

IPv6 — Protokół następnej generacji

Bartłomiej Świercz

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych

Łódź, 13 maja 2008

Protokół IPv6 często nazywany również IPNG (Internet Protocol Next Generation) jest następcą powszechnie wykorzystywanego obecnie (w dniu prezentacji) protokołu warstwy sieciowej IPv4. Główną motywacją projektu IPv6 była gwałtownie kurcząca się pula adresów IP.

Protokół IPv6 został zaproponowany i rekomendowany przez Internet Engineering Task Force w roku 1994. IPv6 opisany jest w dokumentach RFC 1883 i 1884.

Główną zmianą w adresowaniu pakietów IPv6 jest wydłużenie przestrzeni adresowej z 32-bitowej do 128-bitowej.

Główną zmianą w adresowaniu pakietów IPv6 jest wydłużenie przestrzeni adresowej z 32-bitowej do 128-bitowej.

$$\text{Dla IPv4: } 2^{32} \approx 4,3 \times 10^9$$

Oznacza to, że na każdy **km²** Ziemi przypada **8,42** adresów IPv4.

Główną zmianą w adresowaniu pakietów IPv6 jest wydłużenie przestrzeni adresowej z 32-bitowej do 128-bitowej.

$$\text{Dla IPv4: } 2^{32} \approx 4,3 \times 10^9$$

Oznacza to, że na każdy **km²** Ziemi przypada **8,42** adresów IPv4.

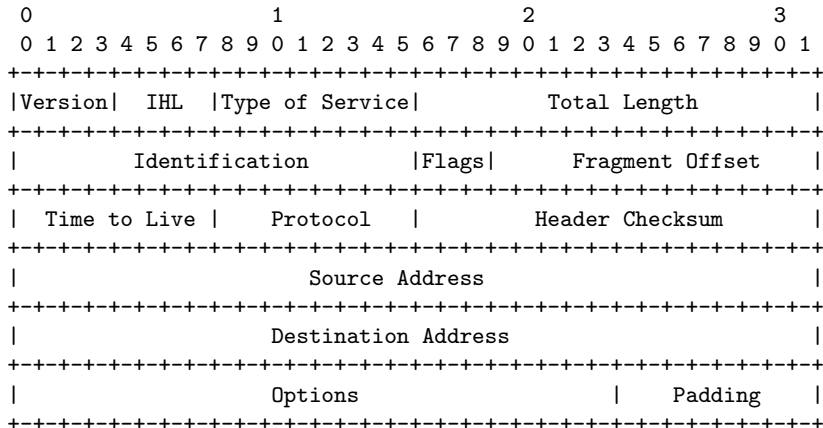
$$\text{Dla IPv6: } 2^{128} \approx 3,4 \times 10^{38}$$

Obrazowo tłumacząc za pomocą puli adresowej o długości 128 bitów można na każdym **mm²** Ziemi przypisać **$6,7 \times 10^{17}$** adresów.

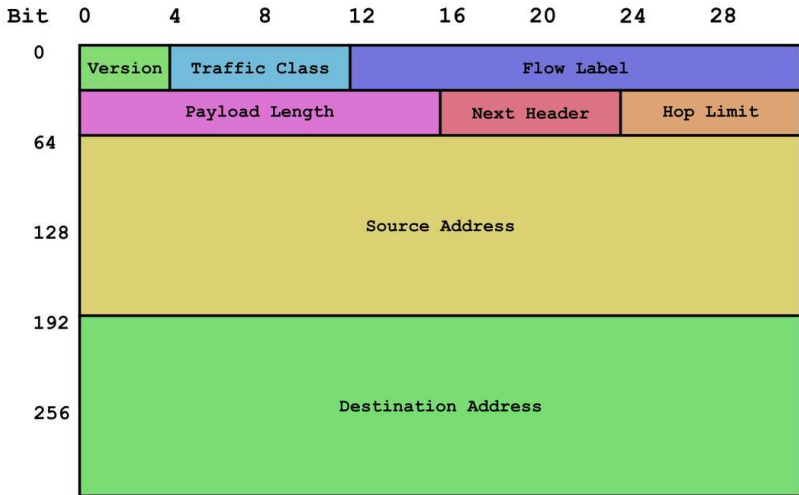
Podczas prezentacji postaram się wykazać, że IPv6 dostarcza wiele udogodnień w stosunku do IPv4. Niektóre z nich są wymienione poniżej:

- 128-bitowa przestrzeń adresowa i w konsekwencji powiększona pula adresowa.
- Autokonfiguracja.
- Kryptografia i uwierzytelnianie (IPsec).
- Elastyczny format nagłówka.
- Wielopoziomowa hierarchia adresów.
- Zmniejszone obciążenie routerów pośrednich podczas przetwarzania nagłówka.
- Możliwość rezerwowania zasobów (QoS).
- Rozszerzalność protokołu.

Dla przypomnienia format nagłówka pakietu IPv4 według dokumentu RFC 791:



Pakiet IPv6



Przyjęło się dzielić adres IPv6 na dwie części:

- 64-bitowy prefiks sieci lub podsieci,
- 64-bitowy adres hosta, który najczęściej generowany jest automatycznie z adresu sprzętowego MAC.

Sposób adresowania IPv6 został zdefiniowany w dokumentach RFC 2373 i 2374.

Sposób zapisu adresów IPv6

Adresy IPv6 zapisuje się jako ciąg ośmiu grup czterech heksadecymalnych cyfr, np:

2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7334

2001:0db8:0000:0000:0000:0000:1428:57ab

2001:0db8:0000:0000:0000::1428:57ab

2001:0db8:0:0:0:0:1428:57ab

2001:0db8:0::0:1428:57ab

2001:0db8::1428:57ab

2001:db8::1428:57ab

Dopuszcza się użycie notacji ze znakiem "." dla czterech ostatnich bajtów: ::ffff:1.2.3.4. Adres taki odpowiada adresowi ::ffff:102:304.

Podobnie jak adresy sieci IPv4, sieci IPv6 również mogą być zapisane używając notacji CIDR. Zapis ten składa się z notacji bitowej maski sieci i adresu bazowego sieci, np:

2001:1234:5678:9ABC::/64.

Zapis taki oznacza zbiór adresów:

- od 2001:1234:5678:9ABC::,
- do 2001:1234:5678:9ABC:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF.

Czasami można spotkać zapis adresu pojedynczego węzła sieci z maską /128, co jest zgodne z notacji CIDR.

Określenie numeru portu

Numer portu w adresie IPv6 podaje się po dwukropku i po wcześniejszym otoczeniu adresu IPv6 nawiasami klamrowymi.
Przykładowy adres URL:

```
http://[2001:0db7:86a3:08a3:1319:8a2e:0370:7344]:443/
```

- `::/128` — Adres zawierający same zera, który oznacza każdy adres i jest używany jedynie przez oprogramowanie.
- `::1/128` — Adres pętli zwrotnej hosta. Odpowiada adresowi `127.0.0.1` IPv4.
- `::/96` — zerowy prefiks jest użyty dla adresów kompatybilnych z IPv4 (mechanizm przejścia).
- `::ffff:0:0/96` — prefiks używany do mapowania adresów IPv4 (mechanizm przejścia).
- `2001:db8::/32` — adresy używane w przykładach i w dokumentacji protokołu IPv6. Adresy z tej puli nigdy nie będą wykorzystane.

- `fc00::/7` — unikalny unicastowy adres lokalny routowalny jedynie w dedykowanym segmencie sieci. Adres zawiera 40-bitowy pseudolosowy numer w celu minimalizacji konfliktów w przypadku łączenia pakietów lub przypadkowego opuszczenia segmentu sieci przez pakiet. Adresy te mają zastąpić adresy lokalne site-local.
- `fe80::/10` — prefiks link-local oznaczający, że adres jest prawidłowy jedynie w obrębie sieci lokalnych. Jest to analogiczny adres do adresu autokonfiguracyjnego IPv4 `169.254.x.x`.
- `fec0::/10` — Prefiks site-local oznaczający, że adres jest ważny jedynie w obrębie organizacji. Adres ten jest nieaktualny od września 2004 roku.
- `ff00::/8` — Prefiks używany do adresów multicastowych.

- `3ffe::/16` — Adresy sieciowe sieci IPv6 6BONE. Sieć ta została wycofana z użycia w 2006 roku.
- `2001::/24` — Pula adresów produkcyjnych przydzielanych przez organizacje takie jak RIPE.
- `2002::/24` — Adresy wykorzystywane w sieciach 6to4 przydzielane na podstawie publicznych adresów IPv4.

Autokonfiguracja węzłów w sieciach IPv6

Komputery wykorzystujące protokół IPv6 mogą być skonfigurowane automatycznie po podłączeniu do routowalnej sieci IPv6. Komputer przy pierwszym podłączeniu do sieci wysyła na adres multicastowy link-local żądanie o parametry konfiguracyjne. Ruter odpowiada na żądanie przesyłając parametry konfiguracyjne warstwy sieciowej.

Jeżeli bezstanowa autokonfiguracja jest nieodpowiednia dla danego segmentu sieci to można do tego celu wykorzystać protokół DHCPv6.

Dla hostów w sieciach LAN przydzielane są adresy z maską 64. Umożliwia to tworzenie unikalnych adresów IPv6 w oparciu o adresy MAC interfejsu przyłączonego węzła. Dla węzła sieciowego o adresie MAC 11:22:33:44:55:66 adres IPv6 będzie miał postać:

```
prefiks_sieci:1322:33ff:fe44:5566
```

Reguły tworzenia adresu:

- pierwsza część adresu MAC zwiększana jest o 2,
- w środek wstawiane jest FFFE.

Informacja o 64 bitowym prefiksie rozsyłana jest przez routery działające w danej sieci LAN za pomocą protokołu ICMPv6. Jeżeli host nie uzyskał prefiksu danej sieci LAN to może być użyty w miejsce prefiksu adres FE80::, czyli:

FE80:0000:0000:0000

Adres taki nazywa się link-local i nie jest on routowany na zewnątrz sieci LAN. Adresy link-local mogą być używane zawsze w obrębie danej sieci LAN nawet wtedy, gdy znany jest prefiks sieci.

Protokół IPv6 implementuje protokół służący do budowania bezpiecznych segmentów sieci IPsec. W przeciwieństwie do protokołu IPv4, IPsec jest integralną częścią protokołu IPv6.

Nagłówek IPv6 pozwala na osadzenie wewnątrz pakietu dodatkowych nagłówków:

- rozszerzonego routingu,
- fragmentacji i scalania,
- uwierzytelnianie i bezpieczeństwo,
- enkapsulacja,
- opcje hop-by-hop,
- opcje analizowane przez węzeł przeznaczenia.

Routowanie pakietów IPv6 opiera się w większości na tych samych zasadach co routowanie pakietów IPv4 w konwencji adresowej CIDR. Dodatkowo routing IPv6 dostarcza pewnych rozszerzeń:

- wybór dostawcy usług (Provider selection),
- mobilność węzła (Host mobility),
- automatyczna zmiana adresu (Auto-readdressing).

- 24-bitowe pole Flow labels.
- 4-bitowe pole Traffic Class:
 - 0 Uncharacterized traffic,
 - 1 "Filler" traffic (e.g., netnews),
 - 2 Unattended data transfer (e.g., email),
 - 3 (Reserved),
 - 4 Attended bulk transfer (e.g., FTP, HTTP, NFS),
 - 5 (Reserved),
 - 6 Interactive traffic (e.g., telnet, X),
 - 7 Internet control traffic (e.g., routing protocols, SNMP).

Jedynym z podstawowych założeń protokołu IPv6 była płynna migracja z protokołu IPv4. Migracja taka oznacza możliwość koegzystencji protokołów IPv4 i IPv6.

Mechanizm przejściowy IPv6 zapewnia:

- Stopniowe przejście i wdrażanie IPv6.
- Minimalne wymagania odnośnie wdrażania IPv6 (DNS).
- Prostota adresowania.
- Możliwość enkapsulowania pakietów IPv4 wewnątrz pakietów IPv6.
- Protokół IPv6 działa wyłącznie na warstwie sieciowej co pozwala na użycie obecnych protokołów warstwy transportowej.