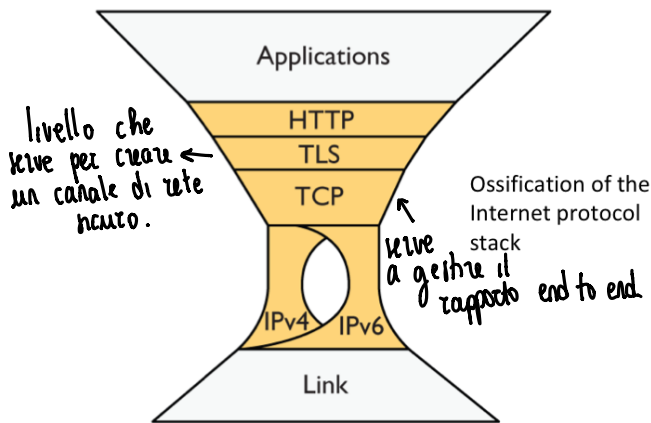


## Livello di rete

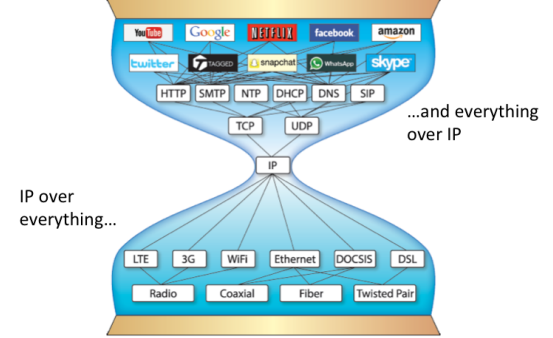
Diversi protocolli sono tra loro stranieri e non possono comunicare tra loro. Se si vuole realizzare una rete, un unico macro sistema dove tutte le unità possono comunicare, bisogna creare un livello che lo permette, questo ha un linguaggio comune per tutti. In internet è il livello di rete e il linguaggio comune è dato dal protocollo IP.

Cambiare IP significa che c'è un momento in cui tutti i soggetti che fanno parte di internet devono cambiare

### Two stemmed Martini glass model



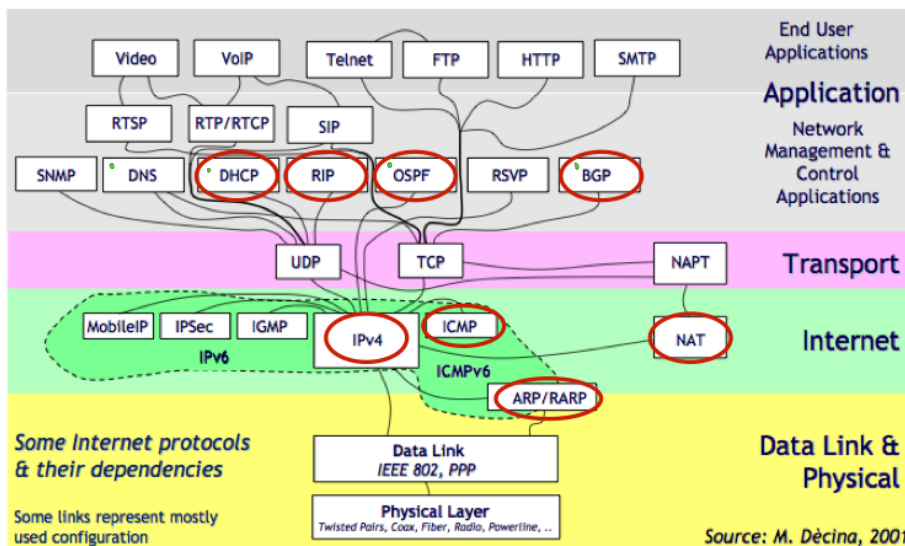
### Hourglass model of Internet



IP, è un'impresa titanica. Tutto ciò ha portato nel tempo a un'ossificazione di internet, IP non viene cambiato (ad esempio la versione più recente è la versione 6, ma è marginale perché viene ancora usata di più la versione 4).

L'architettura è molto rigida e cambiare una di queste componenti in giallo è difficilissimo.

### Network layer related protocols



IP versione 4 si porta dietro due protocolli che servono al suo funzionamento: ICMP, ARP/RARP.

IP versione 4 non tratta la sicurezza, quindi è stato aggiunto il protocollo IPSec.

Sopra il livello di rete c'è quello di trasporto end to end, caratterizzato principalmente da UDP e TCP.

Successivamente c'è il livello applicativo che ha alcuni protocolli direttamente

legati all'applicazione, altri invece servono a far funzionare il livello di rete.

(Tipo il protocollo DNS associa l'indirizzo IP al nome.)

## Funzioni del livello di rete

- **INDIRIZZAMENTO**: ogni interfaccia tra un nodo e una sottorete è connessa al suo unico IP assegnatogli. C'è un'etichetta univoca ad ogni interfaccia. L'IP identifica la destinazione.
- **MULTIPLAZIONE**: condividere la capacità di un ramo tra più flussi informativi.
- **ROUTING (instradamento)**: è una funzione decisionale, serve a decidere qual'è il cammino migliore tra una coppia di nodi (è un problema di ottimizzazione sul grafo). (Appartiene al piano di controllo).
- **INOLTRO (forwarding)**: è l'attuazione delle decisioni, muove i pacchetti dal router in input al router in output. (È una funzione attuativa, appartiene al piano dati).

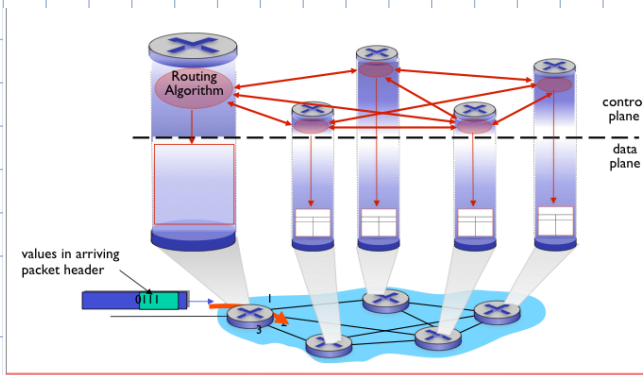
## Piano dati e piano di controllo

Il piano di controllo implementa quelle funzioni (svolte dai router) che servono a gestire i sistemi e la rete.

Il piano dati implementa le funzioni (svolte dai router) che servono a trasferire dati da sorgente a destinazione.

Dal punto di vista dei router, l'inoltro appartiene al piano dati, nel piano di controllo c'è la funzione di instradamento.

## Pre-router control plane

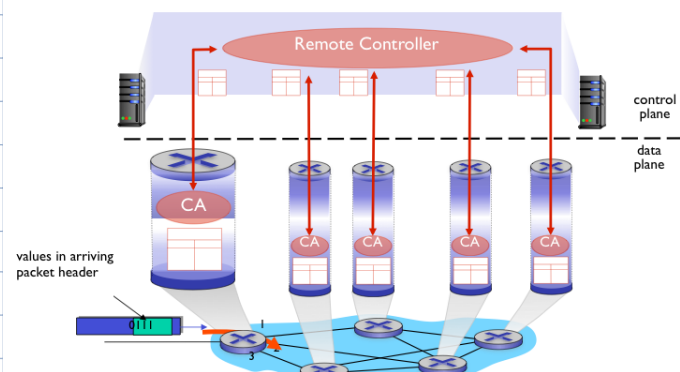


La funzione di controllo il router non la può svolgere da solo, deve parlare con gli altri router per ricostruire il grafo e successivamente si procede all'ottimizzazione.

Questo è l'approccio tradizionale distribuito.

## Logically centralized control plane

Successivamente si è astratta la funzione di controllo in un centro di gestione di rete che organizza per tutta la rete questa funzione e lasciato nel router solo la funzione di instradamento (gli viene lasciato il piano dati).



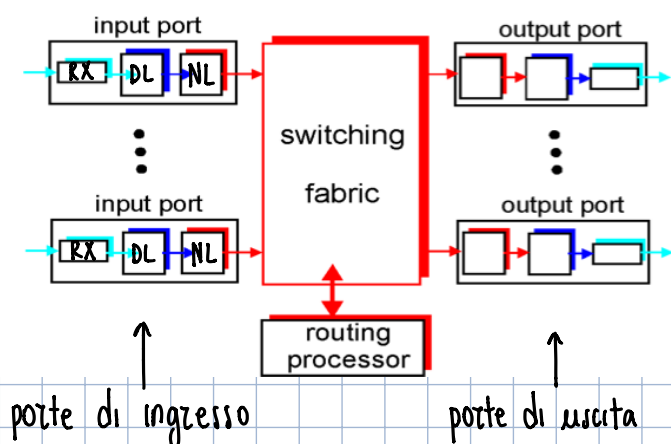
Il centro di gestione raccogliendo le info da ogni router è in grado di risolvere il problema di ottimizzazione, produrre il cammino ottimo e le tabelle da utilizzare che manda ai router che poi non devono far altro che impiegarle.

(Rivedere vantaggi di questo approccio).

Gli svantaggi sono ad esempio che se il centro di gestione smette di funzionare, non funziona più tutta la rete.

## Struttura del router

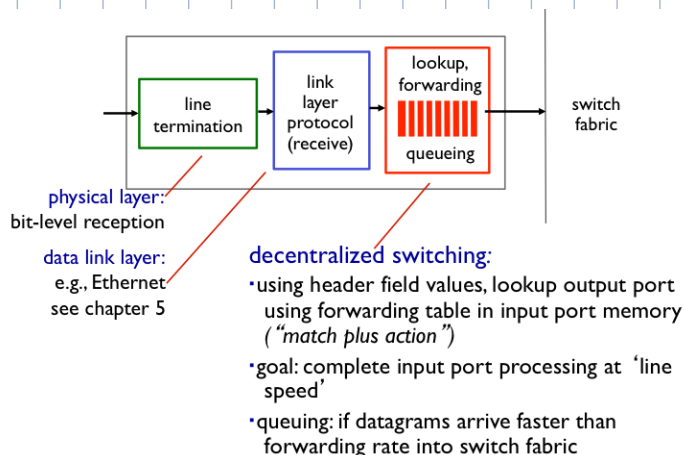
È una macchina che realizza tutti i protocolli e inoltra pacchetti da livello fino ad al livello di rete.



Switching fabric è la matrice che connette ingresso e uscita.

## Input port functions

Il pacchetto dal livello fisico, passa al data link e poi al livello di rete che potrebbe avere un buffer.

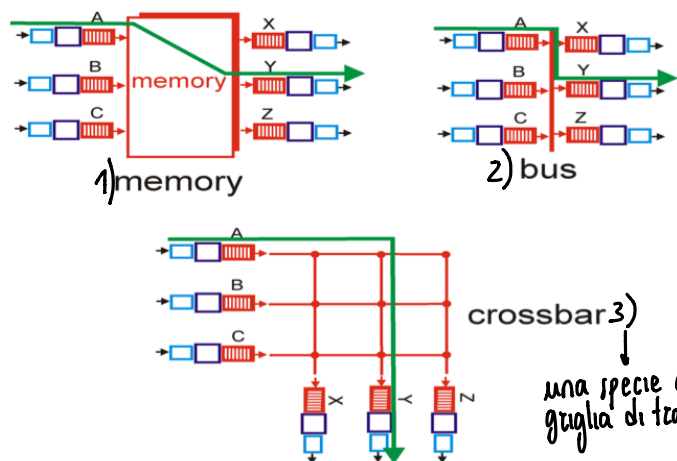


Dal lato dell'ingresso bisogna essere in grado di capire qual'è la porta di destinazione.

I router utilizzano una tabella:

*forwarding table*

Destination Address Range	Link Interface
11001000 00010111 00010000 00000000 through 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 through 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 through 11001000 00010111 00011111 11111111	2
otherwise	3

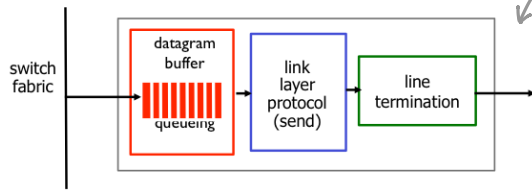


Ci sono diversi modi per andare dall'ingresso all'uscita



## Output ports

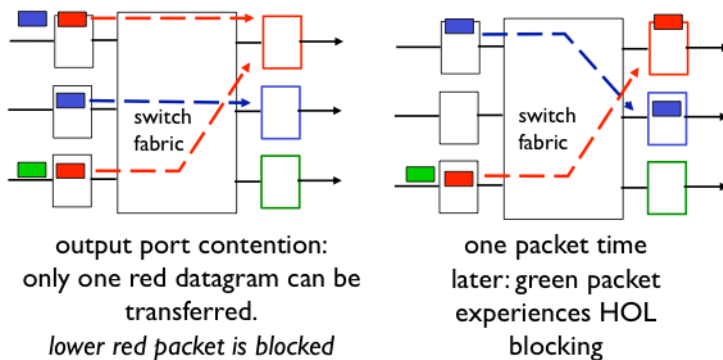
slide molto importante



È fondamentale che in uscita ci sia un buffer perché risolve temporaneamente il sovraccarico per evitare di buttarli. (Tuttavia il buffer non risolve il sovraccarico, è solo una soluzione temporanea).

- **buffering** required with fast output line. Datagram (packets) can be lost due to congestion, lack of buffers
- **scheduling discipline** chooses among queued datagrams. Priority scheduling – who gets best performance, network neutrality

## Input port queuing



Quindi i buffer conviene metterli in uscita in quanto se ho solamente il buffer in ingresso e ho due pacchetti che vogliono andare nella stessa uscita uno rimane bloccato. Dietro quest'ultimo ci potrebbe essere però un pacchetto che poteva andare nella sua uscita (HOL).

L'Head of the line (HOL) blocking si risolve mettendo dei buffer in uscita.

## Quanto grande deve essere il buffer in uscita?

- RFC 3439 rule of thumb: average buffering equal to "typical" RTT (say 250 msec) times link capacity C
  - e.g., C = 10 Gbps link: 2.5 Gbit buffer
- recent recommendation: with  $N$  flows, buffering equal to

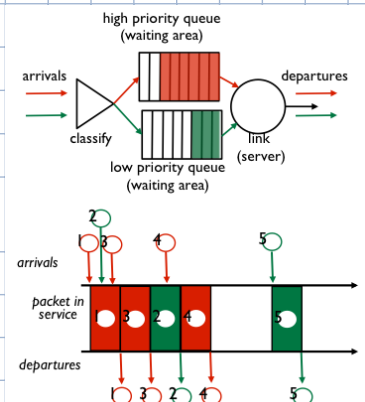
$$\frac{RTT \cdot C}{N}$$

Un buffer molto grande crea molti problemi di ritardo.

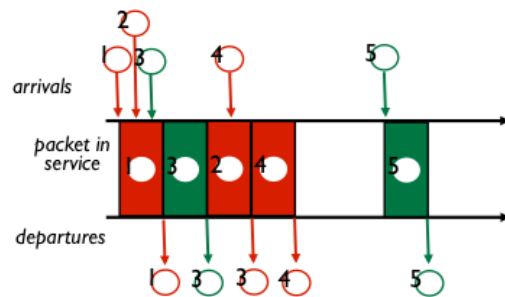
## Meccanismo di scheduling

Lo scheduling sceglie il prossimo pacchetto da mandare al collegamento.

- FIFO (first in first out): manda in ordine di arrivo nella coda.
- Priority scheduling : manda il pacchetto con priorità maggiore



- Round Robin (RR) scheduling: non c'è una priorità ma serve in maniera equa i flussi. Serve uno per uno.



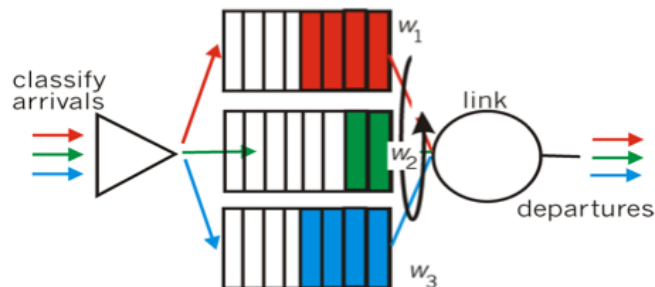
Si possono introdurre dei pesi al RR.

## WFQ (Weighted Fair Queuing)

Generalizza il RR.

Si introducono dei pesi, dà una porzione di capacità diversa a ciascuno dei flussi, in questo modo si differenzia la lunghezza di banda per ciascun tipo di flusso in base all'esigenza dell'applicazione.

WFQ risponde alla domanda "qual è il prossimo pacchetto da servire?"



## The internet network layer

IP è fatto da librerie software che si trovano nel sistema operativo, in particolare nel Kernel.

Cosa fa IP?

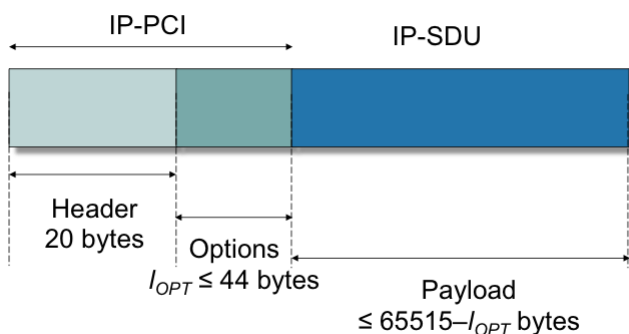
Le sue funzioni principali sono indirizzamento, moltiplicazione, instradamento, inoltro..

Quello che invece non fa è verifica e recupero di errore, nè si occupa di integrità.

IP non ha connessione, i pacchetti viaggiano singolarmente. Il vantaggio di questa scelta è la semplicità, lo svantaggio è che non si può garantire mai per certo la qualità di servizio.

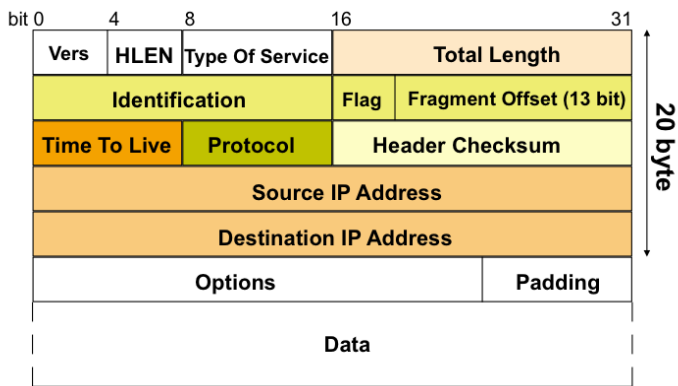
Ci sono dei modi rileggendo le intestazioni dei pacchetti di ricostruire dei flussi di pacchetti (che essendo IP senza connessione non vanno insieme), tuttavia non avviene perfettamente.

## Struttura pacchetto IP

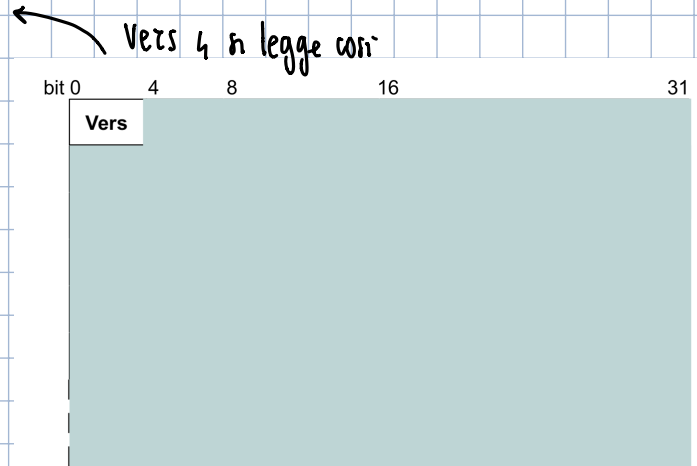


Intestazione divisa in intestazione obbligatoria ed eventuali opzioni.

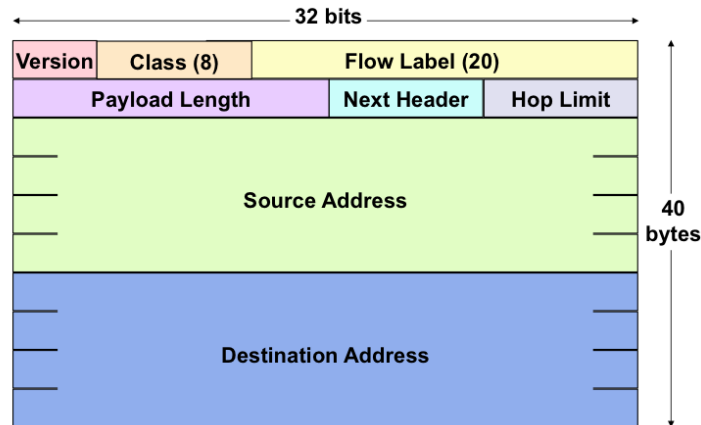
Carico pagante, lungo al massimo 65515.



I flussi di pacchetti sono bit e dalla "version" ci si rende conto di come leggerli.



se fosse stato vers 6 allora:



Il motivo per c'è un'intestazione è perché devo sapere se ci sono opzioni o meno.

Total length indica la lunghezza del pacchetto.

Il campo time to live viene decrementato di uno per ogni router che si attraversa, un router può inoltrare un pacchetto solo se ha un TTL non negativo. È una garanzia per assicurarsi che il pacchetto non rimanga troppo a lungo in rete.