

## Indirizzi IP – 1

- La parola 5 dell'intestazione **datagram** identifica l'indirizzo **IP** del nodo **D**
- In una rete IP si danno 2 tipi di nodi
  - Nodi **host** che sono **M** o **D** di comunicazioni
  - Nodi **router**
    - Chiamati **gateway** nel caso interconnettono reti locali tra loro eterogenee
  - Un **gateway** interconnette reti che usano protocolli **diversi**
  - Un **router** interconnette reti che usano protocolli **uguali**

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 386

## Indirizzi IP – 2

- L'indirizzo **IP** (32 *bit*) designa **D** e la sua rete locale di appartenenza in modo **univoco**
- Formato interno **variabile** suddiviso in **parte rete (network)** e **parte nodo (host)**
- Rappresentato con 4 cifre decimali con valore 0..255 (1 cifra × 1 B) separate da "."
- I 5 *bit* più a sx (b0-4) designano la **classe** dell'indirizzo e ne determinano l'interpretazione

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 387

## Indirizzi IP – 3

- Per assicurarne l'unicità il numero di rete viene assegnato da un'autorità delegata
  - ICANN (**Internet Corporation for Assigned Names and Numbers**)
- Alcuni indirizzi **IP** hanno speciale significato
  - **0.0.0.0** → assunto da ciascun nodo in fase di *boot*
  - **255.255.255.255** → *diffusione (broadcast)* entro la rete locale di **M**
  - **127.x.x.x** → indirizzo di nodo disconnesso dalla rete, usato a fini di *test* del software di connessione (tipicamente vale **127.0.0.1**)

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 388

## 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) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 389

## Indirizzi IP – 5

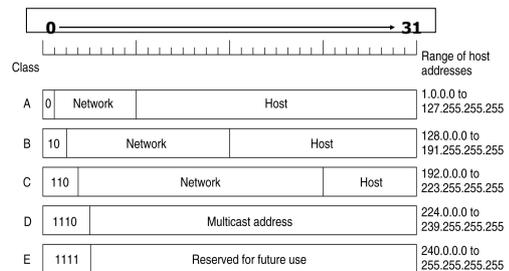
- **b0-2=110** → **classe C**  
 B0-2 = indirizzo di rete  
 B3 = indirizzo di nodo  
 – Da **192.0.0.0** a **223.255.255.255**
- **b0-3=1110** → **classe D *multicast***  
 B0-3 = indirizzo di gruppo di nodi in rete  
 – Da 224.0.0.0 a 239.255.255.255
  - Gruppi permanenti (con indirizzi pre-assegnati)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

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 390

## Indirizzi IP – 6



Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 391

## Indirizzi IP – 7

- **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 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) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 392

## Indirizzi IP – 8

- La **classe B** è la classe di indirizzi meno irrealistica e pertanto la più utilizzata
  - Nel mondo vi sono però  $>> 2^{14}-1$  reti locali!
  - Lo schema per classi spreca troppi indirizzi
- Al crescere del numero di reti interconnesse non conviene comunque utilizzare indirizzi di **classe c** poiché questi richiederebbero enormi tabelle di instradamento nei *router*
- Serve un altro modo di assegnare indirizzi!

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 393

## Indirizzi IP – 9

- Larghi gruppi di indirizzi contigui assegnati per zone geografiche contigue
  - L'attribuzione 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* dell'indirizzo appartiene alla parte di rete

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 394

## Indirizzi IP – 10

- Si vuol 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 mask*)
- Una rete fisica può così ospitare più nodi di quanto la sua classe di appartenenza preveda (**supernetting**)
  - **Esempio**: >256 nodi per indirizzo di classe C → meno reti esprimibili in classe C
- Un indirizzo può designare più reti locali di quante ne preveda la sua classe di appartenenza (**subnetting**)
  - **Esempio**:  $>2^{14}-1$  reti per indirizzo di classe B → meno nodi identificabili in ciascuna rete locale

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 395

## Indirizzi IP – 11

- La maschera (impropriamente detta **subnet mask**) consente instradamento difforme dalle classi standard di indirizzi
  - **Classless Inter-Domain Routing** (CIDR)
- Instradamento CIDR a 2 livelli
  - **1° livello**: {rete<sub>k</sub>, sottorete, 0}
    - Il *router* in ingresso alla rete<sub>k</sub> deve conoscere tutte le sottoreti  $K_p, K_n$  associate ad essa
  - **2° livello**: {rete<sub>k</sub>, sottorete<sub>ij</sub>, nodo}
    - Il *router* in ingresso alla sottorete<sub>ij</sub> ne conosce tutti i nodi

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 396

## Esempio di CIDR

Poniamo vi siano indirizzi **liberi** per reti europee a partire da **194.24.0.0**

- **Unive** chiede 2.000 indirizzi per la propria rete → gliene vengono concessi  $2.048 = 2^{11}$ , posti come 1 blocco contiguo di 11 bit nel 1° intervallo libero: **194.24.0.0 – 194.24.7.255**
- **Unipd** chiede ora 4.000 indirizzi per se → gliene vengono concessi  $4.096 = 2^{12}$ , posti come 1 blocco contiguo di 12 bit nel 1° intervallo libero di pari ampiezza: **194.24.16.0 – 194.24.31.255**
- **Unige** chiede ora 1.000 indirizzi per se → gliene vengono concessi  $1.024 = 2^{10}$ , posti come 1 blocco contiguo di 10 bit nel 1° intervallo libero di pari ampiezza: **194.24.8.0 – 194.24.11.255**

Rete	Inizio	Fine	# Nodi	Indirizzo di rete
Unive	194.24.0.0	194.24.7.255	2048	194.24.0.0 / <b>21</b>
Unige	194.24.8.0	194.24.11.255	1024	194.24.8.0 / <b>22</b>
liberi	194.24.12.0	194.24.15.255	1024	194.24.12.0 / <b>22</b>
Unipd	194.24.16.0	194.24.31.255	4096	194.24.16.0 / <b>20</b>

Il resto dei *bit* sono necessari per indirizzare i nodi di ciascuna rete locale

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 397

### Protocolli di controllo a livello IP – 1

- **ICMP, Internet Control Message Protocol**, consente ai *router* di scambiarsi messaggi contenenti informazioni di controllo
  - Mancata consegna di pacchetto
    - Destinazione non raggiungibile
  - Errore nel intestazione di pacchetto
  - Distruzione del pacchetto (troppi balzi)
  - Configurazione delle tabelle di *routing*

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 398

### Protocolli di controllo a livello IP – 2

- **ARP, Address Resolution Protocol**, consente di mappare indirizzi IP su indirizzi del livello collegamento dati (p.es. **Ethernet**)
  - Messaggio a diffusione per richiedere l'indirizzo fisico del nodo locale con l'indirizzo IP dato
    - Più facile che mantenere tabelle di corrispondenza
  - Consente svariate ottimizzazioni
    - *Cache* delle corrispondenze
    - Corrispondenza fissata durante l'inizializzazione di nodo
- **RARP, Reverse ARP**, è il servizio inverso
  - Oggi rimpiazzato da **DHCP** (l'indirizzo IP è ottenuto in prestito, *lease*, da rinnovare periodicamente)

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 399

### Instradamento gerarchico – 1

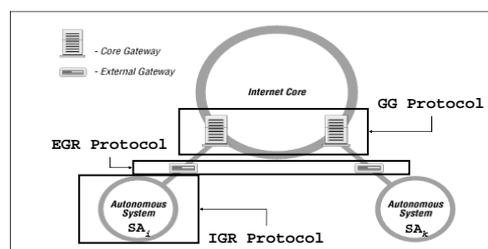
- La rete globale presenta 3 problematiche di *routing* distinte ciascuna affrontata da uno specifico protocollo di livello IP
  - All'interno di un singolo sistema autonomo, SA (**Interior Gateway Routing**)
  - Tra i *router* delle *subnet* (**Gateway-to-Gateway**)
  - Tra diversi SA (**Exterior Gateway Routing**)
    - È a questo livello che si mettono in atto politiche di utilizzo delle connessioni interne a ciascun SA
      - **Esempio**: permessi di attraversamento e/o di ingresso, limiti di visibilità, assegnazione di priorità per tipo di traffico, etc.

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 400

### Instradamento gerarchico – 2



Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 401

### Instradamento gerarchico – 3

- Ciascun SA decide autonomamente quali informazioni fornire all'esterno a riguardo della propria configurazione interna
  - **Reachability information**
- Ogni SA è internamente suddiviso in aree, tutte connesse con l'area 0 detta **backbone**
- Ogni area possiede *router* per l'interno e per l'esterno, variamente configurati

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 402

### Instradamento piatto – 1

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

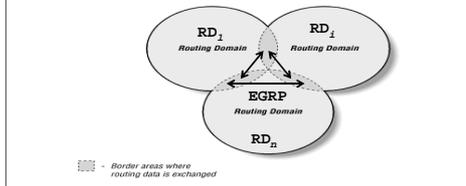
Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 403

## Instradamento piatto – 2

RD senza gerarchia, ciascuno con **propria** visione della rete globale



Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 404

## Instradamento piatto – 3

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

Livello rete (IP) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 405

## Il Futuro: IPv6 e oltre

- Indirizzi più lunghi (16 B)
  - Rete **Internet** più capiente
- Intestazione più semplice (solo 7 campi fissi)
  - Interpretazione più agevole → instradamento più facile
- Modo più snello di indicare la presenza di campi opzionali
  - Più facile ignorare l'esistenza per *router* non interessati all'informazione
- 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) - parte 2

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 406