

# Warsztaty nr 2 z Sieci komputerowych

## Konfiguracja początkowa

Utwórz cztery maszyny *Virbian1–Virbian4*, każdą z dwiema kartami sieciowymi. Niech pierwsze karty sieciowe maszyn *Virbian1* i *Virbian2* będą połączone wirtualną siecią **remote**, zaś ich drugie karty podłączone do wirtualnych sieci **local1** i **local2** (*Virbian1* do **local1** a *Virbian2* do **local2**). Maszyn *Virbian3* i *Virbian4* na razie nie konfiguruj. Uruchom maszyny *Virbian1* i *Virbian2*.

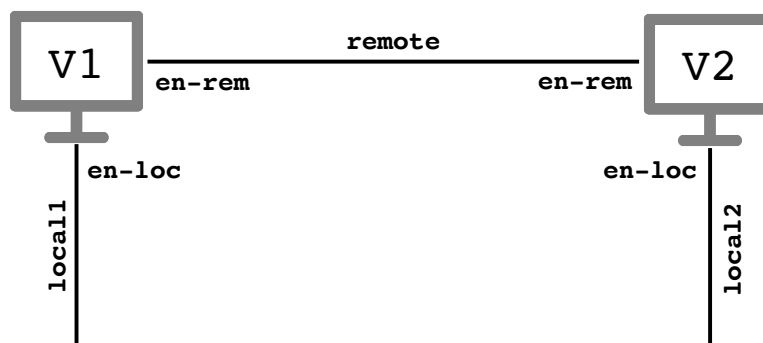
## Tutorial 1

Po uruchomieniu maszyn *Virbian1* i *Virbian2* na każdej z nich dostępne powinny być trzy interfejsy sieciowe (możesz wyświetlić je poleceniem `ip link`): interfejs pętli lokalnej **lo** i dwa interfejsy o nazwach zaczynających się od **en**.

- ▶ Na maszynie *Virbian1* ustal interfejs **enp $\alpha$ sy** połączony z siecią **remote** oraz interfejs **enp $\omega$ sz** połączony z siecią **local1**. Dla wygody zmienimy nazwy tych interfejsów poleceniami:

```
V1#> ip link set enp $\alpha$ sy name en-rem
V1#> ip link set enp $\omega$ sz name en-loc
```

Wykonaj analogiczne polecenia na maszynie *Virbian2* zmieniając nazwy jej interfejsów połączonych z sieciami **remote** i **local2** odpowiednio na **en-rem** i **en-loc**. Otrzymasz sytuację jak na poniższym rysunku.



- ▶ Poleceniem `ip link` aktywuj interfejsy **en-rem**, a poleceniem `ip addr` przypisz im adresy IP. Na maszynie *Virbian1* przypisz temu interfejsowi adres IP równy `172.16.0.1/16`, zaś na maszynie *Virbian2* adres `172.16.0.2/16`. Poleceniem `ip addr` wyświetl aktualnie skonfigurowane interfejsy. W przypadku błędu wykorzystaj polecenie `ip addr flush`.
- ▶ Wyświetl tablicę routingu poleceniem

```
V1$> ip route
```

Zauważ, że polecenie `ip route` wyświetla przy trasach do sieci opis `proto kernel`. Oznacza to, że trasa do danej sieci została dodana automatycznie przez jądro systemu podczas dodawania adresu do interfejsu.

- ▶ Za pomocą programu `ping` sprawdź, czy połączone ze sobą siecią **remote** maszyny *Virbian1* i *Virbian2* „widzą się” wzajemnie.

- ▶ Pingnij adres interfejsu pętli lokalnej lo o adresie 127.0.0.1. Zauważ, że komunikaty dochodzą pomimo tego, że odpowiedni wpis nie jest wyświetlany poleceniem `ip route`. Te dodatkowe wpisy w tablicy można wyświetlić poleceniem

```
V1$> ip -4 route list table all
```

Przeanalizuj poszczególne wiersze. Zwróć uwagę na adresy rozgłoszeniowe i różnice w polach `scope`. Jeśli opuścisz opcję `-4`, zostaną wyświetlone również trasy dotyczące protokołu IPv6.

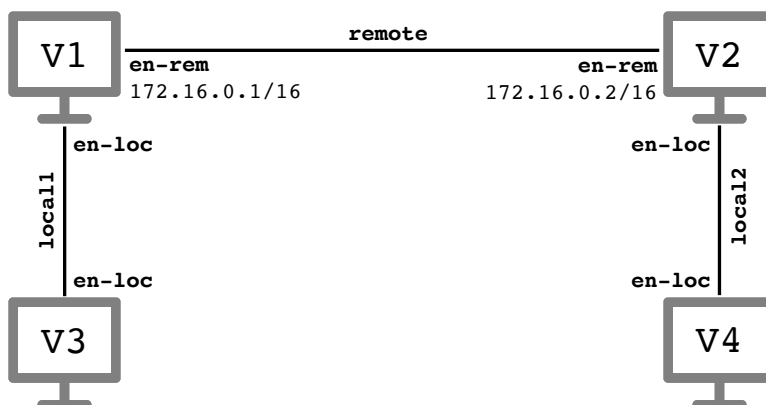
- ▶ Na maszynach *Virbian1* i *Virbian2* włącz Wiresharka i rozpocznij nasłuchiwanie na wszystkich interfejsach. Zaobserwuj, co jest wypisywane w konsoli oraz jakie pakiety są wysyłane i odbierane, jeśli pingasz z maszyny *Virbian1*:
  - ▶ adres 127.0.0.1;
  - ▶ swój własny adres IP przypisany do interfejsu `en-rem`;
  - ▶ adres IP maszyny *Virbian2* przypisany do interfejsu `en-rem`;
  - ▶ adres rozgłoszeniowy sieci podłączonej do interfejsu `en-rem` (poleceniem `ping -b 172.16.255.255`)<sup>1</sup>;
  - ▶ adres IP należący do sieci 172.16.0.0/16 nieprzypisany do żadnego interfejsu sieciowego;
  - ▶ adres IP z sieci, do której maszyna nie jest podłączona, np. 10.10.10.10.

Porównaj otrzymane komunikaty, przesyłane pakiety i czasy reakcji. Dla wysyłanych i otrzymywanych pakietów obejrzyj szczegóły w Wiresharku, w szczególności zwróć uwagę na nagłówki IP (adresy źródłowe i docelowe) i ICMP (typ i kod komunikatu).

Zauważ, że pakiety wysyłane na adresy z sieci, do której maszyna nie jest podłączona, są odrzucane przez jądro systemu i nie są wysyłane do interfejsu sieciowego. Dlatego też nie są one widoczne w Wiresharku.

## Tutorial 2

Skonfiguruj maszyny *Virbian3* i *Virbian4*, które będą miały po jednej karcie sieciowej połączonej odpowiednio z siecią `local1` i `local2`. Po ich uruchomieniu zmień nazwę interfejsów sieciowych w tych maszynach na `en-loc`. Dzięki temu osiągniesz konfigurację jak na poniższym rysunku.



<sup>1</sup>Jeśli nie otrzymujesz odpowiedzi, na maszynie docelowej sprawdź wynik działania polecenia `sysctl net.ipv4.icmp_echo_ignore_broadcasts`. Jeśli jest on równy 1, to odbierane pingi wysyłane na adres rozgłoszeniowy będą ignorowane. W takim wypadku należy wykonać polecenie `sysctl net.ipv4.icmp_echo_ignore_broadcasts=0`.

Celem poniższego zadania jest konfiguracja routingu pomiędzy tymi maszynami.

- ▶ Na wszystkich maszynach sprawdź wynik polecenia `sysctl net.ipv4.ip_forward` i jeśli zwracaną wartością jest 0, wykonaj polecenie

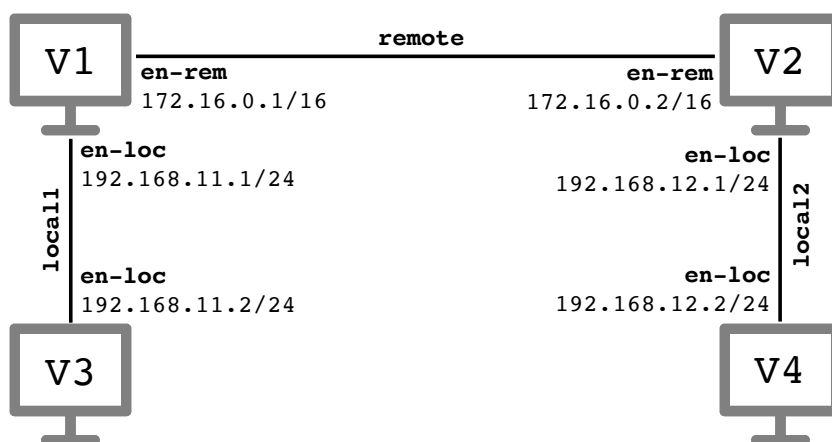
```
V#> sysctl net.ipv4.ip_forward=1
```

Polecenie to włączy przekazywanie pakietów IP pomiędzy interfejsami (maszyna wirtualna będzie mogła pełnić funkcję routera).

- ▶ Aktywuj interfejsy `en-loc` na maszynach *Virbian1* i *Virbian3* i przypisz im adresy IP równe odpowiednio `192.168.11.1/24` i `192.168.11.2/24`.

Aktywuj interfejsy `en-loc` na maszynach *Virbian2* i *Virbian4* i przypisz im adresy IP równe odpowiednio `192.168.12.1/24` i `192.168.12.2/24`.

Uzyskana konfiguracja wygląda teraz jak na poniższym rysunku.



- ▶ Na każdej maszynie poleceniem `ping` sprawdź osiągalność interfejsów bezpośrednio połączonych maszyn. Przykładowo na maszynie *Virbian1* należy sprawdzić osiągalność interfejsu `en-loc` maszyny *Virbian3* oraz interfejsu `en-rem` maszyny *Virbian2* wydając polecenia

```
V1$> ping 192.168.11.2  
V1$> ping 172.16.0.2
```

- ▶ Z maszyny *Virbian1* sprawdź osiągalność interfejsu `en-loc` maszyny *Virbian2*, tzn. wydaj na niej polecenie `ping 192.168.12.1`. Analogicznie na maszynie *Virbian2* wydaj polecenie `ping 192.168.11.1`. Takie adresy są nieosiągalne, gdyż nadawca nie wie, jak dostać się do docelowej sieci (odpowiednio `192.168.12.0/24` i `192.168.11.0/24`).
- ▶ Spróbujmy to naprawić dodając na maszynach *Virbian1* i *Virbian2* odpowiednie wpisy w ich tablicach routingu. W tym celu wydaj polecenia:

```
V1#> ip route add 192.168.12.0/24 via 172.16.0.2  
V2#> ip route add 192.168.11.0/24 via 172.16.0.1
```

Jeśli pomylił się wpisując polecenie `ip route`, dodaną omyłkowo trasę możesz skasować zamieniając parametr `add` na `del`. Poleceniem `ip route` sprawdź, czy trasy zostały skonfigurowane. Wykonaj polecenia `ping` z poprzedniego punktu; teraz powinny zakończyć się sukcesem.

- ▶ Z maszyny *Virbian1* sprawdź osiągalność interfejsu `en-loc` maszyny *Virbian4* wydając na niej polecenie `ping 192.168.12.2`.

Co jest przyczyną niepowodzenia? Jaki komunikat otrzymujesz? Obejrzyj przesyłane komunikaty ICMP Wiresharkami uruchomionymi na wszystkich maszynach. Zauważ, że komunikat *ICMP Echo request* dociera do komputera docelowego. Dlaczego więc nie jest odsyłana odpowiednia odpowiedź?

- ▶ Spróbujmy naprawić sytuację dodając na maszynie *Virbian4* informację pozwalającą trafić do pozostałych dwóch sieci. Zamiast dodawać dwa wpisy do tablicy routingu, określimy, że pakiety mogą dotrzeć w dowolne miejsce, jeśli dostarczymy je do interfejsu *en-10c* podłączonej bezpośrednio maszyny *Virbian2*. W tym celu wydaj polecenia

```
V4#> ip route add default via 192.168.12.1
```

Napis *default* jest skrótem notacyjnym na *0.0.0.0/0*. Dodaj analogiczny wpis na maszynie *Virbian3*.

```
V3#> ip route add default via 192.168.11.1
```

- ▶ Wyświetl bieżącą tablicę routingu na maszynach *Virbian3* i *Virbian4* poleceniem *ip route*. Sprawdź, że z każdej maszyny możesz teraz pingnąć adres dowolnego innego interfejsu. W razie kłopotów zaobserwuj przesyłane pakiety Wiresharkiem.
- ▶ Wyświetl trasę z maszyny *Virbian3* do maszyny *Virbian4* poleceniami

```
V3#> traceroute 192.168.12.2  
V3#> traceroute -I 192.168.12.2
```

Jakie wpisy w tablicach routingu są wykorzystywane do znalezienia tych tras? W przypadku maszyn *Virbian1* i *Virbian2* wyświetlane są adresy jednego z ich interfejsów. Którego i dlaczego?

- ▶ Ponownie wyświetl tę trasę, ale tym razem użyj poniższego polecenia, żeby uzyskać bardziej czytelny obraz w Wiresharku.

```
V3#> traceroute 192.168.12.2 -I -q 1 -N 1 -n
```

Opcja *-q 1* wysyła tylko jeden pakiet z określonym TTL, opcja *-N 1* wysyła pakiety z kolejnym TTL dopiero, kiedy otrzyma odpowiedź na poprzedni, zaś opcja *-n* wyłącza sprawdzanie nazw hostów w DNS.

W Wiresharku przeanalizuj każdy z przesyłanych i odbieranych pakietów.

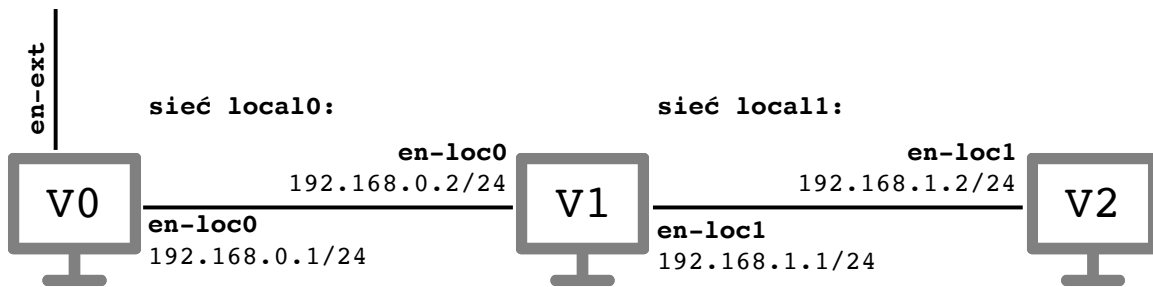
- ▶ Jakie są adresy źródłowe i docelowe oraz pola TTL w nagłówkach IP wysyłanych i otrzymywanych pakietów?
  - ▶ Jakie są typy odpowiedzi ICMP?
  - ▶ Co jest w danych nagłówka ICMP w poszczególnych pakietach?
- ▶ Na wszystkich maszynach zdekonfiguruj istniejące interfejsy poleceniami

```
V#> ip addr flush  
V#> ip link set down
```

a następnie wyłącz wszystkie cztery maszyny.

## Wyzwanie

Twoim celem jest osiągnięcie konfiguracji z rysunku poniżej.



W tym celu wykonaj następujące kroki.

- ▶ Utwórz maszyny:
    - ▶ *Virbian0*, która będzie miała dwie karty sieciowe: jedną z domyślną konfiguracją sieciową (NAT), zaś drugą połączoną z wirtualną siecią *local0*;
    - ▶ *Virbian1*, która będzie miała dwie karty sieciowe połączone z wirtualnymi sieciami *local0* i *local1*;
    - ▶ *Virbian2*, która będzie miała jedną kartę sieciową połączoną z wirtualną siecią *local1*.
  - ▶ Uruchom maszyny i nazwij ich interfejsy tak jak na rysunku powyżej. Uzyskaj konfigurację sieciową dla interfejsu *en-ext* maszyny *Virbian0* poleceniem<sup>2</sup>
- ```
V0#> dhcpd en-ext
```
- ▶ Przypisz obu interfejsom *en-loc0* i obu interfejsom *en-loc1* adresy IP z sieci *192.168.0.0/24* i *192.168.1.0/24* jak na rysunku. Sprawdź osiągalność interfejsów bezpośrednio połączonych maszyn poleceniem *ping*.
  - ▶ Skonfiguruj routing:
    - ▶ na maszynie *Virbian0* określ, że do sieci *192.168.1.0/24* można dostać się wysyłając pakiety do *192.168.0.2*;
    - ▶ na maszynie *Virbian1* ustaw bramę domyślną równą *192.168.0.1*.
    - ▶ na maszynie *Virbian2* ustaw bramę domyślną równą *192.168.1.1*;
  - ▶ Z każdej maszyny powinny być teraz osiągalne wszystkie interfejsy *en-loci*. Sprawdź to poleceniem *ping*. Wyświetl trasę z maszyny *Virbian2* do maszyny *Virbian0* poleceniem *traceroute*.
  - ▶ Z maszyny *Virbian0* pingnij adres *8.8.8.8*; zaobserwuj, że otrzymywana jest odpowiedź. Pingnij ten sam adres z maszyny *Virbian2*. Czy zapytanie dochodzi do maszyny *Virbian0*? Czy otrzymywana jest odpowiedź? Dlaczego? Zastanów się, kogo należałoby powiadomić o konfiguracji naszej sieci, żeby odpowiedź z komputera *8.8.8.8* wracała do maszyny *Virbian2*.

<sup>2</sup>Jeśli masz starszą wersję Virbiana i polecenie *dhcpd* nie jest dostępne, użyj polecenia *dhclient -v en-ext*.

## Niepunktowane zadanie dodatkowe

Poniższe zadanie można wykonać na zajęciach lub po ich zakończeniu. Warto je wykonać przed programowaniem pierwszego zadania programistycznego (*traceroute*).

- ▶ Uruchom maszynę *Virbian0* konfigurując jej kartę sieciową w trybie mostu.<sup>3</sup> Następnie zmień nazwę tego interfejsu na `en0` i uzyskaj konfigurację poleceniem

```
V0#> dhcpcd en0
```

lub w przypadku starszej wersji systemu poleceniem `dhclient -v en0`.

- ▶ Obejrzyj przypisany w ten sposób adres IP i tablice routingu poleceniami `ip addr` i `ip route`. Który wpis jest wpisem bramy domyślnej? Czy wiesz, jakie urządzenie jest tą bramą?

- ▶ Wykonaj polecenia

```
V0#> ping 8.8.8.8
V0#> traceroute -I 8.8.8.8
```

Możesz zmienić adres `8.8.8.8` na inny lub nazwę domeny (np. `wikipedia.org`).

- ▶ Pobierz ze strony wykładu program `icmp_receive.c`.<sup>4</sup> Skompiluj go i uruchom poleceniami

```
V0$> gcc -W -Wall -O2 icmp_receive.c -o icmp_receive
V0#> ./icmp_receive
```

Ponownie wykonaj polecenia `ping 8.8.8.8` i `traceroute -I 8.8.8.8`. Zaobserwuj i porównaj odbierane pakiety w Wiresharku i programie `icmp_receive`.

Materiały do kursu znajdują się w systemie SKOS: <https://skos.ii.uni.wroc.pl/>.

*Marcin Bieńkowski*

---

<sup>3</sup>Jak to zrobić i dlaczego jest to konieczne, jest opisane w dokumencie *Opis maszyny wirtualnej Virbian*.

<sup>4</sup>Zamiast pobierać pliki z sieci możesz je też skopiować z nadrzędnego systemu operacyjnego za pomocą ustawień *Shared folders*, por. dokument *Opis maszyny wirtualnej Virbian*.