



Politecnico di Milano

Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria

Laboratorio di
Reti di Comunicazione ed Internet – Mod. 2

Prima Lezione

Contatti

Docenti del corso

- *Prof. Achille Pattavina*
- *Prof. Guido Maier*

Responsabile di Laboratorio

- *Dott. Ing. Marco Savi*
 - Ufficio: Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria (DEIB), Via Ponzio 34, Terzo Piano
 - Email: marco.savi@polimi.it
 - Numero di telefono: 02 2399 3604

Informazioni utili

- Date laboratorio
 - 02/12/2013
 - 16/12/2013
 - 13/01/2014
 - 20/01/2014
 - 27/01/2014
- La valutazione del laboratorio avviene durante la prova scritta mediante un esercizio specifico
- Il materiale (slides ed esercizi svolti) verrà reso disponibile sulla piattaforma BeeP

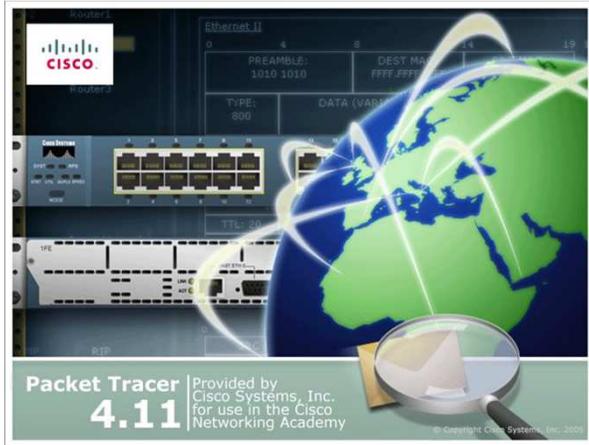
Sommario

- Presentazione CISCO Packet Tracer 4.11
- Switch/Hub
- Spanning Tree Protocol
- Learning & Forwarding (*Homework*)

Sommario

- Presentazione CISCO Packet Tracer 4.11
- Switch/Hub
- Spanning Tree Protocol
- Learning & Forwarding (*Homework*)

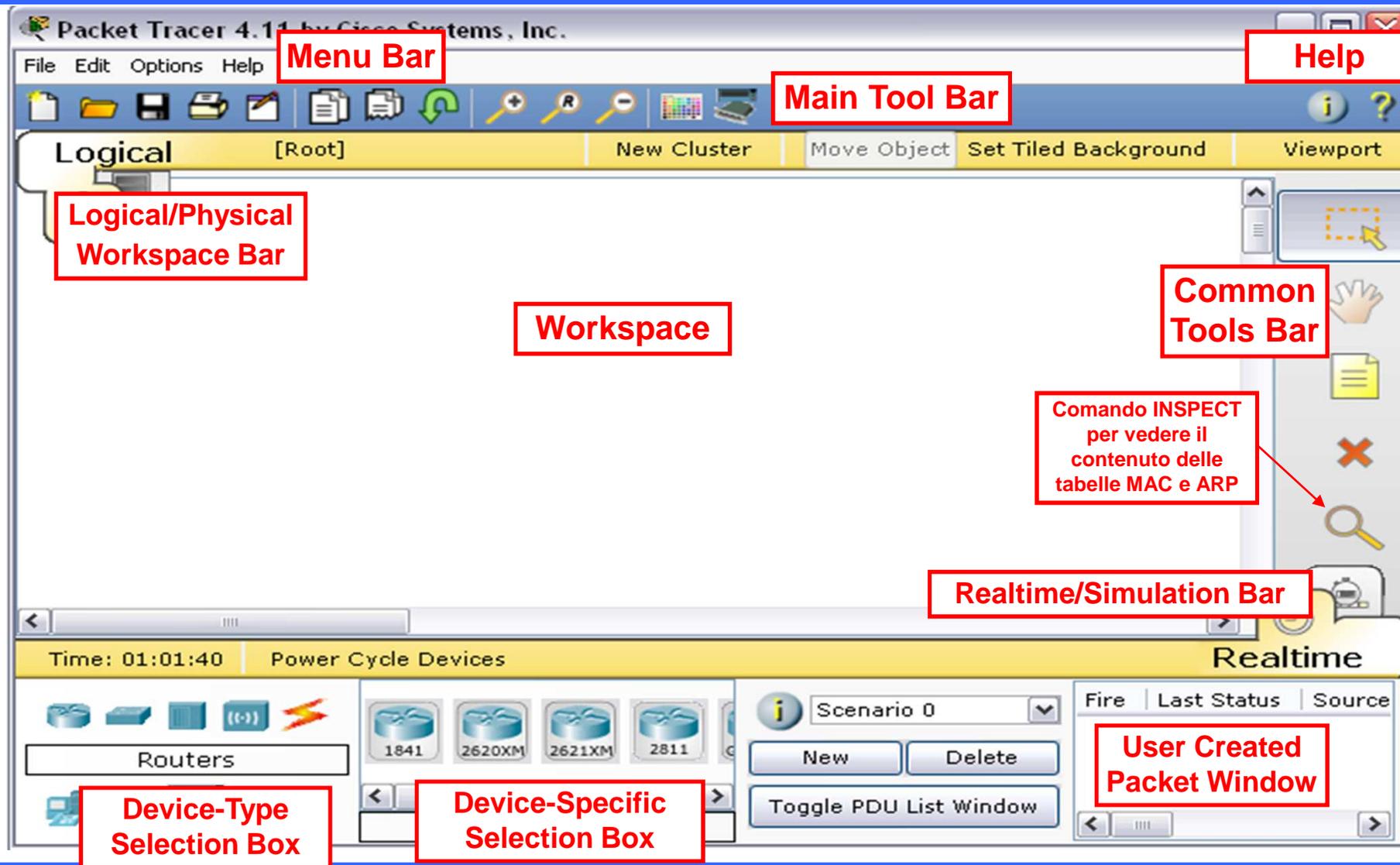
Cisco Packet Tracer 4.11



Cisco Packet Tracer è un software didattico distribuito agli studenti ed istruttori del Programma Cisco Networking Academy per l'emulazione di apparati di rete Cisco e la simulazione di scenari di traffico

- Permette di
 - Creare topologie di rete composte da apparati generici e/o proprietari di Cisco
 - Emulare la *Command Line Interface* del sistema operativo Cisco IOS (solo un sottoinsieme delle funzioni)
 - Configurare tramite GUI o CLI gli apparati di rete e verificarne il loro funzionamento creando scenari di traffico ed osservando il corrispondente comportamento della rete
 - Ispezionare dinamicamente in ogni momento lo stato di ciascun dispositivo e il formato di ciascun pacchetto inviato sulla topologia di rete

Interfaccia Grafica



Logical/Physical workspace

- Logical Workspace

- E' la sezione di Packet Tracer che permette di creare e configurare la rete da simulare
- Si crea la topologia di rete aggiungendo gli apparati di rete e le connessioni necessarie
- Si possono configurare i dispositivi di rete attraverso un'apposita interfaccia grafica e, per gli apparati Cisco, anche attraverso la linea di comando (CLI) di IOS
- E' inoltre possibile modificare gli apparati di rete aggiungendo e/o rimuovendo i moduli hardware disponibili

- Physical Workspace

- Fornisce una visione fisica della rete mostrando dove si trovano geograficamente gli apparati che formano la topologia creata

Aggiungere Dispositivi

- Per aggiungere dispositivi

- Selezionare un dispositivo nel “Device-Specific Selection Box” e trascinarlo nell'area di lavoro con il classico meccanismo *Drag ‘n’ Drop*
- In alternativa è possibile posizionarlo nell'area di lavoro con un semplice click del mouse nel punto in cui lo si vuole inserire
- Per inserimenti multipli dello stesso dispositivo è necessario selezionare il dispositivo tenendo premuto il tasto *CTRL* e trascinarlo in tutti quei punti in cui se ne vuole inserire uno nuovo

Aggiungere Link

- Per collegare due dispositivi
 - Selezionare un collegamento nel “Device-Specific Selection Box” e selezionare nell'area di lavoro i due capi del collegamento
 - Quando si seleziona un capo del collegamento vengono mostrate le porte (interfacce) su cui è possibile attestare il link
 - Per collegamenti multipli dello stesso tipo è possibile utilizzare, come nel caso di aggiunta di dispositivi, il tasto *CTRL*

Selezionare ed eliminare

- Per selezionare uno o più dispositivi

- Per selezionare un solo dispositivo nell'area di lavoro è sufficiente cliccare su di esso
- Per selezionare più dispositivi contemporaneamente si può operare con una selezione di tipo “*Rettangolare*”
- In alternativa, sempre per la selezione multipla, si può cliccare sui dispositivi desiderati tenendo premuto il tasto *SHIFT*

- Per eliminare uno o più dispositivi

- Per eliminare un solo dispositivo (o collegamento) bisogna usare lo strumento *Delete* all'interno della “*Common Tools Bar*”
- Per eliminare più dispositivi contemporaneamente è sufficiente effettuare una selezione multipla ed in seguito utilizzare lo strumento *Delete*

Sommario

- Presentazione CISCO Packet Tracer 4.11
- Switch/Hub
- Spanning Tree Protocol
- Learning & Forwarding (*Homework*)

Esercizio 1 - Esempio passo-passo

- Vogliamo vedere il diverso comportamento di queste 2 reti

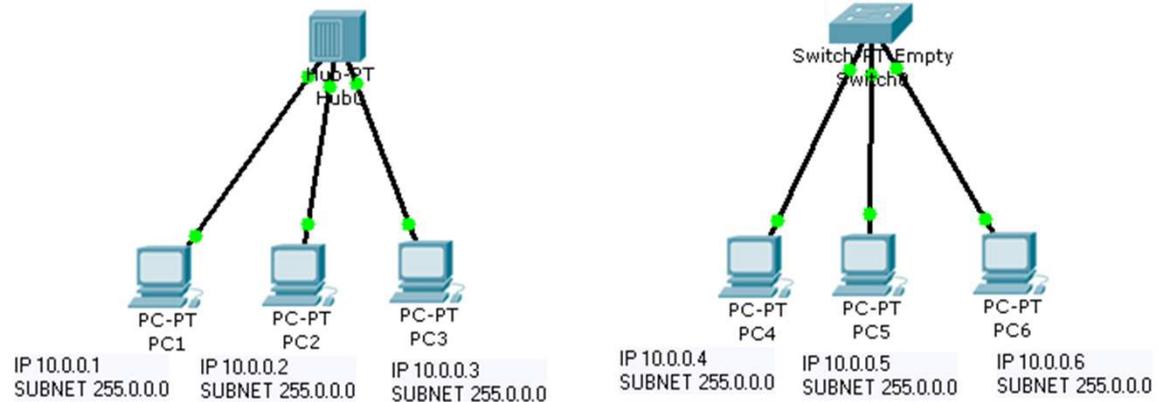
1. Selezionare 1 Hub-PT

2. Selezionare 1
Switch-PT-Empty

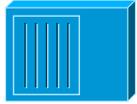
(attenzione questo switch di default non ha porte fisiche)

3. Selezionare 6 PC

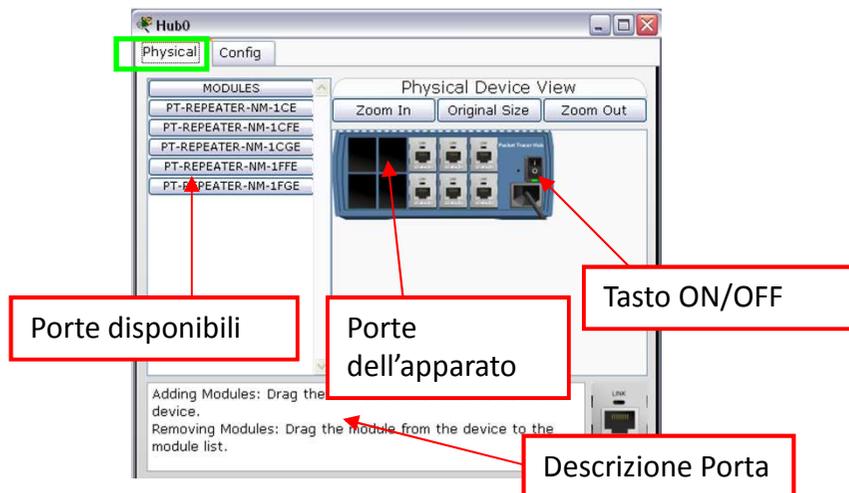
4. Collegare 3 PC all'hub con il cavo Copper Straight-through (attenzione in fase di collegamento a selezionare le porte Fast Ethernet) e 3 PC allo switch con lo stesso cavo



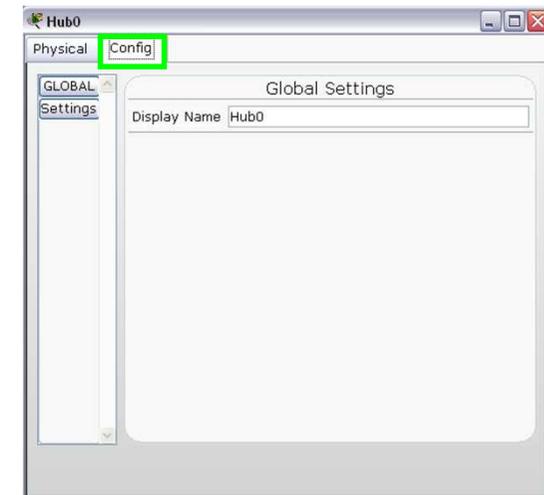
Dispositivi utilizzati in questo corso



- **Hub-PT**: Permette di creare un dominio di collisione tra più apparati. Funziona esclusivamente come repeater multiporta senza funzioni di livello 2



Configurazione di base tramite interfaccia grafica. E' possibile modificare esclusivamente il nome dell'hub



Per cambiare le porte all'hub è necessario spegnere il dispositivo, togliere la porta e aggiungere quella desiderata

Esercizio 1 - Esempio passo-passo

- Vogliamo vedere il diverso comportamento di queste 2 reti

1. Selezionare 1 Hub-PT

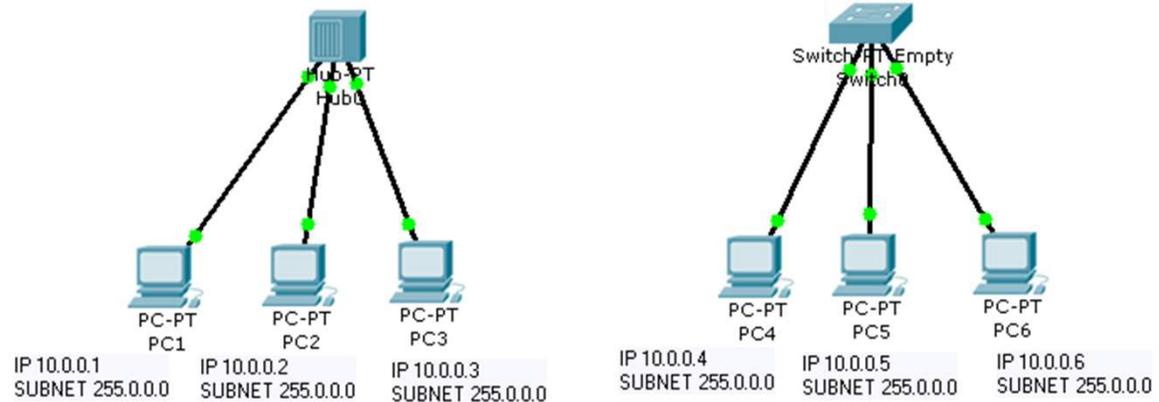
2. Selezionare 1
Switch-PT-Empty

(attenzione questo switch di default non ha porte fisiche)

- Cliccare sullo switch creato, spegnerlo, aggiungere 3 porte Fast Ethernet (PT-Switch-NM-1CFE) e riaccenderlo

3. Selezionare 6 PC

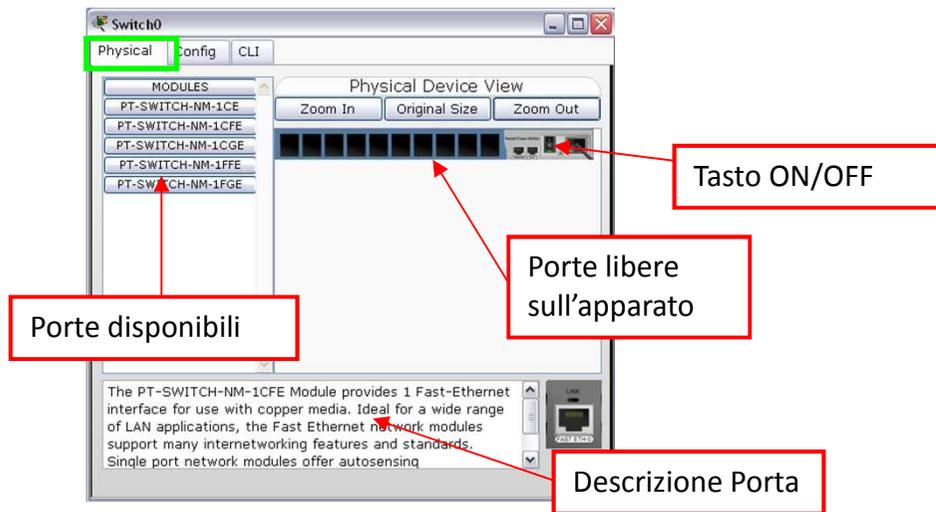
4. Collegare 3 PC all'hub con il cavo Copper Straight-through (attenzione in fase di collegamento a selezionare le porte Fast Ethernet) e 3 PC allo switch con lo stesso cavo



Dispositivi utilizzati in questo corso



- **Switch-PT-Empty**: Switch generico a cui è necessario aggiungere le porte necessarie al suo funzionamento. Una volta creato, cliccando sul dispositivo si ha accesso alla finestra di configurazione.

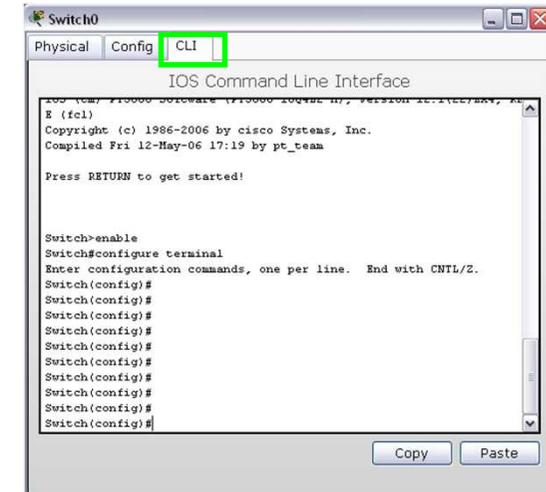


Per aggiungere nuove porte allo switch basta trascinarle negli appositi spazi vuoti ricordandosi prima di spegnere il dispositivo

Configurazione di base tramite interfaccia grafica



Configurazione avanzata mediante riga di comando con accesso al sistema operativo IOS



Esercizio 1 - Esempio passo-passo

- Vogliamo vedere il diverso comportamento di queste 2 reti

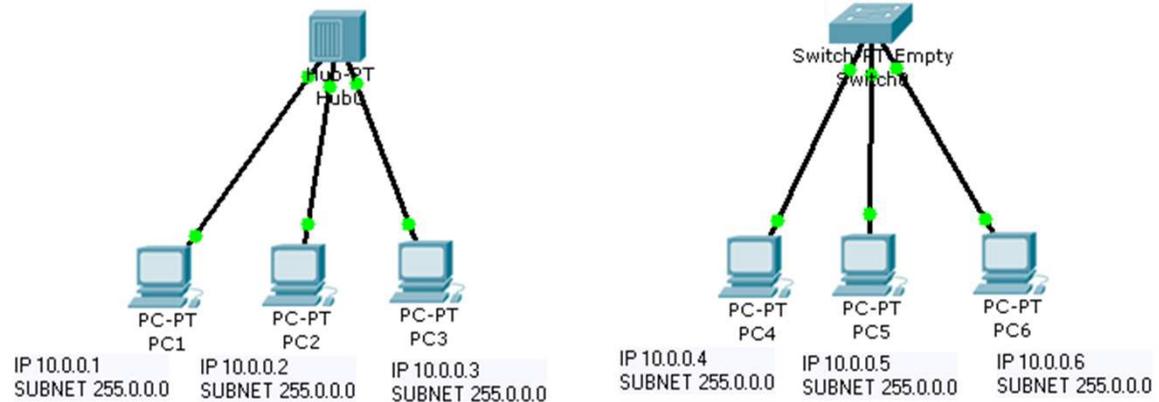
1. Selezionare 1 Hub-PT

2. Selezionare 1
Switch-PT-Empty

(attenzione questo switch di default non ha porte fisiche)

3. Selezionare 6 PC

4. Collegare 3 PC all'hub con il cavo Copper Straight-through (attenzione in fase di collegamento a selezionare le porte Fast Ethernet) e 3 PC allo switch con lo stesso cavo



Esercizio 1 - Esempio passo-passo

- Vogliamo vedere il diverso comportamento di queste 2 reti

1. Selezionare 1 Hub-PT

2. Selezionare 1
Switch-PT-Empty

(attenzione questo switch di default non ha porte fisiche)

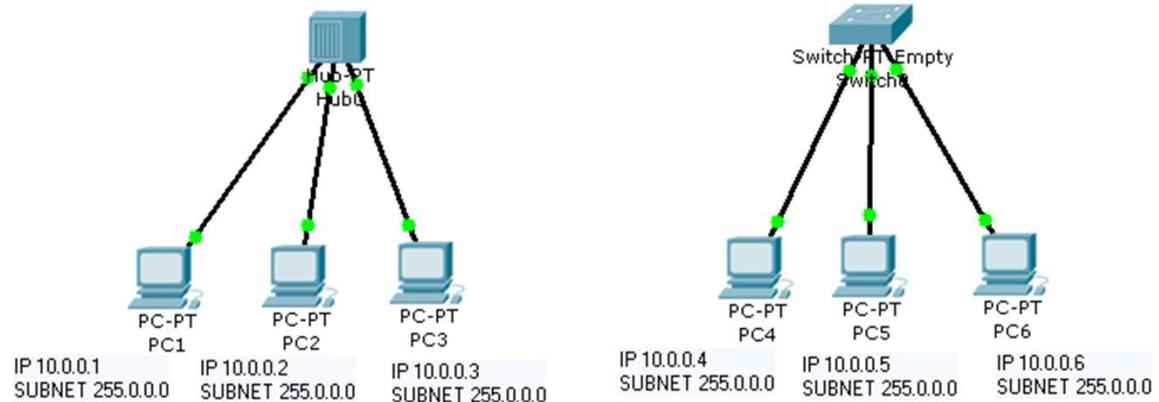
3. Selezionare 6 PC

➤ Configurare gli indirizzi IP e le subnet mask dei PC come in figura

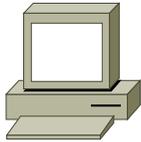
➤ Cliccare sul PC e selezionare *Desktop e IP Configuration*

➤ 255.0.0.0 è la subnet mask di default

4. Collegare 3 PC all'hub con il cavo Copper Straight-through (attenzione in fase di collegamento a selezionare le porte Fast Ethernet) e 3 PC allo switch con lo stesso cavo



Dispositivi utilizzati in questo corso

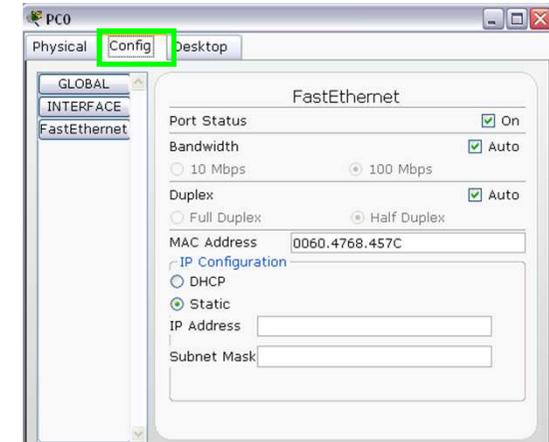


- **PC-PT:** Permette di creare un computer da aggiungere alla rete

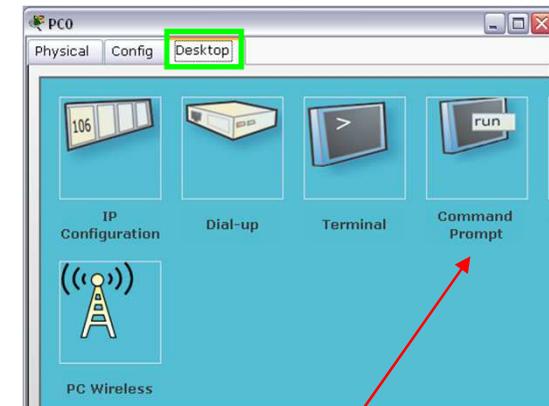


Per cambiare le schede di rete è necessario spegnere il dispositivo, togliere la scheda e aggiungere quella desiderata

Configurazione di base tramite interfaccia grafica



Configurazione avanzata e accesso ai terminali



Per inviare comandi dal terminale

Esercizio 1 - Esempio passo-passo

- Vogliamo vedere il diverso comportamento di queste 2 reti

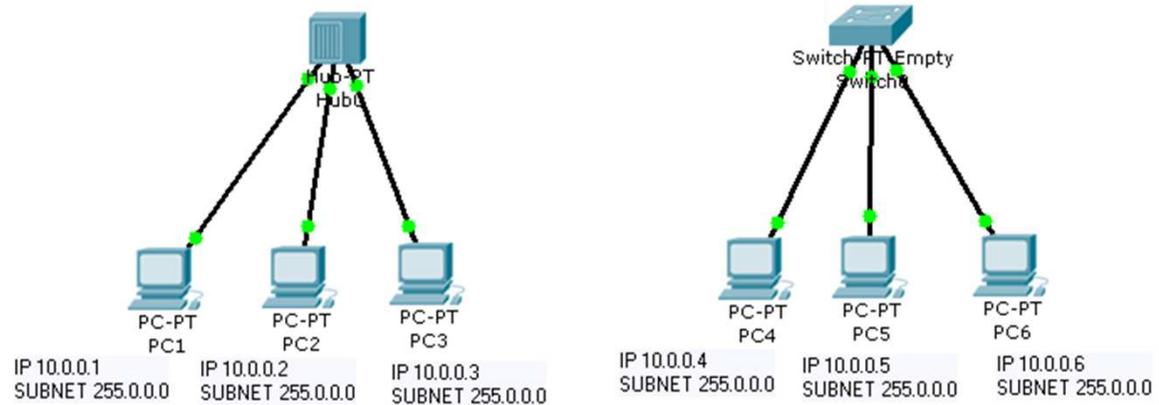
1. Selezionare 1 Hub-PT

2. Selezionare 1
Switch-PT-Empty

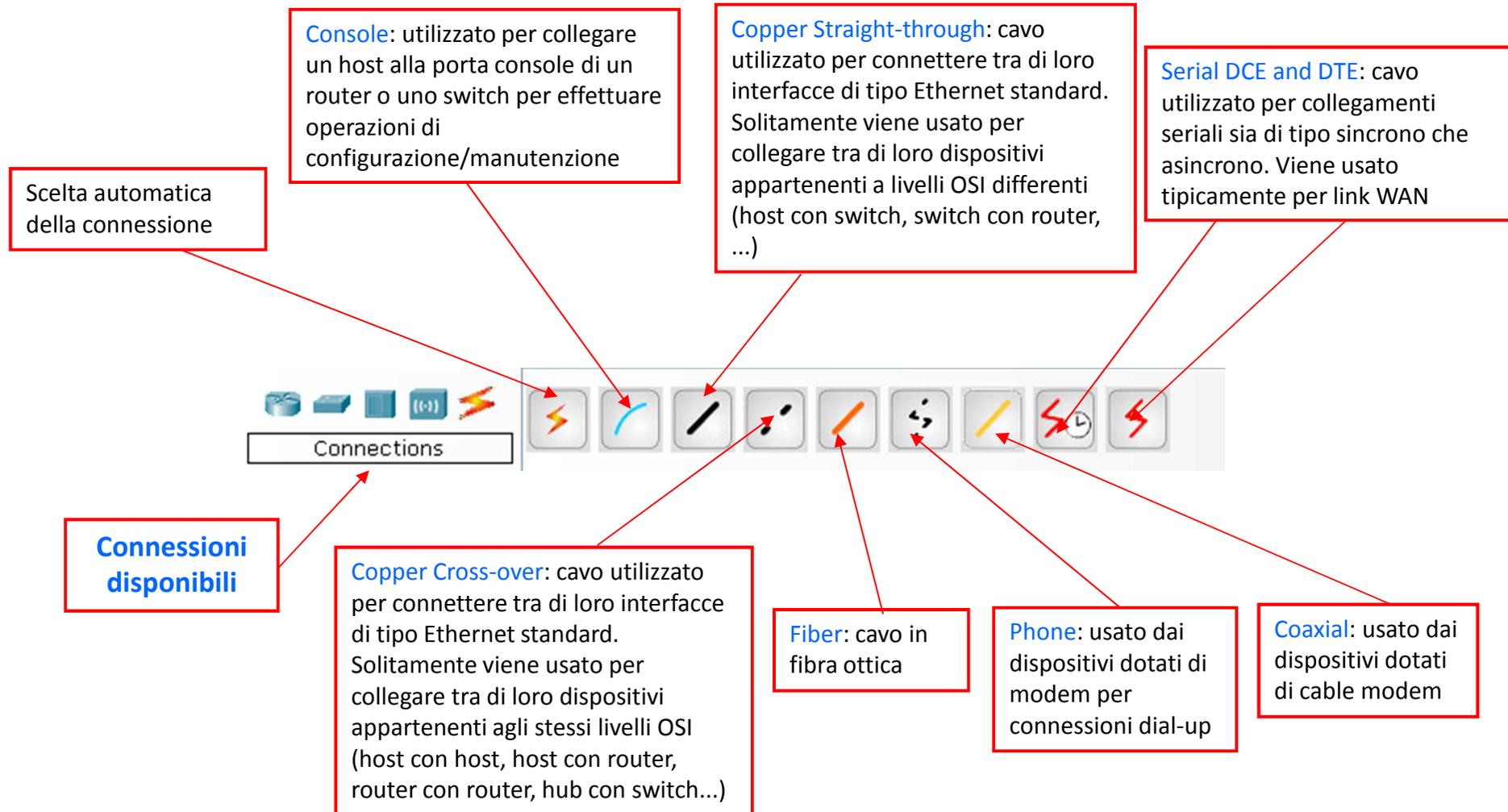
(attenzione questo switch di default non ha porte fisiche)

3. Selezionare 6 PC

4. Collegare 3 PC all'hub con il cavo Copper Straight-through (attenzione in fase di collegamento a selezionare le porte Fast Ethernet) e 3 PC allo switch con lo stesso cavo



Link tra apparati



Link status

- E' possibile visualizzare il nome di ogni interfaccia posizionando lo strumento *Inspect* su ognuna di esse oppure sul link; dopo qualche istante comparirà il nome in forma abbreviata (ad esempio Fa 0/1 per la porta Fast Ethernet 0/1)
- Posizionando il puntatore sul link invece vengono mostrati i nomi delle due interfacce ai capi del link
- Ai capi di ogni link sono rappresentati dei “led” che indicano lo stato dell'interfaccia relativa. Possono essere di tre colori:
 - Verde: indica che l'interfaccia è UP
 - Verde lampeggiante: indica che l'interfaccia è UP e c'è attività sul link
 - Rosso: indica che l'interfaccia è DOWN
 - Ambra: l'interfaccia è “BLOCCATA” in attesa che termini il processo di loop-breaking; questo stato può manifestarsi solo sulle interfacce degli switch

Esercizio 1 - Esempio passo-passo

- Provare ora con la modalità *Simulation* per verificare il comportamento dei singoli pacchetti

In *Event List Filters* con *Edit Filters* disabilitare tutti i protocolli tranne ICMP



- Aggiungere una Simple PDU  , che simula il comando PING, tra il 1° e il 2° PC (basta cliccare sui PC coinvolti nello scambio) sia nella rete con hub che con switch e lanciare *Capture/Forward*. Che differenze ci sono?

“Delete” sotto “scenario 0”

- Eliminare le precedenti Simple PDU e questa volta aggiungere una Simple PDU tra il 1° e il 2° PC e il 3° e il 2° sia nella rete con hub che con switch e lanciare *Auto/Capture play*. Che differenze ci sono in questo caso?

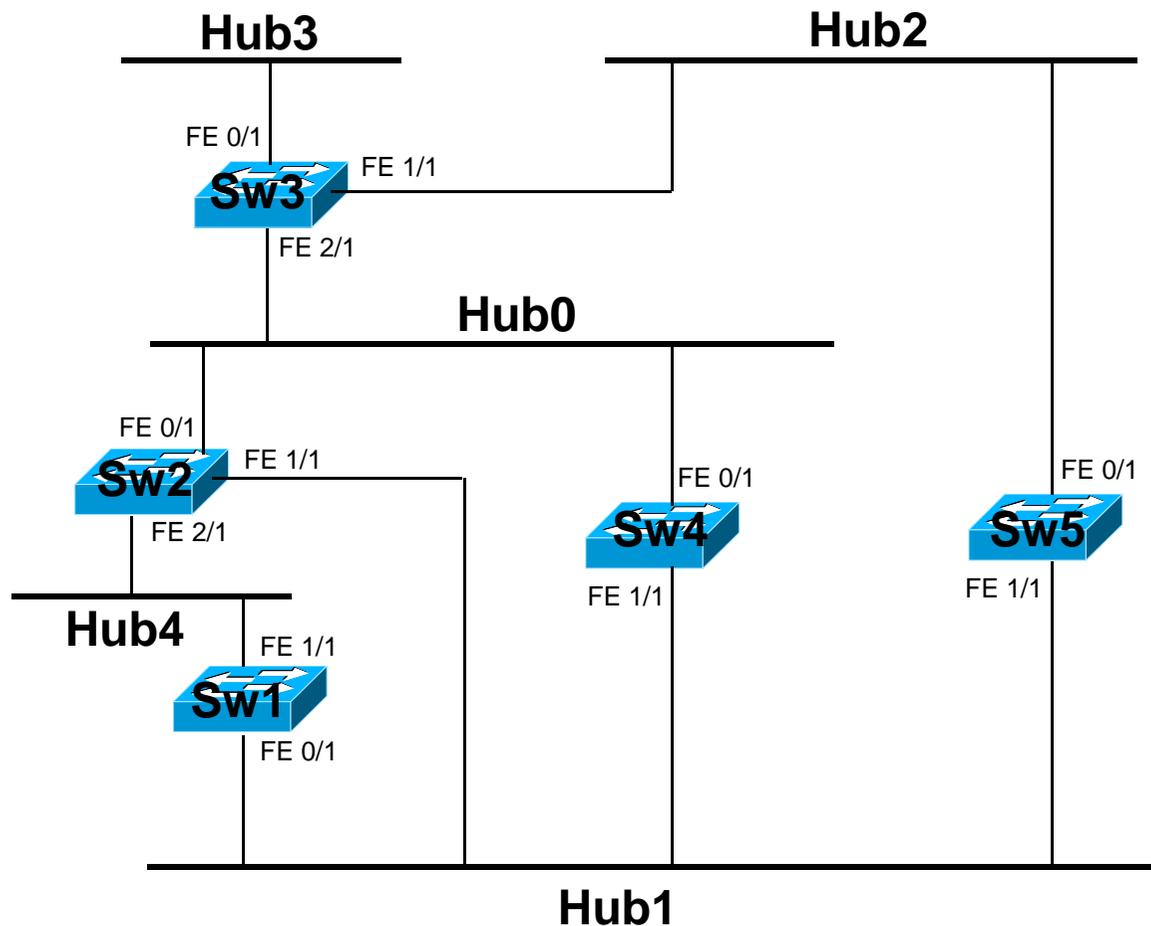
Sommario

- Presentazione CISCO Packet Tracer 4.11
- Switch/Hub
- Spanning Tree Protocol
- Learning & Forwarding (*Homework*)

Spanning Tree Protocol

- Serve per eliminare i loop da una rete magliata contenente dei cicli chiusi per ottenere una topologia ad albero
- Avviene tramite 3 fasi
 - Elezione del *Root Bridge* (radice dell'albero)
 - Selezione della *Root Port* (porta per raggiungere il root bridge)
 - Selezione della *Designated Port* (stabilisce quale tra le porte dei vari switch collegati ad una LAN è designata a inoltrare e ricevere i pacchetti della LAN)
- Stato delle porte
 - Root Bridge: tutte le porte in stato *forwarding* (per inoltrare pacchetti) e dunque tutte sono contrassegnate come Designated Ports
 - Altri Switch: 1 root port e Designated Ports in stato *forwarding*, le altre porte in stato di *blocking* (non inoltrano pacchetti)

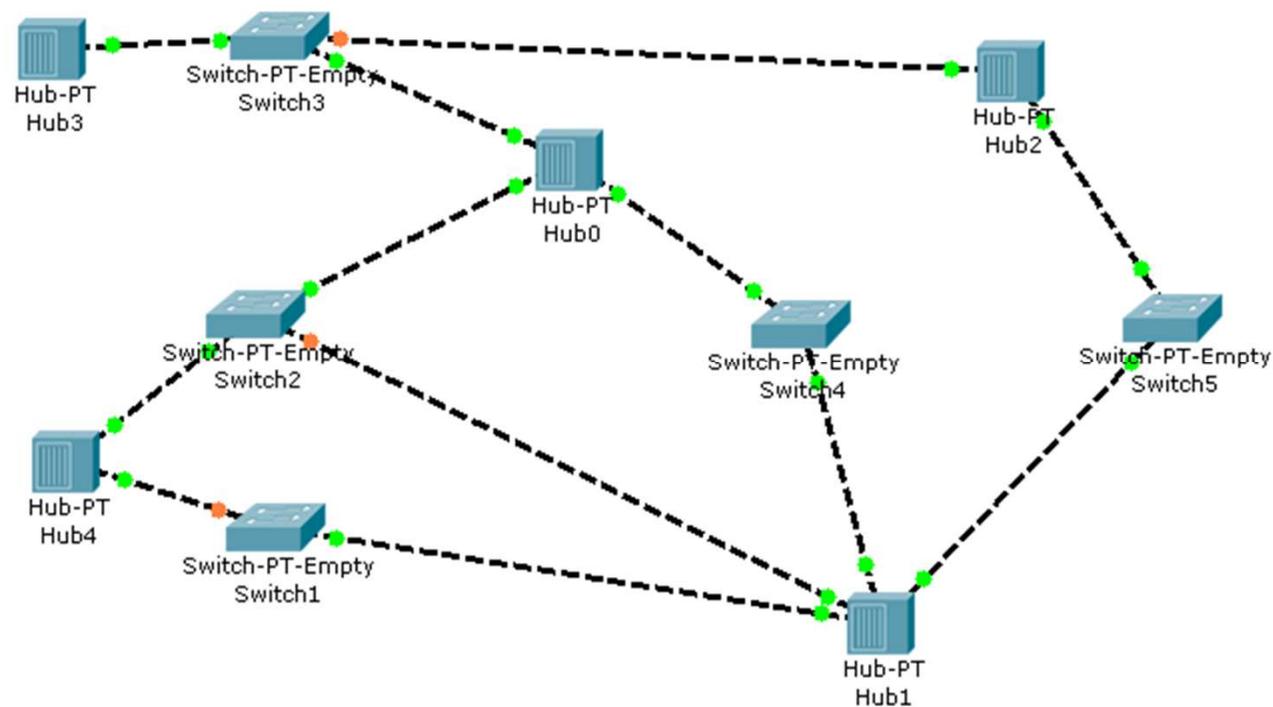
Esercizio 2A



- Data la rete in figura, costruirne il modello equivalente con Packet Tracer
- Prestare attenzione al numero delle porte in fase di collegamento e al tipo di cavo da utilizzare (utilizzando il collegamento automatico non si ha il controllo del numero di porta da collegare)
- Utilizzare lo Switch-Empty e aggiungere il numero appropriato di porte considerando che il dominio di collisione viene creato con un Hub

Esercizio 2A – Soluzione con PT

- Una volta costruita la rete e definiti i parametri, il tool dopo una fase di transitorio (led lampeggianti) fornirà la soluzione dell'algoritmo STP (in RealTime Mode)



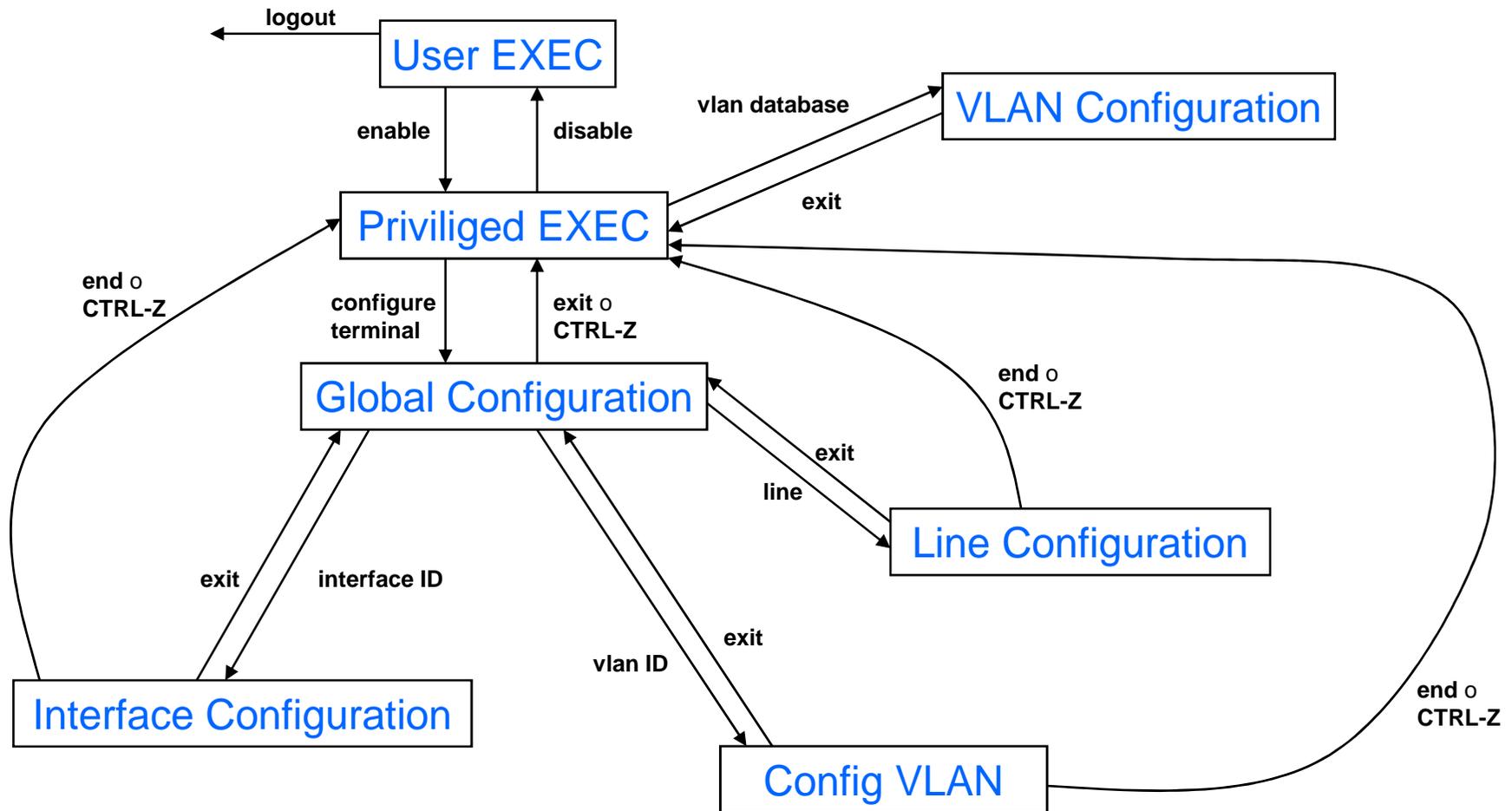
Cisco IOS

- E' il sistema operativo installato su tutti i router Cisco e su molti switch Cisco
- E' un sistema operativo proprietario
- E' ottimizzato per offrire funzionalità di routing e di switching
- Offre accesso affidabile e sicuro agli apparati di rete
- L'accesso al sistema operativo avviene tramite un'interfaccia a linea di comando (CLI, Command Line Interface): offre le funzionalità del terminale di Linux con l'auto completamento dei comandi mediante il TAB
 - Funzionalità “help” utilizzando ‘?’

IOS: Modalità Operative degli Switch

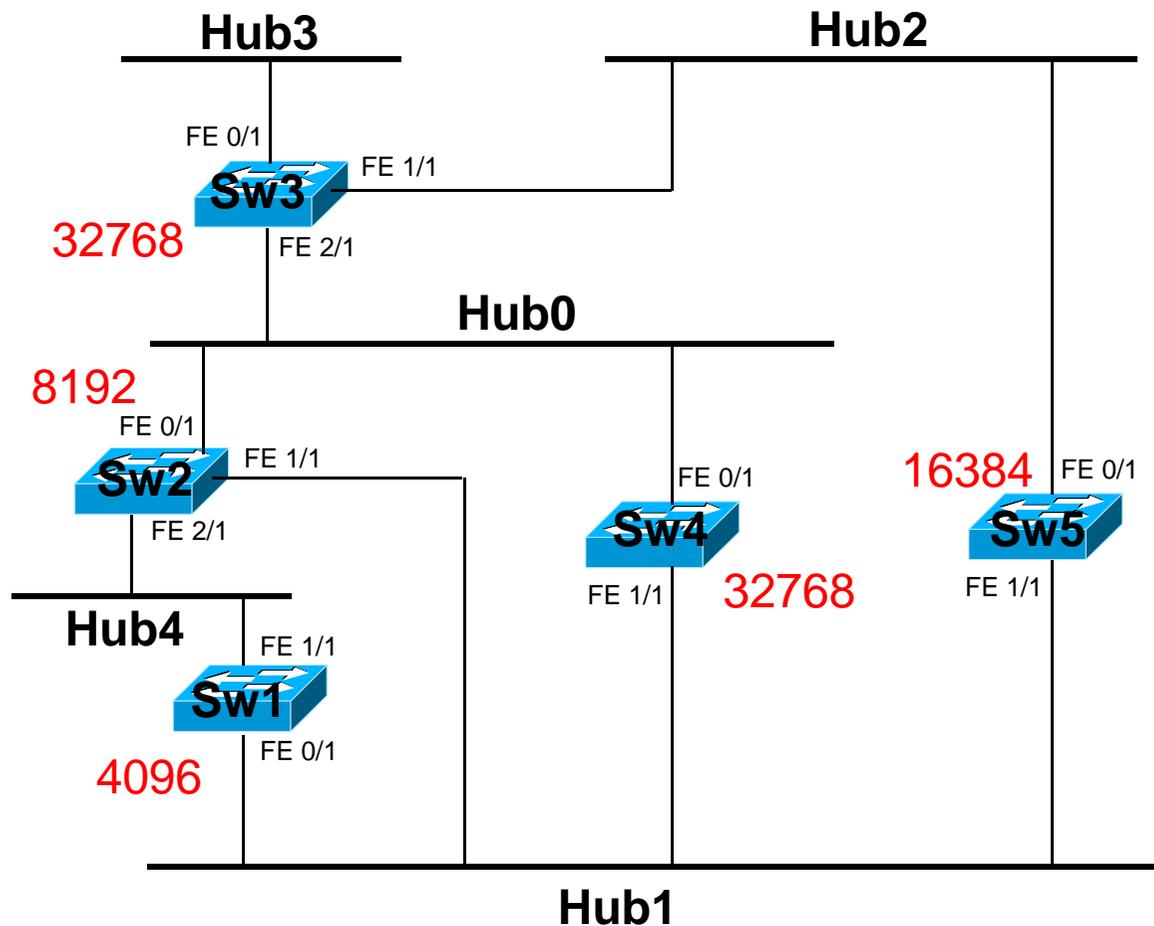
- **User EXEC Mode** [prompt Switch>]
 - Configurare le proprietà del terminal
 - Effettuare test di base
 - Mostrare informazioni di sistema
- **Privileged EXEC Mode (or Enable Mode)** [prompt Switch#]
 - Informazioni di sistema più dettagliate
 - Attivare/disattivare la modalità di debug
 - Salvare/ripristinare la configurazione di sistema
- **Global Configuration Mode** [prompt Switch(config)#]
 - Configurare parametri che riguardano l'intero sistema
- **Interface Configuration Mode** [prompt Switch(config-if)#]
 - Configurare i parametri delle singole interfacce singole o insiemi di esse
- **Config-VLAN Mode** [prompt Switch(config-vlan)#]
 - Configurare i parametri delle VLAN
- **VLAN Configuration Mode** [prompt Switch(vlan)#]
 - Configurare i parametri del VLAN database
- **Line Configuration Mode** [prompt Switch(config-line)#]
 - Configurare i parametri del terminal line

IOS: Modalità operative degli Switch (comandi)



Per la lista dei comandi disponibili (che sono un sottoinsieme di quelli reali dei dispositivi CISCO) vedere l'help del programma tramite F1 nel menù *Switch IOS*

Esercizio 2B

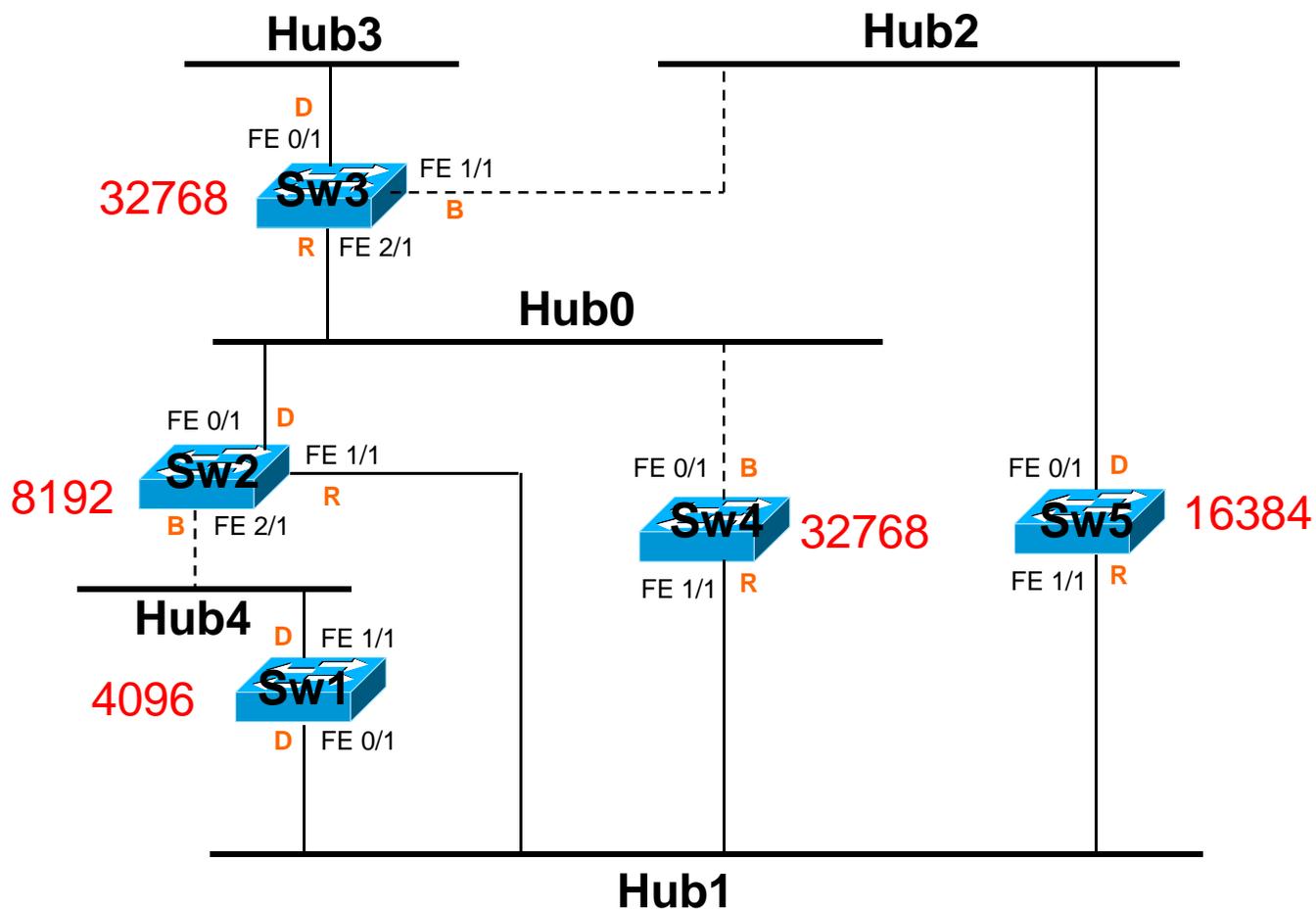


- Assegnare i valori di priorità agli switch come riportato in figura e osservare come agisce lo Spanning Tree Protocol
- Convenzionalmente le priorità assegnabili ai router CISCO sono {0, 4096, 8192, 16384, 32768, ...}
- Minore è il numero e maggiore è la priorità dello switch

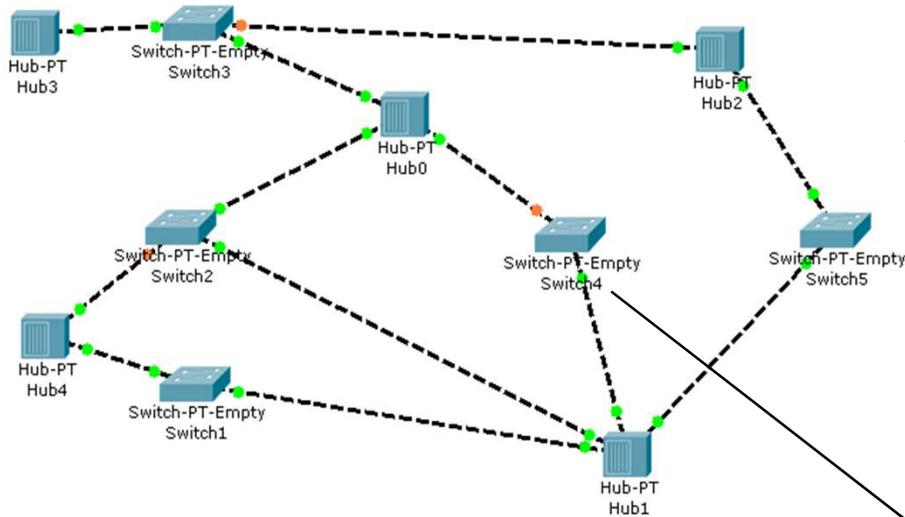
NB: Per configurare la priorità degli switch è necessario essere in modalità **Global Configuration**.

```
Switch(config)# spanning-tree vlan ID priority NUMBER per modificare la priorità di uno switch (ID di default è 1, NUMBER a scelta tra 0 4096 8192 12288 16384 20480 24576 28672 32768 36864 40960 45056 49152 53248 57344 61440)
```

Esercizio 2B - Soluzione



Esercizio 2B – Soluzione con PT



- Una volta costruita la rete e definiti i parametri, il tool dopo una fase di transitorio (led lampeggianti) fornirà la soluzione dell'algoritmo STP come a lato (in RealTime Mode)
- Per mostrare il singolo processo STP negli switch utilizzare il comando: Switch# show spanning-tree (in **modalità privilegiata**)

Le priorità sono aumentate di 1 che è il numero della VLAN di default

I MAC address non sono riferiti ad una particolare interfaccia ma sono riferiti alla macchina. Questo MAC è presente nel sistema operativo dello switch ed è visualizzabile con il comando Switch> show version

```
Switch4#show spanning-tree
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
  Root ID    Priority    4097
            Address    0060.2F1E.AEAO
  Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
  Bridge ID  Priority    32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
            Address    0001.422E.0237
  Aging Time 300

Interface    Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
-----
Fa0/1        Altn BLK 19        128.3   Shr
Fa1/1        Root FWD 19        128.3   Shr
```

STP Timer →

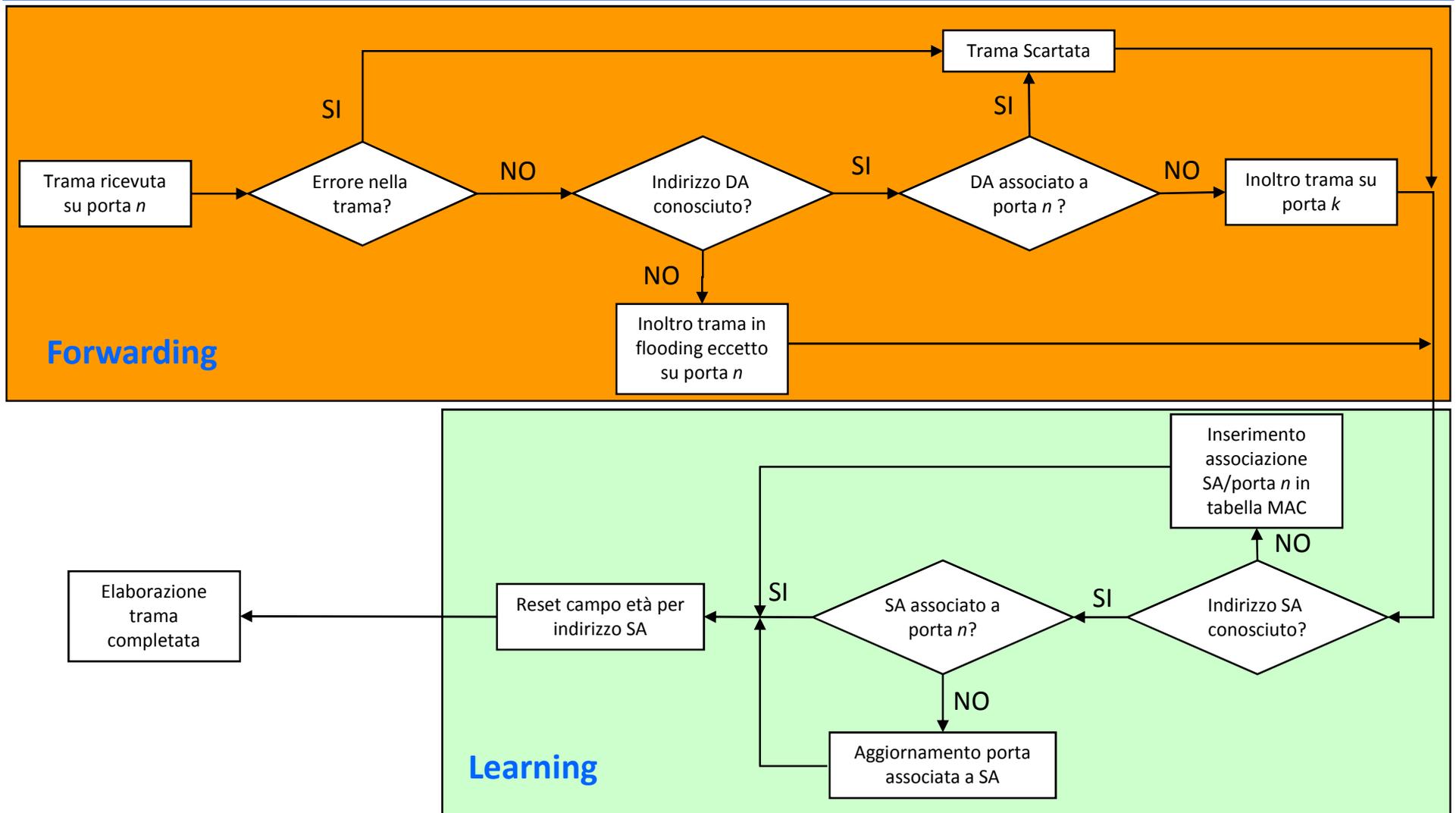
Stato singole interfacce →

APPROFONDIMENTO
HOMEWORK

Sommario

- Presentazione CISCO Packet Tracer 4.11
- Switch/Hub
- Spanning Tree Protocol
- Learning & Forwarding (*Homework*)

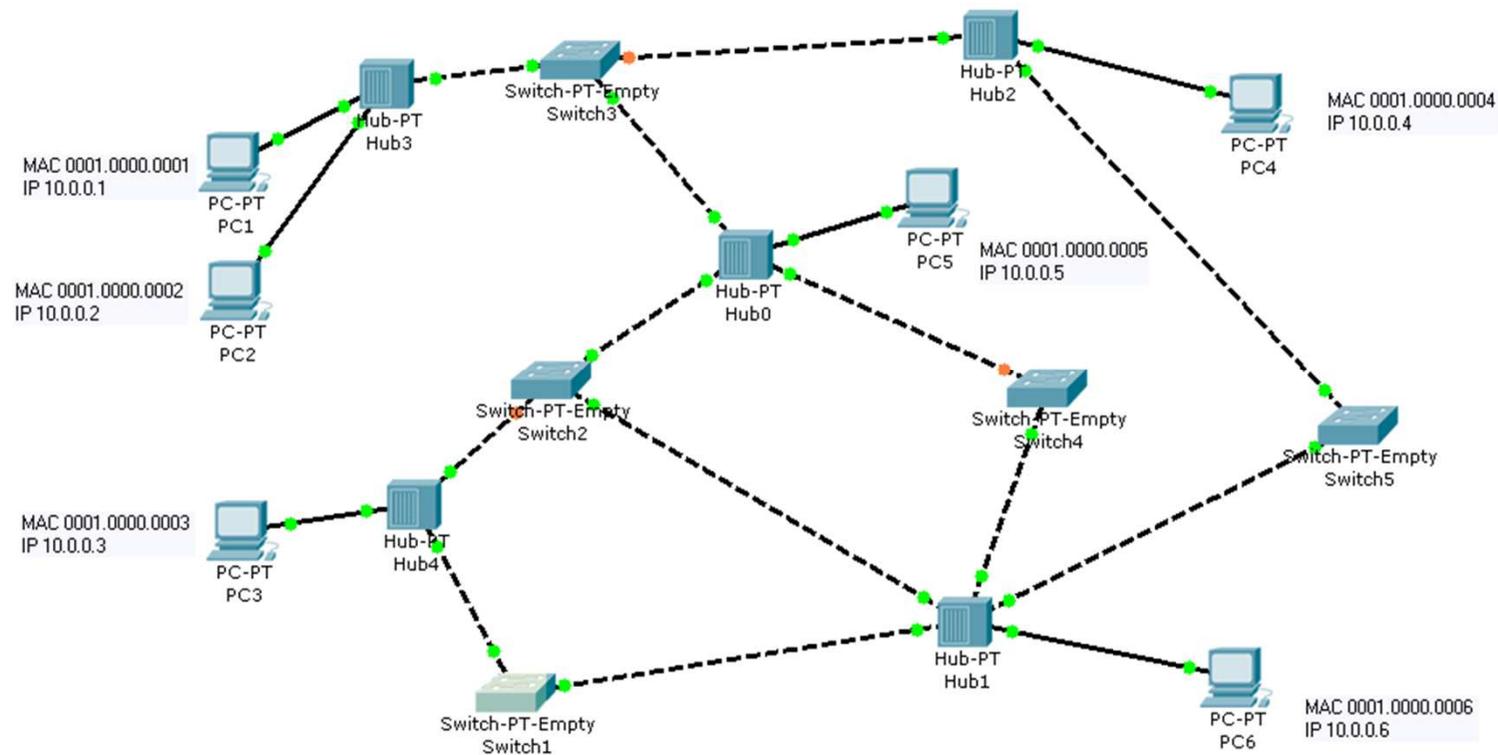
Learning & Forwarding



MAC Tables

- Negli switch, servono per creare la corrispondenza tra gli indirizzi MAC e le porte fisiche (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet ecc.) su cui devono essere inoltrate le trame
- Vengono popolate grazie al meccanismo di Learning
- Vengono rimosse dopo un tempo di time-out, valutato sul «campo età» (o ageing time)

Esercizio 3



- Alla rete dell'**Esercizio 2B** aggiungiamo i 6 PC come in figura configurandoli con gli indirizzi MAC e gli indirizzi IP specificati mediante interfaccia grafica vista precedentemente
- Verificare lo stato delle tabelle MAC degli switch dopo aver instradato, in ordine cronologico, le seguenti trame: PC2 – PC6 , PC6 – PC2 , PC4 – PC3 , PC3 – PC4 , PC5 – PC1 , PC1 – PC5
- Compilare le tabelle passo a passo manualmente e verificare la correttezza della soluzione

Esercizio 3

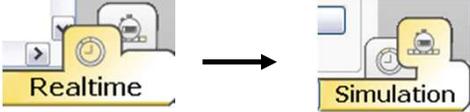
- Configurare gli indirizzi IP e le subnet mask dei PC come in figura
- Configurare gli indirizzi MAC dei PC come in figura (cliccare sul PC, selezionare Config e FastEthernet)
- (NOTA: Se invece si volessero configurare gli indirizzi MAC dello switch, si dovrebbe procedere come in figura:
 - da CLI andare in modalità *Interface Configuration* e usare il comando `Switch(config-if)# mac-address NEW_MAC`)

Modifica MAC →

Verifico la modifica →

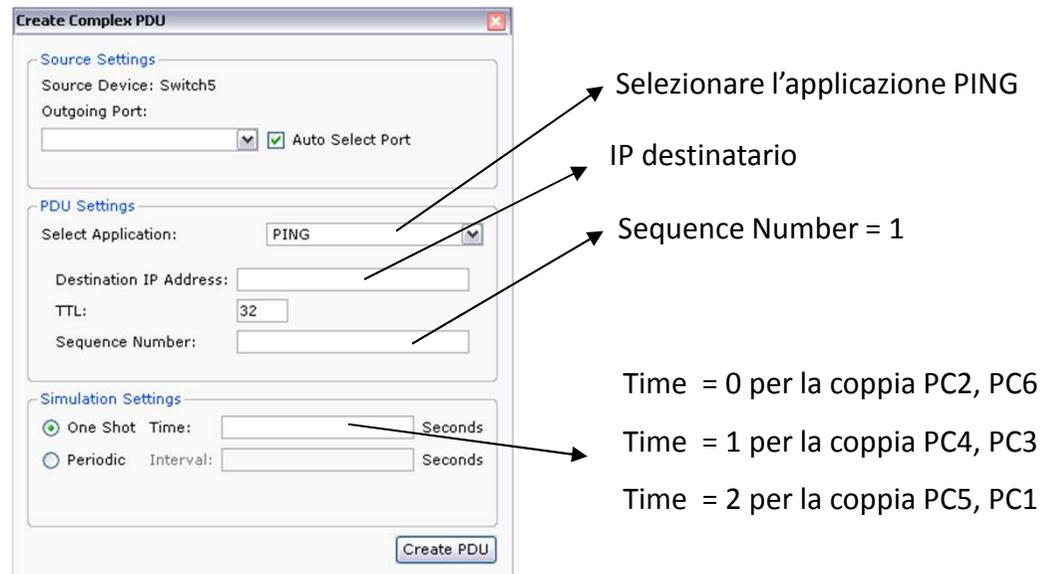
```
Switch>enable
Switch#configure
Configuring from terminal, memory, or network [terminal]?
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Switch(config)#interface FastEthernet 0/1
Switch(config-if)#mac-address 0001.0c35.3eal
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#exit
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Switch#show interface FastEthernet 0/1
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up (connected)
Hardware is Lance, address is 0001.0c35.3eal (bia 0000.0c36.3eab)
MTU 1500 bytes, BW 100000 Kbit, DLY 1000 usec,
    reliability 255/255  txload 1/255  rxload 1/255
```

Esercizio 3 – Soluzione con PT

- E' quindi necessario simulare le trame di traffico richieste
 - Mantenere la rete in modalità *Realtime* finché lo stato dell'algoritmo STP non è a regime
 - Passare in modalità *Simulation* 
 - Usare il comando PING, che permette di simulare lo scambio delle trame nelle due direzioni
 - Ad esempio, un PING tra PC2 e PC6 permette di simulare le trame PC2-PC6 e PC6-PC2

Esercizio 3 – Soluzione con PT

- Per schedulare più PING in tempi diversi è necessario usare lo strumento *Add Complex PDU* 
- Cliccare sul dispositivo che origina il comando PING e completare i campi



Selezionare l'applicazione PING

IP destinatario

Sequence Number = 1

Time = 0 per la coppia PC2, PC6

Time = 1 per la coppia PC4, PC3

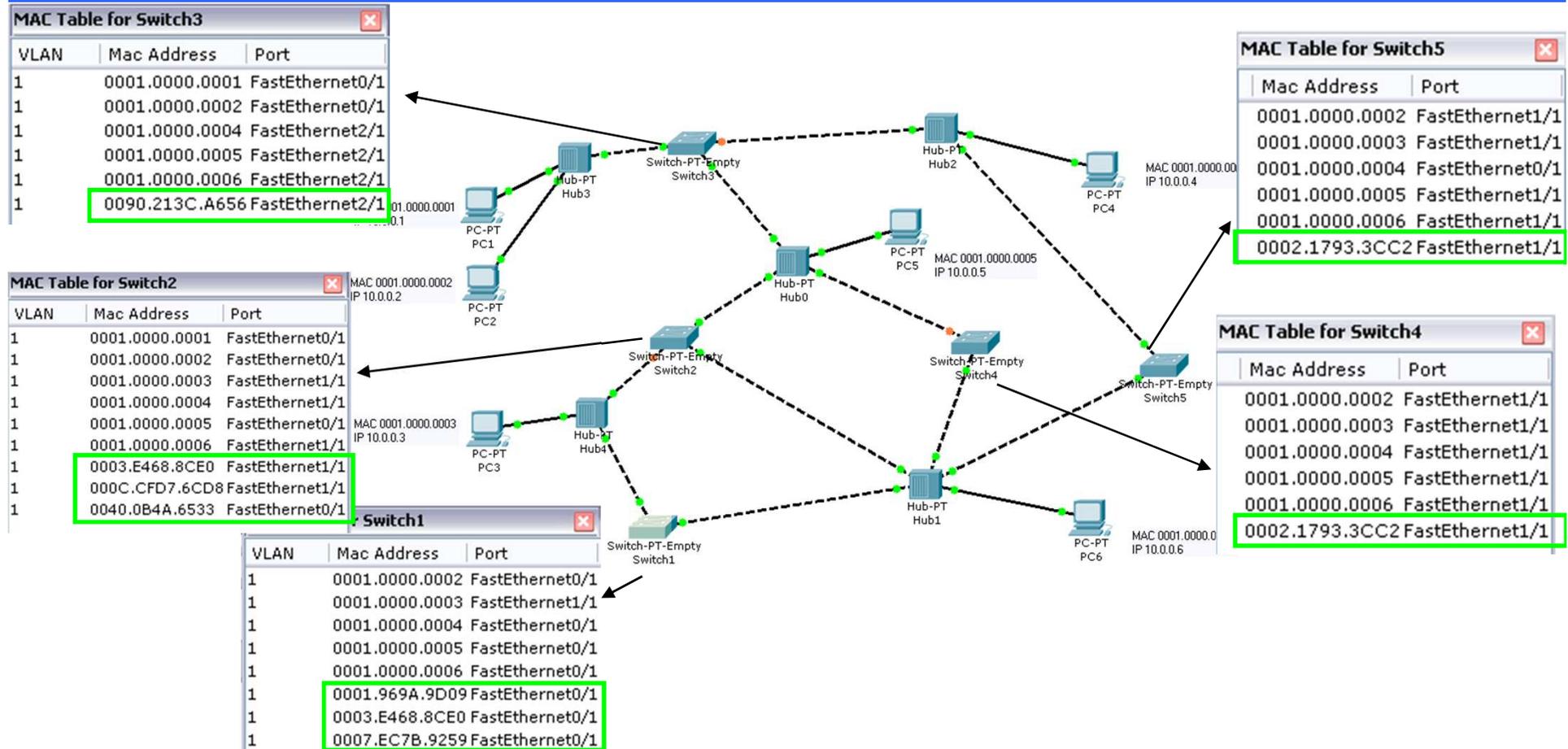
Time = 2 per la coppia PC5, PC1

Esercizio 3 – Soluzione con PT

- Con lo strumento *Inspect* controllare le MAC table degli switch. Se non sono vuote, svuotarle mediante il comando `Switch# clear mac-address-table dynamic`
 - Necessario perché la simulazione non sia influenzata da eventuali messaggi scambiati in precedenza
- Filtrare il traffico mostrato scegliendo solo il protocollo ICMP
- Lanciare la simulazione mediante il comando *Capture/Forward*, il quale permette di vedere passo-passo i pacchetti in rete finché non si ottiene l'instradamento di tutti i pacchetti come in figura

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time
	Successful	PC2	10.0.0.6	ICMP		0.00
	Successful	PC4	10.0.0.3	ICMP		1.00
	Successful	PC5	10.0.0.1	ICMP		2.00

Esercizio 3 – Soluzione con PT



- Gli indirizzi evidenziati in verde sono quelli delle interfacce MAC degli switch che comunicano tramite il protocollo Spanning Tree, mentre i restanti sono quelli dei PC dovuti allo scambio dei pacchetti del comando PING

Esercizio 3 – Switch MAC tables

- Le entry inserite nelle MAC tables degli switch grazie al meccanismo di Learning scatenato dalle sei trame sono illustrate di seguito

Trama	Switch 1		Switch 2		Switch 3		Switch 4		Switch 5	
	MAC	PORTA								
PC2 – PC6	0001.0000.0002	FE0/1	0001.0000.0002	FE0/1	0001.0000.0002	FE0/1	0001.0000.0002	FE1/1	0001.0000.0002	FE1/1
PC6 – PC2	0001.0000.0006	FE0/1	0001.0000.0006	FE1/1	0001.0000.0006	FE2/1	0001.0000.0006	FE1/1	0001.0000.0006	FE1/1
PC4 – PC3	0001.0000.0004	FE0/1	0001.0000.0004	FE1/1	0001.0000.0004	FE2/1	0001.0000.0004	FE1/1	0001.0000.0004	FE0/1
PC3 – PC4	0001.0000.0003	FE1/1	0001.0000.0003	FE1/1	-	-	0001.0000.0003	FE1/1	0001.0000.0003	FE1/1
PC5 – PC1	0001.0000.0005	FE0/1	0001.0000.0005	FE0/1	0001.0000.0005	FE2/1	0001.0000.0005	FE1/1	0001.0000.0005	FE1/1
PC1 – PC5	-	-	0001.0000.0001	FE0/1	0001.0000.0001	FE0/1	-	-	-	-