

## [Assignment#2: OSPF analysis]

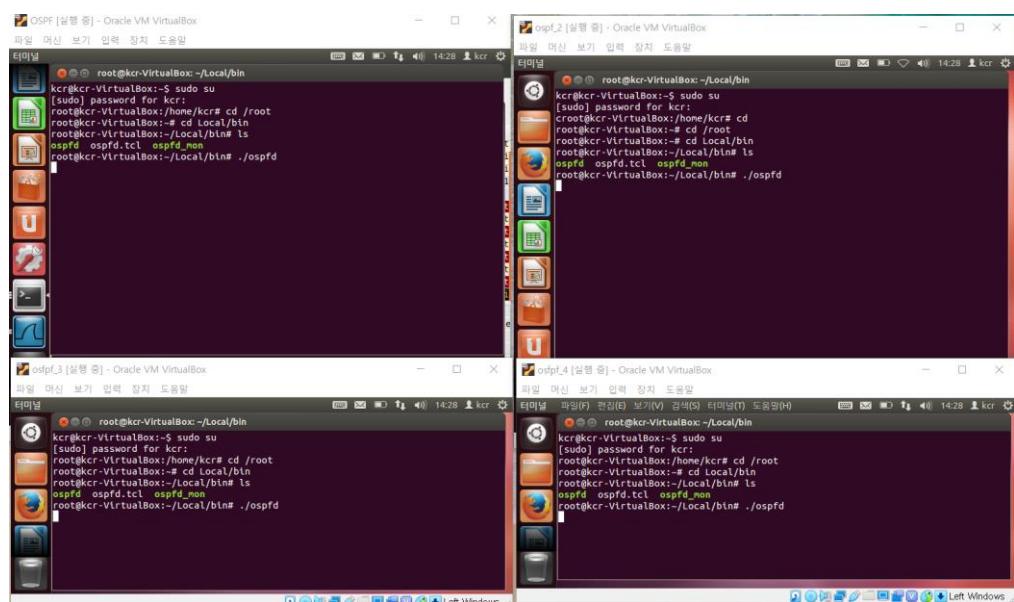
- 과제 환경

Host OS: Windows 10

Guest OS & Virtual machine: Oracle VM Virtual Box 6.0.4 with linux ubuntu 12.04.1

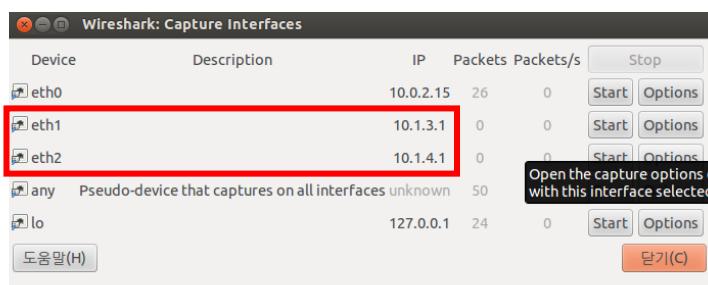
Packet Capture Tool: Wireshark

- 1. 4개의 이미지가 실행되는 화면



VM1(OSPF)의 또 다른 2개의 터미널에 각 eth1과 eth2에 대한 wireshark를 켜놓고 4개의 VM에서 ospfd를 실행시켰다.

- 2. VM1을 기준으로 두 interface(eth1, eth2)의 packet을 wireshark로 잡은 화면



Wireshark에서 위의 인터페이스 중 eht1과 eth2의 패킷을 잡았으며, 각 인터페이스에 대해서 패킷이 잡힌 결과 화면은 다음과 같다.

- Eth1의 패킷들

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
60	49.936665	10.1.3.4	10.1.3.1	OSPF	78	LS Acknowledged
61	49.977595	10.1.3.1	224.0.0.6	OSPF	118	LS Acknowledged
62	50.212525	10.1.3.3	10.1.3.1	OSPF	178	LS Acknowledged
63	51.505213	10.1.3.4	10.1.3.1	OSPF	82	Hello Packet
66	53.459716	10.1.3.1	224.0.0.5	OSPF	118	LS Update
67	53.642642	10.1.3.1	10.1.3.4	OSPF	142	LS Update
68	54.527244	10.1.3.3	10.1.3.1	OSPF	78	LS Acknowledged
69	54.538454	10.1.3.4	10.1.3.1	OSPF	118	LS Acknowledged
70	54.668149	10.1.3.3	10.1.3.1	OSPF	82	Hello Packet
73	58.439131	10.1.3.1	224.0.0.5	OSPF	86	Hello Packet
74	61.504923	10.1.3.4	10.1.3.1	OSPF	82	Hello Packet
75	64.668762	10.1.3.3	10.1.3.1	OSPF	82	Hello Packet
76	68.120375	10.1.3.1	224.0.0.5	OSPF	86	Hello Packet

- Eth2의 패킷들

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3	1.756619	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
8	5.039218	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	82	Hello Packet
9	10.711614	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	82	Hello Packet
10	15.037814	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	82	Hello Packet
11	20.700972	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	82	Hello Packet
12	25.037159	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	82	Hello Packet
13	30.692297	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	82	Hello Packet
14	35.037669	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	82	Hello Packet
15	40.189515	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	66	DB Description
16	48.688966	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	82	Hello Packet
17	41.311323	10.1.4.2	10.1.4.1	OSPF	66	DB Description
18	41.311758	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	86	DB Description
19	41.312685	10.1.4.2	10.1.4.1	OSPF	78	LS Request

- 3. 잡힌 패킷의 필드 값 해석

: Hello, DB description, Link State Request & Update & Ack packet의 간단한 역할만을 언급하고 해당 패킷의 헤더 필드 값 및 라우팅 방식은 아래에서 자세히 다루기로 한다.

- Hello packet: type 1

: neighbor 관계를 맺고 유지하는 역할을 하며, 주기적으로 모든 라우터 인터페이스를 통해 나간다. Neighbor 사이의 통신이 양방향이도록 확신을 갖게해주는 데, 이는 라우터가 자신의 neighbor의 hello packet에 들어가 있음을 확인함을 통해서 이뤄진다. 또한 DR 선출 역할도 한다.

- DB description packet

: LSA에 대한 정보 제공을 위한 패킷이며, 라우팅 정보 교환이라는 목적에 부합하는 패킷이다. 각자의 데이터베이스를 보고 네트워크 LSA, 라우터 LSA 등 자신이 가지고 있는 링크 스테이트 정보를 flood한다.

- Link State Request packet

: DBD(DD) 패킷을 통해 교환한 정보와 데이터베이스를 비교한 후, 오래되어 업데이트가 필요하거나 더 자세히 알고싶은 패킷을 DD를 보낸 라우터에 요청한다.

- Link State Update packet

: LSR을 요청한 라우터에게 요구한 LSA 정보를 넘겨주는 패킷이다.

- Link State Acknowledge packet

: LSR을 요청한 라우터가 LSU를 잘 받았다고 확인해주는 패킷이며 이를 통해 full state에 접어든다.

- 4. **ospfd\_mon**을 이용한 ospfd(VM1)의 내부 상태 정보 및 출력값 해석

Ospfd monitoring tool을 이용하여 살펴본 ospfd(VM1)의 내부 정보를 살펴보았다.

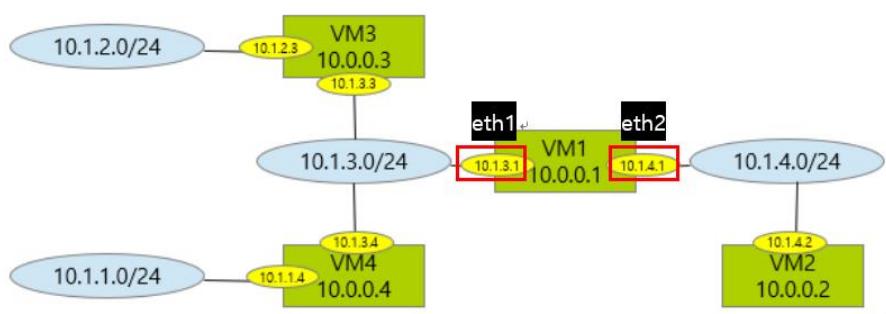
```
root@kcr-VirtualBox:~/Local/bin# ./ospfd_mon
Connecting to kcr-VirtualBox:12767 ...connected

OSPF Router ID: 10.0.0.1      # AS-external-LSAs:      0
ASE checksum: 0x0            # ASEs originated:    0
ASEs allowed: 10            # Dijkstras:          7
# Areas: 1                  # Nbrs in Exchange:   0
MOSPF enabled: no           Inter-area multicast: yes
Inter-AS multicast: no     In overflow state:    no
ospfd version: 0.1

10.0.0.1>
```

연결이 되면 간단히 해당 VM의 라우터 정보를 확인할 수 있다.

Cf. Network topology



- Interfaces

Phy	Addr	Area	Type	State	#Nbr	#Adj	Cost
eth1	10.1.3.1	0.0.0.0	BCast	Backup	2	2	10
eth2	10.1.4.1	0.0.0.0	NBMA	Backup	1	1	10

라우터의 OSPF 인터페이스 정보를 보여주는데 VM1 즉, 라우터 10.0.0.1에는 위의 토플로지의 구현에 따라 eth1과 eth2라는 2개의 인터페이스가 있고 설정한대로 각 인터페이스의 주소는 10.1.3.1과 10.1.4.1로 정보가 나와있다. 이 네트워크 상의 라우터의 인터페이스(어댑터)들은 내부 네트워크로 설정했기 때문에 두 인터페이스 모두 area가 0.0.0.0이다. Nbr은 해당 인터페이스와 연관된 active neighbor의 수를 나타내는데 eth1은 라우터 10.0.0.3과 10.0.0.4와, eth2는 라우터 10.0.0.2와 neighbor관계를 맺었으므로 각 nbr은 2와 1로 나타낸다. Adj는 full 상태의 neighbor의 개수를 나타내고 앞서 언급된 eth1의 2개의 neighbor와 eth2의 1개의 neighbor와는 라우팅 정보를 교환하는 좀 더 친밀한 neighbor로 full 상태이기 때문에 adj역시 2, 1로 보여지고 있다.

- Neighbors

Phy	Addr	ID	State	#DD	#Rq	#Rxmt
eth1	10.1.3.3	10.0.0.3	Full	0	0	0
eth1	10.1.3.4	10.0.0.4	Full	0	0	0
eth2	10.1.4.2	10.0.0.2	Full	0	0	0

라우터의 모든 OSPF neighbor 정보를 보여줌으로 10.0.0.1라우터와 eth1으로 이웃으로 연결된 두 라우터와 해당하는 인터페이스 주소 그리고 eth2로 이웃을 맺은 라우터와 인터페이스 주소를 볼 수 있다. DD는 아직 전송을 해야하는 DB description packet의 개수를 나타내는데, ospfd\_mon을 실행한 해당 시점은 4개의 VM에서 실행을 한 후 꽤 시간이 지난 시점이었으므로, 남아있는 보내야하는 DB description packet이 없다고 표시되어 있다. Rq역시 neighbor로부터 요청되고 있는 LSA의 개수인데, DD와 마찬가지로 모든 이웃사이에 정보 교환이 끝난 시점에서 ospfd\_mon이 실행되었으므로 0으로 나타난다. 마지막으로 Rxmt는 neighbor로 넘겨졌으나 아직 acknowledge되지 않은 LSA의 개수를 나타내는데, DD와 Rq와 마찬가지의 이유로 0으로 보여진다. 같은 맥락에서, neighbor들은 모두 full state로 동기화되었음을 볼 수 있다.

- Areas

Area ID	#Ifcs	#Routers	#LSAs	Xsum	Comments
0.0.0.0	2	3	7	0x2a48e	demand-capable

라우터가 붙어 있는 OSPF area의 정보인데, 해당 라우터의 어댑터를 내부 네트워크로 설정했고, 이 네트워크 토플로지는 하나의 area로 구성되어있다. 이 라우터는 area 0(0.0.0.0, backbone)에 붙어 있으며 해당 area의 10.0.0.1 라우터에는 2개의 인터페이스가 있고, 다른 3개의 라우터가 같은 area에 있으며, 해당하는 area의 LSA 개수도 7개임을 확인할 수 있다.

- Database

```
10.0.0.1> database 0
Type          LS_ID          ADV_RTR      Seqno      Xsum  Age
 1            10.0.0.1        10.0.0.1  0x80000005 0x2d87  762
 1            10.0.0.2        10.0.0.2  0x80000002 0xe00e  776
 1            10.0.0.3        10.0.0.3  0x80000003 0x5b69  769
 1            10.0.0.4        10.0.0.4  0x80000003 0x724f  772
 2            10.1.3.3        10.0.0.3  0x80000001 0x46bd  769
 2            10.1.3.4        10.0.0.4  0x80000001 0x40c0  772
 2            10.1.4.2        10.0.0.2  0x80000001 0x41c4  777
# LSAs: 7
Database xsum: 0x2a48e
```

Area 0의 link-state database 정보를 보여주는데, type 1은 라우터 LSA이기 때문에 네트워크 토플로지의 모든 라우터에 대한 정보를 보여준다. Type 2는 네트워크 LSA로 Designated Router에 의한 broadcast에서 기인하는데 네트워크에 연결된 라우터들을 보여준다. 따라서 type 1은 라우터 10.0.0.1과 같은 area의 다른 라우터들을, type 2는 해당 area의 이더넷에 붙어있는 라우터 리스트로 연결된 해당 인터페이스 정보도 같이 보여주고 있다. Sequential number는 DD를 통해 교환될 때의 패킷 번호이며, age는 해당 LSA의 old/new를 구분하기 위한 정보이다.

- As-externals

```
10.0.0.1> as-externals
Type          LS_ID          ADV_RTR      Seqno      Xsum  Age
# LSAs: 0
Database xsum: 0x0
```

AS-external-LSA에 대한 데이터베이스를 제시해주는 명령어를 실행해보면, AS boundary router에 의해서 기인하고 AS 간에 넘겨주는 LSA를 보여주어야하는데 해당 화면에 보이듯이 아무 것도 담겨있지 않음을 볼 수 있다. 이는 네트워크 토플리지를 설정할 때 하나의 area에서 내부 어댑터만을 이용하여 연결했기 때문에 하나의 AS를 구성한 것이기 때문이다.

- Adv

Adv type ls\_id adv\_rtr\_area\_id로 구성되는 명령문을 실행하면 해당 area의 데이터베이스에 있는 해당 LS type을 가진 LSA와, 해당 link state id, 그리고 advertising router 정보를 보여준다. 그리고 교환이 될 때의 sequential number와 TOS metric(type of service)가 나타난다.

- ◆ LS Type 1: Router-LSA

: LS state id는 originating router's router ID이고 advertising router는 LS state ID이다.

```

10.0.0.1> adv 1 10.0.0.1 10.0.0.1 0
    LS age:      971
    LS Options:  0x22
    LS Type:    1
    Link State ID: 10.0.0.1
    Advert. Rtr.: 10.0.0.1
    LS Seqno:   0x80000005
    LS Xsum:    0x2d87
    LS Length:  48
        // Router-LSA body
        Router type: 0x0
        # links:     2
        // Link #0
        Link ID:    10.1.4.2
        Link Data:  10.1.4.1
        Link type:  2
        # TOS metrics: 0
        Link cost:  10
        // Link #1
        Link ID:    10.1.3.4
        Link Data:  10.1.3.1
        Link type:  2
        # TOS metrics: 0
        Link cost:  10

```

Area 0에 속하며, 10.0.0.1인 link state id를 갖고, 10.0.0.1의 advertising router를 갖는 LS type 1의 라우터 LSA를 보여주며, 명령문의 내용과 일치하게 link state id 와 advert. Rtr는 10.0.0.1이다. 두 링크의 Link type이 2이므로 link ID에는 DR 인터페이스 ip 주소가 보여지며, link data에는 originating 라우터의 인터페이스의 host IP address가 보여진다. 따라서 link data에 10.0.0.1 라우터의 두 인터페이스 ip 주소가 나타난다. 또한 라우터 type이 0이라는 것은 IR 라우터를 말하므로 모든 OSPF 인터페이스가 같은 area에 속함을 뜻한다.

```

10.0.0.1> adv 1 10.0.0.2 10.0.0.2 0
    LS age:      1046
    LS Options:  0x22
    LS Type:    1
    Link State ID: 10.0.0.2
    Advert. Rtr.: 10.0.0.2
    LS Seqno:   0x80000002
    LS Xsum:    0xe00e
    LS Length:  36
        // Router-LSA body
        Router type: 0x0
        # links:     1
        // Link #0
        Link ID:    10.1.4.2
        Link Data:  10.1.4.2
        Link type:  2
        # TOS metrics: 0
        Link cost:  10

```

Area 0에 속하며, 10.0.0.2인 link state id를 갖고, 10.0.0.2의 advertising router를 갖는 LS type 1의 라우터 LSA를 보여주며, 명령문의 내용과 일치하게 link state id 와 advert. Rtr는 10.0.0.2이다. 링크의 Link type이 2이므로 link ID에는 DR 인터페이스 ip 주소가 보여지며, link data에는 originating 라우터의 인터페이스의 host IP address가 보여진다. 따라서 link data에 10.0.0.2 라우터의 인터페이스 ip 주소가 나타난다. 또한 라우터 type이 0이라는 것은 IR 라우터를 말하므로 모든 OSPF 인터페이스가 같은 area에 속함을 뜻한다.

```
10.0.0.1> adv 1 10.0.0.3 10.0.0.3 0
    LS age:      1102
    LS Options:  0x22
    LS Type:    1
    Link State ID: 10.0.0.3
    Advert. Rtr.: 10.0.0.3
    LS Seqno:   0x80000003
    LS Xsum:    0x5b69
    LS Length:  48
        // Router-LSA body
        Router type: 0x0
        # links:     2
        // Link #0
        Link ID:    10.1.2.0
        Link Data:  255.255.255.0
        Link type:  3
        # TOS metrics: 0
        Link cost: 10
        // Link #1
        Link ID:    10.1.3.3
        Link Data:  10.1.3.3
        Link type:  2
        # TOS metrics: 0
        Link cost: 10
```

Area 0에 속하며, 10.0.0.3인 link state id를 갖고, 10.0.0.3의 advertising router를 갖는 LS type 1의 라우터 LSA를 보여주며, 명령문의 내용과 일치하게 link state id와 advert. Rtr는 10.0.0.3이다. Link#0은 link type이 3이므로 link id에는 ip network address가, link data에는 stub network의 netmask가 들어가야하는데, 각각 그 값이 10.1.2.0과 255.255.255.0로 10.1.2.0/24의 네트워크를 가리키고 있다. Link#1은 link type이 2이므로 link ID에는 DR 인터페이스 ip 주소가 보여지며, link data에는 originating 라우터의 인터페이스의 host IP address가 보여진다. 따라서 link data에 10.0.0.3 라우터의 인터페이스 ip 주소가 나타난다. 또한 라우터 type이 0이라는 것은 IR 라우터를 말하므로 모든 OSPF 인터페이스가 같은 area에 속함을 뜻한다.

```
10.0.0.1> adv 1 10.0.0.4 10.0.0.4 0
    LS age:      1163
    LS Options:  0x22
    LS Type:    1
    Link State ID: 10.0.0.4
    Advert. Rtr.: 10.0.0.4
    LS Seqno:   0x80000003
    LS Xsum:    0x724f
    LS Length:  48
        // Router-LSA body
        Router type: 0x0
        # links:     2
        // Link #0
        Link ID:    10.1.1.0
        Link Data:  255.255.255.0
        Link type:  3
        # TOS metrics: 0
        Link cost: 10
        // Link #1
        Link ID:    10.1.3.4
        Link Data:  10.1.3.4
        Link type:  2
        # TOS metrics: 0
        Link cost: 10
```

Area 0에 속하며, 10.0.0.4인 link state id를 갖고, 10.0.0.4의 advertising router를

갖는 LS type 1의 라우터 LSA를 보여주며, 명령문의 내용과 일치하게 link state id 와 advert. Rtr는 10.0.0.4이다. Link#0은 link type이 3이므로 link id에는 ip network address가, link data에는 stub network의 netmask가 들어가야하는데, 각각 그 값이 10.1.1.0과 255.255.255.0로 10.1.1.0/24의 네트워크를 가리키고 있다. Link#1은 Link type이 2이므로 link ID에는 DR 인터페이스 ip 주소가 보여지며, link data에는 originating 라우터의 인터페이스의 host IP address가 보여진다. 따라서 link data에 10.0.0.4 라우터의 인터페이스 ip 주소가 나타난다. 또한 라우터 type이 0이라는 것은 IR 라우터를 말하므로 모든 OSPF 인터페이스가 같은 area에 속함을 뜻한다.

#### ◆ LS type 2: Network-LSA

: LS state id는 IP interface address of the network's DR이며 advertising router는 network's DR ID이다.

```
10.0.0.1> adv 2 10.1.4.2 10.0.0.2 0
      LS age:      903
      LS Options:  0x22
      LS Type:    2
      Link State ID: 10.1.4.2
      Advert. Rtr.: 10.0.0.2
      LS Seqno:   0x80000001
      LS Xsum:    0x41c4
      LS Length:  32
          // Network-LSA body
          Network Mask: 255.255.255.0
          Attached router #0: 10.0.0.2
          Attached router #1: 10.0.0.1
```

Area 0에 속하며, 10.1.4.2인 link state id(네트워크의 DR의 인터페이스 ip 주소)를 갖고, 10.0.0.2의 advertising router를 갖는 LS type 2의 네트워크 LSA를 보여주며, 네트워크 마스크는 255.255.255.0임을 확인할 수 있다. 붙어있는 라우터는 10.0.0.1과 10.0.0.2임으로 네트워크 토플로지와 일치함을 확인할 수 있다.

```
10.0.0.1> adv 2 10.1.3.3 10.0.0.3 0
      LS age:      1433
      LS Options:  0x22
      LS Type:    2
      Link State ID: 10.1.3.3
      Advert. Rtr.: 10.0.0.3
      LS Seqno:   0x80000001
      LS Xsum:    0x46bd
      LS Length:  32
          // Network-LSA body
          Network Mask: 255.255.255.0
          Attached router #0: 10.0.0.3
          Attached router #1: 10.0.0.1
```

Area 0에 속하며, 10.1.3.3인 link state id(네트워크의 DR의 인터페이스 ip 주소)를 갖고, 10.0.0.3의 advertising router를 갖는 LS type 2의 네트워크 LSA를 보여주며, 네트워크 마스크는 255.255.255.0임을 확인할 수 있다. 붙어있는 라우터는 10.0.0.1과 10.0.0.3임으로 네트워크 토플로지와 일치함을 확인할 수 있다.

```

10.0.0.1> adv 2 10.1.3.4 10.0.0.4 0
      LS age:          1210
      LS Options:      0x22
      LS Type:         2
      Link State ID:  10.1.3.4
      Advert. Rtr.:   10.0.0.4
      LS Seqno:        0x80000001
      LS Xsum:         0x40c0
      LS Length:       32
          // Network-LSA body
          Network Mask: 255.255.255.0
          Attached router #0: 10.0.0.4
          Attached router #1: 10.0.0.1

```

Area 0에 속하며, 10.1.3.4인 link state id(네트워크의 DR의 인터페이스 ip 주소)를 갖고, 10.0.0.4의 advertising router를 갖는 LS type 2의 네트워크 LSA를 보여주며, 네트워크 마스크는 255.255.255.0임을 확인할 수 있다. 붙어있는 라우터는 10.0.0.1과 10.0.0.4임으로 네트워크 토플로지와 일치함을 확인할 수 있다.

- Routes

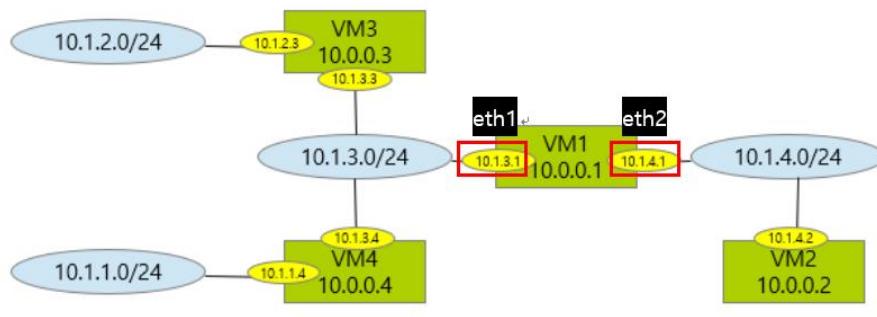
Prefix	Type	Cost	Ifc	Next-hop	Mpaths
10.1.1.0/24	SPF	20	eth1	10.1.3.4	
10.1.3.0/24	SPF	10	eth1	n/a	
10.1.4.0/24	SPF	10	eth2	n/a	

OSPF에 의해서 계산된 라우팅 테이블을 보여준다. 라우터 10.0.0.1의 eth1 인터페이스로부터는 네트워크 10.1.1.0/24와 10.1.3.0/24로 가는 shortest path가 계산되었는데, 전자의 경우는 next-hop 인터페이스를 거쳐가기 때문에 해당 인터페이스의 주소인 10.1.3.4가 제시되어 있는 반면 후자는 해당 인터페이스와 네트워크가 연결되어 있기 때문에 next-hop이 없고 cost도 10으로 전자보다 적다. Eth2 인터페이스로부터 10.1.4.0/24까지도 next-hop 없이 해당 인터페이스로 나가서 네트워크까지 바로 연결되기 때문에 cost가 10이 됨을 확인할 수 있다.

- 5. 잡힌 패킷 헤더 분석 및 OSPF 라우팅 동작방식 설명

: log를 참고하여, 패킷 sequence에 따라 잡힌 라우터 10.0.0.1의 eth1과 eth2의 OSPF 패킷의 헤더 필드를 분석해보고, LSA를 주고받는 과정을 통해 OSPF 라우팅 동작 방식을 이해해보았다.

Cf. Network topology

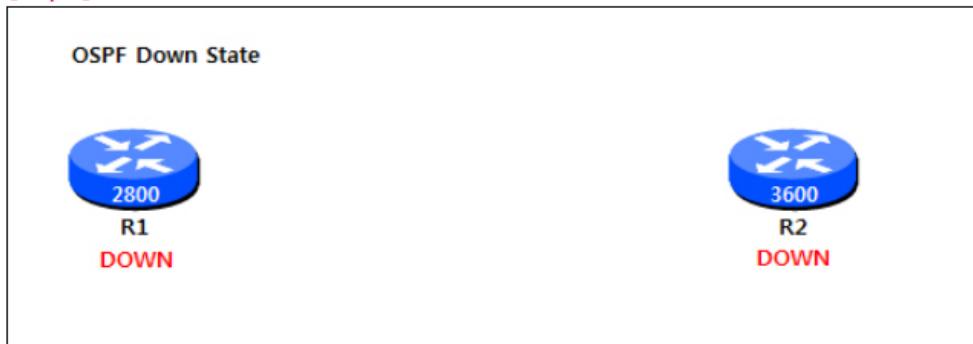


OSPF 라우팅 동작 방식을 초기 down state부터 attempt state, init state, 2-way state, exstart state, exchange state, loading state, full state에 따라 설명한다.

- Eth1(10.1.3.1)

- 1. Down state

**[Step 1] Down State**



라우터가 모두 꺼져있는 상태이며 우선순위나 라우터 ID를 지정할 수 있다. 이 우선순위나 라우터 ID가 높으면 DR이되고 우선순위를 0으로 지정하면 DR과 BDR에서 제외된다.

1	0.000000	10.1.3.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
---	----------	----------	-----------	------	-----------------

위의 패킷의 헤더를 분석해 보겠다. Src는 10.1.3.1이고 dest는 224.0.0.5로 multicast 주소로 hello 메시지를 보내고 있음을 알 수 있다.

```

▶ Frame 1: 78 bytes on wire (624 bits), 78 bytes captured (624 bits)
▶ Ethernet II, Src: CadmusCo_cb:78:69 (08:00:27:cb:78:69), Dst: IPv4mcast_00:00:05
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.1 (10.1.3.1), Dst: 224.0.0.5 (224.0.0.5)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 44
    Source OSPF Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xf294 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▼ OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    ▶ Options: 0x02 (E)
    Router Priority: 10
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0

```

OSPF 헤더를 보면 message type이 1로 **hello packet**임을 알 수 있다. Src 주소를 가진 인터페이스의 라우터 ID는 10.0.0.1이고 area ID가 0.0.0.0 즉, backbone area임을 통해서 이 패킷이 backbone area에 속해있음을 확인할 수 있다. 네트워크 토플로지에서 설정한 것처럼 network mask는 255.255.255.0 즉, /24임이고 10초 간격으로 hello packet을 주기적으로 모든 라우터 인터페이스를 통해 내보냄을 명시했다. 10.0.0.1 라우터의 우선순위는 10으로 후에 DR 혹은 BDR 선출에 사용된다. Router dead interval은 40초로 silent한 라우터를 down 시키기 전에 count하는 시간이다. DR과 BDR은 0.0.0.0으로 설정되어 있는데 아직 설정된 것이 없음을 보여준다.

## ■ 2. Attempt state

### [Step 2] Attempt State



두 라우터가 모두 켜지게 되면, 메시지를 보낸다. 이때 내보내는 라우터 ID는 보내는 라우터에 연결된 IP 주소 중 가장 높은 값이다. 이때 244.0.0.5를 이용해서 멀티캐스트로 OSPF에 연결된 라우터들에게만 보낸다.

1	0.000000	10.1.3.1	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packe
8	8.440182	10.1.3.1	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packe

본 과제를 위한 패킷 캡쳐에서 위 화면은 eth1을 기준으로 잡았기 때문에

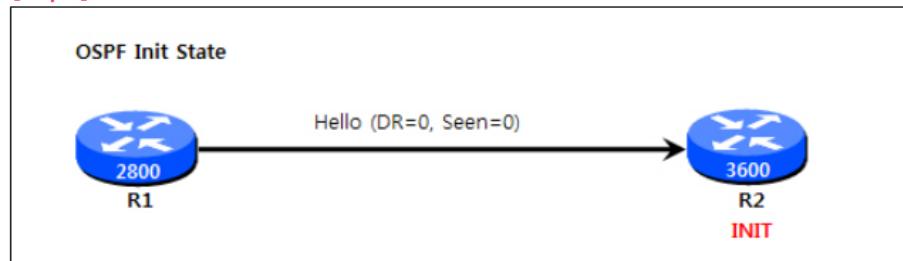
10.1.3.1 IP 주소의 인터페이스에 해당하는 패킷만 보인다. 위의 스크린샷에서 패킷 1번은 down state시 보낸 hello packet이며 8번 패킷은 그 후 attemp state에서 보낸 패킷이다. 아래는 8번 패킷을 좀 더 확대해보았다.

```
► Frame 8: 78 bytes on wire (624 bits), 78 bytes captured (624 bits)
► Ethernet II, Src: CadmusCo_cb:78:69 (08:00:27:cb:78:69), Dst: IPv4mcast_00:00:05
► Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.1 (10.1.3.1), Dst: 224.0.0.5 (224.0.0.5)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 44
    Source OSPF Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xf294 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
▼ OSPF Hello Packet
  Network Mask: 255.255.255.0
  Hello Interval: 10 seconds
  ▶ Options: 0x02 (E)
  Router Priority: 10
  Router Dead Interval: 40 seconds
  Designated Router: 0.0.0.0
  Backup Designated Router: 0.0.0.0
```

Down state의 hello packet과 상이한 점을 발견하지 못했으며, 여전히 DR과 BDR 선출이 일어나지 않아서 0.0.0.0으로 표시된 것을 볼 수 있다.

### ■ 3. Init State

#### [Step 3] Init State



**Hello** 메시지를 통해 해당 메시지를 받은 라우터들은 이웃을 목록(neighbor list)에 추가한다.

라우터 10.0.0.1의 eth1은 OSPF에 연결된 다른 두 라우터의 인터페이스로부터 Hello 메시지를 받았는데 해당 패킷 스크린샷은 다음과 같다.

11	11.506628	10.1.3.4	10.1.3.1	OSPF	82	Hello Packet
14	14.668459	10.1.3.3	10.1.3.1	OSPF	82	Hello Packet

```

▶ Frame 11: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits)
▶ Ethernet II, Src: CadmusCo_38:51:22 (08:00:27:38:51:22), Dst: CadmusCo_cb:78:69
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.4 (10.1.3.4), Dst: 10.1.3.1 (10.1.3.1)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 10.0.0.4 (10.0.0.4)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xe88c [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▼ OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    ▶ Options: 0x02 (E)
    Router Priority: 10
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0
    Active Neighbor: 10.0.0.1

```

위의 Hello packet은 라우터 10.0.0.4의 인터페이스 10.1.3.4에서 내보낸 패킷이며 해당 패킷이 backbone area에 속함을 알 수 있다. Network mask와 hello interval, priority, dead interval은 위에서 언급한 패킷과 같은 값을 가지며 아직도 여전히 DR과 BDR 선출이 일어나지 않았음도 확인할 수 있다. 이 단계에서는 active neighbor 필드가 추가가 되었는데, 바로 최근에 hello packet을 보낸 것이 확인된 neighbor로 router 10.0.0.1이 추가가 되었음을 볼 수 있다. 앞서 10.0.0.1 라우터가 hello packet을 멀티캐스트로 전송한 것이 보여졌음을 의미한다.

```

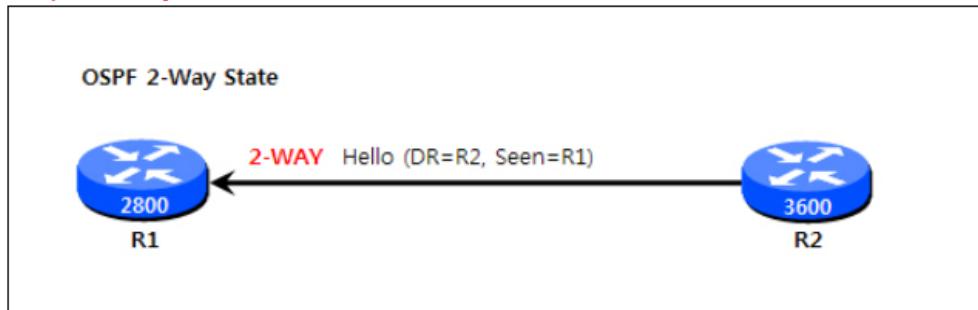
▶ Frame 14: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits)
▶ Ethernet II, Src: CadmusCo_ff:a1:24 (08:00:27:ff:a1:24), Dst: CadmusCo_cb:78:69
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.3 (10.1.3.3), Dst: 10.1.3.1 (10.1.3.1)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 10.0.0.3 (10.0.0.3)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xe88d [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▼ OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    ▶ Options: 0x02 (E)
    Router Priority: 10
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0
    Active Neighbor: 10.0.0.1

```

이 패킷은 라우터 10.0.0.3이 라우터 10.0.0.1의 인터페이스(10.1.3.1)에게 보낸 hello packet이며, 여기서도 active neighbor로 10.0.0.1 라우터가 추가되었음을 확인할 수 있었다.

■ 4. 2-Way State

[Step 4] 2-Way State



Two – way state에서는 Hello packet이 교환이 완료되어 이웃을 맺는 상태인데, 여기서 DR과 DBR이 비로소 선출되며, neighbor table이 생성된다. 선출 과정을 간단히 설명하자면, 가장 높은 우선순위의 라우터가 DR이 되는데, 만약 우선순위가 같다면 요청이 없는 한 Router ID가 높은 순서로 선출된다. 이때 우선순위가 0이 아닌 이상 참여가 가능하다. Hello 메시지는 라우터들이 자신의 정보를 unicast로 보낸다.

```

▶ Frame 29: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits)
▶ Ethernet II, Src: CadmusCo_ff:a1:24 (08:00:27:ff:a1:24), Dst: CadmusCo_cb:78:69
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.3 (10.1.3.3), Dst: 10.1.3.1 (10.1.3.1)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 10.0.0.3 (10.0.0.3)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xce87 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▼ OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    ▶ Options: 0x02 (E)
    Router Priority: 10
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 10.1.3.3
    Backup Designated Router: 10.1.3.1
    Active Neighbor: 10.0.0.1

```

(라우터 10.0.0.3의 인터페이스 10.1.3.3이 자신을 DR로 출마함.)

```

▶ Frame 63: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits)
▶ Ethernet II, Src: CadmusCo_38:51:22 (08:00:27:38:51:22), Dst: CadmusCo_cb:78:69
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.4 (10.1.3.4), Dst: 10.1.3.1 (10.1.3.1)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 10.0.0.4 (10.0.0.4)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xce85 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▼ OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    ▶ Options: 0x02 (E)
    Router Priority: 10
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 10.1.3.4
    Backup Designated Router: 10.1.3.1
    Active Neighbor: 10.0.0.1

```

(라우터 10.0.0.4의 인터페이스 10.1.3.4가 자신을 DR로 출마함.)

위의 두 패킷을 보면 출마를 원하는 라우터들이 자신의 정보를 DR 혹은 BDR에 담아서 **Hello packet**을 보냄을 알 수 있다. 여기서 두 라우터의 우선순위는 10으로 같아서 DR 선출 기준은 라우터 ID가 높은 것이 DR이 되기 때문에 라우터 10.0.0.4의 인터페이스 10.1.3.4가 DR이 되고 BDR은 이 케이스에서 10.1.3.1이 됨을 아래 라우터 10.0.0.1의 Hello packet에서 확인할 수 있었다.

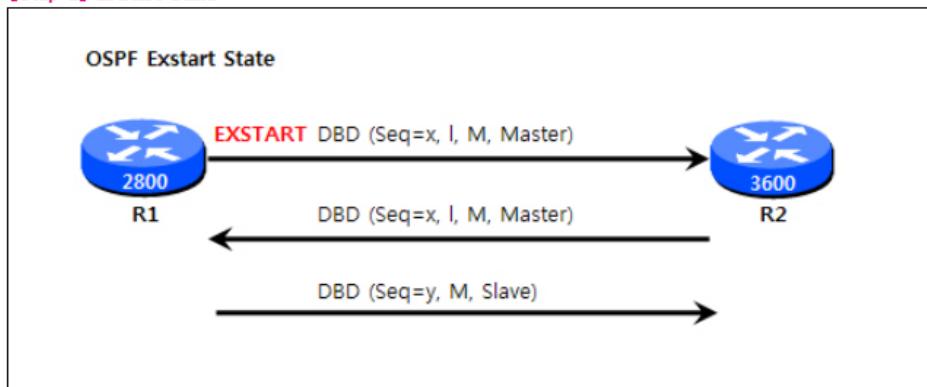
```

▶ Frame 97: 86 bytes on wire (688 bits), 86 bytes captured (688 bits)
▶ Ethernet II, Src: CadmusCo_cb:78:69 (08:00:27:cb:78:69), Dst: IPv4mcast_00:00:05
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.1 (10.1.3.1), Dst: 224.0.0.5 (224.0.0.5)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 52
    Source OSPF Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xc47e [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▼ OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    ▶ Options: 0x02 (E)
    Router Priority: 10
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 10.1.3.4
    Backup Designated Router: 10.1.3.1
    Active Neighbor: 10.0.0.3
    Active Neighbor: 10.0.0.4

```

DR과 BDR이 선출되었으며, active neighbor에 이웃 두 라우터 10.0.0.3과 10.0.0.4가 모두 추가되어 있음을 확인했다.

## ■ 5. Exstart State

**[Step 5] Exstart State**

이 state에서는 라우터들이 서로의 데이터베이스 정보를 주고 받을 수 있는데, 라우터 ID가 높은 라우터가 master가 되고, 낮은 라우터가 slave로 선출되고 이는 master slave bit로 볼 수 있다.

```

> Frame 34: 66 bytes on wire (528 bits), 66 bytes captured (528 bits)
> Ethernet II, Src: CadmusCo_38:51:22 (08:00:27:38:51:22), Dst: CadmusCo_cb:78:69
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.4 (10.1.3.4), Dst: 10.1.3.1 (10.1.3.1)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: DB Description (2)
    Packet Length: 32
    Source OSPF Router: 10.0.0.4 (10.0.0.4)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xebf5 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▼ OSPF DB Description
    Interface MTU: 1500
    ▶ Options: 0x02 (E)
    ▼ DB Description: 0x07 (I, M, MS)
      .... 0... = R: OOBResync bit is NOT set
      .... .1.. = I: Init bit is SET
      .... ..1. = M: More bit is SET
      .... ...1 = MS: Master/Slave bit is SET
    DD Sequence: 1
  
```

**DBD** 패킷을 보면 10.1.3.4 (10.0.0.4) 라우터 즉, 라우터 ID가 높은 라우터가 보낸 것으로 master bit가 1로 set되어 있다.

```

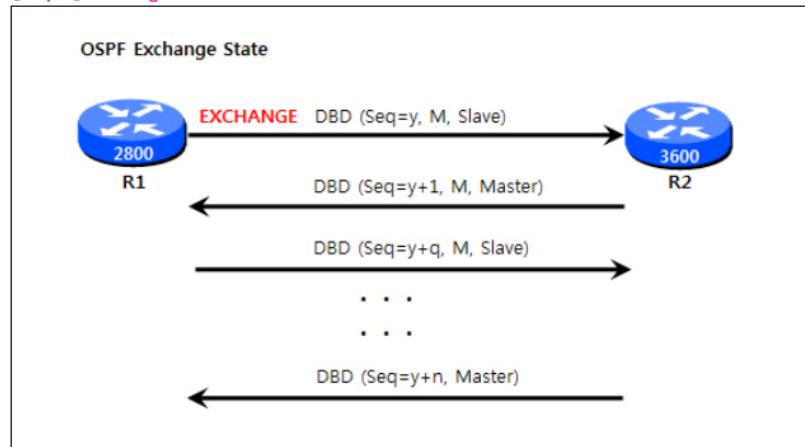
Frame 35: 126 bytes on wire (1008 bits), 126 bytes captured (1008 bits)
  ▷ Ethernet II, Src: CadmusCo_cb:78:69 (08:00:27:cb:78:69), Dst: CadmusCo_38:51:22
  ▷ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.1 (10.1.3.1), Dst: 10.1.3.4 (10.1.3.4)
  ▷ Open Shortest Path First
    ▷ OSPF Header
      OSPF Version: 2
      Message Type: DB Description (2)
      Packet Length: 92
      Source OSPF Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1)
      Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
      Packet Checksum: 0x141e [correct]
      Auth Type: Null
      Auth Data (none)
    ▷ OSPF DB Description
      Interface MTU: 1500
      ▷ Options: 0x02 (E)
      ▷ DB Description: 0x00
        .... 0... = R: 00BResync bit is NOT set
        .... .0.. = I: Init bit is NOT set
        .... ..0. = M: More bit is NOT set
        .... ...0 = MS: Master/Slave bit is NOT set
      DD Sequence: 1

```

같은 DB sequence의 패킷이지만 라우터 ID가 낮은 (10.0.0.1의 10.1.3.1) 라우터가 보낸 DBD 패킷에는 master bit가 not set으로 slave로 선출되었음을 볼 수 있다.

## ■ 6. Exchange state

[Step 6] Exchange State



이웃 관계가 되었기 때문에 서로 OSPF 데이터를 주고 받는데, 이 단계에서부터는 DBD, LSR, LSU, LSACK 패킷을 주고 받는다.

```

▶ Frame 35: 126 bytes on wire (1008 bits), 126 bytes captured (1008 bits)
▶ Ethernet II, Src: CadmusCo_cb:78:69 (08:00:27:cb:78:69), Dst: CadmusCo_38:51:22
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.1 (10.1.3.1), Dst: 10.1.3.4 (10.1.3.4)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: DB Description (2)
    Packet Length: 92
    Source OSPF Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0x141e [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▼ OSPF DB Description
    Interface MTU: 1500
    ▶ Options: 0x02 (E)
    ▼ DB Description: 0x00
      .... 0... = R: 00BResync bit is NOT set
      .... .0.. = I: Init bit is NOT set
      .... ..0. = M: More bit is NOT set
      .... ...0 = MS: Master/Slave bit is NOT set
    DD Sequence: 1

```

위의 **DBD** 패킷 역시 라우터 ID가 작은 라우터가 보냈으므로 master 비트가 0임을 확인할 수 있다. DBD 패킷은 OSPF 링크들에 대해 알고 있다고 알려주는 패킷이며, 동일 area 내의 라우터들의 데이터베이스를 동일하게 맞춰주기 위해 정보를 채워주는 과정이다. 따라서 이 패킷의 데이터에는 자신이 가지고 있는 Link State Header들이 들어간다. 이 패킷의 LSA 헤더는 다음과 같다.

▼ LSA Header LS Age: 4 seconds Do Not Age: False ▶ Options: 0x22 (DC, E) Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1) Link State ID: 10.0.0.1 Advertising Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1) LS Sequence Number: 0x80000003 LS Checksum: 0x8f39 Length: 48	▼ LSA Header LS Age: 5 seconds Do Not Age: False ▶ Options: 0x22 (DC, E) Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1) Link State ID: 10.0.0.2 Advertising Router: 10.0.0.2 (10.0.0.2) LS Sequence Number: 0x80000002 LS Checksum: 0xe00e Length: 36
---	---

위의 두 LSA는 LS type 1의 **라우터 LSA**로 link state id에 originating router의 router ID를 담고 있고 advertising router는 link state id와 동일해야하는데, 위의 두 LSA 헤더 모두 link state id와 advertising router가 동일함을 확인할 수 있다. LS sequence number는 라우터가 새 LSA를 낼 때마다 증가되는데 아래의 스크린샷의 패킷의 sequence가 가장 빠르고 위의 두 패킷이 차례로 생성되었음을 알 수 있다. 모든 adjacent한 이웃에게 이 flood가 acknowledge되면, 새로운 LSA는 초기의 sequence number를 사용할 수 있다.

```

▼ LSA Header
  LS Age: 5 seconds
  Do Not Age: False
  ▷ Options: 0x22 (DC, E)
  Link-State Advertisement Type: Network-LSA (2)
  Link State ID: 10.1.4.2
  Advertising Router: 10.0.0.2 (10.0.0.2)
  LS Sequence Number: 0x80000001
  LS Checksum: 0x41c4
  Length: 32

```

이 패킷은 LS type이 2인 **네트워크 LSA**로 link state ID에는 네트워크의 DR의 IP 인터페이스의 주소가, advertising router에도 네트워크 DR의 ID가 들어가야한다. 라우터 10.0.0.1은 자신이 알고있는 DR인 라우터 10.0.0.2의 인터페이스 주소와 라우터 ID를 라우터 10.0.0.4에게 알려주고 있는 것이다.

LS age나 checksum은 sequence가 같을 때 update를 위한 정보인데, 해당 패킷의 LSA들은 모두 sequence number가 다르므로 해당되지 않는다.

```

► Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.4 (10.1.3.4), Dst: 10.1.3.1 (10.1.3.1)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: LS Request (3)
    Packet Length: 60
    Source OSPF Router: 10.0.0.4 (10.0.0.4)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xb3ad [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▼ Link State Request
    Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 10.0.0.1
    Advertising Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1)
  ▼ Link State Request
    Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 10.0.0.2
    Advertising Router: 10.0.0.2 (10.0.0.2)
  ▼ Link State Request
    Link-State Advertisement Type: Network-LSA (2)
    Link State ID: 10.1.4.2
    Advertising Router: 10.0.0.2 (10.0.0.2)

```

위의 패킷은 **LSR** 패킷으로 라우터가 DD 패킷을 교환한 후, 자신의 데이터베이스와 비교를 해보고, 자신의 데이터베이스에 없거나 오래된 내용을 neighbor에게 자세히 보내달라는 LSA 요청이다. 바로 위의 DBD 패킷을 보면, 10.1.3.1(10.0.0.1)이 10.1.3.4(10.0.0.4)에게 LSA를 전달했는데, 관련한 정보에 대한 자세한 정보를 요청하는 것임을 알 수 있다. 우선 위의 두 LSA는 **라우터 LSA**로 바로 위의 라우터 LSA DBD에 대한 것임을 알 수 있다. Link state ID에는 originating router ID가, advertising router에는 link state ID가 들어가 있음을 확인할 수 있다. 3번째 LSR은 **네트워크 LSA**로 위에서 전달한 네트워크 LSA DBD에 대한 것으로, 해당 DR의 인터페이스 IP 주소와 DR ID가 link state ID와 advertising router에 위의 DBD 패킷과 같게 나타남을 볼 수 있었다.

다음은 **LSU** 패킷으로 위의 LSR에 대한 응답이며, 자신이 갖고 있는 LSA들을 LSR을 요청한 라우터에게 보내준다.

```

▶ Frame 37: 178 bytes on wire (1424 bits), 178 bytes captured (1424 bits)
▶ Ethernet II, Src: CadmusCo_cb:78:69 (08:00:27:cb:78:69), Dst: CadmusCo_38:51:22
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.1 (10.1.3.1), Dst: 10.1.3.4 (10.1.3.4)
▼ Open Shortest Path First
  ▶ OSPF Header
  ▼ LS Update Packet
    Number of LSAs: 3
      ▶ LS Type: Router-LSA
      ▶ LS Type: Router-LSA
      ▶ LS Type: Network-LSA

```

앞서 3개의 LSR이 요청되었는데, 2개가 라우터 LSA이며 1개가 네트워크 LSA였다. 따라서 LSR에 대한 LSU에도 2개의 라우터 LSA와 네트워크 LSU로 총 3개의 LSA가 있음을 볼 수 있다.

다음은 2개의 라우터 LSA이다.

```

▼ LS Type: Router-LSA
  LS Age: 6 seconds
  Do Not Age: False
  ▶ Options: 0x22 (DC, E)
    Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 10.0.0.2
    Advertising Router: 10.0.0.2 (10.0.0.2)
    LS Sequence Number: 0x80000002
    LS Checksum: 0xe00e
    Length: 36
  ▶ Flags: 0x00
    Number of Links: 1
  ▶ Type: Transit ID: 10.1.4.2      Data: 10.1.4.2      Metric: 10
    IP address of Designated Router: 10.1.4.2
    Link Data: 10.1.4.2
    Link Type: 2 - Connection to a transit network
    Number of TOS metrics: 0
    TOS 0 metric: 10

```

이 라우터 LSA는 sequence number가 위에서 보낸 DBD 패킷과 동일하다. 위의 패킷에서 라우터 10.0.0.2(DR)에 대한 정보를 보냈었고, 이에 대해서 LSR로 요청을 한 것에 대한 LRU 응답을 말하는 것이다. 라우터 LSA이기에 link state id와 advertising router가 앞서 언급한대로 10.0.0.2로 DR의 라우터 ID로 확인된다. 좀 더 자세한 정보를 보내줌을 확인할 수 있는데, link type이 2로 transit network에 대한 것이며, id에는 네트워크 DR의 인터페이스 IP 주소를, data에는 라우터 자체의 인터페이스 IP 주소가 들어가 있음을 역시 볼 수 있다. 또한 TOS metric 즉, 해당 링크에 대한 서로 다른 TOS(IP type of service) metric의 개수와 TOS 0 metric 즉, 필요한 링크 메트릭의 수를 볼 수 있다.

```

▼ LS Type: Router-LSA
  LS Age: 5 seconds
  Do Not Age: False
  ▷ Options: 0x22 (DC, E)
  Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
  Link State ID: 10.0.0.1
  Advertising Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1)
  LS Sequence Number: 0x80000003
  LS Checksum: 0x8f39
  Length: 48
  ▷ Flags: 0x00
  Number of Links: 2
  ▷ Type: Transit ID: 10.1.4.2      Data: 10.1.4.1      Metric: 10
    IP address of Designated Router: 10.1.4.2
    Link Data: 10.1.4.1
    Link Type: 2 - Connection to a transit network
    Number of TOS metrics: 0
    TOS 0 metric: 10
  ▷ Type: Stub ID: 10.1.3.0      Data: 255.255.255.0      Metric: 10
    IP network/subnet number: 10.1.3.0
    Link Data: 255.255.255.0
    Link Type: 3 - Connection to a stub network
    Number of TOS metrics: 0
    TOS 0 metric: 10

```

이 라우터 LSA는 위의 DBD 패킷의 같은 sequence 번호에 대한 요청에 대한 응답인데, DBD 패킷이 10.0.0.1 라우터에 대해 보낸 정보를 받고 더 자세한 정보를 요청하는 것이다. 위의 라우터 패킷과 다르게 stub network (link type 3)을 볼 수 있는데, link id와 data에 이웃하는 라우터의 IP 주소와 network mask가 잘 들어가 있음 역시 확인할 수 있다.

아래는 network LSA이다.

```

▼ LS Type: Network-LSA
  LS Age: 6 seconds
  Do Not Age: False
  ▷ Options: 0x22 (DC, E)
  Link-State Advertisement Type: Network-LSA (2)
  Link State ID: 10.1.4.2
  Advertising Router: 10.0.0.2 (10.0.0.2)
  LS Sequence Number: 0x80000001
  LS Checksum: 0x41c4
  Length: 32
  Netmask: 255.255.255.0
  Attached Router: 10.0.0.2
  Attached Router: 10.0.0.1

```

위의 DBD 패킷의 sequence number를 참고하면, 해당 LSA는 네트워크 정보에 대한 LSA임을 알 수 있는데, 따라서 link state id와 advertising router에 DR의 인터페이스 IP 주소와 라우터 ID가 잘 들어가 있음을 확인할 수 있다. 또한 여기서는 네트워크 마스크와 붙어있는 라우터에 대한 정보도 알 수 있다.

```

▶ Frame 44: 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits)
▶ Ethernet II, Src: CadmusCo_38:51:22 (08:00:27:38:51:22), Dst: CadmusCo_cb:78:69
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.3.4 (10.1.3.4), Dst: 10.1.3.1 (10.1.3.1)
▼ Open Shortest Path First
  ▼ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: LS Acknowledge (5)
    Packet Length: 84
    Source OSPF Router: 10.0.0.4 (10.0.0.4)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0x1bfa [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)

```

위는 LSR을 요청한 라우터가 LSU를 잘 받았다고 ACK를 해주는 **LSACK** 패킷의 OSPF 헤더인데, source router를 보면 LSR을 요청한 라우터 ID가 잘 들어가 있다. 위에서 살펴본 DBD, LSR, LSU 모두 sequence number가 0x80000001부터 3까지의 3개의 LSA에 대한 것이었으므로 해당 패킷에 대한 LSU가 잘 받아졌다면 sequence 번호도 같을 것이며, 2개의 라우터 LSA와 1개의 네트워크 LSA로 구성되었을 것임을 추측해볼 수 있다.

<pre> ▼ LSA Header   LS Age: 5 seconds   Do Not Age: False   ▶ Options: 0x22 (DC, E)   Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)   Link State ID: 10.0.0.1   Advertising Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1)   LS Sequence Number: 0x80000003   LS Checksum: 0x8f39   Length: 48 </pre>	<pre> ▼ LSA Header   LS Age: 6 seconds   Do Not Age: False   ▶ Options: 0x22 (DC, E)   Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)   Link State ID: 10.0.0.2   Advertising Router: 10.0.0.2 (10.0.0.2)   LS Sequence Number: 0x80000002   LS Checksum: 0xe00e   Length: 36 </pre>
---	---

위의 패킷에서 sequence number가 0x80000002, 0x80000003에 해당하는 패킷은 모두 라우터 LSA였는데, LSACK 패킷의 같은 sequence number에 대해서도 일치함을 알 수 있다. Link state id와 advertising router도 일치함을 볼 수 있다.

<pre> ▼ LSA Header   LS Age: 6 seconds   Do Not Age: False   ▶ Options: 0x22 (DC, E)   Link-State Advertisement Type: Network-LSA (2)   Link State ID: 10.1.4.2   Advertising Router: 10.0.0.2 (10.0.0.2)   LS Sequence Number: 0x80000001   LS Checksum: 0x41c4   Length: 32 </pre>
--

0x80000001의 sequence number를 갖는 LSA는 모두 위의 스크린샷처럼 라우터 ID 10.0.0.2인 DR에 대한 정보였으며, 네트워크 LSA로 정확한 LSACK임을 확인할 수 있다.

지금까지의 과정은 라우터들이 LSR, LSU 패킷을 교환하고 OSPF 이웃관계를 완성시키면서 SPF 알고리즘을 사용하기 위한 7번째 loading state와 8번째 full state를 포함하고 있다. 이렇게 DBD, LSR, LSU, LSACK를 통해 라우터들이 LSA를 교환하게 되면, 같은 area의 라우터들은 같은 데이터베이스 정보를 가지는 full state에 도달하게 된

다.

지금까지 라우터 10.0.0.1의 eth1에 대한 패킷을 통해서 OSPF 라우팅 방식을 교환되는 LSA를 통해 알아보았고, Hello, DBD(DD), LSR, LSU, LSACK 패킷을 통해서 각 필드의 값과 sequence 번호 등을 확인하면서 라우팅 과정에 대해 좀 더 선명한 개념을 가지게 되었다.

- eth2(10.1.4.1)

아래의 eth2에 대해서 캡쳐된 패킷들도 같은 과정을 통해서 full state에 도달하게 되는데, eth1과 다른 토플로지로 라우터 10.0.0.2의 인터페이스 10.1.4.2와 정보를 교환하게 된다.

3 1.756619	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
8 5.039218	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	82 Hello Packet
9 10.711614	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	82 Hello Packet
10 15.037814	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	82 Hello Packet
11 20.700972	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	82 Hello Packet
12 25.037159	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	82 Hello Packet
13 30.692297	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	82 Hello Packet
14 35.037669	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	82 Hello Packet
15 40.189515	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	66 DB Descripti
16 40.680366	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	82 Hello Packet
17 41.311323	10.1.4.2	10.1.4.1	OSPF	66 DB Descripti
18 41.311758	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	86 DB Descripti
19 41.312685	10.1.4.2	10.1.4.1	OSPF	70 LS Request
20 41.312978	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	110 LS Update
21 41.313559	10.1.4.2	10.1.4.1	OSPF	86 DB Descripti
22 41.313945	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	70 LS Request
24 41.314867	10.1.4.2	10.1.4.1	OSPF	98 LS Update
25 41.320135	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	66 DB Descripti
26 41.320452	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	110 LS Update
27 41.321060	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	130 LS Update
29 42.003504	10.1.4.1	10.1.4.2	OSPF	118 LS Acknowled
30 42.346676	10.1.4.2	224.0.0.5	OSPF	98 LS Acknowled

위의 패킷 스크린샷을 통해서 Hello, DBD, LSR, LSU, LSACK 패킷이 잘 전송되어 라우팅이 작동함을 확인할 수 있었다. Eth1이 교환한 네트워크 LSA를 보면, 네트워크의 DR인 10.0.0.2 라우터에 대한 정보를 다른 라우터로 주고 있음을 볼 수 있는데, 이를 확인하기 위해 위의 패킷들 중에서 라우터 ID 10.0.0.2(인터페이스 IP 주소: 10.1.4.2)이 DR로 선출되었음을 보여주는 Hello packet만을 따로 첨부한다.

```

> Frame 123: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits)
> Ethernet II, Src: CadmusCo_23:a1:d8 (08:00:27:23:a1:d8), Dst: CadmusCo_6a:63:87
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.4.1 (10.1.4.1), Dst: 10.1.4.2 (10.1.4.2)
> Open Shortest Path First
  ▾ OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 10.0.0.1 (10.0.0.1)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xcc89 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  ▾ OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    ▾ Options: 0x02 (E)
      Router Priority: 10
      Router Dead Interval: 40 seconds
      Designated Router: 10.1.4.2
      Backup Designated Router: 10.1.4.1
      Active Neighbor: 10.0.0.2

```

라우터 10.0.0.1의 인터페이스가 내보낸 Hello 패킷을 통해서, 라우터 ID가 높은

10.0.0.2의 ID를 가지는 라우터가 DR로 선출되었고, 그보다는 라우터 ID가 낮은 10.0.0.1의 라우터 ID를 가지는 라우터가 BDR로 선출되었음을 확인할 수 있으며, eth2의 관점에서 active neighbor로 10.0.0.2 라우터가 추가되어 있음을 역시나 확인 할 수 있다.

### <부록>

이번 과제를 하면서 OSPF 라우팅 방식에 대한 이해를 돋기 위해 로그 정보도 같이 확인하였다. 해당 로그 정보의 일부를 첨부한다.

```

14:27:33 OSPF.001: ospfd Starting
14:27:33 OSPF.002: Adding Area 0.0.0.0
14:27:33 OSPF.004: Adding Ifc 10.1.3.1
14:27:33 OSPF.202: Sent Hello 10.1.3.1->224.0.0.5 Ifc 10.1.3.1

14:27:38 OSPF.202: Sent Hello 10.1.4.1->10.1.4.2 Ifc 10.1.4.1
14:27:42 OSPF.202: Sent Hello 10.1.3.1->224.0.0.5 Ifc 10.1.3.1

14:27:58 OSPF.202: Sent Hello 10.1.4.1->10.1.4.2 Ifc 10.1.4.1
14:28:02 OSPF.202: Sent Hello 10.1.3.1->224.0.0.5 Ifc 10.1.3.1
14:28:04 OSPF.201: Received Hello 10.1.4.2->224.0.0.5
14:28:05 OSPF.201: Received Hello 10.1.3.4->10.1.3.1
14:28:08 OSPF.201: Received Hello 10.1.3.3->10.1.3.1
14:28:08 OSPF.202: Sent Hello 10.1.4.1->10.1.4.2 Ifc 10.1.4.1
14:28:12 OSPF.202: Sent Hello 10.1.3.1->224.0.0.5 Ifc 10.1.3.1
14:28:13 OSPF.200: DR Election Ifc 10.1.3.1DR 10.1.3.4 Back 10.1.3.4
14:28:13 OSPF.202: Sent DD 10.1.3.1->10.1.3.4 Ifc 10.1.3.1
14:28:13 OSPF.223: Nbr FSM ExchangeStart<-2-Way event EvaluateAdjacency Nbr 10.1.3.4
14:28:13 OSPF.222: Ifc FSM DRother<-Waiting event WaitTim Ifc 10.1.3.1
14:28:13 OSPF.200: DR Election Ifc 10.1.4.1DR 10.1.4.2 Back 10.1.4.2
14:28:13 OSPF.202: Sent DD 10.1.4.1->10.1.4.2 Ifc 10.1.4.1

14:28:18 OSPF.202: Sent DD 10.1.3.1->10.1.3.4 Ifc 10.1.3.1
14:28:18 OSPF.201: Received LsReq 10.1.3.4->10.1.3.1
14:28:18 OSPF.202: Sent LsUpd 10.1.3.1->10.1.3.4 Ifc 10.1.3.1
14:28:18 OSPF.201: Received DD 10.1.3.4->10.1.3.1
14:28:18 OSPF.202: Sent LsReq 10.1.3.1->10.1.3.4 Ifc 10.1.3.1
14:28:18 OSPF.201: Received LsUpd 10.1.3.4->10.1.3.1
14:28:18 OSPF.203: New LSA(1,10.0.0.4,10.0.0.4)
14:28:18 OSPF.202: Sent DD 10.1.3.1->10.1.3.4 Ifc 10.1.3.1
14:28:18 OSPF.223: Nbr FSM Full<-Exchange event ExchangeDone Nbr 10.1.3.4
14:28:18 OSPF.215: Deferring LSA(1,10.0.0.1,10.0.0.1)
14:28:18 OSPF.202: Sent LsUpd 10.1.4.1->224.0.0.6 Nbr 10.1.4.2
14:28:19 OSPF.201: Received LsUpd 10.1.3.4->10.1.3.1
14:28:19 OSPF.203: New LSA(1,10.0.0.4,10.0.0.4)
14:28:19 OSPF.203: New LSA(2,10.1.3.4,10.0.0.4)
14:28:19 OSPF.202: Sent LsUpd 10.1.4.1->224.0.0.6 Nbr 10.1.4.2
14:28:19 OSPF.201: Received LsAck 10.1.3.4->10.1.3.1
14:28:19 OSPF.207: Duplicate ack LSA(1,10.0.0.1,10.0.0.1) Nbr 10.1.3.4
14:28:19 OSPF.207: Duplicate ack LSA(1,10.0.0.2,10.0.0.2) Nbr 10.1.3.4
14:28:19 OSPF.207: Duplicate ack LSA(2,10.1.4.2,10.0.0.2) Nbr 10.1.3.4
14:28:19 OSPF.202: Sent LsAck 10.1.3.1->224.0.0.6 Ifc 10.1.3.1
14:28:20 OSPF.201: Received LsAck 10.1.4.2->224.0.0.5
14:28:20 OSPF.109: Old ack LSA(1,10.0.0.4,10.0.0.4) Nbr 10.1.4.2

```

- 과제 보고서 끝입니다.
- 고맙습니다. ☺