

**Tema 4**  
**Redes de área local y corporativas**

**Tecnologías de red**  
Grado en Ingeniería Informática, Esp. Ing. de Computadores  
Curso 2015/2016

**Jesús Esteban Díaz-Verdejo**  
Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones  
E.T.S. Ingenierías Informática y Telecomunicación – Universidad de Granada  
C/ Periodista Daniel Saucedo Aranda, s/n - 18071 – Granada (Spain)  
Teléfono: +34-958 242304 / 05 - Fax: +34-958 243032 - Email: jedv@ugr.es



© JEDV, 2008



## Esquema

1. Arquitectura de las redes LAN
  - 1.1 Subcapa física
2. Estándares LAN IEEE802
  - 2.1 LLC
  - 2.2 IEEE 802.3 y Ethernet
  - 2.3 Estándares inalámbricos
3. Interconexión de redes LAN
  - 3.1 Equipos de interconexión
  - 3.2 Acceso a Internet
4. Arquitectura de las redes corporativas
  - 4.1 Redes SOHO
  - 4.2 Redes jerárquicas
  - 4.3 Redes corporativas
5. Despliegue y configuración de redes corporativas (ver seminario 4)
  - 5.1 Selección de tecnologías
  - 5.2 Direcciónamiento en IP
  - 5.2 Servicios de direcciónamiento
  - 5.3 Encaminamiento
  - 5.4 Análisis de prestaciones

## Bibliografía

**Básica**

- \* P. García Teodoro y otros; **Transmisión de datos y redes de computadores**, Pearson, 2003. ISBN: 84-205-3919-8 **(Tema 5)**
- \* León-García, A.: **Redes de comunicación**, McGraw-Hill, 2002. ISBN 8448131975 **(Tema 5)**

**Complementaria**

- \* Stallings, W.: **Comunicaciones y redes de computadores**, Prentice-Hall, 7a. ed., 2004 ISBN: 84-205-4110-9
- \* Tanenbaum, A. S.; **"Computer Networks"**, 4<sup>a</sup> ed., Prentice-Hall, 2003, ISBN: 970-26-01622

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

3

4 - Redes de área local y corporativas

**ugr** | Universidad de Granada

**ETSIIT**  
Escuela Técnica Superior  
de Ingenieros Informáticos  
y de Telecomunicación

•3



## Conceptos básicos

### Objetivo

- Estudiar los mecanismos y protocolos implicados en una LAN, analizando algunas variantes comunes
- Diseñar y desplegar una red LAN con acceso a Internet

### Elementos:

- Tecnologías de red
- Estructura de las redes
- Interconexión y acceso a internet
- Servicios intranet/extranet

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

**Arquitectura de las redes LAN**

The diagram illustrates the relationship between the OSI model and the IEEE 802 model for LAN architecture.

**Modelo de referencia OSI:**

- Aplicación
- Presentación
- Sesión
- Transporte
- Red
- Enlace
- Físico
- Medio físico**

**Modelo de referencia IEEE 802:**

- Protocolos de capas superiores
- Puntos de acceso al servicio LLC (LSAP)
- Subcapa control Enlace
- Subcapa control acceso al medio
- Físico
- Medio físico**

A vertical double-headed arrow labeled "Estándares 802" connects the IEEE 802 layers to the corresponding OSI layers. The IEEE 802 layers are shown nested within the OSI layers, indicating they are built on top of them.

**Características genéricas redes LAN:**

- Medio compartido (difusión)
- Áreas de cobertura reducidas

**La arquitectura se describe en términos de capas de protocolos:**

- Cuestiones relativas a la transmisión de bloques de datos a través de la red
  - Relacionado con las capas inferiores del modelo OSI
  - Los protocolos de las capas superiores son independientes

**Protocolos comprendidos (IEEE 802):**

- Nivel físico
- Control de acceso al medio (MAC)
- Control de enlace lógico (LLC, Logic Link Control)

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

**Arquitectura de las redes LAN ▶ Subcapa física**

## 1.1 Subcapa física

**Medios de transmisión**

- Par trenzado
- Cable coaxial
- Fibra óptica
- Inalámbricas

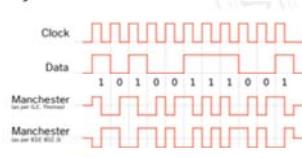


**Características de la transmisión**

- Banda base (mayoritariamente)
  - XBASEY
- Banda ancha
  - XBROADY

**Códigos de línea**

- Manchester y Manchester diferencial
- 4B5B/NRZI
- Técnicas de modulación digital (p.e. QPSK)



Data Input (8 bits)	Code Group (8 bits)	NRZI pattern
0000	11110	11110
0001	01001	01001
0010	10000	10000
0011	00111	00111
0100	01010	01010
0101	10111	10111
0110	01110	01110
0111	10001	10001
1000	10010	10010
1001	00111	00111
1010	10110	10110
1011	00011	00011
1100	11010	11010

4 - Redes de área local y corporativas      Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

**Arquitectura de las redes LAN ▶ Subcapa física**

## 1.1 Subcapa física

**Topología de la red:** esquema de interconexiones entre estaciones

- » **Bus**
- » **Árbol**
- » **Anillo**
- » **Estrella**

• La topología en bus es un caso especial de árbol

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

7

Arquitectura de las redes LAN ▶ Subcapa física ▶ Bus / árbol

## Bus / árbol

**Bus**

- » Medio multipunto
- » Cada estación se conecta mediante una **toma de conexión (tap)**
- » Cada trama se propaga en ambas direcciones y puede ser recibida por todas las estaciones
- » En los extremos hay **terminadores** (absorben las señales)

**Árbol**

- » Es una generalización
- » Estructura en árbol sin bucles
- » Comienza en el **punto raíz o cabecera (headend)**
- » Cada trama se propaga por el medio y puede ser recibida por todas las estaciones

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Arquitectura de las redes LAN ▶ Subcapa física ▶ Bus / árbol

## Bus / árbol<sub>2</sub>

 **Características**

- Eliminación de tramas automática en los extremos (terminadores)
- Medio **multipunto**: más de dos estaciones conectadas
  - Se hace necesario utilizar MAC
  - Se debe indicar el destinatario
    - A cada estación se le asigna una dirección única en la red
    - Todas las estaciones observan todas las tramas
    - Sólo la estación destinataria "copia" la trama a su paso



9

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada 

Arquitectura de las redes LAN ▶ Subcapa física ▶ Anillo

## Anillo

### Características

- Red compuesta por un conjunto de **repetidores** unidos dos a dos (P2P)
- El repetidor recibe los datos en un extremo y los transmite bit a bit al otro extremo
- Es **UNIDIRECCIONAL**
- Cada estación se conecta a través de un repetidor

Diagram illustrating a ring network topology. Four stations are connected in a closed loop by two repeaters. A dashed circle indicates the logical ring path. One station is labeled "Estación".

10

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Arquitectura de las redes LAN ▶ Subcapa física ▶ Estrella

## Estrella

- Cada estación está conectada directamente al nodo central
  - Dos conexiones por estación (una por dirección)

- Dos modos de operación:
  - **Difusión:** todas las estaciones reciben todas las tramas
    - Concentrador (**hub**)
  - **Comunicación:** sólo se reenvía a la estación de destino
    - Comutador (**switch**)
- Estructura jerárquica en árbol de *hubs*
  - *Más usada en la actualidad*

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

11

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo



**ESTD**  
**TETC**

Estándares LAN IEEE 802

## 2 Estándares LAN IEEE 802

■ Estándares IEEE: se agrupan en la norma **IEEE 802**

- Difieren en el MAC, pero son compatibles a nivel LLC
  - 802.1 Arquitectura: Introducción y primitivas del interfaz
  - 802.2 **LLC (Logic Link Control)**
  - 802.3 CSMA/CD (**Ethernet**)
  - 802.4 **Token Bus**: Bus con paso de testigo (*en desuso*)
  - 802.5 **Token Ring**: Anillo con paso de testigo
  - 802.6 **DQDB** (Distributed Queue Dual Bus)
  - 802.7 Banda ancha
  - 802.8 Fibra óptica 100 Mbps
  - 802.9 Integración de voz
  - 802.10 Comité de seguridad
  - 802.11 **LAN inalámbricas**
  - 802.12 100VG-AnyLAND
  - 802.14 **CATV, cable-módem**
  - 802.15 PAN
  - 802.16 Redes inalámbricas de banda ancha

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

12

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

**Estándares LAN IEEE 802 ▶ LLC**

## 2.1 LLC

**Subcapa de control de enlace: LLC (802.2)**

- » Tramas de nivel de enlace
  - Variaciones sobre HDLC
- » Se consideran dos capas: MAC y enlace (LLC)

Trama MAC	Control MAC	Dirección Destino MAC	Dirección Origen MAC	PDU LLC	CRC
--------------	----------------	--------------------------	-------------------------	---------	-----

**PDU LLC**

DSAP	SSAP	Control LLC	Información
8	8	8 o 16	Variable

- » **Trama MAC:**
  - Dirección del **emisor**
  - Dirección del **destino**
    - No existen ni primarios ni secundarios en LAN
  - El control/detección de errores se hace a nivel MAC (**32-bit CRC**)
  - **Delimitación de trama** a nivel MAC
    - Variantes para diferentes redes (802.3, 802.4, etc.)

13

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Estándares LAN IEEE 802 ▶ LLC

## 2.1 LLC<sub>2</sub>

Trama MAC | Control MAC | Dirección Destino MAC | Dirección Origen MAC | PDU LLC | CRC

PDU LLC

DSAP	SSAP	Control LLC	Información
8	8	8 o 16	Variable

Tramas LLC: campos:

- Dirección origen y destino
  - Transmisión balanceada (identificación origen – destino)
  - Son direcciones lógicas multiplexadas sobre direcciones MAC
    - DSAP (*Destination Service Access Point*)
    - SSAP (*Source Service Access Point*)
- Control (idéntico a HDLC)
  - Protocolo de ventana deslizante de 3 bits (7 en modo extendido)
- Información
  - Tamaño variable

14

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Estándares LAN IEEE 802 ► IEEE 802.3 y Ethernet

## 2.2 IEEE 802.3 y Ethernet

Versiones (relevantes)

Estándar Ethernet	Fecha	Descripción
<b>802.3</b>	1983	<b>10BASE5</b> 10 Mbit/s sobre <b>coaxial</b> grueso ( <i>thicknet</i> ). Longitud máxima del segmento 500 metros
802.3a	1985	<b>10BASE2</b> 10 Mbit/s sobre <b>coaxial</b> fino ( <i>thinnet</i> o <i>cheapernet</i> ). Longitud máxima del segmento 200 m.
802.3i	1990	<b>10BASE-T</b> 10 Mbit/s sobre <b>par trenzado</b> no blindado ( <b>UTP</b> ). Longitud máxima del segmento 150 metros.
<b>802.3u</b>	1995	<b>100BASE-TX, 100BASE-T4, 100BASE-FX</b> <b>Fast Ethernet</b> a 100 Mbit/s con auto-negociación de velocidad ( <b>par trenzado y fibra óptica</b> )
<b>802.3z</b>	1998	<b>1000BASE-X</b> Ethernet de <b>1 Gbit/s</b> sobre <b>fibra óptica</b> .
<b>802.3ae</b>	2003	Ethernet a <b>10 Gbit/s</b> ; <b>10GBASE-SR, 10GBASE-LR</b>
802.3af	2003	Alimentación sobre Ethernet ( <b>PoE</b> ).
802.3an	2006	<b>10GBASE-T</b> Ethernet a 10 Gbit/s sobre par trenzado no blindado ( <b>UTP</b> )

MAC (original): **Protocolo 1-persistente CSMA/CD**

- Algoritmo de retroceso exponencial binario (BEB) para mejorar el rendimiento a alta carga

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

15

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Estándares LAN IEEE 802 ► IEEE 802.3 y Ethernet

## 2.2 IEEE 802.3 y Ethernet

**Historia:**

- » **ALOHA:** (comunicaciones por radio en Hawaii)
- » Xerox: añade **CD**, 2.94 Mbps, 1 km (**Ethernet**)
- » Ethernet: Xerox+Intel+Dec, 10 Mbps, primer estándar sobre  $50 \Omega$  (**10BASE5**)

**No todos los protocolos CSMA/CD son Ethernet**

**Cableado / hardware**

	10BASE5	10BASE2	10BASE-T	10BROAD36	10BASE-FP
Medios de transmisión	Cable coaxial (50 ohmios)	Cable coaxial (50 ohmios)	Par trenzado no apantallado	Cable coaxial (75 ohmios)	Par de fibra óptica 850 nm
Técnica de señalización	Banda base (Manchester)	Banda base (Manchester)	Banda base (Manchester)	Banda ancha (DPSK)	Manchester /si-no
Topología	Bus	Bus	Estrella	Bus/Árbol	Estrella
Long. máx. segmento (m)	500	185	100	1800	500
Nodos por segmento	100	30	-	-	33
Diámetro del cable (mm)	10	5	0.4-0.6	0.4-1.0	62.5/125 $\mu\text{m}$

- Longitud máxima por segmento (repetidores)
- No más de **4 repetidores** entre dos estaciones
- Menos de **2.5 km** de estación a estación

4 - Redes de área local y corporativas Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

**Estándares LAN IEEE 802 ► IEEE 802.3 y Ethernet**

## 2.2 IEEE 802.3 y Ethernet

**10BASE5 (Ethernet gruesa)**

Medios de transmisión	10BASE5
Técnica de señalización	Cable coaxial (50 ohmios) Banda base (Manchester)
Topología	Bus
Long. máx. segmento (m)	500
Nodos por segmento	100
Diámetro del cable (mm)	10

- » Cable coaxial grueso
- » Conexión mediante **vampiros** (*transceivers*), cable **drop** y conectores **AUI**
- » Terminadores de 50 Ω
- » Espaciado entre estaciones

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

*Este documento es de uso exclusivo de los estudiantes de la asignatura de Redes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos y de Telecomunicación de la Universidad de Granada. No está permitida su impresión, copia, distribución o explotación económica sin autorización de la Universidad de Granada.*

**Estándares LAN IEEE 802 ► IEEE 802.3 y Ethernet**

## 2.2 IEEE 802.3 y Ethernet 4

**10BASE2 (Ethernet fina o *cheapernet*)**

<b>10BASE2</b>	
Medios de transmisión	Cable coaxial (50 ohmios)
Técnica de señalización	Banda base (Manchester)
Topología	Bus
Long. máx. segmento (m)	185
Nodos por segmento	30
Diámetro del cable (mm)	5

- **Conectores BNC**
- **Terminadores**

Frolik Computer Drawing: BNCspipedia © 1999 The Computer Language Co. Inc.

BNC "T" Connector

BNC "Barrel" Connector

Common 50 ohm 10Base2 Term. assem

BNC Cable - "T" Connector - 50 ohm Terminator assembly

**18**

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Estándares LAN IEEE 802 ► IEEE 802.3 y Ethernet

## 2.2 IEEE 802.3 y Ethernet 5

### 10BASE-T

10BASE-T	
Medios de transmisión	Par trenzado no apantallado
Técnica de señalización	Banda base (Manchester)
Topología	Estrella
Long. máx. segmento (m)	100
Nodos por segmento	-
Diámetro del cable (mm)	0.4-0.6

- Par trenzado con conectores RJ45
- Uso de concentradores / comutadores

From Computer Desktop Encyclopedia  
© 1999 The Computer Language Co. Inc.

4 - Redes de área local y corporativas Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

Estándares LAN IEEE 802 ▶ IEEE 802.3 y Ethernet

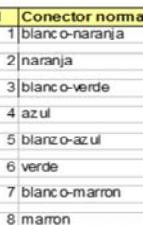
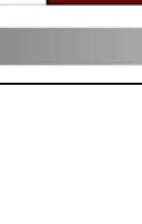
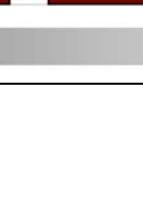
## 2.2 IEEE 802.3 y Ethernet<sub>6</sub>



**Configuraciones (conector RJ45)**

- **Normal**
- **Cruzado**



PIN	Conecotor normal					Conecotor cruzado	PIN
1	blanco-o-naranja					blanco-verde	1
2	naranja					verde	2
3	blanc o-verde					blanc o-naranja	3
4	azul					azul	4
5	blanz o-azul					blanzo-azul	5
6	verde					naranja	6
7	blanc o-marron					blanco-marron	7
8	marron					marron	8

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada 

**Estándares LAN IEEE 802 ► IEEE 802.3 y Ethernet**

## 2.2 IEEE 802.3 y Ethernet

**Trama MAC**

- Formato trama:

Octetos	Preámbulo	Delimitador de inicio	Dirección destino	Dirección origen	Longitud	Información	Relleno	Checksum
7	1	2 o 6	2 o 6	2	0-1500	0-46	4	

- Preámbulo (10101010)**
  - Sincronismo (5.6 µs, 10 MHz)
- Principio trama (10101011)**
- Dos direcciones (2 o 6 bytes):** origen y destino
  - MSB a 1 para *multicast*
  - Todos los bits a 1 para *broadcast*
  - Dos bits para direcciones locales/globales + 46 bits de dirección
  - Se especifican en formato hexadecimal con separación entre octetos por ":"
  - Ej: A0:BC:87:2A:0E:73
- Direcciones MAC** únicas (direcciones físicas)

- Longitud:** longitud (en octetos) del campo de datos
  - Mínimo 64 bytes (problemas con colisiones de tramas cortas)
  - Máximo 1500 octetos (MTU, Maximum Transfer Unit)
- Relleno**
- Checksum** (32-bit CRC)

**IEEE 802.3 NO ES ETHERNET**

Ethernet no incluye el campo *longitud*  
En su lugar se incluye un campo *tipo* que indica el tipo de carga útil

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

21

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

4 - Redes de área local y corporativas



Estándares LAN IEEE 802 ► IEEE 802.3 y Ethernet ► Ethernet de alta velocidad

## Ethernet de alta velocidad

 **Historia**

- » En 1992 se convoca el comité 802.3 para aumentar la velocidad
- » Se propone conservar 802.3 en lugar de redefinirlo:
  - compatibilidad, temor ante problemas nuevos y velocidad en la definición
- » Resultado: **802.3u Fast Ethernet (1995)**
  - Es un addendum

 **Cableado**

	100BASE-TX	100BASE-FX	100BASE-T4
Medio de transmisión	2 pares STP	2 pares UTP, clase 5	2 fibras ópticas
Técnica de señalización	4B5B, NRZI	4B5B, NRZI	8B6T, NRZ
Tasa de datos	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps
Longitud máxima de segmento (m)	100 m	100 m	100 m
Expansión de la red	200 m	200 m	400 m
			200 m

 **Características**

- » Se reduce la duración del bit de **100 ns** a **10 ns**
  - Duración mínima de trama 640 bytes o distancia máxima 250 m.
- » Utiliza dos tipos de concentradores (hubs): estándar y conmutado
- » Codificación 4B5B/NRZI o 8B6T o MLT-3

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014



Universidad de Granada

**Gigabit Ethernet**

Estándares LAN IEEE 802 ► IEEE 802.3 y Ethernet ► Gigabit Ethernet

**Antecedentes: High-Speed Study Group (1995)**

- Envío de paquetes Ethernet a velocidades superiores a 1 Gb
- **802.3z** Ethernet Gigabit: Estándar a **1000 Mb** (1998)
- **802.3ae**: Estándar a **10 Gb**

**Estrategia idéntica a 100 Mb**

- Nuevas especificaciones para el medio y la transmisión
- Uso de CSMA/CD e idéntico formato de trama
  - Compatibilidad hacia atrás
- Sólo commutadores

1 Gbps  
Switching Hub

100/1000-Mbps Hubs

Workgroup

Central Servers

100 Mbps Link

1 Gbps Link

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

23

4 - Redes de área local y corporativas

**Estándares LAN IEEE 802 ▶ Redes inalámbricas**

## 2.3 Redes inalámbricas

**WLAN, Wireless LAN**

- » Permiten de forma fácil y cómoda la interconexión de edificios
- » Posibilitan la movilidad de las estaciones
- » Pueden constituirse *ad hoc* para satisfacer necesidades temporales

**Configuración típica**

- » Estructurado en regiones de cobertura limitada: **células / celdas**
- » Elementos:
  - Estaciones base (BE) o puntos de acceso (AP)
  - Estaciones móviles (ME)

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

24

Estándares LAN IEEE 802 ▶ Redes inalámbricas ▶ IEEE 802.11

## IEEE 802.11

### Variantes

Estándar	Frecuencia	Velocidad	Acceso
WiFi (802.11)	2,4 GHz	2 Mbps	FHSS
WiFi A (802.11a)	5 GHz	54 Mbps	OFDM
WiFi B (802.11b)	2,4 GHz	11 Mbps	DSSS
WiFi G (802.11g)	2,4 GHz	54 Mbps	OFDM
WiFi N (802.11n)	2,4 GHz y 5 GHz	300 Mbps	OFDM
i, n, w, ...	...	...	...

Banda ISM 2,4 GHz (22 MHz/canal; 5MHz separación)

Diagram showing the 2.4 GHz frequency band divided into 13 channels, each 22 MHz wide, separated by 5 MHz. The channels are numbered 1 to 13, with the center channel being 2437 MHz.

### Trama MAC

Trama MAC	Control MAC	Duración /ID	Dirección 1	Dirección 2	Dirección 3	Secuencia control	Dirección 4	Información	FCS
	2	2	6	6	6	6	2	0-2312	4

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Estándares LAN IEEE 802 ► Redes inalámbricas ► IEEE 802.11

## IEEE 802.11<sub>2</sub>

**Arquitectura:**

- Conjunto de servicios básicos (BSS, *Basic Service Set*)
  - Celda individual
  - Conjunto básico de estaciones que compiten por el mismo medio (MAC)

**Configuraciones:**

- Independiente (iBSS)
  - Red "ad hoc": no hay puntos de acceso
  - Comunicación directa entre equipos
  - Área de cobertura limitada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

26

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Estándares LAN IEEE 802 ▶ Redes inalámbricas ▶ IEEE 802.11

## IEEE 802.11<sub>3</sub>

**Infraestructura**

- Punto de acceso y estaciones
- Es la pieza elemental de la arquitectura 802.11
- El ME coordina el acceso al medio
- Descripción a dos niveles:
  - **BSS (Basic Service Set)**
    - Estructura celular
  - **ESS (Extended Service Set)**
    - 2 o más BSS interconectados mediante un sistema distribuido
    - Conexión BSS con el sistema de distribución a través del **portal** o punto de acceso (**AP**)

Área de Cobertura

Access Point

Internet

Switch

Router

El sistema de distribución interconecta múltiples celdas a través de los puntos de acceso para conformar una única red

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

27

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

 Estándares LAN IEEE 802 ▶ Redes inalámbricas ▶ IEEE 802.11

# IEEE 802.11<sub>4</sub>

---

## Puntos de acceso (AP)

- Las estaciones seleccionan un AP y se "asocian" a él
  - Incorporación a un BSS activa o pasiva desde el punto de vista del ME
    - **Activa:** Los AP anuncian periódicamente su presencia
    - **Pasiva:** Las ME envían tramas preguntando por la presencia de algún AP
  - Autenticación y asociación
- Soporte para **traspaso** ("roaming")
- Otras funciones
  - Sincronización de relojes (*beaconing*)
  - Soporte para la gestión de potencia
  - Función de coordinación puntual
- El tráfico fluye (típicamente) a través del AP
  - Es posible la comunicación directa

Estándares LAN IEEE 802 ► Redes inalámbricas ► IEEE 802.11

## IEEE 802.11<sub>5</sub>

### Arquitectura de protocolos

- MAC
  - Nuevo mecanismo: **MAC inalámbrico de principio distribuido (DFWMAC, Distributed Foundation Wireless MAC)**
    - Control de acceso distribuido con un control central opcional
    - Contención + reserva
    - No hay CD (no es fiable)
  - Dos niveles:
    - Función de coordinación distribuida (DCF)**
      - Implementada en todas las estaciones
      - CSMA con prevención de colisiones (CSMA/CA) o MACA**
    - Función de coordinación puntual (PCF)**

```

graph TD
    SC[Servicio sin competición] --> PCF[Función de coordinación puntual (PCF)]
    SC --> DCF[Punto de coordinación distribuida (DCF)]
    PCF --> CF[Capa física]
    DCF --> CF
  
```

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

29

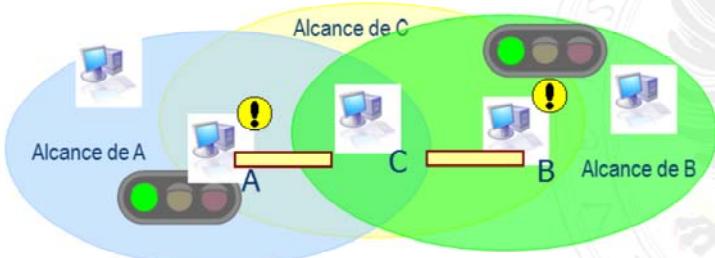
Estándares LAN IEEE 802 ▶ Redes inalámbricas ▶ IEEE 802.11

## IEEE 802.11<sub>6</sub>



**Función de coordinación distribuida (DCF)**

- Se utiliza CSMA/CA para evitar el problema de la **estación oculta**



- C detecta la colisión, pero no A ni B

**Sondeo de portadora virtual**

- Cuando una estación (A) desea transmitir genera una trama de solicitud **RTS** (*Request to Send*) hacia la receptora (C)
  - Las estaciones en el área de A deben permanecer en silencio al recibir **RTS**
- C responde con una trama **CTS** (*Clear to Send*) hacia A
  - Las estaciones en el área de C deben permanecer en silencio al recibir **CTS**
- En caso de colisión entre tramas **RTS** se usa **BEB**

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

 Universidad de Granada

Estándares LAN IEEE 802 ▶ Redes inalámbricas ▶ IEEE 802.11

## IEEE 802.11

- No se implementa CD (es ineficiente)
  - Tras una transmisión todas las estaciones deben permanecer en silencio un tiempo mínimo (**espacio entre tramas, IFS**)

- Varios espacios entre tramas (retardos)
  - SIFS: Transmisiones de alta prioridad (ACK, CTS, etc.)
  - PIFS: Asociado a la función de coordinación puntual
  - DIFS: Envío de tramas de datos
  - EIFS: Utilizando ante la recepción de paquetes desconocidos

4 - Redes de área local y corporativas      Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Estándares LAN IEEE 802 ▶ Redes inalámbricas ▶ IEEE 802.11

## IEEE 802.11 8

**Función de coordinación puntual (PCF)**

- » Método de acceso alternativo
  - Implementado en un AP
- » Realización de un sondeo por parte del gestor centralizado
  - Se determinan las estaciones que desean transmitir
  - Acceso planificado
- » Alternancia de períodos de contención (CP) y de sondeo (CFP)
  - **Supertrama:** secuencia temporal de períodos CP y CFP

**Construcción de supertrama PCF**

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

32

4 - Redes de área local y corporativas

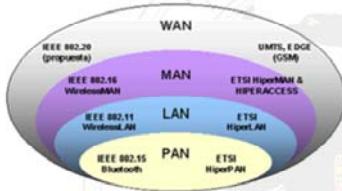
Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Estándares LAN IEEE 802 ▶ Redes inalámbricas ▶ Otras redes

## Otras redes inalámbricas





**Estándares / cobertura**

- **WWAN (Wireless Wide Area Network)**
  - Tecnologías celulares (WiMAX, UMTS, GPRS, EDGE, HSPA, LMDS, etc.)
- **WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)**
  - LMDS (Local Multipoint Distribution Service)
  - WiMAX (IEEE 802.16)
  - Redes de acceso
- **WPAN (Wireless Personal Area Network)**
  - Bluetooth (IEEE802.15.1), ZigBee (IEEE802.15.4), HomeRF, RFID
  - Alcance reducido
  - Usos específicos


4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

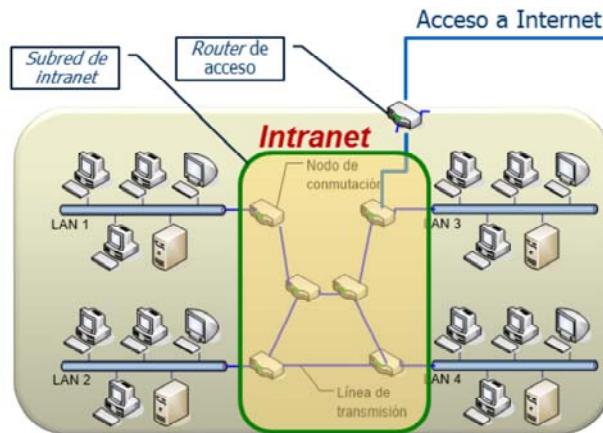
Universidad de Granada 

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

33

### 3. *Interconexión de redes LAN*

- Funcionalidades y equipos para la interconexión de redes LAN
    - \* División intranet vs. extranet



## Internet

Interconexión de redes LAN ▶ Equipos de interconexión

## 3.1 Equipos de interconexión



**Tipos de equipos:**

- » **Repetidores**
  - Capa física: Regeneran/amplifican las señales sobre todas las interfaces
  - Transparentes al protocolo
  - Mismo dominio de colisión
    - Uso como ampliadores de alcance (*range extenders*)
- » **Concentradores (hubs)**
  - Capa física
  - Originalmente para 802.3i
  - Topología en árbol (apilamiento)
    - Sustituidos progresivamente por comutadores




4 - Redes de área local y corporativas      Ver. 1.01 - Nov. 2014

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

35

Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Equipos de interconexión

## 3.1 Equipos de interconexión

- **Puentes (bridges)**
  - Capa 2: interconexión a nivel MAC (controlan los dominios de colisión, traducción de protocolos MAC, etc.)
  - Encaminamiento sobre direcciones MAC
    - Aprendizaje de direcciones en cada interfaz (protocolo *spanning tree*)
    - Reenvío sobre la interfaz adecuada (o inundación si desconocida)
  - *Store & forward*
- **Conmutadores (switches)**
  - Capa 2: evolución de los puentes, latencia reducida
    - Cada toma es un dominio de colisión separado
  - Posibilidad de operar en modo ***cut-through***
    - Retransmisión tras leer MAC sin esperar fin de trama
  - Habitualmente, operan en modo ***store & forward***





4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

36

Interconexión de redes LAN ▶ Equipos de interconexión

## 3.1 Equipos de interconexión

- \* **Encaminadores (routers)**
  - Capa 3: encaminamiento y conmutación
  - Operación dependiente del protocolo de red
  - Protocolos de encaminamiento
- \* **Conmutadores de capa 3 (layer 3 switches)**
  - Conmutadores con capacidad de ejecutar protocolos de encaminamiento (con nodos vecinos)
  - Funcionalidades de capa 2 y 3

37

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet

## 3.2 Acceso a Internet

**Tecnologías**

The diagram illustrates the interconnection of LAN networks for internet access. It shows the flow from the Internet through a Core IP/MPLS Network, a Backhaul Network, an Aggregation Network, and finally to Access Networks (Residential and Business). Key components include a VOD Server, Video Contents, Hosted Content, Edge Router, BRAS, and various wireless technologies like WiMAX, DSLAM, and FTTH.

Tecnologías de acceso	
<b>Par trenzado</b>	<b>Coaxial y fibra</b>
• RTB • RDSI • xDSL • PLC *	• HFC • SDV
<b>Inalámbrico</b>	<b>Todo fibra</b>
• Satélite • LMDS • Telefonía celular • WiMAX	• SONET / SDH • PON

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

38

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ ADSL

## ADSL

 **Digital Suscriber Line**

- Tecnología diseñada para operar sobre líneas telefónicas (par trenzado)

 **Implantación red digital pública:**

- Línea de abonado digital
- Intento de utilización del cable actual
  - Ancho de banda original: 300 Hz - 4 KHz (analógico)
  - Capaces de transmisión digital hasta 1 MHz o más

 **Variantes: diferencias en**

- Velocidad
- Codificación de línea
- Número de líneas
- Distancia límite

 **Objetivo primario:** transporte rápido y fiable de datos hasta/desde la red de acceso

- Entorno hostil: **alta SNR**

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

 Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ ADSL

## ADSL<sub>2</sub>

### Elementos

- Se usan varias técnicas combinadas para aumentar la velocidad y posibilidades de uso
  - **Cancelación de eco**
    - Permite la transmisión simultánea en ambas direcciones (*full-duplex*) mediante la sustracción de la señal emitida
  - + • **FDM** (Multiplexación por división de frecuencias)
    - Se establecen varios canales a frecuencias diferentes
    - Varios usos / técnicas aplicables a cada canal
  - + • **Codificación de línea**
    - **Multitono discreto (DMT)**

40

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

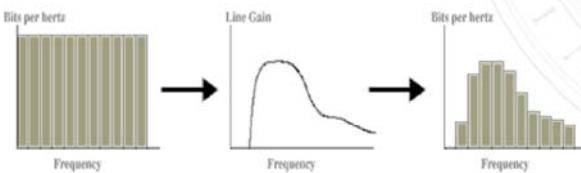
Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ ADSL

## ADSL<sub>3</sub>

 **Multitono discreto (DMT)**

- » Uso de varias señales portadoras a diferentes frecuencias
- » Ancho de banda disponible se divide en canales
- » Envío de señales de test en el proceso de iniciación
  - Determinación de la SNR por canal
  - Se asignan más bits a los canales con mejor SNR
  - Cada canal se codifica de forma independiente



Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

 Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ ADSL

## ADSL<sub>4</sub>

 **Asymmetric Digital Subscriber Line**

- \* Velocidades de varios Mbps hasta 5.5 km en función de la calidad del cable (95% de las líneas en EE.UU.)

 **Asimétrico:**

- \* Proporciona más capacidad en el **enlace descendente** (red ➤ abonado) que en el **ascendente** (abonado ➡ red)
  - Alrededor de un factor 10
- \* Cuestión de diseño (vídeo bajo demanda y acceso a Internet)
  - Baja tasa de error (por diseño)
    - Se usa **FEC** (*Forward Error Correction*)
    - Incremento en la latencia

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

42

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

 Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ ADSL

## ADSL<sub>5</sub>

Simultaneidad con teléfono (POTS)

- » Operación por encima de 4 kHz
- » Bandas de frecuencia separadas para voz y datos
- » **Separación en dos redes:** voz y datos

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ ADSL

## ADSL<sub>6</sub>

### Estructura de canales

- Reserva de los 25 KHz inferiores (**POST**)
- **FDD** (*Frequency Division Duplexing*) para establecer dos bandas (ascendente y descendente)
- Cancelación de eco (opcional)
  - Si se usa cancelación de eco se solapa el canal ascendente con la parte inferior del descendente
- Uso de **DMT** en ambas bandas
  - La secuencia de bits se divide en varias (paralelo) y se transmiten en bandas diferentes

44

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ ADSL

## ADSL<sub>7</sub>

### Arquitectura de red

Subsriber premises      xDSL line (xDSL)      DSLAM      Transport Network (ATM or Ethernet)      ISP Network (IP)      Internet

xDSL router      DSLAM      BRAS      Internet Router

\* **DSLAM:** digital subscriber line access multiplexer

- Agrega múltiples xDSL de usuario mediante multiplexación
- Opera como un conmutador de red (capa 2)
- Dirige el tráfico a una red de acceso (AN) o proveedor de servicio de red (NSP)
- Varias opciones para protocolos (en función de NSP)

4 - Redes de área local y corporativas      Ver. 1.01 - Nov. 2014

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ ADSL

## ADSL<sub>8</sub>

### Protocolos de conexión

- Intercambio de paquetes IP hacia/desde Internet (router de usuario ↔ router de acceso)
- Dos opciones básicas
  - **IP-DSLAM**
    - Los equipos DSLAM operan directamente sobre paquetes IP
  - **Encapsulado sobre PPP**
    - Se utilizan las funcionalidades de **PPP** (*point-to-point protocol*)
      - Autenticación
      - Asignación dinámica de direcciones
      - Etc.
    - **Variantes**
      - **PPPoE** (*PPP over Ethernet*): Implementa una capa IP sobre dos puertos Ethernet
      - **PPPoA** (*PPP over ATM*): Idem sobre ATM

Protocols of upper layers

IP	
PPP	
PPPoE	PPPoA
Ethernet	AAL5
ATM	

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ ADSL

## ADSL<sub>9</sub>

**Variantes**

Nombre	Nombre común	Velocidad asc./desc.	Año
ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8 / 1 Mbps	1998
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	12 / 1,3 Mbps	1999-2007
ITU G.992.1 Annex A	ADSL over POTS	12 / 1,3 Mbps	2001
ITU G.992.1 Annex B	ADSL over ISDN	12 / 1,8 Mbps	2005
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.Lite)	1,5 / 0,5 Mbps	1999-2007
ITU G.992.3	ADSL2	12 / 1,0 Mbps	2002-2007
ITU G.992.3 Annex J	ADSL2	13 / 3,15 Mbps	
ITU G.992.3 Annex L	RE-ADSL2	5 / 0,8 Mbps	
ITU G.992.4	splitterless ADSL2	1,5 / 0,5 Mbps	2002-2007
ITU G.992.5	ADSL2+	24 / 1,0 Mbps	2003-2005
ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+M	24/ 3,5 Mbps	2008
	ADSL++/ADSL4	52 / 5 Mbps	En des.

● Tendencias: aumento de velocidad y simplicidad de instalación

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

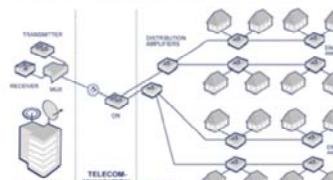
47

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ HFC

## HFC

 **Acceso híbrido de coaxial y fibra (Hybrid fiber-coaxial)**

- » Acceso a través de redes de televisión por cable (**CATV**)
  - Reutilizar la infraestructura existente



- Se multiplexa el servicio de TV tradicional con otro de datos en canales de 6-8 MHZ (dependiendo del estándar)

 **HFC** es una tecnología híbrida que combina fibra óptica y cable coaxial para la distribución en banda ancha

- » Originalmente, CATV usaba sólo cable coaxial
- » Con HFC se usa fibra óptica hasta los centros de distribución o **nodos ópticos terminales (Fiber to the Cabinet)**
- » Únicamente el tramo final de corto recorrido es coaxial

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

48



**HFC<sub>2</sub>**

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ HFC

### Topología / arquitectura de la red

- » Cabecera
- » Anillo primario
- » Anillos secundarios
- » Nodos ópticos terminales (NOT)
- » Redes de distribución (coaxial en árbol)

The diagram illustrates the HFC network architecture. It starts with a 'Master Headend' at the top left, connected to a 'Primary Fiber Ring'. This ring then connects to several 'Secondary Hubs' located on the right. These hubs are part of a 'Secondary Fiber Ring'. The network then branches down to 'Optical Nodes' (represented by green circles) and finally to 'Distribution RF Amplifiers & Coaxial Cable' (represented by small squares). Labels include: Master Headend, Primary Fiber Ring, Secondary Hubs, Secondary Fiber Ring, Optical Nodes, Mini-Trunk RF Amplifiers & Coaxial Cable, Distribution RF Amplifiers & Coaxial Cable, and Hub-to-Node Fiber: Six (6) Strands Typical; Two (2) to Four (4) Available for Business Class Services.

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

49

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ HFC

## HFC 3

**Equipo de abonado:**

- Un **divisor** separa TV y datos
- Un **set-top-box** permite el acceso interactivo a canales de TV
  - El canal de retorno suele ser de tipo POTS
- Acceso a servicio de datos a través de un **cable módem**
  - Emisor/receptor en radiofrecuencia
  - QPSK o QAM16 en canal ascendente (hasta 10 Mbps)
  - QAM64 o QAM256 en canal descendente (hasta 50 Mbps)




**Rangos de frecuencias para canales ascendentes y descendentes dependiente del estándar**

- 5-65 MHz para ascendentes y 65-850 para descendentes en Europa

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

50

**HFC 4**

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ HFC

### Cable módem

- Elementos del cable módem
  - Sintonizador de RF
  - Demodulador
  - Modulador
  - MAC
  - Interfaz
- Estándares
  - MCNS/DOCSIS (EE.UU.)
    - Variante EURODOCSIS para Europa
  - DAVIC/DVB (Europa)
  - IEEE 802.14

The internal structure diagram shows a flow from 'cable' through a 'sintonizador RF' (RF tuner) and 'demodulador QAM' (QAM demodulator) to a 'modulador QPSK/QAM' (QPSK/QAM modulator), which is connected to a 'MAC' (Media Access Control) and an 'interfaz' (interface) block, which then connects to 'al computador' (to the computer).

The downstream bandwidth diagram illustrates the frequency spectrum from 65 MHz to 862 MHz. It shows 'Not usable' bands at the low end and high end. In the middle, there is a 'Filter' section with 'Signal, Pilot, Tones' labeled at 80.6 and 84.7 MHz. The spectrum is divided into three main sections: 'EuroDOCSIS and EuroPacketCable' (yellow), 'Analogue TV' (orange), and 'Digital TV + VoD' (green). The 'EuroDOCSIS and EuroPacketCable' section spans from approximately 85 to 105 MHz.

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

51

Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ HFC

## HFC 5

**Protocolos**

**Nivel de enlace**

- Soporte para permitir IP
- Tres subcapas
  - **LLC (logical link control)**
  - **LSS (link security sublayer)**
    - Proporciona seguridad
    - **BPI (baseline privacy interface)**
      - Datos entre el cable-modem y CMTS encriptados
      - Identificación de los suscriptores (autorización de acceso)
    - **SSI (security system interface)**
    - **RSMI (removable security module interface)**

DOCSIS	
Aplicación	Mensajes control DOCSIS
TCP/UDP	
IP	
IEEE 802.2	
Ascendente	Descendente
TDMA (mini-slots) 5-42(56) MHz QPSK/16-QAM	TDM (MPEG) 42(65)-850 MHz 64/256-QAM

LLC  
LSS  
MAC

52

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ HFC

## HFC 6

### MAC

- » Compartición del medio (formato de trama Ethernet)
  - Problemas en el canal ascendente
  - Detección de colisiones y retransmisión
- » Protocolos para:
  - **Compensación de retardo**
    - Cada cable-módem puede medir el retardo hasta la cabecera
  - **Compensación de atenuación**
  - **Asignación de frecuencias**
  - **Asignación de ranura en canal ascendente**
- » Detalles altamente dependientes del estándar

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada



53

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ LMDS

## LMDS

**Local Multipoint Distribution System**

- Tecnología inalámbrica para envío de voz, datos, Internet y vídeo por encima de 20 GHz
- Estructura celular, aunque fija
- Configuraciones punto-a-punto y punto-a-multipunto

**Local**

- Cobertura reducida (~10 km)

**Multipoint**

- Point-to-multipoint o difusión (descendente)
- Point-to-point (ascendente)

**Distribution**

- Tipos de señales

**Service**

- Suscripción

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

54

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ LMDS

## LMDS<sub>2</sub>

 **Ventajas**

- Proporciona acceso total de alta capacidad a bajo coste de instalación
- Despliegue a solicitud del abonado
- Rapidez y facilidad de despliegue
- Menor coste en infraestructura global, mayores inversiones en el equipo de usuario

 **Arquitectura**

- Varias posibilidades (basado en ATM y/o IP)
- Estructura celular



Panel Receptor Iberbanda  
Cable Coaxial  
Equipo interno de Iberbanda  
LAN Cliente  
Estación Base Iberbanda  
Internet  
Web  
DNS  
Red IP de Iberbanda  
Correo  
Listas de correo  
News Publico y Privado

Access telefónico a Internet  
Ver. 1.01 - Nov. 2014  
Universidad de Granada

55

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ LMDS

## LMDS 3

**Elementos:**

- **Centro de operaciones de red (NOC)**
  - Contiene el sistema de gestión de red (NMS)
  - NOCs interconectados
- **Infraestructura basada en fibra óptica**
  - SONET (típicamente, enlaces OC-12, OC-3 y DS-3)
  - Equipamiento de central
  - Sistemas de comutación ATM e IP
  - Interconexiones con Internet y PSTN
- **Estaciones base**
  - Conversión óptica - inalámbrica
- **Equipamiento de usuario (CPE)**

Centro de comutación

Estación base LMDS

Distribución punto a punto

USUARIOS

SERVICIOS de banda ancha

Urbano

Residencial / Rural

Empresa / Industria

Teléfono Internet Videoconferencia

© SkyPoint

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

56

4 - Redes de área local y corporativas

**LMDS<sub>4</sub>**

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ LMDS

**Equipamiento de usuario**

- » Altamente dependiente del fabricante
- » Antena de microondas
- » Equipo digital para modular, demodular, control y funcionalidades adicionales
- » Acceso a la estación base mediante TDMA, FDMA o CDMA
- » Multiples opciones de capacidad y servicios
  - POTS, 10BaseT, DS-0, DS-1, FR, etc.

**Métodos de acceso**

- » Posibilidad de uso de TDMA, FDMA y CDMA
- » Canal ascendente
  - Uso mayoritario de TDMA y FDMA
- » Canal descendente
  - Uso mayoritario de TDM
- » Combinaciones de canales ascendentes/descendentes y métodos

The diagram illustrates two access methods. In the first method, labeled 'Shared TDMA', three User Equipment (UE) units (NIU 1, NIU 2, NIU 3) share a single TDM link from a Base Station. Each UE has its own TDMA channel (TDMA 1, TDMA 2, TDMA 3). In the second method, labeled 'TDM', three separate TDM links connect the Base Station directly to each individual UE (NIU 1, NIU 2, NIU 3).

57

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ WiMAX

## WiMAX

**Worldwide Interoperability for Microwave Access**

- » Estándares IEEE 802.16 y ETSI HyperMAN
- » Similar a WIFI, pero mayores velocidades y distancias
- » Alternativa/evolución de LMDS
- » Soporte para movilidad
- » Fácil despliegue: servicios de banda ancha sin despliegue de cableado
- » Se basa en el uso de estaciones base con enlaces punto-multipunto

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

58

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ WiMAX

## WiMAX<sub>2</sub>

 **Versión / tipos**

Estándar	Frecuencias	Velocidad	Alcance
WiMAX fijo (802.16-2004)	2-11 GHz (3.5 GHz en Europa)	75 Mbps	10 km
WiMAX móvil (802.16e)	2-6 GHz	30 Mbps	3.5 km



4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada 

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

59

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ WiMAX

## WiMAX 3

### Arquitectura

Access Services Network (ASN)		Connectivity Services Network (CSN)		Redes externas
Dispositivos de abonados	Acceso por radio	Marco de intercambio de servicios	Núcleo	
Residencial Apartamentos Grandes empresas y empresas en crecimiento Informática móvil Dispositivos incorporados	802.16 rev. D 802.16 rev. E 802.16 rev. M	Agregación/Infraestructura Border Elementos Ruta de servicios Agente local IP/MPLS Servicio de consumidor Servicios empresariales	Distribución de contenidos y servicios Nodos IP/MPLS Operaciones	Otras proveedoras de servicios Red VPN empresarial Internet Proveedores de aplicaciones

Gateway ASN

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

60

4 - Redes de área local y corporativas

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ WiMAX

## WiMAX 4

### Tecnologías / protocolos

- Capa física**
  - Espectros:**
    - Versión original: rango de 10 a 66 GHz
    - 802.16-2004, especificaciones para el rango de 2 a 11 GHz, utiliza OFDM
    - 802.16e, incluye soporte para MIMO
      - En España: banda de 2,4 y 5 GHz (no requieren licencia) y 3,5 GHz (con licencia)
    - Alta eficiencia Espectral (SOFDMA + MIMO)
    - Flexibilidad: uso de QAM / QPSK / TDD / FDD / OFDM

The diagram illustrates the IEEE 802.16/e MAC layer structure. It shows a vertical stack of layers: Protocolos de capas superiores (orange), Capa de red (orange), Subcapa de convergencia MAC (blue), Subcapa común MAC (blue), Subcapa privacidad MAC (blue), and Física (grey). A double-headed arrow labeled 'Capa MAC' connects the MAC layers to the Physical layer. Below the MAC layers, two horizontal arrows indicate the 'Plano de datos' (IEEE 802.16d/e) and 'Plano control' (IEEE 802.16g). The Physical layer is shown as a tower connected to a terminal. The tower is labeled with 'OFDMA (8 subcuadros)', 'QAM-16 (4 bits/simbol)', and 'QPSK (2 bits/simbol)'. The terminal is also labeled with 'QPSK (2 bits/simbol)'.

61

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Interconexión de redes LAN ▶ Acceso a Internet ▶ WiMAX

## WiMAX 5

MAC

- *Subcapa de convergencia:* adaptación a capa de red
  - Dos perfiles: basado en IP y basado en ATM
- *Subcapa común:*
  - Uso de CSMA/CA: la estación de abonado sólo compite una vez para entrar a la red
  - Asignación de ranura de acceso por la estación base
    - Uso exclusivo de la ranura por la estación
    - Duración modificable
    - QoS garantizada
    - Tipos de servicio
- *Subcapa privacidad:* autenticación, cifrado y gestión de claves

The diagram illustrates the IEEE 802.16 MAC layer structure. It shows the following layers from top to bottom: Protocolos de capas superiores (Upper Layer Protocols), Capa de red (Network Layer), Subcapa de convergencia MAC (Convergence Sublayer MAC), Subcapa común MAC (Common Sublayer MAC), Subcapa privacidad MAC (Privacy Sublayer MAC), and Física (Physical). A vertical double-headed arrow labeled 'Capa MAC' connects the MAC sublayer components. To the right, a green vertical bar labeled 'Control Y gestión' (Control and Management) is connected to the MAC layers. Below the MAC layers, two horizontal double-headed arrows represent the IEEE 802.16 standards: 'Plano de datos IEEE 802.16d/e' (Data Plane) and 'Plano control IEEE 802.16g' (Control Plane).

62

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

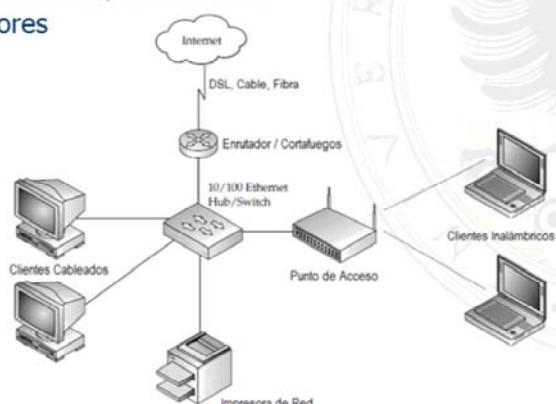
Universidad de Granada

Arquitectura de redes corporativas ► Redes SOHO

## 4.1 Redes SOHO

 Small Office – Home Office

- Estructura interna relativamente simple, con acceso a Internet
  - Posible uso de NAT
- No hay servicios al exterior, sólo internos
- Hasta 10 trabajadores
- Estructura típica



Internet  
DSL, Cable, Fibra  
Modem / Router  
Enrutador / Cortafuegos  
10/100 Ethernet Hub/Switch  
Clientes Cableados  
Clientes Inalámbricos  
Punto de Acceso  
Impresora de Red

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

63

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

Arquitectura de redes corporativas ▶ Redes jerárquicas

## 4.2 Redes jerárquicas

■ Aproximación inicial a una red corporativa: topología en estrella (con interconexión de redes, si hiciera falta)

■ Problemas:

- » Escalabilidad: Mantener una topología de estrella extendida dentro de la red de una empresa puede ser algo complicado ya que puede agregar un crecimiento desordenado y dificultar su mantenimiento.
- » Rendimiento: Cuellos de botella en la red
- » Mantenimiento: múltiples configuraciones diferentes
- » ...

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

64

Arquitectura de redes corporativas ▶ Redes jerárquicas

## 4.2 Redes jerárquicas 2

■ Una solución que permite una mayor seguridad y control es la emplear una **red jerárquica**

- Divide la red en niveles o capas con funciones específicas que permiten dividir la red en secciones de fácil crecimiento y mantenimiento
- Capas (Cisco)
  - Núcleo (core)
  - Distribución
  - Acceso

The diagram illustrates a hierarchical network structure. At the top level, labeled 'Núcleo' (Core), there is a single router icon connected to a horizontal backbone line. This line branches down to the 'Distribución' (Distribution) layer, which contains two router icons. These routers connect to the 'Acceso' (Access) layer at the bottom, where five computer icons are connected via lines. A watermark in the background reads 'Sistemas UGRMA' and 'http://informaticas.ugr.es/~redes/'. The page footer includes 'Tecnologías de red - Curso 15/16', '© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú', '4 - Redes de área local y corporativas', 'Ver. 1.01 - Nov. 2014', and the University of Granada logo.

65

Arquitectura de redes corporativas ▶ Redes jerárquicas

## 4.2 Redes jerárquicas 3



**Capa de acceso**

- Permitir la conexión entre los dispositivos finales (PC, laptop, impresoras, smartphones) proporcionando un medio de conexión a través de switches, routers, puentes y access point

**Capa de distribución**

- La función de esta capa es la de controlar el flujo de información de la capa de acceso al realizar el enrutamiento entre las VLAN que se hayan definido, permitiendo implementar políticas de seguridad.

**Capa de núcleo**

- Esta capa emplea un *backbone* de alta velocidad que une *routers* que proveerán el acceso a internet y que unirán las distintas secciones de la red en una sola red.

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

ETSIIT  
Escuela Técnica Superior  
de Ingenieros Informática  
y de Telecomunicación

ugr | Universidad de Granada

66

Arquitectura de redes corporativas ▶ Redes jerárquicas

## 4.2 Redes jerárquicas 4

### ■ **Beneficios**

- **Capacidad de mantenimiento**
  - Es fácil aislar y encontrar la fuente de problemas o cuellos de botella
- **Facilidad de administración**
  - Es fácil determinar dónde se deben realizar las modificaciones o qué reglas y configuraciones implementar en un *routers* o comutadores.
- **Seguridad**
  - Es fácil definir políticas de acceso entre los segmentos de la red.
- **Rendimiento**
  - Líneas de alta capacidad donde hacen falta.
- **Redundancia**
  - Empleo de enlaces redundantes a través de comutadores alternativos
- **Escalabilidad**
  - Es fácil agregar nuevos nodos a la red o nuevos segmentos.

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Arquitectura de redes corporativas ▶ Redes corporativas

## 4.3 Redes corporativas

Estructura básica

- **Zona pública:** DMZ
- **Zona privada:** intranet
- **Cortafuegos**
- **NAT**

Internet

Router / cortafuegos de acceso  
Acceso a Internet

Zona pública (DMZ)

Otros servicios, WWW, DNS, correo

Router / cortafuegos de intranet

LAN pública

LAN privada

Servicios intranet, Estaciones de trabajo

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú

68

4 - Redes de área local y corporativas

Arquitectura de redes corporativas > Redes corporativas

### 4.3 Redes corporativas <sub>2</sub>

Con subredes internas

```

    graph LR
        Internet((Internet)) --- RouterA[Router / cortafuegos de acceso]
        RouterA --- SubredPublica[Subred C]
        RouterA --- RouterB[Router]
        RouterB --- SubredA[Subred A]
        RouterB --- SubredB[Subred B]
        RouterB --- SubredC[Subred C]
        SubredA --- HostA1[Host]
        SubredA --- HostA2[Host]
        SubredA --- HostA3[Host]
        SubredB --- HostB1[Host]
        SubredB --- HostB2[Host]
        SubredB --- HostB3[Host]
        SubredC --- HostC1[Host]
        SubredC --- HostC2[Host]
        SubredC --- HostC3[Host]
        RouterB --- Router
        Router --- AccesoInternet[Acceso a Internet]
        Router --- RouterIntranet[Router / cortafuegos de intranet]
        RouterIntranet --- Internet
    
```

The diagram illustrates a corporate network architecture with internal subnets. It features two main sections: a **Red pública** (public network) and a **Zona privada (intranet)** (private network). The **Red pública** contains a **Subred A**, a **Subred B**, and a **Subred C**. The **Zona privada (intranet)** contains a **Subred A**, a **Subred B**, and a **Subred C**. A central **Router** connects the **Subred B** of the public network to the **Subred C** of the private network. This central **Router** is also connected to an **Acceso a Internet** (Internet access) and a **Router / cortafuegos de intranet** (intranet firewall). The **Router / cortafuegos de intranet** is connected to the **Internet**.

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdújo

69

4 - Redes de área local y corporativas

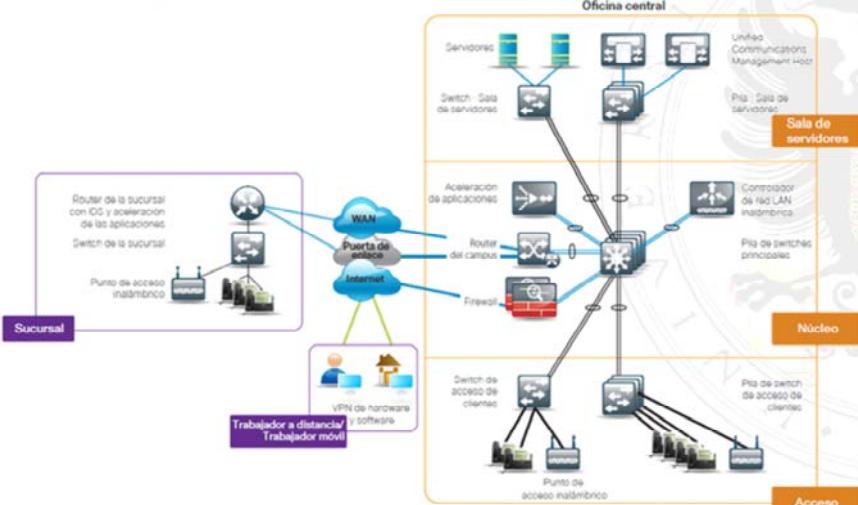
Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

Arquitectura de redes corporativas ► Redes corporativas

### 4.3 Redes corporativas 3

 Estructura global con sucursales



The diagram illustrates a corporate network architecture with three main layers:

- Sucursal:** Contains a Router de la sucursal con CIC y aceleración de las aplicaciones, Switch de la sucursal, Punto de acceso inalámbrico, and Trabajador a distancia/Trabajador móvil.
- Oficina central:** Contains Servidores, Switch - Sala de servidores, Unidad Communications Management Host, Pta. Salida de servidores, Sala de servidores, Aceleración de aplicaciones, Router del campus, Firewall, Compositor de red LAN inalámbrica, Plataforma de switches principales, and Pta de switch de acceso de clientes.
- Núcleo:** Contains Internet, Puerta de enlace, WAN, and VPN de hardware y software.

Connections show the flow of traffic from the Sucursal through the Núcleo to the Oficina central, including various switching and routing components.

4 - Redes de área local y corporativas

Ver. 1.01 - Nov. 2014

Universidad de Granada

70

Tecnologías de red - Curso 15/16  
© 2005-2015 - Jesús E. Díaz Verdú