2020/07/30, 2020 보안 기초 세미나

TCP/IP 완벽 가이드

- 2-3부 인터넷 프로토콜 버전 4 (IPv4) -

박 재 형(jaehyoung@pel.sejong.ac.kr)

세종대학교 프로토콜공학연구실

목 차

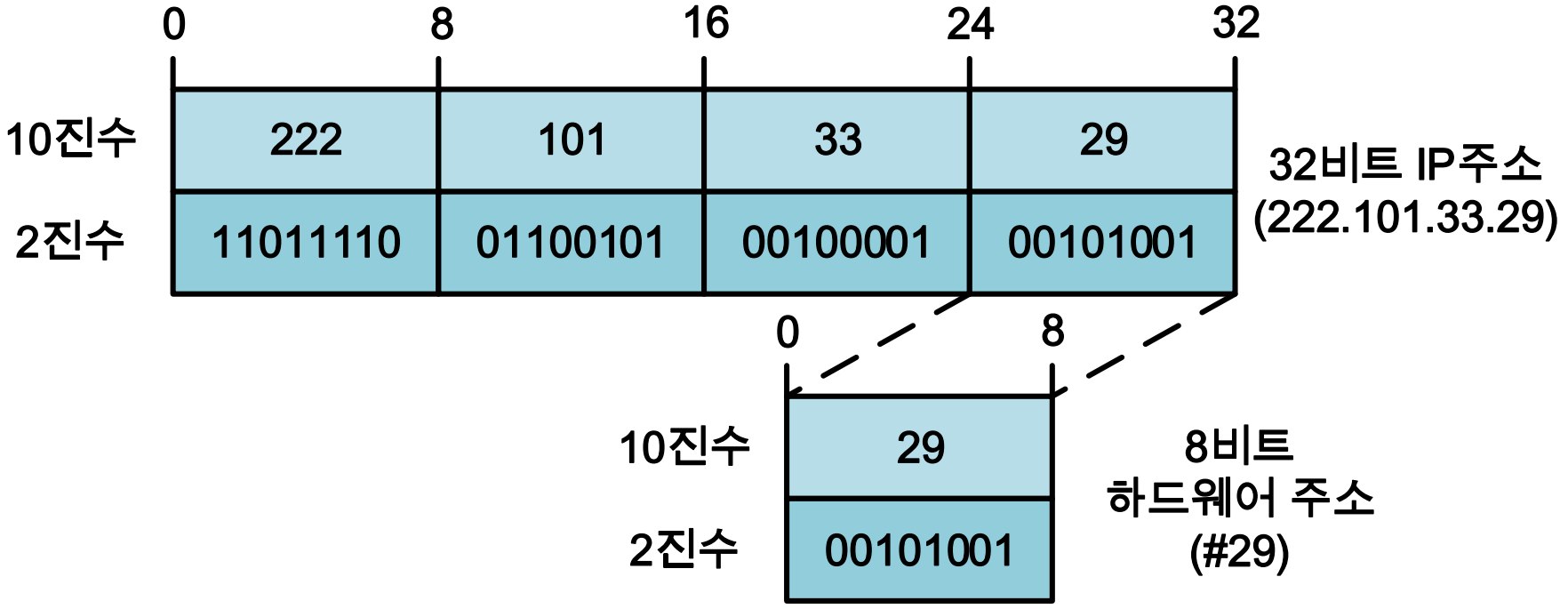
- 주소 결정
  - 직접 매핑
  - 동적 주소 결정
  - IP 멀티캐스트 직접 매핑

목 차

- IP (Internet Protocol)
  - IP 데이터 그램
- IPv4 주소
  - IPv4 주소 지정 방법
    - IP 클래스 단위 주소 지정
    - IP 서브넷 주소 지정
    - IP 클래스 비사용 주소 지정
  - IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

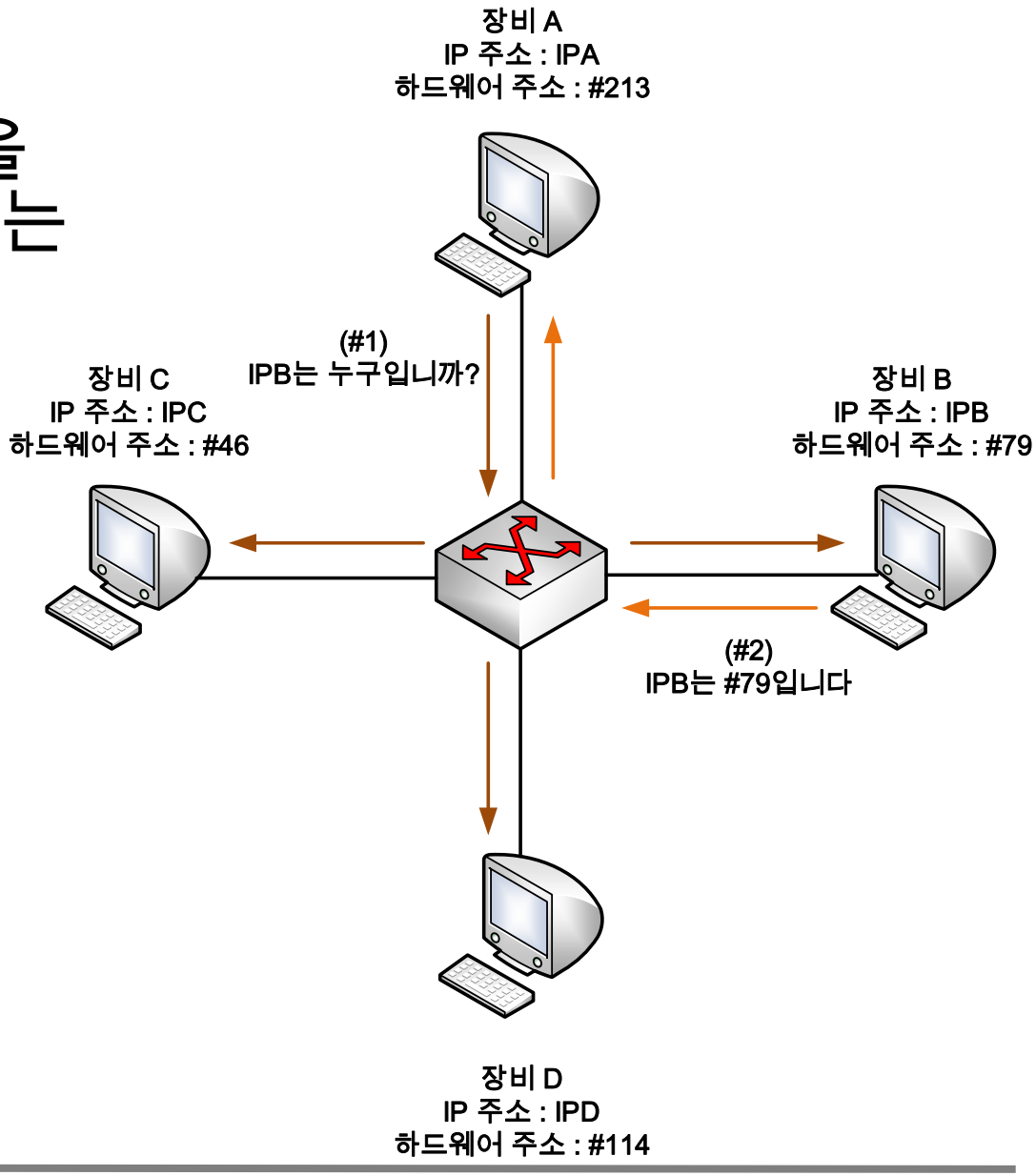
주소 결정

- 직접 매핑
  - IP 주소의 마지막 8비트에 MAC 주소를 매핑하는 방법
    - IP 주소를 알면 MAC 주소를 알 수 있음



주소 결정

- 동적 주소 결정
  - IP 주소를 기반으로 통신을 통해 MAC 주소를 결정 하는 기법
    - 브로드캐스트 방식 사용



주소 결정

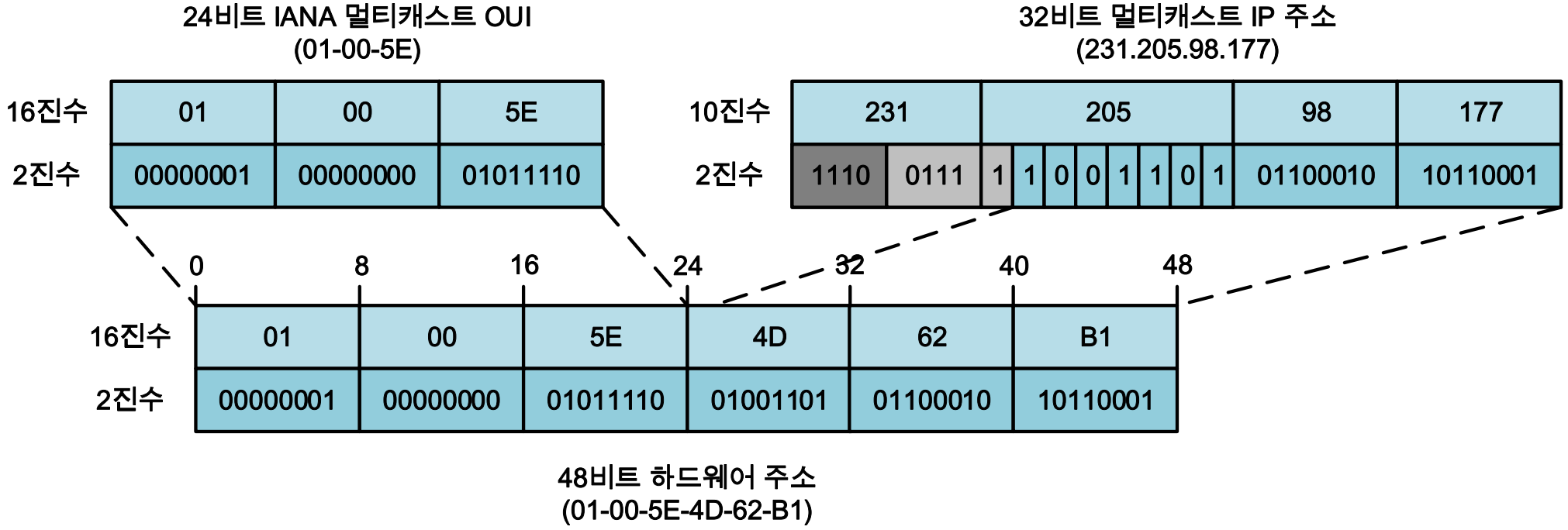
- IP 멀티캐스트 직접 매핑
  - IP 멀티캐스트 그룹 주소를 직접 매핑 기법을 통해 MAC 주소로 변환
  - IEEE 802 주소 지정 방법 사용
    - 데이터 링크 계층 주소는 24비트 블록 2개로 구성
      - 상위 24비트는 기관 유일 식별자 (OUI, Organizationally Unique Identifier)
        - e.g., 인터넷 할당 번호 관리기관 (IANA, Internet Assigned Number Authority) = 01:00:5E
      - 하위 24비트는 개별 장비를 구분

주소 결정

- IP 멀티캐스트 직접 매핑
  - 과정
    1. 상위 24비트에 IANA 멀티캐스트 OUI (01:00:5E) 복사
       - 기관 유일 식별자 (OUI, Organizationally Unique Identifier)
         - e.g., 인터넷 할당 번호 관리기관 (IANA, Internet Assigned Number Authority) = 01:00:5E
    2. 25번째 비트는 0으로 설정
    3. 하위 23비트는 멀티캐스트 MAC 주소의 나머지 23비트에 복사

주소 결정

- IP 멀티캐스트 직접 매핑 과정
  - 멀티캐스트 그룹 주소는 “1110 + 28비트 멀티캐스트 그룹 주소”로 구성됨
  - 이후 5비트는 매핑에서 제외되며 32개의 다른 IP 주소가 동일한 매핑된 MAC 주소를 가질 수 있음을 의미



IP

- 정의
  - TCP/IP 네트워크에서 호스트 간의 데이터를 전송하기 위해 경로 및 목적지를 지정하는 프로토콜
- 역사
  - 1970년대 개발된 TCP가 4계층 TCP와 3계층 IP로 분리되면서 탄생
    - 초창기 TCP는 TCP와 IP기능을 모두 포함
    - 개발 당시 TCP는 3가지 버전으로 개선됨
  - 1981년 9월 RFC 791 “인터넷 프로토콜” 문서 발표

IP

- 버전
  - IPv4
    - TCP와 IP가 분리되어 전 세계적으로 널리 사용하기 시작한 첫 번째 IP 버전
    - 32 bits 체계
  - IPv5
    - 존재하지않음
    - 실험적 프로토콜이 IPv4와 구분하기위해 IPv5로 할당됨
      - 인터넷 스트림 프로토콜
        - 현재 쓰이지 않음
  - IPv6
    - IPv4의 주소 공간 고갈의 예측으로 개발됨
    - 128 bits 체계

IP

- 특징
  - 전역 주소 지정
    - 모든 네트워크에서 주소지정을 통해 장비를 유일하게 식별
  - 하위 프로토콜에 무관
    - TCP/IP 프로토콜과 호환된 어떤 종류의 하위 네트워크에서도 데이터를 전송하도록 설계
      - e.g., SLIP, PPP 등
  - 비연결형
    - 송/수신 장비 간의 연결을 수립하지 않고 데이터 전송

IP

- 특징
  - 비승인형
    - 데이터 전송 후 데이터가 제대로 전송 되었는지 확인하지 않음
  - 신뢰성 없는 전달
    - 데이터그램 전달만을 담당하며 기타 다른 기능은 제공하지 않음
      - 다른기능: 흐름제어, 손실데이터그램의 재전송 등

IP

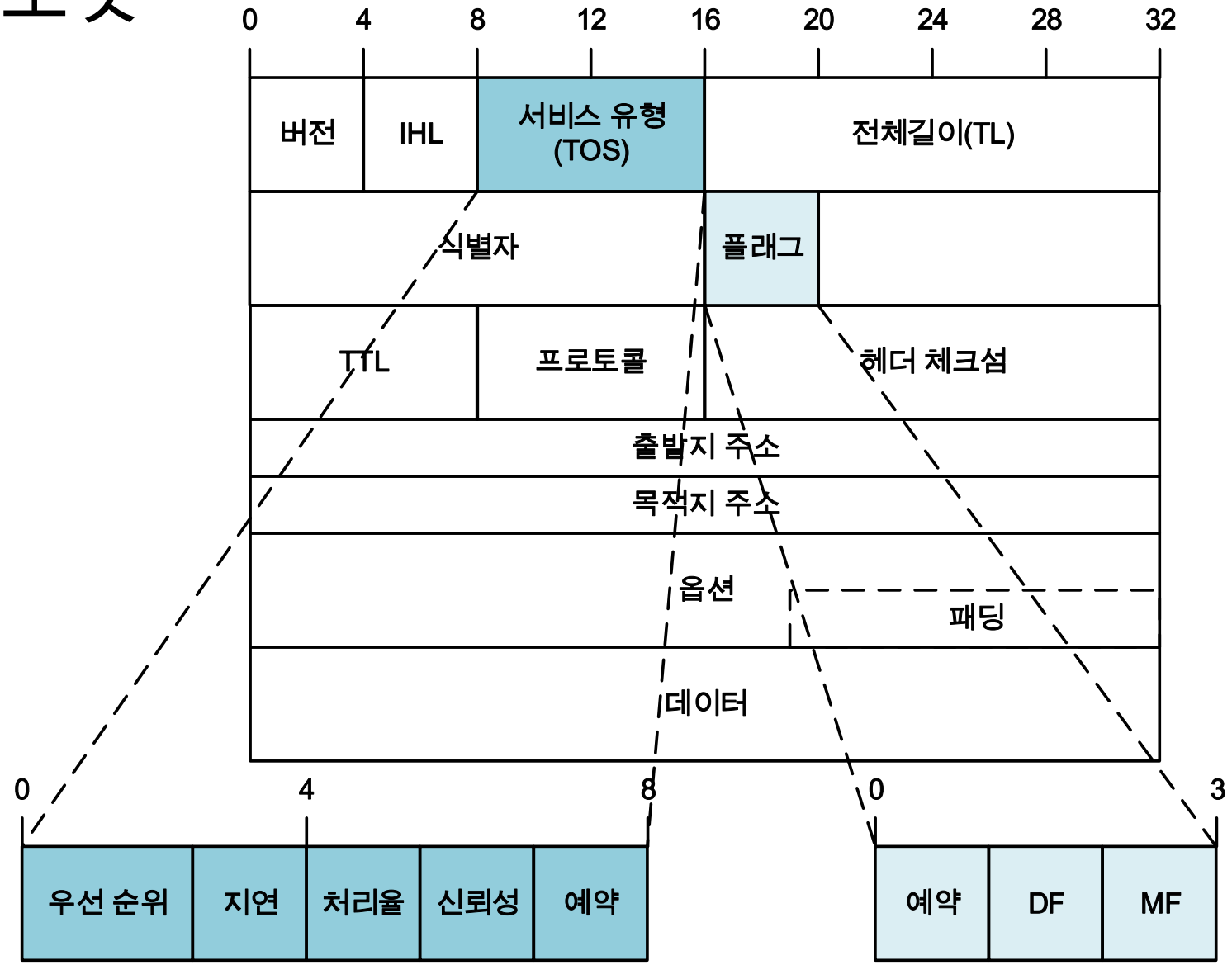
- 기능
  - 주소 지정
    - 데이터 전송에 필요한 목적지 정보를 담은 주소를 지정
  - 데이터 캡슐화와 포매팅
    - 전송 계층에서 받은 데이터를 전송하기 전에 특수 포맷을 이용하여 데이터를 IP 데이터그램으로 캡슐화

IP

- 기능
  - 단편화와 재조합
    - 하위 계층으로 IP 데이터그램 전달 시 하위 계층의 최대 프레임 크기에 맞춰 패킷 단편화
    - 수신 장비는 단편화된 IP 데이터그램을 재조합
  - 라우팅과 간접 전달
    - 다른 네트워크에 있는 장비에게 데이터그램을 보내고 싶은 경우
      라우터를 통하여 간접적으로 전송

IP 데이터그램

- 일반 포맷



IP 데이터그램

- 일반 포맷 필드

필드 이름	크기(바이트)	설명
버전	$^1/_2$ (4 bits)	IP버전, IPv4에서는 4
IHL (IP Header Length)	$^1/_2$ (4 bits)	IP 헤더 길이를 32비트 워드 단위로 지정
TOS (Type of Service)	1	서비스 품질 기능을 제공하기 위한 정보를 전달하는 필드 (우선순위 및 선호하는 전달방법까지 나타냄)
TL (Total Length)	2	IP 패킷의 전체 길이를 바이트 단위로 지정
식별자	2	단편화된 패킷 구별
플래그	$^3/_8$ (3 bits)	3개의 제어 플래그 중 2개는 단편화 관리, 1개는 예약된 비트
단편화 오프셋	$^{15}/_8$ (13 bits)	단편화시 각 패킷의 위치

IP 데이터그램

- 일반 포맷 필드

필드 이름	크기(바이트)	설명
TTL (Time to Live)	1	패킷의 수명, 패킷의 최대 홉 수를 나타냄 패킷을 처리 할 때마다 값을 1만큼 감소, 0이 되면 패킷이 버려지며 최초 송신자에게 시간 초과 메시지 전송
프로토콜	1	상위계층 프로토콜 식별
헤더 체크섬	2	전송 중 오류 방지, 오류 발생시 패킷 버림
출발지 주소	4	패킷을 처음 송신한 장비의 32비트 IP 주소
목적지 주소	4	패킷의 목적지 장비의 32비트 IP 주소
옵션	가변적	일부 IP 패킷에서 표준 더 뒤에 올 수 있는 하나 이상의 옵션 유형
패딩	가변적	하나 이상의 옵션 이 IP 더에 포함됐는데 비트 수가 32의 배수가 아닐 경우 0비트 패딩 추가
데이터	가변적	전체 상위 계층 메시지이거나 단편화된 메시지 일부

IP 데이터그램

- 일반 포맷 필드
  - IPv4 플래그 하위 필드

필드 이름	크기(바이트)	설명
예약	1/8 (1 bits)	쓰이지 않음
DF (Don't Fragment)	1/8 (1 bits)	1로 설정되면 패킷을 단편화하지 말라는 의미
MF (More Fragment)	1/8 (1 bits)	0으로 설정되면 메시지의 마지막 단편이라는 것을 의미 1로 설정되면 단편화 부분이 아직 남아있다는 것을 의미

IP 데이터그램

- 옵션 포맷
  - 옵션 포맷 표

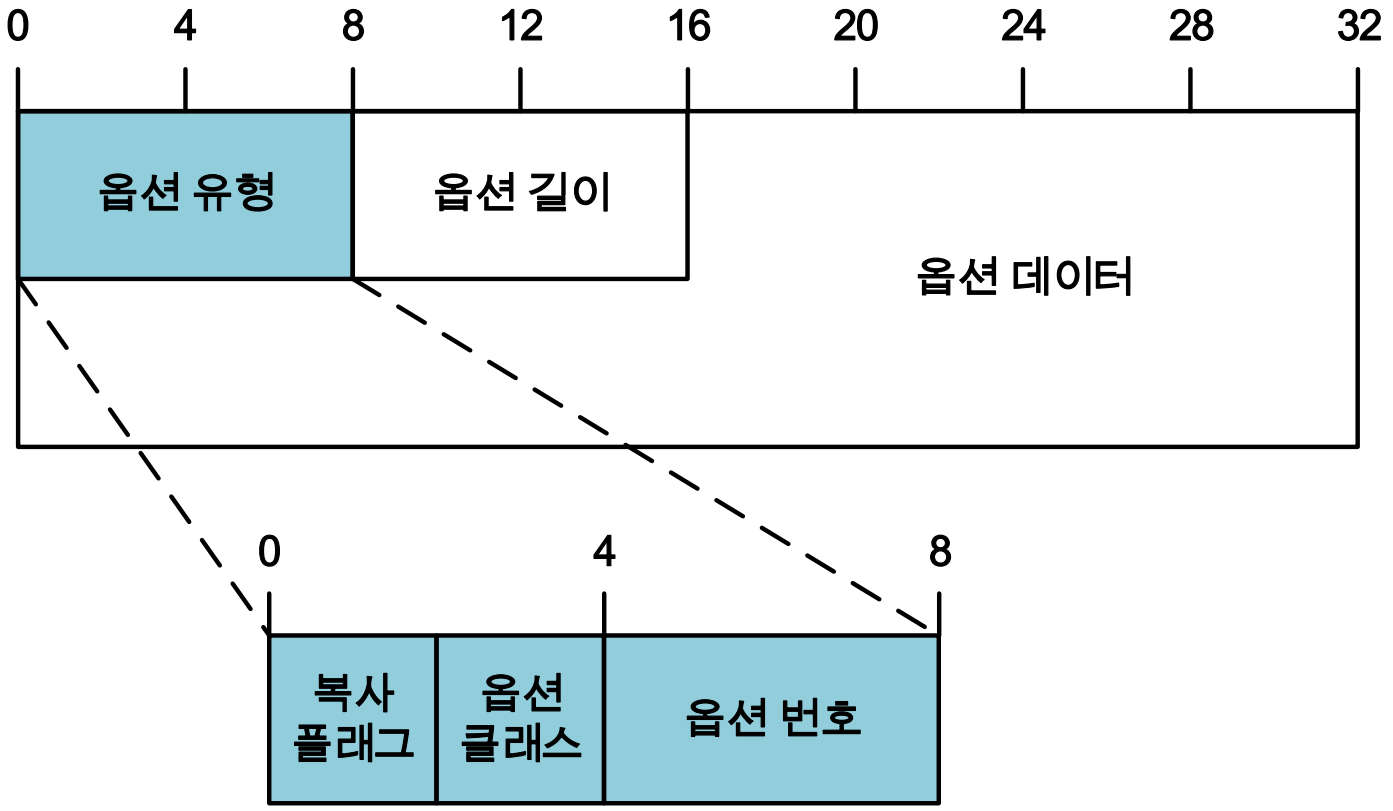
하위 필드 이름	크기(바이트)	설명
옵션 유형	1	3개의 하위 필드로 세분화
옵션 길이	0 또는 1	가변 길이 옵션의 경우, 전체 옵션의 길이를 바이트로 나타냄
옵션 데이터	0 또는 가변적	가변 길이 옵션의 경우, 옵션의 일부로 전달할 데이터 포함

  - 옵션 유형 하위 필드 표

하위 필드 이름	크기(바이트)	설명
복사 플래그	$^1/_8$ (1 bits)	단편화시 모든 옵션을 모든 단편에 복사할 경우 1로 설정, 복사가 필요 없는 경우 0으로 설정
옵션 클래스	$^2/_8$ (2 bits)	0(제어 옵션), 2(디버깅과 측정)
옵션 번호	$^5/_8$ (5 bits)	옵션의 종류 지정

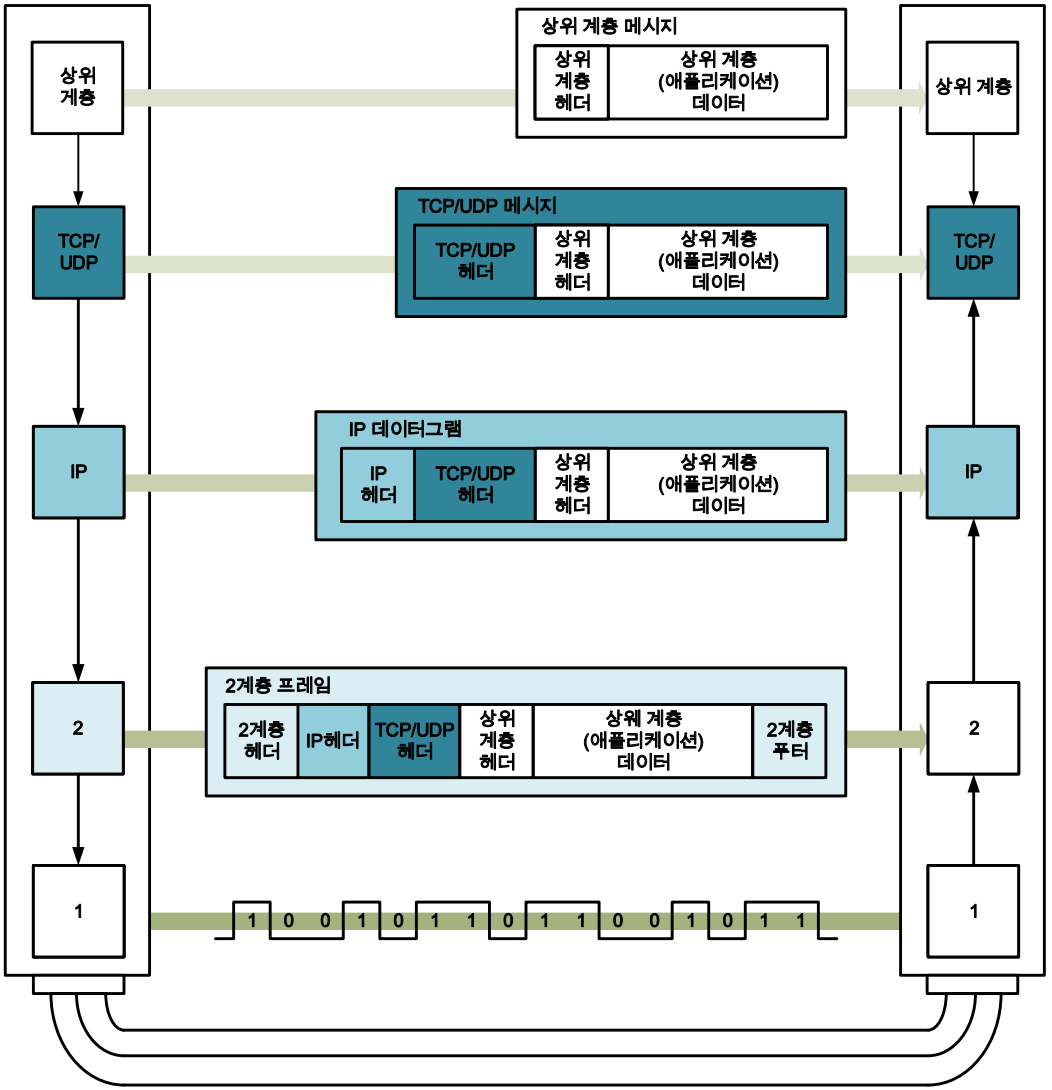
IP 데이터그램

- 일반 포맷
  - 옵션 포맷



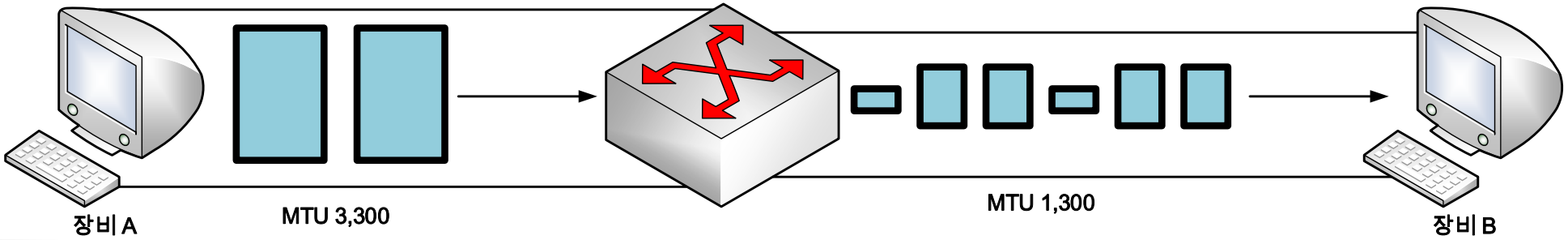
IP 데이터그램

- 캡슐화
  - 상위 계층 메시지를 하위 계층으로 전송하기위한 작업
    - TCP/UDP로 캡슐화된 세그먼트는 IP 데이터그램의 페이로드가 됨
    - IP 데이터 그램은 2계층의 프레임으로 캡슐화됨



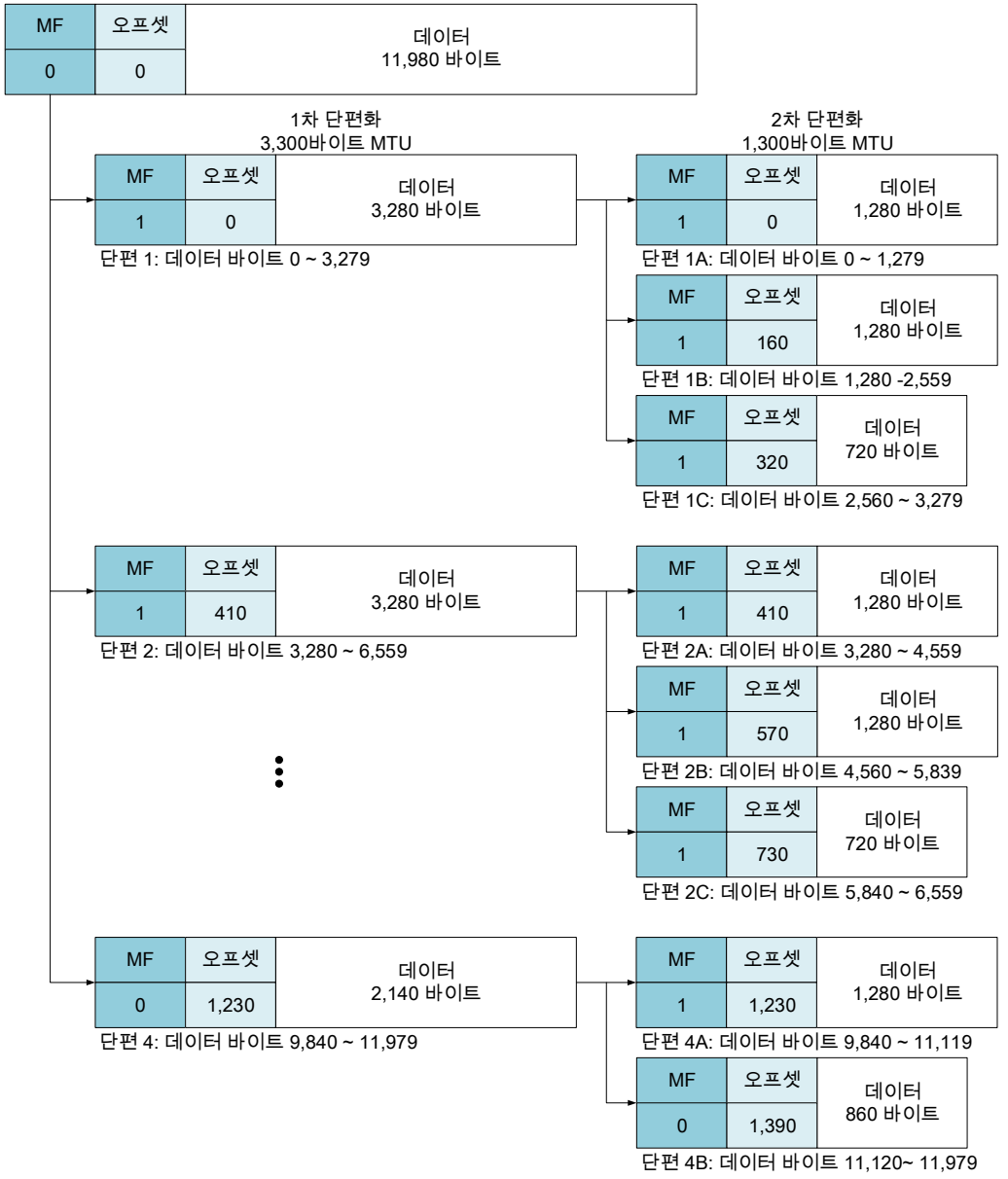
IP 데이터그램

- 단편화
  - IP 데이터그램을 데이터 링크 계층으로 전달 할 때 데이터 링크 계층의 프레임 크기를 맞추기 위한 방법
  - 특징
    - 최대 전송 단위 (MTU, Maximum Transmission Unit)에 맞게 IP데이터그램 단편화
      - MTU: 물리 계층 네트워크로 전달될 수 있는 최대 IP 패킷의 크기
    - MTU 경로 발견 (Path Discovery)
      - 전체 경로의 MTU를 파악하는 것
        - 목적지 접근 불가 (Destination Unreachable) 메시지를 보냄으로써 목적지 장비가 더 작은 MTU를 사용한다는 것을 알아냄



IP 데이터그램

- 단편화 과정



IP 데이터그램

- 단편화
  - 문제점
    - 순서와 위치 지정
      - 송신은 순서대로 하지만 수신은 순서대로 되지 않음
      - 재조합을 위해 순서 파악해야 함
        - 단편화 오프셋 사용
    - 재조합 종료
      - 목적지 장비가 재조합 할 때 모든 단편화된 데이터그램을 받았는지 알아야 함
        - MF값이 마지막 단편은 0, 나머지는 1로 설정

IP 데이터그램

- 재조합
  - 수신된 IP 데이터그램을 헤더필드의 정보를 이용하여 조합
    - 최종 목적지에서만 이루어짐
    - 재조합 과정
      - 단편 인식과 단편화된 메시지 식별
        - MF가 1이고, 단편화 오프셋이 0이 아닌 패킷을 보고 단편이라는 것 을 인식
      - 버퍼 초기화
        - 단편을 받아 저장할 버퍼를 초기화
      - 타이머 초기화
        - 재조합을 위한 타이머를 설정
      - 단편 수신과 처리
        - 버퍼에 단편화 오프셋 값을 보고 그 단편을 삽입

IPv4 주소

- 두 가지 주요 기능

1. 네트워크에 연결된 호스트 식별

2. 라우팅 (Routing)
   - IP 주소를 통해 목적지 네트워크를 식별하고, 라우터는 패킷의 경로를 결정

IPv4 주소

- IP 주소와 MAC 주소 비교
  - IP 주소
    - 네트워크 계층(3계층)에서 사용하는 주소로 각 장비 마다 할당된 식별 번호
    - 네트워크 변경 시 IP 주소 또한 변경
  - MAC 주소
    - 데이터 링크 계층(2계층)에서 사용하는 하드웨어 주소
      - 장비의 하드웨어 자체에 부여된 고유한 식별 번호
    - 부품을 교체하지 않는 한 MAC 주소는 변경되지 않음

IPv4 주소

- 장비별 IP 주소
  - IP 주소를 갖지 않는 장비
    - 하위 수준 네트워크 연결 장비
      - 하드웨어 주소로 동작하기 때문에 IP 주소가 필요하지 않음
      - e.g., 리피터 (Repeater), 스위치 (Switch) 등
  - IP 주소를 갖는 장비
    - 호스트 (Host)
      - 하나의 IP 주소를 할당 받은 네트워크에 연결된 장비
    - 라우터 (Router)
      - 하나이상의 IP 주소를 가지며 독립된 네트워크들을 연결 시켜주는 장비

IPv4 주소

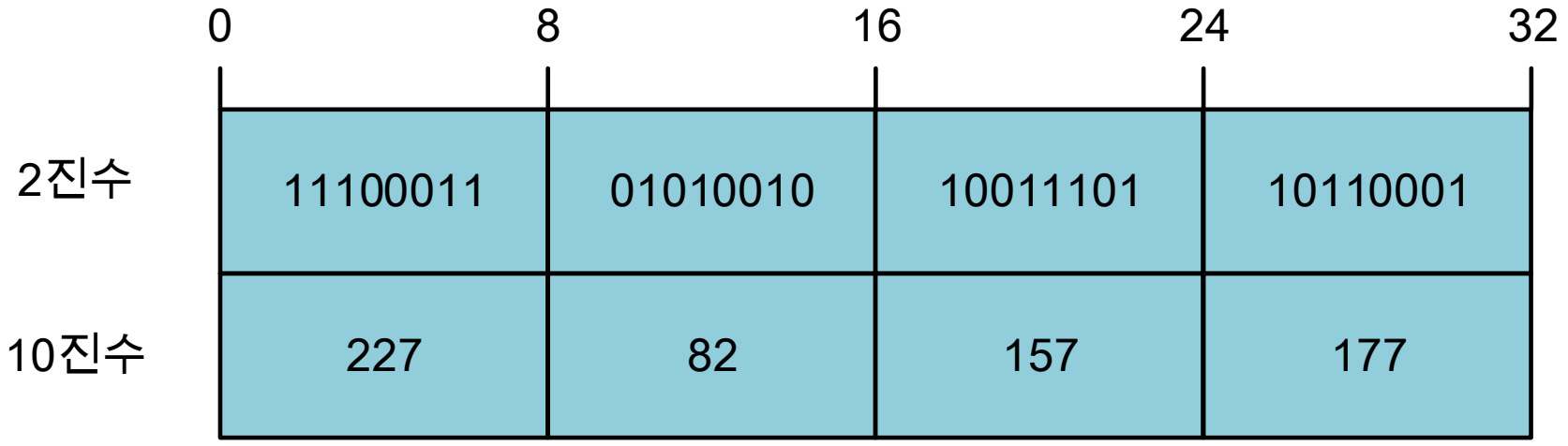
- 분류
  - 공인 IP 주소 (Public IP Address)
    - 공인 IP 등록/관리 기관에 의해 할당 받은 IP주소
      - 공인 IP 등록/관리 기관
        - IANA (Internet Assigned Number Authority)
          - 인터넷 할당 번호 관리 기관
        - ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Number)
          - 인터넷 이름/번호 할당 기관
        - RIR (Regional Internet Registry)
          - 대륙별 인터넷 레지스트리
    - 인터넷에서 유일한 주소
    - 다른 호스트들이 공인 IP주소로 찾아갈 수 있음

IPv4 주소

- 분류
  - 사설 IP 주소 (Private IP Address)
    - 공인 기관에 등록되지 않은 사설 IP 주소
      - 공인 IP 를 통해 라우팅 불가
    - 하나의 네트워크 안에서 사용되는 유일한 주소
      - e.g., 가정, 사무실, 기업 등

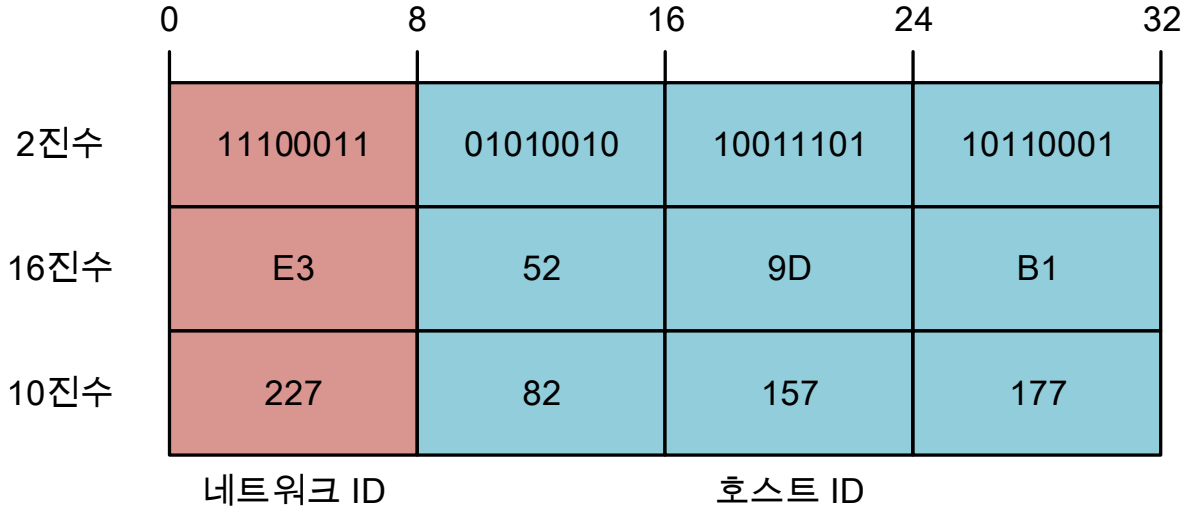
IPv4 주소

- 크기와 표기법
  - IP 주소 크기는 32 bits
  - 32 bits 2진수를 옥텟 단위(8bits)로 표기
    - e.g., 11100011 - 01010010 - 10011101 - 10110001
  - 부점 10진 표기법 (DDN, Dotted Decimal Nomination)
    - 32 bits IP 주소를 10진수로 변환하고 마침표(.)로 구분
    - e.g., 227.82.157.117



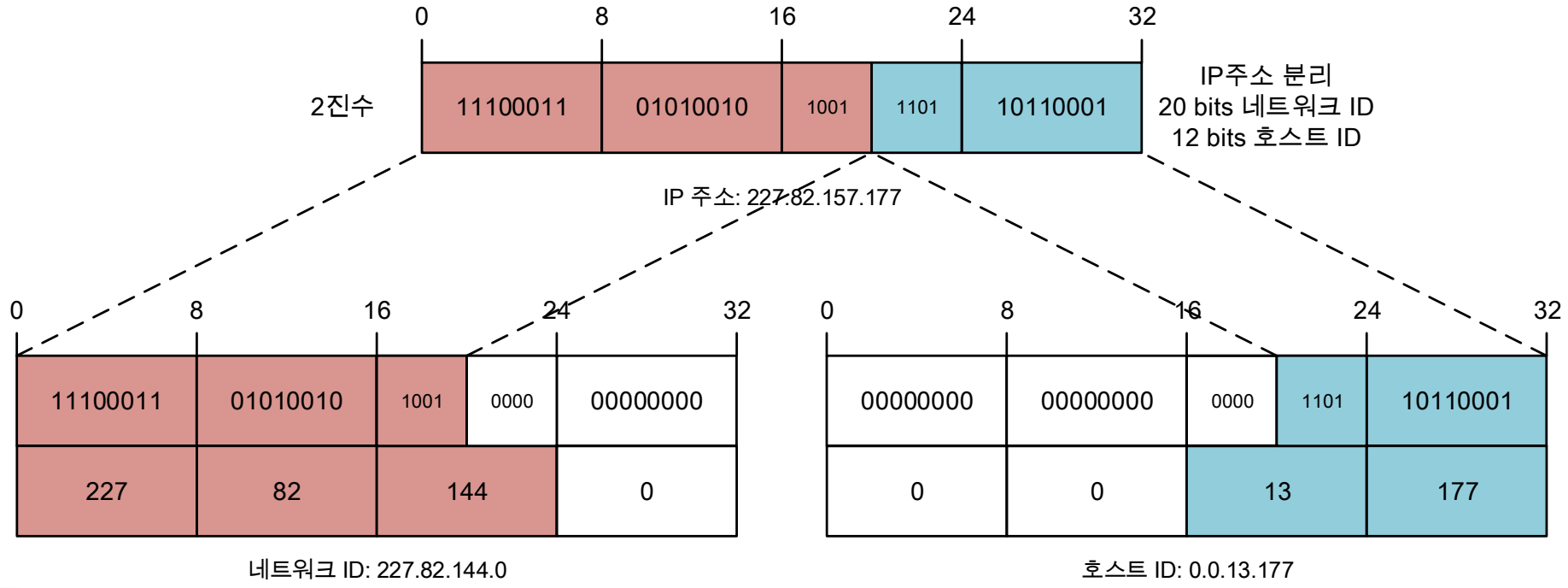
IPv4 주소

- IP 주소 구조의 구성 요소
  - 네트워크 ID
    - 왼쪽 비트에서부터 시작하는 특정 수의 비트
    - 네트워크 인터페이스가 위치한 네트워크를 식별
  - 호스트 ID
    - 네트워크 ID 이외의 나머지 비트
    - 네트워크에 연결된 호스트를 식별



IPv4 주소

- IP 주소 구조의 구성 요소
  - 네트워크 ID 와 호스트 ID 구분
    - 네트워크 ID 와 호스트 ID 를 구분하는 지점은 고정되어 있지 않음
      - 주소의 특성, 사용하는 주소지정 방법의 유형 등의 요인에 의해 달라질 수 있음



IPv4 주소

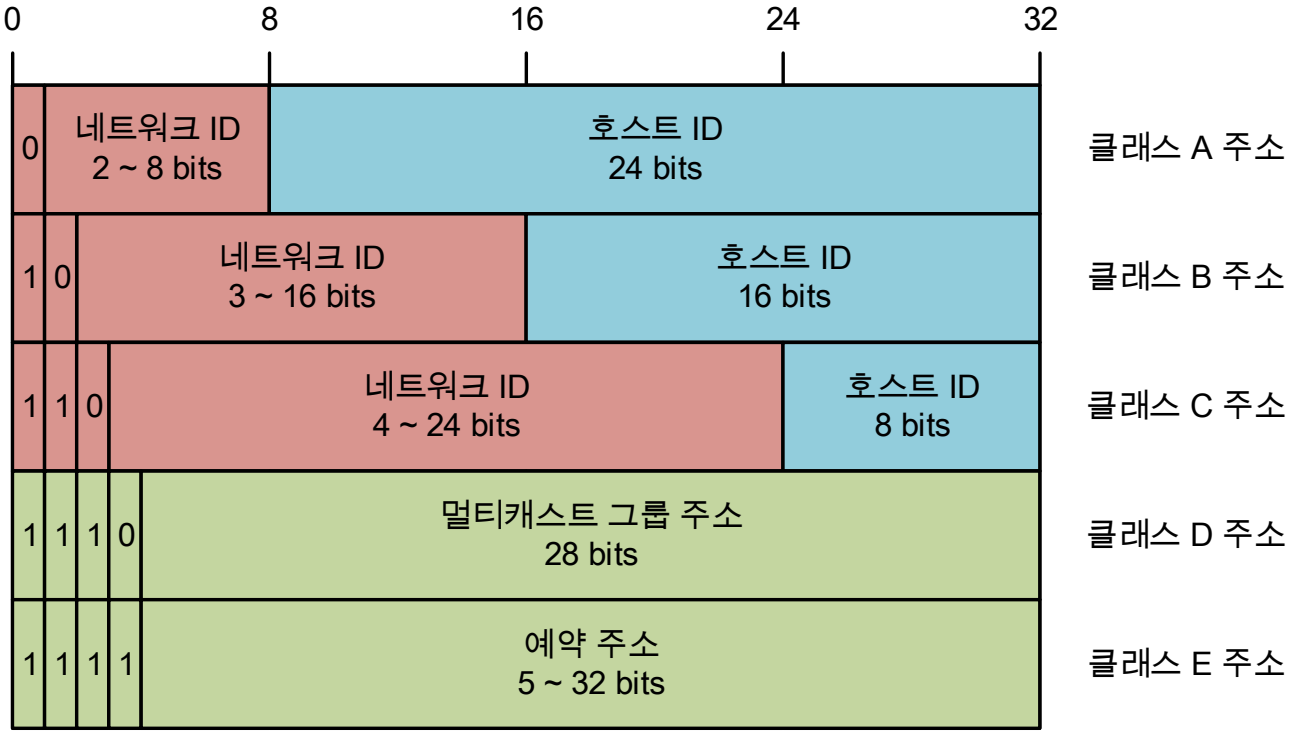
- IP 멀티 호밍
  - 하나이상의 IP 주소를 갖는 것
  - 다중 인터페이스 (Multihomed) 호스트
    - 둘 이상의 IP 주소를 가지는 장비
    - 호스트를 다중 인터페이스 구성으로 만드는 두 가지 방법
      1. 두 개 이상의 인터페이스를 동일한 네트워크에 연결
         - 동일한 네트워크에 연결하여 동일한 네트워크 ID 를 갖는 두 개의 IP 주소를 가짐
           - e.g., 서버, 고성능 워크스테이션
      2. 두 개 이상의 서로 다른 네트워크에 인터페이스를 연결
         - 서로 다른 네트워크에 연결하여 서로 다른 네트워크 ID 를 갖는 IP 주소를 가짐
           - e.g., 라우터

IPv4 주소 지정 방법

- IP 주소 지정
  - 네트워크에 연결되어 있는 호스트를 구별하기위해 IP주소를 지정하는 것
  - IP 주소 지정 종류
    - IP 클래스 단위 주소 지정
      - 옥텟 단위로 네트워크 ID, 호스트 ID 를 구분하는 클래스 사용
    - IP 서브넷 주소 지정
      - 네트워크 ID, 호스트 ID, 서브넷 ID 세 단계로 분리하여 구분
        - 클래스 단위에서 호스트 ID 의 일부 비트를 서브넷 ID 로 사용
    - IP 클래스 비사용 주소 지정
      - 클래스를 사용하지 않고 계층구조로 IP 를 할당
        - CIDR

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - IP 주소공간을 5개의 서로 다른 크기의 클래스(A,B,C,D,E)로 나누고 기관의 요구에 따라 이들 클래스의 주소 블록을 할당
    - 요구: 네트워크에 연결할 호스트 수



IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - 네트워크/호스트 식별
    - 첫 옥텟 비트 패턴을 통해 주소의 클래스 파악 가능
    - IP 주소 클래스 종류별 특성, 용도 표

IP 주소 클래스	전체 IP 주소 공간에서 차지하는 비율	네트워크 ID 비트의 수	호스트 ID 비트의 수	용도
클래스 A	$^1/_2$	8	24	인터넷에 연결할 호스트가 수백만 개 이상 존재하는 대규모 기관을 위한 유니캐스트 주소 지정
클래스 B	$^1/_4$	16	16	인터넷에 연결할 호스트가 수천 개 정도 존재하는 중규모 기관을 위한 유니캐스트 주소 지정
클래스 C	$^1/_8$	24	8	인터넷에 연결할 호스트가 약 250개를 넘지 않는 소규모 기관을 위한 유니캐스트 주소 지정
클래스 D	$^1/_{16}$	없음	없음	IP 멀티캐스팅
클래스 E	$^1/_{16}$	없음	없음	테스트용으로 예약됨

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - 비트 패턴, 첫 옥텟 범위, 주소 범위 표

IP 주소 클래스	IP 주소의 첫번째 옥텟	첫 번째 옥텟의 최소값	첫 번째 옥텟의 최대값	첫 번째 옥텟 값 의 범위 (10진수)	네트워크 ID / 호스트 ID 에 속한 옥텟 수	이론적 IP 주소 범위
클래스 A	0xxx xxxx	0000 0001	0111 1110	1 ~ 126	$^{1}/_{3}$	1.0.0.0 ~ 126.255.255.255
클래스 B	10xx xxxx	1000 0000	1011 1111	128 ~ 191	$^{2}/_{2}$	128.0.0.0 ~ 191.255.255.255
클래스 C	110x xxxx	1100 0000	1101 1111	192 ~ 223	$^{3}/_{1}$	192.0.0.0 ~ 223.255.255.255
클래스 D	1110 xxxx	1110 0000	1110 1111	224 ~ 239	-	224.0.0.0 ~ 239.255.255.255
클래스 E	1111 xxxx	1111 0000	1111 1111	240 ~ 255	-	240.0.0.0 ~ 255.255.255.255

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - 주요 클래스(A, B, C)의 네트워크/호스트 용량 표

IP 주소 클래스	클래스를 식별하는데 쓰이는 네트워크 ID 비트 수	사용 가능한 네트워크 ID 비트	사용 가능한 네트워크 ID 의 수	네트워크 ID 별 호스트 ID 의 수
클래스 A	1	8 – 1 = 7	$2^7 - 2 = 126$	$2^{24} - 2 = 16{,}277{,}214$
클래스 B	2	16 – 2 = 14	$2^{14} = 16{,}384$	$2^{16} - 2 = 65{,}534$
클래스 C	3	24 – 3 = 21	$2^{21} = 2{,}097{,}152$	$2^8 - 2 = 254$

  - 네트워크 ID에서 처음 1, 2, 3 비트는 클래스를 구별하는 데 사용되기 때문에 네트워크의 수를 결정할 때는 제외
  - 클래스 A에서 2비트는 네트워크 ID(0과 127)가 예약되어 있어 사용할 수 없음
  - 각 네트워크 ID에 대하여 두 개의 호스트 ID(모두 0 또는 1로 된 비트)를 사용할 수 없음

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - 특수 의미를 갖는 IP 주소 패턴 표

네트워크 ID	호스트 ID	특수 의미와 설명
네트워크 ID	호스트 ID	보통 의미 : 특정 장비를 가리킴
네트워크 ID	모두 0	지정된 네트워크 주소
모두 0	호스트 ID	현재 네트워크에 지정된 호스트
모두 0	모두 0	자신을 가리킴 (자신의 IP 주소를 모르는 장비)
네트워크 ID	모두 1	지정된 네트워크의 모든 호스트 (로컬 브로드캐스트)
모두 1	모두 1	모든 네트워크의 모든 호스트 (전역 브로드캐스트)

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - 특수한 용도에 사용되는 IP 주소
    - 예약 주소
      - 향후에 있을 테스트나 인터넷을 관리하기 위한 용도나 예상치 못한 수요에 대비해 제한된 자원의 일부를 예약한 주소
    - 사설, 비등록 주소
      - 중앙 기관이 할당하지 않고 사설에서 원하는 주소를 사용
      - RFC 1918에서 사설 주소에만 사용할 수 있는 라우팅이 불가능한 주소 집합을 정의
        - 10.0.0.0 ~ 10.255.255.255 (클래스 A)
          172.16.0.0 ~ 172.31.255.255 (클래스 B)
          192.168.0.0 ~ 192.168.255.255 (클래스 C)

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - 루프백 주소
    - TCP/IP 프로토콜 구현을 테스트하는 주소
      - 127.0.0.0 ~ 127.255.255.255
    - 루프백 주소로 전송한 IP 데이터그램은 데이터 링크 계층으로 전송되지 않고 출발지 장비의 IP 계층으로 되돌아옴

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - IP 멀티캐스트 주소 지정
    - 하나의 장비에서 멀티캐스트할 여러 장비 그룹의 주소 지정
    - 클래스 D 로 할당
      - 처음 4비트가 1110으로 되어 있기 때문에 주소의 첫 번째 옥텟이 224 ~ 239까지의 값을 가짐
      - 처음 4비트를 제외한 28비트가 멀티캐스트 그룹 주소로 정의
      - 네트워크 ID와 호스트 ID 개념은 존재하지 않음
    - IP 멀티캐스트 주소 범위와 용도 표

범위 시작 주소	범위 끝 주소	설명
224.0.0.0	224.0.0.255	유명한 특수 멀티캐스트 주소로 예약
224.0.1.0	238.255.255.255	전역 범위 멀티캐스트 주소
239.0.0.0	239.255.255.255	로컬 범위 멀티캐스트 주소

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - IP 멀티캐스트 주소 지정
    - 유명 멀티 캐스트 주소

범위 시작 주소	설명
224.0.0.0	예약됨. 쓰이지 않음
224.0.0.1	서브넷의 모든 장비
224.0.0.2	서브넷의 모든 라우터
224.0.0.3	예약됨
224.0.0.4	DVMRP 를 사용하는 모든 라우터
224.0.0.5	OSPF 를 사용하는 모든 라우터
224.0.0.6	OSPF 로 지정된 라우터
224.0.0.9	RIP-2 로 지정된 라우터
224.0.0.11	모바일 IP 용
224.0.0.12	DHCP 서버/중계 에이전트

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - 특징
    - 단순성과 명확성
      - 선택 할 수 있는 클래스가 적고, 클래스간 구분이 명확
    - 라우팅 용이성
      - 클래스에 관한 정보는 IP 주소에 인코딩 되어 있음
        - 라우터는 특정 주소의 네트워크 ID 와 호스트 ID 를 쉽게 파악할 수 있음
    - 예약 주소
      - 일부 클래스(D, E)는 향후에 필요할 수 있는 일부 주소 영역을 예약

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
  - 문제점
    - 내부 주소 유연성 부족
      - 대형 기관은 커다란 단일 주소 블록을 할당 받기 때문에 내부 계층 구조가 존재하지 않음
        - 모든 컴퓨터를 하나의 네트워크로 엮음
    - 주소 공간의 비효율적 사용
      - 오직 세 가지 블록 크기(클래스 A, B, C) 밖에 없기 때문에 한정된 IP 주소 공간을 낭비
        - 3,000개의 IP 주소를 필요로 하는 기관이 클래스 B 블록을 요구한 경우, 나머지 약 62,000개가 넘는 주소를 낭비
    - 라우터 테이블 항목의 거대화
      - 공간 할당을 줄이기 위해서는 더 많은 라우터 테이블이 필요

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - 개요
    - 1985년 RFC 950에서 서브넷 주소 지정 또는 서브네팅이라 불리는 새로운 주소 지정 절차 정의
    - 네트워크, 서브넷, 호스트의 3단계 구조
    - 클래스 단위 주소 지정의 호스트 ID를 서브넷 ID와 호스트 ID로 변환
    - 서브넷 ID와 호스트 ID를 식별하기 위해 서브넷 마스크 사용

IPv4 주소 지정 방법

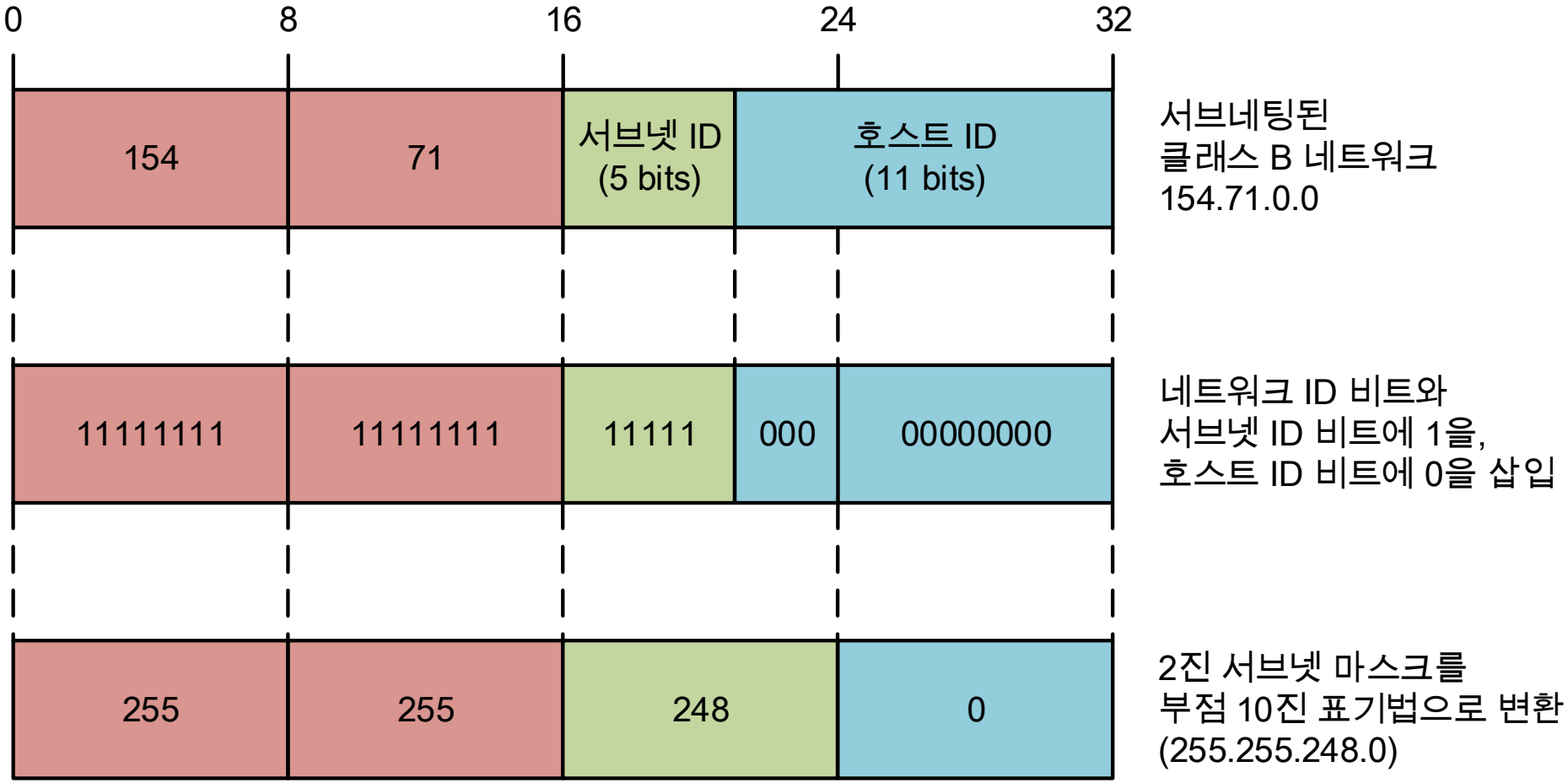
- IP 서브넷 주소 지정
  - 개요
    - 클래스 단위 주소 지정의 주요 문제점
      - 비효율적인 주소 공간 사용
        - 3,000개의 IP 주소를 필요로 하는 기관이 클래스 B 블록을 요구한 경우, 나머지 약 62,000개가 넘는 주소를 낭비
      - 라우팅 테이블의 항목 관리 증가
        - 하나의 클래스 B 네트워크를 10개의 클래스 C 네트워크로 대체하면 라우터는 10배의 라우팅 테이블 항목을 관리
    - 서브네팅의 사용으로 클래스 단위 주소 지정 방식의 단점을 보완함

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - IP 서브넷 마스크 (Subnet Mask)
    - 32비트 2진수
    - 부점 10진 표기법으로 표시
    - 슬래시 표기법 사용
    - 네트워크 ID와 서브넷 ID에 해당하는 모든 비트는 1로 설정
    - 호스트 ID에 해당하는 모든 비트는 0으로 설정
    - 네트워크 주소와 서브넷 주소를 알아내기 위해 서브넷 마스크와 IP 주소에 AND 연산 적용

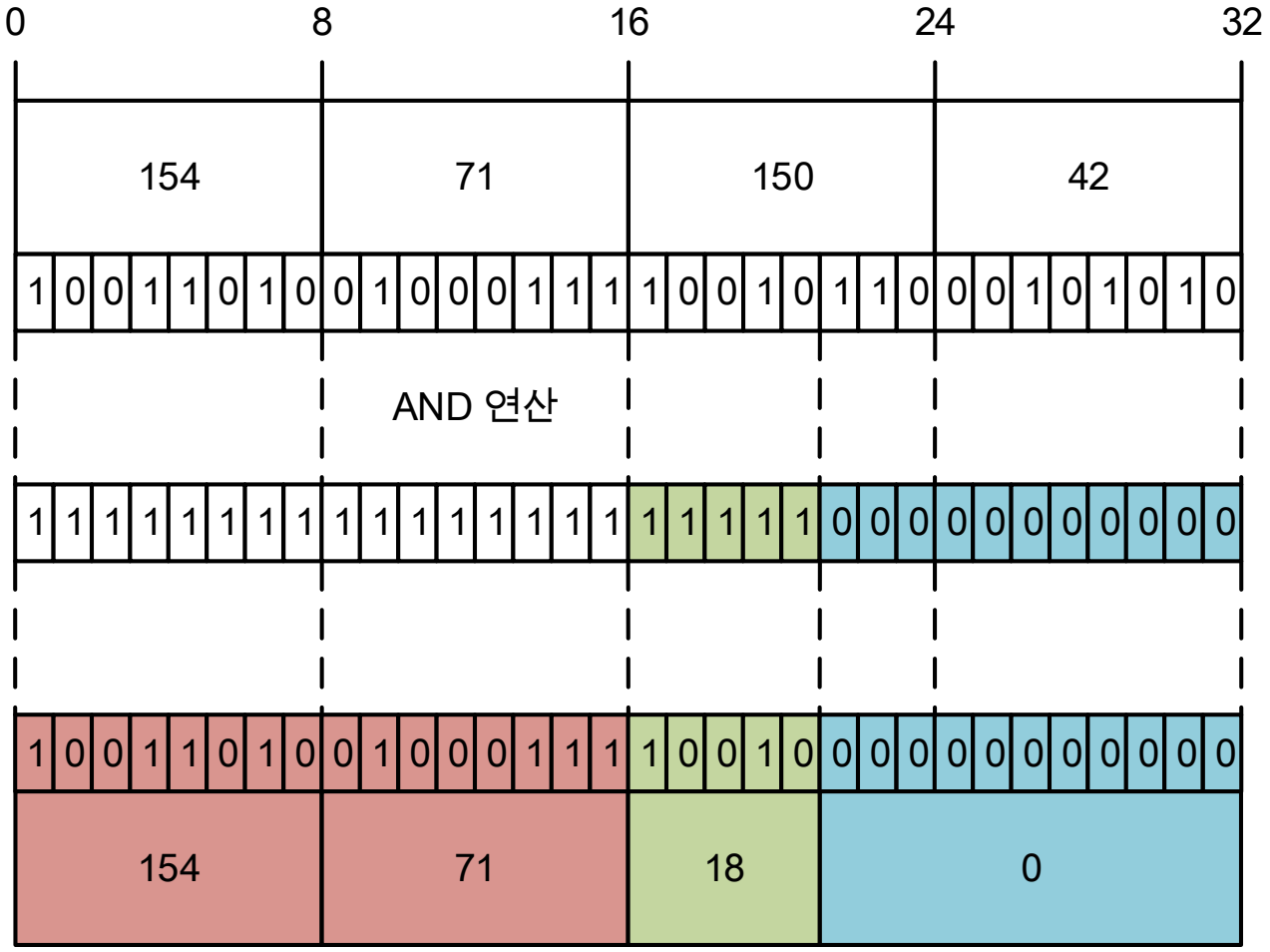
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - 서브넷 마스크 계산



IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - 서브넷 마스크 적용 예제



IP 주소 154.71.150.42를
10진법과 2진법으로 표현

서브넷 ID로 5비트를 사용하는
클래스 B 네트워크의 서브넷
마스크
255.255.248.0

네트워크 ID (154.71.0.0)와
서브넷 ID (18)를 보여주는
마스킹된 IP 주소

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - 커스텀 서브넷 마스크
    - 서브넷 ID와 호스트 ID를 구분하는 지점을 네트워크에 맞게 선택 가능한 서브네팅
    - 균형 관계 (Trade-off)
      - 서브넷 ID에 1비트를 추가할 때마다 서브넷의 수는 2배가 되지만 서브넷별 호스트의 수는 약 1/2로 감소
    - 비트와 서브넷/호스트 수의 관계
      - 네트워크에서 사용 가능한 서브넷의 수
        - $2^{\text{서브넷 } ID \text{ 비트수}} - 2$개
      - 각 서브넷에서 사용 가능한 호스트의 수
        - $2^{\text{호스트 } ID \text{ 비트수}} - 2$개
          - 비트가 모두 0인 호스트 ID는 네트워크 주소
          - 비트가 모두 1인 호스트 ID는 브로드캐스트 주소

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - 서브넷 ID, 서브넷/호스트 주소
    - 서브넷 ID
      - 네트워크 안에 다른 서브넷과 구분될 수 있도록 하는 식별 값
    - 서브넷 주소
      - N 번째 서브넷 주소를 찾으려면 서브넷 ID 비트를 2진수로 대체하고 호스트 ID 를 0으로 설정하여 서브넷 마스킹
    - 호스트 주소
      - 서브넷 주소를 알면 나머지 호스트 ID 비트에 값을 채워 넣어 주소 할당

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - IP 서브네팅 (Subnetting)
    - 1단계 – 요구 사항 분석
      - 네트워크의 요구 사항 이해 및 분석
        - 어떤 클래스를 사용할지 결정
        - 네트워크에 필요한 서브넷 수와 각 서브넷별 호스트 수 파악

IPv4 주소 지정 방법

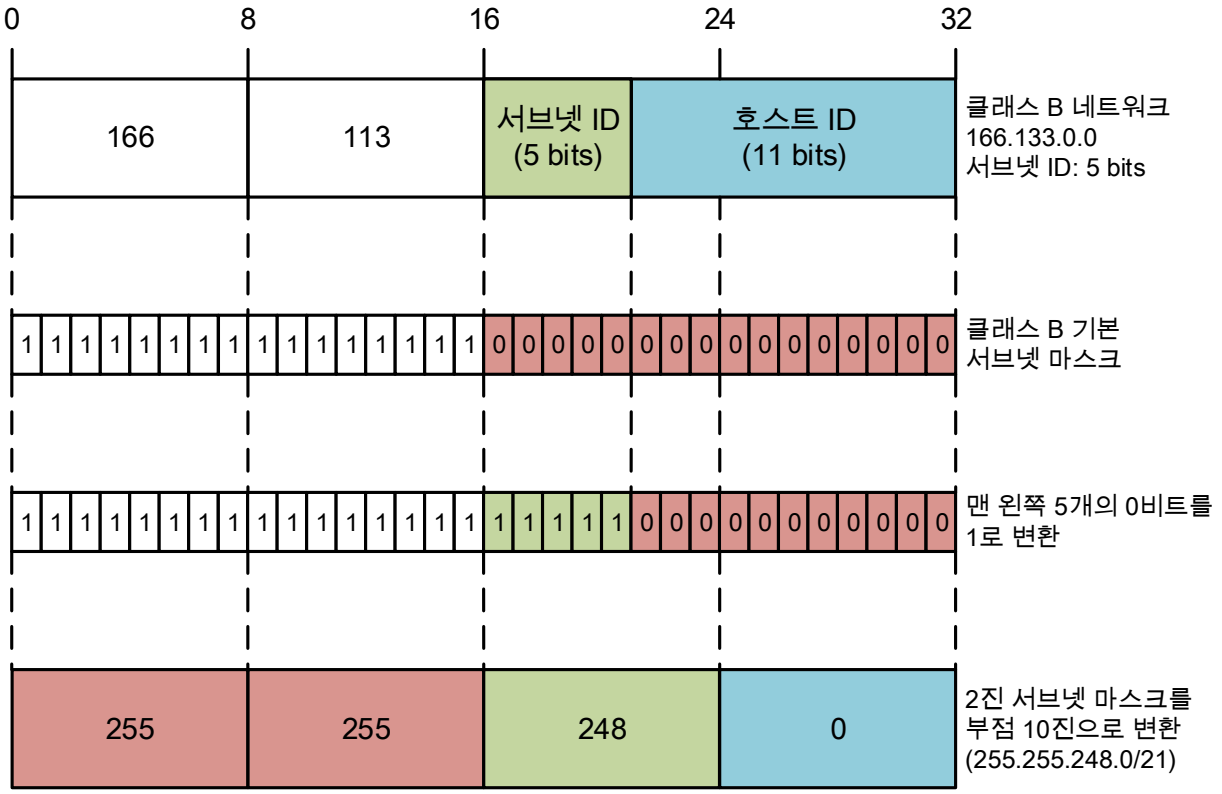
- IP 서브넷 주소 지정
  - IP 서브네팅
    - 2단계 – 네트워크 주소 호스트 비트 분할
      - 서브넷 ID 와 호스트 ID 로 사용할 비트의 수 결정
        - 원본 호스트 ID 중 몇 비트를 서브넷 ID 로 사용할지 여부
      - 균형 관계 (Trade-Off)
        - 서브넷 ID 에 1비트를 추가할 때마다 서브넷의 수는 2배가 되지만 서브넷별 호스트의 수는 약 1/2로 감소
      - 비트와 서브넷/호스트 수의 관계
        - 네트워크에서 사용 가능한 서브넷의 수: $2^{\text{서브넷 } ID \text{ 비트수}}$개
        - 각 서브넷에서 사용 가능한 호스트의 수: $2^{\text{호스트 } ID \text{ 비트수}} - 2$개

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - IP 서브네팅
    - 3단계 – 커스텀 서브넷 마스크 결정
      - e.g., 클래스 B, 서브넷 ID : 5비트, 호스트 ID : 11비트
      - 기본 서브넷 마스크 결정
        - 11111111 . 11111111 . 00000000 . 00000000 (255.255.0.0)
      - 기본 서브넷 마스크에 해당하는 수 만큼 왼쪽부터 1로 변환
        - 11111111 . 11111111 . 11111000 . 00000000
      - 부점 10진 표기로 변환
        - 255.255.248.0
      - 슬래시(/) 표기로 표현
        - 255.255.248.0/21

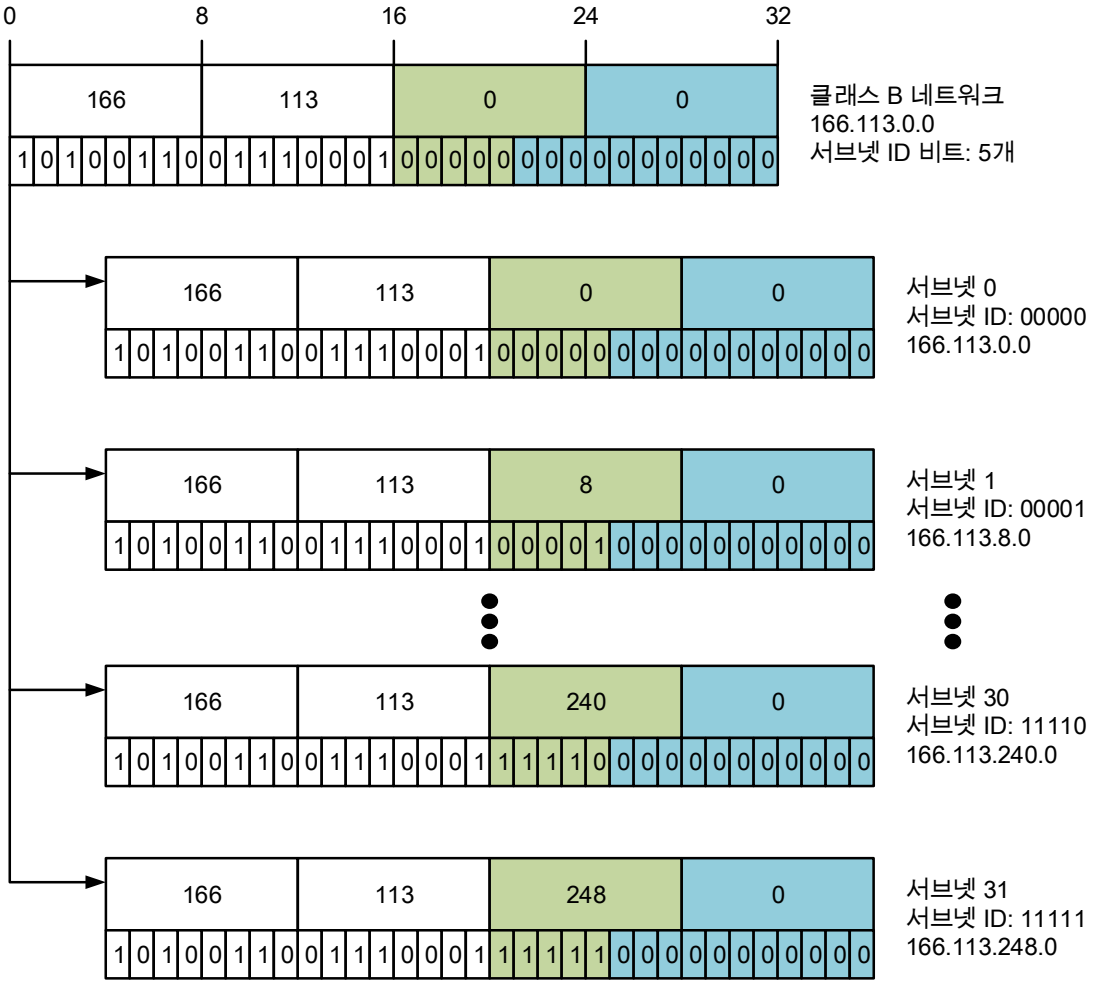
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - IP 서브네팅
    - 3단계 – 커스텀 서브넷 마스크 결정
      - 클래스 B 네트워크의 커스텀 서브넷 마스크 결정



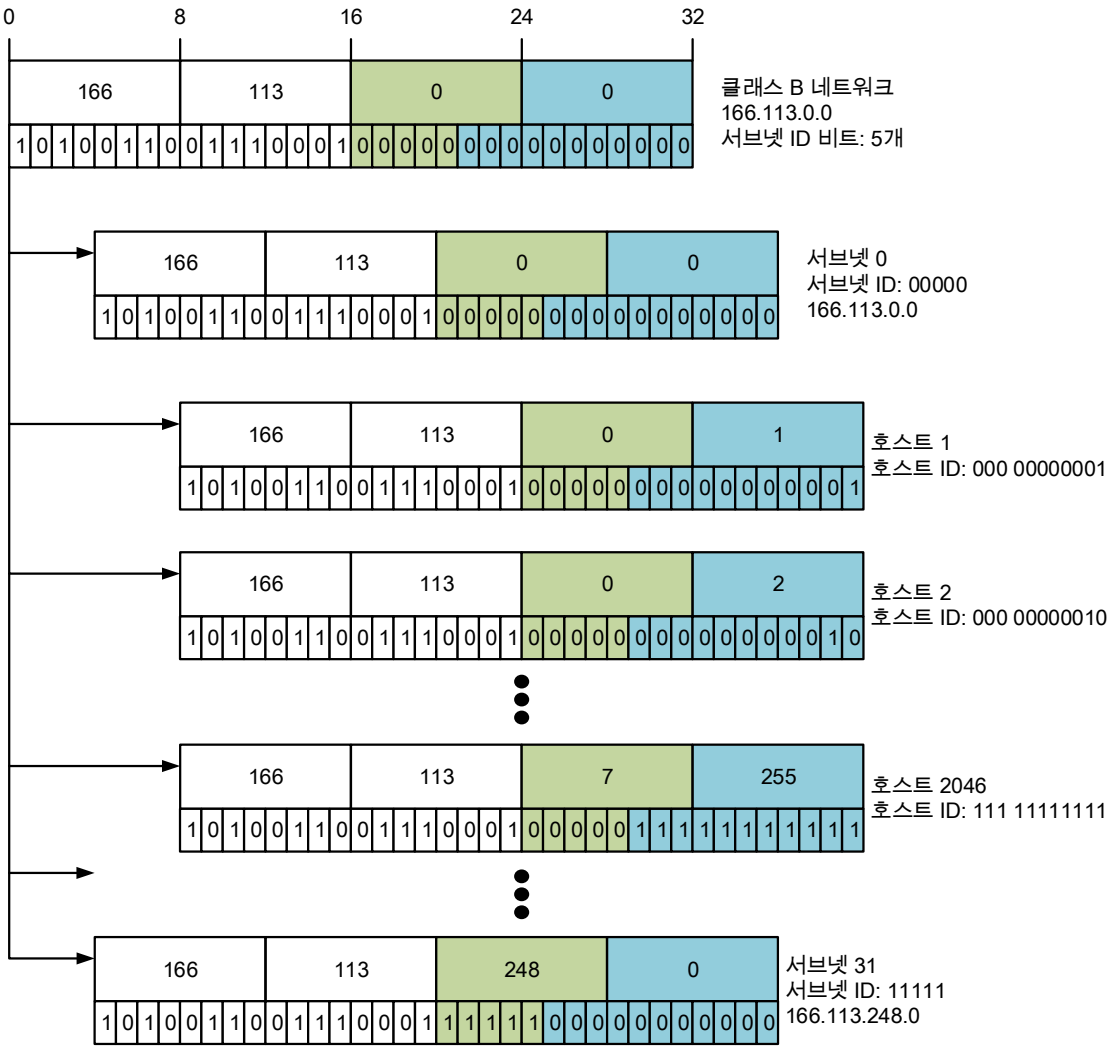
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - IP 서브네팅
    - 4단계 – 서브넷 ID와 서브넷 주소 결정
      - 클래스 B 네트워크의 서브넷 주소 결정



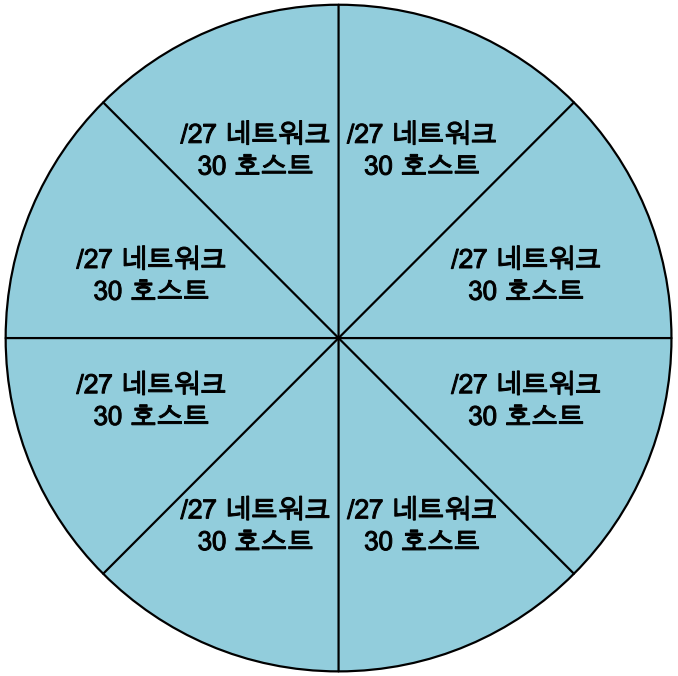
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - IP 서브네팅
    - 5단계 – 각 서브넷별로 호스트 주소 결정
      - 클래스 B 네트워크의 각 서브넷별 호스트 주소 결정

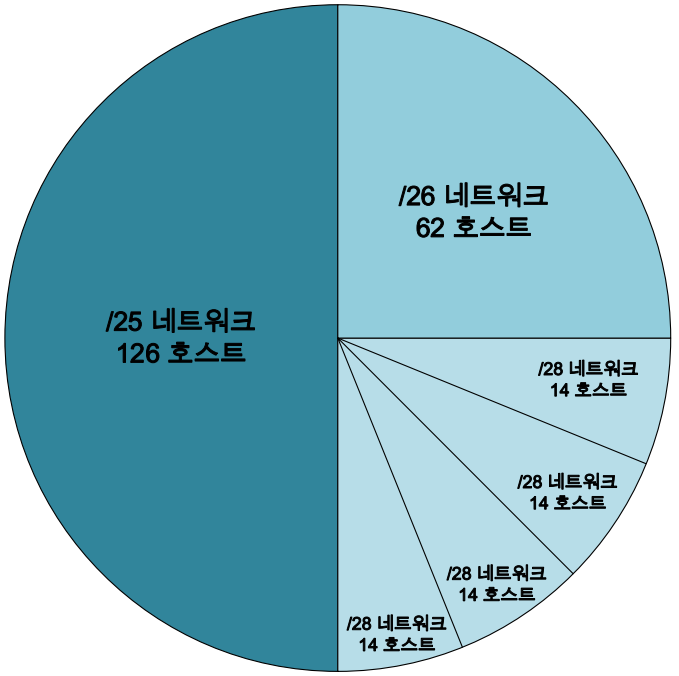


IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - IP 가변 길이 서브넷 마스킹 (VLSM, Variable Length Subnet Masking)
    - 서브네팅을 여러 번 반복하여 네트워크를 크기가 다른 여러 서브네트워크로 구분하는 기법



클래스 C 네트워크를
8개의 서브넷으로 분리



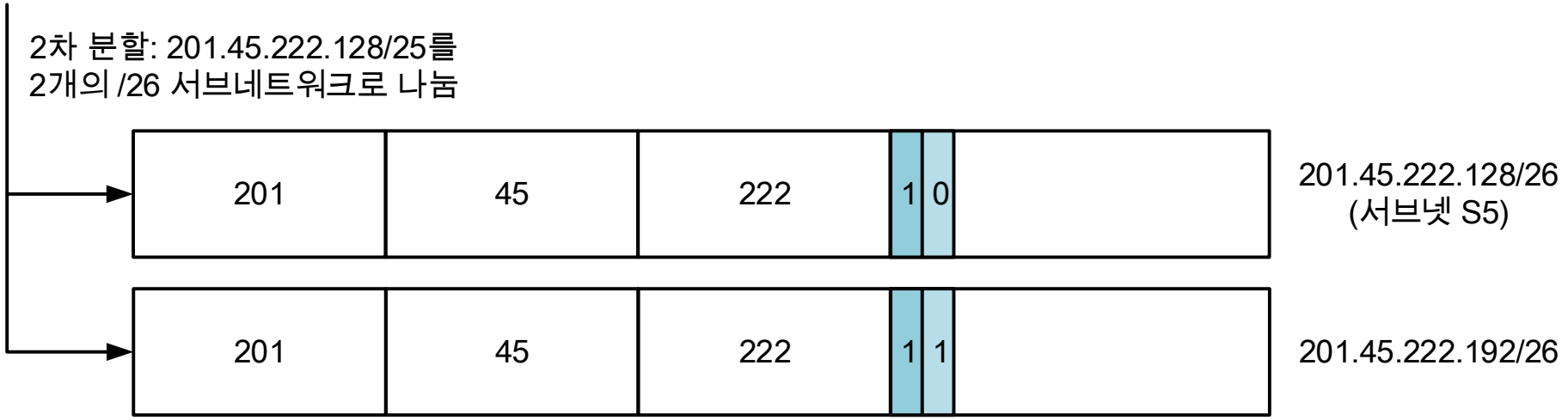
클래스 C 네트워크를
VLSM을 이용하여 분리

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - VLSM
    - 동작 과정

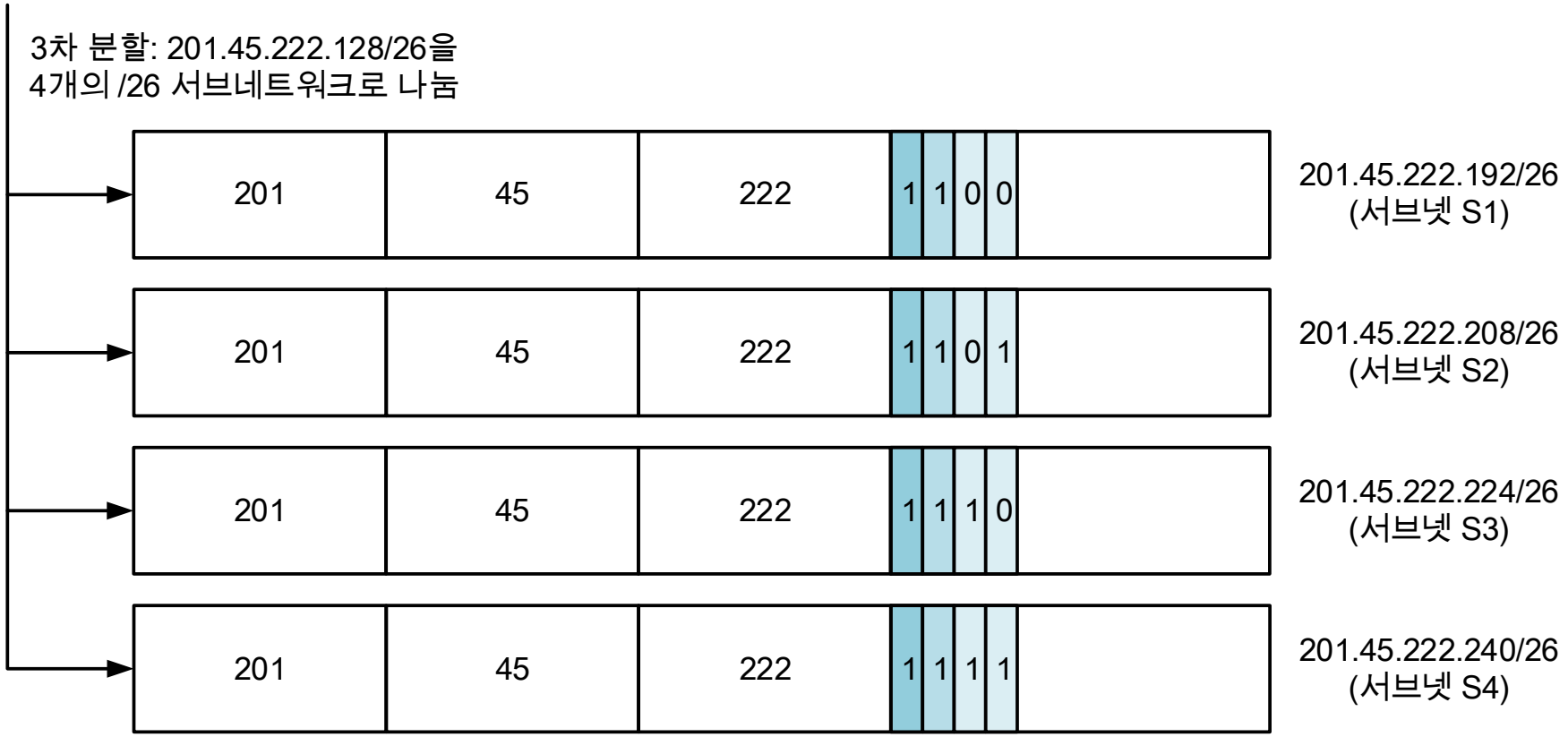
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - VLSM
    - 동작 과정



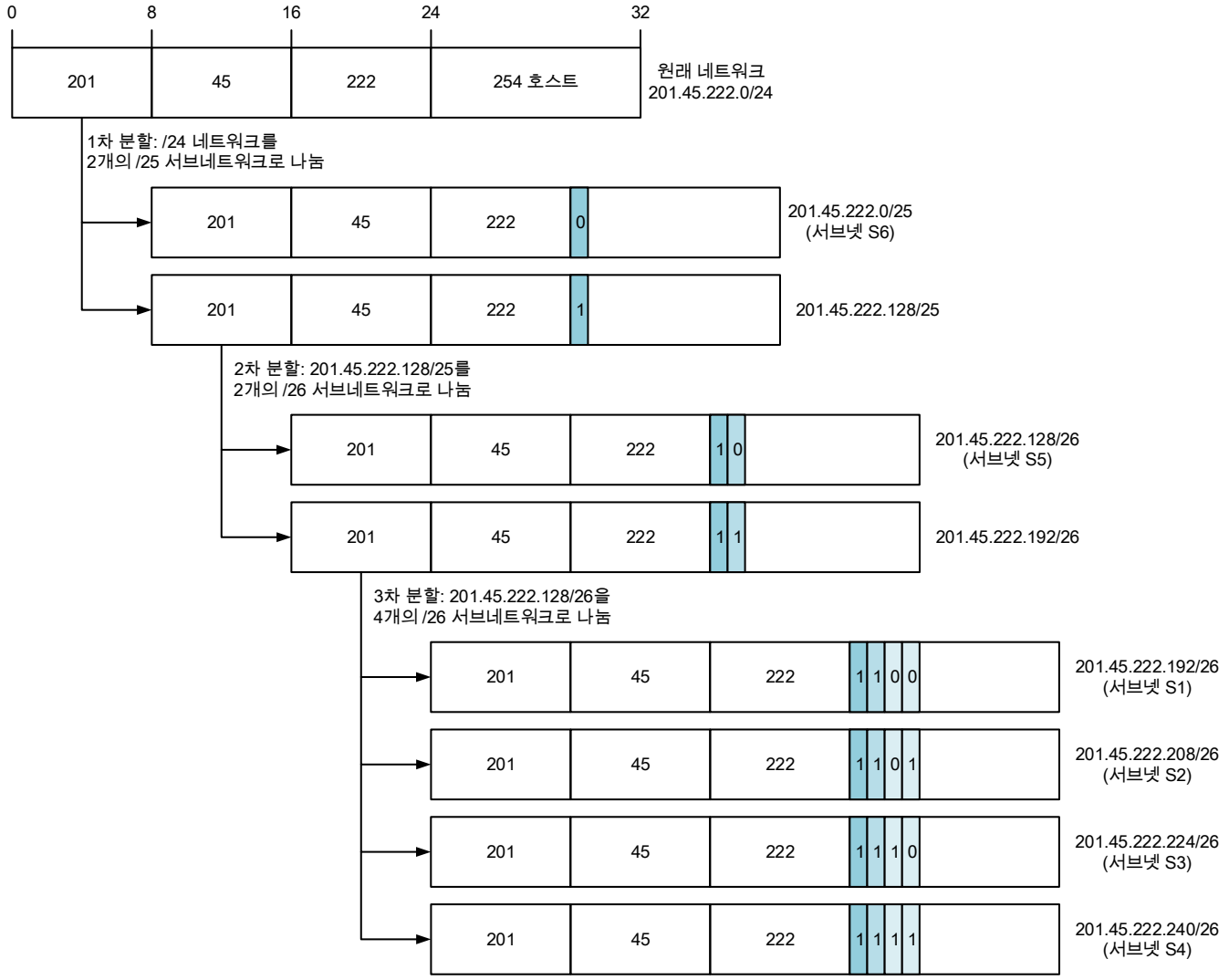
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - VLSM
    - 동작 과정



IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
  - VLSM
    - 동작 과정



IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정
  - 개요
    - 클래스 단위 주소 지정의 주요 문제점
      - 비효율적인 주소 공간 사용
        - 3000개의 IP 주소를 필요로 하는 기관이 클래스 B 블록을 요구한 경우, 나머지 약 62000개가 넘는 주소를 낭비
      - 라우팅 테이블의 항목 관리 증가
        - 하나의 클래스 B 네트워크를 10개의 클래스 C 네트워크로 대체하면 라우터는 10배의 라우팅 테이블 항목을 관리
    - 고정 주소 클래스를 제거함으로써 클래스 단위 주소 지정 방법의 근본적인 문제점을 보완한 주소 지정 방법

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정
  - 클래스 비사용 도메인간 라우팅 (CIDR, Classless Inter-Domain Routing)
    - VLSM에서 클래스를 제거하고 특정 네트워크가 아닌 전체 인터넷에 적용한 기법
    - 특징
      - 효율적인 주소 공간 할당
        - 임의의 2의 지수승 크기의 주소를 할당
          - 5,000개의 주소를 요구하는 회사는 65,534개가 아닌 8,190개의 주소를 할당 받을 수 있음

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정
  - CIDR
    - 특징
      - 클래스 불균형 제거
        - 클래스 A, B, C 네트워크가 존재하지 않기 때문에 클래스 간의 네트워크 크기 차이를 해결
        - 일부 주소 공간이 다른 공간에 비해 훨씬 많이 쓰이는 문제가 발생하지 않음
      - 효율적인 라우팅 항목 관리
        - 슈퍼네팅으로 여러 네트워크를 병합하여 하나의 항목으로 표현
          - 대형 네트워크 그룹 간에 작은 네트워크 세부사항을 고려하지 않음

IPv4 주소 지정 방법

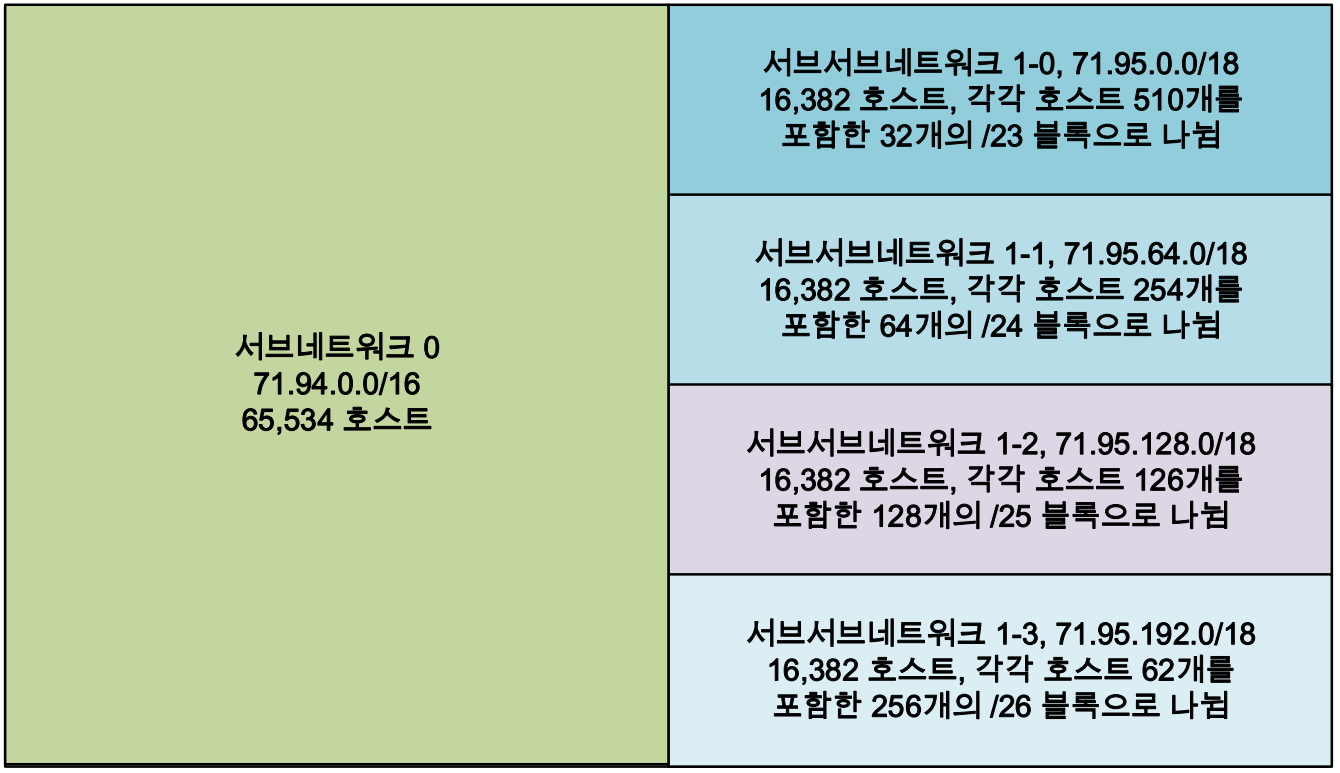
- IP 클래스 비사용 주소 지정
  - CIDR
    - 주소 지정과 표기법
      - 주소 클래스가 없기 때문에 주소만으로 네트워크 ID 의 크기를 파악할 수 없음
      - 슬래시 표기법(/N)
        - IP 주소 뒤에 네트워크 ID 로 사용할 비트의 수를 덧붙여 표기
        - N : 네트워크 ID 의 길이
        - 슬래시 표기법을 사용하여 서브넷 마스크 생성
          - 192.168.32.0/26에서 서브넷 마스크 255.255.255.192 생성

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정
  - CIDR
    - 클래스 단위 주소 지정과의 공통점
      - 사설 주소 블록
        - 사설 네트워크 주소를 위해 예약된 주소 블록 사용
      - 특수 의미를 갖는 주소
        - 네트워크 자체를 가리키는 모두 0으로 된 호스트 ID
        - 브로드캐스트를 가리키는 모두 1로 된 호스트 ID
      - 루프백 주소
        - 루프백 기능으로 예약된 127.0.0.0/8 주소

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정
  - CIDR
    - /15 주소 블록을 CIDR로 계층적으로 나누는 예제



IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정
  - CIDR
    - 슈퍼넷 (Supernet)
      - 여러 네트워크를 하나의 네트워크 형태로 합친 네트워크
    - 슈퍼네팅 (Supernetting)
      - 슈퍼넷을 만드는 기법
        - 서브넷의 수를 줄여 라우팅 정보량이 줄어들기 때문에 라우팅 테이블을 최적화 시킴
      - e.g., 192.168.4.0/24 ~ 192.168.7.0/24 주소를 CIDR하여 네트워크 주소, 서브넷마스크, 유효 IP주소, 호스트를 구하시오
        - 각 주소 공통된 bit 찾기: 네트워크 주소 = 192.168.4.0
        - 기존 서브넷 마스크 = 255.255.255.0, CIDR 후 서브넷 마스크 = 255.255.252.0
        - 유효 IP주소 = 192.168.4.1 ~ 192.168.7.254
        - 호스트 수 = 네트워크 부분이 22 bits이기 때문에 $2^{10} - 2 = 1022$개

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 데이터그램 전달
  - 직접 데이터그램 전달
    - 데이터그램이 동일한 물리 계층 네트워크의 두 장비간에 송수신될 때는 출발지 장비에서 목적지 장비로 직접 데이터그램 전달
  - 간접 패킷 전달(라우팅)
    - 동일한 물리 계층 네트워크에 있지 않을 경우의 패킷 전달
      - 출발지 장비는 로컬 네트워크에서 목적지 장비를 볼 수 없기 때문에 하나 이상의 중간 장비를 통해 전달

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

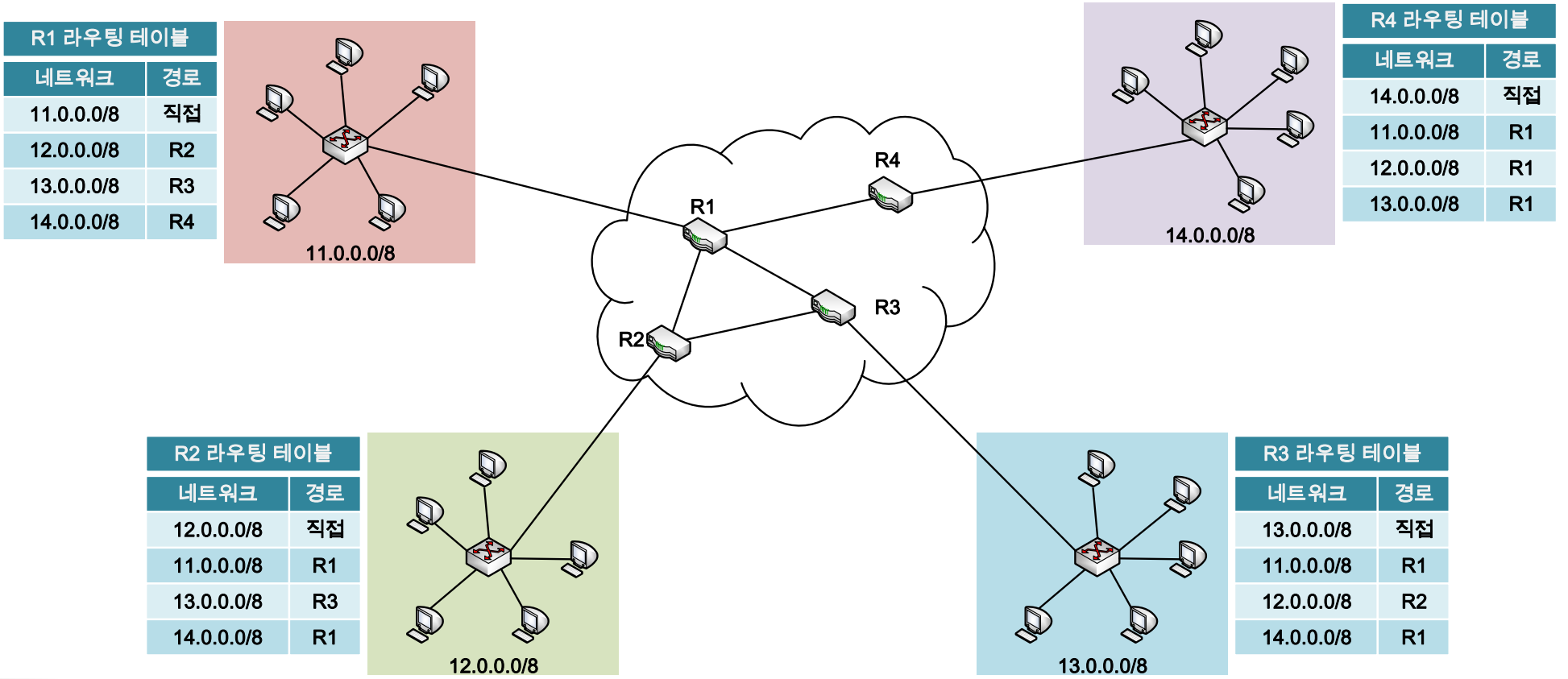
- IP 데이터그램 전달
  - 데이터그램 라우팅과 주소 지정의 관계
    - 클래스 단위 주소 지정
      - 클래스를 파악하고 네트워크 ID를 확인하여 라우팅 결정
    - 서브넷 클래스 단위 주소 지정
      - 서브넷 마스크를 통해 네트워크 ID, 서브넷 ID를 확인하여 라우팅 결정
    - 클래스 비사용 주소 지정
      - 서브넷 ID가 존재하지 않음
        - 슬래시 표기법을 이용하여 네트워크 ID 확인 후 라우팅 결정

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 라우팅과 홉
  - 라우팅 (Routing)
    - 목적지로 가는 경로를 설정해주는 과정
    - 한 번에 한 홉씩 수행
      - 홉 (Hop): 출발지와 목적지 사이에 경로
  - 다음 홉 라우팅 (Next-Hop Routing)
    - 한 라우터에서 다음 라우터로의 전달 과정
  - 홉 수 (Hop Count)
    - 라우터의 수

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 라우팅과 라우팅 테이블
  - IP 주소가 로컬 장비가 아닐 경우 다음 라우터를 결정하는데 어떤 장비로 보내야 할지를 결정해야 함
    - 자신과 연결된 라우터들과 라우팅 매핑 정보 모음을 관리



IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- 서브넷 또는 CIDR 환경에서의 IP 라우팅
  - 서브넷 환경
    - 서브네팅을 사용하는 기관의 라우터가 네트워크 ID와 서브넷 ID를 식별 후 라우팅
  - CIDR 환경
    - 계층적 주소할당으로 인해 계층적 라우팅
      - 슈퍼네팅으로 라우팅 테이블의 크기를 줄임

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 멀티캐스팅
  - 한 장비가 여러 특정 그룹의 수신자 장비에게 패킷을 전송하는 것
  - 주요 기능
    - 멀티캐스트 주소 지정
      - 멀티캐스트 그룹을 식별
      - IP 주소에 클래스 D 블록과 멀티캐스트 그룹 주소를 지정
    - 멀티캐스트 그룹 관리
      - 동적으로 그룹에 참여하거나 탈퇴할 수 있음
      - 그룹 정보는 IP 인터네트워크로 전파 되어야 함
        - IGMP (Internet Group Management Protocol) 사용
          - 인터넷의 장비와 라우터들이 서로 그룹과 그 그룹 가입 정보를 교환할 수 있도록 하는 프로토콜

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 멀티캐스팅
  - 주요 기능
    - 멀티캐스트 데이터그램 처리와 라우팅
      - 라우터가 데이터그램 사본을 만들어야 하는지 파악하고 하나의 장비에서 여러 장비로 라우팅
      - 데이터그램을 전송할 특수 알고리즘 사용
        - 거리 벡터 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 (DVMRP, Distance Vector Multicast Routing Protocol)
        - 최단 경로 우선 알고리즘 (Shortest Path First Algorithm)

Thanks!

박 재 형 (jaehyoung@pel.sejong.ac.kr)