



GARR

The Italian Academic & Research Network

www.garr.it

IPv6 tutorial

Transizione IPv4-IPv6

Marco Marletta

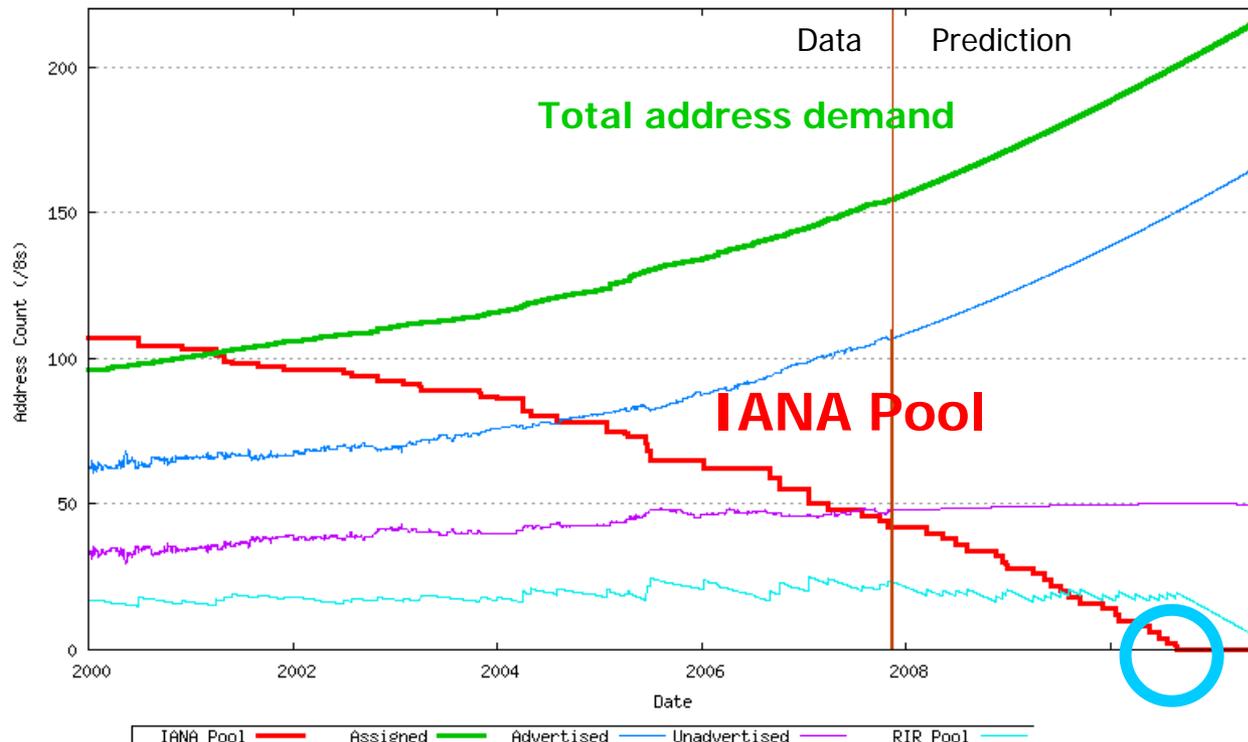
WS9, Roma, 15-18.06.2009



Il problema

- Alla data del 9 giugno 2009:
 - **Projected IANA Unallocated Address Pool Exhaustion: 24-Jun-2011**
 - **Projected RIR Unallocated Address Pool Exhaustion: 20-Mar-2012**

(Da <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/index.html>)



Le assunzioni di partenza

- Non ci sarà un D-Day
 - La transizione sarà incrementale
 - Molto probabilmente durerà molti anni
- Non ci saranno barriere fra IPv4 e IPv6
 - Girano troppi soldi per permettercelo
- Sarà trasparente per l'end user
 - Usando dual stack non ci saranno interruzioni
- IPv6 è già progettato per la transizione
 - Assume la coesistenza di IPv4 e IPv6
- E' meglio tanti sistemi di transizione che uno solo
 - La probabilità che uno dei tanti funzioni meglio degli altri è maggiore

Motivi per un bagno di sangue

- Come per il petrolio, riusciremo a fare a meno di IPv4 solo molto dopo che sarà finito
- Anche se fossimo tutti pronti per IPv6 ora, la nostra dipendenza da IPv4 continuerà ancora per anni
- Cominceranno le guerre per il petrolio?
 - Già ora si comincia a parlare di mercato nero di IPv4
- Noi che odiamo NAT, saremo costretti a conviverci?
- Lo sapete che AJAX soffre con il NAT?
 - Google Maps apre ~70 connessioni su porte diverse
 - Per questo Google spinge moltissimo su IPv6
- Come fa un host IPv4-only a risolvere un nome nello spazio IPv6, e viceversa?

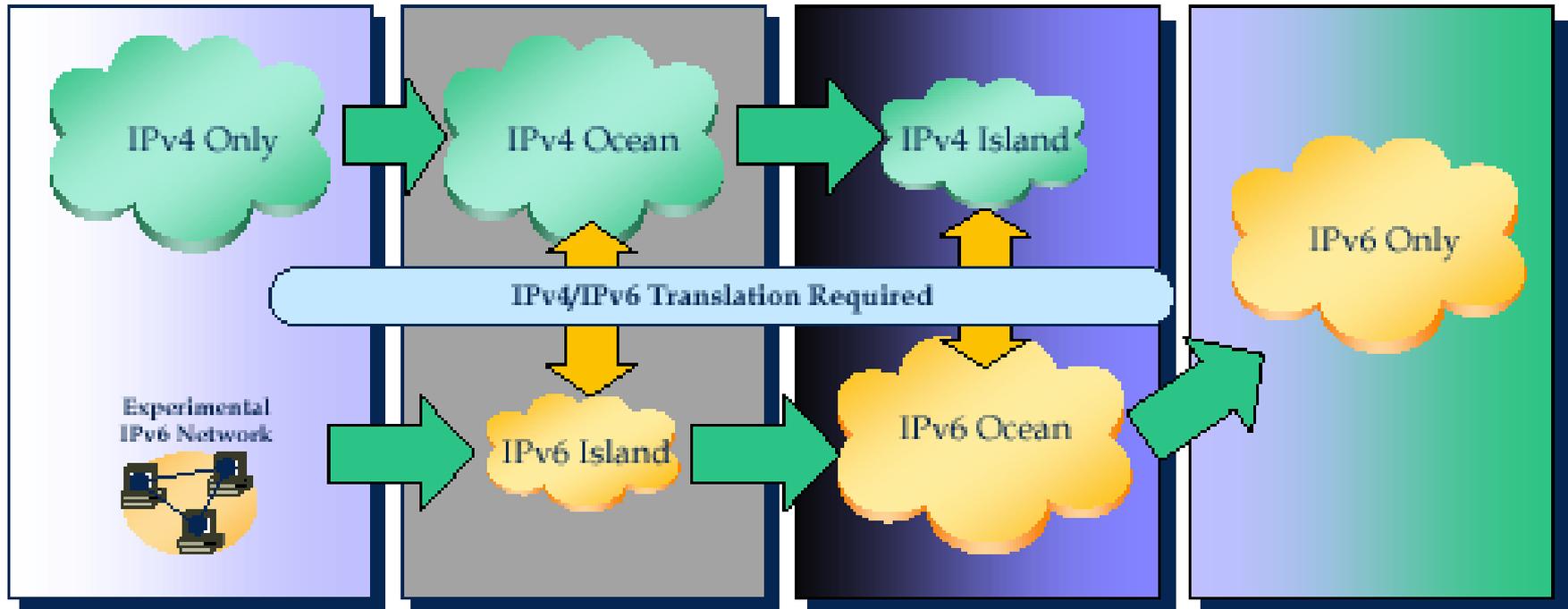
Motivi per sperare

- Dual Stack
 - Coesistenza IPv4/IPv6 sullo stesso dispositivo
- Tunnels
 - Tunneling di IPv6 attraverso nuvole IPv4
 - In seguito, per il tunneling di IPv4 attraverso nuvole IPv6
 - IPv6 <-> IPv6 e IPv4 <-> IPv4
- Translators
 - IPv6 <-> IPv4

Lo scenario

- Possiamo pensare ad un processo in tre fasi:
 - Fase iniziale
 - La rete IPv6 si appoggia all'infrastruttura IPv4
 - I nodi IPv6 utilizzano prevalentemente i servizi IPv4 esistenti
 - Fase intermedia
 - I due protocolli coesistono
 - Fase finale
 - La rete IPv4 si appoggia all'infrastruttura IPv6
 - I nodi legacy IPv4 devono poter utilizzare i servizi IPv6
- In generale le applicazioni devono comunque essere modificate per poter utilizzare IPv6
- C'è qualcuno che già ha fissato una data per spegnere IPv4 (2013, HEANet)

Le fasi della transizione



Classificazione dei meccanismi

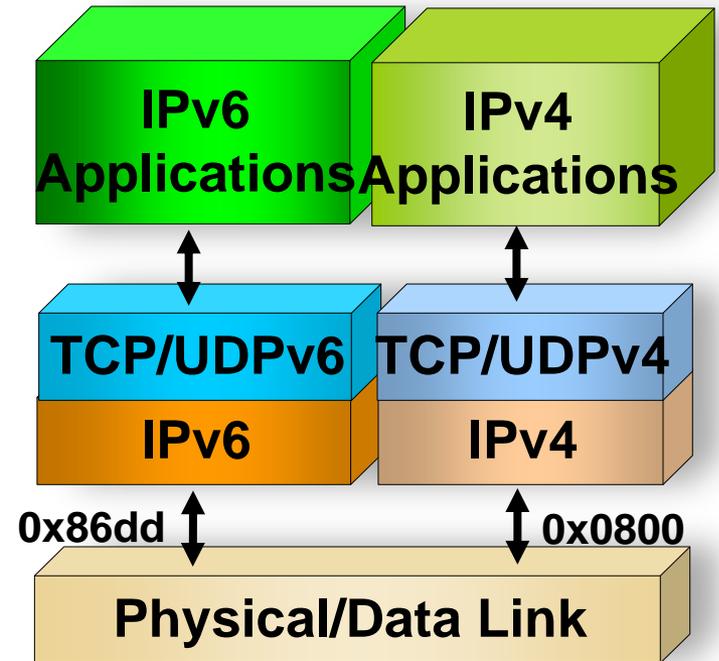
- Tre categorie fondamentali:
 - Implementati sugli host
 - Host Dual Stack
 - Altri: BIS, BIA, ...
 - Implementati a livello di rete
 - Tunnel
 - Manuali, 6to4, automatici
 - Altri: ISATAP, Teredo, ...
 - Rete Dual Stack
 - Basati su traduttori di protocollo
 - SIIT e NAT-PT
 - Altri: TRT, ...

Classificazione dei meccanismi

- Tre categorie fondamentali:
 - Implementati sugli host
 - Host Dual Stack
 - Altri: BIS, BIA, ...
 - Implementati a livello di rete
 - Tunnel
 - Manuali, 6to4, automatici
 - Altri: ISATAP, Teredo, ...
 - Rete Dual Stack
 - Basati su traduttori di protocollo
 - SIIT e NAT-PT
 - Altri: TRT, ...

Host Dual Stack: funzionamento

- È l'approccio più semplice
- Un nodo dual stack:
 - Implementa entrambi i protocolli
 - Ha indirizzi IPv4 e IPv6, anche sulla stessa interfaccia
- Le applicazioni IPv4-only usano IPv4
- Per le applicazioni che supportano IPv6:
 - Il DNS risolve sia indirizzi IPv4 sia indirizzi IPv6
 - Se la destinazione ha un indirizzo IPv6, si utilizza IPv6
 - Se la destinazione ha soltanto un indirizzo IPv4, si utilizza IPv4



Host Dual Stack: caratteristiche

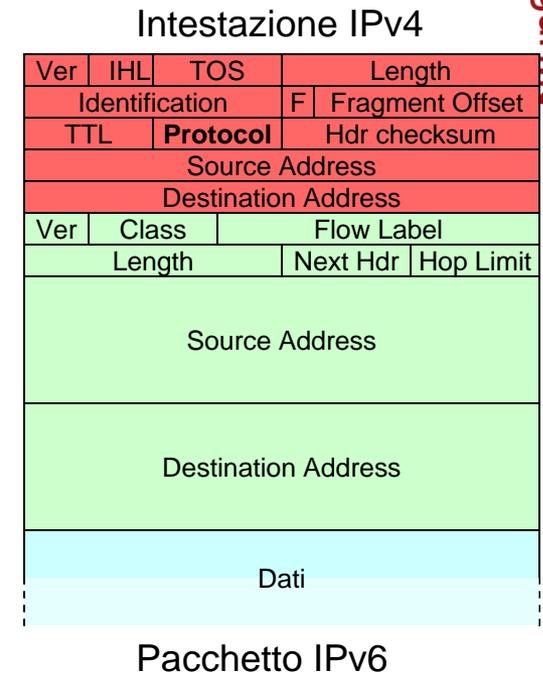
- Vantaggi:
 - Molto semplice
 - Non richiede alcun supporto particolare
- Svantaggi:
 - Non riduce il fabbisogno di indirizzi IPv4
 - Richiede la gestione di una doppia infrastruttura di rete
 - Non fa nulla per integrare la rete IPv6 con quella IPv4
 - Dal punto di vista di un nodo dual stack, le due reti sono completamente separate
 - È un meccanismo di compatibilità più che di transizione
- Attualmente la quasi totalità di nodi IPv6 sono nodi dual stack

Classificazione dei meccanismi

- Tre categorie fondamentali:
 - Implementati sugli host
 - Host Dual Stack
 - Altri: BIS, BIA, ...
 - Implementati a livello di rete
 - **Tunnel**
 - Manuali, 6to4, automatici
 - Altri: ISATAP, Teredo, ...
 - **Rete Dual Stack**
 - Basati su traduttori di protocollo
 - SIIT e NAT-PT
 - Altri: TRT, ...

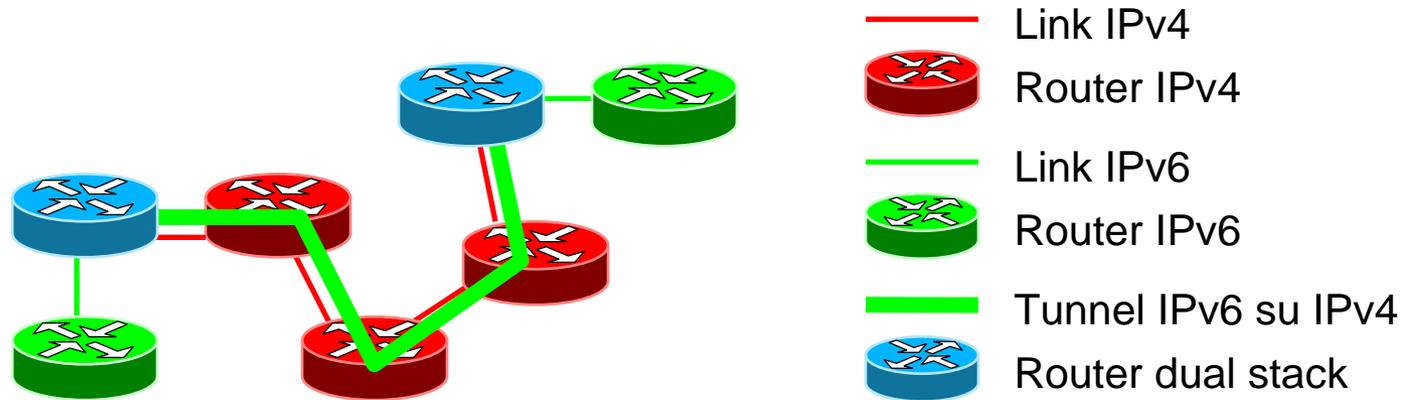
Tunnel IPv6-in-IPv4 (1)

- I tunnel sono comunemente usati per trasportare un protocollo in una rete basata su un altro protocollo
- I tunnel IPv6-in-IPv4 permettono di utilizzare IPv6 senza disporre di una infrastruttura di rete IPv6 nativa



- I pacchetti IPv6 vengono incapsulati in pacchetti IPv4 con la semplice aggiunta di un header IPv4
 - Il campo Protocol dell'intestazione IPv4 è 41

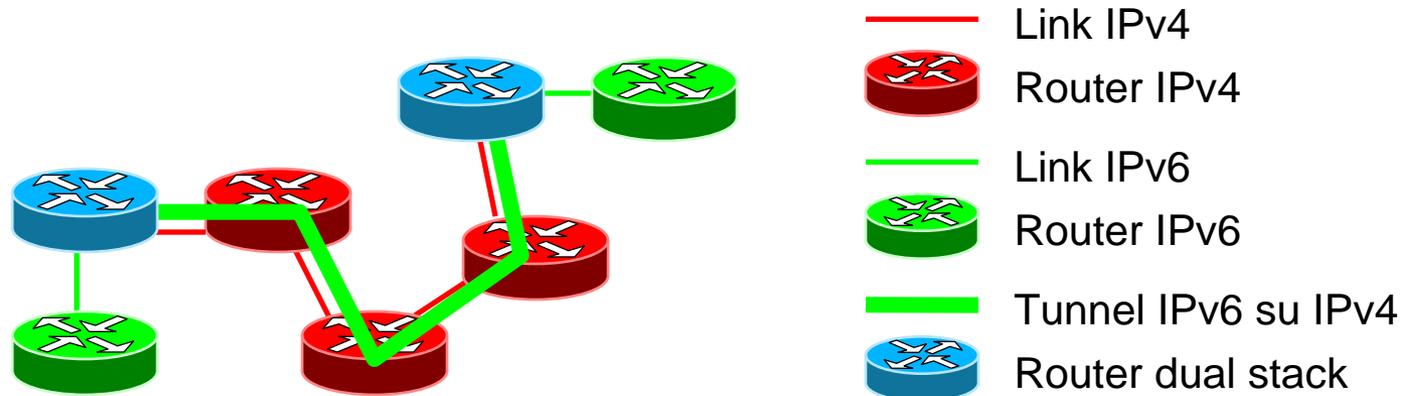
Tunnel IPv6-in-IPv4 (2)



Esempio di tunnel IPv6-in-IPv4

- All'ingresso del tunnel i pacchetti IPv6 vengono incapsulati in pacchetti IPv4
- I pacchetti IPv4 risultanti vengono instradati normalmente sulla rete IPv4 fino all'altro estremo del tunnel
- Arrivati all'estremo i pacchetti vengono decapsulati
- I pacchetti IPv6 contenuti sono elaborati normalmente, come se fossero giunti su una qualunque altra interfaccia

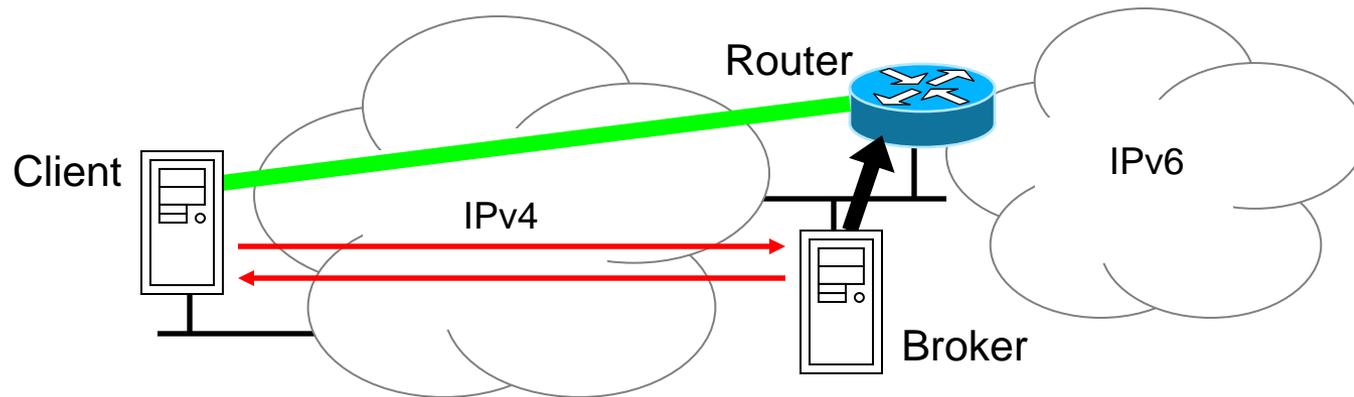
Tunnel configurati



Esempio di tunnel configurato

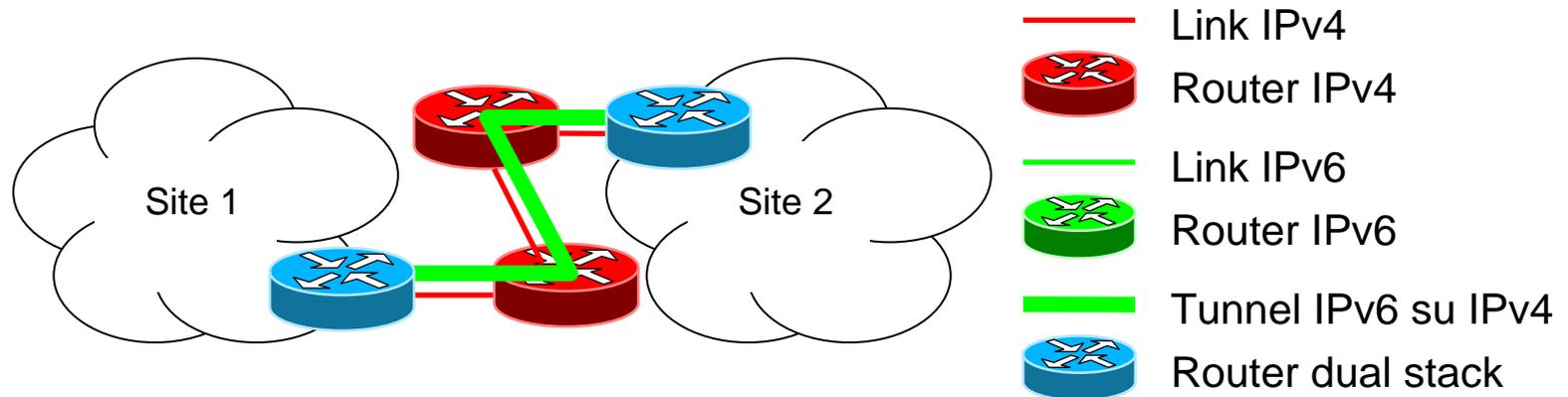
- Creati configurando manualmente gli estremi, specificando gli indirizzi IPv4 e IPv6 dell'interfaccia tunnel su entrambi
 - Indirizzi utilizzati: qualunque tipo di indirizzi unicast
- Utilizzo tipico: stabilire un collegamento punto-punto permanente tra due router dual stack
- Ampiamente utilizzati

Tunnel Broker



- Applicazione web raggiungibile tramite IPv4
- Crea dinamicamente i tunnel configurati
 - Un utente che desidera stabilire un tunnel lo richiede al broker attraverso una pagina web
 - Il broker identifica l'utente
 - Il broker configura un router per creare il tunnel verso l'utente e ne comunica i parametri
- Molto utilizzati per utenti "occasionalisti"

Tunnel 6to4

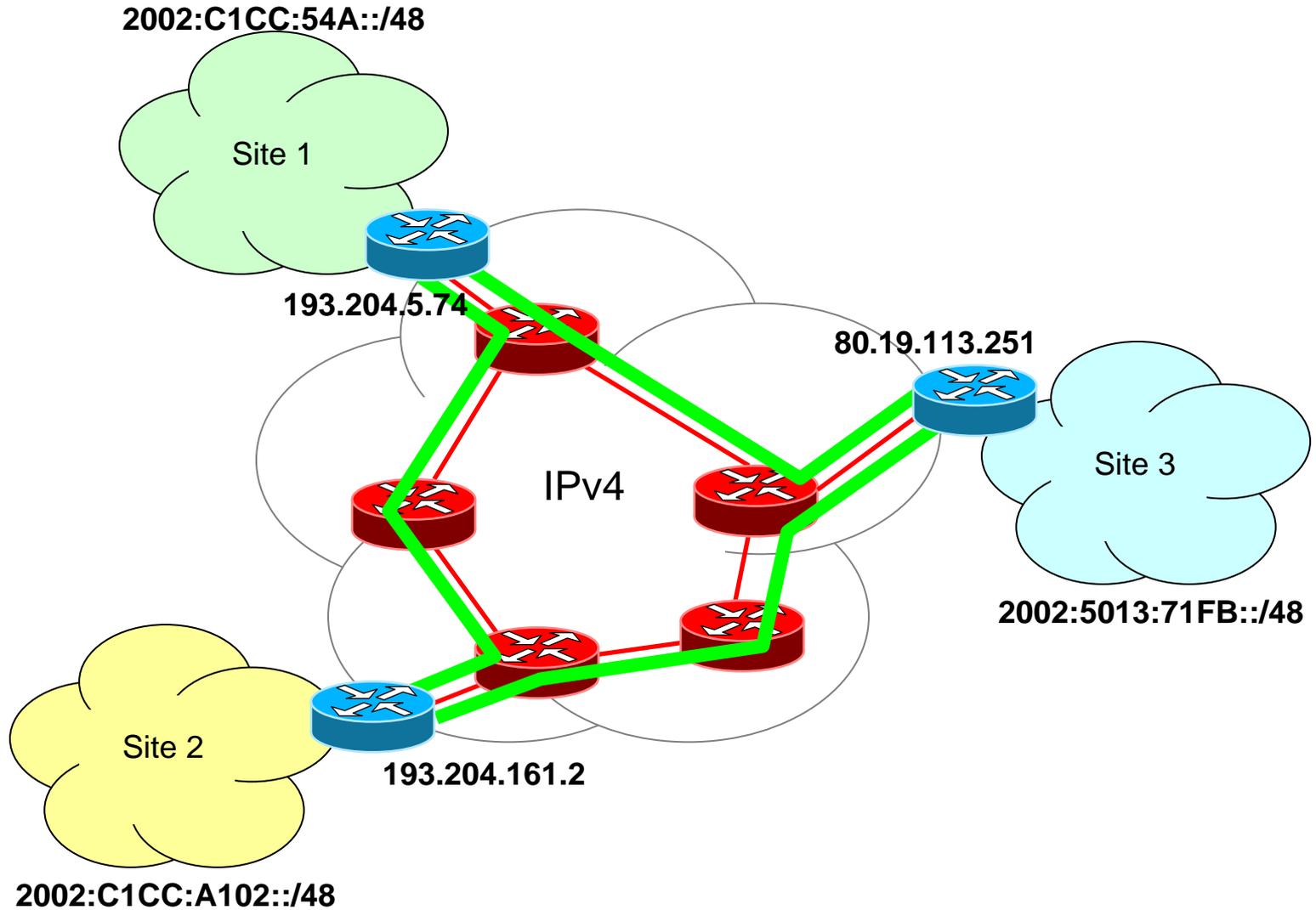


Esempio di tunnel 6to4

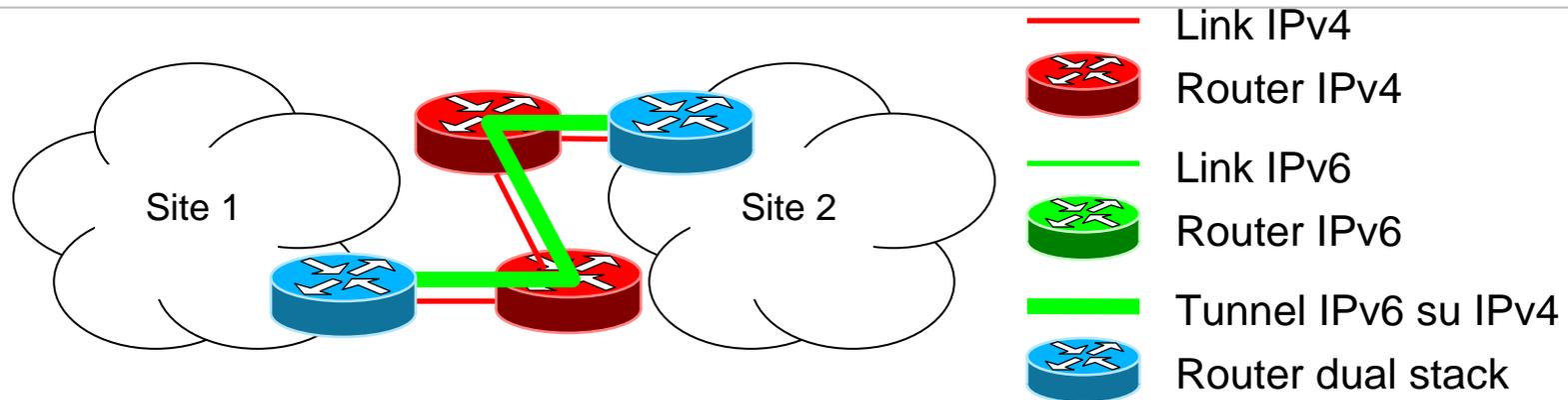
- Permettono di connettere tra loro interi site IPv6 utilizzando un indirizzo IPv4 pubblico (estremo del tunnel) per ogni site
- La rete ha il prefisso `2002:aabb:ccdd::/48`, dove:
 - `2002::/16` è il prefisso 6to4 (assegnato da IANA)
 - `aabb:ccdd` è la rappresentazione esadecimale dell'indirizzo IPv4



Tunnel 6to4: esempio



Tunnel 6to4: funzionamento



- Un pacchetto destinato a un indirizzo 6to4:
 - Viene instradato fino ad un router 6to4
 - È un router configurato per instradare la rete 2002::/16 su 6to4
 - Normalmente è il router di bordo di una organizzazione (o site)
 - Per inoltrarlo, il router
 - Esamina l'indirizzo destinazione e deduce l'estremo del tunnel
 - Incapsula il pacchetto e lo inoltra sulla rete IPv4
 - All'altro estremo del tunnel il pacchetto viene decapsulato ed instradato normalmente nel site

6to4 Relay Router

- In questa forma 6to4 permette la comunicazione tra site che utilizzano indirizzi 6to4, ma non permette la comunicazione con il resto della rete IPv6:
 - ✓ Nodi sulla rete IPv6 possono inviare pacchetti verso destinazioni 6to4 tramite un router 6to4
 - ✗ Nodi connessi tramite 6to4 non possono inviare pacchetti verso la rete IPv6
- Soluzione: 6to4 Relay Router
 - È un router disposto a fornire un accesso alla rete IPv6 inoltrando pacchetti provenienti da nodi 6to4
 - Utilizzato in una sola direzione (percorso asimmetrico)
 - Impiega la banda Internet di chi lo mette a disposizione

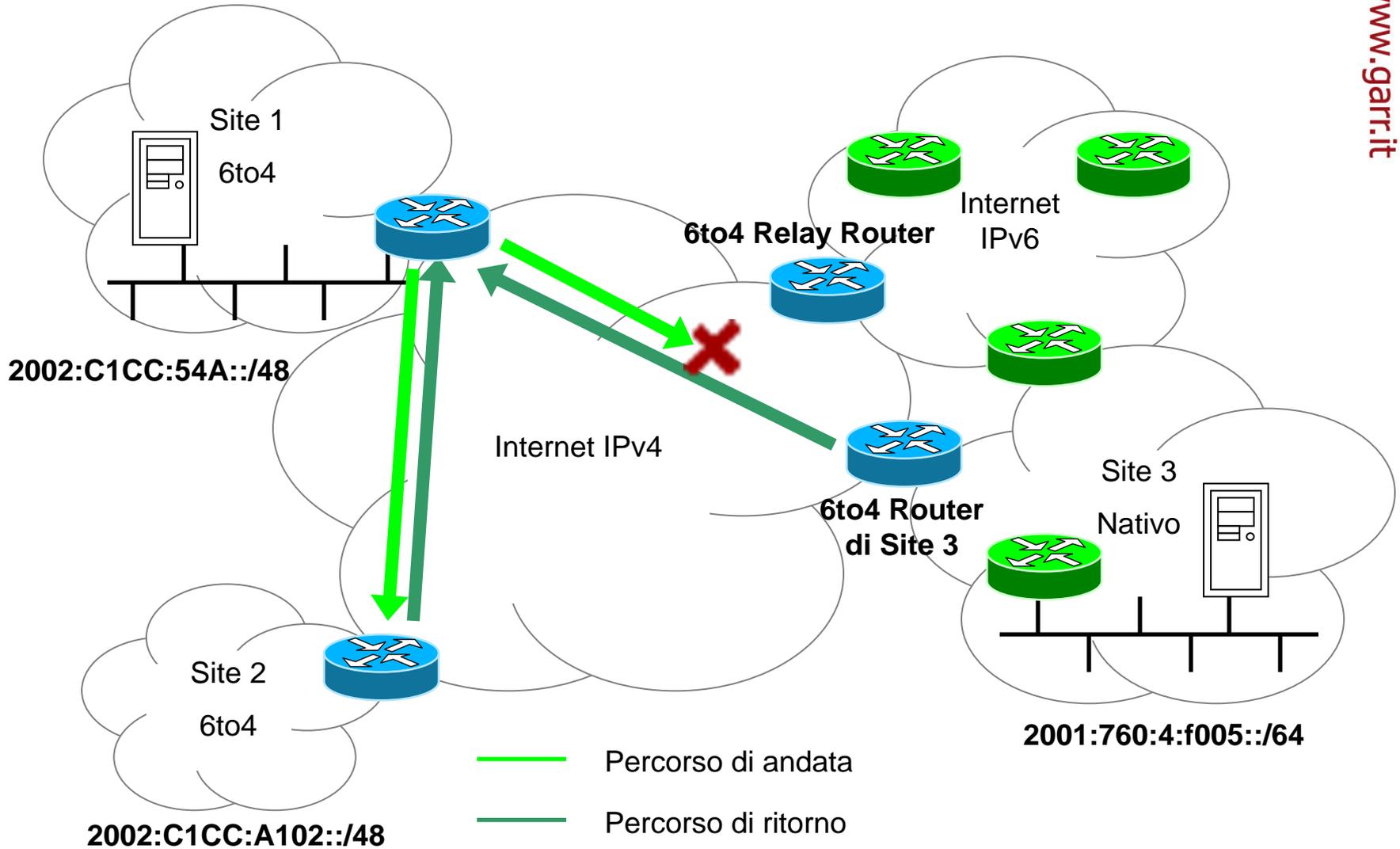
6to4 Relay Router (2)

- Esistono vari 6to4 Relay Router pubblici
- Per non dover configurare manualmente il 6to4 Relay Router è stato definito un indirizzo anycast per i Relay Router:

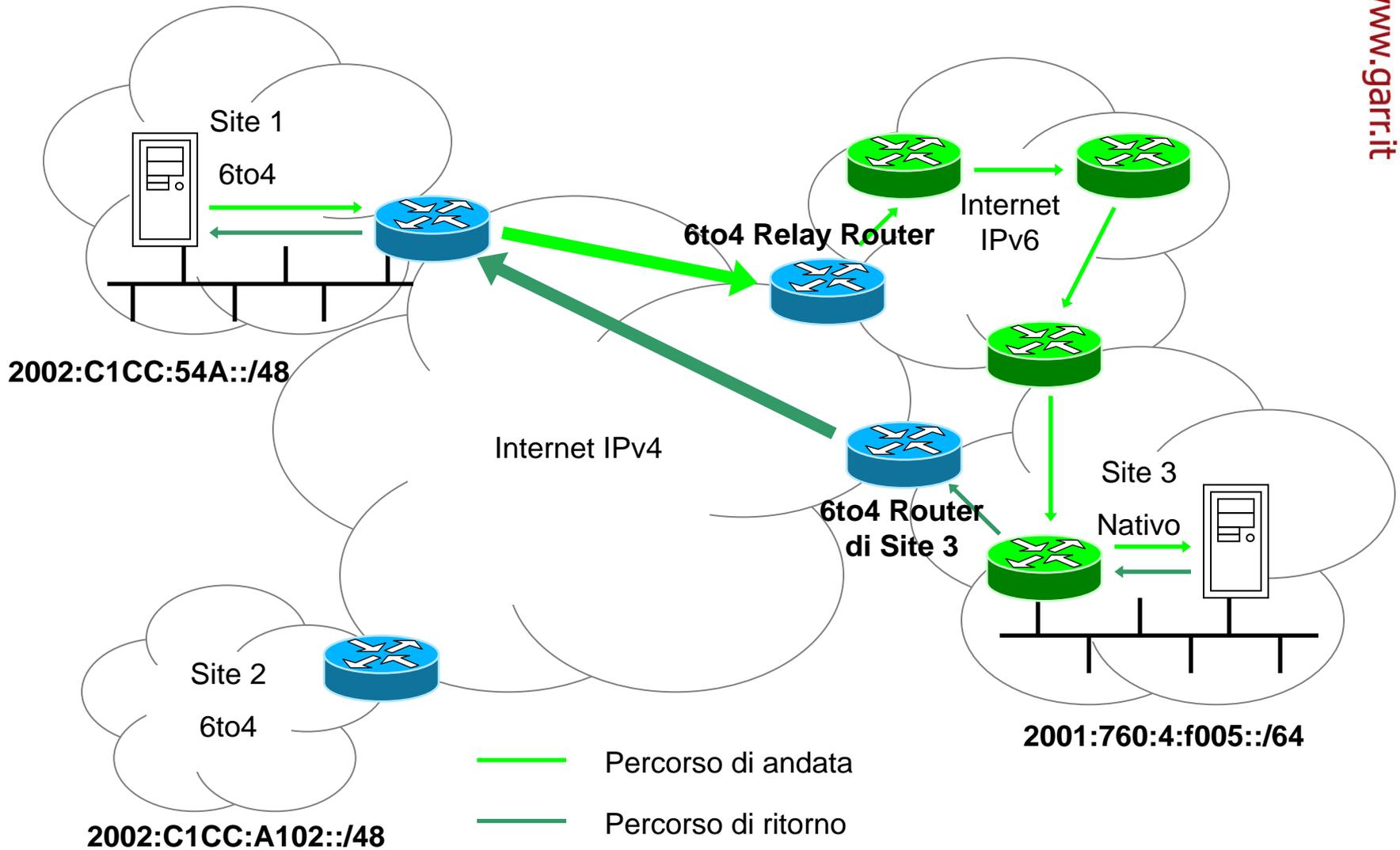
2002:c058:6301::

- L'indirizzo IPv4 corrispondente è 192.88.99.1
- Con i Relay Router 6to4 è un meccanismo di transizione efficace ed accessibile
 - Le politiche di transito sulla rete IPv4 porranno probabilmente fine ai Relay Router pubblici
 - I provider IPv4 potrebbero iniziare a fornire dei Relay Router ai loro clienti

6to4: Senza Relay Router



6to4: Con Relay Router



6to4: vantaggi e svantaggi

- Vantaggi:
 - Semplice da configurare
 - Permette di utilizzare IPv6 senza disporre di indirizzi e senza avere un provider IPv6 nativo
 - Non richiede alcun supporto particolare ai nodi
 - I prefissi 6to4 possono essere appresi tramite autoconfigurazione stateless come qualsiasi altro prefisso
- Svantaggi:
 - Gli indirizzi IPv6 sono legati all'indirizzo IPv4 del router di bordo
 - Se cambia indirizzo IPv4, l'intero site deve essere rinumerato
 - Il relay router può essere molto lontano sia dal nodo sorgente (in IPv4) sia dal nodo destinazione (in IPv6)

Tunnel: caratteristiche a confronto

	Configurati	Automatici	6to4
Indirizzi	Qualsiasi	IPv4-compatibili ::a.b.c.d	6to4 2002::aabb:ccdd::/48
Funzionamento	Configurazione manuale degli estremi	Automatico basato su indirizzo destinazione	Instradamento manuale, selezione automatica dell'estremo
Uso	Collegamenti punto-punto e backbone	Tunnel diretto a un nodo dual stack	Collegamento alla rete IPv6 tramite connessioni IPv4
Definizione	RFC 2893	RFC 2893	RFC 3056
Importanza	Comunissimi	Deprecati	Molto usati

Teredo Navalis



- Aka "shipworm", verme xilofago che faceva affondare le navi
- Crea una via d'acqua nello scafo delle navi di legno

Teredo

IPv4 Header

UDP Header

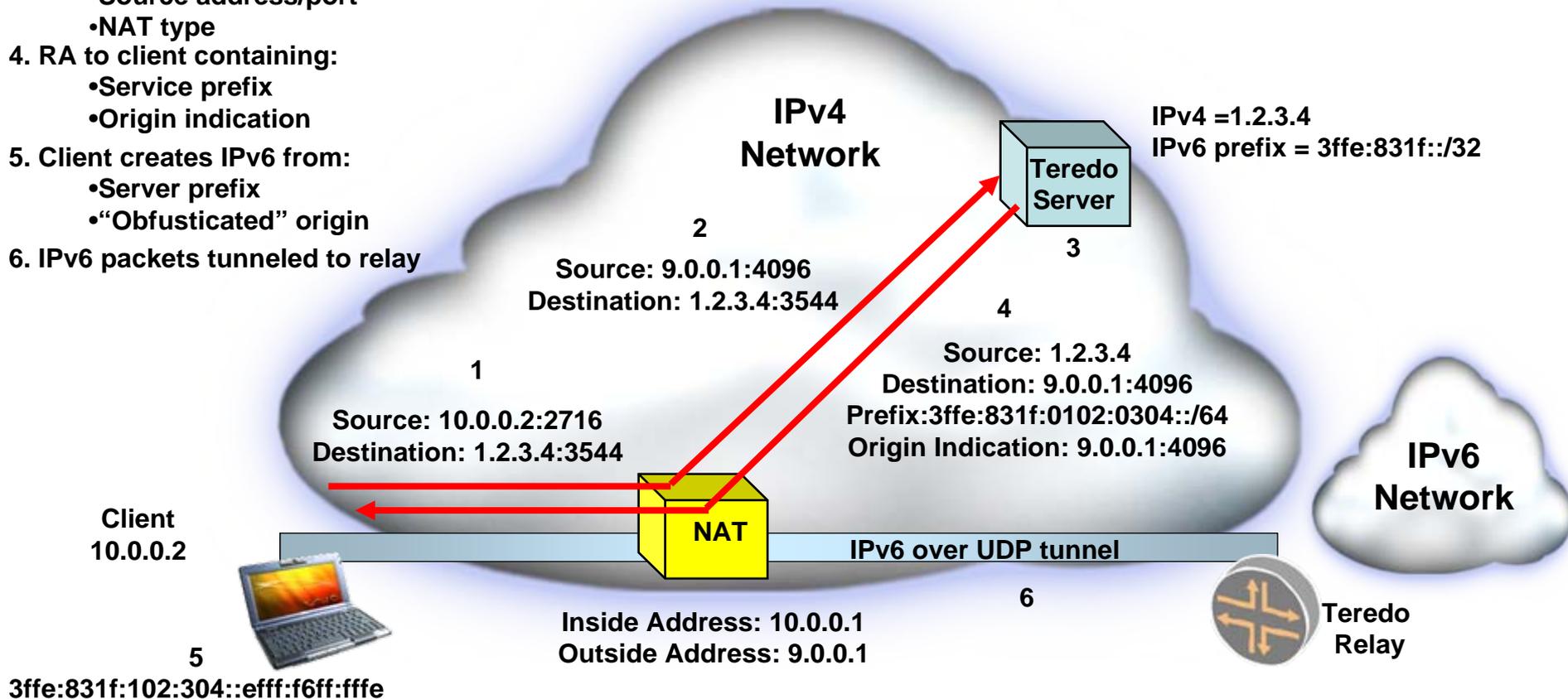
Encapsulated IPv6 Packet

www.garr.it

- Serve in caso l'host sia dietro NAT
- Incapsula I pacchetti IPv6 dentro pacchetti UDP IPv4 (porta 3544) per bypassare il problema del NAT oppure in caso non sia possibile instradare pacchetti via tunnel IPv6-in-IPv4 (protocollo 41 non consentito)
- L'incapsulamento avviene sul nodo stesso e non sul router di bordo (come succede per 6to4)
- Un host chiamato **Teredo Server** si occupa di bypassare il NAT e ricavare le informazioni per configurare il tunnel (è una implementazione semplificata di STUN)
- Un host chiamato **Teredo Relay** è l'end point del tunnel e forwarda effettivamente il traffico verso la rete IPv6 nativa
- Problemi:
 - Implementazione complessa (ma già inclusa in molti OS)
 - Non funziona col NAT simmetrico (a meno che non si crei un port forwarding)
 - Numero limitato di Teredo Relay su internet (quindi la banda è un problema)
 - Fornisce un unico indirizzo IPv6 (6to4 fornisce una subnet)

Funzionamento di Teredo

1. RS to server
2. NAT maps inside address/port to outside address/port
3. TS notes:
 - Source address/port
 - NAT type
4. RA to client containing:
 - Service prefix
 - Origin indication
5. Client creates IPv6 from:
 - Server prefix
 - “Obfuscated” origin
6. IPv6 packets tunneled to relay



Rete Dual Stack

- I tunnel sono stati molto usati nella fase iniziale di sperimentazione di IPv6, ma andranno a diminuire
 - Una rete di tunnel è difficile da gestire
 - Le prestazioni sono inferiori a quelle di una rete nativa
 - I tunnel rendono la rete IPv6 dipendente dalla rete IPv4
- Soluzione migliore: rete Dual Stack
 - Backbone dual stack: stessa topologia per IPv4 e IPv6
 - **Minori difficoltà di gestione, minori costi**
 - **Non richiede l'uso di molti indirizzi IPv4**
 - Accesso a seconda degli utenti
 - **Il NAT potrebbe essere sostituito da IPv6 nativo con NAT-PT**
 - Una rete nativa capillare favorirà la diffusione di IPv6

Classificazione dei meccanismi di transizione per localizzazione

- Tre categorie fondamentali:
 - Implementati sugli host
 - Host Dual Stack
 - Altri: BIS, BIA, ...
 - Implementati a livello di rete
 - Tunnel
 - Manuali, 6to4, automatici
 - Altri: ISATAP, Teredo, ...
 - Rete Dual Stack
 - Basati su traduttori di protocollo
 - SIIT e NAT-PT
 - Altri: TRT, ...

Traduttori di protocollo

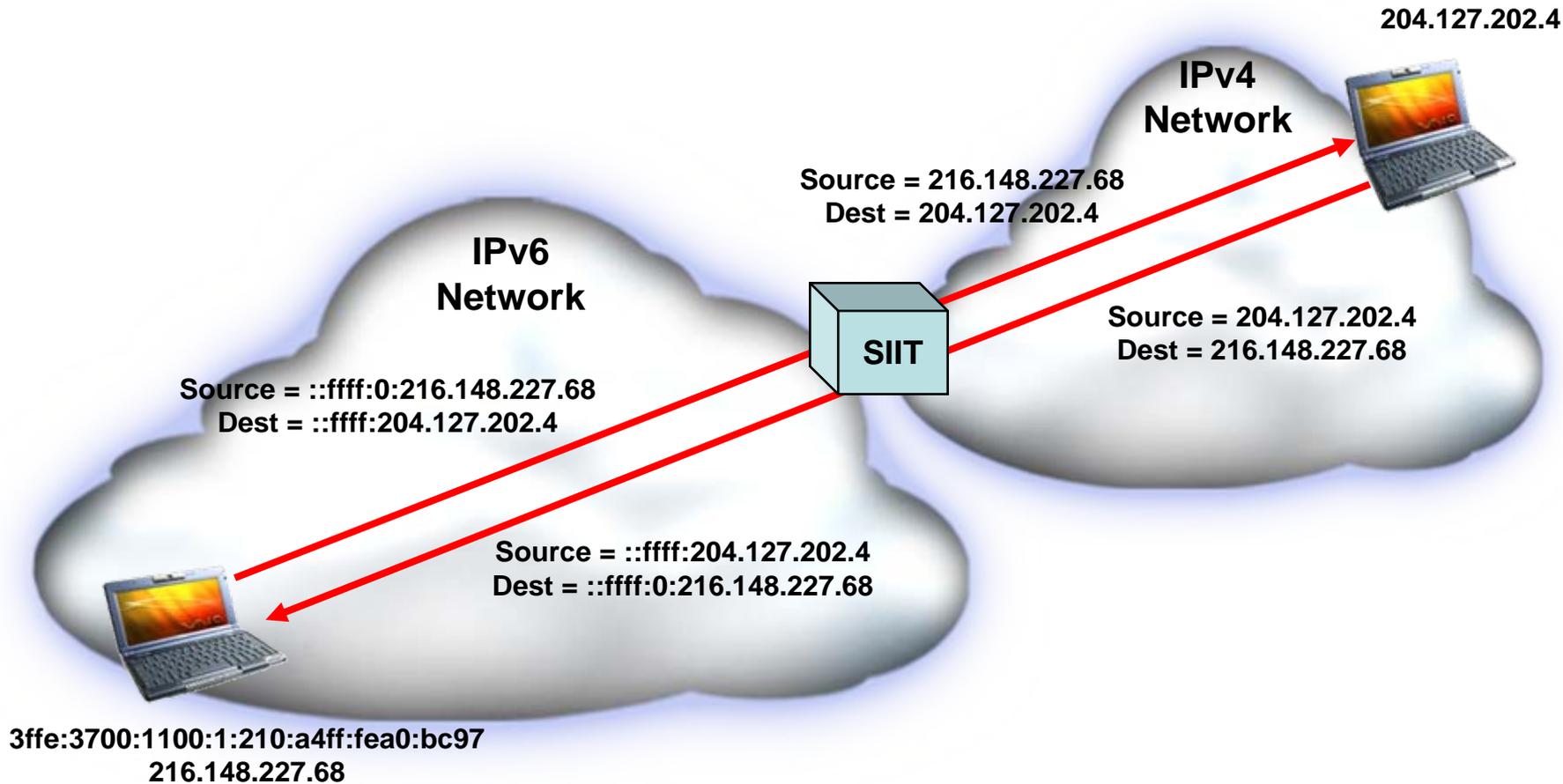
- È l'unico modo di far comunicare nodi IPv4-only con nodi IPv6-only e viceversa
- Può essere una alternativa ai nodi Dual Stack
 - Il Dual Stack richiede un indirizzo IPv4 per ogni nodo
- Dove posizionarli?
 - Tutto il traffico tradotto passa per il nodo traduttore
 - Ciò può causare problemi:
 - Robustezza
 - Sicurezza
 - Accountability
 - Traffico
 - Con la traduzione, serve la rete dual stack?

Traduttori di protocollo (2)

- Possono essere implementati in vari modi:
 - A livello IP
 - SIIT, NAT-PT
 - A livello di trasporto
 - TRT
 - Modificando la pila protocollare dell'host
 - BIS, BIA
- In molti di questi meccanismi gli indirizzi IPv4 sono rappresentati come particolari indirizzi IPv6
 - Possibile perché lo spazio di indirizzamento è più ampio
 - Gli indirizzi IPv4 rappresentati in questo modo sono instradati verso il traduttore
- Vediamo la traduzione a livello IP

- Stateless IP/ICMP Translation Algorithm
- Meccanismo generale che permette a nodi IPv6 di comunicare con nodi IPv4 attraverso un traduttore
- Funzionamento:
 - Gli indirizzi IPv4 sono mappati su indirizzi IPv6
 - Le destinazioni IPv4 sono indicate con indirizzi IPv6 IPv4-mapped (::ffff:a.b.c.d), che sono instradati verso il traduttore
 - I nodi ottengono indirizzi IPv4 temporanei che vengono mappati in indirizzi IPv6 "IPv4-translated" (::ffff:0:a.b.c.d) e usati come indirizzo sorgente.
 - Il traduttore traduce i pacchetti in transito
 - La traduzione effettuata dal traduttore è stateless
 - Gli indirizzi sono desunti direttamente dagli indirizzi IPv6

Stateless IP/ICMP Translation (SIIT)

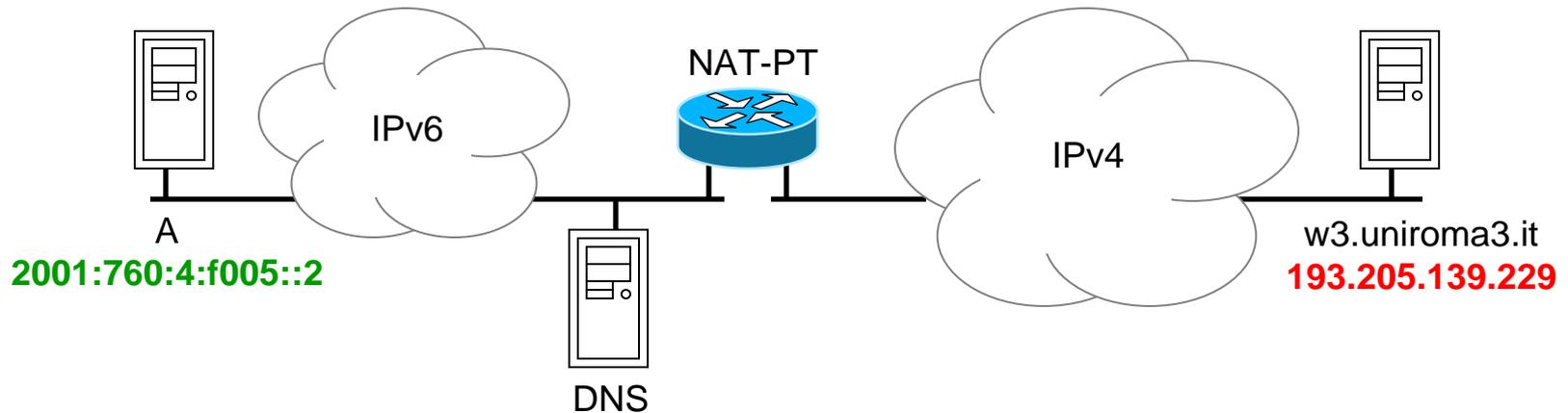


SIIT: vantaggi e svantaggi

- Vantaggi:
 - Il nodo traduttore non deve mantenere informazioni sullo stato delle connessioni
 - Scalabilità: È possibile utilizzare più nodi traduttori
 - Robustezza: in caso di guasto di un traduttore la connessione non viene interrotta
- Svantaggi:
 - Richiede modifiche alle implementazioni IPv6
 - Cambi agli stack negli OS....
 - Richiede la presenza di un meccanismo (DHCP?) per l'assegnazione dinamica degli indirizzi temporanei IPv4
 - Richiede di gestire il routing per gli indirizzi IPv4-translated all'interno del site
 - Difficile gestire la distribuzione in subnet degli indirizzi IPv4

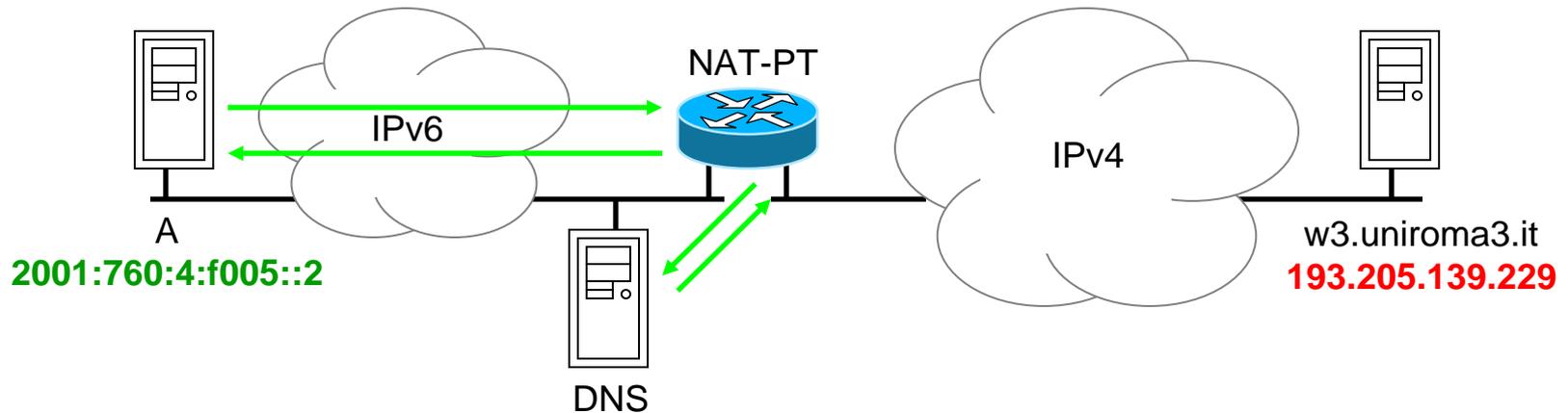
- Combina le tecniche di NAT con SIIT
- Simile al NAT IPv4
 - Il nodo traduttore dispone di un pool di indirizzi IPv4 che vengono assegnati ai nodi che lo utilizzano
 - Il traduttore mantiene lo stato delle associazioni
 - Gli indirizzi IPv4 sono rappresentati mediante indirizzi IPv6 aggiungendo i 32 bit dell'indirizzo ad un prefisso arbitrario di 96 bit instradato verso il traduttore
 - Mappatura IPv6 → IPv4 dinamica, IPv4 → IPv6 deterministica
- La traduzione dei pacchetti avviene come in SIIT
 - Ma non deve farla lo stack dell'host
- Richiede un meccanismo di traduzione delle risposte DNS (DNS ALG)
- Funziona con connessioni in entrambi i versi

NAT-PT: esempio



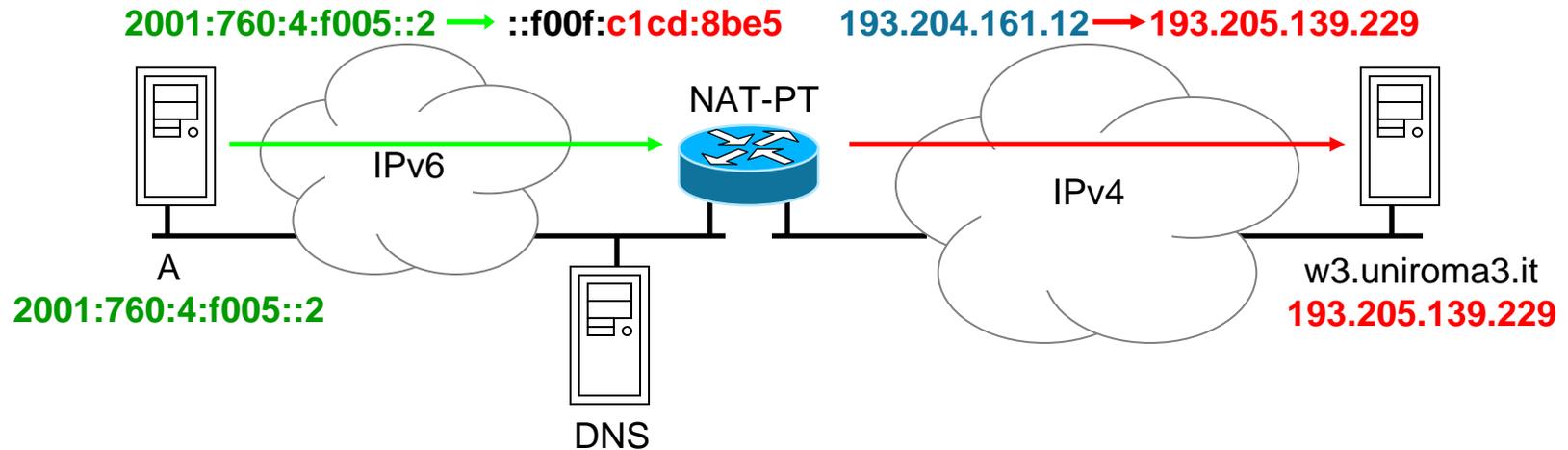
- Il prefisso associato al NAT-PT è `::f00f:0:0/96`
 - Sulla rete IPv6 esso è instradato verso il NAT-PT
- Il pool di indirizzi IPv4 è **193.204.161.0/26**
 - Sulla rete IPv4 esso è instradato verso il NAT-PT
- A è un nodo IPv6-only e vuole connettersi al web server `w3.uniroma3.it`, che ha solo un indirizzo IPv4

NAT-PT: esempio



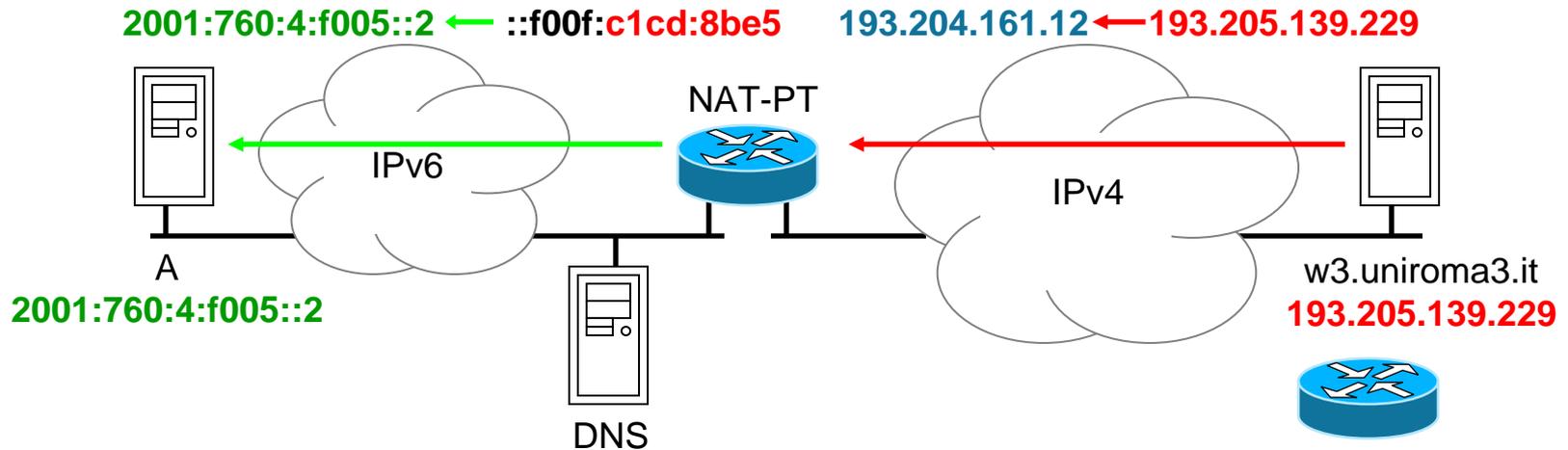
- A fa una query sull'indirizzo IPv6 di w3.uniroma3.it
- Il DNS ALG nel NAT-PT intercetta la query:
 - Interroga il server DNS ed ottiene l'indirizzo IPv4:
193.205.139.229
 - Restituisce ad A l'indirizzo IPv6 corrispondente:
::f00f:c1cd:8be5

NAT-PT: esempio



- A si connette a `::f00f:c1cd:8be5`
- Il NAT-PT intercetta la connessione
 - Associa ad A un indirizzo IPv4 temporaneo dal pool:
`2001:760:4:f005::2 ↔ 193.204.161.12`
 - Mantiene traccia dell'associazione in una tabella di stato
 - Inoltra i pacchetti sulla rete IPv4 verso `193.205.139.229` utilizzando come indirizzo sorgente `193.204.161.12`

NAT-PT: esempio



- I pacchetti di risposta verso A vengono instradati verso il NAT-PT, tradotti in IPv6 ed inoltrati ad A
- A ha la percezione di essere connesso all'host IPv6 `::f00f:c1cd:8be5` (mappatura deterministica)
- Il web server ha la percezione di essere connesso all'host IPv4 `193.204.161.12` (mappatura dinamica)

NAT-PT: vantaggi e svantaggi

- Vantaggi:
 - Trasparente ai nodi che lo utilizzano
- Svantaggi:
 - Stessi problemi del NAT IPv4
 - Fragilità
 - Necessità di ALG specifici per gestire protocolli che non siano semplici client/server a una sola connessione in quanto distrugge qualunque protocollo che include indirizzi IP nei payload
 - Non permette connettività diretta da estremo a estremo
 - Ma:
 - Questi svantaggi non hanno impedito la diffusione di NAT IPv4
 - Molte applicazioni già supportano NAT
- RFC4947 ha declassato NAT-PT a "historic" per le costrizioni che impone a IPv6