



Corso di
RETI DI TELECOMUNICAZIONI
a.a. 2012-2013

Livello rete: Instradamento
Ing. Peppino Fazio

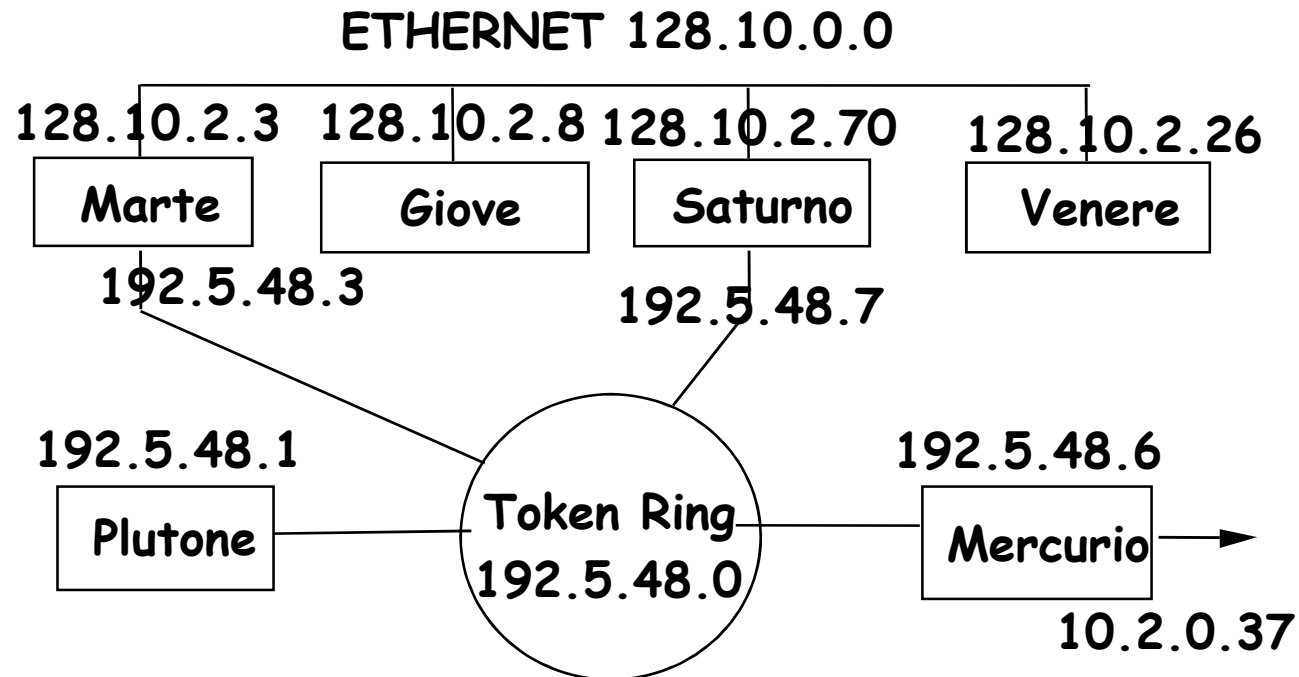


Router IP

- L'instradamento è una funzione di natura logica che ha lo scopo di guidare l'informazione di utente verso la destinazione desiderata
- In Internet ogni datagramma IP attraversa un cammino composto da sotto-reti interconnesse da router
- I router IP ricevono datagrammi IP da un'interfaccia e li inoltrano su un'altra
- I router IP hanno (normalmente) un indirizzo IP per ogni interfaccia



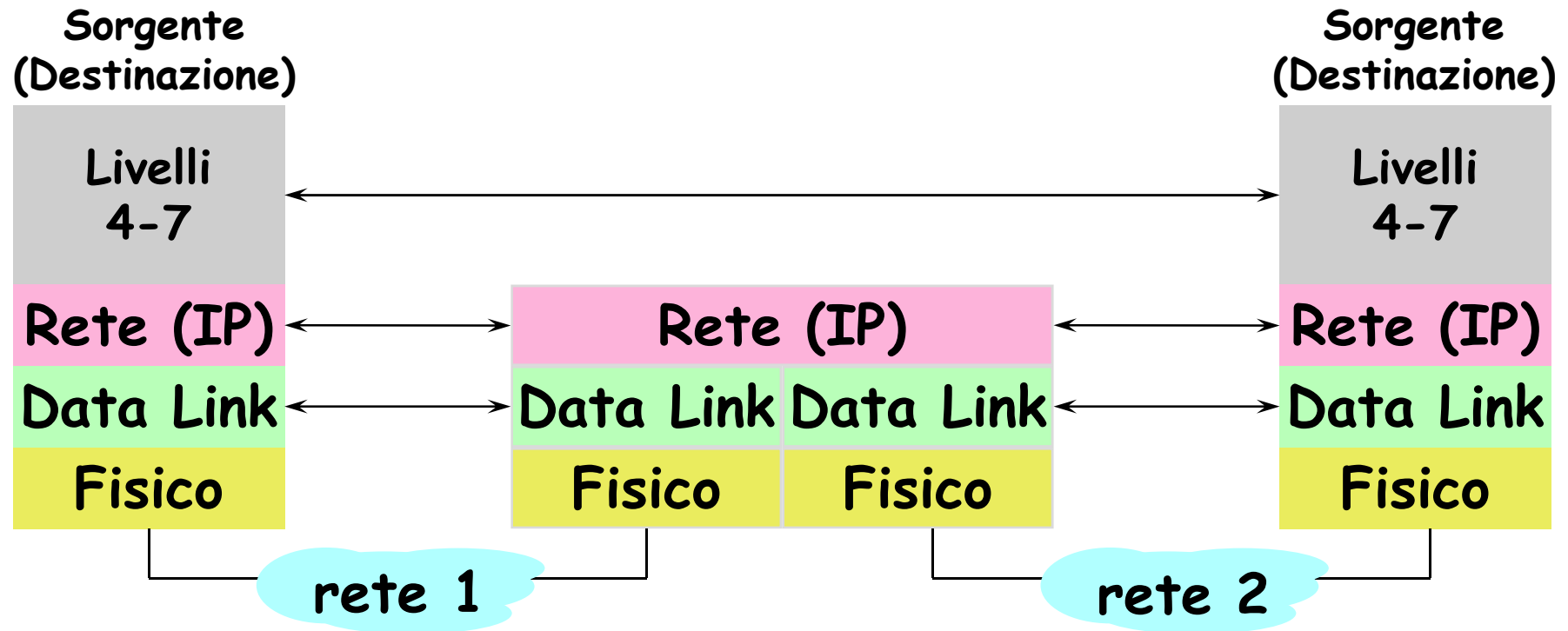
Router IP



- “Marte” e “Saturno” sono multi-homed host, in quanto connessi sia alla Token Ring che a Ethernet; hanno quindi due indirizzi.
- Il gateway “Mercurio” interconnette la Token Ring a un'altra rete (ARPANET) e quindi anch'esso ha due indirizzi.
- Siccome gli indirizzi sono utilizzati per l'instradamento, se ci riferiamo a “Marte” con l'indirizzo 192.5.48.3 il messaggio arriva tramite la Token Ring; se invece usiamo 128.10.2.3, il messaggio arriva tramite l'Ethernet



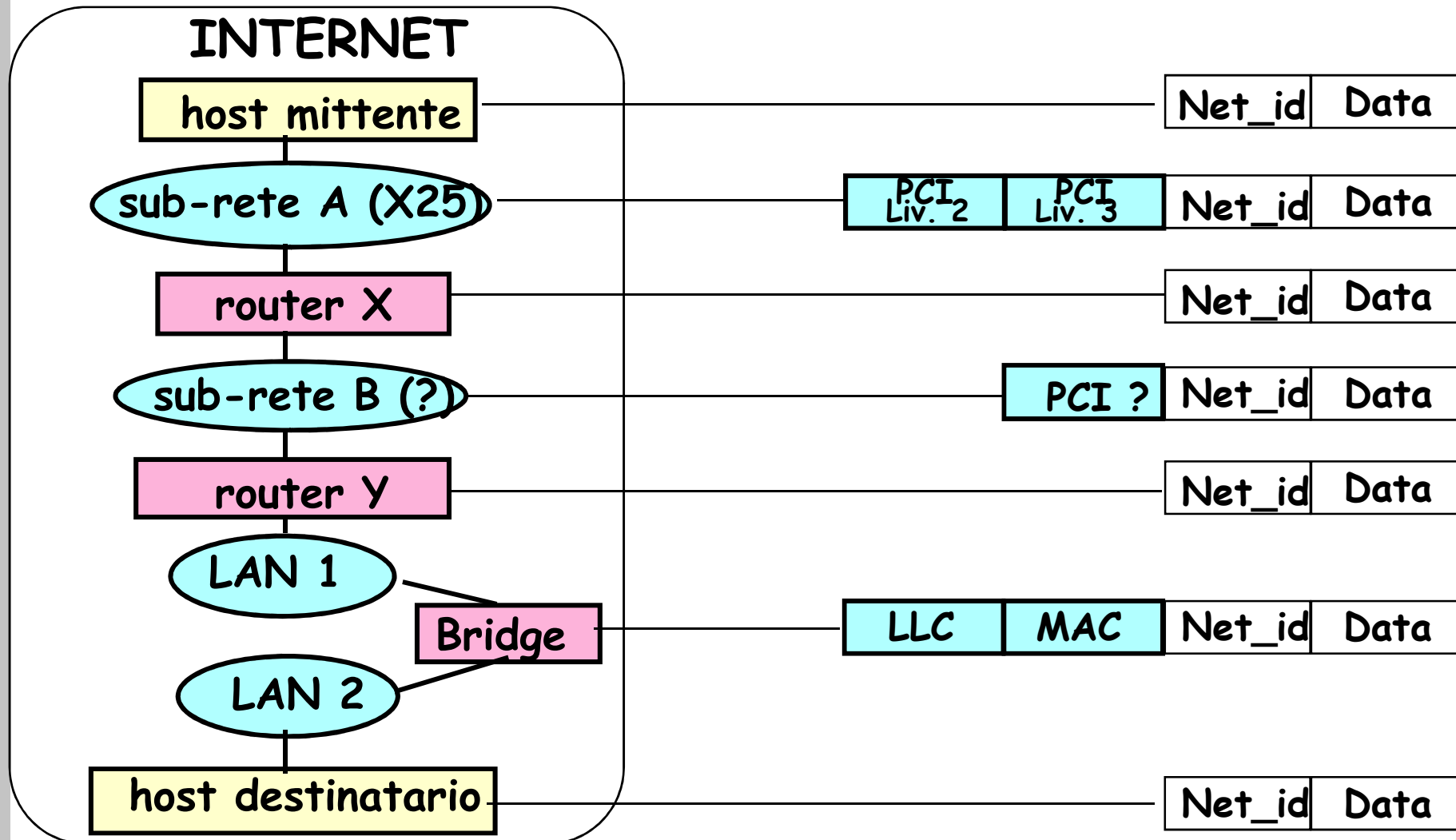
Interconnessione di reti tramite Router



- I router lavorano al livello 3 OSI (livello di rete)
- Sono indirizzati esplicitamente
- I nodi della rete devono conoscere l'indirizzo del router



Incapsulamento del datagramma IP



Instradamento IP



- Si è messo in evidenza Net-id nel datagramma IP, perché i router instradano i datagrammi verso la rete logica di destinazione e non verso il singolo host
- L'algoritmo di instradamento nei router determina la sequenza dei router da attraversare e si basa solo sulla componente Net-id dell'indirizzo IP di destinazione
- La componente Host-id viene presa in considerazione solo dai router della rete logica di destinazione

Instradamento IP



Instradamento diretto

- si applica quando la trasmissione di un datagramma IP avviene tra due host connessi alla stessa sotto-rete

Instradamento indiretto

- si applica quando la trasmissione di un datagramma IP deve attraversare almeno un router, cioè avviene tra due host connessi su differenti sotto-reti



Università della Calabria D.E.I.S.

Instradamento IP



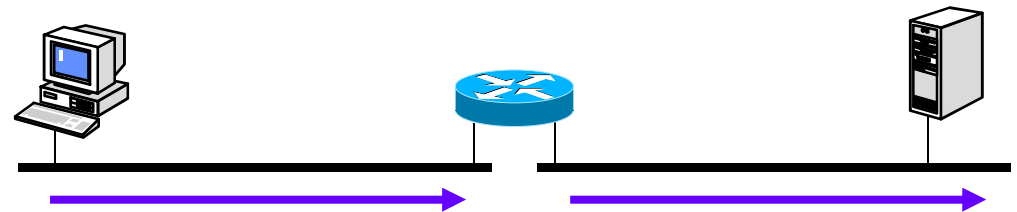
Bitwise_AND (IP_destination_address, my_subnet_mask)
=
Bitwise_AND (my_IP_address, my_subnet_mask)

SI

NO

Instradamento **diretto**

Instradamento **indiretto**





Instradamento IP

Bitwise_AND (194.27.3.48, 255.255.255.192)
=
Bitwise_AND (194.27.3.16, 255.255.255.192)

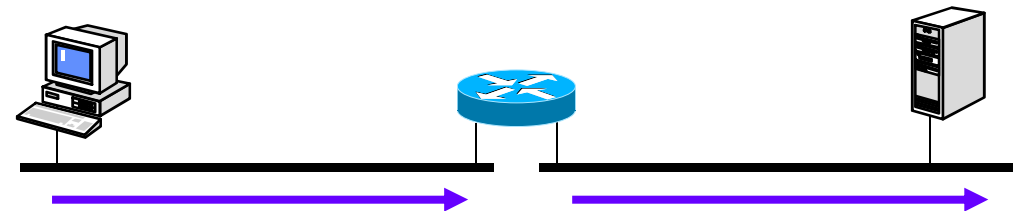
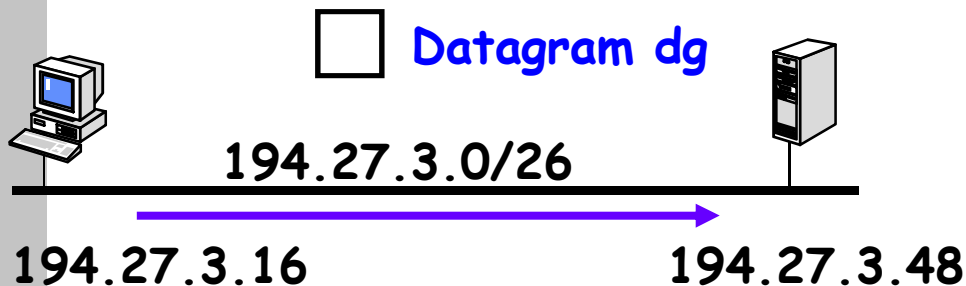
SI

194.27.3.0

NO

Instradamento **diretto**

Instradamento **indiretto**



```
IF bitwise_and(dg.ip_dest, my_ip_mask) ==  
   == bitwise_and(my_ip_addr, my_ip_mask)  
THEN send_dg_locally(dg, dg.ip_dest)
```



Instradamento IP

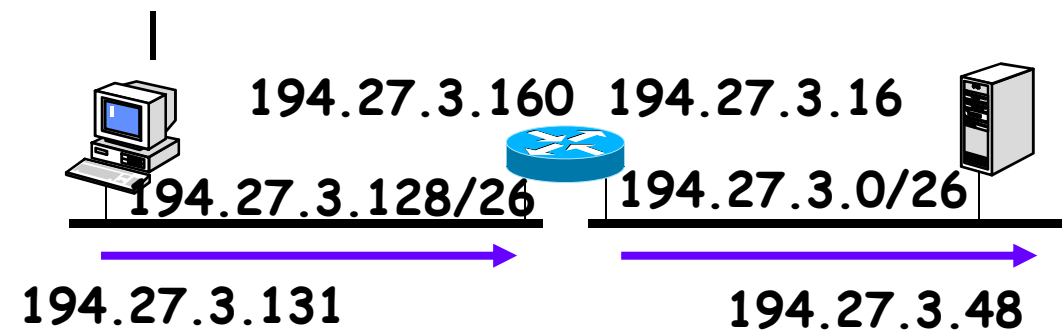
Bitwise_AND (194.27.3.48, 255.255.255.192)
=
Bitwise_AND (194.27.3.131, 255.255.255.192)

SI

NO

Instradamento **diretto**

Instradamento **indiretto**



...ELSE

```
send_dg_locally(dg,  
gateway_to(bitwise_and(dg.ip_dest, my_ip_mask)))
```



Instradamento diretto

- Lo scambio di datagrammi tra host connessi alla stessa sottorete NON coinvolge i router
- L'host IP sorgente incapsula il datagramma nell'unità dati tipica della sotto-rete, traduce l'indirizzo IP di destinazione nel corrispondente indirizzo locale di quella sotto-rete, e lo invia direttamente all'host di destinazione
- L'instradamento all'interno della sotto-rete utilizza i meccanismi propri della rete stessa e può essere qualunque e non significativo globalmente

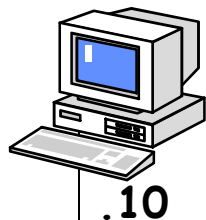


Instradamento diretto

- Se un host IP deve consegnare un datagramma ad un altro host attraverso una sottorete comune, l'host sorgente deve conoscere l'indirizzo di sottorete del destinatario
- E' necessaria un'operazione di traduzione di indirizzi IP in indirizzi specifici della sotto-rete (es. MAC)
- La corrispondenza tra gli indirizzi IP (indirizzi di livello 3) e gli indirizzi di livello 2 è gestita dal protocollo ARP (Address Resolution Protocol)
- Gli indirizzi di livello 2 possono essere:
 - × indirizzi MAC nelle LAN
 - × identificatori di circuito virtuale nelle reti X.25, Frame Relay e ATM
 - × etc.



Instradamento diretto: esempio



.10

Rete 192.168.10.0/24



.35

MAC 00082C785852

MAC-D	000060AD8744
MAC-S	00082C785852
IP-D	192.168.10.35
IP-S	192.168.10.10

MAC 000060AD8744



Instradamento indiretto

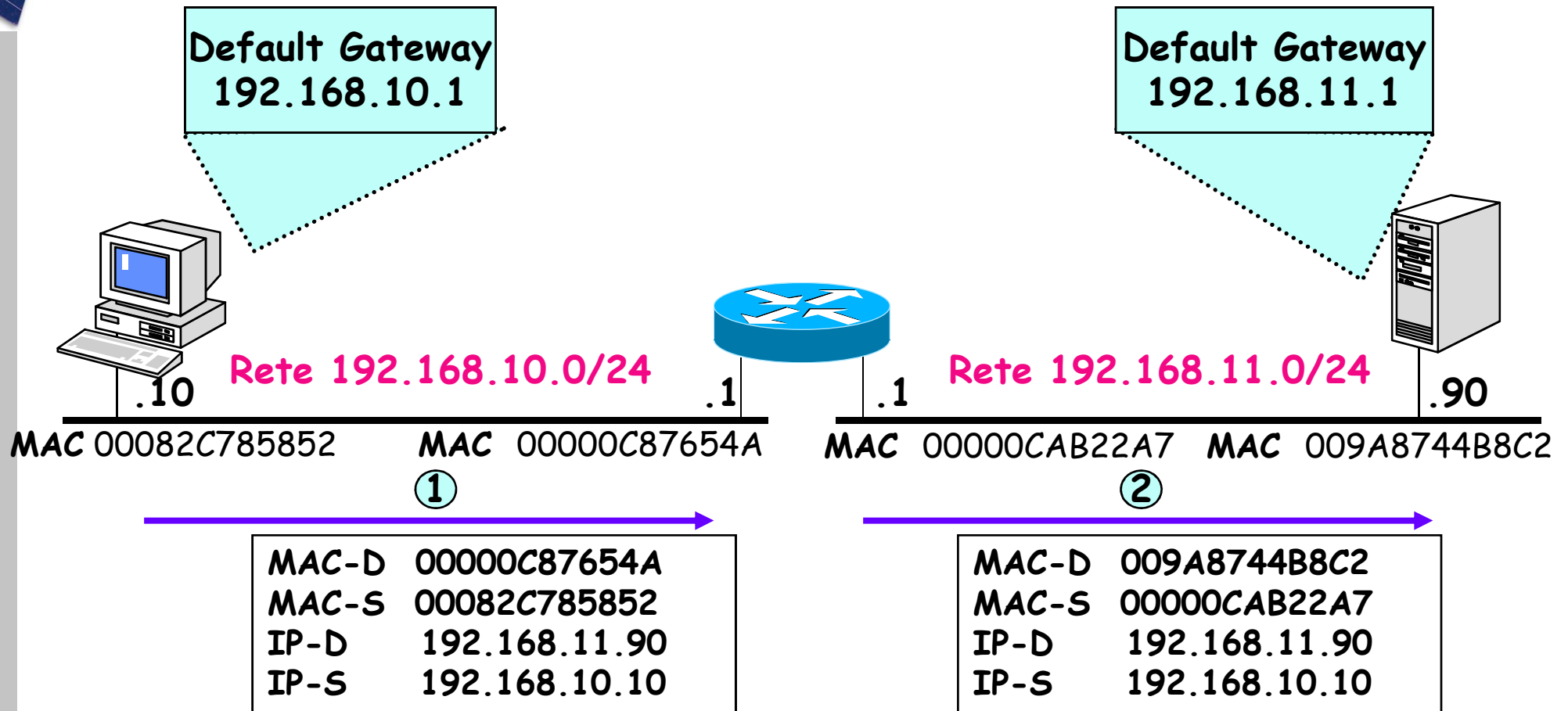
- L'host mittente identifica il router più vicino a cui inviare il datagramma IP utilizzando la sotto-rete fisica a cui è connesso (instradamento diretto)
- Il router esamina il datagramma ricevuto e decide verso quale altro router (next-hop router) indirizzarlo, nel cammino verso la rete logica di destinazione
- Quindi il router usa un instradamento diretto per inoltrare il datagramma verso il router successivo attraverso la sottorete a cui sono entrambi collegati
- L'instradamento attraverso la sotto-rete che connette due router avviene secondo i meccanismi della sottorete



Instradamento indiretto

- Il processo si ripete di router in router, finché il datagramma arriva ad un router collegato alla stessa sotto-rete dell'host di destinazione
- Nella sotto-rete di destinazione il datagramma viene inviato dal router allo specifico host tramite instradamento diretto
- Si può dire che l'instradamento indiretto è una successione di instradamenti diretti coordinata dai router
- I router non si occupano dell'instradamento all'interno delle sotto-reti

Instradamento indiretto: esempio



Gli indirizzi di livello 3 non cambiano mai durante il tragitto di un datagram, mentre quelli di livello 2 individuano gli apparati interessati alla trasmissione del pacchetto all'interno di una particolare sottorete.



Instradamento indiretto

Resta da scoprire:

- Come un host mittente individua il primo router a cui inviare un datagramma?
- Come tale router decide verso quale altro router inoltrare a sua volta il datagramma?
- Quali sono le procedure operative seguite dagli host per inviare i datagrammi e dai router per inoltrarli (forwarding)?

Occupiamoci prima delle procedure operative ipotizzando che host e router sappiano verso quale altro router inviare/rilanciare un datagramma

Tabelle di routing

- Il meccanismo operativo usato per l'instradamento IP è basato su una tabella di instradamento (routing) che ogni host/router mantiene allo scopo di conoscere le possibili destinazioni e i modi per raggiungerle
- Una tabella di instradamento contiene le coppie (N,R), dove N è l'indirizzo della rete di destinazione e R è l'indirizzo IP del prossimo router (next-hop router) verso la rete di destinazione
 - ✗ solo nella rete di destinazione, R diventa l'indirizzo IP dell'host destinazione
- La tabella di instradamento specifica solo *un passo* lungo il cammino verso la destinazione; perciò un router non conosce il cammino completo del datagramma ma solo il passo successivo; quindi la tabella contiene indirizzi R raggiungibili solo attraverso una singola sottorete



Architettura logica di un Router

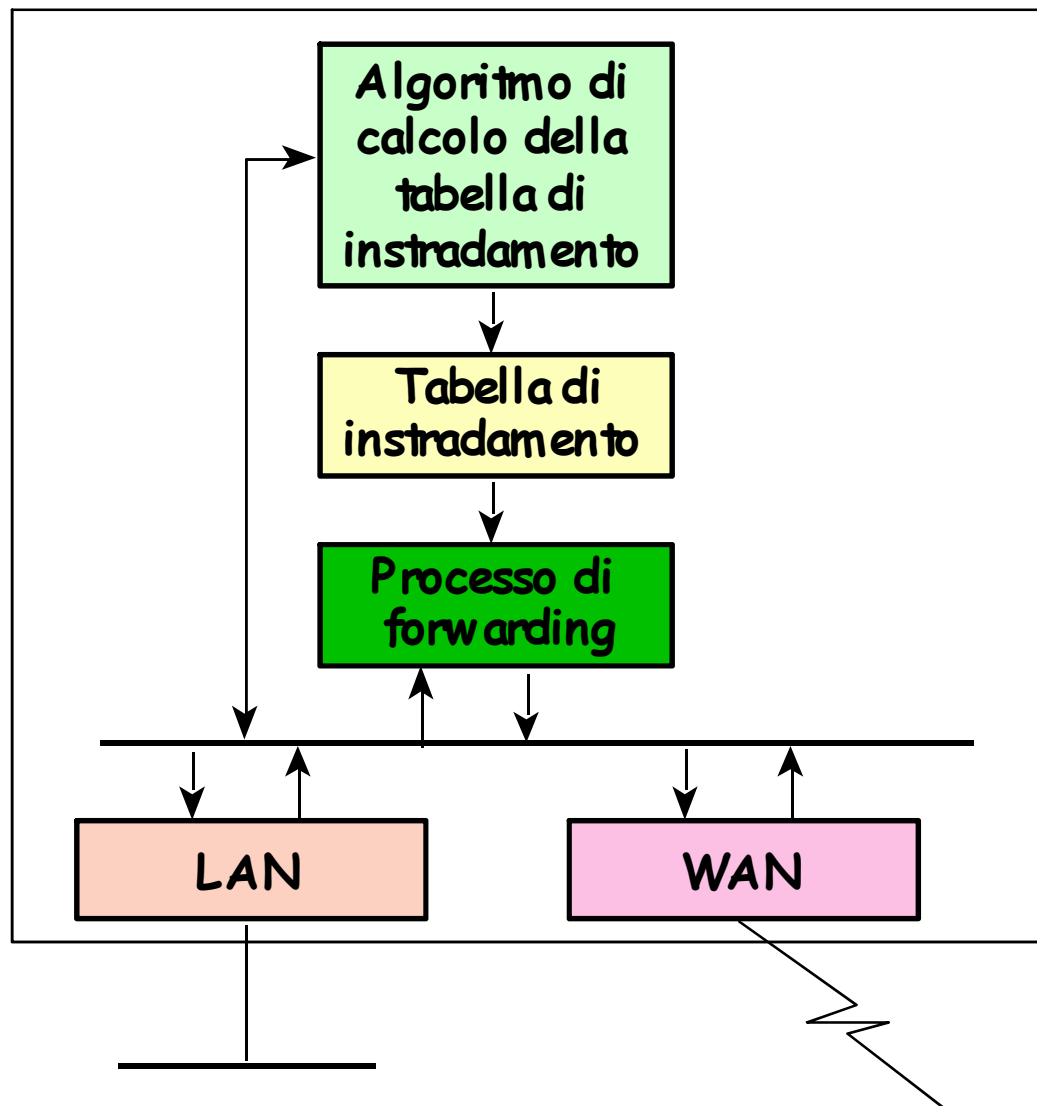




Tabelle di routing: esempio

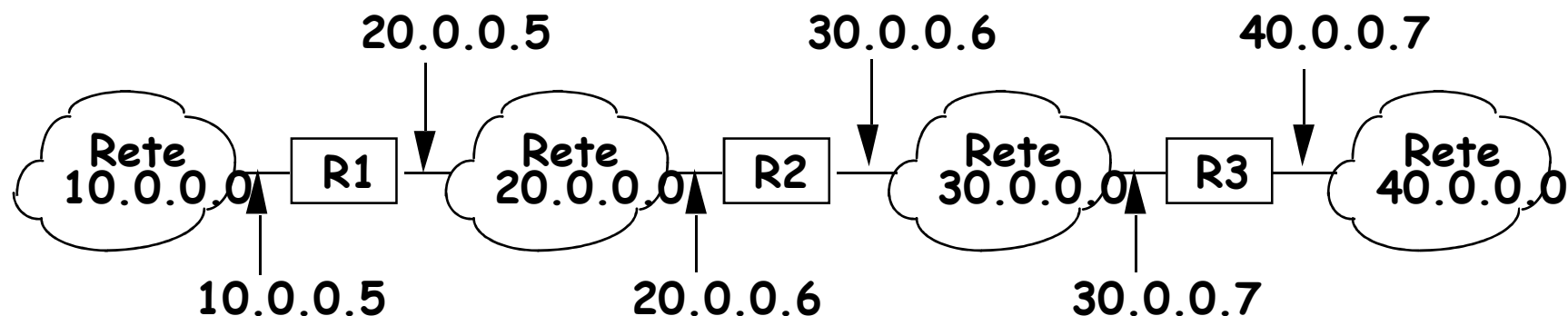


Tabella di instradamento di R2

Per raggiungere host indirizzati alla rete Net_id	indirizzare i datagrammi verso questa strada (o router) Router_id
20.0.0.0	inoltrare direttamente
30.0.0.0	inoltrare direttamente
10.0.0.0	20.0.0.5
40.0.0.0	30.0.0.7

Tabelle di routing



- La dimensione della tabella di routing dipende dal numero di reti logiche interconnesse ma non dipende dal numero degli host
- Le tabelle contengono solo informazioni sulle reti logiche di destinazione e non sui singoli host, al fine di:
 - ✗ nascondere i dettagli inerenti la inter-rete
 - ✗ mantenere piccole le tabelle di instradamento
 - ✗ consentire un instradamento efficiente

Tabelle di routing



- La metrica associata ad ogni hop da router a router può essere:
 - inversamente proporzionale alla banda del ramo
 - proporzionale al carico istantaneo sul ramo
 - proporzionale al costo d'uso del ramo
 - qualsiasi combinazione tra i precedenti criteri
- Il router sceglie il percorso che minimizza il costo (percorso a costo minimo) in base ad **algoritmi di routing**
- Per determinare il percorso a costo minimo il router deve avere informazioni sui costi dei percorsi alternativi attraverso la rete di cui fa parte; per acquisire tali informazioni si usano **protocolli di routing**

Tabella di routing: esempio

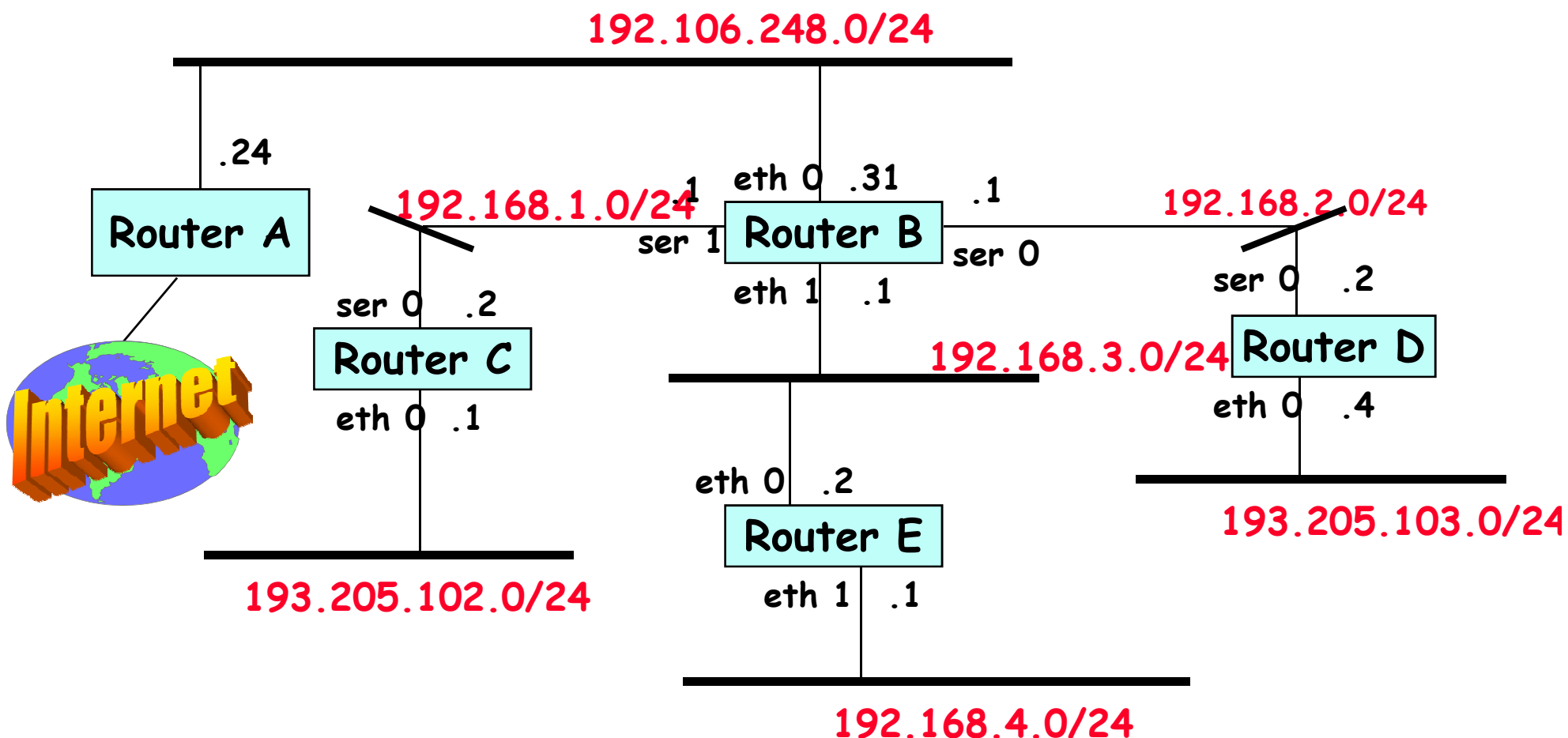




Tabella di routing: router B

□ ROUTER B (router CISCO)

router B #show ip route

N		R
192.106.248.0/24		is directly connected
192.168.1.0/24		is directly connected
192.168.2.0/24		is directly connected
192.168.3.0/24		is directly connected
193.205.102.0/24	[120/1]	via 192.168.1.2
193.205.103.0/24	[120/1]	via 192.168.2.2
192.168.4.0/24	[120/1]	via 192.168.3.2
"0.0.0.0"	[1/0]	via 192.106.248.24
<div> <div>Network Prefix</div> <div>Metrica</div> <div>Next Hop</div> </div>		

Router di default

- Se un router non trova un instradamento nella sua tabella allora indirizza i suoi datagrammi verso un “router di default” (generalmente una macchina più potente, destinata principalmente ad operazioni di instradamento)
- Il meccanismo del router di default è usato:
 - ✗ da piccoli host che possono anche non avere una tabella propria ed che inviano al router di default tutti i datagrammi non diretti alla rete/sottorete logica cui sono collegati
 - ✗ da router con una tabella di discrete dimensioni, ma che non copre tutte le possibili destinazioni
- Quindi nella tabella di routing di un host/router deve essere presente una linea con N=“tutte le altre” e R=default router



Algoritmo di instradamento nel nodo X

Il nodo X ha ricevuto un datagramma con indirizzo IP di destinazione pari a Y

- 1) estrai l'indirizzo IP di destinazione (Y) dal datagramma in arrivo
- 2) se è stata richiesta una strada specifica nel campo Source Route Option, invialo verso quella strada (trascurando le informazioni nella tabella di routing)
- 3) se l'indirizzo Y coincide con quello di X del nodo in esame, estraine il contenuto informativo e consegnalo agli strati superiori per l'ulteriore elaborazione (anche i datagrammi broadcast)
- 4) decrementa il Time to live del datagramma; se questo è arrivato a zero, scarta il datagramma e comunicalo all'host mittente (tramite ICMP)



Algoritmo di instradamento nel nodo X

- 5) altrimenti determina la componente `Net_Id.Subnet_id` dell'indirizzo Y (usando la maschera di sottorete)
- 6) se la componente `Net_Id.Subnet_id` coincide con la corrispondente componente di X, invia il datagramma direttamente (con instradamento diretto); cioè traduci l'indirizzo IP Y in indirizzo locale ed incapsula il datagramma nell'unità dati della sottorete in questione (viene presa in considerazione anche la componente `Host_id`)
- 7) altrimenti, consulta la tabella di instradamento; se la componente `Net_Id.Subnet_id` è inclusa nella tabella instrada il datagramma come specificato nella tabella



Algoritmo di instradamento nel nodo X

- 8) altrimenti, verifica se almeno la componente `Net_id` è contenuta in tabella; in tal caso instrada il datagramma come specificato in tabella (se la `Subnet_id` ha dimensione zero, i passi 7 e 8 coincidono)
- 9) altrimenti, se è stata specificata una strada di default, invia il datagramma al default router
- 10) altrimenti dichiara un errore di instradamento (invocando eventualmente ICMP) e scarta il datagramma

Precisazioni



- L'algoritmo di instradamento nel nodo X descritto è teoricamente valido sia per host che per router
- Esistono però delle differenze tra host e router, perché un host non contiene tutti i protocolli di un router e, inoltre, la sua tabella di routing tipicamente è configurata dall'amministratore di rete e non viene aggiornata dinamicamente, come accade per i router
- La tendenza è quella di evitare che un host rilanci datagrammi non diretti a se stesso:
 - ✗ se un host ha ricevuto un datagramma non diretto a se stesso, significa che si è verificato un errore di instradamento; se l'host vi pone rimedio è difficile per il gestore di rete individuare l'errore



Algoritmo di instradamento nell'host X

- L'algoritmo di instradamento nell'host X, alla ricezione di un datagramma con indirizzo destinazione Y, si semplifica nel modo seguente:
 - 1) estrai l'indirizzo IP di destinazione (Y) dal datagramma in arrivo
 - 2) se l'indirizzo Y coincide con quello X dell'host, estraine il contenuto informativo e consegnalo agli strati superiori per l'ulteriore elaborazione
 - 3) altrimenti dichiara un errore di instradamento e scarta il datagramma