

UTN-FRBA-Dto.Sistemas Redes de Información

Unidad 4 Redes LAN inalámbricas

Fuentes: Stallings cap. 17 y otras
Versión: 2

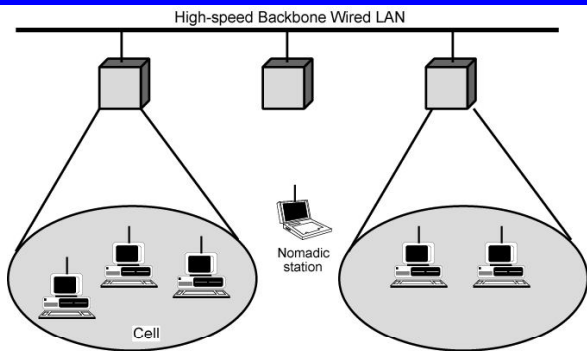
1

1-Introducción

- Ventajas de las redes inalámbricas:
 - Ahorran instalación y cableado
 - Fácil reubicación de puestos y modificaciones
 - Son recomendables en algunos ambientes tales como edificios con grandes áreas abiertas
 - Permite la movilidad de los usuarios
- Desventajas frente a redes cableadas:
 - Menor ancho de banda
 - Menor seguridad
 - Sujetas a interferencias
- Redes mixtas: aprovechan lo mejor de ambas técnicas
 - Los usuarios móviles pueden acceder a los servidores

2

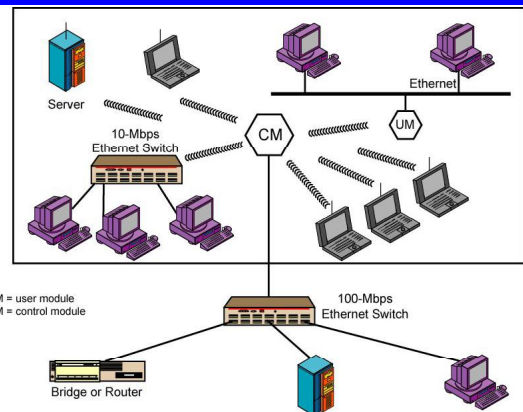
LAN mixta



(a) Infrastructure Wireless LAN

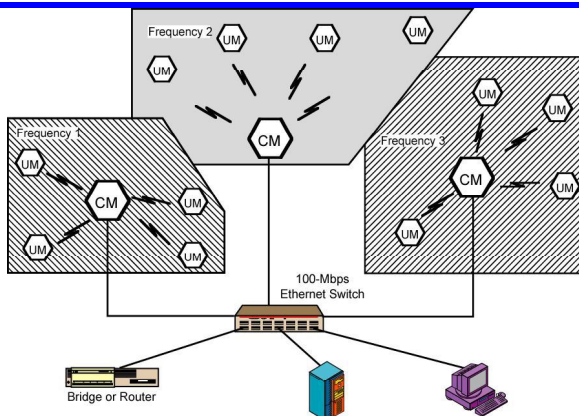
3

LAN inalámbrica de una celda



4

LAN inalámbrica Multi-Celda



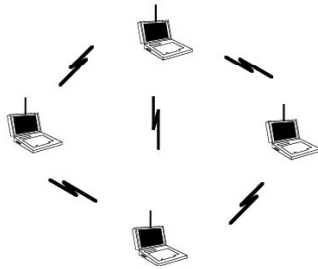
5

Variantes

- Interconexión de edificios:
 - Un enlace de radio punto a punto conecta las LANs de edificios cercanos operando como *bridge* o *router*
- Redes LAN *Ad Hoc*:
 - Red temporal de pares que se arma para una reunión de negocios o una clase
- Red mixta:
 - Combina varias estaciones inalámbricas en un equipo conectado por cable a una red fija

6

Red LAN Ad Hoc



7

Requisitos

- Usar eficientemente el medio radioeléctrico
- Permitir cientos de nodos en múltiples celdas
- Tener conexión a LAN troncal
- Área de cubrimiento: 100 a 300 m
- Bajo consumo de baterías para portátiles
- Transmisión segura: evitar interferencias
- Permitir la coexistencia de dos o más redes en la misma área
- Operación sin licencia
- Roaming: permitir moverse de una celda a otra
- Configuración dinámica: se puede agregar y sacar terminales sin cortes a los usuarios

8

2-Tecnologías

- Infraroja (IR):
 - celda individual limitada a un salón
 - la luz IR no penetra paredes opacas
- Spread spectrum (SS): operan en banda de microondas para usos industriales
 - No requieren licencia
- Microondas: frecuencias fijas
 - En algunos casos requiere licencia



9

LAN infrarroja

- Espectro ilimitado no regulado, permite alta velocidad
- Infrarojo comparte propiedades de luz visible
 - Difusión por reflexión en techos claros
 - No penetra paredes, permitiendo separación
- Barata y simple
 - Usa modulación de intensidad, se detecta amplitud
- Hay radiación de fondo
 - Causada por la luz solar e iluminación
 - Es ruidosa
 - Potencia limitada

10

Transmisión infrarroja

- Haz directo
 - Enlaces punto a punto de algunos km
 - Usado para interconectar edificios visibles
- Omnidireccional
 - Una base montada en el techo accede a varias estaciones
- Difusas
 - Aprovechan rebote en el techo

11

LAN Spread Spectrum

- Usualmente usan esquema de múltiple celda
- Celdas adyacentes usan diferentes frecuencias
- Hub se monta en el techo, conectado a LAN cableada
 - Usa protocolo de acceso IEEE 802.11
 - Puede actuar como repetidor multiport
 - Las estaciones usan antenas omnidireccionales
- Hub puede automáticamente cerrar enlace si hay baja señal

12

Características de Transmisión

- Regulaciones cambian entre países
- En USA la FCC autoriza sin licencia:
 - Potencias de 1 watt y 0.5 watts
 - Bandas de 915-MHz, 2.4-GHz y 5.8-GHz
 - 2.4 GHz también en Europa y Japón
 - Mayor frecuencia permite mayor ancho de banda
- Interferencia
 - Hay dispositivos en 900 MHz (teléfonos, micrófonos, aficionados)
 - Hay hornos de microondas en 2.4 GHz
 - Poca competencia en 5.8 GHz
 - Equipos más caros pero de mayor ancho de banda

13

Microondas

- Antes usaban tecnología TDM, ahora usan IP
- Hasta hace poco, todos usaban banda licenciada
- Ya hay LAN en banda ISM (Instrumentos, Seguridad, Medicina)

14

RF banda angosta con licencia

- Frecuencias de microondas permiten transmitir datos en área de 28 km de radio
 - Puede tener cinco licencias de dos frecuencias cada una
 - Motorola tiene 600 licencias (1200 frecuencias) en 18-GHz
 - Cubre áreas metropolitanas de ciudades con más de 30,000 personas
- Usa configuración de celdas
- Celdas adyacentes usan bandas de frecuencia separadas
- Motorola controla la banda, asegurando la no interferencia
- Todas las transmisiones están encriptadas

15

RF banda angosta sin licencia

- En 1995 *RadioLAN* introduce LAN en banda ISM
 - Transmisión de banda angosta a baja potencia (0.5 watts)
 - Opera a 10 Mbps en la banda de 5.8-GHz
 - Alcance de 100 m en oficina abierta
- Configuración par a par
 - Master puede cambiar con las condiciones
- Incluye repetición dinámica
 - Las estaciones puede ser repetidores para llegar a otras fuera del rango

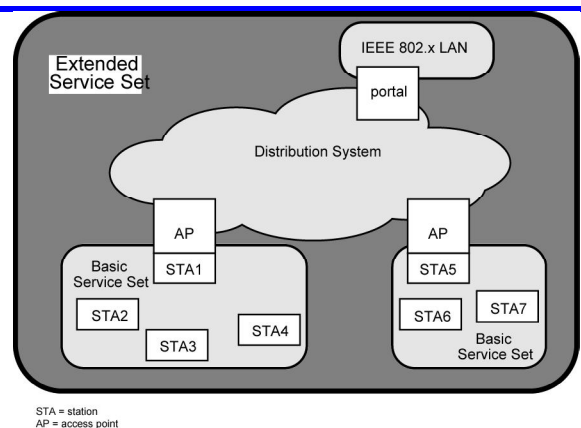
16

3-Norma IEEE 802.11

- Especifica el medio físico y el protocolo MAC para las redes inalámbricas
- El bloque más pequeño es el *basic service set* (BSS)
 - Pocas estaciones compiten por el mismo medio
 - El BSS generalmente corresponde a una celda
- La red puede estar aislada o conectada a un troncal de distribución (DS) mediante un punto de acceso (AP), que funciona como *bridge*
- El protocolo MAC puede ser distribuido o controlado en el AP
- El DS puede ser un switch, una red cableada u otra red inalámbrica

17

Modelo de red IEEE 802.11



18

Configuración del BSS

- Simple: cada estación pertenece a un BSS
- Puede haber dos BSS superpuestos
 - Una estación puede participar en más de un BSS
- Asociación dinámica entre estación y BSS

19

Servicio extendido (ESS)

- Dos o más BSS interconectados por troncal (DS)
 - El DS puede ser troncal cableado, pero puede ser cualquier red
 - Aparece como una sola LAN lógica al LLC

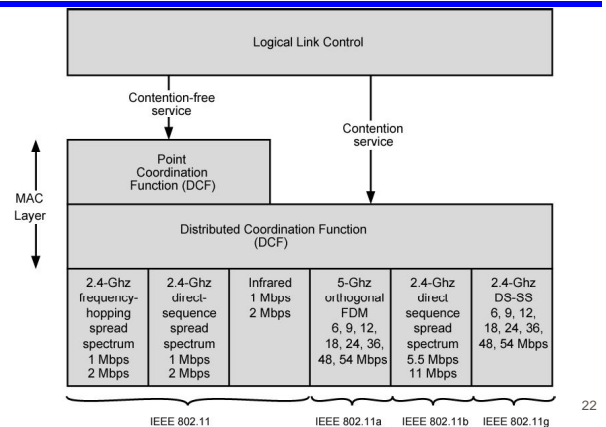
20

Punto de acceso (AP)

- Hay una lógica dentro de la estación que permite el acceso al DS
- Para integrar LAN IEEE 802.11 con LAN cableada se necesita un portal
- Portal lógico implementado en dispositivo que es parte de LAN cableada y unida al DS (un *bridge* o *router*)

21

Arquitectura IEEE 802.11



22

Control de Acceso al Medio

- Capa MAC cubre tres funciones
 - Entrega confiable de datos
 - Control del acceso
 - Seguridad

23

Entrega confiable de datos

- Ruido, interferencia y efectos de propagación hacen perder tramas
- Sistema con códigos correctores de errores pueden perder tramas
- Esta función la debería hacer una capa superior (TCP)
 - Capas altas son lentas
 - Es más eficiente tratar con errores a nivel MAC
- 802.11 incluye protocolo de intercambio de tramas:
 - La estación que recibe trama manda ACK
 - Si el transmisor no recibe el ACK, retransmite

24

Control de Acceso al Medio

- *Distributed wireless foundation MAC* (DWFMAC)
 - Mecanismo de control distribuido del acceso al medio
 - Opcionalmente puede ser centralizado
- Capa inferior es la Función de coordinación distribuida (DCF)
 - Algoritmo de contención
 - Tráfico asincrónico
- Función de coordinación del punto (PCF)
 - Algoritmo MAC centralizado
 - Libre de contención
 - Capa sobre DCF

25

Función Coordinación Distribuida

- Subcapa DCF usa CSMA
- Si la estación tiene tramas para transmitir, escucha
- Si el medio está libre puede transmitir
- Si no, espera a que termine transmisión
- No hay detección de colisiones
- DCF incluye retardos tales como IFS

26

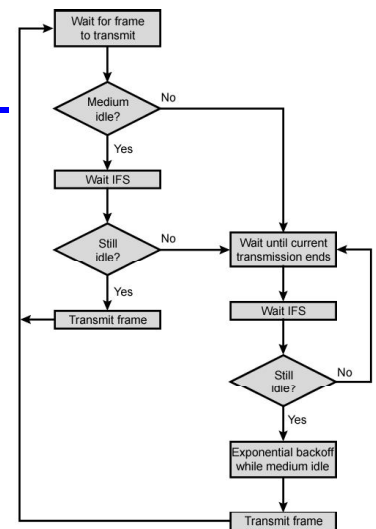
Espacio entre tramas

IFS: *Inter frame space*

- Si la estación encuentra al medio libre durante un IFS, transmite inmediatamente
- Si encuentra al medio ocupado, sigue monitoreando
- Cuando termina la transmisión espera otro IFS
 - Si sigue libre espera un tiempo aleatorio y monitorea
 - Si sigue libre puede transmitir

27

Lógica de control de acceso al medio



Prioridad

- Se usan tres valores para IFS
- SIFS (*short IFS*):
 - IFS Corto
 - Para todas las acciones de respuesta inmediata
- PIFS (*point coordination function IFS*):
 - IFS Medio
 - Usado por controlador centralizado en PCF
- DIFS (*distributed coordination function IFS*):
 - IFS Largo
 - Usado por tramas cuando luchan por el medio

29

Uso de SIFS para ACK

- Estaciones que usan SIFS tienen mayor prioridad
- La estación responde con ACK después de esperar el tiempo de un SIFS
- No hay detección de colisiones
- SIFS permite entrega eficiente de múltiples tramas LLC
- La estación transmite una trama MAC por vez
- Cada trama debe ser reconocida
- Cuando se recibe el ACK, después de un SIFS manda otra

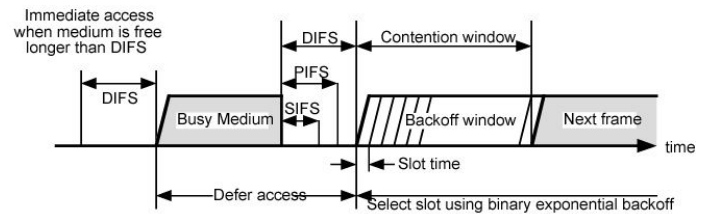
30

Uso de SIFS para CTS

- *Clear to Send* (CTS) "listo para envío" es la respuesta a una señal *Request to Send* (RTS) "pedido de envío"
- La estación que desea transmitir manda señal RTS
- La estación destino manda CTS si puede recibir
- Las otras estaciones escuchan RTS o CTS y esperan

31

Método de Acceso Básico



(a) Basic Access Method

32

PCF

- Función de Coordinación del punto
- Método de acceso alternativo implementado sobre DCF
- Manejado por un master (coordinador del punto)
- Usa PIFS para hacer encuestas a estaciones
- Las estaciones responden usando SIFS

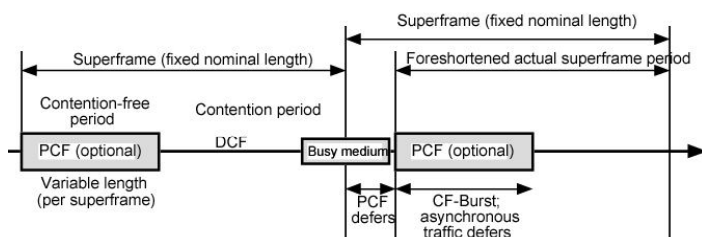
33

Supertrama

- El coordinador del punto puede bloquear el tráfico asincrónico haciendo una encuesta
- Se define el intervalo de una supertrama
 - En la primera parte se encuesta a estaciones configuradas
 - Después hay un tiempo para contiendas
- Al final del intervalo el coordinador pelea por el medio usando PIFS
 - Si lo encuentra libre sigue otra supertrama
 - Si está ocupado espera y la próxima supertrama será reducida

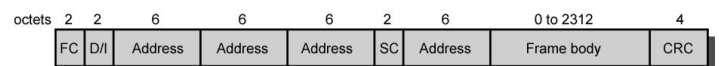
34

Construcción de Supertramas



35

Formato de trama MAC en 802.11



FC = Frame control
D/I = Duration/Connection ID
SC = Sequence control

36

Campos de trama MAC

- Control de trama:
 - Tipo: Control, Gestión o Datos
 - Entrega información de control: fragmentación, privacidad
- Identificador de Duración/Conexión:
 - Duración: indica tiempo (en μ s) para enviar trama MAC
 - En tramas de control tiene indicadores de conexión
- Direcciones:
 - Número y significado depende del contexto
 - Incluye fuente, destino, transmisor y receptor

37

- Control de secuencia :
 - 4-bit: número de fragmento
 - 12-bit: número de secuencia
- Cuerpo de la trama
- Verificación:
 - 32-bit CRC (*cyclic redundancy check*)

38

Tramas de Control

- Power Save-Poll (PS-Poll)
- Request to Send (RTS)
- Clear to Send (CTS)
- Acknowledgment (ACK)
- Contention-Free (CF)-end
- CF-End + CF-Ack

39

Tramas de datos

- 8 tipos de tramas de datos en dos grupos
- Los primeros cuatro llevan datos del usuario
 - Datos
 - Datos + CF-Ack
 - Datos + CF-Poll
 - Datos + CF-Ack + CF-Poll
- Los otros cuatro no llevan datos de usuario
 - *Null Function* (estación pasa a ahorro de energía)
 - CF-Ack, CF-Poll, CF-Ack + CF-Poll pero sin datos

40

4-Capa física de 802.11

- Establecida en varias etapas
- Primera parte en 1997
 - IEEE 802.11
 - Incluye capa MAC y tres capas físicas
 - Dos en banda de 2.4-GHz y una infrarroja
 - Todas operando en 1 y 2 Mbps
- Dos partes en 1999
 - IEEE 802.11a: Banda 5-GHz hasta 54 Mbps
 - IEEE 802.11b: Banda 2.4-GHz a 5.5 y 11 Mbps
- Nuevas versiones:
 - En 2002: 802.11g
 - En 2009: 802.11n
 - En 2014: 802.11ac

41

DSSS

- *Direct-sequence spread spectrum*
 - Bandas de 2.4 GHz a 1 Mbps y 2 Mbps
 - Hasta siete canales
 - Depende de regulaciones nacionales
 - 13 en Europa
 - Uno en Japón
 - Cada canal tiene 5 MHz de ancho de banda
 - El espectro de la señal de datos es ensanchado al combinarla con un código en el transmisor
 - En el receptor la decodificación elimina interferencias
 - Codificación:
 - DBPSK para 1-Mbps
 - DQPSK para 2-Mbps

42

FHSS

- **Frequency-hopping spread spectrum**
 - Banda de 2.4 GHz a 1 Mbps y 2 Mbps con múltiples canales de 1 MHz
 - La señal salta entre canales en secuencia
 - 23 canales en Japón
 - 70 en USA
- Esquema de saltos es ajustable
 - Mínima velocidad en USA: 2.5 sps
 - Mínima distancia de salto es 6 MHz en USA y Europa y 5 MHz en Japón
- Dos niveles de modulación FSK Gaussiana para 1-Mbps
 - Bits codificados como desviaciones de la frecuencia portadora
- Para 2 Mbps se usa GFSK de cuatro niveles
 - Cuatro desviaciones de frecuencia
 - Definen cuatro combinaciones de 2 bits

43

Infrarrojo

- Omnidireccional
- Hasta 20 m
- 1 Mbps usa 16-PPM (*pulse position modulation*)
 - Cada grupo de 4 bits de datos mapeado en uno de 16 símbolos
 - Cada símbolo es una cadena de 16 bits
 - Cada cadena de 16-bit tiene quince 0 y un 1
- Para 2-Mbps, cada grupo de 2 bits de datos es mapeado en una de cuatro secuencias de 4-bit
 - Cada secuencia consiste de tres 0 y un 1
 - Modulación de intensidad: presencia de señal corresponde al 1

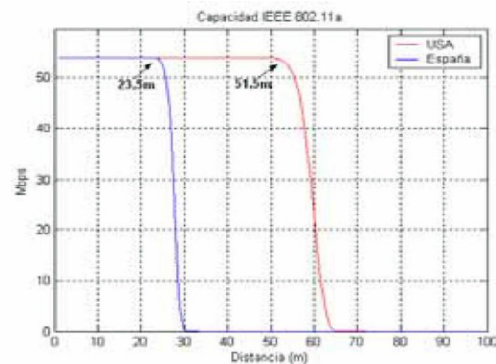
44

Norma 802.11a

- Banda de 5-GHz, no es spread spectrum
- Usa *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM)
- También llamada modulación multiportadora
- Múltiples portadoras en diferentes frecuencias
- Algunos bits en cada canal
- Permite 12 canales sin superposición
- Velocidades de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps
- Hasta 52 subportadoras moduladas usando BPSK, QPSK, 16-QAM, o 64-QAM, dependiendo de la velocidad

45

Capacidad de IEEE 802.11a



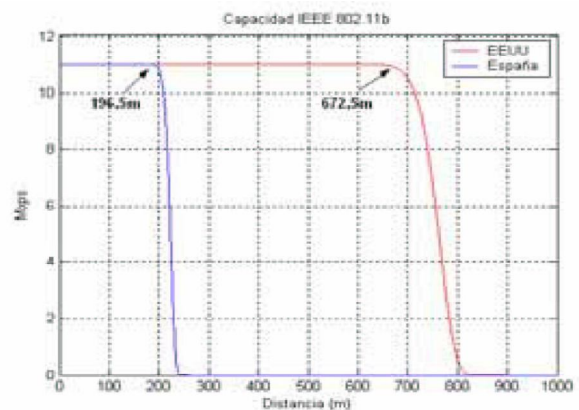
46

Norma 802.11b

- Extensión de 802.11 DS-SS aparecido en 1999
- Velocidad de 5.5 y 11 Mbps
- Minibits a 11 MHz
 - Modulación del tipo *Complementary code keying* (CCK) para mayor velocidad en el mismo ancho de banda
 - Datos de entrada separados en bloques de 8 bits a 1.375 MHz
 - $8 \text{ bits/symbol} \times 1.375 \text{ MHz} = 11 \text{ Mbps}$
 - Seis de ellos mapeados en una de 64 secuencias
 - Los otros van a un modulador QPSK

47

Capacidad IEEE 802.11b



48

Norma 802.11g

- Aparecido en 2003
- Extensión de 802.11b a mayor velocidad
- Combina técnicas de codificación usadas en 802.11a y 802.11b para una variedad de velocidades
- Opera en banda de 2,4 Ghz
- Velocidad máxima de 54 Mbps

49

Norma 802.11n

- Aparece en 2009
- Usa múltiples transmisores y antenas
- Aprovecha las reflexiones por caminos múltiples que en otras técnicas genera interferencia
- Usa 2 canales de 20 MHz
- Opera en 2,4 y 5 GHz
- Velocidad máxima de 600 Mbps

50

Norma 802.11ac

- Aparece en 2014 como mejora a la versión n
- Opera en 5 GHz con 160 MHz de ancho de banda
- Velocidad máxima de 1,3 Gbps
- Usa modulación 256 QAM

51

Compatibilidad

- Equipos bajo norma 802.11a están en otra banda
- Equipos bajo norma 802.11g permiten operar con equipos bajo norma 802.11b
- Equipos bajo norma 802.11n degradan su rendimiento para poder operar en la misma banda de otras normas inferiores

52

Seguridad

- Varios recursos:
 - esconder el nombre de la red (SSID)
 - filtrado de direcciones MAC
 - cambio de canales
 - deshabilitar gestión remota o inalámbrica
- Encriptación:
 - WEP (Wired Equivalent Privacy) ofrece seguridad similar a la red cableada mediante una encriptación fácilmente violable
 - WPA agrega seguridad mediante el uso de claves dinámicas proporcionadas a cada usuario
 - WPA2 usa algoritmo de encriptación AES
 - WPA2-PSK (Pre Shared Key)

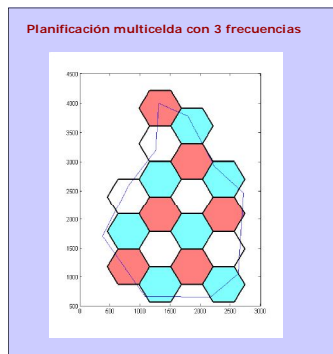
53

Diseño de redes

- Un AP se conecta a un enlace troncal para distribuir su capacidad entre las estaciones
- La velocidad entre cada estación y el AP disminuye con la distancia
- La regulación limita la potencia:
 $PIRE = Potencia\ de\ Tx + Ganancia\ antena < 36db$
- Cada AP puede manejar una cantidad de estaciones (64, 128) por limitaciones de recursos, pero la mayor limitación es el ancho de banda resultante por estación
- Si hay dos AP en la misma zona en la misma frecuencia baja la capacidad porque detectan colisiones

54

- Los AP deberían usar canales diferentes
- Sólo hay 3 canales que no se superponen: (1, 7 y 13 en Europa y 1, 6 y 11 en USA)



55

5-Evolución

- Los sistemas presentados son los comercialmente conocidos como Wi-Fi y cubre el rango de las LAN
- Su amplia difusión generó la saturación del sistema
- Los sistemas Wi-Max son el siguiente paso, bajo norma IEEE 802.16
- Se complementan Wi-Max para cubrir una ciudad y Wi-Fi para cubrir un edificio y alrededores

56

Norma 802.16

- Presentan mejoras en capacidad y prestaciones
- Alcance de 50 km
- Velocidad hasta 75 Mbps
- Incluyen mejoras en seguridad y calidad de servicio
- Permite cientos de usuarios por método de acceso TDMA dinámico
- Aplicaciones de voz, datos y video
- Versión d: publicada en 2004 (Wi Max Fija)
- Versión e: publicada en 2005 (Wi Max Móvil que permite pasar entre celdas)

57

6-Redes celulares

- Las redes inalámbricas vistas están cubiertas por las normas 802.xx y son la extensión de las LAN
- La evolución de las redes telefónicas celulares permite aumentar la velocidad de transmisión de datos y ofrece una alternativa bajo otras normas

58

Generaciones de redes celulares

- 1G: analógicas (voz)
- 2G: digitales GSM (voz y datos de 9,6 kbps)
- 2,5G: digitales GPRS (voz y datos de 144 kbps)
- EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) a 384 kbps
- 3G: digitales UMTS (datos a 1,2 Mbps)
- 3,5G: digitales HSDPA (datos a 3,6 Mbps)
- 4G: digitales LTE (datos a 326 Mbps)

59

Características

- GSM usa TDM en 200 kHz de ancho de banda
- 3G en Europa sigue normas UMTS en 5 MHz
- UMTS es un sistema de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA)
- Se envía simultáneamente una combinación de los datos de usuarios
- Permite hasta un máximo de 2 Mbps, y un promedio de 1,2 Mbps, según la demanda del servicio
- Hay prioridades según la clase de servicios
- Se integra a la arquitectura IP
- HSDPA tiene segundo canal de bajada

60

Redes 4G

- Trabaja con varias antenas y modulación OFDM
- LTE (Long Term Evolution) es un nuevo estándar de la norma 3GPP en el mundo IP.
- Velocidades
 - Bajada: 326,5 Mbps para 4x4 antenas
172,8 Mbps para 2x2 antenas.
 - Subida: 86,5 Mbps
- Más de 200 usuarios por celda.

61

7-Redes Bluetooth

- Solución de bajo costo para interconectar dispositivos con alcance de pocos metros
- Tecnología Spread Spectrum en 2,4 GHz
- Velocidad de hasta 1 Mbps
- Comparten la banda con WiFi pero tienen otra codificación y protocolos simplificados

62