



**Corso di Laurea in Informatica**

**Corso di Reti di Calcolatori 1**

**Alessio Botta (a.botta@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

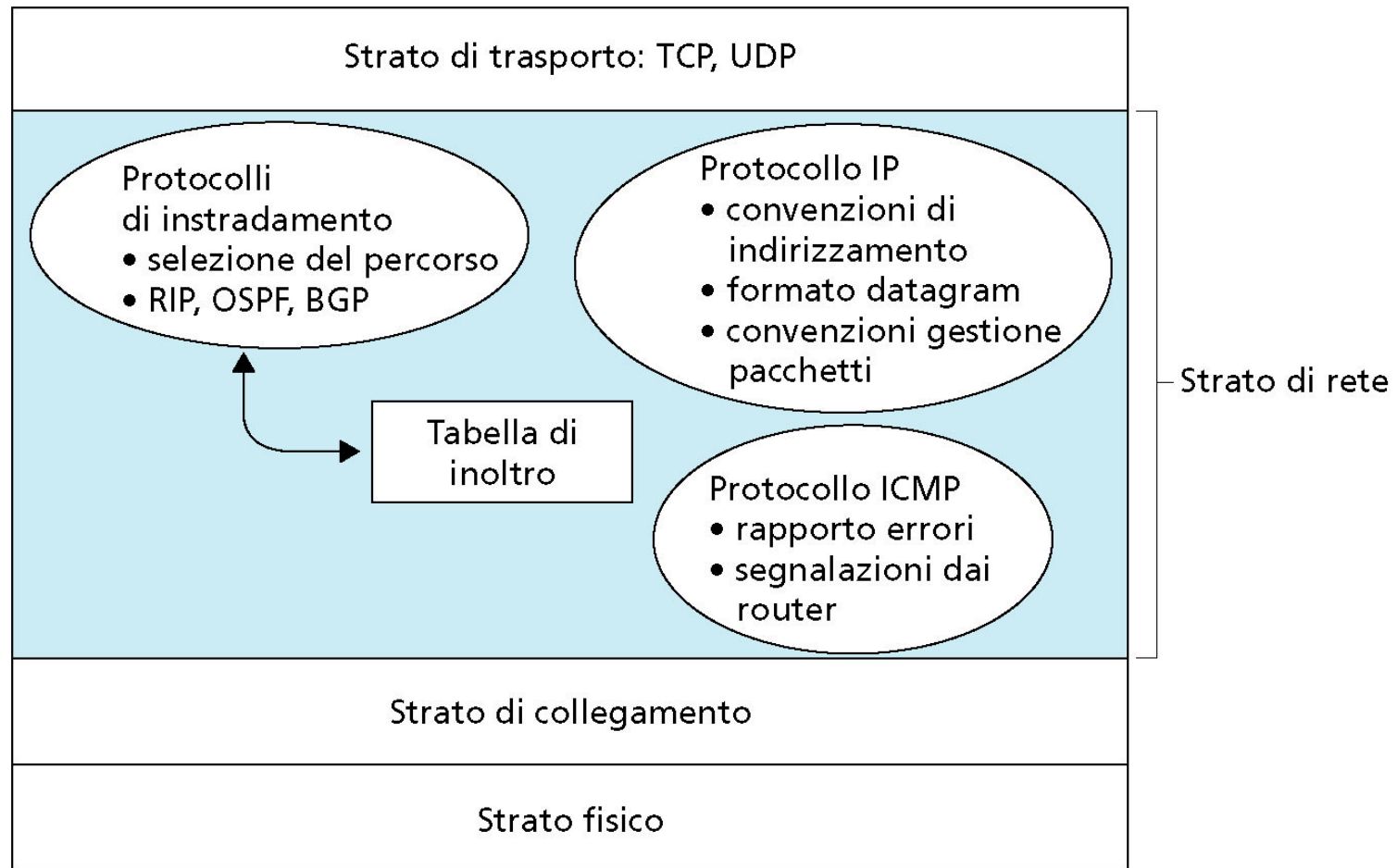
Questo insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito 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, Alessio Botta



# Lo strato di rete di Internet





# 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, riassetblaggio 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



# 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 ( $2^{16} - 1$ )

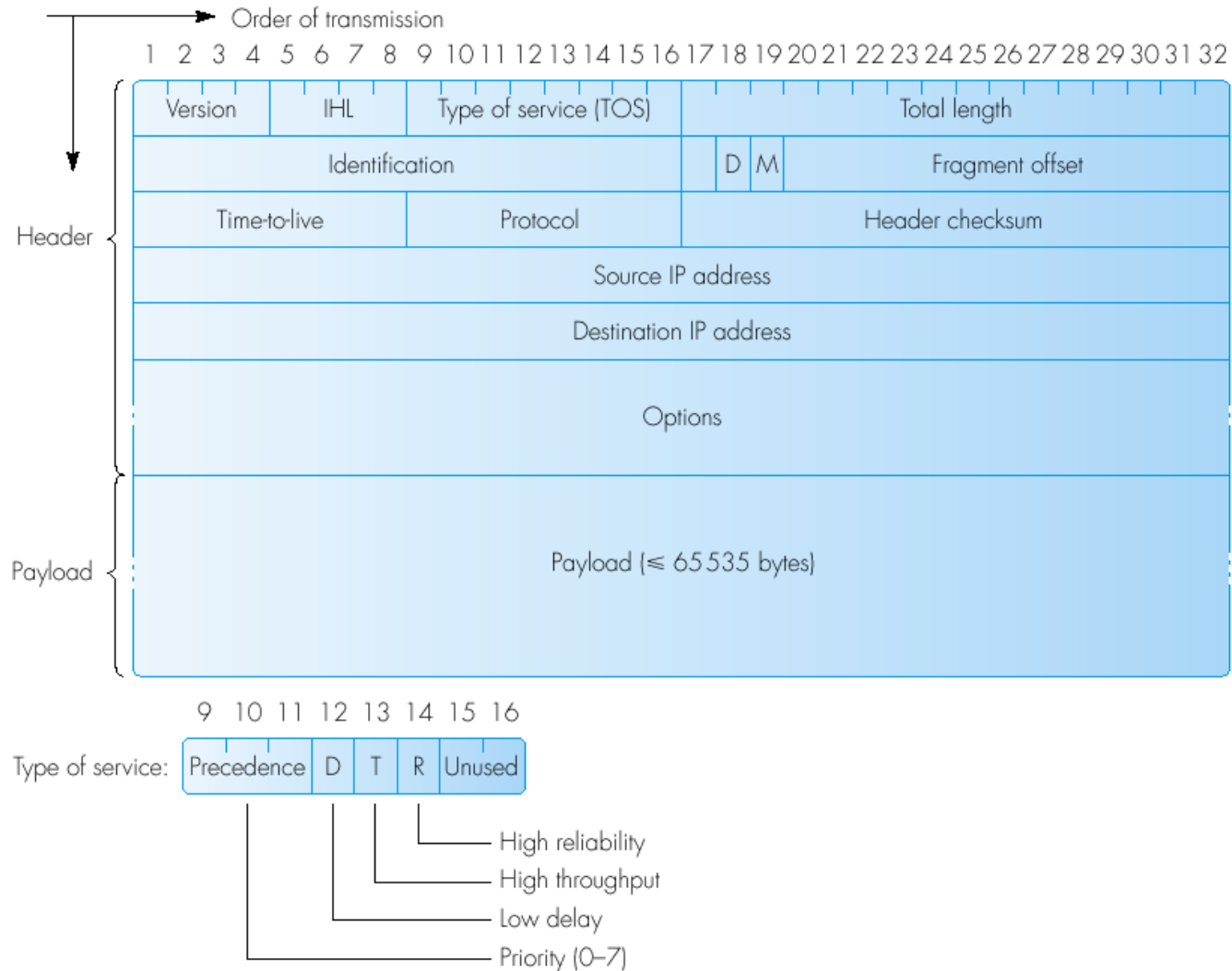


# L'header IP

- 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



# Formato del pacchetto IP



IHL = intermediate header length      M = more fragments  
D = don't fragment



# 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 ( $2^{16} - 1$ )



# 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



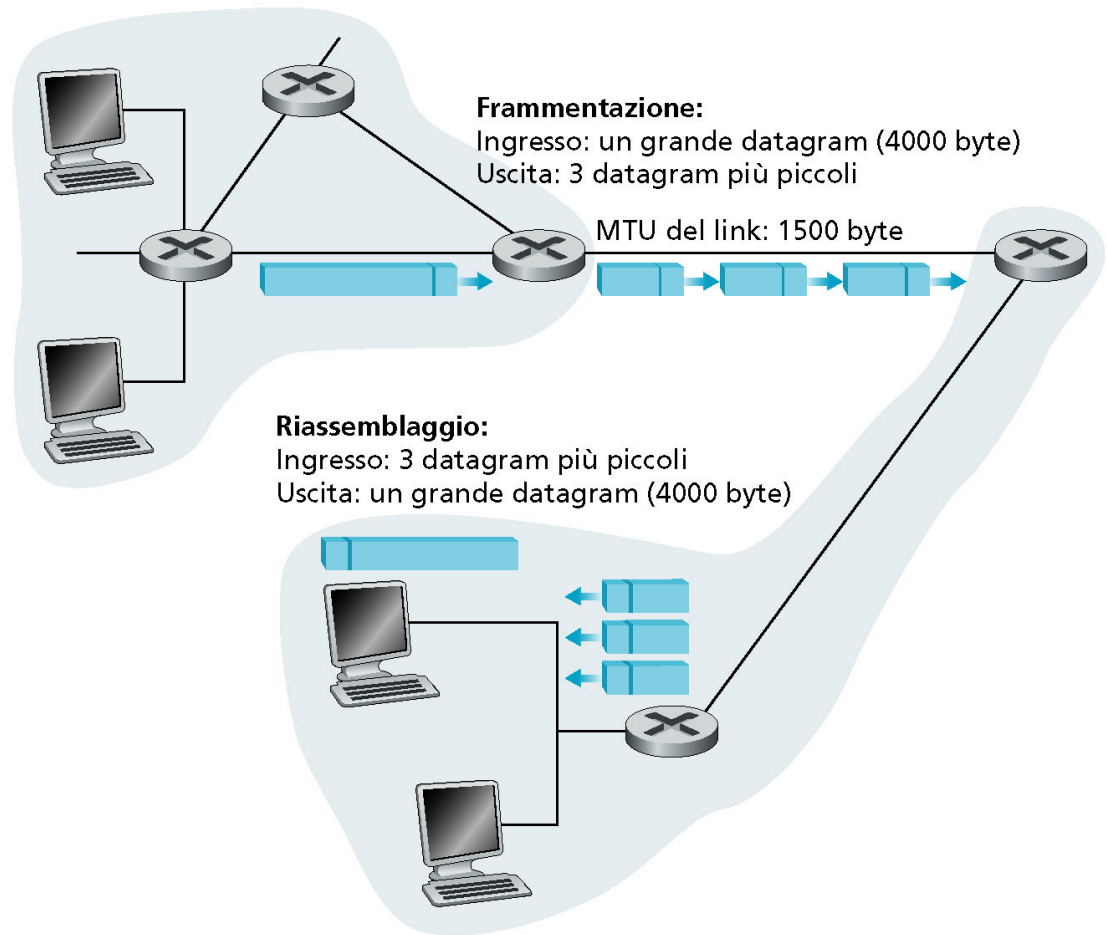
# Formato del pacchetto IP

- **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



# Frammentazione e riassetblaggio IP

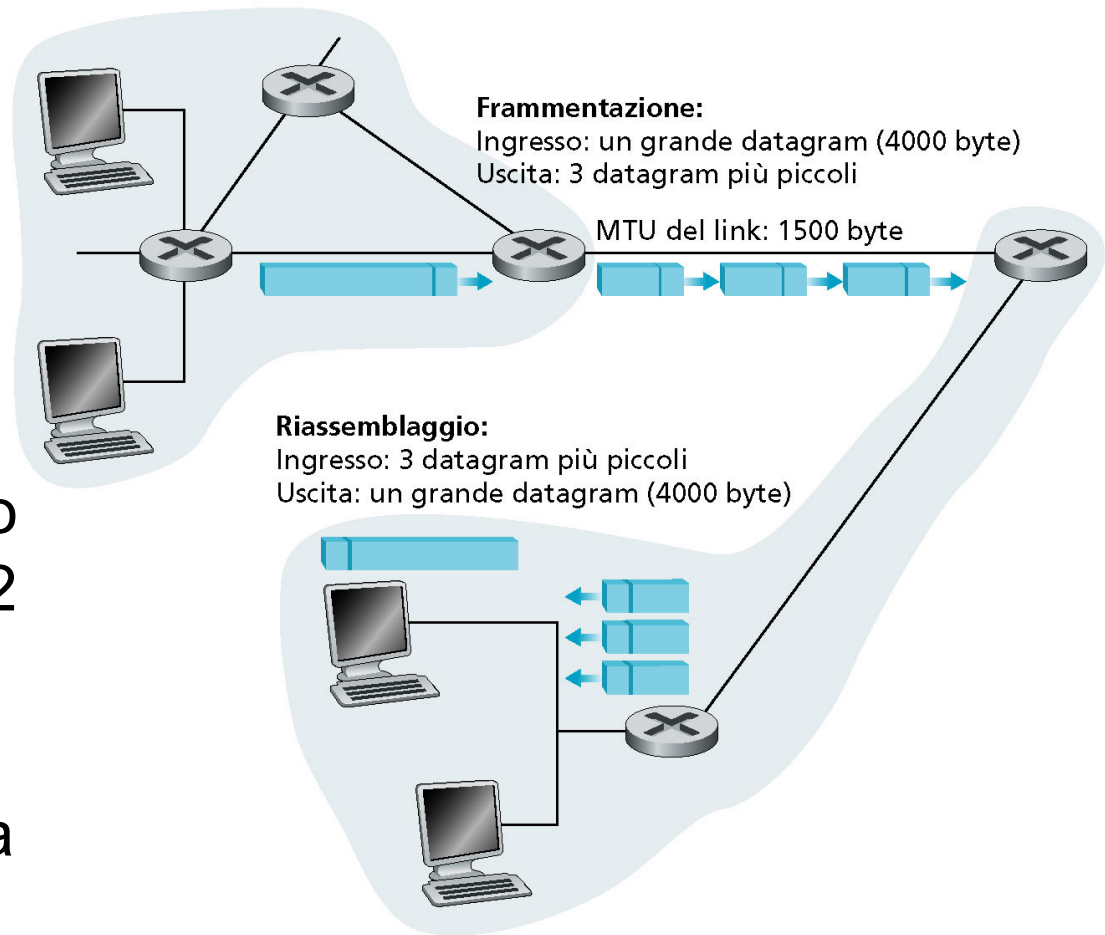
- Se un pacchetto di dimensione  $N$  arriva ad un router e deve essere trasmesso su un link di uscita con MTU  $M < N$ , il pacchetto è **frammentato**
- Ogni frammento è trasmesso come singolo pacchetto IP
- La dimensione di ogni frammento sarà un multiplo di 8 byte
- Tutti i frammenti hanno lo stesso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





# Frammentazione e riassetblaggio 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





# 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).

Input fields: Datagram Size: 4000, MTU: 1500, Datagram ID: 777

Tree view:

- Fragments
  - Datagram 1
    - 1480 byte information field
    - ID: 777
    - Offset: 0
    - Flag: 1
  - Datagram 2
    - 1480 byte information field
    - ID: 777
    - Offset: 185
    - Flag: 1
  - Datagram 3
    - 1020 byte information field
    - ID: 777
    - Offset: 370
    - Flag: 0

Number of Datagrams: 3

Calculate

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.



# 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



# 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



# 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