

IPv6

Zapis adresów IPv6

128-bitowy adres IPv6 jest zapisywany w postaci szesnastkowej z dwukropkiem separującym 16-bitową sekcję adresu.

przykład:

2001:0db8:0000:0001:0000:0000:0000:0001

w celu uproszczenia zapisu można, w każdej sekcji osobno, pominąć nieznaczące wiodące zera

przykład:

2001:db8:0:1:0:0:0:1

dodatkowo w adresach, w których występują bezpośrednio po sobie wartości 0 można wykonać tzw. kompresję zer, czyli zastąpić dowolny ciąg sekcji zero symbolem podwójnego dwukropka

przykład:

2001:db8:0:1::1

Uwaga: Kompresję zer można w adresie wykonać tylko jeden raz

Alternatywny format adresów IPv6 stanowi połączenie notacji z kropkami i z dwukropkami, co umożliwia wbudowanie adresu IPv4 w adres IPv6. Wartości szesnastkowe są podawane dla położonych najbardziej na lewo 96 bitów, a wartości dziesiętne dla położonych najbardziej na prawo 32 bitów wskazując wbudowany adres IPv4. Format taki zapewnia zgodność pomiędzy węzłami IPv6 i IPv4 w trakcie pracy w mieszanym środowisku sieciowym.

Adres IPv6 odwzorowany na protokole IPv4 wykorzystuje format alternatywny. Ten typ adresu jest używany do reprezentowania węzłów IPv4 jako adresów IPv6. Umożliwia bezpośrednią komunikację aplikacji IPv6 z aplikacjami.

Na przykład **0:0:0:0:0:ffff:192.1.56.10**

lub **::ffff:192.1.56.10/96** (format skrócony).

Istnieją następujące podstawowe typy adresów IPv6:

Adres pojedynczy (unicast)

Adres pojedynczy określa pojedynczy interfejs. Pakiet wysłany na docelowy adres pojedynczy przechodzi od jednego hosta, do hosta docelowego.

Istnieją dwa typy regularne adresów pojedynczych:

Adres segmentowy (link-local)

Adresy przeznaczone do stosowania w pojedynczych połączeniach lokalnych (w sieci lokalnej) i są automatycznie konfigurowane dla wszystkich interfejsów. Ten typ adresu korzysta z przedrostka fe80::/10. Routery nie przekazują pakietów, które zawierają adres segmentowy jako adres docelowy lub źródłowy.

Adres globalny (global)

Adresy przeznaczone do stosowania w dowolnej sieci. Ich przedrostek zaczyna się od 001 w postaci binarnej.

Istnieją dwa zdefiniowane specjalne adresy pojedyncze:

Adres nieokreślony (unspecified)

Adres nieokreślony to 0:0:0:0:0:0:0:0. Można go skrócić do postaci dwóch dwukropków (::). Adres nieokreślony oznacza brak adresu i może nie być przypisany do hosta. Może być używany przez hosta IPv6, który jeszcze nie ma przypisanego adresu. Na przykład gdy host wysyła pakiet, aby wykryć czy adres jest wykorzystywany przez inny węzeł, korzysta z adresu nieokreślonego jako swojego adresu źródłowego.

Adres pętli zwrotnej

Adres pętli zwrotnej to 0:0:0:0:0:0:0:1. Adres ten może zostać skrócony do ::1. Jest to adres używany przez węzeł do wysyłania pakietów do siebie.

Adres dowolny (anycast)

Adres ten określa zbiór interfejsów, które mogą być w różnych miejscach, ale które współużytkują jeden adres. Pakiet wysłany na adres dowolny idzie tylko do najbliższego interfejsu z tej grupy.

Adres grupowy (multicast)

Adres ten określa zbiór interfejsów, które mogą być w wielu miejscach. Przedrostek tego adresu to ff. Kopia pakietu wysłanego na adres grupowy jest dostarczana do każdego członka w grupie.

Podział puli adresowej adresów IPv6

Pula adresów IPv6 została podzielona w następujący sposób:

Prefix	Opis
:: /128	Adres nieokreślony
:: /0	Adres trasy domyślnej w routingu
::1 /128	Adres loopback, odpowiednik adresu 127.0.0.1 w IPv4
2000:: /3	Adresy unicastowe
2001:db8:: /32	Adresy przeznaczone do umieszczania w publikacjach, nie będą wykorzystywane produkcyjnie
FC00:: /7	Nieroutowalne adresy prywatne. Odpowiednik adresów IPv4: 10.0.0.0 /8, 172.16.0.0 /13, 192.168.0.0 /16
FE80:: /10	Adresy autokonfiguracji łącza, pakiety nie są przekazywane poza podsieć, jej działanie jest analogiczne do automatycznie konfigurowanych adresów z puli 169.254.0.0 /16 w IPv4
FF00:: /8	Adresy multicastowe
Adresy wycofane z puli używanych adresów IPv6	
:: /96	Pula zarezerwowana dla zachowania kompatybilności z protokołem IPv4 (pierwsze 96 bitów stanowią 0, pozostają 32 bity na adresy w formacie IPv4)
0200:: /7	Zarezerwowane przez IETF

Nagłówek IP v6

Bity	0-3	4-7	8-11	12-15	16-19	20-23	24-27	28-31
0	Wersje	Priorytet		Etykieta przepływu				
32	Długość danych				Następny nagłówek		Limit przeskoków	
64	Adres nadawcy							
96								
128								
160								
192	Adres odbiorcy							
224								
256								
288								

Wersja - numer aktualnie używanej wersji protokołu IP.

Priorytet - określa numer priorytetu pakietu w stosunku do innych pakietów z tego samego źródła, wartości od 0 do 7, w IPv4 pole to nazywało się ToS.

Etykieta przepływu - pomaga odróżnić pakiety, które wymagają takiego samego taktowania.

Długość danych - określa wyrażoną w bajtach długość następującej po nagłówku części danych, do wartości tego pola zaliczane są nagłówki rozszerzeń i PDU warstw wyższych.

Następny nagłówek - identyfikuje typ następnego nagłówka, pozwalając określić, czy jest to nagłówek rozszerzeń czy nagłówek warstwy wyższej np. TCP, UDP, ICMPv6.

Limit przeskoków (hop limit) - określa ilość węzłów, po odwiedzeniu których pakiet zostaje porzucony, w IPv4 pole to nazywało się TTL

Nagłówek pakietu IPv4

W nagłówku IP zawarte są instrukcje dostarczenia i obsługi pakietu IP. Gdy pakiet dociera do interfejsu routera to musi on wiedzieć czy jest to pakiet IPv4 czy IPv6. Aby się tego dowiedzieć router odczytuje dane z nagłówka.

Bajt 1		Bajt 2	Bajt 3	Bajt 4
Wersja	Długość nagłówka IP (IHL)	Typ usługi (ToS)	Długość pakietu	
Identyfikator			Flagi	Przesunięcie fragmentu
Czas życia (TTL)	Protokół		Suma kontrolna nagłówka	
Adres źródłowy				
Adres docelowy				
Opcje				Dopełnienie
Dane				

- Źródłowy adres IP - 32-bitowa wartość reprezentująca nadawcę
- Docelowy adres IP - 32-bitowa wartość reprezentująca odbiorcę
- TTL (time to live) - 8-bitowe pole opisuje maksymalną liczbę skoków, jaka może zostać wykonana, zanim pakiet zostanie uznany za stracony lub niemożliwy do dostarczenia. Każdy router, przez który pakiet jest obsługiwany, zmniejsza wartość pola o 1. Pakiet zostaje usunięty, gdy wartość TTL osiągnie 0.

- ToS (type of service) - typ usługi, 8-bitowe pole opisujące poziom priorytetu przepustowości, jaki router powinien przyjąć przy przetwarzaniu pakietu.
- Protokół - 8-bitowe pole, w którym jest określany protokół warstwy wyższej np. TCP, UDP lub ICMP, przez który zostanie odebrany pakiet po przejściu dekapulacji i przekazaniu do warstwy transportu.
- Flaga i przesunięcie fragmentu - router przekazując pakiet do nośnika, w którym obowiązuje mniejsza wartość MTU, może zostać zmuszony do podzielenia pakietu. Gdy wystąpi fragmentacja, do odtworzenia pakietu zostają użyte te pola w hoście docelowym. Pole przesunięcia określa kolejność, w jakiej fragmenty mają być poskładane w pierwotny pakiet.
- Wersja - pokazuje wersję protokołu IP (wersja 4 czy 6)
- Długość nagłówka - informuje router o długości nagłówka
- Długość pakietu - całkowita długość pakietu włącznie z nagłówkiem. Minimalna długość pakietu to 20 bajtów (nagłówek bez żadnych danych), a maksymalna długość pakietu zawierającego dane to 65536 bajtów
- Identyfikacja - wartość wysyłana przez źródło w celu ułatwienia zestawienia fragmentów.
- Suma kontrolna nagłówka - wielkość ustalana na podstawie bitów nagłówka i sprawdzana przez każdy występujący po drodze router.
- Opcje - rzadko wykorzystywane pole, które musi być wykorzystywane na specjalne potrzeby routingu.
- Wypełnienie - pole jest wypełniane bitami, gdy dane nagłówka nie kończą się na granicy 32 bitów.

Porównanie protokołów IPv4 i IPv6

Opis	IPv4	IPv6
Adres	Długość 32 bity (4 bajty). Składa się z części sieciowej i części hosta, która zależy od klasy adresu. W zależności od paru początkowych bitów, zdefiniowane są różne klasy adresów: A, B, C, D i E. Łączna liczba adresów IPv4 wynosi 4 294 967 296. W postaci tekstowej adres IPv4 jest następujący: $nnn.nnn.nnn.nnn$, gdzie $0 \leq nnn \leq 255$, a każdy znak n jest cyfrą dziesiętną. Zera wiodące można pominąć. Maksymalna liczba drukowanych znaków wynosi 15, nie licząc maski.	Długość 128 bitów (16 bajtów). Podstawowa architektura zakłada 64 bity na numer sieci i 64 bity na numer hosta. Część hosta w adresie IPv6 (lub jej fragment) będzie często wyprowadzana z adresu MAC lub innego identyfikatora interfejsu. W zależności od przedrostka podsieci protokół IPv6 ma bardziej skomplikowaną architekturę niż IPv4. Liczba adresów IPv6 jest 10^{28} (79 228 162 514 264 337 593 543 950 336) razy większa niż liczba adresów IPv4. Adres IPv6 w postaci tekstowej wygląda następująco: $xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx$, gdzie każdy znak x to cyfra szesnastkowa reprezentująca 4 bity. Zera wiodące można pominąć. W postaci tekstowej adresu można jednokrotnie użyć podwójnego dwukropka ($::$), wskazującego dowolną liczbę bitów zerowych.

Opis	IPv4	IPv6
Przydzielanie adresu	Pierwotnie adresy były wyznaczane przez klasę sieci. Przestrzeń adresowa została uszczuplona, zrobiono mniejsze przydziały za pomocą metody CIDR. Liczba adresów przydzielonych państwom i instytucjom nie jest zrównoważona.	Przydzielanie znajduje się dopiero w fazie początkowej. Zarówno grupa wykonawcza IETF, jak i komisja IAB zaleciły, aby w pierwszym rzędzie dla każdej organizacji, domu lub jednostki została przydzielona długość przedrostka podsieci /48. Zostawi to organizacji 16 bitów na realizację podsieci. Przestrzeń adresowa jest wystarczająco duża, aby każda osoba na świecie miała swoją własną długość przedrostka podsieci /48.
Maska adresu	Używana do oddzielenia części sieciowej od części hosta.	Nieużywana
Przedrostek adresu	Czasami używany do oddzielenia części sieciowej od części hosta. Zapisywany w prezentowanej postaci adresu jako przyrostek /nn.	Używany do oddzielenia przedrostka podsieci adresu. Zapisywany po drukowanej postaci adresu jako przyrostek /nnn (do 3 cyfr dziesiętnych, gdzie $0 \leq nnn \leq 128$). Przykładem jest adres fe80::982:2a5c/10, gdzie pierwszych 10 bitów obejmuje przedrostek podsieci.
Protokół ARP	Protokół ARP (Address Resolution Protocol) jest wykorzystywany w IPv4 do odnajdywania fizycznego adresu, na przykład adresu MAC lub adresu łącza powiązanego z adresem IPv4.	Protokół IPv6 osadza te funkcje w samym protokole IP jako część algorytmu bezstanowej automatycznej konfiguracji adresów i wykrywania sąsiada za pomocą protokołu ICMPv6. Dlatego też nie istnieje nic takiego jak ARP6.

Opis	IPv4	IPv6
Typy adresów	Adresy IPv4 można podzielić na trzy podstawowe typy: pojedyncze, grupowe i rozgłaszania.	Adresy IPv6 można podzielić na trzy podstawowe typy: pojedyncze, grupowe i dowolne (anycast).
Adresy prywatne i publiczne	Wszystkie adresy IPv4 są publiczne, poza adresami z zakresów wyznaczonych jako prywatne w dokumencie RFC 1918 grupy IETF: 10.*.*.* (10/8), 172.16.0.0 do 172.31.255.255 (172.16/12) i 192.168.*.* (192.168/16). Domeny adresów prywatnych są zwykle używane wewnątrz organizacji. Adresy prywatne nie mogą być kierowane przez Internet.	Protokół IPv6 ma podobną koncepcję, ale z ważnymi różnicami. Adresy są publiczne lub tymczasowe, poprzednio były nazywane anonimowymi. Patrz dokument RFC 3041. W przeciwieństwie do adresów prywatnych IPv4, adresy tymczasowe mogą być kierowane globalnie. Inna jest także motywacja, adresy krótkotrwałe IPv6 mają osłonić tożsamość klienta, gdy nawiązuje on komunikację (związane są z ochroną prywatności). Adresy tymczasowe mają ograniczony czas życia i nie zawierają identyfikatora interfejsu, czyli dołączonego adresu MAC. Ogólnie są nie do rozróżnienia od adresów publicznych. W protokole IPv6 istnieje pojęcie ograniczonego zasięgu adresu, oparte na wbudowanych projektowo określeń zasięgu.
Nagłówek IP	Zmienna długość z zakresu od 20 do 60 bajtów, w zależności od obecności opcji IP.	Zmienna długość do 40 bajtów. Nie ma żadnych opcji nagłówka IP. Ogólnie nagłówek IPv6 jest prostszy niż nagłówek IPv4.

