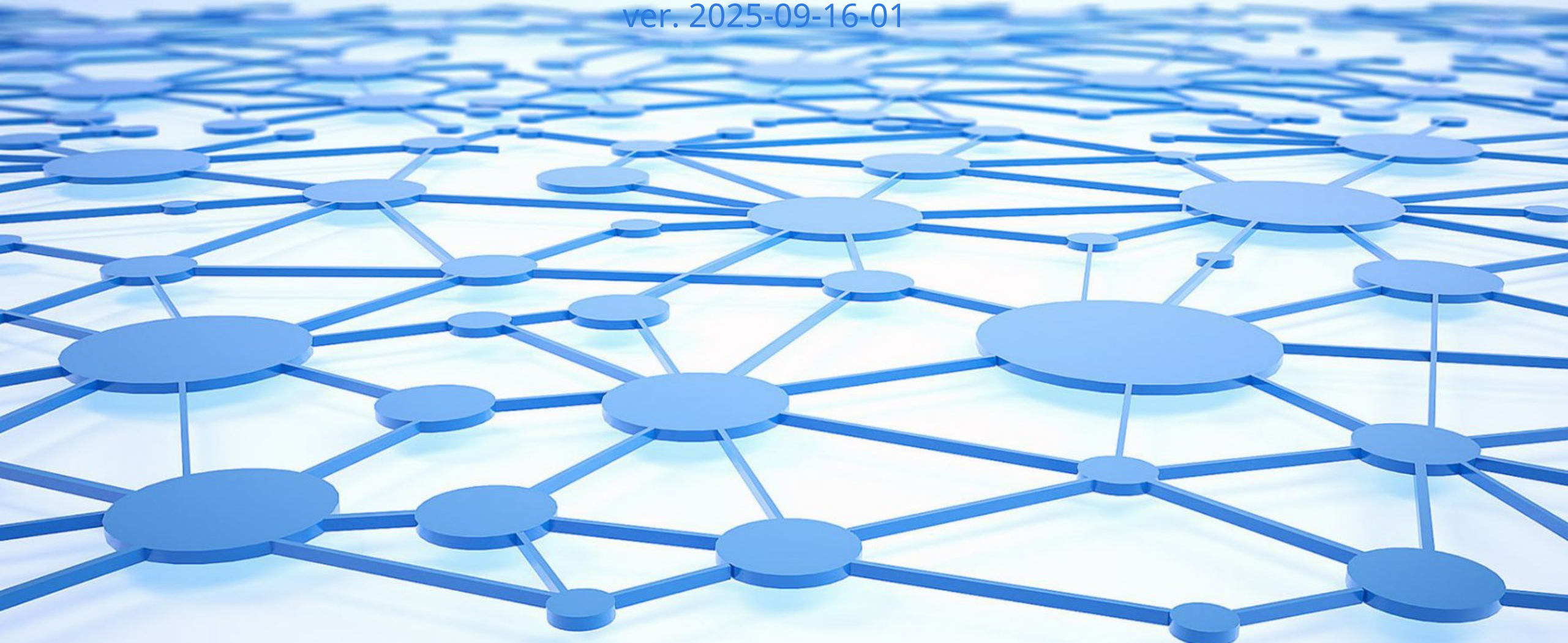
# Úvod do počítačových sítí

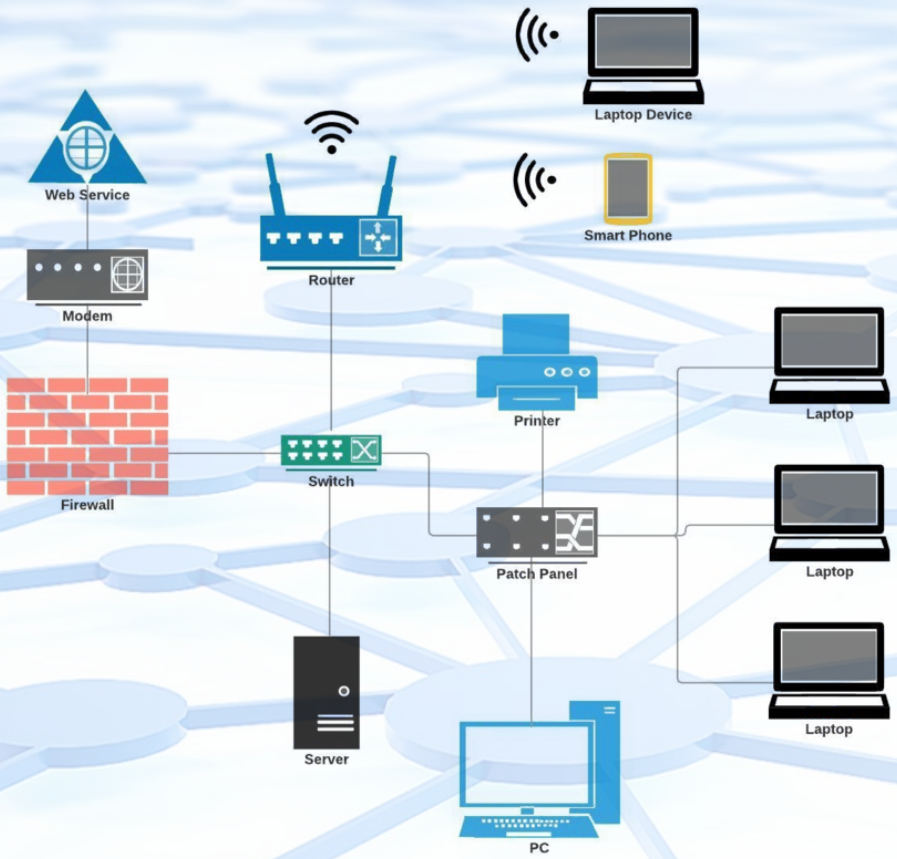
Přednáška 2

( 2025/2026 )

ver. 2025-09-16-01



# Opakování: Běžná počítačová síť

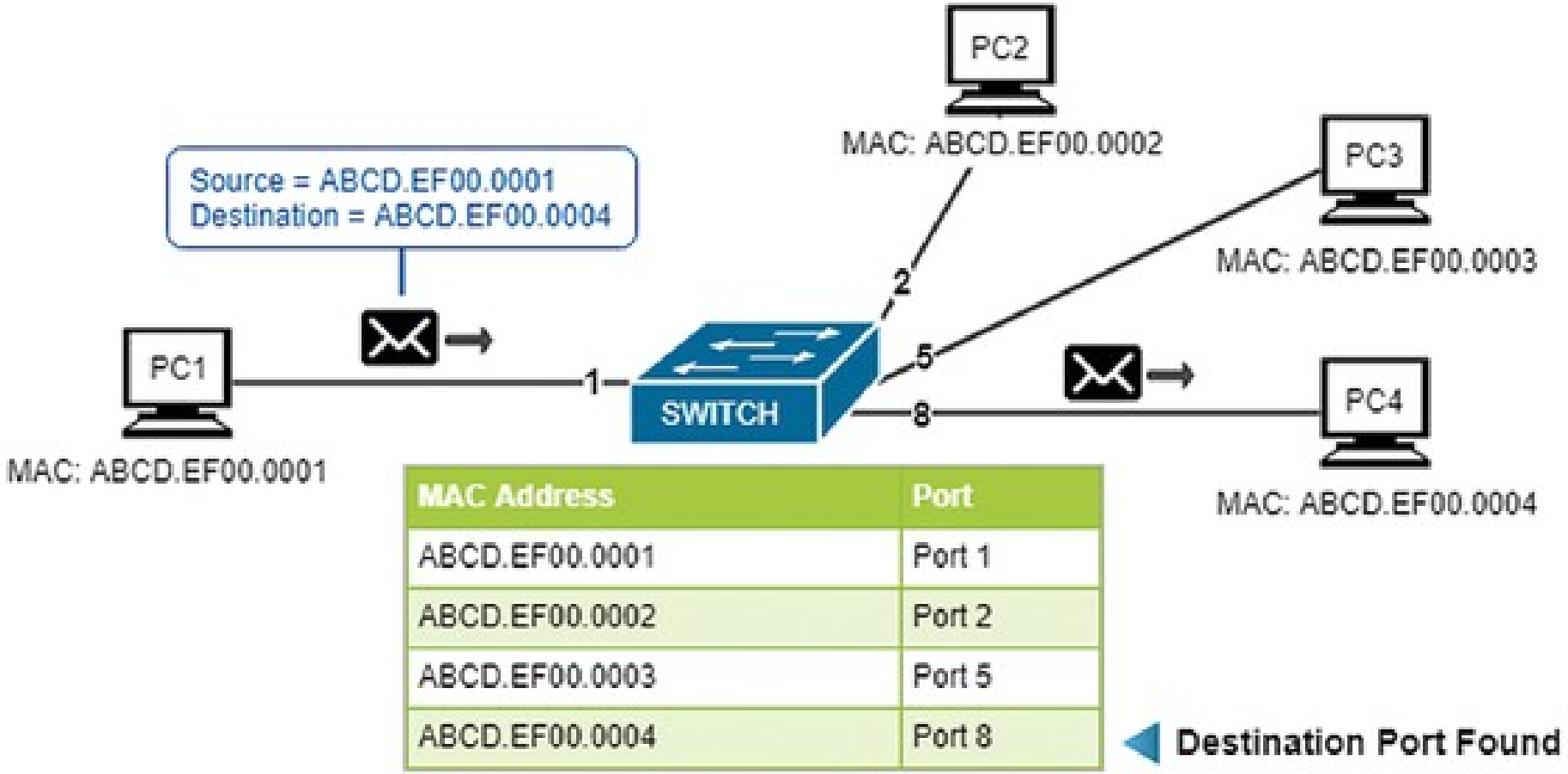



Zdroj: https://www.itjones.com/blogs/2020/3/15/how-to-build-a-computer-network-for-your-small-business-part-1-the-basics

# Adresace zařízení v LAN ( L2 )

- Každé zařízení v LAN má svoji fyzickou adresu - MAC
- „Napevno“ spojena s konkrétním zařízením / síťovou kartou
  - Dnes už změnit jde, ale ve většině případů to není nutné ani vhodné
- V rámci jedné LAN musí být MAC unikátní
- Šest dvojciferných hexa čísel( 48 bitů ) – např 00:08:60:00:63:c9
  - První tři dvojice se označují jako VendorID a identifikují výrobce
    - **d0:94:66**:19:e7:8d → Dell Inc.
  - Další tři dvojice jsou volitelné výrobcem – ale stále v rámci LAN musí být unikátní
- Pokud není v rámci LAN dodržena unikátnost MAC adres provoz začne „flapovat“
  - Část zařízení v síti komunikuje s jedním zařízením se stejnou MAC a jiná část s druhou
  - Tento stav se průběžně mění jak zařízení komunikují
- Speciální adresa – FF:FF:FF:FF:FF:FF
  - Jedná se o L2 broadcast – rámec s touto adresou bude doručen všem v LAN
  - V případě vytvoření smyčky může způsobit „broadcastovou“ bouři

# Adresace zařízení v LAN – tabulka adres pro switch

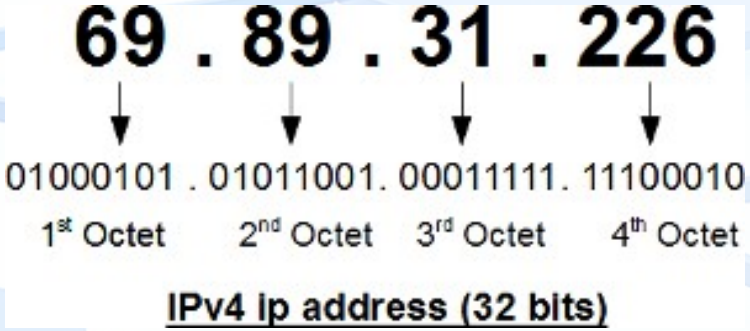



| MAC Address | Port |
|---|---|
| ABCD.EF00.0001 | Port 1 |
| ABCD.EF00.0002 | Port 2 |
| ABCD.EF00.0003 | Port 5 |
| ABCD.EF00.0004 | Port 8 |

Zdroj: https://www.admin-magazine.com/Archive/2017/42/Understanding-Layer-2-switch-port-security

# Adresace zařízení v LAN – IP ( L3 )

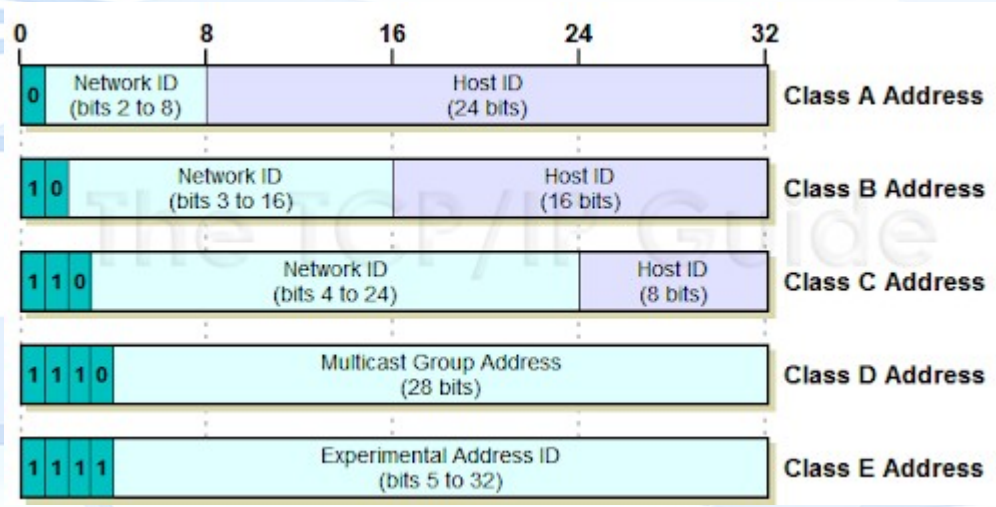
- Nejběžněji se dnes používá protokol IP
  - IPv4 – délka adresy 32bitů
  - IPv6 – délka adresy 128 bitů
    - Délka není jediný rozdíl !!
- Každé zařízení má alespoň jednu IP adresu, kterou se identifikuje v síti
- IPv4 má délku 32 bitů, příklad 69.89.31.226, celkem jich je 4 294 967 296
- IPv4 sítě se dle práce s IPv4 adresou rozdělují na:
  - Classfull
    - Používají jen třídy IP adres
  - Classless
    - Nepoužívají třídy IP adres, ale CIDR




zdroj: https://static.thegeekstuff.com

# IPv4 – třídy adres

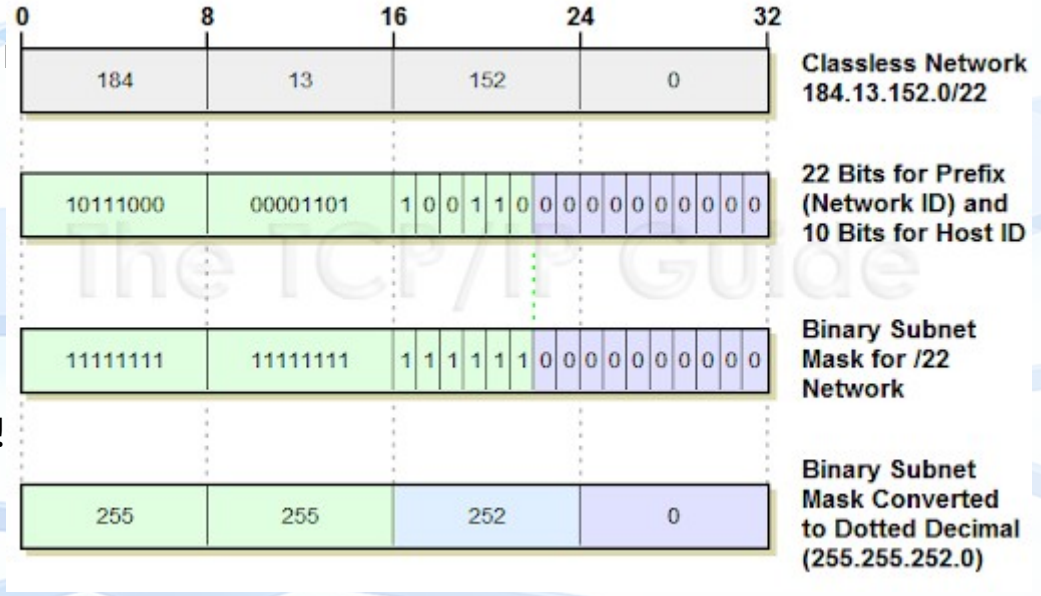
- Třídy adres definují adresní prostory a jsou přímo spjaté s „prefixem“ IP adresy
- Dnes už se příliš nepoužívá – pro běžný provoz, ale v terminologie ano
- Třída A (0.0.0.0 – 127.255.255.255)
  - Maska /8, až 16 777 214 stanic v každé síti
- Třída B (128.0.0.0 – 191. 255.255.255 )
  - Maska /16, až 65 534 stanic v každé síti
- Třída C (192.0.0.0 – 223.255.255.255 )
  - Maska /24, až 254 stanic v každé síti
- Třída D (224.0.0.0 – 239.255.255.255)
  - skupinové směrování - multicast
- Třída E (240.0.0.0 – 255.255.255.255)
  - Experimentální použití




zdroj: https://http://www.tcpipguide.com

# IPv4 – CIDR

- CIDR - Classless Inter-Domain Routing, síť je daná maskou sítě, která není vázaná na IP adresu
- Dovoluje jemnější tvorbu podsítí
- Dnes již téměř kompletně nahradilo používání tříd
- Maska sítě - definuje kolik bitou zleva je pro danou síť fixních a kolik může libovolně použít
  - Spolu s IP a bránou tvoří základní konfiguračn parametry IP sítí
  - Pomocí masky definuje:
    - Adresu sítě – nejnižší adresa v sítí
      - 10.0.0.0/8 → 10.0.0.0
    - Adresu broadcastu – nejvyšší adresa v síti
      - 10.0.0.0/8 → 10.255.255.255
    - POZOR brána a maska spolu přímo nesouvisí !!
      - Na základě IP a masky nejde určit bránu




zdroj: http://www.tcpipguide.com/

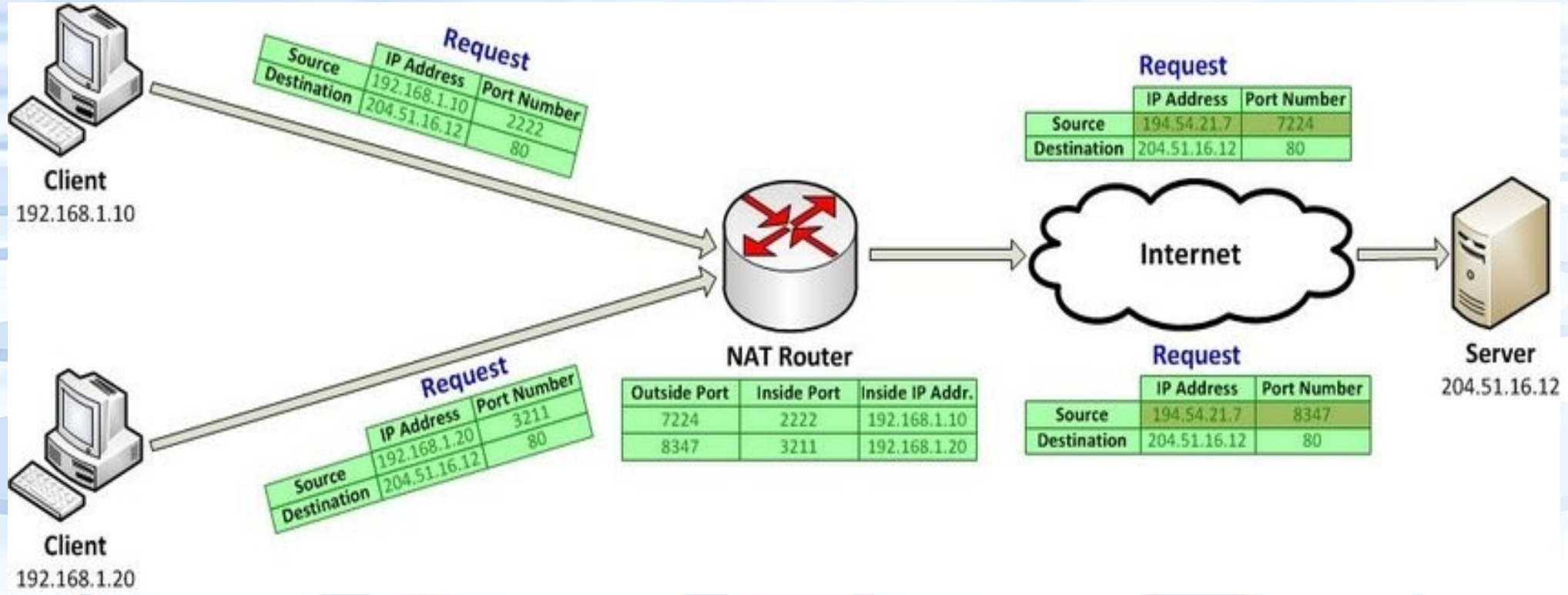
# IPv4 – privátní a speciální adresy

- Loopback
  - 127.0.0.1/8
  - Virtuální lokální interface
  - Je v každém zařízení a není nikdy dostupný z dalšího zařízení
- L3 Broadcast
  - 255.255.255.255
  - Stejně jako u L2 broadcastu ( FF:FF:FF:FF:FF:FF ), dochází k odeslání na všechna zařízení v LAN
- Privátní adresy
  - 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12, 192.168.0.0/16
  - Adresy použité v lokálních sítích, které se následně pro provoz v Internetu překládají na veřejné pomocí NAT
  - Routery v internetu by měly blokovat provoz z veřejných IP na privátní
  - Tyto rozsahy nejsou nikde ve veřejném internetu použity
- IPv4 Prefix for Shared Address Space
  - 100.64.0.0/10
  - Adresy vyhrazené pro velké operátory a jejich interní komunikaci
  - Potřeba na interních sítích směrovat veřejné rozsahy

# IPv4 – NAT

- NAT -  Network address translation
- Mechanismus umožňující překlad adres při přechodu firewallem/routerem
- Typicky se používá při překladu privátních adres na veřejné
  - Ale není to jediná možnost
  - Při přechodu NATem se zdrojová adresa nahradí veřejnou adresou routeru a zdrojový port náhodným VOLNÝM portem a toto mapování se zaznamená do NAT tabulky
- Pakety jdou internetem a zpět s adresou routeru, po návratu odpovědi na firewall/router je proveden zpětný překlad na původní hodnoty na základě údajů z NAT tabulky a paket je poslán dál do LAN

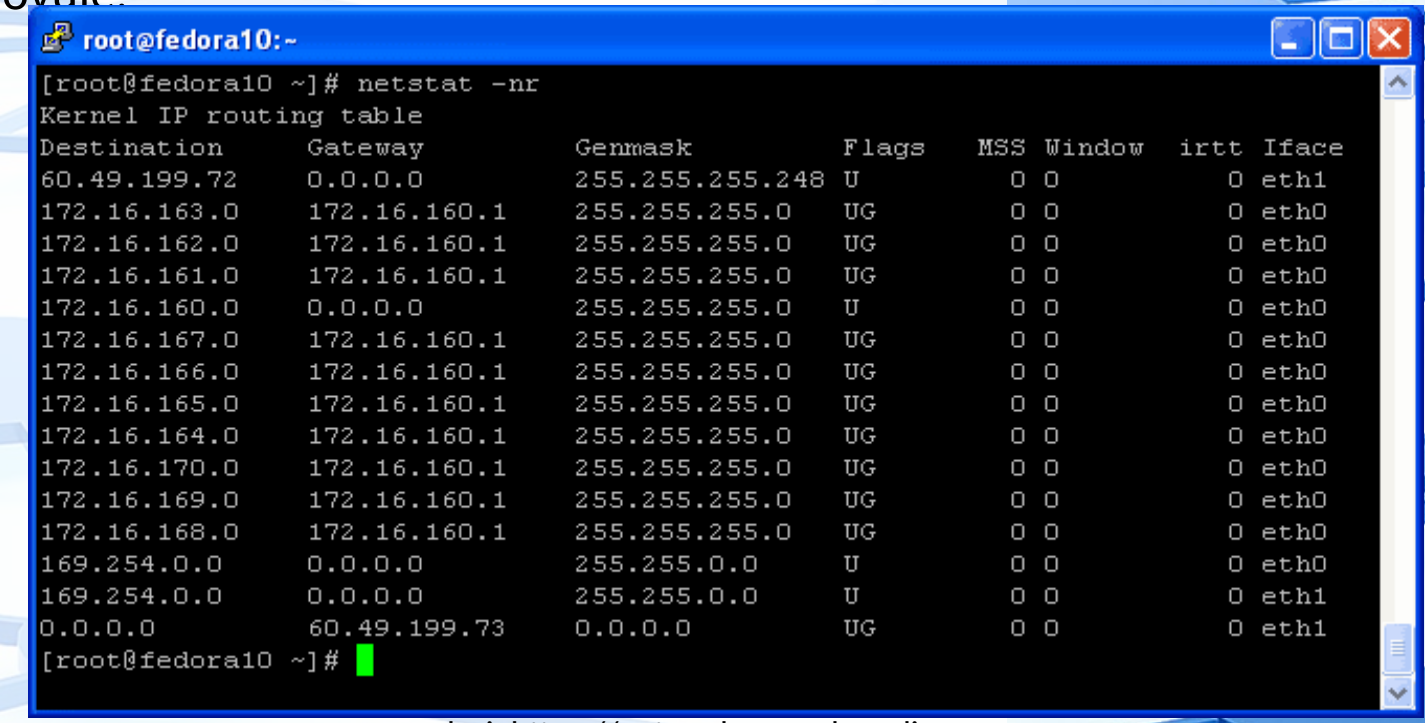
# IPv4 – NAT - příklad




Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/Network-Address-Translation-NAT-Working-Principle_fig4_334557400

# Směrování dat v síti ( L3 )

- Pokud chce komunikovat s dalším zařízením, pošle do sítě paket, který obsahuje mimo jiné zdrojovou, cílovou adresu a data
- Zdrojová adresa se nastaví sama na zařízení, které zahajuje komunikaci
- Cílová adresa je nastavena aplikací a určuje s kým chceme komunikovat
- Směrování v sítí se řídí cílovou adresou a o jeho směrování rozhoduje směrovací tabulka
- Směrovací tabulka může být v routeru, PC nebo serveru
- Pokud žádný záznam ve směrovací tabulce nevyhovuje, použije se výchozí brána – default gateway
- Směrovací tabulka v základu obsahuje:
  - Adresu sítě - destination
  - Masku sítě - netmask
  - Bránu – gateway
    - 0.0.0.0 – výchozí brána
  - Rozhraní – interface
- Směrování probíhá autonomně
  - Každý jeden směrovač rozhoduje sám za sebe
  - Dva pakety mezi stejným zdrojem a cílem mohou jít různými cestami




zdroj: https://networkenccyclopedia.com

# „Základní/obslužné” protokoly internetu

- Jedná se protokoly a na ně navázané služby, které často používáme „mimoděk“ a o jejich existenci často ani nevíme
- Mohou se na různých vrstvách sítě a využívat jak rámců ( např ARP, DHCP ), tak paketů ( DNS, ICMP )
- Příklady nejběžnějších jsou
  - ARP
    - Mapování MAC na IP a obráceně
  - DHCP
    - Automatická konfigurace sítě
  - DNS
    - Mapování doménových jmen na IP a obráceně
  - ICMP
    - Diagnostika a notifikace stavu sítě

# Základní protokoly: ARP

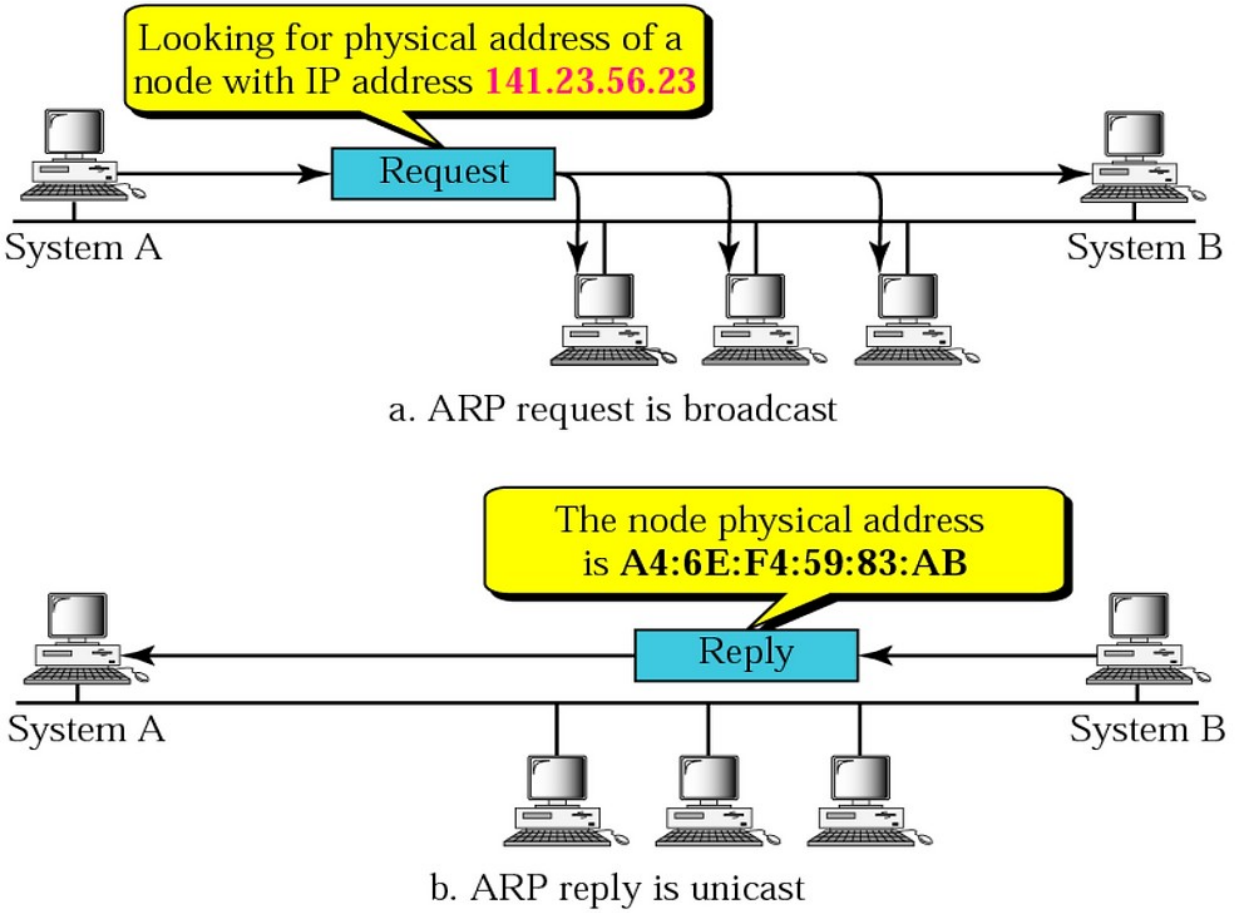
- ARP  - Address Resolution Protocol
- Protokol sloužící k zjišťování a mapování IP adresy na MAC a opačně
  - Nejčastěji je ARP vázán na IP a Ethernet, ale je postaven obecněji a může fungovat i v jiných sítích
  - Plní ARP tabulku
- Záznam je do tabulky možné vložit ručně nebo ARP protokolem
  - Ruční záznam má typicky neomezenou platnost
  - Dynamický záznam je platný je krátký čas typicky 30-60s

```
login as: admin
Using keyboard-interactive authentication.
Password:
Bad terminal type: "xterm". Will assume vt100.
Router>
Router>
Router>
Router> show arp-table
Address                  HWtype  HWaddress           Flags Mask            Iface
210.210.3.1              ether   90:6C:AC:2D:DE:9A   C                     wan1
10.10.10.40              ether   00:1E:67:52:E5:B6   C                     lan1
10.10.10.50                      (incomplete)                              lan1
10.10.10.30              ether   00:1E:67:52:E5:CE   C                     lan1
10.10.10.45              ether   00:1E:67:52:E9:28   C                     lan1
10.10.10.100             ether   00:1E:67:3B:1E:E0   C                     lan1
10.10.10.120             ether   00:1E:67:3B:22:D2   C                     lan1
210.210.3.39             *       <from_interface>    MP                    wan1
Router>
```

zdroj: https://kb.zyxel.com

# Základní protokoly: ARP - schéma

- Princip fungování
  - Pokud stanice potřebuje komunikovat s nějakou IP v LAN, pošle broadcastový rámec( FF:FF:FF:FF:FF ) s dotazem na MAC pro IP, se kterou chce komunikovat
  - Všechny stanice v dané síti
    - limitované routerem
    - zprávu přijmou a stroj, který danou IP má odpoví tazateli dalším rámcem, kde je uvedena požadovaná MAC
- Může odpovědět i více stanic
  - to je problém a nastává pokud má více stanic stejnou IP
- Aby nebylo nutné dotazování před odesláním každého rámce ARP odpovědi se dočasně uchovávají v ARP tabulce
- Tato tabulka má dočasné záznamy a např po 30 jsou smazány a proces s opakuje

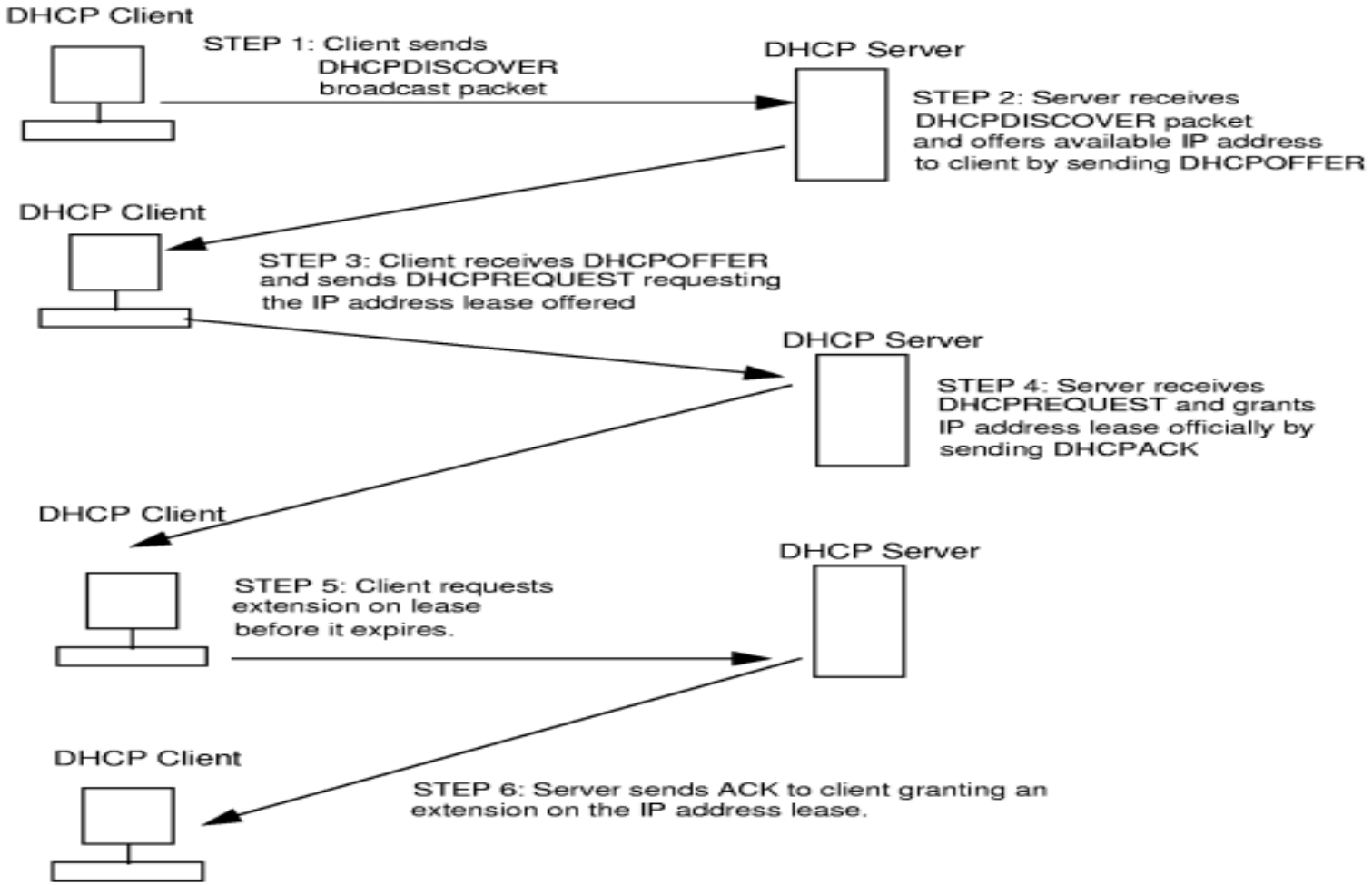



zdroj: https://static.wixstatic.com/

# Základní protokoly: DHCP

- DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol
  - Vychází ze staršího BOOTP protokolu, se kterým není zpětně kompatibilní a který se dne už nepoužívá
- Možnost dynamického konfigurace síťových zařízení
- IP adresy je možné přidělovat ručně
  - V malých sítích typické a není s tím problém
- Problém nastává ve velkých sítích ( mnoho stanic ) a při častých změnách konfigurace sítě – administrativně náročné až nemožné
- Základní myšlenka je „auto“ konfigurace zařízení po připojení k počítačové síti
- Základní princip
  - Nemám IP, ale mám MAC => mohu komunikovat v rámci LAN ( broadcastem například )
  - Pošlu rámec s dotazem, zda někdo neví jak se mám na konfigurovat
  - Pokud v síti poslouchá nějaký DHCP server, dotaz přijme a v odpovědi pošle možnou konfiguraci
  - Konfigurace má omezenou platnost, po uplynutí poloviny intervalu se žádá o prodloužení
  - Ač to není běžné, odpovědět může serverů více => vyberu si první odpověď
    - Typicky problém s defaultní konfiguraci AP – dělají další „nepožadovaný“ DHCP server

# Základní protokoly: DHCP – princip komunikace



# Základní protokoly: DHCP – předávané informace

- Základní – potřebné pro fungování sítě
  - IP adresa
  - Maska
  - Brána
  - DNS server / servery
- Rozšiřující – nemusí být předávané, ale mohou zpřesňovat nastavení nebo konfigurovat další služby
  - NTP – časové servery
  - Wins, Active Directory doména – rozšířená konfigurace Windows stanic
  - NFS root / boot image – konfigurace pro boot bezdiskových stanic

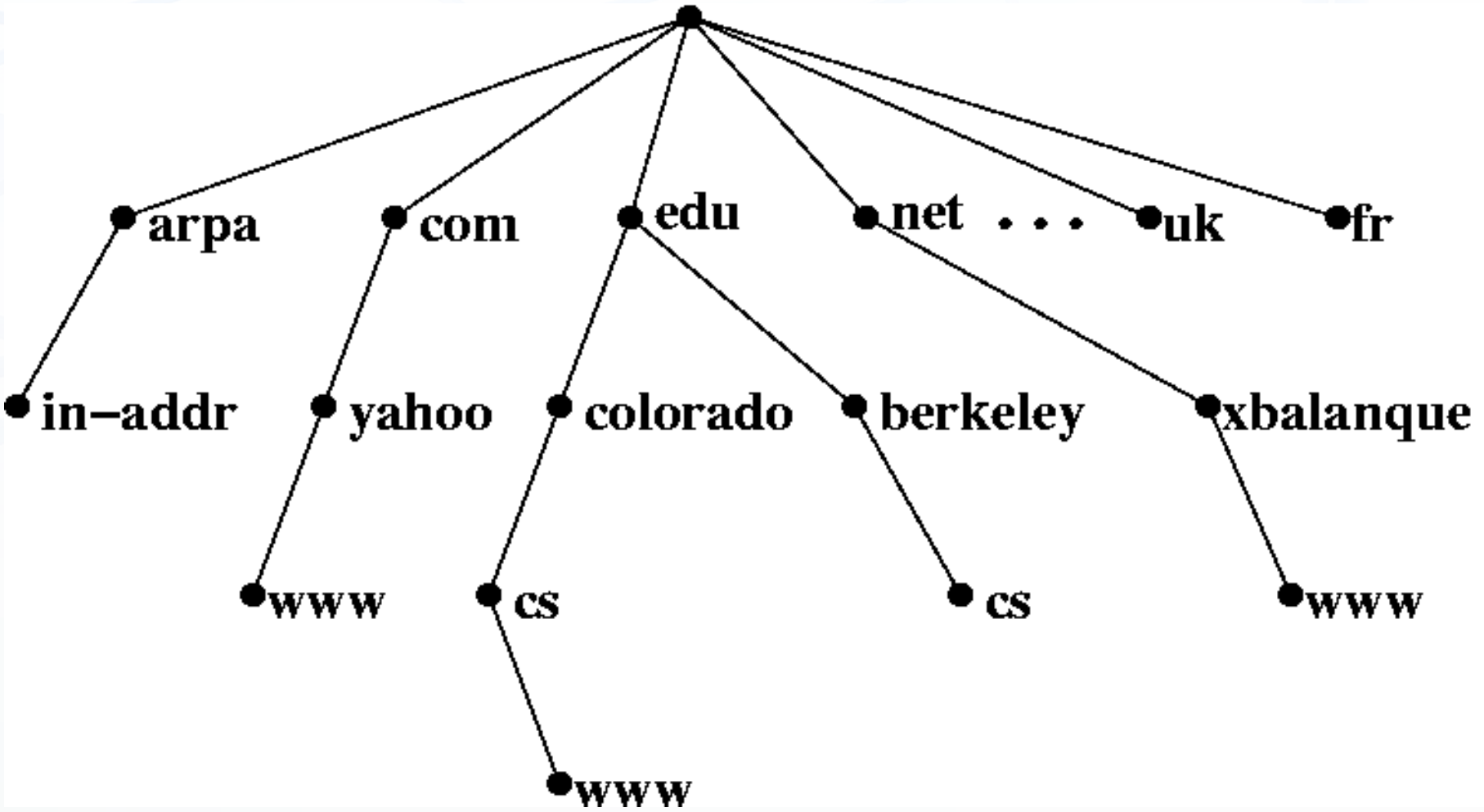
# Základní protokoly: DHCP – typy přidělené adresy

- Dynamické
  - Máme pool adres – 147.228.63.10 - 147.228.63.100 a z nich přidělíme jednu volnou
  - Do interní databáze se zaznamená MAC požadavku a přidělená IP
    - Pokud to jde, snažíme se stejné MAC přidělovat stále stejnou IP
    - Pokud volné IP dojdou jsou dočasné rezervace rušené a recyklované
      - Šetříme nutný počet adres – firma má 90 zaměstnanců a třísměnný provoz => potřebují naráz jen 30 IP
  - Typicky pro koncové stanice zařízení ,kde potřebuji IP, ale je jedno jakou
- Statická rezervace
  - Dynamické přidělování se nehodí pro zařízení poskytující obsah
    - Servery, tiskárny, ….
  - Do DHCP databáze provedu statickou rezervaci definicí vazby IP a MAC
    - Daná MAC VŽDY dostane stejnou IP
    - Staticky přidělené IP jsou vyjmuté z dynamického poolu

# Základní protokoly: DNS

- DNS - Domain Name System
- Slouží k převodu jména na IP a opačně
  - www.kiv.zcu.cz => 147.228.63.11
  - 147.228.63.11 => proteus.fav.zcu.cz ( reverzní záznam )
- Jeden z „nejdůležitějších“ aplikačních protokolů Internetu
  - Pro většinu lidí platí, že pokud nejde DNS nejde Internet
- Ovlivňuje chování dalších protokolů a služeb ( např WWW nebo email )
- Některé služby se přes DNS i konfigurují ( DKIM, SPF, Windows Active Directory, … )
- Jedná se o decentralizovaný systém
  - Výrazně se tím zvyšuje odolnost systému jako celku
- Hierarchický model oddělovaný „tečkami“ a začínající „neviditelnou“ tečkou vpravo
  - www.kiv.zcu.cz.
  - MAX 63 znaků na 1 úrovni, max. délka 255 znaků celkem, MAX 127 úrovní stromu

# Základní protokoly: DNS - schéma



# Základní protokoly: DNS – kořenové servery

- 13 kořenových jmenných( name ) serverů rozmístěných po celém světě
- Obsahují informace o kořenových doménách ( .cz .de .org …. )
- Kritické a velmi hlídané stoje
- Serverů není fyzicky 13, ale jsou spuštěny násobně v X instancích
  - Důvodem je redundance, stabilita a rychlost odezvy v dané lokalitě
- Kompletní seznam a info na https://www.root-servers.org
- Delegují odpovědi na jednotlivé správce národních a dalších domén
  - Například CZ.NIC pro .cz
- Sice se můžeme vždy ptát kořenových name-serverů, ale výhodnější je dotaz na nejbližší DNS – DNS ISP – který může odpovědět výrazně rychleji

# Základní protokoly: DNS – kořenové servery - mapa


zdroj: https://coednssecurity.in

# Základní protokoly: DNS – role serverů

- Primární
  - Obsahuje primární info o doméně
  - Slouží jako zdroj pro sekundární server
  - Je autoritativní pro své domény
- Sekundární
  - Přebírá info od doméně od primárního
    - Cyklicky nebo na vyzvání
  - Je autoritativní pro své domény
  - Neprovádí se zde změny záznamů
    - Aby nevznikal problém s konzistencí mezi primárním a sekundárním serverem
- Pomocný / cachovací
  - Nemá vlastní doménu
  - Slouží jako cache – snižuje datový trafik a zrychluje odpověď klientovi
  - Zná kořenové servery nebo referery, kterých se ptá pokud odpověď nezná
- Jedna instance může kombinovat všechny role / typy serverů

# Základní protokoly: DNS – typy záznamů

- DNS je vlastně databáze a má několik základních „datových“ typů
  - A
    - Obsahuje IP adresu, proteus.fav.zcu.cz => 147.228.63.11
    - Jedna IP by měla mít jen jeden A záznam
  - CNAME ( alias / přezdívka )
    - Odkazuje na jiný A nebo CNAME, www.kiv.zcu.cz => proteus.fav.zcu.cz.
  - MX ( mail exchange )
    - Slouží ke směrování pošty zcu.cz => 10 fred.zcu.cz.
    - Nesmí ukazovat přímo na IP, obsahuje prioritu => záznamů může být více, nižší číslo má přednost
  - NS ( name server )
    - Autoritativní nameserver, zcu.cz => erebos.zcu.cz.
  - PTR ( reverzní záznam )
    - Slouží k reverznímu mapování IP na jméno, 147.228.63.11 => proteus.fav.zcu.cz.
  - AAAA
    - Stejně jako A, ale pro IPv6, zcu.cz => 2001:718:1801:1058::1:100

# Základní protokoly: DNS – registrace domény

- Je třeba si zvolit registrátora – pro .CZ na https://www.nic.cz/whois/registrars/
  - Aktuálně jejich přes 40
  - Různé rozhraní, ceny, podmínky i nabízené domény
- Provede se ověření zda je doména volná v WHOIS databázi
- Potřebuje 2 „různé“ DNS servery
  - Dva kvůli redundanci – nemá smysl uvést jeden 2x, či dva ve stejné síti …
  - Pokud vlastní DNS nemáte, většina registrátorů vám nabídne zdarma svůj
- Zvolíme platnost od 1 do 10 let – podle domény
- Vytvoří se žádost a přijde výzva k platbě
- Provedou se technické testy – ověření správného nastavení autoritativních serverů
- Ověří se platba a doména se zveřejní
- Před expirací přijde typicky výzva k prodloužení – NATO POZOR, o doménu můžete při neuhrazení přijít
  - Aktivní => Expirovaná => V ochranné lhůtě => Volná ….

# Základní protokoly: DNS – běžné komplikace

- Neaktuální záznamy na pomocných serverech
  - Typicky u velkých proviadrů s cílem šetřit přenosy
- Expirovaná doména v ochranné lhůtě
  - Doména je ještě vaše, ale už nefunguje
- Expirovaná doména po ochranné lhůtě
  - Obecně je doména volná a může si jí kdokoliv koupit
  - Může dojít ke spekulativnímu nákupu s cílem přeprodeje
- Podvržené nebo kompromitované  DNS servery
  - Jeden z typu útoků v rámci Internetu
  - Oběť netuší, že nekomunikuje s pravým partnerem  - například bankou
    - Může řešit DNSSec nebo SSL
    - Více na poslední přednášce o základech zabezpečení počítačových sítí

# Základní protokoly: ICMP

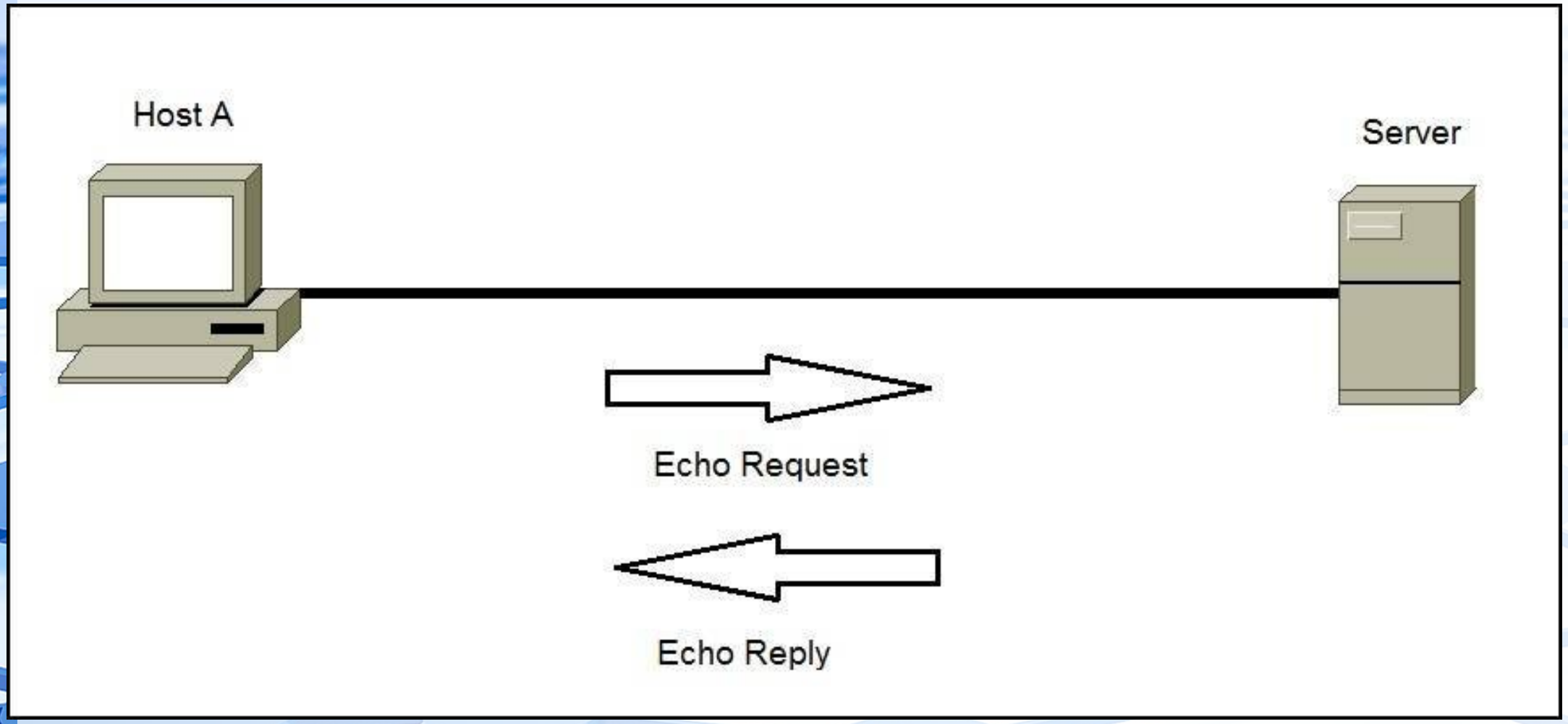
- ICMP Internet Control Message Protocol
- Pomocný / servisní protokol pro možnost informovat o chybových nebo nestandardních situacích
- Dnes použitelný ve dvou kontextech
  - Informace o chybách – např. Router zjistil, že nemůže data poslat na cílovou stanici, protože ta je nedostupná, tak pošle odesilateli zprávu o nedostupnosti cíle – aby se nečekalo
  - Diagnostika stavu sítě – cíleně posíláme zprávy s cílem zjistit dostupnost stroje nebo např uzly přes které v síti prochází
- Vyžívají jej programy jako ping nebo traceroute
- Na některých zařízeních se dle bezpečnostních pravidel zakazuje
  - Může zvýšit bezpečnost, protože útočník neví zda zařízení nežije či filtruje provoz
  - Podstatně hůře se diagnostikují závady
  - V případě problémů může systém mít výrazně delší odezvu, protože pokud nedostane info o chybě přes ICMP musí čekat na timeout

# Základní protokoly: ICMP – typy zpráv

| ICMP Type | Code | Description |
|---|---|---|
| 0 | 0 | echo reply (to ping) |
| 3 | 0 | destination network unreachable |
| 3 | 1 | destination host unreachable |
| 3 | 2 | destination protocol unreachable |
| 3 | 3 | destination port unreachable |
| 3 | 6 | destination network unknown |
| 3 | 7 | destination host unknown |
| 4 | 0 | source quench (congestion control) |
| 8 | 0 | echo request |
| 9 | 0 | router advertisement |
| 10 | 0 | router discovery |
| 11 | 0 | TTL expired |
| 12 | 0 | IP header bad |

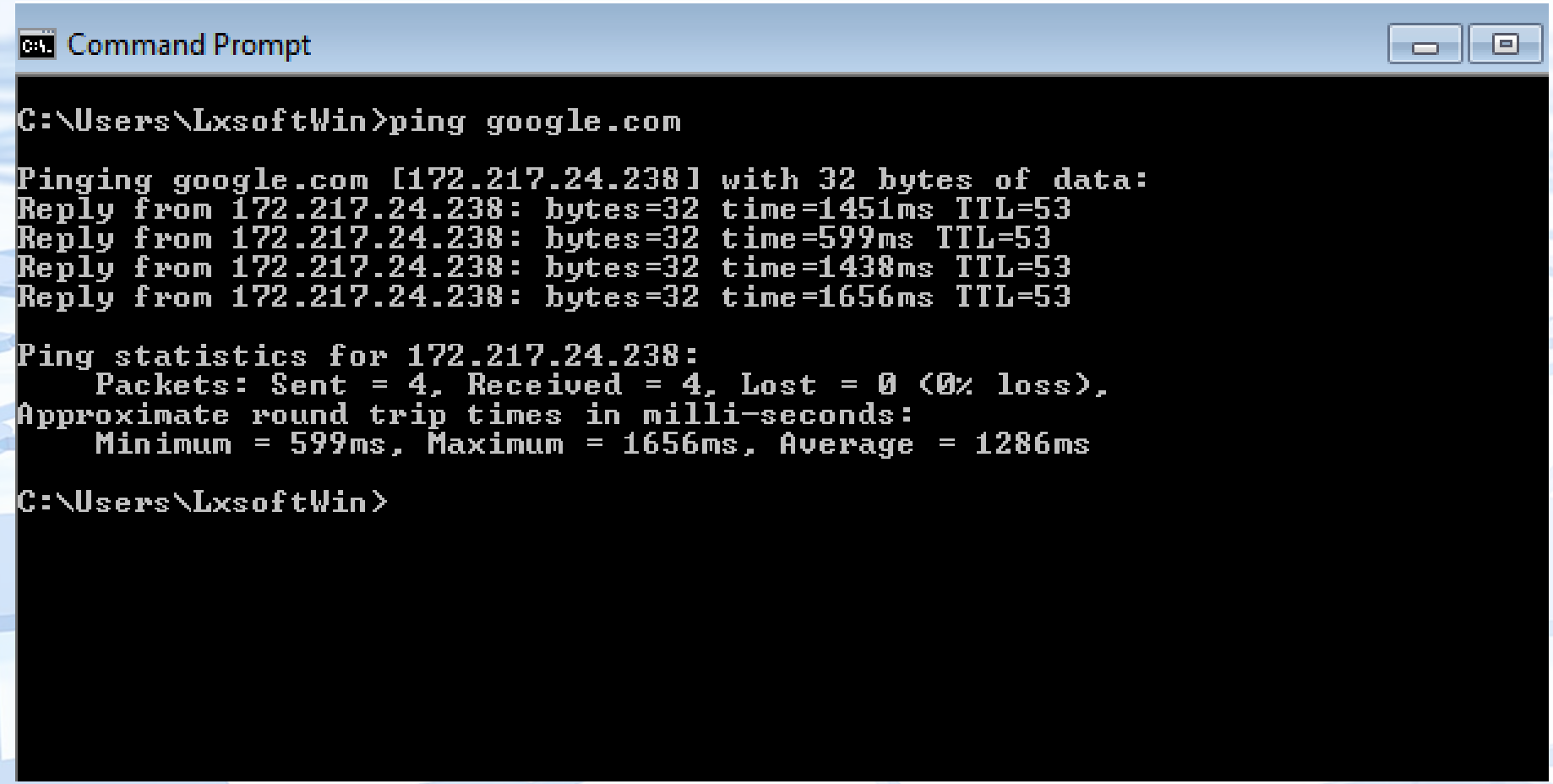
zdroj: https://electronicspost.com

# Základní protokoly: ICMP – ping



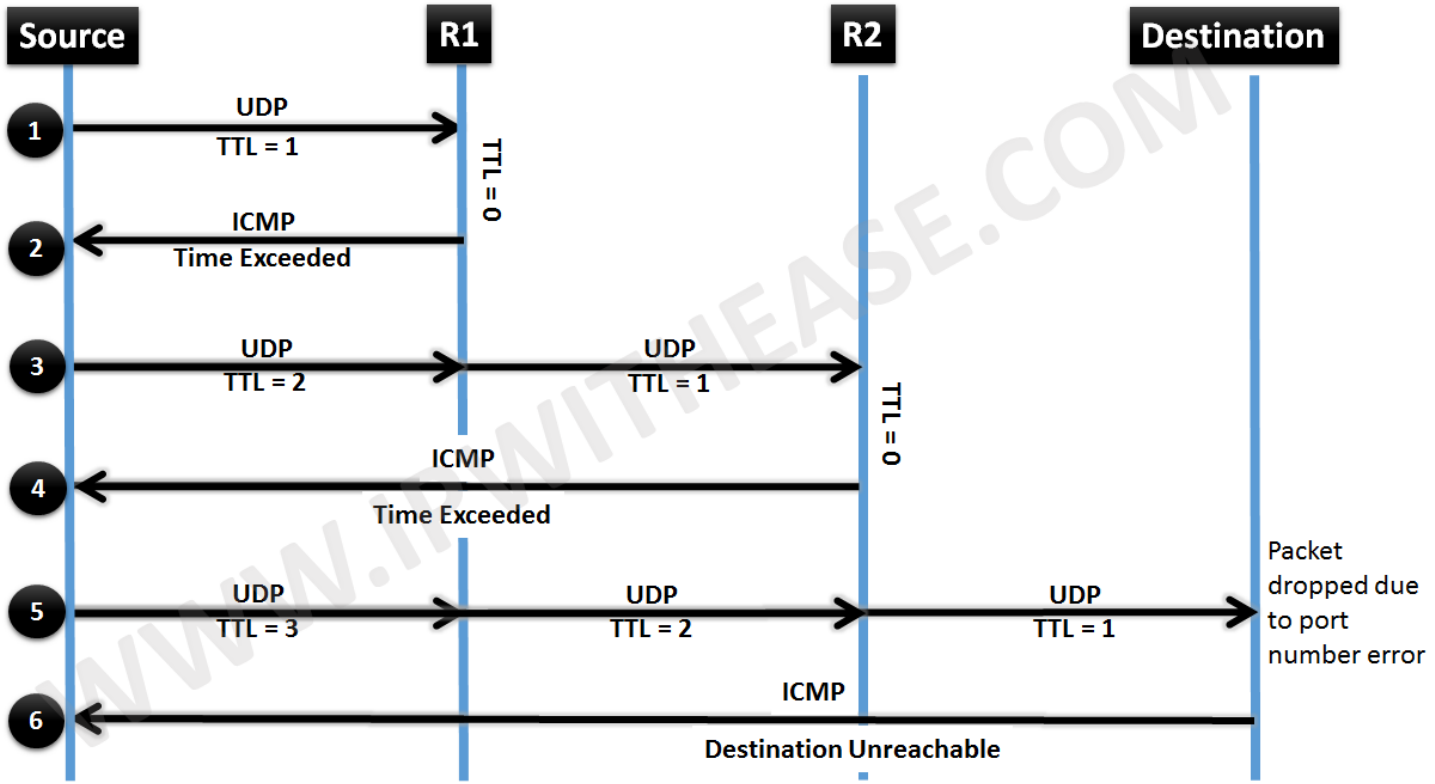

zdroj: https://geek-university.com

# Základní protokoly: ICMP - ping -výstup




zdroj: https://www.computernetworkingnotes.com/

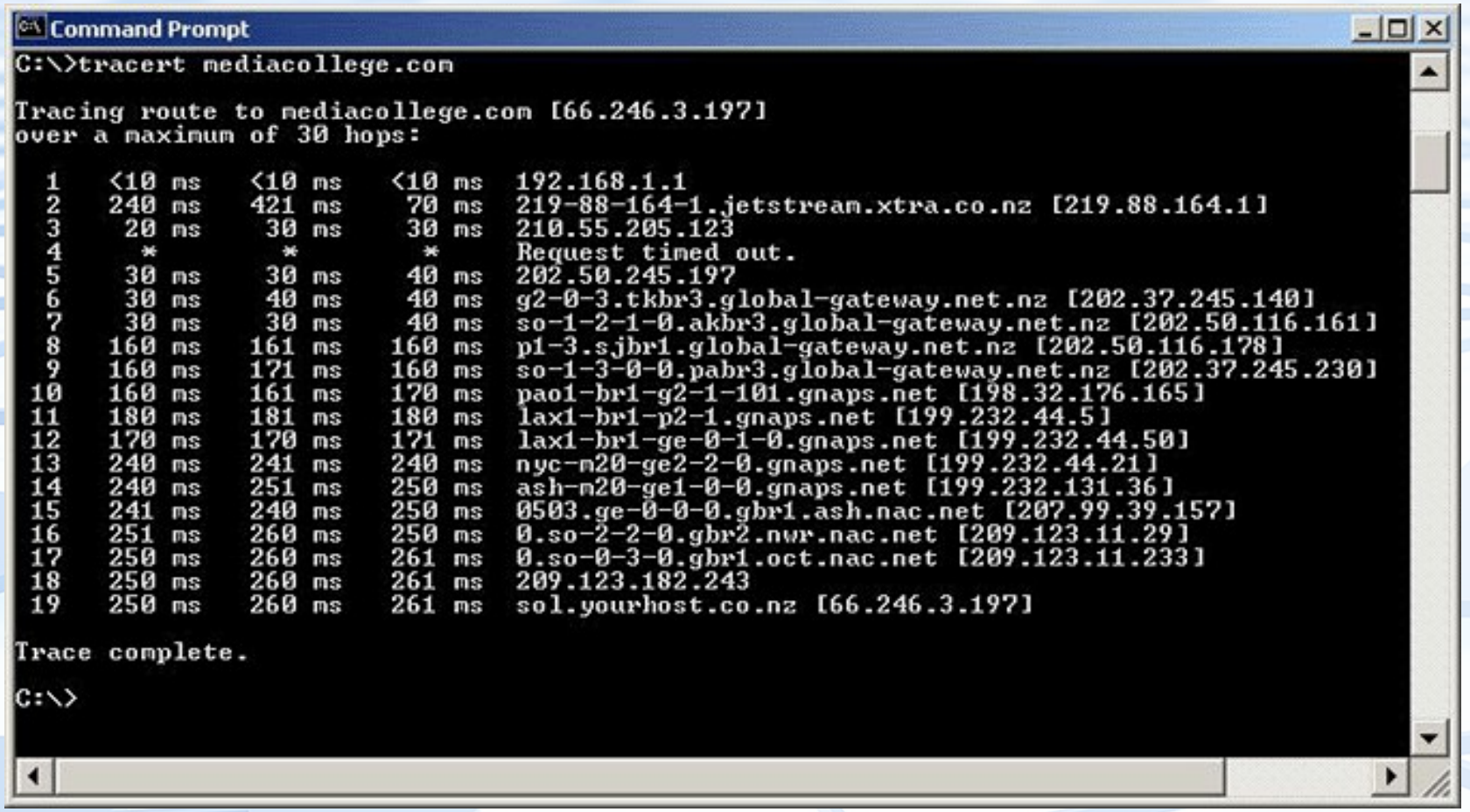
# Základní protokoly: ICMP -traceroute






zdroj: https://taylor.git-pages.mst.edu

# Základní protokoly: ICMP -traceroute -výstup




zdroj: https://www.tech-faq.com/

# Základní diagnostika sítě

- ipconfig  / ifconfig / ip
  - Výpis nastavení síťového interfaceu
- route print / route / ip route
  - Výpis routovací tabulky
- arp
  - Výpis ARP tabulky
- ping
  - Ověření dostupnosti cíle pomocí ICMP
- tracert / traceroute
  - Zjištění trasy k cíli pomocí ICMP
- nslookup / dig
  - Zjištění hodnot z DNS
- netstat / ss
  - Výpis otevřených spojení
- wireshark / tcpdump
  - Sniffer síťové komunikace