

informatyka+

Wszechnica Poranna: Sieci komputerowe

Podstawy adresowania hostów
w sieciach komputerowych

Dariusz Chaładyniak, Józef Wacnik

Człowiek – najlepsza inwestycja



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WARSZAWSKA
WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Rodzaj zajęć: Wszechnica Poranna

Tytuł: Podstawy adresowania hostów w sieciach komputerowych

Autor: dr inż. Dariusz Chaładyniak, mgr inż. Józef Wacnik

Redaktor merytoryczny: prof. dr hab. Maciej M Sysło

Zeszyt dydaktyczny opracowany w ramach projektu edukacyjnego **Informatyka+**
— ponadregionalny program rozwijania kompetencji uczniów szkół ponadgimnazjalnych w
zakresie technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT).

www.informatykaplus.edu.pl

kontakt@informatykaplus.edu.pl

Wydawca: Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki

ul. Lewartowskiego 17, 00-169 Warszawa

www.wysi.edu.pl

rektorat@wysi.edu.pl

Projekt graficzny: FRYCZ I WICHA

Warszawa 2009

Copyright © Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki 2009

Publikacja nie jest przeznaczona do sprzedaży.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WARSZAWSKA
WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Podstawy adresowania hostów w sieciach komputerowych

Dariusz Chaładyniak

Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki
dchalad@wwsi.edu.pl

Józef Wacnik

Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki
j_wacnik@poczta.wwsi.edu.pl



Streszczenie

Aby móc korzystać z możliwości sieci komputerowych, każdy jej użytkownik musi posiadać unikatowy w skali światowej adres IP (przydzielany automatycznie lub ręcznie). Wykład przedstawia podstawowe informacje związane z adresowaniem komputerów w sieciach. Wyjaśnia, na czym polega adresowanie fizyczne, a na czym adresowanie logiczne. Prezentuje podstawowe rodzaje transmisji sieciowej (unicast, multicast, broadcast). Wyjaśnia budowę i przeznaczenie protokołu IPv4. Omawia adresowanie klasowe (klasy A, B, C, D i E) oraz adresowanie bezklasowe (z wykorzystaniem masek podsieci). Ponadto przedstawiono przykłady podziału sieci z klasy C na podsieci z ich praktyczną interpretacją.

Warsztaty będą okazją do praktycznego przećwiczenia materiału z wykładu.

Spis treści

Wykład

1. Adresowanie fizyczne i logiczne	3
2. Rodzaje transmisji IP	3
3. Protokół IPv4	4
4. Adresowanie klasowe	5
5. Adresowanie bezklasowe – maski podsieci	7
6. Podział sieci na podsieci	8

Literatura	10
------------	----

Warsztaty

1. Konwersja pomiędzy systemami binarnymi i dziesiętnymi	11
2. Działania na przestrzeni adresowej IPv4	14



1 ADRESOWANIE FIZYCZNE I LOGICZNE

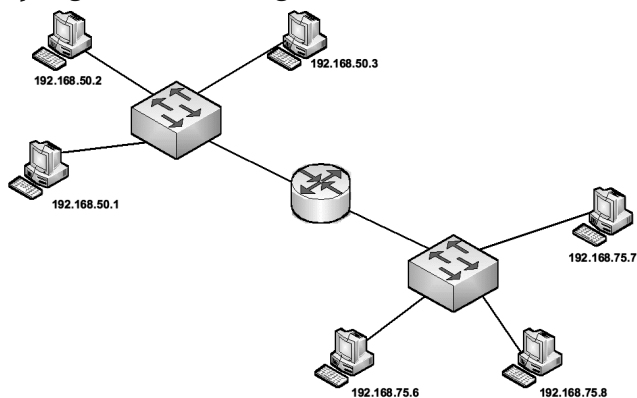
Na czym polega adresowanie fizyczne



Rysunek 1.
Karty sieciowe

Adresowanie fizyczne ma miejsce w drugiej warstwie modelu odniesienia ISO/OSI, czyli w warstwie łącza danych. Często adresowanie fizyczne określa się jako adresowanie sprzętowe, gdyż adres fizyczny jest „wypalonym” adresem MAC w układzie ROM (ang. *Read Only Memory*) karty sieciowej.

Na czym polega adresowanie logiczne

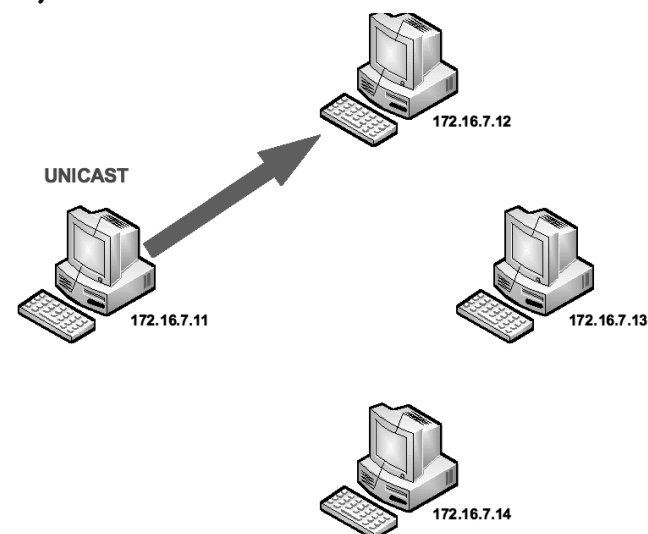


Rysunek 2.
Przykład adresowania logicznego

Adresowanie logiczne występuje w trzeciej warstwie modelu odniesienia ISO/OSI, czyli w warstwie sieciowej. Każdy komputer w sieci Internet ma unikatowy adres IP, którego przydział jest administrowany przez odpowiednie organizacje (IANA, ICANN).

2 RODZAJE TRANSMISJI IP

Transmisja unicast



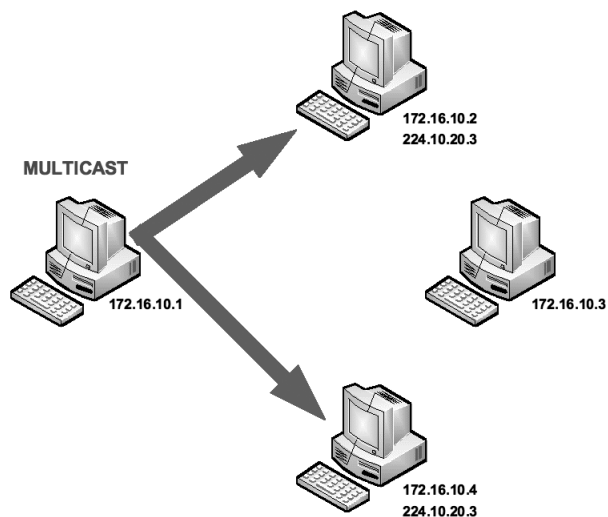
Rysunek 3.
Transmisja typu unicast

Transmisja unicast to tryb transmisji, w której przekaz informacji dokonuje się wyłącznie między dwoma dokładnie określonymi komputerami w sieci.

Transmisja multicast

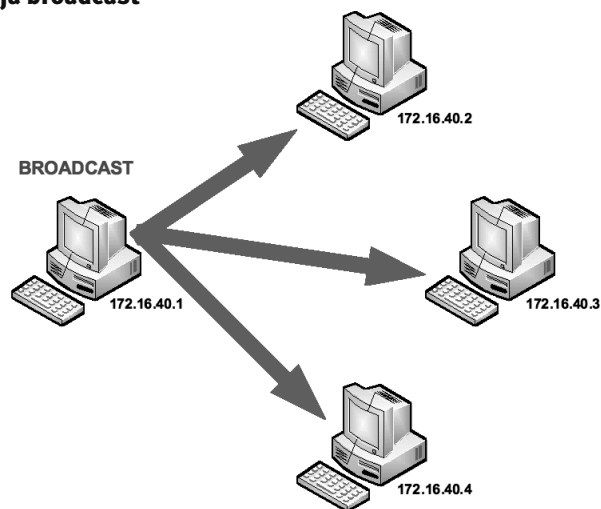
Transmisja multicast ma miejsce wtedy, gdy jedna stacja (router, węzeł, serwer, terminal) jednocześnie transmituje lub odbiera informacje do/z konkretnie określonej i uprzednio zdefiniowanej grupy innych stacji roboczych lub routerów.





Rysunek 4. Transmisja typu multicast

Transmisja broadcast

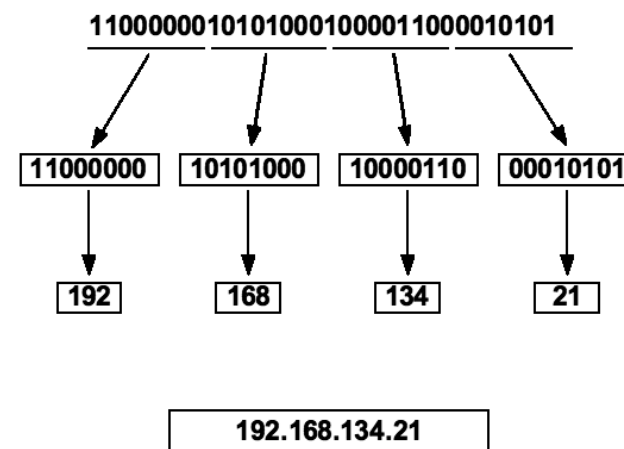


Rysunek 5. Transmisja typu broadcast

Transmisja broadcast polega na wysłaniu pakietów przez jeden port (kanał komunikacyjny), które powinny odbierać wszystkie pozostałe porty przyłączone do danej sieci (domeny rozgłoszeniowej). Pakiet danych, wysłany do wszystkich stacji sieciowych domeny rozsiewczej, ma adres składający się z samych jedynek.

3 PROTOKÓŁ IPV4

Notacja kropkowo-dziesiętna

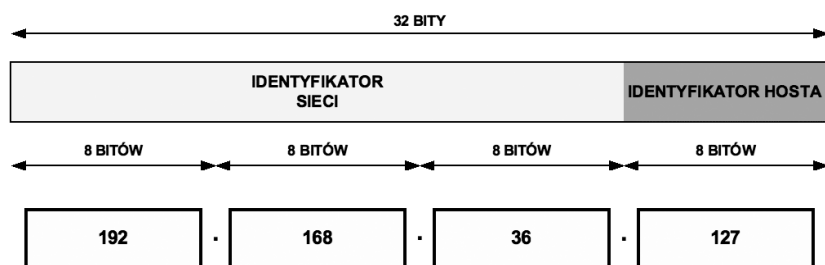


Rysunek 6. Przykład adresu IP w wersji 4 w notacji kropkowo-dziesiętnej

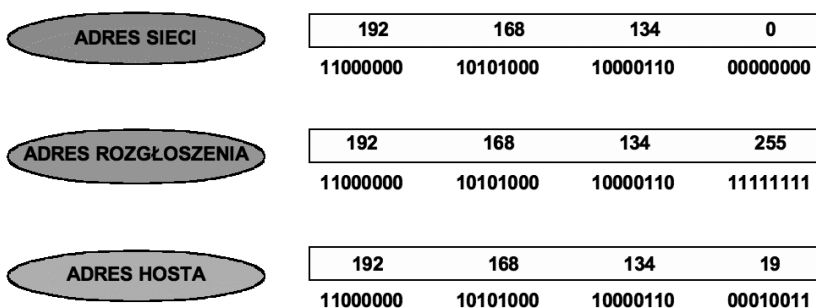
Adres IPv4 składa się z czterech oktetów liczb dwójkowych. Aby ten adres łatwiej zapamiętać, ta 32-bitowa liczba binarna jest zamieniana na cztery grupy liczb dziesiętnych oddzielonych kropkami.

Format adresu IPv4

Adres IPv4 jest 32-bitową liczbą binarną konwertowaną do notacji kropkowo-dziesiętnej. Składa się z identyfikatora sieci przydzielonego przez odpowiedni RIR (ang. *Reginal Internet Registries*) oraz identyfikatora hosta (zarządzanego przez administratora sieciowego).



Rysunek 7.
Format adresu IP w wersji 4

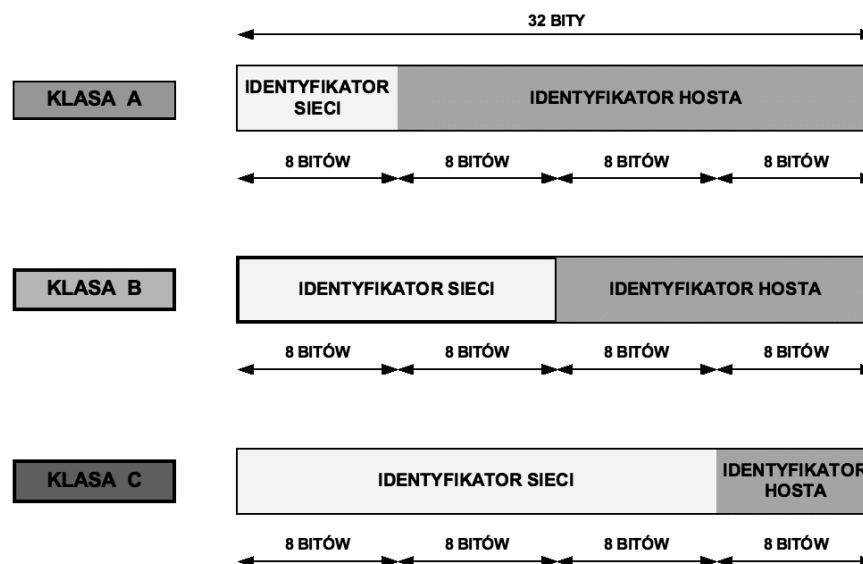


Rysunek 8.
Rodzaje adresów IP w wersji 4

Adres sieci charakteryzuje się tym, że w części hostowej są same zera. Adres rozgłoszenia jest rozpoznawalny po tym, że ma same jedynki w części hostowej. Adres hosta jest zakresem pomiędzy adresem sieci i adresem rozgłoszenia.

Klasy adresów IPv4

W adresowaniu klasowym wyróżniono pięć klas adresowych – A, B, C, D i E. Trzy pierwsze klasy (A, B, C) wykorzystuje się do adresacji hostów w sieciach komputerowych, natomiast klasy D i E są przeznaczone dla specyficznych zastosowań.



Rysunek 9.
Klasy adresów IP w wersji 4

4 ADRESOWANIE KLASOWE

Klasa A



Rysunek 10.
Klasa A

klasa A – pierwszy bit adresu jest równy 0, a następane 7 bitów określa sieć. Kolejne 24 bity wskazują komputer w tych sieciach. Adres rozpoczyna się liczbą między 1 i 127. Można zaadresować 126 sieci (adres 127.x.y.z został zarezerwowany dla celów diagnostycznych jako adres loopback) po 16 777 214 (2²⁴ – 2) komputerów.



Klasa B



Rysunek 11.
Klasa B

klasa B – dwa pierwsze bity adresu to 1 i 0, a następane 14 bitów określa sieć. Kolejne 16 bitów identyfikuje komputer. Adres rozpoczyna się liczbą między 128 i 191. Można zaadresować 16 384 (2^{14}) sieci po 65 534 ($2^{16} - 2$) komputery.

Klasa C



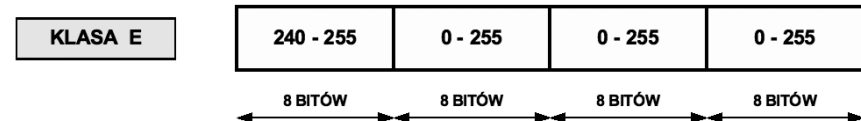
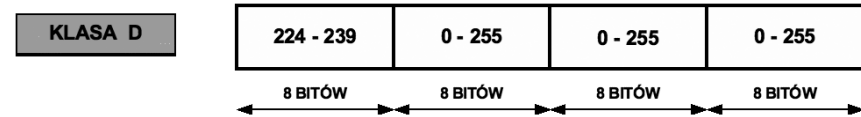
Rysunek 12.
Klasa C

klasa C – trzy pierwsze bity adresu to 1, 1 i 0, a następnich 21 bitów identyfikuje adresy sieci. Ostatnie 8 bitów służy do określenia numeru komputerów w tych sieciach. Adres rozpoczyna się liczbą między 192 i 223. Można zaadresować 2 097 152 (2^{21}) sieci po 254 ($2^8 - 2$) komputery.

klasa D – cztery pierwsze bity adresu to 1110. Adres rozpoczyna się liczbą między 224 i 239. Adresy tej klasy są stosowane do wysyłania rozgłoszeń typu multicast.

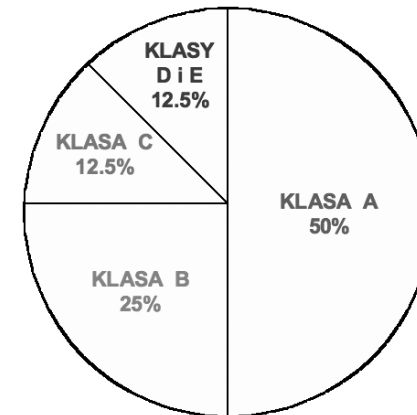
klasa E – cztery pierwsze bity adresu to 1111. Adres rozpoczyna się liczbą między 240 i 255 (adres 255.255.255.255 został zarezerwowany dla celów rozgłoszeniowych). Adresy tej klasy są zarezerwowane dla przyszłych zastosowań.

Klasa D i E



Rysunek 13.
Klasa D i E

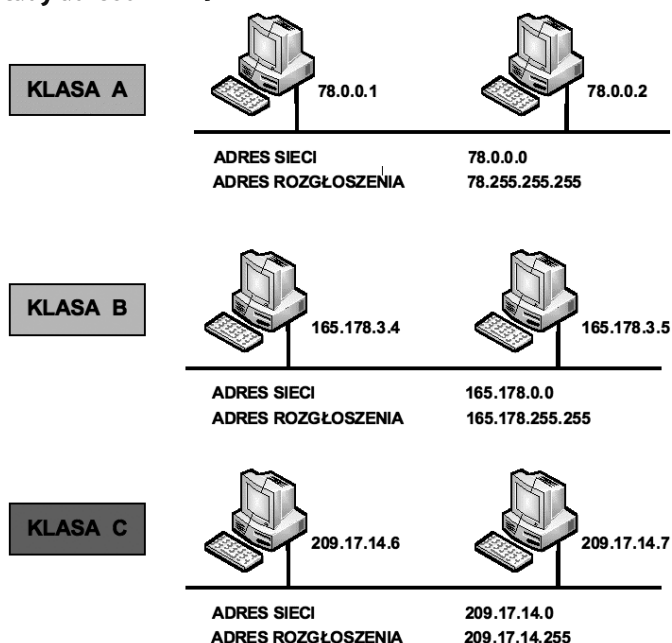
Alokacja adresów IPv4



Rysunek 14.
Alokacja adresów IP w wersji 4

Do klasy A należy 50% wszystkich dostępnych adresów IPv4, czyli 2 147 483 648 adresów. Na klasę B przypada 25% wszystkich adresów IPv4, co stanowi 1 073 741 824 adresów. Klasa C dostarcza 12.5% całej puli adresów IPv4 i wynosi 536 870 912 adresów. Natomiast w klasach D i E znajduje się również 12.5% wszystkich dostępnych adresów IPv4 – 536 870 912 adresów.

Przykłady adresów IPv4



Rysunek 15.
Przykłady adresów IP w wersji 4

Adresy zarezerwowane

Pewne specyficzne adresy IP oraz szczególne ich zakresy są zarezerwowane i ich zastosowanie jest w jakimś stopniu ograniczone. Ograniczenie to polega na ich stosowaniu jedynie w lokalnych sieciach LAN.

255.255.255.255 – adres tego typu jest stosowany w wiadomości wysłanej do wszystkich urządzeń i wszystkich sieci (podsieci). Wiadomość taka byłaby niebezpieczna dla funkcjonowania Internetu i dlatego routery nie przelączają takiego pakietu, co ogranicza jego rozprzestrzenianie jedynie do sieci lokalnej. Inną postacią wiadomości wysyłanej do wszystkich urządzeń w danej sieci jest zastosowanie adresu z wartością numeru sieci i wstawienie jedynek na wszystkich pozycjach bitów definiujących hosta. Na przykład, chcąc wysłać wiadomość typu rozgłoszenie do sieci o numerze 135.17.0.0, mającej maskę równą 255.255.0.0, należy wysłać rozgłoszenie pod adresem 135.17.255.255.

0.0.0.0 – taki adres oznacza nieznaną sieć i jest stosowany w metodzie znalezienia bramy dla wyjścia z lokalnej sieci. Adres stosowany przy braku wprowadzonego stałego adresu bramy.

127.0.0.1 – specjalny adres w klasie A stosowany do testowania poprawności ustawienia stosu protokołu TCP/IP na lokalnym komputerze (*localhost*). Adres ten jest często określany adresem pętli zwrotnej (*loopback address*). Testowanie tego typu adresu można wykonać w każdym komputerze zawierającym kartę sieciową i polega to na wydaniu polecenia ping i podaniu adresu IP z zakresu między 127.0.0.1 i 127.255.255.254.

5 ADRESOWANIE BEZKLASOWE – MASKI PODSIECI

Wprowadzenie do adresowania bezklasowego

Podział adresów na klasy A, B i C, przy gwałtownym wzroście zapotrzebowania na nie, okazał się bardzo nieekonomiczny. Dlatego obecnie powszechnie jest stosowany model adresowania bezklasowego, opartego na tzw. **maskach podsieci**. W tym rozwiązaniu dla każdej podsieci definiuje się tzw. maskę, mającą podobnie jak adres IPv4 postać 32-bitowej liczby, ale o dosyć szczególnej budowie.

Na początku maski podsieci występuje ciąg jedynek binarnych, po których następuje ciąg samych zer binarnych. Część maski podsieci z samymi jedynekami określa sieć natomiast część maski z zerami określa liczbę hostów możliwych do zaadresowania.

Maskę podsieci zapisuje się podobnie jak adres IPv4 w notacji kropkowo-dziesiętnej.

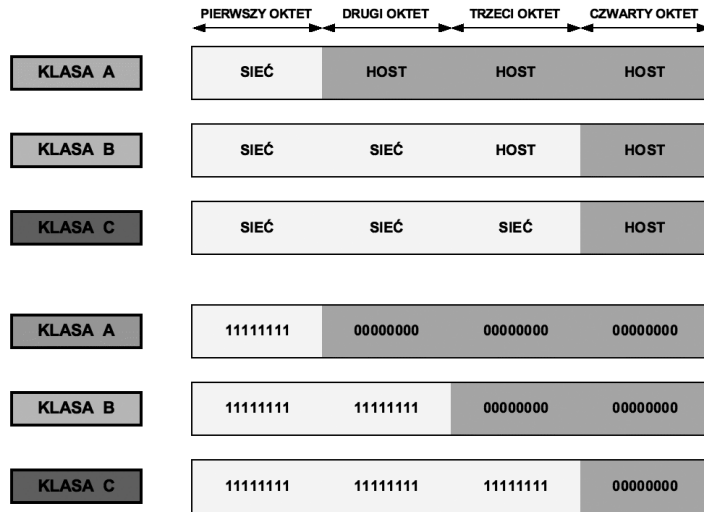
Standardowe maski podsieci w postaci binarnej

Maski podsieci można zapisywać w notacji binarnej lub dziesiętnej. W przypadku zapisu binarnego, w części identyfikatora sieci występują same jedynek, natomiast w części identyfikatora hosta znajdują się same zera.

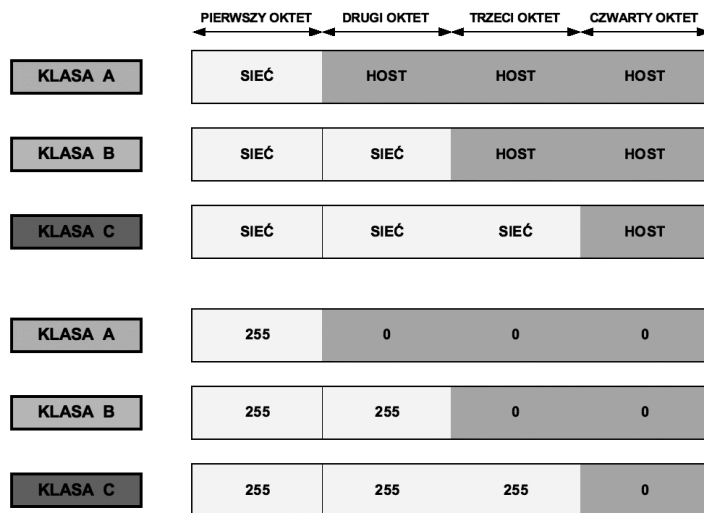
Standardowe maski podsieci w notacji dziesiętnej

W przypadku notacji dziesiętnej, maski podsieci w części identyfikatora sieci mają wartość 255 natomiast w części identyfikatora hosta mają wartość 0. Na przykład standardowa maska podsieci w klasie A – to 255.0.0.0, w klasie B – to 255.255.0.0, a w klasie C – to 255.255.255.0





Rysunek 16. Standardowe maski podsieci w zapisie binarnym



Rysunek 17. Standardowe maski podsieci w zapisie dziesiętnym

Określanie identyfikatora sieci

ADRES HOSTA ZAPISANY DZIESIĘTNIE	172	25	147	85
ADRES HOSTA ZAPISANY BINARNIE	10101100	00011001	10010011	01010101
MASKA PODSIECI ZAPISANA BINARNIE	11111111	11111111	11110000	00000000
ADRES SIECI ZAPISANY BINARNIE	10101100	00011001	10010000	00000000
ADRES SIECI ZAPISANY DZIESIĘTNIE	172	25	144	0

Rysunek 18. Określanie identyfikatora sieci

Identyfikator sieci jest wykorzystywany do określenia, czy host docelowy znajduje się w sieci lokalnej czy rozległej.

Aby określić sieć, do której należy dowolny adres IPv4, najpierw zamieniamy zapis dziesiętny na binarny, zarówno adresu IP hosta, jak i jego maski podsieci. Następnie używając operacji logicznej koniunkcji AND porównujemy odpowiadające sobie bity IP hosta i maski podsieci. Wynik jest równy 1, gdy oba porównywane bity są równe 1. W przeciwnym wypadku wynik jest równy 0.

Na przykład, jaki jest identyfikator sieci dla hosta o adresie 172.25.147.85 z maską podsieci 255.255.240.0? Odpowiedź: należy zamienić obie liczby na ich binarne odpowiedniki i zapisać jeden pod drugim. Następnie wykonać operację AND dla każdego bitu i zapisać wynik. Otrzymany identyfikator sieci jest równy 172.25.144.0.

6 PODZIAŁ SIECI NA PODSIECI

Podział na podsieci z maską 25-bitową

W przypadku maski 25-bitowej zapożyczany jest jeden bit z części hostowej. Można wtedy wydzielić 2 podsieci i dla każdej z nich przypisać po 126 użytecznych adresów IP. Wartość maski podsieci w notacji kropkowo-dziesiętnej w tym przykładzie wynosi 255.255.255.128.

	SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ PODSIEĆ	HOST
ADRES	203	117	78	0
	11001011	01110101	01001110	00000000
MASKA	11111111	11111111	11111111	10000000
	255	255	255	128

Rysunek 19.
Maska 25-bitowa

Podział na podsieci z maską 26-bitową

	SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ PODSIEĆ	HOST
ADRES	203	117	78	0
	11001011	01110101	01001110	00000000
MASKA	11111111	11111111	11111111	11000000
	255	255	255	192

Rysunek 20.
Maska 26-bitowa

Dla maski 26-bitowej zapożyczane są dwa bity z części hostowej. Można wówczas wydzielić 4 podsieci i dla każdej z nich przypisać po 62 użyteczne adresy IP. Wartość maski podsieci w notacji kropkowo-dziesiętnej dla takiego przypadku wynosi 255.255.255.192.

Podział na podsieci z maską 27-bitową

Dla maski 27-bitowej zapożyczane są trzy bity z części hostowej. W tym przypadku można wydzielić 8 podsieci i dla każdej z nich zaalokować po 30 użytecznych adresów IP. Wartość maski podsieci w notacji kropkowo-dziesiętnej wynosi 255.255.255.224.

Podział na podsieci z maską 28-bitową

Dla maski 28-bitowej trzeba zapożyć cztery bity kosztem części hostowej. Można wtedy wydzielić 16 podsieci i dla każdej z nich przypisać po 14 użytecznych adresów IP. Wartość maski podsieci w tym przypadku wynosi 255.255.255.240.

	SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ PODSIEĆ	HOST
ADRES	203	117	78	0
	11001011	01110101	01001110	00000000
MASKA	11111111	11111111	11111111	11100000
	255	255	255	224

Rysunek 21.
Maska 27-bitowa

	SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ PODSIEĆ	HOST
ADRES	203	117	78	0
	11001011	01110101	01001110	00000000
MASKA	11111111	11111111	11111111	11110000
	255	255	255	240

Rysunek 22.
Maska 28-bitowa

Podział na podsieci z maską 29-bitową

W przypadku maski 29-bitowej należy zapożyć pięć bitów z części hostowej. Takie rozwiązanie umożliwia wydzielenie 32 podsieci i dla każdej z nich przypisanie po 6 użytecznych adresów IP. Wartość maski podsieci w notacji kropkowo-dziesiętnej wynosi 255.255.255.248.

	SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ PODSIEĆ	HOST
ADRES	203	117	78	0
	11001011	01110101	01001110	00000000
MASKA	11111111	11111111	11111111	11111000
	255	255	255	248

Rysunek 23.
Maska 29-bitowa



Podział na podsieci z maską 30-bitową

	SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ	HOST PODSIEĆ
ADRES	203	117	78	0
	11001011	01110101	01001110	00000000
MASKA	11111111	11111111	11111111	11111100
	255	255	255	252

Rysunek 24.
Maska 30-bitowa

W tym przypadku trzeba zapożyczyć sześć bitów z części hostowej dla podsieci. Umożliwia to wydzielenie aż 64 podsieci, ale dla każdej z nich można przypisać tylko po 2 użyteczne adresy IP. Wartość maski podsieci w notacji kropkowo-dziesiętnej wynosi 255.255.255.252.

Podział na podsieci z maską 31-bitową

	SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ	HOST PODSIEĆ
ADRES	203	117	78	0
	11001011	01110101	01001110	00000000
MASKA	11111111	11111111	11111111	11111110
	255	255	255	254

Rysunek 25.
Maska 31-bitowa

W przypadku maski 31-bitowej jest zapożyczanych siedem bitów z części hostowej. Co prawda można wydzielić aż 128 podsieci, ale dla każdej z nich niestety nie można przypisać nawet jednego użytecznego adresu IP. Wartość maski podsieci w notacji kropkowo-dziesiętnej wynosi 255.255.255.254.

Podział na podsieci z maską 32-bitową

W przypadku maski 32-bitowej zapożyczane są wszystkie osiem bitów z czę-

SIEĆ	SIEĆ	SIEĆ	HOST PODSIEĆ
203	117	78	0
11001011	01110101	01001110	00000000
11111111	11111111	11111111	11111111
255	255	255	255

ADRES

MASKA

Rysunek 26.
Maska 32-bitowa

ści hostowej. Jest to rozwiązanie nie dające żadnych praktycznych zastosowań. Wartość maski podsieci w notacji kropkowo-dziesiętnej w tym przypadku wynosi 255.255.255.255.

LITERATURA

1. Dye M. A., McDonald R., Ruff A.W., *Akademia sieci Cisco. CCNA Exploration. Semestr 1*, WN PWN, Warszawa 2008
2. Graziani R., Vachon B., *Akademia sieci Cisco. CCNA Exploration. Semestr 4*, WN PWN, Warszawa 2009
3. Komar B., *TCP/IP dla każdego*, Helion, Gliwice 2002
4. Krysiak K., *Sieci komputerowe. Kompendium*, Helion, Gliwice 2005
5. Mucha M., *Sieci komputerowe. Budowa i działanie*, Helion, Gliwice 2003
6. Odom W., Knot T., *CCNA semestr 1. Podstawy działania sieci*, WN PWN, Warszawa 2007

WARSZTATY

Celem warsztatów jest szczegółowe zapoznanie słuchaczy ze strukturą adresacji IPv4, wykorzystywanej podczas planowania, wdrażania oraz zarządzania sieciami komputerowymi. Pierwsza część warsztatów jest poświęcona działaniom na liczbach w różnych systemach pozycyjnych (binarnym i dziesiętnym), a część druga dotyczy działań na systemie adresowania IPv4.

1. Konwersja pomiędzy systemami binarnymi i dziesiętnym

Adresy IPv4 komputerów, a ogólniej – urządzeń sieciowych są przedstawiane jako układ czterech liczb w systemie dziesiętnym lub w systemie binarnym (dwójkowym). Zaczniemy więc zajęcia od przypomnienia tych systemów oraz algorytmów zamiany liczb między tymi systemami.

Liczbowy system pozycyjny

Systemy dziesiętny i binarny są przykładami systemu pozycyjnego. **System pozycyjny** jest metodą zapisywania liczb w taki sposób, że w zależności od pozycji danej cyfry w ciągu, oznacza ona wielokrotność potęgi pewnej liczby p uznawanej za **podstawę** danego systemu. W takiej konwencji zapisu, każda pozycja ma ściśle określoną i niezmienną wagę liczbową. System pozycyjny umożliwia również zapisywanie ułamków, przy czym liczby wymierne składają się albo ze skończonej liczby znaków, albo są od pewnego miejsca określone.

Na co dzień stosujemy **system dziesiętny**, zwany także **systemem dziesiątkowym**, czyli o podstawie $p = 10$. W tym systemie, na przykład liczba 539 oznacza:

$$539 = 5 \cdot 100 + 3 \cdot 10 + 9 \cdot 1 \quad \text{czyli} \quad 539 = 5 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0.$$

W informatyce jest stosowany system **dwójkowy**, zwany także **binarnym**, a więc o podstawie 2. Cyframi w tym systemie są 1 i 0 i na przykład, liczba 100101 w systemie binarnym – będziemy ją też zapisywać jako $(100101)_2$ oznacza:

$$1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

Ten zapis umożliwia obliczenie dziesiętnej wartości tej liczby:

$$\begin{aligned} (100101)_2 &= 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = \\ &= 1 \cdot 32 + 0 \cdot 16 + 0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = \\ &= 37 = (37)_{10} \end{aligned}$$

Ogólnie, przy ustalonej podstawie p , liczby w systemie o tej podstawie są zapisywane z wykorzystywaniem cyfr $\{0, 1, 2, \dots, p - 1\}$. Liczbę w tym systemie, która ma i cyfr, oznaczamy $(c_{i-1}c_{i-2}\dots c_2c_1c_0)_p$, gdzie $c_{i-1}, c_{i-2}, \dots, c_2, c_1, c_0$ są cyframi tej liczby ze zbioru możliwych cyfr $\{0, 1, 2, \dots, p - 1\}$. W tym zapisie c_{i-1} jest **najbardziej znaczącą** cyfrą tej liczby, a c_0 jest **najmniej znaczącą cyfrą**. Liczba $(c_{i-1}c_{i-2}\dots c_2c_1c_0)_p$ ma wartość dziesiętną:

$$(c_{i-1}c_{i-2}\dots c_2c_1c_0)_p = c_{i-1} \cdot p^{i-1} + c_{i-2} \cdot p^{i-2} + \dots + c_2 \cdot p^2 + c_1 \cdot p^1 + c_0 \cdot p^0$$

System pozycyjny o podstawie p charakteryzuje się następującymi cechami, które są uogólnieniem cech systemu dziesiętnego:

- system określa liczba p , będąca podstawą systemu;
- do zapisu liczb w tym systemie służy p cyfr: $0, 1, 2, \dots, p - 1$;
- cyfry są ustawiane od najbardziej znaczącej do najmniej znaczącej pozycji;
- pozycje cyfr są numerowane od 0 poczynając od prawej strony zapisu;
- każdej pozycji odpowiada waga, równa podstawie systemu podniesionej do potęgi o wartości numeru pozycji;
- cyfry określają, ile razy waga danej pozycji uczestniczy w wartości liczby;
- wartość liczby jest równa sumie iloczynów cyfr przez wagi ich pozycji.

Zaletą systemów pozycyjnych jest łatwość wykonywania nawet złożonych operacji arytmetycznych oraz możliwość zapisu dowolnie dużej liczby.

Ćwiczenie 1. Jaki system zapisu liczb, który znasz bardzo dobrze, nie jest systemem pozycyjnym i dlaczego? Przypomnijmy tylko, że stosowano go w starożytności.

W dalekiej przeszłości, obok systemu dziesiętnego był stosowany powszechnie system **sześćdziesiątkowy**, zwany również **kopcowym**. Zapewne wtedy pojawił się pomysł podziału godziny na 60 minut, a minuty na 60 sekund. Podobnie można wnioskować odnośnie miary kąta pełnego, która wynosi 360° , czyli 6×60 .



System binarny, upowszechniony w erze komputerów, ma swoje korzenie w filozoficznym systemie dwóch wartości: dobro i zło, dzień i noc, Ziemia i Niebo, kobieta i mężczyzna itp., powszechnie stosowanym w starożytnych Chinach. Bazując na tej idei, matematyczną wersję systemu dwoistego, jako systemu binarnego, przedstawił Gottfried W. Leibniz w 1703 roku, jednocześnie proponując, jak mają być wykonywane działania w tym systemie.

W informatyce, poza systemem binarnym, są wykorzystywane jeszcze systemy pochodne: ósemkowy, czyli o podstawie 8, i szesnastkowy, czyli o podstawie 16.

W tab. 1 przedstawiono zapis liczb od 0 do 20 w różnych systemach pozycyjnych, od dwójkowego po szesnastkowy.

Tabela 1.
Liczby w różnych systemach pozycyjnych.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
100	11	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
101	12	11	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
110	20	12	11	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
111	21	13	12	11	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1000	22	20	13	12	11	10	8	8	8	8	8	8	8	8
1001	100	21	14	13	12	11	10	9	9	9	9	9	9	9
1010	101	22	20	14	13	12	11	10	A	A	A	A	A	A
1011	102	23	21	15	14	13	12	11	10	B	B	B	B	B
1100	110	30	22	20	15	14	13	12	11	10	C	C	C	C
1101	111	31	23	21	16	15	14	13	12	11	10	D	D	D
1110	112	32	24	22	20	16	15	14	13	12	11	10	E	E
1111	120	33	30	23	21	17	16	15	14	13	12	11	10	F
10000	121	100	31	24	22	20	17	16	15	14	13	12	11	10
10001	122	101	32	25	23	21	18	17	16	15	14	13	12	11
10010	200	102	33	31	24	22	20	18	17	16	15	14	13	12
10011	201	103	34	31	25	23	21	19	18	17	16	15	14	13
10100	202	110	40	32	26	24	22	20	19	18	17	16	15	14

Zamiana reprezentacji dziesiętnej na reprezentację w innym systemie

Potrąfimy zamienić liczbę dziesiętną na liczbę binarną. Odpowiedni algorytm polega na dzieleniu przez 2.

Ćwiczenie 2. Znajdź reprezentację binarną liczb dziesiętnych: 0, 1, 2, 8, 10, 20, 101, 110, 256, 1024, 10000, 1000000, 1000001.

Łatwo jest uzasadnić poprawność powyższej metody, korzystając z postaci liczby w systemie binarnym. Podobnie, korzystając z zapisu liczby w systemie o podstawie *p*, łatwo jest uzasadnić poprawność następującego algorytmu, który służy do zamiany liczby dziesiętnej na postać w systemie o dowolnej podstawie *p*.

Algorytm: 10 → p.

Dane: liczba dziesiętna *n*.

Dopóki *n* ≠ 0, wykonuj następujące dwa kroki:

1. Za kolejną cyfrę od końca (od najmniej znaczącej cyfry) przyjmij resztę z dzielenia *n* przez *p*.
2. Za nową wartość *n* przyjmij całkowity wynik dzielenia *n* przez *p*.

Ćwiczenie 3. Wyznacz następujące reprezentacje liczb dziesiętnych:

- a. 3, 15, 30, 81, 312 w systemie trójkowym
- b. 7, 12, 16, 64, 100, 1600 w systemie szesnastkowym. W tym systemie, cyfry większe od 9 oznaczają się następująco: 10 → A, 11 → B, 12 → C, 13 → D, 14 → E, 15 → F.

Zamiana reprezentacji binarnej na dziesiętną

Podaliśmy powyżej, w jaki sposób obliczać wartość dziesiętną liczby binarnej: $(100101)_2 = 1*2^5 + 0*2^4 + 0*2^3 + 1*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0 = 1*32 + 0*16 + 0*8 + 1*4 + 0*2 + 1*1 = 37$

Istnieje nieco prostszy sposób, bazujący na tzw. **schemacie Hornera**. Zobaczmy na przykładzie tej samej liczby, jak to działa:

$$(100101)_2 = 1*2^5 + 0*2^4 + 0*2^3 + 1*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0 = (1*2^4 + 0*2^3 + 0*2^2 + 1*2^1 + 0)*2 + 1*1 =$$

$$\begin{aligned}
 &= ((1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1) \cdot 2 + 0) \cdot 2 + 1 = \\
 &= (((1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2 + 0) \cdot 2 + 1) \cdot 2 + 0) \cdot 2 + 1 = \\
 &= (((1 \cdot 2 + 0) \cdot 2 + 0) \cdot 2 + 1) \cdot 2 + 0) \cdot 2 + 1 = 37 = (37)_{10}
 \end{aligned}$$

W ostatnim wzorze widać, że zamieniliśmy liczenie potęg na mnożenie. z kolei nawiasy pokazują kolejność działań – zauważmy, że działania są wykonywane od najbardziej znaczącego bitu.

Ten przykład możemy uogólnić na następujący algorytm:

Algorytmu: 2 → 10.

Dane: kolejne, od najbardziej znaczącego, bity liczby binarnej:

$$(c_{i-1}c_{i-2}\dots c_2c_1c_0)_2.$$

Wartość dziesiętną z tej liczby obliczamy w następujący sposób:

$z \leftarrow c_{i-1}$; {Ten bit, jako najbardziej znaczący, jest zawsze równy 1.}

Dla $k = i - 2, i - 3, \dots, 2, 1, 0$ wykonaj:

$$z \leftarrow z \cdot 2 + c_k;$$

{Innymi słowy, aktualną wartość z pomnóż przez 2 i dodaj kolejny bit.

Kontynuuj aż do wyczerpania bitów.}

Ćwiczenie 4. Oblicz wartości dziesiętne liczb binarnych otrzymanych w ćwiczeniu 2. Porównaj wyniki z liczbami dziesiętnymi, danymi na początku tamtego ćwiczenia.

Algorytm 2 → 10 może być uogólniony na algorytm $p \rightarrow 10$ przez prostą zmianę w ostatnim kroku mnożenia przez 2 mnożeniem przez p .

Ćwiczenie 5. Oblicz wartości dziesiętne liczb reprezentowanych w innych systemach, otrzymanych w ćwiczeniu 3. Porównaj wyniki z liczbami dziesiętnymi, danymi na początku tamtego ćwiczenia.

Dodawanie liczb binarnych

Aby dodać dwie liczby binarne, jest potrzebna tabliczka dodawania, czyli wyniki wszystkich możliwych sum dwóch cyfr binarnych. Taka tabliczka ma bardzo prostą postać:

+	0	1
0	0	1
1	1	10

Dodając dwie liczby binarne podpisujemy je jedna pod drugą tak, aby w kolejnych kolumnach znalazły się cyfry stojące na kolejnych pozycjach od prawej. Podobnie jak w systemie dziesiętnym, rozpoczynamy od najbardziej prawej kolumny. Sumujemy cyfry w kolumnie zgodnie z podaną wyżej tabelką zapisując wynik pod kreską. Jeśli w kolumnie dodajemy dwie jedynki, to jako wynik piszemy 0 a 1 jest cyfrą przeniesienia na następną pozycję. Jeśli jedna z liczb jest krótsza, w wolne miejsca wpisujemy zera. Na przykład:

$$\begin{array}{r}
 101000 \\
 110100 \\
 \hline
 010101 \\
 \hline
 1110001
 \end{array}$$

Mnożenie liczb binarnych

Mnożenie liczb w układzie dwójkowym jest również bardzo proste, wykonujemy je podobnie jak na liczbach dziesiętnych ale z następującą tabliczką mnożenia.

*	0	1
0	0	0
1	0	1

$$\begin{array}{r}
 1010 \\
 * 1010 \\
 \hline
 0000 \\
 1010 \\
 0000 \\
 \hline
 1010 \\
 \hline
 1100100
 \end{array}$$

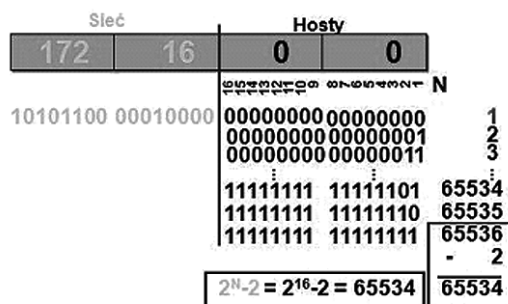


2. Działania na przestrzeni adresowej IPv4

Dla zapewnienia poprawnej komunikacji pomiędzy urządzeniami w sieci komputerowej, każde z nich musi być jednoznacznie identyfikowane. Niezbędne jest również, aby każdy z pakietów tworzonych w warstwie sieciowej podczas komunikacji pomiędzy dwoma hostami zawierał zarówno adres urządzenia źródłowego, jak i docelowego. W przypadku użycia protokołu IPv4 oznacza to, iż oba te 32-bitowe adresy są zawarte w nagłówku warstwy sieciowej. Dla użytkowników sieci, łańcuch 32-bitowy jest trudny do interpretacji i jeszcze trudniejszy do zapamiętania, zatem zwykle adresy IPv4 są prezentowane z użyciem notacji dziesiętnej z kropkami.

Określanie adresów sieci, adresów rozgłoszeniowych oraz adresów hostów

Adres sieciowy



Rysunek 27.

Interpretacja zapisu adresu sieci i adresu rozgłoszeniowego

Adres sieciowy jest standardowym sposobem odwoływania się do sieci. W przypadku sieci przedstawionej na rys. 27, możemy odwoływać się do niej używając nazwy „sieć 172.16.0.0”. Adres sieci jest pierwszym (najniższym) adresem w zakresie adresów związanych z daną siecią. Jest to sposób jednoznacznie określający sieć oraz informujący, iż wszystkie hosty pracujące w sieci 10.0.0.0 będą miały takie same bity w polu sieciowym adresu. W zakresie adresów IPv4 związanych z daną siecią, pierwszy (najniższy) adres jest zarezerwowany dla adresu sieciowego. W adresie tym wszystkie bity w polu hosta mają wartość 0.

Ćwiczenie 6. Wyodrębni z podanych poniżej przykładowych adresów, adresy sieci (uwzględniając klasowy schemat adresowania):

192.168.1.212

212.89.73.255

172.16.0.0

10.10.10.10

Adres rozgłoszeniowy

Adres rozgłoszeniowy IPv4 jest specjalnym adresem występującym w każdej sieci, umożliwiającym jednoczesne komunikowanie się ze wszystkimi hostami w danej sieci. Oznacza to, iż aby wysłać dane do wszystkich urządzeń końcowych w danej sieci, host wysyła pojedynczy pakiet zaadresowany adresem rozgłoszeniowym. Adres rozgłoszeniowy jest ostatnim (najwyższym) adresem w zakresie adresów związanych z daną siecią. Jest to adres, w którym wszystkie bity znajdujące się w polu hosta mają wartość 1. W przypadku sieci 172.16.0.0, adres rozgłoszeniowy będzie miał postać 172.16.255.255. Adres ten jest określany również jako rozgłoszenie skierowane (ang. *directed broadcast*).

Ćwiczenie 7. Wyodrębni z podanych poniżej przykładowych adresów, adresy rozgłoszeniowe (uwzględniając klasowy schemat adresowania).

198.12.13.254

172.100.0.0

10.255.255.255

1.1.1.255

Adresy hostów

Każde urządzenie końcowe (w rozumieniu sieci komputerowych) musi być jednoznacznie określone za pomocą unikatowego adresu, aby móc dostarczyć do niego wysyłany pakiet. W adresacji IPv4 urządzenia końcowe pracujące w danej sieci, mogą mieć przypisane adresy z zakresu ograniczonego adresem sieciowym oraz rozgłoszeniowym.

Ćwiczenie 8. Oblicz z wykorzystaniem podanych przykładowych adresów użyteczne zakresy adresów dla hostów (uwzględniając klasowy schemat adresowania).

192.168.0.0

172.16.0.0

199.199.199.255

10.10.10.10

Ćwiczenie 9. Dla podanych adresów uzupełnij tabelę:

Adres IP	Klasa sieci (podać A lub B lub C)	Adres sieciowy	Adres rozgłoszeniowy	Hosty (podać użyteczny zakres adresów)	Uwagi
11.23.1.1					
128.61.2.100					
202.221.5.64					
192.8.141.2					
130.102.64.17					
256.241.211.13					
127.0.0.1					



--	--



W projekcie **Informatyka +**, poza wykładami i warsztatami,
przewidziano następujące działania:

- 24-godzinne kursy dla uczniów w ramach modułów tematycznych
- 24-godzinne kursy metodyczne dla nauczycieli, przygotowujące do pracy z uczniem zdolnym
 - nagrania 60 wykładów informatycznych, prowadzonych przez wybitnych specjalistów i nauczycieli akademickich
 - konkursy dla uczniów, trzy w ciągu roku
 - udział uczniów w pracach kół naukowych
 - udział uczniów w konferencjach naukowych
 - obozy wypoczynkowo-naukowe.

Szczegółowe informacje znajdują się na stronie projektu **www.informatykaplus.edu.pl**

informatyka+

Algorytmika i programowanie

Bazy danych

Multimedia, grafika i technologie internetowe

Sieci komputerowe

Tendencje w rozwoju informatyki i jej zastosowań

Człowiek – najlepsza inwestycja



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WARSZAWSKA
WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.