

IPv6

Le premesse

Settembre 1981: standard IPv4

Primi anni '90: l'IETF (Internet Engineering Task Force) inizia a progettare il nuovo IP

1997: inizia la sperimentazione di IPv6

1998: inizia la transizione da IPv4 ad IPv6

Dicembre 1998: standard IPv6 con la pubblicazione del RFC 2460 (Request For Comment)

In previsione:

IPv6 sarà l'unico protocollo utilizzato nella rete Internet e nelle reti intranet ed eliminerà di fatto la distinzione tra questi due tipi di reti

La necessità di cambiare

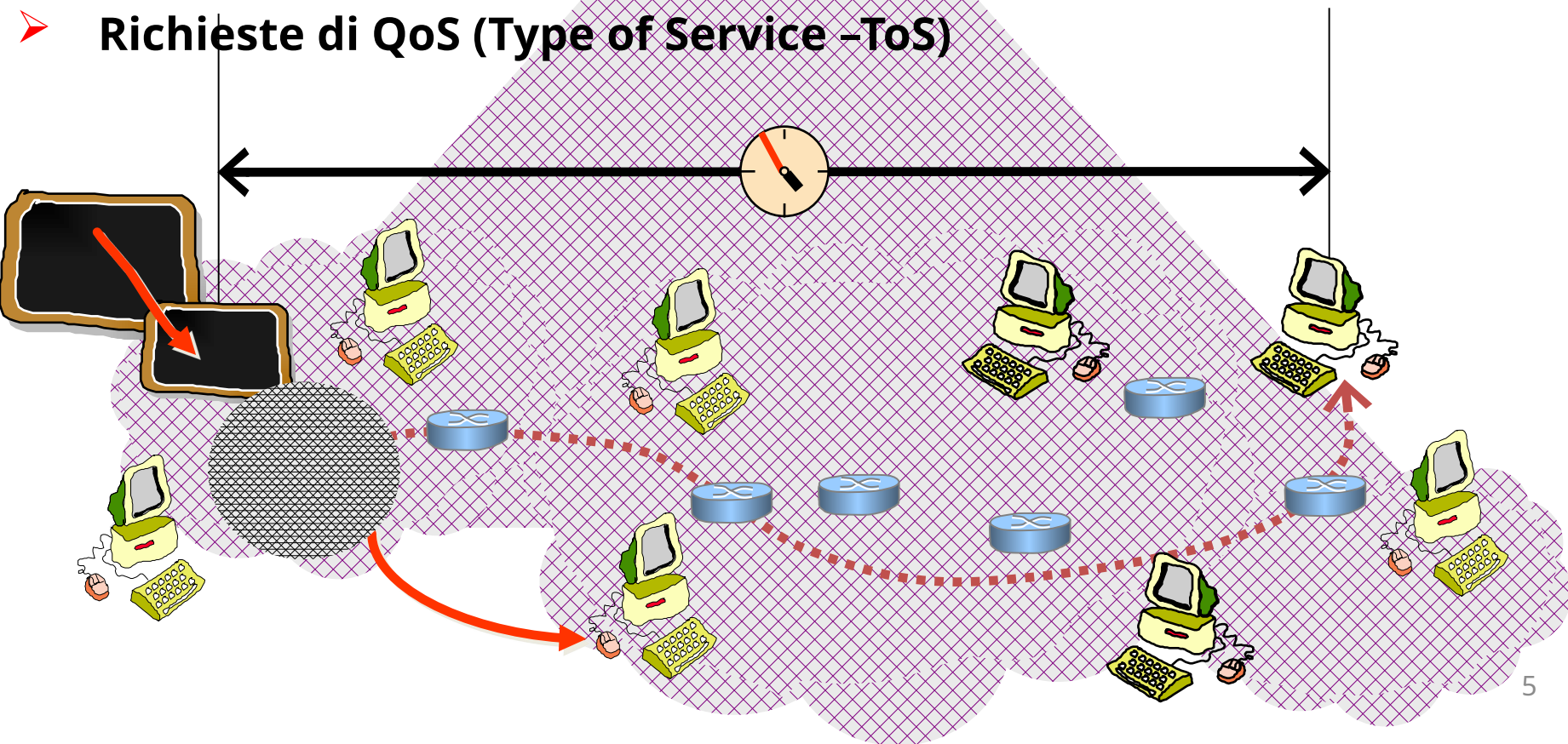
- Numero limitato di indirizzi di IPv4
- Configurazione più semplice degli host
- Tempi sempre più lunghi per richieste DNS
- Semplificazione del formato dell'header
- Trattare in maniera particolare alcuni pacchetti per soddisfare particolari richieste (es. QoS)

Caratteristiche innovative dell'IPv6

- **Ampliare il numero di indirizzi**
- **Aumentare la sicurezza**
- **Ottimizzare il routing**
- **Integrarsi con ATM**
- **Gestire differenti priorità di QoS**
- **Introdurre il concetto di flusso**
- **Configurare automaticamente l'host (Plug and Play)**
- **Supportare la mobilità**
- **Prevedere una transizione semplice dalla versione IPv4 alla IPv6**

Caratteristiche del routing

- Snellire le routing table
- Assegnazione gerarchica degli indirizzi
- Richieste di un instradamento determinato a priori (Source Routing)
- Richieste di QoS (Type of Service -ToS)



Concetto di flusso

Flusso: sequenza di pacchetti originati da una sorgente che richiede un particolare trattamento da parte dei router

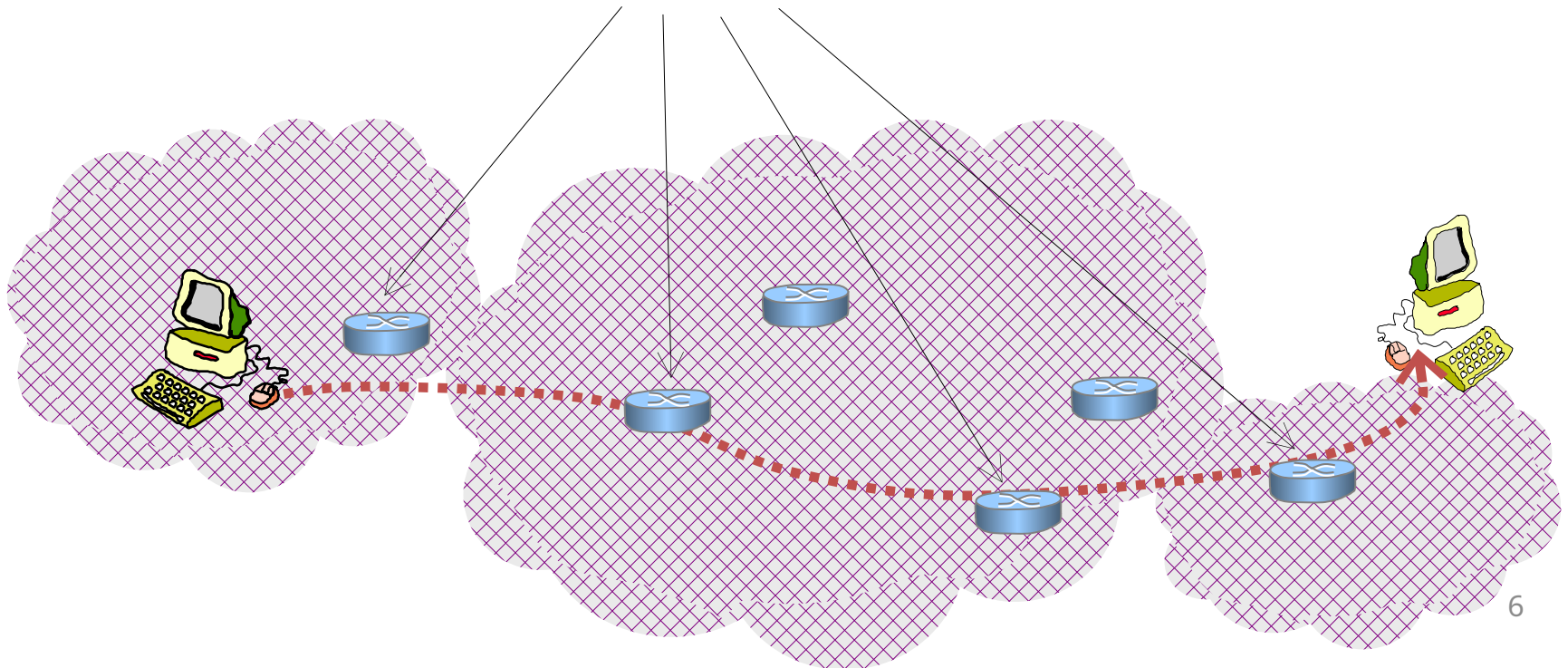
IPv4 ●—Source Address

Destination Address ➡

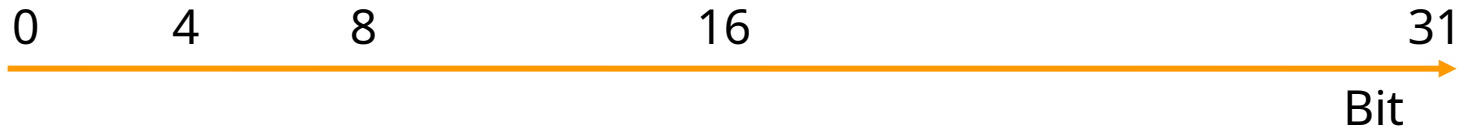
Flow label

IPv6 ●—Source Address

Destination Address ➡

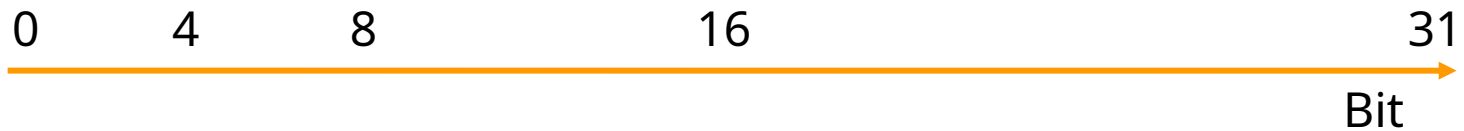


IPv4 - Richiami



Vers.	IHL	Service Type	Total Lenght	
Identification			Flags	Fragment Offset
TTL		Protocol	Header Checksum	
Source IP Address				
Destination IP Address				
Options				Pad

IPv4 - Richiami

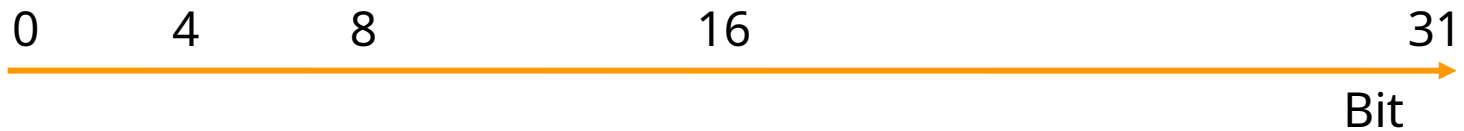


Vers.	IHL	Service Type	Total Lenght	
Identification			Flags	Fragment Offset
TTL		Protocol	Header Checksum	
Source IP Address				
Destination IP Address				
Options				Pad



Campi eliminati

IPv4 - Richiami

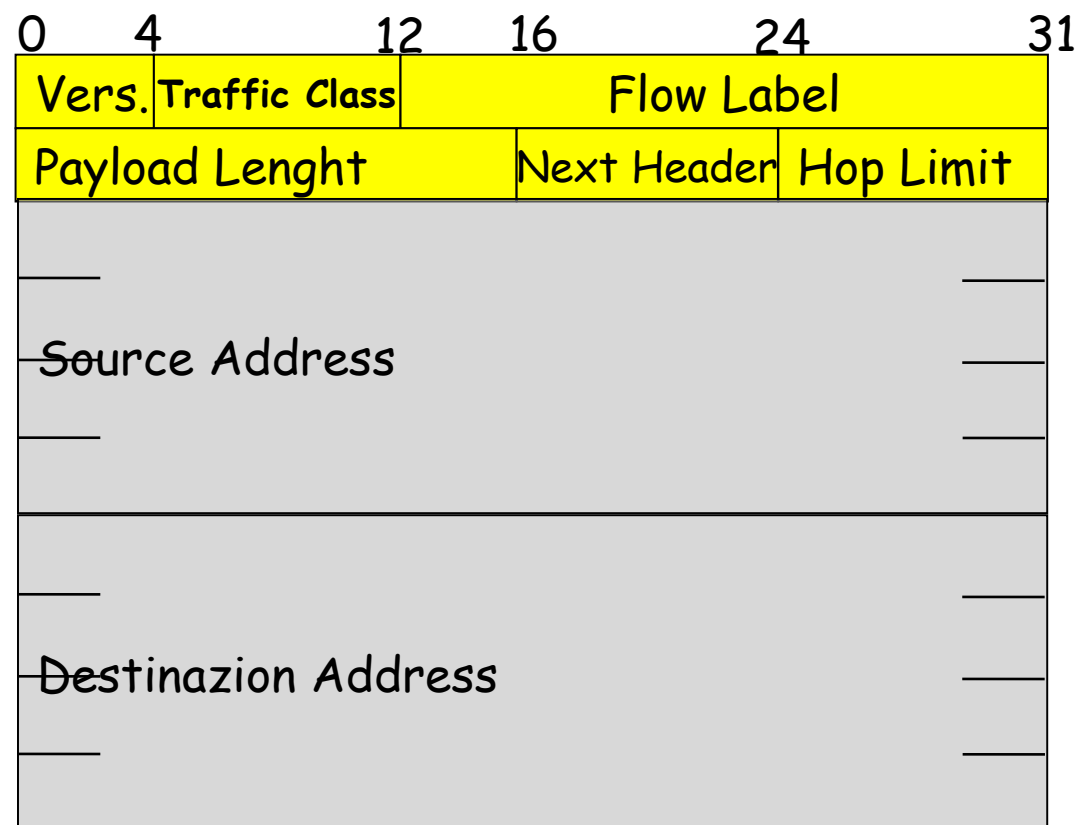


Vers.	IHL	Service Type	Total Lenght	
Identification			Flags	Fragment Offset
TTL		Protocol	Header Checksum	
Source IP Address				
Destination IP Address				
Options				Pad



Campi modificati

Formato dell'header IPv6

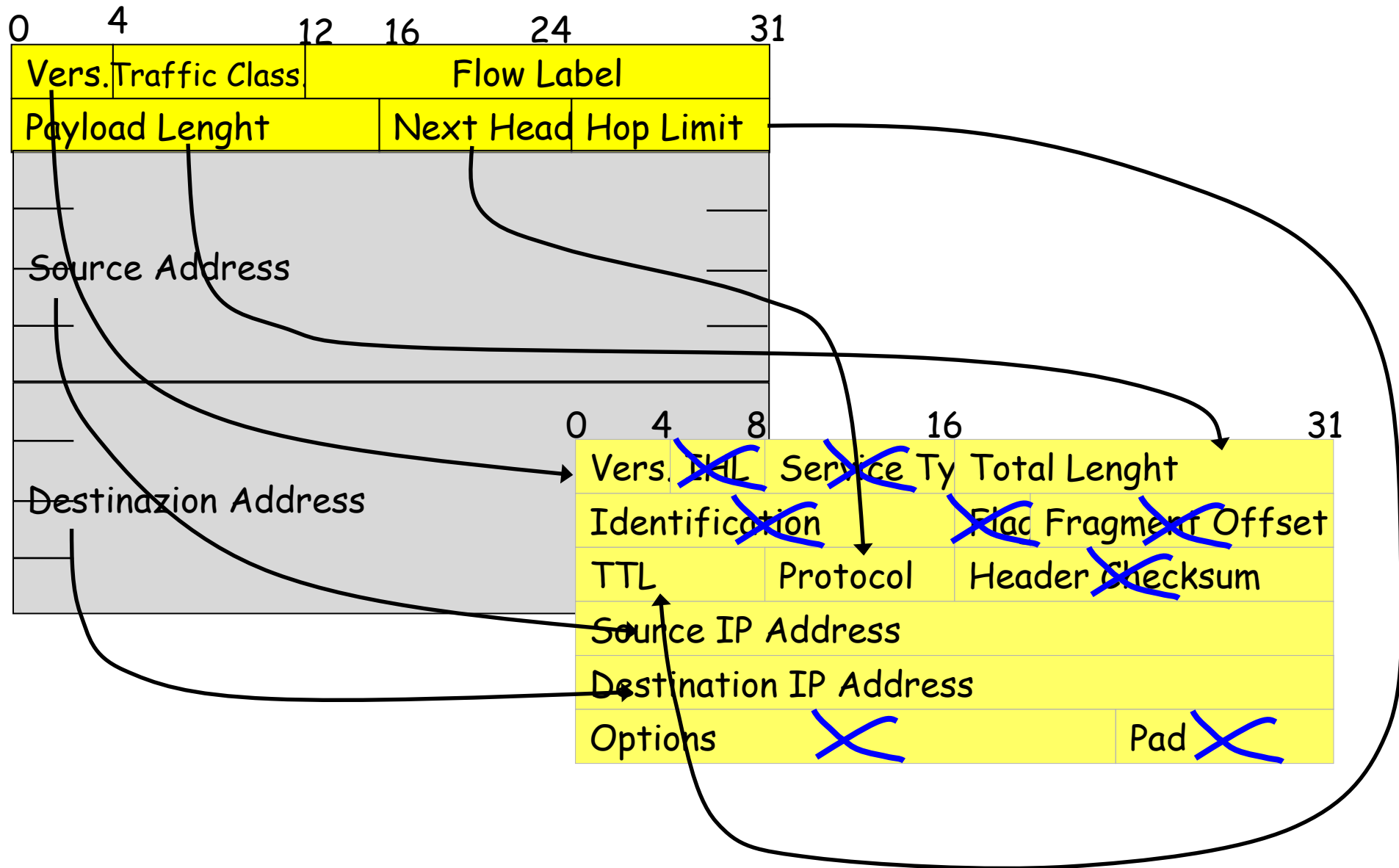


Version (4 bit): 0110 (6H)
Traffic Class (8 bit)
Flow Label (20 bit)
Payload Length (16 bit)
Next Header (8 bit)
Hop Count (8 bit)
Source Address (128 bit)
Destination Address (128 bit)

Semplificazioni:

- Formato fisso per tutte le testate
- Eliminazione dell'Header Checksum
- Eliminazione della segmentazione svolta dai nodi all'interno della rete
- Eliminazione del campo Type of Service

Confronto con IPv4



Principali cambiamenti da IPv4 a IPv6

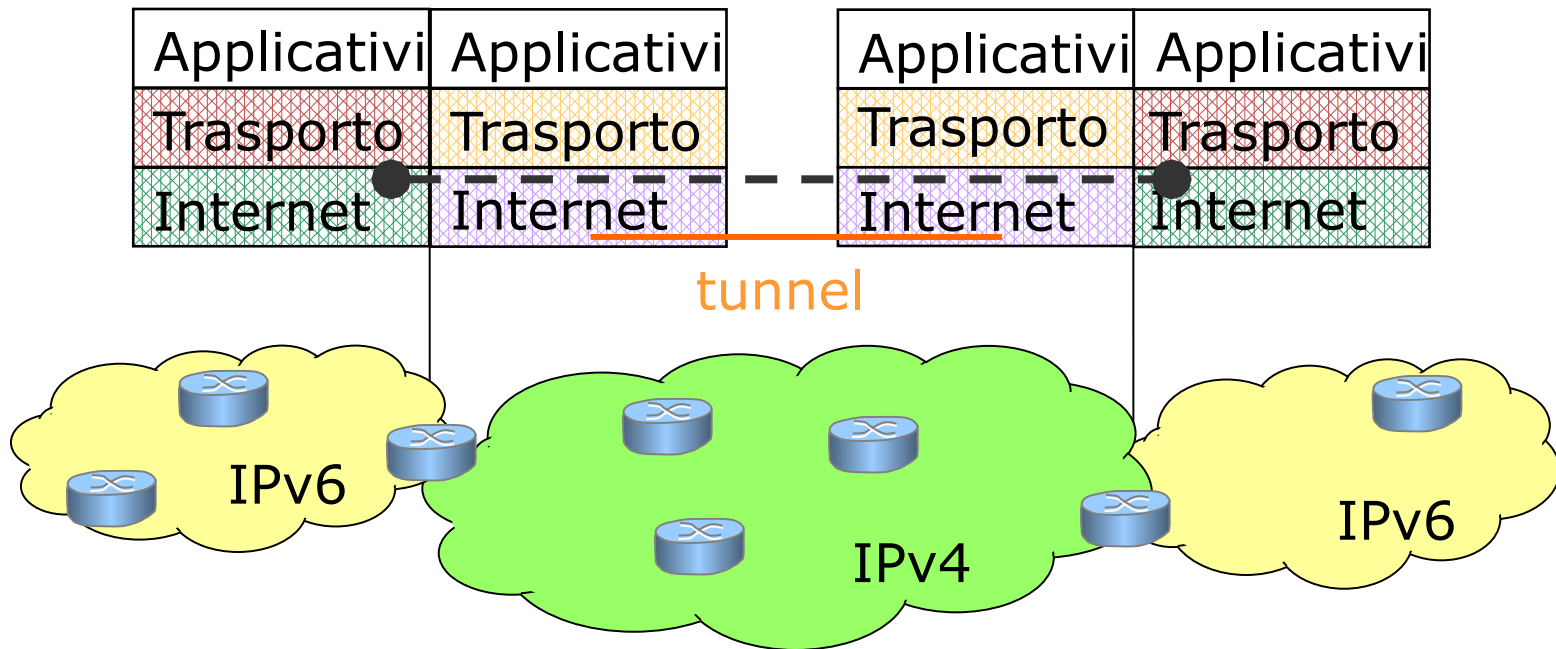
- Aumento delle dimensioni del campo indirizzo da 32 a 128 bit
- Campi frammentazione e opzioni rimossi dall'header
- Eliminazione del checksum
- Introduzione campo Flow Label
- Service Type → Traffic Class
- Protocol → Next Header
- Time to Live → Hop limit

Flow Label

- Etichetta alcuni pacchetti con trattamento “speciale”
- Host e router che non supportano questo campo devono porlo a zero
- Aspetto ancora sotto studio per applicazioni future

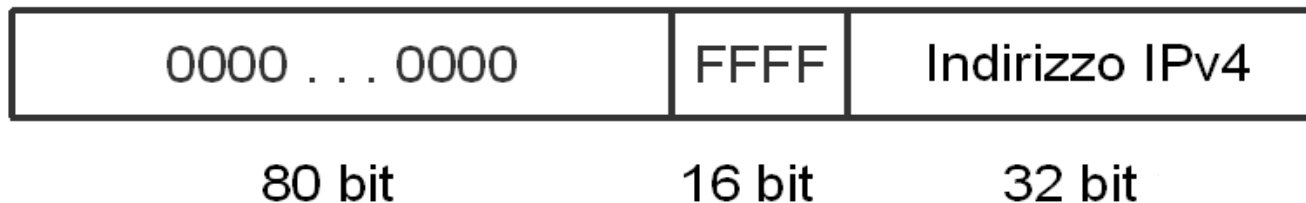
Transizione IPv4-Ipv6

- IETF ha stabilito un approccio di tipo doppio stack
- IPv6: protocol type 86DD_H
- IPv4: protocol type 0800_H
- Gestione parallela degli indirizzi
- Aggiornamento dei protocolli DNS e DHCP
- Rete 6- Bone isole IPv6 interconnesse con "tunnel" IPv4
- Upgrade di 6-Bone mediante la sostituzione dei tunnel con interconnessioni IPv6



Indirizzo IPv6 mappato IPv4

- Gli indirizzi mappati IPv4 consentono a un host che supporta sia IPv4 sia IPv6 di comunicare con un host che supporta solo IPv4
- L'indirizzo IPv6 si basa completamente sull'indirizzo IPv4 e consiste di 80 bit posti a 0 seguiti da 16 bit a uno, seguiti da un indirizzo IPv4 a 32 bit

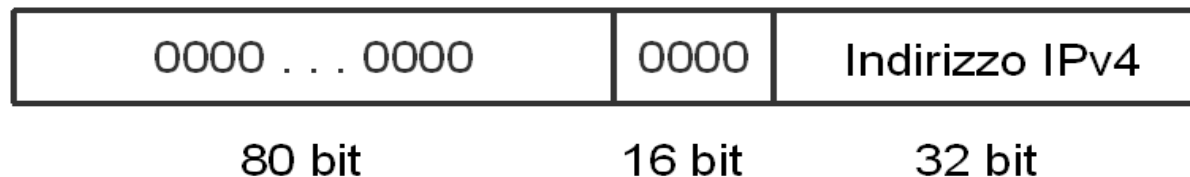


Funzionamento con DNS

- Un'applicazione IPv6 chiede al DNS (Domain Name System) l'indirizzo di un host, ma l'host ha solo un indirizzo IPv4
- Il DNS crea automaticamente l'indirizzo IPv6 mappato IPv4
- Il kernel capisce che si tratta di un indirizzo speciale e usa la comunicazione IPv4

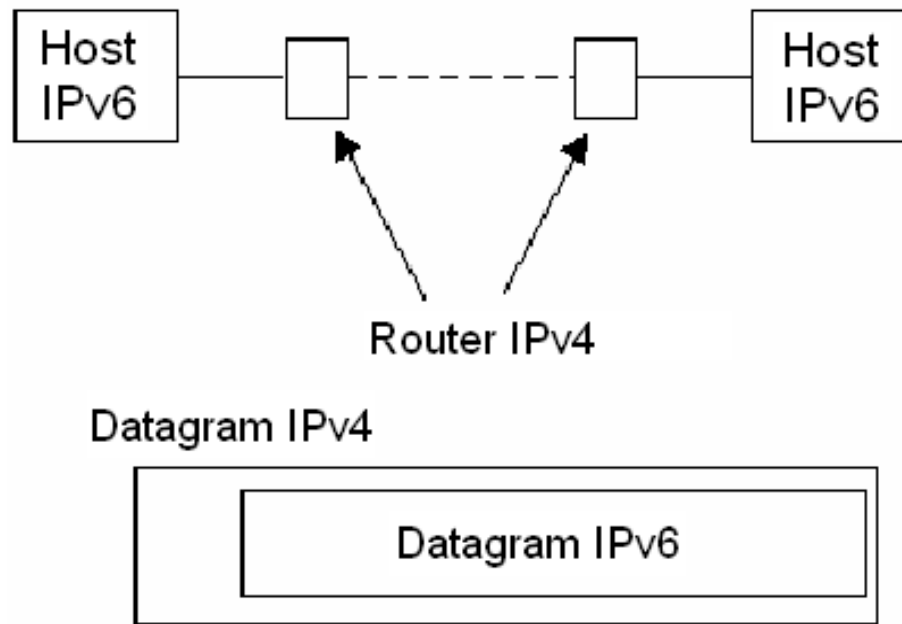
Indirizzo IPv6 compatibile IPv4

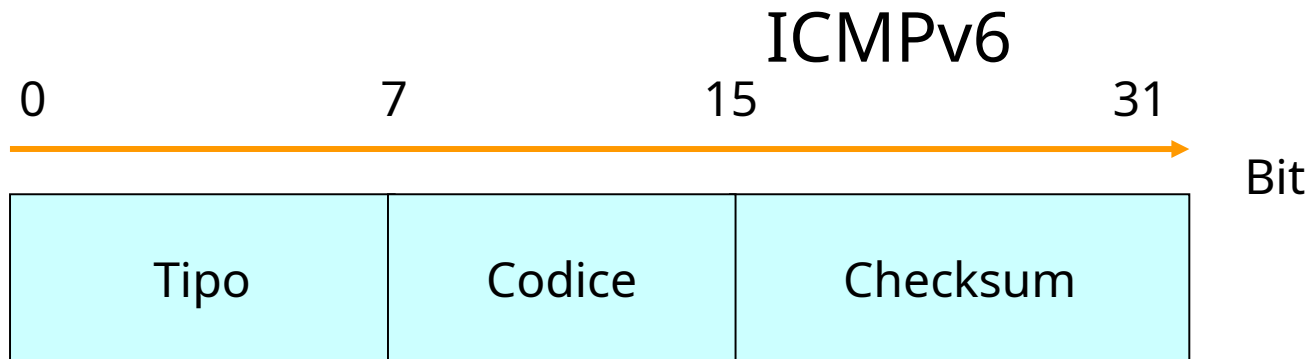
- Un indirizzo compatibile IPv4 consente a un host che supporta IPv6 di parlare IPv6 anche se il router o i router locali non parlano IPv6
- Gli indirizzi compatibili IPv4 avvisano il software del mittente di creare un tunnel, incapsulando il pacchetto IPv6 in un pacchetto IPv4
- 80 bit a 0 seguiti da 16 bit a uno, seguiti da un indirizzo IPv4 a 32 bit



Tunneling

- Eseguito automaticamente dal kernel quando vengono usati indirizzi IPv6 compatibili IPv4





Scambia messaggi di diagnostica e di errore, allo scopo di fornire feedback sulle operazioni di scambio pacchetti e di migliorare le prestazioni della rete

Viene considerato un protocollo necessario della suite TCP/IP

Tipo

1	Destination Unreachable
2	Packet Too Big
3	Time Exceeded
4	Parameter Problem
128	Echo Request
129	Echo Reply

Tipo:

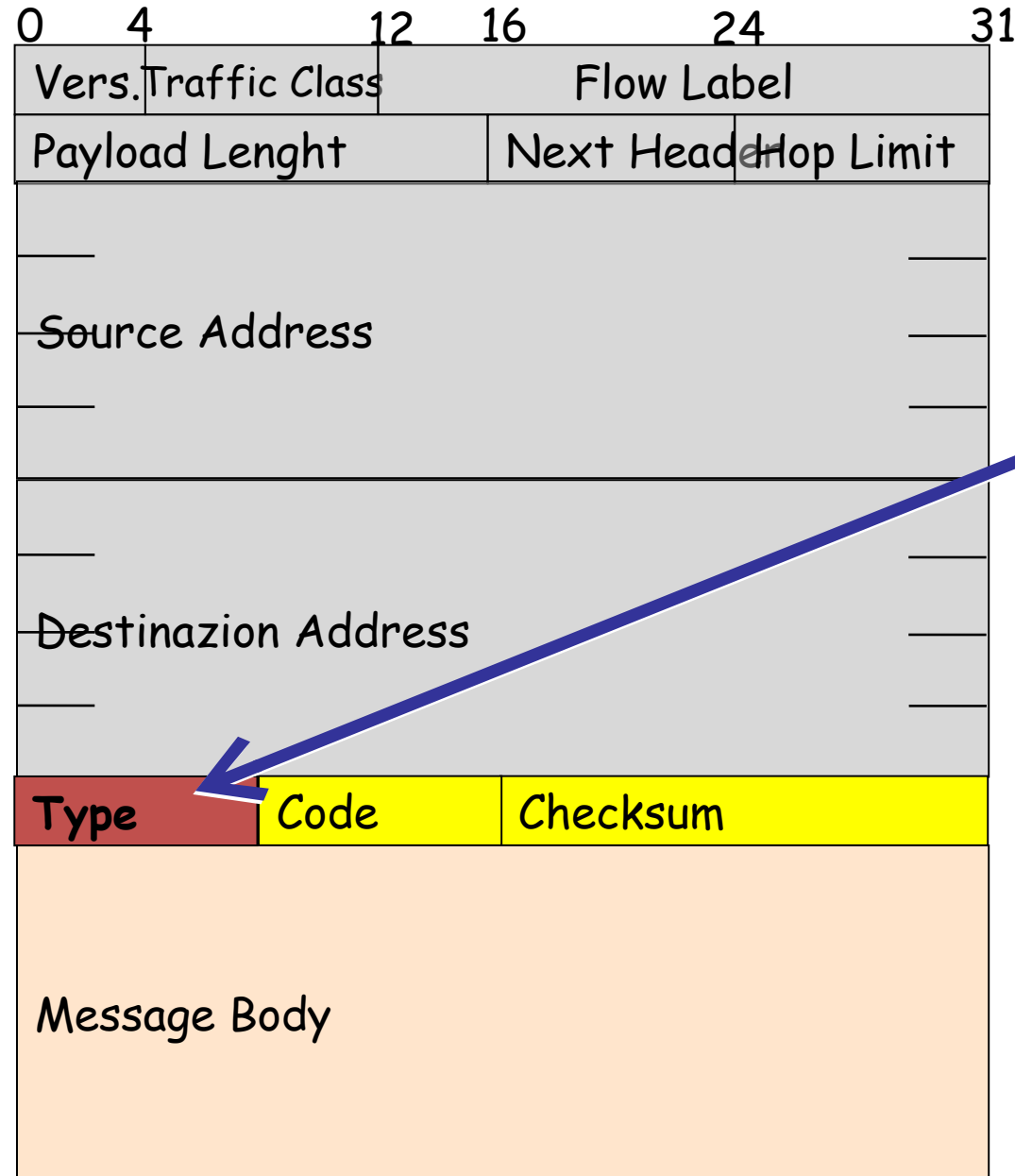
Da 0 a 127: error message

Da 128 a 255: informational message

Codice:

esprime una variante dipendente dal tipo.

Formato generale dell'ICMPv6



Messaggi d'errore (Type)

- 1 Destination Unreachable
- 2 Packet Too Big
- 3 Time Exceeded
- 4 Parameter Problem
- ...

Messaggi informativi (Type)

- 128 Echo Request
- 129 Echo Reply
- 130 Group Membership Query
- 131 Group Membership Report
- 132 Group Membership Reduction
- ...

ICMPv6 Error Messages

- Il campo Type dei messaggi di errore è un valore compreso tra 0 e 127
- Tutti i pacchetti ricevuti con un errore nell'intestazione IPv6 o in un extended header devono essere scartati e deve essere inviato un messaggio di errore ICMP
- Alcuni firewall non inviano messaggi di errore ICMP per dissimulare la loro presenza, il che può essere un problema per la risoluzione dei problemi o per protocolli come PMTU

ICMPv6 Error Messages

	Type	Code	Description
Destination unreachable	1	0	No route to destination (no routing entry for the packet). This does not include packet drop error due to congestion.
		1	Communication with destination administratively prohibited (e.g., case of a firewall that cannot forward the packet because of filtering action triggered by policy).
		3	Address unreachable for other reasons than the reasons listed above.
		4	Port unreachable.
Packet too big	2	0	The packet size exceeds the MTU of the outgoing link (used by the PMTU discovery process).
Time exceeded	3	0	Sent when the hop limit field (after being decremented) is equal to 0 or the received packet has a hop limit field equal to 0.
Parameter problem (problem with the field of the IPv6 header or extended headers)	4	0	Erroneous header field encountered.
		1	Unrecognized next header type encountered.
		2	Unrecognized IPv6 option encountered.

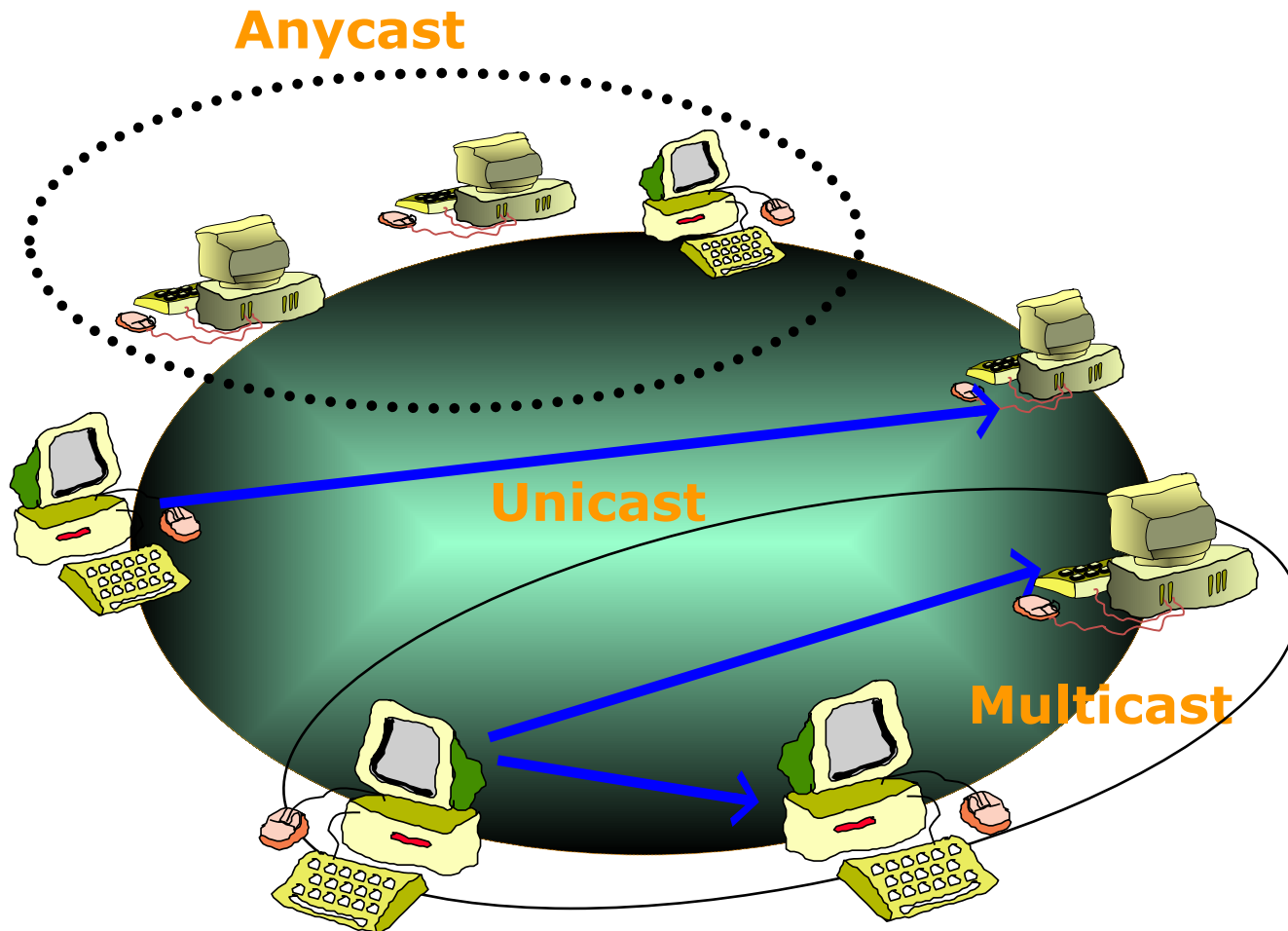
ICMPv6 Informational Messages

	Type	Code	Description
Echo request	128	0	
Echo reply	129	0	
Router solicitation (RS)	133		See Section 15.5.4
Router advertisement (RA)	134		See Section 15.5.3
Neighbor solicitation (NS)	135		See Section 15.5.1
Neighbor advertisement (NA)	136		See Section 15.5.2
Redirect	137		

ICMPv6 Informational Messages

- Il campo Type dei messaggi informativi è un valore compreso tra 128 e 255
- Man mano che IPv6 continua ad evolversi, vengono aggiunte nuove funzionalità e vengono specificati ulteriori codici ICMP
- I messaggi RS, RA, NS e NA ICMPv6 sono molto importanti per l'autoconfigurazione
- Un certo numero di altri messaggi ICMPv6 sono stati definiti in altre RFC
 - Ad esempio, i principali protocolli come MLD (multicast listener discovery) e Mobile IPv6 fanno ampio uso di messaggi ICMPv6 esistenti e nuovi

Tipologia di indirizzi



Indirizzamento in IPv6

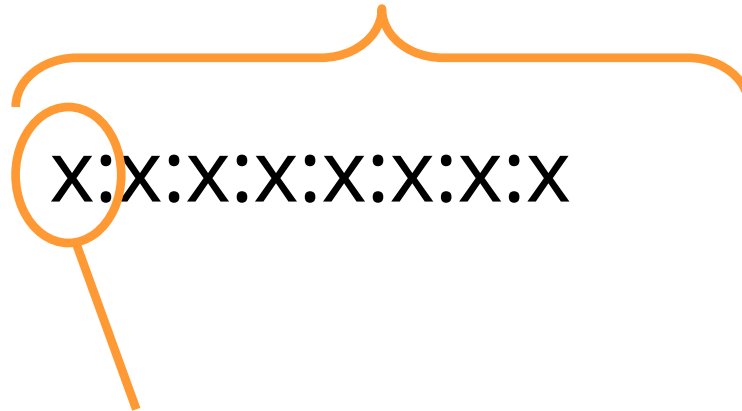
Identifica interfacce o insiemi di interfacce presenti sulla rete

Tipi di indirizzi

- **Unicast:** identifica una singola interfaccia, un pacchetto viene inviato all'interfaccia specificata
- **Anycast:** identifica un insieme di interfacce solitamente distribuite su più nodi. Un pacchetto viene inviato ad una delle interfacce identificate dall'indirizzo
- **Multicast:** identifica un insieme di interfacce distribuite su più nodi. Un pacchetto viene inviato a tutte le interfacce identificate nell'indirizzo

Formato dell'indirizzo

128 bit



Porzione dell'indirizzo composta da 4 cifre esadecimali (totale 16 bit)

Esempi

- FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210
- 1080:0:0:0:8:800:200C:417A

Formato degli indirizzi

0	4	12	16	24	31
Vers. Traffic Class Flow Label					
Payload Length				Next Header Hop Limit	

Source Address

128 bit, 8 campi da 16 bit,
16 ottetti, 32 cifre
esadecimali

Destination Address

128 bit, 8 campi da 16 bit,
16 ottetti, 32 cifre
esadecimali

Esempio di formato IPv6

02A3 : B219 : 3011 : 0 : 0 : 21D1 : FFDC : 23A5

Esempio di compatibilità con IPv4

: : 192.52.34.28

Indirizzi preassegnati

0	4	12	16	24	31
Vers.		Traffic class		Flow Label	
Payload Length			Next Header		Hop Limit

XXXX	XXXX	XX		
			Source	0000 0000 Riservati
				0000 0001 Non Assegnati
				0000 001 Riservati per allocazioni NSAP
				0000 010 Riservati per allocazioni IPX
				0000 011 Non assegnati
				0000 1 Non assegnati
				0001 Non assegnati
				001 Non assegnati
				010 Indirizzi Unicast assegnati al Provider
				011 Non assegnati
				100 Indirizzi Unicast su base geografica
				101 Non assegnati
				110 Non assegnati
				1110 Non assegnati
				1111 0 Non assegnati
				1111 10 Non assegnati
				1111 110 Non assegnati
				1111 1110 0 Non assegnati
				1111 1110 10 Indirizzi riservati ai collegamenti (link)
				1111 1110 11 Indirizzi per reti locali
				1111 1111 Indirizzi Multicast

Forme particolari indirizzi IPv6

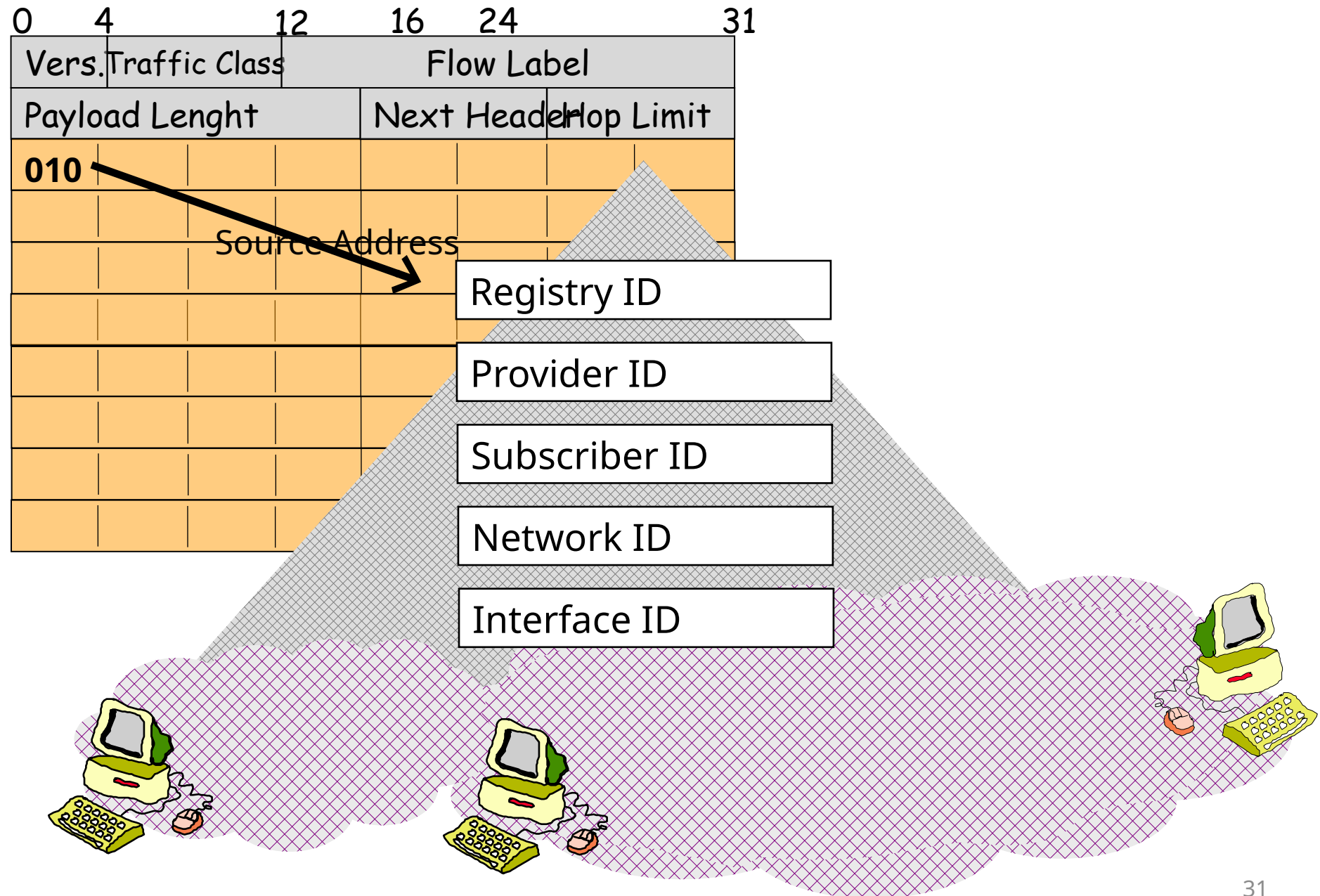
Abbreviazioni

- 1080:0:0:0:8:800:200C:417A unicast address
- FF01:0:0:0:0:0:0:101 multicast address
- 0:0:0:0:0:0:0:1 loopback address
- 0:0:0:0:0:0:0:0 unspecified addresses



- 1080::8:800:200C:417A unicast address
- FF01::101 multicast address
- ::1 loopback address
- :: unspecified addresses

Indirizzi del provider e indirizzi speciali



Forme particolari indirizzi IPv6

Sistemi misti IPv4 e IPv6

x:x:x:x:x:x:d.d.d.d



Indirizzo IPv4

Esempi

0:0:0:0:0:0:13.1.68.3

0:0:0:0:0:FFFF:129.144.52.38



::13.1.68.3

::FFFF:129.144.52.38

NOTA:

d cifra decimale

x cifra esadecimale

Autoconfigurazione IPv6

- NDP Neighbor Discovery Protocol
 - Neighbor solicitation (request)
 - Neighbor advertisement (response)
- Autoconfiguration
 - Router solicitation (inviato al link-local all-routers broadcast address)
 - Router advertisement (IPv6 address prefixes, inviati periodicamente)

ARP vs neighbor solicitation

- NDP (neighbor discovery protocol) usa l'indirizzo ff02::1 per inviare un pacchetto in multicast. Tutti gli hosts nel local link lo ricevono.
- Cosa accade in IPv4 quando un dispositivo (10.0.0.2) vuole comunicare con un altro (10.0.0.1)?
 - Viene inviata una ARP request in broadcast -> FF:FF:FF:FF:FF:FF who-has 10.0.0.1 tell 10.0.0.2 ?
 - Fra tutti i dispositivi riceventi, quello con 10.0.0.1 risponde con il suo MAC: -> 10.0.0.1 is at 00:20:12:34:56:AB
 - Il dispositivo invia il frame al 00:20:12:34:56:AB dal suo MAC address.

ARP vs neighbor solicitation

- Cosa avviene invece in IPv6 quando un nodo vuole trasmettere ad un altro?
 - IPv6 neighbor solicitation è inviata all'IPv6 multicast address ff02::1 fe80::203:47ff:fe73:1f0f -> ff02::1 Neighbor Solicitation for 3ffe:8350:1:51:210:7bff:fe30:591
 - Fra tutti i sensori che ricevono (this is mandatory!), quello con 3ffe:8350:1:51:210:7bff:fe30:591 risponde dal suo link-local address: fe80::210:7bff:fe30:591 -> fe80::203:47ff:fe73:1f0f Neigh Adv for 3ffe:8350:1:51:210:7bff:fe30:591
 - A questo punto il sensore che ha avviato la trasmissione vede il MAC address dal quale proviene il messaggio di advertisement e può usarlo per la trasmissione 3ffe:8350:1:51:210:7bff:fe30:591

Sub-net masking

- Identifica una porzione della rete sulla quale sono presenti diverse interfacce

Esempio: indirizzo di una rete

12AB00000000CD3 con 60 bit

12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60

oppure

- 12AB::CD30:0:0:0:0/60
- 12AB:0:0:CD30::/60

Considerando il nodo

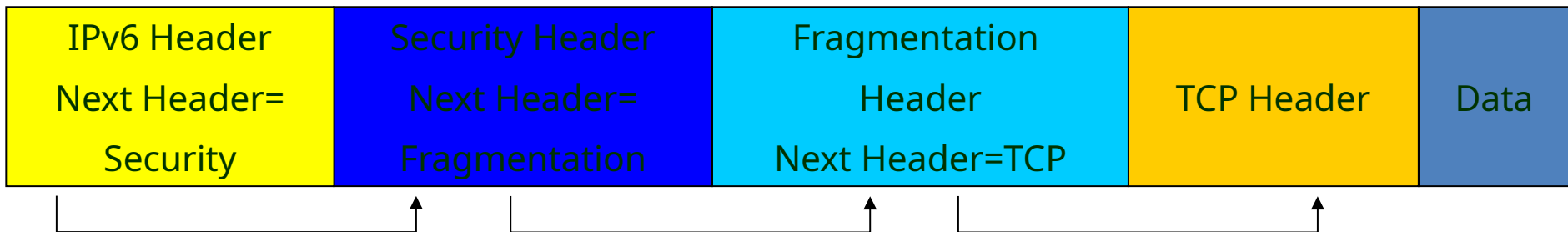
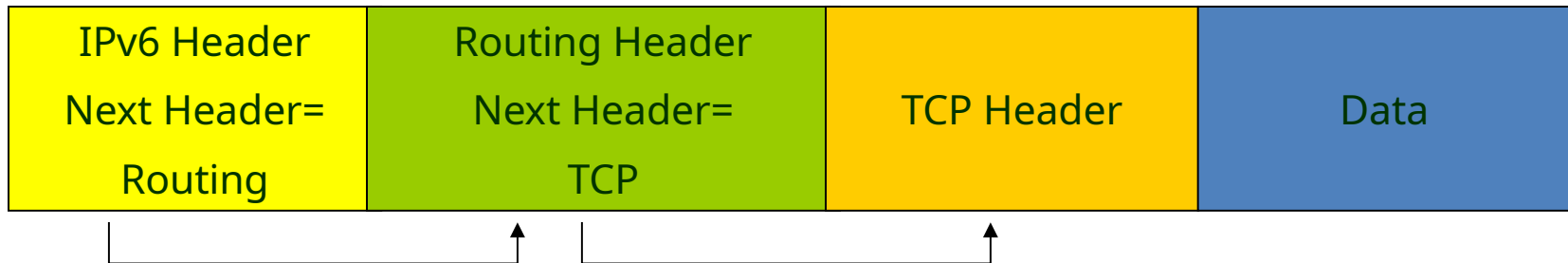
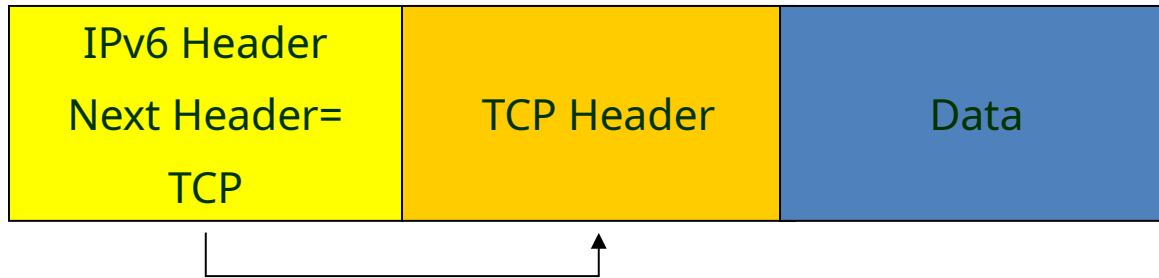
12AB:0:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF

presente nella subnet precedente

l'indirizzo diventa

12AB:0:0:CD30:123:4567:89AB:CDEF/60

IPv6 Extension Headers



IPv6 Extension Headers

Per implementare IPv6 devono essere presenti gli extension header:

- Hop-by-Hop Options
- Routing (type 0)
- Fragment
- Destination Options
- Authentication
- Encapsulating Security Payload

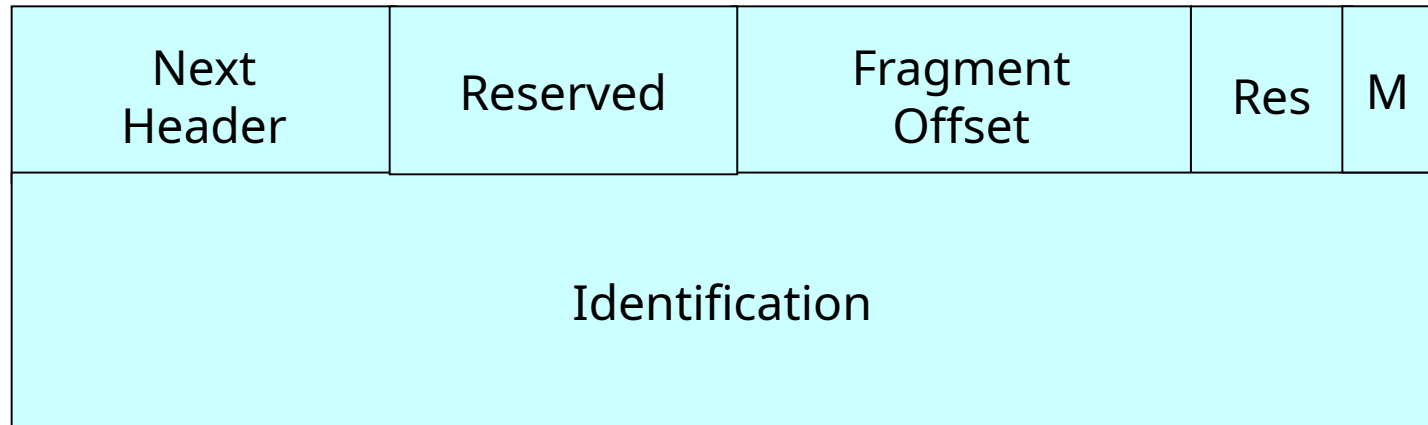
Fragmentation

- In contrasto con IPv4, i router lungo il percorso dei dati non eseguono alcuna forma di frammentazione
- IPv6 richiede che ogni link deve essere in grado di trasportare pacchetti di 1280 byte, che non è sempre il caso in LLN
 - In particolare, l'MTU dei collegamenti IEEE 802.15.4 è pari a 127 byte. In questo caso è necessario gestire la frammentazione del pacchetto e il riassemblaggio al livello data link come specificato dal 6LoWPAN Working Group)
- Ciò implica che IPv6 dovrebbe sostenere meccanismi per scoprire il minimo MTU supportato su ogni collegamento lungo il percorso verso la destinazione. Questa operazione viene eseguita tramite una procedura chiamata PMTU.

Discovering the minimum MTU

- Questa operazione viene eseguita utilizzando una procedura chiamata Path Maximum Transmission Discovery (PMTU)
- Viene utilizzata una sequenza di pacchetti ICMP lungo il percorso fino a quando non si scopre la MTU per quello specific collegamento
- Questo valore viene quindi memorizzato nella cache sull'host all'interno di una tabella creata in base alla destinazione e deve essere aggiornato regolarmente poiché i percorsi IP possono cambiare a causa del reindirizzamento in seguito a errori o problem con i dispositivi di rete
- Un'implementazione che non supporta PMTU può semplicemente decidere di inviare pacchetti non più grandi di 1280 ottetti
- Un nodo IPv6 che deve trasmettere un'informazione frammenta un pacchetto ogni volta che la sua dimensione è maggiore della MTU minima lungo il percorso verso la destinazione

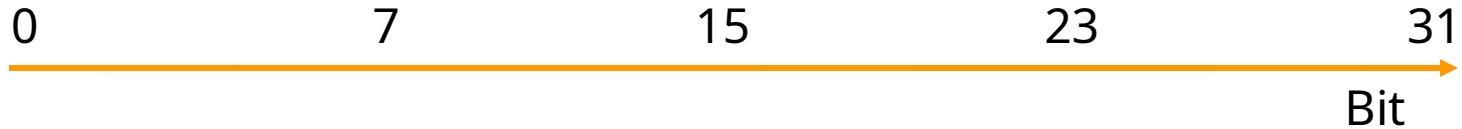
Fragment Header



La frammentazione del pacchetto



Routing Header (Next Header=43)



Next Header	Hdr Ext Len	Routing Type	Segments left
Type-specific data			

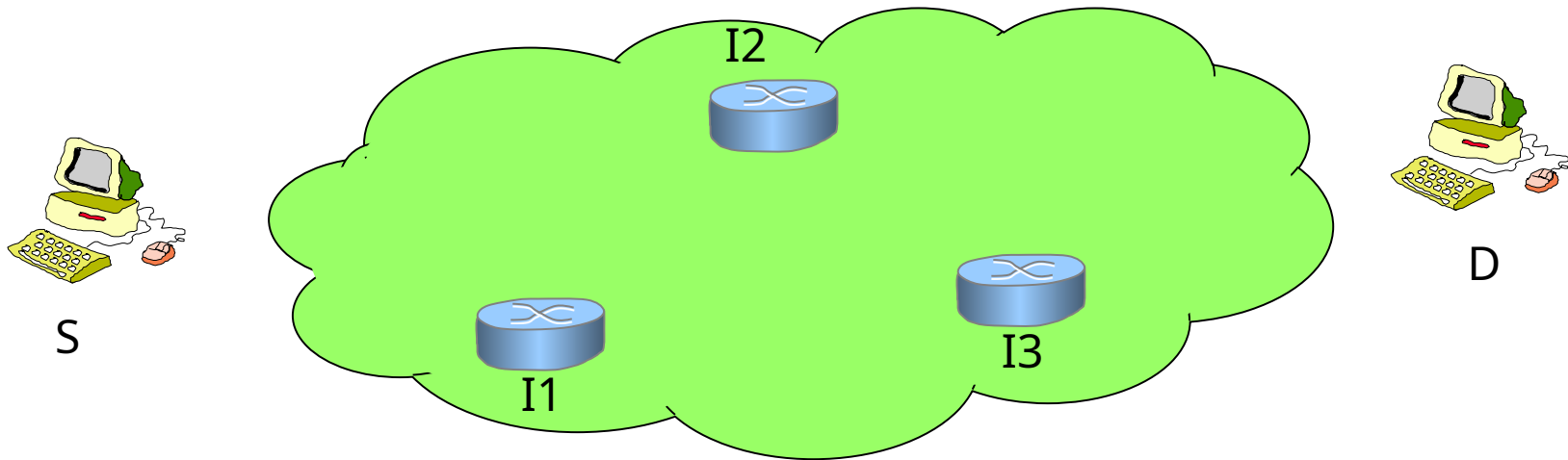
Routing Header (Type 0)



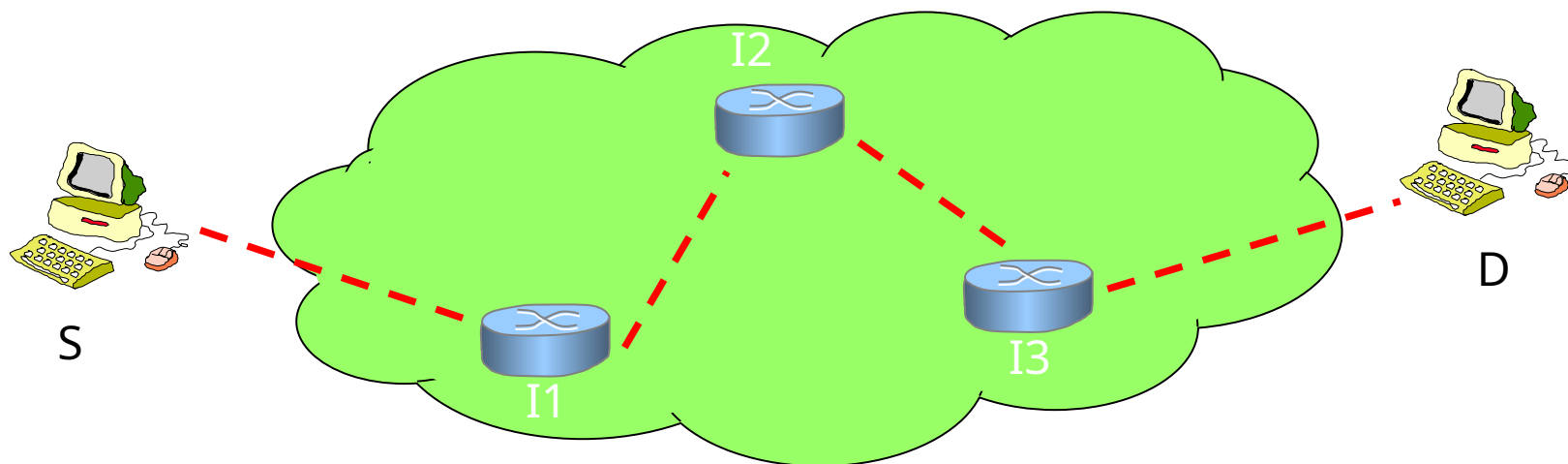
Next Header	Hdr Ext Len	Routing Type	Segments left
Reserved			
Address[1]			
Address[2]			
...			
Address[n]			

Esempio

Il nodo di partenza *S* trasmette pacchetti al nodo di destinazione *D* passando attraverso i nodi intermedi *I1*, *I2* e *I3*



SA = S	SA = S	SA = S	SA = S
DA = I1	DA = I2	DA = I3	DA = D
Hdt Ext Len = 6	Hdt Ext Len = 6	Hdt Ext Len = 6	Hdt Ext Len = 6
Seg left = 3	Seg left = 2	Seg left = 1	Seg left = 0
Addr1 = I2	Addr1 = I1	Addr1 = I1	Addr1 = I1
Addr2 = I3	Addr2 = I3	Addr2 = I2	Addr2 = I2
Addr3 = D	Addr3 = D	Addr3 = D	Addr3 = I3



Notazione:

SA = Source Address

DA = Destination Address

Riferimenti

- RFC-791 "Internet protocol"
- RFC-2460 "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification"
- RFC-2463 "Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification"
- RFC-2373 "IP Version 6 Addressing Architecture"