

1 Adresowanie IP

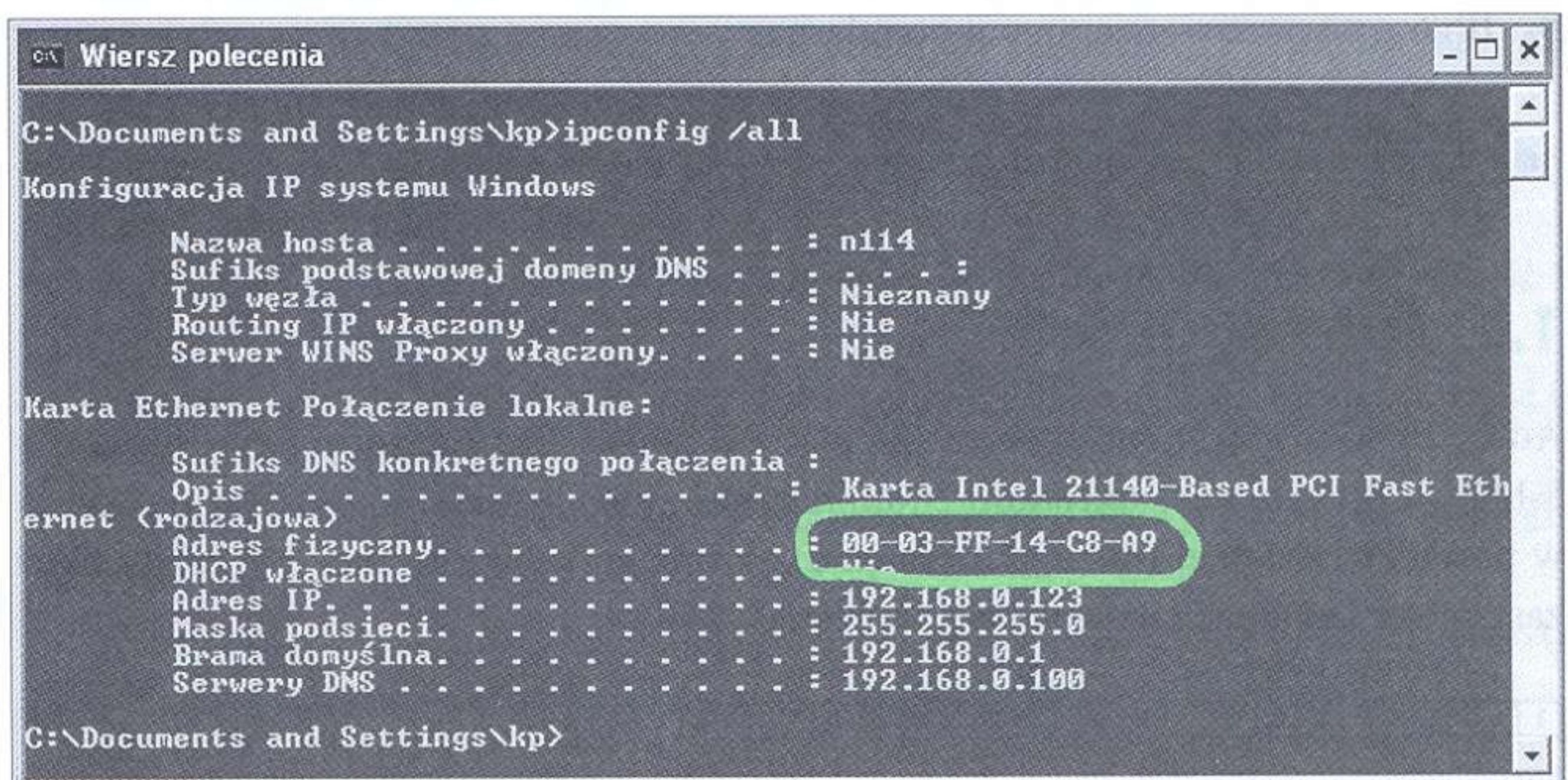
Do sieci komputerowej mogą być podłączone różne urządzenia, np. serwery, komputery, drukarki. Każde z nich musi mieć możliwość wymiany danych z innymi. Aby to było możliwe, potrzebny jest mechanizm pozwalający na zidentyfikowanie każdego urządzenia podłączonego do sieci. Identyfikacja odbywa się za pomocą unikatowych ciągów znaków nazywanych adresami. Adresy takie przypominają adres miejsca zamieszkania. Znając adres zamieszkania, np. kolegi, możemy wysłać do niego list, a poczta, posługując się adresem, dostarczy przesyłkę do miejsca przeznaczenia.

W najpopularniejszych obecnie sieciach lokalnych działających w standardzie Ethernet spotykamy dwa rodzaje adresów:

- **fizyczne** (nazywane również adresami MAC),
- **logiczne** (adresy IP).

1.1. Adresy fizyczne

Adres **fizyczny** nadawany jest przez producenta każdej karcie sieciowej podczas jej wytwarzania. Adres ten jest niepowtarzalny i umieszczony w pamięci ROM karty. Długość adresu fizycznego wynosi 48 bitów, lecz przedstawiany jest w postaci 12 cyfr szesnastkowych. Na rysunku 1.1 zaznaczono adres fizyczny.



```
Wiersz polecenia
C:\Documents and Settings\kp>ipconfig /all

Konfiguracja IP systemu Windows

Nazwa hosta . . . . . : n114
Sufiks podstawowej domeny DNS . . . . . :
Typ węzła . . . . . : Nieznany
Routing IP włączony . . . . . : Nie
Serwer WINS Proxy włączony. . . . . : Nie

Karta Ethernet Połączenie lokalne:

Sufiks DNS konkretnego połączenia :
Opis . . . . . : Karta Intel 21140-Based PCI Fast Eth
ernet (rodzajowa)
Adres fizyczny. . . . . : 00-03-FF-14-C8-A9
DHCP włączone . . . . . : Nie
Adres IP . . . . . : 192.168.0.123
Maska podsieci. . . . . : 255.255.255.0
Brama domyślna. . . . . : 192.168.0.1
Serwery DNS . . . . . : 192.168.0.100

C:\Documents and Settings\kp>
```

Rys. 1.1. Wyświetlenie adresu fizycznego karty sieciowej

Pierwsze 24 bity oznaczają producenta karty sieciowej, pozostałe 24 bity są unikatowym identyfikatorem danego egzemplarza karty. Aby sprawdzić adres fizyczny karty, możemy w wierszu poleceń systemu Windows 200x i nowszych wersji, wpisać polecenie `ipconfig /all`. W systemach z rodziny Windows 9x możemy użyć programu `winipcfg`.

1.2. Adresy logiczne

Adres logiczny wskazuje punkt przyłączenia do sieci, który jest nazywany **interfejsem**. Komputer pracujący w sieci, wyposażony w kilka interfejsów, może mieć kilka adresów logicznych – po jednym dla każdego z tych interfejsów. Interfejsy to zwykle urządzenia fizyczne, np. karty sieciowe, ale mogą być nimi również urządzenia logiczne, np. w niektórych kartach sieciowych można wyróżnić podinterfejsy.

Adresy logiczne nadawane są przez administratora sieci. Adres taki może określać urządzenie, np. komputer, grupę urządzeń (adres grupowy) lub całą sieć (adres sieci). Może on być przypisany przez administratora lub uzyskany za pośrednictwem specjalnego serwera DHCP.

Niezależnie jednak od sposobu uzyskania adresu logicznego, w danej sieci nie mogą istnieć dwa urządzenia o takim samym adresie.

Obecnie funkcjonują dwie wersje adresów IP:

- IPv4 – starsza wersja, bardzo rozpowszechniona,
- IPv6 – nowsza wersja, mniej popularna.

1.3. Adresy IPv4

Adres IP w wersji 4 ma zawsze długość 32 bitów. Jest on podzielony na cztery 8-bitowe bloki zwane **oktetami**. Administratorzy najczęściej przedstawiają adresy w postaci dziesiętnej (notacja dziesiętna z kropkami). Na rysunku 1.2 każdy oktet zastąpiony jest liczbą dziesiętną z zakresu 0–255.

1	1	0	0	0	0	0	0	.	1	0	1	0	1	0	0	0	.	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	0	0	0	0	0	1	1
192								168								0								3										

Rys. 1.2. Adres IP w zapisie binarnym i dziesiętnym

Ćwiczenie 1.1. Zamiana adresów z postaci dwójkowej na dziesiętną

Systemy komputerowe przetwarzają adresy w postaci dwójkowej. Dla człowieka zapamiętanie adresu złożonego z 32 bitów jest prawie niemożliwe. Wygodniej jest posługiwać się adresami, w których każdy oktet zamieniony został na liczbę dziesiętną z zakresu od 0 do 255. Na zajęciach z urządzeń techniki komputerowej podawane były metody przeliczania liczb dwójkowych na dziesiętkowe. W tym miejscu pokażemy inną prostą metodę wykonywania tych obliczeń. Każdemu bitowi należy przypisać jego wartość wynikającą z pozycji w liczbie dwójkowej (rys. 1.3). Następnie sumujemy te wartości, dla których bit adresu przyjmuje wartość 1.

Wartość w postaci wykładniczej	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
Wartość bitu	128	64	32	16	8	4	2	1	
Adres dwójkowy	1	0	1	0	1	0	1	0	
Wynik	128	+	32	+	8	+	2	=	170

Rys. 1.3. Przeliczenie liczby dwójkowej na dziesiętną

Ćwiczenie 1.2. Zamiana adresów z postaci dziesiętnej na dwójkową

Adres podany w postaci dziesiętkowej musimy zamieniać na postać dwójkową. Spośród wartości dziesiętnych poszczególnych bitów musimy wybrać te, których suma jest równa zamienianej liczbie. Zadanie to jest dość trudne, dlatego pokażemy je na przykładzie. Załóżmy, że liczbę 123 chcemy zapisać w systemie dwójkowym. Weźmy wartości kolejnych bitów, zaczynając od lewej strony:

- Wartość pierwszego bitu wynosi 128 i jest większa niż liczba 123 – ten bit ma wartość 0.
- Wartość drugiego bitu wynosi 64 i jest mniejsza niż liczba 123 – ten bit ma wartość 1 (reszta $123 - 64 = 59$).
- Wartość trzeciego bitu wynosi 32 i jest mniejsza niż liczba 59 – ten bit ma wartość 1 (reszta $59 - 32 = 27$).
- Wartość czwartego bitu wynosi 16 i jest mniejsza niż liczba 27 – ten bit ma wartość 1 (reszta $27 - 16 = 11$).
- Wartość piątego bitu wynosi 8 i jest mniejsza niż liczba 11 – ten bit ma wartość 1 (reszta $11 - 8 = 3$).
- Wartość szóstego bitu wynosi 4 i jest większa niż liczba 3 – ten bit ma wartość 0 (reszta wynosi ciągle 3).
- Wartość siódmego bitu wynosi 2 i jest mniejsza niż liczba 3 – ten bit ma wartość 1 (reszta $3 - 2 = 1$).
- Wartość ósmego bitu wynosi 1 i jest równa liczbie 1 – ten bit ma wartość 1 (reszta wynosi 0, co oznacza koniec obliczeń).

Liczba 123 w postaci dwójkowej reprezentowana jest przez 01111011.

1.4.3. Adresy klasy C

Adresy klasy C przeznaczono do obsługi dużej liczby małych sieci. W adresie klasy C pierwsze trzy oktety określają sieć, a ostatni – hosta. Podział bitów w adresie klasy C pokazano na rys. 1.6.



Rys. 1.6. Podział bitów w adresie klasy C

Pierwsze trzy bity pierwszego oktetu adresu klasy C wynoszą 110 (dwójkowo). Adresy klasy C obejmują zakres od 192.0.0.0 do 223.255.255.255. Każda sieć klasy C może obsługiwać 254 stacje. Maksymalnie może istnieć 2 097 150 sieci klasy C ($2^{21} = 2\,097\,152$).

1.4.4. Adresy klasy D i E

Adresy klasy D służą do multiemisji (*multicast*) w sieciach IP. Adres multiemisji jest niepowtarzalnym adresem sieciowym, kierującym pakiety do z góry zdefiniowanych grup adresów IP. Jedna stacja może przesyłać strumień, kierowany do wielu odbiorców jednocześnie. Przestrzeń adresowa klasy D obejmuje zakres od 224.0.0.0 do 239.255.255.255.

Adresy klasy E zespół IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*) zarezerwował do własnych badań. Nie można korzystać z nich w Internecie (zakres poprawnych adresów klasy E to 240.0.0.0 – 255.255.255.255).

1.4.5. Adresy specjalne

W każdej z klas adresów dwa spośród nich były zarezerwowane do celów specjalnych. Adres, w którym w części przeznaczonej dla hosta znajdują się same zera jest **adresem sieci**. Adres, w którym w części przeznaczonej dla hosta znajdują się same jedynki, jest **adresem rozgłoszeniowym** (*broadcast*). Adresów tych nie można przypisać hostom. Ponadto istnieją jeszcze inne specjalne adresy opisane w tab. 1.1.

Tabela 1.1. Adresy specjalne

Adres	Funkcja	Zastosowanie
0.0.0.0	Adres domyślnej trasy	Użycie w tablicach routingu
127.0.0.1	Adres pierwszej pętli zwrotnej	Komunikacja sieciowa hosta z samym sobą
255.255.255.255	Adres rozgłoszeniowy w sieci lokalnej	Komunikacja hosta ze wszystkimi hostami w ramach jednej sieci fizycznej

1.4.6. Adresy prywatne

Adresy w sieci Internet muszą być unikatowe. Są one nadawane przez organizację IANA. Każdy użytkownik sieci musi uzyskać zgodę tej organizacji na korzystanie z danego adresu. W większości przypadków zgodę taką uzyskuje się za pośrednictwem dostawcy usług internetowych (*Internet Service Provider*), np. Telekomunikacji Polskiej, która przydziela adres spośród puli adresów otrzymanych od IANA. Jeżeli jednak budujemy sieć, np. w szkole, możemy skorzystać ze specjalnej puli **adresów prywatnych**, zarezerwowanych dla sieci lokalnych. Adresy te nie są widoczne w Internecie. Adresy prywatne mogą się powtarzać w różnych sieciach lokalnych, nie powodując konfliktu.

Istnienie adresów prywatnych przewidziano dla każdej klasy adresów i zarezerwowano:

- dla klasy A adresy od 10.0.0.0 do 10.255.255.255 (jedna sieć z 16 777 214 hostów),
- dla klasy B adresy od 172.16.0.0 do 172.31.255.255 (16 sieci po 65 534 hosty),
- dla klasy C adresy od 192.168.0.0 do 192.168.255.255 (256 sieci po 254 hosty).

Korzystanie z tych adresów nie wymaga uzyskania zgody IANA ani innego dostawcy usług internetowych. Adresów prywatnych i specjalnych nie wolno używać w ruchu zewnętrznym, poza siecią lokalną.

1.5. Zapobieganie wyczerpywaniu się puli adresów

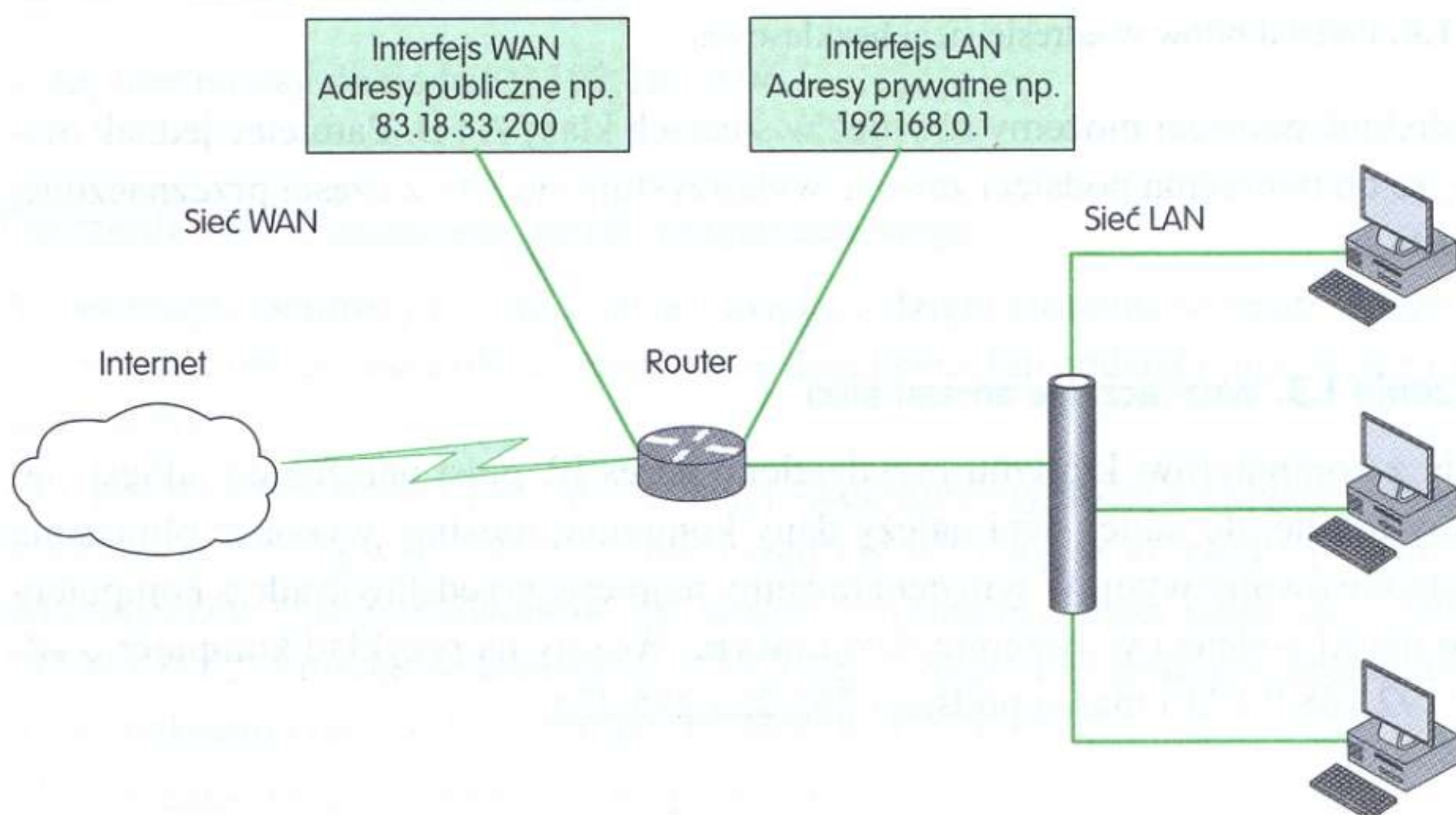
Początkowo sieć komputerowa zbudowana była z kilku komputerów. Dostępna liczba adresów (ponad 4 miliardy) wydawała się twórcom standardu IPv4 wystarczająca do zaspokojenia potrzeb użytkowników. Szybki rozwój sieci i przyłączanie nowych komputerów doprowadziło do sytuacji, w której zaczęło brakować dostępnych adresów. Inną z przyczyn tego stanu było adresowanie klasowe. Jeżeli, na przykład w szkole, przyłączylibyśmy do Internetu sieć złożoną z 15 komputerów, to musieliśmybyśmy zarezerwować całą najmniejszą sieć klasy C. Sieć klasy C pozwala na zaadresowanie 254 hostów, co oznacza, że nie wykorzystalibyśmy 239 adresów (mimo że zapłaciliśmy za możliwość korzystania z nich). Kolejną z niedogodności przyjętego schematu adresowania jest to, że na sieci klasy A przeznaczono połowę wszystkich dostępnych adresów. Ponieważ tych sieci jest tylko 126, trudno jest znaleźć organizację, która będzie w stanie wykorzystać wszystkie adresy klasy A.

Istnieje wiele metod zapobiegania wyczerpywaniu się adresów. Poniżej scharakteryzujemy trzy z nich:

- wykorzystanie adresów prywatnych,
- adresowanie bezklasowe,
- adresowanie IPv6.

1.5.1. Wykorzystanie adresów prywatnych

Adresy prywatne mogą być używane tylko w sieciach lokalnych. Budując sieć lokalną, np. w szkole, możemy komputerom przypisać adresy prywatne (nie musimy uzyskiwać zgody na ich wykorzystanie). Te same adresy prywatne mogą być wykorzystywane wielokrotnie, np. w sąsiedniej szkole, bez niebezpieczeństwa wystąpienia konfliktu adresów. Każda z sieci lokalnych jest przyłączona do Internetu za pośrednictwem routera. Na routerze uruchomiona jest **usługa translacji adresów NAT** (*Network Address Translation*). Jest ona odpowiedzialna za tłumaczenie adresów używanych w sieci lokalnej, np. prywatnych, na jeden lub kilka adresów publicznych (uzyskanych od dostawcy usług internetowych). Router pełni rolę **bramy**, przez którą pakiety danych wysyłane są z komputera do Internetu. Router zamienia adres prywatny na adres publiczny i wysyła pakiety do miejsca przeznaczenia. Dane przeznaczone do komputera w sieci lokalnej trafiają najpierw do interfejsu sieci WAN w routerze, a następnie są kierowane przez router do odpowiedniego komputera. Metoda ta ma dodatkową zaletę polegającą na tym, że z komputerami w sieci lokalnej nie można nawiązać bezpośredniego połączenia z Internetu. Połączenie z komputerem w sieci lokalnej może udostępnić administrator routera poprzez jego odpowiednie skonfigurowanie. Schemat sieci lokalnej przyłączonej do Internetu za pomocą routera pokazany jest na rys. 1.7.



Rys. 1.7. Schemat sieci lokalnej przyłączonej do Internetu za pomocą routera

Adres komputera w postaci dwójkowej pokazano na rys. 1.9, a maski podsieci na rys. 1.10.

192								.	168								.	0								.	123							
1	1	0	0	0	0	0	0	.	1	0	1	0	1	0	0	0	.	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	1	1	1	1	0	1	1

Rys. 1.9. Adres komputera w postaci dwójkowej

255								.	255								.	255								.	224							
1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	0	0	0	0	0

Rys. 1.10. Maska podsieci w postaci dwójkowej

Do jakiej podsieci należy ten komputer?

Aby odpowiedzieć na to pytanie, wykonamy operację obliczania iloczynu logicznego na poszczególnych bitach adresu IP i maski podsieci.

Porada

Jeżeli nie wiesz, co to iloczyn logiczny bitów, postępuj według zasady zilustrowanej na rys. 1.11:

- przepisz z adresu IP (rys. 1.11 wiersz 2.) wszystkie bity na pozycjach, w których w masce podsieci (wiersz 3.) jest wartość 1,
- w pozostałych miejscach adresu sieci (wiersz 4.) wpisz 0.

Te bity należy przekopiować																								W tych pozycjach wpisz 0										
1	1	0	0	0	0	0	0	.	1	0	1	0	1	0	0	0	.	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	0	0	0	0	0	
1	1	0	0	0	0	0	0	.	1	0	1	0	1	0	0	0	.	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	1	1	0	0	0	0	0
192									168									0									96							

Rys. 1.11. Wyznaczanie adresu sieci

Komputer należy do podsieci 192.168.0.96.

Ćwiczenie 1.4. Wyznaczanie adresu rozgłoszeniowego

Adres rozgłoszeniowy (*broadcast*) jest to adres, dzięki któremu komputer może wysłać wiadomość do wszystkich urządzeń w danej sieci lub podsieci (domenie rozgłoszeniowej).

Aby ustalić adres rozgłoszeniowy w danej sieci, musimy także wykonać obliczenia w systemie dwójkowym. W tym celu przedstawiamy adres komputera i jego maski podsieci w systemie dwójkowym. Weźmy ten sam przykład: komputer o adresie 192.168.0.123 i masce podsieci 255.255.255.224. Adres komputera w postaci dwójkowej pokazano na rys. 1.9, a maski podsieci na rys. 1.10.

Jaki jest adres rozgłoszeniowy w tej podsieci?

Porada

Aby odpowiedzieć na to pytanie, postępuj jak pokazano na rys. 1.12:

- przepisz z adresu IP wszystkie bity na pozycjach, w których w masce podsieci jest wartość 1,
- w pozostałych miejscach wpisz 1.

Te bity należy przekopiować																				W tych pozycjach wpisz 1													
1	1	0	0	0	0	0	0	.	1	0	1	0	1	0	0	0	.	0	0	0	0	0	0	0	.	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	.	1	0	1	0	1	0	0	0	.	0	0	0	0	0	0	0	.	0	1	1	1	1	1	1	1
192								168								0				127													

Rys. 1.12. Wyznaczanie adresu rozgłoszeniowego

Adres rozgłoszeniowy w tej podsieci jest 192.168.0.127.

Ćwiczenie 1.5. Ile możemy utworzyć podsieci?

Liczba możliwych do utworzenia podsieci zależy od liczby bitów z części hosta przeznaczonych do utworzenia podsieci. W powyższym przykładzie przeznaczylismy na podsieci 3 bity. Na 3 bitach możemy reprezentować $2^3 = 8$ różnych wartości i tyle podsieci możemy utworzyć. Jednak pierwsza i ostatnia z tych podsieci nie będzie mogła być wykorzystana. Pierwsza podsieć ma taki sam adres sieci jak cała klasa A, natomiast ostatnia ma taki sam adres rozgłoszeniowy jak klasa C. Efektywnie spośród 8 podsieci możemy wykorzystać tylko 6.

Ćwiczenie 1.6. Ile hostów może być w podsieci?

Liczba możliwych hostów w podsieci zależy od liczby bitów w części hosta. W powyższym przykładzie na część hosta pozostało 5 bitów. Na 5 bitach możemy reprezentować $2^5 = 32$ wartości. Jednak adres zawierający w części hosta same zera jest adresem podsieci, natomiast adres zawierający w części hosta same jedynki jest adresem rozgłoszeniowym podsieci. Adresy te są zarezerwowane i nie wolno ich przypisać do żadnego urządzenia w sieci. Oznacza to, że w naszej podsieci może być maksymalnie 30 hostów.

Uwaga

Minimalna liczba bitów przeznaczona na podsieć wynosi 2. Jeżeli na podsieć przeznaczylismy 1 bit, to liczba podsieci wyniosłaby 2, a liczba podsieci efektywnych 0 – nie moglibyśmy utworzyć podsieci. Liczba bitów przeznaczona na hosta nie może być mniejsza niż 2 – liczba hostów w takiej podsieci wynosi 2.

Ćwiczenie 1.7. Jakże adresy możemy przydzielić komputerom?

W tabeli 1.3 zebrano wszystkie informacje o adresach w sieci rozważanej we wcześniejszym przykładzie.

Tabela 1.3. Adresy w podsieci

Numer podsieci	Adres sieci	Adresy hostów	Adres rozgłoszeniowy	Uwagi
0	192.168.0.0	192.168.0.1 do 192.168.0.30	192.168.0.31	Adres całej sieci (niemożliwy do wykorzystania).
1	192.168.0.32	192.168.0.33 do 192.168.0.62	192.168.0.63	
2	192.168.0.64	192.168.0.65 do 192.168.0.94	192.168.0.95	
3	192.168.0.96	192.168.0.97 do 192.168.0.126	192.168.0.127	
4	192.168.0.128	192.168.0.129 do 192.168.0.158	192.168.0.159	
5	192.168.0.160	192.168.0.161 do 192.168.0.190	192.168.0.191	
6	192.168.0.192	192.168.0.193 do 192.168.0.222	192.168.0.223	
7	192.168.0.224	192.168.0.225 do 192.168.0.254	192.168.0.255	Adres rozgłoszeniowy całej sieci (niemożliwy do wykorzystania).

Ćwiczenie 1.8. Czy komputery będą mogły się komunikować ze sobą?

Komputery będą mogły komunikować się ze sobą, jeżeli będą w tej samej sieci, to znaczy będą miały taki sam adres sieci. Jeżeli adresy będą różne, to bezpośrednia komunikacja między nimi nie będzie możliwa.

Należy, jak w ćwiczeniu 1.3, wyznaczyć adresy sieci obu komputerów i je porównać. Weźmy dwa komputery o adresach odpowiednio 10.20.30.40 i 10.20.30.140 oraz maskę podsieci 255.255.255.240. Adres sieci dla komputera o adresie 10.20.30.40 obliczamy, jak pokazano na rys. 1.13.

0	0	0	0	1	0	1	0	.	0	0	0	1	0	1	0	0	.	0	0	0	1	1	1	1	0	.	0	0	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	.	0	0	0	1	0	1	0	0	.	0	0	0	1	1	1	1	0	.	0	0	1	0	0	0	0	0
10								20								30								32										

Rys. 1.13. Wyznaczanie adresu sieci dla komputera 10.20.30.40

Adres sieci dla komputera o adresie 10.20.30.140 obliczamy, jak na rys. 1.14.

0	0	0	0	1	0	1	0	.	0	0	0	1	0	1	0	0	.	0	0	0	1	1	1	1	0	.	1	0	0	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	.	0	0	0	1	0	1	0	0	.	0	0	0	1	1	1	1	0	.	1	0	0	0	0	0	0	0
10								20								30								128										

Rys. 1.14. Wyznaczanie adresu komputera 10.20.30.140

Komputer o adresie 10.20.30.40 należy do sieci 10.20.30.32. Komputer o adresie 10.20.30.140 należy do sieci 10.20.30.128. Ponieważ adresy te są różne, więc komputery nie będą mogły bezpośrednio się komunikować.

1.6. Adresowanie IPv6

Adresowanie IPv6 wprowadzono ze względu na wyczerpywanie się dostępnej puli adresów IPv4. Adresy IPv6 mają długość 128 bitów, co pozwala na uzyskanie 2^{128} adresów ($3,4 \cdot 10^{38}$).

IPv4 i IPv6 **nie współdziałają ze sobą** i protokół IPv6 nie jest zgodny z protokołem IPv4. Aby host lub router rozpoznawał i przetwarzał obie wersje adresów, musi korzystać zarówno z protokołu IPv4, jak i IPv6. Protokół IPv6 obsługuje zarówno konfigurację adresów przy wykorzystaniu serwera DHCP, jak i bez tego serwera. Hosty podłączone do tego samego łącza mogą automatycznie konfigurować dla siebie adresy lokalne dla łącza i komunikować się bez konfiguracji ręcznej.

Adres IPv6 składa się ze 128 bitów podzielonych na 16-bitowe fragmenty, oddzielone dwukropkami. Każdy 16-bitowy blok reprezentowany jest za pomocą 4-cyfrowej liczby szesnastkowej, np. adres

```
0010000111011010 0000000011010011 0000000000000000 0010111100111011
0000001010101010 0000000011111111 1111111000101000 1001110001011010
```

reprezentowany jest:

```
21DA:00D3:0000:2F3B:02AA:00FF:FE28:9C5A
```

Reprezentacja IPv6 może zostać uproszczona poprzez usunięcie poprzedzających zer z każdego bloku 16-bitowego, przy czym każdy blok musi posiadać przynajmniej jeden znak. Po pominięciu poprzedzających zer reprezentacja adresu wygląda następująco:

```
21DA:D3:0:2F3B:2AA:FF:FE28:9C5A
```

Na rysunku 1.15 ramką zakreślono adres IPv6 przypisany do połączenia lokalnego w komputerze z zainstalowanym systemem Windows Vista. Adresy IPv6 można skonfigurować również w systemie Windows XP oraz w większości nowych dystrybucji Linuksa.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\User>ipconfig /all

Windows IP Configuration

Host Name . . . . . : KP-PC
Primary Dns Suffix . . . . . :
Node Type . . . . . : Hybrid
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No

Ethernet adapter Local Area Connection 3:

Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . . . . . :
Description . . . . . : Bluetooth PAN Network Adapter
Physical Address. . . . . : 00-11-67-8E-05-48
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes

Ethernet adapter Local Area Connection 2:

Connection-specific DNS Suffix . . . . . :
Description . . . . . : Marvell Yukon 88E8056 PCI-E Gigabit Ethernet Controller
Physical Address. . . . . : 00-22-15-17-C8-A9
DHCP Enabled. . . . . : No
Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::a84d:e51b:d582:9c9b%11 (Preferred)
IPv4 Address. . . . . : 192.168.0.33 (Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : 192.168.0.1
DNS Servers . . . . . : 194.204.159.1

```

Rys. 1.15. Konfiguracja połączenia IPv6

Pomimo zalet oraz gotowości systemów operacyjnych do obsługi, adresowanie IPv6 nie jest jeszcze powszechnie stosowane. Jest to spowodowane koniecznością wymiany sprzętu sieciowego (lub przynajmniej oprogramowania) u dostawców Internetu, co jest operacją kosztowną i wymaga czasu.

Zadanie do samodzielnego wykonania

W szkole jest 6 pracowni komputerowych. W każdej z nich jest 13 komputerów, pracujących w różnych podsieciach. Administrator sieci szkolnej postanowił przypisać komputerom adresy prywatne z klasy C. Należy przydzielić komputerom adresy w taki sposób, aby jak najwięcej adresów pozostało do dyspozycji w przyszłości. Komputery nie mogą mieć możliwości wymiany danych z urządzeniami z innej pracowni. Należy określić:

- maskę podsieci, jednakową dla wszystkich komputerów,
- adres sieci i rozgłoszeniowy dla wszystkich podsieci,
- adresy IP, jakie będą przypisane do komputerów w poszczególnych podsieciach,
- maksymalną liczbę podsieci w szkole,
- maksymalną liczbę komputerów w podsieci.