

10 maggio 2024

La Galassia del Routing IP

Il cuore dell'Internet



VIII[^] puntata - *Case study*: realizzazione di una rete *dual-stack* con OSPFv2 e OSPFv3

Tiziano Tofoni

Note di *Copyright*

- Questo insieme di diapositive è protetto dalle leggi sul *copyright* e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i *copyright* relativi alle diapositive (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo), in accordo con gli artt. 12 e seguenti della Legge 633/1941, **sono di proprietà dell'autore Tiziano Tofoni** (di seguito 'l'autore').
- Le diapositive **possono essere utilizzate esclusivamente per scopi di studio nell'ambito dei corsi tenuti dall'autore.**
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti ottici/magnetici, su reti di calcolatori o stampate) in toto o in parte **è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte dell'autore.**
- L'informazione contenuta in queste diapositive è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. **L'autore non si assume alcuna responsabilità per il contenuto di queste diapositive** (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste diapositive.
- In ogni caso **questa nota di *copyright* non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.**

Di cosa parlerò ...

#1

Coesistenza IPv4/IPv6

#2

L'approccio *dual-stack* negli *host*

#3

Modelli di coesistenza IPv4/IPv6

#4

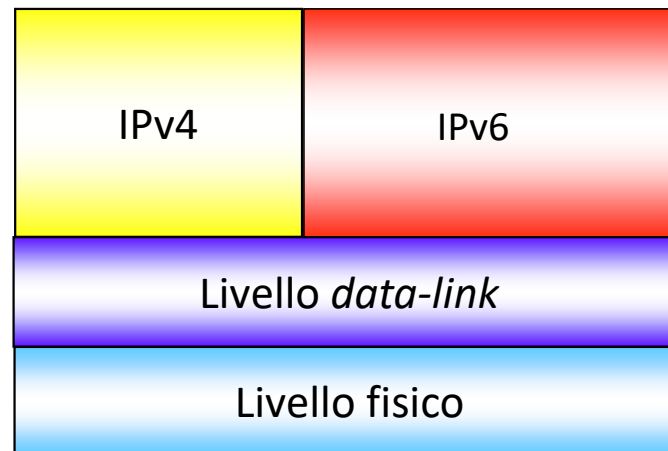
Case study

I problemi della coesistenza

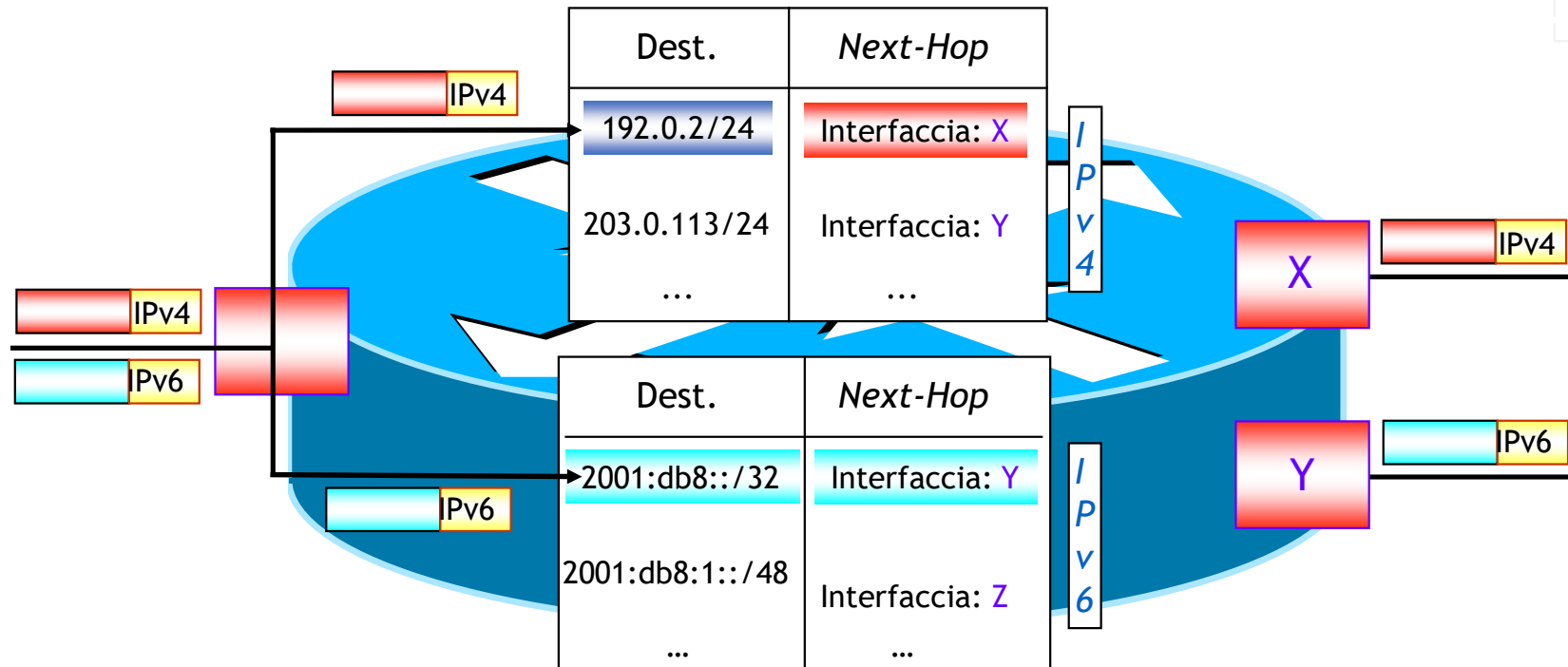
- La transizione è necessaria principalmente per **garantire l'interoperabilità con macchine IPv4-only**
- L'interoperabilità con macchine *IPv6-only* non è al momento un problema
- IPv4 e IPv6 sono protocolli completamente diversi e **non in grado di interoperare**
- Migrazione
 - Apparati
 - Reti
 - *Host*
 - Applicazioni

Migrazione degli apparati di rete

- Problema che si pone **solo per apparati di Livello 3** (router, *multilayer switch*)
 - In passato si sono verificati problemi in apparati di Livello 2 con funzioni particolari (es. *MLD snooping*), a causa di *bug software*
- Migrazione risolta con l'approccio ***dual-stack***
 - Gli apparati **implementano entrambi i protocolli IPv4 e IPv6**
 - Implica l'implementazione di **protocolli e tabelle di routing, liste di accesso, filtri vari, specifici per IPv6**



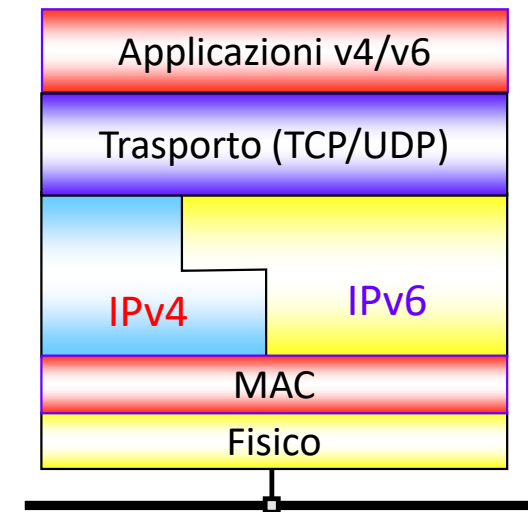
Router dual-stack



- Le interfacce di un router *dual-stack* distinguono i pacchetti IPv4 e IPv6 dai campi *EtherType/Protocol Type* di Livello 2
 - *EtherType* IPv4 = 0x0800
 - *EtherType* IPv6 = 0x86dd

Migrazione degli *host*

- Approccio *dual-stack*
 - Gli *host* implementano entrambi i protocolli IPv4 e IPv6
 - In una fase iniziale tutti i Sistemi Operativi continueranno a supportare anche IPv4
 - Tutti i nuovi *host* dovranno poter continuare a comunicare con gli *host* IPv4
- Un *host dual-stack*
 - Ha almeno un indirizzo IPv4 e gli indirizzi IPv6 necessari
 - E' registrato sul DNS sia con l'indirizzo IPv4 che IPv6
 - Usa IPv4 per comunicare con altri *host* IPv4
 - Usa IPv6 per comunicare con altri *host* IPv6
 - Può usare *tunneling* per raggiungere un *host* IPv6 non locale se sul *link* non c'è un router IPv6
- Limiti
 - Non riduce il fabbisogno di indirizzi IPv4
 - Aumenta la complessità della rete



Di cosa parlerò ...

#1

Coesistenza IPv4/IPv6

#2

L'approccio *dual-stack* negli *host*

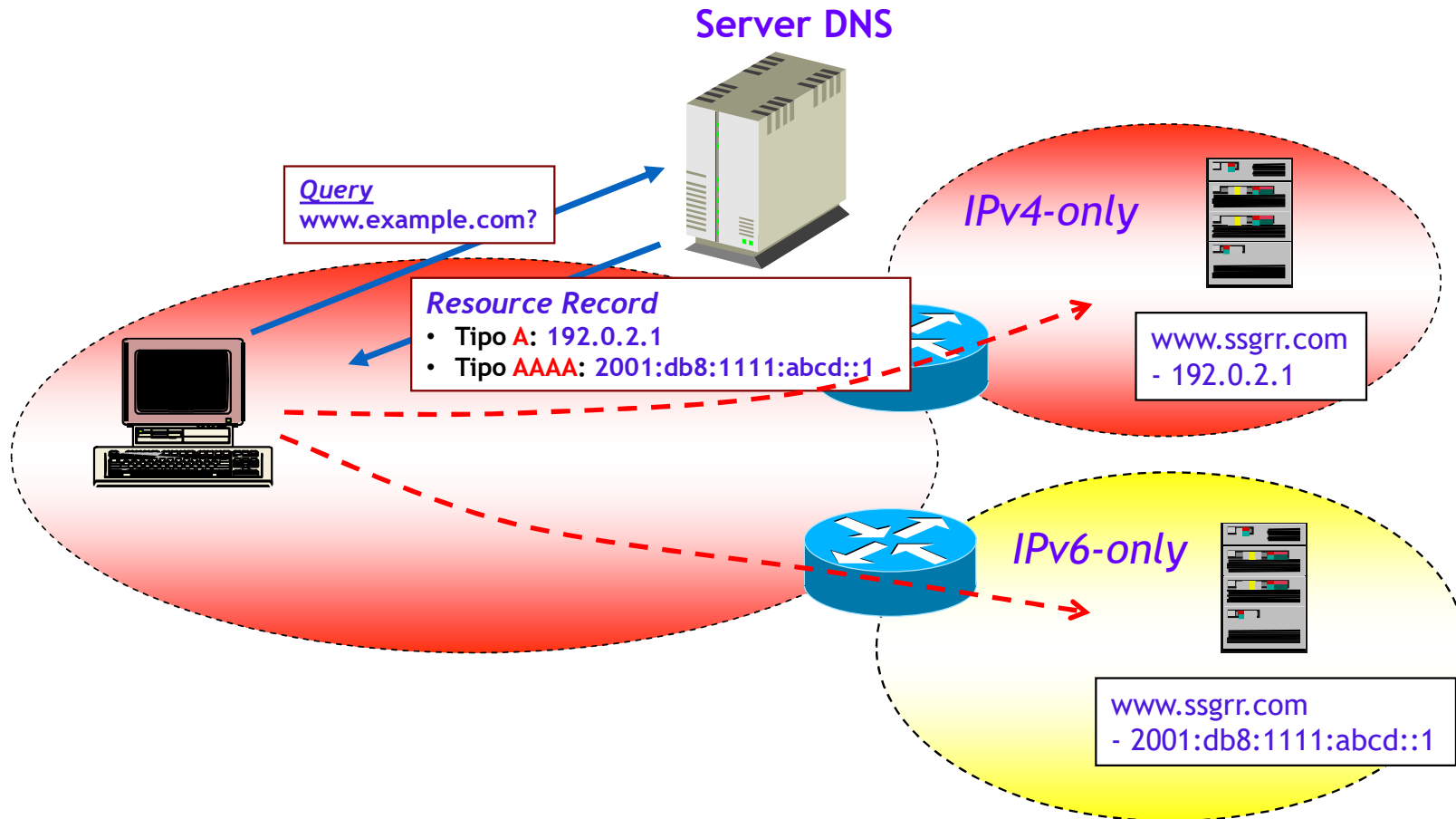
#3

Modelli di coesistenza IPv4/IPv6

#4

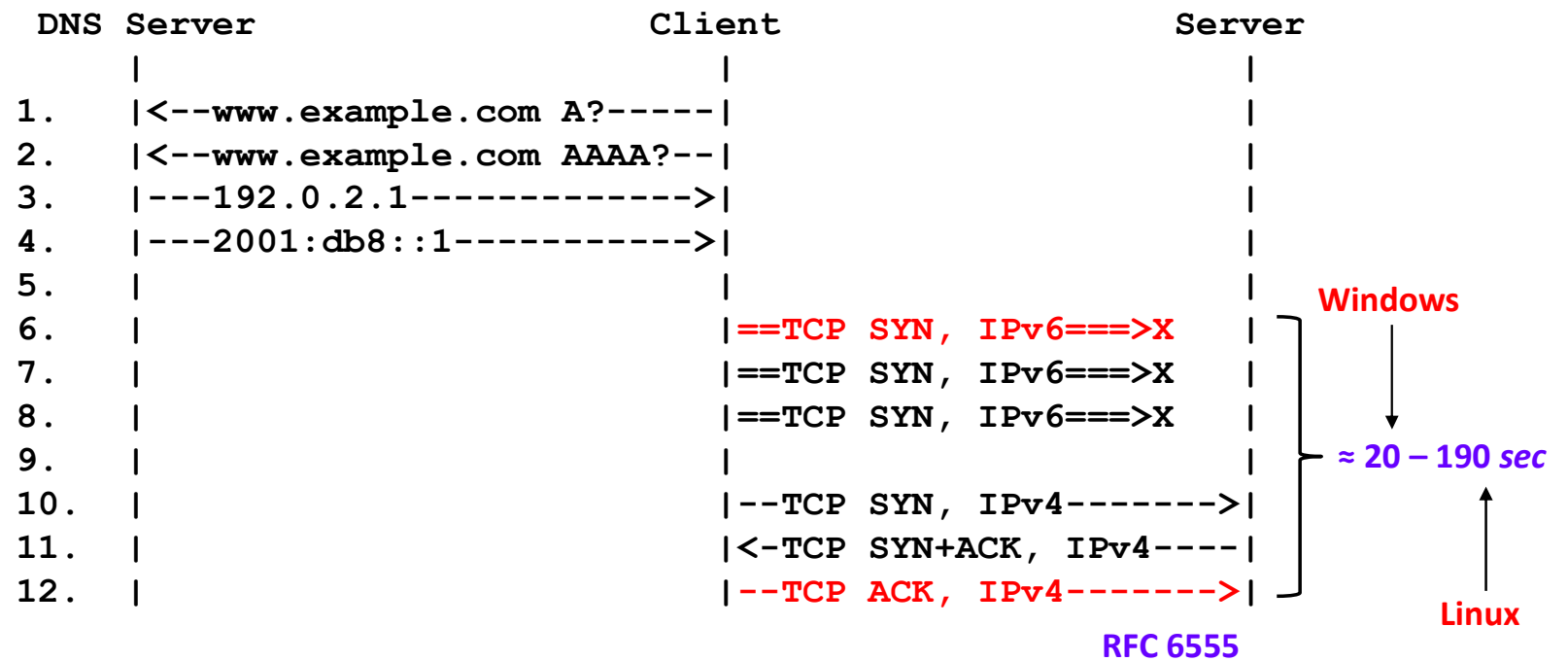
Case study

Risoluzione di un nome a dominio



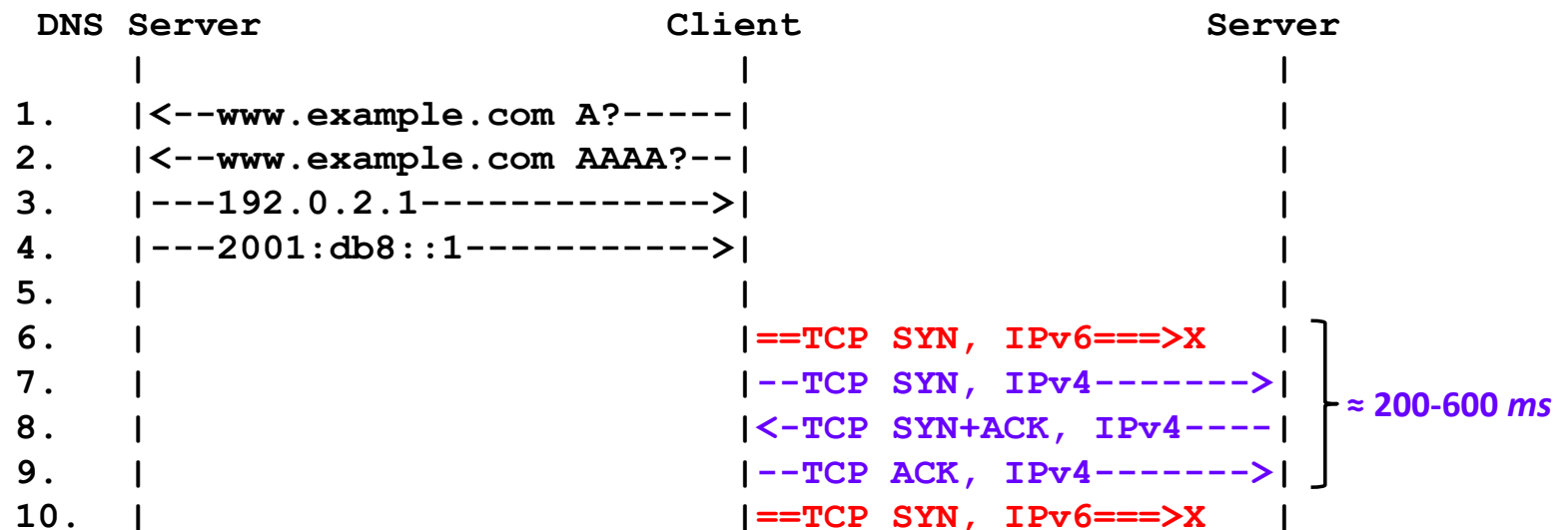
E se il server IPv6 non risponde?

- I principali Sistemi Operativi in presenza di entrambi i record A e AAAA tipicamente danno precedenza alla connettività IPv6
- Problema: cosa accade se il server IPv6 non risponde?
 - *Fallback* a IPv4



Happy Eyeballs (RFC 6555)

- Soluzione: aprire **due sessioni TCP parallele**, la prima che si conclude con successo “vince”
 - RFC 6555 - *Happy Eyeballs: Success with dual-stack Hosts*. Apr. 2012
 - RFC 8305: *Happy Eyeballs Version 2: Better Connectivity Using Concurrency*, Dic. 2017
- L'implementazione pratica dipende dal particolare *browser*



Di cosa parlerò ...

#1

Coesistenza IPv4/IPv6

#2

L'approccio *dual-stack* negli *host*

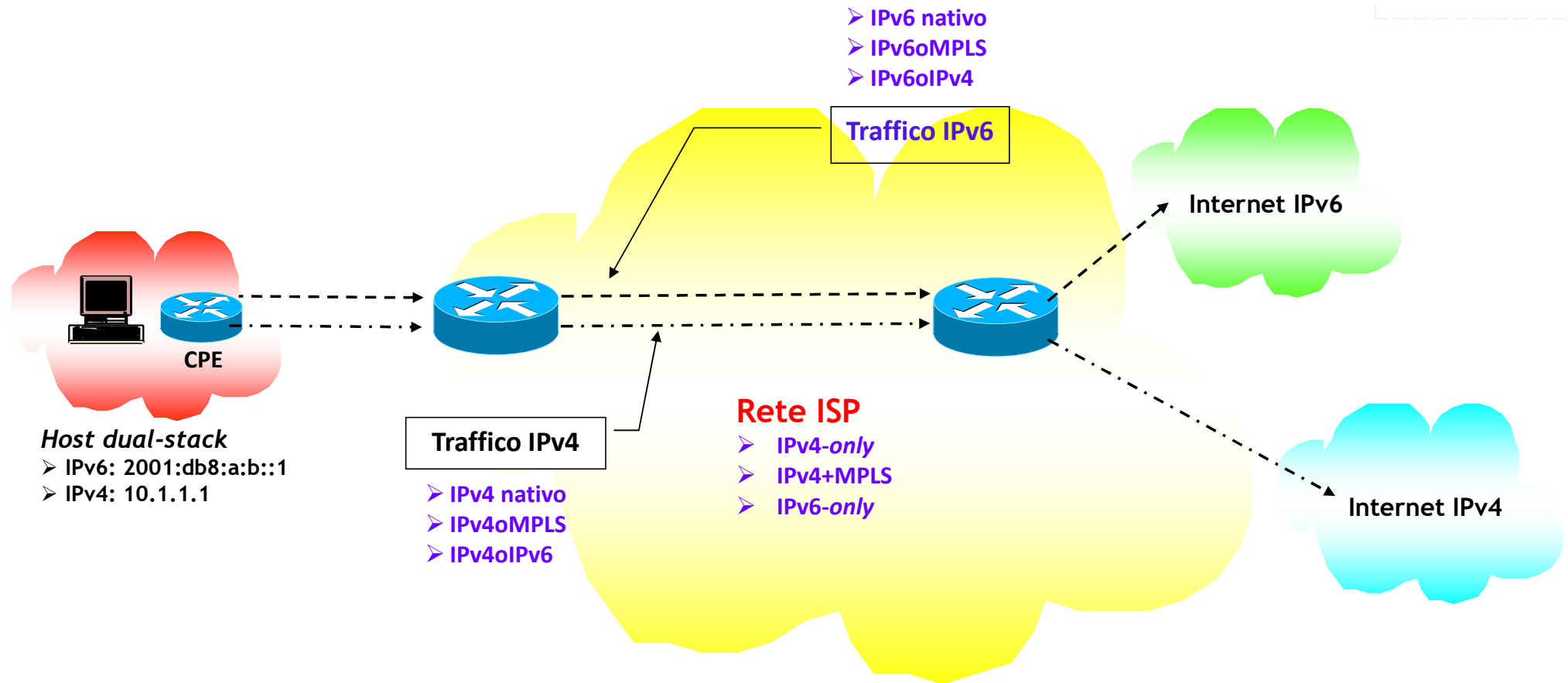
#3

Modelli di coesistenza IPv4/IPv6

#4

Case study

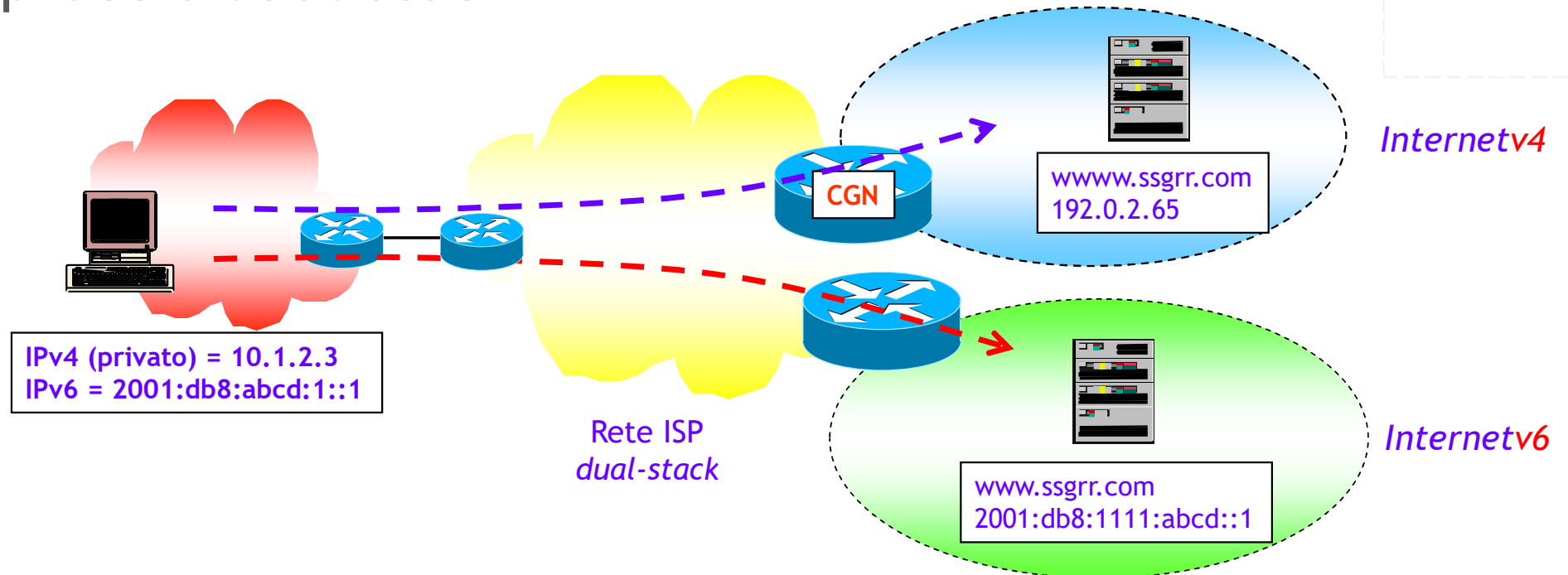
Il trasporto del traffico...



Le scelte tecnologiche

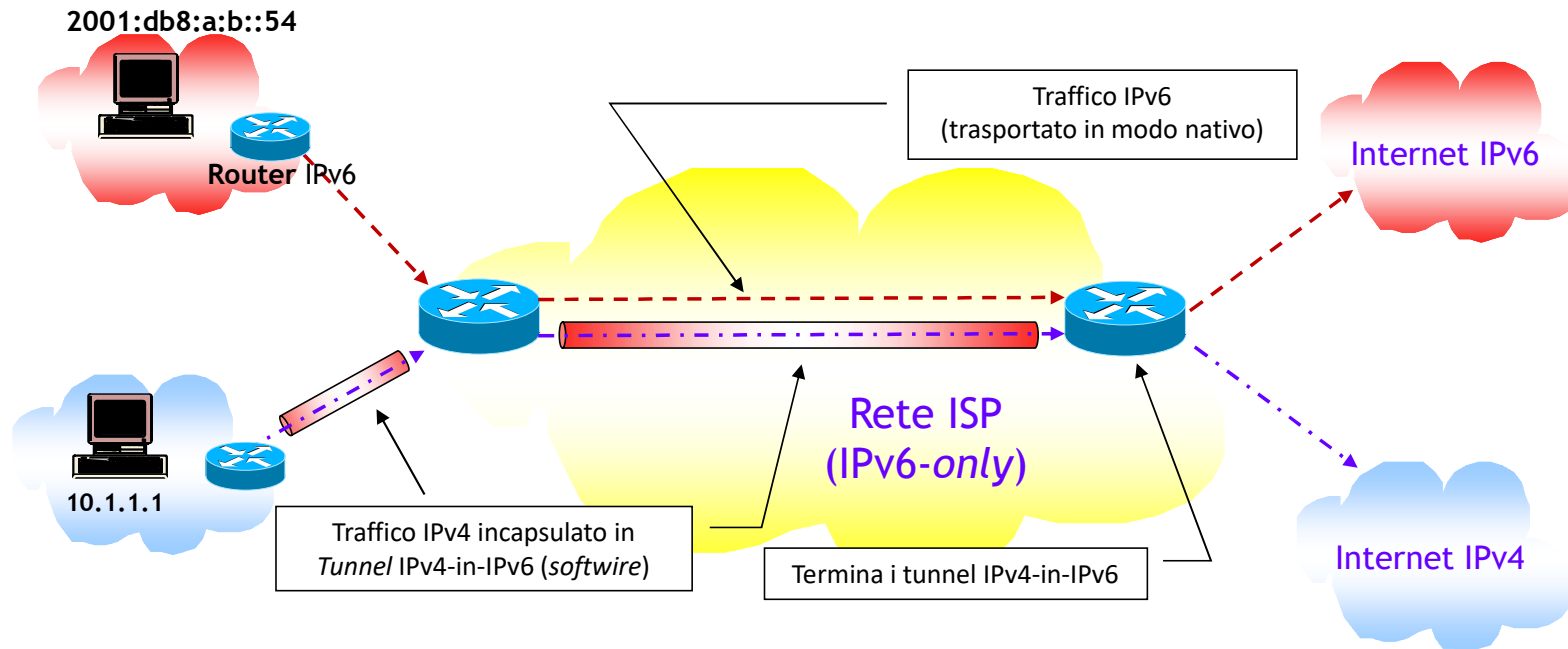
- Le possibili alternative per il *backbone*:
 - Riutilizzo del *backbone IPv4-only* esistente: approccio *dual-stack*, *tunneling IPv6-in-IPv4* (es. 6rd)
 - Riutilizzo del *backbone IPv4+MPLS* (eventualmente con *SR-MPLS*): trasporto *seamless* di IPv4 e IPv6 - *deployment* quasi banale, forti risparmi CAPEX/OPEX ...
 - Nuovo *backbone IPv6-only* (eventualmente con *SRv6*): trasporto *seamless* di IPv6, trasporto di IPv4 via IPv4aaS - *deployment* più complesso, poca esperienza operativa, CAPEX/OPEX più elevati ...
- Le possibili alternative per l'accesso: caso di *backbone IPv4-only* o *IPv4+MPLS*
 - Non sono richieste tecniche particolari, il trasporto IPv4 e IPv6 è *seamless*
 - L'accesso ai contenuti IPv4 da parte di clienti *IPv6-only* richiede il *NAT64*
- Le possibili alternative per l'accesso: caso di *backbone IPv4-only* o *IPv4+MPLS*
 - Il trasporto IPv6 è *seamless*
 - Per il trasporto IPv4 utilizzare uno dei servizi *IPv4aaS* (*DS-lite/Lw4o6/464XLAT/MAP-T/MAP-E*)
 - L'accesso ai contenuti IPv6 da parte di clienti *IPv4-only* richiede il *NAT46*

L'approccio *dual-stack*



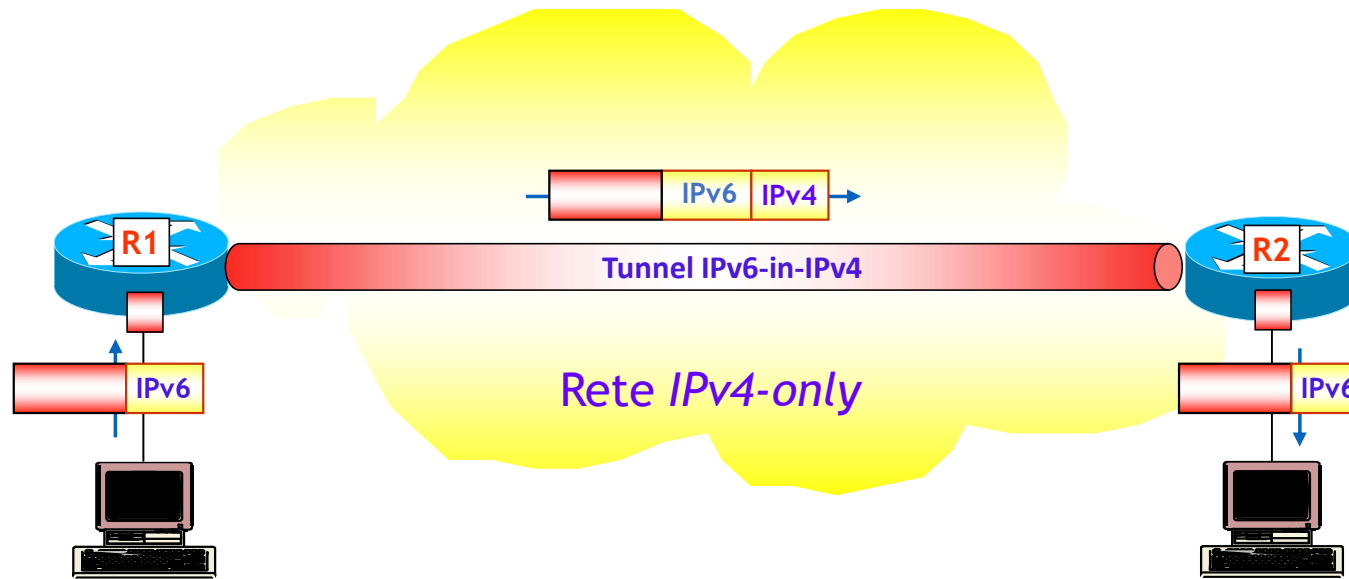
- L'*host dual-stack* può comunicare con server *IPv4-only* e con server *IPv6-only*
- Pro
 - *Deployment semplice (ships-in-the-night)* anche su reti in produzione
- Contro
 - Gestione più complessa: *due piani di numerazione, due piani di routing (IGP e BGP)*

Trasporto del traffico IP su reti IPv6-only



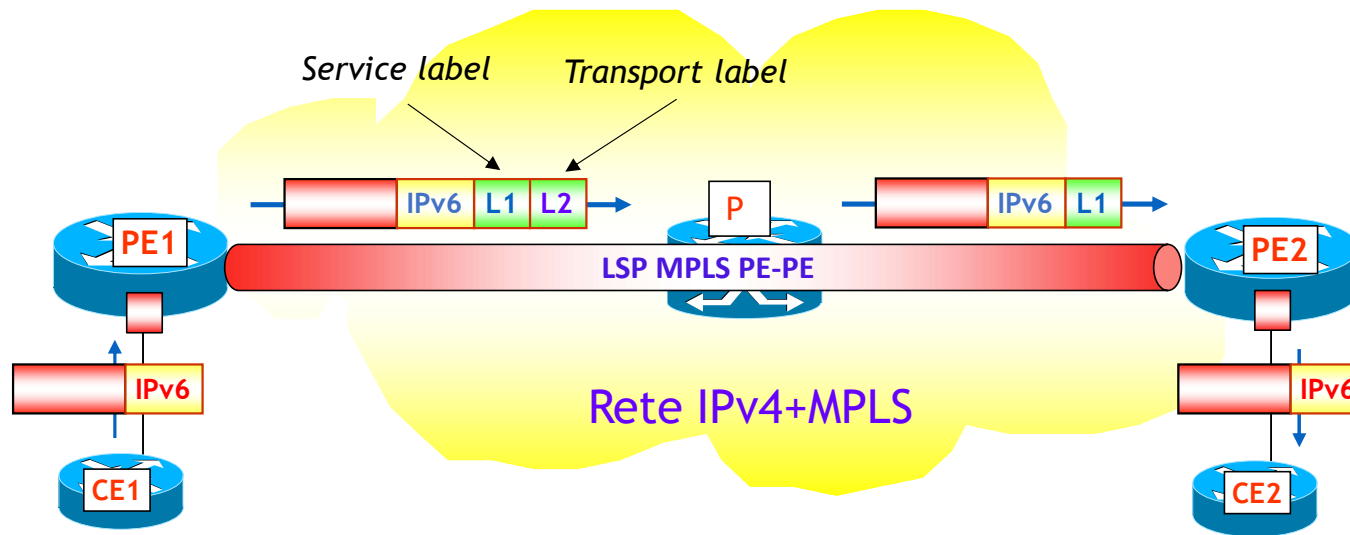
- Traffico IPv4 *as a service* (IPv4aaS)
 - *dual-stack-lite* (DS-lite)
 - Lw4o6 (Lightweight 4 over 6)
 - MAP-T/E
 - 464XLAT

Tunneling in reti IPv4-only



- Il pacchetto IPv6 è inserito in un pacchetto IPv4 che ha *Protocol Type* funzione del tipo di protocollo di *tunneling* utilizzato
 - IPv6-in-IPv4 = 41
 - GRE = 47
- Due tipologie: *punto-punto* (*tunnel* statici) e *punto-multipunto* (es. 6rd)

Tunneling in reti IPv4+MPLS



- Il pacchetto IPv6 viene inoltrato sulla rete IPv4+MPLS con una o più etichette MPLS (normalmente due - *service label* + *transport label*)
 - Maggiori dettagli nelle sezioni dedicate ai servizi 6PE e 6VPE
- Alcuni servizi (VPWS e VPLS/EVPN) prevedono l'incapsulamento delle trame L2 (che possono trasportare qualsiasi protocollo, tra cui IPv6)

Di cosa parlerò ...

#1

Coesistenza IPv4/IPv6

#2

L'approccio *dual-stack* negli *host*

#3

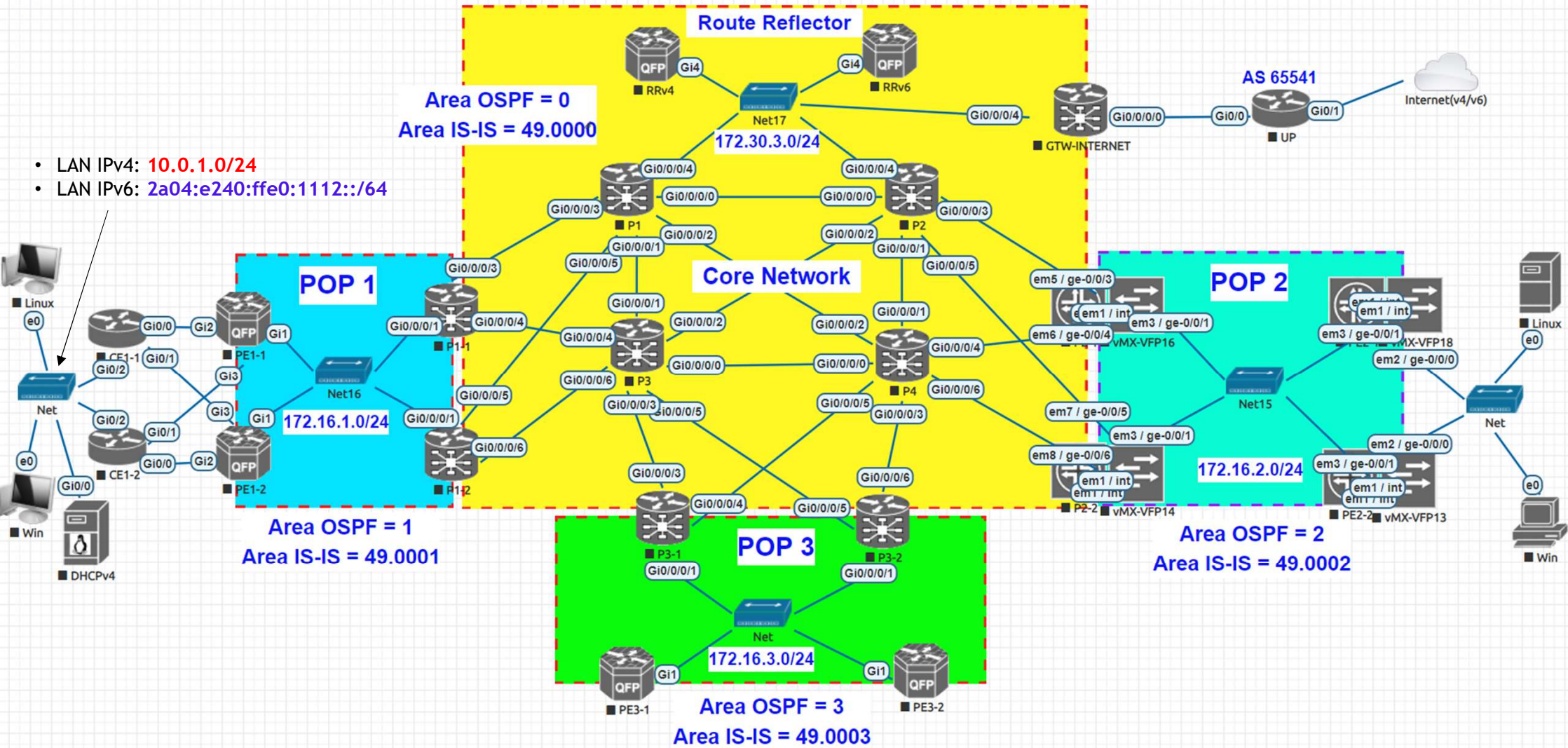
Modelli di coesistenza IPv4/IPv6

#4

Case study

La rete di laboratorio

- LAN IPv4: **10.0.1.0/24**
- LAN IPv6: **2a04:e240:ffe0:1112::/64**



Lab Test N. 1 (1/2)

- Rete *dual-stack*
- Protocolli IGP utilizzati
 - OSPFv2 per IPv4
 - OSPFv3 per IPv6
 - iBGP con due *Route Reflector separati*, uno per le sessioni IPv4 e l'altro per le sessioni IPv6
- Protocollo EGP
 - BGP per IPv4 e IPv6
- *Host*
 - Linux Ubuntu ver. 18.04
 - Windows 10
- Assegnazione indirizzi agli *host*
 - IPv4: via DHCP server (LAN privata: 10.0.1/24, doppio NAT prima dell'inoltro sull'Internetv4)
 - IPv6: SLAAC (LAN pubblica: 2a04:e240:ffe0:1112::/64)

Lab Test N. 1 (2/2)

- *Default route*

- Il router GTW-INTERNET riceve una *default route* IPv4 e IPv6 dal router UP (*Upstream Provider*)
- La *default route* viene propagata alla rete interna via OSPFv2 e OSPFv3

- Per il traffico di ritorno

- LAN privata IPv4 annunciata via iBGP a ciascun router del *backbone*
- LAN pubblica IPv6 annunciata via iBGP a ciascun router del *backbone*

- NOTA: si poteva fare a meno delle sessioni iBGP ridistribuendo le due LAN IPv4/IPv6 rispettivamente nei processi OSPFv2 e OSPFv3, ma non è una buona pratica

LAB test N. 2

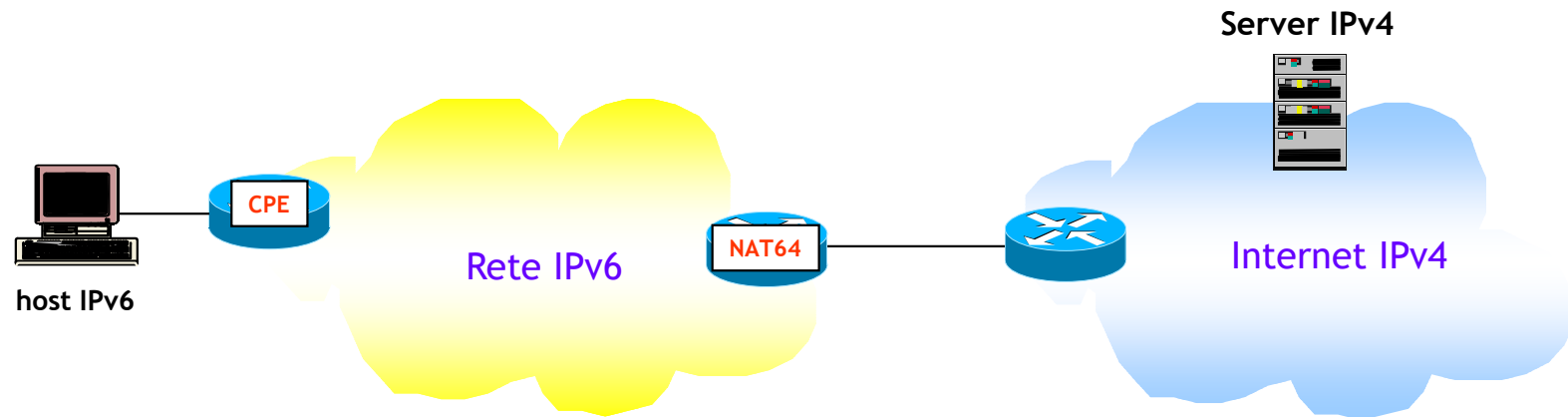
- Eliminazione delle sessioni iBGP da tutti i router P
- Introduzione di MPLS nel backbone
 - Protocollo di distribuzione delle etichette: [Segment Routing MPLS](#)
- Test di connettività verso l'Internet v4 e l'Internet v6

LAB test N. 3 - utilizzo di NAT64

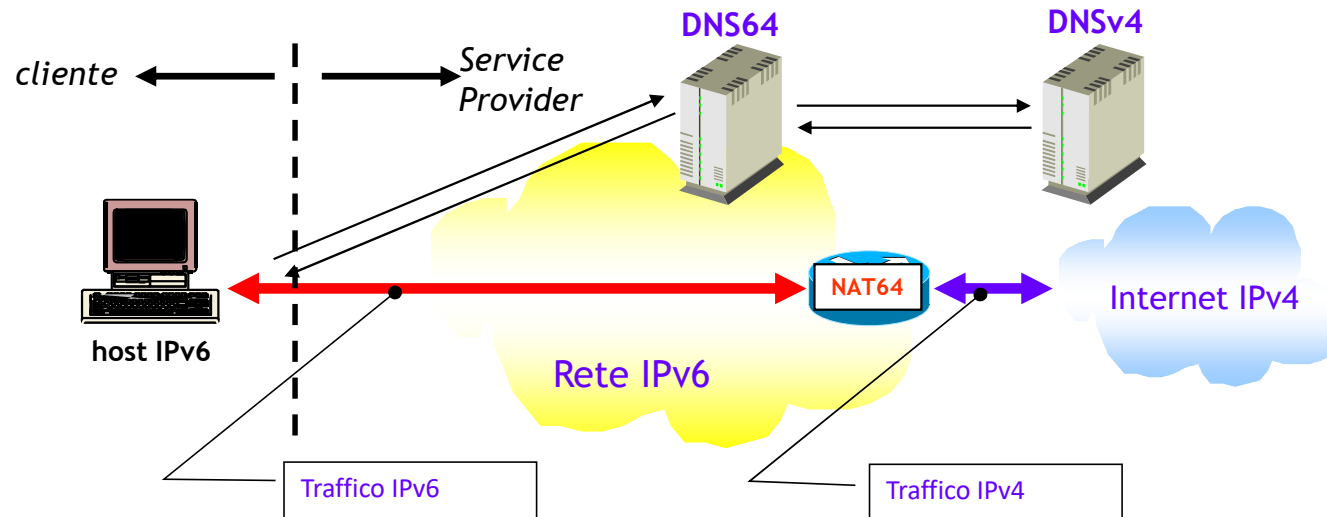
- Eliminazione del server DHCPv4
 - Gli host avranno quindi solo indirizzi IPv6 (1 Link-local, due Global)
- Configurazione dell'indirizzo del DNS64
 - Utilizzeremo un server DNS64 pubblico di Google (indirizzo 2001:4860:4860::64)
- Test di connettività verso l'Internet v4 e l'Internet v6

Appendice - il NAT64

- NAT64 è una tecnica utilizzata per mettere in comunicazione host IPv6 con l'Internet IPv4
- Utilizza una funzione di traduzione di indirizzi IPv6 in indirizzi IPv4 e viceversa
- Due versioni
 - *Stateless*
 - *Stateful*



Appendice - il NAT64



- **DNS64 (RFC 6147)**
 - Fornisce la risoluzione del dominio IPv4 in RR AAAA (tipo IPv6)
 - L'indirizzo IPv4 viene "immerso" nell'indirizzo IPv6
- **Nodo NAT64**
 - Mette in corrispondenza l'indirizzo IPv6 dell'host e la porta sorgente con un indirizzo IPv4 pubblico e una porta scelti dall'ISP

Appendice - il NAT64

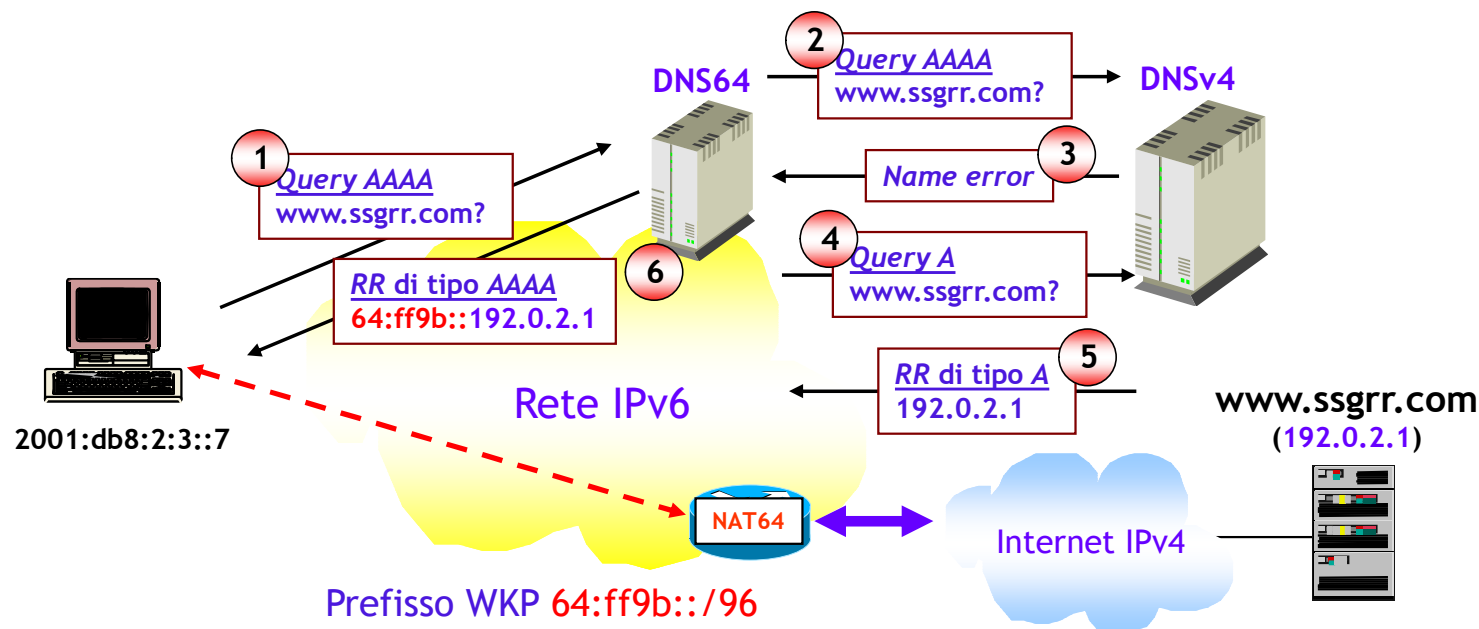
- Prologo: indirizzi IPv4 “immersi” in IPv6

Network-Specific Prefix	IPv4 address	IPv4-embedded IPv6 address
2001:db8::/32	192.0.2.33	2001:db8:c000:221::
2001:db8:100::/40	192.0.2.33	2001:db8:1c0:2:21::
2001:db8:122::/48	192.0.2.33	2001:db8:122:c000:2:2100::
2001:db8:122:300::/56	192.0.2.33	2001:db8:122:3c0:0:221::
2001:db8:122:344::/64	192.0.2.33	2001:db8:122:344:c0:2:2100::
2001:db8:122:344::/96	192.0.2.33	2001:db8:122:344:: <u>192.0.2.33</u>

Well-Known Prefix	IPv4 address	IPv4-Embedded IPv6 address
64:ff9b::/96	192.0.2.33	64:ff9b:: <u>192.0.2.33</u>

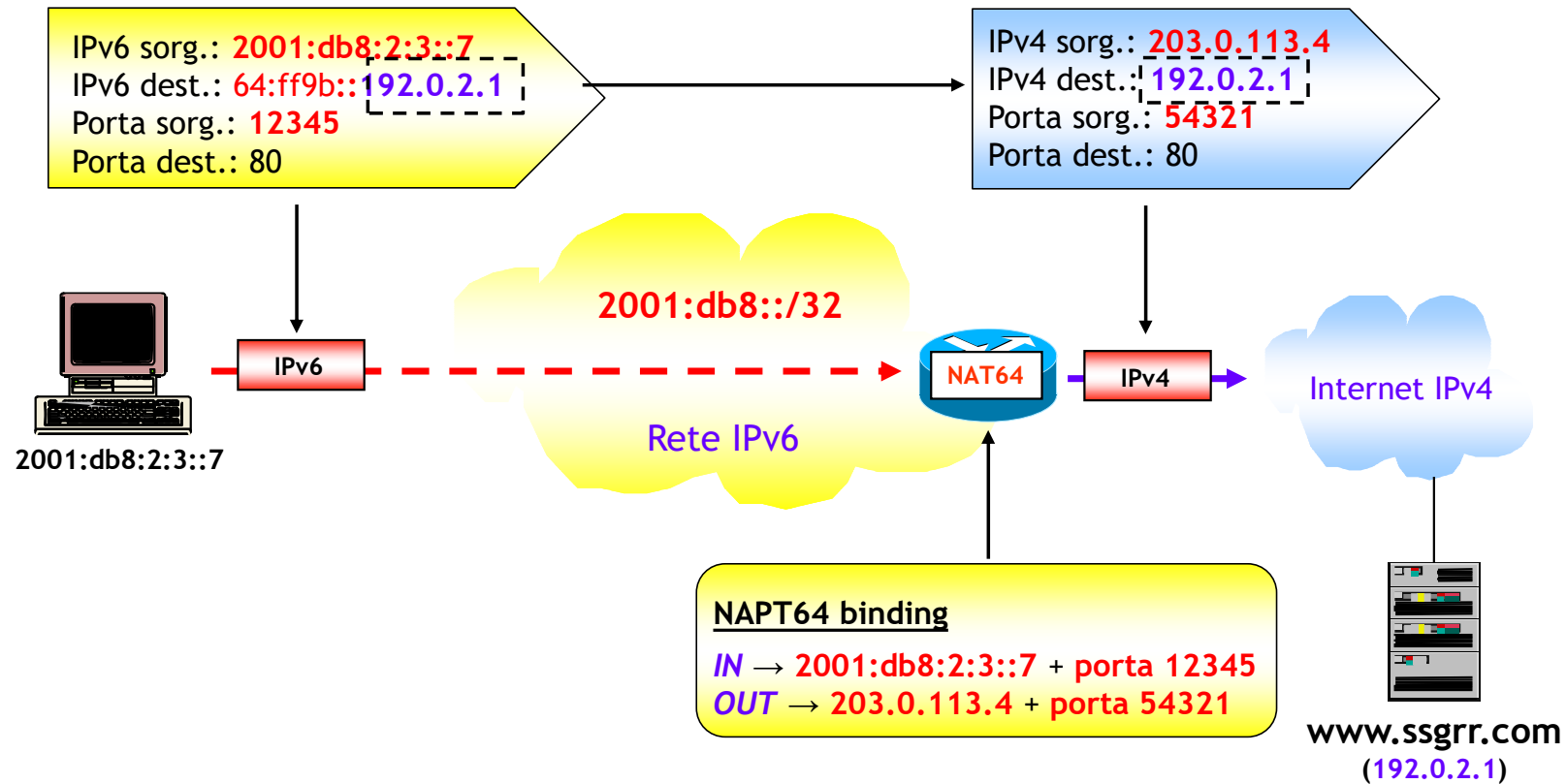
RFC 6052

Appendice - il NAT64



- Scenario complessivo: un host *IPv6-only* deve collegarsi al sito `www.ssgrr.com`
 - L'ISP utilizza per il NAT64 il prefisso riservato `64:ff9b::/96`
 - All'host IPv6 è stato assegnato l'indirizzo *Global Unicast* `2001:db8:2:3::7`
 - NAT64 pool: `203.0.113/24`

Appendice - il NAT64



Ultima Diapositiva (finalmente ...)



Grazie per l'attenzione