



# **SIECI KOMPUTEROWE**

## **Adresacja IP v6**

# IPv6 - Internet Protocol Version 6

Cztery miliardy dostępnych adresów internetowych przestały wystarczać wobec gwałtownego rozwoju Internetu. Niemal każda kuchenka mikrofalowa i lodówka będą dysponowały własnymi adresami internetowymi, protokół IPv4 doszedł do kresu możliwości.

IPv4 nie ma mechanizmów bezpieczeństwa ani funkcji szyfrowania.

Nie spełnia wymagań aplikacji posługujących się strumieniową transmisją danych.

Wprowadzenie IPv6 zaleciła na początku lat dziewięćdziesiątych organizacja Internet Engineering Task Force (IETF, <http://www.ietf.org>). IETF jest główną organizacją, zajmującą się technicznym rozwojem i standaryzacją Internetu. Specyfikacja zawarta jest w RFC 1883.

Pierwsze wersje projektu IPv6 określano nazwą Internet Protocol next Generation (IPnG). W latach 1995 i 1996 powstało wiele projektów, pod nazwą Internet Protocol Version 6 (IPv6).

W roku 1997 IPv6 stał się tymczasowym standardem" (draft standard).

# Przegląd cech IPv6

IPv6 jest protokołem transportowym (jak IPv4) do przesyłania pojedynczych pakietów w sieci. W celu zagwarantowania kompletnej transmisji IPv6 może wykorzystywać protokoły wyższych warstw, np. TCP.

Najważniejsze elementy funkcjonalne protokołu to:

- adresy IP o długości 128 bitów
- uproszczona struktura nagłówek
- zagnieżdżone nagłówki do przesyłania opcji
- opcje szyfrowania i uwierzytelniania na poziomie IP
- nowa klasyfikacja strumieni danych (flows) w celu optymalizacji przesyłu danych audio i wideo
- uproszczenie ręcznej konfiguracji
- poprawa kontroli przepływu i rozpoznawanie wąskich gardeł
- specjalne mechanizmy do wykrywania i nadzoru sąsiadów w przypadku zastosowania w routerach.

# Przegląd cech IPv6

Całość ma służyć temu, żeby osoba nieuprawniona nie mogła odczytać wiadomości na drodze od nadawcy do odbiorcy. Pełne szyfrowanie zapewnia ponadto, że wiadomość nie zostanie zmieniona.

Druga z metod nie wymaga szyfrowania danych. Tworzona jest suma kontrolna do bloku danych, zabezpieczanego kluczem.

Zastosowanie sumy kontrolnej o wartości znanej tylko nadawcy daje jednocześnie bezpieczną metodę identyfikacji nadawcy.

IPv6 wykorzystuje Internet Control Message Protocol (ICMP) z kilkoma rozszerzeniami. Obecność elementów protokołu ICMP sygnalizuje w wersji 6 wartość 58 w polu Next. Najważniejsze zmiany w ICMP to:

- nowe formaty tłumaczenia nazw zamiast stosowanego dotychczas Address Resolution Protocol (ARP)
- elementy definicji maksymalnej wielkości pojedynczej transmisji (MTU - maximum transmission unit)
- nowe elementy sterowania grupami multicast zamiast Internet Group Management Protocol (IGMP) protokołu IPv4.

# Przegląd cech IPv6

## Szczegóły nagłówka IPv6

Uproszczenie struktury nagłówka zalicza się do najważniejszych nowości w specyfikacji IPv6.

W odróżnieniu od swojego odpowiednika z protokołu IPv4 nagłówek IPv6 został zredukowany do niezbędnego minimum.

Umożliwia to jego szybszą "obróbkę" i przyspiesza transport przez routery.

Bity	0-3	4-7	8-11	12-15	16-19	20-23	24-27	28-31
0	Wersja	Klasa ruchu	Etykieta przepływu					
32	Długość danych			Następny nagłówek		Limit przeskoków		
64	Adres źródłowy (128 bitów)							
96								
128								
160								
192	Adres docelowy (128 bitów)							
224								
256								
288								

# Nowe adresy

Zwiększenie długości adresu z 32 do 128 bitów daje 2128 możliwych adresów IP.

Oznacza to liczbę

340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456 różnych wartości  
- ta liczba wystarczy, aby każdemu kilometrowi kwadratowemu powierzchni Ziemi przypisać 665 570 793 348 866 943 898 599 adresów.  
Np. każda pralka automatyczna otrzyma swój adres IP.



# Architektura adresu IPv6

W ramach jednej grupy można pominąć początkowe zera.

Przykładowy adres IPv6

3ffe:8010:0007:00d3:0000:0000:0000:0005

Grupę 4 zer można zastąpić jednym

3ffe:8010:0007:00d3:0:0:0:0005

Zera nieznaczące można pominąć

3ffe:8010:7:d3:0:0:0:5

Aby skrócić długi adres, można zastąpić grupę następujących po sobie zer dwoma dwukropkami.

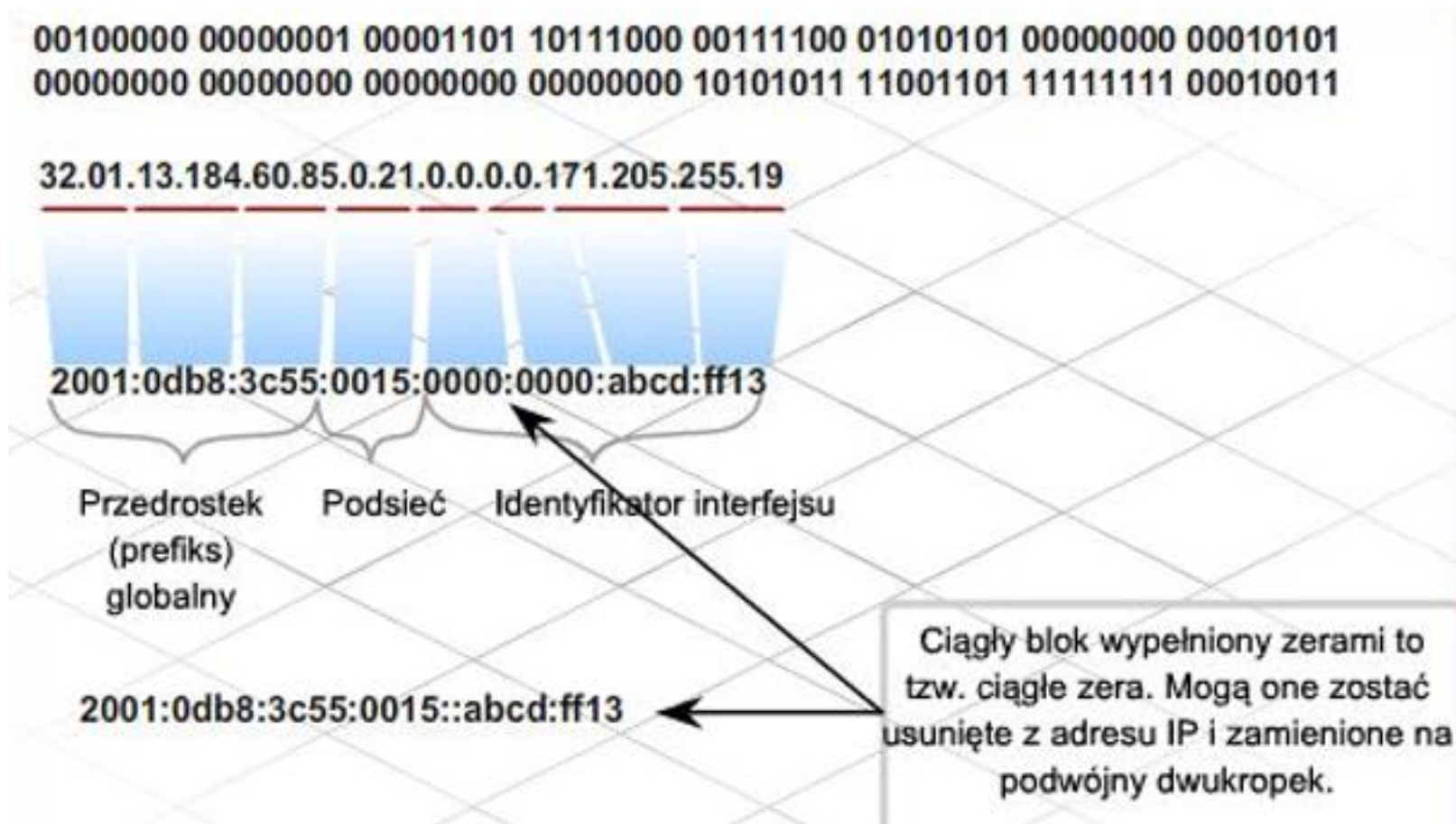
Agregacja zer

3ffe:8010:7:d3::5

Uwaga: Kompresję zer można w adresie wykonać tylko jeden raz.



# Hierarchia adresu IPv6



Adres IPv6 obejmuje 3 części: typ adresu (ang.prefix), identyfikator sieci (ang.subnetworkID) i identyfikator interfejsu (ang.interfaceID), będący jego numerem wewnątrz sieci

# Prefiks IPv6

Wskazuje blok przestrzeni adresowej lub sieć.

Prefix IPv6 jest pierwszą częścią adresu w bitach, który zawsze jest taki sam, a więc oznacza identyfikator sieci.

Długość prefiksu oznacza liczbę bitów, które tworzą część sieciową prefiksu adresu IPv6.

Na przykład, prefiks adresów

2001:db8:0:0::/64 oznacza, że prefiks to

2001:db8:0:0 a długość prefiksu wynosi 64 bity.

3ffe:8010:7:d3::5/64 oznacza, że prefiks to

3ffe:8010:7:d3:: a długość prefiksu wynosi 64 bity.

Przykład:

- 21DA:D3::/48 jest prefiksem trasy.
- 21DA:D3:0:2F3B::/64 jest prefiksem podsieci.

# Zasięg adresów IPv6

Adresy IPv6 mają zdefiniowany zasięg (ang. scope), który określa jakiej części sieci ten adres dotyczy.

Wartość	Zasięg	Opis
0x1	interface-local scope	adres o zasięgu interfejsu np. adres loopback ::1/128
0x2	link-local scope	adres o zasięgu segment sieci lokalnej (do najbliższego routera) np. adresy autokonfiguracji łącza fe80::/10
0x4	admin-local scope	adres o najmniejszym administracyjnie wyznaczonym zasięgu
0x5	site-local scope	adres o zasięgu wyznaczonym administracyjnie np. oddział firmy
0x8	organization-local scope	adres o zasięgu wyznaczonym administracyjnie dla całej organizacji (firmy)
0xE	global scope	adres o zasięgu globalnym

Rzeczywisty zasięg i wykorzystanie adresów typu admin-local, site-local i organization-local zależy od administracyjnej konfiguracji routerów.

# Podział puli adresowej adresów IPv6

Prefiks	Zasięg	Opis
<b>::/128</b>	nieokreślony	Adres nieokreślony
<b>::/0</b>	globalny	Adres trasy domyślnej w routingu (ang. default)
<b>::1/128</b>	interfejsu	Adres loopback. Odpowiednik adresu IPv4 127.0.0.1
<b>2000::/3</b>	globalny	Adresu unicastowe
<b>FC00: :/7</b>	lokalny	Nieroutowalne adresy prywatne. Odpowiednik adresów IPv4 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/13, 192.168.0.0/16
<b>FE80: :/10</b>	lokalny	Adresy autokonfiguracji łącza
	<small>Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::38e4:9433:452b:4b17%10(Preferred)</small>	
<b>FF00: :/8</b>	określony w adresie	Adresy multicastowe

Adresy, które zostały wycofane z puli używanych adresów IPv6 to adresy: **::/96**, **0200::/7**, **FEC0::/10**, **3FFE::/16**.

Wśród adresów unicastowych występują specjalne zarezerwowane pule adresów, jak np.: **2001:db8::/32** - adresy przeznaczone do umieszczania w publikacjach.

# Rodzaje adresów IPv6

Internet Engineering Task Force (IETF) wraz z Internet Architecture Board (IAB, <http://www.iab.org>) i Internet Society (ISOC, <http://www.isoc.org>), że adresami IPv6 zarządzać będzie centralnie Internet Assigned Numbers Authority (IANA). Definicję adresów IPv6 zawiera dokument RFC4291 IP Version 6 Addressing Architecture wraz z aktualizacjami.

Przydział adresów IPv6 (jak IPv4), nie odbywa się raz na zawsze. Nowe bloki adresowe będą mogły być unieważniane, jeśli będzie to konieczne z przyczyn technicznych lub z powodu nadużycia.

IPv6 rozróżnia trzy rodzaje adresów:

- **unicast** - ten typ adresu jest identyfikatorem interfejsu na komputerze lub routerze. Datagram wysyłany pod adres typu unicast jest dostarczany do interfejsu identyfikowanego za pomocą adresu.
- **anycast** - identyfikator grupy interfejsów w urządzeniu lub wielu urządzeniach.
- **multicast** - definiują grupę. Datagram wysłany pod adres typu dociera do wszystkich interfejsów należących do grupy, mają ustawione jedynki na ośmiu najstarszych bitach (prefix FF00::/8).

# Rodzaje adresów IPv6

Rodzaje adresów typu **unicast**:

- global routable - adresy publiczne, zarejestrowane i unikalne  
prefiksy: 2::/3
- site local - adresy prywatne, odpowiednik adresów RFC1918  
w IPv4 - obecnie wycofane, nadal rozpoznawane w wielu systemach  
prefiks: najczęściej fec0::/10
- link local - adresy lokalne w obrębie sieci LAN  
prefiks najczęściej fe80::/10

# Budowa adresu typu unicast w IPv6

Unicastowy adres IPv6 dzieli się na dwie części: adres sieci oraz identyfikator hosta.

Standardowy identyfikator hosta dla adresu IPv6 jest 64-bitowy.

Adres sieci składa się również z 64 bitów. Ze względu na wprowadzony w celu usprawnienia działania routingu routing hierarchiczny adres sieci dzieli się najczęściej na prefiks operatora telekomunikacyjnego i identyfikator sieci lokalnej.

Przykład - adres komputera z pracowni 147:

2001:4070:11:147:0212:34FF:FE56:789A gdzie: 2001:4070::/32 jest to prefiksem operatora telekomunikacyjnego tu: TASK

2001:4070:11::/48 jest prefiksem dostawcy Internetu tu: KTI

2001:4070:11:147::/64 jest administracyjnie przydzielonym prefiksem sieci tu: pracowni 147 0212:34FF:FE56:789A jest identyfikatorem EUI64 interfejsu hosta

# Budowa adresu typu unicast w IPv6

Podstawowym identyfikatorem hosta jest 64-bitowy identyfikator EUI64. Identyfikator EUI64 powstaje z 48-bitowego identyfikatora MAC (EUI48) interfejsu sieciowego przez dodanie w środku dodatkowych 16 bitów o wartości 0xFFFE i zanegowanie siódmego, najstarszego bitu w tak powstałym identyfikatorze. Przykład:

Dla adresu MAC **00:12:34:56:78:9A** identyfikatorem EUI64 jest **0212:34FF:FE56:789A**

Dokumenty standaryzujące IPv6 (RFC4921 Privacy Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6) w celu zwiększenia bezpieczeństwa sieci zalecają stosować rozszerzenie prywatności przez randomizację identyfikatorów EUI64. Wykonuje się ją okresowo obliczając skrót MD5 z aktualnego identyfikatora hosta. Rozszerzenie to jest standardowo aktywne np. dla systemów rodziny NT6 (Windows Vista, Windows 7, Windows 8 i nowsze).



# Aresy anycastowe

Aresy anycastowe nie posiadają żadnego specjalnego wyróżnika  
- w zapisie nie różnią się od adresów unicastowych.

# Budowa adresu typu multicast w IPv6

Adresy **multicastowe** IPv6 składają się z 8-bitowego prefiksu FF, 4 bitów flag, 4 bitów zasięgu i 112 bitów identyfikatora grupy, tzw. dobrze znane (ang. well known), zdefiniowane w dokumentach RFC adresy multicastowe mają wszystkie flagi zerowe.

Przykładowe, przydatne adresy multicastowe:

FF02::1 - hosty w sieci lokalnej

FF02::2 - routery w sieci lokalnej

FF0X::101 - serwery czasu (X - oznacza tu zasięg)

# Zastosowania

Co oznacza IPv6 dla użytkownika?

Warto, a może wręcz trzeba postarać się o nowy stos TCP/IP do komputera?

A może wręcz trzeba postarać się o nowszą wersję systemu operacyjnego?

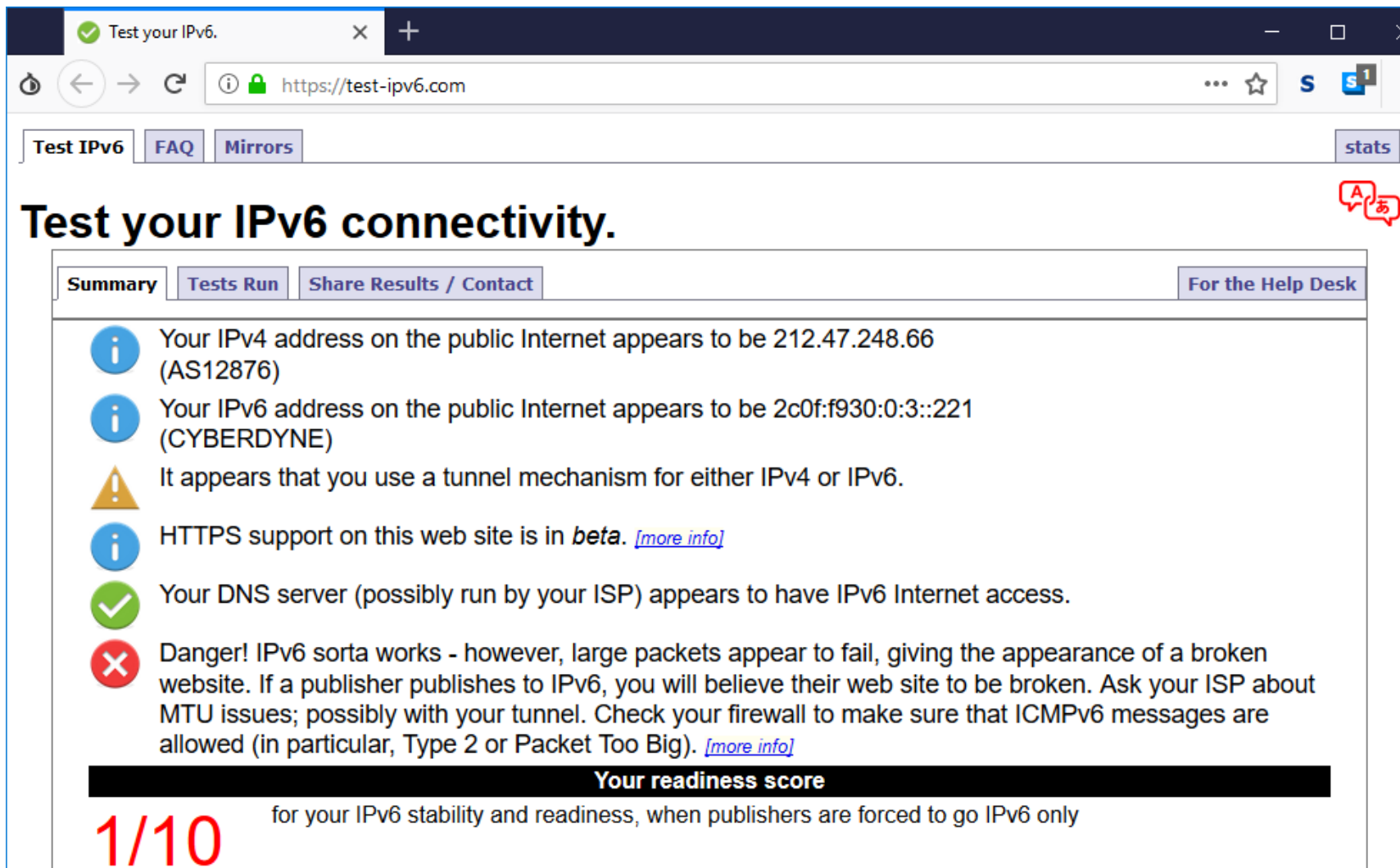
W Internecie nadal panuje IPv4.

Są już wdrożenia IPv6, jednak najważniejsze komponenty, serwery DNS i routery nie zostały jeszcze całkowicie "przebrojone".





Mechanizm dual stack (podwójny stos) automatyzuje komunikację z nowymi hostami IPv6 i starymi IPv4 - przynajmniej w teorii.

W przypadku poprawnej implementacji IPv6 nie powinno być problemów. Na pewno jednak pojawią się jeszcze jakieś niespodzianki.

# Zastosowania



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying `https://test-ipv6.com`. The page title is "Test your IPv6 connectivity." and the URL is `https://test-ipv6.com`. The page has a navigation bar with links for "Test IPv6", "FAQ", "Mirrors", and "stats". The main content area is titled "Test your IPv6 connectivity." and has a sub-navigation bar with "Summary", "Tests Run", "Share Results / Contact", and "For the Help Desk". The test results are as follows:

-  Your IPv4 address on the public Internet appears to be 212.47.248.66 (AS12876)
-  Your IPv6 address on the public Internet appears to be 2c0f:f930:0:3::221 (CYBERDYNE)
-  It appears that you use a tunnel mechanism for either IPv4 or IPv6.
-  HTTPS support on this web site is in *beta*. [\[more info\]](#)
-  Your DNS server (possibly run by your ISP) appears to have IPv6 Internet access.
-  Danger! IPv6 sorta works - however, large packets appear to fail, giving the appearance of a broken website. If a publisher publishes to IPv6, you will believe their web site to be broken. Ask your ISP about MTU issues; possibly with your tunnel. Check your firewall to make sure that ICMPv6 messages are allowed (in particular, Type 2 or Packet Too Big). [\[more info\]](#)

**Your readiness score**

**1/10** for your IPv6 stability and readiness, when publishers are forced to go IPv6 only

# Zapisywanie adresów IPv6

URL (ang. Uniform Resource Locator) – oznacza ujednolicony format adresowania i URI (URI, ang. Uniform Resource Identifier, tłum.

Ujednolicony Identyfikator Zasobów) zasobów internetowych z wykorzystaniem adresu IPv6 wymaga dodatkowego użycia nawiasów kwadratowych. Przykład: `http://[2001:db8:0:1::1]/`

Zapis z nawiasami kwadratowymi rozwiązuje równocześnie problem podawania nietypowego numeru portu w adresie URL, który podaje się po dwukropku. Przykład: `https://[2001:db8:0:1::1]:443/`

W systemach operacyjnych MS Windows, dla których dwukropek ma specjalne znaczenie, do adresowania zasobów sieci lokalnej można stosować specjalny zapis adresów IPv6, w którym dwukropek zastępuje się minusem i dopisuje na końcu adresu domenę `ipv6-costam.net`.

Ta metoda zapisu adresów działa wyłącznie w systemach MS Windows.

Przykład: `\\2001-db8-0-1--1.ipv6-costam.net\drukarka`

# Mechanizmy protokołu ICMPv6

Protokół IPv6 nie korzysta z ARP. Do wszystkich zadań związanych kontrolą połączeń wykorzystywany jest protokół ICMPv6.

Nowe w stosunku do IPv4 mechanizmy protokołu ICMPv6 to:

1. **MLD** (ang. Multicast Listener Discovery) - mechanizm wykorzystywany do realizacji zadań związanych z obsługą grup multicastowych. W adresowaniu IPv6 rolę adresów broadcastowych przejęły adresy multicastowe są one zatem wykorzystywane znacznie częściej.
2. **ND** (ang. Neighbor Discovery) - mechanizm odkrywanie sąsiedztwa. Mechanizm ten ma za zadanie obsługę adresów warstwy łącza danych, zastępuje on i rozszerza możliwości znanego z IPv4 protokołu ARP.
3. **SLAAC** (ang. Stateless Address Autoconfiguration) - mechanizm automatycznej adresacji węzłów na podstawie adresów warstwy łącza danych.
4. **RR** (ang. Router Renumbering) - mechanizm związany z obsługą prefiksów sieci i automatyzacją routerów IPv6.

# Mechanizmy protokołu ICMPv6

Mechanizm ND odkrywania sąsiedztwa zapewnia możliwość odnajdywania hostów w sieci lokalnej, przyporządkowywania adresów łącza danych (MAC) do adresów IPv6, umożliwia wyszukiwanie routerów oraz rozgłaszanie właściwego prefiksu sieci przez routery, co jest wykorzystywane w autokonfiguracji bezstanowej SLAAC.

# Metody konfiguracja adresów IPv6

Adresy IPv6 są przypisywane do interfejsów sieciowych na kilka sposobów. Warto zauważyć, że w typowej konfiguracji IPv6 normalnym jest to, że interfejs posiada równocześnie kilka adresów IPv6.

1. **Autokonfiguracja interfejsu**. Przy włączaniu interfejsu system przypisuje mu automatycznie adres autokonfiguracji łącza.

Adres autokonfiguracji łącza składa się z 10-bitowego prefiksu FE80::/10, 54 bitów o wartości zero i 64-bitowego identyfikatora hosta (najczęściej EUI64).

Mechanizm ND protokołu IPv6 zapewnia automatyczne wykrywanie duplikatów adresów uniemożliwiając pracę dwóch hostów z identycznym adresem.

Adres autokonfiguracji łącza umożliwia komunikację z pozostałymi hostami w sieci lokalnej. Zasięgiem adresu autokonfiguracji łącza jest link-lokal.

Przykład dla łącza o adresie MAC 00:12:34:56:78:9A adresem autokonfiguracji łącza z wykorzystaniem EUI64 będzie:

**fe80::**0212:34ff:fe56:789a



# Metody konfiguracja adresów IPv6

## 2 Mechanizm bezstanowej autokonfiguracji adresów IPv6 - SLAAC

Interfejs sieciowy posiadający w chwili włączenia adres autokonfiguracji łącza FE80::/10 jest w stanie komunikować się z innymi węzłami w swojej sieci lokalnej.

Wykorzystując mechanizm ND i adresy multicastowe nasłuchuje on komunikatów Router Advertisement, którymi routery mogą rozgłaszać prefiksy sieci oraz inne parametry.

Komunikatem Router Solicitation host może wymusić na lokalnym routerze natychmiastowe rozgłoszenie prefiksu i pozostałych parametrów sieci.

Host odbierając komunikat Router Advertisement przypisuje do interfejsu sieciowego kolejny adres IPv6, który składa się z 64-bitowego prefiksu sieci rozgłoszonego przez router i 64-bitowego identyfikatora hosta.

Dodatkowo host wpisuje do tablicy routingu adres routera wysyłającego RA jako adres domyślnej bramy.

# Metody konfiguracja adresów IPv6

Adres skonfigurowany za pomocą mechanizmu SLAAC jest adresem o zasięgu globalnym.

Umożliwia on hostowi komunikację z dowolnymi adresami w sieci Internet.

Przykład adresu autokonfiguracji bezstanowej w sieci o rozgłaszanym prefiksie **2001:db8:0:1::/64** i adresie MAC interfejsu **00:12:34:56:78:9A** to:  
**2001:db8:0:1:0212:34ff:fe56:789a**

# Konwersja IPv4 na IPv6

IP 2002:0:0:0:0:0:

IPv4 Address: 

212	51	219	50
-----	----	-----	----

  
d4   33   db   32

IP 2002:0:0:0:0:0:0:d433:db32

# Konwersja IPv4 na IPv6

<b>IP</b>	<input type="text" value="212.51.219.50"/>	<b>bits</b>	<input type="text" value="26"/>
<b>netmask</b>	<input type="text" value="255.255.255.192"/>		
<b>subnet</b>	<input type="text" value="212.51.219.0"/>		
<b>broadcast</b>	<input type="text" value="212.51.219.63"/>		
<b>host from</b>	<input type="text" value="212.51.219.1"/>	<b>to</b>	<input type="text" value="212.51.219.62"/>
<b>#hosts</b>	<input type="text" value="62"/>	<b>#IPs</b>	<input type="text" value="64"/>
<b>IP</b>	<input type="text" value="2002:0:0:0:0:0:d433:db32"/>	<b>bits</b>	<input type="text" value="122"/>
<b>netmask</b>	<input type="text" value="122"/>		
<b>subnet</b>	<input type="text" value="2002:0:0:0:0:0:d433:db00"/>		
<b>broadcast</b>	<input type="text" value="ff00:0:0:0:0:0:d433:db3f"/>		
<b>host from</b>	<input type="text" value="2002:0:0:0:0:0:d433:db01"/>	<b>to</b>	<input type="text" value="2002:0:0:0:0:0:d433:db3e"/>
<b>#hosts</b>	<input type="text" value="62"/>	<b>#IPs</b>	<input type="text" value="64"/>
<b>subnet</b>	<input type="text" value="2002::d433:db00"/>		
<b>broadcast</b>	<input type="text" value="ff00::d433:db3f"/>		
<b>host from</b>	<input type="text" value="2002::d433:db01"/>	<b>to</b>	<input type="text" value="2002::d433:db3e"/>

# Pytania

