UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

La Rete Internet e il protocollo IP

Luca Veltri

(mail.to: luca.veltri@unipr.it)

Corso di Reti di Telecomunicazioni A, a.a. 2004/2005

http://www.tlc.unipr.it/veltri

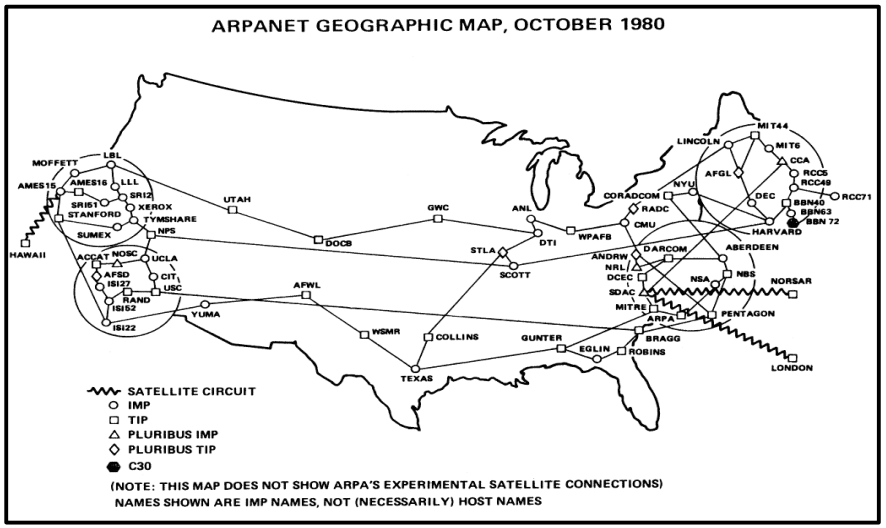
Sommario

- Introduzione ad Internet
- L'architettura TCP/IP
- Il protocollo IP
- Routing IP
- ARP
- ICMP
- DHCP
- Cenni su IPv6

Internet: storia

- Le origini di Internet si possono far risalire al progetto DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) del DOD Americano (inizi anni 70')
- Necessità di interconnettere reti dei centri militari, universitari e di ricerca: definizione della rete ARPANET
- 1973 viene commissionato all'Università di Stanford il progetto di una suite di protocolli standard che garantissero connettività a livello di rete
- Verso la fine degli anni '70, tale sforzo portò al completamento dell'Internet Protocol Suite, di cui i due protocolli più noti sono il TCP e l'IP
  - **comunemente si fa riferimento ad essa con la sigla TCP/IP**
- RFC 791, "INTERNET PROTOCOL", Sept. 1981

ARPANET: 1980



Internet: storia (cont.)

- 1990: ARPANET cessa le sue attività
- 1990: Barners-Lee (CERN) definisce il WWW
- 1993: Andreessen (NCSA, Illinois) sviluppa il primo WWW browser
- Evoluzione:
  - **applicazioni e servizi principali:**
    - e-mail, ftp, telnet, news → www, e-mail, streaming, peer-to-peer
  - **velocità tipica delle portanti:**
    - 64 kbit/s → 2÷100 Mbit/s
- Nuove problematiche:
  - **Qualità del servizio, multimedia, reti mobili**

Motivazioni del successo

- Sovvenzioni statali ($ 200 milioni nel periodo ‘86-’95)
- Assenza di vincoli architetturali forti: non richiede che tutti i sistemi siano basati sulla stessa architettura protocollare
  - **interconnessione di reti eterogenee**
- Modalità di trasferimento nello strato di rete senza connessione
  - **flessibilità rispetto a tecnologie di (sotto)rete anche molto diverse tra loro**
- Semplicità dei protocolli (inclusi quelli di gestione e controllo)
- Disponibilità immediata e gratuita del software, della documentazione tecnica e degli standards (anche nei primissimi stadi di sviluppo)
- Protocolli implementati in software
- Protocolli integrati nel sistema operativo UNIX
- Vasta disponibilità (spesso gratuita) di applicazioni (modello client/server e peer-to-peer)

Organi Regolatori

- ISOC (Internet SOCiety): Organo politico di rappresentanza di Internet
- IAB (Internet Architecture Board): Commissione di supervisione complessiva degli aspetti tecnici di Internet
- IETF (Internet Engineering Task Force): Comunità che specifica I protocolli di Internet ed emette documenti ad essa relativi. È diviso in Aree e Working Groups (WGs)
- IESG (Internet Engineering Steering Group): Organo di supervisione dell’IETF, costituito prevalentemente da IETF Area chairs
- IANA (Internet Assigned Number Authority): Autorità che disciplina l’uso di tutti i numeri, valori, costanti, well-known ports usati in Internet
- InterNIC (Internet Network Information Centre): Ente che assegna gli indirizzi IP ed i nomi di dominio

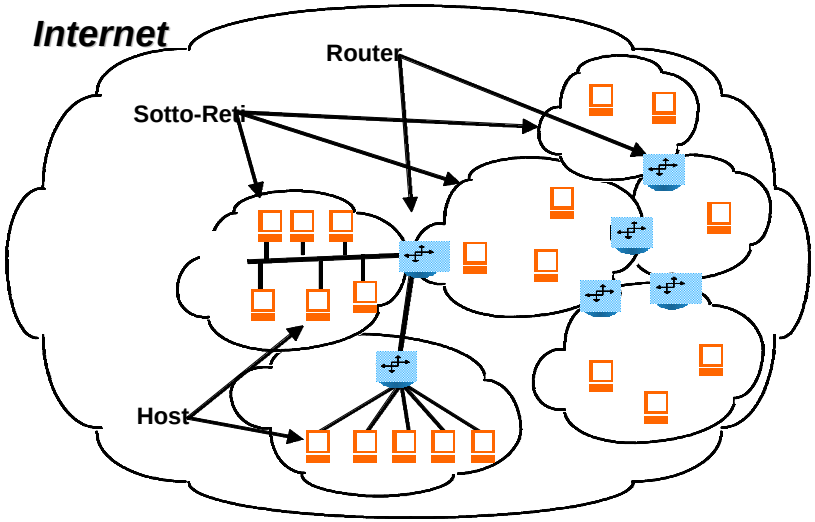
IETF

- L’organo di standardizzazione più importante per Internet dal punto di vista tecnico è l’IETF (Internet Engineering Task Force)
  - **definisce i protocolli riguardanti la rete Internet**
  - **gli standard prodotti vengono denominati RFC (Request For Comments) e numerati in ordine crescente**
  - **http:// www.ietf.org/**
- Processo di standardizzazione dell’IETF:
  - **Poche regole (*“Just Enough”*), flessibili, dinamiche e pragmatiche**
  - **Processo aperto a tutti i contributi**
  - **Nessuna votazione, bensì consenso**
  - **Prototipi disponibili prima (non dopo) la standardizzazione**
- Riassunti nel motto dell’IETF:
  - **“Rough consensus and running code!”**
    David D. Clark, MIT, in speech to IETF Plenary, ~1994.

Struttura di rete

- Internet consiste di un insieme di reti interconnesse che possono essere considerate come un'unica entità
- Le reti sono collegate da apparati (nodi) di commutazione detti router, che hanno come funzione primaria quella di instradare i dati sulla base dell'indirizzo della rete destinataria
- La modalità di trasferimento nello strato di rete è senza connessione (CL)
- La struttura di rete è non gerarchica
- I protocolli TCP/IP trattano tutte le sotto-reti in modo uguale; esempi di sotto-reti possono essere:
  - **una rete in area locale (e.g. Ethernet)**
  - **una rete in area metropolitana (e.g. anello SDH)**
  - **una rete geografica (e.g. la rete PSTN/ISDN)**
  - **una connessione punto-punto dedicata**
  - **...**

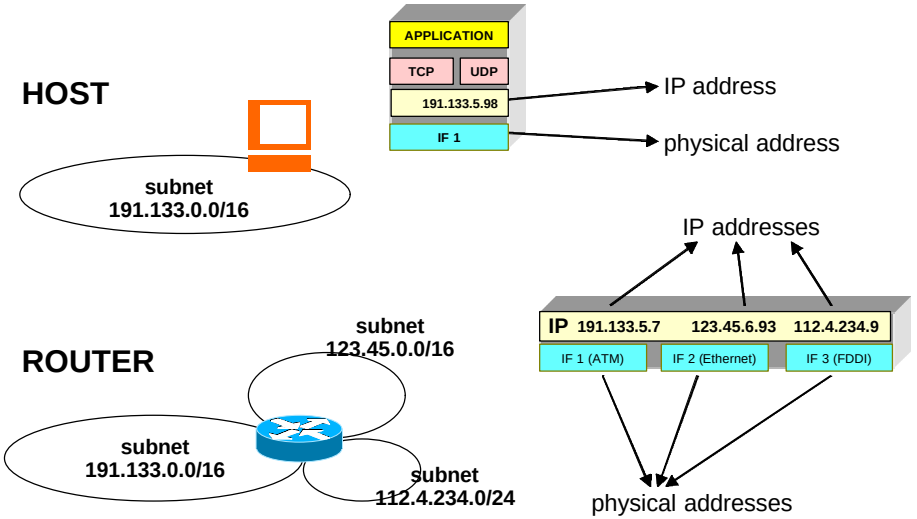
Struttura di rete



Struttura di rete (cont.)

- I nodi fondamentali all'interno di questa struttura sono gli hosts e i routers
- Gli hosts:
  - **sono sorgente e destinazione di informazione, spesso hanno una sola interfaccia di rete e un indirizzo IP**
  - **possono essere dei normali PC, workstation, palmari, telefoni cellulari o qualsiasi altro apparecchio che abbia bisogno di comunicare con altri nodi**
- I routers:
  - **in genere hanno due o più interfaccie di rete con corrispondenti indirizzi IP**
  - **<u>inoltrano</u> le unità informative IP <u>da una rete ad un'altra</u> (funzione di forwarding)**
  - **possono essere delle macchine dedicate (la maggior parte dei router commerciali) o con un OS aperto (e.g. Linux)**

Hosts and Routers: esempio



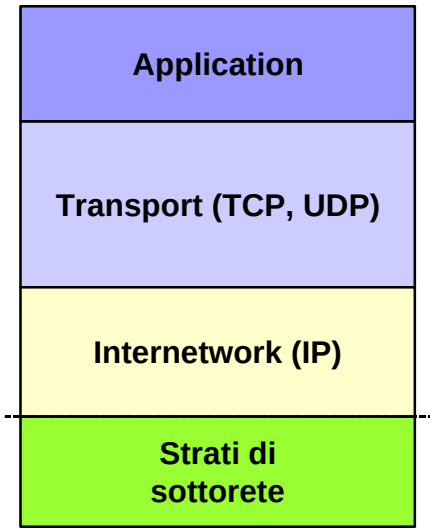
Struttura di rete (cont.)

- Lo strato di rete (IP) non fornisce alcuna garanzia sulla qualità di servizio (grado di integrità informativa, ritardo di trasferimento, grado di trasparenza temporale, etc.)
  - **Il compito di rendere la qualità di servizio adeguata alle esigenze degli utenti è demandato agli strati superiori residenti negli hosts**
- I suoi protocolli
  - **sono logicamente situati al di sopra di qualsivoglia altro protocollo di rete (eventualmente duplicandone le funzioni)**
  - **sono in grado di operare su diverse piattaforme hardware utilizzando qualsiasi sistema operativo (UNIX, Mac OS, MS-DOS, Windows, Linux, etc.)**

Tipi di reti sottostanti IP

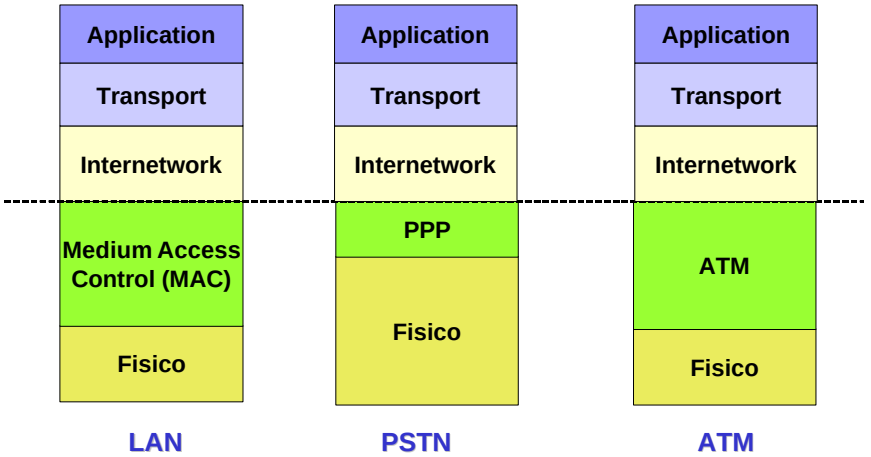
- punto-punto
  - **le interfacce possono essere "unnumbered"**
  - **e.g.: linee dedicate o dial-up (PPP, SLIP)**
- multiaccesso con possibilità di broadcast
  - **più host possono comunicare direttamente senza passare per router intermedi**
  - **possibilità di broadcast**
  - **e.g. : LAN**
- multiaccesso senza possibilità di broadcast (Non Broadcast Multiple Access)
  - **più host possono comunicare direttamente senza passare per router intermedi**
  - **non c'è possibilità di broadcast**
  - **e.g. : X.25, Frame Relay, ATM**

Architettura TCP/IP



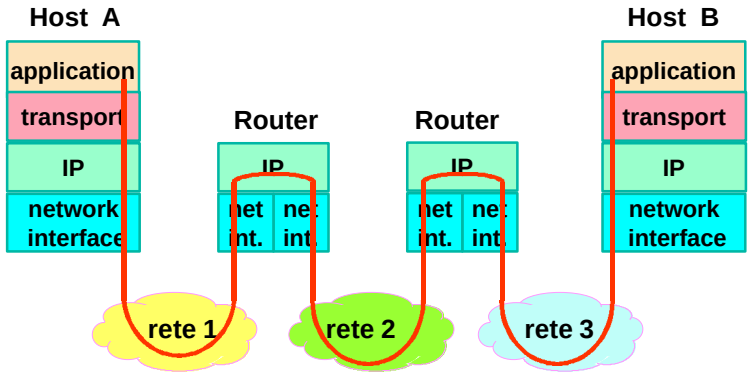
- **I protocolli applicativi definiscono modalità e formati per lo scambio di messaggi per le specifiche applicazioni (e.g. http, ftp, smtp, etc)**
- **TCP manipola flussi di dati orientati alla connessione, suddividendo i flussi in datagrammi, invindoli tramite IP e riassemblando i flussi dall'alro lato, ritrasmettendo dati persi**
- **IP è responsabile dell'invio di pacchetti di ati individuali (datagrammi) senza connessioni durature**
- **interfaccia comune ai collegamenti tra i vari nodi (per esempio, Ethernet, modem, etc)**

Architettura TCP/IP: Esempi



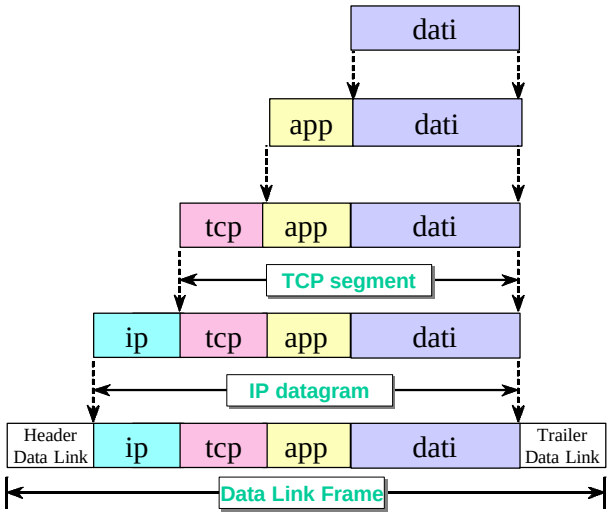
Architettura TCP/IP

- Il percorso software di un messaggio che attraversa più reti interconnesse tramite un'architettura Internet può essere schematizzato come segue:



I router implementano i protocolli IP, ICMP e i protocolli di routing

Architettura TCP/IP: esempio di imbustamento



Architettura TCP/IP

Strati OSI	Protocolli			
	Applicazioni			
5 - 7	TELNET SMTP FTP HTTP	POP News TALK etc.	RIP OSPF SNMP DNS	
4	TCP		UDP	ICMP
3c	IP			
3b	ARP/RARP			
3a	X.25 liv. 3, SNA, DECnet, ATM+AAL, PPP, etc			
2	X.25 liv. 2, 802.2, Ethernet, WiFi, etc.			
1	Strato fisico			

Tutti gli strati inferiori a IP, da 3a compreso in giù, sono considerati come "Strato di accesso alla rete" e sono trattati indifferentemente

Architettura TCP/IP: protocollo IP

- IP è un protocollo di strato di rete; le sue principali funzioni sono
  - **l'indirizzamento**
  - **l'instradamento**
  - **la frammentazione e l'aggregazione delle unità informative**
- Tratta ciascun pacchetto come un messaggio indipendente da tutti gli altri; non esistono pertanto, a questo strato, i concetti di connessione e di circuito logico: il protocollo IP è senza connessione

Architettura TCP/IP: protocollo IP

- Il servizio è inaffidabile e basato sul paradigma del “best effort” (la rete cerca di “fare del suo meglio”)
- Il servizio è definito inaffidabile perché la consegna di un’unità informativa non è garantita. Queste possono essere perse, duplicate o consegnate fuori sequenza
- Il protocollo TCP offre un servizio affidabile orientato alla connessione
  1) **trasferisce un flusso informativo continuo e bi-direzionale**
  2) **può sopperire a problemi di perdita, duplicazione e consegna fuori sequenza dei dati**
  3) **attua anche un controllo di flusso che consente di adeguare il volume dei dati trasferito alle capacità di ricezione e di emissione**
  4) **a questo scopo viene utilizzato un meccanismo a finestra variabile**
  5) **fornisce un meccanismo per indirizzare le singole applicazioni**
- Il protocollo UDP offre un servizio senza connessione
  1) **aggiunge la funzione di controllo di errore (senza recupero)**
  2) **fornisce un meccanismo per indirizzare le singole applicazioni**

Architettura TCP/IP: ICMP, SMTP, ARP

- ICMP (Internet Control Message Protocol) è un protocollo senza connessione ed è utilizzato per
  - **risolvere eventuali situazioni anomale**
  - **controllare il trasferimento (controllo di flusso di tipo On-Off)**
  - **comunicare alle sorgenti eventuali problemi (ad es. di indirizzamento)**
- SNMP (Simple Network Management Protocol) è il protocollo di gestione di rete
- I protocolli ARP e RARP (Address Resolution Protocol, Reverse Address Resolution Protocol) sono di supporto per determinare l'indirizzo fisico locale corrispondente ad un indirizzo Internet, (ARP), o viceversa (RARP)

Architettura TCP/IP: Caratteristiche

- L’insieme di protocolli TCP/IP
  - **riesce a inter-connettere tutti i tipi di sotto-rete in quanto assume che le funzionalità degli strati sottostanti costituiscano solo una piattaforma per il trasferimento fisico**
  - **realizza tutte le funzioni tipiche per il trasporto dell’informazione: controllo di errore, indirizzamento, instradamento, frammentazione e aggregazione delle unità informative, inoltro in rete**
- Se alcune o tutte queste funzioni non erano state svolte da una particolare sotto-rete, TCP/IP le realizza; se erano già state volte le duplica, realizzandole nuovamente
- Ciò conduce ad eventuali duplicazioni di funzioni ma consente di non imporre alcun vincolo sulla tecnologia e sui protocolli delle sotto-reti di trasporto che interconnette (X.25, Frame Relay, ATM, LAN, MAN, rete telefonica etc.)

Architettura TCP/IP: Caratteristiche (cont.)

- Le prestazioni da estremo a estremo (velocità di trasmissione delle informazioni, grado di trasparenza temporale e di integrità informativa) sono quindi fortemente legate alle caratteristiche delle sotto-reti attraversate
- La modalità di trasferimento, nello strato IP, è senza connessione $\Rightarrow$ nessuna garanzia di qualità del servizio
- Il compito di rendere la qualità di servizio adeguata alle esigenze degli utenti è demandato (per quanto possibile) agli strati superiori residenti negli hosts
- Il trasferimento delle unità informative può richiedere una frammentazione delle stesse laddove le dimensioni delle unità informative gestite dalle sotto-reti non coincidano con le dimensioni massime consentite

Internet Protocol (IP)

Internet Protocol (IP)

- "*IP is the workhorse protocol of the TCP/IP protocol suite*" (W. R. Stevens)
- Il protocollo IP (RFC 791, 919, 922, 950, 1349)
  - **è un protocollo di strato di rete (secondo il modello OSI)**
  - **opera con modalità di trasferimento *connectionless* (senza connessione), ovvero a datagramma**
    - Il termine connectionless significa che il protocollo IP non mantiene alcuna informazione di stato circa i pacchetti inoltrati; ciascun pacchetto è trattato independentemente da tutti gli altri
    - questo significa anche che i datagrammi IP possono essere consegnati fuori sequenza
  - **è di tipo NON affidabile e non fornisce alcuna garanzia sulla QoS (servizio "best effort")**
    - Il termine inaffidabile significa che non ci sono garanzie che un pacchetto IP giunga a destinazione

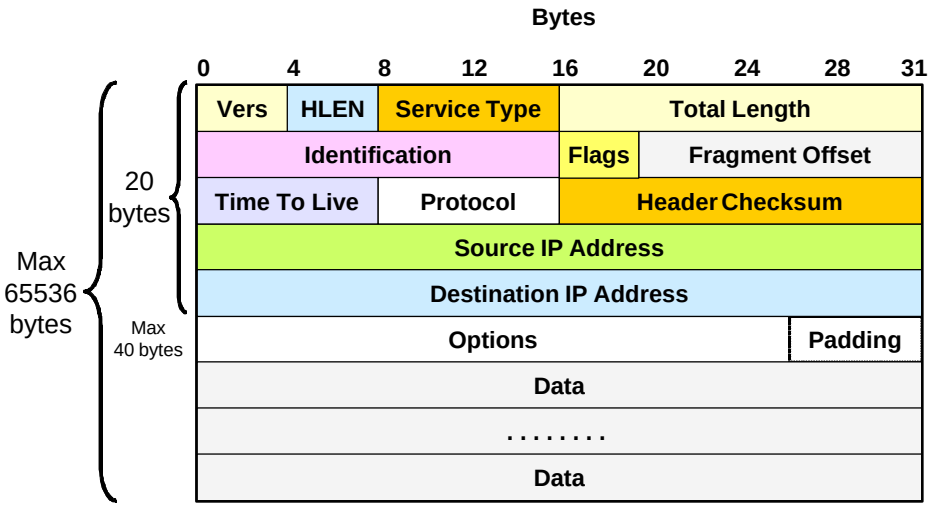
Internet Protocol (IP)

- Il protocollo IP esegue le seguenti funzioni:
  - **definisce l'unità base per il trasferimento dei dati (datagramma)**
    - la lunghezza massima di un datagramma è di 65536 ottetti
  - **definisce lo schema di indirizzamento**
  - **definisce le modalità di instradamento dei datagrammi**
  - **esegue, se necessario, la frammentazione e il ri-assemblaggio delle unità dati**

Internet Protocol (IP)

- Il protocollo IP in trasmissione
  - **incapsula in datagrammi i dati provenienti dallo strato di trasporto**
  - **predispone l'opportuna intestazione (indirizzi src e dst,…)**
  - **applica algoritmo di routing**
  - **invia i dati verso l'opportuna interfaccia di rete**
- in ricezione
  - **verifica la validità dei datagrammi in arrivo**
  - **esamina l'intestazione**
  - **verifica se sono datagrammi da rilanciare**
  - **se sono dati locali, consegna il contenuto del datagramma all'opportuno protocollo di livello superiore**

Header IP



Header IP

- Vers (4 bits): versione del protocollo usata (attualmente IPv4)
- HLEN (4 bits): lunghezza dell'intestazione specificata in parole di 4 bytes (min 20 - max 60 bytes)
- TOS (Type Of Service): quando supportato dalla rete, permette di specificare un livello di qualità di servizio richiesto dall'utente (ad es. affidabilità o velocità di trasferimento)
  - **in passato non usato**
  - **ora utilizzato da reti a servizi differenziati (Differentiated Services)**
- Total length: (16 bits) specifica la lunghezza totale (inclusa l'intestazione) del datagramma, misurata in bytes (valore max: 2^{16}=65536 bytes)
- Identification: (16 bits) numero identificativo del datagramma; è ereditato dagli eventuali frammenti
- Flags: è un campo di 3 bits usato per la frammentazione: X, DF e MF
  - **X: non usato e posto a zero**
  - **DF: Don't Fragment; se 0 indica che il datagramma può essere frammentato, se 1 no**
  - **MF: More Fragment; se 0 indica che è l'ultimo frammento, se 1 che ci sono altri frammenti**

Header IP

- Fragment Offset: (13 bits); posizione del frammento all'interno del datagramma, espresso in unità di 8 bytes può numerare 8192 frammenti; se uno o più frammenti non viene ricevuto (a destinazione), verrà scartato l'intero datagramma
- Time to Live: (8 bits); indica il numero massimo di salti residui che il datagramma può effettuare in rete. E' aggiornato da ogni router attraversato
- Protocol: indica a quale protocollo dello stato superiore deve essere trasferito il contenuto informativo del datagramma (es. TCP=6, UDP=17, ICMP=1)
- Header Checksum (16 bits): controllo di errore sull'intestazione; se viene rivelato un errore il datagramma viene scartato
- Source Address: (32 bits); indirizzo dell'host sorgente
- Destin. Address: (32 bits); indirizzo dell'host destinazione IP (ovvero dell'host, non dell'utente finale)

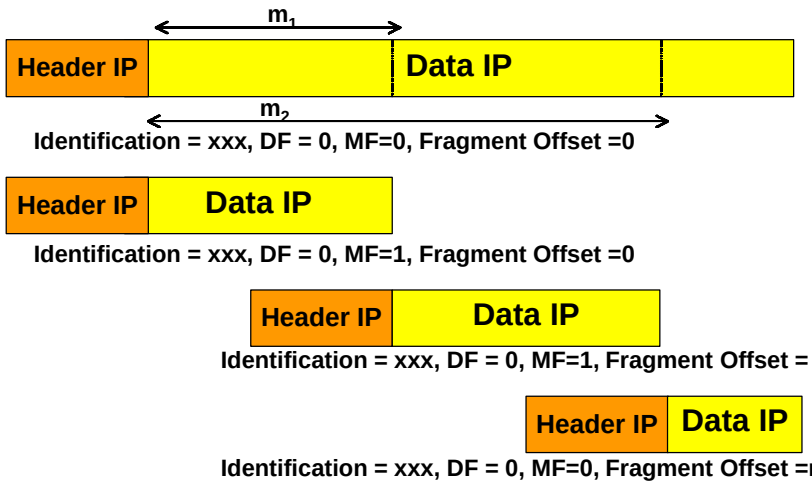
Header IP

- Options: campo di lunghezza variabile (multipli di 8 bit) che può essere omesso. È composto da tanti ottetti quante sono le opzioni implementate. Ad esempio:
  - **Record Route Option (RRO): consente al mittente di creare una lista vuota di indirizzi IP in modo che ogni nodo attraversato inserisce il suo indirizzo in questa lista**
  - **Source Route Option (strict o loose): consente al mittente di specificare i nodi attraverso i quali vuole che transiti il datagramma**
  - **Timestamp Option: come RRO con in più l'istante temporale in cui il datagramma attraversa i diversi nodi**
- Padding: rende la lunghezza dell'intestazione multiplo intero di 32 bit mediante introduzione di zeri

Frammentazione

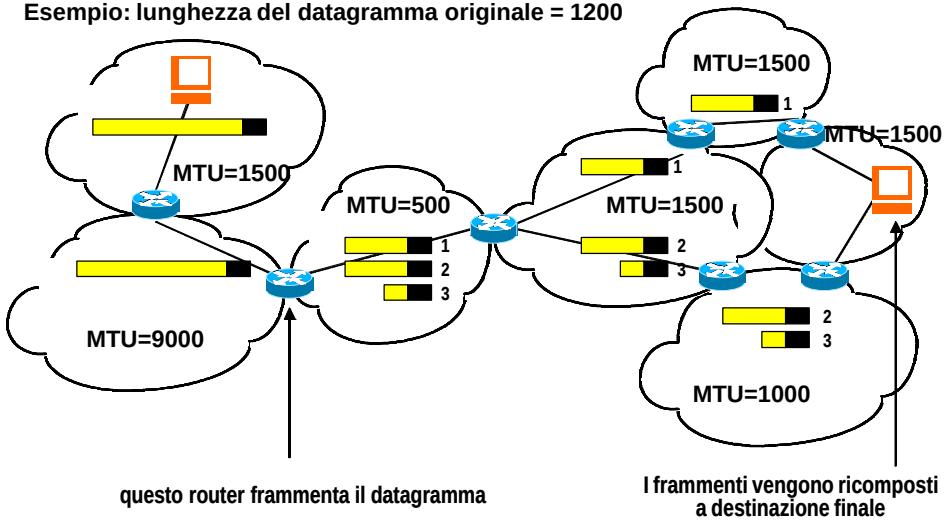
- Ogni rete fisica ha un valore massimo di lunghezza della propria unità informativa
  - **Maximum Transmission Unit - MTU**
- La frammentazione di un datagramma IP è necessaria se il valore della MTU nella sottorete fisica è inferiore alla lunghezza del datagramma
- La frammentazione è effettuata dal router/host prima del rilancio nella sottorete
- La ricomposizione del datagramma originale è effettuata dall'host di destinazione

Frammentazione



Frammentazione

Esempio: lunghezza del datagramma originale = 1200



questo router frammenta il datagramma

I frammenti vengono ricomposti a destinazione finale

Esempio di datagramma IP

rappresentazione esadecimale	*rappresentazione binaria*	
45 00 00 20	01000101 00000000 00000000 00100000	*Header IP*
fe be 00 00	11111110 10111110 00000000 00000000	
80 11 ca b7	10000000 00010001 11001010 10110111	
8d 89 2b 20	10001101 10001001 00101011 00100000	
8d 89 2b 24	10001101 10001001 00101011 00100100	
06 8c 52 4c	00000110 10001100 01010010 01001100	*dati*
00 0c 70 ce	00000000 00001100 01110000 11001110	
63 69 61 6f	01100011 01101001 01100001 01101111	

01000101 00000000 00000000 00100000 11111110 10111110 00000000 00000000 10000000 00010001 11001010 10110111 10001101 10001001 00101011 00100000 10001101 . . .

Indirizzamento IP

Schema di indirizzamento

- Internet consente ad ogni nodo connesso alla rete di comunicare con ogni altro nodo di Internet
- Al tal fine è necessario un metodo globale di identificazione e indirizzamento di tutti i nodi (host e router)
  - **lo schema di indirizzamento è indipendente da quello utilizzato dalle singole sottoreti sottostanti, che in genere possono essere diverse tra loro (Ethernet, X.25, rete telefonica etc.)**

Schema di indirizzamento

- Un indirizzo IP (IP Address) ha una lunghezza di 32 bits
- Identifica un nodo e non uno specifico utente; l'identificazione di un utente all'interno di un host è affidata ai protocolli di strato superiore (TCP o UDP)
- l'identificativo del IP-SAP è dato alla coppia *indirizzo_IP + protocol_id*
- se un nodo è connesso a più di una rete avrà un indirizzo IP per ogni rete (interfaccia di rete); ciò si verifica nei:
  - **routers**
  - **multi-homed hosts**
- Gli indirizzi devono essere unici in tutta la rete (è possibili attribuire indirizzi arbitrari ad una sub-rete TCP/IP solo se questa non è connessa con altre reti)
- Lo schema di indirizzamento IP è stato progettato per consentire un efficiente instradamento
  - **era però stato pensato per una rete con dimensioni decisamente inferiori alle attuali**

Schema di indirizzamento

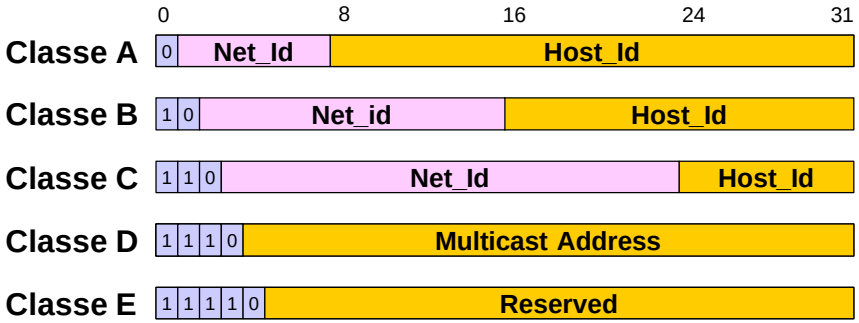
- Un indirizzo IP identifica sia l'host che la rete acui l'host è connesso
  - **L'indirizzo di un host deve essere coerente con quello della rete in cui si trova**
  - **Se un host si muove da una rete, il suo indirizzo deve essere cambiato**
- In origine (1981, RFC 791) lo schema di indirizzamento era di tipo gerarchico a due soli livelli
  - **Indirizzi formati da due parti**
    - net_id: identificativo di rete
    - host_id: identificativo dell'host all'interno della rete

IP_address = net_id + host_id

- La divisione tra *net_id* e *host_id* non è fissa
  - **originariamente determinata in modo univoco dai primi bit dell'indirizzo**
  - **Attualmente un indirizzo è suddiviso in identificativo/prefisso di rete (network prefix) e identificativo dell'host, ma la divisione viene indicata esplicitamente (netmask)**
- Il network prefix viene utilizzato per selezionare l'istradamento corretto dei datagrammi IP

Schema di indirizzamento

- Gli indirizzi IP originariamente sono stati suddivisi in 5 classi (gruppi di indirizzi)



Schema di indirizzamento

- Classi di indirizzi IP

Classe	Bit iniziali	Net_Id	Host_Id	"Reti" disponibili	"Host" disponibili
A	0	7 bit	24 bit	128	16.777.216
B	10	14 bit	16 bit	16384	65.536
C	110	21 bit	8 bit	2.097.152	256
D	1110	Indirizzo multicast: 28 bit Indirizzi possibili: 268.435.456			
E	1111	Riservata per usi futuri: 28 bit Indirizzi possibili: 268.435.456			

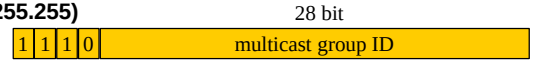
Indirizzi IP

Classe A **(0.0.0.0 - 127.255.255.255)**
127.0.0.0 riservato

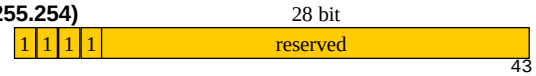
Classe B **(128.0.0.0 - 191.255.255.255)**

Classe C **(192.0.0.0 - 223.255.255.255)**

Classe D **(224.0.0.0 - 239.255.255.255)**

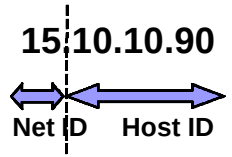


Classe E **(240.0.0.0 - 255.255.255.254)**

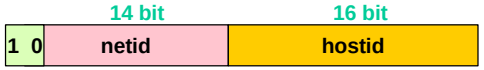


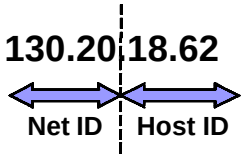
Indirizzi IP: esempi

- Esempio di indirizzo di classe A:

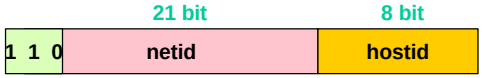


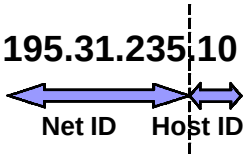
Esempio di indirizzo di classe B:





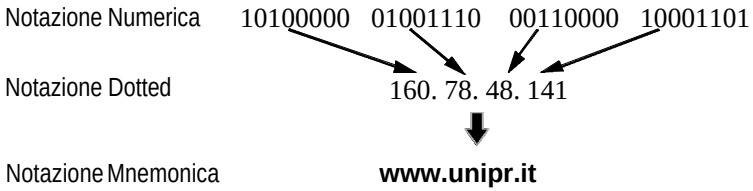
Esempio di indirizzo di classe C:





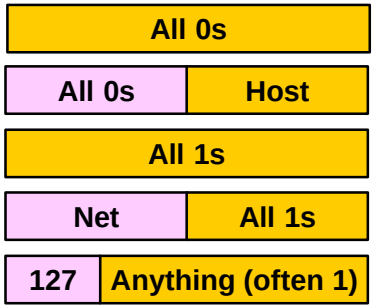
Schema di indirizzamento

- Notazione numerica, “dotted” e “mnemonica”:



- Un opportuno protocollo applicativo (DNS) provvede a tradurre un indirizzo numerico in mnemonico e viceversa

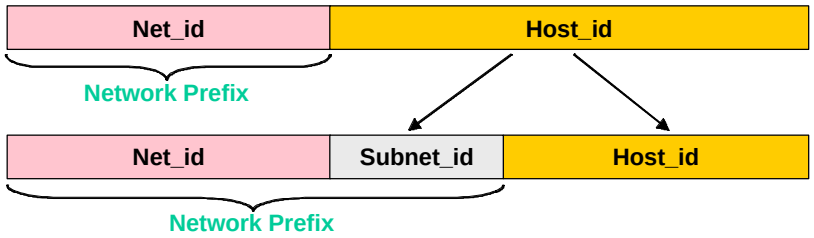
Indirizzi IP particolari



[1] Utilizzabile solo come indirizzo sorgente(usato al bootstrap)
[2] Può essere usato solo come indirizzo destinazione
[3] Non deve essere propagato dai nodi sulla rete

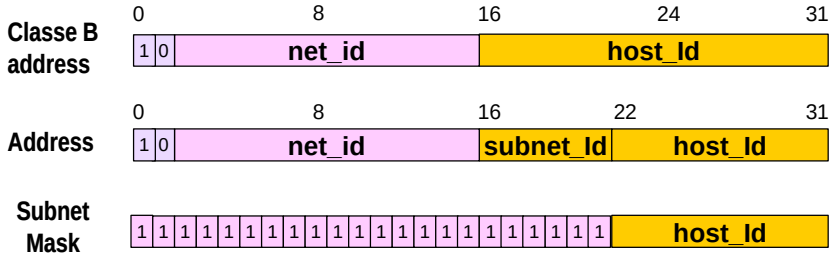
Schema di indirizzamento

- La struttura di indirizzamento a due livelli gerarchici era sufficiente nella fase iniziale di Internet
- Nel 1984 è stato aggiunto un terzo livello gerarchico
  - **il livello di sottorete (subnet)**
- Si utilizzano alcuni bit dell’host_id originario per codificare il subnet_id
  - **si riduce così la parte di host_id rimanente**



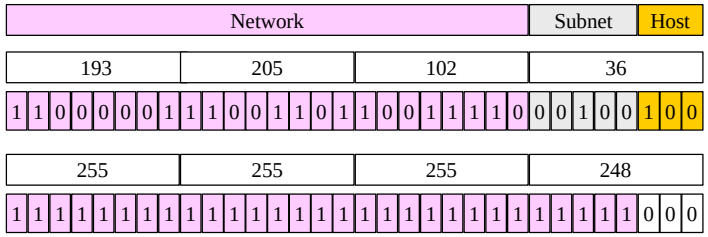
Subnetting

- Il campo subnet_id e il complessivo network prefix è identificato da una maschera denominata “subnet mask” o brevemente “netmask”
- Una subnet mask è una parola di 32 bit in cui
  - **i bit uguali a “1” identificano i bit del net_id e del subnet_id (network prefix)**
  - **i bit uguali a “0” identificano i bit dell’host_id**



Subnetting

- Nel caso in cui il network prefix coincide con il net_id (no subnetting) si ha la "netmask naturale" (netmask implicita)
- Si parla di Subnetting quando la nuova maschera ha più bit a 1 rispetto alla maschera naturale
- Grazie al Subnetting aumentano gli indirizzi di rete a disposizione e migliora la gestione degli indirizzi
- Esempio:



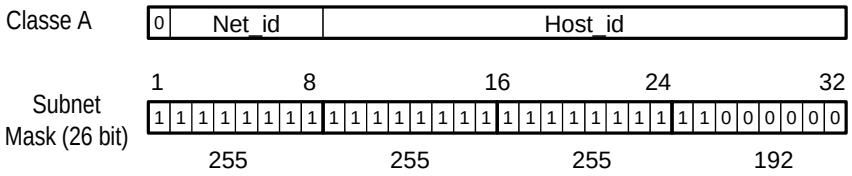
Netmask: valori leciti

- Per come è stata definita una netmask, i suoi 4 byte possono assumere solo i seguenti valori decimali:

decimale	*binario*	*# di host_id, se ultimo byte*
128	1000 0000	(128)
192	1100 0000	(64)
224	1110 0000	(32)
240	1111 0000	(16)
248	1111 1000	(8)
252	1111 1100	(4)
254	1111 1110	(2)
255	1111 1111	(1)

Subnetting Statico

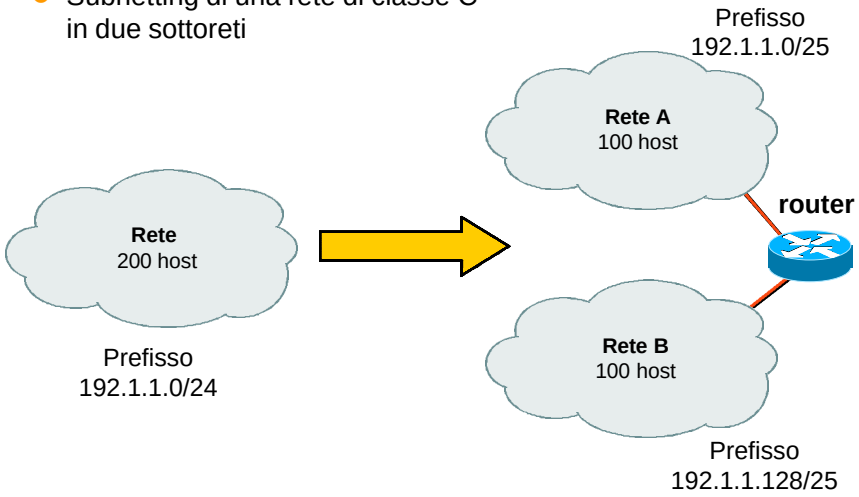
- Tutte le subnet a partire dalla stessa rete hanno la stessa maschera
- Esempio:



  - **numero massimo di sottoreti possibili = 2^{18} = 226.144**
  - **numero massimo di host per sottorete = 2^{6} = 64**

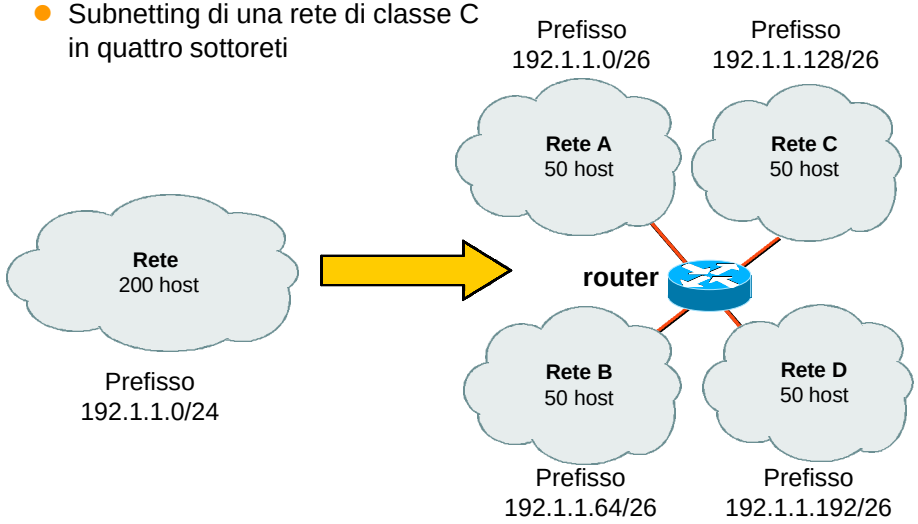
Subnetting: esempio 1

- Subnetting di una rete di classe C in due sottoreti



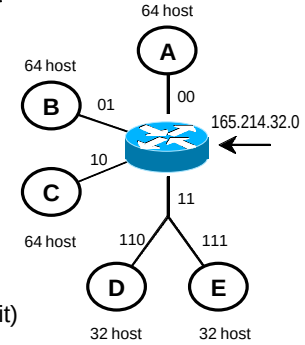
Subnetting: esempio 2

- Subnetting di una rete di classe C in quattro sottoreti

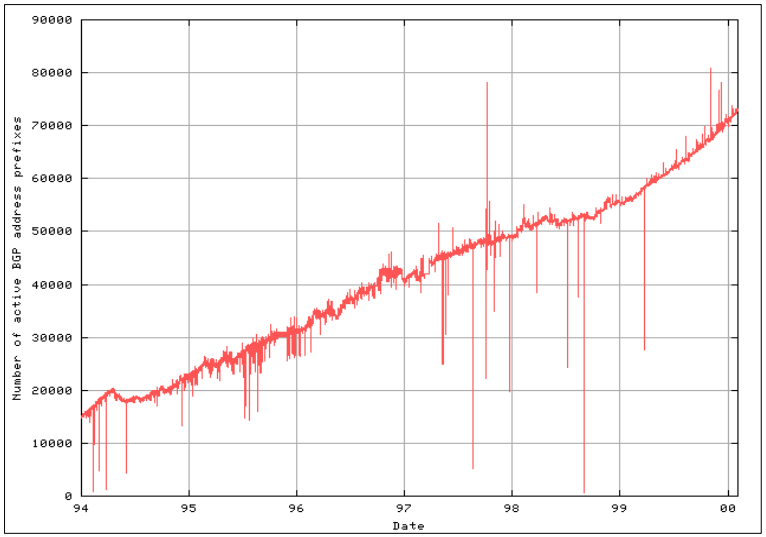


Subnetting a lunghezza variabile

- Le sotto-reti di una rete usano maschere diverse
  - **Consente di gestire reti di dimensione diversa**
- Esempio:
  - **Rete con un indirizzo di classe C**
    - 165.214.32.0
  - **5 Sottoreti**
    - Subnet A, Subnet B, Subnet C: 50 host
    - Subnet D, Subnet E: 30 host
  - **Subnetting:**
    - 4 sottoreti con 64 host ciascuna (Host_id: 6 bit) (subnet mask 255.255.255.192)
    - 1 sottorete divisa in due ulteriori sottoreti con 32 host ciascuna (Host_id: 5 bit) (subnet mask 255.255.255.224)



Esplosione delle tabelle di routing



`http://www.telstra.net/ops/bgptable.html`

Esaurimento degli indirizzi IP

- Il progressivo esaurimento degli indirizzi IP unitamente alla rapida crescita delle dimensioni delle tabelle di routing ha spinto l'IETF (*Internet Engineering Task Force*) ad intraprendere delle azioni preventive
- Tali misure preventive possono essere raggruppate nelle seguenti categorie:
  - **Assegnazione razionale degli indirizzi IP**
  - ***Classless InterDomain Routing* (CIDR)**
  - **Indirizzi privati e *Network Address Translation* (NAT)**
  - **IP versione 6 (IPv6)**

Classless Inter Domain Routing

- Nel 1996 erano stati assegnati
  - **100 % degli indirizzi di classe A**
  - **61.95 % degli indirizzi di classe B (rischio esaurimento)**
  - **36.44 % degli indirizzi di classe C**
- CIDR è stato ideato per
  - **affrontare l'esaurimento dello spazio di indirizzamento di IP (raddoppio degli host ogni anno)**
  - **diminuire la complessità delle tabelle di instradamento nei router**
  - **velocizzare le operazioni di instradamento nei router**
- CIDR tende ad eliminare la divisione in classi di indirizzi anche nei router più interni alla rete Internet
- CIDR è basato sulla tecnica *Supernetting*

Supernetting

- Strategia di assegnazione di indirizzi IP in modo aggregato e gerarchica
  - **in modo da limitare la crescita esplosiva delle tabelle di routing dei routers**
- Più indirizzi di rete assegnati ad un ISP (Internet Service Provider) vengono presi contigui, in modo da poter essere rappresentati e pubblicizzati tramite un unico indirizzo aggregato
  - **esempio,**
    - le 4 reti: 193.200.16.0/24, 193.200.17.0/24, 193.200.18.0/24, 193.200.19.0/24
    - possono essere viste come una unica rete (aggregata) con indirizzo: 193.200.16.0/22

Classless Inter Domain Routing

- Nuova strategia di assegnazione degli indirizzi
  - **la metà superiore della classe A (da 64 a 127) è stata riservata per usi futuri**
  - **un indirizzo di classe B è assegnati solo se la rete ha**
    - almeno 32 sotto-reti
    - oltre 4096 host complessivi
  - **gli indirizzi della metà inferiore della classe C (da 192.0.0 a 207.255.255) sono divisi in otto blocchi assegnati ciascuno ad una autorità geografica**
    - gli indirizzi della metà superiore della classe C (da 208.0.0 a 223.255.255) non sono assegnati
  - **ad una rete che non soddisfa i requisiti per la classe B è assegnato un certo numero di blocchi contigui di indirizzi di classe C**
    - la rete è caratterizzata da un unico *prefisso* (insieme dei bit più significativi)
    - la rete sarà individuata nei router solo dal *prefisso*

Classless Inter Domain Routing

- Pianificazione geografica degli indirizzi di classe C

Multiregional	**192.0.0**	**÷**	**193.255.255**
Europe	**194.0.0**	**÷**	**195.255.255**
Others	**196.0.0**	**÷**	**197.255.255**
North America	**198.0.0**	**÷**	**199.255.255**
Central/South America	**200.0.0**	**÷**	**201.255.255**
Pacific Rim	**202.0.0**	**÷**	**203.255.255**
Others	**204.0.0**	**÷**	**205.255.255**
Others	**206.0.0**	**÷**	**207.255.255**

- Tutte le reti appartenenti ad una regione geografica sono identificate dagli stessi 7 bit di prefisso
  - **Esempio: Europa**
    - da 194 = 11000010 0 a 195 = 11000011 1

Classless Inter Domain Routing

- Esempio 1
  - **Assegnazione degli indirizzi nel Nord America**
    - CIDR mask per il North America = 198.0.0.0/7
  - **Ad un grande Internet Service Provider (ISP) sono assegnati 2048 blocchi di indirizzi di classe C**
    - da 198.24.0.0 (11000110.00011000.00000000.0)
    - a 198.31.255.0 (11000110.00011111.11111111.0)
    - CIDR mask per il grande ISP = 198.24.0.0/13
  - **Un piccolo ISP locale richiede al grande ISP 16 blocchi di indirizzi di classe C**
    - da 198.24.16.0 (11000110.00011000.00010000.0)
    - a 198.24.31.0 (11000110.00011000.00011111.0)
    - CIDR mask per il piccolo ISP locale = 198.24.16.0/20

Classless Inter Domain Routing

- Esempio 2
  - **Assegnazione degli indirizzi in Europa**
    - CIDR mask per l'Europa = 194.0.0.0/7
  - **Ad una organizzazione sono assegnati 2048 indirizzi di classe C**
    - da 194.32.136.0 (11000010.00100000. 10001000.0)
    - a 194.32.143.0 (11000010.00100000.10001111.0)
    - CIDR mask per il grande ISP = 198.32.136.0/21

Classless Inter Domain Routing

- Da un indirizzo IP a 32 bit e dalla relativa maschera di rete a 32 bit si individua il prefisso con una operazione di AND
- In una routing table un blocco di indirizzi può essere rappresentato da un unico elemento corrispondente al prefisso (Supernetting)

```
11000000 00100000 10001000 00000000 = 192.32.136.0 (class C address)
11111111 11111111 11111000 00000000   255.255.248.0 (network mask)
=================================== logical_AND
11000000 00100000 10001              = 192.32.136 (IP prefix)

11000000 00100000 10001111 00000000 = 192.32.143.0 (class C address)
11111111 11111111 11111000 00000000   255.255.248.0 (network mask)
=================================== logical_AND
11000000 00100000 10001              = 192.32.136 (same IP prefix)
```

- Viene scelto l'instradamento verso la direzione corrispondente al prefisso di lunghezza maggiore (Longest Prefix Matching)

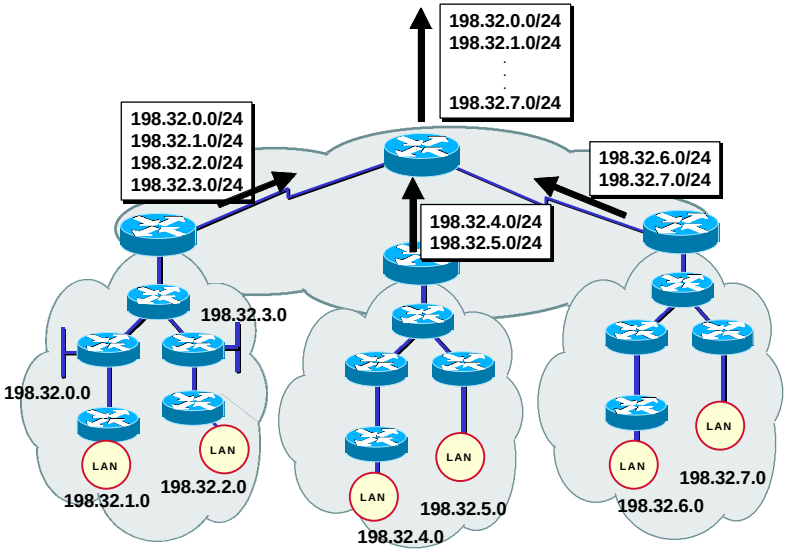
Longest Prefix Matching

- Instradamento di 2 datagrammi
  - **indirizzo dest. 198.15.7.3**
  - **indirizzo dest. 198.15.7.4**
- Matching:
  - **198.15.7.3**
    - porta 1: matching prefisso 16
    - porta 7: matching prefisso 24
    - porta 4: matching prefisso 32
  - **198.15.7.4**
    - porta 1: matching prefisso 16
    - porta 7: matching prefisso 24
    - porta 4: no matching
- Scelta instradamento:
  - **198.15.7.3 ⇒ porta 4**
  - **198.15.7.4 ⇒ porta 7**

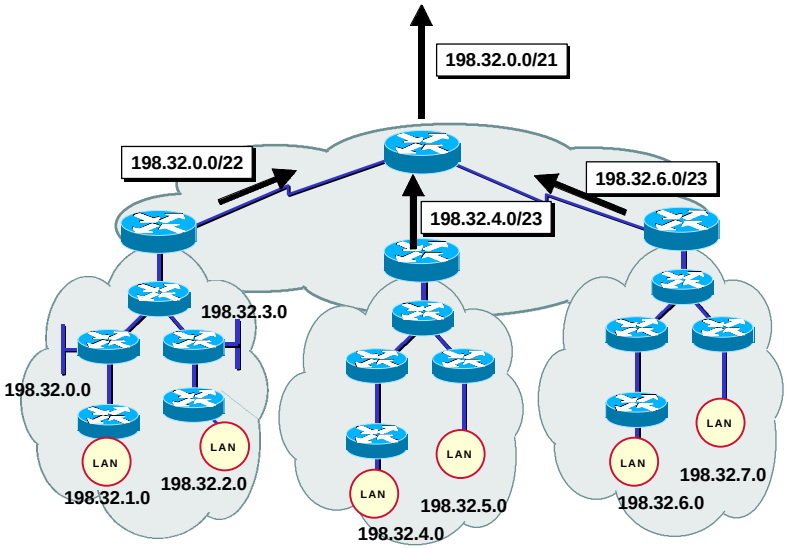
Tabella di instradamento

Prefix	Porta d'uscita
198.15.0.0/16	**1**
198.15.7.0/24	**7**
198.15.7.3/32	**4**

Esempio di Routing Tables senza CIDR



Esempio di Routing Tables senza CIDR



Indirizzi privati

Indirizzi privati

- The Internet Assigned Numbers Authority (IANA) has reserved the following three blocks of the IP address space for private internets [RFC 1918]:

  10.0.0.0 - 10.255.255.255 (10/8 prefix)

  172.16.0.0 - 172.31.255.255 (172.16/12 prefix)

  192.168.0.0 - 192.168.255.255 (192.168/16 prefix)

- In pre-CIDR notation:
  - **The first block is a single class A network number,**
  - **the second block is a set of 16 contiguous class B network numbers,**
  - **the third block is a set of 256 contiguous class C network numbers.**

Indirizzi privati

- Ogni rete può utilizzare al suo interni qualsiasi indirizzo appartenente a questi insiemi
- I router della rete che usa indirizzi privati non propagheranno all'esterno informazioni di instradamento relativi agli host interni
- Un host con un indirizzo privato non ha la possibilità di connettersi ad Internet direttamente, ma ha bisogno di un "Application Level Gateway (Proxy)"

Configurazione di un nodo IP

Configurazione di un nodo Unix/Linux

- Ifconfig
  - **mostra / configura le interfacce di rete**
- route
  - **mostra / manipola la tabella di routing IP (print, add, delete)**
- arp
  - **manipola la cache ARP del sistema**
- nslookup
  - **effettua interrogazioni al DNS**
- netstat
  - **mostra connessioni di rete, tabelle di routing, statistiche sulle interfacce, connessioni masquerade e messaggi netlink**