2021/08/28, 2021 네트워크 기초 세미나

TCP/IP 완벽 가이드

- Ⅱ-7부 TCP/IP 라우팅 프로토콜 -

발표자 : 이 태 양(taeyang@pel.sejong.ac.kr)

세종대학교 프로토콜공학연구실

목 차

- 라우팅 프로토콜 개념
- 라우팅 정보 프로토콜 (RIP)
- 최단 경로 우선 프로토콜 (OSPF)
- 경계 경로 프로토콜 (BGP)
- 기타 라우팅 프로토콜

라우팅 프로토콜

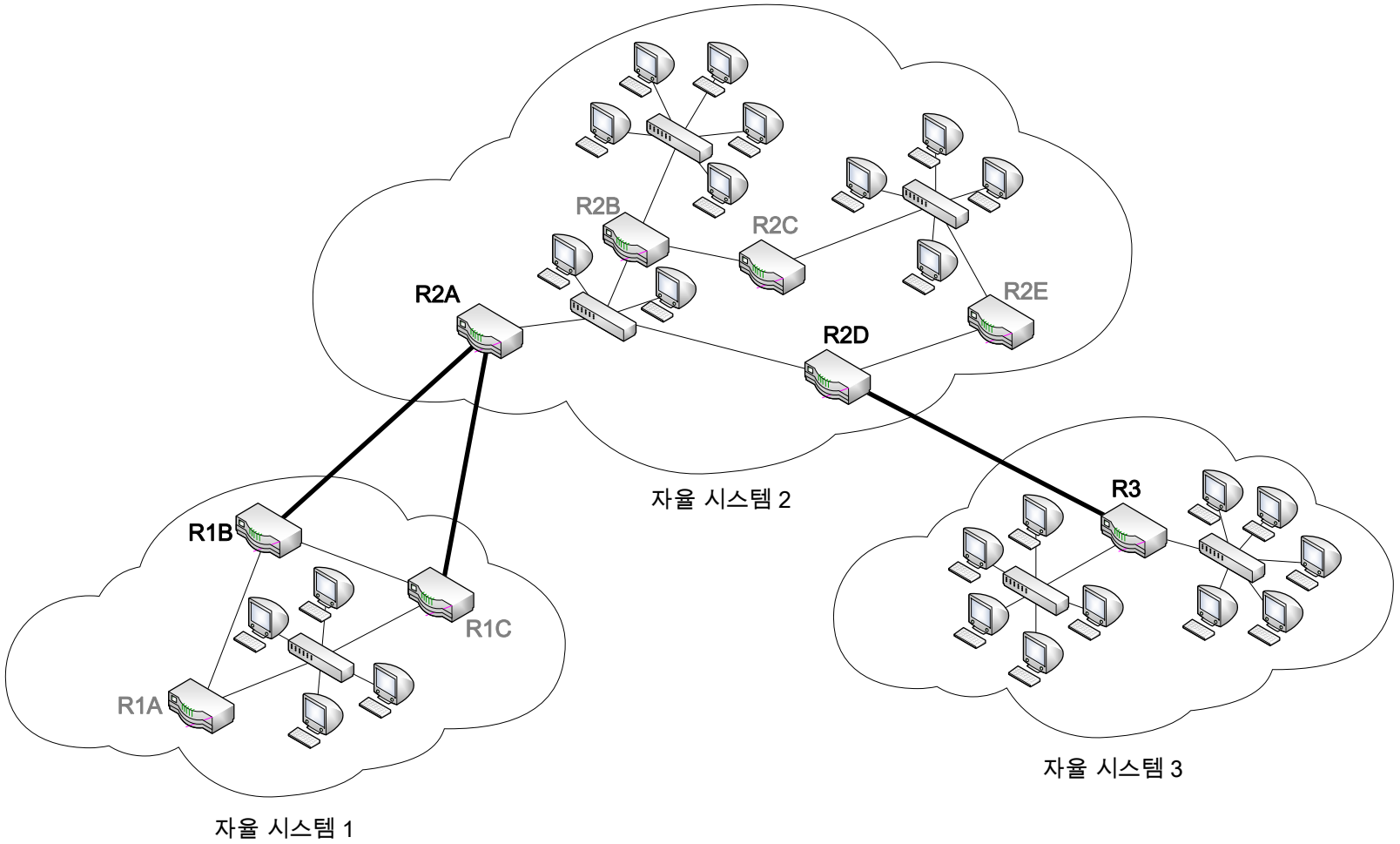
- 정의
  - 라우터 간 통신 방식을 규정하는 통신 규약
- 구조
  - 핵심 구조
    - 중앙 관리식 구조
    - 구성 요소
      - 핵심 라우터
        - 인터넷에서 라우터 간 정보를 교환하는 라우터
        - 게이트웨이 간 프로토콜(GGP, Gateway-to-Gateway Protocol)을 사용
      - 비핵심 라우터
        - 단일 네트워크를 핵심 라우터에 연결하는 라우터
        - 외부 게이트웨이 프로토콜(EGP, Exterior Gateway Protocol)로 비핵심 라우터와 핵심 라우터 간의 정보를 교환

라우팅 프로토콜

- 구조
  - 자율 시스템 (AS, Autonomous System) 구조
    - 라우팅 관리를 위해 AS 그룹으로 라우터를 나눈 구조
    - 탈중앙 관리식 구조
      - 특정 기관이나 관리 기구에서 독립적으로 AS를 관리
    - 라우터 종류
      - 내부 라우터 (Internal Router)
        - AS 내부에서 라우팅 정보를 교환하는 라우터
        - 내부 라우팅 프로토콜을 사용
      - 경계 라우터 (Border Router)
        - AS 내부 라우터뿐만 아니라 다른 AS에 있는 라우터와 통신하는 라우터
        - 내부 라우팅 프로토콜과 외부 라우팅 프로토콜 모두 사용

라우팅 프로토콜

- 구조
  - 자율 시스템 (AS, Autonomous System) 구조



라우팅 프로토콜

- 구분 기준
  - 라우팅 프로토콜은 알고리즘과 척도(Metric)을 통해 구분
    - 알고리즘
      - 프토토콜이 네트워크 간의 최적의 경로를 결정하거나 라우팅 정보를 공유하는 방법
        - e.g., 거리 벡터(벨만 포드) 라우팅 프로토콜 알고리즘, 링크 상태(최단 경로 우선) 라우팅 프로토콜 알고리즘
    - 척도
      - 특정 경로의 효율을 측정할 때 사용하는 값 (비용)

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

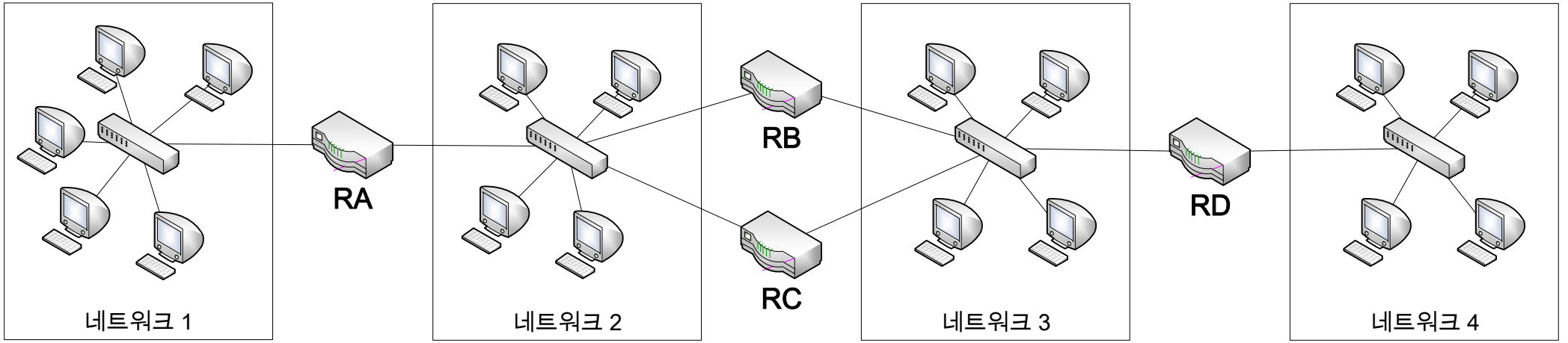
- 라우팅 정보 프로토콜 (RIP, Routing Information Protocol)
  - 거리 기반 벡터 알고리즘을 기반으로한 라우팅 프로토콜
    - AS 내의 다양한 네트워크에 도착하는 방법과 거리를 홉 수로 라우팅 테이블에 저장하는 방식
  - 특징
    - 직관적이고 구현하기가 쉬움
    - 라우터 처리 시간이 짧음
    - 작은 자율 시스템에 적합
    - 느린 수렴 속도
    - 최대 거리가 15홉으로 한정됨

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 경로 결정 알고리즘과 척도
  - 정기적으로 라우팅 테이블 항목을 교환하여 라우팅 테이블을 갱신
    - 라우팅 테이블 정보
      - 네트워크나 호스트의 주소
      - 라우터에서 네트워크나 호스트까지의 거리
      - 라우터가 데이터를 처음으로 보내야하는 홉
  - 경로 거리 척도
    - 홉 수로 거리를 측정
    - 최대 15홉
  - 경로 결정 알고리즘
    - 이웃 라우터의 경로 비용(N) 메시지를 받은 라우터의 경로 비용은 N+1

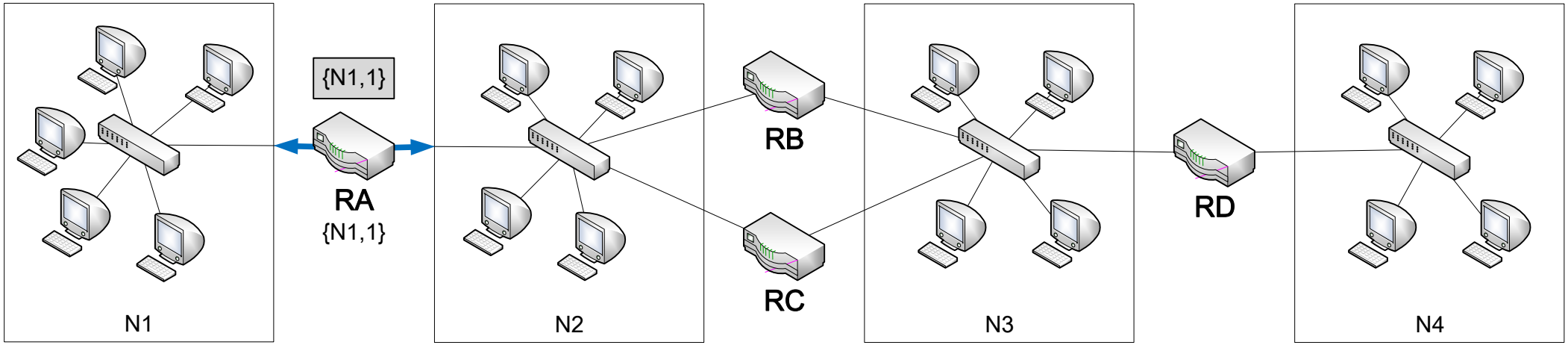
라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 경로 결정과 정보 전파 예시
  - 라우터 RA는 네트워크 N1과 네트워크 N2에 연결됨
  - 라우터 RB와 라우터 RC는 네트워크 N2와 N3에 연결됨
  - 라우터 RD는 네트워크 N3과 N4에 연결됨

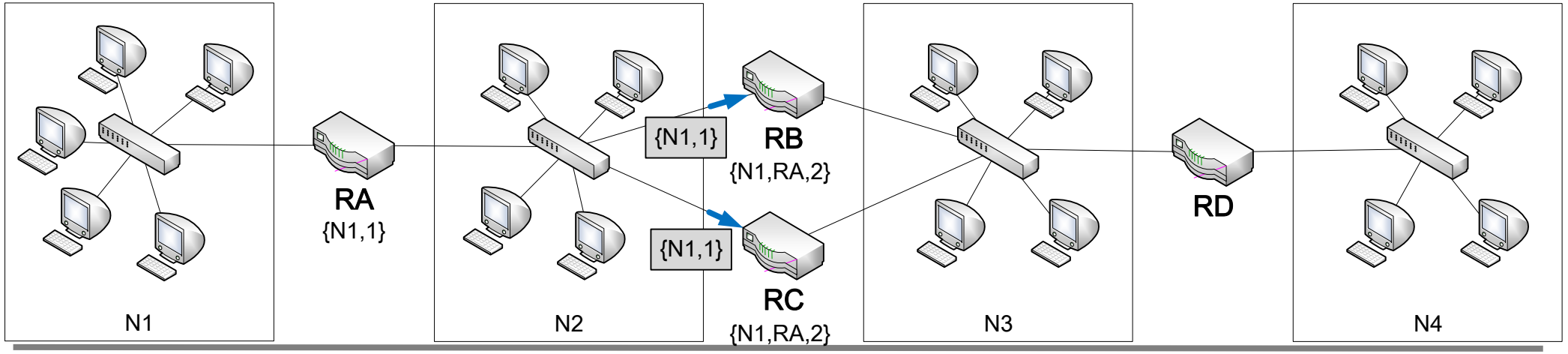


라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 경로 결정과 정보 전파 예시
  - #1

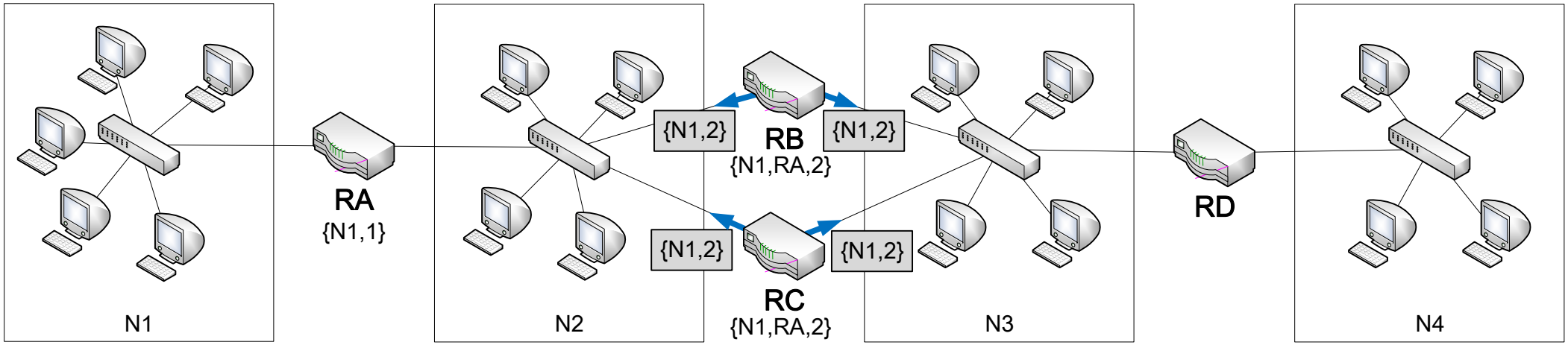


  - #2

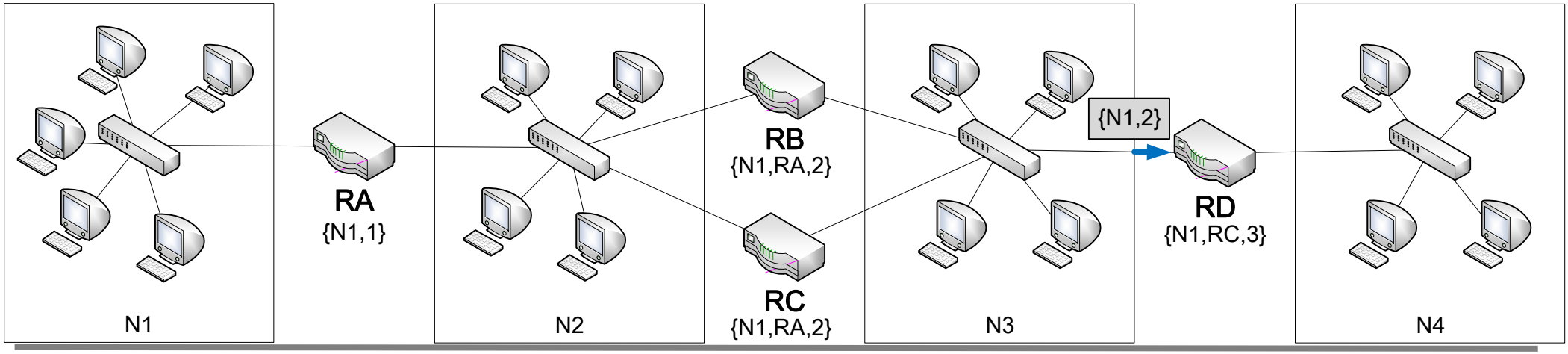


라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 경로 결정과 정보 전파 예시
  - #3

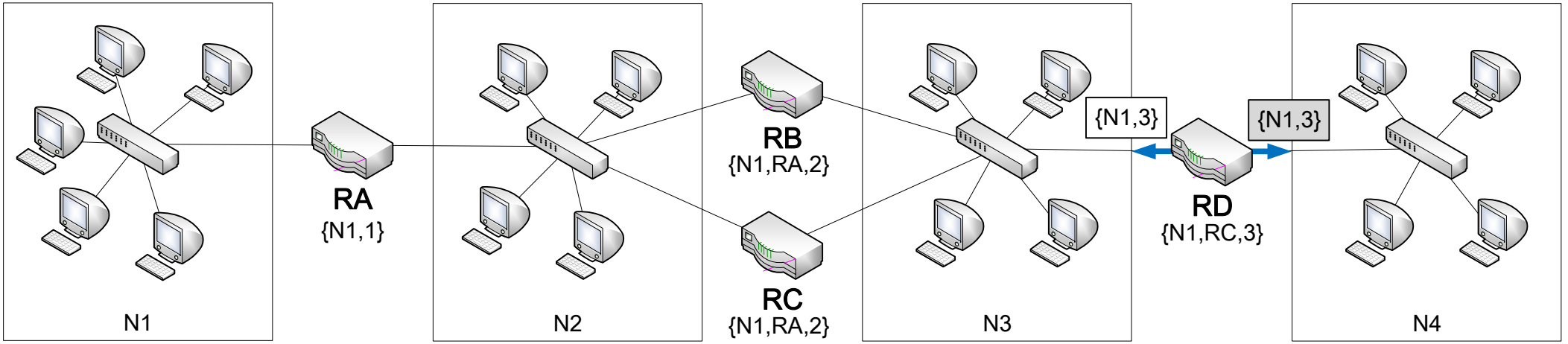


  - #4



라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 경로 결정과 정보 전파 예시
  - #5



라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 기본 경로
  - 모르는 네트워크로 데이터를 전송할 때 사용하는 경로
    - e.g., AS를 공개 인터넷에 연결하는 라우터가 하나인 경우
    - 더미(Dummy) 네트워크 주소 (0.0.0.0)을 사용
- 동작 방식
  - 메시지 유형
    - RIP 요청 (RIP Request)
      - 라우터가 다른 라우터의 라우팅 테이블의 일부나 전체를 요청하는 메시지
    - RIP 응답 (RIP Response)
      - 라우팅 테이블의 일부나 전체를 전송하는 메시지
      - 최신 경로 유지를 위해 사용되는 메시지

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

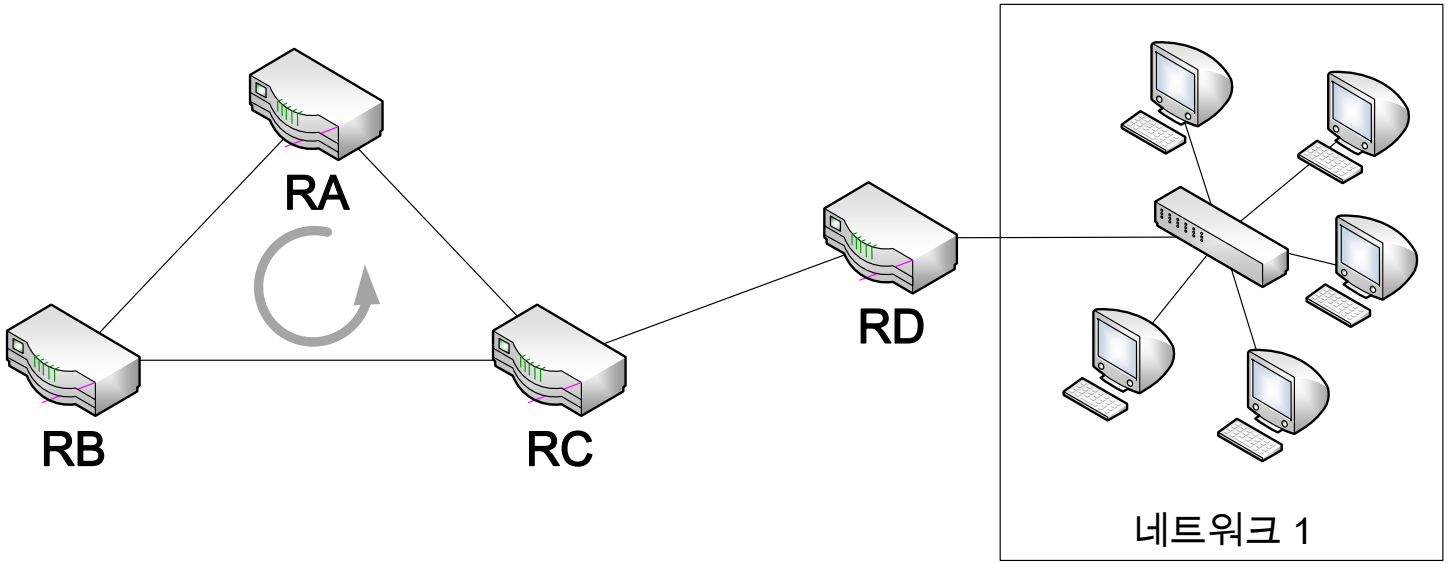
- 동작 방식
  - 타이머
    - 30초 타이머
      - 경로 정보의 주기적 공유를 통해 최신 경로를 유지하도록 하는 타이머
      - RIP 요청 메시지가 없더라도 타이머가 만료되면 RIP 응답 메시지를 브로드캐스트 또는 멀티캐스트함
      - 30초를 타이머 기본값으로 가짐
    - 만료 (Timeout) 타이머
      - 사용되지 않는 경로에 대한 정보를 처리하기 위한 타이머
      - 경로가 라우팅 테이블에 저장되는 시간을 한정
      - 해당 경로에 대한 RIP 응답 메시지를 더 이상 수신하지 않을 경우 타이머는 만료됨
      - 180초를 타이머 기본값으로 가짐

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 동작 방식
  - 타이머
    - 가비지 콜렉션 (Garbage-Collection) 타이머
      - 유효하지 않은 경로가 제거되기까지 일정 시간을 유예하는 타이머
      - 120초를 타이머 기본값으로 가짐
      - 두 단계로 동작
        1. 홉 수를 16으로하여 경로 사용이 불가능함을 주변 라우터에게 알림
        2. 가비지 콜렉션 타이머가 만료되면 경로 삭제
      - 타이머 만료 전 해당 경로에 대한 새 RIP 응답 메시지를 수신한 경우 가비지 콜렉션 타이머를 없애고 30초 타이머 시작

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

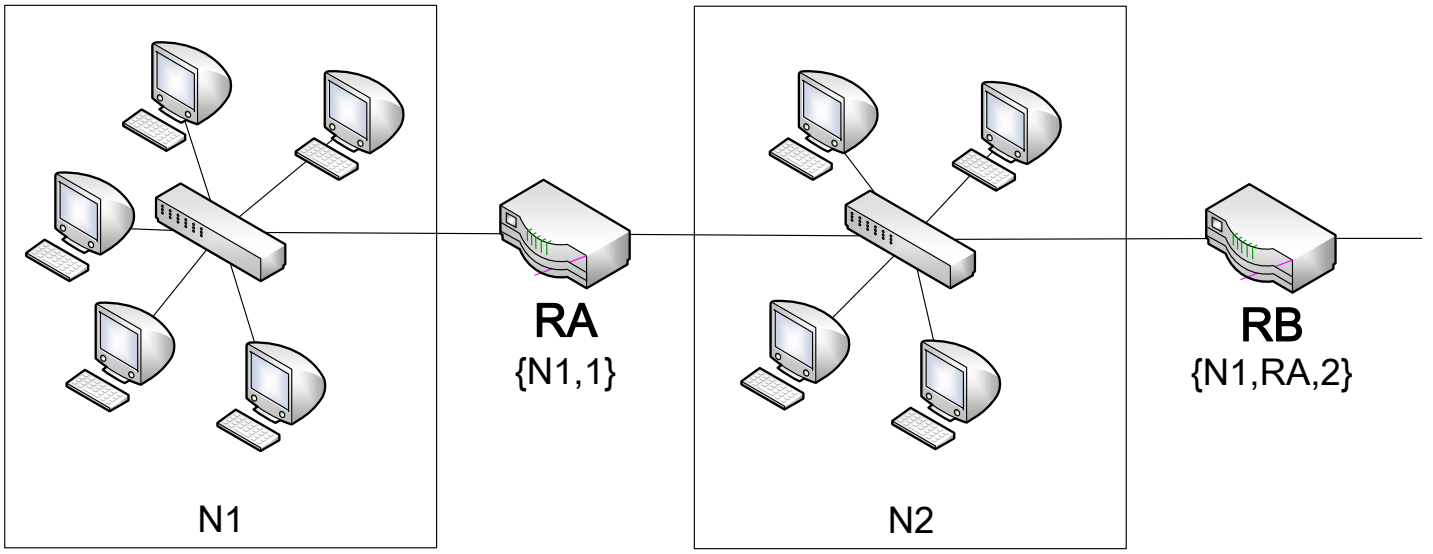
- 한계
  - RIP 알고리즘 관련 문제
    - 느린 수렴
      - 모든 라우터가 동일한 정보를 갖기까지 오랜 시간이 걸리는 문제
    - 라우팅 루프
      - 패킷이 목적지를 찾지 못하고 순환하는 현상



라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

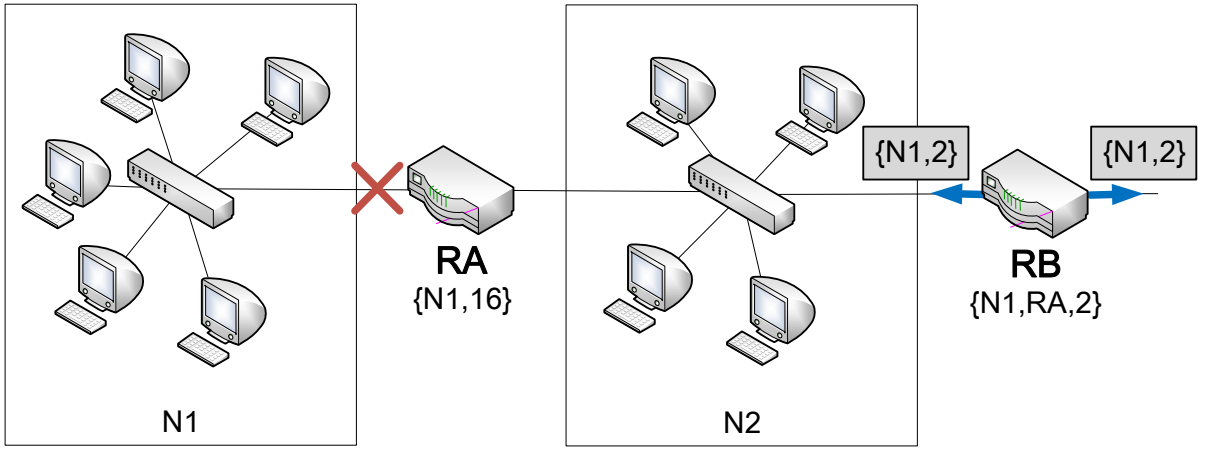
- 한계
  - RIP 알고리즘 관련 문제
    - 무한 세기 (Counting to Infinity)
      - 느린 수렴으로 잘못된 경로 정보를 교환하는 라우팅 루프에 의해 목적지에 대한 비용값이 16까지 증가하는 것

      - #1

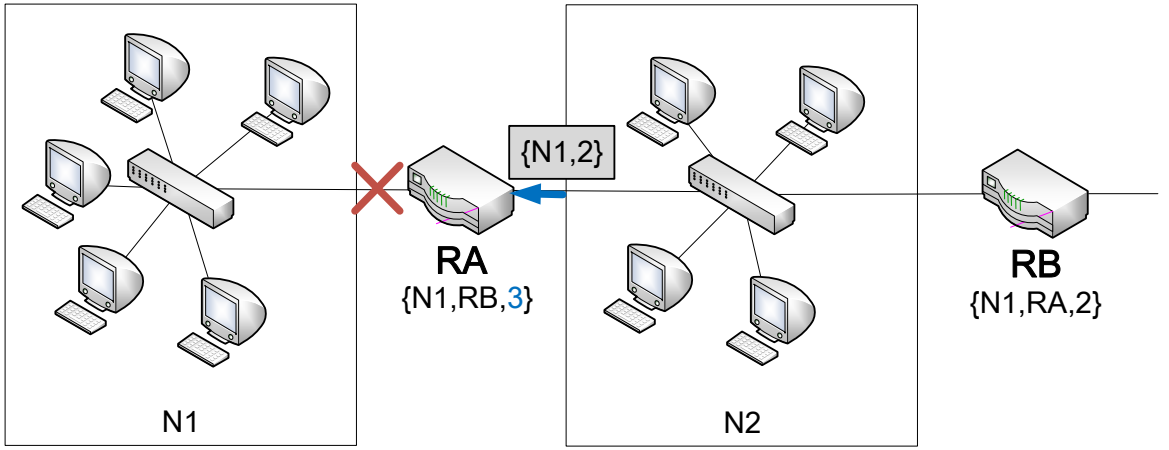


라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 한계
  - RIP 알고리즘 관련 문제
    - 무한 세기 (Counting to Infinity)
      - #2

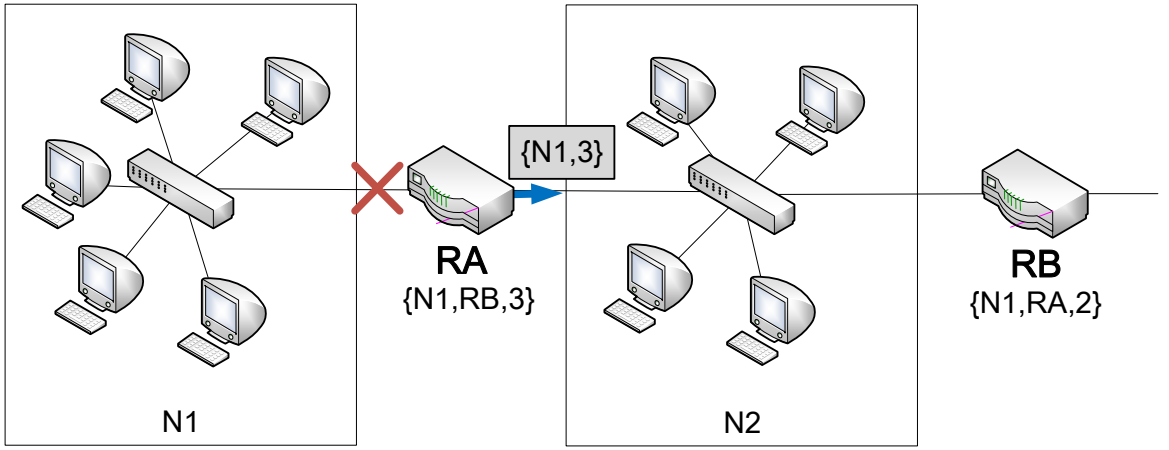


      - #3

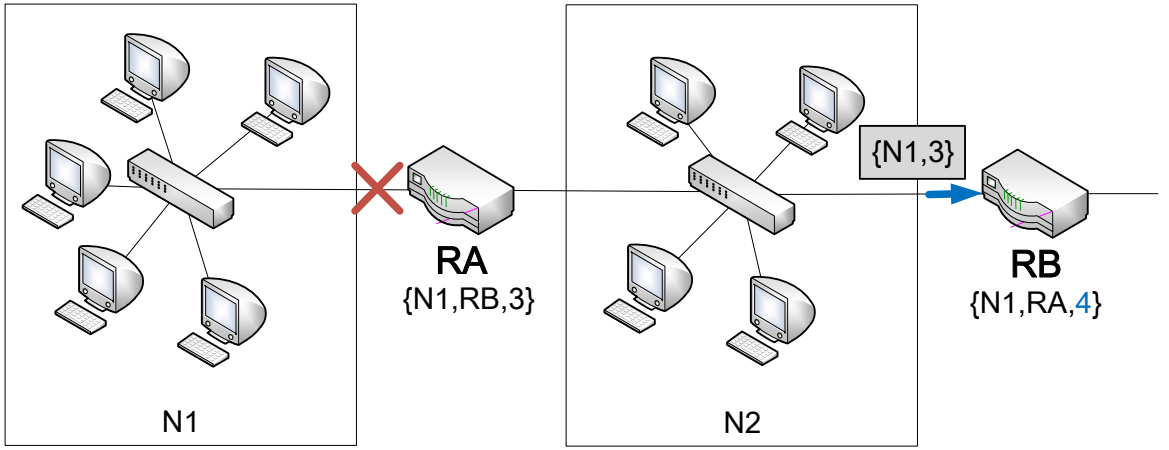


라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 한계
  - RIP 알고리즘 관련 문제
    - 무한 세기 (Counting to Infinity)
      - #4



      - #5



라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 한계
  - RIP의 알고리즘 관련 문제
    - 작은 무한값
      - 느린 수렴 문제를 줄이기 위해 무한값으로 작은 값을 사용하는 것
      - 네트워크 간의 라우터 수를 한정하여 유연한 네트워크 확장이 불가
  - RIP의 척도 문제
    - 홉 수를 거리 척도로 사용
      - 홉 수는 네트워크 간에 트랜젝션 비용을 제대로 반영하지 못함
        - 홉 수와 데이터그램이 경로를 지나는 동안 걸리는 시간과는 거의 관계가 없음
    - 동적 척도 제공의 어려움
      - 실시간 데이터를 바탕으로 최적의 경로 계산이 어려움

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 해결책
  - 수평 분할
    - 무한 세기 문제의 해결책
    - RIP 응답 메시지를 송신할 때 해당 경로 정보를 습득한 인터페이스로 경로 정보를 보내지 않는 방식
  - 포이즌 리버스 (Poison Reverse) 수평 분할
    - 기존 수평 분할을 개선한 방식
    - 무한 세기 문제의 해결책
    - 경로 정보를 습득한 인터페이스로 RIP 응답 메시지를 보낼 때, 척도를 16으로 설정하는 방식

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 해결책
  - 트리거 갱신
    - 느린 수렴 문제의 해결책
    - 경로 척도가 변경된 경우 즉시 RIP 응답 메시지를 인접 라우터에게 송신하는 방식
    - 트래픽 급증의 방지를 위해 1~5초 지연 시간을 둠
  - 홀드 다운 (Hold Down)
    - 정보 갱신을 일정 시간(60~120초) 유보시키는 것
    - 네트워크의 상태 변화가 전체 망에 전달될 수 있을 정도로 충분한 시간을 값으로 가짐
    - 네트워크 장애시 잘못된 정보로 인해 라우팅 루프가 발생하는 것을 방지할 수 있음

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 버전별 메시지 포맷
  - RIP-1
    - 메시지 유형
      - RIP 요청 메시지
        - 목적지 포트로 UDP 520번 사용
        - 출발지 포트로 520번 또는 임시 (Ephemeral) 포트 번호를 사용
      - RIP 응답 메시지
        - 목적지 포트로 RIP 요청 메시지에서 사용된 출발지 포트값 사용
        - 출발지 포트로 520번 사용
        - 요청없이 송신될 때, 출발지와 목적지 포트 모두 520번 사용

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 버전별 메시지 포맷
  - RIP-1
    - 메시지 포맷

필드명	크기 (바이트)	설명
명령	1	명령 유형 1 : RIP 요청 2 : RIP 응답
버전	1	RIP 버전
0	2	예약된 필드
RIP 항목	20에서 500까지 20바이트씩 증가	라우팅 정보

하위 필드명	크기 (바이트)	설명
주소 유형 식별자	2	주소 유형 식별 IP의 필드 값 = 2
0	2	예약된 필드
IP 주소	4	라우터가 정보를 전달하는 경로의 주소
0	4	예약된 필드
0	4	예약된 필드
척도	4	IP 주소 필드가 지정하는 네트워크까지의 홉 수

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 버전별 메시지 포맷
  - RIP-2
    - 특징
      - 클래스 비사용 주소지정 지원과 서브네 마스크 명세
        - 주소 항목에 서브넷 마스크를 추가하여 서브넷을 지원
      - 다음 홉 명세
        - 다음 홉 라우터를 명시적으로 알려 라우팅 효율을 높임
      - 인증
        - 인증 기능으로 라우터의 신원을 확인함
      - 경로 태그
        - 경로에 대한 추가 정보를 전달할 수 있음
        - 정보의 출처인 AS 식별 가능
      - 멀티캐스팅 사용
        - 요청 받지 않은 RIP 응답 메시지 전송 시 멀티캐스트를 사용하여 네트워크 부하를 줄임

라우팅 정보 프로토콜 (RIP)

- 버전별 메시지 포맷
  - RIP-2
    - 메시지 포맷

필드명	크기 (바이트)	설명
명령	1	명령 유형 1 : RIP 요청 2 : RIP 응답
버전	1	RIP 버전
0	2	예약된 필드
라우팅 테이블 항목	20에서 500까지 20바이트씩 증가	라우팅 정보

하위 필드명	크기 (바이트)	설명
주소 유형 식별자	2	주소 유형 식별 IP의 필드 값 = 2
경로 태그	2	경로에 대한 추가 정보
IP 주소	4	라우터가 정보를 전달하는 경로의 주소
서브넷 마스크	4	이 주소에서 사용하는 서브넷 마스크
다음 홉	4	다음 홉 장비의 주소
척도	4	IP 주소 필드가 지정하는 네트워크까지의 홉 수

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 동작 원리
  - 라우터가 인터네트워크의 토폴로지와 상태에 대한 정보를 관리하는 데이터베이스를 가짐
    - 링크 상태 데이터베이스 (LSDB, Link-State Database)
      - AS의 현재 상태 정보가 방향 그래프 형태로 저장됨
      - 데이터가 이동하는 링크를 항목으로 가짐
      - 각 링크는 링크의 척도 (비용)에 대한 정보를 저장
      - 각 라우터가 연결된 라우터들과 접근 가능한 네트워크를 식별하는 데 사용됨
  - 라우터는 인터네트워크의 변경 시 상태 정보에 대한 갱신 메시지를 전송
    - 링크 상태 광고 (LSA, Link-State Advertisement)
      - 한 라우터가 다른 라우터에게 AS의 상태 정보를 공유할 때 사용되는 메시지

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 동작 원리
  - 갱신 메시지를 수신한 각 라우터는 최적 경로를 다시 계산
    - 최단 경로 트리
      - 다른 라우터나 네트워크 사이의 링크를 나타내는 구조
      - LSDB를 기반으로 형성됨
      - 동적으로 최적 경로를 계산하는 데 사용됨

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 특징
  - 규모가 큰 기관에 적합
  - 보안을 위한 인증 기능 지원
  - IP 주소 형태인 주소지정 방식을 지원
    - 클래스 다위 주소지정
    - 서브넷 클래스 주소 지정
    - 클래스 비사용 주소지정
  - AS의 규모에 따라 계층 토폴로지 구성 가능
  - RIP에 비해 상대적으로 복잡함

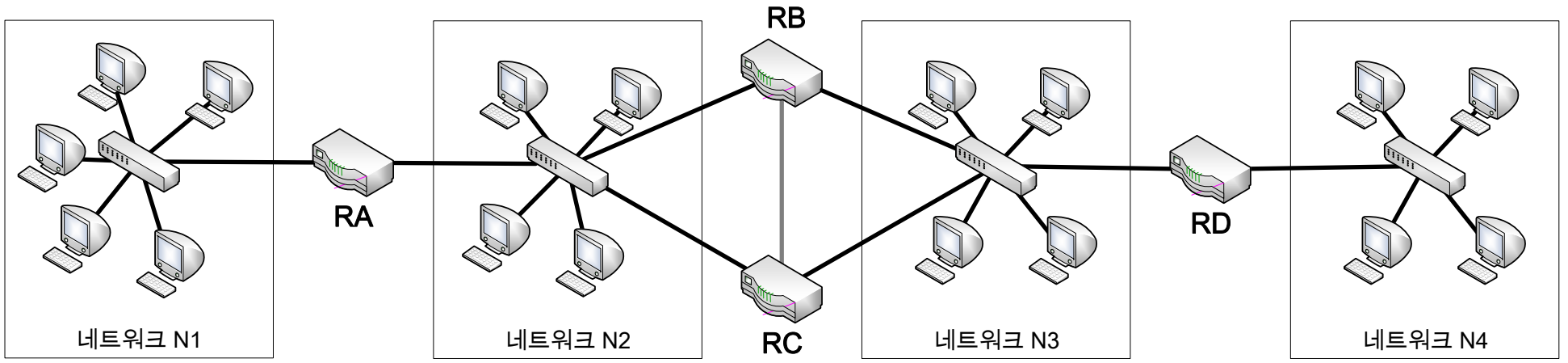
최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 토폴로지의 종류
  - 기본 토폴로지
    - 적은 라우터를 가지는 AS
    - AS 내에 있는 모든 라우터는 동등한 관계를 가짐
      - 모든 라우터가 전체 AS에 대한 정보를 관리
      - LSA가 포함된 갱신 메시지 교환을 통해 모든 라우터는 동일한 LSDB를 갖게됨

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 토폴로지의 종류
  - 기본 토폴로지
    - LSDB 예시
      - 표의 표기 및 기호
        - R은 라우터
        - N은 네트워크
        - '0'과 '●'은 경로 비용

목적 라우터/ 네트워크	출발 라우터				출발 네트워크			
	RA	RB	RC	RD	N1	N2	N3	N4
RA					0	0		
RB			●			0	0	
RC		●				0	0	
RD							0	0
N1	●							
N2	●	●	●					
N3		●	●	●				
N4				●				



최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

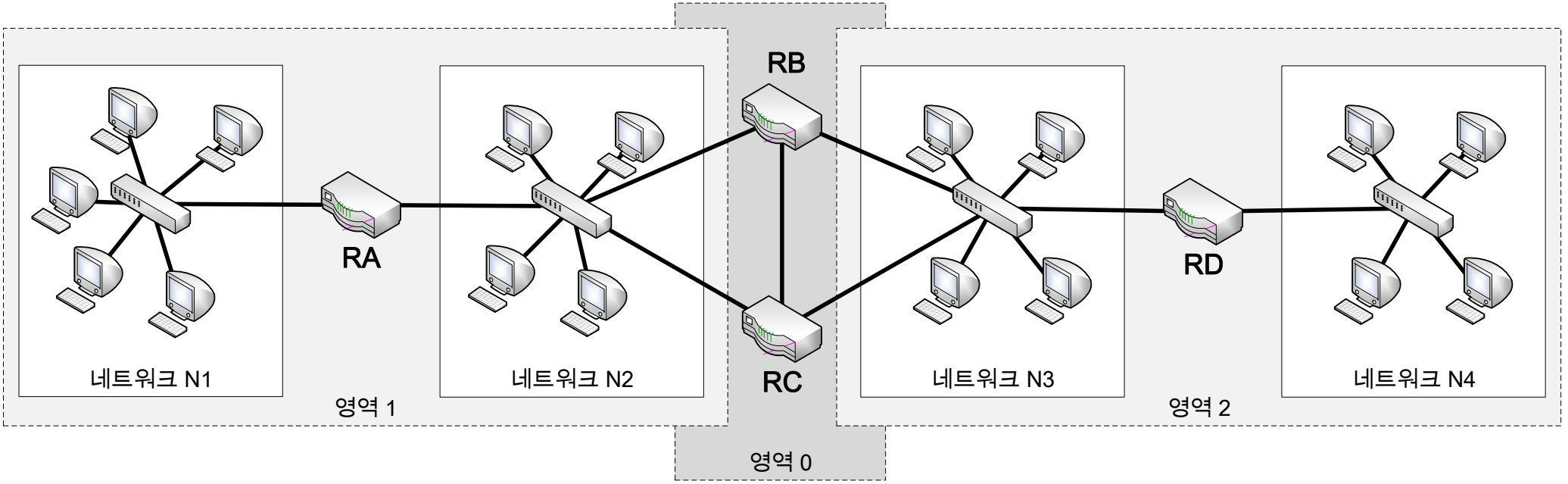
- 토폴로지의 종류
  - 계층 토폴로지
    - 규모가 큰 AS가 계층을 이루는 구조
      - 두 단계 계층 토폴로지를 가짐
      - 번호가 부여된 영역 별로 라우터가 독립적으로 관리됨
      - 각 영역의 라우터는 자신이 포함된 영역에 대한 개별 LSDB를 관리
    - 영역
      - 낮은 계층
        - 영역 내의 연결
      - 높은 계층 (백본, Backbone)
        - 영역을 연결하는 계층
        - 영역 번호로 0을 가짐

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 토폴로지의 종류
  - 계층 토폴로지
    - 계층에 따른 라우터 역할
      - 내부 라우터
        - 한 영역 내에 있는 라우터에만 연결됨
        - 한 영역에 대한 LSDB만을 관리
      - 영역 경계 라우터
        - 하나 이상의 영역에 연결된 라우터
        - 자신의 영역에 대한 LSDB와 백본을 관리
      - 백본 라우터
        - 영역 간에 라우팅 정보를 전달하는 라우터
        - 전체 AS에 대한 정보를 가진 라우터

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 토폴로지의 종류
  - 계층 토폴로지
    - 라우팅

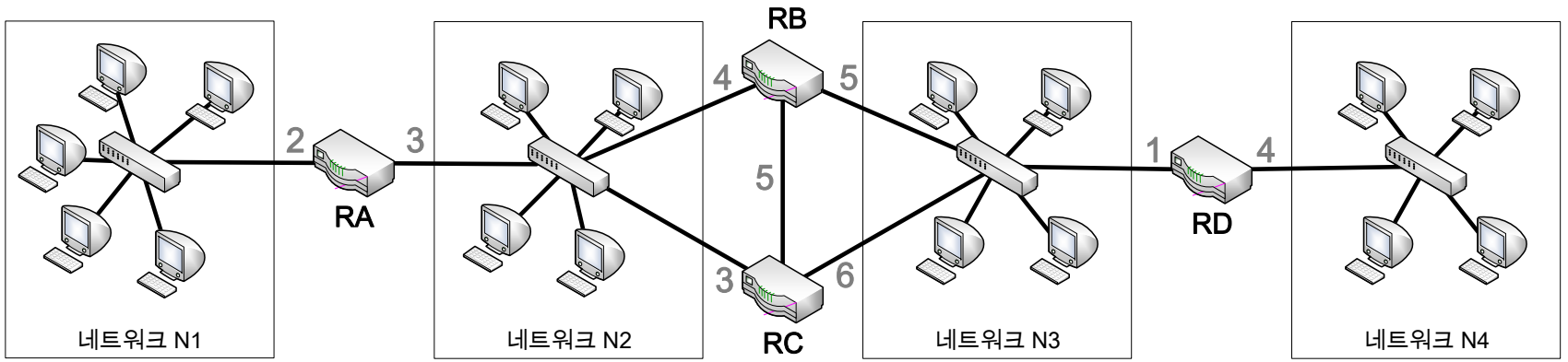


최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 최단 경로 우선 (SPF, Shortest Path First) 트리
  - LSDB의 정보에 따라 생성되어 동적으로 경로 비용을 계산하는 트리
    - 비용을 최소로 가지는 가장 짧은 경로를 보여줌

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 최단 경로 우선 (SPF, Shortest Path First) 트리
  - 예시



목적 라우터/ 네트워크	출발 라우터				출발 네트워크			
	RA	RB	RC	RD	N1	N2	N3	N4
RA					0	0		
RB			5			0	0	
RC		5				0	0	
RD							0	0
N1	2							
N2	3	4	3					
N3		5	6	1				
N4				4				

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 최단 경로 우선 (SPF, Shortest Path First) 트리
  - 예시
    1. RC와 직접 연결된 장비 탐색
       - RB : 비용 5
       - N2 : 비용 3
       - N3 : 비용 6

목적 라우터/ 네트워크	출발 라우터				출발 네트워크			
	RA	RB	RC	RD	N1	N2	N3	N4
RA					0	0		
RB			5			0	0	
RC		5				0	0	
RD							0	0
N1	2							
N2	3	4	3					
N3		5	6	1				
N4				4				

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 최단 경로 우선 (SPF, Shortest Path First) 트리
  - 예시
    2. 첫 번째 단계에서 탐색한 장비와 직접 연결된 장비 탐색
       - RB와 직접 연결된 장비
         - RC : 비용 5, 총 비용 : 10
         - N2 : 비용 4, 총 비용 : 9
         - N3 : 비용 5, 총 비용 : 10
       - N2와 직접 연결된 장비
         - RA : 비용 0, 총 비용 : 3
         - RB : 비용 0, 총 비용 : 3
         - RC : 비용 0, 총 비용 : 3
       - N3와 직접 연결된 장비
         - RB : 비용 0, 총 비용 : 6
         - RC : 비용 0, 총 비용 : 6
         - RD : 비용 0, 총 비용 : 6

목적 라우터/네트워크	출발 라우터				출발 네트워크			
	RA	RB	RC	RD	N1	N2	N3	N4
RA					0	0		
RB			5			0	0	
RC		5				0	0	
RD							0	0
N1	2							
N2	3	4	3					
N3		5	6	1				
N4				4				

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

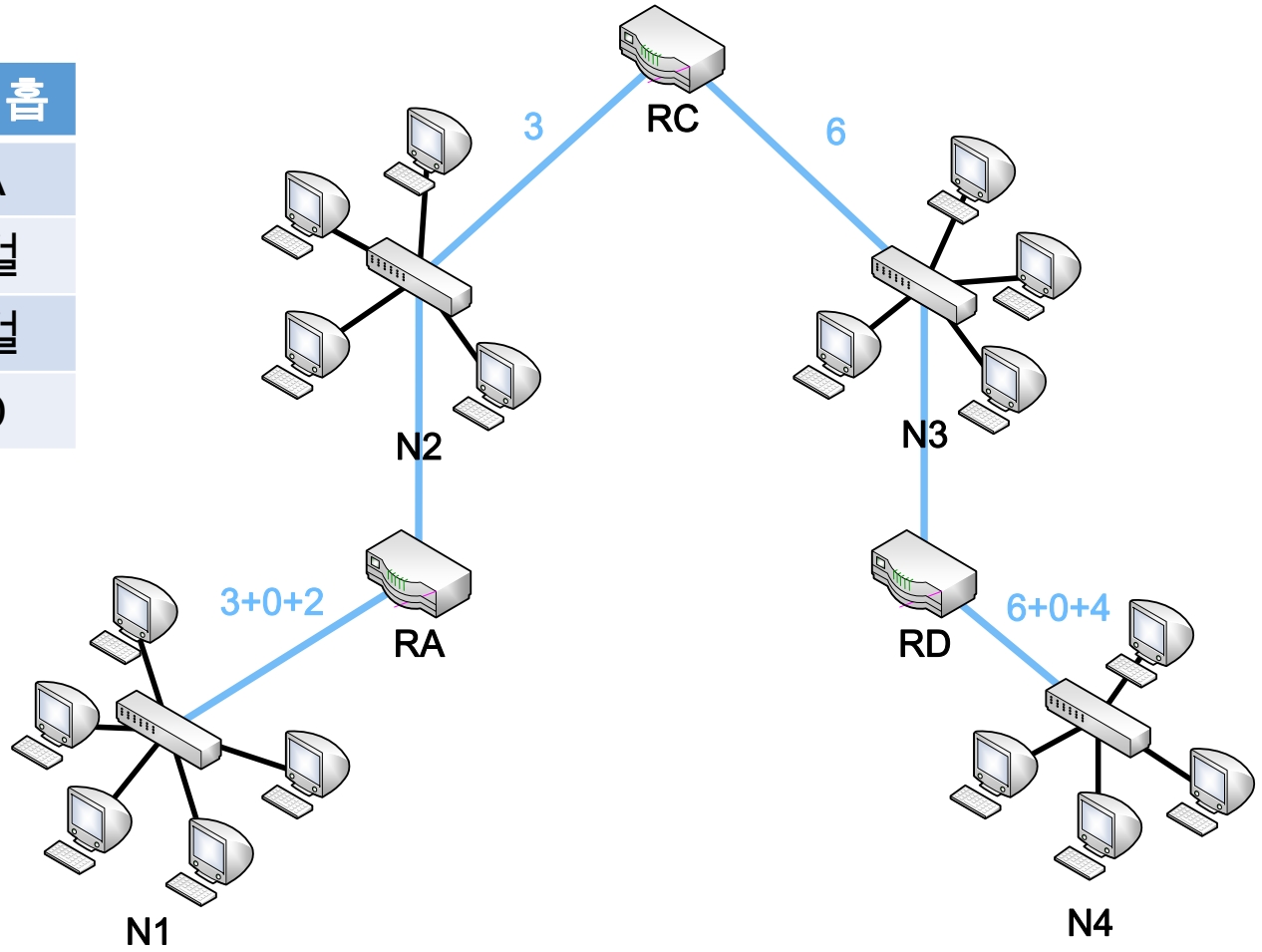
- 최단 경로 우선 (SPF, Shortest Path First) 트리
  - 예시
    3. 두 번째 단계에서 탐색한 장비와 직접 연결된 장비 탐색
       - RA와 직접 연결된 장비
         - N1 : 비용 2, 총 비용 : 5
         - N2 : 비용 3, 총 비용 : 6
       - RD와 직접 연결된 장비
         - N3 : 비용 1, 총 비용 : 7
         - N4 : 비용 4, 총 비용 : 10

목적 라우터/ 네트워크	출발 라우터				출발 네트워크			
	RA	RB	RC	RD	N1	N2	N3	N4
RA					0	0		
RB			5			0	0	
RC		5				0	0	
RD							0	0
N1	2							
N2	3	4	3					
N3		5	6	1				
N4				4				

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 최단 경로 우선 (SPF, Shortest Path First) 트리
  - SPF 예시

목적 네트워크	비용	다음 홉
N1	5	RA
N2	3	로컬
N3	6	로컬
N4	10	RD



최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 메시지
  - IP 데이터그램을 생성하여 전송됨
  - IP의 Protocol 필드값을 89로 설정

  - 유형

메시지 유형	설명
Hello 메시지	• 인접 노드를 발견하고 링크를 맺는 메시지
데이터베이스 설명 메시지	• AS나 영역의 토폴로지에 대해 설명하는 메시지 • 송신장비를 마스터(Master) 장비, 수신 장비는 슬레이브(Slave) 장비라고 함
링크 상태 요청 메시지	• LSDB 일부에 대한 갱신 정보를 요청하는 메시지
링크 상태 갱신 메시지	• LSDB에 있는 특정 링크에 대한 상태를 알리는 메시지 • 링크 상태 요청 메시지에 대한 응답 메시지 • 정기적으로 브로드캐스트 또는 멀티캐스트로 전달되기도 함
링크 상태 승인 메시지	• 링크 상태 갱신 메시지 수신에 대한 확인 메시지 • 안정적으로 링크 상태를 교환할 수 있도록 하는 메시지

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 메시지
  - 메시지 교환
    1. Hello 메시지 송신
       - 라우터의 처음 동작 시에나 주기적으로 Hello 메시지를 통해 주변에 OSPF를 실행하는 라우터가 있는지 확인
    2. 데이터베이스 메시지 송신
       - 새 라우터 발견시 데이터베이스 메시지를 통해 새 라우터의 LSDB를 초기화
       - 초기화를 거치면 안정 상태가 됨
    3. 링크 상태 갱신 메시지 송신
       - 안정 상태의 라우터는 주기적으로 링크 상태 갱신 메시지를 송신해 자신의 링크 상태를 광고
    4. 링크 상태 승인 메시지 송신
       - 링크 상태 갱신 메시지를 수신했을 경우 응답 메시지로 링크 상태 승인 메시지를 송신

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 메시지
  - 공통 헤더 포맷

필드명	크기 (바이트)	설명
버전	1	OSPF 버전 정보
유형	1	1 = Hello 2 = 데이터베이스 설명 3 = 링크 상태 요청 4 = 링크 상태 갱신 5 = 링크 상태 승인
패킷 길이	2	헤더 길이를 포함한 메시지 길이
라우터 ID	4	메시지를 생성한 라우터의 ID
영역 ID	4	메시지를 송신한 라우터가 속한 OSPF 영역
체크섬	2	에러 탐지
인증 유형	2	0 = 인증 사용 안함 1 = 간단한 비밀번호 인증 2 = 암호화 인증
인증	8	메시지 인증을 위한 필드

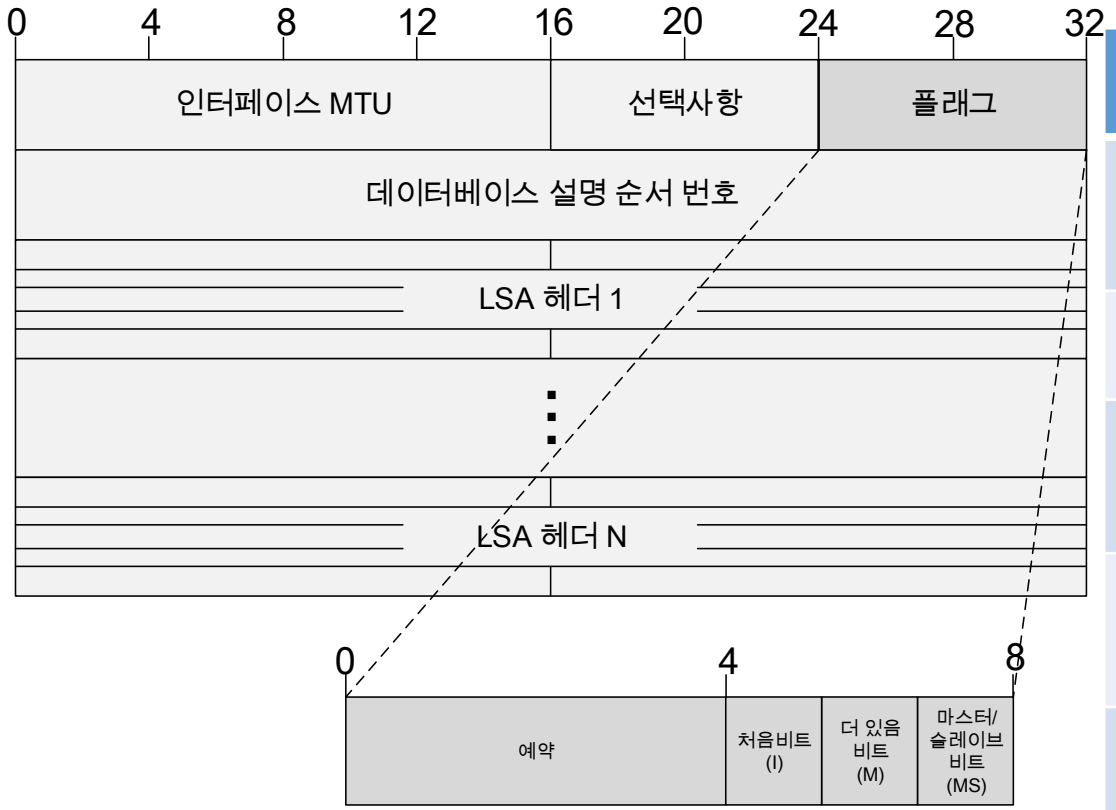
최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 메시지
  - Hello 메시지 포맷

필드명	크기 (바이트)	설명
네트워크 마스크	4	메시지를 보내고 있는 네트워크의 서브넷 마스크
전송 간격	2	Hello 메시지를 받기 원하는 간격
선택사항	1	라우터가 지원하는 OSPF 선택사항 기능을 알리는 필드
라우터 우선 순위	1	백업 지정 라우터로 선출할 때 사용할 라우터의 우선 순위
라우터 장애 간주 간격	4	지정된 시간이 지나면 장애가 생긴 것으로 간주
지정 라우터	4	특별한 기능을 수행하도록 지명된 라우터의 주소
백업 지정 라우터	4	백업 지정 라우터의 주소
주변 라우터	4의 배수	라우터가 최근 받은 Hello 메시지를 보낸 라우터의 주소

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

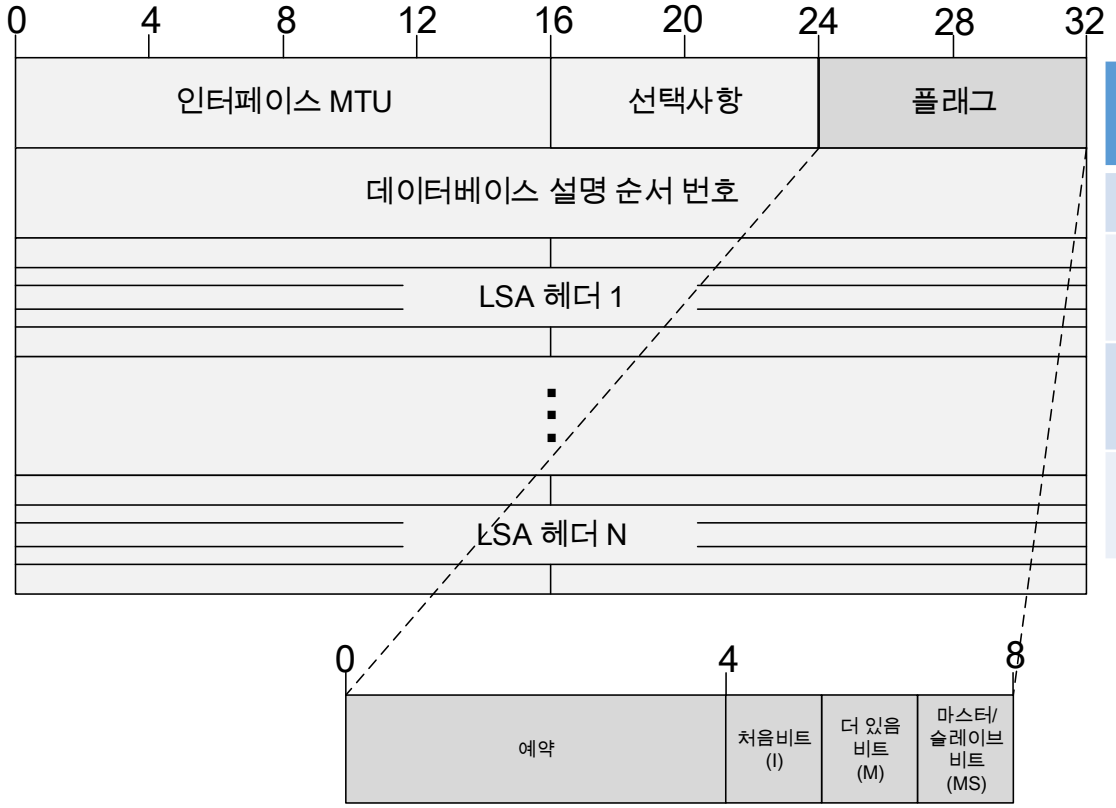
- 메시지
  - 데이터베이스 설명 메시지 포맷



필드명	크기 (바이트)	설명
인터페이스 MTU	2	라우터의 인터페이스로 단편화하지 않고 보낼 수 있는 최대 IP 메시지 크기
선택사항	1	라우터가 지원하는 OSPF 선택사항 기능을 알림
플래그	1	데이터베이스 설명 메시지 교환에 대한 정보를 알리기 위한 플래그
데이터베이스 설명 순서 번호	4	데이터베이스 설명 메시지를 순서대로 정렬할 수 있도록 하는 값
LSA 헤더	가변	LSDB에 대한 정보를 전달하는 필드

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 메시지
  - 데이터베이스 설명 메시지 포맷



하위 필드명	크기 (바이트)	설명
예약	5	예약된 필드
처음 (I, Initial)	1	데이터베이스 설명 메시지를 처음 보낼 경우 1로 설정
더 있음 (M, More)	1	다음에 데이터베이서 설명 메시지가 더 있는 경우 1로 설정
마스터/ 슬레이브	1	메시지를 보내는 라우터가 마스터이면 1, 슬레이브이면 0

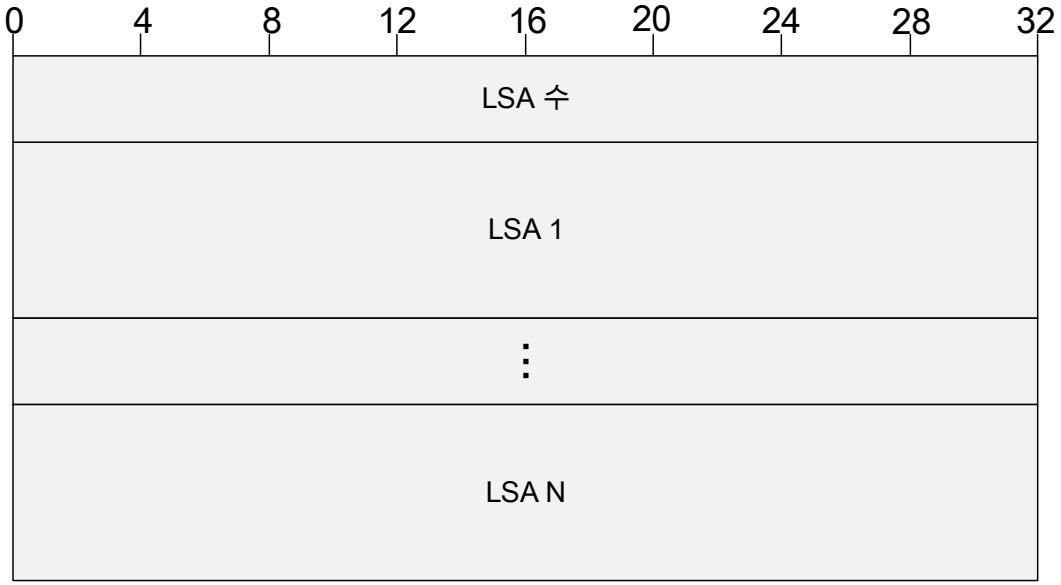
최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 메시지
  - 링크 상태 요청 메시지 포맷

필드명	크기 (바이트)	설명
LS 유형	4	원하는 LSA 유형
링크 상태 ID	4	LSA 식별자로 연결된 라우터나 네트워크의 IP 주소
광고 라우터	4	갱신이 요청된 LSA를 생성한 라우터의 ID

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

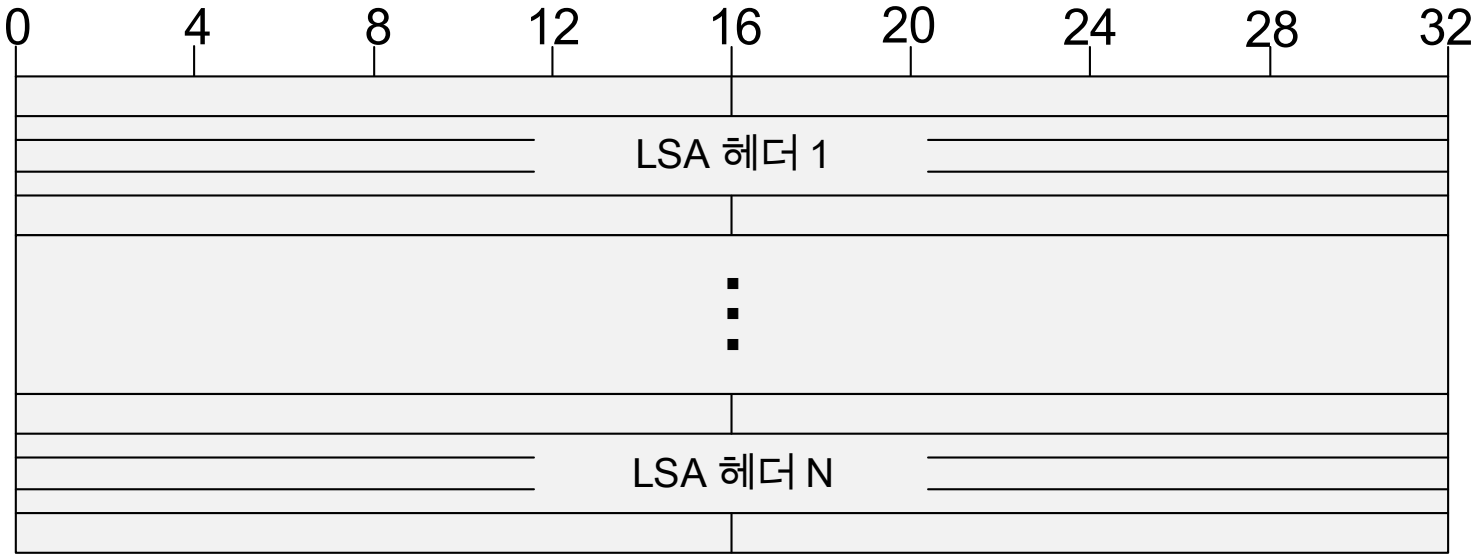
- 메시지
  - 링크 상태 갱신 메시지 포맷



필드명	크기 (바이트)	설명
LSA 수	4	메시제 포함된 LSA의 수
LSA	가변	하나 이상의 LSA를 포함

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 메시지
  - 링크 상태 승인 메시지 포맷



하필드명	크기 (바이트)	설명
LSA 헤더	가변	승인할 LSA를 식별하기 위한 필드

최단 경로 우선 프로토콜(OSPF)

- 메시지
  - 링크 상태 광고 메시지 포맷

하위 필드명	크기 (바이트)	설명
LS 나이	2	LSA 생성 후 지난 시간
선택사항	1	라우터가 지원하는 OSPF 선택사항 기능을 알리는 필드
LS 유형	1	LSA가 정보를 제공하는 링크의 유형을 알리는 필드
링크 상태 ID	4	링크 식별
광고 라우터	4	LSA를 생성한 라우터의 ID
LS 순서 번호	4	오래되거나 중복된 LSA를 찾기 위한 순서 번호
LS 체크섬	2	에러 판별
길이	2	헤더를 포함하는 총 LSA 길이

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 경계 경로 프로토콜 (BGP, Border Gateway Protocol)
  - 라우터가 AS 간의 접근 가능 정보를 교환하여 그 정보를 통해 경로를 결정할 수 있도록 지원하는 프로토콜
  - 특징
    - 각 AS는 BGP 라우터가 하나 이상 존재
    - AS의 구조와 상관없이 지원
    - 경로 벡터 (Path-Vector) 프로토콜
      - BGF 라우터는 네트워크에 관한 정보와 경로를 라우팅 정보 기반 (RIB, Routing Information Bases)에 저장
      - 경로 특성 설명을 위해 경로 속성값을 사용
      - 경로 선택 과정에서 속성값을 사용

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 동작

1. BGP 라우터는 생성 메시지로 주변 라우터에 접속하여 세션을 생성
2. 갱신 메시지를 교환하여 접근 가능한 네트워크에 관한 정보를 획득
3. 킵얼라이브와 통신 메시지를 통해 세션을 유지하고 오류 상황을 상대 라우터에 알림

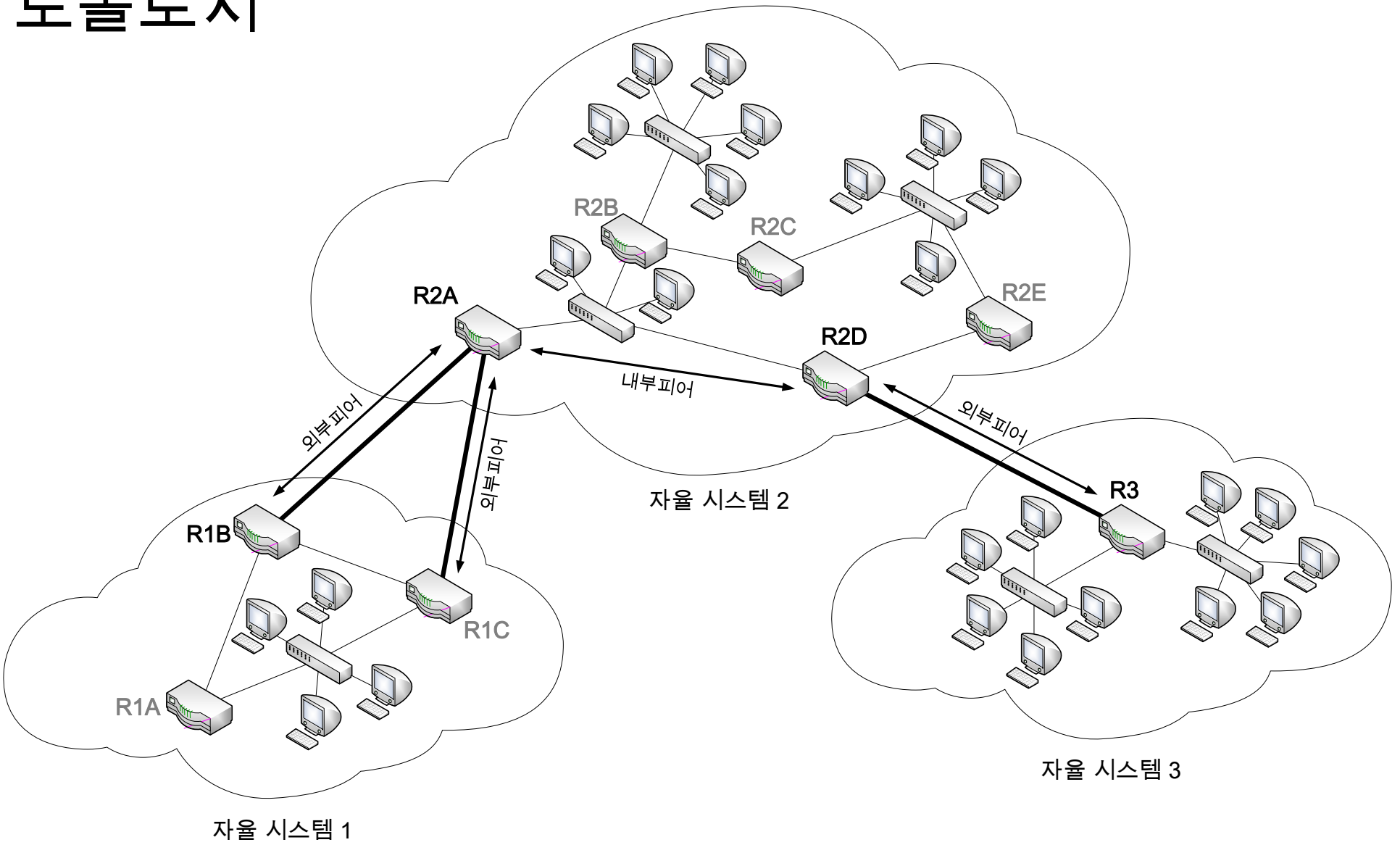
경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 토폴로지
  - 구성요소

구성요소	설명
BGP 스피커 (Speaker)	• BGP를 실행하는 라우터 • BGP의 메시지 교환 시스템을 통해 경로 정보를 교환
내부 라우터 (Internal Router)	• 같은 AS에 있는 라우터에만 연결된 라우터
경계 라우터 (Border Router)	• 다른 AS에 있는 라우터와도 연결된 라우터
주변 노드 (Neighbor Node)	• 서로 연결되어 있는 BGP 스피커
내부 피어 (Internal Peer)	• 같은 AS에 있는 주변 노드
외부 피어 (External Peer)	• 다른 AS에 있는 주변 노드

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 토폴로지



경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 토폴로지
  - 트래픽 유형

트래픽 유형	설명
지역 트래픽 (Local Traffic)	같은 AS에서 발생하거나 다른 AS로 전송되어야 하는 트래픽
횡단 트래픽 (Transit Traffic)	AS 밖에서 생성되어 다른 AS로 전달되어야 하는 트래픽

  - AS 유형

AS 유형	설명
스텁 AS (Stub AS)	• AS 하나와 연결된 AS • 트래픽이 하나의 연결을 통해서만 발생
다중 인터페이스 AS (Multi Interface AS)	• 두 개 이상의 AS와 연결된 AS • 트래픽이 다양한 연결을 통해 발생

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 토폴로지
  - 라우팅 정책
    - 횡단 트래픽 전송 제어를 위한 정책

라우팅 정책 유형	설명
횡단 금지 정책 (No Transit Policy)	• 횡단 트래픽을 전혀 처리하지 않음
제한된 AS 횡단 정책 (Restricted AS Transit Policy)	• 특정 AS에서 오는 트래픽은 처리하되, 다른 AS에서 오는 횡단 트래픽은 처리하지 않음
기준 기반 횡단 정책 (Criteria-based Transit Policy)	• 다양한 기준을 통해 횡단 트래픽 처리 여부를 결정 • e.g., 특정 시간, 트래픽 처리 잔량

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 경로 정보 저장
  - 경로 정보 관리 동작

경로 정보 관리 동작	설명
경로 저장	데이터베이스에 네트워크에 도달하는 방법과 다른 장비에서 받은 라우팅 정보를 저장
경로 갱신	피어(Peer)로 부터 갱신 메시지를 받은 후 경로 정보 수정을 결정
경로 선택	저장된 정보를 통해 인터네트워크에 있는 네트워크로 가는 경로를 선택
경로 광고	네트워크에 대한 정보와 도착 방법을 정기적으로 알림

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 경로 정보 저장
  - 라우팅 정보 기반 (RIB, Routing Information Bases)
    - 경로를 저장하는 데이터베이스
    - 경로 속성값의 형태로 경로 정보를 저장
    - RIB 구분

RIB 구분	설명
Adj-RIBs-In	피어(Peer) BGP 스피커에서 받은 경로 정보를 보관하는 입력 데이터베이스 부분
Loc-RIB	유효한 경로 정보가 저장되는 로컬 RIB
Adj-RIBs-Out	피어(Peer) BGP에게 알리기로 결정한 경로 정보를 보관하는 출력 데이터베이스 부분

  - BGP 결정 과정
    - RIB에서의 경로 정보 흐름에 따라 경로 갱신 – 선택 – 광고 순서로 이루어짐

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 경로 속성값
  - 라우터가 경로 선택을 위해 사용하는 값

속성값 구분	분류	설명
잘 알려진 의무 사항 (Well-Known Mandatory)	1	경로 정보를 얻은 출처를 명시
	2	설명하는 경로가 거쳐야 하는 AS를 나열
	3	목적지로 가기 위해 다음 홉 라우터를 명시
선택사항 비횡단 (Optional Nontransitive)	4	AS의 출입구가 하나 이상인 경우 출입구 결정 척도를 명시
잘 알려진 임의 사항 (Well-Known Discretionary)	5	같은 AS에 있는 BGP 스피커 간 통신 시 특정 경로에 대한 선호도를 명시
	6	BGP 스피커에서 서브네트워크 경로를 받은 경우 사용되는 값
선택사항 횡단 (Optional Transitive)	7	경로 접선을 수행한 라우터의 AS 번호와 BGP ID를 포함

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 경로 판단과 결정 과정
  - 경로 결정 과정
    - BGP 스피커가 피어에서 새 경로를 수용하고 다른 BGP 스피커에게 알릴 경로를 선택하는 일련의 과정
    - 단계
      1. BGP 스피커는 주변 AS에 있는 BGP 스피커가 보낸 경로를 분석하여 선호도를 할당
      2. BGP 스피커는 선호도에 따라 최적 경로를 선택하고 로컬 라우팅 정보 기반(Loc-RIB)를 갱신
      3. BGP 스피커는 Loc-RIB에 있는 경로를 선택하여 다른 AS에 있는 주변 노드 BGP 스피커에 전송

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 경로 판단과 결정 과정
  - 경로 선호도 할당 기준
    - 목적지 도달까지 거쳐야 하는 AS의 수
      - 적을 수록 선호도가 높음
    - 경로를 사용할 수 없게 하는 정책의 존재 여부
    - 경로의 생성지
  - 경로 선택의 한계
    - 경유하는 AS만을 나열하고 AS 내부의 라우터를 명시하지 않음
      - 전체 경로의 효율을 보장할 수 없음

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 동작 원리

1. BGP 연결 수립
   - TCP 세션을 생성하여 BGP 생성 메시지를 통해 두 장비 간 BGP 링크 수립
   - BGP 생성 메시지를 수용한 BGP 스피커는 킵얼라이브 메시지를 송신하여 생성을 수락하고 BGP 세션을 시작
2. 경로 정보 교환
   - 전체 라우팅 테이블을 교환
   - BGP 스피커는 RIB 정보를 BGP 갱신 메시지에 담아 전송
3. 연결 유지
   - 연결 확인을 위해 정기적으로 킵얼라이브 메시지를 전송
4. 에러 보고
   - BGP 통지(Notification) 메시지로 에러를 알려 연결을 종료

경계 경로 프로토콜 (BGP)

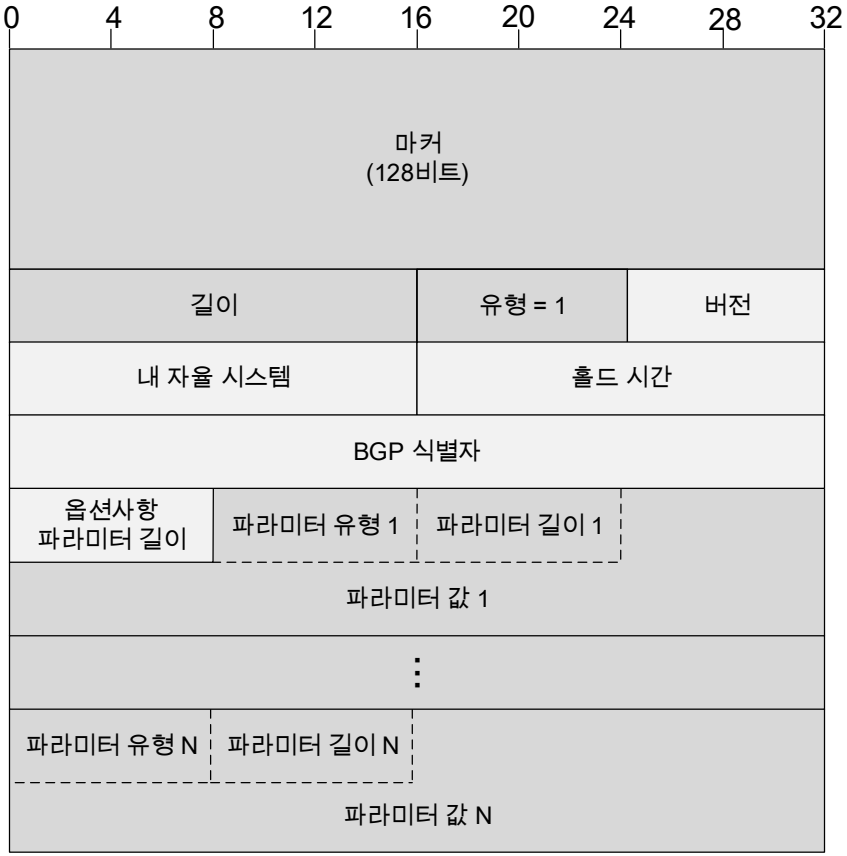
- 메시지 유형
  - 일반 메시지
    - BGP 메시지 포맷에서 공통되게 사용되는 부분
    - 포맷

필드명	크기 (바이트)	설명
마커	16	동기화와 인증을 위해 사용
길이	2	메시지의 총 길이
유형	1	1 = 생성 2 = 갱신 3 = 통지 4 = 깁얼라이브
메시지 본문/ 데이터 부분	가변	메시지 유형을 구현하기 위한 구체적인 필드

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 메시지 유형
  - 생성 메시지
    - 장비를 식별하고 세션 수립을 위해 교환되는 메시지
    - 포맷

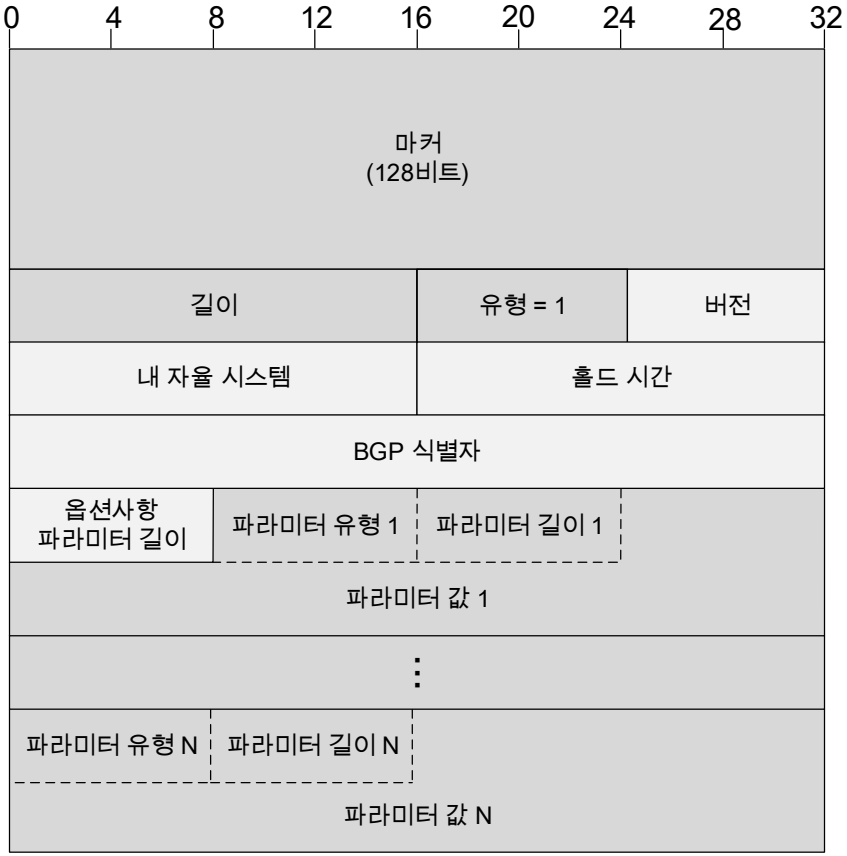
필드명	크기 (바이트)	설명
마커	16	동기화와 인증을 위한 필드
길이	2	헤더를 포함한 메시지의 총 길이
유형	1	메시지 유형 (생성 메시지 = 1)
버전	1	생성 메시지를 전송하는 라우터의 BGP 버전
내 자율 시스템 (AS)	2	생성 메시지를 전송하는 라우터의 AS 번호
홀드 시간	2	BGP 홀드 타이머에서 권하는 시간
BGP 식별자	4	BGP 스피커 식별 값
선택사항 파라미터 길이	1	선택사항 파라미터에서 사용하는 바이트 수
선택사항 파라미터	가변	BGP 세션 수립 중 교환해야 하는 추가 파라미터를 전송할 때 사용하는 필드



경계 경로 프로토콜 (BGP)

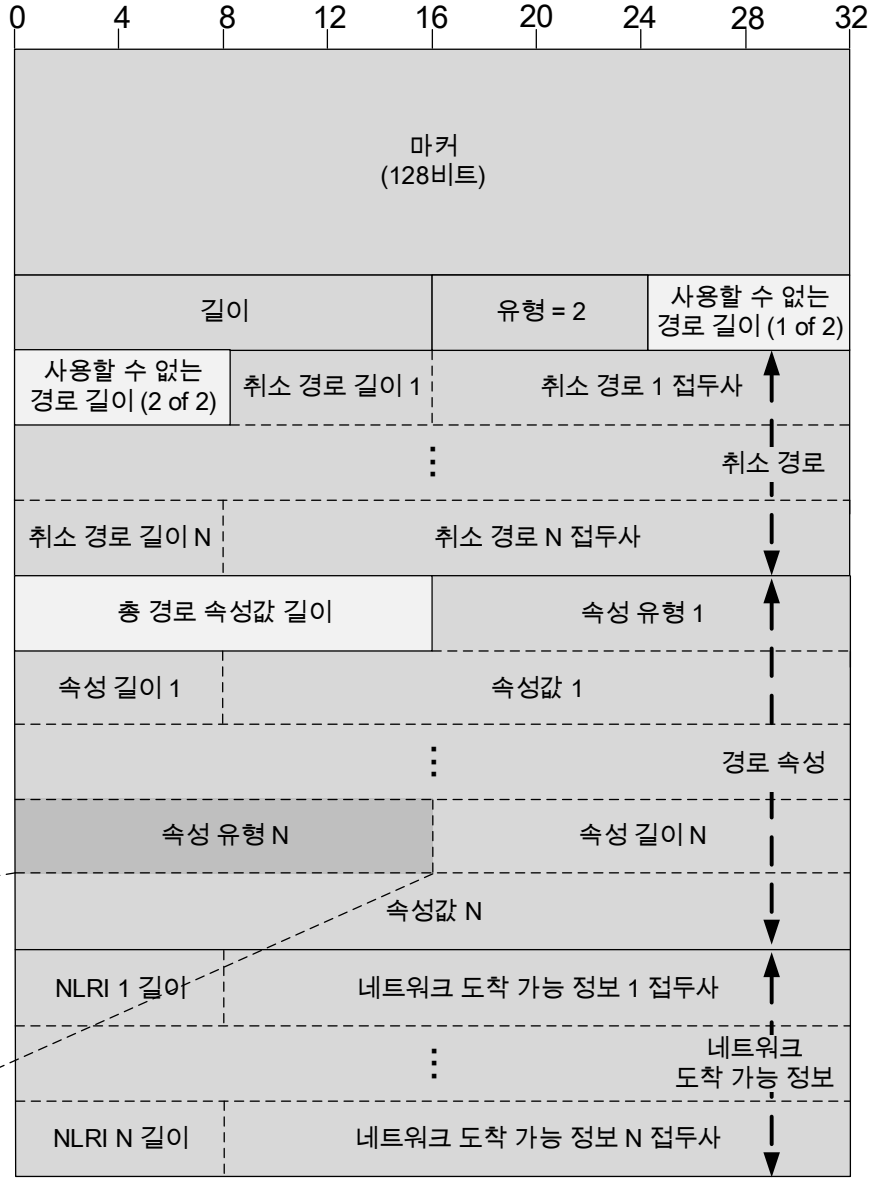
- 메시지 유형
  - 생성 메시지
    - 선택사항 파라미터

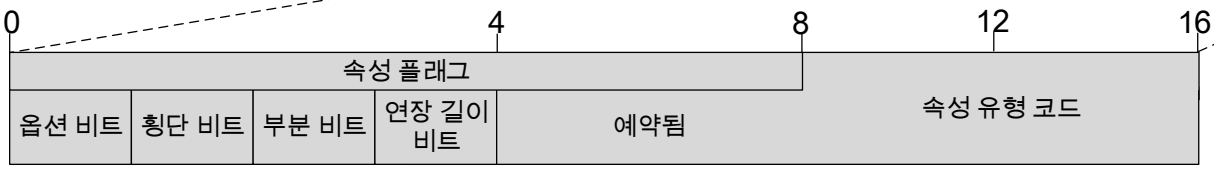
하위 필드명	크기 (바이트)	설명
파라미터 유형	1	현재 인증 정보를 위한 하나의 선택사항만을 정의
파라미터 길이	1	파라미터 값 하위 필드의 길이
파라미터 값	가변	전달하려는 파라미터의 값



경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 메시지 유형
  - 갱신 메시지
    - 경로가 변경되었을 때 BGP 장비 간의 경로에 대한 상세 정보를 전달하는 메시지
    - 포맷





경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 메시지 유형
  - 갱신 메시지
    - 포맷

필드명	크기 (바이트)	설명
마커	16	동기화와 인증을 위한 필드
길이	2	헤더를 포함한 메시지의 총 길이
유형	1	메시지 유형 (갱신 메시지 = 2)
사용할 수 없는 경로 길이	2	취소 경로 필드이 길이
취소 경로	가변	사용을 취소할 경로에 해당하는 네트워크 주소
취소 경로 속성값 길이	2	경로 속성값 필드의 길이
경로 속성값	가변	광고하는 경로의 속성값
네트워크 계층 접근 가능 정보 (NLRI)	가변	광고하는 경로의 IP 주소 접두사 목록을 알리는 필드

하위 필드명	크기 (바이트)	설명
속성 유형	2	속성 유형을 정의
속성 길이	1 또는 2	속성 길이를 바이트로 표현
속성값	가변	경로 속성의 유형에 따라 달라지는 속성값

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 메시지 유형
  - 갱신 메시지
    - 포맷

하위 하위 필드명	크기 (바이트)	설명
선택사항	1	• 선택 사항 속성 = 1 • 잘 알려진 속성 = 0
횡단	1	• 선택사항 횡단 속성 = 1 • 선택사항 비횡단 속성 = 0
부분	1	• 선택사항 횡단 속성에 대한 정보가 일부분 = 1 • 완전한 정보 = 0
연장 길이	1	• 일반적인 값은 0으로 속성 길이 필드가 1 바이트임을 의미
예약	4	• 0으로 설정

값	속성값 유형
1	근원
2	경로상의 AS
3	다음 홉
4	다중 출구 / 입구 설명 (MED)
5	로컬 선호도
6	집선
7	집선 장비

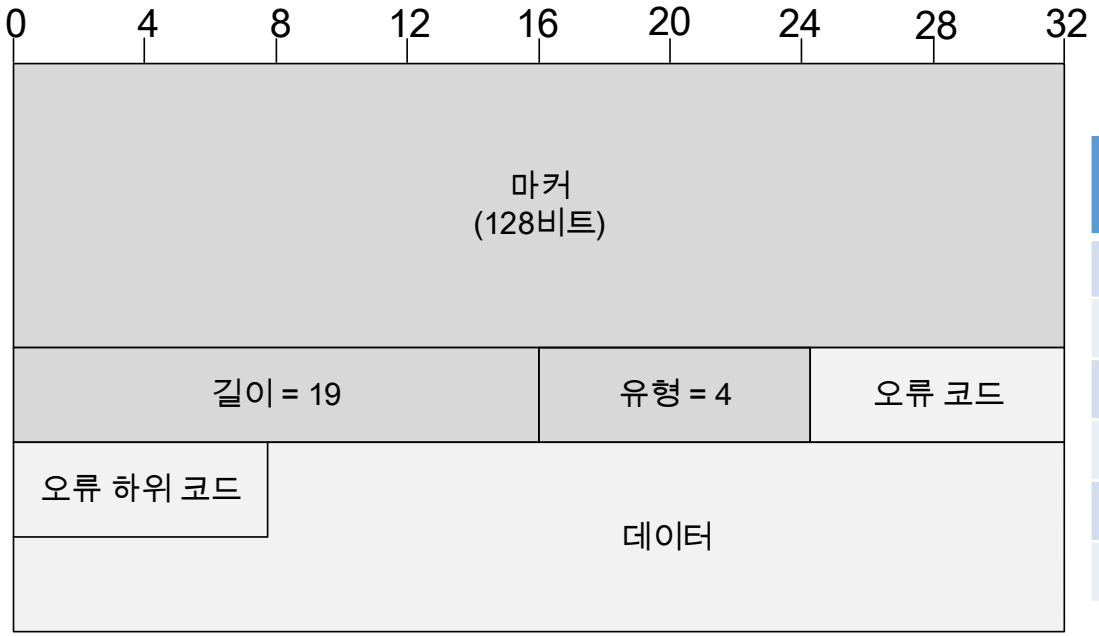
경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 메시지 유형
  - 킵얼라이브 메시지
    - 홀드(Hold) 타이머가 만료되지 않도록 주기적으로 전송되는 메시지
    - 포맷

필드명	크기 (바이트)	설명
마커	16	동기화와 인증을 위한 필드
길이	2	헤더를 포함한 메시지의 총 길이
유형	1	메시지 유형 (깁얼라이브 메시지 = 2)

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 메시지 유형
  - 통지 메시지
    - 에러 발생 시 에러를 알리고 BGP 세션 종료를 위해 전송되는 메시지
  - 포맷



필드명	크기 (바이트)	설명
마커	16	동기화와 인증을 위한 필드
길이	2	헤더를 포함한 메시지의 총 길이
유형	1	메시지 유형 (통지 메시지 = 2)
오류 코드	1	에러의 분류를 명시
오류 하위 코드	1	에러 원인에 대한 정보
데이터	가변	에러 진단을 위한 추가 정보

경계 경로 프로토콜 (BGP)

- 메시지 유형
  - 통지 메시지
    - 오류 코드

오류 코드값	코드 이름	설명
1	메시지 헤더 에러	BGP 헤더의 길이나 본문에서 발견된 문제
2	생성 메시지 에러	생성 메시지 본문에서 발견된 문제
3	갱신 메시지 에러	갱신 메시지 본문에서 발견된 문제
4	홀드 타이머 만료	홀드 시간이 만료되기 전에 메시지를 받지 못함
5	유한 상태 머신 에러	현재 상태에서 기대할 수 없는 이벤트 발생에 따른 에러
6	종료	에러 상황과는 관계없이 접속 종료를 위해 사용됨

기타 라우팅 프로토콜

- 게이트웨이 게이트웨이 프로토콜(GGP, Gateway-Gateway Protocol)
  - 초기 인터넷에서 핵심 라우터 통신에 사용된 프로토콜
  - 거리 벡터 프로토콜
    - 홉 수로 장비 간의 최적 경로를 결정
  - 동작 과정
    1. 로컬 네트워크 상태 확인이 된 라우터는 15초마다 GGP 에코 메시지를 주변 노드로 전송
    2. GGP 응답 메시지를 설정 값 이상 받은 경우 주변 노드가 활성화되어 있다고 간주
    3. 갱신 메시지 교환으로 라우팅 테이블과 척도를 갱신

기타 라우팅 프로토콜

- 게이트웨이 게이트웨이 프로토콜(GGP, Gateway-Gateway Protocol)
  - 특징
    - 라우팅 테이블을 그룹으로 전달
    - GGP 라우팅 갱신 메시지에 대한 승인 메시지를 받음
    - GGP 라우팅 갱신 메시지에 순서 번호를 매겨 최신의 상태를 유지
    - 클래스 단위 네트워크에서만 사용 가능

기타 라우팅 프로토콜

- HELLO 프로토콜
  - 초기 인터넷에서 라우팅 정보 교환을 위해 사용된 프로토콜
  - 거리 벡터 프로토콜
    - 측정 지연 시간을 척도로 사용
    - 클럭(Clock)과 타임스탬프 정보가 포함된 메시지 교환으로 데이터그램을 보내는 데 걸린 시간을 측정
    - 지연 시간은 라운드 트림(Round-Trip) 지연 시간과 더해져 수신 라우터의 라우팅 테이블 갱신에 사용됨
  - 한계
    - 경로 뒤집기
    - 인증 기능이 없어 규모가 큰 인터넷에 부적합

기타 라우팅 프로토콜

- 내부 경로 제어 프로토콜(IGRP, Interior Gateway Routing Protocol)
  - RIP를 개선한 프로토콜
    - 라우팅 척도로 홉 수만을 사용하는 RIP의 한계를 해결
    - 15를 최대 홉 수로 사용하는 RIP의 한계를 해결
  - 거리 벡터 라우팅 프로토콜
    - 지연 시간, 대역폭, 안정성, 부하 정도 등 여러 척도를 통해 비용을 계산

기타 라우팅 프로토콜

- 확장 내부 경로 제어 프로토콜(EIGRP, Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)
  - IGRP를 개선한 프로토콜
  - 확산 갱신 알고리즘(DUAL, Diffusing Update Algorithm)
    - 링크의 대역폭과 링크를 통해 보낼 때 드는 전체 지연 시간을 결합한 척도를 사용
  - 라우터 간 트래픽 양을 줄임
    - 정기적으로 경로 갱신을 보내지 않고 필요한 때만 부분 갱신 정보를 보냄

기타 라우팅 프로토콜

- 외부 게이트웨이 프로토콜 (Exterior Gateway Protocol)
  - 초기 인터넷에서 사용된 외부 게이트웨이 프로토콜
  - 동작 과정
    1. 주변 라우터 획득
       - 주변 라우터 획득 요청 메시지를 통해 연결을 수립
       - 요청을 인식한 라우터는 연결을 위해 주변 라우터 획득 확정 메시지를 회신
    2. 주변 라우터 도착 가능
       - EGP Hello 메시지를 통해 연결의 상태를 정기적을 확인
       - IHU(I Hear You) 메시지로 응답
    3. 네트워크 도착 가능 갱신
       - 정기적으로 폴(Poll) 메시지와 응답 메시지 교환으로 라우팅 테이블 갱신

기타 라우팅 프로토콜

- 외부 게이트웨이 프로토콜 (Exterior Gateway Protocol)
  - 종료
    - 종료 메시지와 종료 확인 메시지 교환으로 연결을 종료
  - 오류가 있는 경우
    - 수신한 메시지에 오류가 있거나, 메시지 사용 방식에 문제가 있는 경우 오류 메시지를 전송하여 오류를 알림
  - 한계
    - 트리 구조에 대한 가정을 기반으로 설계되어 다양한 토폴로지에 사용되지 못함

Thanks!

이 태 양 (taeyang@pel.sejong.ac.kr)