

THE OPENSOURCE CLUSTER

클러스터 랩

강사소개

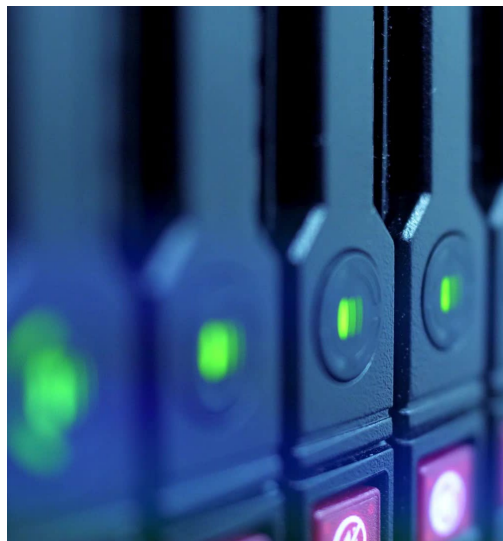
- 이름: 최 국현
- tang@linux.com

목차

- [목차](#)
- [과정소개](#)
- [랩 소개](#)
- [페이스메이커 소개](#)
- [배경](#)
- [COROSYNC](#)
- [DRBD](#)
- [ceph vs drdb](#)
- [페이스메이커 주요 기능 정리](#)

목차

- 이전 및 현 H/A시스템 비교
- 페이스메이커 배포판 버전 별 차이
- RGMAN VS PACEMAKER
- THE AGENT
- 숫자 9 그리고 페이스메이커



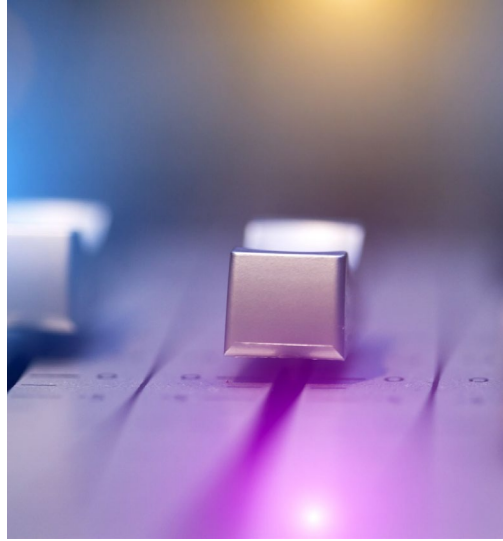
DAY 1

What is the High Availability.

- The Linux Distribution(RHEL, CentOS/, Rocky and SuSE)
- High Availability System for Linux
- Introduce of Pacemaker(ClusterLabs)

INSTALLATION AND BASIC COMMAND

- Virtual Machine
- Quick View to basic command



DAY 2

INSTALL PACEMAKER

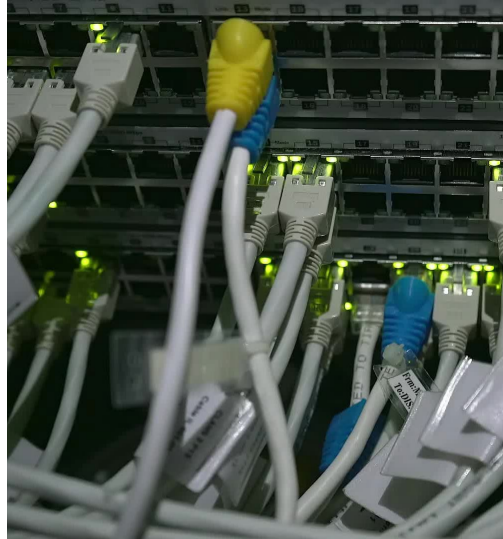
- INSTALL PACEMAKER
- ISCSI SETUP
- CLUSTER SETUP



BUILD AND CONFIGURE SERVICE

- ISCSI
- NFS
- GFS2
- WWW

DAY 3



DAY 4

BUILD AND CONFIGURE SERVICE

- ISCSI
- NFS
- GFS2
- WWW

ADD/REMOVE NODE TO CLUSTER

TWO NODE CLUSTER



페이스메이커

과정소개

2023-05-30

:0<-<

The background of the slide is a complex, abstract network of thin, light-colored lines. Scattered throughout this network are numerous circles of varying sizes. The circles are primarily in shades of orange and pink, with some appearing as solid colors and others as outlines. The overall effect is a dense, organic, and somewhat chaotic pattern that fills the right side of the slide.

랩 구성

랩 소개

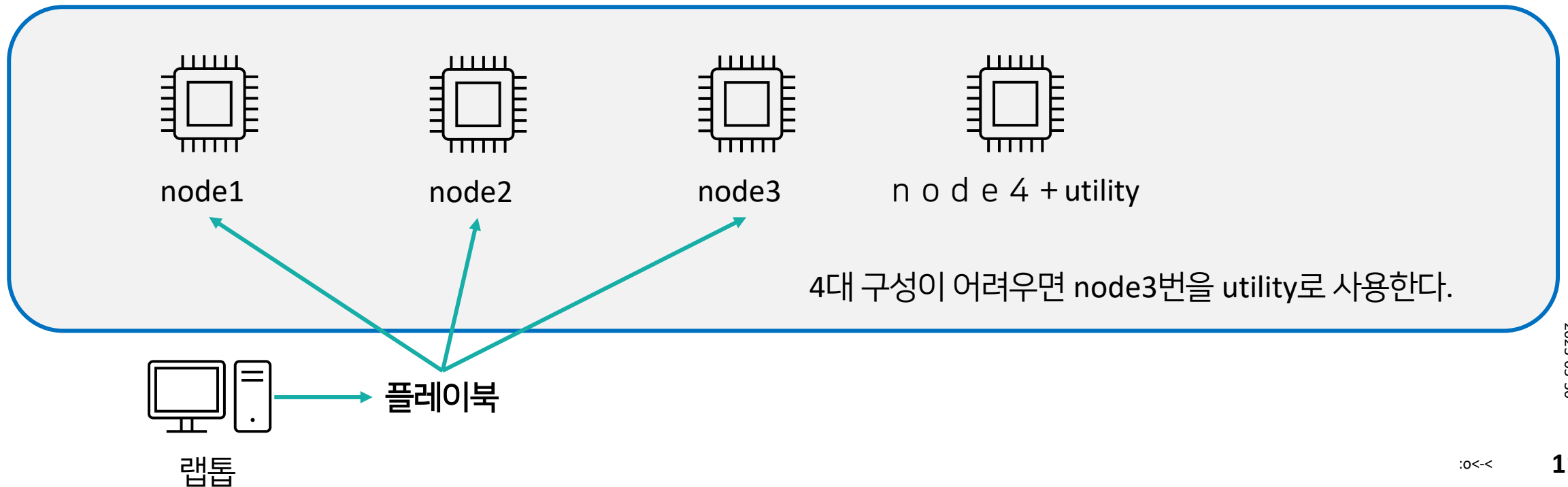
2023-05-30

:0<-<

10

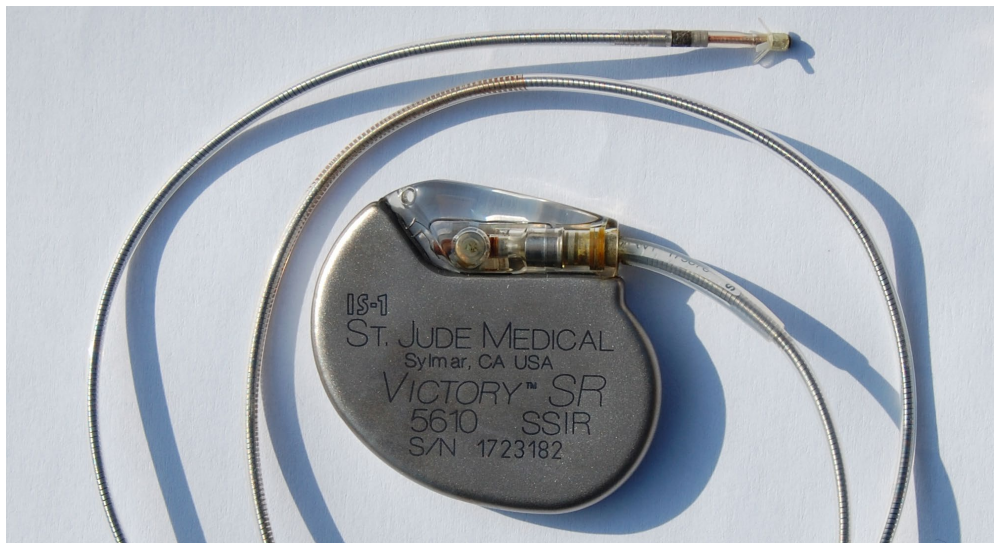
기본과정 랩

기본 과정에서는 총 3 혹은 4대의 가상머신을 사용한다. 사용하는 랩톱 혹은 데스크탑에 따라서 구성 및 설정한다.



페이스메이커 소개

DR VS HA



페이스 메이커는 실제 심장 박동기 (Pacemaker)와 비슷한 동작 방식이다.

옆에 있는 그림처럼 하드웨어가 아니라, 하드웨어 방식은 소프트웨어적으로 구성하여 소프트웨어의 생존성을 높여준다.

페이스메이커

페이스메이커

페이스메이커는 다음과 같은 역할을 한다.

- 서비스 및 `systemD / I n i t (S y s t e m V)` 의 상태를 지속적으로 확인한다.
- 서비스가 문제가 발생하면, 기존 서비스를 노드가 대신한다.
- 크고 작은 서비스에 H/A기반으로 스케일링 서비스가 가능하다.



배경

- 오랫동안 개발을 진행한 리눅스 기반 오픈소스 HA Project. 많은 리눅스 시스템에서 사용이 가능하다.
- 1998년도부터 오픈소스 기반으로 프로젝트를 시작하였으며, 30만 이상의 미션 크리티컬 클러스터에서 사용에서 사용함(1999년부터)
- **IBM/Novel/Oracle/SuSE/Redhat**와 같은 많은 기업들이 프로젝트에 참여
- 많은 산업 환경에서 사용하고 있으며, 많은 애플리케이션을 지원하고 있음

배경

- 대다수 리눅스 배포판에서 사용이 가능함. 레드햇 계열 및 데비안 계열에서도 사용이 가능.
- 하드웨어 사양을 별도로 요구하지 않음. 모든 소프트웨어 기반으로 사용이 가능함.
- 모든 패키지는 자동화 도구로 테스트 및 검증이 된 후 릴리즈 됨.

COROSYNC

Corosync는 클러스터에서 사용하는 엔진.

이를 통해서 클러스터에 구성이 되어 있는 그룹끼리 서로 대화를 할 수 있도록 함. 또한, 강화된 추가 기능으로 애플리케이션의 가용성을 높일 수 있다.

- 페이스메이커(Pacemaker)
- DRBD
- ScanCore

<https://clusterlabs.org/corosync.html>

DRBD

DRBD는 **Distribute Replicated Storage System**의 약자이다. 이 시스템은 강화된 커널 드라이버이며, 사용자 영역에서 관리 프로그램 혹은 쉘 스크립트로 도움을 받아서 사용이 가능하다.

페이스 메이커는 DRBD를 내부적으로 가져와서 구성원으로 사용하고 있다.

<https://linbit.com/drbd/>

DRBD명령어는 따로 페이스 메이커에서 사용할 필요가 없다.

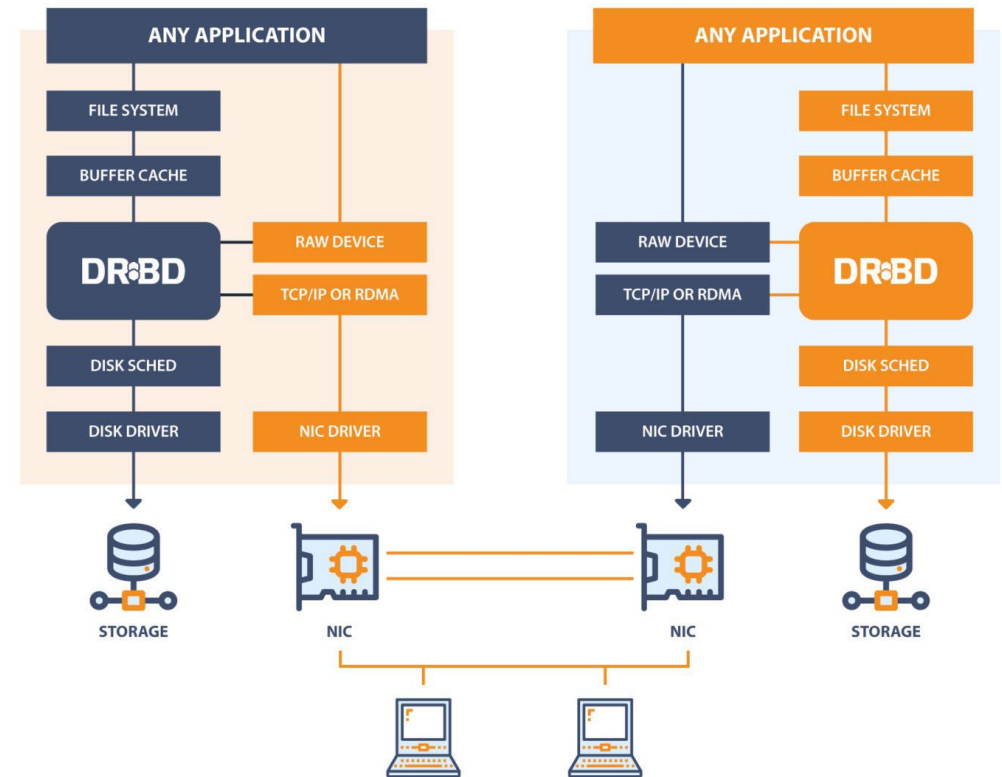
DRBD

DRBD를 사용하기 위해서는 각각 노드에 DRBD 장치를 구성해야 한다.

drbd는 커널 수준에서 장치를 구성 및 배포하기 때문에 리눅스 배포판에서 사용이 가능한지 확인이 필요하다. 이를 사용하기 위해서는 두 가지 형태로 장치를 붙인다.

1. RAW장치
2. LVM2기반의 장치

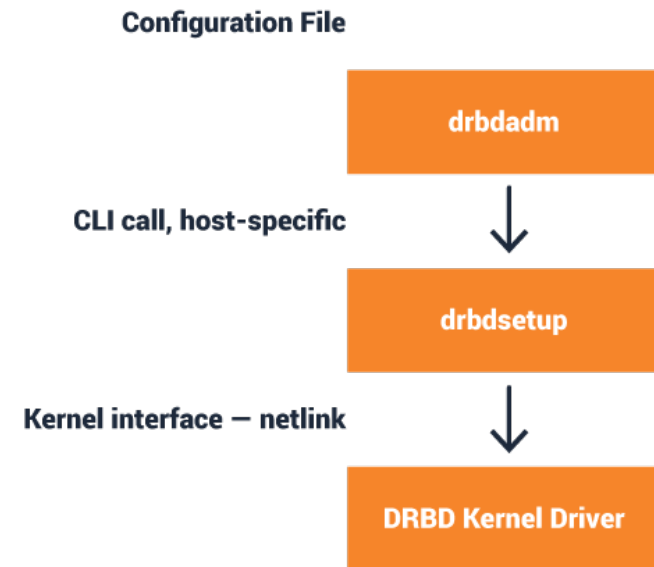
SAN장치가 없는 경우, iSCSI기반으로 구현 및 사용을 권장한다.



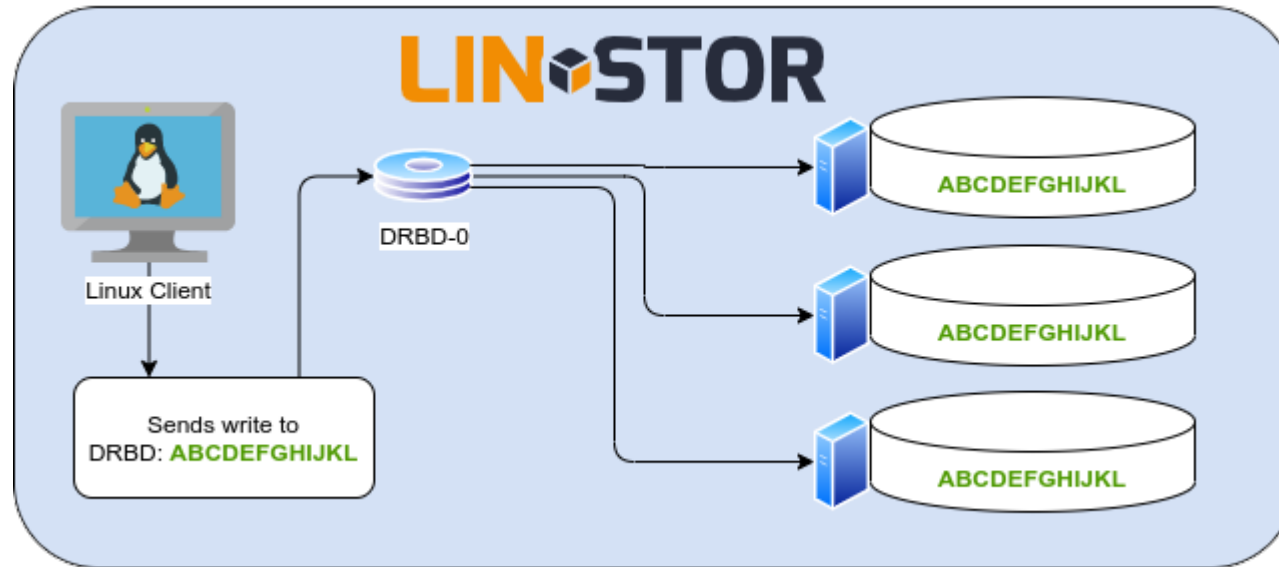
DRBD

구성하기 위해서 간단하게 다음과 같은 단계로 진행한다.

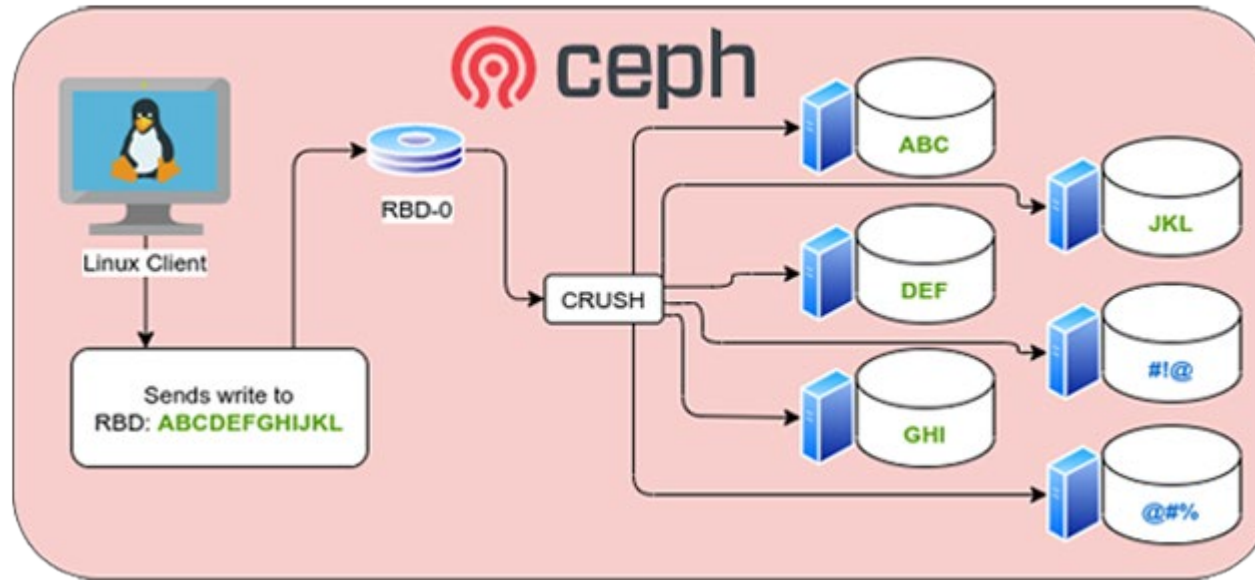
- drbdadm
- drbdsetup



DRDB



ceph



ceph vs drdb

둘은 비슷한 기능을 가지고 있지만, 약간은 다른 성격을 띄고 있다. 둘 다 블록 스토리지 복제 기능을 제공하고 있다.

CEPH는 CRUSH알고리즘 기반으로 RAID-1처럼 파일을 효과적으로 복제를 한다. 또한, 데이터 손상을 최소화 하는 알고리즘을 가지고 있다. 쓰기가 자주 발생하고 레이턴시 문제가 크게 없는 경우, CEPH스토리지 사용을 권장한다.

DRDB는 반대로 레이턴시가 낮고 쓰기가 빈번하게 발생하는 경우 DRBD가 더 효율적이다. 다만, DRDB는 CEPH의 CRUSH처럼 복제 알고리즘이 없다.

ScanCore

스캔코어(ScanCore)는 페이스 메이커의 코어 구성원이다. 이 구성원은 각 노드에서 다음과 같은 상태를 확인한다. 보통 이를 결정 엔진(Decision Engine)이라고 부른다. ScanCore는 다음과 같은 역할을 주로 수행한다.

- 과부화(Over Heating)
- 전원 전압 혹은 손실 상태(Loss of input power)
- 노드 상태
- 에이전트 상태 확인

자세한 사용은 아래의 주소에서 확인이 가능하다.

<https://www.alteeve.com/w/ScanCore>

페이스메이커 주요 기능 정리

1. 장치 및 애플리케이션 수준에서 장애 상태 확인
2. 일반적인 여분 자원 설정 지원
3. 리소스 관리 클러스터 및 구성원(quorate)기반의 시스템 지원
4. 설정 기반으로 구성원 손실이 발생하였을 때 처리 방식에 대한 방법(전략)제공
5. 같은 노드가 아니어도 애플리케이션 시작 및 종료 순서 제공
6. 설정 기반으로 같은 노드에서 실행 여부 결정 가능.
7. 애플리케이션 여러 노드에서 활성화가 되어야 하는 설정 가능
8. 애플리케이션들에게 다중역할 기능 제공

페이스메이커 주요 기능 정리

- libQB - core services (logging, IPC, etc)
- Corosync - Membership, messaging and quorum
- Resource agents - A collection of scripts that interact with the underlying services managed by the cluster
- Fencing agents - A collection of scripts that interact with network power switches and SAN devices to isolate cluster members
- Pacemaker itself

페이스메이커 주요 기능 정리

- Pacemaker has been around since [2004](#) and is primarily a collaborative effort between [Red Hat](#) and [SUSE](#), however we also receive considerable help and support from the folks at [LinBit](#) and the community in general.
- Corosync also began life in [2004](#) but was then part of the [OpenAIS project](#). It is primarily a [Red Hat](#) initiative, with considerable help and support from the folks in the community.

이전 및 현 H/A시스템 비교

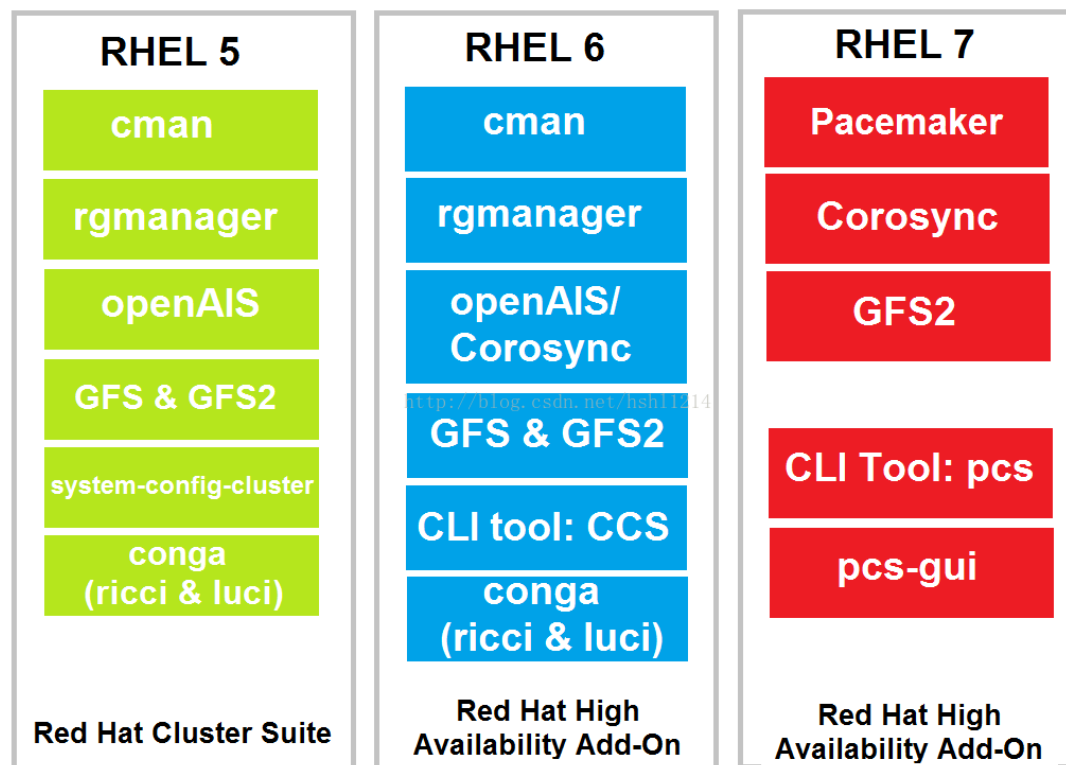
RHEL/CentOS 7 이전 버전에서는

- 구 버전은 페이스메이커 사용이 불가능함.
- 이전에는 RGMAN 혹은 CMAN으로 호칭하였음.

RHLE/CentOS 7 이상 버전에서는

- 레드햇 계열에서는 RHEL 7부터 사용이 가능.
- 수세 리눅스는 SELHA 12부터 사용이 가능.
- 현재는 RHEL 8, CentOS-8-Stream, Rocky 8이후 버전 사용 권장.

페이스메이커 배포판 버전 별 차이



RGMAN VS PACEMAKER

	리소스 매니저	페이스메이커
리소스 설정 관리	수동	자동
리소스 관리 모델	자원 그룹	자원(resource) 그룹 및 의존성
의존성 모델	위치 선언 및 시작 후 시작	사용자 설정
이벤트 제어 방식	중앙 혹은 배포	중앙화
명령어 관리	상태 및 자원제어	상태 및 자원제어 및 설정
차단방식	제한적 혹은 OCF	유연하게 OCF 에이전트 가능
다중 리소스 상태 확인	아님	지원
이벤트 스크립트	지원	아님
최대 노드 개수	16개	16개 혹은 32개

RGMAN VS PACEMAKER

	리소스 매니저	페이스메이커
독점 서비스	Yes	Yes
도메인 장애복구(failover)	Yes	Yes
리소스 제외	No	Yes
시간 기반 리소스 제어	No	Yes
리소스 속성 상속	Yes	Yes
리소스 공유	Yes	Yes
리소스 복제(설정 및 에이전트)	No	Yes
리소스 API 에이전트 형식	OCF, SysV	OCF, SysV

RGMAN VS PACEMAKER

	리소스 매니저	페이스메이커
리소스 중지	Yes	Yes
구성원 필요	Yes	Configurable
DLM 필요	Yes	No
다중 파티션 자원 관리지원	No	Yes
비 관리자 기반 관리 자원	No	Yes

THE AGENT

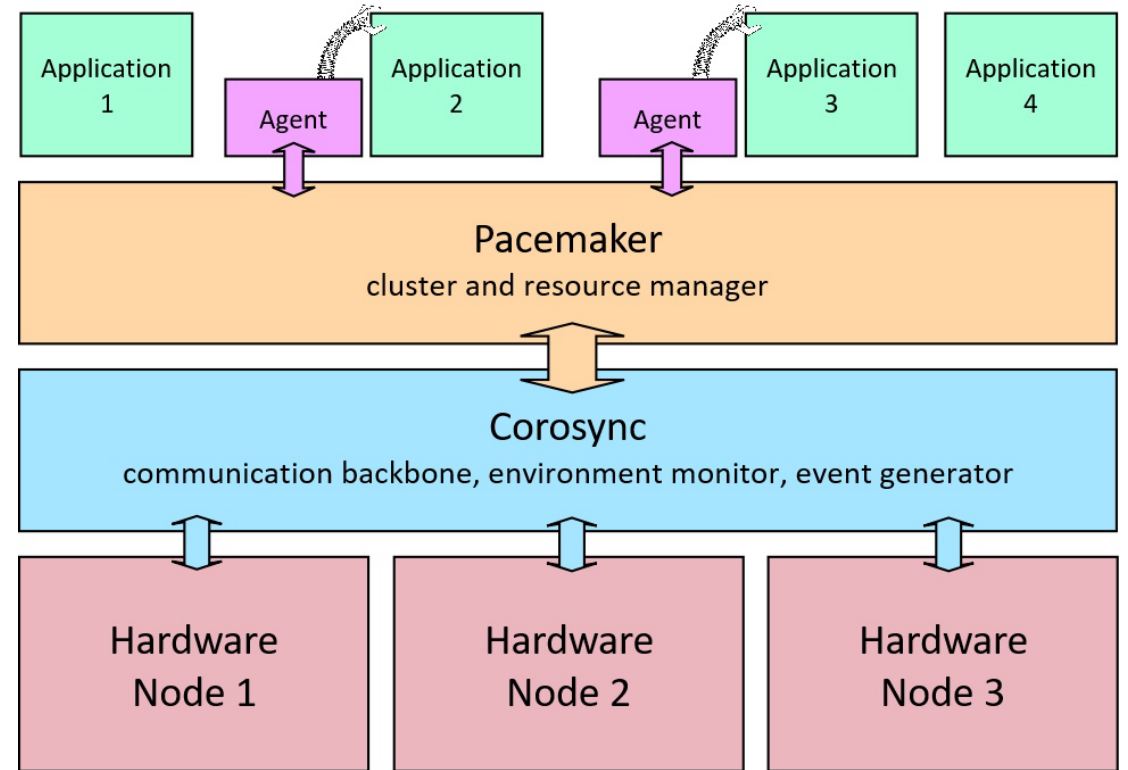
1. 페이스메이커 및 리소스 매니저는 OCF 기반의 에이전트 사용이 가능.
2. 모든 OCF자원을 활용이 하기가 어렵기 때문에, 추가적으로 구성을 원하는 경우, 아래 링크에서 확인이 가능.

본 사이트: <http://www.linux-ha.org/doc/dev-guides/ra-dev-guide.html>

깃헙 사이트: <https://github.com/ClusterLabs/resource-agents/blob/main/doc/dev-guides/ra-dev-guide.asc>

THE AGENT

에이전트는 각각 자원별로 리소스 에이전트를 가지고 있다.
에이전트는 설정을 통해서 애플리케이션 및 리소스를 관리한다. 해당 리소스는 페이스메이커가 관리를 하며, 설정 배포 및 환경 상태를 관리하는 Corosync를 통해서 한다.



숫자 9 그리고 페이스메이커

- H/A시스템은 100% 사용율을 달성 할 수 없다.
- 잘 구성된 HA 클러스터 시스템은 가동율에 "9"라는 숫자를 추가 혹은 제공한다.
- 클러스터는 절대로 복잡하게 구성 및 추가하면 안된다.
 - 복잡한 클러스터 구성은 거의 대다수가 완벽하게 실패한다.

99.9999% IN 30SEC

99.999% IN 5MIN

99.99% IN 52 MIN

99.9% IN 9 HOUR

99% IN 3.5 DAY

DR VS HA

D/R(DISASTER RECOVERY)이라고 부르는 제해 및 재앙에 관련된 복구 시스템. 페이스 메이커는 기본적으로 H/A를 대상으로 작성된 프로그램.

D/R을 H/A와 비용을 비교 하였을 때 다음과 같다.

1. D/R 페일오버(Failover)는 비용이 비싸다
2. D/R 페일오버는 시간 단위로 측정이 가능하다
3. 내부 노드 문제로 신뢰할 수 없는 노드 통신
4. 클러스터 및 노드 사이에 너무 복잡한 디자인

DR VS HA

H/A(HIGH AVAILABILITY)는 D/R보다는 작은 범주에서 동작하는 구조. D/R에 비해서 상대적으로 저렴하다.

- H/A 장애처리는 D/R에 비해서 저렴하다
- H/A 장애처리 시간은 보통 초단위로 가능하다
- 노드간 통신이 가능하다
- 에이전트를 통해서 클러스터 및 노드를 간단하게 설계 및 디자인

SINGLE POINTS OF FAILURE

SPoF(Single Points Of Failure), 단일 지점에서 장애가 발생 하였을 때, H/A시스템 구조는 잘 동작한다. 하지만, 노드 단위로 다발적으로 장애가 발생하는 경우, H/A시스템은 빠르게 대체를 못하는 경우가 있다. 그래서 일반적으로 SPoF는 서비스 대상으로 디자인을 하는 경우가 많다.

장점

H/A 디자인은 SPoF에는 최적화 되어 있는 설계. 일반적으로 대다수의 H/A는 서비스 대상으로 구성이 되어 있다.

단점

H/A디자인은 모든 시스템 혹은 서비스에 대해서 확인을 할 수 없다. 앞서 이야기 내용처럼 노드 대 노드는 기본적으로 H/A시스템과 맞지 않다.

STONITH

리소스(서비스)가 장애가 발생하면, 차단은 서비스 무결성을 보장한다. Shoot the Other Node in the Head, 말 그대로 장애가 발생한 노드를 클러스터에서 처리한다.

차단(FENCING)

SCSI RELEASE/LOCK AND RESERVE

페이스 메이커는 다양한 볼륨 장치를 지원하는데, 기본적으로 지원하는 장치는 LVM2, GFS2, NFS가 있다.

SCSI CHANNEL

iSCSI 및 FC(Fiber Channel)를 제공한다.

기능(CAPABILITIES)

- 클러스터 노드는 16개까지 권장한다
 - 이 부분에 대해서 나중에 더 자세히 이야기
- 병렬통신을 사용한다. 예를 들어서 UDP, Broadcast, MultiCast, Unicast 통신을 사용한다.
- 노드 문제 혹은 서비스 문제
- IP연결 문제 혹은 접근 문제 또는 임의 기준으로 장애 처리
- 액티브 패시브 혹은 액티브-액티브 모델
- 모니터링 리소스를 자체적으로 소유
- OCF 표준 리소스 관리 및 모니터링 제공

기능(CAPABILITIES)

- 풍부한 제약 조건을 지원하는 정교한 종속성 모델(리소스, 그룹, 노드 이전, 마스터/슬레이브)
- XML 기반 리소스 구성
- 구성 및 모니터링 GUI
- OCFS 클러스터 파일 시스템 지원
- 다중 상태(마스터/슬레이브) 리소스 지원

기능(CAPABILITIES)

페이스 메이커는 다음과 같은 자원을 지원한다.

- 리소스
- 리소스 에이전트
- DC(DESIGNATED COORDINATOR), 마스터 노드
- 스노니스(STONITH)
- 스플릿 브레인, 구성원이 총 2개(2 Nodes)
- 정족수(Quorum), 구성원이 총 3개 이상을 권장



랩 구성

하이퍼바이저

2023-05-30

랩 구성

강의 시작 전, 가상머신을 리눅스에서 설치 한다. 페이스 메이커를 사용하기 위해서 올바르게 저장소 구성을 한다. 여기서 사용하는 하이퍼바이저는 윈도우 10/11 Pro기반의 하이퍼브이 기반으로 사용한다.

1. CentOS-9-Stream 기반으로 랩을 구성한다.

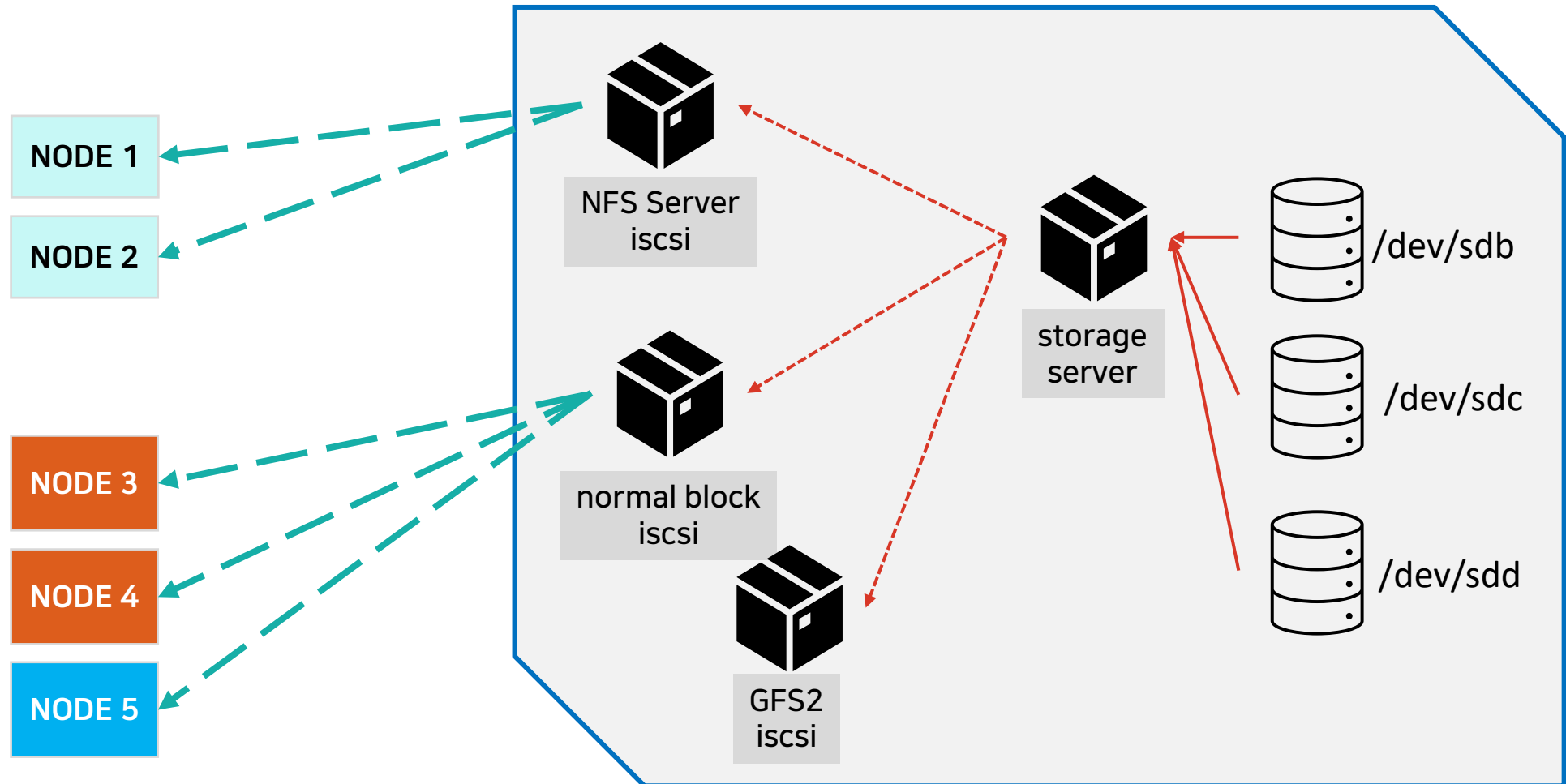
- 총 4대의 가상머신을 구성한다.
- 192.168.90.250번은 VIP주소로 사용한다.
- 두 개의 NIC카드를 가지고 있어야 한다. "default"는 외부망으로 사용하고, "internal", "storage"내부 네트워크를 따로 구성한다. 구성이 어려운 경우 "internal"하나만 가지고 있어도 된다.

2. 용량이 부족하면 최소 3개를 구성한다.

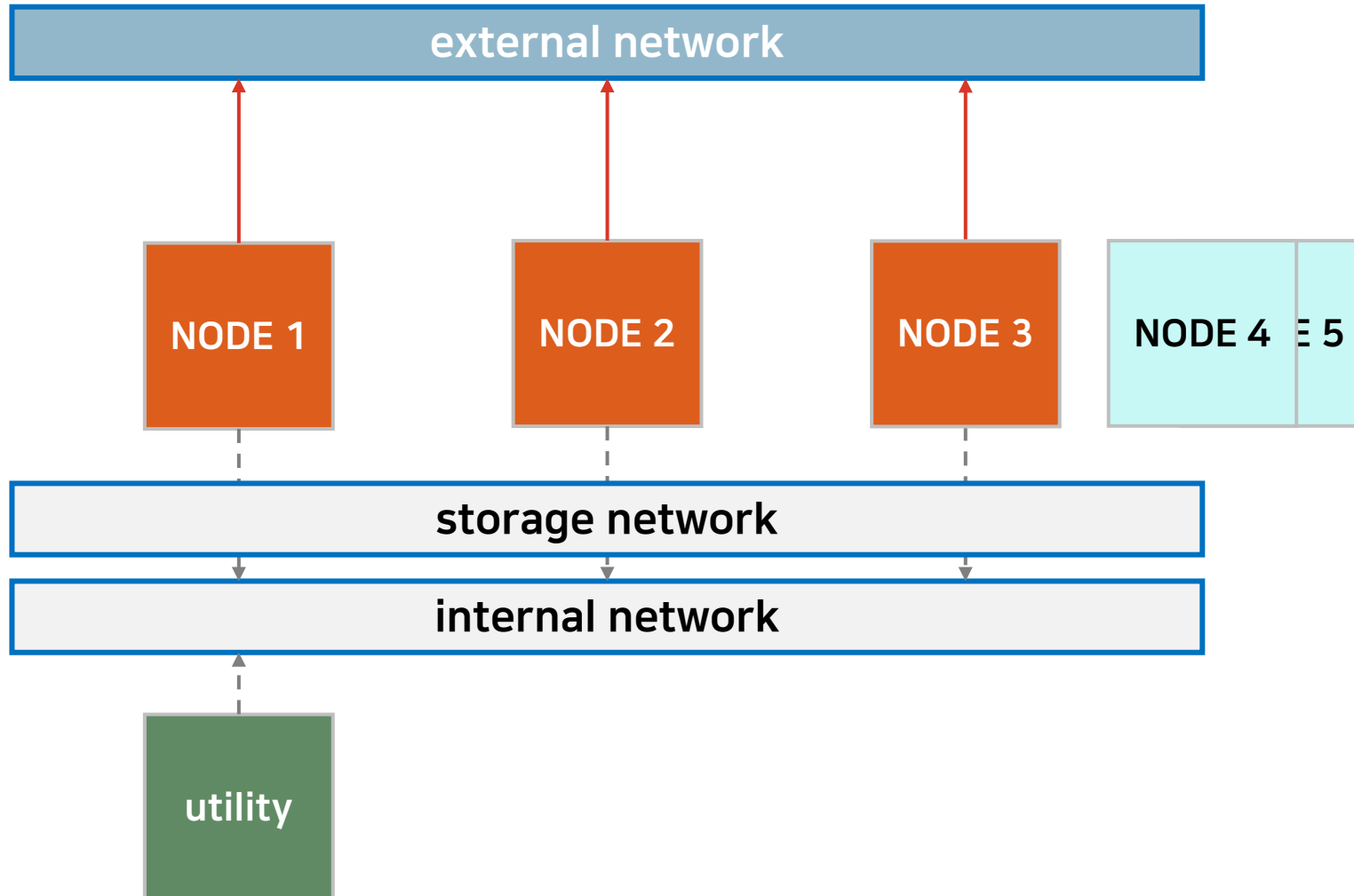
3. 가상머신 하나는 반드시 유틸리티 서버가 되어야 한다.

- iSCSI, NFS, GFS2
- DNS, 만약 구성이 가능하다면

기본 구성



네트워크



LAB

랩을 위해서 다음과 같은 패키지를 호스트(베어메탈) 리눅스에 설치한다. 윈도우 컴퓨터를 사용하는 경우 IPMI프로토콜 서버를 사용할 수 없다. 리눅스로 랩을 진행하는 경우 아래 프로그램 설치를 권장한다.

- libvirt
- virsh
- virt-builder

만약, stonith, quorum를 two-node에서 적용하지 않으려면 다음과 같이 옵션 적용.

- pcs property set stonith-enabled=false
- pcs property set no-quorum-policy=ignore

IPMI 구성

가상으로 IPMI프로토콜을 구현을 원하는 경우, VirtualBMC를 통해서 구현이 가능하다. 이 랩에서는 IPMI은 사용하지 않는다.

- virtualbmc
- <https://github.com/openstack/virtualbmc>

IPMI 설치 및 구성

```
[root@localhost stack]#
```

IPMI 설치 및 구성

```
host# dnf install libvirt libvirt-devel python3-devel gcc -y
```

```
host# pip3 install virtualbmc
```

```
host# vbmcd
```

```
host# vbmc add --username centos --password centos --port 7755 --libvirt-uri  
qemu+ssh://root@bare/system node2
```

```
host# vbmc list
```

가상머신 구성 및 설치

가상 머신을 사양에 따라서 다르다. 최소 3대의 서버가 필요하며, 가급적이면 6대 정도의 가상머신 사용을 권장한다. 구성은 다음과 같은 순서로 진행한다.

- libvirtd 설치
- 가상머신 관리 명령어 설치
- 내부 네트워크 구성
- 가상머신 이미지 구성 및 생성

가상머신 설치 준비

```
host# dnf groupinstall "Virtualization Host" -y
```

```
host# dnf install libguestfs-tools-c -y
```

```
host# virt-builder --list
```

```
host# virsh net-list
```

```
host# cat <<EOF> internal-network.xml
```

내부 네트워크 XML파일

```
<network>
  <name>internal</name>
  <bridge name='virbr10' stp='on' delay='0' />
  <mac address='52:54:00:91:24:b8' />
  <domain name='internal' />
  <ip address="192.168.90.1" netmask="255.255.255.0">
    <dhcp>
      <range start="192.168.90.2" end="192.168.90.254" />
    </dhcp>
  </ip>
</network>
EOF
```

가상 내부 네트워크 생성

가상머신에 사용할 내부 네트워크를 등록한다.

```
host# virsh define --file internal-network.xml
```

```
host# virsh define --file storage-network.xml
```

```
host# virsh net-list
```

가상머신 OS이미지 생성

최소 사양으로 사양하는 경우 총 3대의 가상머신을 만든다. 문제가 없는 경우 총 6대의 가상머신을 만든다.

```
host# virt-builder --size 10G --format qcow2 --root-password password:centos -o  
/var/lib/libvirt/images/node1.qcow2 centosstream-9
```

```
host# virt-builder --size 10G --format qcow2 --root-password password:centos -o  
/var/lib/libvirt/images/node2.qcow2 centosstream-9
```

```
bare# virt-builder --size 30G --format qcow2 --root-password password:centos -o  
/var/lib/libvirt/images/node3.qcow2 centosstream-9
```

CLI기반으로 가상머신 설치

가상머신을 CLI에서 설치하기 위해서 "virt-install"명령어를 통해서 설치를 진행한다. 메모리 및 CPU는 컴퓨터 사양에 맞게 구성한다. 권장하는 최소 사양은 다음과 같다.

- **vCPU: 2개**
- **vMEM**
 - 4096MiB(페이스 메이커 및 OCF의 원활한 동작을 위해서 필요)

CLI기반으로 가상머신 설치

가상머신을 CLI에서 설치하기 위해서 "virt-install"명령어를 통해서 설치를 진행한다. 메모리 및 CPU는 컴퓨터 사양에 맞게 구성한다. 권장하는 최소 사양은 다음과 같다.

vCPU: 2개

vMEM: 4096MiB(페이스 메이커 및 OCF의 원활한 동작을 위해서 필요)

```
host# dnf install virt-install -y
```

```
host# virt-install --memory 4096 --cpu host-copy --vcpu 2 -n node1 --disk  
/var/lib/libvirt/images/node1.qcow2,cache=none,bus=virtio -w network=default,model=virtio -w  
network=internal,model=virtio --graphics none --autostart --noautoconsole --import
```

```
host# virt-install --memory 4096 --cpu host-copy --vcpu 2 -n node2 --disk  
/var/lib/libvirt/images/node2.qcow2,cache=none,bus=virtio -w network=default,model=virtio -w  
network=internal,model=virtio --graphics none --autostart --noautoconsole --import
```

CLI기반으로 가상머신 설치

가상머신을 "virt-install"명령어로 설치 후, 올바르게 구성이 되면, 아래와 같은 명령어로 올바르게 동작하는지 확인한다.

```
host# virt-install --memory 4096 --cpu host-copy --vcpu 2 -n node3 --disk  
/var/lib/libvirt/images/node3.qcow2,cache=none,bus=virtio -w  
network=default,model=virtio -w network=internal,model=virtio --graphics none --autostart -  
-noautoconsole --import
```

CLI기반으로 가상머신 설치

```
host# virsh console node1
```

```
host# virsh console node2
```

```
host# virsh console node3
```

```
host# virsh domifaddr node1
```

```
host# ssh root@<IP>
```


클러스터 구성 준비

리눅스 설정

리눅스 구성

시작 전, 각각 가상머신에 대해서 이미지 스냅샷을 수행한다.

```
host# virsh snapshot-create as --domain node1 --name node1-pcs-setup
```

```
host# virsh snapshot-create-as --domain node2 --name node2-pcs-setup
```

```
host# virsh snapshot-create-as --domain node3 --name node3-pcs-setup
```

```
host# virsh snapshot-create-as --domain node4 --name node4-pcs-setup
```

```
host# virsh snapshot-list node1
```

```
host# virsh snapshot-revert --domain node1 --snapshotname node1-pcs-setup --running
```

위의 명령어로 각각 가상머신 스냅샷을 생성한다. 총 생성해야 가상머신은 **node1, node2, node3** 혹은 **node4(utility)**포함.

리눅스 구성

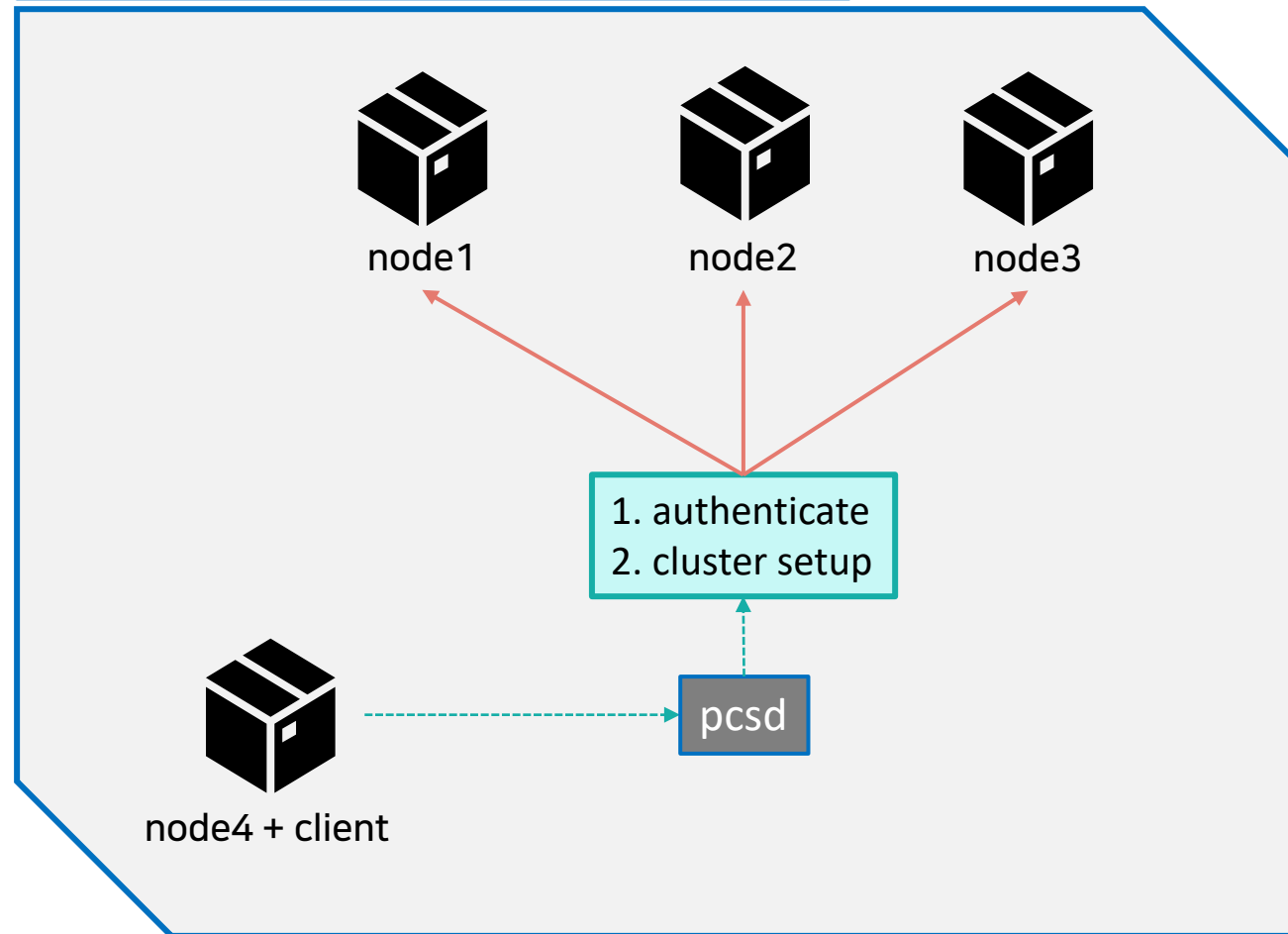
시작 전, 각각 가상머신에 대해서 이미지 스냅샷을 수행한다.

> Checkpoint-VM –Name node1 –SnapshotName ‘before cluster create’

위의 명령어로 각각 가상머신 스냅샷을 생성한다. 총 생성해야 가상머신은 node1, node2, node3
혹은 node4(utility)포함.

PACEMAKER

랩 진행 시 4대만 클러스터에 구성해주세요.



리눅스 네트워크 구성

"internal"네트워크 인터페이스 카드에 다음과 같이 구성한다. 만약, 이미 존재하는 경우 "mod"로, 프로파일이 없는 경우 "add"로 nmcli 동사를 변경한다.

```
node1# nmcli con mod eth1 ipv4.addresses 192.168.90.110/24 ipv4.never-default yes ipv4.method manual autoconnect yes type ethernet ifname eth1
```

```
node1# nmcli con up eth1
```

```
node2# nmcli con mod eth1 ipv4.addresses 192.168.90.120/24 ipv4.never-default yes ipv4.method manual autoconnect yes type ethernet ifname eth1
```

```
node2# nmcli con up eth1
```

리눅스 네트워크 구성

```
node3# nmcli con mod eth1 ipv4.addresses 192.168.90.130/24 ipv4.never-default yes ipv4.method manual autoconnect  
yes type ethernet ifname eth1
```

```
node3# nmcli con up eth1
```

```
node4# nmcli con mod eth1 ipv4.addresses 192.168.90.140/24 ipv4.never-default yes ipv4.method manual autoconnect  
yes type ethernet ifname eth1
```

```
node4# nmcli con up eth1
```

```
node5# nmcli con mod eth1 ipv4.addresses 192.168.90.150/24 ipv4.never-default yes ipv4.method manual autoconnect  
yes type ethernet ifname eth1
```

```
node5# nmcli con up eth1
```

```
node6# nmcli con mod eth1 ipv4.addresses 192.168.90.160/24 ipv4.never-default yes ipv4.method manual autoconnect  
yes type ethernet ifname eth1
```

```
node6# nmcli con up eth1
```

HOSTNAME/NTP

각 서버에 호스트 이름 설정 및 그리고 NTP서버 설정. 현재는 외부망으로 연결하지만, 내부망(폐쇄망)으로 운영하시는 경우, 꼭 내부에 최소 한대의 NTP서버가 구성이 되어 있어야 됨.

```
node1# hostnamectl set-hostname node1.example.com
```

```
node2# hostnamectl set-hostname node2.example.com
```

```
node3# hostnamectl set-hostname node3.example.com
```

```
node4# hostnamectl set-hostname node4.example.com
```

```
node5# hostnamectl set-hostname node5.example.com
```

```
node6# hostnamectl set-hostname node6.example.com
```

```
nodeX# timedatectl set-ntp true
```

```
nodeX# vi /etc/chrony.conf
```

NTP

```
nodeX# grep -Ev '^#|^$' /etc/chrony.conf
```

```
pool 2.centos.pool.ntp.org iburst ---> server ntp.internal.example.com
```

```
sourcedir /run/chrony-dhcp
```

```
driftfile /var/lib/chrony/drift
```

```
makestep 1.0 3
```

```
rtcsync
```


systemd-timesyncd

추후에는 **systemd-timesyncd.service**로 변경될 예정. 설정 및 변경 방법은 아래 링크 참조.

<https://www.freedesktop.org/software/systemd/man/systemd-timesyncd.service.html>

- /etc/systemd/timesyncd.conf
- /etc/systemd/timesyncd.conf.d/local.conf

[Time]

NTP=0.arch.pool.ntp.org 1.arch.pool.ntp.org 2.arch.pool.ntp.org 3.arch.pool.ntp.org

FallbackNTP=0.pool.ntp.org 1.pool.ntp.org 0.fr.pool.ntp.org

PACEMAKER

DNS 서버가 없기 때문에, A Recode를 /etc/hosts파일 통해서 구성한다.

node4# cat <<EOF>> /etc/hosts

192.168.90.110 node1.example.com node1

192.168.90.120 node2.example.com node2

192.168.90.130 node3.example.com node3

192.168.90.140 node4.example.com node4 storage cli

192.168.90.150 node5.example.com node5

192.168.90.160 node6.example.com node6

EOF

← 자원이 매우 부족하면 node2혹은 3번까지

← 16기가 이상이면 node4번까지

← 자원이 매우 넉넉하면 node6까지

PACEMAKER

각각 서버에 SSH키를 생성 후 배포한다.

```
node4# ssh-keygen -t rsa -N "" -f ~/.ssh/id_rsa
```

```
node4# dnf install sshpass -y
```

```
node4# cat <<EOF> ~/.ssh/config
```

```
StrictHostKeyChecking=no
```

```
EOF
```

```
node4# for i in {1..6} ; do sshpass -p centos ssh-copy-id root@node${i} ; done
```

node6까지 있으면, node6번이 관리 노드

PACEMAKER

키를 생성한 다음에, 다음과 같은 명령어로 키를 배포한다.

```
node4# for i in node{1..4} ; do sshpass -p centos ssh root@$i 'dnf update -y' ; done
```

```
node4# for i in node{1..4} ; do sshpass -p centos scp /etc/hosts
```

```
root@\$i.example.com:/etc/hosts ; done
```

node6까지 있으면, node6번까지 루프에 추가!

```
node4# for i in node{1..4} ; do sshpass -p centos ssh root@$i 'dnf --  
enablerepo=highavailability -y install pacemaker pcs' ; done
```

```
node4# for i in node{1..4} ; do sshpass -p centos ssh root@$i 'dnf install firewalld &&  
systemctl enable --now firewalld' ; done
```

PACEMAKER

```
node4# for i in {1..4} ; do sshpass -p centos ssh root@node${i} 'firewall-cmd --add-service=high-availability && firewall-cmd --runtime-to-permanent' ; done
```

```
node4# for i in {1..4} ; do sshpass -p centos ssh root@node$i 'echo centos | passwd --stdin hacluster && systemctl enable --now pcsd.service' ; done
```

```
node4# ping node1 -c3
```

```
node4# ping node2 -c3
```

```
node4# ping node3 -c3
```

PACEMAKER

```
node4# pcs host auth -u hacluster -p centos node1.example.com node2.example.com  
node3.example.com node4.example.com node5.example.com node6.example.com
```

```
node4# pcs cluster setup ha_cluster_lab node1.example.com node2.example.com  
node3.example.com node4.example.com node5.example.com node6.example.com
```

node2/4번만 있으면 2/4번 까지만!

토큰 인증
/var/lib/pcsd/

클러스터 구성(CIB)
/var/lib/pacemaker/

PACEMAKER

```
node4# pcs cluster start --all
```

```
node4# pcs cluster enable --all
```

```
node4# pcs cluster status
```

```
node4# pcs status corosync
```

```
node4# pcs cluster stop --all
```

```
node4# pcs cluster destroy --all
```

```
node4# ss -npltu | grep -i corosync
```

노드 추가하기(리눅스)

리눅스에서 노드 및 클러스터를 추가하고 싶은 경우, 아래 명령어를 수행한다.

```
host# virt-builder --size 30G --format qcow2 -o --root-password password:centos /var/lib/libvirt/images/node4.qcow2 centosstream-8
```

```
host# virt-install --memory 4096 --vcpu 2 -n node4 \
```

```
--disk /var/lib/libvirt/images/node4.qcow2,cache=none,bus=virtio \
```

```
-w network=default,model=virtio -w network=internal,model=virtio \
```

```
--graphics none --autostart --noautoconsole --import
```

```
host# pcs cluster auth -u hacluster -p centos node4
```

```
host# pcs cluster node add node4 --start --enable
```

혹은

```
host# pcs cluster start node4
```

```
host# pcs cluster enable node4
```


노드 추가하기

node4# systemctl start --enable pcsd.service

node4# echo centos | passwd --stdin hacluster

node4# pcs host auth -u hacluster -p centos node3.example.com

node4# pcs cluster node add node3.example.com --enable --start

node4# pcs cluster status

node4# pcs status corosync

node4# corosync-cfgtools -s

노드 제거하기

node4# pcs host deauth node3.example.com

node4# pcs cluster stop node3.example.com

node4# pcs cluster node disable node3.example.com

node4# pcs cluster node delete node3.example.com ## delete, remove 차이 없음

node4# pcs cluster status

연습문제

각각 가상머신을 다시 롤백 후, 아래와 같이 작업을 수행한다.

1. node1/2/3번을 cluster-lab이라는 이름으로 클러스터를 생성한다.
 - 다른 이름으로 설정해도 무난
2. 모든 노드들은 internal 네트워크를 통해서 연결 및 구성이 된다.
 - pacemaker, storage 네트워크 분리
3. hacluster사용자의 암호는 centos로 변경한다.
4. 각 노드들은 공개 혹은 비공개키로 접근이 가능해야 한다.

연습문제

기존에 구성하였던 클러스터에 node4번을 추가한다.

1. 기존에 사용하였던 클러스터에 node4번을 추가
 2. 추가를 하기 위한 네트워크를 구성한다.
 3. 올바르게 구성이 되면 node4에서 클러스터 노드가 조회가 가능해야 한다.
 - pcs cluster status
 4. node3번을 기존에 구성하였던 클러스터에서 제거한다.
 - 제거가 올바르게 되었는지 pcs cluster status로 확인
 - 다시, node3번을 클러스터에 추가한다.
- **노드 3대로 진행하시는 분들은 2번째 노드를 제거 및 다시 추가 해보세요.**

DRBD

배포 기반 블록 스토리지

2023-05-30

DRBD

DRBD는 정확히는 페이스메이커의 솔루션은 아니다. LINBIT회사에서 제작한 솔루션이며, 코어버전은 GPL 2.0으로 공개가 되어 있다.

DRBD 소스코드

DRBD는 RAID 1기능을 TCP기반으로 구현한다. Glusterfs와 기능이 비슷하지만, 파일 기반이 아닌 실제 물리적 블록 장치 기반으로 구현한다. 대다수 배포판에서 별도의 컴파일 없이 사용이 가능하도록 패키징이 되어 있기 때문에 바이너리 기반으로 설치 후, 설정하여 바로 사용이 가능하다.

DRBD는 GFS2파일 시스템과 다르게 BIT by BIT로 블록을 복제한다. 멀티 락킹 혹은 DLM지원하지 않는 파일 시스템도 안정적으로 사용이 가능하다.

보통 ACTIVE/ACTIVE 혹은 ACTIVE/PASSIVE형태로 많이 사용한다.

DRBD

xfs_ext : 단일

gfs2, btrfs : 다중

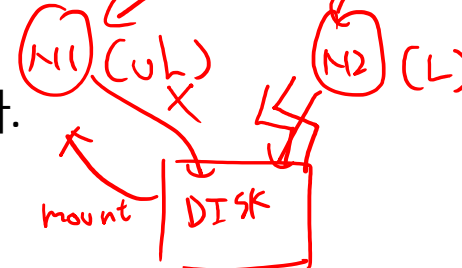
DRBD는 정확히는 페이스메이커의 솔루션은 아니다. LINBIT 회사에서 제작한 솔루션이며, 코어버전은 GPL 2.0으로 공개가 되어 있다.

DRBD 소스코드 ✓

DRBD는 RAID 1 기능을 TCP 기반으로 구현한다. Glusterfs와 기능이 비슷하지만, 파일 기반이 아닌 실제 물리적 블록 장치 기반으로 구현한다. 대다수 배포판에서 별도의 컴파일 없이 사용이 가능하도록 패키징이 되어 있기 때문에 바이너리 기반으로 설치 후, 설정하여 바로 사용이 가능하다.

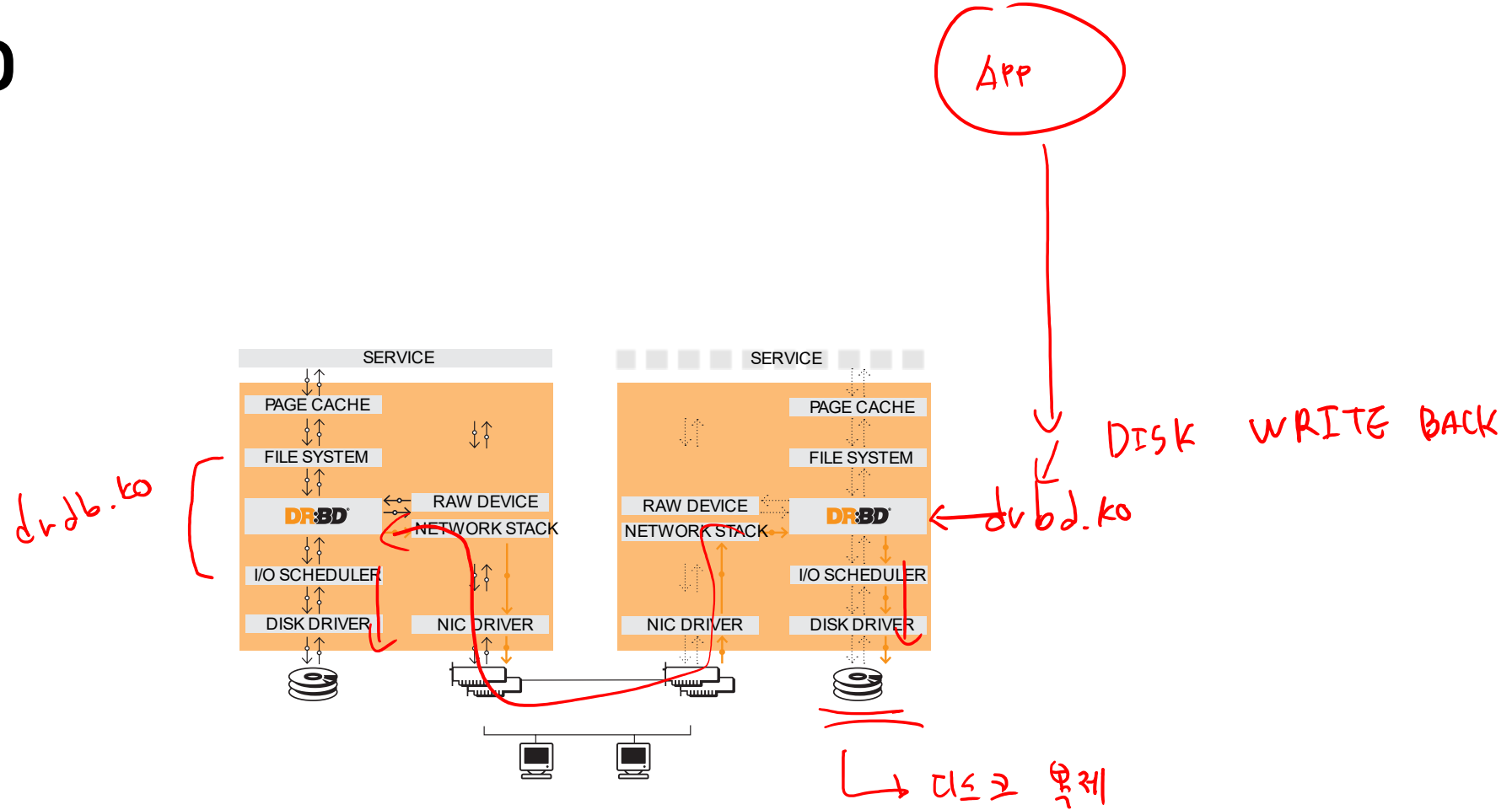
DRBD는 GFS2 파일 시스템과 다르게 BIT by BIT로 블록을 복제한다. 멀티 락킹 혹은 DLM 지원하지 않는 파일 시스템도 안정적으로 사용이 가능하다.

보통 ACTIVE/ACTIVE 혹은 ACTIVE/PASSIVE 형태로 많이 사용한다.



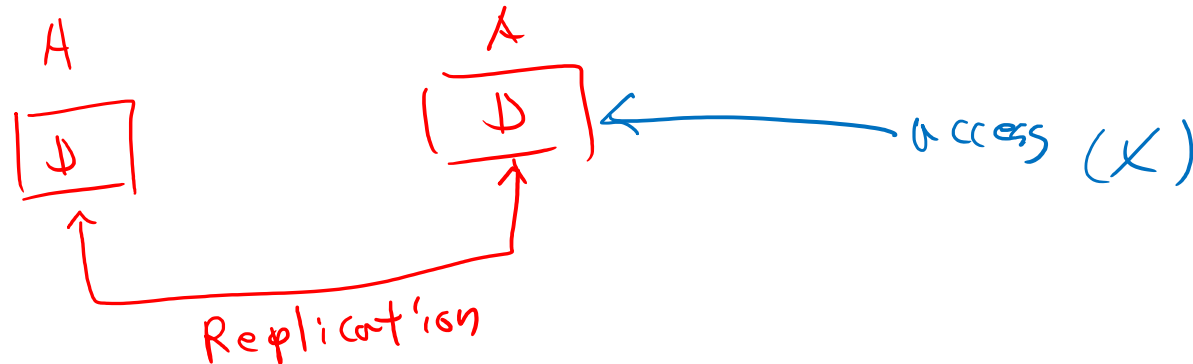
xfs_ext

DRBD



DRBD

DRBD is, by definition and as mandated by the Linux kernel architecture, agnostic of the layers above it. Therefore, it is impossible for DRBD to miraculously add features to upper layers that these do not possess. For example, DRBD cannot auto-detect file system corruption or add active-active clustering capability to file systems like ext3 or XFS.



DRBD

drbdadm →

The high-level administration tool of the DRBD-utils program suite. Obtains all DRBD configuration parameters from the configuration file `/etc/drbd.conf` and acts as a front-end for `drbdsetup` and `drbdmeta`. `drbdadm` has a dry-run mode, invoked with the `-d` option, that shows which `drbdsetup` and `drbdmeta` calls `drbdadm` would issue without actually calling those commands.

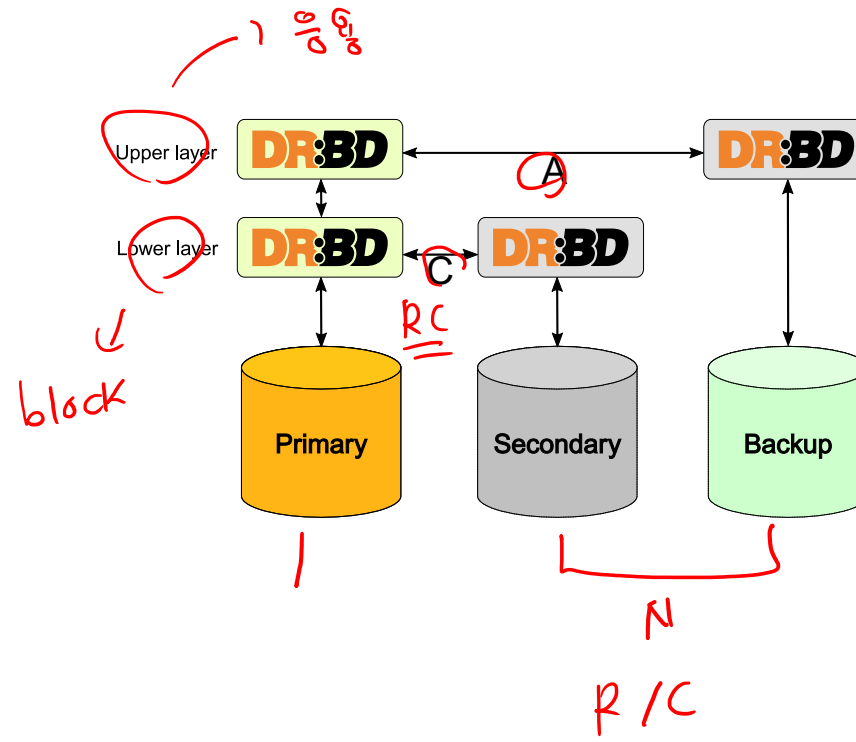
drbdsetup

Configures the DRBD module that was loaded into the kernel. All parameters to `drbdsetup` must be passed on the command line. The separation between `drbdadm` and `drbdsetup` allows for maximum flexibility. Most users will rarely need to use `drbdsetup` directly, if at all.

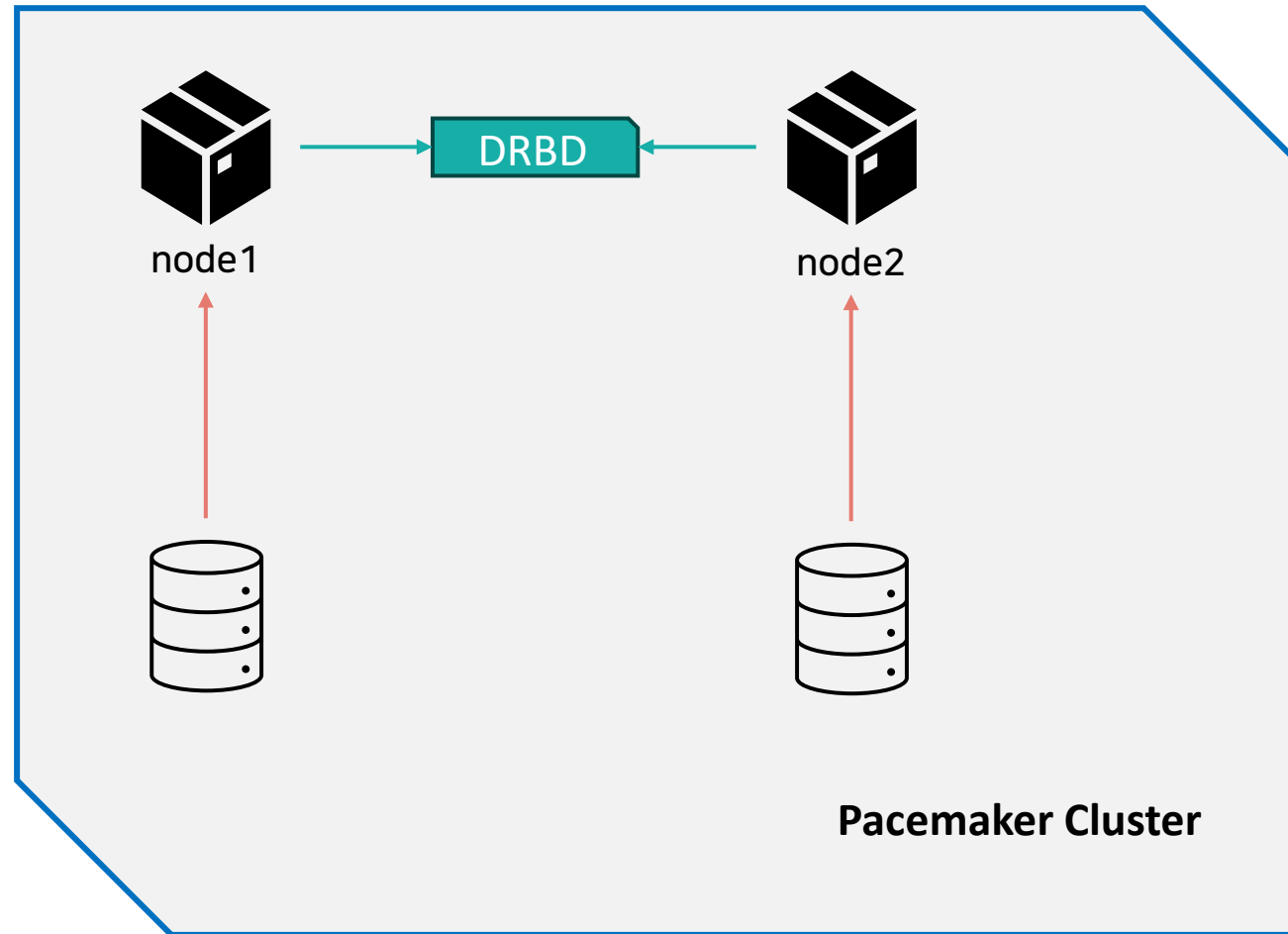
drbdmeta

Allows to create, dump, restore, and modify DRBD meta data structures. Like `drbdsetup`, most users will only rarely need to use `drbdmeta` directly.

DRBD



PACEMAKER



DRBD 호환성

Rocky 8/9, RHEL 8/9에서는 손쉽게 설치가 가능하지만, CentOS-8/9-Stream에서는 커널 호환성 문제로 drbd모듈이 올바르게 동작이 되지 않는다.

DRBD를 올바르게 사용하기 위해서는 가급적이면 **RHEL9/Alma/Rocky 9**에서 설치 및 운영을 권장한다. CentOS에서 설치 및 운영을 하기 위해서는 커널 버전을 RHEL9과 동일하게 구성한다.

- DRBD는 각 리소스당 최대 32개 노드 접근 가능
- DRBD Volumes은 노드당 1048576개 연결 가능
- DRBD에서 최대 장치 크기는 1PiB(1024TiB)
- 리눅스 커널은 최소 3.10부터 지원

DRBD SETUP

Node1, Node2에 DRBD를 구성하여 xfs파일 시스템 기반으로 복제 및 DR를 구현한다. 다시 말하지만, **다중 읽기/쓰기** 기능은 지원하지 않는다. 동작 테스트 하기 위해서는 두 개의 노드를 이동하면서 사용한다.

```
node1/2# pvcreate /dev/sdb
```

```
node1/2# vgcreate drbd-demo /dev/sdb
```

```
node1/2# lvcreate --name drbd-demo -l 100%Free drbd-demo
```

```
node1/2# firewall-cmd --add-port=6996-7800/tcp --permanent
```

```
node1/2# firewall-cmd --reload
```

DRBD SETUP

```
# firewall-cmd --permanent --add-rich-rule='rule family="ipv4" source  
address="192.168.90.110" port port="7789" protocol="tcp" accept'
```

```
# firewall-cmd --permanent --add-rich-rule='rule family="ipv4" source  
address="192.168.90.120" port port="7789" protocol="tcp" accept'
```

```
# firewall-cmd --reload
```

```
# firewall-cmd --list-all
```

DRBD SETUP

```
node4# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'dnf install epel-release -y' ; done
```

```
node4# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'dnf install https://www.elrepo.org/elrepo-release-9.el9.elrepo.noarch.rpm -y' ; done
```

kernel-core-5.14.0-284.11.1.el9_2

```
node4# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'dnf update -y && reboot' ; done
```

```
node4# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'dnf install drbd drbd-bash-completion drbd-pacemaker drbd-utils kmod-drbd9x -y' ; done
```

```
node4# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'dnf install kernel -y && reboot' ; done
```

```
node4# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'depmod -a && modprobe drbd' ; done
```

```
node4# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'systemctl enable --now drbd' ; done
```

```
node4# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'systemctl status drbd' ; done
```

주의: uEFI가 활성화 되어 있으면, 모듈이 올바르게 메모리에 상주가 안됩니다. 끄고 하세요!

```
# modprobe drbd
```

```
modprobe: ERROR: could not insert 'drbd': Key was rejected by service
```


DRBD SETUP

```
cat<< EOF> /etc/drbd.d/resource0.res
```

```
resource resource0 {
```

```
on node1.example.com {
```

```
device /dev/drbd1;
```

```
disk /dev/drbd-demo/drbd-demo;
```

```
address <IP_ADDRESS>:7789;
```

```
meta-disk internal;
```

```
}
```

```
on node2.example.com {
```

```
device /dev/drbd1;
```

```
disk /dev/drbd-demo/drbd-demo;
```

```
address <IP_ADDRESS>:7789;
```

```
meta-disk internal;
```

```
}
```

```
}
```

```
EOF
```

DRBD SETUP

```
node1# drbdadm create-md resource0
```

```
node1# drbdadm up resource0
```

```
node1# drbdadm status resource0
```

```
node1# drbdadm primary --force resource0
```

```
node1# drbdadm status resource0
```

```
node1# lsblk
```

```
node1# mkfs.xfs /dev/drbd1 or mkfs.ext4 /dev/drbd1
```

```
node1# mkdir -p /mnt/drbd
```

DRBD SETUP

```
node1# mount /dev/drbd1 /mnt/drbd
```

```
node1# cd /mnt/drbd
```

```
node1# touch test{1..100}
```

```
node1# umount /mnt/drbd
```

```
node1# drbdadm secondary resource0
```

```
node2# drbdadm primary resource0
```

```
node2# mkdir -p /mnt/drbd
```

```
node2# mount /dev/drbd1 /mnt/drbd
```

```
node2# ls -l /mnt/drbd
```

ISCSI

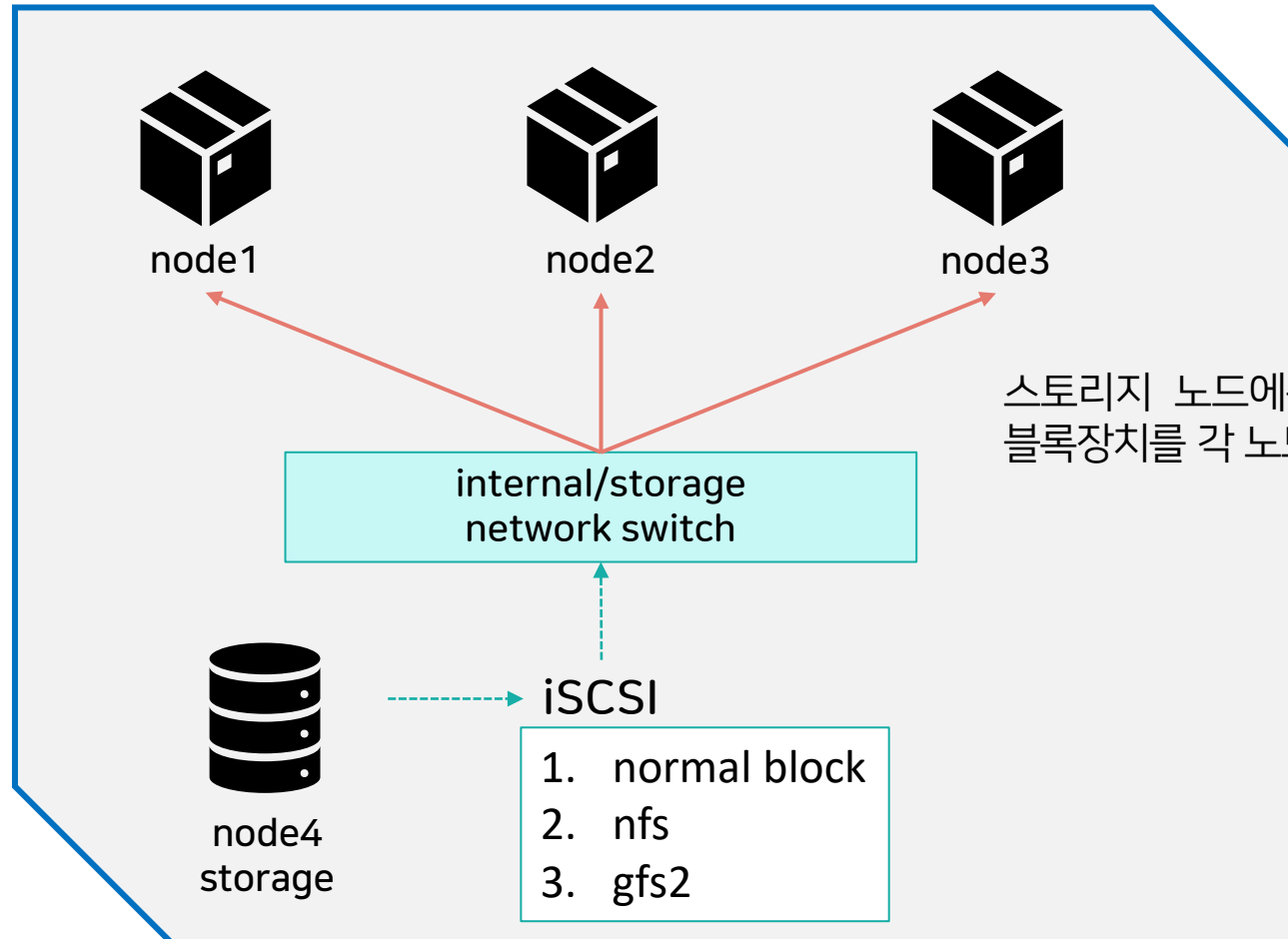
타겟 서버 및 파일기반 블록 스토리지 서버 구성 및 설정

2023-05-30

ISCSI

시작전에 마지막 노드(node3 혹은 node4)를 스냅샷 생성하세요.

ISCSI



스토리지 노드에는 블록이 아닌 파일기반의
블록장치를 각 노드에 배포.

iSCSI

1 2 3 4 → 가상 디스크 기반
sdb
c
d

iSCSI는 SAN(Storage Attached Network) 프로토콜 사양이다. 랩에서 직접적으로 SAN를 사용하기 어렵기 때문에 iSCSI 기반으로 노드에 디스크를 제공한다. 노드에 생성되는 디스크는 iSCSI에서 파일 기반으로 구성해서 각 노드에 전달.

이를 위해서 우리는 아래와 같은 소프트웨어를 사용한다.

- targetd(target) iSCSI(SAN Protocol) 에뮬레이터
- targetd-cli 서버
- iscsi, iscsid 클라이언트

ISCSI 서버 구성

호스트 컴퓨터가 공간이 넉넉하면 직접 블록 가상 블록 장치를 만들어서 확장 디스크를 제공하여도 된다. 랩에서는 공간 관리를 하기 위해서 파일 기반 블록 장치를 iSCSI를 통해서 제공한다.

```
node4# dnf install targetcli -y
```

```
node4# systemctl enable --now target
```

```
node4# firewall-cmd --add-service=iscsi-target
```

```
node4# dnf install iscsi-initiator-utils -y
```


ISCSI SERVER

```
node4# mkdir -p /var/lib/iscsi_disks
```

```
node4# targetcli backstores/fileio create sdb /var/lib/iscsi_disks/sdb.img 2G
```

```
node4# targetcli backstores/fileio create sdc /var/lib/iscsi_disks/sdc.img 2G
```

```
node4# targetcli backstores/fileio create sdd /var/lib/iscsi_disks/sdd.img 2G
```

ISCSI SERVER

```
node4# targetcli iscsi/ create iqn.2023-02.com.example:blocks
```

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/luns/ create /backstores/fileio/sdb/
```

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/luns/ create /backstores/fileio/sdc/
```

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/luns/ create /backstores/fileio/sdd/
```

ISCSI SERVER ACL

접근을 허용하도록 IQN ACL를 구성한다. 각각 노드의 "**호스트.init**" 형식으로 허용한다.

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/acls/ create iqn.2023-02.com.example:node1.init
```

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/acls/ create iqn.2023-02.com.example:node2.init
```

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/acls/ create iqn.2023-02.com.example:node3.init
```

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/acls/ create iqn.2023-02.com.example:node4.init
```

ISCSID 오류

이와 같은 메시지가 출력이 되면, 아래서 서비스를 중지한다.

```
iscsid[37328]: iscsid: Kernel reported iSCSI connection 1:0 error (1020 - ISCSI_ERR_TCP_CONN_CLOSE: TCP connection closed) state (3)  
kernel: connection1:0: detected conn error (1020)
```

```
# systemctl stop iscsid.service
```

```
# systemctl stop iscsid.socket
```

ISCSI

node4# targetcli saveconfig

node1/2/3/4# dnf install iscsi-initiator-utils -y

nodeX# cat <<EOF> /etc/iscsi/initiatorname.iscsi

InitiatorName=iqn.2023-02.com.example:node1.init

EOF

CHAP를 사용하는 경우, 아래 부분을 /etc/iscsi/iscsid에서 수정 필요

node.session.auth.authmethod = CHAP

node.session.auth.username = username

node.session.auth.password = password

ISCSI

노드 1번부터 4번까지 iscsi장치 추가. SAN으로 장치를 전달을 받음. 스토리지 스위치에 접근 시, 사용하는 데몬은 두 가지가 있음.

- **iscsi:** 이전에 구성된 노드 정보가 있으면, 해당 정보를 읽어와서 iscsi 연결 구성.(/var/lib/iscsi/nodes)
- **iscsid:** iscsi관련된 설정파일을 불러와서 SAN 스위치 혹은 서버와 통신(/etc/iscsi/)

```
nodeX# systemctl restart iscsi iscsid
```

```
nodeX# iscsiadm -m discovery -t sendtargets -p 192.168.90.140
```

```
nodeX# iscsiadm -m node --login
```

```
nodeX# iscsiadm -m session --debug 3
```

```
nodeX# iscsiadm -m session --rescan
```

연습문제

node4를 복구 후, 다시 ISCSI장치를 구성.

- 블록 장치 혹은 파일 기반으로 3개의 디스크를 추가
- GFS2, NFS를 위한 블록 장치 생성
- 모든 노드에 iSCSI장치 연결 및 장치 구성

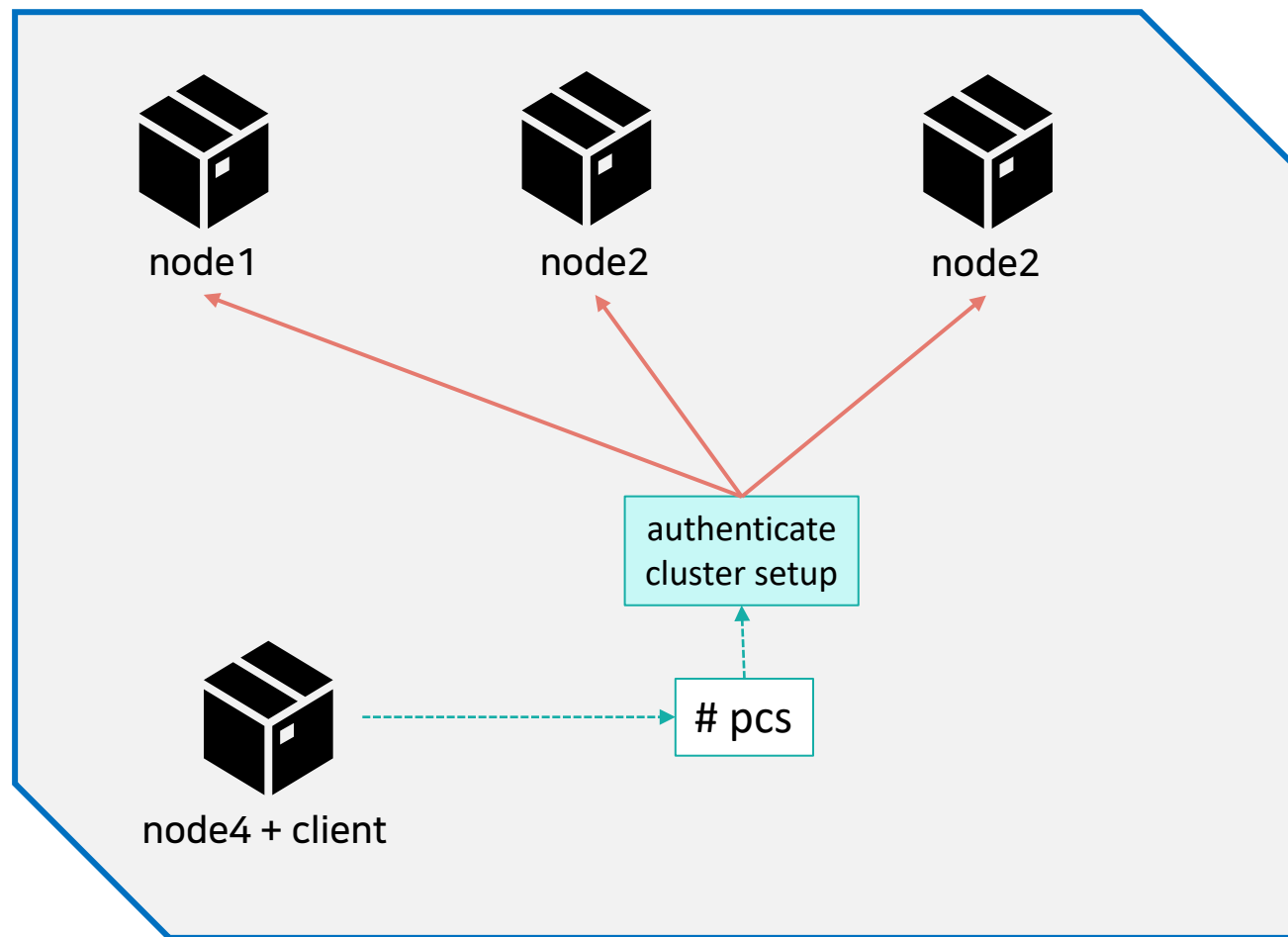
HA클러스터 구성 및 확인

pacemaker

PACEMAKER CLUSTER

- 클러스터 생성
- 클러스터 확인

클러스터 구성



방화벽 설정 및 구성

```
node1/2/3/4# dnf --enablerepo=highavailability -y install pacemaker pcs
```

```
node1/2/3/4# firewall-cmd --add-service=high-availability --permanent
```

```
node1/2/3/4# firewall-cmd --reload
```

클러스터 재구성 및 상태 확인

```
node4# pcs host auth -u hacluster -p centos node1.example.com node2.example.com node3.example.com node4.example.com
```

```
node4# pcs cluster setup ha_cluster_lab node1.example.com node2.example.com node3.example.com node4.example.com --  
enable --start
```

혹은 아래와 같이 서비스를 시작하여도 된다.

```
node4# pcs cluster start --all
```

```
node4# pcs cluster enable --all
```

```
node4# pcs cluster status
```

```
node4# pcs status corosync
```

```
node4# corosync-cfgtools -s
```

간단한 펜싱 장치 구성

```
node4# for i in {1..4} ; do sshpass -p centos ssh root@node${i} dnf --enablerepo=highavailability -y  
install fence-agents-scsi ; done
```

```
node1/2/3/4# dnf --enablerepo=highavailability -y install fence-agents-scsi
```

```
node1/2/3/4# ls /dev/disk/by-id
```

```
node4# pcs stonith create scsi-shooter fence_scsi pcmk_host_list="node1.example.com  
node2.example.com node3.example.com node4.example.com " devices=/dev/disk/by-id/wwn-  
<ID> meta provides=unfencing
```

```
node1/2/3/4# pcs stonith config scsi-shooter
```

```
node1/2/3/4# pcs status
```

펜싱 후 복구 그리고 제거

상태 정보 및 펜싱 적용

```
node4# pcs status
```

```
node4# pcs stonith fence node2.example.com
```

```
node4# pcs cluster status
```

복구하는 방법

```
node4# pcs cluster start node2.example.com
```

```
node4# reboot
```

펜싱장치 제거는 아래 명령어로 제거가 가능하다 .

```
node4# pcs stonith delete scsi-shooter
```

노드 상태 확인하기

```
host4# corosync-cfgtool -s
```

```
Local node ID 4, transport knot
```

```
LINK ID 0 udp
```

```
addr = 192.168.90.140
```

```
status:
```

```
nodeid:      1:  connected
```

```
nodeid:      2:  connected
```

```
nodeid:      3:  connected
```

```
nodeid:      4:  localhost
```

노드 상태 확인하기

node4# pcs cluster sync

node1.example.com: Succeeded

node2.example.com: Succeeded

node3.example.com: Succeeded

node4.example.com: Succeeded

Warning: Corosync configuration has been synchronized, please reload corosync daemon using 'pcs cluster reload corosync' command.

이 명령어 사용은 사례!

reboot → boot up (up)

노드 상태 확인하기

corosync-cmapctl | grep members

runtime.members.1.config_version (u64) = 0

runtime.members.1.ip (str) = r(0) ip(192.168.90.110)

runtime.members.1.join_count (u32) = 1

runtime.members.1.status (str) = joined

노드 상태 확인하기

→ systemctl - journald

nodeX# journalctl -b | grep -i error ---> journalctl -b -u <UNIT_NAME> -p err -p warning

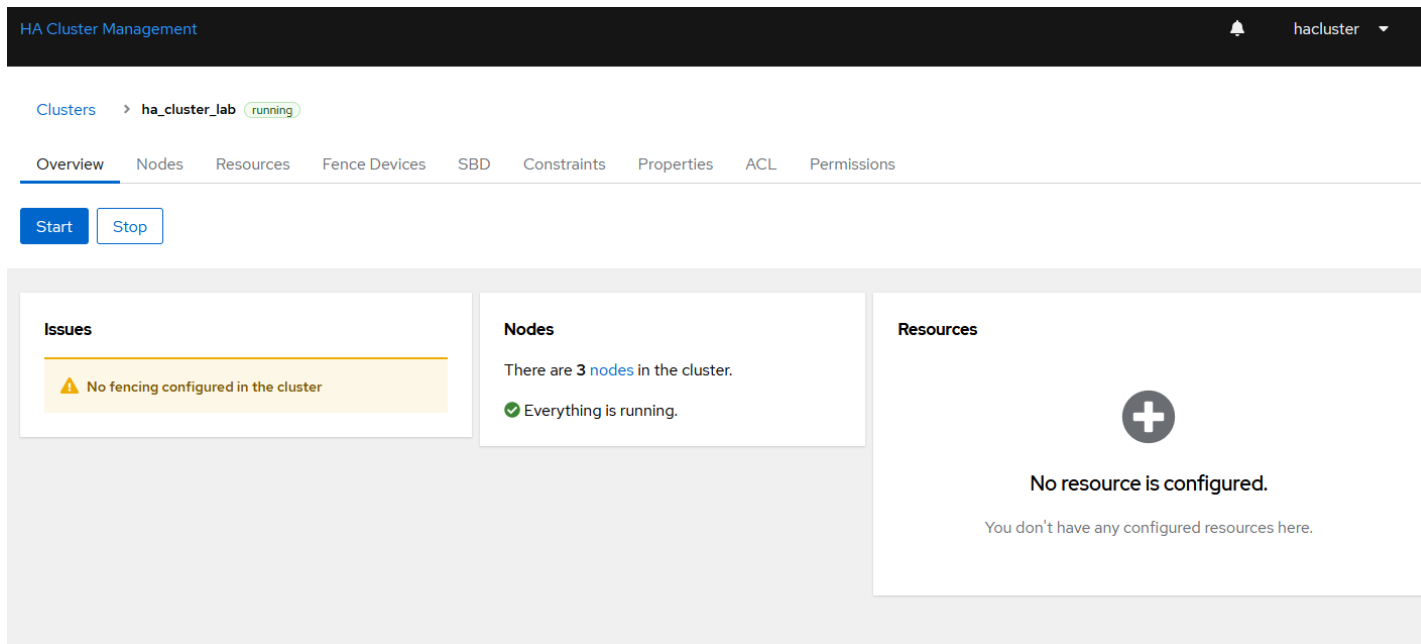
nodeX# journalctl -u pcsd.service -perr -fl

tail, dmesg 2개!

GUI 접근

페이스메이커가 올바르게 구성이 되면, 아래 주소 및 포트로 웹 기반 관리자 페이지 접근이 가능하다.

https://<NODE1_EXTERNAL_IP>:2224/



연습문제

모든 노드를 초기화 후, 다음처럼 클러스터를 다음처럼 구성한다. iSCSI서버 구성이 어려운 경우, 기존 클러스터를 destroy후 아래 내용으로 재구성한다.

1. 클러스터 이름은 pcs-lab이라고 생성한다
2. iscsi서버를 target서버 기반으로 구성한다.
3. 2기가 파일 크기로, 블록장치를 생성한다.
 - file-block.raw
 - nfs-block.raw
 - gfs2-block.raw
4. node1/3/4를 pcs-lab클러스터에 추가한다.
5. 추가가 완료가 되면, 각각 블록 장치를 iscsi를 통해서 올바르게 구성한다.
6. /dev/sdb디스크에 대한 펜싱 장치를 생성한다.
 - 이름은 iscsi-fecne-device라고 설정한다.

보안

ACL

FUNDAMENTAL

- PACEMAKER RESOURCE
- BASIC COMMANDS

ACL

ACL은 페이스메이커에서 사용하는 root계정 혹은 hacluster를 사용하지 않고, 다른 사용자를 구성한다. 이를 통해서 CIB를 구성할 수 있다.

일반 사용자를 생성하여, 페이스메이커 모니터링을 위해서 CIB접근 할 수 있도록 한다.

/var/lib/pacemaker/cib

CIB: Cluster Information Base. 클러스터 구성 정보는 CIB를 통해서 구성 및 생성이 된다.

XML

ACL

```
node4# adduser -s /usr/sbin/nologin rouser
```

```
node4# echo centos | passwd --stdin rouser
```

```
node4# usermod -aG haclient rouser
```

```
node4# pcs acl enable
```

```
node4# pcs acl role create read-only description="Read only access to cluster" read xpath  
/cib
```

```
node4# pcs acl user create rouser read-only
```

```
node4# pcs acl
```

```
node4# pcs client local-auth
```


ACL 연습문제

사용자 cluster-monitor를 생성하세요.

1. 해당 사용자는 모든 시스템 자원에 대해서 읽기만 가능합니다.
2. 암호는 readworld라고 선언합니다.

ALERT

페이스메이커에서는 에이전트 스크립트를 지원한다. 이 스크립트는 보통 30초에 한번씩 동작한다. 모니터링 스크립트는 "/usr/share/pacemaker/alerts/"에 예제가 있다. 이를 복사해서 사용자가 원하는 위치에 복사한다.

일반적으로 alert 스크립트는 "/var/lib/pacemaker/"이나 혹은 "/usr/local/sbin"과 같은 디렉터리에 복사한다.

ALERT

```
node1/2/3/4# install --mode=0755 /usr/share/pacemaker/alerts/alert_file.sh.sample  
/var/lib/pacemaker/alert_file.sh
```

```
node4# touch /var/log/pcmkn_alert_file.log
```

```
node4# chown hacluster:haclient /var/log/pcmkn_alert_file.log
```

```
node4# chmod 600 /var/log/pcmkn_alert_file.log
```

```
node4# pcs alert create id=alert_file description="Log events to a file."  
path=/var/lib/pacemaker/alert_file.sh
```

```
node4# pcs alert recipient add alert_file id=my-alert_logfile value=/var/log/pcmkn_alert_file.log
```

```
node4# pcs alert
```

ALERT

node1/2/3/4번에 로그 파일을 생성하도록 스크립트를 복사한다. **node1/2/3**에 추가적으로 "**alert_file**" 리소스도 추가 구성한다.

예제 파일 그대로 사용하며, 파일의 위치는 `"/usr/share/pacemaker/alerts"`.

- 스크립트는 이메일을 `root@localhost`에 발송한다.
- 설치하는 'install' 명령어로 `"/var/lib/pacemaker/alert_smtp.sh"`에 복사한다.
- 소유권은 적절히 올바르게 변경한다.
- alert를 적절한 이름으로 등록한다.
- 에이전트는 기본값을 사용하여 메일을 root사용자에게 전달한다.
- 앞서 사용하였던 "**alert_file**" 구성은 기존 node4와 동일하게 구성한다.

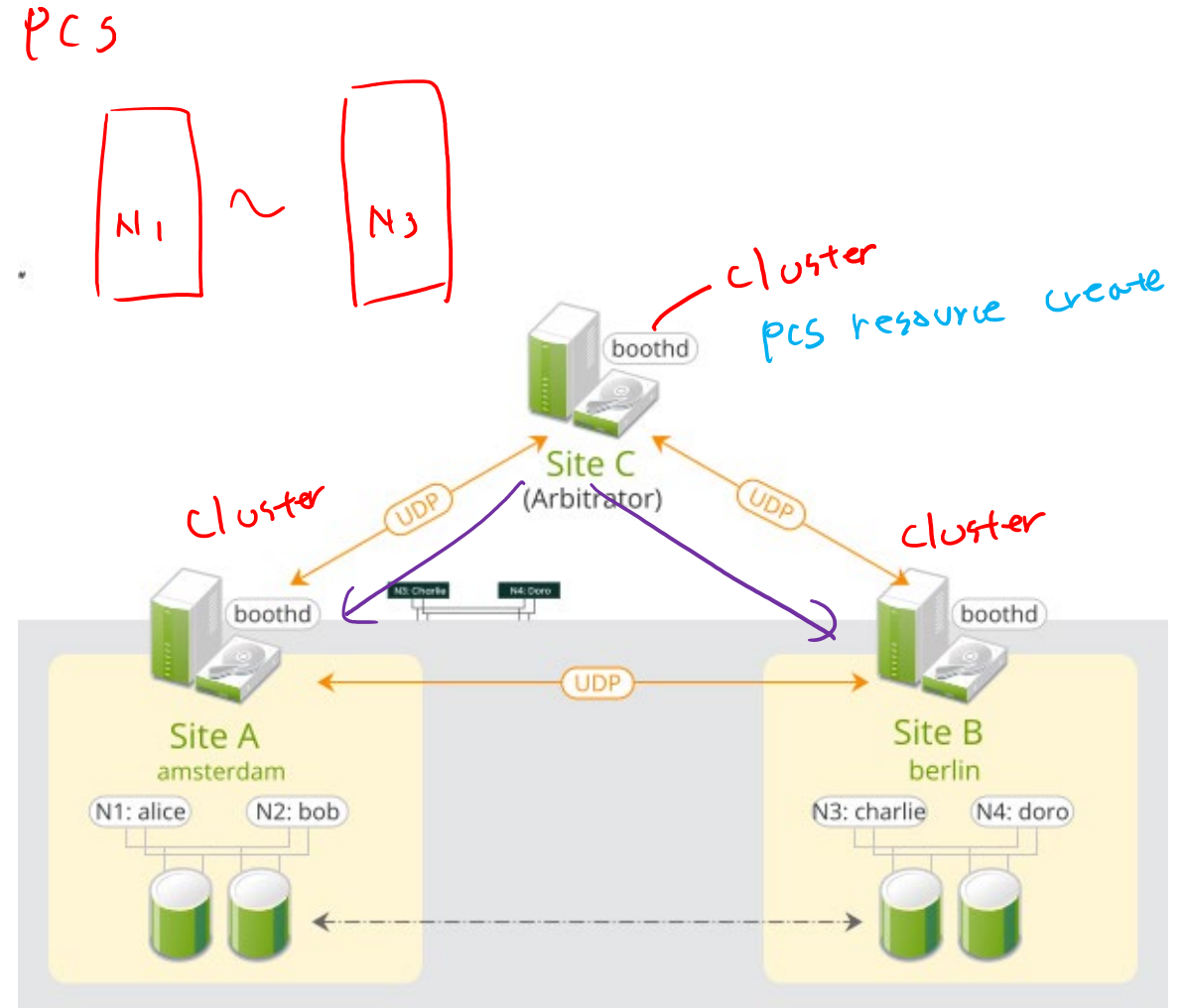
BOOTH

여기서는 다루지 않지만, 두 개의 사이트에서 H/A 클러스터를 구성한 후, 특정 사이트에서 장애가 발생하면, 다른 사이트에 구성이 되어 있는 클러스터(Booth)가 중재인(Arbitrator)로 동작한다.

이를 구성하기 위해서는 자원이 많이 필요하기 때문에, 이 교육에서는 다루지 않는다.

BOOTH 동작방식

Booth는 왼쪽과 같이 구성한다. 각각 부스는 중재자 클러스터를 통해서 장애가 발생 시, Site A에서 Site B로 자원을 전달한다. Booth를 구성하기 위해서는 최소 3개 이상의 클러스터가 필요하다.



BOOTH 설치준비

설치를 위해서는 다음과 같은 단계를 진행한다. 가급적이면 클러스터에 3대의 노드를 포함, 최소 2대의 노드 포함하여 구성.

arbitrator-node# dnf --enablerepo=highavailability install booth-core booth-arbitrator pcs -y

node1/2# dnf --enablerepo=highavailability install booth-site -y

node3/4# dnf --enablerepo=highavailability install booth-site -y

node5/6# dnf --enablerepo=highavailability install booth-site -y

all-node# firewall-cmd --add-port=9929/udp && firewall-cmd --add-port=9929/tcp &&

firewall-cmd --add-port=2224/tcp && firewall-cmd --add-port=2224/udp

기본 BOOTH 클러스터 구성

총 3개의 클러스터 사이트를 생성.

1. site-a-cluster *110, 120 (abi)*
2. site-b-cluster
3. site-c-cluster

node1# pcs host auth -uhacluster -pcentos 1 node1.example.com node2.example.com arbitrator.example.com

node1# pcs cluster setup <CLUSTER_NAME> node1.example.com node2.example.com arbitrator.example.com

node1# pcs booth setup sites 192.168.90.110 192.168.90.120 arbitrators 192.168.90.250

node1# pcs booth ticket add apacheticket

node1# pcs booth sync

arbitrator# pcs cluster auth

arbitrator# pcs booth pull

BOOTH 랩

추후 중/고급 과정에서 랩 진행 예정

CLIENT

페이스 메이커에서 클라이언트를 구성하기 위해서는 클러스터 내부에 관리 용도를 위한 노드가 필요하다. 이 랩에서는 node4번이 클라이언트 역할을 하고 있다.

페이스메이커 클러스터에서, 특정 사용자가 제한된 권한으로 로그인 하기 위해서 '**pcs client local-auth**'통해서 인증이 가능함.

+ ACV

```
node4# pcs client local-auth -u rouser -p centos
```

CLUSTER

한 개 이상의 노드가 구성이 되어 있는 **멤버(member)**를 클러스터라고 부른다. 페이스메이커에서는 여러 노드 관리가 가능하며, 관리를 위한 명령어는 다음과 같다.

node4# pcs node maintenance

- 특정 노드를 점검상태로 전환한다.

node4# pcs node standby

- 특정 노드를 대기 상태로 변경한다.

node4# pcs node unstandby

- 특정 노드를 대기 상태에서 제외한다.

node4# pcs node unmaintenance

- 특정 노드를 점검상태에서 제외한다.

node4# pcs node utilization

- 특정 노드에 CPU, Memory에 대한 사용량을 명시한다.

CLUSTER COMMAND

node4# pcs cluster status

- 클러스터 상태를 확인

node4# pcs cluster config

- 클러스터의 노드 정보를 같이 출력한다.

node4# pcs cluster auth

- 클러스터에서 노드 인증.

node4# pcs cluster enable

- 클러스터 단일 혹은 모든 노드의 부트-업 활성화

node4# pcs cluster start

- 클러스터에서 단일 혹은 모든 노드의 시작

CONFIG/COMMAND

클러스터에 구성이 된 설정을 확인하기 위해서는 **config** 명령어를 통해서 "resource", "stonith", "fence", "OCF" 에이전트 리소스 확인이 가능하다.

node4# pcs config

- 현재 사용중인 pcsd 설정 내용을 콘솔에 출력한다.

node4# pcs config checkpoint

- 지금까지 생성된 체크포인트 설정 파일을 화면에 출력한다.

node4# pcs config backup

- 현재 사용중인 설정을 파일로 백업한다.

node4# pcs config restore

- 특정 시점 혹은 파일로 복원한다.

CONSTRAINT(제한)

리소스가 클러스터에 구성이 되면, 해당 자원이 클러스터에서 동작하는 범위 혹은 기능을 제한한다.
이를 통해서 자원이 클러스터 어떤 노드에서 동작하는지 설정한다.

로케이션(location)

단일 클러스터의 어떠한 노드에서 자원 구성 및 실행 위치 결정.

순서(order)

여러 자원이 있을 때, 어떠한 순서로 자원 실행 결정.

CONSTRAINT/LOCATE/COLOCATE

위치 선언(**colocation**)를 한다. 위치 선언에는 이전에 이야기 하였던, **Constraint, Order**가 복합적으로 구성이 된 자원이다.

```
node4# pcs constraint
```

```
node4# pcs constraint location lvm_ha_mount prefers node1=100
```

```
node4# pcs constraint config --full
```

- 아이디 번호 확인 하려면, "--full" 옵션 사용

```
node4# pcs constraint delete <ID_NAME>
```

INFINITY/SCORE

점수(score)

자원을 생성 시, 점수를 통해서 자원의 선호도 구성이 가능하다. 노드에 점수가 충분하지 않는 경우, 리소스 구성이 올바르게 되지 않을 수 있다. 점수는 자원(resource)와 노드(node)를 통해서 계산이 된다. 음수를 가지고 있는 경우에는 해당 노드는 자원을 구성할 수 없다.

무한(INFINITY)

무한은 점수와 비슷하다. Infinity는 Score와 비교하면, 1,000,000과 같다. 그래서, Infinity로 명시가 되어 있으면, 이는 점수로 1,000,000과 같다.

선호도
-INFINITY < 음수 < 0 < 양수 < INFINITY

- Any value + INFINITY = INFINITY
- Any value - INFINITY = -INFINITY
- INFINITY - INFINITY = -INFINITY

무선 순 외

SCORE(LOCATION)

- resource(A, priority=5)
- resource(B, priority=50)
- location(A, node1, 100)
- location(A, node2, 10)
- location(B, node2, 1000)
- collocate(B, A)



INFINITY/SCORE

동작은 하지는 않지만, 다음과 같이 score, stickiness를 구성한다.

DR

페이스메이커에 새로 도입된 기능. 한 개 이상의 클러스터가 구성이 되어 있는 경우, 동작중인 클러스터가 장애가 발생하여 동작하지 못하는 경우, **D/R(Disaster recovery)** 클러스터가 기존의 H/A 클러스터를 대신한다.

이 기능은 레드햇 리눅스 기준으로 **RHEL 8**부터 사용이 가능하다. 추후 중급 과정에서 D/R과정을 다룰 예정이다.

아래는 간단하게 두 개의 노드 기반으로 구성하는 DR Cluster이다.

DR COMMAND

```
node4# pcs host auth -uhacluster -phacluster node1.example.com node2.example.com  
node3.example.com node4.example.com
```

```
node4# pcs cluster setup none-dr-nodes node1.example.com node2.example.com  
node3.example.com node4.example.com --start --enable
```

```
node4# pcs cluster setup dr-nodes node3.example.com node4.example.com --start --enable
```

```
node4# pcs dr set-recovery-site node3.example.com
```

```
node4# pcs dr config
```

```
node4# pcs dr status
```

DR 랩

1. node1, node2번을 primary 사이트로 구성, 클러스터 이름은 first-cluster-nodes으로 설정한다.
2. node3, node4번은 remote 사이트로 구성, 클러스터 이름은 recovery-cluster-nodes으로 설정한다.
3. 구성이 완료가 되면, node1, node2번 노드를 종료 후 recovery-cluster-nodes에 올바르게 클러스터 서비스를 전달받아서 역할(role)이 변경 되었는지 확인한다.

pcs dr config

Local site:

Role: Recovery

Remote site:

Role: Primary

Nodes:

node1.example.com

node2.example.com

HOST

페이스메이커에서 제일 작은 구성원은 **노드 (node)** 혹은 **호스트(host)**라고 부른다. 이들은 최소 한 개 이상이 클러스터에 존재해야 한다. 인증 부분은 **host**, 자원 관리는 **node**에서 관리한다.

모든 클러스터는 기본 관리자 계정은 'hacluster', 'root'계정을 가지고 있다. 이를 확인하기 위해서는 'pcs host'명령어를 통해서 확인이 가능하다.

```
node4# pcs node
```

```
node4# pcs cluster
```

```
node4# pcs host auth -u hacluster -p centos node10.example.com
```

NODE

호스트의 다른 이름. 노드는 클러스터에 최소로 구성이 되어 있어야 하며, 이를 통해서 클러스터에서 사용하는 자원 생성이 가능하다.

클러스터에 구성된 자원들은 **그룹/제약/순서**를 통해서 노드에서 어떻게 상호동작을 할지 결정한다.

NODE/HOST COMMAND

node4# pcs cluster status

node4# pcs node standby node1.example.com

node4# pcs cluster node

node4# pcs host

PCSD

페이스메이커(pcs, pacemaker)는 pcsd서비스를 통해서 자동화를 수행한다. 페이스메이커는 웹 기반 GUI를 제공한다. 포트 번호는 2224/TCP로 지원한다.

HA Cluster Management

hacluster ▾

Clusters

Add Existing Cluster

Setup Cluster

Clusters ↑	Issues ↑	Nodes ↑	Resources ↑	Fence devices ↑	
ha_cluster_lab running	1	4	0	0	⋮

속성(PROPERTY)

The property is configuration to cluster value such as corosync, quorum values.

Cluster properties control how the cluster behavior with property value.

PROPERTY COMMAND

```
node4# pcs property
```

Cluster Properties:

cluster-infrastructure: corosync

cluster-name: **ha_cluster_lab**

dc-version: 2.1.5-5.el8-a3f44794f94

have-watchdog: false

no-quorum-policy: freeze

```
pcs property set maintenance-mode=true
```

PROPERTY COMMAND

```
node4# pcs node maintenance node3.example.com
```

```
node4# pcs property
```

Cluster Properties:

cluster-infrastructure: corosync

cluster-name: **ha_cluster_lab**

dc-version: 2.1.5-5.el8-a3f44794f94

have-watchdog: false

maintenance-mode: true

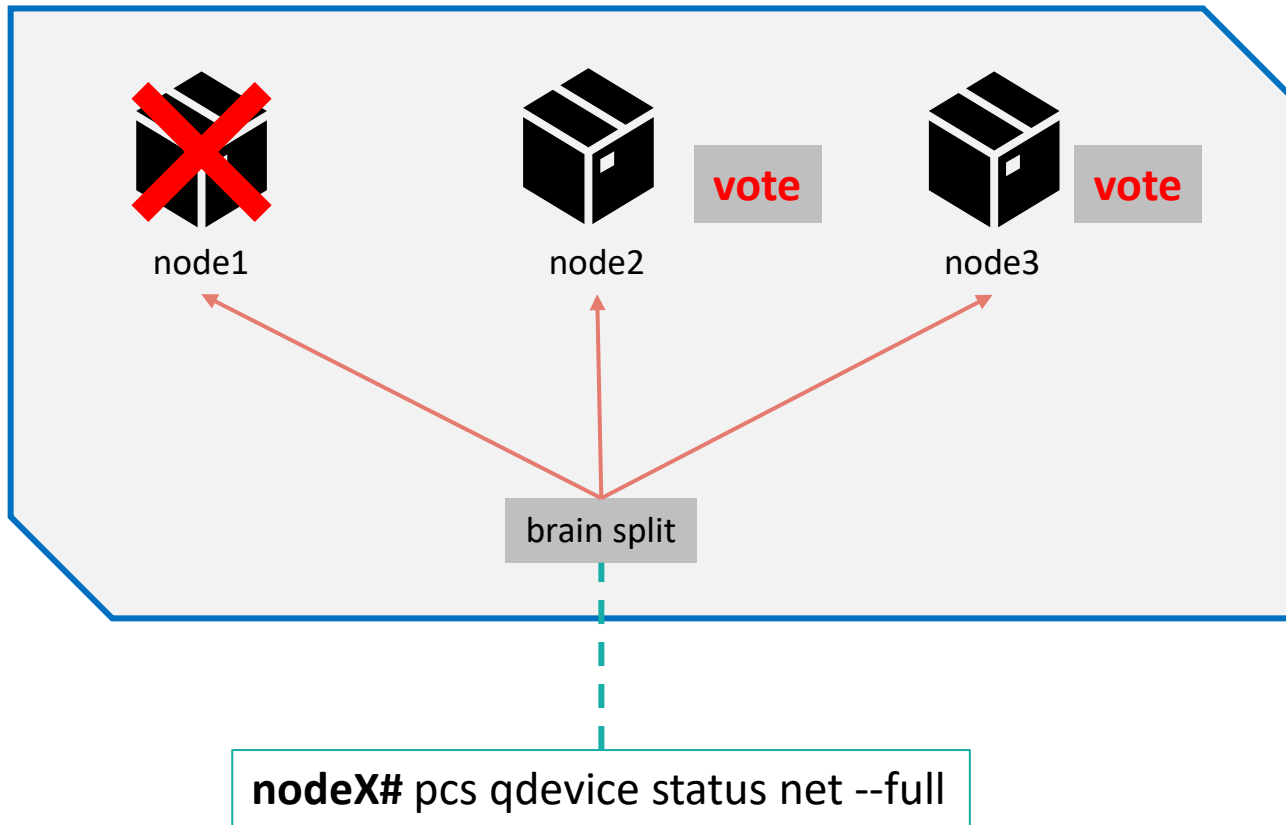
no-quorum-policy: freeze

QDEVICE

QDEVICE는 "쿼럼 장치(**QUORUM DEVICE**)"라고 부르기도 한다.

부르기에는 장치라고 부르지만, 실제로는 에이전트 혹은 장치보다는 중계자(Arbitration) 장치이다. 보통 짝수로 구성이 된 클러스터에서 사용을 권장한다. 하지만, QDevice를 많이 사용하는 케이스는 TWO-Node으로 구성이 되었을 때 클러스터는 split-brain상태에 빠지게 되는데, 이때 QDevice로 무한 펜싱 같은 상황에 빠지지 않도록 도와준다.

QDEVICE



QDEVICE COMMAND

모든 노드에 동일하게 corosync-qdevice를 설치 및 구성. 설치가 되지 않는 경우, 올바르게 qdevice가 동작하지 않음.

```
nodeX# dnf --enablerepo=ha install corosync-qdevice
```

```
nodeX# dnf --enablerepo=ha install pcs corosync-qnetd
```

```
nodeX# yum install pcs corosync-qnetd
```

```
nodeX# systemctl enable --now pcsd.service
```

```
nodeX# pcs qdevice setup model net --enable --start
```

QDEVICE COMMAND

nodeX# pcs qdevice status net --full

nodeX# firewall-cmd --permanent --add-service=high-availability

node4# pcs cluster auth qdevice

QDEVICE COMMAND

node4# pcs quorum config

node4# pcs quorum status

node4# pcs quorum device add model net host=qdevice algorithm=ffsplit

node4# pcs quorum config

node4# pcs quorum status

node4# pcs quorum device status

node4# pcs qdevice status net --full

QDEVICE COMMAND

nodeX# pcs qdevice start net

nodeX# pcs qdeivce stop net

nodeX# pcs qdevice enable net

nodeX# pcs qdevice disable net

nodeX# pcs qdevice kill net

QDEVICE COMMAND

nodeX# pcs quorum device update model algorithm=lms

nodeX# pcs quorum device remove

nodeX# pcs quorum device status

nodeX# pcs qdevice destroy net

LMS/ffsplit Algorithm

추가 필요

QUORUM

- quorum(의사 정족수는 최소 3개)
- The quorum is voting system for cluster nodes.
- Every cluster nodes has a vote for vote-quorum system. If some resources or nodes can't vote the object **will be fencing and detached from system.**



QUORUM COMMAND

node4# pcs quorum status

Quorum information

Date: Sun Feb 26 02:09:16 2023

Quorum provider: corosync_votequorum

Nodes: 2

Node ID: 1

Ring ID: 1.40

Quorate: Yes

QUORUM COMMAND

Votequorum information

Expected votes: 2

Highest expected: 2

Total votes: 2

Quorum: 1

Flags: 2Node Quorate Wait For All

RHEL 7

수동 설정

Membership information

Node id	Votes	Qdevice Name
1	1	NR node2.example.com (local)
2	1	NR node3.example.com

RESOURCE

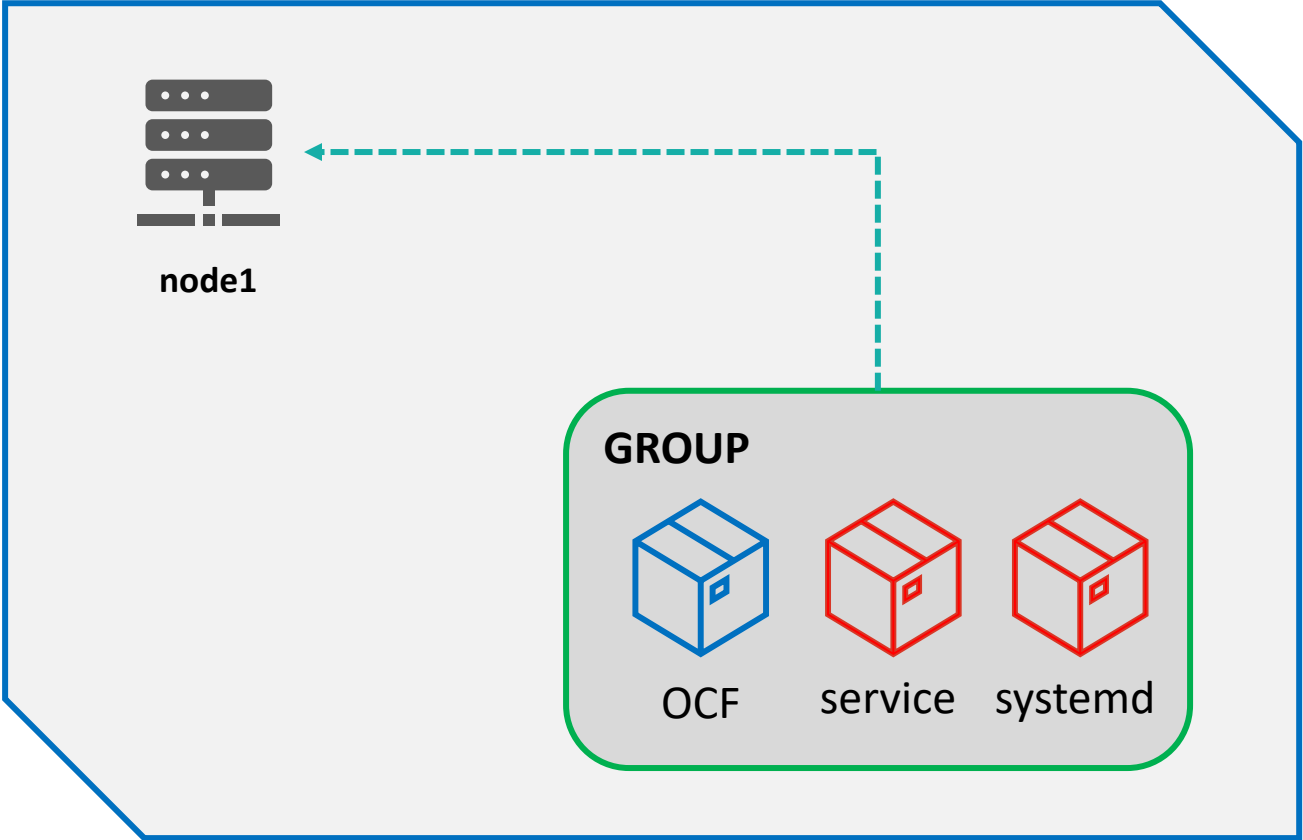
- The resource is a service managed by Peacemaker. The resource is kind of agent for standardized interface for managing the service. This allows Pacemaker to be agnostic the services it manages.
- We don't need to understand about the service works behind of resource agent.

RESOURCE

```
nodeX# ls /usr/share/resource-agents/ocft/configs
```

```
nodeX# ls /usr/lib/ocf/resource.d/heartbeat
```

RESOURCE



RESOURCE

The resources have a classes below these.

- OCF
- LSB
- systemd
- ~~Upstart(deprecated)~~
- service
- fencing

OCF

- The Open Cluster Framework
- The Open Cluster Framework (OCF) Resource Agent API is a ClusterLabs standard for managing services. It is the most preferred since it is specifically designed for use in a Pacemaker cluster.

OCF

- OCF agents are scripts that support a variety of actions including **start**, **stop**, and **monitor**. They may accept parameters, making them more flexible than other classes. The number and purpose of parameters is left to the agent, which advertises them via the meta-data action.
- Unlike other classes, OCF agents have a provider as well as a class and type.

systemd

- Most Linux distributions use Systemd for system initialization and service management. Unit files specify how to manage services and are usually provided by the distribution.
- Pacemaker can manage systemd services. Simply create a resource with systemd as the resource class and the unit file name as the resource type. **Do not run `systemctl enable` on the unit.**

OCF → nginx (pcs)

↑ systemctl enable --now

↳ .service

LSB(Linux Standard Base) (X)

LSB resource agents, also known as SysV-style, are scripts that provide start, stop, and status actions for a service. */etc/init.d*

They are provided by some operating system distributions. If a full path is not given, they are assumed to be located in a directory specified when your Pacemaker software was built (usually /etc/init.d).

In order to be used with Pacemaker, they must conform to the LSB specification as it relates to init scripts.

sy stem d

STATUS

The status command will show the cluster state. The status collect from **pcsd**, **corosync**, **pacemaker** and **agent** information.

STONITH

The Stonith class is used for managing fencing devices, discussed later in Fencing.

```
node4# pcs stonith list
```

STATUS COMMAND

node4# pcs status

node4# pcs resource status <NAME>

node4# pcs status nodes

STONITH

"Shoot the other node in the head" aka fencing. The Stonith for protects your data from being corrupted by rogue nodes.

The command example will not work correctly.

STONITH COMMAND

node4# pcs stonith list

node4# dnf search fence-agents-all

node4# dnf install fence-agents-ipmilan

node4# pcs stonith describe fence_ipmilan

node4# pcs stonith create ipmi-fence-node1 fence_ipmilan pcmk_host_list="node1"
ipaddr="10.0.0.1" login="xxx" passwd="xxx" lanplus=1 power_wait=4

STONITH COMMAND

미리 구성한 STONITH파일이 있는 경우 아래 명령어로 불러와서 적용이 가능.

```
node4# pcs -f stonith_cfg stonith
```

```
node4# pcs -f stonith_cfg property set stonith-enabled=true
```

```
node4# pcs -f stonith_cfg property
```

```
node4# pcs cluster stop node2
```

```
node4# stonith_admin --reboot node2
```

서비스 구성

LVM

NFS

RESOURCE MOVE

LVM

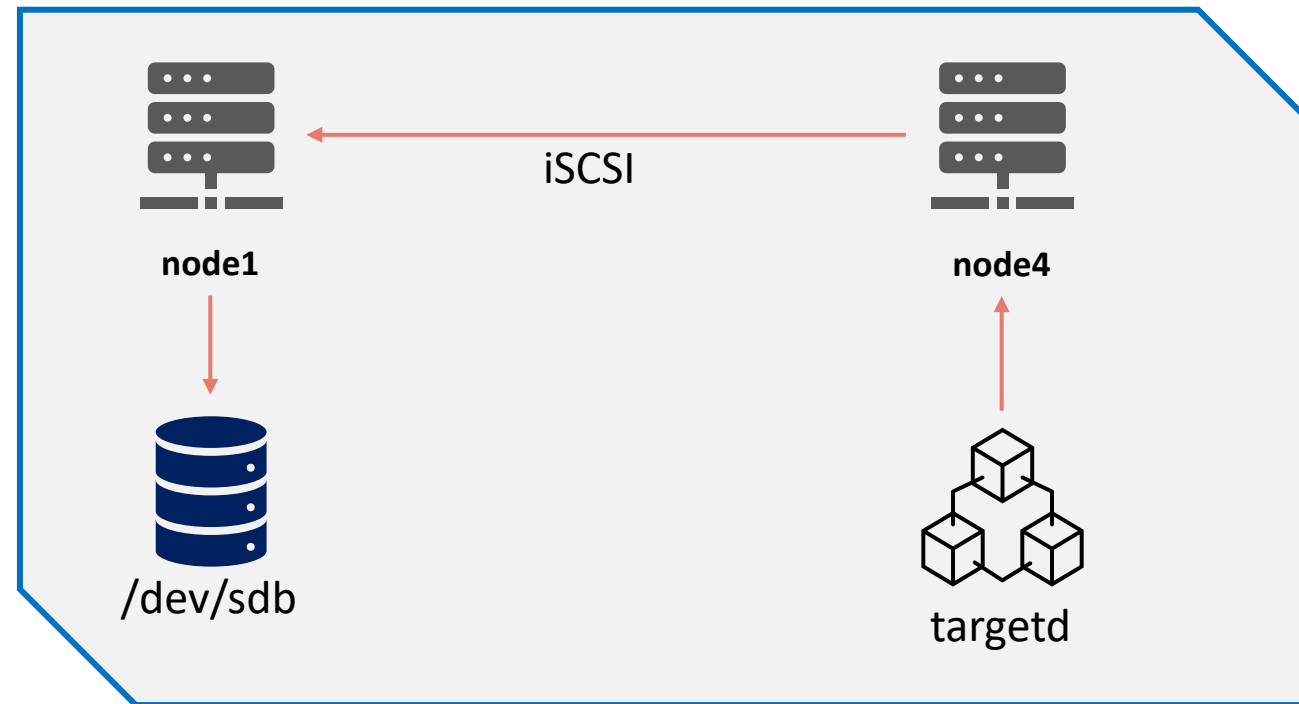
서비스 구성

LVM

CLUSTER LVM2

추후 이미지 추가 필요

LVM



LVM FENCE

최소 한 개의 Fence장치가 구성이 되어야 한다.구성이 안된 경우, 에이전트가 올바르게 동작하지 않습니다.

```
node1# dnf search --enablerepo=highavailability fence-agents-all
```

```
node1# dnf install --enablerepo=highavailability fence-agents-all -y
```

```
node1# blkid
```

```
node1# ls -l /dev/disk/by-id/
```

```
node1# pcs stonith create iscsi-shooter fence_scsi pcmk_host_list="node1.example.com  
node2.example.com node3.example.com node4.example.com" devices=/dev/disk/by-id/  
wwn-0x60014058281596f38cd407f9bc066898 meta provides=unfencing
```

LVM

```
node1/2/3/4# grep system_id_source /etc/lvm/lvm.conf
```

```
system_id_source = "uname"          ## hexedit /dev/sdb1
```

이 부분은 cfdisk, f/gdisk로 진행 하여도 됨.

```
node1# parted --script /dev/sdb "mklabel gpt"
```

```
node1# parted --script /dev/sdb "mkpart primary 0% 100%"
```

```
node1# parted --script /dev/sdb "set 1 lvm on"
```

LVM

LVM 디스크 생성

[선택]nodeX# dnf --enablerepo=highavailability,resilientstorage -y install lvm2-lockd gfs2-utils dlm fence-agents-scsi -y

[선택]nodeX# systemctl enable --now lvmlockd dlm

node1# pvcreate /dev/sdb1

node1# vgcreate vg_ha_lvm /dev/sdb1

[선택]node1# vgcreate --shared --locktype dlm vg_ha_lvm /dev/sdb1

- vi /etc/lvm/lvm.conf
- use_lvmlockd = 1

VG의 호스트 이름 확인

node1# vgs -o+systemid

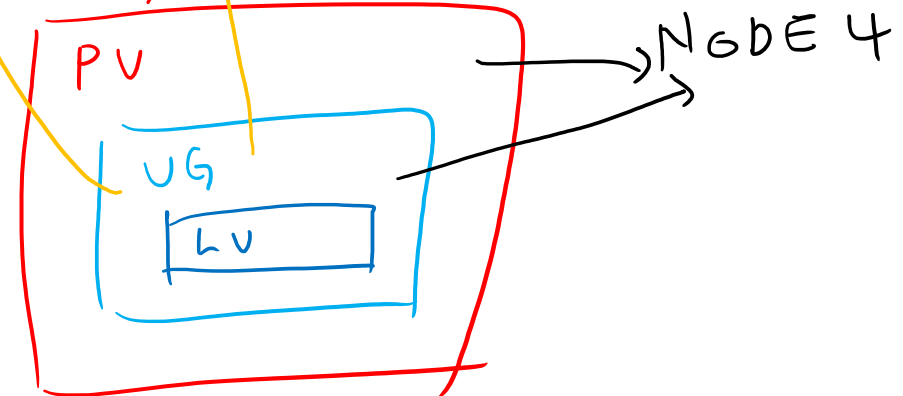
node1# lvcreate -l 100%FREE -n lv_ha_lvm vg_ha_lvm

Node 1

Node 2

ISCSI

PHY BLOCK



LVM

mount /dev/vg_ha_lvm/lv_ha_lvm /mnt
umount

node1# mkfs.xfs /dev/vg_ha_lvm/lv_ha_lvm

mount 연결 (X)

mount ↗

→ <DIR>

[선택] node1# vgchange vg_ha_lvm -an

[선택] node1# vgchange --systemid \$(uname -n) vg_ha_lvm

node1# lvm pvscan --cache --activate -ay (X)

LVM Scanning issue: <https://access.redhat.com/solutions/6967600>

LVM

heart beat : ocf :

가위 이클립

lvm.conf

ocf

VG

[선택]node1# pcs resource create lvm_ha_iscsi LVM-activate vgname=vg_ha_lvm
vg_access_mode=~~lvmlockd~~ activation_mode=~~shared~~ --group ha_lvm_group

지워진 (GFS2)

ocf

node1# pcs resource create lvm_ha_iscsi LVM-activate vgname=vg_ha_lvm
vg_access_mode=~~system_id~~ --group ha_lvm_group

xfs

소속

node1# pcs resource create lvm_ha_mount FileSystem device=/dev/vg_ha_lvm/lv_ha_lvm
directory=/home/lvm_directory fstype=~~xfs~~ --group ha_lvm_group

ocf

소속

node1# pcs status

node1# df /home/lvm_directory 자동으로 생성

LVM Scanning issue: <https://access.redhat.com/solutions/6967600>

연습문제

클러스터 node3에 /dev/sdc디스크에 LVM2를 구성한다. 작업 시작전에 리눅스 커널에 디스크 정보를 추가 및 갱신을 한다.

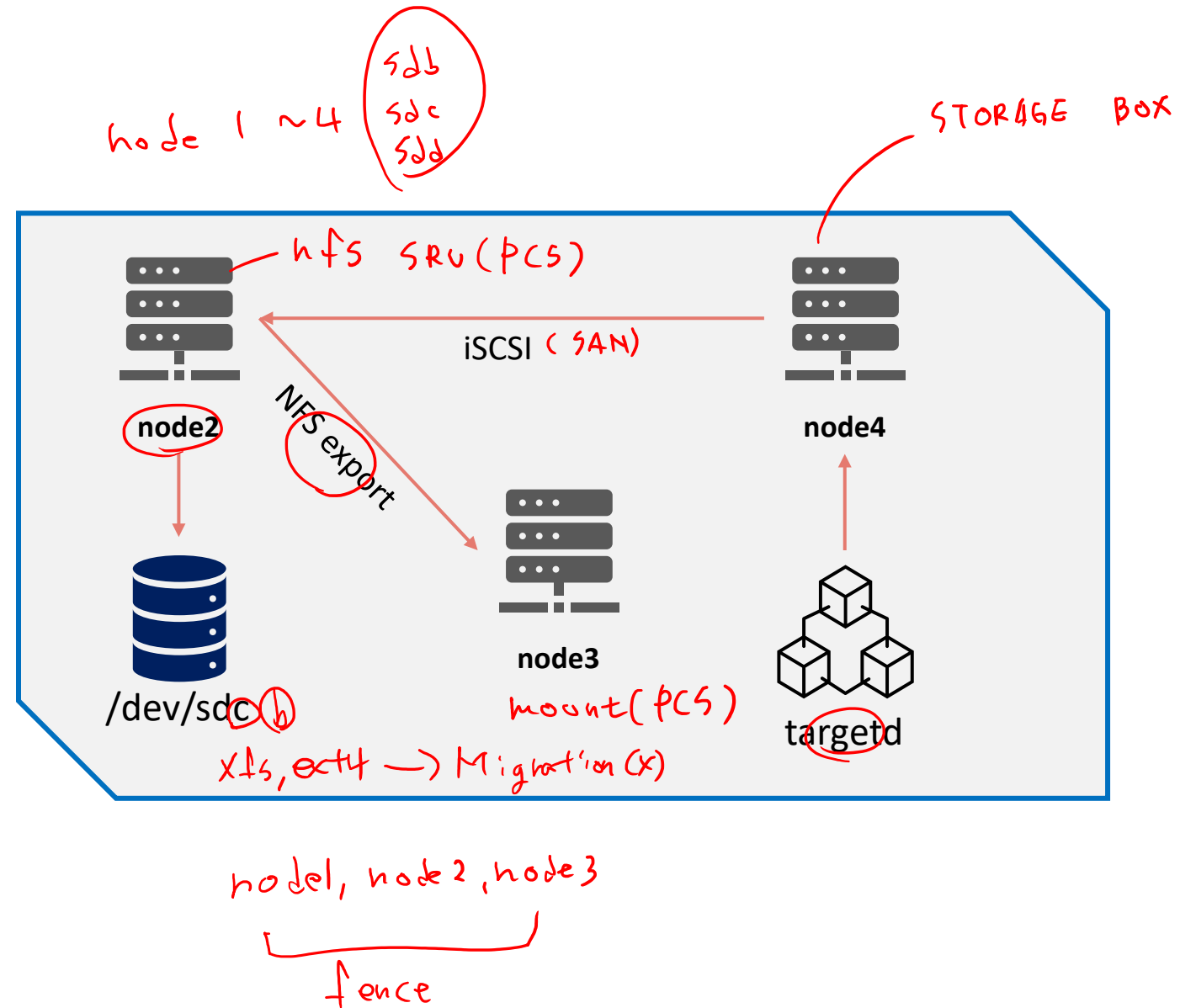
명령어는 아래 명령어를 참조하여 작업을 수행한다.

1. `partprobe`
 2. `cfdisk/gdisk/fdisk`
 3. `wipefs`
-
- 볼륨그룹 이름은 `ha_lvm_vg_sdc`로 구성한다.
 - `vi /etc/lvm/lvm.conf`
 - 논리 디스크 이름은 `ha_lvm_lv_sdc`로 구성한다.
 - 디스크 크기는 모든 공간을 사용한다.
 - `lvcreate -n -l 100%Free`
 - 마운트 위치는 `/mnt/ha_sdc_lvm`에 연결한다.
 - 디렉터리는 "Filesystem"에이전트가 자동으로 구성
 - 해당 위치에 `dnf`로 `HighAvailability, resilientstorage` 패키지 미러.

NFS

서비스 구성

NFS



PCS NFS PART

[선택] **node2**# systemctl stop firewalld

node2# firewall-cmd --add-service={nfs3,mountd,rpc-bind,nfs}

node2# firewall-cmd --runtime-to-permanent

node2# vi /etc/lvm/lvm.conf

system_id_source = "uname"

node2# parted --script /dev/sdc "mklabel msdos"

node2# parted --script /dev/sdc "mkpart primary 0% 100%"

node2# parted --script /dev/sdc "set 1 lvm on"

PCS NFS LVM

```
node2# pvcreate /dev/sdc1
```

```
node2# vgcreate vg_nfs /dev/sdc1  
systemid nfs-storage /dev/sdc1
```

```
node2# vgs -o+systemid
```

```
node2# lvcreate -l 100%FREE -n lv_nfs vg_nfs
```

```
node2# mkfs.xfs /dev/vg_nfs/lv_nfs
```

```
## vgcreate --shared --locktype dlm vg_nfs --
```

```
## vgchange -an vg_nfs
```

```
## vgchange --systemid $(uname -n) vg_nfs
```

VG메타 정보 변경이 필요한 경우
반드시 중지 후 작업 권장!!

PCS NFS LVM

```
node2# mkfs.xfs /dev/vg_nfs/lv_nfs
```

```
node2# vgchange vg_nfs -an
```


```
node2# vgchange --systemid $(uname -n) vg_nfs
```

```
node2# lvm pvscan --cache --activate -ay
```

```
node2# mkdir -p /nfs-share
```

```
vg_nfs 1 1 0 wz--ns 1.98g 0 node2.example.com
```

vgs -o+systemid



PCS NFS SERVER

```
node2# pcs resource create nfs_share_iscsi Filesystem device=/dev/vg_nfs/lv_nfs  
directory=/nfs-share fstype=xfs --group nfs_iscsi_group
```

```
node2# pcs resource
```

```
node2# mount | grep /nfs-share
```

```
node2# pcs resource create nfs_daemon nfsserver nfs_shared_infodir=/nfs-share/nfs_iscsi  
nfs_no_notify=true --group nfs_iscsi_group
```

```
node2# pcs resource create nfs_vip IPaddr2 ip=192.168.90.250 nic=eth1 cidr_netmask=24 --  
group nfs_iscsi_group
```

```
node2# pcs resource create nfs_notify nfsnotify source_host=192.168.90.250 --group  
nfs_iscsi_group
```

PCS NFS

```
node2# mkdir -p /nfs_root
```

```
node2# pcs resource create nfs_root exportfs clientspec=192.168.90.0/255.255.255.0  
options=rw,sync,no_root_squash directory=/nfs_root/ fsid=0 --group nfs_iscsi_group
```

```
node2# mkdir -p /nfs_share02
```

```
node2# pcs resource create nfs_share02 ocf:heartbeat:exportfs  
clientspec=192.168.90.0/255.255.255.0 options=rw,sync,no_root_squash directory=/nfs_share02  
fsid=1 --group nfs_iscsi_group
```

```
node2# showmount -e
```

PCS NFS

```
node3# mkdir -p /mnt/test_nfs
```

```
node3# mount 192.168.90.250:/nfs_share02 /mnt/test_nfs
```

"node3"번은 "node2"번에 구성된 디스크를 NFS Protocol로 전달 받는다.

연습문제

동영상을 위한 NFS서비스 **node3**번에서 구성한다. 현재 target서버에서 더 이상 사용이 가능한 디스크가 없으니 추가로 구성한다. 추가하는 명령어는 아래와 같다. 추가하는 디스크의 이름은 **"/dev/sde"**로 구성한다.

```
node4# targetcli backstores/fileio create sdX /var/lib/iscsi_disks/sde.img 2G
```

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/luns/ create /backstores/fileio/sdX/
```

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/acls/ create iqn.2023-02.com.example:nodeX.init
```

```
node1/2/3/4# iscsiadm -m session --rescan
```

- iscsi디스크를 target를 통해서 추가한다.
- 볼륨그룹 이름은 ha_lvm_vg_vdo로 구성한다.
- 논리 디스크 이름은 ha_lvm_lv_vdo로 구성한다.
- 크기는 모든 디스크를 사용한다.
- 구성이 완료가 되면 모든 설정 및 자원을 초기화 한다.

RESOURCE MOVE

서비스 구성

RESOURCE MOVE

자원을 다른 노드로 이동하는 방법은 아래와 같다.

1. `pcs fence nodeX.example.com`
2. `pcs resource move ha_lvm_group node1.example.com`
3. `pcs resource move ha_lvm_group node1.example.com`
4. `pcs resource move-with-constraint ha_lvm_group node4.example.com lifetime=1M`
5. `pcs constraint location myResource prefers node2.example.com=500`

TWO NODE

호스트 나누기

TWO NODE

```
node4# corosync-quorumtool | grep Flags
```

```
node4# pcs quorum update auto_tie_breaker=1 auto_tie_breaker=1 last_man_standing=1  
last_man_standing_window=10000(10sec) wait_for_all=1
```

TWO NODE

RHEL 8기준으로 Pacemaker 노드 상태가 two-node이면
자동으로 "**two_node: 1**"로 변경

```
node4# nano /etc/corosync/corosync.conf
```

```
quorum {
```

```
    provider: corosync_votequorum
```

```
    auto_tie_breaker: 1 -> DC를 구성하기 위한 추가 표
```

```
    last_man_standing: 1 -> 마지막 남은 노드에게 모든 클러스터 리소스를 전달
```

```
    last_man_standing_window: 10000 -> 시간내에 응답이 없으면 "last man standing"으로 전환
```

```
    wait_for_all: 1 -> 모든 노드가 정상적으로 통신 및 서비스가 가능한 상태. 부팅 시, 서로 fencing 방지.
```

```
    two_node: 1 -> 노드를 두개만 운영하는 경우.
```

```
}
```

TWO NODE

- **two_node:** 노드를 두개만 운영하는 경우.
 - **wait_for_all:** 모든 노드가 정상적으로 통신 및 서비스가 가능한 상태. 부팅 시, 서로 fencing 방지.
- **auto_tie_breaker:** 50:50 충돌 방지. 노드 두 대가 되면, 서로 D/C를 가져가기 위해서 경쟁. 이 때 서로 Fencing를 시도를 하면서, 무한 리-부팅 루프에 빠지게 됨. 이를 방지하기 위해서 추가표를 노드에 할당.
 - **lowest|highest:** Node ID를 값에 높/낮음에 따라서 순서 정의가 가능
- **last_man_standing:** 최종적으로 모든 노드가 비-정상적으로 동작 시, 최종적으로 남아 있는 노드에 자원을 전달 및 할당.

TWO NODE

node4# pcs cluster sync

node4# pcs cluster reload Corosync

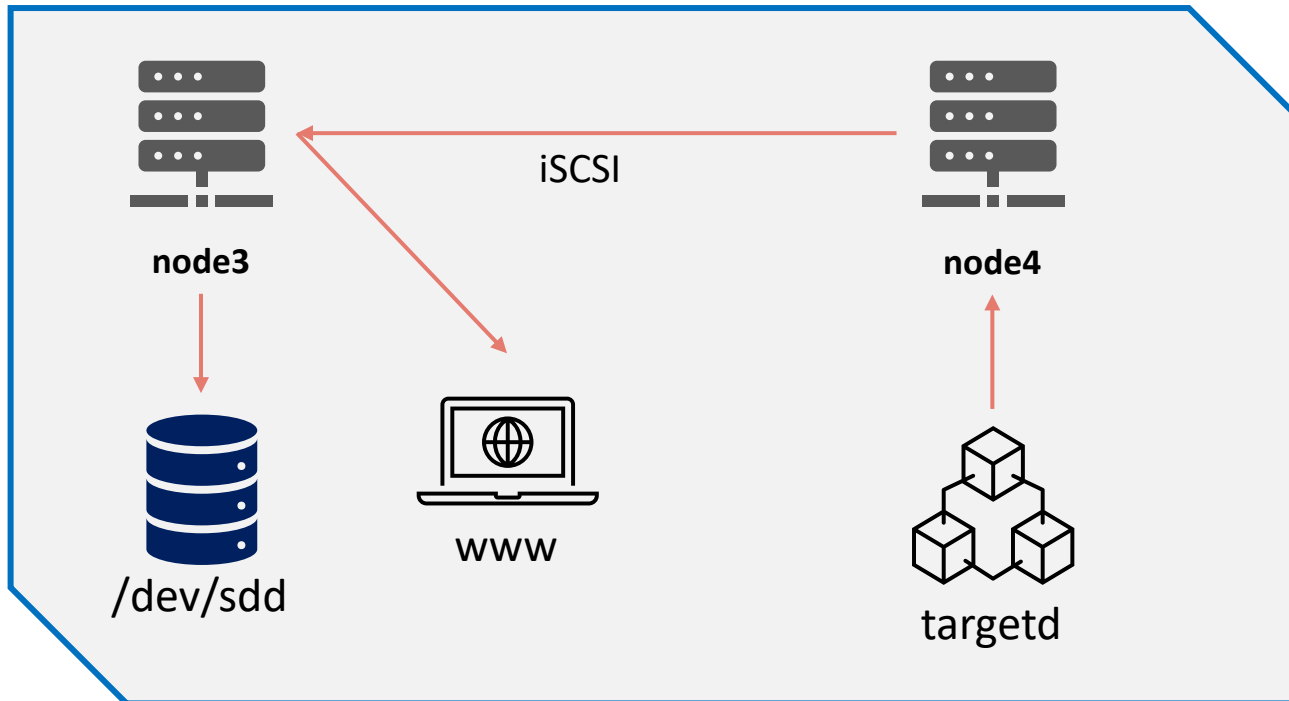
node4# man 5 votequorum

서비스 구성

서비스

- APACHE
- TOMCAT
- PostgreSQL
- MariaDB

PCS APACHE



PCS APACHE

```
node3# firewall-cmd --add-service={http,https} --permanent
```

```
node3# firewall-cmd --runtime-to-permanent
```

```
node3# parted --script /dev/sdd "mklabel msdos"
```

```
node3# parted --script /dev/sdd "mkpart primary 0% 100%"
```

```
node3# parted --script /dev/sdd "set 1 lvm on"
```

```
node3# pvcreate /dev/sdd1
```

```
node3# vgcreate vg_httpd /dev/sdd1
```

```
[선택]node3# vgcreate --shared --locktype dlm vg_httpd /dev/sdd1
```

```
node3# vgs -o+systemid
```

```
node3# lvcreate -l 100%FREE -n lv_httpd vg_httpd
```

```
ls /dev/misc/  
dlm-control dlm-monitor dlm_lvm_global dlm_plock  
systemctl status dlm
```

```
nodeX# dnf --enablerepo=highavailability,resilientstorage -y install lvm2-lockd gfs2-utils dlm  
nodeX# systemctl enable --now lvmlockd dlm
```

VG속성에 +s가 되어 있는지 확인

```
systemctl status lvmlockd
```

PCS APACHE

```
node3# dnf install httpd -y
```

```
node3# cat<<EOF> /etc/httpd/conf.d/server-status.conf
```

```
<Location /server-status>
```

```
    SetHandler server-status
```


```
    Require local
```

```
</Location>
```

```
EOF
```

```
node3# mkdir -p /mnt/html
```

임시 디렉터리



```
node3# mount /dev/vg_httpd/lv_httpd /mnt/html
```

```
node3# echo "Hello Hate Pacemaker World" > /mnt/html/index.html && umount /mnt/html/
```

```
node3# pcs resource create httpd_fs ocf:heartbeat:Filesystem device=/dev/vg_httpd/lv_httpd directory=/var/www/html fstype=xfs --group ha_httpd
```

PCS APACHE

```
node3# pcs resource create httpd_vip ocf:heartbeat:IPaddr2 ip=192.168.90.210  
cidr_netmask=24 --group ha_httpd
```

```
node3# pcs resource create website ocf:heartbeat:apache  
configfile=/etc/httpd/conf/httpd.conf statusurl=http://127.0.0.1/server-status --group  
ha_httpd
```

```
node3# curl http://192.168.90.210/index.html
```

node1/2/3/4에다가 웹 서버 구성을 원하는 경우,
'apache-status'도 같이 설정이 되어야 됨.

연습문제

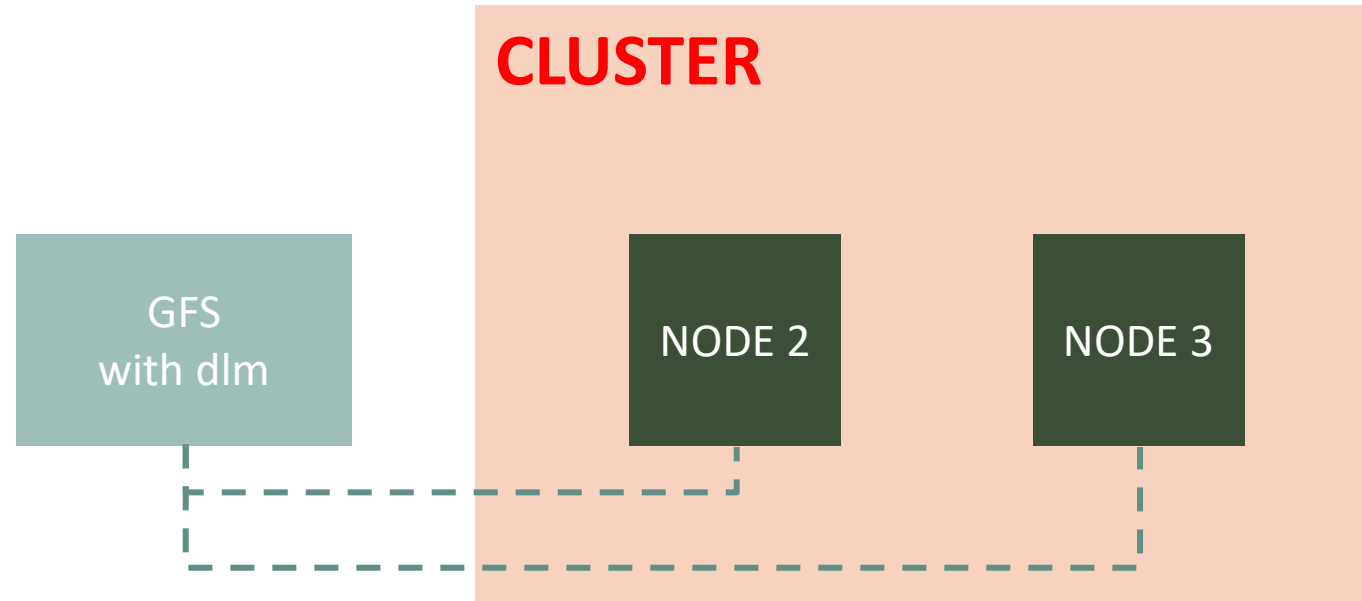
아파치 서비스를 구성한다.

- 노드 1번에 아파치 서비스를 설치한다.
- 해당 아파치 서비스는 VIP를 192.168.90.254를 사용한다.
- 메시지는 "Hello ApACHE"라고 출력한다.
- 기존에 사용하던 자원과 충돌이 되지 않도록 구성한다.
- 더 이상 사용할 디스크가 없는 경우 target를 통해서 새로 생성 후 노드에 전달.

서비스 구성

GFS

PACEMAKER



GFS2

디스크가 부족한 경우, target서버에서 추가로 디스크 구성해서 특정 노드에 추가 제공. 명령어는 아래 내용 참고.

```
node4# targetcli backstores/fileio create sde /var/lib/iscsi_disks/sde_disk.img 2G
```

```
node4# targetcli iscsi/iqn.2023-02.com.example:blocks/tpg1/luns/ create  
/backstores/fileio/sde/
```

```
node4# iscsiadm -m session --rescan
```

GFS2

XFS렌더링 파일 시스템으로 사용. 성능 및 안전성은 높지만, 단점이 다중 연결 및 제어가 안됨. GFS파일 시스템을 개발. SGI회사 폐업을 하면서, 리눅스 커뮤니티에서 GFS기반으로 GFS2라는 이름으로 2000년도에 릴리즈.

GFS2를 사용하기 위해서 DLM([Distributed Lock Manager](#))를 도입하면서, 본격적으로 공유 파일시스템을 제공 시작.

- v1.0 (1996) [SGI IRIX](#) only
- v3.0 Linux port
- v4 [journaling](#)
- v5 Redundant Lock Manager
- v6.1 (2005) [Distributed Lock Manager](#)
- [Linux 2.6.19 - GFS2 and DLM merged into Linux kernel](#)
- [Red Hat Enterprise Linux 5.3](#) releases the first fully supported GFS2

GFS2

```
node4# parted --script /dev/sde "mklabel gpt"
```

```
node4# parted --script /dev/sde "mkpart primary 0% 100%"
```

```
node4# parted --script /dev/sde "set 1 lvm on"
```


```
node4# pvcreate /dev/sde1
```

```
node4# vgcreate --shared --locktype dlm --vg_gfs2 /dev/sde1
```

```
node4# vgchange --lock-start vg_gfs2
```

```
node4# lvcreate -l 100%FREE -n lv_gfs2 vg_gfs2
```

```
node4# mkfs.gfs2 -j4 -p lock_dlm -t ha_cluster_lab:gfs2disk /dev/vg_gfs2/lv_gfs2
```



총 4개 저널 생성 == 총 4대 노드

GFS2

DLM(Distributed Lock Manager)

OCFS2, GFS2, Cluster MD, ~~LVM~~ **액티브/액티브** 저장소 구조
`--->lvm2-lockd

node4# dnf --enablerepo=highavailability,resilientstorage -y install gfs2-utils dlm lvm2-lockd

node4# systemctl enable --now **lvmlockd dlm**

node4# vi /etc/lvm/lvm.conf

use_lvmlockd = 1

node4# pcs property set **no-quorum-policy**=freeze

node4# pcs resource create **dlm** ocf:pacemaker:**controld** op monitor interval=30s on-fail=fence --group gfs2_locking

node4# pcs resource **clone** gfs2_locking interleave=true

node4# pcs resource create lvmlockd-gfs2 ocf:heartbeat:**lvmlockd** op monitor interval=30s on-fail=fence --group gfs2_locking

만약, **"/dev/misc/dlm-***"구성이 안되어 있으면 다음처럼 작업 수행

```
# lsmod | grep dlm
# modprobe -r dlm
# modprobe dlm
# ls -l /dev/misc/dlm-*
# dracut -f
```

https://clusterlabs.org/pacemaker/doc/deprecated/en-US/Pacemaker/1.1/html/Pacemaker_Explained/s-cluster-options.html

GFS2

```
node4# pcs resource create gfs2_lv ocf:heartbeat:LVM-activate lvname=lv_gfs2  
vgname=vg_gfs2 activation_mode=shared vg_access_mode=lvmlockd --group gfs2_vg
```

```
node4# pcs resource clone gfs2_vg interleave=true
```

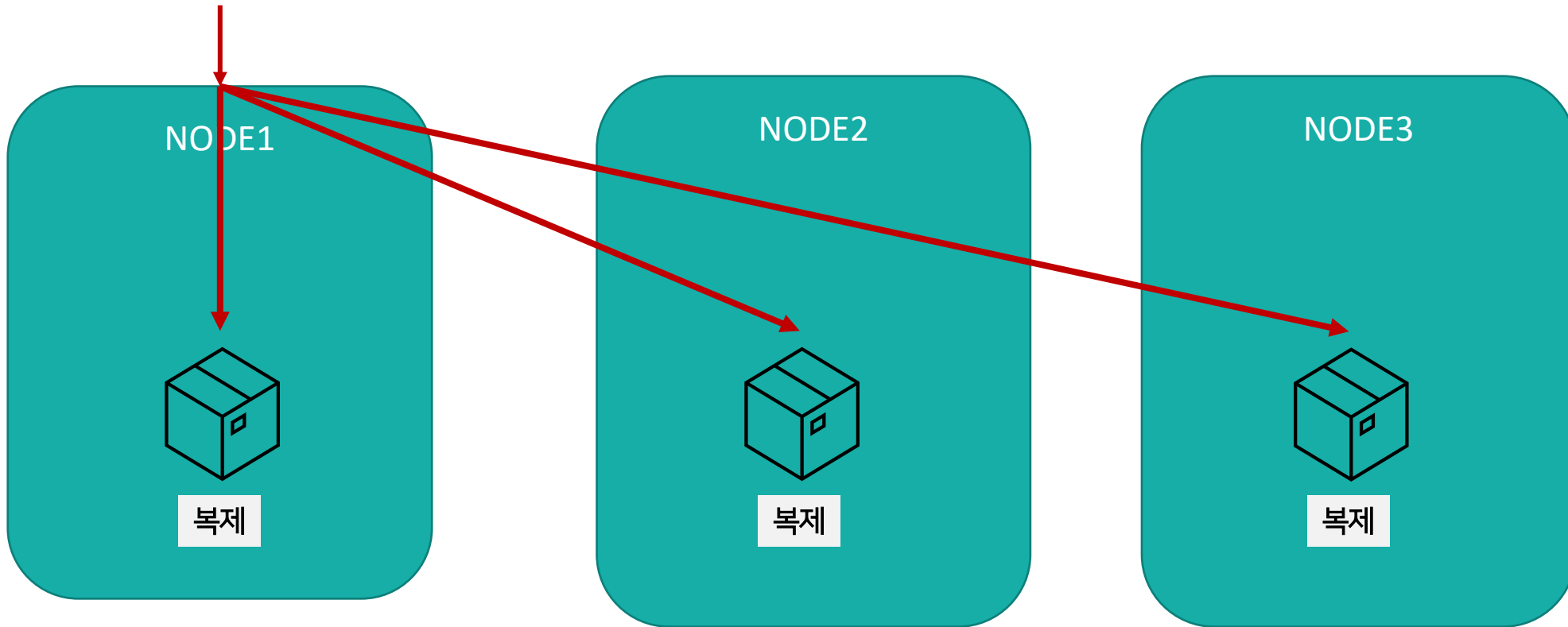
```
node4# pcs constraint order start gfs2_locking-clone then gfs2_vg-clone
```

```
node4# pcs constraint colocation add shared_vg-clone with locking-clone
```

```
node4# pcs resource create gfs2_fs ocf:heartbeat:Filesystem device="/dev/vg_gfs2/lv_gfs2"  
directory="/gfs2-share" fstype="gfs2" options=noatime op monitor interval=10s on-fail=fence  
--group gfs2_vg
```

clone

pcs resource clone



서비스 구성

TOMCAT

TOMCAT

TOMCAT

nodeX# alternatives --list

nodeX# alternatives --config [java | jsp]

nodeX# dnf search openjdk

nodeX# dnf install java-1.8.0-*

TOMCAT

```
node4# dnf install tomcat -y
```

```
node4# pcs resource create tomcat_vip ocf:heartbeat:IPaddr2 ip=192.168.90.220  
cidr_netmask=24 op monitor interval=30s --group tomcat
```

```
node4# pcs resource create tomcat_service ocf:heartbeat:tomcat  
java_home="/usr/lib/jvm/jre/bin/" catalina_home="/usr/share/tomcat"  
tomcat_user="tomcat" op monitor interval="15s" --group tomcat
```

← 수동설치 및 실행

```
node4# pcs resource create tomcat_service systemd:tomcat --group tomcat
```

← 패키지 설치

```
node4# pcs constraint colocation set tomcat_vip tomcat_service
```

```
node4# curl http://192.168.90.220:8080
```

서비스 구성

PGSQL

PGSQL

일반 블록 파일 시스템 기반으로 PGSQL를 구성하기 위해서는 DRBD구성이 필요하다. 여기서는 DRBD를 다루지 않는다.

PGSQL

```
node4# pcs resource create VIP ocf:heartbeat:IPaddr2 ip=192.168.90.250 cidr_netmask=32 op monitor interval="5" timeout="10"
```

```
node4# pcs resource create drbd-resource ocf:linbit:drbd drbd_resource=drbd0 op monitor timeout="30" interval="5" role="promote" op monitor timeout="30" interval="6" role="unpromote"
```

```
node4# pcs resource create drbd-sync drbd-resource master-max=1 master-node-max=1 clone-max=2 clone-node-max=1 notify=true
```

```
node4# pcs resource create drbd-fs ocf:heartbeat:Filesystem device="/dev/drbd0" directory="/srv/pgsql-data" fstype="xfs" options="noatime"
```

```
node4# pcs resource create db-pgsql ocf:heartbeat:pgsql op monitor timeout="20" interval="5"
```

```
node4# pcs resource group add ha-db VIP drbd-fs drbd-pgsql
```

```
node4# pcs constraint colocation add ha-db drbd-sync INFINITY with-rsc-role=promote
```

```
node4# pcs constraint order promote drbd-syncc then start drbd-fs
```

```
node4# pcs cluster cib-push pcs_conf
```

MARIADB

데이터베이스

일반 블록 파일 시스템 기반으로 MariaDB를 구성하기 위해서는 DRBD구성이 필요하다. 여기서는 DRBD를 다루지 않는다.

MariaDB

node4# dnf install mariadb-server

[선택] node4# dnf install mysql-server

node4# systemctl start mariadb ---> mysql

node4# systemctl stop mariadb ---> mysql

최소 한번은 실행이 되어야 `/var/lib/mysql`에서 기본 디비 및 구성 완료 시간이 되시면, LVM기반으로 저장소 구현 :)

node4# vi /etc/my.cnf.d/mariadb-server.cnf

bind-address=**192.168.90.220**

VIP주소로 변경

node4# pcs resource create MariaDB_VIP ocf:heartbeat:IPaddr2 ip=**192.168.90.220** cidr_netmask=24 op monitor interval=30s

node4# pcs resource create MariaDB_INSTANCE **service**:mariadb op start timeout=59s op stop timeout=60s op monitor interval=20s timeout=30s

node4# pcs constraint **order** MariaDB_VIP then MariaDB_New

systemd:mariadb

node4# pcs constraint **colocation** ^①add MariaDB_VIP ^②with MariaDB_INSTANCE INFINITY

node4# pcs resource **group add** mariadb MariaDB_VIP MariaDB_INSTANCE

{MariaDB_VIP + MariaDB_New}

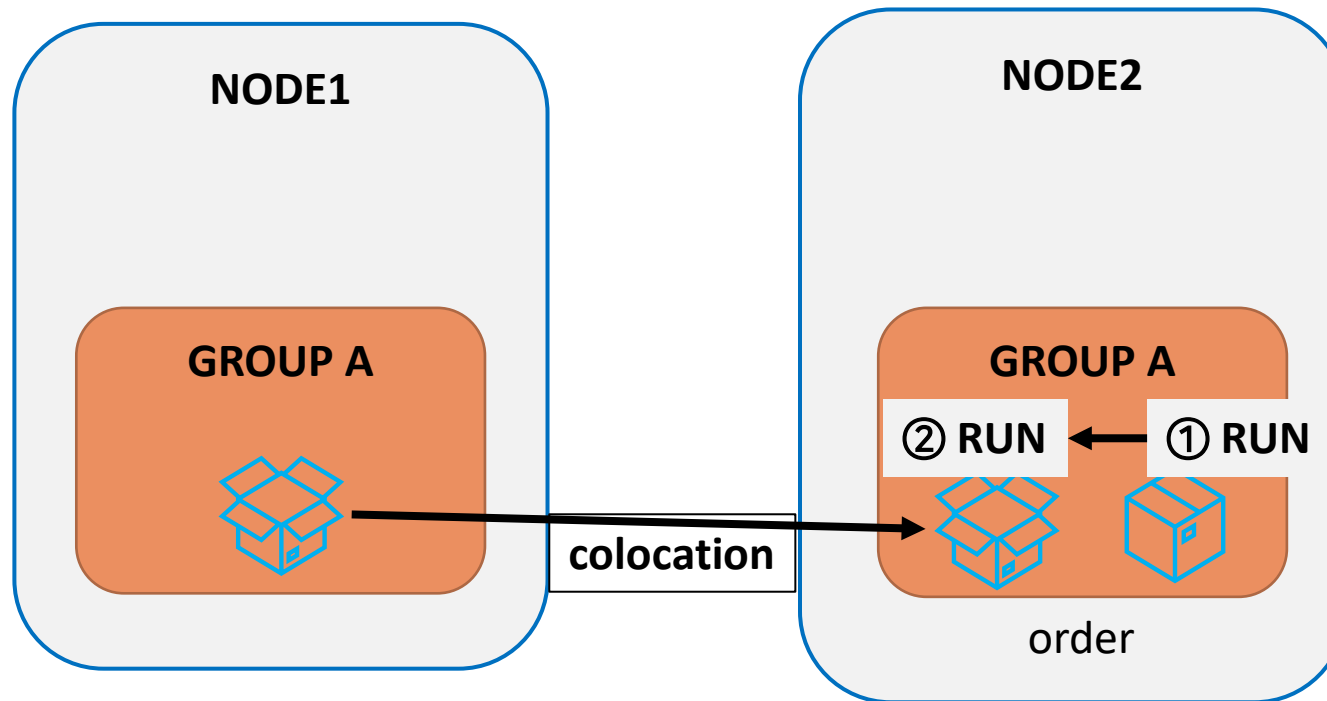
Mariadb 연습문제

node3번에 mysql서버를 mariadb와 동일하게 VIP 및 systemd 서비스를 구성한다.

1. VIP는 192.168.90.210/24
2. 디스크 구성
3. 서비스 실행(systemd 혹은 service)

현재 랩에서는 D/B 디스크를 공유하지 않음.

COLOCATION/ORDER



colocation

리소스 A가 움직이면 B가 같이 이동함

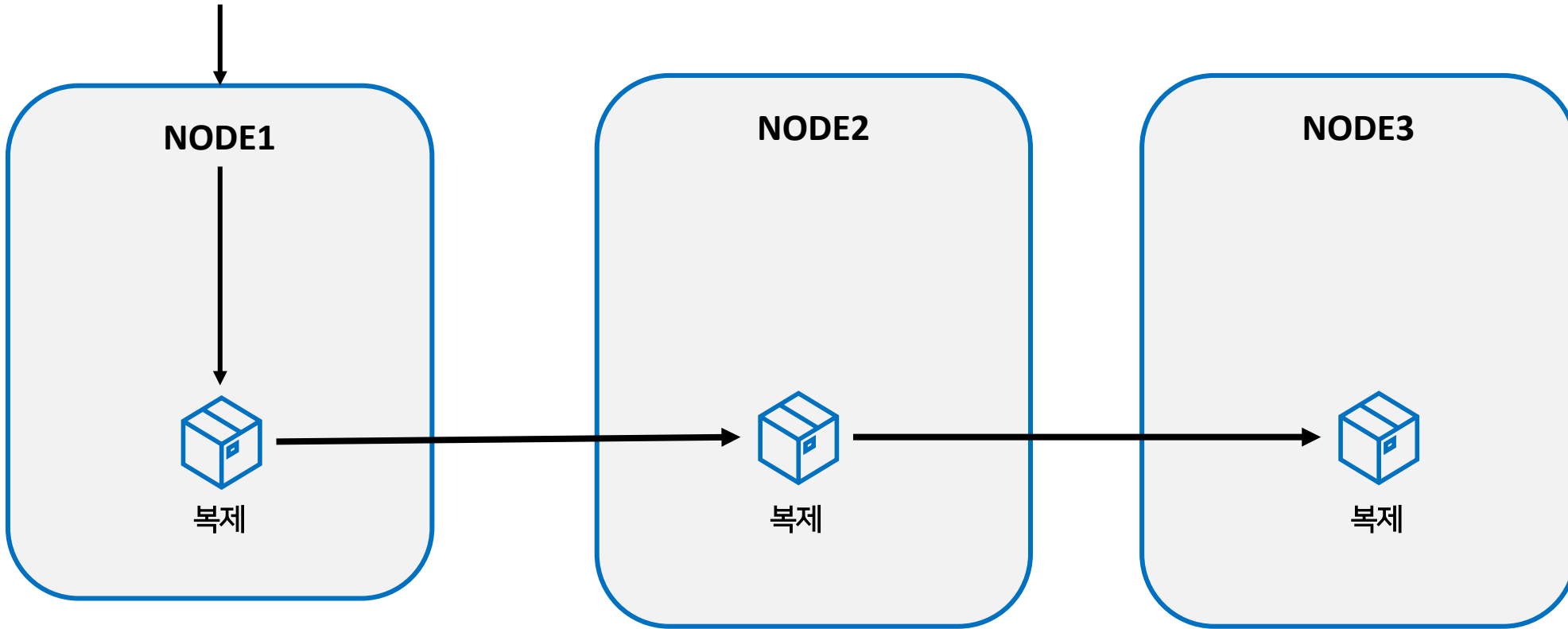
order

리소스의 실행 순서

1. 아이피 할당
2. 데이터 베이스 서비스 시작(bind-address(vip))

clone

pcs resource clone



COLOCATION/ORDER/CLONE/PREFERS

node4# pcs constraint **order** MariaDB_VIP **then** MariaDB_New

node4# pcs constraint **colocation** add MariaDB_VIP **with** MariaDB_INSTANCE **INFINITY**

node4# pcs resource **group add** mariadb MariaDB_VIP MariaDB_INSTANCE

node4# pcs constraint **order** TOMCAT_VIP **then** TOMCAT_SERVICE **score**=INFINITY
symmetrical=true id=order-TOMCAT_VIP-then-TOMCAT_SERVICE

node4# pcs constraint **location** TOMCAT_SERVICE **prefers** node2.example.com

node4# pcs resource **clone** **gfs2_vg** interleave=true

DRBD+TOMCAT+MAR IADB

데이터베이스

DRBD SETUP

```
node5/6# pvcreate /dev/sdf
```

```
node5/6# vgcreate drbd-demo /dev/sdf
```

```
node5/6# lvcreate --name drbd-demo -l 100%Free drbd-demo
```

```
node5/6# firewall-cmd --add-port=6996-7800/tcp --permanent
```

```
node5/6# firewall-cmd --reload
```

DRBD SETUP

```
node5/6# firewall-cmd --permanent --add-rich-rule='rule family="ipv4" source address="192.168.90.110"
port port="7789" protocol="tcp" accept'
```

```
node5/6# firewall-cmd --permanent --add-rich-rule='rule family="ipv4" source address="192.168.90.120"
port port="7789" protocol="tcp" accept'
```

```
node5/6# firewall-cmd --reload
```

```
node5/6# firewall-cmd --list-all
```

DRBD SETUP

```
node5/6# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'dnf install epel-release -y' ; done
```

```
node5/6# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'rpm --import https://www.elrepo.org/RPM-GPG-KEY-elrepo.org
```

```
&& dnf install https://www.elrepo.org/elrepo-release-9.el9.elrepo.noarch.rpm -y'
```

kernel-core-5.14.0-284.11.1.el9_2

```
node5/6# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'dnf update -y && reboot' ; done
```

혹은 elrepo kernel-ml

```
node5/6# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'dnf install drbd drbd-bash-completion drbd-pacemaker drbd-  
utils kmod-drbd9x -y' ; done
```

```
node5/6# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'dnf install kernel -y && reboot' ; done
```

```
node5/6# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'depmod -a && modprobe drbd' ; done
```

```
node5/6# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'systemctl enable --now drbd' ; done
```

```
node5/6# for i in {1..2} ; do ssh root@node${i} 'systemctl status drbd' ; done
```

주의: uEFI가 활성화 되어 있으면, 모듈이 올바르게 메모리에 상주가 안됩니다. 끄고 하세요!

```
# modprobe drbd
```

```
modprobe: ERROR: could not insert 'drbd': Key was rejected by service
```


DRBD SETUP

```
node5/6# cat<< EOF> /etc/drbd.d/resource0.res
```

```
resource resource0 {  
  on node1.example.com {  
    device  /dev/drbd1;  
    disk    /dev/drbd-demo/drbd-demo;  
    address <IP_ADDRESS>:7789;  
    meta-disk internal;  
  }  
  on node2.example.com {  
    device  /dev/drbd1;  
    disk    /dev/drbd-demo/drbd-demo;  
    address <IP_ADDRESS>:7789;  
    meta-disk internal;  
  }  
}
```

```
EOF
```

DRBD SETUP

```
node5# drbdadm create-md resource0
```

```
node5# drbdadm up resource0
```

```
node5# drbdadm status resource0
```

```
node5# drbdadm primary --force resource0
```

```
node5# drbdadm status resource0
```

```
node5# lsblk
```

```
node5# mkfs.xfs /dev/drbd1 or mkfs.ext4 /dev/drbd1
```

```
node5# mkdir -p /mnt/drbd
```

DRBD SETUP

```
node5# mount /dev/drbd1 /mnt/drbd
```

```
node5# cd /mnt/drbd
```

```
node5# touch test{1..100}
```

```
node5# umount /mnt/drbd
```

```
node5# drbdadm secondary resource0
```

```
node6# drbdadm primary resource0
```

```
node6# mkdir -p /mnt/drbd
```

```
node6# mount /dev/drbd1 /mnt/drbd
```

```
node6# ls -l /mnt/drbd
```

TOMCAT

```
node5/6# alternatives --list
```

```
node5/6# alternatives --config [ java | jsp ]
```

```
node5/6# dnf search openjdk
```

```
node5/6# dnf install java-1.8.0-*
```

TOMCAT

```
node5/6# dnf install tomcat -y
```

```
node5# pcs resource create tomcat_vip ocf:heartbeat:IPaddr2 ip=192.168.90.220  
cidr_netmask=24 op monitor interval=30s --group tomcat
```

```
node5# pcs resource create tomcat_service ocf:heartbeat:tomcat  
java_home="/usr/lib/jvm/jre/bin/" catalina_home="/usr/share/tomcat"  
tomcat_user="tomcat" op monitor interval="15s" --group tomcat
```

← 수동설치 및 실행

```
node5# pcs resource create tomcat_service systemd:tomcat --group tomcat
```

← 패키지 설치

```
node5# pcs constraint colocation set tomcat_vip tomcat_service
```

```
node5# curl http://192.168.90.220:8080
```

MariaDB

```
node5# dnf install mariadb-server
```

[선택] `node5# dnf install mysql-server`

```
node5# systemctl start mariadb ---> mysql
```

```
node5# systemctl stop mariadb ---> mysql
```

최소 한번은 실행이 되어야 `/var/lib/mysql`에서 기본 디비 및 구성 완료 시간이 되시면, LVM기반으로 저장소 구현 :)

```
node5# vi /etc/my.cnf.d/mariadb-server.cnf
```

VIP주소로 변경

```
bind-address=192.168.90.230
```

```
node5# pcs resource create MariaDB_VIP ocf:heartbeat:IPaddr2 ip=192.168.90.230 cidr_netmask=24 op monitor interval=30s
```

```
node5# pcs resource create MariaDB_INSTANCE service:mariadb op start timeout=59s op stop timeout=60s op monitor interval=20s timeout=30s
```

```
node5# pcs constraint order MariaDB_VIP then MariaDB_New
```

systemd:mariadb

```
node5# pcs constraint colocation ①add MariaDB_VIP ②with MariaDB_INSTANCE INFINITY
```

```
node5# pcs resource group add mariadb MariaDB_VIP MariaDB_INSTANCE
```

{MariaDB_VIP + MariaDB_New}

종합문제

WORDPRESS + MARAIDB

종합문제

가상머신 3대 혹은 4대 기반으로 페이스메이커를 구성한다.

- 클러스터 이름은 "**wordpress-srv**"로 설정한다.
 - 클러스터 관리를 위한 operator계정을 하나 생성한다.
 - 각각 노드에 파일 기반으로 클러스터에서 발생하는 이벤트를 기록하는 pcs-alert이름의 alert를 구성 및 설치한다.
 - 파일이 저장되는 위치는 /var/lib/pacemaker/pcs-alert.log라는 이름으로 저장한다.
 - 스크립트는 적절한 위치에 구성 및 배포한다.
- **LVM2스토리지**를 구성한다.
 - 웹 서버에서 사용하는 LVM의 이름은 wp-vg-www, LV의 이름은 wp-lv-www로 한다.
 - 데이터베이스는 wp-vg-db, wp-lv-db라는 이름으로 LVM를 사용한다.
 - 해당 VG는 다른 클러스터에서도 접근이 가능하도록 구성한다.
 - 각 노드가 파일 시스템은 접근이 가능하도록 구성한다.

종합문제

- 모든 리소스는 적절한 순서로 리소스 실행 및 구성한다.
 - 모든 노드에서 리소스 정보가 배포 되어야 한다.
- 데이터베이스 및 웹 서버
 - 데이터베이스는 반드시 /var/lib/mysql에서 정보를 불러와야 한다.
 - 웹 서버는 /var/www/html/에 접근이 가능해야 한다.
 - 데이터베이스는 192.168.90.250 아이피 주소를 가지고 실행한다.
 - 웹 서버는 192.168.90.210 아이피 주소를 가지고 실행한다.
- 방화벽 및 보안 설정은 사용하지 않아도 상관 없다.
- 모든 설정 내용은 재시작 이후에도 올바르게 동작해야 한다.