Wirtualne Sieci Obliczeniowe

Bartłomiej Krawczyk, Mateusz Brzozowski

Spis treści

Konfiguracja

KVM

Poniższe instrukcje przedstawiają proces instalacji oraz podstawowej konfiguracji KVM (Kernel-based Virtual Machine) na systemie Linux, wraz z narzędziem `virt-manager`, które umożliwia graficzne zarządzanie maszynami wirtualnymi.

1. Sprawdzenie wsparcia sprzętowego dla wirtualizacji

Aby skorzystać z KVM, procesor musi wspierać technologię wirtualizacji sprzętowej — Intel VT-x (oznaczony jako `vmx`) lub AMD-V (`svm`). Poniższe polecenie sprawdza, ile rdzeni procesora obsługuje te funkcje:

```
egrep -c '(vmx|svm)' /proc/cpuinfo
```

Jeśli wynik jest większy niż 0, oznacza to, że system wspiera wirtualizację sprzętową, co jest warunkiem koniecznym do uruchamiania maszyn wirtualnych z akceleracją sprzętową.

2. Instalacja wymaganych pakietów

Instalujemy podstawowe składniki środowiska wirtualizacji KVM oraz narzędzia niezbędne do zarządzania maszynami:

```
sudo apt update
sudo apt install qemu-kvm libvirt-daemon-system libvirt-clients bridge-utils -y
```

- `qemu-kvm` – odpowiada za uruchamianie maszyn wirtualnych z wykorzystaniem KVM
- `libvirt-daemon-system` oraz `libvirt-clients` – zapewniają usługę `libvirtd` oraz narzędzia do zarządzania maszynami (np. `virsh`)
- `bridge-utils` – umożliwia tworzenie i konfigurowanie mostów sieciowych, co pozwala na lepszą integrację maszyn wirtualnych z siecią fizyczną

3. Weryfikacja wsparcia sprzętowego KVM

Sprawdzamy, czy system operacyjny i sprzęt prawidłowo obsługują akcelerację KVM:

```
sudo kvm-ok
```

Jeśli wszystko jest skonfigurowane poprawnie, polecenie powinno zwrócić informację, że “KVM acceleration can be used”, co oznacza, że maszyny wirtualne będą mogły korzystać z natywnej wydajności procesora.

4. Dodanie użytkownika do grup systemowych

Aby umożliwić bieżącemu użytkownikowi zarządzanie maszynami wirtualnymi bez konieczności używania `sudo`, należy dodać go do odpowiednich grup systemowych:

```
sudo adduser "$USER" libvirt
sudo adduser "$USER" kvm
```

Po dodaniu użytkownika do grup, konieczne jest ponowne zalogowanie się (lub restart sesji), aby nowe uprawnienia zaczęły obowiązywać.

5. Sprawdzenie statusu usługi `libvirtd`

Usługa `libvirtd` musi być uruchomiona, aby możliwe było tworzenie i zarządzanie maszynami wirtualnymi. Jej status można sprawdzić za pomocą:

```
sudo systemctl status libvirtd
```

Wynik powinien wskazywać, że usługa działa poprawnie (status `active`).

6. Zarządzanie usługą `libvirtd`

W razie potrzeby można ręcznie uruchomić, włączyć przy starcie systemu lub wyłączyć usługę `libvirtd`, korzystając z poniższych poleceń:

```
sudo systemctl enable --now libvirtd
sudo systemctl disable --now libvirtd
```

Pierwsze polecenie uruchamia usługę i ustawia ją do automatycznego uruchamiania przy starcie systemu, natomiast drugie wyłącza ją i usuwa z autostartu.

7. Instalacja interfejsu graficznego

Instalujemy `virt-manager`, czyli narzędzie graficzne umożliwiające wygodne zarządzanie maszynami wirtualnymi, m.in. tworzenie, konfigurowanie, uruchamianie i monitorowanie:

```
sudo apt install virt-manager
```

8. Uruchomienie `virt-manager`

Po zainstalowaniu, `virt-manager` można uruchomić za pomocą:

```
virt-manager
```

Spowoduje to otwarcie graficznego interfejsu użytkownika, gdzie można zarządzać lokalnymi lub zdalnymi instancjami KVM.

9. Instalacja bibliotek pomocniczych libvirt

Dla potrzeb kompilacji lub rozwoju aplikacji korzystających z libvirt (np. przy pisaniu własnych narzędzi lub interfejsów), warto zainstalować pakiet nagłówków i plików deweloperskich:

```
sudo apt-get install libvirt-dev
```

Biblioteka ta umożliwia tworzenie aplikacji w językach takich jak C/C++ przy użyciu interfejsu libvirt API.

Konfiguracja Alpine Linux z usługami Java i SSH oraz uruchomieniem aplikacji z load balancerem

Poniższa dokumentacja przedstawia proces instalacji oraz konfiguracji lekkiego systemu operacyjnego Alpine Linux w środowisku wirtualnym. Celem konfiguracji jest uruchomienie aplikacji Java jako usługi działającej w tle, zapewnienie zdalnego dostępu przez SSH oraz wdrożenie serwera Nginx w roli load balancera.

1. Pobranie i instalacja Alpine Linux

Pobierz najnowszy obraz Alpine Linux w wersji „Virtual”, dostosowany do uruchamiania w środowiskach wirtualnych, z oficjalnej strony:

Alpine Linux

Domyślne dane dostępowe:

- **Login:** `root`
- **Hasło:** brak (pozostaw puste przy pierwszym logowaniu)

2. Podstawowa konfiguracja systemu

Po uruchomieniu Alpine Linux, wykonaj interaktywną konfigurację systemu:

```
setup-alpine -q
```

Wybierz odpowiedni układ klawiatury:

```
Select keyboard layout: pl
Select variant: pl
```

Następnie zainstaluj system na wybranym dysku (w tym przypadku `/dev/vda`), używając trybu instalacji systemowej:

```
setup-disk -m sys /dev/vda
```

Po potwierdzeniu usunięcia danych dysku:

```
WARNING: Erase the above disk(s) and continue (y/n) [n]: y
```

Zakończ instalację wyłączając maszynę:

```
poweroff
```

3. Konfiguracja po restarcie

Po ponownym uruchomieniu systemu, ustaw hasło dla konta `root`:

```
passwd root
```

Wprowadź nowe hasło dwukrotnie:

```
New password: root
Retype password: root
```

Zainstaluj edytor tekstu, np. `nano`, dla wygody konfiguracji:

```
apk add nano
```

4. Konfiguracja repozytoriów pakietów

Edytuj plik zawierający listę źródeł pakietów:

```
nano /etc/apk/repositories
```

Usuń znak komentarza z repozytorium `community`, aby umożliwić dostęp do szerszego zestawu pakietów:

Z:

```
#/media/cdrom/apks
http://dl-cdn.alpinelinux.org/alpine/v3.21/main
#http://dl-cdn.alpinelinux.org/alpine/v3.21/community
```

Na:

```
#/media/cdrom/apks
http://dl-cdn.alpinelinux.org/alpine/v3.21/main
http://dl-cdn.alpinelinux.org/alpine/v3.21/community
```

Zapisz i zamknij plik, a następnie zaktualizuj indeks dostępnych pakietów:

```
apk update
```

5. Instalacja środowiska Java

Zainstaluj środowisko uruchomieniowe OpenJDK w wersji 21:

```
apk add openjdk21
```

6. Konfiguracja serwera SSH

Dodaj pakiet `openssh-server` i wykonaj podstawową konfigurację:

```
apk add openssh-server
cp /etc/ssh/sshd_config /etc/ssh/ssh_config.backup
```

Wygeneruj domyślne klucze hosta:

```
ssh-keygen -A
```

Parametr `-A` powoduje wygenerowanie wszystkich domyślnych typów kluczy, jeśli jeszcze nie istnieją, co jest wymagane do działania serwera SSH.

Modyfikacja konfiguracji SSH Zmień ustawienia logowania root, aby umożliwić dostęp:

```
nano /etc/ssh/ssh_config
```

Zamień (odkomentuj i zmodyfikuj):

```
#PermitRootLogging prohibit-password
```

na:

```
PermitRootLogging yes
```

Sprawdź poprawność konfiguracji serwera SSH:

```
sshd -t -f /etc/ssh/sshd_config
```

Parametry:

- `-t` – test trybu konfiguracji
- `-f` – wskazanie konkretnego pliku konfiguracyjnego

Uruchom usługę i dodaj ją do autostartu:

```
service sshd restart
rc-update add sshd default
rc-service sshd start
```

7. Połączenie z maszyną zdalnie

Z innego komputera można teraz nawiązać połączenie z serwerem Alpine za pomocą SSH:

```
$ ssh root@192.168.122.26
The authenticity of host '192.168.122.26 (192.168.122.26)' can't be established.
ED25519 key fingerprint is SHA256:EMjnkHpSoKWgiz6S6fBAgR4aaKjGxC79sG/oSBUb0oA.
This key is not known by any other names.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added '192.168.122.26' (ED25519) to the list of known hosts.
root@192.168.122.26's password:
Welcome to Alpine!

The Alpine Wiki contains a large amount of how-to guides and general
information about administrating Alpine systems.
```

```
See <https://wiki.alpinelinux.org/>.

You can setup the system with the command: setup-alpine

You may change this message by editing /etc/motd.

alpine:~#
```

Po akceptacji klucza hosta i podaniu hasła, użytkownik zostaje zalogowany do systemu. Pojawia się domyślny komunikat powitalny Alpine Linux.

8. Uruchomienie aplikacji Java

Prześlij plik JAR z aplikacją na serwer Alpine za pomocą `scp`:

```
scp ./stateless/build/libs/stateless.jar root@192.168.122.26:/stateless.jar
```

Uruchom aplikację:

```
java -jar /stateless.jar
```

Dostęp testowy do endpointu REST aplikacji:

```
GET http://192.168.122.26:8080/random/boolean?probability=1.0
```

Aby aplikacja działała w tle (nawet po wylogowaniu):

```
nohup java -jar /stateless.jar > stateless.log 2>&1 &
```

Sprawdzenie działania aplikacji:

```
ps aux | grep stateless.jar
```

9. Instalacja i konfiguracja serwera Nginx

Zainstaluj serwer Nginx jako lekki i wydajny serwer HTTP:

```
apk add nginx
```

Dodaj go do usług uruchamianych automatycznie i uruchom:

```
rc-update add nginx default
rc-service nginx start
```

Sprawdź status oraz działanie:

```
rc-service nginx status
curl http://localhost
curl http://192.168.122.26
```

Modyfikacja konfiguracji Nginx Wprowadź zmiany w pliku konfiguracyjnym:

```
nano /etc/nginx/nginx.conf
```

Po modyfikacjach zrestartuj serwer:

```
rc-service nginx reload
```

10. Instalacja i konfiguracja QEMU Guest Agent

Agent QEMU umożliwia integrację maszyny wirtualnej z hypervisorem, m.in. przekazywanie sygnałów systemowych, synchronizację czasu i bezpieczne wyłączanie systemu:

```
apk add qemu-guest-agent
rc-update add qemu-guest-agent default
rc-service qemu-guest-agent start
```

Sprawdzenie statusu:

```
rc-service qemu-guest-agent status
```

11. Instalacja Pythona (wymagany przez Ansible)

```
apk add python3
```

12. Konfiguracja statycznego adresu IP

Domyślnie Alpine uzyskuje adres IP dynamicznie przez DHCP. W celu zapewnienia stałego adresu w klastrze, edytujemy plik konfiguracyjny sieci:

Dla maszyny aplikacyjnej (stateless):

```
auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.10.200
    netmask 255.255.255.0
    gateway 192.168.10.1
```

Dla load balancera:

```
auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.10.201
    netmask 255.255.255.0
    gateway 192.168.10.1
```

Zastosowanie zmian w konfiguracji sieci:

```
/etc/init.d/networking restart
```

Konfiguracja wirtualnego przełącznika (bridge)

Wirtualny przełącznik (ang. *bridge*) umożliwia łączenie różnych interfejsów sieciowych w jedną wspólną przestrzeń L2, co jest szczególnie przydatne przy tworzeniu środowisk klastrowych i maszyn wirtualnych.

Konfiguracja Netplanu – Serwer 1

Plik konfiguracyjny `/etc/netplan/*.yaml` powinien zawierać następującą definicję:

```yaml
network:
  version: 2
  ethernets:
    eno2: {}
  bridges:
    br0:
      interfaces: [eno2]
      dhcp4: no
      addresses: [192.168.10.1/24]
```

Konfiguracja Netplanu – Serwer 2

W przypadku drugiego serwera, gdzie interfejs ma nazwę `enx000ec6b01bc1`:

```yaml
network:
  version: 2
  ethernets:
    enx000ec6b01bc1: {}
  bridges:
    br0:
      interfaces: [enx000ec6b01bc1]
      dhcp4: no
      addresses: [192.168.10.2/24]
```

Zastosowanie konfiguracji

Po zapisaniu zmian zastosuj konfigurację Netplanu:

```
sudo netplan apply
```

Weryfikacja działania bridge'a

Aby sprawdzić poprawność działania mostka sieciowego oraz jego powiązanie z interfejsem fizycznym, użyj następujących poleceń:

Lista mostków sieciowych:

```
brctl show
```

Weryfikacja, czy interfejs został przypisany do bridge'a:

```
bridge link show
```

Ręczne przypisanie interfejsu do bridge'a

Jeśli interfejs fizyczny nie został automatycznie dołączony do bridge'a, można to zrobić ręcznie:

```
sudo ip link set eno2 down
sudo ip link set eno2 master br0
sudo ip link set eno2 up
```

Reset konfiguracji IP interfejsu fizycznego

Po ręcznym przypisaniu interfejsu do mostka, należy wyczyścić jego adres IP:

```
sudo ip addr flush dev eno2
```

Lokalna konfiguracja i uruchomienie menadżera

Aplikacja wspiera dwa profile środowiskowe:

- `bk` – Bartłomiej Krawczyk
- `mb` – Mateusz Brzozowski

1. Instalacja środowiska SDK

Na podstawie pliku `.sdkmanrc` zainstaluj wymagane komponenty:

```
sdk env install
```

2. Budowanie pliku JAR aplikacji

```
./gradlew manager:bootJar
```

3. Instalacja pakietów systemowych

Wymagane narzędzia:

```
sudo apt install ansible sshpass
```

4. Uruchomienie aplikacji z określonym profilem

Uruchomienie aplikacji z wybranym profilem środowiskowym:

Profil `bk`:

```
SPRING_PROFILES_ACTIVE=bk java -jar ./manager/build/libs/manager.jar
```

Profil `mb`:

```
SPRING_PROFILES_ACTIVE=mb java -jar ./manager/build/libs/manager.jar
```

Automatyzacja – Skalowalność i Wysoka Dostępność

Konfiguracja serwisu bezstanowego (stateless)

1. Weryfikacja statusu maszyny wirtualnej Użyj agenta QEMU:

```
virsh qemu-agent-command default '{"execute":"guest-ping"}'
# Oczekiwany wynik: {"return":{}}
```

2. Sprawdzenie aktualnego adresu IP

```
$ virsh domifaddr default --source agent
 Name       MAC address          Protocol     Address
-------------------------------------------------------------------------------
 lo         00:00:00:00:00:00    ipv4         127.0.0.1/8
 -          -                    ipv6         ::1/128
 eth0       52:54:00:40:ec:c3    ipv4         192.168.122.231/24
 -          -                    ipv6         fe80::5054:ff:fe40:ecc3/64
```

3. Nadanie statycznego adresu IP przez Ansible **Playbook Ansible: `playbooks/network.yaml`**

```
- name: Configure network
  hosts: "{{ current_ip }}"
  become: yes
  vars:
    interface: eth0
    ansible_become: false
    ansible_user: root
    ansible_ssh_pass: root

  tasks:
    - name: Configure static ip
      template:
        src: config/interfaces.j2
        dest: /etc/network/interfaces
      notify: Restart networking

  handlers:
    - name: Restart networking
      command: /etc/init.d/networking restart
      async: 1
      poll: 0
```

Szablon `interfaces.j2`:

```
auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address {{ new_ip }}
    netmask 255.255.255.0
    gateway 192.168.122.1
```

Uruchomienie playbooka:

```
$ ansible-playbook -i 192.168.122.231, ./playbooks/network.yaml
  -e current_ip=192.168.122.231 -e new_ip=192.168.122.13

PLAY [Configure network] ***********************************************************

TASK [Gathering Facts] *************************************************************
ok: [192.168.122.231]

TASK [Configure static ip] *********************************************************
changed: [192.168.122.231]

RUNNING HANDLER [Restart networking] ***********************************************
changed: [192.168.122.231]

PLAY RECAP *************************************************************************
192.168.122.231            : ok=3    changed=2    unreachable=0
  failed=0    skipped=0    rescued=0    ignored=0
```

4. Weryfikacja dostępności maszyny po zmianie IP

```
$ ping -c 1 192.168.122.13
PING 192.168.122.13 (192.168.122.13) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.122.13: icmp_seq=1 ttl=64 time=1021 ms

--- 192.168.122.13 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 1020.793/1020.793/1020.793/0.000 ms
```

5. Uruchomienie serwisu Java jako daemon Playbook Ansible: `playbooks/stateless.yaml`

```yaml
- name: Configure stateless service
  hosts: "{{ ip }}"
  become: yes
  vars:
    interface: eth0
    ansible_become: false
    ansible_user: root
    ansible_ssh_pass: root

  tasks:
    - name: Start stateless daemon
      ansible.builtin.shell: |
        nohup java -Dserver.forward-headers-strategy=framework
          -jar /stateless.jar --server.port={{ port }} > stateless.log 2>&1 &
      async: 1
      poll: 0
```

Uruchomienie:

```
$ ansible-playbook -i 192.168.122.13, ./playbooks/stateless.yaml -e ip=192.168.122.13 -e port=8080

PLAY [Configure stateless service] *********************************************

TASK [Gathering Facts] *********************************************************
ok: [192.168.122.13]

TASK [Start stateless daemon] **************************************************
changed: [192.168.122.13]

PLAY RECAP *********************************************************************
192.168.122.13             : ok=2    changed=1    unreachable=0
  failed=0    skipped=0    rescued=0    ignored=0
```

Load Balancer – Konfiguracja i Automatyzacja

Punkty 1–4

Są identyczne jak w konfiguracji serwisu bezstanowego (ping VM, przypisanie IP przez Ansible, weryfikacja połączenia).

5. Uruchomienie serwisu heartbeat na porcie 8080

Playbook Ansible: `playbooks/heart_beat.yaml`

```yaml
- name: Configure heartbeat service
  hosts: "{{ ip }}"
  become: yes
  vars:
    interface: eth0
    ansible_become: false
    ansible_user: root
    ansible_ssh_pass: root

  tasks:
    - name: Start heartbeat daemon
      ansible.builtin.shell: |
        nohup java -Dserver.forward-headers-strategy=framework
          -jar /heartbeat.jar --server.port={{ port }} > heartbeat.log 2>&1 &
      async: 1
      poll: 0
```

Uruchomienie:

```
$ ansible-playbook -i 192.168.122.12, ./playbooks/heart_beat.yaml -e ip=192.168.122.12 -e port=8080

PLAY [Configure heartbeat service] *********************************************

TASK [Gathering Facts] *********************************************************
ok: [192.168.122.12]

TASK [Start heartbeat daemon] **************************************************
changed: [192.168.122.12]

PLAY RECAP *********************************************************************
192.168.122.12             : ok=2    changed=1    unreachable=0
 failed=0    skipped=0    rescued=0    ignored=0
```

6. Uruchomienie load balancera (NGINX) na porcie 80

Playbook Ansible: `playbooks/load_balancer.yaml`

```yaml
- name: Configure load balancer service
  hosts: "{{ ip }}"
  become: yes
  vars:
    interface: eth0
    ansible_become: false
    ansible_user: root
    ansible_ssh_pass: root

  tasks:
    - name: Copy nginx.conf to the server
      copy:
        src: config/nginx.conf
        dest: /etc/nginx/nginx.conf
        backup: yes

    - name: Reload Nginx
      service:
        name: nginx
        state: reloaded
```

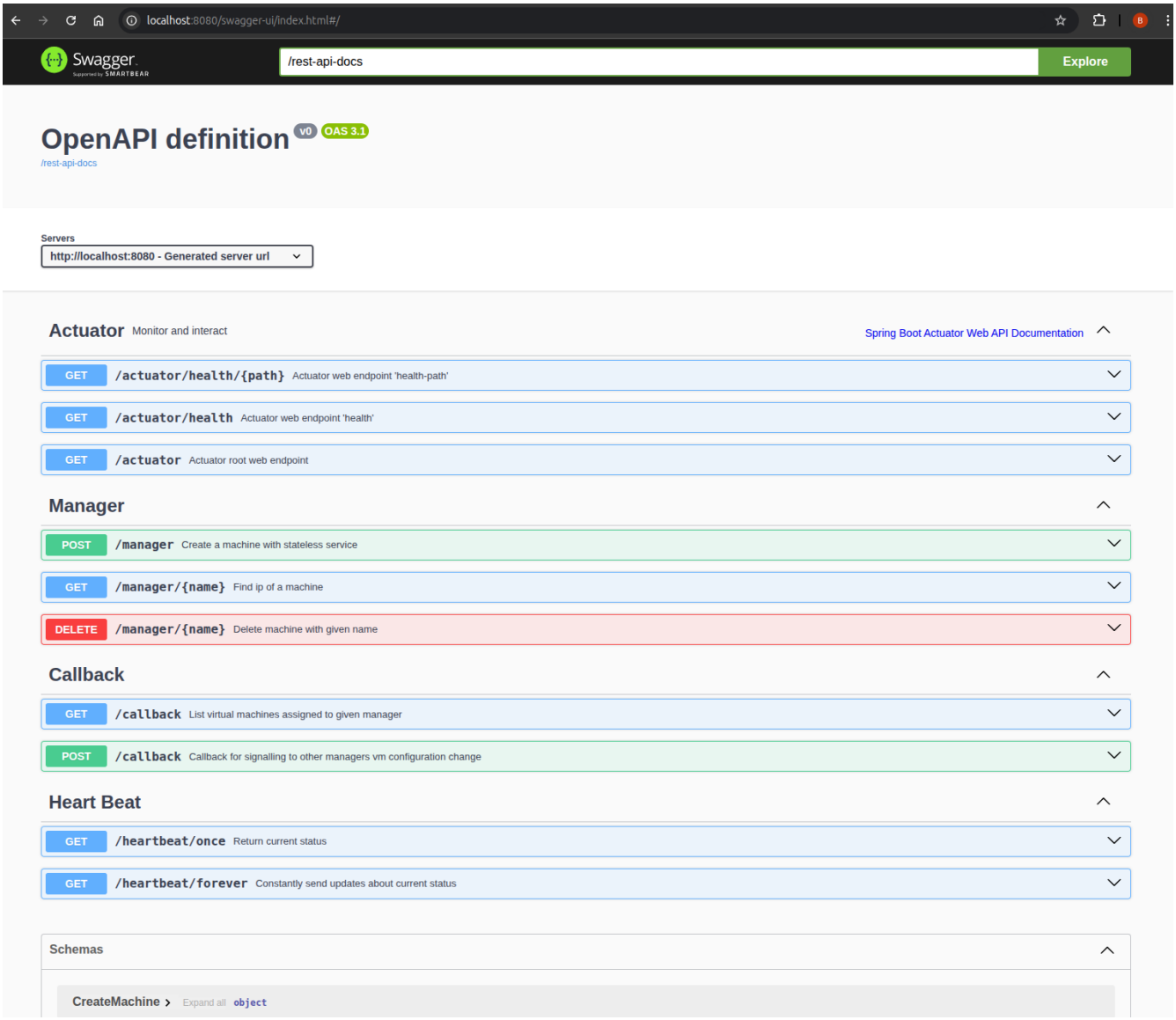
Uruchomienie:

```
$ ansible-playbook -i 192.168.122.12, ./playbooks/load_balancer.yaml -e ip=192.168.122.12

PLAY [Configure load balancer service] ***************************************

TASK [Gathering Facts] *******************************************************
ok: [192.168.122.12]

TASK [Copy nginx.conf to the server] *****************************************
changed: [192.168.122.12]

TASK [Reload Nginx] **********************************************************
changed: [192.168.122.12]

PLAY RECAP *******************************************************************
192.168.122.12             : ok=3    changed=2    unreachable=0
  failed=0    skipped=0    rescued=0    ignored=0
```

Dostępność i punkty końcowe

Swagger – Menadżer

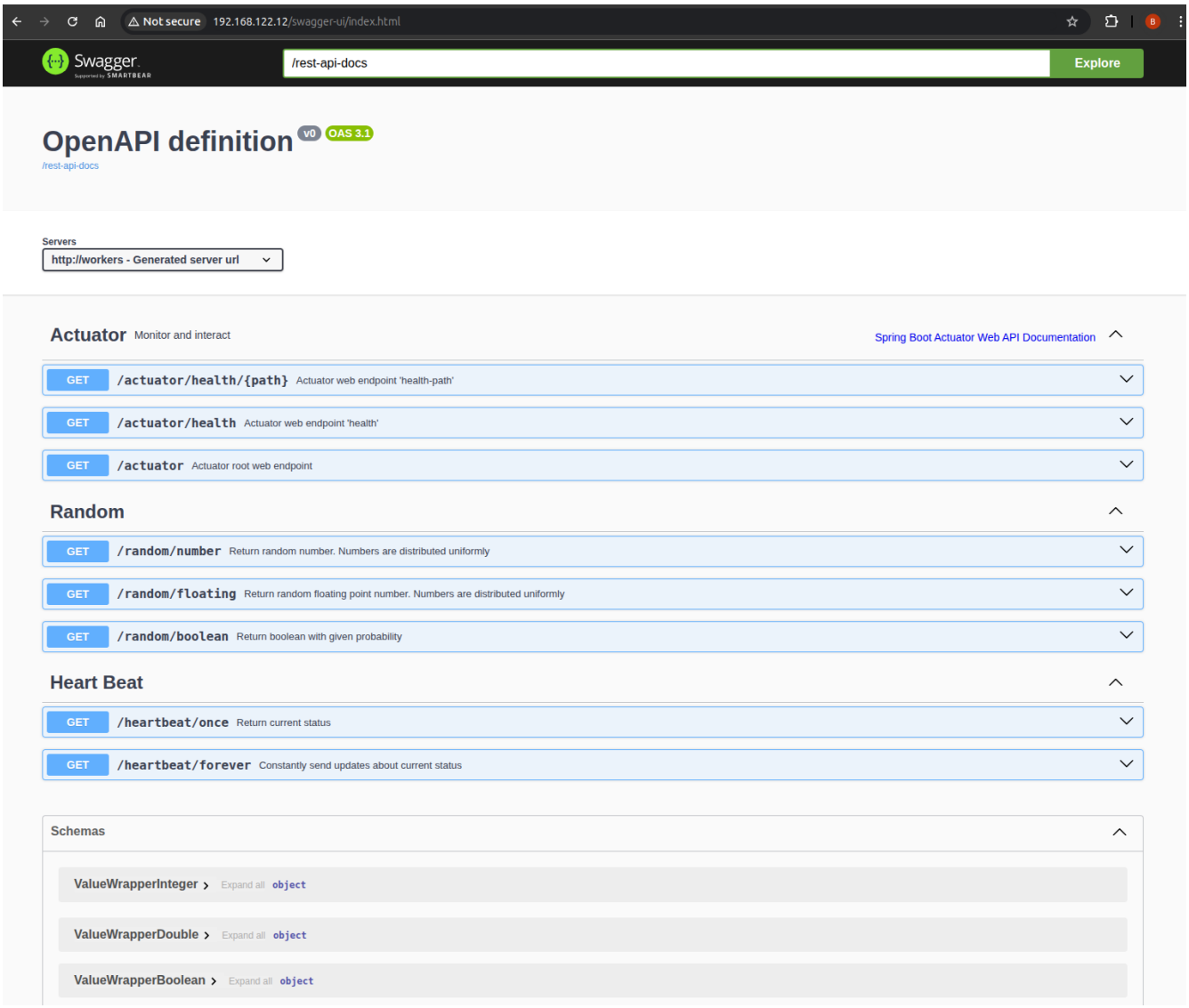
Zarządzanie serwerami:



Rysunek 1: Swagger z menadżera

Swagger – Stateless Service

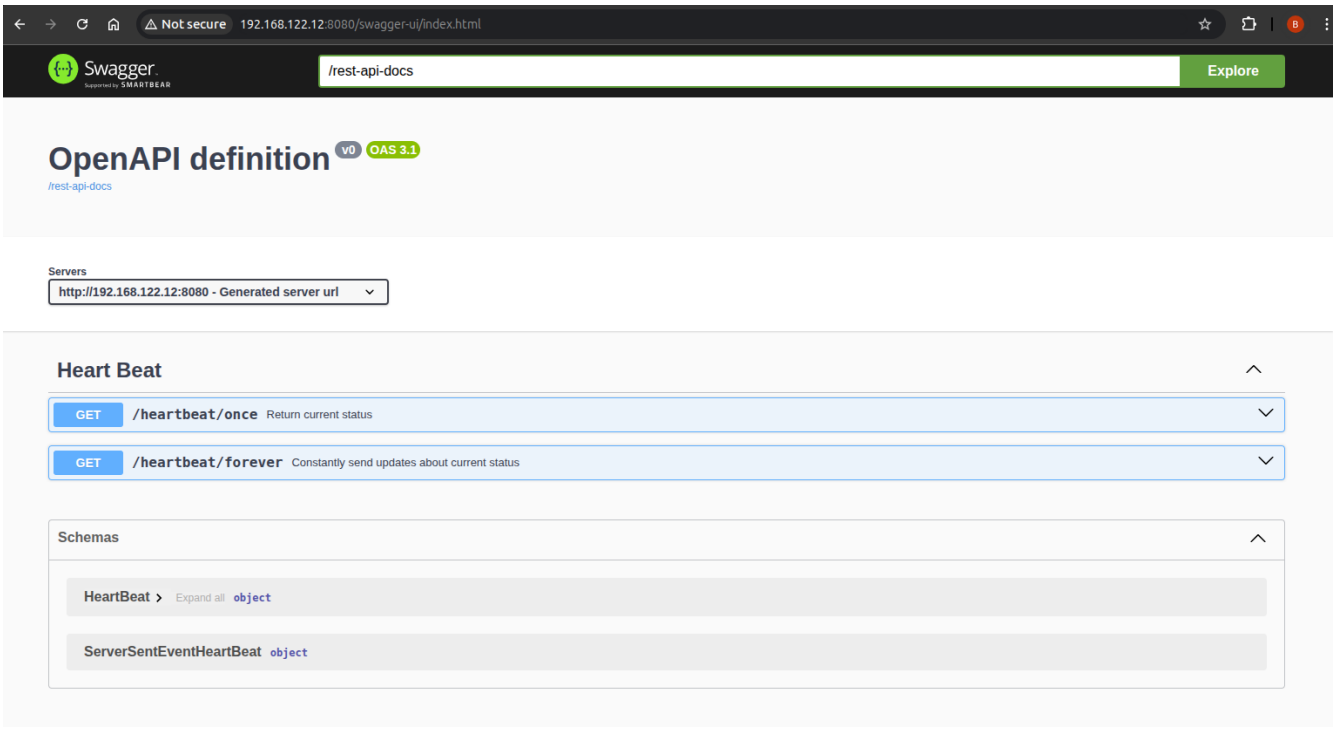
Serwisy aplikacyjne:



Rysunek 2: Swagger z serwisu bezstanowego

Swagger – Load Balancer

Koordynacja i routowanie ruchu HTTP:



Rysunek 3: Swagger z load balancera

Poniżej znajduje się poprawiona, profesjonalnie sformatowana wersja dokumentacji sekcji **Testowanie ryzyka** i **Test niezawodności**, z zachowaniem oryginalnych treści, uzupełniona o spójne opisy i styl techniczny:

Testowanie ryzyka

1. Awaria maszyny z serwisem bezstanowym

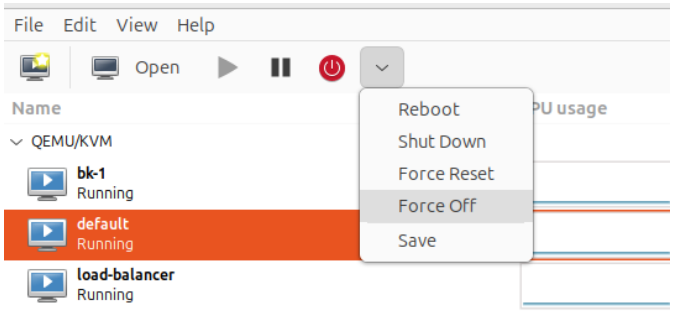
Menadżer przez cały czas monitoruje stan serwisów bezstanowych poprzez połączenia typu *heartbeat*. Serwis co jakiś czas przesyła odpowiedź w formacie:

```
data: {"status": "OK"}
```

Brak odpowiedzi w określonym czasie powoduje ponowne próby połączenia. Jeśli po kilku próbach nie uda się nawiązać kontaktu, maszyna zostaje usunięta, a w jej miejsce automatycznie uruchamiana jest nowa instancja. Co ważne – nowa maszyna otrzymuje ten sam adres IP, co poprzednia.

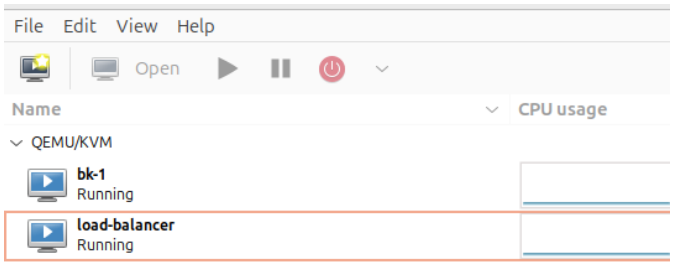
W przypadku błędnej odpowiedzi serwisu, Nginx jako *load balancer* automatycznie przekierowuje żądanie do innego działającego serwisu, zgodnie z konfiguracją `proxy_next_upstream`.

Etapy testu



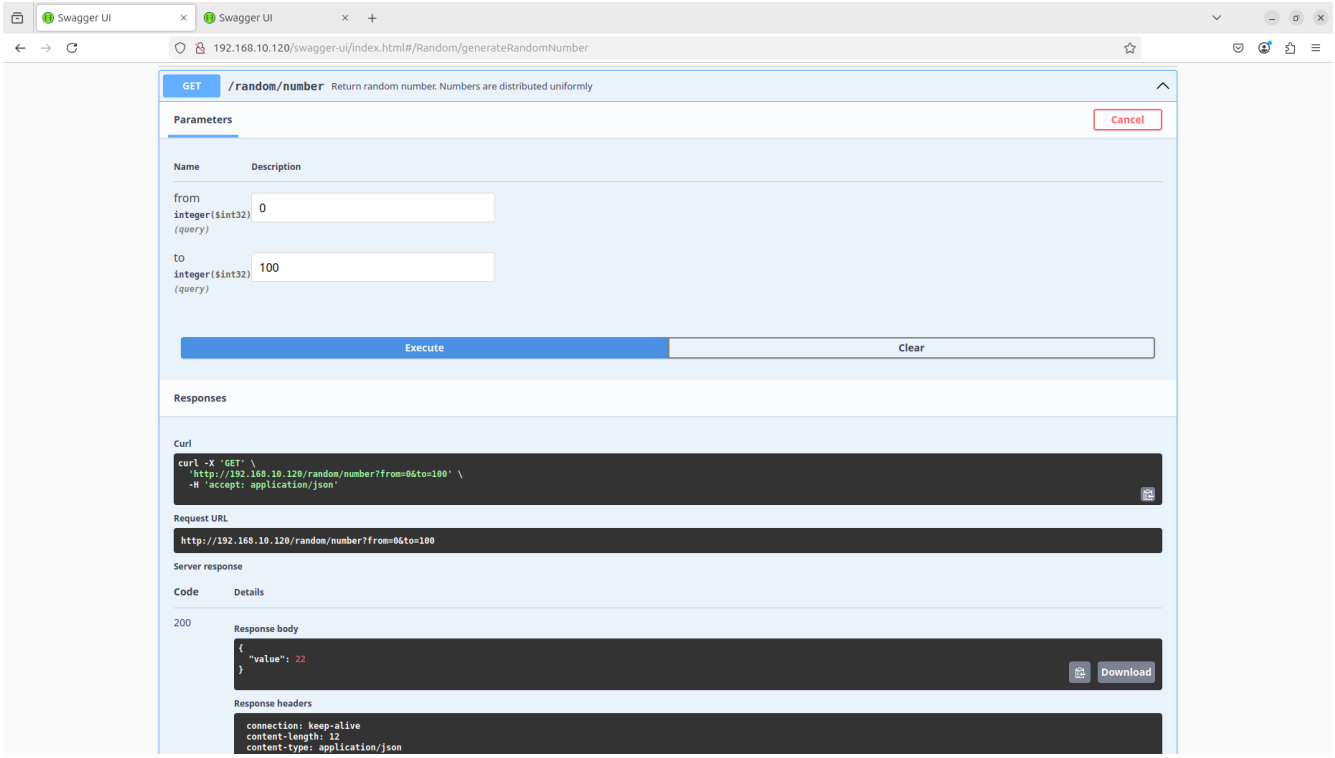
Rysunek 4: Maszyna z serwisem bezstanowym umiera

1.1. Wymuszenie śmierci maszyny bezstanowej



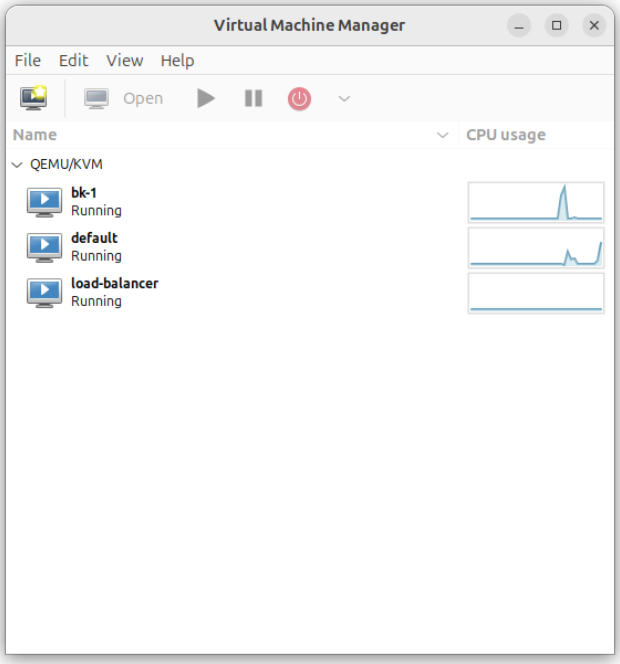
Rysunek 5: Chwilowy brak maszyny z serwisem bezstanowym

1.2. Tymczasowy brak maszyny z serwisem bezstanowym



Rysunek 6: Pomimo braku jednej z maszyn, zapytania nadal są obsługiwane

1.3. Obsługa zapytań przez inne serwisy



Rysunek 7: Wykrycie braku i postawienie nowej maszyny z serwisem bezstanowym

1.4. Detekcja awarii i uruchomienie nowej instancji

Log z systemu:

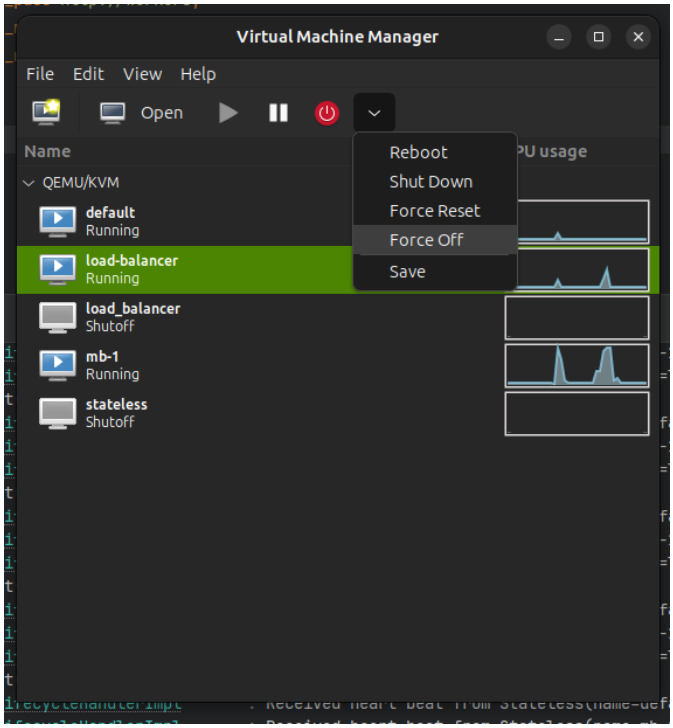
```
2025-06-03T18:32:21.016+02:00  INFO 21744 --- [    parallel-11] p.e.p.i.m.i.
  VmLifecycleHandlerImpl       : Heart beat retry 0 for
  Stateless(name=default, address=Address(ip=192.168.10.26, port=8080))
2025-06-03T18:32:21.925+02:00  INFO 21744 --- [     parallel-1] p.e.p.i.m.i.
  VmLifecycleHandlerImpl       : Heart beat retry 1 for
  Stateless(name=default, address=Address(ip=192.168.10.26, port=8080))
2025-06-03T18:32:23.973+02:00  INFO 21744 --- [     parallel-3] p.e.p.i.m.i.
  VmLifecycleHandlerImpl       : Heart beat retry 2 for
  Stateless(name=default, address=Address(ip=192.168.10.26, port=8080))
2025-06-03T18:32:27.315+02:00  INFO 21744 --- [     parallel-5] p.e.p.i.m.i.
  VmLifecycleHandlerImpl       : Heart beat retry 3 for
  Stateless(name=default, address=Address(ip=192.168.10.26, port=8080))
2025-06-03T18:32:27.318+02:00 ERROR 21744 --- [or-http-epoll-6] p.e.p.i.m.i.
  VmLifecycleHandlerImpl       : Retries exhausted or other error occurred

reactor.core.Exceptions$RetryExhaustedException: Retries exhausted: 4/4
```

Po czterech nieudanych próbach *heartbeat*, uruchamiana jest nowa maszyna.

2. Awaria maszyny z load balancerem

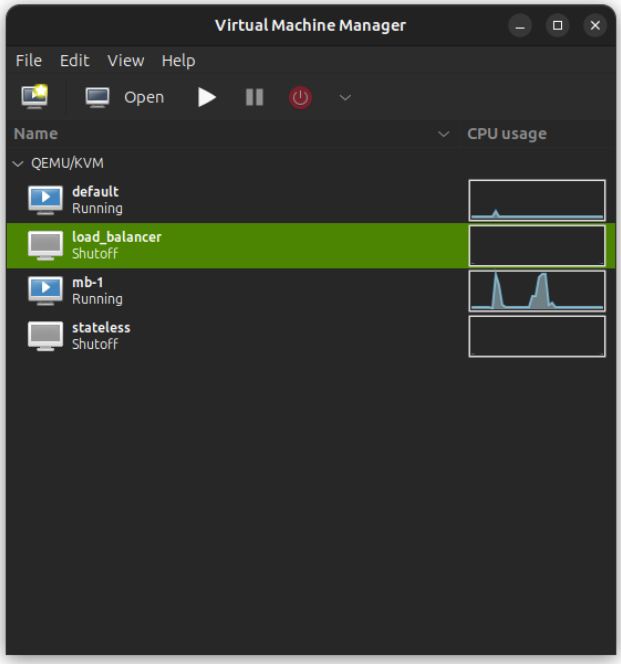
Mechanizm *heartbeat* działa również w przypadku load balancera. W systemie dostępny jest jeden publiczny adres IP przypisany do menadżera głównego. Jeśli wykryta zostanie awaria maszyny z LB, menadżer przekazuje adres IP kolejnemu w kolejce i wyłącza uszkodzoną instancję.

Etapy testu



Rysunek 8: Maszyna z load balancerem umiera

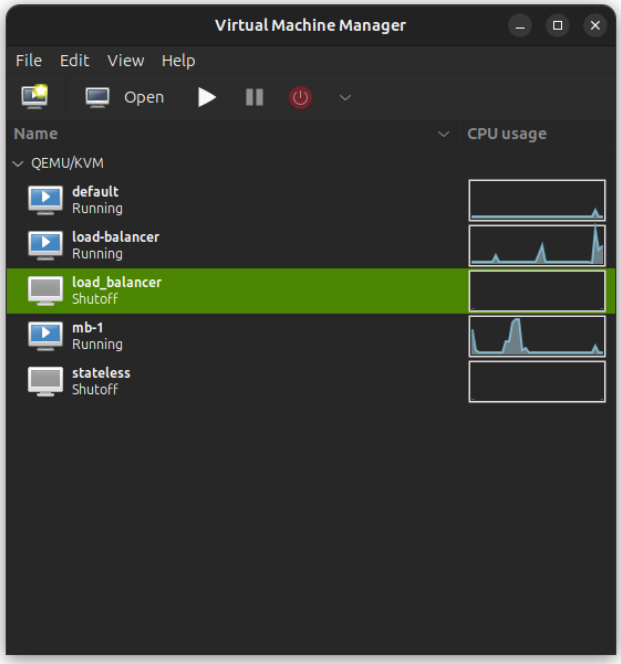
2.1. Wymuszenie śmierci maszyny z LB



Rysunek 9: Chwilowy brak maszyny z load balancerem

2.2. Tymczasowy brak LB W systemie wykonywana jest rekonfiguracja:

```
2025-06-03T18:46:25.042+02:00  INFO 21744 --- [or-http-epoll-5] p.e.p.i.m.i.util.CommandLineExtension    :
> ansible-playbook -i 192.168.10.25, ./playbooks/network.yaml
  -e current_ip=192.168.10.25 -e new_ip=192.168.10.120

PLAY [Configure network] ************************************

TASK [Gathering Facts] **************************************
ok: [192.168.10.25]

TASK [Configure static ip] **********************************
changed: [192.168.10.25]

RUNNING HANDLER [Restart networking] ************************
changed: [192.168.10.25]

PLAY RECAP **************************************************
192.168.10.25              : ok=3    changed=2    unreachable=0
  failed=0    skipped=0    rescued=0    ignored=0
```



Rysunek 10: Wykrycie braku i postawienie nowej maszyny z load balancerem

2.3. Detekcja awarii i start nowej instancji LB Log z systemu:

```
2025-06-03T18:46:02.429+02:00  INFO 18787 --- [or-http-epoll-9] p.e.p.i.m.i.
  VmLifecycleHandlerImpl       : Received heart beat from
  LoadBalancer(name=load-balancer, address=Address(ip=192.168.10.120, port=8080),
  workers=[Address(ip=192.168.10.16, port=8080), Address(ip=192.168.10.15, port=8080),
  Address(ip=192.168.10.26, port=8080), Address(ip=192.168.10.24, port=8080)]):
  HeartBeat(status=OK)
2025-06-03T18:46:03.129+02:00  INFO 18787 --- [or-http-epoll-6] p.e.p.i.m.i.\
  VmLifecycleHandlerImpl       : Received heart beat from
  Stateless(name=default, address=Address(ip=192.168.10.16, port=8080)): HeartBeat(status=OK)
...
2025-06-03T18:46:07.987+02:00  INFO 18787 --- [     parallel-3] p.e.p.i.m.i.
  VmLifecycleHandlerImpl       : Heart beat retry 1 for
  LoadBalancer(name=load-balancer, address=Address(ip=192.168.10.120, port=8080),
  workers=[Address(ip=192.168.10.16, port=8080), Address(ip=192.168.10.15, port=8080),
  Address(ip=192.168.10.26, port=8080), Address(ip=192.168.10.24, port=8080)])
...
2025-06-03T18:46:18.153+02:00  INFO 18787 --- [     parallel-9] p.e.p.i.m.i.
  VmLifecycleHandlerImpl       : Heart beat retry 3 for
  LoadBalancer(name=load-balancer, address=Address(ip=192.168.10.120, port=8080),
  workers=[Address(ip=192.168.10.16, port=8080), Address(ip=192.168.10.15, port=8080),
  Address(ip=192.168.10.26, port=8080), Address(ip=192.168.10.24, port=8080)])
...
2025-06-03T18:46:20.154+02:00 ERROR 18787 --- [     parallel-7] p.e.p.i.m.i.
  VmLifecycleHandlerImpl       : Retries exhausted or other error occurred

reactor.core.Exceptions$RetryExhaustedException: Retries exhausted: 4/4
```

System cyklicznie wysyła zapytania heartbeat do maszyny z load balancerem. Po czterech nieudanych próbach nawiązania połączenia, instancja zostaje uznana za niedostępną, a jej proces zostaje zakończony. W jej miejsce automatycznie uruchamiana jest nowa maszyna z load balancerem, tym razem oznaczona jako *secondary*. Proces ten

gwarantuje zachowanie ciągłości działania klastra oraz natychmiastowe przywrócenie dostępu do usług publicznych.

3. Kolizja adresów IP

Każdy menadżer ma przypisaną własną, unikalną pulę adresów IP. Dzięki temu nie dochodzi do kolizji między zarządzanymi przez nich maszynami.

Konfiguracja menadżera 1:

```
application:
  manager-address: http://192.168.10.1:8080
  managers:
    - http://192.168.10.2:8080
  public-address: http://192.168.10.120:8080
  master: true
  available-addresses:
    - http://192.168.10.10:8080
    - http://192.168.10.11:8080
    - http://192.168.10.12:8080
    - http://192.168.10.13:8080
    - http://192.168.10.14:8080
    - http://192.168.10.15:8080
    - http://192.168.10.16:8080
```

Konfiguracja menadżera 2:

```
application:
  manager-address: http://192.168.10.2:8080
  managers:
    - http://192.168.10.1:8080
  public-address: http://192.168.10.120:8080
  master: false
  available-addresses:
    - http://192.168.10.20:8080
    - http://192.168.10.21:8080
    - http://192.168.10.22:8080
    - http://192.168.10.23:8080
    - http://192.168.10.24:8080
    - http://192.168.10.25:8080
    - http://192.168.10.26:8080
```

Adresowanie IP jest statyczne, w ramach jednej podsieci.

4. Awaria maszyny z menadżerem

W przypadku awarii menadżera – nie przewidziano automatycznego odzyskiwania. W scenariuszach krytycznych zakłada się ręczną interwencję administratora, co wynika z charakteru projektu (akademicki proof-of-concept).

Test niezawodności

Poniższy skrypt w Bashu realizuje ciągłe zapytania do serwisu, co 0.5 sekundy:

```
#!/bin/bash
while true
do
    curl http://192.168.10.120/random/number --connect-timeout 1 --max-time 2 || true
    echo ""
```

```
    sleep 0.5
done
```

Przykładowy wynik działania:

```
{"value":69}
{"value":24}
{"value":82}
curl: (28) Operation timed out after 2001 milliseconds with 0 bytes received
{"value":45}
{"value":51}
{"value":54}
```

Przygotowaliśmy prosty skrypt testowy, który co pół sekundy wysyła żądanie do naszego serwisu. W trakcie jego działania celowo wyłączamy najpierw maszynę bezstanową, a następnie maszynę z load balancerem. W obu przypadkach obserwujemy krótką przerwę w dostępności usługi, jednak system bardzo szybko odzyskuje pełną funkcjonalność dzięki mechanizmom wykrywania awarii i automatycznego przywracania instancji. Co istotne, po usunięciu flag `--connect-timeout` oraz `--max-time` z komendy `curl`, przerwa w działaniu serwisu staje się niezauważalna z punktu widzenia użytkownika końcowego — dłuższy czas oczekiwania na odpowiedź maskuje chwilową niedostępność usługi.

Narzędzia i środowisko

Sprzęt:

- Dwa laptopy z systemem Ubuntu, połączone przewodem Ethernet.

Narzędzia:

- **Wirtualizacja:** KVM
- **Obraz systemu:** Alpine Linux – wersja Virtual
- **Serwisy:** Aplikacje Spring napisane w Kotlinie
- **Konfiguracja maszyn:** Ansible
- **Skrypty testowe:** Bash