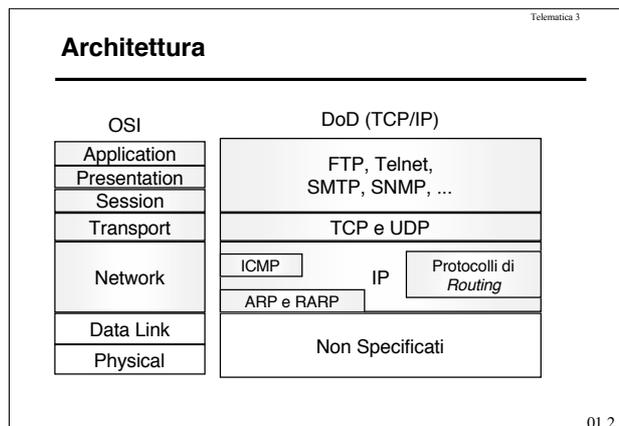


Università di Genova
Facoltà di Ingegneria

Telematica 3
1. IPv4

Prof. Raffaele Bolla

Telematica 3

Internetworking Protocol (IP)

- È il livello Network di TCP/IP ed è il protocollo principale di questa architettura
- Offre un servizio non connesso.
- Semplice protocollo di tipo Datagram.
- E' specificato nel RFC (Request For Comments) 791.
- La versione attuale è la 4 (IPv4), anche se quella successiva è già stata completamente definita come 6 (IPv6).

01.3

Telematica 3

IP - Datagram

- I pacchetti viaggiano su percorsi indipendenti
- *Out of order delivery*
- Gestione della banda difficoltoso
 - riservare e garantire banda
 - rifiutare connessioni (*Call Acceptance Control*)
- Meno complesso: non richiede negoziazione né lato utente, né all'interno della rete
- Robusto: si adatta a variazioni di traffico, topologia, guasti
- Adatto al traffico dati (*bursty*)

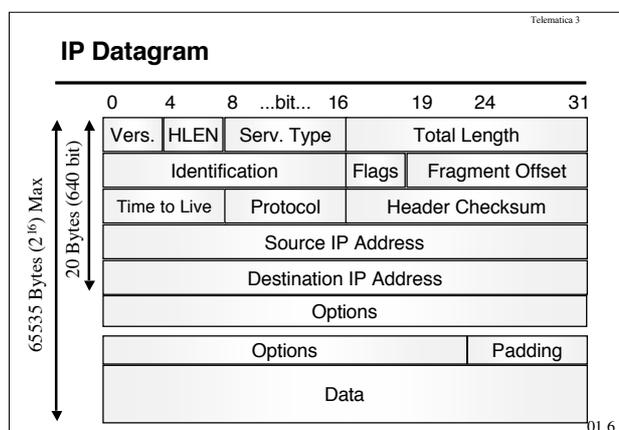
01.4

Telematica 3

IP

- Gestione degli indirizzi a livello di rete
- *Routing*
- Frammentazione e riassemblaggio dei pacchetti
- Rivelazione (ma non correzione) di errori (sull'intestazione)

01.5



Telematica 3

IP Datagram

- Versione
- Header Length
 - lunghezza dell'header, in blocchi di 4 byte (max 64 byte)
- Service Type
 - tipo di servizio, attualmente non usato ma importante in prospettiva.

Precedenza	Priorità	0
3 bit		

↑ ↑ ↑
 ritardo throughput affidabilità costo

01.7

Telematica 3

IP Datagram

- Total Length (16 bit)
 - lunghezza globale del pacchetto corrente (non quello prima della frammentazione), max $2^{16}-1 = 65.535$ ottetti (MDU = 576 ottetti il minimo che un router deve saper gestire senza frammentazione).
- Identification (16 bit)
 - ID univoco del pacchetto (costante nel caso di frammentazione), necessario per la deframmentazione
- Flags (3 bit)
 - 0: posto a zero
 - DF: Don't Fragment
 - MF: More Fragments (0 sull'ultimo frammento)

01.8

Telematica 3

IP Datagram

- Fragment Offset (13 bit)
 - In multipli di 8 byte, quindi è in grado di rappresentare fino a 65 535 byte.
- Time To Live (8 bit)
 - contatore decrementato ad ogni hop (una unità in meno per ogni secondo di attesa nel router).
- Protocol (8 bit)
 - TCP (6), UDP (17), ICMP, ...
- Header Checksum
- Source - Destination IP Address

01.9

Telematica 3

IP Datagram

Copy	Class	Number
1 bit	2 bit	5 bit

- Il *copy bit* decide se le opzioni vanno copiate in tutti i pacchetti in caso di frammentazione
- Classe 0 denota controllo della rete o del datagram, classe 2 *debugging* o misure.
- Le opzioni possibili sono:
 - *Loose and strict source routing*
 - *Record/trace route*
 - *Timestamp*

01.10

Telematica 3

IP Datagram

Opzione Timestamp

Tre tipi di comportamento:

- Flag = 0: Registra solo i *timestamp*
- Flag = 1: Registra *timestamp* e gli indirizzi IP
- Flag = 3: La lista degli indirizzi viene inserita dalla sorgente, i *timestamp* vengono inseriti solo dai nodi attraversati presenti nella lista

8 bit	8 bit	8 bit	4 bit	4 bit
Code	Length	Pointer	Low	Flags

Incrementato di uno per ogni nodo attraversato che non ha spazio

Indica il successivo elemento da considerare

Numero di ottetti (compresi i 4 iniziali, max 40 e quindi 5 nodi)

First IP Address First Time Stamp

01.11

Telematica 3

Indirizzi IP

- Gli indirizzi IP sono indirizzi univoci, assegnati da una autorità centrale, e hanno una lunghezza di 32 bit.
- Tali indirizzi sono composti da due parti:
 - l'**indirizzo della rete (netid)**
 - l'**indirizzo del host (hostid)**
- L'indirizzo è legato alle interfacce di rete.

10000000	00001010	00000010	00011110
↓ ↓ ↓ ↓			
128	10	2	30

01.12

Telematica 3

Indirizzi IP

Classe A - /8

0	1	2	3	4	8	16	24	31
0	Netid				Hostid			
← Network Number					← Host - Number			

Netid validi 0.x.x.x - 126.x.x.x Max num. di reti 126 (2^7-2) (non va contata la rete 127 e la 0)	Hostid validi x.0.0.1 - x.255.255.254 Max numero di host 16.777.214 ($2^{24}-2$) (non va contato l'ind. tutti 0 e quello tutti 1)
---	---

Considerando che lo spazio complessivamente disponibile è di 4.294.967.296 indirizzi (2^{32}) le reti di classe A coprono circa il 50% dello spazio di indirizzamento disponibile)

01.13

Telematica 3

Indirizzi IP

Classe B - /16

0	1	2	3	4	8	16	24	31
1	0	Netid				Hostid		
← Network Number						← Host - Number		

Netid validi 128.0.x.x - 191.254.x.x Max num. di reti 16.384 (2^{14})	Hostid validi x.x.0.1 - x.x.255.254 Max numero di host 65.534 ($2^{16}-2$)
--	---

Comprendono circa 1.073.741.824 (2^{30}) indirizzi, la classe B rappresenta circa il 25% dello spazio di indirizzamento complessivo

01.14

Telematica 3

Indirizzi IP

Classe C - /24

0	1	2	3	4	8	16	24	31
1	1	0	Netid			Hostid		
← Network Number						← Host - Number		

Netid validi 192.0.1.x - 223.255.254.x Max num. di reti 2.097.152 (2^{21})	Hostid validi x.x.x.1 - x.x.x.254 Max numero di host 254 (2^8-2)
---	---

Comprendono circa 536.870.912 (2^{29}) indirizzi, la classe C rappresenta circa il 12,5% dello spazio di indirizzamento complessivo

01.15

Telematica 3

Indirizzi IP

Classe D (224.0.0.1 - 239.255.255.254)

0	1	2	3	4	8	16	24	31
1	1	1	0	Multicast Address				

Classe E (240.0.0.1 - 255.255.255.254)

0	1	2	3	4	8	16	24	31
1	1	1	1	0	Riservato per usi futuri			

01.16

Telematica 3

Indirizzi IP particolari

This Host	Tutti 0
(solo come ind. sorgente nel <i>bootstrap</i>)	
Host on this net.	Tutti 0 Hostid
(solo come ind. sorgente nel <i>bootstrap</i>)	
Limited broadcast	Tutti 1
(solo come ind. destinazione)	
Directed broadcast	Netid tutti 1
(solo come ind. destinazione)	
Loopback	127 qualunque numero
(non deve venir propagato dai router)	

01.17

Telematica 3

Indirizzi IP particolari

Indirizzi privati

- Alcuni netid sono riservati per essere usati su reti private
- Non sono "annunciati" su Internet, quindi non sono raggiungibili direttamente

172.16.0.0 - 172.31.255.255	172.16.0.0/12, ossia 16 reti di classe B
10.0.0.0 - 10.255.255.255	10.0.0.0/8, ossia una rete di classe A
192.168.0.0 - 192.168.255.255	192.168.0.0/16, ossia 256 reti di classe C

01.18

IP

Telematica 3

Instradamento

- Spesso i protocolli di livello 2 posseggono una implicita (seppur limitata) capacità di instradamento.
- In particolare sono tipicamente in grado di consegnare una trama ad una destinazione quando questa si trova all'interno di una specifica area della rete.
- Questo è sempre vero nel caso delle LAN (IEEE 802.3) in cui la rete fisica corrisponde al dominio di *broadcasting*
- L'assunzione di base di IP è presumere l'esistenza di una corrispondenza biunivoca tra reti fisiche a livello 2 e logiche.

01.19

IP

Telematica 3

Instradamento

- L'instradamento viene quindi realizzato:
 - all'interno di una rete logica, in modo implicito, direttamente dalla stazione sorgente
 - » ossia deve essere realizzato dal livello 2 e quindi si deve fornire la "traduzione" dell'indirizzo IP di destinazione in indirizzo di livello due (ARP-RARP)
 - Tra reti logiche diverse è gestito esplicitamente dai router, ossia è il router che deve ricevere il pacchetto e che quindi instradarlo verso la sottorete opportuna
 - » La stazione sorgente deve quindi indirizzare il pacchetto al router, questo implica che:
 - Deve essercene almeno uno direttamente connesso alla rete fisica
 - La stazione deve conoscerne l'indirizzo (default router)

01.20

IP - Instradamento (R)ARP

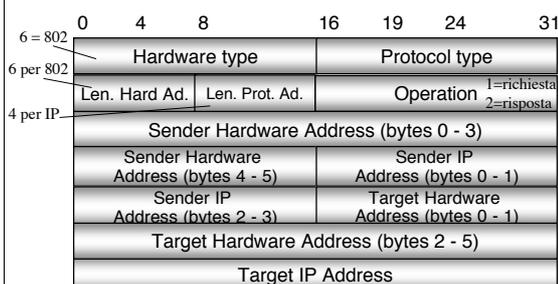
Telematica 3

- I protocolli ARP (*Address Resolution Protocol*) e RARP (*Reverse Address Resolution Protocol*) servono per definire in modo automatico le corrispondenze fra indirizzi di livello 2 ed indirizzi IP e viceversa.
 - ARP viene usato tutte le volte che una stazione vuole inviare un pacchetto ad un'altra stazione sulla sottorete, di cui conosce solo l'indirizzo IP.
 - RARP viene usato dalle stazioni non dotate di memoria di massa (*diskless*) per reperire il proprio indirizzo IP all'avvio (*bootstrap*).
- Si appoggiano direttamente sui protocolli di livello 2 della sottorete e non su IP.

01.21

IP - Instradamento ARP

Telematica 3



01.22

IP - Instradamento ARP

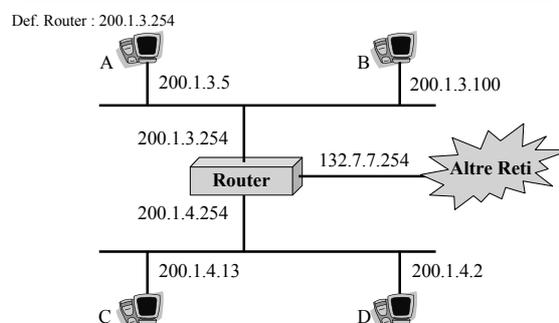
Telematica 3

- La stazione A manda in *broadcast* un pacchetto ARP contenente l'indirizzo IP di cui vuol conoscere il corrispondente indirizzo di livello 2.
- La stazione B che riconosce il proprio ind. IP risponde fornendo il suo indirizzo di livello 2.
- Con il primo pacchetto ARP la stazione A fornisce anche il proprio indirizzo di livello 2, così che B può risponderle senza usare un *broadcast*.
- La corrispondenza resta memorizzata in una memoria di cache per un certo periodo.

01.23

IP - Instradamento Esempio 1

Telematica 3



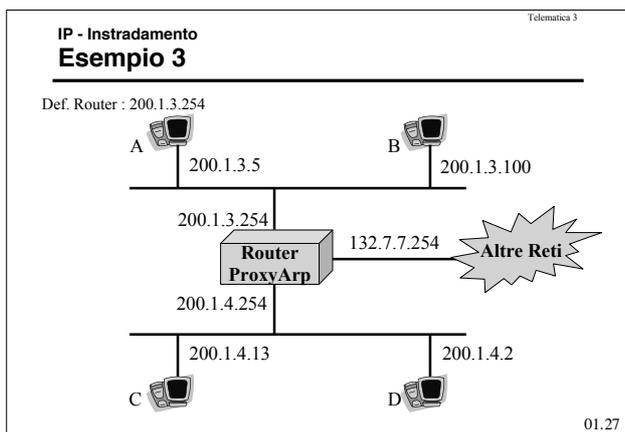
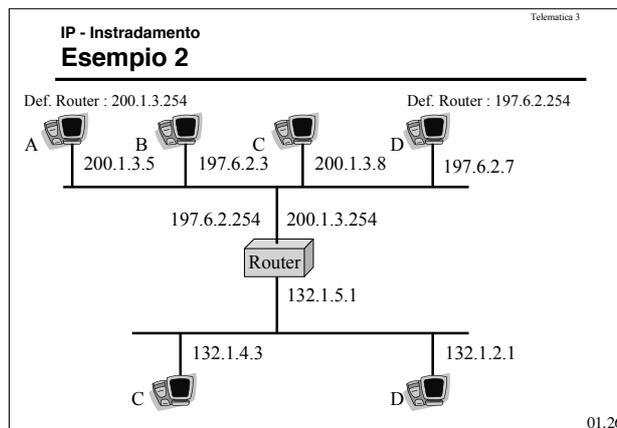
01.24

Telematica 3

IP Inostradamento

- Le realizzazioni moderne ammettono
 - più reti logiche sulla stessa rete fisica.
 - più reti fisiche nella stessa rete logica (Proxy ARP)
 - » Un router risponde agli ARP verso indirizzi IP che sa non appartenere a quella rete fisica con il proprio indirizzo di livello 2.
 - » L'appartenenza o meno ad una rete viene ricavata attraverso un *partizione dello spazio dell'host ID* che solo il router è obbligato a conoscere.
- Una conseguenza del fatto che l'indirizzo contenga l'identificatore di una rete è che quando una macchina viene fisicamente spostata il suo indirizzo deve essere modificato.

01.25

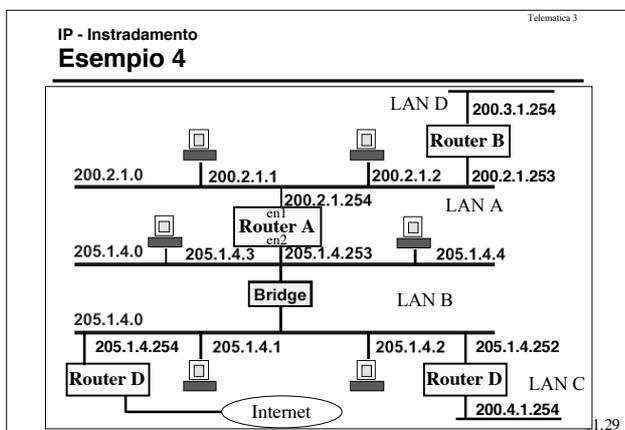


Telematica 3

IP - Inostradamento Inostradamento nei router

- Due sono quindi gli aspetti di cui si compone l'inostradamento:
 - Esecutivo: la scelta della direzione di uscita tramite una tabella (**Tabella di instradamento**)
 - Algoritmico: la compilazione/aggiornamento della tabella
- Il secondo aspetto si realizza tramite
 - il calcolo del percorso migliore eseguito secondo un qualche algoritmo
 - Lo scambio di informazioni fra i router per eseguire tale calcolo

01.28



Telematica 3

IP - Inostradamento Inostradamento nei router

- Nei router l'inostradamento è realizzato tramite una tabella di instradamento (*Routing Table, RT*) del tipo (Router A):

Destinazione (rete o host)	Indirizzo di invio	Interfaccia
200.2.1.0	diretto	en1
205.1.4.0	diretto	en2
200.3.1.0	200.2.1.253	en1
200.4.1.0	205.1.4.252	en2
default	205.1.4.254	en2

01.30

Telematica 3

IP - Instradamento

Routing Table

- Tipiche informazioni contenute nelle RT per ciascuna delle reti destinazione sono
 - Indirizzo della rete destinazione
 - Maschera di *subnet*
 - Indirizzo IP del successivo *router* da attraversare (*next hop*) o sul fatto che la destinazione è direttamente raggiungibile
 - Porta di uscita del "*next hop*"
 - Metrica (anche più di una)
 - Identificatore della sorgente dell'instradamento (manuale, locale, ICMP, uno degli algoritmi di instradamento)

01.31

Telematica 3

IP - Instradamento

Instradamento nei router

- Per rendere l'instradamento efficiente si deve mantenere le RT di piccole dimensioni.
- Tabelle grandi:
 - Richiedono più tempo per l'individuazione della corretta direzione di uscita (*next hop*)
 - Sono di difficile gestione in fase di calcolo e di aggiornamento.
- La suddivisione net e host, crea una gerarchia che ha l'obiettivo di ridurre la dimensione delle RT.
- Lo stesso vale per la presenza del "default router"

01.32

Telematica 3

IP - Instradamento

Subnetting

Indirizzo originario di classe B

IP Address: 130.5.5.25
Subnet Mask: 255.255.255.0

network-prefix: 10000010.00000101.00000101.00011001
subnet-number: 11111111.11111111.11111111.00000000
host-number: 10000010.00000101.00000101.00000000

Notazione concisa
130.5.5.25/24 10000010.00000101.00000101.00011001

01.33

Telematica 3

IP - Instradamento

Subnetting

- Il *subnetting* aggiunge un livello di gerarchia all'indirizzamento, contribuendo a ridurre la dimensione delle RT.

- All'interno di una classe di indirizzi la destinazione è ora individuata dalla coppia (*IP-address, Netmask*)

01.34

Telematica 3

IP - Instradamento

Variable Length Subnetting

- All'interno di una singola classe si possono realizzare gerarchie multiple:

01.35

Telematica 3

IP - Instradamento

Esempio 5

Def. Router : 200.1.3.126
Subnet: 255.255.255.128

Def. Router : 200.1.3.254
Subnet: 255.255.255.224

200.1.3.1, 200.1.3.100, 200.1.3.109, 200.1.3.179, 200.1.3.224, 200.1.3.250

Net 200.1.3.0/25, Net 200.1.3.128/26

200.1.3.126, 200.1.3.190, 200.1.3.222, 200.1.3.221

200.1.2.129, 200.1.2.190, 200.1.2.60, 200.1.2.61, 200.1.2.62, 140.1.1.20

Net 200.1.3.192/27, Net 200.1.3.224/27

Net 200.1.2.0/26, Net 200.1.2.64/26

200.1.2.1, 200.1.2.30, 200.1.2.65, 200.1.2.85

01.36

IP - Intradamento

Classless InterDomain Routing (CIDR)

CIDR prefix-length	Dotted-Decimal	# Individual Addresses	# of Classful Networks
/13	255.248.0.0	512 K	8 Bs or 2048 Cs
/14	255.252.0.0	256 K	4 Bs or 1024 Cs
/15	255.254.0.0	128 K	2 Bs or 512 Cs
/16	255.255.0.0	64 K	1 B or 256 Cs
/17	255.255.128.0	32 K	128 Cs
/18	255.255.192.0	16 K	64 Cs
/19	255.255.224.0	8 K	32 Cs
/20	255.255.240.0	4 K	16 Cs
/21	255.255.248.0	2 K	8 Cs
/22	255.255.252.0	1 K	4 Cs
/23	255.255.254.0	512	2 Cs
/24	255.255.255.0	256	1 C
/25	255.255.255.128	128	1/2 C
/26	255.255.255.192	64	1/4 C
/27	255.255.255.224	32	1/8 C

01.43

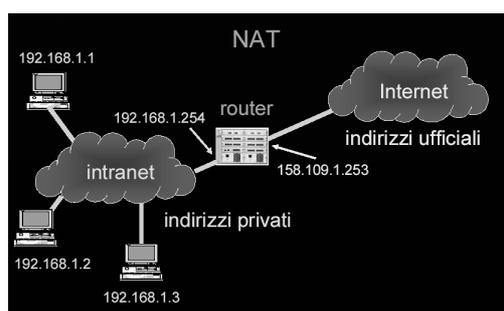
IP - Intradamento

Network Address Translation (NAT)

- In genere consiste nell'usare nella rete una delle classi assegnate all'uso privato e quindi non "annunciate" e far tradurre al router di accesso ad Internet gli indirizzi verso l'esterno (usando uno spazio di indirizzi "ufficiale" eventualmente ridotto) in modo dinamico.
- I vantaggi che si ottengono con l'uso di questa tecnica sono essenzialmente:
 - Ridurre il numero di indirizzi IP pubblici necessari per collegare una LAN ad Internet.
 - Mantenere inalterati la configurazione di rete e il funzionamento dei protocolli e delle applicazioni (nel caso in cui si attivi l'interconnessione in un tempo successivo o si cambi piano di indirizzamento esterno e si stia già utilizzando gli indirizzi privati)
 - Aumentare il livello di sicurezza dei calcolatori all'interno della rete privata.

01.44

NAT



01.45

NAT

- La traduzione di indirizzi può avvenire in diversi modi:
 - Univoco, ossia ad un indirizzo privato viene fatto corrispondere un indirizzo fisico, e questa tecnica può portare a due ulteriori distinzioni:
 - » Statico (usato in genere per i server)
 - » Dinamico
 - Non univoco, ossia fatto sulla base della coppia Indirizzo-Porta, si ha quindi un NATP (Network Address Port Translation) o un IP Masquerading o un NAT-PAT

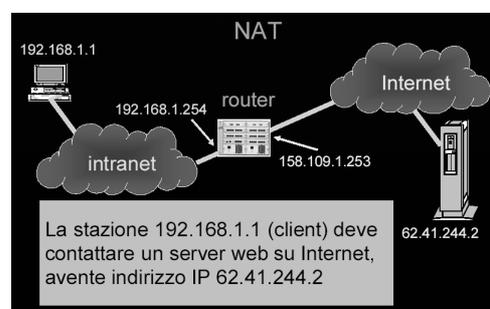
01.46

Caso tipico: NATP o IP masquerading dinamico

- Permette di condividere una singola connessione a Internet per più calcolatori di una intranet (rete IP privata).
- Tecnica frequentemente utilizzata nel caso degli accessi xDSL o ISDN per piccole/medie reti aziendali.

01.47

NAPT



01.48

Telematica 3

NAPT

Il client invia al proprio default router (192.168.1.254) un pacchetto IP avente:
 SIP 192.168.1.1 - S-Port 30231/TCP
 DIP 62.41.244.2 - D-Port 80/TCP

01.49

Telematica 3

NAPT

Il router riceve il pacchetto e, prima di inoltrarlo, ne modifica:

- l'indirizzo sorgente: 192.168.1.1 ⇒ 158.109.1.253
- la porta sorgente: 30231/TCP ⇒ 1024/TCP

01.50

Telematica 3

NAPT

Il router inserisce un record nella tabella delle corrispondenze (Dynamic NAT table) per tenere traccia del flusso di dati uscente

01.51

Telematica 3

NAPT

Dynamic NAT table				
<i>Int address</i>	<i>Int port</i>	<i>Ext address</i>	<i>Ext port</i>	<i>Age</i>
192.168.1.1	30231/TCP	158.109.1.253	1024/TCP	

01.52

Telematica 3

NAPT

Il router inoltra il pacchetto modificato al next hop router e quindi al server Web

01.53

Telematica 3

NAPT

Il server risponde al client con un pacchetto IP avente nel proprio header le informazioni:
 SIP 62.41.244.2 - S-Port 80/TCP
 DIP 158.109.1.253 - D-Port 1024/TCP

01.54

Telematica 3

NAPT

Il router riceve tale pacchetto IP e consulta la Dynamic NAT table alla ricerca di eventuali regole di traduzione da applicare a ritroso

01.55

Telematica 3

NAPT

Dynamic NAT table				
Int address	Int port	Ext address	Ext port	Age
192.168.1.1	30231/TCP	158.109.1.253	1024/TCP	

01.56

Telematica 3

NAPT

Il router prima di inoltrare il pacchetto al client ne modifica:

- l'indirizzo destinazione: 158.109.1.253 \Rightarrow 192.168.1.1
- la porta destinazione: 1024/TCP \Rightarrow 30231/TCP

01.57

Telematica 3

NAPT

Il client riceve il pacchetto correttamente.

01.58

Telematica 3

NAPT

- Ogni client dialoga con qualunque server esterno senza accorgersi della traduzione di indirizzo (NAT) e di porta (PAT) effettuati dal default router
- Ulteriori flussi uscenti genereranno nuove entry nella tabella dinamica.
- Porte usate dal router per la PAT: 1024 - 4999.
- Per rendere raggiungibili eventuali server interni occorre forzare la traduzione inserendo delle entry statiche nella tabella del router.
- Ci sono dei problemi nella realizzazione pratica di questi meccanismi che talvolta generano malfunzionamenti e che rendono il processo di traduzione reale significativamente più complesso di quello qui delineato, in particolare:
 - Con UDP e TCP si deve ricalcolare il *checksum*
 - FTP ha il numero IP scritto in ASCII nel suo interno, cambiarlo può cambiare la lunghezza del pacchetto e avere effetti sul TCP.
 - ICMP ha l'indirizzo IP nella parte dati
 - Tutte le applicazioni che trasportano l'indirizzo IP possono aver problemi.

01.59

Telematica 3

NAPT

- Si osservi che
 - Non è strettamente necessario usare degli indirizzi interni privati.
 - La funzione di NAT o NAPT è in genere integrata all'interno di un router.
 - Il NAPT può essere usato anche per fare bilanciamento di carico distribuendo le richieste di connessione TCP verso specifici indirizzi su più macchine.

01.60

Telematica 3

Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

- Permette ad un terminale (host) di ottenere dalla rete tutte le informazioni di configurazione necessarie (indirizzo IP, netmask, gateway, DNS server, ...) in un unico messaggio.
- Utilizza il protocollo di trasporto UDP (porta 67 verso server e 68 verso client)
- Le richieste DHCP vengono trasmesse in broadcast.
- Prevede tre tipi di assegnazione degli indirizzi:
 - *Automatic allocation*: il DHCP assegna un indirizzo IP permanente al client.
 - *Dynamic allocation*: il DHCP assegna un indirizzo IP al client per un periodo di tempo limitato (*lease period*).
 - *Manual allocation*: l'indirizzo IP viene assegnato dall'amministratore di rete ed il DHCP viene impiegato unicamente per inviare l'indirizzo al client.

01.61

Telematica 3

DHCP – Pacchetto

0	8	16	24	31
op (1) htype (1) hlen (1) hops (1)				
xid (4)				
secs (2)		flags (2)		
ciaddr (4)				
yiaddr (4)				
siaddr (4)				
giaddr (4)				
chaddr (16)				
sname (64)				
file (128)				
options (variable)				

- **op**: op code / message type
 - 1 = BOOTREQUEST
 - 2 = BOOTREPLY
- **htype**: hardware type
 - Es. 10Mb Ethernet
- **hlen**: hardware address length
 - 6 bytes per Ethernet
- **hops** = 0
- **xid**: Translation ID, numero casuale scelto dal client da associare ai messaggi
- **ciaddr**: client self assigned IP address
- **yiaddr**: server assigned IP address
- **siaddr**: server IP address
- **chaddr**: client hardware address
- **option**: parametri opzionali

01.62

Telematica 3

DHCP – Tipi di messaggi

- Message type:

Value	Message Type
1	DHCPDISCOVER
2	DHCPOFFER
3	DHCPREQUEST
4	DHCPDECLINE
5	DHCPACK
6	DHCPNACK
7	DHCPRELEASE
8	DHCPINFORM

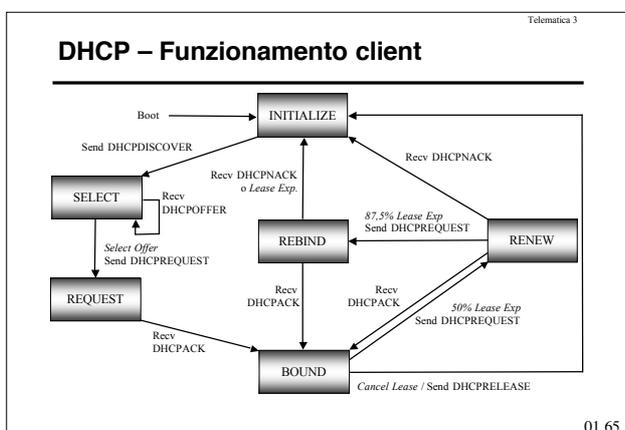
01.63

Telematica 3

DHCP – Funzionamento

- Il client trasmette un pacchetto DHCP Request con l'opzione DHCP Discover
- Il server risponde con un pacchetto DHCP Reply con l'opzione DHCP Offer
 - Fornisce, in genere, l'indirizzo IP al client, la subnet mask, gli indirizzi IP del Server DHCP, del router e dei DNS
- Il client trasmette un pacchetto DHCP Request con l'opzione DHCP Request
- Il server risponde con un pacchetto DHCP Reply con l'opzione DHCP Ack

01.64



Telematica 3

DHCP – Opzioni Principali

Code 1	Length 4	m1	m2	m3	m4	Client Subnet Mask
Code 2	Length 4	a1	a2	a3	a4	Default Router
Code 5	Length 4	a1	a2	a3	a4	Domain Name Server (ce ne possono essere 2)
Code 1	Length 4	d1	d2	d3		Domain Name

01.66

DHCP Relay Agent

- Il **DHCP Relay Agent** permette ad un client di contattare un DHCP server anche se questo è localizzato su un diverso dominio di broadcast.
- Quando un *Relay Agent* riceve la richiesta di un client, inviata in broadcast, la inoltra ad un server e poi invia la risposta ricevuta al client.
- Il DHCP Relay Agent deve tipicamente essere collocato presso i router

01.67

DHCP

- Sebbene il DHCP permetta l'allocazione dinamica degli indirizzi, da solo non è sufficiente ad automatizzare tutte le operazioni per la connessione di una stazione ad internet
 - C'è il problema della corrispondenza nomi ↔ indirizzi
- È necessario prevedere una gestione integrata DNS/DHCP
 - Esistono server integrati che assolvono ad entrambe le funzioni.
- In presenza di DNS/DHCP, un *policy server* dovrebbe essere integrato con questi per assicurare una gestione coerente delle configurazioni. Inoltre può essere utilizzato per svolgere funzioni di controllo e di sicurezza.
- Utilizzando un *policy server*, l'amministratore di rete è in grado di controllare la politica di gestione delle risorse della rete.

01.68

HSRP e VRRP

- Anche se inserisce su di una sottorete più router realizzando una magliatura per aumentare l'affidabilità, se il router (o l'interfaccia) principale si guasta, solo modificando la configurazione del router di default sugli host le comunicazioni possono riprendere.
- Per permettere una soluzione automatica di questo problema la CISCO ha brevettato un protocollo chiamato Hot Standby Routing Protocol (HSRP)
- Tale protocollo è specificato nel RFC 2281.

01.69

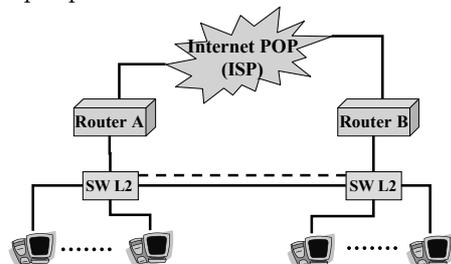
HSRP e VRRP

- HSRP definisce un *router virtuale* i cui indirizzi MAC e IP possono corrispondere a più interfacce (sullo stesso apparato o su apparati diversi).
- Una sola di tali interfacce assume lo stato *Active*, mentre le altre sono mantenute in *Standby*.
- L'indirizzo del router virtuale viene inserito negli host come router di default.
- Il protocollo è completato da meccanismi di elezione dell'interfaccia *active* e da meccanismi di identificazione dei guasti
- Il Virtual Router Redundancy Protocol (RFC 2338) è sostanzialmente identico tranne che per alcuni dettagli (per esempio si appoggia direttamente su IP invece che usare UDP come l'HSRP)

01.70

HSRP e VRRP

- In alcuni casi la presenza di questi meccanismi può portare a malfunzionamenti



01.71