

Unità 12

Il livello Network dell'architettura TCP/IP

Il livello Network

- Il livello network è incaricato di muovere i pacchetti dalla sorgente fino alla destinazione finale, attraversando tanti sistemi intermedi (*router*) della subnet di comunicazione.
- Ciò è molto diverso dal compito del livello data link, che è di muovere informazioni solo da un capo all'altro di un singolo canale di comunicazione wire-like.

Il livello Network ha i seguenti compiti fondamentali:

- l'instradamento dei messaggi su una rete utilizzando un indirizzamento univoco;
- la localizzazione degli eventuali instradamenti alternativi in caso di guasti.

Un protocollo di livello Network deve:

- conoscere la topologia della rete;
- scegliere di volta in volta il cammino migliore;
- eventualmente gestire il flusso dei dati e le congestioni.

Unità 12 – Il livello Network dell'architettura TCP/IP

Il livello Network

In merito ai servizi offerti al livello superiore, ci sono due tipologie fondamentali di servizi:

- servizi connection-oriented;
- servizi connectionless.

Ci sono due scuole di pensiero:

- fautori dei servizi connection-oriented (compagnie telefoniche);
- fautori dei servizi connectionless (Internet Community)

I primi sono solitamente implementati tramite circuiti virtuali. Le reti di estrazione telefonica sono di questo tipo.

La più famosa tecnologia con servizio di livello Network non connesso è sicuramente TCP/IP.

Il livello Network

La prima scuola di pensiero afferma che il livello network deve fornire un servizio sostanzialmente affidabile e orientato alla connessione. In questa visione, succede che:

- le peer entity stabiliscono una connessione, negoziandone i parametri (di qualità, di costo, ecc.), alla quale viene associato un identificatore;
- tale identificatore viene inserito in ogni pacchetto che verrà inviato;
- la comunicazione è bidirezionale e i pacchetti viaggiano, in sequenza, lungo il cammino assegnato alla connessione;
- il controllo di flusso è fornito automaticamente (attraverso alcuni dei parametri negoziati, come ad esempio il dimensionamento di una o più finestre scorrevoli).

Il livello Network

La seconda scuola di pensiero ritiene invece che la sottorete debba solo muovere dati e nient'altro:

- la sottorete è giudicata inaffidabile, per cui gli host devono provvedere per conto proprio alla correzione degli errori e al controllo di flusso;
- una ovvia conseguenza è che il servizio offerto dal livello network dev'essere datagram, visto che è inutile inserire le funzioni di controllo degli errori e del flusso in due diversi livelli;
- i pacchetti viaggiano indipendentemente, e dunque devono tutti contenere un identificatore (ossia l'indirizzo) della destinazione.

Unità 12 – Il livello Network dell'architettura TCP/IP

Il livello Network

Di fatto, il problema è dove mettere la complessità della realizzazione:

- la prima scuola la mette nei nodi della subnet, che si devono occupare del *setup delle connessioni* e di fornire la necessaria affidabilità;
- la seconda scuola la mette negli host, i cui livelli transport forniscono l'affidabilità e l'orientamento alla connessione.

In realtà le decisioni sono due, separate:

- offrire o no un servizio affidabile;
- offrire o no un servizio orientato alla connessione.

Le scelte più comuni sono di offrire *servizi connection oriented affidabili* oppure *servizi connectionless non affidabili*, mentre le altre due combinazioni, anche se tecnicamente possibili, non sono diffuse.

Il livello Network

➤ connectionless:

- ✓ i router si limitano a instradare ogni pacchetto che arriva sulla base del suo indirizzo di destinazione, decidendo di volta in volta come farlo proseguire;
- ✓ i router hanno delle **tabelle di instradamento (routing table)** che indicano, per ogni possibile destinazione, quale linea in uscita utilizzare; si noti che queste tabelle esistono anche nelle subnet del tipo precedente, dove però servono solamente nella fase di setup della connessione (per decidere come instradare i pacchetti di setup);

Unità 12 – Il livello Network dell'architettura TCP/IP

Il protocollo IP

Il protocollo IP (Internet Protocol) fornisce l'indirizzo logico degli host di una rete TCP/IP.

A ciascun host viene assegnato un indirizzo IP univoco rispetto alla rete su cui sta lavorando.

Il protocollo IP è senza connessione (**connectionless**): dunque consente a due host di scambiarsi pacchetti (**IP datagram**) senza stabilire una sessione.

La consegna non è garantita a questo livello, ma se ne occupa il protocollo TCP a livello Transport.

Unità 12 – Il livello Network dell'architettura TCP/IP

Il protocollo IP

Opera come segue:

- riceve i dati dal livello transport e li incapsula in pacchetti di dimensione massima pari a 64 Kbyte (normalmente circa 1.500 byte);
- instrada i pacchetti sulla subnet, eventualmente frammentandoli lungo il viaggio;

A destinazione:

- riassembra (se necessario) i frammenti in pacchetti;
- estrae da questi i dati del livello transport;
- consegna al livello Unità 12 – Il livello Network dell'architettura TCP/IP transport i dati nell'ordine in cui sono arrivati (che non è necessariamente quello in cui sono partiti).

Lo header IP (versione 4)

Un pacchetto IP è costituito da un **header** e da una parte dati.
L'header ha una parte fissa di 20 byte e una parte, opzionale, di lunghezza variabile.

0	4	8	16	19	24	31					
Version	HLEN	Service Type	Total Length								
Identification			Flags	Fragment Offset							
Time To Live	Protocol	Header Checksum									
Source IP Address											
Destination IP Address											
Options					PAD						

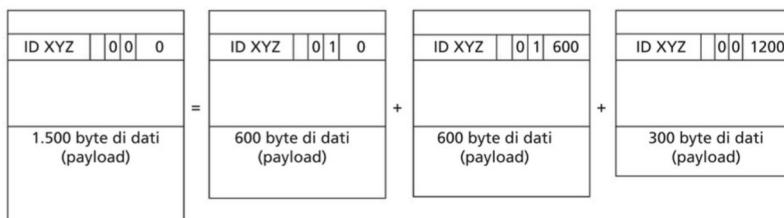
Unità 12 – Il livello Network dell'architettura TCP/IP

Lo header IP (versione 4)

Version	4 bit il numero di versione del protocollo (oggi è 4=0100).					
HLEN	4 bit lunghezza dell'header in parole di 32 bit (minimo 5, massimo 15).					
Type of service	caratterizza affidabilità e velocità richieste. E' di fatto ignorato dai router.					
	<ul style="list-style-type: none"> ■ TOS (Type Of Service): 8 bit che servono a far capire a IP come gestire il pacchetto. È costituito da cinque sottocampi: 					
	Precedence (3 bit)	Delay (1 bit)	Throughput (1 bit)	Reliability (1 bit)	Monetary Cost (1 bit)	Unused (1 bit)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Precedence:</i> 3 bit che indicano la priorità del pacchetto, da 0 (normale) a 7 (controllo di rete). Più il numero è alto più il pacchetto è importante; ■ <i>Delay:</i> un bit che se impostato a 1 indica che si vuole un ritardo minimo; ■ <i>Throughput:</i> un bit che se impostato a 1 indica che si vuole un throughput massimo; ■ <i>Reliability:</i> un bit che se impostato a 1 indica che si vuole massima affidabilità; ■ <i>Monetary Cost:</i> un bit che se impostato a 1 indica che si vuole il percorso dal costo minimo; 					

Lo header IP (versione 4)

Total length	16 bit lunghezza del pacchetto (inclusi dati), massimo 65.535 byte.					
Identification	16 bit tutti i frammenti di uno stesso pacchetto hanno lo stesso valore.					
DF (Flag)	FLAGS (3bit) Primo inutilizzato don't fragment (se uguale a 1, non si deve frammentare il pacchetto a costo di scegliere una strada meno veloce).					
MF (Flag)	more fragments (se uguale a 1, il pacchetto non è ancora finito).					
Fragment offset	indice del frammento nel pacchetto. Offset del frammento rispetto all'inizio del datagram. Inserito dal router che effettua la frammentazione. <i>Nella figura esempio ID, FLAGS, OFFSET</i>					



Lo header IP (versione 4)

Time to live	8 bit contatore che viene decrementato di uno a ogni hop. Quando arriva a zero, il pacchetto viene scartato. TTL raccomandato 64
Protocol	8 bit codice del protocollo di livello transport utilizzato (i codici sono definiti in RFC 1700). 6=TCP, 17=UDP
Header checksum	16 bit checksum di controllo del solo header: viene ricalcolato ad ogni hop (time to live cambia).
Source e destination address	32 bit indirizzi di mittente e destinatario.
Options	Ogni opzione di lunghezza 8 bit. 1bit <i>Copy Flag</i> se va copiata solo sul primo o su tutti i frammenti 2 bit <i>Option Class</i> 0 opzione di controllo, 2 opzione per debug, 1 e 3 per usi futuri 5 bit <i>Option Number</i> . Opzione nella option class di appartenenza
Padding	Riempitivo con dati fittizi per rendere l'header multiplo di 32 bit

Unità 12 – Il livello Network dell'architettura TCP/IP

Struttura degli indirizzi IP

Gli **IP Address v4** sono numeri di 32 bit suddivisi in 4 byte (anche detti **ottetti**).

Vengono solitamente espressi nella notazione decimale puntata costituita da 4 numeri decimali compresi tra 0 e 255 separati da un punto.

Codifica due cose:

- **network number**, cioè il numero assegnato alla rete IP (detta **network**) su cui si trova l'elaboratore; in questo contesto una network è caratterizzata dal fatto di essere costituita da un unico canale di comunicazione cui sono connessi tutti gli host della network stessa (e quindi, ad esempio, una LAN oppure una linea punto punto fra due router);
- **host number**, cioè il numero assegnato all'elaboratore.

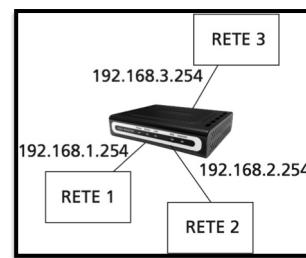
Unità 12 – Il livello Network dell'architettura TCP/IP

Struttura degli indirizzi IP

La combinazione è unica: non possono esistere nell'intera rete Internet due indirizzi IP uguali.

Si noti che solitamente si ritiene che ogni host sulla rete abbia un singolo indirizzo IP. In realtà gli indirizzi sono assegnati alle interfacce di rete, quindi:

- se un host ha un'unica interfaccia di rete (come è il caso di un PC in LAN) allora ha un unico indirizzo IP;
- se un host ha X interfacce di rete (come è il caso di un router connesso ad una LAN e ad X-1 linee punto-punto) ha X indirizzi.



Un router che collega 3 reti usando 3 IP diversi

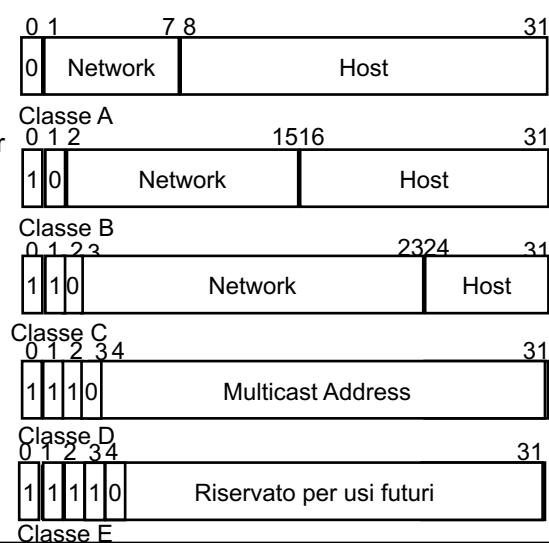
Struttura degli indirizzi IP

IP Address è univoco all'interno di una rete.

MAC address univoco a livello mondiale

Struttura degli indirizzi IP

Gli indirizzi IP sono suddivisi in 5 classi:
A, B, C, D ed E,
ma solo le prime tre (A, B, C)
possono essere utilizzate per
assegnare indirizzi agli host.



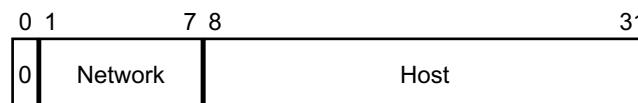
Classe A

Campo rete

- 7 bit
- max 126 reti (0 e 127 no)
- valori compresi tra 0 e 127

Campo host

- 24 bit
- max $2^{24} - 2 = 16.774.214$ host



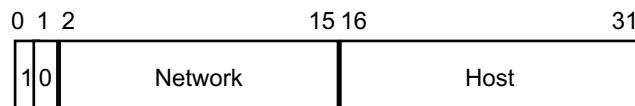
Classe B

Campo rete

- 14 bit
- max 16384 reti
- valori compresi tra 128 e 191

Campo host

- 16 bit
- max 65534 host



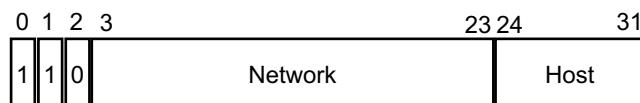
Classe C

Campo rete

- 21 bit
- max 2 097 152 reti
- valori compresi tra 192 e 223

Campo host

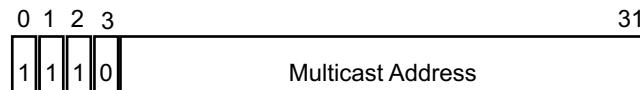
- 8 bit
- max 254 host



Classi D ed E

CLASSE D:

Indirizzi non assegnabili a singoli host
Per indirizzare gruppi di host
Da 224.0.0.0 a 239.255.255.255



CLASSE E:

Da 240.0.0.0 a 255.255.255.254

Classi del TCP/IP

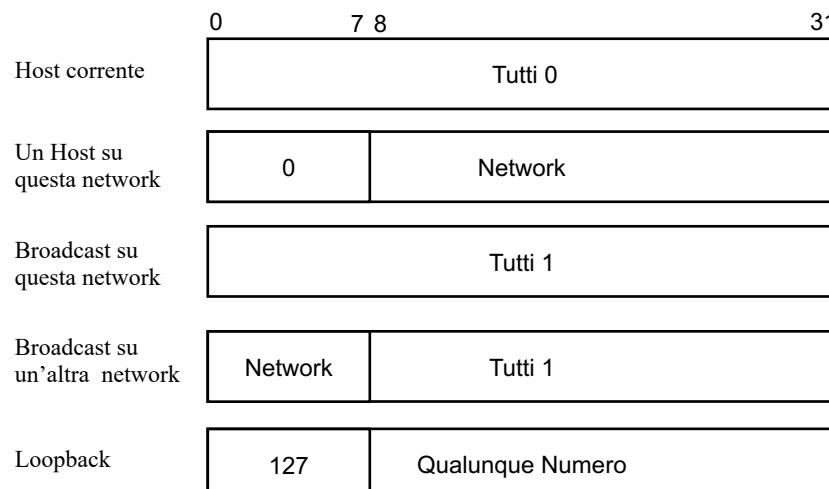
Classe	Range IP	Numero host *	Numero reti
A	da 1.0.0.0 a 126.255.255.255	24 bit 16.777.214 host	7 bit 126 reti
B	da 128.0.0.0 a 191.255.255.255	16 bit 65.534 host	14 bit 16.384 reti
C	da 192.0.0.0 a 223.255.255.255	8 bit 254 host	21 bit 2.097.152 reti
D	da 224.0.0.0 a 239.255.255.255	riservata per il multicasting (per es. videoconferenza, pay TV)	
E	da 240.0.0.0 a 255.255.255.254	riservata per usi futuri	

* = host per ogni rete

Inoltre, esistono alcuni indirizzi con un significato speciale:

- **Indirizzi di rete:** sono quegli indirizzi che hanno tutti 0 nella parte dedicata agli host:
 classe A: X.0.0.0
 classe B: X.Y.0.0
 classe C: X.Y.Z.0
 individuano la rete corrente.
- **Indirizzi di broadcast:** sono quegli indirizzi che hanno tutti 1 nella parte dedicata agli host:
 classe A: X.255.255.255
 classe B: X. Y .255.255
 classe C: X. Y . Z .255
 sono indirizzi utilizzati per mandare pacchetti a tutti gli host di quella rete (*broadcast limited*: riferiti solo alla rete locale specificata).

Inoltre, esistono alcuni indirizzi con un significato speciale:



Indirizzi IP speciali

Quando si utilizza il **loopback**, il pacchetto non viene inviato sulla rete ma viene elaborato come se fosse in arrivo.

Questo è molto utile, ad esempio, per effettuare localmente dei test su un software di rete in fase di sviluppo.

Gli indirizzi sono usualmente espressi nella **dotted decimal notation**, cioè i valori dei singoli byte sono espressi in decimale e sono separati da un punto, come nell'indirizzo:

141.192.140.37

In tale notazione, è possibile rappresentare separatamente il network number e l'host number.

Per distinguerli, il primo è seguito da un punto.

Ad esempio, nel caso dell'indirizzo IP precedente (che è relativo ad una network di tipo B), si ha:

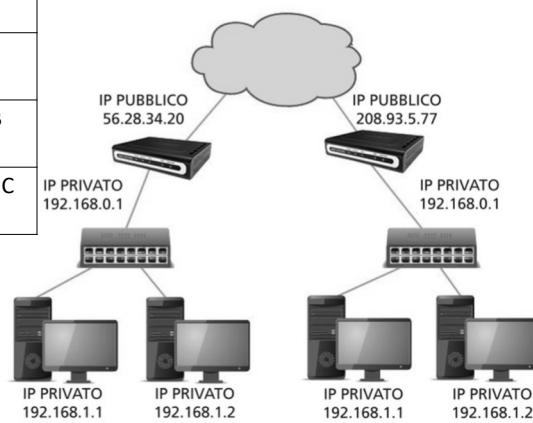
il network number è 141.192. (notare il punto finale);

l'host number è 140.37 (non c'è il punto finale).

Indirizzi privati/pubblici – statici/dinamici

Range di indirizzi privati per ogni classe

Indirizzo iniziale	Indirizzo finale	Classi
10.0.0.0	10.255.255.255	Singola classe A
172.16.0.0	172.31.255.255	16 classi B contigue
192.168.0.0	192.168.255.255	256 classi C contigue



Esercizi 1

- 1 Individuare la classe di appartenenza del seguente indirizzo IP indicando l'indirizzo di rete e di host:

30.50.18.45

Traduciamo in binario il primo otetto, ottenendo

$$30_{10} = 0001\ 1110_2$$

Dato che il primo bit è uguale a 0, siamo in presenza di un indirizzo di classe A.

L'indirizzo di rete è quindi composto da 7 bit: 001 1110₂.

L'indirizzo dell'host è composto da 24 bit: (50.18.45)₁₀ = 00110010.0010010.00101101.

- 2 Individuare la classe di appartenenza del seguente indirizzo IP indicando l'indirizzo di rete e di host:

200.50.18.2

Traduciamo in binario il primo otetto, ottenendo

$$200_{10} = 1100\ 1000_2$$

Dato che i primi due bit sono uguali a 1 e il terzo a 0, siamo in presenza di un indirizzo di classe C.

L'indirizzo di rete è quindi composto da 21 bit: 01000.00110010.00010010.

L'indirizzo dell'host è composto da 8 bit: 2₁₀ = 00000010₂.

ESEMPIO

Dall'indirizzo precedente individuiamo il Net-ID e l'indirizzo di broadcasting:

- indirizzo di un host 200.50.18.2
- indirizzo di rete 200.50.18.0
- indirizzo di broadcast 200.50.18.255

Esercizi 2

Si identifichi la classe a cui appartengono i seguenti indirizzi IP, dopo averli convertiti in notazione binaria.

Indicare indirizzo di rete e di broadcast per le classi A, B e C

1. 11100101 01011110 01101110 00110011
2. 101.123.5.45
3. 231.201.5.45
4. 128.23.45.4
5. 192.168.20.3
6. 193.242.100.255

Esercizi 2

Si identifichere la classe a cui appartengono i seguenti indirizzi IP, dopo averli convertiti in notazione binaria.

- | | |
|--|-------------|
| 1. 11100101 01011110 01101110 00110011 | 1. Classe D |
| 2. 101.123.5.45 | 2. Classe A |
| 3. 231.201.5.45 | 3. Classe D |
| 4. 128.23.45.4 | 4. Classe B |
| 5. 192.168.20.3 | 5. Classe C |
| 6. 193.242.100.255 | 6. Classe C |

Esercizi 3

3 Indica se le seguenti coppie di indirizzi IP appartengono alla stessa rete (Sì/No).

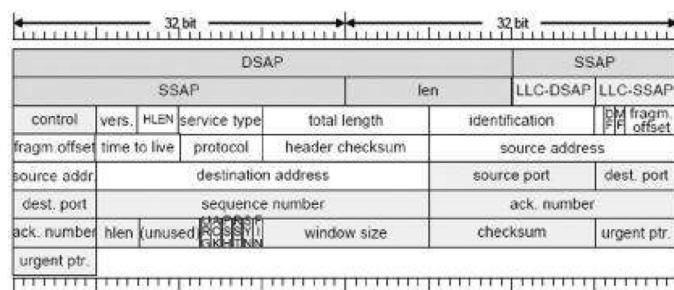
- a. 130.186.1.2 e 130.186.2.3
.....
- b. 150.110.1.2 e 158.110.2.3
.....
- c. 197.110.1.2 e 197.120.1.3
.....
- d. 10.10.1.2 e 10.10.2.3
.....
- e. 150.110.1.2 e 158.110.2.3
.....
- f. 197.110.1.2 e 197.110.2.3
.....

1. Esercizi

1 Uno "sniffer" ha catturato il seguente pacchetto:

08 00 2B 00 9A TD 08 00 5A 1A 60 BE 00 2F 06 06 03 45 00 00 2C 58 B3 00 00 3C 06 18 59 82 C0 04 12 62 C0 04 04 14 00 17 33 A8 26 29 56 67 24 01 60 12 40 00 72 2D 00 00 02 04 05 AB
--

Autandoti con lo schema di imbustamento multiplo rappresentato nella figura, rispondi alle seguenti domande.



- a) Qual è l'indirizzo MAC del mittente?
- b) Qual è l'indirizzo MAC del destinatario?
- c) Qual è l'indirizzo IP del mittente?
- d) Qual è l'indirizzo IP del destinatario?