

Torino, novembre 2004
Reti e sistemi telematici

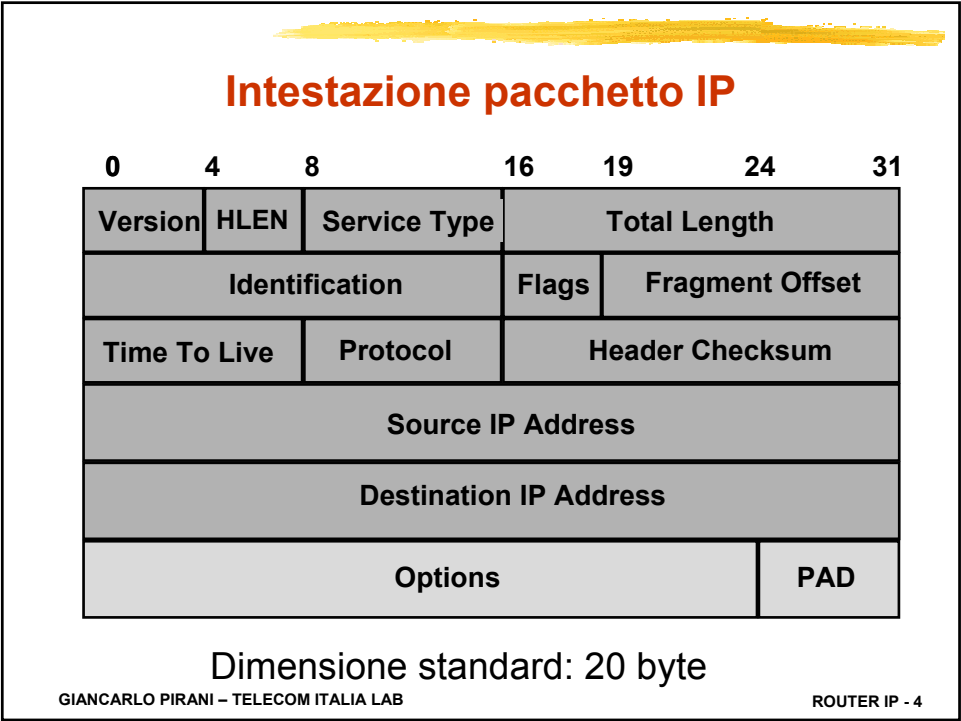
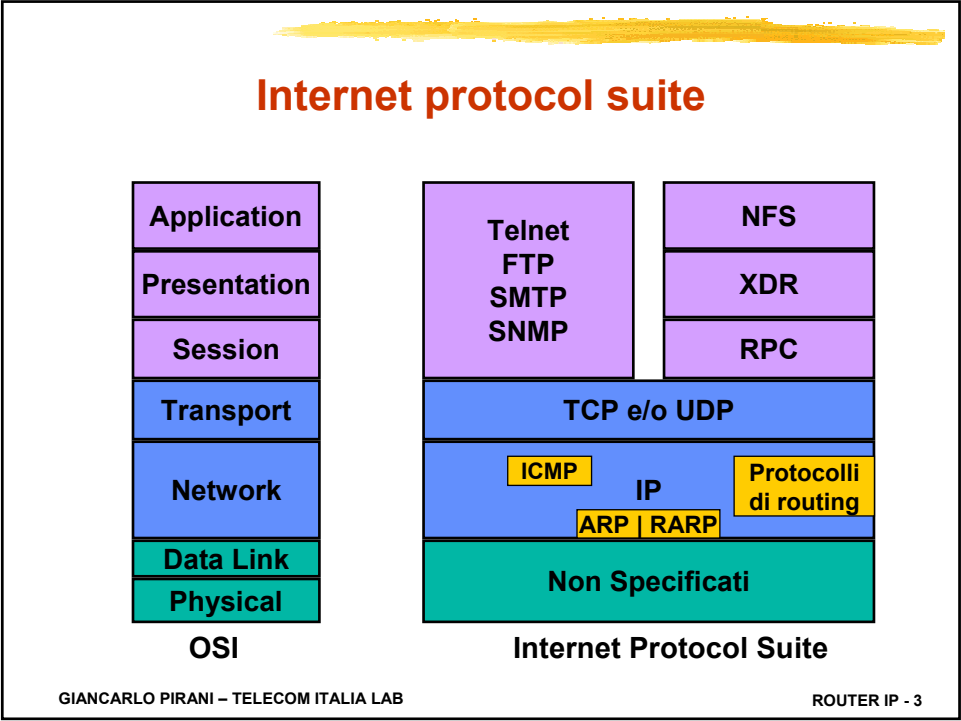
Architetture di router IP

Gruppo Reti TLC
giancarlo.pirani@telecomitalia.it
<http://www.telematica.polito.it/>

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB ROUTER IP - 1

Richiami su IP

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB ROUTER IP - 2



IP: Internet Protocol

- Protocollo di strato rete (strato 3)
- Definisce
 - Formato pacchetti
 - Formato indirizzi
 - Procedure di forwarding dei pacchetti (detti datagram)
- Offre un servizio detto best-effort
 - non connesso
 - inaffidabile
 - senza garanzie di qualità di servizio (QoS)
- Specificato in RFC 791 (novembre 1981)

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 5

L'evoluzione da IPv4 a IPv6

- Le motivazioni
 - esaurimento spazio indirizzamento IPv4 ($2^{32} = 4,3 \times 10^9$)
 - esplosione tabelle instradamento sui router
 - servizi nuovi e più efficienti (es. QoS, Sicurezza, Mobilità, Multicast)
- Gli ostacoli
 - Esiste una *legacy* su IPv4
 - Costi della transizione
 - Disponibilità di applicazioni
- I fattori abilitanti
 - Disponibilità di uno spazio di indirizzamento praticamente illimitato ($2^{128} = 3,4 \times 10^{38}$)
 - Stato molto avanzato degli standard
 - Disponibilità di apparati di tutti i principali costruttori
 - Costi della NON transizione

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 6

Il protocollo ICMP

- **ICMP (Internet Control Message Protocol) è solitamente considerato parte del livello IP**
- **Comunica messaggi di errore o di controllo.**
- **Può trasportare richieste di informazioni e risposte alle richieste.**
- **I messaggi ICMP sono trasmessi all'interno di datagram IP.**

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 7

Indirizzi IP: Principi

- **Ogni interfaccia di un host è individuata da un indirizzo a 32 bit univoco**
- **Un indirizzo è caratterizzato da informazioni sulla rete (netid) e sull'host (hostid)**
- **L'instradamento si basa sul netid**
 - indirizzo non individua la macchina ma la rete ⇒ se spostato host devo cambiare indirizzo
- **Ogni router ha almeno due indirizzi IP**
- **Gli host solitamente uno solo**
 - server spesso hanno più accessi (multi-homed)

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 8

Rappresentazione decimale

- L'indirizzo Internet viene comunemente rappresentato nella forma:

xxx.xxx.xxx.xxx

con xxx numero decimale tra 0 e 255

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

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

Classi di indirizzi IP

- A: **105.20.38.165**

- B: **130.192.2.158**

- C: **193.24.54.110**

indirizzo di rete (netid)

L'introduzione delle maschere

- È necessario superare la divisione rigida in netid e hostid
- Scompare il concetto di classe
- Uso maschera per definire quanti bit dei 32 di indirizzo individuano la rete, ovvero per indicare l'estensione del campo netid
- Inizialmente si utilizzano le maschere per suddividere indirizzi di classe B (RFC 950)
- In una seconda fase si utilizzano le maschere per accorpare (blocchi contigui) di indirizzi di classe C (RFC 1338 - 1992)
 - CIDR (Classless Inter-Domani Routing - RFC 1519 - 1993)
 - Permette di ridurre la dimensione delle routing tables, e ridurre il numero di reti propagate dai nodi

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 11

La maschera


- La maschera (o netmask) è un valore di 32 bit contenente:
 - bit messi a 1 per identificare la parte di rete
 - bit messi a 0 per identificare la parte di host
- Per esigenze di instradamento, host e router devono conoscere la parte di rete del(i) proprio indirizzo IP: utilizzano la maschera
- Maschere non compaiono nei pacchetti IP, ma sono scambiate nelle tabelle di instradamento

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 12

Suddivisione classe B (subnetting)

- **Esempio: indirizzo host 130.192.2.7**

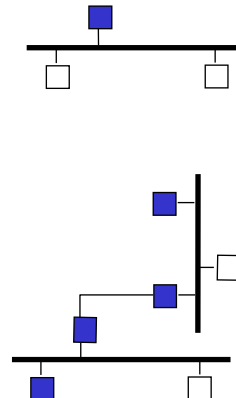
130.192.2.7	10000010 11000000 00000010 00000111
255.255.255.0	11111111 11111111 11111111 00000000
	
130.192.2.0	10000010 11000000 00000010 00000000

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 13

Consegna diretta e indiretta

- **Sottorete:** insieme di host tra cui esiste un collegamento di livello 2. Può essere una LAN, un collegamento punto-punto, etc.
- Se due host sono connessi alla stessa sottorete si ha consegna diretta (non intervengono router)
- Se due host non sono connessi alla stessa sottorete, la consegna è mediata da uno o più router: si ha consegna indiretta



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 14

Router IP

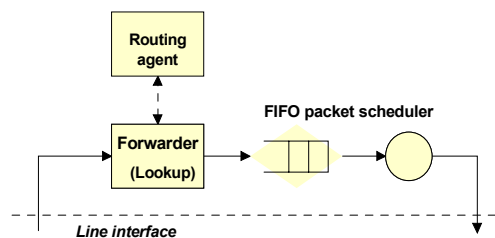
- **Funzionalità dei router**
 - forwarding
 - routing
 - controllo e gestione
- **Architettura dei router**
 - router con bus condiviso
 - router con matrice di commutazione

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 15

Funzionalità dei router (2)

- **Forwarding**
 - analizzare header IP
 - identificare next hop
- **Routing**
 - identificare il percorso
 - algoritmi statici o dinamici
 - gerarchia



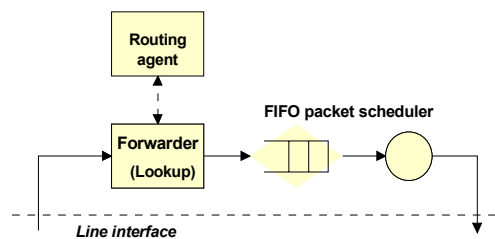
GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 16

Funzionalità dei router (2)

- **Forwarding**
 - analizzare header IP
 - identificare next hop
- **Routing**
 - identificare il percorso
 - algoritmi statici o dinamici
 - gerarchia

- Analizza l'header IP del pacchetto entrante
- Se indirizzo IP destinazione = indirizzo IP Router => passa ai livelli superiori per elaborazione
- In caso contrario decrementa il campo TTL (*Time To Live*), scarta il pacchetto se TTL=0, inoltra il datagram al router successivo (*next hop*) dopo aver aggiornato la *checksum* e identificato l'indirizzo del *next hop*.



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 17

Altre funzionalità

- **gestione di errori**
 - esempio: informare la sorgente in caso di congestione o anomalie nell'instradamento
 - si usa il protocollo ICMP (Internet Control Message Protocol)
- **controllo**
 - esempio: fornire informazioni sullo stato ed eventualmente modificarlo
 - si usa il protocollo SNMP (Simple Network Management Protocol)
- **multicast**
- **sicurezza**
- **accounting**
- **qualità del servizio**

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 18

Architettura dei router (1)

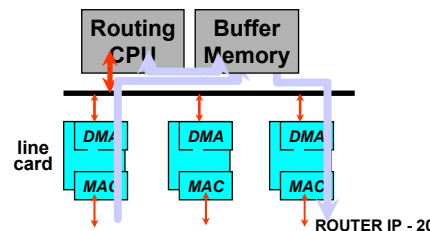
- Le singole implementazioni si differenziano per:
 - scelta dei blocchi
 - loro distribuzione e interconnessione
- Principali parametri prestazionali:
 - throughput aggregato
 - scalabilità
 - affidabilità

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 19

Architettura dei router (2)

- Blocchi fondamentali:
 - processore centrale (detto *route processor* o *network processor*) per routing, controllo e gestione
 - interfacce di linea (*line card*) per la ricezione e trasmissione dei dati
 - uno o più sottosistemi per l'analisi dell'header (route table lookup) e l'instradamento dei pacchetti (*forwarding engine*)
 - una struttura di interconnessione (bus condiviso o matrice di commutazione) che permette la comunicazione tra le diverse parti del router.
- Blocchi più critici:
 - forwarding engine(s)
 - struttura d'interconnessione



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 20

Qualche numero

- Limiti attuali di un bus condiviso: 1,28 Gbps
- Con l'attuale lunghezza media dei pacchetti IP (circa 1,6 Kbit), il tempo medio a disposizione per le operazioni di lookup dell'header è:
 - Ethernet 10 Mb/s: 160 μ s (~6 Kpps)
 - Ethernet 100 Mb/s: 16 μ s (~60 Kpps)
 - STM-1 (155 Mb/s): 10 μ s (~100 Kpps)
 - STM-4 (622 Mb/s): 2.5 μ s (~400 Kpps)
 - STM-16 (2.5 Gb/s): 0.6 μ s (~1.5 Mpps)

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 21

Architettura della forwarding engine

- Cache locale + full route table lookup centralizzato
 - fast/slow path
 - performances non predicibili e dipendenti dal tipo di traffico
- Full route table lookup locale
 - solo fast path
 - performance predicibili
 - richiede HW dedicato

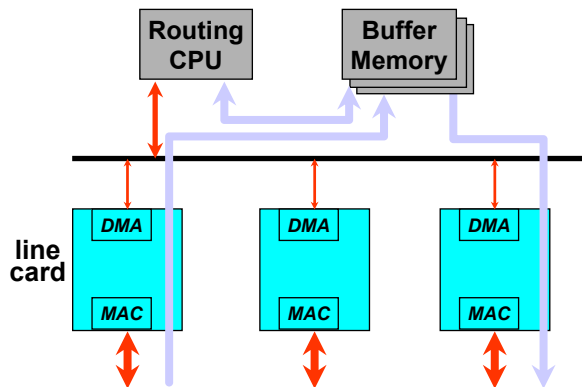
GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 22

L'evoluzione dei router (1)

- Architettura monoprocessore
- Memoria condivisa
- Bus condiviso

*Ogni pacchetto
impegna 2 volte
il bus e 1 volta la
CPU centrale*



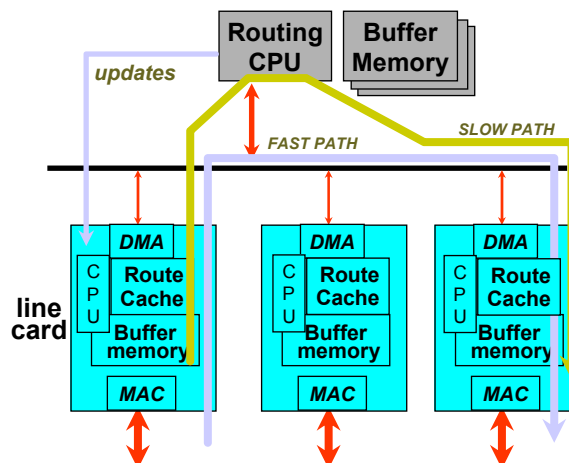
GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 23

L'evoluzione dei router (2)

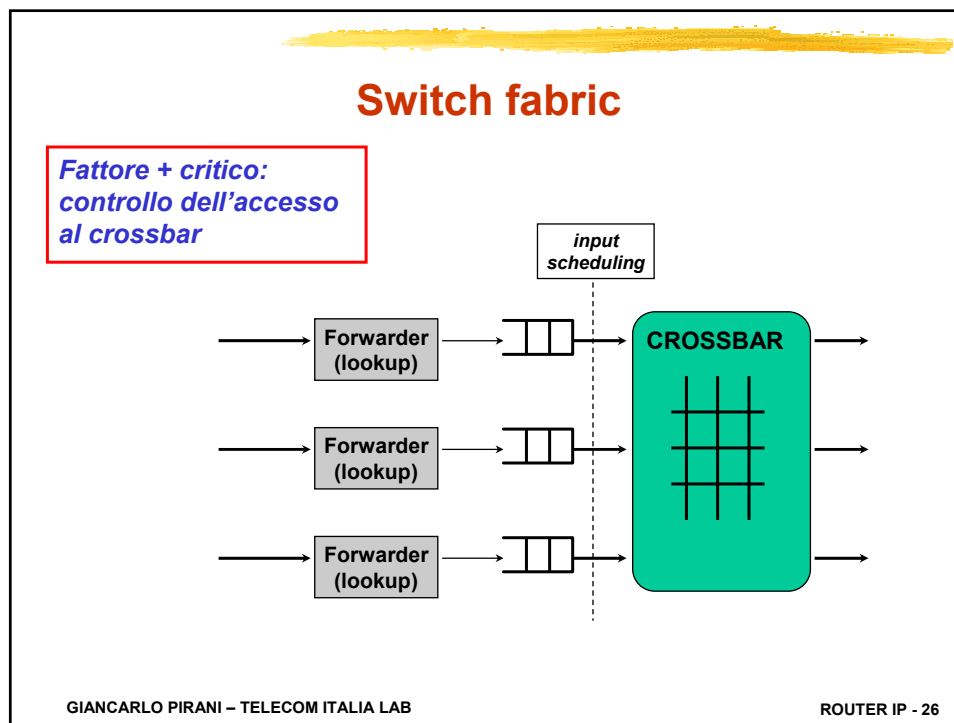
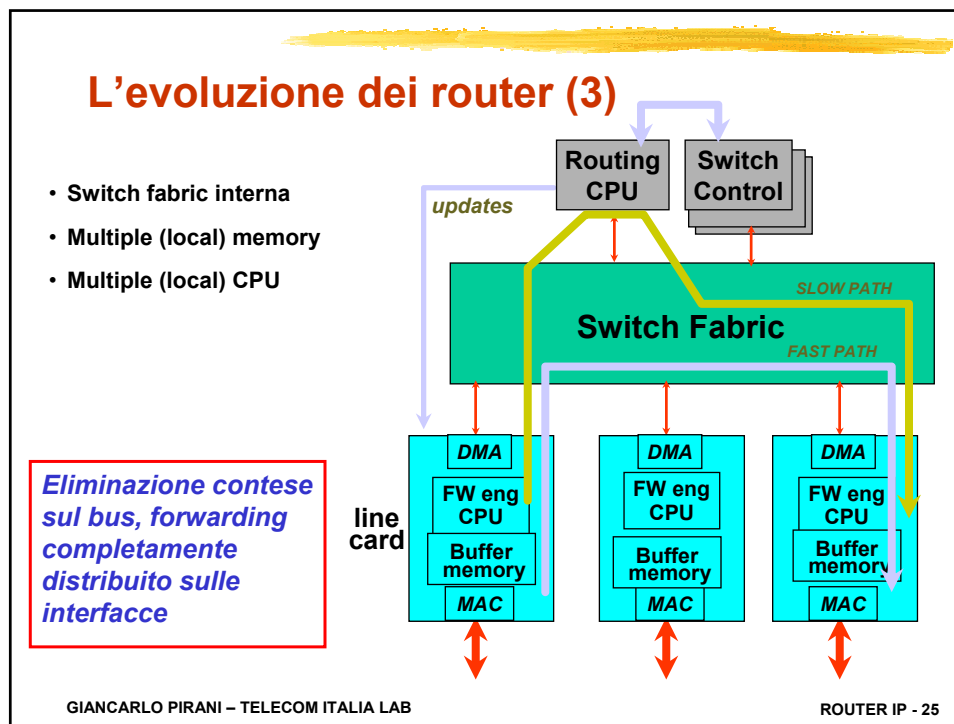
- Shared bus
- Multiple (local) memory
- Multiple (local) CPU

*Capacità elaborativa
sulle interfacce di rete
(forwarding distribuito),
riduzione del numero
di attraversamenti
del bus*

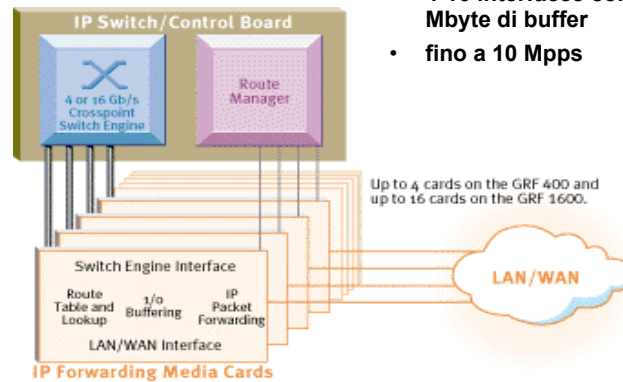


GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 24



Esempio: Ascend GRF



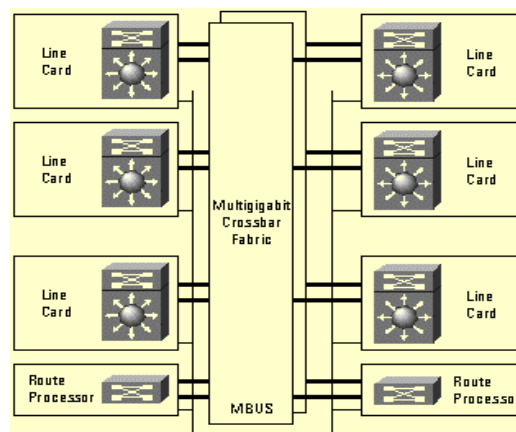
- Crossbar non bloccante modulare a 4/16 Gbps
- 4-16 interfacce con full route table, 8 Mbyte di buffer
- fino a 10 Mpps

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 27

Esempio: CISCO 12000

- Crossbar non bloccante modulare a 15/60 Gbps
- Interfacce (max 11):
 - full route table,
 - fino a 128 Mbyte di buffer
 - virtual output queuing
 - velocità di linea fino a 5 Gbps



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

ROUTER IP - 28