



IPv6



Transizione IPv4-IPv6 e meccanismi di compatibilità



Transizione IPv4-IPv6

Il processo di transizione

Il problema

- ◆ Problema di base:
 - IPv6 e IPv4 sono di per sé protocolli incompatibili
 - Stesso livello della pila ISO OSI
 - Svolgono le stesse funzioni
 - Il successo di IPv4 è straordinario
- ◆ Per potersi affermare IPv6 deve:
 - Garantire la compatibilità con i dispositivi IPv4 esistenti
 - Fornire strumenti che facilitino il processo di transizione da IPv4 a IPv6
- ◆ Meccanismi di transizione semplici ed efficaci sono essenziali per il successo di IPv6

L'approccio

- ◆ La necessità di meccanismi di transizione efficaci è stata riconosciuta sin dalle prime fasi di definizione di IPv6
- ◆ Buona parte dello sforzo progettuale è stato dedicato ai meccanismi di transizione
- ◆ I meccanismi proposti sono numerosi e variano a seconda dello scenario
- ◆ La transizione sarà graduale
 - Non ci sarà un “D-Day” ma un lungo periodo di coesistenza dei due protocolli
 - Il processo non sarà breve
(Potrebbe durare decenni)

Lo scenario

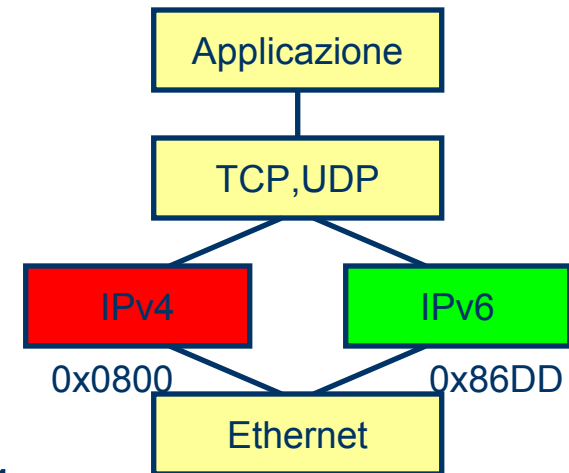
- ◆ Possiamo pensare ad un processo in tre fasi:
 - Fase iniziale
 - La rete IPv6 si appoggia all'infrastruttura IPv4
 - I nodi IPv6 utilizzano prevalentemente i servizi IPv4 esistenti
 - Fase intermedia
 - I due protocolli coesistono
 - Fase finale
 - La rete IPv4 si appoggia all'infrastruttura IPv6
 - I nodi legacy IPv4 devono poter utilizzare i servizi IPv6
- ◆ In generale le applicazioni devono comunque essere modificate per poter utilizzare IPv6

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

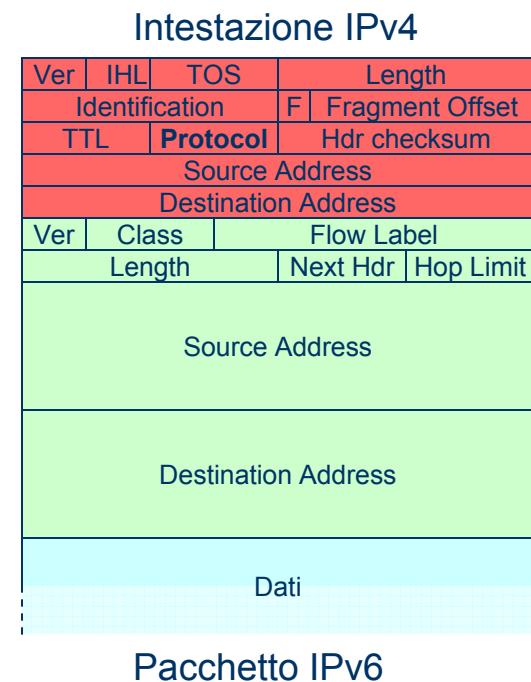


Transizione IPv4-IPv6

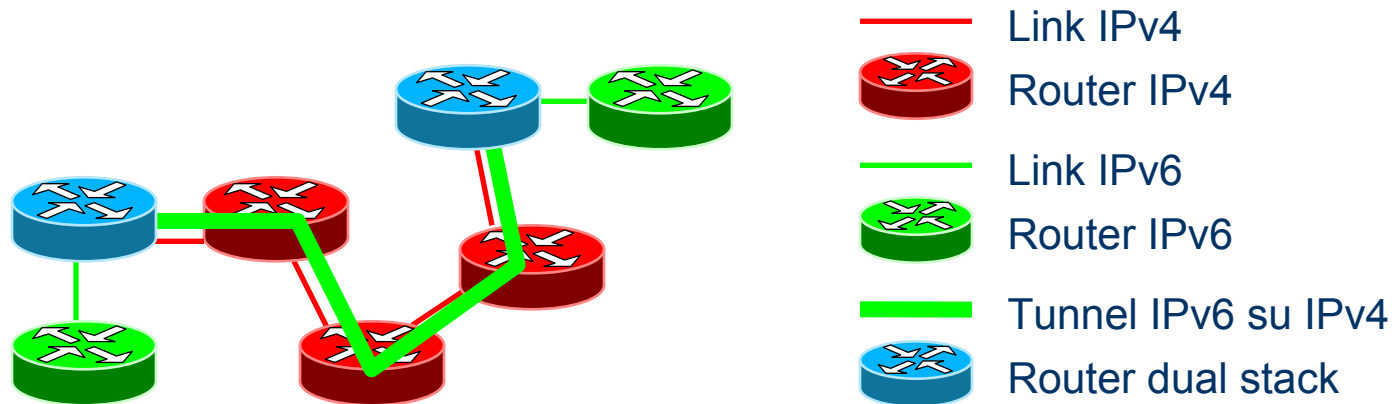
Meccanismi di compatibilità a livello di rete

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)



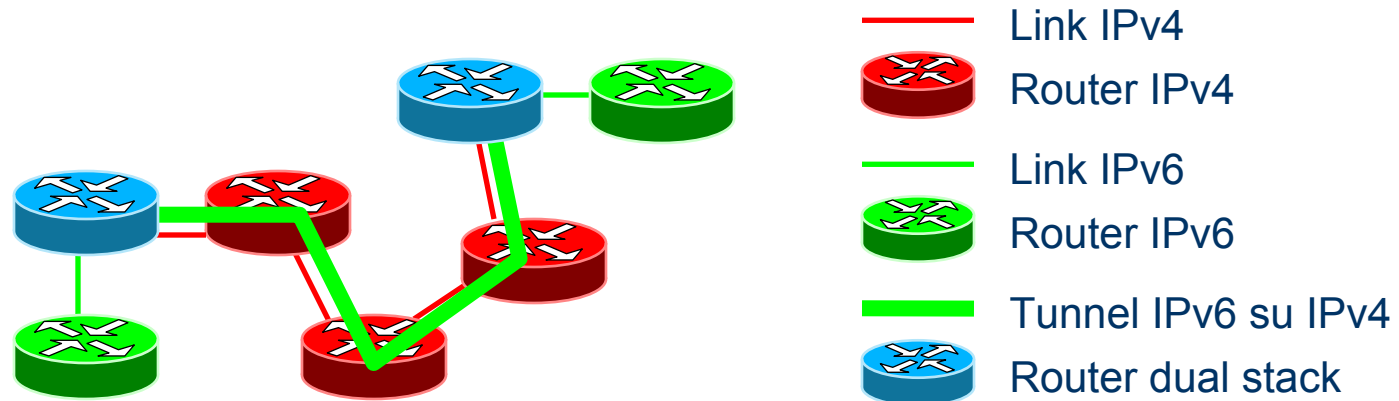
Esempio di tunnel IPv6-in-IPv4

- ◆ 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 IPv6-in-IPv4 (3)

- ◆ Gli estremi devono essere nodi dual stack
- ◆ Da fuori, il tunnel appare come un solo hop IPv6
 - Dal punto di vista di IPv6, è come se la rete IPv4 fosse semplicemente una tecnologia trasmissiva di livello due
- ◆ L'MTU di un tunnel è inferiore di 20 byte per via della presenza dell'header IPv4
- ◆ Topologie possibili:
 - Router verso router
 - Host verso router
 - Host verso host
- ◆ Importanti per le prime esperienze su IPv6 e nella prime fasi della transizione

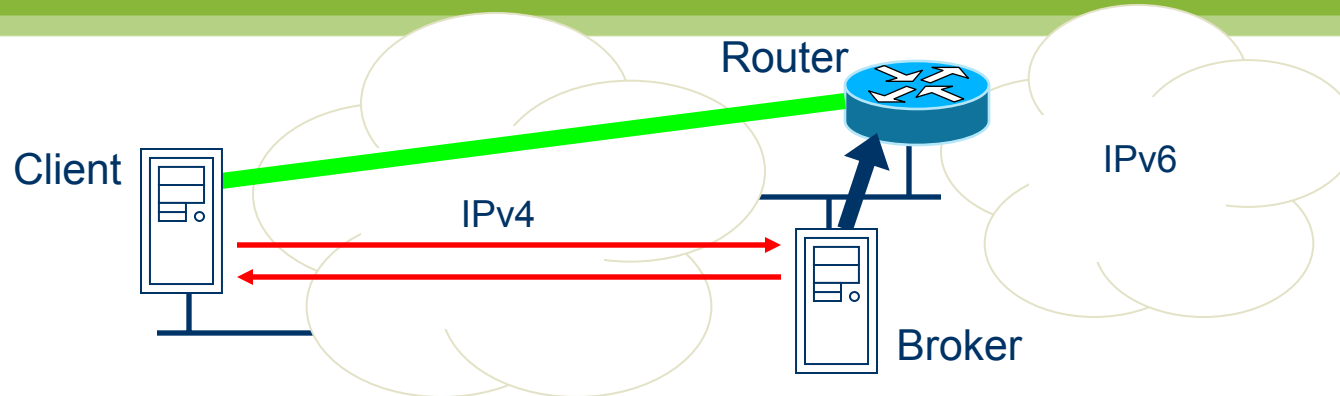
Tunnel configurati



Esempio di tunnel configurato

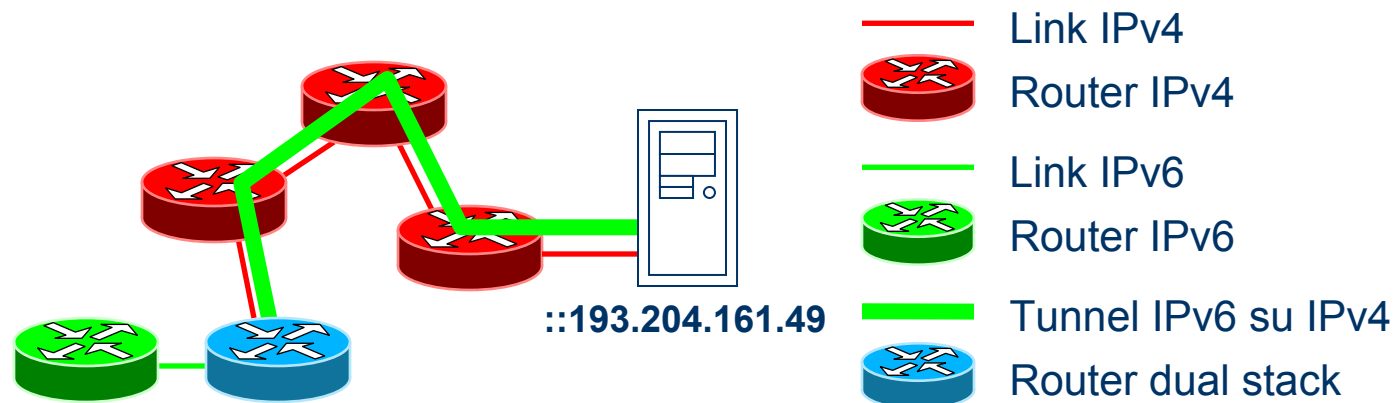
- ◆ Creati configurando manualmente gli estremi, specificando gli indirizzi IPv4 e IPv6 dell'interfaccia tunnel su entrambi
 - Indirizzi utilizzati: qualunque tipo di indirizzi unicast
- ◆ Utilizzo tipico: stabilire un collegamento punto-punto permanente tra due router dual stack
- ◆ Ampiamente utilizzati

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 “occasionalmente”

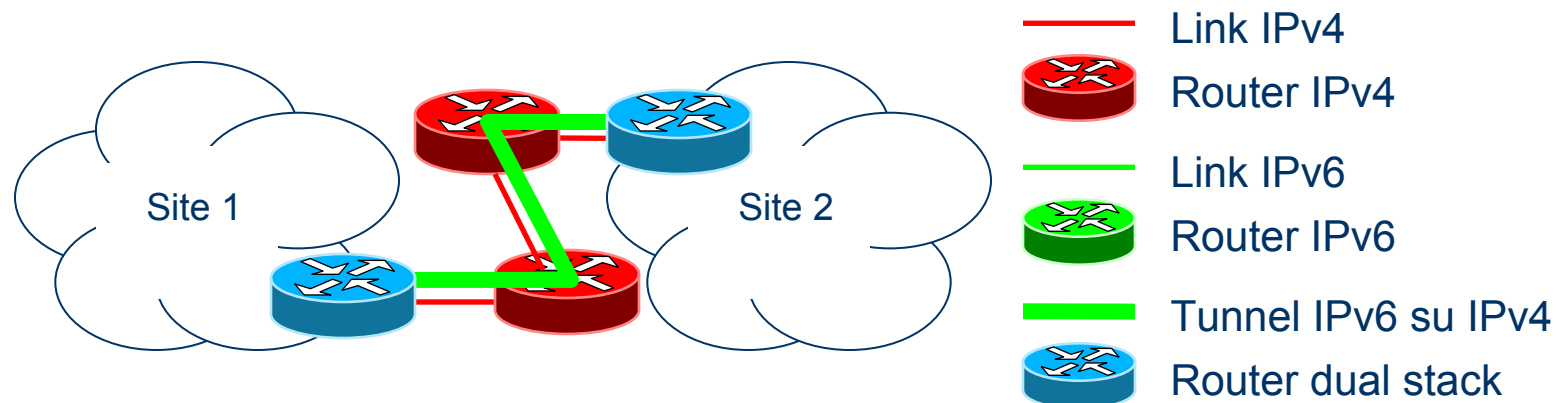
Tunnel automatici



Esempio di tunnel automatico

- ◆ L'indirizzo IPv4 dell'estremo del tunnel è determinato automaticamente dall'indirizzo destinazione
 - Usa gli indirizzi IPv6 "IPv4-compatibili" (::a.b.c.d)
- ◆ L'estremo deve coincidere con il destinatario del pacchetto
- ◆ Non riducono il fabbisogno di indirizzi IPv4
 - Il tunnel è verso un solo nodo, identificato con il suo indirizzo IPv4
- ◆ Se il mittente è un nodo dual stack, tanto vale utilizzare IPv4

Tunnel 6to4

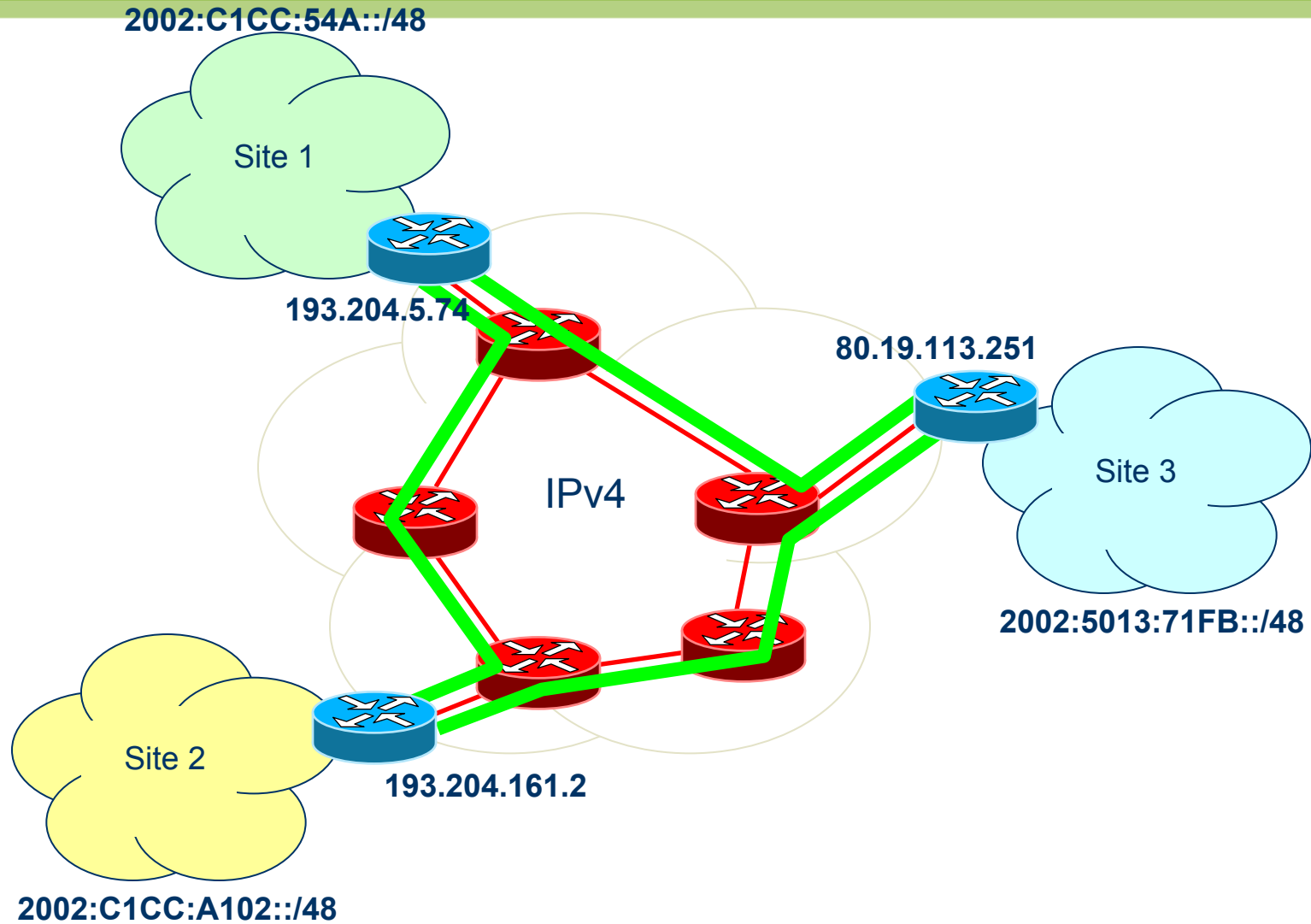


Esempio di tunnel 6to4

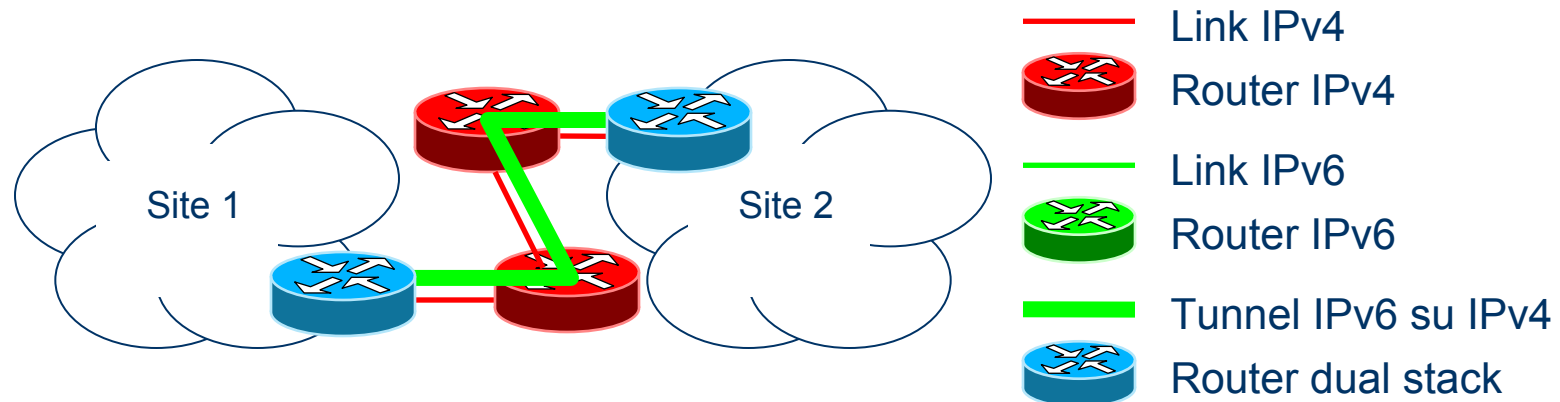
- ◆ Permettono di connettere tra loro interi site IPv6 utilizzando un indirizzo IPv4 pubblico (estremo del tunnel) per ogni site
- ◆ La rete ha il prefisso 2002:aabb:ccdd::/48, dove:
 - 2002::/16 è il prefisso 6to4 (assegnato da IANA)
 - aabb:ccdd è la rappresentazione esadecimale dell'indirizzo IPv4



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

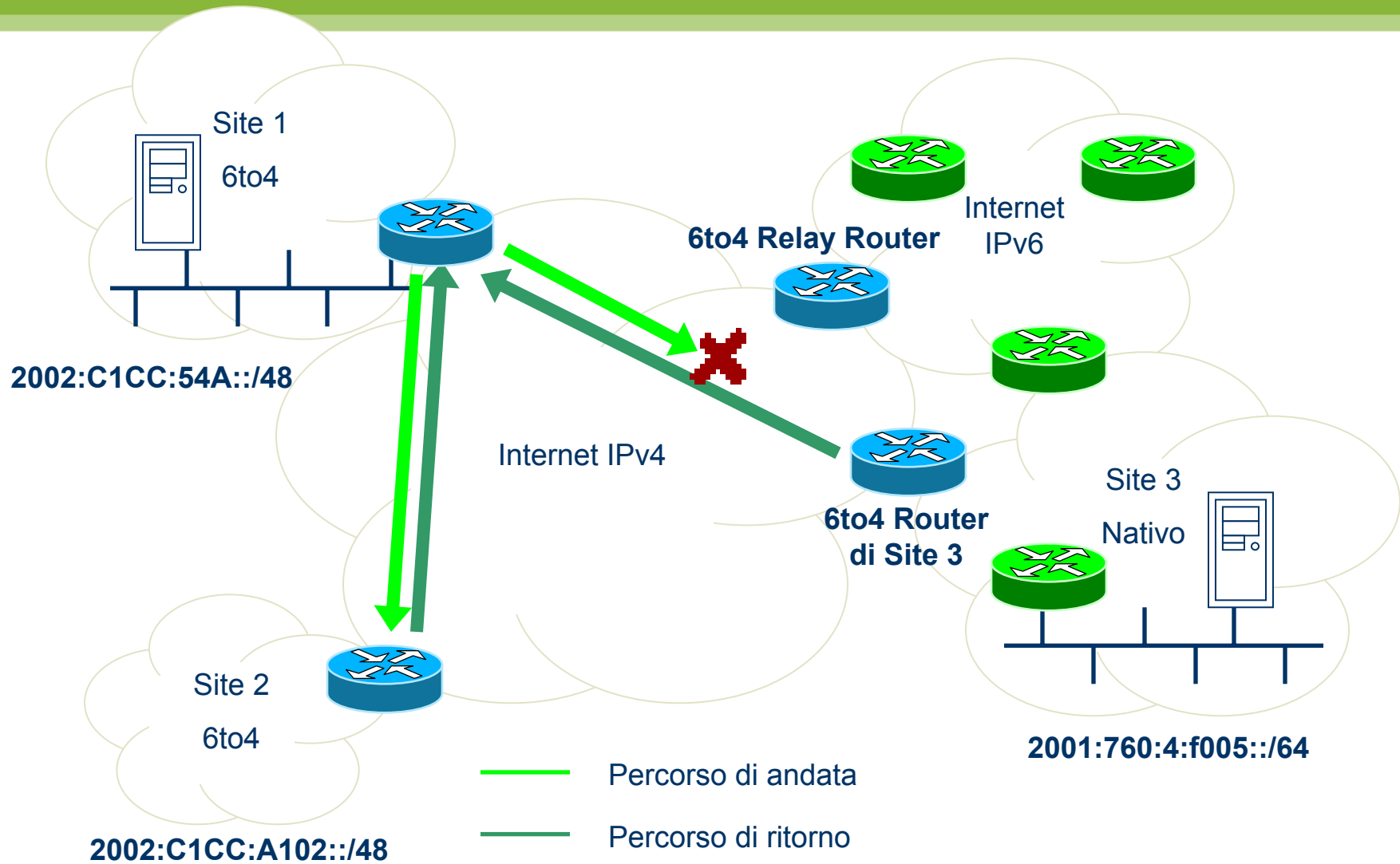
6to4 Relay Router (2)

- ◆ 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:

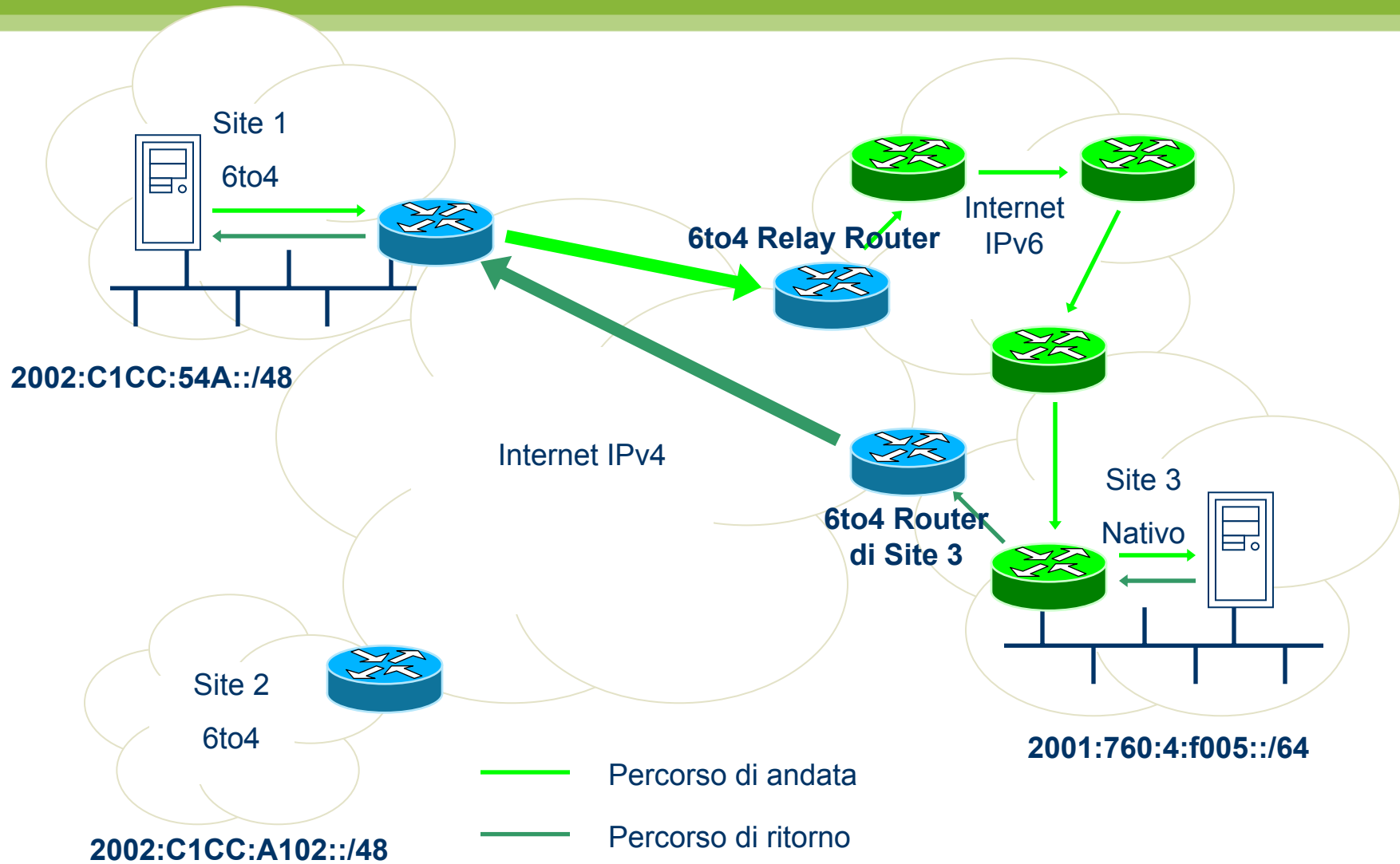
2002:c058:6301::

- 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

Altri tipi di tunnel

- ◆ ISATAP
 - “Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol”
 - Ha lo scopo di connettere tra loro nodi e router IPv6 su una rete di un’organizzazione che supporta solo IPv4
- ◆ Teredo
 - “Tunneling IPv6 over UDP Through NATs”
 - Incapsula i pacchetti IPv6 in pacchetti UDP (IPv4) anziché direttamente in pacchetti IPv4
 - Ha lo scopo di permettere l’utilizzo di tunnel anche in presenza di NAT IPv4
- ◆ Entrambi sono ancora in fase di definizione

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



Transizione IPv4-IPv6

Traduzione di protocollo

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

SIIT

- ◆ 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

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

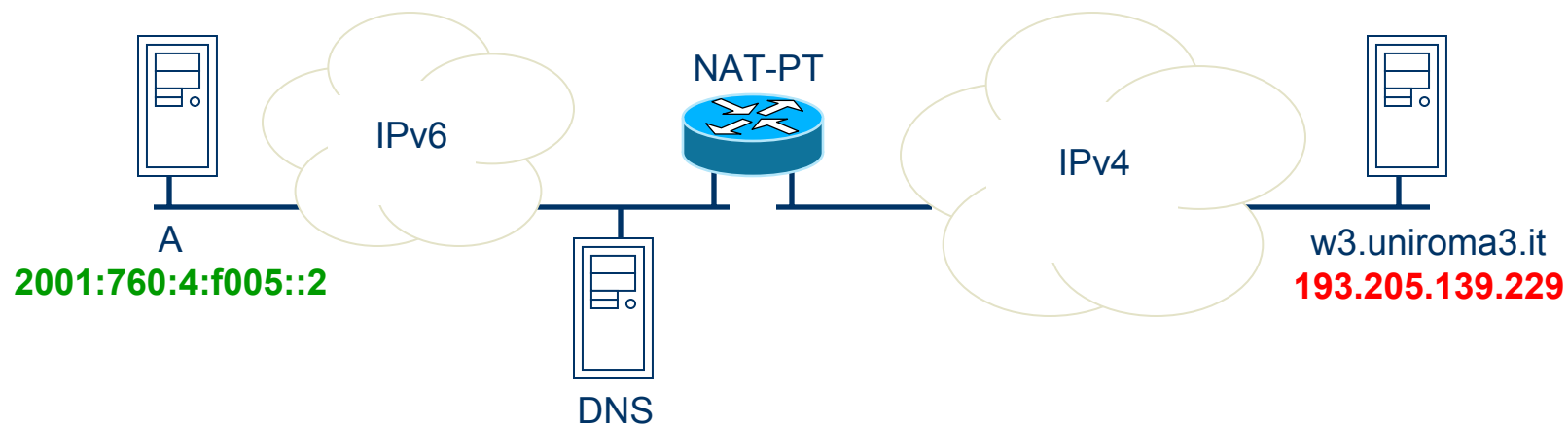
◆ Svantaggi:

- Richiede modifiche alle implementazioni IPv6
- Richiede la presenza di un meccanismo (DHCP?) per l'assegnazione dinamica degli indirizzi temporanei
- Richiede di gestire il routing per gli indirizzi IPv4-translated all'interno del site
 - Difficile gestire la distribuzione in subnet degli indirizzi IPv4

NAT-PT

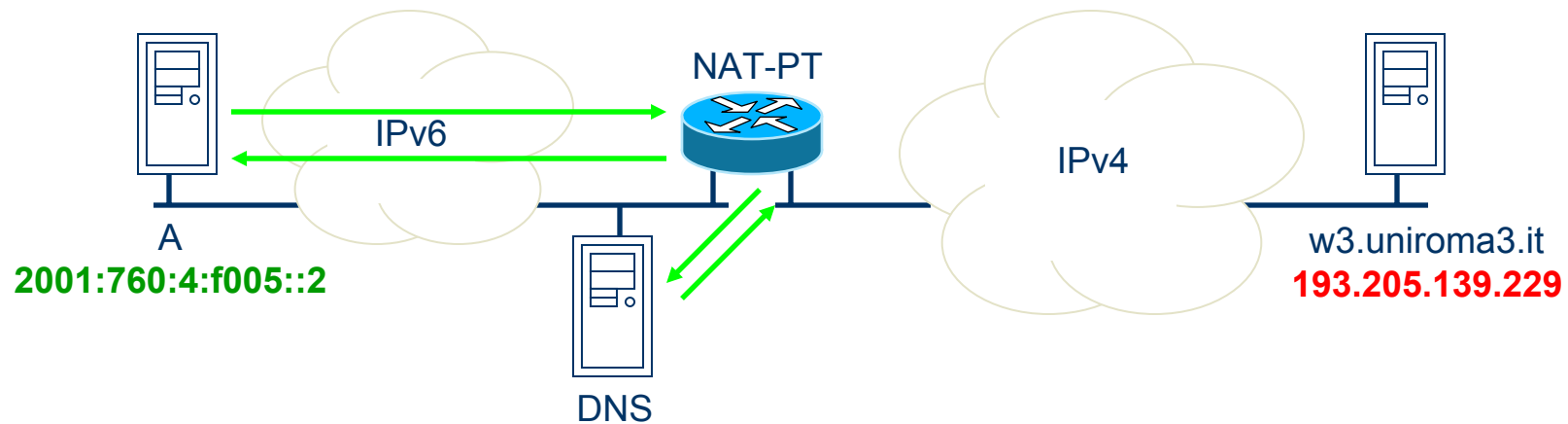
- ◆ Combina le tecniche di NAT con SIIT
- ◆ Simile al NAT IPv4
 - Il nodo traduttore dispone di un pool di indirizzi IPv4 che vengono assegnati ai nodi che lo utilizzano
 - Il traduttore mantiene lo stato delle associazioni
 - Gli indirizzi IPv4 sono rappresentati mediante indirizzi IPv6 aggiungendo 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
- ◆ Richiede un meccanismo di traduzione delle risposte DNS (DNS ALG)
- ◆ Funziona con connessioni in entrambi i versi

NAT-PT: esempio



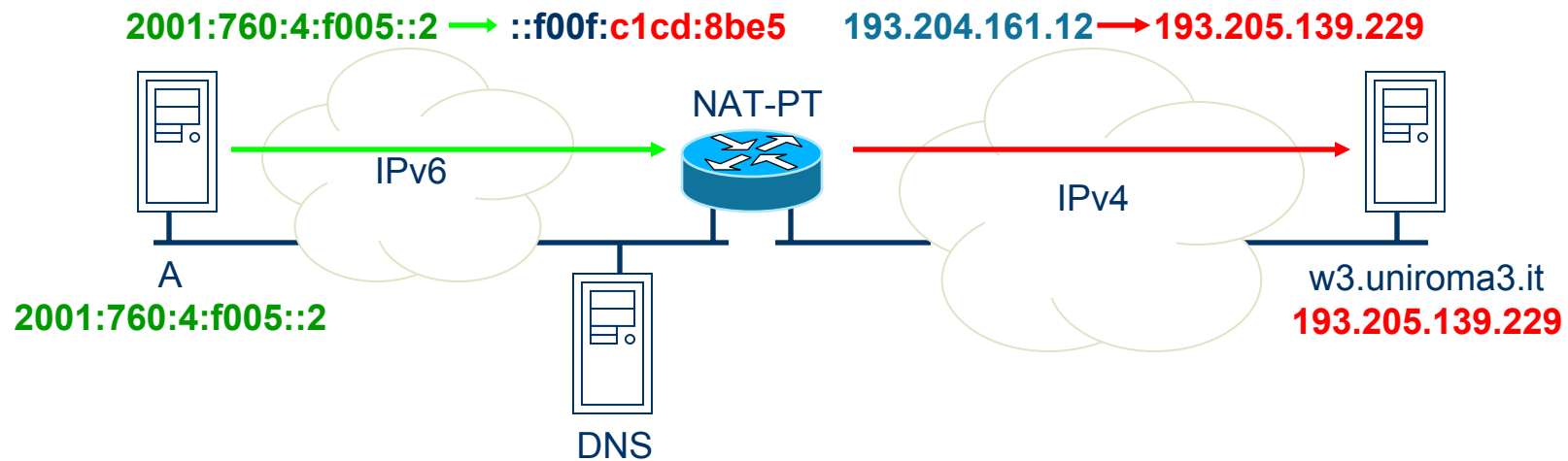
- ◆ Il prefisso associato al NAT-PT è `::f00f:0:0/96`
 - Sulla rete IPv6 esso è instradato verso il NAT-PT
- ◆ Il pool di indirizzi IPv4 è `193.204.161.0/26`
 - Sulla rete IPv4 esso è instradato verso il NAT-PT
- ◆ A è un nodo IPv6-only e vuole connettersi al web server `w3.uniroma3.it`, che ha solo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

NAT-PT: esempio



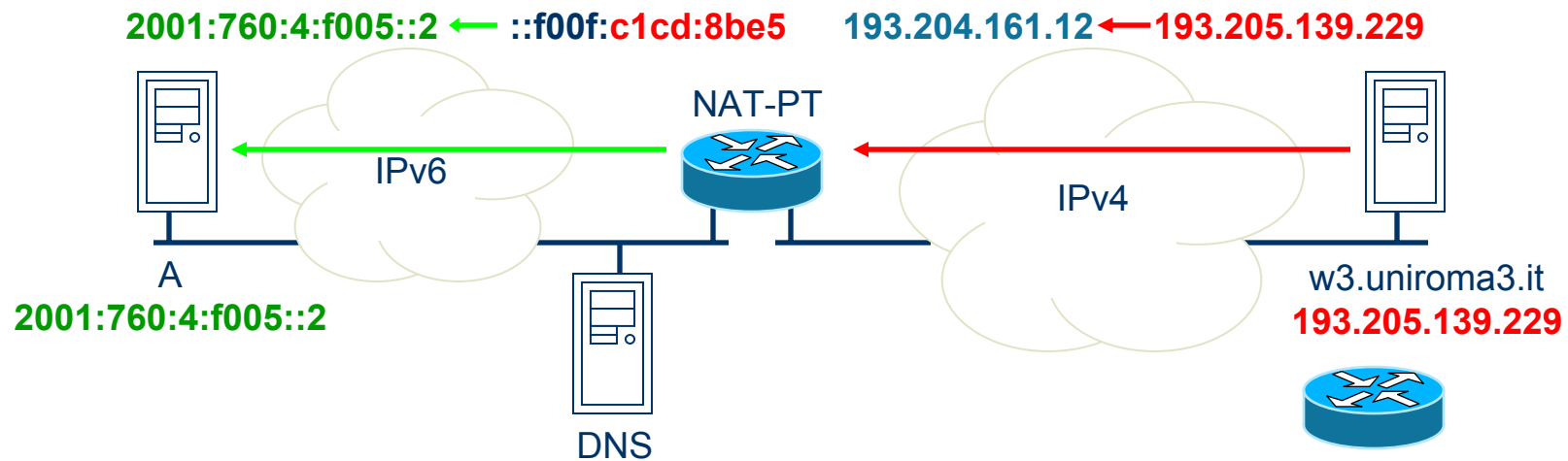
- ◆ A fa una query sull'indirizzo IPv6 di w3.uniroma3.it
- ◆ Il DNS ALG nel NAT-PT intercetta la query:
 - Interroga il server DNS ed ottiene l'indirizzo IPv4:
193.205.139.229
 - Restituisce ad A l'indirizzo IPv6 corrispondente:
::f00f:c1cd:8be5

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
 - Non permette connettività diretta da estremo a estremo
 - Ma:
 - Questi svantaggi non hanno impedito la diffusione di NAT IPv4
 - Molte applicazioni già supportano NAT
- ◆ Ancora non largamente implementato

Transport Relay Translator

- ◆ Traduttore di protocollo a livello di trasporto
- ◆ Permette a nodi IPv6 di comunicare con nodi IPv4 senza richiedere uno stack IPv4
- ◆ Funzionamento:
 - Si basa su un nodo che funziona da “tramite” (relay)
 - Il relay agisce in maniera simile ad un proxy trasparente
 - Il nodo crede di connettersi al nodo destinazione, ma la connessione viene intercettata dal relay, che stabilisce a sua volta una connessione IPv4 con la destinazione
- ◆ Problemi:
 - Richiede modifiche al server DNS o al resolver sui nodi
 - Deve mantenere informazioni sullo stato

BIS e BIA

- ◆ Metodi di transizione implementati via software
- ◆ Bump-In-the-Stack (BIS)
 - Permette a nodi IPv4 di comunicare con nodi IPv6 senza utilizzare traduttori esterni
 - È uno strato software inserito tra lo stack IP e il livello 2
 - Effettua la traduzione SIIT internamente al nodo
- ◆ Bump-In-the-API (BIA)
 - Permette di utilizzare IPv6 con applicazioni che non lo supportano (su un host dual stack)
 - Traduce le chiamate alla socket API IPv4 a chiamate alla socket API IPv6
- ◆ Non largamente implementati

Riferimenti (1)

Tunnel

RFC2893

Transition mechanisms for IPv6 hosts and routers

RFC3053

IPv6 tunnel broker

RFC3056

Connection of IPv6 domains via IPv4 clouds

RFC3068

An anycast prefix for 6to4 relay routers

Riferimenti (2)

Traduttori di protocollo

RFC2765

Stateless IP/ICMP translation algorithm (SIIT)

RFC2766

Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT)

RFC3142

IPv6-to-IPv4 transport relay translator

Riferimenti (3)

Altri meccanismi

RFC2767

Dual stack hosts using the Bump-In-the-Stack technique (BIS)

RFC3338

Dual Stack Hosts Using "Bump-in-the-API" (BIA)