# IPv4 **Internet Protocol Versione 4**

# Silvano GAI

sqai@cisco.com

# Mario BALDI

mario.baldi@polito.it staff.polito.it/mario.baldi

## **Fulvio RISSO**

fulvio.risso@polito.it

IPv4 - 1

Copyright: si veda nota a pag. 2

# Cenni storici

- Nella prima metà degli anni `70 la DARPA (Defence Advanced Research Project Agency) dimostra interesse per la realizzazione di una rete:
  - a commutazione di pacchetto
  - tra elaboratori eterogenei
  - per le istituzioni di ricerca degli USA
- DARPA finanzia l'Università di Stanford e la BBN (Bolt, Beranek e Newman)

# **Nota di Copyright**

Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slide) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slide (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.

Le slide possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.

Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.

L'informazione contenuta in queste slide è ritenuta essere accurata alla data dell'edizione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slide (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).

In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slide.

In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

IPv4 - 2

Copyright: si veda nota a pag. 2





# Cenni storici

- Verso la fine degli anni `70 si completa la realizzazione dell'Internet Protocol Suite, di cui i due principali protocolli sono:
  - IP: Internet Protocol
  - TCP: Transmission Control Protocol
- Da cui il nome TCP/IP usato per guesta architettura di rete
- Nasce la rete Arpanet, prima rete della ricerca mondiale che evolve e diventa Internet

# Internet

- Usa i protocolli TCP/IP
- La più grande rete di calcolatori al mondo
- È in realtà una "rete di reti" che collega:
  - centinaia di migliaia di domini
  - centinaia di migliaia di reti
  - milioni di calcolatori
- Ha un tasso di crescita elevatissimo
  - un nuovo dominio collegato ogni 2 minuti
  - una nuova rete collegata ogni 10 minuti
  - il numero di calcolatori connessi cresce del 6% al mese

IPv4 - 5

Copyright: si veda nota a pag. 2

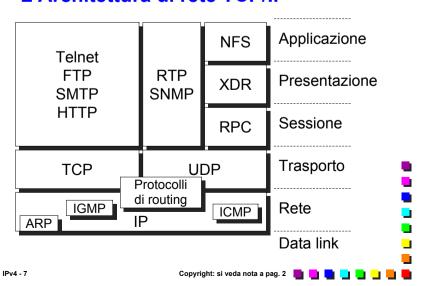
# L'architettura TCP/IP

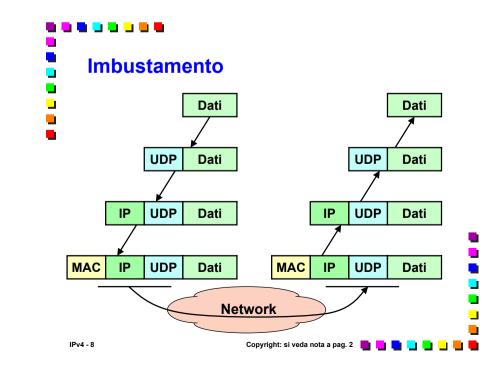
- Comprende anche molti altri protocolli, quali
  - UDP (User Datagram Protocol)
  - NFS (Network File System)
- È di dominio pubblico
- Realizzata da tutti i costruttori di calcolatori
- Molto spesso è l'unica architettura di rete fornita
- Standardizzata con dei documenti detti RFC (Request For Comment)

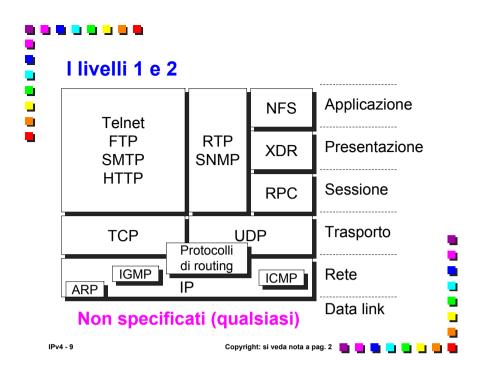
IPv4 - 6

Copyright: si veda nota a pag. 2

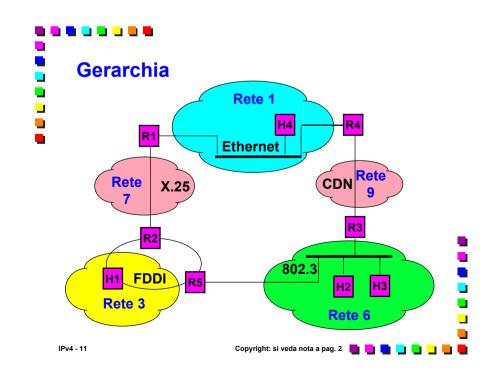
# L'Architettura di rete TCP/IP

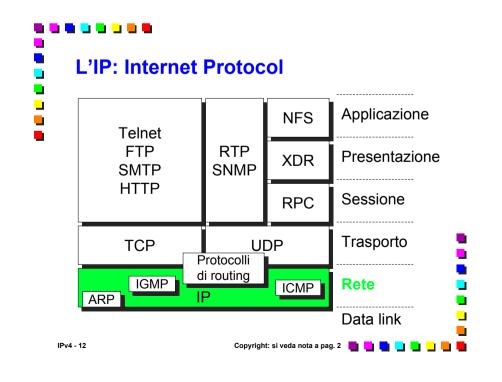












# **IP: Internet Protocol**

- È il livello Network di TCP/IP
- Offre un servizio non connesso
- Semplice protocollo di tipo Datagram
- Un protocollo datato ...
- ... ma non obsoleto



Copyright: si veda nota a pag. 2

# **Datagram vs Connection Oriented**

- I pacchetti viaggiano su percorsi indipendenti
- Out of order delivery

- Bandwidth Management difficoltoso
  - riservare e garantire banda
  - rifiutare connessioni (Call Acceptance Control)
- Meno complesso: non richiede negoziazione nè lato utente, nè all'interno della rete
- Robusto: si adatta a variazioni di traffico. topologia, guasti
- Adatto al traffico dati (bursty)

IPv4 - 14

Copyright: si veda nota a pag. 2

Copyright: si veda nota a pag. 2

# IP: funzionalità

# ■ Frammentazione e riassemblaggio dei pacchetti

- Gestione indirizzi a 32 bit a livello di rete e di host
- Routing

IPv4 - 13

- Monitoring della connessione (ICMP)
- Configurazione di classi di servizio

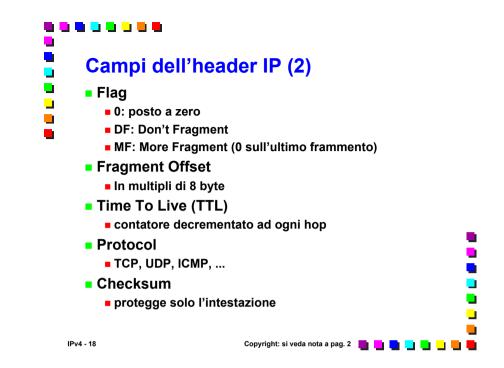
# Formato dell'intestazione IPv4 32 bit Total Length VER HLEN ToS Fragment Identifier Flag Offset Protocol Checksum (su intestazione) TTL Source Address Destination Address Options PAD

IPv4 - 15

# Campi dell'header IP VER: Versione LIN: Header Length (lunghezza dell'intestazione) in blocchi di 4 byte (max 64 byte) Tos: Type of Service tipo di servizio, attualmente non usato Lunghezza totale lunghezza globale del pacchetto corrente (non quello prima della frammentazione), max 2<sup>16</sup> byte Identificatore ID univoco del pacchetto (costante nel caso di frammentazione), necessario per la deframmentazione

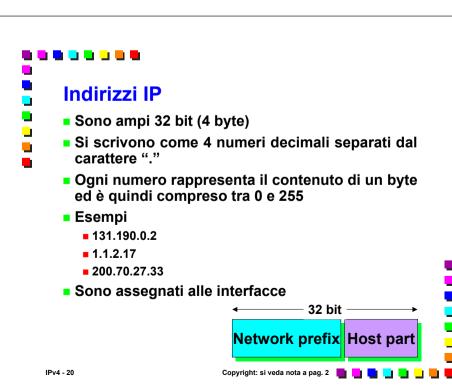
IPv4 - 17

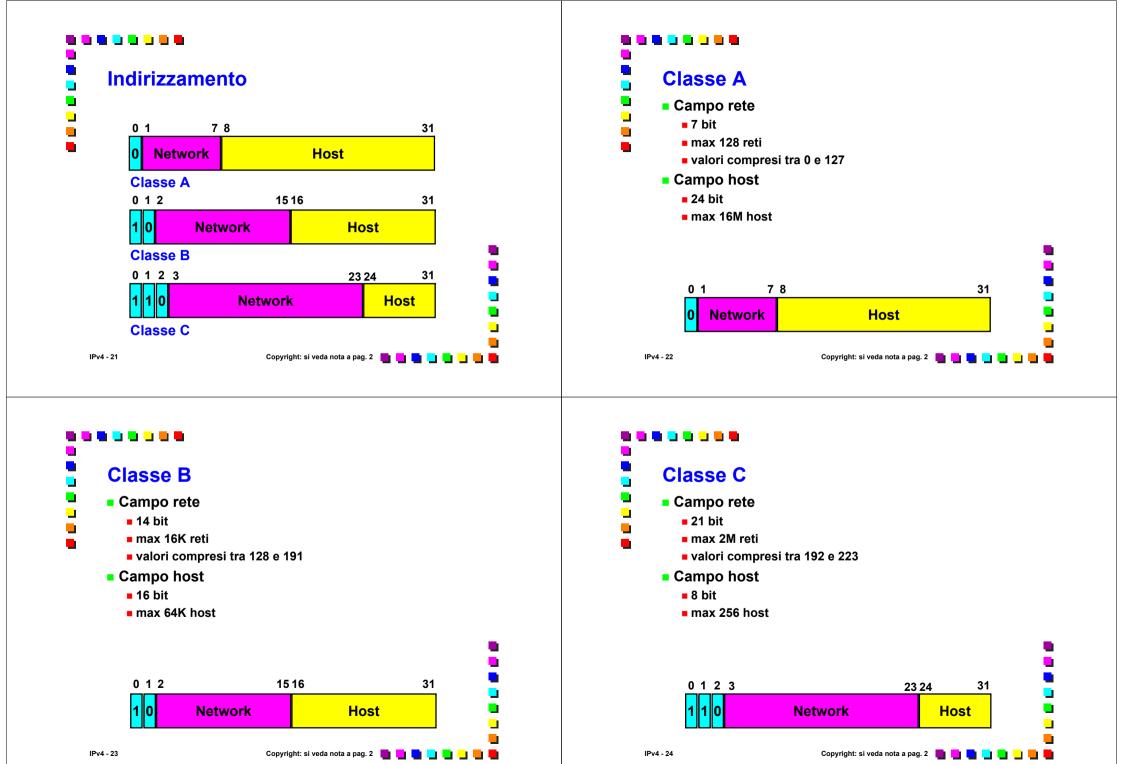
IPv4 - 19

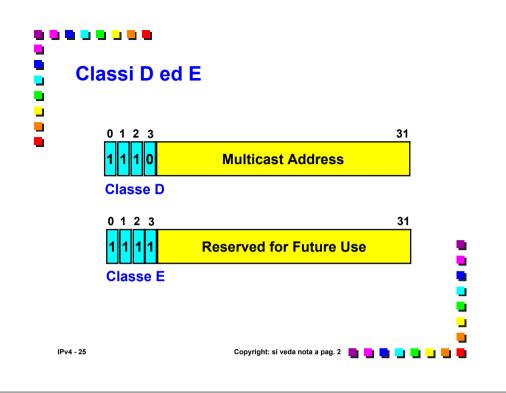


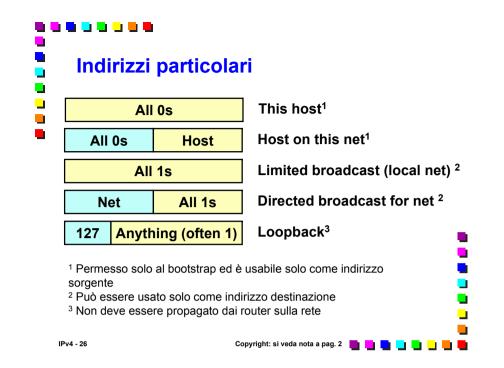


Copyright: si veda nota a pag. 2





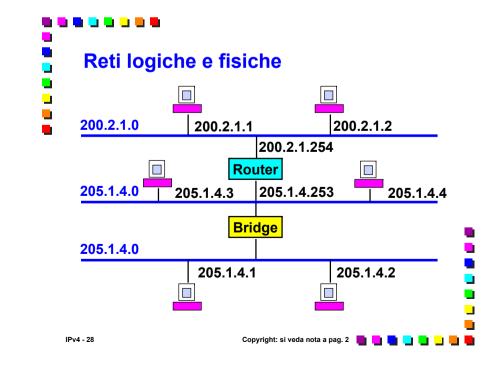




# **Network particolari**

- Alcune indirizzi sono riservati per essere usati su reti private
  - Non sono annunciate su Internet, quindi non sono raggiungibili direttamente





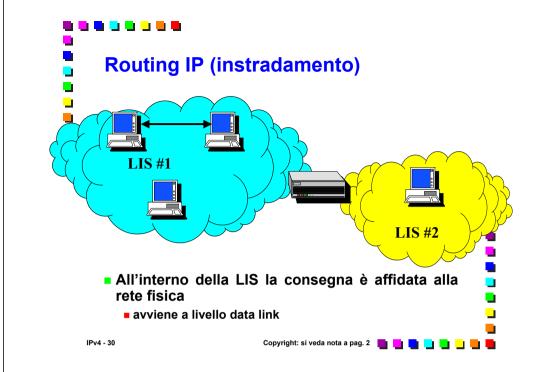


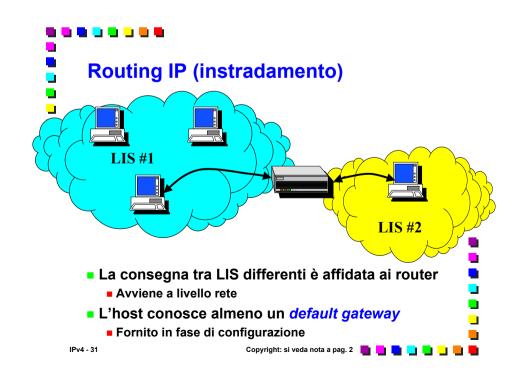
- Insieme di host che possono inviarsi pacchetti IP direttamente
  - Senza intervento di un router

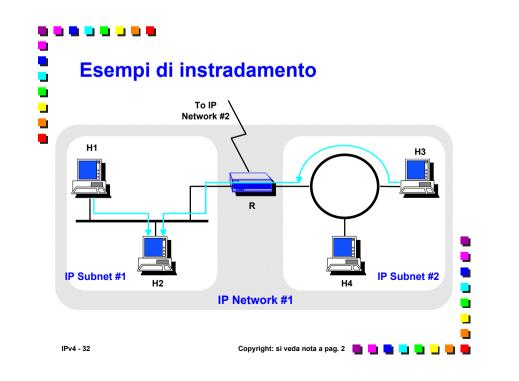
# IP assume una corrispondenza biunivoca tra reti fisiche e logiche

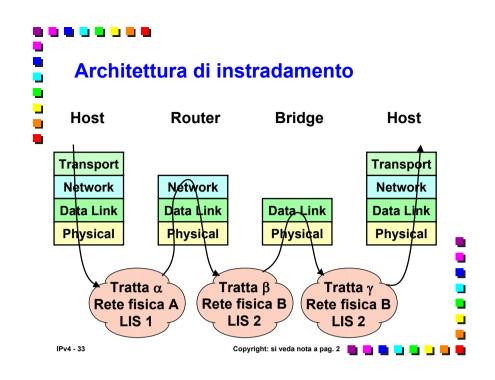
- Realizzazioni più moderne ammettono
  - più reti logiche sulla stessa rete fisica
  - più reti fisiche nella stessa rete logica (Proxy ARP)

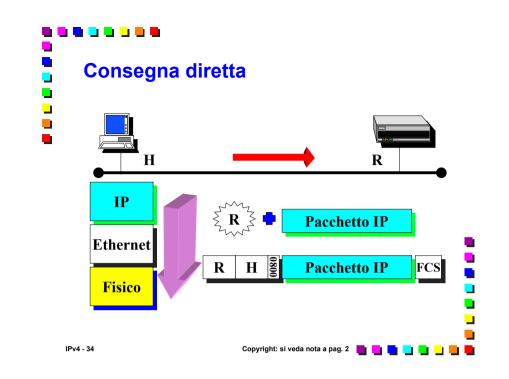
IPv4 - 29

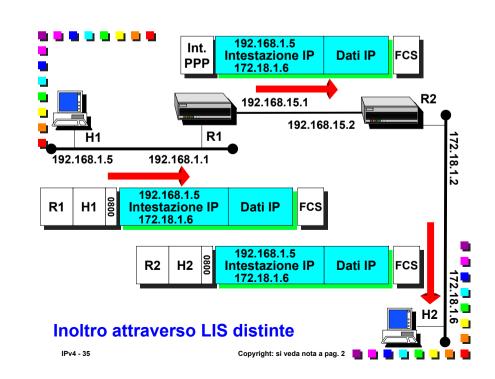


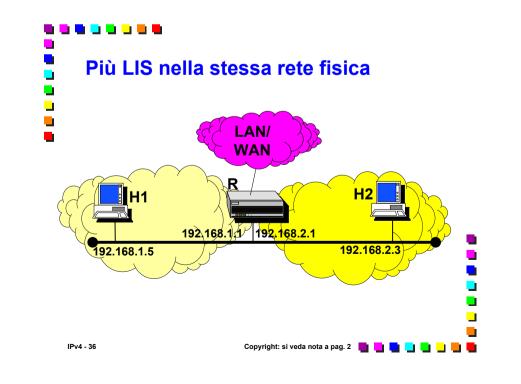










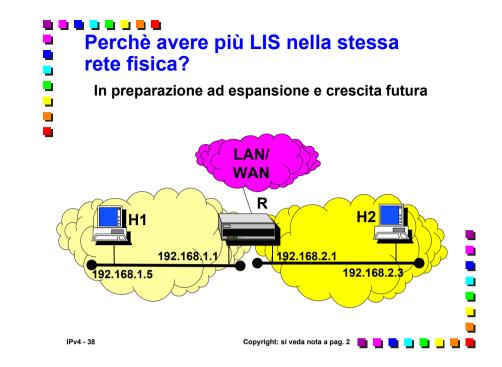


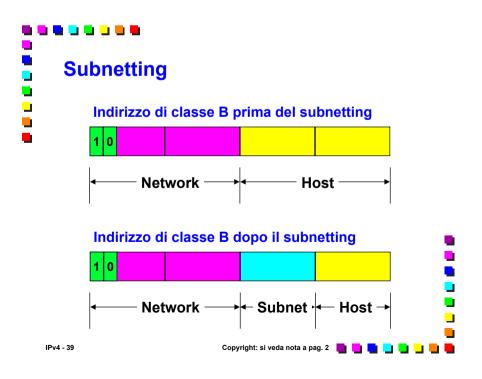
# Indirizzi multipli alla stessa interfaccia

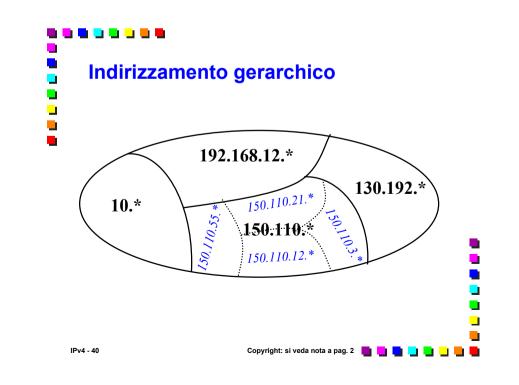
- Gli host che appartengono ad una sottorete logica possono inviare i pacchetti destinati ad altre sottoreti:
  - al router

- se nelle loro routing table non c'è la destinazione
- direttamente a destinazione
  - se nelle loro routing table c'è la destinazione
- Il messaggio ICMP xRedirect (extended redirect) permette di ottimizzare il routing aggiornando
  - Routing table
  - ARP table

IPv4 - 37

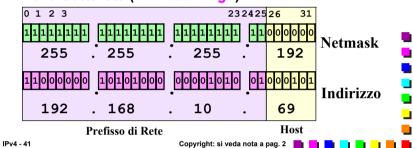






# **Netmask**

- Risolve la rigidità della suddivisione in classi
- Parametro che specifica il subnetting
  - bit a 1 in corrispondenza dei campi network e subnetwork
  - bit a 0 in corrispondenza del campo host
- Una coppia (indirizzo, subnet mask) individua una sottorete (address range)



# Netmask: valori

I valori decimali leciti nei 4 byte che costituiscono la netmask sono quindi:

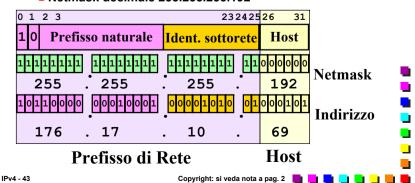
128	1000 0000	(128)
192	1100 0000	(64)
224	1110 0000	(32)
240	1111 0000	(16)
248	1111 1000	(8)
252	1111 1100	(4)
254	1111 1110	(2)
255	1111 1111	(1)

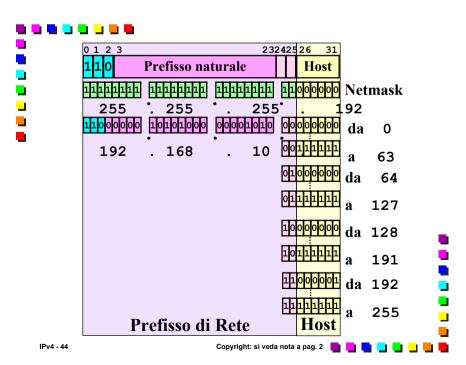
IPv4 - 42

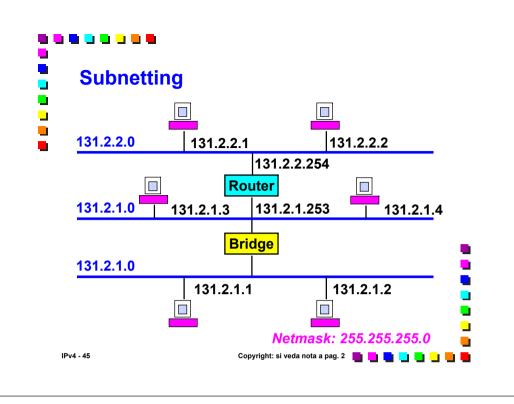
Copyright: si veda nota a pag. 2

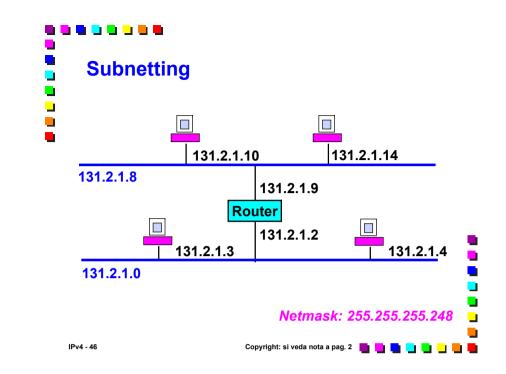
# **Netmask: esempio**

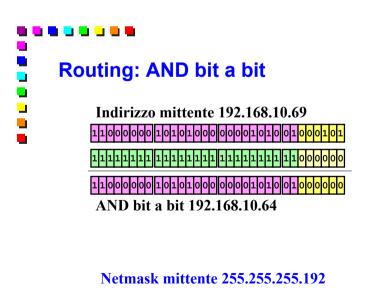
- Partizionare una rete di classe B in 1024 subnet da 64 host
  - Netmask 11111111 11111111 11111111 11000000
  - Netmask esadecimale ff ff c0
  - Netmask decimale 255.255.255.192





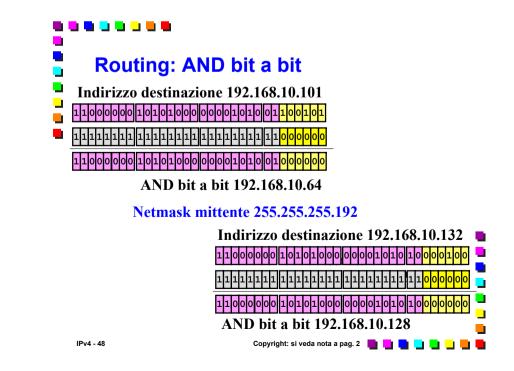


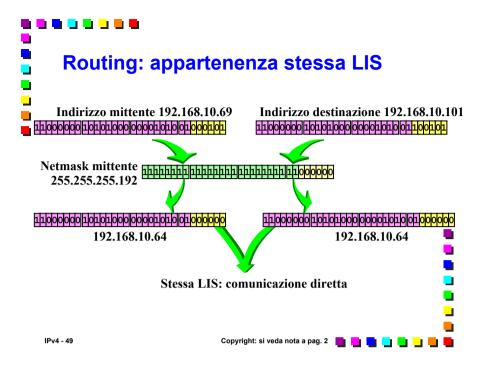


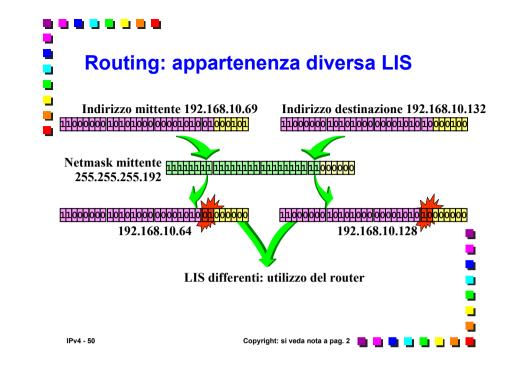


Copyright: si veda nota a pag. 2

IPv4 - 47







# Appartenenza ad address range

Rete logica (address range)

11011100 00101101 10110010 11000011 (indirizzo)
11111111 11111111 11110000 00000000 (netmask)
11011100 00101101 10110000 00000000

- Indirizzo per cui verificare l'appartenenza
  - 11011100 00101101 10110110 10111001
- Verifica:

AND bit a bit tra indirizzo da verificare e netmask

11011100 00101101 10110110 10111001 11111111 11111111 11110000 00000000 11011100 00101101 10110000 00000000

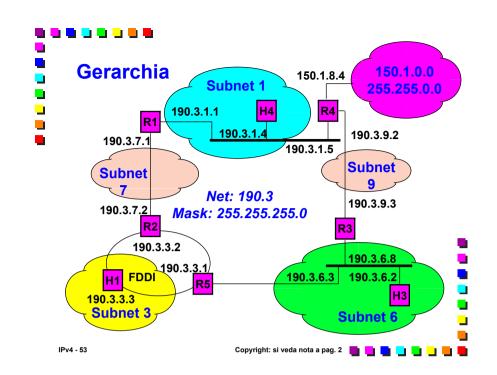
- Confronto con l'indirizzo che identifica l'address range
  - coincidono: appartenenza
  - non coincidono: non appartenenza
- Tutti gli indirizzi che appartengono all'addess range hanno un prefisso comune

Copyright: si veda nota a pag. 2

# Variable Subnetting

	LIS e Netmask			Tipo di		
	No	tazione binai	ria		Notazione decimale puntata	impiego
					172.16.16.0 255.255.254.0	Rete locale con al più 510 host
1010 1010	1100.0001 1100.0001	0000.0100 0000.0100	0001.0000 0010.0000	0000	172.16.64.0 172.16.65.0 172.16.66.0 255.255.255.0	Reti locali con al più 254 host
					172.16.67.32 255.255.255.240	Rete ISDN
1010 1010 1010 1010	1100.0001 1100.0001 1100.0001 1100.0001	0000.0000 0000.0000 0000.0000 0000.0000	0010.0000 0010.0000 0010.0000 0010.0001	0100 1000 1100 0000	172.16.2.0 172.16.2.4 172.16.2.8 172.16.2.12 172.16.2.16 255.255.255.255.252	Linee punto-punto

IPv4 - 52



# Tabelle di instradamento

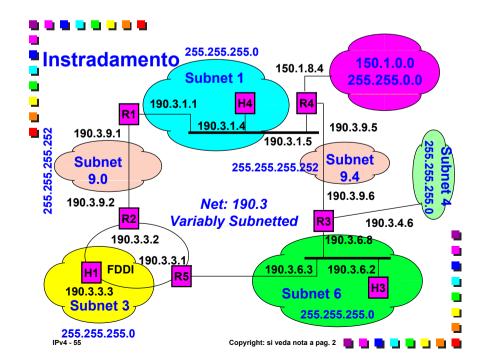
- L'instradamento tra subnet diverse viene gestito da tabelle di instradamento presenti sui router
- Esempio:

- tabelle di instradamento del router R5
- 3 subnet non raggiungibili direttamente

Subnet di Destinazione	Indirizzo del router
190.3.1.0 255.255.255.0	190.3.3.2
190.3.7.0 255.255.255.0	190.3.3.2
190.3.9.0 255.255.255.0	190.3.6.8
150.1.0.0 255.255.0.0	190.3.6.8

IPv4 - 54

Copyright: si veda nota a pag. 2



# Tabelle di instradamento di R5

Subnet di Destinazione	Indirizzo del router
190.3.1.0 255.255.255.0	190.3.3.2
190.3.9.0 255.255.255.252	190.3.3.2
190.3.9.4 255.255.255.252	190.3.6.8
190.3.0.0 255.255.0.0	190.3.6.8 <sup>1</sup>
150.1.0.0 255.255.0.0	190.3.6.8
	190.3.1.0     255.255.255.0       190.3.9.0     255.255.255.252       190.3.9.4     255.255.255.252       190.3.0.0     255.255.0.0

<sup>1</sup>Route di default per l'intera sottorete 190.3

IPv4 - 56

# Instradamento di pacchetti IP

- Il destination address coincide con quello di un'interfaccia del router
  - elaborazione locale

- Il destination address appartiene all'address range di una delle interfacce
  - reti punto-punto
    - invio del datagramma sull'interfaccia
  - reti multipunto con broadcast
    - risoluzione dellindirizzo con ARP
    - invio diretto verso il destinatario
  - reti multipunto senza broadcast
    - l'indirizzo nativo (data-link) dell'host sulla rete destinataria deve essere configurato staticamente

IPv4 - 57

Copyright: si veda nota a pag. 2

### . .

# Instradamento di pacchetti IP

IPv4 - 58

- Il destination address non è in nessuno degli address range corrispondenti alle interfacce del router
  - consultazione della "routing table"
  - invio del datagramma al "next hop" indicato sulla routing table
  - se non esiste una entry esplicita viene inviato sulla default route
- Se l'indirizzo destinazione appartiene a più address range viene preferito quello con più 1 nella netmask

Copyright: si veda nota a pag. 2

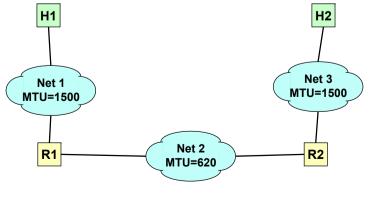
# Entry sulle tabelle di routing

Diretti

- address range corrispondenti alle interfacce del router
- Statici
  - route configurate staticamente dal gestore
- Dinamici
  - address range appresi attraverso un 'protocollo di routing'
  - route apprese attraverso ICMP redirect
- Nel caso la route per uno stesso address range sia appresa da diverse fonti deve essere specificato quale deve essere preferita

# **Frammentazione**

Può essere necessaria quando i collegamenti hanno MTU (Maximum Transfer Unit) diverse



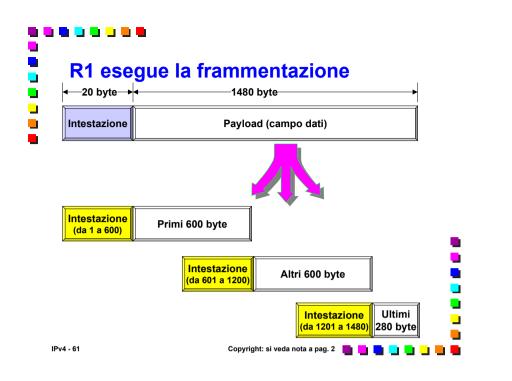
IPv4 - 59

Copyright: si veda nota a pag. 2



IPv4 - 60





# Riassemblaggio

- Alla ricezione del primo frammento il router fa innesca un reassembly timer
- Memorizza tutti i frammenti in un buffer
- Se allo scadere del timer il pacchetto non è completo viene scartato

# **Frammentazione**

- Il pacchetto originale viene frammentato in pacchetti di dimensione inferiore alla MTU
- L'intestazione viene riportata in ogni frammento variando solo i campi:
  - FLAGS (bit MF)
  - Fragment Offset
  - Checksum
  - Total Lenght (è quella del frammento)
  - Alcuni campi opzionali
- I frammenti possono arrivare out of order

IPv4 - 62

Copyright: si veda nota a pag. 2