

Serverové systémy Microsoft Windows

IW2/XMW2 2011/2012

Jan Fiedor

ifiedor@fit.vutbr.cz

Fakulta Informačních Technologií

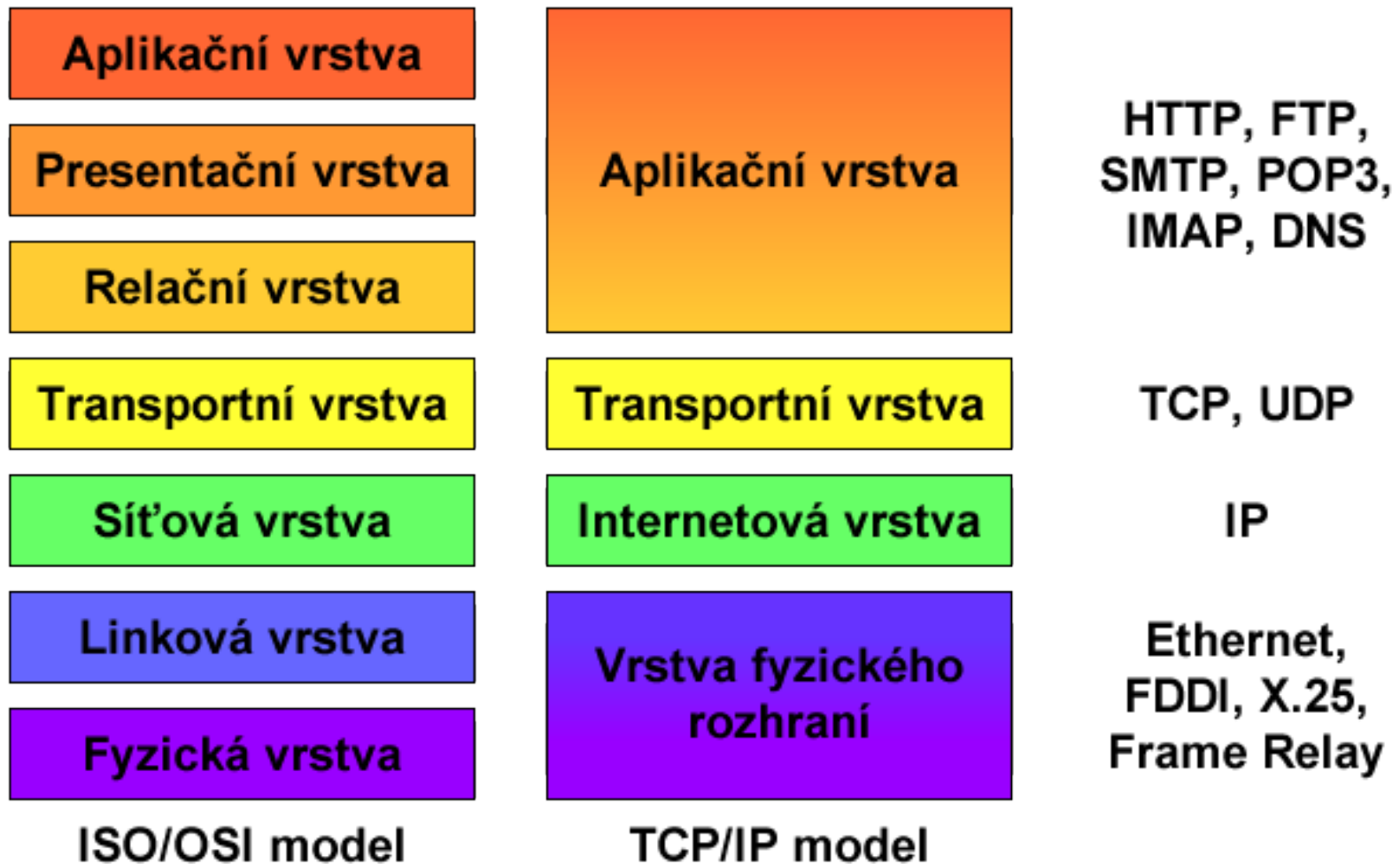
Vysoké Učení Technické v Brně

Božetěchova 2, 612 66 Brno

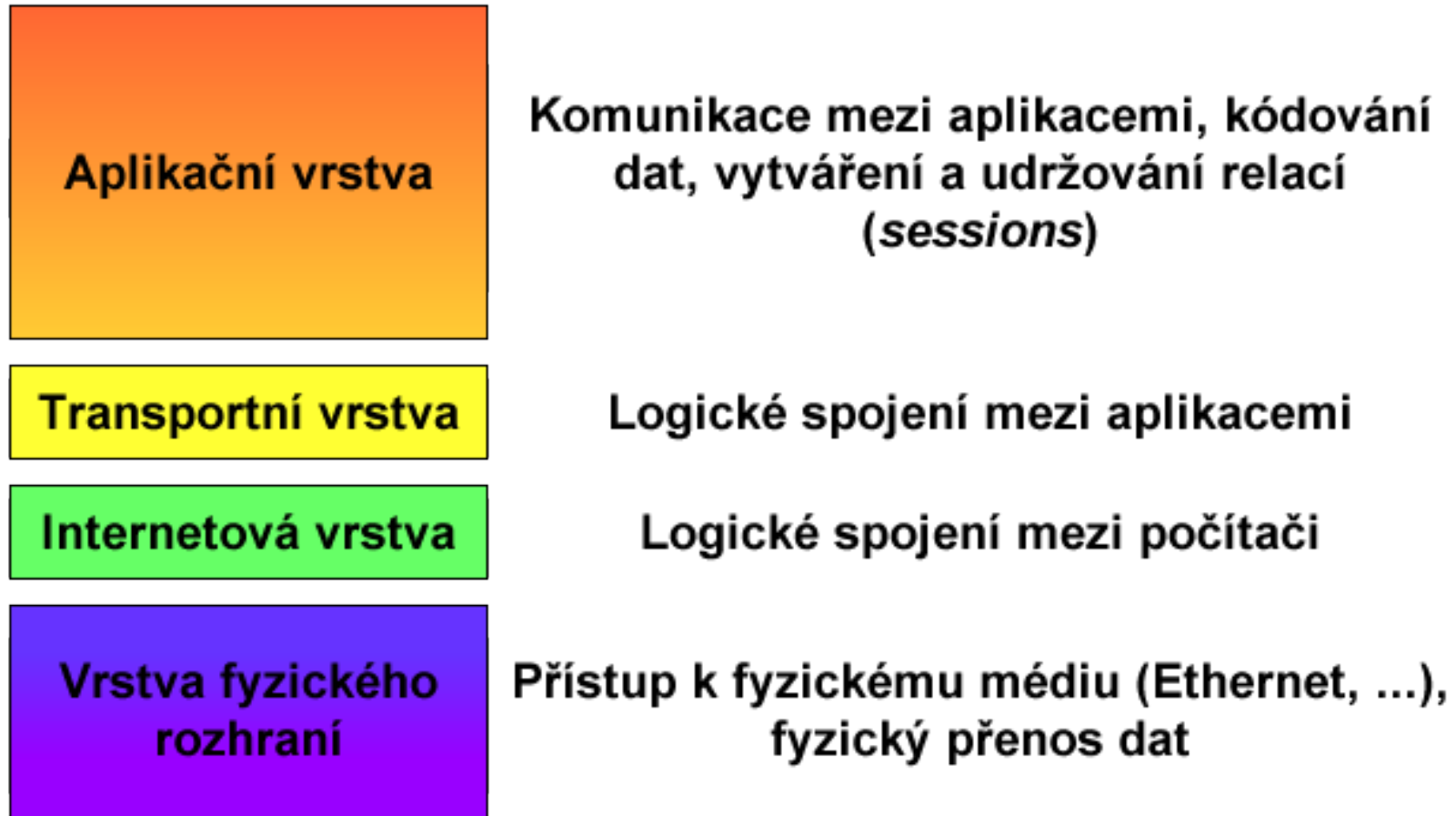
Revize 5.2.2012

Sítě a směrování

ISO/OSI a TCP/IP model



Popis vrstev TCP/IP modelu



TCP/IP model

Internet Protocol verze 4 (IPv4)

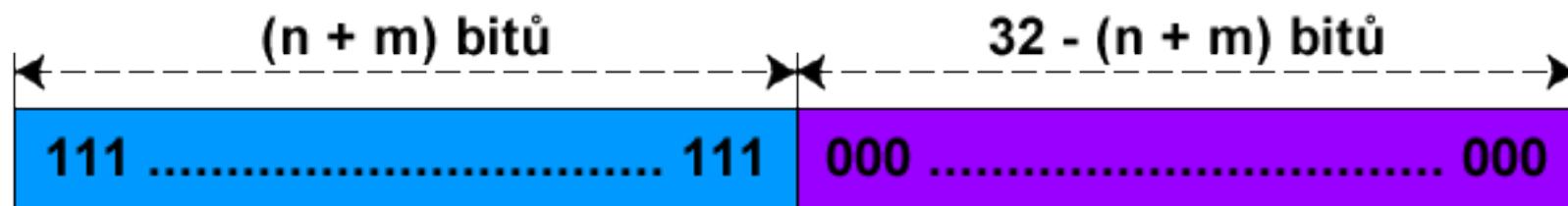
- Protokol internetové (resp. síťové) vrstvy
- Zajišťuje směrování IPv4 datagramů (paketů)
 - Přenos dat z jednoho síťového zařízení na druhé
- Každý IPv4 datagram obsahuje dvě IPv4 adresy
 - IPv4 adresu zdroje (zařízení, jenž datagram odeslalo)
 - IPv4 adresu cíle (zařízení, kterému se má doručit)
- IPv4 adresa
 - Jednoznačná identifikace síťového 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

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

Speciální IPv4 adresy

- Neplatná IPv4 adresa
 - **0.0.0.0**
- Loopback IPv4 adresa
 - **127.0.0.1** (DNS název **localhost**)
- Privátní IPv4 adresy
 - Nesměrovatelné na síti internet

Výchozí brána (Default Gateway)

- IP adresa 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
 - Maska 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 pro směrování datagramů

Příklad práce s IPv4 adresami

	Dekadicky	Binárně
IPv4 adresa (CIDR formát)	147.229.178.134/23	10010011.11100101.10110010.10000110/23
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
Adresa všesměrového vysílání	147.229.179.255/23	10010011.11100101.10110011.11111111

Speciální rozsahy IPv4 adres

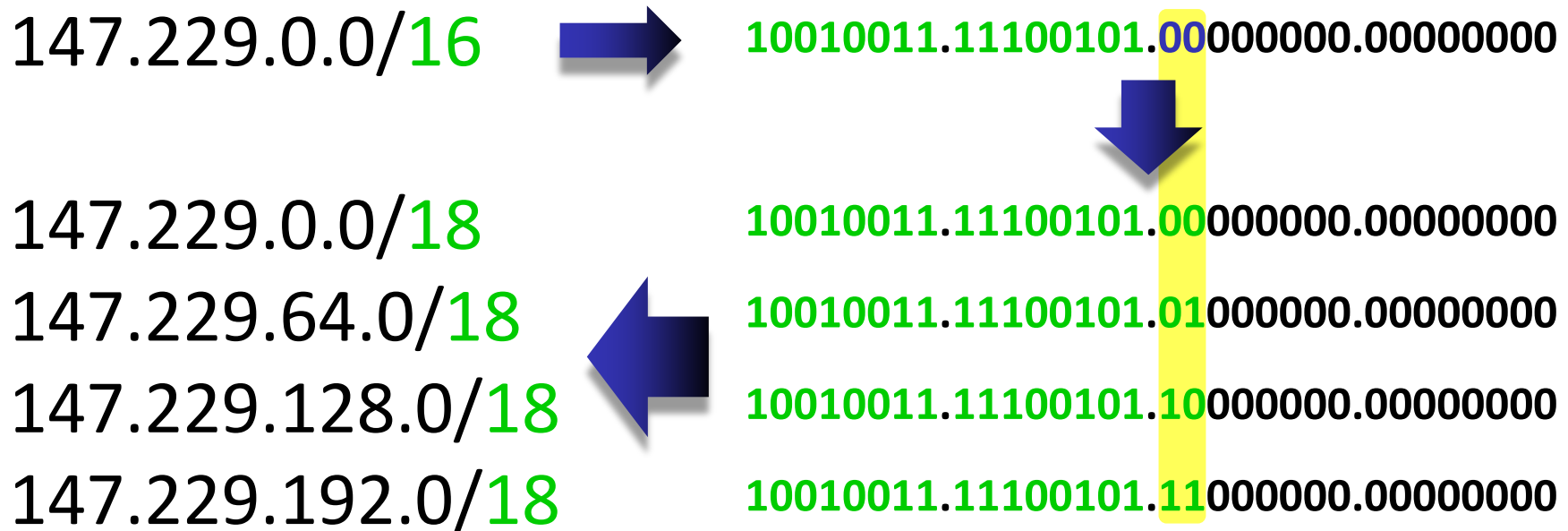
CIDR adresový blok	Popis
0.0.0.0/8	Aktuální síť (pouze pro zdrojové adresy)
10.0.0.0/8	Privátní síť
127.0.0.0/8	Loopback
169.254.0.0/16	Privátní síť (APIPA)
172.16.0.0/12	Privátní síť
192.88.99.0/24	IPv6 to IPv4 překlad
192.168.0.0/16	Privátní síť
224.0.0.0/4	Multicast (skupinové vysílání, předchozí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

192.168.0.0/24

192.168.1.0/24

192.168.2.0/24

192.168.3.0/24

192.168.0.0/22



Adresy (pod)sítě

11000000.10101000.00000000.00000000

11000000.10101000.00000001.00000000

11000000.10101000.00000010.00000000

11000000.10101000.00000011.00000000

11000000.10101000.00000000.00000000



Informace o nastavení protokolu IPv4

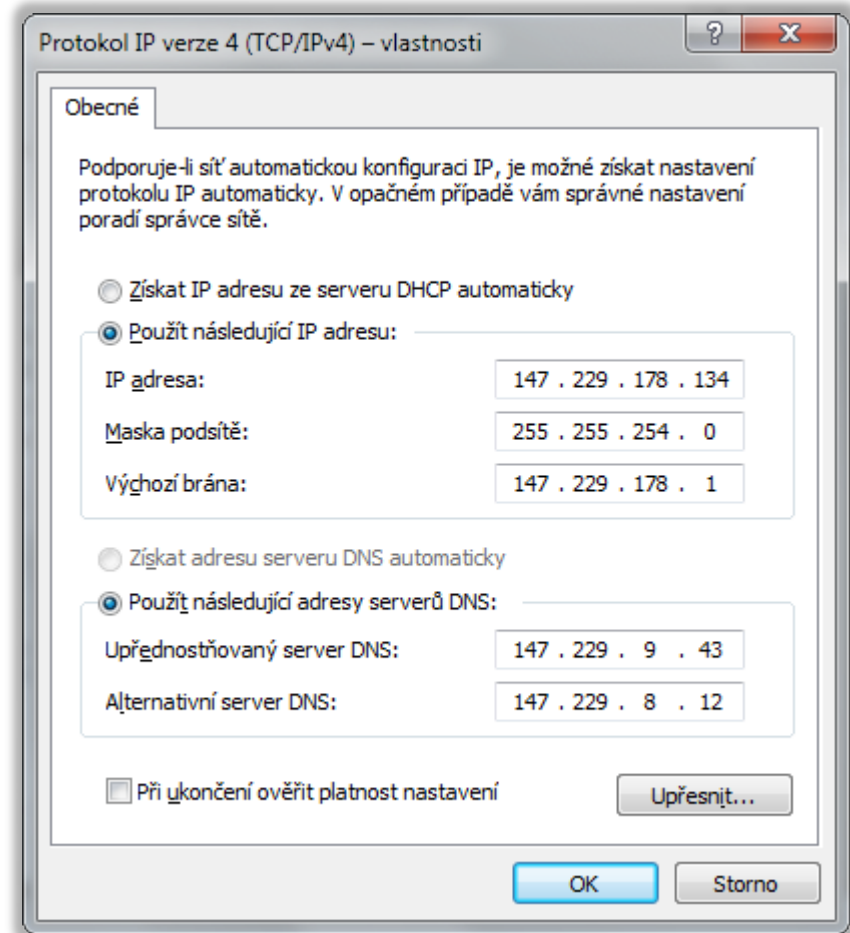
- V podrobnostech stavu síťového připojení
- Pomocí nástroje **ipconfig**
 - **ipconfig /all**

```
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
```

Nastavení protokolu IPv4

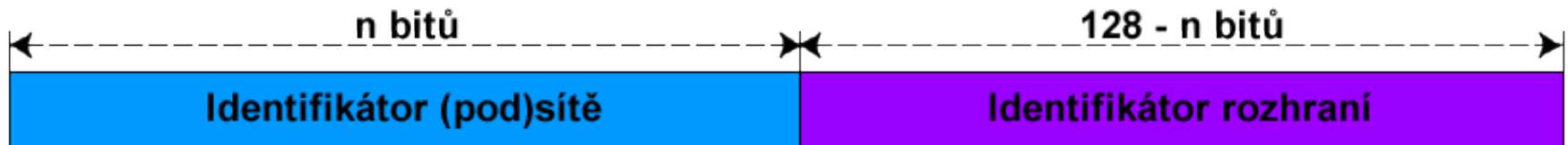
- Ve vlastnostech **Protokol IP verze 4 (TCP/IPv4)**
- Pomocí nástroje **netsh**
 - **netsh interface ipv4 set address "<rozhraní>" dhcp**
 - **netsh interface ipv4 set address "<rozhraní>" static <adresa> <maska> [<výchozí-brána>]**



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

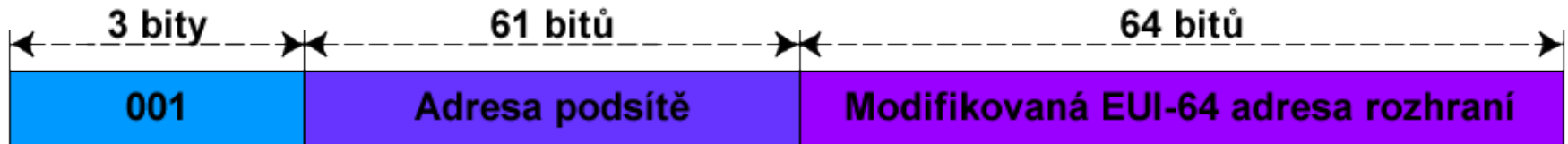
IPv6 prefix

- Určuje kolik počátečních bitů IPv6 adresy naleží identifikátoru (pod)sítě
- Stejný zápis jako u masky podsítě u CIDR
 - $X:X:X:X:X:X:X:X/Y$ kde Y 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**

Typy IPv6 adres

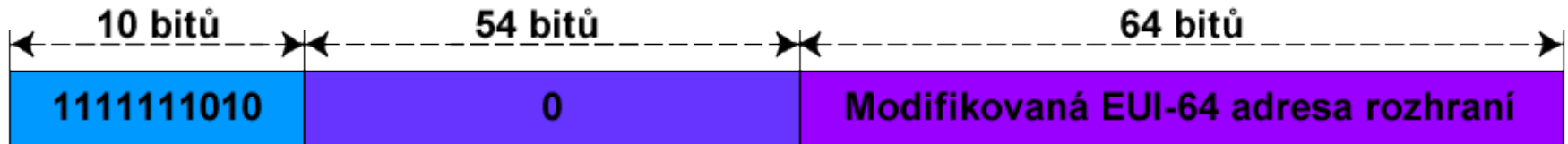
- Individuální (*unicast*)
 - Identifikují právě jedno síťové rozhraní
 - Data se doručují tomuto rozhraní
- Skupinové (*multicast*)
 - Identifikují celou skupinu síťových rozhraní
 - Data se doručují všem členům skupiny
- Výběrové (*anycast*)
 - Identifikují celou skupinu síťových rozhraní
 - Data se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

Globální individuální IPv6 adresy



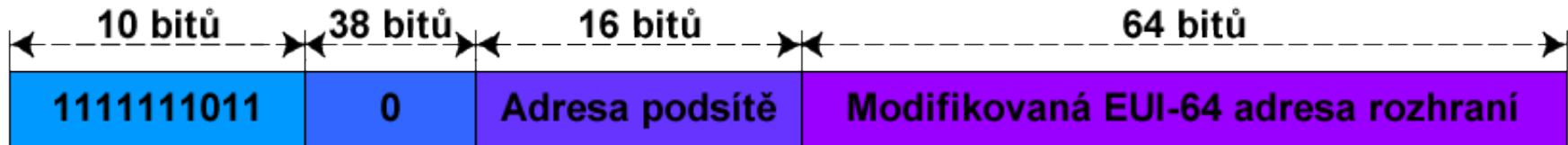
- **Global Unicast Addresses**
- Jednoznačná identifikace rozhraní v rámci celého internetu
 - Obdoba veřejných IPv4 adres
- Modifikovaná EUI-64 adresa generována z MAC adresy síťového rozhraní

Lokální (linkové) IPv6 adresy



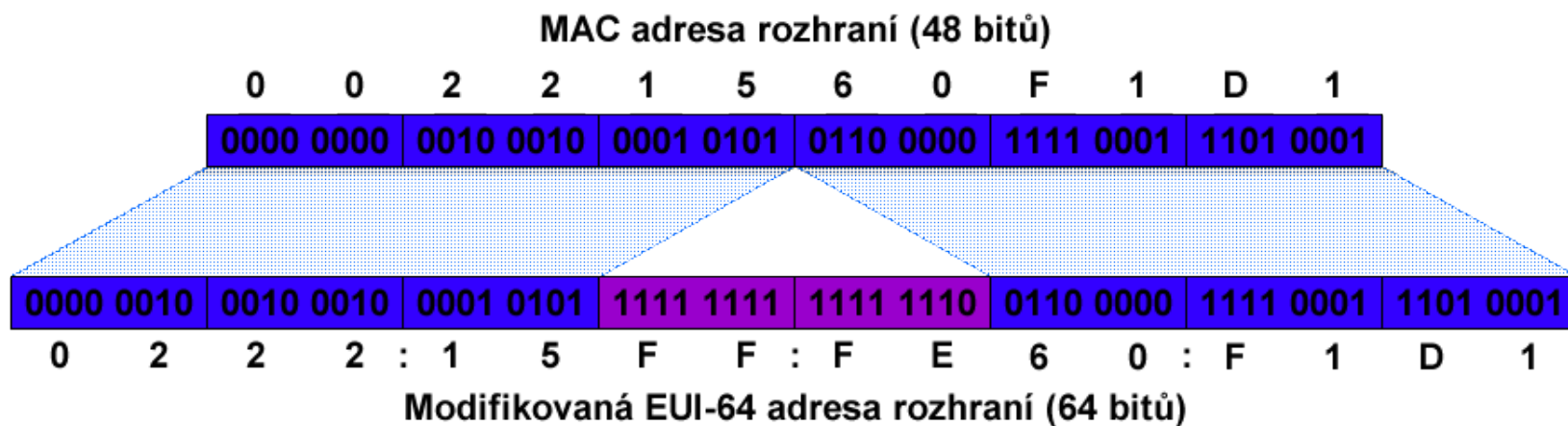
- **Link-Local addresses**
- Jednoznačná identifikace rozhraní v rámci linky
- Generují se automaticky pro každé rozhraní
 - Obdoba APIPA adres
- Adresy ze sítě **fe80::/64**
- Nesměrovatelné

Lokální (místní) IPv6 adresy



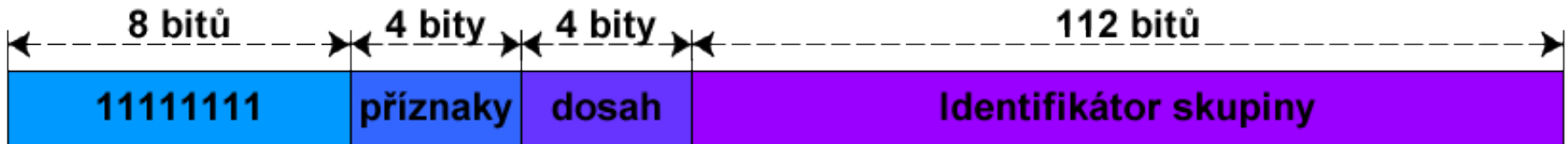
- **Site-Local Addresses**
- Jednoznačná identifikace rozhraní v rámci místa
- Přiřazovány pomocí protokolu DHCPv6 nebo tzv. *router advertisement*
- Adresy ze sítě **fec0::/48**
- Nesměrovatelné v síti internet
 - Obdoba privátních IPv4 adres

Vytváření modifikované EUI-64 adresy



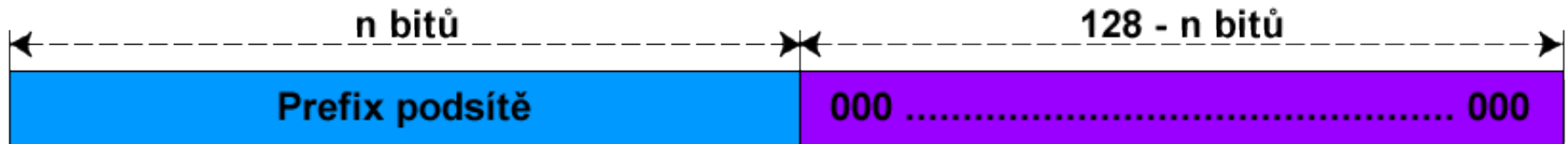
- Invertování předposledního bitu nejvyššího bytu fyzické (MAC) adresy
- Vložení **FF:FE** mezi třetí a čtvrtý bajt MAC adresy

Skupinové (multicast) IPv6 adresy



- Identifikace skupiny rozhraní
- Data se doručují všem členům skupiny
- Adresy ze sítě **ff00::/8**
- Dosah definuje rozsah platnosti skupiny

Výběrové (anycast) IPv6 adresy



- Identifikace skupiny rozhraní
- Data se doručují nejbližšímu členovi skupiny
 - Potřeba metriky (např. počet skoků datagramu)
 - Nutná podpora na směrovačích

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**

Výhody protokolu IPv6 (1)

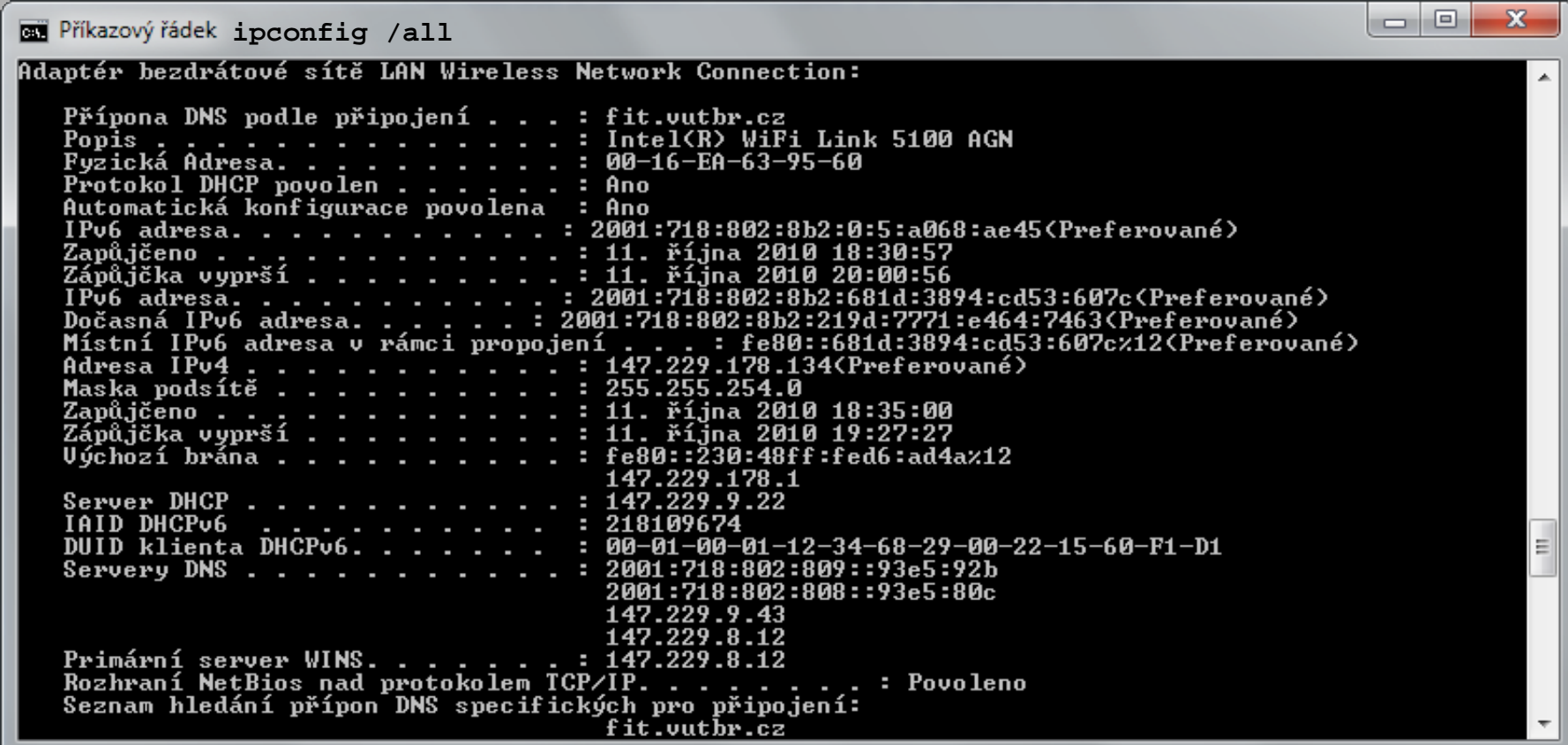
- Větší prostor adres
- Automatická konfigurace adres
 - Podpora bezstavové konfigurace (nevyžaduje DHCP)
- Zabezpečení na úrovni sítě
 - Všechny implementace IPv6 musí podporovat **IPSec** (*Internet Protocol Security*)
- Podpora **QoS** (*Quality of Service*)
 - Identifikace typu dat v hlavičce (nešifrováno)

Výhody protokolu IPv6 (2)

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

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:

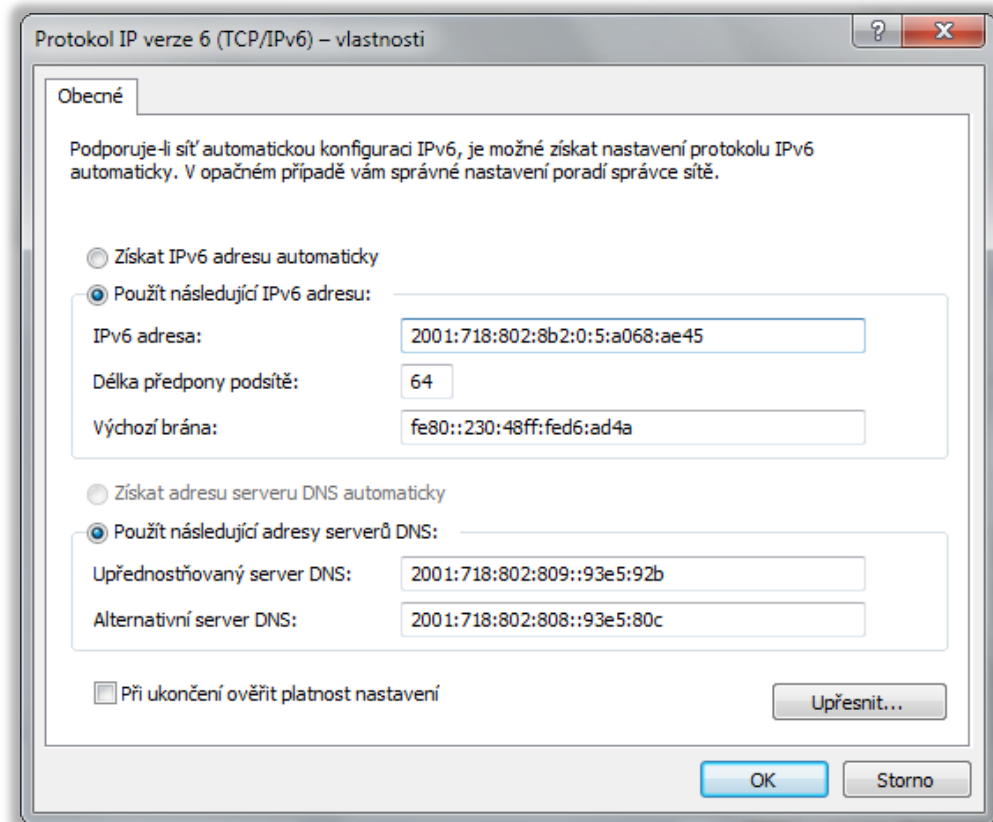
Přípona DNS podle připojení . . . : fit.vutbr.cz
Popis . . . . . : Intel(R) WiFi Link 5100 AGN
Fyzická Adresa. . . . . : 00-16-EA-63-95-60
Protokol DHCP povolen . . . . . : Ano
Automatická konfigurace povolena : Ano
IPv6 adresa. . . . . : 2001:718:802:8b2:0:5:a068:ae45<Preferované>
Zapůjčeno . . . . . : 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
```

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
```

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>***

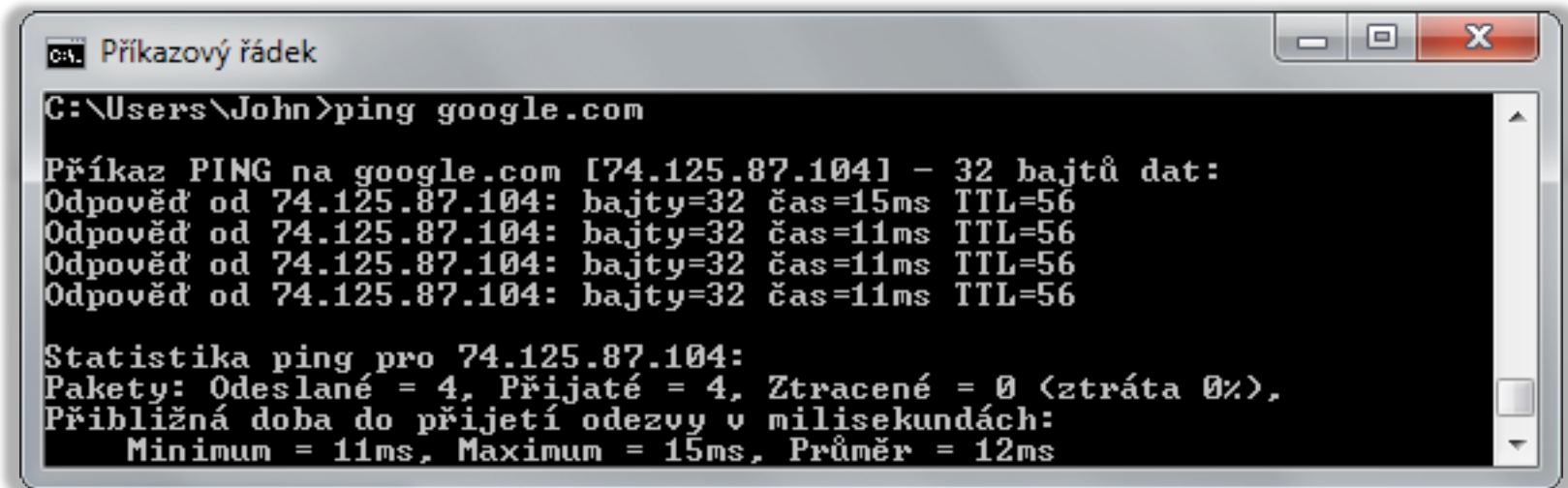


Nástroje pro správu sítě

- **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

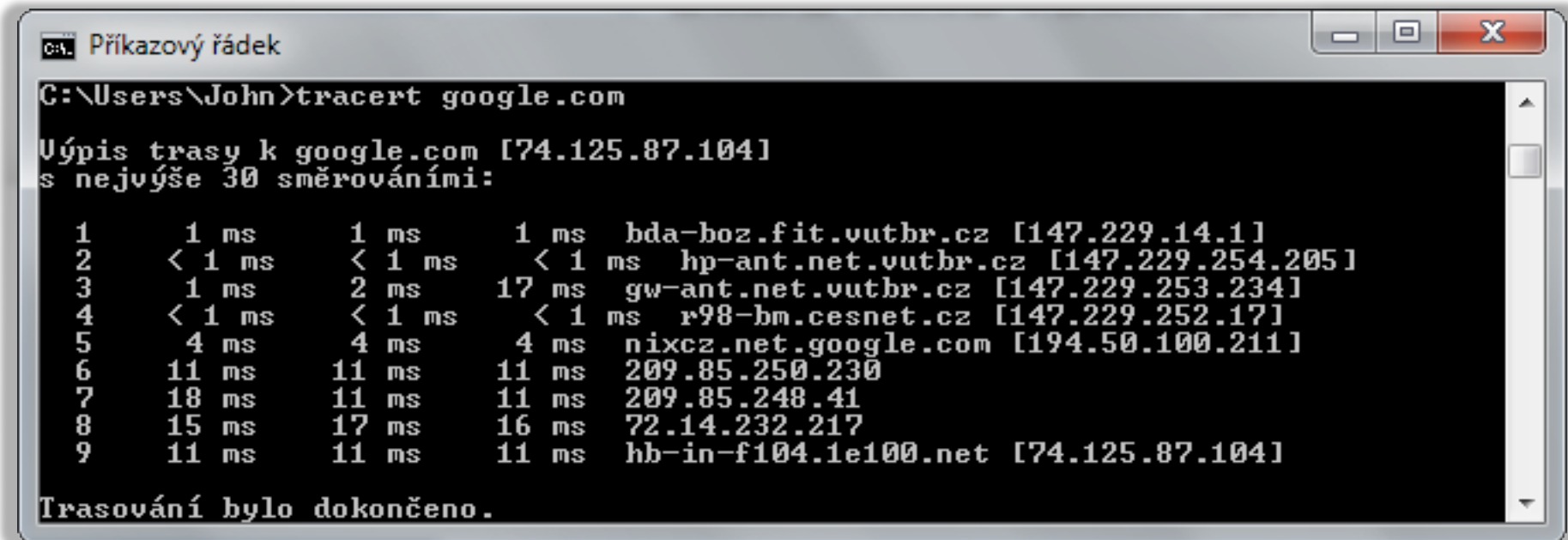
C:\Users\John>ping google.com

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

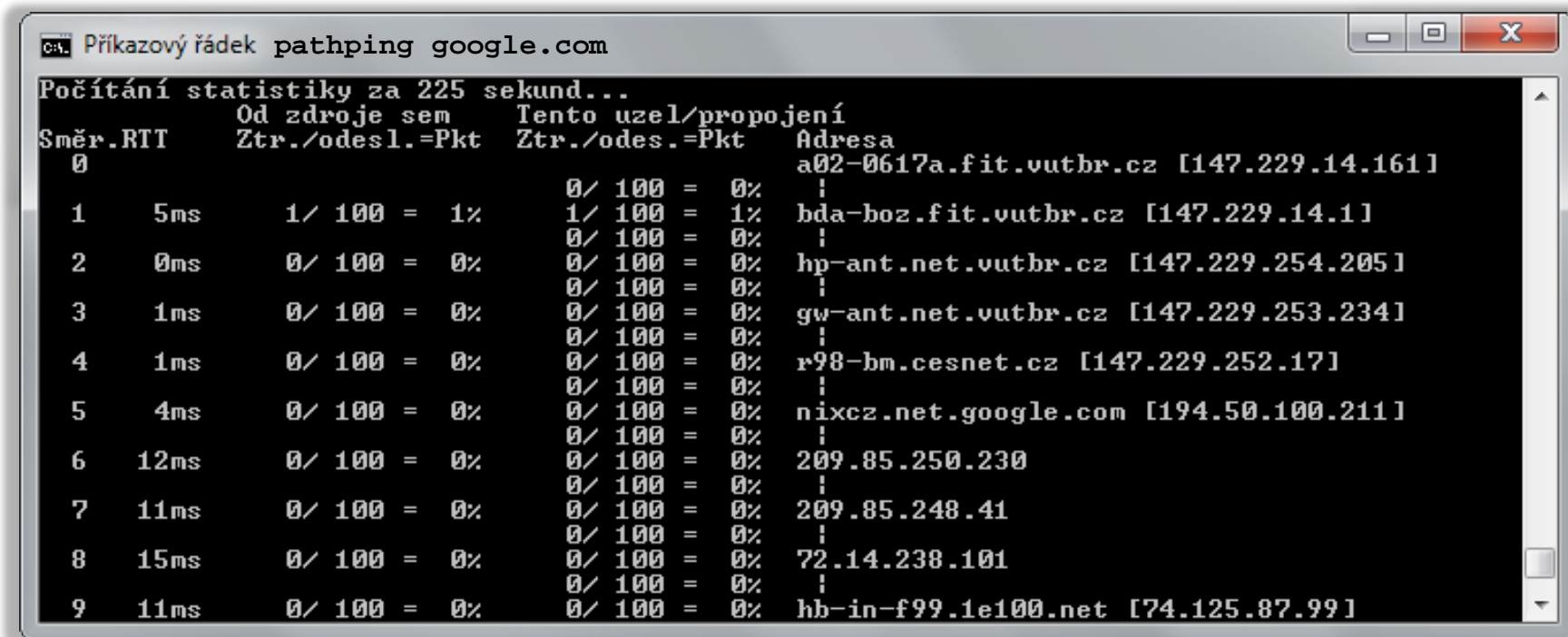
Úypis trasy k google.com [74.125.87.104]
s nejvýše 30 směrováními:

 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



```
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%      bda-boz.fit.vutbr.cz [147.229.14.1]
2      0ms      0/ 100 = 0%      0/ 100 = 0%      hp-ant.net.vutbr.cz [147.229.254.205]
3      1ms      0/ 100 = 0%      0/ 100 = 0%      gw-ant.net.vutbr.cz [147.229.253.234]
4      1ms      0/ 100 = 0%      0/ 100 = 0%      r98-bm.cesnet.cz [147.229.252.17]
5      4ms      0/ 100 = 0%      0/ 100 = 0%      nixcz.net.google.com [194.50.100.211]
6      12ms     0/ 100 = 0%      0/ 100 = 0%      209.85.250.230
7      11ms     0/ 100 = 0%      0/ 100 = 0%      209.85.248.41
8      15ms     0/ 100 = 0%      0/ 100 = 0%      72.14.238.101
9      11ms     0/ 100 = 0%      0/ 100 = 0%      hb-in-f99.1e100.net [74.125.87.99]
```

netstat

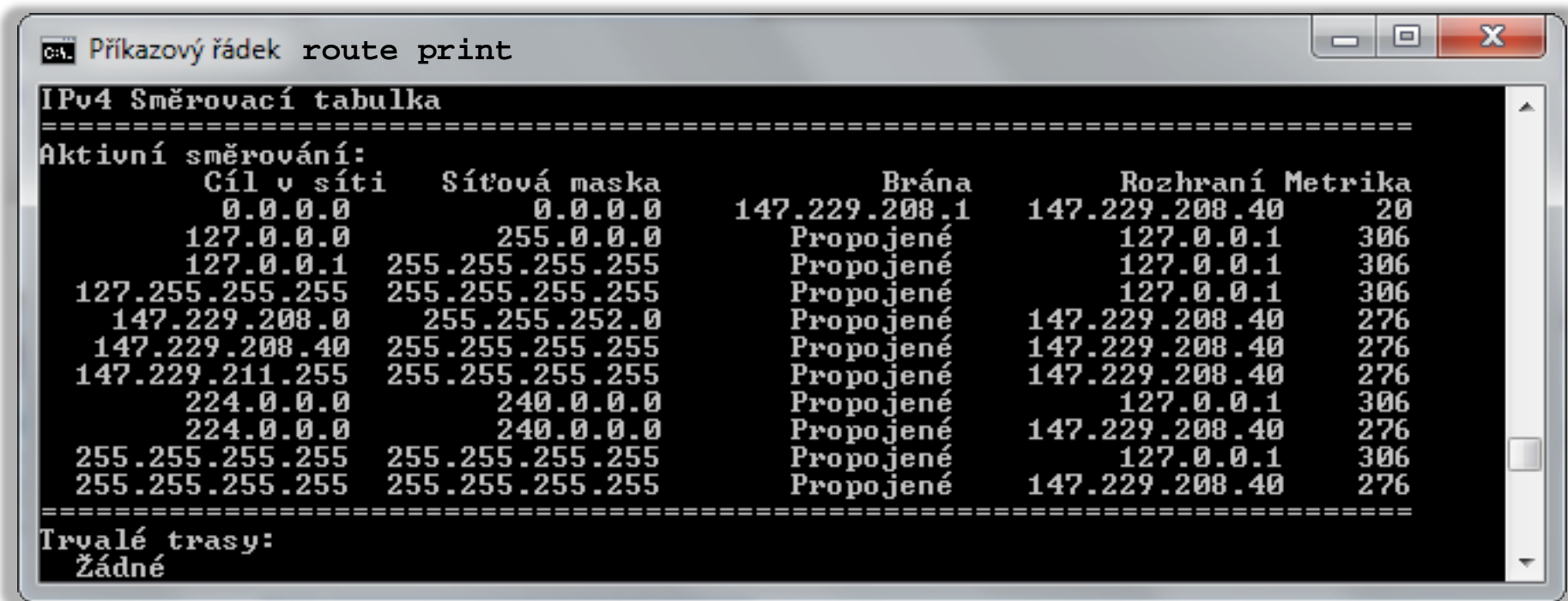
- Zobrazuje statistiky síťového provozu
 - Aktivní spojení (přepínač **-a** nebo **-n**)
 - Otevřené porty (přepínač **-a**)
 - Směrovací tabulky (přepínač **-r**)
 - Statistiky protokolů TCP, UDP, ICMP a IP
 - Přepínače **-s -p { tcp(v6) | udp(v6) | icmp(v6) | ip(v6) }**
 - Statistiky sítě Ethernet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

Směrování

- Provádí se pomocí tzv. směrovacích tabulek
 - Informace o dosažitelných (pod)sítích
- Obecný algoritmus směrování
 - 1) Pokud je cíl totožný se zdrojem
 - Nepošílej 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



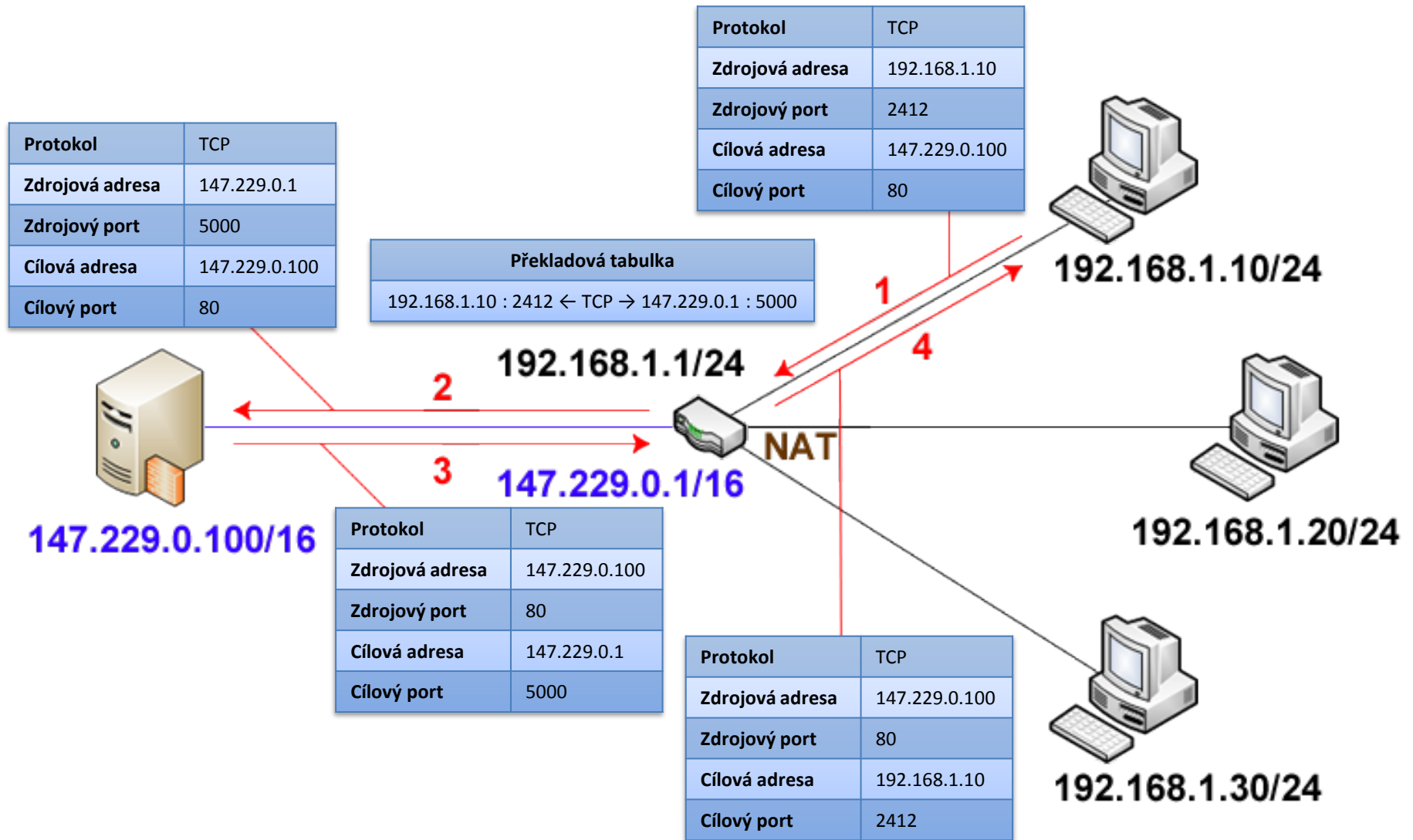
```
C:\> route print

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)

- Umožňuje zařízením s privátními IPv4 adresami přístup do sítě internet
- Automatický překlad mezi privátními (*private*) a veřejnými (*public*) IPv4 adresami
 - Řízen tzv. překladovými tabulkami
 - Úprava IPv4 datagramů
- Počítače na privátní síti nejsou adresovatelné ze sítě internet (nelze se na ně připojit z internetu)
 - Vyšší bezpečnost, problematické poskytování služeb

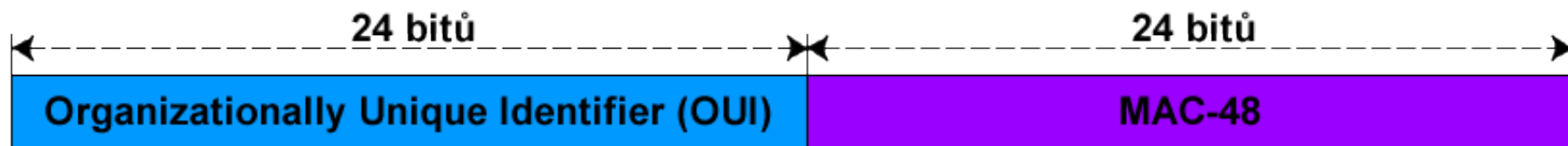
Princip činnosti NAT



Přenos dat na linkové vrstvě

- Přenos tzv. rámců (*frames*) po fyzickém médiu
- Data doručována všem rozhraním připojeným na dané fyzické médium (linku)
 - 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

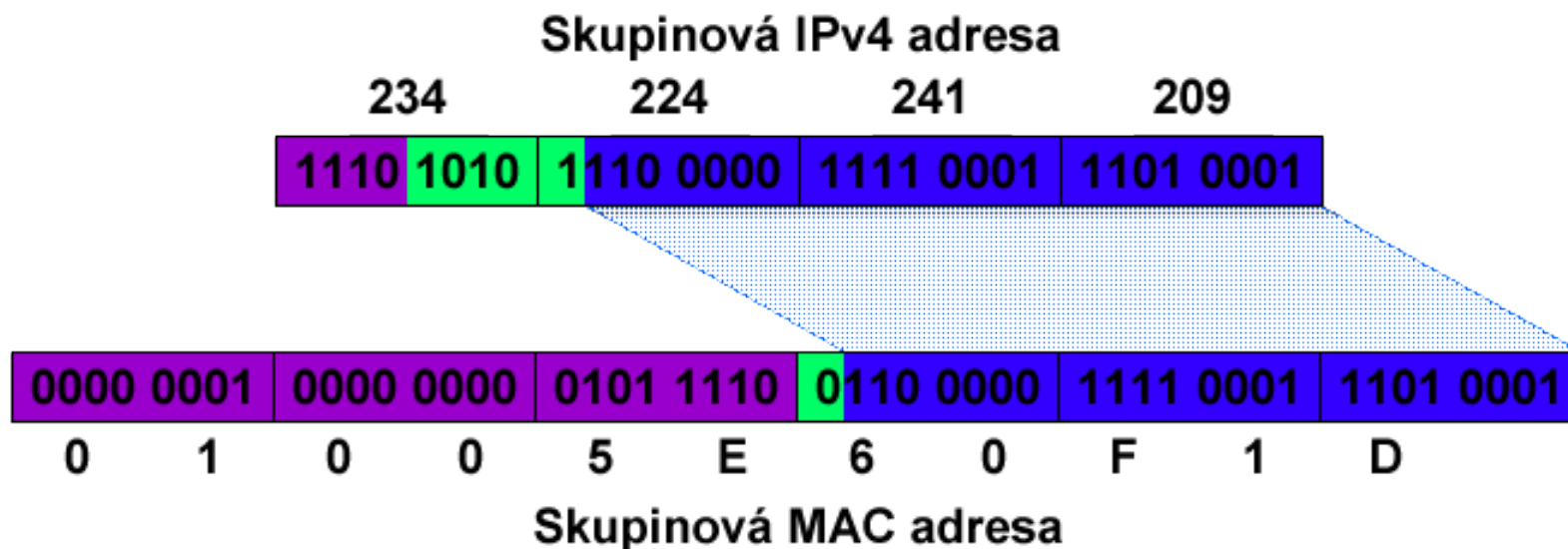


- Délka 48 bitů
- Zápis v pomlčkové nebo dvojtečkové notaci vždy po 8 bitech (tzv. skupinách)
 - **X-X-X-X-X-X** kde **X** je hexadecimální číslo od **00** do **FF**
- Skládá se z identifikátorů **OUI** a **MAC-48**
 - **OUI** identifikuje organizaci (přidělován globálně)
 - **MAC-48** identifikuje rozhraní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

- **nbtstat -a <název/ip>**
 - Vyžaduje NetBIOS (nepoužívá protokol ARP)
 - Dokáže zjistit MAC adresy i počítačů za směrovačem
- **arp -a**
 - Vypíše ARP tabulku
 - Vložení překladu do tabulky např. pomocí **ping <ip>**
 - Dynamický záznam (smazán při restartu počítače)
 - Manuální vložení MAC adresy počítače do tabulky příkazem **arp -s <ip> <mac>**
 - Statický záznam (není smazán při restartu počítače)