

Serverové systémy Microsoft Windows

IW2/XMW2 2019/2020

Peter Solár

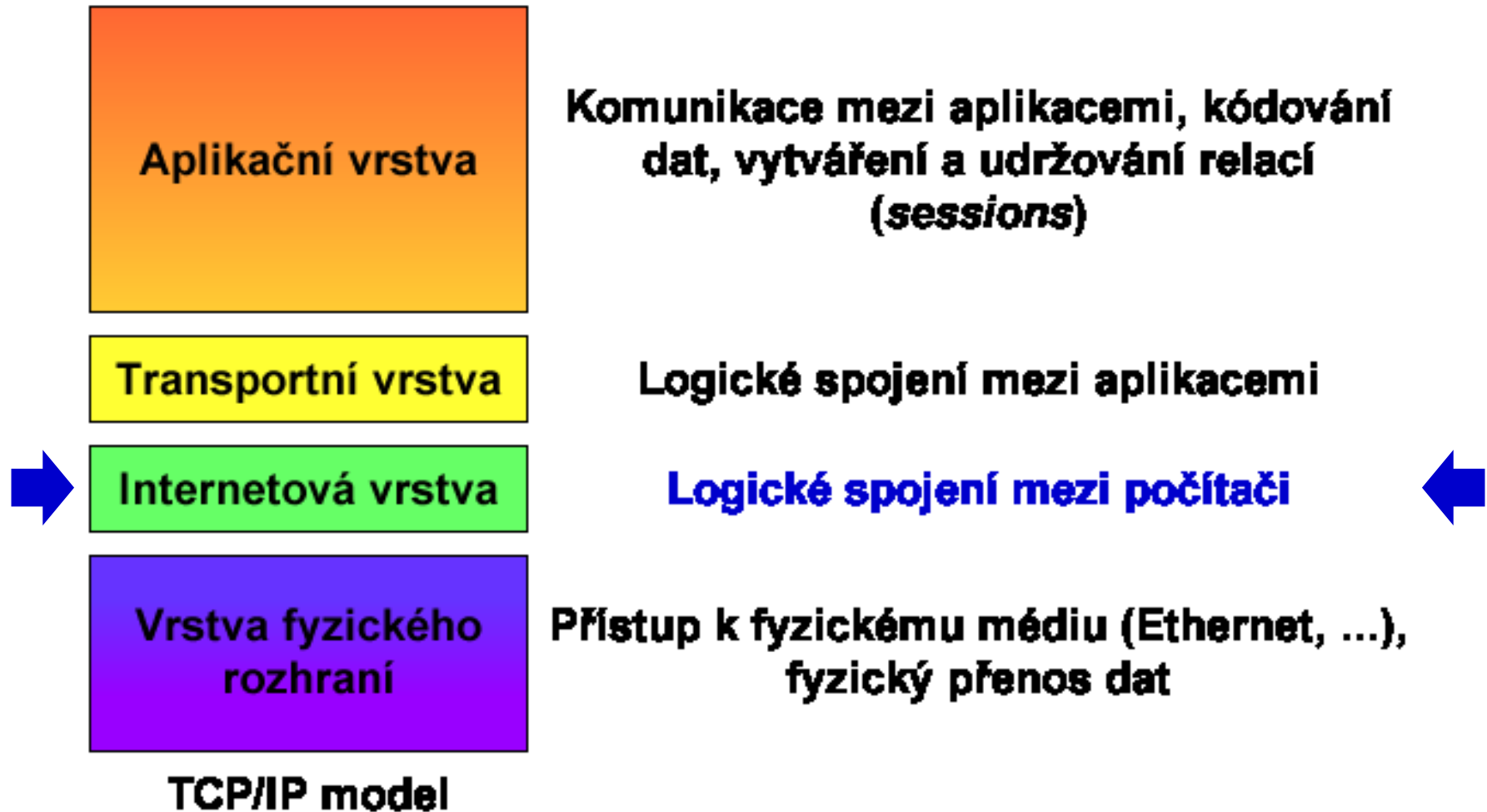
solar@aps-brno.cz

Fakulta Informačních Technologií
Vysoké Učení Technické v Brně
Božetěchova 2, 612 66 Brno

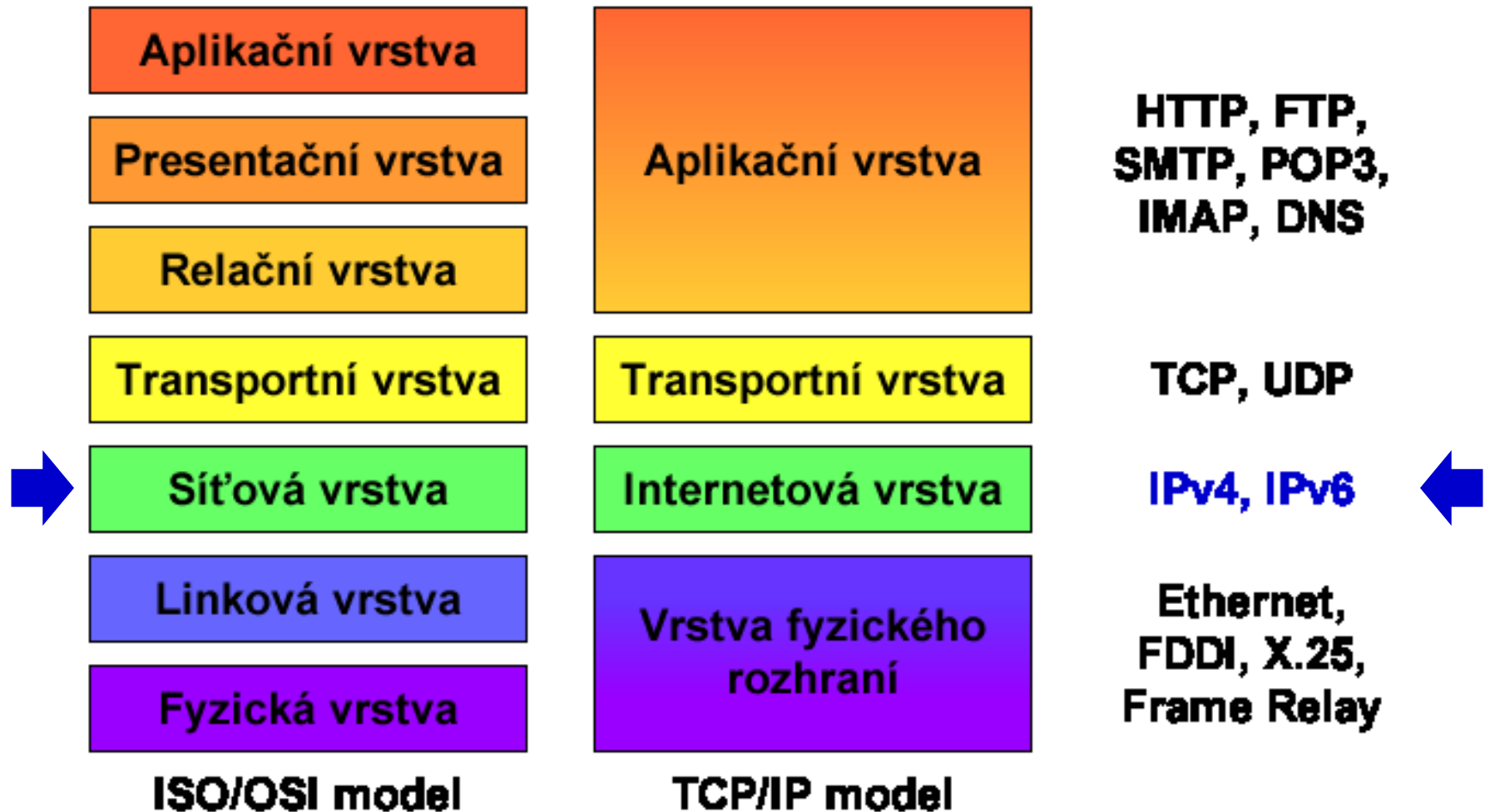
Revize 3. 2. 2020

Sítě a směrování

TCP/IP model



Porovnání ISO/OSI a TCP/IP modelu



Internet Protocol verze 4 (IPv4)

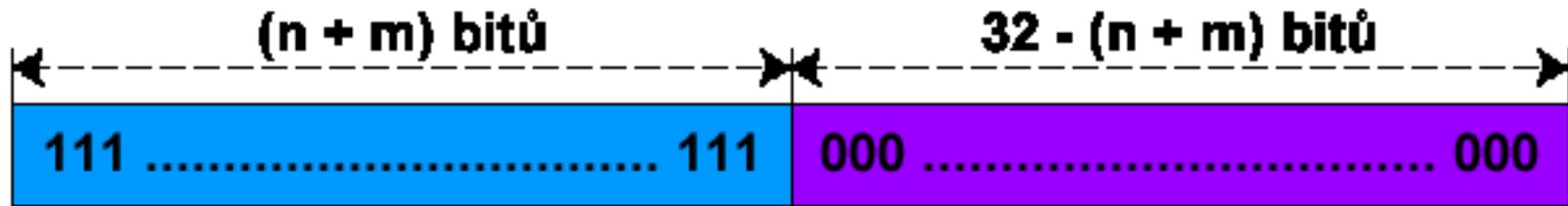
- Protokol **internetové** (resp. **síťové**) vrstvy
- Zajišťuje **směrování** IPv4 datagramů (paketů)
 - Přenos dat z jednoho síťového rozhraní na druhé
- Každý IPv4 datagram obsahuje dvě IPv4 adresy
 - IPv4 adresu **zdroje** (rozhraní, jenž datagram odeslalo)
 - IPv4 adresu **cíle** (rozhraní, kterému se má doručit)
- IPv4 adresa
 - Slouží k identifikaci jednoho či více síťových rozhraní (zařízení) v rámci dané (pod)sítě

Formát IPv4 adres



- Délka 32 bitů
- Zápis v tzv. tečkové notaci (v dekadickém tvaru)
 - $X.X.X.X$ kde X je číslo od 0 do 255 (8 bitů, tzv. oktet)
- Skládá se z adresy (pod)sítě a adresy rozhraní
 - Určeny maskou podsítě

Maska podsítě (Subnet Mask)



- Délka 32 bitů
- Stejný zápis jako u IPv4 adres
- **Jedničkové** bity určují, které bity IPv4 adresy jsou bity adresy **(pod)sítě**
- **Nulové** bity určují, které bity IPv4 adresy jsou bity adresy **rozhraní**

Zjištění adres (pod)sítě a rozhraní

	Dekadicky	Binárně
IPv4 adresa	147.229.178.134	10010011.11100101.10110010.10000110
Maska podsítě	255.255.254.0	11111111.11111111.11111110.00000000
Adresa (pod)sítě	147.229.178.0	10010011.11100101.10110010.00000000
Adresa rozhraní	0.0.0.134	00000000.00000000.00000000.10000110

Výchozí brána (Default Gateway)

- IP adresa síťového rozhraní směrovače (*router*)
- Všechny datagramy směřující do jiné (pod)sítě jsou zasílány na adresu výchozí brány

Classless Inter-Domain Routing (CIDR)

- IPv4 adresy dříve děleny do 5 tříd (třídy A – E)
 - Každá třída měla určenou masku podsítě
- CIDR umožňuje **explicitně** specifikovat **masku podsítě** pro každou IPv4 adresu
 - Masku podsítě jako počet **jedničkových** bitů
 - Zápis ve formátu **X.X.X.X/Y** kde **Y** je číslo od **0** do **32**
- Nutnost uchovávat informace o masce podsítě
 - Potřeba pro **směrování** datagramů
 - Každá IPv4 adresa náleží do sítě identifikované adresou (pod)sítě (adresa rozhraní obsahuje samé nuly)

Přepis IPv4 adres do CIDR formátu

	Dekadicky	Binárně
IPv4 adresa	147.229.178.134	10010011.11100101.10110010.10000110
Maska podsítě	255.255.254.0	11111111.11111111.11111110.00000000
Adresa (pod)sítě	147.229.178.0/23	10010011.11100101.10110010.00000000
Adresa rozhraní	0.0.0.134/23	00000000.00000000.00000000.10000110
IPv4 adresa (CIDR formát)	147.229.178.134/23	10010011.11100101.10110010.10000110/23

Typy IPv4 adres

- Individuální (*unicast*)
 - Identifikují **právě jedno** síťové rozhraní (zařízení)
 - Data se doručují tomuto rozhraní
- Všesměrové (*broadcast*)
 - Data se doručují **všem** síťovým rozhraním (zařízením)
 - Adresa **rozhraní** obsahuje samé **jedničky**
- Skupinové (*multicast*)
 - Identifikují celou **skupinu** síťových rozhraní (zařízení)
 - Data se doručují všem členům skupiny

Zjištění adresy pro všesměrové vysílání

	Dekadicky	Binárně
IPv4 adresa	147.229.178.134	10010011.11100101.10110010.10000110
Maska podsítě	255.255.254.0	11111111.11111111.11111110.00000000
Adresa (pod)sítě	147.229.178.0/23	10010011.11100101.10110010.00000000
Adresa rozhraní	0.0.0.134/23	00000000.00000000.00000000.10000110
IPv4 adresa (CIDR formát)	147.229.178.134/23	10010011.11100101.10110010.10000110/23
Adresa všesměrového vysílání	147.229.179.255/23	10010011.11100101.10110011.11111111

Speciální IPv4 adresy

- Neplatná IPv4 adresa
 - **0.0.0.0**
- Loopback IPv4 adresa
 - **127.0.0.1** (DNS název **localhost**)
- Privátní IPv4 adresy
 - Adresy náležící do rozsahů privátních sítí
 - **Nesměřovatelné** v síti internet

Speciální rozsahy IPv4 adres

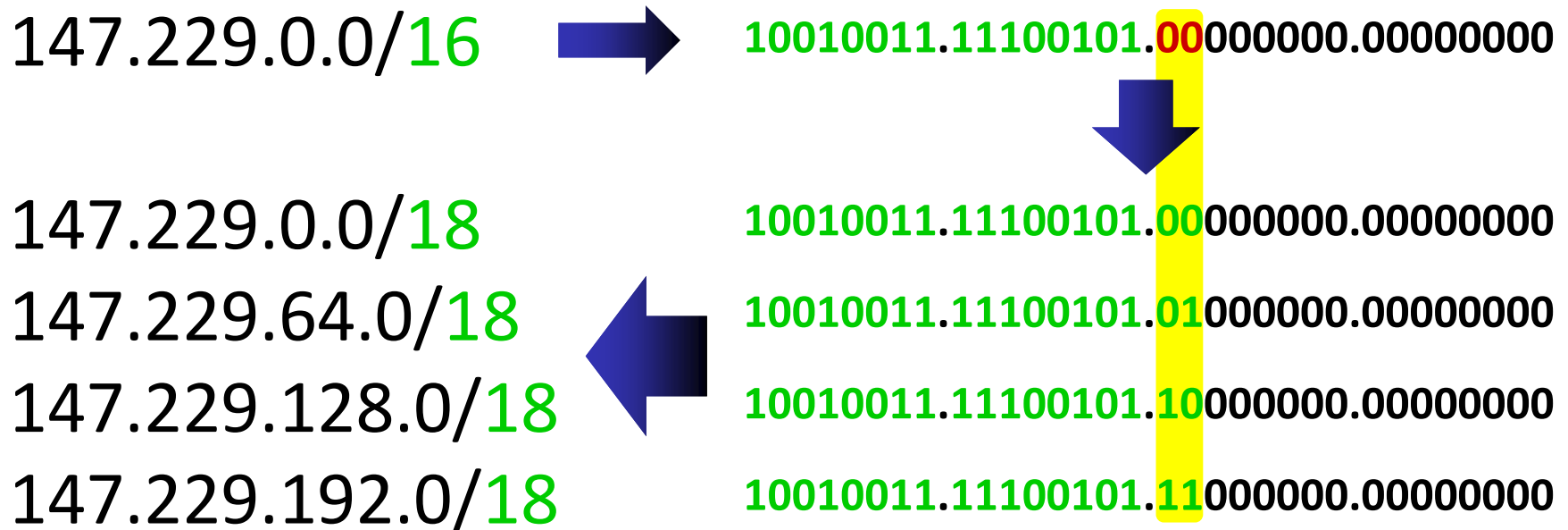
CIDR adresový blok	Popis
0.0.0.0/8	Aktuální síť (pouze pro zdrojové adresy)
10.0.0.0/8	Privátní síť
127.0.0.0/8	Loopback
169.254.0.0/16	Privátní síť (APIPA)
172.16.0.0/12	Privátní síť
192.88.99.0/24	IPv6 to IPv4 překlad
192.168.0.0/16	Privátní síť
224.0.0.0/4	Multicast (skupinové vysílání, předchozí třída D)
240.0.0.0/4	Rezervováno (předchozí třída E)
255.255.255.255	Broadcast (všesměrové vysílání)

APIPA

- **Automatic Private IP Addressing**
- Automatické přiřazení IPv4 adresy v případě, že ji nebylo možné získat od DHCP serveru
 - Generují se IPv4 adresy ze sítě **169.254.0.0/16**
 - Výchozí brána se nenastavuje (**nesměrovatelné**)
 - Lze přiřadit i vlastní (statickou) IPv4 adresu
- Ověření **konfliktů** IPv4 adres na dané síti
 - Po 10 konfliktech se nastaví neplatná adresa **0.0.0.0**

Subnetting

- **Rozdělení** sítě do více **menších podsítí**
 - Zvýšení propustnosti, definice hranic
- Příklad



Supernetting

- **Sloučení** souvislého bloku sítí do jedné **větší sítě**
 - Zjednodušení směrování
- Příklad

147.229.0.0/24

147.229.1.0/24

147.229.2.0/24

147.229.3.0/24

147.229.0.0/22



Adresy (pod)sítě

10010011.11100101.00000000.00000000

10010011.11100101.00000001.00000000

10010011.11100101.00000010.00000000

10010011.11100101.00000011.00000000

10010011.11100101.00000000.00000000



Nastavení protokolu IPv4

- Ve vlastnostech **Protokol IP verze 4 (TCP/IPv4)**
- Pomocí nástroje **netsh**
 - **netsh interface ipv4 set address "<rozhraní>" dhcp**
 - **netsh interface ipv4 set address "<rozhraní>" static <adresa> <maska> [<výchozí-brána>]**

Protokol IP verze 4 (TCP/IPv4) – vlastnosti

Obecné

Podporuje-li síť automatickou konfiguraci IP, je možné získat nastavení protokolu IP automaticky. V opačném případě vám správce sítě poradí správce sítě.

Získat IP adresu ze serveru DHCP automaticky

Použít následující IP adresu:

IP adresa: 147 . 229 . 178 . 134

Maska podsítě: 255 . 255 . 254 . 0

Výchozí brána: 147 . 229 . 178 . 1

Získat adresu serveru DNS automaticky

Použít následující adresy serverů DNS:

Upřednostňovaný server DNS: 147 . 229 . 9 . 43

Alternativní server DNS: 147 . 229 . 8 . 12

Při ukončení ověřit platnost nastavení

Upřesnit...

OK Storno

Informace o nastavení protokolu IPv4

- V podrobnostech stavu síťového připojení
- Pomocí nástroje **ipconfig**
 - **ipconfig /all**

```
Adaptér bezdrátové sítě LAN Wireless Network Connection:
```

```
Přípona DNS podle připojení . . . . :  
Popis . . . . . : Intel(R) WiFi Link 5100 AGN  
Fyzická Adresa . . . . . : 00-16-EA-63-95-60  
Protokol DHCP povolen . . . . . : Ano  
Automatická konfigurace povolena . . . . : Ano  
Místní IPv6 adresa v rámci propojení . . . . : fe80::681d:3894:cd53:607c%12(Preferované)  
Adresa IPv4 . . . . . : 192.168.1.100(Preferované)  
Maska podsítě . . . . . : 255.255.255.0  
Zapůjčeno . . . . . : 8. října 2010 18:20:04  
Zapůjčka vyprší . . . . . : 10. října 2010 12:24:19  
Účhozí brána . . . . . : 192.168.1.1  
Server DHCP . . . . . : 192.168.1.1  
IAID DHCPv6 . . . . . : 218109674  
DUID klienta DHCPv6 . . . . . : 00-01-00-01-12-34-68-29-00-22-15-60-F1-D1  
Servery DNS . . . . . : 192.168.1.1  
Rozhraní NetBios nad protokolem TCP/IP . . . . . : Povoleno
```

Internet Protocol verze 6 (IPv6)

- Protokol **internetové** (resp. **síťové**) vrstvy
- Zajišťuje **směrování** IPv6 datagramů (paketů)

Formát IPv6 adres



- Délka 128 bitů
- Zápis v tzv. dvojtečkové notaci
 - **X:X:X:X:X:X:X:X** kde **X** je hexadecimální číslo od **0000** do **FFFF** (16 bitů, tzv. skupina / blok)
- Skládá se z identifikátorů **(pod)sítě** a **rozhraní**
 - Určeny **IPv6 prefixem**

Zkrácený formát IPv6 adres

- Vynechání úvodních nul každé skupiny
 - V každé skupině musí zůstat alespoň jedna číslice

fec0:0000:0000:000a:f563:5add:6fc4:152e



fec0:0:0:a:f563:5add:6fc4:152e

- Sloučení po sobě jdoucích nulových skupin
 - Lze provést pouze jednou v rámci dané IPv6 adresy

fec0:0:0:a:f563:5add:6fc4:152e



fec0::a:f563:5add:6fc4:152e

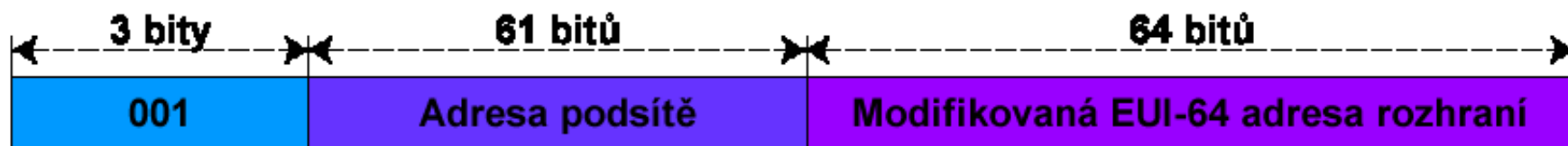
IPv6 prefix

- Určuje kolik **počátečních bitů** IPv6 adresy naleží identifikátoru **(pod)sítě** (vychází z **CIDR** notace)
- Stejný zápis jako u masky podsítě u **CIDR**
 - **X:X:X:X:X:X:X/X** kde **X** je číslo od **0** do **128**
- Příklad IPv6 adresy s definovaným prefixem
 - **fec0:0000:0000:000a:f563:5add:6fc4:152e/64**
 - Náleží do (pod)sítě **fec0:0000:0000:000a::/64**
 - Po vynechání úvodních nul **fec0:0:0:a::/64**

Typy IPv6 adres

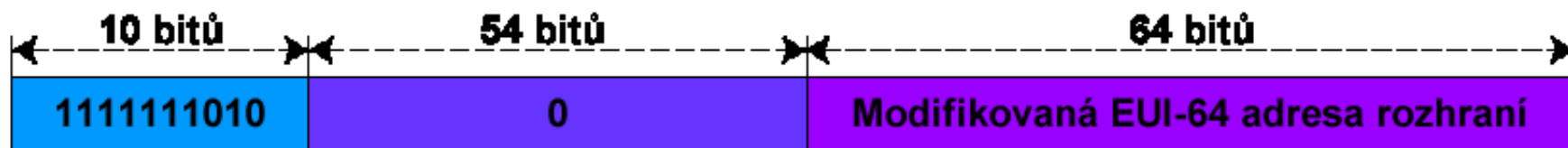
- Individuální (*unicast*)
 - Identifikují **právě jedno** síťové rozhraní
 - Data se doručují tomuto rozhraní
- Skupinové (*multicast*)
 - Identifikují celou **skupinu** síťových rozhraní
 - Data se doručují **všem** členům skupiny
- Výběrové (*anycast*)
 - Identifikují celou **skupinu** síťových rozhraní
 - Data se doručují **nejbližšímu** členovi skupiny

Globální individuální IPv6 adresy



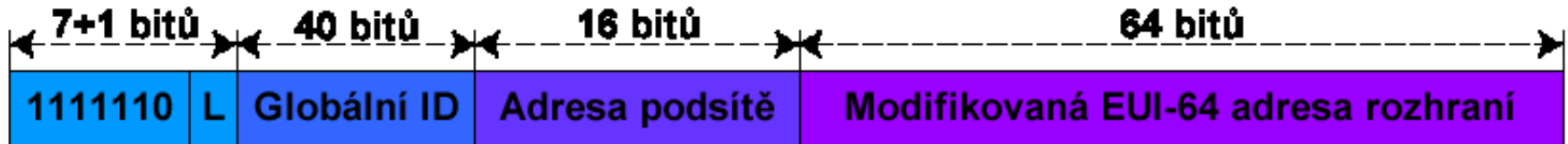
- **Global Unicast Addresses**
- Adresy ze sítě **2000::/3**
- Obdoba **veřejných** IPv4 adres
 - Jednoznačná identifikace rozhraní v rámci celé **sítě internet**
 - Přiřazovány **automaticky** pomocí protokolu **DHCPv6** nebo **manuálně** uživatelem

Místní IPv6 adresy v rámci propojení



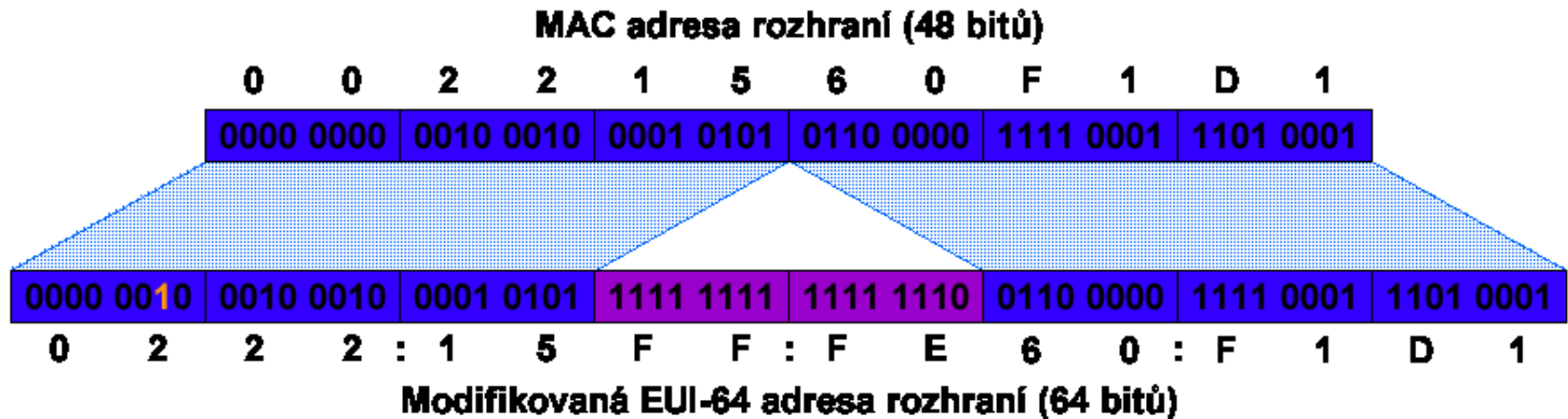
- **Link-Local Addresses**
- Adresy ze sítě **fe80::/10**
- Obdoba **APIPA** adres
 - Jednoznačná identifikace rozhraní v rámci **propojení**
 - Generují se **automaticky** pro každé síťové rozhraní
 - **Nesměřovatelné**

Místní IPv6 adresy



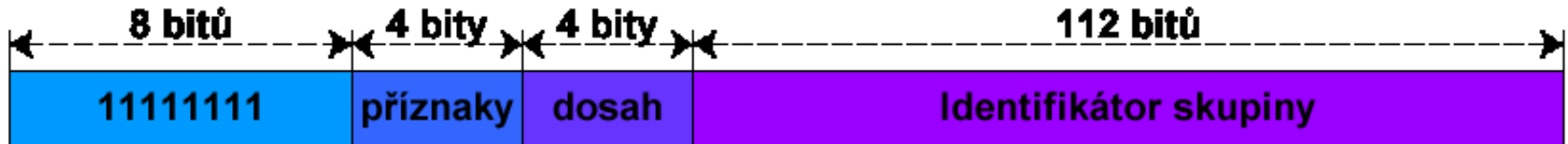
- **Unique Local Addresses**
- Adresy ze sítě **fc00::/7**
- Obdoba **privátních** IPv4 adres
 - Jednoznačná identifikace rozhraní v rámci **lokální sítě**
 - **Nesměřovatelné** v **síti internet**
 - Přiřazovány pomocí protokolu **DHCPv6** nebo pomocí tzv. **router advertisement** (bezstavová konfigurace)

Vytváření modifikované EUI-64 adresy



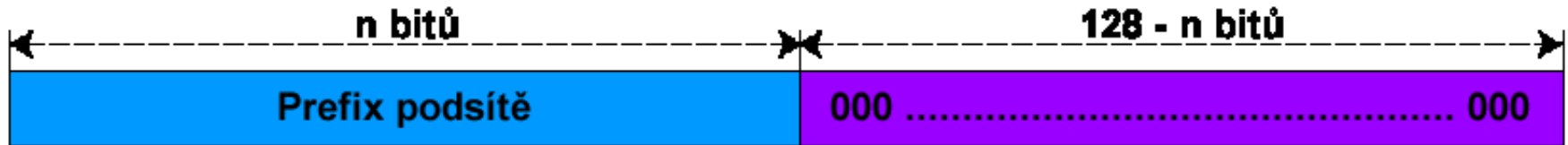
- Vytváření úpravou fyzické (**MAC**) adresy rozhraní
 - Invertování předposledního bitu nejvyššího bajtu
 - Vložení **FF:FE** mezi třetí a čtvrtý bajt

Skupinové (multicast) IPv6 adresy



- Adresy ze sítě **ff00::/8**
- Identifikace **skupiny** rozhraní
- Data se doručují **všem** členům skupiny
- Dosah definuje **rozsah platnosti** skupiny
 - Určuje, jak daleko mohou být data zaslána
 - Nejčastěji se používají dosahy **uzel**, **propojení**, **místo** (lokální síť), **organizace** (VPN) a **globální** (síť internet)

Výběrové (anycast) IPv6 adresy



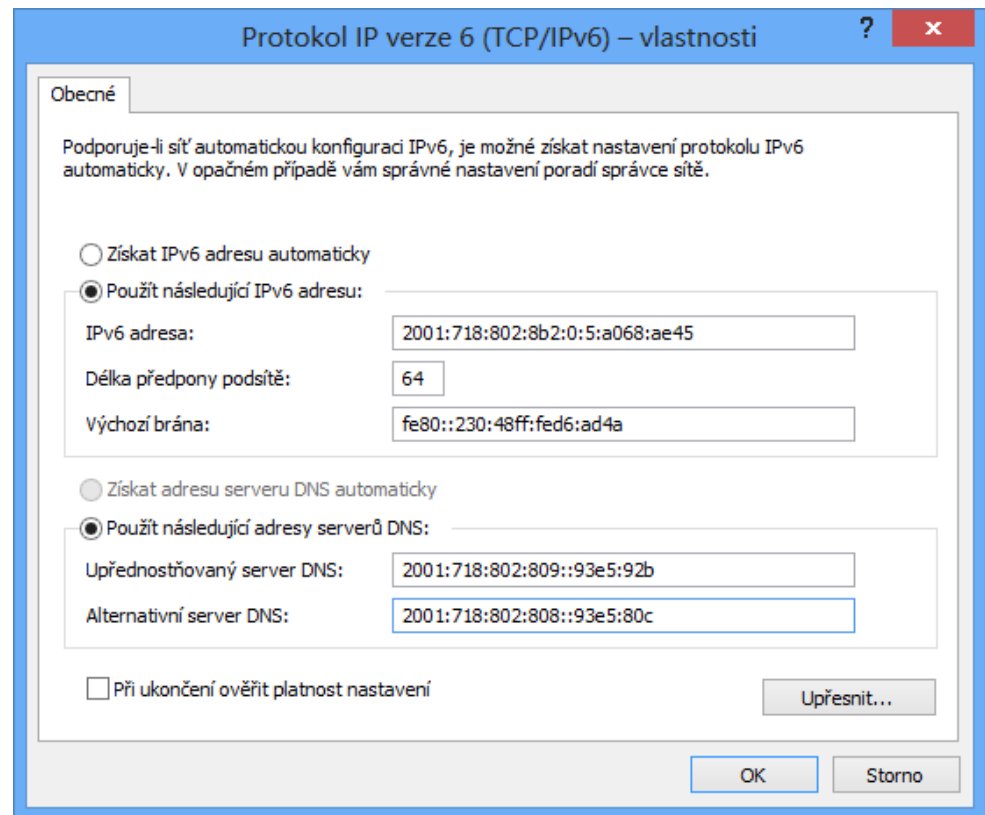
- Identifikace **skupiny** rozhraní
- Data se doručují **nejbližšímu** členovi skupiny
 - Potřeba **metriky** (např. počet skoků datagramu)
 - Nutná **podpora** na směrovačích
- Využití
 - **System DNS, CDN** (*Content Delivery Networks*)

Speciální IPv6 adresy

- Neplatná IPv6 adresa
 - **0:0:0:0:0:0:0:0** nebo **::**
- Loopback IPv6 adresa
 - **0:0:0:0:0:0:0:1** nebo **::1**
- Privátní IPv6 adresy
 - Místní adresy (*unique local* a *link-local* adresy)
 - **Nesměřovatelné** v síti internet

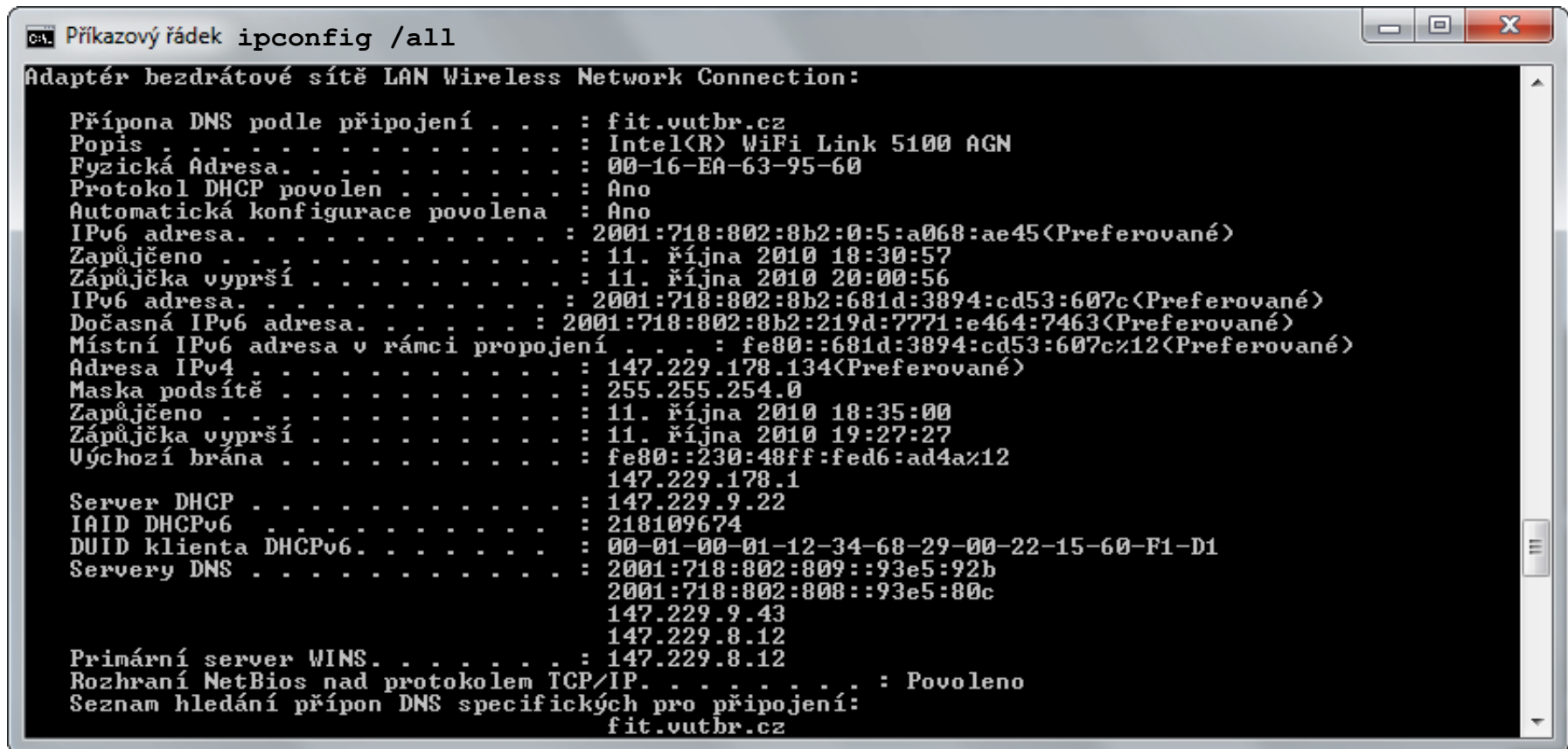
Nastavení protokolu IPv6

- Ve vlastnostech **Protokol IP verze 6 (TCP/IPv6)**
- Pomocí nástroje **netsh**
 - **netsh interface ipv6 set address "*<rozhraní>*" *<adresa>* [*/<prefix>*]**
 - **netsh interface ipv6 add route *::/0* "*<rozhraní>*" *<výchozí-brána>***



Informace o nastavení protokolu IPv6

- Lze využít stejné nástroje jako u protokolu IPv4



```
CA: Příkazový řádek ipconfig /all
Adaptér bezdrátové sítě LAN Wireless Network Connection:

Přípona DNS podle připojení . . . : fit.vutbr.cz
Popis . . . . . : Intel(R) WiFi Link 5100 AGN
Fyzická Adresa. . . . . : 00-16-EA-63-95-60
Protokol DHCP povolen . . . . . : Ano
Automatická konfigurace povolena : Ano
IPv6 adresa. . . . . : 2001:718:802:8b2:0:5:a068:ae45<Preferované>
Zapůjčeno . . . . . : 11. října 2010 18:30:57
Zápůjčka vyprší . . . . . : 11. října 2010 20:00:56
IPv6 adresa. . . . . : 2001:718:802:8b2:681d:3894:cd53:607c<Preferované>
Dočasná IPv6 adresa. . . . . : 2001:718:802:8b2:219d:7771:e464:7463<Preferované>
Místní IPv6 adresa v rámci propojení . . . : fe80::681d:3894:cd53:607c%12<Preferované>
Adresa IPv4 . . . . . : 147.229.178.134<Preferované>
Maska podsítě . . . . . : 255.255.254.0
Zapůjčeno . . . . . : 11. října 2010 18:35:00
Zápůjčka vyprší . . . . . : 11. října 2010 19:27:27
Účchozí brána . . . . . : fe80::230:48ff:fed6:ad4a%12
                            147.229.178.1
Server DHCP . . . . . : 147.229.9.22
IAID DHCPv6 . . . . . : 218109674
DUID klienta DHCPv6. . . . . : 00-01-00-01-12-34-68-29-00-22-15-60-F1-D1
Servery DNS . . . . . : 2001:718:802:808::93e5:92b
                            2001:718:802:808::93e5:80c
                            147.229.9.43
                            147.229.8.12
                            147.229.8.12
Primární server WINS. . . . . : 147.229.8.12
Rozhraní NetBios nad protokolem TCP/IP. . . : Povoleno
Seznam hledání přípon DNS specifických pro připojení:
fit.vutbr.cz
```

Podrobné informace o IPv6 adresách

```
cmd: Příkazový řádek netsh interface ipv6 show addresses level=verbose
-----
Parametry adresy 2001:718:802:80e:3c:bffd:a068:ae45
-----
Identifikátor LUID rozhraní : Local Area Connection
ID oboru                   : 0.0
Doba platnosti             : 1h9m11s
Upřednostňovaná doba platnosti : 35m26s
Stav DAD                   : Upřednostňovaná
Typ adresy                 : DHCP

Parametry adresy 2001:718:802:80e:8ced:eed0:ff3e:8f9a
-----
Identifikátor LUID rozhraní : Local Area Connection
ID oboru                   : 0.0
Doba platnosti             : 6d23h10m43s
Upřednostňovaná doba platnosti : 6d23h10m43s
Stav DAD                   : Upřednostňovaná
Typ adresy                 : Dočasná

Parametry adresy 2001:718:802:80e:f563:5add:6fc4:152e
-----
Identifikátor LUID rozhraní : Local Area Connection
ID oboru                   : 0.0
Doba platnosti             : 29d23h59m2s
Upřednostňovaná doba platnosti : 6d23h59m2s
Stav DAD                   : Upřednostňovaná
Typ adresy                 : Veřejná

Parametry adresy fe80::f563:5add:6fc4:152e%11
-----
Identifikátor LUID rozhraní : Local Area Connection
ID oboru                   : 0.11
Doba platnosti             : infinite
Upřednostňovaná doba platnosti : infinite
Stav DAD                   : Upřednostňovaná
Typ adresy                 : Jiné
```

Výhody protokolu IPv6 (1)

- Větší prostor adres
- Automatická **konfigurace** adres
 - Podpora bezstavové konfigurace (nevyžaduje **DHCP**)
- **Zabezpečení** na úrovni sítě
 - Všechny implementace IPv6 musí podporovat **IPSec** (*Internet Protocol Security*)
- Podpora **QoS** (*Quality of Service*)
 - Identifikace typu dat v hlavičce (nešifrováno)

Výhody protokolu IPv6 (2)

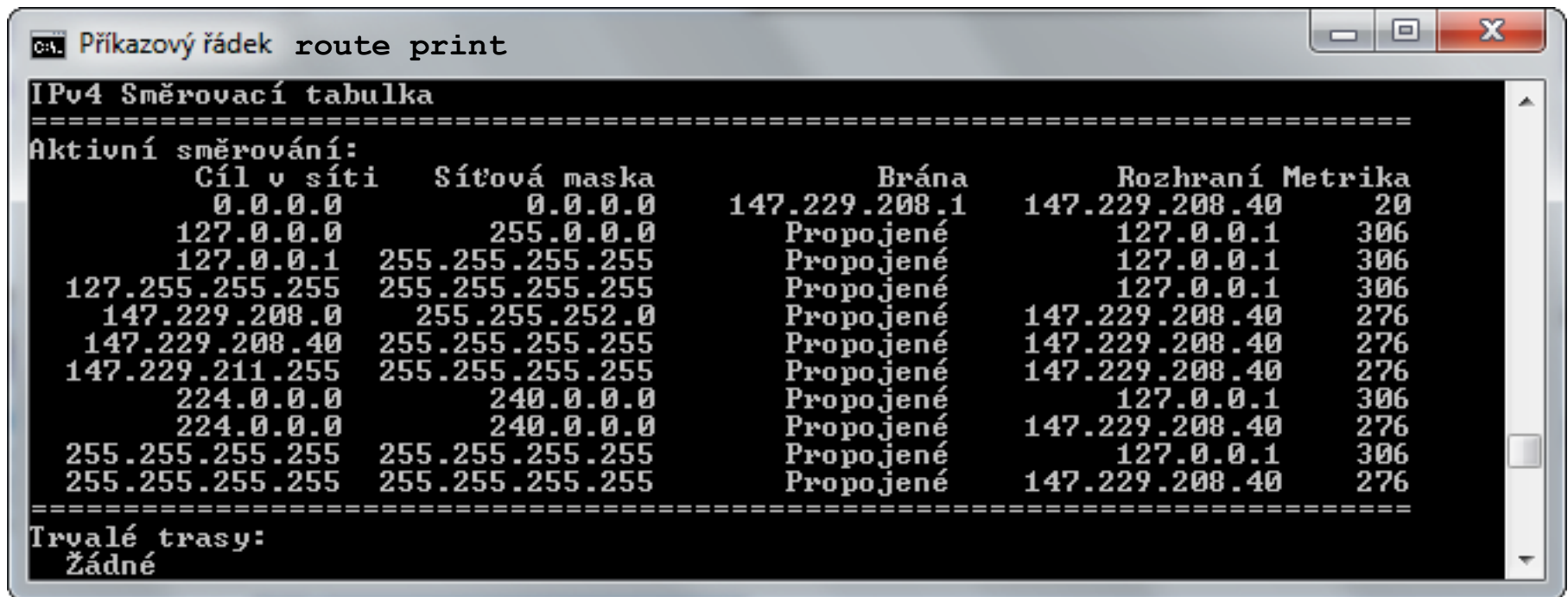
- Menší velikost **směrovacích tabulek**
 - Slučování souvislých bloků adres
- Menší velikost **hlavičky**
 - Obsahuje jen nejn nutnější informace, vše ostatní jinde
- Eliminace **všesměrového** vysílání
 - Nahrazeno **skupinovým** vysíláním s možností definice dosahu

Směrování

- Provádí se pomocí tzv. **směrovacích tabulek**
 - Informace o dosažitelných (pod)sítích
- Obecný algoritmus směrování
 - 1) Pokud je cíl **totožný** se zdrojem
 - Nepošle data na síť (doručení probíhá **interně**)
 - 2) Pokud je cíl **na stejné** (pod)síti
 - Pošli data na síť (doručení na **MAC adresu cíle**)
 - 3) Pokud je cíl **na jiné** (pod)síti
 - Pošli data na výchozí bránu, jenž umožňuje doručení do cílové sítě (doručení na **MAC adresu výchozí brány**)

Směrovací tabulka

- Vypsání např. pomocí **route print**
- Neoficiální GUI NetRouteView
 - http://www.nirsoft.net/utils/network_route_view.html



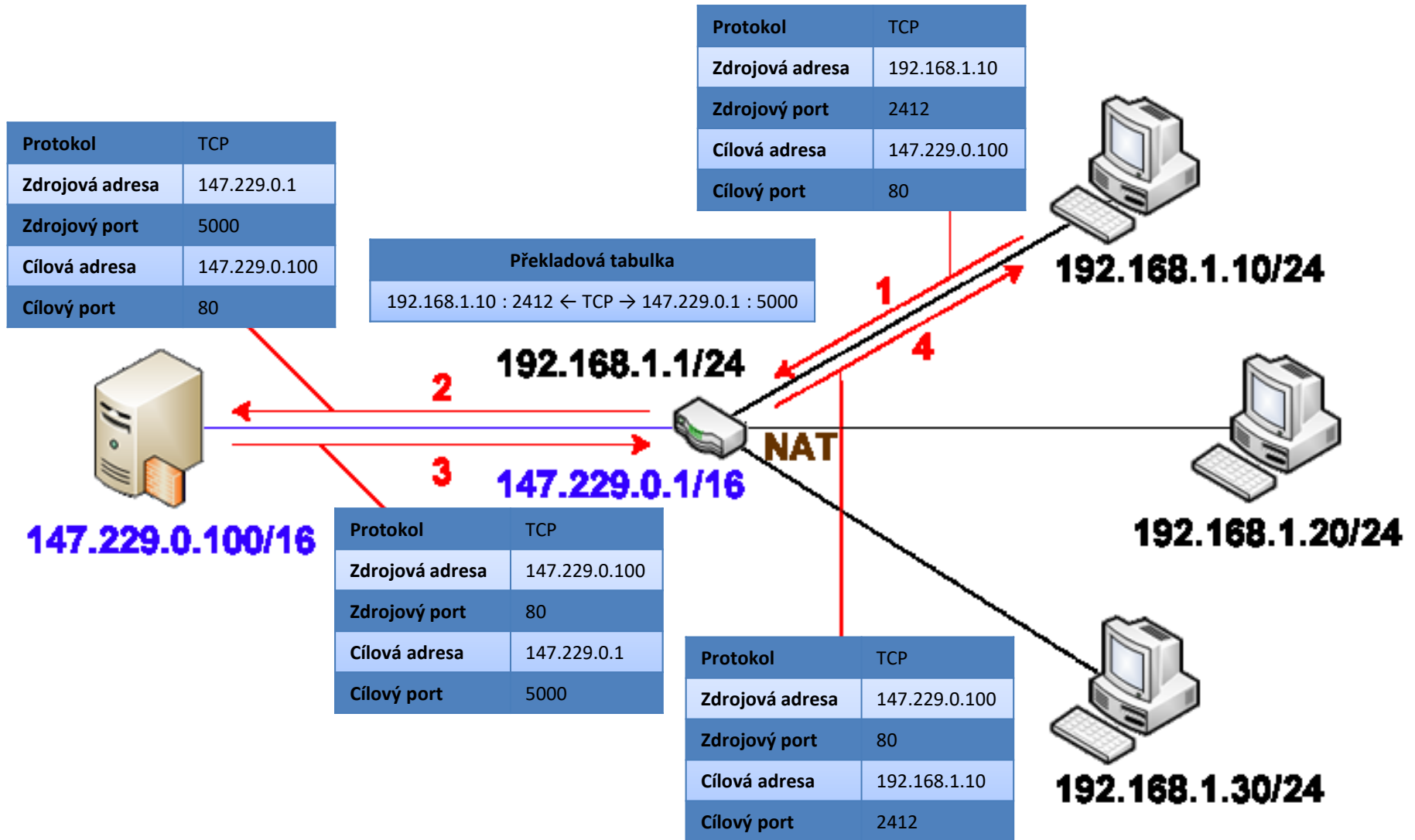
```
C:\> route print

IPv4 Směrovací tabulka
=====
Aktivní směrování:
    Cíl v síti      Síťová maska      Brána             Rozhraní          Metrika
    0.0.0.0         0.0.0.0          147.229.208.1    147.229.208.40    20
    127.0.0.0       255.0.0.0        Propojené        127.0.0.1         306
    127.0.0.1       255.255.255.255  Propojené        127.0.0.1         306
    127.255.255.255 255.255.255.255  Propojené        127.0.0.1         306
    147.229.208.0   255.255.252.0    Propojené        147.229.208.40    276
    147.229.208.40  255.255.255.255  Propojené        147.229.208.40    276
    147.229.211.255 255.255.255.255  Propojené        147.229.208.40    276
    224.0.0.0       240.0.0.0        Propojené        127.0.0.1         306
    224.0.0.0       240.0.0.0        Propojené        147.229.208.40    276
    255.255.255.255 255.255.255.255  Propojené        127.0.0.1         306
    255.255.255.255 255.255.255.255  Propojené        147.229.208.40    276
=====
Trvalé trasy:
    Žádné
```

Network Address Translation (NAT)

- Metoda překladu IP adres (a portů) z jedné sítě do jiné sítě (např. z **privátní sítě** do **sítě internet**)
 - Dochází k úpravě hlaviček IP datagramů (**zpomalení**)
 - Překlad se provádí na základě **překladových tabulek**
- Umožňuje zařízením s IP adresami, jenž nejsou směrovatelné v síti internet přístup do této sítě
 - Překlad **privátních** IP adres na **veřejné** resp. **globální**
 - Počítače na privátní síti **nejsou adresovatelné** ze **sítě internet** (nelze se na ně připojit z internetu)
 - Vyšší bezpečnost, problematické poskytování služeb

Princip činnosti NAT (pro IPv4 adresy)



IPv6 komunikace přes IPv4 síť

- **Tunelování** IPv6 protokolu skrz IPv4 protokol
 - **Zapouzdření** IPv6 datagramů do IPv4 datagramů
- Manuální vytvoření IPv6 tunelu
 - **netsh interface ipv6 add v6v4tunnel “<rozhraní>“ <lokální-ipv4-adresa> <vzdálená-ipv4-adresa>**
- Automaticky vytvářené IPv6 tunely
 - Generování IPv6 adres
 - Z přiřazených veřejných IPv4 adres (**6to4** a **ISATAP**)
 - Na základě informací poskytnutých serverem (**Teredo**)
 - V IPv4 síti se data posílají na obsaženou IPv4 adresu

Automaticky vytvářené IPv6 tunely

● 6to4

- Generuje **globální** individuální IPv6 adresy
 - IPv6 adresy s prefixem **2002:<ipv4-adresa>::/48**

● ISATAP

- Generuje **místní** IPv6 adresy v rámci propojení
 - IPv6 adresy ve formátu **fe80::0200:5efe:<ipv4-adresa>**

● Teredo

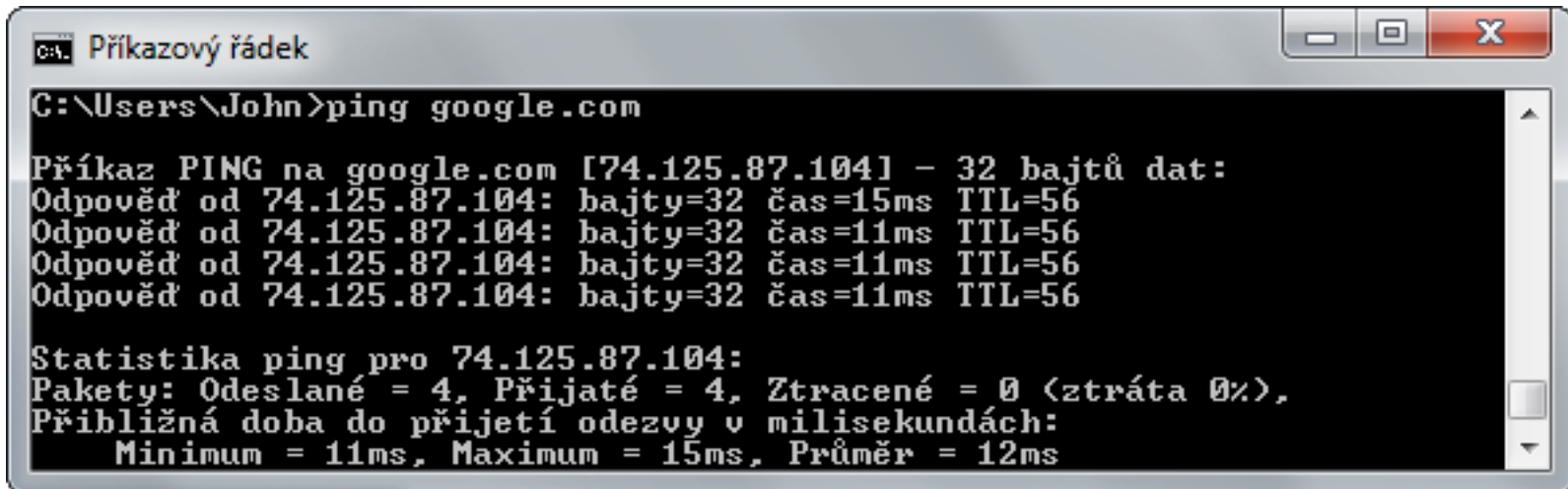
- Umožňuje vytvářet tunely i mezi zařízeními za **NAT**
- **Zapouzdřuje** IPv6 datagramy do **UDP** paketů
 - IPv6 adresy ze sítě **2001:0::/32**

Nástroje pro správu sítě

- **ipconfig**
- **netsh**
- **ping**
- **tracert**
- **pathping**
- **netstat**
- Všechny výše uvedené nástroje mohou pracovat jak s protokolem **IPv4**, tak s protokolem **IPv6**

ping

- **Ověření dostupnosti** cílového zařízení
- Využívá protokol **ICMP** (v4 nebo v6)
- Provádí **překlad** hostitelských jmen na IP adresy



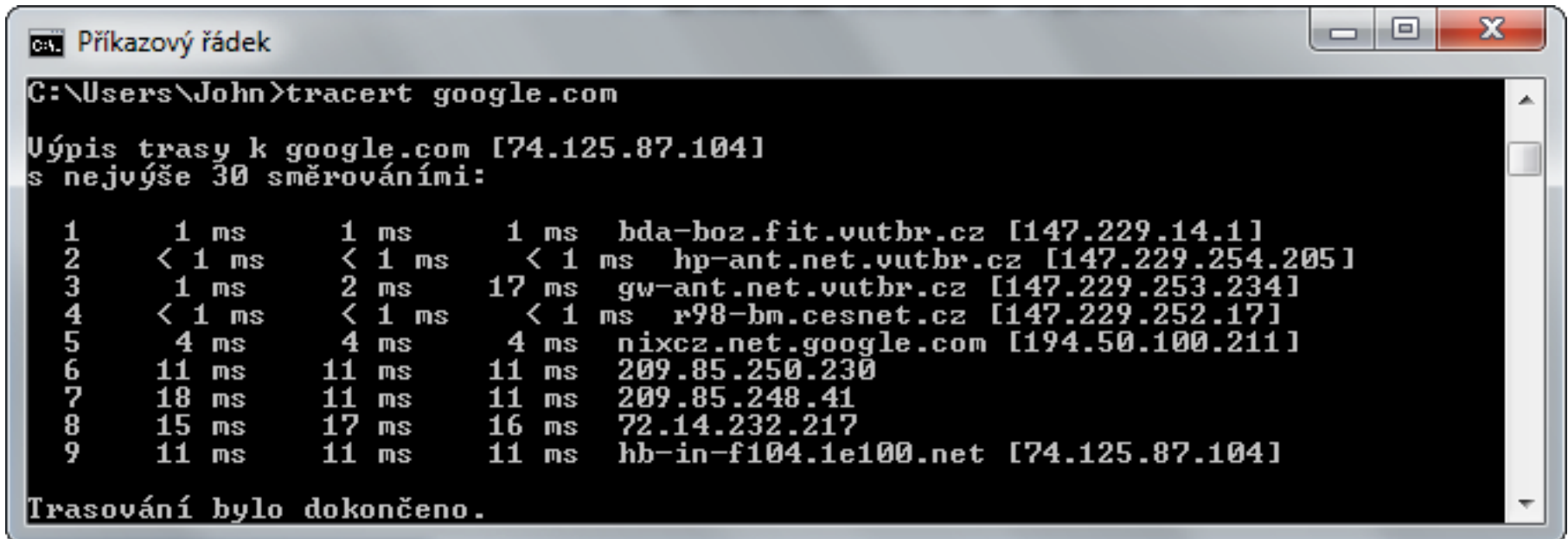
```
C:\> Příkazový řádek
C:\Users\John>ping google.com

Příkaz PING na google.com [74.125.87.104] - 32 bajtů dat:
Odpověď od 74.125.87.104: bajty=32 čas=15ms TTL=56
Odpověď od 74.125.87.104: bajty=32 čas=11ms TTL=56
Odpověď od 74.125.87.104: bajty=32 čas=11ms TTL=56
Odpověď od 74.125.87.104: bajty=32 čas=11ms TTL=56

Statistika ping pro 74.125.87.104:
Pakety: Odeslané = 4, Přijaté = 4, Ztracené = 0 (ztráta 0%),
Přibližná doba do přijetí odezvy v milisekundách:
  Minimum = 11ms, Maximum = 15ms, Průměr = 12ms
```

tracert

- **Trasování cesty** k cílovému zařízení
 - Kontrola dostupnosti (**ping**) každého uzlu na cestě
- Každé trasování může procházet **jinou** cestou



```
ca. Příkazový řádek
C:\Users\John>tracert google.com

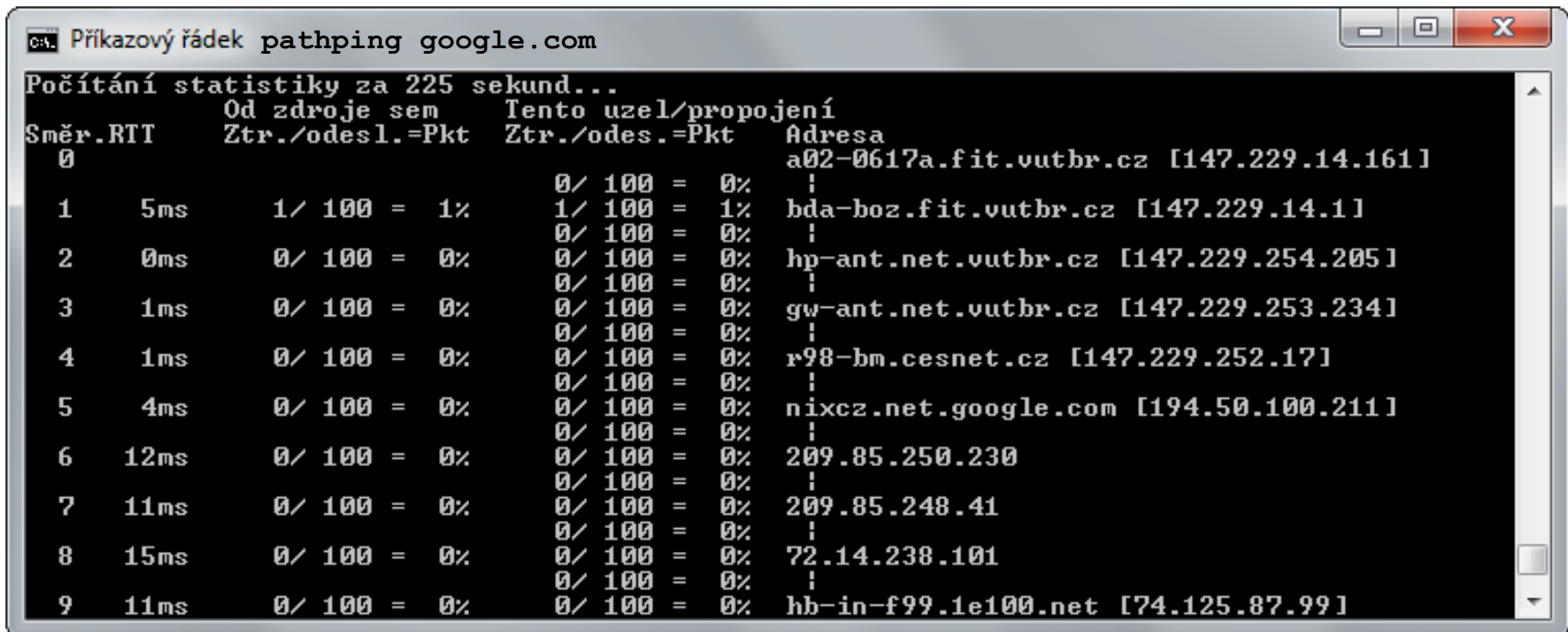
Úypis trasy k google.com [74.125.87.104]
s nejvýše 30 směrováními:

 1      1 ms      1 ms      1 ms      hda-boz.fit.vutbr.cz [147.229.14.1]
 2     < 1 ms    < 1 ms    < 1 ms    hp-ant.net.vutbr.cz [147.229.254.205]
 3      1 ms      2 ms     17 ms    gw-ant.net.vutbr.cz [147.229.253.234]
 4     < 1 ms    < 1 ms    < 1 ms    r98-bm.cesnet.cz [147.229.252.17]
 5      4 ms      4 ms      4 ms    nixcz.net.google.com [194.50.100.211]
 6     11 ms     11 ms     11 ms    209.85.250.230
 7     18 ms     11 ms     11 ms    209.85.248.41
 8     15 ms     17 ms     16 ms    72.14.232.217
 9     11 ms     11 ms     11 ms    hb-in-f104.1e100.net [74.125.87.104]

Trasování bylo dokončeno.
```

pathping

- **Trasování cesty** k cíli s výpočtem **statistik**
 - Opakované ověřování dostupnosti a odezvy každého uzlu na cestě k cíli



```
ca: Příkazový řádek pathping google.com
Počítání statistiky za 225 sekund...
Směr.RTT      Od zdroje sem      Tento uzel/propojení
Ztr./odesl.=Pkt  Ztr./odesl.=Pkt    Adresa
0
1      5ms      1/ 100 = 1%        0/ 100 = 1%        a02-0617a.fit.vutbr.cz [147.229.14.161]
2      0ms      0/ 100 = 0%        0/ 100 = 0%        bda-boz.fit.vutbr.cz [147.229.14.1]
3      1ms      0/ 100 = 0%        0/ 100 = 0%        hp-ant.net.vutbr.cz [147.229.254.205]
4      1ms      0/ 100 = 0%        0/ 100 = 0%        gw-ant.net.vutbr.cz [147.229.253.234]
5      4ms      0/ 100 = 0%        0/ 100 = 0%        r98-bm.cesnet.cz [147.229.252.17]
6      12ms     0/ 100 = 0%        0/ 100 = 0%        nixcz.net.google.com [194.50.100.211]
7      11ms     0/ 100 = 0%        0/ 100 = 0%        209.85.250.230
8      15ms     0/ 100 = 0%        0/ 100 = 0%        209.85.248.41
9      11ms     0/ 100 = 0%        0/ 100 = 0%        72.14.238.101
10     11ms     0/ 100 = 0%        0/ 100 = 0%        hb-in-f99.1e100.net [74.125.87.99]
```

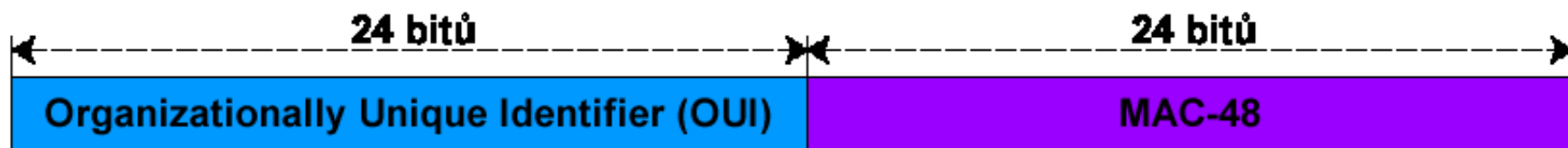
netstat

- Zobrazuje **statistiky** síťového provozu
 - Aktivní spojení (přepínač **-a** nebo **-n**)
 - Otevřené porty (přepínač **-a**)
 - Směrovací tabulky (přepínač **-r**)
 - Statistiky protokolů TCP, UDP, ICMP a IP
 - Přepínače **-s -p { tcp(v6) | udp(v6) | icmp(v6) | ip(v6) }**
 - Statistiky sítě Ethernet (přepínač **-e**)

Přenos dat na linkové vrstvě

- Přenos tzv. **rámců** (*frames*) po fyzickém médiu
- Data doručována **všem** rozhraním připojeným na dané fyzické médium (přenos v rámci **propojení**)
 - Nedochozí ke **směrování** (zajišťuje síťová vrstva)
 - Identifikace rozhraní na základě fyzické (**MAC**) adresy
 - Zahození všech rámců s MAC adresou **neodpovídající** danému rozhraní

Formát fyzických (MAC) adres

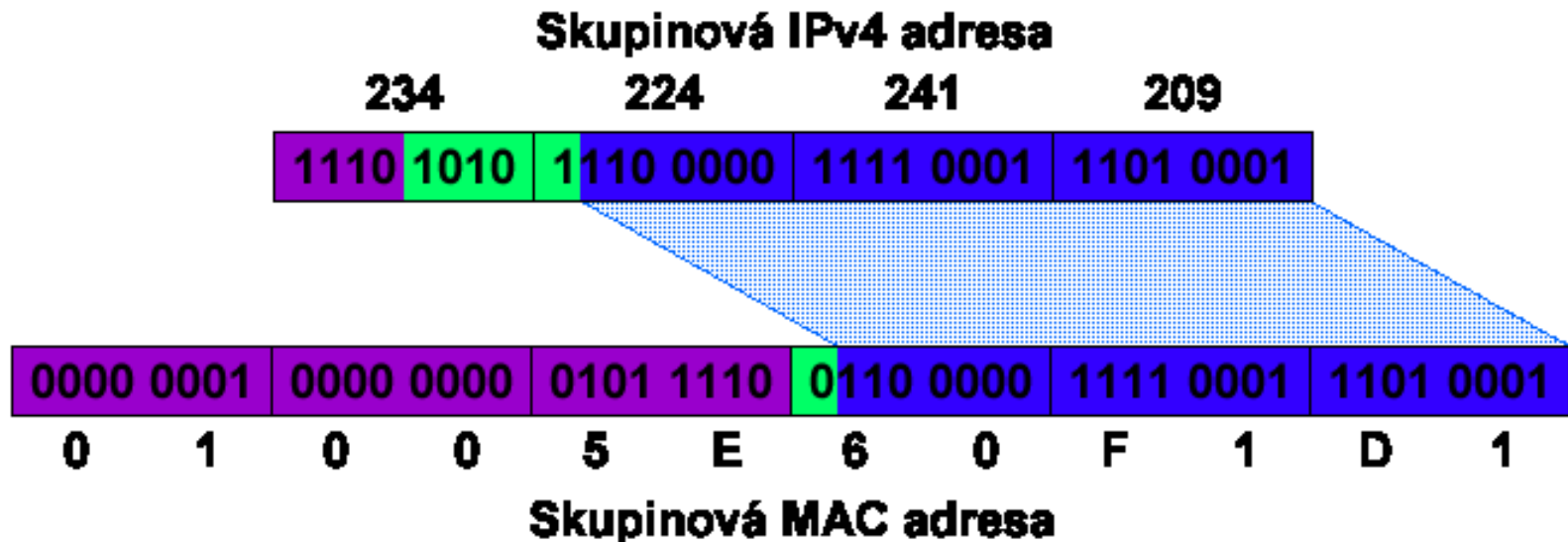


- Délka 48 bitů
- Zápis v pomlčkové nebo dvojtečkové notaci vždy po 8 bitech (tzv. skupinách)
 - **X-X-X-X-X-X** kde **X** je hexadecimální číslo od **00** do **FF**
- Skládá se z identifikátorů **OUI** a **MAC-48**
 - **OUI** identifikuje **organizaci** (přidělován globálně)
 - **MAC-48** identifikuje **rozhraní** (přidělován organizací)

Speciální typy fyzických (MAC) adres

- MAC adresa pro **všesměrové** vysílání (*broadcast*)
 - Adresa **FF-FF-FF-FF-FF-FF**
 - Rámce s touto adresou přijímají všechna rozhraní
- MAC adresy pro **skupinové** vysílání (*multicast*)
 - Adresy **01-00-5E-00-00-00** až **01-00-5E-7F-FF-FF** pro skupinové **IPv4** adresy
 - Adresy **33-33-00-00-00-00** až **33-33-FF-FF-FF-FF** pro skupinové **IPv6** adresy
 - Každé rozhraní může mít přiřazeno **více** skupinových **MAC** adres (ale vždy pouze **jednu** individuální)

Vytváření skupinových MAC adres



- Převod ze skupinových **IPv4** adres
 - Připojení nižších 23 bitů adresy k prefixu **01-00-5E**
- Převod ze skupinových **IPv6** adres
 - Připojení posledních 32 bitů adresy k prefixu **33-33**

Překlad IP adres na MAC adresy

- Protokol **ARP** (*Address Resolution Protocol*)
 - Zajišťuje překlad **IPv4** adres na **MAC** adresy
 - Postup překladu
 1. Zaslání dotazu na vlastnictví IPv4 adresy na všesměrovou MAC adresu **FF-FF-FF-FF-FF-FF**
 2. Obdržení odpovědi od vlastníka a uložení do ARP tabulky
- Protokol **NDP** (*Neighbor Discovery Protocol*)
 - Zajišťuje překlad **IPv6** adres na **MAC** adresy
 - Využívá protokol **ICMPv6**
 - Pakety **Neighbor Solicitation** a **Neighbor Advertisement**

Zjištění MAC adresy cílového počítače

- **arp -a** resp. **netsh interface ipv6 show neighbors**
 - Vypíše **ARP** tabulku resp. **NDP** tabulku
 - **Automatické** provedení překladu a vložení záznamu do tabulky např. pomocí **ping <ipv4-nebo-ipv6>**
 - Dynamický záznam (**smazán** při restartu počítače)
 - **Manuální** vložení IP-to-MAC mapování do tabulky
 - Pro IPv4 příkazem **arp -s <ipv4> <mac>**
 - Statický záznam (**není smazán** při restartu počítače)
 - Pro IPv6 příkazem **netsh interface ipv6 add neighbors “<rozhraní>” <ipv6> <mac> store={ active | persistent }**
 - Statický (**persistent**) nebo dynamický (**active**) záznam