

OPENSOURCE CONTAINER

PODMAN

BUILDAH

SKOPEO

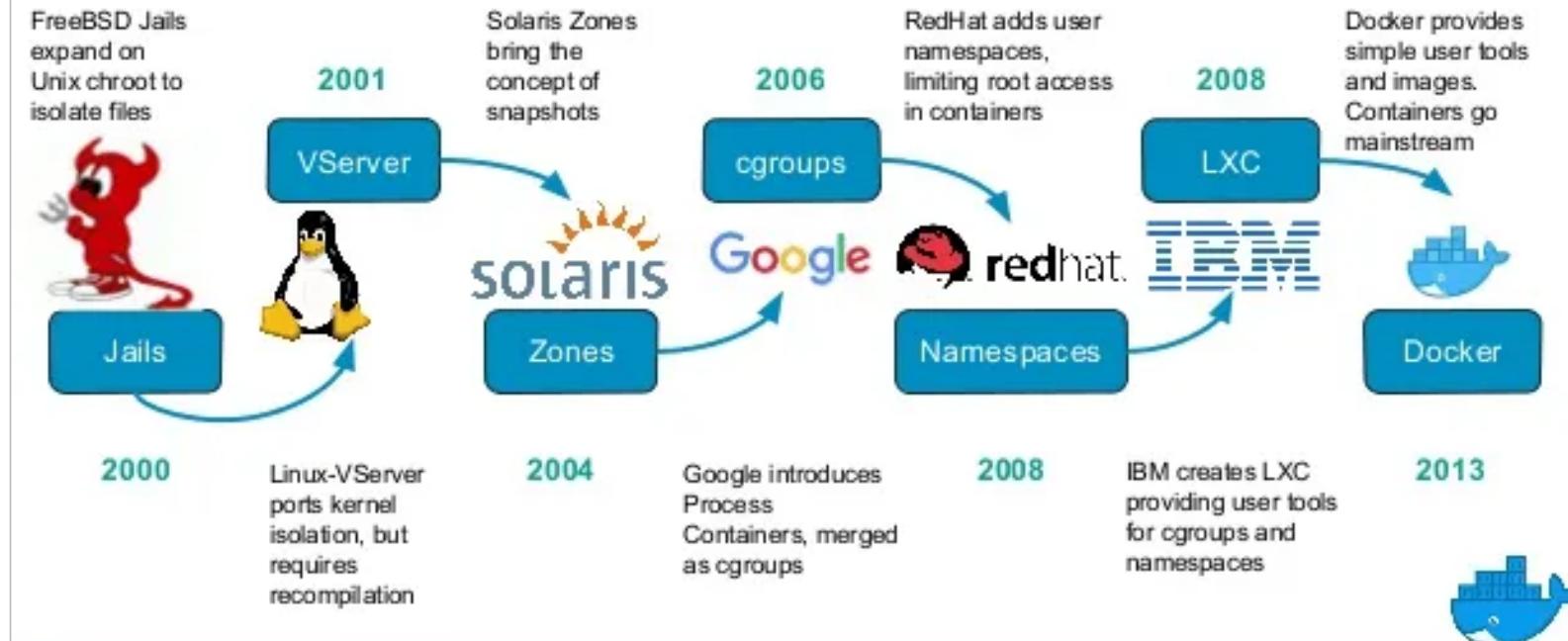
최국현

tang@linux.com

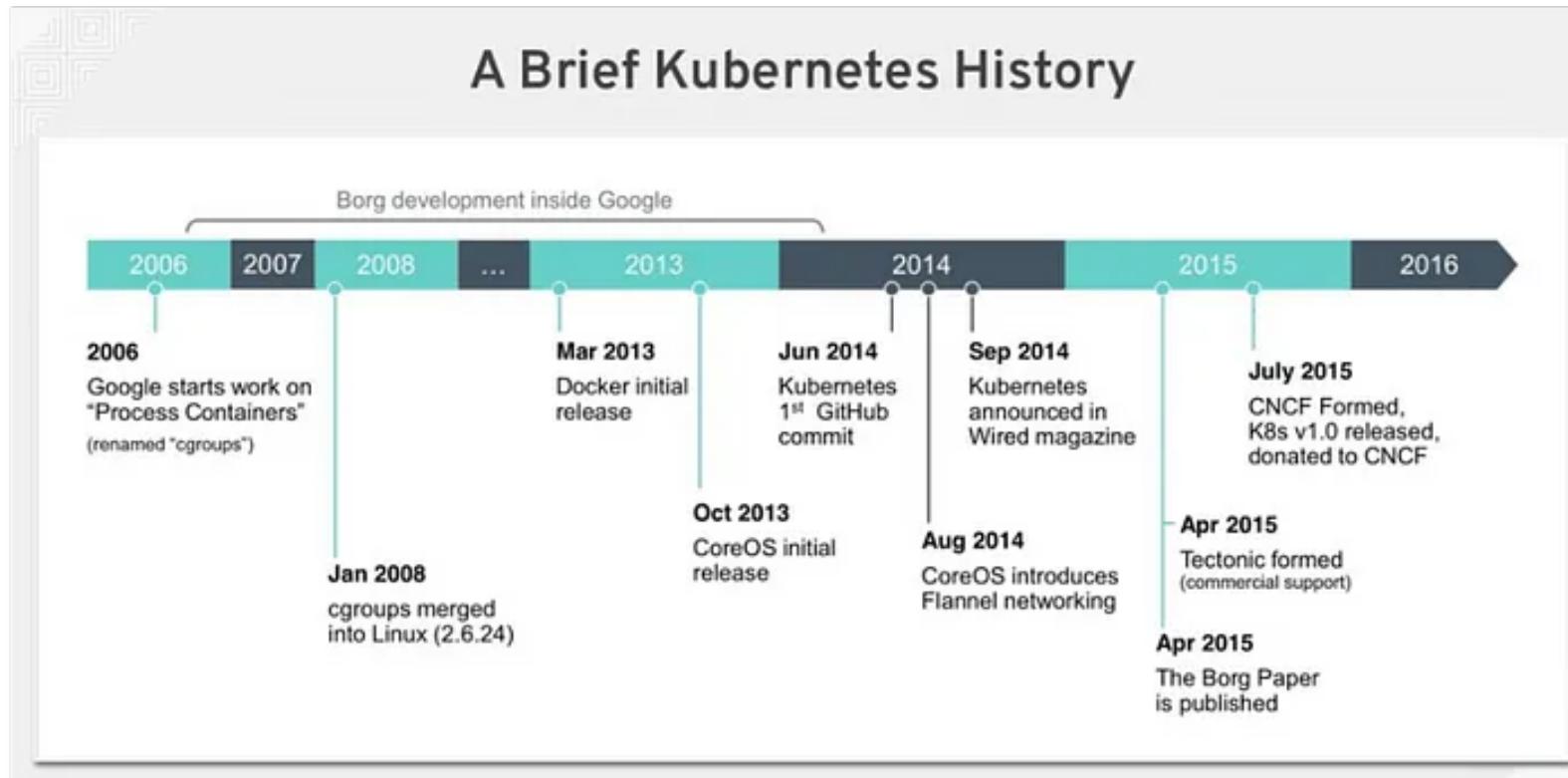
기반기술

RUNTIME HISTORY

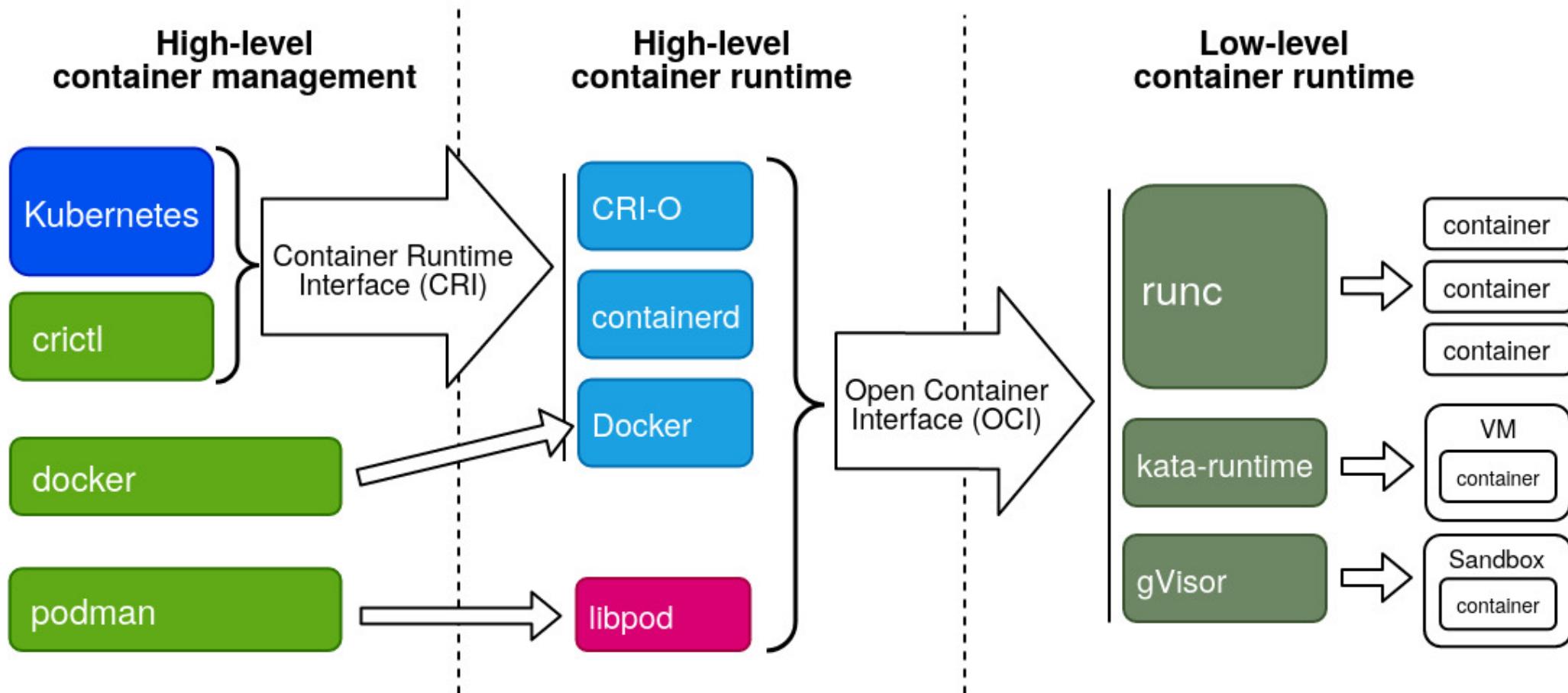
Brief History of Container Technology



KUBERNETES HISTORY



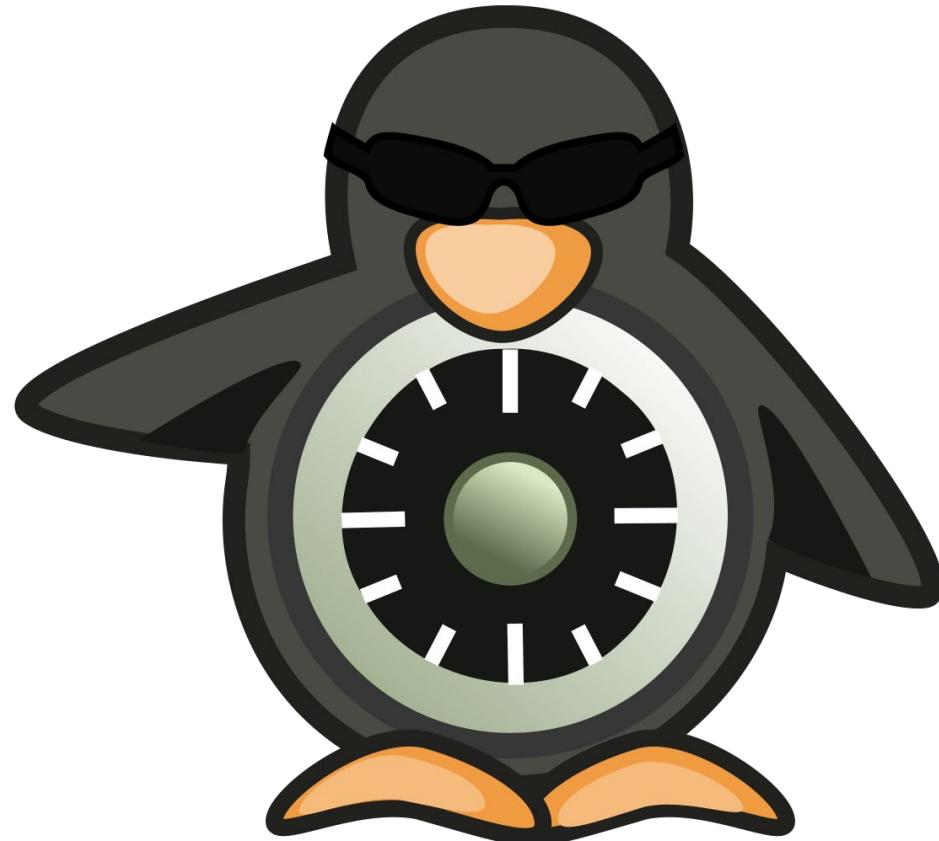
LOW AND HIGH(RUNTIME)



기반기술

1. SELinux
2. Linux Capabilities
3. SECCOMP
4. Namespace(USER)

SELinux



SELinux

SELinux는 필수적인 컨테이너 구성원은 아니다.

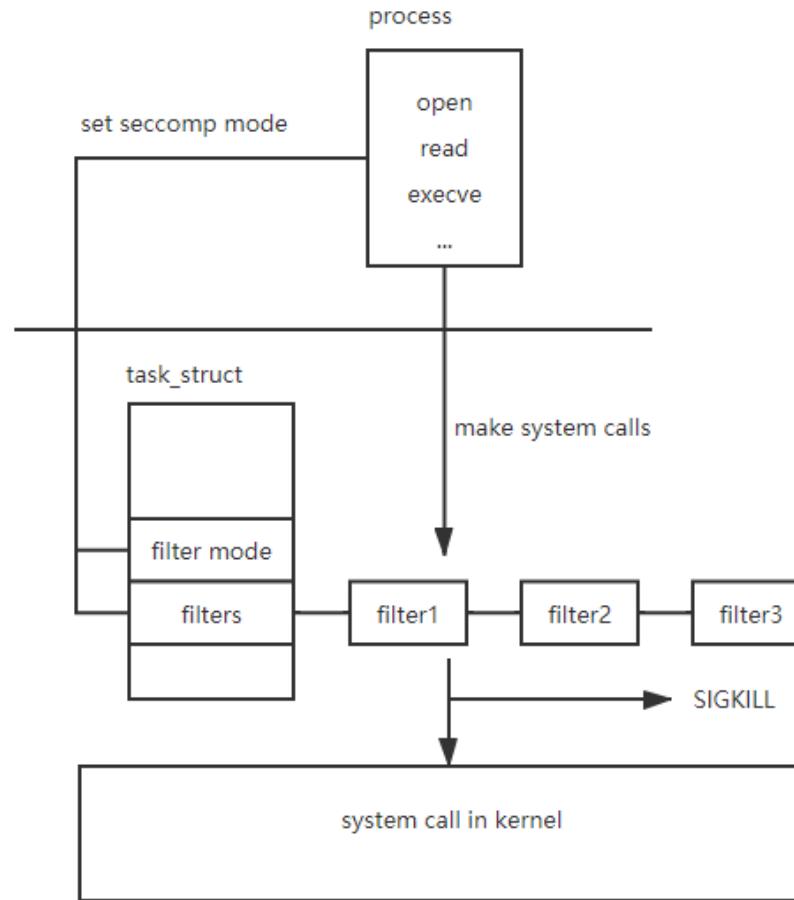
하지만, SELinux를 사용하는 경우 좀 더 안정적으로 운영이 가능하다. SELinux는 다음과 같은 대표적인 구성 요소로 되어있다.

- fcontext
- port
- boolean

SECCOMP

SECCOMP는 필수 구성원이다. 특정 시스템 콜을 SECCOMP 그룹에 넣어서 콜을 제한한다. 이를 통해서 프로세스를 통해서 위험한 시스템 콜을 차단 할 수 있도록 한다.

SECCOMP



NAMESPACE

네임스페이스는 가상화 기술 중 하나이다. 이 기술은 본래 리눅스 'vServer Project'의 결과물 중 하나다. 네임스페이스는 기능은 프로세스에서 사용하는 각기 다른 자원들을 NAMESPACE(이하 NS)영역으로 분리 및 격리한다.

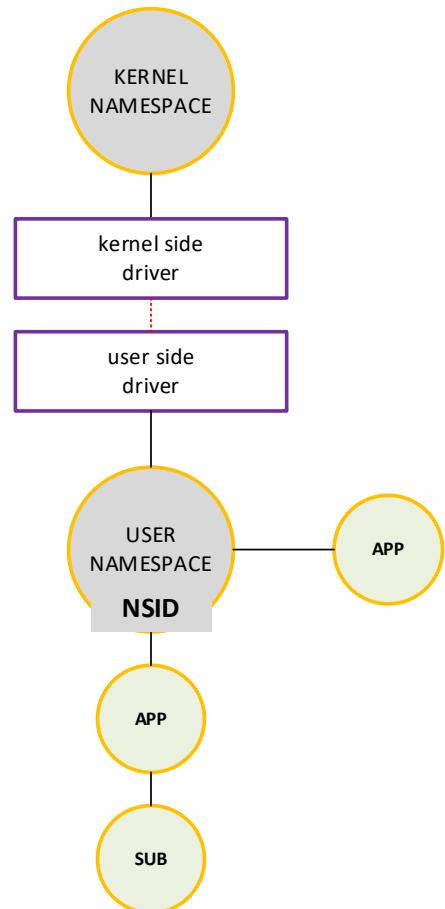
이를 통해서 얻는 장점은 **오버헤드를 최소화** 한다.

- A. 네트워크 장치를 네임스페이스를 통해서 가상화 장치로 제공한다.
- B. 파일 시스템에 마운트가 되는 부분을 네임스페이스를 통해서 컨테이너에 제공한다.
- C. Pid 네임스페이스는 컨테이너에서 동작하는 프로세스가 호스트 영역의 프로세스 정보를 확인 할 수 없도록 한다.

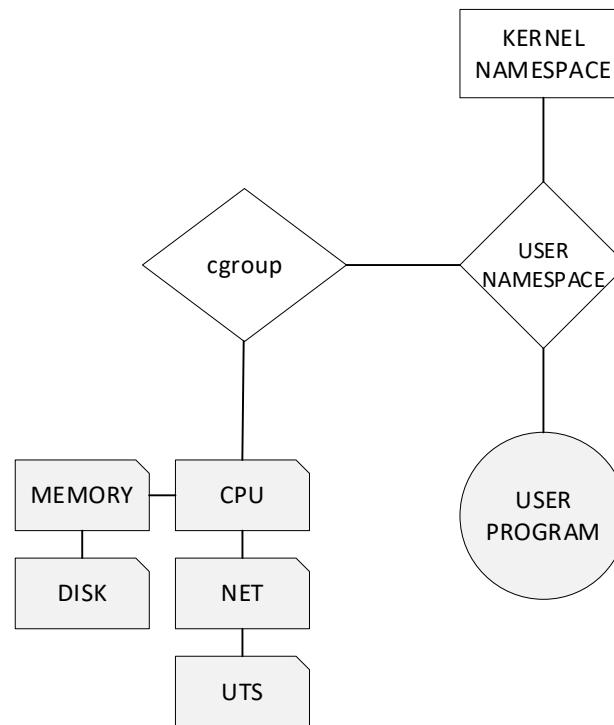
NAMESPACE

이 기술은 유닉스 계열 시스템에서는 하드웨어 혹은 논리적으로 1970년도에 구현이 되었다. 리눅스 시스템은 2001, 2004, 2006년도 SELinux, namespace, cgroup를 통해서 구현이 되었다.

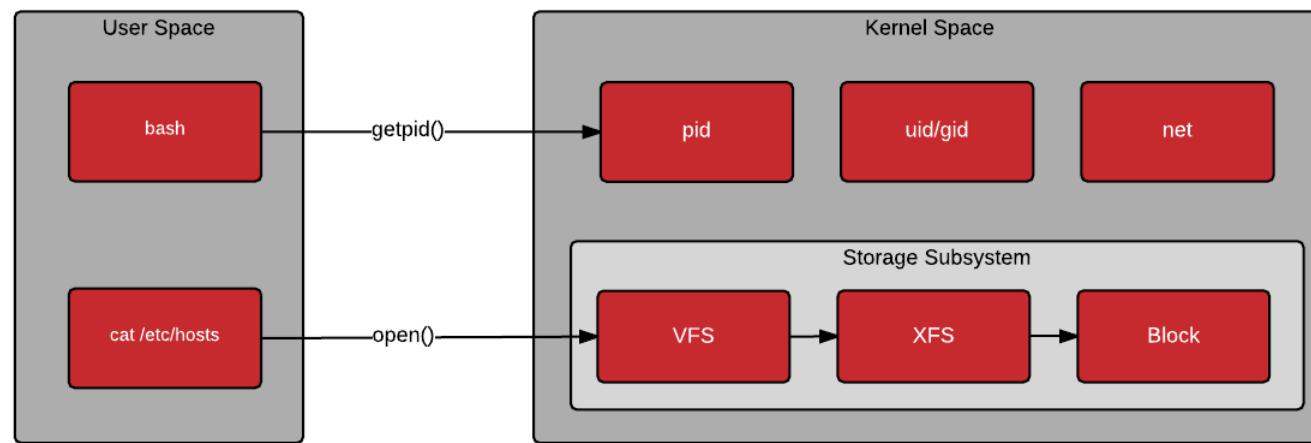
NAMESPACE



NAMESPACE

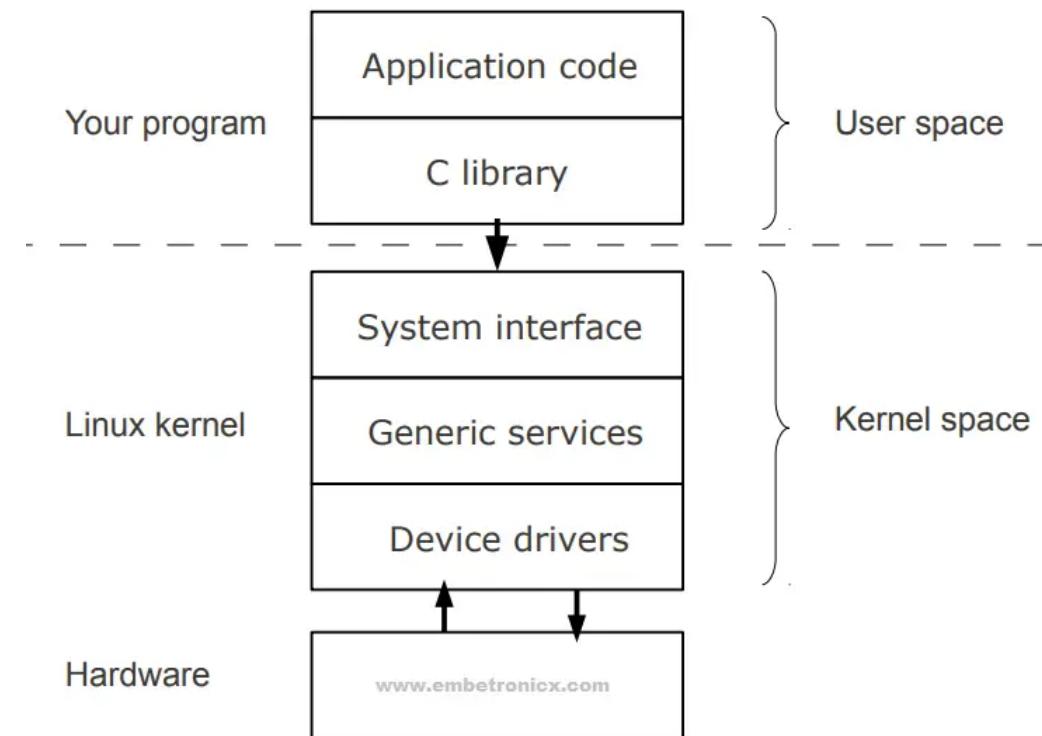


NAMESPACE



NAMESPACE(spaces)

Kernel vs user space



UNSHARE(ipc)

UNSHARE(uts)

** readlink, 링크가 걸려있는 본래 파일 확인

```
# unshare --fork --pid --mount-proc readlink  
/proc/self
```

1

```
$ unshare --map-root-user --user sh -c whoami  
root
```

```
# touch /root/uts-ns
```

```
# nsenter --uts=/root/uts-ns hostname  
FOO
```

```
# umount /root/uts-ns/
```

UNSHARE(mnt)

```
# mkdir /root/mnt-ns/
# mount --bind /root/mnt-ns/ /root/mnt-ns/
# mount --make-private /root/mnt-ns
# touch /root/mnt-ns/mnt
# unshare --mount=/root/mnt-ns/mnt
```

UNSHARE(net)

```
# touch /root/net-ns
# unshare --uts=/root/uts-ns hostname opensource
# unshare --net=/root/net-ns true
# ip link add veth0 type veth peer name veth1
# nsenter --net=/root/net-ns sleep 30 & pid=$!
# ip link set veth1 netns $pid
# ip -br link
```

UNSHARE(net)

```
# mount -t tmpfs --make-rshared tmpfs /run/netns
# mount -t tmpfs tmpfs /run

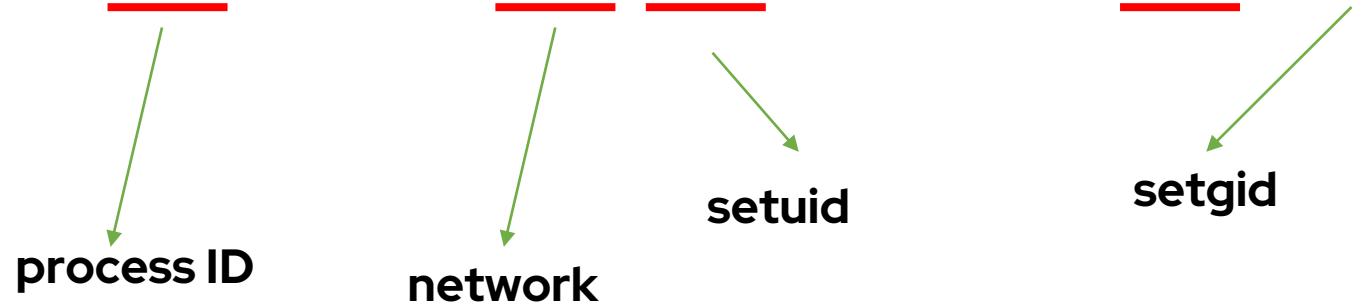
# ip netns add net-ns
# ip link add name veth0 type veth peer netns
net-ns name veth1
# ip -br link
# ip -n net-ns -br link
```

UNSHARE(network)

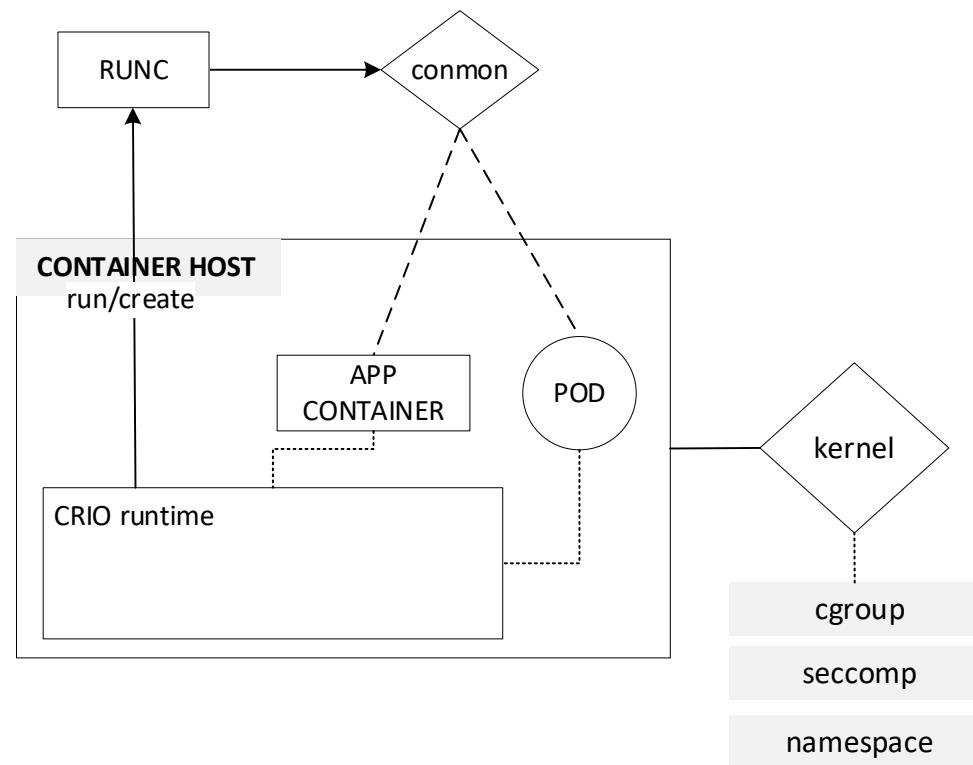
```
# unshare -n bash
# echo $$
# ip link
# touch /run/netns/new_namespace
# mount -o bind /proc/$$/ns/net
/run/netns/new_namespace
# ip netns exec new_namespace bash
# ip link set lo up
# ip a l
```

UNSHARE(namespace isolate)

```
nsenter -t <PID> -n -S 100024 -G 100024
```



NS + SELinux + SECCOMP



CONTAINER SHIPPING

컨테이너 기반으로 애플리케이션을 동작하기 위해서는 애플리케이션을 어딘가 '담아야'한다. 우리는 이것을 컨테이너라고 부르기로 했다.

컨테이너라고 부르는 이유 중 하나는 컨테이너에 물건을 넣은 후, 컨테이너 선에 올리는 구조와 비슷하여 컨테이너라고 부른다.

하지만, 이 구조는 역시 가상머신도 비슷한 구조를 가지고 있다. 하이퍼바이저 위에 가상 머신을 생성하면 비슷한 그림이 된다.

CONTAINER SHIPPING



CONTAINER SHIPPING



CONTAINER SHIPPING

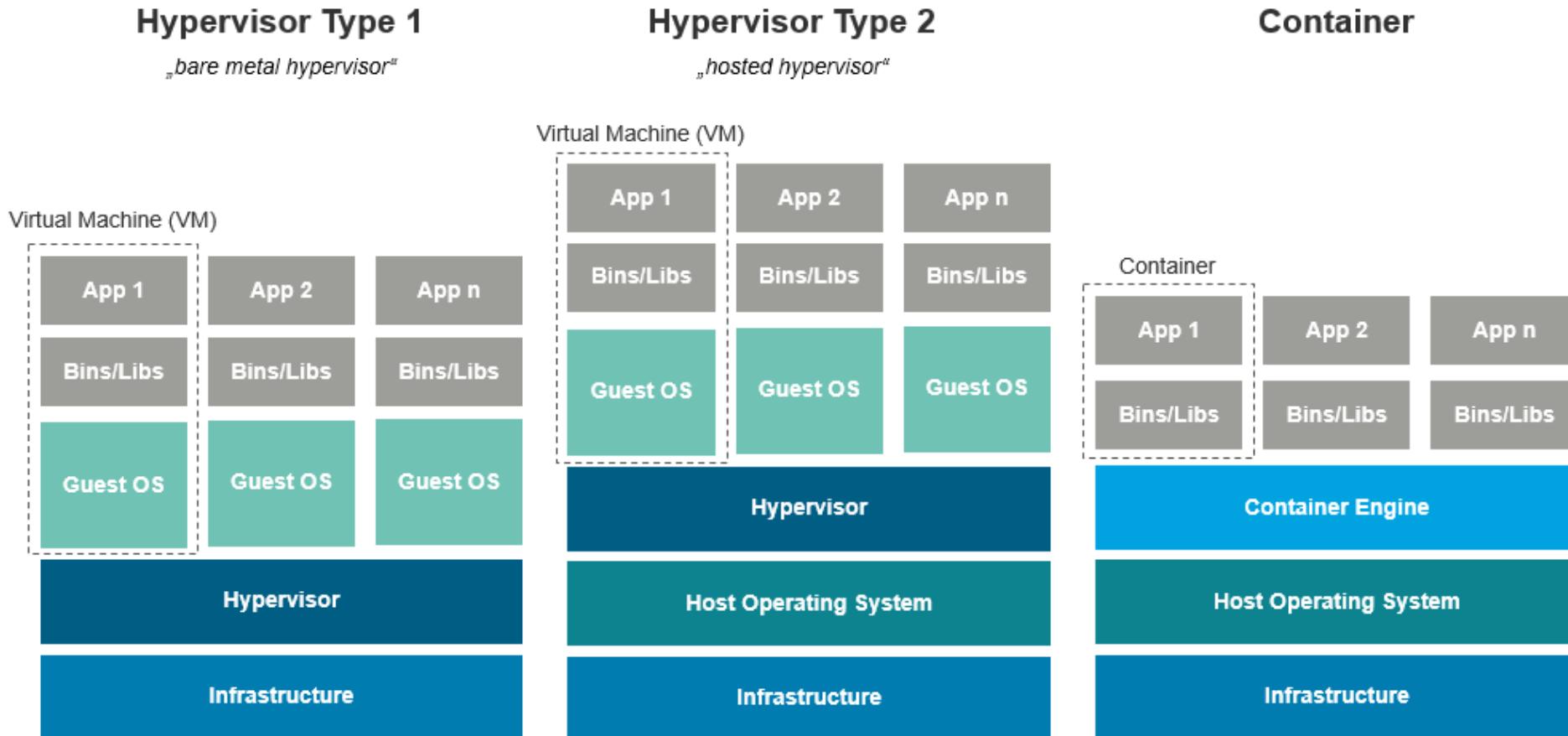
컨테이너 런타임에서 사용하는 컨테이너는 다음과 같은 조건으로 애플리케이션 및 라이브러리를 보관한다.

1. tar기반의 이미지 파일
2. 디렉터리 기반으로 레이어 분류
3. 애플리케이션 사용시 필요한 바이너리 및 애플리케이션

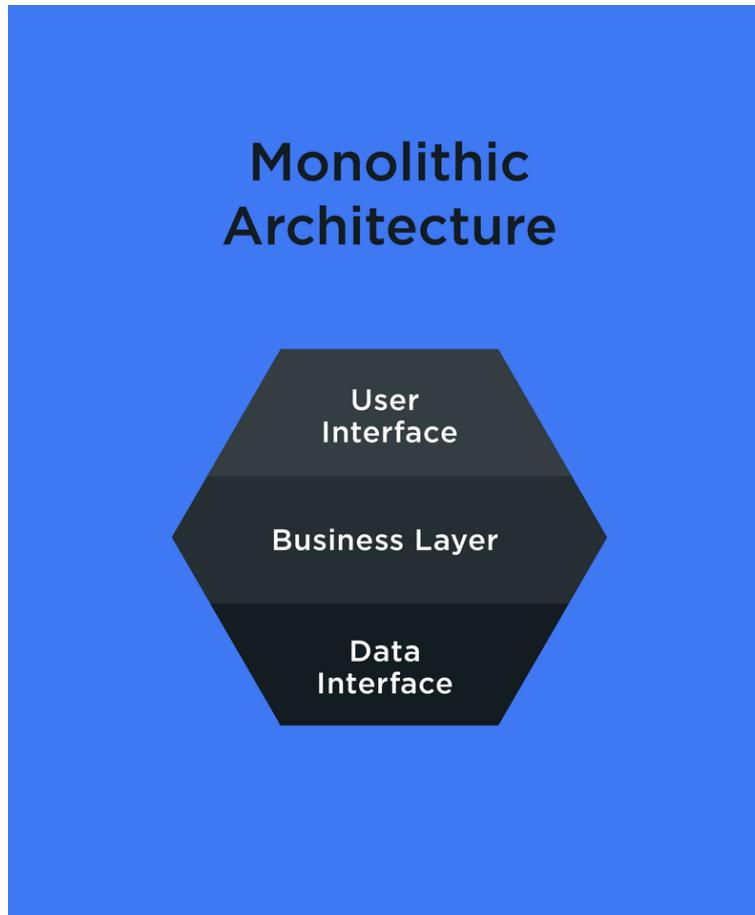
CONTAINER SHPPING

데모 및 시연

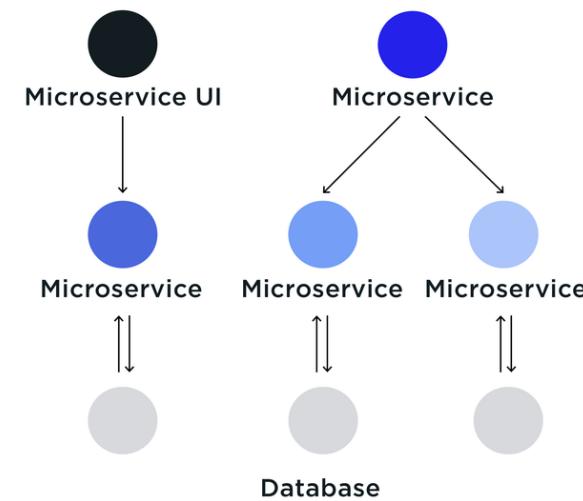
VIRTUAL VS CONTAINER



SERVICE ARCHITECTURE



Microservices Architecture



ARCHITECTURE???

1. 포드만은 기존 모놀릭 및 마이크로 서비스 둘 다 구성이 가능하다.
2. 하지만, 컨테이너는 기본적으로 stateless 구조를 가져가기 때문에 기존 3Tiers는 어려운 부분이 있다.
3. 기존에 사용하였던 3 Tiers 기반의 소프트웨어 구성은 컨테이너 환경에 전환이 완벽하지 않을 수 있다.

REGISTRY CONFIG

```
# vi /etc/containers/registries.conf
unqualified-search-registries =
["registry.access.redhat.com",
"registry.redhat.io", "docker.io", "quay.io"]
short-name-mode = "enforcing"
```

docker.io, registry.*.redhat.com 경우에는 계정이 없는 경우
다운로드에 제한이 있음.

REGISTRY CONFIG

런타임에서 사용하는 이미지는 전부 위의 설정의 주소에서 이미지를 내려받기 한다.

IMAGE CONFIG

```
# podman inspect centos-image
;; json형태로 내용 출력

"GraphDriver": {
  "Name": "overlay",
    "Data": {
      "LowerDir": "/var/lib/containers/storage/overlay/615c94009c7533a92dbf546ab10ba564a4e16a213400f3d351039d5686cc52c4/diff",
      "MergedDir": "/var/lib/containers/storage/overlay/f5502af5ecbc2bf3d0a89964ba099b8fb53232681de2d2d941082272daa37ff3/merged",
      "UpperDir": "/var/lib/containers/storage/overlay/f5502af5ecbc2bf3d0a89964ba099b8fb53232681de2d2d941082272daa37ff3/diff",
      "WorkDir": "/var/lib/containers/storage/overlay/f5502af5ecbc2bf3d0a89964ba099b8fb53232681de2d2d941082272daa37ff3/work"
    }
  },
```

IMAGE CONFIG

LowerDir

맨 밑에 있는 이미지 레이어. 이미지 빌드 시 맨 처음에 구성한 베이지 레이어 및 기타 설치 및 복사한 파일들이나 혹은 패키지들로 구성 되어있다.

UpperDIR

상위 이미지 레이어, 컨테이너가 동작하면서 생성한 파일 및 디렉터리가 여기에 생성된다.

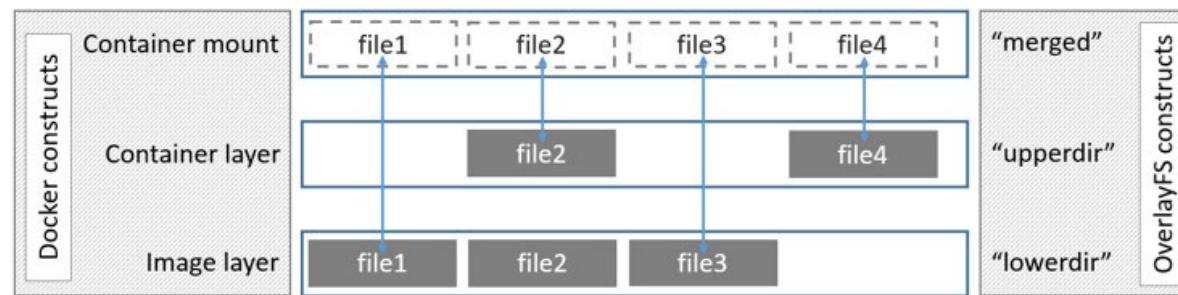
MergedDir

변경된 파일이나 혹은 추가된 파일은 MergedDir를 통해서 이미지 레이어에 추가 혹은 합쳐진다.

WorkDir

이 디렉터리는 일반적으로 비어 있다. OverlayFS 커널 모듈에서 사용한다.

OVERLAYER



OVERLAYER

```
mkdir /root/lower /overlay  
touch /root/lower/base_image.txt  
mount -oro,bind /root/lower /root/lower  
mount -obind /rootS/upper/ /overlay  
mkdir /overlay/{upper,work}  
mount overlay -t overlay -o  
lowerdir=/root/lower,upperdir=/overlay/upper,work  
dir=/overlay/work /media
```

IMAGE FORMAT

이미지 포맷 확인 방법은 두 가지가 있다.

- `podman inspect`
`docker://quay.io/centos/centos:stream9-minimal`
- `skopeo inspect`
`docker://quay.io/centos/centos:stream9-minimal`

여기서는 podman 명령어로 이미지 정보를 확인한다.

RUN TEST CONTAINER

```
$ podman run -d --name centos-image \
quay.io/centos/centos:stream9-minimal \
/bin/sleep 10000
```

CONTAINER IMAGE DIRECTORY

컨테이너 생성 및 이미지 동작 시 이미지는 다음과 같은 위치에서 생성이 된다.

`/var/lib/containers/storage/overlay`

이 위치는 OCI IMAGE 사양에 정해진 위치. 역할 및 규칙에 따라서 파일이 생성이 된다.

CONTAINER IMAGE DIRECTORY

overlay

컨테이너가 동작하면(Pod, Container) 이 위치에 동작 시 필요한 컨테이너 디렉터리가 생성이 된다. 컨테이너에서 사용하는 읽기/쓰기가 가능한 디렉터리는 **backingFsBlockDev**를 통해서 연결이 된다.

연결이 되는 정보는 '`l`'이라는 디렉터리에 링크로 임시 레이어가 구성이 되어 있다.

CONTAINER IMAGE DIRECTORY

overlay-containers

컨테이너가 실행이 되면서 발생하는 디렉터리 및 파일을 해당 위치에 생성한다.

overlay-images

컨테이너에서 사용하는 이미지는 우리가 알고 있는 raw, qcow 같은 이미지와 다르다. 이 위치에는 이미지 관련된 메타 정보가 저장이 되어 있다.

overlay-layers

이미지에서 사용하는 레이어 정보를 저장하고 있다.

IMAGE INSPECT

모든 컨테이너 정보 및 이미지 정보는 **OCI(Open Container Initiative)** 사양으로 제작이 되어있다. 모든 정보는 **JSON** 형식 및 파일로 정보를 가지고 있다.

OCI사양은 기본적으로 도커 이미지 기반으로 되어있기 때문에 대다수 현재 컨테이너 이미지에 전부 적용이 가능하다.

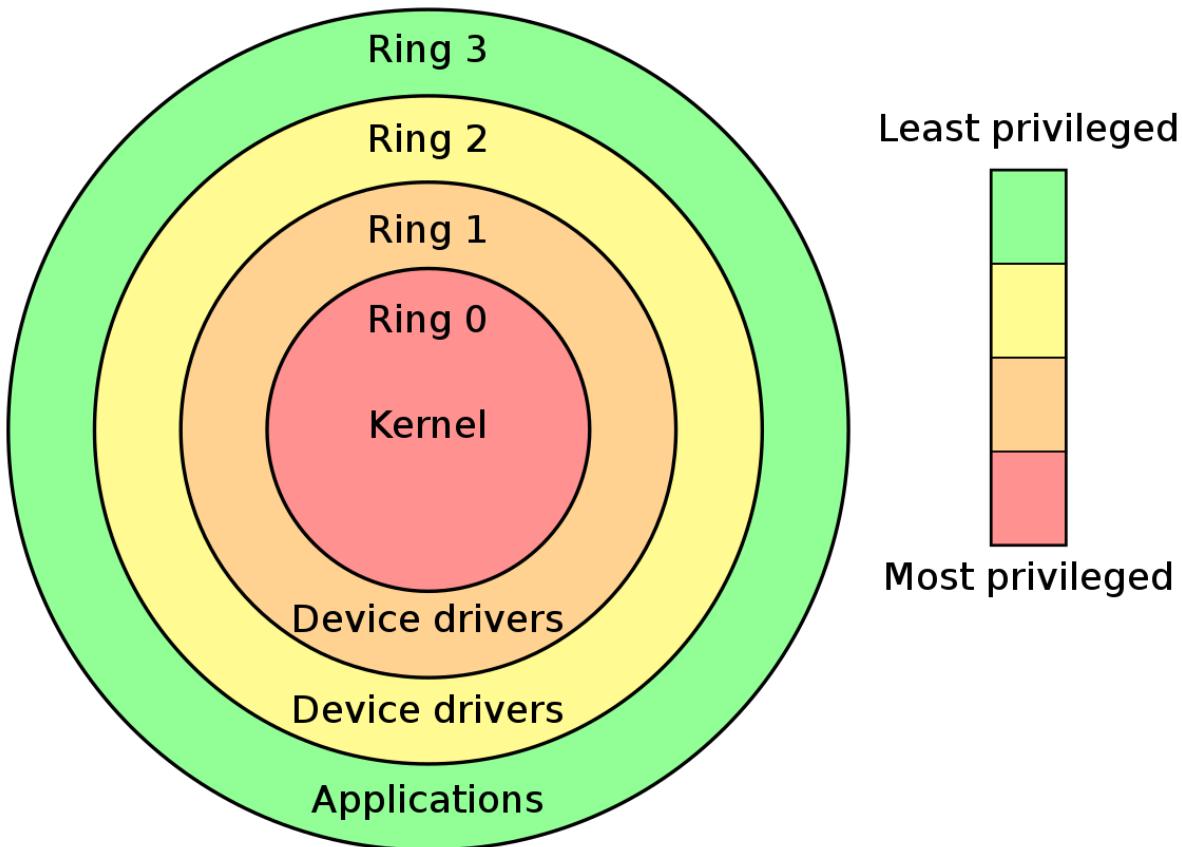
DOCKER VS PODMAN

기능	PODMAN	DOCKER	
OCI 및 DOCKER 이미지 지원	지원	지원	
OCI 컨테이너 엔진 지원	지원	지원	
간단한 명령어 지원	지원	지원	
시스템 블록 통합(systemd)	지원	미지원	docker는 자체적으로 namespace, cgroup 관리.
Fork/Exec 지원	지원	지원	
클라이언트 서버(API)	지원	지원	도커는 EE버전으로 지원하며 CE에서는 지원하지 않음.
docker-compose	지원	지원	

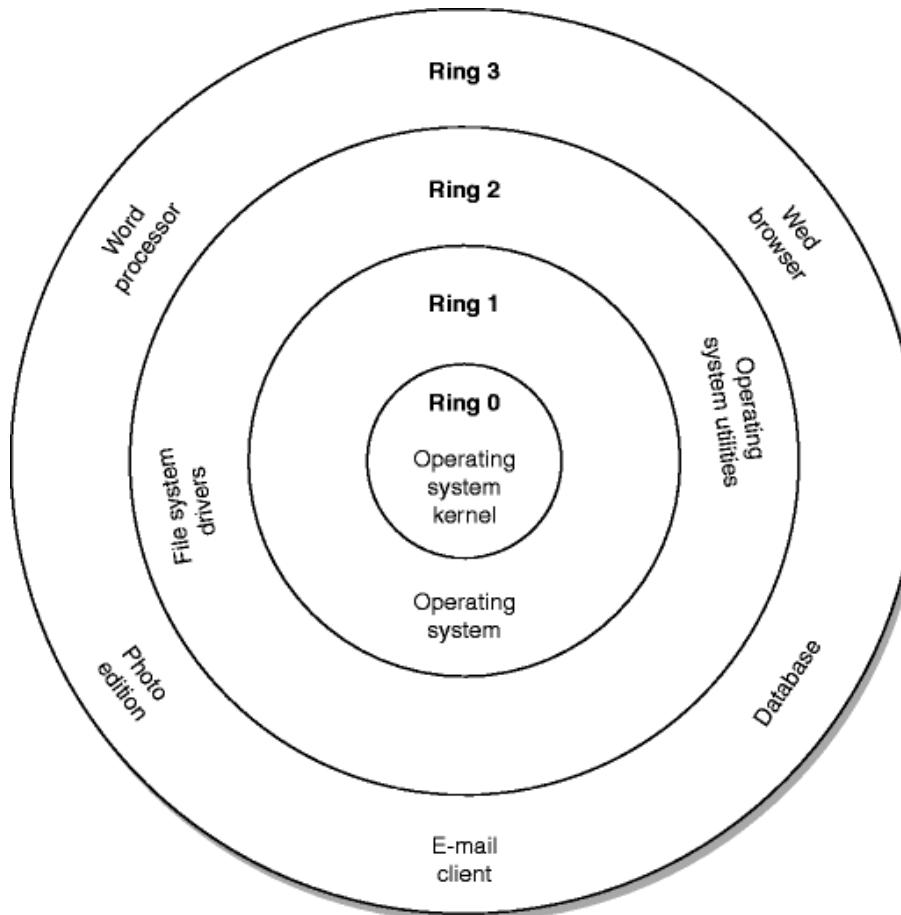
DOCKER VS PODMAN

기능	PODMAN	DOCKER	
레지스트리 수정	지원	미지원	podman은 보안, 저장소 및 네트워크 수정 가능
기본구성 설정 변경	지원	지원	
맥 지원	지원	지원	
윈도우 지원	지원	지원	WSL2 기반으로 지원
리눅스 지원	지원	지원	
업데이트 시 중지 필요	해당사항 없음	중지 필요	

RING STRUCTURE



RING STRUCTURE



check to rootless

UID/GID

/proc/self/loginuid

사용자 로그인 시 사용하는 uid 확인

/proc/self/gid_map

사용자 로그인 시 사용하는 gid 및 맵핑 된 namespace gid

**일반 사용자에서 반드시 컨테이너 생성 작업을 해야 됨. 루트에서 작업하는 경우 차이점 확인이 매우 어려움.

*** su, sudo 명령어로 전환은 금지. 반드시, ssh 명령어나 혹은 콘솔로 직접 접근해야 한다.

ROOTLESS

```
$ podman run -it --name hacker --privileged -v  
/:/host ubi8 chroot /host
```

/etc/group

컨테이너 런타임이 사용하는 사용자 그룹 정보. 사용하는 런타임마다 다르지만, 구형 런타임은 시스템 그룹정보를 사용한다.

ROOTLESS

/etc/subgid

OCI사양의 런타임 구성파일. 사용자 gid를 **subgid**에 명시된 값으로 다시 맵핑한다.
이전 도커에서 사용하는 **/etc/group** 맵핑과 비슷하지만 별도 파일로 선언한다.

/etc/subuid

OCI사양의 런타임 구성파일. 사용자 uid를 **subuid**에 명시된 값으로 다시 맵핑한다.
이전 도커에서 사용하는 **/etc/group** 맵핑과 비슷하지만 별도 파일로 선언한다.

/proc/self/loginuid

```
podman run quay.io/centos/centos:stream9-minimal cat  
/proc/self/loginuid
```

ROOTLESS

"**/proc/self/loginuid**" 위의 정보 확인하기

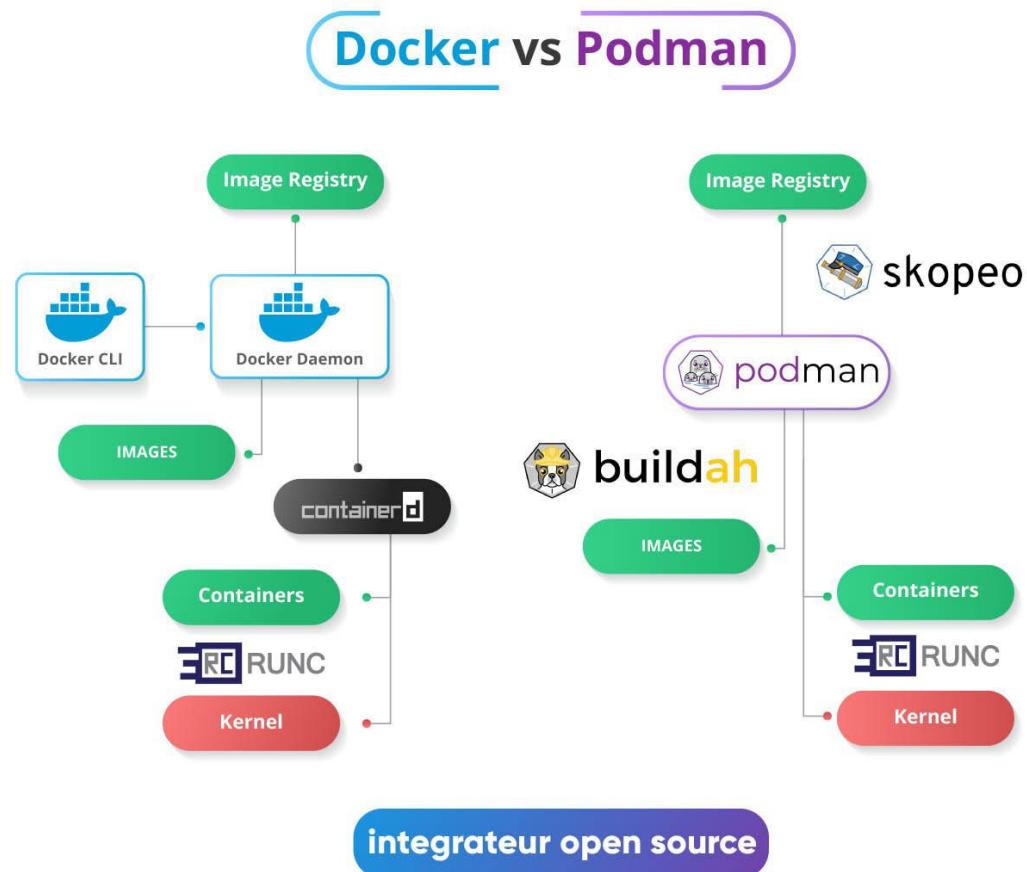
```
$ podman run --rm quay.io/centos/centos:stream9-minimal cat /proc/self/loginuid
```

ROOTFUL

```
$ sudo podman run --rm --privileged -v /:/host  
centos/centos:stream9-minimal touch  
/host/etc/shadow  
$ grep auid /var/log/audit/audit.log | tail -f
```

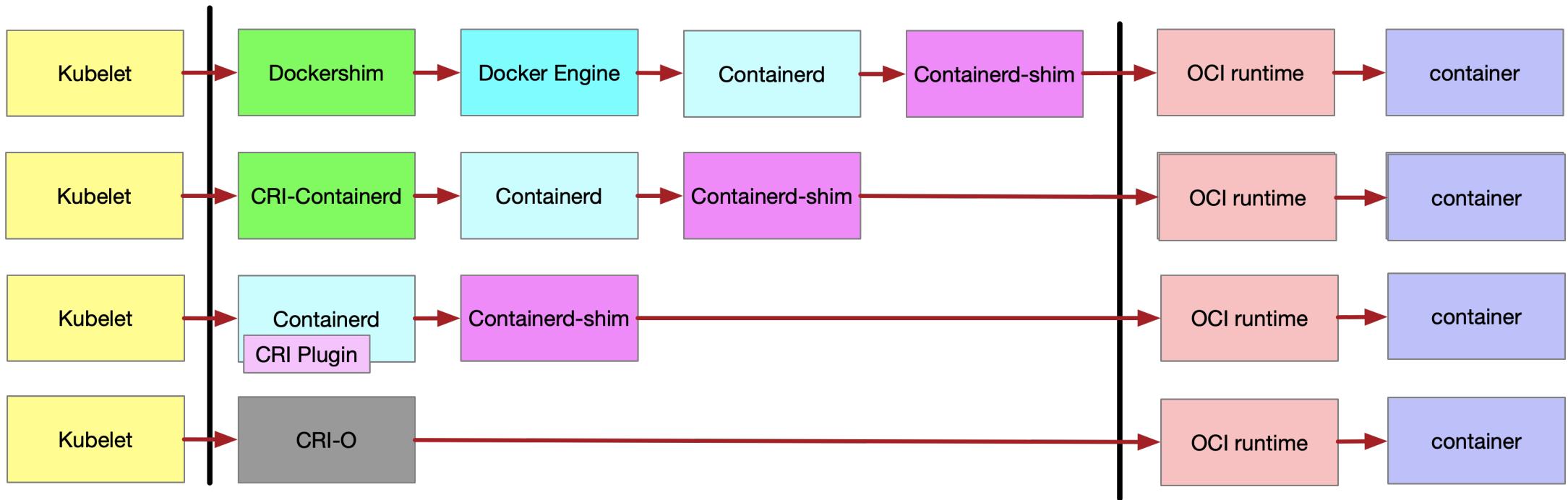
docker and runtimes

DOCKER VS PODMAN



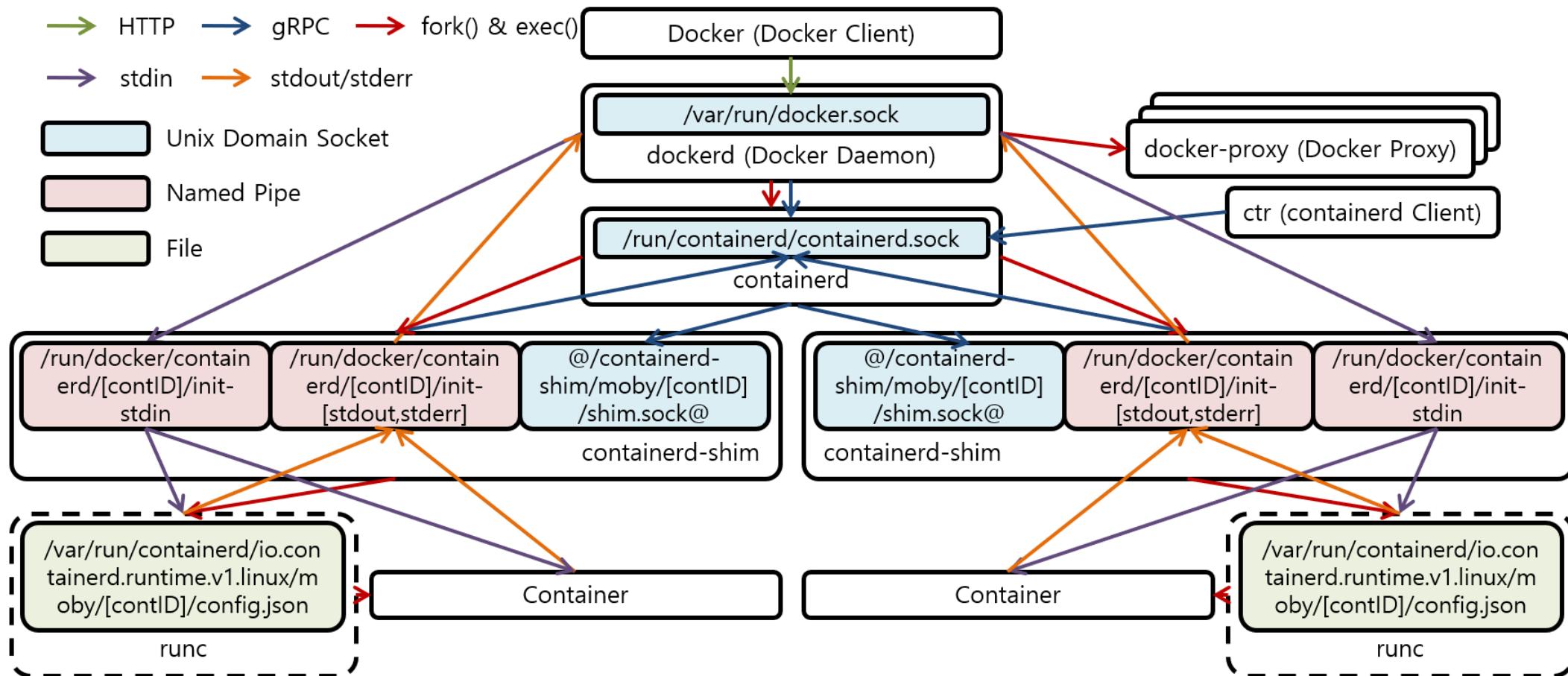
CONTAINER RUNTIMES(OCI/CRI)

Container Runtime Interface (CRI)

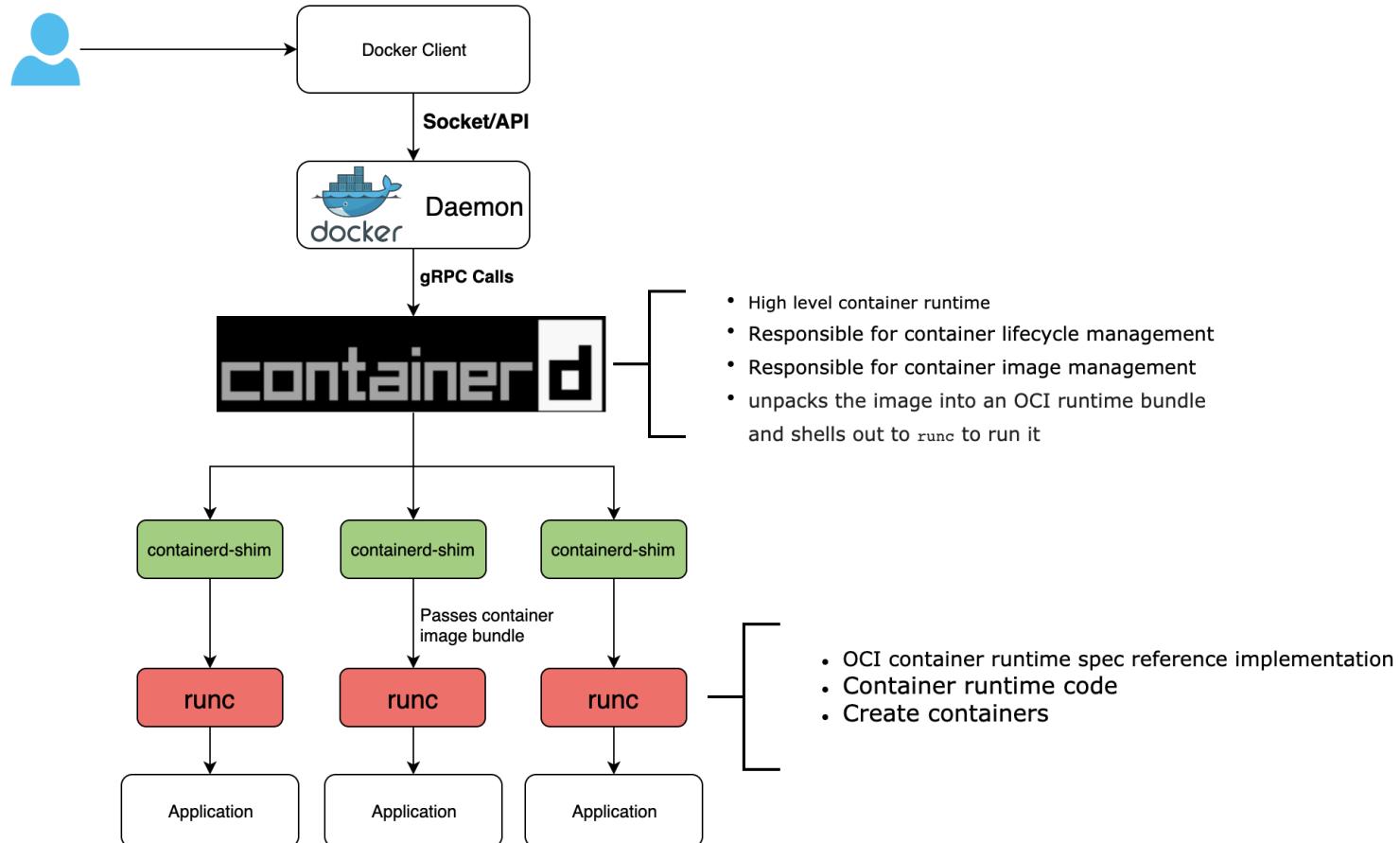


Open Container Initiative (OCI)

CONTAINER INTERACTIVE(docker/containerd)

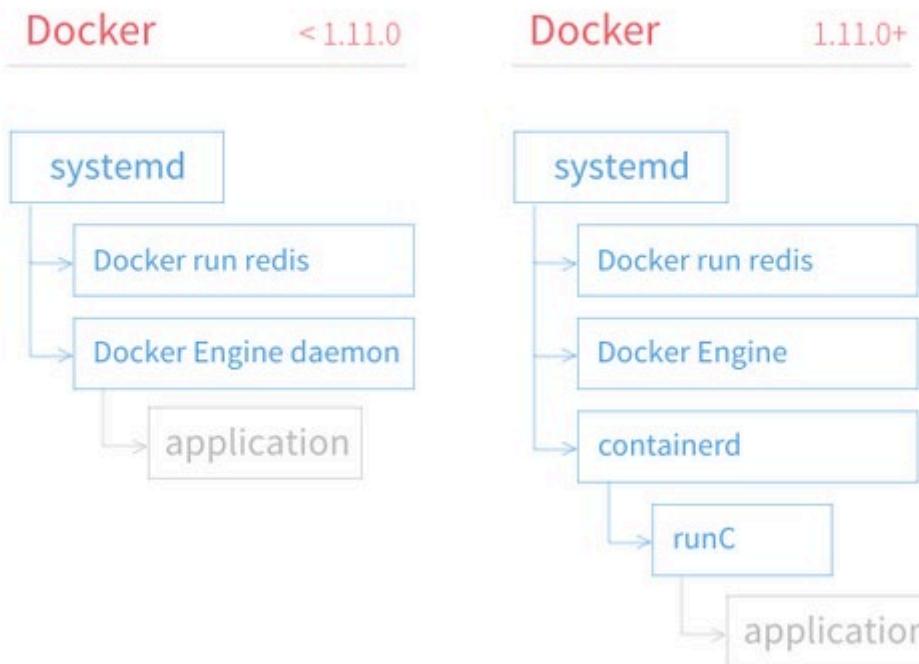


CRI STANDARD(DOCKER/CONTAINERD)

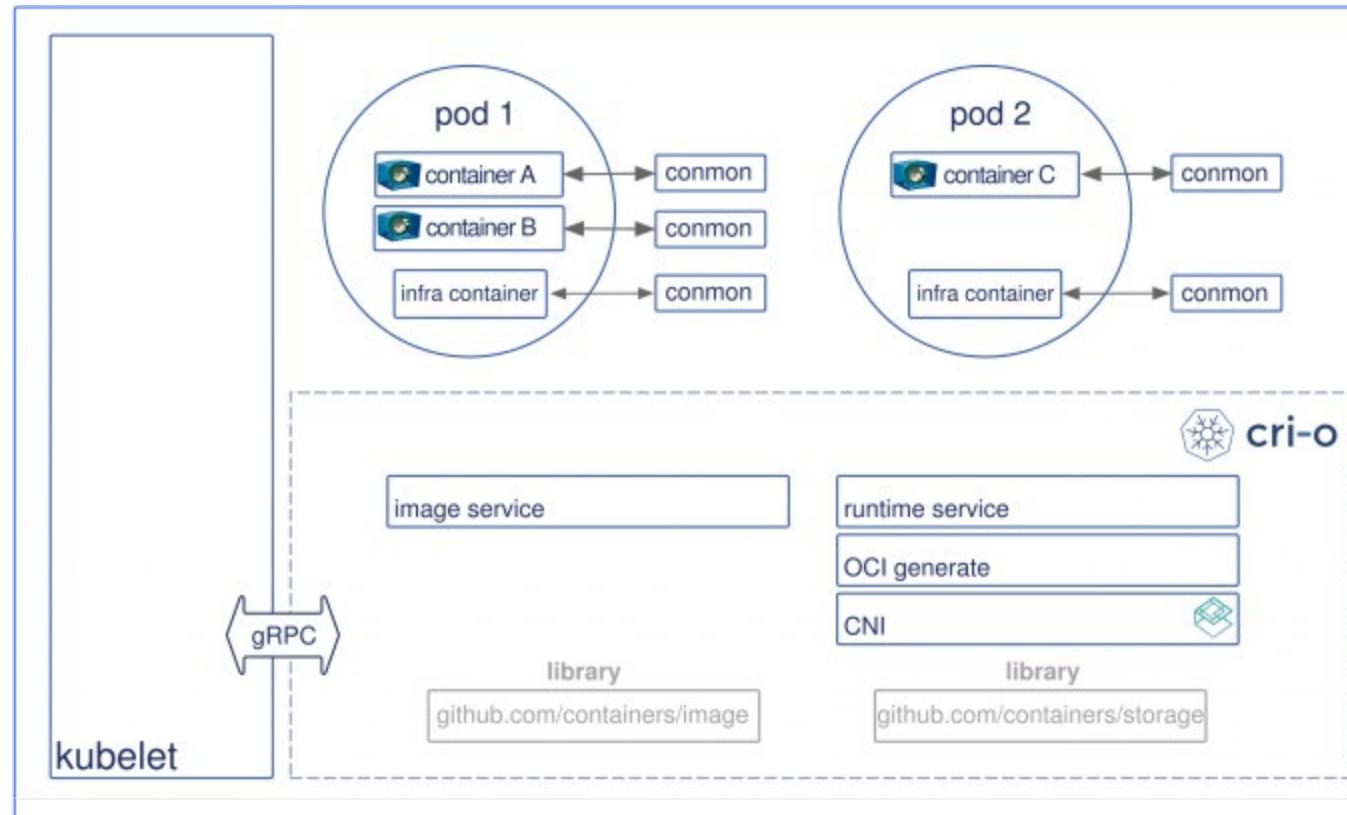


DOCKER ENGINE MODELS

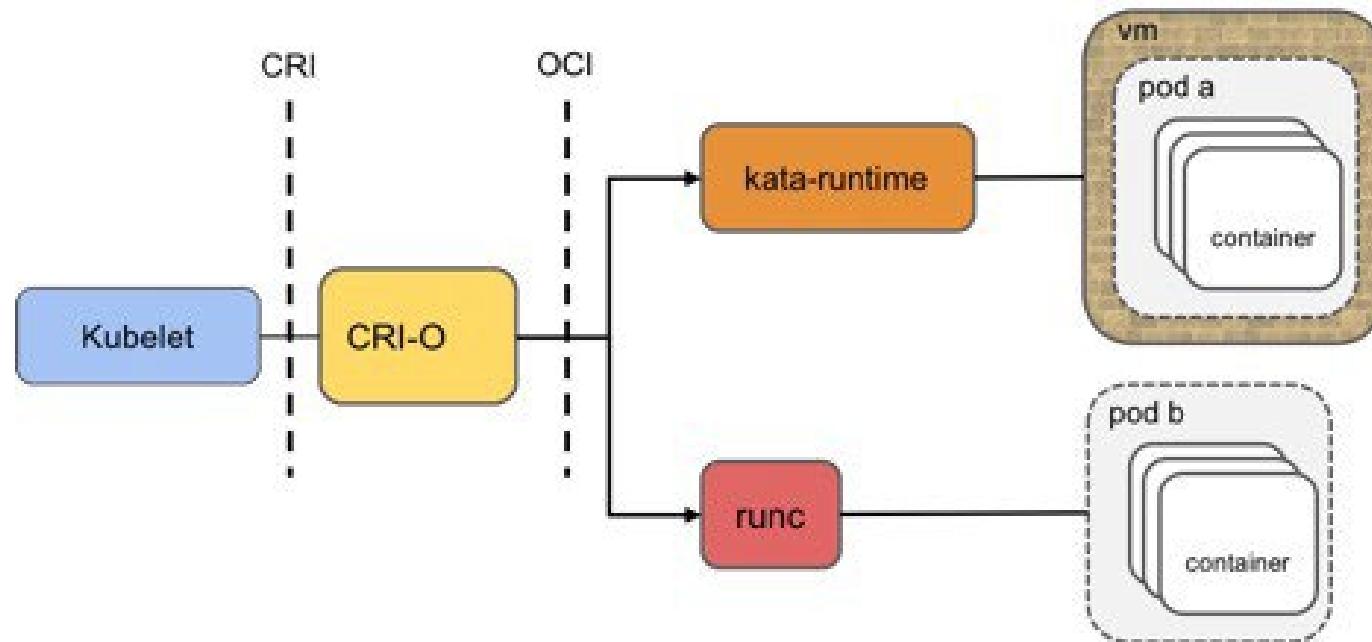
Container Engine Process Models



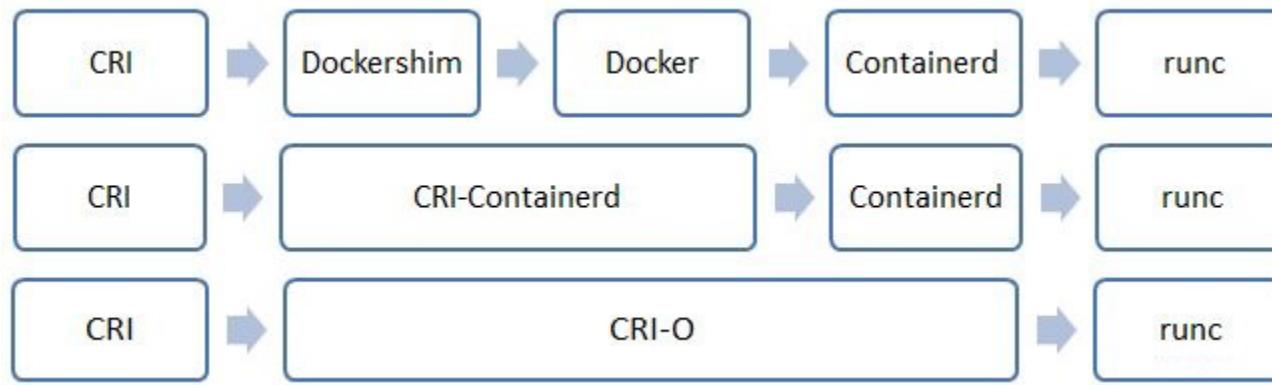
CONTAINER+KUBELET



OCI RUNTIMES

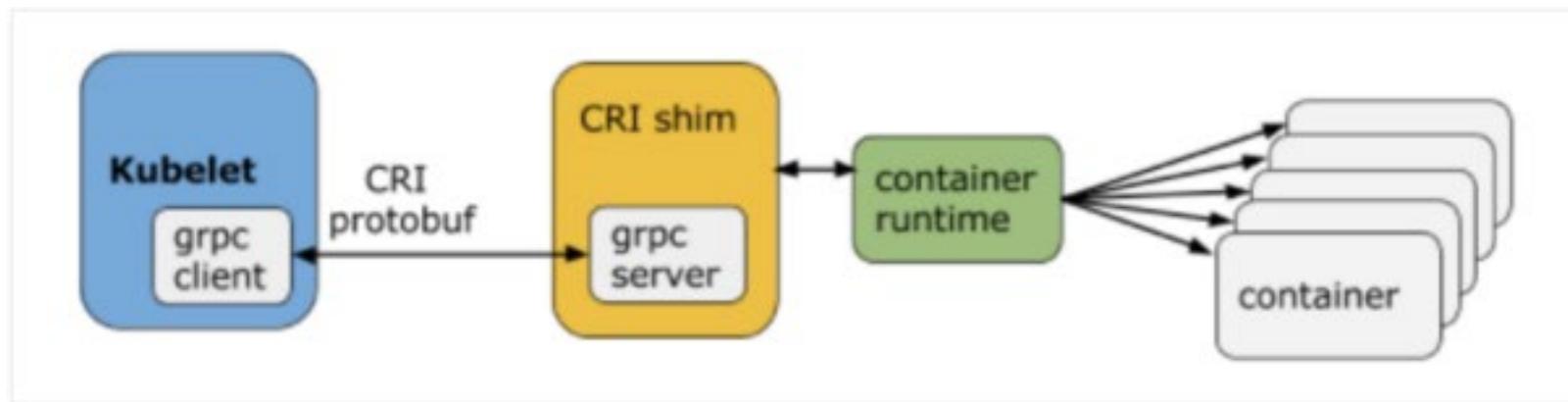


OCI RUNTIMES

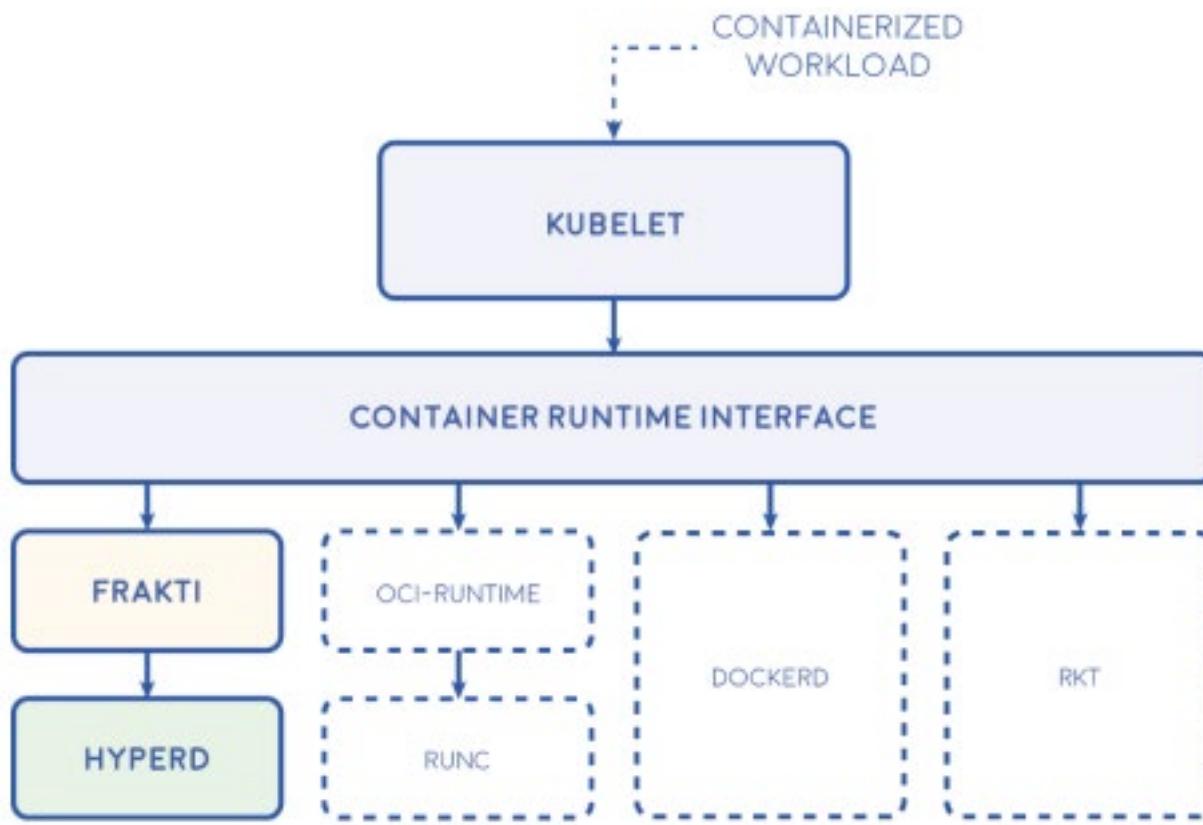


**KUBELET
RUNTIME**

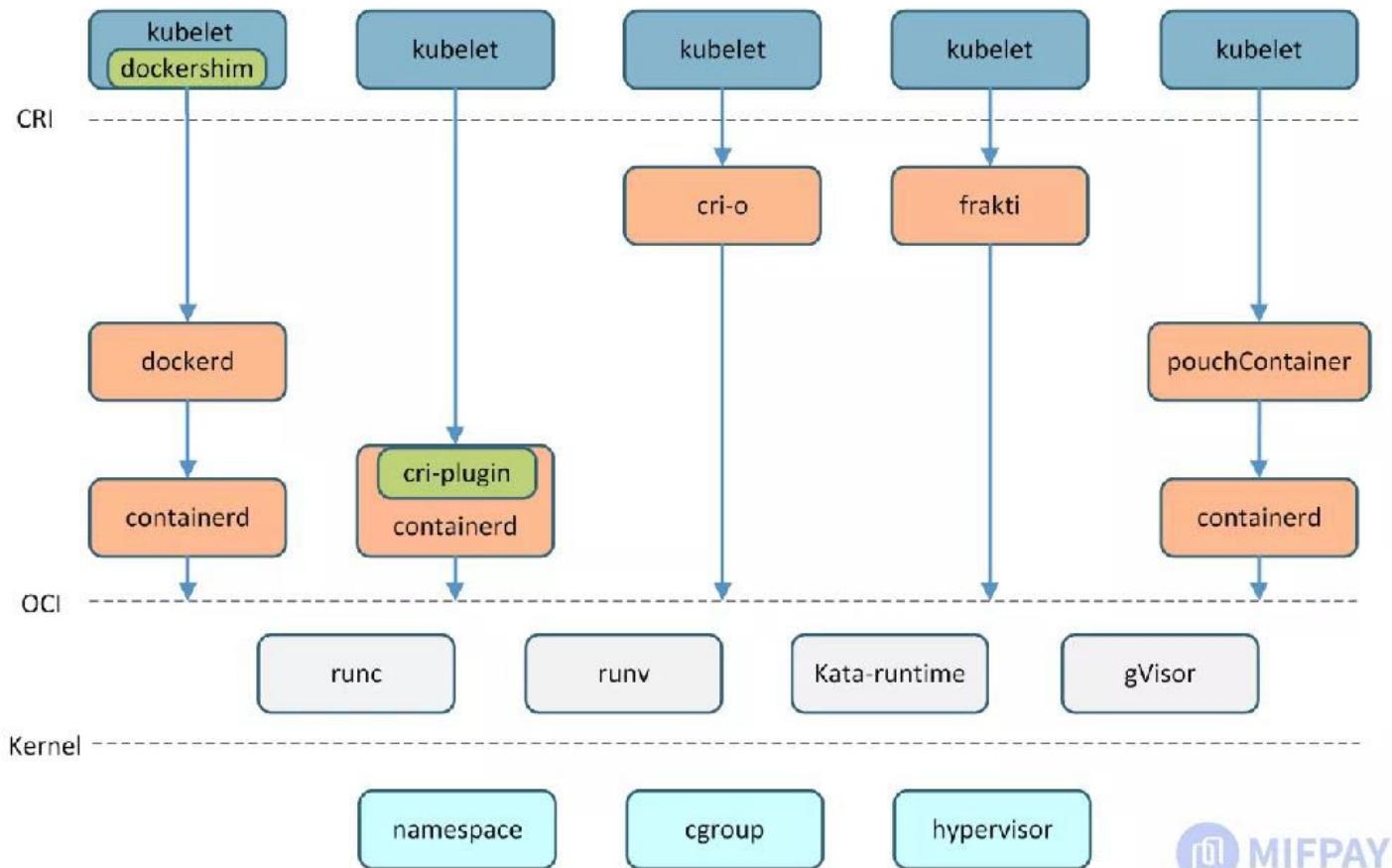
KUBELT + CRI STANDARD



KUBELET + CRI STANDARD

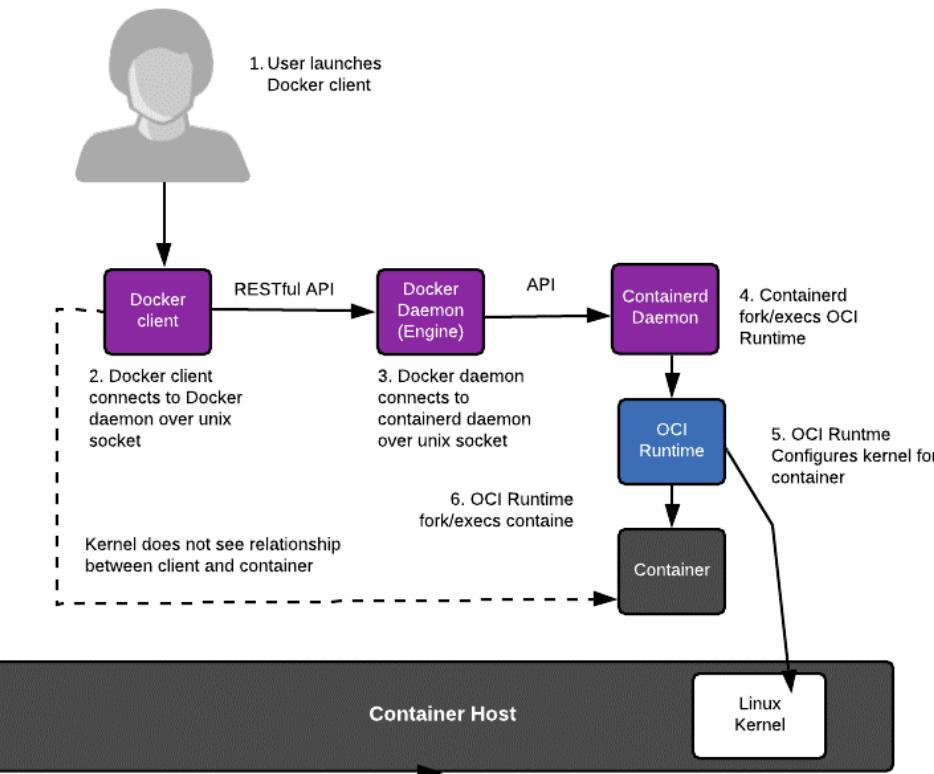


KUBELET TOP/DOWN LAYERS

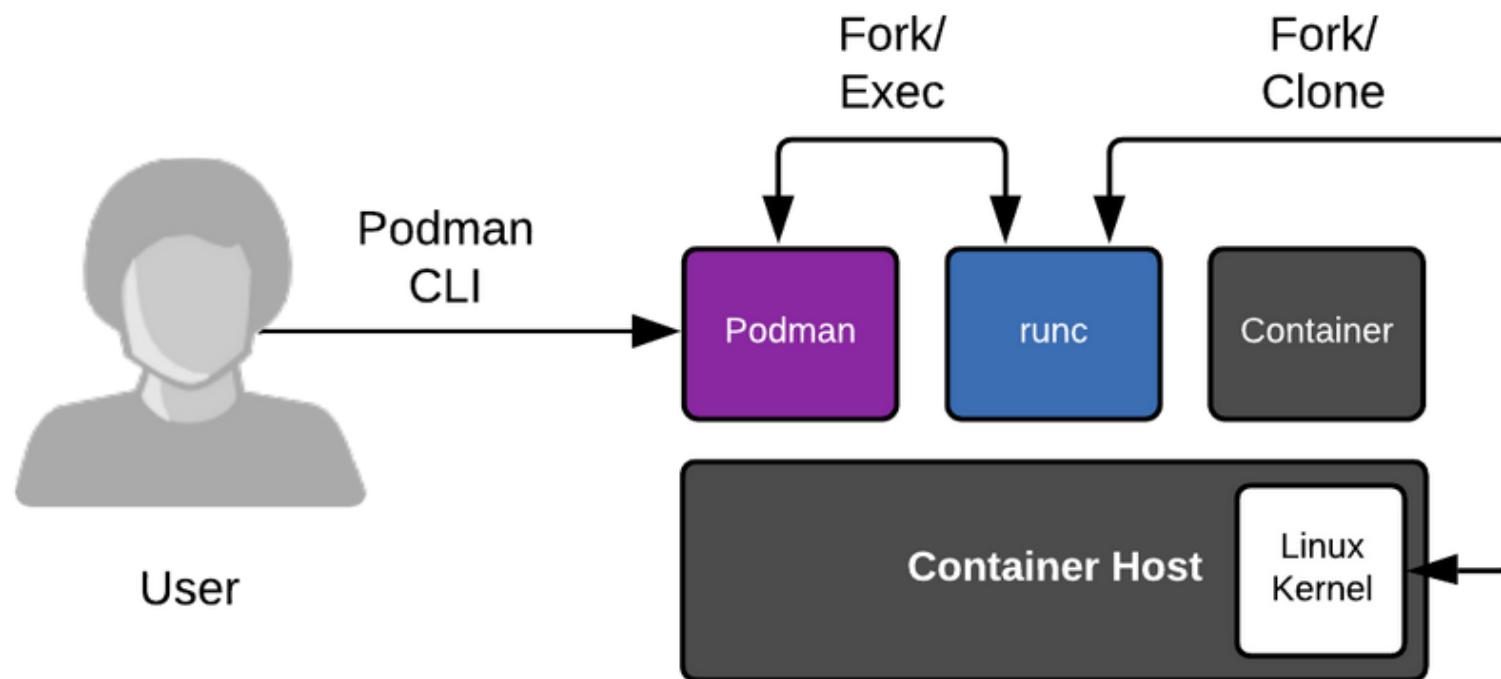


FORK/EXEC
systemd

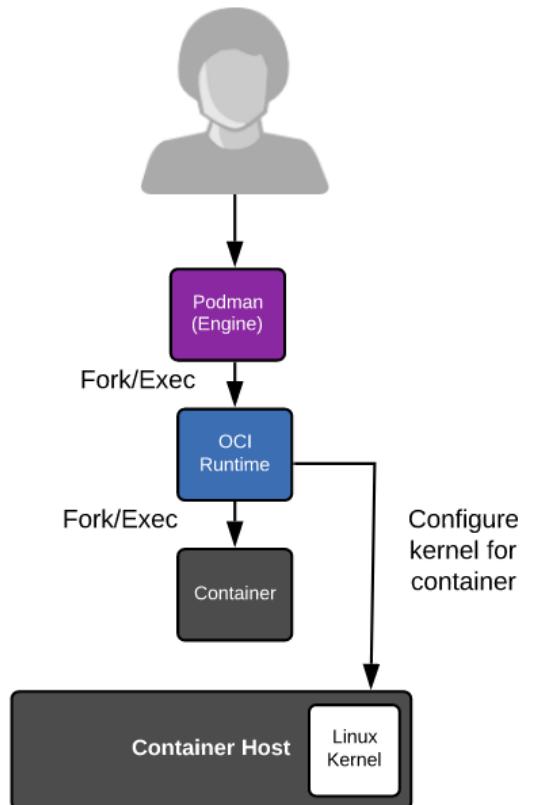
DOCKER EXEC



FORK/EXEC

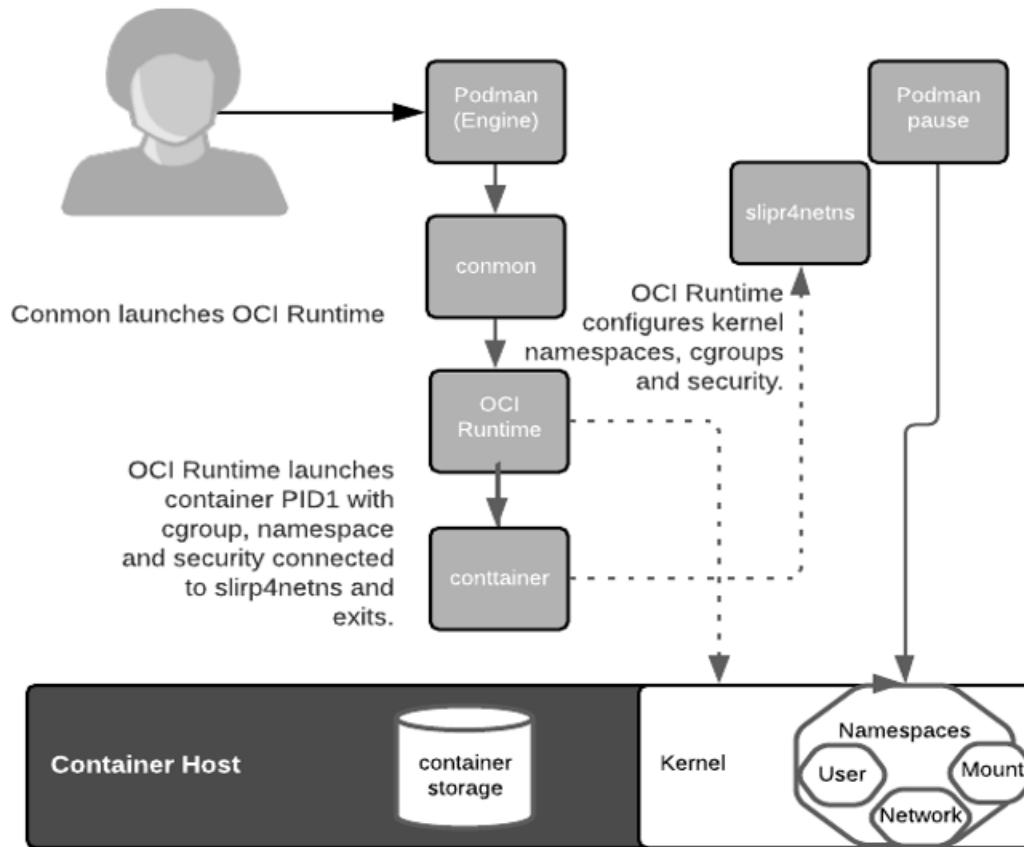


FORK/EXEC

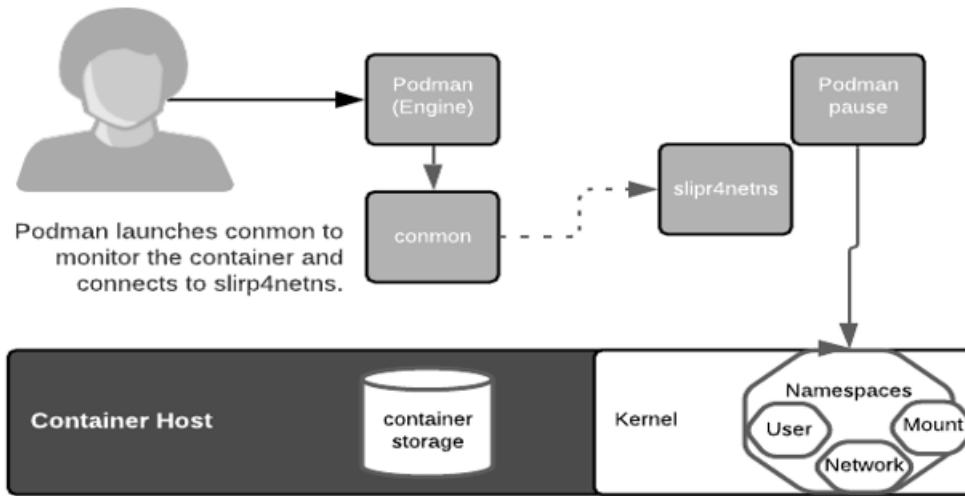


How Podman runs a container

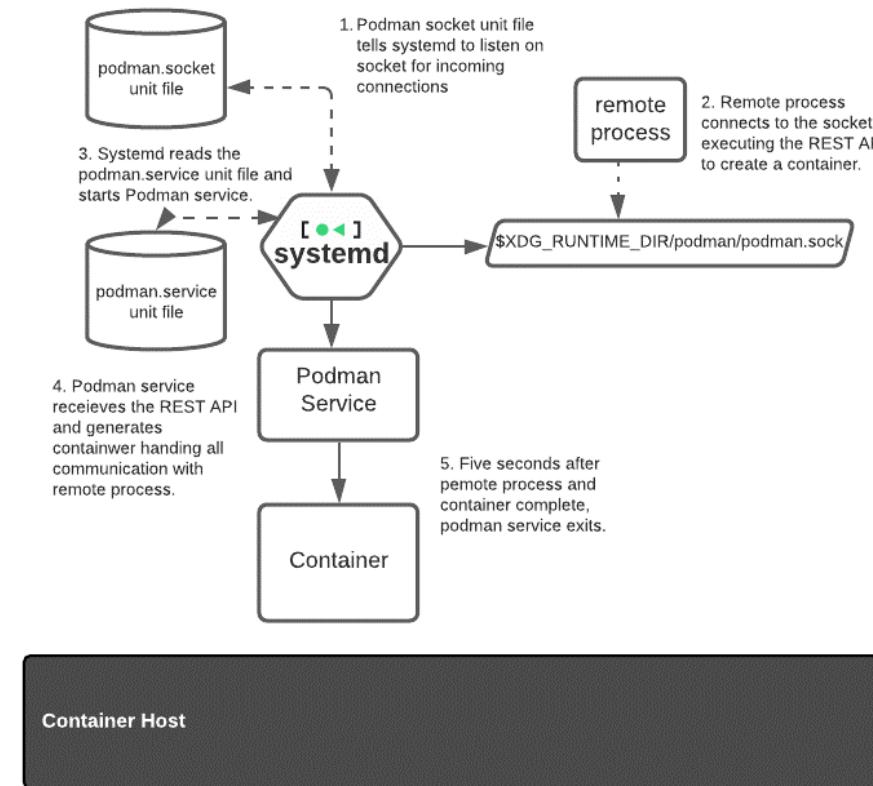
ROOTLESS



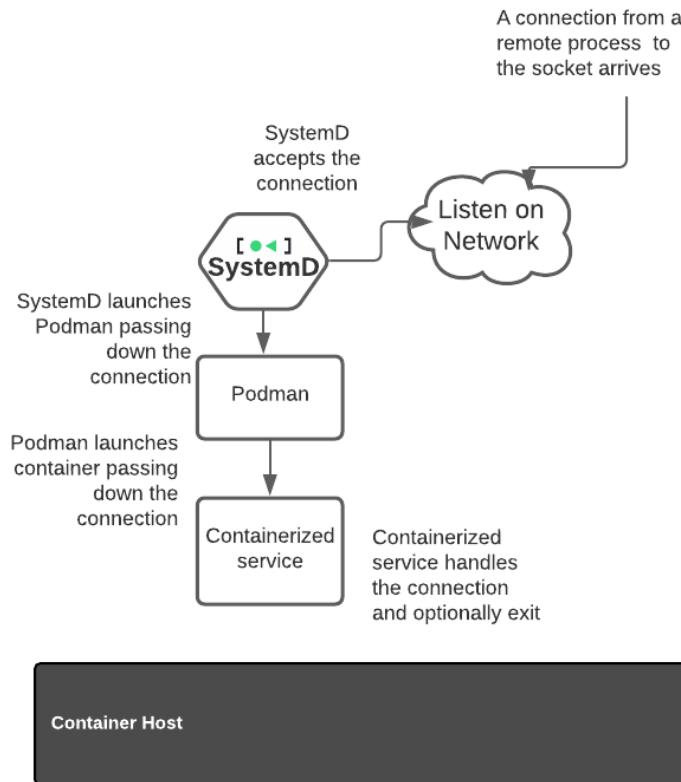
ROOTLESS



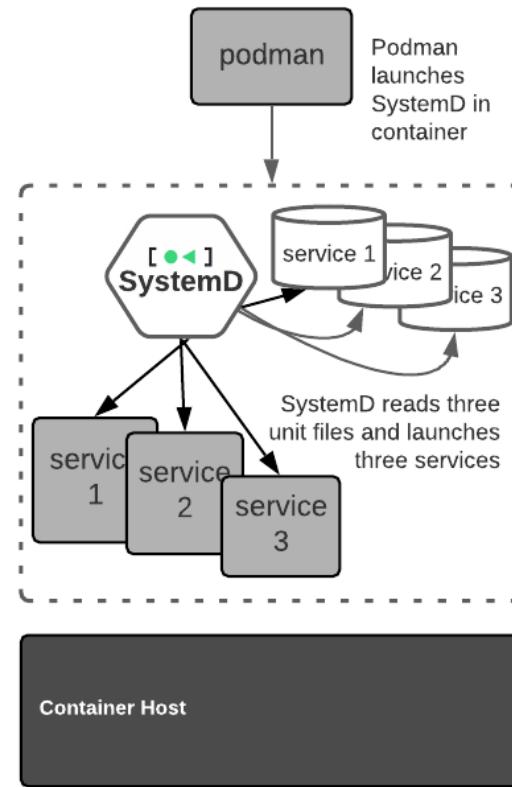
SYSTEMD



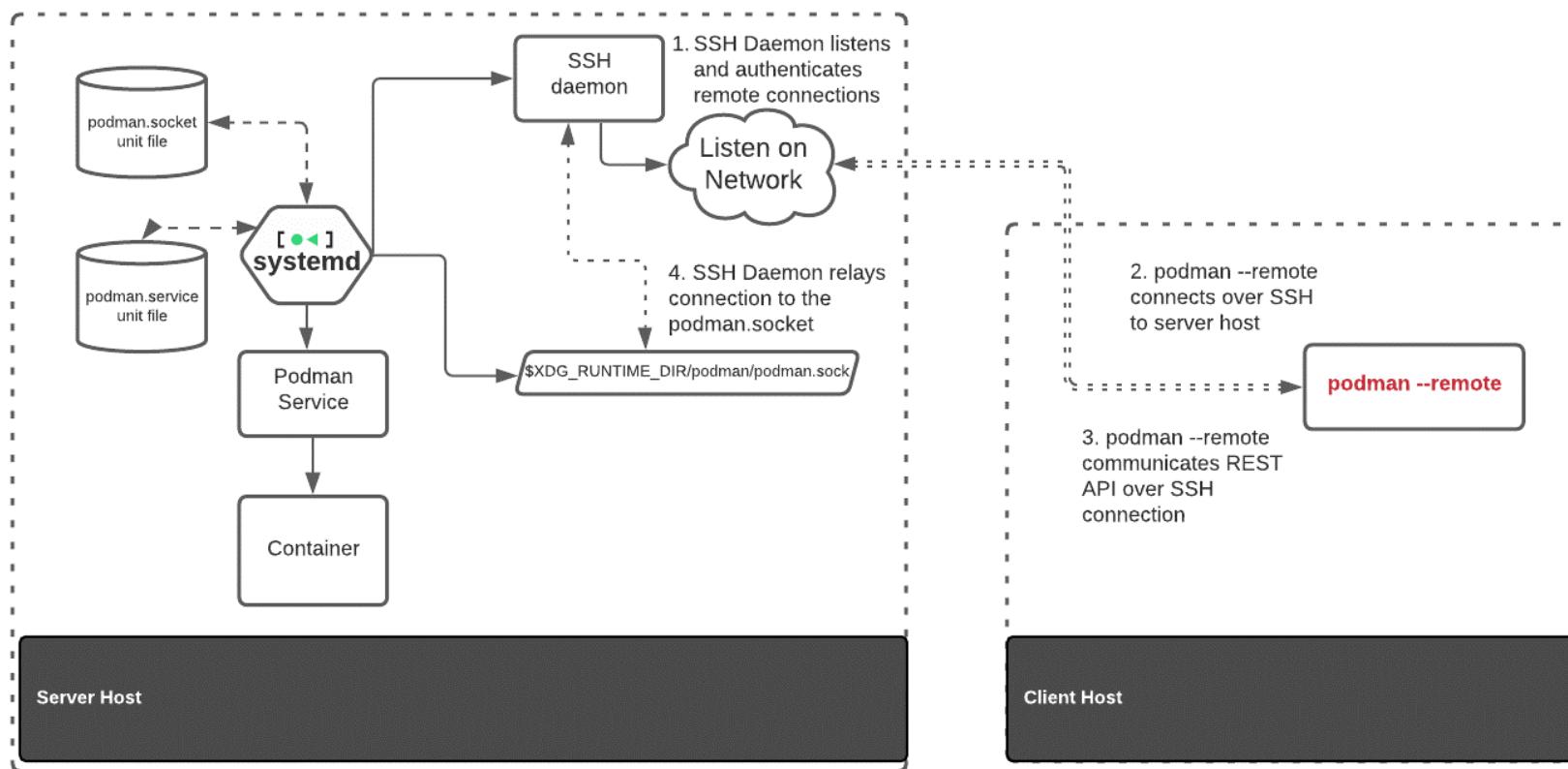
SYSTEMD



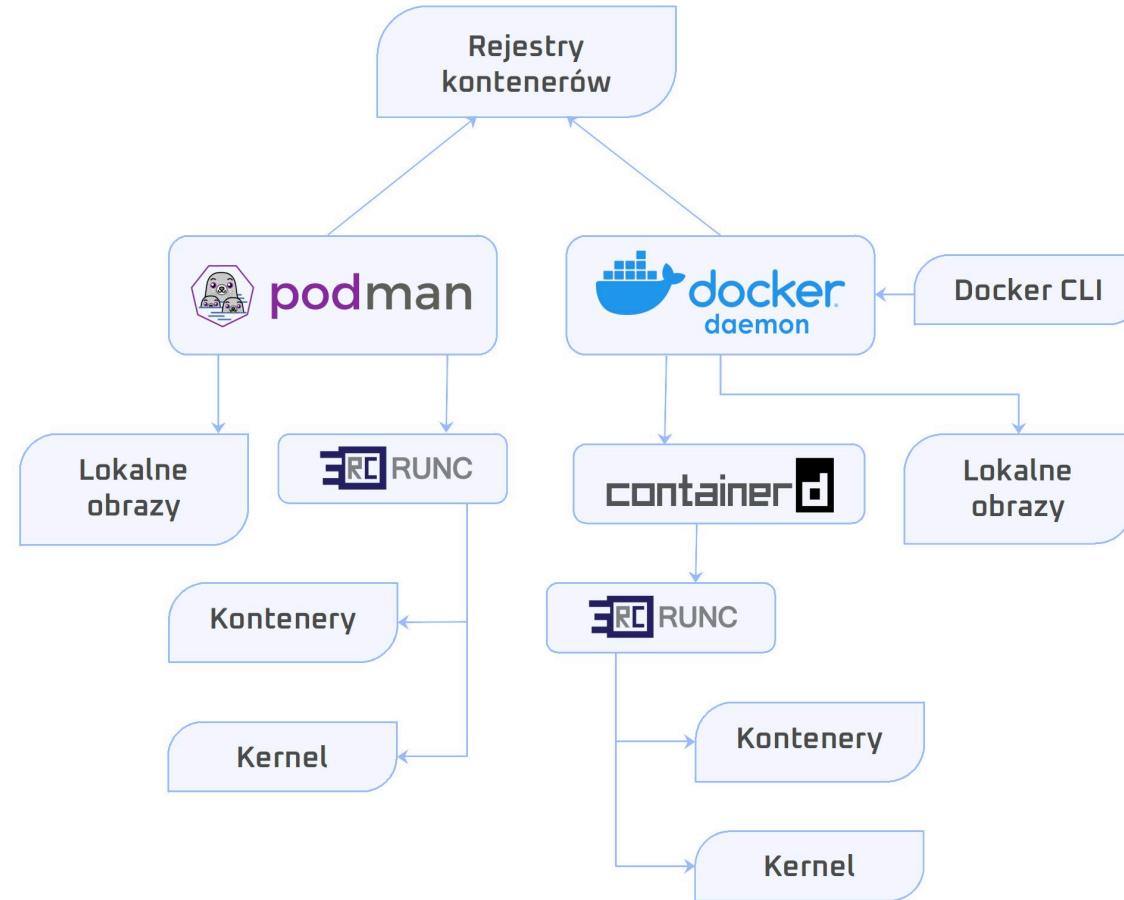
SYSTEMD



SYSTEMD

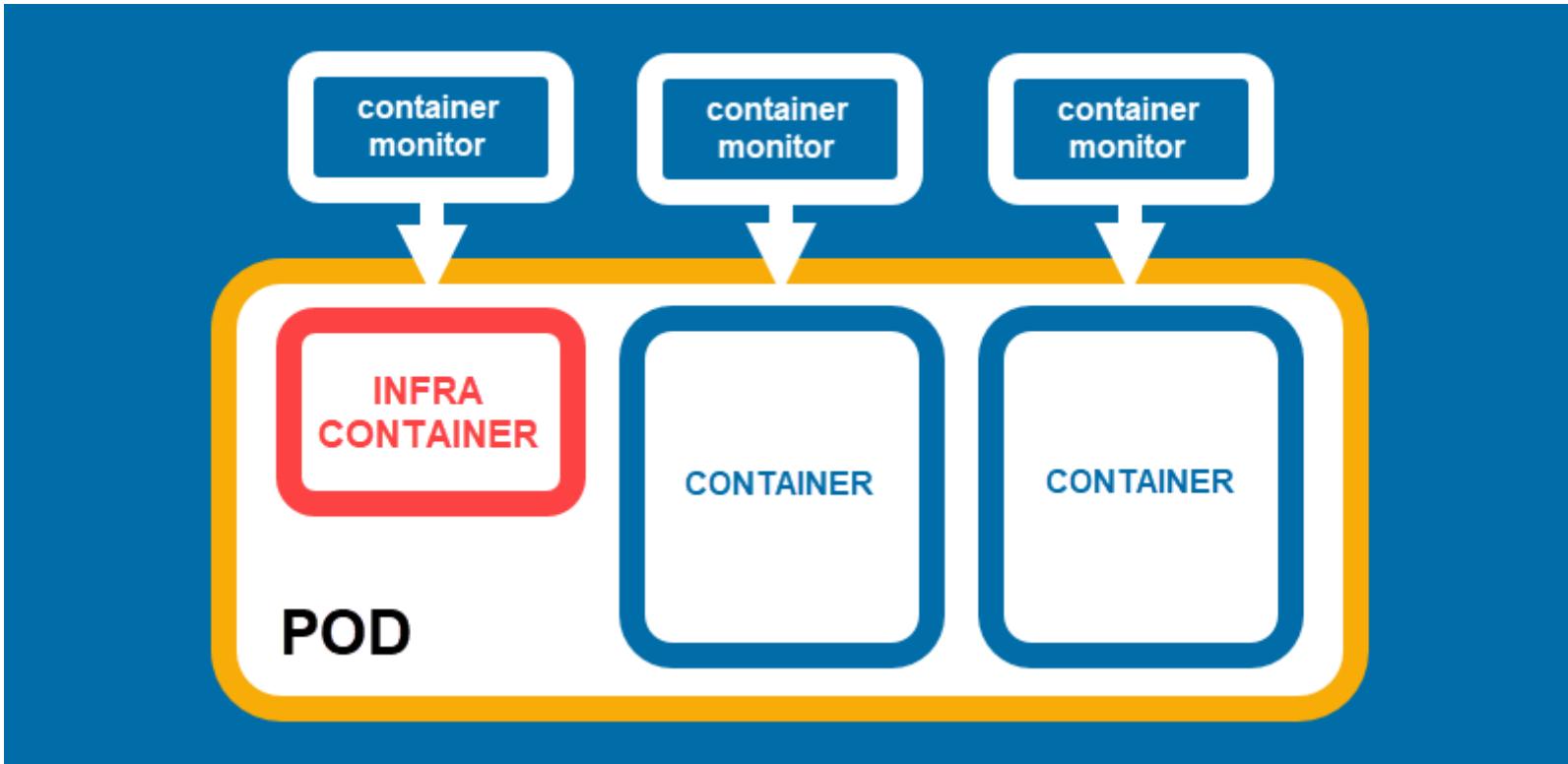


DAEMON-LESS

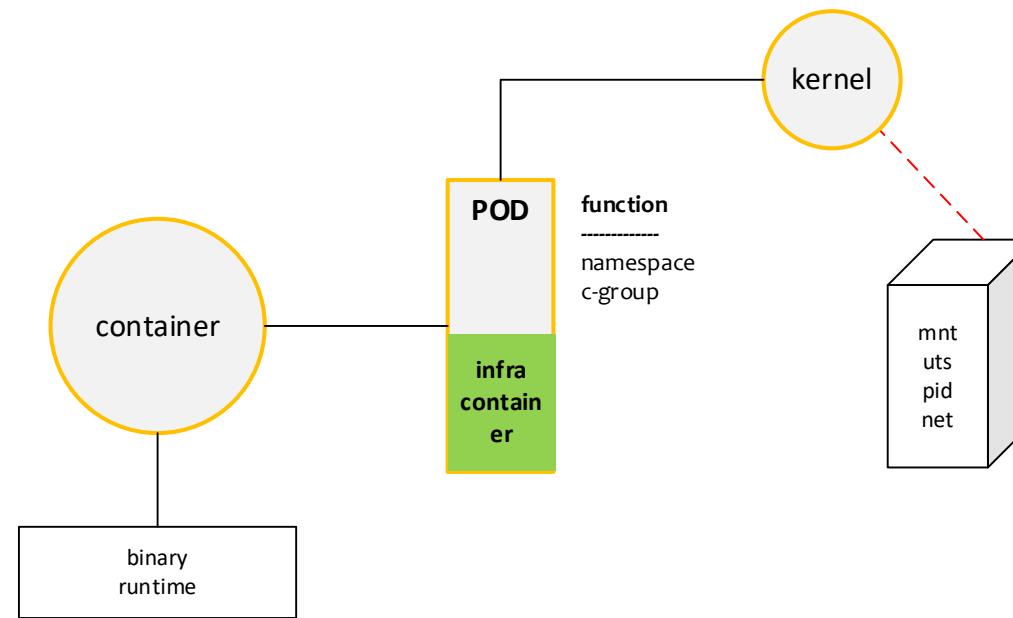


POD and COMMON

CONTAINER MONITOR



INFRA CONTAINER



PODMAN COMMAND

PODMAN



podman

PODMAN

포드만은 docker의 대안으로 나온 컨테이너 런타임.

컨테이너 런타임은 데몬리스(daemonless)의 컨테이너 관리자이다.

자체적으로 API서비스를 가지고 있으며, 필요가 없는 경우
컨테이너 데몬을 실행할 필요가 없다.

PODMAN

포드만은 도커와 호환성을 제공한다.

io.podman.service, podman.service 데몬은 API를 제공.

- docker-compose
- docker-build
- volume
- network

PODMAN

- 포드만은 쿠버네티스 런타임으로 사용은 불가능함.
- 독립적인 구성만 가능하며, API기반으로 '**DOCKER-EE**'와 같은 기능을 제공함.

PODMAN

What is Podman? **Podman is a daemonless container engine for developing, managing, and running OCI Containers** on your Linux System. Containers can either be run as root or in rootless mode. Simply put: alias docker=podman

PODMAN

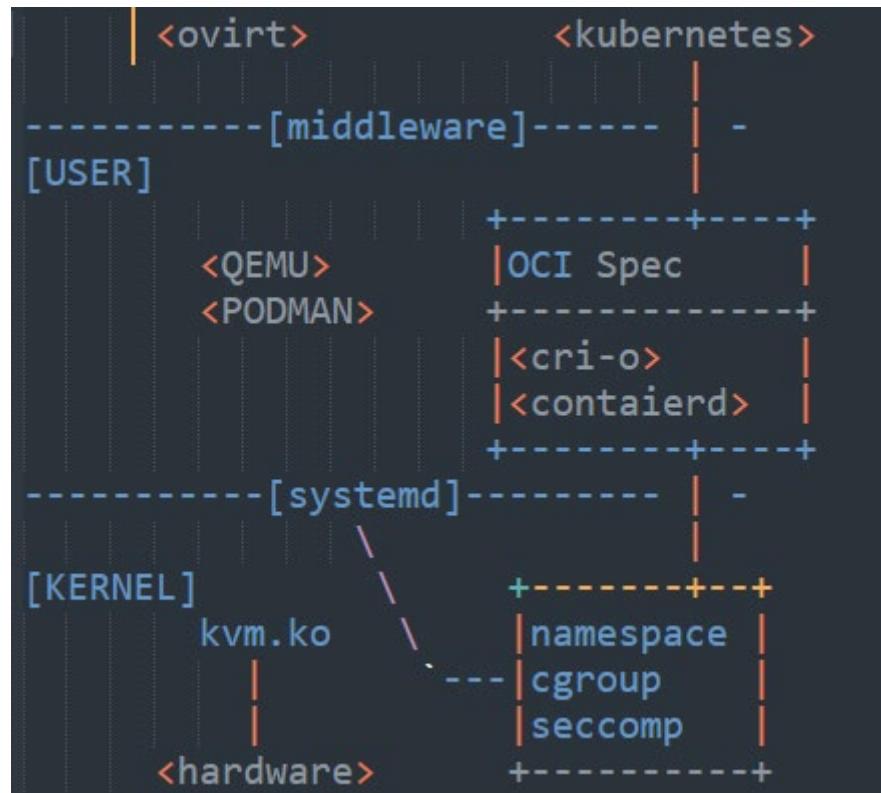
현재 사용하는 모든 컨테이너 시스템은 다음과 같은 표준을 따르고 있다. Podman(이하 앞으로 포드만)은 아래 사양을 따르고 있다.

1. **OCI**, Open Container Initiative
2. **CNI**, Container Network Interface
3. **CSI**, Container Storage Interface
4. **CRI**, Container Runtime Interface

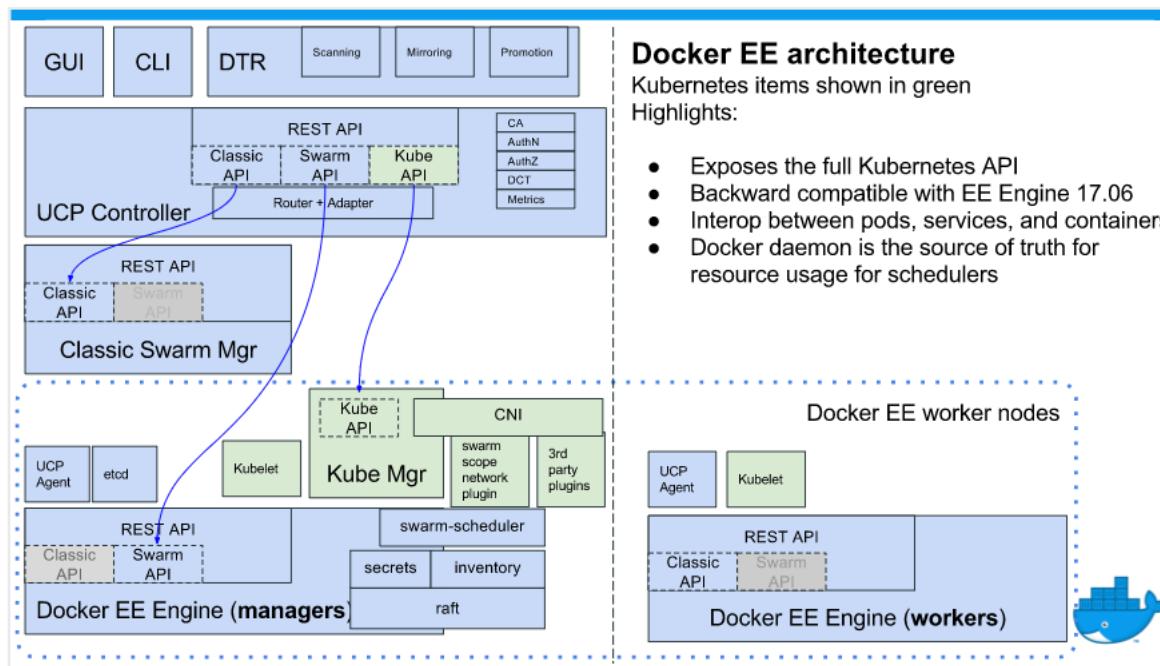
DOCKER

1. 도커는 DOCKER CE, EE 두 가지 버전으로 지원.
2. 현재는 Mirantis라는 회사로 인수 및 개발중지.
3. DOCKER-CE는 Containerd로 분리가 되었음.
4. Containerd는 현재 CRI/OCI기본 컨테이너 런타임 및 이미지 표준.

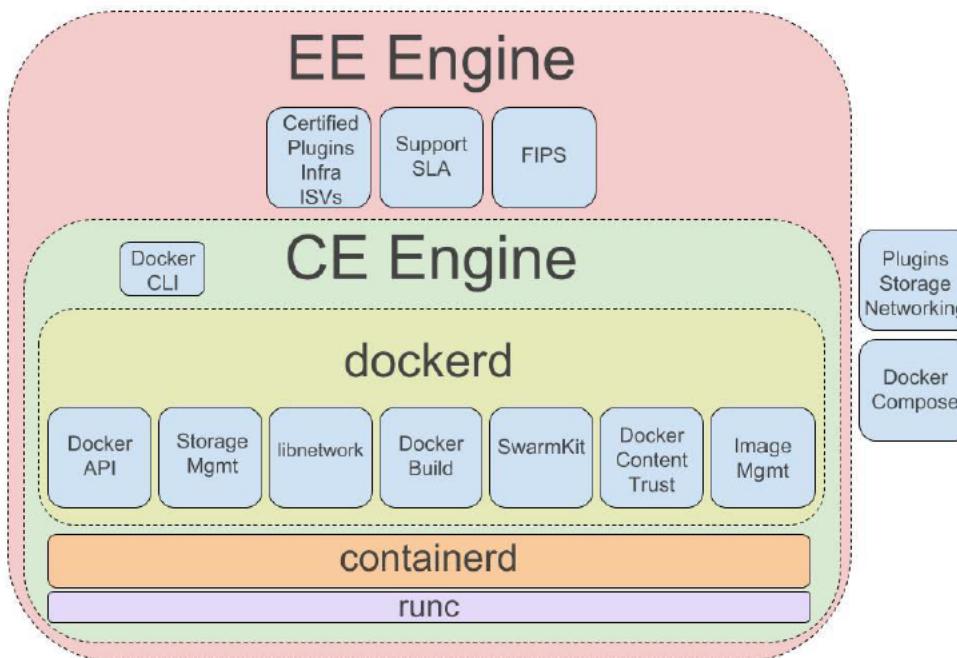
DOCKER



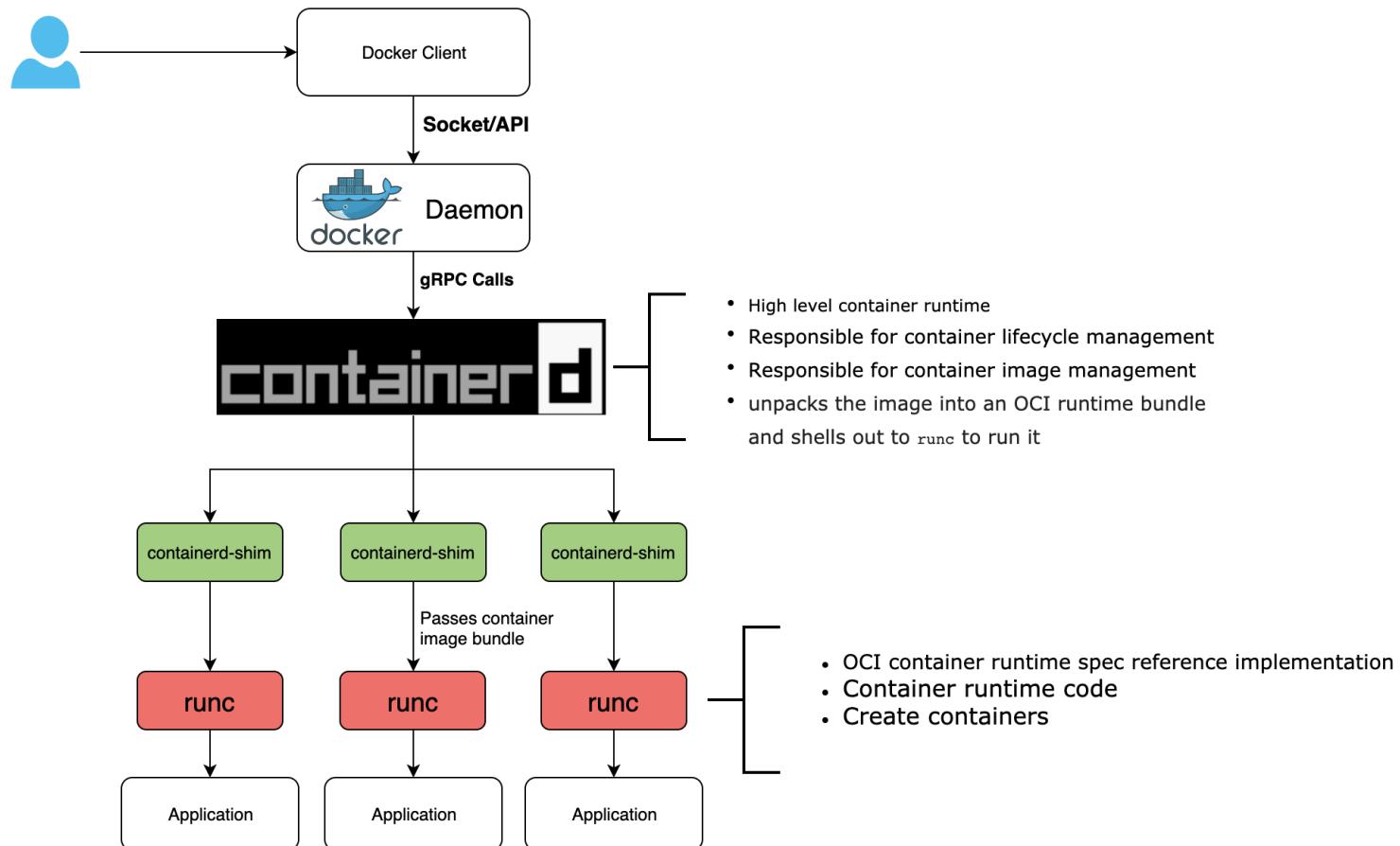
DOCKER CE/EE



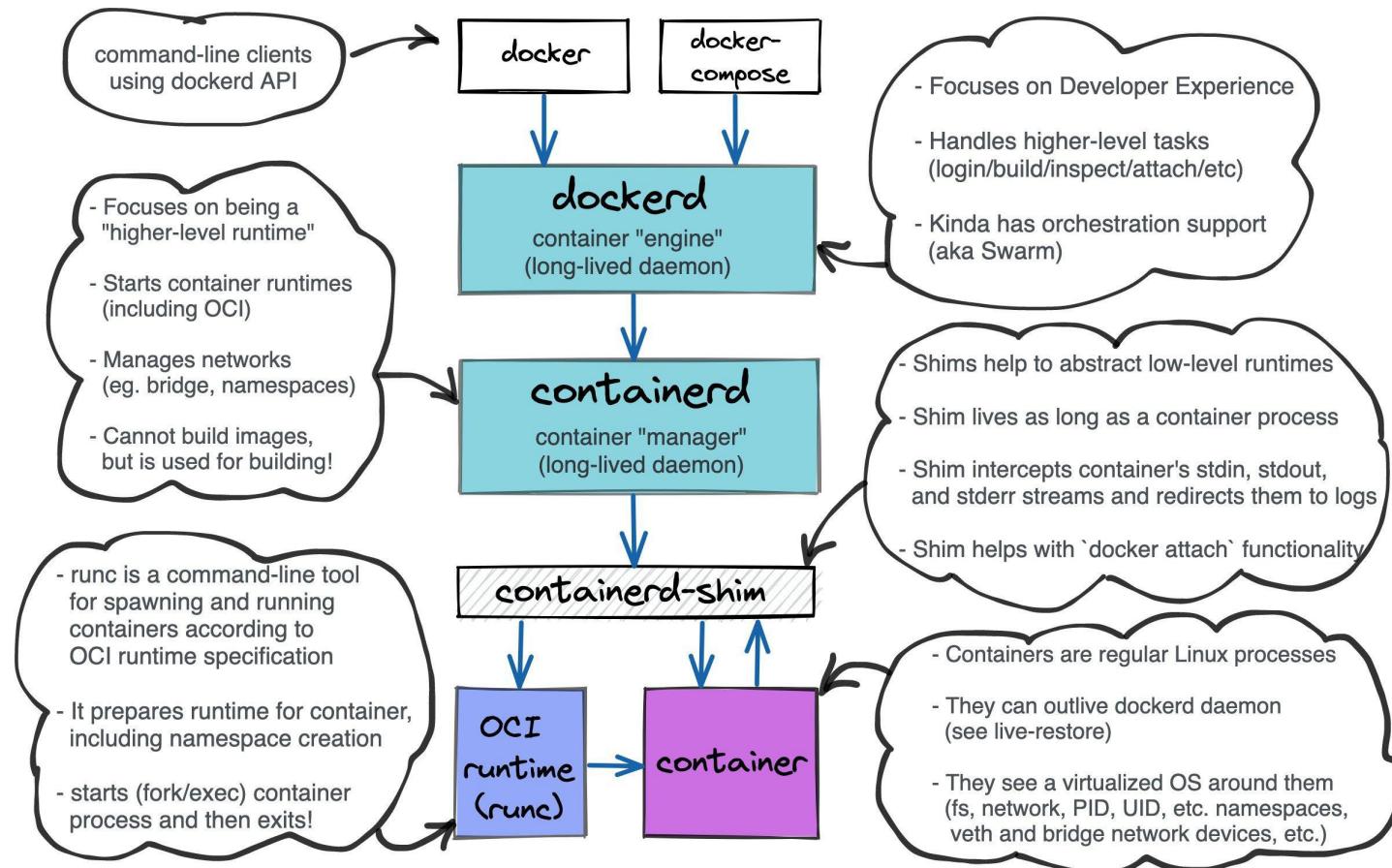
DOCKER CE/EE



CONTAINERD(FROM DOCKER)



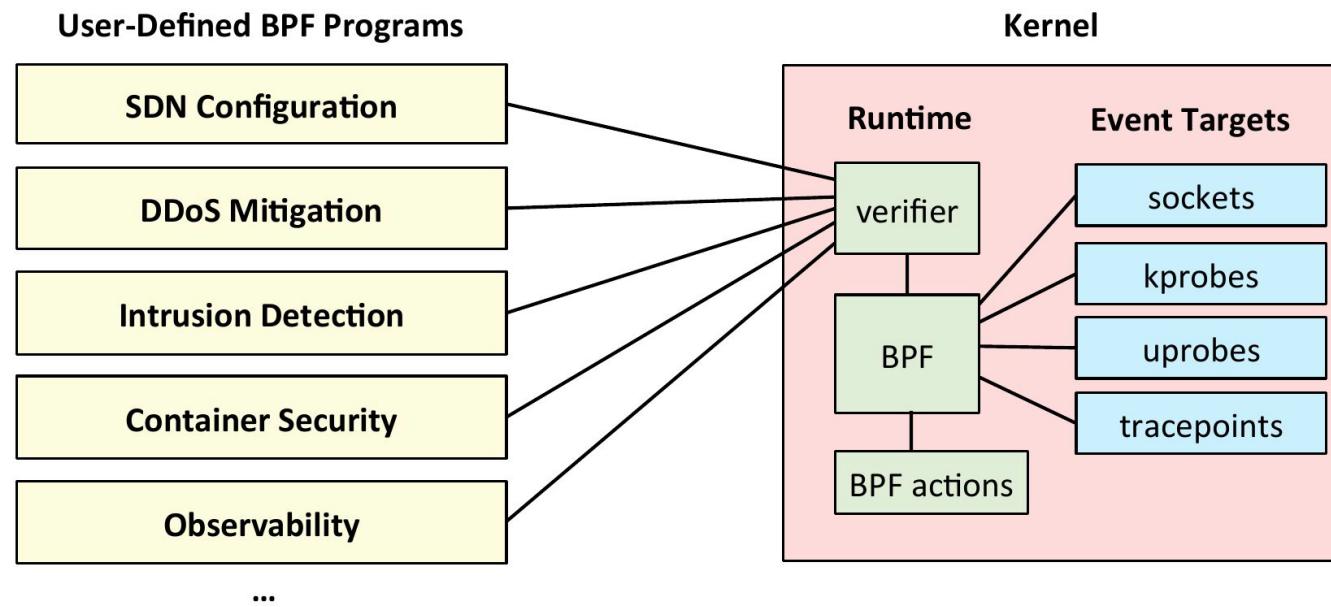
CONTAINERD(FROM DOCKER)



NETWORK BPF

Enhanced BPF

also known as just "BPF"



TRACING TIMELINE

A Linux Tracing Timeline

- 1990's: Static tracers, prototype dynamic tracers
- 2000: LTT + DProbes (dynamic tracing; not integrated)
- 2004: kprobes (2.6.9)
- 2005: DTrace (not Linux), SystemTap (out-of-tree)
- 2008: ftrace (2.6.27)
- 2009: perf (2.6.31)
- 2009: tracepoints (2.6.32)
- 2010-2016: ftrace & perf_events enhancements
- 2014-2016: BPF patches

also: LTTng, ktap, sysdig, ...

BPF/eBPF/XDP

BPF

Berkeley Packet Filter(BPF)의 약자. BSD계열에서 사용하고 있는 기능을 리눅스로 이식하여 현재 사용하고 있음. BPF는 커널 3.15에서 도입이 되었으며, 개발은 1992년도에 되었음.

BPF

기존 BPF는 커널 수준에서만 필터링 하였다. 하지만, 가상머신 및 컨테이너 같은 시스템이 활성화 되면서, 커널에서 필터링을 할 수 없는 부분이 발생하였고, 이를 확장하기 시작하였다. 그래서 기존에 사용하던 BPF는 cBPF(Classic Berkeley Packet Filter)라고 부르기 시작하였다. 이는 32비트 영역만 지원한다.

이를 eBPF(Extended Berkeley Packet Filter)라는 이름으로 수정하였고, 사용자 영역 및 32비트 이상의 데이터도 접근 및 핸들링 할 수 있도록 하였다.

BPF/eBPF

BPF, eBPF는 다음과 같은 기능을 제공한다.

하드웨어 기반 가속기능(NIC)

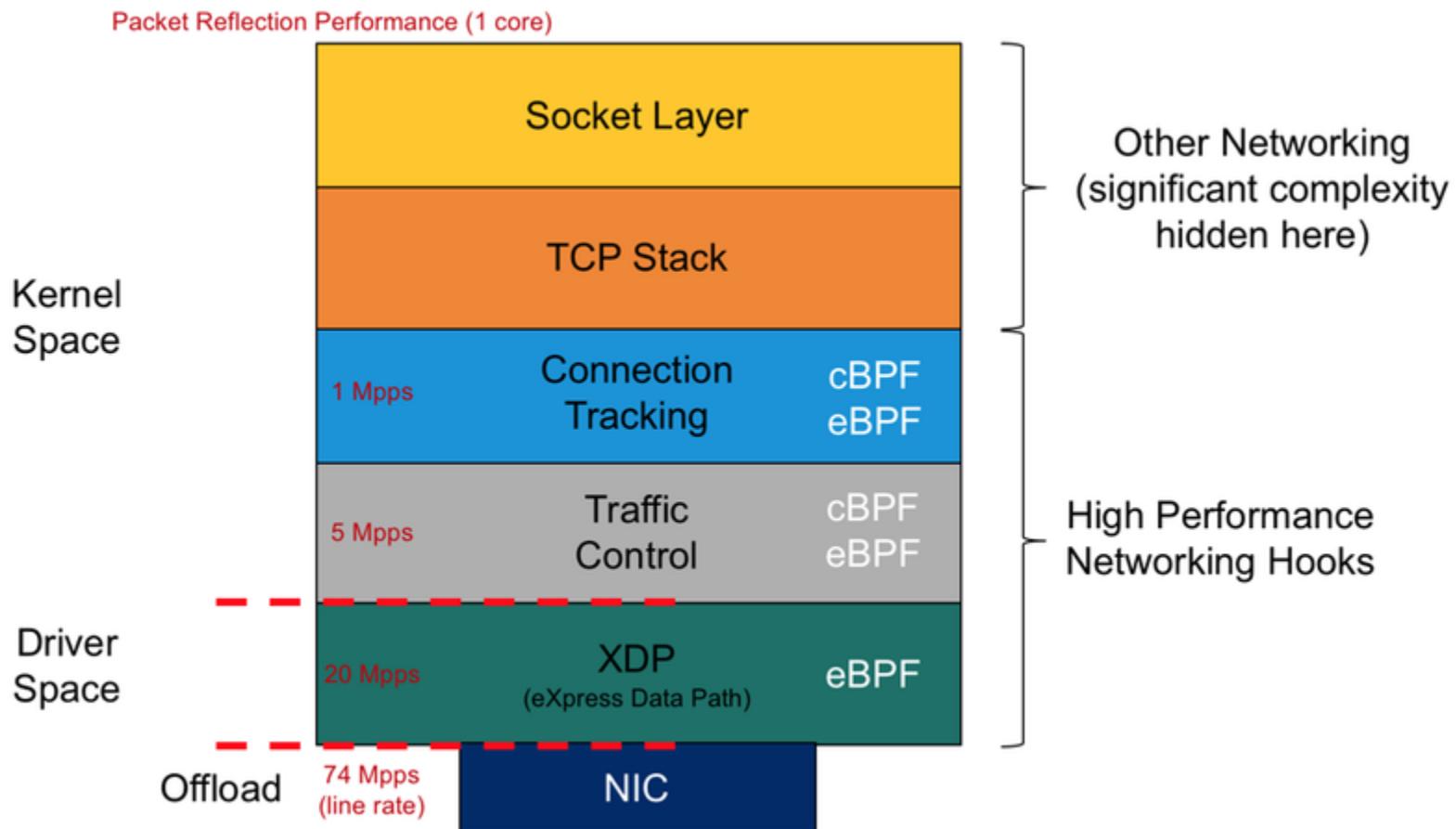
CPU에서 제공하는 암호화 및 소수점 기능을 통한 가속화

XDP

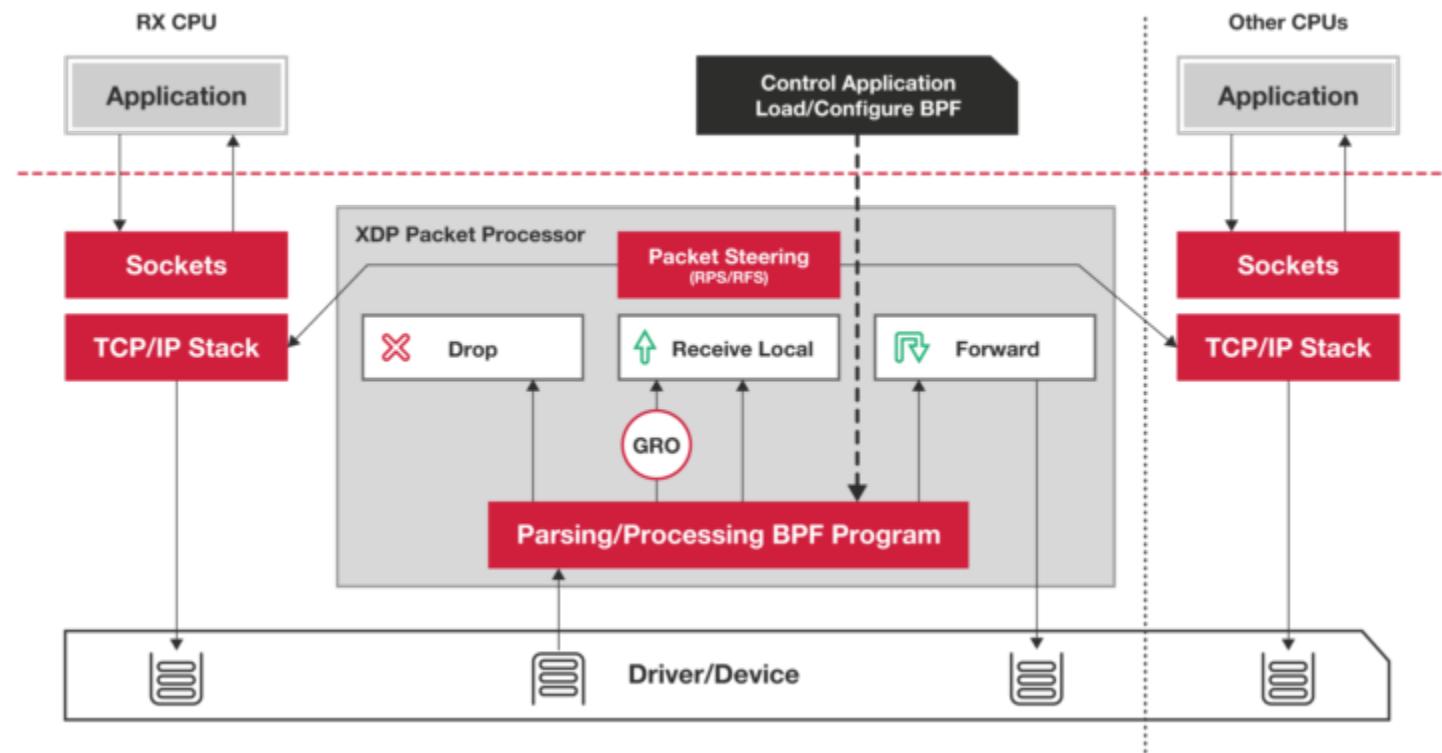
BPF 및 eBPF는 기본적으로 BSD에 구성된 기능이기 때문에 BSD 커널에서 다루지 않는 부분은 사용하기 어렵다.

그래서 리눅스는 XDP(eXpress Data Path)프로젝트를 통해서 데이터 부분에 대한 필터링도 지원한다. XDP를 사용하는 경우 하드웨어가 BPF 기능을 지원하지 않아도 XDP를 통해서 필터링이 가능하다.

BPFs

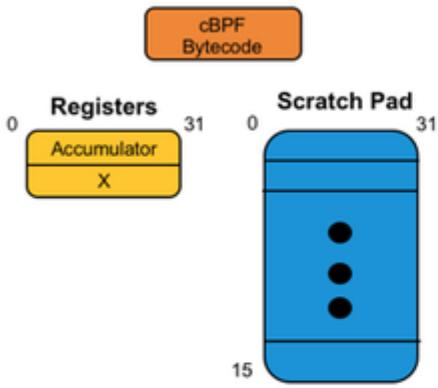


XDP

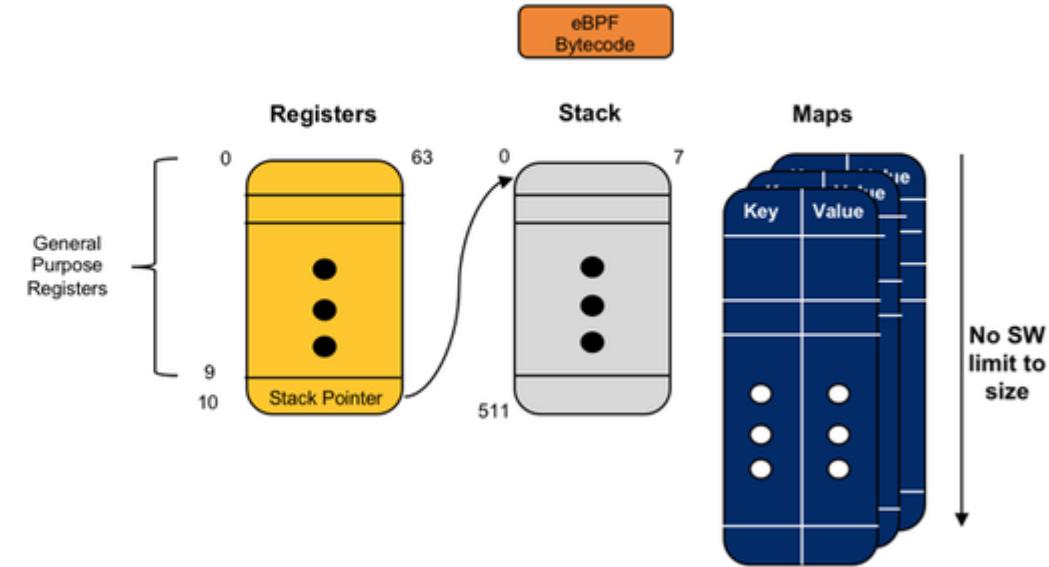


BPF/eBPF

Classical BPF Machine



Extended BPF Machine



BPF LINUX VERSION

BPF Enhancements by Linux Version

- 3.18: bpf syscall
- 3.19: sockets
- 4.1: kprobes
- 4.4: bpf_perf_event_output
- 4.6: stack traces
- 4.7: tracepoints
- 4.9: profiling

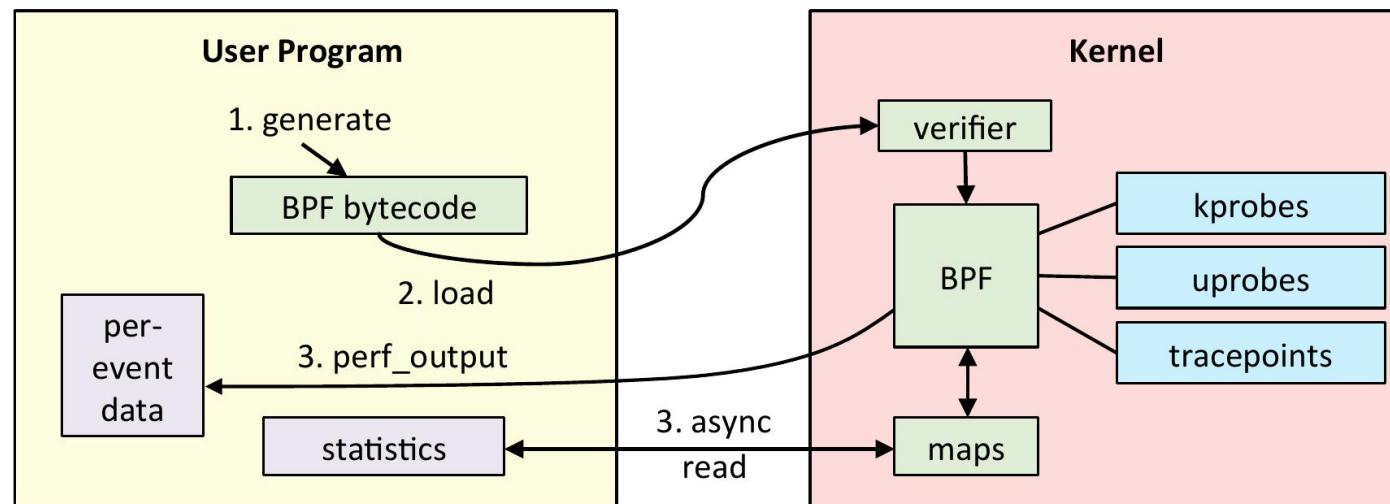
eg, Ubuntu:

16.04

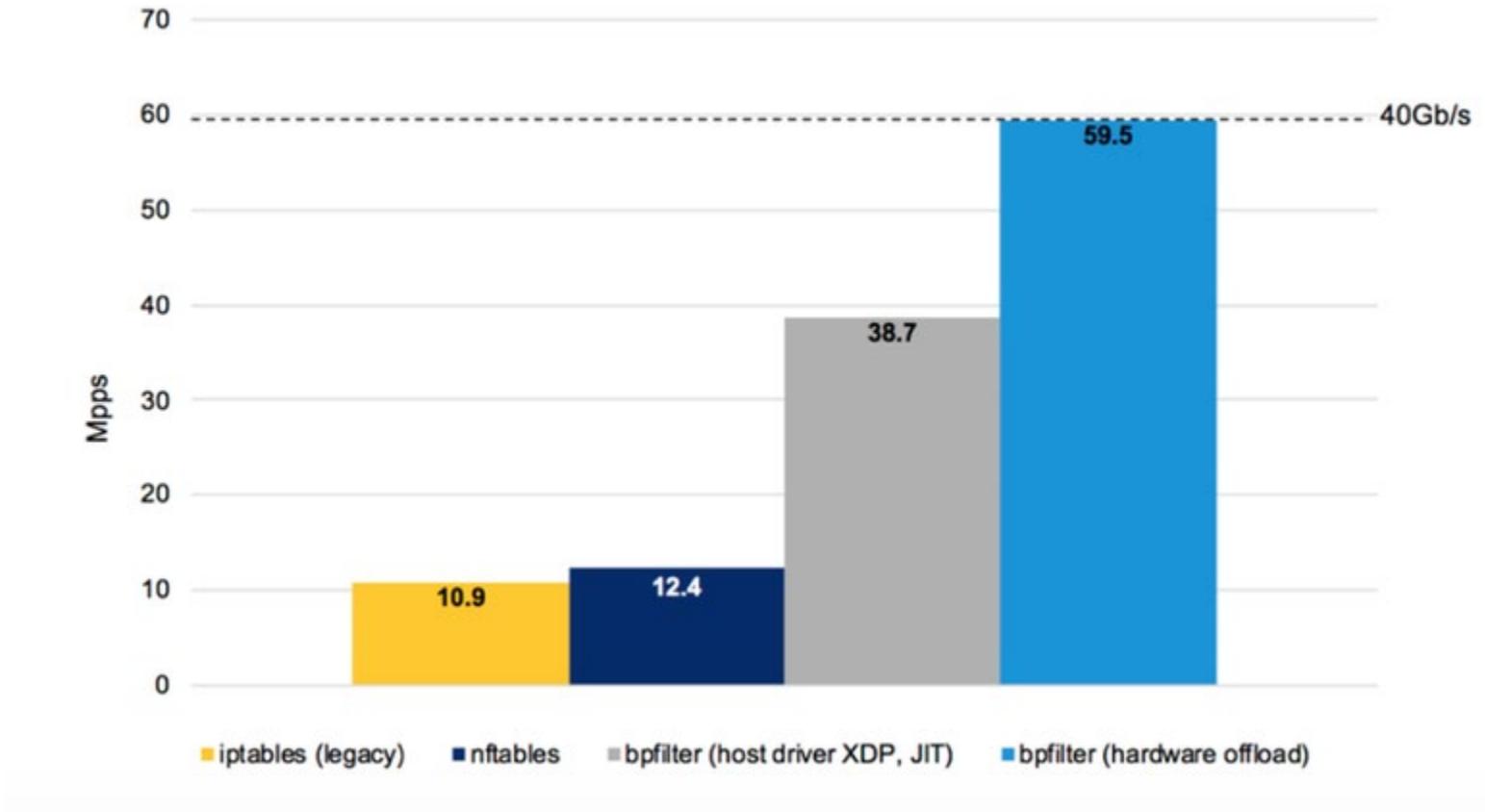
16.10

BPF LINUX VERSION

BPF for Tracing



IPTABLES/NFTABLES/BPF



RUNC/OCI

OCI

OCI는 컨테이너를 관리하는 영역이다. 컨테이너 프로그램이 실행이 되면 모든 컨테이너는 OCI를 통해서 실행이 된다.

앞서 이야기 하였지만, 포드만이 컨테이너 라이프 사이클을 관리하며, 컨테이너 실행은 아래 프로그램들이 담당한다.

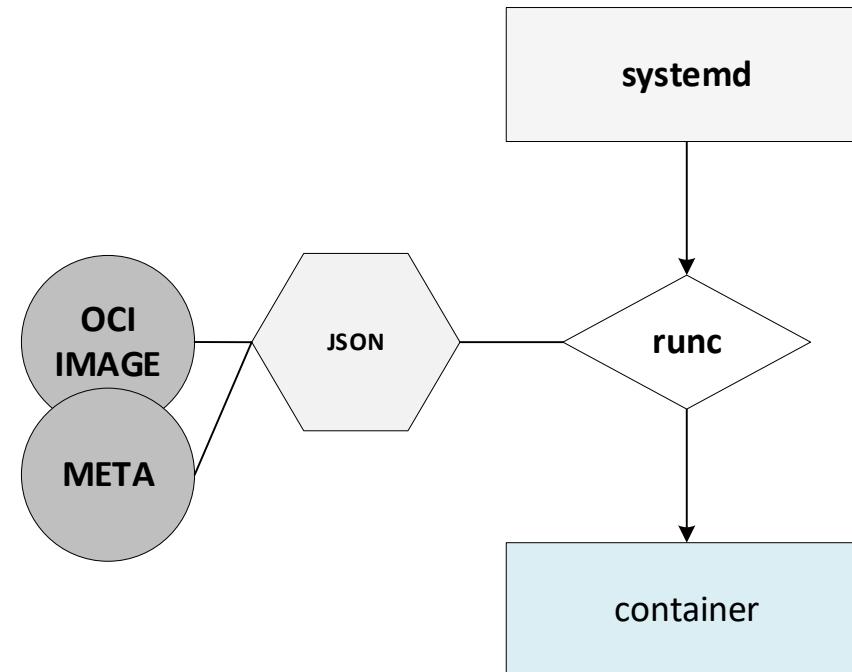
1. runc
2. crun
3. kata
4. gVisor

RUNC

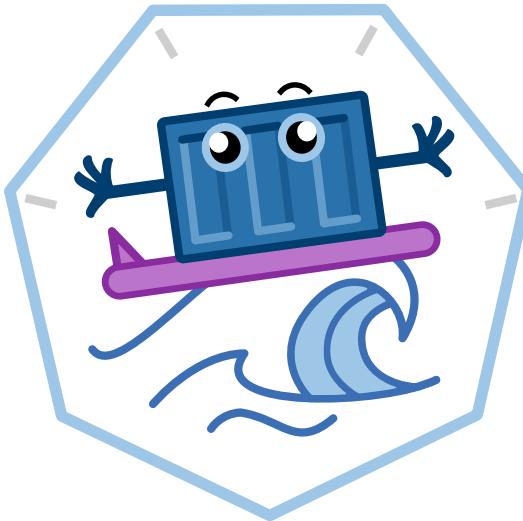
OCI는 컨테이너를 관리하는 영역이다. 컨테이너 프로그램이 실행이 되면 모든 컨테이너는 OCI를 통해서 실행이 된다. 대표적인 관리 프로그램은 다음과 같다.

RUNC

RUNC는 Go-Lang 기반으로 작성된 컨테이너 실행자. 현재 대부분 리눅스 배포판의 컨테이너는 RUNC기반으로 동작한다.



CRUN



crun

CRUN

RUNC와 동일한 기능을 제공하나, **CRUN**보다 가볍고 빠르게 실행한다.

하지만, 모든 상황에서 **CRUN** 사용할 수 없기 때문에, 사용을 원하는 경우 **OCI**지원 사양을 확인 후 사용 결정을 하는게 좋다.

CRUN

1. A fast and low-memory footprint OCI Container Runtime fully written in C.
2. crun conforms to the OCI Container Runtime specifications (<https://github.com/opencontainers/runtime-spec>).

CRUN 성능

100 /bin/true

crun	runc	%
0:01.69	0:3.34	-49.4%

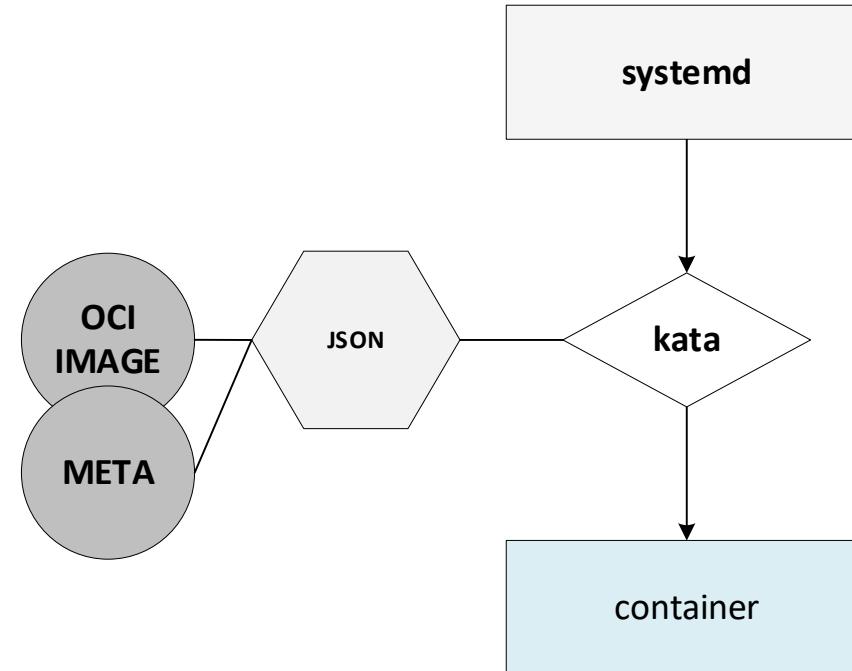
Kata



Kata

Kata는 OCI 호환이 되는 컨테이너 실행자이다.

현재 **Kata**를 기본적으로 사용하는 컨테이너 런타임은 레드햇 오픈 시프트 **CoreOS** 기반에서 사용하고 있다.



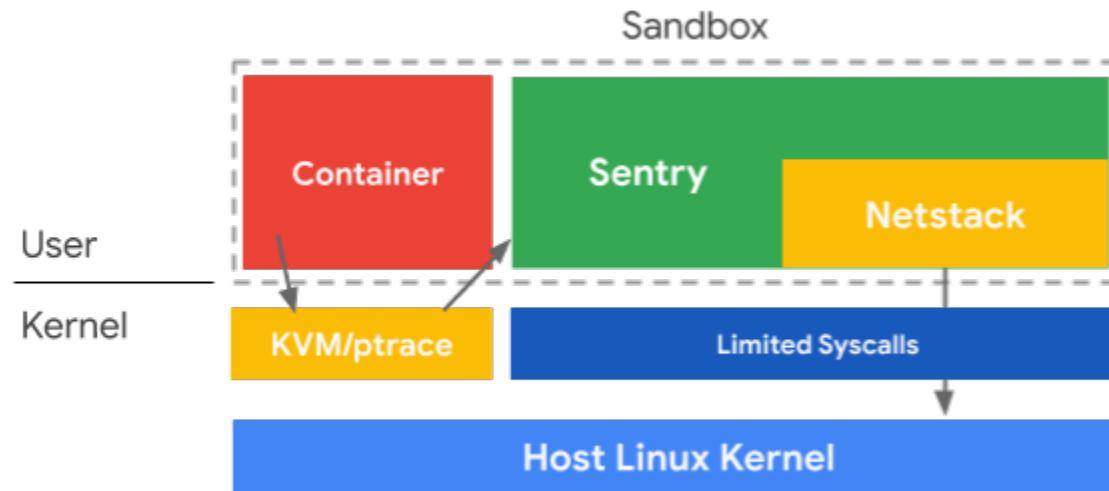
gVisor



gVisor

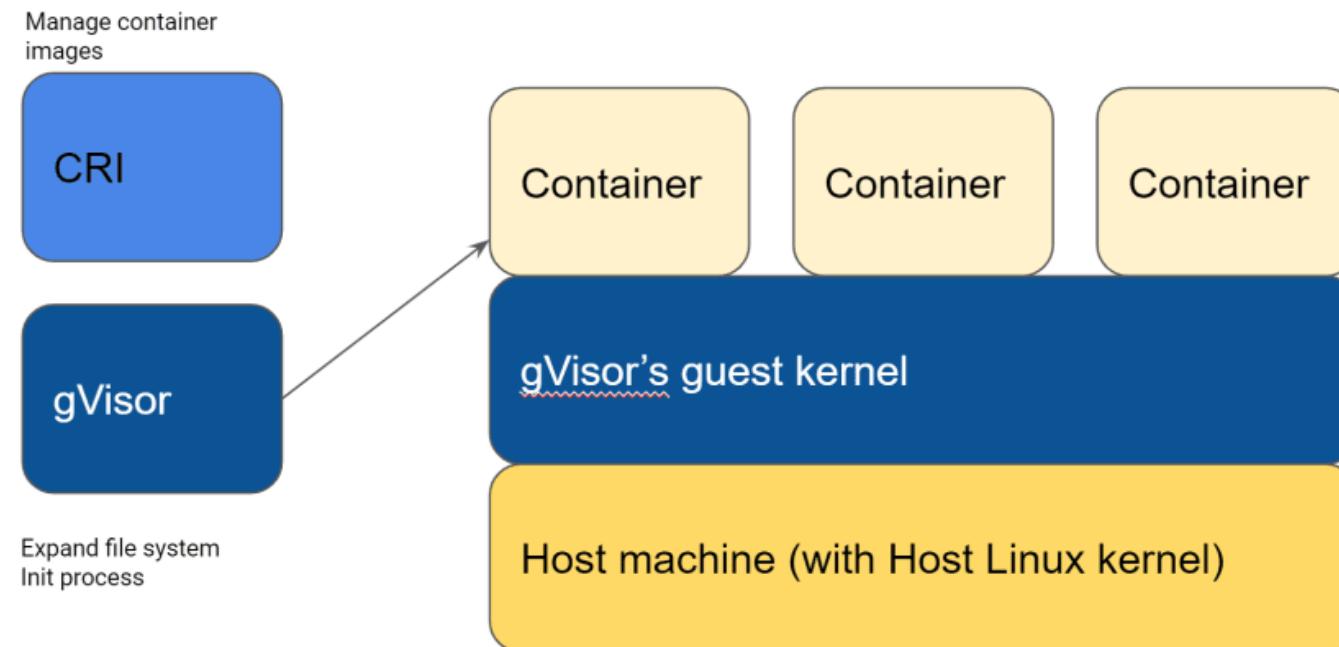
gVisor

gVisor는 GO언어로 작성된 컨테이너 실행자이다. Kata처럼 OCI와 호환이 되며, 'runsc'를 통해서 커널과 애플리케이션의 영역을 격리한다.



gVisor

CRI and gVisor



OCI APPLICATION LAYER



POD EMULATE

POD EMULATE #1

구성 조건

CREATE NAMESPACE

```
ip netns add redapp
```

```
ip netns add blueapp
```

```
ip netns
```

NAMESPACE WITH BRIDGE

ip link set dev bridge-if1 up

ip link# create peered veth for each namespace
ip link add veth-blue1 type veth peer name veth-blue1-br1

ip link add veth-red1 type veth peer name veth-red1-br1
attach pipe to namespace and bridge
ip link set veth-blue1-br1 master bridge-if1

ip link set veth-red1-br1 master bridge-if1

ip link set veth-red1 netns redapp

ip link set veth-blue1 netns blueapp

VIRTUAL DEVICE WITH NAMESPACE

```
ip -n redapp addr add 192.168.1.11/24 dev veth-red1
```

```
ip -n blueapp addr add 192.168.1.12/24 dev veth-blue1# start the  
interfacesip -n redapp link set veth-red1 up
```

```
ip -n blueapp link set veth-blue1 up
```

```
ip link set dev veth-blue1-br1 up
```

```
ip link set dev veth-red1-br1 up
```

SET GATEWAY

```
ip netns exec blueapp ip route add default via 192.168.1.10 dev  
veth-blue1
```

```
ip netns exec redapp ip route add default via 192.168.1.10 dev  
veth-red1
```

NAT NODE1

```
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.1.0/24 -d  
10.130.0.10/32 -j MASQUERADE
```

NODE1 TEST

```
dnf install python3 -y
ip netns exec redapp python3 -m
http.server 8000
```

```
ip netns exec redapp curl http://127.0.0.1:8000
```

```
ip netns exec blueapp ping 192.168.1.11
```

```
ip netns exec blueapp curl http://192.168.1.11:8000
```

NODE2 TEST

```
ip netns exec blueapp ping 192.168.1.11
```

```
ip netns exec blueapp curl http://192.168.1.11:8000
```

```
ip netns exec redapp ping 192.168.1.11
```

```
ip netns exec redapp curl http://192.168.1.11:8000
```

NODE1

```
iptables -t nat -A PREROUTING -j DNAT -p tcp --dport 30001 -d  
10.128.0.2 --to-destination 192.168.1.11:8000
```

PODMAN 설치하기

INSTALLATION PODMAN

포드만 설치는 RHEL기반의 클론 버전인 ROCKY LINUX에서 설치한다. 가상머신은 이미 oVirt시스템에 리눅스 설치 및 구성이 되어 있기 때문에 바로 설치만 진행하면 된다.

```
$ dnf install podman  
$ podman images  
$ podman pods ls  
$ podman containers ls
```

INSTALLATION PODMAN

포드만 설치는 RHEL기반의 클론 버전인 ROCKY LINUX에서 설치한다. 가상머신은 이미 oVirt시스템에 리눅스 설치 및 구성이 되어 있기 때문에 바로 설치만 진행하면 된다.

```
$ dnf install podman  
$ podman images  
$ podman pods ls  
$ podman containers ls
```

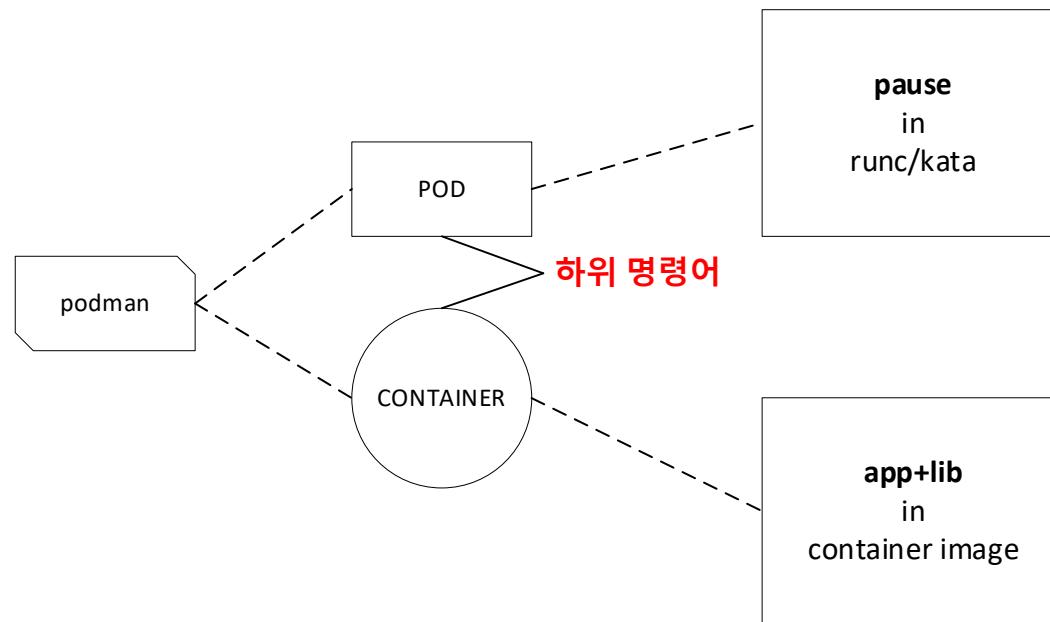
INSTALLATION PODMAN

포드만 설치는 RHEL기반의 클론 버전인 ROCKY LINUX에서 설치한다. 가상머신은 이미 oVirt시스템에 리눅스 설치 및 구성이 되어 있기 때문에 바로 설치만 진행하면 된다.

```
$ dnf install podman  
$ podman images  
$ podman pods ls  
$ podman containers ls
```

COMMAND

COMMAND STRUCTURE



PS

```
$ podman container ls  
$ podman ps
```

둘 다 동일한 컨테이너 목록을 출력. 권장은 '**podman container ls**' 명령어 사용을 권장.

POD

```
$ podman pod ls
```

생성 및 동작중인 POD를 확인한다. 일반적으로 사용하는 POD는 쿠버네티스에서 사용하는 'pause'기반으로 POD를 구성한다.

POD

POD는 배포판 조금씩 다를 수 있다. 레드햇 계열은 **RHLE 7**이후부터는 **kata**를 사용하고 있으며, 이전 버전들은 쿠버네티스의 **pause** 기반으로 사용하고 있다.

POD

```
$ podman pod start <ID> or <NAME>
```

POD ID CONTAINERS	NAME	STATUS	CREATED	INFRA ID	# OF
5de2fc474c1c	gallant_mahavira	Running	2 minutes ago	e223bc8ef0b7	1

문제가 없으면 Pod는 runc기반으로 동작한다.

catatonit

```
$ ps -ef | grep
```

POD ID CONTAINERS	NAME	STATUS	CREATED	INFRA ID	# OF
5de2fc474c1c	gallant_mahavira	Running	2 minutes ago	e223bc8ef0b7	1

문제가 없으면 Pod는 kata기반으로 동작한다. RHLE 8/9 기반의 배포판은 kata기반으로 동작한다.

pause(centos-7)

```
$ ps -ef | grep
```

POD ID CONTAINERS	NAME	STATUS	CREATED	INFRA ID	# OF
56b25442cc2d e3789980eefc	recursing_newton	Running	About a minute ago	1	

문제가 없으면 Pod는 runc기반으로 동작한다. centos7까지는 runc기반으로 동작한다.

POD VERIFY

```
$ podman image save <ID> -o pause.tar
```

```
Copying blob d3462f6f15cc done
```

```
Copying config c7660493b5 done
```

```
Writing manifest to image destination
```

```
Storing signatures
```

```
[root@container ~]# ls
```

```
anaconda-ks.cfg  pause.tar
```

```
[root@container ~]# tar xf pause.tar -C /tmp/
```

RUN

```
$ podman run -ti --rm centos:stream9-minimal bash
```

런타임 밑으로 컨테이너를 실행한다.

-t: pseudo 장치로 컨테이너 tty를 구성 및 연결한다.

-i: 대화형 모드.

--rm: 컨테이너가 중지가 되면, 컨테이너를 제거한다.

bash: 맨 끝에 명령어는 컨테이너에서 실행하는 명령어를 적는다.

RUN

이미지가 없으면 먼저 이미지를 내려받기, 그리고 컨테이너를 runc나 혹은 kata기반으로 실행한다.

컨테이너 안에서 모든 명령어는 아니지만, 이미지에 미리 구성된 명령어 몇 가지를 실행 할 수 있다.

```
# podman run -it --rm centos:stream9-minimal bash
[root@9bab61b80300 /]# ip link
bash: ip: command not found
[root@9bab61b80300 /]# ls /bin | wc -l
```

RUN

```
[root@9bab61b80300 /]# cd /dev/  
[root@9bab61b80300 dev]# ls  
console  core   fd    full   mqueue  null   ptmx  pts  
random   shm    stderr  stdin  stdout  tty   urandom  
zero  
[root@9bab61b80300 dev]#
```

RUN(PORT)

```
$ podman run -d -p 80:8080 --rm --name centos-
httpd centos7/httpd-24-centos7
```

-p: 컨테이너에서 사용하는 포트를 호스트로 바인딩한다. 왼쪽은 '컨테이너 포트', 오른쪽은 '호스트 포트'를 명시한다.

RUN(PORT)

```
$ podman run -d -p 8080:80 --rm --name centos-
httpd centos7/httpd-24-centos7
```

-p: 컨테이너에서 사용하는 포트를 호스트로 바인딩한다. 왼쪽은 '**호스트 포트**', 오른쪽은 '**컨테이너 포트**'를 명시한다.

RUN(PORT)

```
# podman port -l or port <CONTAINER ID/NAME>  
80/tcp -> 0.0.0.0:8080
```

컨테이너 포트

호스트 포트

RUN(EXEC)

컨테이너 실행자마다 다르지만, 최근 컨테이너 실행자는 점점 '**tty**', '**pts**'를 지원하지 않는다.

STOP

```
$ podman stop <CONTAINER ID> <CONTAINER NAME>
```

```
$ podman container stop
```

컨테이너를 중지하기 위해서 'stop'명령어를 실행한다.

```
$ podman ps / podman container ps
```

중지가 잘 되었는지 'ps'명령어를 통해서 확인한다.

STOP

```
$ podman container stop --all
```

실행중인 모든 컨테이너를 중지하기 위해서는 '--all' 명령어를 통해서 중지가 가능하다.

```
$ podman container stop -t <SIGKILL NUMBER>  
<CONTAINER ID OR NAME>
```

올바르게 컨테이너가 중지되지 않으면 직접적으로 중지 신호를 명시 할 수 있다.

START

```
$ podman container start <ID> <CONTAINER NAME>
```

중지된 컨테이너를 다시 실행하기 위해서 위의 명령어로 실행한다.

--all: 중지된 모든 컨테이너를 실행한다.

--attach: 터미널에 실행중인 컨테이너 **표준출력**을 연결한다.

-i(interactive): 대화형 형태로 **표준입력**을 연결한다.

INSPECT

```
$ podman image inspect <ID> <NAME>
```

container

pod

동작중인 pod/container의 정보를 확인한다. 정보는 JSON형태로 제공한다. 이미지도 역시 inspect명령어로 확인이 가능하다.

INSPECT

자주 사용하는 옵션은 다음과 같다.

--latest(-l): 마지막에 실행된 컨테이너의 정보를 확인한다. 이름 및 컨테이너 아이디 명시가 필요 없다.

--format: JSON에서 특정 데이터 딕셔너리를 선택하여 화면에 출력한다.

--size: 컨테이너가 사용하는 공간 크기를 같이 검사한다. image, pod에서는 이 옵션은 동작하지 않음.

INSPECT

```
$ podman container inspect centos-httpd --format  
'{{ .Config.Cmd }}'  
[/usr/bin/run-httpd]
```

INSPECT

```
# podman container inspect centos-httpd --format  
'{{ .Config.StopSignal }}'
```

INSPECT

```
# podman container inspect centos-httpd --format  
'{{ .NetworkSettings.Ports }}'  
map[8080/tcp:[{ 80 }] 8443/tcp:[]]
```

PS

```
# podman container ps
```

CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	
CREATED	STATUS	PORTS	NAMES
a98f2a616cfa	quay.io/xinick/containerlab/httpd:latest	/bin/sh -c httpd ...	2 hours ago
gallant_mahavira		Up 2 hours ago	0.0.0.0:8080->80/tcp

PS

'ps'명령어는 '**process**'의 약자이며, 컨테이너에서 동작중인 프로세스 목록을 확인한다.

--size: 현재 사용중인 컨테이너의 크기를 확인한다. 다만, 시간이 좀 걸린다.

--sort: 정렬 기준의 필드를 선택합니다.

--noheading: 맨 위의 제목 필드를 출력하지 않는다.

--latest(-l): 마지막에 생성된 컨테이너를 출력한다.

--watch(-w): 실시간으로 프로세스 목록을 명시된 초만큼 갱신한다.

RM

```
# podman container rm centos-httpd  
pod
```

컨테이너를 제거한다. 다만, 컨테이너 제거 시, 컨테이너에서 사용하는 프로세스는 반드시 중지가 되어 있어야 한다.

--all: 모든 컨테이너를 제거한다.

--force: 컨테이너를 강제로 제거한다. 다만, 사용 중이면, 컨테이너가 중지가 될 때 제거가 된다.

RM

```
# podman rmi <IMAGE NAME OR ID>
```

런타임 엔진에서 관리하는 이미지를 제거한다.

--all: 모든 이미지를 한번에 제거한다. 다만, 사용중인 경우 제거가 되지 않을 수 있으며, 사용 중에 강제로 제거하면 컨테이너가 올바르지 않는 동작을 한다.

EXEC

컨테이너 내부에 명령어 실행. 컨테이너에서 생성된 파일이나 혹은 바인딩된 디렉터리를 확인 시 사용한다.

```
# podman exec -i centos-httpd bash -c 'cat >
/var/www/html/index.html' << _EOF
Hello World
_EOF
```

EXEC

```
# podman exec centos-httpd cat  
/var/www/html/index.html
```

```
# curl localhost:8080
```

대화형 모드는 반드시 '-i', '-t' 옵션을 통해서 접근이 가능하다.

COMMIT

```
# podman stop centos-httpd
# podman commit centos-httpd commit-httpd
Getting image source signatures
Copying blob 53498d66ad83 skipped: already exists
Copying blob e41246bc487f skipped: already exists
Copying blob d320f5da4f70 skipped: already exists
Copying blob 844121c44e03 done
Copying config 7fdd488049 done
Writing manifest to image destination
Storing signatures
7fdd4880496d7ed486ae5acd6a3f21af651ee11726d8a52744d3acc67897e074
```

COMMIT

```
$ podman run -d --name my-httpd -p8080:80 commit-  
httpd
```

CONTAINER IMAGE

Images are layered on top of each other inheriting files from the lower layer images.
Adding, removing and replacing files on lower level.



Lowest layer is called base image. Usually container libraries and package management tools to help create new layers.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container logs
```

```
Error: specify at least one container name or ID to log
```

```
[root@container ~]# podman container logs centos-httdp
```

```
=> sourcing 10-set-mpm.sh ...
```

```
=> sourcing 20-copy-config.sh ...
```

```
=> sourcing 40-ssl-certs.sh ...
```

```
---> Generating SSL key pair for httpd...
```

```
AH00558: httpd: Could not reliably determine the server's fully qualified domain name, using  
10.88.0.19. Set the 'ServerName' directive globally to suppress this message
```

```
[Sun Feb 05 06:47:31.399659 2023] [ssl:warn] [pid 1] AH01909: 10.88.0.19:8443:0 server certificate  
does NOT include an ID which matches the server name
```

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container mount
```

```
77da2c1e24e8
```

```
/var/lib/containers/storage/overlay/1b003f63da8767dce7dacdcc431  
045ef46264a003047efeb9c032061e1e7506c/merged
```

```
a98f2a616cfa
```

```
/var/lib/containers/storage/overlay/9e781c2758890d0d7e9328cd6c  
69674cec7a1c7840ed06e379d847637507abc1/merged
```

컨테이너에 마운트 혹은 바인딩이 된 자원을 확인한다.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container pause centos-httpd  
77da2c1e24e84283547e6b7defcdf80231b2833d28c18fa19bf5a0b222c88e  
85
```

```
$ podman container ls
```

CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	CREATED
STATUS	PORTS	NAMES	
a98f2a616cfa	quay.io/xinick/containerlab/httpd:latest	/bin/sh -c httpd ...	3 hours ago
Up 3 hours ago	0.0.0.0:8080->80/tcp	gallant_mahavira	

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container unpause
```

일시 중지된 컨테이너를 다시 시작 시 사용한다.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container prune
```

WARNING! This will remove all non running containers.

Are you sure you want to continue? [y/N]

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container rename centos-httpd centos-apache
```

```
$ podman container ps
```

CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	
CREATED	STATUS	PORTS	NAMES
842293d27f7d	quay.io/xinick/containerlab/httpd:latest	/bin/sh -c httpd ...	29 seconds ago 0.0.0.0:8080->80/tcp centos-apache

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container restart centos-apache  
842293d27f7d4bfe62c433fb50bb1a477944335cd65a8d94ee9  
7742be46b1b2b
```

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container checkpoint --keep centos-httpd  
1dcb10cfe96a65ffe63f2a8fba97d93ad7a1133b09372e5f4  
d347c4a5cc737bf
```

현재 상태를 체크포인트로 저장 합니다.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container restore centos-httpd  
1dcb10cfe96a65ffe63f2a8fba97d93ad7a1133b09372e5f4d347c  
4a5cc737bf
```

특정 시점으로 컨테이너 상태를 변경합니다. 이미지나 혹은
동작중인 컨테이너에 적용이 가능합니다.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container rm
```

이하 '**podman rm**'과 동일.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container run
```

이하 '**podman run**'와 동일.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container runlabel run  
runlabel install
```

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container start
```

이하 '**podman start**'와 동일.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container stats
```

ID	NAME	CPU %	MEM USAGE / LIMIT	MEM %	NET IO	BLOCK IO	PIDS	CPU TIME	AVG CPU %
1dcb10cfe96a	centos-httdp	0.04%	32.48MB / 2.728GB	1.19%	796B / 1.836kB	32.77kB / 0B	213	179.744ms	0.09%

컨테이너 상태를 확인 합니다. 이 정보는 **systemd**에서 **cgroup**으로 모니터링한다. 매 5초마다 정보를 갱신한다.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container stop
```

이하 '**podman stop**'과 동일.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container top <CONTAINER_ID> <NAME>
```

[root@container ~]# podman container top centos-httdp							
USER	PID	PPID	%CPU	ELAPSED	TTY	TIME	COMMAND
root	1	0	0.000	7m2.357571898s	?	0s	httpd -DFOREGROUND
apache	2	1	0.000	7m2.357666755s	?	0s	httpd -DFOREGROUND
apache	3	1	0.000	7m2.357688937s	?	0s	httpd -DFOREGROUND
apache	4	1	0.000	7m2.35770685s	?	0s	httpd -DFOREGROUND
apache	5	1	0.000	7m2.357724764s	?	0s	httpd -DFOREGROUND

네임스페이스에서 동작하는 프로세스의 CPU 사용률 및 동작 시간을 확인한다.

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container unmount
```

바인딩된 루트 파일시스템(root filesystem, /var/lib/containers/storage) 디렉터리를 컨테이너에서 해제한다. 컨테이너 재시작은 필요 없으며, 네임스페이스 공간을 통해서 연결이 해제된다.

```
$ podman inspect centos-httpd-volume --format '{{ .HostConfig.Binds }}'  
[htdocs:/var/www/html/:rw,rprivate,nosuid,nodev,rbind]
```

```
$ podman container unmount centos-httpd-volume
```

PODMAN CONTAINER

```
$ podman container wait
```

컨테이너의 실행 상태를 콘솔로 화면에 출력한다. 시스템에서 사용하는 시스템 리턴 코드와 동일하게 0, 1 그리고 125와 같은 숫자로 표현한다.

```
$ podman container wait --condition=running  
centos-httpd
```

CONTAINER IMAGE

IMAGE

```
$ podman image tree quay.io/xinick/containerlab/httpd
```

Image ID: 3a6f5259bcf9

Tags: [quay.io/xinick/containerlab/httpd:latest]

Size: 220.2MB

Image Layers

```
└── ID: 2833ead9b90c Size: 160.1MB Top Layer of:  
[quay.io/centos/centos:stream9]
```

```
    └── ID: 6215263c40f2 Size: 60.06MB Top Layer of:  
[quay.io/xinick/containerlab/httpd:latest]
```

IMAGE

```
$ podman image tree  
quay.io/xinick/containerlab/httpd
```

Image ID: 3a6f5259bcf9

Tags: [quay.io/xinick/containerlab/httpd:latest]

Size: 220.2MB

Image Layers

 └── ID: 2833ead9b90c Size: 160.1MB Top Layer of: [quay.io/centos/centos:stream9]

 └── ID: 6215263c40f2 Size: 60.06MB Top Layer of: [quay.io/xinick/containerlab/httpd:latest]

IMAGE

```
$ podman image tree  
quay.io/xinick/containerlab/httpd
```

Image ID: 3a6f5259bcf9

Tags: [quay.io/xinick/containerlab/httpd:latest]

Size: 220.2MB

Image Layers

 └── ID: 2833ead9b90c Size: 160.1MB Top Layer of: [quay.io/centos/centos:stream9]

 └── ID: 6215263c40f2 Size: 60.06MB Top Layer of: [quay.io/xinick/containerlab/httpd:latest]

IMAGE

```
$ podman image diff localhost/commit-httdp quay.io/xinick/containerlab/httdp
```

C/bin

C/boot

A/boot/grub

A/boot/grub/splash.xpm.gz

C/opt

A/opt/rh

A/opt/rh/httdp24

A/opt/rh/httdp24/enable

A/opt/rh/httdp24/root

A/opt/rh/httdp24/root/usr

IMAGE LIST

```
$ podman images
```

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	CREATED	SIZE
<none>	<none>	3b7f1f5086e4	2 hours ago	220 MB
localhost/commit-httdp	latest	7fdd4880496d	5 hours ago	357 MB
quay.io/xinick/containerlab/httdp	latest	3a6f5259bcf9	8 hours ago	220 MB
quay.io/centos7/httdp-24-centos7	latest	33ab4360c736	4 days ago	356 MB
quay.io/centos/centos	stream9-minimal	7e845c4c6810	11 days ago	99 MB
quay.io/centos/centos	stream9	0843f949a4db	11 days ago	160 MB
registry.fedoraproject.org/fedora	latest	19c0ae4dd222	8 weeks ago	190 MB

IMAGE

```
$ podman image inspect localhost/commit-httdp
[
{
  "Id": "7fdd4880496d7ed486ae5acd6a3f21af651ee11726d8a52744d3acc67897e074",
  "Digest": "sha256:4ae5952af80c478ccc332fa0818a21176648a5eb124df0d490018a90c8450813",
  "RepoTags": [
    "localhost/commit-httdp:latest"
  ],
  "RepoDigests": [
    "localhost/commit-httdp@sha256:4ae5952af80c478ccc332fa0818a21176648a5eb124df0d490018a90c8450813"
  ],
  "Parent": "33ab4360c73652858e24b92565196e9a422823551f8b444eb9a9dc9b76da6d1c",
  "IsDockerContainer": true,
  "Config": {
    "Image": "sha256:4ae5952af80c478ccc332fa0818a21176648a5eb124df0d490018a90c8450813",
    "Cmd": null,
    "EntryPoints": null,
    "Env": null,
    "Labels": null,
    "OnBuild": null,
    "Architecture": "x86_64",
    "Labels": {}
  },
  "Architecture": "x86_64",
  "Os": "linux",
  "Type": "image"
}
```

VOLUME

VOLUME VS BINDING

도커 혹은 포드만 두 가지 형태로 스토리지를 제공한다.

- CLI에서 명령어로 호스트 자원을 바인딩하는 방법.
- 런타임에서 볼륨 생성 후, 컨테이너에 전달하는 방법.
 - `/var/lib/containers/storage/volumes`

VOLUME VS BINDING

도커 혹은 포드만 두 가지 형태로 스토리지를 제공한다.

- CLI에서 명령어로 호스트 자원을 바인딩하는 방법.
- 런타임에서 볼륨 생성 후, 컨테이너에 전달하는 방법.
 - `/var/lib/containers/storage/volumes`

POD
(infra container)

as .service
under
systemd

COMPABILITY

K8S

SECURITY

BUILDAH

Dockerfile

Containerfile

SKOPEO

IMAGE SEARCH

IMAGE COPY

MIRRO

REGISTRY

REGISTRY

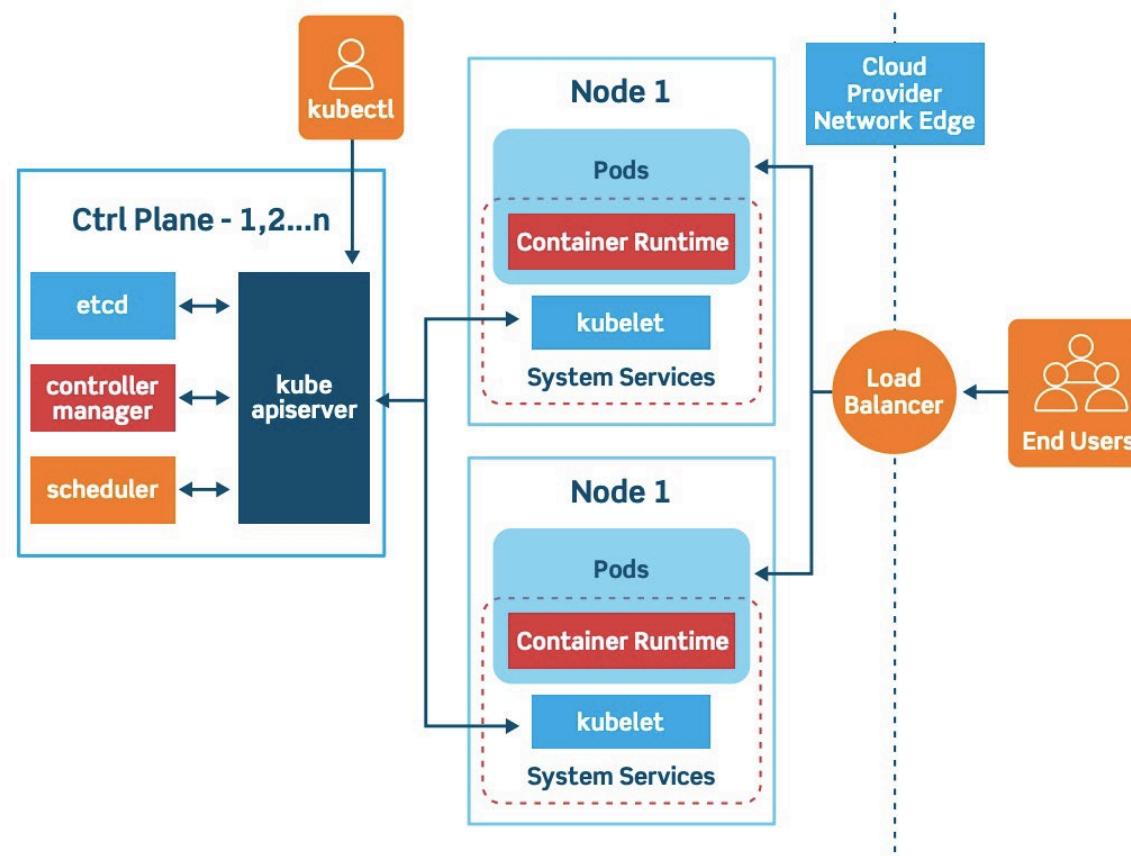
HABOR

QUAY

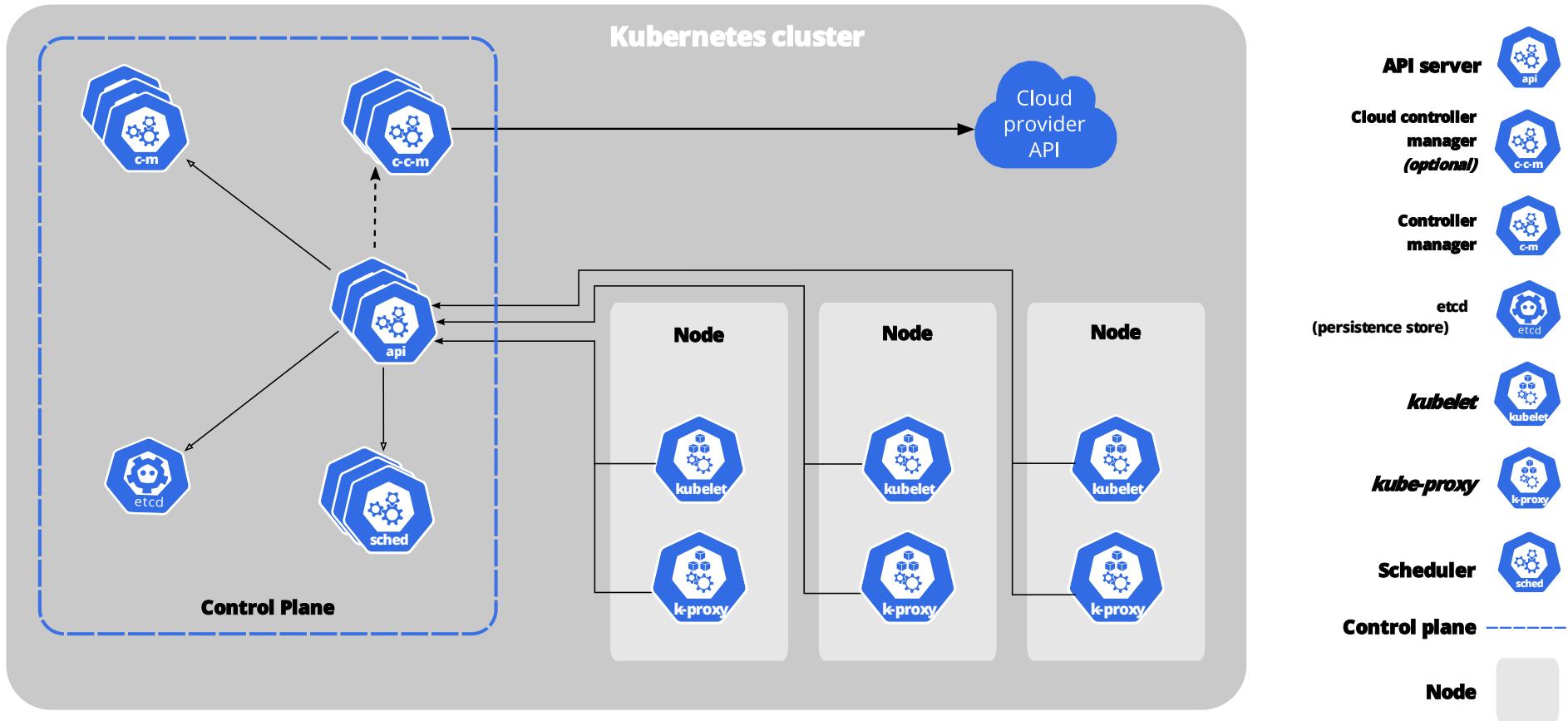
CONTAINER ORCHESTRATION

K8S

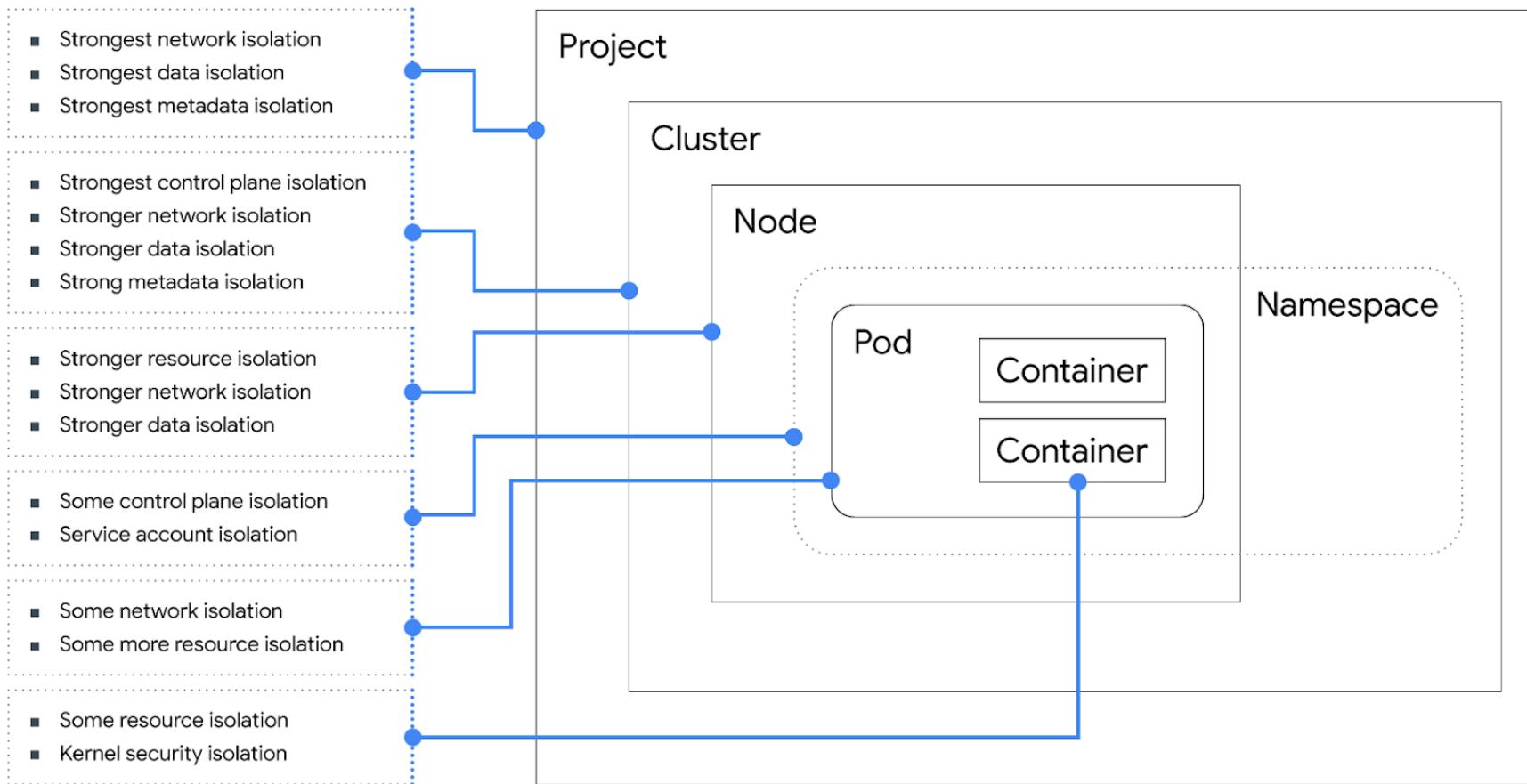
KUBERNETES DIAGRAM



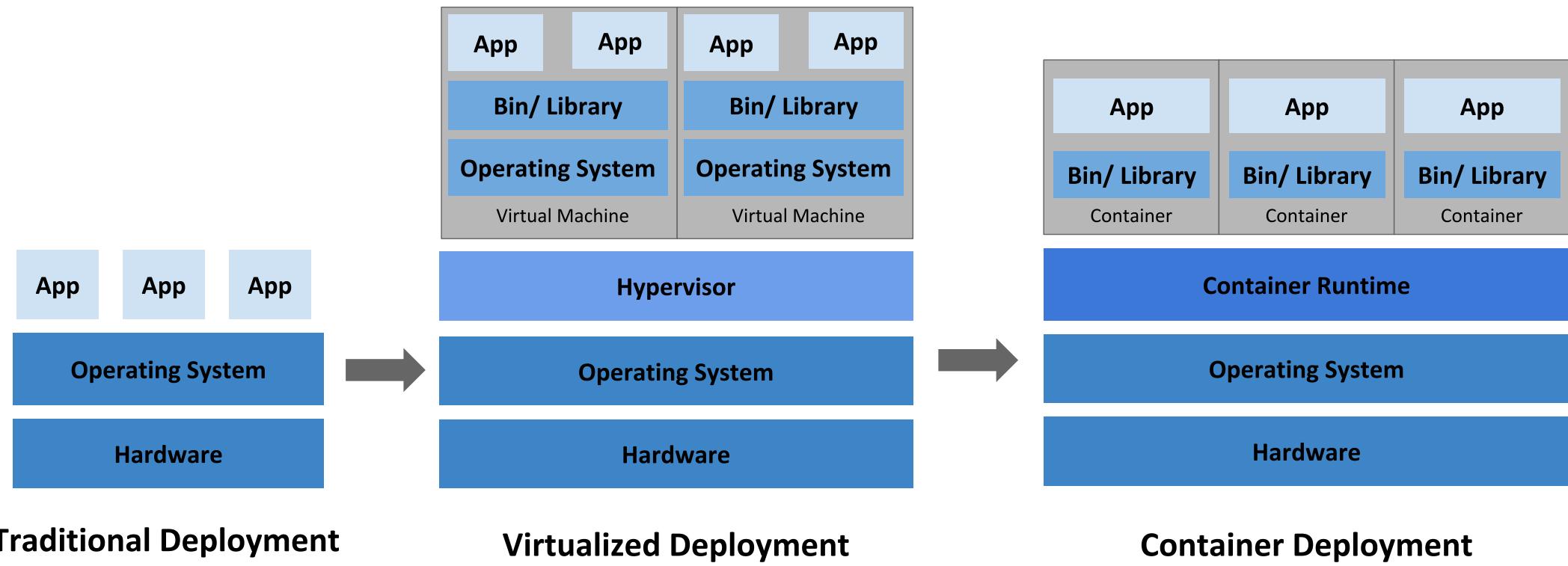
KUBERNETES COMPONENT



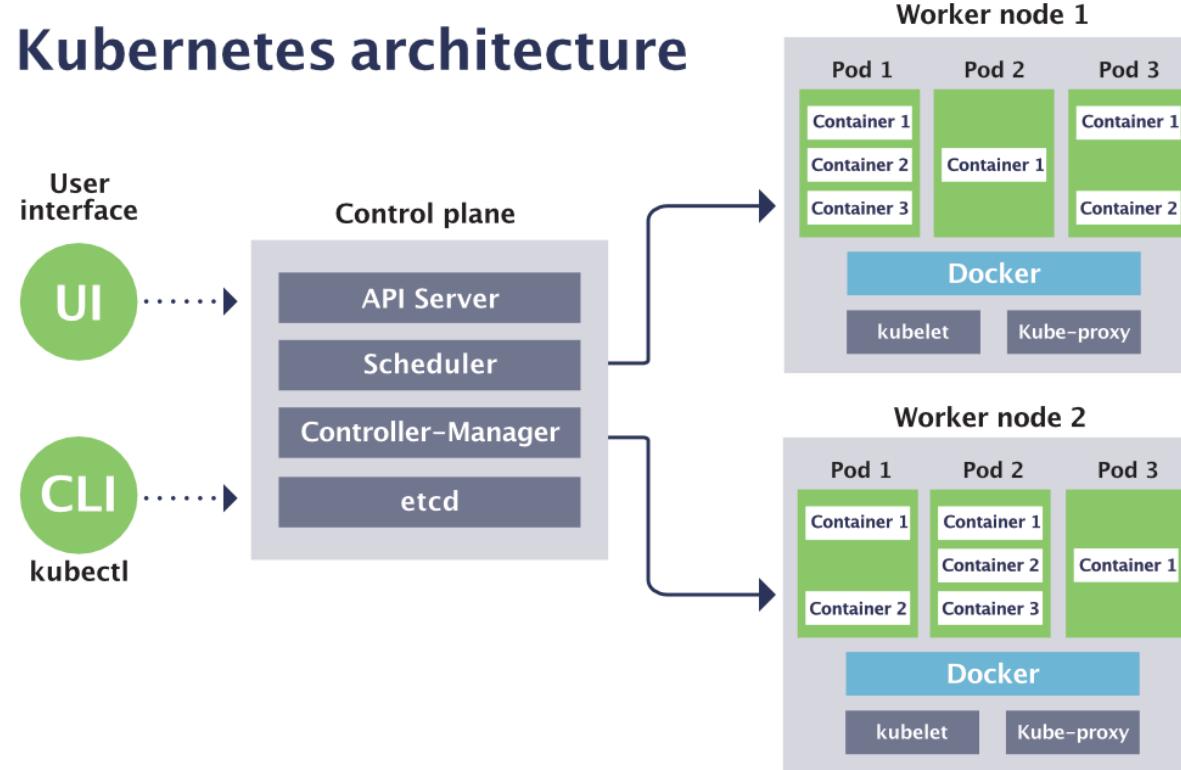
KUBERNETES ABSTRACTION



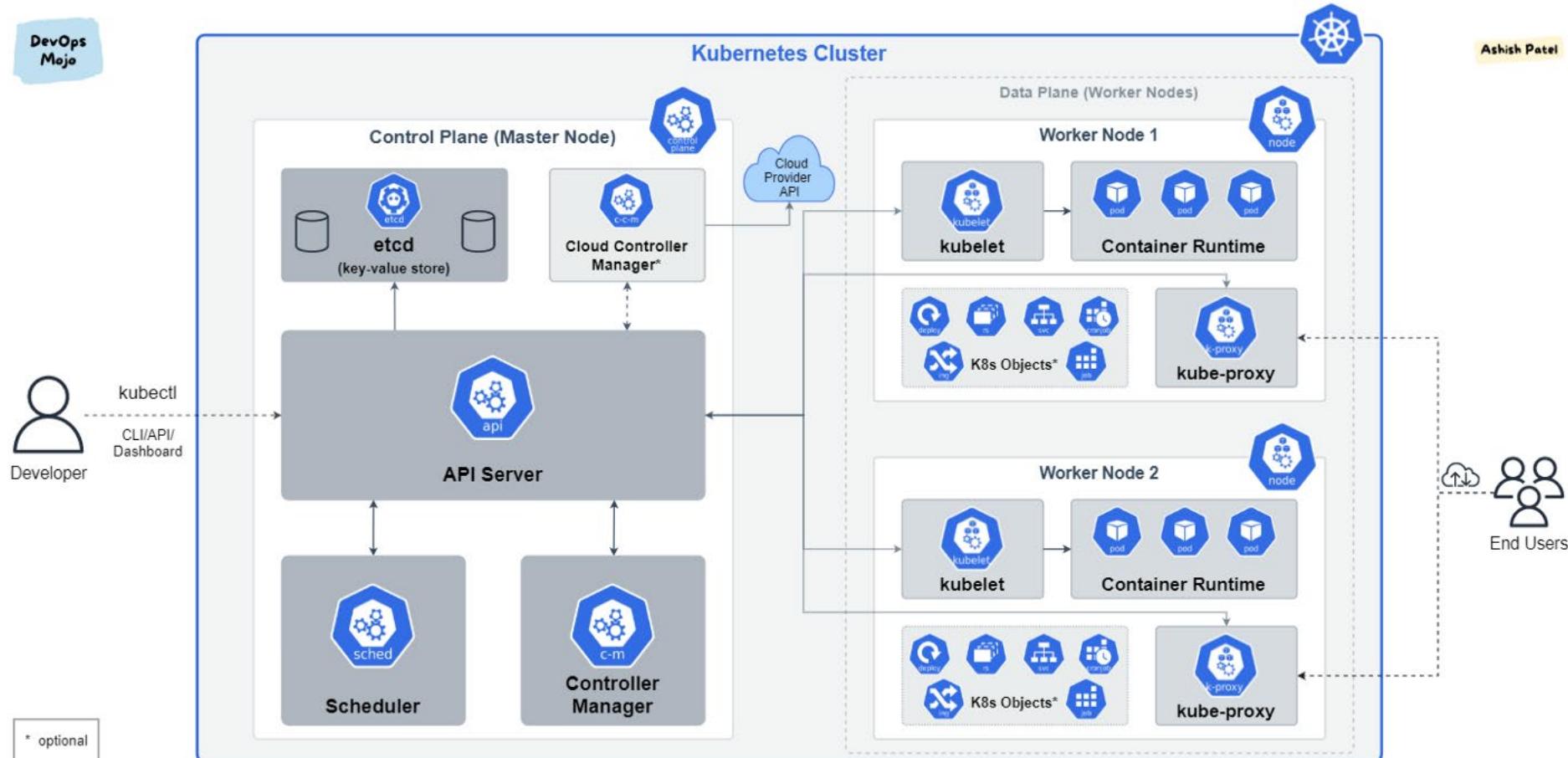
HYPERVERISOR VS RUNTIME



KUBERNETES FLOW



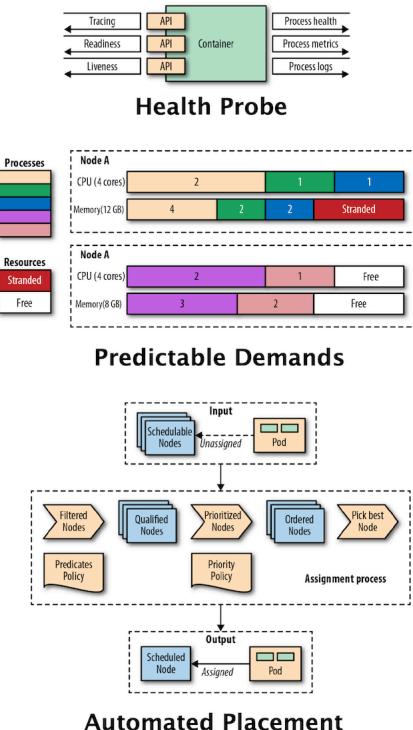
KUBERNETES CLUSTER MAP



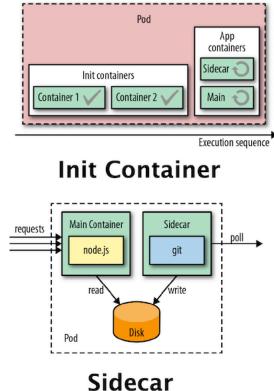
KUBERNETES SERVICE ARCHITECTURE

Top 10 Must-Know Design Patterns for Kubernetes Beginners

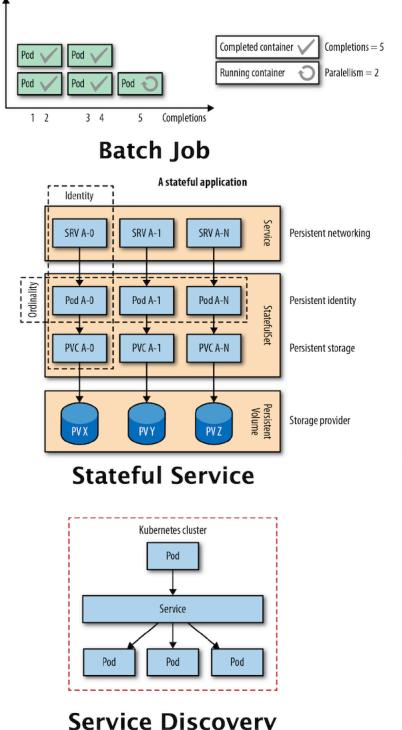
Foundational



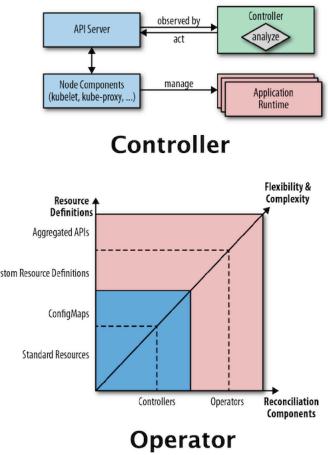
Structural



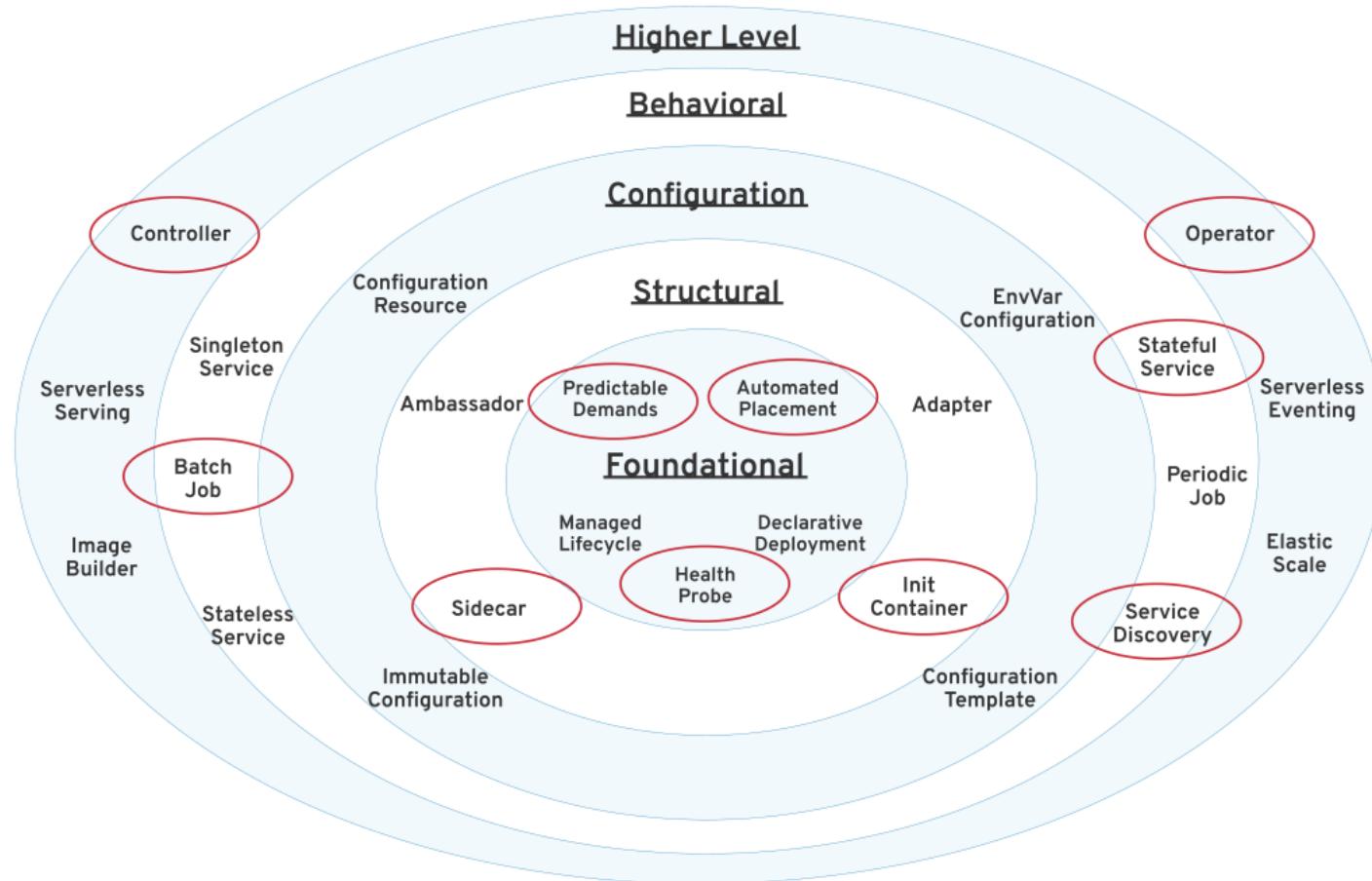
Behavioural



Higher-level

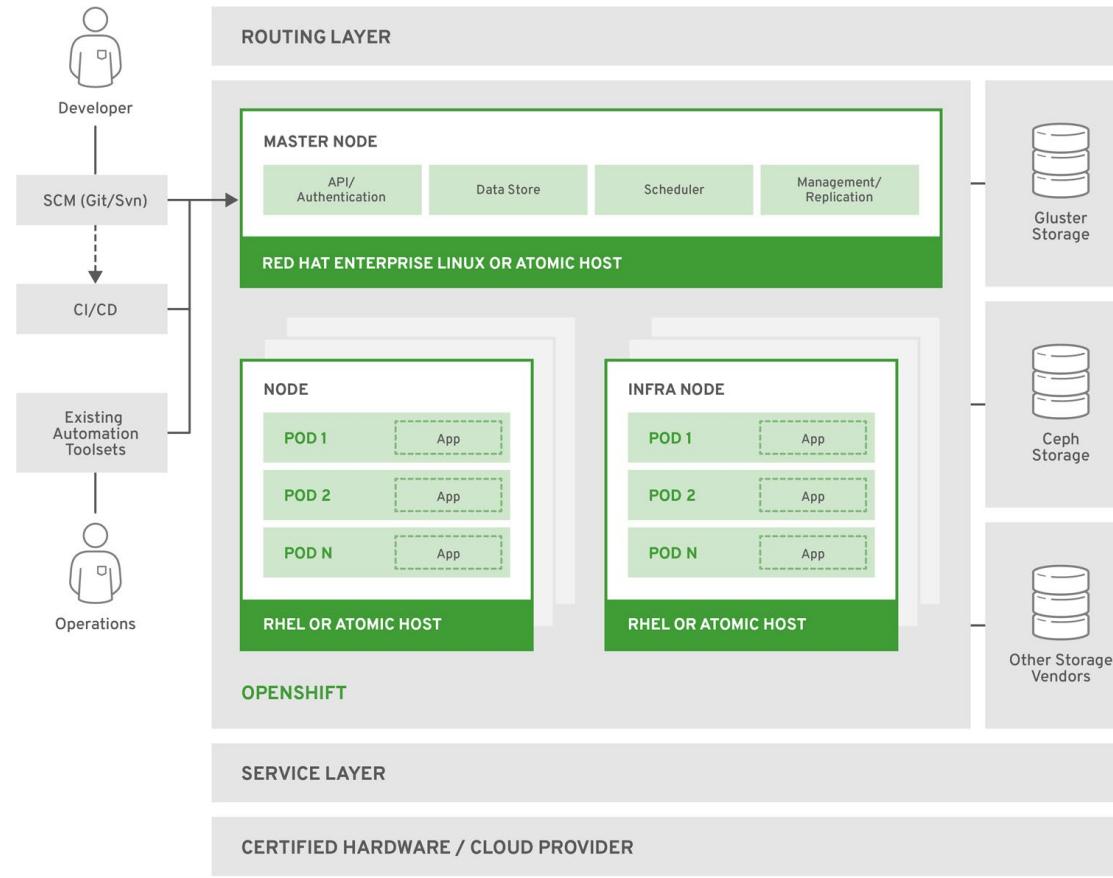


KUBERNETES SERVICE ARCHITECTURE

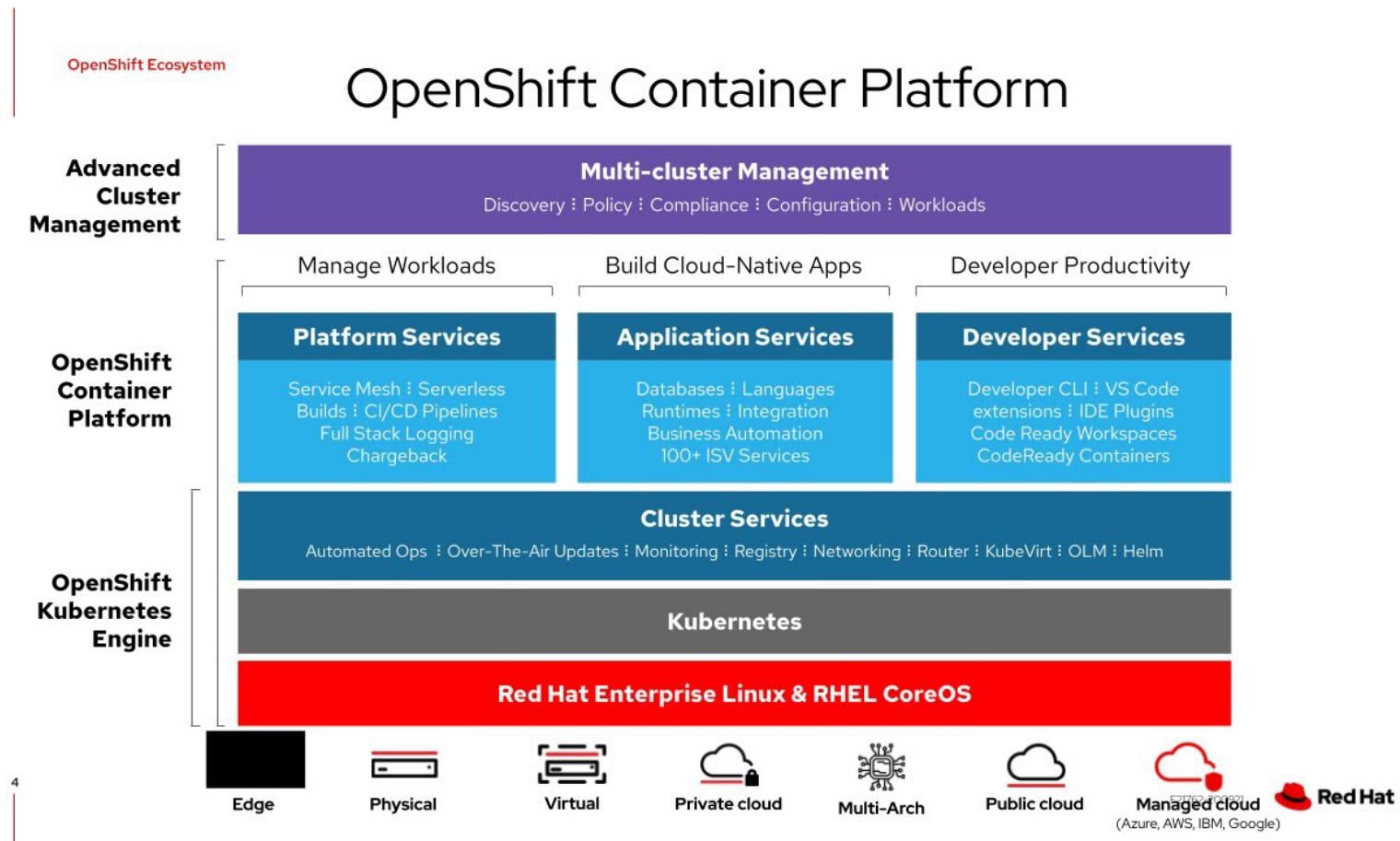


OPENSHIFT

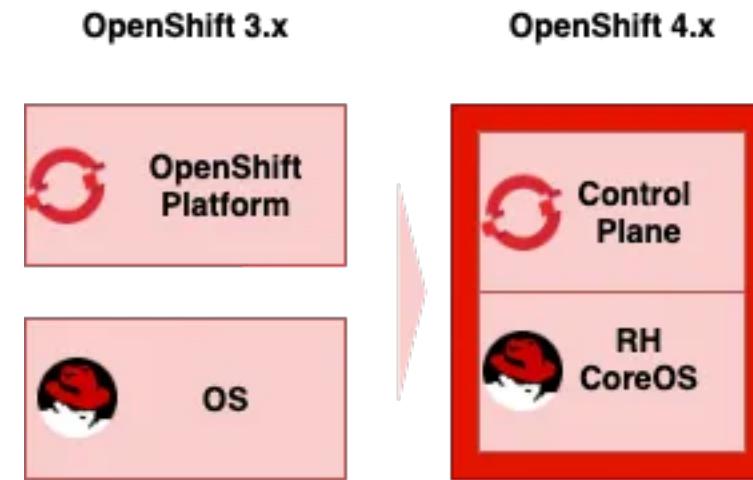
OPENSHIFT LAYERS



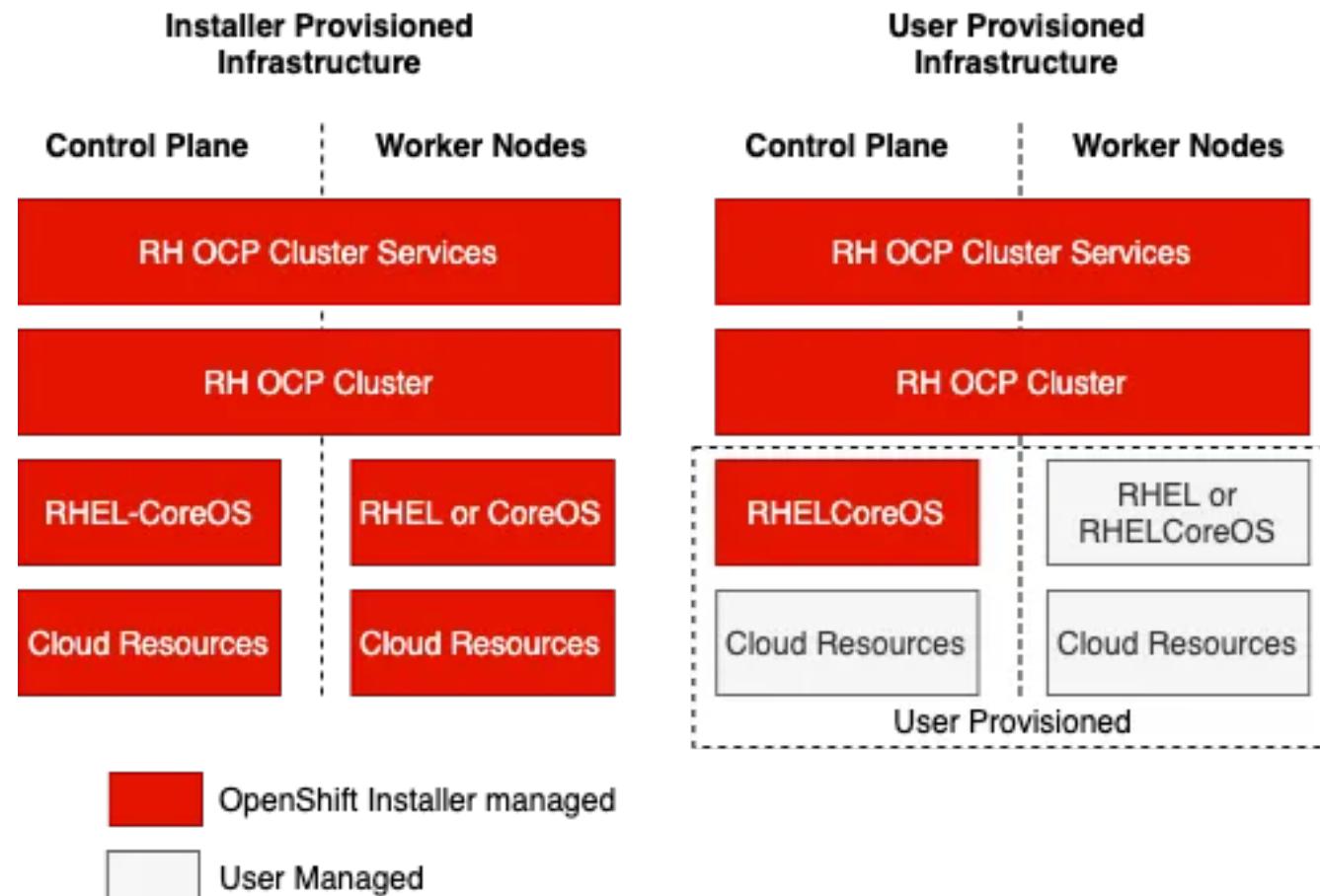
OPENSHIFT MIDDLEWARE LAYER



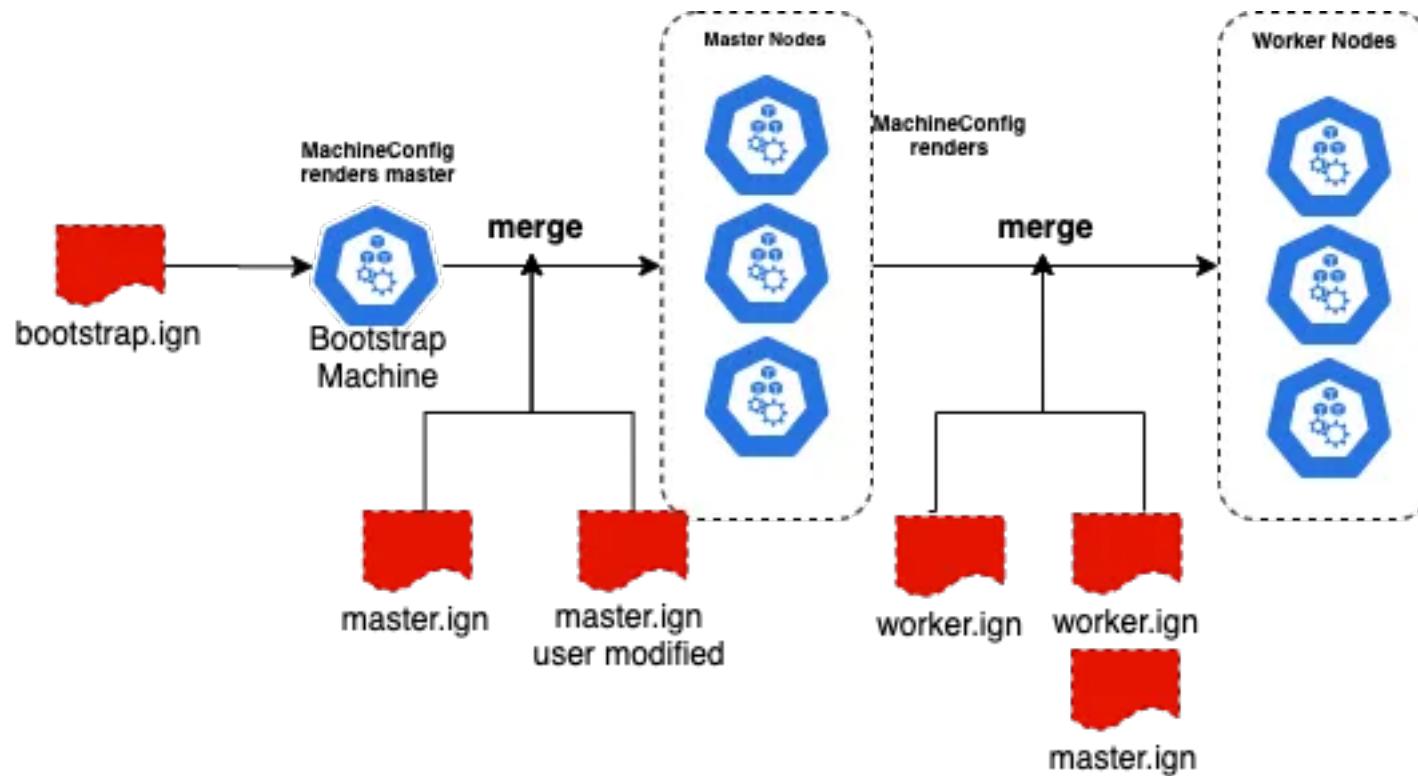
OPENSHIFT VERSION SHIFT



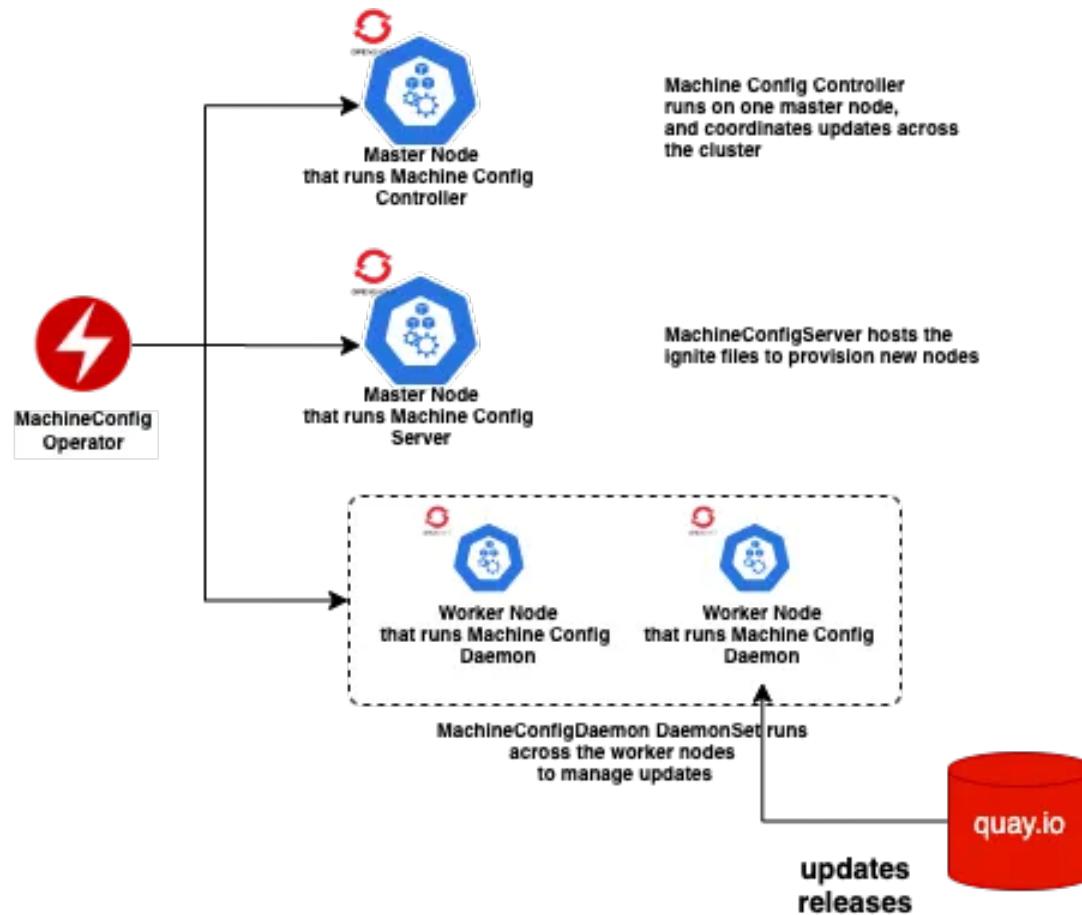
OPENSHIFT INSTALLATION



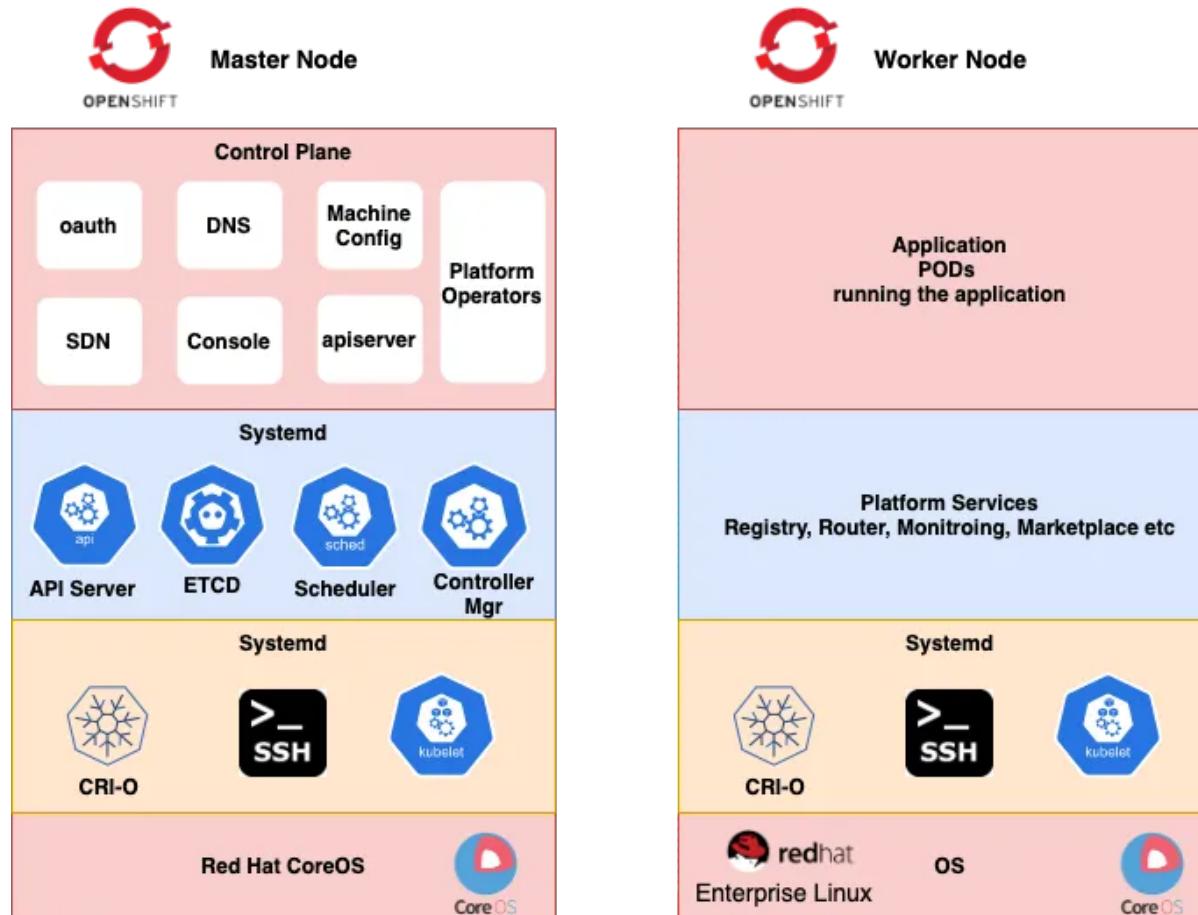
OPENSHIFT INSTALL TOOLS



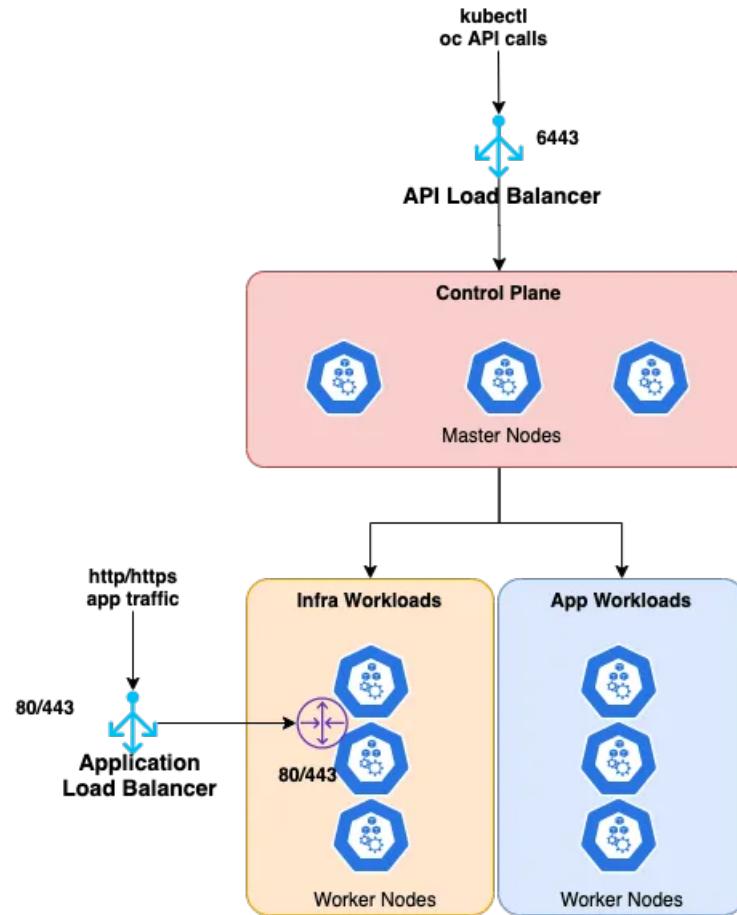
OPENSHIFT UPDATE



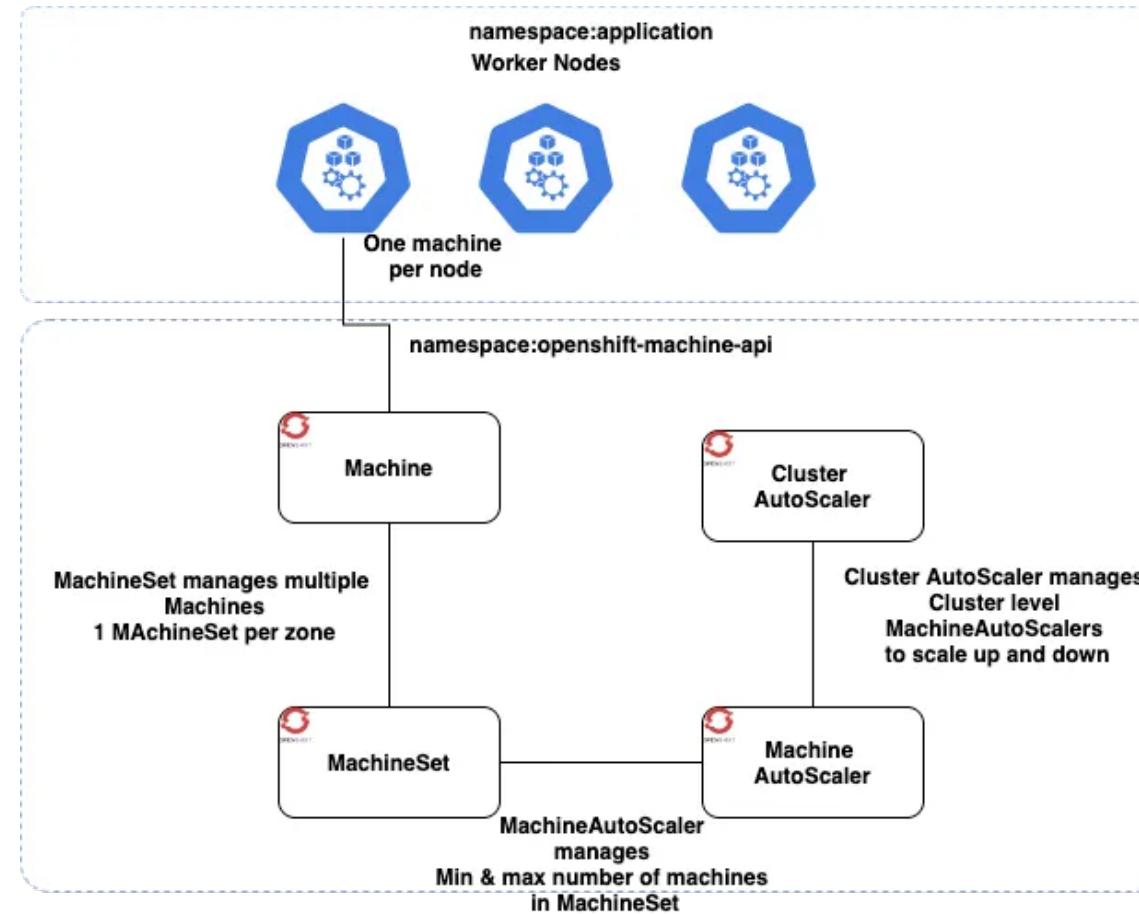
OPENSIFT COMPONENT



ROUTE AND API



OPENSHIFT SCALING FOR NODE



OPENSHIFT CI/CD

