

---

# IP versione 6

Passaggio IP v4 a IP v6

---

## IPv6

- L'uso del CIDR ha solo temporaneamente risolto (attenuato) i problemi legati allo spazio di indirizzamento ed alle tabelle di *routing*.
- Per cui già nel 1990 è iniziata la fase di standardizzazione di una nuova versione di IP, che dovesse avere i seguenti requisiti
  - Supportare miliardi di utenti (anche presupponendo un inefficiente uso dello spazio di indirizzamento).
  - Ridurre, o comunque mantenere piccole le RT
  - Semplificare il protocollo
  - Migliorare la sicurezza (sia autenticazione, sia protezione del dato)

---

## IPv6

- Dare supporto a tipi di servizi diversi
- Agevolare il multicast
- Permettere lo spostamento dell'host mantenendo lo stesso indirizzo
- Semplificare evoluzioni future
- Permettere la co-esistenza con IPv4 per lungo tempo.

- La scelta fatta fra diverse proposte è stata  
Simple Internet Protocol Plus (SIPP)

ovvero

- IPv6

---

## IPv6

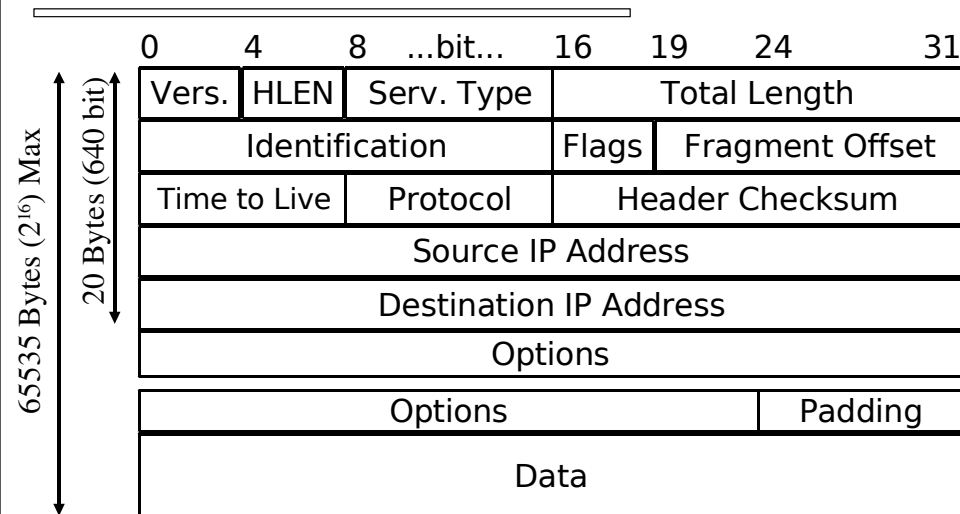
- Gli elementi distintivi principali del nuovo standard sono
  - Non richiede sostanziali modifiche allo standard precedente
  - Gli indirizzi sono significativamente più lunghi
  - L'*header* è più semplice (7 campi invece di 14)
  - Le opzioni sono gestite meglio (anche per permettere una più veloce commutazione dei pacchetti).
  - Maggiore sicurezza
  - Supporto per servizi di tipo diverso.

## IPv6: Header

Version	Priorit.	Flow Label	
Payload Length		Next Header	Hop Limit
Source Address			
Destination Address			

Il Campo Priority ha cambiato nome in Traffic Class ed ha dimensione 8 bit

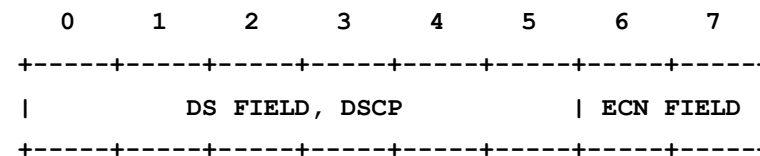
## Il pacchetto IPv4



## IPv6: Header

- **Versione** (4 bit): il valore è 6, anche se in fase di transizione è stato suggerito (per velocizzare) di inserire l'informazione nel livello 2 come si trattasse di due protocolli diversi;
- **Traffic Class** (8 bit) (*Priority*): la sorgente dichiara tramite questo campo il trattamento che il pacchetto deve subire. Si distingue inizialmente fra:
  - **Congestion Controlled Traffic** (CCT): ossia il traffico su cui viene effettuato un controllo di congestione ed un recupero dell'errore (tutto il traffico dati in genere).
  - **Non- CCT**: i traffici che generano flussi di dati per lo più continui che necessitano di un ritardo ridotto (voce – video).

## Traffic Class



**DSCP: differentiated services codepoint**

**ECN: Explicit Congestion Notification**

**The Differentiated Services and ECN Fields in IP.**

**RFC 3168**

## IPv6: Header - Priority

CCT		Non CCT		
Priorità crescente ↓	0	Non specificato Default	8	ammesse perdite più elevate (es. video alta qual.)
	1	Di riempimento (es. news)	9	
	2	Batch (es. email)	10	
	3	Riservato	11	
	4	Interattivo a bassa priorità (es. ftp, http)	12	
	5	Riservato	13	
	6	Interattivo ad alta priorità (es. Telnet, X)	14	
	7	Di controllo (es. OSPF, SNMP)	15	ammesse perdite meno elevate (es. audio telefonico)

## IPv6: Header - Flow Label

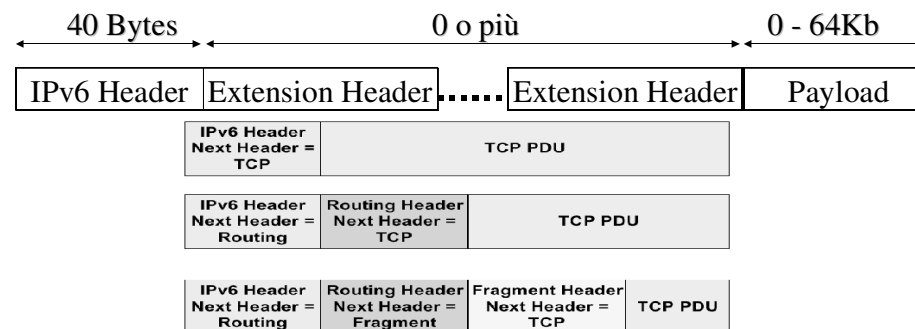
- Questo campo individua dei flussi, ossia sequenze di pacchetti emessi dalla stessa sorgente per lo stesso servizio.
- Questa informazione dovrebbe permettere ai *router* di negoziare un trattamento particolare per alcuni flussi di dati.
- Le regole con cui trattare il campo sono:
  - Gli *host/router* che non gestiscono flussi devono lasciare il campo invariato nel *forwarding*, o metterlo a zero se sono origine del pacchetto.
  - Tutti i pacchetti generati dalla stessa sorgente con lo stesso numero di flusso (diverso da zero) devono avere gli stessi indirizzi di destinazione, sorgente e *Hop by Hop Option Header* (se presente) e *Routing Header* (se presente).
  - Gli ID di un flusso vanno scelti casualmente, con distribuzione uniforme da 1 a  $2^{20}-1$  (per rendere efficienti le tabelle di *hash*), con la restrizione che una sorgente non possa riutilizzare numeri che sta già usando per altri flussi attivi.

## IPv6: Header

- **Payload Length** (16 bits): lunghezza della parte dati del datagram in ottetti (a differenza dell'IPv4 non comprende l'intestazione).  
La parte fissa dell'header è lunga 40 ottetti (contro i 20 dell'IPv4).
- **Next Header** (8 bits)
- **Hop Limits** (8 bits): Viene decrementato di 1 ogni nodo attraversato (non si tiene più conto del tempo di attesa).
- Indirizzo di sorgente e di destinazione (128 bits + 128 bits).

## Header - Next Header

- Il campo *Next header* identifica il successivo *header* che può essere un altro protocollo trasportato (e quindi essere contenuto nel *payload* e da elaborare solo alla destinazione) oppure degli *header* aggiuntivi (*Extension Header*) di IPv6. Gli *header* aggiuntivi contengono a loro volta il campo *next header* che permette di creare una catena di *ExHeader*.



## IPv6: Header - Next Header

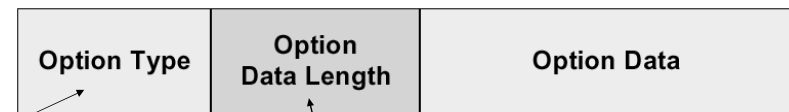
- |  |   |
|--|---|
| ⇒ <b>0 HBH Hop by Hop option (IPv6)</b>    | ⇒ <b>60 DOH Destination Option Header</b> |
| 1 ICMP Internet Control Message (IPv4)     | 80 ISO-IP ISO 8473 CLNP                   |
| 2 IGMP Internet Group Management (IPv4)    | 88 IGRP Interior Gateway Routing          |
| 3 GGP Gateway-to-Gateway                   | 89 OSPF Open Shortest Path First (IPv6)   |
| 4 IP IP in IP (IPv4 encapsulation)         |   |
| 6 TCP Transmission Control                 |   |
| 17 UDP User Datagram                       |   |
| 29 TP4 ISO Transport class 4               |   |
| ⇒ <b>43 RH Routing Header (IPv6)</b>       |   |
| ⇒ <b>44 FH Fragment Header</b>             |   |
| 45 IDRP Interdomain Routing                |   |
| ⇒ <b>50 ESP Encrypted Security Payload</b> |   |
| ⇒ <b>51 AH Authentication Header</b>       |   |
| 58 ICMP Internet Control Message (IPv6)    |   |
| 59 Null No next header (IPv6)              |   |

Gli *ExHeader* di IPv6 vanno inseriti (uno solo per tipo) ed elaborati nel seguente ordine:

- Hop-by-Hop Header
- Routing Header
- Fragment Header
- Authentication Header
- Encapsulating Security Payload Header
- Destination Options Header

## IPv6: Header - Hop-by-Hop Header

- Trasporta informazioni che devono essere elaborate in ogni nodo di transito. I campi di cui è composto sono:
  - Next Header (8 bit)
  - Header Extension Length (8 bit): in numero di blocchi da 64 bit esclusi i primi 64.
  - Opzioni: ogni opzione è codificata con tre campi:



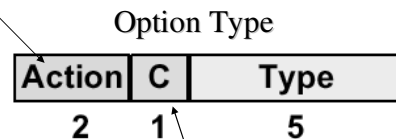
Tipo di Opzione

Lunghezza del campo *Option Data* in ottetti

## IPv6: Header - Hop-by-Hop Header

Specifica cosa fare se non si riconosce l'opzione:

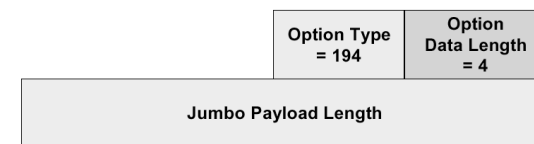
- |    |  |
|----|--|
| 00 | si ignora quella sconosciuta e si continua a elaborare la successiva                           |
| 01 | si scarta il pacchetto   |
| 10 | si scarta il pacchetto e si notifica al mittente tramite ICMP anche con destinazione multicast |
| 11 | si scarta il pacchetto e si notifica al mittente tramite ICMP solo con destinazione unicast    |



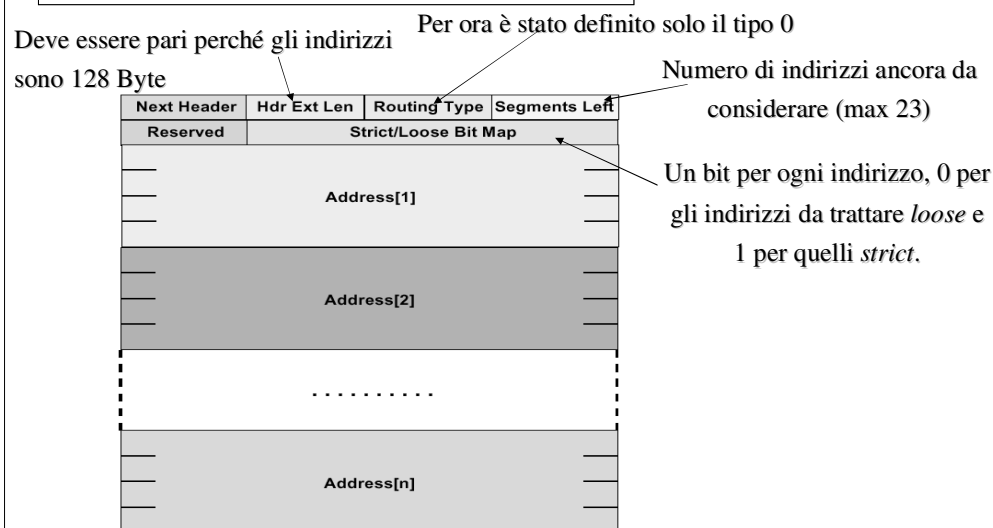
Specifica se l'opzione può (1) o non può (0) essere modificata lungo il percorso

## IPv6: Header - Hop-by-Hop Header

- Attualmente sono state definite solo 3 opzioni:
  - Pad1 (*Option Type* = 0) non ha i campi lunghezza e dati e rappresenta solo un riempimento di un byte.
  - PadN (*Option Type* = 1), ha tutti campi, e serve per realizzare riempimenti da 2 a N bytes.
  - Jumbo Payload: il campo JPL indica la lunghezza del datagram in ottetti, escluso l'header IP ma compreso HbHH. La lunghezza deve essere più di 64Kb, e deve avere un allineamento di  $4n+2$ .



## IPv6: Header - *Routing Header*



Ph.D. Carlo Nobile

17

## IPv6: Header - *Routing Header*

- Permette di realizzare un *Source Routing*
- L'indirizzo inserito nel campo di destinazione del *Header* IPv6 non è la destinazione finale ma la successiva da raggiungere nell'elenco, così che ogni nodo intermedio non debba elaborare il campo opzionale.
- Si osservi che IPv6 richiede che le risposte ai pacchetti contenenti un RH debbano utilizzare lo stesso percorso all'indietro. Questo fornisce un potente mezzo per stabilire vincoli di instradamento a priori.

Ph.D. Carlo Nobile

18

## IPv6: Header - *Fragment Header*

- Il processo di frammentazione è diverso in IPv6 rispetto ad IPv4. In IPv6 solo la sorgente può frammentare il *datagram*, l'eventuale frammentazione dipende dalla *Maximum Transfer Unit* (MTU) che la sorgente dovrebbe poter verificare sul percorso verso la destinazione. Altrimenti dovrebbe ipotizzare la MTU più piccola di 576 ottetti.
- Il *datagram* è diviso in una parte non frammentabile (composta dall'*header* originale e da ExHeader HbHH e RH che vanno duplicati in ogni frammento) e una frammentabile che contiene il resto.
- Nell'*header* si trovano i campi: **Fragment offset** (13 bit) in numero di 64 bit, **MFlag** (1 ci sono ancora seg., 0 se è l'ultimo), **Identification** (32 bits): deve essere unico per una coppia di indirizzi sorgente-destinazione.

Ph.D. Carlo Nobile

19

## IPv6: Header

- Se si confronta l'*header* IPv4 e IPv6 si notano alcune differenze sostanziali (a prescindere dagli indirizzi):
  - Il campo HL non c'è più perché in IPv6 la lunghezza dell'*header* è fissa
  - Il campo *Protocol* è sostituito da *NextHeader*
  - Tutti i campi legati alla frammentazione non ci sono più.
  - Il campo *checksum* è stato eliminato per velocizzare il trattamento del pacchetto.

Ph.D. Carlo Nobile

20

## IPv6: Indirizzi

---

- 128 bit
  - $2^{128}$  indirizzi
  - circa  $10^{38}$  indirizzi
  - Più precisamente
    - » 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 indirizzi
- Alcune stime:
  - superficie della terra 511.263.971.197.990 mq
  - 655.570.793.348.866.943.898.599 indirizzi IPv6 per mq

## IPv6: Indirizzi

---

- Tre tipi di indirizzo:
  - *Unicast*
    - » indirizzi verso singole stazioni
  - *Anycast*
    - » Identifica un insieme di interfacce, ma un pacchetto con questo indirizzo deve raggiungerne una sola, ma una qualsiasi, in genere la più “vicina” (usato per servizi)
  - *Multicast*
    - » indirizzi di gruppi di stazioni
- Non viene più utilizzato il *Broadcast*
- Gli indirizzi sono associati alle interfacce
- Possibilità di avere più indirizzi per ogni interfaccia

## IPv6: Indirizzi

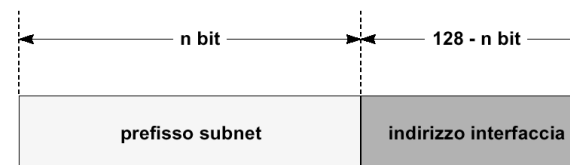
---

- Si scrivono in esadecimale come 8 gruppi di 4 cifre separati da “.”
  - FEDC:BA98:0876:45FA:0562:CDAF:3DAF:BB01
  - 1080:0000:0000:0007:0200:A00C:3423
- Esistono delle semplificazioni:
  - si possono omettere gli zero iniziali  
1080:0:0:7:200:A00C:3423
  - Si possono sostituire gruppi di zero con “::”  
1080::7:200:A00C:3423
- Gli indirizzi di compatibilità IPv4 si scrivono:
  - 0:0:0:0:0:0:A00:1
  - ::A00:1
  - ::10.0.0.1

## IPv6: Indirizzi

---

- Scompare il concetto di *Netmask*
- Viene sostituito da quello di “*Prefix*”
- Il *prefix* si indica aggiungendo ad un indirizzo “/N”, dove N è la lunghezza in bit del *prefix*
- Esempio:
  - FEDC:0123:8700::/36 indica il prefisso
  - 111111101101110000000001001000111000

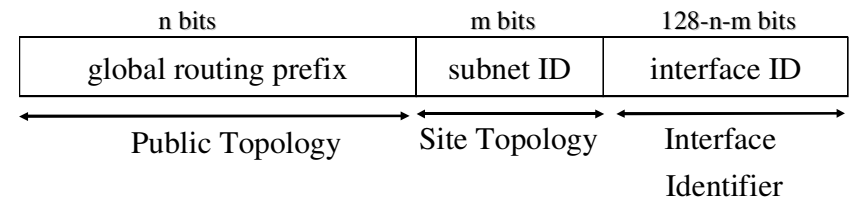


# IPv6: Indirizzi

Allocation	Prefix	Fraction of Address Space
Reserved	0000 0000	1/256
Unassigned	0000 0001	1/256
Reserved for NSAP Allocation	0000 001	1/128 (RFC 1888, eliminata da RFC 4048)
Reserved for IPX Allocation	0000 010	1/128
Unassigned	0000 011	1/128
Unassigned	0000 1	1/32
Unassigned	0001	1/16
Aggregatable Global Unicast Addresses	001	1/8 (RFC 3587) ←
Unassigned	010	1/8
Unassigned	011	1/8
Unassigned	100	1/8
Unassigned	101	1/8
Unassigned	110	1/8
Unassigned	1110	1/16
Unassigned	1111 0	1/32
Unassigned	1111 10	1/64
Unassigned	1111 110	1/128
Unassigned	1111 1110 0	1/512
Link-Local Unicast Addresses	1111 1110 10	1/1024 ←
Site-Local Unicast Addresses	1111 1110 11	1/1024 (Disapprovata RFC 4291) ←
Multicast Addresses	1111 1111	1/256 ←

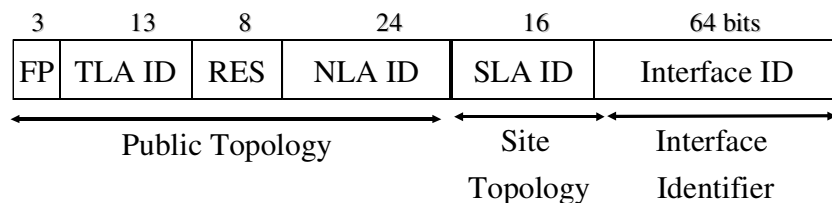
# Global Unicast Addresses – Formato Generale

- **global routing prefix:** è un valore assegnato ad un singolo sito inteso come insieme di sottoreti e link (di solito strutturato gerarchicamente).
- **subnet ID:** identificativo di sottorete all'interno del sito; permette di organizzare in modo gerarchico il proprio sito.
- **interface ID:** identificativo della singola interfaccia all'interno della sottorete.



# Indirizzi unicast: Aggregatable Global Unicast Addresses

- FP *Format Prefix (001)*
- TLA-ID *Top-Level Aggregation Identifier*
- RES *Reserved (per usi futuri)*
- NLA-ID *Next-Level Aggregation Identifier*
- SL- ID *Site-Level Aggregation Identifier*
- INTERFACE-ID *Interface Identifier*



# Indirizzi unicast : AGUA - TLA-ID

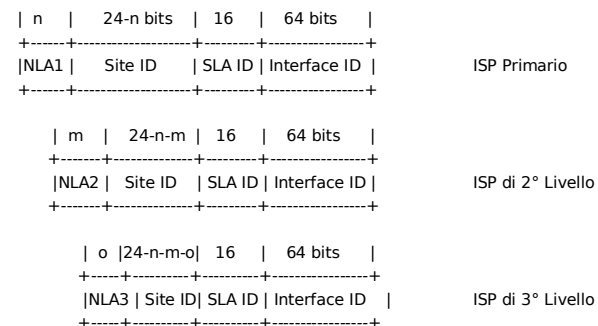
- Il *Top-Level Aggregation Identifier* identifica gli ISP principali che forniscono il servizio di connettività della rete.
- I *router* che operano a questo livello della gerarchia devono avere una riga per ogni TLA nella RT.
- 13 bit permettono 8.192 ( $2^{13}$ ) diversi ISP. Attualmente ci sono *router* che operano con tabelle con più di 50.000 elementi, ma l'IETF ha deciso di ridurre la dimensione delle RT dei *router* all'apice della gerarchia.
- E' previsto l'eventuale allargamento di questa parte dell'indirizzo sia tramite i *Reserved* bit sia allocando un altro FP.

## Indirizzi *unicast*: AGUA - RES

- I *Reserved* bit devono essere posti a 0.
- Sono pensati per permettere, in relazione ai bisogni che dovessero presentarsi, sia l'eventuale espansione (a destra) del campo TLA-ID sia di quello NLA-ID (a sinistra).

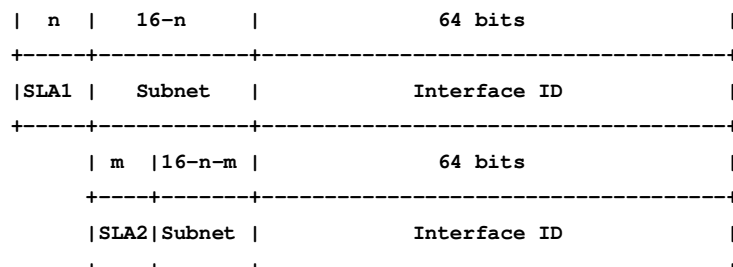
## Indirizzi *unicast*: AGUA - NLA-ID

- Il *Next-Level Aggregation Identifier* è usato dall'ISP per organizzare la propria rete interna e può eventualmente essere a sua volta strutturato in modo gerarchico e sue parti assegnate ad ISP secondari.



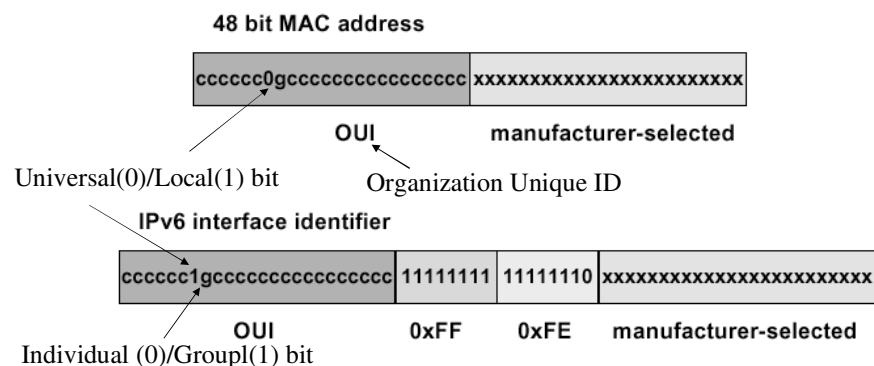
## Indirizzi *unicast*: AGUA - SL-ID

- Il *Site-Level Aggregation Identifier* viene assegnato dall'utente (identificato da un NLA -ID) che può mantenere una gestione dei propri indirizzi di tipo "piatto" (flat), oppure a sua volta gestire delle gerarchie per ridurre le proprie tabelle di routing.
- Lo spazio di indirizzamento è grande (come una classe B IPv4), l'organizzazione che avesse necessità ancora superiori può chiedere ulteriori siti (NLA ID).



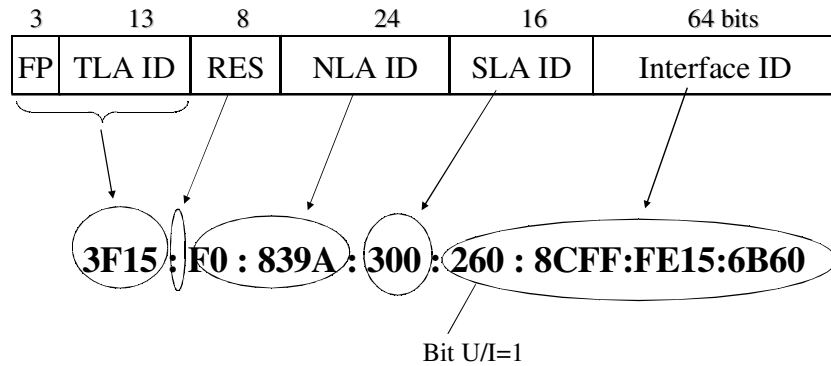
## IPv6- Indirizzi *unicast*: AGUA - Interface-ID

- L'Interface ID viene ricavato usando gli indirizzi di livello 2. Per esempio nel caso di indirizzo MAC:





## IPv6- Indirizzi *unicast*: AGUA

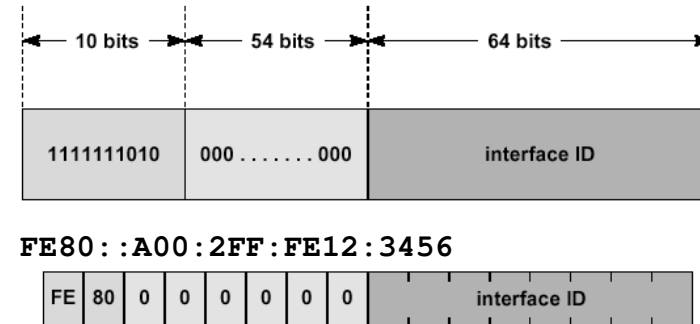


Ph.D. Carlo Nobile

33

## Indirizzi *unicast*: *Link Local*

- Indirizzi “privati” (non annunciati dai router) pensati per piccole reti, autoconfiguranti, prive di router (interni).

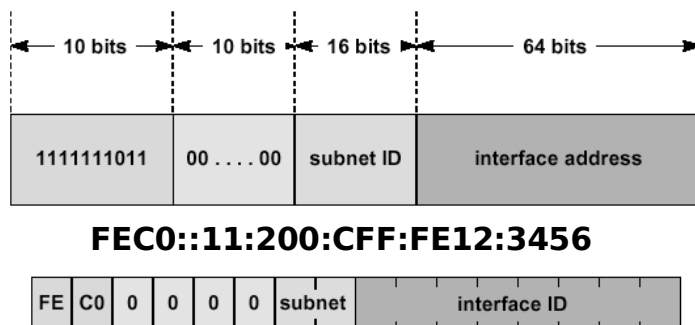


Ph.D. Carlo Nobile

34

## Indirizzi *unicast*: *Site Local*

- Gli indirizzi *Site Local* sono privati (non annunciati) e permettono la realizzazione di reti interne strutturate (Disapprovati RFC 4291)

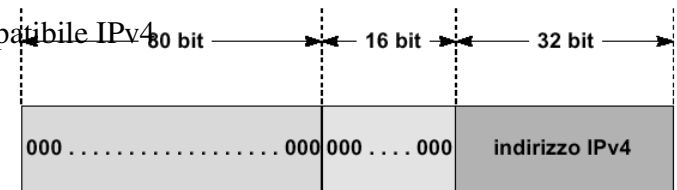


Ph.D. Carlo Nobile

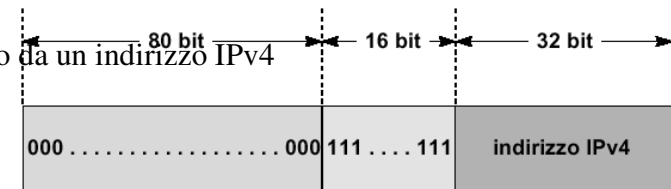
35

## Indirizzi: *Reserved*

Indirizzo IPv6 compatibile IPv4  
Usato per fare tunneling di IPv6 su infrastrutture IPv4 (Disapprovati)



Indirizzo IPv6 ricavato da un indirizzo IPv4  
Usato per fare tunneling di IPv4 su infrastrutture IPv6



Ph.D. Carlo Nobile

36

## Indirizzi *unicast*: *Reserved*

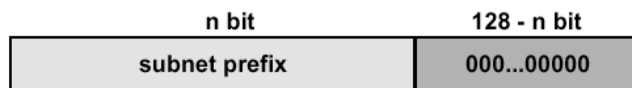
- Indirizzi riservati particolari sono:
  - :: (significa nessun indirizzo)
  - ::1 (*loopback*)

## IPv6- Indirizzi: *Anycast*

- è globale, ma viene assegnato a più interfacce
- I pacchetti vengono inviati verso l'interfaccia più vicina con tale indirizzo:
  - tipicamente identifica il *server* più vicino al mittente che fornisce un dato servizio.
- Gli indirizzi Anycast sono definiti all'interno dei global unicast
  - sono sintatticamente indistinguibili
  - il nodo a cui deve essere esplicitamente configurato
- Ad ogni indirizzo anycast viene associato un prefisso P che identifica la regione dove risiedono tutte le interfacce associate
  - interno alla regione: elemento separato nella Routing Table
  - esterno alla regione: elemento aggregato per P nella Routing Table

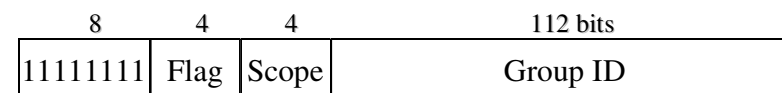
## IPv6- Indirizzi: *Anycast*

- Per il momento sono state definite alcune regole:
  - Non può essere usato come indirizzo di sorgente
  - Non può essere assegnato a *host* ma solo a *router*
- Per ora ne è stato definito solo uno:



- Che individua il *router* più vicino in una *subnet*

## IPv6- Indirizzi: *Multicast*



ORPT

Usato per limitare la diffusione

- T = 0 indirizzo permanente ("*well-known*")
- T = 1 indirizzo temporaneo ("*transient*")
- P = 1 (⇒ T = 1) l'indirizzo multicast è ricavato dal prefisso di rete
- P = 0 indirizzo multicast non ricavato dal prefisso



- R = 1 l'indirizzo multicast contiene l'indirizzo del RP



- 0 reserved
- 1** *node-local scope*
- 2** *link-local scope*
- 3-4 (unassigned)
- 5** *site-local scope*
- 6-7 (unassigned)
- 8** *organization-local scope*
- 9-D (unassigned)
- E** *global scope*
- F** *reserved*

## IPv6- Indirizzi: *Multicast*

---

- **interface-local scope**: propaga il multicast solo su una interfaccia di un nodo ed è utile solo per trasmissioni loopback del multicast.
- **link-local e site-local scope**: propagano il multicast nelle stesse regioni dei corrispondenti indirizzi unicast.
- **admin-local scope**: è il più piccolo dominio di diffusione che può essere configurato amministrativamente (non derivabile automaticamente da connettività fisica o altre configurazioni indipendenti dal multicast).
- **organization-local scope**: la diffusione del multicast avviene su più siti appartenenti alla stessa organizzazione.
- **(unassigned)**: disponibili per la definizione di ulteriori regioni di multicast.

## IPv6- Indirizzi: *Multicast*

---

- Esempio dello *scope*: *Network Time Protocol* (NTP)
  - FF01::43 indica tutti i server NTP presenti sullo stesso nodo del mittente;
  - FF02::43 indica tutti i server NTP presenti sullo stesso link del mittente;
  - FF05::43 indica tutti i server NTP presenti sullo stesso sito del mittente;
  - FF0E::43 indica tutti i server NTP presenti sulla rete.
- Gli indirizzi non permanenti hanno significato solo entro un dato scope.
- Gli indirizzi multicast non possono essere usati come indirizzo sorgente
- I nodi non devono generare pacchetto il cui scope sia 0 o F

## IPv6- Indirizzi: *Multicast*

---

- Alcuni degli indirizzi permanenti sono:
  - FF01:0000:0000:0000:0000:0000:0001 -- Tutti i nodi su un'interfaccia
  - FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0001 -- Tutti i nodi su un link
  - FF01:0000:0000:0000:0000:0000:0002 -- Tutti i router su un'interfaccia
  - FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0002 -- Tutti i router su un link
  - FF05:0000:0000:0000:0000:0000:0002 -- Tutti i router su un sito
  - Tutti i server DHCP su un link
    - » FF02:0000:0000:0000:0000:0000:000C
  - Solicited Node Multicast Address (usato dal protocollo di Neighbor Discovery): -- FF02:0000:0000:0000:0000:0001:FFxx:yyyy
  - dove xx:yyyy sono i 24 bit meno significativi di un indirizzo IPv6 unicast o anycast

## Ipv6: Indirizzi

---

- Quali indirizzi deve saper riconoscere un *host* come identificatori di se stesso?
  - Il suo indirizzo *Link Local* per ogni interfaccia
  - Gli indirizzi *unicast* assegnati alle interfacce
  - L'indirizzo di *loopback*
  - Il *multicast address* permanente che identifica tutti i nodi
  - I *multicast address* di *Neighbor Discovery* associati a tutti gli indirizzi unicast e anycast assegnati alle interfacce
  - I *multicast address* dei gruppi cui il nodo appartiene

## Ipv6: Indirizzi

- Quali indirizzi deve saper riconoscere un *router* come identificatori di se stesso?
  - Il suo indirizzo *Link Local* per ogni interfaccia
  - Gli indirizzi *unicast* assegnati alle interfacce
  - L'indirizzo di *loopback*
  - Il *Subnet Router anycast address* per tutti i *link* su cui ha interfacce
  - Gli altri indirizzi *anycast* assegnati alle interfacce
  - Il *multicast address* permanente di tutti i nodi
  - Il *multicast address* permanente di tutti i *router*
  - I *multicast address* di *Neighbor Discovery* associati a tutti gli indirizzi *unicast* e *anycast*
  - I *multicast address* dei gruppi cui il nodo appartiene

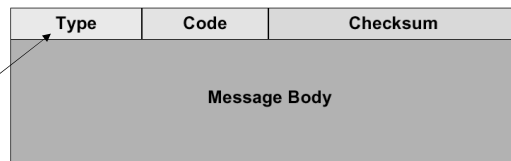
## Ipv6: ICMPv6

- L' *Internet Control Message Protocol v6* (ICMPv6) ha tre impieghi principali
  - Diagnostica
  - *Neighbor Discovery*
  - Gestione dei gruppi multicast
- Riunisce al suo interno le funzionalità che in IPv4 erano suddivise tra:
  - ICMP
  - ARP (*Address Resolution Protocol*)
  - IGMP (*Internet Group Membership Protocol*)

## IPv6: ICMPv6

- Il messaggio ICMPv6 è trasportato in un pacchetto IPv6 ed è indicato dal valore 58 nel campo *Next Header*

- 1 Destination Unreachable
- 2 Packet too big
- 3 Time exceeded
- 4 Parameter Problem
- 128 Echo Request
- 129 Echo Reply
- 130 Group Membership Query
- 131 Group Membership Report
- 132 Group Membership Termination
- 133 Router Solicitation
- 134 Router Advertisement
- 135 Neighbor Solicitation
- 136 Neighbor Advertisement
- 137 Redirect



## IPv6: ICMPv6

### Destinazione non raggiungibile

Type	Code	Checksum
Unused		
La prima parte del pacchetto che ha causato la trasmissione del messaggio ICMPv6 (il pacchetto ICMPv6 non deve eccedere 576 ottetti)		

Code	Significato
0	No route to destination
1	Communication with destination admin. Prohibited
2	Not a neighbor
3	Address unreachable
4	Port unreachable

## IPv6: ICMPv6

### Pacchetto troppo grande

(ossia ha ecceduto la MTU in un qualche tratto del percorso)

Type	Code	Checksum
MTU		
La prima parte del pacchetto che ha causato la trasmissione del messaggio ICMPv6 (il pacchetto ICMPv6 non deve eccedere 576 ottetti)		

## IPv6: ICMPv6

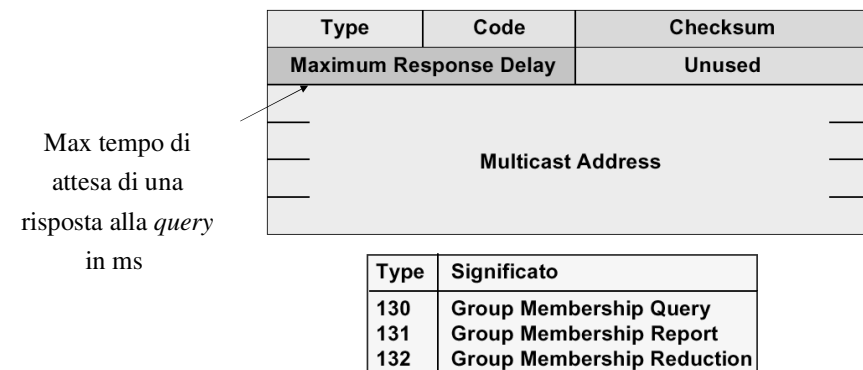
- La precedente segnalazione di ICMPv6 viene usata dal *Path MTU Discovery*, che è un protocollo che permette la ricerca della dimensione ottimale del pacchetto per aumentare il Throughput
- Assume inizialmente come Path MTU il valore dell'MTU del primo link
  - ICMP notifica Path MTU errate
  - Memorizza le informazioni sul Path MTU
  - Cancellazione delle informazioni obsolete

## IPv6: ICMPv6

- Altre segnalazioni di errore sono fornite tramite:
  - *Time exceeded*: superato l'*Hop Limit*
  - *Parameter Problem* : problemi legati agli *header*
- *Echo Request* ed *Echo Reply* hanno sostanzialmente lo stesso uso di ICMP e sono messaggi di diagnostica

## IPv6: ICMPv6

- *Group Membership*, in sostanza ingloba le funzionalità di IGMP in ICMPv6



## IPv6: ICMPv6

---

- In IPv6 ARP scompare sostituito dalle nuove funzionalità di ICMP:
  - *Router e Prefix Discovery*
  - *Parameter Discovery*
  - *Address Autoconfiguration*
  - *Neighbor Unreachability Detection*
  - *Address Resolution*
  - *Next-Hop Determination*
  - *Duplicate Address Detection*
  - *Redirect*

## IPv6: ICMPv6

---

### Router/Prefix Discovery

- *Router Advertisement* generati dai *router*:
  - *solicited*: in risposta a *Router Solicitation* da *host*
  - *unsolicited*: periodici
- Trasportano
  - indirizzo *link-local* e parametri del router
  - prefissi
- Prefissi hanno 2 scopi:
  - *Stateless Address Autoconfiguration*
  - determinazione nodi *on/off link*

## IPv6: ICMPv6

---

### Address Resolution

- Una stazione che debba trasmettere un pacchetto verifica se l'indirizzo è locale (confronto con un *address prefix*) o remoto:
- Se è locale:
  - determina l'indirizzo tramite una *Neighbor Solicitation*
- Se è remoto:
  - sceglie un *router* tra quelli imparati tramite un *Router Advertisement*

## IPv6: ICMPv6

---

### Redirect

- *Router* generano pacchetto di *Redirect* per informare un *host* di un miglior *first-hop*
- Il *first-hop* è sempre *on-link*, indipendentemente dal prefisso
- Quindi, a differenza di ICMP, la *redirect* permette di far comunicare direttamente due *host* con prefissi diversi ma connessi alla stessa rete fisica.