Vytvorené v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2021

PIKS, prednáška 8
Adresovanie v IPv6 sieťach

Introduction to Networks v7.0 – module 12, 13, 9.3

UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science and Informatics

Department
of Information Networks

MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPORTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Obsah prednášky

IPv6 adresy

- Problémy v IPv4
- Zápis IPv6 adresy
- Typy IPv6 adries
- Unicastové IPv6 adresy
- Multicastové IPv6 adresy
- Subsieťovanie v IPv6

Netacad ver. 7.0:
Chapter 12 IPv6 Addressing

ICMPv6

Chapter 13 ICMP
Chapter 9 ARP:
9.3 - IPv6 Neighbor Discovery

Čo nás čaká v prvej polovici...

- **Nájdeme odpovede na otázky:**
  - Aké problémy IPv4 adresovania rieši IPv6?
  - Ako reprezentovať IPv6 adresu? Aké má časti?
  - Aké sú typy IPv6 adries?
  - Ako nakonfigurovať IPv6 link-local adresu?
    - Ako staticky a ako dynamicky?
  - Ako nakonfigurovať IPv6 global unicast adresu?
    - Ako na to staticky?

Vyčerpanie IPv4 a nástup IPv6

- Predikcia o počte potrebných IP adries do r. 2020:
  - Cisco predikuje: 50 biliónov
  - Intel predikuje: 200 biliónov

IPv4 (32 bitové pole) 2^{32}

- 4 miliardy (EU) / biliónov (USA) 4,000,000,000 IPv4 adries
- Adresný priestor sa vyčerpal
- Narastanie smerovacej tabuľky
- Záchranou bolo NAT
  - Nie je použiteľné pre služby, ktoré potrebujú end-to-end konektivitu s verejnými IP adresami

vs.

IPv6 (128 bitové pole) 2^{128}

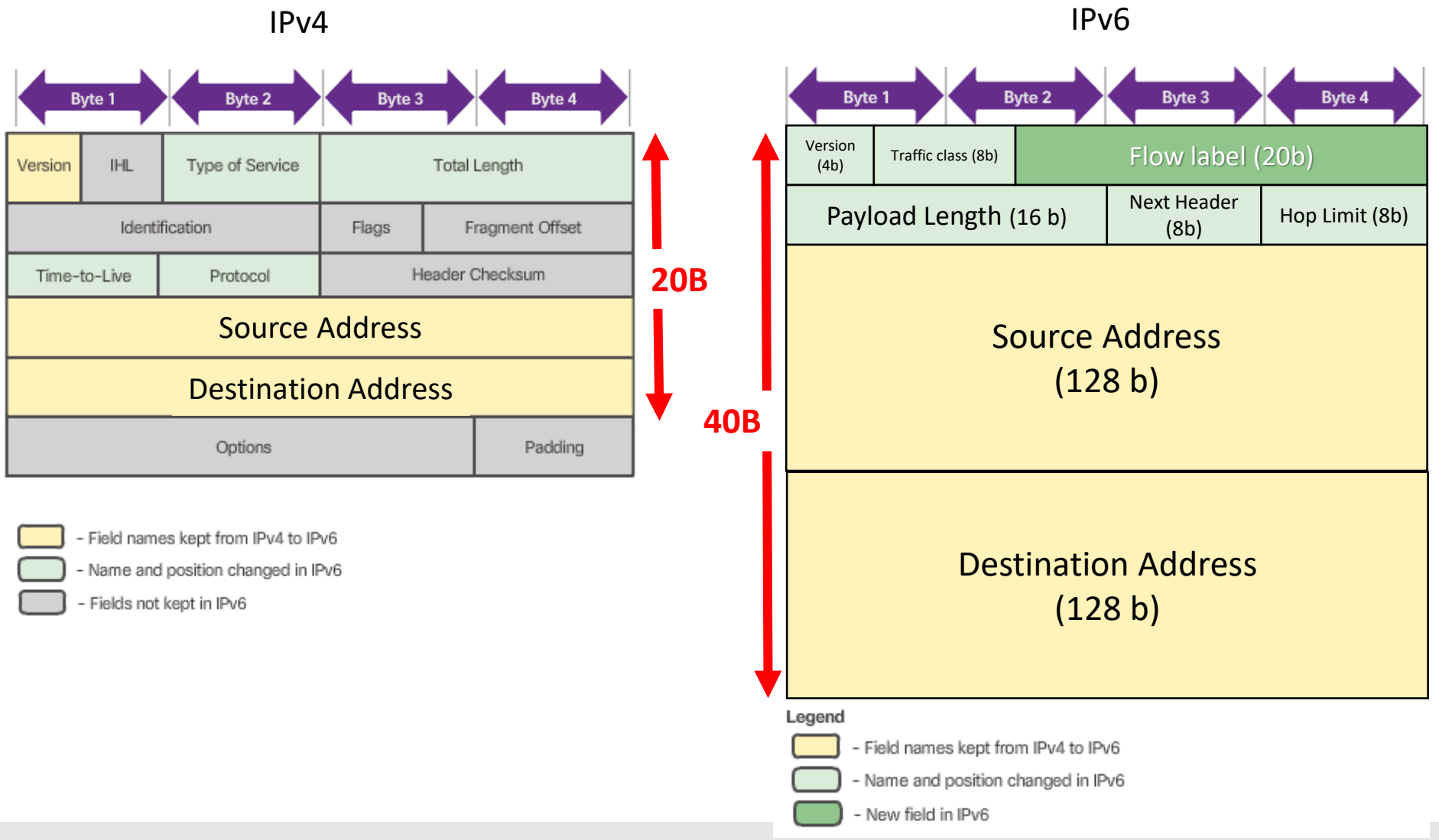
- 340 sextiliónov (EU) /undeciliónov (USA) IPv6 adries 340,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
- Adresný priestor s veľkou rezervou
- Zjednodušená štruktúra hlavičky
- Nepotrebuje NAT

Dlhý a krátky systém veľkých čísiel

- 10^9 **miliardy** alebo **bilióny** ?
- 10^{36} **sextilióny** alebo **undecilióny ?**
- **Veľké čísla** v slovenčine sú postavené na Pelletierovom systéme, ktorý sa používa vo veľkej časti Európy, nie však v USA

	hodnota	dlouhý systém	princip vzniku čísla	krátký systém
10^0 =	1	jedna	1 000 000 ^{0,0}	jedna
10^3 =	1 000	*tisíc*	1 000 000 ^{0,5}	tisíc (mille)
10^6 =	1 000 000	milion	1 000 000 ^{1,0}	million
10^9 =	1 000 000 000	miliarda	1 000 000 ^{1,5}	billion
10^{12} =	1 000 000 000 000	bilion	1 000 000 ^{2,0}	trillion
10^{15} =	1 000 000 000 000 000	biliarda (někdy *tisíc* bilionů)	1 000 000 ^{2,5}	quadrillion
10^{18} =	1 000 000 000 000 000 000	trilion	1 000 000 ^{3,0}	quintillion
10^{21} =	1 000 000 000 000 000 000 000	triliarda (někdy *tisíc* trilionů)	1 000 000 ^{3,5}	sextillion
10^{24} =	1 000 000 000 000 000 000 000 000	kvadrilion	1 000 000 ^{4,0}	septillion
10^{27} =	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000	kvadriliarda (*tisíc* kvadrilionů)	1 000 000 ^{4,5}	octillion
10^{30} =	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	kvintilion	1 000 000 ^{5,0}	nonillion
10^{33} =	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	kvintiliarda (*tisíc* kvintilionů)	1 000 000 ^{5,5}	decillion
10^{36} =	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000	sextilion	1 000 000 ^{6,0}	undecillion

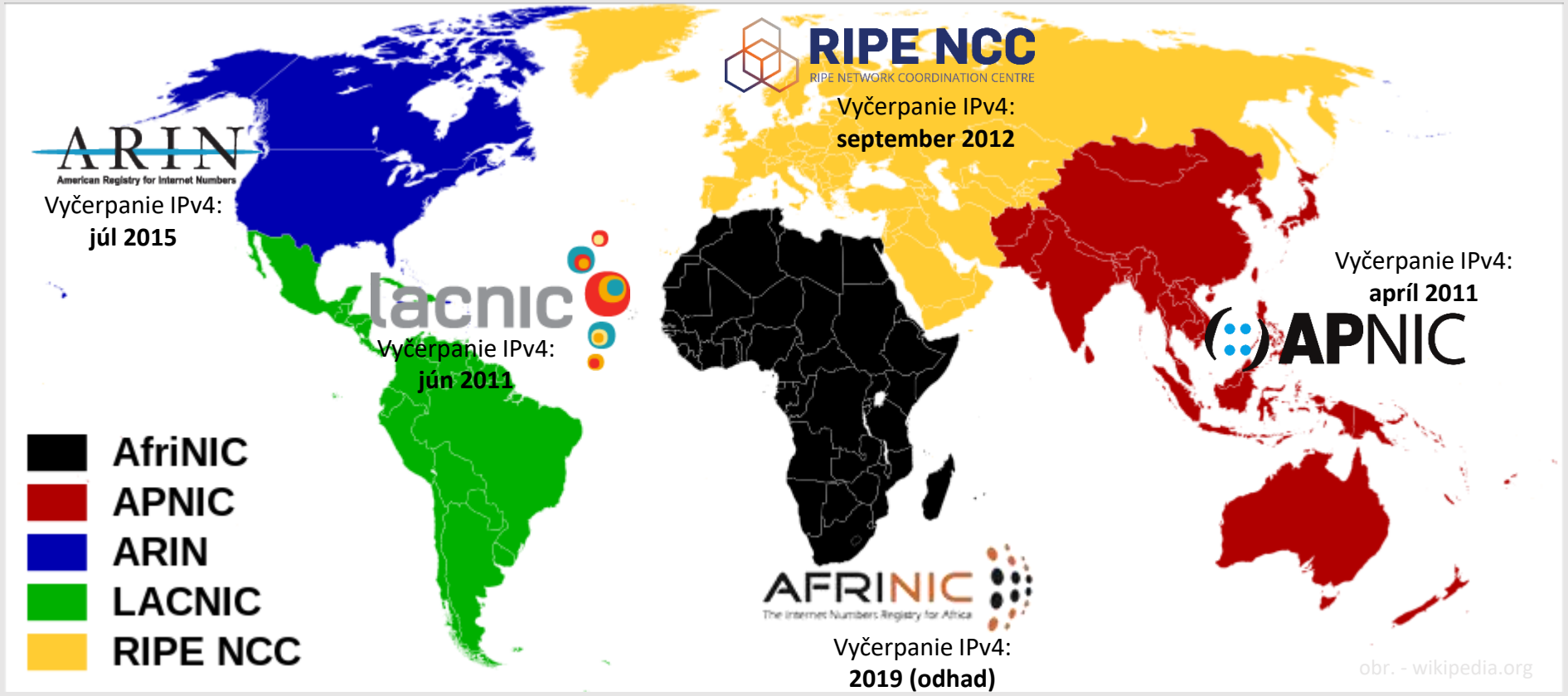
Porovnanie IPv4 a IPv6 hlavičiek



Aktuálny stav IPv4 adries vo svete

Kto to celé manažuje?

- U nás RIPE
- Inde ďalšie **regionálne internetové registračné úrady**
- Manažujú prideľovanie a registráciu IP adries pre daný región (IPv4 aj IPv6)

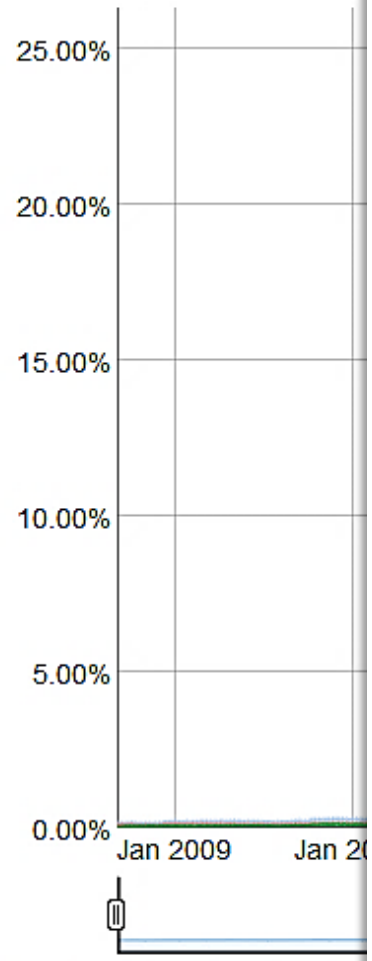


- African Network Information Center (AFRINIC) pre Afriku
- Asia-Pacific Network Information Centre (APNIC) pre Áziu, Austráliu, Nový Zéland a susedné krajiny.
- American Registry for Internet Numbers (ARIN) pre USA, Kanadu, niektoré časti Karibiku a Antarktídu.
- Latin America and Caribbean Network Information Centre (LACNIC) pre Latinskú Ameriku a časť Karibiku.
- Réseaux IP Européens Network Coordination Centre (RIPE NCC) pre Európu, Rusko, Stredný východ a centrálnu časť Ázie

Dostupnosť IPv6 konektivity medzi Google používateľmi

IPv6 Adoption

We are continuously measuring

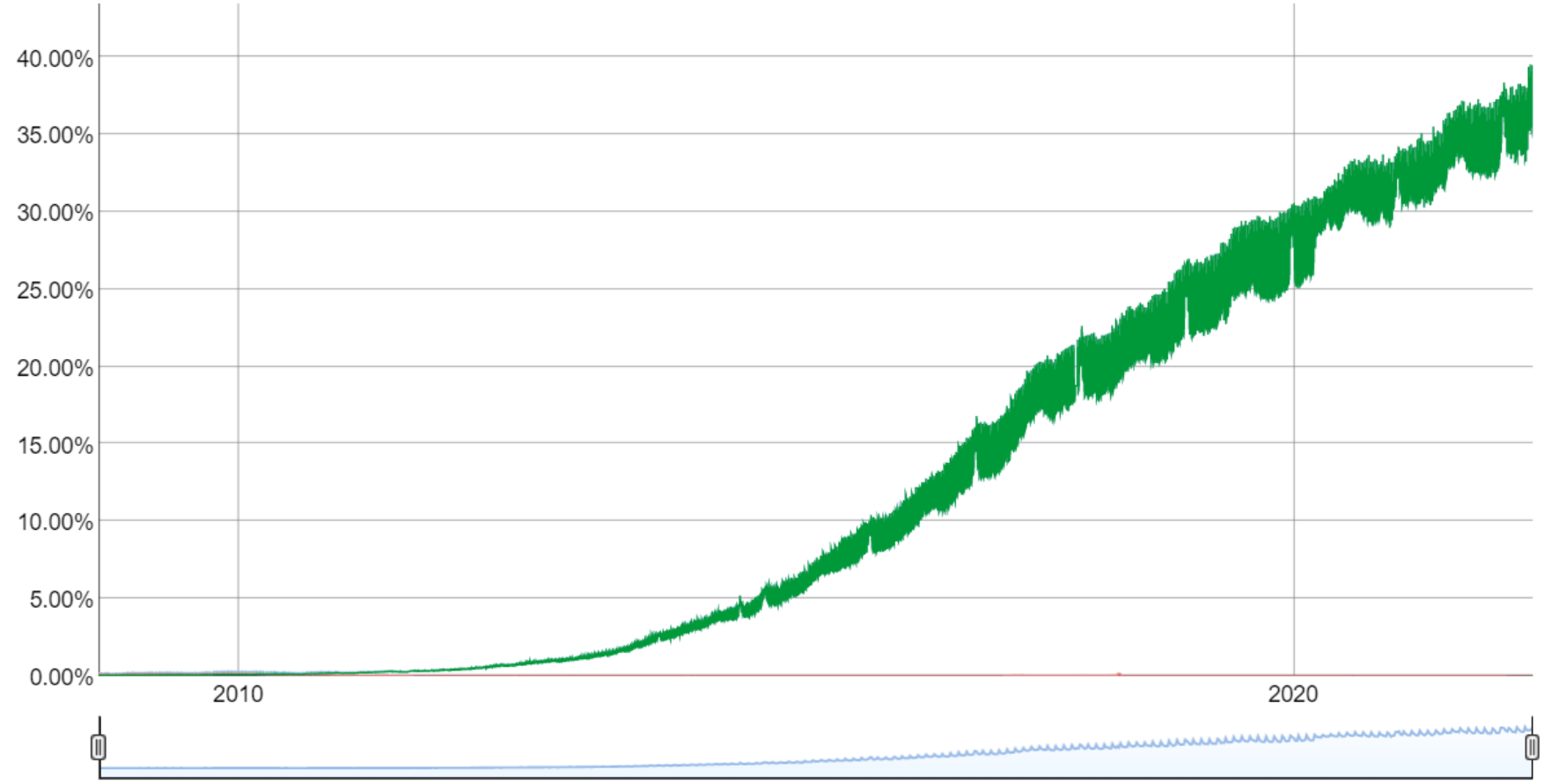


IPv6 Adoption | Per-Country IPv6 adoption

IPv6 Adoption

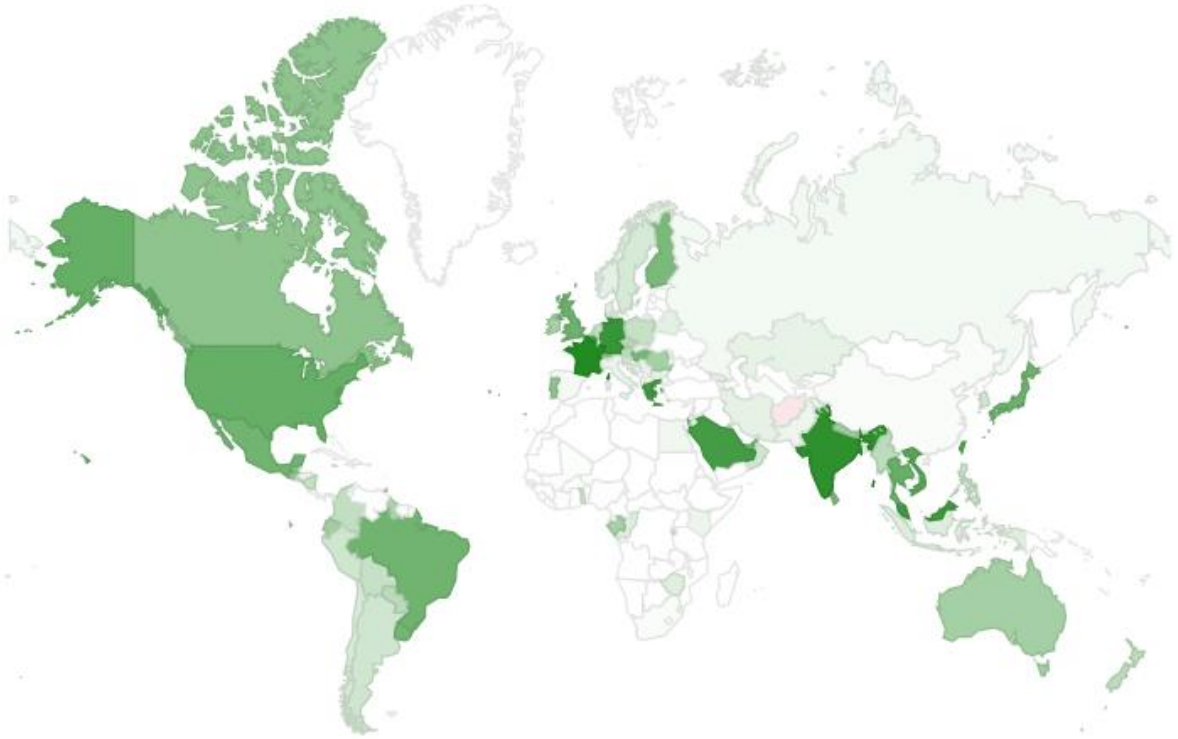
We are continuously measuring the availability of IPv6 connectivity among Google users. The graph shows the percentage of users that access Google over IPv6.

Native: 0.06% 6to4/Teredo: 0.12% Total IPv6: 0.18% | Jan 16, 2009



Dostupnosť IPv6 konektivity medzi Google používateľmi

Per-Country IPv6 adoption

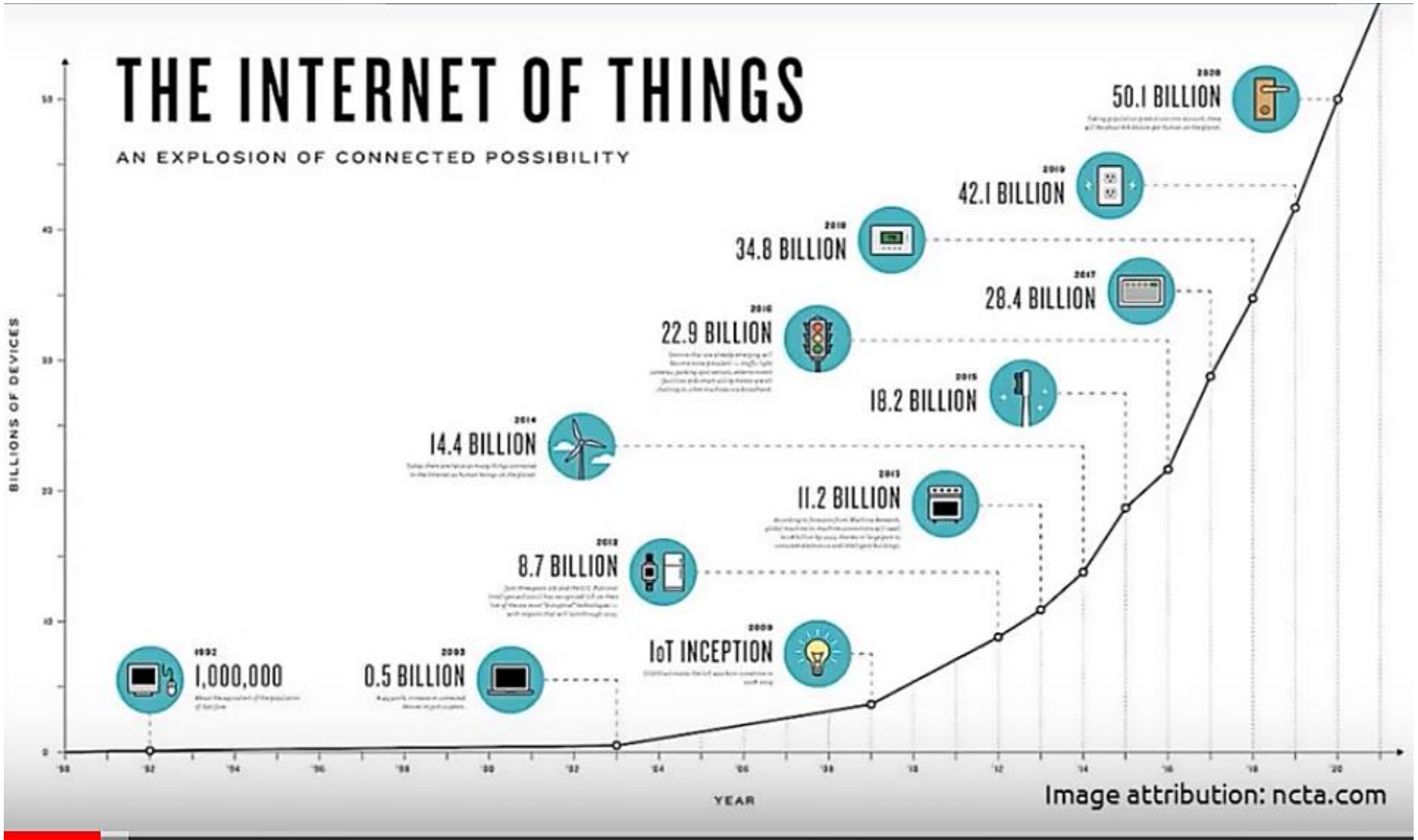


World | Africa | Asia | Europe | Oceania | North America | Central America | Caribbean | South America

The chart above shows the availability of IPv6 connectivity around the world.

Regions where IPv6 is more widely deployed (the darker the green, the greater the deployment) and users experience infrequent issues connecting to IPv6-enabled websites.

Na čo všetko treba IP adresy



6.6. oslavujeme ☺ Svetový deň IPv6

World IPv6 Day and World IPv6 Launch Day

From Wikipedia, the free encyclopedia

World IPv6 Day was a technical testing and publicity event in 2011 sponsored and organized by the Internet Society and several large Internet content services to test and promote public IPv6 deployment.[1] Following the success of the 2011 test day, the Internet Society carried out a **World IPv6 Launch** day on June 6, 2012 which, instead of just a test day, was planned to permanently enable IPv6 for the products and services of the participants.[2]

World IPv6 Launch Day logo

Contents [hide]

World IPv6 Day [edit]

World IPv6 Day was announced on January 12, 2011 with five anchoring companies: Facebook, Google, Yahoo, Akamai Technologies, and Limelight Networks.[3] The event started at 00:00 UTC on June 8, 2011 and ended 23:59 the same day.[4] The main motivation for the event was to evaluate the real world effects of the IPv6 brokenness as seen by various synthetic tests. To this end, during World IPv6 Day major web companies and other industry players enabled IPv6 on their main websites for 24 hours. An additional goal was to motivate organizations across the industry – Internet service providers, hardware makers, operating system vendors and web companies – to prepare their services for IPv6, so as to ensure a successful transition from IPv4 as address space runs out[5]

Ako prejsť (migrovať) z IPv4 na IPv6

- Je niekoľko techník, ale..

  ..prechod bude trvať roky

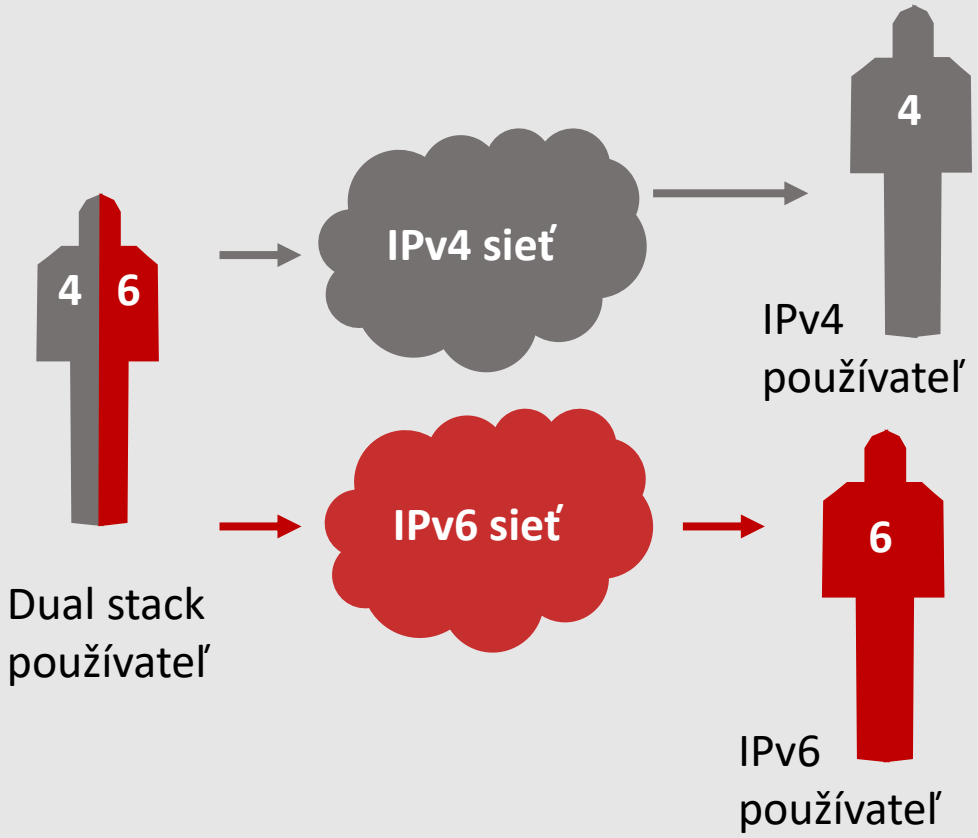
- IETF pomáha tomuto prechodu rôznymi protokolmi a nástrojmi pre migráciu na IPv6
  A. Nasadenie a používanie oboch zároveň (Dual Stack)
  B. Tunelovanie (Tunneling)
  C. Preklad (Translation)
- V budúcnosti je ale cieľom mať IPv6 komunikáciu od zdroja až k cieľu

A. Nasadenie a používanie IPv4 aj IPv6 (Dual stack)

- Zariadenia bežia s IPv4 aj s IPv6 stack-om

✌ *Je s tým nejaký problém?*

Nie

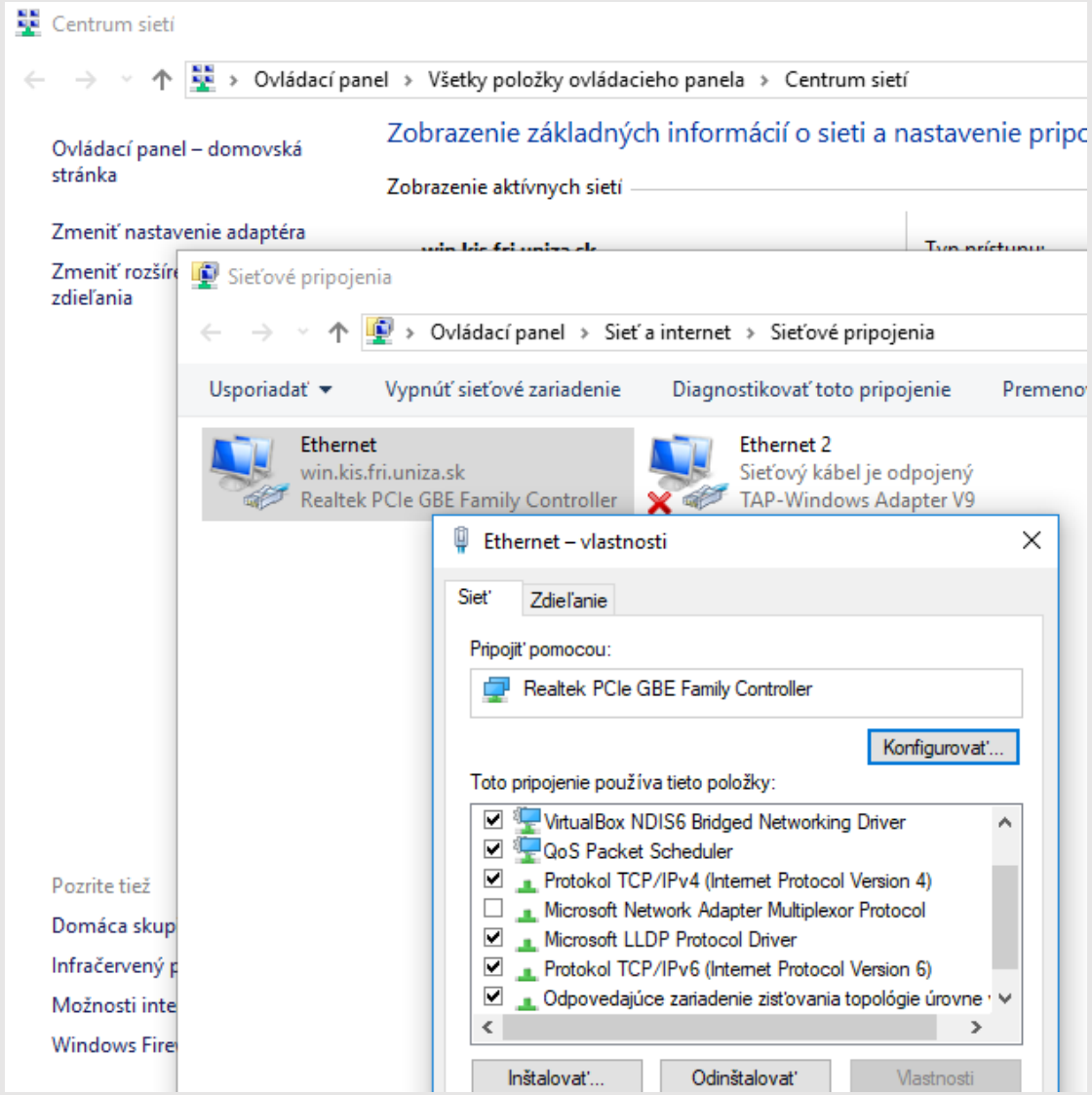


A. Je na vašom PC dual-stack? (Aktivita 1)

- Overme si:
  - Zistite či na vašom PC beží aj IPv4 aj IPv6

✌ *Ako na to?*

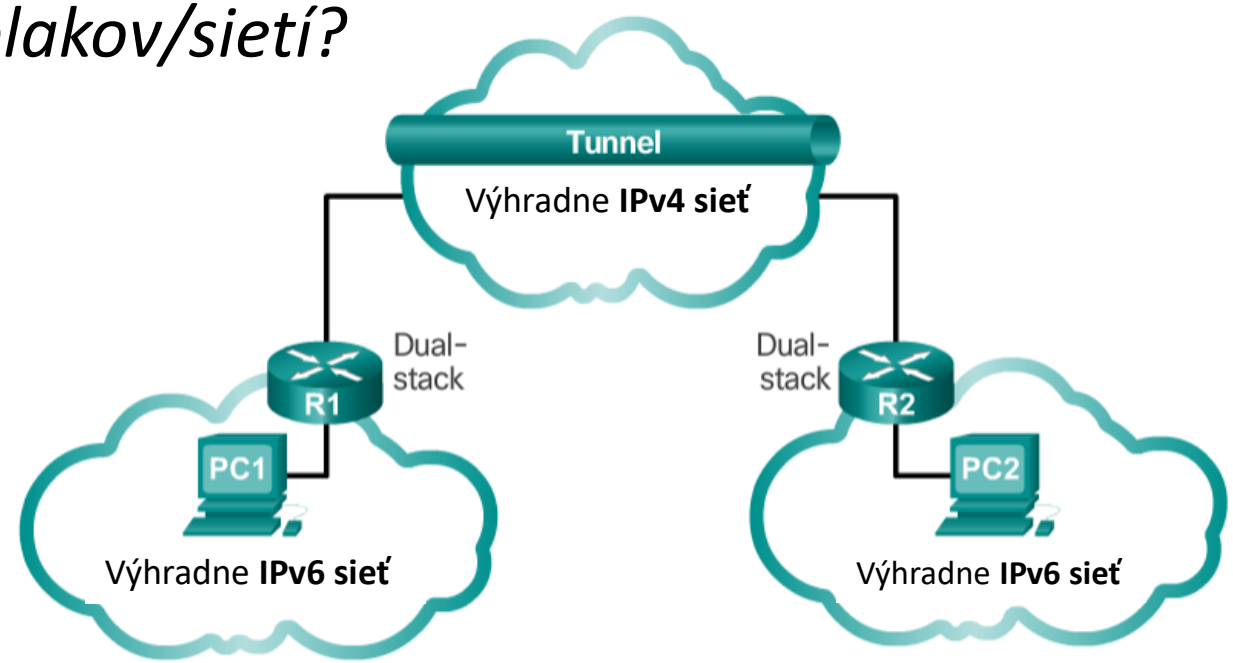
Pravým tlačidlom na ikonu
*„**Prístup na internet**“*
*> **Zmeniť nastavenie adaptéra***
> Pravým tlačidlom myši na
***Ethernet** adaptér*



B. Tunelovanie IPv6 do IPv4

- IPv6 sa zabalí do IPv4 a prenesie sa cez IPv4 sieť

✌ *Čo majú hraničné smerovače (R1, R2) naviac oproti smerovačom vo vnútri oblakov/sietí?*

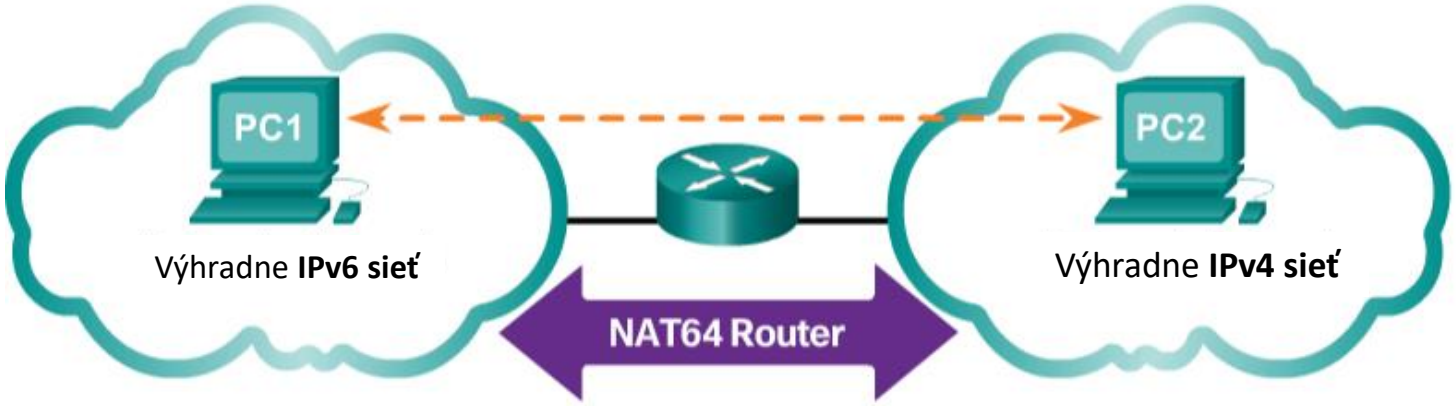


C. Preklad IPv6 na IPv4

- Na hraniciach sietí s IPv4 a IPv6 sa robí preklad z IPv6 do IPv4 alebo naopak

✌ *V angličtine je pre tento proces skratka NAT64 – čo asi znamená?*

Network Address Translation 64 (NAT64)

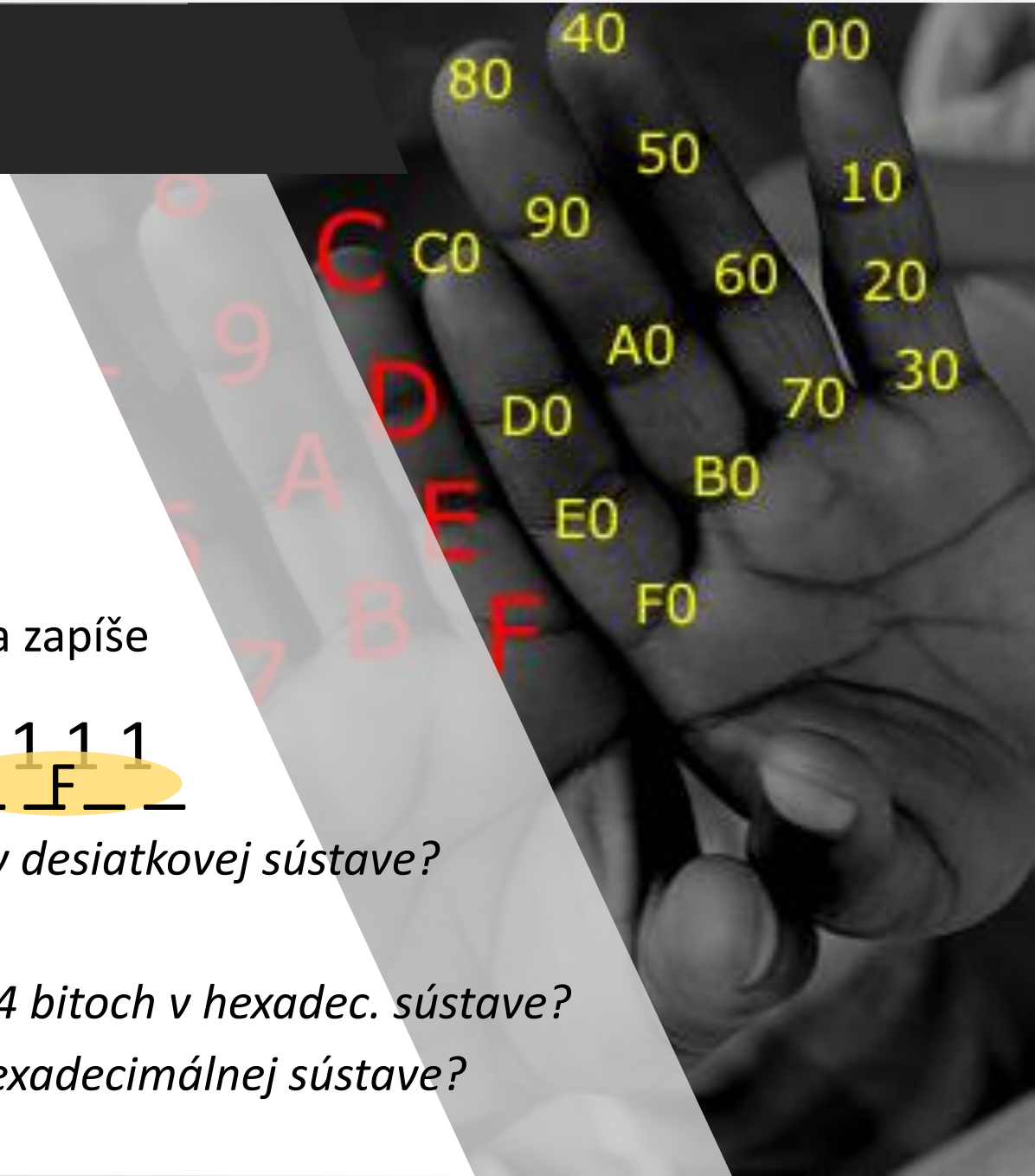


Zápis IPv6 adresy

Na pripomenutie

- *Koľko bitová je IPv4 adresa?*
  - *32*
- *Ako ju zapisujeme?*
  - *4 desiatkové čísla oddelené bodkami*
- *Ako sa zvykne nazývať to 8-bitové číslo?*
  - *oktet*
- *Koľko bitová je IPv6 adresa?*
  - *128 (koľko krát viac ako IPv4?)*
- *Ako by vyzeral jej zápis po vzore IPv4?*
  - *Napr.: 101.102.103.104.105.106.107.108.109.110.111.112.113.114.115.116*
- *Zdá sa vám použiteľný?*

Zápis IPv6 adries



Vymyslelo sa niečo lepšie:

1. Zoberú sa bloky veľkosti **16 binárnych** číslic.
   - *Koľko ich bude treba?*
     128/16=8 (skrátili sme to na polovicu)

   a oddelia sa dvojbodkou (IPv4 má bodky)

   X : X : X : X : X : X : X : X

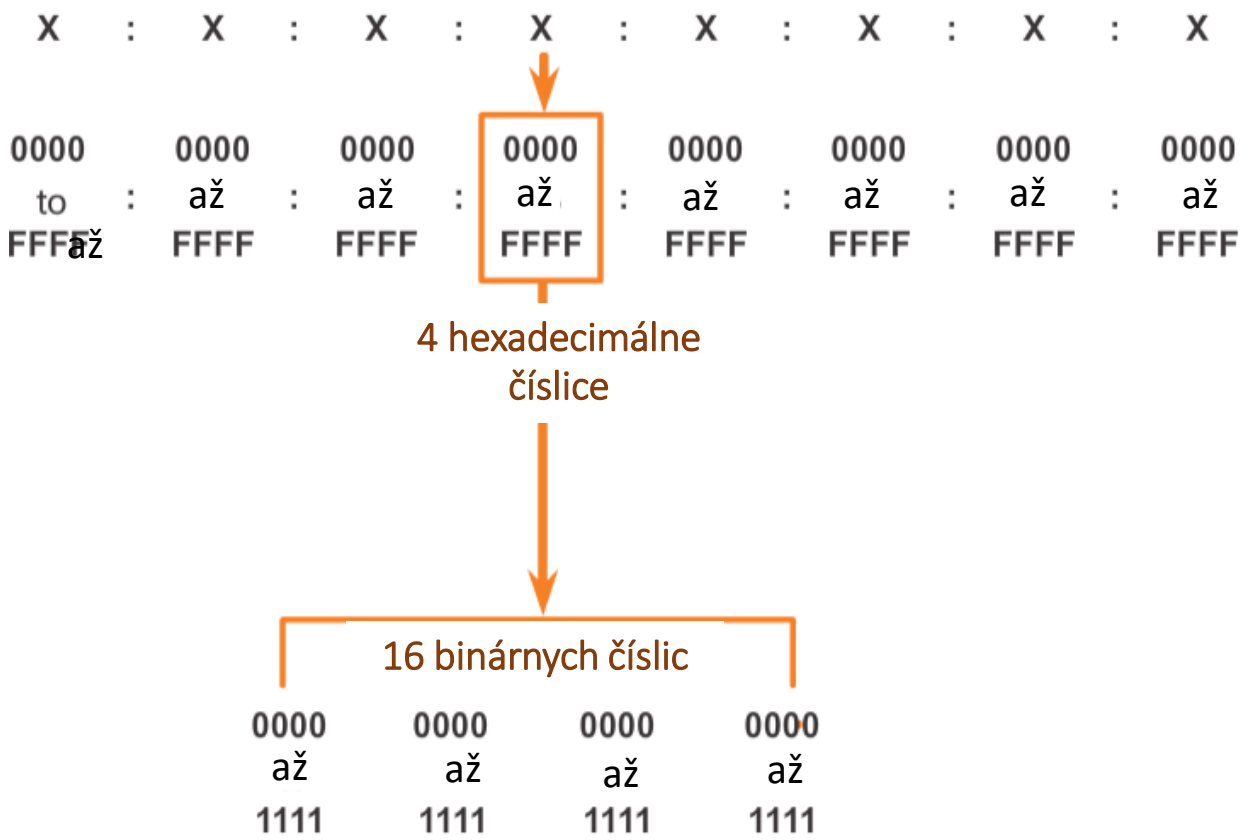
2. Každý takýto blok sa rozdelí na **4 časti** a každá sa zapíše v **hexadecimálnej** sústave:

   0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1

   _ _1_ _ _ _2_ _ _ _C_ _ _ _F_ _

- *Aké je najmenšie a aké najväčšie číslo na 4 bitoch v desiatkovej sústave?*
- *Koľko a aké číslice obsahuje hexa sústava?*
- *Aká bude najnižšia a najvyššia možná hodnota na 4 bitoch v hexadec. sústave?*
- *Ako bude vyzerať hore uvedené 16 bitové číslo v hexadecimálnej sústave?*

Zápis IPv6 adries



Sústavy

Desiatková 0-9 (celkovo 10)	**Binárna** 0-1 (celkovo 2)	**Hexadecimálna** 0-9,A-F (celkovo 16)
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Príklady zápisu IPv6 adries v plnom tvare

2001	0DB8	0000	1111	0000	0000	0000	0200
2001	0DB8	0000	00A3	ABCD	0000	0000	1234
2001	0DB8	000A	0001	0000	0000	0000	0100
2001	0DB8	AAAA	0001	0000	0000	0000	0200
FE80	0000	0000	0000	0123	4567	89AB	CDEF
FE80	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001
FF02	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001
FF02	0000	0000	0000	0000	0001	FF00	0200
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

- *Bolo by podľa vás vhodné, aby pri zápise záležalo na veľkosti písmen?*

  zápis nie je „case-sensitive“

Ako to skrátiť? – Pravidlo 1

- *Pokúste sa vysloviť, aké sú pravidlá skracovania:*

Pravidlo 1: Úvodné nuly v hextete sú nepovinné

2001:0DB8:0000:AFDB:0000:0000:B000:0020 *(Plný tvar)*

2001: DB8: 0:AFDB: 0: 0:B000: 20 *(Pravidlo 1)*

Pravidlo 2: Za sebou idúce hextety 0 sa dajú skrátiť zápisom **::**

2001: DB8: 0:AFDB: :: B000: 20 *(Pravidlo 1+2)*

- Prečo pravidlo 2 možno použiť iba 1 krát v adrese?
- Ako potom parser IPv6 adresy vie interpretovať takto skrátenú IPv6 adresu?

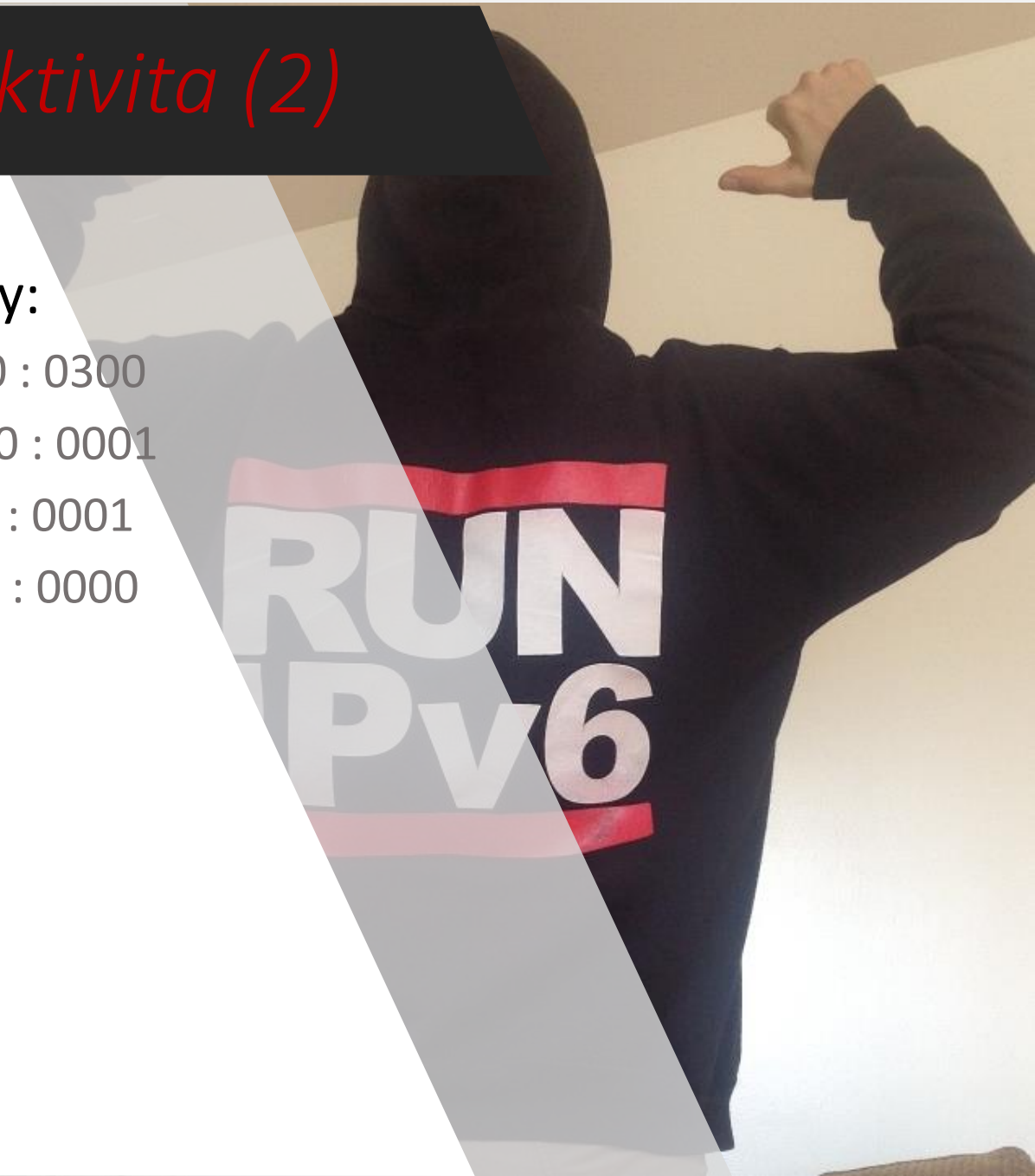
Skrátený tvar IPv6 adries: *Aktivita (2)*

Použite pravidlo 1 a 2 a skráťte IPv6 adresy:

a) 2001 : 0DB8 : 0000 : 1111 : 0000 : 0000 : 0000 : 0300
b) 2001 : 0DB8 : 0000 : 0000 : ACDC : 0000 : 0000 : 0001
c) FF02 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001
d) 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000

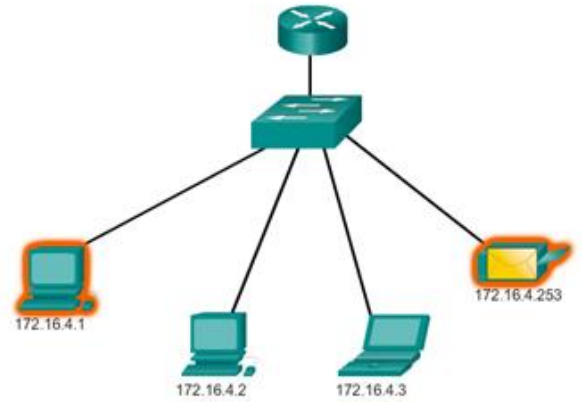
Samostatne na domácu úlohu skráťte:

e) FE80:E001:0002:003F:EF00:0000:ABCD:1234
f) 2001:AA34:0000:0000:0000:FE01:DCBA:4321
g) FF00:CD01:0000:0000:AB45:0000:0000:00AB



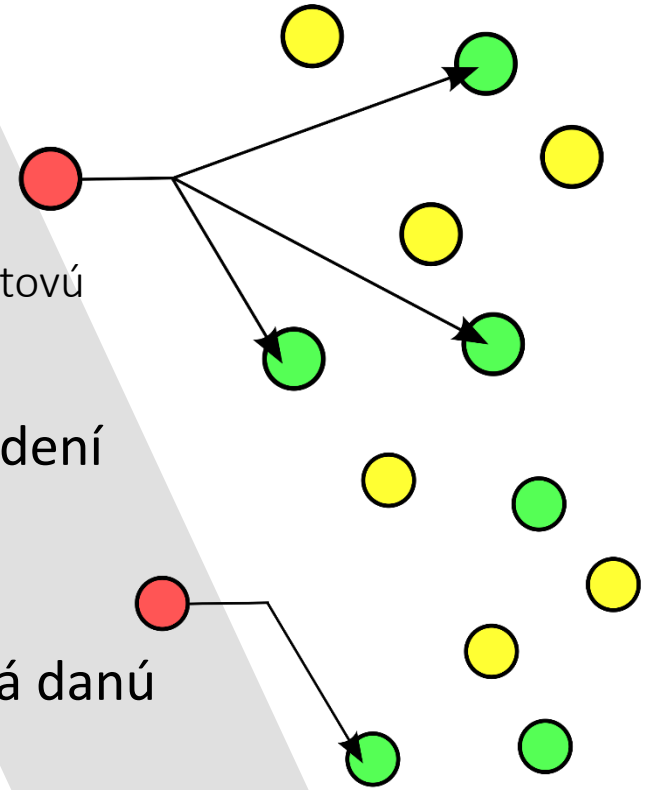
Typy IPv6 adries

Typy IPv6 adries



- *Aké typy adries už poznáme v IPv4?*
  - *Čo znamenajú a kedy sa používajú?*
- **Unicast**
  - Adresa patrí jednému rozhraniu
  - Zdrojová adresa je vždy typu unicast
- **Multicast**
  - Pre adresovanie IPv6 paketu do viacerých cieľov
  - Efektívnejšie využíva prostriedky siete
  - Používa širší adresný rozsah
- **Anycast**
  - Ktorákoľvek IPv6 unicastová adresa, ale bude ju zdieľať viacero zariadení
  - Všetky takéto zariadenia by mali poskytovať rovnaké služby
  - Zdrojové zariadenia odosielajú pakety na anycast adresu
    - Nikdy nebude ako zdrojová adresa, vždy iba ako cieľová adresa v IPv6 pakete
  - Smerovače smerujú takýto paket k najbližšiemu zariadeniu, ktoré má danú adresu
  - Vhodné pre rozkladanie záťaže a poskytovanie obsahu

- Broadcast v IPv6 nemáme !
- Máme ale multicastovú adresu „all-nodes“

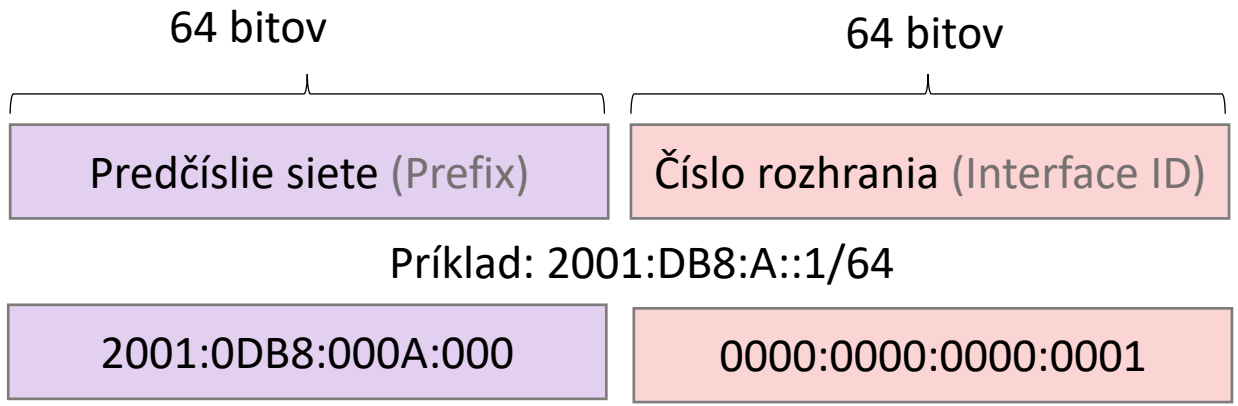


Skok na slajd s IPv6 multicast adresami

Zápis sieťovej masky v IPv6

- *Na čo slúži sieťová maska?*
- *Akými dvomi spôsobmi možno zapísať masku pre IPv4 adresy? Zapíšte masku vášho PC oboma spôsobmi.*
- *Čo myslíte, ktorý z nich sa používa v IPv6?*

- IPv6 používa iba **/dĺžka prefixu**
  - môže byť od 0 po 128
  - väčšinou ale **/64**



Unicastové adresovanie v IPv6

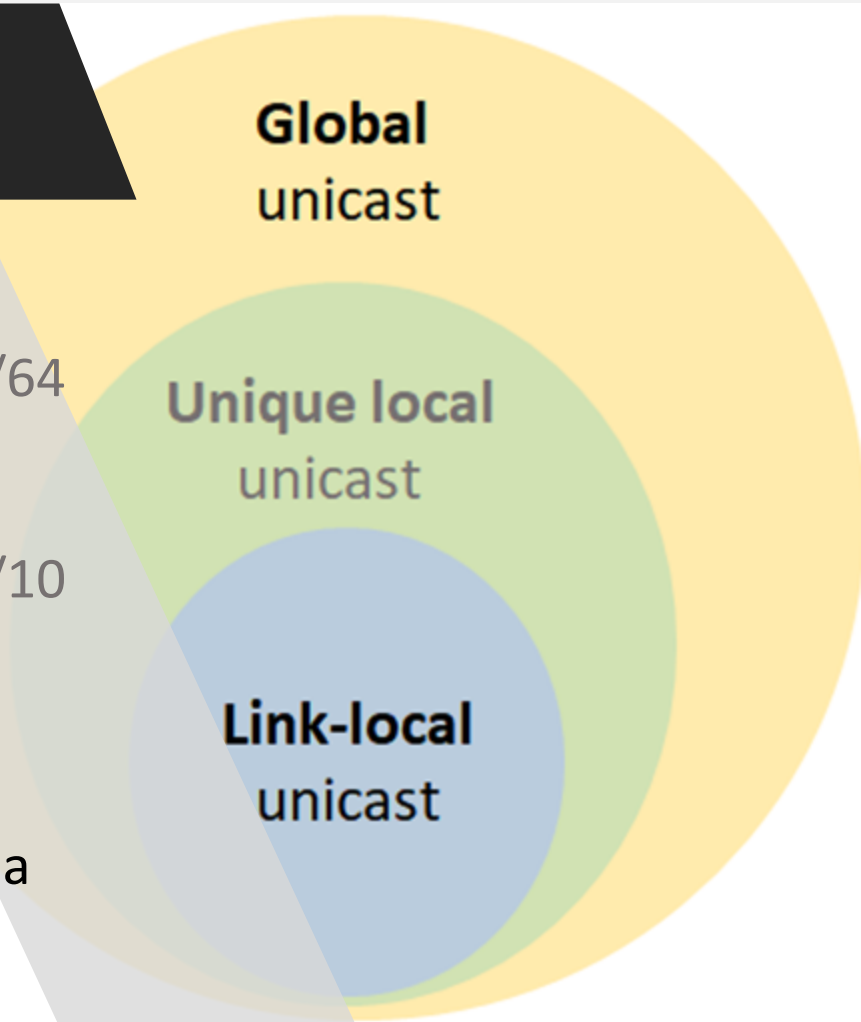
Najbežnejšie typy IPv6 unicastových adries:

- **Global unicast** pr.: 2001:DB8:ABCD::1/64
  - podobne ako verejné adresy v IPv4
  - globálne jedinečné, smerovateľné v internete
- **Link-local unicast** FE80::/10
  - pre komunikáciu so zariadeniami na tej istej lokálnej linke (subsieti)
  - jedinečné musia byť iba v rámci danej linky, nesmerujú sa ďalej v Internete (ani ako zdrojové, ani ako cieľové)
  - pre účely automatickej konfigurácie adresy, proces objavenia suseda (objasníme si neskôr)

Koľko adries pre jedno rozhranie?

✌ v **IPv4** má rozhranie typicky koľko adries? len **1**

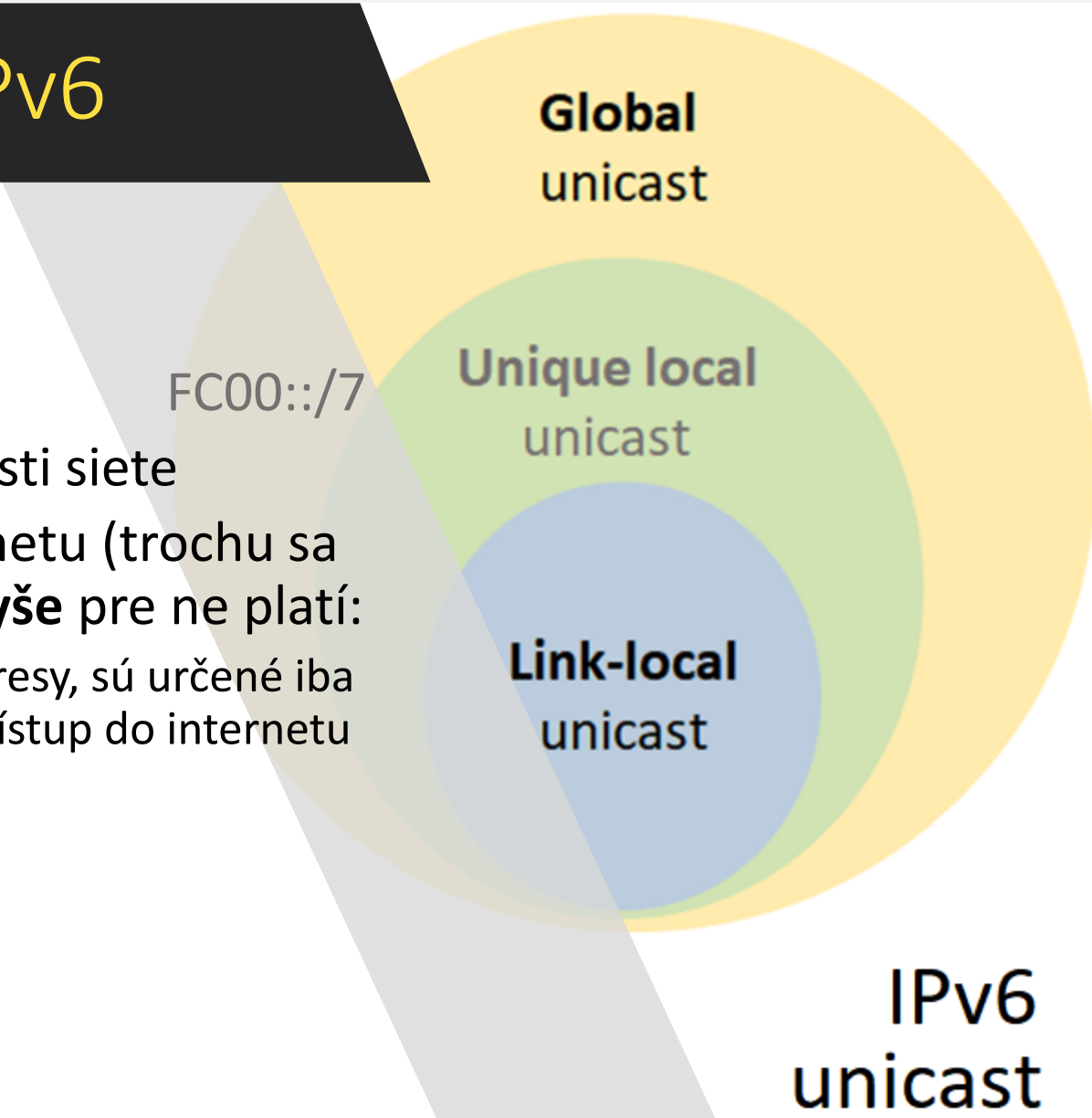
- v **IPv6** má rozhranie, až na výnimky, **niekoľko** adries
  - **Musí** mať ***1*** **link-local** adresu
  - **Môže mať** ***viacero*** **global unicast** adries



Unicastové adresovanie v IPv6

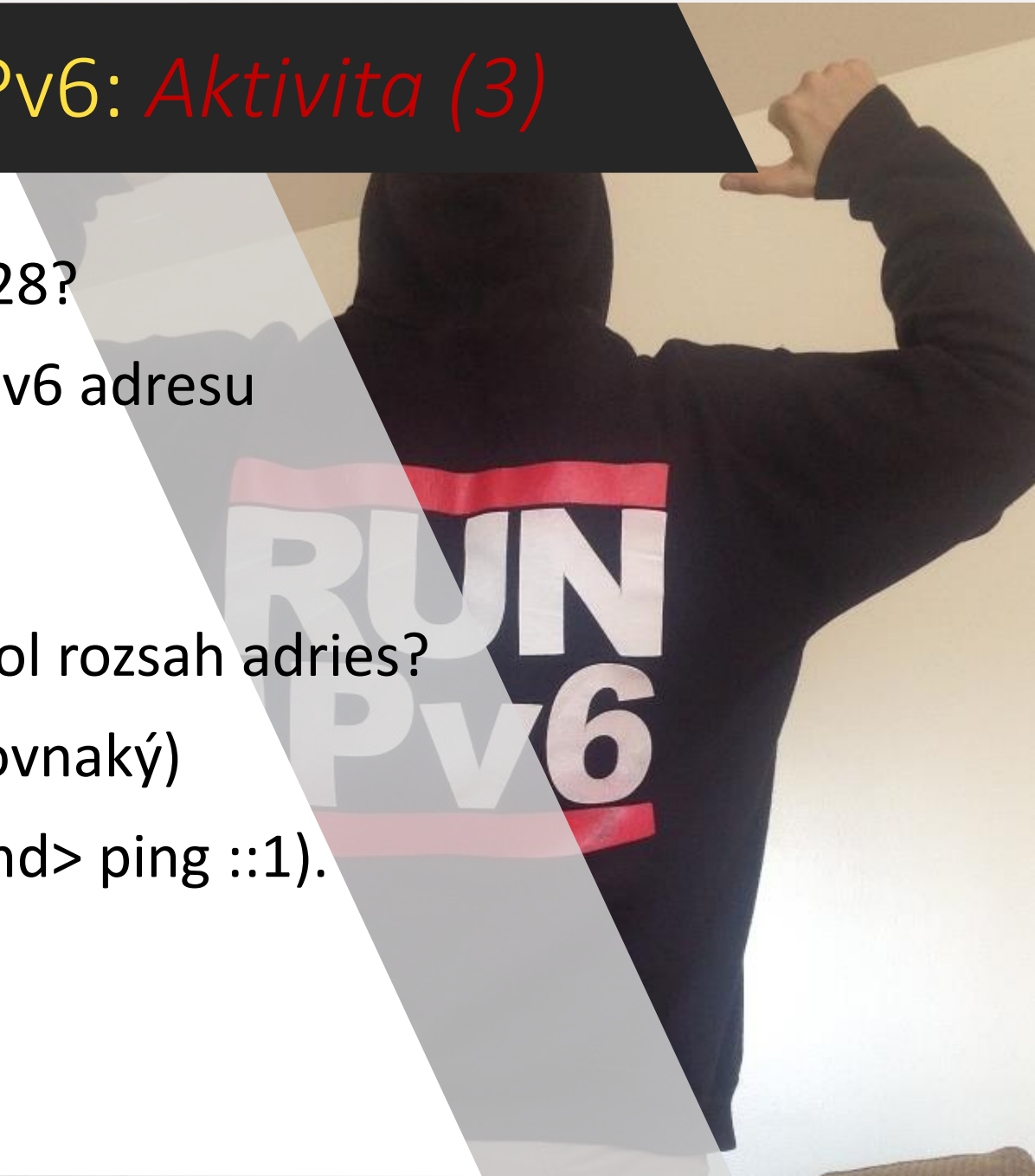
Menej bežné typy IPv6 unicastových adries:

- **Unique local unicast** (RFC 4193) FC00::/7
  - na lokálne adresovanie v rámci nejakej časti siete
  - nebudú smerované smerovačmi do internetu (trochu sa podobá na IPv4 privátne adresy), ale **navyše** pre ne platí:
    - nerobí sa žiadny preklad na global unicast adresy, sú určené iba pre zariadenia, ktoré nemajú/nepotrebujú prístup do internetu (teraz ani nikdy neskôr)

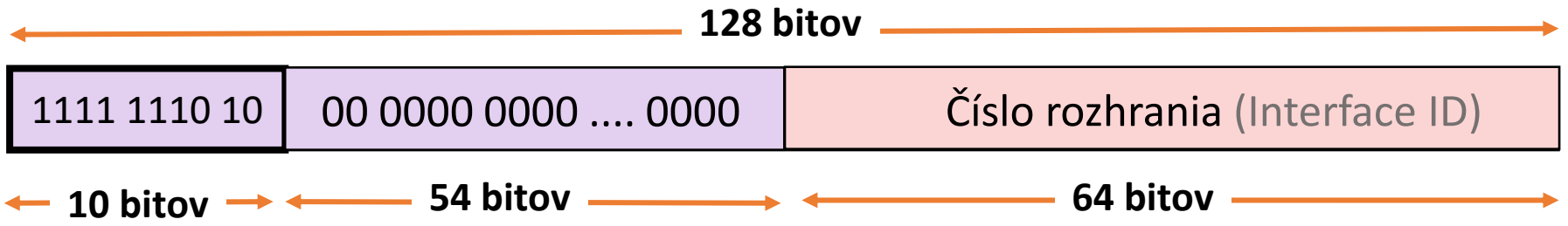


Unicastové adresovanie v IPv6: *Aktivita (3)*

- Môže nejaký host mať IPv6 adresu ::/128?
  - Pokús sa prideliť tvojmu PC túto IPv6 adresu
    Aký je výsledok?
    ::0/128 je nešpecifikovaná adresa
- Aký účel mal loopback v IPv4? Aký to bol rozsah adries?
    ::1/128 je loopback v IPv6 (účel rovnaký)
  - Otestujte dostupnosť k tejto IP (cmd> ping ::1).
    Aký je výsledok?



Link-Local **Unicast**



- Aký bude teda fixný prefix každej IPv6 link-local adresy?

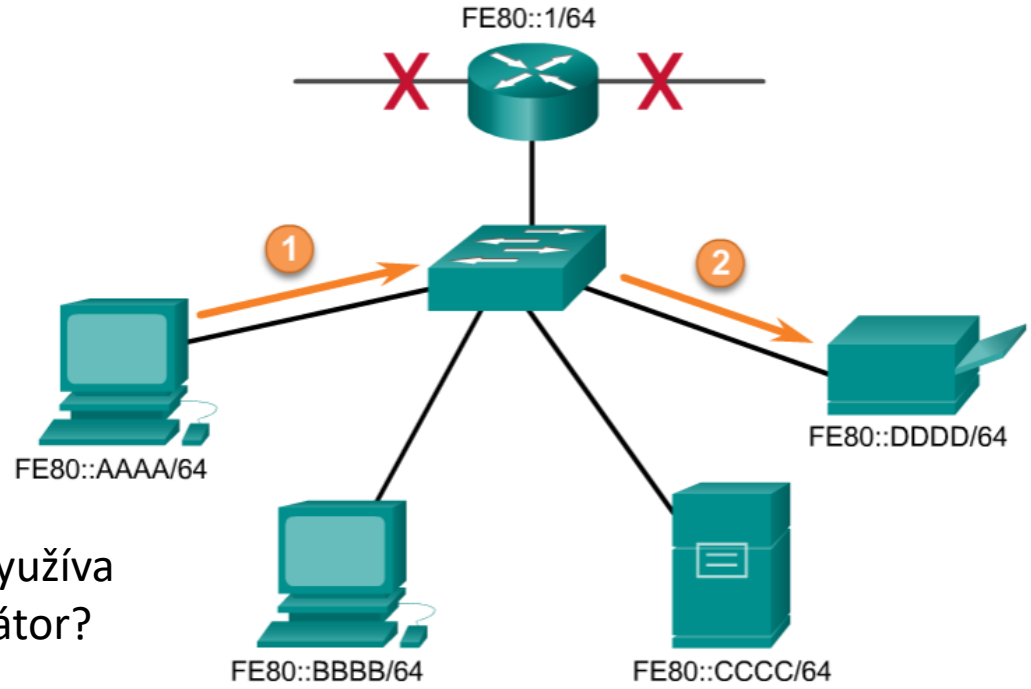
  FE80::/10

  (a ďalších 54 núl za tým, teda vlastne FE80::/64)

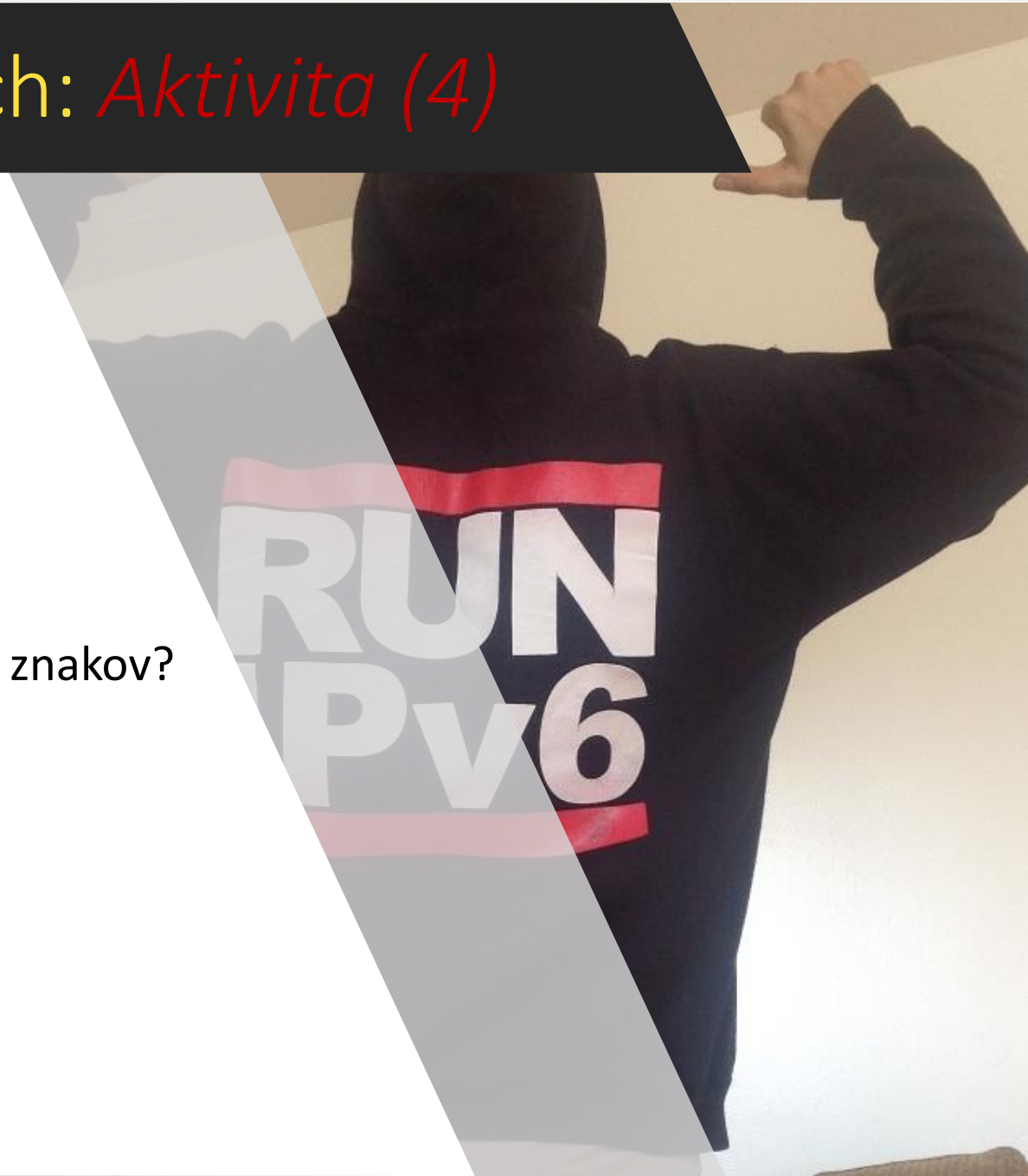
- Ako zvoliť číslo rozhrania (Interface ID)?

  A. **konkrétne** číslo (nastaví admin)
  B. **náhodné** číslo (nastaví Windows)
  C. **odvodené** od nejakého iného čísla (nastaví IOS)

  - Ako? Z čoho? Aké číslo/adresa ešte využíva hexa znaky a je jednoznačný identifikátor?



Čo už vieme o MAC adresách: *Aktivita (4)*



☞ Zistite akú MAC adresu má váš počítač.

cmd> ipconfig /all

✌ Koľko bitová je MAC adresa?

48

✌ Koľko bitové je číslo rozhrania v IPv6 adrese?

64

✌ Koľko bitov je medzi nimi rozdiel? Koľko je to hexa znakov?

16 4

Rozdiel treba niečím vyplniť.

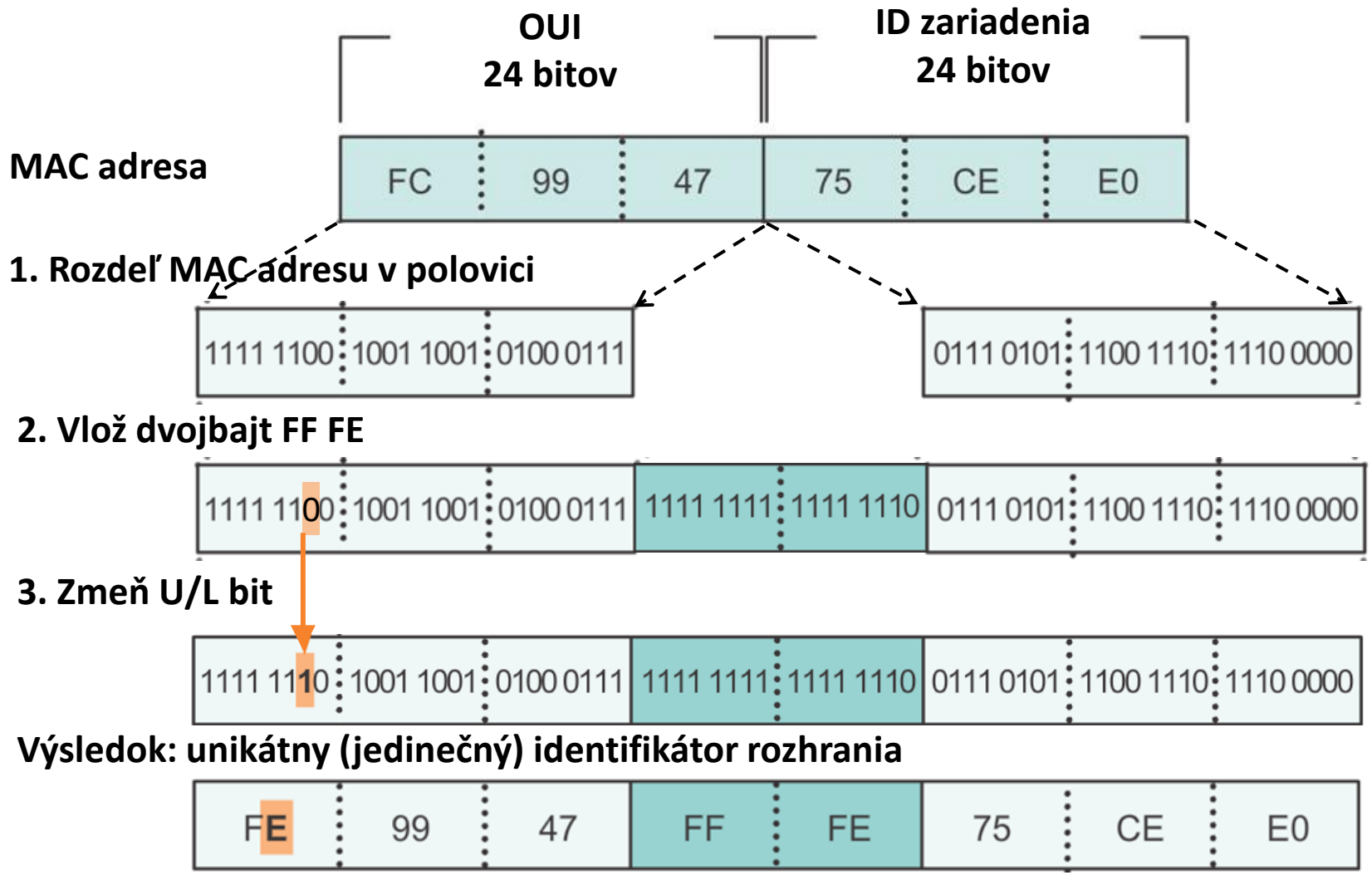
✌ Čím?

FF FE

✌ Kde presne?

do stredu

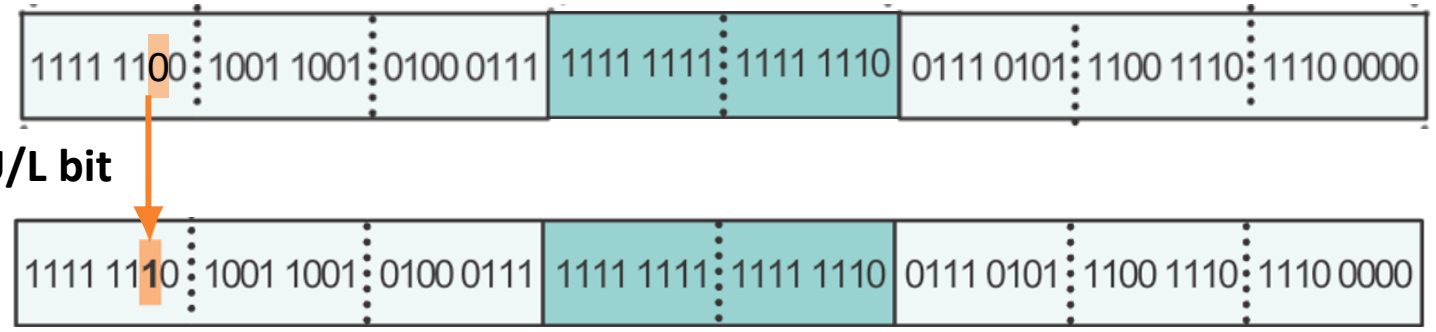
Číslo rozhrania (Interface ID) odvodené metódou EUI-64



64 bitový
Extended
Unique
Identifier

Modifikácia (invertovanie) U/L bitu

2. Vlož dvojbajt FF FE



64 bitový **E**xtended **U**nique **I**dentifier

- U/L bit identifikuje, či toto **interface ID**:
  - je administrované lokálne, vtedy U/L bit=0, alebo
  - je globálne jedinečné, vtedy U/L bit=1
- avšak pre **MAC adresu** platí (presný opak), že ak bola:
  - vytvorená lokálne, tak U/L bit=1
  - vydaná IEEE ako globálne jedinečná, tak U/L bit=0
- preto sa robí (malo by sa) invertovanie, aby to odrážalo skutočnosť:
  - „interface ID vytvorené z globálne jedinečnej adresy bude tiež globálne jedinečné“
  - RFC 4291, časť 2.5.1

Automatická konfigurácia IPv6 link-local adresy: *Aktivita (5)*

- Zistite akú MAC adresu má váš PC a odvoďte ako by vyzerala automatická IPv6 link-local adresa pomocou metódy EUI-64.

  cmd> ipconfig /all

- Zistite akú IPv6 link-local adresu má váš počítač pri ktorom sedíte a či sa použila metóda EUI-64

  >> NIE

  Pozn.: OS Windows používa náhodné generovanie 64 bitov

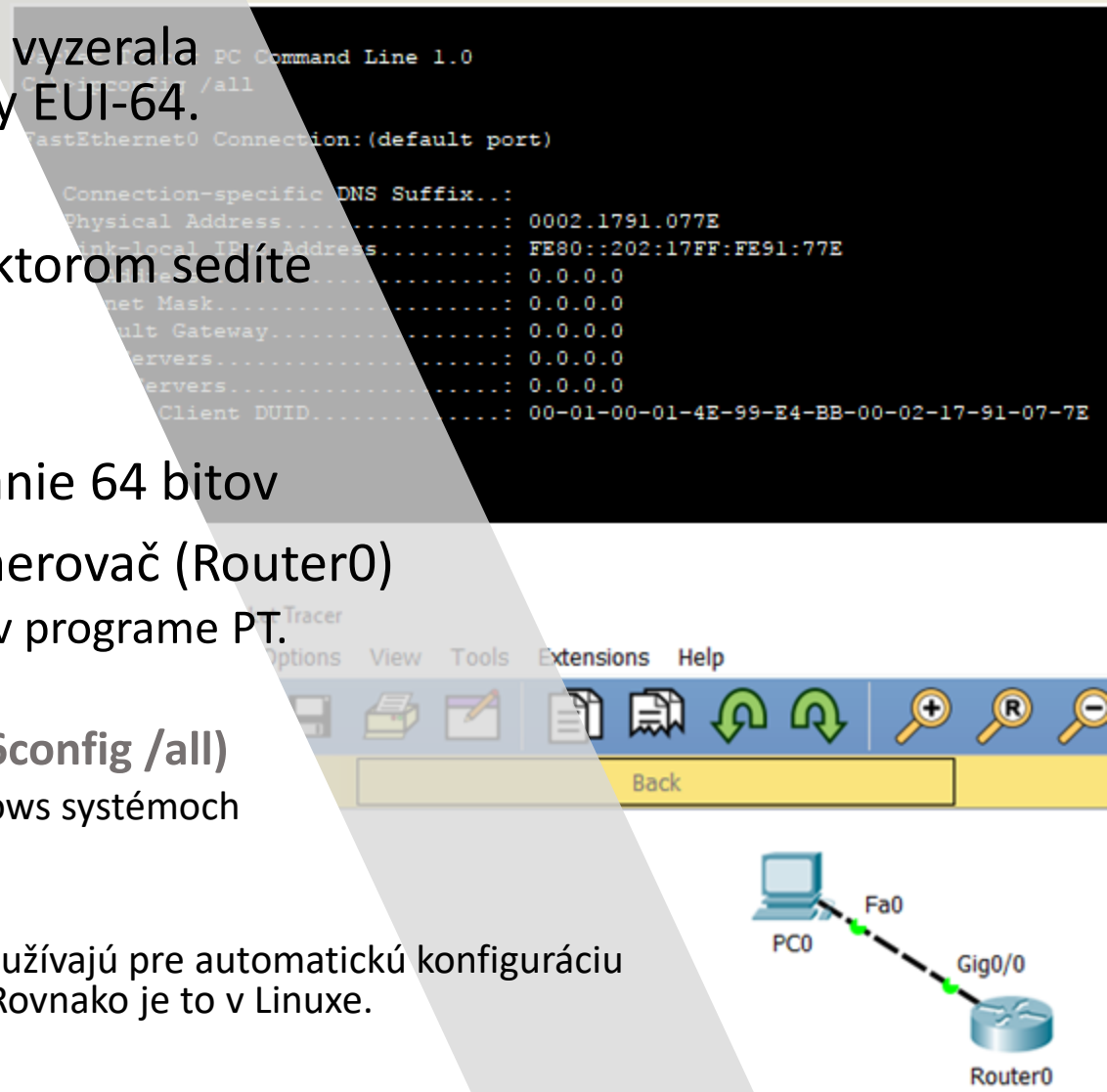
- V programe PT vytvorte topológiu 1 PC (PC0) a 1 smerovač (Router0)
  - Zistite akú MAC adresu a akú link-local adresu má PC0 v programe PT.
  - Ako bola vytvorená IPv6 link-local adresa?

    PC0 > Desktop> Command Prompt> ipconfig/all (ipv6config /all)

    Pozn.: druhý príkaz funguje iba v PT, v reálnych Windows systémoch ipconfig zobrazí aj IPv4 aj v6 nastavenia

    >> Metódou EUI-64

    Pozn.: Cisco IOS a všetky zariadenia v programe PT používajú pre automatickú konfiguráciu čísla rozhrania v IPv6 adrese metódu EUI-64. Rovnako je to v Linuxe.

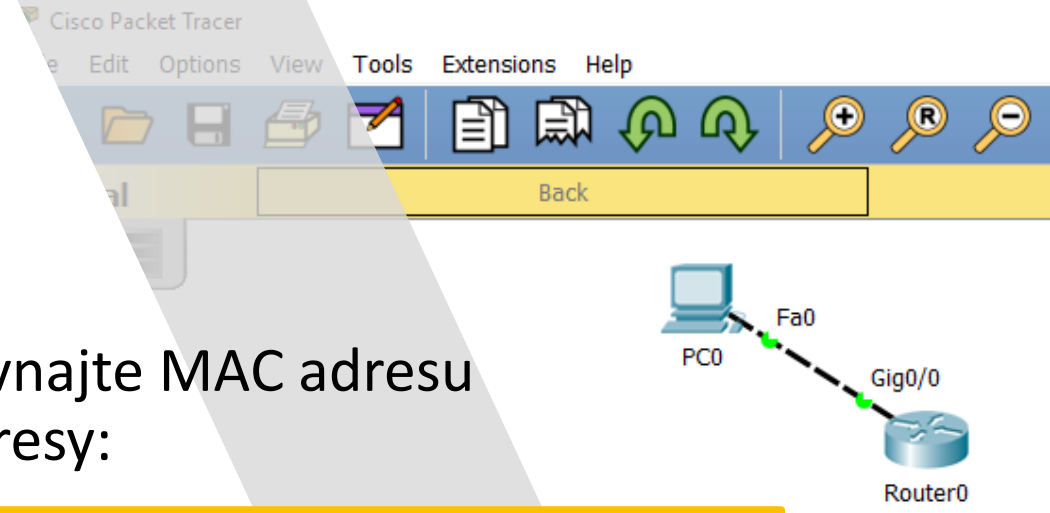


Automatická konfigurácia IPv6 link-local adresy: *Aktivita (5) pokrač.*

- Vo vytvorenej topológii v PT aktivujte na smerovači IPv6 rozhranie g0/0 s automatickou IPv6 link-local adresou:

```
Router# interface g0/0
Router-if# no shutdown
Router-if# ipv6 enable
```

```
Router#
Router#sh ipv6 int br
GigabitEthernet0/0          [up/up]
    FE80::2D0:BCFF:FE3C:C601
GigabitEthernet0/1          [administratively down/down]
Vlan1                       [administratively down/down]
Router#
```

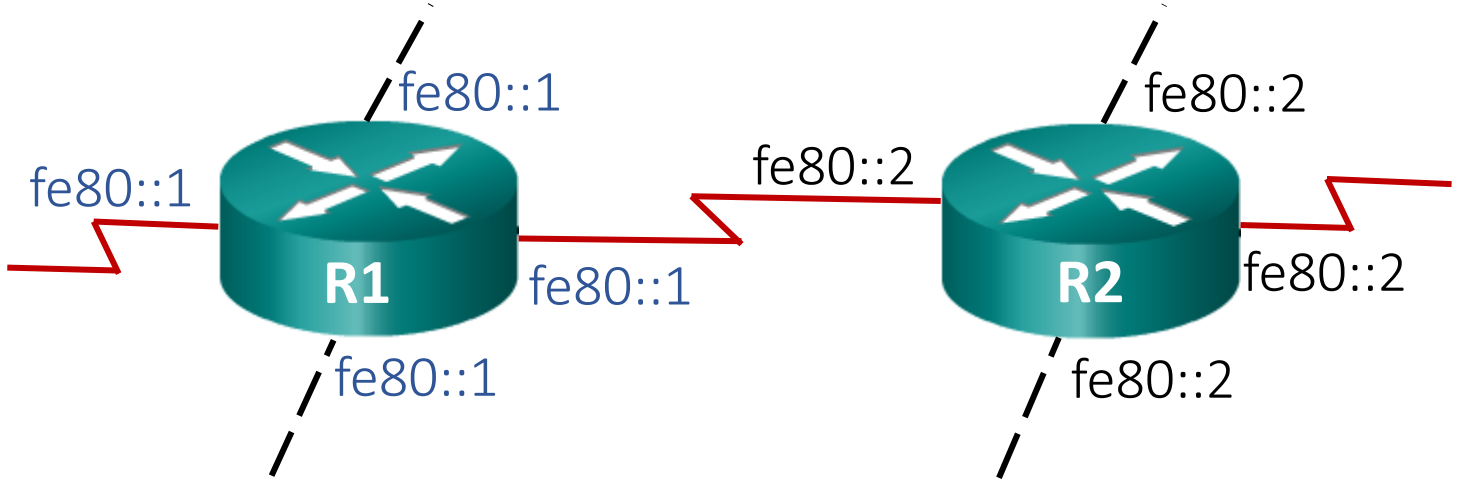


- Overte IPv6 nastavenia na danom rozhraní a porovnajte MAC adresu rozhrania a číslo rozhrania danej IPv6 link-local adresy:
  - Akým príkazom vieme zobraziť stručné info o IPv4 rozhraní?
    - Ako asi zobrazíme info o IPv6?
  - Akým príkazom vieme zistiť Mac adresu rozhrania?

```
Router-if# end
Router# show ipv6 interface brief
Router# show interface g0/0
```

Statická konfigurácia **link-local** adresy na smerovači

- Zväčša admin dynamickú/autokonfigurovanú adresu zmení na statickú adresu
- Všetky rozhrania smerovača môžu mať tú istú link-local adresu
  - Výhoda: ľahko sa pamätá (ľahšie ako autokonfigurovaná adresa)




```
R1(config)# interface g0/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1 link-local
```

Statická konfigurácia IPv6 link-local adresy: *Aktivita (6)*

- Vo vytvorenej topológii v PT zmeňte link-local adresu smerovača R0 na FE80::1, a overte výsledok:

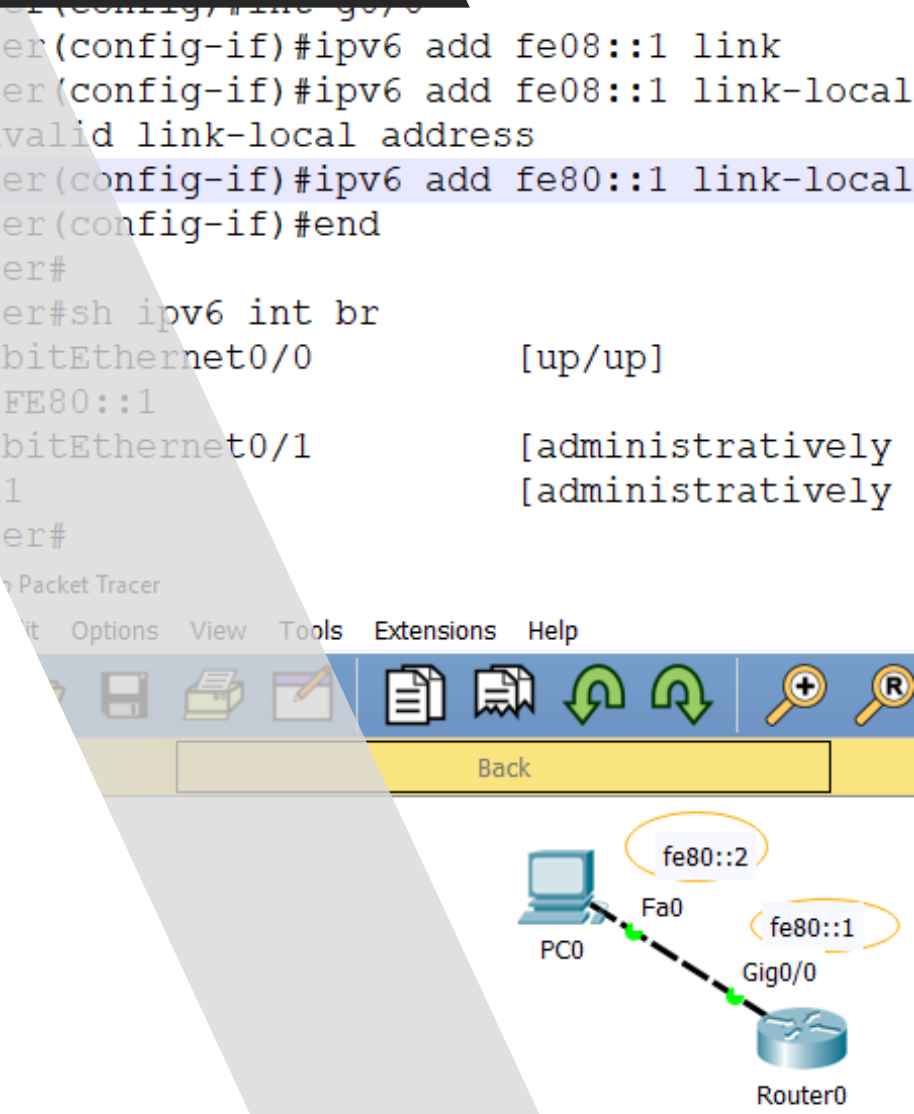
```
Router# interface g0/0
Router-if# ipv6 address fe80::1 link-local
Router-if# end
Router# show ipv6 interface brief
```

- Zmeňte link-local adresu na PC0 na FE80::2

  PC0 > Desktop> IP Configuration> Link Local Address

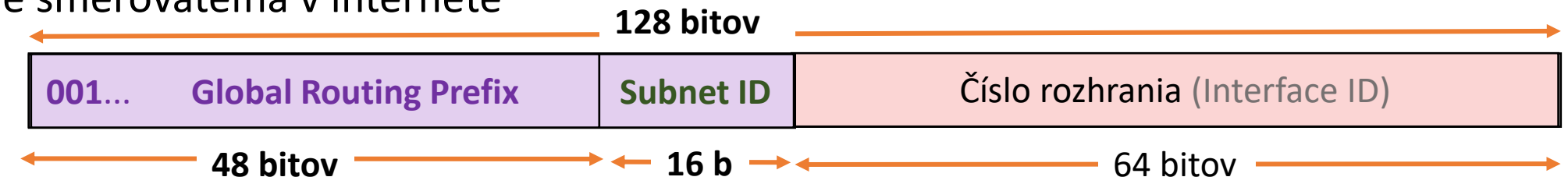
- Otestujte konektivitu z PC0 na rozhranie smerovača

  PC0> Desktop> cmd> ping fe80::1



Global unicast IPv6 adresy

- Musí byť jednínečná v celom Internete (podobne ako verejná adresa v IPv4)
- Je smerovateľná v internete



- Aktuálne sa prideľujú iba rozsahy **2000**::/3. T.j. prvé 3 bity sú zatiaľ fixne 001.

✌ *Aké hodnoty môže potom nadobúdať **prvý hextet** (prvých 16 bitov)?*

0010 0000 0000 0000 až **001**1 1111 1111 1111, t.j. **2000** až **3FFF**

✌ *Aké IPv4 rozsahy sú vyhradené na dokumentačné účely?*

***192.0.2.0**/24 (TEST-NET-1)*
198.51.100.0/24 (TEST-NET-2)
203.0.113.0/24 (TEST-NET-3)

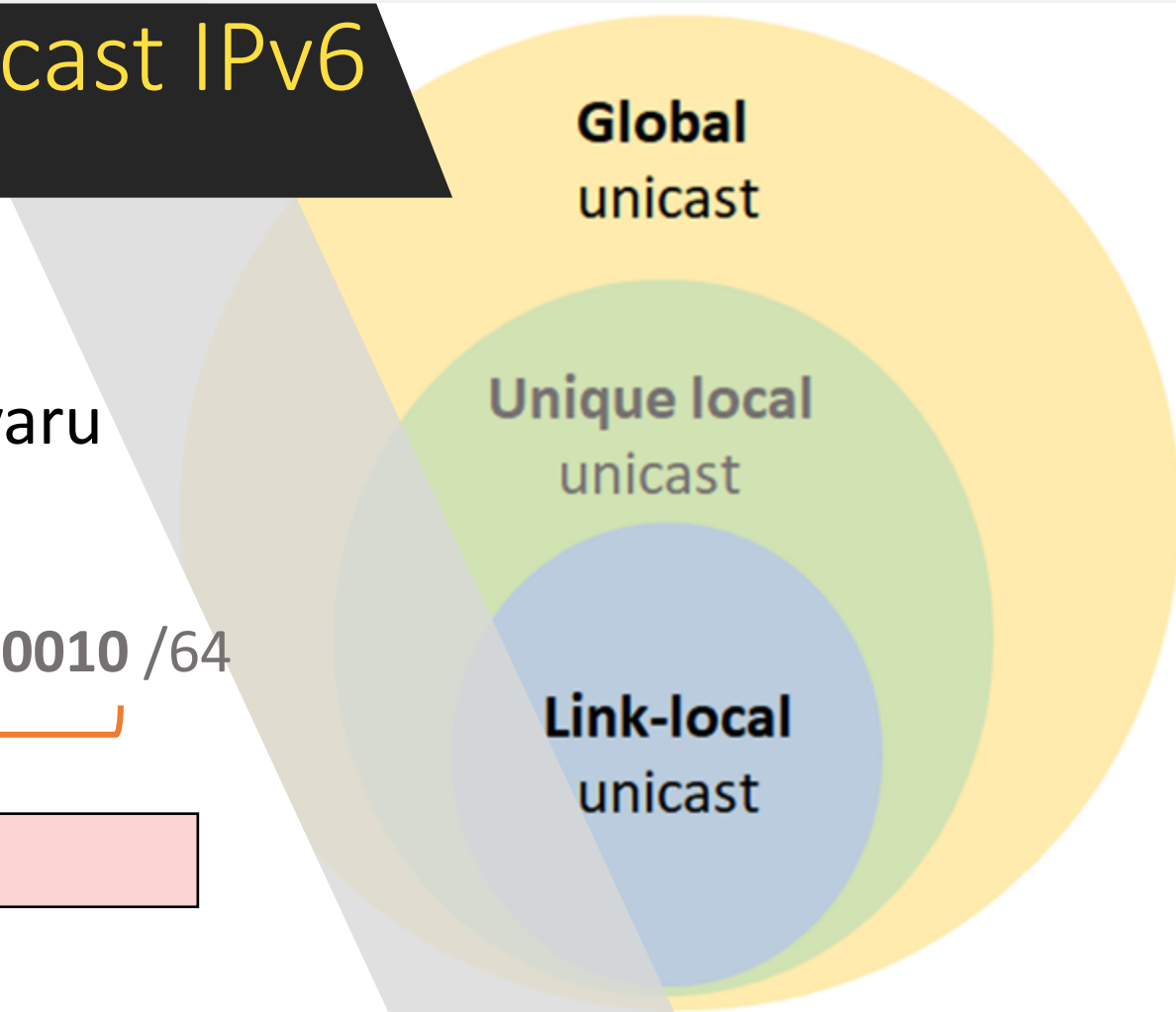
- IPv6 má vyhradený blok pre **dokumentačné** účely **2001:0DB8::/32**

Identifikujte časti global unicast IPv6 adresy: *Aktivita (7)*

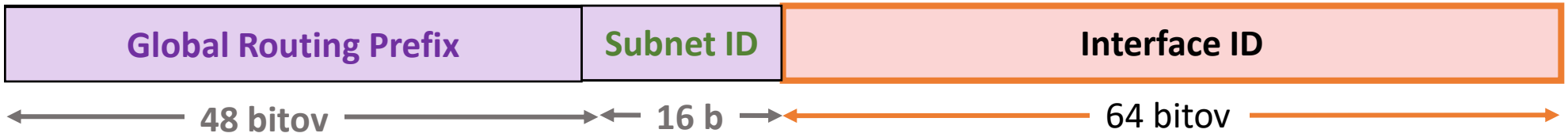
☞ Prepíšte global unicast IPv6 adresu 2001:DB8:ACDC:1::10/64 do plného tvaru a identifikujte jej časti.

>> **2001: 0DB8: ACDC: 0001: 0000: 0000: 0000: 0010** /64

Global Routing Prefix	Subnet ID	Interface ID



Global unicast IPv6 adresy - hraničné



- **Interface ID** - podobne ako „host portion“ v IPv4, ale volá sa inak, lebo v IPv6 1 host môže mať **viac** IPv6 adries pre každé svoje rozhranie
- To čo v IPv4 boli vyhradené adresy vrámci nejakého subnetu (adresa siete a broadcast), už v IPv6 nie sú vyhradené:
  - **Samé 1tky** – možno použiť, lebo v IPv6 nemáme broadcast, ale.. vrchných 128 adries je **rezervovaných** pre adresy „**Subnet anycast**“
    - **Napr.: 2001:DB8:ACAD:1: FFFF:FFFF:FFFF:FF00**
      až
      2001:DB8:ACAD:1: FFFF:FFFF:FFFF:FFFF
    - Aktuálne sa využíva iba jedna končiaca ....**FE**, pre Mobile IPv6 Home-Agents anycast
  - **Samé 0** – možno použiť, ale... je to **rezervované** pre anycastovú adresu „**Subnet-Router**“, takže sa prideľuje iba smerovačom
    - Zamýšľaná pre aplikácie, v ktorých uzol potrebuje komunikovať s ktorýmkoľvek smerovačom z množiny smerovačov dostupných na danej linke (subsieti)

Statická konfigurácia IPv6 global *unicast* adresy na smerovači: *Aktivita (8)*

- Vo vytvorenej topológii v PT nakonfigurujte IPv6 global unicast adresu pre Router0, a overte výsledok:

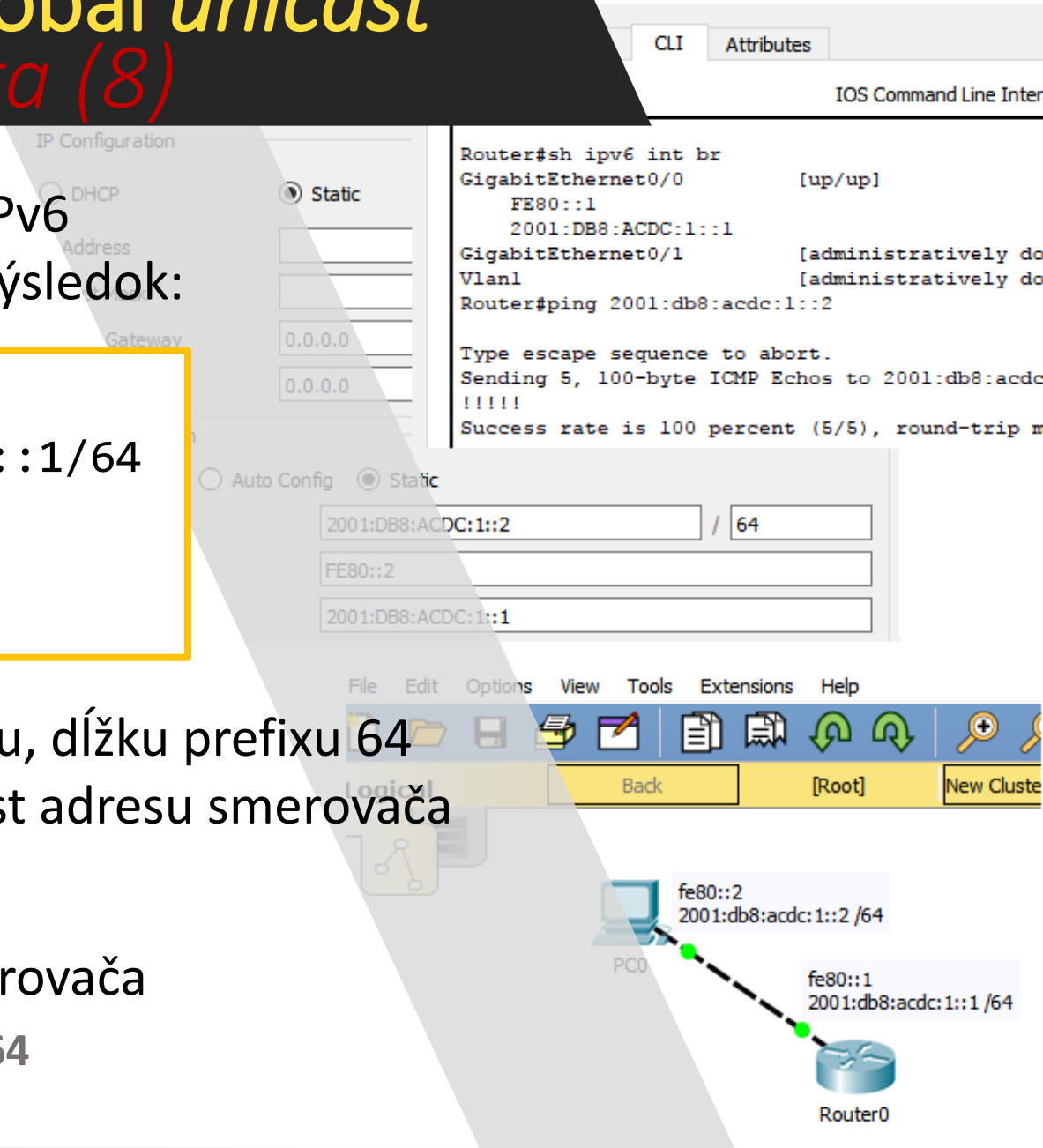
```
Router# interface g0/0
Router-if# ipv6 address 2001:db8:acdc:1::1/64
Router-if# end
Router# show ipv6 interface brief
```

- Nastavte aj pre PC0 global unicast IPv6 adresu, dĺžku prefixu 64 a ako predvolenú bránu použite global unicast adresu smerovača

  PC0 > Desktop> IP Configuration

- Otestujte konektivitu z PC0 na rozhranie smerovača

  PC0> Desktop> cmd> ping 2001:db8:acdc:1::1/64



Čo nás čaká v druhej polovici...

- **Nájdeme odpovede na otázky:**
  - Ako sa vytvárajú podsiete v IPv6?
  - Ako automaticky nakonfigurovať IPv6 global unicast adresu?
    - Ako na počítači? Ako na smerovači?
  - Prečo je IPv6 multicast v IPv6 taký dôležitý?
    - Ako vyzerajú IPv6 multicastové adresy?
    - Ktoré sú často používané a na čo?
  - Prečo je ICMPv6 taký dôležitý pre IPv6?
    - Aký má formát? Aké sú často používané typy správ?
    - Prebádame procesy
      - Router Solicitation /Router Advertissement
      - Neighbor Solicitation /Neighbor Advertissement

Aktivity (9, 10, 11, 12)

Subsieťovanie v IPv6

Subsieťovanie v IPv6

- *Prečo a ako subsieťujeme v IPv4?*

  -> kvôli šetreniu IPv4 priestoru a vytvoreniu hierarchie v adresovaní

  -> ideálne VLSM, „požičiavaním“ si bitov z priestoru pre adresovanie uzlov (host portion)

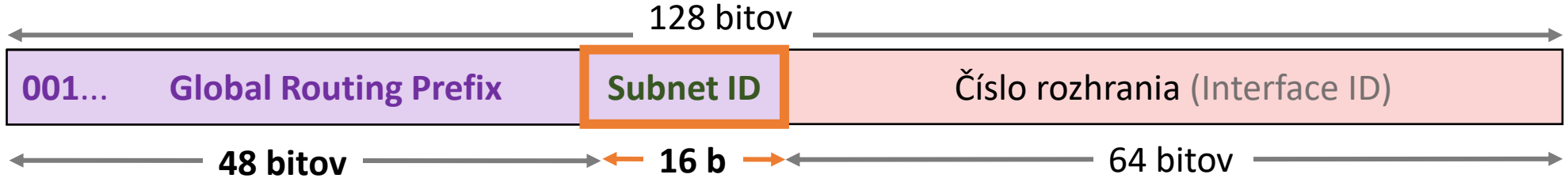
- *Prečo je potreba subsieťovať aj v IPv6? Je to rovnaké ako v IPv4?*

  -> v IPv6 nie je hlavným dôvodom šetriť priestor (máme dostatok), ale vytvoriť hierarchiu v adresovaní

- *V IPv6 máme global unicast a link-local unicast adresy. Ktoré z nich má zmysel subsieťovať?*

  -> iba global unicast, link-local má len lokálny význam v rámci danej linky, mimo nej nie

- Používa sa na to **Subnet ID:**



Subsieťovanie v IPv6 cez Subnet ID

- *Koľko bitov má subnet ID?*

  -> **16 bitov**

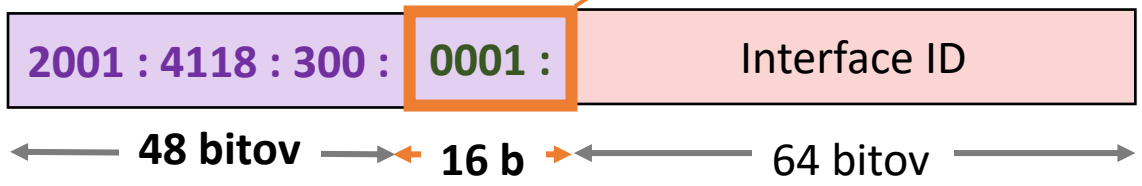
- *Koľko subsietí viem teda vytvoriť pomocou Subnet ID?*

  -> 2^{16} = **65 536 subsietí** s dĺžkou prefixu /64

- *Koľko IPv6 adries budeme mať v každej z týchto subsietí?*

  -> $2^{64} \cong$ 18 000 000 000 000 000 000 (18 kvintiliónov)

- Pr.: Fakulta riadenia a informatiky Žilinskej univerzity v Žiline má k dispozícii global routing prefix **2001:4118:300::/48** (prvé tri hextety)
  - 2001 – fixné | 2 =Global Unicast Address Indicator, 001=región
  - 4118 – SANET | Poskytovateľ internet. služieb (ISP), alebo LIR
  - 300 – univerzita UNIZA | Zákazník
  - 0001 - subnet ID (4. hextet) | konkrétna subsieť (na fakulte, resp. u zákazníka)



- Subsieťovanie vrámci Interface ID je možné (ako v IPv4), ale málokedy potrebné

Možné subsiete:

1	2001:4118:300:**0000**::/64
2	2001:4118:300:**0001**::/64
3	2001:4118:300:**0002**::/64
4	2001:4118:300:**0003**::/64
5	2001:4118:300:**0004**::/64
6	2001:4118:300:**0005**::/64
7	2001:4118:300:**0006**::/64
8	2001:4118:300:**0007**::/64
9	2001:4118:300:**0008**::/64
10	2001:4118:300:**0009**::/64
11	2001:4118:300:**000A**::/64
12	2001:4118:300:**000B**::/64
13	2001:4118:300:**000C**::/64
	....
16	**Čo bude tu ?**
17	**A čo tu?**
	.....
65 536	2001:4118:300:**FFFF**::/64

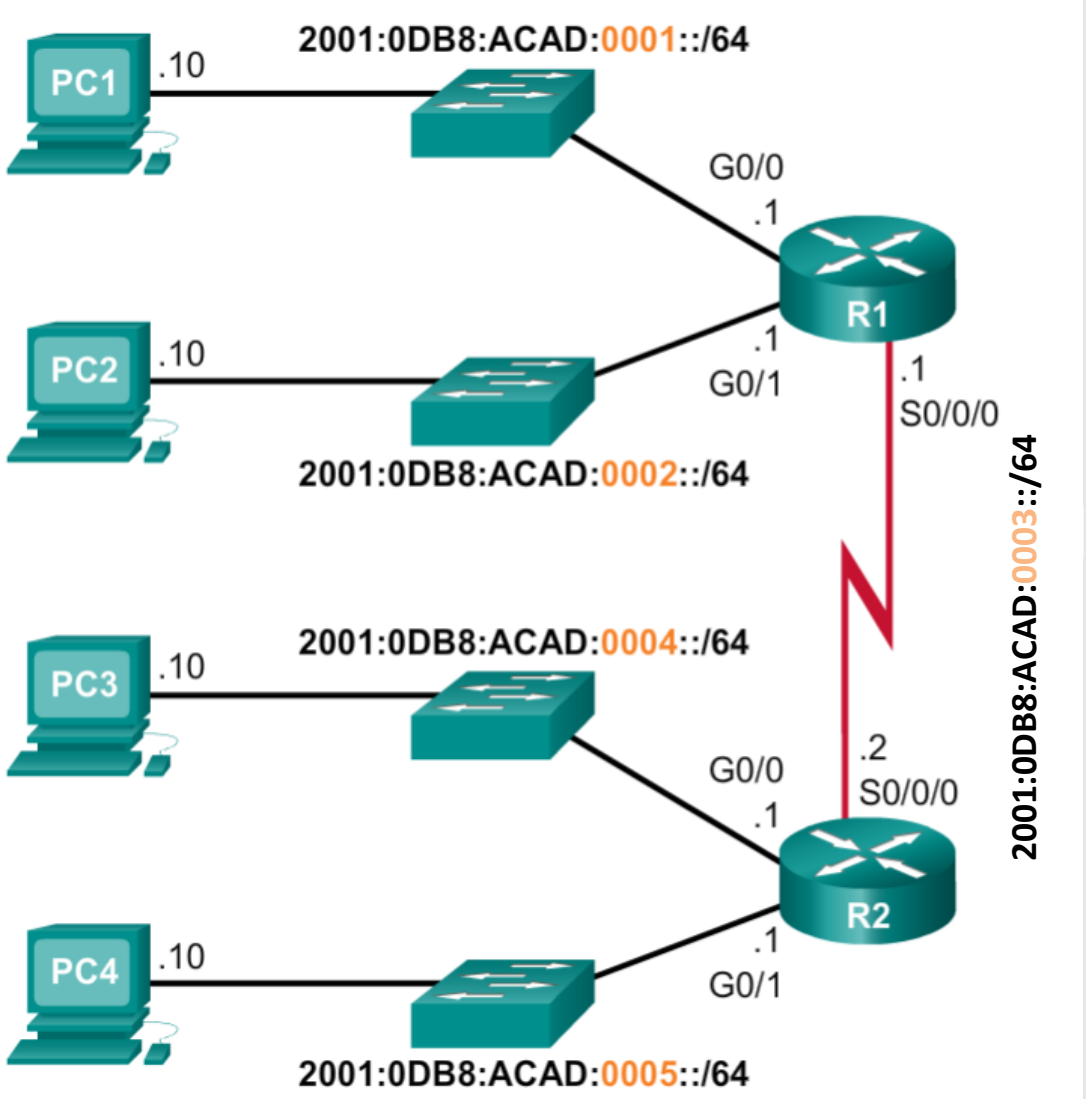
Príklad subsieťovania v menšej sieti

- Adresný rozsah: **2001:0DB8:ACAD**::/48

5 použitých subsietí z celkového počtu 65 536

```
2001:0DB8:ACAD:0000::/64
2001:0DB8:ACAD:0001::/64
2001:0DB8:ACAD:0002::/64
2001:0DB8:ACAD:0003::/64
2001:0DB8:ACAD:0004::/64
2001:0DB8:ACAD:0005::/64
2001:0DB8:ACAD:0006::/64
2001:0DB8:ACAD:0007::/64
2001:0DB8:ACAD:0008::/64
                :
2001:0DB8:ACAD:FFFF::/64
```

```
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface serial 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64
R1(config-if)# end
R1#
```



Automatická konfigurácia IPv6 global unicast adresy

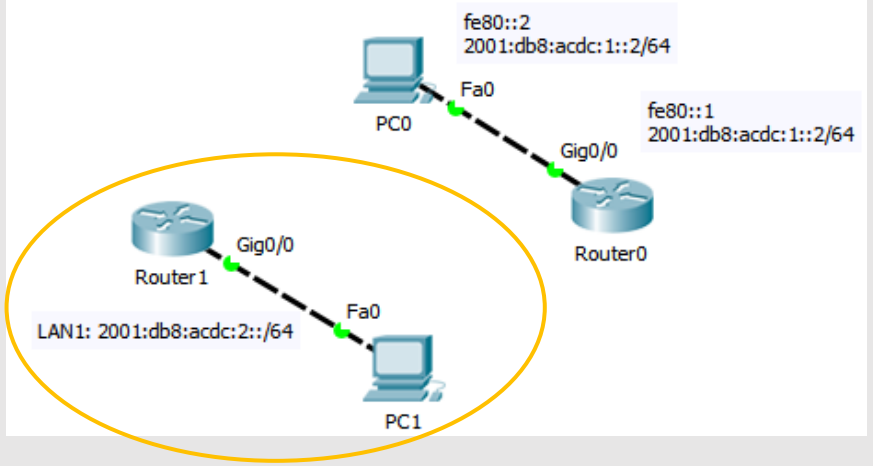
Automatická konfigurácia IPv6 global *unicast* adresy na smerovači: *Aktivita (9)*

- Do vytvorenej topológie v PT z minulej hodiny pridajte **1 smerovač**, a **1 PC**. Pre LAN sieť medzi PC1 a Router1 použijete Subnet ID **0002**. Nakonfigurujte **hostname** smerovačov: Router0, Router1.
- Nakonfigurujte IPv6 global unicast adresu pre gigabiteth. rozhranie Routra1 tak, že Interface ID sa vygeneruje automaticky **metódou EUI-64**. Overte výsledok.

```
Router1(config)# interface g0/0
Router1(config-if)# no shutdown
Router1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acdc:2::/64 eui-64
Router1(config-if)# end
Router1# show ipv6 interface brief
Router1# show interface g0/0
```

- Zistite MAC adresu ethernetového rozhrania smerovača Router 1 a porovnajte s Interface ID v IPv6 adrese. Všimnite si automatické nastavenie link-local adresy. Nakonfigurujte IPv6 adresu pre PC1, otestujte ping z PC1 na Router1.

```
Router1(config)#int g0/0
Router1(config-if)#ipv6 add 2001:db8:acdc:2::/64 ?
  anycast  Configure as an anycast
  eui-64   Use eui-64 interface identifier
  <cr>
Router1(config-if)#ipv6 add 2001:db8:acdc:2::/64
Router1#
Router1(config-if)#do sh ipv int br
GigabitEthernet0/0         [up/up]
    FE80::20A:F3FF:FEBB:1
    2001:DB8:ACDC:2:20A:F3FF:FEBB:1
GigabitEthernet0/1         [administratively down/
down]
Serial0/1/0                [administratively down/
Router1#sh int g0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
(connected)
  Hardware is CN Gigabit Ethernet, address is
000a.f3bb.0001 (bia 000a.f3bb.0001)
```



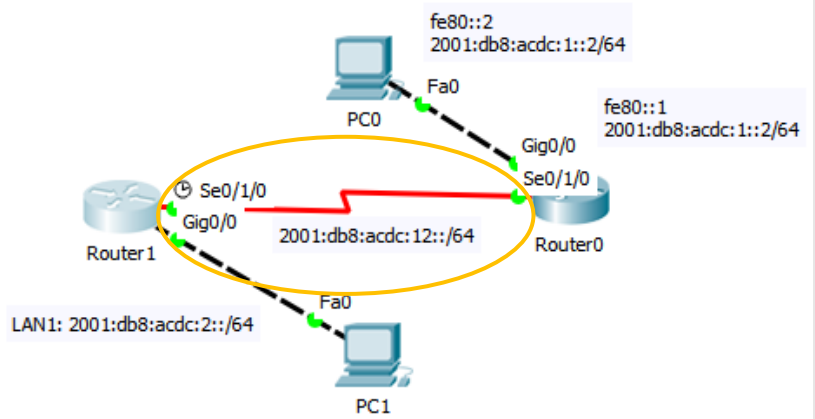
Automatická konfigurácia IPv6 global *unicast* adresy na smerovači: *Aktivita (9)*

- Prepojte smerovače sériovou linkou. Pre subsieť medzi nimi použite Subnet ID **0012**.
- Nakonfigurujte IPv6 global unicast adresy pre sériové rozhrania oboch smerovačov metódou EUI-64. Overte výsledok.

```
Router(config)# interface s0/1/0
Router(config-if)# no shutdown
Router(config-if)# clock rate 2000000
Router(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acdc:12::/64 eui-64
Router(config-if)# end
Router# show ipv6 interface brief
Router# show interface g0/0
```

- Ktorá MAC adresa sa použila v EUI-64? Sériové rozhranie predsa nepoužíva MAC adresy! Tie sú v Ethernete.
  - Použije sa MAC adresa prvého možného ethernetového rozhrania
- Overte konektivitu z Router0 na Router 1 (ping ...)

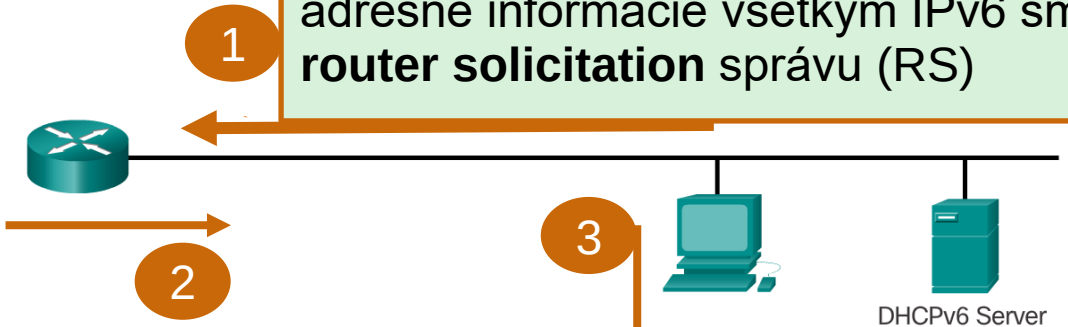
```
Router1(config-if)#ipv6 add 2001:DB8:ACDC:12::/64 eui-64
Router1#sh ipv6 int br
GigabitEthernet0/0 [up/up]
  FE80::20A:F3FF:FEBB:1
  2001:DB8:ACDC:2:20A:F3FF:FEBB:1
GigabitEthernet0/1 [administratively down/down]
Serial0/1/0 [up/up]
  FE80::20A:F3FF:FEBB:1
  2001:DB8:ACDC:12:20A:F3FF:FEBB:1
Serial0/1/1 [administratively down/down]
  Vlan1 [administratively down/down]
Router1#sh int g0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up (connected)
  Hardware is CN Gigabit Ethernet, address is
    000a.f3bb.0001 (bia 000a.f3bb.0001)
  MTU 1500 bytes, BW 1000000 Kbit, DLY 100 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
```



Dynamická konfigurácia IPv6 Global Unicast adresy na počítači

Smerovač posiela rozhraním informácie všetkým IPv6 uzlom na sieti - tzv. **router advertisement** správy (RA)

- Pravidelne každých 200 s
- Aj ako odpoveď na RS správu
- Aké presne info záleží na danej voľbe v RA (Option 1,2,3)



Host pošle žiadosť o svoje adresné informácie všetkým IPv6 smerovačom - tzv. **router solicitation** správu (RS)

Host si pozrie zdrojovú adresu IPv6 paketu, v ktorom prišla zabalená RA správa od routra, a nastaví si na túto (zväčša link-local adresa) ako default gateway vo svojich nastaveniach

Správa router advertisement má tieto možnosti (options):

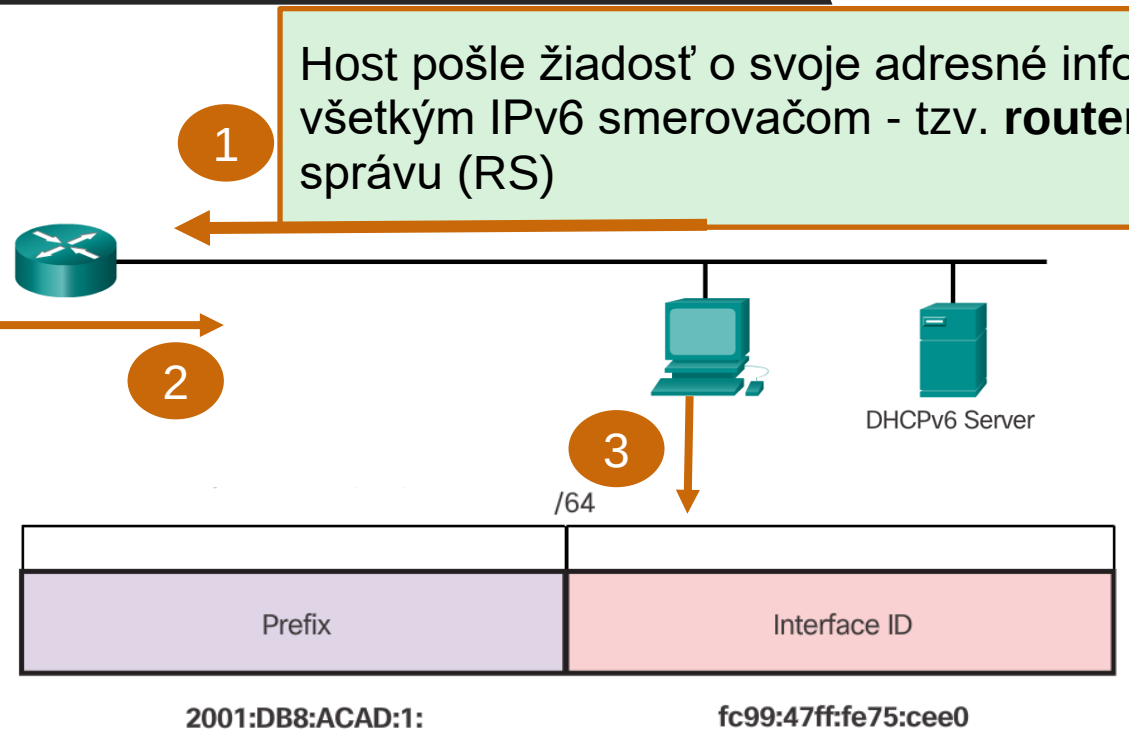
1. SLAAC = Stateless address autoconfiguration
   - RA: Poskytnem ti všetko čo potrebuješ (Prefix, Prefix-length, DNS)
2. SLAAC + DHCPv6 (stateless)
   - RA: Poskytnem ti niečo (Prefix, Prefix-length), ale pre zvyšné info požiadaj DHCPv6 (DNS)
3. DHCPv6 (stateful)
   - RA: Neviem ti pomôcť, požiadaj DHCPv6 server o info

Toto sa deje vždy bez ohľadu na option v RA {1, 2, 3}

Dynamická konfigurácia IPv6 adresy na PC
1. SLAAC = Stateless address autoconfiguration

Smerovač pošle rozhraním informácie v správe **RA** s **option 1**:

- **Network prefix** a **prefix length** – do ktorej subsiete patrí host
- **DNS adresy**, doménové meno
- **Default gateway** (IPv6 link-local adresa smerovača) – nie je ako položka v RA, je iba ako zdrojová adresa v hlavičke paketu nesúcom správu RA



Host si dokáže sám prideliť adresu tak, že k prefixu siete, ktorý prijal od routra v RA správe, pripojí svoj 64-bitový Interface ID, ktoré môže získať 2 spôsobmi:

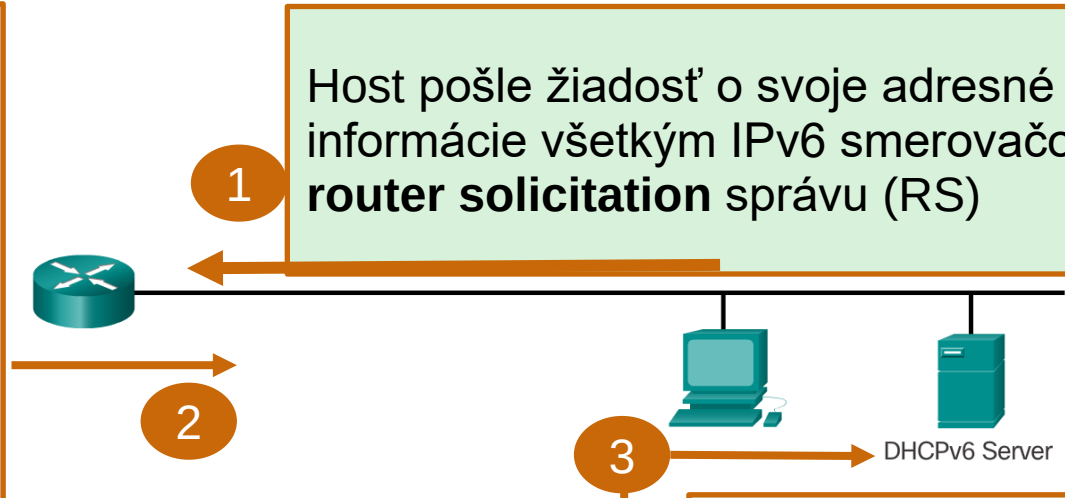
- **Modified EUI-64** = modified extended universal identifier (napr. Cisco zariadenia)
- **Náhodné 64bitové číslo** (napr. Windows preferuje tento spôsob) RFC 3041

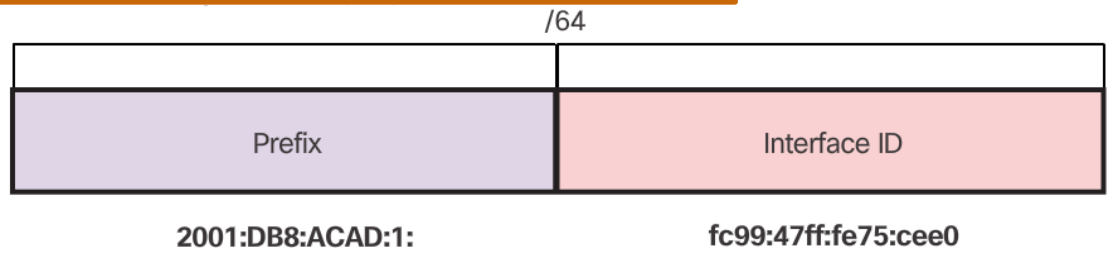
Výsledok je 128-bitová adresa, ktorá je použiteľná a garantovane globálne unikátna

Dynamická konfigurácia IPv6 adresy na PC
2. Stateless DHCPv6

Smerovač pošle rozhraním informácie v správe **RA** s **option 2**:

- **Network prefix** a **prefix length** – do ktorej subsiete patrí host
- **Default gateway** (IPv6 link-local) – nie je ako položka v RA, je iba ako zdrojová adresa v hlavičke paketu nesúcom správu RA
- Neposiela DNS (treba požiadať DHCPv6 server)





Host si sám pridelí adresu (prefix z RA od smerovača + interface ID), interfaced ID môže získať:

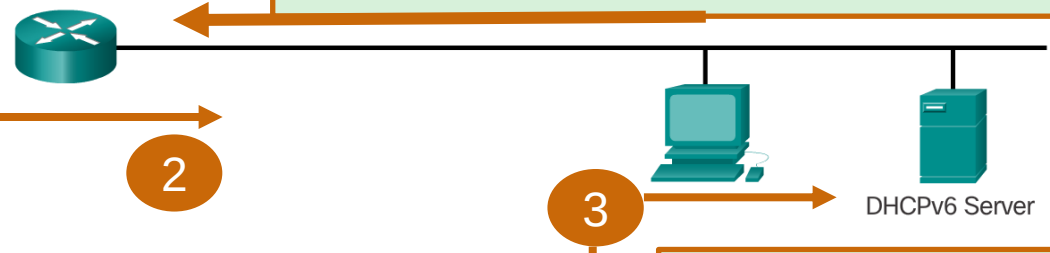
- **Modified EUI-64** = modified extended universal identifier (napr. Cisco zariadenia)
- **Náhodné 64bitové číslo** (napr. Windows preferuje tento spôsob) RFC 3041

Výsledok je 128-bitová adresa, ktorá je použiteľná a garantovane globálne unikátna

Dynamická konfigurácia IPv6 adresy na PC
3. Statefull DHCPv6

Host pošle žiadosť o svoje adresné informácie všetkým IPv6 smerovačom - tzv. **router solicitation** správu (RS)

Smerovač nepošle rozhraním žiadne užitočné info v správe **RA** s **option 3**, iba odkáže hosta na DHCPv6.



Host požiada DHCPv6 server o adresné info – tzv. **DHCPv6 solicitation** správa s option 3

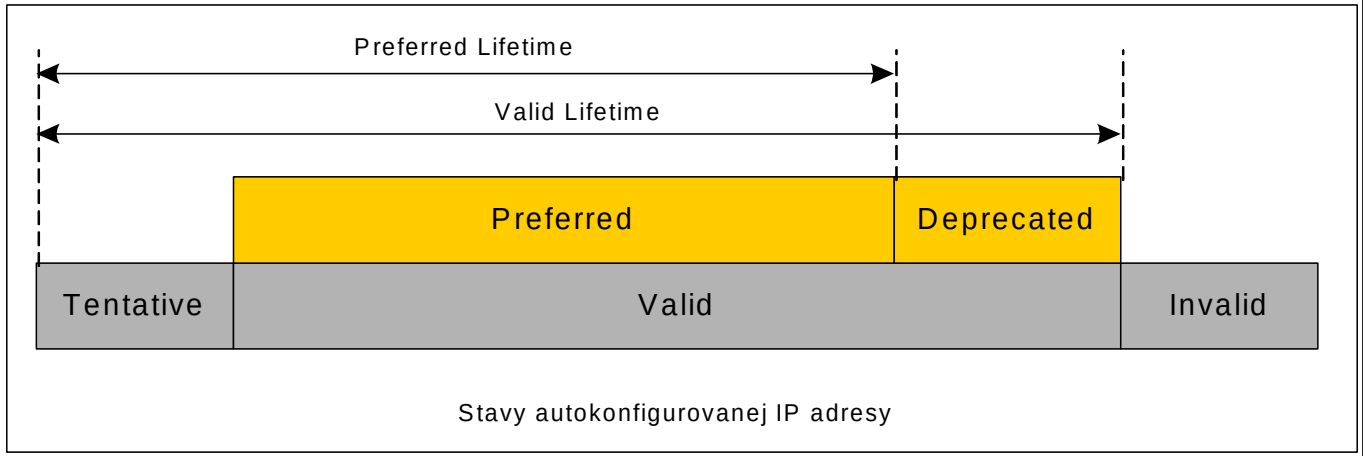
Host si nastaví **default GW** podľa zdrojovej adresy z IPv6 paketu, ktorý mu prišiel od smerovača, a ktorý niesol ICMPv6 RA správu s option 3.

Toto sa deje vždy bez ohľadu na option v RA {1, 2, 3}

Platnosť a čas platnosti autokonfigurovanej adresy (na PC)

Stavy automaticky nastavenej adresy

- Tentative (neoverená, pokusná)
  - V procese preverovania unikátnosti (Duplicate Address Detection)
  - Unicast komunikácia je zakázaná
  - Multicast komunikácia – len správy Neighbor Advertisement

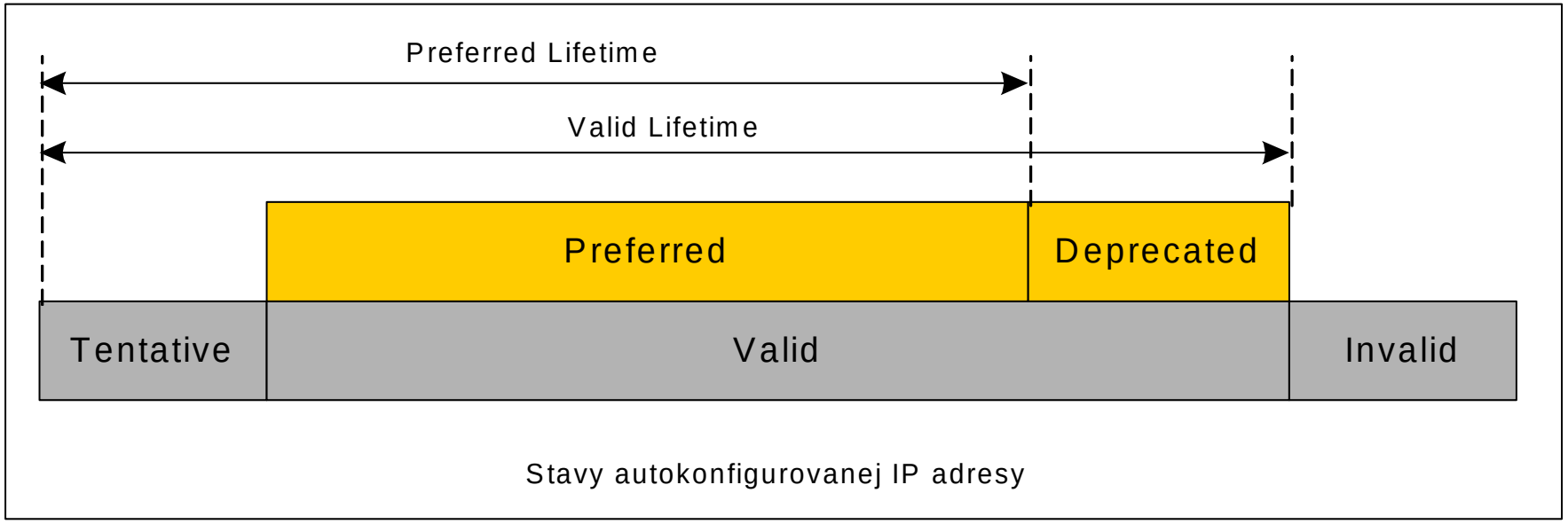


Stavy autokonfigurovanej IP adresy

- Valid (platná)
  - Unikátnosť adresy bola potrvrdená
  - Adresu je možné používať
  - Stav Valid obsahuje v sebe ďalšie 2 stavy: Preferred a Deprecated
    - Preferred (normálny stav) – adresa je platná
    - Deprecated (neschválená) – adresa je platná, ale je zbavená schopnosti nadväzovať nové spojenia, existujúca komunikácia môže prebiehať ďalej
- Invalid (neplatná)
  - Do tohto stavu sa adresa dostane po uplynutí časovača Valid Lifetime
  - Adresa v tomto stave nie je použiteľná

Preferovaný čas platnosti autokonfigurovanej adresy

- Autokonfigurovaná adresa prechádza týmito stavmi cyklicky, trvanie stavov získa zo správy **Router Advertisement**
- Autokonfigurované adresy obvykle patria na koncové stanice, smerovače ich spravidla nevyužívajú

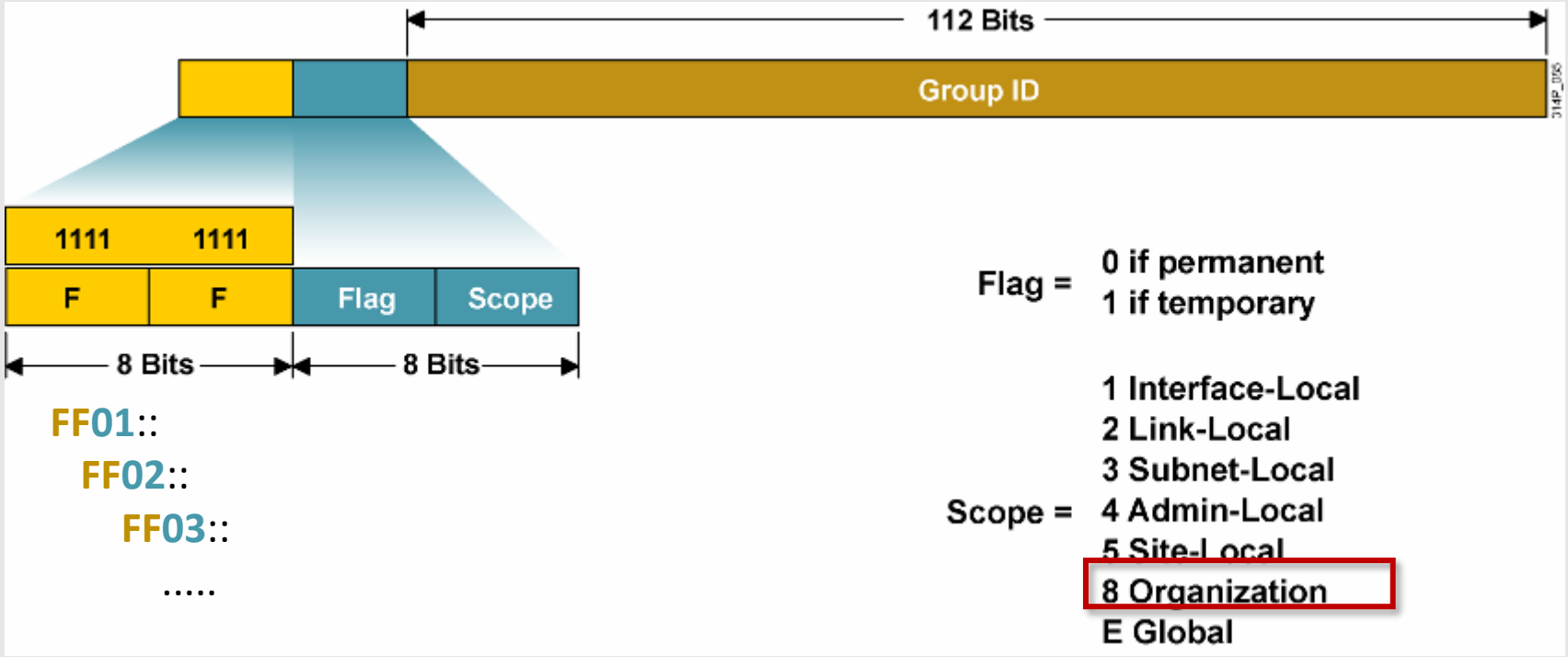


Stavy autokonfigurovanej IP adresy

IPv6 multicastové adresy

Multicastové IPv6 adresy

- Multicasty sa v IPv6 využívajú veľmi často
  - Broadcast sa v IPv6 nepoužíva
- Majú prefix **FF00::/8**
- Existujú dva typy IPv6 multicastových adries:
  - Assigned multicast
  - Solicited node multicast

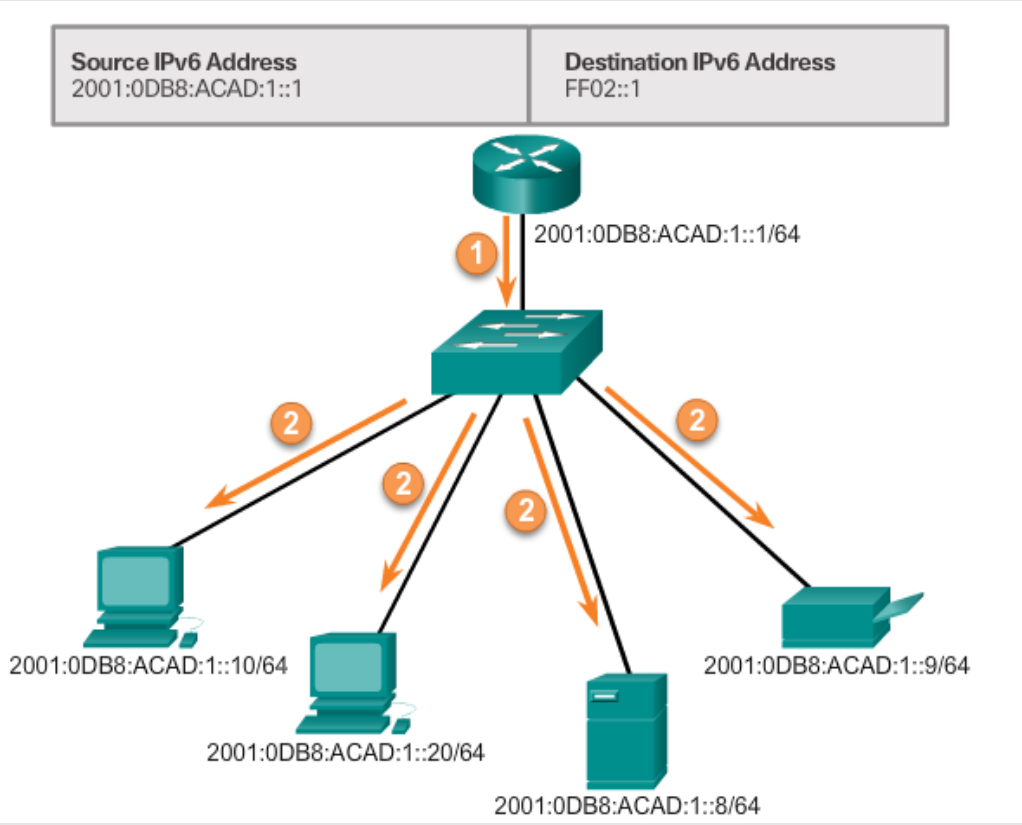


Podľa RFC 2373.

(už existuje aj novší/rozšírený formát IPv6 multicastov – def. v RFC 3306 a doplnený RFC 7371, v tomto predmete však tieto formáty študovať nebudeme - len pre zvedavých: boli nanovo definované 3 zo 4 flagov, a Group ID sa rozdelilo na viacero častí)

IPv6 **assigned** multicast adresy

- Rezervované multicastové adresy pre preddefinovanú skupinu zariadení
  - so spoločným protokolom – napr. DHCPv6,
  - alebo službou
- **FF02::1**
  - Všetky **IPv6 uzly** na danej linke/subsieti
  - Podobne ako broadcast v IPv4
  - Používa sa ako cieľová adresa pre správy Router Advertisemet (ICMPv6)
- **FF02::2**
  - Všetky **IPv6 smerovače** na danej linke/subsieti
  - Smerovač sa stane členom tejto skupiny automaticky keď na ňom nastavíme: ipv6 unicast-routing
  - Používa sa ako cieľová adresa pre správy Router Solicitation (ICMPv6)



Mapujú sa na špeciálne multicast MAC adresy:

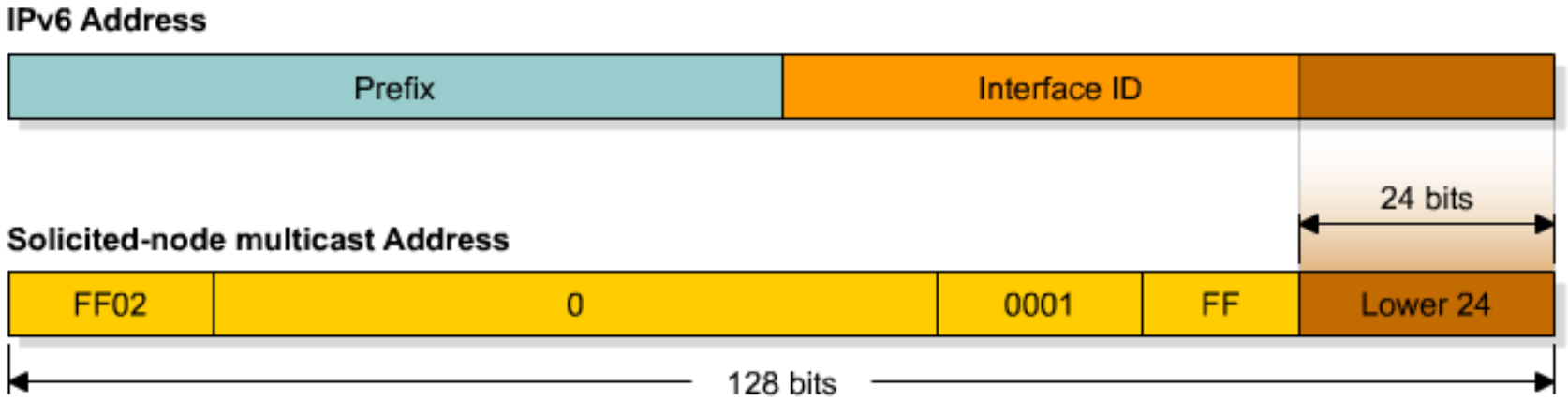
33:33:_ _: _ _: _ _: _ _

33:33:**00:00:00:01**

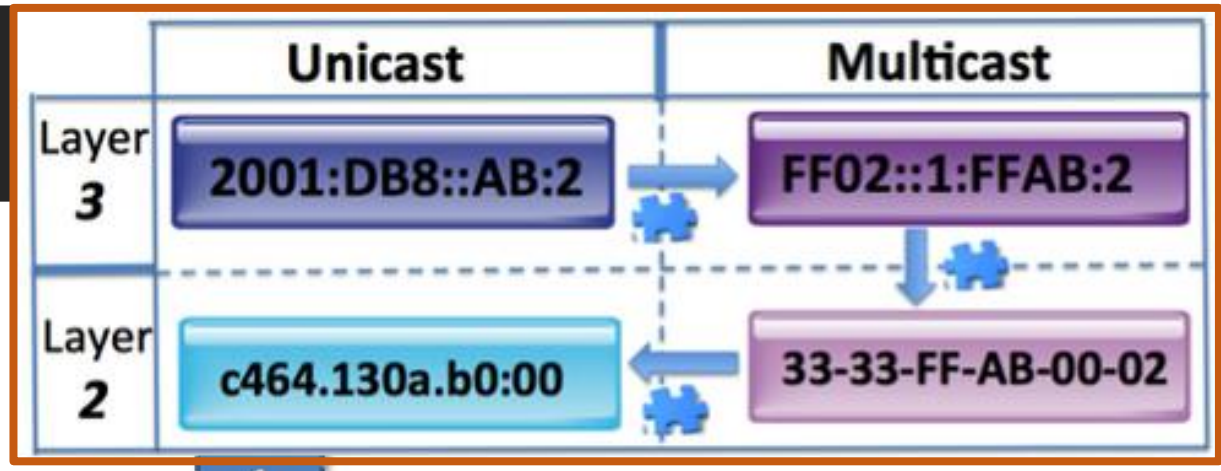
33:33:**00:00:00:02**

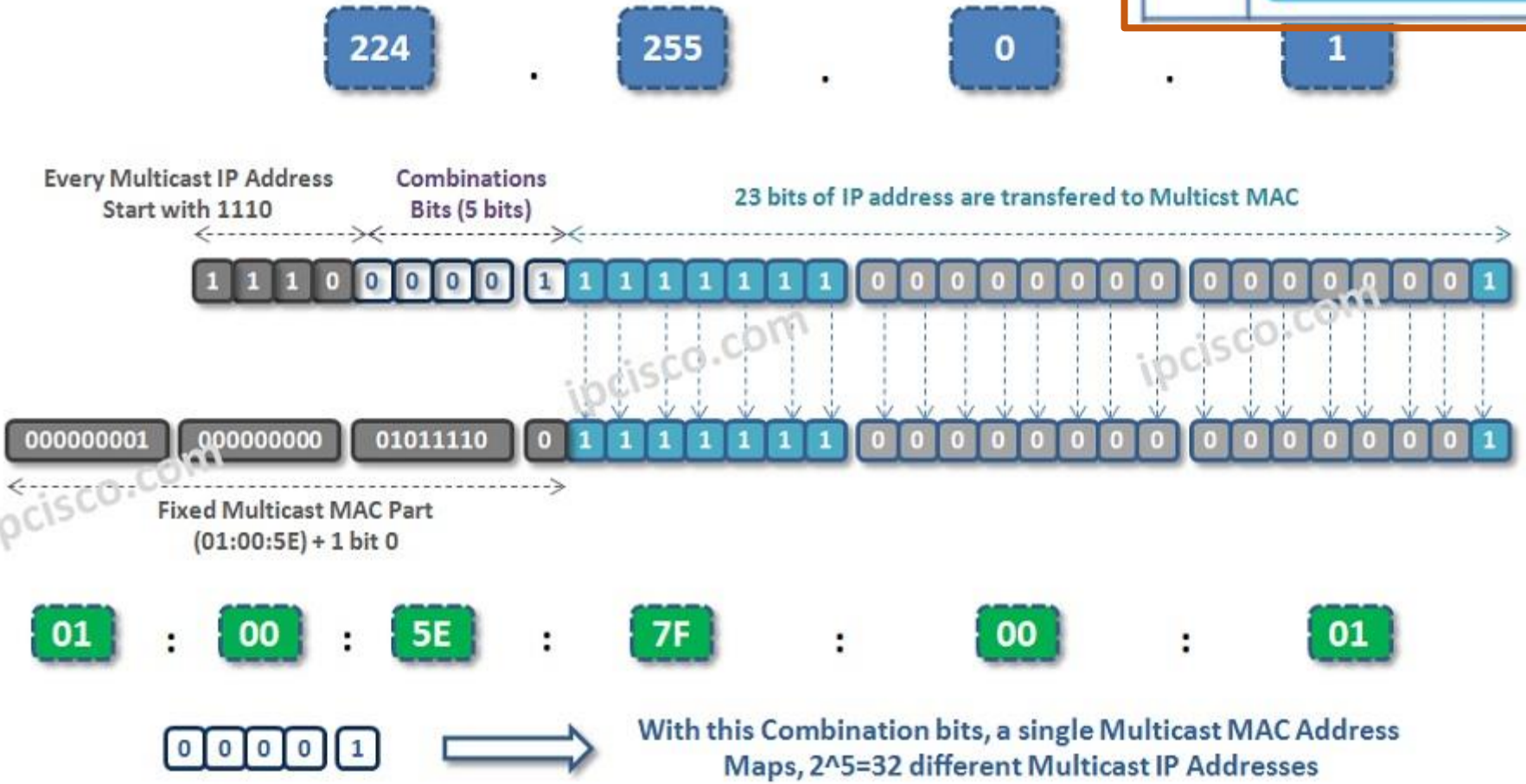
IPv6 **solicited-node** multicast adresa

- pozostáva z prefixu **FF02::1:FF:/104** a spodných 24 bitov IPv6 adresy hľadaného suseda
  - Celá IPv6 adresa hľadaného suseda (128 bitov) je potom až v tele paketu
  - Mapuje sa na špeciálnu ethernetovú MAC adresu (33:33:00: ...)
- Používa sa pri procese prekladu IPv6 adresy na MAC adresu
  - Výzvu na preklad IPv6 adresy na MAC spracujú len tie stanice, ktorých vlastná IPv6 adresa sa v posledných troch bajtoch zhoduje s hľadanou IPv6 adresou



Multicast v Ethernete (L2)





Návrat na slajd typy IPv6 adries

ICMPv6

Internet Control Message Protocol, v4, v6

- Protokol ICMP je pomocný signalizačný protokol, ktorý asistuje protokolom IPv4 a IPv6 pri ich činnosti
  - Umožňuje otestovať základnú konektivitu s ďalším IP uzlom
    - Typy ICMP správ: **Ping (Echo Request, Echo Reply)**
  - Informuje o nedoručiteľnosti konkrétneho paketu a dôvode
    - Typy ICMP správ: **Destination Unreachable (mnoho podtypov), TTL Exceeded**
  - Informuje o potenciálne lepšej ceste
    - Typy ICMP správ: **Redirect**
  - V IPv6 poskytuje funkcie pre objavenie smerovača, automatickú konfiguráciu adries a nahrádza protokol ARP
    - Typy ICMP správ: **Router Discovery, Neighbor Discovery**
- Správy ICMP protokolu sa vkladajú priamo do IP paketov
  - ICMP správu môže vytvoriť ktorýkoľvek IP uzol pozdĺž cesty medzi zdrojom a cieľom (zdroj, cieľ, medziľahlý smerovač)
  - ICMP správa je spravidla určená odosielateľovi pôvodného paketu

Formát ICMP správy

- ICMP správa má svoj typ a kód:
  - Typ = čoho sa daná správa týka
  - Kód = bližšie špecifikuje daný typ správy

	0	1	2	3	Octet offset
ICMP hlavička (header) 8 bytes	Typ	Kód	Header checksum		0
	Ďalšie ICMP polia hlavičky (podľa konkrétneho typu a kódu správy, nemusí sa využiť)				4
ICMP telo (payload) ľubovoľnej dĺžky	ICMP dáta (voliteľné, nemusí sa využiť vôbec)				8

Typy ICMPv6 správ

Type		Code	
Value	**Meaning**	**Value**	**Meaning**
ICMPv6 Error Messages			
1	Destination Unreachable	0	no route to destination
		1	communication with destination administratively prohibited
		2	beyond scope of source address
		3	address unreachable
		4	port unreachable
		5	source address failed ingress/egress policy
		6	reject route to destination
		7	Error in Source Routing Header
2	Packet Too Big	0	
3	Time Exceeded	0	hop limit exceeded in transit
		1	fragment reassembly time exceeded
4	Parameter Problem	0	erroneous header field encountered
		1	unrecognized Next Header type encountered
		2	unrecognized IPv6 option encountered
100	Private experimentation		
101	Private		

ICMPv6 Informational Messages			
128	Echo Request	0	
129	Echo Reply	0	
130	Multicast Listener Query	0	There are two subtypes of Multicast Listener Query messages: • General Query, used to learn which multicast addresses have listeners on an attached link. • Multicast-Address-Specific Query, used to learn if a particular multicast address has any listeners on an attached link. These two subtypes are differentiated by the contents of the Multicast Address field, as described in section 3.6 of RFC 2710
131	Multicast Listener Report	0	
132	Multicast Listener Done	0	
133	Router Solicitation (NDP)	0	
134	Router Advertisement (NDP)	0	
135	Neighbor Solicitation (NDP)	0	
136	Neighbor Advertisement (NDP)	0	
137	Redirect Message (NDP)	0	

NDP (Neighbor Discovery Protocol)

- Definuje 5 typov **ICMPv6** správ:

1. Router Solicitation (RS) [Typ 133]
2. Router Advertisement (RA) [Typ 134]

- Posielané medzi smerovačom a IPv6 zariadením pre bezstavovú autokonfiguráciu IPv6 adries

3. Neighbor Solicitation (NS) [Typ 135]
4. Neighbor Advertisement (NA) [Typ 136]

- Posielané medzi IPv6 zariadeniami:
  - Pre zistenie fyzickej MAC adresy k odpovedajúcej IPv6 adrese (Address resolution) - ako ARP pre IPv4
  - Pre detekciu duplicitnej IPv6 adresy (Duplicate address detection, DAD)

5. Redirect [Typ 137]

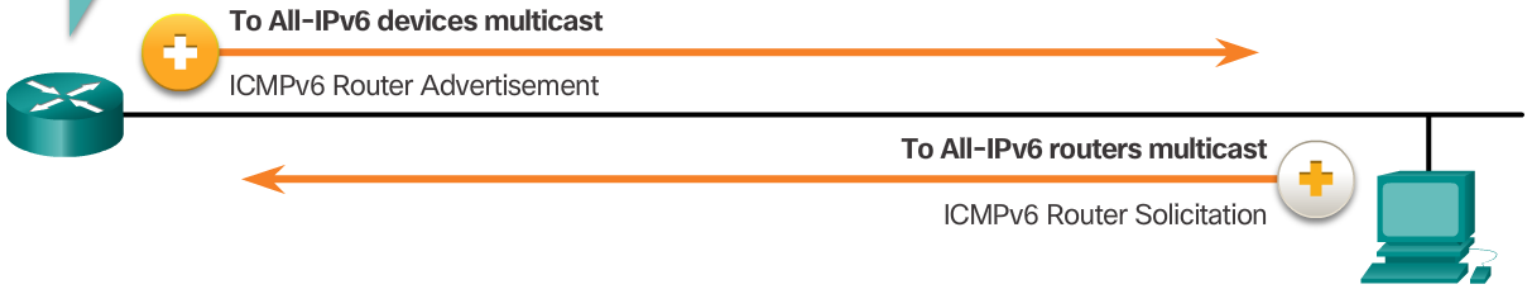
→

- Posiela smerovač hostom, aby si zmenili next-hop adresu pre vybrané cieľové siete

Router Solicitation
Router Advertisement

Smerovač posiela rozhraním informácie všetkým IPv6 uzlom na sieti - tzv. **router advertisement** správy (RA)

- Pravidelne každých 200 s
- Aj ako odpoveď na RS správu
- Aké presne info záleží na danej voľbe v RA (Option 1,2,3)

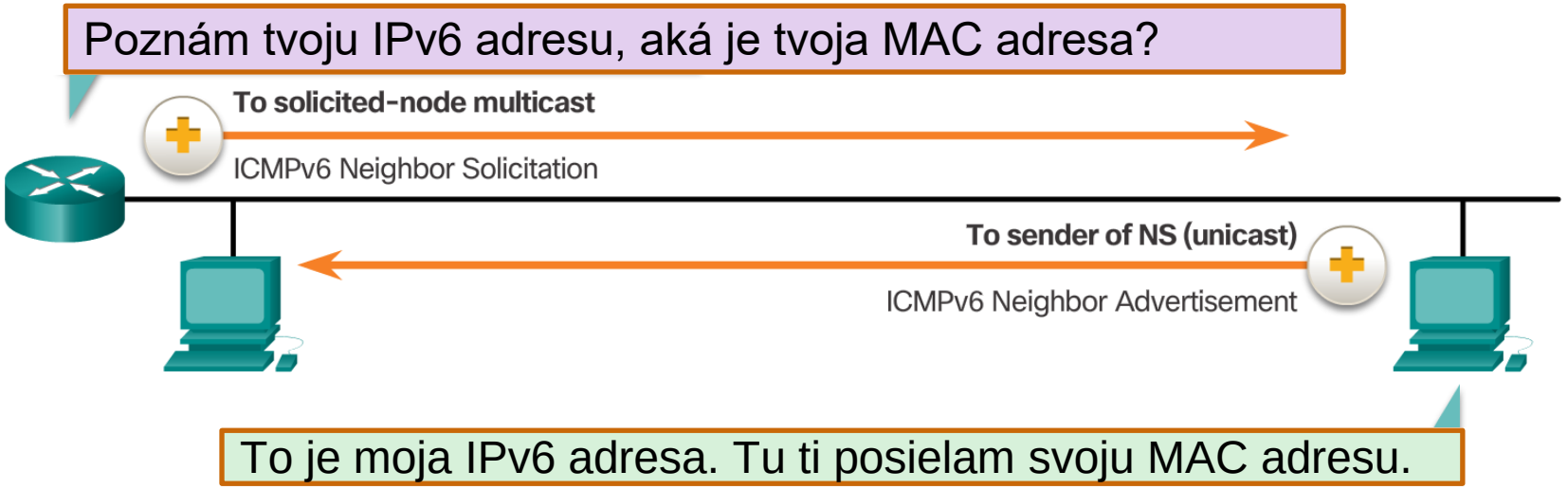


Host pošle žiadosť o svoje adresné informácie všetkým IPv6 smerovačom - tzv. **router solicitation** správu (RS)

Neighbor Solicitation
Neighbor Avertisement

Využitie pre: **Address Resolution**

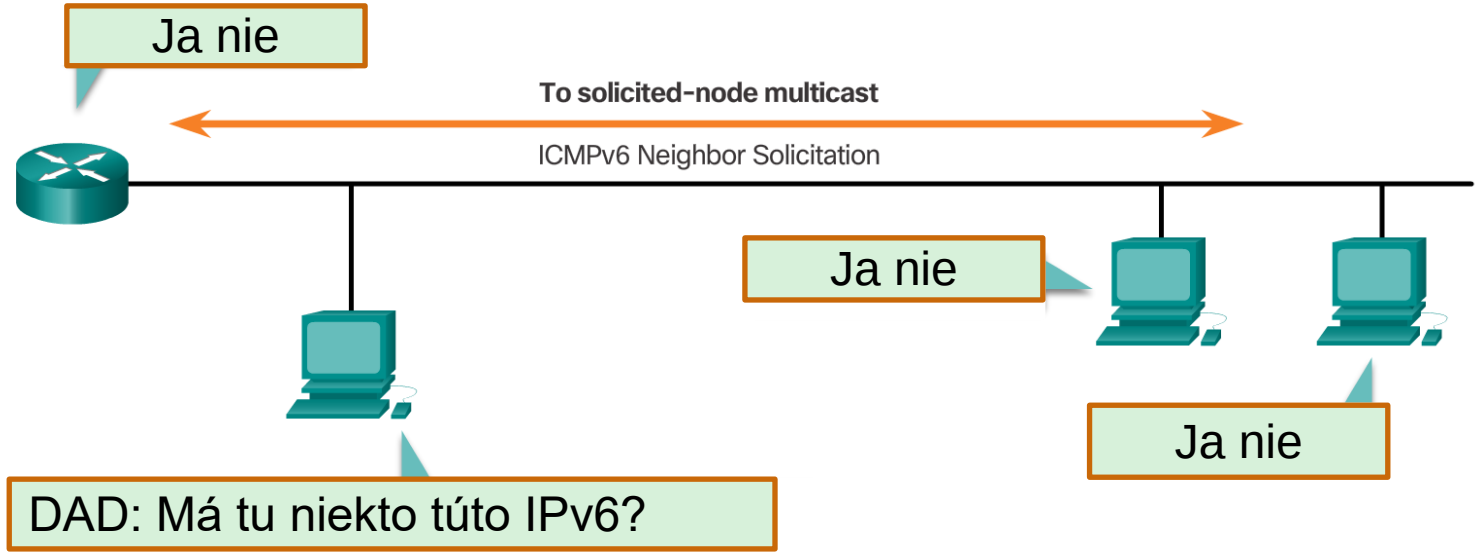
- Na zistenie fyzickej MAC adresy k odpovedajúcej IPv6 adrese - ako ARP v IPv4
  - Zariadenie pošle správu NS na **solicited-node** multicastovú adresu (v tele bude celá hľadaná IPv6 adresa)
  - Odpovie iba zariadenie, ktoré sa identifikuje podľa danej IPv6 adresy v NS správe, a odpovie správou typu NA (v tele bude jeho ethernetová MAC adresa)



Neighbor Solicitation
Neighbor Avertisement

Využitie pre: **Duplicate Address Detection** (iba odporúčané v RFC 4861)

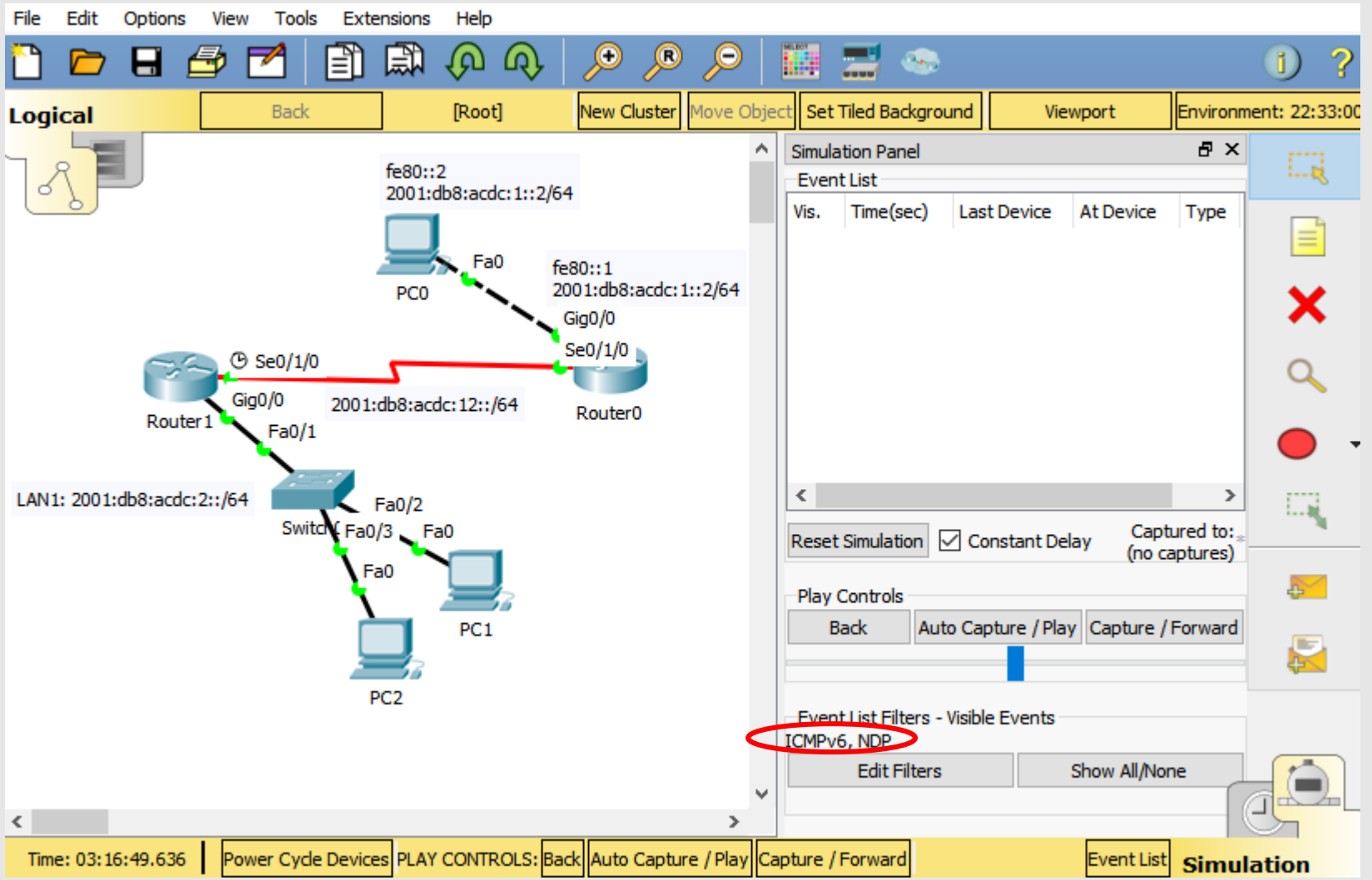
- Odporúča sa vykonať vždy keď sa zariadeniu nakonfiguruje IPv6 adresa global unicast alebo link-local unicast, či je naozaj jedinečná
- Zariadenie pošle správu NS s cieľovou IPv6 adresou = jeho vlastná IPv6 adresa, ktorú chce otestovať na jedinečnosť
  - Ak nejaké iné zariadenia má túto adresu, odpovie správou NA
  - Ak nepríde žiadna NA správa do stanoveného času, považuje sa daná IPv6 za unikátnu a použiteľnú



Sledovanie **SLAAC** procesu na PC2

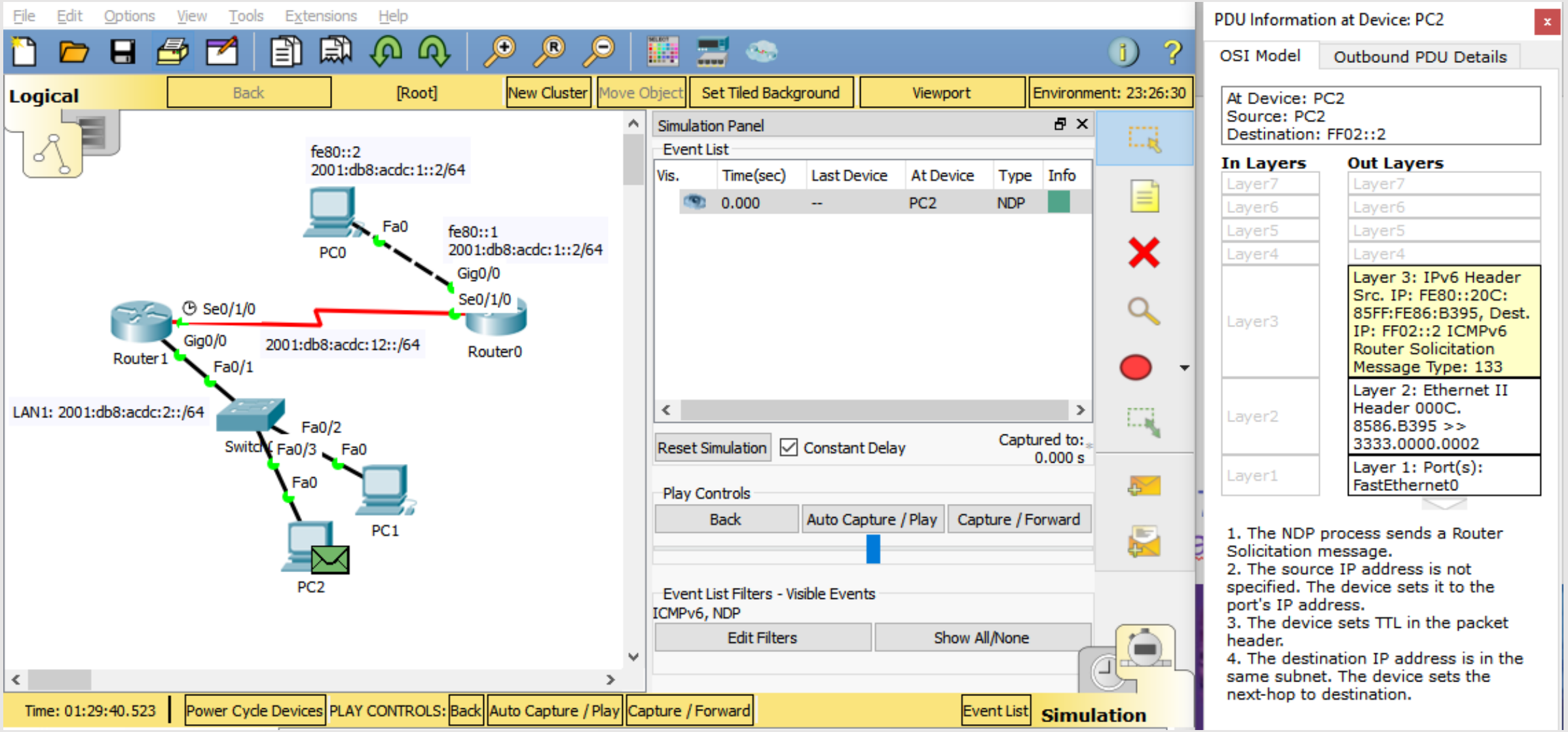
Aktivita (25.2)

- Vložte medzi PC1 a Router1 vo svojej topológii v PT **prepínač**
- Pridajte na prepínač **PC2**
- Pozrieme sa na proces **SLAAC**
  - Prepnite sa do **simulačného** režimu
  - Zrušte všetky filtre a vyberte si iba **ICMPv6** a **NDP** (neighbor discovery protocol)
  - PC2 > Desktop> IP Configuration> **Auto Config**



Sledovanie **SLAAC** procesu na PC2

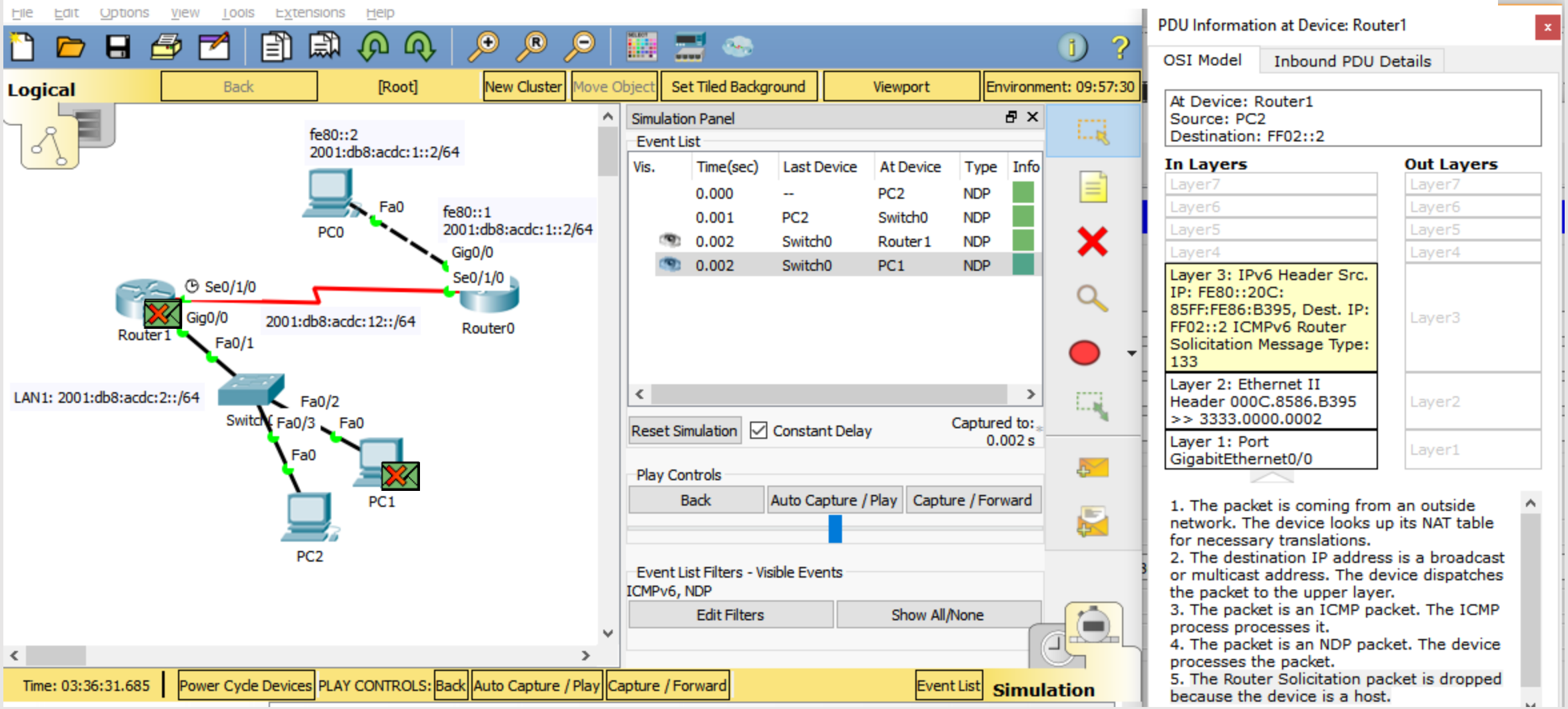
Aktivita (10)



Sledovanie **SLAAC** procesu na PC2

Aktivita (10)

- 2x Capture/Forward a preskúmajte PDU prichádzajúce na Router1



Sledovanie **SLAAC** procesu na PC2

Aktivita (10)

- Zobrazte si informácie o IPv6 rozhraní g0/0 na smerovači Router1
- Doplňte príkaz na smerovači Router1 a skontrolujte zmenu vo výpise rozhrania g0/0

```
Router1# show ipv6 interface g0/0
Router1(config)# ipv6 unicast-routing
Router1(config)# do show ipv6 int g0/0
```

- Smerovač sa stane členom multicastovej skupiny FF02::2 (všetky IPv6 smerovače) automaticky, keď na ňom zadáme daný príkaz
- PC2 > Desktop> IP Configuration> vyberte Static, a následne **Auto Config** – pre opatovný proces SLAAC

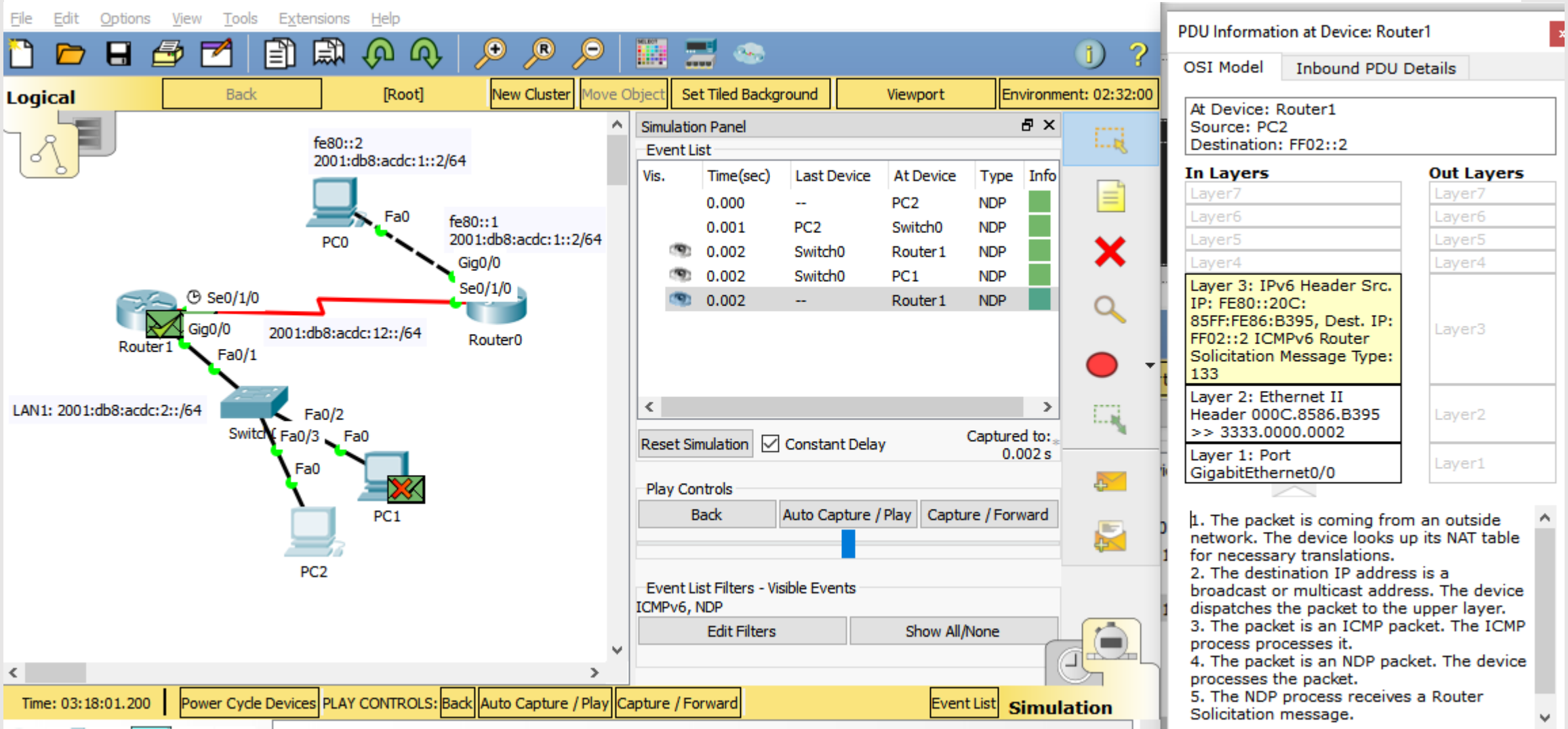
```
Router1#show ipv6 int g0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::20A:F3FF:FEBB:1
  No Virtual link-local address(es):
  Global unicast address(es):
    2001:DB8:ACDC:2:20A:F3FF:FEBB:1, subnet is
    2001:DB8:ACDC:2::/64 [EUI]
  Joined group address(es):
    FF02::1:FFBB:1
   MTU is 1500 bytes
    .......
Router1# conf t
Router1(config)# ipv6 unicast-routing

Router1#sh ipv6 int g0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::20A:F3FF:FEBB:1
  No Virtual link-local address(es):
  Global unicast address(es):
    2001:DB8:ACDC:2:20A:F3FF:FEBB:1, subnet is
      2001:DB8:ACDC:2::/64 [EUI]
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::2
    FF02::1:FFBB:1
  MTU is 1500 bytes
  .........
```

Sledovanie **SLAAC** procesu na PC2

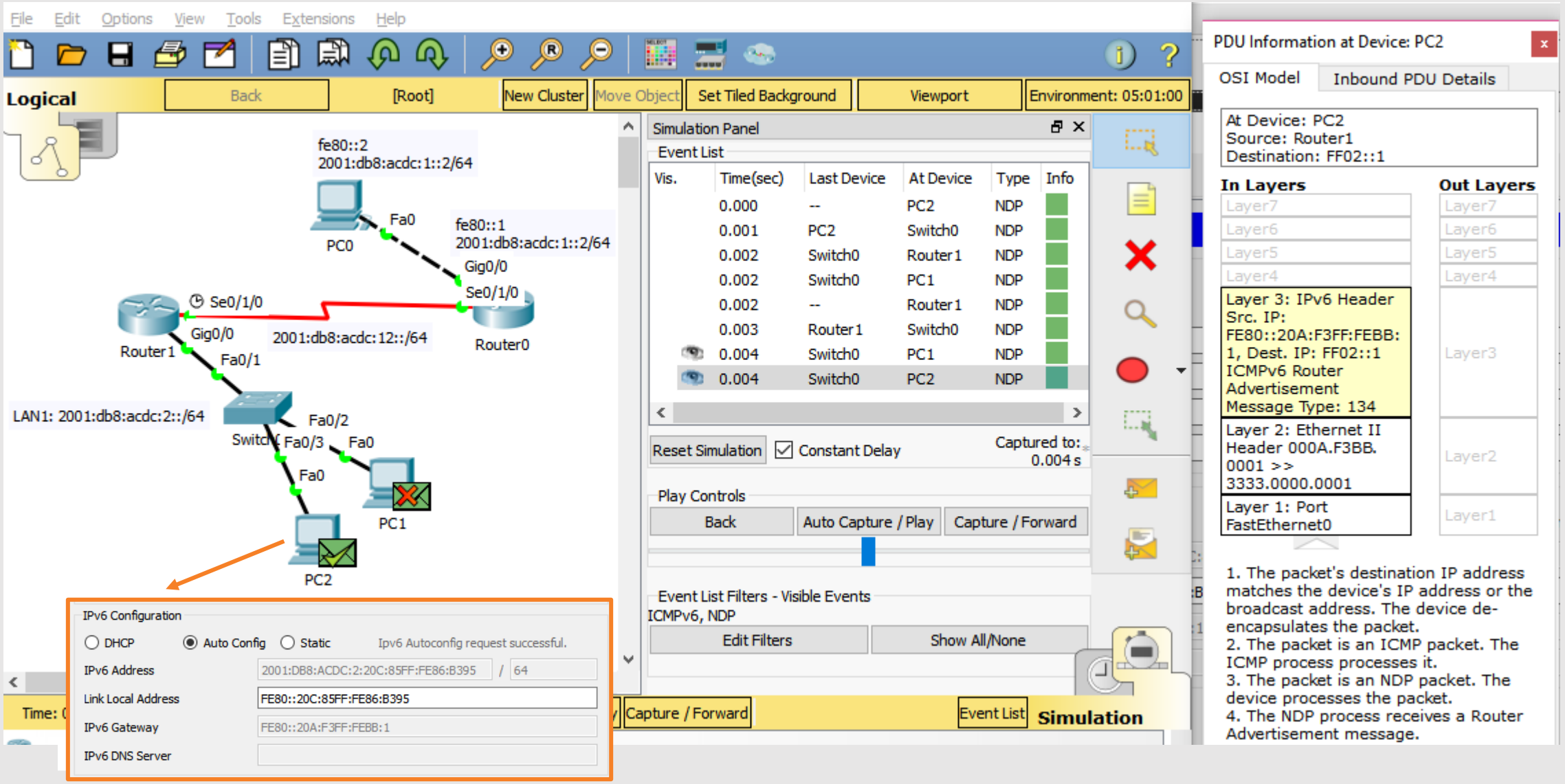
Aktivita (25.2)

- 2x Capture/Forward a preskúmajte PDU prichádzajúce na Router1

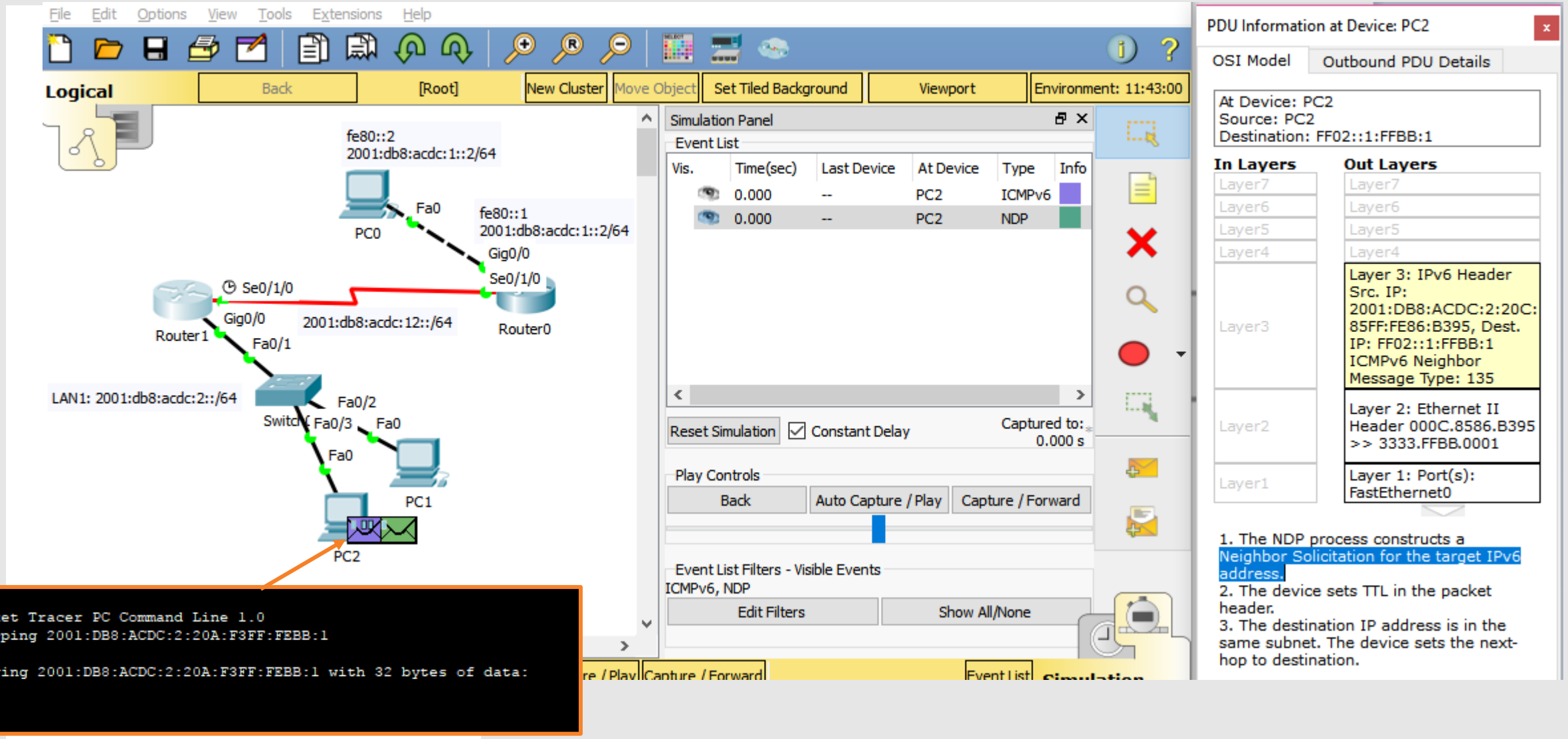


Sledovanie **SLAAC** procesu na PC2

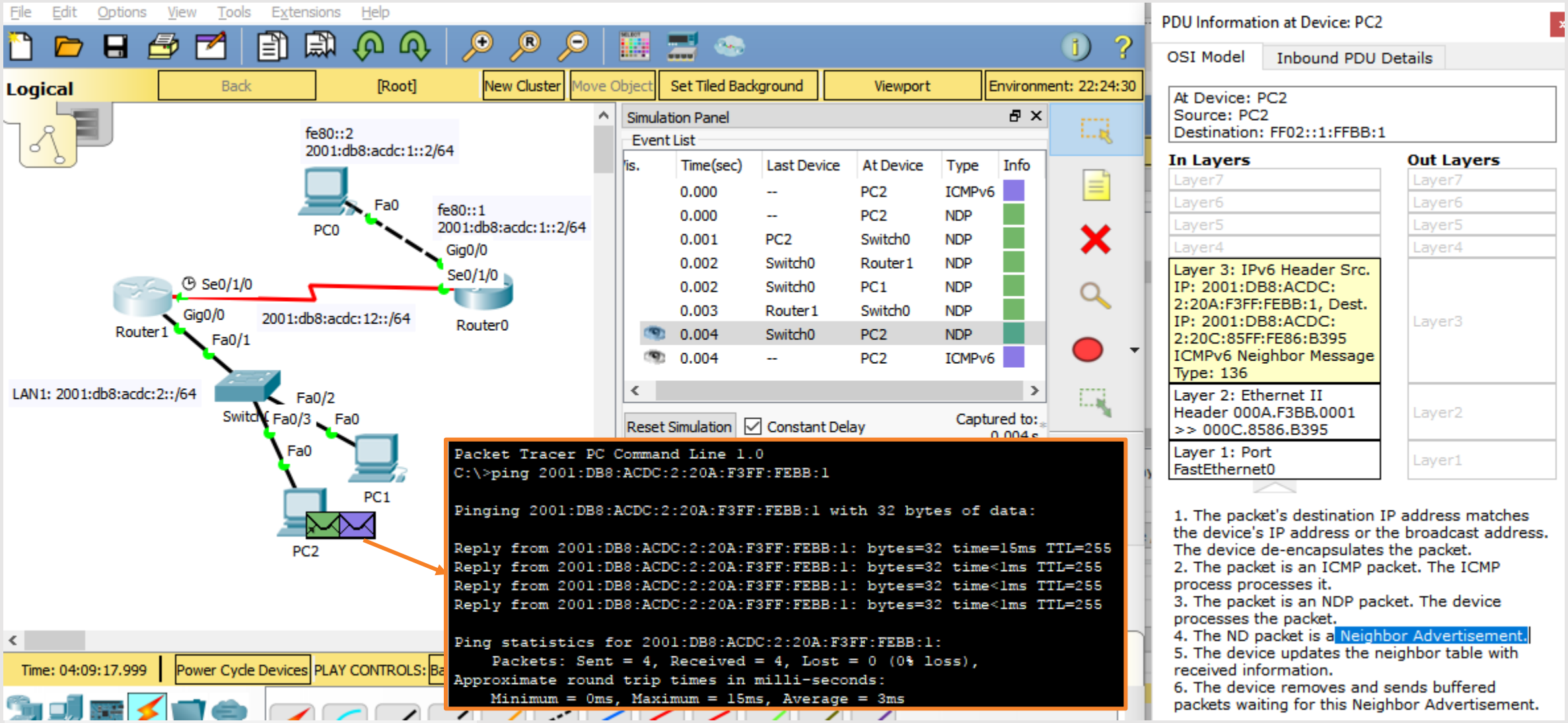
Aktivita (25.2)



Sledovanie **Neighbor Solicitation** procesu na PC2 *Aktivita (25.3)*

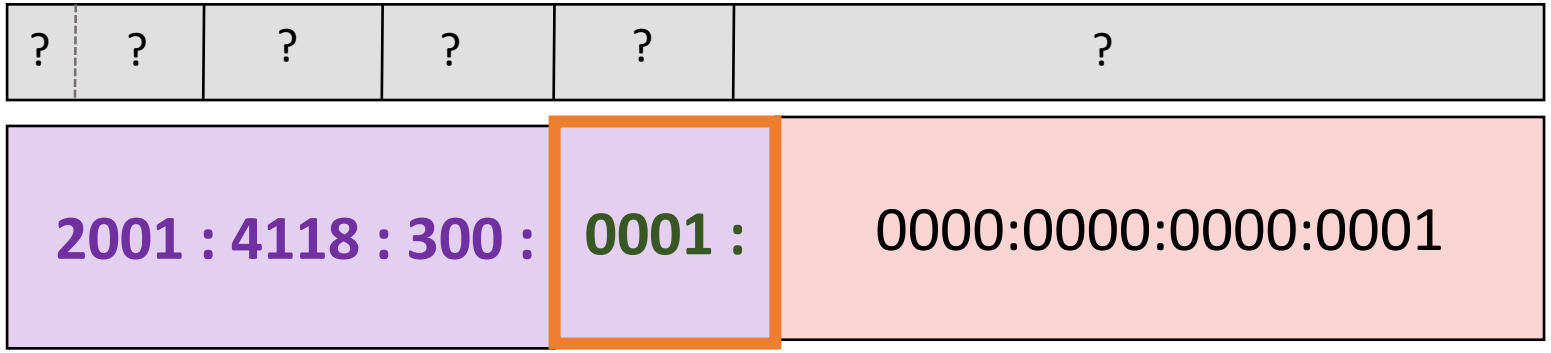


Sledovanie **Neighbor Advertisement** procesu na PC2 *Aktivita (25.3)*



Opakovanie a upevňovanie vedomostí – časť A

- *Ktoré adresy v IPv6 má zmysel subsieťovať a prečo?*
  - Iba global unicast, link-local má len lokálny význam
- *Doplňte názvy jednotlivých častí IPv6 adresy (na adresovanie čoho sú určené)*



- *Koľko bitov majú jednotlivé časti?*

Opakovanie a upevňovanie vedomostí – časť B

- Aké možnosti máme pre dynamickú konfiguráciu IPv6 global unicast adries na počítači?
  1. SLAAC = Stateless address autoconfiguration
  2. SLAAC + DHCPv6 (stateless)
  3. DHCPv6 (stateful)
- Ktoré typy adries sa nepoužívajú v IPv6, ale v IPv4 áno? Čo ich nahrádza?
  - Nie sú: Broadcastové adresy
  - Namiesto nich: Multicastové adresy
- Aký význam majú multicastové adresy FF02::1 a FF02::2 ?
  - Všetky IPv6 uzly na danej linke/subsieti
  - Všetky IPv6 smerovače na danej linke/subsieti

Opakovanie a upevňovanie vedomostí – časť C

- Aké sú činnosti ICMPv6 protokolu? Na čo slúži pre IPv6?
  - Umožňuje otestovať základnú konektivitu s ďalším IP uzlom
  - Informuje o nedoručiteľnosti konkrétneho paketu a dôvode
  - Informuje o potenciálne lepšej ceste
  - poskytuje funkcie pre objavenie smerovača, automatickú konfiguráciu adries a nahrádza protokol ARP
- Aké typy správ definuje NDP ?
  Pre ktoré činnosti, ktoré ste vymenovali hore, alebo iné?
  (Neighbor Discovery Protocol)
  - RS, RA
  - NS, NA
  - Redirect

Obsahom boli kapitoly 12 IPv6 Addressing, 13 ICMP z Netacadu. Doma pozorne preštudovať na portáli Netacad a spraviť si **kvízy** z kapitol **12, 13** a **9**.

UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science and Informatics

Department of Information Networks

Vyjadrite anonymnú spätnú väzbu na prednášku (ak ste sa zúčastnili), a cvičenie tohto týždňa.