



# IPv6 @HOME

## WITH OPENWRT



**Elia Aielli**

Fiber Telecom Wholesale Winery Tour - 11 Aprile 2024

# Introduzione

## Elia Aielli

Ingegnere delle Telecomunicazioni - Sicurezza nelle reti - Unipi  
NOC Support Engineer  
Network Engineer presso Timenet SpA



## Motivazioni

Divulgazione IPv6  
Sperimentazione con OpenWRT  
Preparazione per il futuro  
Divertimento a casa



# Che cos'è OpenWRT?



[www.openwrt.org](http://www.openwrt.org)

## Il progetto

- Linux OS per dispositivi embedded
- Open Source
- Performance e stabilità
- Sicurezza
- Community
- Licenza GPL, costo 0

## Dispositivi compatibili

- <https://openwrt.org/toh/start>
- Asus, Netgear, Ubiquiti, etc
- x86 hardware PC / VM / server

## Cambio firmware

- Download firmware dal sito
- Web GUI OEM firmware
- Bootloader e porta Ethernet
- Bootloader e porta Seriale
- Via JTAG
- Procedure di recovery

## Funzionalità

- Firewall
- VPN
- PBX (sip)
- AP
- Switch
- e molto altro

# La mia rete di casa

## Provider ipv4 only

- Ad oggi ho un IP pubblico v4 statico
- CPE, AP e switch utilizzano OpenWRT
- Servizio DDNS integrato nell'OS

## Segregazione VLAN

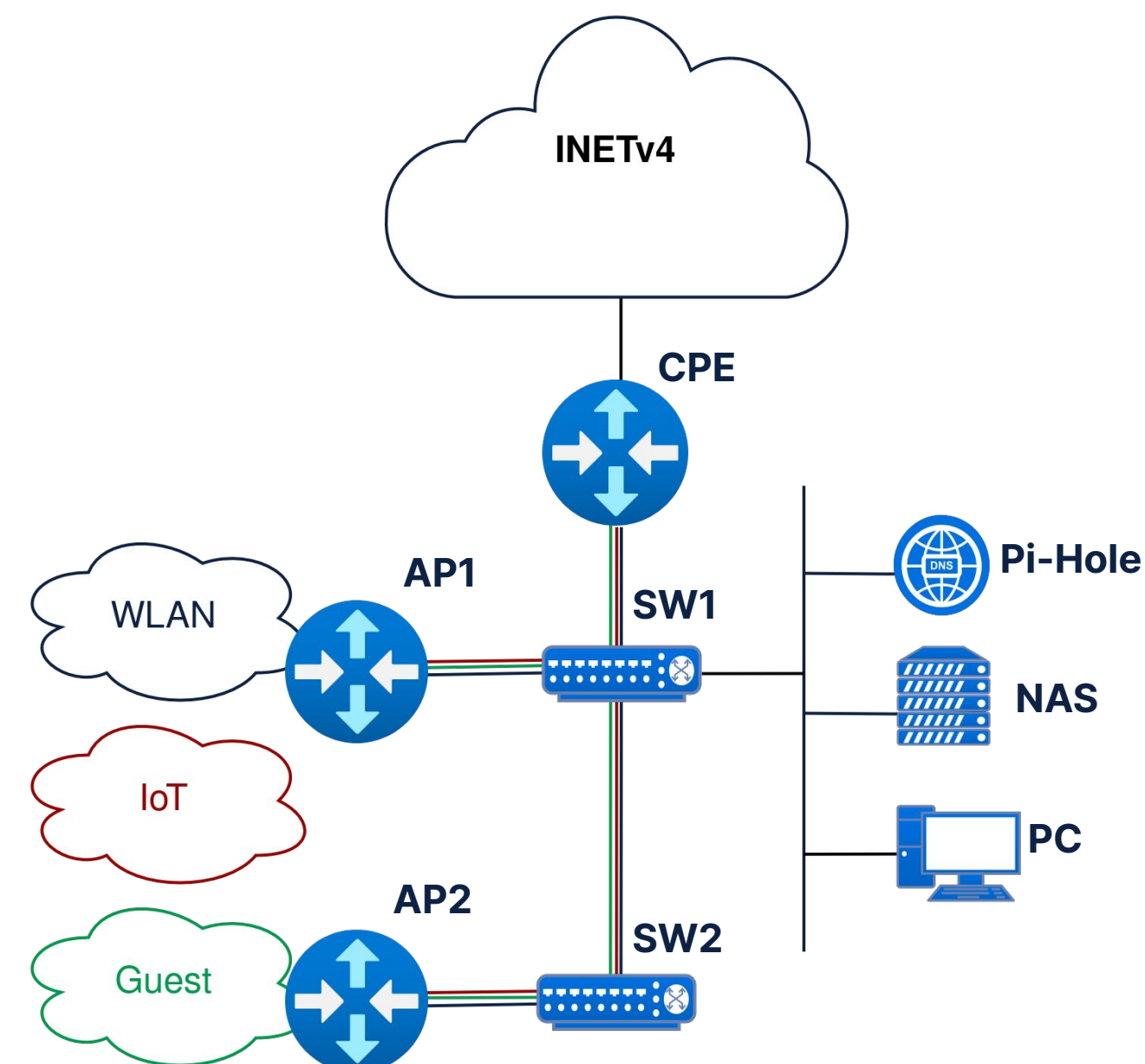
- Presenza di 3 VLAN e corrispettivi SSID
- LAN per il lavoro, 5GHz
- IoT, 2.4GHz
- Guest per gli ospiti ed i device insicuri (bambini)

## Firewall a zone

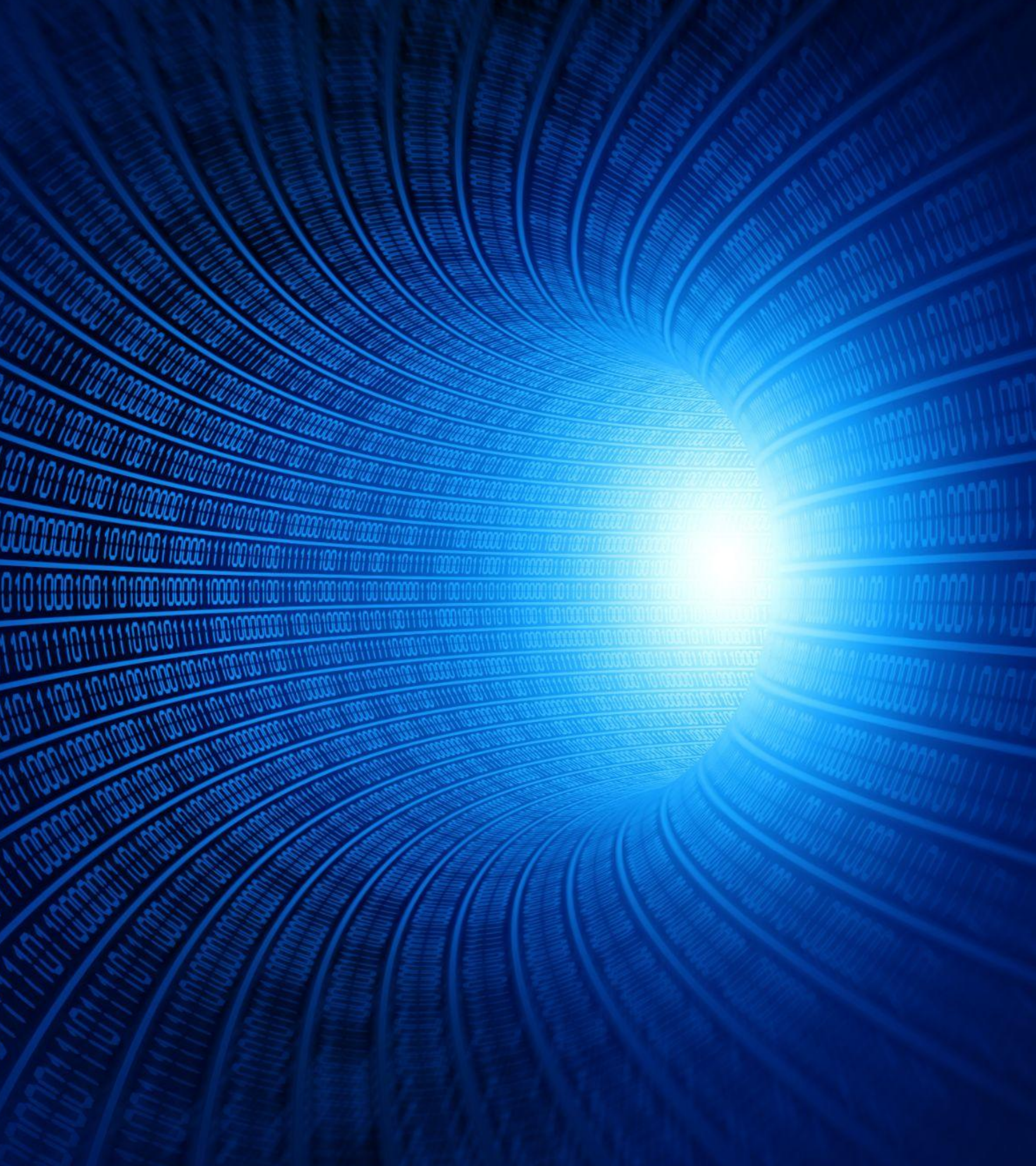
- LAN può raggiungere Internet e le altre zone
- Guest può solo navigare, non raggiunge la config del router
- IoT non può navigare, non raggiunge la config del router

## Wireless roaming

- Stessi SSID su entrambi gli AP
- I device pilotano lo sgancio ed aggancio agli AP
- Potenza sugli AP calibrata a dovere
- Possibilità di configurare 802.11r,k,v per fast roaming







# IPv6, come procurarmelo?

## Tunnelbroker

Hurricane Electric fornisce un servizio di tunnel v6-in-v4 gratuito  
E' sufficiente registrarsi su <https://tunnelbroker.net/>  
39 locations dove terminare il tunnel

## Tunnel v6-in-v4

Tunnel stabilito tra due endpoint che comunicano solo in IPv4  
All'interno passerà traffico IPv6  
CPE riceve in DHCPv6-PD una /48 IPv6

## Prefix Delegation

Via DHCPv6 i BNG di HE forniscono un prefix fino a /48 alla CPE  
La CPE assegna gli IPv6 delegati ai dispositivi in LAN  
A sua volta la CPE può delegare in downstream prefix variabili  
Possibile segmentare in più /64 la propria rete  
Raccomandazione RIPE per Aziende: /48, Privati /56

## Update dinamico endpoint

Dyn-compliant endpoint updates  
Tramite username, password e tunnel ID aggiornamento automatico dell'ip pubblico della CPE, lato HE



# IPv6, come implementarlo

## Dual Stack

- Presenza di doppio IP, v4 e v6 sulle NIC
- Happy Eyeballs, algoritmo IETF per minimizzare i tempi di connessione dual stack
- Check contemporaneo della raggiungibilità v4 e v6 (preferenziale)
- Nasconde problemi ipv6 all'end user
- App dependant (es. chrome, opera, OS X, FreeBSD, etc)
- Non riduce utilizzo IPv4
- 2 protocolli, scenari non prevedibili, tshoot difficile

## IPv6-Mostly

- Client indicano la capacità di utilizzare IPv6-only (DHCP opt 108)
- Server check se la rete supporta IPv6-only
- Se entrambe le condizioni sono realizzate, assegna al client un IPv6 e basta e stoppa il DHCPv4 per X min
- Se una delle due fallisce, viene associato solo un IPv4

## IPv6-Only

- Studio della situazione meno elastica
- Cosa si rompe?
- Nuova VLAN con SSID dedicato
- Necessita di altre componenti per raggiungere internet v4-Only

# Scenario

## DHCPv6

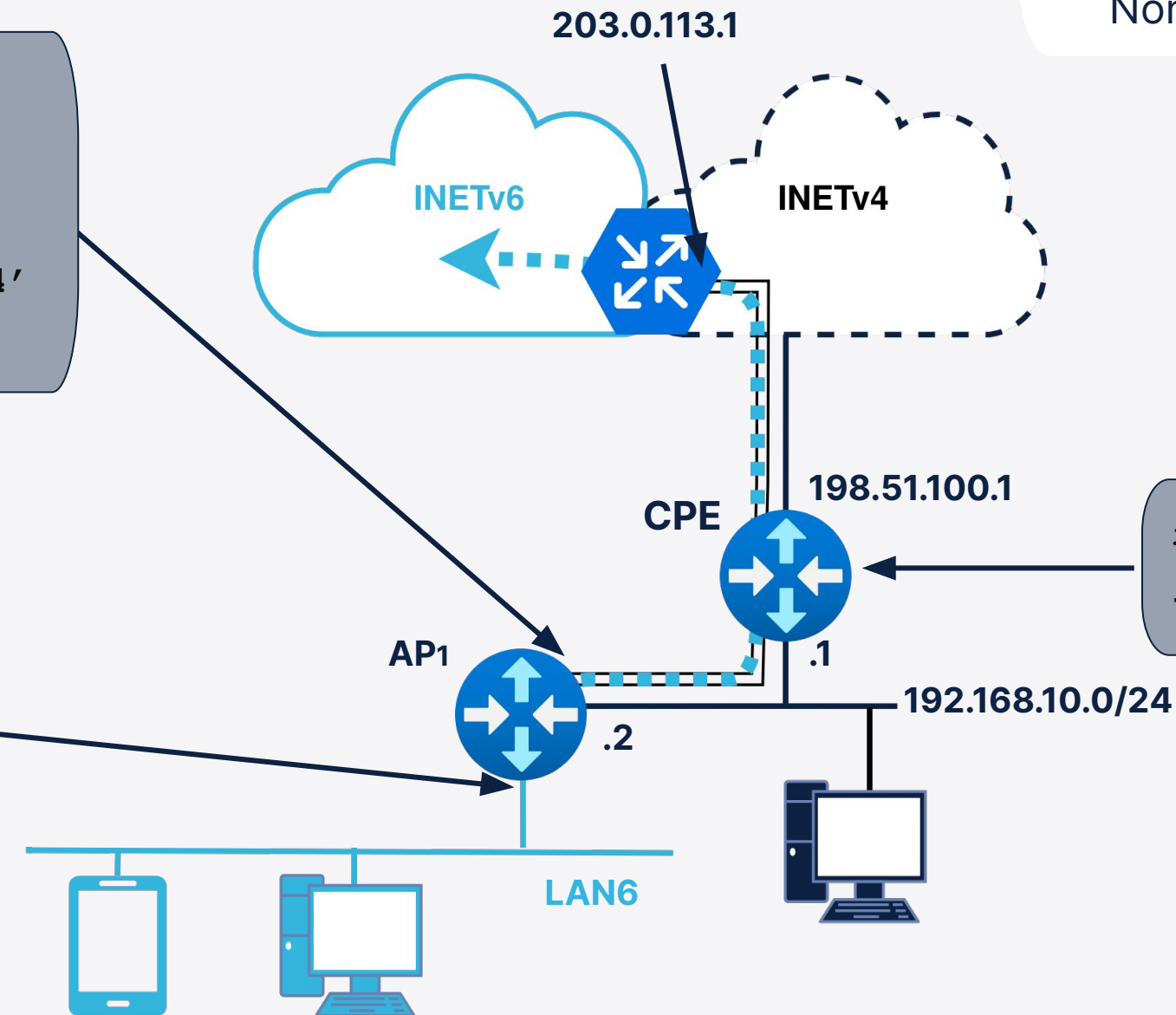
```
interface 'henet'
  option proto '6in4'
  option peeraddr '203.0.113.1'
  option ip6add '2001:db8:0:f00::2/64'
  [...]
```

## SLAAC

```
interface 'lan6'
  option proto 'static'
  option ip6assign '60'
  option ip6hint '60'
  [...]
```

## IPv6-only

Con questa configurazione la LAN6 è IPv6-only  
Non ho la possibilità di raggiungere le risorse IPv4-only



```
iptables -t nat -A PREROUTING -p 41
-d 198.51.100.1 -j DNAT --to 192.168.10.2
```

— v4-only  
— v6-only  
— 6-in-4 tunnel

**WAN** Sfrutto DHCPv6 per la Prefix Delegation

**LAN6** Utilizzo SLAAC per assegnare gli IPv6 agli host. Dinamico, leggero e supportato da tutti gli OS (Android non supporta DHCPv6)





# DNS

## DNS, cosa utilizziamo?

### DHCPv6

- Il router AP1 utilizzerà come DNS quelli forniti via DHCPv6 dal Tunnel Broker
- I dispositivi in LAN invece faranno appoggio su AP1

### Risoluzione DNS

- I DNS forniti dal Tunnel Broker saranno IPv6
- Risponderanno sia con record IPv4 che con record IPv6

dig www.facebook.com

star-mini.c10r.facebook.com.

**AAAA** 2a03:2880:f150:82:face:b00c:0:25de

**A** 157.240.210.35

- Compliant con Happy Eyeballs



# IPv6 Checklist

## IP Assegnato

**IPv6** - 2001:db8:0:f00:a21c:c4**ff:fe**cf:4ed0/64

**IPv6 privacy extension** - 2001:db8:0:f00:f164:c653:38a6:4764/64

**IPv6 link local** - fe80::a21c:c4ff:fe**cf**:4ed0/64



## Query DNS

root@AP1:~# **dig AAAA ipv6.google.com +short**

ipv6.l.google.com.

2a00:1450:4002:416::200e



## Ping

root@AP1:~# **ping 2a00:1450:4002:416::200e**

64 bytes from 2a00:1450:4002:416::200e: seq=0 ttl=119 time=106 ms



## Traceroute

root@AP1:~# **traceroute 2a00:1450:4002:416::200e**

1 tunnel1234567.tunnel.tservxx.zrh1.ipv6.he.net (2001:db8:0:f00::1)

2 fqdn.corex.zrh3.he.net (2001:db8:0:f01::1)

[...]

9 mil07s19-in-x0e.1e100.net (2a00:1450:4002:416::200e)



# Come raggiungo le risorse v4 only?

## 64:ff9b::/96 il prefisso chiave

- Mappa tra il mondo IPv4 ed il mondo IPv6
- Prefix (96bit) + IPv4 (32bit) = IPv6 (128bit)

## NAT64

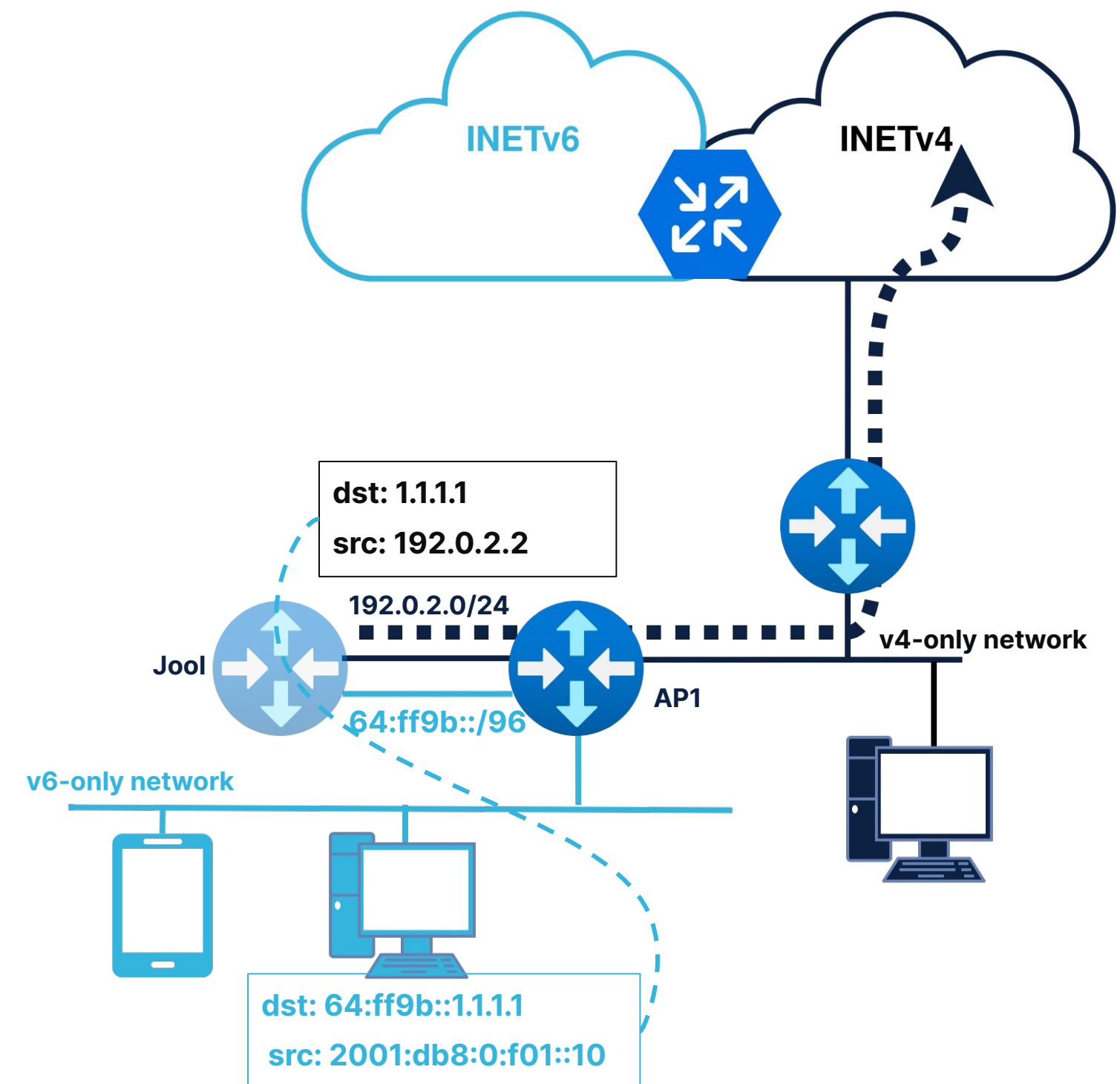
- Il prefisso 64:ff9b::/96 serve per assegnare una corrispondenza 1:1 - IPv6:IPv4
- Quando al gateway arriva un pacchetto con destinazione 64:ff9b::/96 viene ruotato verso il translator

## La mia applicazione

- Utilizzo il demone Linux Jool per fare NAT64 su AP1
- Package aggiuntivo pronto per OpenWRT
- Pacchetti presi in PREROUTING e passati in POSTROUTING
- Bypass completo della catena FILTER

## Network Namespace

- Idea di Ondřej Caletka
- Confino il demone Jool all'interno di un network namespace a sè
- Instrado il traffico destinato al prefisso 64:ff9b::/96, tramite una rotta statica, al namespace Jool
- Jool traduce da v6 a v4 e rimanda il pacchetto al default ns, correttamente filtrabile dal nostro firewall





# Come utilizzare il prefisso 64:ff9b?

## Soluzione 1: DNS64

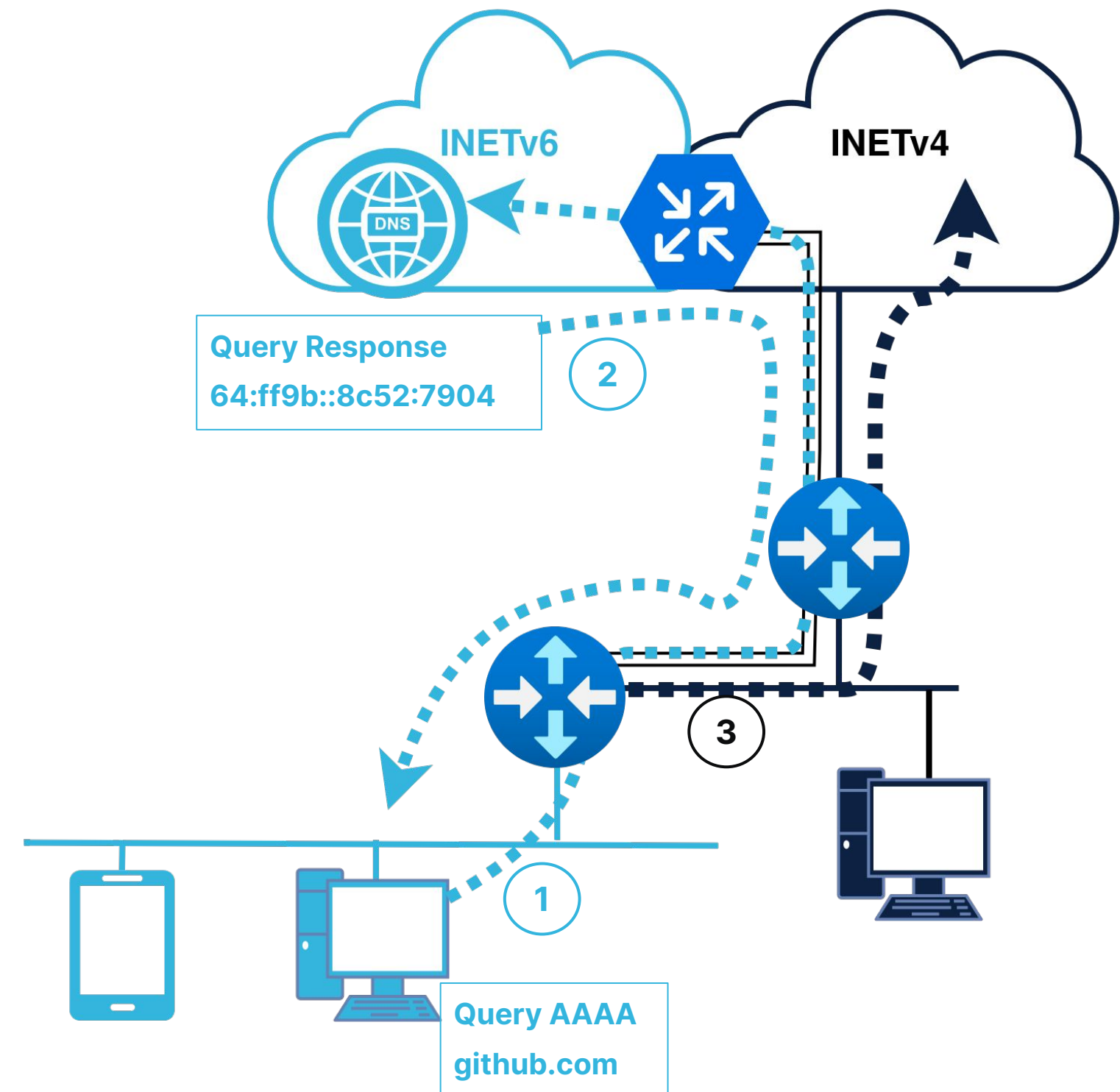
- Alcuni resolver pubblici rispondono in autonomia con il prefisso 64:ff9b::/96 come risposta alle query di tipo AAAA per fqdn v4-only
- Cloudflare e google sono i due maggiori esempi

## Upstream DNS

- Oltre ai DNS64 pubblici segnalati, potete utilizzare anche altre opzioni
- OpenWRT stesso per avere anche entry statiche
- Pi-Hole per blocco ADV, con upstream i DNS64 di Google o CF da soli
- DNS Proxy per traduzione automatica degli IP delle maggiori CDN con IPv6 GUA, evitando NAT64. es. <https://gitlab.com/miyurusankalpa/IPv6-dns-server>

## Limitazioni

- IPv4 literals
- DNSSEC
- Legacy ipv4 API



HEX 8C52:7904 = DEC 140.82.121.4

# Come utilizzare il prefisso 64:ff9b?

## Soluzione 2: 464xLAT

- Transition mechanism per IPv6
- Traduce da v4 a v6 quindi di nuovo a v4
- Composto dalla parte CLAT e dall'opzione PREF64

### CLAT

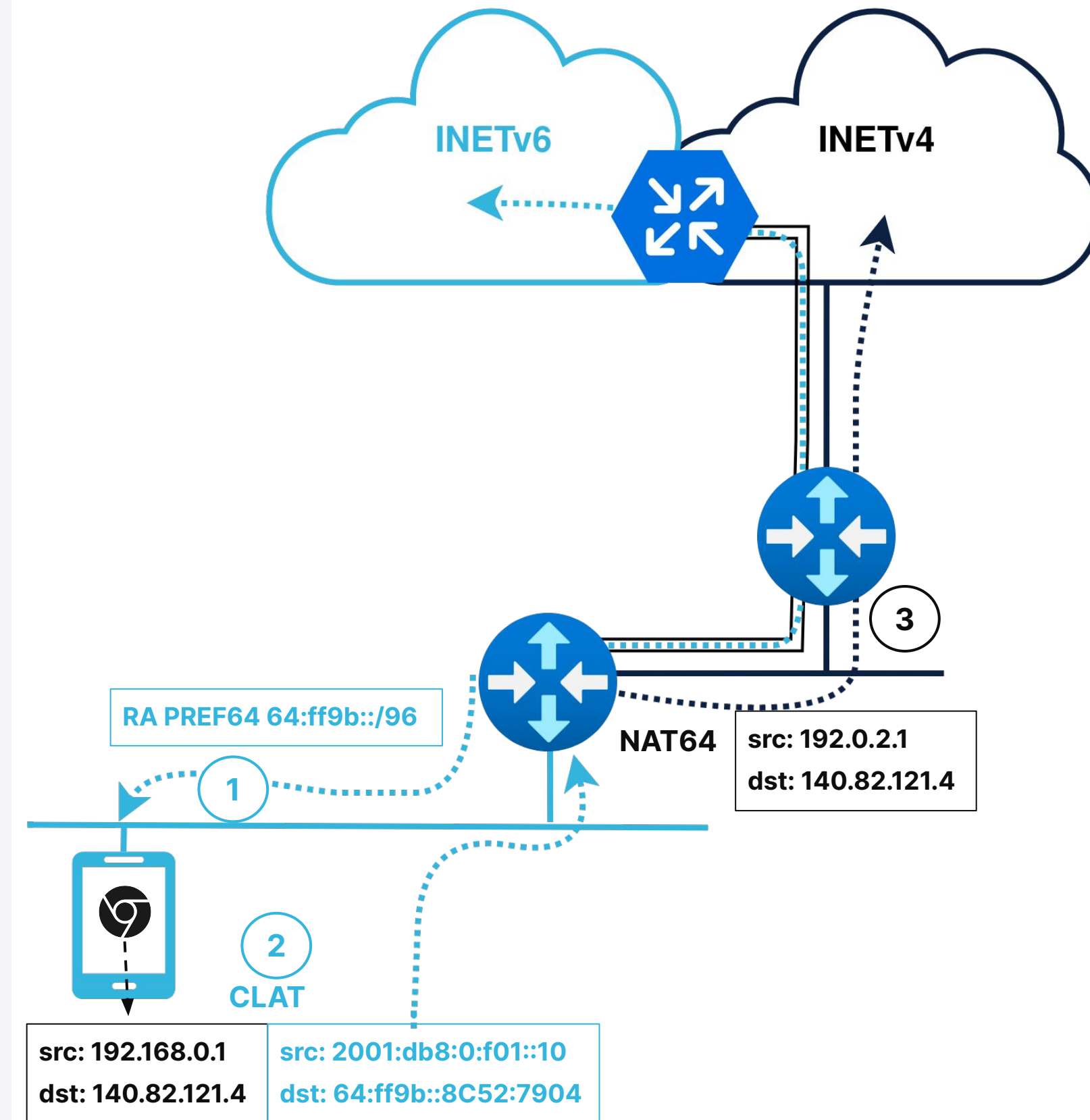
- Demone di traduzione **sul dispositivo** che fornisce IPv4 e default route alle applicazioni che non funzionano altrimenti
- Quindi lo traduce in autonomia nell'IPv6 presente sulla NIC

### PREF64

- Tramite RA viene comunicato alla LAN il prefisso di NAT64 configurato
- Nel nostro caso è il prefix standard 64:ff9b::/96
- Presente dalla versione 23.05 del firmware OpenWRT
- Integrato nella WebGUI

### Funzionamento

- I demone di CLAT forma i pacchetti destinati a reti v4 only, con il prefix ricevuto via PREF64
- Non necessita di DNS64
- Non ha le limitazioni elencate in DNS64
- Implementazione dipende dal Sistema Operativo





# IPv6 State of art

|                                                                                     | DHCPv6                                                                              | SLAAC                                                                                | DHCP108                                                                                                                                                                                                            | PREF64                                                                              | CLAT                                                                                | DNS64                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |    |                                                                                                                                 |  |  |    |
|    |    |    | <div>13+</div>                                                                                                                                                                                                     | <div>13+</div>                                                                      | <div>13+</div>                                                                      |    |
|  |  |  | <div>systemd-network<br/>d v 255</div>   |                                                                                     |                                                                                     |  |
| <div>iOS</div>                                                                      |  |  | <div>15+</div>                                                                                                                                                                                                     | <div>15+</div>                                                                      | <div>15+</div>                                                                      |  |
|  |  |  | <div>11+</div>                                                                                                                                                                                                     | <div>11+</div>                                                                      | <div>11+</div>                                                                      |  |

# Considerazioni **finali**

## **IPv6-only funziona meglio del previsto**

- Anche Win11 senza 464xLAT non da pressoché nessun problema  
Solo il download di alcune app/giochi ha ipv4 literals
- Sui cellulari non ci si rende conto della differenza
- Una rete IPv6-mostly è tranquillamente applicabile nella realtà

## **C'è fermento su IPv6!**

- Windows ha dichiarato a Marzo di cominciare a lavorare su 464xLAT
- Linux ha messo il focus su 464xLAT da poco (dhcp option 108)

## **IoT ancora acerbo**

- Far funzionare i device IoT in IPv6 è stata la cosa più complicata
- Alla fine si è reso necessario il dual stack
- Test effettuati con 4 vendor diversi, stesso risultato





# Thank You!

## Link Utili

**OpenWRT project:** [www.openwrt.org](http://www.openwrt.org)

**Table of hardware:** <https://openwrt.org/toh/start>

**Tunnel Broker:** <https://tunnelbroker.net/>

**DNS Proxy:** <https://gitlab.com/miyurusankalpa/IPv6-dns-server>

**Jool project:** <https://nicmx.github.io/Jool>

**IPv6 test:** <http://test-ipv6.com>

**IPv6 sinners:** <http://whynoipv6.com>

## Contatti

[elia.aielli@timenet.it](mailto:elia.aielli@timenet.it)



**Domande?**