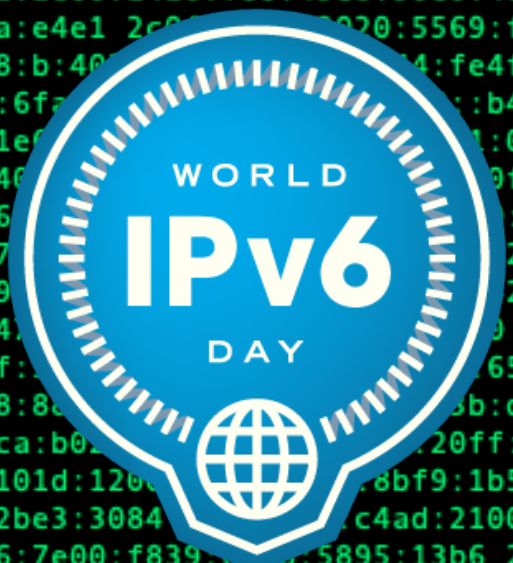


2001:8003:9043:c201:3929:7399:201b:6b4e 2c0f:fe38:2100:47f4:b1a1:6019:7826:5d85 2c0f:f8f0:c600:e:b0aa:2df0:4f9b:4996 2405:6e00:af3:6a0  
0:2108:efd9:5d82:fd71 2c0f:fe38:2001:891a:1:2:f5ab:e83d 2c0f:fe38:2205:fbf8:1:1:1466:60c6 2a02:8109:8680:32d0:a828:5c99:c47c:61c9 2a00  
:23c5:b8a:d900:d593:fb27:59bc:3ed3 2001:ac8:30:29::a05d 2c0f:fe38:2020:2471:1:2:e66e:d869 2c0f:f528:45:2c21:551b:9f8d:50b:614f 2a02:c7  
f:5227:a700:ad95:a88e:3dc2:fccb 2c0f:fe38:2107:bf4e:5911:cd81:db0d:cb82 2a02:c7f:caca:d200:6695:6cff:fea1:2041 2c0f:fe38:2403:bb68:1:0  
:a6a6:651f 2a00:23c7:639d:701:1df0:3c6f:2780:951e 2001:1c00:1416:f00:49e8:90c0:4ce9:73a5 2c0f:fe38:2202:579f:1:2:1554:d5f4 2c0f:fe38:2  
204:e9:1:1:14ad:c5df 2a02:c7d:b5d3:4100:6138:aeca:100a:e4e1 2c0f:fe38:2020:5569:f960:846f:3a4f:a21c 2a02:c7f:225e:2700:9134:1e8c:287d:  
e75f 2c0f:fe38:2001:8636:893b:42fb:3570:b482 2c0f:f4a8:b:40 2a02:c7f:fe4f 2a02:c7d:c5ed:cf00:f493:51be:8f07:4688 2406:3400:612  
:1e10:3163:f331:ac0:995f 2a02:c7f:7e76:8a00:619e:b3e6:6fa 2c0f:fe38:2403:609e:1:0:a40e:a152 2c0f:fe38:2206:e  
42e:1:1:148f:4fcb 2c0f:fe38:2009:5815:b8b9:709f:b6b1:1ef 2c0f:fe38:2007:253e:9dfc:6f94:9271:5b7c 2c  
0f:fe38:2106:b199:2db8:ac4e:a714:aafc 2a02:c7d:7284:340 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
1:4df9:8b58:29a5:3d42 2a01:510:d501:8800:8062:85e0:216 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
:4409 2c0f:fe38:2028:a1b4:1:1:e65b:dfa4 2c0f:fe38:2107:bf4e:5911:cd81:db0d:cb82 2a02:c7f:caca:d200:6695:6cff:fea1:2041 2c0f:fe38:2403:bb68:1:0  
c301:aa23:feff:fedc:419b 2a04:4a43:4b7f:4670:1cea:f5a9 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
7e9:a07e 2a01:4c8:c86:dbc3:1:1:6b38:f34a 2001:8003:264 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
:e000:e58f:c59c:6a6:6797 2a00:23c1:4001:9e01:14e0:b24f: 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
:83d2 2c0f:fe38:2107:692:cde2:8d0b:fd90:4131 2a00:23c8:8 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
8:e058:e84d:4508:438:4f3f 2c0f:fe38:2400:8cdf:1920:e1ca:b0 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
03:1b20:a:f011::a02d 2a00:c68:0:cbd0::a01d 2c0f:fbcb:101d:120 2c0f:fe38:2005:3721:1:1:f682:9ff1 2a01:cb16:207f:a0  
43:f0e4:a327:699c:1292 2001:8004:1381:31e6:71b1:721a:2be3:3084 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
f:d042 2c0f:fe38:2204:6e5:1:2:14c4:2917 2001:8003:a096:7e00:f839 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
f00:5116:5cb3:2d57:3471 2001:8003:902a:cf00:750f:456b:eedd:1734 2c0f:fe38:2100:9516:1:2:db84:6a94 2a00:23c7:838d:600:e4a5:90ca:7a53:75  
05 2a02:c7f:7c0c:1400:f6fe:fbff:fe03:9755 2001:1c01:2c0e:5700:9934:6cb9:5f2b:5970 2c0f:fe38:2206:f899:5f35:f30c:83dd:a48c 2c0f:fe38:20  
29:cf5a:4d79:7a68:cd88:6033 2a03:b5 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
:9000:3000:14::a50d 2001:8004:158 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
1 2a02:c7f:1490:ce00:d96b:b62d:48 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
1:b200:d4e6:d24d:ddfa:3d72 2c0f:f528:45:2650:f550:8470:c2a4:4402 2c0f:fe38:2028:fd2b:1:1:e6c4:a0f0 2a01:4c8:1494:2b4b:1:2:1768:43a4 2c  
0f:fe38:2200:8ba5:1:1:151a:1525 2a02:c7f:527e:e500:d61:26d7:b7fc:3678 2c0f:f5f0:c180:a930:fd84:5985:cd99:fcc7 2a02:c7f:94b8:e400:661c:  
b0ff:feae:92b2 2c0f:fe38:2008:94c1:1:1:f3ca:ef80 2001:bb6:1599:ba00:9475:c3ad:9d5:d6df 2001:8003:647f:c400:58b2:88f3:8744:e9fd 2001:56  
9:bdb8:d100:58f8:8224:340e:4602 2c0f:f8f0:d1:0:b138:745f:9945:9aa1 2a02:c7f:8a04:6000:4192:4c60:5ffd:a818 2c0f:fe38:2008:6c7b:1:1:f5b7  
:7e30 2a00:23c4:5301:da00:b4db:2fa1:baa2:96c3 2a00:1028:8394:b62a:44d9:3a67:2bc2:6b7 2001:8003:6e62:4100:9e1:e907:cb93:f9d6 2001:8003:  
8407:7800:a26f:aaff:fe3a:c334 2001:8003:f41d:2500:60f9:d329:4b66:6d6a 2c0f:fe38:2029:74f7:1:2:e5a6:f08 2c0f:fe38:2029:234c:1:2:e6a2:a6  
49 2a02:c7f:4879:8400:223d:bdff:fe17:b454 2c0f:fe38:2105:e49a:1:2:db49:f3fd 2c0f:fe38:2029:cd5b:1:1:e5d2:a2d0 2a04:4a43:4dff:1ac9:c845  
:8ead:ae74 2c0f:fe38:2200:2ca:1:1:20d:d7 2a02:8071:89b:2b00:7064:98d9 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
f:a68d:b30 2c0f:fe38:2007:a460:1c4a:dee3:933:ff96 2001:8004:1300:ed7  
9c6:31ce:0449 2c0f:f470:19:3a:3c93:12ca:a3d9:440f 2a00:23c8:940d:6701:44d1:ab:b46e:7047 2a02:908:a31:6b60:580d:5d7d:d96a:e193 2001:800  
3:9104:ff00:7431:1c22:8276:268d 2a02:c7f:b85d:3a00:64d6:d378:16ca:cf81 2c0f:edd8:10:1:a864:6d16:3cbc:40a3 2a02:c7f:3e87:9d00:c9cb:660e  
:f8fc:cff0 2a02:c7f:a55:9f00:c919:d240:ba2c:ed89 2c0f:f528:45:1b10:587:fd0:9fde:d738 2c0f:fe38:2206:a720:1:2:1466:60e2 2c0f:fe38:2102:  
54f5:1:1:da6d:b180 2c0f:f4a8:d:c9:a1d9:12aa:af18:48b4 2c0f:fe38:2401:ad95:1:0:a5cf:1fc2 2a02:c7d:4146:3000:1d19:c1ba:bf33:347b 2c0f:fe



# IPv6: Deset let poté

Radek Zajíc, radek@zajic.v.pytli.cz • Seminář nejen o IPv6, 2021-06-04

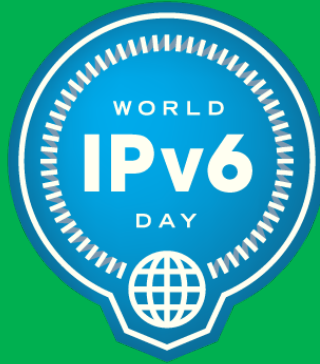
# about::myself

Radek Zajíc



**Blog:** [tech.showmax.com](http://tech.showmax.com)

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



# World IPv6 Day

8. 6. 2011

# World IPv6 Day (2011)

Google

 Limelight  
NETWORKS



YAHOO!

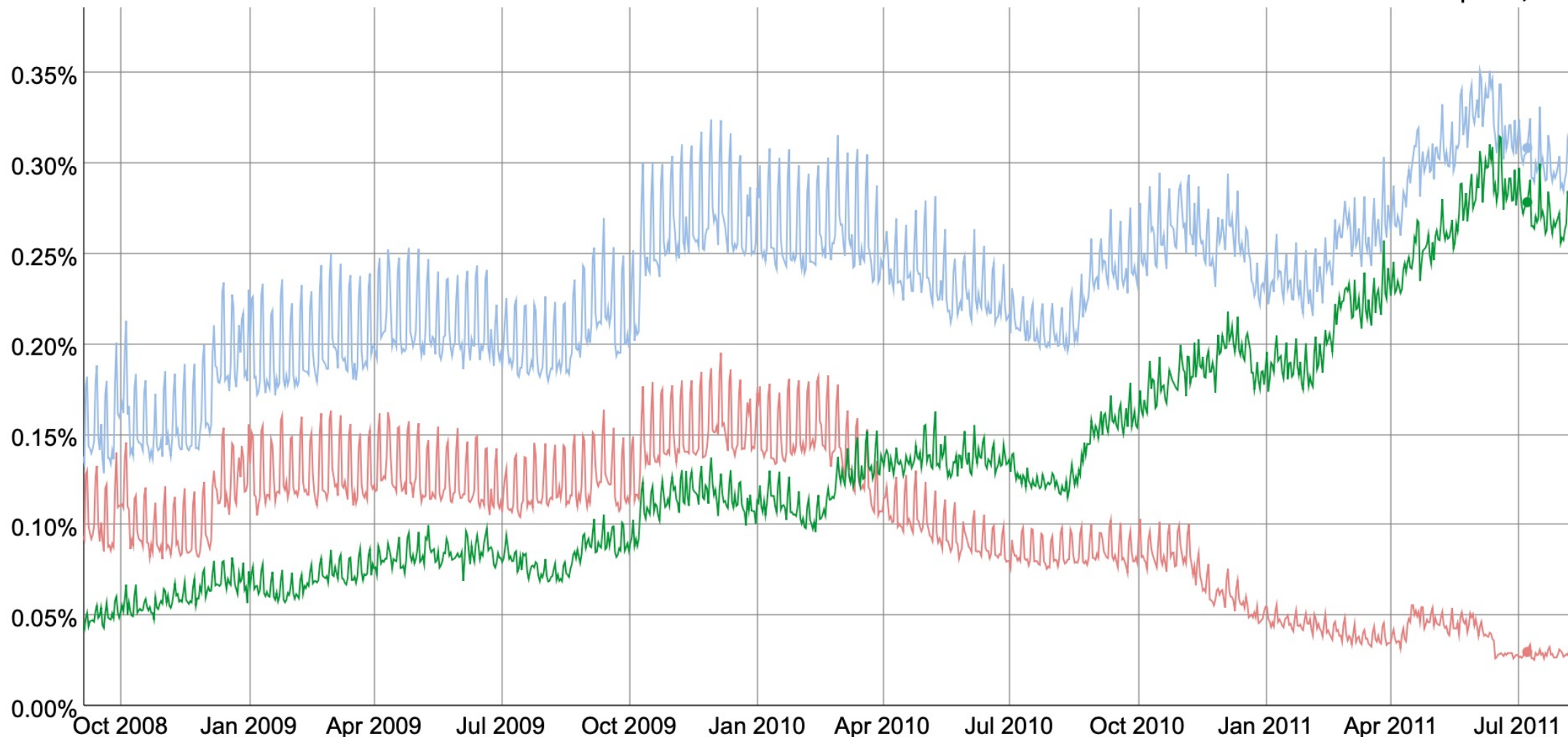


 Akamai

8. 6. 2011

# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2011 (svět)

Native: 0.28% 6to4/Teredo: 0.03% Total IPv6: 0.31% | Jul 8, 2011



# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2011 (CZ)

## Use of IPv6 for Czech Republic (CZ)



# Webové služby a IPv6 v roce 2011



4

Google



6

ipv6.google.com  
ipv6.facebook.com  
ipv6.yahoo.com

YAHOO!



4



6

ipv6.seznam.cz

# Rozšíření IPv6 v roce 2011



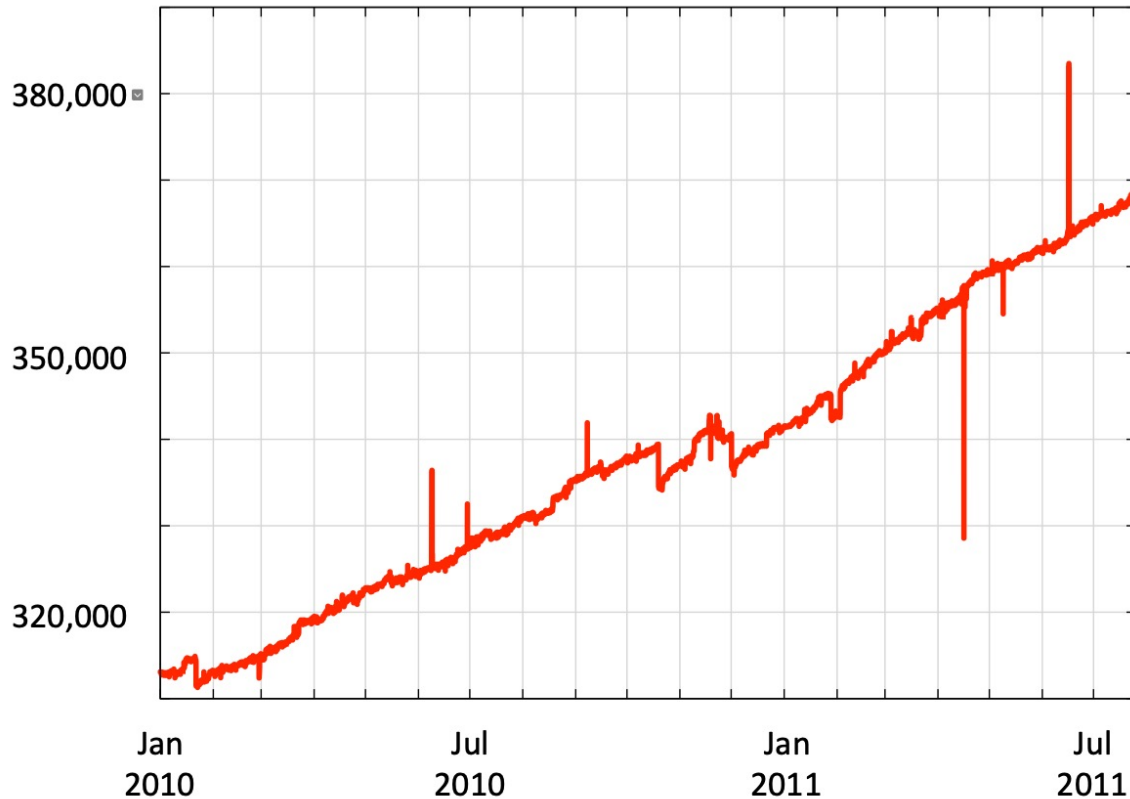
<b>IPv4-only</b>	<b>S podporou IPv6</b>
Mobilní sítě	Datacentra (dual-stack)
Připojení „na doma“	Tranzitní sítě (dual-stack)
Enterprise sítě	Tunelovací služby
Domácí/firemní routery a switche	
Internetové portály a weby	



# BGP a IPv6 v roce 2011

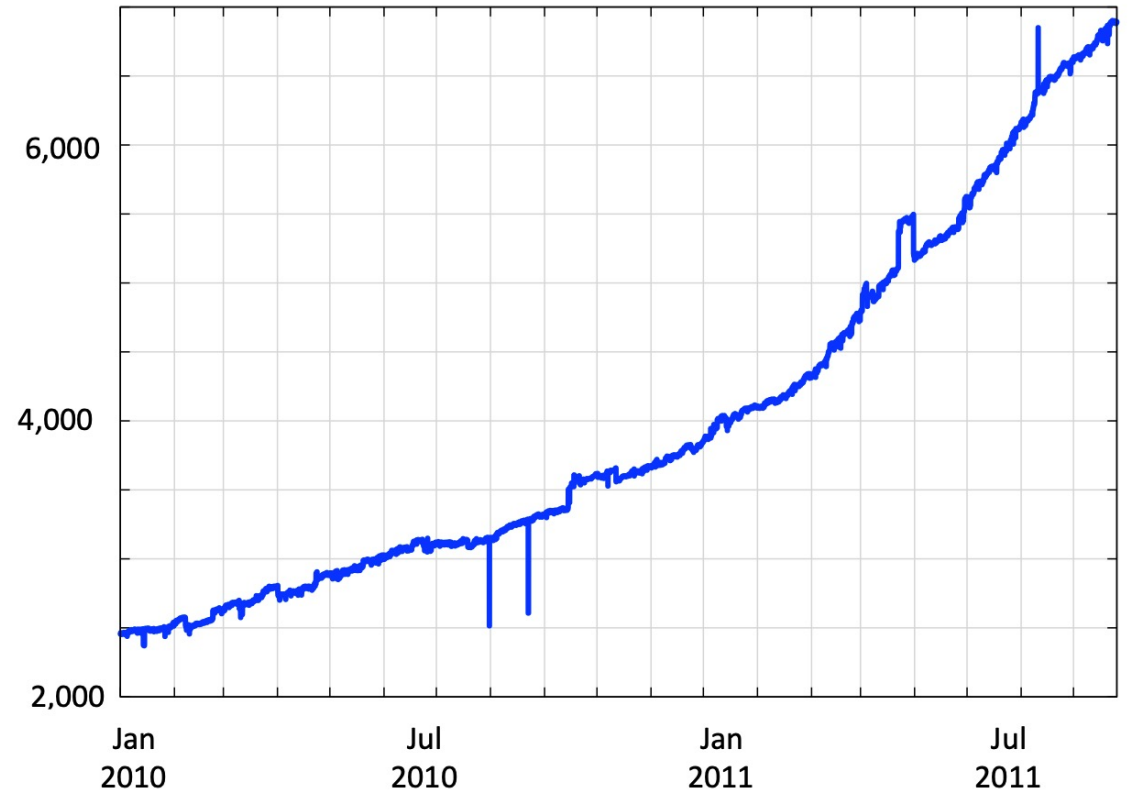
## 4

~5 400 transit ASNs  
33 600 stub ASNs  
379 000 prefixů



## 6

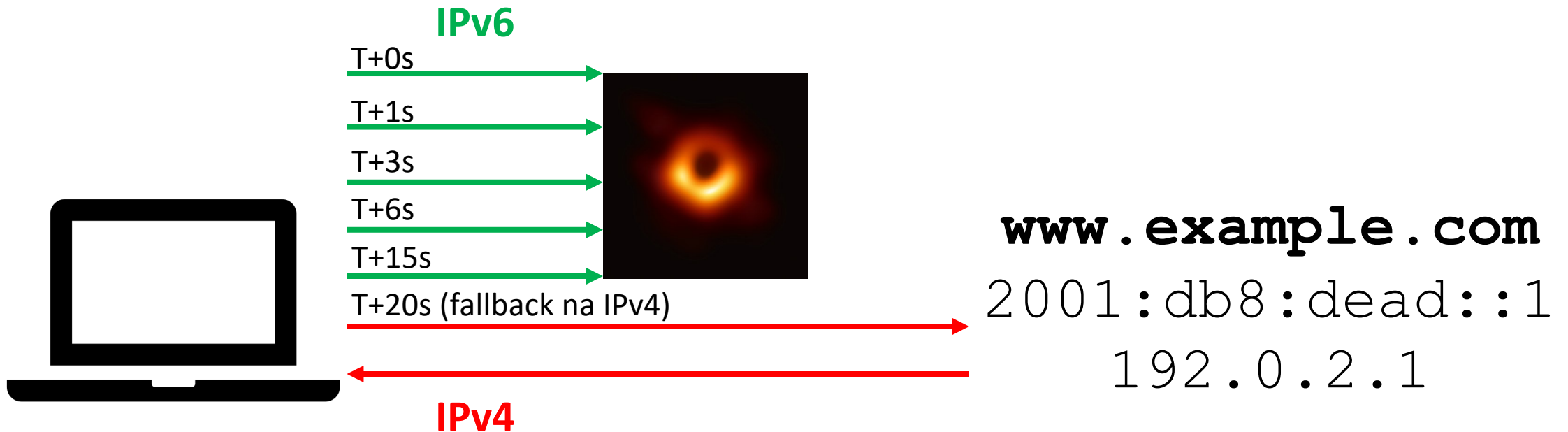
~800 transit ASNs  
3 500 stub ASNs  
6 900 prefixů



Geoff Huston, BGP in 2011, RIPE 63. <https://ripe63.ripe.net/presentations/61-2011-10-31-bgp2011.pdf>

# IPv6 Brokenness

# IPv6 Brokenness



Fallback mohl trvat desítky sekund i desítky minut, v závislosti na použitém systému a počtu AAAA záznamů.

**Z pohledu uživatele: služba nedostupná**

# Pokles využití automatických tunelů (Teredo, 6to4)

<b>Rok</b>	<b>% tunelovaného provozu</b>
2008	63,89%
2009	60,28%
2010	40,46%
2011	10,64%
2012	2,02%
2013	0,67%
2014	0,40%
2015	0,13%

Zdroj: Google IPv6 statistics, <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>

# IPv6 v roce 2011

~~RFC 1883 Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification (prosinec 1995)~~

RFC 2460 **Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification** (prosinec 1998)

~~RFC 2766 Network Address Translation—Protocol Translation (NAT-PT) (únor 2000)~~

RFC 3633 IPv6 Prefix Delegation: **IPv6 Prefix Options for DHCPv6** (prosinec 2003)

RFC 4966 **Reasons to Move the NAT-PT to Historic Status** (červen 2007)

RFC 6146 **Stateful NAT64: Network Address and Protocol Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers** (duben 2011)

RFC 6147 **DNS64: DNS Extensions for Network Address Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers** (duben 2011)

✗ Řešení na brokenness

✗ Detekce DNS64 prefixu

✗ Dostupná a výkonná implementace NAT64

✗ Podpora aplikací pro běh v IPv6-only přístupové síti (s DNS64/NAT64)

✗ Rozumná podpora pro IPv6 a delegaci prefixu (na straně klientských routerů i ISP zařízení)

✗ IPv6 first hop security na switchích

## Mohl kdokoli bez problémů používat IPv6?



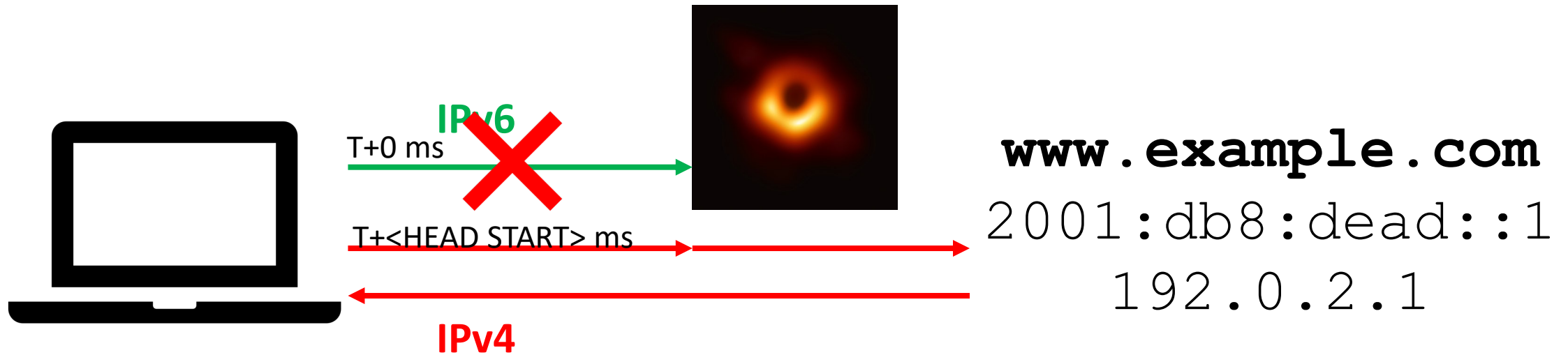
# IPv6 v roce 2011



# Happy Eyeballs

(duben 2012)

# Happy Eyeballs (RFC 6555) z rychlíku



Client	Head start
Python <code>rfc6555</code>	0 ms
cURL	200 ms
Chrome, Firefox	300 ms
Safari (HE v2)	25 ms



# ~~IPv6 Brokenness~~

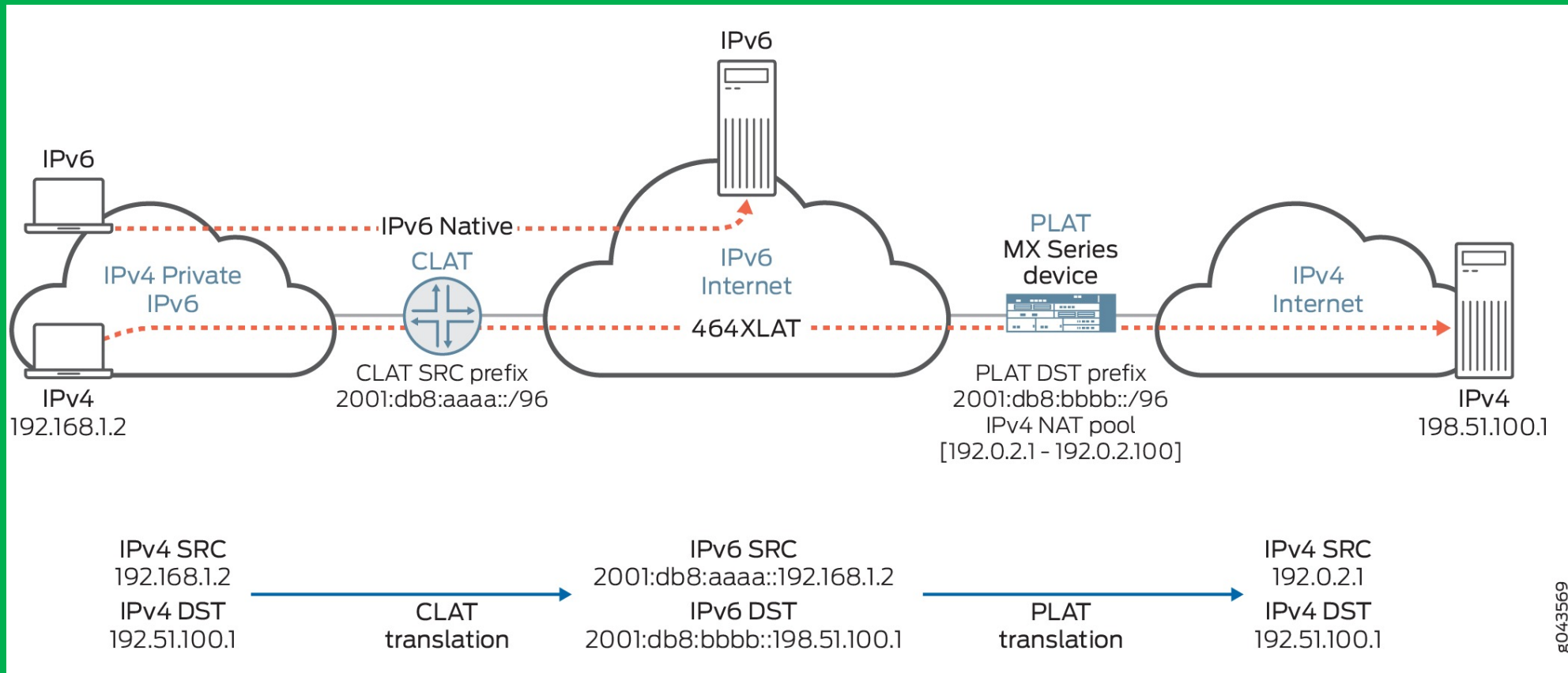
(Existuje, ale díky Happy Eyeballs není důvodem pro „nezapnutí IPv6.“)

# World IPv6 Day



***6. 6. 2012: Tentokrát to bylo doopravdy...***

# 464XLAT



RFC 6877 a 7050, duben a prosinec 2013

Obrázek: <https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/interfaces-adaptive-services/topics/topic-map/ipv4-connect-ipv6-464xlat.html>

2021-06-04

Radek Zajíc, radek@zajic.v.pytli.cz, IPv6: Deset let poté

19



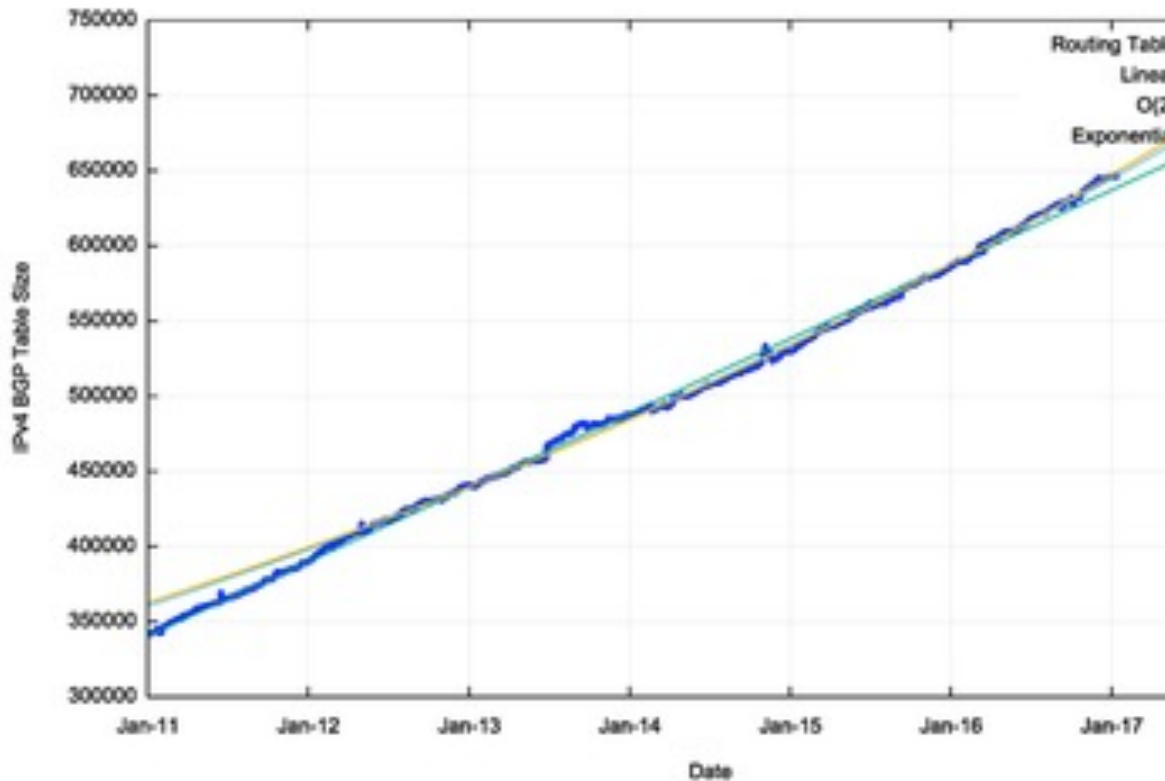
# Pět let po Dni IPv6

(2016)

# BGP a IPv6 v roce 2016

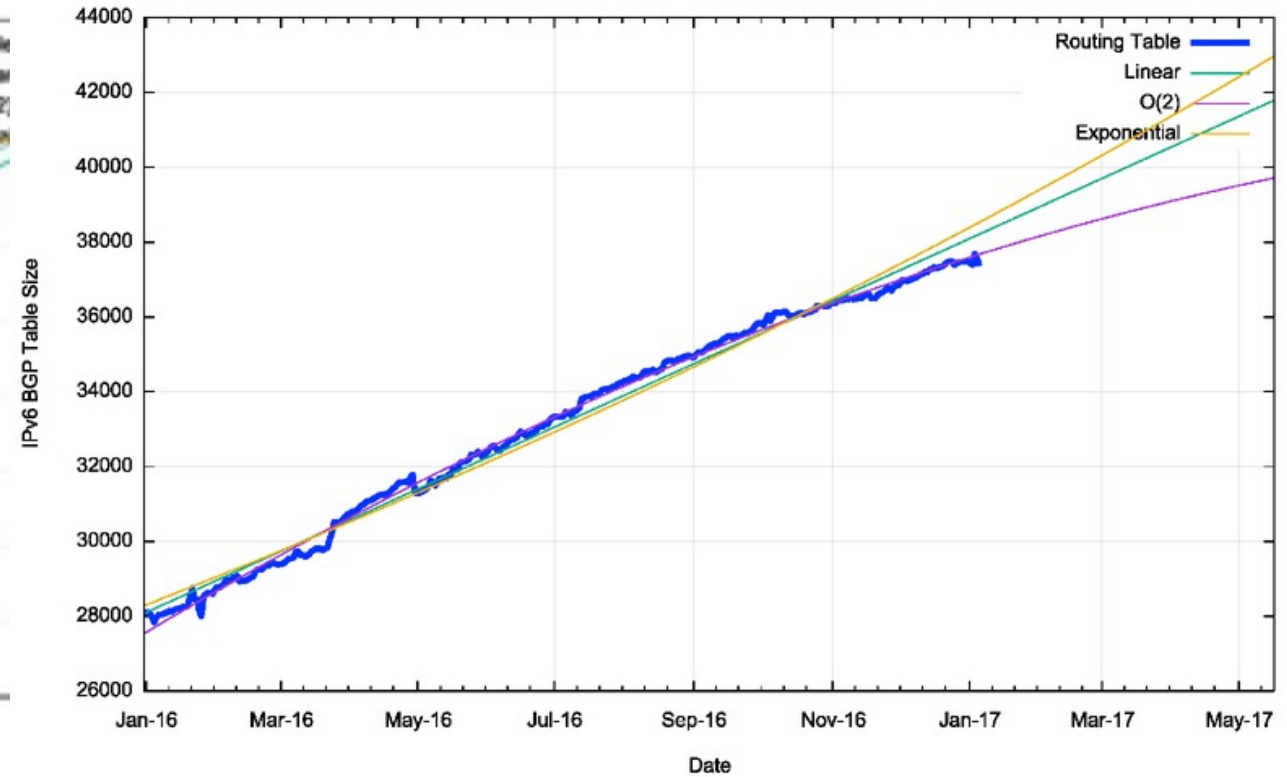
4

~7 800 transit ASNs (+44 % oproti 2011)  
48 300 stub ASNs (+44 % oproti 2011)  
650 000 prefixů (+71 % oproti 2011)



6

~2 400 transit ASNs (+200 % oproti 2011)  
10 300 stub ASNs (+194 % oproti 2011)  
38 000 prefixů (+450 % oproti 2011)



Geoff Huston, BGP in 2016. <https://labs.ripe.net/author/gih/bgp-in-2016/>

# Webové služby a IPv6 v roce 2016



4



kubernetes

aws



Azure



4



6

Google

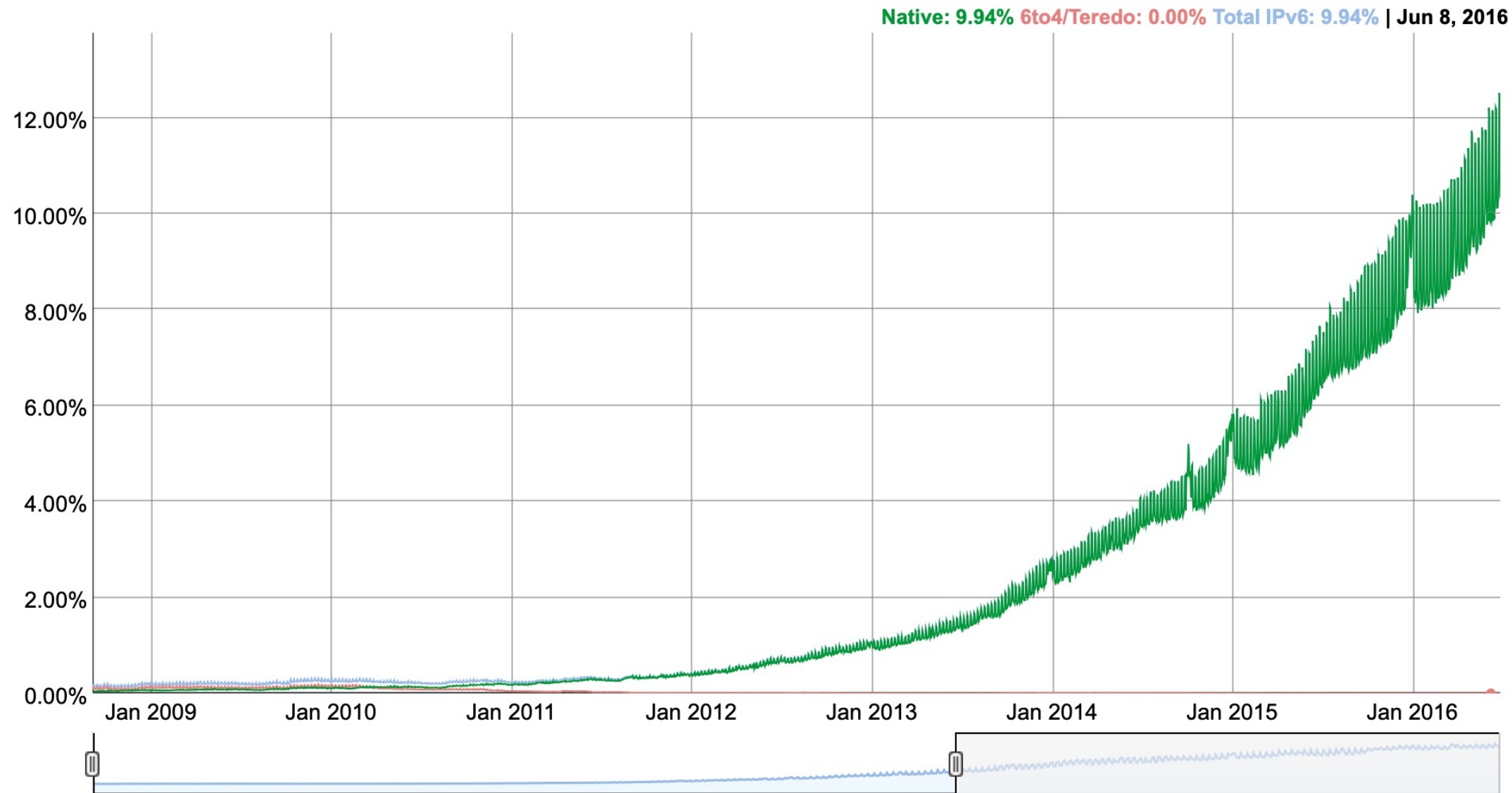


YAHOO!

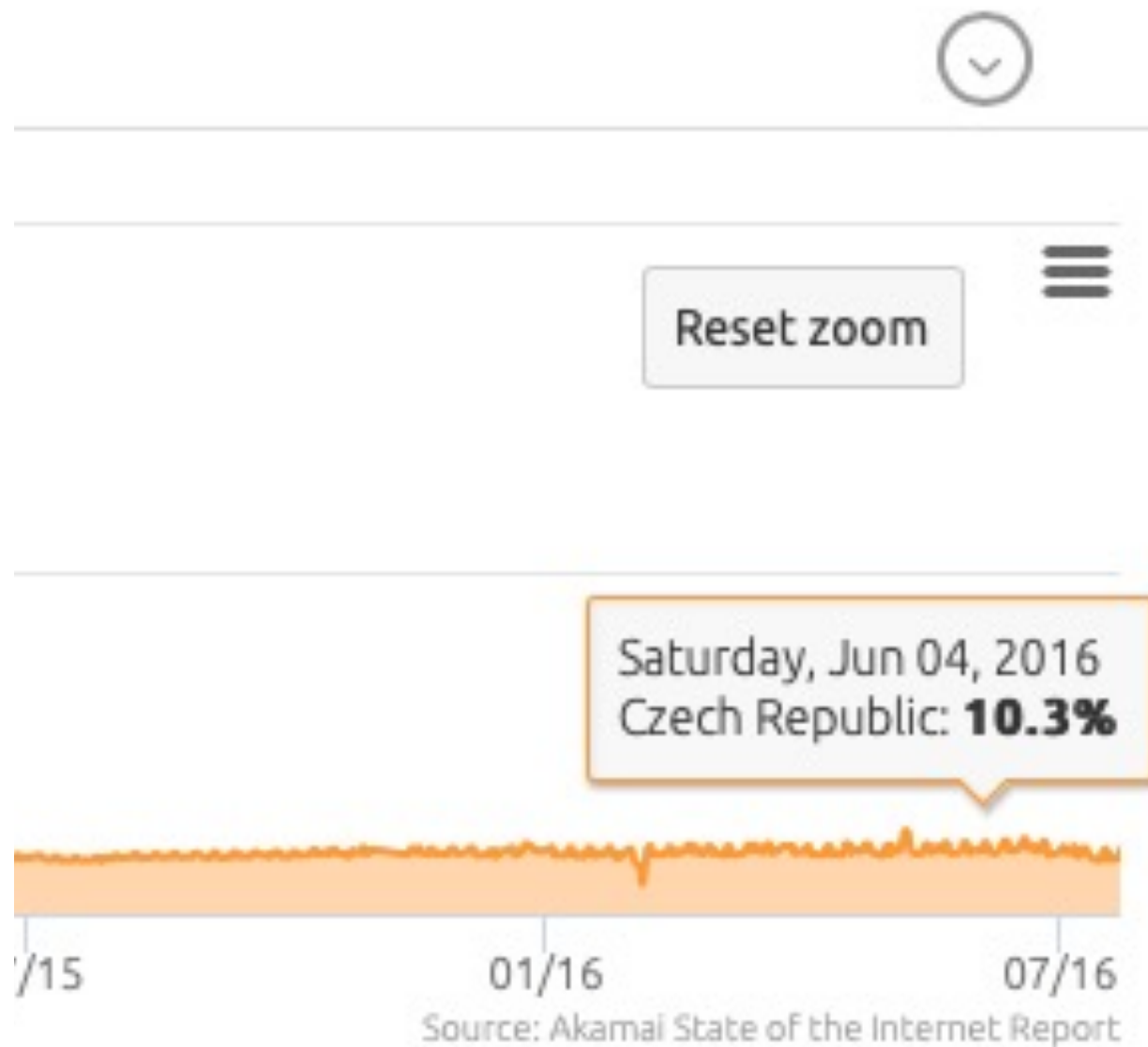
6



# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2016 (svět)

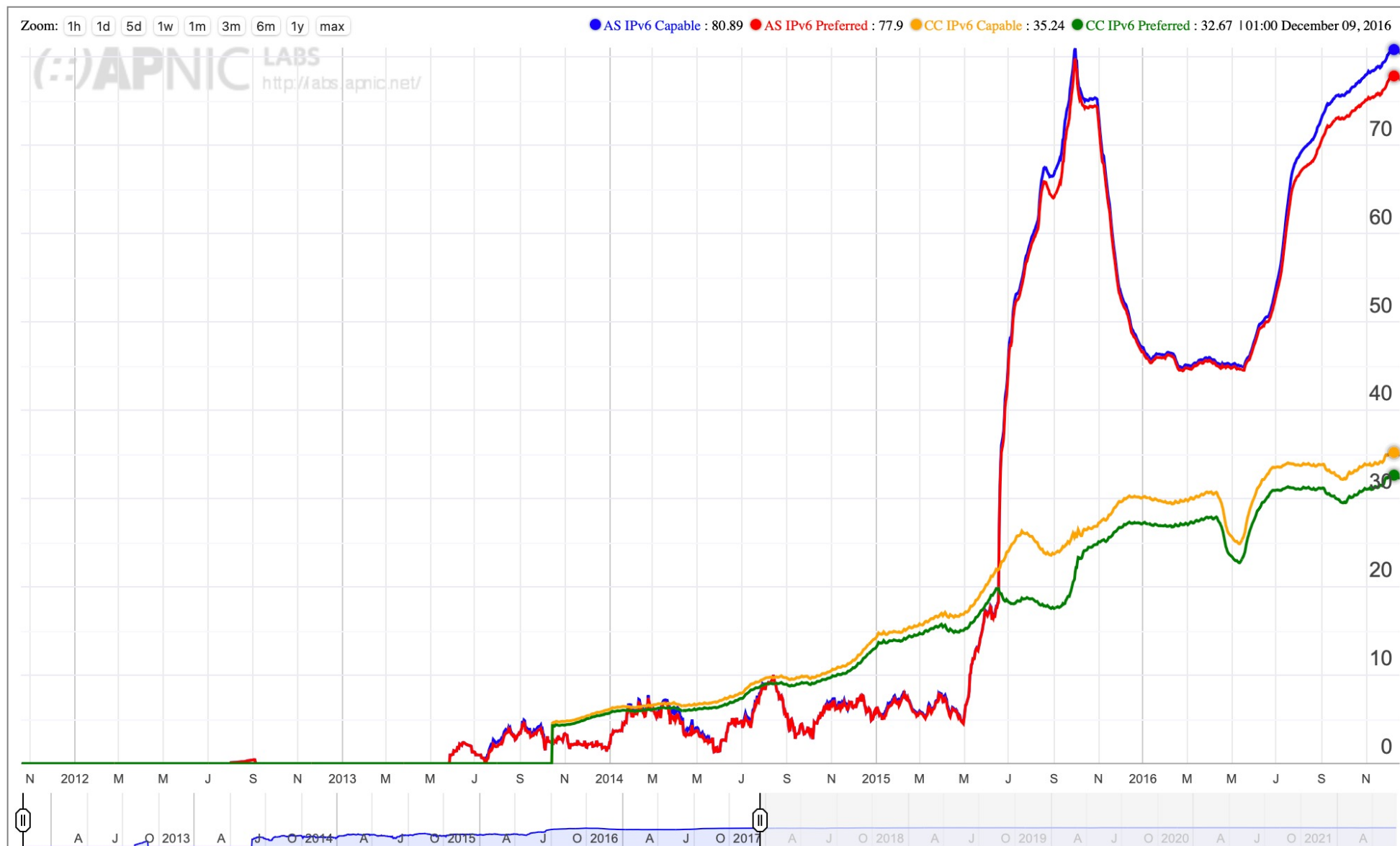


# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2016 (CZ)











# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2016 (T-M US)



# Rozšíření IPv6 v roce 2016



<b>IPv4-only</b>	<b>S podporou IPv6</b>
Mobilní sítě 	Datacentra (dual-stack)
Připojení „na doma“ 	Tranzitní sítě (dual-stack)
Enterprise sítě	Tunelovací služby
Internetové portály a weby	Mobilní sítě (4G/LTE) 
Cloudové služby a technologie	Připojení „na doma“  
eGovernment 	Domácí routery
	Internetové portály a weby

# IPv6 v roce 2016

- ~~RFC 1883 Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification (prosinec 1995)~~
- RFC 2460 **Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification** (prosinec 1998)
- ~~RFC 2766 Network Address Translation—Protocol Translation (NAT-PT) (únor 2000)~~
- RFC 3633 IPv6 Prefix Delegation: **IPv6 Prefix Options for DHCPv6** (prosinec 2003)
- RFC 4966 **Reasons to Move the NAT-PT to Historic Status** (červen 2007)
- RFC 6146 **Stateful NAT64: Network Address and Protocol Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers** (duben 2011)
- RFC 6147 **DNS64: DNS Extensions for Network Address Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers** (duben 2011)
- RFC 6555 **Happy Eyeballs: Success with Dual-Stack Hosts** (duben 2012) ✓ Řešení brokenness
- RFC 6877 **464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation** (duben 2013) ✓ IPv6-only v mobilním světě
- RFC 7050 **Discovery of the IPv6 Prefix Used for IPv6 Address Synthesis** (prosinec 2013) ✓ Detekce DNS64 prefixu
- RFC 6333 (DS-Lite, 08/2011), 7596 , 7597 a 7599 (lightweight 4over6, MAP-E, MAP-T, 07/2015) ✓ IPv4-as-a-service
- ✓ Dostupná a výkonná implementace NAT64 (Jool.mx, Juniper, Cisco, ...)
- ✓ Rozumná podpora pro IPv6 a delegaci prefixu (na straně klientských routerů i ISP zařízení)
- ✓ Podpora IPv6 v mobilním světě
- ? Podpora aplikací pro běh v IPv6-only přístupové síti (s DNS64/NAT64)
- ✗ IPv6 first hop security na switchích

**Mohl kdokoli bez problémů používat IPv6?**

**(pokud jste chtěli IPv6 jako v Polsku, museli jste do Polska)**



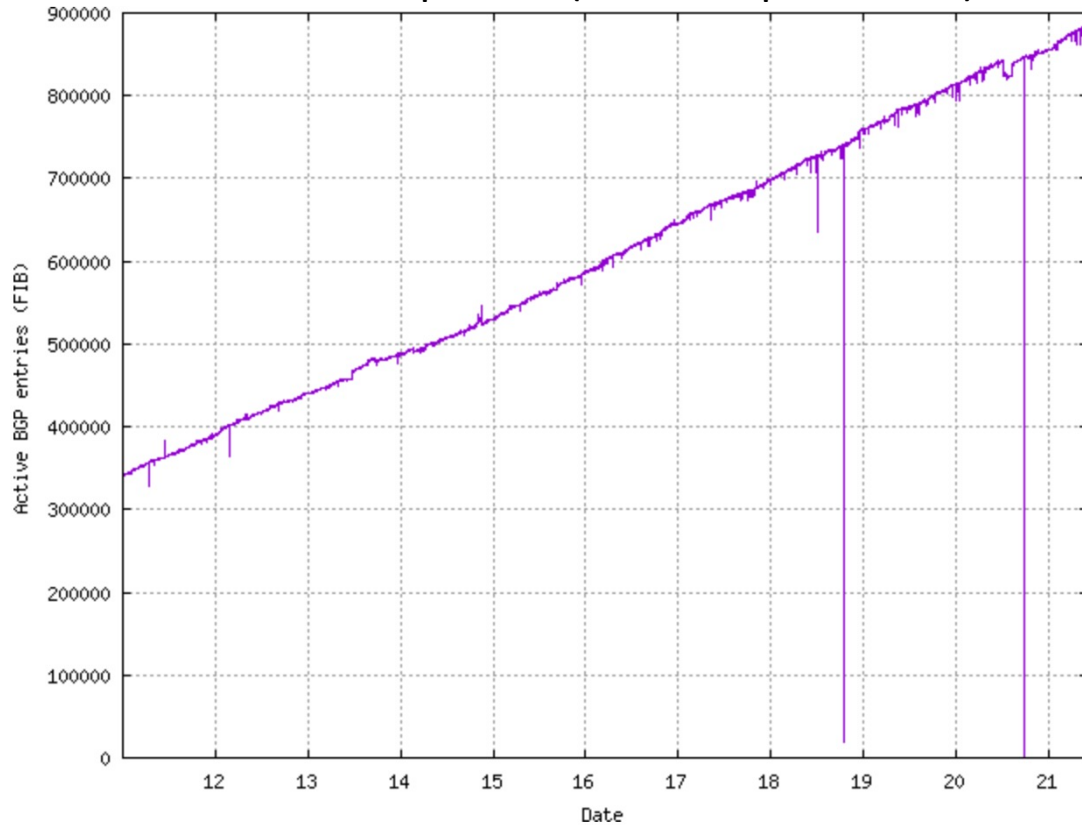
# IPv6 dnes

(červen 2021)

# BGP a IPv6 v roce 2021

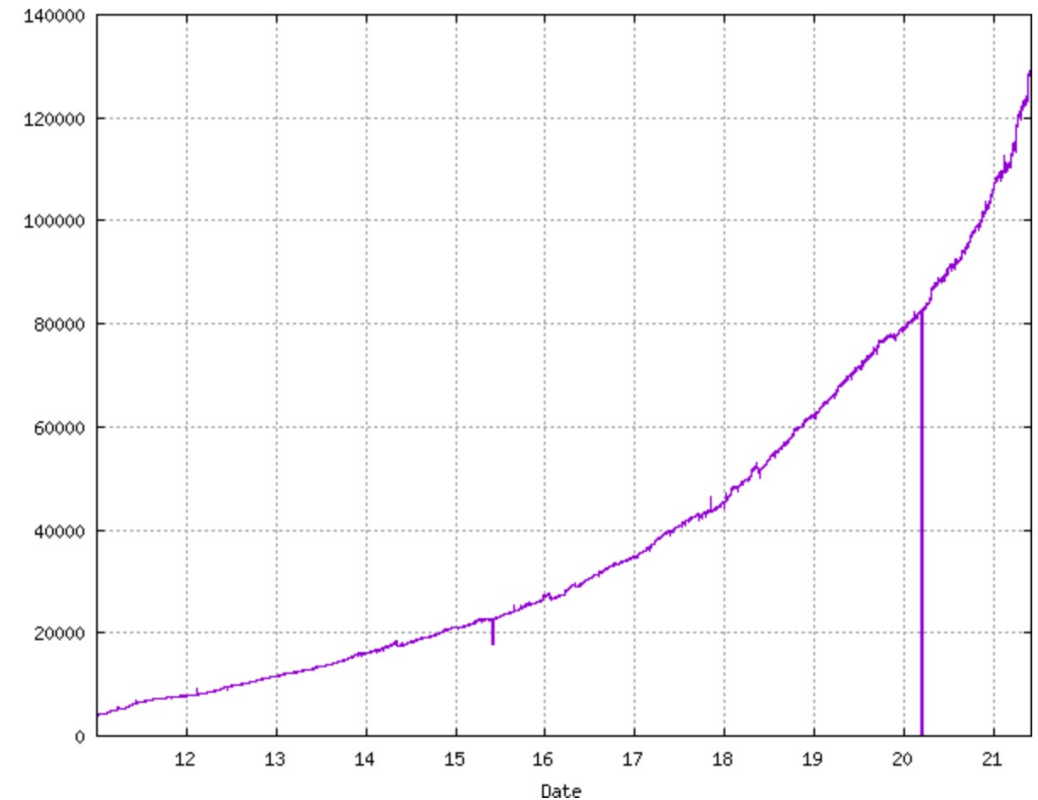
4

~10 200 transit ASNs (+88 % oproti 2011)  
60 200 stub ASNs (+79 % oproti 2011)  
884 000 prefixů (+230 % oproti 2011)



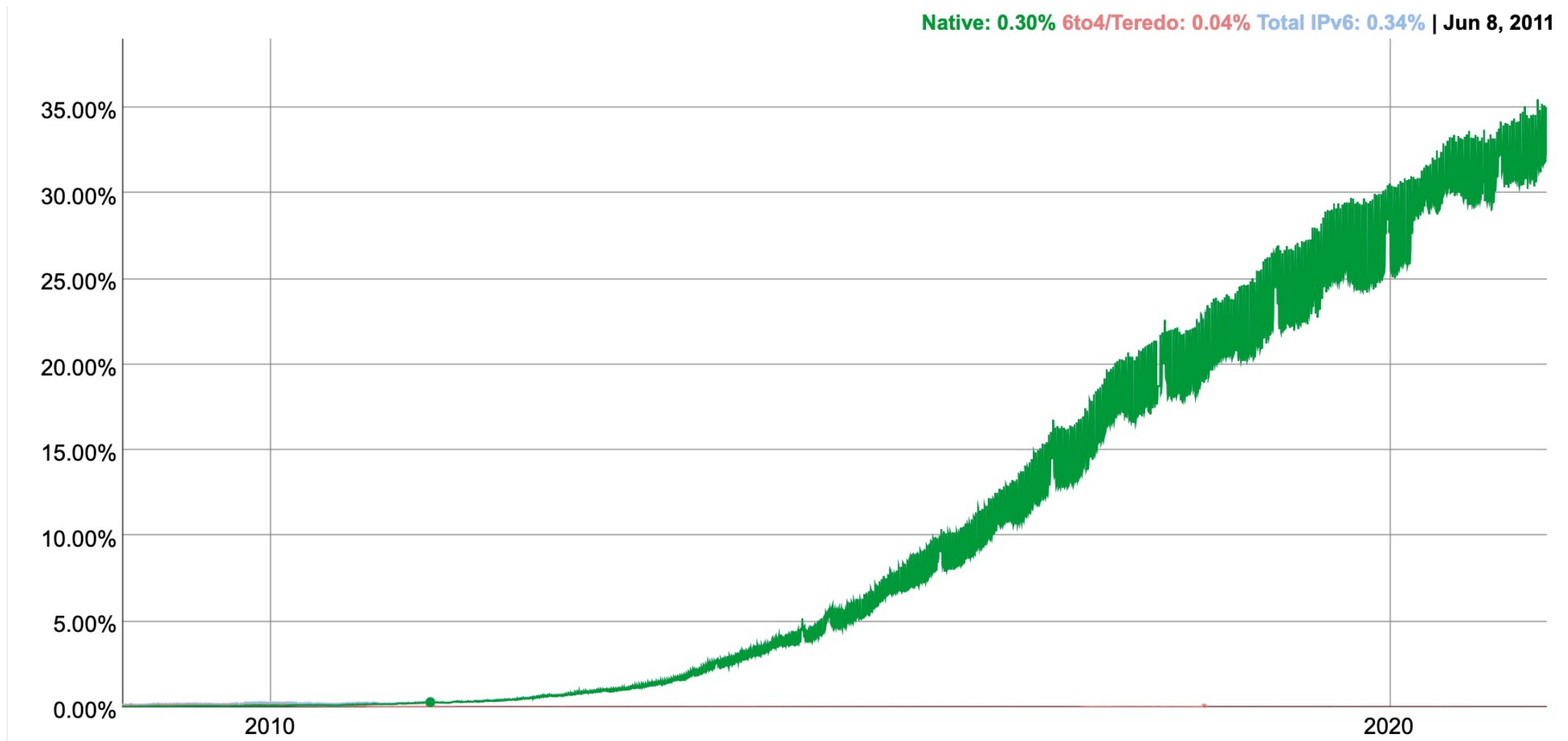
6

~4 100 transit ASNs (+410 % oproti 2011)  
17 300 stub ASNs (+390 % oproti 2011)  
128 500 prefixů (+1760 % oproti 2011)

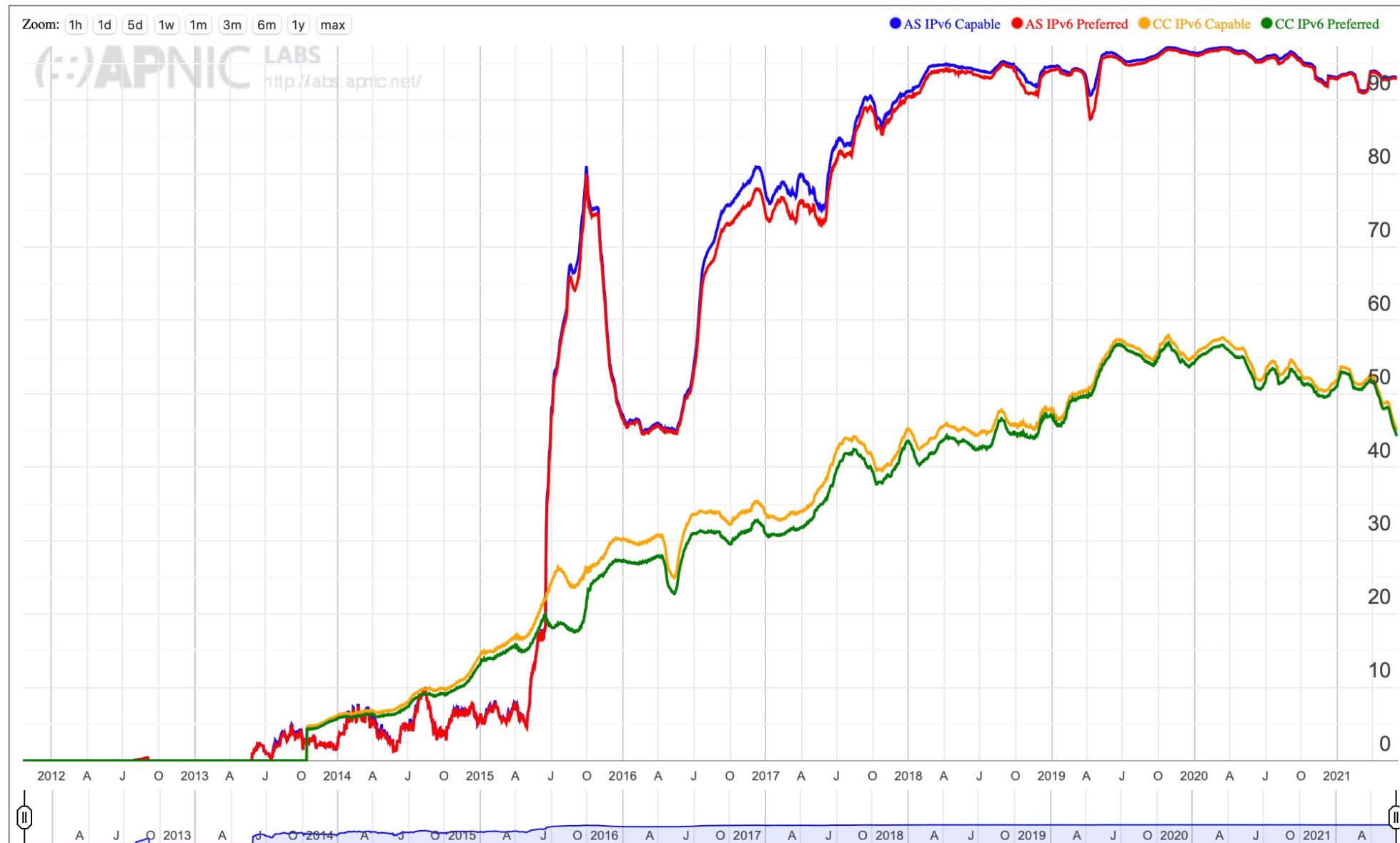


<https://www.cidr-report.org/as2.0/> a <https://blog.apnic.net/2021/01/05/bgp-in-2020-the-bgp-table/>

# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2021 (svět)



# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2021 (T-M US)

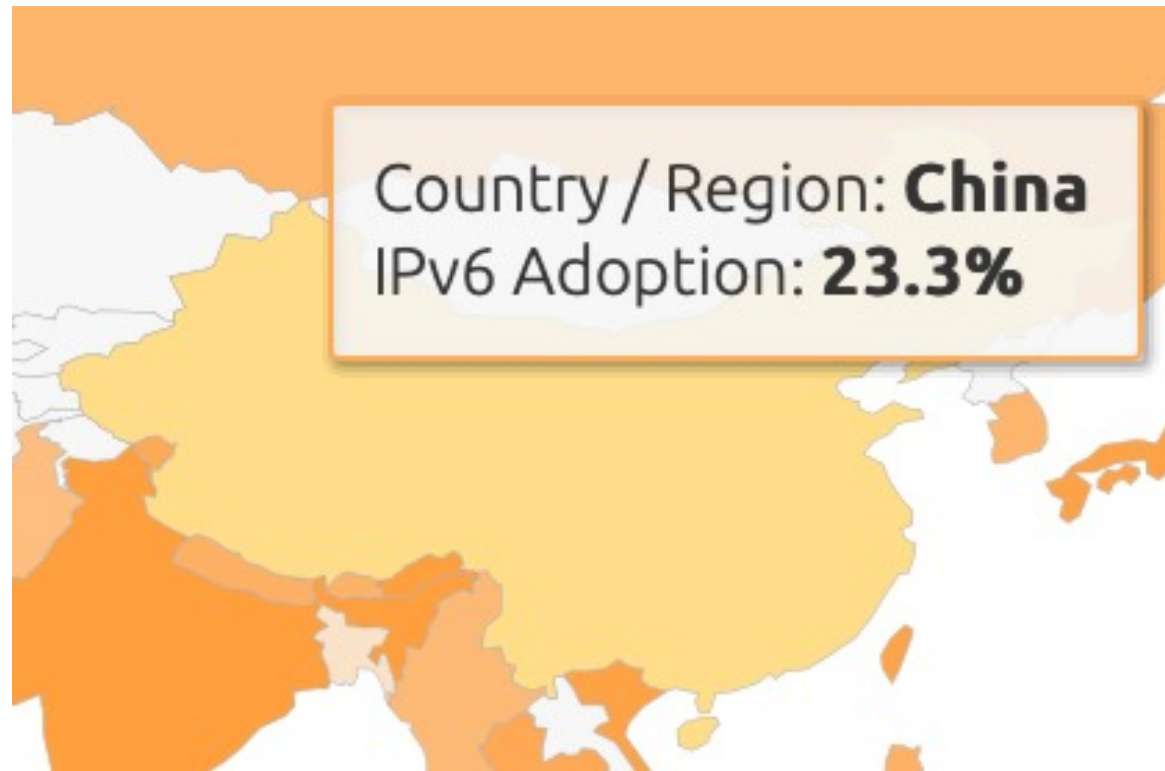


# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2021 (svět)

▼ RANK	IPV6%	COUNTRY / REGION						
1	60.2%	India	13	36.6%	Sri Lanka	26	26.7%	Guadeloupe
2	46.6%	Germany	14	36.1%	Chinese Taiwan	27	26%	Trinidad and Tobago
3	45.1%	Malaysia	15	35.9%	Brazil	28	25.8%	Thailand
4	44.9%	Belgium	16	35.8%	United Arab Emirates	29	25.1%	Ecuador
5	43.5%	Viet Nam	17	35.5%	Uruguay	30	23.3%	China
6	42.6%	Greece	18	33.2%	Portugal	31	22.5%	Australia
7	42.5%	Japan	19	32.2%	Hungary	32	22.2%	Israel
8	41.7%	France	20	31.2%	Luxembourg	33	21.9%	Guatemala
9	41.4%	Saudi Arabia	21	31.2%	United Kingdom	34	21.7%	New Zealand
10	40.9%	United States	22	29.6%	Canada	35	21.4%	Romania
11	39.4%	Mexico	23	28.7%	Estonia	36	18.4%	Ireland
12	36.8%	Switzerland	24	27.8%	Finland	37	17.7%	Peru
			25	27.2%	Netherlands	38	17.4%	Gabon

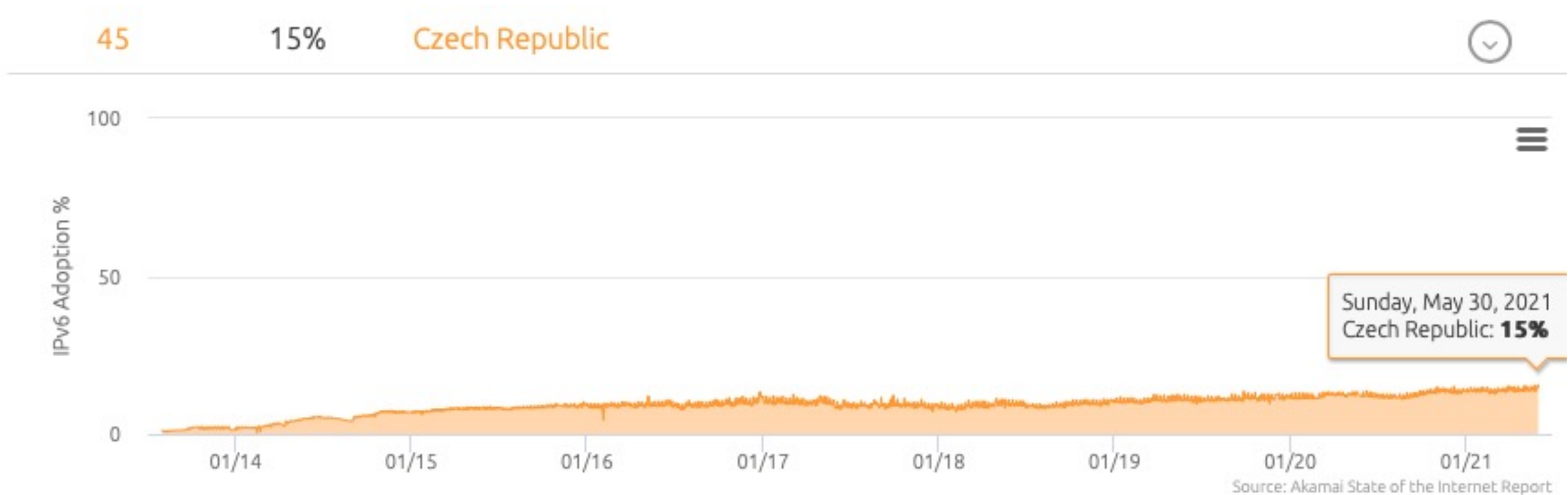


# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2021 (CN)



**100% by 2025: China getting serious about IPv6**

# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2021 (CZ)



# Přístup uživatelů k IPv6 v roce 2021 (CZ)

4



6



# Webové služby a IPv6 v roce 2021



4



6



kubernetes









6



4



# Rozšíření IPv6 v roce 2016

<b>IPv4-only</b>	<b>S podporou IPv6</b>
Mobilní sítě 	Datacentra (dual-stack)
Připojení „na doma“ 	Tranzitní sítě (dual-stack)
Enterprise sítě	Tunelovací služby
Internetové portály a weby	Mobilní sítě (464XLAT, DS)  
Cloudové služby a technologie	Připojení „na doma“  
eGovernment 	Domácí routery
	Internetové portály a weby
	Cloudové služby a technologie
	eGovernment 

# IPv6 v roce 2021

~~RFC 1883 Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification (prosinec 1995)~~

~~RFC 2460 Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification (prosinec 1998)~~

RFC 8200 **Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification** (červenec 2017)

RFC 3633 IPv6 Prefix Delegation: **IPv6 Prefix Options for DHCPv6** (prosinec 2003)

RFC 6146 **Stateful NAT64: Network Address and Protocol Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers** (duben 2011)

RFC 6147 **DNS64: DNS Extensions for Network Address Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers** (duben 2011)

RFC 6555 **Happy Eyeballs: Success with Dual-Stack Hosts** (duben 2012)  **Řešení brokenness**

RFC 6877 **464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation** (duben 2013)  **IPv6-only v mobilním světě**

RFC ~~7050~~ 8880 **Discovery of the IPv6 Prefix Used for IPv6 Address Synthesis** (prosinec 2013)  **Detekce DNS64 prefixu**

RFC 6333 (**DS-Lite**, 08/2011), 7596 , 7597 a 7599 (**lightweight 4over6**, **MAP-E**, **MAP-T**, 07/2015)  **IPv4-as-a-service**

 **Dostupná a výkonná implementace NAT64 (Jool.mx, Juniper, Cisco, ...)**

 **Rozumná podpora pro delegaci prefixu (na straně klientských routerů i ISP zařízení, kromě Mikrotiku a Ubiquiti)**

 **Podpora IPv6 v mobilním světě**

 **IPv6 first hop security na (enterprise) switchích**

 **Podpora aplikací pro běh v IPv6-only přístupové síti (s DNS64/NAT64) – *občas to drhne...***

 **IPv6-only s IPv4-as-a-service se začíná prosazovat i v datacentrech, enterprise sítích**

## Může kdokoli ~~bez problémů~~ používat IPv6?

 (může, ale musí přebírat služby)

# IPv6 *podivnosti* v roce 2021

- **Geografická blízkost zemí nezaručuje podobnou úroveň nasazení (PT 37 %, ES 3 %)**
- **Nasazení probíhá, ale v každé zemi jiným tempem (IN 60 %, BE, DE 50 %, CZ 15 %, UA < 1 %)**
- **Nové služby jsou (hlavně u nás) spouštěny bez podpory IPv6 (ČEZ, Nordic, T-Mobile)**
- **O2 na pevných službách i po devíti letech chybně nabízí jen jeden /64 prefix**
- **Starlink se zvládl naučit IPv6 i přidělovat větší prefix (/56) dřív než O2 CZ stihlo opravit svou chybnou implementaci IPv6 prefixů**
- **Cogent stále nepeeruje s Hurricane Electric ani Googlem**
- **Hurricane Electric stále rozesílá trička IPv6 Sage, nově ale s aktualizovaným číslem IPv6 RFC 😊**
- **Americké vládní instituce mají cíl mít v roce 2025 80+% interních služeb IPv6-only**
- **Český eGovernment v roce 2021 nemá na IPv6 ani svůj hlavní portál (portal.gov.cz)**
- **Nejpoužívanější zařízení pro WISP (Wi-Fi ISP) od Mikrotiku a Ubiquiti, stále neumí IPv6 bezvadně a chybí jim některé základní vlastnosti**
- **Mobilní IPv6 (RFC 3775, Mobility Support in IPv6) se stále prakticky nepoužívá**



# IPv6 v roce 2031

(predikce, která určitě nevyjde 😊)



# IPv6 v roce 2031

- **Místo dual-stacku budeme víc potkávat IPv6-only + IPv4-as-a-service**
- **Cloud se díky zakázkám od vlád naučí být IPv6-first a používat DNS64/NAT64**
- **Kontejnerizace aplikací bude IPv6-first**
- **Enterprise sítě zmigrují na IPv6-only, „legacy“ zdroje zpřístupní DNS64/NAT64**
- **Čína nebude „nejlepší na světě“**
- **I čeští mobilní operátoři zavedou 4G-LTE**
- **IPv4 (ještě úplně) nezmizí**
- **Hurricane Electric se bude teprve rozhodovat, jestli ukončí Tunnelbroker.net**
- **O2 se naučí delegovat statický blok /56 – a bez příplatku!**

Q & A

Díky



@zajDee