

TCP/IP 완벽 가이드

- II-7부 TCP/IP 라우팅 프로토콜 -

최창준 (changjun@pel.smuc.ac.kr)

상명대학교 프로토콜공학연구실

목 차

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

주요 라우팅 프로토콜 개념

- 라우팅 프로토콜 구조

- 자율 시스템 구조(AS, Autonomous System)

- 네트워크 환경에서 라우팅을 잘 관리하기 위해 라우터를 그룹으로 묶은 구조

- 라우터 그룹으로 이루어져 있으며 특정 기관이나 관리 기구에서 독립적으로 관리

- 프로토콜 유형

- 내부 라우팅 프로토콜(IGP, Interior Gateway Protocol)

- AS 내부에서 라우팅 정보를 공유하기 위해 사용되는 프로토콜
- e.g., RIP, OSPF 등

- 외부 라우팅 프로토콜(EGP, Exterior Gateway Protocol)

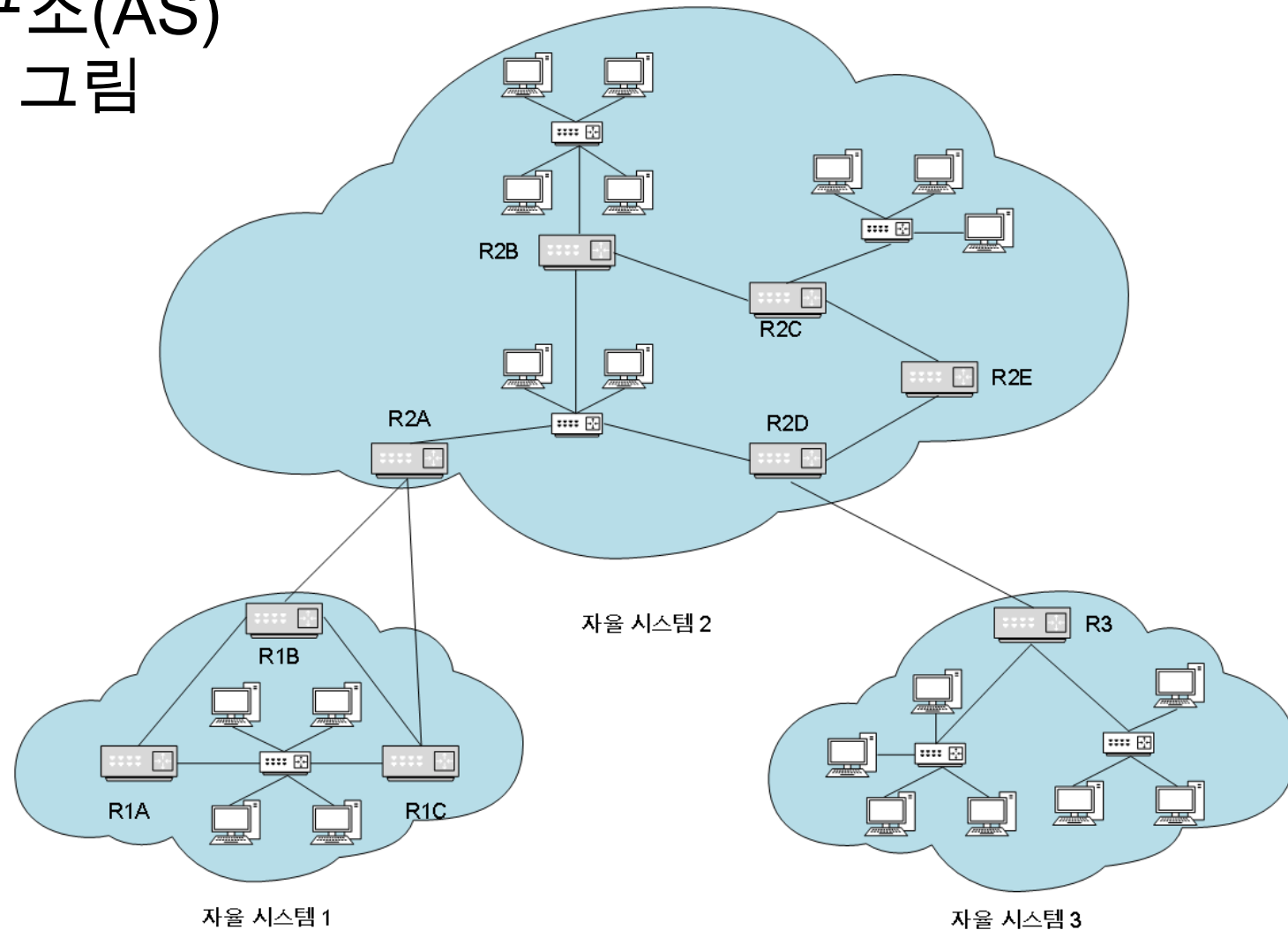
- AS 간 라우팅 정보를 공유하기 위해 사용되는 프로토콜
- e.g., BGP 등

주요 라우팅 프로토콜 개념

- 라우팅 프로토콜 구조
 - 자율 시스템 구조(AS)
 - 라우터 종류
 - 내부 라우터(Internal router)
 - 같은 AS에 있는 라우터에만 접속 가능
 - 내부 라우팅 프로토콜 사용
 - 경계 라우터(Border router)
 - AS 내부에 있는 라우터, 다른 AS에 있는 라우터와도 통신 가능
 - 내부/외부 라우팅 프로토콜 모두 사용

주요 라우팅 프로토콜 개념

- 라우팅 프로토콜 구조
 - 자율 시스템 구조(AS)
 - 라우팅 구조 그림



주요 라우팅 프로토콜 개념

- 라우팅 프로토콜 알고리즘과 척도
 - 라우팅 프로토콜은 알고리즘과 사용하는 척도로 구별 가능
 - 척도(metric)
 - 경로의 효율을 측정할 때 사용하는 비용(측정 값)
 - 알고리즘
 - 거리 벡터(벨만 포드) 라우팅 알고리즘
 - 네트워크 사이의 홑 수(라우터 수)로 거리 척도를 결정하여 경로를 선택
 - 링크 상태(최단 경로 우선) 라우팅 알고리즘
 - 네트워크 간의 가장 짧은 경로를 동적으로 측정
 - 다른 라우터와 정보를 주고 받아 주기적으로 갱신
 - 경로 벡터 라우팅 알고리즘
 - AS 간에 주고 받은 경로를 분석하여 척도로 사용

목 차

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

라우팅 정보 프로토콜

- 라우팅 정보 프로토콜(RIP, Routing Information Protocol)
- 개요
 - 가장 오래되고 널리 사용하는 내부 라우팅 프로토콜
 - 홉 수에 의해 경로가 설정되는 거리 벡터 알고리즘 사용
 - 각 라우터는 30초마다 라우팅 테이블의 경로 정보를 브로드캐스팅
 - 최대 홉 수가 15홉으로 한정되어 있어 크기가 작은 자율 시스템에 사용

라우팅 정보 프로토콜

- 라우팅 정보 프로토콜(RIP)

- 버전

- RIP-1

- 1988년 RFC 1058, “Routing Information Protocol”로 정의

- RIP-2

- 기존 RIP의 개정판
 - RIP를 위한 새로운 메시지 포맷을 정의하고 기능 추가
 - e.g., 클래스 비사용 주소 지정, 인증, 멀티캐스트 등
 - 1998년 RFC 2453, “RIP Version 2”로 정의

- RIPng

- IPv6와의 호환성을 위해 새로 만들어진 버전
 - 1997년 RFC 2080, “RIPng for IPv6”로 정의

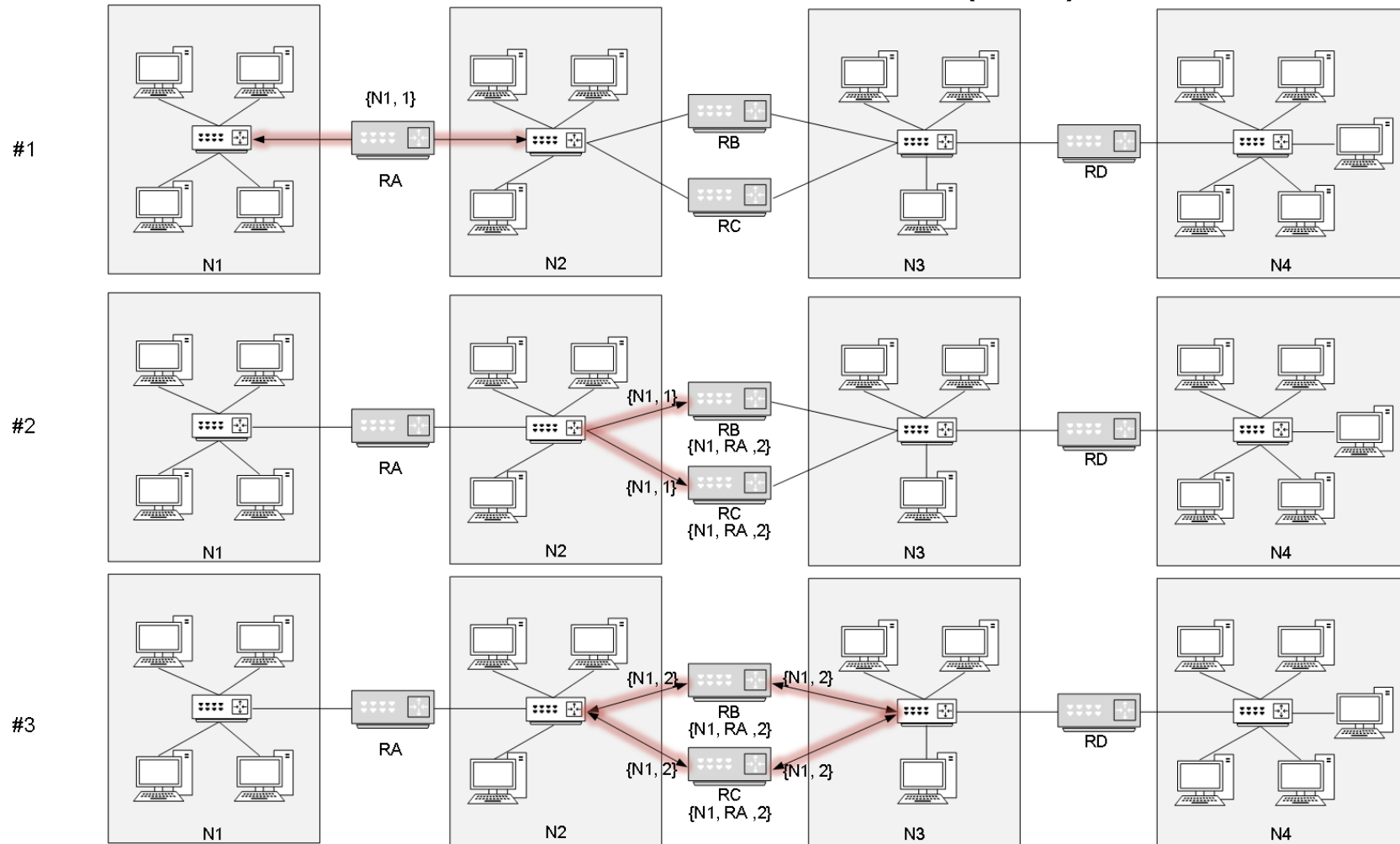
라우팅 정보 프로토콜

- RIP 경로 결정 알고리즘
 - 경로 정보를 교환하여 라우팅 테이블을 최신으로 관리
 - 주요 저장 정보
 - 네트워크나 호스트 주소
 - 라우터에서 네트워크나 호스트까지의 거리
 - 라우터에서의 첫 번째 홉
 - 네트워크나 호스트로 패킷을 보내야 할 때 처음 보낼 곳

라우팅 정보 프로토콜

- RIP 경로 결정 알고리즘

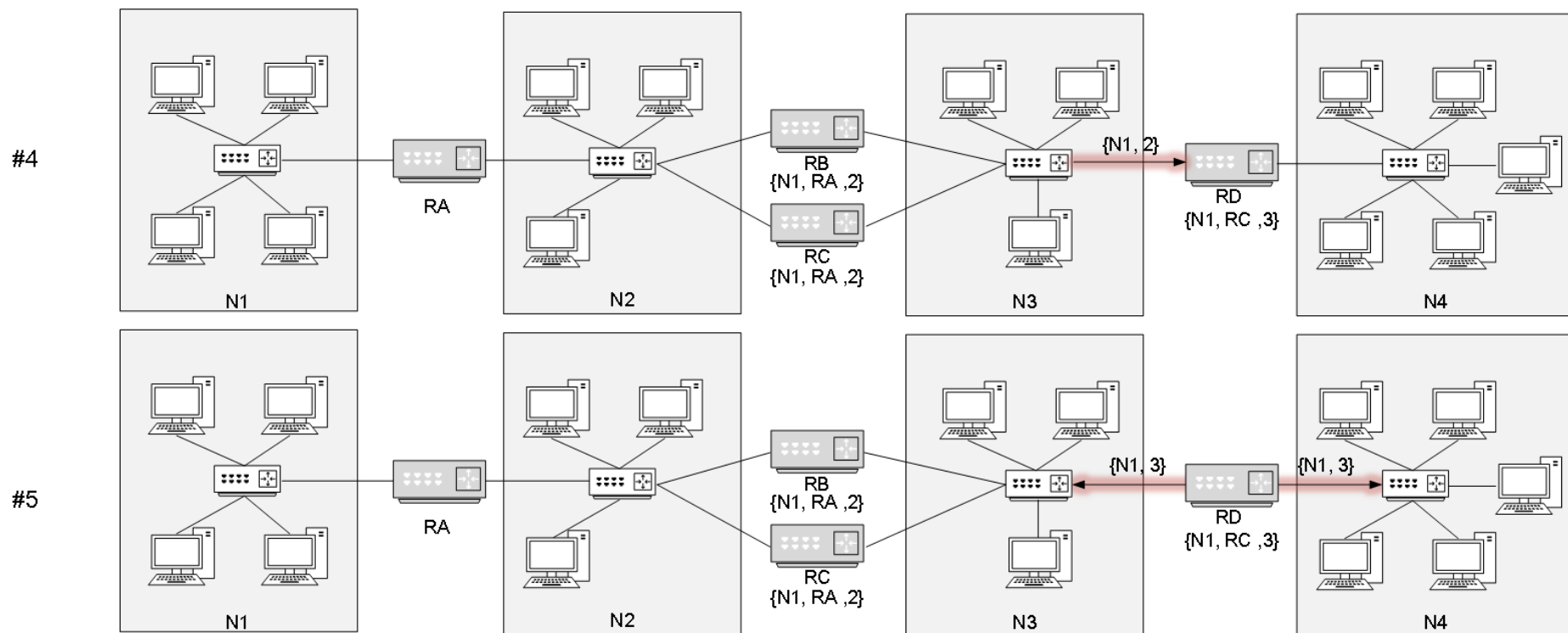
- RIP 네트워크 라우팅 정보 전파 그림(1/2)



라우팅 정보 프로토콜

- RIP 경로 결정 알고리즘

- RIP 네트워크 라우팅 정보 전파 그림(2/2)



라우팅 정보 프로토콜

- RIP 일반 동작

- RIP 메시지와 기본 메시지 유형

- RIP 메시지는 UDP를 사용하여 통신

- RIP-1, RIP-2는 UDP 520번 포트 사용
 - RIPng는 UDP 521번 포트 사용

- RIP 요청(RIP Request) 메시지

- 다른 라우터의 라우팅 테이블 일부 또는 전부를 요청하는 메시지
 - 라우터가 네트워크에 처음 연결되는 등의 특별한 상황에서만 전송

- RIP 응답(RIP Response) 메시지

- 라우팅 테이블의 일부 또는 전부를 전송하는 메시지
 - 요청 메시지에 대한 응답으로도 사용되지만, 주기적으로 라우팅 테이블을 갱신하기 위해서도 사용

라우팅 정보 프로토콜

- RIP 일반 동작

- RIP 타이머

- 갱신(Update) 타이머

- 최신 경로를 유지하기 위한 타이머(30초)

- 해당 경로 정보를 주기적으로 브로드/멀티캐스트 방식으로 전송

- 만료(Timeout) 타이머

- 오래된 정보를 방지하기 위한 타이머(180초)

- 라우터는 해당 경로를 라우팅 테이블에 저장하는 시간을 한정시킴

- RIP 응답 메시지를 받은 경우

- 해당 경로가 여전히 존재한다고 생각하여 타이머를 초기화

- RIP 응답 메시지를 받지 못한 경우

- 해당 경로의 거리를 16(무한)홉으로 바꾸어 곧 지울 것이라고 표시

라우팅 정보 프로토콜

- RIP 일반 동작

- RIP 타이머

- 가비지 콜렉션(Garbage collection) 타이머

- 오래된 정보를 제거하기 위한 타이머(120초)

- 타이머가 만료되기 전에 경로에 문제가 있다는 것을 주변 라우터에게 알림

- 타이머가 만료될 경우

- 경로 삭제

- 타이머가 만료되기 전 RIP 응답 메시지를 받은 경우

- 해당 경로의 가비지 콜렉션 타이머를 없애고 다시 갱신 타이머로 갱신

- 트리거 갱신(Triggered update)

- 타이머 만료에 의한 전송 외에 경로상의 변화를 알리는 경우

- RIP 응답 메시지로 전송
 - RIP의 기본 동작을 개선, 느린 수렴 문제를 줄임

라우팅 정보 프로토콜

- RIP의 문제점과 해결책

- RIP의 문제점

- 느린 수렴(Slow convergence)

- 네트워크에서 일어난 변화가 모든 라우터로 퍼지기까지 오랜 시간이 걸리는 현상
 - 응답 메시지의 타이머로 인한 주기적인(30초 간격) 경로 갱신 때문

- 라우팅 루프(Routing loop)

- 느린 수렴 시간으로 인해 라우터 간 경로 정보가 꼬이는 현상

- 무한 세기(Counting to infinite)

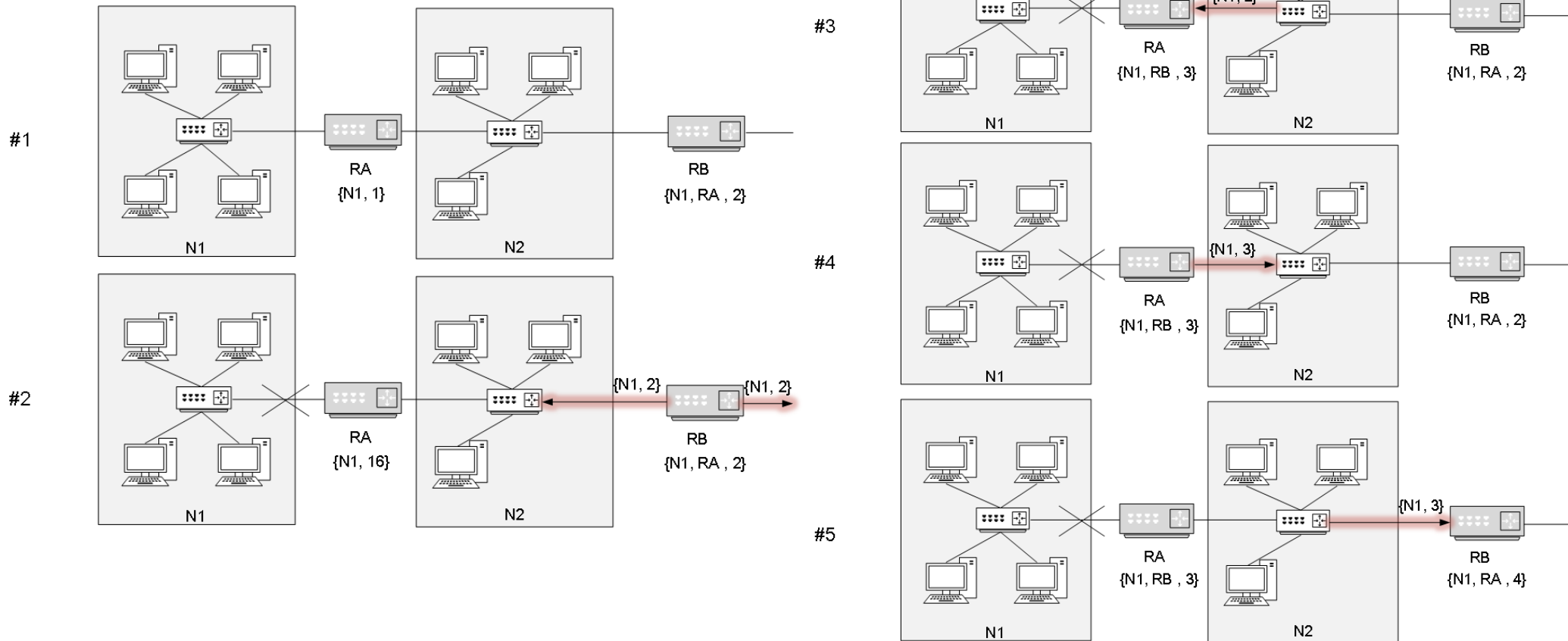
- 느린 수렴 시간으로 인해 라우터가 잘못된 경로 정보를 가진 메시지를 라우터 사이에서 계속 주고 받는 현상

라우팅 정보 프로토콜

- RIP의 문제점과 해결책

- RIP의 문제점

- 무한 세기 그림



라우팅 정보 프로토콜

- RIP의 문제점과 해결책

- RIP의 문제점

- 작은 무한 값

- 느린 수렴 문제를 줄이기 위해 크기가 작은 무한 값을 사용

- 작은 무한 값 때문에 RIP를 사용하는 네트워크의 크기를 마음대로 확장할 수 없음

- 무한 값의 제한을 두지 않으면 주기적인 경로 정보 교환에 의한 트래픽 발생

- RIP의 척도 문제

- 경로 비용을 홉 수로만 판단

- 속도나 거리 지연 등을 고려하지 않아 최적의 경로 선정에 비효율적

라우팅 정보 프로토콜

- RIP의 문제점과 해결책

- RIP의 해결책

- 수평 분할(Split horizon)

- 경로에 대한 RIP 응답 정보를 받은 라우터는 자신이 접속하고 있는 네트워크로 그 정보를 다시 보내지 않음
 - 무한 세기 문제를 방지

- 포이즌 리버스(Poisoned reverse) 수평 분할

- 다른 라우터가 특정 경로를 위해 자신의 경로를 사용하지 못하도록 무한 값(16) 응답 메시지를 전송
 - 라우팅 루프 문제를 해결
 - 특정 경로로 갈 수 없음을 확실하게 알려주기 때문에 무한 세기 문제 방지

라우팅 정보 프로토콜

- RIP의 문제점과 해결책

- RIP의 해결책

- 트리거 갱신(Triggered update)

- 네트워크 경로 정보가 변경된 경우 경로 갱신 정보를 즉시 인접 라우터에게 전달
 - 느린 수렴 문제를 해결

- 홀드 다운(Hold down)

- 네트워크 접근이 불가능하다는 메시지를 받은 경우
 - 타이머(60, 120초)를 설정
 - 타이머가 만료될 때까지는 메시지를 받지 않음
 - 타이머가 만료되면 경로 정보 갱신

- 단점

- 수정된 경로에 대한 반응이 느려져서 일시적으로 장애가 생겼던 네트워크를 사용하기 위해서는 상당한 지연 시간이 필요

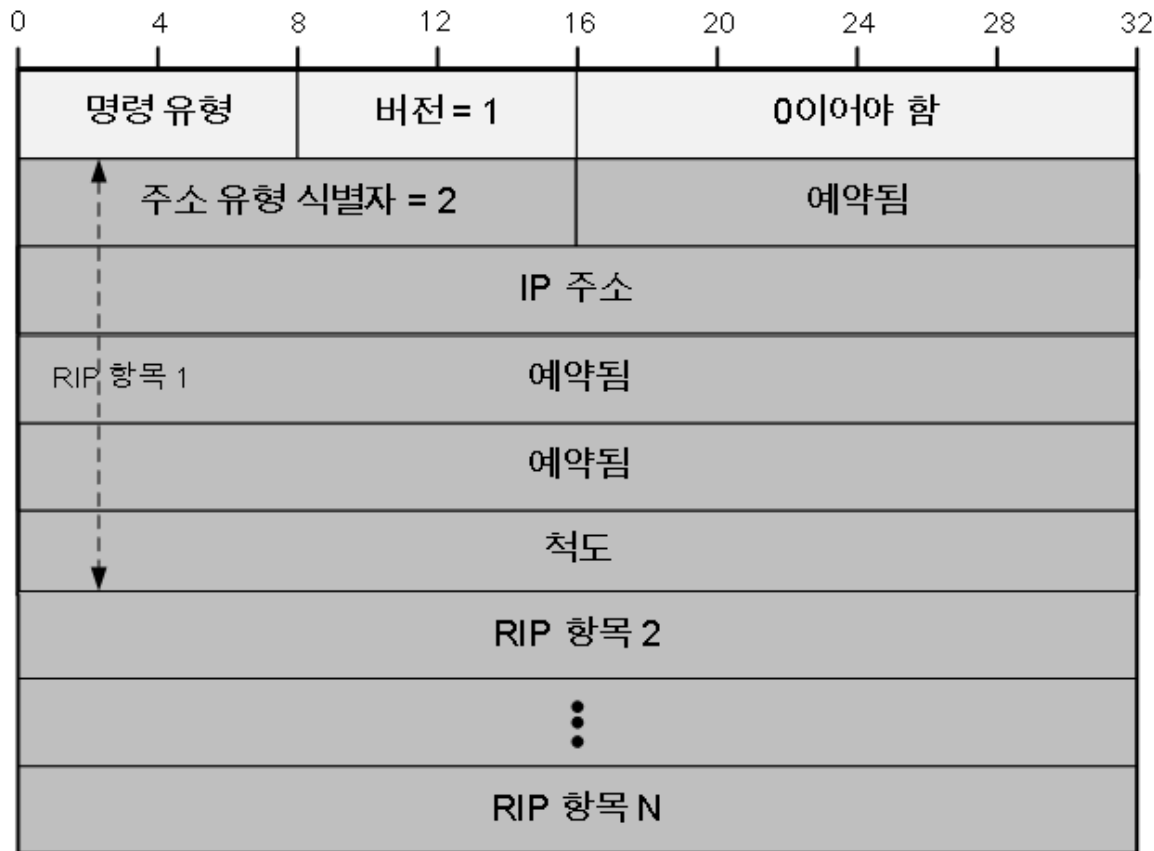
라우팅 정보 프로토콜

- RIP 버전별 메시지 포맷
 - RIP-1 메시지 포맷
 - RIP 요청 메시지
 - UDP 520번 목적지 포트로 전송
 - 출발지 포트는 520번이거나 임시(Ephemeral) 포트 번호 사용
 - RIP 응답 메시지
 - 출발지 포트는 520번 사용
 - 목적지 포트는 RIP 요청 메시지에서 사용한 출발지 포트 값 사용
 - 요청 없는 응답 메시지는 출발지와 목적지 포트 모두 520번 포트 통일
 - 다양한 프로토콜로 이루어진 네트워크에서도 사용할 수 있도록 개발되어 예약된 필드가 많음

라우팅 정보 프로토콜

- RIP 버전별 메시지 포맷

- RIP-1 메시지 포맷 그림, 표



하위 필드명	크기 (바이트)	설명
주소 유형 식별자	2	주소의 유형을 식별 (IP의 경우 필드 값은 2)
0	2	예약된 필드(0)
IP 주소	4	라우터가 정보를 전달하는 경로의 주소
0	4	예약된 필드(0)
0	4	예약된 필드(0)
척도	4	IP 주소 필드가 지정하는 네트워크까지의 홑 수

라우팅 정보 프로토콜

- RIP 버전별 메시지 포맷

- RIP-2 메시지 포맷

- RIP-2 특성

- 클래스 비사용 주소 지정 지원과 서브넷 마스크 필드 추가
 - 각 네트워크 주소에 대한 주소 항목에 서브넷 마스크를 추가하여 서브넷 지원
 - 다음 홉 필드 추가
 - 특정 목적지로 패킷을 전송할 경우, 다음 홉 라우터를 명시적으로 알려 라우팅 효율을 높임
 - 인증 기능
 - MD5(Message Digest 5)를 사용한 인증 방식을 제공하여 라우터의 신원 확인
 - 경로 태그 필드 추가
 - 다양한 AS에서 경로 정보를 얻었을 경우, 어떤 AS에서 정보를 얻었는지 식별
 - 멀티캐스팅 사용
 - 네트워크의 불필요한 트래픽을 줄이기 위해 브로드캐스트 대신 멀티캐스트 방식 사용

라우팅 정보 프로토콜

- RIP 버전별 메시지 포맷
- RIP-2 메시지 포맷 그림



목 차

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

최단 경로 우선 프로토콜

- 최단 경로 우선 프로토콜(OSPF, Open Shortest Path First)
- 등장 배경
 - RIP의 알고리즘적인 문제점을 해결하기 위한 프로토콜
 - 1988년 IETF는 RIP보다 더 성능이 뛰어난 최단 경로 우선 (SPF, Shortest Path First) 알고리즘을 사용하는 새로운 라우팅 프로토콜을 개발
 - 1989년 RFC 1131, “The OSPF Specification”에서 첫 번째 버전 정의
 - 1998년 RFC 2328, “OSPF Version 2”로 정의

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 개요

- OSPF 동작 개요

- 라우터가 인터넷워크의 토폴로지와 상태에 대한 정보를 관리하는 데이터베이스를 가짐
 - 토폴로지(Topology)
 - 컴퓨터 네트워크의 요소들을 물리적, 논리적인 연결 상태로 나타낸 것
- 링크 상태 데이터베이스(LSDB, Link-State DataBase)
 - OSPF에서 가장 기본적인 데이터 구조
 - 네트워크나 다른 라우터로 향하는 각각의 링크가 데이터베이스의 항목을 차지하며 각 항목에는 링크의 비용(척도)이 같이 저장됨

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 개요

- OSPF 동작 개요

- 인터넷워크가 변경되면 상태 정보에 대한 갱신 메시지를 전송하여 각 라우터가 최적 경로를 다시 계산하도록 함
- 링크 상태 광고(LSA, Link-State Advertisement)
 - AS에 대한 정보를 다른 라우터에게 전해줄 때 사용하는 메시지
 - 시간이 지나면서 각 라우터가 AS에 대한 동일한 정보를 가짐
- 실제 경로 결정
 - LSDB를 사용하여 최단 경로 트리를 형성
 - 새로운 정보가 들어오면 트리를 새로 계산하여 네트워크 상태에 따라 동적으로 최적 경로를 계산

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 개요

- OSPF 특성과 단점

- OSPF 특성

- 보안을 위한 인증 지원

- 표준 IP 주소 지정 지원

- 클래스 단위 주소

- 서브넷 클래스 단위 주소

- 클래스 비사용 주소

- 매우 큰 AS에서 사용할 때, 라우터를 그룹으로 묶어 계층 토폴로지를 만들 수 있음

- LSA 트래픽을 줄일 수 있어 관리가 쉬움

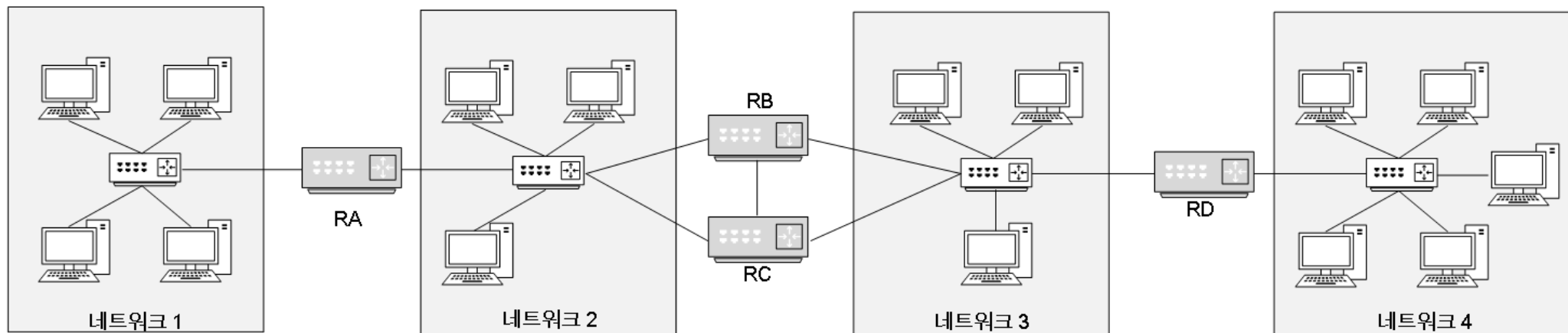
- OSPF 단점

- 설계 비용이 큼

- 복잡하기 때문에 적절한 구성과 관리에 많은 작업과 경험이 필요

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 기본 토폴로지와 링크 상태 데이터베이스
 - OSPF 기본 토폴로지
 - AS내의 모든 라우터는 동등
 - 각 라우터는 전체 AS에 대한 모든 정보를 관리하므로 완전히 동일한 LSDB를 가져야 함
 - LSDB 정보 저장과 전파
 - 각 라우터는 LSA를 포함하는 갱신 메시지를 교환하여 LSDB를 주기적으로 갱신



최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 기본 토폴로지와 링크 상태 데이터베이스
- OSPF 링크 상태 데이터베이스(LSDB) 표
 - 점(.)과 '0'은 라우터와 네트워크(라우터)가 연결됨을 의미
 - 점(.) 표시 부분은 패킷을 보내기 위한 비용이 들어감
 - '0' 부분은 패킷의 비용이 이중으로 계산되지 않도록 하기 위해 비용이 들지 않음

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 계층 토폴로지

- 큰 인터넷워크를 잘 제어하고 관리할 수 있도록 AS는 계층 구조를 가짐

- OSPF 영역

- 연결된 라우터와 네트워크를 영역으로 묶음

- 각 영역에 번호를 부여하여 영역 내에 있는 라우터는 다른 영역들과 독립적으로 관리됨
 - 각 영역들은 서로 연결되어 있어 전체 AS에 대한 라우팅 정보를 공유

- 백본(Backbone) 영역

- 경로 정보들을 연결하기 위한 영역
 - 각 영역은 백본 영역에 물리적으로 직접 연결되어 있음
 - 이 영역을 통해 영역 사이에 주고 받는 라우팅 정보 및 트래픽을 분산시킴

최단 경로 우선 프로토콜

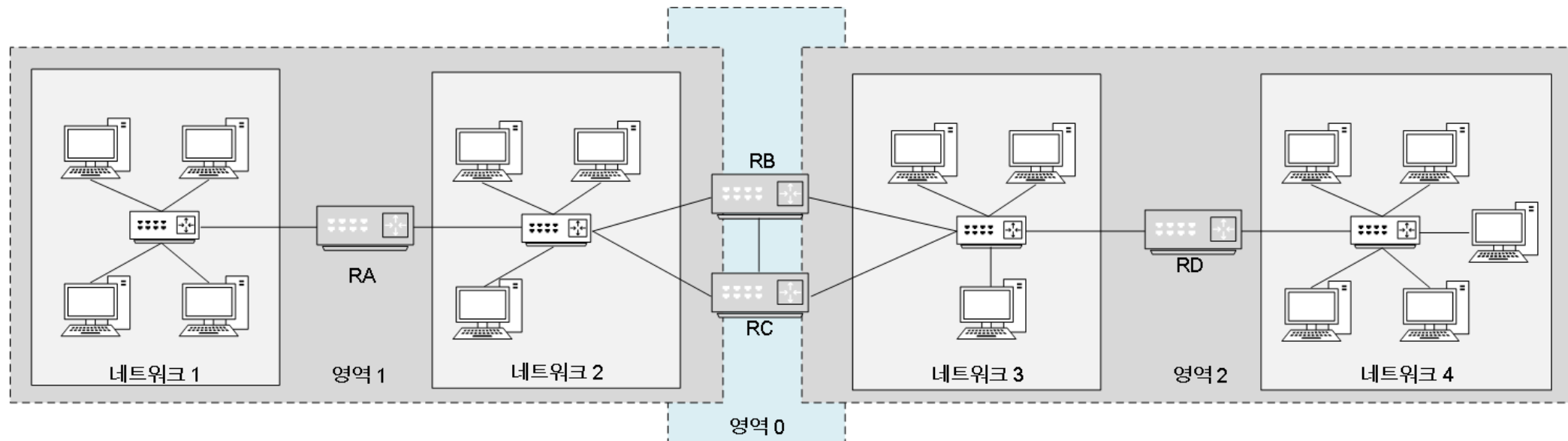
- OSPF 계층 토폴로지

- OSPF 라우터의 역할

- 계층 토폴로지를 사용하는 라우터는 자신의 위치와 연결된 방식에 따라 맡는 역할이 달라짐
- 내부 라우터(Interior router)
 - 한 영역 내에 있는 라우터에만 연결된 라우터
 - 한 영역에 대한 LSDB를 관리
- 영역 경계 라우터(Area border router)
 - 하나 이상의 영역에 연결된 라우터
 - 자신이 속한 각 영역에 대한 LSDB를 관리
- 백본 라우터(Backbone router)
 - 전체 AS에 대한 경로 정보를 알고 있는 라우터
 - 모든 영역 경계 라우터를 포함
 - 영역 간의 정보를 전달

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 계층 토폴로지
- OSPF AS의 예시 그림



최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 경로 결정

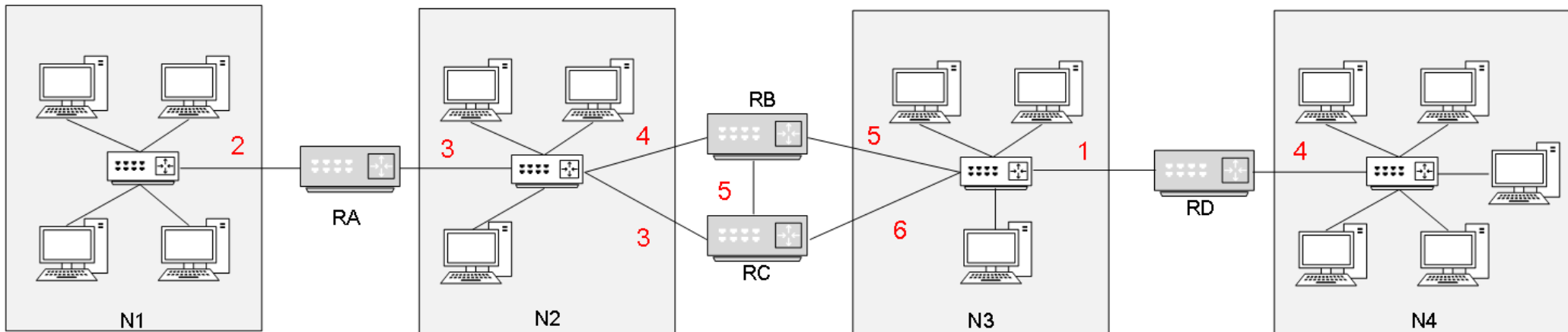
- 최단 경로 우선(SPF, Shortest Path First) 트리
 - AS 혹은 영역 내에 있는 네트워크로 가기 위한 경로를 결정하기 위해 각 라우터는 LSDB의 정보로 SPF 트리 생성
- 라우터는 트리를 통해 최단 경로를 갖는 라우팅 테이블을 생성
 - 네트워크로 가는 비용과 다음 홉이 될 라우터를 명시
 - 최단 경로 알고리즘
 - 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘 사용
- SPF 트리는 LSDB의 현재 상태에 따라 동적으로 계산

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 경로 결정

- 비용이 표시된 OSPF AS의 예시 그림, 표

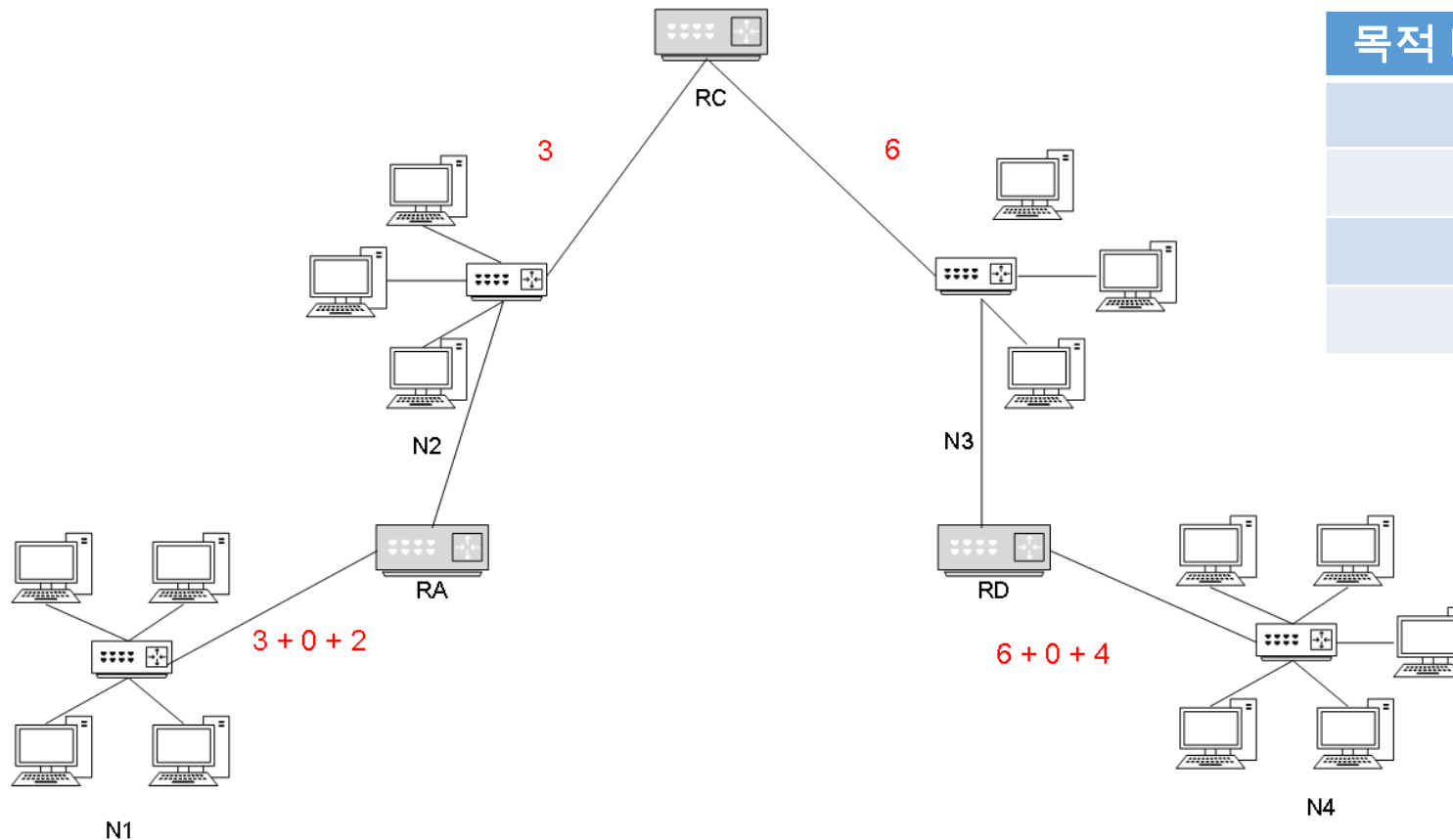
목적 라우터 / 네트워크	출발 라우터				출발 네트워크			
	RA	RB	RC	RD	N1	N2	N3	N4
RA					0	0		
RB			5			0	0	
RC		5				0	0	
RD							0	0
N1	2							
N2	3	4	3					
N3		5	6	1				
N4				4				



최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 경로 결정

- OSPF로 계산된 RC기준 SPF트리 그림, 표



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

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 일반 동작

- OSPF 메시지는 패킷을 전송할 때, TCP/UDP를 사용하지 않고 IP 패킷에 의해 직접 전송
 - 프로토콜 ID : 89

- OSPF 메시지 유형

- Hello 메시지

- 자신을 주변 장비들에게 알리거나, 주변 장비를 파악
 - 장비 간 링크를 수립, AS나 영역 내에서 OSPF 관련 인자 협상

- 데이터베이스 설명 메시지

- AS나 영역 토폴로지에 대한 LSDB 정보를 전달
 - Hello 메시지에 대한 응답 메시지
 - 큰 LSDB를 전송할 때는 나누어 전달
 - 송신 장비를 Master, 수신 장비는 Slave라고 부름

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 일반 동작
 - OSPF 메시지 유형
 - 링크 상태 요청 메시지
 - LSDB에 대한 최신 정보를 요청
 - 요청 시, 현재 정보를 알고 싶은 링크를 명시
 - 링크 상태 갱신 메시지
 - LSDB에 있는 특정 링크에 대한 상태를 알림
 - 링크 상태 요청 메시지에 대해 응답으로 송신
 - 주기적으로 링크 상태 정보를 브로드/멀티캐스트 광고
 - 링크 상태 승인 메시지
 - 링크 상태 갱신 메시지에 대한 응답 메시지

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 일반 동작

- OSPF 메시지 교환

1. 라우터는 주기적으로 Hello 메시지를 전송하여 주변에 OSPF를 실행하는 새로운 라우터가 있는지 확인
 - 발견 시, 데이터 베이스 설명 메시지를 전송하여 새로 생긴 라우터의 LSDB를 초기화
2. 초기화를 거친 라우터는 안정 상태에 들어감
3. 안정 상태에 들어간 라우터는 주기적으로 링크 상태 갱신 메시지를 보내 자신의 링크 상태를 광고
4. 링크 상태 갱신 메시지를 받은 라우터는 링크 상태 승인 메시지로 응답

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 일반 동작
- OSPF 메시지 인증
 - OSPF 메시지는 보안을 위해 인증을 사용하도록 명시
- 선택적으로 인증 방식 사용 가능
 - 간단한 비밀번호 인증
 - 해시 암호화(MD5) 인증
 - 인증을 사용하지 않는 널(NULL) 인증

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 메시지 포맷
- OSPF 공통 헤더 포맷 그림, 표



필드명	크기 (바이트)	설명
버전	1	OSPF 버전 2는 2로 설정
유형	1	OSPF 메시지의 유형 식별
패킷 길이	2	메시지의 길이를 바이트로 표시
라우터 ID	4	메시지를 생성한 라우터의 ID
영역 ID	4	메시지를 보낸 라우터가 속한 OSPF 영역을 알림
체크섬	2	에러 탐지 기능 제공
인증 유형	2	메시지에서 사용하는 인증 유형
인증	8	메시지의 인증을 위한 필드

최단 경로 우선 프로토콜

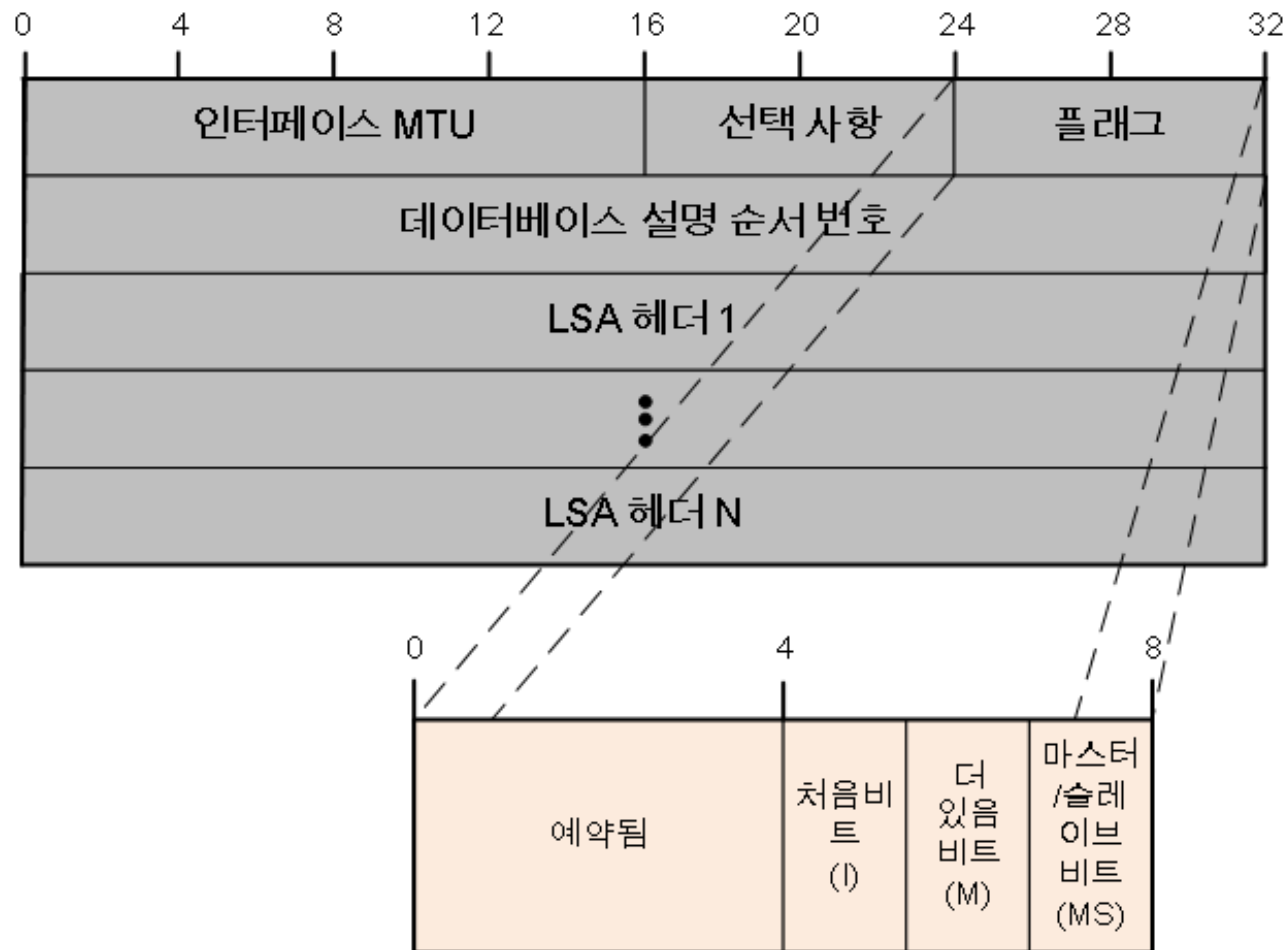
- OSPF 메시지 포맷
- OSPF Hello 메시지 포맷 그림, 표



필드명	크기 (바이트)	설명
네트워크 마스크	4	메시지를 보내고 있는 네트워크의 서브넷 마스크
전송 간격	2	Hello 메시지를 받기 원하는 간격(초 단위)
선택사항	1	라우터가 지원하는 OSPF 선택사항 기능
라우터 우선 순위	1	라우터의 우선 순위를 알림
라우터 장애 간주 간격	4	지정한 시간이 지나면 장애가 생겼다고 간주
지정 라우터	4	특별한 기능을 수행하도록 지명된 라우터의 주소 (없으면 0으로 설정)
백업 지정 라우터	4	백업 지정 라우터의 주소 (없으면 0으로 설정)
주변 라우터	4의 배수	라우터가 최근 받은 Hello 메시지를 보낸 주소

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 메시지 포맷
- OSPF 데이터베이스 설명 메시지 포맷 그림



최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 메시지 포맷

- OSPF 데이터베이스 설명 메시지 포맷 표

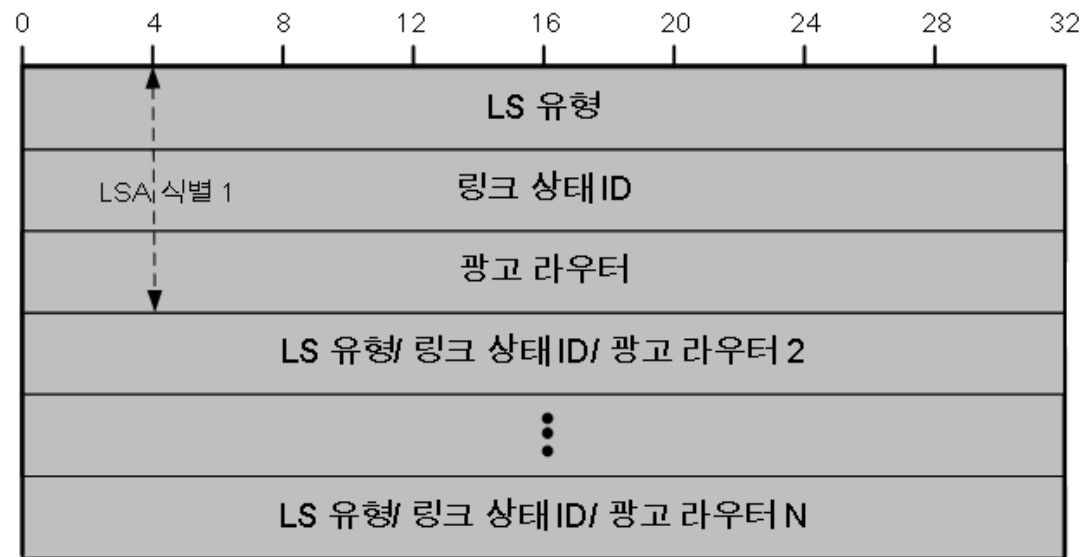
필드명	크기 (바이트)	설명
인터페이스 MTU	2	라우터의 인터페이스로 단편화하지 않고 보낼 수 있는 최대 IP 메시지 크기
선택사항	1	라우터가 지원하는 OSPF 선택사항 기능을 알림
플래그	1	데이터베이스 설명 메시지 교환에 대한 정보를 알림
데이터베이스 설명 순서 번호	4	데이터베이스 설명 메시지를 순서대로 정렬할 수 있도록 순서 번호 사용
LSA 헤더	가변	LSDB에 대한 정보를 전달하는 LSA 헤더를 포함

- OSPF 데이터베이스 설명 메시지 플래그 표

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

최단 경로 우선 프로토콜

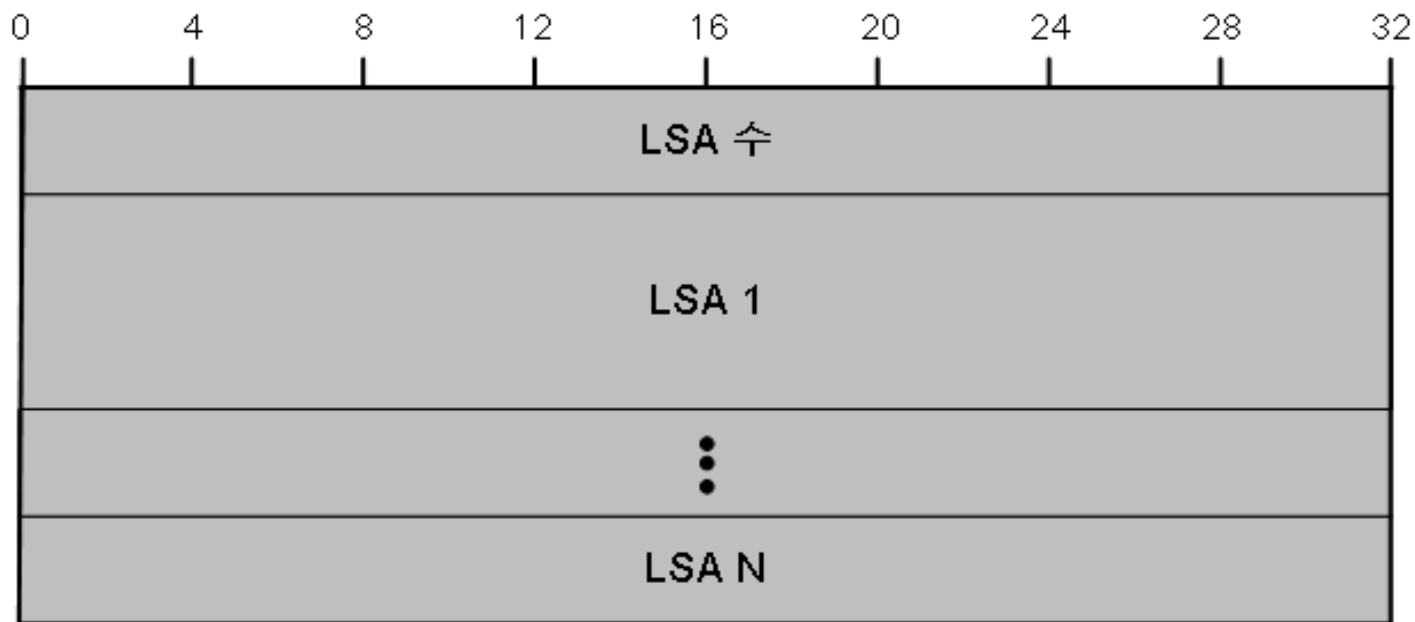
- OSPF 메시지 포맷
- OSPF 링크 상태 요청 메시지 포맷 그림, 표



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

최단 경로 우선 프로토콜

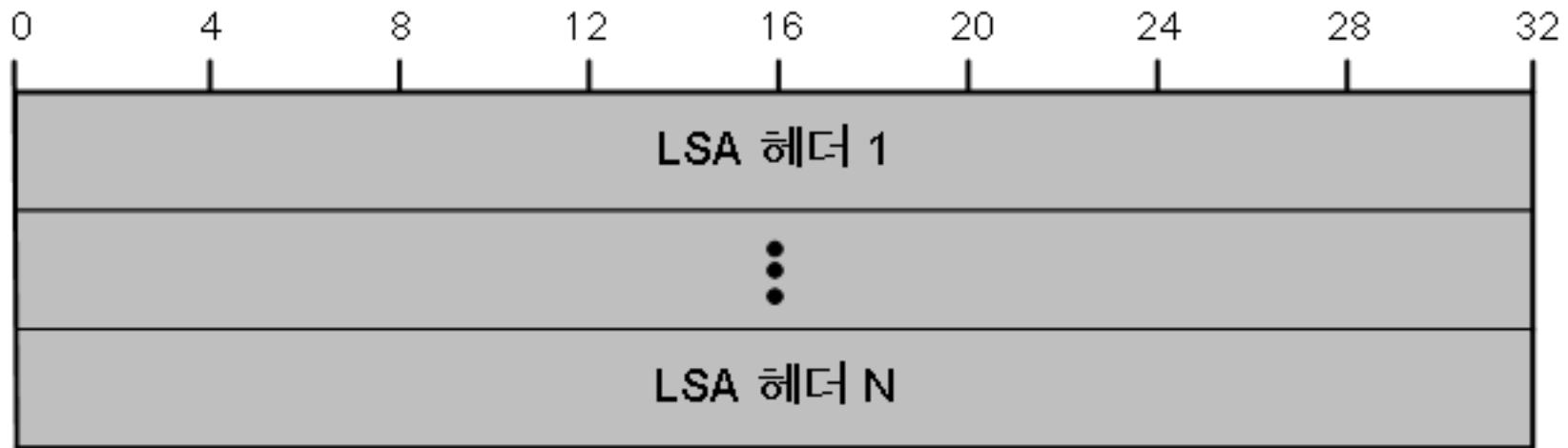
- OSPF 메시지 포맷
- OSPF 링크 상태 갱신 메시지 포맷 그림, 표



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

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 메시지 포맷
- OSPF 링크 상태 승인 메시지 포맷 그림, 표



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

최단 경로 우선 프로토콜

- OSPF 메시지 포맷
 - OSPF 링크 상태 광고 헤더 포맷 그림, 표



하위 필드명	크기 (바이트)	설명
LS 나이	2	LSA가 생긴 후 지난 시간을 초단위로 표현
선택사항	1	라우터가 지원하는 OSPF 선택사항 기능을 알림
LS 유형	1	LSA가 정보를 제공하는 링크의 유형을 알림
링크 상태 ID	4	링크를 식별
광고 라우터	4	LSA를 만든 라우터의 ID
LS 순서 번호	4	오래되거나 중복된 LSA를 찾기 위해 사용하는 순서 번호
LS 체크섬	2	에러가 생긴 데이터 판별하기 위한 체크섬
길이	2	헤더 길이 20바이트를 포함하는 총 LSA 길이

목 차

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

경계 경로 프로토콜

- 경계 경로 프로토콜(BGP, Border Gateway Protocol)
- 등장 배경
 - 인터넷이 확장되고, 인터넷워크에 속하는 AS의 수가 점차 늘어나면서 AS 간의 통신이 중요해짐
 - 인터넷에 더 나은 기능을 제공할 새로운 외부 라우팅 프로토콜 필요
 - 1989년 RFC 1105, “A Border Gateway Protocol”에서 첫 번째 버전 발표
 - 프로토콜의 개념, 핵심 요소, 장비 동작 방식을 정의
 - 1995년 RFC 1771, “A Border Gateway Protocol 4”에서 현재 사용중인 BGP-4 정의

경계 경로 프로토콜

- BGP 개요

- BGP 기능과 특성

- AS 간에 네트워크 접근 가능 정보를 교환하고 그 정보를 통해 네트워크로 가는 경로를 결정
- 각 AS는 BGP를 지원하는 라우터가 하나 이상 필요
- BGP 라우터는 네트워크에 관한 정보와 경로를 라우팅 정보 기반(RIB, Routing Information Base) 데이터베이스에 저장
 - 라우터끼리 라우팅 정보를 교환하고 인터넷워크에 전파
- 경로 정보를 공유하기 위해 TCP(179번 포트)를 사용하여 메시지 교환

경계 경로 프로토콜

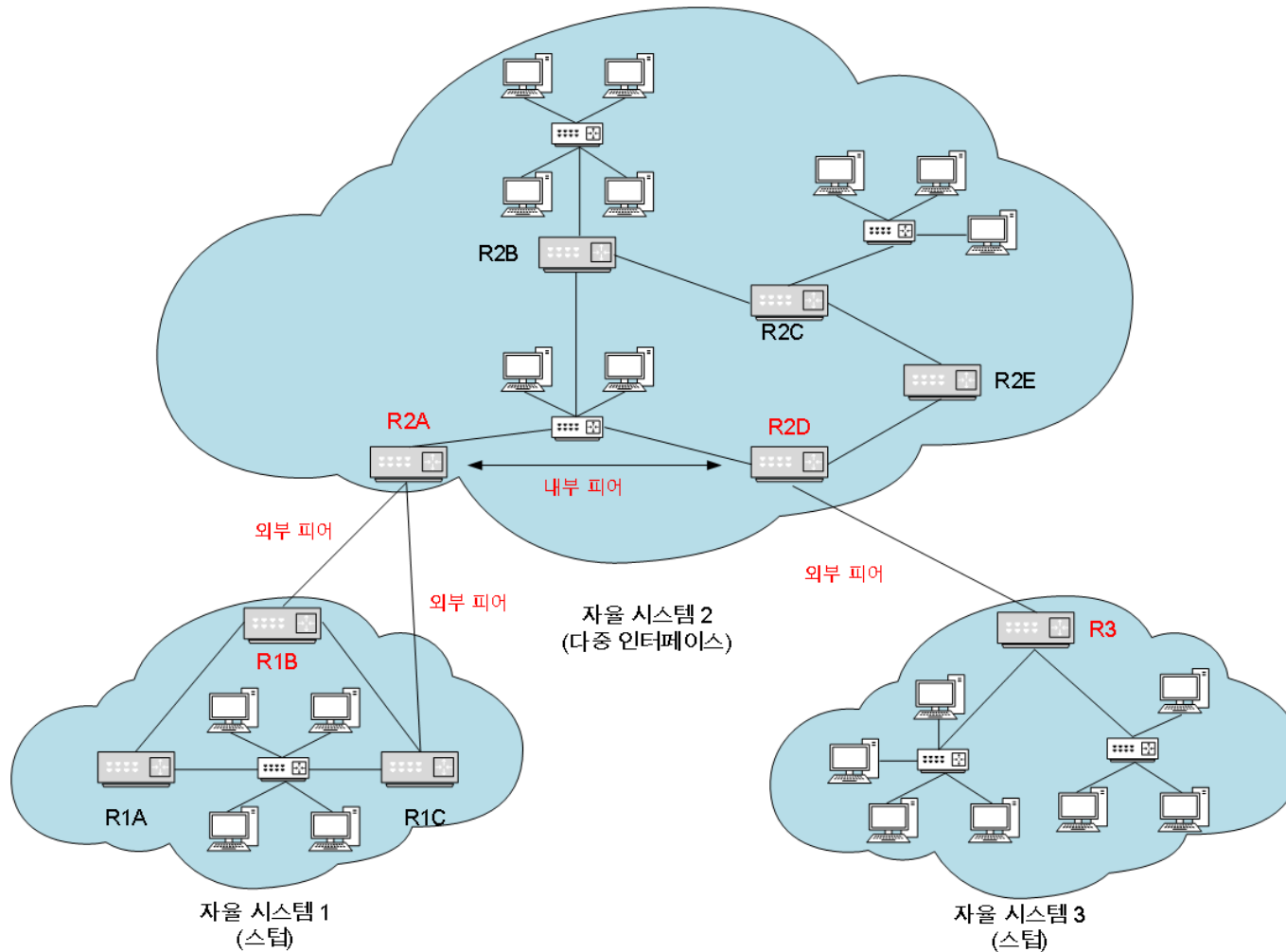
- BGP 토폴로지
 - AS의 BGP 라우터가 다른 AS의 BGP 라우터에 연결되어 있을 경우
 - AS의 인터넷워크가 어떤 토폴로지를 가지는 상관없이 BGP 사용 가능
 - 시간에 따라 갱신되는 토폴로지도 처리 가능
- BGP는 AS의 내부에 대한 처리를 하지 않음
 - 각 AS를 연결하여 경로 정보를 다른 AS와 공유

경계 경로 프로토콜

- BGP 토폴로지
 - BGP 토폴로지 구성
 - BGP 스피커(Speaker)
 - AS에서 BGP를 사용하기 위해 선택한 라우터
 - BGP의 메시지 교환 시스템을 통해 경로 정보를 교환
 - BGP 주변 노드(Neighbor node)
 - BGP 스피커와 다른 BGP 스피커가 연결된 경우
 - 내부 피어(Internal peer)
 - 같은 AS 내에서 통신하는 BGP 스피커
 - 외부 피어(External peer)
 - AS 간에 통신하는 BGP 스피커

경계 경로 프로토콜

- BGP 토폴로지
- BGP 토폴로지와 명칭 예시 그림



경계 경로 프로토콜

- BGP 토폴로지
 - BGP 트래픽 흐름과 유형
 - 지역 트래픽(Local traffic)
 - AS 내에서 발생하여 다른 AS로 전송되어야 하는 트래픽
 - 횡단 트래픽(Transit traffic)
 - AS 밖에서 발생하여 다른 AS로 전송되어야 하는 트래픽
- BGP AS 유형
 - 스텝(Stub) AS
 - 하나의 AS와 연결된 AS
 - 다중 인터페이스(Multi interface) AS
 - 두 개 이상의 AS에 연결된 AS

경계 경로 프로토콜

- BGP 토폴로지

- BGP AS 라우팅 정책

- 다중 인터페이스 AS의 관리자가 횡단 트래픽 전송을 제어하기 위한 라우팅 정책을 정함
- 횡단 금지 정책(No transit policy)
 - 횡단 트래픽을 전혀 처리하지 않음
- 제한된 AS 횡단 정책(Restricted AS transit policy)
 - 다른 AS에서 오는 횡단 트래픽은 처리하지 않고, 특정 AS에서 오는 트래픽만을 처리
- 기준 기반 횡단 정책(Criteria-based transit policy)
 - 다양한 기준을 통해 횡단 트래픽을 허용할지 허용하지 않을지 결정
 - e.g., 특정 시간, 트래픽 처리 잔여량 등

경계 경로 프로토콜

- BGP 경로 저장과 광고
 - BGP 장비 간의 경로 정보 교환을 통해 각 라우터가 IP 인터 네트워크에서 효율적으로 라우팅할 수 있게 함
- BGP 경로 정보 관리 함수
 - 경로 저장
 - 네트워크에 도달하는 방법과 다른 장비로부터 받은 라우팅 정보를 경로 데이터베이스에 저장
 - 경로 갱신
 - 피어로부터 갱신 메시지를 받은 후 자신의 경로 정보를 수정할지에 대한 처리 방식을 결정

경계 경로 프로토콜

- BGP 경로 저장과 광고
- BGP 경로 정보 관리 함수
 - 경로 선택
 - 경로 데이터베이스에 있는 정보를 사용하여 인터넷워크에 있는 네트워크로 가는 경로를 선택
 - 경로 광고
 - 피어에게 네트워크에 대한 정보와 경로, 도착 방법 등을 주기적으로 알림

경계 경로 프로토콜

- BGP 경로 저장과 광고
- BGP 라우팅 정보 기반(RIB) 데이터베이스
 - BGP 스피커가 경로 정보를 관리할 때 제대로 동작하기 위해 사용하는 중앙 데이터 구조
- Adj-RIBs-In
 - 피어 BGP 라우터로부터 받은 경로 정보를 보관하는 입력 데이터베이스
- Loc-RIB
 - BGP 장비가 유효하다고 판단하여 선택한 라우터의 현재 경로 정보를 저장하는 데이터베이스
- Adj-RIBs-Out
 - BGP 장비가 다른 라우터에게 알리기로 결정한 경로 정보를 보관하는 출력 데이터베이스

경계 경로 프로토콜

- BGP 경로 속성 값과 알고리즘

- BGP 경로 속성

- 효율적이고 루프가 없는 경로를 계산하기 위해서는 목적지 네트워크로 가는 모든 경로의 상세한 특성 정보가 필요
- 경로 정보는 BGP 경로 속성 값의 형태로 BGP 스피커의 라우팅 정보 기반(RIB) 데이터베이스에 저장
 - 속성 값
 - 현재 라우터에서 목적지 네트워크까지 패킷이 거쳐가야 하는 경로에 대한 특성을 알림
 - 라우터는 경로 속성 값을 저장, 처리, 전송, 수신하여 어떤 경로를 선택할지 결정

- BGP 알고리즘

- 경로 벡터 알고리즘 사용

- BGP 라우터는 네트워크로 가는 방법에 대해 광고할 때, 목적지 주소에 도착하기 위한 경로 설명을 덧붙여 광고

경계 경로 프로토콜

- BGP 경로 속성 값과 알고리즘
 - BGP 경로 속성 클래스
 - 잘 알려진 의무 사항(Well-known mandatory) 속성 값
 - 모든 갱신 메시지의 경로에 필수적으로 포함되어야 하는 속성
 - BGP 라우터는 이 클래스의 속성 값을 모두 처리해야 함
 - 잘 알려진 임의의 사항(Well-known discretionary) 속성 값
 - 갱신 메시지에 선택적으로 포함되는 속성
 - BGP 라우터는 이 클래스의 속성 값을 처리할 수 있어야 함

경계 경로 프로토콜

- BGP 경로 속성 값과 알고리즘
- BGP 경로 속성 클래스
 - 선택 사항 횡단(Optional transitive)
 - 속성 값을 식별할 수도 있고 갱신 메시지에 포함시킬 수도 있음
 - 속성 값을 식별하지 못한 경우, 경로를 광고할 때 다른 BGP 장비에게 알림
 - 선택 사항 비 횡단(Optional non-transitive)
 - 속성 값을 식별할 수도 있고 갱신 메시지에 포함시킬 수도 있음
 - 속성 값을 식별하지 못한 경우, 다음 라우터에게 알리지 않음

경계 경로 프로토콜

- BGP 경로 속성 값과 알고리즘
- BGP 경로 속성 값 특성 표

BGP 경로 속성	속성 유형 값	분류	설명
근원	잘 알려진 의무 사항	1	경로 정보를 얻은 출처를 명시
경로상의 AS	잘 알려진 의무 사항	2	설명하는 경로가 거쳐야 하는 AS를 나열
다음 홉	잘 알려진 의무 사항	3	목적지로 가기 위한 다음 홉 라우터를 명시
다중 출구/입구 설명(MED)	비 횡단 선택 사항	4	어떤 AS의 출구나 입구가 여러 개 있을 경우, 각각으로 가는 척도를 알림 (출구나 입구를 선택할 때 사용)
로컬 선호도	잘 알려진 임의 사항	5	같은 AS에 있는 BGP 스피커끼리 통신할 때 경로에 대한 선호도를 알리기 위해 사용
집선	잘 알려진 임의 사항	6	BGP 스피커는 더 구체적인 네트워크로 가는 중첩된 경로를 받을 수 있음
집선 장비	횡단 선택 사항	7	경로 집선을 수행한 라우터의 AS 번호와 BGP ID를 포함

경계 경로 프로토콜

- BGP 경로 판단과 결정 과정

- BGP 결정 과정 단계

- 결정 과정(Decision process)

- 라우터는 입력 정보를 분석하여 경로 갱신, 선택, 광고 기능을 수행
 - 로컬 데이터베이스에 포함시킬 정보를 선별
 - 데이터베이스를 갱신한 후 다른 장비에게 전송할 경로를 선택

1. BGP 스피커는 주변 AS에 있는 BGP 스피커가 보낸 경로를 분석하여 선호도를 할당
 - 할당된 선호도와 광고로 전달된 각 네트워크에 대한 최적 경로에 따라 순위를 매김
2. BGP 스피커는 최적 경로를 선호도에 따라 선택하여 로컬 라우팅 정보 기반(Loc-RIB)을 갱신
3. BGP 스피커는 Loc-RIB에 있는 경로를 선택하여 다른 AS에 있는 주변 노드 BGP 스피커에게 전송

경계 경로 프로토콜

- BGP 경로 판단과 결정 과정
 - 선호도 할당 기준
 - 목적지 네트워크까지 거쳐야 하는 AS의 수
 - 적을수록 좋음
 - 경로를 사용할 수 없게 하는 특정 정책의 존재 여부
 - 경로 정보의 생성지
 - 효율적인 경로 선택의 한계
 - BGP는 패킷이 AS를 지나는 데 드는 비용을 알 수 없음
 - AS 내부의 라우터 구조를 모르기 때문
 - AS의 상태에 따른 비효율 발생
 - 전체 경로의 효율을 보장할 수 없음

경계 경로 프로토콜

- BGP 일반 동작
 - BGP 스피커 지정과 연결 수립
 - AS 간 통신을 위해서는 BGP 스피커가 지정되고 서로 연결되어야 함
 - BGP 스피커가 지정된 후 AS는 BGP 인터넷워크에 연결
 - BGP 피어와 TCP 연결을 수립하여 메시지를 교환
 - 경로 정보 교환
 - BGP 피어 사이에 링크가 수립되면 전체 네트워크 정보와 라우팅 테이블을 교환
 - 이 후 갱신 메시지 교환
 - 변경된 경로에 대한 갱신 정보만 교환하기 때문에 사용하는 대역폭을 최소한으로 줄일 수 있음

경계 경로 프로토콜

- BGP 일반 동작

- 연결 유지

- BGP 스피커는 서로 연결되어 있다는 것을 확인하기 위해 주기적으로 킵 얼라이브 메시지 교환
 - 보낼 정보가 없는 동안에도 장비 간 통신 유지

- 에러 보고

- BGP 통지(Notification) 메시지

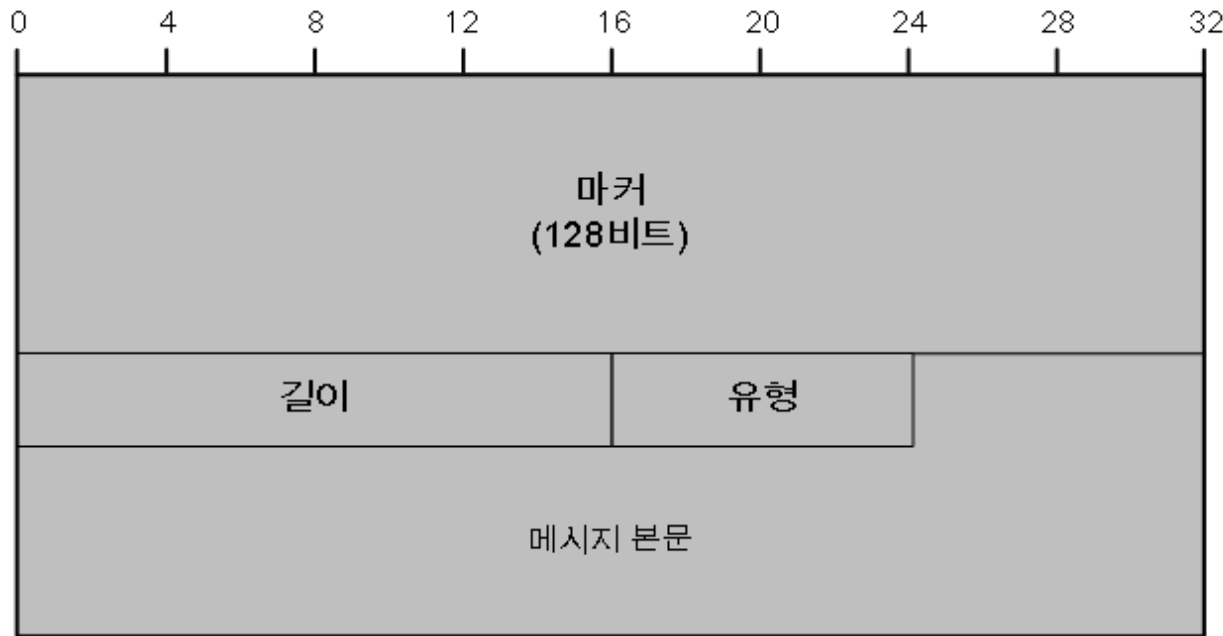
- BGP 피어에게 에러가 발생했을 경우, 에러의 원인에 대한 정보를 제공하는 오류 메시지

- 통지 메시지를 보낸 장비는 둘 간의 BGP 연결을 종료

- 새 연결을 수립하려면 통지 메시지에서의 에러를 해결한 후에 처음부터 다시 협상해야 함

경계 경로 프로토콜

- BGP 메시지 포맷
- BGP 일반 메시지 포맷 그림, 표



필드명	크기 (바이트)	설명
마커	16	메시지의 시작을 식별, 인증하기 위해 사용
길이	2	메시지의 총 길이
유형	1	BGP 메시지 유형 1 = 생성 2 = 갱신 3 = 통지 4 = 킵 얼라이브
메시지 본문/ 데이터 부분	가변	생성, 갱신, 통지 메시지 유형을 구현하 기 위한 구체적인 필드

- BGP 메시지 포맷
 - BGP 생성 메시지 포맷 그림, 표



경계 경로 프로토콜

- BGP 메시지 포맷

- BGP 생성 메시지 선택 사항 파라미터 구성 표

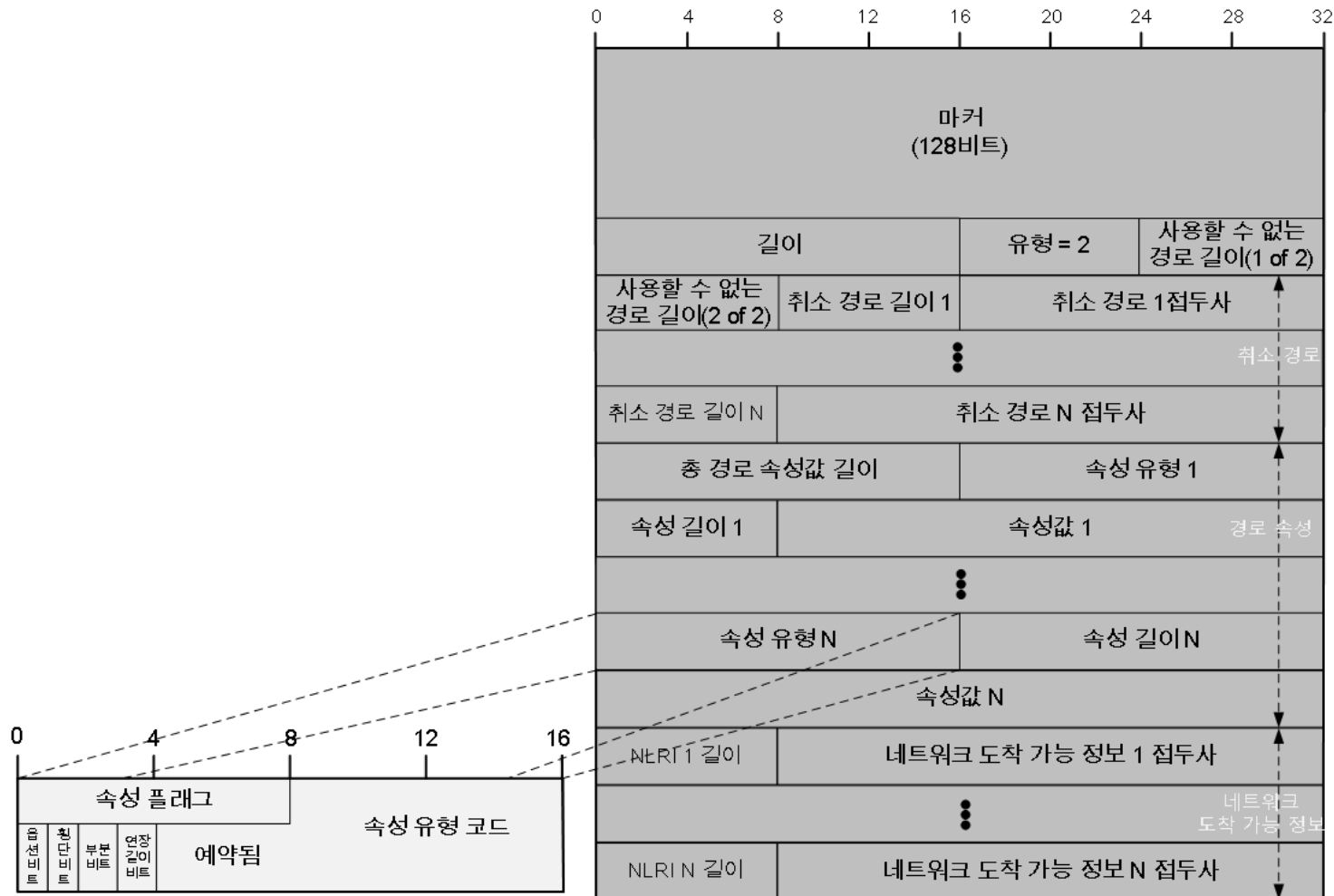
하위 필드명	크기 (바이트)	설명
파라미터 유형	1	현재 인증 정보를 위한 단 하나의 선택 사항만이 정의 (인증 정보일 경우 1로 설정)
파라미터 길이	1	파라미터 값 하위 필드의 길이를 명시 (전체 파라미터 길이에서 2를 뺀 값)
파라미터 값	가변	전달하려는 파라미터의 값

- BGP 생성 메시지의 역할

- 두 장비 사이의 연결을 수립
- 메시지를 송신하는 쪽의 신원과 AS를 알림
- 세션을 사용하는 방법에 관한 중요한 파라미터를 협상

경계 경로 프로토콜

- BGP 메시지 포맷
- BGP 갱신 메시지 포맷 그림



경계 경로 프로토콜

- BGP 메시지 포맷
- BGP 갱신 메시지 포맷 표

하위 필드명	크기 (바이트)	설명
속성 유형	2	속성의 유형을 정의
속성 길이	1 or 2	속성의 길이 (속성의 길이가 긴 경우 연장 길이 플래그를 설정하여 2바이트로 늘림)
속성 값	가변	경로 속성의 유형에 따라 달라짐

하위 하위 필드명	크기 (비트)	설명	값	속성 값 유형
선택 사항	1	선택사항 속성이면 1, 잘 알려진 속성이면 0	1	근원
횡단	1	선택사항 횡단 속성이면 1, 비 횡단 속성이면 0	2	경로상의 AS
부분	1	1이면 횡단 속성에 대한 정보가 일부분이라는 뜻, 0이라면 정보가 완전하다는 뜻	3	다음 홉
연장 길이	1	0이면 속성 길이 필드가 1바이트라는 것을 의미	4	다중 출구/ 입구 설명(MED)
예약	4	0으로 설정하고 무시	5	로컬 선호도
			6	집선
			7	집선 장비

경계 경로 프로토콜

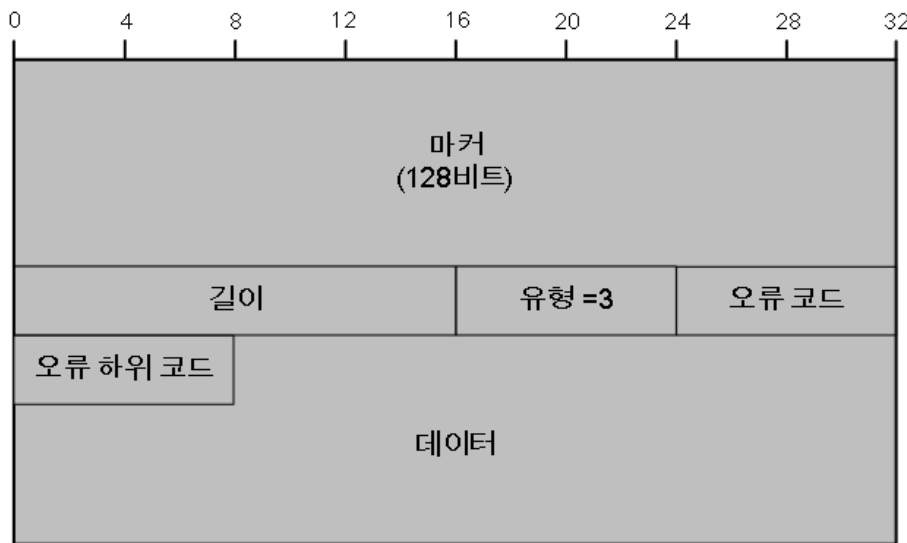
- BGP 메시지 포맷
- BGP 킵 얼라이브 메시지 포맷 그림, 표



필드명	크기 (바이트)	설명
마커	16	메시지의 시작을 식별, 인증하기 위해 사용
길이	2	메시지의 총 길이 (킵얼라이브 메시지 길이는 19바이트로 고정)
유형	1	BGP 메시지의 유형 (킵얼라이브 메시지 값은 4)

경계 경로 프로토콜

- BGP 메시지 포맷
- BGP 통지 메시지 포맷 그림, 표



오류 코드 값	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 완료	홀드 시간이 만료되기 전에 메시지를 받지 못함
5	유한 상태 머신 에러	한 동작 상태에서 다른 동작 상태로 움직이는 방식
6	종료	다른 오류 코드로 설명하는 에러 상황과는 관계 없이 접속을 끝내고 싶을 때 사용

목 차

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

기타 라우팅 프로토콜

- TCP/IP 게이트웨이 간 프로토콜(GGP, Gateway-Gateway Protocol)
 - 초기 네트워크의 핵심 라우터 간 경로 정보 통신을 위해 사용된 프로토콜
 - 1982년 RFC 823, “DARPA Internet Gateway”에서 정의
 - 거리 벡터 알고리즘 사용
 - 홉 수로 장비 간 최적 경로를 결정
 - RIP의 문제점을 가짐
 - 클래스 단위 네트워크에서만 사용
 - AS를 사용하는 방식으로 인터넷 구조가 바뀌어 현재 사용되지 않음

기타 라우팅 프로토콜

- TCP/IP 외부 게이트웨이 프로토콜(EGP, Exterior Gateway Protocol)
 - 초기 네트워크의 비핵심 라우터들이 네트워크 도착 가능 정보를 교환하기 위해 사용된 프로토콜
 - 1982년 RFC 827, “Exterior Gateway Protocol”에서 처음 정의
 - BGP로 대체되어 더 이상 사용하지 않음
 - 트리 구조 기반으로 설계되어 다양한 토폴로지에서 사용될 수 없음
 - 임의의 토폴로지에서 라우팅 루프가 생기는 문제가 있음

기타 라우팅 프로토콜

- HELLO 프로토콜

- 초기 네트워크의 라우터가 라우팅 정보를 교환하기 위해 사용된 프로토콜
- 1983년 RFC 891, “DCN Local-Network Protocol”에서 정의
- 거리 벡터 알고리즘 사용
 - 척도로 홉 수 대신 측정 지연 시간을 사용
 - 네트워크 지연 시간을 측정하고 가장 짧은 지연 시간을 가지는 경로를 선택
- 클럭 값과 타임스탬프를 자신의 클럭과 비교하여 패킷을 보내는 데 걸린 시간을 측정
- 현재 사용되지 않음

기타 라우팅 프로토콜

- 내부 경로 제어 프로토콜(IGRP, Interior Gateway Routing Protocol)
 - 1980년대 시스코에서 RIP의 단점을 개선하기 위해 여러 기능을 추가하여 개발한 프로토콜
- 거리 벡터 알고리즘 사용
 - 홉 수, 대역폭, 지연시간, 안전성 등 여러 가지 척도로 최적 경로 결정
- 다중 경로 라우팅(Multi path routing) 기능 추가
 - 라우터 간 경로를 자동으로 사용하여 트래픽을 여러 경로에 분산시킴

기타 라우팅 프로토콜

- 확장 내부 경로 제어 프로토콜(EIGRP, Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)
 - 1990년대 시스코에서 IGRP를 개선시킨 프로토콜
 - 확산 갱신 알고리즘(DUAL, Diffusing Update Algorithm) 사용
 - 링크의 대역폭과 지연 시간을 결합한 척도를 사용하여 최적 경로를 결정
- 라우터 간 트래픽 양을 줄임
 - 경로 갱신 정보를 주기적으로 전송하지 않고, 부분 갱신 정보만 전송하기 때문

감사합니다!