

Tema 3

Nivel de Red (TCP/IP)

1

Protocolos TCP/IP

- ⌘ Conjunto de protocolos de transmisión y enrutamiento de red
 - ☒ Objetivo: Ocultar detalles de hardware de las redes subyacentes proporcionando un servicio de comunicación Universal
- ⌘ Conecta redes individuales dando apariencia de una única red (Internet)

2

Interconexión a Nivel de Red

⌘ Premisas

- ☒ Una única red no es suficiente para todos los usuarios (LAN o WAN)
- ☒ Los usuarios desean una interconexión universal

⌘ Meta

- ☒ Desarrollar una interconexión de redes unificada cooperativa que permita un servicio de comunicación universal

3

Propiedades de la Internet

- ⌘ Ocultar la arquitectura de interconexión a los usuarios (P.A.)
- ⌘ No impone una topología determinada
- ⌘ Independencia de la interred con la interfaz de usuario

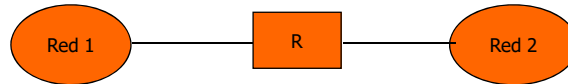
4

Arquitectura de la Interred

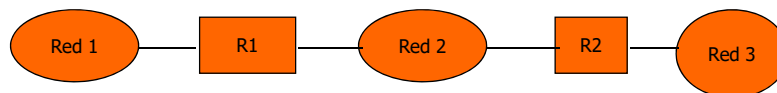
⌘ Conexión entre redes → Pasarelas/Routers

⌘ Pasarelas/Routers

☑ Proporcionan todas las interconexiones entre redes físicas

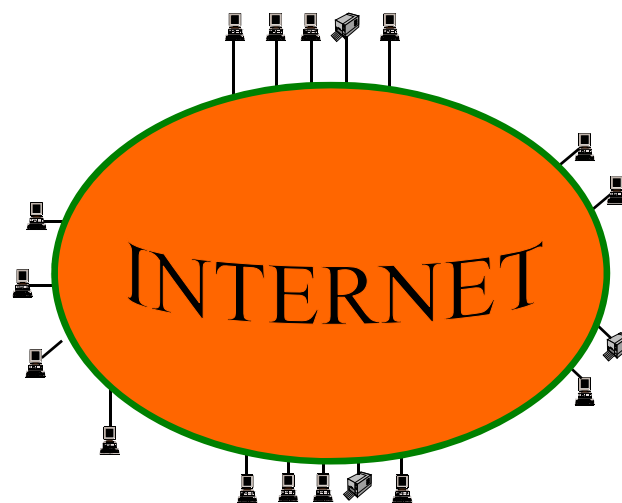


☑ Encaminan paquetes en base a la red de destino y no en base al S.I. destino

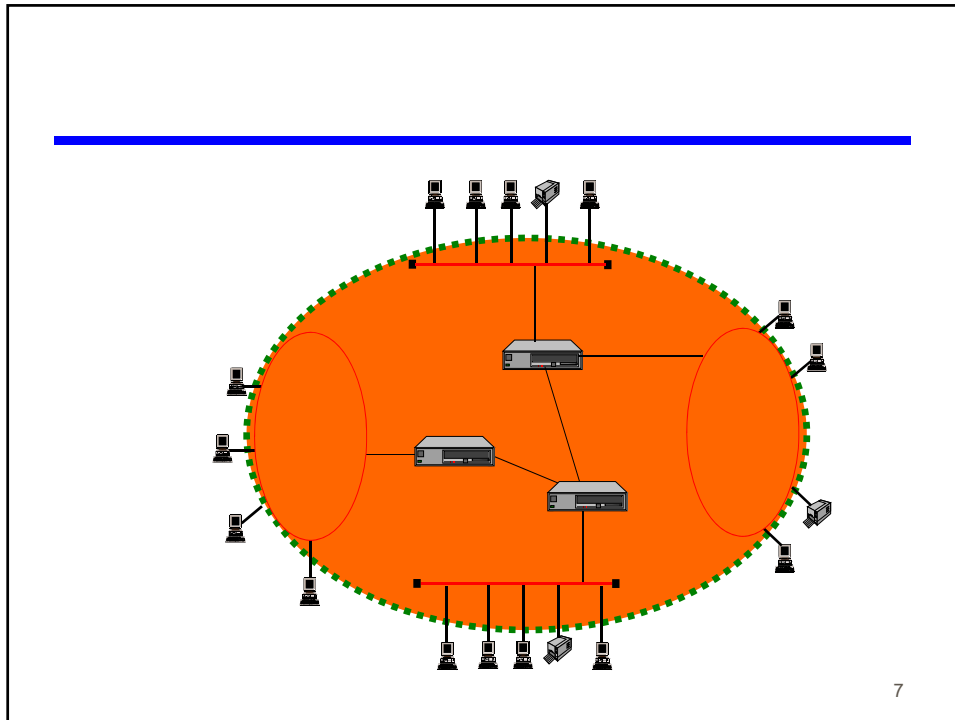


5

Punto de vista del Usuario



6



Direccionamiento Interred IPv4

- ⌘ Cada S.I. tiene una dirección de 32 bits
- ⌘ Identifica la conexión del sistema a internet

Tipo	Id. Red	Id. dispositivo
------	---------	-----------------

- Identifica la conexión del sistema a internet
- Es distinta a la dirección hardware de la placa de red de cada sistema

Direccinamiento Interred

Tipos de direcciones

Clase A	0	Id. Red	Id. dispositivo		
Clase B	10	Id. Red		Id. dispositivo	
Clase C	110	Id. Red			Id. dispositivo
Clase D	1110	Dirección Multidifusión			
	0123	8	16	24	31

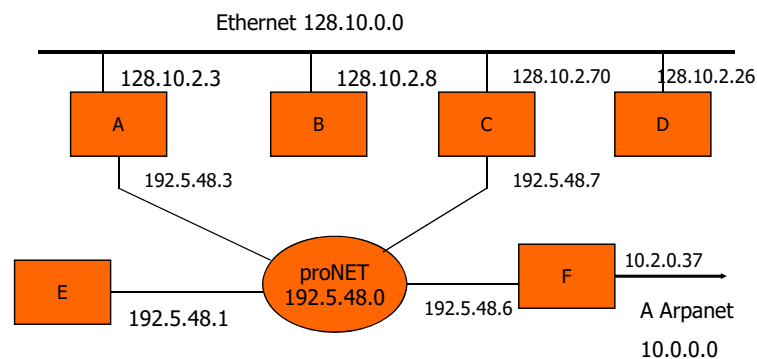
Se representa cada byte codificado en decimal separado por puntos

10000000 00001010 00000010 00011110

128.10.2.30

9

Ejemplo



10

Direccionamiento Interred

⌘ Direcciones especiales

- ☒ Estación = Todo a 0s.
 - ☒ La red indicada en el campo RED
- ☒ Estación = Todo a 1s.
 - ☒ Todas las estaciones de la red indicada en el campo red
- ☒ Red = 127 y estación lo que sea (normalmente 1)
 - ☒ Dirección loopback

⌘ Direcciones privadas

- ☒ 10.0.0.0 a 10.255.255.255 (10.0.0.0 /8)
- ☒ 172.16.0.0 a 172.31.255.255 (172.16.0.0/12)
- ☒ 192.168.0.0 a 192.168.255.255 (192.168.0.0/16)

⌘ Direcciones de enlace local. (169.254.0.0/16)

11

Protocolo IP. Características

- ⌘ Lleva las unidades de información entre computadores fuente y destino
- ⌘ Fuente y destino pueden estar en una misma red o en distintas unidas por enrutadores
- ⌘ Hace a internet transparente a los computadores que intercambian información
- ⌘ Proporciona un servicio no orientado a conexión

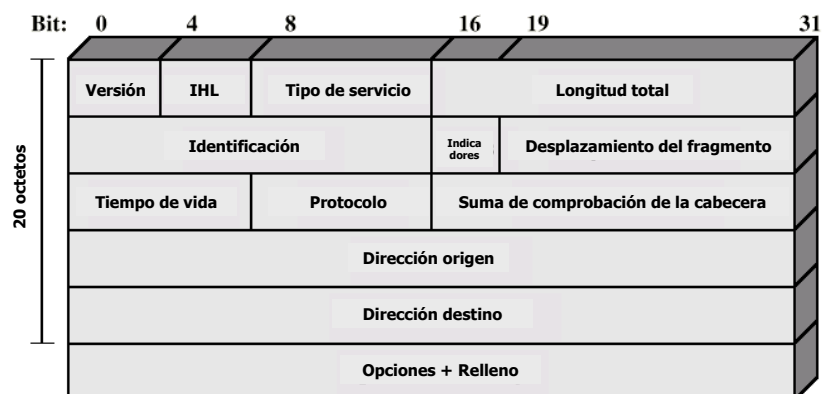
12

Características

- ⌘ No realiza
 - ☒ Control de secuencia
 - ☒ Control de flujo
 - ☒ Recuperación de errores
- ⌘ Toma decisiones de enrutamiento independiente para cada datagrama
- ⌘ Hay tres eventos que pueden ocurrir
 - ☒ Pérdida de datagramas
 - ☒ Datagramas fuera de secuencia
 - ☒ Datagramas duplicados

13

Formato del Datagrama Interred. IPv4



Formato del Datagrama Interred

⌘ Versión (4 Bits)

- ☒ Número de la versión del Protocolo

⌘ Longitud de la Cabecera Internet (4 bits)

- ☒ Expresada en palabras de 32 bits
- ☒ Valor mínimo = 5 (20 Bytes)

15

Formato del Datagrama Interred

⌘ Tipo de Servicio (8 bits)

Precedencia (0-2)	D (3)	T (4)	R (5)	NO USADO (6-7)
----------------------	----------	----------	----------	-------------------

- ☒ Precedencia: 0 → Normal ... 7 → Control de Red
- ☒ D: Bajo retardo de procesamiento
- ☒ T: Alta eficiencia
- ☒ R: Alta fiabilidad

16

Formato del Datagrama Interred

⌘ Longitud Total (16 bits)

⏏ Longitud total del datagrama, en bytes

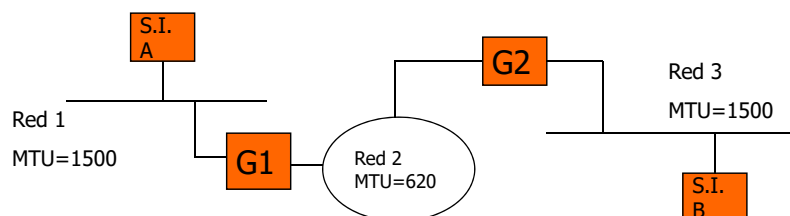
⌘ Identificador (16 Bits)

⏏ Número de secuencia que identifica de forma única a un datagrama

17

Formato del Datagrama Interred

⌘ Fragmentación



18

Formato del Datagrama Interred

⌘ Ejemplo: Datagrama de longitud 1400 bytes

Encabezamiento Datagrama	Datos 1 600 bytes	Datos 2 600 bytes	Datos 3 200 bytes
Encabezamiento Fragmento 1	Datos 1 600 bytes	Offset 0	
Encabezamiento Fragmento 2	Datos 1 600 bytes	Offset 600	
Encabezamiento Fragmento 3	Datos 3 200 bytes	Offset 1200	

19

Formato del Datagrama Interred

⌘ Control de la Fragmentación

- ☒ Identificación (nº)
- ☒ Fragment Offset (13 bits)
- ☒ Flags (3 bits)
 - ☒ Not fragment flags
 - ☒ More fragment bit
 - ☒ No used

20

Formato del Datagrama Interred

⌘ Reensamblado

- ☑ En una red TCP/IP el reensamblado de datagramas se lleva a cabo en el S.I. destino

☑ Desventajas

- ☑ Ineficiencia
- ☑ Pérdida de un Fragmento (Timer de reensamblado) → Imposibilidad de Reensamblado

☑ Ventajas

- ☑ Permite en encaminamiento individual de los fragmentos a través de diferentes redes
- ☑ No sobrecarga a las pasarelas

21

Formato del Datagrama Interred

⌘ Tiempo de Vida (8 bits)

- ☑ Garantizar que los datagramas no circulan indefinidamente por la red virtual

22

Ipv6. Motivación para desarrollar una nueva versión de IP

⌘ Limitación impuesta por el campo de dirección

- ☒ La estructura en dos niveles de la dirección IP (número de red y número de computador) ocupa demasiado espacio
- ☒ Requiere que se asigne un número de red único a cada red IP independientemente si la red está realmente conectada a Internet
- ☒ Las redes e Internet están proliferando rápidamente
- ☒ Uso creciente de TCP/IP
- ☒ Se asigna una dirección única a cada computador

⌘ Necesidad de nuevos tipos de servicio

Mejoras de IPv6

⌘ Espacio de direcciones ampliado

- ☒ 128 bits

⌘ Mecanismo de opciones mejorado

- ☒ Cabeceras opcionales separadas entre la cabecera Ipv6 y la cabecera de la capa de transporte
- ☒ La mayoría no se examinan ni procesan por ningún dispositivo de encaminamiento en la trayectoria de paquetes
 - ☒ Simplifica y acelera el procesamiento
 - ☒ Es más fácil incorporar opciones adicionales

⌘ Direcciones de autoconfiguración

- ☒ Asignación dinámica de direcciones

Mejoras de IPv6

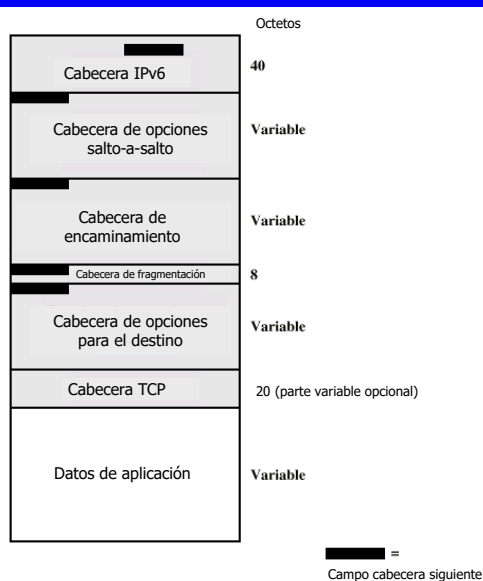
⌘ Aumento de la flexibilidad en el direccionamiento

- ☑ Dirección monodistribución (anycast). Un paquete se entrega sólo a un nodo seleccionado de entre un conjunto de nodos
- ☑ Se mejora la escalabilidad del encaminamiento multidistribución

⌘ Facilidad para la asignación de recursos

- ☑ Reemplaza el tipo de servicio
- ☑ Habilita el etiquetado de los paquetes como pertenecientes a un flujo de tráfico particular
- ☑ Permite un tratamiento especializado
- ☑ Ejemplo: vídeo en tiempo real

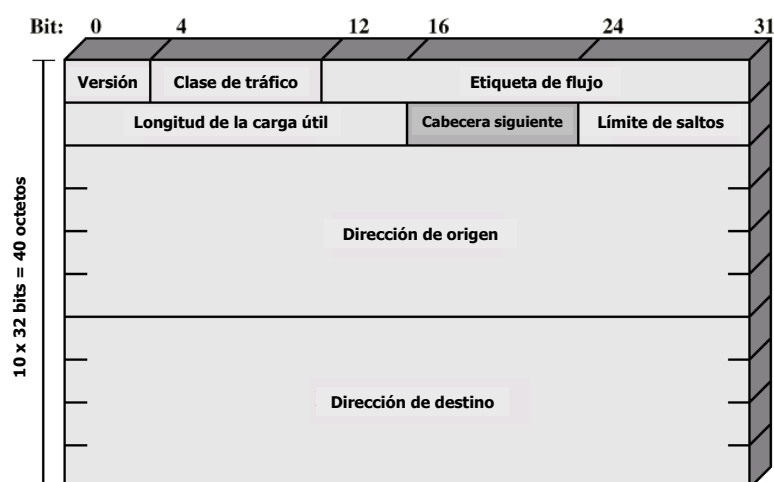
Estructura IPv6



Cabeceras de extensión

- ⌘ Cabecera de opciones salto-a-salto
 - ☑ Requiere procesamiento en cada salto
- ⌘ Cabecera de encaminamiento
 - ☑ Similar al encaminamiento por la fuente de IPv4
- ⌘ Cabecera de fragmentación
- ⌘ Cabecera de autenticación
- ⌘ Cabecera de encapsulamiento de la carga de seguridad
- ⌘ Cabecera de opciones para el destino
 - ☑ Para el nodo destino

Cabecera IPv6



Encaminamiento

⌘ Tipos

☑ Directo

☑ Indirecto (Tablas)

☑ Estáticas

☑ Dinámicas (algoritmos de enrutamiento)

⌘ Enrutamiento basado en red

⌘ Formato

☑ Formada por dos columnas

☑ Red de destino

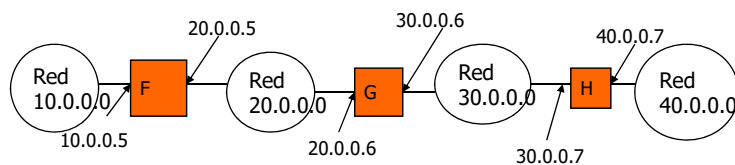
- permite default

☑ Dirección del siguiente enrutador

- Si ya estamos en la red, dirección IP de la interfaz

29

Encaminamiento



20.0.0.0	Directo
30.0.0.0	Directo
10.0.0.0	20.0.0.5
40.0.0.0	30.0.0.7

30

Encaminamiento

⌘ Algoritmo

Extraer dirección IP de destino ID
 Computar la dirección IP de la red destino (IN)
 IN = alguna de las redes conectadas
 Enviar (averiguar dirección física)
 si no para cada elemento de la tabla
 N = ID and (máscara de red)
 Si N = parte de red del registro
 Enviar al siguiente salto
 fin para
 Si no hay coincidencia error

31

Direccionamiento de Subredes

⌘ Subredes

- ☒ Usar un identificador de red único en múltiples redes.
- ☒ Algunos bits más significativos de la parte de estación identifican la subred

10	Id. Red	Id. Dispositivo
----	---------	-----------------

10	Id. Red	Id. Subred	Id. Dispositivo
----	---------	------------	-----------------

01 8 16 22 31

32

Direccionamiento de Subredes

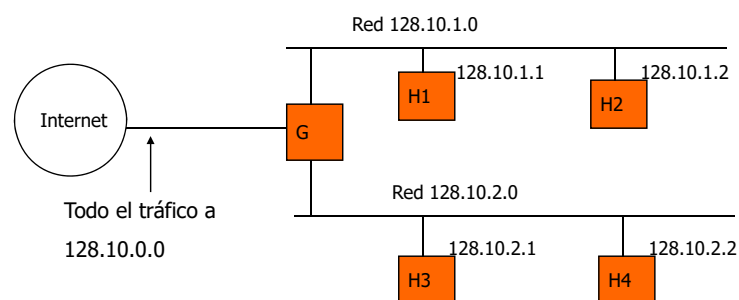
- ☒ La máscara de subred indica que parte de la dirección identifica a la red
- ☒ La máscara tiene 32 bits, codificados:
 - ☒ 1 si ese bit identifica a la red
 - ☒ 0 si ese bit identifica a la estación

1 0	Id. Red	Id. Subred	Id. Dispositivo	
1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	
01	8	16	22	31

33

Direccionamiento de Subredes

⌘ Ejemplo



34

Protocolo ARP

⌘ Proporciona direcciones físicas a partir de direcciones IP

⌘ Casos

☒ Longitud D. Física < Longitud Dirección Interred

☒ Longitud D. Física > Longitud Dirección Interred

⌘ Soluciones

☒ Mapeo Directo

☒ Asociación Dinámica

35

Protocolo ARP

⌘ Mapeo Directo

☒ Ejemplo: Red pronet10

☒ Dirección física → 8 bits

☒ Dirección IP → 32 bits

☒ Dirección IP → 192.5.48.3

☒ Dirección Física → 3

36

Protocolo ARP

⌘ Asociación Dinámica

⌘ Ejemplo: Red Ethernet

⌘ Dirección física → 48 bits

⌘ Dirección IP → 32 bits

Address Resolution Protocol

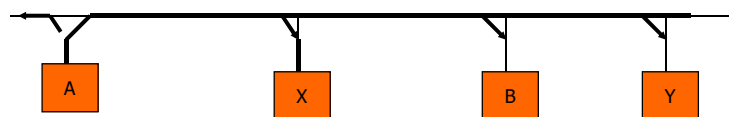


37

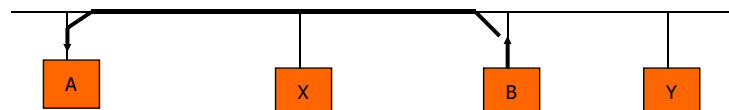
Protocolo ARP

⌘ Operación

⌘ Request



⌘ Reply



38

Protocolo ARP

⌘ Operación

⏏ A quiere averiguar la dirección física de B

- ⊗ El proceso ARP en A envía un broadcast con un ARP request con la dirección IP de B
- ⊗ Todos los procesos ARP de cada computadora de la red lo recibe
- ⊗ B reconoce su dirección IP y manda un ARP response a A con la dirección física de B
- ⊗ A recibe la respuesta y almacena en la caché de ARP la pareja de direcciones
- ⊗ El proceso IP en A puede usar esta información para entregar los datagramas

39

Protocolo ARP

⌘ Características

⏏ Tabla cache de direcciones adquiridas

- ⏏ El emisor incluye en la solicitud el par de direcciones IP-Física propia

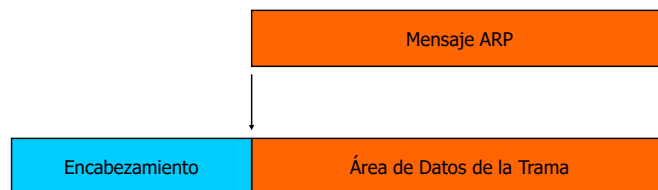
40

Protocolo ARP

⌘ Implementación

- ☒ Emisión de Solicitud
- ☒ Recepción de Solicitud

⌘ Encapsulado



41

Protocolo ARP

⌘ Formato del Mensaje

0	8	16	24	31
Hardware Type (1) Ethernet		Protocol Type (0800) IP		
HLen	PLen	Operation ARP (1,2) – RARP (3,4)		
Sender HA (octets 0-3)				
Sender HA (4-5)		Sender IP (0-1)		
Sender IP (2-3)		Target HA (0-1)		
Target HA (octets 2-5)				
Target IP (octets 0-3)				

42

Protocolo RARP

- ⌘ Realiza la operación inversa al ARP
- ⌘ Permite a un computador que conoce su dirección física obtener una dirección IP
- ⌘ Es necesario un servidor RARP en la red física
- ⌘ El cliente solicita una dirección IP
- ⌘ El servidor mantiene una tabla que relaciona direcciones físicas e IP
- ⌘ Cuando hay una petición consulta la tabla

43

Protocolo RARP

⌘ Operación

⌘ Request



⌘ Reply



44

Protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol)

- ⌘ Permite a las pasarelas enviar mensajes de error o de control a otras pasarelas o S.I.
- ⌘ Sólo reporta las condiciones de error a la fuente original de los datos
- ⌘ Los mensajes ICMP van encapsulados en el campo de datos de los datagramas IP
- ⌘ Formato del Mensaje
 - ☑ Cada mensaje tiene su propio formato

45

Protocolo ICMP



Type	Codigo
0: Respuesta Eco	0: Red Inalcanzable
3: Destino Inalcanzable	1: Host Inalcanzable
4: Source Quench	3: Puerto Inalcanzable
5: Redirección	4: Necesidad Fragmentación
8: Petición Eco	6: Red destino desconocida
11: Tiempo excedido Datagrama	7: Host destino desconocido
13: Petición TimeStamp	
14 Respuesta TimeStamp	
...	...

46

Protocolo ICMP

⌘ Ejemplo: Solicitud y Replica de Eco

0	8	16	31
Tipo (8 ó 0)	Codigo (0)	Checksum	
Identificador		Nº Secuencia	
Datos Opcionales			
...			

47

Formatos de mensajes ICMP

0	8	16	31
Tipo	Código	Suma de comprobación	
No usado			
Cabecera IP + 64 bits del datagrama original			

(a) Destino inalcanzable; tiempo excedido; ralentización del origen

Exceder, identificación del origen			
0	8	16	31
Tipo	Código	Suma de comprobación	
Puntero	No usado		
Cabecera IP + 64 bits del datagrama original			

(b) Problema de parámetro

0	8	16	31
Tipo	Código	Suma de comprobación	
Dirección de pasarela Internet			
Cabecera IP + 64 bits del datagrama original			

(c) Redirección

0	8	16	31
Tipo	Código	Suma de comprobación	
Identificador		Número de secuencia	
Datos opcionales			

(d) Eco, respuesta de eco

0	8	16	3
Tipo	Código	Suma de comprobación	
Identificador		Número de secuencia	
Marca de tiempo original			

(e) Marca de tiempo

0	8	16	3
Tipo		Código	Suma de comprobación
Identificador		Número de secuencia	
Marca de tiempo original			
Marca de tiempo recibida			
Marca de tiempo transmitida			

(f) Respuesta a marca de tiempo

0	8	16	31
Tipo	Código	Suma de comprobación	
Identificador		Número de secuencia	

(g) Petición de máscara de dirección

(9) Máscara de dirección			
0	8	16	31
Tipo	Código	Suma de comprobación	
Identificador		Número de secuencia	
Máscara de dirección			

(h) Respuesta de máscara de dirección

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

- ⌘ Protocolo de Configuración Dinámica de computadoras
- ⌘ Proporciona los parámetros de configuración a los S.I. en redes TCP/IP

49

DHCP

- ⌘ Consta de dos componentes
 - ☒ Protocolo para la entrega de parámetros de configuración a un S.I. específico desde un servidor
 - ☒ Mecanismo para asignar direcciones de red a los S.I.

50

DHCP

⌘ Mecanismos de asignación

⏏ Automática

- ⊗ Asignación permanente cuando la estación se conecta la primera vez

⏏ Dinámica

- ⊗ Préstamo de una dirección un tiempo

51

DHCP

⌘ Mensajes DHCP

op(1)	htype(1)	hlen(1)	hops(1)
xid(4)			
secs(2)		flags(2)	
ciaddr(4)			
yiaddr(4)			
siaddr(4)			
giaddr(4)			
chaddr(16)			
sname(64)			
file(128)			
options(312)			

52

DHCP

⌘ Mensajes DHCP

op	Tipo de mensaje
htype	Tipo dirección hardware
hlen	Longitud de dirección hardware
hops	Para agentes intercambio. 0 clientes
xid	Identificador de transacción
secs	Seg. desde el comienzo adq. Cliente
flags	bit 0=Flag de broadcast. Resto a cero
ciaddr	IP del cliente si bound, renew o rebinding
yiaddr	Dirección IP del cliente
siaddr	Dirección IP del siguiente servidor
giaddr	Dirección IP del agente de intercambio
chaddr	Dirección hardware del cliente
sname	Nombre del servidor. Opcional
file	Nombre del fichero de arranque
options	Opciones

53

DHCP

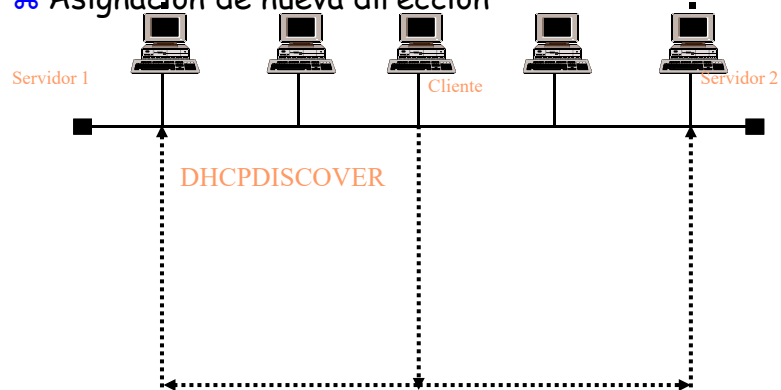
⌘ Mensajes DHCP

DHCPDISCOVER	Búsqueda de un servidor
DHCPOFFER	Respuesta del servidor
DHCPREQUEST	Aceptación por parte del cliente
DHCPACK	Confirmación del servidor
DHCPNAK	Negativa del servidor
DHCPDECLINE	Cliente indicando dirección en uso
DHCPRELEASE	Cliente renunciando a dirección
DHCPINFORM	Cliente preguntando sólo por parámetros locales

54

DHCP

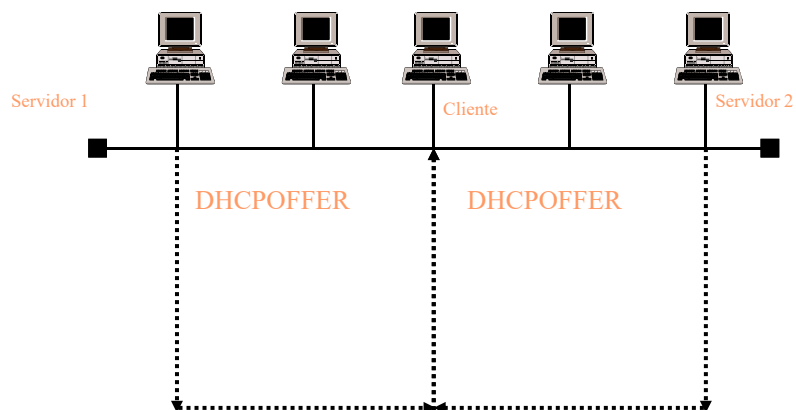
⌘ Asignación de nueva dirección



55

DHCP

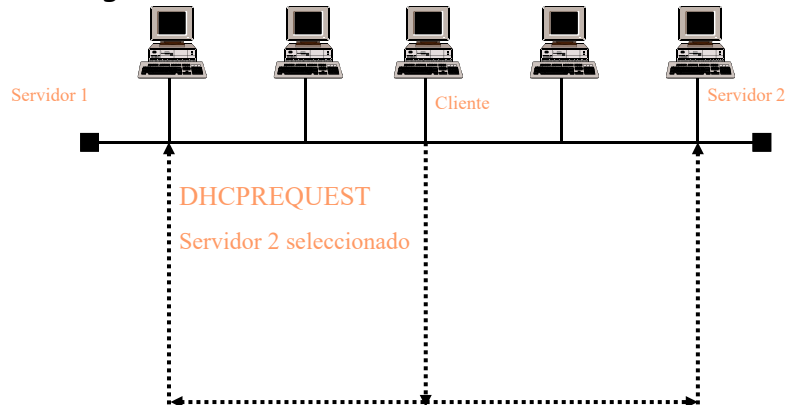
⌘ Asignación de nueva dirección



56

DHCP

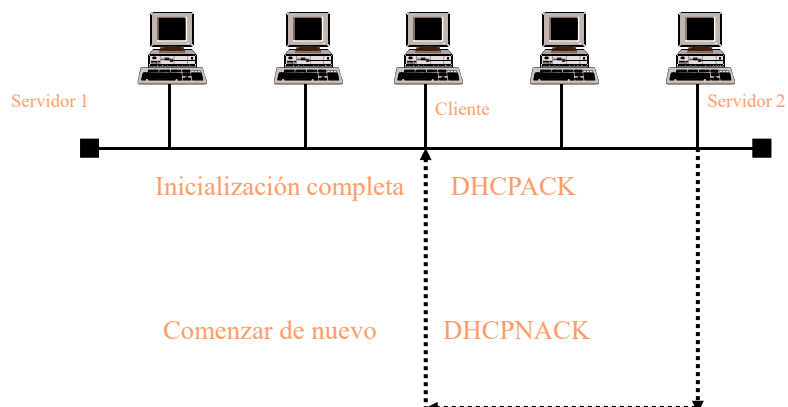
⌘ Asignación de nueva dirección



57

DHCP

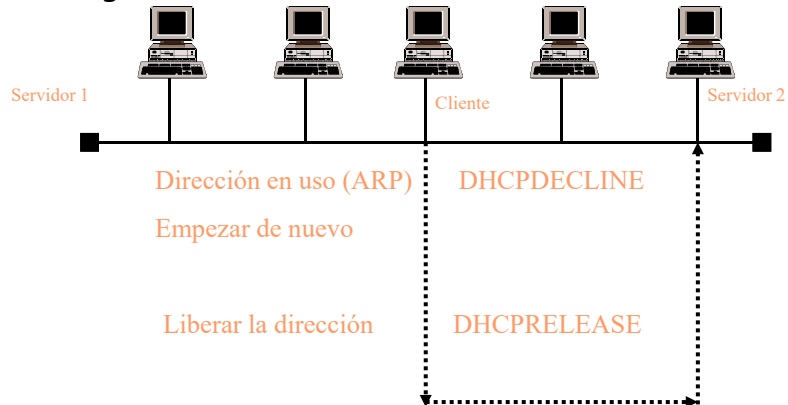
⌘ Asignación de nueva dirección



58

DHCP

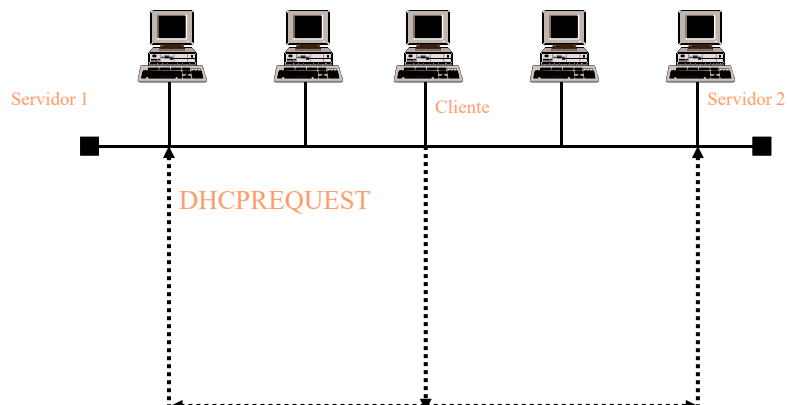
⌘ Asignación de nueva dirección



59

DHCP

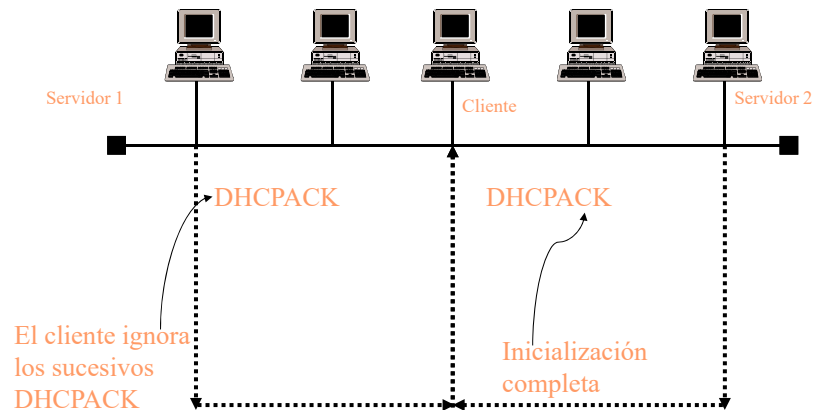
⌘ Renovación del uso de una dirección



60

DHCP

⌘ Renovación del uso de una dirección



61

DHCP

⌘ Clientes con múltiples interfaces

☑ Utiliza DHCP para cada una de las interfaces

⌘ El servidor escucha por el puerto 67 y el cliente por el 68 de UDP

62