

Adresy v internetovém protokolu verze 6 (I)

V tomto a dalším díle IPv6 seriálu se budeme věnovat různým typům IPv6 adres, vysvětlíme si jejich formát zápisu, k čemu se používají a kde se s nimi můžeme setkat.

Rozsah a zápis IPv6 adres

IPv6 adresa má 128 bitů a je tedy 4x větší než IPv4 adresa s 32 bity. Vezmeme-li v úvahu, že s tímto 128 bitovým rozsahem lze mít až 36 165 koncových sítí na jeden čtvereční metr povrchu Země, kde v každé této síti může být až $1,84 \cdot 10^{19}$ koncových zařízení, měli bychom si s IPv6 adresami na dosti dlouhou dobu vystačit.

Pro zápis IPv6 adres byla zvolena šestnáctková soustava, 128 bitů (16 bajtů) je rozděleno znakem dvojtečky na osm dvou bajtových „bloků“. Jelikož může být zápis IPv6 adresy poměrně dlouhý, lze uplatnit dvě pravidla pro jeho zkrácení. Počáteční nuly v každém „bloku“ lze vynechat a sousedící nulové „bloky“ lze nahradit znakem dvojité dvojtečky „::“. Pravidlo dvojité dvojtečky, lze z důvodu jednoznačnosti adresy aplikovat pouze jednou. Například tuto adresu „2001:0db8:ab00:00c3:0000:0000:0000:0002“ lze zkráceně zapsat takto „2001:db8:ab00:c3::2“.

Typy IPv6 adres

Abychom se v IPv6 adresách lépe orientovali, rozdělíme si je dle způsobu adresování do několika skupin:

Individuální (Unicast) – adresa identifikující právě jedno síťové rozhraní.

Skupinové (Multicast) – skupinová adresa může identifikovat více síťových rozhraní. Paket poslaný na tuto adresu bude doručen na všechna síťová rozhraní (stanice) v dané skupině.

Výběrové (Anycast) – tato adresa může identifikovat více síťových rozhraní, ale paket poslaný na tuto adresu bude doručen, z pohledu směrování, pouze nejbližšímu z nich.

Marně však budete v IPv6 hledat *všesměrovou* (Broadcast) adresu. Její funkcionality byla nahrazena skupinovou adresou pro všechny hosty, ale to už trochu předbíháme.

Individuální (Unicast) adresy můžeme dále rozdělit dle použití na:

Nespecifikované (Unspecified)

Computerworld, 11.3. 2011

Zpětnou smyčku (Loopback)
Linkové lokální (Link-Local Unicast)
Unikátní lokální (Unique Local Unicast)
Globální (Global Unicast)
IPv4-mapované (IPv4-mapped)
a adresy vyhrazené pro tunelování

Nyní, když už máme představu, jaké druhy IPv6 adres existují, můžeme si vysvětlit jejich význam a kde se s nimi lze setkat. Pokud má čtenář k dispozici počítač, může si pro lepší představu vypsat IPv6 adresy na svém systému pomocí následujících příkazů. Jak si dále ukážeme, každý počítač má v dnešní době nějakou IPv6 adresu, škoda jen, že mezi nimi nejsou ty „správné“ (nativní) od poskytovatele připojení k Internetu.

Operační systém	Linux	Windows
Individuální adresy	ip -6 addr	netsh int ipv6 show address
Skupinové adresy	ip -6 maddr	netsh int ipv6 show joins

Ukázka možného výstupu na systému Linux:

```
manu@linux:~$ ip -6 a
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 16436
   inet6 ::1/128 scope host
       valid_lft forever preferred_lft forever
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qlen 1000
   inet6 2001:1488:ac14:1400:218:8bff:fe80:3a42/64 scope global dynamic
       valid_lft 2591909sec preferred_lft 604709sec
   inet6 fe80::218:8bff:fe80:3a42/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
manu@linux:~$ ip -6 maddr
1:    lo
     inet6 ff02::1
2:    eth0
     inet6 ff02::1:ffcd:3a42 users 2
     inet6 ff02::1
```

Ukázka možného výstupu na systému Windows 7:

```
C:\>netsh int ipv6 show add

Rozhraní 1: Loopback Pseudo-Interface 1
Typ adresy Stav DAD Platná doba života Upřed. doba života Adresa
-----
Jiné Upřednostňovaná infinite infinite ::1

Rozhraní 13: isatap.{BFBD8140-7DE4-4702-A7D9-C22C23175063}
Typ adresy Stav DAD Platná doba života Upřed. doba života Adresa
-----
Jiné Nepoužívaná infinite infinite fe80::5efe:10.0.0.42%13

Rozhraní 12: Připojení k místní síti*
Typ adresy Stav DAD Platná doba života Upřed. doba života Adresa
-----
Veřejná Upřednostňovaná infinite infinite 2001:0:5ef5:79fd:1c34:3164:f5ff:ffd5
Jiné Upřednostňovaná infinite infinite fe80::1c34:3164:f5ff:ffd5%12

Rozhraní 11: Připojení k místní síti
Typ adresy Stav DAD Platná doba života Upřed. doba života Adresa
-----
Dočasná Upřednostňovaná 6d21h15m14s 6d21h15m14s 2001:1488:a000:0:dc7:a2e6:f42d:75bf
Veřejná Upřednostňovaná infinite infinite 2001:1488:a000:0:304d:d5e5:6534:edea
Jiné Upřednostňovaná infinite infinite fe80::304d:d5e5:6534:edea%11
```

Následující dvě IPv6 adresy jsou součástí každého moderního operačního systému.

IPv6 adresa zpětné smyčky (::1/128)

Formát zápisu: 0:0:0:0:0:0:0:1 nebo zkráceně ::1. Tato adresa je přiřazena speciálnímu rozhraní „Loopback“, které lze přeložit jako rozhraní zpětné smyčky a používá se pro komunikaci stanice sama se sebou.

Linkové lokální (fe80::/10)

Jak už název napovídá, platnost adresy je pouze v rámci přímo připojeného segmentu neboli fyzické linky a nejsou tedy směrovatelné. Používá se například při automatické konfiguraci, objevování sousedů či pro komunikaci se stanicemi na lokální síti. Tuto adresu přiřazuje operační systém automaticky ke každému síťovému rozhraní. Linkové lokální adresy začínají vždy prefixem fe80::/10, pak následují samé nuly a posledních 64bitů je identifikátor rozhraní. Ukázka linkové lokální adresy z výše uvedeného výpisu:

Systém Linux: fe80::218:8bff:fe8d:3a42

Systém Windows: fe80::304d:d5e5:6534:edea%11

Než se budeme věnovat dalším adresám, vysvětlíme si blíže identifikátor rozhraní a co znamená „%11“ u linkové adresy.

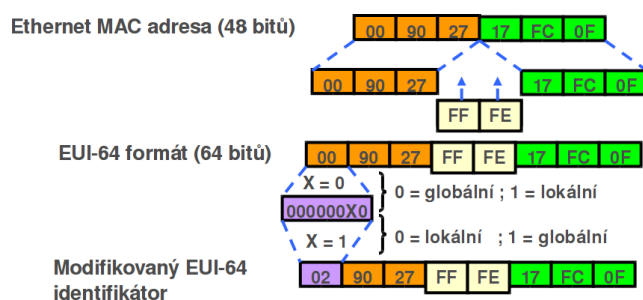
Identifikátor rozhraní

Identifikátor rozhraní se používá pro identifikaci koncových stanic v síti, respektive jejich síťových rozhraní a v IPv6 adrese zaujímá posledních 64bitů. Délka 64 bitů je fixní, to znamená, že v každé podsíti je možnost adresovat až $1,84 \cdot 10^{19}$ koncových stanic. K vytvoření identifikátoru rozhraní existuje více metod:

- * automaticky z MAC adresy v modifikovaném EUI-64 formátu (výchozí pro OS Linux, Cisco, Juniper, Windows XP či Windows Server 2003)
- * manuálně nastavený
- * dočasně či trvale náhodně vygenerovaný (výchozí pro Windows Vista, Windows Server 2008, Windows 7)
- * a dokonce mohou existovat identifikátory kryptograficky generované

Proces vytvoření identifikátoru z MAC adresy v modifikovaném EUI-64 formátu zobrazuje následující obrázek.

Jako základ se použije MAC adresa síťového rozhraní, která má 48 bitů. Jelikož je potřeba 64 bitů, vloží se doprostřed dva fixní bajty v šestnáctkové soustavě 'ff:fe'. Nyní je ještě potřeba invertovat význam sedmého bitu prvního bajtu, který určuje, zdali je identifikátor globálně jednoznačný. Například pokud máme MAC adresu „00:18:8b:cd:3a:42“ bude globální EUI-64 modifikovaný identifikátor rozhraní vypadat takto „218:8bff:fe:cd:3a42“.



původní obrázek: [1] Scott Hogg: IPv6 Implementation and Practise, 2006

Naopak lokální identifikátor si administrátor přiřazuje sám a může tedy zvolit i velmi krátký zápis, jako např. „0:0:0:1“ či „0:0:0:f“. V plné podobě by pak IPv6 adresa mohla vypadat 2001:db8:ab00:c3::f.

Když se nyní vrátíme k linkovým lokálním adresám z našeho výpisu, lze poznat, že Linux pro identifikátor použil EUI-64 modifikovaný formát a Windows 7 identifikátor náhodně vygenerovaný.

Identifikátor zóny

Zjednodušeně řečeno pomáhá zvolit správné síťové rozhraní pro odchozí komunikaci. U linkových lokálních či skupinových adres nemusí být jasné, jaké rozhraní použít, protože nelze sledovat žádnou směrovací

Computerworld, 11.3. 2011

tabulku pro tyto adresy. Proto se k adrese uvádí znak procento, následovaný „indexem zóny“. Zóna může být označena buď indexem rozhraní (např. %11) nebo jeho jménem (např. %eth0).

Na Linux by se pak pro přihlášení na stanici s adresou fe80::2d0:bfff:fe5c:341a použil příkaz:

```
$ ssh fe80::2d0:bfff:fe5c:341a%eth0
```

Globální individuální (2000::/3)

Největší část z IPv6 rozsahu zabírají globální individuální adresy. Zatím je pro ně vyhrazen prefix 2000::/3, ale v zásobě je jich mnohem více. Globální IPv6 adresa je ekvivalentem k veřejné IPv4 adrese a v budoucnu budou všichni na Internetu mezi sebou komunikovat právě těmito adresami. Globální IPv6 adresa se skládá z globálního směrovacího prefixu, identifikátoru podsítě a identifikátor síťového rozhraní. Konkrétní zápis globální IPv6 adresy z našeho ukázkového výpisu pak vypadá takto:

Linux: 2001:1488:ac14:1400:218:8bff:fe5c:3a42/64

Windows: trvalá (veřejná) 2001:1488:a000:0:304d:d5e5:6534:ede6 a dočasná

2001:1488:a000:0:dc7:a2e6:f42d:75bf

Na Windows 7 se ve výchozím nastavení generuje k rozhraní hned dvě globální adresy a to dočasná adresa s náhodným identifikátorem a trvalá adresa s náhodným identifikátorem. Dočasná adresa se používá při navázání spojení do Internetu z důvodu částečné anonymity a každých sedm dnů se vygeneruje nová, přesněji řečeno se vygeneruje nový identifikátor rozhraní. Trvalou adresu pak lze použít jako fixní bod pro navázání komunikace z venku nebo pro záznam do DNS.

Pokud by bylo potřeba ve Windows vypnout používání dočasných adres, lze použít příkaz:

```
netsh int ipv6 set privacy state=disable
```

Pro vypnutí náhodných identifikátorů pak příkaz:

```
netsh int ipv6 set global randomizeidentifiers=disable
```

V dalším článku budeme pokračovat v popisu individuálních IPv6 adres, probereme nejběžnější skupinové adresy a seznámíme se s adresami pro tunelovací mechanismy.

Autor: Emanuel Petr, Laboratoře CZ.NIC, výzkumné a vývojové centrum správce české národní domény.