

컴네 기말 정리 Chapter 5

Chapter 5 : The Control Plane

1. Introduction

a. Network-layer functions

- i. 2개의 network-layer function이 존재
 - 1. data plane → forwarding
 - 2. control plane → routing
- ii. network control plane을 구축하는 2가지 방법이 존재
 - 1. 각 모든 router별로 control plane을 구함(per-router control(traditional))
 - a. routing loop가 발생 할 수 있음
 - 2. 물리적으로 중앙 집중형으로 control함(logically centralized control(software defined networking))
 - a. remote control 존재 - 물리적으로 다른 곳에 존재함.
 - b. Control Agent 존재: 자기 주변의 network상태를 Remote Controller에 알려줌.

2. routing protocols: 좋은 결로를 결정하는 것이 routing protocol의 목표임.

a. Graph abstraction of the network (최단 경로 알고리즘을 사용함)

- i. cost of path($x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$): (경로의 cost) 모든 경로를 다 합친거.
- ii. Routing algorithm classification
 - 1. global or decentralized information, 2개의 상황에 따라 Algorithm방식이 다름
 - a. global: \rightarrow linkstate algorithm
 - i. 전체적인 컴퓨터 네트워크의 요소들(링크, 노드 등)을 다 알 때 사용

b. decentralized → distance vector algorithm

i. router는 물리적으로 연결된 것만 알고 있음.

ii. neighbor node의 존재와 cost

iii. 주변끼리 정보를 주고 받아야함.

2. static or dynamic

a. static (경로가 시간에 따라 천천히 바뀜)

b. dynamic(network가 자주 바뀌어 경로도 바뀜) + 정보를 최신으로 계속 유지하느라 바뀜

b. **link state algorithm**

i. Dijkstra's algorithm

1. net 요소들(링크, 노드) , link cost들을 전부 다 알아야함.

2. source (자기자신)으로부터 모든 node로부터 least cost path 를 구함.

3. oscillations가 일어 날 수 있음(oscillation이란? 왔다 갔다 할수 있다는 뜻)

4. cost가 전송하고 있는 traffic의 양이 같다면 oscillation 발생!

c. **distance vector algorithm**

i. Bellman-Ford equation을 사용(dynamic programming) 나의 neighbor를 거쳐서 가는 경로의 cost

$$d_x(y) = \min_v \{ c(x,v) + d_v(y) \}$$

\min taken over all neighbors v of x
cost to neighbor v
cost from neighbor v to destination y

1. $D_x(y)$: x는 자기 자신의 distance vector, 자기로부터 모든 destination y까지의 최단경로 추정값을 가지고 있어야함.

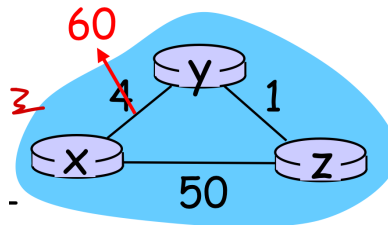
2. Node x: 노드가 알고있는 거

a. $c(x,y)$ 자기 자신으로부터 neighbor로 가는 cost

3. $D_v = [D_v(y) : y \in N]$ neighbor들의 distance vector도 유지해야 함.
4. 때때로 자기 distance vector를 이웃들에게 보냄 . 그후 새로운 Distance vector를 이웃들에게 받으면 B-F equation을 이용하여 자기의 distance vector 를 update함.
5. iterative, asynchronous함 (반복적, 비동기적)
6. 각 node들은 자기의 distance vector가 바뀔 때 마다 neighbor에게 알려줌
 - a. wait \rightarrow recompute \rightarrow notify 순으로 진행함.

ii. Distance vector : link cost changes

1. “good news travels fast” : 좋은 뉴스는 빨리 전파된다. \rightarrow link cost가 감소했을 때
2. “bad news travels slow” : 나쁜 뉴스는 천천히 전파됨. \rightarrow link cost가 증가했을 때



1. poisoned reverse 사용! ex) Z가 Y를 통해서 X까지 가는 경우. Z가 Y에게 자기가 X까지 가는 거리가 무한대라고 알려줌. 이를 통해 빠르게 cost를 계산할 수 있음.

d. Comparison of LS(link state) algorithms and DV algorithms

i. message complexity

1. Link state: n nodes, E links는 $O(nE)$ 비례하는 msg의 갯수가 전송하게 됨.
2. Distance vector: neighbor들 사이에서만 교환이 가능함.

- ii. speed of convergence (수렴 속도)
 - 1. LS: $O(n^2)$ 알고리즘은 $O(nE)$ msg가 필요함
 - 2. DV: 다양한 시간 수렴도가 있음
- iii. robustness(견고성) 어떤 문제가 발생했을 때 잘 동작하느냐?
 - 1. LS: node들은 부정확한 link cost를 보여줄수도 있음 + 각 노드들은 오직 그들의 table 만 계산함.
 - 2. DV: DV node들은 path cost가 부정확할수도 있음 + 각 노드들의 table은 다른사람들에 의해 사용됨

3. intra -AS routing in the Internet: OSPF

a. Making routing scalable

- i. scale(확장성)
 - 1. node의 갯수는 수십억개임, 각각의 routing table을 작성하는것은 무리!
 - 2. routing table을 swap하는 것은 무리임!
- ii. administrative autonomy : 관리하는 측의 독립성
 - 1. 각 회사별로 관리하는 network가 다 다름

b. Internet approach to scalable routing: 위 문제들을 해결하기 위해 autonomous system(AS 라고 불림)(router들을 모아서 지역으로 만듦)을 도입

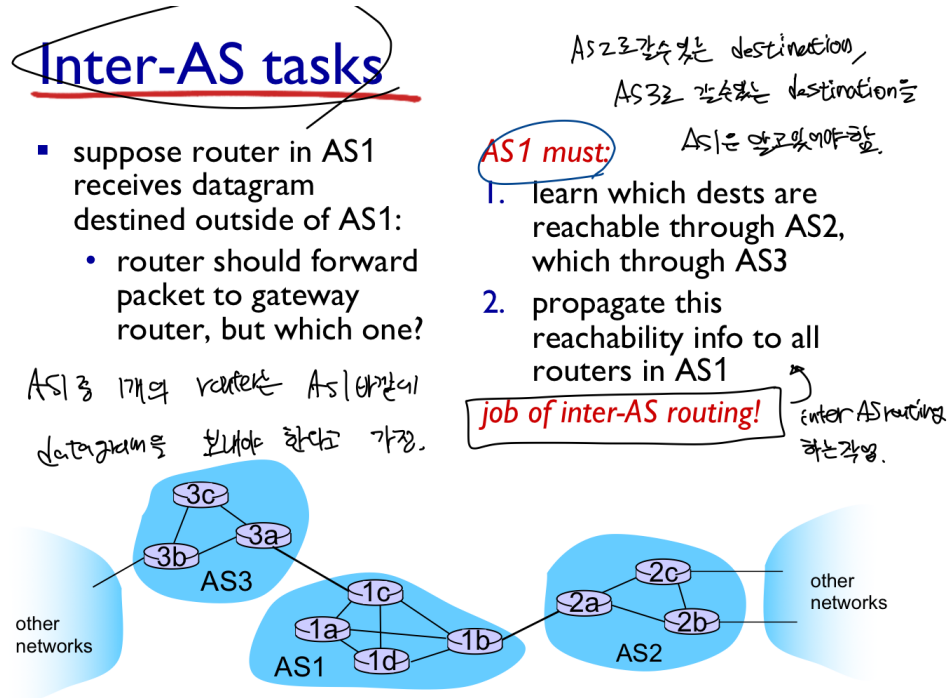
- i. intra-AS routing (AS 내부 routing)
 - 1. 하나의 as내부에서 이뤄짐. 같은 intra-domain protocol을 수행함.
 - 2. 다른 AS에 있는 router는 다른 intra-domain protocol 을 수행함.
 - 3. gateway router가 있어야함. → 각각의 자기 자신의 AS의 edge(경계)는 다른 router로 갈수 있는 link를 가지고 있어야함.
- ii. inter-AS routing(AS 외부 routing)
 - 1. AS 간의 routing 필요(gateway가 수행)

c. Interconnected ASes

- i. 각각의 router들은 Intra-AS routing과 Inter-AS routing 알고리즘 2개의 조합을 바탕으로 Forwarding table을 작성함.

- ii. AS 내부 destination은 intra-AS routing가 AS내부 entry를 결정
- iii. 외부 destination은 inter-AS와 intra-AS가 협업하여 외부 entry를 결정한다.

d. Inter- AS tasks

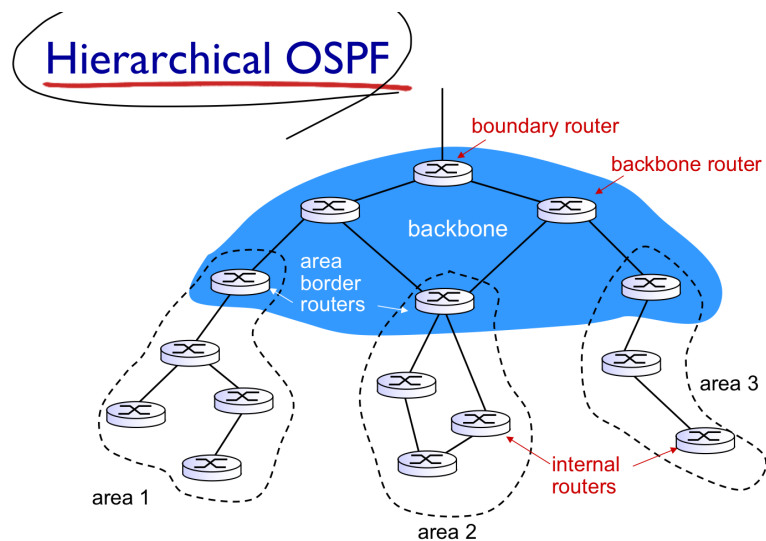


1. AS1는 어떤 AS2와 AS3를 통해 도달할지 알고 있어야함.

e. Intra- AS Routing

- i. interior gateway protocols(IGP)라고도 불림
- ii. intra-AS routing protocol 종류
 1. RIP: routing information protocol
 2. OSPF: Open shortest Path First
 - a. link state알고리즘을 사용함 → 다익스트라 알고리즘 사용
 - b. OSPF message는 IP바로 위에서 존재하여 수행됨.
 - c. IS-IS routing protocol은 OSPF와 이상적으로 가까움
 - d. IGRP: Interior Gateway Routing Protocol
- e. OSPF의 특징
 - i. security: 모든 OSPF 메세지는 인증을 받아야함.

- ii. multiple: 어떠한 특정한 destination에서 outputlink가 하나만 있는것이 아닌 동일한 코스트 path가 여러개가 있음.
- iii. Type Of Service(TOS)를 사용하게 되면 TOS값에 따라서 cost와 link들 등이 달라질 수 있음
- iv. muti-cast support: 하나의 source에서 여러개의 destination으로 전송가능(broadcast와 다름) broadcast는 하나의 node에서 모든 node로 보내는거임.
- v. hierarchical OSPF: 계층적인 OSPF가 가능함.



1. two-level hierarchy: local area, backbone

- a. link state는 그 지역에만 존재
- b. each node는 디테일한 지역 topology를 갖고 있음
- 2. area border router: 지역 area의 net거리를 압축해서 다른 area Border router에게 알려줌
- 3. backbone router: OSPF안에서 일어난다.
- 4. boundary router: gateway역할을 함.

4. routing among the ISPs(Internet inter-AS routing): BGP

a. Internet inter-As routing BGP

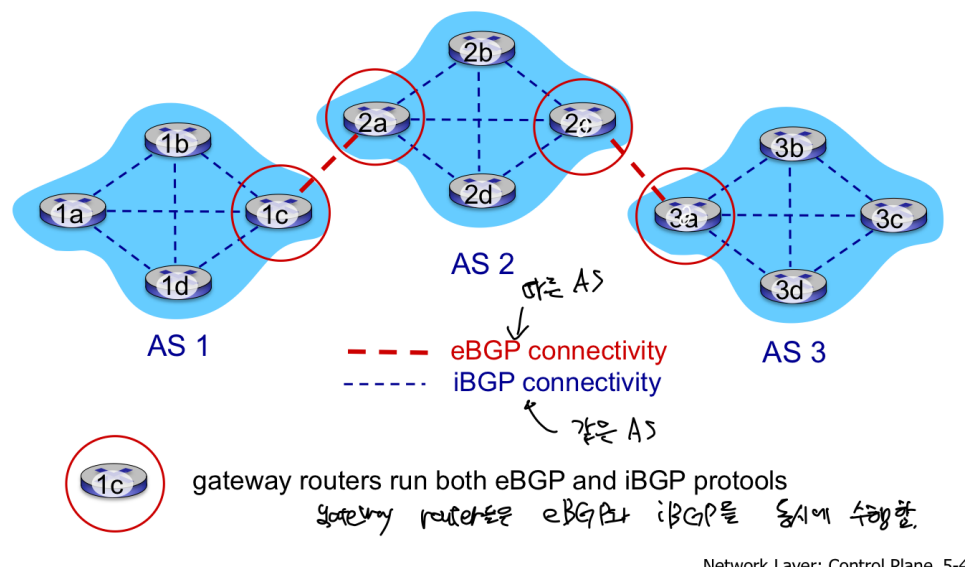
- i. BGP(Border Gateway Protocol): 내부 AS들간 소통할 때 주로 많이 사용.
- ii. BGP 는 각각의 AS들에게 해당 수단을 제공함. (어디에 사용되느냐에 따라서 2개를 다르게 부름) → protocol은 동일함.

1. eBGP: 자기 주변 AS들로부터 reach ability정보를 얻는 수단을 제공
2. iBGP: 수집된 reach ability 정보를 자기 internal AS router들에게 전파 시킴.
3. 각각의 subnet은 자기 자신의 존재를 다른 Internet에 알림(BGP를 이용) → 이를 통해 reach ability information이 생성됨.

b. **eBGP, iBGP connection**

i.

eBGP, iBGP connections



1. gateway router는 eBGP와 iBGP를 동시에 수행함.
- ii. BGP session: TCP connection을 만들고 반영구적으로 유지함.
 1. BGP는 경로를 광고하기 때문에 'path vector'라고도 부름 → 해당 경로들은 router가 아닌 AS의 경로임.

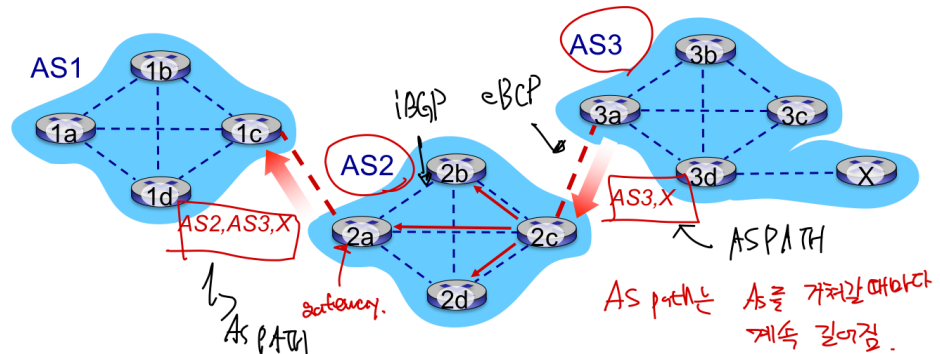
c. **Path attributes and BGP routes**

- i. prefix에 GP속성을 포함하여 광고를 하게 됨. prefix + attributes = "route"
- ii. 2개의 중요한 속성이 있음
 1. AS-PATH(AS경로): AS를 하나 건널때 마다 AS-PATH가 증가함.
 2. NEXT-HOP: internal AS router정보를 포함하게 됨
- iii. Policy-based routing(정책이 적용됨)

1. gateway가 route advertisement를 받으면 수입정책을 적용시켜 accept 할지 decline할지 결정함.

d. **BGP path advertisement**

BGP path advertisement



- AS2 router 2c receives path advertisement **AS3,X** (via eBGP) from AS3 router 3a
- Based on AS2 policy, AS2 router 2c accepts path **AS3,X**, propagates (via iBGP) to all AS2 routers
- Based on AS2 policy, AS2 router 2a advertises (via eBGP) path **AS2, AS3,X** to AS1 router 1c

i.

e. **BGP messages**

i. BGP message는 TCP connection위에 존재함.

ii. BGP message 4가지

1. OPEN: Tcp connection을 open한 후에 BGP peer를 할당하고 sending BGP peer를 인증한다.
2. UPDATE(가장중요함): 새로운 path를 광고한다.(old를 거둬)
3. KEEPALIVE: 끊어지는 것을 방지하고자 주기적으로 keep alive message 를 주고받음
4. NOTIFICATION: error msg를 알림

f. **BGP(inter), OSPF(intra) , forwarding table entries**

i. BGP route selection: router가 하나 이상의 destination AS에 대한 루트를 알고 있을 때 어떻게 선택할지

1. local preference value attribute: 정책 결정
2. 더 짧은 AS-PATH를 결정함

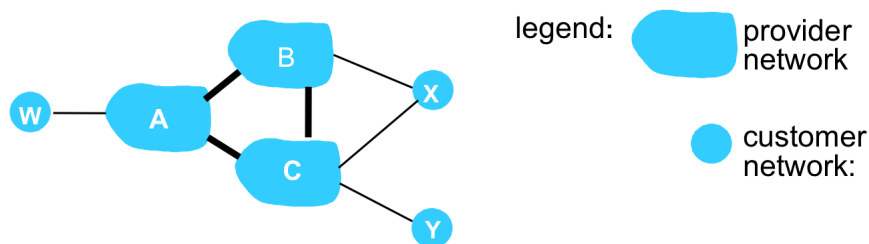
3. hot potato routing , NEXT-HOP router , 더 짧은 router에게 전달함.

- a. hot potato routing: 받았던 packet은 desination까지 가는 packet이지 자기 AS안으로 가는 packet이 아님. 따라서 해당 packet을 가장 빠른 방법으로 gateway에 전달함.

4. additional criteria

g. **BGP: achieving policy via advertisements**

i.



Suppose an ISP only wants to route traffic to/from its customer networks (does not want to carry transit traffic between other ISPs)

- A advertises path Aw to B and to C
- B chooses not to advertise (BAw) to C:
 - B gets no “revenue” for routing CBAw, since none of C,A,w are B’s customers
 - C does not learn about CBAw path
- C will route CAw (not using B) to get to w

Network Layer: Control Plane 5-53

1. ISP는 오직 customer network와 traffic을 주고받길 원함. 다른 ISP사이에서 transit traffic을 주고받길 원하지 않음.
2. 해결방법: 그냥 B가 BAw to C를 알리지않음.
3. X는 여러 provider와 연결되어 있어 dual-homed라고 불림

h. **Intra, Inter AS routing은 무엇이 다를까?**

i. policy:

1. inter AS는 policy가 제일 중요함. 어떻게 traffic을 보낼지에 대해 control해야함.
2. intra AS는 관리자가 한명이라 policy에 대해 큰 신경을 안씀

ii. scale:

1. hierarchical (계층적인) routing은 table size를 저장하고, traffic update를 감소시킴.

iii. performance:

1. inter-AS: 수행능력보다 policy가 더 중요함.
2. intra-AS: 수행능력에 포커스를 맞춤.

5. ~~The SDN control plane~~

6. **ICMP: The Internet Control Message Protocol**

a. **ICMP**

- i. hoster router들이. ICMP를 씀
- ii. error 를 알려줌 (도달할 수 없는 host,network,port,protocol)
- iii. request/ reply 용도로 사용됨
- iv. ICMP는 IP위에서 msg를 전달함 (IP packet data부분에 들어가게 됨)
- v. ICMP message는 숫자 type으로 표시됨, error를 일으키는 datagram에 맨앞에 8바이트를 포함하여 전달됨.

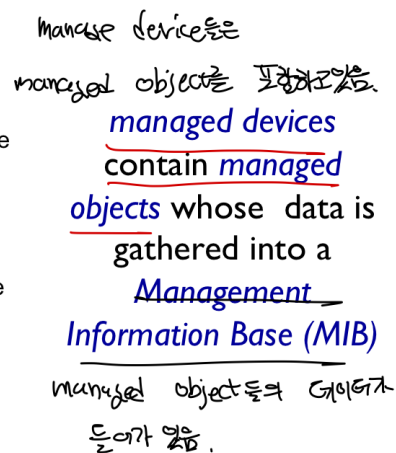
b. **Traceroute (경로확인)and ICMP**

- i. UDP segment를 보냄,
- ii. 처음에 TTL을 1로 설정한후 다시 보낼 땐 TTL을 2로 설정해서 보냄, 점점 증가
- iii. destination에서 사용하지 않을 거 같은 port number를 사용해서 보냄.
- iv. router가 datagram을 버리면, type11 인 ICMP message를 보내게 됨.
- v. ICMP message는 packet에 router name과 IP address 를 보냄.
- vi. UDP segment가 destination host에 도달하면 ICMP msg를 보냄(type3) 이를 통해서 도착했는지 알 수 있음.

7. **Network management and SNMP**

a. **Infrastructure for network management**

definitions: $\frac{1}{2} \log \frac{1}{2}$ 다스려야 저장.

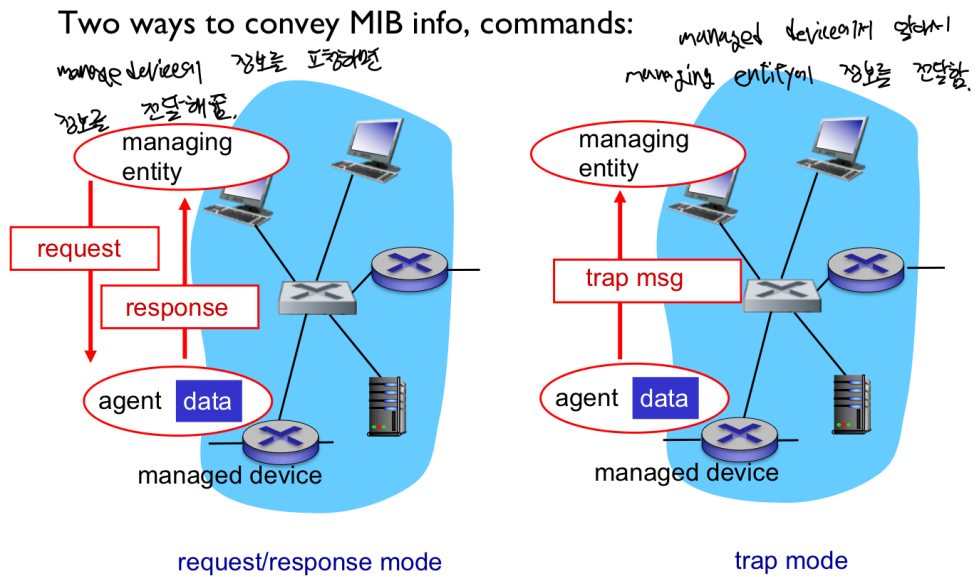


- ### b. SNMP protocol

- 컴네 기말 정리 Chapter 5

SNMP protocol

Two ways to convey MIB info, commands:



- ii. request/response mode는 manage device에 정보를 요청하면 managing entity에 정보를 전달해줌.
- iii. trap mode: managed device가 알아서 managing entity에 정보를 전달함.

c. SNMP protocol: message type

i.

Message type	Function
GetRequest GetNextRequest GetBulkRequest	manager-to-agent: "get me data" (data instance, next data in list, block of data)
InformRequest	manager-to-manager: here's MIB value
SetRequest	manager-to-agent: set MIB value
Response	Agent-to-manager: value, response to Request
Trap	Agent-to-manager: inform manager of exceptional event

