

A screenshot of a web browser window. The address bar shows '1.1.1.1'. The page content is mostly greyed out, with a large white text overlay in the center. The error message reads: 'Tento web není dostupný' (This website is not available), 'Web https://1.1.1.1/ není dostupný.' (The website https://1.1.1.1/ is not available.), and 'ERR\_ADDRESS\_UNREACHABLE'.

# Když je jeden lepší než dva

Tento web není dostupný

Web <https://1.1.1.1/> není dostupný.

ERR\_ADDRESS\_UNREACHABLE

Radek Zajíc, radek@zajic.v.pytli.cz • Seminář IPv6: deset let poté, 6. 6. 2022

# about::myself

Radek Zajíc



**Blog:** [showmax.engineering](http://showmax.engineering)

**Twitter:** [@ShowmaxDevs](https://twitter.com/ShowmaxDevs)

# IPv6 RFCs: 1995 – 1999

Network Working Group  
Request for Comments: 1883  
Category: Standards Track

S. Deering, Xerox PARC  
R. Hinden, Ipsilon Networks  
December 1995

## **Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification**

Network Working Group  
Request for Comments: 2460  
Obsoletes: [1883](#)  
Category: Standards Track

S. Deering  
Cisco  
R. Hinden  
Nokia  
December 1998

## **Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification**

# Přechodové mechanismy (1996)

## Dual IP Layer

The most straightforward way for IPv6 nodes to remain compatible with IPv4-only nodes is by providing a complete IPv4 implementation. IPv6 nodes that provide a complete IPv4 implementation in addition to their IPv6 implementation are called "IPv6/IPv4 nodes." IPv6/IPv4 nodes have the ability to send and receive both IPv4 and IPv6 packets. They can directly interoperate with IPv4 nodes using IPv4 packets, and also directly interoperate with IPv6 nodes using IPv6 packets.

## Types of Nodes

**IPv6-only node:** A host or router that implements IPv6, and does not implement IPv4. The operation of IPv6-only nodes **is not addressed here.**

([RFC 1933](#), *IPv6 **Transition** Mechanisms*, April, 1996)

# NAT-PT!

Network Working Group  
Request for Comments: 2766  
Category: Standards Track

G. Tsirtsis  
BT  
P. Srisuresh  
Campio Communications  
February 2000

**Network Address Translation - Protocol Translation (NAT-PT)**

# NAT-PT...?

## NAT-PT

Rubrika: [Internet](#), 28.03.2002 06:20

## IPv6 - přechodové mechanismy (2)

Po předchozím kursu tunelování se dnes podíváme na ty přechodové mechanismy, které usilují o soužití obou světů. Převádějí datagramy z jednoho formátu do druhého a umožňují, aby si třeba IPv6 aplikace popovídala s IPv4 serverem.

Jedním z cílů IPv6 je smést NAT s povrchu zemského. Ovšem když teče do bot, je občas třeba spojit se i s nepřítelem. Proto vznikl návrh, jak zapojit NAT do práce pro světlou stranu Síly. Umožňuje strojům z lokální IPv6 sítě komunikovat s globálním IPv4 Internetem.

**Network Address Translation - Protocol Translation (NAT-PT)** je v zásadě starý špatný NAT, ale tentokrát převádí mezi IPv4 a IPv6 adresami. Typická pozice pro něj je na hraničním směrovači mezi lokální sítí a Internetem.

Očekává se, že NAT-PT sehraje v přechodné fázi mezi IPv4 a IPv6 poměrně významnou úlohu. Rozhodně patří do "základní výbavičky" přechodových mechanismů.

<https://www.lupa.cz/clanky/ipv6-prechodove-mechanismy-2/>

# NAT-PT : - (

## Tak nám zabili NAT-PT

---

Pavel Satrapa – 11. 10. 2007 6:25



A takový to byl silák! Ještě před pěti lety byl NAT-PT považován za jeden z nosných pilířů přechodu od IPv4 k IPv6. Mezi mechanismy podporujícími změnu internetového protokolu se dlouhodobě těšil prominentnímu postavení. A teď je oficiálně prohlášen za historický, čili je opuštěn. Jak k tomu došlo?

**IP verze 6 dlouhodobě trpí problémem "slepice nebo vejce". Uživatelé se do něj moc nehrnou, protože novým protokolem je dostupných méně služeb než jeho předchůdcem. A kdo by převáděl služby pod IPv6, když tam nejsou**

**uživatelé...** Jedním z prostředků, které by měly pomoci rozetnout tento začarovaný kruh, je překlad protokolů.

**Nálepky**

IPv6

<https://www.lupa.cz/clanky/tak-nam-zabili-nat-pt/>



# NAT64 !

## NAT64 - další most mezi IPv4 a IPv6

---

Pavel Satrapa – 2. 10. 2008 6:25



S blížícím se datem vyčerpání IPv4 adres (aktuální předpověď: říjen 2011) nabývají na významu prostředky pro přechod od IPv4 k IPv6. Docela dobře jsou vyřešeny různé formy tunelování, zato překlad mezi oběma verzemi protokolu zůstává otevřenou kapitolou. Vznikající NAT64 představuje další pokus o překlenutí této bariéry.

**Ovšem když NAT-PT dveřmi vyhodíte, oknem se vám vrátí NAT64.** RFC 4966 ve svém závěru připouští jeho možnou reinkarnaci v upravené podobě, a právě to se v současné době děje. NAT64 se samozřejmě snaží vyhnout problémům, které vedly k odmítnutí NAT-PT. Dělá to jednak omezením svých funkcí (NAT-PT byl obousměrný, v NAT64 se komunikace navazuje jen z IPv6 sítě do IPv4), jednak rozšířením DNS o indikaci uměle vytvořených záznamů.

**Nálepky**

IPv6

<https://www.lupa.cz/clanky/nat64-dalsi-most-mezi-ipv4-a-ipv6/>



# NAT64!

## IPv6 Mýty a skutečnost, díl VIII. - Přechodové mechanismy

TOMÁŠ PODERMAŇSKI | 31. 3. 2011 | Doba čtení: 16 minut

79 NOVÝCH NÁZORŮ  

Protokol IPv6 byl již od počátku vytvářen jako protokol nekompatibilní s dříve používaným protokolem IPv4. To na jednu stranu umožnilo tvůrcům neomezovat se při návrhu vazbou na původní protokol, ale na druhou stranu komplikuje zavádění IPv6 v sítích. (...)

### Překladové mechanismy – NAT64, DNS64

(...) pro mnohé sítě by byla jistě velice lákavá myšlenka (...) **provozovat pouze IPv6 protokol. Veškerá komunikace uvnitř sítě by se odehrávala s využitím [IPv6] a případný přechod do světa IPv4 by zajistilo jedno zařízení** (...). Výhody jsou zřejmé, zjednodušená konfigurace bezpečnostní politiky, snazší údržba síťových zařízení, služby provozované pouze pod protokolem IPv6 atd.

Z pohledu budování sítí jsou úvahy o praktickém nasazení mechanismu NAT64, DNS64 zatím hodně předčasné. (...) **V případě nasazování NAT64, DNS64 musí všechna zařízení podporovat protokol IPv6.** Pokud musíme v síti provozovat protokol IPv4, byť jen na několika zařízeních, ztrácí nasazení této technologie téměř smysl. V takovém případě je snazší provozovat v síti oba protokoly.

<https://www.lupa.cz/clanky/ipv6-myty-a-skutecnost-dil-viii-prechodove-mechanismy/>

# NAT64 !

## Vyšla definice NAT64

PAVEL SATRAPA | 5. 5. 2011 | Doba čtení: 6 minut

12 NÁZORŮ



V minulém týdnu byla vydána sada RFC definujících mechanismus NAT64 pro překlad IPv6 paketů na IPv4 a naopak. Umožňuje zalepit jedno z bolavých míst IPv6, protože dokud se jeho uživatelé rozumně nedostanou k IPv4 zdrojům, uvidí jen velmi malou část současného Internetu.

Stručně připomeňme historii, která k němu vedla. Již v raných fázích vývoje IPv6 bylo zřejmé, že je třeba zpřístupnit uživatelům nového protokolu služby, které jsou poskytovány protokolem starým (a pokud možno i naopak). Proto vznikla specifikace SIIT ([RFC 2765](#)) definující základní pravidla pro vzájemný převod datagramů a jako jeden z jejích významných uživatelů mechanismus NAT-PT ([RFC 2766](#)), který doplňoval mapování adres.

<https://www.lupa.cz/clanky/vysla-definice-nat64/>

# NAT64 a IPv6-only

Karel (neregistrovaný) 88.146.225.---

20. 5. 2011 17:30

Smysl NAT64 je v tom, že je to další způsob pro přechod k IPv6. ISP nebude nucen udržovat dualstack u svých zákazníků. Proste postaví síť na IPv6 only a uživatelé tak budou mít stále přístup k IPv4 adresám, pokud nebude existovat IPv6 adresa požadované služby. Takové řešení umožní mnohem snazší accounting and bandwidth management, protože ISP pracuje pouze s jedním IP protokolem (firewall, fronty, směrování, atd.)

<https://www.lupa.cz/clanky/vysla-definice-nat64/nazory/>

# IPv4-only vs. IPv6-only

	IPv4-only	IPv6-only
Provoz jednoho protokolu	IPv4	IPv6
Ochrana proti protokolu	IPv6	IPv4
Přístup z/do IPv6 sítí	<b>Složitý až nemožný</b>	<b>Nativní (bez překladů)</b>
Přístup z/do IPv4 sítí	<b>Komplikovaný (často nutnost NATu)</b>	<b>Pomocí přechodových mechanismů</b>
Velikost sítě (počet dostupných adres)	<b>Složitá volba na začátku, problematické rozšiřování později</b>	<b>/64</b>
Pravděpodobnost přečíslování sítě	<b>Vysoká</b>	<b>Téměř nulová</b>
Kolize IP adres s jinými sítěmi	<b>Velmi pravděpodobná</b>	<b>Nenastane</b>
Propojování sítí „skrze Internet“	<b>U sítí s priv. adresami je nutný tunel</b>	<b>Nativní (stačí firewall)</b>
Adresní prostor pro běh kontejnerů	<b>Omezený prostor nekolidujících adres</b>	<b>Prakticky neomezený</b>

# IPv6-only ve světě

## China sets goal of running single-stack IPv6 network by 2030, orders upgrade blitz

[https://www.theregister.com/2021/07/26/china\\_single\\_stack\\_ipv6\\_notice/](https://www.theregister.com/2021/07/26/china_single_stack_ipv6_notice/)

## U.S. Government Internet Protocol Version 6 (IPv6) Policy [[source](#)]

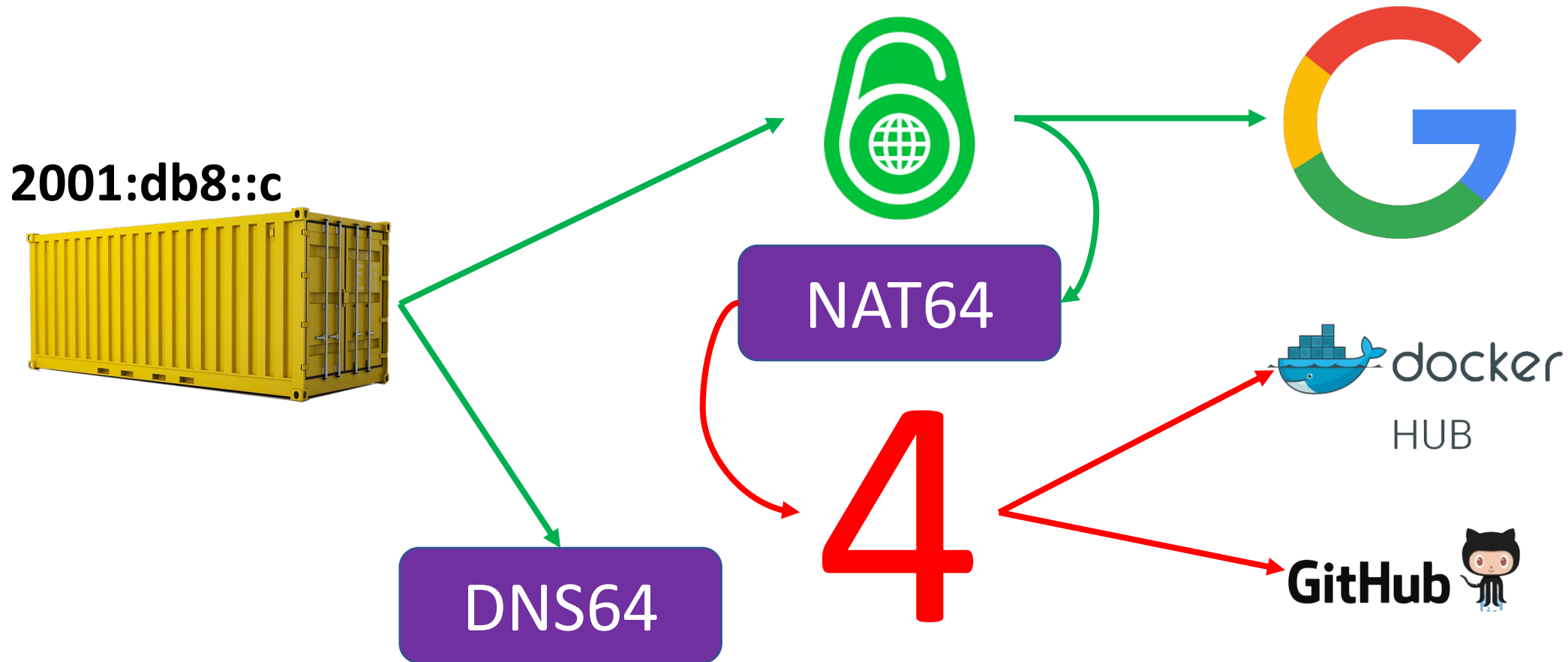
The IPv6 implementation plan shall describe the agency transition process and include the following milestones and actions:

- At least 20% of IP-enabled assets on Federal networks are operating in IPv6-only environments by the end of FY 2023;
- At least 50% of IP-enabled assets on Federal networks are operating in IPv6-only environments by the end of FY 2024; and
- At least 80% of IP-enabled assets on Federal networks are operating in IPv6-only environments by the end of FY 2025.

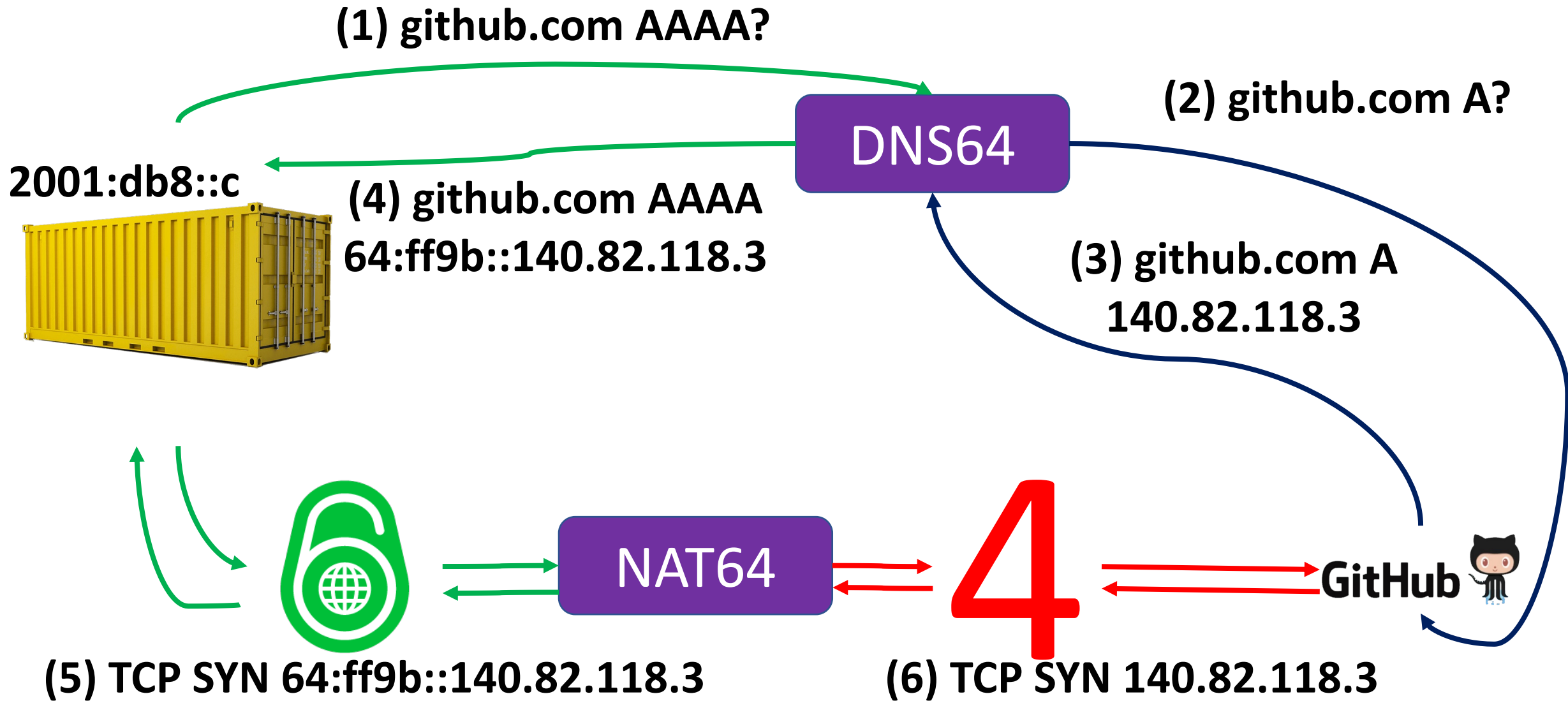
[clintonwhitehouse1.archives.gov](https://clintonwhitehouse1.archives.gov)

[clintonwhitehouse2.archives.gov](https://clintonwhitehouse2.archives.gov)

# IPv6-only s NAT64/DNS64



# IPv6-only s NAT64/DNS64



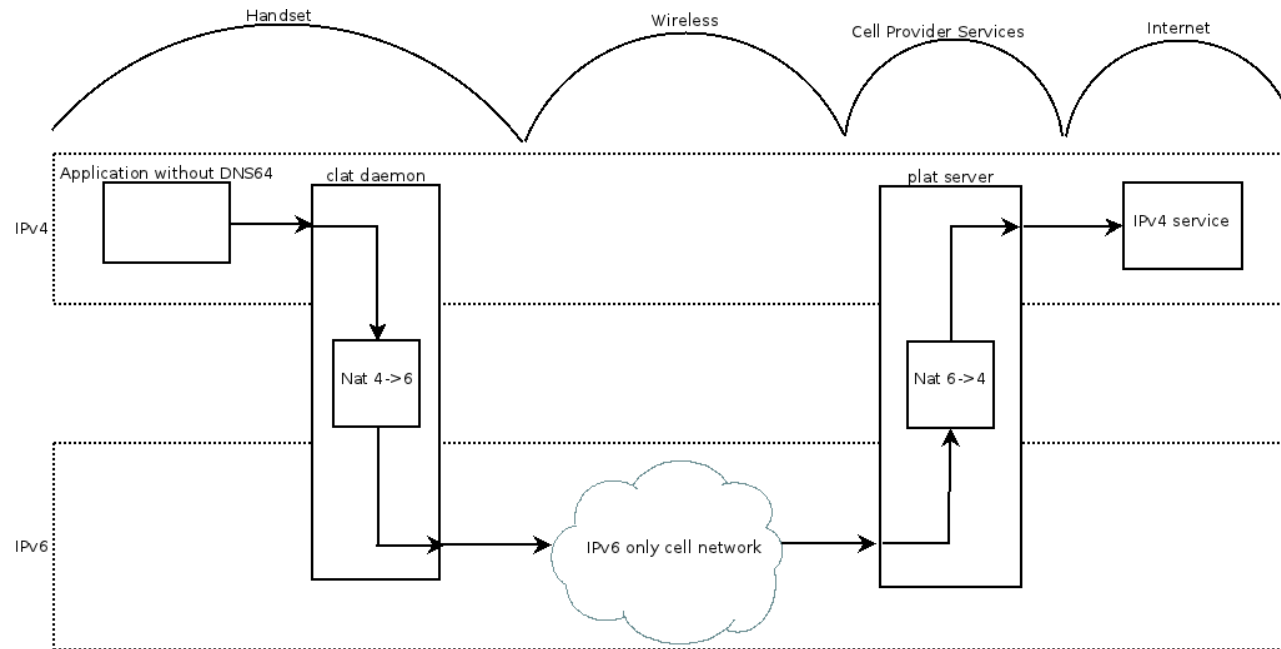


# IPv6-only v mobilních sítích

# 464XLAT: A Solution for Providing IPv4 Services Over and IPv6-only Network

## Problem Statement

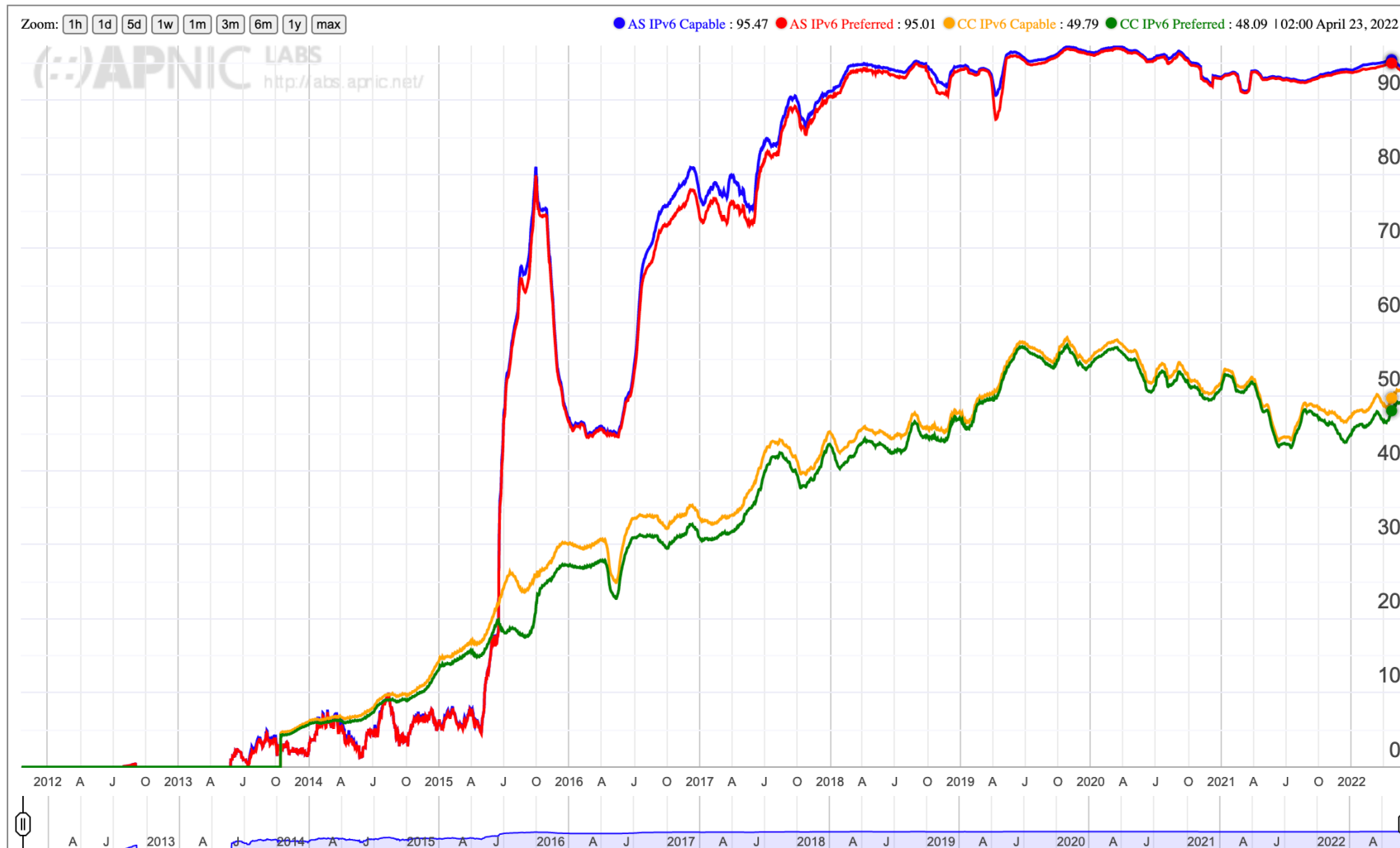
As noted in [draft-arkko-ipv6-only-experience](#), [IPv6-only networks](#), even with [NAT64](#) / [DNS64](#), cannot meet service level parity with traditional IPv4-only networks. Some applications and services just fail to work correctly over IPv6. IPv4 is required because of poor programming practices that referencing IPv4 specific networking APIs instead of address family agnostic APIs, signaling IPv4 literals, or failing to use DNS FQDN names instead of IPv4 literals does. All of the above failure scenarios are preventable and will need to be resolved for applications to thrive in the new Internet reality where there are IPv4-only, IPv6-only, and dual-stack clients.



<https://sites.google.com/site/tmoipv6/464xlat>, <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6877>

Úvahy o praktickém nasazení NAT64/DNS64 jsou hodně předčasné (2011)

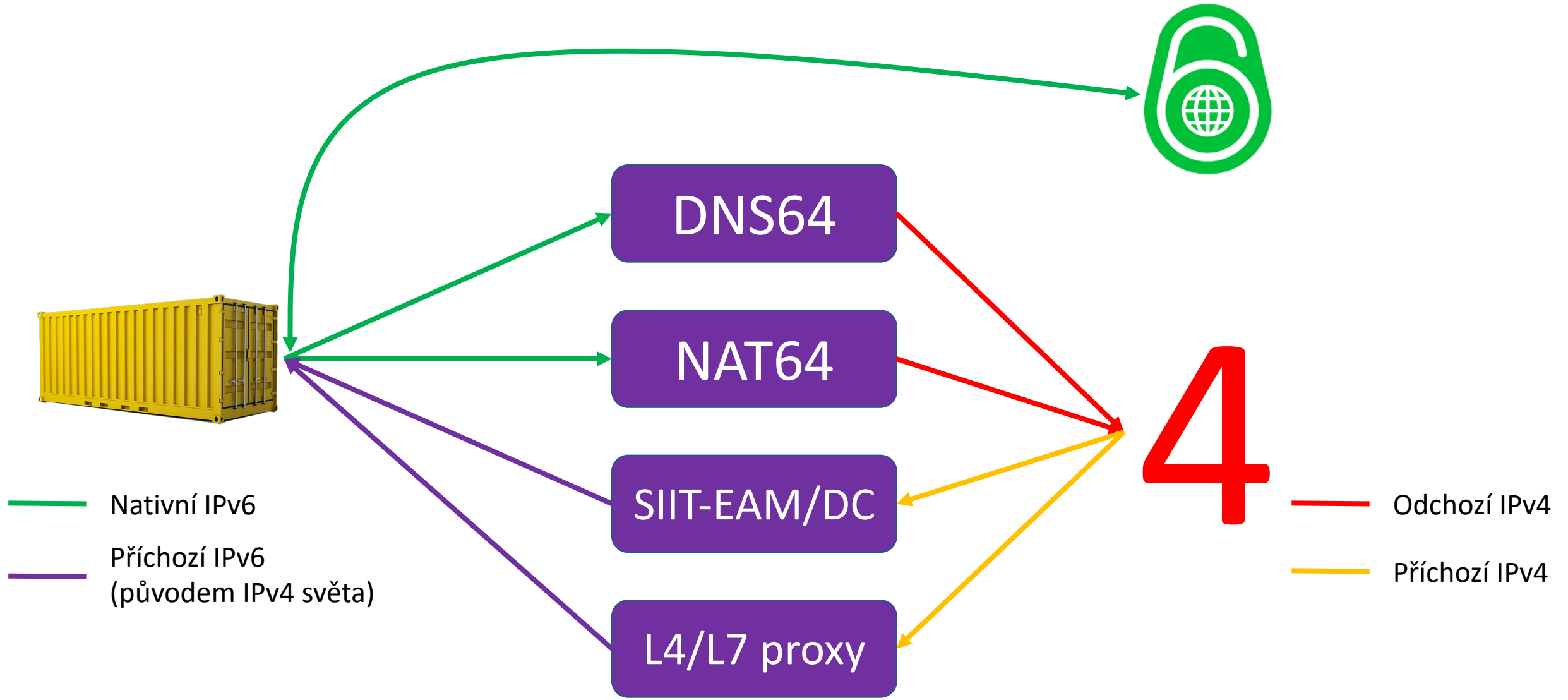
## IPv6 Deployment for AS21928: T-MOBILE, United States of America (US)



<https://stats.labs.apnic.net/ipv6/AS21928?c=US&p=1&v=1&w=30&x=1>

# IPv6-only v datacentrech

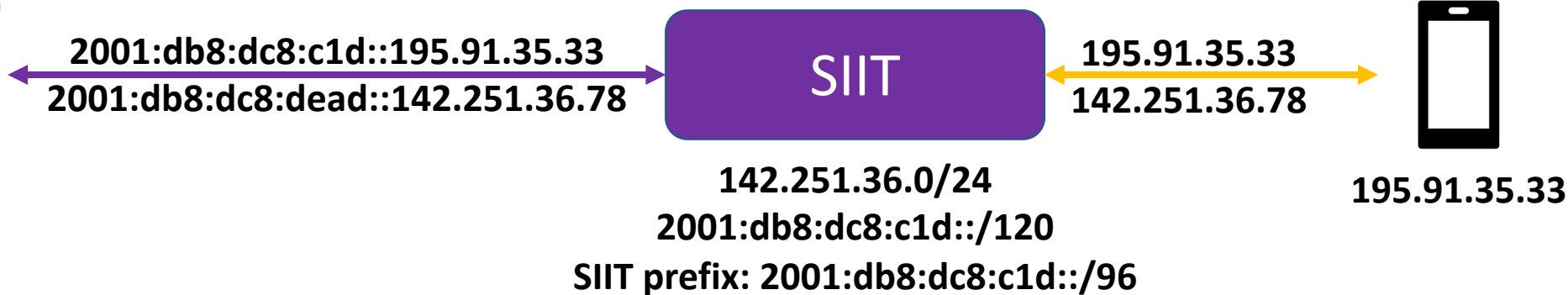
# Dual-Stack na okraji, IPv6-only uvnitř sítě



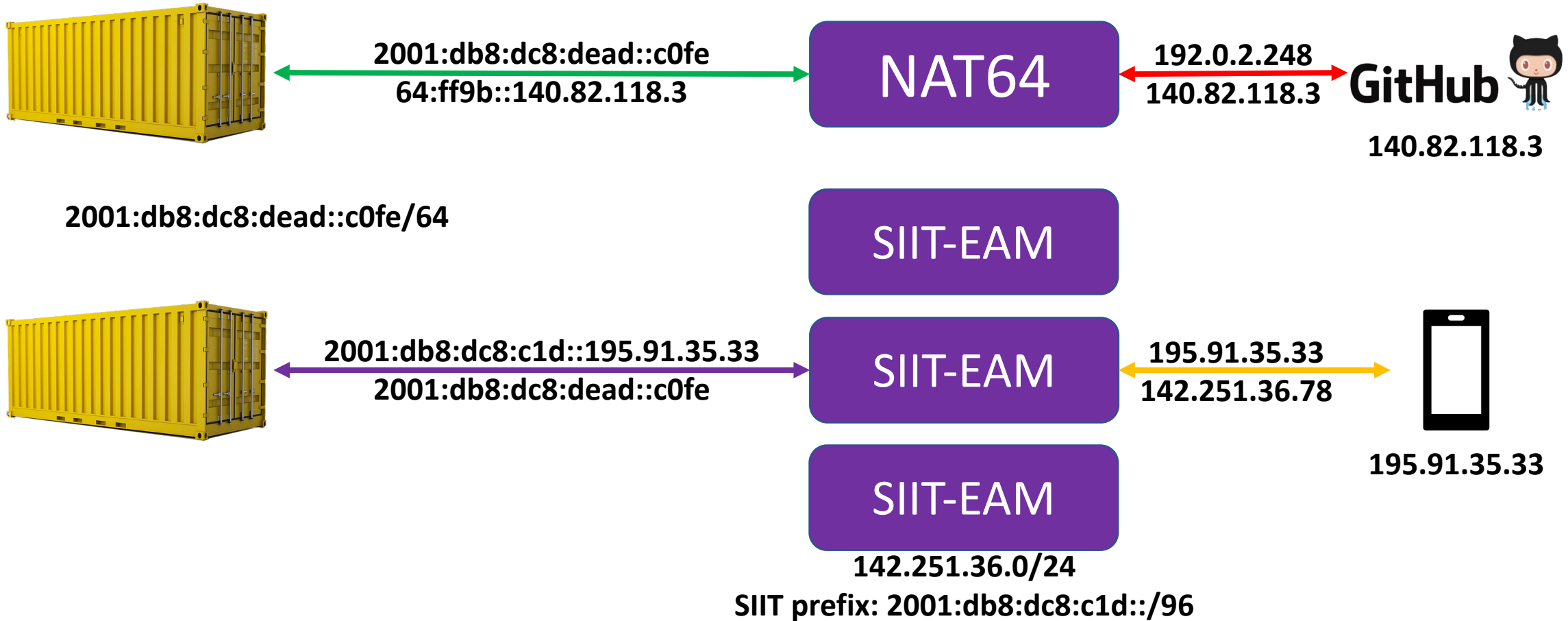
# IPv4 kompatibilita pro datacentra: SIIT



2001:db8:dc8:dead::142.251.36.78/120



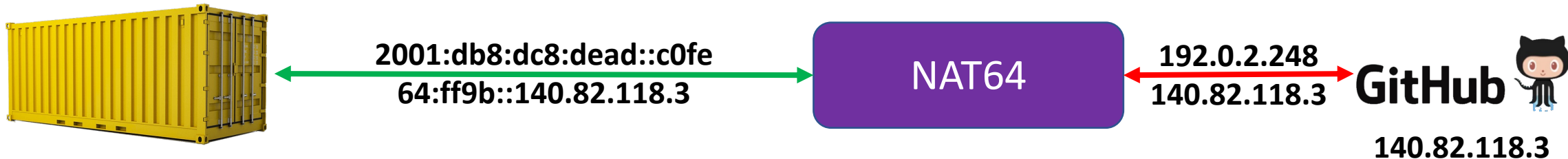
# IPv4 kompatibilita pro datacentra: SIIT-DC (EAM)



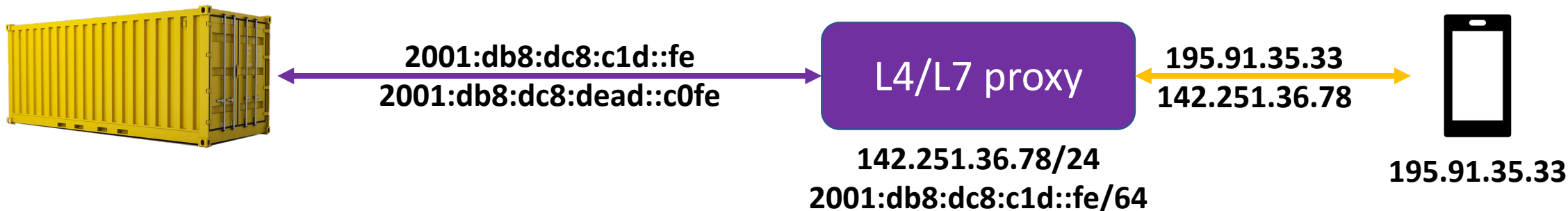
IPv4 Prefix	IPv6 Prefix
142.251.36.0/27	2001:db8:dc8:feed::fe00/123
<b>142.251.36.33/32</b>	<b>2001:db8:dc8:dead::c0fe/128</b>



# IPv4 kompatibilita pro datacentra: L4/L7 proxy

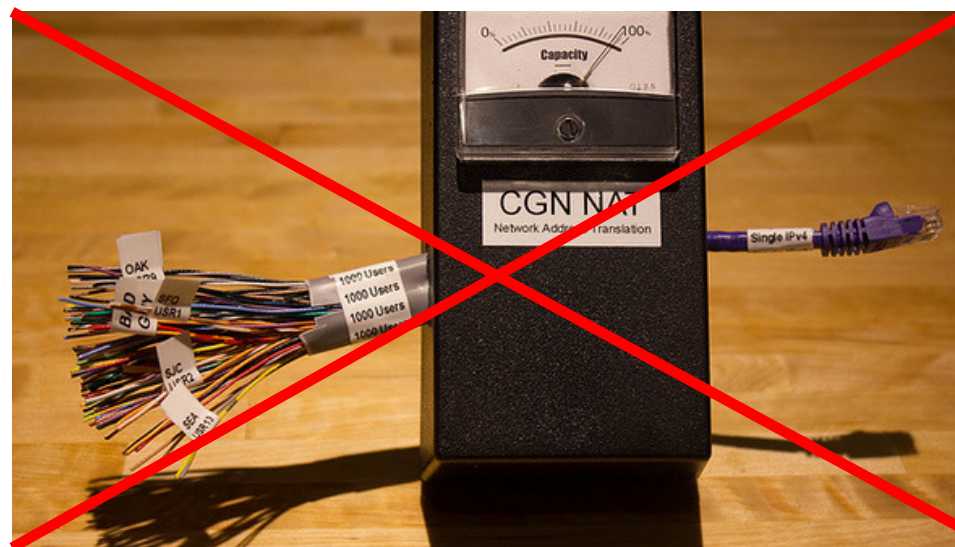
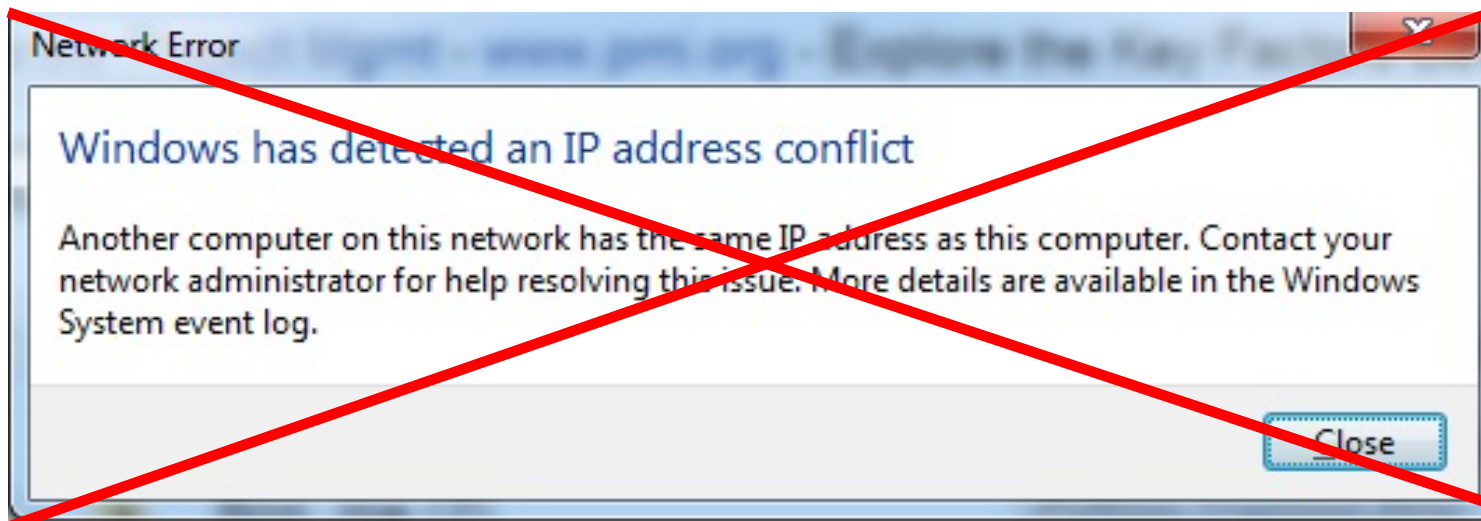
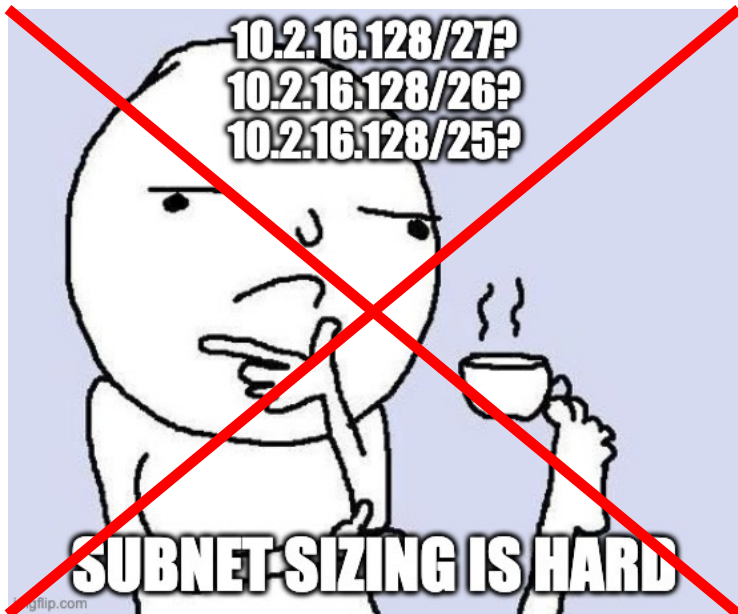


2001:db8:dc8:dead::c0fe/64



Protokol	Layer	Identifikace cíle	Identifikace klienta
HTTP (tcp/80)	L7	Host header	X-Forwarded-For apod.
HTTPS, SMTPS, POP3S, IMAPS	L4	TLS SNI atribut	Obtížná (např. PROXY protocol)
SSH	L4	Obtížná (např. TCP portem)	Obtížná až nemožná

# IPv6 a kontejnery





# IPv6 a kontejnery



# IPv6-only a NAT64 s Jool.mx

# Konfigurace Jool.mx (Linux, 1/2)

```
#!/bin/bash
```

```
DUALSTACKIFACE=enp0s31f6
```

```
modprobe jool
```

```
# add devices
```

```
ip netns add joolns
```

```
ip link add name to_jool type veth peer name from_jool
```

```
ip link set dev from_jool netns joolns
```

```
ip link set to_jool up
```

```
ip -6 addr flush dev to_jool scope link
```

```
ip -6 addr add fe80::1/64 dev to_jool scope link
```

```
ip addr add 192.0.2.2/30 dev to_jool
```

```
ip link set to_jool mtu 1500
```

```
ip route add 64:ff9b::/96 via fe80::2 dev to_jool
```

```
sysctl -w net.ipv4.conf.all.forwarding=1
```

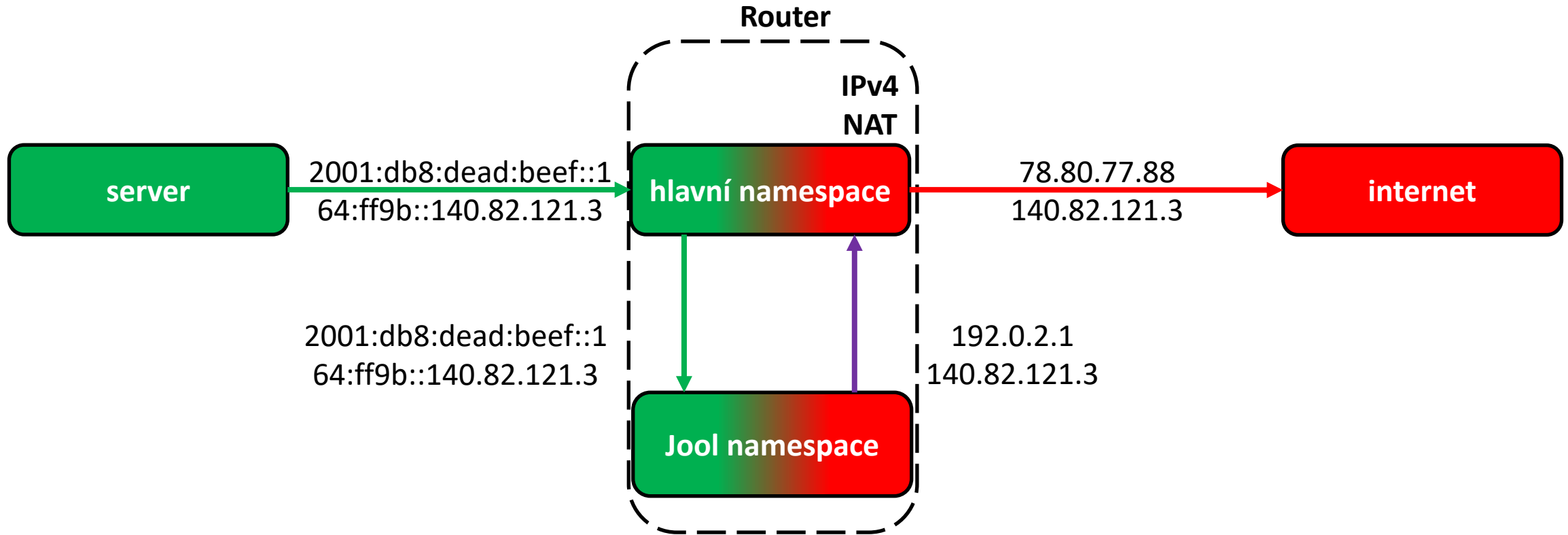
```
sysctl -w net.ipv6.conf.all.forwarding=1
```

```
iptables -t nat -A POSTROUTING -o ${DUALSTACKIFACE} -s 192.0.2.1 -j MASQUERADE
```

## Konfigurace Jool.mx (Linux, 2/2)

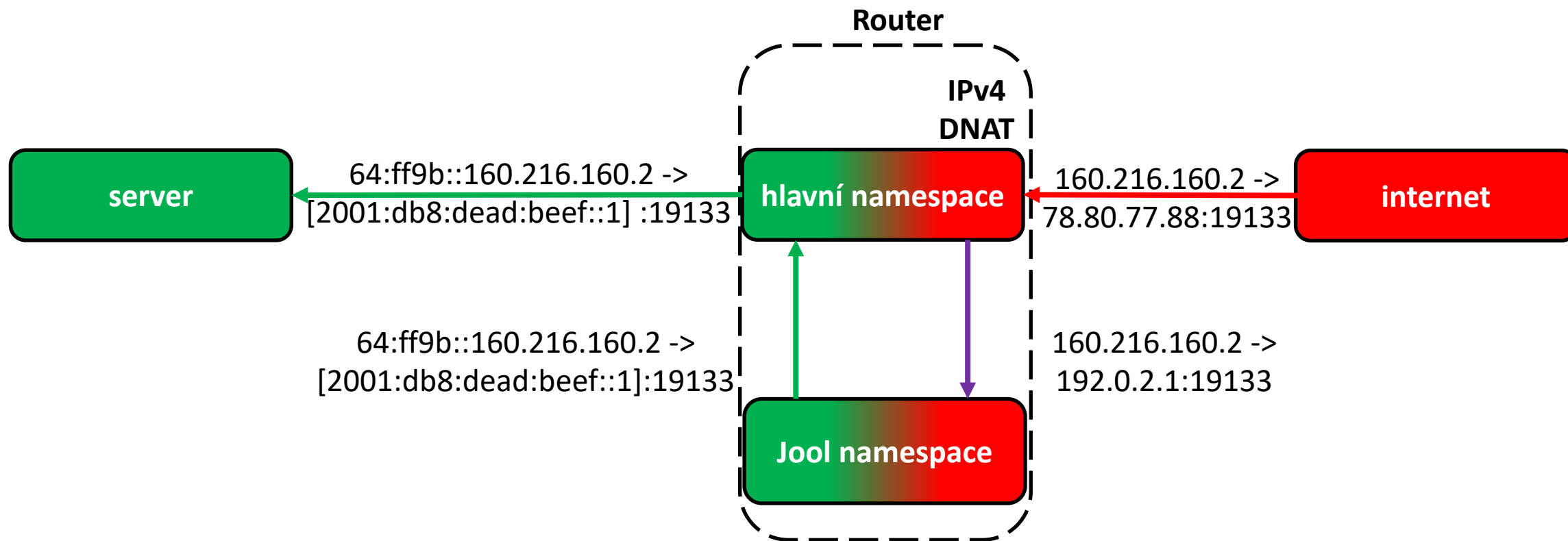
```
ip netns exec joolns bash -c "  
  ip link set from_jool mtu 1500  
  ip link set from_jool up  
  ip -6 addr flush dev from_jool scope link  
  ip addr add fe80::2/64 dev from_jool scope link  
  ip addr add 192.0.2.1/30 dev from_jool  
  ip route add default via 192.0.2.2  
  ip -6 route add default via fe80::1 dev from_jool  
  
  sysctl -w net.ipv4.conf.all.forwarding=1  
  sysctl -w net.ipv6.conf.all.forwarding=1  
  
  jool instance add --netfilter --pool6 64:ff9b::/96  
  jool global update lowest-ipv6-mtu 1500  
  jool pool4 add --tcp 192.0.2.1 61001-65535  
  jool pool4 add --udp 192.0.2.1 61001-65535  
  jool pool4 add --icmp 192.0.2.1 61001-65535  
"
```

# Provoz skrze Jool.mx





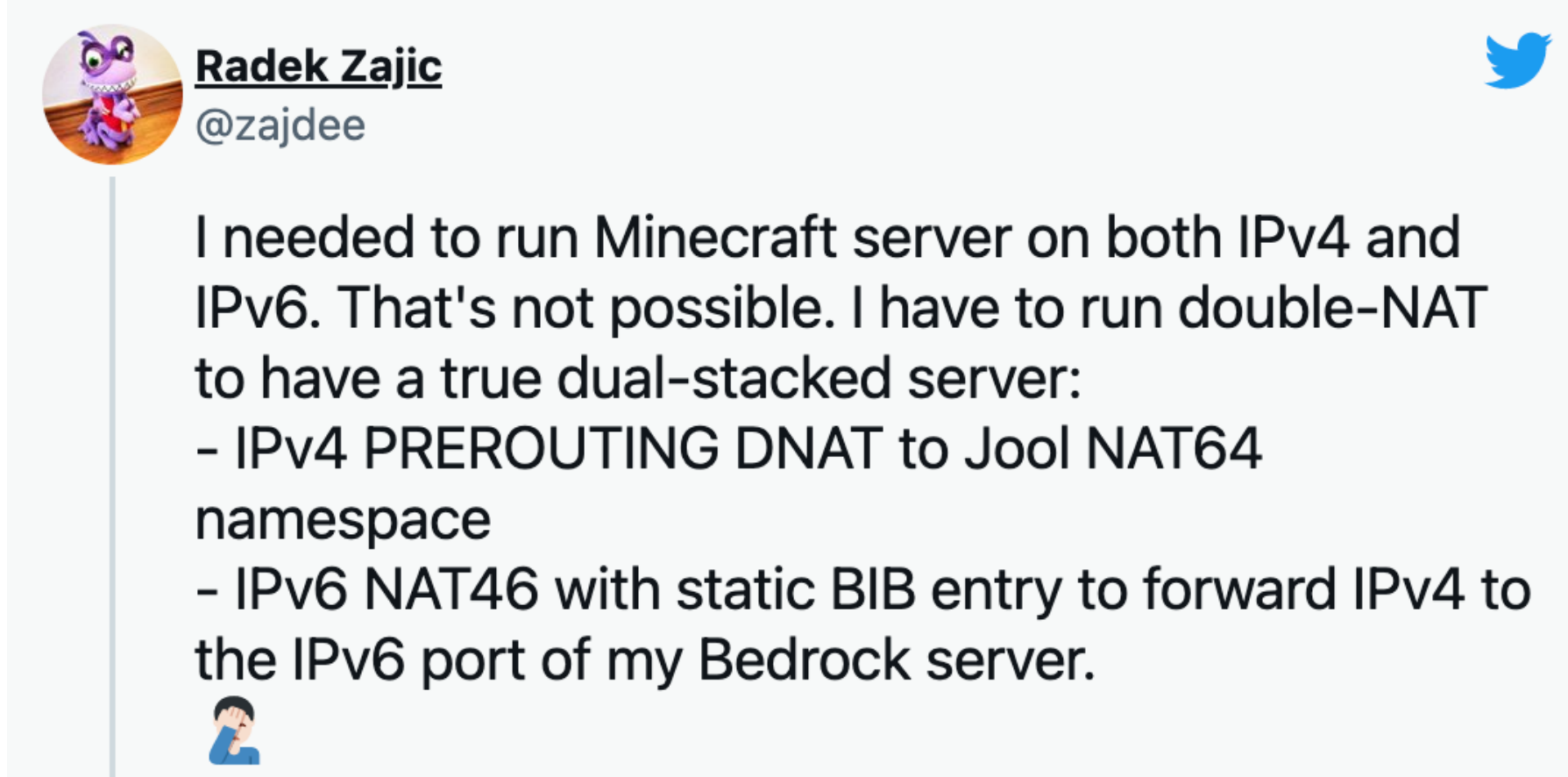
# IPv6-only Minecraft server a dostupnost z IPv4



```
iptables -t nat -I PREROUTING -i WAN -d 78.80.77.88 \  
-p udp --dport 19133 -j DNAT --to-destination 192.0.2.1:19133
```

```
ip netns exec joolns bash -c \  
jool pool4 add --udp 192.0.2.1 19133 \  
jool bib add 192.0.2.1#19133 2001:db8:dead:beef::1#19133 --udp \  
"
```

# IPv6-only Minecraft server a dostupnost z IPv4



```
2001:1ae9:277:    ::6.19133 > 64:ff9b::4e50:1302.25252: UDP, length 97
64:ff9b::4e50:1302.25252 > 2001:1ae9:277:    ::6.19133: UDP, length 7
```

# IPv6-only v cloudu

IPv6-only a svět mraků

aws



<https://github.com/zajdee/ipv6-aws-lab>

Amazon Virtual Private Cloud (VPC) customers can now create IPv6-only subnets and EC2 instances

Posted On: Nov 23, 2021

Application Load Balancer and Network Load Balancer end-to-end IPv6 support

Posted On: Nov 23, 2021

AWS launches NAT64 and DNS64 capabilities to enable communication between IPv6 and IPv4 services

Posted On: Nov 24, 2021

**IPv6-only v sítích  
s koncovými uživateli  
(enterprise, domácnosti)**

# IPv6-only a sítě s koncovými uživateli

NAT64 a DNS64 jsou naprostý základ

Happy Eyeballs skrývá spoustu problémů

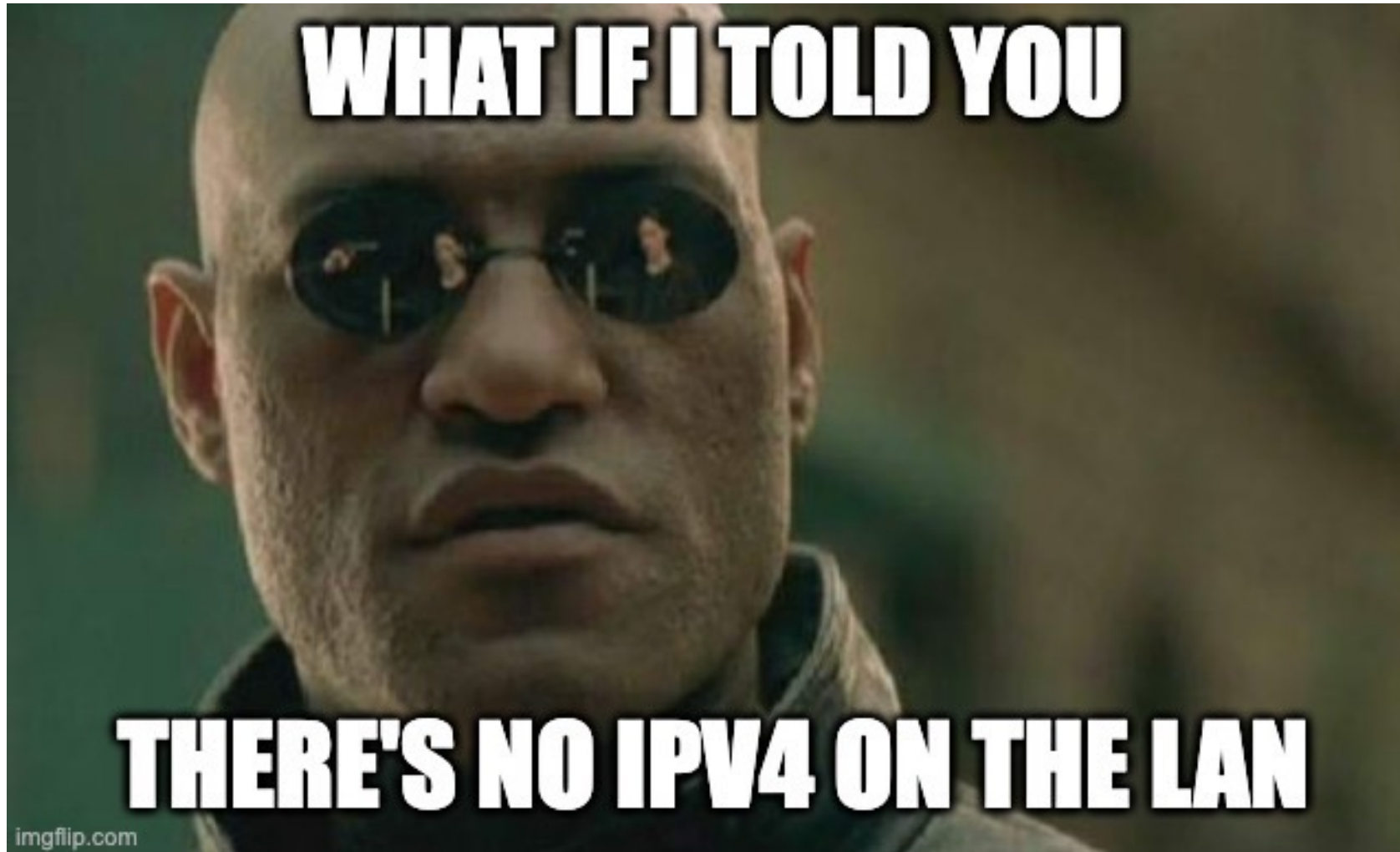
Existují aplikace, které na IPv6-only síti neběží správně ([Spotify](#))

Existují aplikace, které bez IPv4 neběží vůbec, a je jich hodně (VPN, IoT, herní konzole, audiosystémy, ESP, Arduino, Ikea HW, [běžecké pásy](#), atp.)

Jediný způsob, jak zjistit, co nefunguje, je friendly user trial (rozchodte si IPv6-only síť s NAT64/DNS64 a sledujte, co se rozbije)

Na běžném domácím zařízení neběží CLAT (aplikace vyžadující IPv4 sockety nebudou fungovat)

Není žádná IPv4



Kea 1.9.1+, ISC DHCPc 4.4.3, macOS Monterey 12.0.1+, iOS 15+, Android 12+

**IPv6-Only Preferred Option for DHCPv4**

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8925>

# Budoucnost IPv4 v koncových sítích...?

**Mobilní síť:** 464XLAT (IPv6-only, DNS64/NAT64, CLAT = NAT46 v mobilu)

**Kontejnery:** IPv6-only s DNS64/NAT64, Dual-Stack at the Edge

**Síť datacenter:** IPv6-only s DNS64/NAT64, lokální segmenty Dual-Stacku

**Domácí síť:** Dual-Stack s DNS64/NAT64 a IPv6-only DHCPv4 option



# Q & A

# Díky



@zajDee