

TCP/IP 완벽가이드

- II-3부 인터넷 프로토콜 버전4(IPv4)-

송 영 준(youngjun@pel.smuc.ac.kr)

상명대학교 프로토콜공학연구실

목차

- 인터넷 프로토콜(IP)
- IPv4 주소지정
- IPv4 주소지정 종류 및 방법
- IP 데이터그램 캡슐화와 포메팅
- IP 데이터그램
- IP 라우팅과 멀티캐스팅

인터넷 프로토콜

- 개요
 - IP(Internet protocol)
 - TCP/IP슈트에서 네트워크 계층(3계층)의 핵심 프로토콜
 - IP는 데이터를 TCP/IP 네트워크에서 전송하는 방법
- 역사
 - 초창기 TCP가 4계층 TCP와 3계층 IP로 분리되면서 탄생
 - 1981년 9월 RFC 791"인터넷 프로토콜" 문서 발표
- IP버전
 - TCP는 초창기에 세 가지 버전으로 개선되었으며 버전4에서 TCP와 IP로 분리
 - 일관성을 유지하기 위해 TCP와IP모두에게 버전4를 적용

인터넷 프로토콜

- 특징

- 전역 주소지정

- 네트워크를 위한 주소지정 방법을 정의
- 주소를 통해 데이터그램을 수신지점에 전달

- 하위 프로토콜에 무관

- TCP/IP스택과 호환된 어떤 종류의 하위 네트워크에서도 데이터그램을 전송하도록 설계

- 비연결형 전달

- 송신지점과 수신지점의 장비간 연결을 수립하지 않고 바로 데이터를 전송

- 신뢰성이 없는 전달/비승인형 전달

- IP는 데이터 전송 후 데이터가 제대로 전송 되었는지 확인하지 않으며 잘 전송되었는지도 알 수가 없음

인터넷 프로토콜

- 기능

- 주소지정

- 데이터그램 전송에 있어 필요한 목적지 정보를 담은 주소를 지정

- 데이터 캡슐화와 포메팅/패키징

- 전송계층(TCP)에서 받은 데이터를 특수 포맷을 이용해서 IP 데이터그램으로 캡슐화

- 단편화와 재조합

- 하위 계층으로 전달 시 하위계층의 최대프레임 크기에 맞게 단편화를 함
 - 수신장비는 단편화된 데이터그램을 재조합

인터넷 프로토콜

- 기능

- 라우팅과 간접 전달

- 수신장비가 출발지 장비와 직접 연결이 안되어 있을 경우 데이터그램을 간접 전달
- 간접 전달의 경우 라우터를 통해서 라우팅을 함
 - 라우팅은 목적지로 가는 여러 경로 중에 한가지 경로를 설정해주는 과정을 말함

- 기타 프로토콜과 협력

- 인터넷 제어 메시지 프로토콜(ICMP, Internet Control Message Protocol)
- TCP/IP 게이트웨이/라우팅 프로토콜(RIP, Routing Information Protocol)
- 경계 경로 프로토콜(BGP, Border Gateway Protocol)

인터넷 프로토콜

- IP 관련 프로토콜

- 특수한 상황을 위해 IP의 기능을 추가하거나 확장하는 데 쓰이는 프로토콜 및 기술
 - IP네트워크 주소 변환(NAT, Network Address Translation)
 - 사설 네트워크가 외부 네트워크에 유연한 방법으로 인터페이스를 제시할 수 있도록 하는 기술
 - IP Security(IPSec)
 - 안전한 데이터 전송을 위한 방법을 제공하는 하위 프로토콜 모음
 - 모바일 IP
 - 장비의 IP 주소를 계속해서 재구성하지 않고도 모바일 호스트로 데이터가 자동 라우팅 되도록 함

IPv4 주소지정

- 개요
- IP주소 기능
 - 네트워크 인터페이스 식별
 - 집 주소와 마찬가지로 IP주소는 장비와 네트워크 간의 인터페이스를 유일하게 식별할 수 있도록 함
 - E.g., 랜카드
 - 라우팅
 - IP주소를 통해 라우터는 데이터그램의 처리 방향을 결정할 수 있도록 함

IPv4 주소지정

- 장비별 IP주소의 수
 - IP주소를 갖지 않는 장비
 - 리피터(Repeater), 브리지(Bridge), 스위치(Switch)
 - 하위 수준 네트워크 연결 장비는 2계층 주소에 근거하여 트래픽을 통과시기 때문에 IP주소가 없어도 됨
 - IP주소를 갖는 장비
 - 호스트
 - IP주소 하나 할당받음
 - 라우터(Router)
 - 하나 이상의 IP주소를 가짐
 - 특수 호스트가 다중 인터페이스 방식으로 구성될 경우 하나 이상의 IP주소를 가질 수 있음

IPv4 주소지정

- IP주소와 MAC주소 비교
 - IP주소
 - 데이터그램의 최종 목적지 정보를 표현
 - 네트워크 계층에서 사용
 - 네트워크가 바뀌면 IP주소는 변경됨
 - MAC주소
 - 장비에 존재하는 고유번호
 - 데이터 링크 계층에서 사용
 - 부품을 교체하지 않는 한 변경되지 않음

IPv4 주소지정

- IP주소 설정과 주소지정 유형
 - 정적 설정
 - 각 장비는 고정 IP주소로 수동 설정 됨
 - 동적 설정
 - IP변동이 자주 일어나는 대형 네트워크에서는 소프트웨어가 IP 주소 할당과 변경을 제어
 - 호스트 설정 프로토콜
 - BOOTP(Bootstrap Protocol)
 - DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)

IPv4 주소지정

- 사설/공중 IP 네트워크 주소

- 사설 IP 네트워크

- 각 기관에서 모든 장비주소가 겹치지 않으면 자신이 원하는 숫자를 마음대로 선택할 수 있음
- 사설 IP는 외부에서는 찾지 못하고 내부에서만 찾을 수 있음

- 공인 IP 네트워크

- 효과적인 주소 할당을 위해 정해진 주소 할당을 제어
- 기관에서 주소를 부여
 - 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 Registries)
 - 대륙 인터넷 레지스트리

IPv4 주소지정

- IP 주소 크기, 주소 공간, 표기법
 - IP주소크기
 - 32bit 이진수(32개의 1 또는 0)
 - 주소 공간
 - 32bit를 사용하기 때문에 이론상 $2^{32}=4,294,967,296$ 이지만 특정 목적으로 예약이 되어 있는 경우가 있어 모두 사용할 수는 없음
 - 부점 10진 표기법(Dotted decimal notation)
 - 사람들은 2진법 및 16진법을 잘 다루지 못해서 10법으로 표기
 - 32bit를 4개의 옥텟으로 분리해서 관리하고 마침표(.)으로 구분함

IPv4 주소지정

- IP 주소 2진, 16진, 10진 표기법 표

	0	8	16	24	32
2진수	1110 0011	0101 0010	1001 1101	1011 0001	
16진수	E3	52	9D	B1	
10진수	227	82	157	177	

- 부점 10진 표기법 예
 - 227.82.157.177

IPv4 주소지정

- IP기본 주소 구조와 주요 구성 요소
 - 네트워크 ID와 호스트 ID
 - 네트워크 ID
 - 맨 왼쪽 비트에서부터 시작하는 특정 수의 비트
 - 호스트나 기타 네트워크 인터페이스가 위치한 네트워크를 식별하는데 사용됨
 - 네트워크 접두사(Network Prefix)라고 부르기도 함
 - E.g.,전화번호(041)111-2222에서 지역번호
 - 호스트 ID
 - 네트워크 ID bit를 제외한 나머지 bit는 네트워크의 호스트를 식별하는데 사용됨
 - E.g.,전화번호(041)111-2222에서 지역 내 번호

IPv4 주소지정

- 네트워크 ID와 호스트 ID 구분 위치
 - 네트워크 ID와 호스트 ID를 구분하는 지점이 고정돼 있지 않음
 - 보통 옥텟 단위로 구분
 - 옥텟 중간에서도 구분할 수 있음
 - 네트워크 ID만 표시할 경우 호스트 ID를 0으로 채움
 - 호스트 ID만 표시할 경우 네트워크 ID를 0으로 채움
 - 네트워크 ID와 호스트 ID 구분하는 위치는 주소의 특성, 사용하는 주소지정방법의 유형, 기타 요인에 따라 달라 짐

IPv4 주소지정

• 네트워크 ID와 호스트 ID 구분 그림

11100011	01010010	10011101	10110001
227	82	157	177
네트워크ID	호스트 ID		

맨 왼쪽 옥텟을 네트워크 ID로 사용
나머지 3개 옥텟을 호스트 ID로 사용

11100011	01010010	10011101	10110001
227	82	157	177
네트워크 ID		호스트 ID	

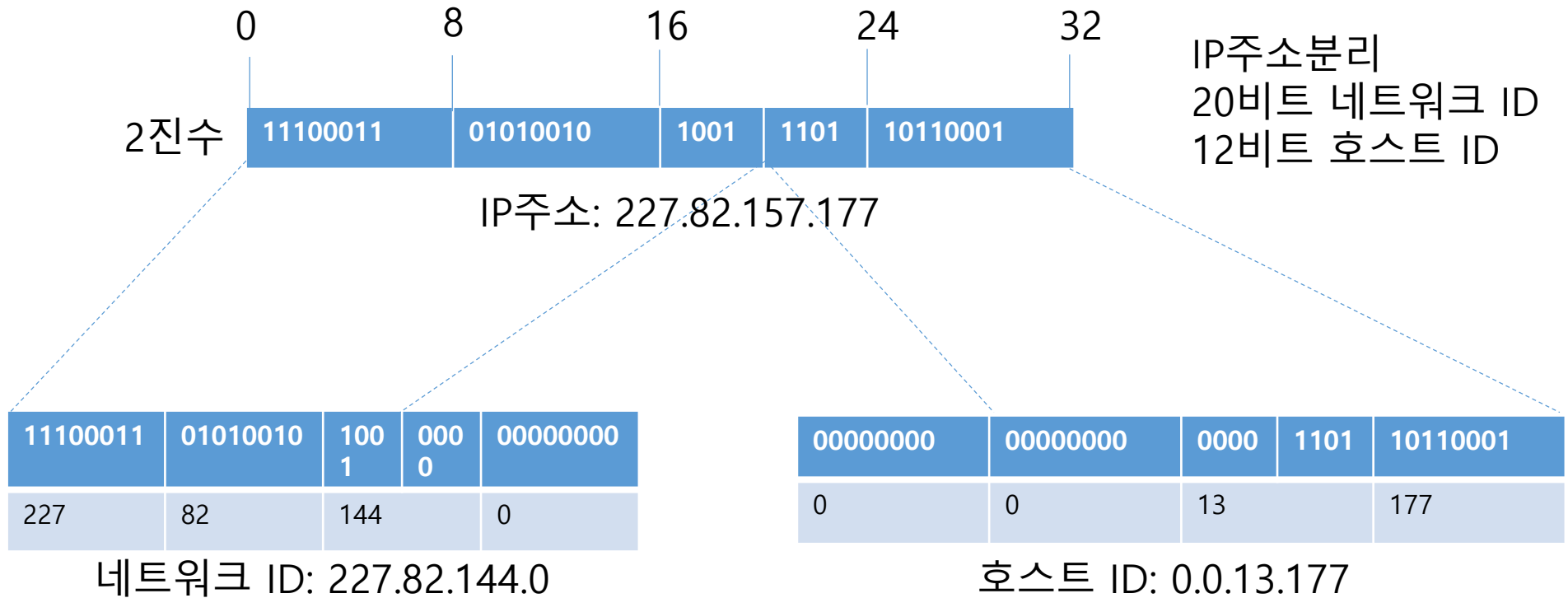
맨 왼쪽 2개 옥텟을 네트워크 ID로 사용
나머지 2개 옥텟을 호스트 ID로 사용

11100011	01010010	10011101	10110001
227	82	157	177
네트워크 ID			호스트 ID

맨 왼쪽 3개 옥텟을 네트워크 ID로 사용
나머지 1개 옥텟을 호스트 ID로 사용

IPv4 주소지정

- 옥텟 중간에서의 IP주소 구분 그림



IPv4 주소지정 종류

- 종류

- 전통적(클래스 단위)주소지정
 - 옥텟 단위로 네트워크ID, 호스트 ID를 구분하는 클래스를 사용(A,B,C,D,E)
- 서브넷을 이용하는 클래스 단위 주소지정
 - 네트워크 ID, 호스트 ID, 서브넷 ID 3단계로 분리
 - 기존 클래스 단위 방법에 근거
- 클래스 비사용 주소지정
 - 클래스를 전혀 사용하지 않고 네트워크 ID와 호스트 ID의 구분점이 임의의 지점이 될 수 있음
 - 구분점으로는 네트워크 ID에 쓰이는 비트의 수(접두사의 길이)를 주소 뒤에 붙여서 표시

IPv4 주소지정 방법

- 클래스 단위(전통적)주소지정

- 개요

- IP개발자들은 기관별로 규모가 다르기 때문에 인터넷에서 필요로 하는 IP의 수도 다를 것이라고 판단
- IP주소공간을 5개의 서로 다른 크기의 클래스(A,B,C,D,E)로 나누고 기관의 요구에 따라 이들 클래스의 주소 블록을 할당
- 클래스 A,B,C가 전체 주소공간의 대부분을 차지함
- 유니캐스트 IP주소지정을 사용
- 네트워크 ID와 호스트 ID의 구분은 옥텟 단위로 일어남

IPv4 주소지정 방법

- IP 멀티호밍

- 단일 장비가 하나 이상의 인터페이스로 연결되어 하나 이상의 IP 주소를 가지는 것
 - 두 개 이상의 인터페이스를 동일한 네트워크에 연결
 - 동일한 네트워크에서 동일한 네트워크 ID를 갖는 두 개의 IP 주소를 가짐
 - 두 개 이상의 서로 다른 네트워크에 인터페이스를 연결
 - 서로 다른 네트워크에서 서로 다른 네트워크 ID를 갖는 IP 주소를 가짐
 - 적절한 라우팅 소프트웨어가 있다면 라우팅 기능을 수행할 수 있음

IPv4 주소지정 방법

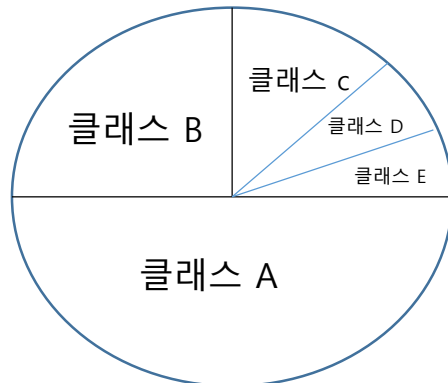
- 클래스 단위(전통적) 주소지정 장점
 - 단순성과 명확성
 - 클래스 간의 구분이 명확
 - 클래스 A, B, C에서 네트워크 ID와 호스트 ID간의 구분은 옥텟 단위로 이뤄지기 때문에 특정 주소의 네트워크 ID가 무엇인지 파악하기가 쉬움
 - 타당한 유연성
 - 클래스 A, B, C는 대형, 중형, 소형 기관에 잘 들어 맞음
 - 라우팅 용이성
 - 클래스에 관한 정보가 IP주소에 직접 인코딩 되었음
 - 라우터는 특정 주소의 네트워크 ID와 호스트 ID를 쉽게 파악
 - 예약 주소
 - 일부 주소는 특수 목적으로 예약 되었음(D, E)

IPv4 주소지정 방법

• IP 주소 클래스 종류, 특성, 용도 표

IP주소 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 매우 큰 기관을 위한 유니캐스트 주소지정
클래스 B	1/4	16	16	인터넷에 연결할 호스트가 수천 개 정도 존재하는 중규모에서 대규모 기관을 위한 유니캐스트 주소지정
클래스 C	1/8	24	8	인터넷에 연결할 호스트가 약 250개를 넘지 않는 소규모 기관을 위한 유니캐스트 주소지정
클래스 D	1/16	없음	없음	IP 멀티캐스팅
클래스 E	1/16	없음	없음	테스트용으로 예약됨

• IPv4 주소 공간을 클래스로 나눈 그림



IPv4 주소지정 방법

- 클래스 단위(전통적)주소지정

- 방법

IP주소 클래스	IP주소의 첫째 옥텟	첫째 옥텟의 최소값(2진수)	첫째 옥텟의 최대값(2진수)	첫째 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	1110 0000	1110 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

IP 주소 클래스 비트 패턴, 첫 옥텟 범위, 주소 범위 표

IPv4 주소지정 방법

- 클래스 단위(전통적)주소지정

- 방법

- 첫 옥텟 비트 패턴을 통해 주소 클래스 파악

- 클래스 A:0, 클래스 B:10, 클래스 C: 110, 클래스 D:1111

0				8											16											24											32
0	네트워크 ID 2~8bit				호스트 ID 24 bit																																
1	0	네트워크 ID 3~16bit												호스트 ID 16bit																							
1	1	0	네트워크 ID 4~24bit																		호스트 ID 8bit																
1	1	1	0	멀티캐스터 그룹 주소 28bit																																	
1	1	1	1	실험 주소 ID 5~32bit																																	

IPv4 주소지정 방법

- 클래스 단위(전통적)주소지정

- 방법

- IP주소 주요 클래스 A, B, C의 네트워크와 호스트 용량 파악
 - 네트워크 ID에서는 클래스를 나타내는 비트 수(1,2,3)을 제외하고 파악
- 네트워크 ID를 제외한 비트는 호스트 용량

IP 주소 클래스	클래스를 식별하는 데 쓰이는 네트워크 ID 비트 수	사용 가능한 네트워크 ID 비트	사용 가능한 네트워크 ID 수	네트워크 ID별 호스트 ID 수
클래스 A	1	$8-1=7$	$2^7-2=126$	$2^{24}-2=16,777,214$
클래스 B	2	$16-2=14$	$2^{14}=16,384$	$2^{16}-2=65,534$
클래스 C	3	$24-3=21$	$2^{21}=2,097,152$	$2^8-2=254$

- 클래스 A에서 네트워크 ID(0과127)가 예약되어 두 개 빼줌

IPv4 주소지정 방법

- 클래스 단위(전통적)주소지정

- 방법

- 특수 의미를 갖는 IP주소 파악
 - 일부 IP주소는 특정 의미를 뜻함

네트워크 ID	호스트 ID	특수 의미와 설명
네트워크 ID	호스트 ID	보통의미로 특정 장비를 가리킴
네트워크 ID	모두 0	지정된 네트워크를 의미
모두 0	호스트 ID	이 네트워크에 지정된 호스트를 의미
모두 0	모두 0	자신을 가리킴 DHCP프로토콜에서 자주 사용
네트워크 ID	모두 1	지정된 네트워크의 모든 호스트(브로드캐스팅 하는데 쓰임)
모두 1	모두 1	네트워크의 모든 호스트 (전역 브로드캐스트)

IPv4 주소지정 방법

- 클래스 단위(전통적)주소지정
- 기타 IP주소 의미 및 사용
 - 예약주소
 - 일부 주소 블록은 특정한 용도가 정해져 있지 않고 향후에 있을 테스트나 인터넷을 관리하기 위한 용도로 예약되어 있음
 - 사설, 비등록 라우팅 불가 주소
 - 중앙 기관이 할당하지 않고 사설에서 원하는 주소를 사용
 - 사설IP주소가 공중IP와 연결되는 문제를 일으키면서 RFC1918을 통해 사설 주소에만 사용할 수 있는 라우팅이 불가능한 특수 주소 집합을 정의
 - 루프백 주소
 - 127.0.0.0~127.255.255.255
 - TCP/IP프로토콜 구현을 위한 테스트 하는데 사용되는 주소
 - 루프백 주소로 보낸 IP 데이터그램은 데이터링크 계층으로 전달되지 않고 출발지 장비 IP계층으로 되돌아 옴

IPv4 주소지정 방법

- 클래스 단위(전통적)주소지정

- IP 멀티캐스트 주소지정

- IP는 하나의 출발지 장비에서 여러 장비로 구성된 그룹으로 데이터를 전송하는 멀티캐스팅을 지원
- 클래스 D로 할당되어 처음 4비트가 1110로 되어있어 첫 번째 옥텟이 224~239까지 값을 가짐
 - 전체 범위는 224.0.0.0~239.255.255.255
- 처음4bit를 제외한 28bit가 멀티캐스트 그룹 주소로 정의
- 클래스 ID는 네트워크 ID와 호스트 ID 개념이 존재하지 않음
- IP 멀티캐스트 주소 범위와 용도

범위 시작 주소	범위 끝 주소	설명
224.0.0.0	224.0.0.255	유명한 특수 멀티캐스트 주소로 예약됨
224.0.1.0	238.255.255.255	전역 범위(인터넷 전체) 멀티캐스트 주소
239.0.0.0	239.255.255.255	관리용(로컬) 멀티캐스트 주소

IPv4 주소지정 방법

- 클래스 단위(전통적)주소지정 단점
 - 내부 주소 유연성 부족
 - 대형 기관은 커다란 단일 주소 블록을 할당 받는데 그것은 내부 네트워크의 구조를 적절히 반영할 수 없음
 - 주소 공간의 비효율적 사용
 - 오직 세 가지 블록 크기(클래스 A, B, C)밖에 없기 때문에 한정된 IP주소 공간을 낭비
 - 라우터 테이블 항목이 너무 커짐
 - 주소공간의 비효율성으로 단일 클래스를 여러 개 할당 받을 경우 라우터 테이블 크기가 엄청 커짐
 - 테이블의 크기가 커질수록 라우팅이 오래 걸림

IPv4 주소지정 방법

- IP 서브넷 주소지정

- 개요

- 클래스 단위 주소지정이 대형기관에서 유연성이 떨어지고 주소낭비가 심해 이것을 개선하기 위해서 서브넷 주소지정을 만듦
- 1985년 RFC 950에 서브넷 주소지정 또는 서브네팅 이라고 불리는 새로운 주소지정 절차를 정의
- 기존 클래스 단위지정 해석방법 2단계에 1단계를 추가
 - 네트워크 ID, 서브넷 ID, 호스트ID
 - 기존 클래스를 사용함(A, B,C)
- 서브네팅(Subnetting)
 - 네트워크를 다시 여러 개의 작은 네트워크(서브넷)로 나누는 기법

IPv4 주소지정 방법

- IP 서브넷 주소지정

- 방법

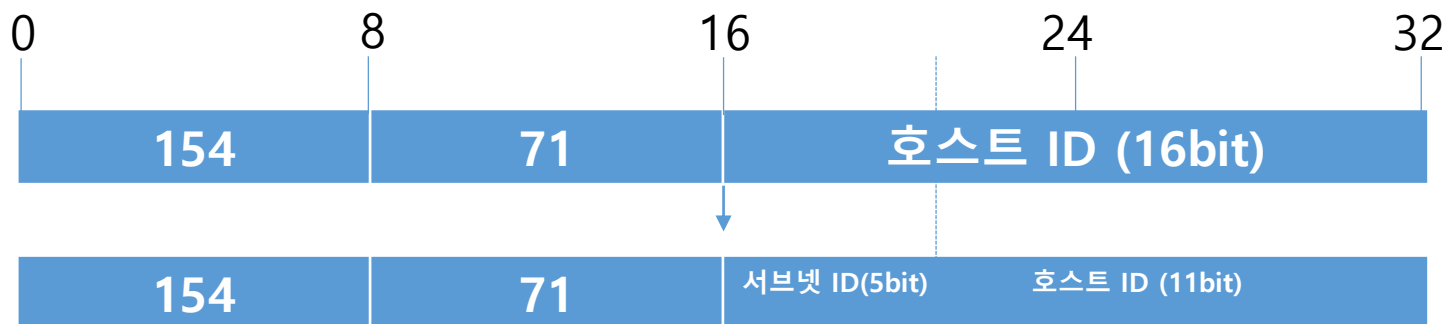
- 3단계 계층적 IP 서브넷 주소지정

- 기존 네트워크 ID는 그대로 있음

- E.g.,전화번호(041)111-2222에서 지역번호

- 호스트 ID가 서브넷 ID와 호스트 ID로 분리

- E.g.,전화번호(041)111-2222에서 111교환번호와 2222로컬 확장번호



클래스B 네트워크 서브네팅 예시

IPv4 주소지정 방법

• IP 서브넷 주소지정

• 방법

• IP서브넷 마스크, 표기법, 서브넷 계산

• 서브넷 마스크

- 32bit 2진수/ 각 각의 IP주소 bit와 대응
- 네트워크 ID와 서브넷 ID에 속하는 비트를 1로 표시
- 호스트 ID에 속하는 비트는 0으로 표시
- 서브넷 마스크는 부점 10진 표기법으로 표시

0	8	16	24	32
154	74	서브넷 ID (5bit)		호스트 ID (11bit)
11111111	11111111	11111	000	00000000
255	255	248	0	

서브네팅된 클래스 B 네트워크
154.71.0.0

네트워크 ID 비트와 서브넷 ID
비트에 1을, 호스트 ID 비트에 0을
삽입

2진 서브넷 마스크를 부점 10진
표기법으로 변환
(255.255.248.0)

IPv4 주소지정 방법

- IP 서브넷 주소지정

- 방법

- 서브넷 마스크 계산

- 서브네팅된 IP주소와 서브넷 마스크를 불 AND연산 적용
 - 불 AND 연산 결과로 네트워크 ID와 서브넷 ID는 그대로 나오고 호스트 ID는 0으로 지워짐
 - 결과로 서브넷 ID를 파악

구성요소	옥텟1	옥텟2	옥텟3	옥텟4
IP주소	1001 1010(154)	0100 0111(71)	1001 0110(150)	0010 1010(42)
서브넷 마스크	1111 1111(255)	1111 1111(255)	1111 1000(248)	0000 0000(0)
AND 마스크링 결과	1001 1010(154)	0100 0111(71)	1001 0000(144)	0000 0000(0)

- 클래스 B 서브넷 마스크를 통해 IP주소의 서브넷 ID파악 예

IPv4 주소지정 방법

- IP 서브넷 주소지정

- IP 커스텀 서브넷

- 서브넷 ID와 호스트 ID를 구분하는 지점을 네트워크에 맞게 선택할 수 있기 때문에 커스텀 서브넷 이라고 부름
 - 커스텀 서브넷을 만들 때 사용한 마스크를 커스텀 서브넷 마스크라고 함
- 호스트 ID에서 서브넷 ID로 1비트를 할당할 때마다 네트워크에서 사용 가능한 서브넷의 수는 2배로 늘어남
- 호스트 ID에서 서브넷 ID로 1비트를 할당할 때마다 네트워크의 각 서브넷에서 사용 가능한 호스트의 수는 (대략적으로) $1/2$ 로 줄어듦

IPv4 주소지정 방법

- IP 서브넷 주소지정
 - IP서브넷 식별자, 서브넷 주소, 호스트 주소
 - 서브넷 식별자
 - 서브넷을 식별하며 서브넷 ID를 말함
 - 서브넷 주소
 - 네트워크ID는 그대로 두고 서브넷 N을 이진수로 치환하고 호스트 ID를 0으로 채움
 - 호스트 주소
 - 서브넷 주소에 나머지 호스트 ID 비트 값을 하나씩 채움
 - 모두 0으로 설정된 호스트 ID는 사용하지 않기 때문에 처음에는 맨 오른쪽에 0이 아닌 1을 채움

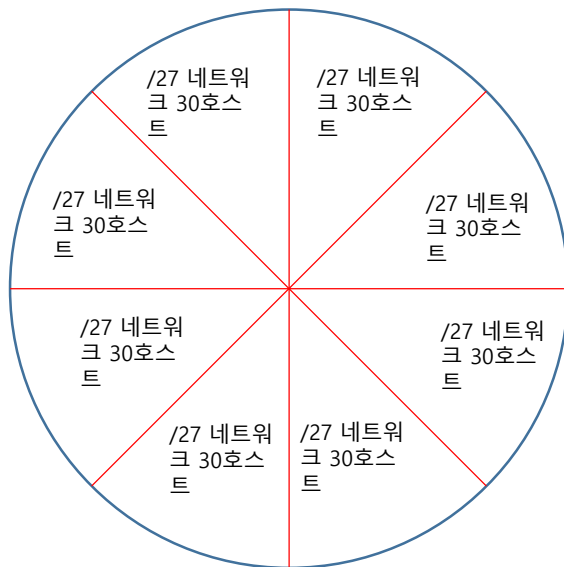
IPv4 주소지정 방법

- IP 서브넷 주소지정

- IP가변 길이 서브넷 (VLSM, Variable Length Subnet Mask)

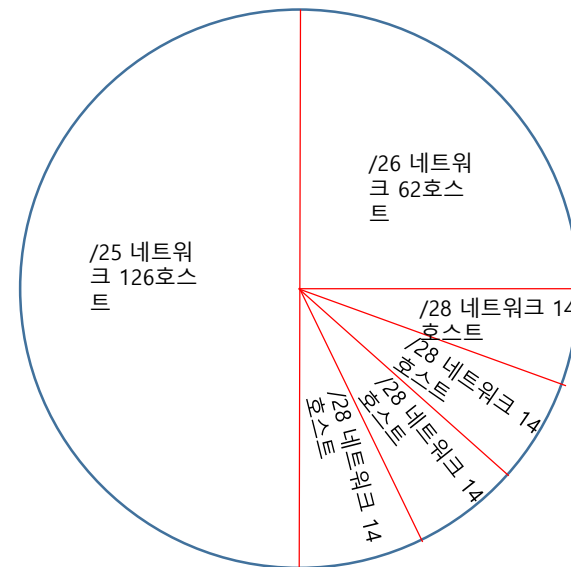
- 개요

- 전통적인 서브넷에서는 서브넷 내에서 대형 서브넷에는 불충분 함
 - 서브넷 내에서는 동일한 호스트개수가 나오기 때문에 유동적이지 못함
- 기존 서브넷의 문제점을 보완하기 위해서 나온 주소지정 방식



클래스(/24)네트워크를 8개의 전통적 서브넷으로 분리

비교

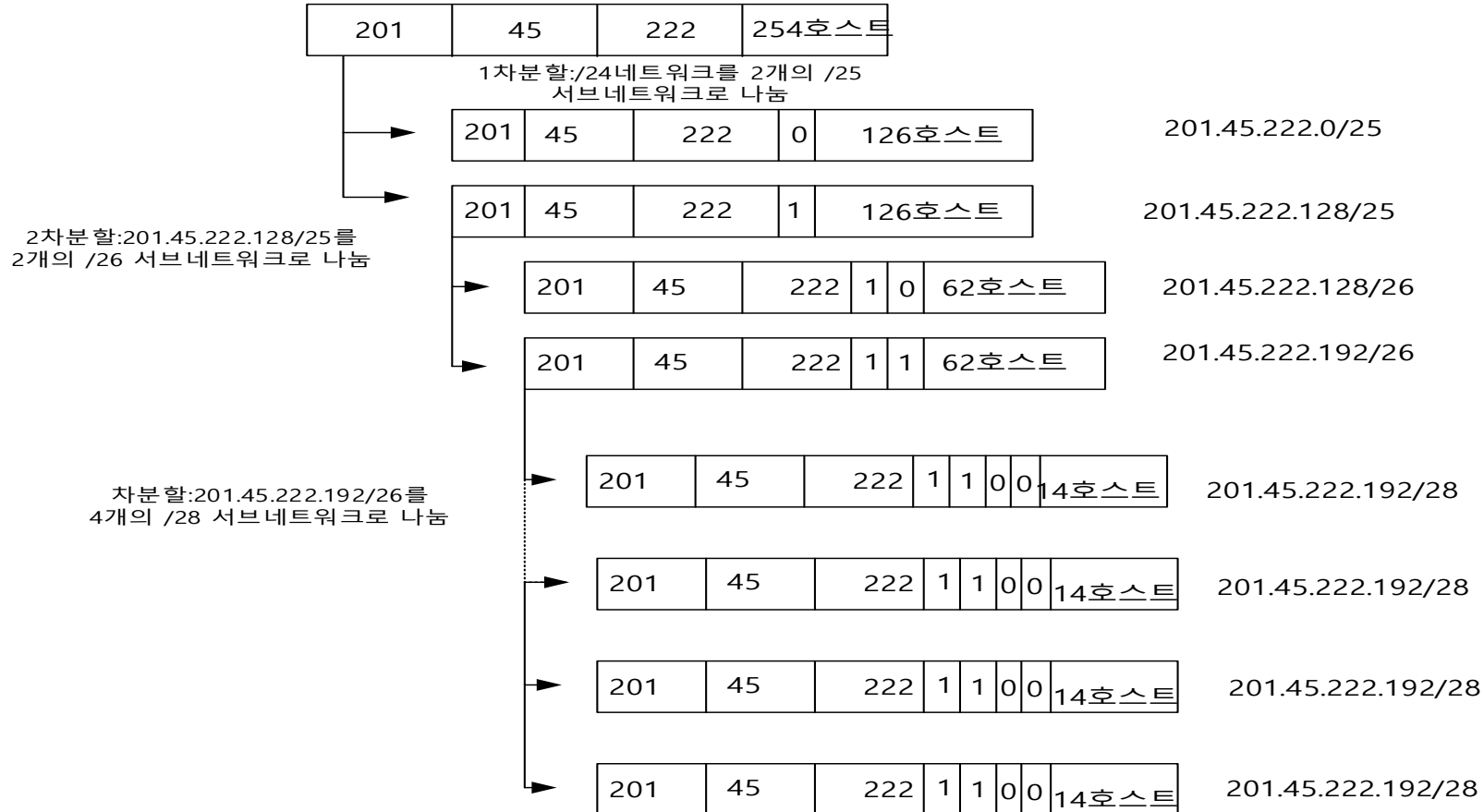


VLSM을 이용하여 클래스 C(/24)네트워크를 분리

IPv4 주소지정 방법

- IP 서브넷 주소지정
- VLSM 다중 단계 서브네팅

클래스 C 네트워크
201.45.222.0/24



IPv4 주소지정 방법

- IP 서브넷 주소지정
 - VLSM 다중 단계 서브네팅
 - 호스트 ID 1개 비트를 서브넷 ID로 사용하여 첫 번째 서브네팅을 수행
 - 2개의 서브넷이 생성
 - 2개의 서브넷 중 2 번째 서브넷을 호스트 ID 1개 비트를 가져와서 2 번째 서브네팅을 수행
 - 2개의 서브넷이 생성
 - 4개의 서브넷 중 4번째 서브넷을 호스트 ID 2개 비트를 가져와 3번째 서브네팅을 수행
 - 4개의 서브넷이 생성
 - 총 8개의 서브넷이 생성 됨

IPv4 주소지정 방법

- IP 서브네팅(실제 서브넷 설계 및 주소결정)
 - 단계
 - 1단계-요구분석
 - 네트워크의 요구사항을 이해 및 파악
 - 클래스 파악
 - 필요한 서브넷 수와 각 서브넷별 호스트 수 파악
 - 2단계-네트워크 주소 호스트 비트 분할
 - 원본 호스트 ID중 몇 비트를 서브넷 ID로 사용할지를 결정
 - 균형관계
 - 네트워크에서 사용 가능한 서브넷의 수는 2의 서브넷 ID 비트 수 승
 - 서브넷별 사용 가능한 호스트의 수는 2의 호스트 ID 비트 수 승 에서 2를 뺀 값

IPv4 주소지정 방법

- IP 서브네팅

- 단계

- 3단계-커스텀 서브넷 마스크 결정

- 기본 서브넷 마스크 결정(클래스 B, 서브넷ID비트: 5)

- 11111111 11111111 00000000 00000000

- 서브넷 ID비트에 해당하는 수만큼 왼쪽부터 1로 바꿈

- 11111111 11111111 11111000 00000000

- 부점 10진 표기로 변환

- 255.255.248.0

- 서브넷 마스크 슬래시(/)표기로 표현

- 255.255.248.0/21

IPv4 주소지정 방법

- IP 서브네팅

- 단계

- 4단계-서브넷 식별자와 서브넷 주소결정
 - 서브넷 공식을 이용하여 주소 결정
 - 서브넷 ID로 5비트를 사용하는 B클래스 네트워크의 경우
 - $x.y.N*8.0$
 - 서브넷 11의 주소는 $154.71.11*8.0=154.71.88.0$
- 5단계-각 서브넷 별로 호스트 주소 결정

IPv4 주소지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소지정-클래스 비사용 도메인간 라우팅/슈퍼네팅(CIDR, Classless Inter-Domain Routing)
 - 클래스 단위 주소지정의 주요 문제점
 - 서브네팅 체계는 클래스 단위 주소지정방법을 기반한 주소 블록을 할당받기 때문에 클래스 단위 주소지정의 근본적인 문제점을 그대로 지니고 있음
 - 클래스 B는 65,534개의 주소를 포함하지만 클래스 C블록은 254개의 주소만을 포함
 - 중규모 기관은 클래스 B를 선호
 - 상대적으로 클래스 C는 사용율이 낮음
 - 1개의 클래스B 네트워크를 10개의 클래스C 네트워크로 대체하면 라우터는 10배의 항목을 관리해야 함

IPv4 주소지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소지정(CIDR)

- 개요

- 서브넷 문제와 효율적인 주소지정방법의 해결책으로 클래스 비사용 주소지정방법이 나옴
- 128bit 주소지정 체계를 사용하는 IPv6가 널리 적용되기 전까지 효율적인 주소지정 방법이 필요
- 1993년에 RFC 1517,1518,1519,1520을 통해 공식화 됨

IPv4 주소지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소지정(CIDR)
 - 특징
 - 서브네팅 개념을 전체 인터넷으로 확장
 - 서브넷 ID는 존재하지 않음
 - 가변 길이 서브마스킹(VLSM)을 인터넷에 적용
 - 기관의 요구에 맞게 서로 다른 크기의 주소 블록을 유연하게 할당할 수 있음
 - 주소지정과 라우팅을 모두 다룸
 - 라우팅 정보의 양을 줄이기 위해 라우터들이 경로를 그룹화
 - 슈퍼네틱(Supernetting)
 - 여러 개의 네트워크를 하나의 네트워크로 합치는 기법(서브네틱과 반대되는 개념)
 - CIDR = 서브네틱 + 슈퍼네틱

IPv4 주소지정 방법

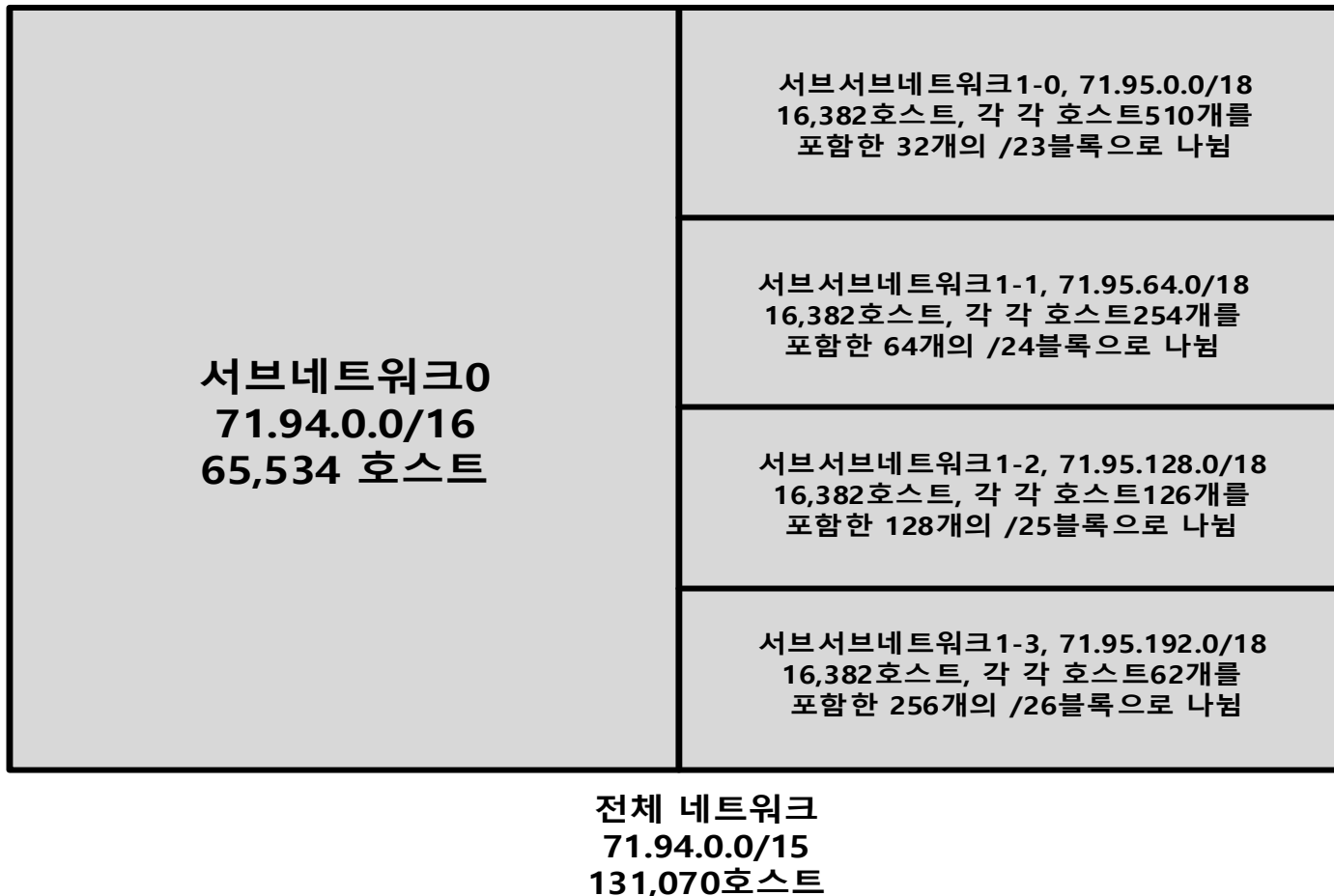
- IP 클래스 비사용 주소지정(CIDR)
 - 주소지정과 표기법
 - 클래스 개념이 없기 때문에 네트워크ID와 호스트ID를 구분하기가 어려움
 - 네트워크 ID와 호스트 ID를 구분하기 위해 서브넷 마스크를 사용
 - 슬래시 표기법을 사용(/N)
 - N:접두사의 길이

IPv4 주소지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소지정(CIDR)
 - 클래스 단위 주소지정과 클래스 비사용 주소지정의 공통점
 - 사설 주소 블록
 - 일부 주소 블록은 사설 네트워크 주소를 위해 예약돼 있음
 - 특수 의미를 갖는 주소
 - 일부 네트워크ID와 호스트ID 패턴에 할당된 특수 의미가 그래도 남아있음
 - 호스트 수를 계산할 때 2를 빼줌
 - 루프백 주소
 - 네트워크 127.0.0.0은 루프백 기능으로 예약돼 있음(CIDR 127.0.0.0/8)

IPv4 주소지정 방법

- IP 클래스 비사용 주소지정(CIDR)에
 - /15 CIDR주소블록을 계층적으로 나누는 예제



보충

- 서브네팡팅과 슈퍼네팡팅
 - 서브네팡팅(Subnetting)
 - 넡트웍를 다시 여러 개의 작은 넡트웍(서브넡)로 나누는 기법
 - 호스트 ID 비트를 사용
 - 슈퍼네팡팅(Supernetting)
 - 여러 개의 넡트웍를 하나의 넡트웍로 합치는 기법
 - 넡트웍 ID 비트를 사용
 - 여러 개의 넡트웍가 하나의 넡트웍로 합쳐지므로 라우팅 정보량이 줄어듦
 - CIDR은 서브네팡팅과 슈퍼네팡팅을 둘다 사용함

보충

• 슈퍼네틱 예

할당 받은 Network	Network Address	Host Address
100.1.48.0/24	01100100 . 00000001 . 00110000	00000000
100.1.49.0/24	01100100 . 00000001 . 00110001	00000000
100.1.50.0/24	01100100 . 00000001 . 00110010	00000000
100.1.51.0/24	01100100 . 00000001 . 00110011	00000000
100.1.52.0/24	01100100 . 00000001 . 00110100	00000000
100.1.53.0/24	01100100 . 00000001 . 00110101	00000000
100.1.54.0/24	01100100 . 00000001 . 00110110	00000000
100.1.55.0/24	01100100 . 00000001 . 00110111	00000000



공통된 Network Address bit 개수 = 21개(/21)

보충

• 슈퍼네팅 예

Network Address

01100100 . 00000001 . 00110000
01100100 . 00000001 . 00110000
01100100 . 00000001 . 00110000
01100100 . 00000001 . 00110000
01100100 . 00000001 . 00110000
01100100 . 00000001 . 00110000
01100100 . 00000001 . 00110000
01100100 . 00000001 . 00110000

OR

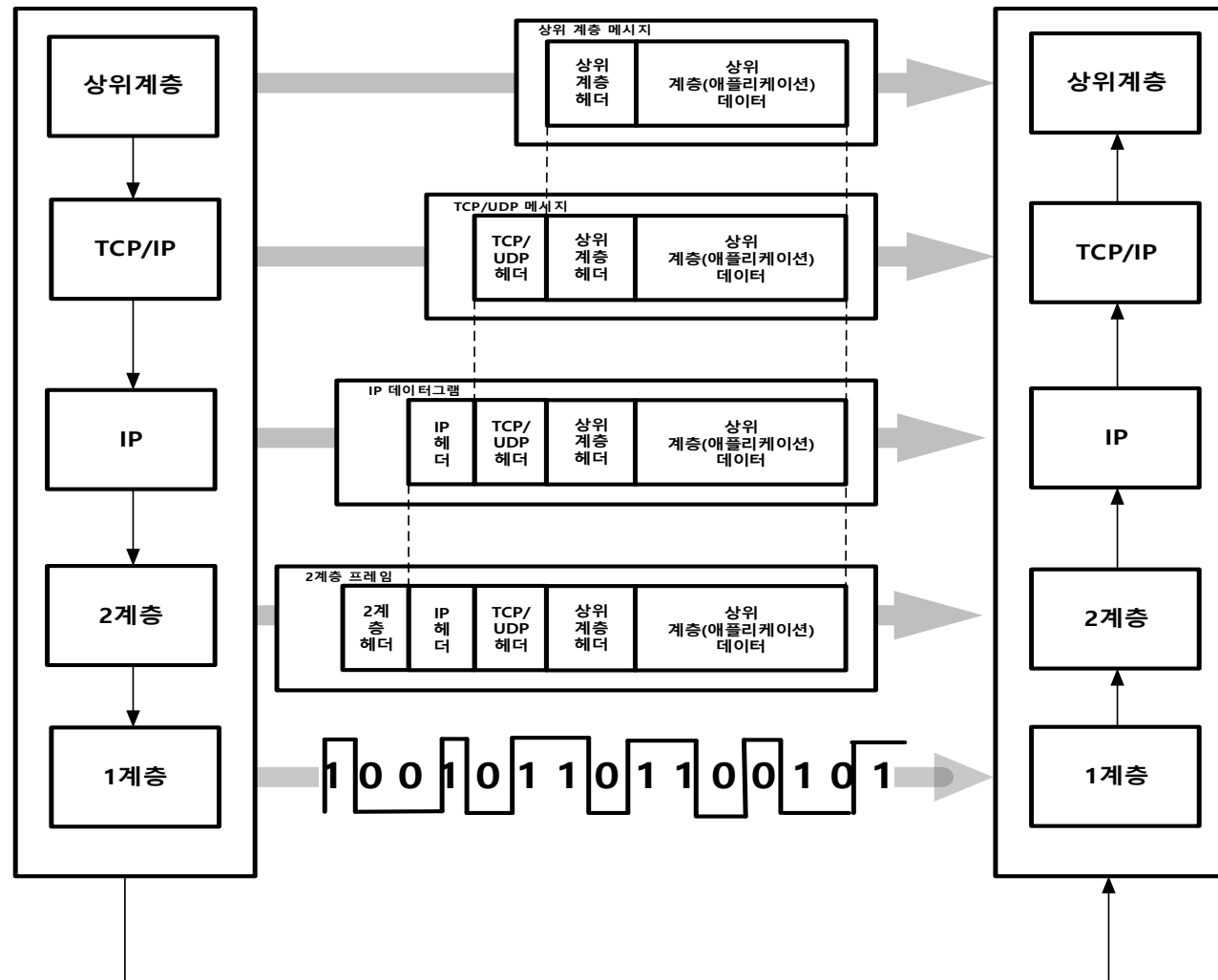
- 8개의 주소를 AND연산을 함
- AND연산 후에 공통된 비트들은 그대로 나오고 나머지 비트들은 모두 0이 됨

- 네트워크 bit 중에서 공통된 비트들만 묶어서 네트워크 ID로 만듦
- 나머지 3개의 bit는 0으로 채우고 호스트 ID로 묶음
- 통합된 주소는 100.1.48.0/21 이 됨

AND

IP 데이터그램 캡슐화와 포매팅

- IP 데이터그램 캡슐화



IP 데이터그램 캡슐화와 포매팅

- IP 데이터그램 일반 포맷

- 헤더(Header)와 페이로드(Payload)로 나뉨
 - 헤더: 주소, 제어 필드(최소 20바이트)
 - 페이로드: 전송할 데이터

필드 이름	크기(바이트)	설명
버전	1/2 (4비트)	IP 버전, IPv4에서 이 값은 4
IHL (IP Header Length)	1/2 (4비트)	IP 헤더 길이를 32비트 워드 단위로 지정
TOS (Type of Service)	1	서비스 품질 기능(예: IP 데이터그램에 우선 순위를 줘서 전송)을 제공하기 위한 정보를 전달하는 필드
TL (Total Length)	2	IP 데이터그램의 전체 길이를 바이트 단위로 지정
식별자	2	이 필드는 특정 메시지에 속한 각 단편과 연관된 16비트 값을 포함
플래그	3/8 (3비트)	3개의 제어 플래그/ 2개는 단편화를 관리하는데 쓰이고 1개는 예약된 비트
단편화 오프셋	1 5/8 (13비트)	단편화시 전체 메시지 안에서 이 데이터의 위치

IPv4 데이터 포맷 표

IP 데이터그램 캡슐화와 포매팅

• IP 데이터그램 일반 포맷

필드 이름	크기(바이트)	설명
TTL (Time to Live)	1	이 필드는 데이터그램이 네트워크에서 얼마나 오래 살아남을 수 있는지를 라우터 홉 수로 나타냄
프로토콜	1	데이터그램에서 운반하는 상위 계층 프로토콜을 식별, ICMP=1 IGMP=2 TCP=7 UDP=17
헤더 체크섬	2	전송 중 오류를 방지하기 위해 헤더에 대한 체크섬을 계산
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 헤더 뒤에 올 수 있는 하나 이상의 옵션 유형
패딩	가변적	하나 이상의 옵션이 IP 헤더에 포함됐는데 그 옵션 비트 수가 32의 배수가 아닐 경우에는 헤더 길이를 32비트(4바이트)의 배수로 맞추기 위해 0비트 패딩이 추가됨
데이터	가변적	데이터그램에서 전송할 데이터로 전체 상위 계층 메시지가거나 아니면 단편화된 메시지의 일부

IPv4 데이터포맷 표

IP 데이터그램 캡슐화와 포매팅

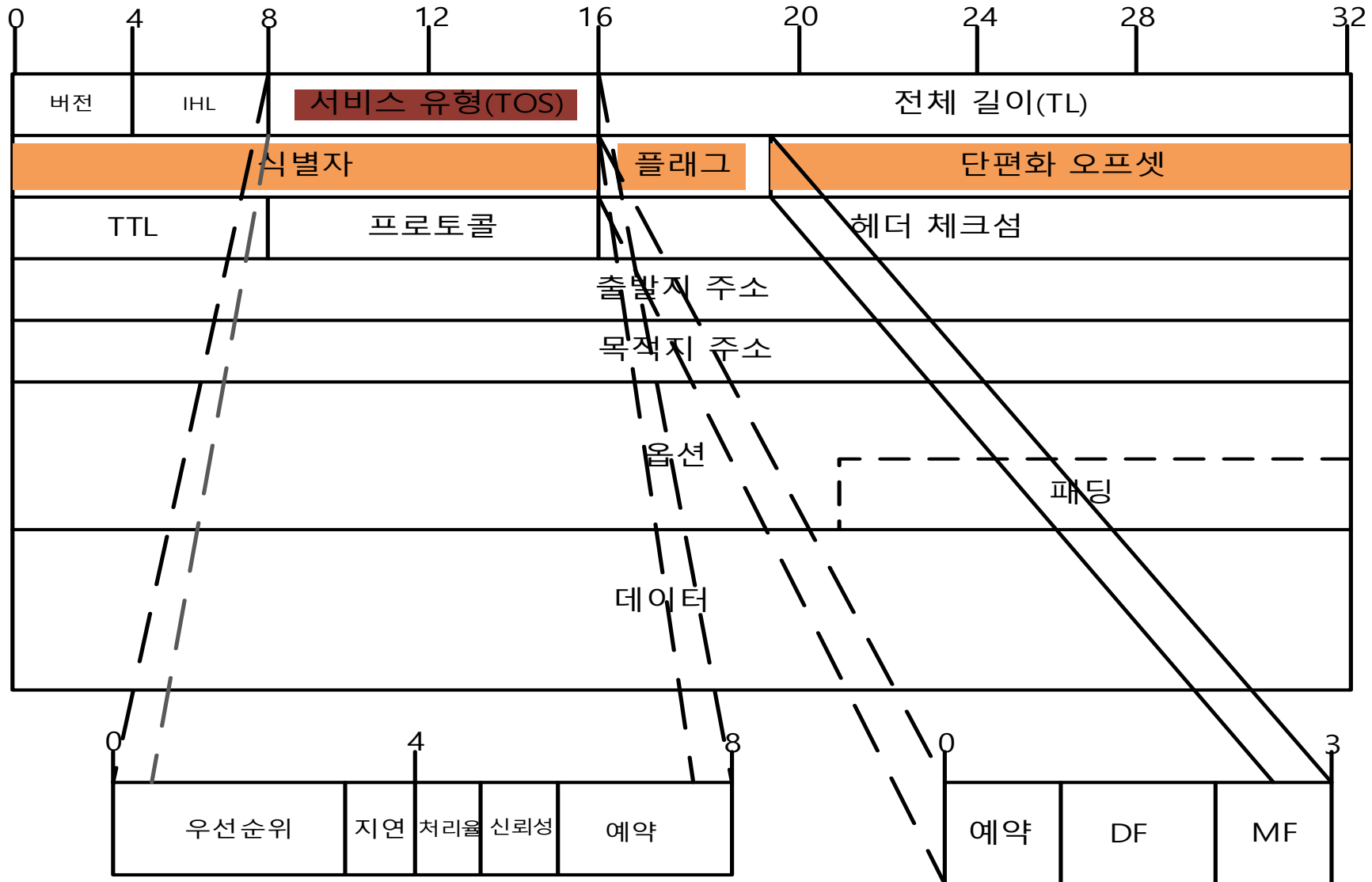
• IP 데이터그램 일반 포맷

하위 필드 이름	크기(바이트)	설명
예약	1/8(1비트)	쓰이지 않음
DF(Don't Fragment)	1/8(1비트)	1이면 데이터그램을 단편화 하지 말라는 의미/링크의 최대전송 단위(MTU)검사
MF	1/8(1비트)	0이면 메시지의 마지막 단편이라는 것을 의미 1이면 메시지의 단편화된 부분이 아직 남아있다는 것을 의미

IPv4 플래그 하위 필드

IP 데이터그램 캡슐화와 포매팅

• IPv4 데이터그램 포맷

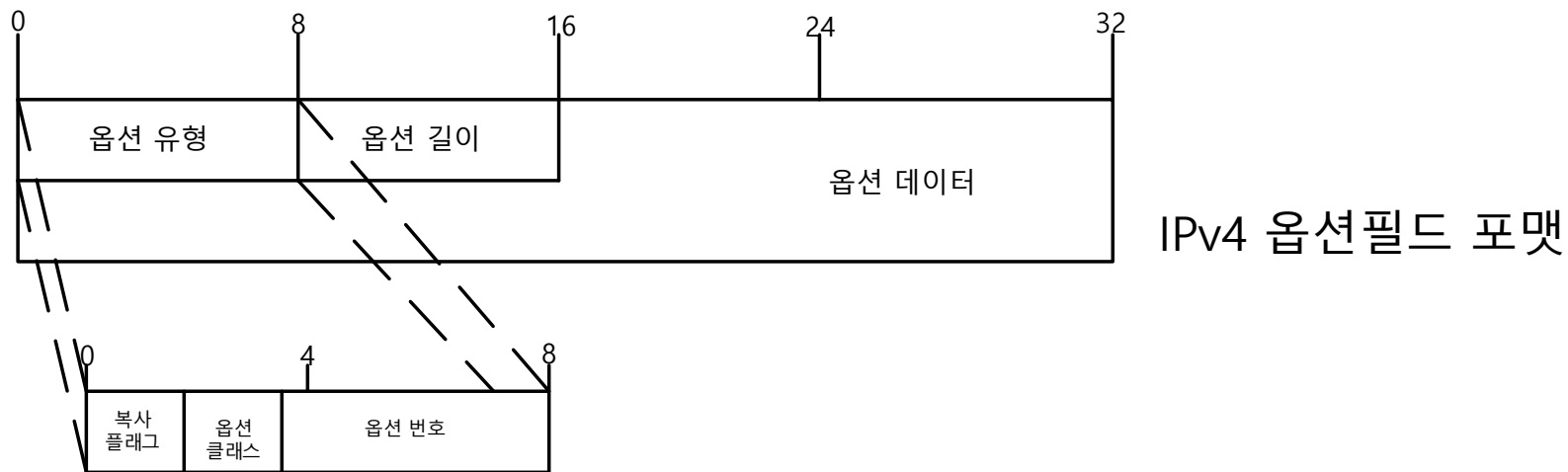


IP 데이터그램 캡슐화와 포매팅

- IP 데이터그램 TTL(Time to Live) 필드
 - 라우터 루프로 부터 보호하는 방법
 - 필드에 데이터그램의 최대 홉 수로 설정
 - 라우터가 데이터그램을 처리 할 때마다 이 값을 감소
 - 필드값이 0이 되면 최초 송신자에게 ICMP(Internet Control Message Protocol)시간초과(Time Exceeded)메시지가 전송 됨
- IP 데이터그램 서비스 유형(Type of Service) 필드
 - IP 데이터그램 전달을 위한 특정 서비스 품질(QoS, Quality of Service)기능을 제공하기 위해 고안된 1바이트 필드
 - 우선순위 및 선호하는 전달 방법까지 나타냄

IP 데이터그램 캡슐화와 포매팅

• IP 데이터그램 옵션과 옵션포맷



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 표현
옵션 데이터	0 또는 가변적	가변 길이 옵션의 경우, 옵션의 일부로 전달할 데이터를 포함

IPv4 옵션 포맷

IP 데이터그램 캡슐화와 포매팅

• IP 데이터그램 옵션과 옵션포맷

하위 필드 이름	크기(바이트)	설명
복사 플래그	1/8(1비트)	데이터그램이 단편화될 때 옵션을 모든 단편에 복사해야 할 경우 1로 설정, 반대는 0으로 설정
옵션 클래스	2/8(2비트)	옵션이 속한 일반 범주를 명시하는 4개 값 중 하나를 지정. 실제로 쓰이는 값은 0(제어 옵션)과 2(디버깅과 측정) 두 가지
옵션 번호	5/8(5비트)	옵션의 종류를 지정. 두 옵션 클래스 각각에 대하여 32개의 서로 다른 값을 지정할 수 있음

IPv4 옵션: 옵션 유형 하위 필드

• 소스 라우팅

- 최초 송신 장비가 데이터그램이 지나가야 할 네트워크 경로를 지정하는 방식
 - Strict 소스 라우팅
 - Loose 소스 라우팅

보충

- 옵션 필드

- IP 데이터그램의 헤더에 붙음
- 데이터그램에서 필수적으로 요구되는 것은 아님
- IP가 데이터그램을 더 유연하게 처리할 수 있도록 하기 위한 장치
- 옵션은 네트워크 테스트(0)과 디버깅(2)에 사용될 수 있음

보충

• 널리 쓰이는 IPv4 옵션

옵션 클래스	옵션 번호	길이(바이트)	옵션 이름	설명
0	0	1	옵션 목록 끝	옵션 목록의 끝을 표시
0	1	1	동작 없음	필요할 경우 특정 옵션을 32비트 경계에 정렬하기 위해 내부적으로 패딩을하는데 사용
0	2	11	보안	군대에서 IP 데이터그램의 보안 등급을 지정하는데 사용
0	3	가변적	Loose 소스 라우팅	IP 데이터그램 소스 라우팅에 쓰이는 두 옵션 중 하나
0	7	가변적	경로 기록	데이터그램의 경로를 헤더 자체에 기록하는 데 쓰임, 데이터그램을 처리하는 라우터의 IP 주소를 저장, 옵션의 길이는 최초 송신 장비에서 지정, 라우팅 도중에 길이가 모두 찰 경우 일부 경로만이 기록 됨
0	9	가변적	Strict 소스 라우팅	IP 데이터그램 소스 라우팅에 쓰이는 두 옵션 중 하나
2	4	가변적	시간	데이터그램이 라우터 사이를 이동하는데 걸린 시간을 기록, 최종 수신장비는 데이터그램이 라우터 사이를 이동하는데 걸린 시간을 확인할 수 있음, 길이는 최초 송신 장비에서 설정
2	18	12	Traceroute	Traceroute 유틸리티의 개선된 버전

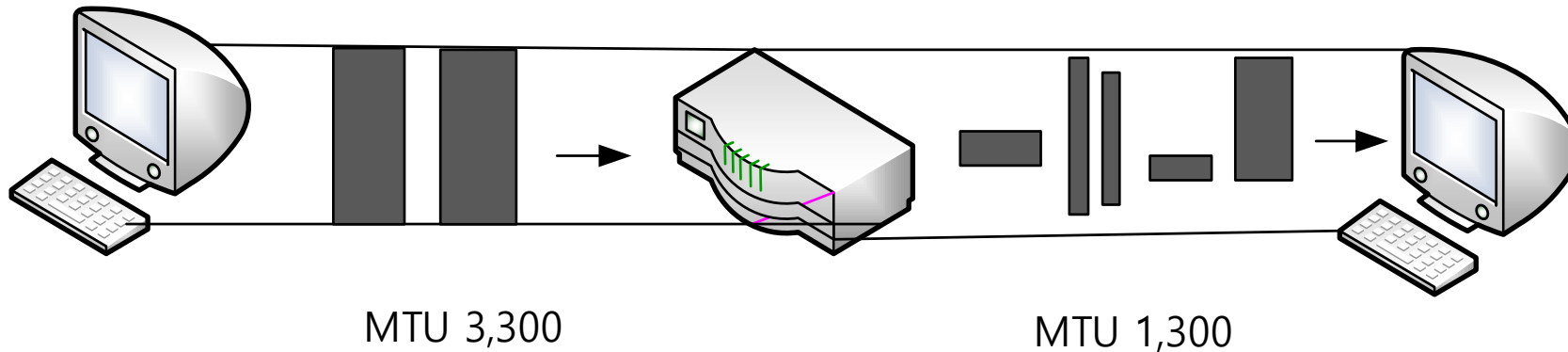
• Traceroute

- 자신의 컴퓨터가 인터넷을 통해 목적지에 찾아가면서 거치는 구간의 정보를 기록하는 유틸리티

IP 데이터그램 크기, 단편화, 재조합

• IP 데이터그램 단편화

- 물리 네트워크로 전달될 수 있는 최대 IP 데이터그램의 크기를 최대 전송 단위(MTU, Maximum Transmission Unit)라고 부름
- IP 데이터그램을 작은 MTU를 가진 네트워크로 전달되려면 작은 MTU에 맞게 단편화



IP 최대 전송 단위(MTU)와 단편화

IP 데이터그램 크기, 단편화, 재조합

- IP 데이터그램 단편화
 - MTU 경로 발견(Path Discovery)
 - 중간 단편화가 일어나지 않는 한 최대 MTU를 가지면 효율적으로 데이터그램을 보낼 수 있음
 - 목적지 접근 불가(Destination Unreachable)메시지를 이용하여 DF플래그를 1로 설정해 MTU를 확인하는 방식

IP 데이터그램 크기, 단편화, 재조합

- IP 데이터그램 단편화 문제점

- 순서와 위치 지정

- 송신은 순서대로 하지만 수신은 순서대로 수신되지 않음
- 재조합을 위해 순서번호를 포함

- 단편화 메시지 분리(질문)

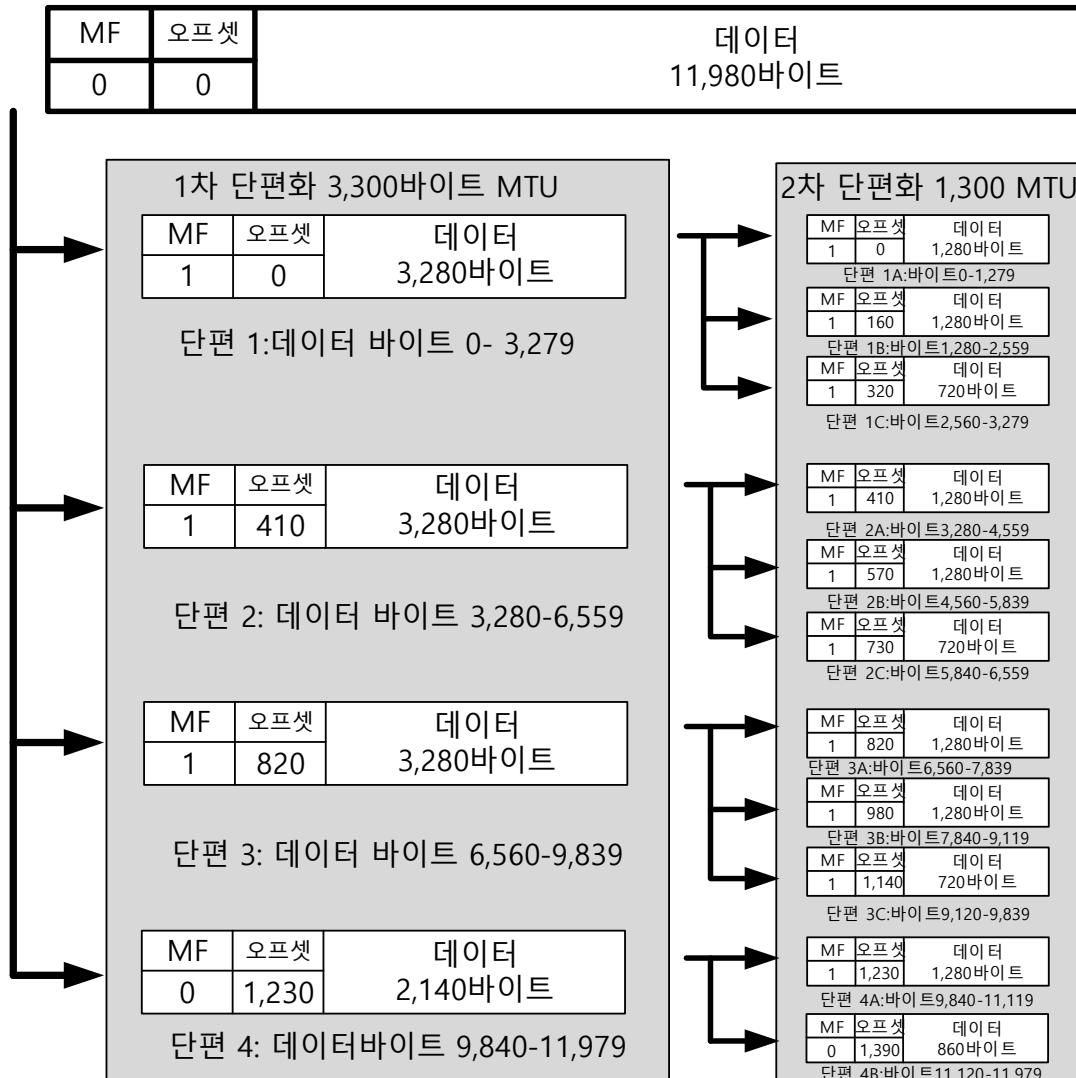
- 수신장비는 서로 결합돼야 할 여러 단편 모음을 받을 수 있음

- 재조합 종료

- 목적지 장비가 재조합을 시작하기 위해 또는 재조합을 포기하기 위해 언제 모든 단편을 다 받았는지 파악할 수 있어야 함

IP 데이터그램 크기, 단편화, 재조합

• IP 데이터그램 단편화 과정



• 특징

- 재조합 과정이후 기존 12,000바이트가 전달되는게 아니라 12,060바이트가 전달 됨(3개의 단편의 헤더 값이 더해짐)
- IP단편화는 원본 IP메시지를 단편의 데이터 필드에 모두 캡슐화하는 방법으로 동작하는 것이 아님

12,000바이트의 데이터그램을 3,300바이트 MTU 링크에 보낼 때 단편화 과정

IP 데이터그램 크기, 단편화, 재조합

- 단편화 관련 IP데이터그램 헤더 필드
 - 전체 길이(TL)
 - 단편화가 일어난 뒤, 원본 메시지의 전체 길이가 아닌 각 단편의 길이를 나타냄, 길이는 8의배수
 - 식별자(Identifier)
 - 각 조각이 동일한 데이터그램에 속하면 같은 일련번호를 공유함
 - MF(More Fragments)
 - 마지막 단편은 0, 나머지는 1로 설정
 - 단편화 오프셋(Fragmentation Offset)
 - 전체 메시지에서 각 단편이 어디에 위치해야 하는지를 알려줌, 단편의 순서 지정 문제를 해결, 8바이트 단위로 지정

IP 데이터그램 크기, 단편화, 재조합

- IP 메시지 재조합

- 재조합은 오직 최종 목적지에서만 이루어짐
 - 라우터가 재조합을 할 경우 라우팅이 효율이 떨어짐

- IP재조합 과정

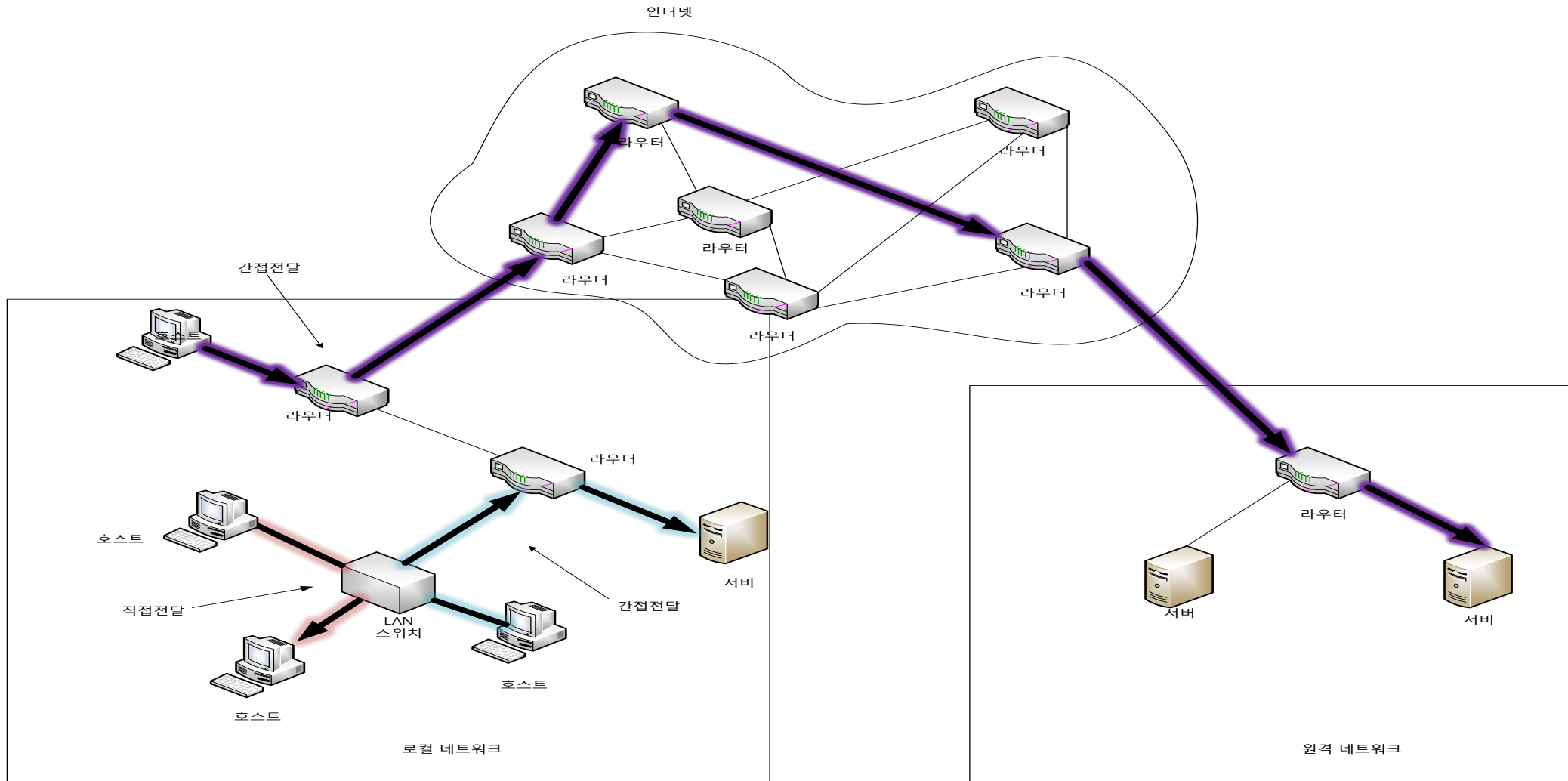
- 단편 인식과 단편화된 메시지 식별
 - MF가 1이고 단편화 오프셋이 0이 아닌 데이터그램을 보고 단편이란 것을 인식
- 버퍼 초기화
 - 단편을 받아 저장할 버퍼를 초기화
- 타이머 초기화
 - 재조합을 위한 타이머를 설정
- 단편 수신과 처리
 - 버퍼에 단편화 오프셋 값을 보고 그 단편을 삽입

IP 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 데이터그램 전달
 - 직접 데이터그램 전달
 - 데이터그램이 동일한 물리 네트워크의 두 장비간에 송수신 될 때는 출발지 장비에서 목적지 장비로 직접 전달 됨
 - 간접 데이터그램 전달(라우팅)
 - 두 장비가 동일한 물리 네트워크에 있지 않을 경우의 데이터그램 전달

IP 라우팅과 멀티캐스팅

• IP 데이터그램 전달



IP 라우팅과 멀티캐스팅

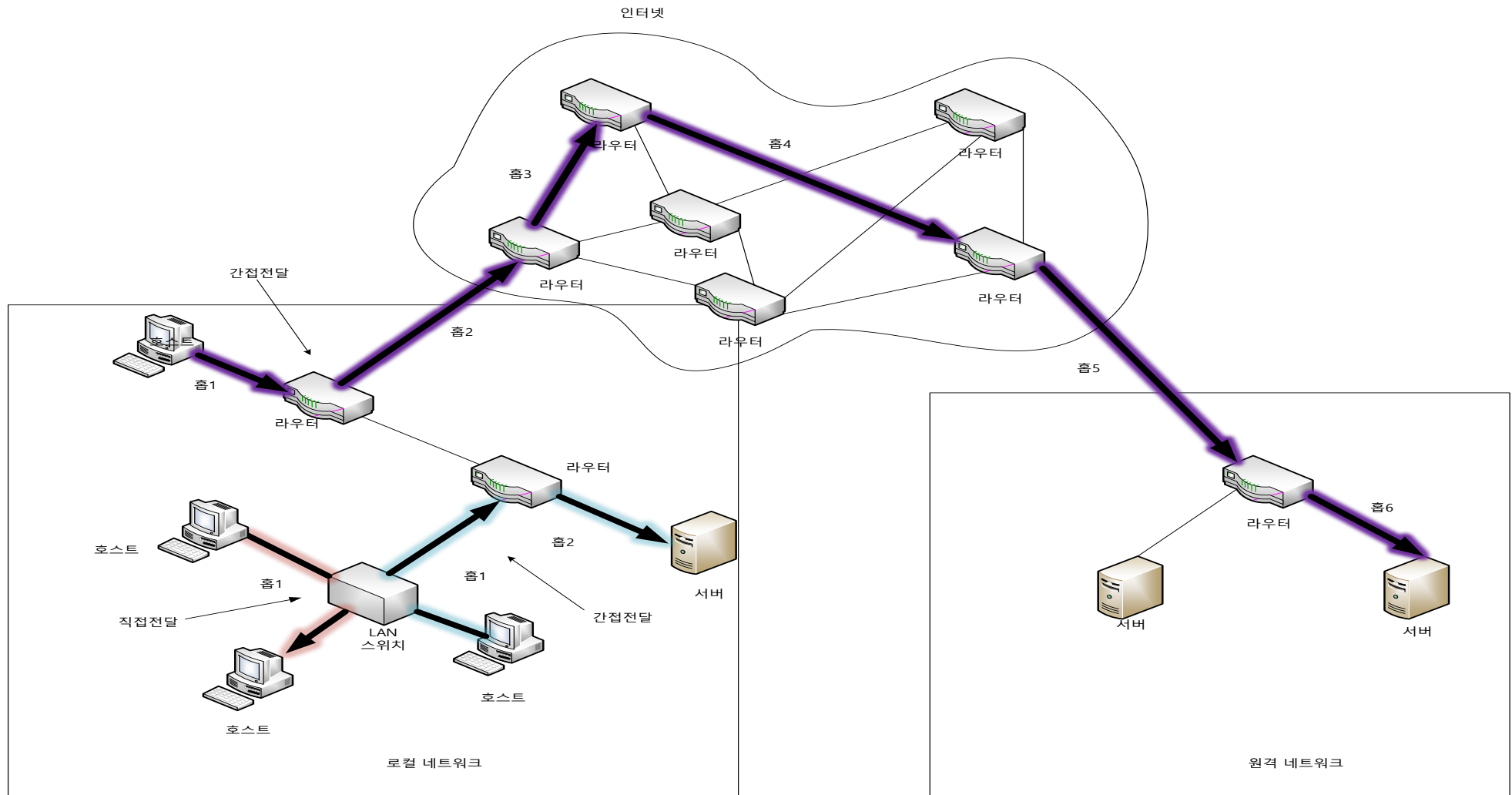
- 데이터그램 라우팅과 주소지정의 관계
 - 클래스 단위 주소지정
 - 클래스를 파악하여 네트워크 ID를 확인하여 라우팅을 결정
 - 서브넷 클래스 단위 주소지정
 - 서브넷 마스크를 사용하여 네트워크 ID, 서브넷 ID를 확인하여 라우팅을 결정
 - 클래스 비사용 주소지정
 - 서브넷 ID가 존재하지 않음
 - 슬래시 숫자를 이용하여 네트워크 ID를 확인하여 라우팅을 결정

IP 라우팅과 멀티캐스팅

- 라우팅(Routing)
 - 라우팅은 간접전달에서 목적지로 가는 여러 경로 중에 한가지 경로를 설정해주는 과정을 말함
 - 라우팅은 한 단계씩, 한 번에 한 홉씩 수행 됨
- 다음 홉(Next-hop Routing)
 - 한 라우터에서 다음 라우터로 전달과정을 말함
- 홉 수(Hop Count)
 - 라우터의 수
- 라우팅 테이블(Routing Table)
 - 서로 다른 네트워크 ID와 자신이 연결된 라우터 간의 매핑 정보모음

IP 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 데이터그램 다음 홉 라우팅

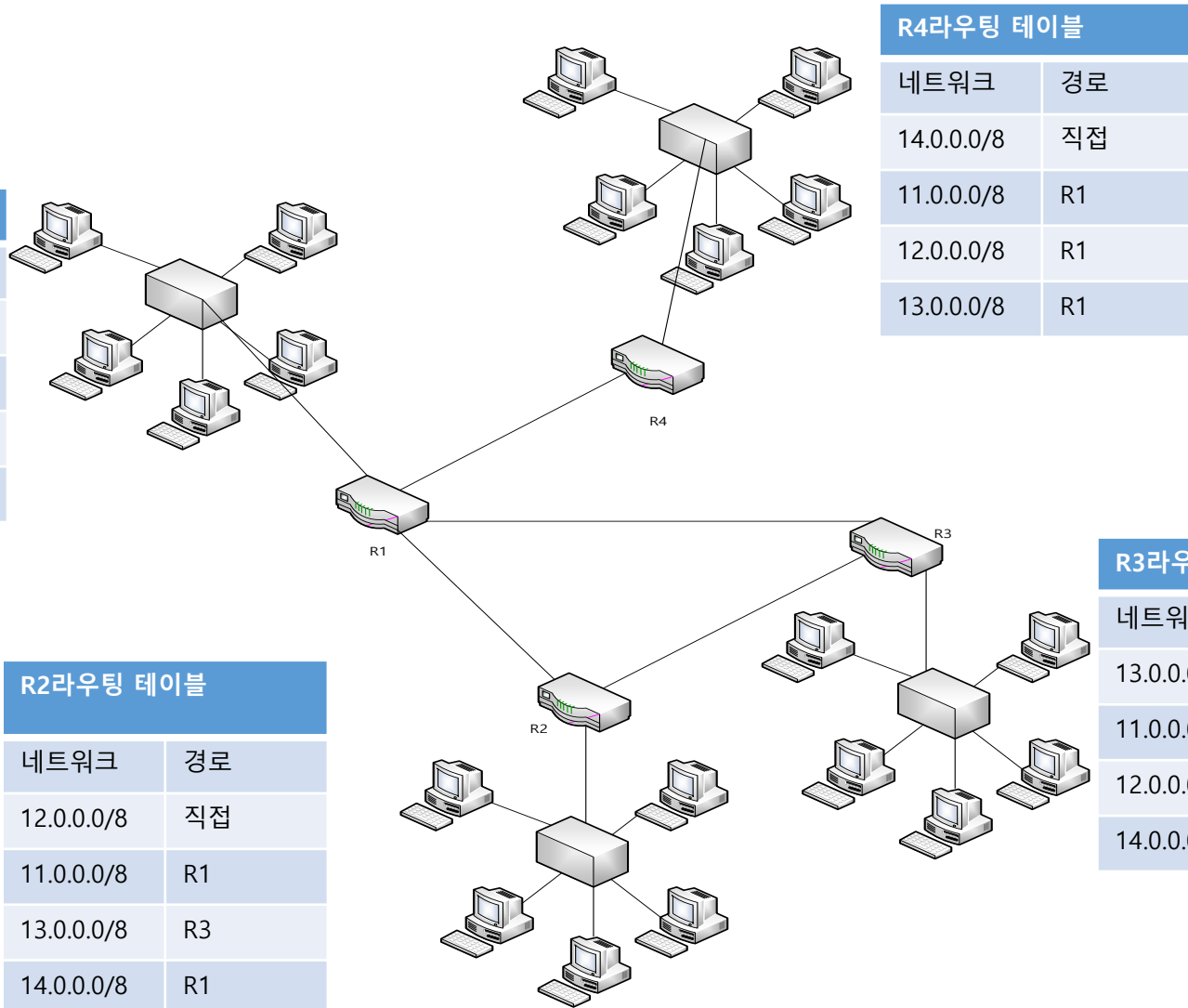


IP 라우팅과 멀티캐스팅

• IP 경로와 라우팅 테이블

R1라우팅 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



IP 라우팅과 멀티캐스팅

- 서브넷 또는 CIDR 환경에서의 IP 라우팅
 - 서브넷 환경
 - 서브네팅은 기관 내부에서 분할 된 것이므로 대량의 트래픽을 처리하는 주요 라우터는 서브네팅을 검사하지 않음
 - 기관내부 라우터가 서브네팅을 신경쓰지(서브네팅마스크 사용)
 - CIDR 환경
 - 소형 네트워크는 인터넷의 다른 모든 라우터에게 자신을 나타낼 하나의 상위 계층 네트워크로 표현될 수 있음
 - 경로 병합(Route Aggregation)으로 라우팅 테이블 크기를 줄일 수 있음

IP 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 멀티캐스팅

- IP인터넷워크의 한 장비가 여러 명의 특정한 그룹의 수신 장비에게 데이터그램을 전송하는 것

- IP멀티캐스팅 주요기능

- 멀티캐스트 주소지정

- 하나의 장비가 아니라 자신에게 수신될 데이터그램을 기다리는 여러 장비의 멀티캐스트 그룹을 식별(클래스 D)

- 멀티캐스트 그룹 관리

- 동적으로 그룹에 참여, 탈퇴할 수 있고, 그룹 정보는 IP인터넷워크로 전파되어야 함

- IGMP(Internet Group Managemnet Protocol)

- 인터넷의 장비와 라우터들이 서로 그룹과 그 그룹 가입 정보를 교환할 수 있도록 하는 메시지 포맷

IP 라우팅과 멀티캐스팅

- IP멀티캐스팅 주요기능

- 멀티캐스트 데이터그램처리와 라우팅

- 데이터그램의 여러 사본을 만들어야 함

- 라우터는 언제 사본을 만들어야 하는지 파악

- 데이터그램을 포워딩할 특수 알고리즘을 사용

- DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol)

- 거리 벡터 라우팅 프로토콜의 확장본

- MOSPF(Multicast Extensions to OSPF)

- 최단 경로 우선 프로토콜(OSPF,Open Shortest Path first)의 확장

- 라우터는 최초 송신 장비가 그룹 구성원이 아니라 해도 멀티캐스트 그룹으로 송신된 데이터그램을 처리할 수 있어야 함

감사합니다!