7장. IP 프로토콜의 이해(2) - 라우팅

컴퓨터 네트워크

이번 시간의 학습 목표

- 라우팅 기능을 이해하고 관련 프로토콜을 알아본다.
  - 간단한 라우팅 프로토콜
  - 거리-벡터 프로토콜
    - RIP(Routing Information Protocol)
  - 링크상태 프로토콜
    - OSPF(Open Shortest path First)
  - 외부 라우팅 프로토콜
    - BGP(Border Gateway Protocol)

간단한 라우팅 프로토콜 (1)

- 최단 경로 라우팅
  - 거리 기준은 다양하지만 중간에 거쳐가는 홉(hop) 수로 판단
  - 패킷이 목적지로 가는 동안 거치는 라우터 수가 최소가 되도록 경로를 선택

[그림 7-6] 최단 경로 라우팅

  - 기타 거리 기준
    - 패킷의 전송 지연, 전송 대역폭, 통신 비용 등

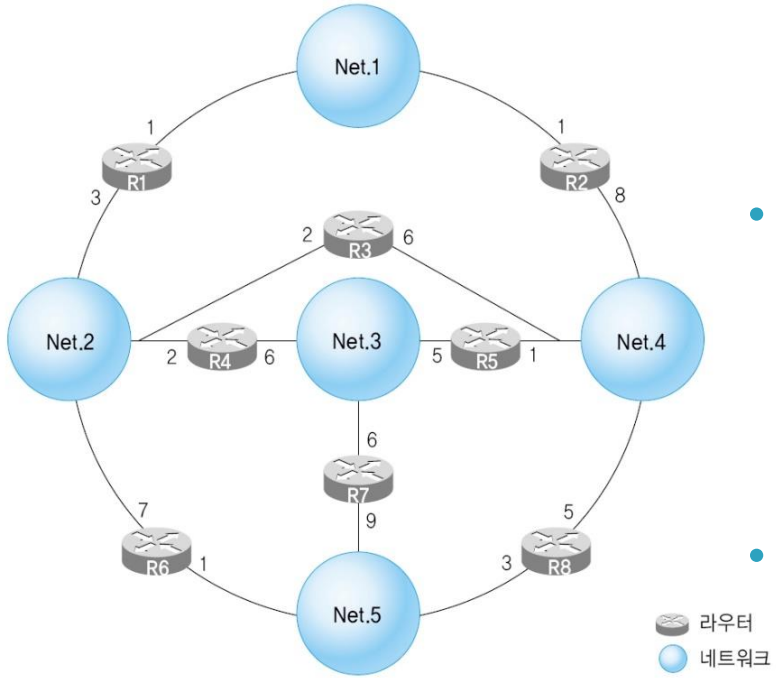
간단한 라우팅 프로토콜 (2)

- 플러딩(Flooding)
  - 라우터가 입력된 패킷을 출력 가능한 모든 경로로 중개하는 방식
  - 네트워크에 패킷이 무한 개 만들어질 위험
    - 홉 수를 일정 범위로 제한하고, 제거
  - 중요한 데이터를 모든 호스트에게 동시에 전달하는 환경에서 제한적으로 사용

거리-벡터 프로토콜 (1)

- 라우터가 자신과 직접 연결된 주변 라우터에게 라우팅 정보를 교환하는 방식
  - 전체 네트워크에 대한 지식
  - 이웃 라우터에게만 전달
  - 일정한 주기로 정보 공유
- 교환 정보는 전체 네트워크에 속하는 개별 네트워크까지 걸리는 거리 정보
- 개별 라우터에서 유지하는 필수 정보
  - 링크 벡터: 직접 연결된 네트워크에 대한 연결 정보
  - 거리 벡터: 전체 개별 네트워크에 대한 거리 정보
  - 다음 홉 벡터: 개별 네트워크로 가기 위한 다음 홉 정보

거리-벡터 프로토콜 (2)



[그림 7-7] 네트워크 구성의 예

- 링크 벡터
  - 링크 벡터 L(x) = [포트(1), 포트(2), …. 포트(M)]
    - L(R1) = [1, 3, -, -, -]
    - L(R2) = [1, -, -, 8, -]
    - L(R3) = [-, 2, -, 6, -]
    - …
- 거리 벡터
  - 거리 벡터 D(x) = [거리(1), 거리(2), …. 거리(N)]
    - D(R1) = [1, 1, 2, 2, 2]
    - D(R2) = [1, 2, 2, 1, 2]
    - D(R3) = [2, 1, 2, 1, 2]
    - …
- 다음 홉 벡터
  - 다음 홉 벡터 H(x) = [홉(1), 홉(2), …. 홉(N)]
    - H(R1) = [-, -, R4, R3, R6]
    - H(R2) = [-, R1, R5, -, R8]
    - …

거리-벡터 프로토콜 (3)

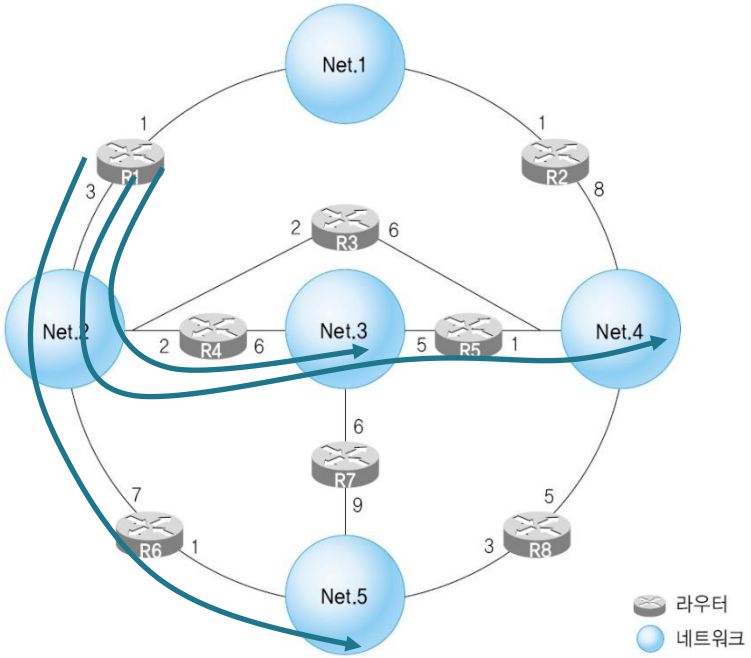
- RIP(Routing Information Protocol)
  - 거리 벡터 방식
  - 소규모 네트워크 환경에 적합
  - 주변 라우터가 제공하는 거리 벡터 정보가 임의의 짧은 시간 내에 모두 도착해야
    - 현실적으로 구현이 어려움 (UDP 사용 – 패킷 손실 가능성)
  - 라우팅 정보 수정하는 경우
    - 거리 벡터 정보가 새로운 네트워크 주소면 적용
    - 목적지까지의 지연이 더 적으면 기존 경로를 대체
    - 거리 벡터 정보가 입력되면 등록 정보를 수정

[표 7-1] 수정 전 라우팅 테이블

목적지 네트워크	다음 홉	거리
Net.1	–	1
Net.2	–	1
Net.3	R4	2
Net.4	**R4**	**3**
Net.5	R6	2

- 도착 정보
  - R2 = [1, 2, 2, 1, 2]
  - R3 = [2, 1, 2, 1, 2]
  - R4 = [2, 1, 1, 2, 2]
  - R5 = [2, 1, 2, 2, 1]

거리-벡터 프로토콜 (4)



[그림 7-7] 네트워크 구성의 예

- RIP (계속)

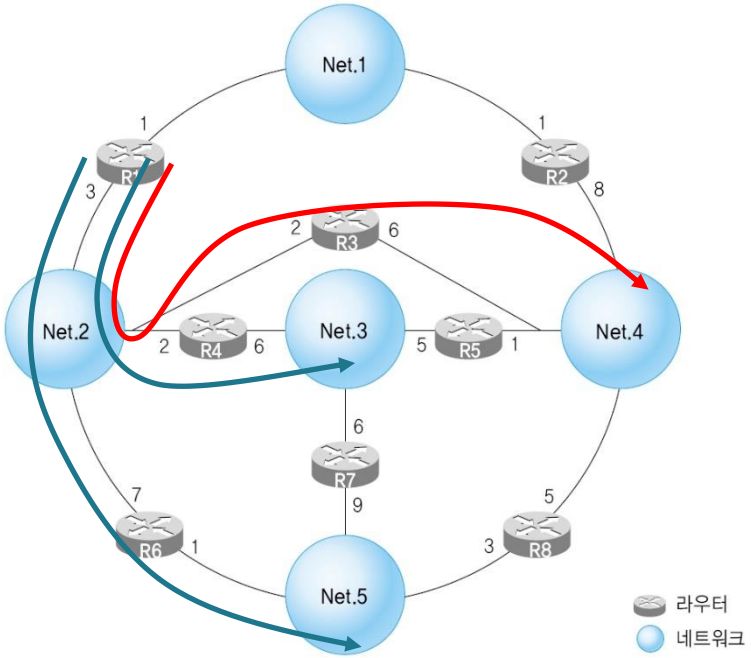
[표 7-1] 수정 전 라우팅 테이블

목적지 네트워크	다음 홉	거리
Net.1	–	1
Net.2	–	1
Net.3	R4	2
Net.4	**R4**	**3**
Net.5	R6	2

- 임의의 시점에 다음 정보 도착
  - **R2 = [1, 2, 2, 1, 2]**
  - **R3 = [2, 1, 2, 1, 2]**
  - R4 = [2, 1, 1, 2, 2]
  - R5 = [2, 1, 2, 2, 1]
- 각 라우터까지 거리 + 도착한 값과 기존 값 비교
  - R2까지 거리 1 + 도착한 값 1 < 기존 값 3
  - R3까지 거리 1 + 도착한 값 1 < 기존 값 3

거리-벡터 프로토콜 (4)

- RIP(계속)
  - 수정 후 테이블



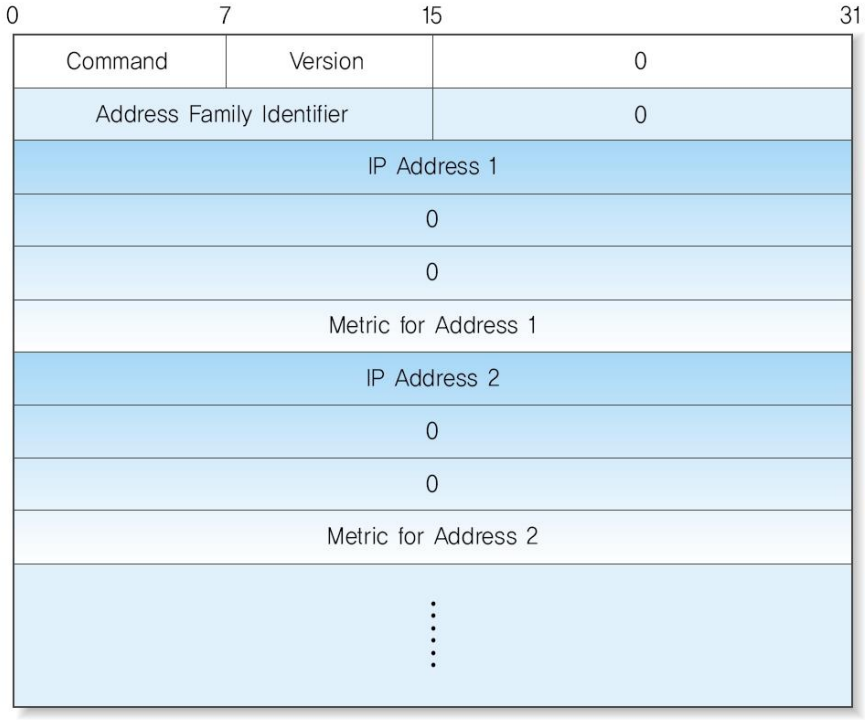
[그림 7-7] 네트워크 구성의 예

[표 7-2] 수정 후 라우팅 테이블

목적지 네트워크	다음 홉	거리
Net.1	–	1
Net.2	–	1
Net.3	R4	2
Net.4	**R3**	**2**
Net.5	R6	2

거리-벡터 프로토콜 (5)

- RIP(계속)
  - 패킷 구조



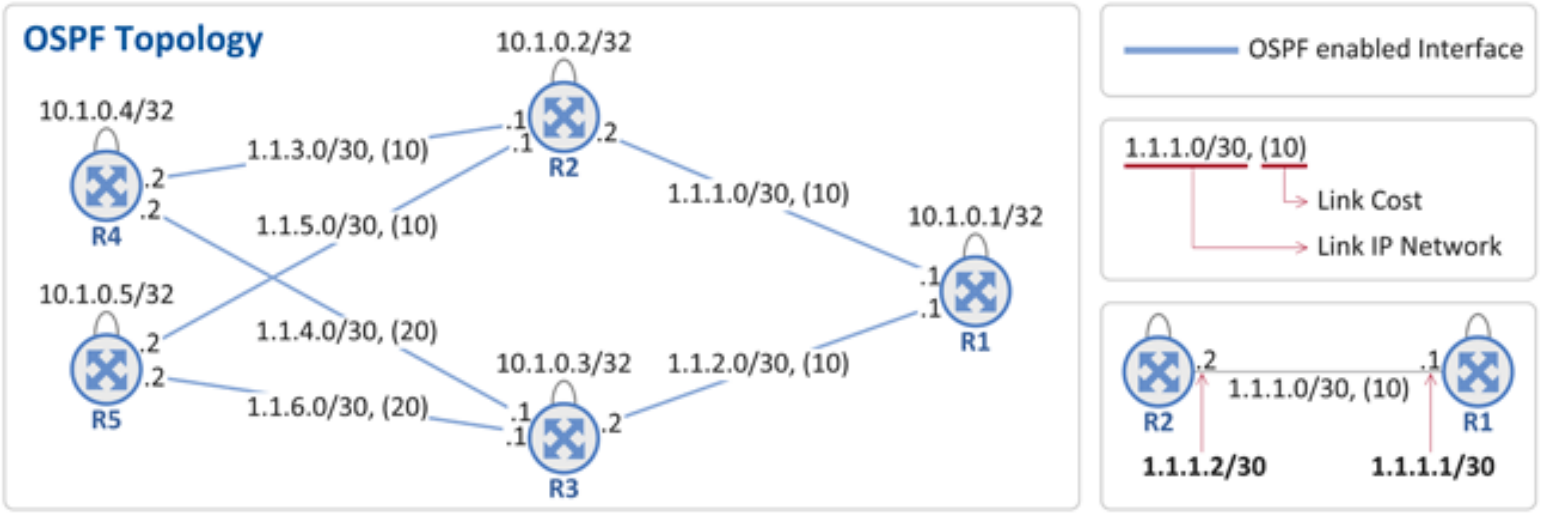
[그림 7-8] RIP 패킷

- Command
  - 1이면 요구
  - 0이면 응답
  - 초기에 요구를 받으면 즉시 응답해야 함
- IP Address
  - 네트워크 지칭
- Metric
  - 목적지까지의 거리

링크상태 프로토콜

- 거리-벡터 프로토콜의 단점 개선
  - 주변 상황에 변화가 있을 때
  - 주변 라우터까지의 정보를
  - 모든 라우터에게 전달
- 플러딩(Flooding) 방식을 사용해서 정보 전달
- OSPF(Open Shortest Path First) 프로토콜

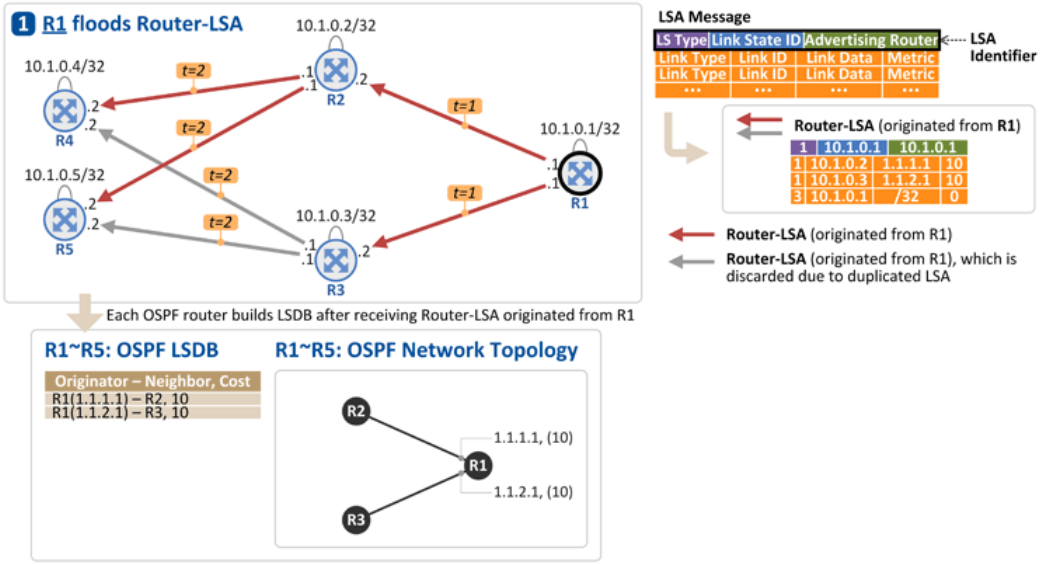
OSPF 토폴로지 (1)



- 5개의 OSPF 라우터(R1 ~ R5)가 존재
- 라우터간 연결 링크에 대한 IP 주소와 OSPF Cost 및 각 라우터의 Loopback 주소(예. R1의 경우 10.1.0.1)가 표시
- 파란색 줄(링크)가 OSPF가 enable되어 있음을 표시

OSPF 토폴로지 (2)

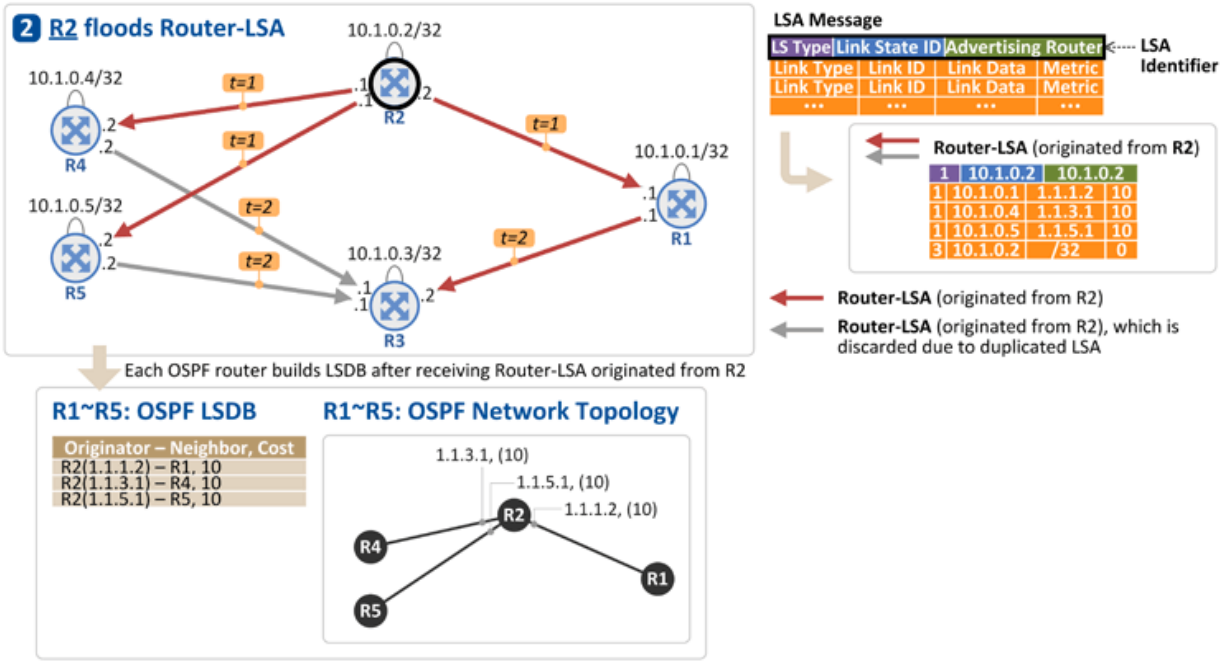
- R1이 자신의 링크 정보를 다른 OSPF 라우터들로 전파



- 이를 수신한 R2, R3는 Router-LSA가 수신된 링크를 제외한 나머지 링크로 Router-LSA를 flooding
- R4와 R5는 동일한 Router-LSA를 2개씩 수신
  - LSA 식별자에 해당하는 {LS Type, Link State ID, Advertising Router}가 동일한 경우 두번째 수신한 LSA를 폐기

OSPF 토폴로지 (3)

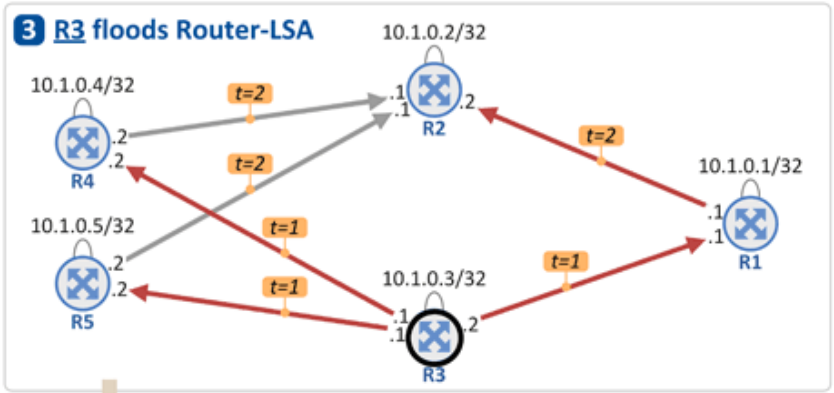
- R2가 자신의 링크 정보를 다른 OSPF 라우터들로 전파

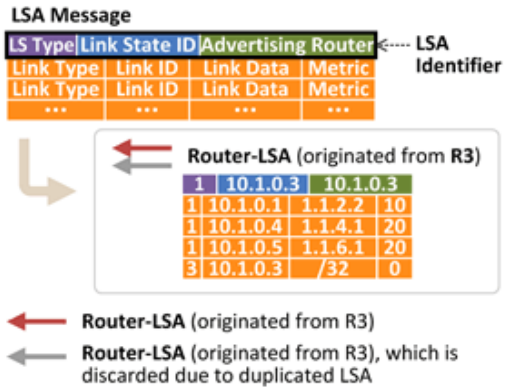


- 이를 수신한 R1, R4, R5는 Router-LSA가 수신된 링크를 제외한 나머지 링크로 Router-LSA를 flooding
- R3는 동일한 Router-LSA를 3개 수신

OSPF 토폴로지 (4)

- R3가 자신의 링크 정보를 다른 OSPF 라우터들로 전파



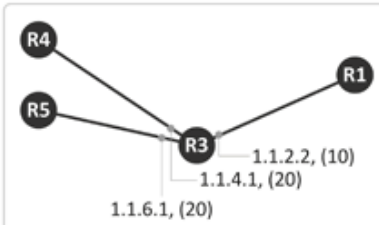


Each OSPF router builds LSDB after receiving Router-LSA originated from R3

R1~R5: OSPF LSDB

Originator – Neighbor, Cost
R3(1.1.2.2) – R1, 10
R3(1.1.4.1) – R4, 20
R3(1.1.6.1) – R5, 20

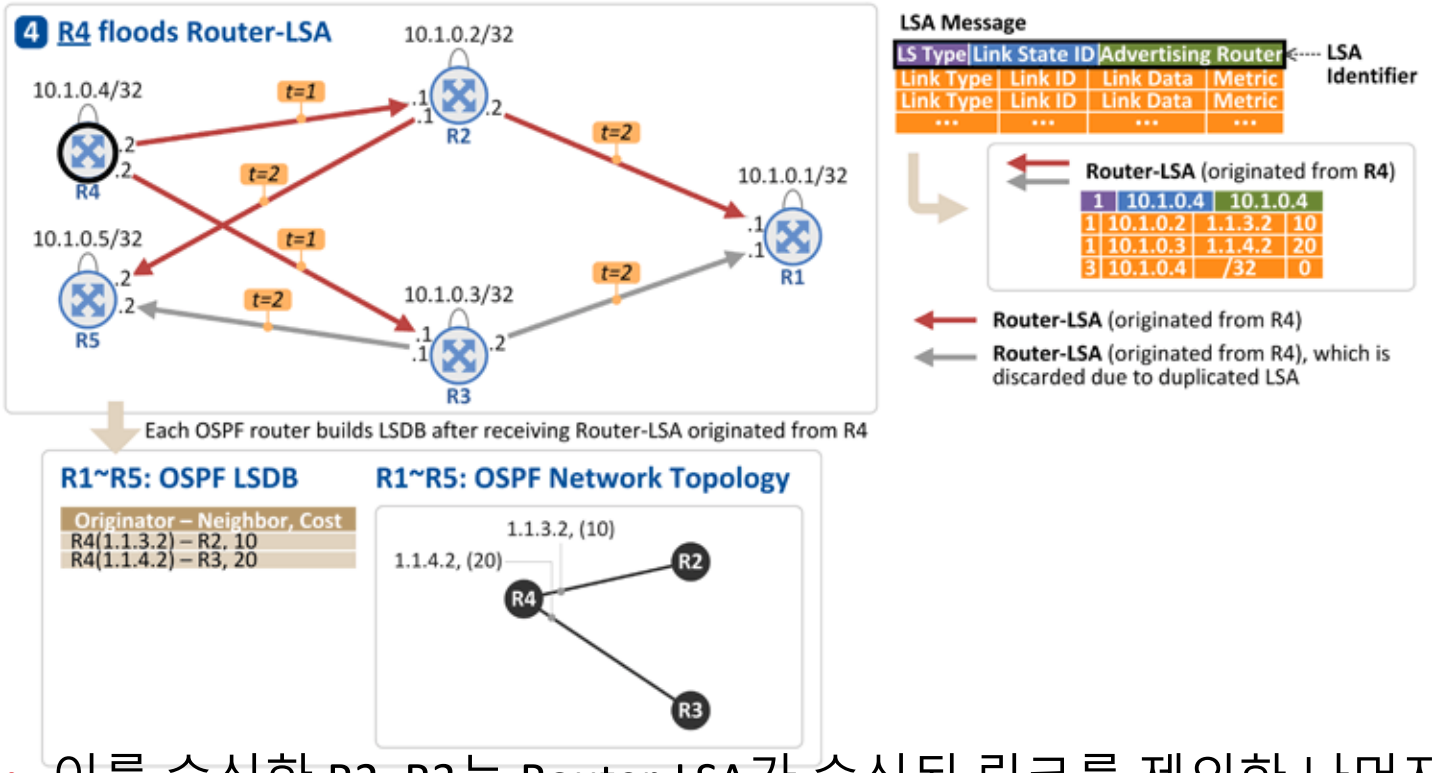
R1~R5: OSPF Network Topology



- 이를 수신한 R1, R4, R5는 Router-LSA가 수신된 링크를 제외한 나머지 링크로 Router-LSA를 flooding

OSPF 토폴로지 (5)

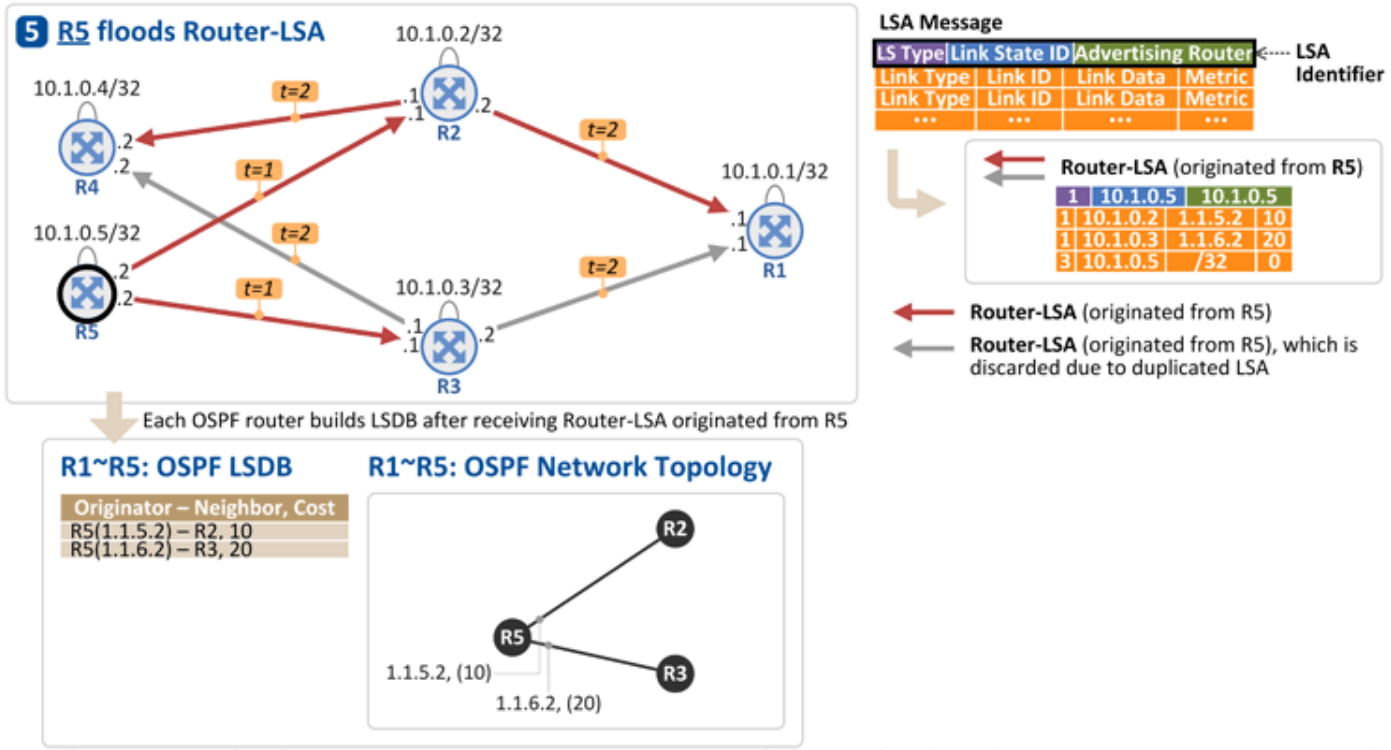
- R4가 자신의 링크 정보를 다른 OSPF 라우터들로 전파



- 이를 수신한 R2, R3는 Router-LSA가 수신된 링크를 제외한 나머지 링크로 Router-LSA를 flooding

OSPF 토폴로지 (6)

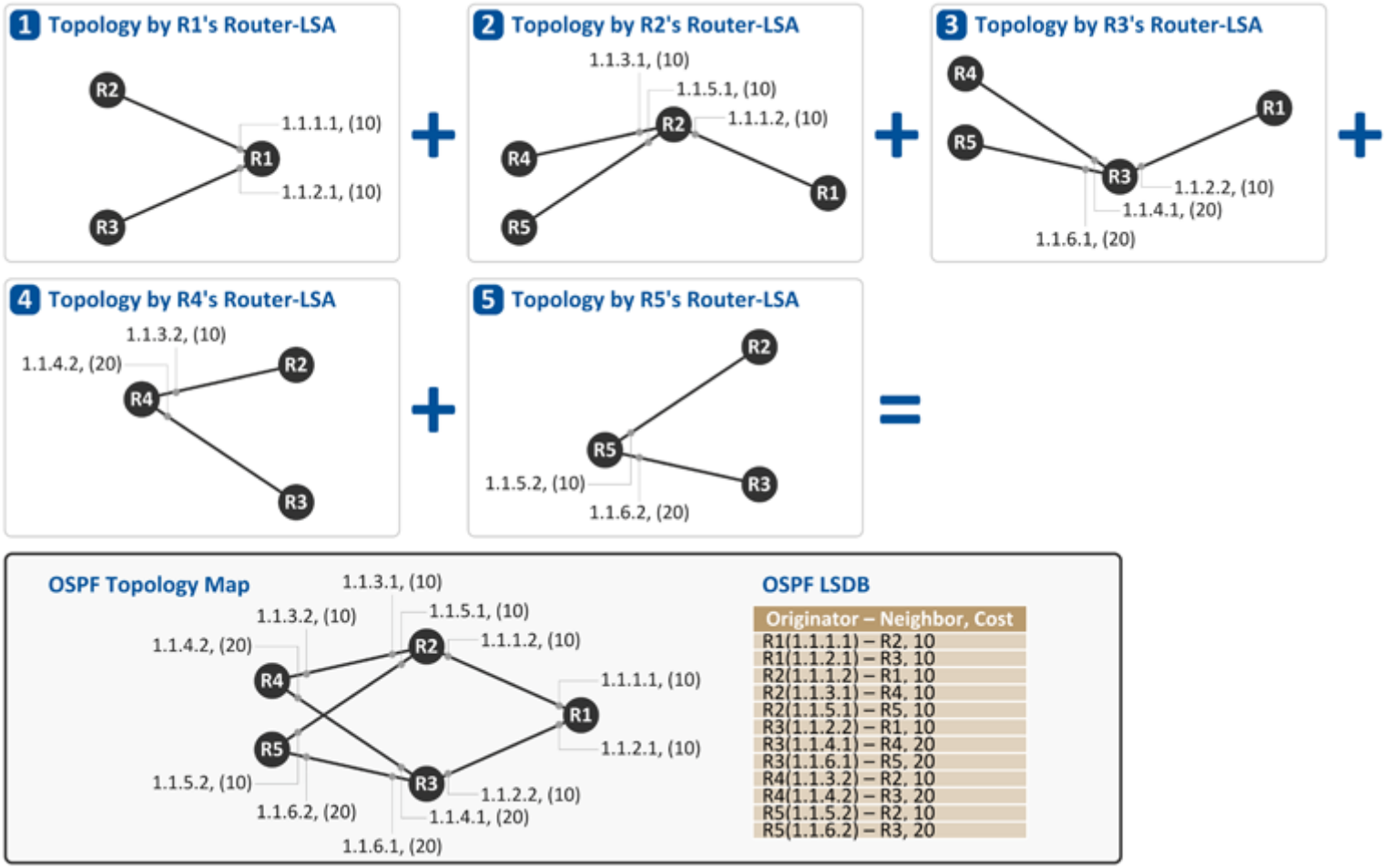
- R5가 자신의 링크 정보를 다른 OSPF 라우터들로 전파



- 이를 수신한 R2, R3는 Router-LSA가 수신된 링크를 제외한 나머지 링크로 Router-LSA를 flooding

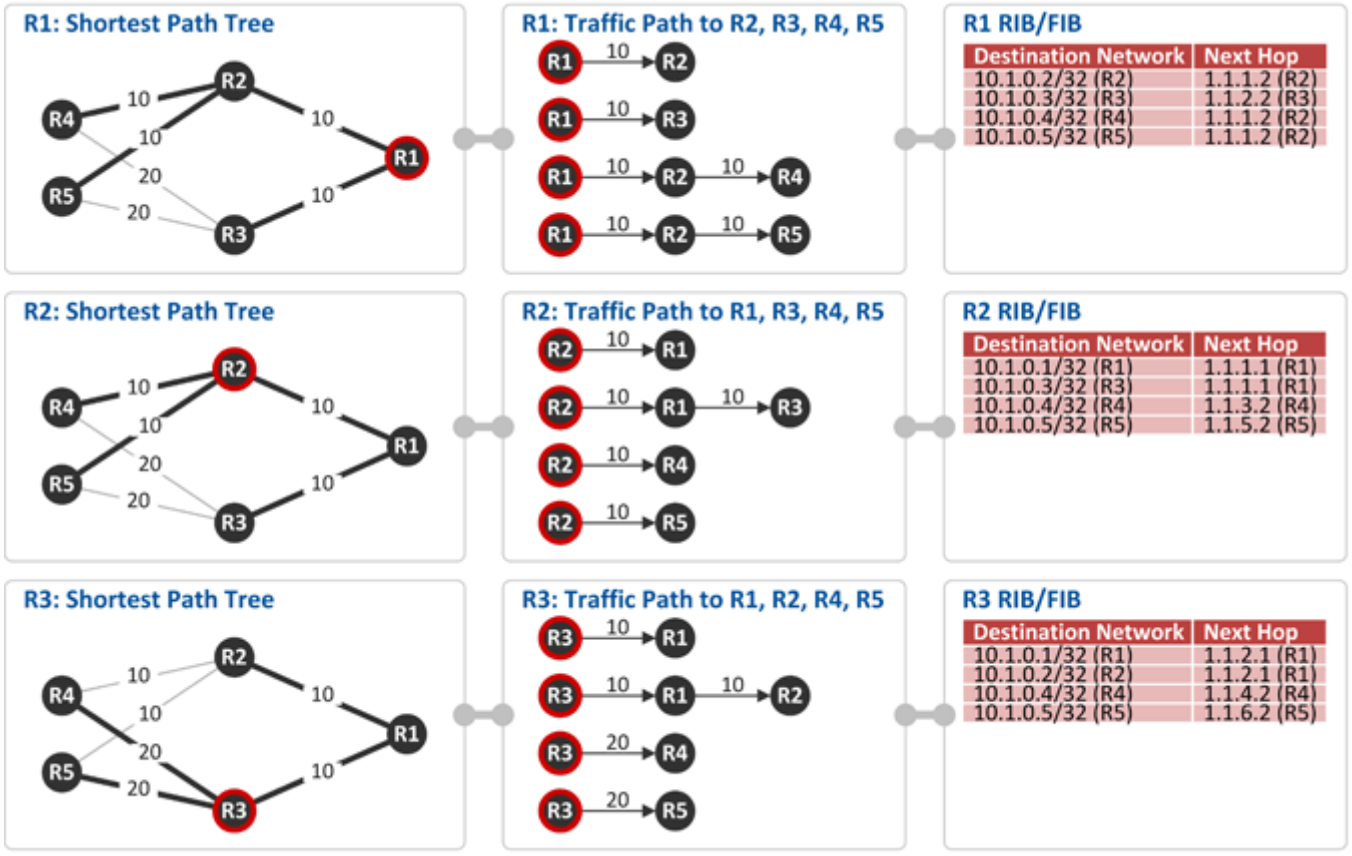
OSPF 토폴로지 (7)

- 각 라우터에서 OSPF Topology 그림 그리기



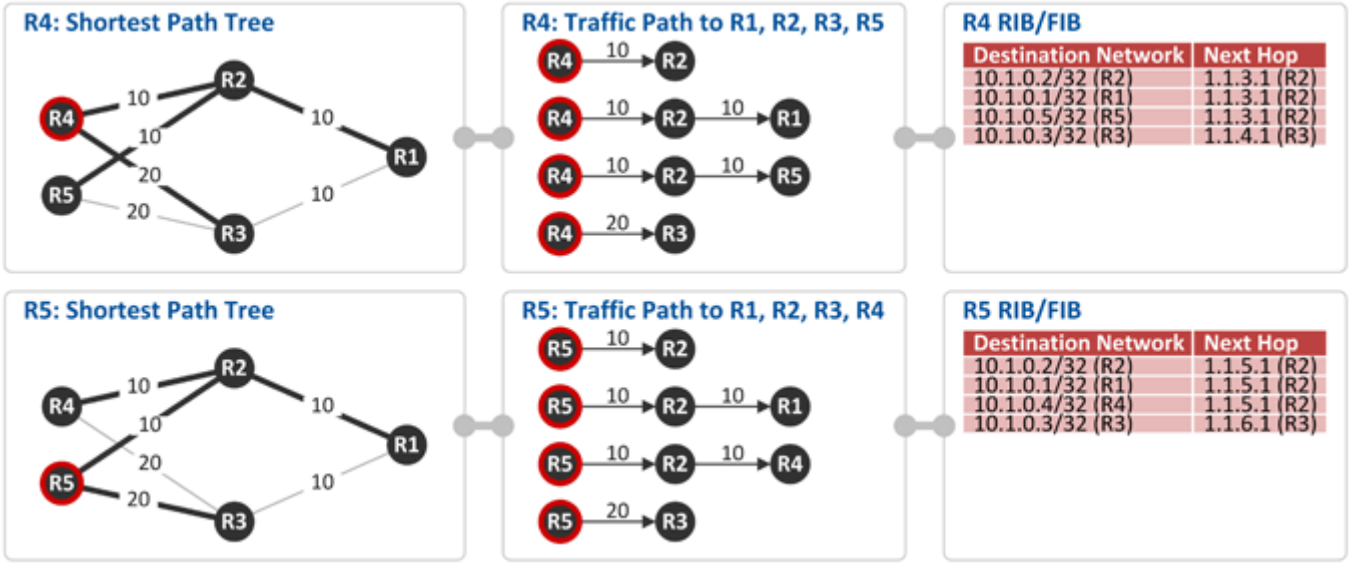
OSPF 토폴로지 (8)

- Shortest Path Tree 구성하기



OSPF 토폴로지 (9)

- Shortest Path Tree 구성하기 (계속)



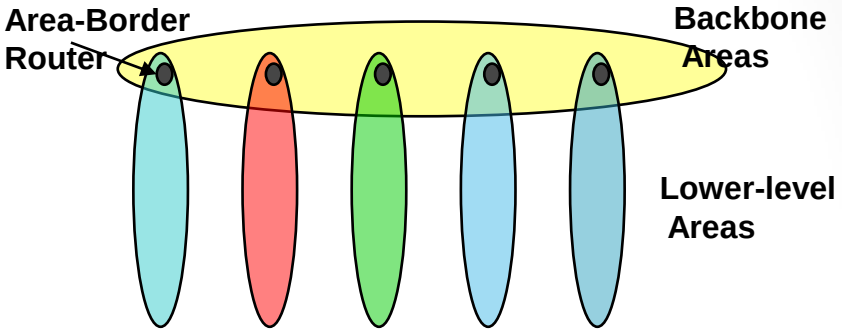
- 그림 출처 : OSPF 쉽게 이해하기 (1편: Shortest Path Tree 토폴로지 생성 절차)
  http://www.netmanias.com/ko/?m=view&id=blog&no=5476

외부 라우팅 프로토콜

- 외부 라우팅 프로토콜에서 사용하는 경로 벡터(Path Vector)는 경로에 관한 거리 정보 값이 필요 없는 방식
- 내부 라우팅 프로토콜과의 차이
  - 거리(비용)에 대한 처리 과정이 없음
  - 목적지 네트워크에 도착하기 위한 자율시스템에 대한 내용만 포함
- BGP(Border Gateway Protocol)
  - 인터넷에서 많이 사용
  - 서로 다른 종류의 자율시스템 간 정보 교환 가능
  - TCP를 이용하여 정보 교환
  - 메시지 종류
    - Open
      - 연관(Relationship) 생성
    - Update
      - 경로 관련 정보 전달
    - KeepAlive
      - Open에 대한 응답 기능과 주기적인 연관 확인 기능
    - Notification
      - 오류 상태 통보

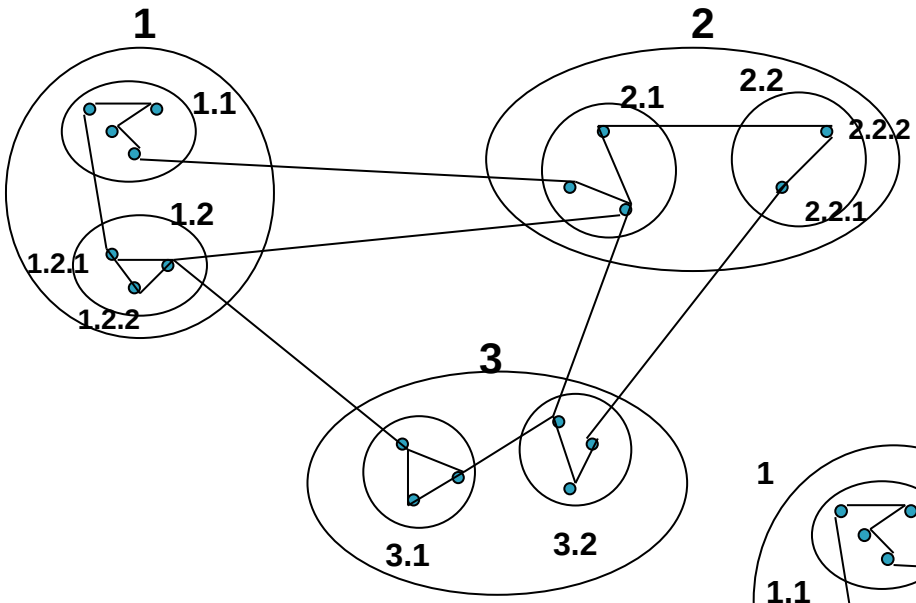
BGP (1)

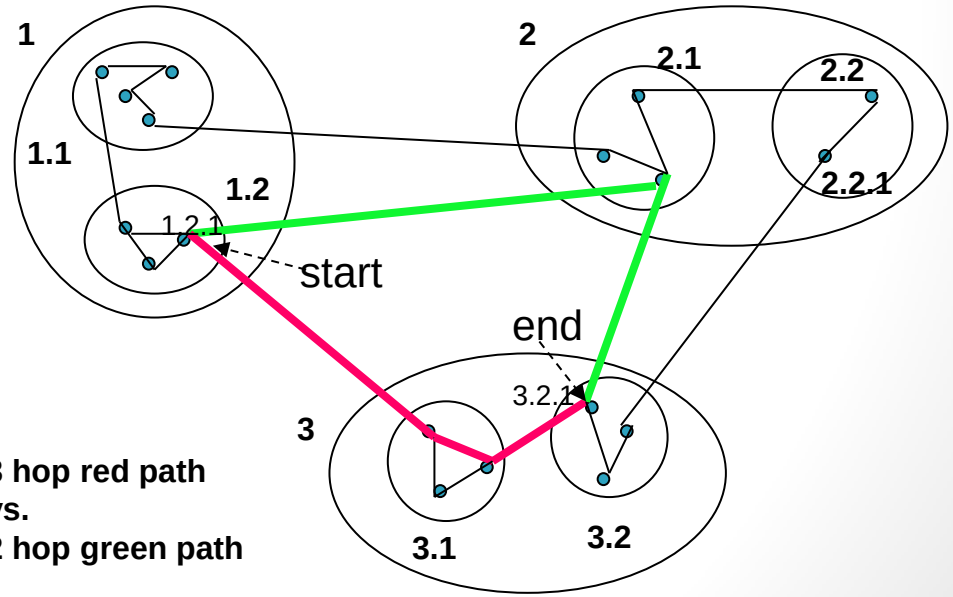
- 계층적 라우팅 필요성
  - 평면적 라우팅은 확장이 어려움
    - 저장 공간, 합의에 도달하는 시간, 통신
  - 목적지에 이르는 거리가 멀수록 더 적은 정보를 이용하는 것이 타당
  - 해결 방안 : 영역 계층구조 (Area Hierarchy)
- 영역(area)
  - 망을 영역들로 분할
    - 각 영역에 서브-영역 존재 가능
  - 망 노드는 계층적 주소 부여



- 영역 내부
  - 각 노드는 다른 노드로 가는 경로 보유
- 영역 외부
  - 각 노드는 다른 top-level 영역으로 가는 경로만 보유
  - 영역 간 패킷은 적절한 border router에게 전달

BGP (2)

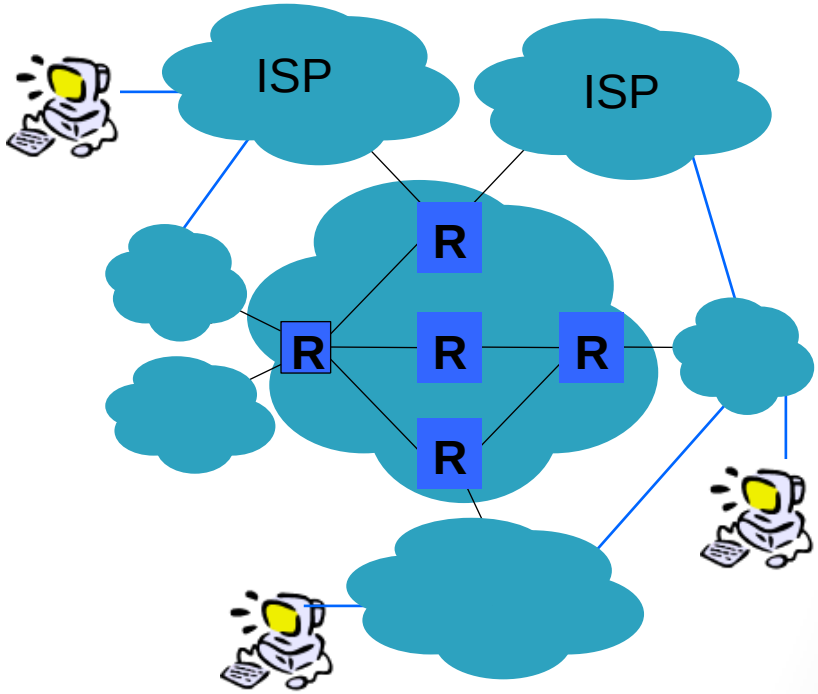




3 hop red path
vs.
2 hop green path

BGP (3)

- Logical View of the Internet
  - After looking a RIP/OSPF descriptions
    - End-hosts connected to routers
    - Routers exchange messages to determine connectivity
  - NOT TRUE!

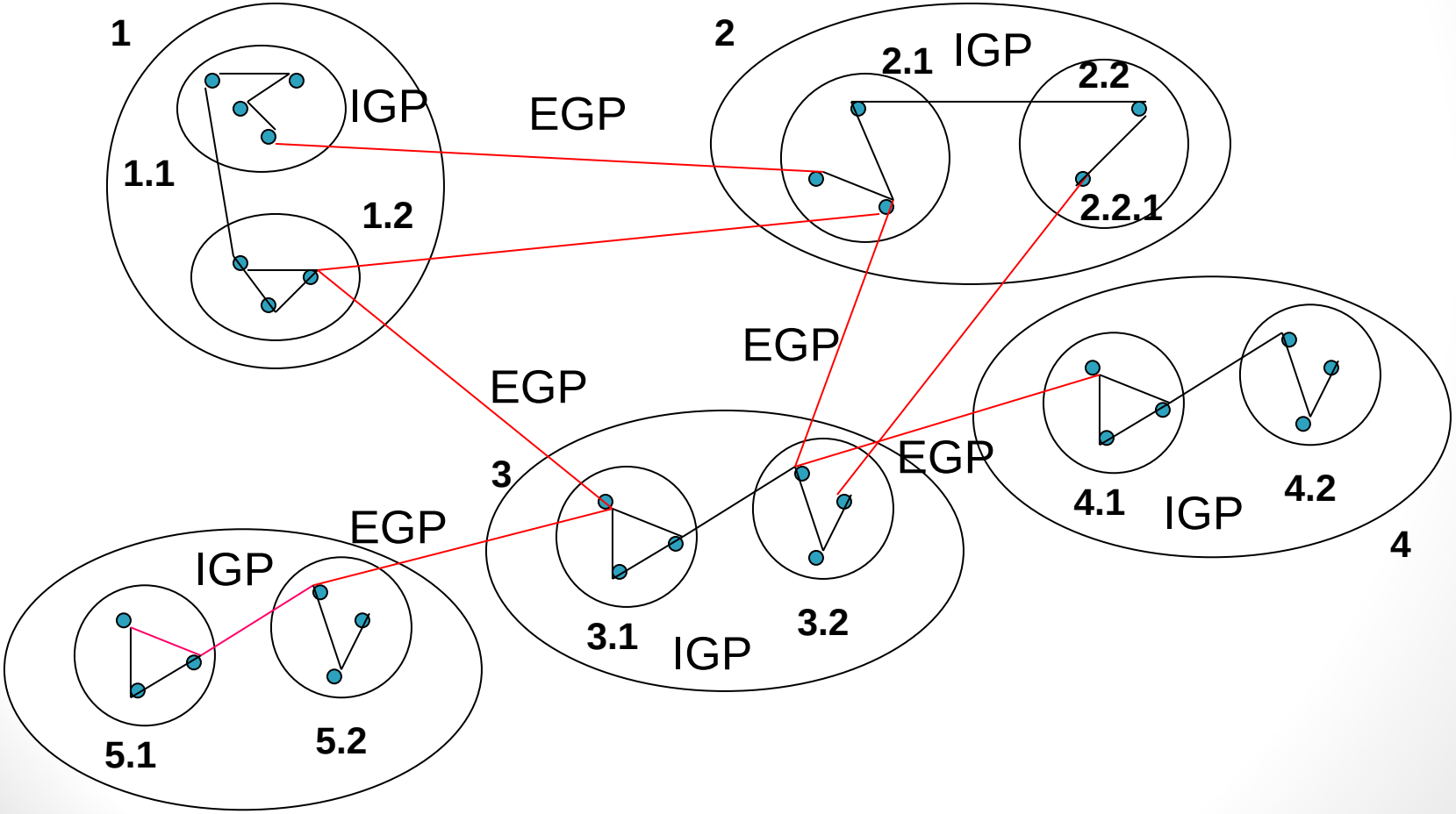


BGP (4)

- 인터넷의 영역 계층구조
  - 자율시스템 (AS: Autonomous System)
    - 하나의 기술적 관리 하에 있는 라우터들의 집합
      - AS 안에서는 IGP(interior gateway protocol)와 패킷을 전달하기 위한 공통 메트릭 이용
      - 다른 AS로 전달하기 위해서는 EGP(exterior gateway protocol) 사용
    - 가끔 하나의 AS안에서 여러 IGP를 이용할 수도 있지만, 외부에는 하나의 AS로만 인식됨
  - 각 AS는 유일한 ID 할당
    - 16 bit values
    - 64512 through 65535 are “private”
    - 예 :
      - MIT: 3
      - JANET: 786
      - AT&T: 7018, 6341, 5074, …
      - Sprint: 1239, 1240, 6211, 6242, …
  - AS는 피어(peer) 역할

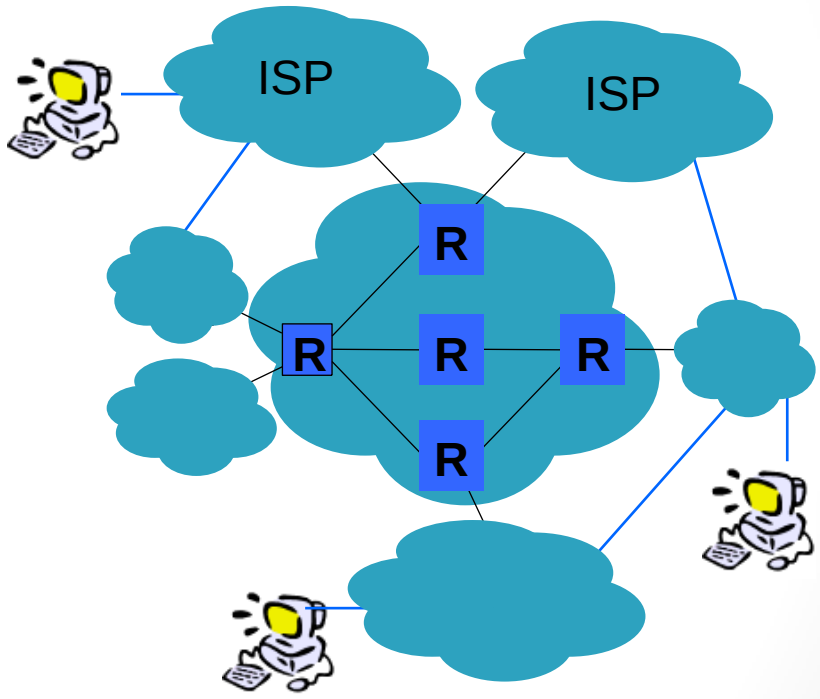
BGP (5)

- 예


1
IGP
1.1
1.2
EGP
2
2.1
IGP
2.2
2.2.1
EGP
EGP
EGP
3
3.1
IGP
3.2
EGP
4
4.1
IGP
4.2
EGP
IGP
5.1
5.2

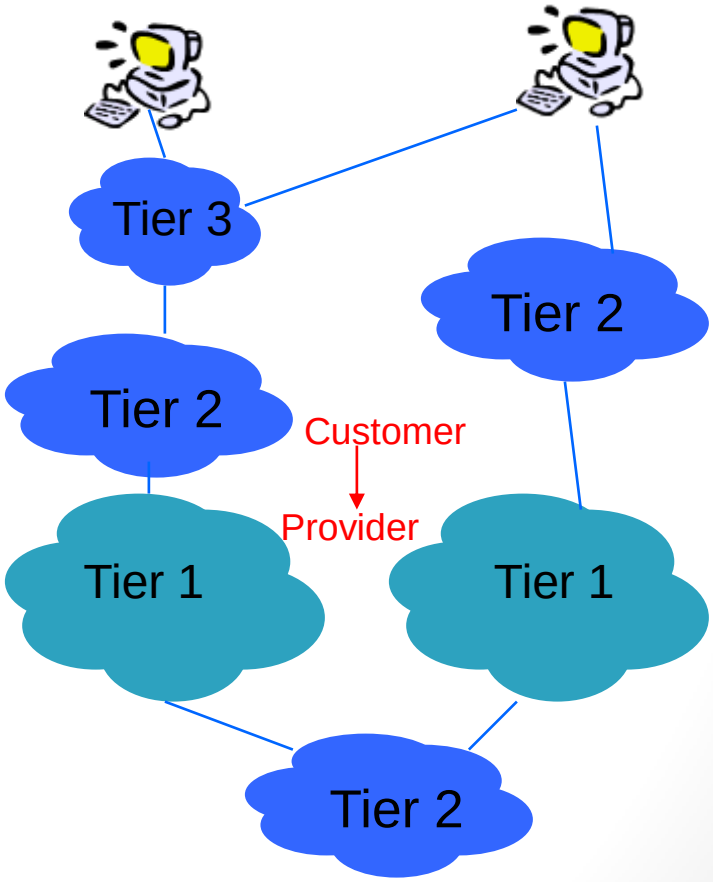
BGP (6)

- Logical View of the Internet (계속)
  - RIP/OSPF not very scalable → area hierarchies
  - NOT TRUE EITHER!
  - ISP's aren't equal
    - Size
    - Connectivity



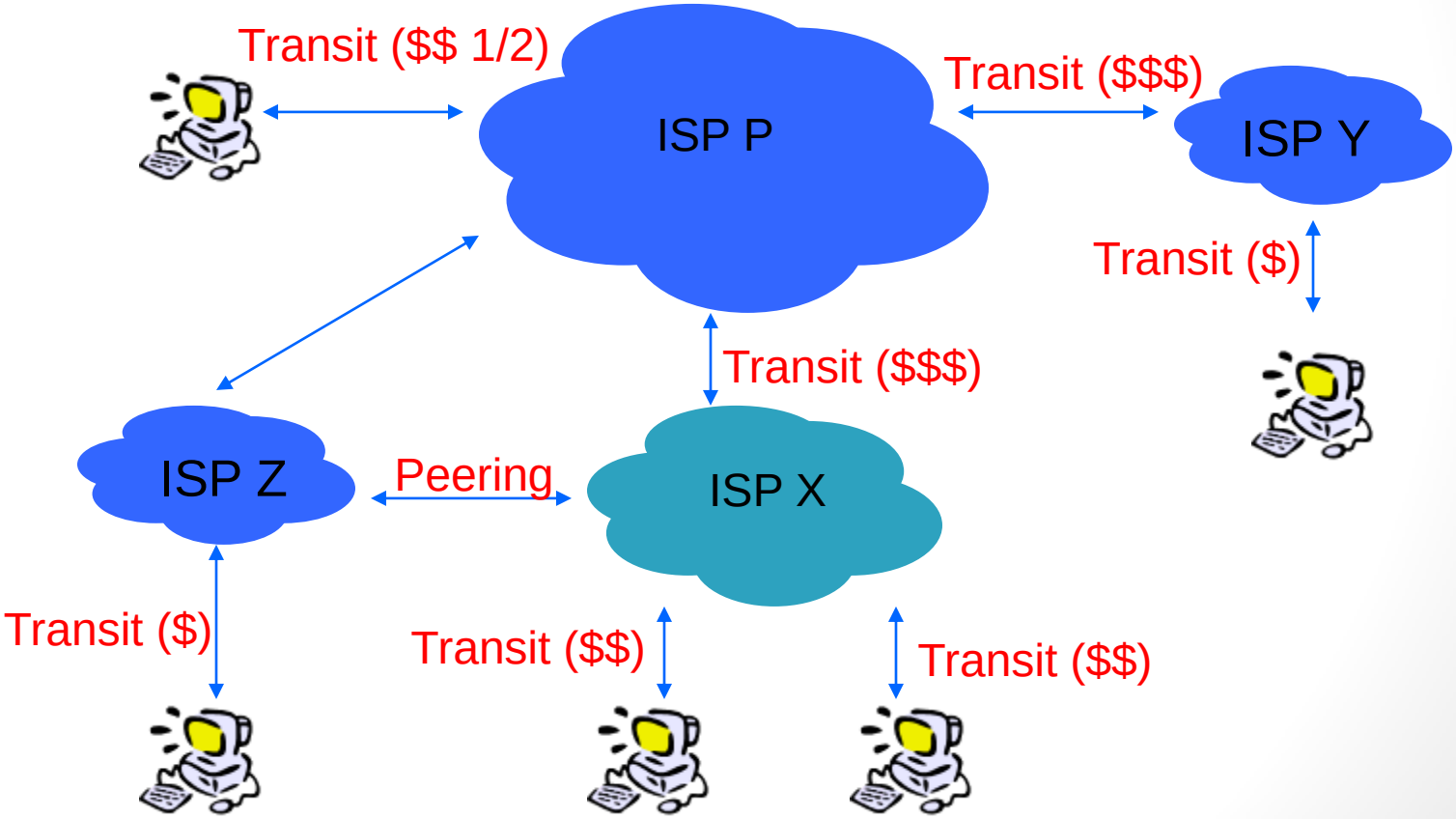
BGP (7)

- Logical View of the Internet (계속)
  - Tier 1 ISP
    - “Default-free” with global reachability info
  - Tier 2 ISP
    - Regional or country-wide
  - Tier 3 ISP
    - Local



BGP (8)

- Transit vs. Peering



BGP (9)

- Choices
  - Link state or distance vector?
    - No universal metric – policy decisions
  - Problems with distance-vector:
    - May not converge
  - Problems with link state:
    - Metric used by routers not the same – loops
    - LS database too large – entire Internet
    - May expose policies to other AS's
- Solution: Distance Vector with Path
  - Each routing update carries the entire path
  - Loops are detected as follows:
    - When AS gets route check if AS already in path
      - If yes, reject route
      - If no, add self and (possibly) advertise route further
  - Advantage:
    - Metrics are local - AS chooses path, protocol ensures no loops

BGP (10)

- Interconnecting BGP Peers
  - BGP uses TCP to connect peers
  - Advantages:
    - Simplifies BGP
    - No need for periodic refresh - routes are valid until withdrawn, or the connection is lost
    - Incremental updates
  - Disadvantages
    - Congestion control on a routing protocol?
    - Poor interaction during high load
- Hop-by-hop Model
  - BGP advertises to neighbors only those routes that it uses
    - Consistent with the hop-by-hop Internet paradigm
    - e.g., AS1 cannot tell AS2 to route to other AS's in a manner different than what AS2 has chosen (need source routing for that)