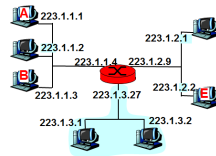


Redes de Datos II Protocolo IP – Arquitectura

Luis Marrone

LINTI-UNLP

15 de septiembre de 2020



Marrone (LINTI-UNLP)

ARQ-IP

15 de septiembre de 2020

1 / 48

Contenidos

- 1 Generalidades
- 2 Datagrama IP
- 3 Direccionamiento en IP
- 4 Fragmentación
- 5 ICMP - Internet Control Message Protocol



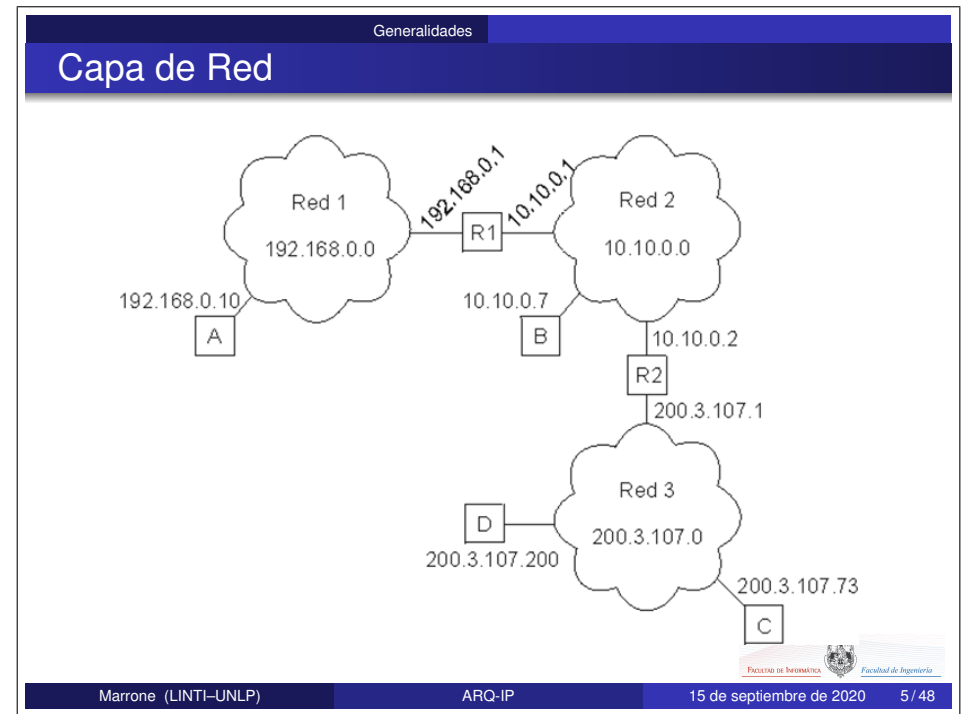
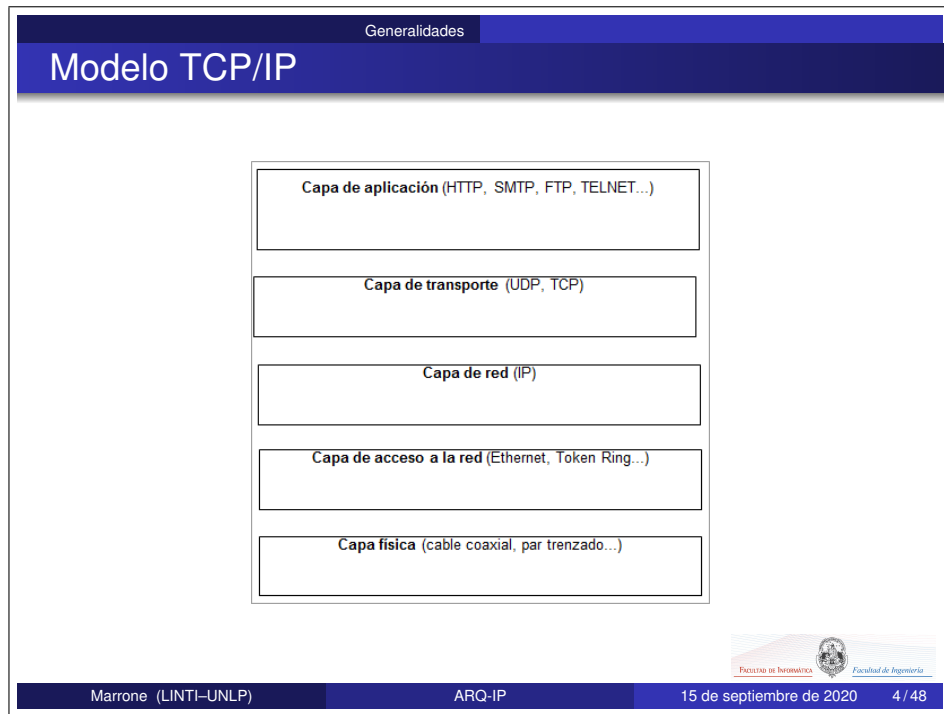
Marrone (LINTI-UNLP)

ARQ-IP

15 de septiembre de 2020

2 / 48

Notas:



Notas:

Generalidades					
Estándares IP v4					
Number	Title	Author or Ed.	Date	More Info (Obs&Upd)	Status
STD0005 RFC0791	Internet Protocol	J. Postel	Sep-01-1981	Obsoletes RFC760	STANDARD
STD0005 RFC0792	Internet Control Message Protocol	J. Postel	Sep-01-1981	Obsoletes RFC777 , Updated by RFC950	STANDARD
STD0005 RFC0919	Broadcasting Internet Datagrams	J.C. Mogul	Oct-01-1984		STANDARD
STD0005 RFC0922	Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets	J.C. Mogul	Oct-01-1984		STANDARD
STD0005 RFC0950	Internet Standard Subnetting Procedure	J.C. Mogul, J. Postel	Aug-01-1985	Updates RFC792	STANDARD
STD0005 RFC1112	Host extensions for IP multicasting	S.E. Deering	Aug-01-1989	Obsoletes RFC988 , RFC1054 , Updated by RFC2236	STANDARD



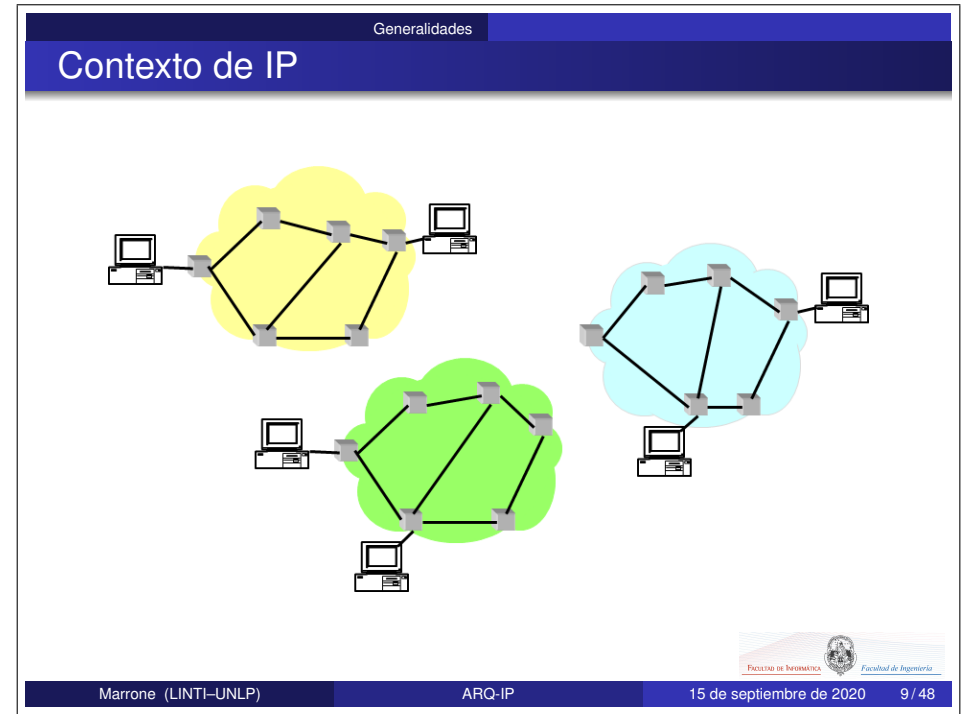
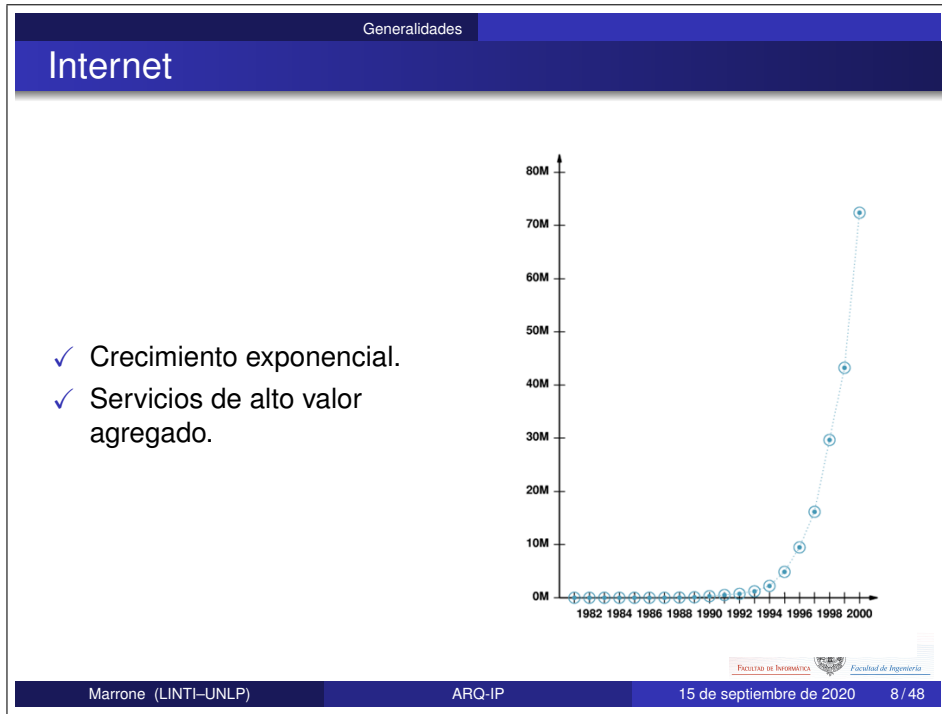
Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
6 / 48

Generalidades	
Internet	
✓ Proyecto DARPA a comienzos de los 70s. ✓ Introduce el concepto de conmutación de paquetes. ✓ Introduce el concepto de arquitectura abierta	



Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
7 / 48

Notas:



Notas:

Generalidades

Contexto de IP

Gateways
Routers

FACULTAD DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) ARQ-IP 15 de septiembre de 2020 10 / 48

Generalidades

Solución IP

IP IP IP IP

FACULTAD DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) ARQ-IP 15 de septiembre de 2020 11 / 48

Notas:

Generalidades

Antes de IP

The diagram illustrates a network architecture before the introduction of IP. It is divided into two horizontal sections by a dashed line. The top section, labeled 'Aplicación', contains four blue boxes: 'Telnet', 'FTP', 'NFS', and 'HTTP'. The bottom section, labeled 'Medio de Transmisión', contains three yellow boxes: 'Coaxial cable', 'Fiber optic', and 'Packet radio'. Multiple colored lines (black, red, green, blue) connect each application box to every transmission medium box, representing a many-to-many mapping where each application must be specifically designed for each medium.

Cada nueva aplicación debía rediseñarse acorde con la nueva tecnología.

Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) ARQ-IP 15 de septiembre de 2020 12 / 48

Generalidades

Con IP

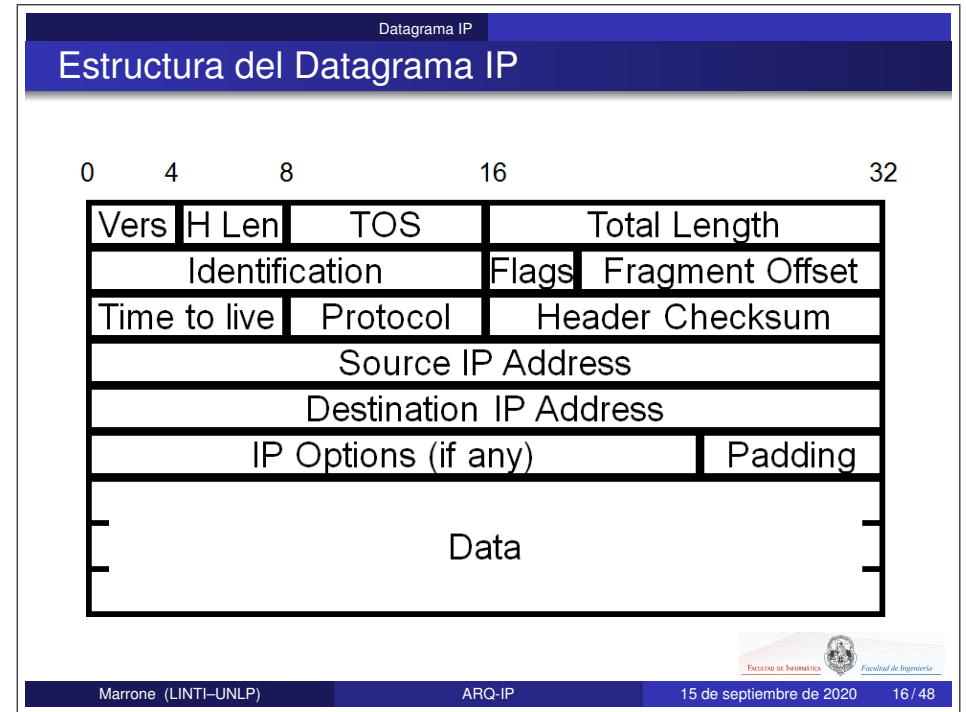
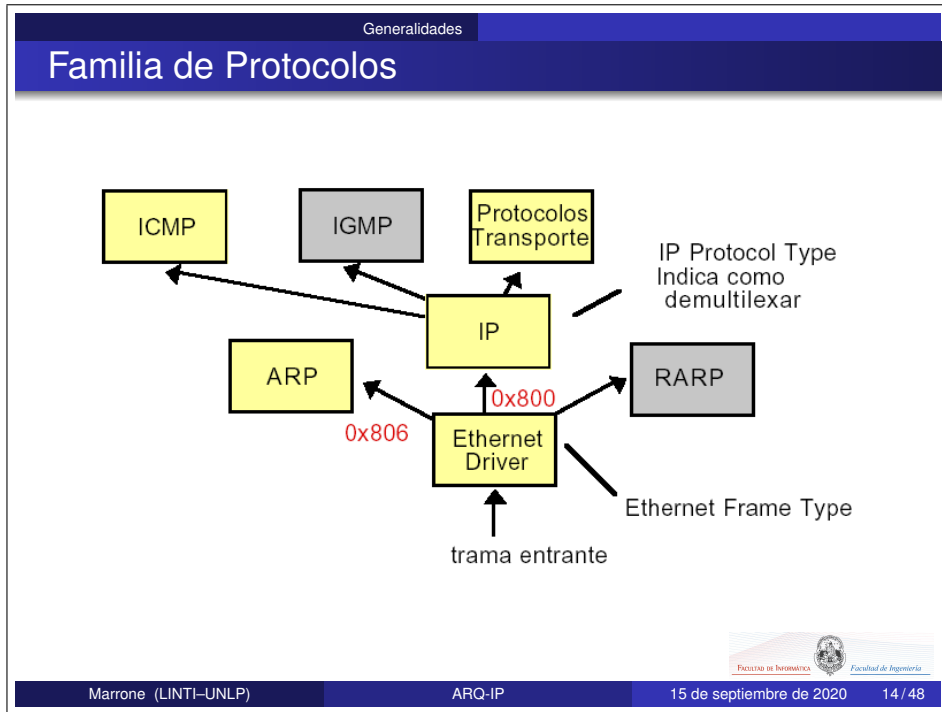
The diagram illustrates a network architecture with IP. It is divided into three horizontal sections by dashed lines. The top section, labeled 'Aplicación', contains four blue boxes: 'Telnet', 'FTP', 'NFS', and 'HTTP'. The middle section, labeled 'Nivel Intermedio (IP)', contains a single white box. The bottom section, labeled 'Medio de Transmisión', contains three yellow boxes: 'Coaxial cable', 'Fiber optic', and 'Packet radio'. Arrows show each application box pointing to the single IP box, and the IP box pointing to each transmission medium box. This represents a one-to-many mapping where a single IP layer handles all applications across different media.

Se requiere un solo mapping de la aplicación/red a IP.

Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) ARQ-IP 15 de septiembre de 2020 13 / 48

Notas:



Notas:

Datagrama IP

Primer Palabra

0
4
8
16
32

Vers	H Len	TOS	Total Length
------	-------	-----	--------------

- ✓ Version(4 bits)
- ✓ H Len (4 bits) : longitud del encabezamiento en palabras de 32 bits.
- ✓ TOS (8 bits) : confiabilidad, prioridad, retardo y throughput.
- ✓ Total Length (16 bits) : Longitud total del datagrama en bytes.



Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
17 / 48

Datagrama IP

Segunda Palabra: Fragmentación

0
4
8
16
32

Identification	Flags	Fragment Offset
----------------	-------	-----------------

- ✓ Identification(16 bits): único para todos los segmentos del mismo datagrama.
- ✓ Flags(3 bits):
 - X(Sin asignar)
 - D (Don't fragment)
 - M (More fragments)
- ✓ Fragment offset(13 bits): ubicación del segmento dentro del datagrama. En unidades de 8 bytes.



Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
18 / 48

Notas:

Datagrama IP

Tercer Palabra

0481632

Time to liveProtocolHeader Checksum

- ✓ Time To Live(8 bits):se decrementa por cada salto.
- ✓ Protocol(8 bits):indica el protocolo que contiene el campo de datos.
- ✓ Header Checksum(16 bits):control de errores del header.



Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
19 / 48

Datagrama IP

Cuarta-Quinta Palabras

0481632

Source IP Address

- ✓ Source IP Address(32 bits):dirección del host origen.

0481632

Destination IP Address

- ✓ Destination IP Address(32 bits):dirección del host destino



Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
20 / 48

Notas:

Datagrama IP

Opciones

0 4 8 16 32

IP Options
Padding

Data

- ✓ Opciones: longitud variable. Seguridad, source route, echo, etc.
- ✓ Padding: longitud variable. Completa header en palabras de 32 bits.
- ✓ Data/Payload: longitud variable en múltiplos de 8 bits. Data + header ≤ 65.536 bytes.

Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
21 / 48

Datagrama IP

Direcciones IP

Clase A:	0 Network Host 1 7 24 bits
Clase B:	10 Network Host 2 14 16 bits
Clase C:	110 Network Host 3 21 8 bits
Clase D:	1110 Multicast Group addresses 4 28 bits
Clase E: Reservada	

Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
22 / 48

Notas:

Datagrama IP

Tipos de Direcciones

- ✓ Unicast: Identifican a un único host/interfaz. 123.13.2.45.
- ✓ Broadcast: Identifican a todos los hosts de una red. Los bits del campo de host en uno: 123.255.255.255
- ✓ Multicast: Identifican a un grupo de hosts/interfaces. 224.0.0.0 a la 239.255.255.255.
- ✓ Anycast: Más que un tipo de dirección es un direccionamiento. Identifica a un grupo de hosts/interfaces y logra que llegue a uno de ellos según el protocolo de ruteo. La dirección se toma del espacio de las direcciones unicast.



Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
23 / 48

Datagrama IP

Direcciones especiales

- ✓ Los bits del campo de hosts en 0 identifican la red. 123.0.0.0.
- ✓ Los bits del campo de hosts en 1 es la dirección broadcast de la red correspondiente. 123.255.255.255
- ✓ Loopback. Red 127.0.0.0. Los datagramas con este destino no se transmiten a la red. Produce un loopback dentro del host que la emite.



Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
24 / 48

Notas:

Datagrama IP

Direcciones Privadas

- ✓ Comúnmente utilizadas en Intranets
- ✓ Redes autónomas sin conexión a Internet
- ✓ Los routers de acceso a Internet las filtran
- ✓ RFC 1918
- ✓ Clase A:
 - 10.0.0.0
- ✓ Clase B:
 - 172.16.0.0 – 172.31.0.0
- ✓ Clase C
 - 192.168.0.0 – 192.168.255.0

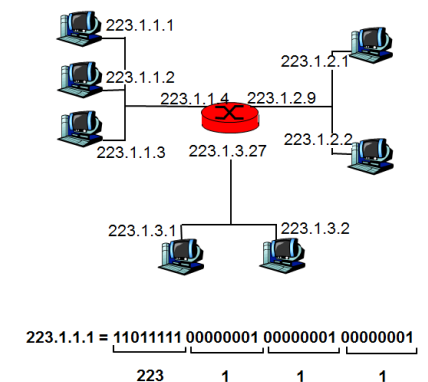


Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
25 / 48

Direccionamiento en IP

Introducción

- Dirección IP : Identificador de 32-bit para el host e interfaz del router
- Interfaz: conexión entre el host, router y enlace físico.
- Los hosts en la misma red tienen el mismo network ID





Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
27 / 48

Notas:

Direccionamiento Directo

- ✓ Origen y destino en la misma red.
- ✓ El origen detecta que el destino está en la misma red.
- ✓ Encuentra la dirección MAC del destino.
- ✓ Si no lo encuentra acude a ARP
- ✓ Envía el datagrama IP encapsulado en la trama MAC.
- ✓ En todo el proceso las direcciones IP no cambian.

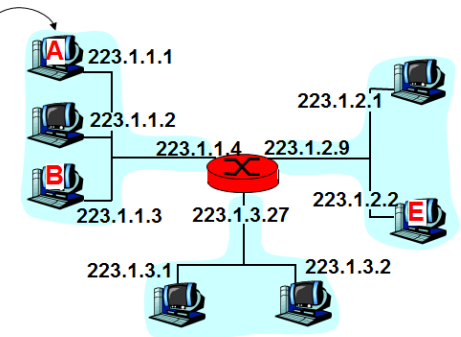


Direccionamiento Directo - Ejemplo

Tabla de ruteo en A

Dest.	Próx. rout	Nhops
223.1.1		1
223.1.2	223.1.1.4	2
223.1.3	223.1.1.4	2

camp	223.1.1.1	223.1.1.3	data
head			



Notas:

Direccionamiento en IP
Protocolo Auxiliar: ARP

- ✓ El host origen envía un mensaje broadcast preguntando:
¿Cuál es el MAC address del destino IP?

- ✓ El host cuyo address IP destino coincide responde:
El MAC address de mi dirección IP es: xx:xx:xx:xx:xx:xx

Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
30 / 48

Direccionamiento en IP
Datos ARP

- ✓ RFC 826 - STD 37

- ✓ Ethernet Address Resolution Protocol: Or Converting Network Protocol Addresses to 48.bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware - D. Plummer - Noviembre 1982

- ✓ Actualizado por RFC 5227, RFC 5494

- ✓ El EtherType para ARP es 0x0806

Marrone (LINTI-UNLP)
ARQ-IP
15 de septiembre de 2020
31 / 48

Notas:

Direccionamiento en IP

Formato del mensaje ARP

0	8	16	24	32
H/W Address Type		Protocol Address Type		
H/W Adr Len	Prot Adr Len	Operation		
Sender's h/w address (6 bytes)				
		Sender's Prot Address (4 bytes)		
		Target h/w address (6 bytes)		
Target Protocol Address (4 bytes)				

- Hardware address Type : Tipo de protocolo del nivel 2.
- Protocol address Type : Tipo de protocolo de nivel 3 (IP= 0800)16).
- Operation : 1= request, 2= response.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Marrone (LINTI-UNLP) ARQ-IP 15 de septiembre de 2020 32 / 48

Direccionamiento en IP

Direccionamiento Indirecto

- ✓ Origen y destino en diferentes redes.
- ✓ El origen detecta que el destino está en otra red.
- ✓ Encuentra el default gateway (router).
- ✓ Envía el datagrama IP encapsulado en la trama MAC con la dirección MAC del default gateway.

FACULTAD DE INGENIERÍA

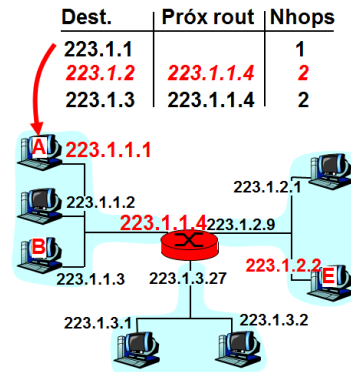
Marrone (LINTI-UNLP) ARQ-IP 15 de septiembre de 2020 33 / 48

Notas:

Direccionamiento Indirecto - 1

A le envía un datagrama a E:

- Tabla de ruteo: próximo salto a E es: 223.1.1.4
- El nivel MAC envía el datagrama al router 223.1.1.4
- El datagrama llega a 223.1.1.4
- ...



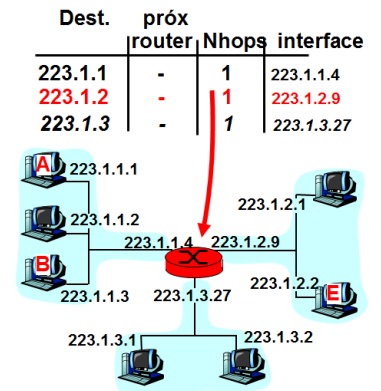
Datagrama enviado por A:

camp	223.1.1.1	223.1.2.2	data
head			



Direccionamiento Indirecto - 2

- El router detecta que E está directamente conectado a una de sus interfaces.
- El datagrama es despachado a través de 223.1.2.9 .
- El datagrama llega a 223.1.2.2



Notas:

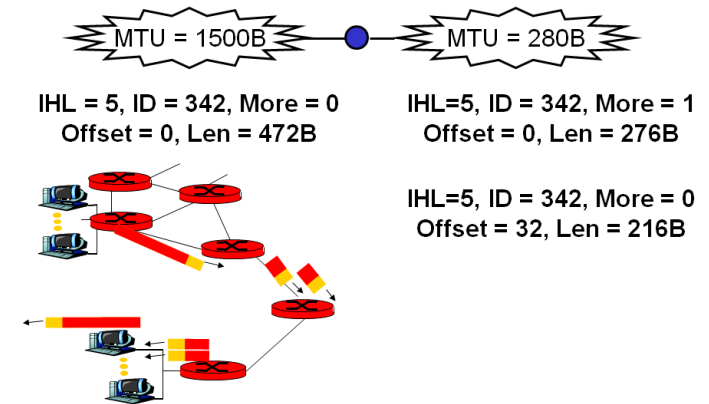
¿Por Qué?

- ✓ MTU: maximum transfer unit.
 - Ethernet= 1500 bytes
 - FDDI= 4500 bytes
 - Se corresponde con la longitud completa del datagrama (header + payload)
- ✓ Los datagramas mayores al MTU deben fragmentarse
- ✓ El header original se copia en cada fragmento y luego se modifica según corresponda
- ✓ Algunas opciones se copian. RFC 791.



Fragmentación - Ejemplo

Un payload de 452 bytes debe transmitirse entre una red Ethernet (MTU=1500B) y una línea PPP (MTU=280B).



Notas:

Fragmentación

Fragmentación - Ejemplo

- ✓ Longitud= 472B, Header = 20B $\Rightarrow$ Payload = 452B
- ✓ Fragmentos resultantes:

Deben ser múltiplos de 8 bytes

El múltiplo más cercano a 260 (280 - 20B) es 256B

Longitud del primer fragmento = 256B + 20B = 276B

Longitud del segundo fragmento = (452B - 256B) + 20B = 216B



Marrone (LINTI-UNLP) ARQ-IP 15 de septiembre de 2020 39 / 48

Fragmentación

Fragmentación : Rearmado

- ✓ El datagrama se reconstruye sólo en el destino final
- ✓ Los fragmentos se descartan después de un timeout
- ✓ Los fragmentos pueden a su vez fragmentarse en el resto del camino
- ✓ El MTU mínimo a lo largo del camino $\Rightarrow$ Path MTU.

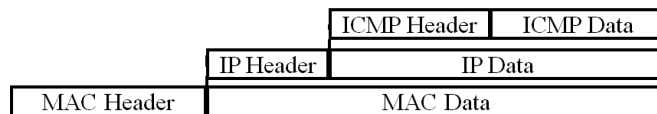


Marrone (LINTI-UNLP) ARQ-IP 15 de septiembre de 2020 40 / 48

Notas:

Datos

- ✓ RFC 792 parte de STD 5
- ✓ Internet Control Message Protocol - J. Postel - Septiembre 1981
- ✓ Actualizada por RFC 950, RFC 4884, RFC 6633, RFC 6918
- ✓ Reporte de errores
- ✓ Envío de mensajes
- ✓ Es informativo. No toma decisiones
- ✓ Se encapsula en IP.
 - Protocol type : 1



ICMP - Formato

IP Header	
Type	} 8 bits
Error Code	} 8 bits
Checksum	} 16 bits
Parámetros	} Variable
Información	} Variable

Al descartarse un datagrama ICMP incluye el header del datagrama que produjo el mensaje y por lo menos 8 bytes del campo de datos del datagrama.



Notas:

ICMP - Formato

Type	Message
0	Echo reply
3	Destination unreachable
4	Source quench
5	Redirect
8	Echo request
11	Time exceeded
12	Parameter unintelligible
13	Time-stamp request
14	Time-stamp reply
15	Information request
16	Information reply
17	Address mask request
18	Address mask reply



ICMP - Mensajes

- ✓ Echo Request/Reply: Utilizado en Ping
- ✓ Source Quench: Control de flujo
- ✓ Time Exceeded: Time to live del datagrama llegó a 0 o expiró el timer de fragmentación



Notas:

ICMP - Internet Control Message Protocol

Herramientas basadas en ICMP

Ping

- ✓ Utilizado para verificar:
 - Destino alcanzable
 - Calcular round trip time
 - Contar el número de saltos (hops) al destino
 - Record route
- ✓ La falla de Ping no garantiza problemas
- ✓ Los Firewalls pueden filtrarlos



Marrone (LINTI-UNLP)

ARQ-IP

15 de septiembre de 2020

46 / 48

ICMP - Internet Control Message Protocol

Herramientas basadas en ICMP

Traceroute

- ✓ Hace uso de TTL e ICMP
 - Envía el mensaje con TTL = 1 (hop)
 - EL primer router descarta el mensaje y envía un mensaje ICMP al origen
 - Envía el mensaje con TTL = 2 (hops) etc

Path MTU Discovery

- ✓ Hace uso de Flags del datagrama e ICMP
 - Envía un datagrama con el bit Don't fragment activo
 - Se genera un mensaje ICMP por el descarte, indicando además el MTU
 - Reenvía el datagrama según el MTU recibido



Marrone (LINTI-UNLP)

ARQ-IP

15 de septiembre de 2020

47 / 48

Notas:

ICMP - Internet Control Message Protocol

BY NC SA





Atribución-NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Esta obra está sujeta a la licencia Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) de Creative Commons.

Para detalle de esta licencia visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Marrone (LINTI-UNLP)

ARQ-IP

15 de septiembre de 2020

48 / 48

Notas:
