido



Características de las Ondas

- Representación en el Tiempo: Onda tradicional
- Representación en la Frecuencia: Canal de transmisión -Síntesis de Fourier-.



Características de las Ondas

- Ruido Blanco: Afecta todas las frecuencias
- Ruido de banda estrecha: afecta ciertas frecuencias
- Fuentes de Ruido: EMI/RFI -Interferencia Electro Magnética/Radio Frecuencia-.
 - Teléfonos inalámbricos (900MHz/2,4GHz)
 - Hornos Microondas

<u>Rango de Frec.</u>	<u>Banda</u>	<u>BW disp.</u>
902-928MHz	Industrial	26MHz
2.40-2.4835GHz	Scientific	83.5MHz
5.725-5.850GHz	Medical	125MHz

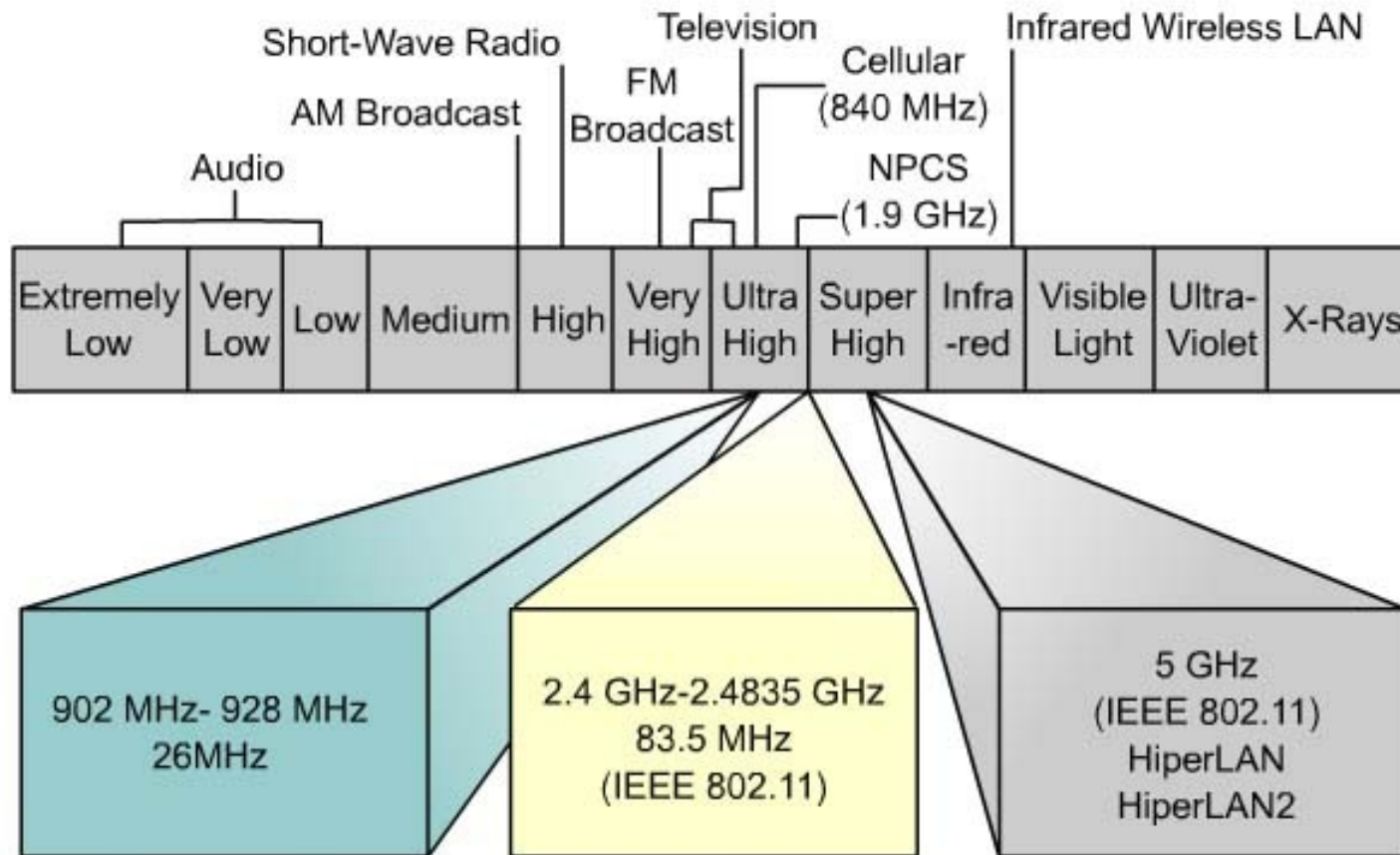
Modulación básica

- **AM** = Modulación en amplitud
 - La portadora es modulada por la información alterando la amplitud de la portadora.
- **FM** = Modulación en Frecuencia
 - La portadora es modulada por la información alterando la frecuencia.
- **PM** = Modulación en Fase
 - La portadora es modulada por la información alterando la fase de cada ciclo
- **Modulación Digital (1/0)**
 - ASK Amplitud Shift Keying
 - FSK Frequency Shift Keying
 - PSK Phase Shift Keying

Radio Frecuencia: ondas electromagnéticas (EM)

- Velocidad de la Luz: C ($3 \cdot 10^8$ m/s)
- Para cualquier onda EM $c = f \cdot \lambda$, c en m/s
- Propiedades
 - ✓ Dirección
 - ✓ Polarización
 - ✓ Fase
- Características
 - ✓ Reflexión/rebote
 - ✓ Refracción/doblamiento
 - ✓ Difracción o cubrimiento de objetos
 - ✓ Dispersión o redirección por partículas
- Ejemplo 100KHz tiene una λ de $10^3,5$ m aprox,
 $10 \cdot 10^4 \text{Hz} \cdot 10^3,5 \text{m} = 10 \cdot 10^7,5$ aprox

Bandas sin Licenciamiento: ISM



The Industrial, Scientific, and Medical (ISM) Unlicensed Frequency Bands

Estándares 802.11

- 802.11a
 - Hasta **54Mbps** en la banda de **5GHz**
 - No compatible con 802.11b.
- 802.11b
 - Hasta **11Mbps** en la banda de **2.4GHz**
 - No compatible con 802.11a.
- 802.11g
 - Hasta **54Mbps** en la banda de **2.4GHz**
 - Compatible con 802.11b.

Modulación de dispersión (Spread Spectrum)

- Frecuency Hopping (**FHSS**)
 - La señal salta cada cierto intervalo por bandas estrechas dentro de 85MHz al rededor de 2.4GHz
 - El patrón de saltos es pseudoaleatorio.
 - Busca seguridad de la información y evitar interferencias.
 - How RF Works 6.
- Direct Sequence (**DSSS**)
- 802.11 b usa FHSS y DSSS

Modulación de dispersión de Secuencia Directa (DSSS)

- Chipping Code
 - Se elige una representación para el 1 y el 0 que consiste en n bits, p. ej.: 1=001100110011 y 0 = 11001100100
 - Técnicas de modulación avanzadas para alcanzar las ratas de transferencias (BPSK = 1Mbps, QPSK=2Mbps, CCK=5.5 y 11Mbps)

If the data bit was: 1001

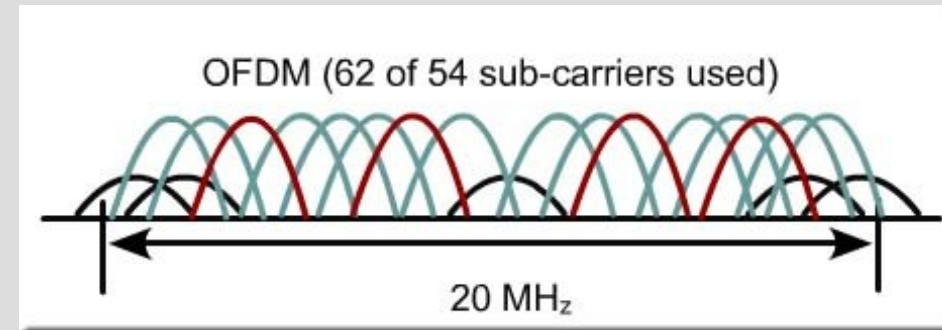
Chipping code is: 1=00110011011 0=11001100100

Transmitted data would be:

00110011011	11001100100	11001100100	00110011011
1	0	0	1

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

- Transmisión simultánea por varias subportadoras de 20MHz C/U
- Cada portadora está dividida en 52 canales de 300KHz C/U (48 de transmisión y 4 para corrección de errores)
- Cualquier dispositivo debe soportar por lo menos 6, 12 y 24Mbps
- Usado por 802.11a/g

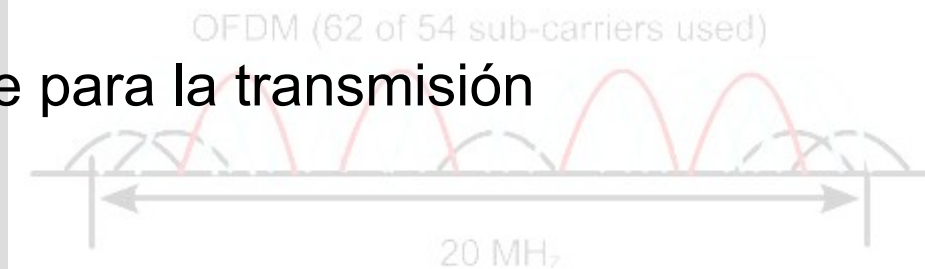


Modulation with Sub Channels	Data Rate Per Sub Channel (Kbps)	Total Data Rate (Mbps)
BPSK	125	6
BPSK	187.5	9
QBPSK	250	12
QBPSK	375	18
16QAM	500	24
16QAM	750	36
64QAM	1000	48
64QAM	1125	54

Ancho de Banda

- Ancho de banda **Analógico**

- Banda de frecuencias disponible para la transmisión
 - Medido en MHz
- 



- Ancho de banda **Digital**

- Capacidad efectiva de transportar datos
- Medido en Kbps
- Medida de transferencia en bps vs Bps, bits/Bytes.
- No tiene en cuenta la carga administrativa, hay que restar encabezados.
- En Wireless es un poco mayor tanto por sobrecarga de los protocolos como por características de contención del medio

Modulation with Sub Channels	Data Rate Per Sub Channel (Kbps)	Total Data Rate (Mbps)
QPSK	100	1
16-QAM	200	2
64-QAM	300	3
256-QAM	400	4

bps vs Bps, bits/Bytes.

administrativa, hay que restar

por tanto por sobrecarga de los características de contención del medio

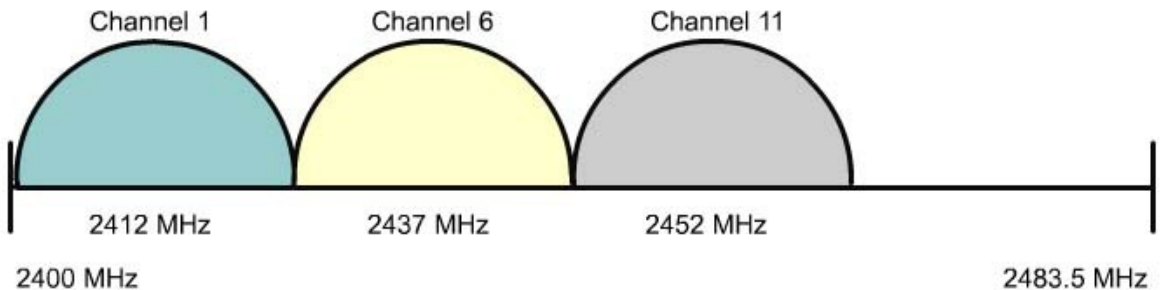
Potencia de transmisión

- $P = 10 \log P_{fin}/P_{ref}$
- P_{fin} es **Potencia final**, P_{ref} es la **potencia de referencia** (o **inicial** en algunos casos)
- Ganancias y pérdidas **se miden en decibeles dB**
- La potencia de radiación está **limitada por el dominio de regulación**: FCC permite aplicaciones por encima de 100mW sólo para enlaces punto a punto de edificio a edificio.
- Potencia Efectiva de radiación **EIRP** (Effective Isotropic Radiated Power): Radiación del radio + ganancia de la antena – pérdida en el cable.

Canales de transmisión 802.11b

Channel Frequencies for 802.11b (High Rate PHY)

CHNL_ID	Frequency MHz	Regulatory Domains					
		X'10' FCC	X'20' IC	X'30' ETSI	X'31' Spain	X'32' France	X'40' MKK
1	2412	X	X	X	-	-	-
2	2417	X	X	X	-	-	-
3	2422	X	X	X	-	-	-
4	2427	X	X	X	-	-	-
5	2432	X	X	X	-	-	-
6	2437	X	X	X	-	-	-
7	2442	X	X	X	-	-	-
8	2447	X	X	X	-	-	-
9	2452	X	X'	X	-	-	-
10	2457	X	X	X	X	X	-
11	2462	X	X	X	X	X	-
12	2467	-	-				
13	2472	-	-				
14	2484	-	-				

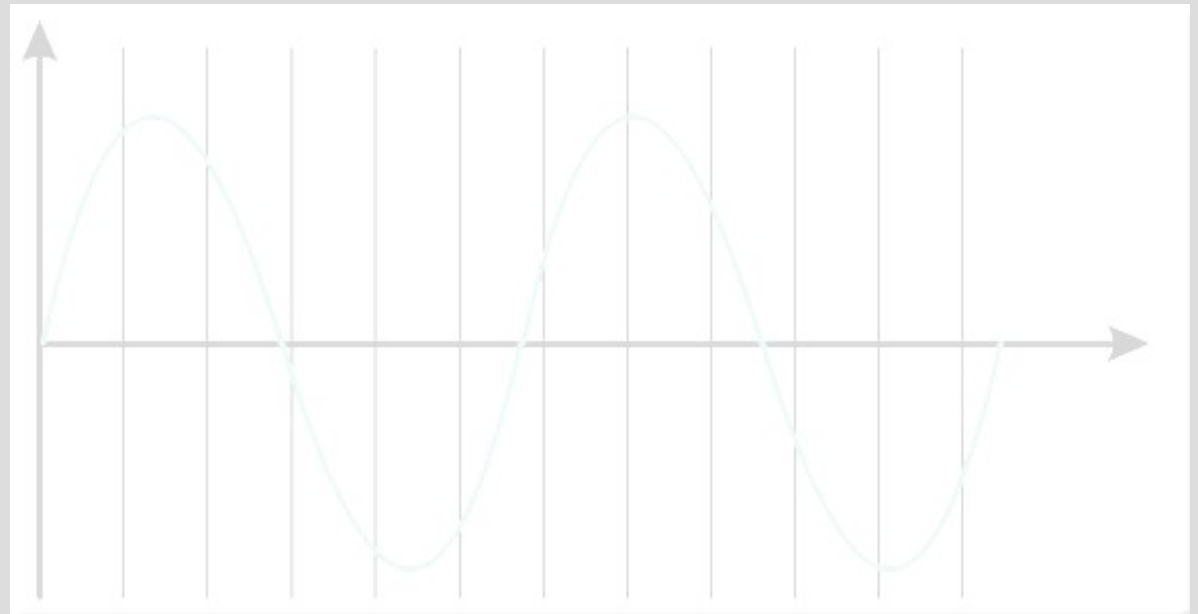


Canales de transmisión 802.11a

Band	Channels	Frequency (GHz)	Usage	Cisco Devices
U-NII 1	4	5.15-5.25	Indoor Only-Fixed Antenna	AP 1200AIR-CB20A
U-NII 2	4	5.25-5.35	Indoor/Outdoor-Detachable Antenna	AP 1200AIR-CB20A
U-NII 3	4	5.725-5.825	Outdoor Bridging only	1400 Series Bridge
HiperLAN	8	5.25-5.35	Indoor only-Fixed Antenna	NA
HiperLAN	11	5.470-5.725	Indoor/Outdoor-Detachable Antenna	NA

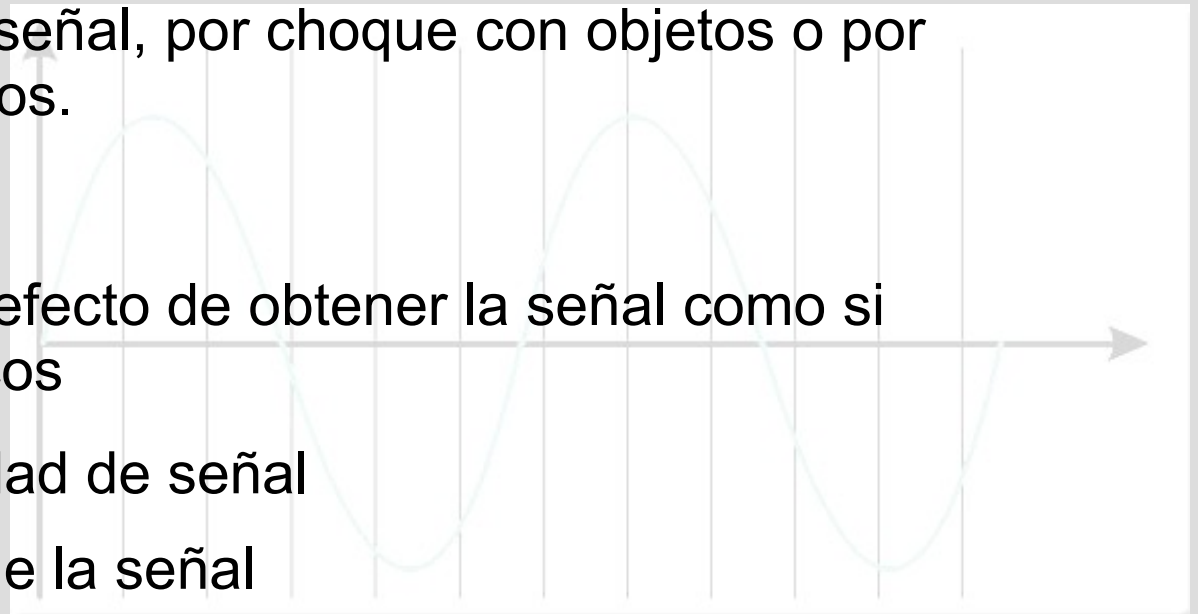
Potencia de transmisión

- dBm: La referencia (P_{ref}) es un mW, **fuerza de la señal**, EIRP < 36dBm en FCC y 20 dBm en ETSI.
- dBd/dBi: Mide la ganancia de las antenas con base en ganancia de antenas teóricas.
- $dBi = dBd + 2,14$



Efectos físicos sobre la señal

- **Refracción:** Por cambio de medio o por choque directo con objetos
 - Tamaño $< \lambda$: no se altera
 - Tamaño $> \lambda$: se crea sombra y reflejo de energía
 - Tamaño $\sim \lambda$: Efectos de multiples focos
- **Reflexión:** Pérdida de señal, por choque con objetos o por elementos mal instalados.
- **Dispersión**
- **Multiruta (Multipath):** efecto de obtener la señal como si proviniera de varios focos
 - Refuerza la intensidad de señal
 - Deteriora la forma de la señal



Capas de 802.11

- Capa de enlace de Datos
 - LLC: Link Layer Control
 - MAC: Media Access Control
 - Entrega sincronica/asincrónica de datos
 - Seguridad
 - Priorización de tráfico
- Capa física
 - PHY
 - PMD: Physical Medium Dependent
 - PLCP: Physical Layer Convergence Procedure
 - LMF: Layer Management Function

Capa Física 802.11b: PHY

- Términos de la capa física
 - Canales de operación: desde 2.412GHz hasta 2.484GHz (Hasta 2.462 bajo FCC)
 - Código de dispersión/Modulación y Transferencia

	Spreading Code	Modulation Technology	Data Rate
2.4 GHz DSSS	Barker Code	DBPSK	1 Mbps
2.4 GHz DSSS	Barker Code	DQPSK	2 Mbps
2.4 GHz DSSS	CCK	DQPSK	5.5 Mbps
2.4 GHz DSSS	CCK	DQPSK	11 Mbps

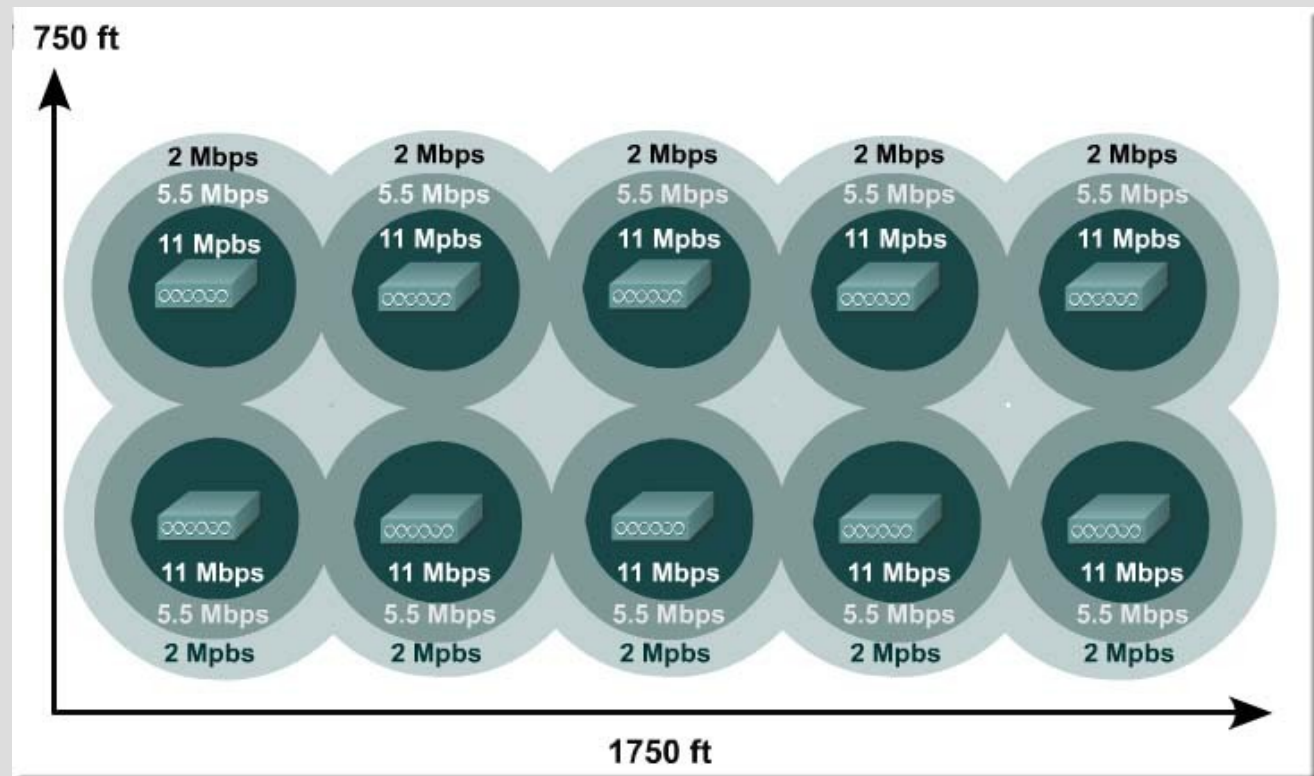
Capa Física 802.11a: PHY

Band	Channels	Frequency (GHz)	Usage	Cisco Devices
U-NII 1	4	5.15-5.25	Indoor Only-Fixed Antenna	AP 1200AIR-CB20A
U-NII 2	4	5.25-5.35	Indoor/Outdoor-Detachable Antenna	AP 1200AIR-CB20A
U-NII 3	4	5.725-5.825	Outdoor Bridging only	1400 Series Bridge
HiperLAN	8	5.25-5.35	Indoor only-Fixed Antenna	NA
HiperLAN	11	5.470-5.725	Indoor/Outdoor-Detachable Antenna	NA

Coding Technique	Modulation Technology	Data Rate
OFDM	BPSK	6 Mbps
OFDM	BPSK	9 Mbps
OFDM	QPSK	12 Mbps
OFDM	QPSK	18 Mbps
OFDM	16QAM	24 Mbps
OFDM	16QAM	36 Mbps
OFDM	64QAM	48 Mbps
OFDM	64QAM	54 Mbps

Capa Física 802.11: PHY

- Tasa de transferencia según estándar
- Tasa de transferencia según Calidad/intensidad de la señal.

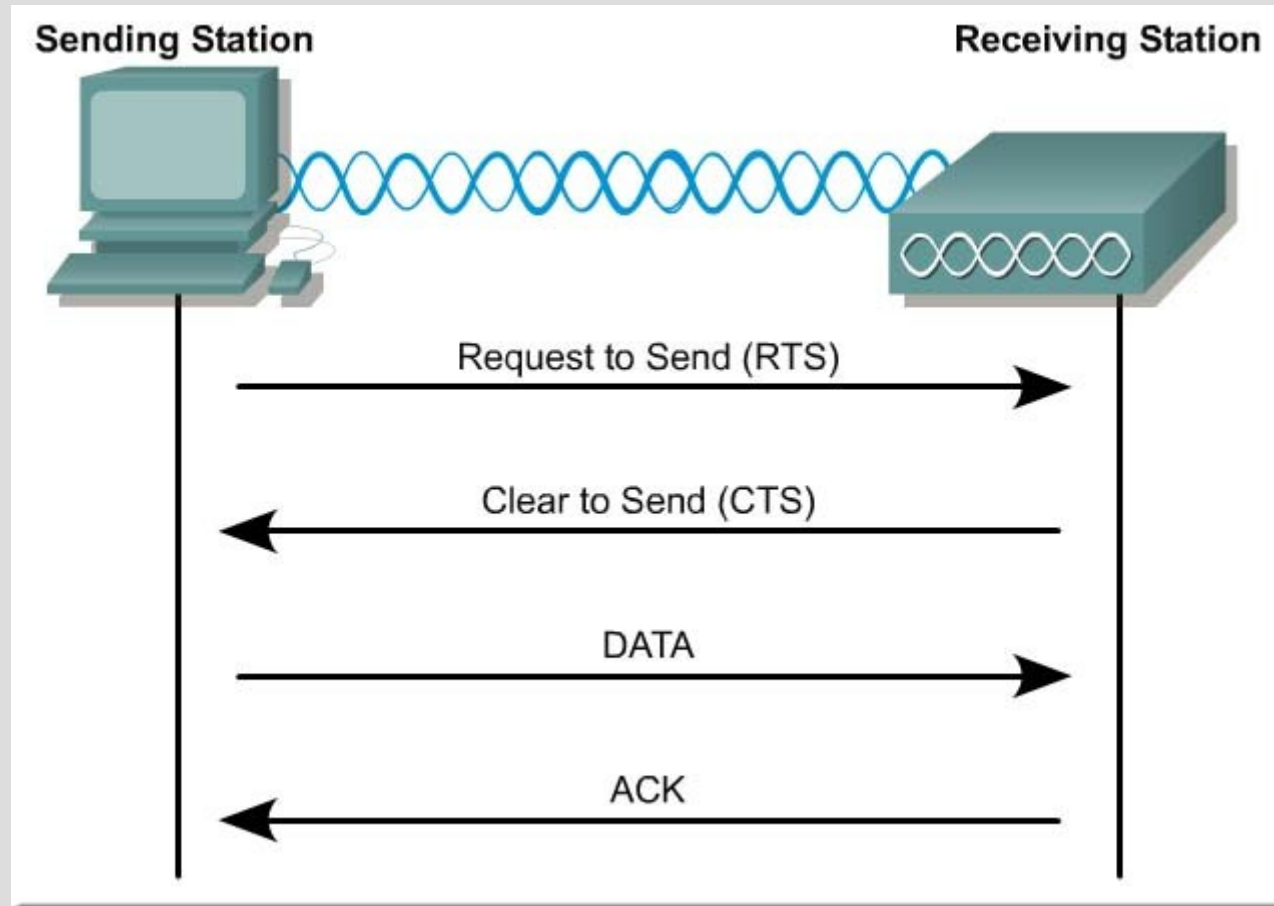


Acceso múltiple en Medio Compartido

- Todas las estaciones comparten el medio
- ¿Cómo decidir qué estación transmite en cada momento?
- ¿Cómo se evita que las diferentes celdas interfieran con las otras?



MAC: Control de Acceso al Medio

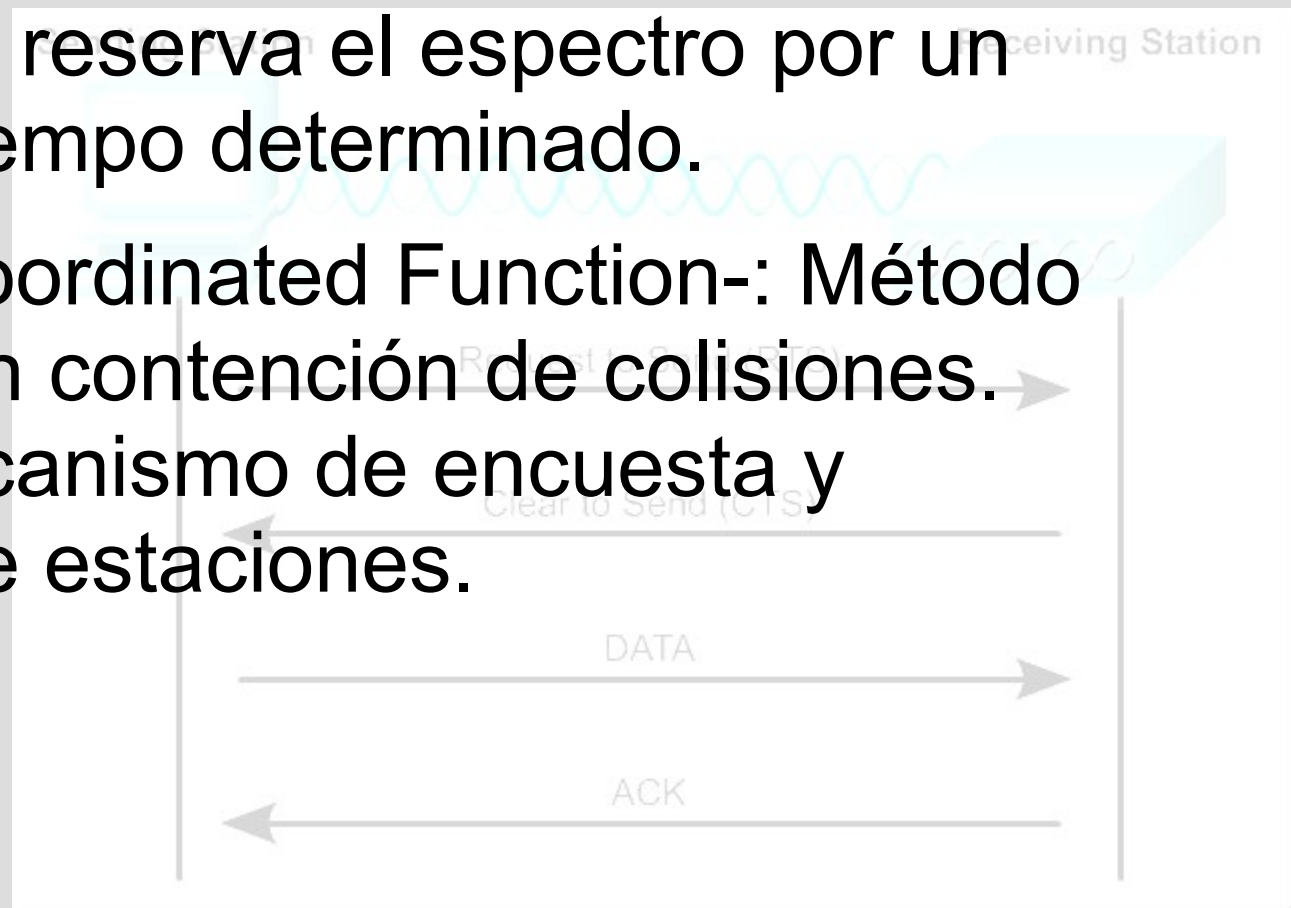


CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance

NOTA: Impacto en el desempeño/rendimiento de la transferencia de datos (throughput)

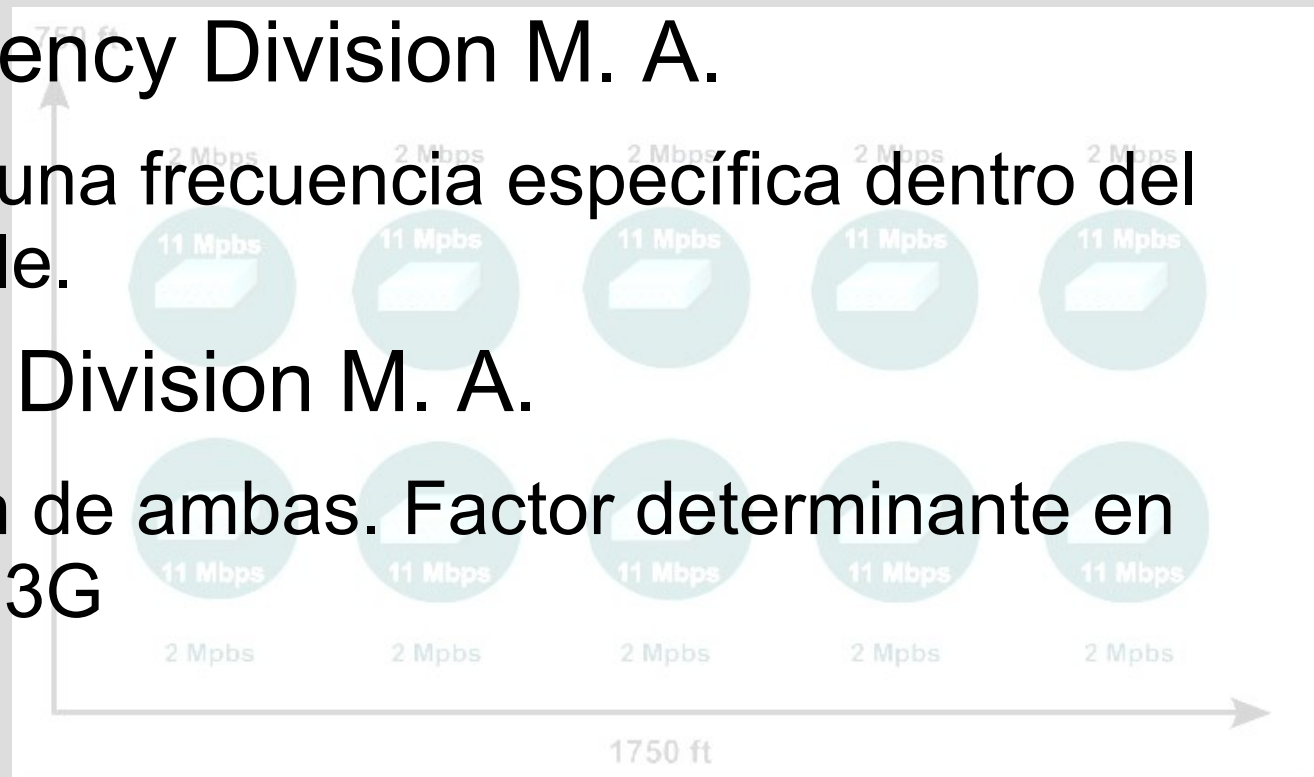
MAC: Control de Acceso al Medio

- **DCF** -Distributed Coordinated Function-: Método de arbitraje básico. Intercambio de RTS/CTS que reserva el espectro por un intervalo de tiempo determinado.
- **PCF** -Point Coordinated Function-: Método de arbitraje sin contención de colisiones. Define un mecanismo de encuesta y priorización de estaciones.



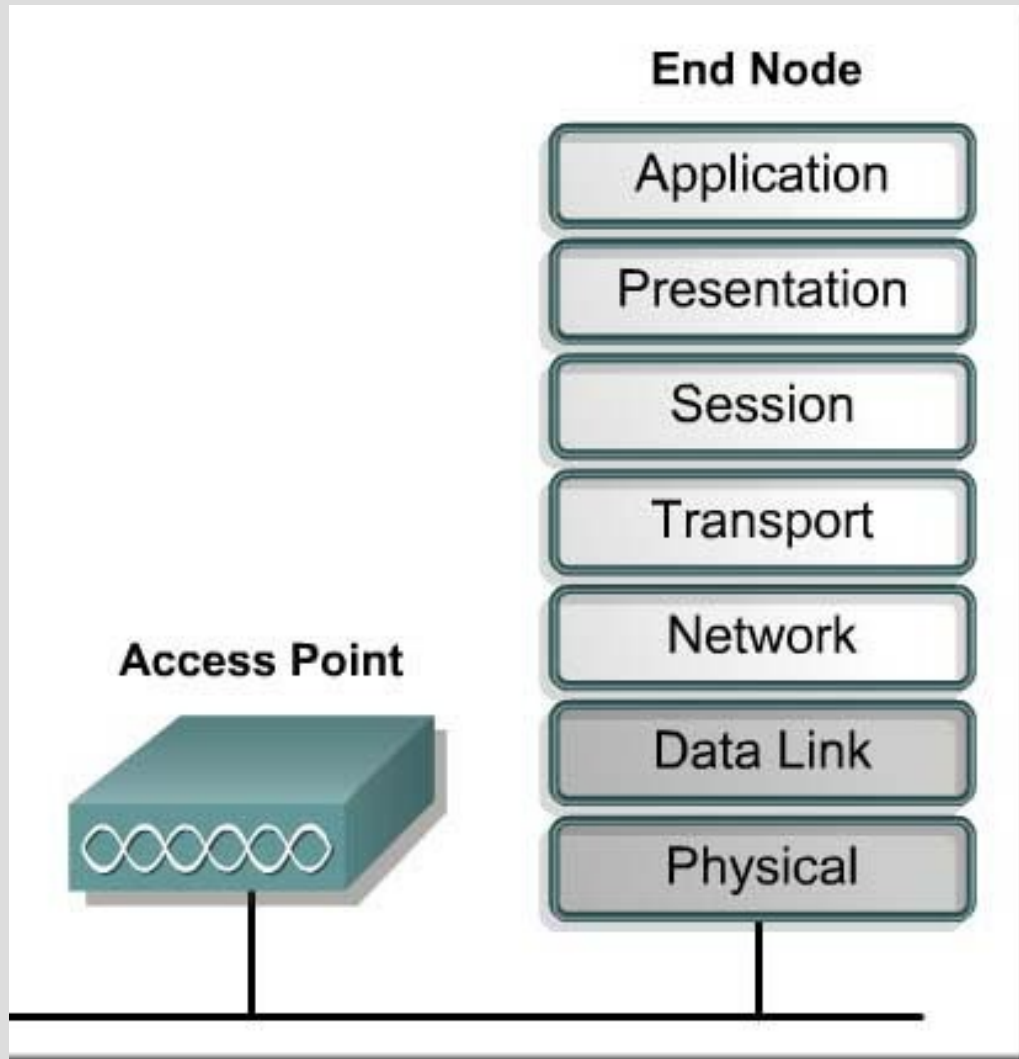
Acceso múltiple en Medio Compartido

- **TDMA:** Time Division Multiple Access
 - C/Dispositivo usa el espectro en la celda durante un tiempo determinado.
- **FDMA:** Frequency Division M. A.
 - C/Disp. Usa una frecuencia específica dentro del BW disponible.
- **CDMA:** Code Division M. A.
 - Combinación de ambas. Factor determinante en las redes de 3G



Componentes de una WLAN

- **AP: Access point**
 - Dispositivo de acceso a clientes/estaciones inalámbricas
- **Bridge**
 - Dispositivo de enlace a distancia
- **WorkGroup Bridge:**
 - Dispositivo de enlace a distancia con soporte para clientes/estaciones.



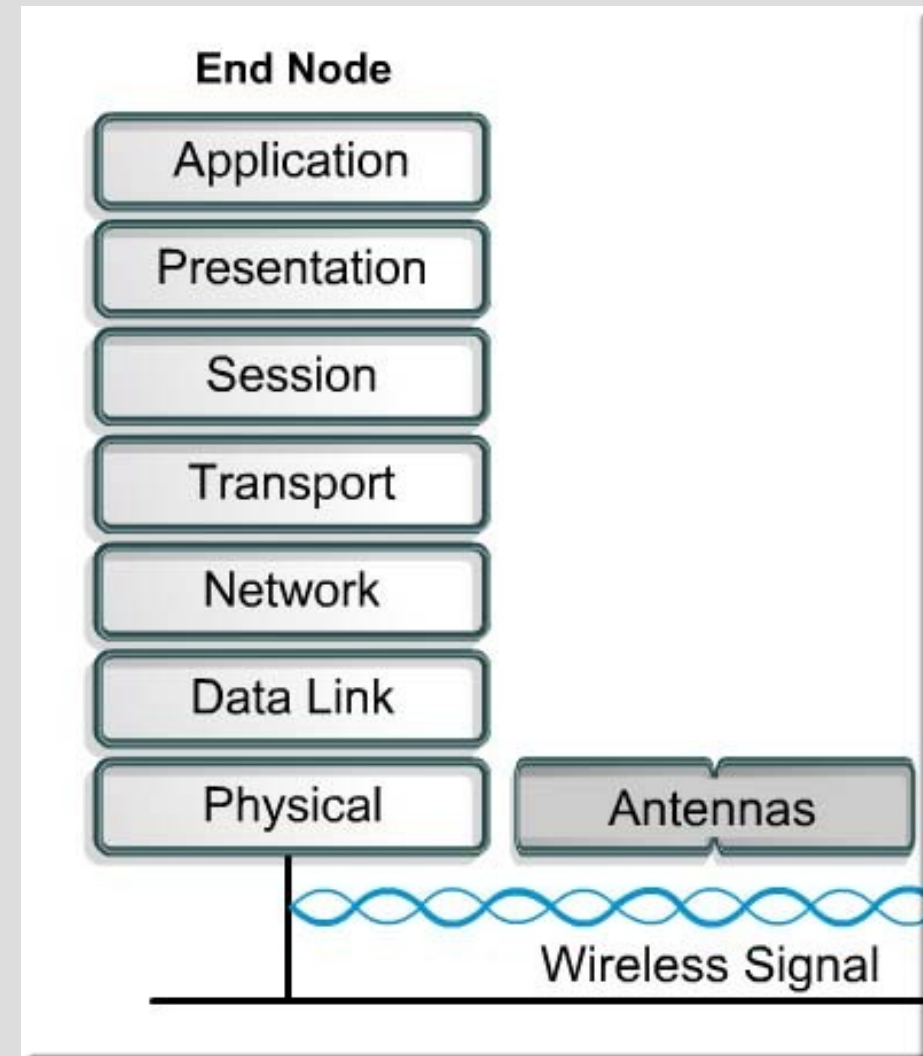
Componentes de una WLAN



Componentes de una WLAN

- **Antenas**

- Parámetros: **Ganancia, dirección, polarización.**
- Elementos a considerar: longitud del **cable**, protección de **sobrecargas, distancia** a cubrir, tasa de **transferencia.**



Comparativa de antenas para AP

					
	Rubber dipole	Pillar Mount	Patch Wall	Ceiling Mount	Ceiling Mount High Gain
Type	Omni	Omni	Directional	Omni	Omni
Gain	2.15 dBi	5.2 dBi	8.5 dBi	2.2 dBi	5.2 dBi
Beamwidth	360° H 75° V	360° H 75° V	60° H 55° V	360° H 75° V	360° H 75° V
Indoor Range at 1Mbps	300' 91.4 m	497' 151.5 m	700' 213.4 m	350' 106.7 m	497' 151.5 m
Indoor Range at 11Mbps	100' 30.5 m	142' 43.3 m	200' 61 m	100' 30.5 m	142' 43.3 m
Cable Length	N/A	3' 0.9 m	3' 0.9 m	9' 2.7 m	3' 0.9 m

Comparativa de antenas para Bridge

					
	Patch Wall	Mast Mount	Mast Mount High Gain	Yagi Mast	Solid Dish
Type	Directional	Omni	Omni	Directional	Directional
Gain	8 dBi	5.2 dBi	12 dBi	13.5 dBi	21 dBi
Beamwidth	60° H 55° V	360° H 75° V	360° H 75° V	30° H 25° V	12.4° H 12.4° V
Approximate Range at 2 Mbps	2.0 miles 3.21 k	5000' 1,524 m	4.6 miles 7.4 k	6.5 miles 10.46 k	25 miles 40.23 k
Approximate Range at 11 Mbps	3390' 1,033.2 m	1580' 481.5 m	1.4 miles 2.25 k	2 miles 3.21 k	11.5 miles 18.50 k
Cable Length	3' .91 m	3' .91 m	1' .305 m	1.5' .457 m	2' .609 m