

## Podstawy IPv6, część 1

Tomasz Mrugalski <spam@klub.com.pl>

### 1 Informacje wstępne: Rodzina protokołów IPv6

W niniejszym punkcie przedstawione zostały zagadnienia związane z rodziną protokołów IPv6.

#### 1.1 Adresowanie w IPv6

Adresy IPv6 są przypisane interfejsom, czyli urządzeniom pozwalającym hostom na komunikację w sieci. Istnieją 3 typy adresów:

- ***unicast*** - tradycyjny adres identyfikujący jednoznacznie pewien interfejs. To odpowiednik zwyczajnego adresu znanego z IPv4.
- ***multicast*** - adres grupowy. Identyfikuje on pewną grupę hostów i/lub routerów. Dane wysyłane na taki adres dotrą do wszystkich, którzy do takiej grupy należą. Koncepcja adresów grupowych nie zmieniła się od czasów IPv4.
- ***anycast*** - to zmodyfikowana wersja adresów multicastowych. Także taki rodzaj identyfikuje grupę hostów. W przeciwieństwie do multicastów, dane wysłane na adres anycastowy zostaną dostarczone tylko do jednego interfejsu identyfikowanego przez ten adres. Zwykle jest to interfejs najbliższy w sensie używanej metryki routingu.

Należy zauważyć, że znane z IPv4 adresy rozgłoszeniowe (*broadcast*) nie zostały zdefiniowane dla IPv6. Ich rolę przejęły adresy multicast.

#### 1.2 Notacja adresów

Adresy IPv6 zwykle przedstawiane są w postaci szesnastkowej, przy czym po co czwartym znaku następuje znak „:”, np.:

1234:5678:9ABC:DEF0:0000:0000:0000:0123

Ze względu na to, że przestrzeń adresowa jest ogromna, a co za tym idzie, wiele pól adresu ma wartość zerową, wprowadzono 2 ułatwienia w zapisie adresów.

- W każdym polu ograniczonym dwukropkami możliwe jest pominięcie początkowych, nieznaczących zer. Nie można jednak w ten sposób pominąć wszystkich znaków mieszczących się pomiędzy dwukropkami. Przedstawiony powyżej adres można więc zapisać krócej jako:

1234:5678:9ABC:DEF0:0:0:0:123

- wprowadzono dodatkowy mechanizm umożliwiający pomijanie większej ilości zer następujących jedno po drugim. W takim przypadku omijane są całe przedziały składające się z samych zer. Można w ten sposób pominąć dowolną ilość przedziałów, ale tylko pod warunkiem, że sąsiadują one ze sobą. Mechanizm ten nosi nazwę *kompresji zer*. Dla danego adresu kompresję zer można zastosować tylko w jednym miejscu. Pominięte zera oznaczane są poprzez podwójny symbol „:”. Zatem przedstawiony powyżej adres można skrócić jeszcze bardziej:

1234:5678:9ABC:DEF0::123

### 1.3 Prefiks i adres sieci

W adresowaniu IPv6 zrealizowano ideę routingu bezklasowego. Oznacza to, że adres dzieli się na 2 części. Pierwsza z nich określa adres całej sieci, natomiast druga określa adres hosta w danej sieci. Długość adresu sieci zapisuje się poprzez dodanie znaku / na końcu adresu oraz podanie ilości bitów użytych do adresowania sieci. Adres samej sieci zapisujemy tak samo, jak zwykły adres. Jedyną różnicą polega na tym, że końcówka adresu, normalnie używana do adresowania hostów w danej sieci, jest zastępowana zerami. Przykładowo adres 1234:5678:9ABC:DEF0::123/24 oznacza host o adresie DEF0::123 znajdujący się w sieci 1234:5678:9ABC::/24.

### 1.4 Zakres, a obszar ważności adresu

Każdy adres posiada swój zakres ważności, czyli obszar w którym można z niego korzystać. Każdy adres w zakresie swojej ważności jest unikalny. Dostępne są następujące zakresy ważności:

- node - Zakres jest ograniczony do lokalnego węzła. Przykładem takiego adresu jest ::1, czyli adres lokalny hosta. Każdy węzeł posiada taki adres, a mimo to nie ma konfliktu właśnie dzięki zastosowaniu zakresu ważności.
- link - Ważność adresu obejmuje pojedyncze łącze. Z takiego zakresu korzysta np. protokół autokonfiguracji SAA.
- site - Unikalność adresu w zakresie pojedynczego miejsca. Zwykle jest to zestaw segmentów sieci połączony razem, np. oddział firmy lub wydział uczelni.
- organization - Ważność adresu obejmuje całą organizację.
- global - To największy możliwy zakres ważności. Oznacza on, że dany adres jest unikalny w skali światowej i identyfikuje dany interfejs jednoznacznie.

### 1.5 Podział adresów

W całej puli adresowej wydzielone zostały pewne obszary o specjalnym znaczeniu. Każdy adres należy do któregoś ze zdefiniowanych obszarów. Przynależność określa się za pomocą prefiksu.

Przypisane adresy	prefiks (hex)	prefiks
Zarezerwowane	00	/8
Globalne połączone adresu unicastowe	20	/3
Lokalne adresy unicastowe łącza	fe80	/10
Lokalne adresy unicastowe miejsca	fec0	/10
Adresy multicastowe	ff	/8

## 2 ICMPv6

W porównaniu do poprzedniej wersji, protokół ICMP uległ ogromnym zmianom. Teraz w jego skład wchodzi:

- **MLD (Multicast Listener Discovery)** - wykorzystywany do realizacji zadań związanych z

obsługą grup. (W adresowaniu IPv6 rolę adresów broadcastowych przejęły adresy multicastowe, więc jest to znacząca część wszystkich usług.)

- **ND (Neighbor Discovery)** - odkrywanie sąsiedztwa. Ten protokół ma za zadanie obsługę adresów warstwy łącza danych. Można go określić jako następcę protokołu ARP z dodatkowymi możliwościami. Przechowuje bardziej szczegółowe informacje niż jego poprzednik,
- **SAA (Stateless Address Autoconfiguration)** - protokół automatycznej adresacji węzłów na podstawie adresów warstwy łącza danych
- **RR (Router Renumbering)** - związany z obsługą prefiksów i automatyzacją routerów IPv6
- **NI (Node Information Queries)** - definiuje on obsługę zapytań do węzłów, w tym obsługę DNS. Obecnie ten protokół jest jeszcze w fazie standaryzacji.

Z punktu widzenia laboratorium, ważne są protokoły *Neighbor Discovery* oraz *Stateless Address Autoconfiguration*, dlatego też te protokoły zostaną omówione poniżej w sposób bardziej szczegółowy.

## 2.1 Sposoby konfiguracji hostów

W trakcie prac nad protokołami IPv6 ustalono, że nie powinna być wymagana ręczna konfiguracja węzłów przed włączaniem ich do sieci. W konsekwencji potrzebne okazało się wprowadzenie mechanizmów automatycznego określania parametrów pracy hosta.

IPv6 definiuje 2 typy automatycznej adresacji:

- *Stateless Address Autoconfiguration* - to wymagany i podstawowy element systemu autokonfiguracji. W prostszych konfiguracjach jest to jedyna metoda konfiguracji hosta
- *Stateful Address Autoconfiguration* - stosowane w przypadkach, kiedy wymagana jest większa kontrola nad przydzielanymi adresami. Przydzielaniem i zarządzaniem adresami w całej sieci zajmuje się serwer DHCP. Należy zauważyć, że jest to rozszerzona wersja konfiguracji hosta i działa ona w połączeniu z autokonfiguracją typu stateless.

Warto zauważyć, że w obydwóch przypadkach nie jest konfigurowana domyślna brama. Za poprawne ustalenie domyślnego routingu odpowiedzialny jest protokół Router Renumbering.

## 2.2 Stateless Address Autoconfiguration (SAA)

Po aktywowaniu interfejsu na danym łączu (np. podczas startu systemu) pierwszą wykonywaną czynnością jest wygenerowanie adresów lokalnych łącza. Początkowo adres ten zostaje oznaczony jako tymczasowy. Generowana jest wiadomość **Neighbor Solicitation** z właśnie wygenerowanym adresem tymczasowym jako adresem docelowym. Jeżeli adres ten jest używany przez jakiegokolwiek hosta, wygeneruje on odpowiedź **Neighbor Advertisement**. Jeżeli zostanie wykryta taka sytuacja, to proces autokonfiguracji zostaje zatrzymany i wymagana jest ręczna konfiguracja interfejsu. Warto zauważyć, że są to sytuacje rzadko spotykane i zazwyczaj nietypowe. Adres lokalny łącza generowany jest na podstawie adresu warstwy łącza danych, który jest unikalny dla wszystkich urządzeń, choć trzeba zaznaczyć, że w niektórych przypadkach istnieje ręczna możliwość jego zmiany. Adresy lokalne łącza tworzone są z rozszerzonego adresu warstwy łącza danych EUI-64 poprzez użycie prefixu FE80::0. Cechą charakterystyczną adresów lokalnych łącza jest to, że zarówno preferred lifetime, jak i valid lifetime są nieskończone.

Po stwierdzeniu, że żaden host nie wygenerował **Neighbor Solicitation** uznaje się, że adres nie jest do tej pory używany i zostaje on przypisany do interfejsu. Od tej pory host posiada zdolność

komunikacji z sąsiednimi węzłami w warstwie IP.

Kolejnym krokiem jest ustalenie adresów lokalnych miejsca oraz globalnych. Warunkiem ich wykorzystania jest oczywiście istnienie routerów, które są w stanie przenosić ruch poza lokalne łącze. Istniejące routery okresowo generują wiadomości **Router Advertisement** informujący hosty, jaki tryb autokonfiguracji powinien być przez nie wykorzystywany, a także inne dodatkowe informacje, jak np. prefiks sieci. Ze względu na to, że wiadomości te są generowane co pewien okres czasu, host może wymusić natychmiastowe wygenerowanie takiej wiadomości przez router. Robi to wysyłając wiadomość **Router solicitation**.

Wiadomość **Router Advertisement** zawiera zero lub więcej informacji o prefiksie, które wykorzystywane są do generowania adresów lokalnych miejsca oraz globalnych. Po sprawdzeniu, czy zawarte informacje o prefiksach są poprawne, host na ich podstawie tworzy odpowiednie adresy. Istotnym ograniczeniem tego sposobu generowania adresów jest konieczność rozgłaszania klasy przynajmniej 64-bitowej.

### 2.3 Statefull Autoconfiguration

Rozszerzeniem przedstawionego protokołu SAA jest protokół DHCPv6 i może on zostać użyty w celu przydzielania adresów lokalnych miejsca oraz globalnych. Oprócz możliwości alokowania wolnych adresów IP zgodnie z polityką ustaloną przez administratora, umożliwia on przysyłanie dodatkowych informacji konfiguracyjnych do klienta, takich jak konfiguracja serwerów DNS czy strefa czasowa. Szczegółowy opis protokołu DHCP znajduje się w punkcie .

### 2.4 Neighbor Discovery

Aby skomunikować się z sąsiadującymi węzłami, konieczna jest znajomość ich adresów w warstwie łącza danych. Do ustalania tych adresów służy właśnie protokół *Neighbor Discovery*. Pełni on także ważną funkcję śledzenia dostępności sąsiadów oraz wykrywania ewentualnych zmian adresów warstwy łącza danych.

Protokół *ND* udostępnia następujące mechanizmy:

- **Rozpoznawanie routerów (Router Discovery)** - umożliwia hostowi lokalizowanie routerów, które dołączone są do tego samego łącza
- **Rozpoznawanie prefiksu (Prefix Discovery)** - umożliwia hostowi znalezienie zbioru prefiksów adresów określających, które węzły docelowe dołączone są do tego samego łącza, co host
- **Rozpoznawanie parametrów (Parameter Discovery)** - umożliwia otrzymanie takich parametrów łącza i sieci, jak np. MTU czy maksymalna ilość przeskoków (hop limit).
- **Automatyczna konfiguracja adresów (Address Autoconfiguration)** - procedura automatycznej konfiguracji, która została omówiona w poprzednim rozdziale.
- **Odzworowanie adresów (Address Resolution)** - ustalanie adresu łącza danych w przypadku, kiedy dany jest tylko adres IP
- **Określania następnego przeskoku (Next-hop Determination)** - wskazuje, na jaki adres mają być przesłane pakiety. Może to być adres routera lub adres hosta docelowego, jeżeli mamy do czynienia z ostatnim hopen.
- **Wykrywania braku dostępności sąsiadów (Neighbor Unreachability Detection)** - umożliwia stwierdzenie nieosiągalności hosta.
- **Wykrywania duplikatów adresów (Duplicate Address Detection)** - umożliwiający opisany w poprzednim podrozdziale mechanizm wykrywania, czy dany adres nie jest już wykorzystywany

- **Przekierowanie (Redirect)** - umożliwia routerowi poinformowanie hosta, że istnieje inna, lepsza droga dla danych, które host chce transmitować przez dany router.

Szczegółowy opis protokołu *Neighbor Discovery* leży poza zakresem tego laboratorium.

### 3 Na zakończenie

Osoby pragnące zdobyć dodatkowe punkty, mogą wziąć udział w projekcie Dribbler. Jest to implementacja protokołu DHCPv6, powstała w całości na Politechnice Gdańskiej. Gorąco zachęcam do odwiedzenia strony <http://klub.com.pl/dhcpv6/>, na której można znaleźć szczegółowy opis projektu. Oprócz dokumentacji, można tam znaleźć gotowe do użycia wersje zarówno pod Linuxa, jak i Windowsy. Dostępna jest również baza danych ze wszystkimi znanymi błędami, czyli tzw. bugzilla (<http://klub.com.pl/bugzilla>). Za znalezienie błędu i umieszczenie go w bazie wraz z niezbędnym opisem przysługuje nagroda - 1 punkt ekstra (błędy w dokumentacji są punktowane 0,5 punkta). Jeżeli oprócz znalezienia błędu, uda się go poprawić i w bazie znajdzie się stosowny patch - jego autor zarabia kolejny punkt. Oczywiście jeden student może znaleźć dowolną ilość błędów. W ten sposób można zdobyć dodatkowe punkty ponad podstawowy zakres 5 punktów przysługujący za każdą laborkę.

Pozdrawiam i do zobaczenia na laborce.