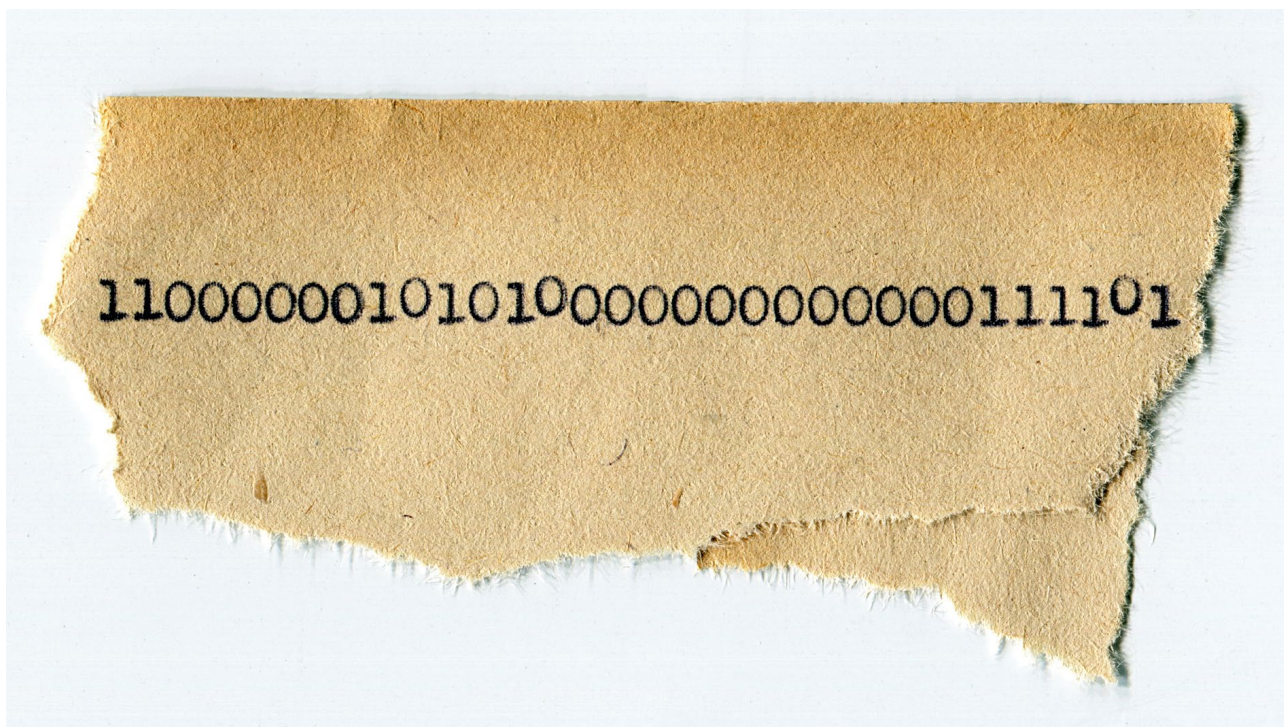




Ile adresów oferował protokół IP?

Klasyczny 32-bitowy adres IP pozwala na uzyskanie 2^{32} , czyli ponad czterech miliardów kombinacji. W praktyce pula dostępnych adresów jest jednak mniejsza, ponieważ twórcy protokołu zarezerwowali część z nich na cele specjalne. Ile dokładnie urządzeń można więc zaadresować?

Pierwsze eksperymenty
Narodziny adresu IP
Zapis adresu IP

Podział na klasy
Adresy zarezerwowane
Wynik końcowy

Pierwsze eksperymenty

Dawno, dawno temu nikt nawet nie słyszał o komputerach. Potem pojawiły się one najpierw w umysłach wizjonerów, a następnie przybrały postać prymitywnych konstrukcji. Z biegiem czasu maszyny te coraz bardziej zaczęły przypominać urządzenia, które dziś nazywamy komputerami.

Przy czym początkowo te urządzenia, obsługiwane przez sztab fachowców, miały kontakt wyłącznie z tymi ludźmi. Później pojawiła się jednak myśl, aby komputery mogły wymieniać informacje również między sobą. Po raz pierwszy pomysł ten zrealizowano w 1969 roku. Choć skutek awarii udało się

wówczas przesłać zaledwie dwie litery, wydarzenie to uznaje się za początek Internetu.

Narodziny adresu IP

Niewątpliwie już wówczas zaczęto zastanawiać się nad regułami, które pozwoliłyby zapewnić prawidłowe działanie większej liczby połączeń. Z początku, kiedy pierwsze sieci liczyły zaledwie po kilka komputerów, wystarczało zwykłe ponumerowanie poszczególnych węzłów. Jednak oczywiste było, że przy większej liczbie komputerów, znajdujących się w odrębnych sieciach, sam kolejny numer nie wystarczy. Z czasem zaproponowano więc specjalny

format adresu, który przez lata dopracowywano, a jedną z kolejnych jego specyfikacji, znaną dziś jako wersja czwarta, opublikowano w 1981 roku. Format ten jest używany do dziś i powszechnie nazywany adresem IP.

Starano się też myśleć przyszłościowo, gdyż miało świadomość, że niewielka wówczas liczba maszyn cyfrowych z czasem wzrośnie setki albo nawet tysiące razy. Postanowiono wówczas, że aby pula adresów nie wyczerpała się zbyt szybko, będą one liczbami z przedziału od 0 do 4 294 967 295.

Wartość ta z pozoru wydaje się dość dziwna. Można by się przecież zastanawiać, dlaczego nie zdecydowano się na przykład na okrągły miliard albo dziesięć miliardów. Musimy jednak wziąć pod uwagę fakt, że komputery posługują się liczbami zapisanymi w systemie dwójkowym. Szybko zauważymy wówczas, że mamy tu do czynienia z 2^{32} możliwymi adresami, ponieważ właśnie tyle różnych wartości można zapisać za pomocą 32 bitów.

Zapis adresu IP

Jednak liczba taka, mająca w zapisie binarnym aż 32 znaki, byłaby dość łatwa do pomylenia podczas wpisywania (patrz **ilustracja tytułowa**). Oczywiście można zapisywać ją w systemie dziesiętnym, co oznaczałoby już tylko dziesięć cyfr, ale zaproponowano nieco inne, z pozoru dziwne rozwiązanie. Otóż wymyślono, że 32 bity zostaną najpierw podzielone na cztery ośmiobitowe grupy (czyli oktety, zwane też bajtami), a następnie każda z tych czterech liczb zostanie zapisana w systemie dziesiętnym. Ośmiobitowa liczba może przyjąć 2^8 różnych wartości, co w systemie dziesiętnym odpowiada wartościom z przedziału od 0 do 255. Tak więc adres IP tworzą cztery liczby z takiego właśnie przedziału – przykład ukazuje **rysunek 1**. Dla poprawienia czytelności zapisu postanowiono rozdzielać je kropkami.

Zasady te obowiązują do dziś i znane są jako IPv4, w odróżnieniu od nowszego standardu IPv6. Przykładowo komputer, na którym piszę ten tekst, ma adres 192.168.0.61. W zapisie binarnym wygląda on następująco: 1100000010101000000000000000111101. Teoretycznie można go również zapisać jako jedną liczbę dziesiętną: 3 232 235 581.

Trzeba wspomnieć, że podział całego adresu na cztery odrębne liczby nie był przypadkowy. Otóż twórcy protokołu od razu zakładali, że sieć Internet nie ma być pojedynczym molochem z miliardami komputerów, lecz będzie się składać z olbrzymiej liczby mniejszych sieci, działających na takich samych zasadach

i połączonych ze sobą. Dlatego też postanowiono, że część z tych czterech liczb będzie tworzyć adres sieci, do której należy urządzenie, a część będzie identyfikatorem konkretnego urządzenia znajdującego się w tej sieci, nazywanego też hostem.

Podział na klasy

I tu pojawiło się pytanie: jaką część adresu przeznaczyć na identyfikator sieci, a jaką na adres hosta? Rozważmy trzy propozycje, przedstawione na **rysunku 2**. Pierwszą oznaczmy literą A, identyfikator sieci zajmuje tu tylko pierwszy bajt, a pozostałe trzy są adresem komputera. Możemy utworzyć wówczas zaledwie 2^8 , czyli 256 sieci, ale za to każda z nich pomieści aż 2^{24} , czyli ponad 16 milionów hostów. Jeśli na identyfikator sieci i identyfikator hosta przeznaczymy po dwa bajty (niech będzie to propozycja B), otrzymamy 2^{16} , czyli 65 536 sieci i w każdej tyle samo adresów hostów. Natomiast przy propozycji C, gdzie na identyfikator sieci przeznaczymy trzy bajty, będziemy mieli do dyspozycji aż 2^{24} , czyli ponad 16 milionów sieci, ale każda z nich pomieści zaledwie 2^8 , czyli 256 adresów.

Projektanci stanęli więc przed dylematem: na co się zdecydować? Dużych sieci byłoby zbyt mało, natomiast te liczne byłyby zbyt niewielkie. Pozornie rozwiązaniem kompromisowym byłoby podzielenie adresu na pół: dwa bajty (czyli 16 bitów) stałyby się identyfikatorem sieci, a pozostałe dwa bajty identyfikatorem hosta. Uznano jednak, że każdy z tych podziałów ma swoje zalety, dlatego zdecydowano się zastosować wszystkie trzy naraz.

adres IP zapisany w grupach po 8 bitów:
11000000 10101000 00000000 00111101

grupy po 8 bitów zapisane dziesiętnie:
192 168 0 61

Rysunek 1

Propozycja A:
SSSSSSSS HHHHHHHH HHHHHHHH HHHHHHHH

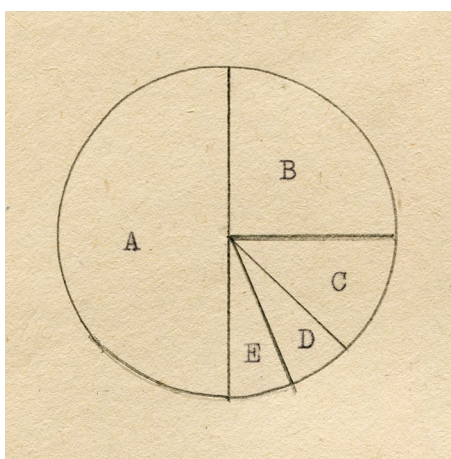
Propozycja B:
SSSSSSSS SSSSSSSS HHHHHHHH HHHHHHHH

Propozycja C:
SSSSSSSS SSSSSSSS SSSSSSSS HHHHHHHH

Gdzie: S= adres sieci
H= adres hosta

Rysunek 2

Postanowiono, że przestrzeń adresową, niczym tort, podzieli się na mniejsze części (patrz **rysunek 3**). Z całości wycięto jeden kawałek na sieci duże, drugi na średnie, a trzeci na małe. Nie wielką część pierwotnie zarezerwowano także na przyszły sposób adresowania. Później połowę tej przestrzeni przeznaczono na adresy służące do rozsyłania informacji typu multicast, a drugą połowę zarezerwowano na przyszłe zastosowania.



Rysunek 3

Poszczególne kawałki tortu nazwano klasami adresowymi i oznaczono literami A, B, C, D oraz E. Jednak po czym poznać, do której klasy należy dany adres? Ustalono, że będą o tym informować jego początkowe bity.

Wygląda to tak: jeśli pierwszy bit ma wartość 0, jest to adres klasy A. Jak widać, przypadła jej aż 1/2 całej przestrzeni adresowej. Jeśli natomiast pierwszy bit ma wartość 1, musimy spojrzeć na drugi. Jeżeli jest on równy 0, mamy do czynienia z adresem klasy B. Otrzymała ona połowę tego, co pozostało, a więc 1/4 całej przestrzeni adresowej.

Idźmy dalej. Jeśli dwa pierwsze bity są jedynkami, patrzymy na trzeci. Jeżeli jest on równy 0, mamy adres klasy C. Ta klasa otrzymała połowę tego, czego jeszcze nie rozdano, a więc 1/8 całości.

No i ostatni krok: jeśli trzy pierwsze bity są jedynkami, patrzymy na czwarty. Jeżeli jest on równy 0, mamy adres klasy D, a jeśli równy 1, to mamy adres klasy E. Obie te klasy otrzymały więc po 1/16 całej przestrzeni adresowej.

Przyjęto też, że w klasach A, B i C adres sieci będzie zapisany odpowiednio w jednym, dwóch lub trzech pierwszych bajtach, a pozostała część adresu (czyli odpowiednio trzy, dwa lub jeden bajt) będzie adresem hosta, przedstawia to **rysunek 4**. Przy czym początek przestrzeni przeznaczonej na adres sieci przypadał na identyfikator klasy. Teoretycznie możliwe było więc utworzenie 2^7 (czyli 128) sieci

w klasie A, 2^{14} (czyli 16 384) sieci w klasie B oraz 2^{21} (czyli 2 097 152) sieci w klasie C, czyli łącznie 2 113 664 sieci. Przy okazji warto też zauważyć, że adresy klas D i E nie są przeznaczone do zwykłego adresowania hostów. Oznacza to, że z dostępnej do tego puli adresów ubyło ich nagle ponad pół miliarda (a dokładniej $2^{21}/16 \times 2^{32}$, czyli 536 870 912 adresów).

Adresy zarezerwowane

Dodatkowo przyjęto, że w każdej sieci dwa adresy będą miały specjalne znaczenie. Jeśli wszystkie bity identyfikujące hosta mają wartość zero, otrzymujemy adres całej sieci, a nie konkretnego urządzenia. Natomiast jeśli wszystkie bity identyfikujące hosta mają wartość jeden, otrzymujemy adres rozgłoszeniowy (pakiet wysłany na taki adres trafi do wszystkich hostów w danej sieci).

W ten sposób pierwszy i ostatni adres w każdej sieci nie mogą być przeznaczone do adresowania poszczególnych hostów. Skoro teoretycznie można utworzyć 2 113 664 sieci, oznacza to, że aż 4 227 328 adresów nie może zostać wykorzystanych jako adresy hostów.

Ale to nie wszystko. Dodatkowo do celów specjalnych zarezerwowano dwa całe zakresy klasy A, o numerach 0 i 127. Choć w praktyce wykorzystuje się zaledwie niewielką część z tych adresów (między innymi 0.0.0.0 oraz 127.0.0.1), to dla naszych obliczeń zmniejsza to dostępną pulę o kolejne kilkadziesiąt milionów, a dokładniej o 2×2^{24} , czyli 33 554 432 adresy. Z tej liczby odjęliśmy już wcześniej cztery adresy, początkowe i końcowe obu sieci, czyli tak naprawdę pula zmniejszyła się o 33 554 428 adresów.

Wynik końcowy

Tak więc opracowany w latach 80. ubiegłego wieku 32-bitowy adres IP, choć teoretycznie oferował niemal 4,3 miliarda kombinacji (od 0 do 4 294 967 295), po uwzględnieniu rezerwacji umożliwiał zaadresowanie 3 720 314 628 hostów.

Niegdyś wydawało się, że tak ogromna przestrzeń adresowa jest niemal niewyczerpalna. Rzeczywistość szybko to jednak zwerifikowała i pula dostępnych adresów zaczęła się kurczyć w zastraszającym tempie. Jednak zanim narodził się oficjalny następca klasycznego protokołu IP, zaczęto ratować sytuację poprzez wprowadzenie kilku dość istotnych modyfikacji.

Marian Gabrowski

marian kropka gabrowski @ gmail kropka com

A)	0SSSSSSS	HHHHHHHH	HHHHHHHH	HHHHHHHH
B)	10SSSSSS	SSSSSSSS	HHHHHHHH	HHHHHHHH
C)	110SSSSS	SSSSSSSS	SSSSSSSS	HHHHHHHH
D)	1110MMMM	MMMMMMMM	MMMMMMMM	MMMMMMMM
E)	1111RRRR	RRRRRRRR	RRRRRRRR	RRRRRRRR

Gdzie: 0 i 1 = bity opisujące klasę
 S = bity opisujące sieć
 H = bity opisujące hosta
 M = bity opisujące multicast
 R = bity zarezerwowane

Rysunek 4