

configurazione apparati Cisco (1)

- ❖ due prompt diversi in funzione modalità
 - ❑ **name>** per modalità user
 - ❑ **name#** per modalità privilegiata
- ❑ modalità hanno set di comandi differenti
- ❖ accesso via console o telnet

```
$> telnet 172.164.153.254
Trying 172.164.153.254...
Connected to 172.164.153.254.
Escape character is '^].
User Access Verification
Password:
```
- ❖ **name> ?** lista di comandi disponibili
- ❖ **name> show ?** help per il comando "show"

configurazione apparati Cisco (2)

- ❖ **tasto tab** permette di completare un comando
- ❖ stringa **no command** permette di annullare un comando precedente
- ❖ stringa **do command** permette di eseguire un comando permesso in modalità differente dalla attuale
- ❖ *uso di forme abbreviate* per un comando se non vi sono ambiguità
- ❖ **WARNING:** Se viene scritto in modo errato un comando (es. “enbla”), il sistema cerca di interpretare la stringa come un nome simbolico da risolvere e mostra il messaggio “**Translating "enbla"...domain server (255.255.255.255)**”, quindi si blocca per 60 secondi cercando inutilmente di raggiungere un server DNS. *Per sbloccare usare la combinazione di tasti Ctrl + Shift + 6*

switch: comando show

in modalità utente:

- ❖ **switch> show mac-address-table** oppure
- ❖ **switch> show mac address-table**
 - mostrano contenuto della MAC table
- ❖ **switch> show terminal** mostra caratteristiche terminale
- ❖ **switch> show version** mostra caratteristiche switch
- ❖ **switch> show vlan** mostra database vlan

- ❖ tutti i comandi possono avere altre sotto-opzioni

show : esempi d'uso

MyRtr> **show interfaces**

```
Ethernet0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is AmdP2, address is 0050.0ff9.b760 (bia 0050.0ff9.b760)
  Description: connected to Digicom HUB8
  Internet address is 129.138.167.129/25
  MTU 1500 bytes, BW 10000 Kbit, DLY 1000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation ARPA, loopback not set
  Keepalive set (10 sec)
  ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
  Last input 00:00:00, output 00:00:00, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Queueing strategy: fifo
  Output queue 0/40, 0 drops; input queue 1/75, 0 drops
```

show interfaces (cont.)

```
5 minute input rate 6000 bits/sec, 2 packets/sec
5 minute output rate 2000 bits/sec, 2 packets/sec
 2042124 packets input, 1512837573 bytes, 0 no buffer
 Received 419035 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
 1 input errors, 1 CRC, 1 frame, 0 overrun, 0 ignored
 0 input packets with dribble condition detected
 1824694 packets output, 303693379 bytes, 0 underruns
 5 output errors, 57683 collisions, 11 interface resets
 0 babbles, 5 late collision, 26274 deferred
 0 lost carrier, 0 no carrier
 0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

switch: modalità privilegiata

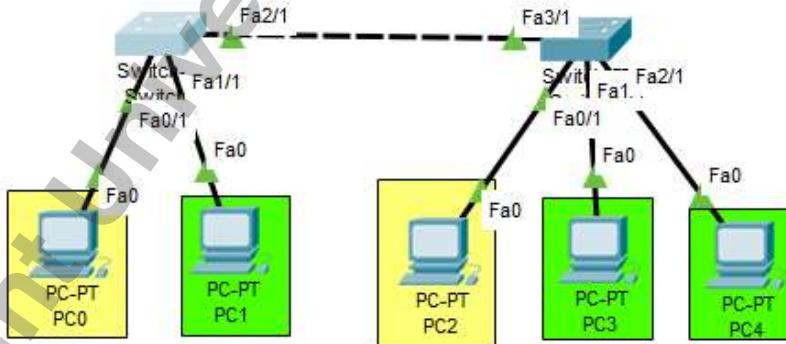
- ❖ vi si entra con comando **enable**
- ❖ comandi di interesse:
 - ❑ **show**: ha più opzioni che in modalità user, es.:
 - show **spanning-tree**
 - show **running-config / startup-config**
 - ❑ **exit / logout**: escono da esecuzione terminale controllo
 - **exit** anche per uscire da modalità corrente e tornare a livello superiore
 - ❑ **disable**: esce da modalità privilegiata
 - ❑ **write**: salva configurazione corrente switch
 - non si perde per spegnimento e riaccensione!
 - senza parametri ulteriori

switch: configurazione VLAN

in modalità privilegiata:

- ❖ comando *configure terminal* : cambia prompt!
- ❖ comando *vlan <nr>* : ingresso in submode
 - comando *name <stringa>* : aggiunge entry a database
- ❖ comando *interface type <nr>* : ingresso in submode
 - comando *switchport mode access / trunk*
 - comando *switchport access vlan <nr>*
 - comando *switchport trunk allowed vlan <arg>*
 - <nr> : vlan id da far passare
 - add / remove : vlan id da aggiungere o togliere a lista corrente
 - all / none : fai passare tutte / nessuna delle vlan definite
 - except : fai passare tutto tranne la vlan indicata

es: configurazione vlan 802.1Q



guardiamo solo configurazione dello switch di sinistra...

es. configurazione vlan su switch

- enable
- configure terminal
- vlan 2
 - name giallo2
- exit
- configure terminal
- vlan 3
 - name verde3
- exit
- configure terminal
- interface Fastethernet 0/1
 - switchport mode access
 - switchport access vlan 2
 - exit
- interface Fastethernet 1/1
 - switchport mode access
 - switchport access vlan 3
 - exit
- interface Fastethernet 2/1
 - switchport mode trunk
 - switchport trunk allowed vlan 2
 - switchport trunk allowed vlan add 3

- ❖ **Best practice:** il vlan name contiene il proprio id
- ❖ verificare esito configurazione su tab *Config*



LABORATORIO di Reti di Calcolatori

Configurazione indirizzi di rete, subnetting

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

1 / 44

IP addressing (IPv4)

- ❖ indirizzo proprio di Network L.: **32 bit unsigned long**
 - **dotted notation:** trascrizione del valore di ogni ottetto
 - es: 159.149.134.9
- ❖ indirizzo deve essere **globalmente unico**
 - assegnazione da **IANA** (*Internet Assigned Numbers Authority*) ai **RIR** (*Regional Internet Registries*)
 - **IANA** è dipartimento di **ICANN** – *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*
- ❖ 5 schemi assegnazione indirizzi:
 - class-based addressing vs. classless addressing (CIDR)
 - subnetting
 - network address translation (NAT)
 - ... e poi c'è IPv6

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

2 / 44

Class-based addressing

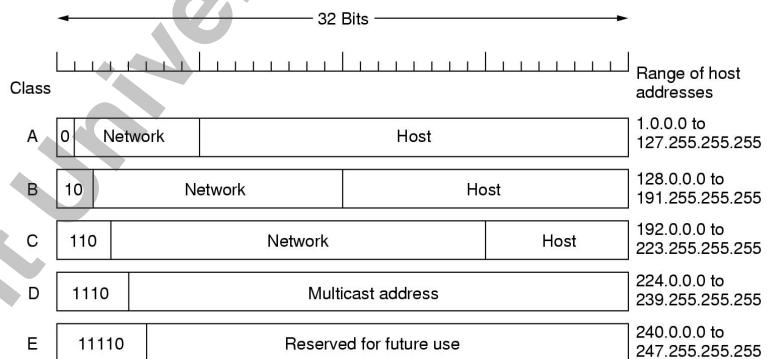
- ❖ indirizzo IP contiene network ID + host ID
 - hostID = 0 → la rete stessa 0.0.0.0
 - netID = 0 → l'host indicato sulla stessa rete della source
 - tutti '1' → broadcast sulla rete della sorgente 255.255.255.255
 - hostID tutti '1' → broadcast sulla rete destinataria
 - ❖ 5 classi di indirizzi
 - classe A: 127 reti (7 bit) da $2^{24}-1$ host (16777215)
 - classe B: $2^{14}-1$ reti da $2^{16}-1$ host (65535)
 - classe C: $2^{21}-1$ reti da 255 host
 - classe D per multicast ($2^{28}-1$ gruppi)
 - permanent address da ICANN (e.g. ALL_ROUTERS)
 - classe E per usi futuri

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

3 / 44

Classi di indirizzi



...quindi in *notazione puntata* **ogni componente è tra 0 e 255**, vero?!

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

4 / 44

Indirizzi particolari

- ❖ 0.0.0.0 → this network
- ❖ 255.255.255.255 → broadcast on this network (TTL=1)
- ❖ <netID>.<000...000> → indirizzo base della rete
- ❖ <netID>.<111.111> → broadcast sulla rete target
- ❖ i valori intermedi possono essere usati per gli apparati
- ❖ se usiamo x bit per netID e $y=32-x$ bit per hostID, allora netmask composta da x bit 1 seguiti da y bit 0
 - routing table entry: <dest, netmask, oif, metric, flags>
 - AND bit a bit tra pkt.dest & netmask → dest
 - altrimenti 2^{32} linee nelle routing table...
- ❖ facciamo un po' di esercizio!

Indirizzamento a Livello 3

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 127.128.129.192 → 01111111.10000000.10000001.11000000
- ❖ 20.148.67.123 → 00010100.10010100.01000011.01111011
- ❖ 218.160.179.60 → 11011010.10100000.10110011.00111100
- ❖ 87.194.104.77 → 01010111.11000010.01101000.01001101

- ❖ 01011011.01110110.00101111.10011111 → 91.118.47.159
- ❖ 00001100.10001000.01110010.00110111 → 12.136.114.55
- ❖ 11100111.00100110.01100100.01100000 → 231.38.100.96

Indirizzamento a Livello 3

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ Broadcast, netmask, 2 indirizzi apparati per le reti:
- ❖ 15.0.0.0 → classe A
 - ❑ Bcast: 15.255.255.255
 - ❑ Primo address: 15.0.0.1
 - ❑ netmask: 255.0.0.0
 - ❑ ultimo address: 15.255.255.254
- ❖ 137.149.0.0 → classe B
 - ❑ Bcast: 137.149.255.255
 - ❑ Primo address: 137.149.0.1
 - ❑ netmask: 255.255.0.0
 - ❑ ultimo address: 137.149.255.254
- ❖ 215.151.59.0 → classe C
 - ❑ Bcast: 215.151.59.255
 - ❑ Primo address: 215.151.59.1
 - ❑ netmask: 255.255.255.0
 - ❑ ultimo address: 215.151.59.254

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

7 / 44

Classless Inter-Domain Routing

- ❖ PROBLEMA: gli indirizzi in IPv4 sono esauriti
- ❖ amministratori evitano indirizzi di classe C (fino a 256 host) a favore della classe B (fino a 65535 host)
- ❖ molte delle esistenti reti di classe B hanno meno di 256 host...
- ❖ meccanismo per utilizzo più efficiente degli indirizzi e per controllare dimensioni routing table
- ❖ aumentare livelli in indirizzamento gerarchico? peggio!

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

8 / 44

CIDR

- ❖ indirizzo base di rete $x.y.w.z/n$
 - n indica #bit usati per netID, indipendentemente da classe
 - in indirizzo base gli ultimi $32-n$ bit devono essere 0
- ❖ IDEA: raggruppare classi C in insiemi da usare come spazio contiguo di indirizzi
 - ES: 32 reti C ospitano $32 \times 256 = 8192$ apparati per gruppo
- ❖ 194.0.0.0 - 195.255.255.255 Europa
- ❖ 198.0.0.0 - 199.255.255.255 Nord America
- ❖ 200.0.0.0 - 201.255.255.255 Centro-Sud America
- ❖ 202.0.0.0 - 203.255.255.255 Asia, Australia

CIDR

- ❖ reti di classe C: ultimo ottetto per host ID
- ❖ 194.0.0.0 - 194.255.255.255 - 195.0.0.0 - 195.255.255.255
 - $\boxed{256}$ $\boxed{256}$ = 65536 + 65536 = 131072
- ❖ sulle 4 regioni $131072 \times 4 = 524288$ classi C
- ❖ per ogni regione $131072 \times 256 = 33.554.432$ indirizzi di host
- ❖ avanzano 204.0.0 - 223.255.255 ovvero $256 \times 256 \times (223 - 203) = 1.310.720$ reti di classe C
 - Se O ha 400 apparati → 2 class C
 - Se O' ha 3500 apparati → 16 class C

CIDR e routing

- ❖ se mi capita pkt con indirizzo 194._ o 195._ so che devo inoltrarlo verso l'Europa
 - analogamente per gli altri raggruppamenti
 - 2 entry in routing table per >33M indirizzi
- ❖ indirizzamento con **maschere** nelle routing table
- ❖ ES: 1! entry per rete da 194.24.8.0 a 194.24.11.255
indirizzo base 11000010.00011000.00001000.00000000
mask calcolata come (256 - #reti assegnate)
 - mask deve estrarre indirizzo di base, nascondendo bit aggiuntivi delle altre reti del gruppo
 - 4 reti quindi netmask = 255.255.252.0? Verifichiamo! →

CIDR e routing

- ❖ ES: Univ. Edimburgo ha da 194.24.8.0 a 194.24.11.255
(mask 11111111.11111111.11111100.00000000)
 - .8._ 11000010.00011000.000010 | 00._
 - .9._ 11000010.00011000.000010 | 01._
 - .10._ 11000010.00011000.000010 | 10._
 - .11._ 11000010.00011000.000010 | 11._
- ❖ in tutti e 4 i casi lo AND con mask produce
11000010.00011000.00001000.00000000 che è l'indirizzo ricordato nella routing table come **indirizzo base**
- ❖ la cardinalità dei gruppi è una potenza di 2

252

maschere CIDR

- ❖ **Edimburgo:** 194.24.8._ a 194.24.11._ ovvero 4 reti per ($256 \times 4 =$) 1024 indirizzi, da 11000010.00011000.00001000._ a 11000010.00011000.00001011._
 - mask: 255.255.**252**.0 = [1].[1].11111100.[0]
- ❖ **Cambridge:** 194.24.0._ a 194.24.7._ ovvero da 11000010.00011000.00000000._ a 11000010.00011000.00000111._
 - sono $256 \times 8 = 2048$ indirizzi su 8 reti $\rightarrow 256 - 8 = 248$
 - mask: 255.255.**248**.0 = [1].[1].11111000.[0]
- ❖ **Oxford:** 194.24.16._ a 194.24.31._ ovvero 16 reti per ($256 \times 16 =$) 4096 indirizzi, da 11000010.00011000.00010000._ a 11000010.00011000.00011111._
 - mask: 255.255.**240**.0 = [1].[1].11110000.[0]

CIDR e routing

- ❖ calcolo (pkt dest address AND mask)
- ❖ confronto risultato con indirizzi base
- ❖ indirizzo base che corrisponde è usato per decidere routing
- ❖ NB: stesso principio adattato a tutti gli indirizzi. Perciò *si può allocare spazio indirizzamento indipendentemente da classi*
 - e la notazione dice **tutto** sull'allocazione
- ❖ *facciamo un po' di esercizio!*

Indirizzamento a Livello 3

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ Apparato 111.162.136.87 (/12)
 - Base: 111.160.0.0/12
 - Netmask: 255.240.0.0
 - Broadcast: 111.175.255.255
 - Range apparati: 111.160.0.1 – 111.175.255.254
- ❖ Apparato 206.191.1.207 (/25)
 - Base: 206.191.1.128/25
 - Netmask: 255.255.255.128
 - Broadcast: 206.191.1.255
 - Range apparati: 206.191.1.129 – 206.191.1.254

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

15 / 44

Indirizzamento a Livello 3

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ Apparato 57.47.77.159 (/11)
 - Base: 57.32.0.0/11
 - Netmask: 255.224.0.0
 - Broadcast: 57.63.255.255
 - Range indirizzi: 57.32.0.1 – 57.63.255.254

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

16 / 44

Indirizzamento a Livello 3

128 64 32 16 8 4 2 1

- ❖ 4 apparati: 137.116.36.31, 137.116.32.205, 137.116.39.43, 137.116.35.112
 - ❑ Indirizzo base per rete **minima**: 137.116.32.0/21
 - ❑ 36 → 00100 | 100
 - ❑ 32 → 00100 | 000
 - ❑ 39 → 00100 | 111
 - ❑ 35 → 00100 | 011
 - ❖ Base: 137.64.0.0/**10** netmask: 255.192.0.0 (11|000000)
 - ❖ Broadcast: 137.127.255.255 01 | 111111
 - ❖ Range: 137.64.0.1 – 137.127.255.254
 - ❖ QUINDI: netID potrebbe esser dovunque tra 1 - 21

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

17 / 44

Procedura configurazione in PT

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

18 / 44

Reti e aritmetica binaria...

- ❖ virtualmente solo 30 dimensioni possibili di rete
 - escludendo gli indirizzi di tutti bit 0 e tutti bit 1...
 - ho 30 punti di taglio da $x.y.w.z/1$ a $x.y.w.z/30$
 - perché non anche $x.y.w.z/31$? Quanti apparati ci stanno?
- ❖ per ogni ottetto ci sono solo 9 valori possibili che può assumere nella maschera:

10000000 → 128	11000000 → 192
11100000 → 224	11110000 → 240
11111000 → 248	11111100 → 252
11111110 → 254	11111111 → 255
00000000 → 0	<i>MEMO: tutti 1 a sinistra e tutti 0 a destra...</i>

Tabella progettazione reti

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 2 host connessi da cavo cross
- ❖ rete **10.0.0.0/29**
 - netID: 3 ottetti + 5 bit del 4°
- ❖ netmask ha nel 4° ottetto il binario 1111|000 → 248
 - netmask: 255.255.255.248
- ❖ broadcast ha nel 4° ottetto il valore 00000|111 → 7
 - broadcast: 10.0.0.7

INFO	2 PC
IND. BASE	10.0.0.0/29
IND.BROADCAST	10.0.0.7
IND.GATEWAY	(*)
PRIMO IP	10.0.0.1
ULTIMO IP	10.0.0.6
NETMASK	255.255.255.248
WILDCARD	
NOTE	3 bit → 6 indirizzi

(*) in questo caso non vi è alcun gateway, altrimenti...

Best practice: il gateway ha sempre il primo oppure sempre l'ultimo indirizzo usabile

Tabella progettazione reti

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 4 host + 1 hub
 - es.3.5 della dispensa
- ❖ rete 192.168.90.0/27
 - netID: 3 ostenti + 3 bit del 6° ostento
- ❖ netmask ha → 4° ostento
 - netmask: 255.255.255.224
- ❖ broadcast ha → 4° ostento 00011111
 - broadcast: 192.168.90.31

INFO	6 host + 1 HUB
IND. BASE	192.168.90.0/27
IND.BROADCAST	192.168.90.31
IND.GATEWAY	(*)
PRIMO IP	192.168.90.1
ULTIMO IP	192.168.90.30
NETMASK	255.255.255.224
WILDCARD	
NOTE	

(*) in questo caso non vi è alcun gateway

Tabella progettazione reti

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 4 host + 1 hub
 - es.3.5 della dispensa
- ❖ rete 192.168.90.0/27
 - netID: 4° 000 | 00000
- ❖ netmask ha → 4 111 | 00000
 - netmask: 255.255.255.224
- ❖ broadcast ha → 4 000|11111
 - broadcast: 192.168.90.31

INFO	4 host + 1 hub
IND. BASE	192.168.90.0/27
IND.BROADCAST	192.168.90.31
IND.GATEWAY	(*)
PRIMO IP	192.168.90.1
ULTIMO IP	192.168.90.30
NETMASK	255.255.255.224
WILDCARD	
NOTE	4 + 0=4 → almeno 3 bit

Tabella progettazione reti

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 4 host + 2 hub + 1 bridge
 - es.3.6 della dispensa
- ❖ rete 130.192.0.0/16
 - netID:
- ❖ netmask ha →
 - netmask:
- ❖ broadcast ha →
 - broadcast:

INFO	
IND. BASE	
IND.BROADCAST	
IND.GATEWAY	
PRIMO IP	
ULTIMO IP	
NETMASK	
WILDCARD	
NOTE	

Tabella progettazione reti

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 4 host + 2 hub + 1 bridge
 - es.3.6 della dispensa
- ❖ rete 130.192.0.0/16
 - netID:
- ❖ netmask
 - netmask:
- ❖ broadcast
 - broadcast:

INFO	
IND. BASE	
IND.BROADCAST	
IND.GATEWAY	
PRIMO IP	
ULTIMO IP	
NETMASK	
WILDCARD	
NOTE	

(*) in questo caso non vi è alcun gateway

Tabella progettazione reti

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 4 host + 4 bridge + 1 hub
 - es.3.7 della dispensa
- ❖ rete 87.194.96.0/20
 - netID:
- ❖ netmask ha →
 - netmask:
- ❖ broadcast ha →
 - broadcast:

INFO	
IND. BASE	
IND.BROADCAST	
IND.GATEWAY	
PRIMO IP	
ULTIMO IP	
NETMASK	
WILDCARD	
NOTE	

Tabella progettazione reti

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 4 host + 4 bridge + 1 hub
 - es.3.7 della dispensa
- ❖ rete 87.194.96.0/20
 - netID:
- ❖ netmask →
 - netmask:
- ❖ broadcast →
 - broadcast:

INFO	
IND. BASE	
IND.BROADCAST	
IND.GATEWAY	
PRIMO IP	
ULTIMO IP	
NETMASK	
WILDCARD	
NOTE	

(*) in questo caso non vi è alcun gateway

Tabella progettazione reti

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 5 host + 1 switch
 - es.3.8 della dispensa
- ❖ rete 215.151.59.0/24
 - netID:
- ❖ netmask ha →
 - netmask:
- ❖ broadcast ha →
 - broadcast:

INFO	
IND. BASE	
IND.BROADCAST	
IND.GATEWAY	
PRIMO IP	
ULTIMO IP	
NETMASK	
WILDCARD	
NOTE	

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

27 / 44

Tabella progettazione reti

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ 5 host + 1 switch
 - es.3.8 della dispensa
- ❖ rete 215.151.59.0/24
 - netID:
- ❖ netmask
 - netmask:
- ❖ broadcast
 - broadcast:

INFO	
IND. BASE	
IND.BROADCAST	
IND.GATEWAY	
PRIMO IP	
ULTIMO IP	
NETMASK	
WILDCARD	
NOTE	

(*) in questo caso non vi è alcun gateway

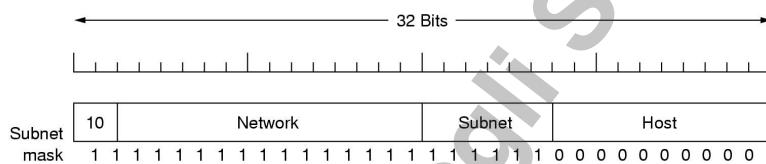
Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

28 / 44

Subnetting (RFC 950)

- ❖ suddivisione logica di reti grandi
 - per ridurre dimensioni tabelle instradamento *interne a organizzazione*
 - il resto del mondo non conosce nulla
 - es: rete classe B (14 bit netw ID, 16 bit host ID)
 - voglio non più di 64 sotto-reti con non più di 1022 apparati
 - subnet ID tra 0 e 63 → 6 bit



Subnetting

- ❖ **subnet mask:** tutti bit 1 in corrispondenza di network e subnet addr; tutti bit 0 per host addr
- ❖ **entry routing table:**
 - < network addr, 0 > per rete remota
 - < 0 , host addr > per host locali
 - < 0 , subnet addr , 0 > per host locali ma in altre subnet
 - < 0, 0, host addr > per host in subnet locale
- ❖ router calcola AND tra indirizzo IP destinazione in header pkt e subnet mask
 - isola indirizzo rete e confronta con entry in tabella

esempio subnetting

- ❖ rete di classe B: 162.148.0.0/16 → 65534 host
- ❖ voglio suddividere in sotto-reti ognuna comprendente massimo 100 host
- ❖ quanti bit ho bisogno per host ID?
 - 7 bit (128 host circa)
- ❖ quanti bit restano per netID?
 - $16 - 7 = 9$ bit e quindi 512 sottoreti
- ❖ oppure a rovescio: quante subnet ho bisogno ...

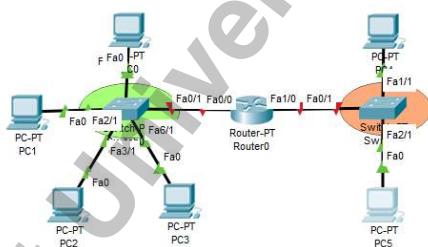


Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

31 / 44

Dimensionamento sottoreti



rete 192.168.20.96/27

4° ottenuto: **011** | **00** | 000 (netID)
quanti apparati in subnet verde?
e in quella arancio?

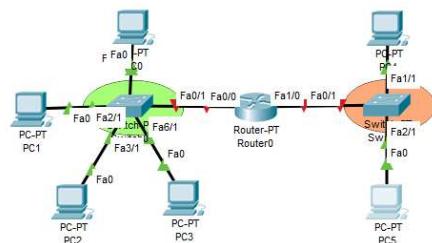
- ❖ **verde:** 4 host + 1 router + broadcast + base = 7 indirizzi → 3 bit
 - netmask: 255.255.255.248, base: 192.168.20.96/29 // calcolare in binario!
 - broadcast: 192.168.20.103, range indirizzi: 192.168.20.97 – 192.168.20.102
- ❖ **arancio:** 2 host + router + broadcast + base = 5 indirizzi → 3 bit
 - netmask: 255.255.255.248, base: 192.168.20.104/29 // calcolare in binario!
 - broadcast: 192.168.20.111, range indirizzi: 192.168.20.105 – 192.168.20.110

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

32 / 44

Dimensionamento sottoreti



rete 192.168.20.96/27

quanti apparati in subnet verde?
e in quella arancio?

- ❖ **verde:** 4 host + 1 router + broadcast + base = 7 indirizzi → 3 bit
 - ❑ netmask:, base: // calcolare in binario!
 - ❑ broadcast:, range:
- ❖ **arancio:** 2 host + router + broadcast + base = 5 indirizzi → 3 bit
 - ❑ netmask:, base: // calcolare in binario!
 - ❑ broadcast:, range:

Dimensionamento sottoreti (es.)

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ Acme Inc: 192.168.20.96/27
- ❖ 96 → 011|00000 ultimo ottesito indirizzo base
- ❖ **Verde** (7):
 - ❑ Indirizzo base ; netmask
 - ❑ Broadcast;
 - ❑ —
- ❖ **Arancio** (5):
 - ❑ Indirizzo base ; netmask
 - ❑ Broadcast
 - ❑ —

Processing nei router

- ❖ if (I'm NOT a router in Acme_Inc) then
 - if (pkt.dest & netmask/27 == 192.168.20.96) then
 - use oif towards Acme Inc.
- ❖ elseif (I'm a router in Acme_Inc)
 - if (pkt.dest & netmask/29 == 192.168.20.96) then
 - use oif towards Acme_Inc.verde
 - elseif (pkt.dest & netmask/29 == 192.168.20.104) then
 - use oif towards Acme_Inc.arancio
- ❖ si noti che resta ancora un po' di spazio usabile, infatti da 192.168.20.96/27 → broadcast 011|11111= 192.168.20.127

Indirizzamento a Livello 3

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ indirizzo base rete 192.168.20.96/27
- ❖ subnet S1 con 5 apparati; subnet S2 con 14 apparati (inclusi router)
- ❖ S1: 5 apparati + broadcast + base = 7 indirizzi → 3 bit
 - netmask: 255.255.255.248, base: 192.168.20.96/29
 - broadcast: 192.168.20.103, range: 192.168.20.98-192.168.20.102 (**GW 192.168.20.97**)
- ❖ S2: 14 apparati + broadcast + base = 16 indirizzi → 4 bit
 - netmask: 255.255.255.240, base: 192.168.20.104/28
 - broadcast: 192.168.20.119, range: 192.168.20.106-192.168.20.118 (**GW 192.168.20.105**)
- ❖ *può essere saggio controllare gli indirizzi host più basso e più alto per ogni rete...*

Indirizzamento a Livello 3

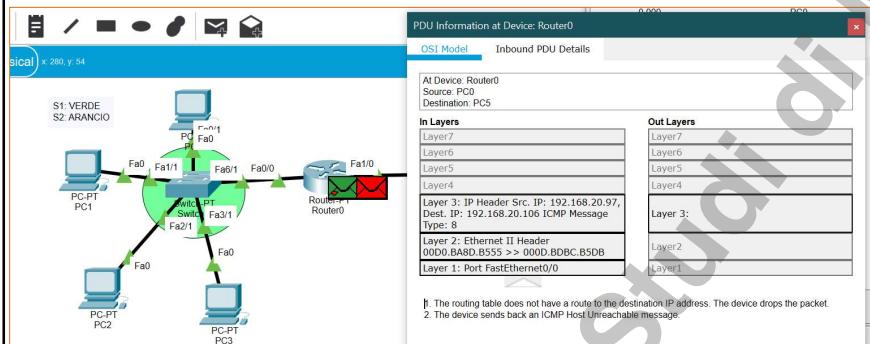
128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---

- ❖ indirizzo base rete 192.168.20.96/27 **3°**
- ❖ subnet S1 con 5 apparati; subnet S2 con 14 apparati (inclusi router)
- ❖ S1: 5 apparati + broadcast + base = 7 indirizzi → 3 bit
 - netmask: 255.255.255.248, base: 192.168.20.96/29 **1°**
 - broadcast: 192.168.20.103, range: 192.168.20.98-192.168.20.102 (GW 192.168.20.97) 011|00|001 – 011|00|111
- ❖ S2: 14 apparati + broadcast + base = 16 indirizzi → 4 bit
 - netmask: 255.255.255.240, base: 192.168.20.112/28 **2°**
 - broadcast: 192.168.20.127, range: 192.168.20.114-192.168.20.126 (GW 192.168.20.113) 011|1|0001 – 011|1|1111
- ❖ *può essere saggio controllare gli indirizzi host più basso e più alto per ogni rete...*

Allineamento

- ❖ rete 192.168.20.96/27; S1 con 5 apparati; S2 con 14 apparati
- ❖ **ma è corretto?** vediamo un po'...
 - h1 in S2: 192.168.20.105 → 11000000 10101000 00010100 0110|1001
 - h2 in S2: 192.168.20.118 → 11000000 10101000 00010100 0111|0110
 - netmask: 255.255.255.240 → 11111111 11111111 11111111 1111 0000
 - i due host «in S2» risultano in realtà stare in reti diverse!
 - in effetti: da 192.168.20.105 a 192.168.20.111 sono ancora in S1
 - ❖ realizzare la rete in PT t.c. i 4 host a sinistra (S1) hanno indirizzi da .97 a .100, e i due host di destra (S2) hanno indirizzi .105 e .106
 - ping tra uno host di S1 e uno di S2 che risultato dà?
 - *Simulation* (solo ICMP nel filtro): il pkt ICMP arriva al router che non trova la rotta e rende messaggio di errore

Sovrapposizione reti



...e durante la costruzione della rete e la configurazione di host e router, PT non ha segnalato alcun problema...

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

39 / 44

Allineamento

- ❖ **REGOLA:** Una rete di dimensione 2^n (ovvero che contenga 2^n indirizzi) può iniziare solo a intervalli regolari multipli di 2^n (a posizioni pari a $k \times 2^n$ per $k \geq 0$); ovvero il primo indirizzo disponibile nello host address range deve essere composto da tutti 0 negli ultimi n bit per qualsiasi sottorete.
- ❖ esempi
 - ❑ taglia 64 può iniziare a 0, 64, 128, 192
 - ❑ taglia 32 può iniziare a 0, 32, 64, 96, 128, 160, 192, 224
 - ❑ taglia 128 può iniziare a 0 e 128
- ❖ esempio precedente: rete di taglia 16 è stata fatta iniziare a 104, ma i valori ammissibili sono
 - ❑ 0, 16, 32, 48, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160, 176, 192, 208, 224, 240

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

40 / 44

Esempio soluzione secondo regola

- ❖ rete 192.168.20.96/27; S1 con 5 apparati; S2 con 14 apparati
- ❖ S1: 5 apparati + broadcast + base = 7 indirizzi → 3 bit ($2^3 = 8$)
 - 96 è multiplo di $2^3=8$, quindi è un buon punto di partenza
 - netmask: 255.255.255.248 (111|11|000), base: 192.168.20.96/29
 - 96 = 011|00|000 → broadcast 011|00|111 = 103 in 4° ottetto
 - broadcast: 192.168.20.103, range: 192.168.20.97 - 192.168.20.102
 - **verifica:** 97 = 01100|001; 102 = 01100|110
- ❖ S2: 14 apparati + broadcast + base = 16 indirizzi → 4 bit ($2^4 = 16$)
 - 1° multiplo di $2^4=16$ successivo a 103 è 112 (= 16×7)
 - Ind. base: 192.168.20.112/28; netmask: 255.255.255.240 (4° 11110000)
 - 112 = 011|1|0000 → broadcast 011|1|1111 = 127 → 192.168.20.127
 - Range 192.168.20.113 (011|1|0001) – 192.168.20.126 (011|1|1110)
- ❖ **mask S1 (01100---**) e S2 (0111----) differiscono nel 4° bit

alternativa: Euristica

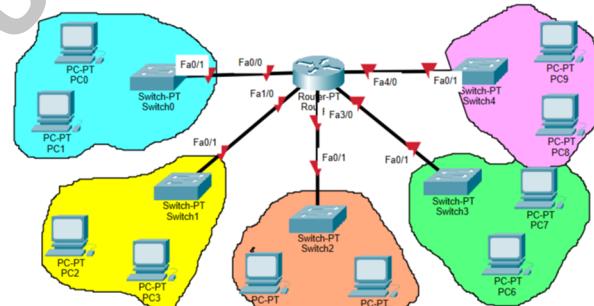
- ❖ è come fare una valigia: *si inizia dalla subnet più grande e via via procedendo in ordine decrescente*
- ❖ S2: 14 apparati + broadcast + base = 16 indirizzi → 4 bit
 - netmask: 255.255.255.240, base: 192.168.20.96/28 (011|0| 0000)
 - broadcast: 192.168.20.111, range: 192.168.20.97 - 192.168.20.110
- ❖ S1: 5 apparati + broadcast + base = 7 indirizzi → 3 bit
 - netmask: 255.255.255.248, base: 192.168.20.112/29 (011|10| 000)
 - broadcast: 192.168.20.119, range: 192.168.20.113 - 192.168.20.118
- ❖ è corretto ora? vediamo un po'...
 - h1 in S2: 192.168.20.97 → 11000000 10101000 00010100 0110|0001
 - h2 in S2: 192.168.20.110 → 11000000 10101000 00010100 0110|1111
 - h1 in S1: 192.168.20.113 → 11000000 10101000 00010100 01110|001
 - h2 in S1: 192.168.20.118 → 11000000 10101000 00010100 011|10|111

Alcune proprietà

- ❖ la parte hostID dell'indirizzo base deve sempre essere a tutti bit 0
- ❖ il primo indirizzo usabile è sempre dispari; l'ultimo indirizzo usabile è sempre pari
- ❖ l'indirizzo broadcast è sempre dispari
- ❖ i netID delle diverse sottoreti, espressi in binario, sono sempre tutti differenti e non sovrapponibili in almeno un bit
 - ❑ es. precedente:
192.168.20.96/28 → 11000000 10101000 00010100 **0110**|0000
192.168.20.112/29 → 11000000 10101000 00010100 **01110**|0000
 - ❑ il 4° bit è differente nei due casi, quindi non c'è ambiguità
 - ❑ **01110---** (ind S1) & **11110000** (netmaskS2) = **0111** ≠ base S2
 - quindi non si rischia di usare la riga sbagliata in routing table
- ❖ facciamo un po' di esercizio!

10.11.160.0/24 rete di PMI

- ❖ **A** amministrazione 25 host
- ❖ **G** gestione ordini 14 host
- ❖ **K** marketing 28 host
- ❖ **M** magazzino 9 host
- ❖ **R** reparto produzione 58 host



10.11.160.0/24 PMI (con euristica)

- ❖ R reparto produzione 58 host (+gw,bcast,base) = 61 → 64 (6 bit)
 - Base: 10.11.160.0/26 (00 | 000000); netmask: 255.255.255.192
 - Bcast: 10.11.160.63; range: 10.11.160.1 – **10.11.160.62**
- ❖ K marketing 28 host (+3) = 31 → 32 (5 bit)
 - Base: 10.11.160.64/27 (010 | 00000); netmask: 255.255.255.224
 - Bcast: 10.11.160.95; range: 10.11.160.65 – **10.11.160.94**
- ❖ A amministrazione 25 host (+3) = 28 → 32 (5 bit)
 - Base: 10.11.160.96/27 (011 | 00000); netmask: 255.255.255.224
 - Bcast: 10.11.160.127; range: 10.11.160.97 – **10.11.160.126**
- ❖ G gestione ordine 14 host (+3) = 17 → 32 (5 bit)
 - Base: 10.11.160.128/27 (100 | 00000); netmask: 255.255.255.224
 - Bcast: 10.11.160.159; range: 10.11.160.129 – **10.11.160.158**
- ❖ M magazzino 9 host (+3) = 12 → 16 (4 bit)
 - Base: 10.11.160.160/28 (1010 | 0000); netmask: 255.255.255.240
 - Bcast: 10.11.160.175; range 10.11.160.161 – **10.11.160.174**

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

45 / 44

10.11.160.0/24 PMI (con regola)

- ❖ A amministrazione 25 host (+ gw,bcast,base) = 28 → 32 (5 bit)
 - Base: 10.11.160.0/27 (000 | 00000); netmask: 255.255.255.224
 - Bcast: 10.11.160.31; range: 10.11.160.1 – 10.11.160.30 (**GW**)
- ❖ G gestione ordine 14 host (+3) = 17 → 32 (5 bit) *32 è multiplo di 32, OK!*
 - Base: 10.11.160.32/27 (001 | 00000; netmask: 255.255.255.224
 - Bcast: 10.11.160.63; range: 10.11.160.33 – 10.11.160.62 (**GW**)
- ❖ K marketing 28 host (+3) = 31 → 32 (5 bit) *64 è multiplo di 32, OK!*
 - Base: 10.11.160.64/27 (010 | 00000); netmask: 255.255.255.224
 - Bcast: 10.11.160.95; range: 10.11.160.65 – 10.11.160.94 (**GW**)
- ❖ M magazzino 9 host (+3) = 12 → 16 (4 bit) *96 è multiplo di 16, OK!*
 - Base: 10.11.160.96/28 (0110 | 0000); netmask: 255.255.255.240
 - Bcast: 10.11.160.111; range: 10.11.160.97 – 10.11.160.110 (**GW**)
- ❖ R reparto produzione 58 host (+3) = 61 → 64 (6 bit) *128 è multiplo di 64!*
 - Base: 10.11.160.128/26 (10 | 000000); netmask: 225.225.225.192
 - Bcast: 10.11.160.191; range: 10.11.160.129 - 10.11.160.190 (**GW**)

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

46 / 44

Indirizzamento a Livello 3

128	64	32	16	8	4	2	1
-----	----	----	----	---	---	---	---



LABORATORIO di Reti di Calcolatori

Configurazione router Cisco (VLAN, DHCP)

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

1 / 16

Uso della CLI nei router

```
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
Processor board ID PT0123 (0123)
PT2005 processor; part number 0, mask 01
Bridging software,
X.25 software, Version 3.0.0.
4 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
2 Low-speed serial(sync/async) network interface(s)
32K bytes of non-volatile configuration memory.
63488K bytes of ATA CompactFlash (Read/Write)

--- System Configuration Dialog ---

Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: n

Press RETURN to get started!

Router>?
Router#?
Exec Commands:
<1-99> Session number to resume
connect Open a terminal connection
disable Turn off privileged commands
disconnect Disconnect a currently existing network connection
enable Turn on privileged commands
exit Exit from the EXEC
logout Exit from the EXEC
ping Send echo messages
resume Resume an active network connection
show Show running system information
ssh Open a secure shell client connection
telnet Open a telnet connection
terminal Set terminal line parameters
traceroute Trace route to destination
```

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

2 / 16

user mode: comandi principali

- ❖ validi stessi **shortcut** che per switch (*? , tab, no, do*)
- ❖ disponibili ping, ssh, telnet

```
MyRtr>ping 174.139.160.40
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 174.139.160.40, timeout is 2 sec: !!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/6/8 ms
```

- ❖ comando **show** per mostrare info stato router
 - ❑ *caratteristiche*: hw, filesystem (flash), vers. IOS, clock, terminale
 - ❑ *configurazione*: host, QoS, queueing, traffic shaping
 - ❑ *monitoring*: eccezioni, connessioni correnti, contenuto code, statistiche (SNMP)
 - ❑ *management*: history, backup

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

3 / 16

traceroute

- ❖ consente di verificare path verso una destinazione
 - ❑ se le rotte sono configurate...
 - ❑ con statistiche su comportamento
 - ❑ interroga name server

```
MyRtr> traceroute 172.135.184.77
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to www.cs.ucla.edu (172.135.184.77)
1 net0-athos.nptlab.dsi.unimi.it (159.149.157.254) 4 msec 0 msec 0 msec
2 159.149.151.190 4 msec 4 msec 8 msec
3 ssr1-ssr9.bone.dsi.unimi.it (159.149.129.225) 4 msec 4 msec 8 msec
4 ssr7-ssr1.bone.dsi.unimi.it (159.149.129.234) 4 msec 4 msec 8 msec
5 www.cs.ucla.edu (172.135.184.77) 4 msec 4 msec 8 msec
```

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

4 / 16

privileged mode

- ❖ acceduto da user mode via comando **enable**
 - <richiesta introduzione password privileged>
 - prompt di modalità privilegiata #
 - **disable** riporta in user mode
- ❖ accesso a set differente comandi
 - *configurazione*: interfacce, protocolli, topologia (spanning tree, rotte statiche)
 - *monitoring*: "show" ha opzioni non disponibili in user mode, es. accounting (AAA)
 - *sicurezza*: configurazione ACL
- ❖ accesso a **sub-mode** in funzione comando introdotto
 - e.g. submode “**config**”

router Cisco: esame configurazione

```
MyRtr# show arp
Protocol Address      Age (min) Hardware Addr Type  Interface
Internet 159.149.157.150    0   00b0.d08c.96db ARPA  Ethernet0/0
Internet 159.149.157.129    -   0050.0ff9.b760 ARPA  Ethernet0/0
Internet 159.149.157.254    0   0050.0ff9.b7c1 ARPA  Ethernet0/0
Internet 159.149.157.62     -   0050.0ff9.b761 ARPA  Ethernet0/1
Internet 159.149.157.39     1   00b0.d08c.8052 ARPA  Ethernet0/1
Internet 159.149.157.36     9   00a0.247c.9192 ARPA  Ethernet0/1
Internet 159.149.157.35     2   00b0.d08c.803b ARPA  Ethernet0/1
Internet 159.149.157.41   202  0004.759e.028e ARPA  Ethernet0/1
```

altri comandi utili:

- **show interfaces** già visto per switch
- **show file** mostra contenuto del file system
- **show dhcp** mostra range indirizzi assegnabili da DHCP server

show ip: opzioni

- ❖ show ip route mostra tabelle di instradamento
- ❖ show ip bgp / ospf / rip
 - mostra informazioni sul relativo protocollo di instradamento

```
Router#show ip rip database
192.168.0.0/30    auto-summary
192.168.0.0/30    directly connected, GigabitEthernet8/0
192.168.0.4/30    auto-summary
192.168.0.4/30    directly connected, GigabitEthernet7/0
192.168.0.8/30    auto-summary
192.168.0.8/30
    [1] via 192.168.0.2, 00:00:16, GigabitEthernet8/0  [1] via
    192.168.0.6, 00:00:14, GigabitEthernet7/0
192.168.1.0/24    auto-summary
192.168.1.0/24    directly connected, GigabitEthernet9/0
192.168.10.0/24   auto-summary
192.168.10.0/24
    [1] via 192.168.0.6, 00:00:14, GigabitEthernet7/0
192.168.20.0/24   auto-summary
192.168.20.0/24
    [1] via 192.168.0.2, 00:00:16, GigabitEthernet8/0
Router#
```

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

7 / 16

router Cisco: esame configurazione

```
MyRtr# show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 17 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is
  Incoming update filter list for all interfaces is
  Redistributing: rip
  Neighbor(s): 159.149.189.36
  Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface      Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
    Ethernet0/0    2      2
    Ethernet0/1    2      2
  Routing for Networks: 159.149.0.0
  Routing Information Sources:
    Gateway        Distance   Last Update
    159.149.157.254 120      00:00:02
  Distance: (default is 120)
```

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

8 / 16

router Cisco: modifica configurazione

- ❖ nuova configurazione può essere introdotta:
 - ❑ da IOS: **config opzione** /* **configure terminal** */
 - consente di editare parametri ed entrare in altri sub-mode
 - ❑ da file caricato via tftp o da strumenti grafici
- ❖ ES: è possibile configurare
 - ❑ hostname: **MyRtr(config)# hostname <name>**
 - ❑ name server: **MyRtr(config)# ip name-server <aa.bb.cc.dd>**
 - ❑ **MyRtr(config)# no ip domain-lookup** disabilita la traduzione via DNS di stringhe non riconosciute
- ❖ **cambiamenti operativi a ^Z** (ritorno modalità parent)
 - ❑ può servire comunque un po' di tempo per aggiornamento configurazione rete e dialogo con altri router /* v. 1° ping */

salvataggio configurazione router

- ❖ configurazione introdotta è running ma...
 - ❑ da salvare in non-volatile RAM (NVRAM)
ExName# write memory
 - *Warning: analogamente a situazione reale, se in PT si spegne e riaccende il router, è persa tutta la configurazione fatta!*
 - ❑ determinare quale configurazione è di start-up
ExName# copy running-config startup-config
- ❖ configurazione va testata per correttezza
 - ❑ esistono comandi **debug**
 - ❑ si possono presentare problemi successivamente (test non esaustivo, cambiamenti nel resto della rete)
 - ❑ opportuni strumenti di monitoraggio locale e remoto

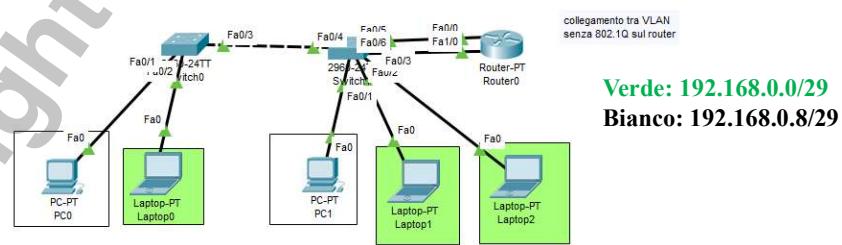
router Cisco: configurazione interfacce

- ❖ naming: *media-type slot#/port#*
 - *media-type* = Ethernet, serial, FDDI ...
 - ES: Ethernet 0/1 indica porta 1 di scheda in slot 0
 - *show interface ethernet 6/2* mostra config. interfaccia
- ❖ esempio configurazione interfaccia

```
ExName# configure terminal  
ExName(config)# interface fastEthernet 1/1  
ExName(config-if)# ip address 192.168.155.2 255.255.255.0  
ExName(config-if)# no shutdown /**** e' UP ***/  
ExName(config-if)# ctrl-Z  
ExName#
```

connessione tra VLAN

- ❖ traffico VLAN può essere separato, es. usando 802.1Q
- ❖ ma come far comunicare 2 host in VLAN differenti? **router!**
- ❖ 1° tentativo: tanti cavi quante VLAN devono transitare
 - VLAN devono essere in reti differenti!
 - configurare su 2 interfacce router *indirizzi appartenenti a relativa VLAN*
 - configurare cavi switch-router in modalità *Access* per relativa VLAN
 - configurare opportunamente *gateway* sui PC in funzione VLAN

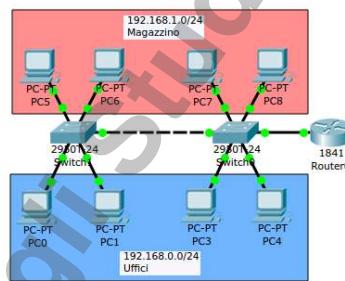


connessione con 802.1Q

- ❖ 2° tentativo: un **unico** cavo tra switch e router
 - ❑ configurare cavo switch-router in modalità **Trunk** per entrambe le VLAN
 - ❑ definire due **sub-interface logiche** sulla stessa interfaccia fisica del router

```
interface FastEthernet x/y.15
encapsulation dot1Q 15
ip address <addr> <netmask>
no shutdown
exit
```

- identificatore subinterface
contiene **VLAN ID** per chiarezza
- da ripetere per ogni VLAN



Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

13 / 16

configurazione DHCP

- ❖ aggiungere un *server* nella VLAN rosa e configurare:
 - ❑ indirizzo statico, gateway, e interfaccia switch a Access per esso
- ❖ configurare nel server il servizio DHCP:
 1. attivare il servizio DHCP
 2. modificare il **serverPool di default** per la VLAN con appropriati
 - default gateway *nella VLAN*
 - start IP address *nello spazio di indirizzamento della VLAN*
 - netmask valida *nella VLAN*
 - numero massimo di host configurabili
- ❖ nello host indicare che la configurazione non è statica ma ottenuta via servizio DHCP

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

14 / 16

configurazione DHCP proxy

- ❖ se un server DHCP deve operare per VLAN diverse da quella in cui si trova:
 - configurare analogamente un ulteriore server pool per ogni VLAN servita, *utilizzando parametri validi per lo spazio di indirizzamento della VLAN servita*
- ❖ configurare il router perché operi come **DHCP proxy**
 - nella **configurazione della (sub)interface sulla VLAN servita**
 - modalità `config-subif` per quell'interfaccia
 - `ip helper-address <indirizzo DHCP server>`
 - ❖ ... possibile configurazione dinamica osservabile nel frattempo...
 - ❖ test ping sullo host con configurazione dinamica

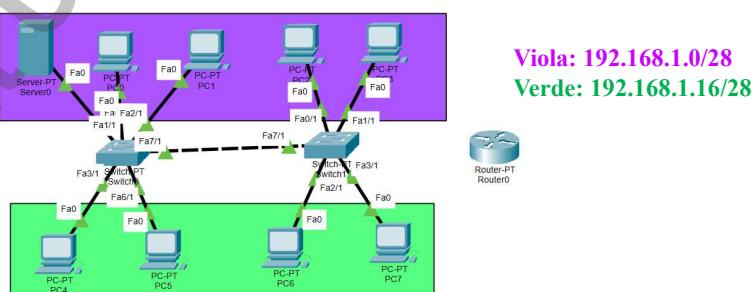
Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

15 / 16

configurazione DHCP proxy

1. calcolare e tabellare parametri reti
 2. configurare per ogni rete 3 host statici + 1 host DHCP
 3. in rete *2ndFloor* collegare e configurare server (statico)
 4. configurare 2 pool indirizzi dinamici sul server
 5. collegare e configurare le due interfacce del router
- } lo facciamo insieme



Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

16 / 16



LABORATORIO di Reti di Calcolatori

Configurazione router Cisco: routing

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

1 / 9

router Cisco: configurazione routing

- ❖ scelta tra rotte statiche e dinamiche come in configurazione host
 - ottimizzazione rotte vs. o/h controllo vs. reliability
- ❖ in caso rotte *dinamiche*: router deve adottare lo stesso protocollo dei vicini (...perché?...)
- ❖ router può usare politiche miste, e più protocolli di routing
 - *redistribution*: passaggio info routing a protocolli diversi da quello adottato localmente
- ❖ ... documentazione su struttura rete è fondamentale...

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

2 / 9

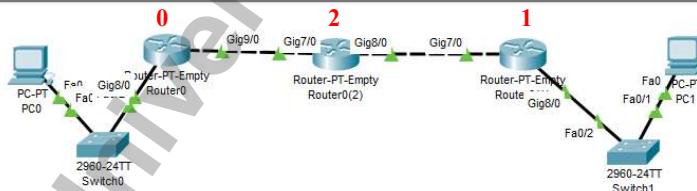
router Cisco: rotte statiche

- ❖ creazione rotte statiche

```
ExName(config)# ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 192.168.150.1  
<IPAddr destinazione , netmask , IPAddr next router>
```

- ❖ è necessario ripeterlo
 - ❑ su **ogni** router
 - ❑ per **ogni destinazione** nella rete non direttamente collegata al router

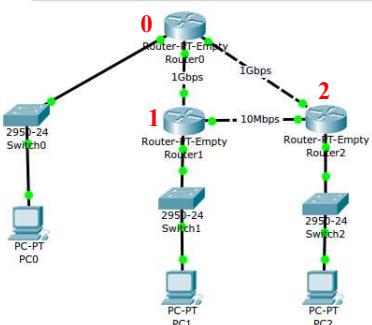
rotte statiche: esempio (1)



- ❖ PC0 in rete 192.168.1.0/24; PC1 in rete 192.168.10.0/24
- ❖ una rete per ogni coppia di router → che netmask hanno queste reti?
 - ❑ **2 indirizzi per i router + broadcast + base → 4 indirizzi (2 bit) → /30**
 - ❑ scegliere indirizzi da 192.168.0.0/24
- ❖ per ogni router configurare rotte. Quali?
 - ❑ Router0 deve conoscere rete Router1 – Router2, e rete Router1 – host
 - ❑ Router1 deve conoscere rete Router0 – Router2, e rete Router0 – host
 - ❑ Router2 deve conoscere rete Router0 – host, e rete Router1 – host

$64 \text{ SOTTORETI} = 2^6$
 $2^2 = 11011271$
 \uparrow
 \uparrow
 1 BASE
 1 BROADCAST
 111111100
 2 GATEWAY

Rotte statiche: esempio (2)



- ❖ PC0 in rete 192.168.1.0/24; PC1 in rete 192.168.10.0/24; PC2 in rete 192.168.20.0/24
- ❖ ricavare opportune sottoreti nello spazio 192.168.0.0/24 per connettere le coppie di router come mostrato in figura
- ❖ *totale 6 reti; ogni router è su 3*
- ❖ per ogni router configurare rotte. Quali?
 - ❑ Router0: rete Router1-Router2, rete Router1 – host, rete Router2 - host
 - ❑ Router1: rete Router0-Router2, rete Router0 – host, rete Router2 - host
 - ❑ Router2: rete Router0-Router1, rete Router0 – host, rete Router1 – host

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

5 / 9

RETE 0-1

192.168.0.0 /30

$.0 \text{ BASE}$
 $.1 \text{ GW}$
 $.2 \text{ GW}$
 $.3 \text{ BC}$

RETE 1-2

192.168.0.4 /30

$.4 \text{ BASE}$
 $.5 \text{ GW}$
 $.6 \text{ GW}$
 $.7 \text{ BC}$

RETE 2-0

192.168.0.8 /30

$.8 \text{ BASE}$
 $.9 \text{ GW}$
 $.10 \text{ GW}$
 $.11 \text{ BC}$

router Cisco: protocollo RIP

- ❖ scelta algo routing e destinazioni a cui applicarlo

```

ExName# config term
ExName(config)# router rip
ExName(config-router)# network aa.bb.cc.dd
ExName(config-router)# network ee.ff.gg.hh
ExName(config-router)# ctrl-Z
  
```

- ❖ RIP è classful, quindi **non** si specifica la netmask
- ❖ il 1° comando indica il protocollo di instradamento utilizzato
- ❖ **network** indica una delle reti note (**annunciate**) dal router
- ❖ da ripetere per ogni router e per ogni rete ad esso nota
- ❖ **ctrl-Z** è equivalente a **exit** e rende operativo il comando

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

6 / 9

Routing RIP: esempio

- ❖ ripetere la configurazione della rete nella slide 5 usando RIP
- ❖ è prima necessario cancellare le rotte statiche
 - si può procedere manualmente dal tab *Config* → *Static* rimuovendo ogni rota precedentemente configurata
- ❖ quali sono le reti note ai vari router?
 - Router0 conosce: 192.168.0.0 (/24) e 192.168.1.0 (/24)
 - Router1 conosce: 192.168.0.0 (/24) e 192.168.10.0 (/24)
 - Router2 conosce: 192.168.0.0 (/24) e 192.168.20.0 (/24)
 - ... 192.168.0.0 è (riconosciuta) di classe C per valore 1° ottetto

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

7 / 9

router Cisco: protocollo OSPF

- ❖ scelta algo routing e destinazioni a cui applicarlo

```
ExName#config term  
ExName(config)# router ospf 1  
ExName(config-router)# area 1 stub  
ExName(config-router)# network ee.ff.gg.hh wildcard area 1  
ExName(config-router)# ctrl-Z
```

- ❖ il 1° comando indica il protocollo di instradamento utilizzato e un unsigned short per identificare l'istanza di OSPF
- ❖ *area* indica l'area, e in questo es. che essa non è di transito
 - nei nostri esempi considereremo sempre reti piatte
- ❖ *network* annuncia rete (indirizzo base e wildcard) e area operativa
 - wildcard è la negazione della netmask

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

8 / 9

Routing OSPF: esempio

- ❖ ripetere la configurazione della rete nella slide 5 usando OSPF
- ❖ è prima necessario cancellare le rotte RIP
 - ❑ se non si è salvata configurazione, basta spegnere e riaccendere i router
- ❖ per evitare flooding di pkt di link-state:
 - ❑ **passive interface intfc-ID**
 - ❑ i link state update non vengono inoltrati sull'interfaccia indicata (es. interfaccia con una LAN collegata)
 - ❑ vale anche per RIP per evitare inoltro di distance vector
- ❖ verificare che – se un'interfaccia tra router viene spenta o riaccesa
 - i router sono capaci di apprendere rota alternativa (migliore)



LABORATORIO di Reti di Calcolatori

Configurazione router Cisco: ACL e NAT

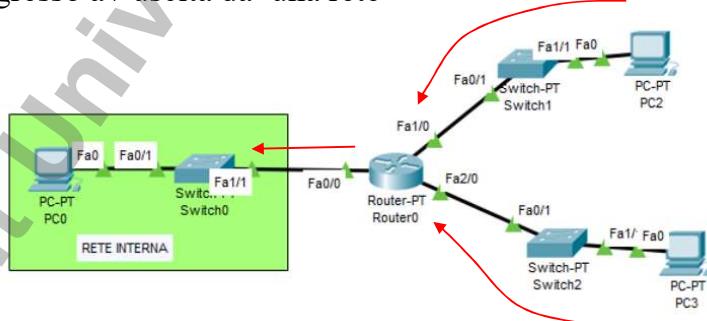
Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2021/2022

1 / 16

router: Access Control List

- ♦ sul router esiste la possibilità di limitare il traffico in ingresso a / uscita da una rete



- ♦ IN “rete interna” = (IN Fa1/0 \vee IN Fa2/0) \wedge OUT Fa0/0
 - VOI SIETE IL ROUTER!

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

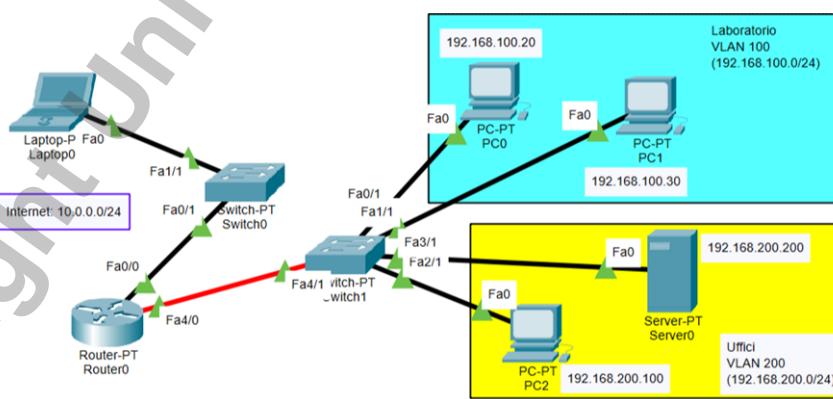
2 / 16

Tipi di ACL disponibili

- ❖ ACL *standard* <ID 1-99>: si può solo selezionare lo IP sorgente dei pacchetti da (non) far passare
- ❖ ACL *extended* <ID 100-199>:
 - protocollo di livello Network o Trasporto
 - indirizzo sorgente e/o destinazione /* wildcard *any* */
 - (insiemi di) porte /* e quindi servizi well-known */
 - modalità: *permit* / *deny*
 - *established*: segmenti TCP con ack flag a 1
 - dal secondo passo del three-way handshake
- ❖ ACL *named extended* <ID 100-199>: possibilità di modifica successiva

ACL extended: esempio

- ❖ Si permette accesso a Web Server in VLAN Uffici
- ❖ ma **no** ping (ICMP) nelle due VLAN (es. DoS attack)



ACL extended: esempio <cont.>

I. creazione ACL – paradigma:

- ❑ access-list acl# permit|deny protocol source|wildcard [port] destination|wildcard [port] [established] [log]

- ❖ applicazione a esempio:

```
Router(config)# access-list 110 permit TCP any host  
192.168.200.200 eq 80
```

```
Router(config)# access-list 110 deny ICMP any any
```

- ❖ “ACL 110 permette il passaggio di segmenti TCP che arrivano da qualunque sorgente e che hanno destinazione con indirizzo 192.168.200.200 e port# uguale a 80”
- ❖ “ACL 110 nega il passaggio di pacchetti ICMP da qualunque host a qualunque altro”

ACL extended: esempio <cont.>

- ❖ le regole vengono analizzate in ordine

- ❑ se un pacchetto non fa match con nessuna delle regole, allora vale l'implicita `deny IP any any anche se non scritta`

- ❖ port number: altri qualificatori sono

<code>lt</code> (less than)	<code>gt</code> (greater than)
<code>neq</code> (not equal)	<code>range</code> (intervallo)

II. applicazione ACL a interfaccia:

```
Router(config)# interface fastEthernet 4/0.200
```

```
Router(config-if)# ip access-group 110 out
```

- ❖ applico la ACL a tutto il traffico che *esce* da quella sub-interface, ovvero che *entra nella VLAN Uffici*

Proviamo!

ACL extended: esempio <cont.>

- ❖ si possono ottenere statistiche su controllo traffico

```
Router#show access-lists ?
<1-199>  ACL number
WORD      ACL name
|          Output Modifiers
<cr>
Router#show access-lists
Extended IP access list 110
  10 permit tcp any host 192.168.200.200 eq www (5 match(es))
  20 deny icmp any any (1 match(es))
Extended IP access list 120
  10 deny icmp any any (1 match(es))

Router#
```

- ❖ si può controllare configurazione

```
Router#show ip interface fast 4/0.200
FastEthernet4/0.200 is up, line protocol is up (connected)
  Internet address is 192.168.200.254/24
  Broadcast address is 255.255.255.255
  Address determined by setup command
  MTU is 1500 bytes
  Helper address is not set
  Directed broadcast forwarding is disabled
  Outgoing access list is 110 ←
  Inbound access list is not set
  Proxy ARP is enabled
```

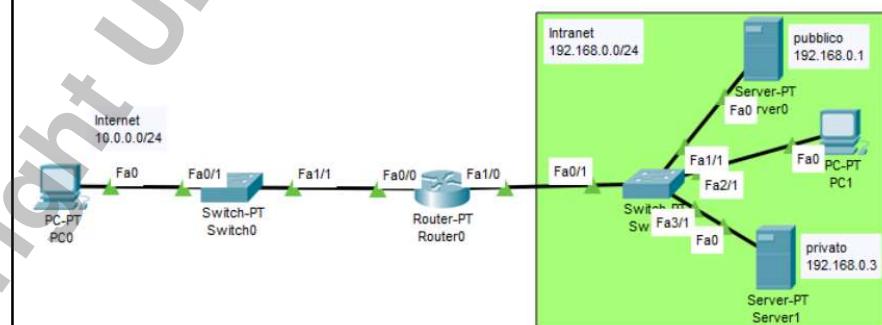
Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

7 / 16

ACL named extended: esempio

- ❖ tutti possono accedere al Server Web pubblico
- ❖ solo gli host della VLAN verde possono accedere anche al Server Web privato



Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

8 / 16

ACL named extended: esempio

❖ definizione ACL:

```
Router(config)# ip access-list extended 100
Router(config-ext-nacl)# permit TCP any host 192.168.0.1 eq www
Router(config-ext-nacl)# deny IP any any
Router(config-ext-nacl)# exit
Router(config)# interface fastEthernet 0/0
Router(config-if)# ip access-group 100 in
```

- ❖ “ACL 100 permette l’ingresso dall’interfaccia fastEthernet 0/0 di tutti i segmenti TCP generati da qualunque sorgente, e destinati allo host 192.168.0.1 su porta 80”
 - ❖ “ACL 100 non accetta alcun altro tipo di traffico IP”

Proviamo!

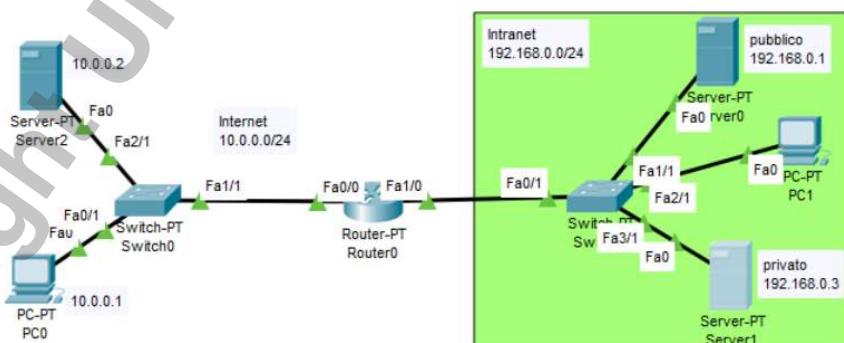
Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

9 / 16

ACL named extended: esempio

- ❖ aggiungiamo un server web pubblico esterno (Server2)
 - ❑ nessuno degli end system nella VLAN verde può accedervi!
 - ❑ dedurre la ragione con simulazione passo-passo (filtri ARP, ICMP, TCP e HTTP)



Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

10 / 16

ACL named extended: esempio

- ❖ *three-way handshake*: dal 2° segmento il flag ack è sempre abilitato
 - da Teoria: per riscontrare il 1° segmento SYN
 - e poi per riscontrare i segmenti dati precedenti
 - e infine per riscontrare tutti i dati e il FIN
- ❖ modifica ACL a interfaccia:

```
Router(config)# ip access-list extended 100
Router(config-ext-nacl)# 15 permit TCP any any established
```

 - con inserimento della nuova regola in posizione opportuna
- ❖ verificare che ora la rete funziona come desiderato!

router: Network Address Translation

- ❖ per la traduzione degli indirizzi è necessario:
 1. configurare le interfacce di ingresso e uscita alla rete abilitando il servizio NAT
 2. creare una ACL che determini quali indirizzi devono essere tradotti
 3. configurare il router stabilendo per quale traffico devono essere tradotti gli indirizzi (determinato dalla ACL) e qual è l'indirizzo presentato all'esterno
- ❖ ... consideriamo la medesima topologia dell'esempio precedente

configurazione NAT

```
Router(config)#ip nat ?
  inside  Inside address translation
  outside Outside address translation
  pool    Define pool of addresses
Router(config)#ip nat inside ?
  source  Source address translation
Router(config)#ip nat inside source ?
  list    Specify access list describing local addresses
  static  Specify static local->global mapping
Router(config)#ip nat outside ?
  source  Source address translation
Router(config)#ip nat outside source ?
  list    Specify access list describing local addresses
  static  Specify static global->local mapping
Router(config)#ip nat outside source list ?
  <1-199> Access list number for local addresses
  WORD   Access list name for local addresses
Router(config)#ip nat outside source list 110 ?
  pool   Name pool of global addresses
```

- ❖ ACL: bisogna definire il traffico a cui applicare la traduzione

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

13 / 16

NAT: configurazione esempio

- ❖ configurazione interfacce e ACL:

```
Router(config)# interface fastEthernet 1/0
Router(config-if)# ip nat inside
Router(config-if)# exit
Router(config)# interface fastEthernet 0/0
Router(config-if)# ip nat outside
Router(config-if)# exit
Router(config)# access-list 110 permit ip any any
```

- ❖ la ACL *non* deve essere associata ad alcuna interfaccia

Elena Pagani

LABORATORIO di Reti di Calcolatori – A.A. 2022/2023

14 / 16

NAT: configurazione esempio

❖ configurazione servizio:

```
Router(config)# ip nat inside source list 110 interface fastEthernet 0/0
```

- ❖ “quando si fa NAT degli indirizzi interni si usi come criterio degli indirizzi da tradurre quello indicato nella ACL 110 e si traducano gli indirizzi usando l’indirizzo IP dell’interfaccia FastEthernet 0/0”

❖ come funziona ora la rete?

- ping interno → esterno funziona
- il server web pubblico nella Intranet non è più accessibile da Internet!* *Per forza, non ne vediamo l'indirizzo...*

NAT: configurazione esempio

accesso a servizi interni:

- ❖ mapping tra indirizzo esterno e porta → indirizzo interno e porta servizio: *port forwarding*

```
Router(config)# ip nat inside source static tcp IP_interno porta_interna  
IP_esterno porta_esterna
```

❖ nel nostro esempio:

- $IP_{interno} = 192.168.0.1$ $porta_interna = 80$
- $IP_{esterno} = 10.0.0.254$ $porta\ esterna = 80$

❖ ora tutto funziona come atteso!

- simulazione passo-passo di accesso a web server pubblico per osservare la rimarcatura pacchetti