

PARTE 7

LIVELLO HOST-TO-NETWORK

Tipi di rete (*dati 2000*)

| | <i>Estensione</i> | <i>Banda (Mbps)</i> | <i>Latenza (ms)</i> |
|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| LAN | 1-2 km | 10-1000 | 1-10 |
| WAN | worldwide | 0.010-600 | 100-500 |
| MAN | 2-50 km | 1-150 | 10 |
| Wireless LAN | 0.15-1.5 km | 2-11 | 5-20 |
| Wireless WAN | worldwide | 0.010-2 | 100-500 |
| Internet | worldwide | 0.010-2 | 100-500 |

Standard di reti IEEE 802

| <i>IEEE No.</i> | <i>Nome</i> | <i>Riferimento</i> |
|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 802.3 | CSMA/CD Networks (Ethernet) | [IEEE 1985a] |
| 802.4 | Token Bus Networks | [IEEE 1985b] |
| 802.5 | Token Ring Networks | [IEEE 1985c] |
| 802.6 | Metropolitan Area Networks | [IEEE 1994] |
| 802.11 | Wireless Local Area Networks | [IEEE 1999] |

Ethernet - un livello data-link reale

- È utile discutere di un livello data-link reale.
- Ethernet (IEEE 802.3) è ampiamente utilizzato.
- È supportato da una moltitudine di implementazioni del livello fisico.

Ethernet

- Multi-accesso (mezzo condiviso).
- Ogni interfaccia Ethernet ha un indirizzo di 48 bit univoco (detto *indirizzo hardware*).
- Esempio: `c0:b3:44:17:21:17`
- Gli indirizzi sono assegnati ai produttori di NIC (Network Interface Card) da un'autorità centrale: la IEEE.
- L'indirizzo di broadcast è formato da tutti 1 (in notazione esadecimale `FF:FF:FF:FF:FF:FF`).

CSMA/CD

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

- *Carrier Sense (rilevazione della portante)*: un adattatore non può trasmettere un frame quando rileva che alcuni altri adattatori stanno trasmettendo
- *Multiple Access*: più host su 1 solo filo
- *Collision Detection*: un adattatore che sta trasmettendo abortisce la sua trasmissione non appena rileva che anche un altro adattatore sta trasmettendo.

Un frame Ethernet

| Preamble | Destination Address | Source Address | Type | DATA | CRC |
|----------|---------------------|----------------|------|---------|-----|
| 8 bytes | 6 | 6 | 2 | 46-1500 | 4 |

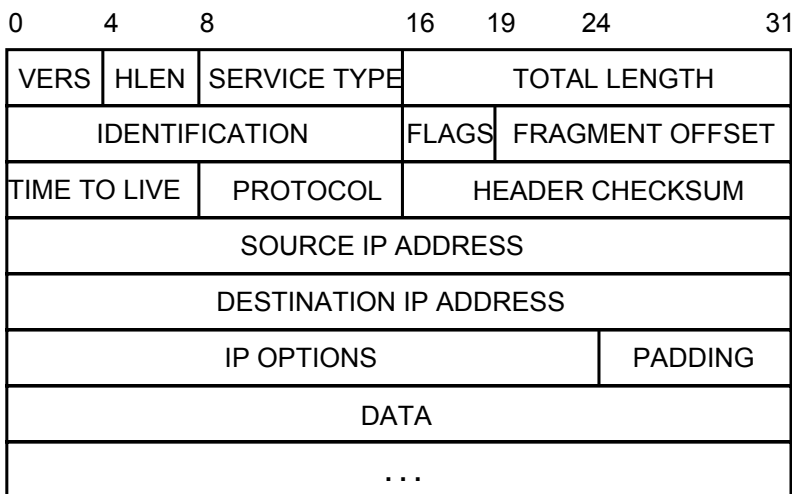
- Il preambolo è una sequenza di 1 e 0 che si alternano, usato per la sincronizzazione.
- Address = MAC address (indirizzo fisico)
- Type è il tipo di protocollo dello strato di rete che deve ricevere il messaggio
- CRC è il Cyclic Redundancy Check (Controllo di Ridondanza Ciclico)

Indirizzamento Ethernet

- Ogni interfaccia guarda ogni frame e controlla il campo destinazione. Se l'indirizzo non corrisponde al proprio MAC address o all'indirizzo di broadcast, il frame viene scartato.
- Alcune interfacce possono anche essere programmate per riconoscere indirizzi multicast.

Datagramma IP

- Formato del datagramma IP:



Datagramma IP (2)

- **VERS**: versione del protocollo IP usata per creare il datagram
- **HLEN**: lunghezza dell'header del datagram (in parole di 32 bit); in generale uguale a 5 (20 byte)
- **TOTAL LENGTH**: lunghezza del datagram IP (in byte); max dimensione $2^{16} = 65536$ byte

Datagramma IP (3)

• **TYPE OF SERVICE (TOS)**: specifica come deve essere trattato il datagram

| | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|---|-----------|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| PRECEDENCE | | | D | T | R | NON USATI | |

PRECEDENCE: l'importanza del datagram

D (delay): basso ritardo

T (throughput): alto throughput

R (reliability): alta affidabilità

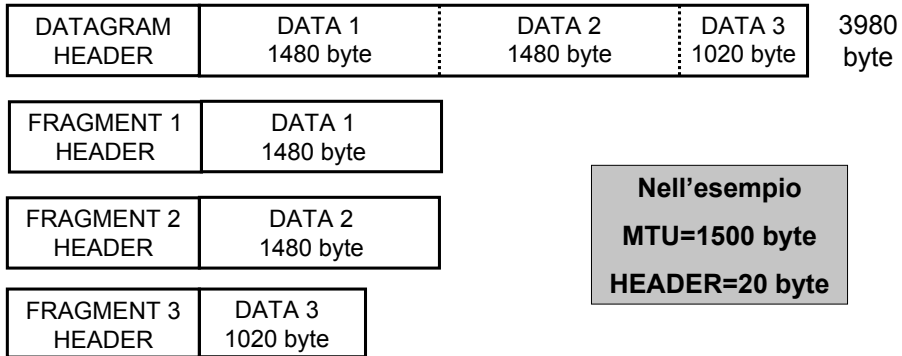
} tipo di trasporto desiderato

Frammentazione e riassemblamento

• Ogni rete fisica è caratterizzata da una quantità massima di dati trasportabili in un frame, detta **Maximum Transfer Unit (MTU)**

- è necessario suddividere il datagram in **frammenti** per trasportarlo sulla rete
- per es., MTU della rete Ethernet = 1500 byte

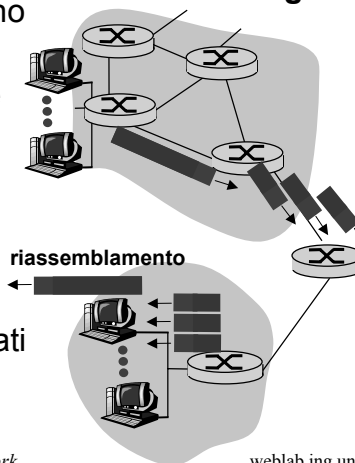
Frammentazione e riassetramento (2)



Frammentazione e riassetramento (3)

- Reti di tipo diverso hanno un diverso MTU
- IP datagram grandi sono divisi (“frammentati”)
 - un datagram diviene diversi datagram
 - “riassetramento” avviene soltanto alla destinazione finale (non nei router)
 - bit dell’IP header usati per identificare i frammenti

frammentazione:
in: un datagram grande
out: 3 datagram più piccoli



Datagramma IP (4)

- Tre campi dell'header del datagram (identification, flags, fragment offset) servono per controllare la frammentazione e la ricostruzione del datagram
 - **IDENTIFICATION**: intero che identifica il datagram
 - **FLAGS**: controllo della frammentazione
 - **FRAGMENT OFFSET**: la posizione del frammento nel datagram originale
 - **TIME TO LIVE**: indica per quanto tempo il datagram può circolare in Internet; è decrementato dai router. Quando diviene uguale a 0, il datagram è eliminato

Datagramma IP (5)

- **PROTOCOL**: indica quale protocollo applicativo può utilizzare i dati contenuti nel datagram
- **HEADER CHECKSUM**: serve per controllare l'integrità dei dati trasportati nell'header
- **SOURCE IP ADDRESS**: indirizzo IP (32 bit) del mittente del datagram (non viene **mai** modificato dai router)
- **DESTINATION IP ADDRESS**: indirizzo IP (32 bit) del destinatario del datagram (non viene **mai** modificato dai router)

Datagramma IP (6)

- **IP OPTIONS**: campo opzionale di lunghezza variabile; serve per il testing ed il debugging della rete
- **PADDING**: campo opzionale che serve per fare in modo che l'header abbia lunghezza multipla di 32 bit (*byte stuffing*); è presente soltanto se c'è il campo IP OPTIONS

Assegnazione indirizzi IP

- Come fa un host a conoscere il proprio indirizzo IP?
 - **configurazione manuale**: l'indirizzo IP è configurato in un file dall'amministratore del sistema
 - **Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)**: allocazione dinamica effettuata da un server
- Assegnazione di indirizzi di rete:
 - tramite **Internet Service Provider (ISP)**
 - **Internet Assigned Numbers Authority (IANA)**
 - Assegnazione di un lotto di indirizzi ad un'organizzazione
 - L'organizzazione assegna ad ogni macchina un identificatore di host univoco

Assegnazione indirizzi IP (2)

- Organizzazione con una rete che include macchine appartenenti ad Internet (pubbliche) ed altre che non lo sono (private)
 - Le macchine private scambiano pacchetti soltanto con le macchine (pubbliche e private) della Intranet
- **Indirizzi privati** per consentire la comunicazione tra macchine pubbliche e private

Classe A: 10.0.0.0

Classe B: 172.16.0.0 - 172.31.0.0

Classe C: 192.168.0.0 - 192.168.255.0

Protocollo ARP

- Un frame trasmesso sulla rete fisica deve contenere l'indirizzo hardware del destinatario
- Indirizzo IP di tipo software → traduzione dell'indirizzo IP (I_A) nel corrispondente indirizzo hardware o fisico (P_A)
- **Risoluzione dell'indirizzo:** il processo di mapping tra due livelli di indirizzamento

Protocollo ARP (2)

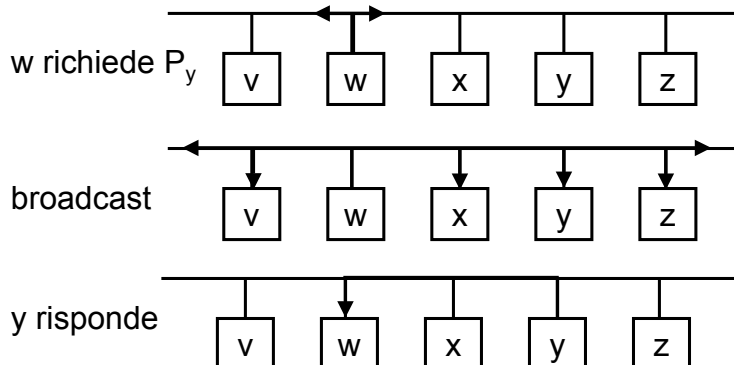
Tecniche di risoluzione dell'indirizzo:

- ricerca in una tabella
 - tabella <indirizzo IP, indirizzo hardware>
 - ricerca hash per la gestione della tabella
- computazione in forma chiusa
 - funzione matematica che mappa l'indirizzo IP in indirizzo hardware
 $f(I_A) = P_A$
- scambio di messaggi
 - viene inviato un messaggio contenente la richiesta di risoluzione
 - messaggio inviato a uno o più server noti oppure a tutti i nodi appartenenti alla rete (broadcast)

Protocollo ARP (3)

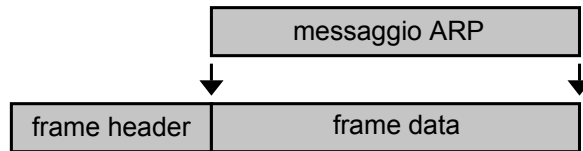
• La suite di protocolli TCP/IP include l'**Address Resolution Protocol (ARP)**

- Formato di due messaggi ARP: *richiesta* (contenente l'indirizzo IP) e *risposta* (contenente il corrispondente indirizzo hardware)
- ARP usa il broadcast della richiesta



Protocollo ARP (4)

- Il messaggio ARP viene incapsulato in un frame



- **Caching** delle risposte ARP: per ridurre il traffico sulla rete causato dallo scambio di messaggi ARP, ciascun host effettua un caching temporaneo delle risoluzioni ottenute nella propria **ARP table**
- Ottimizzazione: il mittente inserisce nella richiesta il proprio indirizzo IP e fisico (ad es., A inserisce $\langle I_A, P_A \rangle$ nella richiesta di P_B : B può così memorizzare nella propria cache il mapping $\langle I_A, P_A \rangle$)

Mapping dell'indirizzo IP nell'indirizzo Hardware

- Gli indirizzi IP non sono riconosciuti dall'hardware.
- Se conosciamo l'indirizzo IP di un host, come facciamo a trovare il corrispondente indirizzo hardware ?
- Il processo di trovare l'indirizzo hardware di un host dato il suo indirizzo IP è detto

Address Resolution

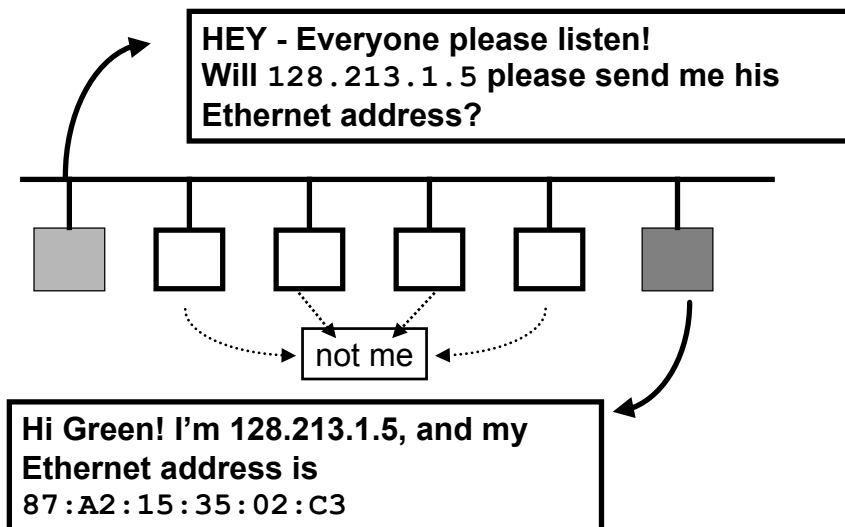
Reverse Address Resolution

- Il processo di trovare l'indirizzo IP di un host dato il suo indirizzo hardware è detto

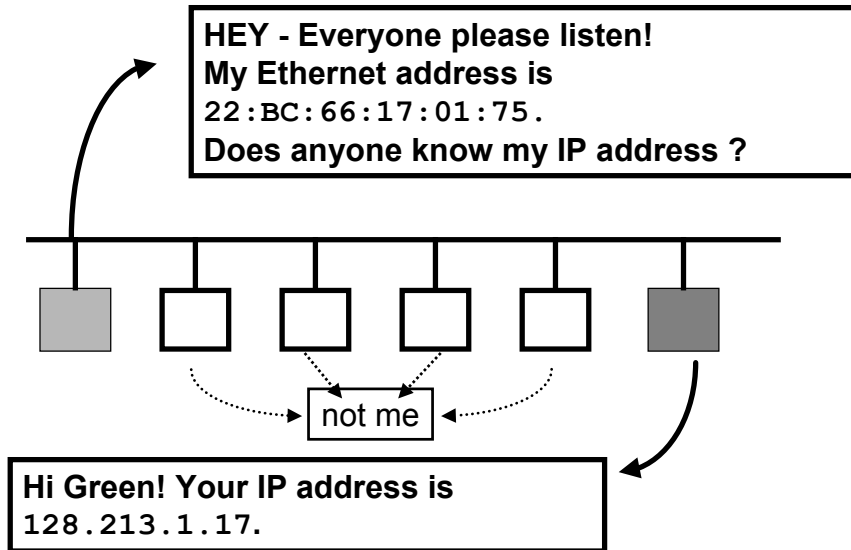
Reverse Address Resolution

- Reverse address resolution è necessaria alle workstations che non hanno il disco rigido infase di boot.

Conversazione ARP



Conversazione RARP



Servizi forniti da IP

- Consegna senza connessione (ogni datagram è trattato individualmente).
- Inaffidabile (la consegna non è garantita).
- frammentazione / riassetramento (basato su MTU hardware).
- Routing.
- Error detection.

IP Datagram Fragmentation

- Ogni frammento (pacchetto) ha la stessa struttura di un datagramma IP.
- IP specifica che il riassetramento dei datagram avviene solamente alla destinazione (non su base hop-by-hop).
- Se almeno uno dei frammenti viene perso tutto il datagram viene scartato (e viene mandato un messaggio ICMP al mittente).

IP Datagram Fragmentation

- Se i pacchetti arrivano troppo velocemente - il ricevente scarta i pacchetti in eccesso e manda un messaggio ICMP al mittente (SOURCE QUENCH).
- Se viene rilevato un errore (header checksum problem) il pacchetto è scartato e viene mandato un messaggio ICMP al mittente.