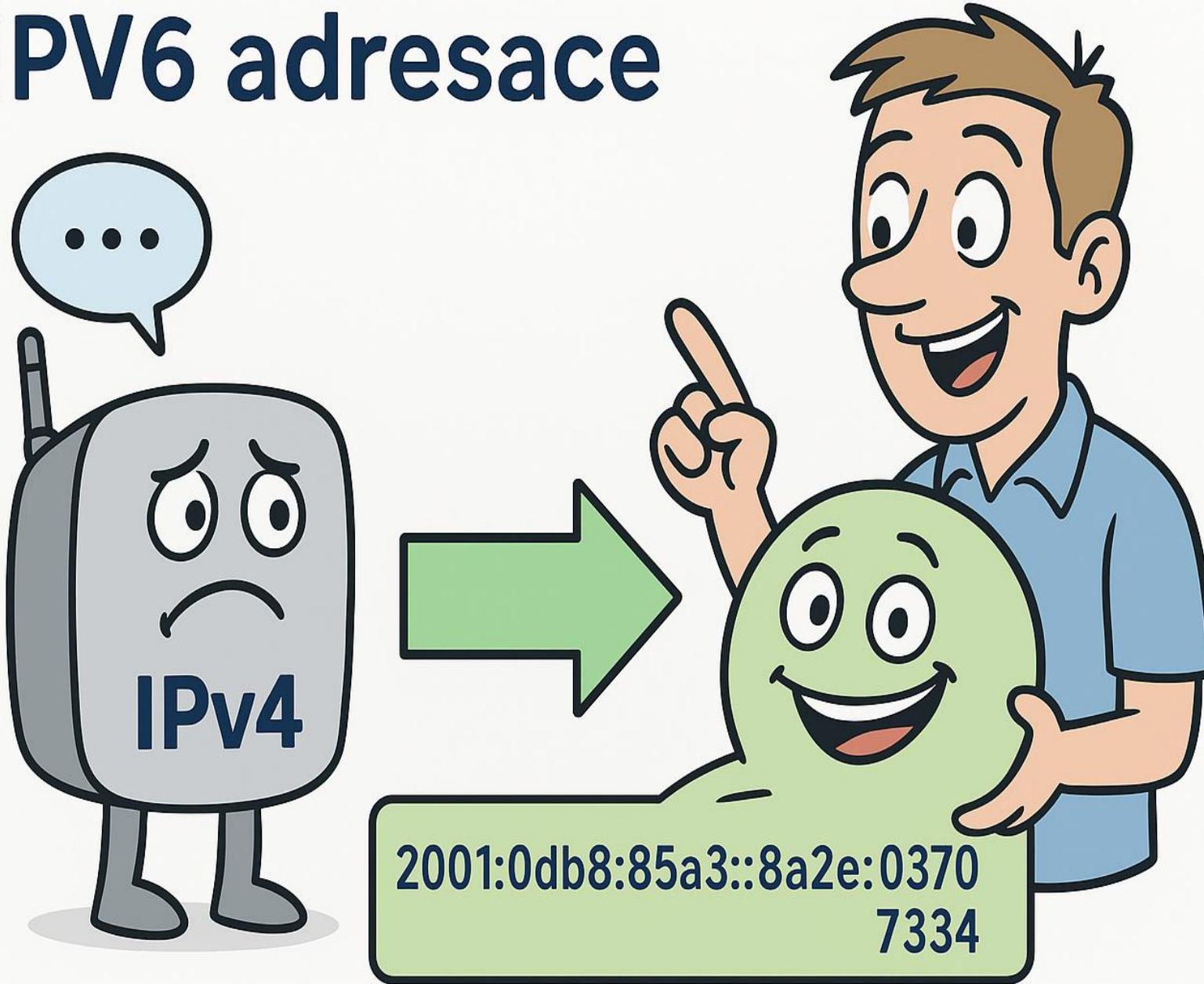


IPV6 adresace



Ing. Petr Orvoš

SOŠ a SOU NERATOVICE

Proč IPv6?

- IPv4 má maximálně 4,3 miliardy adres – vyčerpáno
 - IPv6 poskytuje 340 undecillionů adres (2^{128})
 - řeší problémy NAT a peer-to-peer komunikace
 - je připraven na rostoucí IoT infrastrukturu
-
- ✓ internet se posunul od počítačů k **autům, domácím spotřebičům, senzorům**
 - ✓ IoT vyžaduje **obrovské množství IP adres**
 - ✓ IPv4 + NAT není vhodné řešení
 - ✓ IPv6 je klíč k rozvoji IoT

Většina špičkových poskytovatelů internetových služeb a poskytovatelů obsahu, jako jsou YouTube, Facebook a NetFlix, také provedla přechod. Mnoho společností, jako je Microsoft, Facebook a LinkedIn, interně přechází na IPv6.

Koexistence IPv4 a IPv6

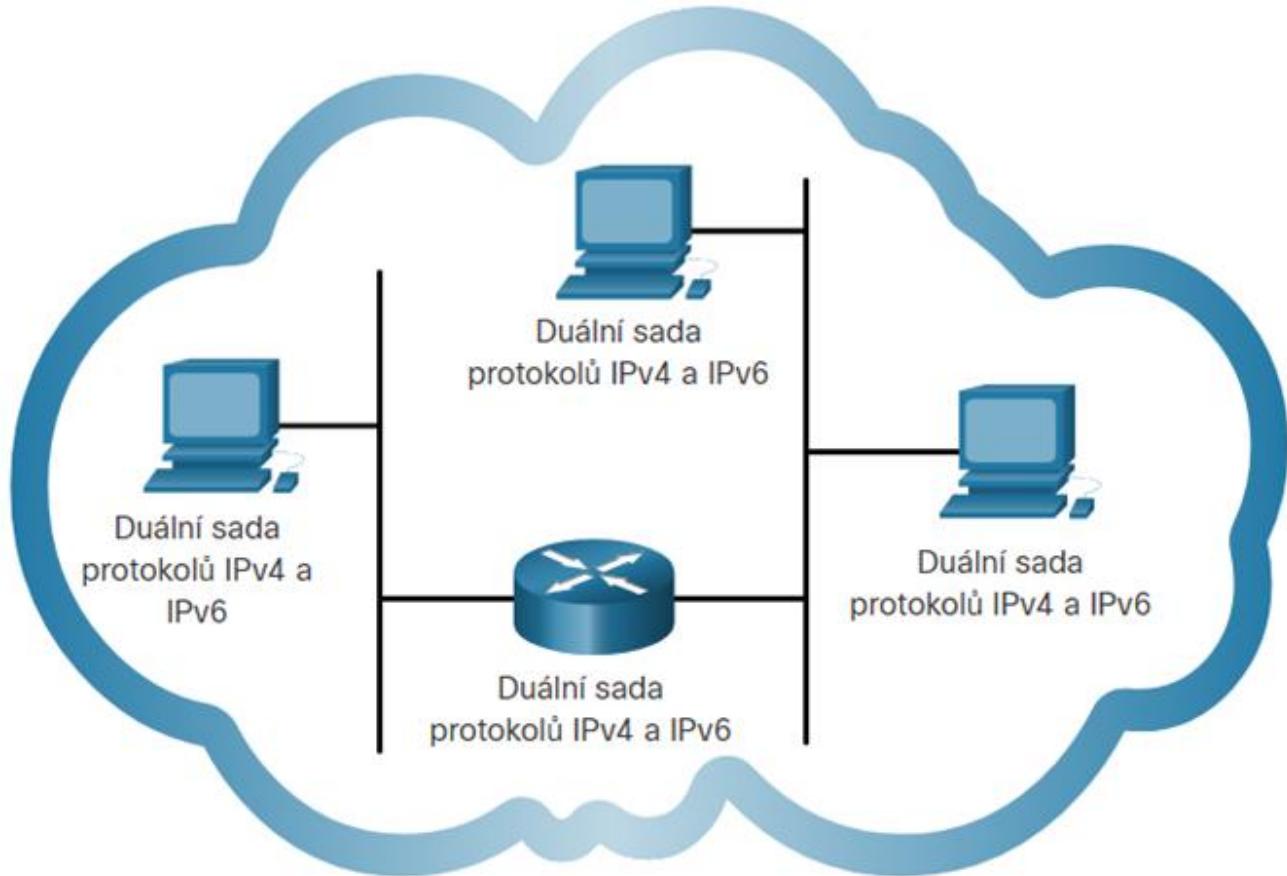
Přechod probíhá postupně.

Koexistence pomocí:

- Dual stack – IPv4 i IPv6 současně
- Tunelování – IPv6 paket uvnitř IPv4
- NAT64 – překlad IPv6 ↔ IPv4

Konkrétní datum přechodu na IPv6 není stanoveno.

Dual stack



Znamená to, že zařízení (například počítač, server nebo router) dokáže **současně používat oba protokoly – IPv4 i IPv6.**

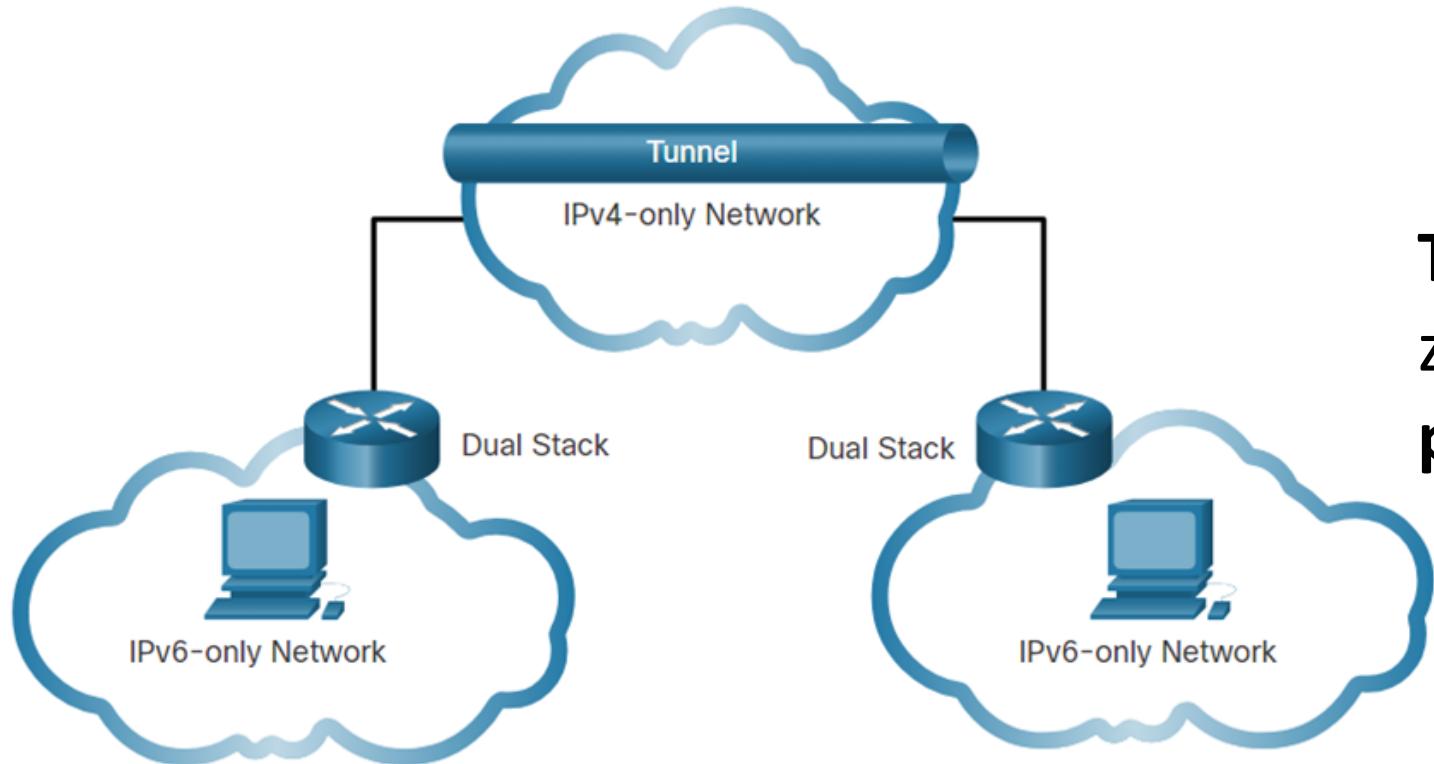
Každé zařízení má **dvě IP adresy** – jednu ve formátu IPv4 a druhou ve formátu IPv6.

Když zařízení komunikuje, automaticky si vybere, který protokol použije.

Pokud protistrana podporuje IPv6 → použije IPv6.

Pokud protistrana umí jen IPv4 → použije IPv4.

Tunelling



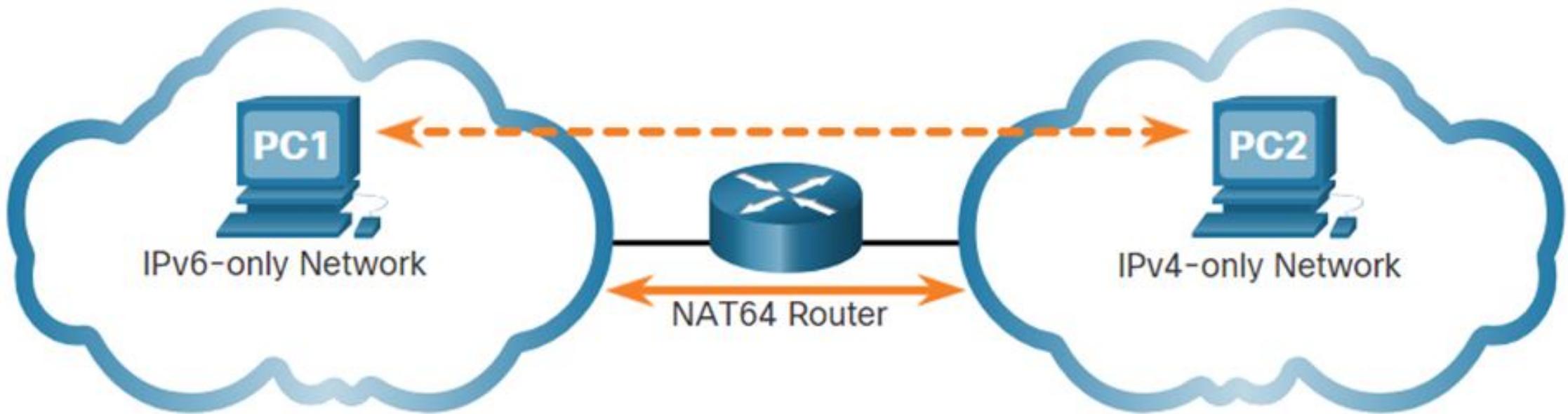
Tunelování (tunneling) je způsob, jak posílat IPv6 data přes síť, která umí jen IPv4.

IPv6 paket se zabalí (zapouzdří) dovnitř obyčejného IPv4 paketu.

Síť, která neumí IPv6, ho přenese „jako by nic“.

Na druhé straně se IPv4 obal odstraní a zůstane původní IPv6 paket.

Překlad (NAT64)



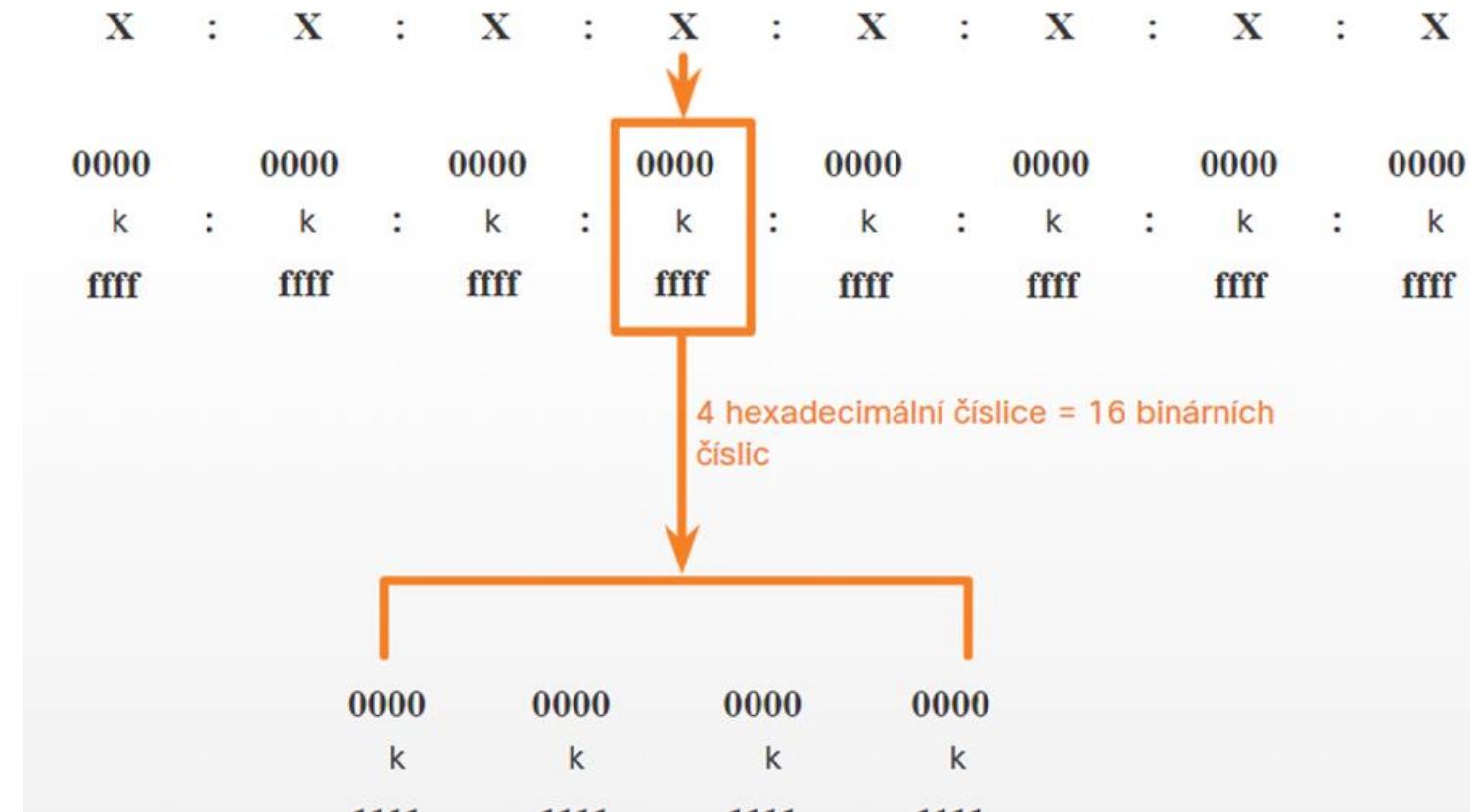
NAT64 (překlad) je technologie, která umožňuje zařízením s IPv6 adresou komunikovat se zařízeními, která mají jen IPv4 adresu.

NAT64 stojí „uprostřed“ mezi dvěma světy – mezi IPv6 a IPv4.

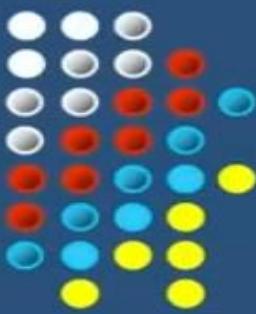
Když zařízení s IPv6 chce mluvit s IPv4 serverem, NAT64 převeze IPv6 paket na IPv4 paket. Opačně, když IPv4 server odpoví, NAT64 zase převeze zpátky z IPv4 na IPv6.

Formát adresy IPv6

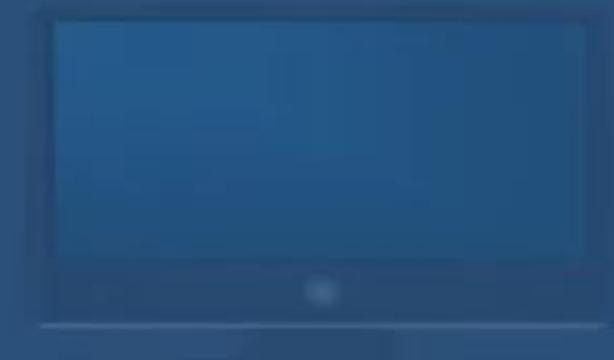
- adresa má **128 bitů**
- zápis v **hexadecimální soustavě**
- struktura: 8 bloků po 16 bitech („hextety“)



Příklad: 2001:0db8:0000:0000:0000:ff00:0042:8329



IPv6



Když byl internet poprvé vyvinut, programátoři si neuvědomili,
jak velký

Notace IPv6 adres

Pravidlo 1: vyněchat úvodní nuly (09f0 → 9f0)

Toto pravidlo platí pouze pro úvodní 0, NE pro koncové 0

01ab lze reprezentovat jako 1ab

09f0 lze reprezentovat jako 9f0

0a00 lze reprezentovat jako a00

00ab lze reprezentovat jako ab

Pravidlo 2: použít :: pro souvislý blok nul

2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:1 → 2001:db8::1

Pozor: :: lze použít jen jednou.

Zde je příklad nesprávného použití dvojitě dvojtečky: 2001:db8::abcd::1234

Preferovaný

2001 : **0**db8 : **0000** : 1111 : **0000** : **0000** : **0000** : 0200

Žádné úvodní 0s

2001 : db8 : 0 : 1111 : 0 : 0 : 0 : 200

Preferovaný

2001 : **0**db8 : **0000** : **00a3** : ab00 : **0ab0** : **00ab** : 1234

Žádné úvodní 0s

2001 : db8 : 0 : a3 : ab00 : ab0 : ab : 1234

Preferovaný

2001 : 0db8 : 0000 : 1111 : 0000 : 0000 : 0000 : 0200

Komprimované/mezery

2001 : db8 : 0 : 1111 : : 200

Komprimovaný

2001:db8:0:1111::200

Preferovaný

2001 : 0db8 : aaaa : 0001 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000

Komprimované/mezery

2001 : db8 : aaaa : 1 ::

Komprimovaný

2001:db8:aaaa:1::

Typy IPv6 adres

- **Unicast** – komunikace směřuje k jednomu konkrétnímu zařízení (hostiteli).
- **Multicast** – komunikace je určena skupině zařízení.
- **Anycast** – komunikace je směrována k nejbližšímu ze skupiny stejných zařízení.

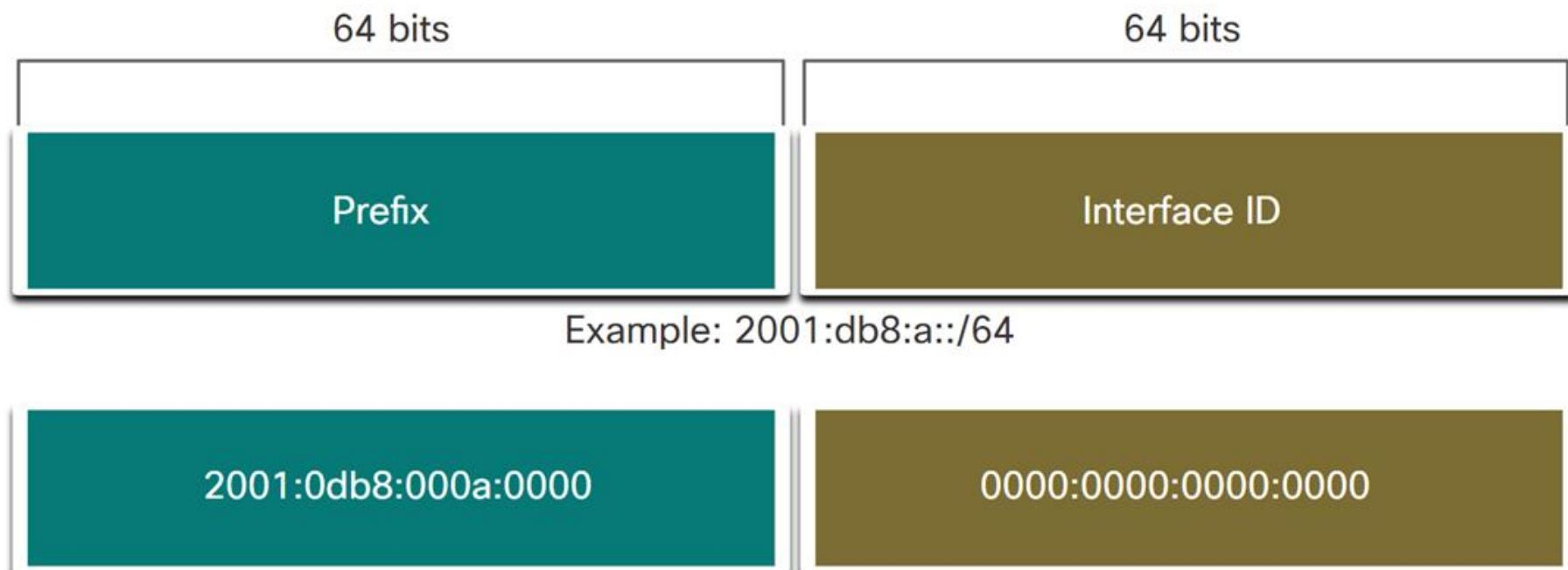
Upozornění: IPv6 nevyužívá broadcast!

Délka předpony

IPv4: maska / prefix (např. /24)

IPv6: používá pouze prefix

- standard pro LAN sítě: /64



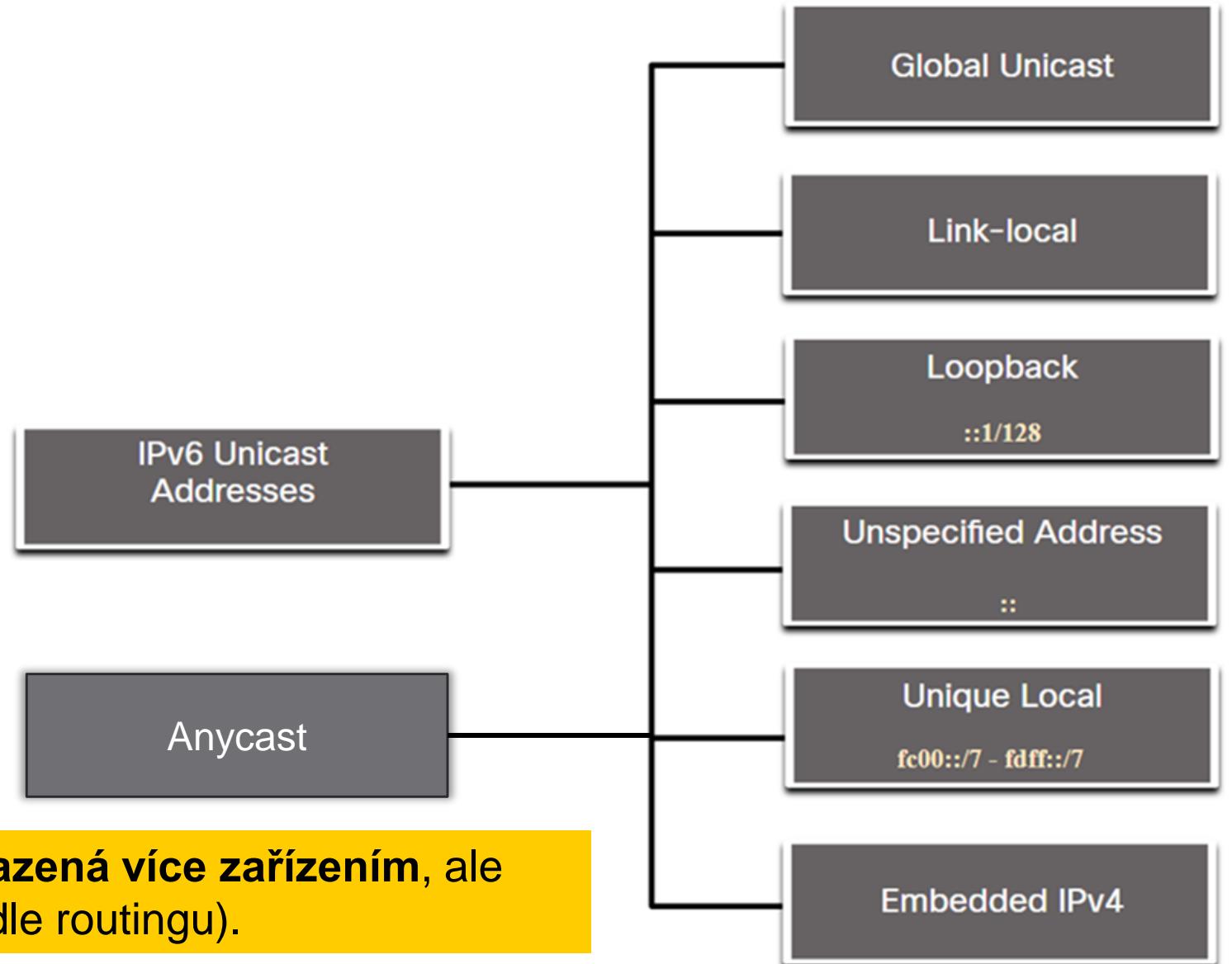
Předpona nebo síťová část adresy je dlouhá 64 bitů, takže zbývá dalších 64 bitů pro ID rozhraní (hostitelská část) adresy.

IPv6 Unicast adresy

GUA (Global Unicast Address) – veřejné, směrovatelné.

LLA (Link-Local Address) – komunikace v rámci linky ($fe80::/10$).

ULA (Unique Local Address) – interní, neveřejné ($fc00::/7$).



Anycast je v IPv6 unicast adresa přiřazená více zařízením, ale paket se doručí **nejbližšímu** z nich (podle routingu).

Global Unicast Address - GUA

- je to obdoba IPv4 veřejné adresy
- začíná obvykle na **2000::/3**.
- přiděluje ji poskytovatel internetu (ISP) nebo správce sítě
- je **routovatelná přes internet**, proto se používá pro běžnou komunikaci ven ze sítě

2001:db8:abcd:1:1234:56ff:fe78:9abc

PREFIX (ulice)

síťová část, max 64 bitů

dá ji router

2001:db8:abcd:1::/64

INTERFACE ID (číslo domu)

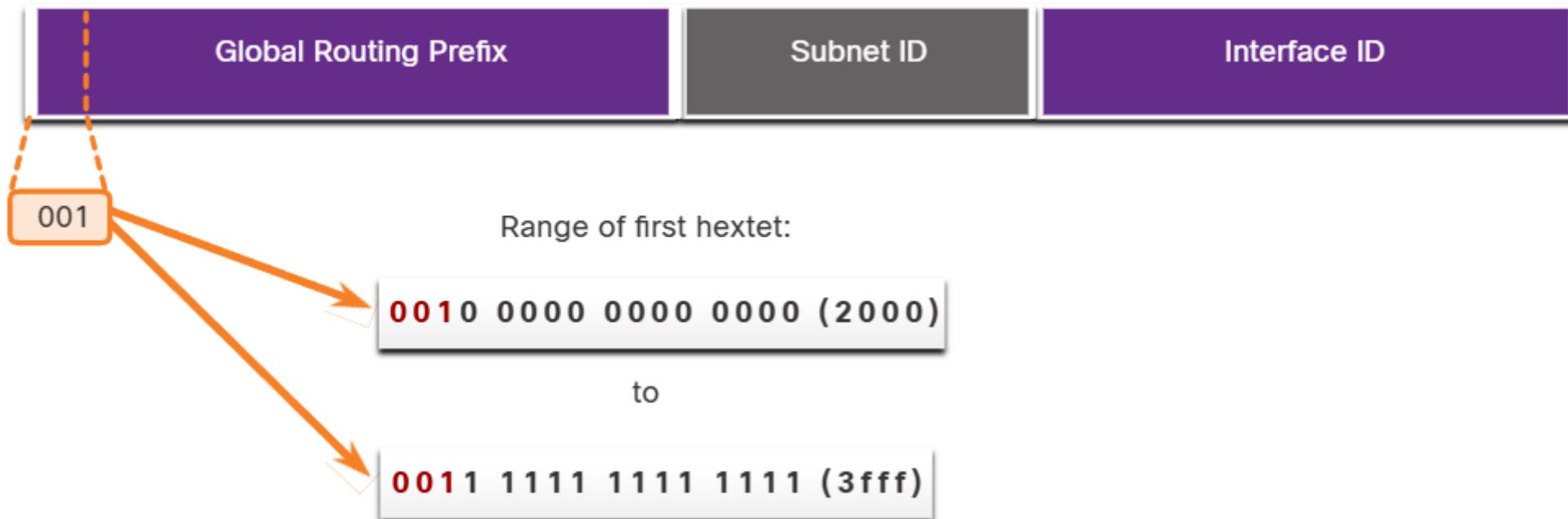
něco jako MAC

přeloží jí SLAAC z MAC

1234:56ff:fe78:9abc

Global Unicast Address - GUA

V současnosti jsou přidělovány pouze GUA adresy s prvními třemi bity **001**, tedy z rozsahu **2000::/3**, jak je znázorněno na obrázku.

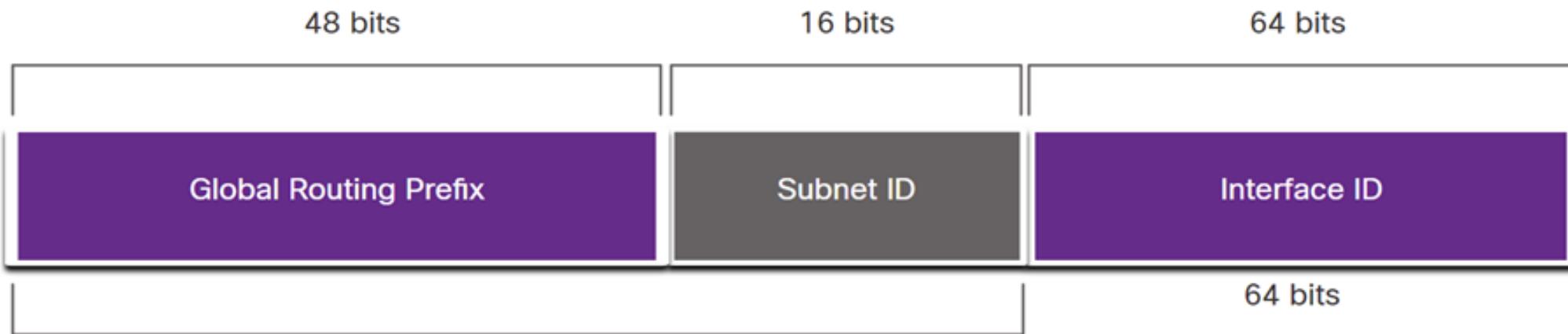


Struktura GUA

- **prefix** (např. /48, /56) – přidělí ISP
- **ID podsítě** – identifikace v rámci organizace (dopočet do 64 od prefixu)
- **ID interface** – konkrétní hostitel (64 bitů) – **18 kvintiliónů adres**

IANA rozdává velké bloky (prefixy) regionálním organizacím (RIPE, ARIN, apod.). Ty rozdávají menší bloky poskytovatelům internetu (ISP).

Router vysílá Router Advertisement (RA) zprávy s prefixem.



A /48 routing prefix + 16 bit Subnet ID = /64 prefix.

Čím větší je ID podsítě, tím více podsítí je k dispozici.

SLAAC: z MAC adresy (pomocí formátu EUI-64 – do MAC se vloží pár bitů navíc)

DHCPv6 – přiděluje IPv6 adresy centrálně

Subneting v IPv6

Subnetting v IPv6 znamená **rozdělení přiděleného IPv6 prefixu na menší podsítě**. Zatímco v IPv4 se často šetří adresami, v IPv6 se běžně používá **/64 pro každou LAN podsít'**, aby zařízení mohla fungovat správně (např. SLAAC).

IPv6 adresa se typicky skládá ze tří částí:

- **Global Routing Prefix** – část přidělená ISP (např. /48 nebo /56)
- **Subnet ID** – část, kterou si organizace používá pro číslování podsítí
- **Interface ID** – posledních 64 bitů pro konkrétní zařízení v podsíti

Zadání: Přidělený prefix **2001:db8:acad:1200::/56**
rozděl na 4 podsítě.

/56 znamená:

- ✓ první **3 hextety** jsou pevné (2001:db8:acad)
- ✓ a v **4. hextetu** je pevných **8 bitů** (tady 12)
- ✓ zbytek 4. hextetu (posledních 8 bitů) je prostor pro podsítě
- ✓ z /56 se standardně dělají podsítě **/64**.



Řešení: 4 podsítě /64 (příklad)
Stačí měnit poslední 2 hex číslice
ve 4. hextetu:

- 1.2001:db8:acad:1200::/64
- 2.2001:db8:acad:1201::/64
- 3.2001:db8:acad:1202::/64
- 4.2001:db8:acad:1203::/64

Co dělají výrobci zařízení?

- ✓ **sítové karty, PC, mobily** – podporují SLAAC, takže si umí adresu složit samy
- ✓ **Windows, Linux, macOS, Android, iOS** – obvykle generují náhodné Interface ID (tzv. privacy extensions), aby neprozrazovaly MAC adresu
- ✓ **routery** – rozesílají RA zprávy s prefixem
- ✓ **IoT zařízení** – často používají jednodušší variantu (EUI-64 z MAC), protože to je snadné a nemusí řešit soukromí

Prefix /64

- nejčastější jednotka v IPv6 – prakticky každá podsíť má **/64**
- Zbývá **64 bitů pro zařízení** → to je **2^{64} adres**
- typické použití: **jedna LAN síť** (např. domácí síť, VLAN ve firmě)
- router ISP ti pošle prefix **/64** a tvoje zařízení si z něj složí adresu (SLAAC)

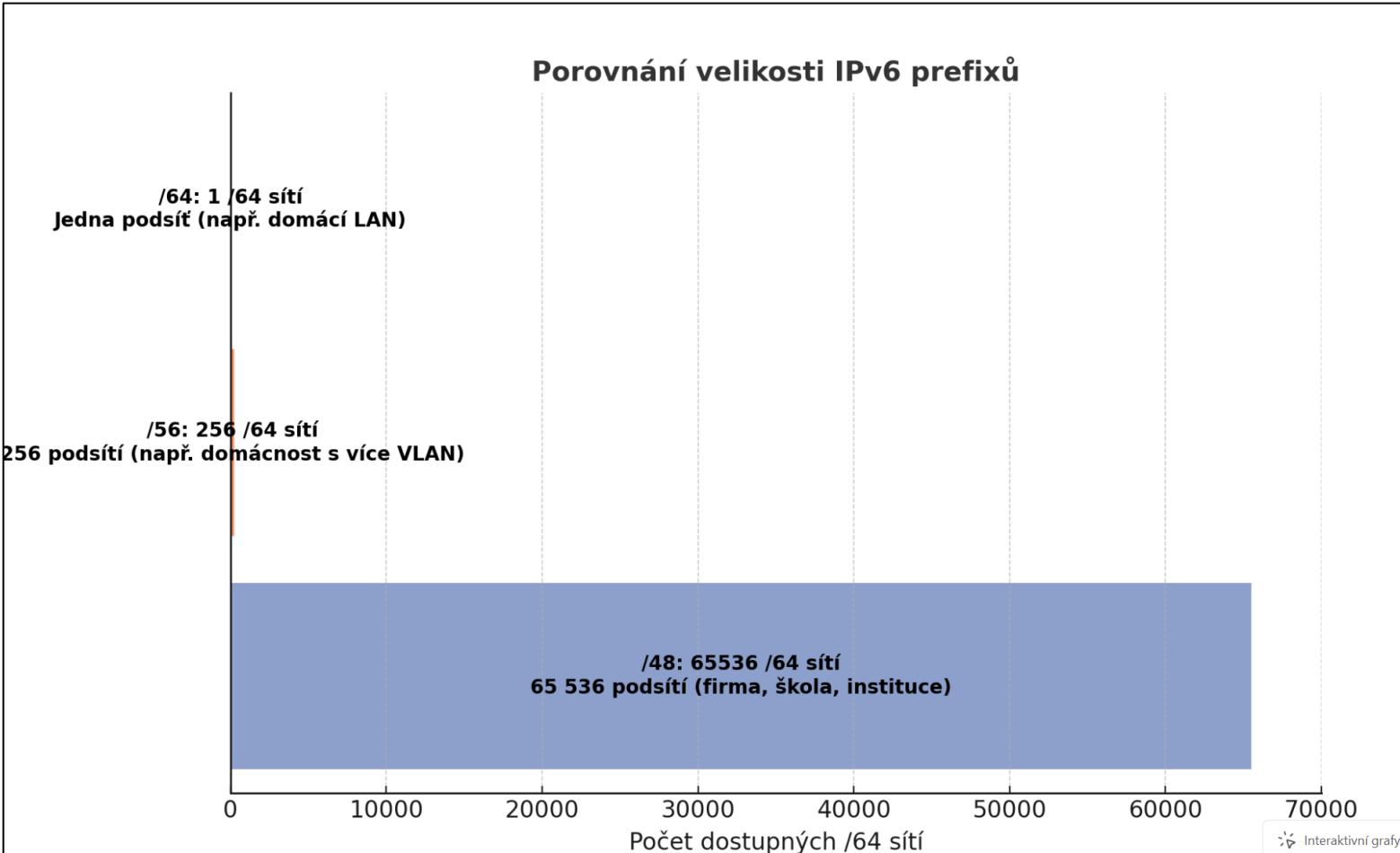
👉 **Laicky:** /64 = jedna ulice s astronomickým množstvím domů.

Prefix /56

- ISP ti dá blok **256x /64 sítí**. (dopočet 8 bitů do 64 ti dá těch 256)
- ty si pak můžeš rozdělit adresy do 256 podsítí (např. jedna pro LAN, jedna pro WiFi, jedna pro IoT)
- často se přiděluje **domácnostem s více routery nebo pokročilejšími požadavky**

👉 Laicky: /56 = celé sídliště, ty si můžeš vybrat 256 ulic s **2^{64}** adres.

Příklady prefixů - souhrn



Prefix	počet /64 sítí	typické použití
/64	1	jedna domácí nebo firemní podsíť
/56	256	domácnost s více sítěmi, pokročilí uživatelé
/48	65 536	firmy, školy, velké instituce

IPv6 LLA

- začíná vždy na **fe80::/10** (tedy něco jako fe80:xxxx:xxxx...)
- vzniká **automaticky** na každém síťovém rozhraní, není potřeba žádná konfigurace ani DHCP – **JE POVINNÁ V RÁMCI IPv6, musí být VŽDY na zařízení i když není GUA nebo multicast!**
- používá se jenom **v rámci jedné linky (sítě)** – např. pro komunikaci mezi sousedními zařízeními, nebo pro automatickou konfiguraci
- **nikdy se neroutuje do internetu, je to čistě „místní“ adresa.**

Místní IPv6 adresa
v rámci propojení:

fe80::c26a:2dcc:cd4d:c5c4%6

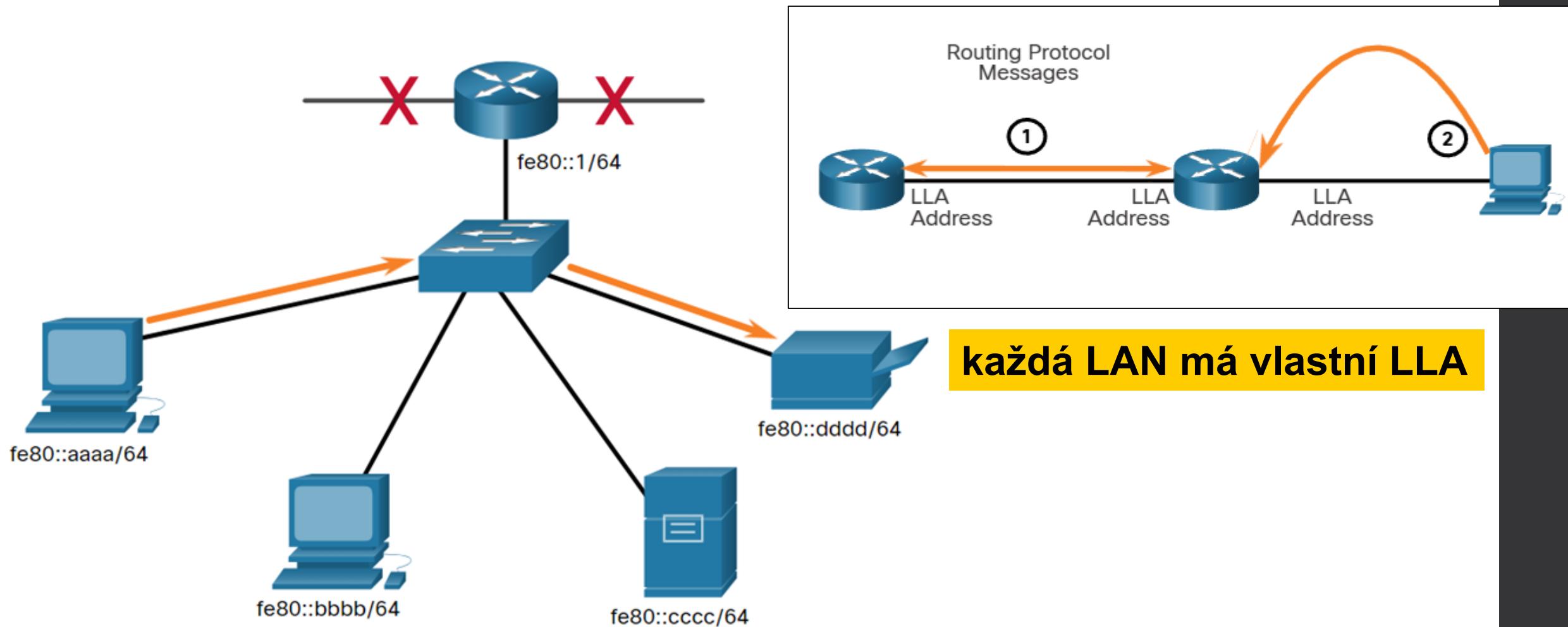
Prefix /10 znamená, že prvních 10 bitů je:
1111 1110 10xx xxxx

 scope ID – číslo rozhraní (interface index) ve Windows, jen pro OS

IPv6 LLA

IPv6 Packet

Source IPv6 Address	Destination IPv6 Address
fe80::aaaa	fe80::dddd



IPv6 Loopback

V IPv6 je **loopback** adresa vždy jen jedna jediná: **::1/128**

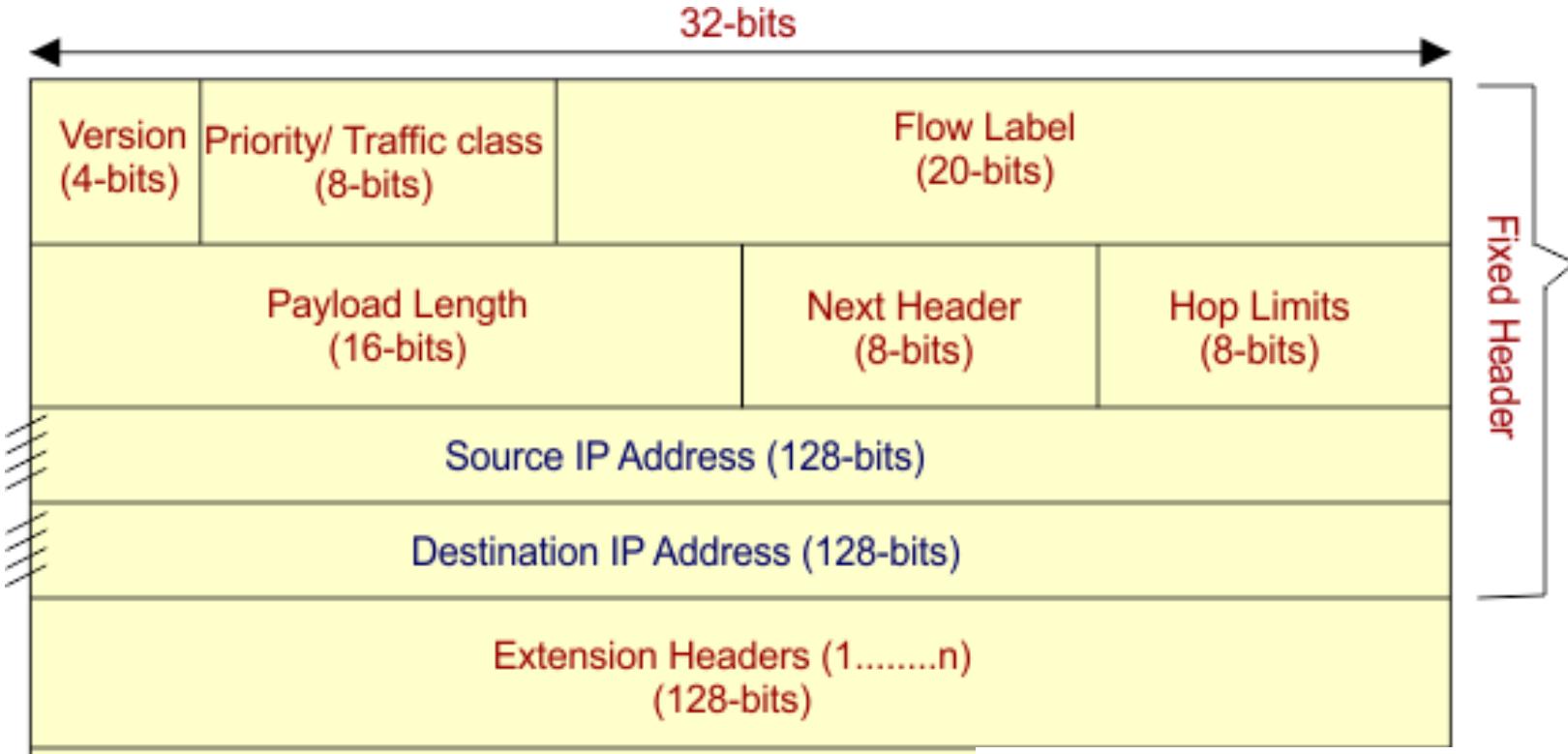
- slouží k tomu, aby si **počítač poslal zprávu sám sobě**
- nepatří žádnému rozhraní ani síti, je čistě interní
- IPv4 má celý blok **127.0.0.0/8** (nejčastěji se používá 127.0.0.1).

👉 **Laicky:** představ si to jako kdybys psal dopis sám sobě a hodil ho do vlastní poštovní schránky.

Využití: testování, zda **TCP/IP stack** (sítová vrstva v počítači) funguje.

Příklad: příkaz *ping ::1* → počítač komunikuje sám se sebou.

IPv6 Header



Data/Payload

IPv6 Header

Pevná hlavička IPv6 je dlouhá 40 bajtů
(320 bitů).

Extension Header	Next Header Value	Description
Hop-by-Hop Options header	0	Read by all devices in transit network
Routing Header	43	Contains method to support making routing decision
Fragment Header	44	contains parameters of datagram fragmentations
Destination Options Header	60	Read by destination Device
Authentication Header	51	Information Regarding Security
Encapsulating security payload Header	50	encryption informations

IPv6 Header

1. Verze: je to **4-bit** pole. Představuje verzi IPV6 v binárním 0110 (6).

2. Traffic Class: je to **8bitové pole**, které je také známé jako prioritní. Těchto 8 bitů je rozděleno na dvě části.

- nejvýznamnějších 6 bitů se používá pro typ služby. Nahrazuje IPv4 'DoS'. Jeho základním účelem je poskytovat kvalitu služeb (QoS).
- nejméně významné 2 bity zpracovávají pakety v Congestion (tj. smyčka). Namísto zahazování paketů používají poslední 2bity ke zpracování paketů Explicit Congestion Notification (ECN).

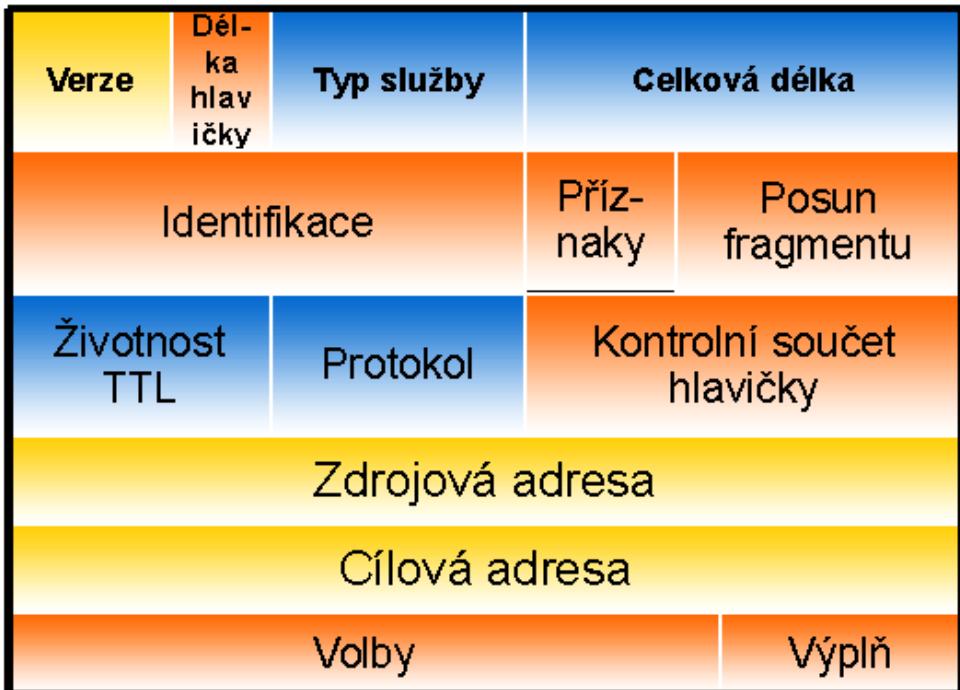
3. Flow Label: je to **20bitové pole**. Používá **virtuální okruh** pro přenos dat. Tímto způsobem je zachován sekvenční tok paketů patřících k datagramu. Toto pole zabraňuje přeuspořádání datových paketů, protože všechna data cestují jedinou cestou. **Je určen pro streamování/média v reálném čase.**

4. Délka užitečného zatízení. Jedná se o **16 bitové pole**. Řekne routerům o velikosti užitečného zatízení, které patří konkrétnímu paketu. S 16 bity lze uvést až 65535 bajtů dat.

5. Další záhlaví: je to **8bitové pole**. Říká se mu Extension Header, který se navíc používá se základní hlavičkou k odesílání více dat nebo informací.

IPv6 Header

IPv4 hlavička, ≥ 20 Bytů



Legenda

- nezměněná položka
- odstraněno z IPv6
- změna názvu & pozice v IPv6
- nová položka v IPv6

IPv6 hlavička, $= 40$ Bytů



zdroj: [1] Scott Hogg: IPv6 Implementation and Practise, 2006

IPv6 Header

- hlavička IPv6 paketu je jednodušší v porovnání s datagramem v IPv4.
- cílem této změny bylo rychlejší zpracování na routeru
- hlavička paketu má v novém protokolu konstantní délku (40 bajtů) a volitelné položky jsou přesunuty do samostatných hlaviček
- router tak může zpracovat jen IPv6 adresy a následující Hop-by-hop option a ostatní hlavičky by neměl řešit. Každá z rozšiřujících hlaviček má svou položku ‚další hlavička‘ z nichž pak vznikne řetězec.

IPv6 Extension Header

IPv6

TCP

NH = TCP

U první varianty následuje za základní IPv6 hlavičkou přímo hlavička protokolu TCP.

IPv6

Hop-by-hop

TCP

NH = HBH

NH = TCP

U druhé je mezi základní IPv6 hlavičku a protokol TCP vložena hlavička Hop-by-Hop, které by měly věnovat pozornost všechny uzly po cestě.

IPv6

Hop-by-hop

Destination options

TCP

NH = HBH

NH = DO

NH = TCP

U poslední varianty je vložena navíc ještě hlavička Destination Options, kterou by se mělo zabývat pouze koncové zařízení.

ID rozhraní

EUI-64 – z MAC, vloženo fffe

Náhodné ID (random generated) – ochrana soukromí

Každé zařízení má unikátní ID → unikátní adresa

Multicastové adresy

Rozsah - **ff00::/8**

- **ff02::1** – all-nodes (všechna zařízení)
- **ff02::2** – all-routers (všichni směrovače)

Používají se při směrovacích a konfiguračních procesech.

Zdroje

- Cisco: výukový portál Netacad.com

Části této prezentace byly vytvořeny s využitím generativní umělé inteligence (ChatGPT, verze z roku 2026) jako podpůrného nástroje pro získávání informací a formulaci textu. Výsledky byly následně editovány a ověřeny autorem."

Striktní zákaz šíření této prezentace a jakékoli její části mimo okruh studentů oboru IT SOŠ a SOU Neratovice bez souhlasu autora prezentace.