



Sieci komputerowe

Wykład 6-1

Tematyka

- Adresy sieciowe IPv6

Problemy IPv4

Potrzeba IPv6

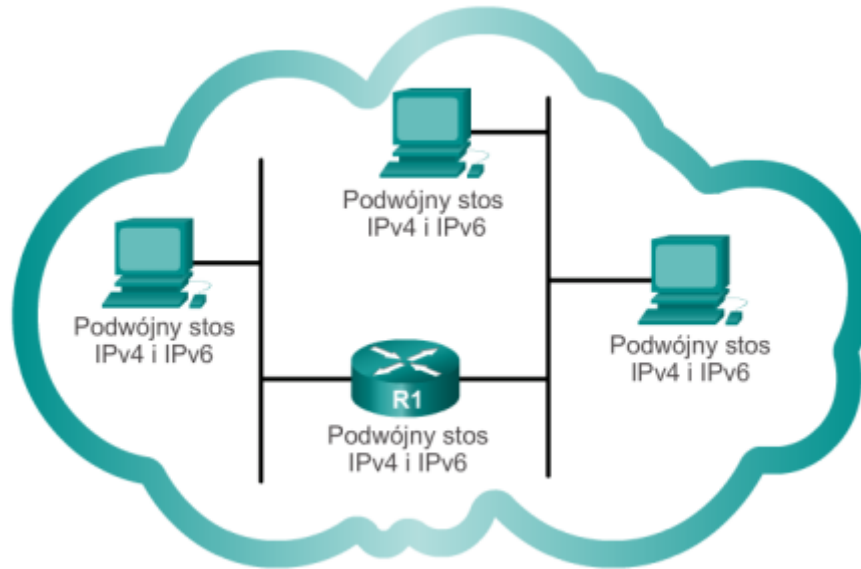
- Protokół IPv6 został zaprojektowany jako następca protokołu IPv4.
- Wyczerpywanie adresów IPv4 było głównym czynnikiem opracowania IPv6.
- Różne prognozy pokazują, że wszystkie 5 organizacji RIR wyczerpią swoje pule adresowe IPv4 w latach między 2015 a 2020.
- Wraz z rosnącą populacją internetową, ograniczoną przestrzenią adresową IPv4, problemami z NAT i Internetem rzeczy, nadszedł czas przejścia na IPv6.
- IPv4 teoretycznie zapewnia 4,3 miliarda adresów oraz kombinację adresów prywatnych w powiązaniu z NAT.
- IPv6 ma większą, 128-bitową przestrzeń adresową, zapewniającą 340 sekstylionów adresów.
- IPv6 eliminuje ograniczenia IPv4 oraz wprowadza dodatkowe udoskonalenia, takie jak ICMPv6.

Problemy IPv4

Współistnienie IPv4 i IPv6

Techniki migracji mogą być podzielone na trzy kategorie:
Podwójny stos, Tunelowanie oraz Translację

Podwójny stos

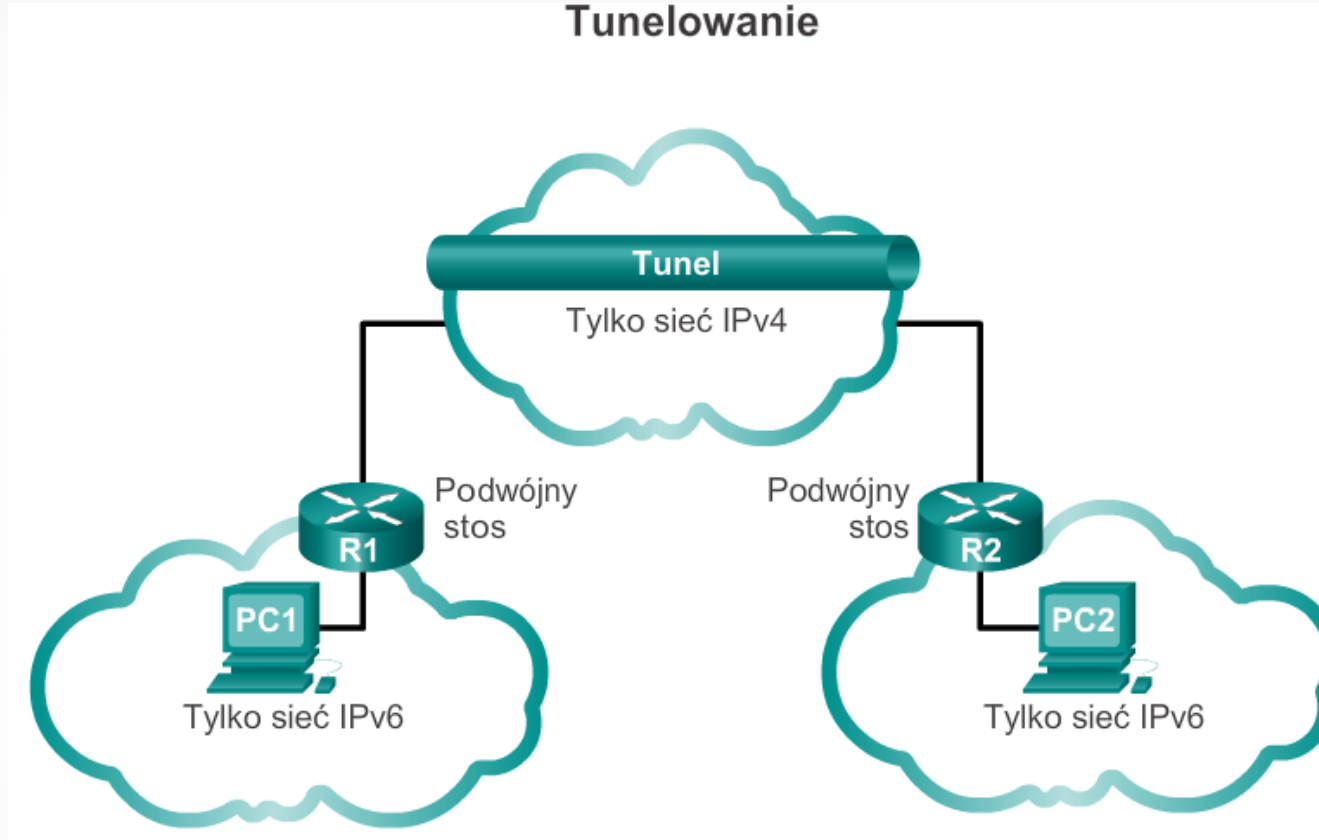


Podwójny stos pozwala na współistnienie protokołów IPv4 oraz IPv6 w tej samej sieci. Urządzenia z podwójnym stosem obsługują równocześnie protokół IPv4 i IPv6.

Problemy IPv4

Współistnienie IPv4 i IPv6 (cd.)

Tunelowanie

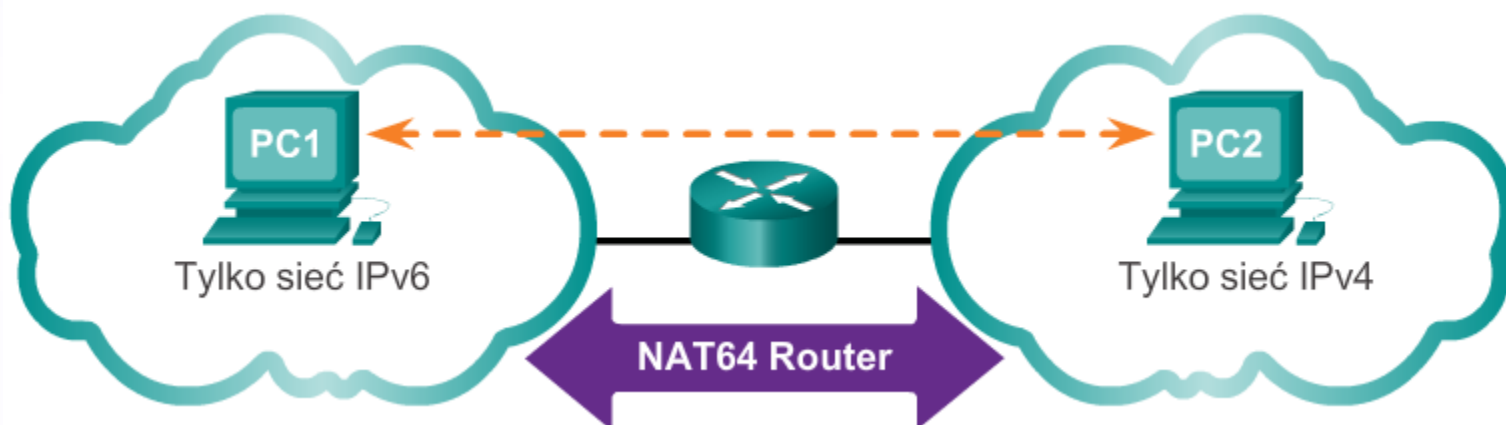


Tunelowanie: metoda transportowania pakietów IPv6 przez sieć IPv4. Pakiet IPv6 jest enkapsulowany w pakiecie IPv4.

Problemy IPv4

Współistnienie IPv4 i IPv6 (cd.)

Translacja



Translacja: Network Address Translation 64 (NAT64) umożliwia urządzeniom wykorzystującym adresację IPv6 komunikację z urządzeniami z adresacją IPv4 za pomocą techniki podobnej do NAT dla IPv4. Pakiet IPv6 jest przekształcany na pakiet IPv4 i odwrotnie.

Adresacja IPv6

Szesnastkowy system liczbowy

- Podstawą systemu szesnastkowego jest liczba 16
- System szesnastkowy używa cyfr od 0 do 9 oraz liter alfabetu od A do F.
- Każde 4 bity (pół bajta) reprezentowane są przez jedną cyfrę szesnastkową,

Reprezentacja wartości szesnastkowych		
Szesnastkowo	Dziesiętnie	Binarnie
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

Adresacja IPv6

Szesnastkowy system liczbowy (cd.)

- Spójrz na binarne wzorce bitów, pasujące do wartości dziesiętnej i szesnastkowej.

Konwersja z kodu szesnastkowego na binarny		
Szesnastkowo	Dziesiętnie	Binarnie
00	0	0000 0000
01	1	0000 0001
02	2	0000 0010
03	3	0000 0011
04	4	0000 0100
05	5	0000 0101
06	6	0000 0110
07	7	0000 0111
08	8	0000 1000
0A	10	0000 1010
0F	15	0000 1111
10	16	0001 0000
20	32	0010 0000
40	64	0100 0000
80	128	1000 0000
C0	192	1100 0000
CA	202	1100 1010
F0	240	1111 0000
FF	255	1111 1111

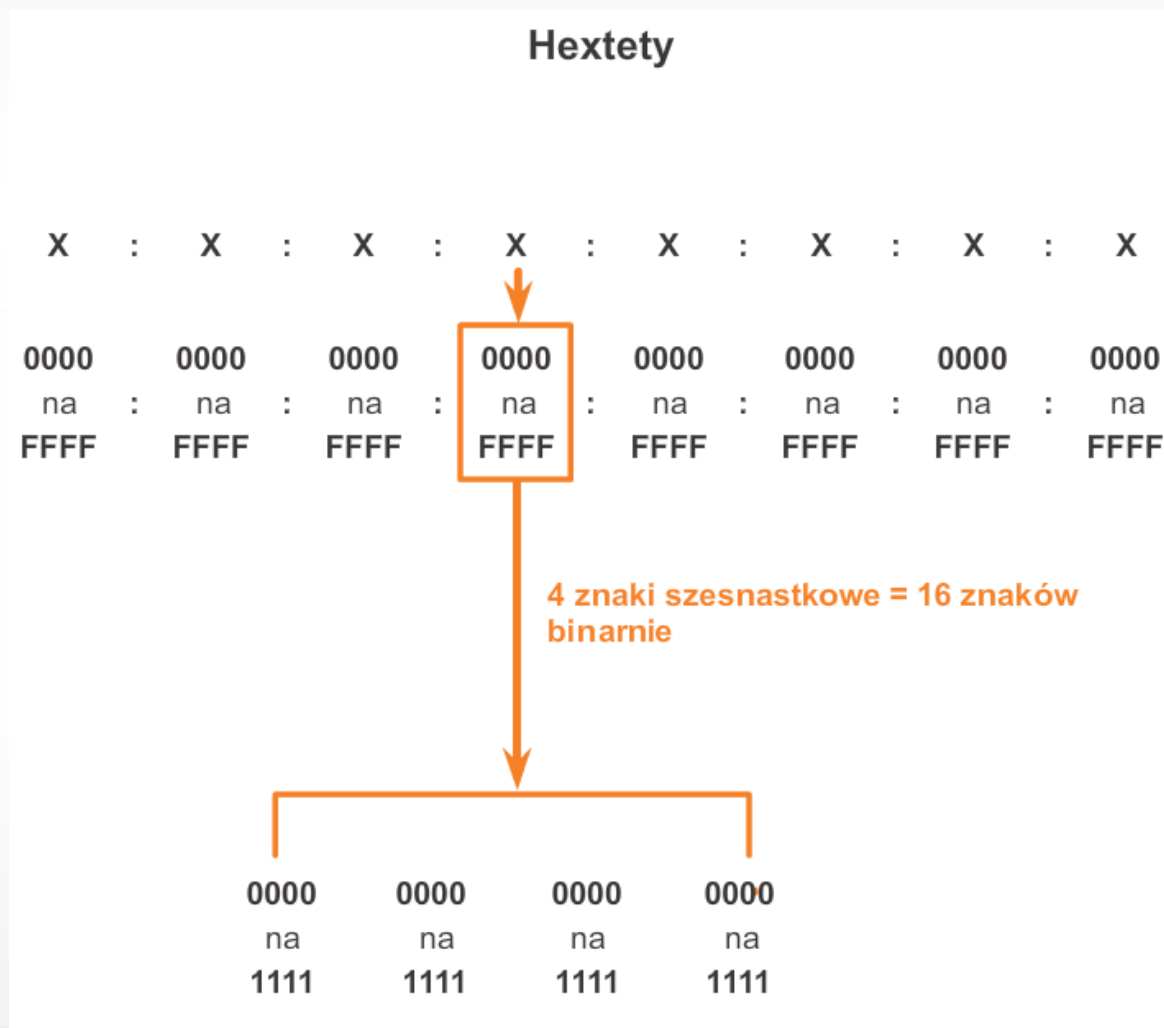
Adresacja IPv6

Zapis adresów IPv6

- 128 bitów, zapisanych w postaci łańcucha wartości szesnastkowych.
- W IPv6 każde 4 bity reprezentują jedną cyfrę szesnastkową, 32 cyfry szesnastkowe tworzą adres IPv6
 - 2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
 - FE80:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF

Adresacja IPv6

Zapis adresów IPv6 (cd.)



Adresacja IPv6

Reguła 1 - Pomijanie zer wiodących

- Pierwszą regułą pomagającą uprościć zapis adresu IPv6 jest taka, że wszystkie zera wiodące w każdej grupie (pomiędzy dwukropkami) czyli w hextecie można pominąć.
- 01AB może być zapisane jako 1AB.
- 09F0 może być zapisane jako 9F0.
- 0A00 może być zapisane jako A00.
- 00AB może być zapisane jako AB.

Preferowane	2001:0DB8:000A:1000:0000:0000:0000:0100
Brak poprzedzających "0"	2001: DB8: A:1000: 0: 0: 0: 100

Adresacja IPv6

Reguła 2 - Pomijanie hextetów złożonych z samych zer

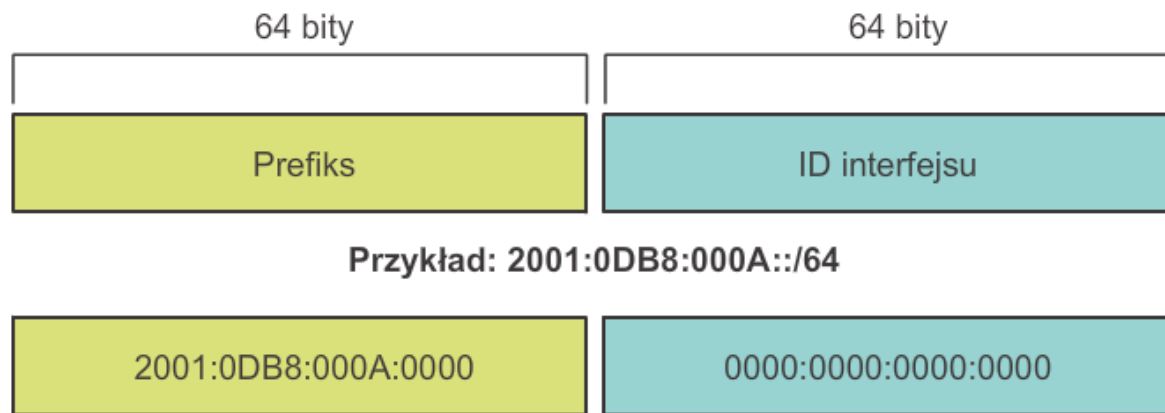
- Podwójny dwukropek (::) może zastąpić, ciąg zer składający się z jednego lub kilku 16-bitowych segmentów (hextetów).
- Podwójny dwukropek (::) może być użyty tylko jednokrotnie w danym adresie, w przeciwnym przypadku adres byłby niejednoznaczny.
- Taki zapis znany jest pod nazwą "format skompresowany".
- Niepoprawny zapis adresu:
2001:0DB8::ABCD::1234.

Rodzaje adresów IPv6

Długość prefiksu IPv6

- IPv6 nie używa zapisu kropkowo-dziesiętnej maski
- Długość prefiksu wskazuje część sieciową adresu IPv6 w zapisie o następującej postaci:
 - Adres IPv6/długość prefiksu
 - Długość prefiksu może przyjmować wartości od 0 do 128.
 - /64 to typowa długość prefiksu

/64 Prefiks



Rodzaje adresów IPv6

Rodzaje adresów IPv6

Wyróżniamy trzy rodzaje adresów IPv6:

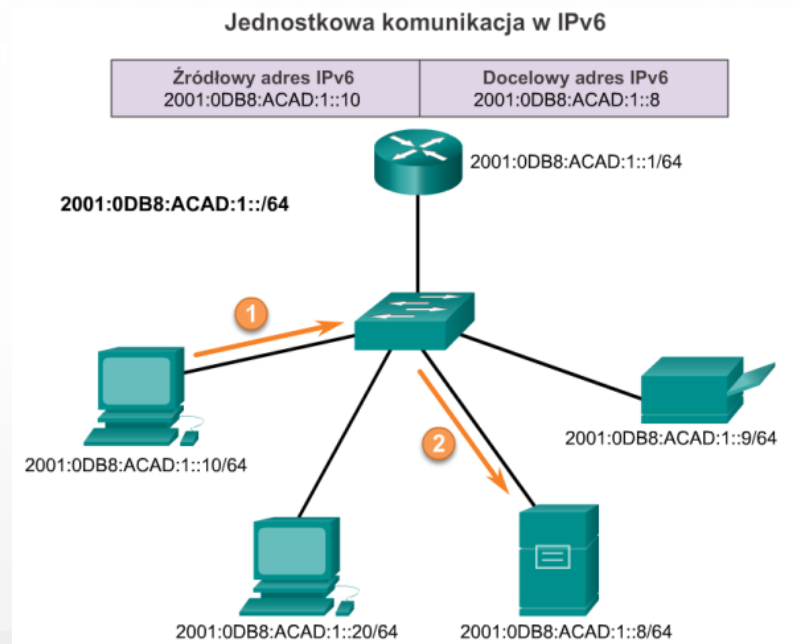
- Unicast
- Multicast
- Anycast.

Uwaga: IPv6 nie posiada adresów rozgłoszeniowych

Rodzaje adresów IPv6

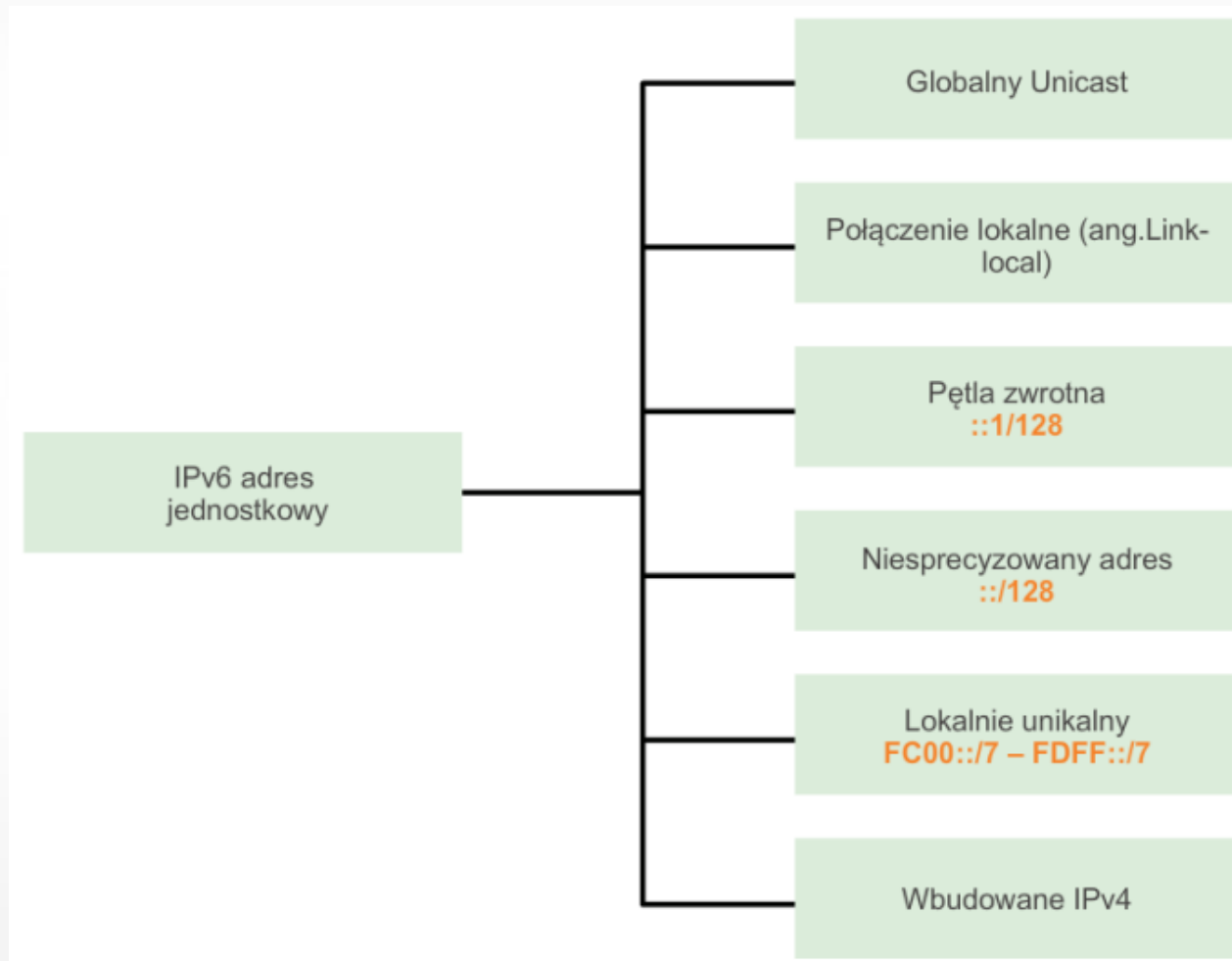
Adres IPv6 typu unicast

- Unicast
 - W sposób unikatowy identyfikuje interfejs urządzenia obsługującego IPv6.
 - Pakiet wysłany do adresu unicast odbierany jest przez interfejs, który ma przypisany ten adres.



Rodzaje adresów IPv6

Adres IPv6 typu unicast (cd.)



Rodzaje adresów IPv6

Adres IPv6 typu unicast (cd.)

- Globalny Unicast
 - Podobny do publicznego adresu IPv4.
 - Globalnie unikatowy
 - Adresy routowalne w Internecie
 - Mogą być konfigurowane statycznie bądź dynamicznie
- Link-local
 - Używany do komunikacji z innymi urządzeniami w tej samej sieci lokalnej
 - Ograniczony do pojedynczego łącza i nie jest routowalny poza nim.

Rodzaje adresów IPv6

Adres IPv6 typu unicast (cd.)

- Pętla zwrotna (ang. loopback)
 - Używany jest przez host w celu wysłania pakietu do samego siebie i nie może być przypisany do interfejsu fizycznego.
 - Użyj komendy ping z adresem pętli zwrotnej, aby przetestować konfigurację TCP/IP na lokalnym hoście.
 - Składa się z samych zer, z wyjątkiem ostatniego bitu, zapisywany jest jako ::1/128 lub ::1
- Adres nieokreślony
 - Wszystkie bity w adresie są zerami, zapisywany jako ::/128 lub ::
 - Nie może on być przypisany do żadnego interfejsu i używany jest tylko jako adres źródłowy.
 - Adres nieokreślony używany jest jako adres źródłowy kiedy urządzenie nie ma jeszcze stałego adresu IPv6 lub kiedy źródło pakietu nie jest istotne dla przeznaczenia.

Rodzaje adresów IPv6

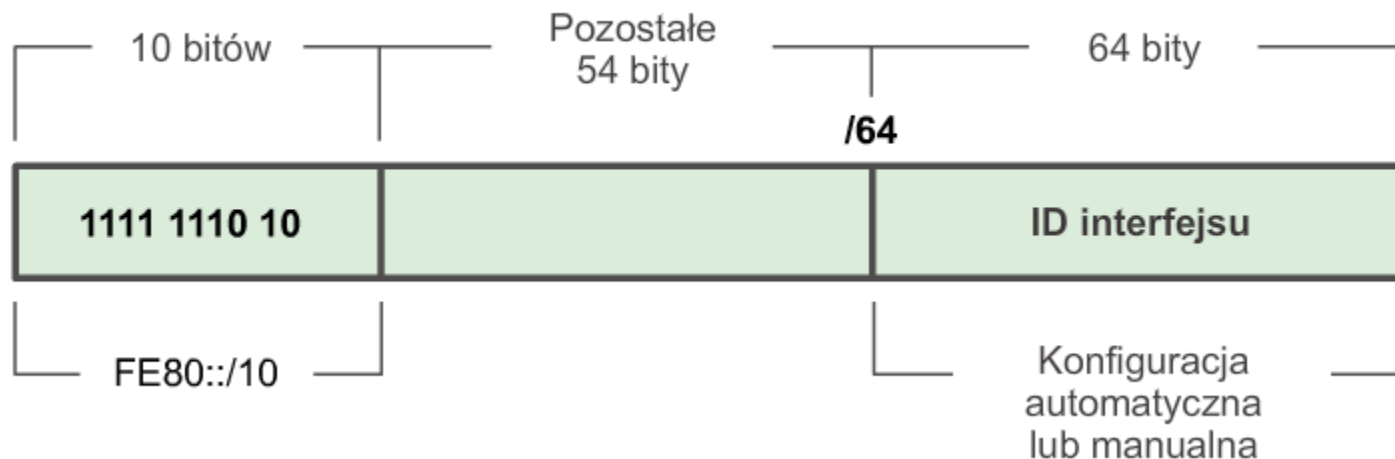
Adres IPv6 typu unicast (cd.)

- Unikalny adres lokalny (unique local address)
 - Podobny do adresów prywatnych IPv4
 - Używany jest do adresacji w ramach pojedynczej sieci lub ograniczonej liczby sieci.
 - Mieści się w zakresie FC00::/7 do FDFF::/7.
- Adresy wbudowane IPv4 (nie wchodzą w zakres tego kursu)
 - Używane w celu ułatwienia przejścia z IPv4 na IPv6.

Rodzaje adresów IPv6

Adresy IPv6 link-local typu unicast

- Wszystkie interfejsy z włączonym protokołem IPv6 muszą mieć skonfigurowany adres IPv6 łącza lokalnego.
- Umożliwia urządzeniu komunikację z innymi urządzeniami z IPv6 w ramach tylko jednej konkretnej podsięci.
- Zakres adresów: FE80::/10 , pierwsze 10 bitów to 1111 1110 10xx xxxx
- 1111 1110 1000 0000 (FE80) - 1111 1110 1011 1111 (FEBF)

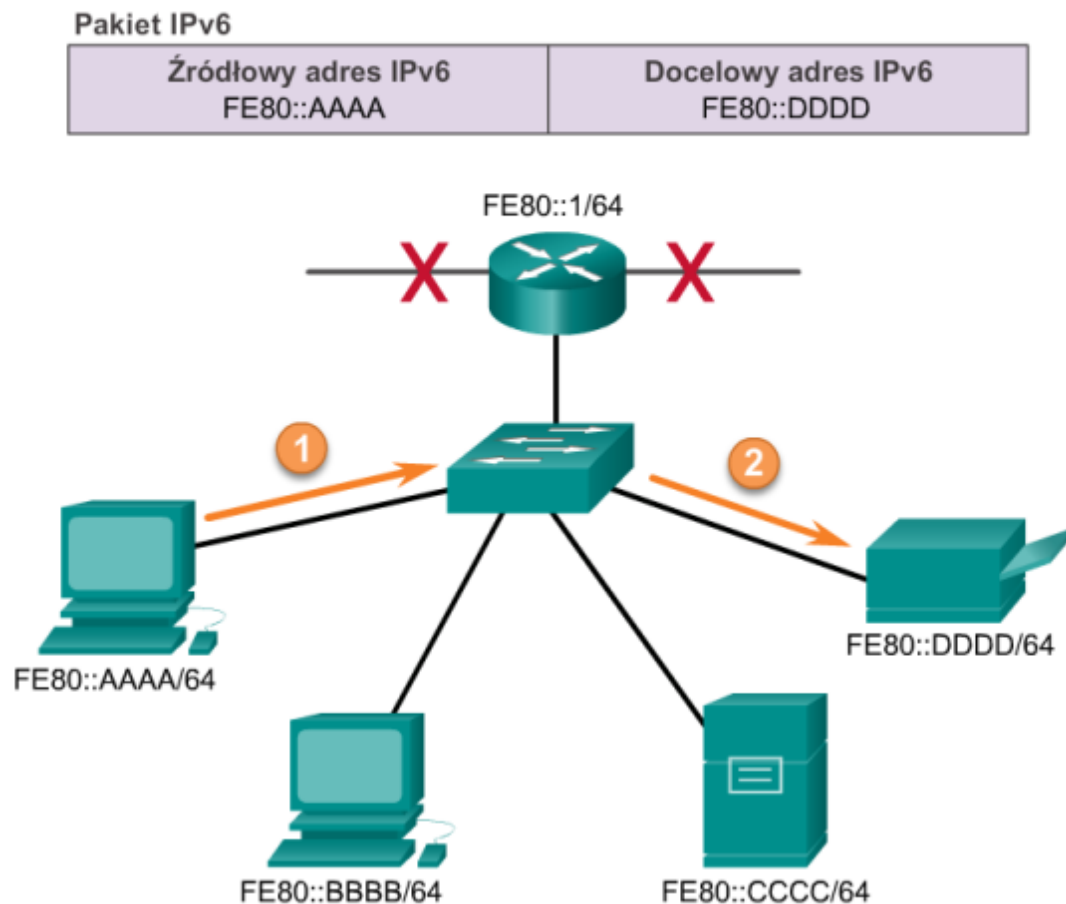


Rodzaje adresów IPv6

Adresy IPv6 link-local typu unicast (cd.)

Pakiety ze źródłowym lub docelowym adresem link-local (łącza lokalnego) nie mogą być przesyłane przez routery poza podsieć, z której pochodzą.

Komunikacja IPv6 połączenia lokalnego



Adresy IPv6 typu unicast

Budowa globalnego adresu IPv6 typu unicast

- Adresy globalne IPv6 typu unicast są unikalne w skali całego Internetu i są to adresy routowalne w Internecie
- Odpowiadają one publicznym adresom IPv4
- ICANN rozdysponowuje bloki adresów IPv6 do 5 rejestrów RIR

Adresy IPv6 typu unicast

Budowa globalnego adresu IPv6 typu unicast (cd.)

Obecnie przekazano tylko jeden zakres adresów globalnych typu unicast, z pierwszymi bitami równymi 001 (2000::/3)

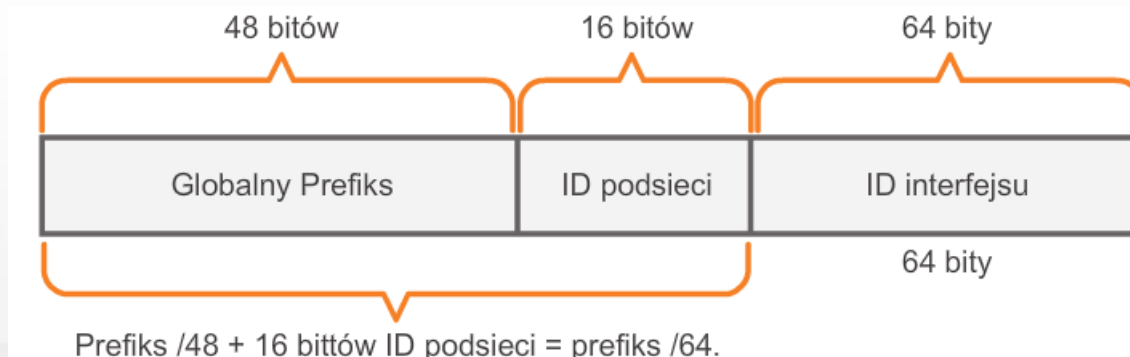


Adresy IPv6 typu unicast

Budowa globalnego adresu IPv6 typu unicast (cd.)

- Globalny adres typu unicast składa się z trzech części: globalnego prefiksu routingu, identyfikatora podsieci i identyfikatora interfejsu.
- **Globalny prefiks to** prefiks lub część adresu przydzielana przez dostawcę usług, np. przez ISP, klientowi albo lokalizacji. Obecnie rejestry RIR przydzielają klientom prefiksy o długości /48
- Adres 2001:0DB8:ACAD::/48 posiada prefiks mówiący o tym, że pierwsze 48 bitów (2001:0DB8:ACAD) to prefiks lub część sieciowa.

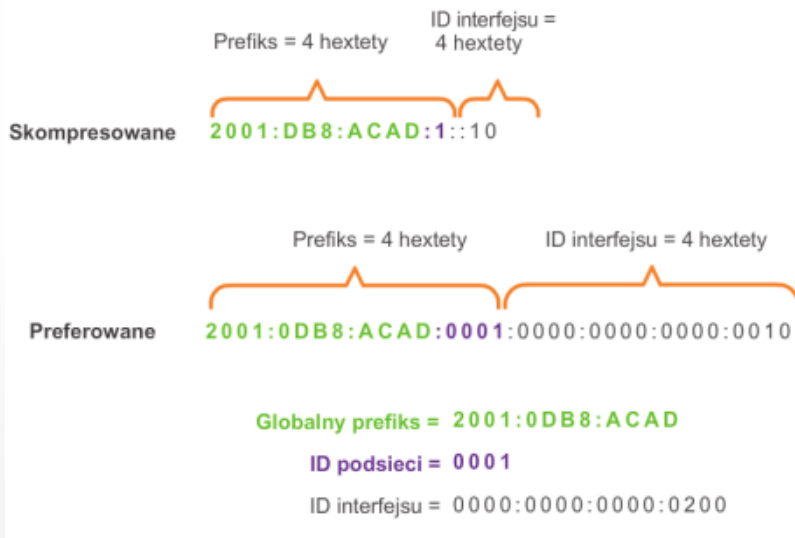
IPv6 /48 Globalny prefiks



Adresy IPv6 typu unicast

Budowa globalnego adresu IPv6 typu unicast (cd.)

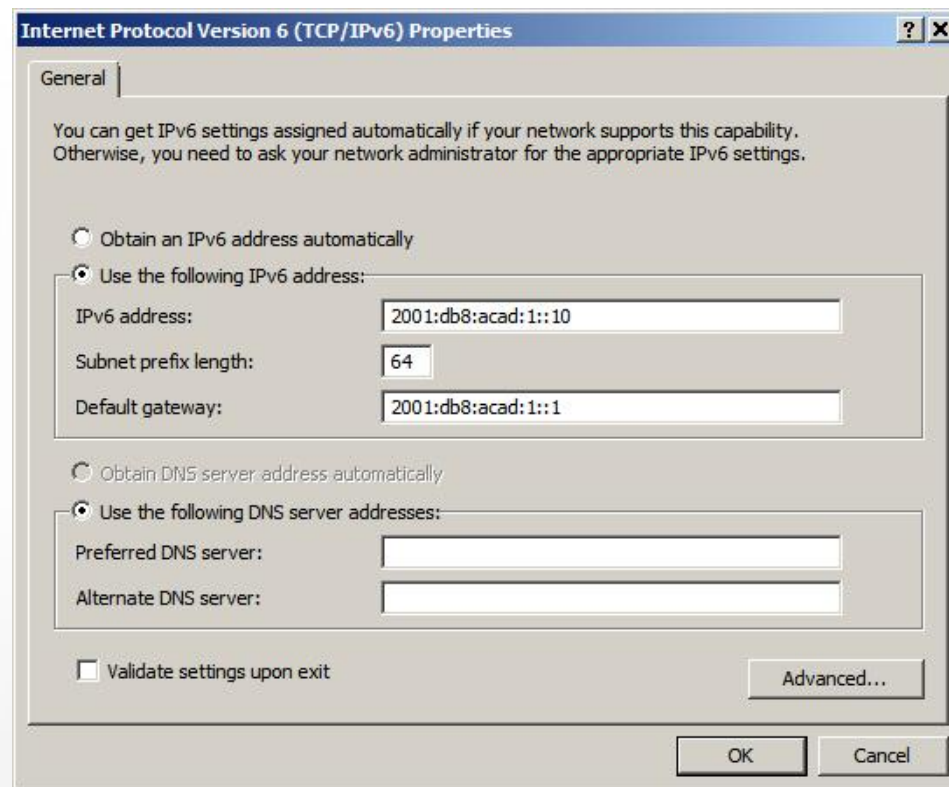
- Identyfikator podsieci używany jest przez klienta do rozróżnienia podsieci w swojej lokalizacji.
- ID interfejsu
 - Odpowiednik części identyfikującej hosta w adresie IPv4.
 - Używany, gdyż pojedynczy host może mieć wiele interfejsów, a na każdym z nich skonfigurowany jeden lub więcej adresów IPv6.



Adresy IPv6 typu unicast

Statyczna konfiguracja globalnego IPv6 adresu unicast

Konfiguracja IPv6 w systemie Windows



Adresy IPv6 typu unicast

Dynamiczna konfiguracja globalnego adresu unicast
z wykorzystaniem SLAAC

Bezstanowa automatyczna konfiguracja adresu (SLAAC)

- Metoda pozwalająca urządzeniu uzyskać prefiks, długość prefiksu i bramę domyślną IPv6 od routera
- Brak potrzeby serwera DHCPv6
- Wykorzystuje komunikaty ICMPv6 Router Advertisement (RA)

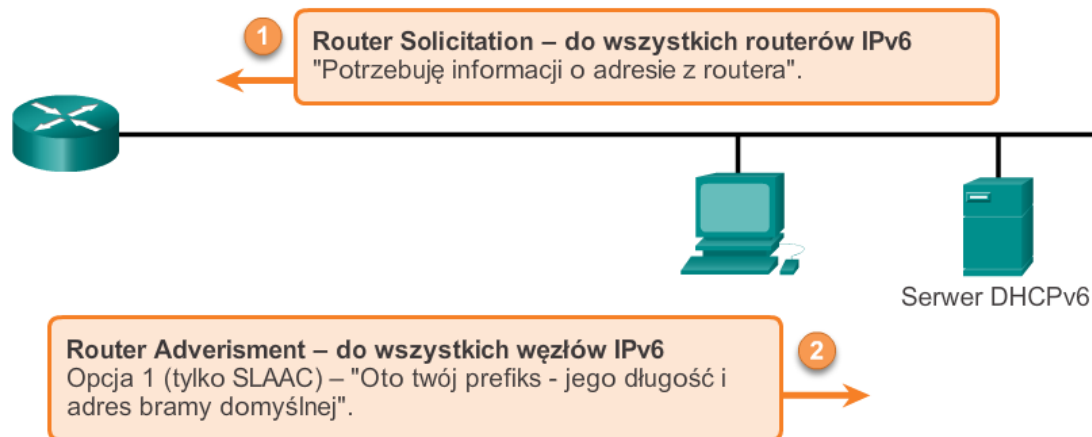
Routery IPv6

- Przekazują pakiety IPv6 pomiędzy sieciami
- Mogą mieć skonfigurowane trasy statycznie lub dynamicznie wykorzystując protokoły routingu dynamicznego IPv6,
- Wysyłają pakiety RA ICMPv6

Adresy IPv6 typu unicast

Dynamiczna konfiguracja globalnego adresu unicast z wykorzystaniem SLAAC (cd.)

Komunikaty Router Solicitation i Router Advertisement



Opcje ogłoszeń wysyłanych przez router

Opcja 1 (tylko SLAAC) – "Mam wszystko, co potrzebujesz (Prefiks, długość prefiksu, adres bramy domyślnej)"

Opcja 2 (SLAAC i DHCPv6) – "Oto informację ode mnie, ale resztę z nich (np. adres DNS z serwera DHCPv6) musisz pozyskać gdzie indziej".

Opcja 3 (tylko DHCPv6) – "Nie potrafię Ci pomóc. Zapytaj serwer o informacje DHCPv6".

Adresy IPv6 typu unicast

Konfiguracja globalnego adresu unicast z wykorzystaniem DHCPv6

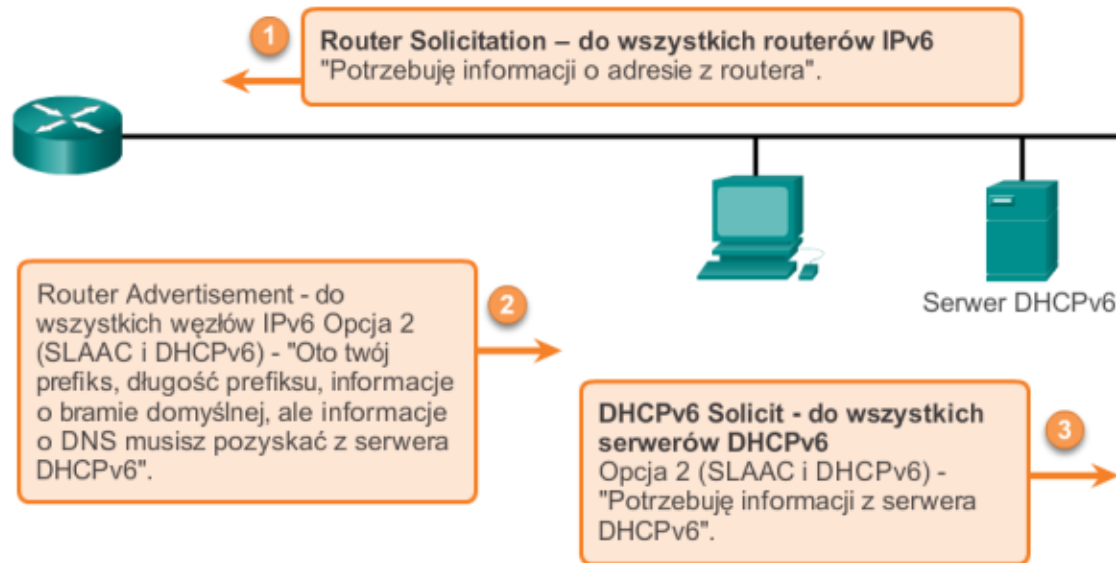
Dynamic Host Configuration Protocol dla IPv6 (DHCPv6).

- Podobny jak w IPv4
- Stosując usługę serwera DHCPv6, urządzenie automatycznie otrzymuje informacje o adresacji na temat: globalnego adresu unicast, długości prefiksu, adresu bramy domyślnej oraz adresów serwerów DNS.
- Urządzenie może uzyskać wszystkie lub część danych konfiguracyjnych IPv6 od serwera DHCPv6 w zależności od tego, czy w komunikacie ICMPv6 RA włączona zostanie opcja 2 (SLAAC z DHCPv6), czy opcja 3 (tylko DHCPv6).
- Urządzenie może zignorować komunikat RA routera i pozyskać adres IPv6 i inne informacje konfiguracyjne bezpośrednio z serwera DHCPv6.

Adresy IPv6 typu unicast

Konfiguracja globalnego adresu unicast z wykorzystaniem DHCPv6 (cd.)

Komunikaty Router Solicitation i Router Advertisement



Uwaga: Ogłoszenie routerów w opcji 3 (tylko DHCPv6) będą wymagać istnienia klienta, aby otrzymać wszystkie informacje z serwera DHCPv6.

Adresy IPv6 typu unicast

Proces EUI-64

Proces EUI-64

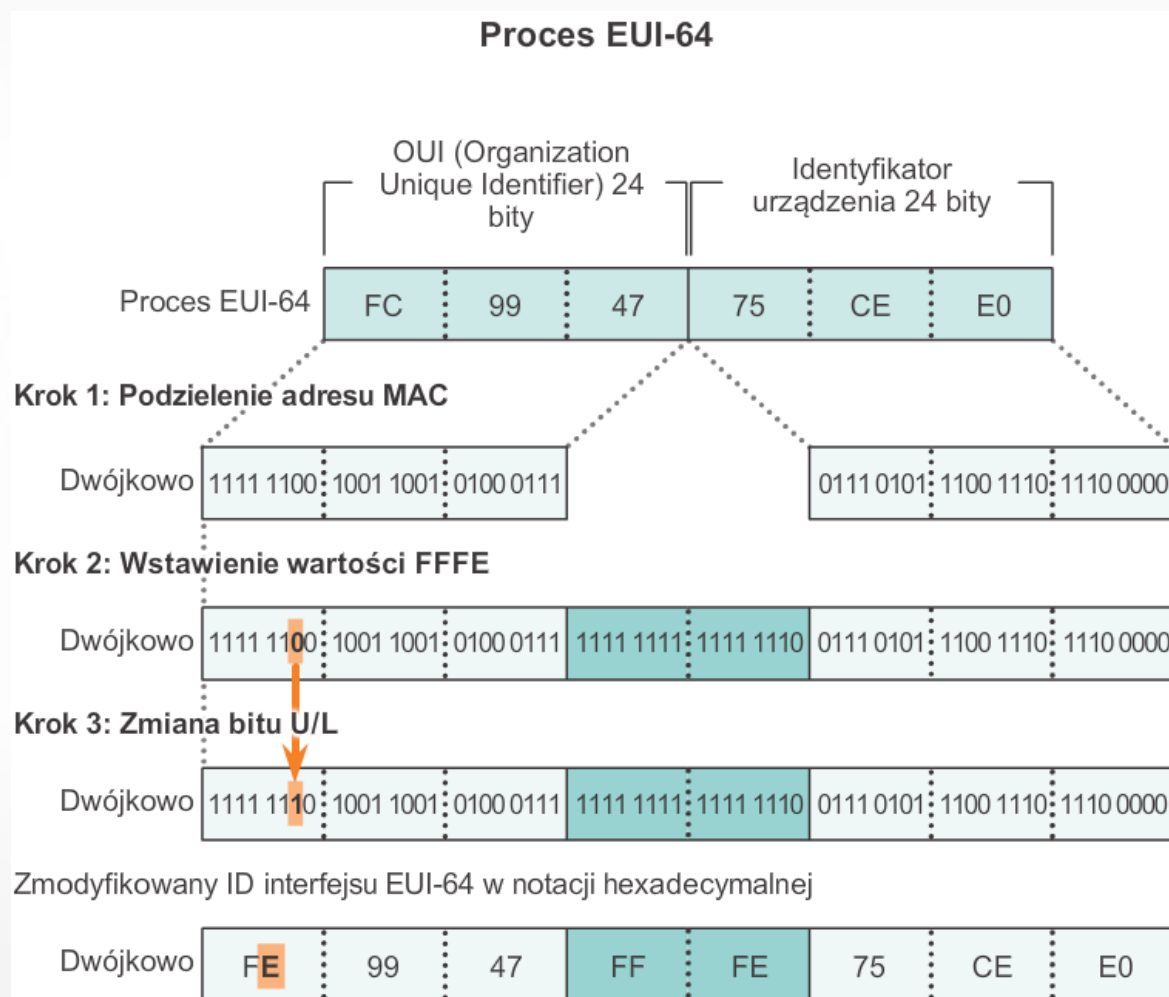
- Proces ten używa 48 bitowego Ethernetowego adresu MAC i wprowadza do jego środka 16 dodatkowych bitów w celu uzyskania 64 bitowego identyfikatora interfejsu.
- Zaletą stosowania tego procesu jest to, że adres MAC może być użyty do określenia identyfikatora interfejsu, oraz to że jest łatwy do prześledzenia.

Identyfikator interfejsu EUI-64 zapisywany jest binarnie i składa się z trzech części:

- 24 bitowego OUI z adresu MAC, ale z odwróconym siódmym bitem (U/L) - zero zamienia się w jedynkę.
- Dodanej 16-bitowej wartości FFFE
- 24-bitowego identyfikatora urządzenia uzyskanego wprost z adresu MAC.

Adresy IPv6 typu unicast

Proces EUI-64 (cd.)



Adresy IPv6 typu unicast

Proces EUI-64 (cd.)

```
R1#show interface gigabitethernet 0/0
```

```
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
```

```
Hardware is CN Gigabit Ethernet, address is fc99.4775.c3e0  
(bia fc99.4775.c3e0)
```

```
<Output Omitted>
```

```
R1#show ipv6 interface brief
```

```
GigabitEthernet0/0 [up/up]
```

```
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
```

```
2001:DB8:ACAD:1::1
```

```
GigabitEthernet0/1 [up/up]
```

```
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E1
```

```
2001:DB8:ACAD:2::1
```

```
Serial0/0/0 [up/up]
```

```
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
```

```
2001:DB8:ACAD:3::1
```

```
Serial0/0/1 [administratively down/down]
```

```
unassigned
```

```
R1#
```

Link-local addresses using
EUI-64

Adresy IPv6 typu unicast

Proces EUI-64 (cd.)

Losowo generowane identyfikatory interfejsów

- W zależności od systemu operacyjnego, urządzenie może używać identyfikatorów interfejsów generowanych losowo zamiast korzystać z adresu MAC i procesu EUI-64.
- Począwszy od systemu Windows Vista, systemy Windows używają identyfikatorów generowanych losowo, zamiast tych utworzonych za pomocą procesu EUI-64.
- Windows XP i wcześniejsze wersje systemu Windows używają procesu EUI-64.

Adresy IPv6 typu unicast

Dynamiczne adresy link-local

Adres typu link-local

- Po przypisaniu globalnego adresu unicast do interfejsu, urządzenie obsługujące IPv6 wygeneruje automatycznie adres typu link-local.
- Adres link-local IPv6 umożliwia urządzeniom komunikowanie się wzajemnie w tej samej podsieci.
- Host używa adresu link-local routera jako adresu swojej bramy domyślnej.
- Routery wymieniają wiadomości protokołów routingu dynamicznego używając adresów link-local.
- W tablicach routingu adresy link-local używane są jako adresy następnego przeskoku dla przesyłania pakietów IPv6.

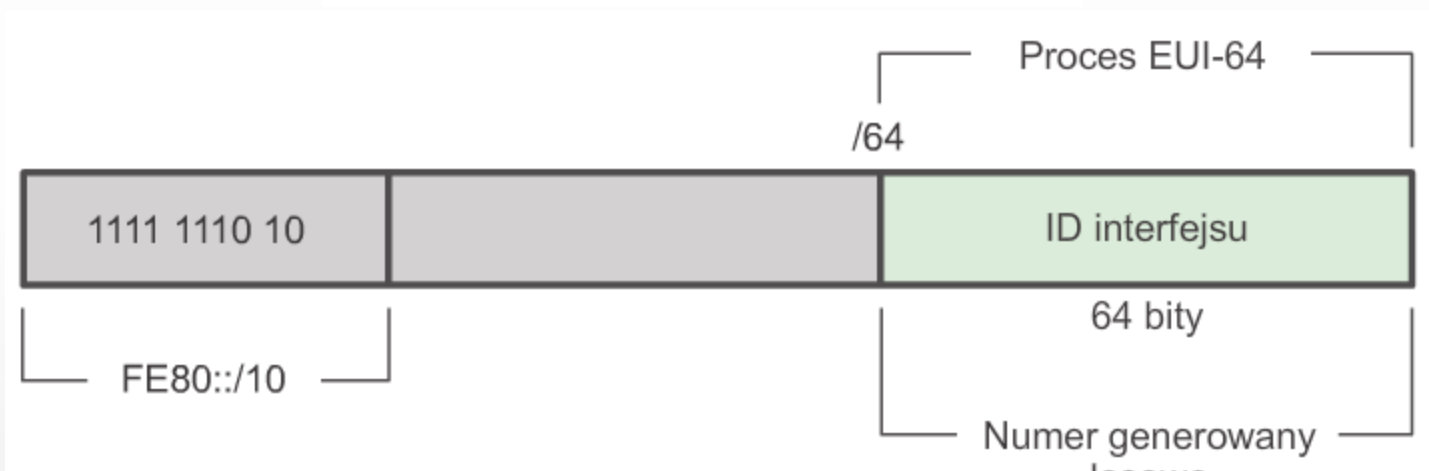
Adresy IPv6 typu unicast

Dynamiczny adres link-local (cd.)

Konfiguracja dynamiczna

Adres link-local tworzony jest dynamicznie przy użyciu prefiksu FE80::/10 w połączeniu z identyfikatorem interfejsu.

Adres IPv6 połączenia lokalnego



Adresy IPv6 typu unicast

Statyczne adresy link-local (cd.)

Konfiguracja adresów link-local

```
R1#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0      [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:1::1
GigabitEthernet0/1      [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:2::1
Serial10/0/0            [up/up]
    FE80::1
    2001:DB8:ACAD:3::1
Serial10/0/1            [administratively down/down]
    unassigned
R1#
```



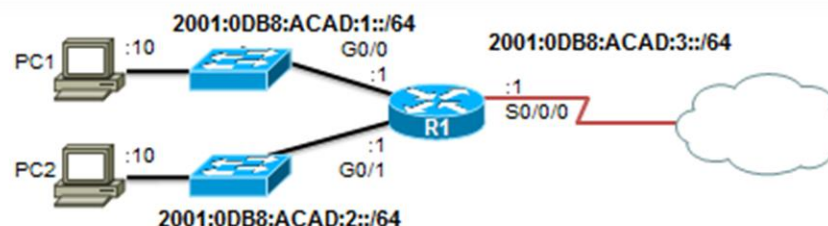
Statically configured link-local addresses

Globalne adresy IPv6 typu unicast

Weryfikacja konfiguracji adresu IPv6

Każdy interfejs ma przypisane dwa adresy IPv6 -

1. Globalny adres typu unicast, uprzednio skonfigurowany
2. ten zaczynający się prefiksem FE80 jest dodawany automatycznie jako adres link-local typu unicast



```
R1#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0    [up/up]
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
2001:DB8:ACAD:1::1
GigabitEthernet0/1    [up/up]
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E1
2001:DB8:ACAD:2::1
Serial0/0/0           [up/up]
FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
2001:DB8:ACAD:3::1
Serial0/0/1           [administratively down/down]
unassigned
R1#
```


Globalne adresy IPv6 typu unicast

Weryfikacja konfiguracji adresu IPv6 (cd.)

```
R1#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 7 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user
Static

<output omitted>

C    2001:DB8:ACAD:1::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, directly connected
L    2001:DB8:ACAD:1::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0, receive
C    2001:DB8:ACAD:2::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/1, directly connected
L    2001:DB8:ACAD:2::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/1, receive
C    2001:DB8:ACAD:3::/64 [0/0]
    via Serial0/0/0, directly connected
L    2001:DB8:ACAD:3::1/128 [0/0]
    via Serial0/0/0, receive
L    FF00::/8 [0/0]
    via Null0, receive
R1#
```

Adresy IPv6 typu multicast

Konfiguracja adresów komunikacji grupowej IPv6

- Adresy komunikacji grupowej IPv6 mają prefiks FF00::/8.
- Wyróżniamy dwa rodzaje adresów komunikacji grupowej IPv6:
 - Przypisany adres komunikacji grupowej
 - Adres solicited node multicast

Adresy IPv6 typu multicast

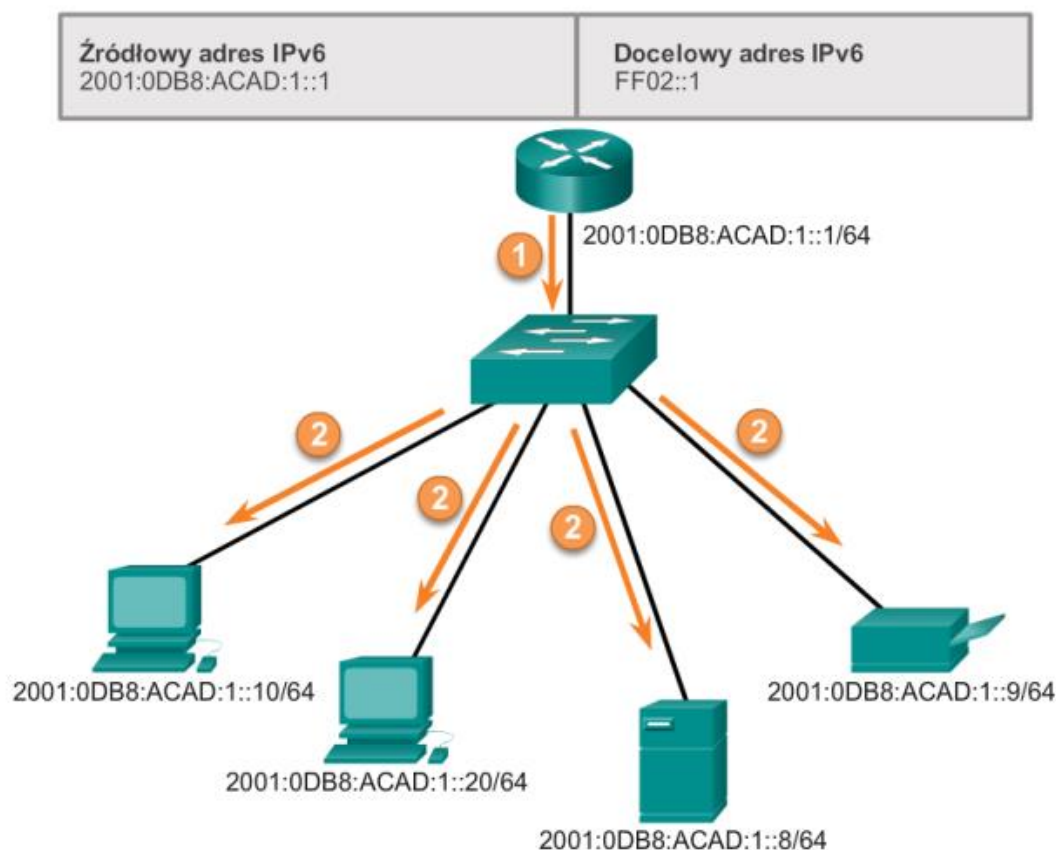
Konfiguracja adresów komunikacji grupowej IPv6 (cd.)

- Dwie podstawowe grupy multicastowe IPv6 to:
 - FF02::1 Grupa multicastowa wszystkich węzłów -
 - Wszystkie urządzenia z włączoną obsługą IPv6
 - Uzyskuje się efekt taki sam jak w przypadku adresu rozgłoszeniowego IPv4
 - FF02::2 grupa multicast wszystkich routerów
 - W jej skład wchodzi wszystkie routery IPv6
 - Router staje się członkiem tej grupy po wydaniu komendy `ipv6 unicast-routing` , w trybie konfiguracji globalnej.
 - Pakiet wysłany do tej grupy multicastowej jest obierany i przetwarzany przez wszystkie routery IPv6 na danym łączu lub w danej sieci.

Adresy IPv6 typu multicast

Konfiguracja adresów komunikacji grupowej IPv6 (cd.)

Multicastowa komunikacja do wszystkich węzłów IPv6



Adresy IPv6 typu multicast

Adres multicastowy Solicited-Node IPv6

- Można przyrównać go do adresu multicastowego wszystkich węzłów.
Porównywane są tylko ostatnie 24 bity globalnego adresu typu unicast.
- Tworzony automatycznie w momencie skonfigurowania globalnego adresu unicast lub adresu link-local.
- Składa się ze specjalnego prefiksu
FF02:0:0:0:0:0:FF00::/104
oraz 24 najmłodszych bitów adresu unicast

