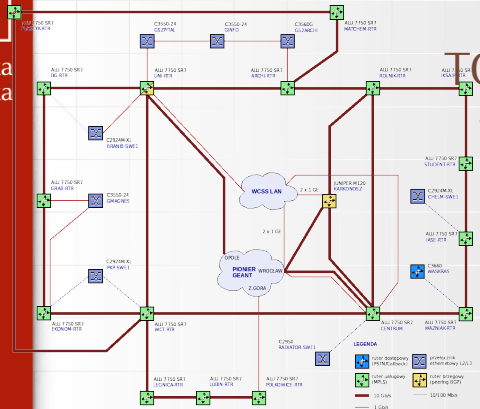
Politechnika Wrocławska



TCP/IP: Adresy, trasowanie

wer. 27 z drobnymi modyfikacjami!

Wojciech Myszka

2020-03-26 10:39:10 +0100

HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Część I

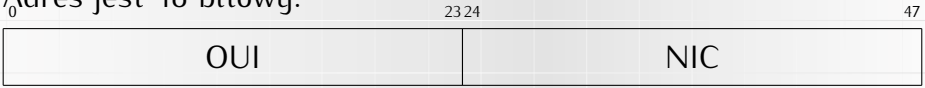
Internet Protocol v.4

Sekcja 1

Adresy fizyczne

Adresy Ether

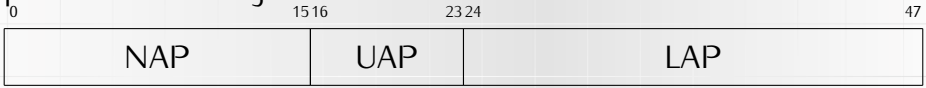
- Każda karta sieciowa w sieci Ethenrnet ma swój unikatowy (globalnie) adres MAC (*medium access control address*)
- Adres jest 48 bitowy:



  - OUI — Organizationally Unique Identifier (można go używać do określenia produceta urządzenia)
  - NIC — Network Interface Controller
- Adres zapisany jest w oprogramowaniu karty sieciowej.

Adresy Bluetooth

1. Podobnie w przypadku urządzeń Bluetooth — każde z nich posiada 48-bitowy adres:



2.

- NAP — Not significant Address Part
- UAP — Upper Address Part
- LAP — Lower Address Part (nadawany przez producenta, jednoznacznie identyfikuje urządzenie)
- OUI — Organizationally Unique Identifier (można go używać do określenia produceta urządzenia)

Politechnika Wrocławska

Zapis adresów

Przyjęło się, że adresy zapisywane są szesnastkowo, poszczególne bajty (dwie cyfry) oddzielane są dwukropkiem:

ether 10:02:b5:a8:3c:d9 — karta bezprzewodowa
hci0 10:02:B5:A8:3C:DD — bluetooth

Wielkość liter nie ma znaczenia — tak jak w liczbach szesnastkowych!

To dla mojego laptopa. Jak widać producentem jest najprawdopodobniej jedna firma (Intel).

Sekcja 2

Adresy IPv4

Politechnika Wrocławska

Adresy IPv4 I

- 32 bity (4 miliardy węzłów): 4 294 967 296
- Adresy podzielone na kilka klas:
  - A: pierwszy bit adresu 0, 7 następnych identyfikuje sieć, ostatnie 24 — węzeł w sieci.
  - B: pierwsze dwa bity adresu 1 0, kolejnych 14 bitów identyfikuje sieć, a ostatnich 16 — węzeł w sieci.
  - C: pierwsze trzy bity adresu 1 1 0, 21 bitów to numer sieci, ostatnich osiem bitów identyfikuje węzeł w sieci.
  - D: pierwsze trzy bity adresu 1 1 1. Jest to specjalna, zarezerwowana klasa adresów.

Adresy IPv4 II

- Dla wygody adres dzielony jest na cztery bajty przedstawiane dziesiętnie.
  Przykład: 156.17.8.1: 10011100 00010001 00001000 00000001 jest to adres z klasy B: sieć 156.17.
- Przyłączając się do Internetu wystąpiliśmy o pulę adresową i WCSS otrzymał do wyłącznej dyspozycji „adres klasy B” 156.17.0.0/16.
- Podumowując:
  - adresy klasy A pierwszy bajt mają mniejszy od 128,
  - klasa B to adresy z zakresu 128–191,
  - klasa C to adresy 192–223,
  - adresy większe od 223 to adresy zarezerwowane.

Politechnika Wrocławska

Adresy „prywatne”

- W każdej klasie adresowej zarezerwowaną grupę adresów do użytku „prywatnego”.
- Adresy takie nie sa widoczne w światowym Internecie.
- Każdy może (dosyć dowolnie) z nich korzystać.
- Zarezerwowane adresy to:
  - W klasie A: sieć numer 10, czyli adresy z zakresu `10.0.0.1` – `10.255.255.254` (256^3 adresów),
  - W klasie B: sieć numer 172.16, czyli adresy z zakresu `172.16.0.1` – `172.31.255.254` (16×256^2 adresów),
  - W klasie C: sieć numer 192.168, czyli adresy z zakresu `192.168.0.0` – `192.168.255.254` (256^2 adresów).
- Dodatkowo adresy „link-local”: `169.254.0.0/16`

Sieć i węzeł (host)

1. W adresach IPv4 pojawiło się pojęcie sieci i węzła.
2. Dosłownie należy to tak rozumieć, że wszystkie węzły w sieci o tym samym numerze mają do siebie bezpośredni dostęp: **są w jednej fizycznej sieci**.
3. Weźmy (dla przykładu) adres 156.17.8.1.
   - pierwsze dwa bajty to numer sieci (156.17)
   - dwa następne baju to numer węzła (8.1 czyli 00001000 00000001).
4. Zgodnie z modelem sieciowym do komunikacji w ramach tej samej sieci (tego samego medium) wystarczy warstwa fizyczna i transportowa.
5. Natomiast możliwości sprawnego zarządzania jedną siecią, która ma 2^{24} węzłów (klasa A) czy nawet tylko 2^{16} węzłów (klasa B) jest iluzoryczna.
6. Zachowano podział na „sieciową” i „węzłową” cześć adresu, ale sposób tego podziału pozostał w ostatecznej gestii użytkownika puli adresowej.

Politechnika Wrocławska

Maska

1. Z programowania (w języku C, ale nie tylko) powinna Państwu pozostać informacja, o bitowych operatorach logicznych & i |.
2. Operator AND może być używany do „wycinania” z wartości binarnych pól o zadanej długości i pozycji:

wartość	1	0	1	1	0	1	1	0
maska	0	0	0	1	1	1	0	0
wynik	0	0	0	1	0	1	0	0

3. Maska złożona z jedynek „wycina” wartości, zera „przykrywają” je.

Politechnika Wrocławska

Maska

1. Z programowania (w języku C, ale nie tylko) powinna Państwu pozostać informacja, o bitowych operatorach logicznych & i |.
2. Operator AND może być używany do „wycinania” z wartości binarnych pól o zadanej długości i pozycji:

wartość	1	0	1	1	0	1	1	0
maska	0	0	0	1	1	1	0	0
wynik	0	0	0	1	0	1	0	0

3. Maska złożona z jedynek „wycina” wartości, zera „przykrywają” je.

Maska sieciowa

Maska sieciowa

to informacja pozwalająca wyodrębnić z każdego adresu IP informację o numerze sieci (podsieci) i numerze węzła.

1. Podaje się ją jak „adres IP” jedynkami wskazując ciągły obszar zarezerwowany na numer sieci (podsieci)
   albo
2. Jako liczbę bitów (licząc od najbardziej znaczącego czyli o lewej strony) przeznaczonych na numer sieci.

Przykład:

255.255.255.224

255.255.255.11100000

x.x.x.x/27

pierwszych 27 bitów to adres sieci

Politechnika Wrocławska

Adres sieci, adres emisji

1. Przyjęto uznawać adres ze wszystkimi zerami w polu hosta uważać za **numer podsieci**
   natomiast
2. Adres ze wszystkimi jedynkami w polu hosta nazywać **adresem rozgłoszeniowym** (*broadcast*) lub **adresem emisji**.

Maska sieci

Przykład

1. Załóżmy, że komputer o adresie 156.17.8.1 chce się skontaktować z komputerem o adresie 156.17.5.2

Maska sieci

Przykład

1. Załóżmy, że komputer o adresie 156.17.8.1 chce się skontaktować z komputerem o adresie 156.17.5.2
2. Skoro oba adresy należą do tej samej klasy B — nie powinno być właściwie żadnego problemu

Maska sieci

Przykład

1. Załóżmy, że komputer o adresie 156.17.8.1 chce się skontaktować z komputerem o adresie 156.17.5.2
2. Skoro oba adresy należą do tej samej klasy B — nie powinno być właściwie żadnego problemu
3. Administratorzy zdecydowali jednak o wewnętrznym podziale na podsieci.

Maska sieci

Przykład

1. Załóżmy, że komputer o adresie 156.17.8.1 chce się skontaktować z komputerem o adresie 156.17.5.2
2. Skoro oba adresy należą do tej samej klasy B — nie powinno być właściwie żadnego problemu
3. Administratorzy zdecydowali jednak o wewnętrznym podziale na podsieci.
4. W podsieci nadawcy zastosowana jest maska 255.255.255.224

Maska sieci

Przykład

1. Załóżmy, że komputer o adresie 156.17.8.1 chce się skontaktować z komputerem o adresie 156.17.5.2
2. Skoro oba adresy należą do tej samej klasy B — nie powinno być właściwie żadnego problemu
3. Administratorzy zdecydowali jednak o wewnętrznym podziale na podsieci.
4. W podsieci nadawcy zastosowana jest maska 255.255.255.224
5. Maska nakładana jest na adres nadawcy i na adres odbiorcy

156	17	8	00000001	156	17	5	00000010
255	255	255	11100000	255	255	255	11100000
156	17	8	0	156	17	5	0

Maska sieci

Przykład

1. Załóżmy, że komputer o adresie 156.17.8.1 chce się skontaktować z komputerem o adresie 156.17.5.2
2. Skoro oba adresy należą do tej samej klasy B — nie powinno być właściwie żadnego problemu
3. Administratorzy zdecydowali jednak o wewnętrznym podziale na podsieci.
4. W podsieci nadawcy zastosowana jest maska 255.255.255.224
5. Maska nakładana jest na adres nadawcy i na adres odbiorcy

156	17	8	00000001	156	17	5	00000010
255	255	255	11100000	255	255	255	11100000
156	17	8	0	156	17	5	0

6. Numery podsieci różnią się — nie można przeprowadzić komunikacji bezpośredniej; trzeba skorzystać z bramy.

Maska sieciowa

Więcej przykładów

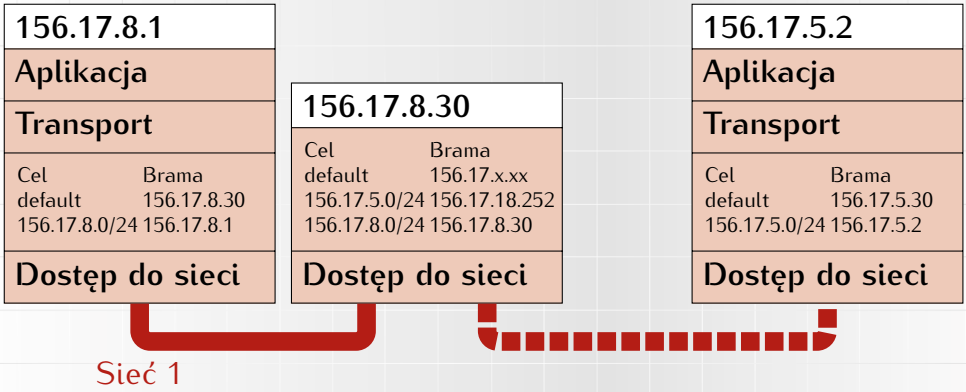
1. W ramach sieci 156.17.8.0/27 mamy podsieci o następujących adresach:

- 156.17.8.00000000 (0)
- 156.17.8.00100000 (32)
- 156.17.8.01000000 (64)
- 156.17.8.01100000 (96)
- 156.17.8.10000000 (128)
- 156.17.8.10100000 (160)
- 156.17.8.11000000 (192)
- 156.17.8.11100000 (224)

2. Była to jedna z najpopularniejszych masek sieciowych (w czasach „cienkiego” ethernetu — miał on ograniczenie na liczbę węzłów w jednym segmencie równe 30)...
3. Węzeł o numerze zero zarezerwowany jest jako numer sieci, a węzeł o numerze złożonym z samych jedynek — to adres rozgłoszeniowy (czyli „do wszystkich”).

Trasowanie

Routing



Unix: ifconfig I

```
myszka@asusux:~$ ifconfig
enx9cebe8060394: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST>  mtu 1500
        ether 9c:eb:e8:06:03:94  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING>  mtu 65536
        inet 127.0.0.1  netmask 255.0.0.0
        inet6 ::1  prefixlen 128  scopeid 0x10<host>
        loop  txqueuelen 1000  (Local Loopback)
        RX packets 24569  bytes 10372067 (10.3 MB)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 24569  bytes 10372067 (10.3 MB)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0
```

Unix: ifconfig II

```
wlp1s0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
        inet 192.168.1.174  netmask 255.255.255.0  broadcast 192.168.1.255
        inet6 fe80::e565:6231:d639:2fba  prefixlen 64  scopeid 0x20<link>
        ether 10:02:b5:a8:c3:d9  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 404793  bytes 581882348 (581.8 MB)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 126791  bytes 17418958 (17.4 MB)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0
```

Unix: ip l

```
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN
                                                group default qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
       valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 ::1/128 scope host
       valid_lft forever preferred_lft forever
2: wlp1s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc mq state UP
                                                  group default qlen 1000
    link/ether 10:02:b5:a8:c3:d9 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.1.174/24 brd 192.168.1.255 scope global dynamic wlp1s0
       valid_lft 3401sec preferred_lft 3401sec
    inet6 fe80::e565:6231:d639:2fba/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
3: enx9cebe8060394: <NO-CARRIER,BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500 qdisc
                          pfifo_fast state DOWN group default qlen 1000
    link/ether 9c:eb:e8:06:03:94 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

Windows: ipconfig I

```
ipconfig /all

Karta Ethernet Połączenie sieci bezprzewodowej:

        Sufiks DNS konkretnego połączenia : chello.pl
        Opis . . . . . :  802.11n Wireless LAN Card
        Adres fizyczny. . . . . : 00-15-AF-DC-5F-5B
        DHCP włączone . . . . . : Tak
        Autokonfiguracja włączona . . . . : Tak
        Adres IP. . . . . : 192.168.1.199
        Maska podsieci. . . . . : 255.255.255.0
        Brama domyślna. . . . . : 192.168.1.1
        Serwer DHCP . . . . . : 192.168.1.1
        Serwery DNS . . . . . : 62.179.1.61 62.179.1.63
        Dzierżawa uzyskana. . . . . : 6 kwietnia 2018 09:17:26
        Dzierżawa wygasa. . . . . : 6 kwietnia 2018 10:17:26
```

Address Resolution Protocol

1. Gdy już wiadomo czy adres docelowy znajduje się w sieci lokalnej czy zdalnej...
2. Zdecydować trzeba do kogo przesłać pakiet:
   - 2.1 bezpośrednio do odbiorcy (adres w sieci lokalnej),
   - 2.2 do bramy sieciowej (adres w sieci zdalnej).
3. Warstwa transportowa korzysta z adresów fizycznych (o których była mowa wcześniej).
4. Potrzebny jest zatem mechanizm (działający wyłącznie wewnątrz sieci lokalnej) łączący adresy fizyczne z internetowymi.
5. Służy do tego protokół Address Resolution Protocol (ARP).
   - sprawdza sięczy w pamięci pomocniczej jest wpis wiążący adres IP z adresem fizycznym;
   - jeżeli nie ma — wysyłany jest specjalny pakiet do wszystkich (zawiera on adres rozgłoszeniowy ff:ff:ff:ff:ff:ff) z adresem IP;
   - na wezwanie odpowiada wyłącznie węzeł o szukanym adresie IP;
   - po pewnym czasie informacja ARP się przeterminowuje.

Politechnika Wrocławska

ARP

```
arp -a
gateway (192.168.1.1) w~44:6a:b7:f7:31:38 [ether] na wlp1s0
? (192.168.1.176) w~3c:77:e6:88:6d:88 [ether] na wlp1s0
? (192.168.1.53) w~c0:ee:fb:42:9e:2f [ether] na wlp1s0
? (192.168.1.2) w~38:d5:47:82:03:d4 [ether] na wlp1s0

ping 192.168.1.14
PING 192.168.1.14 (192.168.1.14) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.1.14: icmp_seq=1 ttl=64 time=265 ms

arp -a
gateway (192.168.1.1) w~44:6a:b7:f7:31:38 [ether] na wlp1s0
? (192.168.1.14) w~b8:27:eb:0f:99:e4 [ether] na wlp1s0
? (192.168.1.176) w~3c:77:e6:88:6d:88 [ether] na wlp1s0
? (192.168.1.53) w~c0:ee:fb:42:9e:2f [ether] na wlp1s0
? (192.168.1.2) w~38:d5:47:82:03:d4 [ether] na wlp1s0
```

Politechnika Wrocławska

Trasowanie

- Osobną kwestią jest wybór bramy, którą należy wybrać jako pośrednika w ruchu do innych sieci.
- Bardzo czesto stuacja jest bardzo prosta: z podsieci jest tylko jedno wyjście „w świat”.
- W takich przypadkach w konfiguracji sieciowej wystarczy zdefiniowanie **domyślnej bramy**.
- Gdy sytuacja jest bardziej skomplikowana — oprogramowanie musi zdobywać i przechowywać informację o bramach/interfejsach używanych do kontaktów z innymi sieciami/węzłami.
- W przypadku gdy komputer ma kilka interfejsów sieciowych odpowiednie informacje zostaną wygenerowane automatycznie, ale informację

ip route

```
ip route
default via 192.168.1.1 dev wlp1s0 proto static metric 600
169.254.0.0/16 dev wlp1s0 scope link metric 1000
192.168.1.0/24 dev wlp1s0 proto kernel scope link src 192.168.1.174 metric 60
```

netstat -rn

```
netstat -rn
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags   MSS Window  irtt Iface
0.0.0.0         192.168.1.1     0.0.0.0         UG        0 0          0 wlp1s0
169.254.0.0     0.0.0.0         255.255.0.0     U~        0 0          0 wlp1s0
192.168.1.0     0.0.0.0         255.255.255.0   U~        0 0          0 wlp1s0
```

Tablica routingu + VPN

```
ip route
default via 192.168.1.1 dev wlp1s0 proto static metric 600
10.0.0.0/8 dev vpn0 proto static scope link metric 50
10.255.0.0/24 dev vpn0 proto kernel scope link src 10.255.0.135 metric 50
156.17.1.0/24 dev vpn0 proto static scope link metric 50
156.17.2.0/24 dev vpn0 proto static scope link metric 50
156.17.3.0/24 dev vpn0 proto static scope link metric 50
156.17.28.196 via 192.168.1.1 dev wlp1s0 proto static metric 600
[...]
169.254.0.0/16 dev wlp1s0 scope link metric 1000
192.168.1.0/24 dev wlp1s0 proto kernel scope link src 192.168.1.174 metric 60
192.168.1.1 dev wlp1s0 proto static scope link metric 600
```

Tablica routingu w sieci VPN (do ćwiczeń)

ip address show dev tun0

```
6: tun0: <POINTOPOINT,MULTICAST,NOARP,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast
    link/none
    inet 10.8.0.10 peer 10.8.0.9/32 scope global tun0
       valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::5dd3:fbb0:6342:33b8/64 scope link flags 800
       valid_lft forever preferred_lft forever
```

ip route

```
0.0.0.0/1 via 10.8.0.9 dev tun0
default via 192.168.1.1 dev wlp1s0 proto static metric 600
10.8.0.1 via 10.8.0.9 dev tun0
10.8.0.9 dev tun0 proto kernel scope link src 10.8.0.10
128.0.0.0/1 via 10.8.0.9 dev tun0
156.17.8.21 via 192.168.1.1 dev wlp1s0
169.254.0.0/16 dev wlp1s0 scope link metric 1000
192.168.1.0/24 dev wlp1s0 proto kernel scope link src 192.168.1.174 metric 60
```

Protokoły trasowania

- Trasowanie w globalnym Internecie opiera się na koncepcji **Systemów Autonomicznych**.
- System Autonomiczny to fragment globalnej sieci Internet zarządzany przez jedną organizację.
- W ramach systemu autonomicznego używany jest jakiś protokół z grupy *Interior Gateway Protocols*.
- Na zewnątrz używane są protokoły z grupy *Exterior Gateway Protocols*.