

Sieci komputerowe

Tadeusz Kobus, Maciej Kokociński
Instytut Informatyki, Politechnika Poznańska

Podstawowe narzędzia sieciowe w Linuksie

Pakiety narzędzi net-tools i route2

Pakiet `net-tools`:

- od 1983, początkowo w BSD, nie rozwijany dalej,
- `arp`,
- `ifconfig`,
- `hostname`,
- `netstat`,
- inne: `dnsdomainname`, `domainname`, `ipmaddr`, `iptunnel`, `mii-tool`, `nameif`, `nisdomainname`, `plipconfig`, `rarp`, `route`, `slattach`, `ypdomainname`.

Pakiet `route2`:

- od 2000 roku, miał zastąpić `net-tools`,
- `ip`,
- inne: `arpd`, `ctstat`, `genl`, `ifcfg`, `ifstat`, `lnstat`, `nstat`, `route`, `route`, `rtacct`, `rtmon`, `rtpr`, `rtstat`, `ss`, `tc`.

Inne narzędzia

Pakiet `iputils`:

- `arping`,
- `ping`,
- `tracepath`,
- inne: `clockdiff`, `ipg`, `ping6`, `rarpd`, `rdisc`, `tftpd`,
`tracepath6`, `traceroute6`.

Przydatne są również `mtr` i `traceroute`.

Karty i interfejsy sieciowe

Karta sieciowa – fizyczne urządzenie pozwalające komputerowi na utrzymywanie połączenia z siecią komputerową (realizowaną w określonej technologii, np. Ethernet, FDDI, Token Ring).

Interfejs sieciowy – punkt dostępu do sieci komputerowej utrzymywany przez system operacyjny:

- **interfejs fizyczny** – punkt dostępu związany z fizycznym urządzeniem, np. kartą ethernetową czy kartą wifi,
- **interfejs logiczny** – punkt dostępu do sieci logicznej,
 - z jednym interfejsem fizycznym może być związanych wiele interfejsów logicznych,
 - interfejs logiczny może być związany też z urządzeniami wirtualnymi, mostkami, tunelami, etc.

Nazwy interfejsów sieciowych

Tradycyjne nazwy (rozszerzone o numery, od 0):

- loopback: `lo` (bez numeru),
- przewodowe karty sieciowe: `eth`,
- bezprzewodowe karty sieciowe: `wlan`, `ath`, `wifi`, `radio`,
- firewire, infiniband: `ib`,
- urządzenia wirtualne: `dummy`, mostki: `br`, tunele: `tun`, `tap`, `sit`, `tnl`, `ppp`, `vpn`, `gre`.

Consistent Network Device Naming – powiązanie nazwy z konkretnym urządzeniem fizycznym (lub jego umiejscowieniem), np.:

- port ethernetowy na płycie głównej: `em`,
- port ethernetowy na PCI: `p<numer slotu>p<numer portu>`,
- karta wifi: `wlp3s0`.

Interfejsy sieciowe i ustawienia sieci (1)

```
# ip addr show
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue
    state UNKNOWN group default
    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: eth0: <NO-CARRIER,BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500
    qdisc mq state DOWN group default qlen 1000
    link/ether 84:3a:4b:71:94:5c brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
# ip addr add 192.168.1.103/24 dev eth0
# ip addr show eth0
2: eth0: <NO-CARRIER,BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500
    ...
    inet 192.168.1.103/24 scope global eth0
        valid_lft forever preferred_lft forever
# ip addr del 192.168.1.103/24 dev eth0
```

Interfejsy sieciowe i ustawienia sieci (2)

```
# ifconfig
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 0 (Local Loopback)
    RX packets 6018 bytes 520408 (508.2 KiB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 6018 bytes 520408 (508.2 KiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

eth0: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500
    ether 84:3a:4b:71:94:5c txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 7381654 bytes 8531909613 (7.9 GiB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 3764753 bytes 476654769 (454.5 MiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
# ifconfig eth0 192.168.1.103 netmask 255.255.255.0
# ifconfig eth0
eth0: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.1.103 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.1.255
...
# ifconfig eth0 0.0.0.0
```


Interfejsy sieciowe i ustawienia sieci (3)

```
# ip addr add 192.168.1.103/24 dev eth0
# ip addr add 172.16.0.103/16 dev eth0 label eth0:1
# ip addr add 10.0.0.103/8 dev eth0 label eth0:kokoszka
# ip addr show eth0
...
2: eth0: <NO-CARRIER,BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500
   qdisc mq state DOWN group default qlen 1000
   link/ether 84:3a:4b:71:94:5c brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
   inet 192.168.1.103/24 scope global eth0
       valid_lft forever preferred_lft forever
   inet 172.16.0.103/16 scope global eth0:1
       valid_lft forever preferred_lft forever
   inet 10.0.0.103/8 scope global eth0:kokoszka
       valid_lft forever preferred_lft forever
# ip addr del 10.0.0.103/8 dev eth0
# ip addr flush dev eth0
```

Interfejsy sieciowe i ustawienia sieci (4)

```
# ifconfig eth0 192.168.1.103 netmask 255.255.255.0
# ifconfig eth0:1 172.16.0.103 netmask 255.255.0.0
# ifconfig eth0:kokoszka 10.0.0.103 netmask 255.0.0.0
# ifconfig
...
eth0: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.1.103 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.1.255
    ether 84:3a:4b:71:94:5c txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 7381654 bytes 8531909613 (7.9 GiB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 3764753 bytes 476654769 (454.5 MiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
eth0:1: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500
    inet 172.16.0.103 netmask 255.255.0.0 broadcast 172.16.255.255
    ether 84:3a:4b:71:94:5c txqueuelen 1000 (Ethernet)
eth0:kokoszka: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.0.103 netmask 255.0.0.0 broadcast 10.255.255.255
    ether 84:3a:4b:71:94:5c txqueuelen 1000 (Ethernet)
# ifconfig eth0:kokoszka down
# ifconfig eth0 down
```

Podglądanie ruchu sieciowego

Pakiety [wireshark](#) i `wireshark-gnome`.

Interesujące funkcje:

- logowanie i filtrowanie ruchu,
- widok stosu protokołów → enkapsulacja wiadomości,
- śledzenie strumienia TCP/UDP,
- statystyki, przebiegi, grafy,
- ...

Uwagi:

- przenumerowywanie różnych wartości (np. numery sekwencyjne) dla większej czytelności,
- domyślnie preambuła i FCS nie są pokazywane.

wireshark – uwagi

Uruchamianie:

- na OpenSUSE do prawidłowej pracy wymaga roota,
- jeśli pojawi się błąd: `Can't open display:`, należy wykonać `export DISPLAY=:0`,
- jeśli pojawi się błąd: `Unable to open display :0` lub `Cannot connect to X server`, należy z prawami użytkownika `student` wykonać `xhost +`.

Sprawdzanie łączności IP (1)

```
# ping 192.168.1.101
PING 192.168.1.101 (192.168.1.101) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.1.101: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.690 ms
64 bytes from 192.168.1.101: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.357 ms
64 bytes from 192.168.1.101: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.416 ms
64 bytes from 192.168.1.101: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.448 ms
^C
--- 192.168.1.101 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 2999ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.357/0.477/0.690/0.129 ms
```

Sprawdzanie łączności IP (2)

```
# traceroute -I wikipedia.org
```

```
traceroute to wikipedia.org (91.198.174.192), 30 hops max, 60 byte packets
 1 gateway (150.254.31.1) 1.227 ms 1.532 ms 1.819 ms
 2 hellfire.put.poznan.pl (150.254.6.36) 1.532 ms 1.533 ms 1.534 ms
 3 mx-pp-wilda-irb-1.man.poznan.pl (150.254.163.29) 1.804 ms 1.805 ms 1.805 ms
 4 mx-pcss-1-AEO-1.man.poznan.pl (150.254.255.64) 2.056 ms 2.063 ms 2.063 ms
 5 212.191.237.217 (212.191.237.217) 2.062 ms 2.062 ms 2.313 ms
 6 ae2.cr2-esams.wikimedia.org (80.249.209.176) 30.667 ms 27.952 ms 23.770 ms
 7 text-lb.esams.wikimedia.org (91.198.174.192) 23.770 ms 23.772 ms 24.033 ms
```

```
# mtr wikipedia.org
```

```
dcs-rw-2.cs.put.poznan.pl (0.0.0.0)
```

Thu Mar 9

13:05:48 2017

```
Keys:  Help    Display mode    Restart statistics    Order of fields    quit
          Packets                Pings
Host                Loss%    Snt    Last    Avg    Best    Wrst    StDev
1. 150.254.31.1      0.0%     9     1.0    1.4    1.0    2.6     0.0
2. hellfire.put.poznan.pl 0.0%     9     0.6    0.8    0.5    1.6     0.0
3. mx-pp-wilda-irb-1.man.poznan.pl 0.0%     9     1.1    1.0    0.9    1.3     0.0
4. mx-pcss-1-AEO-1.man.poznan.pl 0.0%     8     1.0    1.9    1.0    5.9     1.5
5. 212.191.237.217  0.0%     8     1.1   11.4    1.0   52.0    17.2
6. ae2.cr2-esams.wikimedia.org 0.0%     8    24.5   24.3   24.0   25.2     0.0
7. text-lb.esams.wikimedia.org 0.0%     8    26.0   24.4   23.9   26.0     0.7
```

Zadanie 1

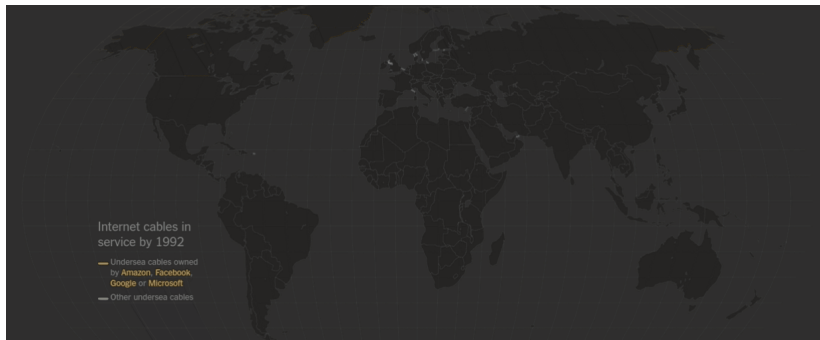
1. Wspólnie z koleżankami/kolegami z rządu ustal adres sieci, który pozwoli na zaadresowanie wszystkich komputerów w rządzie. Sieci są unikalne między rządami.
2. Przypisz jeden z adresów do interfejsu em1 (każdy komputer w rządzie ma mieć inny adres).
3. Przeanalizuj ruch na interfejsie em1 przy pomocy programu wireshark.
4. Zbadaj przy pomocy polecenia ping połączenie z innymi komputerami w rządzie.
5. Zbadaj przy pomocy polecenia ping połączenie komputerami w innych rządach.
6. Parami połącz się z innym komputerem z rządu przy pomocy komendy telnet i zbadaj treść wymienianych pakietów.

Warstwa fizyczna

Warstwa fizyczna

- Umożliwia przesyłanie poszczególnych bitów (ramek) przez dane fizyczne łącze.
- Określa jak bity zamieniane są na sygnał (elektryczny, optyczny, radiowy) propagowany przez łącze fizyczne.
- Standaryzuje mechanizmy obsługi transmisji danych, techniki sygnalizacji, powiadamiania o błędach, fizyczne własności kart sieciowych i nośników fizycznych.
- Nie uwzględnia mechanizmów badania integralności danych.
- Przykładowe standardy:
 - RS232C
 - V.35
 - 8P8C (RJ45)
 - 802.11 a/b/g/n
PHY
 - 802.3*
 - 10BASE-T
 - 100BASE-TX
 - 1000BASE-T
 - T1
 - E1
 - SONET
 - SDH
 - DWDM

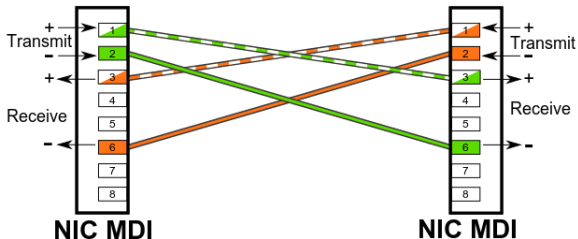
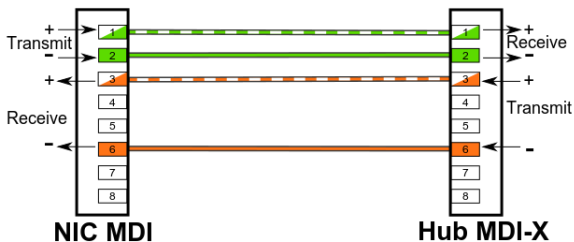
Podwodne połączenia światłowodowe



Standard Ethernet (IEEE 802.3)

- Medium: [skrętka](#), światłowód, kabel koncentryczny.
- Maksymalne odległości: do 100 metrów (podwójna skrętka), do 100 km (światłowód).
- Topologia: punkt-punkt, [gwiazda](#), szyna.
- Typowe złącza: [8P8C \(popularnie RJ45\)](#), LC, SC, ST, ..
- Kable (skrętka, 8P8C):
 - proste (ang. *straight-through*),
 - krosowane (ang. *cross-over*) – urządzenia tej samej warstwy,
 - konsolowe (ang. *roll over*) – podłączenie komputera do konsoli routera,
 - auto MDI-MDIX (medium dependent interface (cross over)).
- Więcej informacji ([link](#)).

Kabel prosty vs kabel krosowany



Protokoły rozwiązywania problemu kolizji

Carrier Sense Multiple Access/**Collision Detection** (CSMA/**CD**) –
w **Ethernetcie w ramach jednej domeny kolizyjnej**:

- transmisja jest zamykana po wykryciu kolizji,
- wysyłany jest tam sygnał *zagłuszający*,
- następuje retransmisja po czasie losowej długości.

Carrier Sense Multiple Access/**Collision Avoidance** (CSMA/**CA**) –
w sieciach bezprzewodowych:

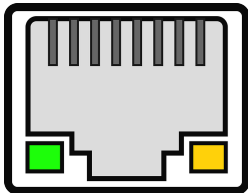
- przed próbą transmisji wysyłany jest sygnał próbnny (pilot),
- nadawanie tylko jeśli żadne inne urządzenie nie nadaje,
- gdy kolizja jest wykryta, następuje próba retransmisji po czasie losowej długości,
- powoduje duże straty czasowe → CSMA/AMP i CSMA/CA+AMP (z priorytetami wiadomości).

Kable – oznaczenia

Na przykład: 10BASE-T, 1000BASE-LX, 40GBASE-LR4:

- nominalna prędkość: 10, 100, 1000, 40G, etc.,
- wykorzystywane pasmo: baseband, broadband, passband,
- medium:
 - T – skrętka (ang. twisted pair),
 - S – światło podczerwone 850 nm (ang. short wavelength, multi-mode fiber),
 - L – światło podczerwone 1300 nm (ang. long wavelength, mostly single-mode fiber),
 - E/Z – światło podczerwone 1500 nm (ang. extra long wavelength, single-mode fiber),
 - C – miedziany, dwużyłowy kabel koncentryczny (ang. copper/twinax),
- modulacje i kodowanie, np. X - kodowanie PCS 8b/10b, R - kodowanie PCS 64b/66b,
- liczba linii per łącze (dla WAN PHY), np. 1, 2, 4, 10.

RJ45 – rozwiązywanie problemów



- Zazwyczaj jedna dioda sygnalizuje podłączenie kabla (ciągłe światło), a druga transmisję danych (przerywane światło).
- Czasem kolor światła związany jest z wynegocjowaną prędkością przesyłania danych.

Parametry interfejsu sieciowego

```
# ethtool eth0
```

```
Settings for eth0:
```

```
Supported ports: [ TP MII ]
```

```
Supported link modes:   10baseT/Half 10baseT/Full  
                        100baseT/Half 100baseT/Full
```

```
Supported pause frame use: No
```

```
Supports auto-negotiation: Yes
```

```
Advertised link modes:  10baseT/Half 10baseT/Full  
                        100baseT/Half 100baseT/Full
```

```
Advertised pause frame use: Symmetric
```

```
Advertised auto-negotiation: Yes
```

```
Speed: 100Mb/s
```

```
Duplex: Full
```

```
Port: MII
```

```
PHYAD: 16
```

```
Transceiver: internal
```

```
Auto-negotiation: on
```

```
Supports Wake-on: pg
```

```
Wake-on: p
```

```
Current message level: 0x00000007 (7)  
                        drv probe link
```

```
Link detected: no
```


Zmiana ustawień interfejsu sieciowego

```
# ifconfig eth0 down
# ethtool -s eth0 speed 10 duplex half autoneg off
# ethtool eth0
...
    Speed: 10Mb/s
    Duplex: Half
    Auto-negotiation: off
...
# ifconfig eth0 up
```

- Zmiana ustawień powoduje, że interfejs trzeba ponownie *podnieść*.
- Duplex:
 - full – równoczesne przesyłanie danych w obie strony (podłączenie do przełącznika),
 - half – w danej chwili przesyłanie danych tylko w jedną stronę (podłączenie do koncentratora),
 - auto-negotiation – urządzenie samo decyduje o trybie działania.

Statystyki interfejsu sieciowego

```
# ethtool -S eth0
```

```
NIC statistics:
```

```
rx_bytes: 74356477841
rx_error_bytes: 0
tx_bytes: 110725861146
tx_error_bytes: 0
rx_ucast_packets: 104169941
rx_mcast_packets: 138831
rx_bcast_packets: 59543904
tx_ucast_packets: 118118510
tx_mcast_packets: 10137453
tx_bcast_packets: 2221841
...
rx_oversize_packets: 0
rx_64_byte_packets: 61154057
rx_65_to_127_byte_packets: 55038726
rx_128_to_255_byte_packets: 426962
rx_256_to_511_byte_packets: 3573763
rx_512_to_1023_byte_packets: 893173
rx_1024_to_1522_byte_packets: 42765995
rx_1523_to_9022_byte_packets: 0
...
```

Informacje o sterowniku i identyfikacja interfejsu sieciowego

```
# ethtool -i enp0s26u1u2
driver: asix
version: 22-Dec-2011
firmware-version: ASIX AX88772 USB 2.0 Ethernet
bus-info: usb-0000:00:1a.0-1.2
supports-statistics: no
supports-test: no
supports-eeprom-access: yes
supports-register-dump: no
supports-priv-flags: no
```

(czasem nie wspierane)

```
# ethtool -p enp0s26u1u2
```

Zadanie 2

1. Zmierz osiąganą maksymalną prędkość transmisji przy użyciu usługi `speedtest.net`.
2. Zmień parametry `em1` ograniczając prędkość transmisji i zmieniając parametry duplexu.
3. Ponownie zmierz maksymalną prędkość transmisji.
4. Wróć do pierwotnych ustawień.
5. Przy pomocy odpowiedniego parametru komendy `ethtool` zidentyfikuj interfejsy `p4p1` oraz `p4p2`.

Trwałe zmiany ustawień interfejsu sieciowego

Fedora/RedHat/CentOS:

```
# cat /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0
...
ETHTOOL_OPTS="speed 100 duplex full autoneg off"
```

OpenSUSE:

```
# cat /etc/sysconfig/network/ifcfg-eth0
POST_UP_SCRIPT='eth0'
# cat /etc/sysconfig/network/scripts/eth0
#!/bin/bash
/sbin/ethtool -s speed 1000 duplex full autoneg off
```

Ubuntu:

```
# cat /etc/network/interfaces
post-up ethtool -s eth0 speed 1000 duplex full autoneg off
```

Ustawienia interfejsu wifi

Odpowiednik ethtool dla radiowych kart sieciowych.

```
# iwlist wlan0 scan
Cell 01 - Address: 0e:51:9d:33:19:83
    ESSID:"Kukuczka"
    Mode:Master
    Channel:11
    Frequency:2.462 GHz (Channel 11)
    Quality=100/100  Signal level:-47dBm  Noise level=-100dBm
    Encryption key:off
...
# iwconfig wlan0 essid Kukuczka
# iwconfig wlan0 channel 11 # freq 2.462G
# iwconfig wlan0 retry 16
# iwconfig wlan0 commit

# iwconfig wlan0 mode ad-hoc # managed,master
```

Zadanie 3

1. Usuń nadane wcześniej adresy IP na em1 (mają pozostać tylko standardowe adresy, tj. uzyskiwane przez DHCP).
2. Podłącz swój komputer poprzez port p4p1 do przełącznika na zapleczu (wszystkie komputery są podłączane do tego samego przełącznika).
3. Skonfiguruj adres IP na porcie p4p1, tak by wszystkie komputery w laboratorium mogły komunikować się między sobą poprzez nowo utworzoną sieć.