

TCP/IP 완벽 가이드

- 2-3부 인터넷 프로토콜 버전 4 (IPv4) -

박재형(jaehyoung@pel.sejong.ac.kr)

세종대학교 프로토콜공학연구실

목 차

- PPP 기능 프로토콜
 - MP (Multi-link Protocol)
- 주소 결정
 - 직접 매핑
 - 동적 주소 결정
 - IP 멀티캐스트 직접 매핑

PPP 기능 프로토콜

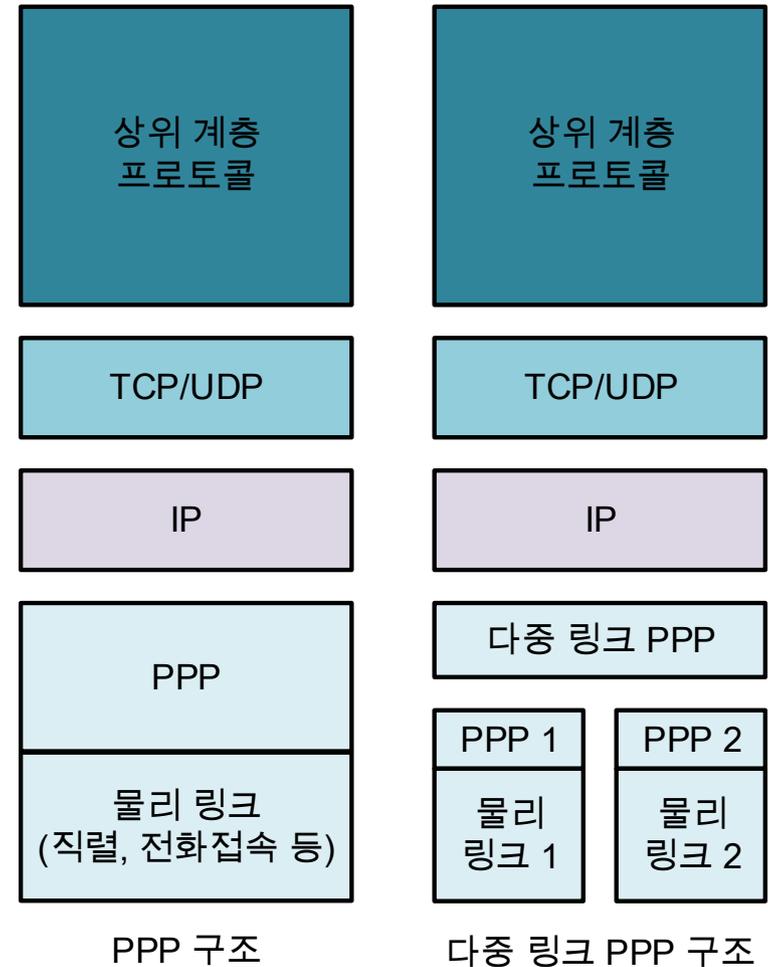
- MP (Multi-link Protocol)

- 정의

- 다중 링크 PPP 프레임을 단편화하여 서로 다른 물리 링크로 전송하는 프로토콜

- 기능

- 서로 다른 물리링크가 서로 다른 네트워크에 연결됨으로써 다중 인터페이스를 구성

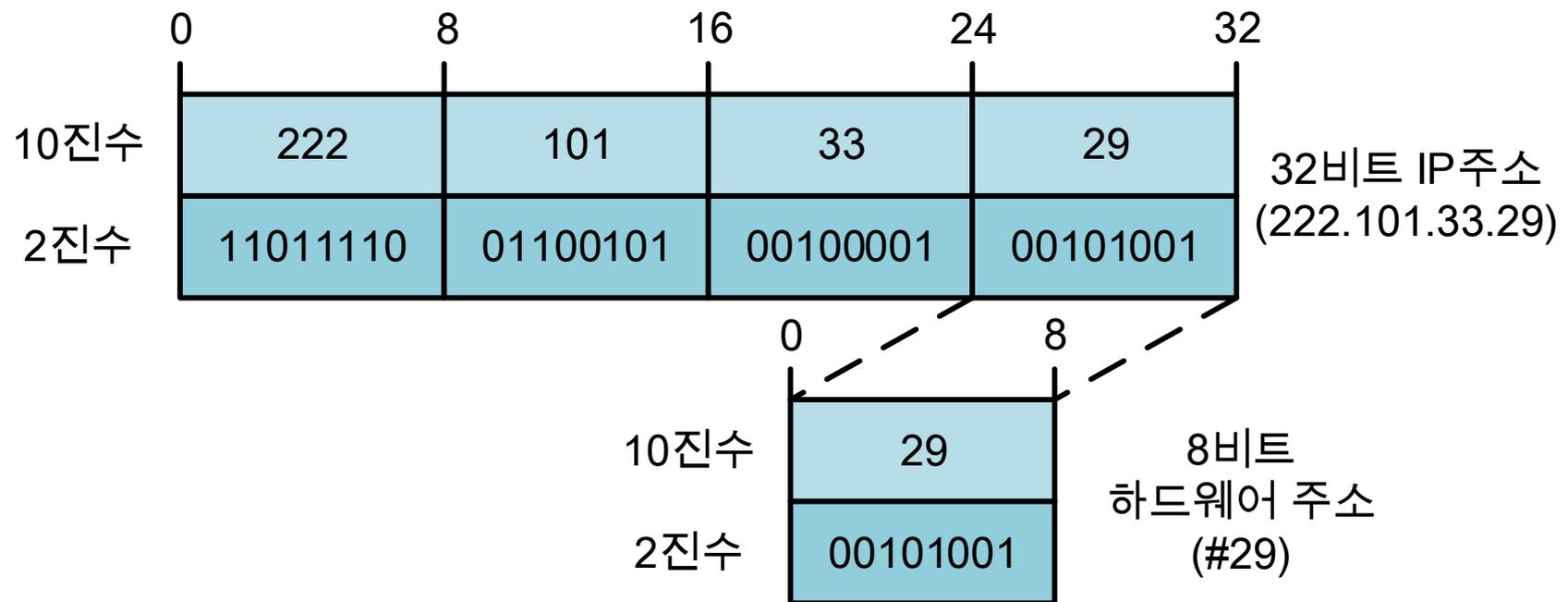


주소 결정

- 직접 매핑

- 정의

- IP 주소의 마지막 8비트에 MAC 주소를 매핑하는 기법
- IP 주소를 알면 MAC 주소를 알 수 있음



주소 결정

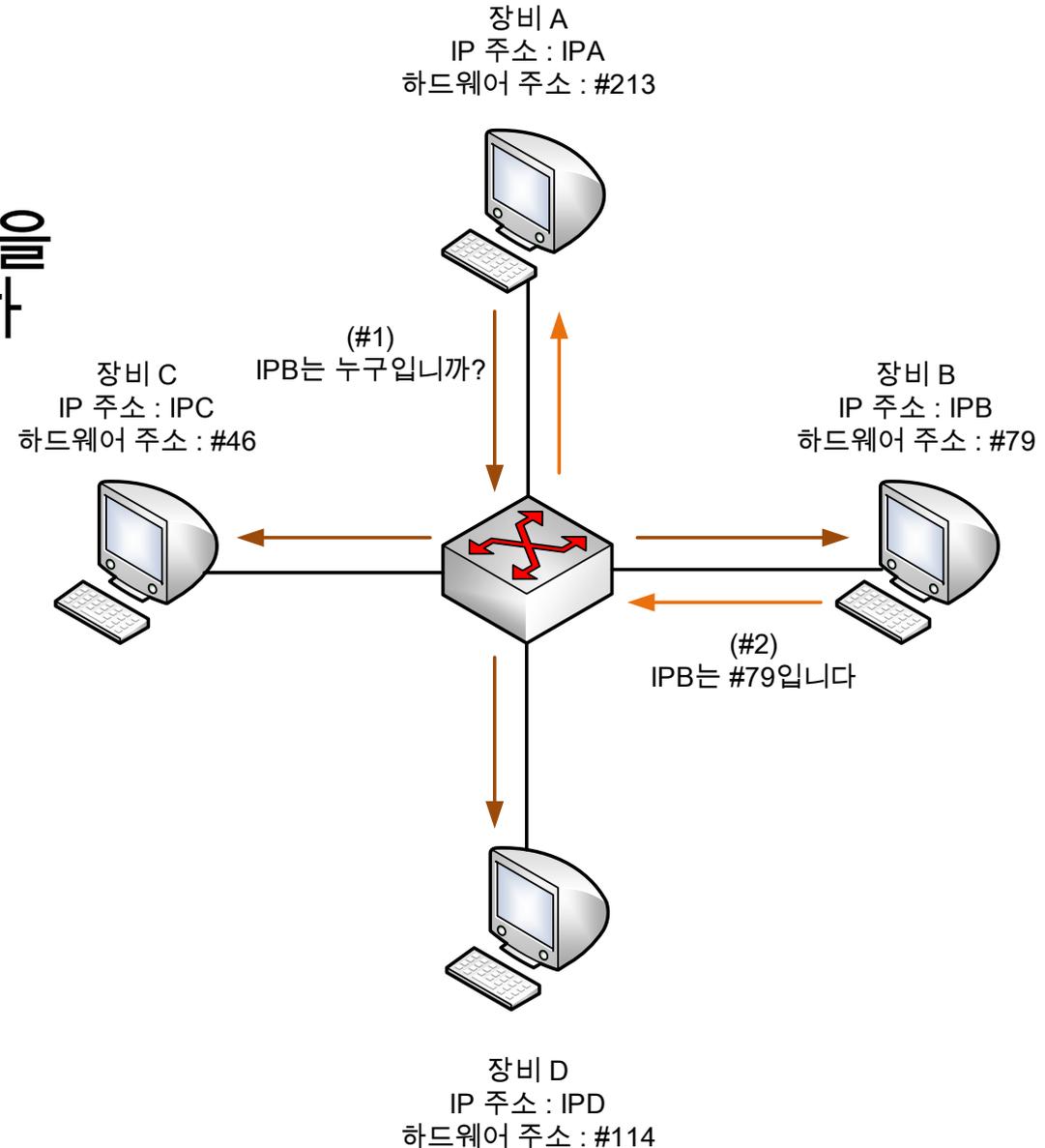
- 동적 주소 결정

- 정의

- IP 주소를 기반으로 통신을 통해 MAC 주소를 결정하는 기법

- 통신 방식

- 요청: 브로드캐스트 방식
- 응답: 유니캐스트 방식



주소 결정

- IP 멀티캐스트 직접 매핑

- 정의

- IP 멀티캐스트 그룹 주소를 직접 매핑 기법을 통해 MAC 주소로 변환하는 기법

- 특징

- IEEE 802 주소 지정 방식 사용

- MAC 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

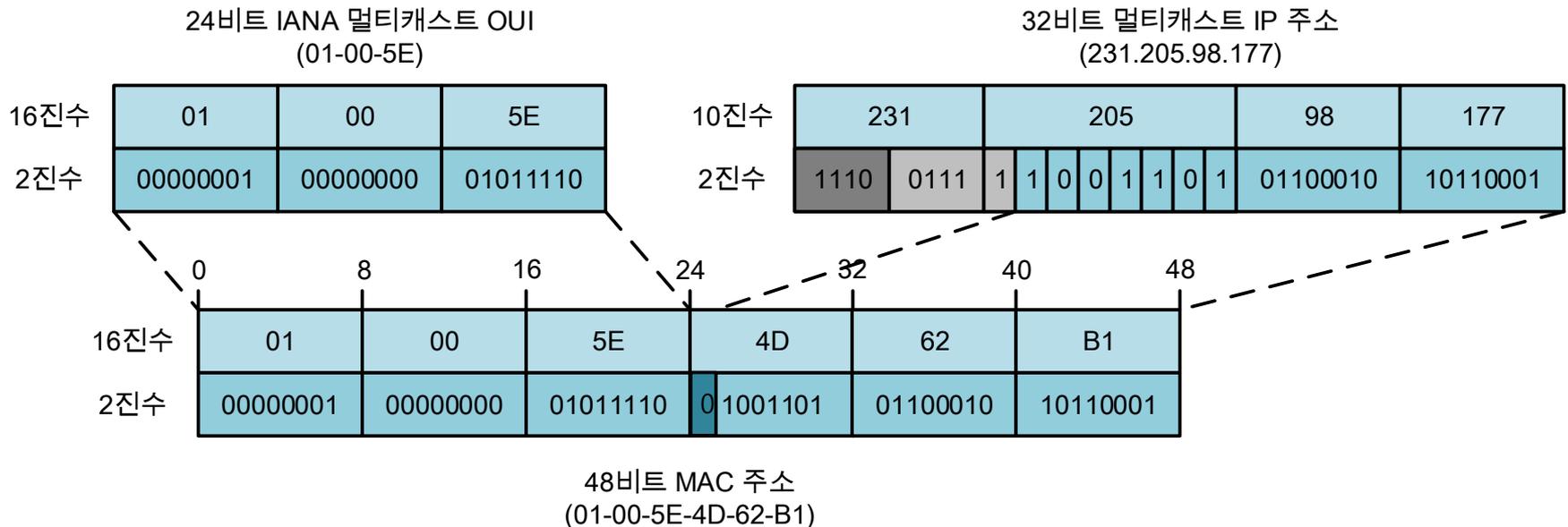
주소 결정

• 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



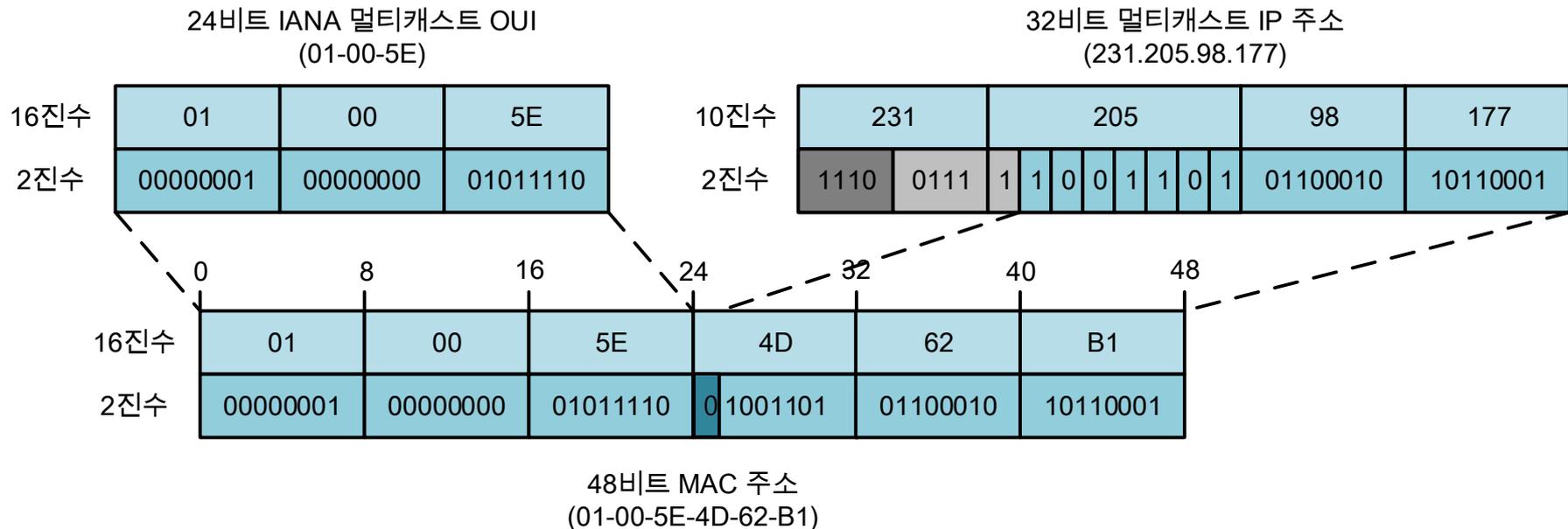
주소 결정

• IP 멀티캐스트 직접 매핑

• 과정

3. 하위 23비트는 IP 멀티캐스트 주소의 하위 23비트를 복사

- 멀티캐스트 그룹 주소는 1110 + 28비트 멀티캐스트 그룹 주소로 구성됨
- 5비트는 매핑에서 제외되며, 32개의 서로 다른 IP 주소가 같은 MAC 주소를 가질 수 있음



목 차

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

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

- 실험적 프로토콜인 인터넷 스트림 프로토콜이 IPv4와 구분하기 위해 IPv5로 할당됨

- 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 논리적 연결을 수립하지 않고 데이터 전송
 - e.g., 연결 설정 구성

IP

- 특징

- 비승인형

- 데이터 전송 후 데이터가 제대로 전송 되었는지 확인하지 않음

- 신뢰성 없는 전달

- 데이터그램 전달 기능만을 담당하며 기타 다른 기능은 제공하지 않음
 - 상위계층인 TCP에서 기타 기능 제공
 - e.g., 흐름제어, 신뢰성 있는 메시지 전달 등

IP

- 기능

- 주소 지정

- 데이터 전송에 필요한 목적지 정보를 담은 주소를 지정

- 데이터 캡슐화

- 상위 계층에서 받은 데이터를 하위 계층으로 전송하기 전에 IP 데이터그램으로 캡슐화

- 상위 계층의 통신규약을 하위 계층 통신규약에 포함 시키기 위함

IP

- 기능

- 단편화와 재조합

- 하위 계층으로 IP 데이터그램 전달 시 하위 계층의 최대 프레임 크기에 맞춰 데이터그램 단편화
 - 단편화된 IP 데이터그램은 순서대로 전달되지 않을 수 있음
- 수신 장비는 단편화된 IP 데이터그램을 순서에 맞게 재조합
 - 단편화 오프셋 사용

- 라우팅과 간접 전달

- 다른 네트워크에 있는 장비에게 IP 데이터그램을 보내고 싶은 경우 라우터를 통하여 간접적으로 전달

IPv4 주소

- IP 주소와 MAC 주소

- IP 주소

- 네트워크 계층(3계층)에서 사용하는 주소로 각 장비마다 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

- MAC 주소로 동작하는 네트워크 연결 장비
 - e.g., 스위치 (Switch) 등

- IP 주소를 갖는 장비

- 호스트 (Host)

- 하나의 IP 주소를 할당 받은 네트워크에 연결된 장비

- 라우터 (Router)

- 하나 이상의 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

- 인터넷에서 유일한 주소

- 다른 호스트들이 공인 IP주소로 찾아갈 수 있음

IPv4 주소

- 분류

- 사설 IP 주소 (Private IP Address)

- 공인 기관에 등록되지 않고 하나의 사적인 네트워크 안에서 사용되는 유일한 주소

- 공인 IP를 통해 라우팅 불가
- e.g., 공유기가 연결된 가정, 회사 컴퓨터 등

- RFC 1918에서 클래스 A, B, C별 사설 IP 규모 지정

- e.g.,
 - 클래스 A: 10.0.0.0 ~ 10.255.255.255
 - 클래스 B: 172.16.0.0 ~ 172.31.255.255
 - 클래스 C: 192.168.0.0 ~ 192.168.255.255

IPv4 주소

- 크기와 표기법

- IPv4 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

	0	8	16	24	32
2진수	11100011	01010010	10011101	10110001	
10진수	227	82	157	177	

IPv4 주소

- 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

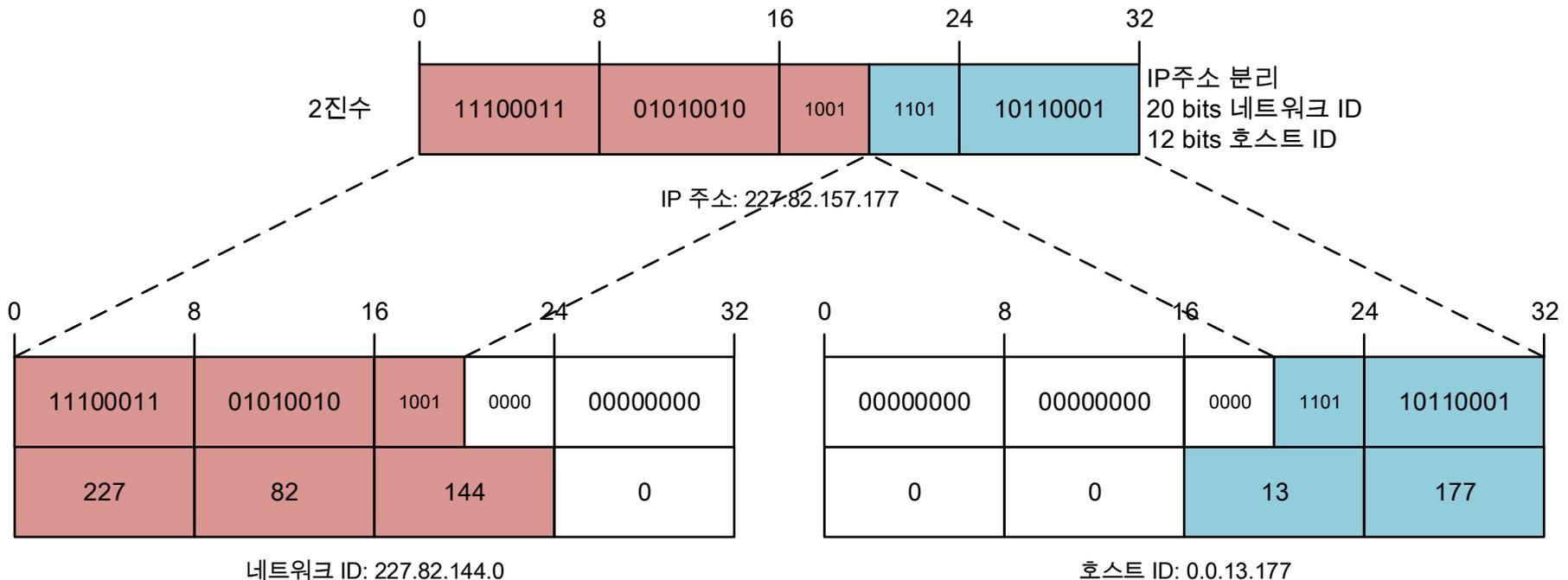
	0	8	16	24	32
2진수	11100011	01010010	10011101	10110001	
16진수	E3	52	9D	B1	
10진수	227	82	157	177	
	네트워크 ID		호스트 ID		

IPv4 주소

- 구성 요소

- 네트워크 ID와 호스트 ID 구분

- 네트워크 ID와 호스트 ID를 구분하는 지점은 고정되어 있지 않음
 - 주소의 특성, 사용하는 주소지정 방법의 유형 등의 요인에 의해 달라질 수 있음



IPv4 주소

- IP 멀티 호밍

- 둘 이상의 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 ID를 갖는 두 개의 IP 주소를 가짐

- e.g., 서버, 고성능 워크스테이션 등

2. 두 개 이상의 서로 다른 네트워크에 인터페이스를 연결

- 서로 다른 네트워크에 연결하여 서로 다른 네트워크 ID를 갖는 IP 주소를 가짐

- e.g., 라우터 등

IPv4 주소 지정 방법

- IP 주소 지정

- 네트워크에 연결되어 있는 호스트를 구별하기위해 IP 주소를 지정하는 것

- IP 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정

- 옥텟 단위로 네트워크 ID, 호스트 ID를 구분하는 클래스 사용

- IP 서브넷 주소 지정

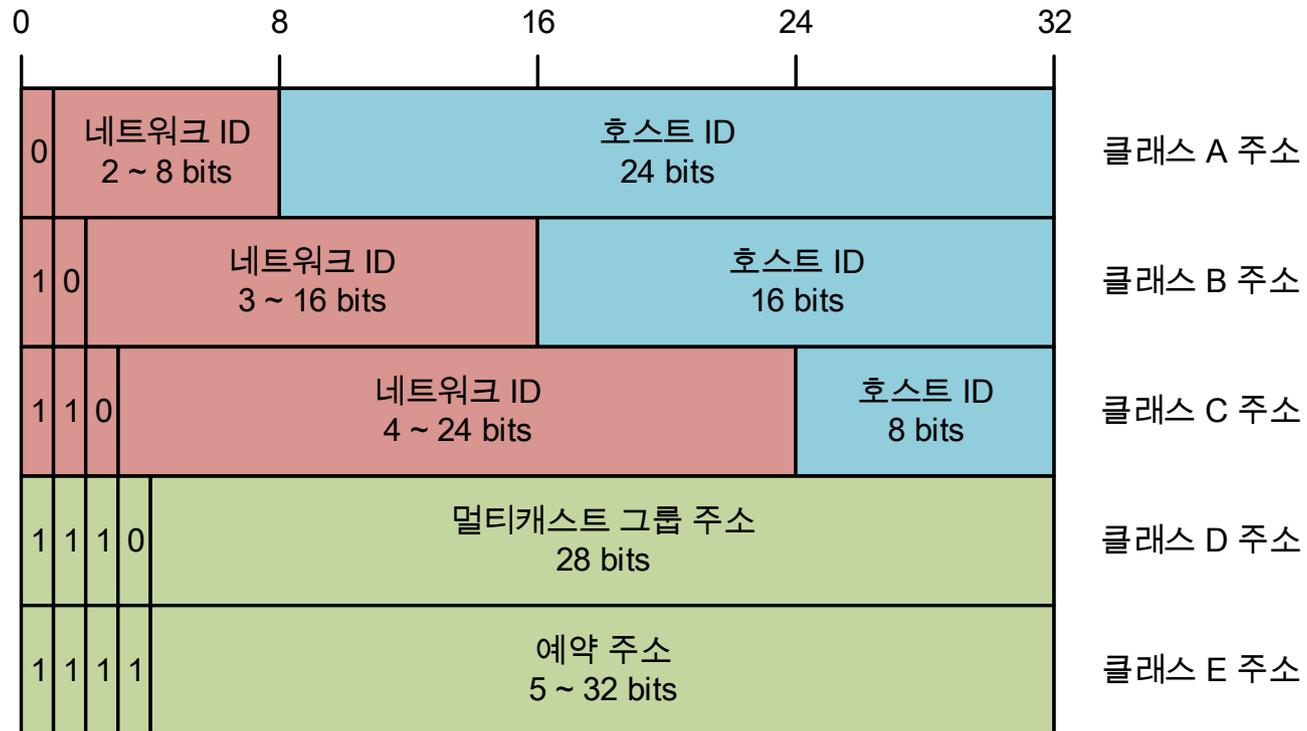
- 네트워크 ID, 호스트 ID, 서브넷 ID 세 단계로 분리하여 구분
 - 클래스 단위에서 호스트 ID의 일부 비트를 서브넷 ID로 사용

- IP 클래스 비사용 주소 지정

- 클래스를 사용하지 않고 계층구조로 IP를 할당
 - CIDR (Classless Inter- Domain Routing)

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
 - e.g., 네트워크 크기, 네트워크에 연결할 호스트 수



IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 단위 주소 지정
 - 네트워크 ID/호스트 ID 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 값의 범위 (10진수)	네트워크 ID / 호스트 ID에 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 표

네트워크 ID	호스트 ID	특수 의미와 설명	예시(클래스 B 기준)
네트워크 ID	호스트 ID	보통 의미: 특정 장비를 가리킴	192.168.72.7 등
네트워크 ID	모두 0	지정된 네트워크 주소	192.168.0.0 등
모두 0	호스트 ID	현재 네트워크에 지정된 호스트	0.0.72.7 등
모두 0	모두 0	자신을 가리킴 (자신의 IP 주소를 모르는 장비)	0.0.0.0 등
네트워크 ID	모두 1	지정된 네트워크의 모든 호스트 (로컬 브로드캐스트)	192.168.255.255 등
모두 1	모두 1	모든 네트워크의 모든 호스트 (전역 브로드캐스트)	255.255.255.255

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
- 특수한 용도에 사용되는 IP 주소
 - 루프백 주소
 - 네트워크 관련 프로그램이나 환경의 테스트를 위한 주소
 - 127.0.0.0 ~ 127.255.255.255
 - 서버/클라이언트 프로그램의 경우 네트워크에 직접 연결하지 않은 상태에서 프로그램의 테스트 및 디버깅 가능
 - e.g., 웹서버와 웹페이지들이 제대로 설정 되어 있는지 확인 (<http://127.0.0.1/index.html>)
 - 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 멀티캐스트 할 여러 장비 그룹의 주소 지정
 - 클래스 D로 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	용도
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	<ul style="list-style-type: none">• DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)를 사용하는 모든 라우터• RIP 기반 테이블을 이용하여 멀티캐스트 그룹으로 라우팅하는 프로토콜
224.0.0.5	<ul style="list-style-type: none">• OSPF (Open Shortest Path First)를 사용하는 모든 라우터• 최단 경로 우선 알고리즘을 사용하여 목적지까지의 최적 경로 계산
224.0.0.6	OSPF로 지정된 라우터
224.0.0.9	<ul style="list-style-type: none">• RIPv2 (Routing Information Protocol version 2)로 지정된 라우터• 경유할 가능성이 있는 라우터를 흡수로 수치화하여 인접호스트와 경로를 교환하는 프로토콜

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
 - 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
 - 하나의 클래스 B 네트워크를 10개의 클래스 C 네트워크로 대체하면 라우터는 10배의 라우팅 테이블 항목을 관리

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정

- 개요

- 1985년 RFC 950에서 서브넷 주소 지정 또는 서브네팅이라 불리는 새로운 주소 지정 절차 정의

- 정의

- 서브넷 마스크를 사용하여 네트워크 ID, 서브넷 ID, 호스트 ID로 구분하여 주소를 지정하는 기법

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정

- 특징

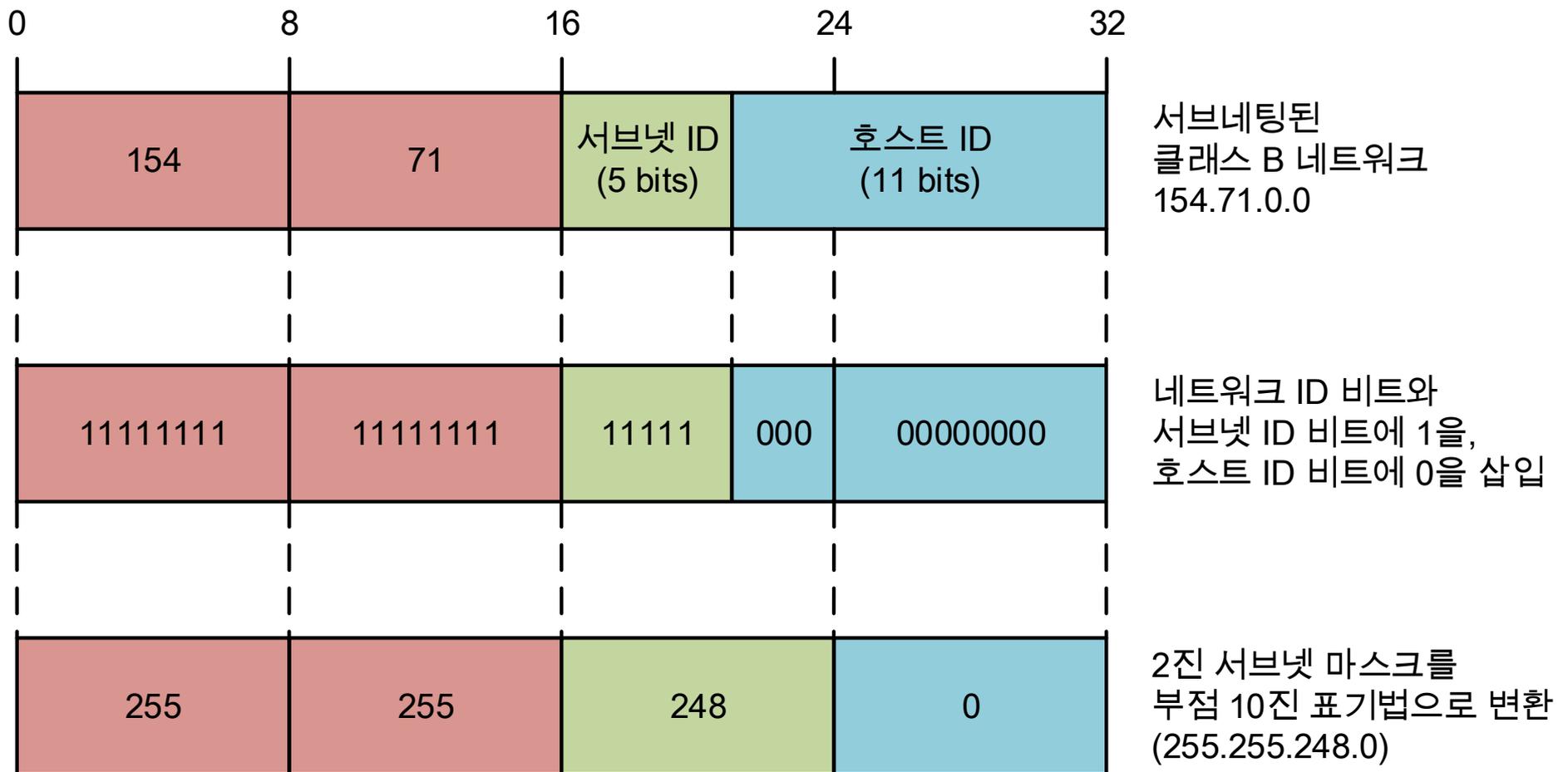
- 네트워크, 서브넷, 호스트의 3단계 구조
- 클래스 단위 주소 지정의 호스트 ID를 서브넷 ID와 호스트 ID로 변환
- 서브넷 ID와 호스트 ID를 식별하기 위해 서브넷 마스크 사용
 - 슬래시 표기법 사용
 - e.g., 192.168.17.7/24
- 서브네팅의 사용으로 클래스 단위 주소 지정 방식의 문제점을 보완함
 - 클래스 단위 주소 지정의 주요 문제점
 - 비효율적인 주소 공간 사용
 - 라우팅 테이블의 항목 관리 증가

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
 - IP 서브넷 마스크 (Subnet Mask)
 - 서브넷 ID를 할당하기 위한 32bits 2진수 값
 - 부점 10진 표기법으로 표시
 - 네트워크 ID와 서브넷 ID에 해당하는 모든 비트는 1로 설정
호스트 ID에 해당하는 모든 비트는 0으로 설정
 - e.g., 클래스별 기본 서브넷 마스크: 255.0.0.0, 255.255.0.0, 255.255.255.0
 - 네트워크 주소와 서브넷 주소를 알아내기 위해 서브넷 마스크와 IP 주소에 AND 연산 적용

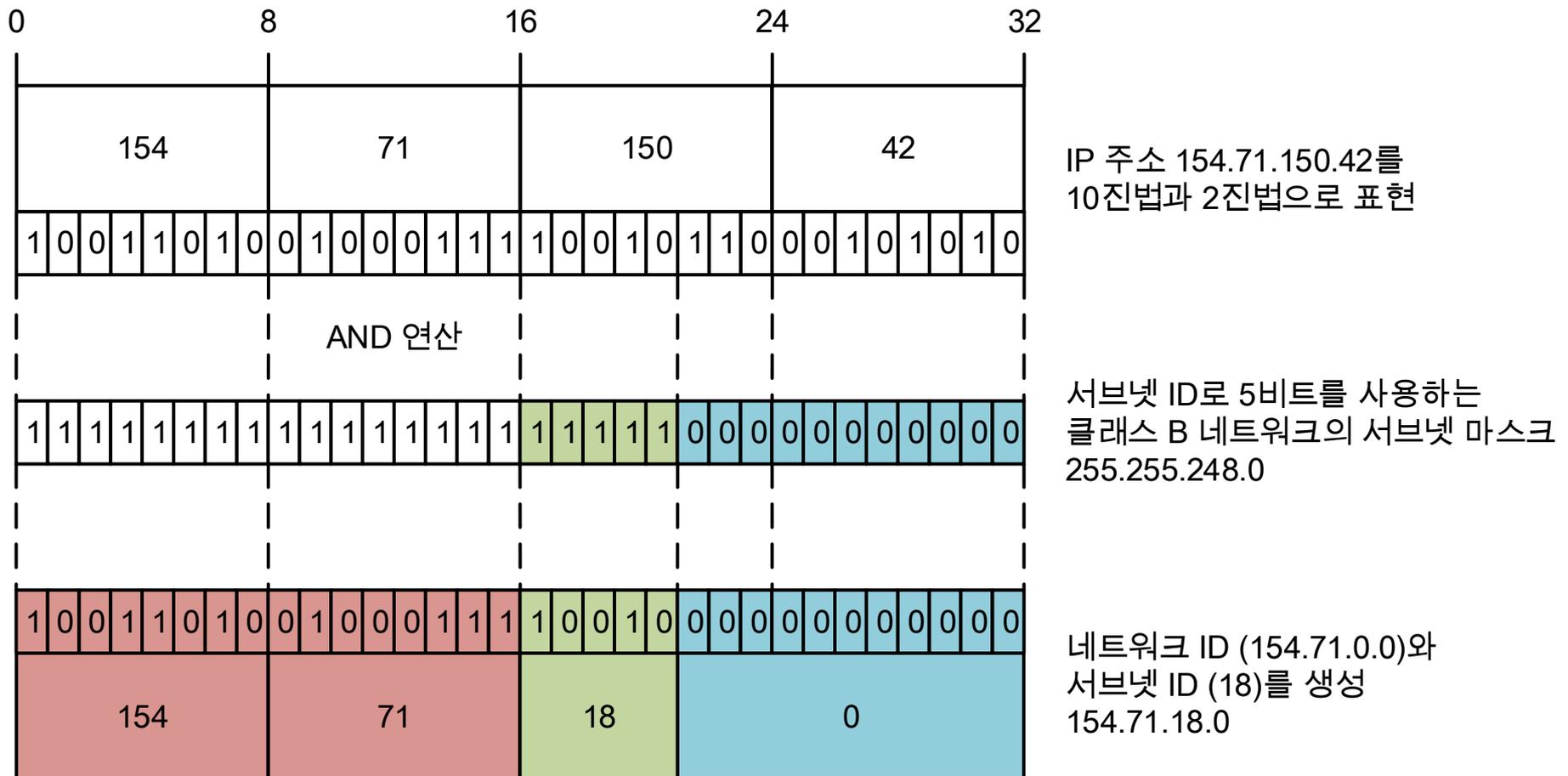
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
- IP 서브넷 마스크 계산



IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
- IP 서브넷 마스크 적용 예제



IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
 - IP 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
 - $2^{\text{서브넷 ID 비트수}}$ 개
 - 각 서브넷에서 사용 가능한 호스트의 수
 - $2^{\text{호스트 ID 비트수}} - 2$ 개
 - 비트가 모두 0인 호스트 ID는 네트워크 주소
 - 비트가 모두 1인 호스트 ID는 브로드캐스트 주소

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
 - 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
 - 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

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정

- IP 서브네팅

- 3단계 – 커스텀 서브넷 마스크 결정

- 2단계 결정 사항을 바탕으로 커스텀 서브넷 마스크 생성

- 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: $2^{\text{서브넷 ID 비트수}}$ 개
 - 각 서브넷에서 사용 가능한 호스트의 수: $2^{\text{호스트 ID 비트수}} - 2$ 개

IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정

- IP 서브네팅

- 3단계 – 커스텀 서브넷 마스크 결정

- e.g., 클래스 B(16 bits), 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 표현

- 255.255.248.0

- 슬래시(/) 표기로 표현

- 255.255.248.0/21

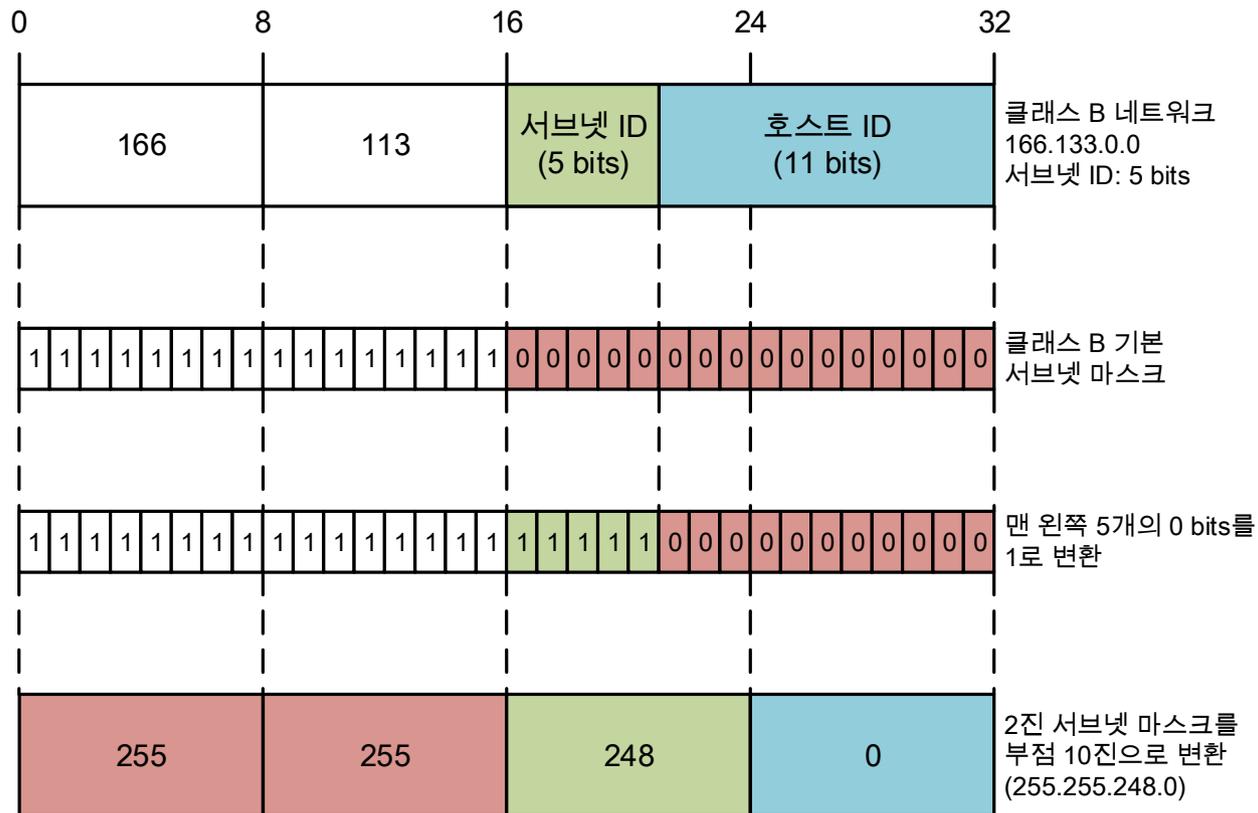
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정

- IP 서브네팅

- 3단계 - 커스텀 서브넷 마스크 결정

- 클래스 B 네트워크의 커스텀 서브넷 마스크 결정



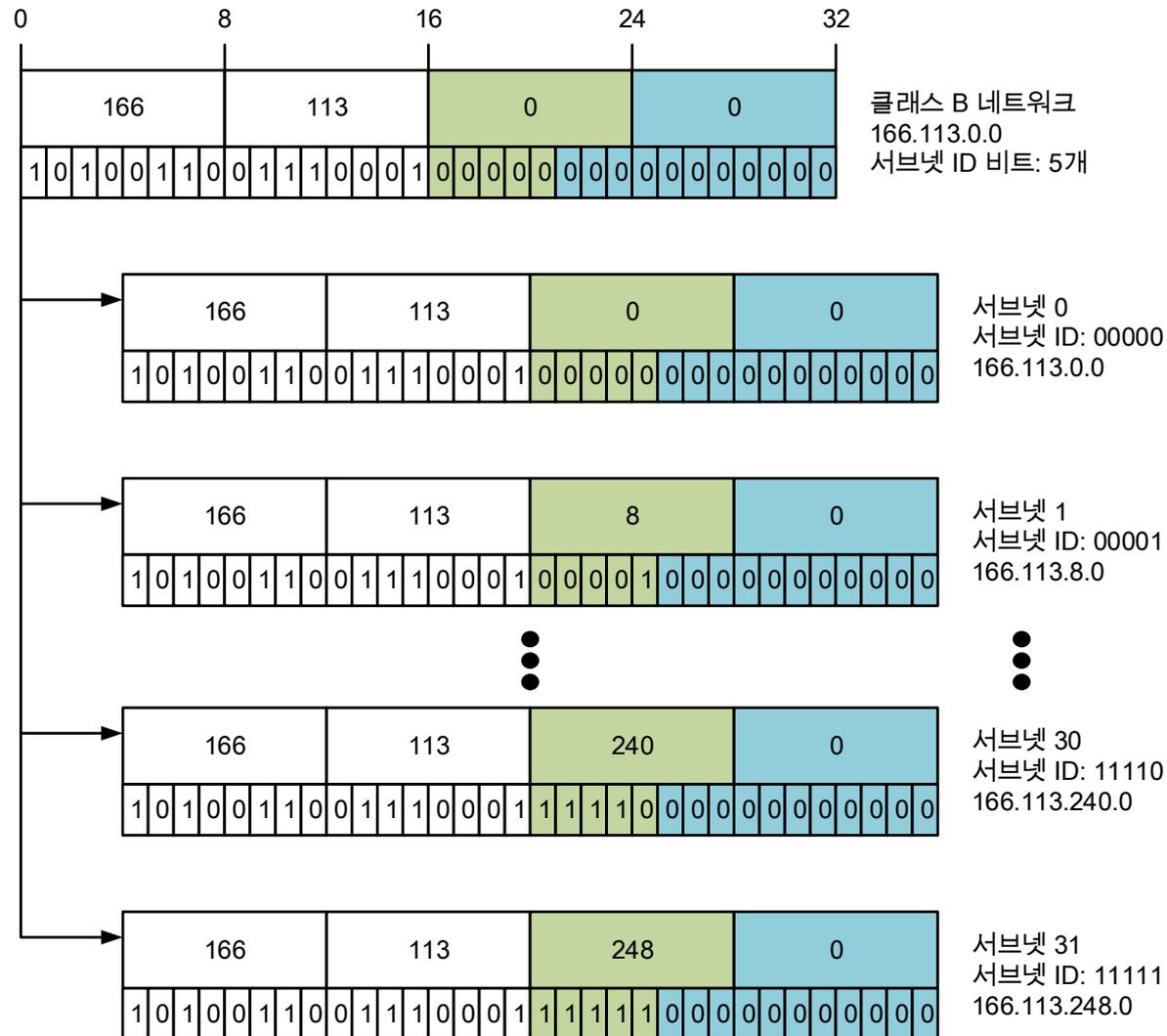
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정

- IP 서브네팅

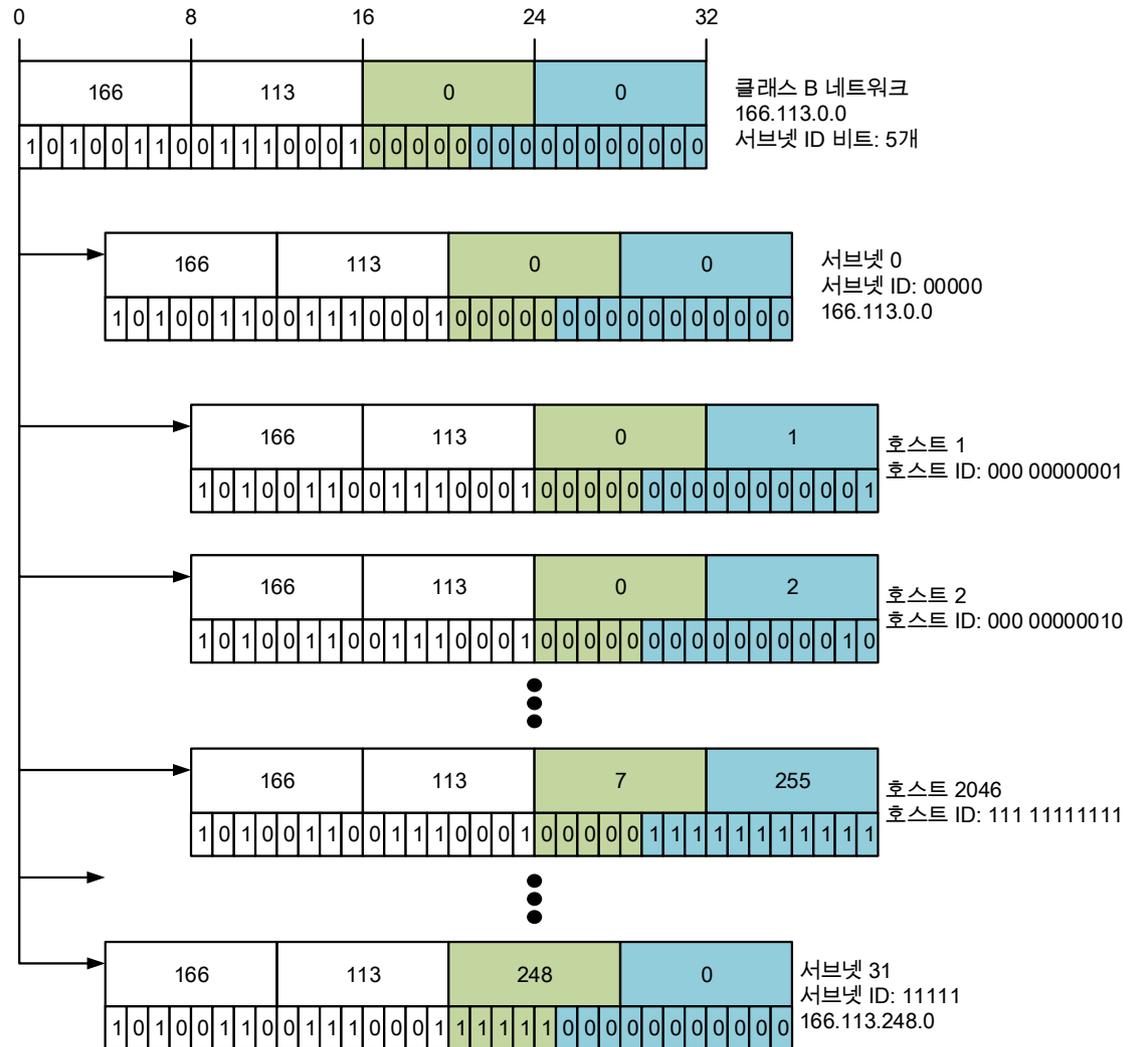
- 4단계 - 서브넷 ID와 서브넷 주소 결정

- 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

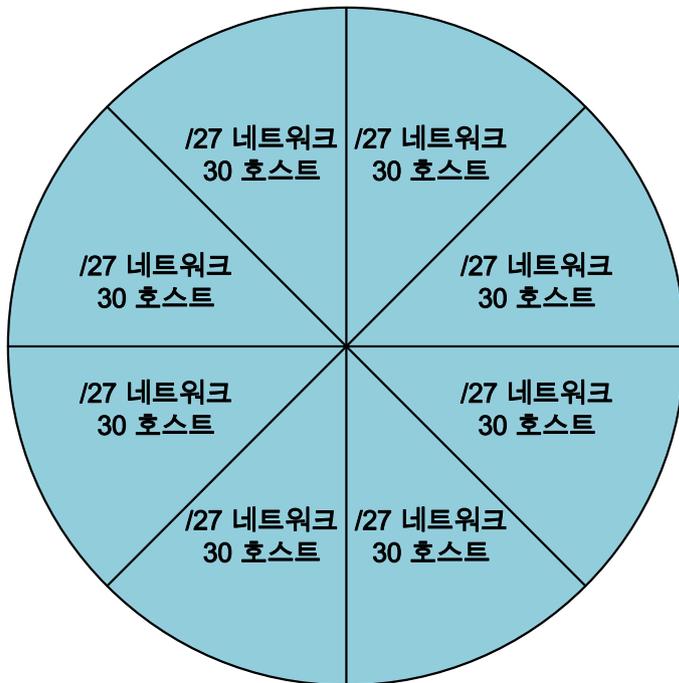


IPv4 주소 지정 방법

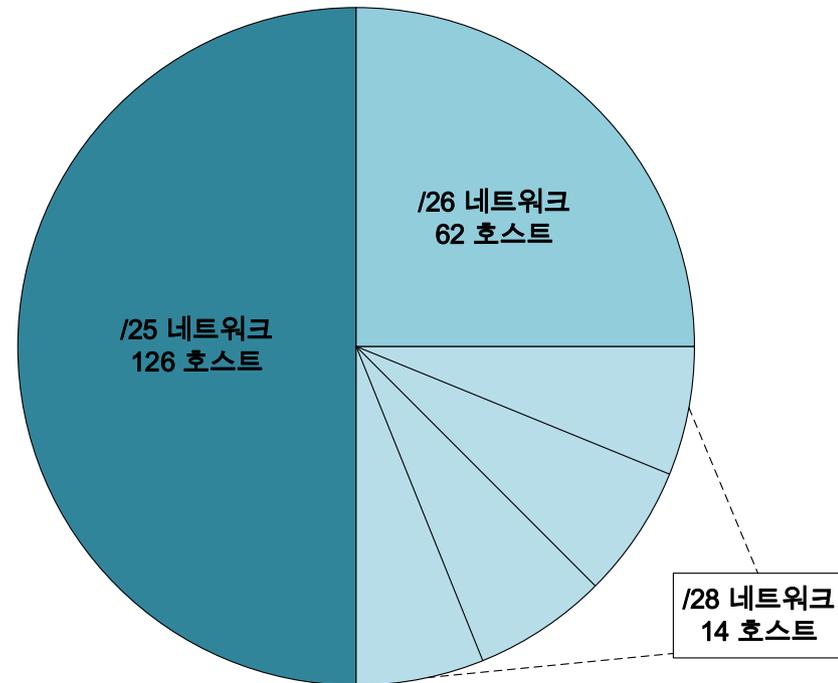
- IP 서브넷 주소 지정

- IP 가변 길이 서브넷 마스크 (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

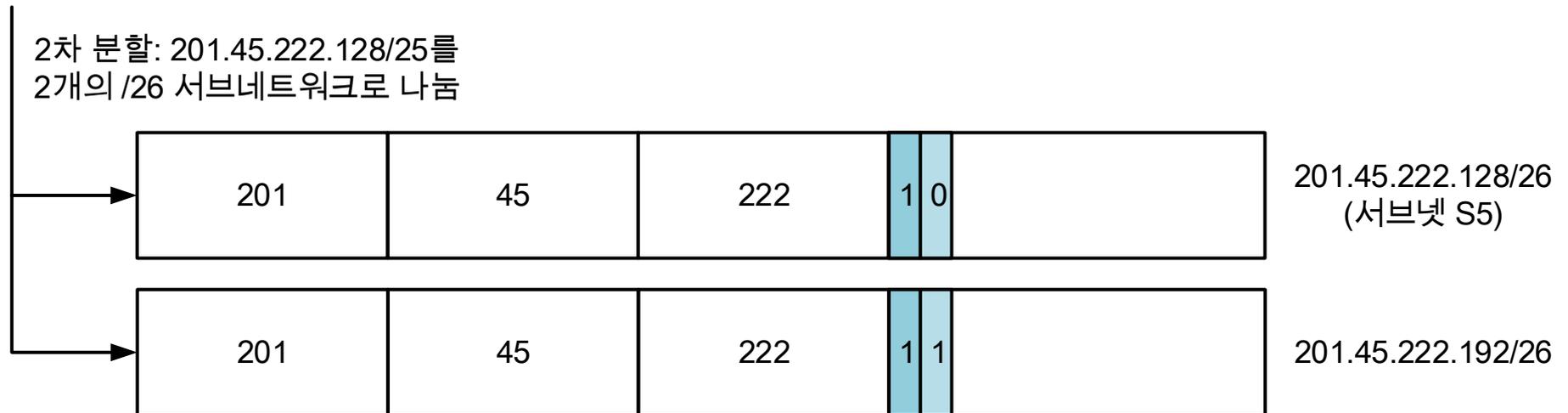
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
 - IP 가변 길이 서브넷 마스크
 - 동작 과정



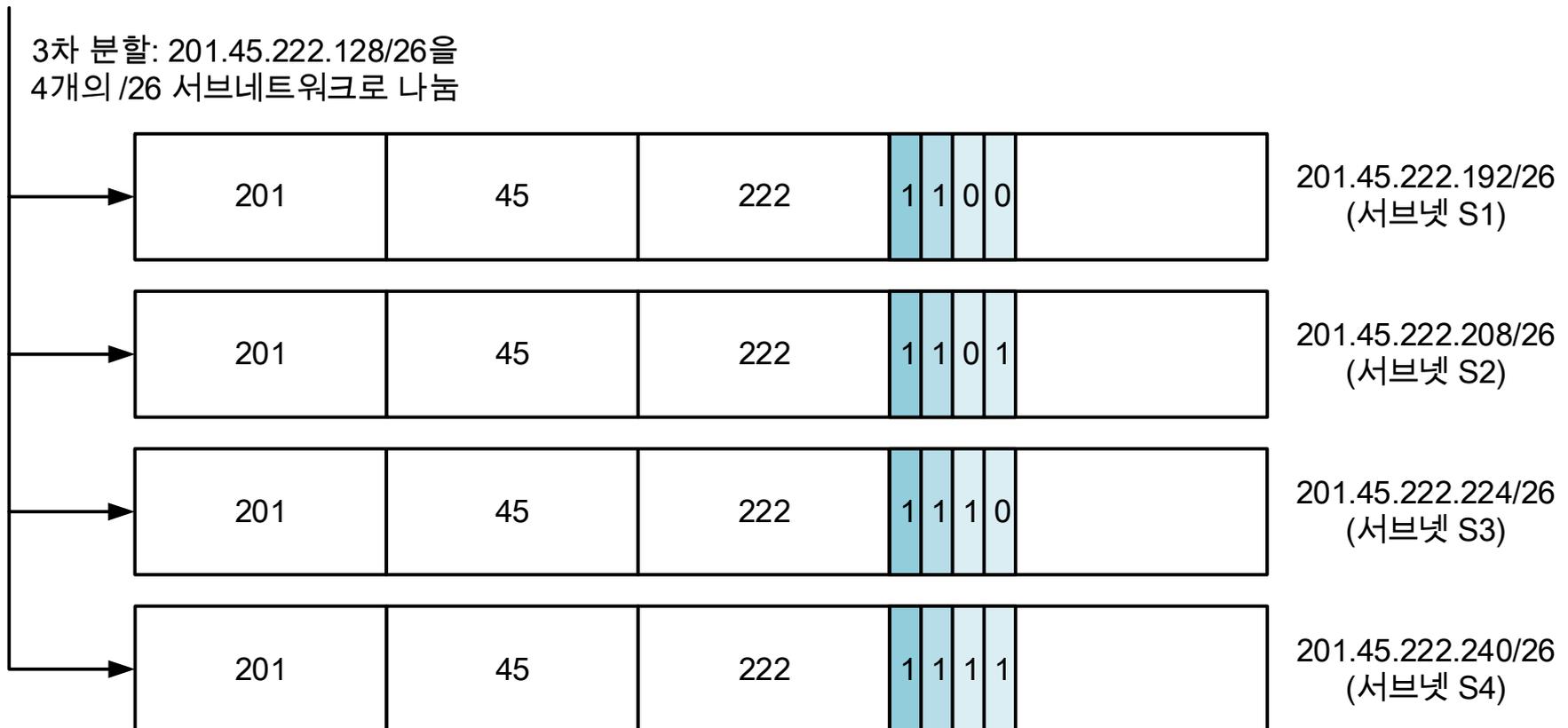
IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
 - IP 가변 길이 서브넷 마스크
 - 동작 과정



IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정
 - IP 가변 길이 서브넷 마스크
 - 동작 과정

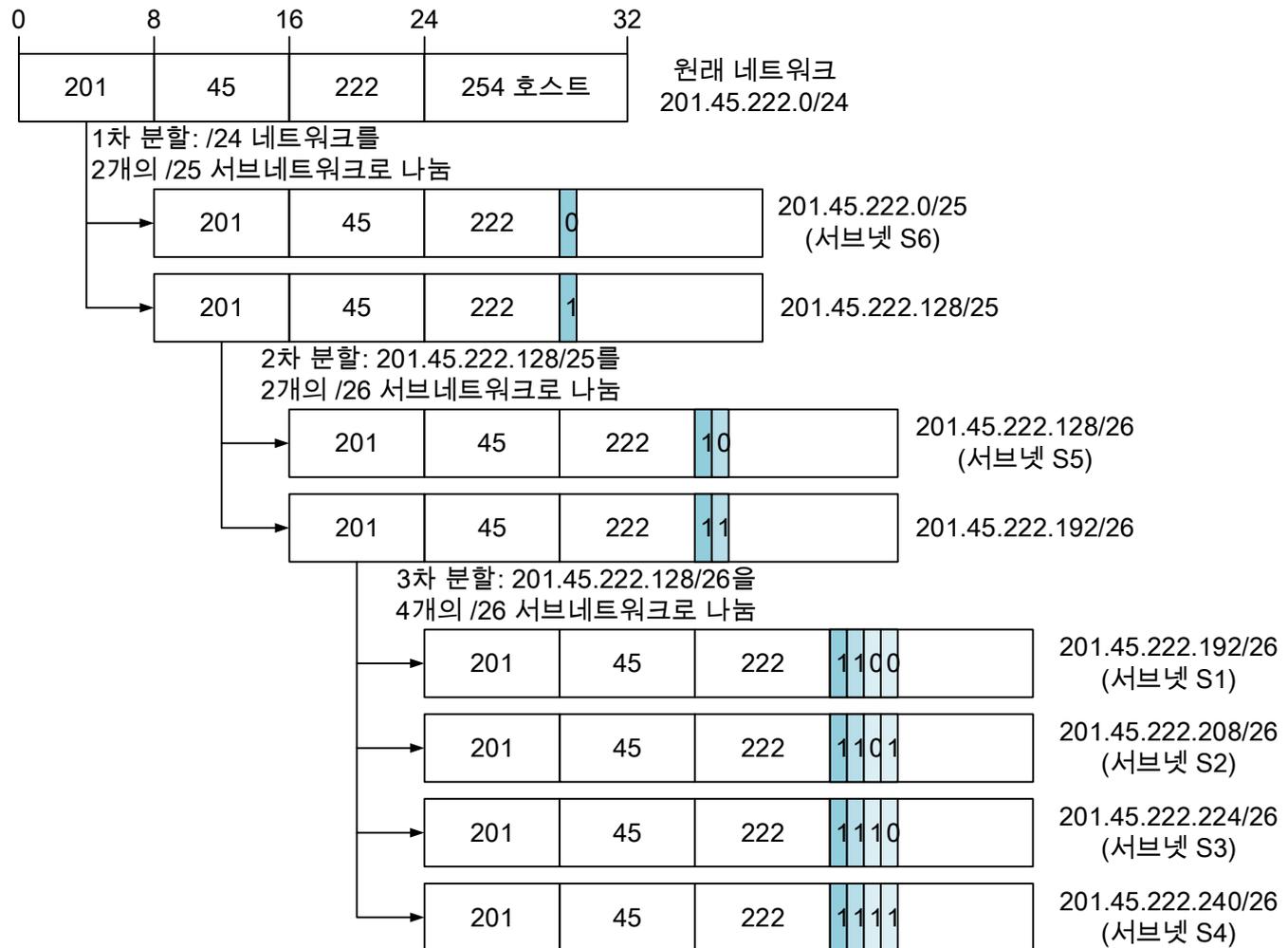


IPv4 주소 지정 방법

- IP 서브넷 주소 지정

- IP 가변 길이 서브넷
마스킹

- 동작 과정



IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정

- 개요

- 1990년대 초반에 클래스 단위 주소지정 방법의 문제로 인해 개발되었으며 RFC 1517, 1518, 1519, 1520을 통해 공식화 됨

- 정의

- 기존 클래스 단위 주소 지정 방법에서 클래스를 제외한 주소 지정 방법

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정
 - 클래스 비사용 도메인간 라우팅 (CIDR, Classless Inter-Domain Routing)
 - 가변 길이 서브넷 마스킹 기법에서 클래스를 제거하고 특정 네트워크가 아닌 인터넷에 적용한 기법
 - 특징
 - 효율적인 주소 공간 할당
 - 임의의 2의 지수승 크기의 주소를 할당
 - 5,000개의 주소를 요구하는 회사는 65,534개가 아닌 8,192개의 주소를 할당 받을 수 있음
 - 클래스 단위 주소 지정 방법의 문제점을 보완한 주소 지정 방법
 - e.g., 비효율적인 주소 공간 사용, 라우팅 테이블의 항목 관리 증가

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정

- CIDR

- 특징

- 클래스 불균형 제거

- 특정 클래스가 더 많이 소요되는 문제

- e.g., 클래스 B는 많이 소요되나 클래스 C는 소요되지 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



전체 네트워크
71.94.0.0/15
131,070 호스트

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정
 - CIDR
 - 슈퍼넷 (Supernet)
 - 여러 네트워크를 하나의 형태로 합친 네트워크
 - 슈퍼네팅 (Supernetting)
 - 서브네팅의 반대로 슈퍼넷을 만드는 기법
 - 서브넷의 수를 줄여 라우팅 정보량이 줄어들기 때문에 라우팅 테이블을 최적화 시킴

IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정

- 슈퍼네팅 예제

- 192.168.4.0/24 ~ 192.168.7.0/24 각 네트워크를 슈퍼네팅하는 과정

1. 네트워크 주소 구하기

- 공통된 bits를 찾기
 - 네트워크 주소는 192.168.4.0



IPv4 주소 지정 방법

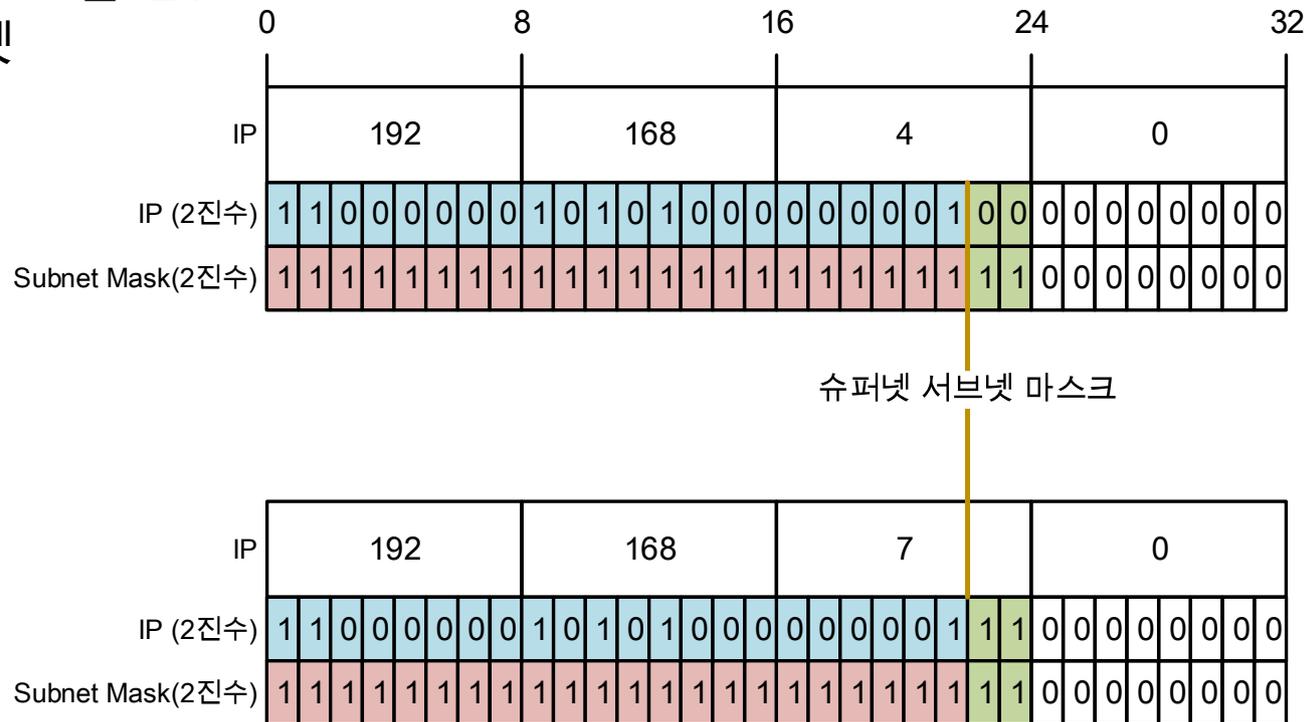
• IP 클래스 비사용 주소 지정

• 슈퍼네팅 예제

- 192.168.4.0/24 ~ 192.168.7.0/24 각 네트워크를 슈퍼네팅하는 과정

2. 서브넷 마스크 구하기

- 기존 서브넷 마스크는 /24
- 슈퍼넷의 서브넷 마스크는 /22
- 255.255.252.0



IPv4 주소 지정 방법

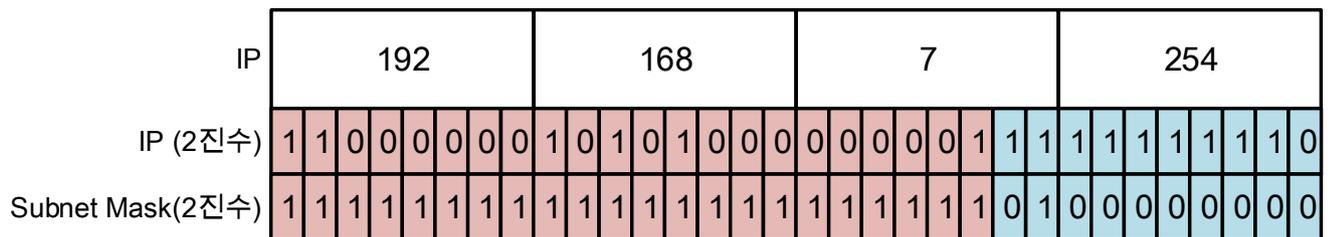
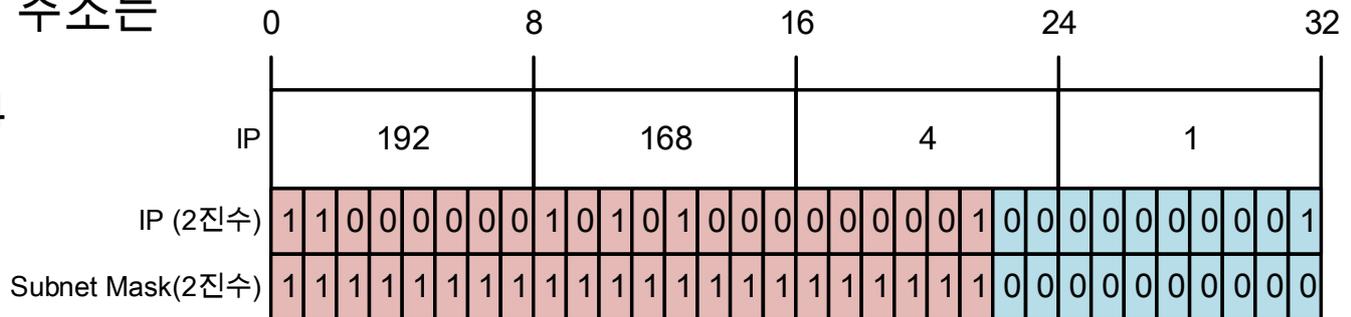
- IP 클래스 비사용 주소 지정

- 슈퍼네팅 예제

- 192.168.4.0/24 ~ 192.168.7.0/24 각 네트워크를 슈퍼네팅하는 과정

3. 유효한 호스트 구하기

- 유효한 호스트 주소는
192.168.4.1 ~
192.168.7.254

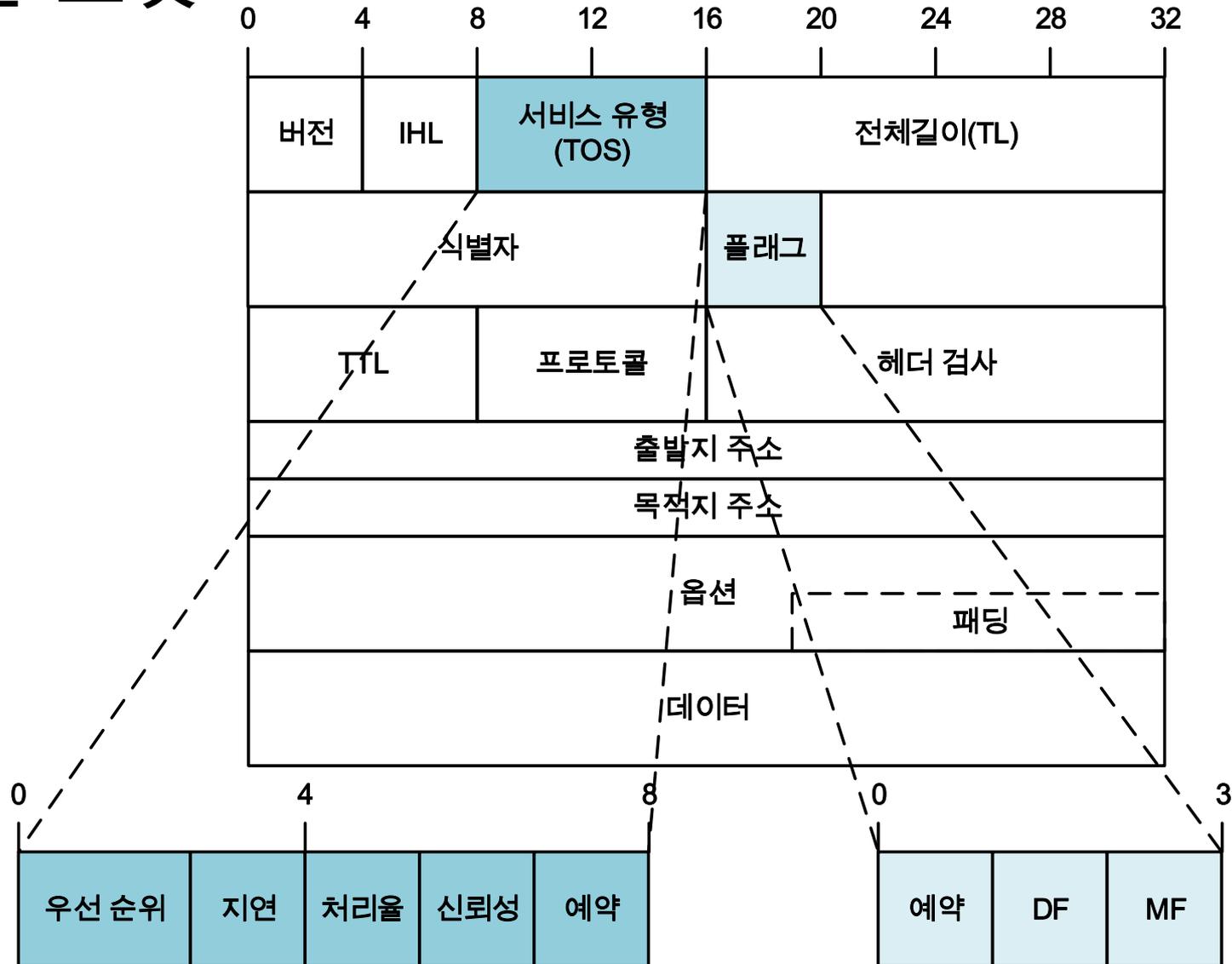


IPv4 주소 지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소 지정
 - 슈퍼네팅 예제
 - 192.168.4.0/24 ~ 192.168.7.0/24 각 네트워크를 슈퍼네팅하는 과정
 - 슈퍼네팅 전 네트워크
 - [192.168.4.0 ~ 192.168.4.255]
 - [192.168.5.0 ~ 192.168.5.255]
 - [192.168.6.0 ~ 192.168.6.255]
 - [192.168.7.0 ~ 192.168.7.255]
 - 각각의 네트워크
 - 슈퍼네팅 후 네트워크
 - [192.168.4.0 ~ 192.168.7.255]
 - 하나의 네트워크

IP 데이터그램

• 일반 포맷



IP 데이터그램

• 일반 포맷 필드

필드 이름	크기(바이트)	설명
버전	$\frac{1}{2}$ (4 bits)	IP버전, IPv4에서는 4
IHL (IP Header Length)	$\frac{1}{2}$ (4 bits)	IP 헤더 길이
TOS (Type of Service)	1	서비스 품질에 따라 데이터그램의 등급(IETF에서 정의함)을 구분하는 필드
TL (Total Length)	2	IP 데이터그램의 전체 길이
식별자	2	데이터그램을 전송한 호스트를 나타냄 모든 단편에 동일한 값 지정
플래그	$\frac{3}{8}$ (3 bits)	DF: 단편화 금지를 나타냄 MF: 단편의 마지막을 나타냄
단편화 오프셋	$\frac{13}{8}$ (13 bits)	단편화시 단편의 위치를 나타내며 8바이트 단위로 표기함 오프셋 = 100 이면 800바이트를 나타냄

IP 데이터그램

• 일반 포맷 필드

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

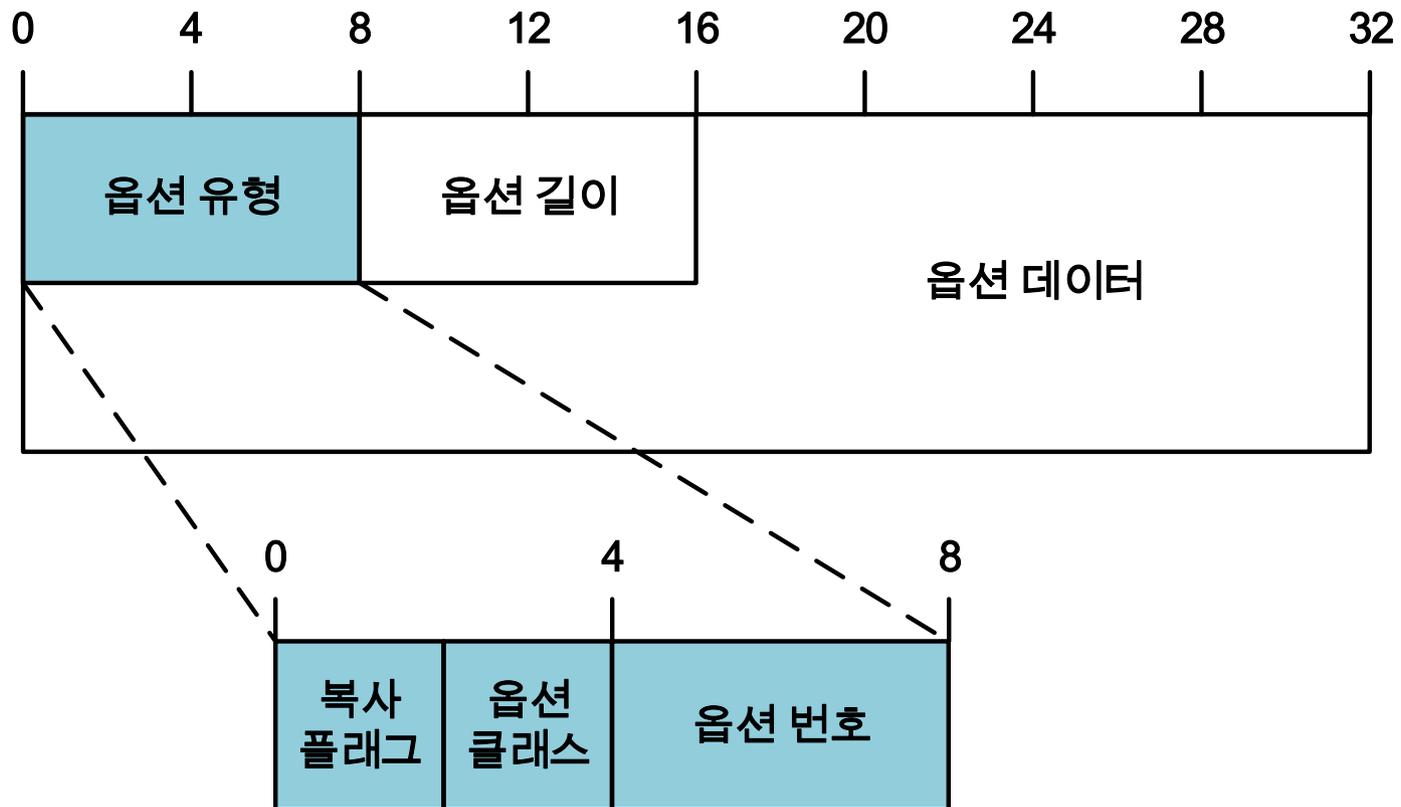
IP 데이터그램

- 일반 포맷 필드
 - IPv4 플래그 하위 필드

필드 이름	크기(바이트)	설명
예약	$\frac{1}{8}$ (1 bits)	쓰이지 않음
DF (Don't Fragment)	$\frac{1}{8}$ (1 bits)	0 - 단편화 가능 1- 단편화 불가능
MF (More Fragment)	$\frac{1}{8}$ (1 bits)	0 - 마지막 단편이거나 오직 하나의 단편을 의미 1 - 첫 번째 단편 또는 중간 단편을 의미

IP 데이터그램

- 일반 포맷
- 옵션 포맷



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

IP 데이터그램

- 옵션 포맷
 - 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)	옵션의 특성을 나타냄 0(제어 옵션), 2(디버깅과 측정)
옵션 번호	$5/8$ (5 bits)	옵션의 종류 지정(동작없음, 보안, 경로기록, 시간 등)

IP 데이터그램

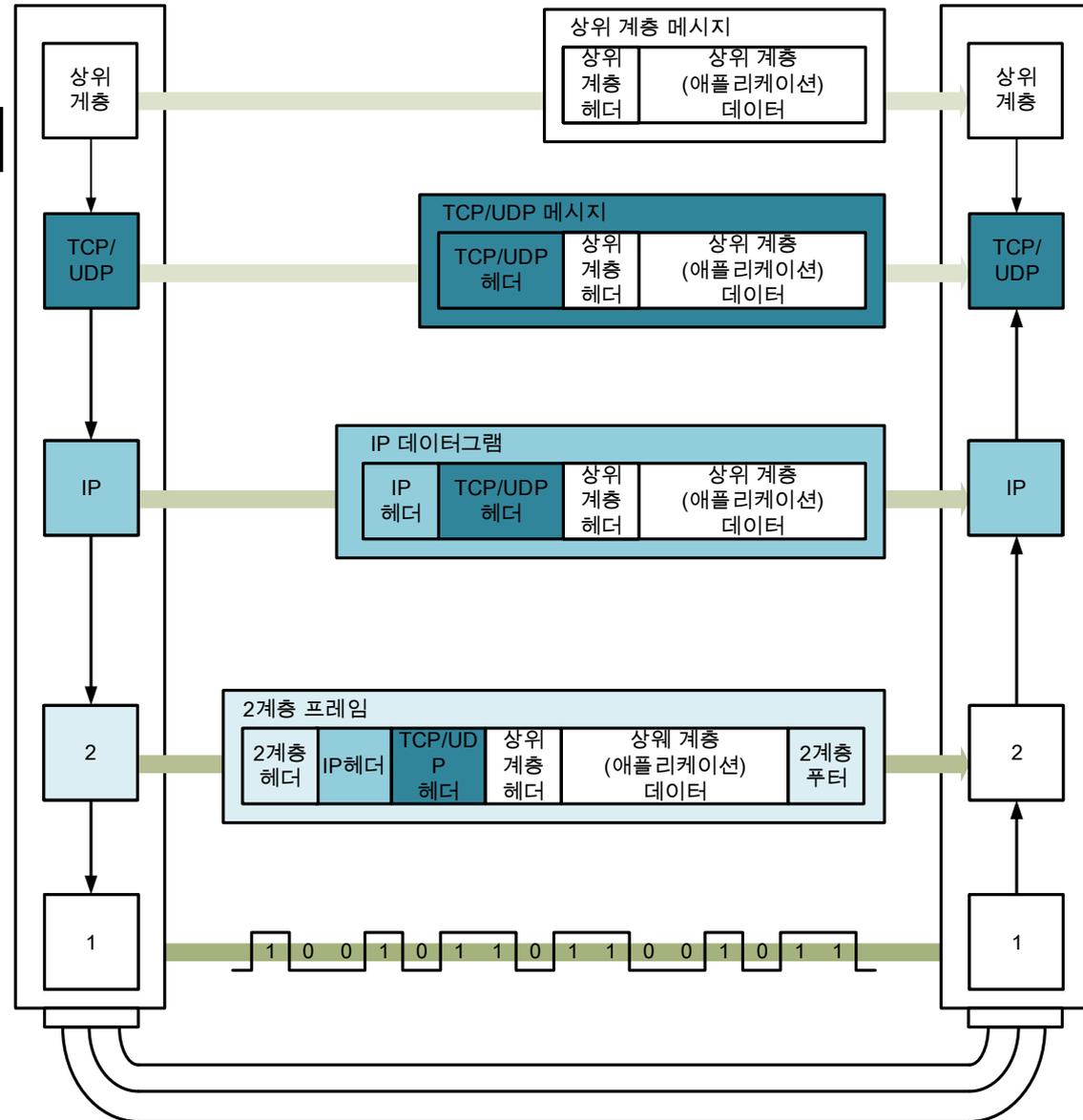
• 캡슐화

• 상위 계층 메시지를 하위 계층으로 전송하기 위한 작업

• 상위 계층의 통신규약을 하위 계층 통신규약에 포함 시키기 위함

• TCP/UDP로 캡슐화된 데이터는 IP 데이터그램의 페이로드가 됨

• IP 데이터그램은 2계층의 프레임으로 캡슐화됨



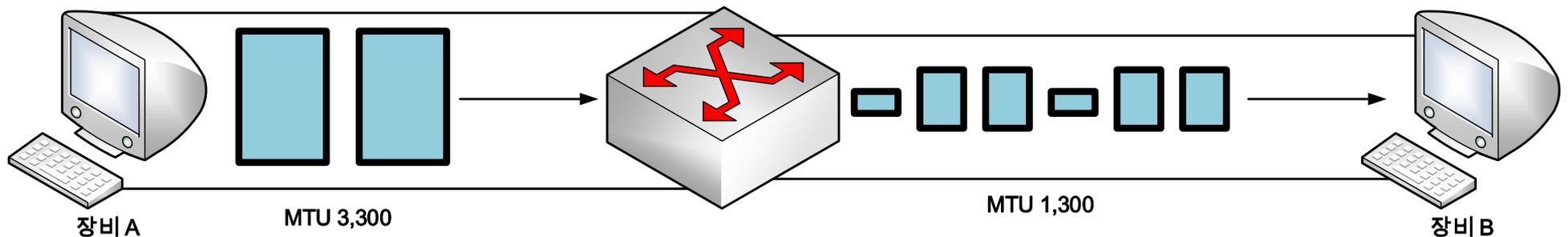
IP 데이터그램

- 단편화

- IP 데이터그램을 데이터 링크 계층(2계층)으로 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



IP 데이터그램

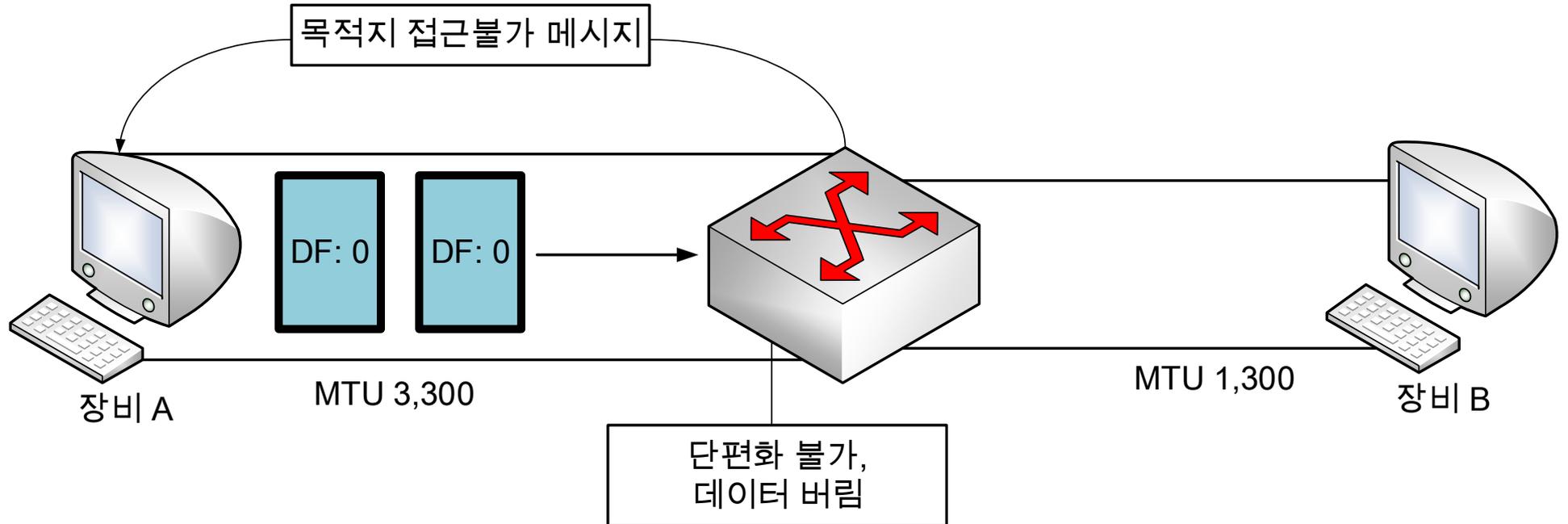
- 단편화

- 특징

- 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

- 문제점

- 순서와 위치 지정

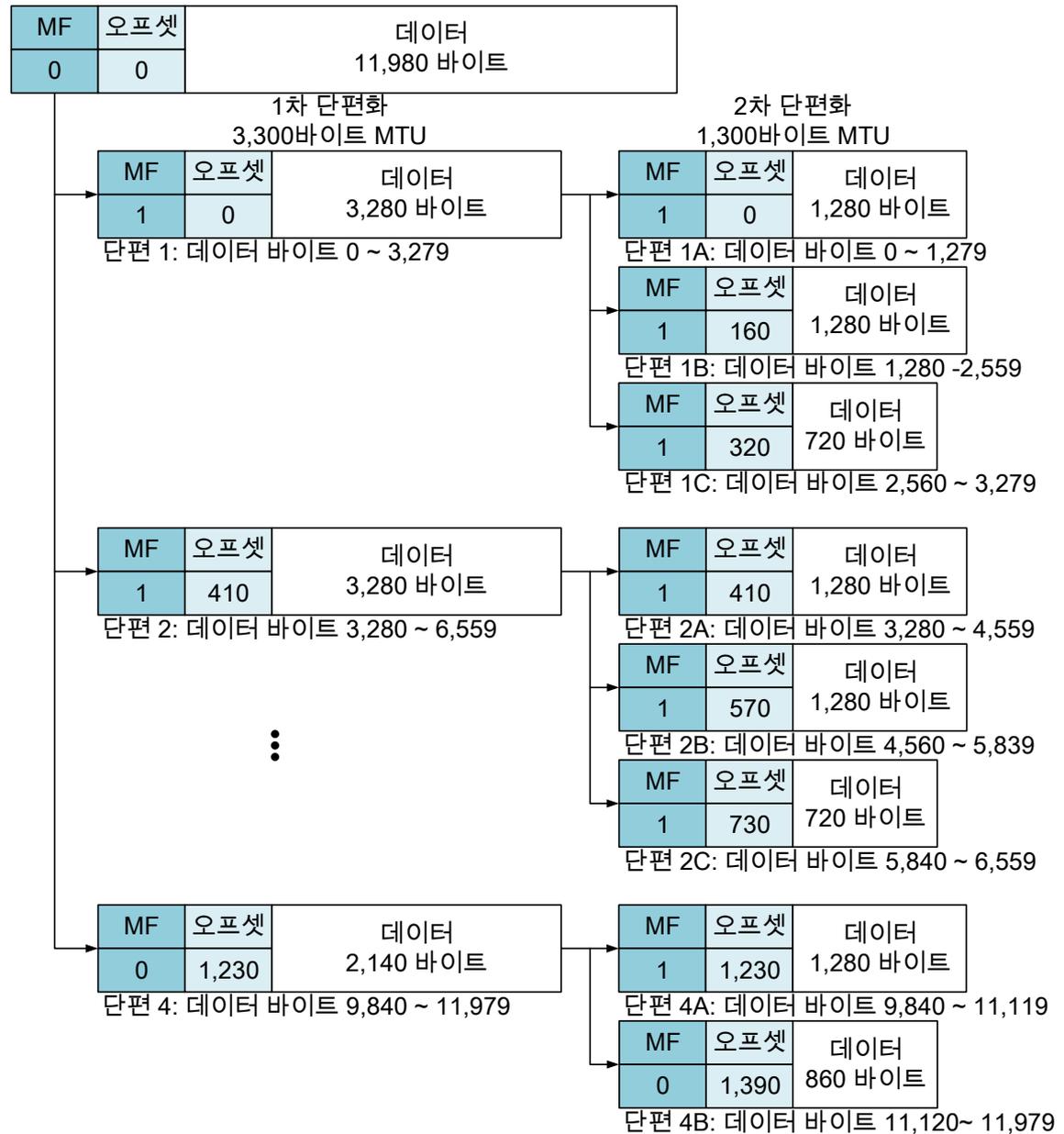
- 송신은 순서대로 하지만 수신은 순서대로 되지 않음
 - 재조합을 위해 순서 파악해야 함
 - 단편화 오프셋 사용

- 재조합 종료

- 목적지 장비가 재조합 할 때 모든 단편화된 데이터그램을 받았는지 알아야 함
 - MF 값이 마지막 단편은 0, 나머지는 1로 설정

IP 데이터그램

• 단편화 과정



IP 데이터그램

- 재조합

- 수신된 IP 데이터그램을 헤더필드의 정보를 이용하여 조합
 - 최종 목적지에서만 이루어지는 과정

- 재조합 과정

1. 단편 인식과 단편화된 메시지 식별

- MF가 1이고, 단편화 오프셋이 0이 아닌 데이터그램을 보고 단편이라는 것을 인식

2. 버퍼 초기화

- 단편을 받아 저장할 버퍼를 초기화

3. 타이머 초기화

- 재조합을 위한 타이머를 설정

4. 단편 수신과 처리

- 버퍼에 단편화 오프셋 값을 보고 순서에 맞게 단편을 삽입

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 데이터그램 전달 방식

- 직접 데이터그램 전달

- IP 데이터그램이 동일한 물리 계층 네트워크의 두 장비간에 송/수신될 때는 출발지 장비에서 목적지 장비로 직접 데이터그램 전달

- 간접 데이터그램 전달(라우팅)

- 동일한 물리 계층 네트워크에 있지 않을 경우의 데이터그램 전달
 - 출발지 장비는 로컬 네트워크에서 목적지 장비를 볼 수 없기 때문에 하나 이상의 중간 장비를 통해 전달

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 데이터그램 전달 방식
 - IP 데이터그램 라우팅과 주소 지정의 관계
 - 클래스 단위 주소 지정
 - 라우터가 클래스를 파악하고 네트워크 ID를 확인하여 라우팅 결정
 - 서브넷 클래스 단위 주소 지정
 - 라우터가 서브넷 마스크를 통해 네트워크 ID, 서브넷 ID를 확인하여 라우팅 결정
 - 클래스 비사용 주소 지정
 - 서브넷 ID가 존재하지 않기 때문에 라우터가 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

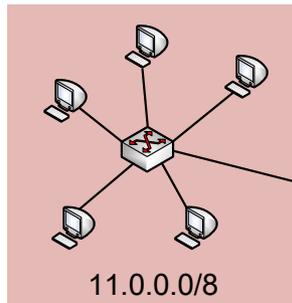
IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

• IP 라우팅과 라우팅 테이블

- IP 주소가 로컬 장비가 아닐 경우 다음 라우터를 결정 함
 - 라우팅 테이블은 자신과 연결된 라우터들과 라우팅 매핑 정보 모음

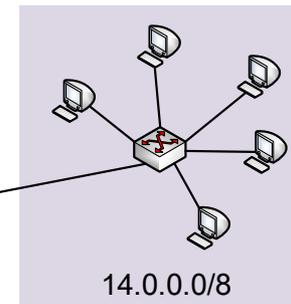
R1 라우팅 테이블

네트워크	경로
11.0.0.0/8	직접
12.0.0.0/8	R2
13.0.0.0/8	R3
14.0.0.0/8	R4



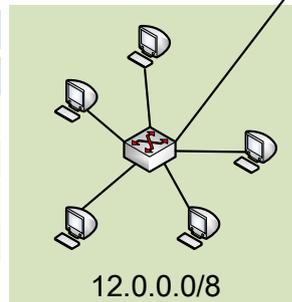
R4 라우팅 테이블

네트워크	경로
14.0.0.0/8	직접
11.0.0.0/8	R1
12.0.0.0/8	R1
13.0.0.0/8	R1



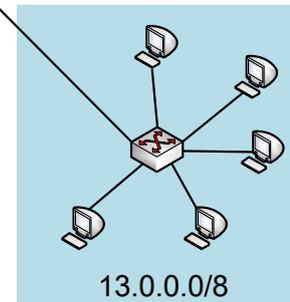
R2 라우팅 테이블

네트워크	경로
12.0.0.0/8	직접
11.0.0.0/8	R1
13.0.0.0/8	R3
14.0.0.0/8	R1



R3 라우팅 테이블

네트워크	경로
13.0.0.0/8	직접
11.0.0.0/8	R1
12.0.0.0/8	R2
14.0.0.0/8	R1



IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 멀티캐스팅

- 정의

- 한 장비가 여러 특정 그룹의 수신자 장비에게 데이터그램을 전송 하는 것

- 주요 기능

- 멀티캐스트 주소 지정

- 멀티캐스트 그룹을 식별
- IP 주소에 클래스 D 블록과 멀티캐스트 그룹 주소를 지정

- 멀티캐스트 그룹 관리

- 그룹 정보는 IP 인터넷워크로 전파 되어야 함

- 그룹에 참여하거나 탈퇴한 정보
- IGMP (Internet Group Management Protocol) 사용
 - 인터넷의 장비와 라우터들이 서로 그룹 간 가입 정보를 교환할 수 있도록 하는 프로토콜

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

• IP 멀티캐스팅

• 주요 기능

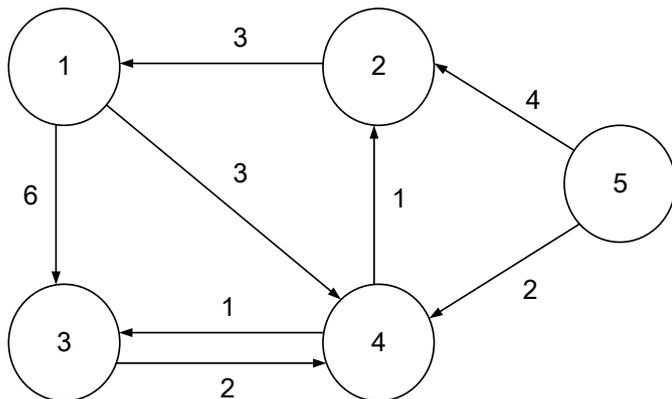
• 멀티캐스트 데이터그램 라우팅

- 라우터가 데이터그램 사본을 만들어야 하는지 파악하고 하나의 장비에서 여러 장비로 라우팅

- 데이터그램을 전송할 특수 알고리즘 사용하여 효율적으로 전송하기 위한 라우팅

- 최단 경로 우선 알고리즘 (Shortest Path First Algorithm)

- 목적지 네트워크 까지의 라우터 경로와, 거쳐야 할 라우터 수를 가진 라우팅 테이블을 이용하여 경로설정



노드	5 (정점)	4	3	2	1
최단 경로	0	X	X	X	X
		2		4	
			3	3	
					6

Thanks!

박재형 (jaehyoung@pel.sejong.ac.kr)