

Open N2OS를 활용한 가상 라우터 이중화 프로토콜의 기능 동작과 명령어

이창식¹ · 류호용¹ · 박재형^{2*}¹한국전자통신연구원(ETRI) 네트워크연구본부²전남대학교 전자컴퓨터공학과

Operation and Command of Virtual Router Redundancy Protocol in Open N2OS

ChangSik Lee¹ · HoYong Ryu¹ · Jaehyung Park^{2*}¹Network Research Division, Electronics and Telecommunication Research Institute (ETRI)²Department of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University

[요 약]

네트워크 장애 발생 시 재빠른 장애조치를 지원하기 위한 방법으로 가상 라우터 이중화 프로토콜 (VRRP)이 고안되었다. VRRP는 LAN 상에서 외부로 나가는 게이트웨이 역할을 하는 가상의 라우터가 존재하고, 이를 마스터 라우터와 백업 라우터 간에 동적으로 선정함으로써 마스터 라우터의 장애 발생 시에도 사용자들이 중단 없는 망 서비스를 받을 수 있도록 네트워크 이중화 기능을 제공한다. 하지만, 라우터 장비를 운용하기 위해 필요한 네트워크 운영체제 (OS) 들은 비싼 초기 도입 비용과 판매 기업에 종속된 closed 아키텍처라는 단점을 가지고 있다. 이를 해결하고자, 오픈 소스를 기반으로 한 개방형 네트워크 소프트웨어 플랫폼인 Open N2OS가 개발 되었다. Open N2OS는 하드웨어에 종속되지 않고, 고가용성, 유연한 확장성, 다양한 네트워킹 기능을 지원하는 특징을 갖고 있다. 본 논문에서는 Open N2OS에서 지원하는 VRRP 프로토콜의 기능 동작과 구조를 다루고, Open N2OS의 명령어 인터페이스를 통해 제공되는 VRRP 관련 명령어들을 소개한다.

[Abstract]

Virtual router redundancy protocol (VRRP) was designed as a solution to support fast fail-over in case of network failure. There exists virtual router which acts as default gateway in LAN, and the virtual router is dynamically elected between master and backup router. Through this protocol, end-hosts can be provided seamless network service. However, it needs expensive license fees and maintenance costs to adopt current commercial network operating systems. Furthermore, they are commonly enterprise proprietary software and inherently closed source. In order to tackle these problem, Open N2OS which is open source based open network software platform was developed. It has no dependency on hardware equipment, and provides high availability, scalability, various networking functions. In this paper, we handle VRRP operation and mechanism with related command line interface (CLI).

색인어 : 라우터 이중화 프로토콜, 네트워크 운영체제, 오픈 소스, 개방형 플랫폼, 고가용성

Key word : VRRP, Network OS, Open source, Open platform, High availability<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.4.693>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 12 April 2018; Revised 24 April 2018

Accepted 27 April 2018

***Corresponding Author; Jaehyung Park**

Tel: +82-10-8640-2624, +82-62-530-1796

E-mail: cslee2624@etri.re.kr, hyeoung@jnu.ac.kr

I. 서론

방대한 양의 실시간 어플리케이션 서비스 (실시간 게임, 가상현실, 증강 현실) 등이 등장하면서, 네트워크 서비스 제공업자들은 어떠한 상황에서도 중단 없는 서비스 제공에 대한 요구 사항에 직면해있다. 특히, 네트워크 장애 발생 시 네트워크 장비 스스로 장애를 복구하는 고가용 네트워크 서비스 기능에 대한 필요성이 높아지면서, 가상 라우터 이중화 프로토콜 (VRRP; virtual router redundancy protocol) [1]-[3] 기능을 탑재한 L3 라우터가 등장하였다.

VRRP 프로토콜은 1999년도에 IETF에서 SPOF (single point of failure) [4] 문제를 해결하기 위해 고안된 오픈화된 표준 규격이다. LAN (local area network) 상에 존재하는 2개 이상의 라우터들 간에 마스터 라우터와 백업 라우터를 동적으로 선정하고, 마스터에 의해 운영되는 가상 라우터를 뒀으로써, 망 내에 있는 사용자들에게 네트워크 서비스를 제공한다. 특히, 마스터 라우터의 링크가 단절되었을 경우에도 사용자가 중단 없는 망 서비스를 받을 수 있도록 네트워크 이중화 기능을 제공하기 위해 사용된다[5]-[6].

하지만 기존의 L2, L3 네트워크 장비 업체들은 IP Infusion의 ZebOS를 비롯한 Pica, Cumulus 등 상용 운영 체제 (OS; operating system)를 구매해 사용해 왔다. 이러한 상용 OS는 풀패키지로 제공되는 경우가 많으며, 초기 도입 시 막대한 라이선스 비용을 지불해야 되고 매년 지불해야 되는 유지보수 비용도 크다는 단점을 가지고 있다. 또한, closed 소스 구조이기 때문에 해당 소스를 활용하여 자체 기능 개발하거나 보완하는데 어려움을 가지고 있다.

이러한 단점에서 벗어나기 위해, 오픈 소스 기반의 개방형 네트워크 운영체제가 개발되기 시작하였다. 특히, 본 논문에서 소개할 Open N2OS (network neutralized operating system)는 하드웨어에 종속되지 않고, 고가용 네트워크 서비스 및 다양한 네트워킹 기능을 제공하는 오픈 소프트웨어 플랫폼이다. 따라서 이를 활용하면, 기존의 비싼 상용 운영체제 대신 저렴한 비용으로 네트워크 장비 구동이 가능하며, 제공되는 오픈 소스를 기반으로 하여 각 기업이 원하는 기능을 추가하고 보완하는데 용이하다. Open N2OS에서 제공하는 네트워킹 관련 기능은 L2/L3 (stp, mstp, rstp, lacp, lldp, rip, ospf, isis, vrrp, bfd) 및 bgp, mpls, openflow 등이 있다. 본 논문에서는 이 중 하나의 기능인 VRRP 프로토콜 구조와 기능 동작, 그리고 관련 명령어에 대해서 논한다.

II. 본론

본론에서는 Open N2OS의 기본적인 구조와 VRRP 기능 동작 구조에 대해 설명한다.

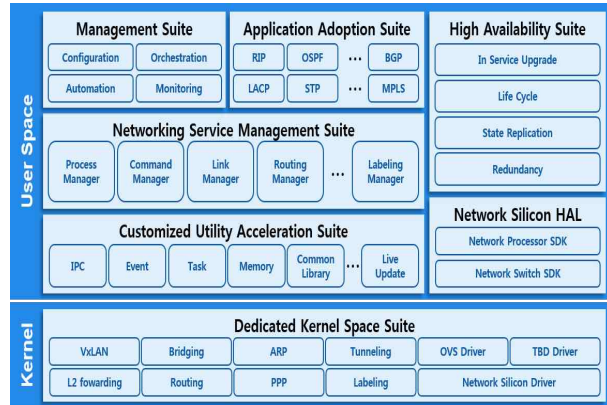


그림 1. Open N2OS 구조도
Fig. 1. Framework of Open N2OS

2-1 Open N2OS 프레임워크

Open N2OS는 시스템 운용관리를 위한 관리 프레임워크, L2/L3/멀티캐스트 및 MPLS, 오픈플로우 프로토콜들로 구성된 프로토콜 도메인, 다양한 네트워킹 서비스 제공을 위한 네트워크 서비스 프레임워크, 시스템의 신뢰성을 보장하기 위한 고가용성 프레임워크 그리고 상위 컴포넌트들이 공통으로 사용하는 라이브러리를 제공하는 시스템 라이브러리로 구성된다. 또한 각 네트워킹 프로토콜 컴포넌트들은 프로세스의 라이프 주기, 건강 관리를 담당하는 PROCESS 매니저, 인터페이스의 상태 정보를 관리하는 PIF 매니저, CLI (command line interface)를 통한 명령어를 관리하는 CMD 매니저, IPC (inter process communication) 메시지와 event 메시지를 관리하는 IPC 매니저, 라우팅 테이블을 관리하는 RIB 매니저 등과 같이 Open N2OS 프레임워크 내에서의 기본 동작을 관장하는 매니저들과 연동하여 동작한다. Open N2OS의 소스 코드를 비롯하여 설치 가이드 문서, 개발 문서, 명령어 가이드 문서 등은 <https://openn2os.etri.re.kr> 링크에서 다운로드 및 참고 가능하다 [7].

2-2 VRRP 동작 매커니즘

1) VRRP 기본 동작

VRRP 프로토콜의 주요 기능들은 오픈 소스를 기반으로 Open N2OS에 탑재되기 때문에 오픈 소스에서 제공하는 기능을 기반으로 통합 및 보완하여 구현되었다. 표 1과 같이 VRRP 프로토콜에서 제공하고 있는 각 기능은 RFC3768 표준 문서에서 기술하는 규격 및 내용을 준수한다.

마스터로 선정된 라우터는 특정 멀티캐스트 IP 주소 (224.0.0.18)를 사용하여 매초마다 VRRP 광고 (advertisement) 패킷을 백업 라우터들에게 전송하며, 백업 라우터들은 이를 수신하여 읽음으로써 마스터 라우터의 존재를 감지한다. 각 백업 라우터에는 마스터의 존재를 감지하기 위한 타이머인

표 1. VRRP 기능 표준

Table 1. Standard Specification of VRRP

| Standard List | Reference |
|---------------------------|-----------|
| VRRP Packet Format | RFC3768 |
| Virtual MAC Address | RFC3768 |
| VRRP Multicast IP Address | RFC3768 |
| VRRP Protocol Number | RFC3768 |
| VRRP Group ID | RFC3768 |
| Priority | RFC3768 |
| Preemption Mode | RFC3768 |
| Advertisement Interval | RFC3768 |
| Skew Time | RFC3768 |
| Master Down Interval | RFC3768 |
| Authentication | RFC3768 |
| Checksum | RFC3768 |

‘Master Down Timer’가 구동되는데, 이 타이머는 정상적인 VRRP 광고 패킷이 수신되고, 여기에 담긴 우선순위 (priority) 값이 자신의 우선순위 값보다 높을 경우에만 갱신된다. 만약 ‘Master Down Timer’가 만료될 때까지 자신보다 높은 우선순위 값을 갖는 광고 패킷이 수신되지 않을 경우에는, 해당 백업 라우터가 마스터 라우터로 전환되어 기존의 마스터 라우터가 수행하던 가상 라우터의 역할을 하게 된다.

2) Open N2OS - VRRP 연동 구조

그림 2는 Open N2OS에서 구동되는 VRRP 컴포넌트의 구조도를 보여준다. VRRP 엔진에는 VRRP가 구동중인 인터페이스 정보를 관리하는 ‘Interface Database’, object tracking 정보를 관리하는 ‘Tracking Database’, 소켓 및 타이머를 관리하고 제어하는 파트 등으로 나누어진다. 백업 라우터가 마스터 라우터로 전환할 경우, 가상 IP 주소와 MAC 주소를 기존의 마스터 라우터의 주소 값과 동일하게 설정하게 되는데, 추후 다시 백업으로 돌아갈 경우를 대비해서 원래의 주소 값을 저장할 필요가 있다. 이때, Interface Database에 저장된 값을 참고하여 백업 전환 과정을 거치게 된다.

이 밖에도 VRRP 엔진에는 PIF 매니저, CMD 매니저, IPC 매니저, PROCESS 매니저들과 연동하기 위한 인터페이스가 존재한다. 또한 VRRP Packet Process 파트에서는 마스터가 주기적으로 보내는 VRRP 광고 패킷을 구성하는 기능과, 백업 라우터에서 이를 수신하여 정상적인 VRRP 광고 패킷인지 판별하는 기능이 포함되어 있다.

III. VRRP 관련 명령어

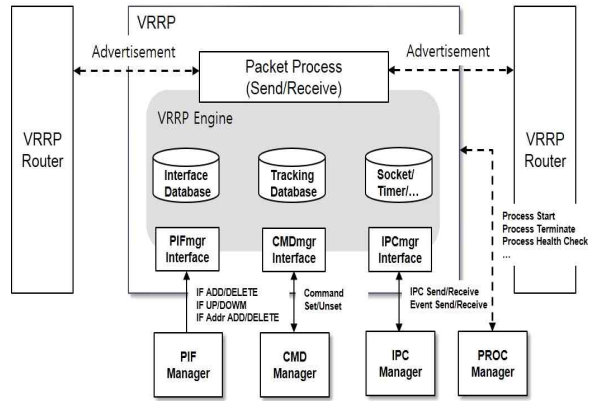


그림 2. VRRP 동작 구조
Fig. 2. Operation Mechanism of VRRP

Open N2OS에서 제공하는 CLI 명령어 체계는 execute 노드 명령어, configure 노드 명령어, interface 노드 명령어로 나누어져 있다. 일반적으로 execute 노드에서는 구성 정보, 상태에 대한 출력 명령어가 제공되며, configure 노드에서는 라우터의 구성을 관리하고 제어하는 명령어, interface 노드에서는 해당 interface에서 수행하는 컴포넌트별 작업에 대한 명령어를 제공한다. 각 노드에서 제공하는 VRRP 관련 명령어는 다음과 같다.

3-1 Execute 노드 명령어

1) show object

설정된 인터페이스의 object tracking 에 대한 정보를 출력한다.

2) show ip vrrp status

구동되고 있는 모든 VRRP 그룹에 대한 정보를 출력한다. 그림 3과 같이, 출력 내용으로는 VRRP 그룹 ID, 상태 (master 또는 backup), 가상 IP 주소, VRRP MAC 주소, advertisement interval, priority, authentication, object tracking 관련 정보들이 표시된다.

3) show memory vrrp

VRRP 컴포넌트에서 사용하고 있는 메모리 상태 정보를 출력한다.

4) show log vrrp

VRRP 컴포넌트에 설정되어 있는 로그 상태 정보를 출력한다.

3-2 Configure 노드 명령어

1) track <number> interface <interface name> line-protocol

```
Router-1(exec)#
Router-1(exec)#show ip vrrp status
VRRP VERSION 2
eth1 - vrrp group 1
  State is MASTER
  Virtual ip address is 199.0.1.1
  Virtual mac address is 00:00:5e:00:01:01
  Advertisement interval is 1 sec
  Preemption is enabled
  Priority is 200
  No authentication
  No object tracking
Router-1(exec)#
```

그림 3. VRRP 상태 정보 출력 내용
Fig. 3. Show Information of VRRP Status

해당 인터페이스에 대해서 object tracking을 활성화한다. 설정한 인터페이스에 track 번호를 부여하며, 해당 인터페이스의 up 또는 down 이벤트를 감지하도록 한다. object tracking을 해제하려면 아래와 같이 no 명령어를 사용한다.

활성화 예) track 1 interface eth1 line-protocol
비활성화 예) no track 1

2) log vrrp priority <log level>

VRRP 컴포넌트에서 표시할 로그의 우선순위 수준을 설정한다. 설정 가능한 로그 우선순위 수준은 emerg, alert, crit, err, warning, notice, info, debug 등이 제공된다.

예) log vrrp priority debug

3-3 Interface 노드 명령어

1) vrrp <id> ip <ip address>

VRRP 그룹 ID를 설정하고, 해당 그룹의 가상 IP 주소를 설정한다. 설정된 IP 주소 값을 삭제하려면 아래와 같이 no 명령어를 사용한다.

추가 예) vrrp 1 ip 199.0.1.1
삭제 예) no vrrp 1 ip 199.0.1.1

2) vrrp <id> ip priority <value>

해당 VRRP 그룹의 우선순위 값을 설정한다. 우선순위 값은 1~254 사이의 값을 가진다.

설정 예) vrrp 1 priority 150

3) vrrp <id> timers advertise <second>

해당 VRRP 그룹의 광고 패킷 전송 간격을 초 단위로 설정한다.

설정 예) vrrp 1 timers advertise 2

4) vrrp <id> preempt

해당 VRRP 그룹의 preemption mode를 활성화한다. VRRP 프로토콜 컴포넌트가 구동될 때 기본적으로 preemption 모드는 활성화 상태이다. Preemption 모드를 비활성화하게 되면, 백업 라우터가 마스터로 전환 가능함에도 불구하고, 마스터 라우터로 전환하지 않게 된다. 이러한 모드는 불필요하고 잦은 라우터 역할 전환을 제어하기 위해 사용된다. Preemption 모드를 비활성화하려면 no 명령어를 사용한다.

활성화 예) vrrp 1 preempt
비활성화 예) no vrrp 1 preempt

5) vrrp <id> authentication text <word>

해당 VRRP 그룹의 text 인증 방식 패스워드를 설정한다. Text 인증 방식을 활성화한 상태일 경우, 마스터 라우터에서 VRRP 광고 패킷에 해당 문자열을 추가하여 전송한다. 이를 수신한 백업 라우터는 자신에게 설정되어 있는 패스워드 문자열과 일치 여부를 판단하여, 정상적인 마스터의 존재를 확인하게 된다. 인증 방식을 해제하려면 no 명령어를 사용한다.

활성화 예) vrrp 1 authentication text openn2os
비활성화 예) no vrrp 1 authentication

6) vrrp <id> track <number> decrement <value>

해당 VRRP 그룹에 대해서 object tracking을 실시한다. 이를 위해서는 먼저 configure 노드에서 tracking할 인터페이스를 설정하는 것이 선행되어야 한다. Tracking 하고 있는 인터페이스에 down 이벤트가 발생 할 경우 decrement 값만큼 해당 VRRP 그룹의 우선순위를 감소시키고, up 이벤트가 발생 할 경우 우선순위를 증가시킨다. 감지되고 있는 object tracking을 해제하려면 no 명령어를 사용한다.

활성화 예) vrrp 1 track 1 decrement 50
비활성화 예) no vrrp 1 track 1

7) no vrrp <id>

해당 VRRP 그룹을 삭제하고, 모든 설정 값을 초기화 한다.
예) no vrrp 1

IV. 기능 동작 시험

4-1 시험 환경 설정

VRRP 기능 시험을 위해 VMware를 활용하여 4 대의 가상머신에 Open N2OS를 설치하고, 그림 4와 같이 이들을 VMware에서 제공하는 가상인터페이스인 VMnet으로 연결하였다. 시험 환경에 사용된 VM 소프트웨어 버전은 표 2와 같다. 테스트 망에서 SW-1 은 기본적인 패킷 포워딩 기능을 제공하는 L2 스위치이고, Router-1과 Router-2는 VRRP 기능이 동작하는 L3 라우터들이며, Router-3 은 이들과 연결된 일반적인 L3 라우터로써 static routing 기능만을 제공한다. Router-1 과 Router-2 에서 VRRP 기능이 활성화되는 인터페이스는 eth1 으으로써, 이들 중

표 2. VRRP 시험 환경에 사용된 소프트웨어 버전

Table 2. Software Version for VRRP Testbed

| Software | Version |
|----------|-------------------------|
| OS | Ubuntu 14.04.3 LTS |
| Kernel | Linux 3.19.0-25-generic |
| N2OS | 0.03.02 |

마스터로 선정된 라우터는 eth1 인터페이스에 가상의 IP (199.0.1.1)를 secondary IP 로 추가하게 되며, 이는 Host-1의 default gateway 주소로 설정되어 있다.

4-2 VRRP 라우터 구성 및 설정

VRRP 구성 설정에 앞서, N2OS를 실행하기 위해 리눅스 셸에서 n2os start 명령어를 실행한다. N2OS 실행을 멈추기 위해서는 n2os stop 명령어를 사용한다.

1) Router-1 구성

VRRP 구성 설정을 위해 아래와 같이 N2OS에서 제공하는 cmsh로 들어간 후, eth1 인터페이스 노드에서 VRRP 그룹에 대한 정보를 입력한다. 가상 IP 주소는 199.0.1.1 로 설정하고, 우선순위 값은 200으로 설정한다.

```
root@Router-1:~# n2os start
root@Router-1:~# cmsh
N2OS Version 0.03.02 Thu Apr 12 15:06:05 2018
N2OS Consortium
Router-1>en
Router-1(exec)#configure terminal
Router-1(config)#interface eth1
Router-1(interface)#vrrp 1 ip 199.0.1.1
Router-1(interface)#vrrp 1 priority 200
```

2) Router-2 구성

Router-1 과 마찬가지로 VRRP 그룹에 대한 정보를 입력한다. 우선순위 값을 따로 지정하지 않을 경우, 기본 값인 100으로 설정된다.

```
root@Router-2:~# n2os start
root@Router-2:~# cmsh
N2OS Version 0.03.02 Thu Apr 12 15:10:16 2018
N2OS Consortium
Router-2>en
Router-2(exec)#configure terminal
Router-2(config)#interface eth1
Router-2(interface)#vrrp 1 ip 199.0.1.1
```

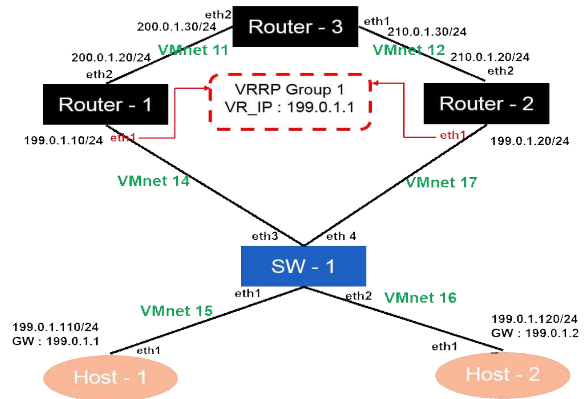


그림 4. VRRP 테스트 망
Fig. 4. VRRP Testbed Topology

4-3 시험 결과

1) VRRP 라우터 기능 시험

VRRP 기능 시험을 위해 Host-1 에서 Router-3 으로 통신이 정상적으로 이루어지는지 확인한다. 그림 5는 Host-1에서 Router-3의 eth2 주소로 ping을 실행한 결과를 보여주며, 모든 패킷이 손실 없이 정상적으로 흘러 다니는 것을 확인할 수 있다. 또한, 실제 패킷들이 현재 마스터 라우터로 선정되어 있는 Router-1을 경유해서 흘러가는지 확인하기 위해 그림 6과 같이 Host-1에서 traceroute 명령어 (경로 지정 정보 표시 명령어)를 실행해보면, Router-1의 eth1 주소 값인 199.0.1.10 을 지나서 Router-3에 도달하는 것을 확인할 수 있다.

```
root@Host-1:~# ping 200.0.1.30 -c10
PING 200.0.1.30 (200.0.1.30) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=1 ttl=63 time=0.830 ms
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=2 ttl=63 time=0.911 ms
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=3 ttl=63 time=0.686 ms
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=4 ttl=63 time=0.722 ms
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=5 ttl=63 time=0.733 ms
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=6 ttl=63 time=0.736 ms
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=7 ttl=63 time=0.886 ms
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=8 ttl=63 time=0.848 ms
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=9 ttl=63 time=0.655 ms
64 bytes from 200.0.1.30: icmp_seq=10 ttl=63 time=0.868 ms

--- 200.0.1.30 ping statistics ---
10 packets transmitted, 10 received, 0% packet loss, time 9014ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.655/0.787/0.911/0.090 ms
```

그림 5. Host-1에서 Router-3으로 ping 테스트 결과
Fig. 5. Ping Test Result from Host-1 to Router-3

```
root@Host-1:~# traceroute -n 200.0.1.30
traceroute to 200.0.1.30 (200.0.1.30), 30 hops max, 60 byte packets
 1 199.0.1.10  1.470 ms  2.848 ms  2.799 ms
 2 200.0.1.30  3.281 ms  4.053 ms  4.277 ms
```

그림 6. Host-1에서 Router-3까지의 traceroute (through Router-1)
Fig. 6. Traceroute from Host-1 to Router-3 (through Router-1)

```

root@Host-1:~# traceroute -n 200.0.1.30
traceroute to 200.0.1.30 (200.0.1.30), 30 hops max, 60 byte packets
 1 199.0.1.20  1.945 ms  1.864 ms  2.529 ms
 2 200.0.1.30  3.650 ms  3.620 ms  3.588 ms
    
```

그림 7. Host-1에서 Router-3까지의 traceroute (through Router-2)

Fig. 7. Traceroute from Host-1 to Router-3 (through Router-2)

2) 마스터와 백업 역할 전환 기능

마스터와 백업 라우터의 역할 전환 기능을 시험하기 위해, 아래와 같이 Router-2 의 우선순위 값을 210 으로 증가 시킨다.

```

Router-2(interface)#vrrp 1 priority 210
    
```

Router-2의 우선순위를 증가시키게 되면, VRRP의 마스터 선정 과정에 의해 Router-2는 마스터로, Router-1은 백업으로 역할 전환을 하게 된다. 이 과정에서 Router-2는 eth1 인터페이스에 가상 IP 주소 값 (199.0.1.1)을 secondary IP 로 추가하여, host들의 gateway 역할을 한다. 그림 7은 Host-1에서 Router-3까지 traceroute 명령어 결과를 보여주며, Router-2의 eth1 인터페이스 (199.0.1.20)를 거쳐 Router-3 로 도달하는 것을 알 수 있다. 역할 전환 후, Router-1 과 Router-2의 상태 정보는 그림 8 과 그림 9 에서 각각 확인 할 수 있다.

```

Router-1(exec)#show ip vrrp status
VRRP VERSION 2
eth1 - vrrp group 1
  State is BACKUP
  Virtual ip address is 199.0.1.1
  Virtual mac address is 00:00:5e:00:01:01
  Advertisement interval is 1 sec
  Preemption is enabled
  Priority is 200
  No authentication
  No object tracking
    
```

그림 8. Router-1의 VRRP 상태 정보 (Backup)
 Fig. 8. VRRP Status of Router-1 (Backup)

```

Router-2(exec)#show ip vrrp status
VRRP VERSION 2
eth1 - vrrp group 1
  State is MASTER
  Virtual ip address is 199.0.1.1
  Virtual mac address is 00:00:5e:00:01:01
  Advertisement interval is 1 sec
  Preemption is enabled
  Priority is 210
  No authentication
  No object tracking
    
```

그림 9. Router-2의 VRRP 상태 정보 (Master)
 Fig. 9. VRRP Status of Router-2 (Master)

```

root@Host-1:~# ping 199.0.1.1 -c20
PING 199.0.1.1 (199.0.1.1) 56(84) bytes of data:
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=3.22 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.534 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.552 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.586 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.577 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.565 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.546 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.963 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.540 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.600 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.600 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.640 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.732 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.507 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.507 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.507 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.507 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.558 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=19 ttl=64 time=0.590 ms
 64 bytes from 199.0.1.1: icmp_seq=20 ttl=64 time=0.602 ms

--- 199.0.1.1 ping statistics ---
20 packets transmitted, 17 received, 15% packet loss, time 19049ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.507/0.825/3.222/0.662 ms
    
```

그림 10. 장애조치 성능 테스트
 Fig. 10. Fail-over performance test

3) 장애조치 기능 시험

VRRP 라우터들의 장애 상황에서 장애조치 기능을 시험하기 위해, host-1 과 마스터 라우터 간 패킷을 주고받는 상황에서 현재 마스터 라우터인 router-2의 eth1 인터페이스를 순간적으로 단절시킨다.

```

Router-2(config)#interface eth1
Router-2(interface)#shutdown
    
```

해당 링크를 단절시키게 되면, 백업 라우터는 마스터 라우터가 보내는 광고 패킷을 수신하지 못하게 되므로, 약 3초 동안 기다린 후 마스터 라우터로 전환하게 된다. 그림 10에서 볼 수 있듯이, 3초 동안 기다리는 과정에서 약간의 icmp 패킷이 손실되지만, 이후 router-1이 마스터 라우터의 역할을 수행함으로써 호스트와 정상적으로 통신이 이루어지는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

Open N2OS 는 오픈 소스를 기반으로 한 네트워크 소프트웨어 플랫폼으로써, 스위치나 라우터 시스템에 필요한 수많은 L2/L3/MPLS/Multicast 프로토콜 기능들을 포함하고 고가용성, 유연한 확장성, 높은 네트워크 성능을 특징으로 한다. 또한 하드웨어에 종속되지 않는 오픈 아키텍처를 갖기 때문에, 시스템 개발업체는 Open N2OS를 활용하여 자사의 제품 목적에 맞는 기능을 추가하여 고도화를 주도할 수 있다. 본 논문에서는 Open N2OS에서 제공하는 여러 프로토콜 기능 중, 가상 라우터 이중화 프로토콜 (VRRP)을 다루었다. VRRP는 LAN 상에 존재하는 2개 이상의 라우터들 간에 마스터 라우터와 백업 라우터를 동적으로 선정하고, 마스터 라우터의 링크가 단절되었을 경우에도 백업 라우터의 역할 전환을 통해 사용자들이 중단 없는 망 서비스를 받을 수 있도록 하기 위해 사용되는 프로토콜이다. VRRP 컴포넌트는 Open N2OS 프레임워크 내에서 존재하는 여

러 매니저들과 함께 연동하여 동작하며, Open N2OS에서 제공하는 CLI를 통해 관리자 및 사용자가 손쉽게 빠르게 VRRP를 구동 할 수 있다. 본 논문에서는 Open N2OS의 기본적인 VRRP 기능 및 장애조치 성능을 다루었으며, 향후에는 VRRP 외에도 Open N2OS에서 제공하는 BFD (bidirectional forwarding detection) 프로토콜과 연동하여 장애조치 성능을 향상시키는 방법에 대해 다룰 예정이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부의 R&D 사업의 [12221-14-1001, 차세대 네트워크 컴퓨팅 플랫폼] 일환으로 수행하였습니다.

참고문헌

- [1] R. Hinden, D. Mitzel, P. Hunt, P. Higginson, M. Shand, A. Lindem, S. Knight, D. Weaver and D. Whipple, "Virtual Router Redundancy Protocol," Internet Draft, draft-ietfvrpspec-v2-06.txt, February 2002.
- [2] R. Hinden, Ed., "Virtual Router Redundancy Protocol," RFC 3768, April 2004
- [3] S. Knight, D. Weaver, D. Whipple, R. Hinden, D. Mitzel, P. Hunt, P. Higginson, M. Shand, and A. Lindem, "Virtual Router Redundancy Protocol," RFC 2338, April 1998.
- [4] Singh, G., & Raju, M. V. (2012). Dual Gateway Routing Protocol. Paper presented at the 2012 International Conference on Computing Sciences (ICCS).
- [5] J. Etienne, "VRRPd: overview, implementation and usage," Ottawa Linux Symposium 2001, July 2001
- [6] J. Ranta, "Router Redundancy and Scalability Using Clustering," Seminar on Internetworking, Spring 2004, eds. A. Ylä-Jääski, N. Kasinskaja, [Online] Available: <http://www.tml.hut.fi/Studies/T-110.551/2004/papers/Ranta.pdf>, June 2004.
- [7] Electronic and Telecommunications Research Institute (ETRI), "Neutralized Network Operating System", [Online]. Available: <https://openn2os.etri.re.kr>.



이창식(Chang-Sik Lee)

2012년 : 고려대학교 전기전자전파공학부 (공학학사)

2014년 : 한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학부 (공학석사)

2014년~현 재: 한국전자통신연구원(ETRI) 네트워크연구본부 연구원

※관심분야 : VRRP, SDN, Openflow, Edge Computing 등



류호용(HoYong Ryu)

1995년 : 광운대학교 대학원 (공학석사)

1999년 : 광운대학교 대학원 (공학박사)

1999년~현 재: 한국전자통신연구원 (ETRI) 네트워크연구본부

※관심분야 : 인터넷 보안, 인터넷 라우팅, SDN/NFV, Netconf, 네트워크 운영체제



박재형(Jaehyung Park)

1993년 : 한국과학기술원(KAIST) (공학석사)

1997년 : 한국과학기술원(KAIST) (공학박사)

1997년~1998년: KAIST 인공지능연구센터

1998년~2002년: 한국전자통신연구원(ETRI)

2002년~현 재: 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

※관심분야 : 인터넷 라우팅, 네트워크 보안, 차량 네트워크