

RETI di CALCOLATORI

Parte II

SOMMARIO

1. Architettura di Rete: livello network

- **Internetworking**
- **Protocollo IP**

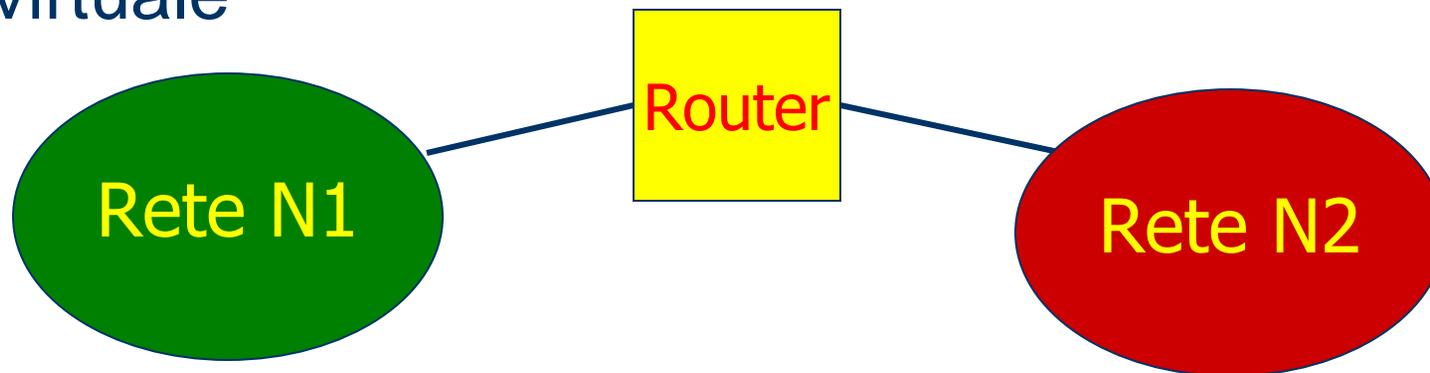
2. Internet

ARCHITETTURA di RETE

LIVELLO NETWORK

Internetworking

internet: insieme (eterogeneo) di reti fisiche interconnesse, che supporta un servizio di comunicazione (invio di pacchetti) tra tutti gli *host* connessi alle reti componenti, creando così un'unica rete virtuale



Router (o Gateway): nodo connesso a due o più reti fisiche, la cui funzione primaria è quella di smistare pacchetti in transito tra tali reti

Internetworking

Inadeguatezza delle tecnologie già viste per la realizzazione di una internet:

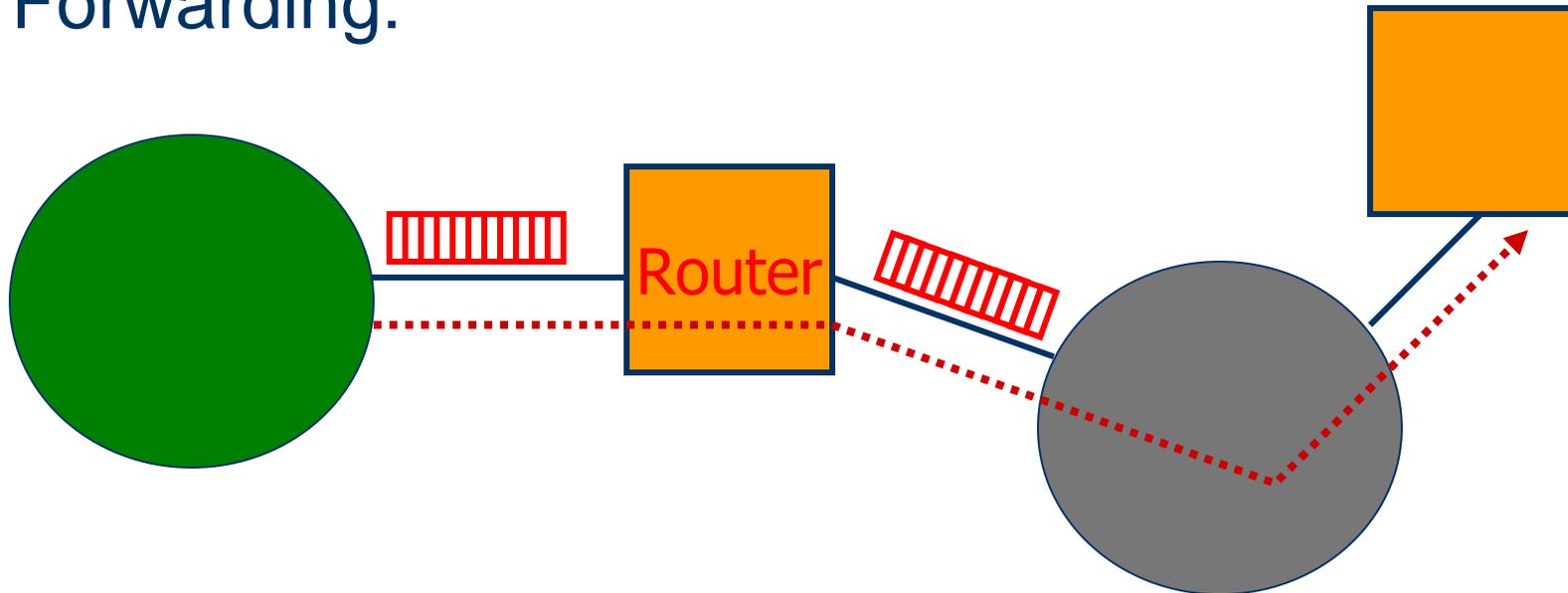
- **Limitata scalabilità** (Ethernet, FDDI)
- **Difficile supporto della eterogeneità** (Ethernet, FDDI, ATM)

Routing: processo tramite il quale viene individuato nella rete il cammino che connette l'origine e la destinazione di una comunicazione.

Pacchetto: blocco di dati elementare in una comunicazione (sinonimo di frame/cella)

Forwarding: processo tramite il quale un router invia un pacchetto, ricevuto in ingresso, al nodo successivo (router o host) lungo il cammino che conduce alla destinazione del pacchetto

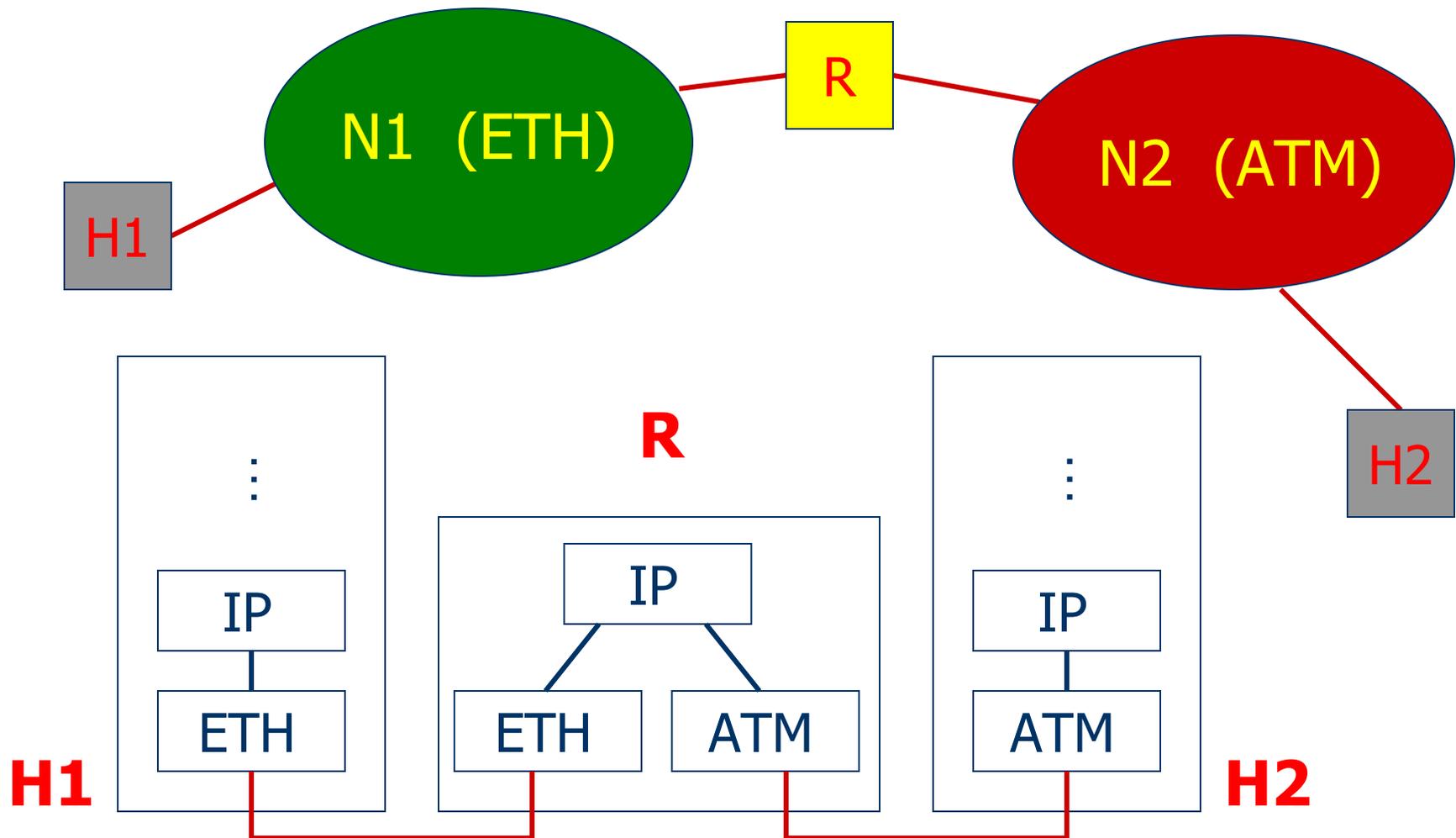
Forwarding:



Routing Table: tabella presente su ogni router che per ogni possibile destinazione indica il prossimo nodo nel cammino verso quella destinazione

Internetworking

Approccio dell'architettura TCP/IP all'internetworking



Protocollo IP (Internet Protocol)

Implementa un servizio di invio pacchetti in una internet. Il suo service model è

- **CONNECTIONLESS:** i dati da comunicare sono suddivisi in *pacchetti inviati* indipendentemente alla destinazione
- **UNRELIABLE:** non garantisce il recapito ordinato dei pacchetti, ed elimina pacchetti nel caso di errori di trasmissione/routing
- **BEST EFFORT:** non elimina pacchetti senza motivo

Caratteristiche importanti di IP:

- **GLOBAL ADDRESSING:** prevede un sistema di indirizzamento globale per tutti gli host della internet
- **HIERARCHICAL AGGREGATION:** tutti gli indirizzi relativi a host della stessa rete fisica condividono una prefisso comune, facilmente identificabile, che rappresenta la rete fisica
- **RUNs OVER ANYTHING:** pone requisiti minimi per i livelli sottostanti dell'architettura di rete

Protocollo IP

Indirizzo IP (IPv4):

- associato alla connessione di un nodo (host o router) a una rete, e non al nodo stesso
- 4 byte (32 bit) rappresentati come 4 interi in [0,255] separati da “.” Es. **147.162.25.233**
- costituito da due parti

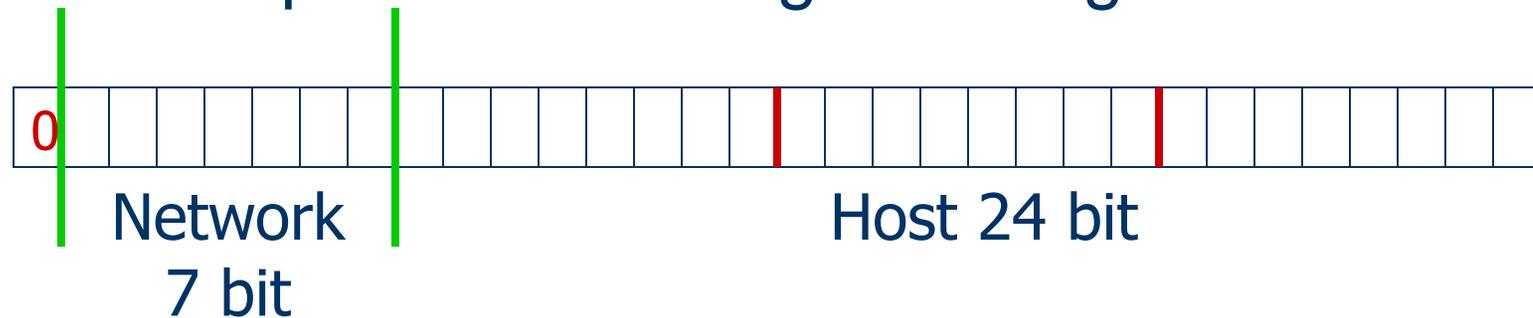
Network: identifica la rete

Host: identifica l'host

Protocollo IP

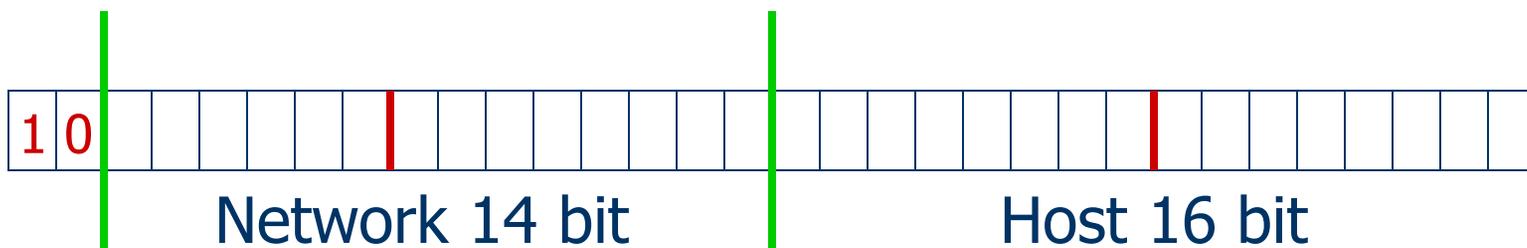
3 Classi di indirizzi:

Classe A: poche WAN di grossa taglia



Primo byte: $0 \div 127$

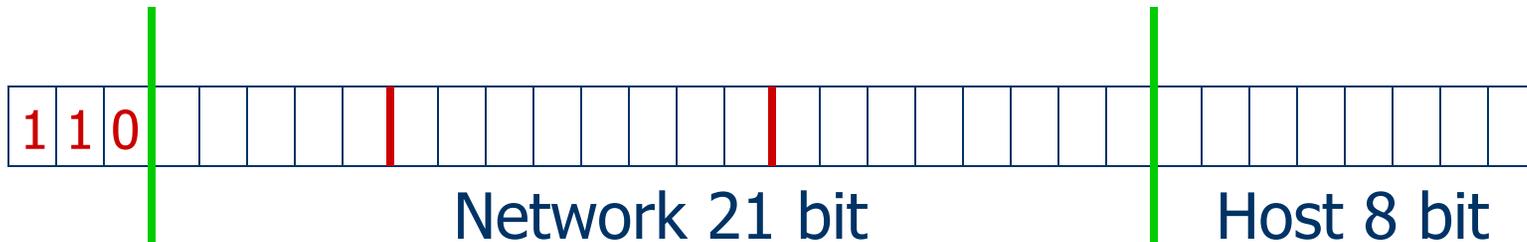
Classe B: reti di dimensioni intermedie



Primo byte: $128 \div 191$

Protocollo IP

Classe C: molte LAN di piccola taglia



Primo byte: 192÷223

Indirizzi speciali:

0.0.0.0 “this computer”

Host = 0 network number

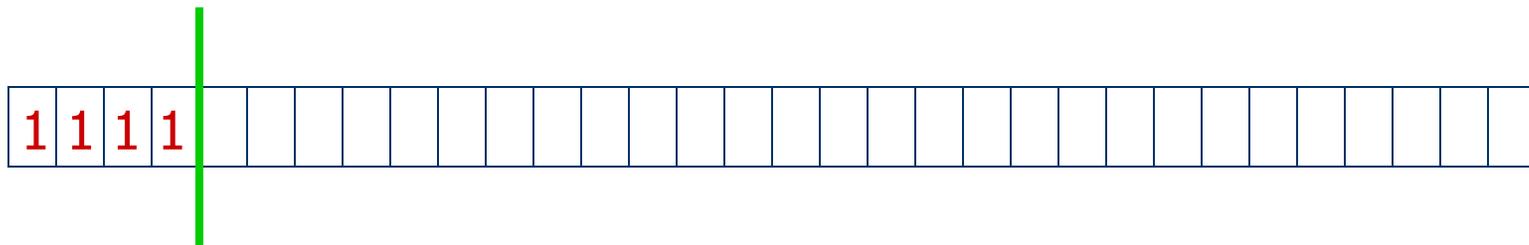
Host = 11...1 broadcast nella rete specificata

255.255.255.255 broadcast nella rete locale

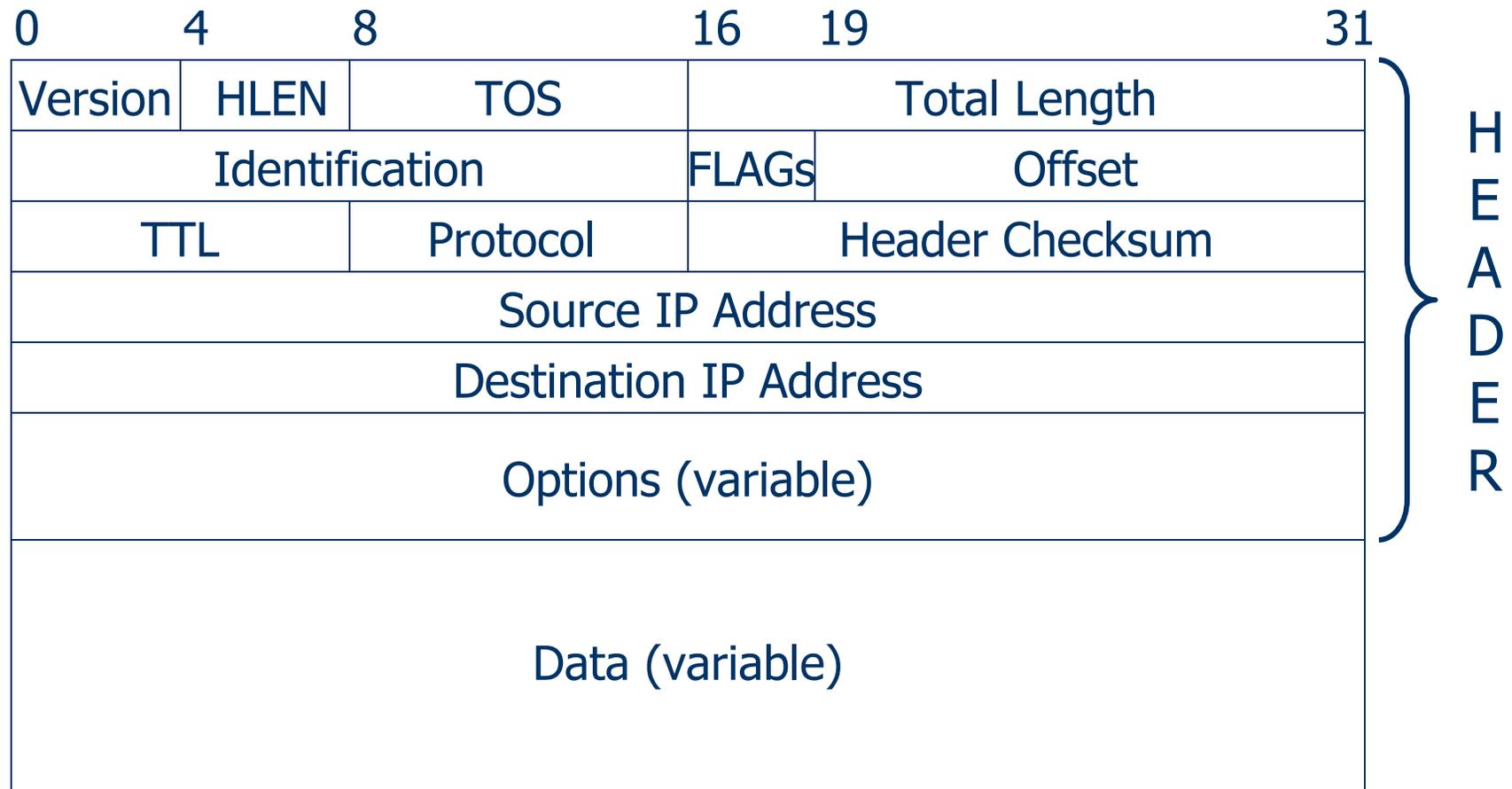
Classe D: multicast



Classe E: non utilizzata



Formato del pacchetto



Protocollo IP

Version: versione del protocollo IP (es. IPv4)

HLEN: lunghezza dell'header in parole di 32 bit

TOS: type of service (di solito non usato)

Total Length: lunghezza del pacchetto (header+dati) in byte
⇒ lunghezza max = $2^{16} = 65,536$ B

Identification, FLAGS, Offset: utilizzati per la frammentazione e ricomposizione

TTL: Time-To-Live = numero di hop ancora permessi

Protocol: protocollo di più alto livello (es. TCP, UDP) che invia/riceve i dati

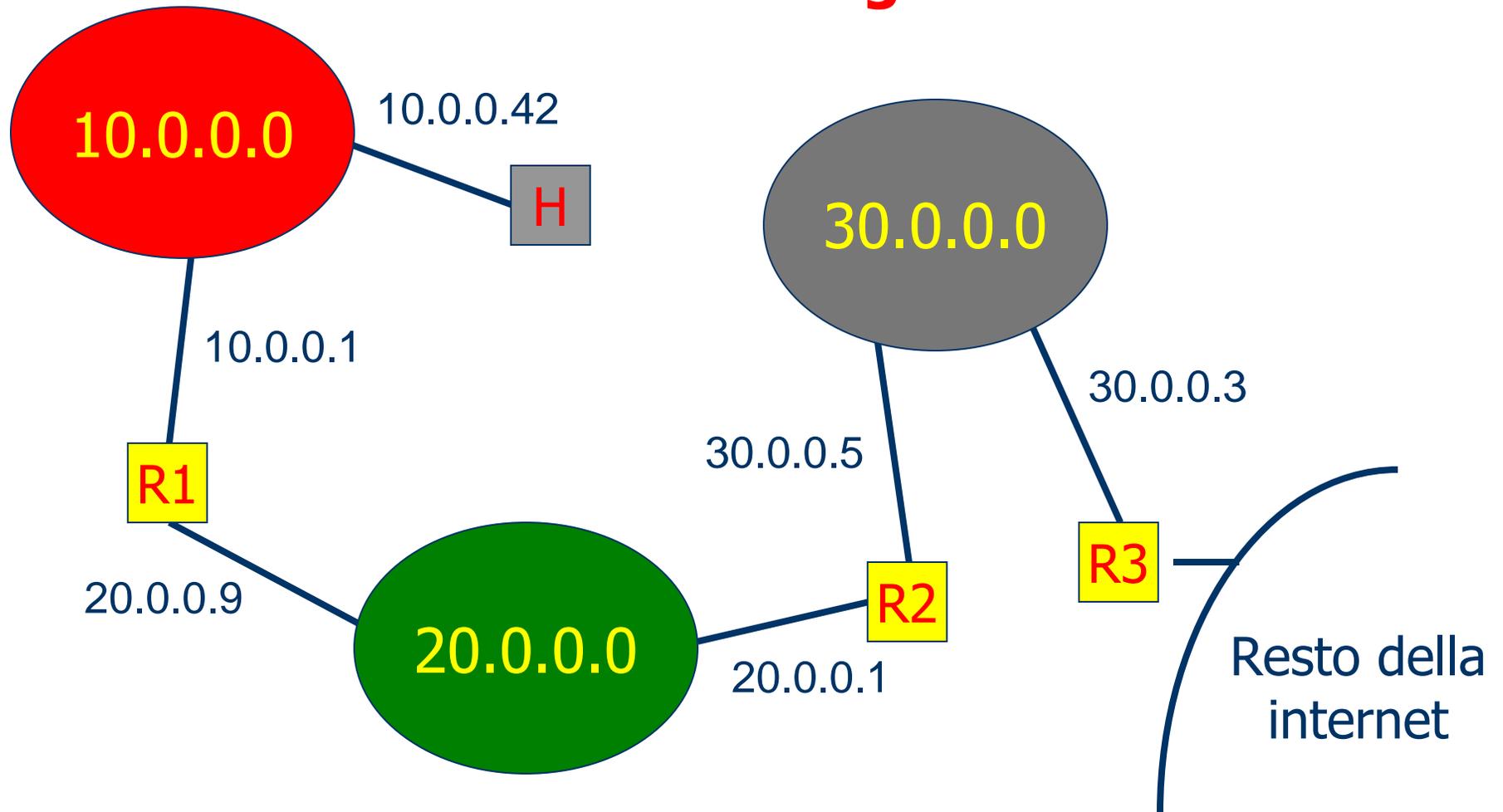
Protocollo IP

Header Checksum: checksum sull'header suddiviso in parole di 16 bit (il campo checksum è considerato 0 ai fini della somma).

N.B.: il controllo sui dati è affidato ai protocolli di livello superiore

Options: campo opzionale utilizzato solo per testing e debugging della rete

Forwarding



Protocollo IP

Struttura della Routing Table:

(nodo v)

Destination Net	Mask	Next Hop
...
...
...

- Ogni riga fa riferimento a una **rete N** distinta (che eventualmente comprende diverse reti fisiche).

Destination Net: indirizzo IP della rete N (parte host = 00...0)

Mask: maschera di 32 bit i cui 1 indicano la parte network negli indirizzi IP di N e di tutti i suoi host. Serve per estrarre l'indirizzo di rete dagli indirizzi degli host

Next Hop: prossima destinazione di un pacchetto destinato a un host di N

- Per tutte le reti che non compaiono nella tabella esiste una riga di **DEFAULT**

Protocollo IP

Esempi:

Destination Net	Mask	Next Hop
10.0.0.0	255.0.0.0	Direct delivery
DEFAULT	-----	10.0.0.1

Routing
Table in H

Destination Net	Mask	Next Hop
10.0.0.0	255.0.0.0	20.0.0.9
20.0.0.0	255.0.0.0	Direct delivery
30.0.0.0	255.0.0.0	Direct delivery
DEFAULT	-----	30.0.0.3

Routing
Table in R2

Osservazione: il numero di righe in una routing table è al più uguale al numero di reti che compongono la internet, ed è di gran lunga minore del numero di host

Protocollo IP

Algoritmo di forwarding per un pacchetto **p** in un nodo con routing table **T**. Sia **D** il destination IP address di **p**.

1. Trova la riga di **T** tale che

$$(D) \text{ AND } (\text{Mask}) = \text{Destination Net}$$

Se tale riga non esiste usa la riga **DEFAULT**.

2. Sia **x** l'indirizzo che compare nella colonna Next Hop della riga trovata al punto 1. Se la colonna Next Hop riporta *direct delivery* allora poni **x=D**

3. Traduci **x** nell'indirizzo fisico **f(x)** ad esso associato

4. Incapsula **p** in un frame fisico e invialo all'host **f(x)**

ARP = Address Resolution Protocol

- L'indirizzo fisico associato a un indirizzo IP **x** è ottenuto inviando una richiesta di traduzione per **x** a tutti gli host della rete. L'host che corrisponde all'indirizzo IP **x** risponde inviando il proprio indirizzo fisico
- Il mapping tra indirizzi IP e indirizzi fisici è mantenuto dinamicamente nella **ARP Table**

Problemi

1. Esaurimento di indirizzi (soprattutto di classe B)

Es. una rete con $254 < n < 65535$ host ha bisogno di un indirizzo di classe B

2. Scalabilità limitata da

a) dimensione routing table

b) numero di nodi coinvolti nella costruzione e aggiornamento delle routing table

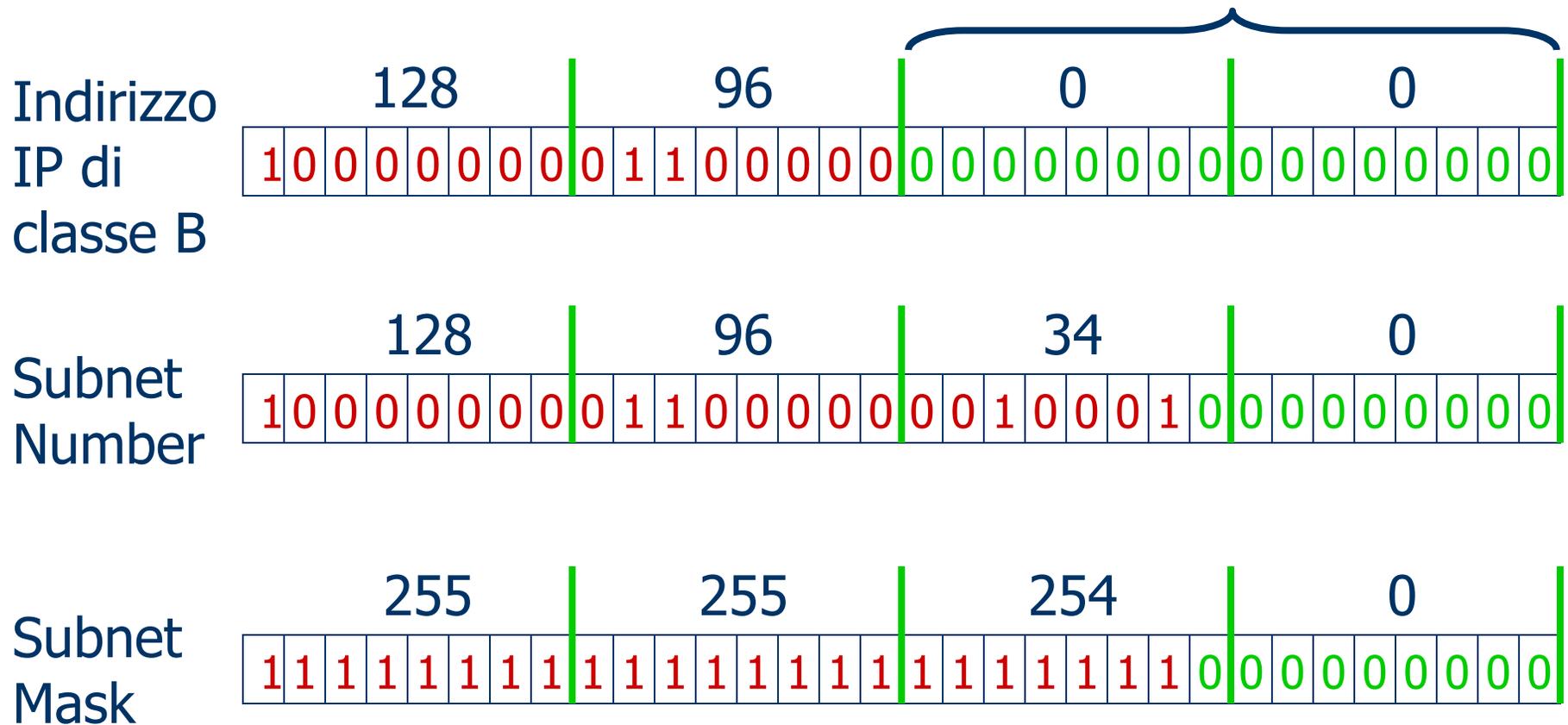
Subnetting: mira a risolvere i problemi 1 e 2.a

- un unico indirizzo IP di classe A, B o C è assegnato a più reti fisiche (**subnet**)
- a ogni subnet è assegnato un **subnet number** univoco tramite un'estensione della parte network nell'indirizzo IP
- a ogni subnet è associata una **subnet mask** che serve per “estrarre” il subnet number da tutti gli indirizzi IP degli host della subnet

Protocollo IP

Esempio:

Parte host = 00..0 → indirizzo di rete



Osservazioni:

1. Nella routing table

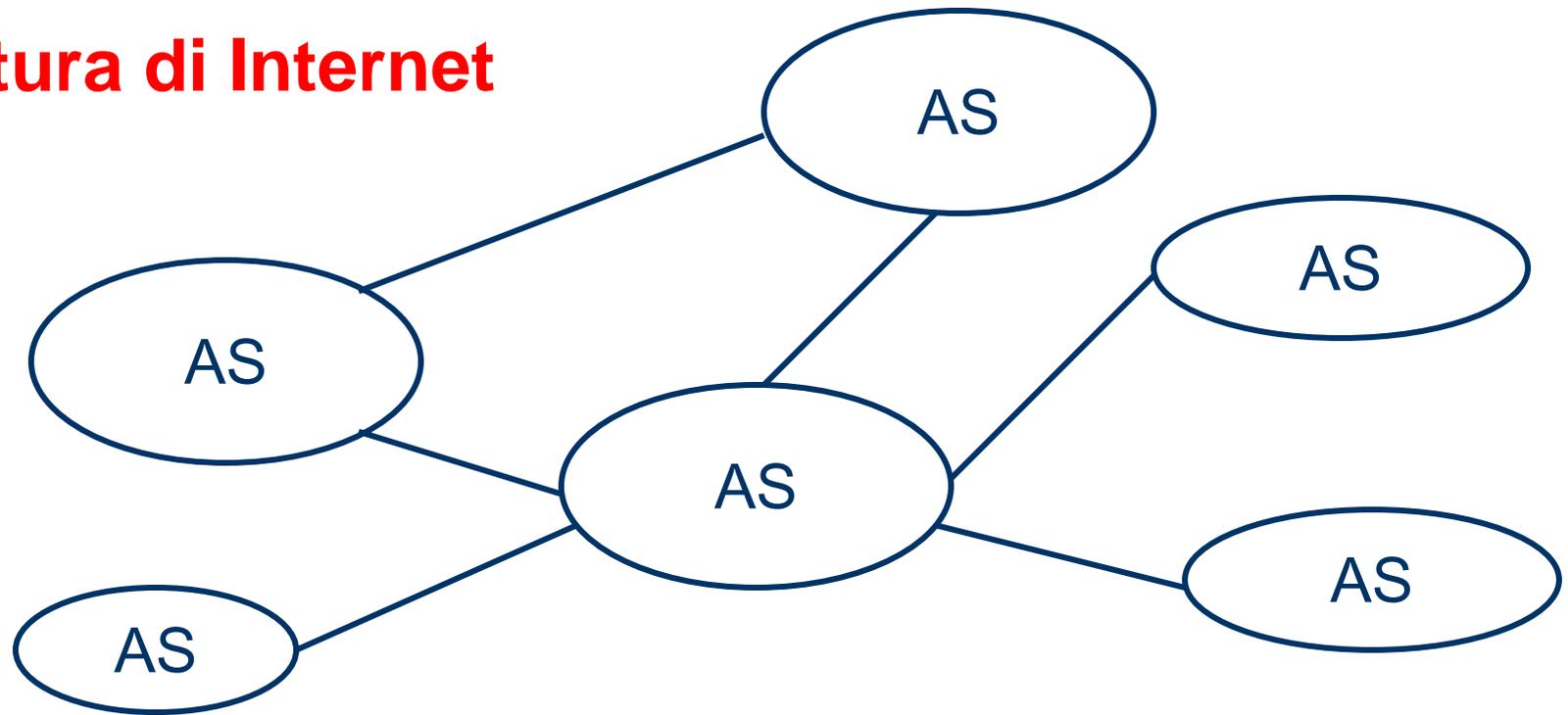
Destination net ≡ subnet number

Mask ≡ subnet mask

2. Le routing table nei nodi al di fuori di un insieme di subnet che condivide uno stesso indirizzo di rete **N** di classe A, B o C, hanno una sola riga per tutto l'insieme. Tale riga riporta **N** nella colonna Destination Net, e nella colonna Mask il valore 255.0.0.0 se **N** è di classe A, 255.255.0.0 se **N** è di classe B, e 255.255.255.0 se **N** è di classe C.

Internet

Struttura di Internet



AS: Autonomous System o Routing Domain

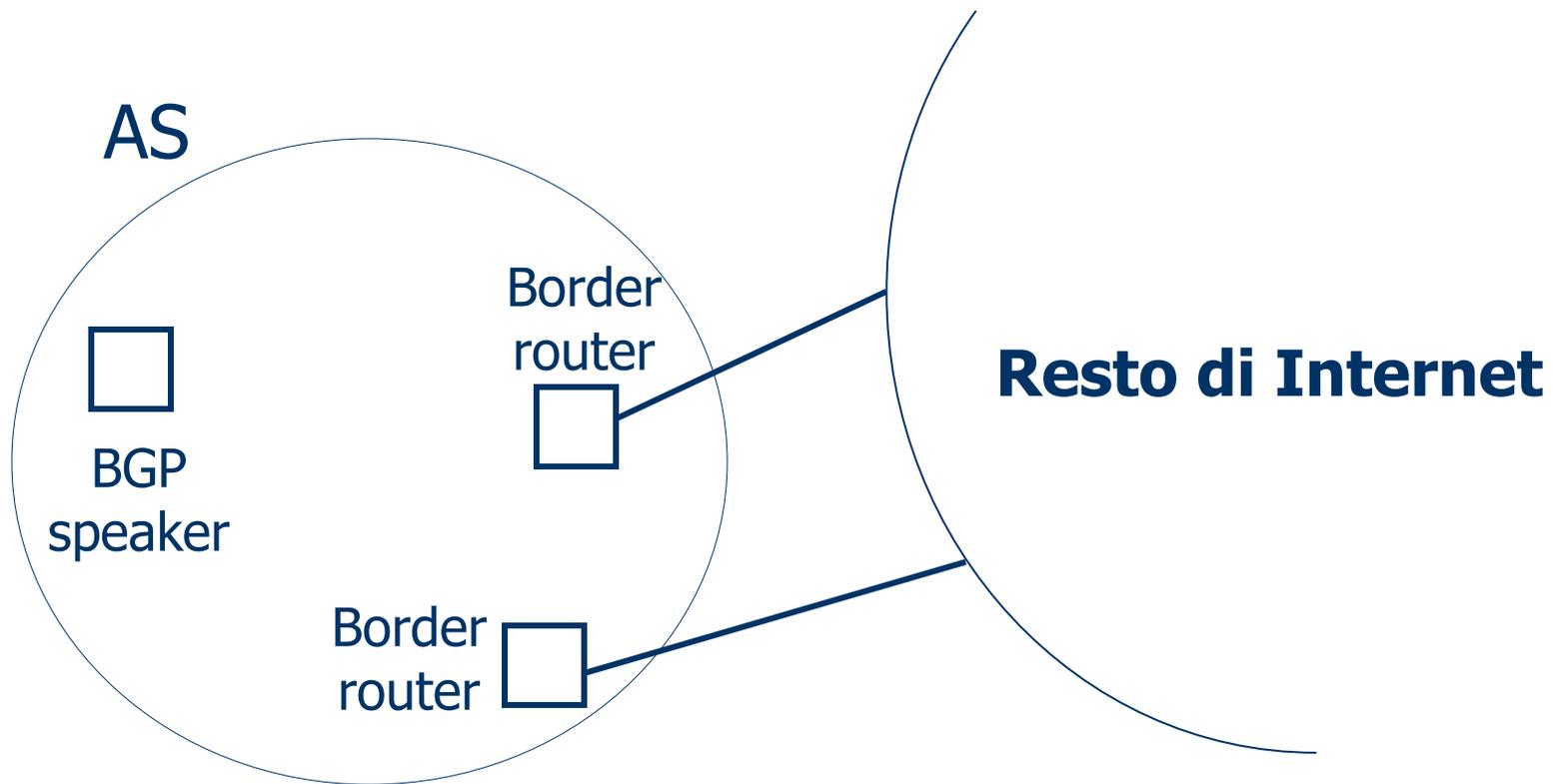
insieme di reti sotto il controllo amministrativo di un'unica organizzazione (es., backbone service provider, ISP, ateneo, azienda, ecc.)

Soluzione ai problemi di scalabilità del routing

- Separazione tra
 - Intra-domain routing (routing interno agli AS)
 - Inter-domain routing (routing tra i vari AS)
- **Supernetting:** Prefisso comune in tutti i network number amministrati da uno stesso AS, in modo tale che dall'esterno l'AS è "visto" solo tramite il prefisso.

Inter-domain routing:

Border Gateway Protocol (BGP)



- I BGP speaker dei vari AS dialogano tra loro tramite il protocollo BGP
- Ogni BGP speaker comunica a tutti i router del proprio AS quali border router utilizzare in funzione della rete esterna (o AS esterno) da raggiungere. Questa informazione, unita a quella collezionata durante l'intra-domain routing, permette la costruzione delle routing table