Rootless Kubernetes. Плюсы и минусы

О себе

- 80-е
  - ЕС ЭВМ, перфокарты
  - ОС ДЕМОС (UNIX)
  - Data General, Австрия
  - SCO UNIX - 220ix
- 90-е
  - Узел Relcom, Slackware, Debian, Linux Yes, переход на Linux
  - База Терем,Пермская товарная биржа- распределенная система торгов, АС Пенсия (SCO UNIX), перевод на Linux — распределенная система обмена информацией и создаваемого ПО, 1993-2018
  - Ведение новостей по Linux
- 0-е
  - Интернет провайдер на базе дистрибутива ALTLinux
  - Установка Linux в школах Пермского края, Поносов
- 10-е
  - Большие данные (hadoop, Solr, clickhouse, …)
- 20-е
  - ALTLinux, Базальт Отдел Виртуализации, защищенные решения kubernetes
  - podsec, ALT-Orchestra/talos

Поверхность атаки на кластер

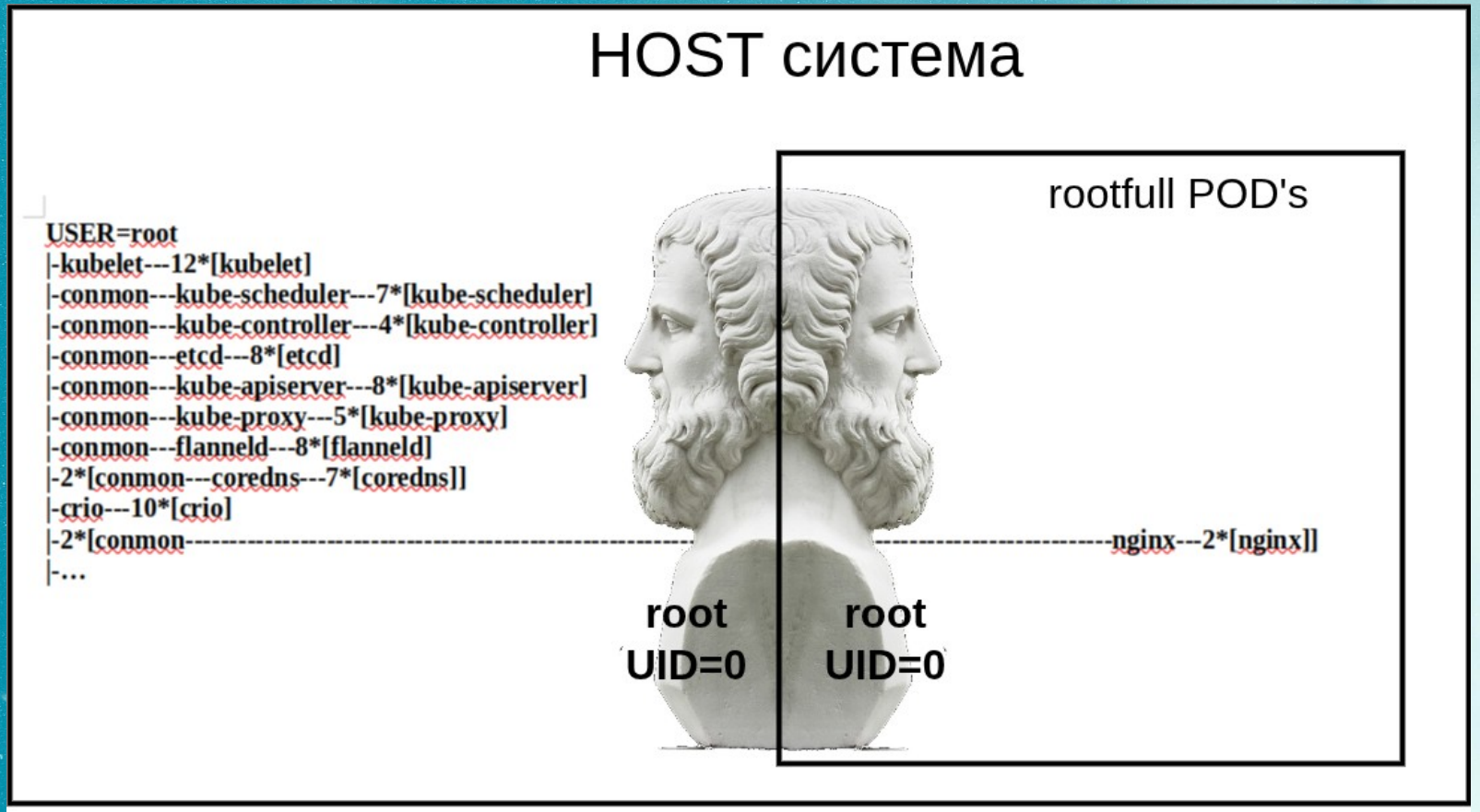
- Доступ контейнера к HOST-системе путём монтирование каталогов HOST-системы с получением привелегий root
- Повышение привелегий контейнера
- Прямой доступ к узлу кластера через ssh
- Ошибки в настройках RBAC
- Доступ к токенам приложений
- ...

Уменьшение поверхности атаки на кластер

- **rootless kubernetes (usernetes/podsec-k8s):**
  - ~~Доступ контейнера к HOST-системе путем монтирование каталогов HOST-системы с получением привелегий root~~
  - ~~Повышение привелегий контейнера~~
- ***исключение доступа по ssh (talos/ALT Orchestra):***
  - ~~Прямой доступ к узлу кластера через ssh~~
- ..

podsec-k8s (usernetes) — rootless кластер

Одноликий янус - rootfull

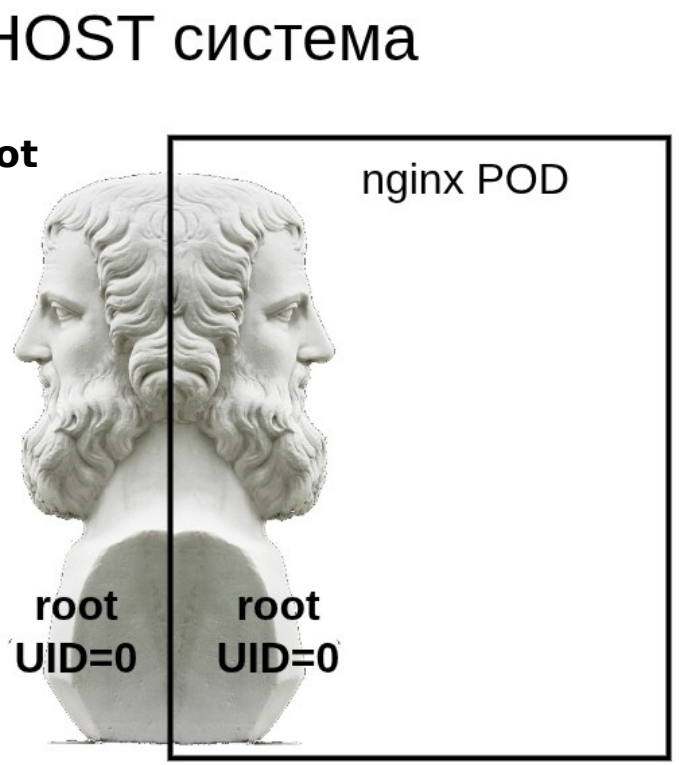


Опасность rootfull

```yaml
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
spec:
 selector:
  matchLabels:
   app: nginx
 replicas: 1
 template:
  metadata:
   labels:
    app: nginx
  spec:
   containers:
   - name: nginx
     image: nginx:1.14.2
     volumeMounts:
       - mountPath: /hostRoot
         name: host-root
   volumes:
   - name: host-root
     hostPath:
       path: /
```

```
# # Запуск HOST-команд под root
# kubectl apply -f deployment.yaml
# kubectl exec -i pod/nginx-… -- \
    rm -rf /hostRoot/…

# # Запуск вредоносного ПО
# # с правами root
# kubectl run -i \
  --image <образ_с вредоносным_ПО>\
  -- <вредоносное_ПО>
```



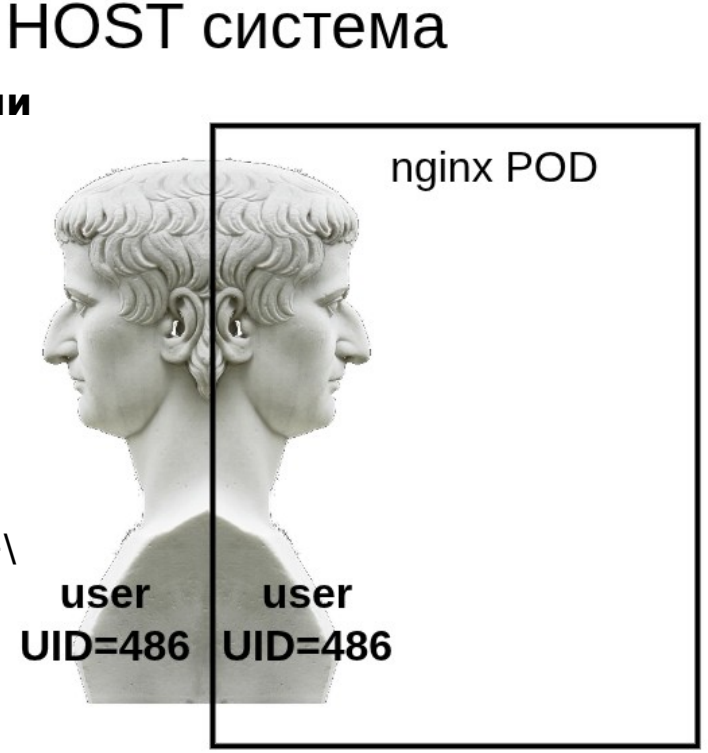
Использование не-root образов

```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
spec:
  selector:
    matchLabels:
      app: nginx
  replicas: 1
  template:
    metadata:
      labels:
        app: nginx
    spec:
      containers:
      - name: nginx
        image: nginx:1.14.2
        volumeMounts:
          - mountPath: /hostRoot
            name: host-root
      volumes:
      - name: host-root
        hostPath:
          path: /
```

 # # Запуск HOST-команд под root

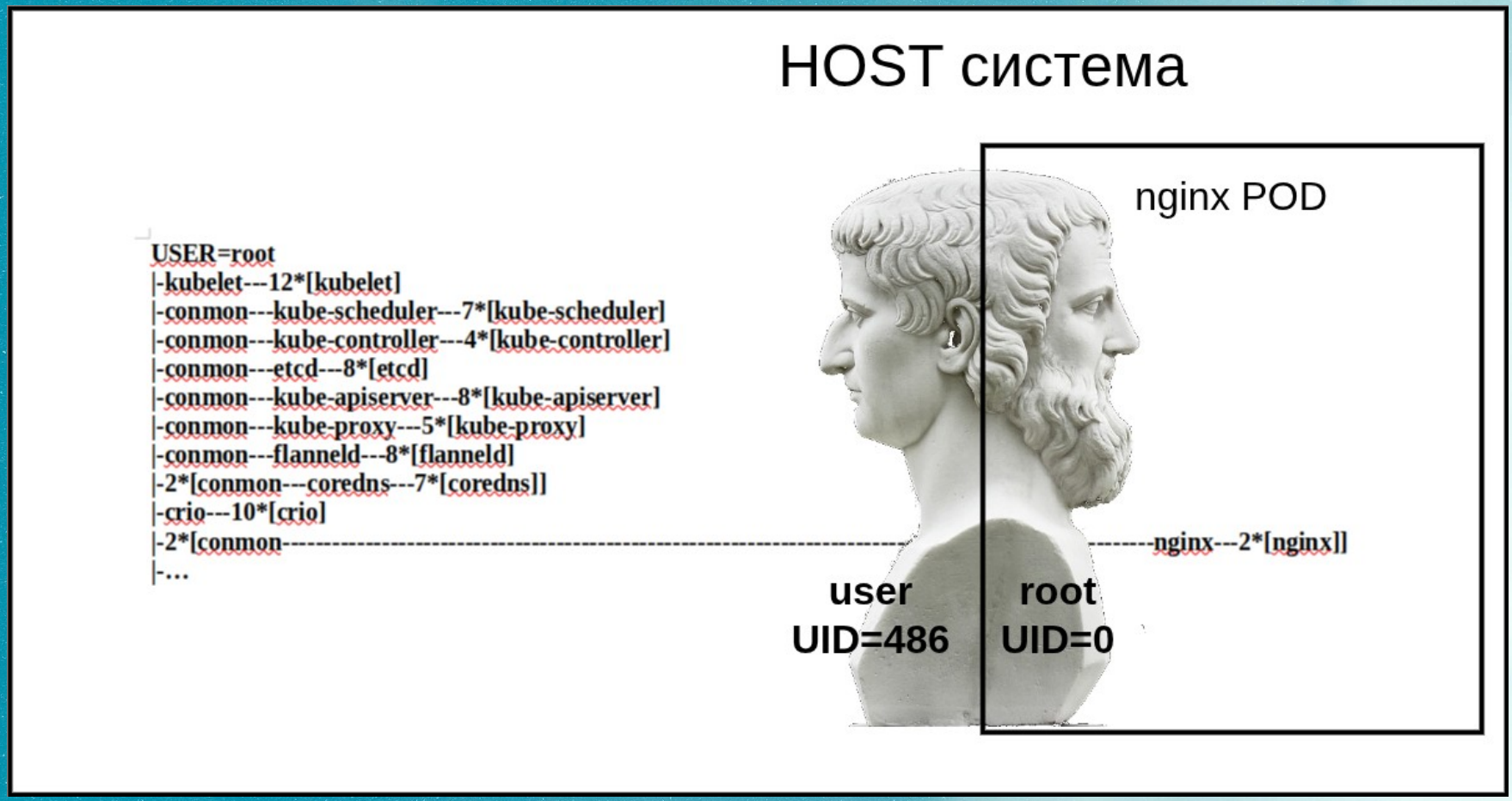
 # # Процесс запускается с правами
 # # пользователя с ID=486
kubectl apply -f deployment.yaml
kubectl exec -i pod/nginx-... -- rm -rf /hostRoot/...

 # # Запуск вредоносного ПО
 # # с правами пользователя UID=486
kubectl run -i \
 --image <образ_с вредоносным_ПО>\
  -- <вредоносное_ПО>



Поддержка rootless в нативном kuber >= v1.33

Запуск POD в rootless-режиме



Особенности rootless

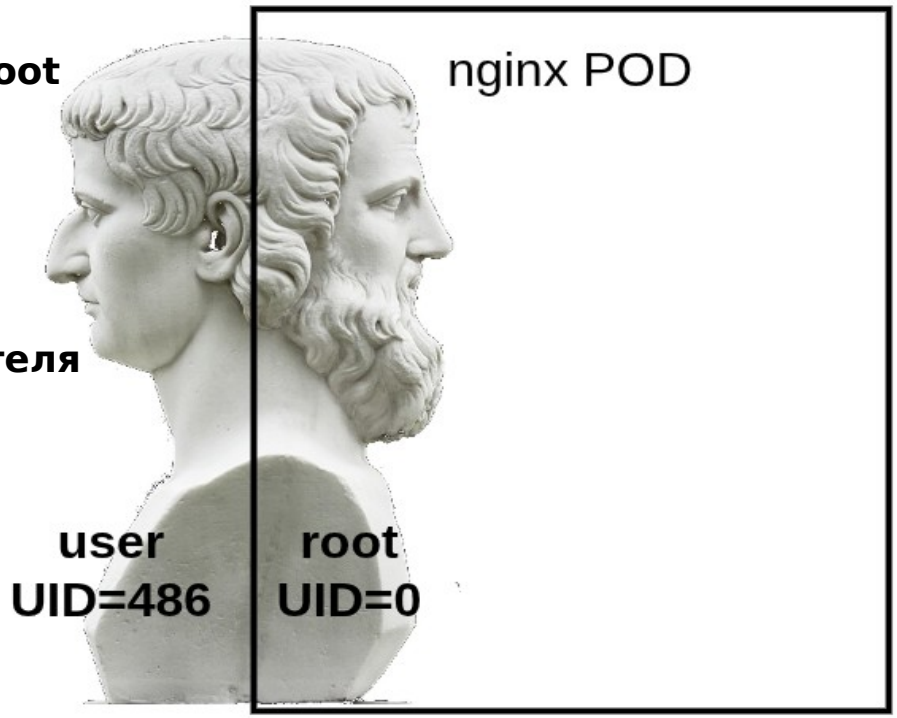
```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
spec:
 selector:
  matchLabels:
   app: nginx
 replicas: 1
 template:
  metadata:
   labels:
    app: nginx
  spec:
   containers:
   - name: nginx
    image: nginx:1.14.2
    volumeMounts:
     - mountPath: /hostRoot
      name: host-root
   volumes:
   - name: host-root
    hostPath:
     path: /
```

 # # Запуск HOST-команд НЕ под root

```
# kubectl apply -f deployment.yaml
# kubectl exec -i pod/nginx-… -- \
     /hostRoot/…
```

 # # Запуск вредоносного ПО
 # #с правами обычного пользователя

```
# kubectl run -i \
--image <образ_с вредоносным_ПО>\
-- <вредоносное_ПО>
```



Дерево процессов rootfull kuber

Контейнеры (POD’ы) основных сервисов kubernetes вызываются с правами root.

Пользовательские контейнеры (POD’ы) в зависимости от указаниях в манифестах разворачивания могут вызываться с правами root, обычного пользователя или с версии v1.33 под указанным пользователем rootless-окружении.

```
USER=root
|-kubelet---12*[{kubelet}]
|-conmon---kube-scheduler---7*[{kube-scheduler}]
|-conmon---kube-controller---4*[{kube-controller}]
|-conmon---etcd---8*[{etcd}]
|-conmon---kube-apiserver---8*[{kube-apiserver}]
|-conmon---kube-proxy---5*[{kube-proxy}]
|-conmon---flanneld---8*[{flanneld}]
|-2*[conmon---coredns---7*[{coredns}]]
|-crio---10*[{crio}]
|-conmon---<root_kubernetes_POD>
|-conmon---<user_kubernetes_POD>
|-conmon---<rootless_kubernetes_POD>
|-...
```

Не зарекайся

- Медицина: «Не бывает абсолютно здоровых людей. Есть недообследованные»
- Программирование: «Не бывает абсолютно защищенных программ. Есть недопроанализированные»

Dockerfile:

```
FROM ubuntu
USER 4611686818427387984
...
```

Полный rootless (usernetes/u7s) podsec (PODman SECurity)

Состояние на март 2023

- реализованы podman, kubernetes сервисы (команды), kubernetes docker-образы 1.26, разворачиваемые стандартно в rootfull режиме
- Требования ФСТЭК к июню 2023:
  - обеспечить запуск podman-контейнеров, разворачивание через kubeadm kubernetes-образов в rootless режиме
  - Три класса пользователей:
    - Администраторы кластера
    - Создатели образов
    - Пользователи образов

- Пользователи docker-образов имеют право использовать только подписанные образы от создателей образов. Любые «левые» схемы получения образов (podman load, podman build, ...) запрещены
- Система должна мониторить
  - попытки изменения прав,
  - несанкционированных изменений в работающих контейнерах,
  - использование «левых» образов, или образов с критическими CVE уязвимостями,
  - ...

Дилемма

Самая сложная проблема - обеспечить разворачивание через kubeadm kubernetes-образов в rootless режиме по причине отсутствия на тот рабочего момент решения.

Варианты:

- Подождать когда появится решение и перенести его в ALTLinux.
- Реализовать собственное решение.

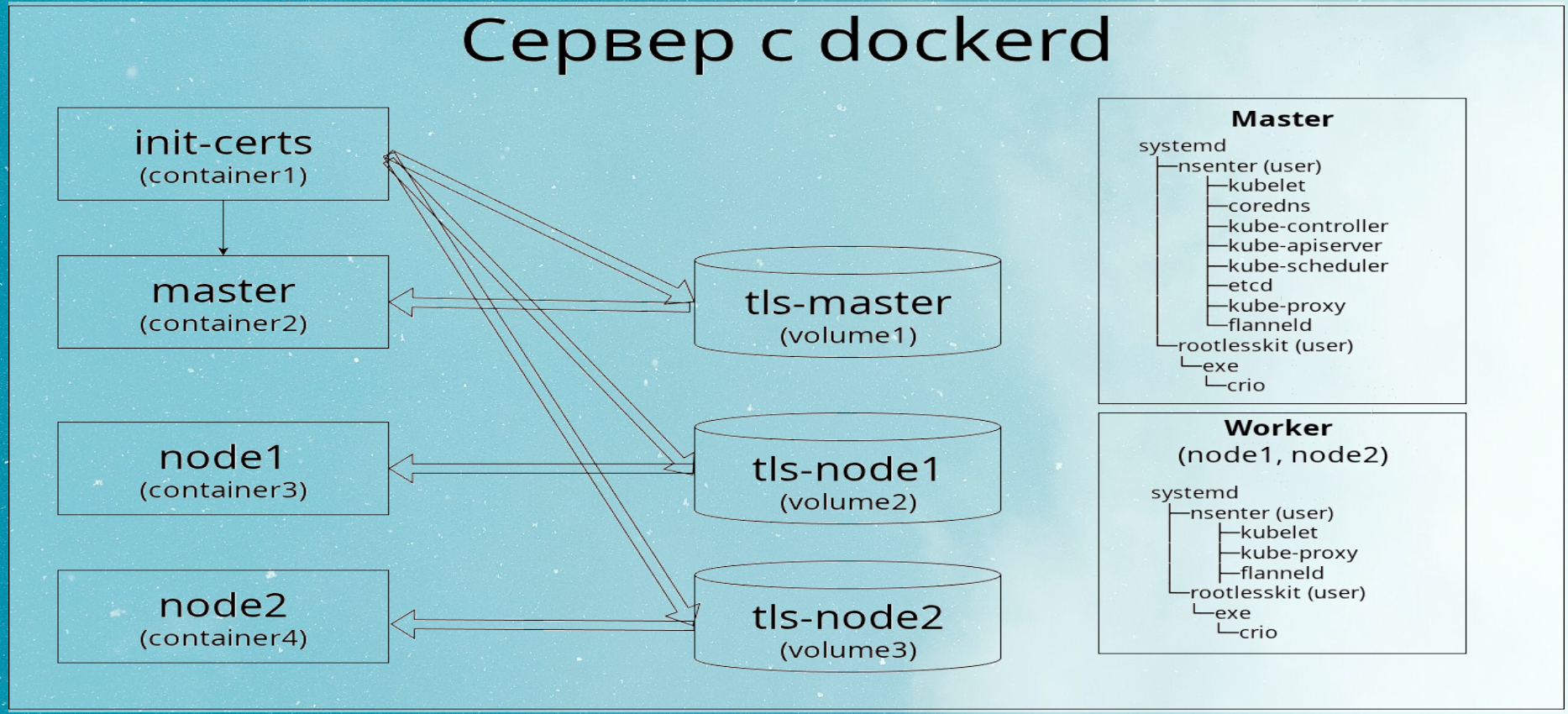
Варианты rootless kuber

	kind	minikube	k3s	Usernetes Gen1	Usernetes Gen2
Runtime environment	Docker compose	Docker compose	Docker compose	Docker compose	**kubeadm**
Containers Policy	Experiment	No	Experiment	**Yes**	**Yes**
Podman (CRI-O)	Experiment	No	Experiment	**Yes**	**Yes**
Namespace support by	docker podman	docker podman	**rootlesskit**	**nsenter rootlesskit**	**nsenter rootlesskit**
Language	go	go	go	**bash**	**bash**
Multihost	No	No	**Yes**	No	**Yes**
Docker (containerd)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

История

- Имеет две версии — Generation I, Generation 2.
- Generation 1 — разворачивание rooltess kuber в docker-стеке в рамках одного узла.
- Generation 2 — разворачивание rooltess kuber на множестве узлов.
- podsec-k8s — отталкивался от Gen1, поддерживает нативное разворачивание kuber через kubadm на на множестве узлов, был выпущен на 3 месяца ранее (июнь 2023) usernetes Gen2 (сентябрь 2023). **Лицензия GPL V2.1.**

Инициализация кластера USERNETES(Gen1)



PODSEC VS USERNETES

	Usernetes Gen1	Usernetes Gen2	podsec
Runtime environment	Docker Compose	**kubeadm**	**kubeadm**
Multihost	No	**Yes**	**Yes**
Containers Policy	No/**Yes**	**No/Yes**	**Yes**
Engine	Containetd **CRI-O**	Containetd **CRI-O**	**CRI-O**
Start kuber services AS	Systemd services	**PODs**	**PODs**
Monitoring	No	No	**Yes**
Local Registry	No	No	**Yes**
Image Signing	No	No	**Yes**

Инициализация кластера USERNETES(Gen2)

```
# Set ENGINE
export CONTAINER_ENGINE=podman

# Bootstrap a cluster
make up
make kubeadm-init
make install-flannel

# Enable kubectl
make kubeconfig
export KUBECONFIG=$(pwd)/kubeconfig
kubectl get pods -A

# Multi-host
make join-command
scp join-command another-host:~/usernetes
ssh another-host make -C ~/usernetes up kubeadm-join
make sync-external-ip
```

Преимущества решения podsec/usernetes

- **usernetes/rootless**
  - Все POD’ы включая базовые работают в rootless окружении
  - Даже при наличии уязвимостей в базовых образах и образов пользователей злоумышленник не может нарушить работу компонентов узла и файлов HOST-системы.

- **podsec**
  - Поддержка создания безопасного окружения
    - Строгие политики доступа к образам
    - Создание пользователей различного класса (разработчики образов, пользователи образов, администраторы безопасности)
    - Подъем необходимых сервисов (регистратора, сервера доступа к открытым подписям создателей образов).
    - Мониторинг уязвимостей узлов kubernetes-кластера.

Команды работы с namespace пользователя

nsenter - команда запуска программы в пользовательском namespeces:

- **mount — изолированное монтирование;**
- **UTS — изолированные hostname и domainname;**
- **IPC — изолированные межпроцессные каналы;**
- **network — изолированные сетевые интерфейсы, iptables, ...;**
- **PID — изолированный дерево PID-процессов;**
- **user - изолированные UID, GID, capabilities;**
- **cgroup — изолированный Control Group (ограничение, учет, изоляция ресурсов группы процессов);**
- **time — изолированные CLOCK MONOLITIC и CLOCK_BOOTTIME.**

Команды работы с namespace пользователя

rootlesskit — реализация fake root (псевдо root) в пользовательском namespace:

- **Mount:**
  - **--copy-up <каталог>**
  - **--propagation [rprivate, rslave]**
- **Network:**
  - **--net [slirp4net, host, pasta, vpnkit, …]**
  - **--cidr IP/Mask**
  - **--ifname [tap0, ethN]**
- **Port:**
  - **--port-driver [none, builtin, slirp4nets]**
  - **--publish <IP>:portIN:portOUT/[tcp, udp]**
- **Process:**
  - **--pidns, --cgroupns, --utsns, --ipcns**

Команды работы с namespace пользователя

rootlessctl — rootesskit API клиент:

- **list-ports;**
- **add-ports;**
- **remove-ports;**
- **Info.**

Особенности реализации podsec-k8s

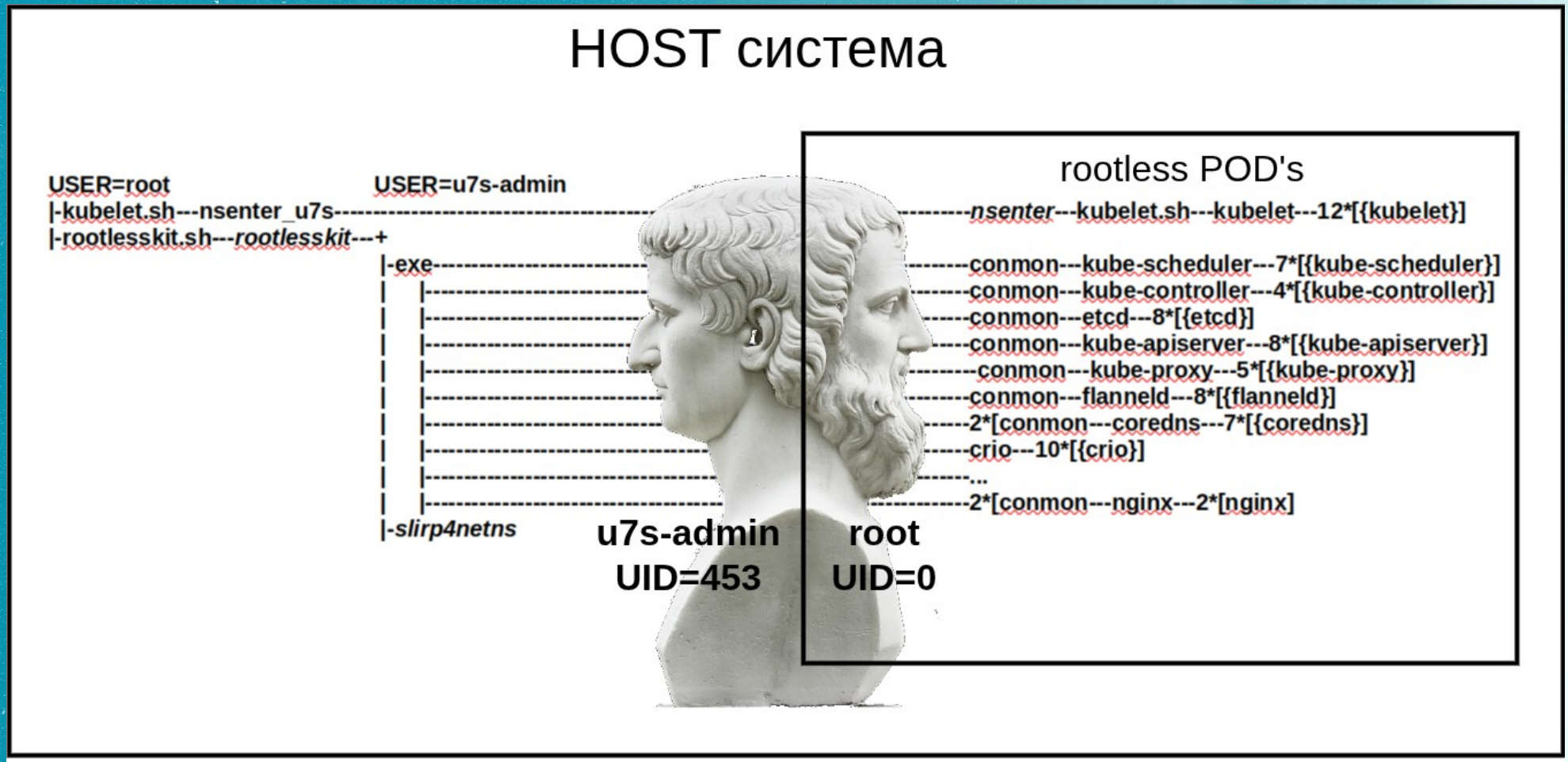
В переменную PATH добавляется каталог скриптов, замещающих команды kubernetes: *export PATH=/usr/libexec/podsec/u7s/bin/:$PATH*
Содержимое каталога /usr/libexec/podsec/u7s/bin:

```
crio.sh
init-crio.sh
kubeadm -> /usr/bin/podsec-u7s-kubeadm
_kubeadm.sh
kubeadm.sh
_kubelet.sh
kubelet.sh
nsenter_u7s
rootlessctl
rootlesskit.sh
systemctl
u7sinit.sh
u7s-start-stop.sh
```

Команды (скрипты) *kubeadm*, *rootlessctl*, *systemctl* замещают аналогичные системные команды, реализуют собственный интерфейс и вызывают в итоге системные.
Скрипты _kubeadm.sh, _kubelet.sh вызываются в пользовательском namespace.
Скрипт _kubeadm.sh вызывает нативную команду /usr/bin/kubeadm в пользовательском namespace

Порядок инициализации узла (kubeadm init, join)

Двуликий янус - rootless



Особенности podsec

- Используется только podman, cri-o решения (не containerd), поддерживающее политику доступа к образам.
- Как и в usernetes Gen1/2 контейнеры (POD’ы) основных сервисов kubernetes вызываются в rootless-окружении обычного пользователя (в podsec-k8s — пользователь u7s-admin). Пользовательские контейнеры (с пользователями root и обычными пользователями) также попадают в rootless-окружение.
- Параметризация разворачивания через переменные среды (docker-регистратор, версия kuber, …).
- На master-сервере кроме kubernetes располагаются:
  - Пользователи группы podman_dev, имеющие право скачивать любые образы, создавать образы для локального регистратора, подписывать и помещать их в локальный регистратор.
  - Остальные пользователи могут использовать только подписанные образы локального регистратора.
  - WEB-сервер для доступа к открытым ключам пользователи группы podman_dev.
  - Регистратор подписанных образов.
  - Сервис trivy мониторинга уязвимостей
- Автоматически настраиваются политики доступа к образам
- Обеспечивает мониторинг уязвимостей и функционирования контейнеров кластера.

Набор RPM-пакетов podsec (PODman SECurity)

- podsec — набор команд создания rootless-окружение (регистратор, политики доступа, создание ролевых пользователей, ...)
- podsec-k8s — набор команд по разворачиванию нативного rootless k8s кластера.
- podsec-k8s-rbac — набор команд по настройке и мониторингу RBAC.
- podsec-inotify — набор команд для мониторинга узлов кластера.
- podsec-k8s-upgrade — обновление версий кластера (в разработке)

Недостатки решения podsec/usernetes

Из за использования сервиса поддержки rootless-сети slirp4nets для обеспечения оверлейной сети kubernetes пока можно использовать только CNI flannel. Из за трансляции адресов в slirp4nets есть проблемы с применением «продвинутых» CNI.

Возможные пути решения:

- Анализируются возможности использования других сервисов поддержки rootless-сети
- Ведутся работы по использованию в качестве rootless CNI cilium.

Код Opensource (GPLv2). Разработчики, тестеры Welcome.

Инициализация кластера podsec-k8s с доступом в Интернет

Инициализация кластера podsec-k8s

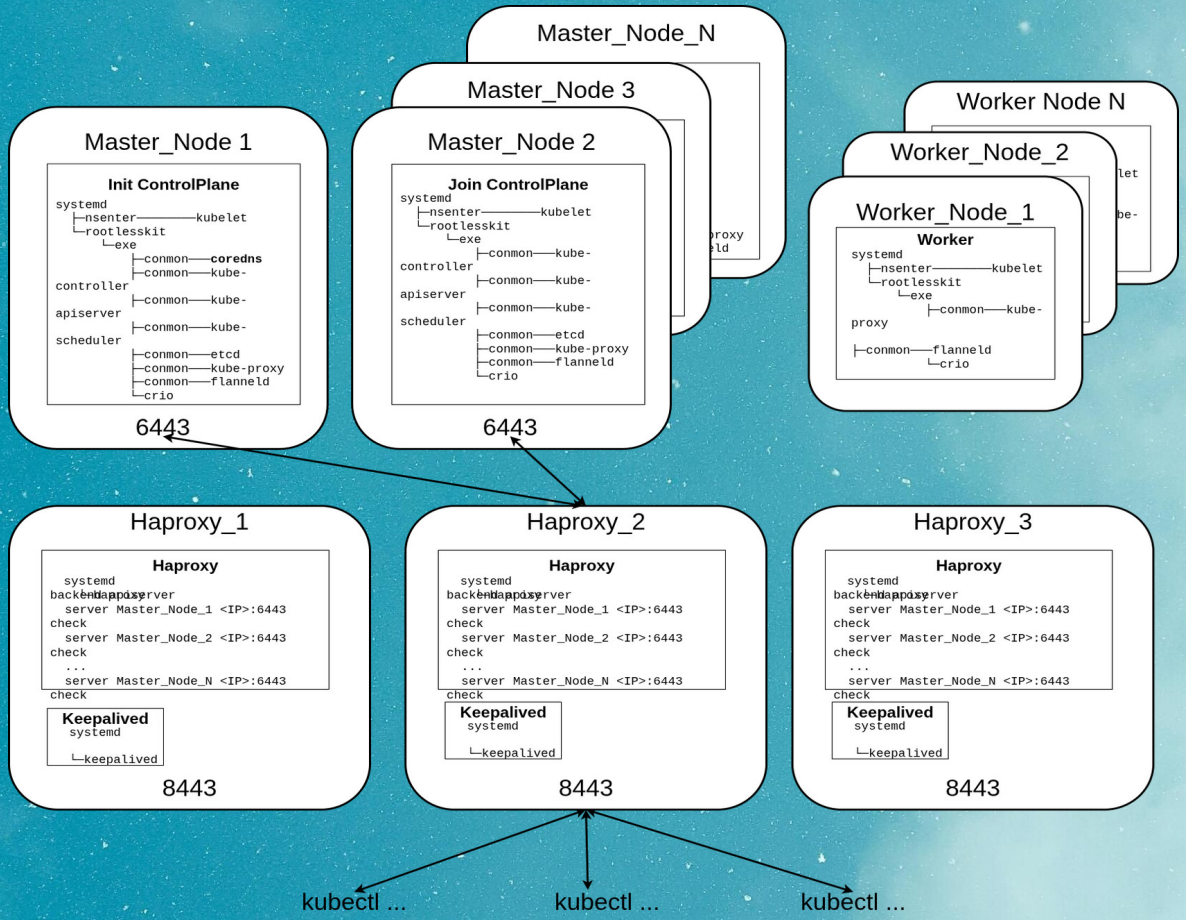
```
# Environment
export U7S_KUBEVERSION= # версия kubernetes (v1.26.9, v1.27.7, ...);
export U7S_REGISTRY= # registry.k8s.io, registry.altlinux.org,
                     # registry.local
export U7S_PLATFORM= # k8s-c10f2, k8s-c10f1 , k8s-p10, k8s-sisyphus, ...

# Master ControlPlane
export PATH=/usr/libexec/podsec/u7s/bin/:$PATH
kubeadm init -v 9 ...

# ControlPlane
export PATH=/usr/libexec/podsec/u7s/bin/:$PATH
kubeadm join xxx.xxx.xxx.xxx:6443 \
  --token ... \
  --discovery-token-ca-cert-hash sha256:.. \
  --control-plane

# Worker
export PATH=/usr/libexec/podsec/u7s/bin/:$PATH
kubeadm join xxx.xxx.xxx.xxx:6443 \
  --token ...
```

Инициализация кластера podsec-k8s с haproxy и keepalived



Политики доступа к docker-образам (podman, CRI-O)

Использование политик доступа

/etc/containers/policy.json:

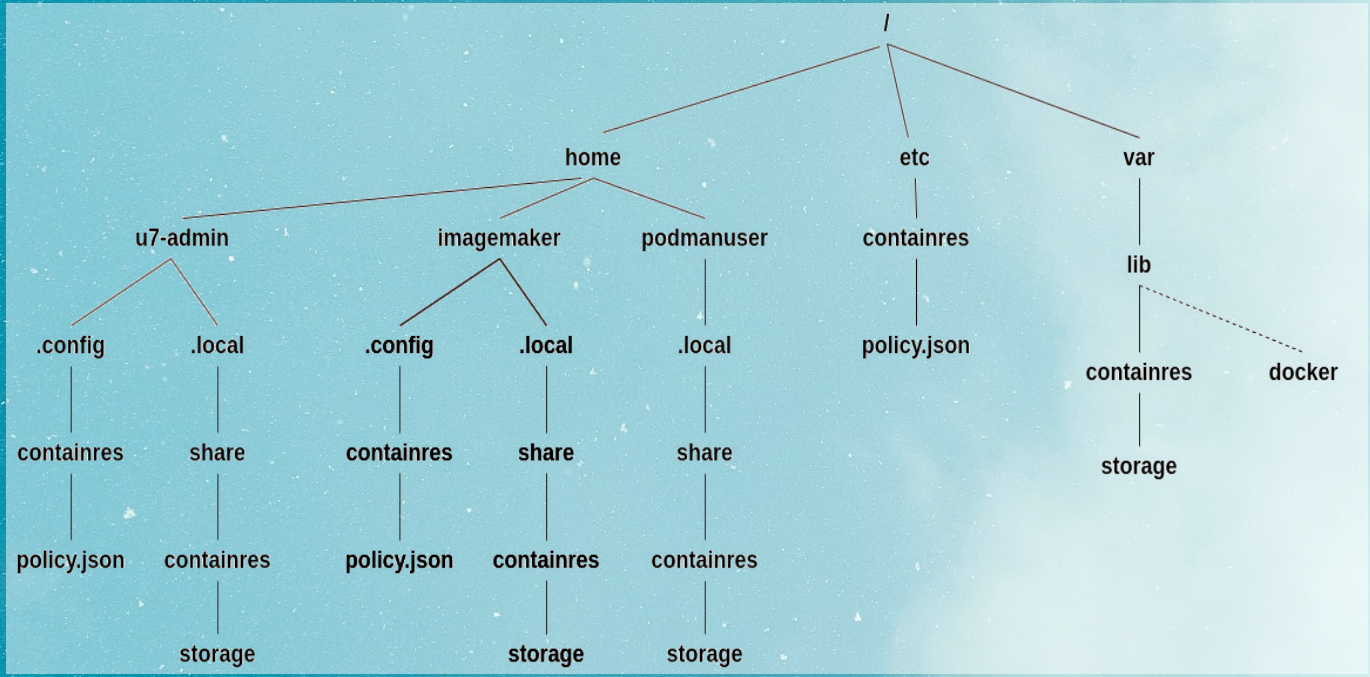
```
{
  "default": [
    {
      "type": "reject"
    }
  ],
  "transports": {
    "docker": {
      "registry.local": [
        {
          "type": "signedBy",
          "keyType": "GPGKeys",
          "keyPath": "/var/sigstore/keys/imagemaker.pgp"
        }
      ]
    }
  }
}
```

/etc/containers/registries.d/default.yaml

```
default-docker:
  sigstore: http://registry.local:81/sigstore/
```

Ограничение прав для доступа образам

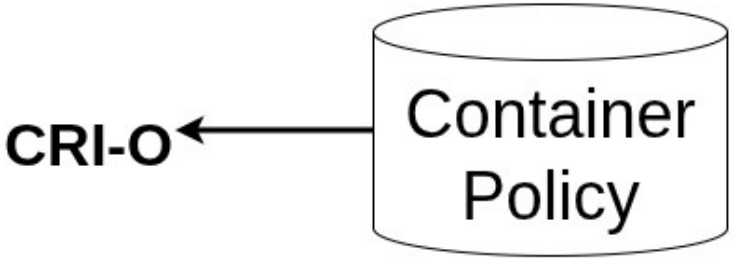
По умолчанию всем пользователям назначаются политики из /etc/containers/policy.json.
Для пользователей с повышенными правами принадлежащим группе podman_dev права описываются в файле ~/.config/containers/policy.json



Инициализация кластера podsec-k8s в защищенном режиме

Master ControlPlane: Настройка политик доступа

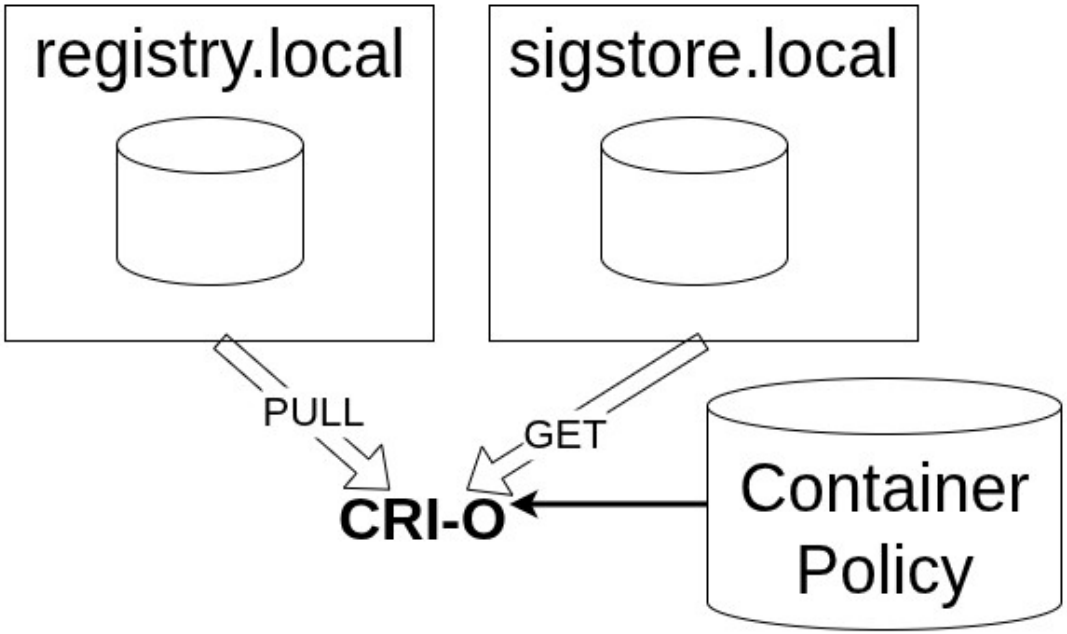
```
# podsec-create-policy
```



Master ControlPlane

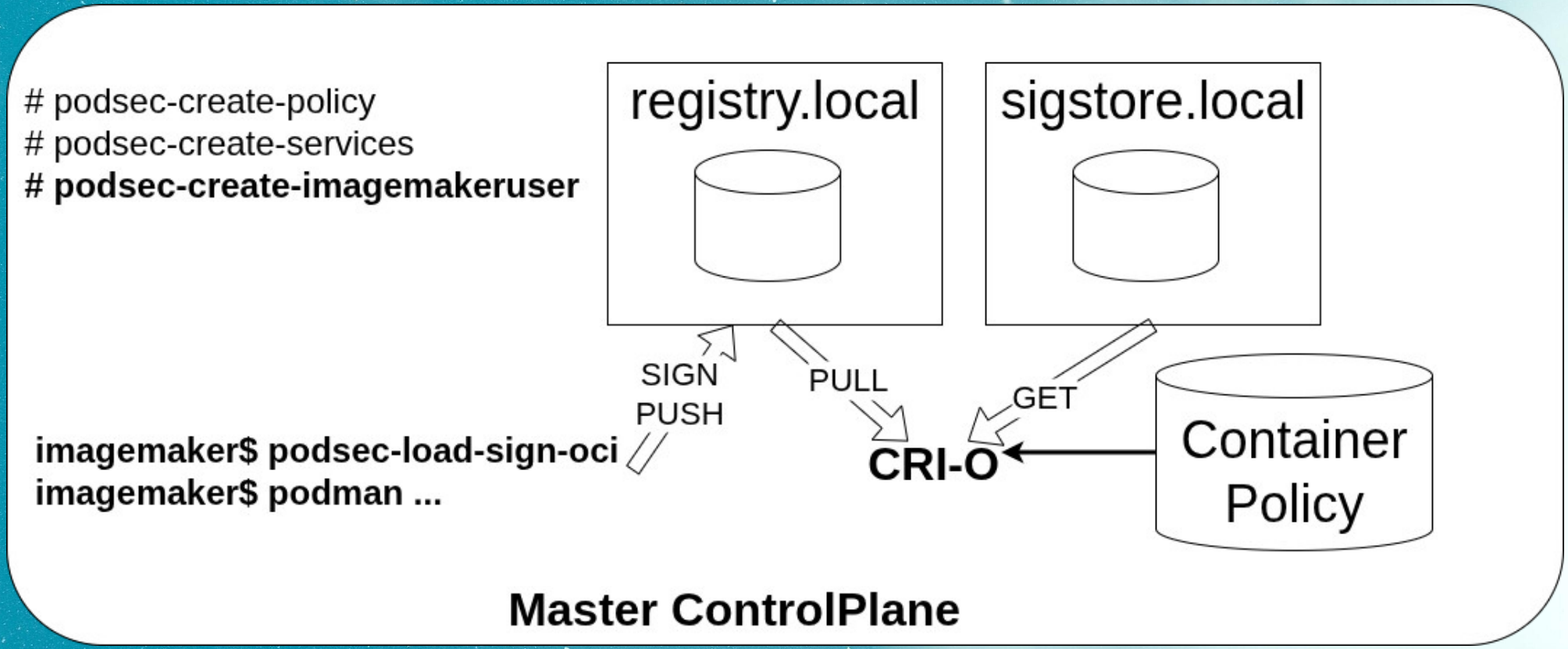
Master ControlPlane: Создание и настройка локального регистратора и WEB-сервера

```
# podsec-create-policy
# podsec-create-services
```



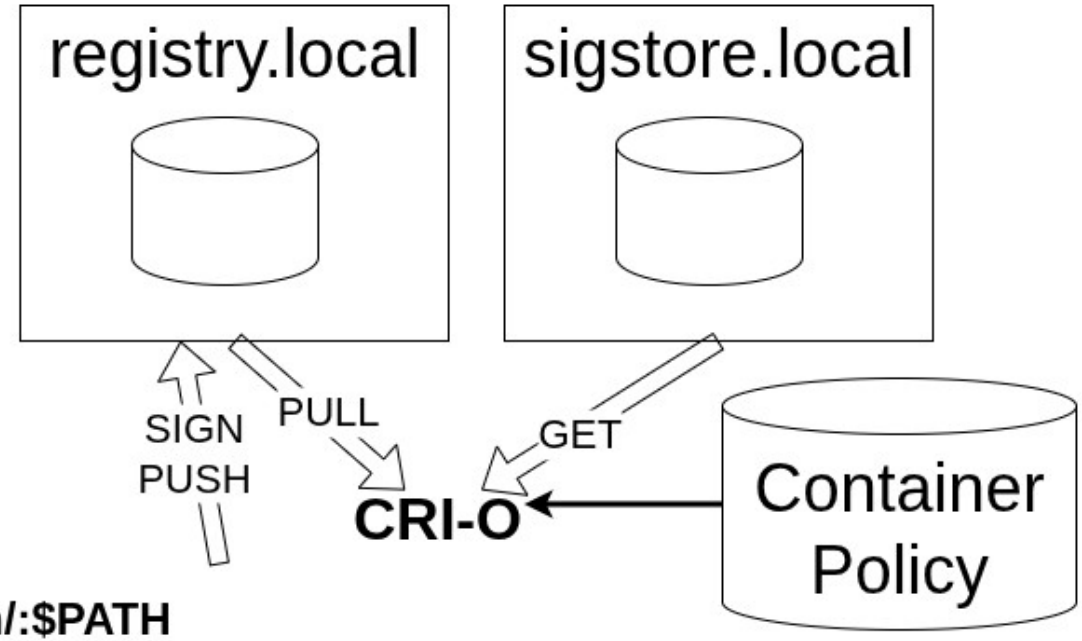
Master ControlPlane

Master ControlPlane: Создание пользователя(ей) для создания образов



Master ControlPlane: Разворачивание Master-узла kubernetes

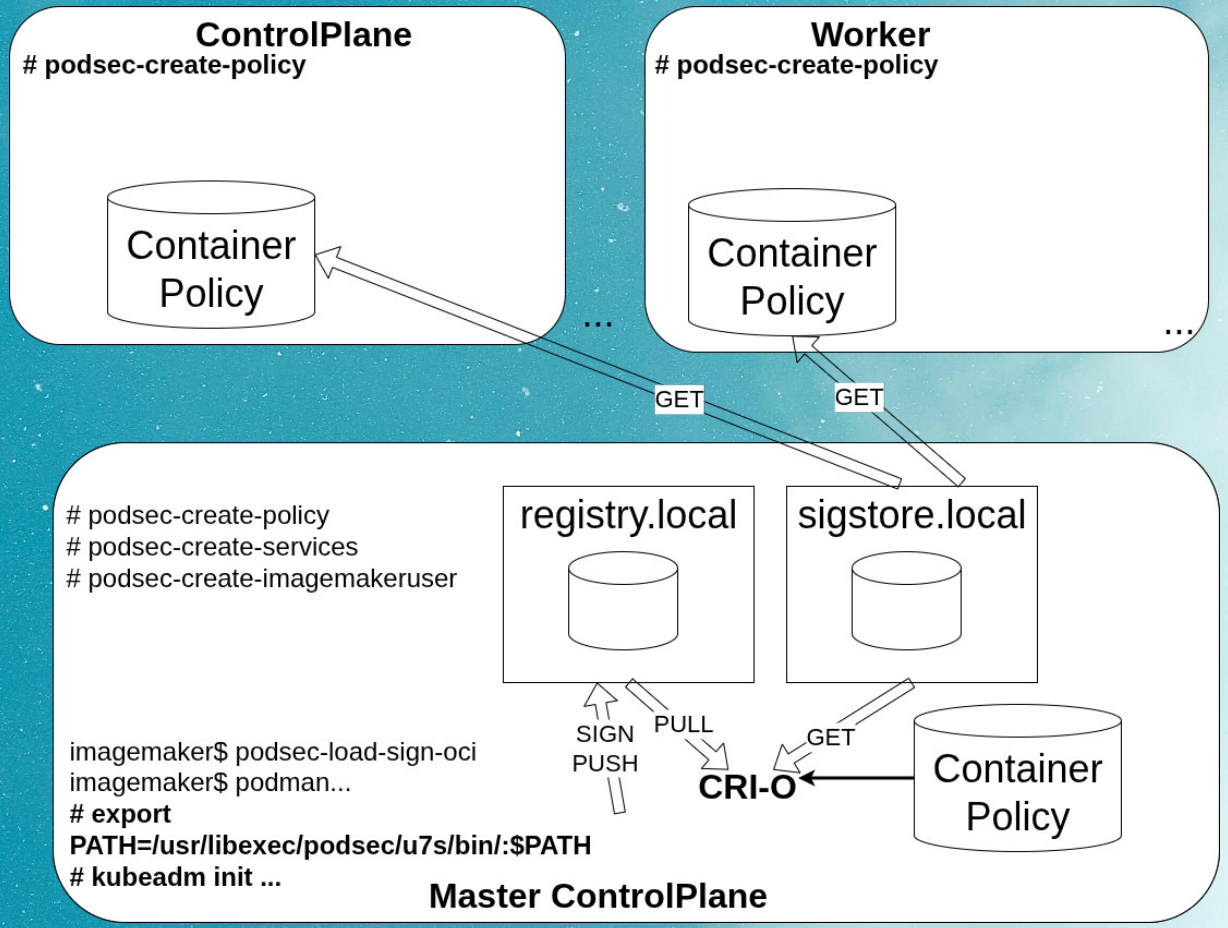
```
# podsec-create-policy
# podsec-create-services
# podsec-create-imagemakeruser
```



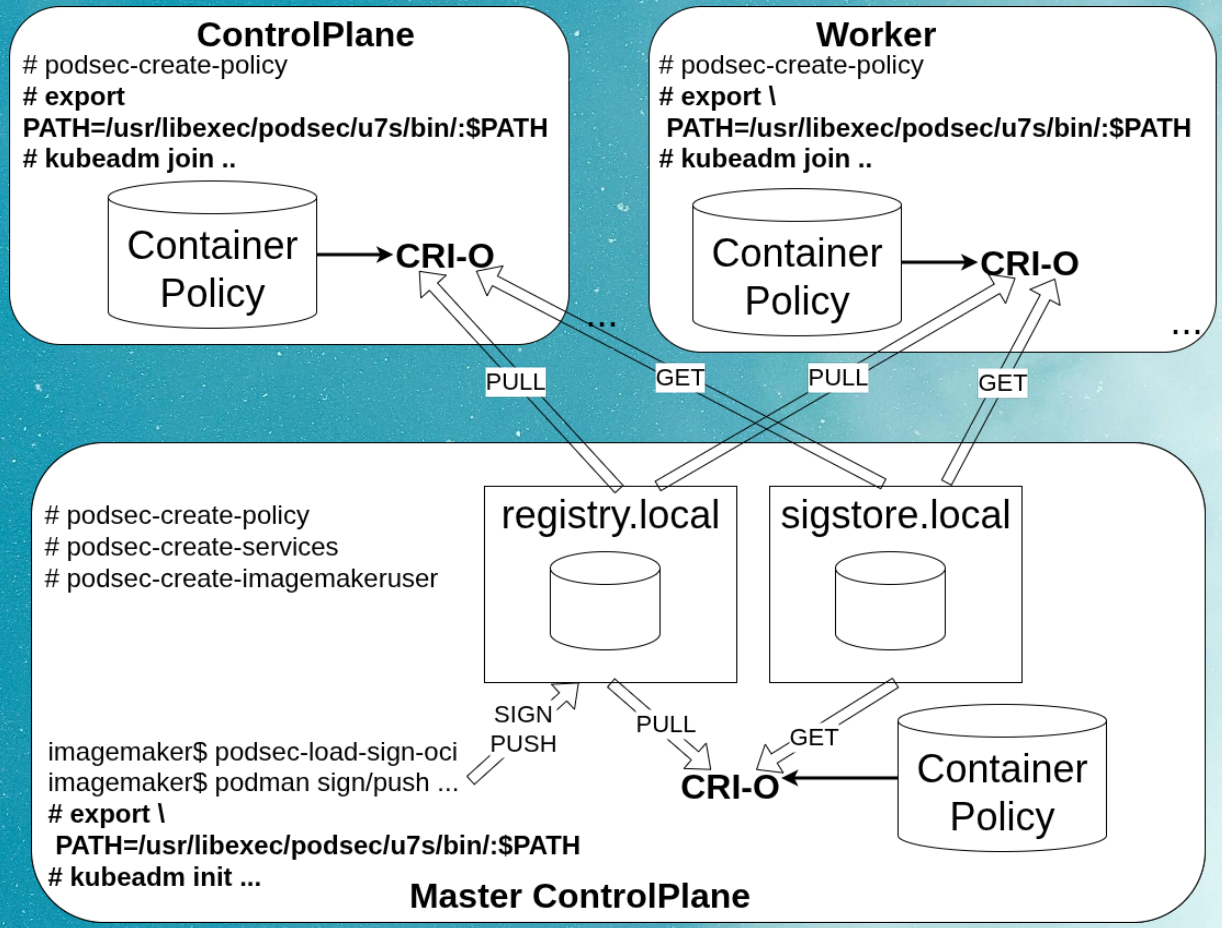

```
imagemaker$ podsec-load-sign-oci
imagemaker$ podman...
# export
PATH=/usr/libexec/podsec/u7s/bin/:$PATH
# kubeadm init ...
```

Master ControlPlane

ControlPlane, Worker: Копирование политик доступа, настройка registry, sigstore



ControlPlane, Worker: Разворачивание узлов командами kubeadm join ...



Мониторинг безопасности

Мониторинг безопасности

- ***build-invulnerable-image*** - команда сборки образов с анализом уязвимостей.
- ***check-containers*** - мониторинг изменения содержимого roolfull, rootless контейнеров (POD’ов).
- ***check-images*** - мониторинг образов на предмет их соответствия настройки политикам контейнеризации на узле.
- ***check-kubeapi*** - мониторинг аудита API-интерфейса сервиса kube-apiserver.
- ***check-policy*** - мониторинг изменения файлов конфигурации политик доступа к образам.
- ***check-vuln*** - мониторинг docker-образов узла сканером безопасности trivy.

ALT-Orchestra/ talos - sshless kubernetes кластер

Особенности ALT Orchestra

- ALT Orchestra (Альт Оркестрация) клон OS Talos.
- Все ISO и docker-образы полностью собираются на основе пакетной базы ALTLinux-Sisyphus.
- Поддерживается собственный стек extensions на основе пакетной базы ALTLinux-Sisyphus.
- Русифицирован и принят в upstream интерфейс image-factory.
- Создан собственный сервис image-factory https://factory.altlinux.space/.
- Зарегистрировано в реестре российского программного обеспечения - https://reestr.digital.gov.ru/reestr/3607624/

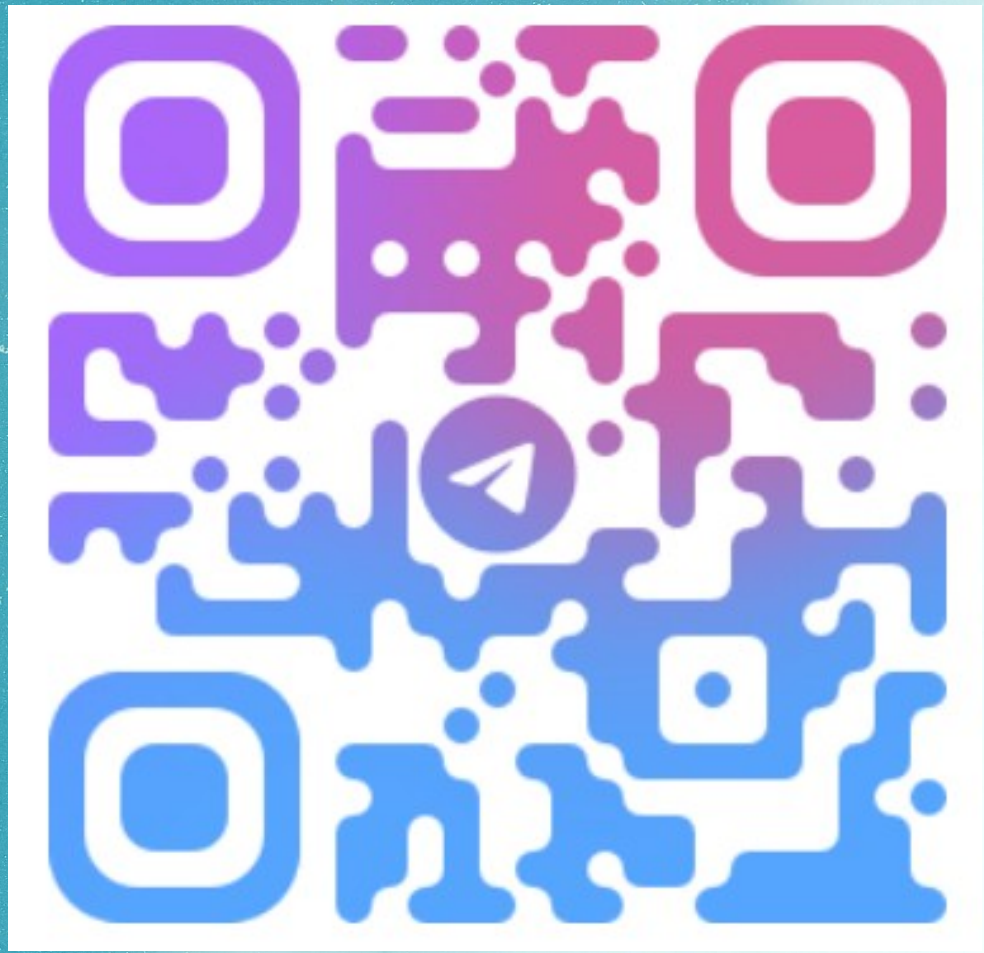
Особенности решения Talos

- Отсутствие доступа к узлам по ssh
- Работа с кластером только через команды
  - talosctl
  - kubectl
- Минимальная файловая система размещаемая в оперативной памяти и монтируемая в режиме только на чтение.
- Богатый набор встроенный сервисов: CNI, HA, Service Discovery, VIP, ...

Сотрудничество — welcome

Оба описываемых продукта — Opensource, GPL V2
Приглашаем разработчиков, тестеров, гуру, … для совместного развития продуктов.

Костарев А.Ф.
Базальт СПО
kaf@basealt.ru



Презентация
Ссылки