

RETI di CALCOLATORI

Parte II

SOMMARIO

1. Architettura di Rete: livello network

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

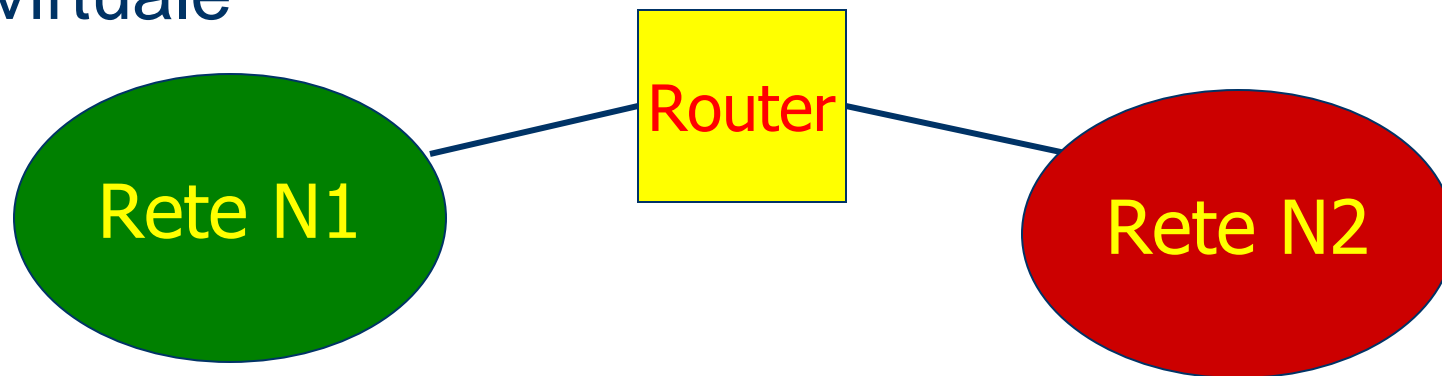
2. Internet

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

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

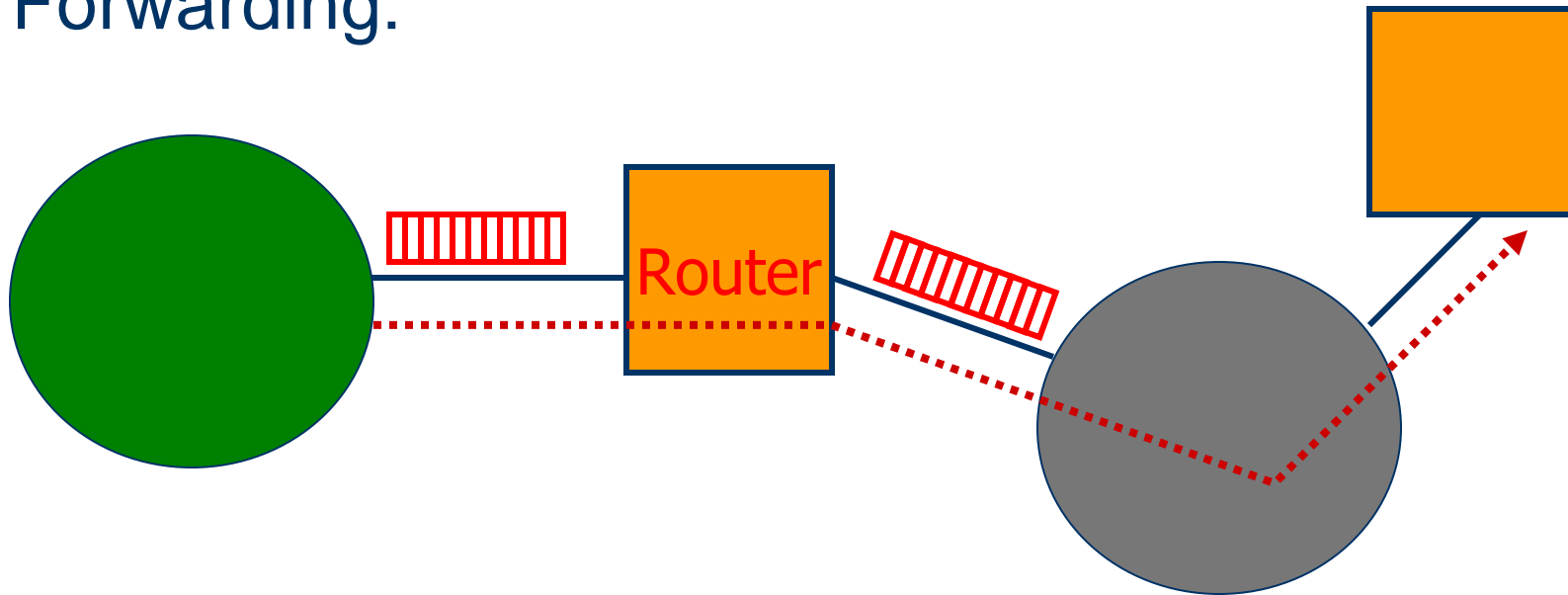
- **Limitata scalabilità** (Ethernet, FDDI)
- **Difficile supporto della eterogeneità** (Ethernet, FDDI, ATM)

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)

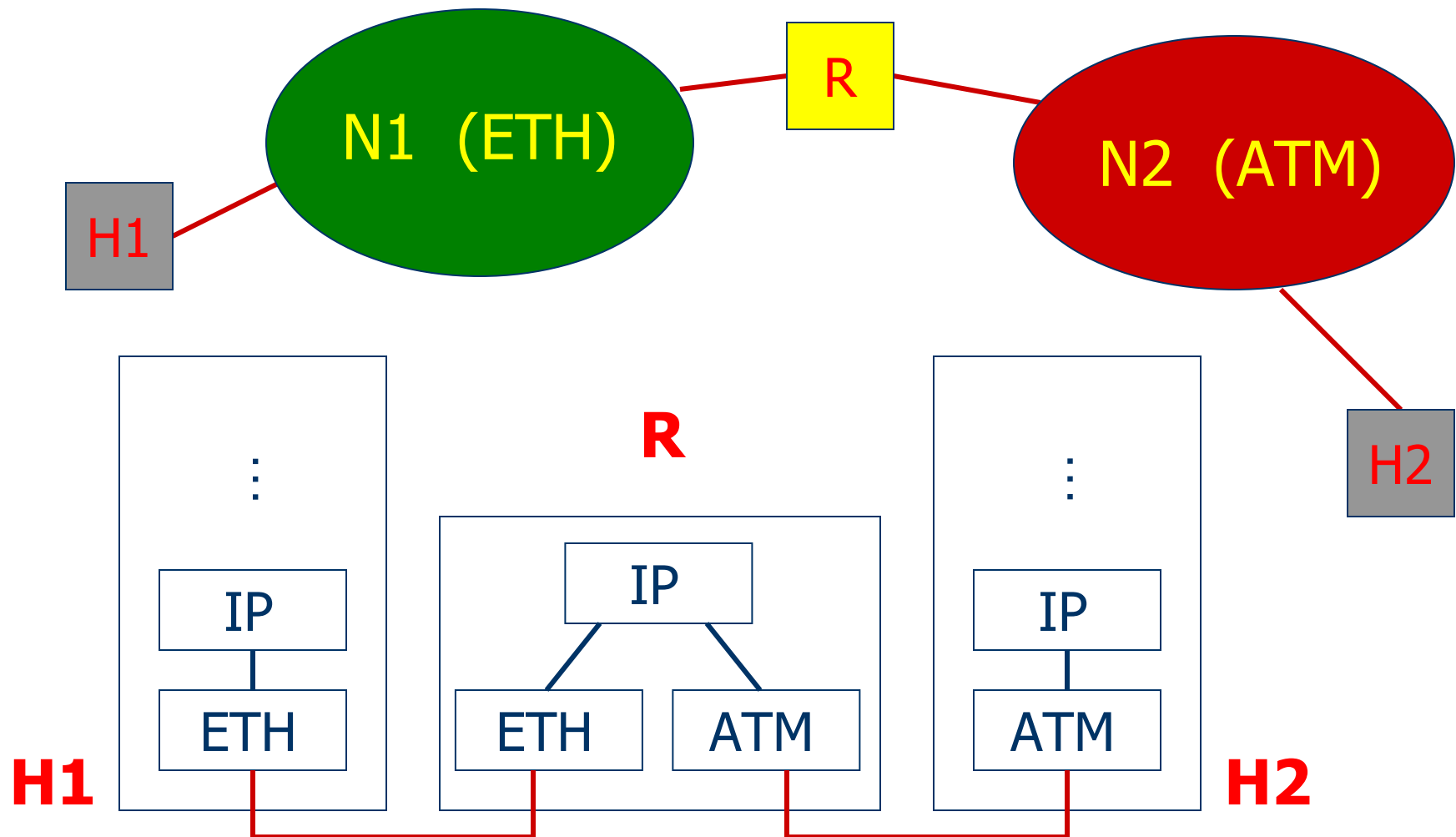
Forwarding: processo tramite il quale un router invia un pacchetto, ricevuto in ingresso, al nodo successivo (router o host) lungo il cammino che conduce alla destinazione del pacchetto

Forwarding:



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

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

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

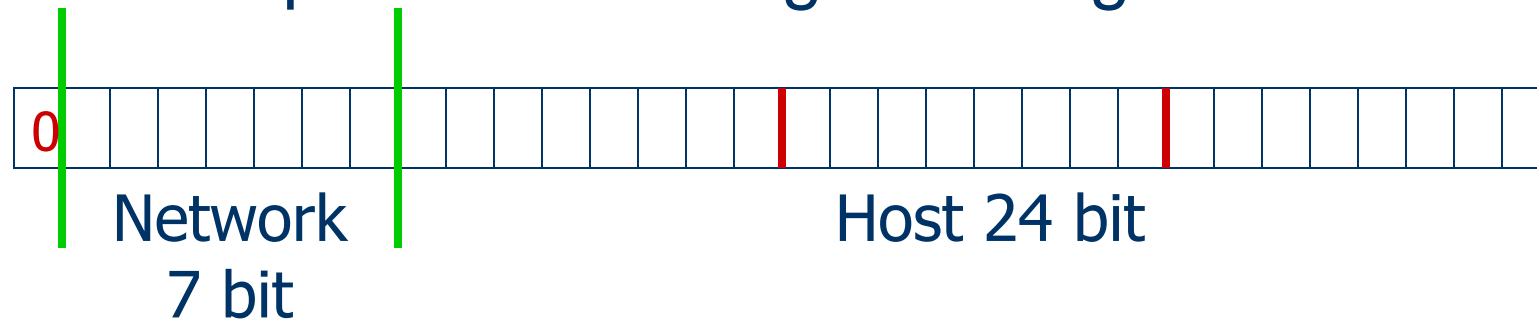
Network: identifica la rete

Host: identifica l'host

Protocollo IP

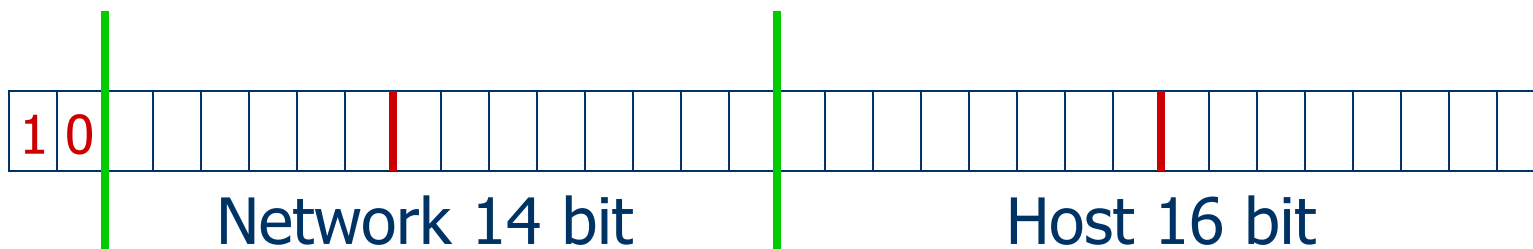
3 Classi di indirizzi:

Classe A: poche WAN di grossa taglia



Primo byte: $0 \div 127$

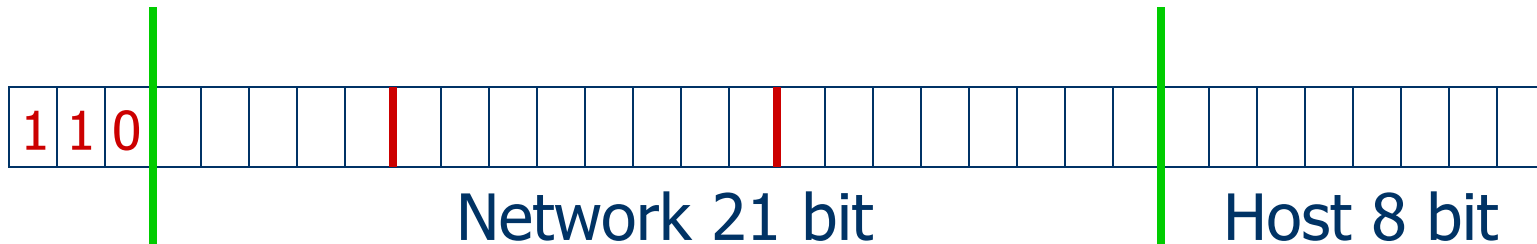
Classe B: reti di dimensioni intermedie



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

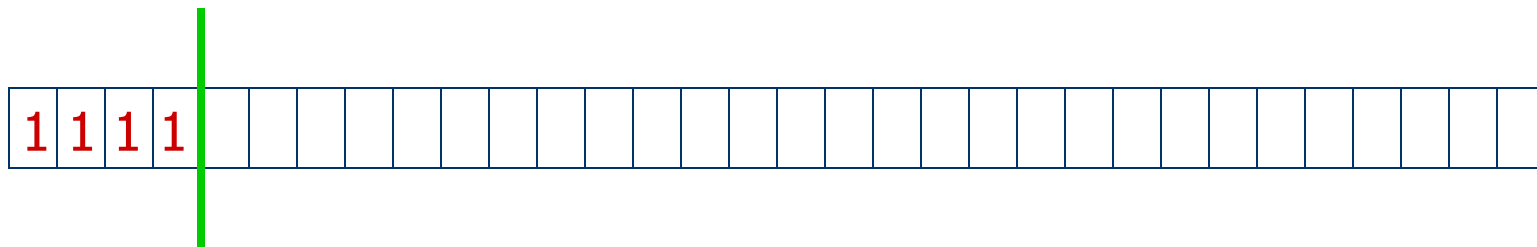
Host = 11...1 broadcast nella rete specificata

255.255.255.255 broadcast nella rete locale

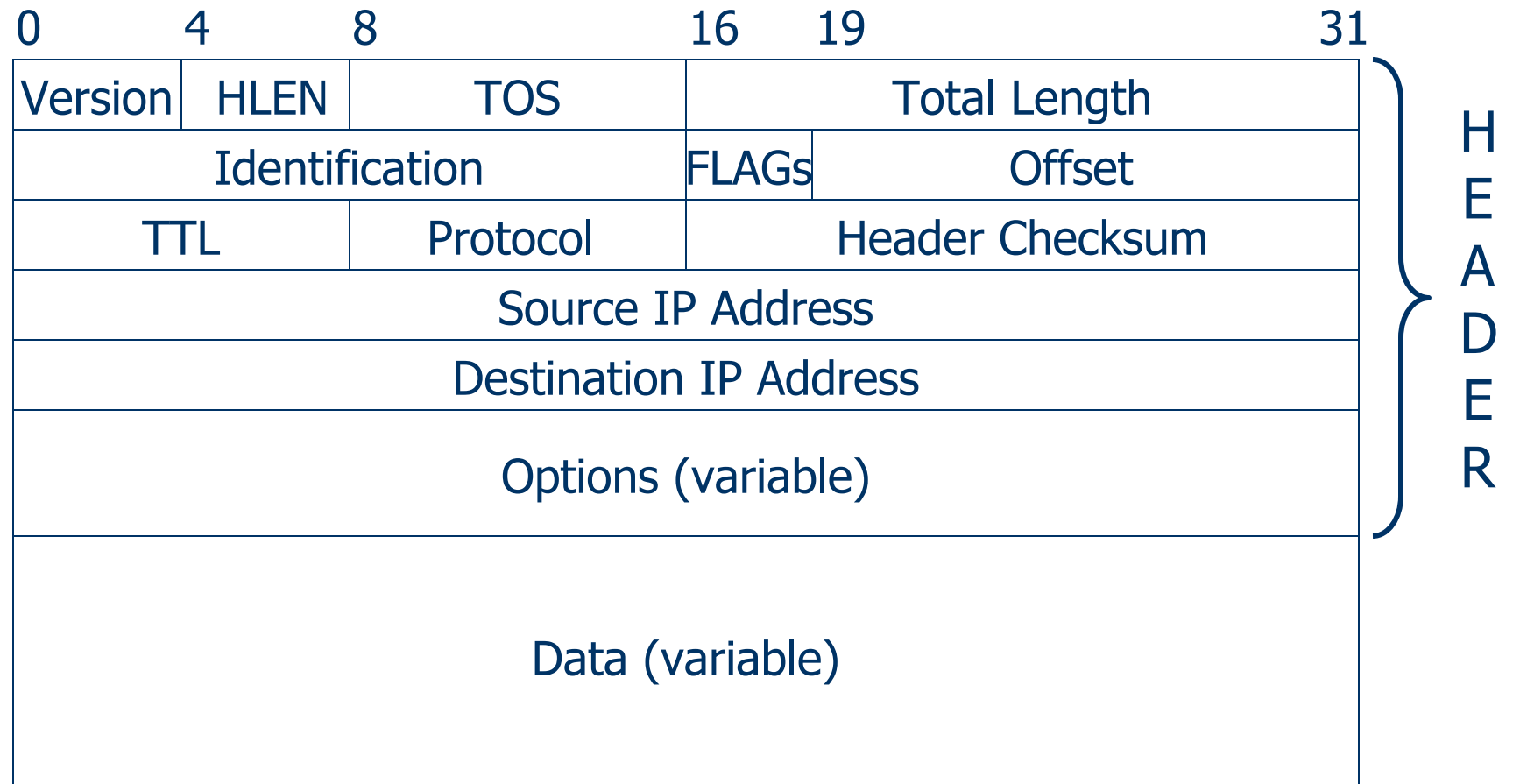
Classe D: multicast



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

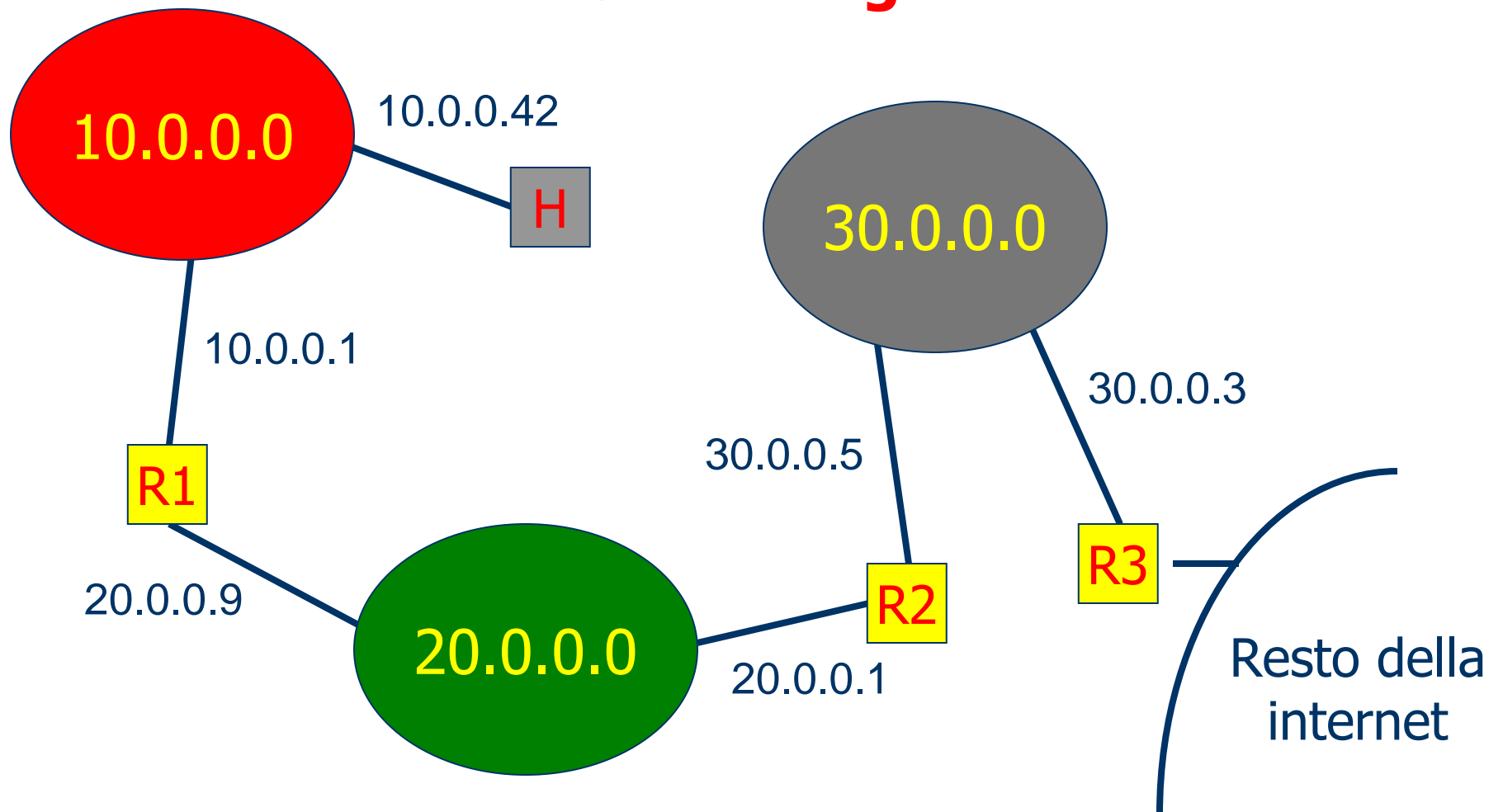
Protocollo IP

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

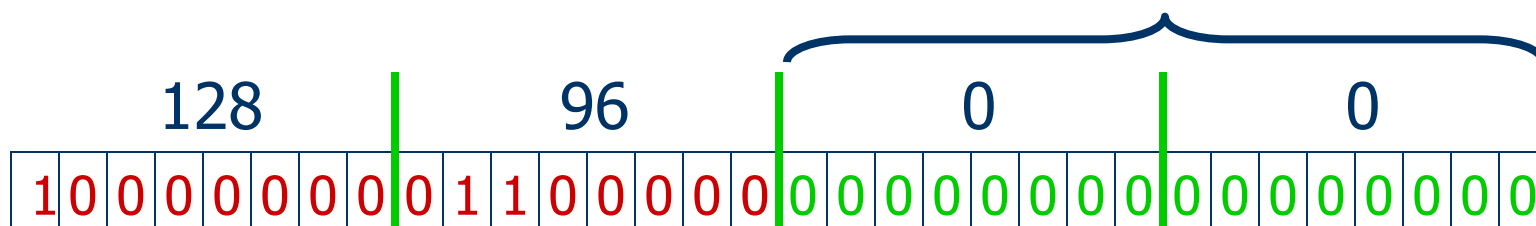
- un unico indirizzo IP di classe A, B o C è assegnato a più reti fisiche (**subnet**)
- a ogni subnet è assegnato un **subnet number** univoco tramite un'estensione della parte network nell'indirizzo IP
- a ogni subnet è associata una **subnet mask** che serve per “estrarre” il subnet number da tutti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

Protocollo IP

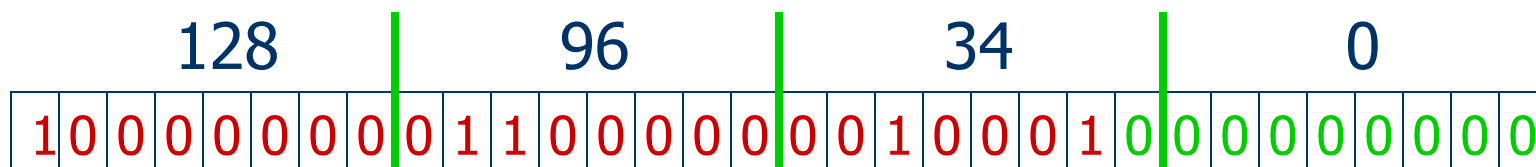
Esempio:

Parte host = 00..0 → indirizzo di rete

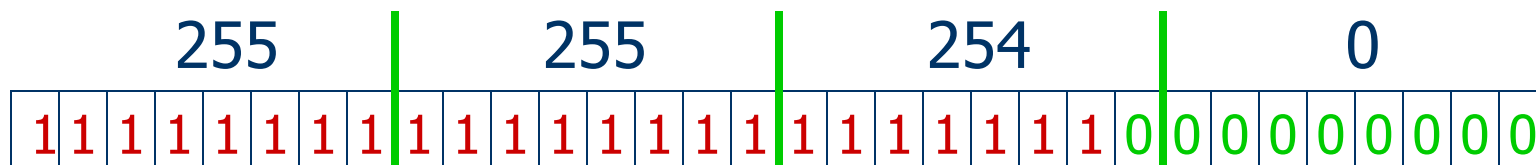
Indirizzo IP di classe B



Subnet Number

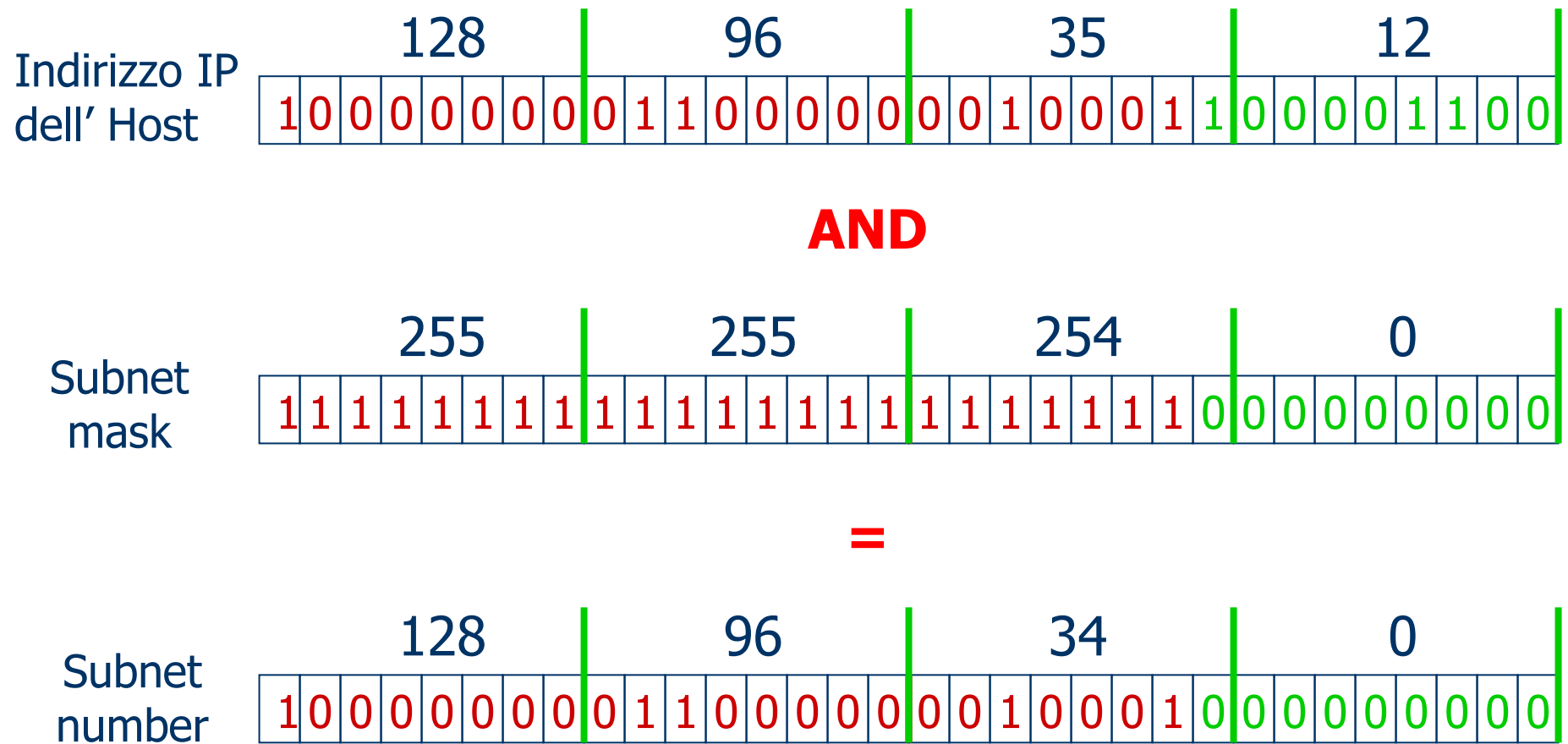


Subnet Mask



Protocollo IP

- L'indirizzo IP di un host coincide con il subnet number nelle posizioni dei bit a 1 della subnet mask



Osservazioni:

1. Nella routing table

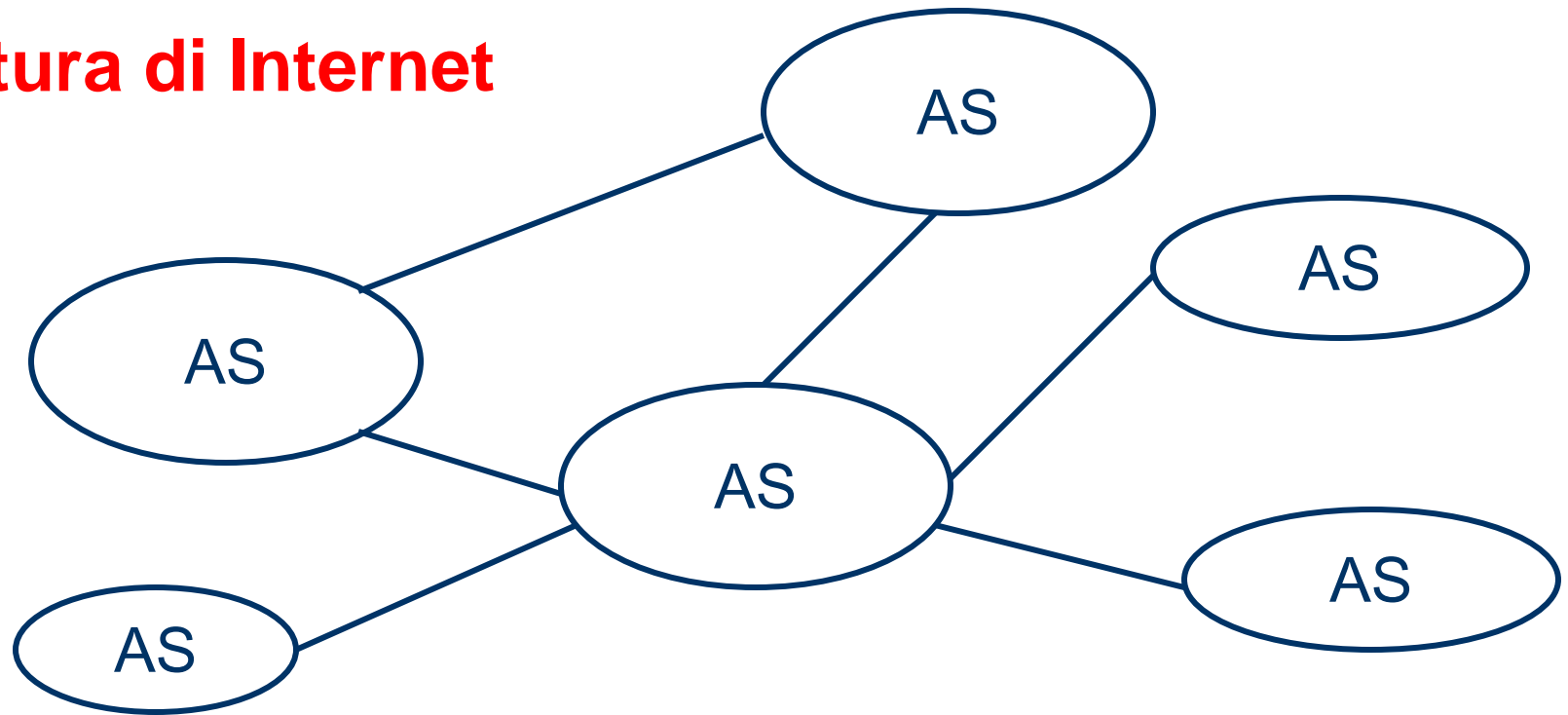
Destination net \equiv subnet number

Mask \equiv 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

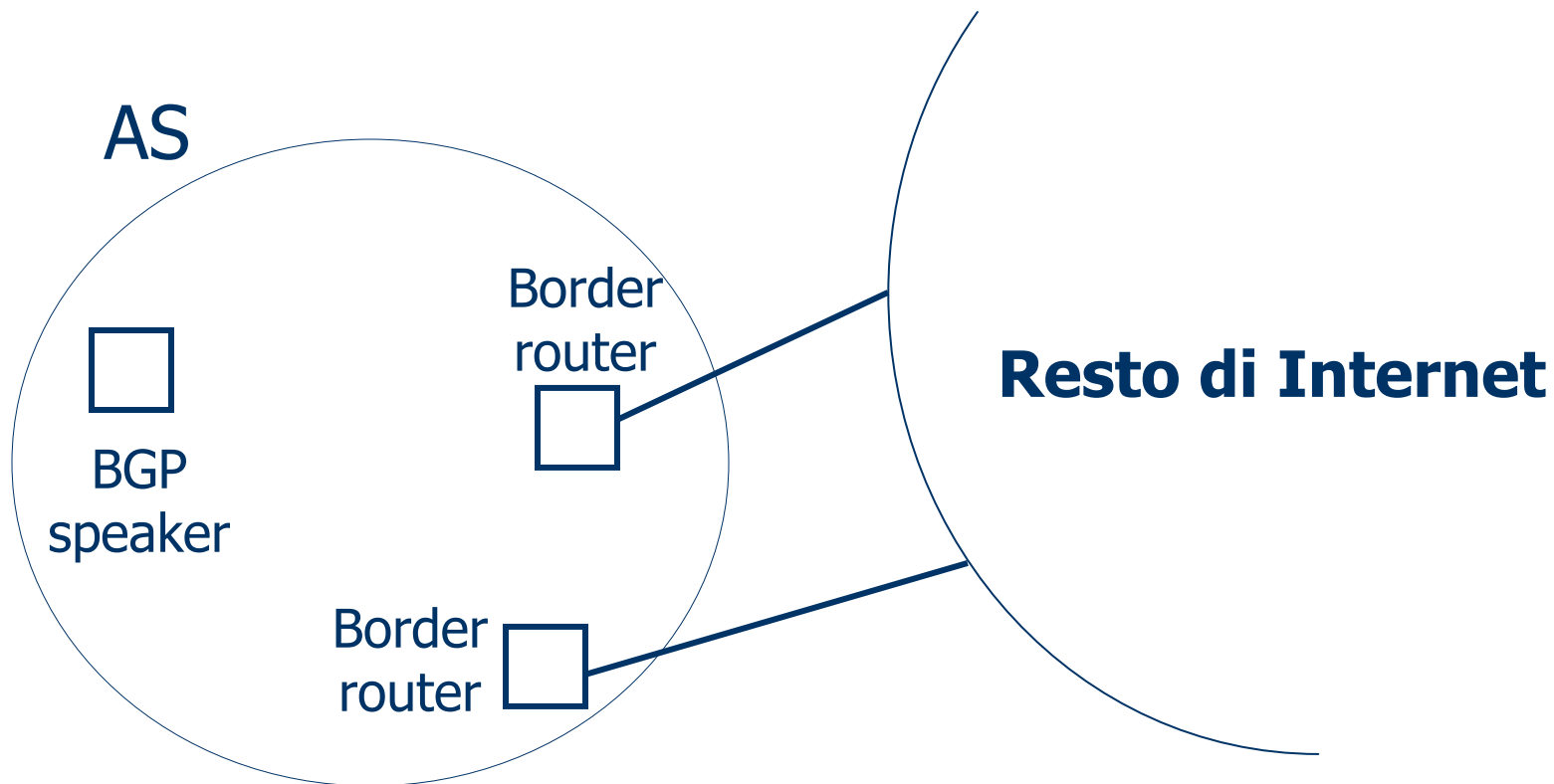
insieme di reti sotto il controllo amministrativo di un'unica organizzazione (es., backbone service provider, ISP, ateneo, azienda, ecc.)

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