

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 381

Rete: livello rete (IP) 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 anche *gateway* qualora interconnettano reti locali tra loro eterogenee
- Un **gateway** interconnette reti che usano protocolli **diversi**
- Un **router** interconnette reti che usano protocolli uguali

Livello rete (IP)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 382

Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 2

- L'indirizzo IP (32 bit) designa **D** e la sua rete locale 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)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 383

Rete: livello rete (IP) 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)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 384

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 385

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 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)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 386

Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 6

Class	Network	Host	Range of host addresses
A	0		1.0.0.0 to 127.255.255.255
B	10		128.0.0.0 to 191.255.255.255
C	110		192.0.0.0 to 223.255.255.255
D	1110		224.0.0.0 to 239.255.255.255
E	1111		240.0.0.0 to 255.255.255.255

Livello rete (IP) Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 387

Rete: livello rete (IP) 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 inadequate

Livello rete (IP) Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 388

Rete: livello rete (IP) Indirizzi IP - 8

- La **classe B** è la classe di indirizzi meno irrealistica e dunque più utilizzata
 - Nel mondo vi sono però $\gg 2^{14}-1$ 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) Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 389

Rete: livello rete (IP) 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) Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 390

Rete: livello rete (IP) 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) Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 391

Rete: livello rete (IP) 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_k, sottorete, 0} : il *router* in ingresso alla rete_k deve conoscere tutte le sottoreti k_p, k_n ad essa associate
 - **2° livello:** {rete_k, sottorete_{ij}, nodo} : il *router* in ingresso alla sottorete_{ij} ne conosce tutti i nodi

Livello rete (IP) Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega Pagina 392

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 / 21
Unige	194.24.8.0	194.24.11.255	1024	194.24.8.0 / 22
liberi	194.24.12.0	194.24.15.255	1024	194.24.12.0 / 22
Unipd	194.24.16.0	194.24.31.255	4096	194.24.16.0 / 20

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

Livello rete (IP)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 393

Rete: livello rete (IP)

Protocolli di controllo di 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)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 394

Rete: livello rete (IP)

Protocolli di controllo di 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)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 395

Rete: livello rete (IP)

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.

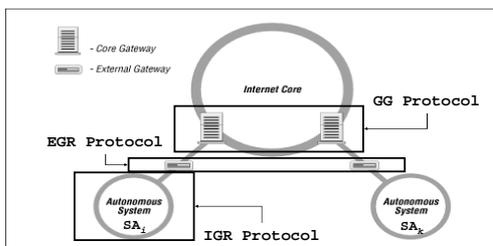
Livello rete (IP)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 396

Rete: livello rete (IP)

Instradamento gerarchico - 2



Livello rete (IP)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 397

Rete: livello rete (IP)

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)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 398

Rete: livello rete (IP) 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

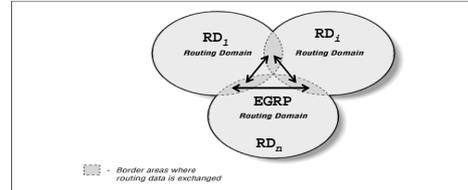
Livello rete (IP)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 399

Rete: livello rete (IP) Instradamento piatto - 2

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



Livello rete (IP)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 400

Rete: livello rete (IP) 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)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 401

Rete: livello rete (IP) Il Futuro: IPv6 ed 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 ignorarne 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)

Architettura degli Elaboratori 2 - T. Vardanega

Pagina 402