

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica



Corso di Reti di Calcolatori I

Roberto Canonico (roberto.canonico@unina.it)

Giorgio Ventre (giorgio.ventre@unina.it)

**Il livello rete in Internet
Il protocollo IP**

**I lucidi presentati al corso sono uno strumento didattico
che NON sostituisce i testi indicati nel programma del corso**

Nota di copyright per le slide COMICS



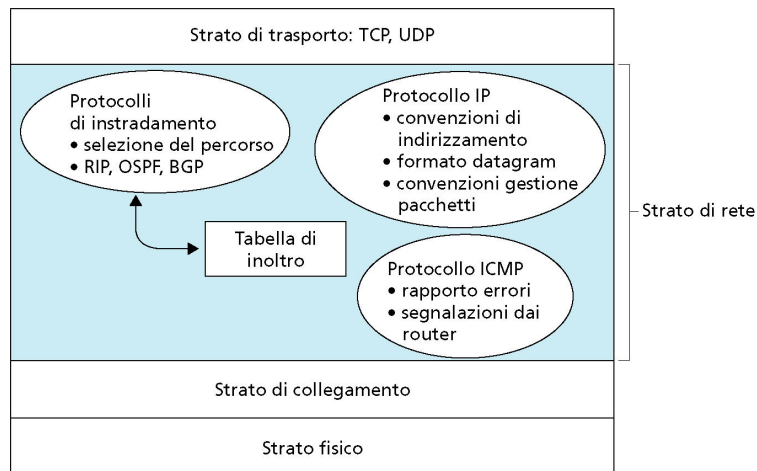
Nota di Copyright

Questo insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovranno essere esplicitamente riportati la fonte e gli Autori. Gli Autori non sono responsabili per eventuali imprecisioni contenute in tali trasparenze né per eventuali problemi, danni o malfunzionamenti derivanti dal loro uso o applicazione.

Autori:

Simon Pietro Romano, Antonio Pescapè, Stefano Avallone,
Marcello Esposito, Roberto Canonico, Giorgio Ventre

Lo strato di rete di Internet



3

IP (Internet Protocol)



- IP è un protocollo di livello rete usato per lo scambio di dati tra reti di calcolatori
- I dati sono trasportati con la tecnica dei datagrammi
- Offre un servizio di comunicazione *connection-less*
- Gestisce indirizzamento, frammentazione, riassemblaggio e multiplexing dei protocolli
- Costituisce la base sulla quale si basano tutti gli altri protocolli, collettivamente noti come *TCP/IP suite*
 - TCP, UDP, ICMP, ARP
- È responsabile dell'instradamento dei pacchetti

4

Il datagramma IP



- Un pacchetto IP è anche chiamato *datagramma*
- È costituito da un *header* e un'area dati
- I datagrammi possono avere dimensioni diverse
- La dimensione dell'header è solitamente fissata (**20 byte**) a meno che non siano presenti opzioni
- Un datagramma può contenere fino a un massimo di 65535 byte ($2^{16} - 1$)

5

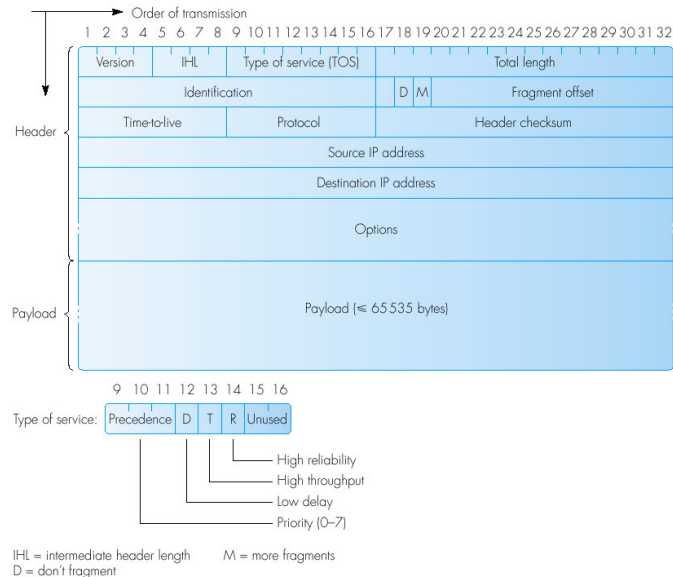
L'header IP



- L'header contiene tutte le informazioni necessarie per la consegna del datagramma alla destinazione
 - Indirizzo destinazione
 - Indirizzo sorgente
 - Identificativo
 - Ed altro ancora...
- I router esaminano l'header di ogni datagramma e inoltrano il pacchetto lungo il percorso verso la destinazione
 - Usano tabelle di routing per calcolare il *next hop*
 - Aggiornano tali tabelle usando protocolli di routing dinamici

6

Formato del pacchetto IP



7

Formato del pacchetto IP



- **Version**
 - 4 bit, versione del protocollo IP cui il pacchetto è conforme
- **IP header length (IHL)**
 - 4 bit, lunghezza dell'header, in multipli di 32 bit (max 60 byte)
- **Type-of-Service (ToS)**
 - 8 bit, specifica come un protocollo di livello superiore vorrebbe che il pacchetto fosse trattato
- **Total length**
 - 16 bit, specifica la lunghezza in byte dell'intero pacchetto (header + dati)
 - ...max 64kB, cioè 65535 byte ($2^{16} - 1$)

8

Formato del pacchetto IP



- **Time-to-live (TTL)**
 - 8 bit, contatore che viene gradualmente decrementato fino a zero, punto in cui il pacchetto viene scartato. Serve ad evitare che un pacchetto resti perennemente in circolo
- **Protocol**
 - 8 bit, indica il protocollo di livello superiore che riceve il pacchetto dopo che l'elaborazione IP è terminata
 - Analogo al numero di porto di livello trasporto: 6 indica TCP, 17 indica UDP
- **Header checksum**
 - 16 bit, aiuta a garantire l'integrità dell'header IP
- **Source Address**
 - 32 bit, specifica il nodo mittente

9

Formato del pacchetto IP



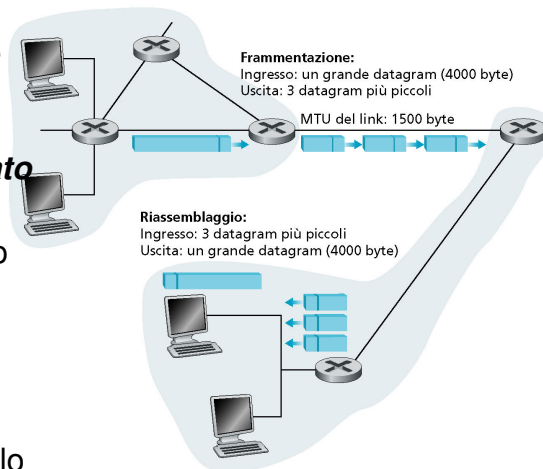
- **Destination Address**
 - 32 bit, specifica il nodo ricevente
- **Identification**
 - I pacchetti possono essere frammentati lungo il percorso
 - Questo campo (16 bit) è un identificativo del datagramma
- **Flags**
 - Il bit D indica se il pacchetto può essere frammentato
 - Il bit M indica se il pacchetto è l'ultimo frammento
- **Fragment offset**
 - 13 bit, identifica la posizione del frammento all'interno del pacchetto

10

Frammentazione e riassettaggio IP



- Se un pacchetto di dimensione N arriva ad un router e deve essere trasmesso su un link di uscita con MTU $M < N$, il pacchetto è **frammentato**
- Ogni frammento è trasmesso come singolo pacchetto IP
- La dimensione di ogni frammento sarà un multiplo di 8 byte
- Tutti i frammenti hanno lo stesso ID number

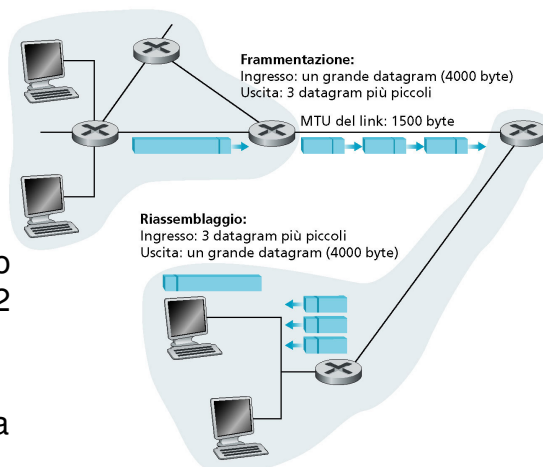


11

Frammentazione e riassettaggio IP (2)



- Tutti i frammenti tranne l'ultimo devono essere multipli di 8 byte
- 8 byte è la dimensione del frammento elementare
- Avendo 13 bit a disposizione, ci possono essere al massimo 8192 frammenti per ogni datagramma
- La dimensione massima di un datagramma è 65535 byte



12

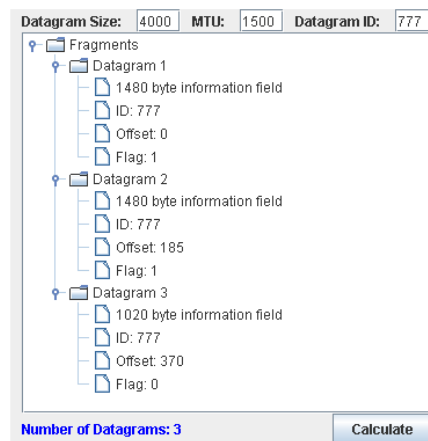
Frammentazione IP: esempio 1



- N = 4000, MTU = 1500
- Tre frammenti, ciascuno con header 20 byte
- Frammento 1:
payload 1480
offset 0
- Frammento 2:
payload 1480
offset $(1480/8)=185$
- Frammento 3:
payload 1020
offset $(1480+1480)/8=370$

NOTA:
 $20+1480+1480+1020=4000$

Note: Datagram size includes an IP header of 20 bytes.
 MTU and Datagram size must be greater than 30, and all values must be less than $2^{16} - 1$ (65535).



This applet was coded by Ryan Gilbert in 2008, a student at Arizona State University.
 It replaces an applet coded by Albert Huang in 1997 as part of course work at the University of Pennsylvania.

http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/ip/ipfragmentation.html

13

Frammentazione IP: esempio 2



- Il pacchetto IP raffigurato di seguito deve attraversare un link avente Maximum Transfer Unit (MTU) pari a 1500 bytes. Come verrà trattato?

Original IP Datagram

| Sequence | Identifier | Total Length | DF May / Don't | MF Last / More | Fragment Offset |
|----------|------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| 0 | 345 | 5140 | 0 | 0 | 0 |

IP Fragments (Ethernet)

| Sequence | Identifier | Total Length | DF May / Don't | MF Last / More | Fragment Offset |
|----------|------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| 0-0 | 345 | 1500 | 0 | 1 | 0 |
| 0-1 | 345 | 1500 | 0 | 1 | 185 |
| 0-2 | 345 | 1500 | 0 | 1 | 370 |
| 0-3 | 345 | 700 | 0 | 0 | 555 |

14

Opzioni



- È il modo per estendere IP con un numero variabile di opzioni
 - Security
 - Source routing
 - Route recording
 - Stream identification
 - Timestamping
- A causa delle opzioni, l'header può essere di lunghezza variabile
 - Questo è il motivo della presenza del campo IHL
 - Se l'opzione non occupa 4 byte (o un suo multiplo), vengono inseriti dei bit di riempimento (tutti zero)
 - La presenza opzionale di questi campi rende difficile la gestione in implementazioni hw-based

15

IP: servizio Best Effort



- IP *non* garantisce di prevenire:
 - Datagrammi duplicati
 - Consegna ritardata o fuori ordine
 - Corruzione di dati
 - Perdita di pacchetti (e di frammenti)
- La consegna affidabile dei pacchetti può avvenire grazie a meccanismi di controllo da parte di protocolli di livello superiore

16