

## Rete: livello rete (IP) Parte 2 - Indice

1. Indirizzi IP
2. Protocolli di controllo
3. Instradamento
4. Il futuro: IPv6

Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 334

## Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 1

- La parola 5 del prefisso **datagram** identifica l'indirizzo **IP** del nodo destinatario
- In una rete IP si danno 2 tipi di nodi
  - Nodi "normali" (**host**) che possono essere mittenti o destinatari di comunicazioni
  - Nodi instradatori, tradizionalmente chiamati **gateway**, che interconnettono tra loro reti locali anche eterogenee
- Noi diremo che un **gateway** interconnette reti basate su protocolli diversi, mentre un **router** interconnette reti basate sullo stesso protocollo

Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 335

## Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 2

- L'indirizzo **IP**, ampio 32 *bit*, identifica univocamente il nodo destinazione e la sua rete locale di appartenenza
  - Formato interno variabile, suddiviso in parte rete (**network**) e parte nodo (**host**)
  - Indirizzo rappresentato con 4 cifre decimali con valore 0..255 (1 × 1 B) separate da un "."
  - 15 *bit* più significativi (b0-4) identificano la classe dell'indirizzo e la sua interpretazione

Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 336

## Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 3

- Per assicurarne l'unicità, il numero di rete viene assegnato da un'autorità delegata chiamata **NIC** (*Network Information Center*)
- Alcuni indirizzi **IP** hanno speciale significato
  - 0.0.0.0 → assunto da ciascun nodo in fase di *boot*
  - 255.255.255.255 → diffusione (*broadcast*) sulla rete locale del mittente
  - 127.x.x.x → indirizzo di nodo non connesso alla rete, usato a fini di *test* (tipicamente 127.0.0.1)

Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 337

## Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 4

- b0=0 → **classe A**  
B0 = indirizzo di rete locale  
B1-3 = indirizzo di nodo in rete locale
  - Da 0.0.0.0 a 127.255.255.255
- b0-1=10 → **classe B**  
B0-1 = indirizzo di rete  
B2-3 = indirizzo di nodo
  - Da 128.0.0.0 a 191.255.255.255

Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 338

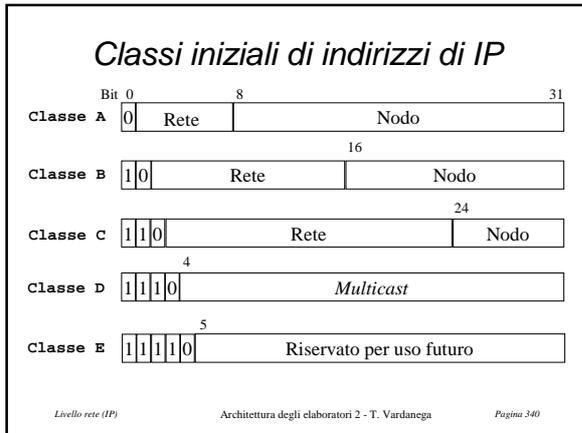
## Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 5

- b0 2=110 → **classe C**  
B0-2 = indirizzo di rete  
B3 = indirizzo di nodo
  - Da 192.0.0.0 a 223.255.255.255
- b0 3=1110 → **classe D multicast**  
B0-3 = indirizzo di gruppo di nodi destinatari
  - Da 224.0.0.0 a 239.255.255.255
    - Gruppi permanenti (con indirizzi pre-assegnati) o temporanei (con indirizzi definiti mediante un protocollo di gestione gruppi)
- b0 4=11110 → **classe E**
  - Riservato per uso futuro

Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 339



### Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 6

- **Classe A:** poche (<128) reti locali ad altissima densità di nodi → non realistico
- **Classe B:** fino a  $2^{14}-1$  reti locali con fino a  $2^{16}$  nodi ciascuna → più realistico rispetto al numero di reti, ma eccessivo rispetto al numero di nodi per rete
- **Classe C:** fino a  $2^{21}-1$  reti locali con <256 nodi ciascuna → rete locale di dimensioni inadeguate

Livello rete (IP) Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 341

### Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 7

- Ne segue che la **classe B** sia la classe di indirizzi più utilizzata
  - Problema: vi sono più di  $2^{14}-1$  reti locali!
  - Il problema vero sono i troppi indirizzi sprecati
- Al crescere del numero di reti connesse ad **Internet** non conviene utilizzare indirizzi di **classe C** perché ciò richiederebbe enormi tabelle di instradamento tra reti
- Serve un nuovo modo di assegnare indirizzi

Livello rete (IP) Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 342

### Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 8

- Larghi gruppi di indirizzi contigui assegnati per zone geografiche contigue
  - L'assegnazione di indirizzi riflette così la topologia della rete **Internet** → instradamento più facile (*route aggregation*)
    - Europa (**classe C**): 194.0.0.0 → 194.255.255.255
- Numero variabile di *bit* per identificare reti e nodi → *bit mask* sovrapposta all'indirizzo
  - *Bit* a 1 nella maschera → quel *bit* è in parte di rete

Livello rete (IP) Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 343

### Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 9

- L'idea è consentire a più reti fisiche distinte di condividere la stessa parte di rete dell'indirizzo IP
- Maschera espressa in forma compatta come */n*
  - Dove *n* è il numero di *bit* nella parte di rete dell'indirizzo
  - Per *n* dato dalla classe standard di appartenenza si parla di "maschera naturale" (*default*)
- Una rete fisica può ospitare più nodi di quanto la sua classe di appartenenza preveda (*supernetting*)
  - P.es.: più di 256 nodi per indirizzo di classe C → meno reti in C
- Un indirizzo può identificare più reti locali di quante la sua classe di appartenenza preveda (*subnetting*)
  - P.es.: più di  $2^{14}-1$  reti per indirizzo di classe B → meno nodi in rete

Livello rete (IP) Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 344

### Esempio d'uso di maschera

Indirizzi di classe C, nell'intervallo assegnato all'Europa

University	First address	Last address	How many	Written as
Cambridge	194.24.1.0	194.24.1.255	256	194.24.1/24
Edinburgh	194.24.0.0	194.24.1.255	1024	194.24.0/22
Leeds	194.24.2.0	194.24.5.255	1024	194.24.2/22
Oxford	194.24.8.0	194.24.5.255	4096	194.24.8/20

$11000010.00011000.00000000.00000000$   
 $11000010.00011000.00000111.11111111$

2048 indirizzi di nodi disponibili!  
 ≤ 256 nodi in classe C standard!

Livello rete (IP) Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 345

**Rete: livello rete (IP)**  
*Indirizzi IP - 10*

- La maschera, impropriamente detta *subnet mask*, consente un sistema di instradamento difforme dalle classi standard di indirizzi, chiamato *Classless Inter-Domain Routing (CIDR)*
- La maschera comporta instradamento a 2 livelli
  - 1° livello: {rete<sub>k</sub>, sottorete, 0} : l'instradatore in ingresso alla rete<sub>k</sub> deve conoscere tutte le sottoreti k<sub>p</sub>.k<sub>n</sub> ad essa associate
  - 2o livello: {rete<sub>k</sub>, sottorete<sub>kj</sub>, nodo} : l'instradatore in ingresso alla sottorete<sub>kj</sub> conosce tutti i suoi nodi

Livello rete (IP)      Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega      Pagina 346

**Rete: livello rete (IP)**  
*Protocolli di controllo di livello IP - 1*

- **ICMP (Internet Control Message Protocol)**: consente agli instradatori di scambiarsi messaggi con informazioni di controllo
  - Mancata consegna di pacchetto
    - Destinazione non raggiungibile
  - Errore nel prefisso di pacchetto
  - Distruzione del pacchetto (troppi balzi)
  - Configurazione delle tabelle di instradamento

Livello rete (IP)      Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega      Pagina 347

**Rete: livello rete (IP)**  
*Protocolli di controllo di livello IP - 2*

- **ARP (Address Resolution Protocol)**: consente di mappare indirizzi IP su indirizzi noti a livello collegamento dati (rete locale, p.es. **Ethernet**)
  - Messaggio a diffusione per determinare l'indirizzo fisico del nodo locale con l'indirizzo IP dato → più agevole che mantenere consistenti tabelle di corrispondenza
  - Consente svariate ottimizzazioni
    - Cache delle corrispondenze
    - Specifica di corrispondenza a tempo di inizializzazione di nodo
    - ...
- **RARP (Reverse ARP)**: fornisce il servizio inverso

Livello rete (IP)      Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega      Pagina 348

**Rete: livello rete (IP)**  
*Instradamento gerarchico - 1*

- La rete globale presenta 3 diversi problemi di instradamento, ciascuno indirizzato da uno specifico protocollo di livello IP
  - All'interno di un singolo sistema autonomo SA (**Interior Gateway Routing**)
  - Tra gli instradatori esterni ai SA (**Gateway-to-Gateway**)
  - Tra diversi SA (**Exterior Gateway Routing**)
    - È a questo livello che si attuano le politiche di utilizzo delle connessioni interne a ciascun SA
      - P.es.: permessi di attraversamento e/o di ingresso, limiti di visibilità, assegnazione di priorità per tipo di traffico, etc.

Livello rete (IP)      Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega      Pagina 349

**Rete: livello rete (IP)**  
*Instradamento gerarchico - 2*

Livello rete (IP)      Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega      Pagina 350

**Rete: livello rete (IP)**  
*Instradamento gerarchico - 3*

- Ciascun SA in **Internet** determina in proprio quali informazioni sulla propria configurazione interna fornire all'esterno (**reachability information**)
- Ogni SA è internamente suddiviso in aree, tutte connesse con l'area 0 detta **backbone**
- Ogni area possiede instradatori per l'interno e per l'esterno, variamente configurati

Livello rete (IP)      Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega      Pagina 351

### Rete: livello rete (IP) Instradamento piatto - 1

- Attualmente la rete **Internet** viene vista come una interconnessione di “domini di **routing**” (DR) senza gerarchie (tra uguali)
  - DR = SA
  - Nessun un livello esterno ai SA, che possono anche avere intersezioni non vuote
    - Le intersezioni tra DR servono per scambiare informazioni sulla topologia globale della rete
  - Ogni percorso globale è autonomamente determinato entro ciascun DR, sulla base delle informazioni scambiate tra DR adiacenti

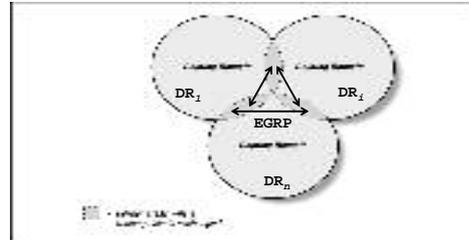
Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 352

### Rete: livello rete (IP) Instradamento piatto - 2

DR senza gerarchia, ciascuno con propria visione della rete globale



Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 353

### Rete: livello rete (IP) Instradamento piatto - 3

- In questo modello nessuna autorità centrale convalida più le informazioni pubblicate da ciascun DR sulla propria topologia interna
  - Possono esistere uno o più “arbitri” capaci di offrire specifiche convalide a richieste
    - Basi dati che possono essere interrogate al riguardo, aggregate in **IRR** (*Internet Routing Registry*)
  - Più spesso si procede per accordi bilaterali tra fornitori di servizi di instradamento (**ISP**)

Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 354

### Rete: livello rete (IP) Il Futuro: IPv6

- Indirizzi più lunghi (16 B)
  - Rete **Internet** più capiente
- Prefisso più semplice (solo 7 campi fissi)
  - Interpretazione più agevole → instradamento più facile
- Modo più snello di indicare la presenza di campi opzionali
  - Più facile ignorarne l'esistenza per instradatori per i quali l'informazione non è intesa
- Maggiore attenzione per la sicurezza
  - Autenticazione degli indirizzi e privacy dei dati
- Maggiore gamma di servizi e protocolli
  - Non più limitata agli 8 bit della versione precedente

Livello rete (IP)

Architettura degli elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 355