

# Protokol ICMP a ARP ve verzi pro IPv6

Tato prezentace se zaměřuje na protokol **ICMPv6**, který v IPv6 prostředí nahrazuje původní ICMP v IPv4, a na mechanismus **Neighbor Discovery (NDP)**, který plní roli obdobnou ARP (Address Resolution Protocol) v IPv6 sítích. Vysvětlíme si základní funkce ICMPv6, typy zpráv, důležitost pro diagnostiku a také, jak se IPv6 zařízení ve stejné síti navzájem „objeví“ a komunikují (Neighbor Solicitation, Advertisement). Na závěr se podíváme na bezpečnostní aspekty a rozdíly oproti starší architektuře v IPv4.

# Úvod do ICMP a ARP v IPv4 a jejich obdoba v IPv6

## IPv4 rekapitulace

- **ICMP (Internet Control Message Protocol):** Oznamuje chyby, slouží diagnostice (ping, traceroute).
- **ARP (Address Resolution Protocol):** Překládá IPv4 adresu na MAC adresu v lokální síti.

## Co je v IPv6 jinak

- ARP v IPv6 **neexistuje**. Byl nahrazen funkcemi **Neighbor Discovery Protocol (NDP)**.
- ICMPv4 je v IPv6 rozšířen a přejmenován na **ICMPv6**. Zahrnuje i NDP, RAutokonfiguraci apod.
- Vše je definováno v sérii RFC (např. RFC 4443 pro ICMPv6, RFC 4861 pro NDP).

# Základní pojmy: ICMPv6, NDP

## ICMPv6

- Protokol pro hlášení chyb a odesílání informačních zpráv v síti IPv6.
- Důležitý pro:
  - **Chybové zprávy** (destination unreachable, packet too big, time exceeded),
  - **Diagnostiku** (Echo Request/Reply – ping v IPv6).

## Neighbor Discovery Protocol (NDP)

- Součást ICMPv6 (typy zpráv 133–137).
- Nahrazuje roli ARP, plus další funkce (autokonfigurace, router discovery).

# ICMPv6 – Typy zpráv

## Chybové zprávy

- Destination Unreachable (typ 1), Packet Too Big (typ 2), Time Exceeded (typ 3), Parameter Problem (typ 4).

## Informační zprávy

- Echo Request (typ 128) a Echo Reply (typ 129) → ping v IPv6.
- Ostatní typy patří do NDP (133–137).

## Formát

- Podobně jako ICMP pro IPv4: **type**, **code**, **checksum**, a případná **data**.
- Zapouzdřeno v IPv6 datagramu (Next Header = 58 pro ICMPv6).

# Neighbor Discovery Protocol (NDP)

## Účel NDP

1. Obdoba ARP: zjišťování MAC adresy sousedů v lokální síti (neighbor).
2. Zjišťování routerů v lokální síti (Router Solicitation/Advertisement).
3. Detekce nedostupných sousedů (neighbor unreachability detection).
4. Duplicate Address Detection (DAD): ověřuje, zda adresa není v síti duplicitní.

## Zprávy NDP (typy 133–137)

1. Router Solicitation (RS, typ 133)
2. Router Advertisement (RA, typ 134)
3. Neighbor Solicitation (NS, typ 135)
4. Neighbor Advertisement (NA, typ 136)
5. Redirect (typ 137)

# Router Solicitation / Advertisement

## Router Solicitation (RS) (typ 133)

- Host (klient) se ptá: „Kde je router v této síti? Pošlete mi konfigurační informace.“
- Vysílá se obvykle na multicast adresu all-routers (ff02::2).

## Router Advertisement (RA) (typ 134)

- Router odpovídá: „Jsem router, tady je prefix, tady jsou další parametry sítě.“
- Hosté mohou podle RA nastavit svou IPv6 adresu (SLAAC), gateway atd.
- RA je též pravidelně vysíláno routerem (periodicky).

# Neighbor Solicitation / Advertisement

## Neighbor Solicitation (NS) (typ 135)

- Obdoba ARP request: „Kdo má adresu X? Sděl mi svou MAC.“
- Také se používá k ověření dostupnosti souseda (unreachability detection) a k Duplicate Address Detection.

## Neighbor Advertisement (NA) (typ 136)

- Obdoba ARP reply: „Já mám tuto IPv6 adresu, moje MAC je ...“
- Je posílána unicastem cíleně tomu, kdo se ptal, nebo se rozesílá i do multicastu v případě změny.

## Výhody

- Využívá multicast (ne broadcast) → menší zátěž.
- Umožňuje i detekci nedostupnosti (pokud soused neodpovídá, je považován za unreachable).

# ARP vs. NDP – Hlavní rozdíly

Vlastnost	ARP (IPv4)	NDP (IPv6)
Adresní metoda	Broadcast (FF:FF:FF:FF:FF:FF)	Multicast (specifické skupiny ff02::1, ff02::2, ff02::1:ffXX:XXXX)
Protokol	Samostatný protokol (EtherType 0x0806)	Součást ICMPv6 (typy 133–137)
Autokonfigurace	N/A, ARP jen řeší IP→MAC	SLAAC (Router Solicitation/Advertisement)
Duplicate Address Detection	N/A (v IPv4 to zajišťují jiné mechanismy)	Přímo zabudováno (Neighbor Solicitation)
Bezpečnost	Mohutně náchylné k ARP spoofingu	ND lze zabezpečit (SEND - Secure Neighbor Discovery), ale složitější
Rozšířené funkce	Jen převod IP ↔ MAC	ND: router discovery, prefix discovery, unreachability detection



# Bezpečnostní aspekty (SEND a ND spoofing)

## Podobně jako ARP spoofing

- V IPv4 existuje ARP poisoning, v IPv6 se lze setkat s ND spoofing (falešné NA, RA).

## SEND (Secure Neighbor Discovery)

- Rozšíření NDP pro kryptografickou ochranu.
- Vyžaduje certifikáty (PKI), složitější implementace.

## Filtrace RA

- V praxi se v podnikových sítích omezuje vysílání RA jen z legitimních routerů (např. pomocí RA Guard na switchích).

# Shrnutí

## ICMPv6

- Obsahuje chybové zprávy i echo request/reply pro ping.
- Je rozšířeným nástupcem ICMPv4, integruje mechanismy pro IPv6.

## Neighbor Discovery (NDP)

- Nahrazuje ARP (IPv4), slouží k překladu IPv6 adresy → MAC, objevení sousedů a routerů.
- Používá multicast, méně zatěžuje síť.

## Funkce navíc

- Router Solicitation/Advertisement – autokonfigurace (SLAAC).
- Duplicate Address Detection – zjištění, zda nikdo nepoužívá stejnou adresu.
- Unreachability detection – zjištění, zda je soused stále aktivní.

Tímto je ve verzi pro IPv6 zajištěna pokročilejší, škálovatelná a efektivnější správa adres a sousedů v síti.

# Kontrolní otázky

1. Proč v IPv6 neexistuje ARP a jaký mechanismus ho nahrazuje?
2. Jaké typy ICMPv6 zpráv se používají pro „ping“ a jak se liší od protokolu ICMP v IPv4?
3. K čemu slouží Router Solicitation (RS) a Router Advertisement (RA)?
4. Jaký je rozdíl mezi Neighbor Solicitation (NS) a Neighbor Advertisement (NA)?
5. Co je Duplicate Address Detection (DAD) a proč je v IPv6 důležitá?
6. Jak lze zabezpečit NDP proti podvržení (spoofing) a jaké potíže to může přinést v praxi?

# Kontrolní otázky

1. **Tanenbaum, A. S., Wetherall, D.:** *Počítačové sítě*, 5. vydání (v češtině) – Kapitoly o IPv6, ICMPv6, Neighbor Discovery.
2. **Kurose, J. F., Ross, K. W.:** *Computer Networking: A Top-Down Approach* – Přehled protokolů IPv6 a ICMPv6.
3. **RFC 4443** – *ICMP for IPv6 (ICMPv6)*.
4. **RFC 4861** – *Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)*.
5. **Cisco Networking Academy:** *CCNA materiály* – Praktické příklady konfigurace a testování ICMPv6, NDP.