



TNG

Protocollo IP (Internet Protocol)

AA 2004-2005

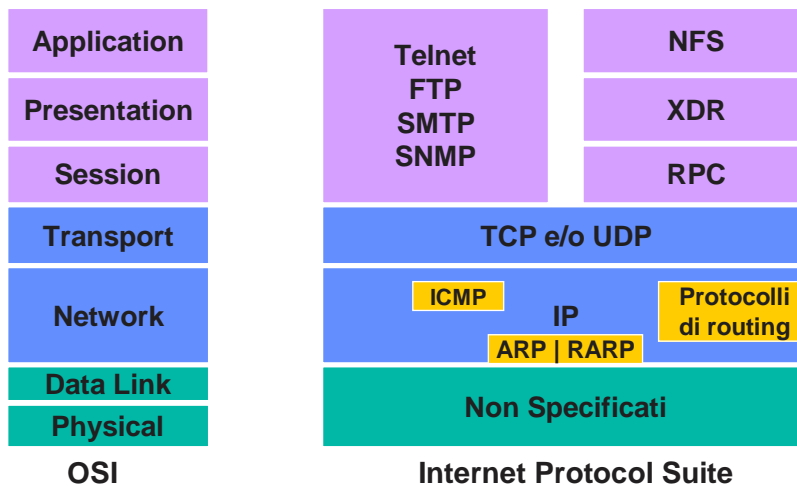
Reti e Sistemi Telematici

1



TNG

Internet Protocol Suite



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

2



IP: Internet Protocol

Protocollo di strato rete (layer 3)

Definisce

- Formato pacchetti
- Formato indirizzi
- Procedure di forwarding dei pacchetti (detti *datagram*)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

3



IP: Internet Protocol

Offre un servizio detto *best-effort*

- non connesso
- inaffidabile
- senza garanzie di qualità di servizio (QoS)

Specificato in RFC 791 (novembre 1981)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

4

**TNG**

Protocollo IP

Consegna connectionless

- Non conserva informazioni di stato sui datagram in corso di trasmissione
- Ogni datagram instradato in modo indipendente
 - Due pacchetti con stessa sorgente e destinazione possono seguire percorsi diversi

Mancanza garanzie di QoS

- tutti pacchetti trattati allo stesso modo

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

5

**TNG**

Consegna inaffidabile

In caso di guasti (es. un router fuori servizio, collegamento non disponibile)

- scarta il datagram e cerca di inviare un messaggio di errore al mittente

In caso di memoria non disponibile

- scarta il datagram e non invia messaggi di errore perché il datagram non è stato né memorizzato né elaborato

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

6


TNG

Consegna inaffidabile

In caso di errore su checksum (controllo errore sull'intestazione)

- scarta il datagram e non invia messaggi perché indirizzi potenzialmente sbagliati

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

7


TNG

Intestazione pacchetto IP

Version	HLEN	Service Type	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
Time To Live		Protocol	Header Checksum	
Source IP Address				
Destination IP Address				
Options				PAD

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

8

**TNG**

Intestazione pacchetto IP: i campi

VER: versione del protocollo IP

HLEN: lunghezza dell'header in parole da 32 bit
(se opzioni assenti, vale 5)

Type of service (TOS): tipo di servizio richiesto per il datagram (minimize delay, maximize throughput, maximize reliability, minimize cost). Generalmente ignorato dai router. RFC 1349

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

9

**TNG**

Intestazione pacchetto IP: i campi

Total Length: lunghezza del datagram in byte (incluso header). Dimensione massima 65535 byte. Solitamente 1500 byte per essere incapsulato in una trama Ethernet. Se il datagram non può essere incapsulato nella trama di livello 2 → ***FRAMMENTAZIONE***

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

10

**TNG**

Frammentazione

MTU (Maximum Transfer Unit): massima dimensione unità dati IP, compresa intestazione

- deriva dal fatto che ogni strato 2 ha massima dimensione ammessa
- Ethernet: 1500 B

Dimensione MTU di default minima: 576 B

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

11

**TNG**

Frammentazione

Frammenti

- diventano datagram indipendenti, con intestazione uguale a quella del datagram originario (ad eccezione dei campi di frammentazione, lunghezza, CRC)
- ricostruiti solo alla destinazione, mai nei router intermedi

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

12

**TNG**

Frammentazione

Frammentazione trasparente nello strato 4
a sorgente e destinazione

Applicabile ricorsivamente

Specificata in RFC 791, RFC 815

Algoritmo di path MTU Discovery (RFC
1191) per determinare dimensione
“ottima” del datagram

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

13

**TNG**

Frammentazione

La frammentazione è dannosa

- aumento overhead di intestazione, duplicato su ogni frammento
- perdita di un frammento comporta la perdita al ricevitore di tutto il datagram; aumenta la probabilità di errore
- ricevitore deve attivare timer di attesa arrivo frammenti e riassemblare

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

14

**TNG**

Frammentazione

I router IP non si devono occupare di riassemblare frammenti, operazione che viene eseguita agli estremi della rete.

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

15

**TNG**

Intestazione pacchetto IP: i campi

Identification, Flags, Fragment offset: controllano le operazioni di frammentazione

- **Identification:** permette di riconoscere a quale datagram il frammento appartiene (frammenti dello stesso datagram hanno stesso valore deciso dallo host che genera il datagram)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

16

**TNG**

Intestazione pacchetto IP: i campi

- **Fragment offset**: specifica offset dati contenuti nel frammento, in multipli di 8 byte
- **Flags** (3 bit, 2 usati): don't fragment e more fragments (identifico ultimo frammento)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

17

**TNG**

Intestazione pacchetto IP: i campi

TTL (Time To Live):

- Tempo di vita (in hop) di un datagram
- La sorgente setta un valore iniziale (a piacere)
- Ogni router decrementa di 1 il valore di TTL
- Se TTL=0, il router scarta datagram ed invia messaggio di errore (disabilitabile)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

18



TNG

Intestazione pacchetto IP: i campi

Protocol: formato dei dati
specificando un protocollo
di livello superiore. Un
elenco dei protocolli è
presente in RFC 1700

Protocol	Name
1	ICMP
4	IP in IP
6	TCP
17	UDP
89	OSPF

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

19



TNG

Intestazione pacchetto IP: i campi

Header Checksum: controllo di errore
sulla sola intestazione, non sui dati utente.

- Specificato in RFC 1071, 1141, 1624, 1936.
Somma in complemento a 1 allineando header a 16 bit.
- È possibile calcolare un checksum incrementale
(utile perché ogni router cambia intestazione per
modifica TTL).

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

20



Intestazione pacchetto IP: i campi

Source Address,
Destination Address: indirizzo
sorgente e destinazione degli host (32 bit
ognuno)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

21



Intestazione pacchetto IP

Formato delle opzioni

- option code (option number, option class, flag di copia nei frammenti)
- lunghezza opzione
- dati

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

22

**TNG**

Intestazione pacchetto IP

Opzioni

- record route: registra percorso del datagram
- source route (loose and strict): sorgente specifica percorso del datagram
- timestamp: permette di registrare tempo di elaborazione del datagram (32-bit timestamp)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

23

**TNG**

Il protocollo ICMP

ICMP (Internet Control Message Protocol) è solitamente considerato parte del livello IP
Permette di trasferire messaggi di errore e di controllo.

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

24

**TNG**

Il protocollo ICMP

Può trasportare richieste di informazioni e risposte alle richieste.

I messaggi ICMP sono trasmessi dentro i datagram IP

Specificato in RFC 792

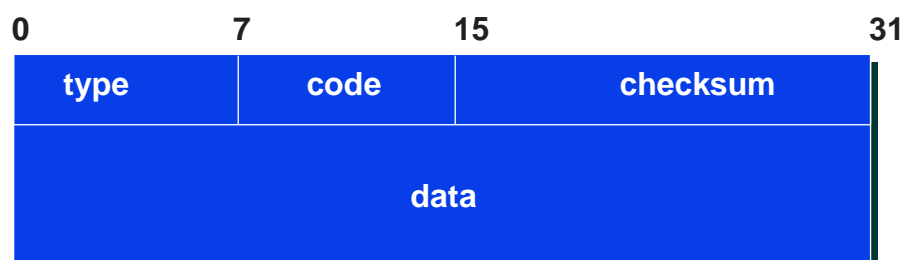
AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

25

**TNG**

Formato del messaggio ICMP



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

26

**TNG**

Esempi di messaggi ICMP

<i>messaggio</i>	<i>type</i>	<i>code</i>	
echo reply	0	0	query
echo request	8	0	query
network unreachable	3	0	errore
host unreachable	3	1	errore

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

27

**TNG**

Esempi di messaggi ICMP

<i>messaggio</i>	<i>type</i>	<i>code</i>	
port unreachable	3	3	errore
destn net unknown	3	6	errore
destn host unknown	3	7	errore
redirect	5	1	controllo

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

28



TNG

Esempi di messaggi ICMP

<i>messaggio</i>	<i>type</i>	<i>code</i>	
time exceeded (TTL)	11	0	errore
time exceeded (fragment reass)	11	1	errore

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

29



TNG

Applicazione: il comando ping

Il nome è ispirato al rumore del sonar

Esegue un test di raggiungibilità
dell'interfaccia di rete di un host remoto

Invia un messaggio ICMP echo request ad
un host, aspettandosi un echo reply

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

30

**TNG**

Applicazione: il comando ping

Di default, l' ICMP viene inviato ogni secondo allo stesso host; è possibile tuttavia modificare la frequenza di invio

Se un host non risponde al ping, non è raggiungibile (o ICMP echo-reply è disabilitato).

Può essere usato per rilevare guasti in rete.

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

31

**TNG**

Applicazione: il comando ping

È disponibile su macchine Unix e su PC

Informazioni visualizzate da ping:

- numero di sequenza
- TTL
- round-trip-time (tempo impiegato a percorrere la tratta sorgente-destinatario-sorgente)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

32

**TNG**

Il comando ping

```
C:\WINDOWS>ping www.cs.cmu.edu
```

```
Esecuzione di Ping SUPERMAN.WEB.cs.cmu.edu  
[128.2.203.179] con 32 byte di dati:
```

```
Risposta da 128.2.203.179: byte=32 durata=138ms  
TTL=243
```

```
Risposta da 128.2.203.179: byte=32 durata=110ms  
TTL=243
```

```
Risposta da 128.2.203.179: byte=32 durata=110ms  
TTL=243
```

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

33

**TNG**

Il comando ping

```
Risposta da 128.2.203.179: byte=32 durata=110ms  
TTL=243
```

```
Statistiche Ping per 128.2.203.179:
```

```
    Pacchetti: Trasmessi = 4, Ricevuti = 4, Persi  
              = 0 (0% persi),
```

```
Tempo approssimativo percorsi andata/ritorno in  
millisecondi:
```

```
    Minimo = 110ms, Massimo = 138ms, Medio =  
    117ms
```

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

34

**TNG**

Il comando traceroute

traceroute permette di seguire il percorso dei datagram IP hop-by-hop fino a destinazione

- Host invia segmenti UDP vuoti, con TTL crescenti e destinati ad un indirizzo UDP (porta) inesistente dell'host remoto
- I router intermedi ritornano ICMP "time exceeded"
- La destinazione ritorna ICMP "port unreachable"
- Se non torna messaggio ICMP in risposta entro un timeout di 3 sec., si segnala errore

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

35

**TNG**

Il comando traceroute

```
C:\WINDOWS>tracert beatles.tilab.com
```

```
1  <10 ms    <10 ms    <10 ms  13.polito.it  
   [130.192.2.8]  
2  <10 ms    <10 ms    <10 ms  c3660-ext.polito.it  
   [130.192.53.65]  
3  <10 ms    <10 ms    <10 ms  rc-  
   politico.to.garr.net [193.206.132.145]  
4  <10 ms    <10 ms    13 ms   mi-to.garr.net  
   [193.206.134.61]
```

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

36


TNG

Il comando traceroute

```

5      14 ms      14 ms      13 ms  rm-mi.garr.net
      [193.206.134.18]
6      13 ms      14 ms      28 ms  namex-roma-
      1.garr.net [193.206.134.226]
7      14 ms      41 ms      14 ms  intb-
      nap.inroma.roma.it [194.242.224.10]
8      83 ms      96 ms      96 ms  151.99.101.41
9      164 ms     165 ms     151 ms  r-rm198-
      fa4.interbusiness.it [151.99.29.218]
  
```

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

37


TNG

Il comando traceroute

```

10     151 ms     137 ms     151 ms  r-ts21-
      rm99.interbusiness.it [151.99.98.110]
11     138 ms     123 ms     110 ms  151.99.75.220
12     110 ms     138 ms     151 ms  151.99.101.106
13     165 ms     151 ms     151 ms  r-to83-
      fa11.interbusiness.it [62.86.98.19]
14     192 ms     165 ms     151 ms  host130-
      pool8016128.interbusiness.it [80.16.128.130]
  
```

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

38



TNG

Il comando traceroute

```

15    138 ms    137 ms    110 ms    163.162.60.89
16      *      *      *      Richiesta scaduta.
17    110 ms    123 ms    124 ms    163.162.60.99
18      *      *      *      Richiesta scaduta.
19      *      *      *      Richiesta scaduta.
20      *      *      *      Richiesta scaduta.
21    82 ms     96 ms     96 ms    beatles.cselt.it
      [163.162.29.125]
  
```

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

39



TNG

Indirizzamento IP: obiettivi e risultati

Obiettivo originale: rendere efficienti le operazioni di routing (anni '80 → router lenti) con indirizzi “classificabili” in modo semplice

- spreco dello spazio di indirizzamento (esaurimento degli indirizzi - anni '90)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

40



Indirizzamento IP: obiettivi e risultati

Nuovo obiettivo: razionalizzare
l'assegnazione degli indirizzi e la loro
aggregazione nelle routing tables

- riduzione delle dimensioni delle routing tables e riutilizzo di indirizzi già assegnati

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

41



Indirizzi IP: Principi

Ogni interfaccia di un host è individuata da
un indirizzo a 32 bit univoco

Un indirizzo è caratterizzato da
informazioni sulla rete (*netid*) e sull'host
(*hostid*)

È un piano di indirizzamento gerarchico su
due livelli

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

42

**TNG**

Indirizzi IP: Principi

L'instradamento si basa sul netid

- indirizzo non individua la macchina ma la rete \Rightarrow
se spostato host devo cambiare indirizzo

Ogni router ha almeno due indirizzi IP

Gli host solitamente uno solo

- server spesso hanno più accessi (multi-homed)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

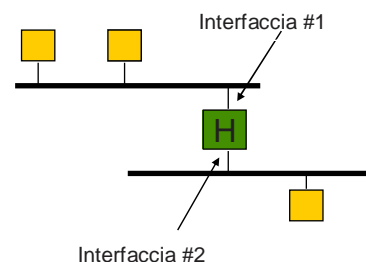
43

**TNG**

Multi-Homed Hosts

Poiché l'indirizzo ha informazioni su rete e host, se ho più di una interfaccia di rete, devo avere *due* indirizzi

Più che un host, un indirizzo individua una connessione ad una rete!



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

44



Tipi di indirizzi IP

Indirizzi

- **Pubblici**: univocamente assegnati da un gestore mondiale
- **Privati**: utilizzabili solo in reti private non collegate a rete pubblica
- **Riservati**: usati per scopi particolari, ad esempio per comunicazioni interne all'host

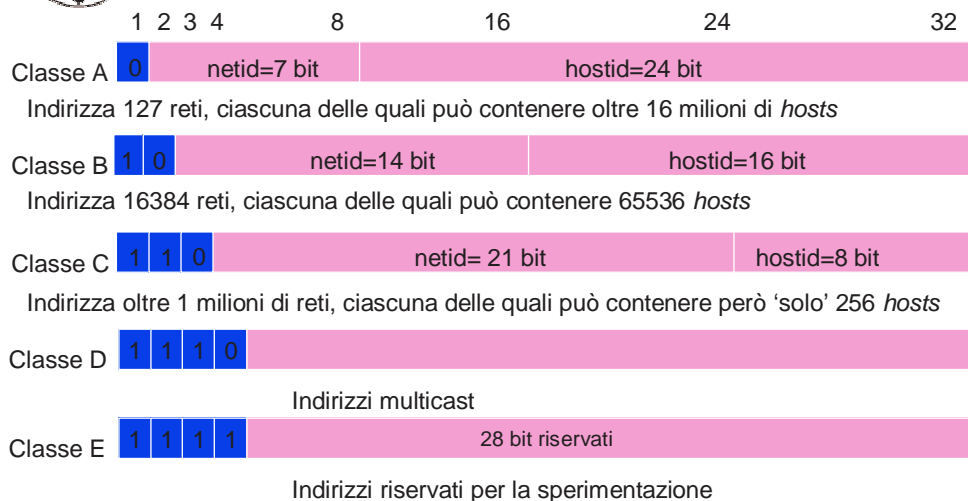
AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

45



Classi di indirizzi (RFC 1466)



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

46



TNG

Rappresentazione decimale

L'indirizzo Internet è rappresentato come:

XXX.XXX.XXX.XXX

con xxx numero decimale tra 0 e 255

Il primo numero permette di riconoscere la classe dell'indirizzo:

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E
0...127	128...191	192...223	224...239	240...255

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

47



TNG

Classi di indirizzi IP

A: 105.20.38.165

B: 130.192.2.158

C: 193.24.54.110

indirizzo di rete (netid)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

48

**TNG**

Indirizzi di rete e Broadcast

Indirizzo con *hostid di tutti 0*, individua la *rete*

Indirizzo con *hostid di tutti 1*, rappresenta l'indirizzo *broadcast* della rete stessa
netid di tutti 1 indica *questa rete*.

- Trasmetto senza conoscere IP della rete (boot)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

49

**TNG**

Indirizzi di rete e Broadcast

Se il *netid* è tutti 0, indirizzo all'host sulla rete cui sono collegato

127.0.0.0 loopback

Reti private: 10.0.0.0, 172.16.0.0,
192.168.0.0

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

50



Problemi delle classi

Quasi nessuno usa classe A

Pochi usano (male) classe B

Classe C identifica reti piccole; indirizzi poco richiesti



Problemi delle classi

Fare crescere una rete oltre i limiti di dimensione della classe richiede la modifica degli indirizzi di tutti gli host

<http://www.iana.org/assignments/ipv4-address-space>



L'introduzione delle maschere

È necessario superare la divisione rigida in netid e hostid

Scompare il concetto di classe

Uso maschera per definire quanti bit dei 32 di indirizzo individuano la rete, ovvero per indicare l'estensione del campo netid

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

53



L'introduzione delle maschere

Inizialmente si utilizzano le maschere per suddividere indirizzi di classe B (RFC 950)

In una seconda fase si utilizzano le maschere per accorpare (blocchi contigui) di indirizzi di classe C (RFC 1338 - 1992)

- CIDR (Classless Inter-Domani Routing - RFC 1519 – 1993)
- Permette di ridurre la dimensione delle routing tables, e ridurre il numero di reti propagate dai nodi

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

54

**TNG**

La maschera

La maschera (o netmask) è un valore di 32 bit contenente:

- bit messi a 1 per identificare la parte di rete
- bit messi a 0 per identificare la parte di host

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

55

**TNG**

La maschera

Per esigenze di instradamento, host e router devono conoscere la parte di rete del/i proprio/i indirizzo/i IP: utilizzano la maschera

Maschere non compaiono nei pacchetti IP, ma sono scambiate nelle tabelle di instradamento

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

56



Suddivisione classe B (subnetting)

Esempio: indirizzo host 130.192.2.7

130.192.2.7	10000010 11000000 00000010 00000111
255.255.255.0	11111111 11111111 11111111 00000000



130.192.2.0	10000010 11000000 00000010 00000000
-------------	-------------------------------------

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

57



Accorpamento classe C (supernetting)

Esempio: assegno 2048 indirizzi contigui, a partire da indirizzo 202.170.168.0

202.170.168.0	11001010 10101010 10101000 00000000
202.170.175.255	11001010 10101010 10101111 11111111

Per rappresentare tale intervallo di valori, utilizzo AND tra indirizzo inferiore e la maschera

11111111 11111111 11111000 00000000

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

58



TNG

Consegna diretta e indiretta

Sottorete: insieme di host tra cui esiste un collegamento di livello 2. Può essere una LAN, un collegamento punto-punto, etc.

Se due host sono connessi alla stessa sottorete si ha consegna diretta (non intervengono router)

Se due host non sono connessi alla stessa sottorete, la consegna è mediata da uno o più router: si ha consegna indiretta

AA 2004-2005

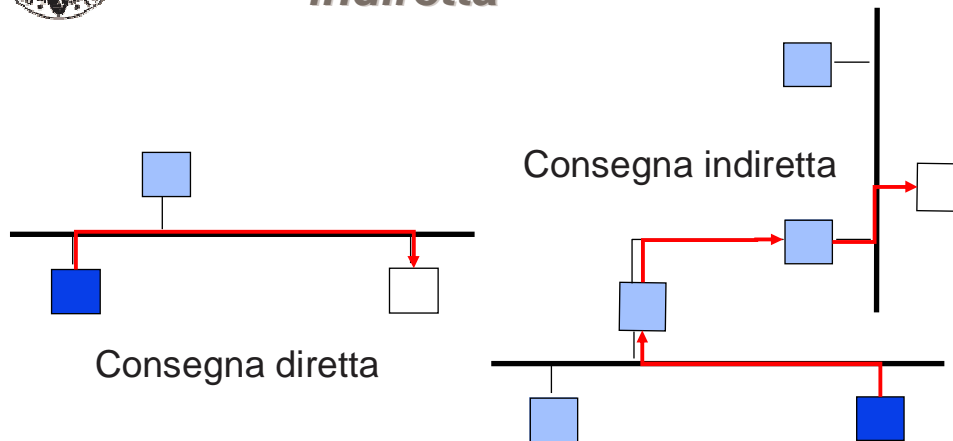
Reti e Sistemi Telematici

59



TNG

Consegna diretta e indiretta



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

60

**TNG**

Consegna diretta

Per decidere se effettuare una consegna diretta, l'host mittente controlla la porzione di rete dell'indirizzo IP destinatario

Se tale porzione coincide con il proprio indirizzo di rete, si ha consegna diretta

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

61

**TNG**

Consegna diretta

In ogni comunicazione tra host, si ha almeno una consegna diretta

Il trasferimento avviene traducendo l'indirizzo IP in un indirizzo MAC, e utilizzando le primitive di consegna di livello 2

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

62

**TNG**

Risoluzione di indirizzi

È un problema che si presenta per ogni trasmissione di datagram IP (host-host, host-router, router-router, router-host)

Da indirizzo IP ad indirizzo MAC (fisico)

- Direct mapping: mediante tabella statica
- Dynamic binding: protocollo ARP: Address Resolution Protocol (RFC 826)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

63

**TNG**

Risoluzione di indirizzi

ARP è utilizzato su reti broadcast (LAN)

Dato l'indirizzo IP dell'host con cui si vuole comunicare, permette di ricavarne l'indirizzo MAC (es: Ethernet)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

64

**TNG****ARP**

Un pacchetto con indirizzo MAC destinazione broadcast (request) viene costruito dall'host che vuole risolvere l'indirizzo. Esso contiene

- indirizzo IP del destinatario,
- indirizzo IP ed Ethernet di chi origina la richiesta

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

65

**TNG****ARP**

Tutti gli host nella subnet ricevono la richiesta

L'host che riconosce nel campo richiesta il proprio indirizzo IP invia un pacchetto di risposta (reply) direttamente al sender

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

66



TNG

ARP

Sia chi origina il pacchetto sia chi lo riceve (e risponde) aggiungono una informazione nella propria tabella ARP

Le successive comunicazioni tra i due elaboratori possono avvenire senza ulteriori richieste di ARP

Le entry nella tabella di ARP scadono dopo un tempo prefissato

AA 2004-2005

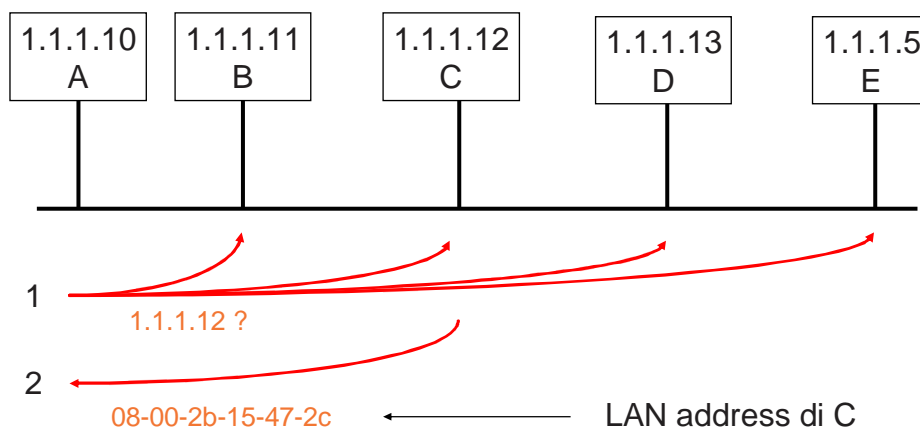
Reti e Sistemi Telematici

67



TNG

ARP



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

68


TNG

Tabelle di ARP

Corrispondenze tra indirizzi IP e indirizzi LAN

IP addr	LAN addr	age
130.192.2.58	08-00-2b-15-47-2e	10
130.192.2.64	08-00-2b-21-56-64	12
.

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

69


TNG

Tabelle di ARP

L'indirizzo viene ricercato nella tabella ARP ogni volta che un elaboratore deve comunicare con un altro sulla stessa LAN conoscendone l'indirizzo IP

Se non si trova un match viene emessa una richiesta di ARP, altrimenti la comunicazione può avvenire usando direttamente l'indirizzo MAC

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

70

**TNG**

Reverse ARP

Permette di ottenere un indirizzo IP a partire da un indirizzo di livello 2:

Reverse ARP (RARP)

Specificato in RFC 903

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

71

**TNG**

Reverse ARP

Usato dagli host durante il boot per configurare automaticamente il proprio indirizzo IP dato che conoscono solo il proprio indirizzo MAC

Serve un server RARP

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

72



TNG

Formato del pacchetto ARP

Hardware Type		Protocol Type
HLEN	PLEN	Operation
Sender HW Address		
Sender HW Address		Sender IP Address
Sender IP Address		Target HW Address
Target HW Address		
Target IP Address		

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

73



TNG

ARP: formato pacchetto

Operation: tipo di operazione

- arp request, arp reply, rarp request, rarp reply

Hardware type: tipo di MAC (Ethernet = 1)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

74

**TNG*****ARP: formato pacchetto***

Protocol type: protocollo che usa
ARP (IP=0800H)

HLEN e PLEN permettono di utilizzare
ARP con rete arbitraria (indirizzi di
dimensione variabile)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

75

**TNG*****Consegna indiretta***

Se host sorgente e destinazione non sono nella
stessa subnet, devono usare consegna indiretta

Il mittente identifica quale router incaricare
della consegna del datagram IP tra quelli
raggiungibili con consegna diretta

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

76

**TNG**

Consegna indiretta

Il router incaricato sceglie il router successivo, da lui raggiungibile direttamente, sul percorso verso la destinazione

Il datagram passa da router a router fino a quello che lo consegna direttamente a destinazione (forwarding)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

77

**TNG**

Le Routing Tables

Ogni host ed ogni router coinvolto nella consegna IP ha tabelle di instradamento dette Routing Tables (RT)

- Identificano il percorso migliore per ogni destinazione

Ovviamente, le tabelle non possono avere informazioni su ogni possibile destinazione

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

78



Le Routing Tables

Principio: nascondo l'informazione

MEMENTO: I router instradano usando solo la porzione di rete dell'indirizzo IP (come postino guarda solo porzione dell'indirizzo scritto sulla busta)



Il Next-hop Routing

Una tabella di routing contiene almeno due informazioni:

- D indirizzo destinazione R = next-hop

D è normalmente un indirizzo di rete


TNG

Il Next-hop Routing

R è detto next-hop, e corrisponde ad un host o un router raggiungibile direttamente

Se è possibile mettere in relazione l'indirizzo di destinazione del pacchetto in transito con un indirizzo D delle RT, il pacchetto viene inviato al relativo R

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

81


TNG

Next-hop Routing - esempio

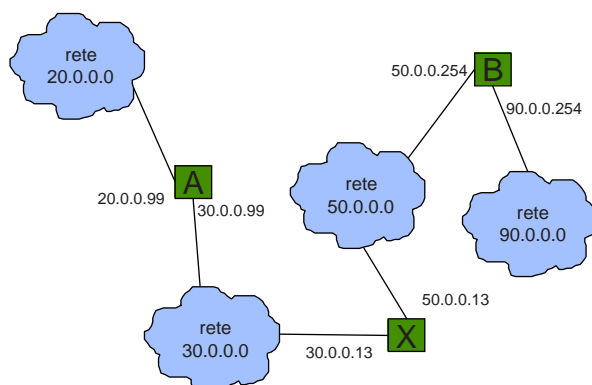


Tabella del router A

INDIR. RETE DESTINAZ.	NEXT HOP
20.0.0.0	diretto
30.0.0.0	diretto
50.0.0.0	30.0.0.13
90.0.0.0	30.0.0.13

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

82



Instradamenti Default e Specifici

Le tabelle di instradamento di un host possono contenere solo una route per l'esterno, chiamata *default route*

- Host = router di piccole dimensioni
- Router raggiunto tramite la default route è detto default gateway

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

83



Instradamenti Default e Specifici

L'instradamento può essere specificato per host (host specific route) e non per sottorete per ragioni di:

- testing
- maggior sicurezza
- configurazioni particolari

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

84

**TNG**

Procedure di forwarding in IP

Estraggo dal pacchetto la parte netid
dell'indirizzo IP di destinazione (facile con
classi)

Se sono collegato direttamente alla
destinazione, uso consegna diretta

Altrimenti, cerco host specific route

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

85

**TNG**

Procedure di forwarding in IP

Altrimenti, cerco next-hop memorizzato per
quella rete

Altrimenti, cerco default route

Altrimenti, dichiaro errore di routing

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

86



TNG

Da sorgente a destinazione: esempio

Datagram IP:

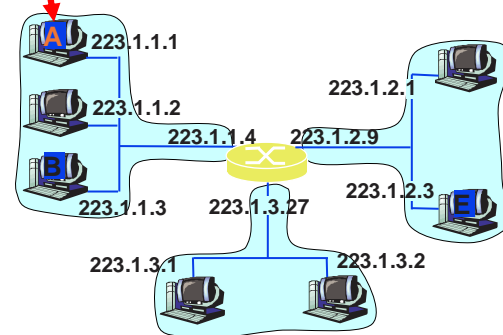
misc	source	dest	
fields	IP addr	IP addr	data

Interessano solo campi
indirizzo

Gli indirizzi NON si
modificano da sorgente a
destinazione

tabella di routing in A

Dest. Net.	next router	Nhops
223.1.1.0		1
223.1.2.0	223.1.1.4	2
223.1.3.0	223.1.1.4	2



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

87



TNG

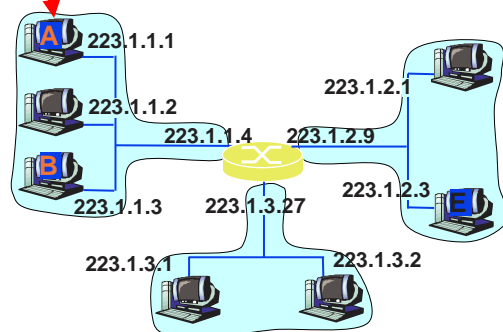
Da sorgente a destinazione: esempio

misc	223.1.1.1	223.1.1.3	
fields			data

In A, noto IP di B:

- guardo net_id di B
- trovo che B appartiene alla stessa sotto rete di A
- invio datagram direttamente a B usando indirizzo MAC
- B e A sono collegati direttamente

Dest. Net.	next router	Nhops
223.1.1.0		1
223.1.2.0	223.1.1.4	2
223.1.3.0	223.1.1.4	2



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

88


TNG

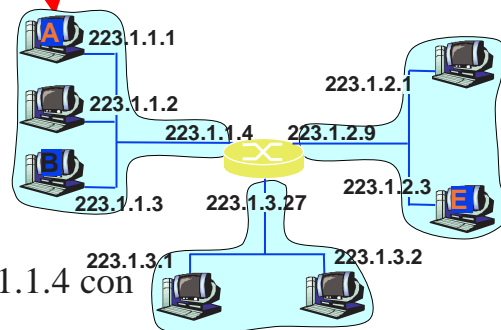
Da sorgente a destinazione: esempio

misc	223.1.1.1	223.1.2.3	data
fields			

In A, noto IP di E:

- confronto net_id
- E su rete diversa
 - A, E non sono collegati direttamente
- tabella di routing: next hop 223.1.1.4
- invio datagram al router 223.1.1.4 con suo indirizzo MAC

Dest. Net.	next router	Nhops
223.1.1.0		1
223.1.2.0	223.1.1.4	2
223.1.3.0	223.1.1.4	2



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

89

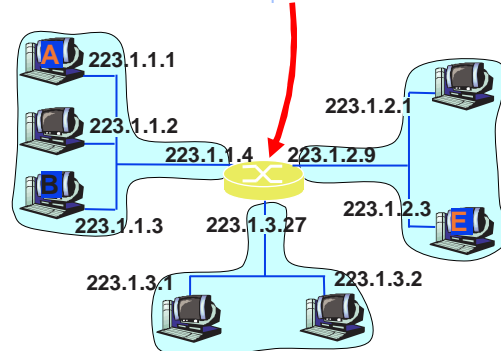

TNG

Da sorgente a destinazione: esempio

misc	223.1.1.1	223.1.2.3	data
fields			

- Arrivo a 223.1.1.4, destinato a 223.1.2.3
- confronto net_id di E e verifico che sono sulla stessa rete con interfaccia 223.1.2.9
 - router ed E attaccati direttamente
- invio datagram a 223.1.2.3 con indirizzo MAC di E

Dest. network	next router	Nhops	interface
223.1.1.0	-	1	223.1.1.4
223.1.2.0	-	1	223.1.2.9
223.1.3.0	-	1	223.1.3.27



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

90



Network Address Translation

Network Address Translation (NAT) è un meccanismo di traduzione di indirizzi IP trasparente agli host

Tipico uso:

- Indirizzo privato tradotto da un dispositivo di accesso in un indirizzo pubblico

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

91



Network Address Translation

Permette di riutilizzare lo stesso indirizzo (privato) in più punti della rete

Ci sono diverse versioni di NAT

- (RFC 1631,2663,2993,3022,3235)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

92



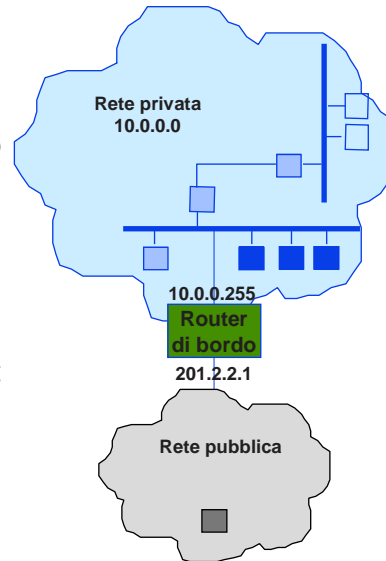
TNG

NAT

Una organizzazione utilizza indirizzi privati al suo interno

Un router collega la rete privata alla rete internet pubblica

- Deve avere almeno due indirizzi: uno interno (privato) e uno esterno (pubblico)



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

93

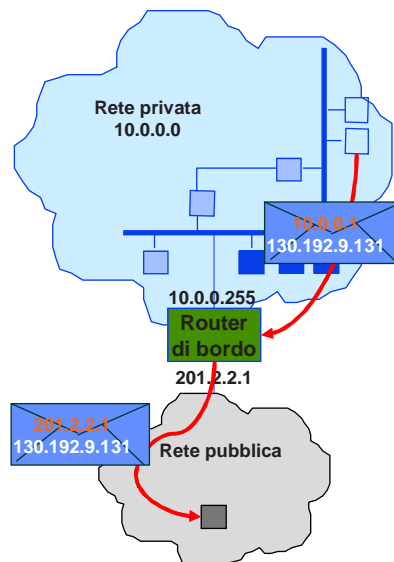


TNG

NAT

Quando un pacchetto deve essere consegnato ad un host non appartenente alla rete interna

- Viene instradato verso il router di bordo
- Il router di bordo sostituisce l'indirizzo sorgente originale con il suo indirizzo IP esterno
- Il pacchetto viene instradato come al solito



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

94



TNG

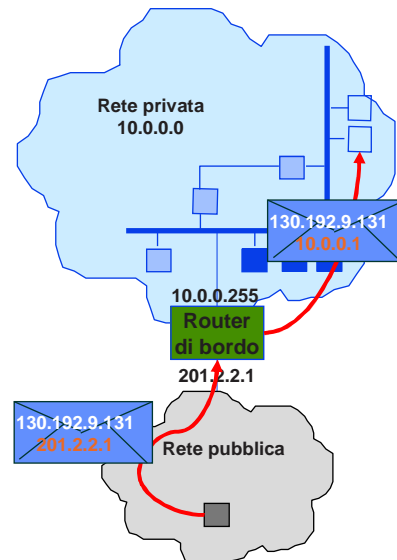
NAT

Quanto un pacchetto dall'esterno giunge al router di bordo, questo ricorda a quale host interno deve essere in realtà consegnato

- Sostituisce l'indirizzo destinazione (suo) con quello dell'host destinazione
- Instrada il pacchetto nella rete interna come al solito

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici



95



TNG

NAT

Problema: cosa succede se più di un host interno comunica con lo stesso host esterno?

- Si usano intestazioni di protocolli di livello superiori per cercare di avere una corrispondenza corretta

Vantaggi:

- Riduce il numero di indirizzi IP necessari (riusa indirizzi privati)
- Sicurezza: un host interno NON può essere contattato dall'esterno se esso non ha per primo contattato la destinazione

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

96

**TNG**

Routing gerarchico

Caso ideale

- tutti router identici
- rete “piatta”, non gerarchica

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

97

**TNG**

Routing gerarchico

Approccio non utilizzabile in pratica

- scalabilità: con 50 milioni di destinazioni:
 - tutte destinazioni in una tabella?
 - scambio di info di routing occuperebbe troppo canali
- Autonomia amministrativa
 - ogni amministratore di rete vuol controllare instradamento sulla propria rete

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

98

**TNG**

Routing gerarchico

Router aggregati in regioni, dette Autonomous System (AS)

- Insieme di router con struttura complessa (molte sottoreti e router), ma unica identità amministrativa
- Router nello stesso AS usano stesso protocollo di instradamento

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

99

**TNG**

Routing gerarchico

Protocolli di instradamento intra-AS (*IGP: Interior Gateway Protocol*)

- Router in AS diversi possono usare protocolli IGP diversi (aggiornamento e validazione circoscritti)

AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

100



TNG

Routing gerarchico

In ogni AS devono esistere router “gateway”

- responsabili per instradare verso destinazioni esterne all'AS
- usano protocolli inter-AS (**EGP: Exterior Gateway Protocol**) con altri router gateway
- usano protocolli intra-AS con tutti altri router dell'AS

AA 2004-2005

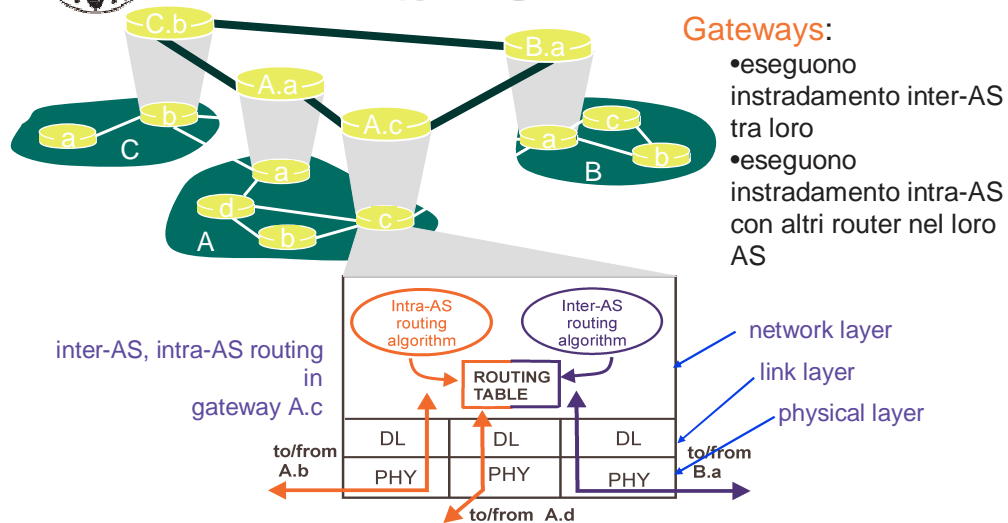
Reti e Sistemi Telematici

101



TNG

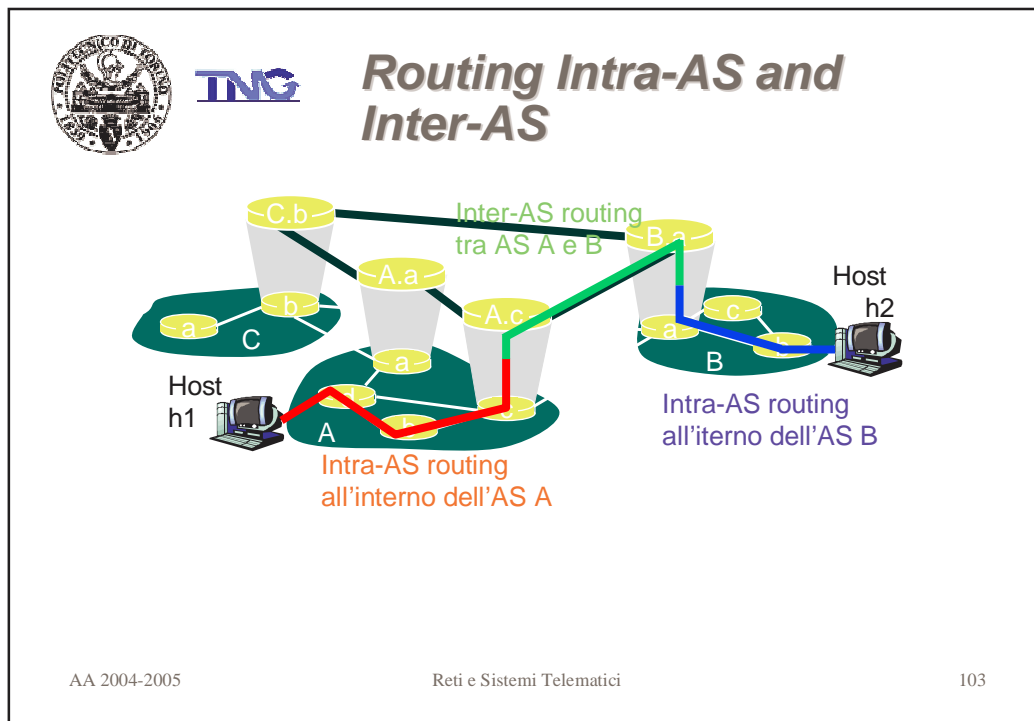
Routing Intra-AS and Inter-AS



AA 2004-2005

Reti e Sistemi Telematici

102



Protocols di routing

Interni

- metrica basata su hop count
- RIP (distance vector) RFC 1723
- OSPF (link state) RFC 1583
- IS-IS (link state) RFC 1142

AA 2004-2005 Reti e Sistemi Telematici 104



Protocolli di routing

Esterni

- metrica basata anche su policy routing
- EGP (Exterior Gateway Protocol) RFC 904
- BGP (Border Gateway Protocol) RFC 1267