IP 프로토콜

편집: 홍익대학교(세종) 김혜영

01_네트워크 계층의 기능

❖ 네트워크

- 라우팅
  - 라우팅 테이블 : 네트워크 구성 형태에 관한 정보를 관리
  - 라우팅 : 송수신 호스트 사이의 패킷 전달 경로를 선택하는 과정

- 혼잡 제어
  - 혼잡 : 네트워크에 패킷 수가 과도하게 증가되는 현상
  - 혼잡 제어 : 혼잡의 발생을 예방하거나 제거하는 기능

- 패킷의 분할과 병합
  - 상위 전송 계층에서 송신을 요구한 데이터는 최종적으로 MAC 계층의 프레임 구조에 정의
  - 된 형식으로 캡슐화되어 물리적으로 전송
  - 패킷 분할 : 데이터를 여러 패킷으로 나누는 과정
  - 패킷 병합 : 목적지에서 분할된 패킷을 다시 모으는 과정

01_네트워크 계층의 기능

❖ 연결형 서비스와 비연결형 서비스

- 연결형: 데이터 전송 전에 데이터의 전송 경로를 미리 결정
- 비연결형: 데이터의 전송 경로를 사전에 결정하지 않고 패킷 단위로 결정

그림 7-1 연결형 · 비연결형 서비스

01_네트워크 계층의 기능

- 비연결형 서비스Connectionless Service
  - 패킷의 전달 순서
    - 패킷이 서로 다른 경로로 전송되므로 도착 순서가 일정하지 않음
    - 상위 계층에서 순서를 재조정해야 함
  - 패킷 분실 가능성
    - 패킷의 100% 도착을 보장하지 않음
    - 상위 계층에서 패킷 분실 오류를 복구해야 함
  - 인터넷 환경의 예
    - IP : 네트워크 계층의 기능을 지원하는 비연결형 프로토콜
    - UDP : 전송 계층의 기능을 지원하는 비연결형 프로토콜

- 연결형 서비스Connection-oriented Service
  - 상대적으로 신뢰성이 높음
  - TCP : 전송 계층의 기능을 지원하는 연결형 프로토콜

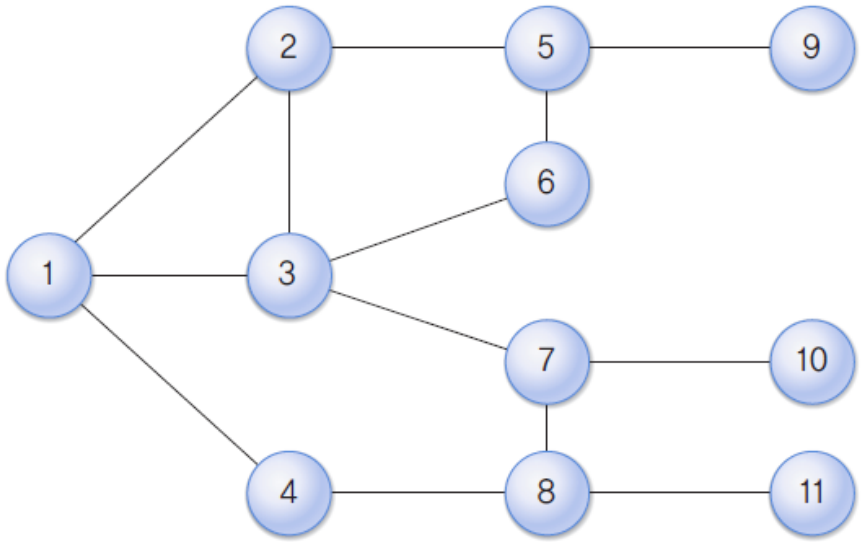
01_네트워크 계층의 기능

라우팅Routing

- 패킷의 전송 경로를 지정
- 전송 경로 결정시 고려 사항
  - 공평 원칙 : 다른 패킷의 우선 처리를 위해 다른 패킷이 손해를 보면 안됨
  - 효율 원칙 : 전체 네트워크의 효율성에 대해 고려해야 함
- 정적/동적 라우팅
  - 정적 라우팅Static Routing
    - 패킷 전송이 이루어지기 전에 경로 정보를 라우터가 미리 저장하여 중개
    - 단점 : 경로 정보의 갱신이 어려우므로, 네트워크 변화/네트워크 혼잡도 대처 부족
  - 동적 라우팅Dynamic Routing
    - 라우터의 경로 정보가 네트워크 상황에 따라 적절히 조절됨
    - 단점 : 경로 정보의 수집과 관리로 인한 성능 저하
- HELLO/ECHO 패킷
  - HELLO: 주변 라우터에 HELLO 패킷을 보내어 주변 경로 정보를 파악하는 용도
  - ECHO: 라우터 사이의 전송 지연 시간을 측정하는 용도

01_네트워크 계층의 기능

- 라우팅 테이블Routing Table
  - 패킷 전송 과정에서 라우터들이 경로를 쉽게 찾도록 하는 가장 기본적인 도구
  - 필수 정보 : 목적지 호스트, 다음 홉
    - 목적지 호스트 : 패킷의 최종 목적지가 되는 호스트 주소
    - 다음 홉 : 목적지 호스트까지 패킷을 전달하기 위한 인접 경로



(a) 네트워크 연결 구성의 예

목적지	홉
1	–
2	2
3	3
4	4
5	2
6	3
7	3
8	4
9	2
10	3
11	4

(b) 호스트 1의 라우팅 테이블

그림 7-2 라우팅 테이블

01_네트워크 계층의 기능

- 라우팅 정보의 처리
  - 소스 라우팅Source Routing
    - 패킷을 전송하는 호스트가 목적지 호스트까지 전달 경로를 스스로 결정하는 방식
    - 경로 정보를 전송 패킷에 기록함
    - 데이터그램 방식과 가상 회선 방식에서 모두 이용함
  - 분산 라우팅Distributed Routing
    - 라우팅 정보가 분산되는 방식, 패킷의 전송 경로에 위치한 각 라우터가 경로 선택에 참여함
    - 네트워크에 존재하는 호스트의 수가 많아질수록 다른 방식보다 효과적일 수 있음
  - 중앙 라우팅Centralized Routing
    - RCC라는 특별한 호스트를 사용해 전송 경로에 관한 모든 정보를 관리하는 방식
    - RCC로부터 목적지 호스트까지 도착하기 위한 경로 정보를 미리 얻음
    - 장점 : 경로 정보를 특정 호스트가 관리하기 때문에 경로 정보를 관리부담이 줄어듬
    - 단점 : RCC에 과중한 트래픽을 주어 전체 효율이 떨어짐
  - 계층 라우팅Hierarchical Routing
    - 분산 라우팅 기능과 중앙 라우팅 기능을 적절히 조합하는 방식
    - 네트워크 규모가 계속 커지는 환경에 효과적

01_네트워크 계층의 기능

❖ 혼잡 제어

- 혼잡Congestion : 네트워크 성능 감소 현상이 급격하게 악화되는 현상
- 혼잡 제어Congestion Control : 혼잡 문제를 해결하기 위한 방안
  - 흐름 제어 : 송신,수신 호스트 사이의 논리적인 점대점 전송 속도를 다룸
  - 혼잡 제어 : 서브넷에서 네트워크의 전송 능력 문제를 다룸

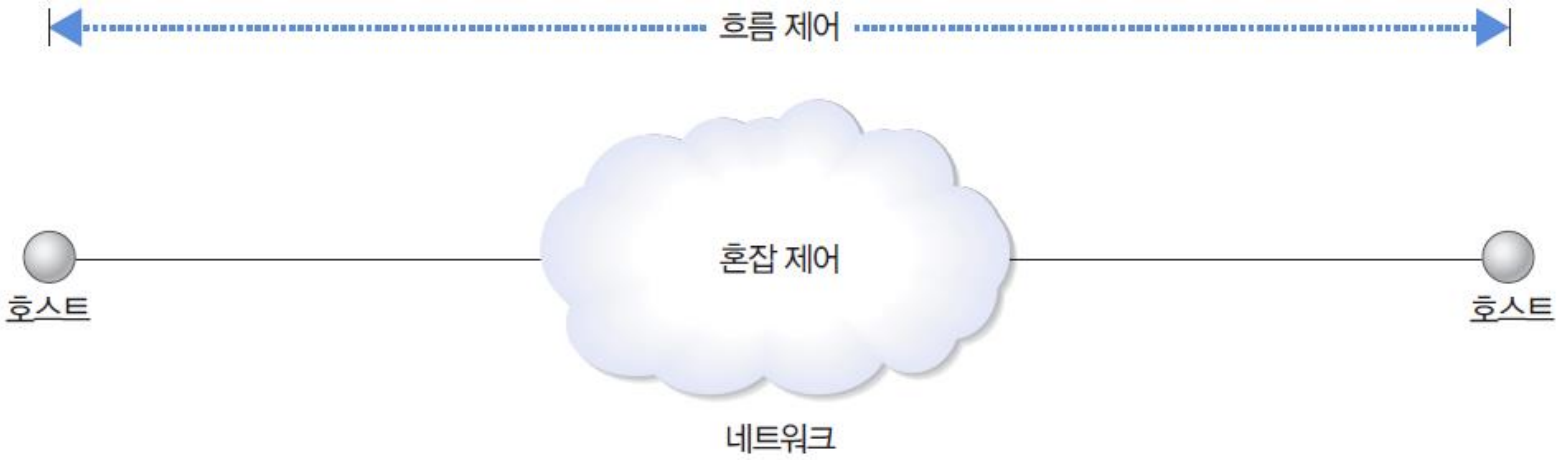


그림 7-3 흐름 제어와 혼잡 제어

01_네트워크 계층의 기능

- 혼잡의 원인
  - 초기 혼잡 과정에서 타임 아웃 시간이 작으면 혼잡도가 급격히 증가
  - 패킷 도착 순서가 다른 상황에서 패킷을 분실 처리하면 타임아웃 증가
  - 의도적으로 피기배킹을 사용하면 응답 시간이 느려져 타임아웃 증가
  - 패킷 생존 시간을 작게 하면 패킷이 강제로 제거되어 타임아웃 증가

  - 라우팅 알고리즘
    - 혼잡이 발생하지 않는 경로를 배정하도록 설계
    - 혼잡이 발생하는 경로를 선택하면 혼잡이 주변으로 확대됨

01_네트워크 계층의 기능

- 트래픽 성형
  - 혼잡은 트래픽이 특정 시간에 집중되는 버스트현상이 원인
  - 트래픽 성형Traffic Shaping : 송신 호스트가 전송하는 패킷의 발생 빈도가 네트워크에서 예측할 수 있는 전송률로 이루어지게 하는 기능
  - 리키 버킷Leaky Bucket 알고리즘

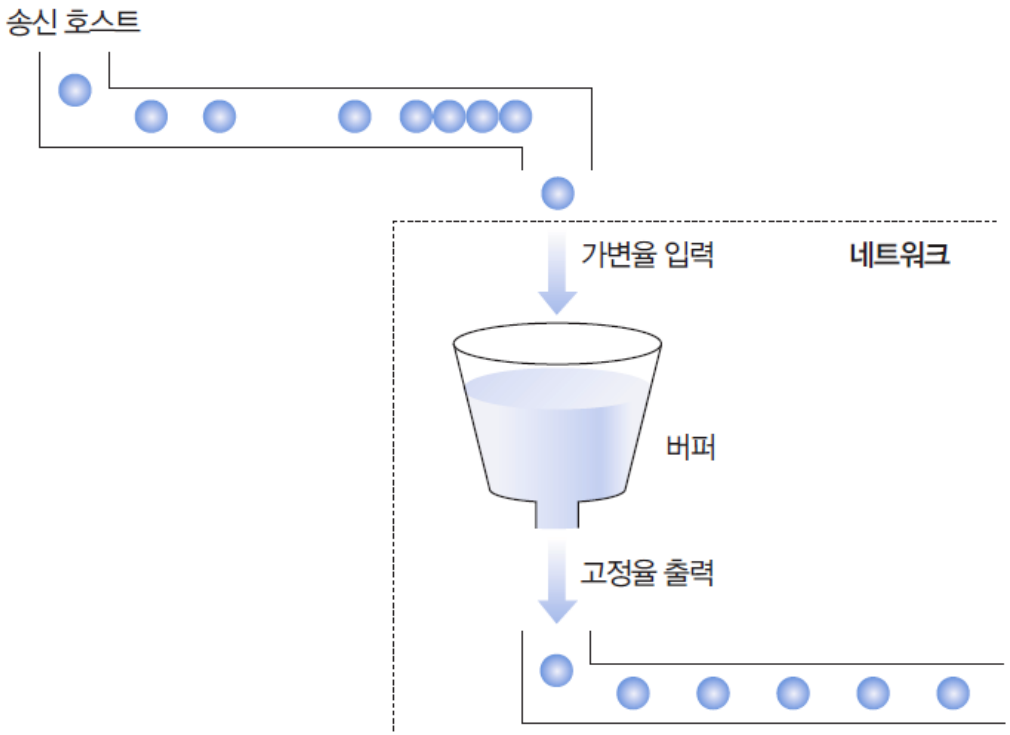


그림 7-4 리키 버킷 알고리즘

01_네트워크 계층의 기능

- 혼잡 제거
  - 특정 지역의 혼잡이 다른 지역으로 확대되지 않도록 하는 것이 중요
  - 혼잡 제거를 위해 호스트와 서브넷이 가상 회선 연결 과정에서 협상을 함 (자원 예약 방식)
    - 네트워크에서 수용 불가능한 정도로 트래픽이 발생하는 일을 사전에 예방함
    - 단점 : 전송 대역을 해당 사용자가 이용하지 않더라도 다른 사용자가 이용하지 못함
  - ECN Explicit Congestion Notification 패킷
    - 라우터는 트래픽의 양을 모니터해 출력 선로의 사용 정도가 한계치를 초과하면 주의 표시를 함
    - 주의 표시한 방향의 경로는 혼잡이 발생할 가능성이 높기 때문에 특별 관리함

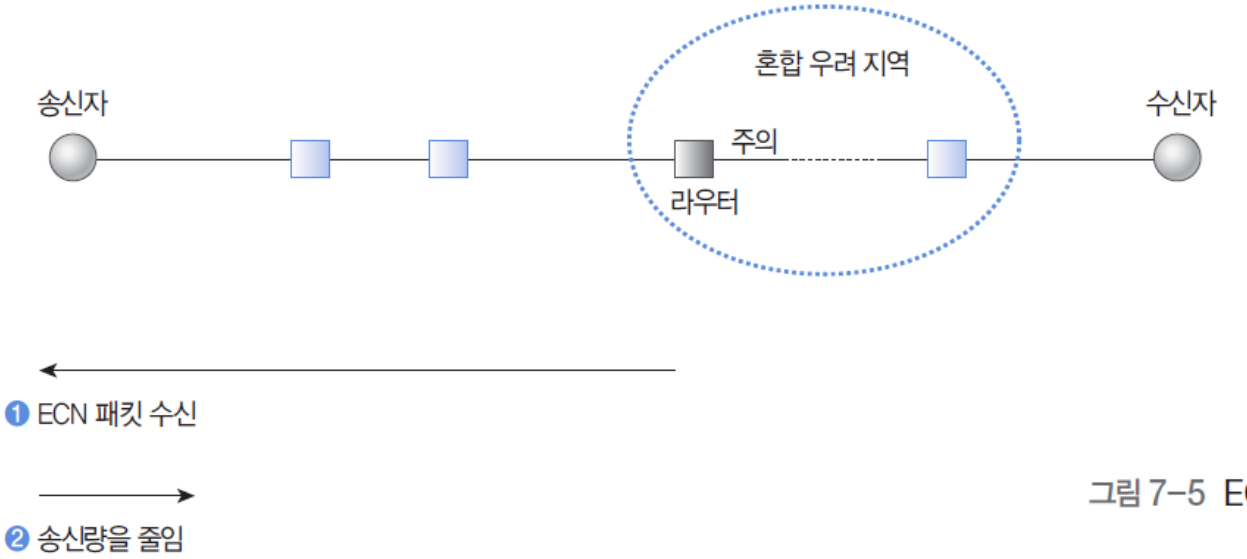


그림 7-5 ECN 패킷

02_라우팅 프로토콜

❖ 간단한 라우팅 프로토콜

- 네트워크 거리 기준 : 라우터의 개수, 홉 Hop의 수로 판단
- 최단 경로 라우팅
  - 패킷이 목적지에 도달할 때까지 라우터 수가 최소화될 수 있도록 경로 선택
  - 장점 : 간단한 형식으로 적용가능

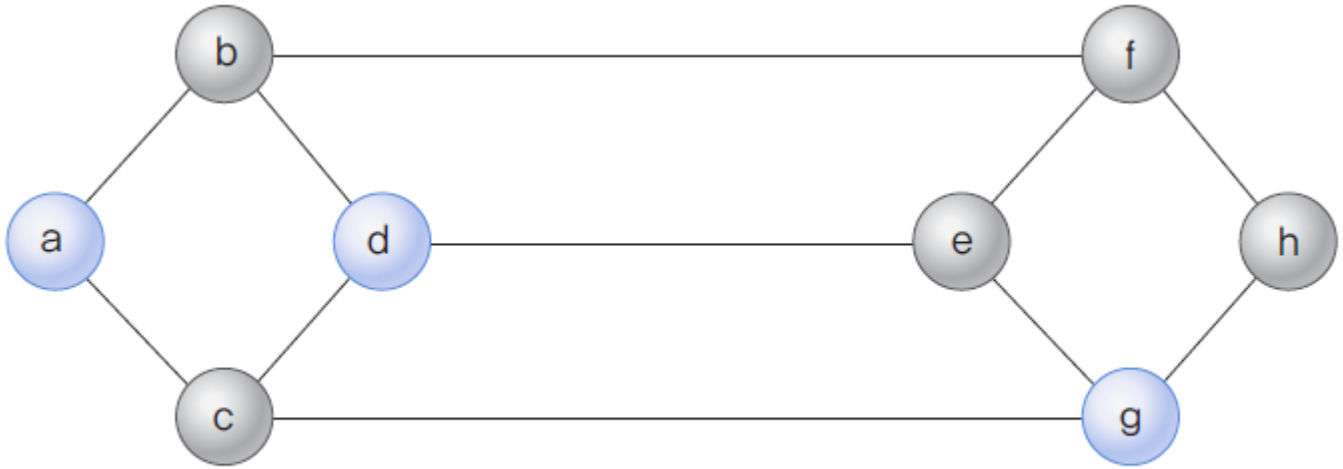


그림 7-6 최단 경로 라우팅

02_라우팅 프로토콜

- RIP Routing Information Protocol 프로토콜
  - 거리 벡터 방식의 내부 라우팅 프로토콜 중에서 가장 간단하게 구현된 것
  - 소규모 네트워크 환경에 적합, 현재 가장 많이 사용하는 라우팅 프로토콜
  - 라우팅 테이블 적용
    - 새로운 네트워크의 목적지 주소이면 라우팅 테이블에 적용
    - 거리 벡터 정보가 기존 정보와 비교하여 목적지까지 도착하는 지연이 더 적으면 대체
    - 라우터로부터 거리 벡터 정보가 들어왔을 때, 라우팅 테이블에 해당 라우터를 다음 홉으로 하는 등록 정보가 있으면 새로운 정보로 수정

02_라우팅 프로토콜

- 라우터 R1의 라우팅 테이블
  - 목적지 Net.4: 다음 홉 R4
  - 개선의 여지가 있음

표 7-1 수정 전 라우터 R1의 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

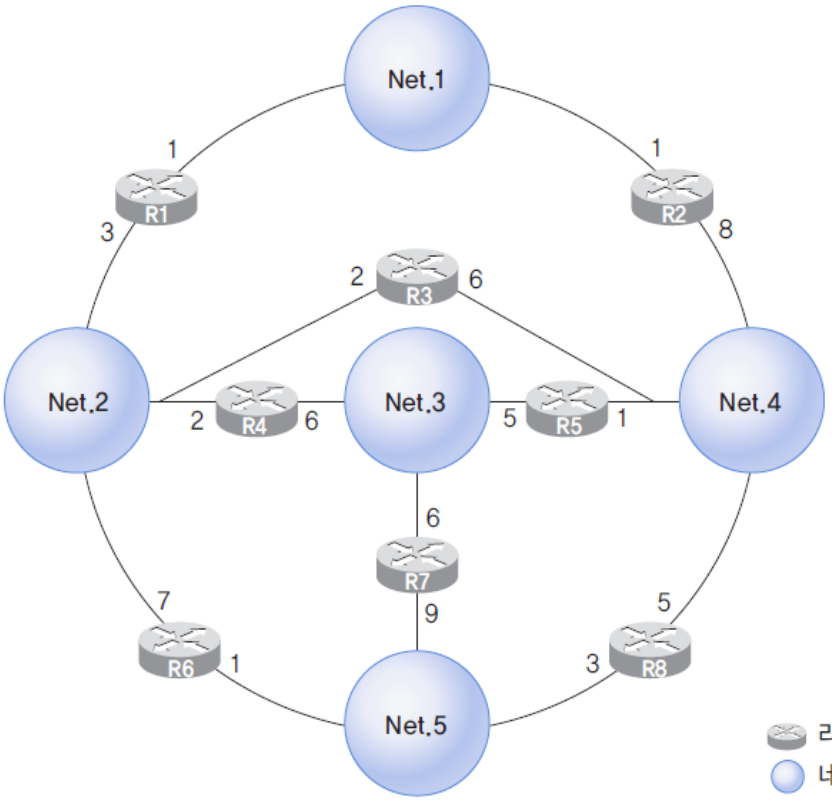


그림 7-8 네트워크 구성의 예

02_라우팅 프로토콜

- 임의의 시점에 거리 벡터 정보

  R2 = [1, 2, 2, 1, 2]

  R3 = [2, 1, 2, 1, 2]

  R4 = [2, 1, 1, 2, 2]

  R6 = [2, 1, 2, 2, 1]

표 7-2 수정 후 라우터 R1의 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

03_IP 프로토콜

- IP 프로토콜의 주요 특징
  - 비연결형 서비스를 제공
  - 패킷을 분할/병합하는 기능을 수행
  - 데이터 체크섬은 제공하지 않고, 헤더 체크섬만 제공
  - Best Effort 원칙에 따른 전송 기능을 제공

❖ IP 헤더 구조

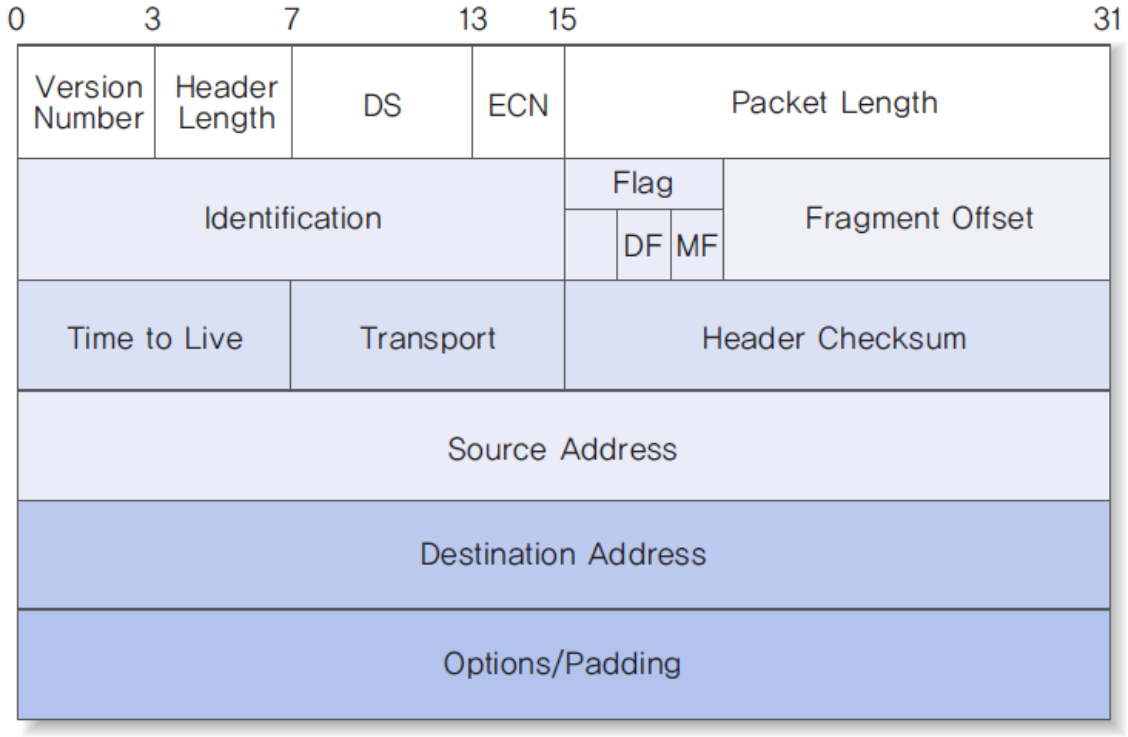


그림 7-12 IP 헤더의 구조

03_IP 프로토콜

- DS/ECN
  - Service Type 필드
    - 우선순위, 지연, 전송률, 신뢰성 등의 값을 지정할 수 있음
    - IP 프로토콜이 사용자에게 제공하는 서비스의 품질에 관련된 내용을 표현

표 7-4 Service Type

비트 번호	각 비트의 값	
	0	1
0 ~ 2	우선순위(111 : 가장 높음)	
3	보통의 지연	낮은 지연
4	보통의 전송률	높은 전송률
5	보통의 신뢰성	높은 신뢰성
6 ~ 7	예약	

    - Service Type 필드는 6비트의 DS 필드와 2비트의 ECN 필드로 새로 정의됨

03_IP 프로토콜

- DS Differentiated Services
  - 사전에 서비스 제공자와 서비스 이용자 사이에 서비스 등급에 대해 합의
  - 동일한 DS 값을 갖는 트래픽들은 동일한 서비스 등급으로 처리됨
- ECN Explicit Congestion Notification
  - ECT 0과 ECT 1은 동일한 의미
  - ECN 기능을 위하여 TCP 프로토콜의 헤더에 ECE 필드와 CWR 필드가 추가

표 7-5 ECN 필드 값의 의미

필드 값	의미
00	IP 패킷이 ECN 기능을 사용하지 않음을 의미한다.
01(ECT 1)	TCP 프로토콜도 ECN 기능을 지원한다는 의미이다.
10(ECT 0)	TCP 프로토콜도 ECN 기능을 지원한다는 의미이다.
11(CE: Congestion Experienced)	라우터가 송신 호스트에 혼잡을 통지할 때 사용한다.

03_IP 프로토콜

- 패킷 분할
  - Identification(식별자 혹은 구분자)
    - IP 헤더의 두 번째 워드에는 패킷 분할과 관련된 정보가 포함.
    - Identification은 송신 호스트가 지정하는 패킷 구분자 기능을 수행함
  - DF Don't Fragment : 패킷이 분할되지 않도록 함
  - MF More Fragment
    - MF필드 값을 1로 지정하여, 분할 패킷이 뒤에 계속됨을 표시
    - 마지막 패킷은 MF 비트를 0으로 지정하여 분할 패킷이 더 없음을 표시
  - Fragment Offset(분할 옵셋)
    - 저장되는 값은 분할된 패킷의 내용이 원래의 분할 전 데이터에서 위치하는 상대 주소값
    - 값은 8바이트의 배수

03_IP 프로토콜

- 주소 관련 필드
  - Source Address : 송신 호스트의 IP 주소
  - Destination Address : 수신 호스트의 IP

  - network(네트워크) : 네트워크 주소
  - host(호스트) : 네트워크 주소가 결정되면 하위의 호스트 주소를 의미하는 host 비트 값을 개별 네트워크의 관리자가 할당

03_IP 프로토콜

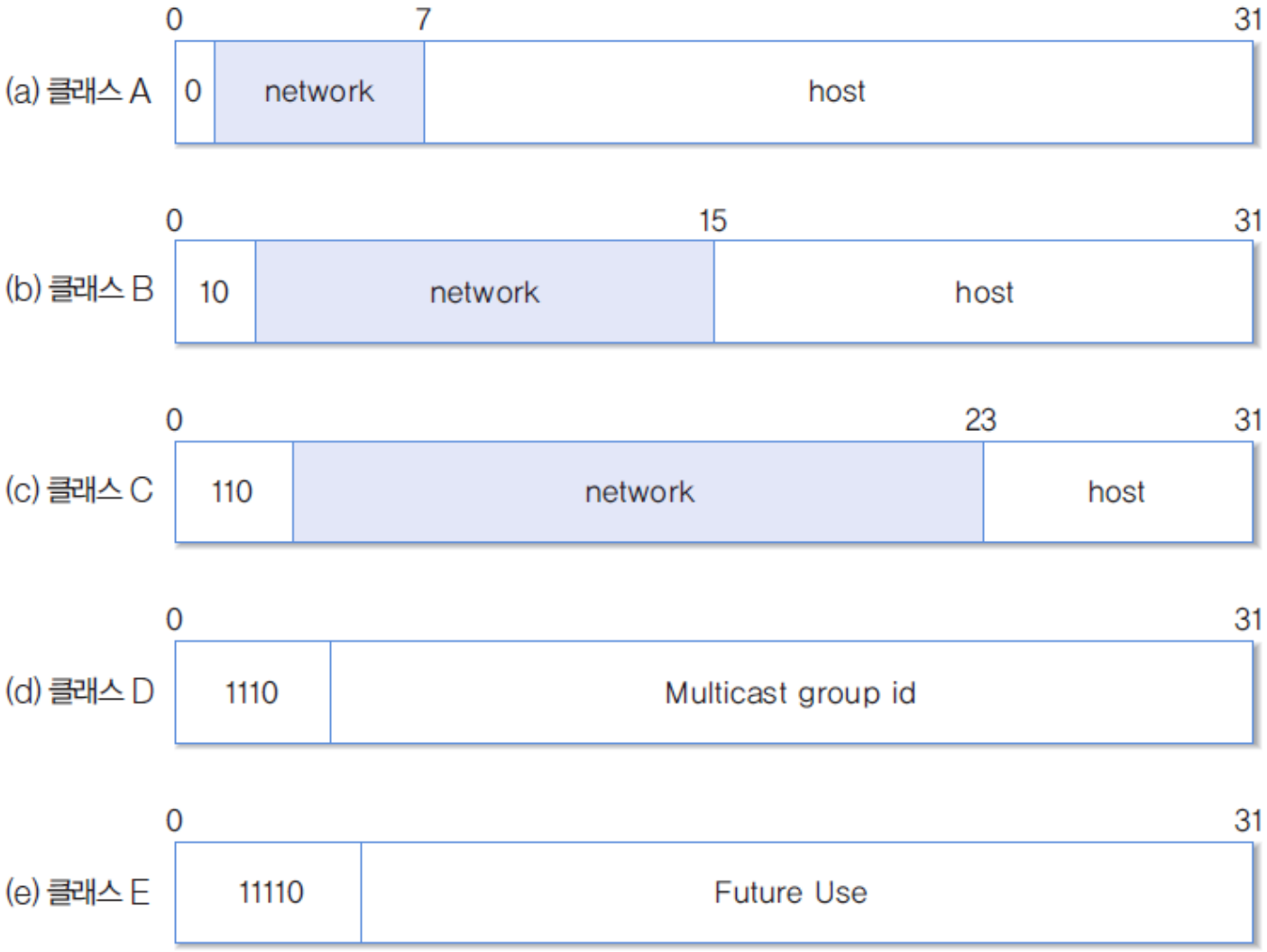
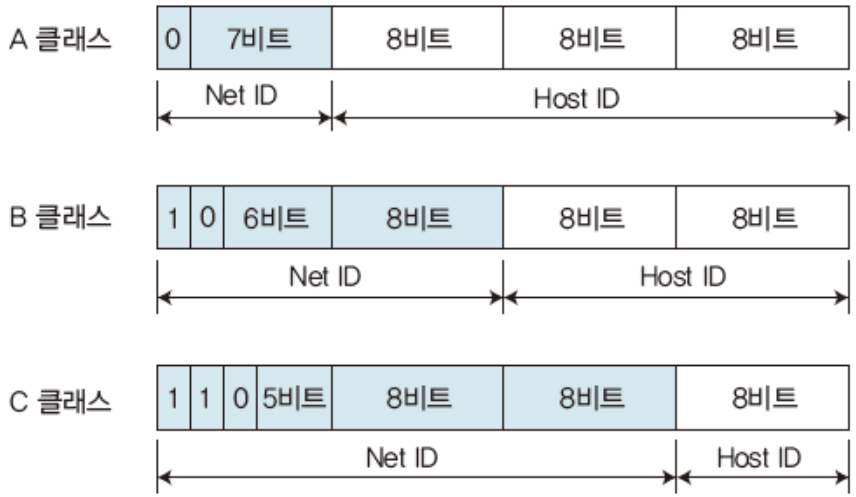


그림 7-13 IP 주소 체계

02. IP(인터넷 프로토콜)

IP 주소 체계

- IP 주소를 효율적으로 배정하려고 클래스라는 개념을 도입했다. 클래스에는 A, B, C, D,E 다섯 종류가 있다.
- 이 중 D 클래스는 IP 멀티 캐스팅용으로, E 클래스는 자원을 확보하려고 예비용으로 분류해 놓았기 때문에 실제 사용하는 것은 A, B, C 클래스 세 종류뿐이다.
- 클래스는 IP 주소의 맨 처음 바이트의 시작 1비트가 0으로 시작하면 A 클래스,
  시작 2비트가 10으로 시작하면
  하면
  C 클래스, 시작 4비트가 1110으
  시작하면 D 클래스, 시작 4비트
  1111로 시작하면 E 클래스로
  분류한다.



[그림 5–10] A · B · C 클래스의 IP 주소 구성

02. IP(인터넷 프로토콜)

A 클래스

- A 클래스는 네트워크 주소로 8비트, 호스트 주소로 24비트를 사용한다. [그림 5-10]을 보면 네트워크 주소의 가장 왼쪽에 해당하는 비트는 0으로 고정되어 있는데, 이것이 A 클래스를 구분하는 데 사용하는 식별자다.
- 첫 번째 바이트의 첫 비트가 0으로 시작하기 때문에 맨 처음 숫자는 0~127로 시작하며, 범위는 0.0.0.0에서 127.255.255.255까지가 된다.
- 하지만 0.0.0.0은 사용하지 않는 주소이고, 127.×.×.×는 시스템 루프백 주소(가상으로 할당한 인터넷 주소)라서 사용하지 않는다.
- 따라서 실제로 사용하는 주소는 1~126까지로, 1.0.0.0~126.255.255.255가 된다.
  - 가장 왼쪽 비트가 0이며, 첫 번째 옥텟이 Net ID(7비트)
  - 27=128 중 126개 사용(두 개는 특수 목적에 사용)
  - 224=16,777,216 중 호스트 16,777,214개 사용(Host ID가 모두 0인 것과 모두 1인 것은 특별한 의미가 있는 주소)
  - 대형 기관 및 기업에서 사용

02. IP(인터넷 프로토콜)

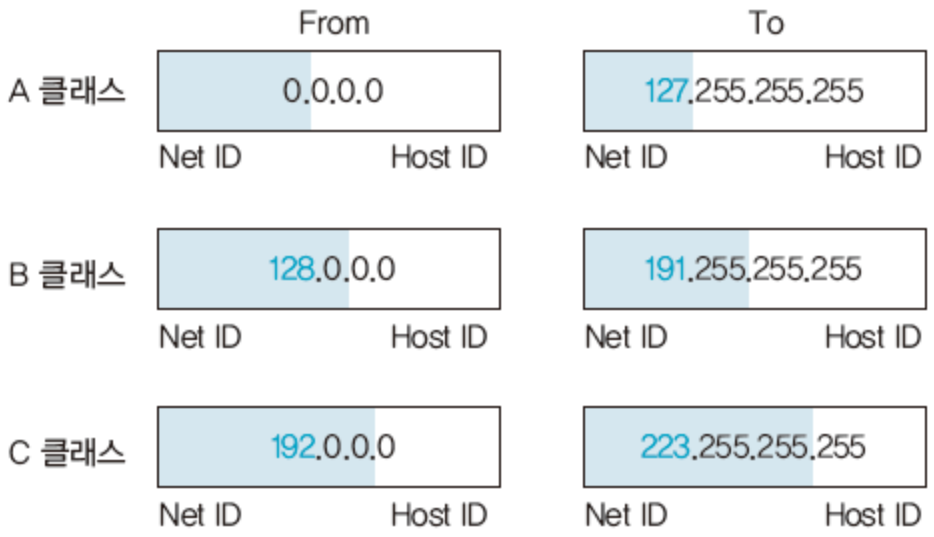
- B 클래스
  - B 클래스를 구분하는 데 사용하는 식별자는 10으로 시작한다. 네트워크 주소에 16비트, 호스트 주소에 16비트를 배정하는 클래스다.
  - IP 주소의 시작이 128~191로 시작하고, 기본 네트워크 마스크는 255.255.0.0이다.
  - 네트워크 주소는 128.0.0.0~191.255.0.0까지고, 호스트 주소는 2바이트로 호스트 65,534개를 구성할 수 있다.
  - 이것은 A 클래스와 동일하게 네트워크 주소(0.0)와 브로드캐스트 주소(255.255)를 제외한 호스트의 수다.
  - IP 주소가 128.1.1.1인 호스트는 128.1.0.0 네트워크에 속하며, 호스트 주소는 1.1이다.
    - 가장 왼쪽 2비트가 10이며, 옥텟이 두 개인 Net ID(14비트)
    - 214=16,384개 사용 가능
    - Host ID로 16비트 사용
    - 216=65,536개 중 호스트(라우터) 65,534개 사용 가능(두 개는 특별한 주소)
    - 중형 기관 및 기업에서 사용

02. IP(인터넷 프로토콜)

C 클래스

- 소규모 네트워크에서 가장 많이 사용하는 클래스로 C 클래스를 구분하는 데 사용하는 식별자는 110으로 시작한다.
- 호스트 배정에 총 8비트를 사용할 수 있으므로 호스트를 최대 254개 사용할 수 있다.
- IP 주소의 시작이 192~223으로 시작하며, 기본 네트워크 마스크는 255.255.255.0이다.
- 네트워크 주소는 192.0.0.0~223.255.255.0까지고, 호스트 주소는 1바이트로 호스트 주소는 254개 사용할 수 있다(0, 255 제외).
- IP 주소가 200.100.100.100인 호스트는 200.100.100 네트워크에 속하며, 호스트 주소는 100이다.
  - 가장 왼쪽 3비트가 110이며, 옥텟이 세 개인 Net ID(21비트)
  - 221=네트워크를 2,097,152개 가질 수 있음
  - Host ID로 8비트 사용(28=256)
  - 호스트(라우터)를 254개 가질 수 있음
  - 소규모 기관에서 사용

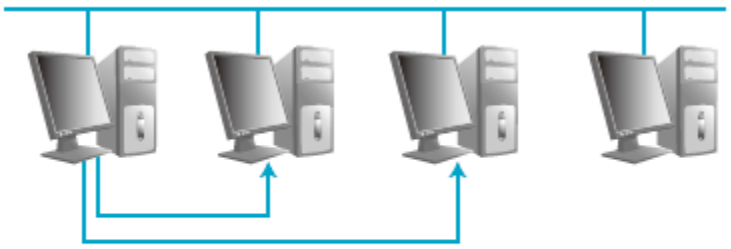
02. IP(인터넷 프로토콜)



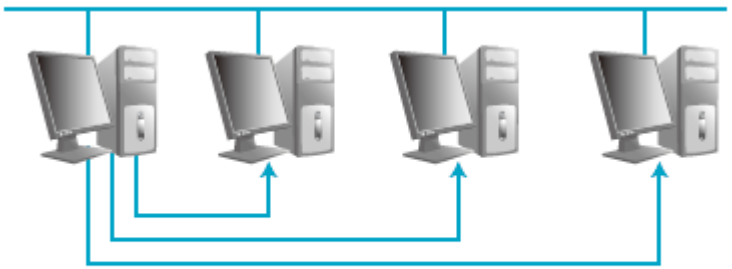
[그림 5–11] 10진 표기법을 이용한 클래스

02. IP(인터넷 프로토콜)

- D 클래스
  - D 클래스 IP 주소는 224~239까지로 시작하며, 멀티캐스트(데이터 수신 대상이 네트워크에 연결된 일부 컴퓨터) 용도로 사용한다.
- E 클래스
  - E 클래스 IP 주소는 240~255까지로 시작하며, 미래에 사용하려고 남겨놓은 주소다.
  - 255.255.255.255는 전체 컴퓨터에 대한 브로드캐스트(네트워크에 연결된 전체 컴퓨터를 수신 대상으로 하는) 주소로 사용한다.



[그림 5-12] 멀티캐스트



[그림 5-13] 브로드캐스트

02. IP(인터넷 프로토콜)

[표 5-1] 각 클래스의 네트워크 수와 호스트 수

클래스	네트워크 수	호스트 수
A	$2^7-2=126$	$2^{24}-2=16,777,214$
B	$2^{14}=16,384$	$2^{16}-2=65,534$
C	$2^{21}=2,097,152$	$2^8-2=254$
D	해당 사항 없음	해당 사항 없음
E	해당 사항 없음	해당 사항 없음

18.7 점있는 10진 표기

32-bit Binary Number	Equivalent Dotted Decimal
10000001 00110100 00000110 00000000	129.52.6.0
11000000 00000101 00110000 00000011	192.5.48.3
00001010 00000010 00000000 00100101	10.2.0.37
10000000 00001010 00000010 00000011	128.10.2.3
10000000 10000000 11111111 00000000	128.128.255.0

18.8 클래스와 점있는 10진 표기

Class	Range of Values
A	0 through 127
B	128 through 191
C	192 through 223
D	224 through 239
E	240 through 255

18.9 주소 공간의 구분

Address Class	Bits In Prefix	Maximum Number of Networks	Bits In Suffix	Maximum Number Of Hosts Per Network
A	7	128	24	16777216
B	14	16384	16	65536
C	21	2097152	8	256

18.10 주소의 유일성

- 각 네트워크 전치부는 유일

인터넷 서비스 제공자(Internet Service Provider, ISP)

네트워크 번호를 부여하고 인터넷 연결을 제공하는 통신회사

각 네트워크 전치부가 전체 네트워크에서 유일하다는 것을 보장하기 위해 Internet Assigned Number Authority라는 중앙 기관과 협의

18.17/18 특수 IP 주소

Prefix	Suffix	Type Of Address	Purpose
all-0s	all-0s	this computer	used during bootstrap
network	all-0s	network	identifies a network
network	all-1s	directed broadcast	broadcast on specified net
all-1s	all-1s	limited broadcast	broadcast on local net
127	any	loopback	testing

서브넷 마스크(1)

- 서브넷 마스크(subnet mask)는 하나의 IP 네트워크 주소를 다시 여러 IP 서브 네트워크로 분할하는 기능을 수행
- IP 네트워크 ID 주소부를 나타내는 영역을 IP호스트 주소 영역까지 확장하여, 하나의 IP 네트워크 주소를 또 다른 여러 개의 IP 네트워크 주소 생성
- 서브넷으로 구분하지 않는 IP 네트워크 주소에 대한 네트워크 마스크는 모든 네트워크를 나타내는 영역의 비트(네트워크 비트)를 1로 설정하고, 모든 호스트를 나타내는 영역의 비트(호스트 비트)를 0으로 설정

- IP 주소의 3가지 클래스에 대한 네트워크 마스크

  - A 클래스(8개의 네트워크 비트) : 255.0.0.0
  - B 클래스(16개의 네트워크 비트) : 255.255.0.0
  - C 클래스(24개의 네트워크 비트) : 255.255.255.0

서브넷 마스크(2)

- 서브넷에서는 하나 혹은 그 이상의 사용 가능한 호스트 비트를 차용하여 네트워크 ID에 포함시키고, 차용된 비트를 네트워크의 일부로 해석하도록 함
- 네트위크 주소를 두 개의 서브넷으로 구분하기 위해서는 첫 번째 호스트의 네트워크 마스크 비트에서 적절한 비트를 1로 지정하여 한 개의 호스트 비트를 차용함
- C 클래스 네트워크 주소인 '192.168.1.0'에 대해 몇 개의 서브넷 옵션을 지정 → 표[9-3]

[표 9-3] 서브넷 옵션

차용 비트수	2진수	10진수	비고
1	11111111.11111111.11111111.10000000	255.255.255.128	불가
2	11111111.11111111.11111111.11000000	255.255.255.192	
3	11111111.11111111.11111111.11100000	255.255.255.224	
4	11111111.11111111.11111111.11110000	255.255.255.240	
5	11111111.11111111.11111111.11111000	255.255.255.248	
6	11111111.11111111.11111111.11111100	255.255.255.252	
7	11111111.11111111.11111111.11111110	255.255.255.254	불가
8	11111111.11111111.11111111.11111111	255.255.255.255	불가

IP 주소 경제성 비교표

- IP 주소의 경제성 비교표 : 클래스 C에서 몇 개의 서브넷 영역을 차용했을 경우에 사용되거나 낭비되는 주소를 정리한 도표 → [표 9-4]
- 네트워크를 효율적으로 나누기 위해 서브넷을 이용하는 것은 유용하지만, 반면에 다수의 IP 주소(네트워크 ID, 브로드캐스트 주소 등)가 낭비됨
- [표 9-4]의 첫째 줄은 2개의 서브넷 영역을 추가 지정한 경우를 나타낸 것

[표 9-4] 서브넷에서 차용 비트수의 경제성

차용 비트수	생성된 서브넷 수	서브넷당 호스트 수	총 호스트 수	사용된 % 비율
2	2	62	124	49%
3	6	30	180	71%
4	14	14	196	77%
5	30	6	180	71%
6	62	2	124	49%

❖ 서브넷 마스크 사용 시 주의사항

- 서브넷 마스크는 전체가 1 또는 0인 경우가 아니라면, 서브넷 마스크의 결정 방법에 관한 특별한 규칙은 없음
- 사용할 서브넷과 그 체계의 결정은 지역(local) 사이트에 일임
- 32비트 모두를 서브넷 정의에 사용할 수는 있지만, 4비트나 8비트를 단위로 하여 서브넷 마스크를 할당하도록 권고

서브넷 기법의 예제(1)

예제 9-4

어떤 IP 주소가 192.57.30.224이고 서브넷 마스크는 255.255.255.0이다. 이 경우의 네트워크 ID는 어떻게 되는가?

풀이

네트워크 ID를 구하기 위해서는 먼저 '192.57.30.224'를 이진수로 표현하고, 이 결과를 서브넷 마스크와 AND 계산을 한다. '192.57.30.224'의 이진수 표현은 '11000000.00111001.00011110.11100000'이다.

```
11000000.00111001.00011110.11100000 : 192.57.30.224
                      AND
11111111.11111111.11111111.00000000 : 255.255.255.0
-----------------------------------------------------
11000000.00111001.00011110.00000000 : 192.57.30.0
```

따라서 네트워크 ID는 192.57.30.0이다.

서브넷 기법의 예제(2)

예제 9-5

어떤 호스트 IP 주소가 128.66.12.1이고 서브넷 마스크가 255.255.255.0이라고 할 때, 이들의 관계를 설명하라.

풀이

문제에서, IP : 128.66.12.1
서브넷 마스크 : 255.255.255.0

이므로 서브넷 '128.66.12.0'상의 호스트 ID는 '1'이 된다. 여기서 128을 이진수로 나타내면 '10000000'이므로 B 클래스를 나타내고, 이것의 기본 마스크는 '255.255.0.0'이다. 그러나 서브넷 마스크를 사용한 결과, '128.66.12'까지가 네트워크 ID이고, 맨 마지막 바이트인 '1'이 호스트 ID가 된다.

서브넷 기법의 예제(3)

예제 9-6

어떤 호스트 IP 주소가 130.97.16.132이고 서브넷 마스크가 255.255.255.192라고 할 때, 이들의 관계를 설명하라.

풀이

문제에서, IP : 130.97.16.132

서브넷 마스크 : 255.255.255.192

이므로 서브넷 '130.97.16.128'상의 호스트 ID는 '132'가 아닌 '4'가 된다. 네트워크의 확장 개념으로 마스크 192는 '11000000'이므로, 상위 2비트까지를 네트워크 ID로 본다. 그러므로 00000000, 01000000, 10000000, 11000000이 4개의 서브넷을 나타내지만, 00과 11을 제외한 두 개를 서브넷으로 보면 된다. 01000000은 64, 10000000은 128 네트워크를 나타낸다. IP 주소의 132는 '10000100'이므로, 128 네트워크(ID=128)의 4번째 호스트가 된다.

서브넷 기법의 예제(4)

예제 9-7

어떤 호스트 IP 주소가 192.178.16.66이고 서브넷 마스크가 255.255.255.192라고 할 때, 이들의 관계를 설명하라.

풀이

문제에서, IP : 192.178.16.66

서브넷 마스크 : 255.255.255.192

이므로 서브넷 '192.178.16.64'상의 호스트 ID는 '2'가 된다. 여기서 192를 이진수로 나타내면 '11000000'이므로 C 클래스이고, 66은 '01000010'이다. 따라서 서브넷은 '01000000(64)', '10000000(128)'의 두 개로 분리 가능하다. 따라서 192.178.16.66을 갖는 호스트는 192.178.16.64 서브넷의 2번째 호스트가 된다.

03_IP 프로토콜

표 7-6 IP 주소 값에 따른 주소 체계

IP 주소 값	주소 체계
0.0.0.0 ~ 127.255.255.255	클래스 A의 주소 대역
128.0.0.0 ~ 191.255.255.255	클래스 B의 주소 대역
192.0.0.0 ~ 223.255.255.255	클래스 C의 주소 대역
224.0.0.0 ~ 239.255.255.255	클래스 D의 주소 대역
240.0.0.0 ~ 255.255.255.255	클래스 E의 주소 대역

- 기타 필드
  - Version Number(버전 번호) : IP 프로토콜의 버전 번호
  - Header Length(헤더 길이) : IP 프로토콜 헤더 길이를 32비트 워드 단위로 표시
  - Packet Length(패킷 길이) : IP 헤더를 포함하여 패킷의 전체 길이
  - Time To Live(생존 시간) : 패킷의 생존 시간, 라우터를 거칠 때마다 1씩 감소되며 0이 되면 네트워크에서 강제로 제거

03_IP 프로토콜

- Transport(전송 프로토콜) : [그림 7-14]와 같이 IP 프로토콜에 데이터 전송을 요구한 전송계층의 프로토콜

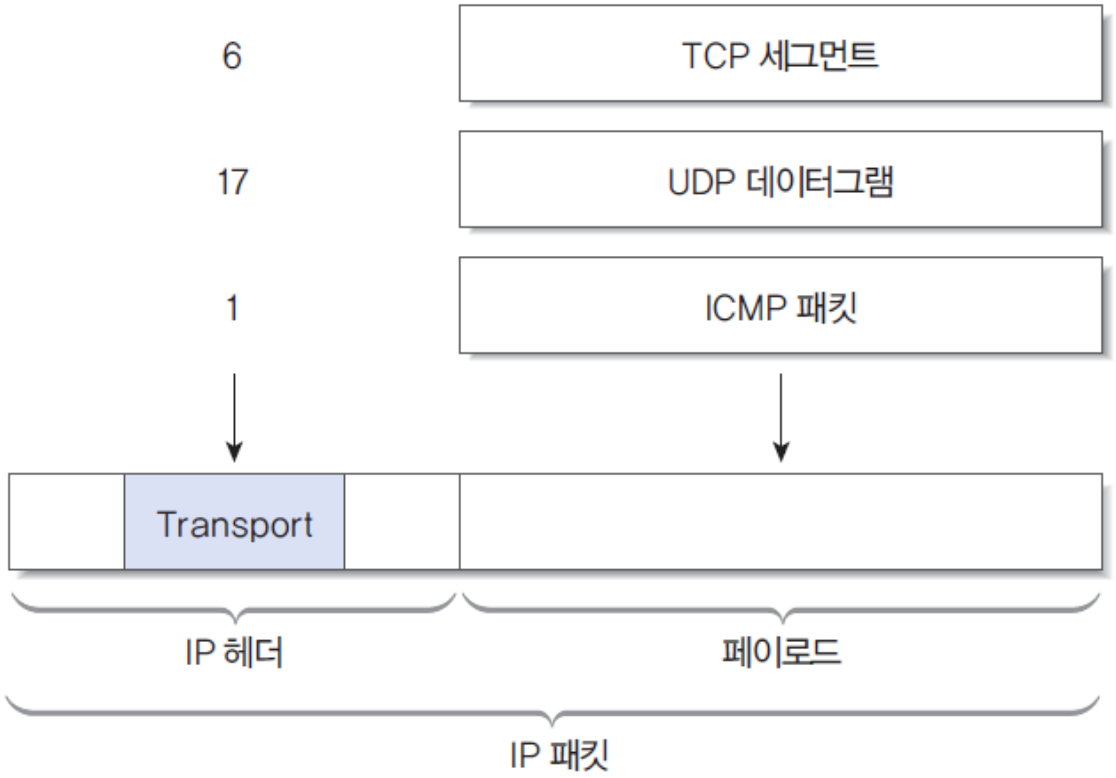


그림 7-14 Transport 필드

03_IP 프로토콜

- Header Checksum(헤더 체크섬) : 전송 과정에서 발생할 수 있는 헤더 오류를 검출하는 기능
- Options(옵션) : 네트워크 관리나 보안처럼 특수 용도로 이용할 수 있음
- Padding(패딩) : IP 헤더의 크기는 16비트 워드의 크기가 4의 배수가 되도록 설계

❖ 패킷 분할

- 분할의 필요성

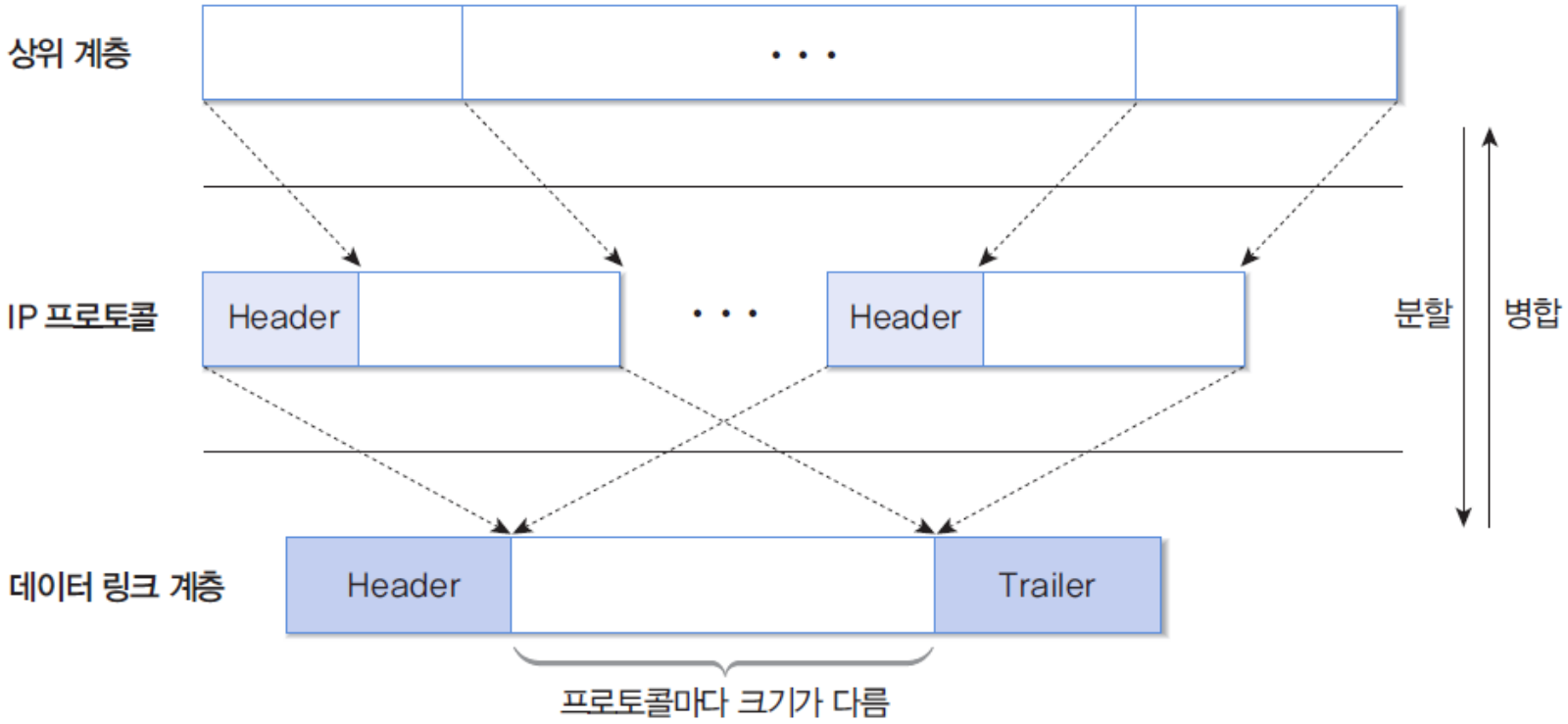


그림 7-15 패킷 분할의 필요성

03_IP 프로토콜

- 분할의 예
  - IP 헤더를 제외한 전송 데이터의 크기는 380바이트
  - 패킷은 최대 크기가 128바이트라고 가정

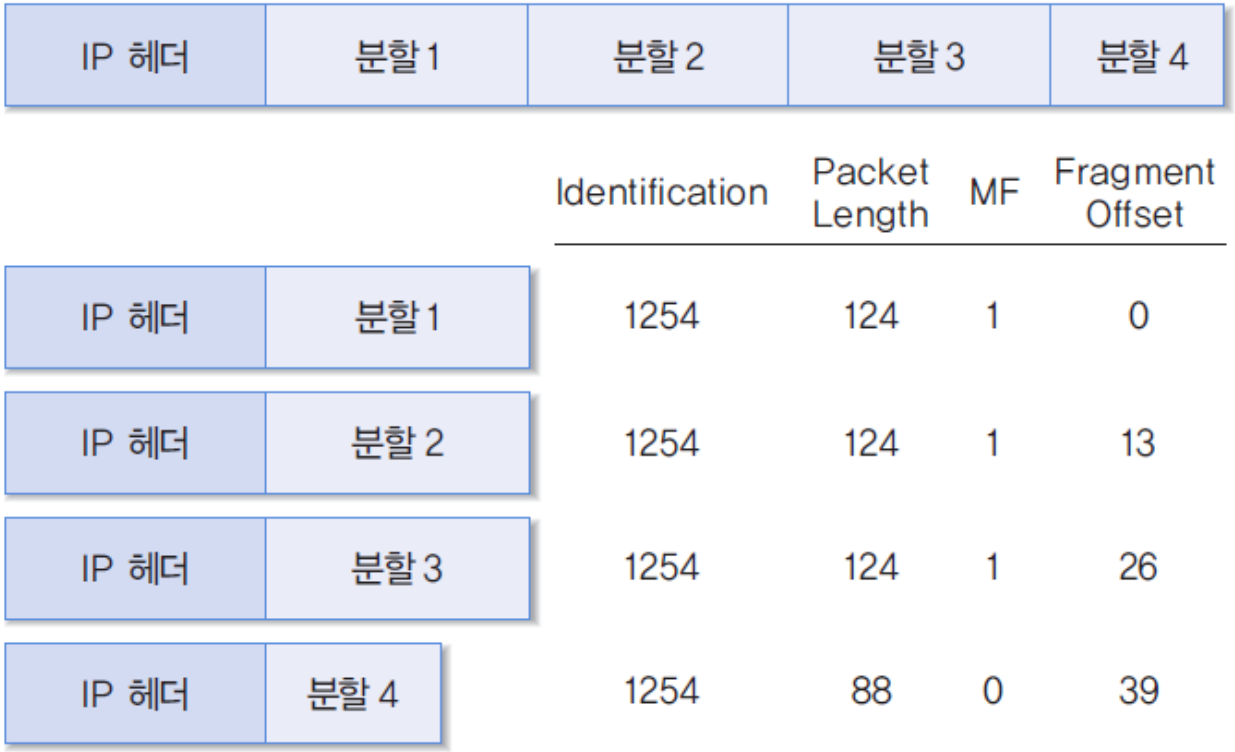


그림 7-16 패킷 분할의 예

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

ARP 프로토콜

- IP 주소와 MAC 주소 사이의 변환을 담당

- MAC 주소
  - 송신 호스트의 IP 주소 : 송신 호스트의 하드 디스크에서 얻을 수 있음
  - 수신 호스트의 IP 주소 : 사용자가 제공
  - 송신 호스트의 MAC 주소 : 송신 호스트의 LAN 카드에서 얻을 수 있음
  - 수신 호스트의 MAC 주소 : IP 주소를 매개변수로 하여 ARP 프로토콜로 얻음

  - ARP 프로토콜
    - 특정 호스트의 IP 주소로 부터 MAC 주소를 제공하는 프로토콜
    - ARP request라는 특수 패킷을 브로드캐스팅
    - IP 주소에 해당하는 호스트만 ARP reply로 MAC 주소를 회신
    - 효율 향상을 위해 캐시 기능을 제공

01_IPv6 프로토콜

- IPv6의 주요 변경 사항
  - 주소 공간 확장 : 공간이 32비트에서 128비트로 확장
  - 헤더 구조 단순화 : 오류제어 등의 오버헤드를 줄여 프로토콜의 전송 효율 향상
  - 흐름 제어 기능 지원 : 일정 범위 내에서 예측 가능한 데이터 흐름을 지원
    실시간 멀티미디어 응용 환경을 수용

01_IPv6 프로토콜

❖ IPv6 헤더 구조

- 9개의 기본 필드를 지원, 총 40바이트 중에서 32바이트는 주소 공간으로 할당, 8바이트만 프로토콜 기능

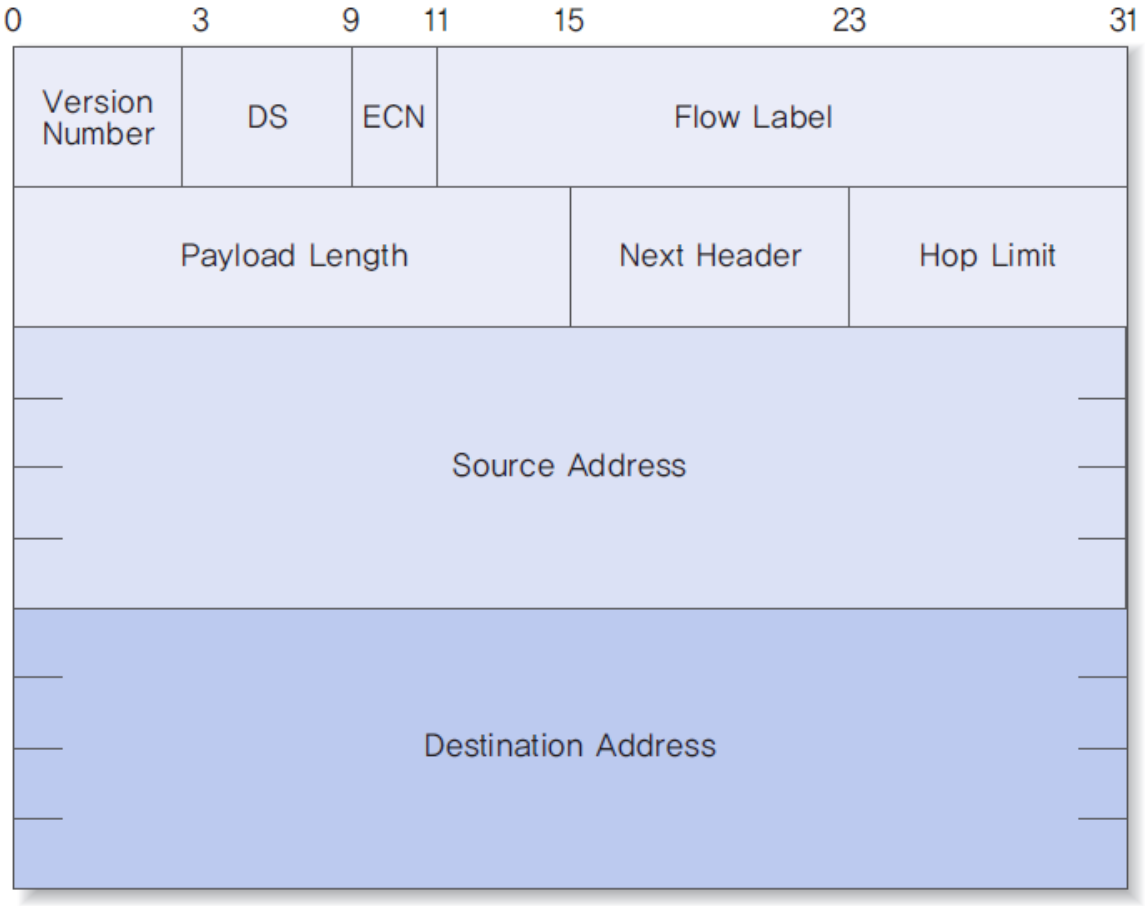


그림 8-1 IPv6 기본 헤더의 구조

❖IPv6 주소

- 주소 표현
  - 128비트, 16비트의 숫자 8개를 콜론(:)으로 구분

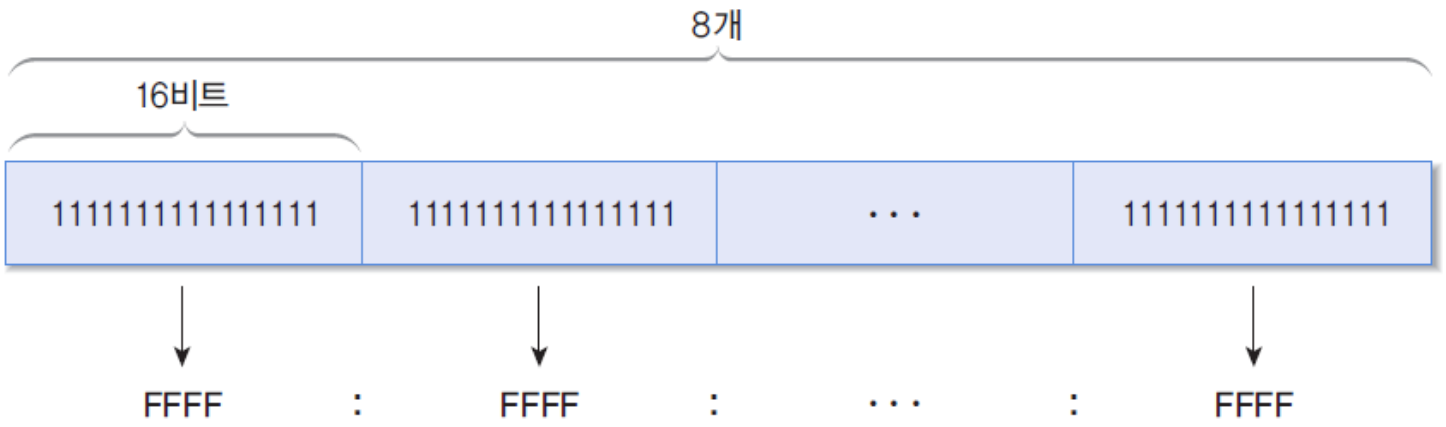


그림 8-2 IPv6의 주소 표현

  - 축약표시

X:X:X:X:X:X:d.d.d.d

    - X는 16비트이므로 총 96(16×6)비트, d는 8비트이므로 총 32(8×4)비트
    - 즉, 전체 크기는 IPv6의 주소 크기와 동일한 128(96+32)비트

01_IPv6 프로토콜

- 주소 공간
  - IPv6의 주소 공간

표 8-1 IPv6의 주소 공간

상위 비트	용도	상위 비트	용도
0000 0000	예약(IPv4 공간 지원 포함)	100	비할당
0000 0001	비할당	101	비할당
0000 001	OSI NSAP 주소 공간	110	비할당
0000 010	Novell Netware IPX 주소 공간	1110	비할당
0000 011	비할당	1111 0	비할당
0000 01	비할당	1111 10	비할당
0001	비할당	1111 110	비할당
001	유니 캐스트 주소 공간	1111 1110 0	비할당
010	비할당	1111 1110 10	Link 지역 주소 공간
010	비할당	1111 1110 11	Site 지역 주소 공간
011	비할당	1111 1111	멀티캐스트 주소 공간

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

- ARP의 필요성

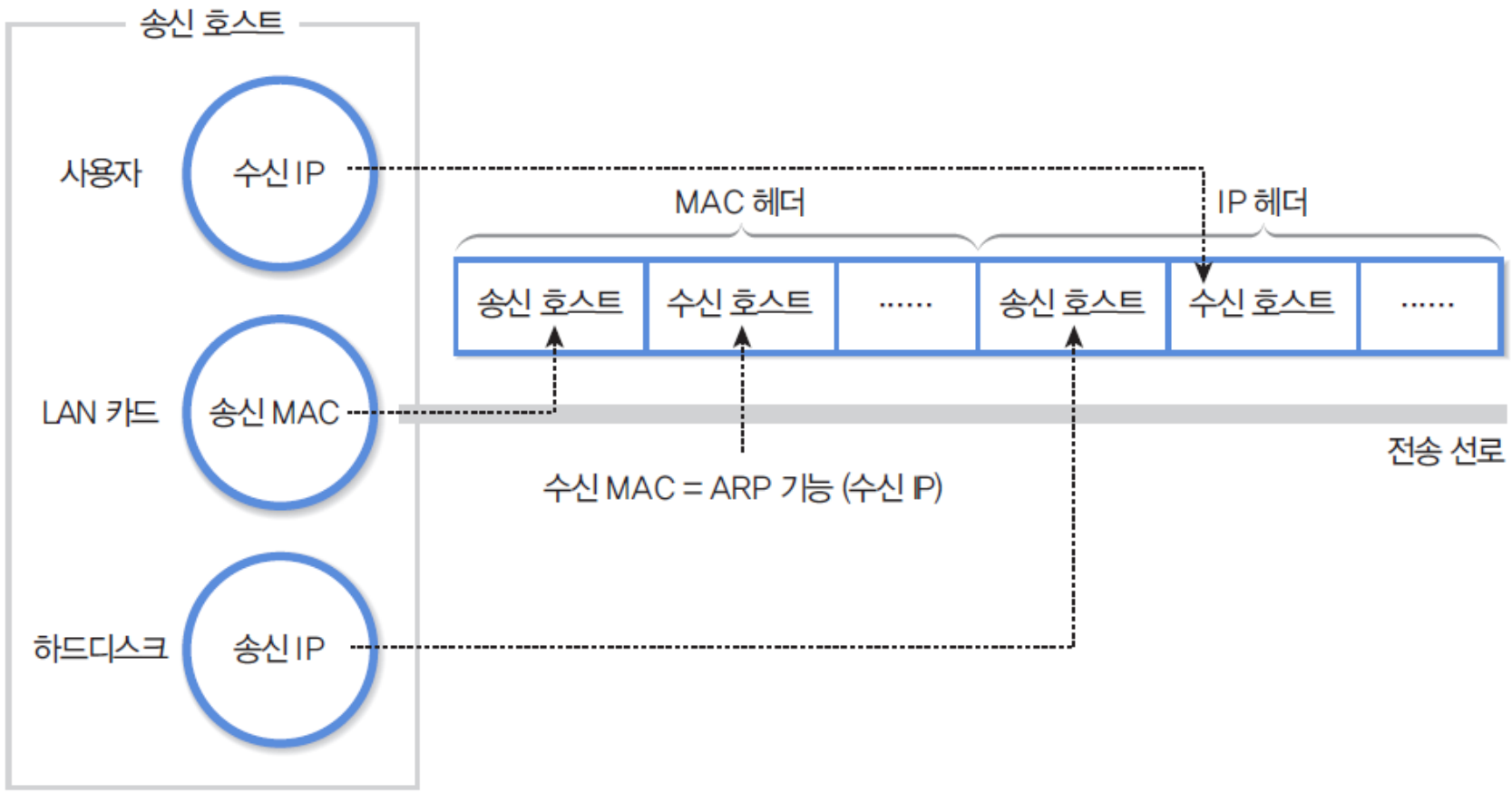


그림 8-7 ARP의 필요성

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

- RARP Reverse Address Resolution Protocol 프로토콜의 필요성
  - 하드 디스크가 없는 시스템은 자신의 IP 주소를 알 수 없음
  - 특정 호스트의 MAC 주소로 부터 IP 주소를 제공하는 프로토콜

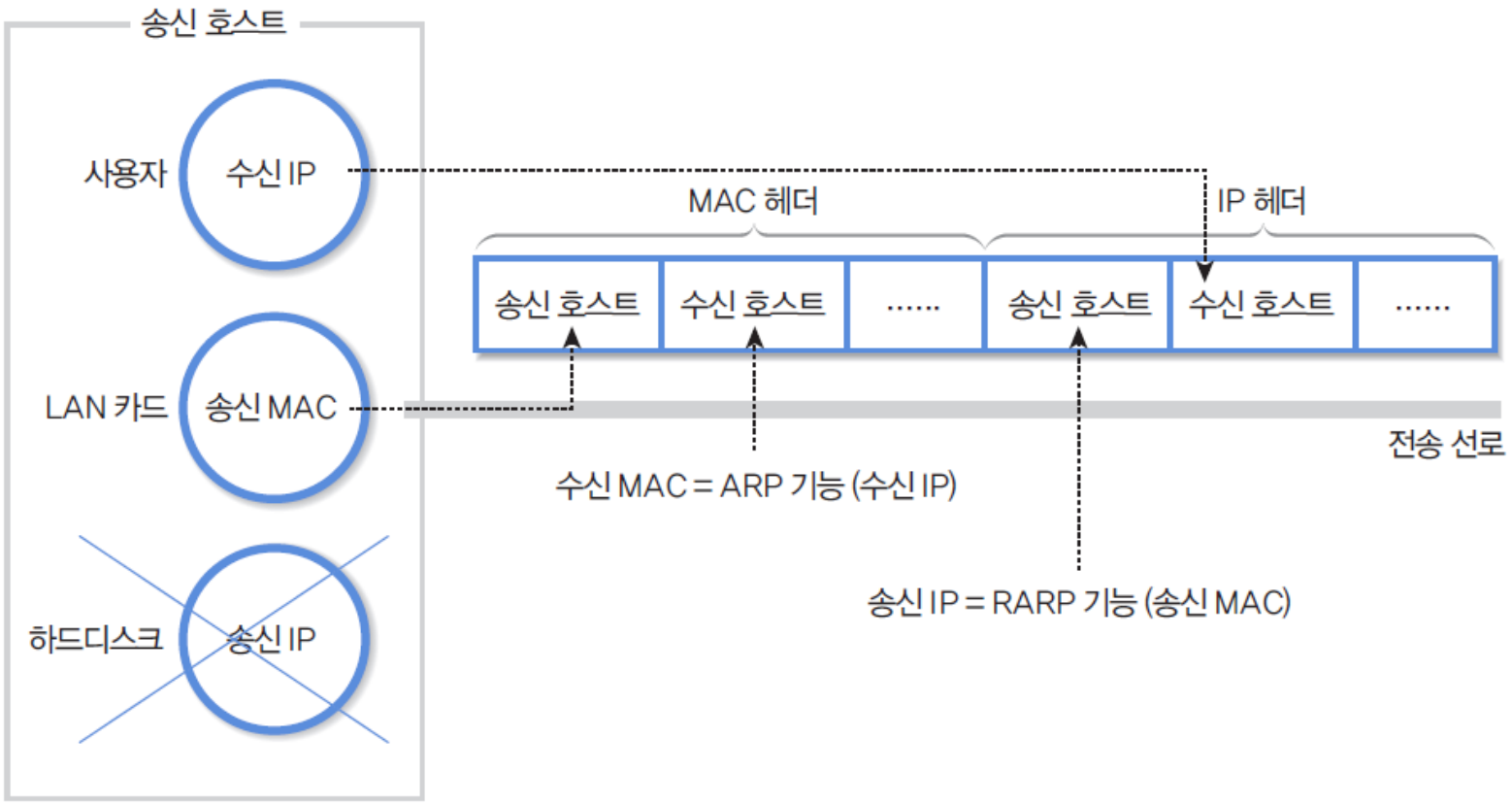


그림 8-8 RARP의 필요성

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

ICMP Internet Control Message Protocol 프로토콜

- 인터넷 환경에서 오류에 관한 처리를 지원

ICMP 메시지

- 오류 보고 메시지 Error-Reporting Message : IP 패킷을 전송하는 과정에서 발생하는 문제를 보고하는 것이 목적

표 8-2 오류 보고 메시지

메시지	설명
DESTINATION UNREACHABLE	수신 호스트가 존재하지 않거나, 존재해도 필요한 프로토콜이나 포트 번호 등이 없어 수신 호스트에 접근이 불가능한 경우에 발생한다. IP 헤더의 DF 필드가 설정된 패킷을 라우터가 분할해야 하는 경우에도 해당 패킷을 버리고 이 메시지를 회신해준다.
SOURCE QUENCH	네트워크에 필요한 자원이 부족하여 패킷이 버려지는 경우에 발생한다. 예를 들면, 전송 경로에 있는 라우터에 부하가 많이 걸려 패킷이 버려지는 경우이다. 이 메시지를 이용해 송신 호스트에 혼잡 가능성을 경고함으로써, 패킷을 송신하는 호스트가 데이터를 천천히 전송하도록 알릴 수 있다.
TIME EXCEEDED	패킷의 TTL Time To Live 필드 값이 0이 되어 패킷이 버려진 경우에 주로 발생한다. 기타 시간 초과 현상에 의해 패킷이 버려진 경우도 이에 해당한다.

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

- 질의 메시지Query Message : 라우터 혹은 다른 호스트들의 정보를 획득하려는 목적

표 8-3 **질의 메시지**

메시지	설명
ECHO REQUEST, ECHO REPLY	유닉스Unix의 ping 프로그램에서 네트워크의 신뢰성을 검증하기 위하여 ECHO REQUEST 메시지를 전송하고, 이를 수신한 호스트는 ECHO REPLY를 전송해 응답한다. 특정 호스트가 인터넷에서 활성화되어 동작하는지 확인할 수 있다.
TIMESTAMP REQUEST, TIMESTAMP REPLY	두 호스트 간의 네트워크 지연을 계산하는 용도로 사용한다.

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

- ICMP 헤더 형식
  - 오류 보고 메세지

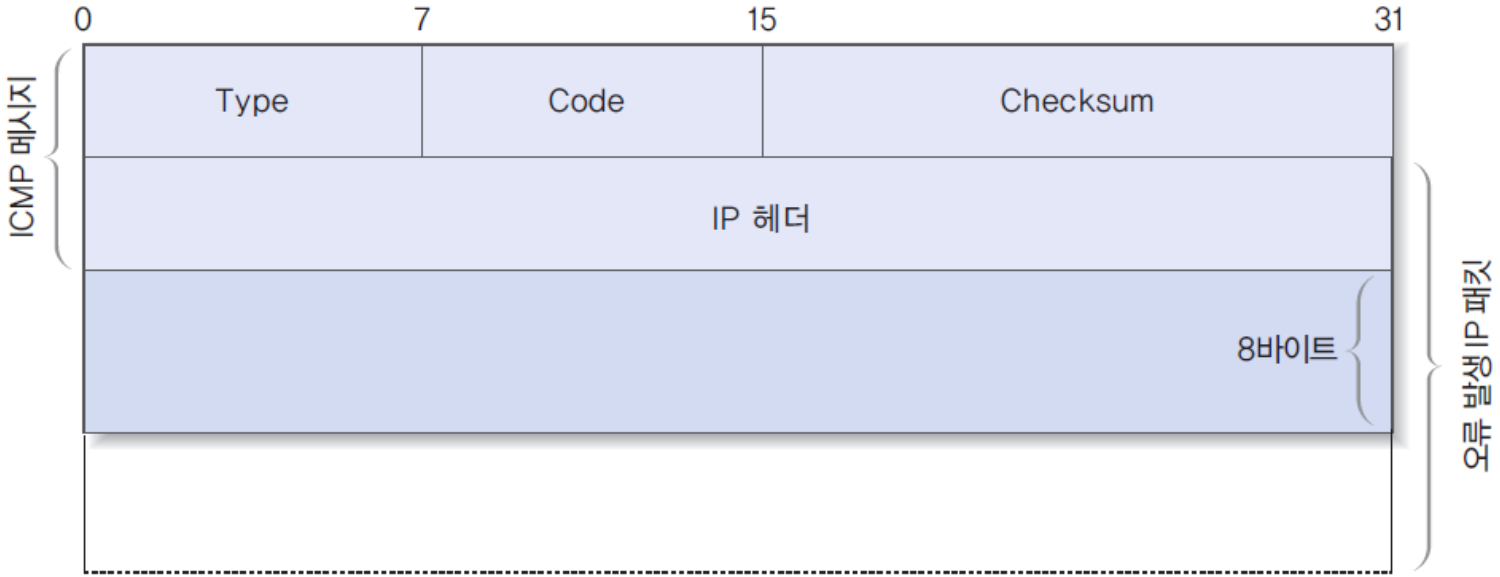


그림 8-9 ICMP 메시지 : 오류 보고 메시지

- 오류 원인을 제공한 IP 패킷의 헤더와 이어지는 8바이트의 정보가 오류 보고 메시지에 포함됨
- Type(유형) : 1바이트 크기로 메시지의 종류를 구분
- Code(코드) : 메시지 내용에 대한 자세한 정보를 제공하는 매개변수 값
- Checksum(체크섬) : ICMP 전체 메시지에 대한 체크섬 기능을 지원

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

- 질의 메시지
  - Identifier와 Sequence Number 필드를 사용하여 메시지를 구분하는 기능이 사용

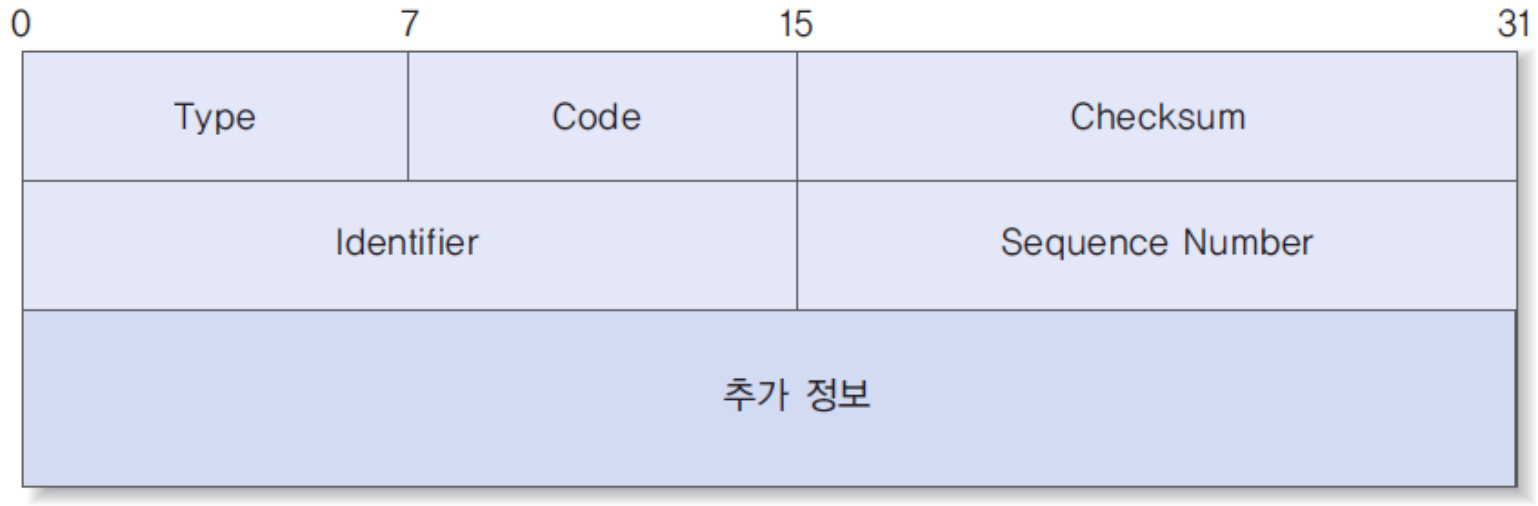


그림 8-10 ICMP 메시지 : 질의 메시지

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

- ICMP 메시지 전송
  - ICMP는 기능적으로 IP 프로토콜과 같은 계층의 역할을 수행
  - ICMP 메시지는 IP 프로토콜에 캡슐화되어 전송

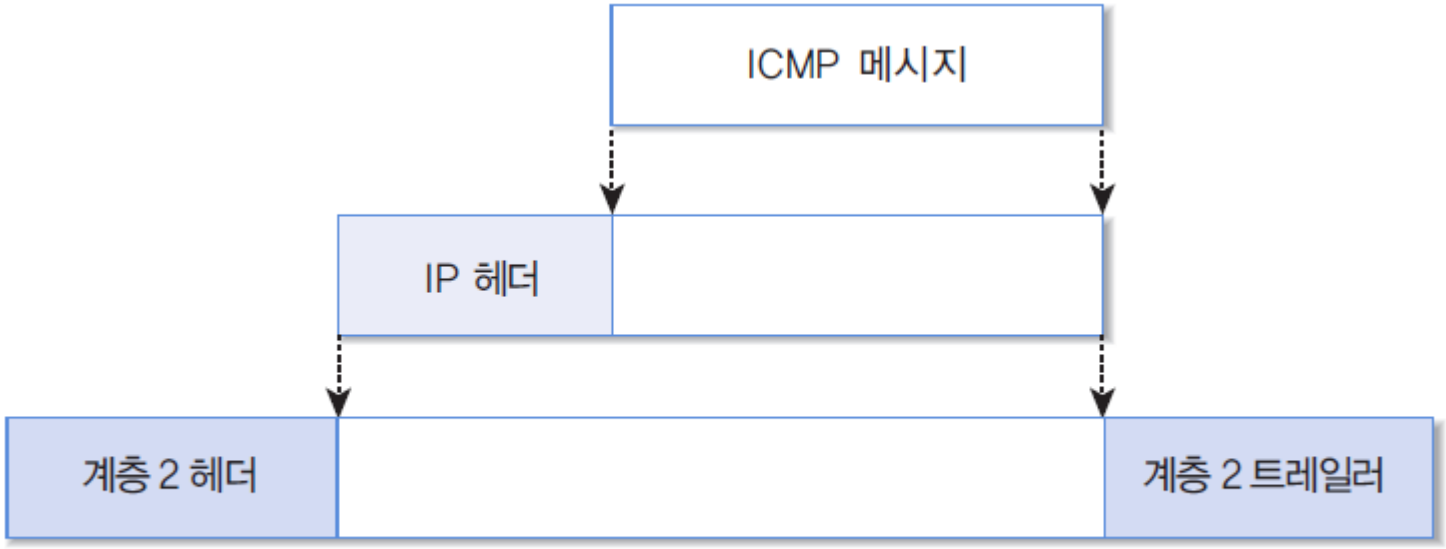


그림 8-11 ICMP 메시지의 전송

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

❖IGMP 프로토콜

- 멀티캐스팅Multicasting : 특정 그룹의 모든 호스트에 메시지를 전송하는 방식
- 멀티캐스트 라우팅Multicast Routing : 멀티캐스팅에 필요한 라우팅 알고리즘

- 그룹 관리
  - 그룹 관리의 주요 기능 : 그룹의 생성.제거, 전송 호스트의 그룹 참가.탈퇴 등
  - 멀티캐스팅 기능
    - 다중 호스트를 표시하는 멀티캐스트 그룹 주소 표기 방법의 통일
    - 라우터가 멀티캐스트 주소와 이 그룹에 속하는 호스트 사이의 연관성 처리
    - 멀티캐스트 라우팅 알고리즘은 그룹의 모든 멤버에게 가장 짧은 경로를 선택하는 기능 제공

- IGMPInternet Group Management Protocol
  - 멀티캐스트 그룹에 가입하거나 탈퇴할 때 사용하는 프로토콜
  - 멀티캐스트 그룹에 가입한 호스트와 라우터 사이에 멤버 정보를 교환하는 용도
  - 질의 메시지 : 멀티캐스트 라우터가 그룹 정보를 얻기 위하여 호스트에 전달
  - 보고 메시지 : 질의의 응답으로 호스트가 보고 메시지를 회신

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

- IGMP 헤더의 구조

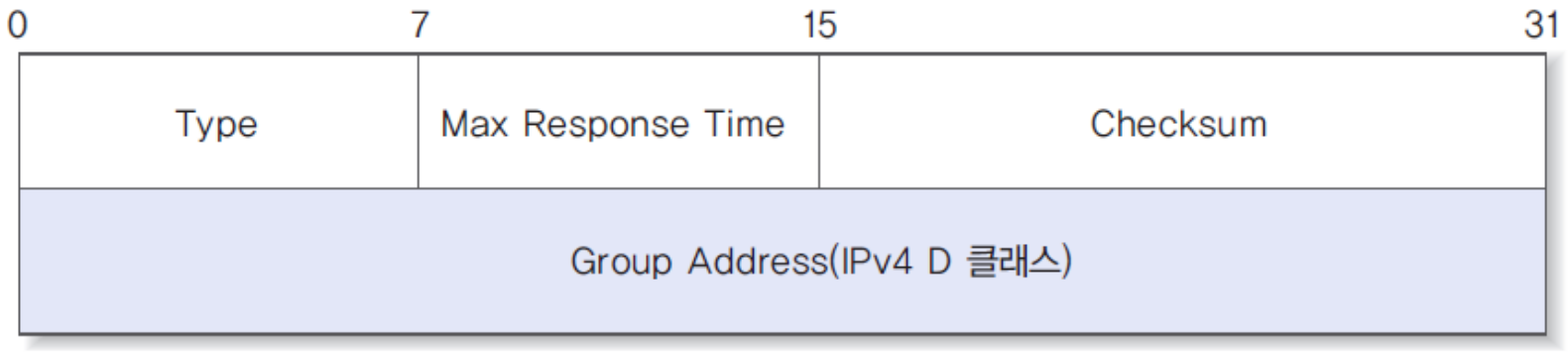


그림 8-12 IGMP 헤더의 구조

- Type(유형) : 0x11 - 멀티캐스트 라우터가 전송한 질의 메시지
  0x16 - 호스트가 전송하는 보고 메시지
  0x17 - 그룹 탈퇴에 관한 메시지
- Max Response Time(최대 응답 시간) : 질의에 대한 보고 메시지가 전송되는 최대응답시간
- Checksum(체크섬) : IP 프로토콜에서 사용하는 알고리즘과 동일한 방식 (오류 검출용으로 이용)
- Group Address(그룹 주소) : 질의 메시지는 0, 보고 메시지에는 호스트가 가입을 원하는 그룹 주소를 표기

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

- IGMP 동작 과정
  - 그룹 가입 : 해당 멀티캐스트 주소를 표기한 IGMP 보고 메시지를 전송
  - 그룹 유지 : IGMP 보고 메시지를 사용해 IGMP 질의에 응답해야함
  - 그룹 탈퇴 : 라우터의 질의 메시지에 대해 호스트의 보고 메시지 응답이 없음

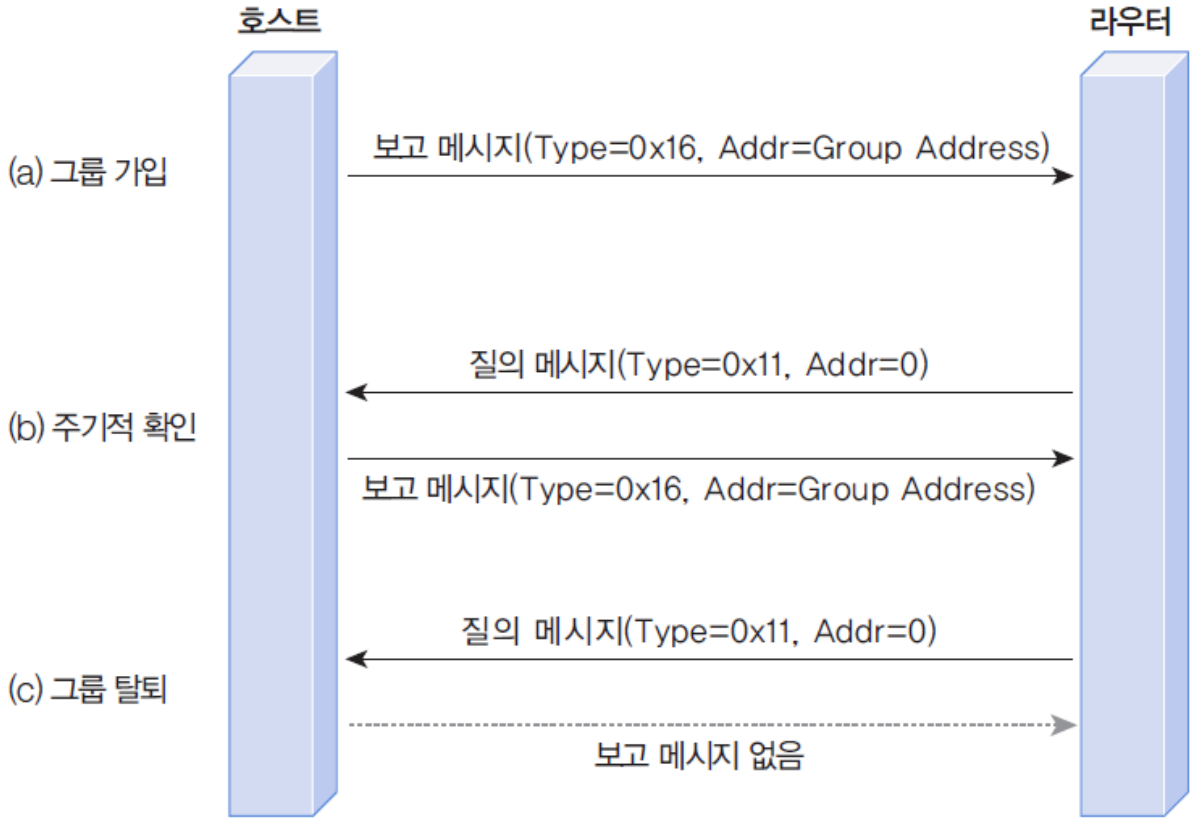


그림 8-13 IGMP 동작 과정

03_기타 네트워크 계층 프로토콜

- IGMP 메시지의 전송
  - IGMP는 IP 패킷에 캡슐화되어 보내짐
    즉, IGMP 메시지는 IP 프로토콜의 데이터로 처리되기 때문에 IP 패킷의 헤더에 실려서 계층 2 프로토콜로 전달됨

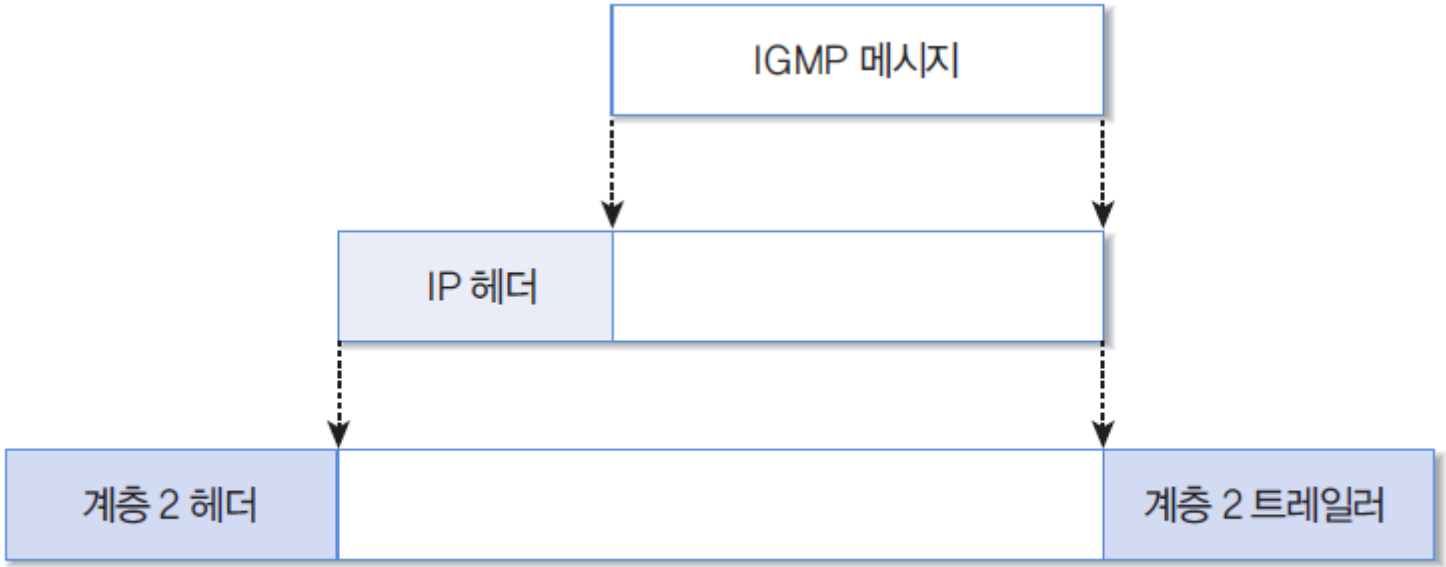


그림 8-14 IGMP 메시지의 전송

참조

02_라우팅 프로토콜

- 플러딩Flooding
  - 라우터가 자신에게 입력된 패킷을 출력 가능한 모든 경로로 중개하는 방식
  - 패킷이 무한히 만들어질 수 있으므로 생존 시간으로 제한
  - 특별한 목적으로만 사용

❖ 거리 벡터 라우팅 프로토콜

- 라우터가 자신과 연결된 이웃 라우터와 라우팅 정보를 교환하는 방식
- 필수 정보
  - 링크 벡터 : 이웃 네트워크에 대한 연결 정보
  - 거리 벡터 : 개별 네트워크까지의 거리 정보
  - 다음 홉 벡터 : 개별 네트워크로 가기 위한 다음 홉 정보

02_라우팅 프로토콜

- 링크 벡터
  - 링크 벡터 L(x) : 라우터 x와 연결된 이웃 네트워크에 대한 연결 정보를 보관

링크 벡터 L(x) = [포트(1), 포트(2), ..., 포트(m), ..., 포트(M)]

그림 7-7 링크 벡터 L(x)

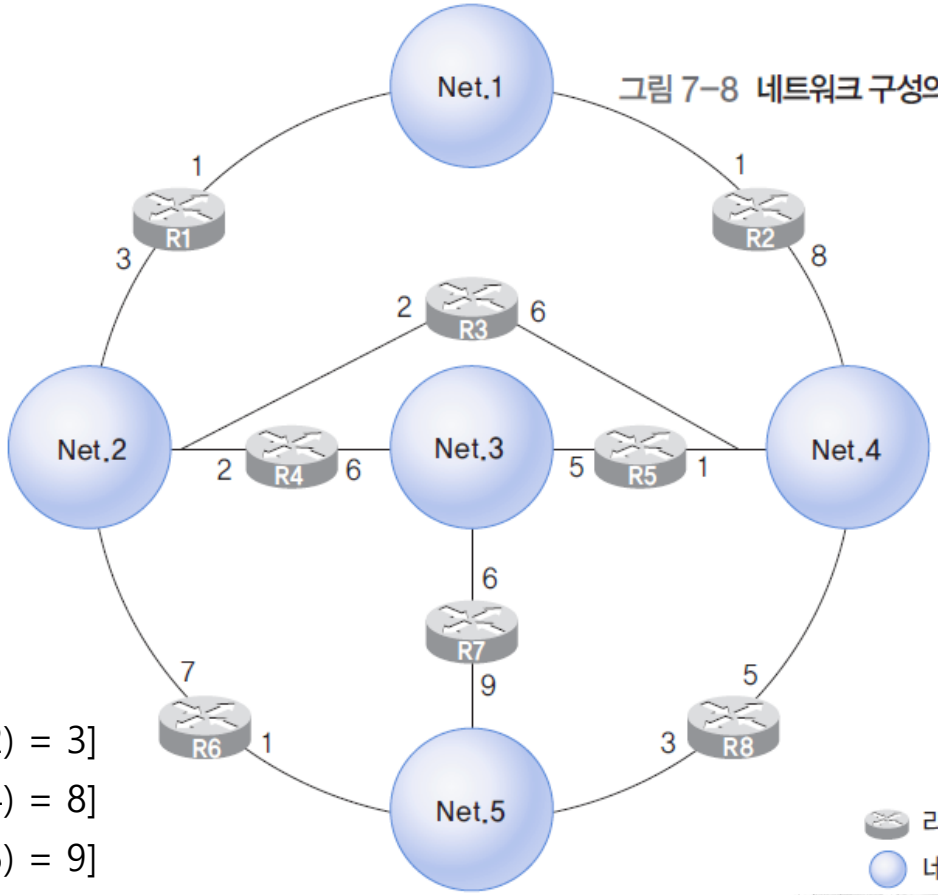


그림 7-8 네트워크 구성의 예

- L(R1) = [포트(Net.1) = 1, 포트(Net.2) = 3]
- L(R2) = [포트(Net.1) = 1, 포트(Net.4) = 8]
- L(R7) = [포트(Net.3) = 6, 포트(Net.5) = 9]

02_라우팅 프로토콜

- 거리 벡터
  - 전체 네트워크에 소속된 개별 네트워크들까지의 거리 정보를 관리

거리 벡터 D(x) = [거리(1), 거리(2), ..., 거리(n), ..., 거리(N)]

그림 7-9 거리 벡터 D(x)

  - [그림 7-8]에서

D(R1)= [거리(Net.1) = 1,
거리(Net.2) = 1,
거리(Net.3) = 2,
거리(Net.4) = 2,
거리(Net.5) = 2]

02_라우팅 프로토콜

- 다음 홉 벡터
  - 다음 홉 벡터 H(x)는 개별 네트워크까지 패킷을 전송하는 경로에 있는 다음 홉 정보를 관리

다음 홉 벡터 H(x) = [홉(1), 홉(2), ... , 홉(n), ... , 홉(N)]

그림 7-10 다음 홉 벡터 H(x)

  - [그림 7-8]에서

H(R1)= [다음 홉(Net.1) = -,
다음 홉(Net.2) = -,
다음 홉(Net.3) = R4,
다음 홉(Net.4) = R3,
다음 홉(Net.5) = R6]

02_라우팅 프로토콜

- 벡터 정보를 교환하기 위해 다음과 같은 패킷 구조를 사용함

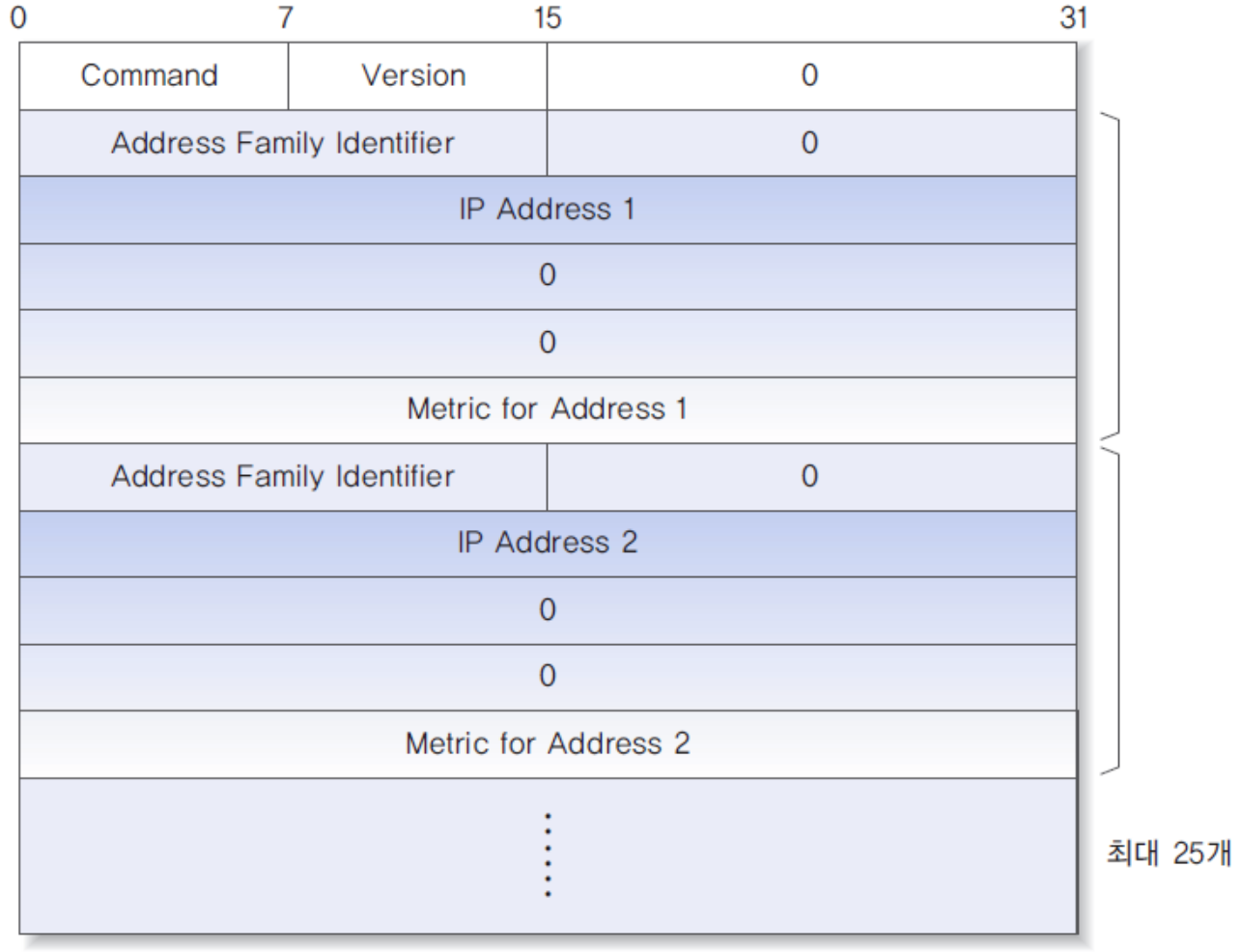


그림 7-11 RIP 패킷의 구조

02_라우팅 프로토콜

- Command(명령) : 값이 1이면 RIP 요청을, 2이면 RIP 응답을 의미.
- Version(버전) : RIP 프로토콜의 버전 번호
- Address Family Identifier(주소 패밀리 구분자) : IP 프로토콜의 주소는 2로 설정
- IP Address(IP 주소) : 특정한 네트워크를 지칭하는 용도로 사용되기 때문에 IP 주소의 네트워크 부분의 값만 사용하고, 호스트 부분은 0으로 채움
- Metric(거리) : 해당 라우터에서 목적지 네트워크까지의 거리

02_라우팅 프로토콜

링크 상태Link State 라우팅 프로토콜

- 개별 라우터가 이웃 라우터까지의 거리 정보를 구한 후, 이를 네트워크에 연결된 모든 라우터에 통보
- 거리 벡터 방식과 반대
- 거리 벡터 라우팅 프로토콜의 단점을 보완하기 위한 방식
- 플러딩Flooding 기법 : 임의의 라우터가 이웃한 모든 라우터에 정보를 전달하고, 다시 이들 라우터가 주변의 모든 라우터에 정보를 전달하는 방식으로 동작
- 예) OSPFOpen Shortest Path First

02_라우팅 프로토콜

❖ 외부 라우팅 프로토콜

- 내부 라우팅 프로토콜
  - 거리 벡터 방식을 사용하는 RIP
  - 링크 상태 방식을 사용하는 OSPF
- 외부 라우팅 프로토콜
  - 경로 벡터 프로토콜: 단순히 연결 가능한지에 대한 정보만 제공
- BGP
  - TCP 프로토콜을 사용

표 7-3 TCP 프로토콜에서 제공하는 메시지의 종류

메시지	설명
Open	다른 라우터와 연관Relationship을 설정한다.
Update	라우팅 관련 정보를 전달한다.
KeepAlive	Open 메시지에 대한 응답 기능과 주변 라우터와의 연관을 주기적으로 확인한다.
Notification	오류 상태를 통보한다.

DHCP 프로토콜

- IP 주소를 여러 컴퓨터가 공유해서 사용
- DHCP 메시지

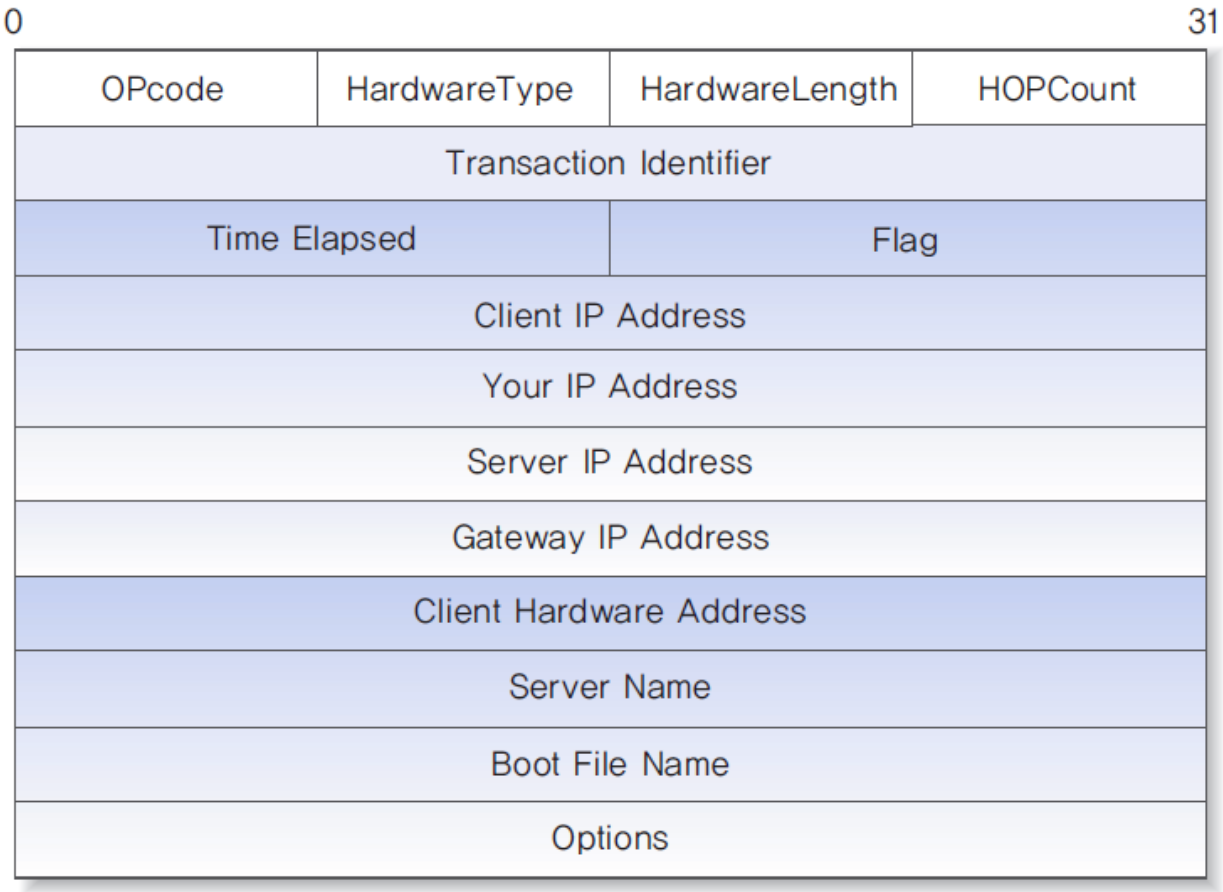


그림 7-17 DHCP 메시지

03_IP 프로토콜

- DHCP 프로토콜의 주요 메시지
  - DHCP_DISCOVER : 클라이언트가 DHCP 서버를 찾기 위해 전송하는 브로드캐스트 메시지
  - DHCP_OFFER : 클라이언트의 DHCP_DISCOVER 메시지에 대한 응답으로 DHCP 서버가 응답하는 메시지
  - DHCP_REQUEST : 주소를 권고한 DHCP 서버에 DHCP_REQUEST 메시지를 전송하여 권고한 주소를 사용한다고 알림
  - DHCP_ACK : 권고한 IP 주소가 최종적으로 사용 가능한지 판단후 사용 가능하면D HCP_ACK 메시지를 전송
  - DHCP_NACK : 클라이언트가 DHCP_DISCOVER 과정을 다시 하도록함

03_IP 프로토콜

- DHCP 프로토콜의 동작 과정

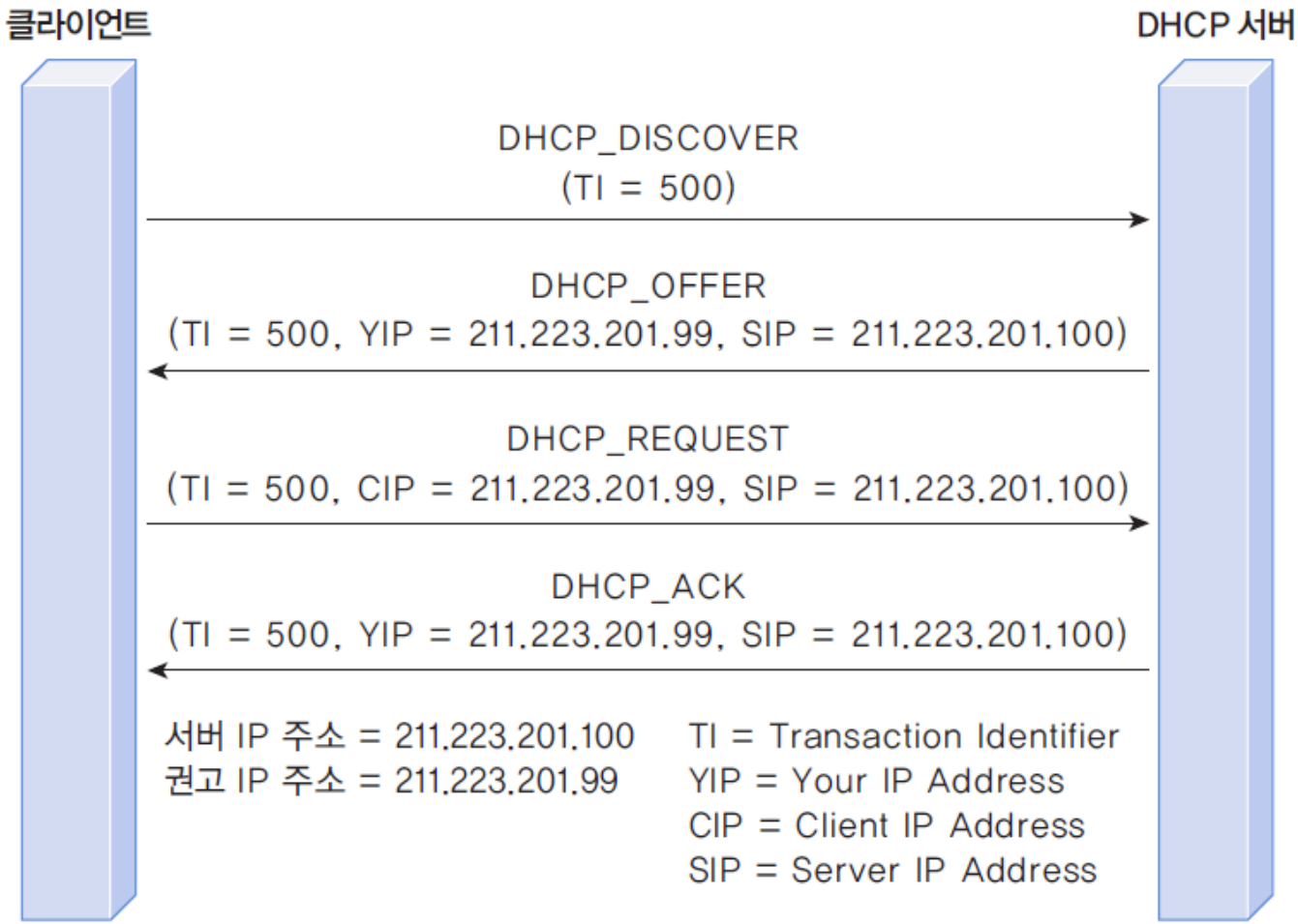
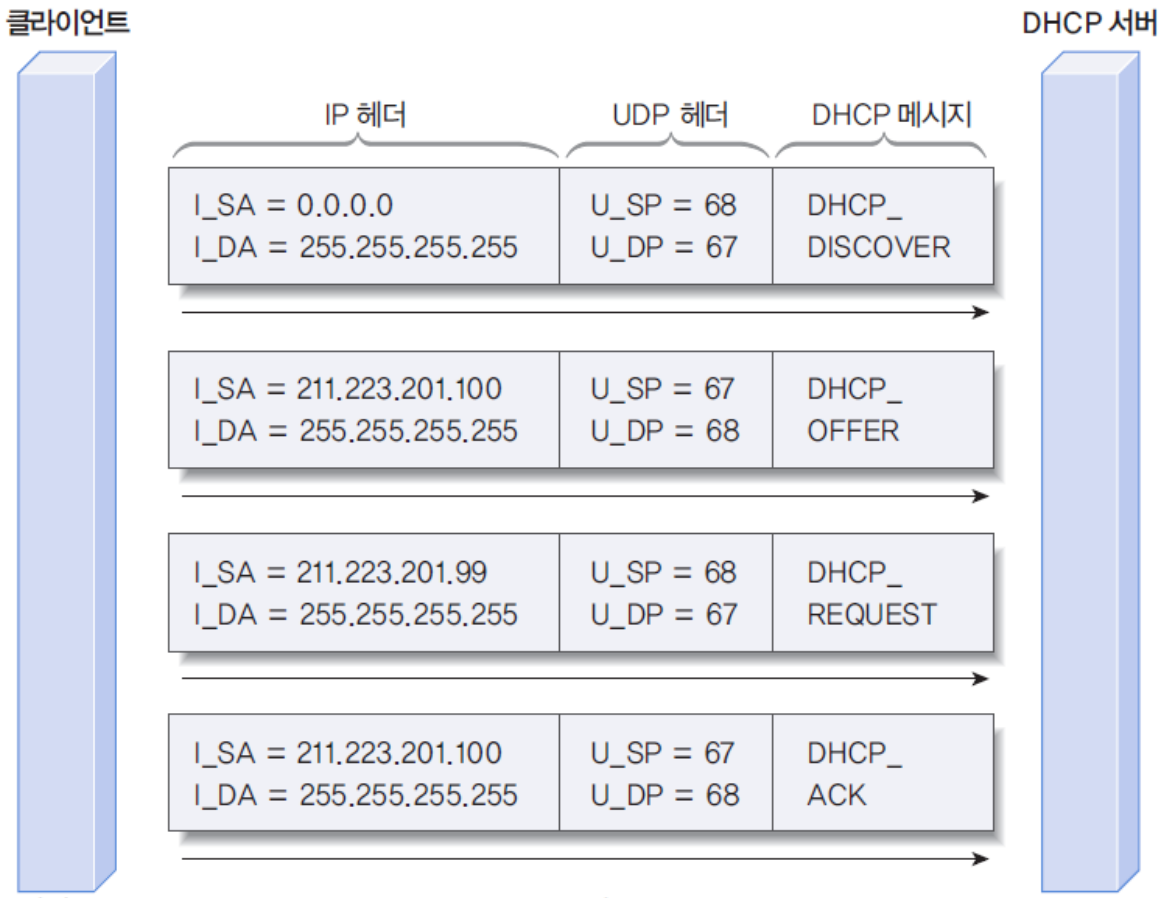


그림 7-18 DHCP 프로토콜의 동작 과정

03_IP 프로토콜

- UDP/IP 프로토콜의 캡슐화



서버 IP 주소 = 211.223.201.100
권고 IP 주소 = 211.223.201.99
클라이언트의 포트 번호 = 68
DHCP 서버의 포트 번호 = 67

U_SP = UDP의 Source Port
U_DP = UDP의 Destination Port
I_SA = IP의 Source Address
I_DA = IP의 Destination Address

그림 7-19 UDP/IP 프로토콜의 캡슐화

02_이동 IP 프로토콜

❖ 터널링 원리

- 상이한 전송 수단
  - IP 프로토콜을 교체하는 방식 (버스→배→버스)

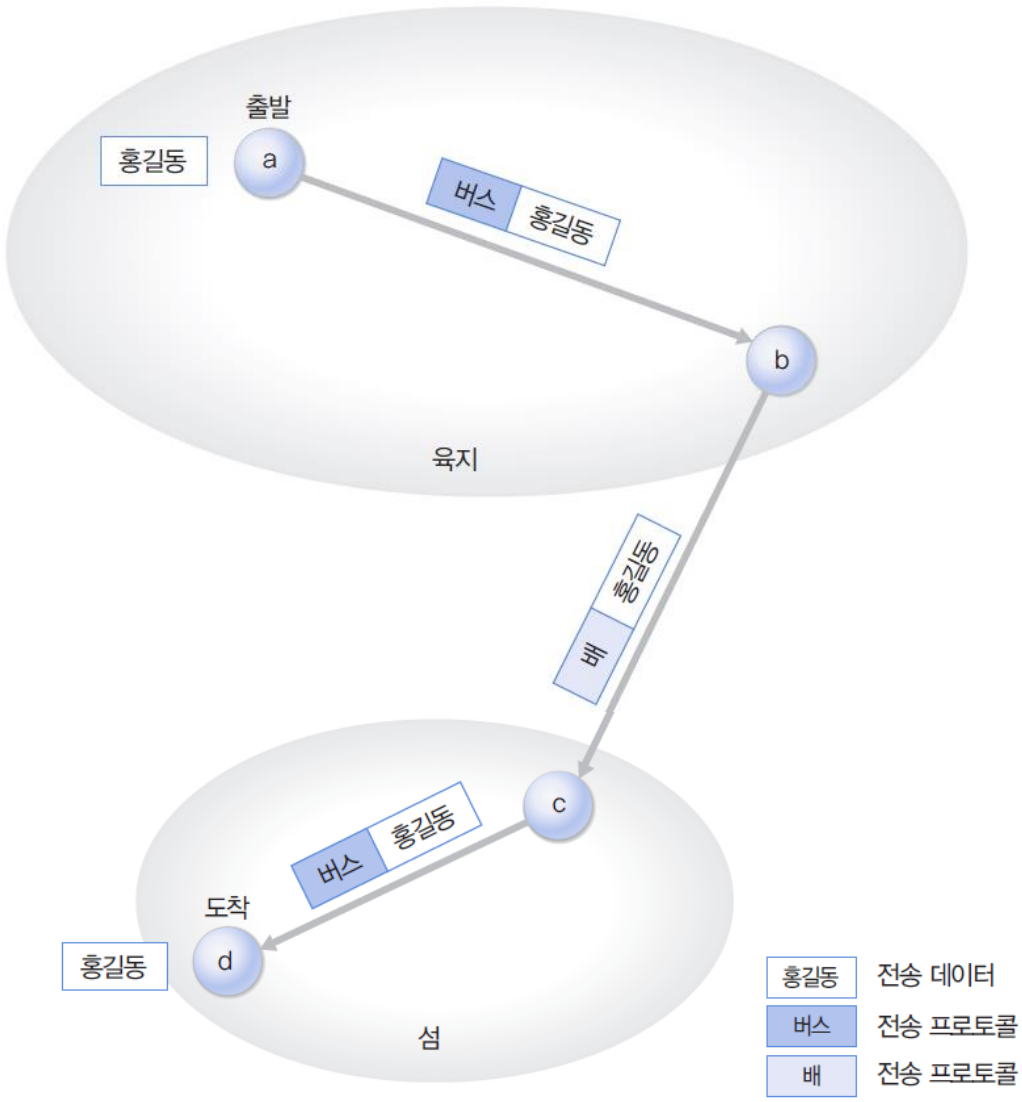


그림 8-3 상이한 전송 수단

02_이동 IP 프로토콜

- 터널링 방식

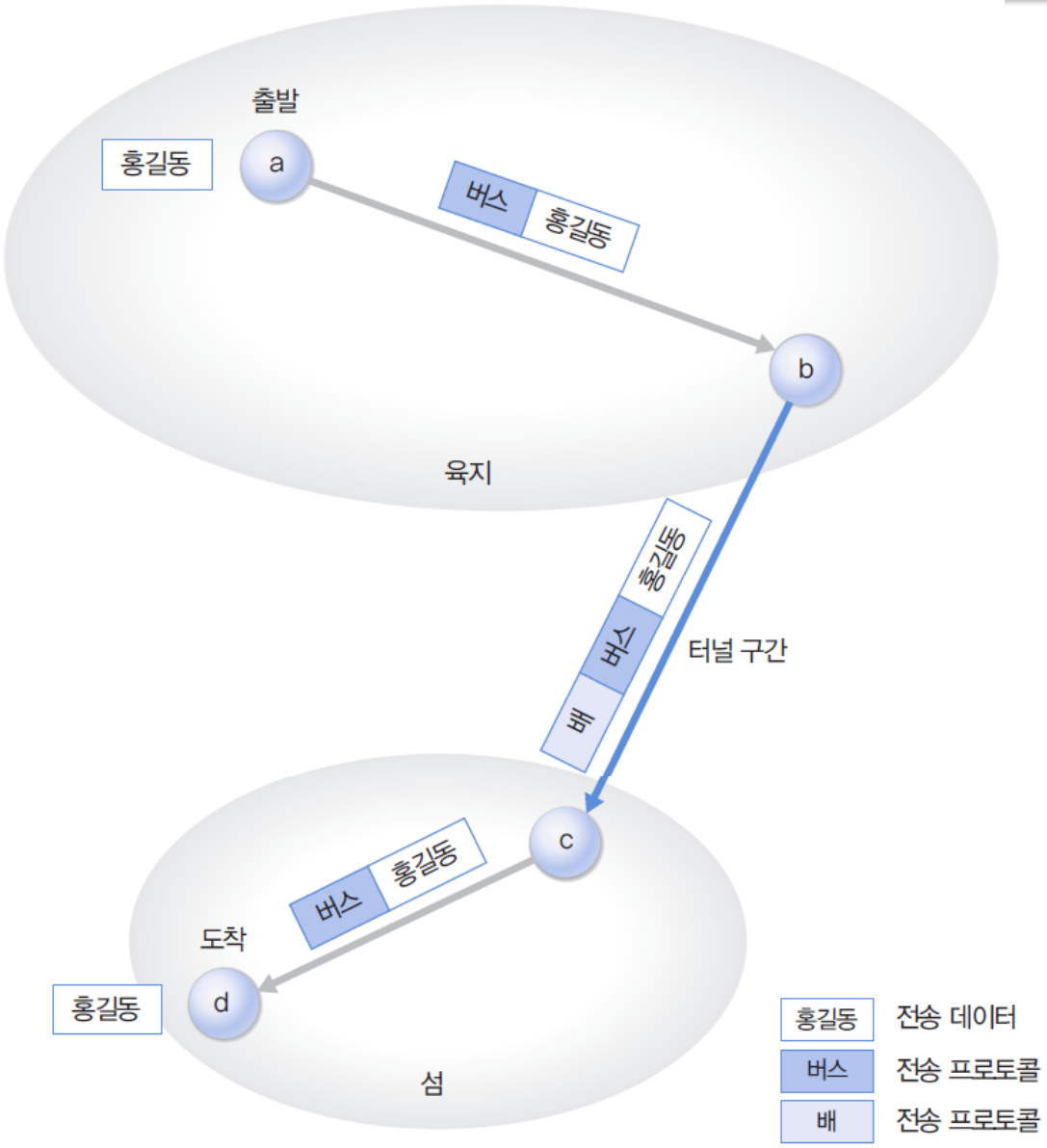


그림 8-4 IP 터널링의 원리

02_이동 IP 프로토콜

❖IP 터널링

- 무선 호스트가 움직일 때 이동 IP 프로토콜의 기본 동작 원리
  - 이동 호스트의 움직이면 새로운 위치를 관장하는 포린 에이전트Foreign Agent Fanew로부터 COACare of Address를 얻음
  - 이 주소는 이동 호스트의 홈 에이전트Home Agent HA에 등록되어 FAnew와 HA 사이에 터널을 형성
  - HA로 라우팅된 패킷을 이동 호스트에 전달하려면 새로 형성된 터널을 통해 FAnew로 전달

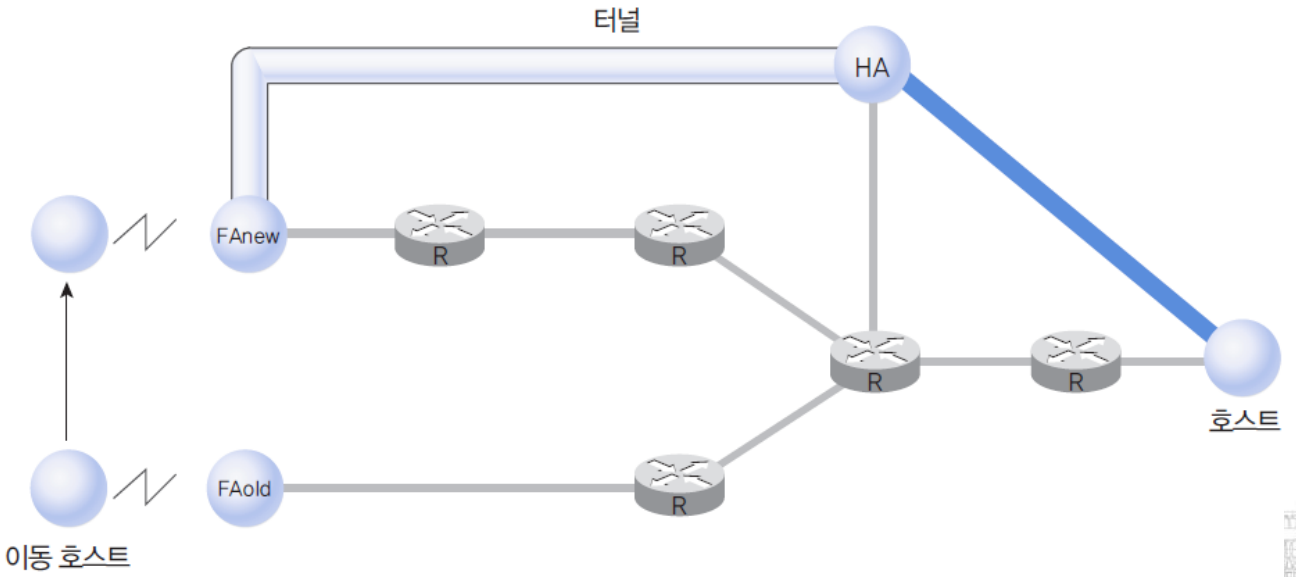


그림 8-5 이동 IP 프로토콜의 기본 동작 원리

02_이동 IP 프로토콜

- 이동 호스트에는 고유 IP 주소인 홈 주소Home Addres HA가 할당, 호스트 위치 가 바뀌어도 변하지 않음. 홈 에이전트와 밀접한 관련
- COA는 이동 호스트가 새로 이동한 지역에서 일시적으로 할당된 IP 주소
  호스트가 이동할 때마다 새로운 COA가 할당되고 기존 COA는 회수되는 과정이 반복됨

- 송신 호스트에서 이동 호스트까지 패킷 전달 과정
  - 이동 호스트를 목적지로 하는 패킷은 HA에게 전달됨
  - HA는 FA와의 터널을 이용해 FA에게 패킷을 전달함
  - FA는 이동 호스트에게 패킷 전달함

- 홈 에이전트와 이동 에이전트 사이에 설정되는 터널Tunnel은 원 IP 패킷을
- 목적지까지 전송하기 위한 중간 단계의 새로운 경로임

02_이동 IP 프로토콜

- 터널구간 라우팅 처리
  - 원 IP 패킷을 데이터로 취급하는 새로운 형태의 IP 캡슐 패킷IP 이 구성되어전달. 원 패킷의 Destination Address 필드에는 이동 호스트의 홈 주소가 들어감
  - 홈 에이전트에서는 원 패킷을 이동 호스트에 전달하려고 그림처럼 캡슐 패킷으로 변경

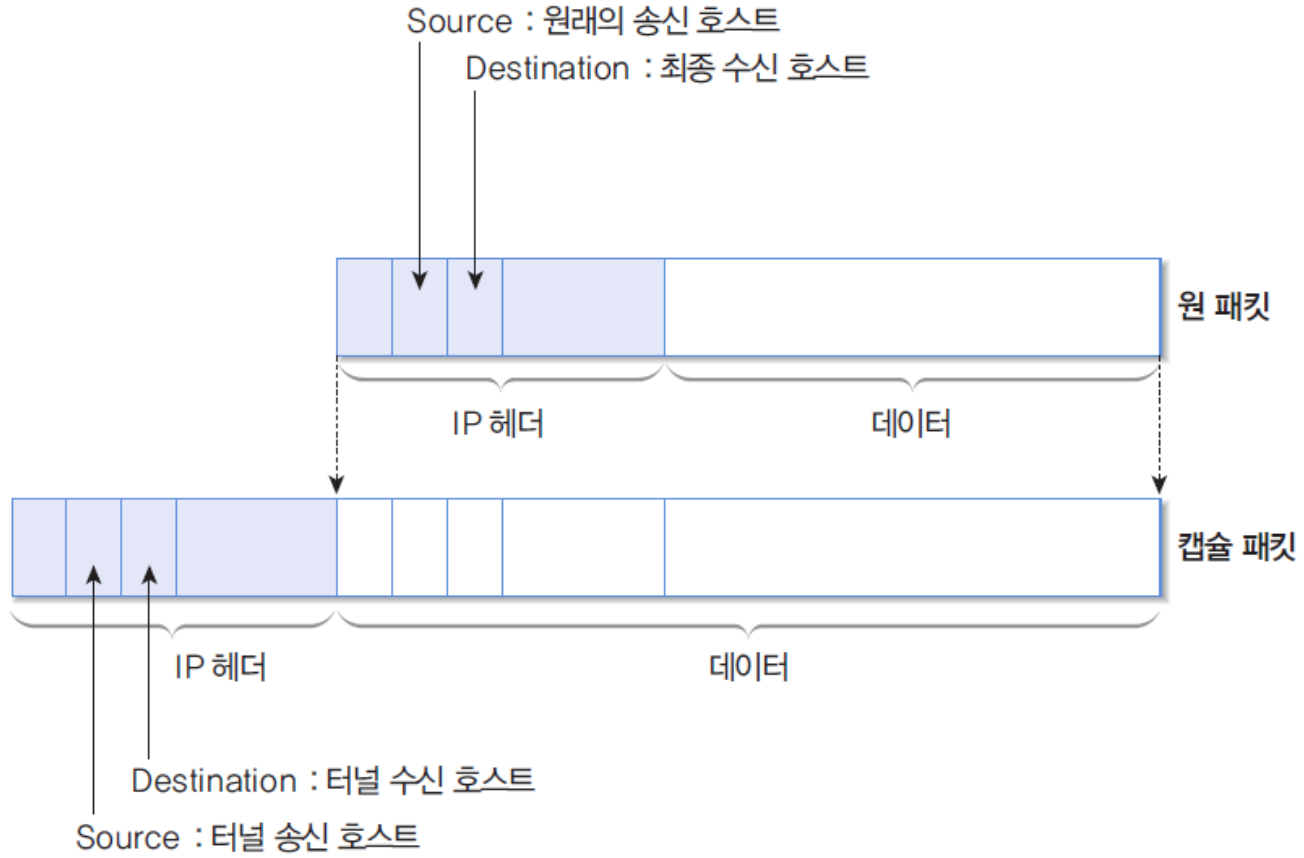


그림 8-6 IP 터널