

Moduł 1

Adresacja IPv4

- 1. Podział klasowy adresów IPv4**
- 2. Adresacja bezklasowa IPv4**

1. Podział klasowy adresów IPv4

Adres IP ma jednoznacznie wskazać nam punkt przyłączenia naszego komputera do sieci. Często w literaturze spotkasz się z określeniem host. To też bardzo często jest komputer, chociaż adresacji IP podlegają również inne urządzenia jak: routery, drukarki sieciowe, przełączniki itp. Nadanie im adresu sprawia, że możemy się z nimi komunikować w celu konfiguracji lub np. wysłania materiałów do wydruku. Jak zidentyfikować, do jakiej sieci należy dany host? Przy tworzeniu wersji 4 protokołu komunikacyjnego IP podzielono adres na dwie części. Część pierwsza adresu odpowiada za adresację sieci, część druga to przestrzeń do adresacji hostów. Np. adres:

132.15.73.223

część sieci. część hosta

Wszystkie adresy IP podzielono na 5 klas oznaczonych literami A, B, C, D i E. Każda klasa została arbitralnie podzielona na wspomniane dwie części i w zależności od tego, z jak dużą siecią mamy zamiar przyłączyć się do Internetu, występujemy o adresację z określonej klasy. Jak został dokonany podział? Wygląda to następująco:

klasa	zakres	przeznaczenie	ilość bitów na adres hosta	najstarszy bajt
A	0.0.0.0 do 127.255.255.255	sieci o bardzo dużej liczbie hostów	24	0xxxxxxx
B	128.0.0.0 do 191.255.255.255	sieci o dużej liczbie hostów	16	10xxxxxx
C	192.0.0.0 do 223.255.255.255	sieci o małej liczbie hostów	8	110xxxxx
D	224.0.0.0 do 239.255.255.255	sieci z komunikacją multikastową	-	1110xxxx
E	240.0.0.0 do 255.255.255.255	adresy do celów badawczych	-	1111xxxx

Tabela 1.1 Podział adresów IPv4 na klasy

Tylko pierwsze trzy klasy zostały przeznaczone na adresację hostów w sieciach przyłączonych do Internetu. Klasa D została zarezerwowana do specyficznej komunikacji jeden do wielu, którą często wykorzystuje się w video emisjach. Część klasy E to całkiem spora pula adresów przeznaczona na cele badawcze nad Internetem.

Jeżeli dysponujemy w firmie 50 komputerami, które chcemy podłączyć do Internetu, musimy wystąpić o odpowiednią pulę adresów. Pierwsza przestrzeń to 8 bitów do adresowania naszych komputerów, czyli aż 256 adresów. Przewidując nadchodzący rozwój firmy, decydujemy się na całą klasę C. Tutaj należy wspomnieć o 2 adresach hostów, których nie możemy spożytkować. Są to: adres sieci i adres rozgłoszeniowy. A cóż to takiego? Skąd mam wiedzieć, które to adresy? Rozwiązanie jest proste. Adres sieci to taki adres, gdzie w polu hosta występują same zera (binarnie). Służy on do określenia całej naszej sieci, czyli wszystkich urządzeń i będzie wykorzystywany przez routery. Jak go policzyć? Wybierzmy przykładowy adres 12.17.33.225. Rozpisując go binarnie uzyskujemy:

00001100.00010001.00100001.11100001

Pierwszy bit wskazuje, że jest to adres w klasie A, czyli przestrzeń hosta to 24 bity:

00001100.00010001.00100001.11100001

W pole hosta wpisujemy same zera:

00001100.00000000.00000000.00000000

I w ten sposób uzyskaliśmy adres całej sieci 12.0.0.0, do której należy nasz host 12.17.33.225. A co z tym adresem rozgłoszeniowym? Stosujemy go w momencie, kiedy chcemy przekazać informację do wszystkich hostów w danej sieci. Podobnie jak w przypadku adresu sieci, tak i tu zmieniamy bity w polu hosta, tym razem na same jedynki (binarnie). Powracając do naszego przykładu mieliśmy adres:

00001100.00010001.00100001.11100001

zapisany binarnie, którego pole hosta wypełnimy jedynkami:

00001100.11111111.11111111.11111111

Tak uzyskaliśmy adres rozgłoszeniowy, który dla naszej sieci brzmi 12.255.255.255. Prawda, że proste? Adres sieci to pierwszy adres w naszej przestrzeni adresowej, a adres rozgłoszeniowy – ostatni. Jeżeli dostaniemy pulę adresów 193.23.45.0 do 193.23.45.255, do adresowania hostów możemy użyć tylko adresów od 193.23.45.1 do 193.23.45.254, czyli z 256 robi nam się użytecznych 254 adresów. Wracając do podziału klasowego, a co jeżeli nasza sieć już dzisiaj liczy 270 komputerów? Poprosimy o dwie klasy C? Niestety w adresacji klasowej nie możemy łączyć sieci, dlatego żeby sprostać naszym wymaganiom musimy zwrócić się o kolejną, większą przestrzeń, czyli klasę B. Ale klasa B to aż 65535 adresów (oczywiście minus 2 adresy)! Tak, i tyle musimy dostać, żeby zachować ciągłość numeracji. Czy w związku z tym, sieci z klasy A pozwalają zaadresować 16777213 hostów? Dokładnie tak. Ale kto dysponuje takimi sieciami? Adresy te dostawały korporacje, które wykazały zapotrzebowanie nawet niewiele powyżej klasy B. Już widzę twoje oburzenie „straszne marnotrawstwo!”, Niestety masz rację. A o co chodzi z tym najstarszym bajtem? Podział sieci na klasy został dokonany pod kątem funkcjonowania *routerów*, czyli urządzeń trasujących. To one na podstawie adresu IP w pakiecie decydują o skierowaniu go do odpowiedniej sieci docelowej. Żeby było to możliwe, router musi wiedzieć, która część adresu to jeszcze adres sieci, a która jest przewidziana dla adresacji hostów. Wiedząc, że klasa A na część sieci przeznaczają pierwsze 8 bitów, klasa B – 16 bitów, a klasa C – 24 bity, pozostało tylko ustalić, jak rozpoznać, z którą klasą mamy do czynienia. Informacja ta została zapisana w najstarszym bajcie na jego najstarszych bitach. Zabieg taki pozwala już po przeanalizowaniu pierwszych bitów adresu podjąć decyzję, z jaką klasą mamy do czynienia i kiedy nastąpi koniec przestrzeni adresu sieci. Klasa A to adresy, które rozpoczynają się od 0 na najstarszym bajcie. Jeżeli do routera dotrze np. adres 96.15.8.3, co w zapisie binarnym daje:

01100000.00001111.00001000.00000011

Po przeanalizowaniu już 1 bitu widzimy, że mamy do czynienia z adresem z klasy A:

01100000.00001111.00001000.00000011

czyli przestrzeń adresu sieci to pierwsze 8 bitów:

01100000.00001111.00001000.00000011

Już po odczytaniu tego fragmentu router może poszukiwać drogi docelowej do żądanej sieci. Podobnie w przypadku pozostałych klas adresów. Przeanalizowanie pierwszych czterech bitów pozwala jednoznacznie określić przynależność adresu do danej klasy. Ten sposób zarządzania adresacją w znacznym stopniu upraszcza działanie routerów i przyspiesza kierowanie pakietów. Niestety sztywny podział z tak dużą różnicą w oferowanych przestrzeniach adresowych sprawiał, że dochodziło często do dużego marnotrawstwa. Firmy otrzymywały pule adresów, z których wykorzystywały kilka procent. Wzrost zamówień na adresy IP skłonił do poszukiwania nowych rozwiązań, gdyż wolna adresacja szybko się kurczyła. Jedną z wprowadzonych metod była *adresacja bezklasowa*.

2. Adresacja bezklasowa IPv4

Sztywny podział na bity sieci i hosta należało uelastyczyć. W tym celu do adresu IP dodano informację o miejscu dokonania podziału adresu. Jeżeli firma potrzebowała zaadresować 10 komputerów, stosując politykę podziału klasowego, musiałaby wystąpić o 256 adresów. Mając możliwość przesuwania granicy sieć-host co jeden bit możemy stwierdzić, że dla 10 komputerów wystarczy nam przestrzeń zapisana na 4 bitach (16 adresów). Jak w takim razie zapisać sieć składającą się z 16 adresów? Załóżmy, że firma telekomunikacyjna, która nas obsługuje dysponuje jedną przestrzenią klasy C – 194.204.152.0 do 194.204.152.255. Zapiszmy pierwszy adres binarnie:

11000010.11001100.10011000.00000000

Powiedzieliśmy, że pole hosta jakie nas satysfakcjonuje to 4 bity, w związku z tym zaznaczmy:

11000010.11001100.10011000.00000000

Tak się składa, że adres naszej nowej, mniejszej sieci będzie tożsamy z siecią macierzystą. Zgodnie z definicją „adres sieci to taki, kiedy w polu hosta mamy same zera”. Tak właśnie jest w naszym przypadku. Co z adresem rozgłoszeniowym? W polu hosta same jedynki:

11000010.11001100.10011000.00001111

co po zamianie da nam adres 194.204.152.15. A jak poinformować router i użytkowników, że mamy do czynienia z siecią o skróconej adresacji? Do tego służy nam dodatkowy opis, jakim jest maska podsieci. Zapisu dokonujemy na dwa sposoby: notacja kropkowo-dziesiętna, czyli jak adres IP lub notacja skrócona CIDR. Maski informuje nas o ilości bitów, które przeznaczyliśmy na adresację sieci. Te bity w masce oznaczamy jedynką (binarnie). W naszym liczonym przed chwilą przypadku na adresację sieci przeznaczyliśmy 28 bitów:

11000010.11001100.10011000.00000000

Zapisujemy więc naszą maskę:

11111111.11111111.11111111.11110000

co po zamianie na postać dziesiętną da nam 255.255.255.240. Od tej pory, para informacji w postaci adres IP + maska podsieci będzie jednoznacznie określała, do jakiej sieci należy nasz host. Zapis kropkowo-dziesiętny maski, przy konieczności adresowania dużej liczby sieci, okazał się uciążliwy. Niektóre urządzenia pozwalają na zapis w postaci skróconej, gdzie po adresie IP stawiamy ukośnik „/” i wpisujemy maskę w postaci liczby jedynek w masce. Nasza wyliczona maska 255.255.255.240 może zostać zapisana w postaci skróconej /28. Pełny zapis naszego zadania:

<i>przeznaczenie</i>	<i>adres</i>	<i>maska</i>
adres podsieci	194.204.152.0	255.255.255.240 lub /28
adres pierwszego hosta	194.204.152.1	
adres ostatniego hosta	194.204.152.14	
adres rozgłoszeniowy	194.204.152.15	

Tabela 1.2 Adresacja bezklasowa sieci 16 adresowej

Jak widać na zaprezentowanym przykładzie, przemieszczając miejsce podziału adresu doprowadziliśmy do sytuacji, gdzie dla 10 komputerów (+adres sieci i rozgłoszeniowy) przeznaczamy pulę 16 adresów. Nieużywane adresy pozostają tylko 4, co w porównaniu z wcześniej przyznawaną klasą C daje nam bardzo dużą oszczędność. Oprócz możliwości zmniejszania przestrzeni poniżej jeden bajt, możemy ją również wydłużać. Sytuacja, gdy wymagana pula adresów wykracza poza 254, obligowała nas wcześniej do sięgania po klasę B. Rozważmy następujący przypadek. Firma potrzebuje przestrzeni adresowej dla 300 komputerów. Osiem bitów pola hosta jest niewystarczająca, dlatego pożyczamy jeden bit z trzeciego bajtu. Przy pomocy dziewięciu bitów możemy zaadresować 510 hostów + adres sieci i rozgłoszeniowy. Pamiętamy, że klasa B to 65535 adresów. Różnica jest kolosalna. Spróbujmy w taki razie zapisać dowolną przestrzeń dla sieci o 512 adresach. Jako punkt wyjściowy zastosujemy adres hosta 120.240.193.0. Zapiszmy ten adres binarnie:

01111000.11110000.11000001.00000000

Ustaliliśmy, że pole hosta naszej sieci będzie miało 9 bitów:

01111000.11110000.11000001.00000000

Aby obliczyć adres sieci w pole hosta, wstawiamy same zera:

01111000.11110000.11000000.00000000

W ten sposób uzyskaliśmy adres naszej sieci, który w zapisie dziesiętnym wynosi 120.240.192.0. Adres rozgłoszeniowy to pole hosta wypełnione samymi jedynekami, czyli:

01111000.11110000.11000001.11111111

po zamianie 120.240.193.255. Tak ustaliliśmy przestrzeń adresową dla nowej sieci, w której komputerom będziemy mogli nadawać adresy od 120.240.192.1 do 120.240.193.254. Maska dla takiej sieci składać się będzie z 23 jedynek, ponieważ tyle bitów przeznaczaliśmy na pole sieci. W notacji kropkowo-dziesiętnej będzie to: 255.255.254.0, a w notacji skróconej /23.

a. Podział sieci na podsieci

Czy dzięki zastosowaniu odpowiedniej maski podsieci można klasę adresów podzielić między mniejsze sieci? Tak. Technika ta nazywa się VLSM (ang. Variable Length Subnet Masking). Określa ona zasady podziału sieci oparte na liczbach binarnych, które umożliwiają podział na podsieci o różnym rozmiarze. Może najprościej będzie wszystko przedstawić na przykładzie. Administrator sieci firmowej ma do dyspozycji jedną klasę adresów z grupy C. Adres jego sieci to 194.225.96.0, maska 255.255.255.0. Firma składa się z kilku działów, w których pracuje różna liczba osób. W dziale księgowości pracuje 11 osób, w dziale sprzedaży 28 osób, w dziale produkcji 50 osób, pozostałe 9 osób to kierownictwo firmy. Wykorzystując klasyczny podział sieci na podsieci, który funkcjonował jeszcze przed VLSM moglibyśmy podzielić sieć na 4 równe części. Jak wygląda taki podział? Sieć z klasy C, czyli 256 adresów dzielimy na 4 podsieci. Żeby zaadresować osobno każdą podsieć, z pola hosta „pożyczamy” dwa bity, na których będziemy zapisywali informację o numerze podsieci. Rozpiszmy adres naszej sieci na bity:

11000010.11100001.01100000.00000000

Z pola hosta dwa bity rezerwujemy na adresację podsieci, czyli przekazujemy je do części sieci adresu:

11000010.11100001.01100000.00000000

W ten sposób maska sieci zostaje zmieniona z 255.255.255.0 na 255.255.255.192. W polu wskazanych dwóch bitów pojawiają się kombinacje oznaczające kolejne podsieci, czyli:

podsieć 1 - 11000010.11100001.01100000.00000000

podsieć 2 - 11000010.11100001.01100000.01000000

podsieć 3 - 11000010.11100001.01100000.10000000

podsieć 4 - 11000010.11100001.01100000.11000000

Zamieniając na postać dziesiętną uzyskujemy adresy kolejnych podsieci:

podsieć 1 – 194.225.96.0 maska 255.255.255.192

podsieć 2 - 194.225.96.64 maska 255.255.255.192

podsieć 3 - 194.225.96.128 maska 255.255.255.192

podsieć 4 - 194.225.96.192 maska 255.255.255.192

Podzieliliśmy naszą sieć macierzystą na cztery równe podsieci, w których możemy zaadresować po 62 hosty. Zadanie rozdzielenia adresacji zostało wykonane. Czy jednak podział został dokonany ergonomicznie? W każdym z działów zostały jeszcze wolne adresy i pewien zapas zawsze jest wskazany. W dziale produkcji z 62 adresów wykorzystujemy 50 na adresację komputerów, pozostaje 12 wolnych. Dział sprzedaży to 34 adresy wolne, a kierownictwo to aż 51 nie przypisanych adresów. Wydaje się, że podział na obszary o stałej wielkości nie jest optymalny. Do lepszego podziału sieci zastosujemy technikę VLSM. Na początek przywołamy tabelę z podziałem przykładowej klasy C na podsieci:

maska podsieci/adres sieci				
255.255.255.0	255.255.255.128	255.255.255.192	255.255.255.224	255.255.255.240
192.168.1.0	192.168.1.0	192.168.1.0	192.168.1.0	192.168.1.0
				192.168.1.16
		192.168.1.32		192.168.1.32
				192.168.1.48
		192.168.1.64	192.168.1.64	192.168.1.64
				192.168.1.80
	192.168.1.128	192.168.1.128	192.168.1.96	192.168.1.96
				192.168.1.112
		192.168.1.128	192.168.1.128	192.168.1.128
				192.168.1.144
		192.168.1.160	192.168.1.160	192.168.1.160
				192.168.1.176
	192.168.1.192	192.168.1.192	192.168.1.192	192.168.1.192
				192.168.1.208
		192.168.1.224	192.168.1.224	192.168.1.224
				192.168.1.240

Tabela 1.3 Podział sieci klasy C na podsieci o różnych maskach

Przyglądając się tabeli widać, że podział sieci odbywa się w określonych miejscach wynikających z arytmetyki binarnej. Żeby lepiej zrozumieć tabelę, spróbujmy przeanalizować adresy sieci z czwartej kolumny. Zastosowana maska wskazuje, że z ostatniego bajtu adresu pierwsze trzy bity przeznaczyliśmy na adresację podsieci. Maską 255.255.255.224 to inaczej:

11111111.11111111.11111111.11100000

Co w zestawieniu z adresem pierwszej podsieci:

11000000.10101000.00000001.00000000

pokazuje nam bity przeznaczone na adresowanie kolejnych ośmiu podsieci. Podstawiając w pole oznaczone kolorem niebieskim kolejne kombinacje, otrzymujemy adresy następnych podsieci. Wartości, jakie będą przyjmowały wskazane trzy bity to: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, co odpowiada kolejnym liczbom dziesiętnym 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Wróćmy do naszego przykładu. Jak podzielić naszą klasę C, aby rozmiar podsieci był odpowiedni do ilości komputerów? Pierwsza zasada, jaką musimy zapamiętać to: dzielimy sieć spełniając potrzeby największych sieci jako pierwsze. Następnie kolejno mniejsze sieci, aż do najmniejszych na końcu. W firmie, o której mówiliśmy, największy dział to produkcja. Liczba komputerów do zaadresowania to 50. Jaka jest najmniejsza liczba, potęga dwójki, większa od 50+2 (pamiętamy, że musimy doliczyć adres sieci i rozgłoszeniowy)? Tą liczbą jest 64. Czyli $\frac{1}{4}$ wszystkich adresów zostanie przypisana do działu produkcji. Dzielimy naszą sieć na cztery części (podsieci) „pożyczając” dwa bity z pola hosta do pola sieci. Przypominam adres sieci 194.225.96.0 zapisany binarnie:

11000010.11100001.01100000.00000000

Dwa oznaczone bity wypełniamy kolejno wartościami 00, 01, 10, 11, co pozwala nam na podział na cztery 64 adresowe sieci. Pierwszą z nich przeznaczamy na dział produkcji:

194.225.96.0, maska 255.255.255.192. Kolejną siecią, którą zaadresujemy będzie dział sprzedaży. Liczy on 28 komputerów, czyli zgodnie z przytoczoną zasadą najmniejsza liczba, potęga dwójki większa od 28 to 32. Tyle adresów ma liczyć sieć dla tego działu. Ponieważ z pierwszej ćwiartki klasy C już skorzystaliśmy, zajmiemy się drugą ćwiartką. Ale my przecież nie potrzebujemy 64 adresów? Zgadza się, dlatego przesuniemy maskę o kolejny bit dzieląc naszą przestrzeń na dwie 32 adresowe. Policzmy. Pierwszy adres drugiej ćwiartki to: 194.225.96.64, czyli:

11000010.11100001.01100000.01000000

„pożyczając” kolejny bit zmieniamy maskę na 255.255.255.224, w związku z czym adres sieci to nadal:

11000010.11100001.01100000.01000000

ale adres rozgłoszeniowy skróconej przestrzeni 32 adresowej to:

11000010.11100001.01100000.01011111

co w zapisie dziesiętnym daje 194.225.96.95. Tak uzyskaliśmy pulę adresów dla działu sprzedaży. Wykorzystaliśmy na razie $\frac{1}{4}$ i $\frac{1}{8}$ wszystkich dostępnych adresów. Kto następny w kolejności? Dział księgowości liczący 11 komputerów. Wymagana przestrzeń adresowa to 16 adresów. Druga ćwiartka naszej klasy C została wykorzystana tylko w połowie, czyli drugie 32 adresy czekają na zagospodarowanie. Ponieważ będziemy potrzebowali ich tylko 16, dlatego dokonamy kolejnego podziału zaczynając od pierwszej dostępnej przestrzeni adresowej. Adres 32 adresowej sieci, która została z podziału drugiej ćwiartki, to 194.225.96.96 przy masce 255.255.255.224, to jest binarnie:

11000010.11100001.01100000.01100000

Dzieląc tą przestrzeń na pół przesuniemy po raz kolejny maskę o jeden bit:

11000010.11100001.01100000.01100000

co sprawi, że uzyskana przestrzeń adresowa będzie miała 4 bity na adresację hostów, a jej maska to 255.255.255.240. Tak wyliczyliśmy sieć dla księgowości. Pozostała tylko kadra kierownicza. Jej liczebność to 9 osób, czyli po szybkich obliczeniach, również 16 adresów. Chyba nie będzie to skomplikowane, skorzystamy z drugich 16 adresów z podzielonej przed chwilą 32 adresowej sieci. Znaczący to, że w „pożyczanym” polu czterech bitów pojawi się kombinacja 0111, co da nam adres sieci:

11000010.11100001.01100000.01110000

w zapisie kropkowo-dziesiętnym: 194.225.96.112, maska: 255.255.255.240. Przeliczmy szybko jeszcze ostatni adres tej sieci:

11000010.11100001.01100000.01111111

Dziesiętnie to: 194.225.96.127. Zaadresowaliśmy wszystkie potrzebne sieci, a wykorzystaliśmy tylko połowę klasy C. Widać, że taki podział jest zdecydowanie bardziej ergonomiczny pozostawiając jeszcze dużą wolną przestrzeń na przyszłe zastosowania. Jako podsumowanie przedstawmy jeszcze nasze wyniki w tabeli.

Maska/adres sieci/dział				
255.255.255.0	255.255.255.128	255.255.255.192	255.255.255.224	255.255.255.240
194.225.96.0 cała dostępna klasa C	194.225.96.0	194.225.96.0 dział produkcji	zajęte	zajęte
			zajęte	zajęte
		194.225.96.64	zajęte	zajęte
			194.225.96.0 dział sprzedaży	zajęte
			194.225.96.96	194.225.96.96 dział księgowo- ści
				194.225.96.112 kierownictwo
	194.225.96.128	194.225.96.128	194.225.96.128	

Tabela 1.4 Wyniki podziału VLSM sieci z klasy C

Na podstawie zaprezentowanego przykładu poznaliśmy metodę podziału sieci na mniejsze, dopasowane podsieci. Dzięki takiej adresacji możemy oszczędniej gospodarować przyznanymi adresami.

Bibliografia:

1. B. Halska, P. Benseł (2013) *Kwalifikacja E.13. Projektowanie lokalnych sieci komputerowych i administrowanie sieciami. Podręcznik do nauki zawodu technik informatyk. Część 2*. Gliwice: Helion
2. R. Pawlak (2011) *Okablowanie strukturalne sieci – Teoria i praktyka*. Gliwice: Helion