

PARTE 4d

LIVELLO IP

(La “dorsale” di Internet)

Modulo 13: uno sguardo a IPv6

Notazione Indirizzi IPv6

- **Uso di numeri in notazione esadecimale**
- **8 blocchi di 16 bit (4 cifre) ciascuno**
- **Esempio:**
2001:cdba:0000:0000:0000:0000:3257:9652
- **Regola: gruppi di 4 cifre di valore 0 possono:**
 - Essere ridotti a un solo 0
 - Essere omessi
- **I seguenti indirizzi sono tutti equivalenti**
 - 2001:cdba:0000:0000:0000:0000:3257:9652
 - 2001:cdba:0:0:0:0:3257:9652
 - 2001:cdba::3257:9652

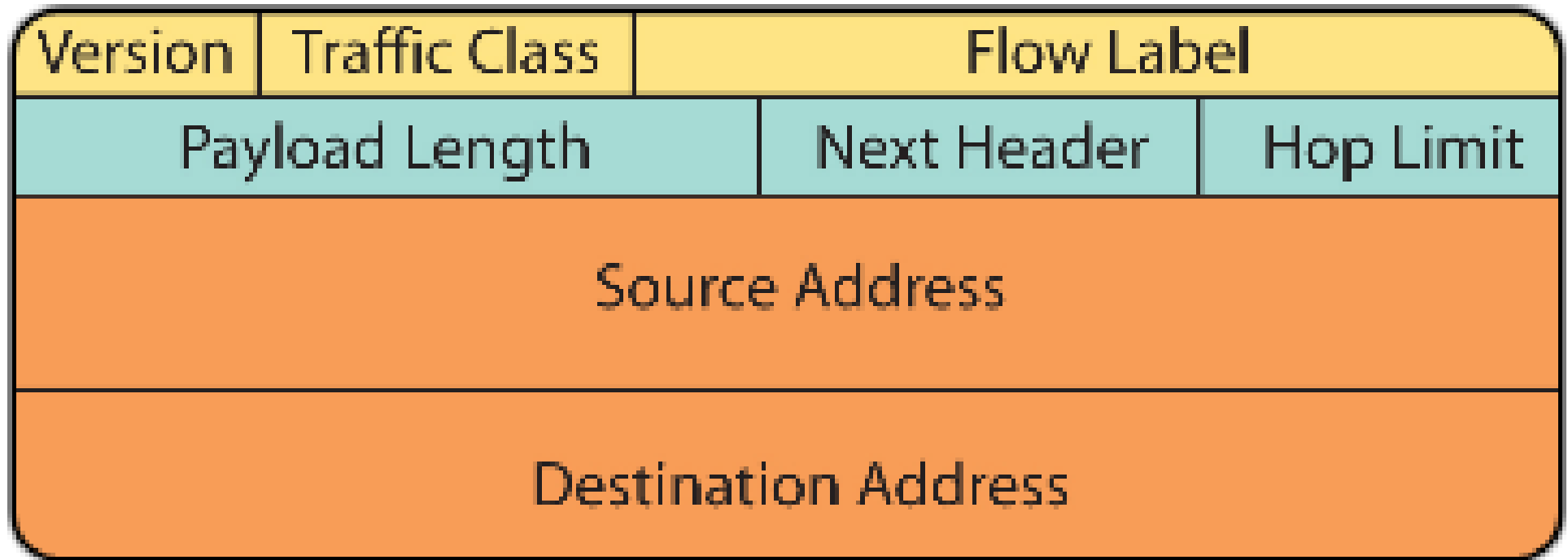
Indirizzi IPv6 speciali

- **Compatibilità con IPv4**
 - `::/96` Il prefisso di 96 zeri trasforma un indirizzo IPv4 in uno IPv6
- **Indirizzo non specificato**
 - `::/128` indirizzo composto solo da 0
- **Loopback address**
 - `::1/128` come 127.0.0.1 per IPv4
- **Indirizzo di esempio**
 - `2001:db8::/32` prefisso usato per indicare un indirizzo di esempio

Indirizzi IPv6 speciali

- **Indirizzo locale**
 - fec0::/10 indirizzo considerato valido solo nell'ambito di una organizzazione.
 - L'uso di questa notazione è deprecato
- **Unique Local Address (ULA)**
 - fc00::/7 sostituisce l'indirizzo locale precedentemente illustrato
- **Multicast**
 - ff00::/8 indirizzo multicast
- **Link-local prefix**
 - fe80::/10 l'indirizzo è valido solo sul link locale

Header IPv6



Header IPv6

- **Versione (4 bit)**
 - Versione de protocollo. Per IPv6 vale 6
- **Classe di traffico (8 bit)**
 - Analogo a campo ToS IPv4
 - Indica la priorità del datagramma

- **Etichetta di flusso (20 bit)**
 - Impostato da una sorgente per identificare più datagrammi come appartenenti a un unico flusso di traffico
 - I router possono usare questo campo per instradare allo stesso modo tutti i datagrammi di uno stesso flusso
 - Può essere usato insieme a RSVP
 - Se non usato ha valore nullo

Header IPv6

- **Lunghezza del payload (16 bit)**
 - Numero di byte nel datagram che seguono l'intestazione
- **Intestazione successiva**
 - Tipo di protocollo usato per il payload
 - Usa le stesse designazioni di IPv4 per il campo Protocol
 - TCP=6
 - UDP=17
- **Limite di hop**
 - Come TTL in IPv4

Frammentazione

- **IPv6 parte dal presupposto che frammentare è Male**
- **La frammentazione non è gestita a livello di singoli router intermedi**
- **Solo la sorgente può frammentare (ovvero creare datagrammi più piccoli)**
- **Solo il destinatario può riassemblare**
- **In caso di datagram troppo grande per il livello H2N,**
 - Il datagram viene scartato
 - Si genera un messaggio ICMP di errore
- **Non serve quindi supporto per questo task nell'header**

Calcolo di checksum

- **La corruzione di header è estremamente rara**
- **L'aggiornamento del checksum (es. quando cambia TTL o in caso di NAT) è estremamente onerosa per il router**
- **IPv6 decide di non gestire questa operazione**
- **Ci si affida al livello H2N**

Dimensione dell'header

- **L'header IP è di esattamente 40 byte**
- **Il campo opzioni di lunghezza variabile non è previsto**
- **È possibile avere delle opzioni come payload del datagram IP**

Modulo 14: Neighbor Discovery Protocol

Funzioni del protocollo

- **Parameter Discovery: Apprendimento di parametri come MTU e hop limit**
- **Address Auto-configuration: Configurazione automatica di indirizzi**

Funzioni del protocollo

- **Address resolution: Ottenere indirizzo MAC a partire da indirizzo IP**
- **Neighbor Unreachability Detection: Identificare quando un vicino non è più raggiungibile**

Funzioni del protocollo

- **Duplicate Address Detection:**
Identificazione di un nodo che usa il medesimo indirizzo IP di un'altro
- **Redirect:** **Informare un router di una destinazione migliore per raggiungere una destinazione**

Overview protocollo

- **Neighbor Discovery: 5 tipi di pacchetto ICMPv6**
- **Router Solicitation:** Inviato quando un'interfaccia viene attivata. Serve per chiedere ai router presenti nella rete di mandare messaggi di tipo Router Advertisement immediatamente

Overview protocollo

- **Router Advertisement:** I router inviano periodicamente un messaggio che informa la rete della loro presenza. Il messaggio può essere mandato anche in risposta a una Router Solicitation
- **Neighbor Solicitation:** Mandato da un nodo per ottenere l'indirizzo MAC di un vicino. Può essere usato anche per determinare se il vicino è ancora raggiungibile (tipo arping).

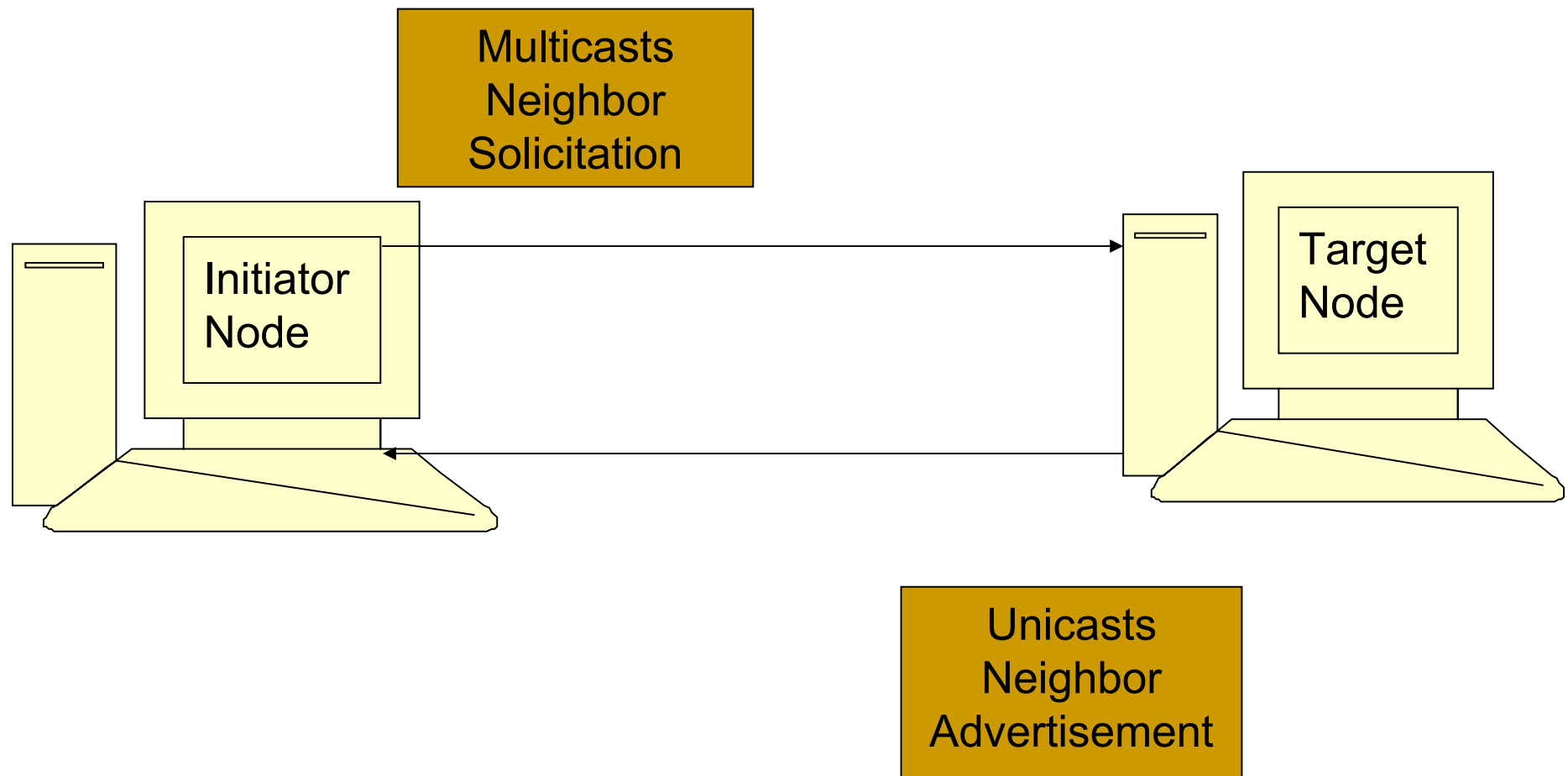
Principi di funzionamento

- **Estensione del protocollo ICMPv6**
 - I messaggi NDP sono a tutti gli effetti messaggi ICMP
- **Uso di indirizzi multicast**
 - Solicited node multicast address prefix ff02::1:ff00:0/104
 - Al prefisso si aggiungono i bit meno significativi dell'IP destinazione

Router advertisement

- **Contenuto del messaggio**
 - Lista di prefissi usati per decidere il routing, configurazione indirizzi AS.
 - Flag che indicano usi specifici di alcuni prefissi.
 - Parametri come MTU o numero di hop che sono associati a una destinazione

Address resolution



Overview protocollo

- **Neighbor Advertisement:** Risposta a messaggio di tipo Neighbor Solicitation
- **Redirect:** Inviato da un router per informare un nodo di una possibile strada migliore per una destinazione.

Altre funzioni di NDP

- **Link-layer address change:** Un nodo che sa di aver cambiato indirizzo MAC può mandare un messaggio di tipo Neighbor Advertisement agli altri nodi per aggiornare la loro cache.
- **Inbound load balancing:** I router possono non comunicare i loro MAC address per consentire una risposta selettiva quando più router possono gestire lo stesso percorso (e.g., round robin policy).

Message Formats

- **Router Solicitation Message Format**

8	8	16
Type	Code	Checksum
Reserved		
Options..		

Hop limit : 255

Options: could be valid link-layer address

Type : 133

Code : 0

Router Advertisement

Type	Code			Checksum
Cur Hop Limit	m	o	Reserved	Router Lifetime
Reachable Time				
Retrans timer				
Options..				

Parameters

- **Type : 134 Code : 0**
- **Cur Hop Limit : 8-bit unsigned integer.**
- **M : 1-bit "Managed address configuration" flag. When set, hosts use the administered (stateful) protocol for address autoconfiguration in addition to any addresses autoconfigured using stateless address autoconfiguration.**
- **O : 1-bit "Other stateful configuration" flag. When set, hosts use the administered (stateful) protocol for autoconfiguration of other information.**
- **Router Lifetime: 16-bit unsigned integer. Max value is 18.2 hours. When 0, router is not a default router.**
- **Reachable Time: 32-bit unsigned integer. The time, in milliseconds, that a node assumes a neighbor is reachable after having received a reachability confirmation.**
- **Retransmit Timer: Time for retransmitting reachability information to other routers**

Neighbor Solicitation

Type	Code	Checksum
Reserved		
Target Address		
Options..		

Neighbor Advertisement

Type			Code	Checksum
R	S	O	Reserved	
Target Address				
Options..				

R : Router Flag. When set, indicates that sender is a router.

S : Solicited Flag. When set, indicates that advertisement was sent in response to Neighbor Solicitation from destination address.

O : Override flag. Indicates that the advertisement should override an existing cache entry and update the cached link-layer address.

Redirect Message

Type	Code	Checksum
Reserved		
Target Address		
Destination Address		
Options..		

Modulo 15: Transizione IPv4 → IPv6

Transizione IPv4 → IPv6

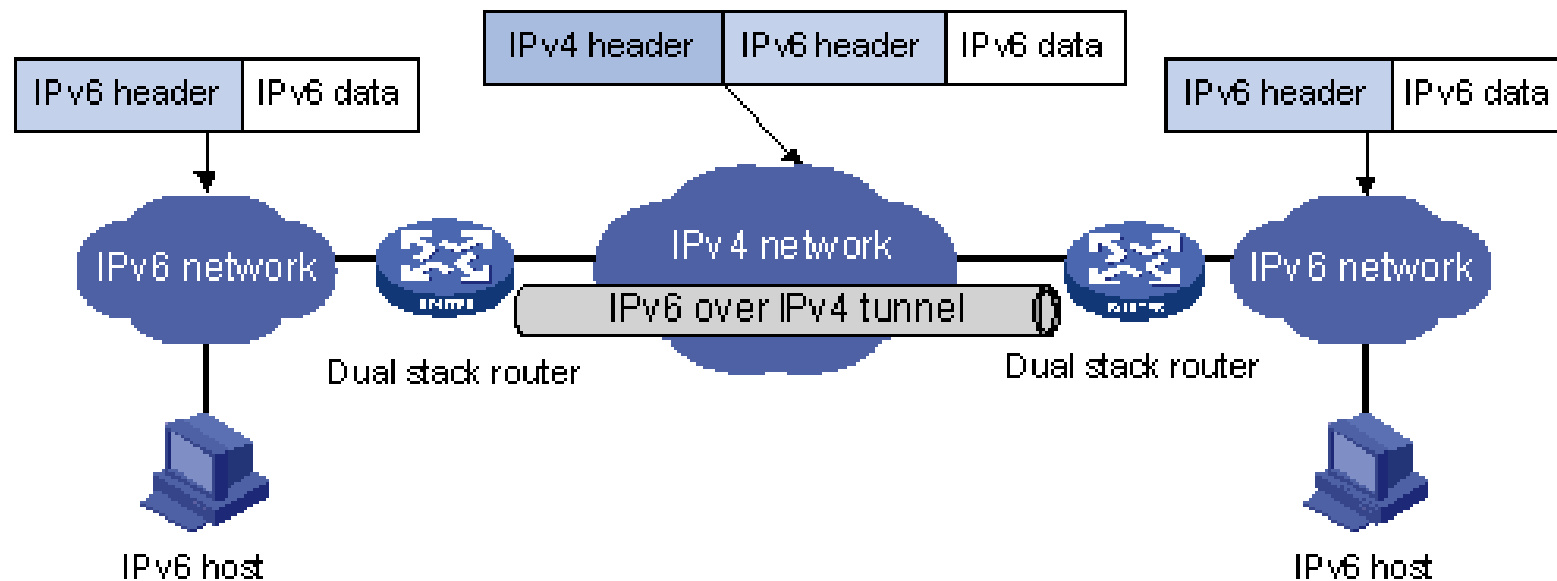
- **La transizione non può avvenire improvvisamente**
- **L'ultimo “reboot” di Internet è stato fatto per introdurre TCP svariati decine di anni fa**
- **Oggi non sarebbe possibile**
- **Si assume la co-esistenza dei due protocolli per un lungo periodo**

Transizione IPv4 → IPv6: dual stack

- **Si prevede una progressiva diffusione di sistemi dual-stack**
 - Possono gestire sia IPv4 sia IPv6
 - Devono avere sia indirizzi IPv4 che IPv6
- **Un sistema dual-stack può instradare traffico IPv6 su un link IPv4**
- **Note e requisiti**
 - I nodi mittente e destinatario devono essere dual stack
 - Nei passaggi su IPv4 si perdono informazioni su flow label

Transizione IPv4 → IPv6: tunneling

- Invece che tradurre il datagramma IPv6 in uno IPv4 si può operare diversamente
- Si incapsula il datagramma IPv6 come payload di un datagramma IPv4
- Il tunnel trasporta IPv6 usando il “link” IPv4 come se fosse un livello H2N tra due router IPv6

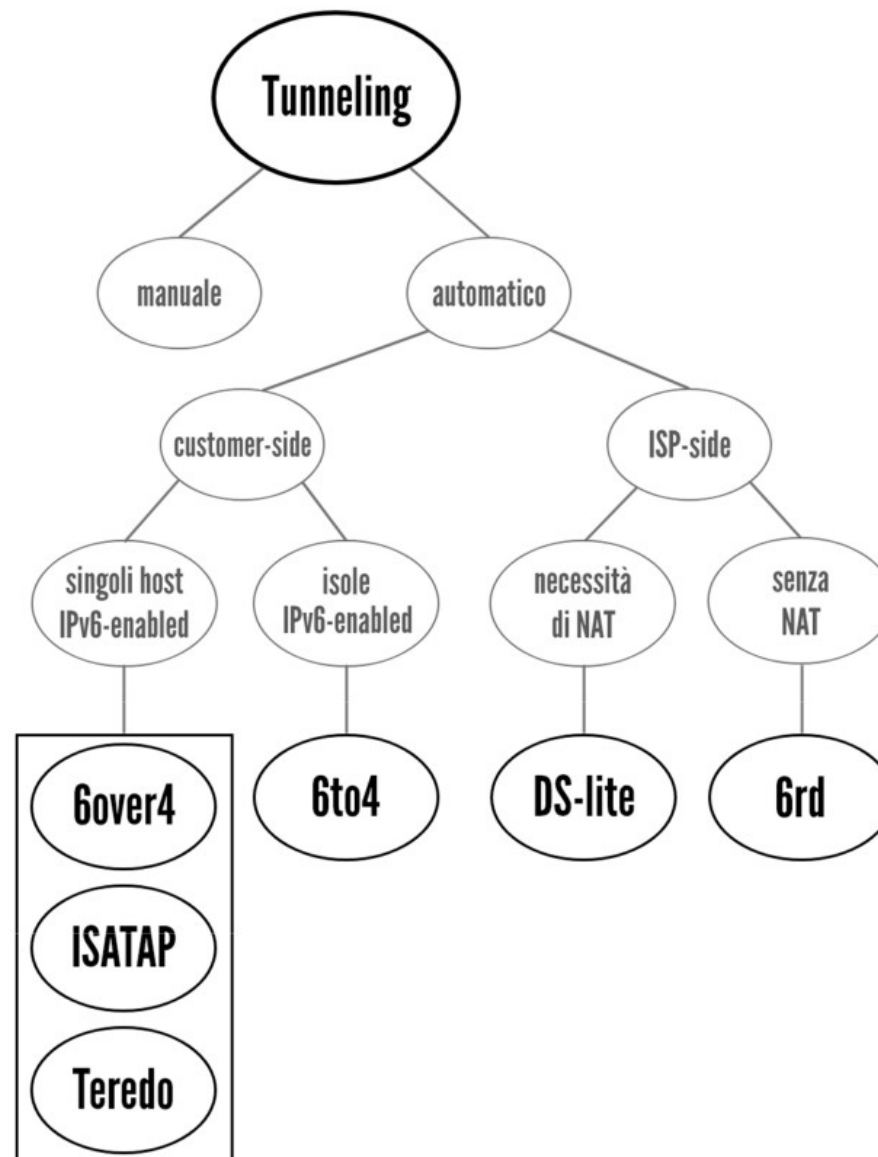


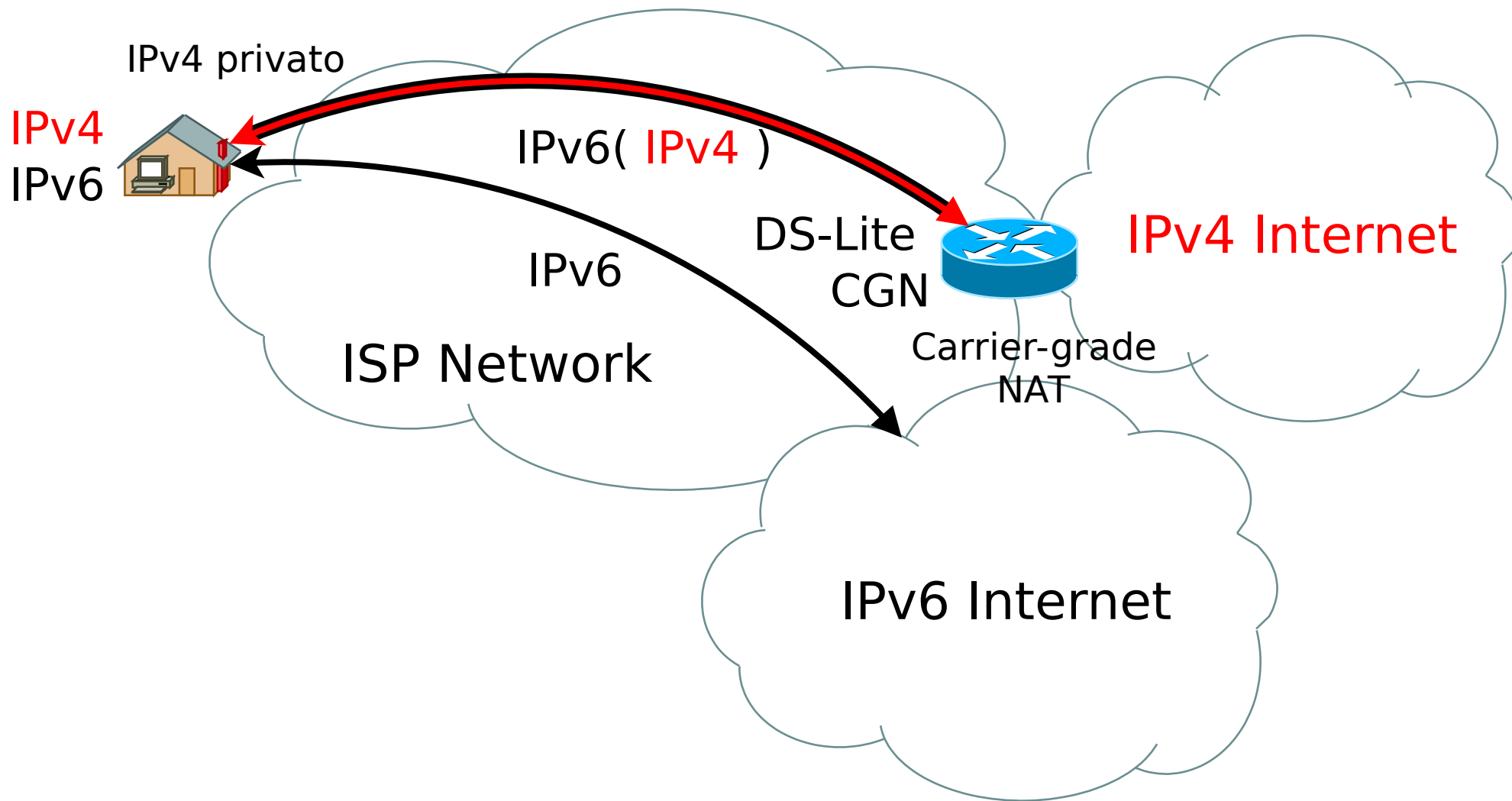
Fasi dell'adozione IPv6

- **Prima fase: IPv4 dominante**
 - Il core della rete è IPv4
 - Esistono isole (e.g., AS) IPv6-enabled
 - Si usano tunnel per connettere queste isole
 - Protocolli usati: 6over4, 6to4, DS-lite
- **Seconda fase: IPv6 ben presente**
 - Core dual stack
 - Molti AS vogliono eliminare ridondanza IPv4+IPv6
 - Molti apparati vogliono ancora lavorare con IPv4
 - Si usano tunnel per far passare il traffico IPv4 su IPv6
 - Protocolli usati: 6rd

Tunnel automatici

- **6over4 – richiede IPv4 multicast, poco usato**
- **DS-lite – usa indirizzi IPv4 privati e NAT a livello di ISP**
- **6to4 and 6rd – richiedono indirizzi IPv4 pubblici, molto usati**
- **Sistemi NAT complicano le cose (non trattati)**





6over4 Protocol

- **Caso d'uso: singola organizzazione con rete IPv4 che comprende anche “isole” con host e router abilitati all'utilizzo di IPv6**
- **Idea di base: Utilizzo di IPv4 come se fosse livello 2**
- **Proposta molto semplice e datata, attualmente poco utilizzato**
- **Basata su IPv4 multicast per supportare NDP**
- **Gli host usano il loro indirizzo IPv4 come ID dell'interfaccia**
- **Tutti gli host devono supportare 6over4**

6over4 Example

- **Network:** **2001:5c0:1000:b::/64**
- **Gateway:** **2001:5c0:1000:b::1**
- **Host Addresses:**
 - IPv4 (dotted-decimal): 192.168.1.101
 - IPv4 (hex): c0 a8 01 65
 - Public IPv6: 2001:5c0:1000:b::c0a8:165
 - Link-Local IPv6: fe80::c0a8:165

6to4 Protocol

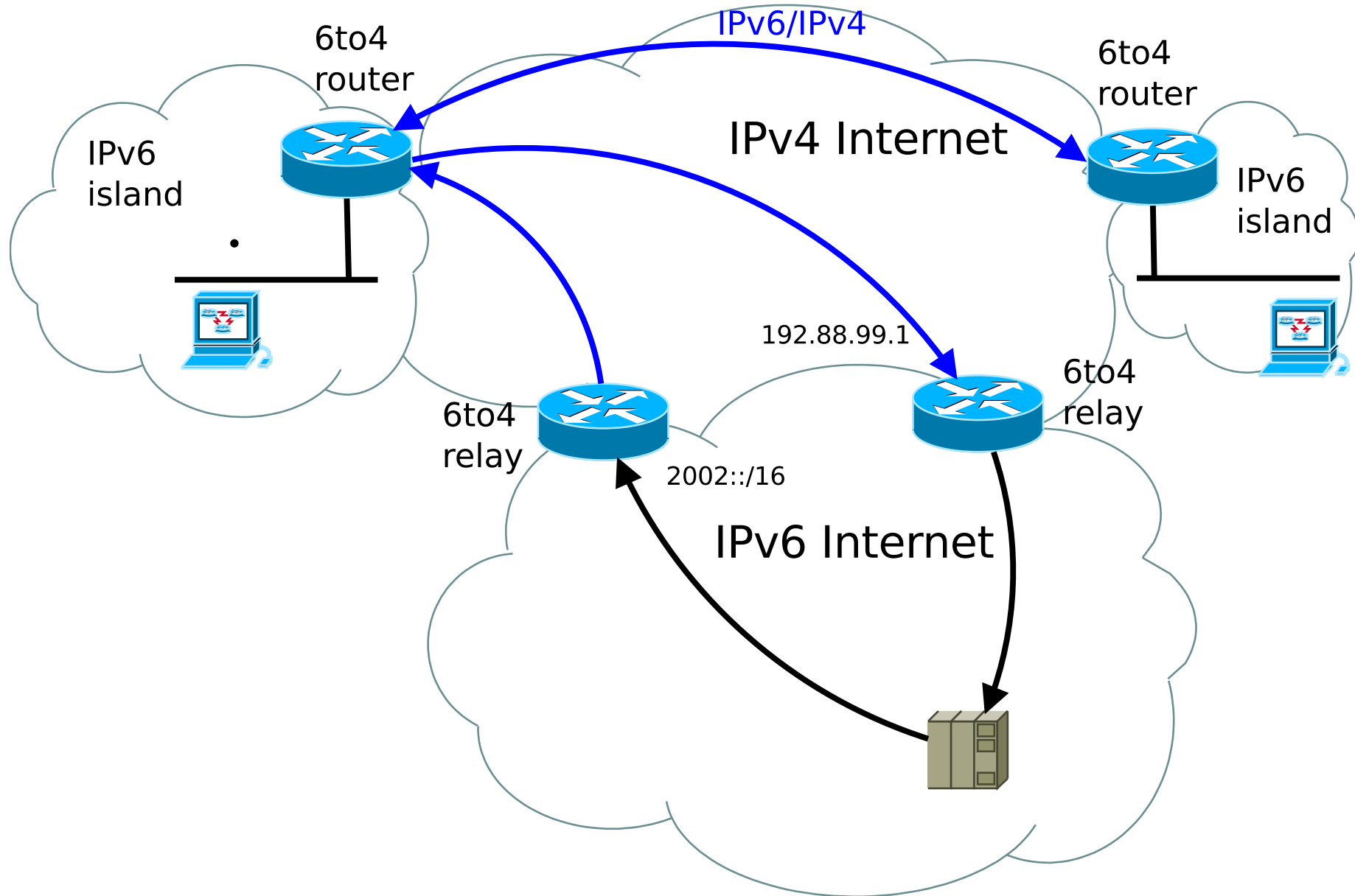
- **6to4**

- Progettato per connettere reti IPv6 attraverso reti geografiche IPv4
- Si inserisce l'indirizzo IPv4 in un prefisso IPv6, un singolo indirizzo IPv4 pubblico diventa gateway per una rete IPv6
- Utile se l'ISP non offre indirizzo IPv6

- **Esempio di conversione indirizzi**

- Per ogni indirizzo IPv4 pubblico di un gateway si costruisce un prefisso IPv6 a 48 bit per i nodi della rete interna
- Es: 192.0.2.4 → 2002:c0 00:02 04::/48

Esempio 6to4



6rd (Rapid Deployment)

- **Consente agli ISP di offrire semplicemente un indirizzo IPv6**
- **Si usa lo stesso approccio di 6to4 ma si lavora con indirizzi IPv6 pubblici (non si usa il prefisso speciale 2002::/16 previsto per 6to4)**
- **Pensato per essere utilizzato all'interno della rete di un singolo ISP (o AS)**
 - Host e gateway sono configurati mediante DHCP

