

TCP/IP 완벽 가이드

- II-3부 인터넷 프로토콜 버전 4(IPv4) -

정 재 형(jahhyeong@pel.sejong.ac.kr)

세종대학교 프로토콜공학연구실

목 차

- II-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- II-2부 TCP/IP 네트워크 인터페이스/인터넷 계층 연결 프로토콜
 - TCP/IP 주소 결정 프로토콜
 - TCP/IP 역순 주소 결정 프로토콜

목 차

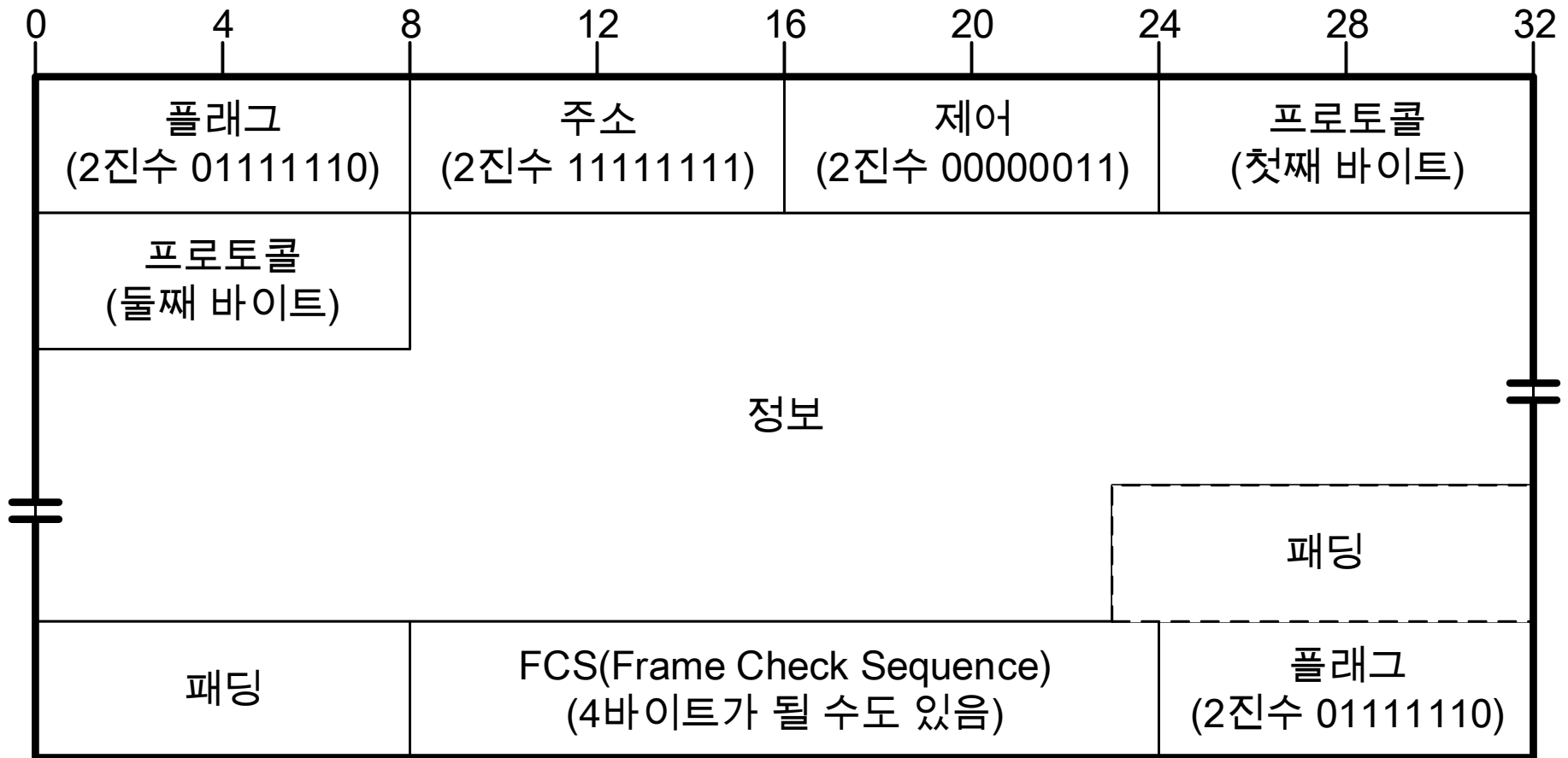
- II-3부 인터넷 프로토콜 버전 4(IPv4)
 - IP (Internet Protocol)
 - IPv4 주소지정
 - IPv4 데이터그램
 - IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

목 차

- II-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- II-2부 TCP/IP 네트워크 인터페이스/인터넷 계층 연결 프로토콜
 - TCP/IP 주소 결정 프로토콜
 - TCP/IP 역순 주소 결정 프로토콜

PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 프레임 포맷



PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 프레임 포맷
 - 프로토콜 필드

프로토콜 필드 범위(16진수)	설명
0000-3FFF	관련 NCP가 존재하는 캡슐화된 네트워크 계층 데이터그램을 포함하고 있음을 나타냄
4000-7FFF	관련 NCP가 존재하지 않는 프로토콜을 나타냄
8000-BFFF	0000-3FFF 범위에 있는 네트워크 계층 프로토콜 값에 대응하는 NCP 제어 프레임
C000-FFFF	LCP와 LCP 지원 프로토콜이 사용하는 제어 프레임

PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 프레임 포맷
 - 프로토콜 필드

프로토콜 유형	프로토콜 필드값	프로토콜
캡슐화된 네트워크 계층 데이터그램	0021	IPv4
	0023	OSI 네트워크 계층
	003D	PPP MP 단편화 조각
	003F	NetBIOS 프레임
	0053	ECP와 PPP 암호화 알고리즘을 통해 암호화된 데이터
	0055	PPP MP에서 암호화된 개별 링크 데이터
	0057	IPv6
	00FB	PPP MP에서 압축된 개별 링크 데이터
	00FD	CCP와 PPP 압축 알고리즘을 통해 압축된 데이터

PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 프레임 포맷
 - 프로토콜 필드

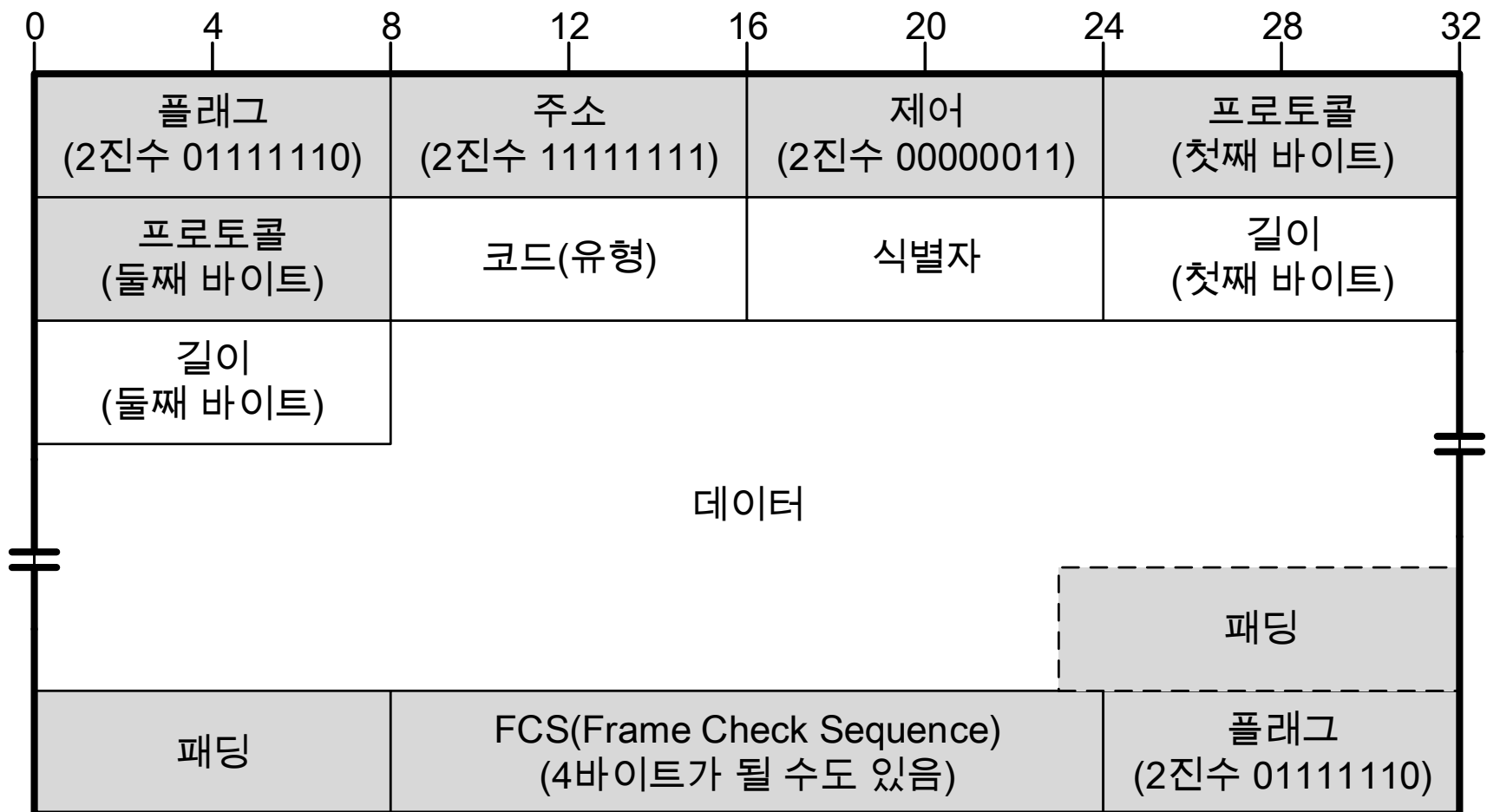
프로토콜 유형	프로토콜 필드값	프로토콜
NCP 제어 프레임	8021	PPP IPCP
	8023	PPP OSI 네트워크 계층 제어 프로토콜
	803F	PPP NetBIOS 프레임 제어 프로토콜
	8057	PPP IPv6 제어 프로토콜
LCP와 기타 제어 프레임	C021	PPP LCP
	C023	PPP PAP
	C025	PPP LQR
	C02B	PPP BACP
	C02D	PPP BAP
	C223	PPP CHAP
예약어	00FF	비효율적인 압축

PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 프레임 포맷
- PPP 필드 압축
 - 주소와 제어 필드 압축(ACFC, Address and Control Field Compression)
 - 프로토콜 필드 압축(PFC, Protocol Field Compression)

PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷
- PPP 제어 메시지 포맷



PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷
 - PPP 제어 메시지 포맷

코드값	제어 메시지	LCP	NCP	CCP와 ECP
1	설정요청	V	V	V
2	설정승인	V	V	V
3	설정비승인	V	V	V
4	설정거부	V	V	V
5	종료요청	V	V	V
6	종료승인	V	V	V
7	코드거부	V	V	V
8	프로토콜거부	V		

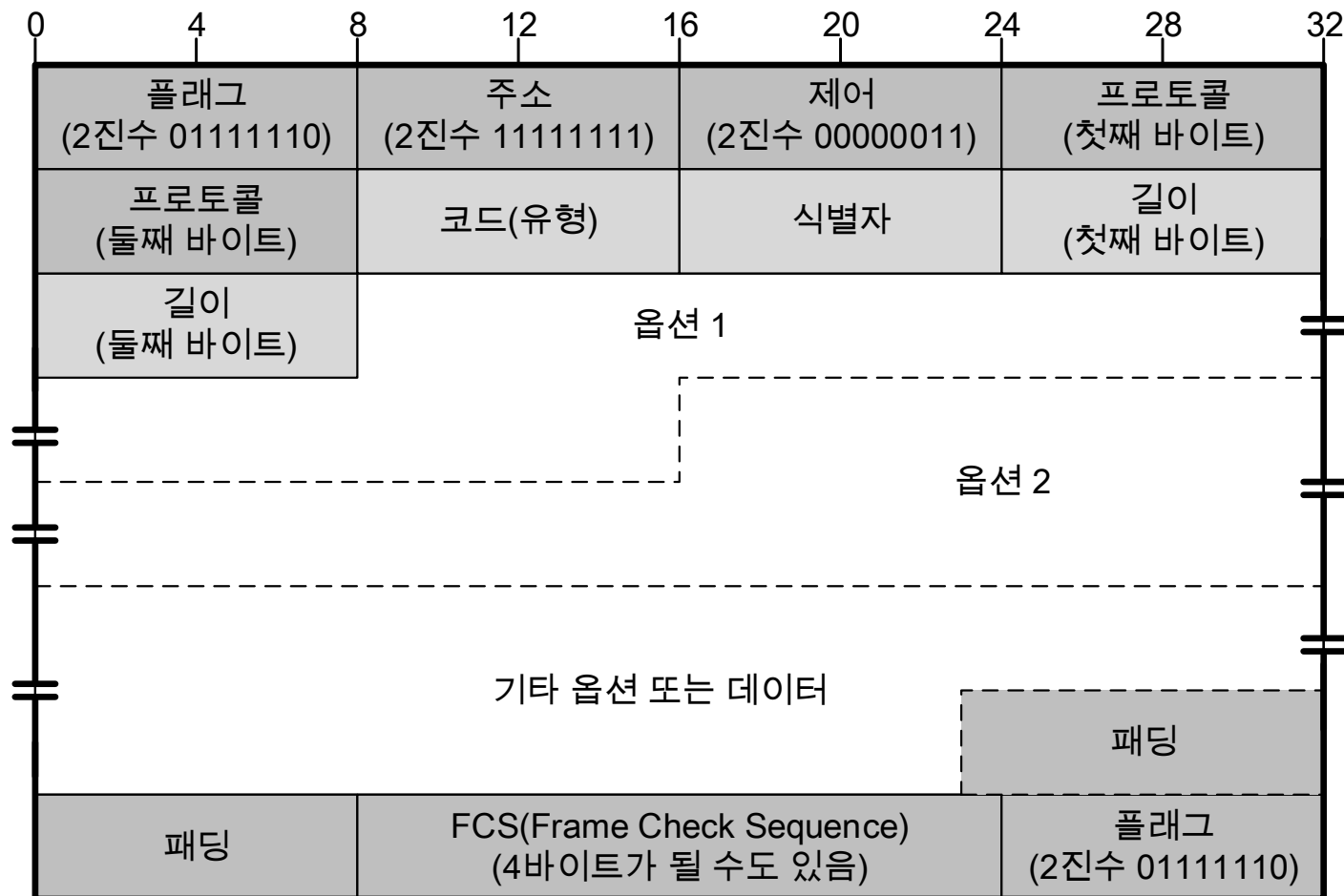
PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷
 - PPP 제어 메시지 포맷

코드값	제어 메시지	LCP	NCP	CCP와 ECP
9	에코요청	V		
10	에코응답	V		
11	버림요청	V		
12	식별	V		
13	남은 시간	V		
14	리셋요청			V
15	리셋승인			V

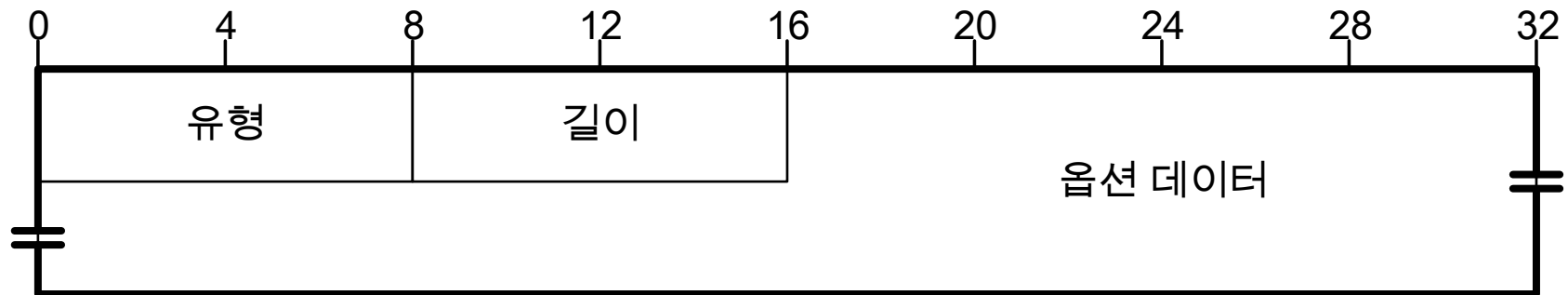
PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷
- PPP 제어 메시지 옵션 포맷



PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷
 - PPP 제어 메시지 옵션 포맷



목 차

- II-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- II-2부 TCP/IP 네트워크 인터페이스/인터넷 계층 연결 프로토콜
 - TCP/IP 주소 결정 프로토콜
 - TCP/IP 역순 주소 결정 프로토콜

TCP/IP 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정

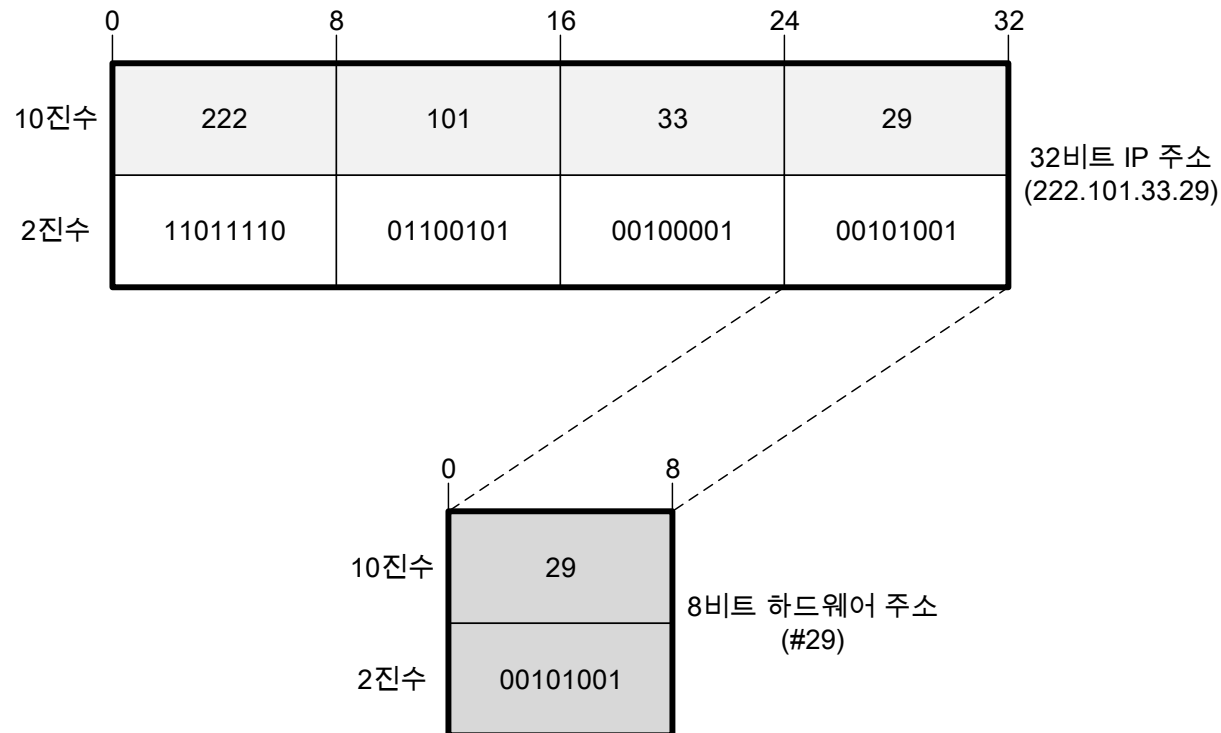
- 3계층 네트워크 주소를 통해 해당하는 2계층 데이터 링크 계층 주소를 찾는 과정
- 2계층과 3계층에서 사용하는 주소가 서로 다른 목적에 쓰이며 유형도 다르기 때문에 필요
 - 2계층 주소는 직접 통신할 수 있는 하드웨어 장비 간의 로컬 전송에 쓰임
 - 3계층 주소는 인터넷워킹에서 네트워킹 계층의 대량 가상 네트워크를 구축하는 데 쓰임

TCP/IP 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 방법

- 직접 매핑

- 상위 계층 주소를 하위 계층 주소로 매핑
 - 3계층 주소가 2계층 주소보다 큰 경우
 - e.g., ARCNet



TCP/IP 주소 결정 프로토콜

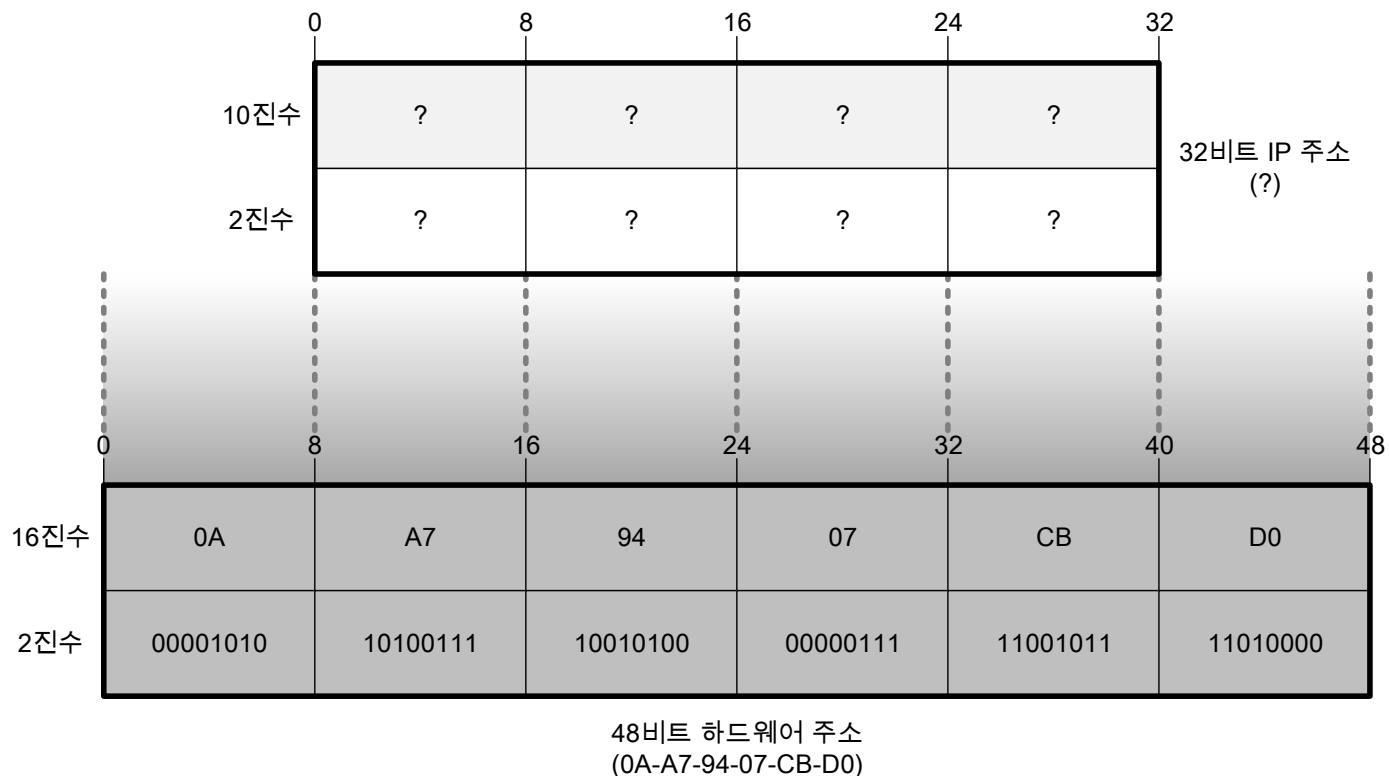
- 주소 결정 방법

- 직접 매핑

- 상위 계층 주소를 하위 계층 주소로 매핑

- 3계층 주소가 2계층 주소보다 작은 경우

- e.g., Ethernet



TCP/IP 주소 결정 프로토콜

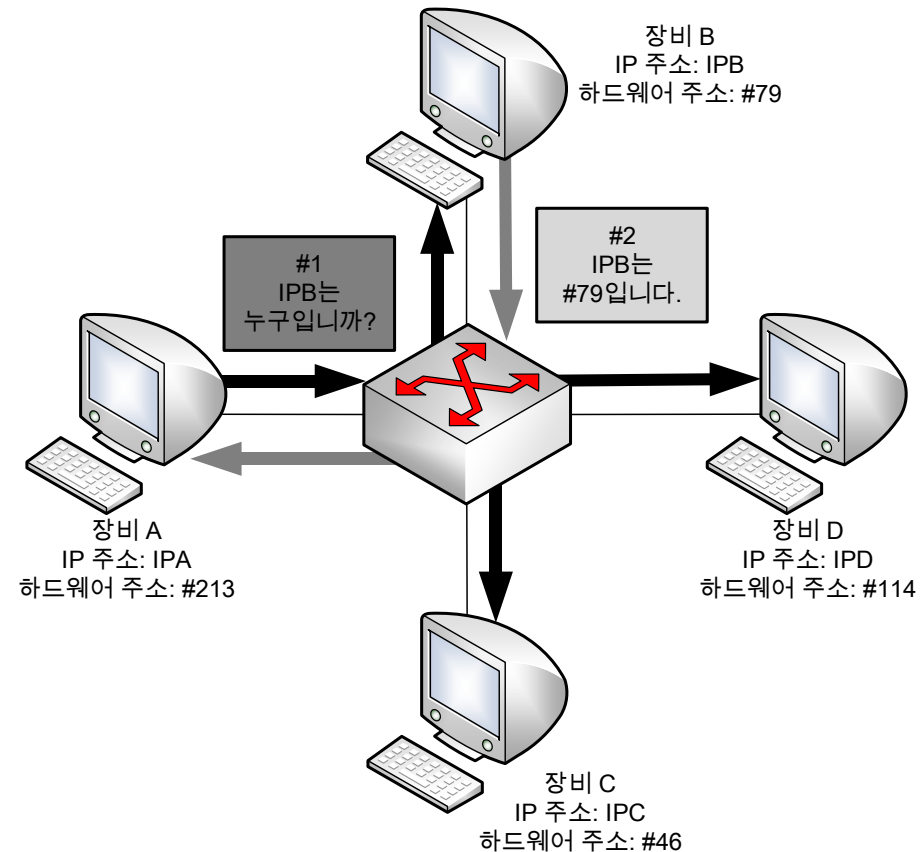
- 주소 결정 방법

- 동적 주소 결정

- IP 주소를 알면 두 주소 유형이 달라도 해당 데이터 링크 계층 주소를 찾아내는 프로토콜 사용

- 동작 과정

1. 목적지 장비의 네트워크 계층 주소를 담은 2계층 프레임을 브로드캐스트
2. 목적지 장비를 제외한 장비는 수신한 프레임 무시
3. 목적지 장비는 자신의 데이터 링크 계층 주소를 담은 프레임을 출발지 장비로 유니캐스트



TCP/IP 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 방법

- 동적 주소 결정

- 문제점

- 모든 홉에서 모든 데이터그램에 대해 확인 작업을 수행하면 네트워크에 큰 부하가 걸림

- 개선 방법

- 캐싱

- 알아낸 데이터 링크 계층 주소를 일정 기간 동안 메모리에 저장

- 교차 결정

- 장비 A가 장비 B의 주소를 파악할 때 장비 B도 장비 A의 주소를 자신의 캐시 메모리에 저장

TCP/IP 주소 결정 프로토콜

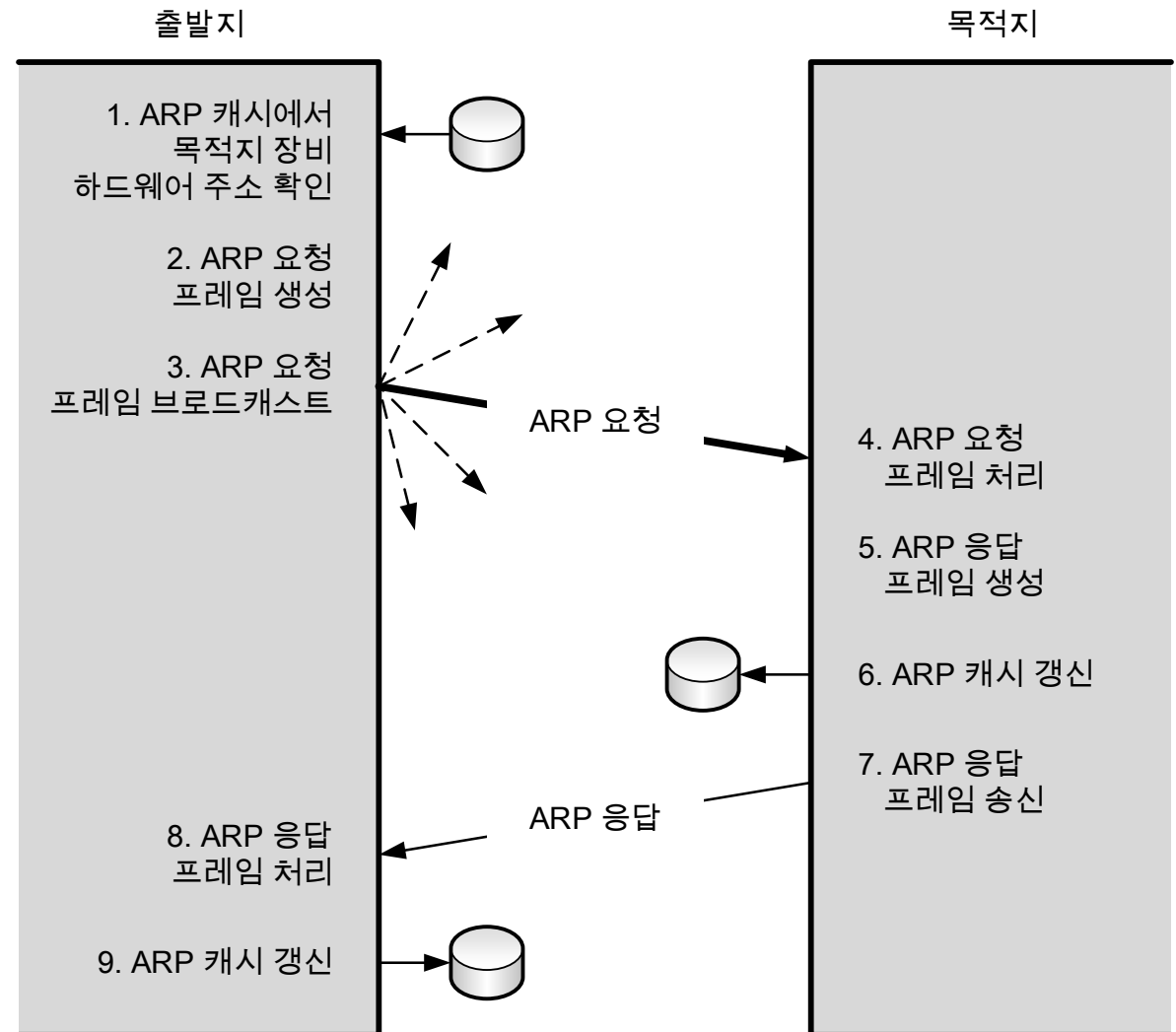
- 주소 결정 프로토콜(ARP, Address Resolution Protocol)
- IP 주소에 해당하는 데이터 링크 계층 주소를 파악하는 데 사용하는 동적 결정 프로토콜
- 동작 과정
 1. 주소 결정 대상이 되는 장비의 IP 주소를 브로드캐스트 메시지로 전송
 2. 해당 장비는 자신의 데이터 링크 계층 주소를 메시지 송신자에게 유니캐스트
 3. 성능 향상을 위해 캐싱, 교차 결정, 프록싱 등을 사용

TCP/IP 주소 결정 프로토콜

• 주소 결정 프로토콜(ARP)

• ARP 트랜잭션 절차

1. 출발지 장비가 캐시 검사
 - 목적지 장비의 주소를 이미 가지고 있다면 9단계로
2. 출발지 장비가 ARP 요청 메시지 생성
3. 브로드캐스트
4. 로컬 장비들이 ARP 요청 메시지 처리

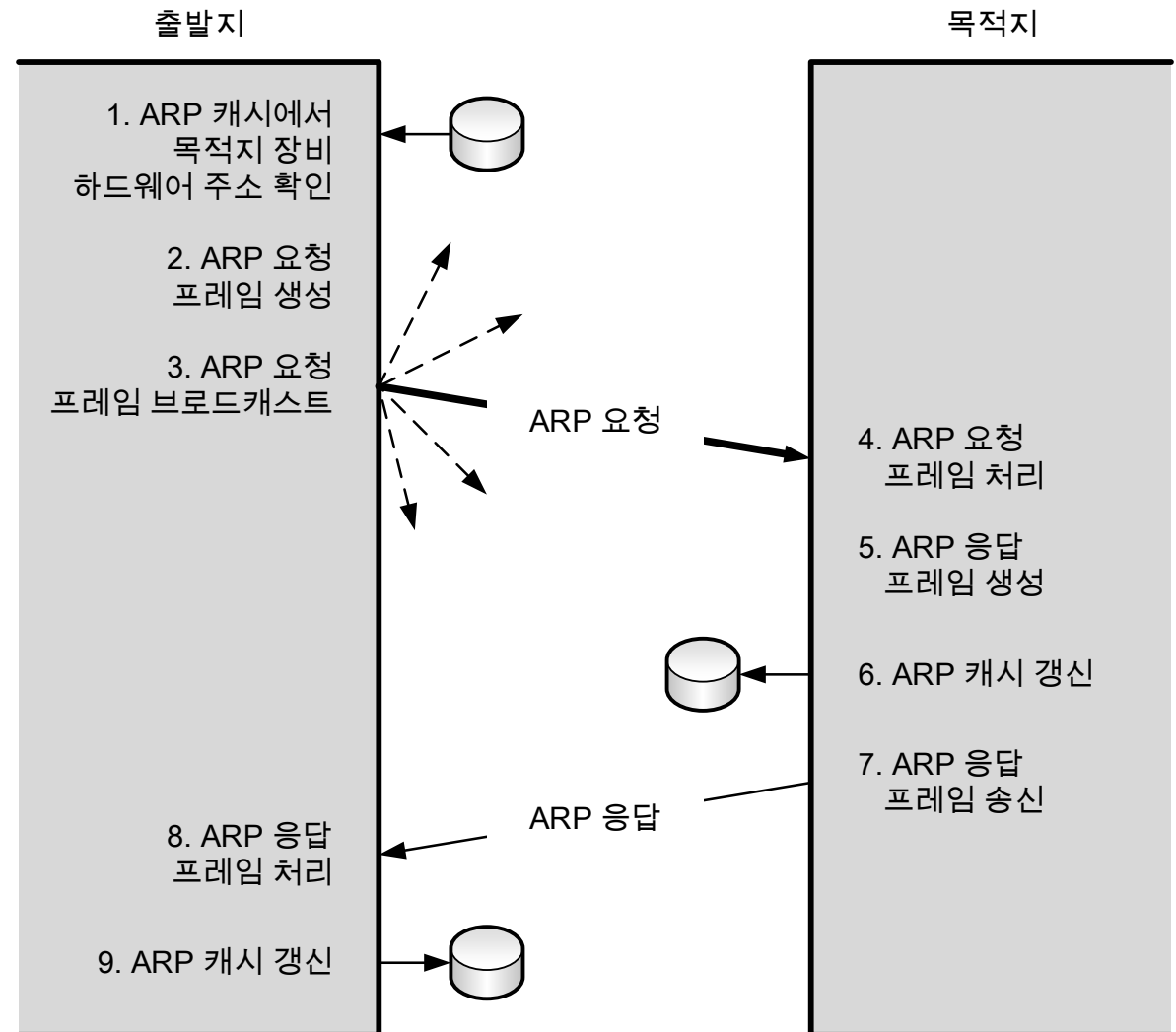


TCP/IP 주소 결정 프로토콜

• 주소 결정 프로토콜(ARP)

• ARP 트랜잭션 절차

5. 목적지 장비가 ARP 응답 메시지 생성
6. 목적지 장비가 ARP 캐시 갱신
7. 목적지 장비가 ARP 응답 메시지 송신
8. 출발지 장비가 ARP 응답 메시지 처리
9. 출발지 장비가 ARP 캐시 갱신



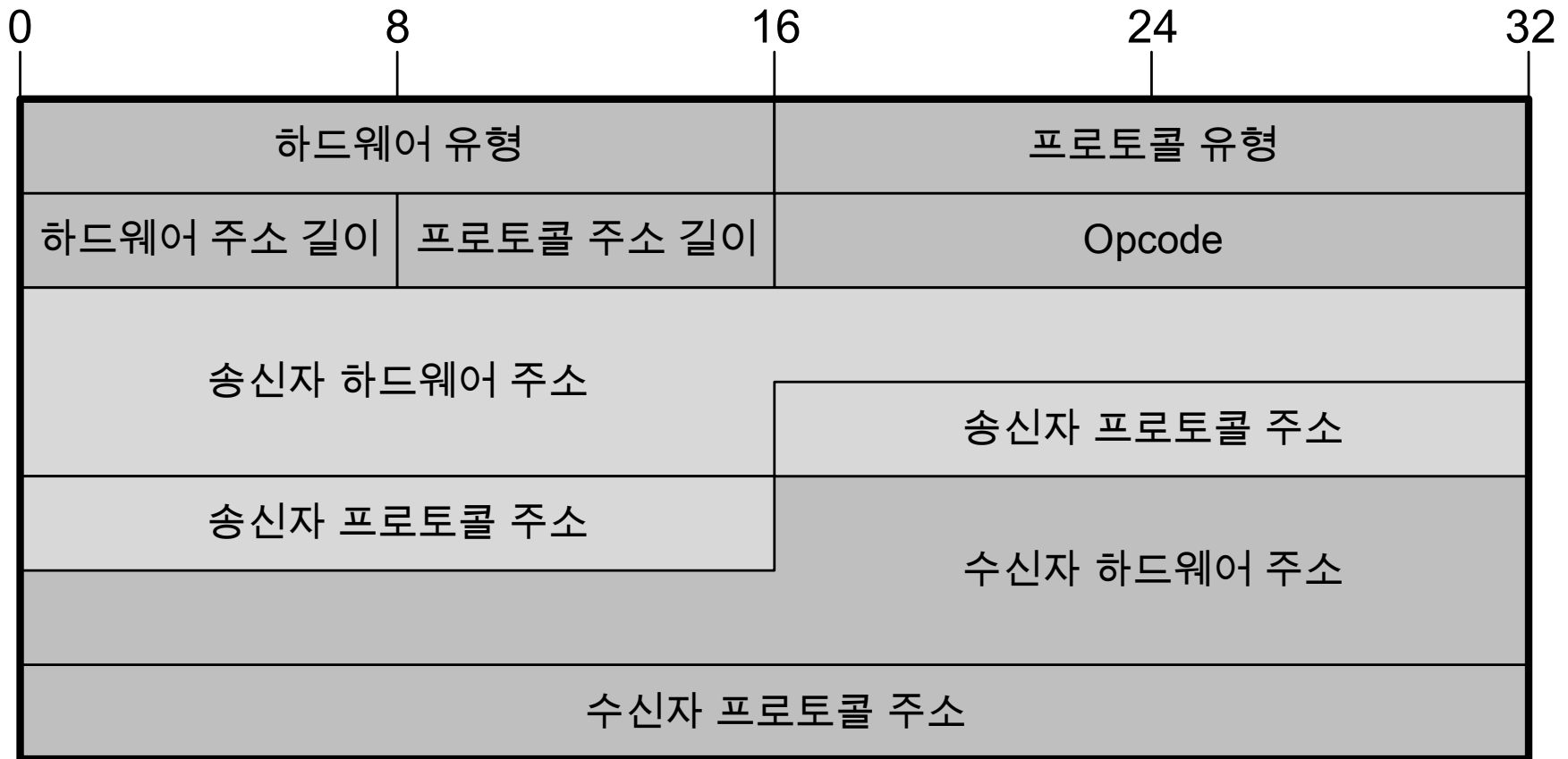
TCP/IP 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 프로토콜(ARP)
- ARP 메시지 포맷

필드 이름	크기(바이트)	설명
하드웨어 유형 (HRD, Hardware)	2	하드웨어 유형 및 주소지정 방식 규정
프로토콜 유형 (PRO, Protocol)	2	3계층 주소 유형 지정
하드웨어 주소 길이 (HLN, Hardware Length)	1	메시지에 포함된 하드웨어 주소 길이 바이트 단위 지정
프로토콜 주소 길이 (PLN, Protocol Length)	1	메시지에 포함된 프로토콜 주소 길이 바이트 단위 지정
동작 코드 (OP, Opcode)	2	ARP 메시지 유형 지정
송신자 하드웨어 주소 (SHA, Sender Hardware Address)	가변적, HLN 값과 동일	송신 장비의 하드웨어 주소
송신자 프로토콜 주소 (SPA, Sender Protocol Address)	가변적, PLN 값과 동일	송신 장비의 IP 주소
수신자 하드웨어 주소 (THA, Target Hardware Address)	가변적, HLN 값과 동일	수신 장비의 하드웨어 주소
수신자 프로토콜 주소 (TPA, Target Protocol Address)	가변적, PLN 값과 동일	수신 장비의 IP 주소

TCP/IP 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 프로토콜(ARP)
- ARP 메시지 포맷



TCP/IP 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 프로토콜(ARP)

- ARP 캐싱

- ARP 캐시 테이블

- 정적 ARP 캐시 항목

- 수동으로 추가
 - 만료 기간 없이 영구히 보관

- 동적 ARP 캐시 항목

- 소프트웨어 자체에서 추가
 - 일정 기간 동안 남아 있다가 제거
 - 영구히 남아 있는 경우 여러 문제를 일으킬 수 있음
 - e.g.,
 - 장비 하드웨어 상태 변경으로 인한 캐시 유효성 소실
 - 장비 IP 주소 변경으로 인한 캐시 유효성 소실
 - 장비 제거 시 캐시에 남은 정보로 인한 탐색 효율성 하락

TCP/IP 주소 결정 프로토콜

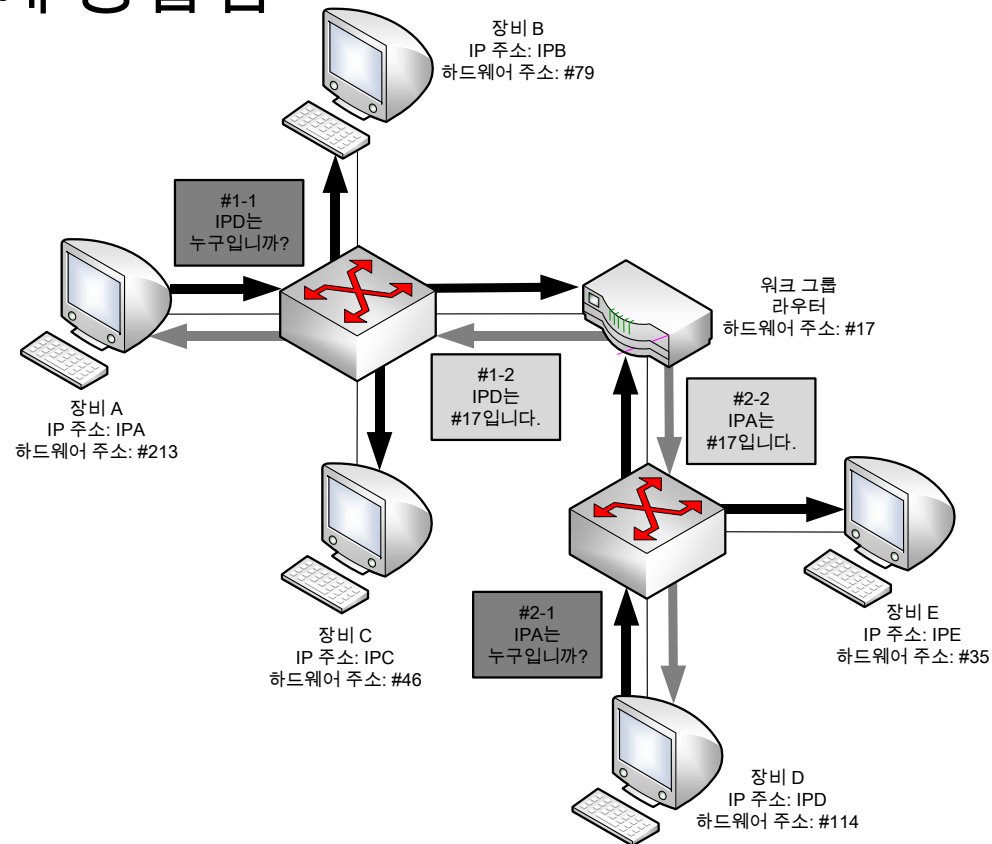
- 주소 결정 프로토콜(ARP)

- 프록시 ARP

- 두 장비가 동일한 로컬 네트워크에 속해 있지 않을 경우 라우터가 ARP 메시지 요청에 응답함

- 동작 과정

1. 송신 장비가 ARP 메시지를 브로드캐스트
2. 라우터가 수신 장비 대신 자신의 하드웨어 주소 송신
3. 송신 장비가 라우터에 메시지 전달
4. 라우터가 수신 장비에 메시지 전달



TCP/IP 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 프로토콜(ARP)
 - 프록시 ARP
 - 라우터와 같은 장비를 ARP 프록시로 설정
 - 장점
 - 서로 다른 물리 네트워크 세그먼트에 있는 호스트에게 투명하게 작업이 일어남
 - 단점
 - 네트워크가 복잡해짐
 - 하나 이상의 라우터가 동일한 네트워크 ID를 사용하는 두 물리 네트워크를 연결할 경우 문제 발생 가능성
 - 잠재적인 보안 위험 발생

TCP/IP 주소 결정 프로토콜

- IP 멀티캐스트 주소의 TCP/IP 주소 결정

- 직접 매핑 기법의 일종을 사용

- IEEE 802 주소지정 방법

- 이더넷 네트워크에서 사용

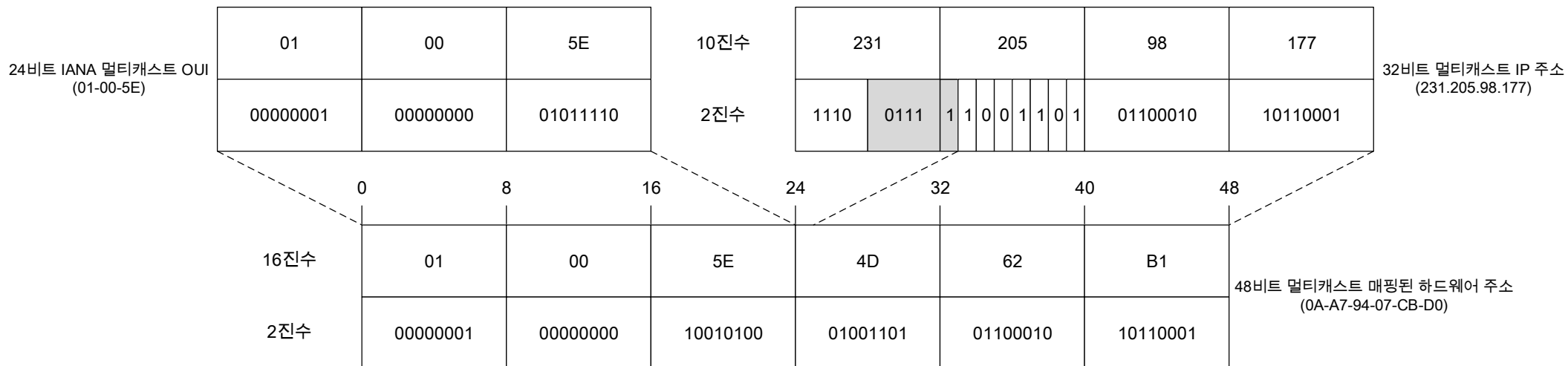
- 48비트 데이터 링크 계층 주소

- 상위 24비트는 기관 유일 식별자(OUI, Organizationally Unique Identifier)

- 하위 24비트는 개별 장비 구분을 위해 사용

- 하위 24비트 중 첫 번째 비트는 항상 0으로 설정

- 멀티캐스트 IP 주소의 하위 23비트를 나머지 23비트로 설정



TCP/IP 주소 결정 프로토콜

- IPv6의 TCP/IP 주소 결정
 - 주변 탐색(ND, Neighbor Discovery) 프로토콜 사용
 - 로컬 네트워크에 있는 장비간에 정보를 통신하는 작업 담당
 - 동적 주소 결정 방법 사용
 - ND 주변 정보 요청 메시지 사용

목 차

- II-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- II-2부 TCP/IP 네트워크 인터페이스/인터넷 계층 연결 프로토콜
 - TCP/IP 주소 결정 프로토콜
 - TCP/IP 역순 주소 결정 프로토콜

TCP/IP 역순 주소 결정 프로토콜

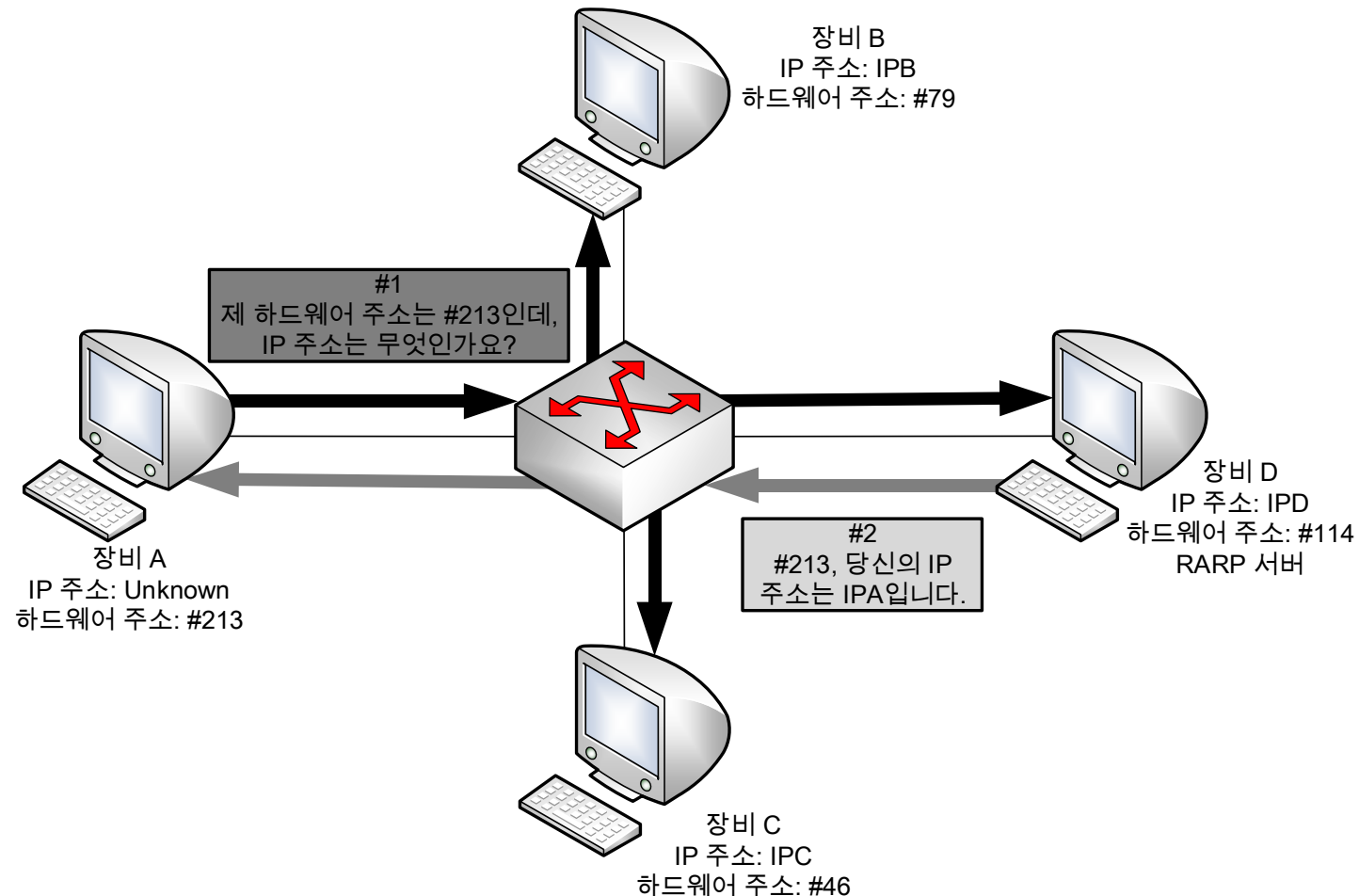
- 역순 주소 결정
 - 자신의 IP 주소를 확인하기 힘든 장비에서 사용
- 동작 과정
 1. 자신의 하드웨어 주소 정보를 담은 요청 브로드캐스트
 2. 자신의 IP 주소 정보를 담은 응답 수신

TCP/IP 역순 주소 결정 프로토콜

- 역순 주소 결정 프로토콜(RARP, Reverse Address Resolution Protocol)
- 동작 과정
 1. 자신의 하드웨어 주소를 담은 RARP 메시지 브로드캐스트
 2. 장비의 IP 주소를 기억하고 있는 특수 RARP 서버가 응답
- RARP를 사용하는 물리 네트워크에서는 적어도 하나의 머신에서 RARP 소프트웨어를 운영해야 함
- ARP의 일부로 ARP와 같은 메시지 포맷 사용
 - 다른 동작 코드(opcode) 사용

TCP/IP 역순 주소 결정 프로토콜

- 역순 주소 결정 프로토콜(RARP)
- 동작 과정 그림



TCP/IP 역순 주소 결정 프로토콜

- 역순 주소 결정 프로토콜(RARP)
- 제약
 - 하위 수준 하드웨어 기반
 - 대형 인터넷에서는 모든 네트워크 세그먼트에서 RARP 서버를 운영해야 함
 - IP 주소에 대한 중앙 관리가 어려움
 - 수동 할당
 - RARP 서버의 하드웨어와 IP 주소 매핑 테이블 수동 설정 필요
 - 제한된 정보
 - 호스트에게 오직 IP 주소만을 알려줌

목 차

- II-3부 인터넷 프로토콜 버전 4(IPv4)
 - IP (Internet Protocol)
 - IPv4 주소지정
 - IPv4 데이터그램
 - IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

IP (Internet Protocol)

- 인터넷 프로토콜(IP, Internet Protocol)
 - TCP/IP 네트워크에서 데이터를 전송하는 방법
- 네트워크 계층 프로토콜
 - 주소지정, 데이터그램 처리, 라우팅 등의 핵심 네트워크 계층 기능 구현
 - TCP와 UDP에 서비스 제공
- 인터넷네트워크의 데이터그램 전달이 목적

IP (Internet Protocol)

- 인터넷 프로토콜(IP)
- 특징

특징	설명
전역 주소지정	네트워크를 위한 주소지정 방법을 정의하며 데이터그램 전달에 이 주소를 사용
하위 프로토콜에 무관	TCP/IP 스택과 호환되는 어떤 종류의 하위 네트워크에서도 데이터 전송 가능
비연결형 전달	장비간 연결 없이 데이터그램을 만들고 곧바로 전송
신뢰성이 없는 전달	안정성 또는 서비스 품질 보장 기능을 제공하지 않음
비승인형 전달	승인 패킷을 전송하지 않음

IP (Internet Protocol)

- 인터넷 프로토콜(IP)
- 기능

기능	설명
주소지정	호스트의 주소지정 방법을 포함
데이터 캡슐화	전송 계층 프로토콜 데이터를 받아 IP 데이터그램으로 캡슐화
단편화와 재조합	하위 계층의 최대 프레임 크기를 고려하여 데이터 단편화 및 재조합
라우팅과 간접 전달	라우팅을 위한 방법 제공

IP (Internet Protocol)

- 인터넷 프로토콜(IP)

- 역사

- 본래 TCP의 일부로 동작하다가 IP로 분리됨(RFC 791)
 - TCP가 세 버전의 개선 이후 버전 4로 넘어갈 때 분리
 - IPv4라는 이름이 붙게 됨
- 이후 새로 개발된 새 버전의 IP는 IP 버전 6, IPv6으로 명칭
 - RFC 1190, Internet Stream Protocol 버전 2와 혼동을 피하기 위함

IP (Internet Protocol)

- 인터넷 프로토콜(IP)
- 관련 프로토콜

프로토콜	설명
IP 네트워크 주소 변환 (NAT, Network Address Translation)	사설 네트워크가 외부 네트워크에 유연한 방법으로 인터페이스를 제시할 수 있게 하는 프로토콜
IP Security (IPsec)	IP를 이용하여 안전한 데이터 전송을 위한 방법을 제공하는 하위 프로토콜 모음
모바일 IP	장비의 IP 주소를 계속해서 재구성하지 않고 모바일 호스트로 데이터가 자동 라우팅되게 하는 프로토콜

목 차

- II-3부 인터넷 프로토콜 버전 4(IPv4)
 - IP (Internet Protocol)
 - IPv4 주소지정
 - IPv4 데이터그램
 - IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

IPv4 주소지정

- IP 주소

- 기능

- 네트워크 인터페이스 식별

- 장비와 네트워크 간의 인터페이스를 유일하게 식별하기 위해 사용
 - 데이터그램이 올바른 수신자에게 전달되는 것을 보장

- 라우팅

- 데이터그램을 송수신하는 두 장비가 다른 네트워크에 있을 경우 간접 전달을 위해 사용
 - 라우터가 데이터그램의 처리 방향을 결정할 수 있도록 주소 지정 체계 설계

IPv4 주소지정

- IP 주소

- 장비별 IP 주소 수

- 일반 호스트

- IP 주소가 하나만 할당됨
 - e.g., 컴퓨터, 네트워크 지원 프린터

- 특수 호스트

- 다중 인터페이스 방식으로 구성 시 하나 이상의 IP 주소 할당 가능
 - e.g., 라우터

- 하위 수준 네트워크 연결 장비

- 2계층 주소에 근거하여 트래픽을 통과시킴
 - IP 주소 할당 불필요
 - 관리 목적을 위해 선택적으로 Ip 주소 할당 가능
 - e.g., 리피터, 브리지, 스위치

IPv4 주소지정

- IP 주소
- MAC 주소와의 차이

IP 주소	MAC 주소
인터넷워크에서 네트워크 계층 데이터 전달 위해 사용	동일 네트워크에서 데이터 링크 계층 데이터 전달 위해 사용
네트워크가 변경되면 함께 바뀜	하드웨어의 고유 주소

- IP 주소 할당 방법
 - 사설 네트워크
 - 각 기관에서 모든 장비의 주소 할당 제어
 - 서로 겹치지 않으면 자유롭게 선택
 - 공중 네트워크
 - 공인 IP 등록/관리 기관에서 주소 할당 제어
 - e.g., IANA, ICANN

IPv4 주소지정

- IP 주소

- 주소 지정 유형

- 정적 설정

- 고정 IP 주소로 수동 설정
 - 대형 네트워크에서 관리 어려움

- 동적 설정

- 소프트웨어가 IP 주소 할당과 변경 제어
 - 호스트 설정 프로토콜
 - e.g., BOOTP, DHCP

IPv4 주소지정

- IP 주소 표기법

- 2진 표기법

- 32비트의 이진수로 표기

- e.g., 11100011010100101001100110110001

- 반드시 필요한 경우가 아니면 2진수로 표기하지 않음

- 16진 표기법

- 4개의 8비트 옥텟으로 분리하여 표기

- e.g., E3-52-9D-B1

- 부점 10진 표기법

- 8비트 옥텟을 10진수로 변환하고 마침표로 구분하여 표기

- e.g., 227.82.157.177

IPv4 주소지정

- IP 주소 공간
 - IPv4 주소 크기는 32비트
 - 이론적으로 2^{32} , 4,294,967,296개의 공간을 가질 수 있음
 - IP 주소의 구조와 할당 방법 때문에 모두 사용할 수는 없음
 - e.g., 루프백 주소
 - IPv6 주소 크기는 128비트
 - 주소 공간을 확장시켜 주소 공간 크기 문제 완화

IPv4 주소지정

- IPv4 주소 구조

- 네트워크 식별자(네트워크 ID)

- 맨 왼쪽 비트에서부터 시작하는 가변 길이의 비트
- 호스트가 위치한 네트워크 식별에 사용
- 네트워크 접두사(network prefix) 혹은 접두사(prefix)라고도 부름

- 호스트 식별자(호스트 ID)

- 네트워크 ID를 제외한 나머지 비트
- 네트워크의 호스트를 식별하는 데 사용

IPv4 주소지정

- IPv4 주소 구조

- 네트워크 ID와 호스트 ID 구분 위치

- 주소의 특성, 사용하는 주소지정 방법 등으로 인해 달라짐

- 각 ID를 32비트 주소로 표현할 때 빈 부분에 0을 채움

- e.g., 네트워크 ID가 227, 호스트 ID가 82.157.177

- 네트워크 주소 227.0.0.0

- 호스트 주소 0.82.157.177

- 옥텟 단위로 나누는 것이 아님

- e.g., 네트워크 ID가 20비트인 경우

- 네트워크 주소 227.82.144.0

- 호스트 주소 0.0.13.177

IPv4 주소지정

- IP 멀티호밍(Multihoming)
 - 장비가 하나 이상의 네트워크 인터페이스를 가지는 것
 - 다중 인터페이스 호스트를 만드는 방법
 - 두 개 이상의 인터페이스를 동일한 네트워크에 연결
 - 동일한 네트워크 ID의 IP 주소 두 개
 - 두 개 이상의 서로 다른 네트워크에 인터페이스를 연결
 - 서로 다른 네트워크 ID의 IP 주소 두 개

IPv4 주소지정

- IPv4 주소 지정 방법
 - 전통적 (클래스 단위) 주소지정
 - 네트워크 ID와 호스트 ID를 옥텟 단위로 구분
 - 서브넷 이용 클래스 단위 주소지정
 - 클래스 호스트 ID의 일부 비트를 서브넷 식별자로 이용
 - 서브넷 마스크 이용
 - 네트워크 ID를 1로, 호스트 ID를 0으로 비트 마스크
 - 클래스 비사용 주소지정
 - 접두사 길이를 주소 뒤에 붙여서 표시
 - e.g., 227.82.157.160/27
 - /27은 개념적으로 255.255.255.224라는 서브넷 마스크와 동일

IPv4 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정
- IP 주소 클래스

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 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 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정

- 특징

- 단순성과 명확성

- 선택할 수 있는 클래스가 적고 클래스 간 구분이 명확

- 타당한 유연성

- 초기 인터넷의 예상 발전 속도에 맞는 충분한 주소 공간을 제공함

- 라우팅 용이성

- 주소의 클래스가 주소 자체에 인코딩 되어 있음

- 라우터가 특정 주소의 네트워크 ID와 호스트 ID를 쉽게 구분 가능

- 예약 주소

- 일부 주소가 특수 목적으로 예약되어 있음

IPv4 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정
 - 비트 패턴, 첫 옥텟 범위, 주소 범위 표

IP 주소 클래스	IP 주소의 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	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

- 0.0.0.0 ~ 0.255.255.255 : 예약됨
- 127.0.0.0 ~ 127.255.255.255 : 루프백 주소 블록

IPv4 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정
- IP 주소 클래스 비트 할당과 네트워크/호스트 ID 크기



IPv4 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정
- IP 주소 클래스 A, B, C 용량

IP 주소 클래스	클래스 식별 목적 네트워크 ID 비트 수	사용 가능 네트워크 ID 비트	사용 가능 네트워크 ID 수	네트워크 ID별 호스트 ID 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	$24 - 3 = 21$	$2^{21} = 2,097,152$	$2^8 - 2 = 254$

- 클래스 A 네트워크 ID 2개는 예약되어 있음
 - e.g., 네트워크 ID가 0 또는 127인 경우
- 호스트 ID 2개는 예약되어 있음
 - e.g., 호스트 ID 비트가 모두 0 또는 모두 1인 경우

IPv4 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정
- 특수 의미를 갖는 IP 주소

네트워크 ID	호스트 ID	클래스 B 예제	설명
네트워크 ID	호스트 ID	154.3.99.6	보통 의미
네트워크 ID	모두 0	154.3.0.0	지정된 네트워크
모두 0	호스트 ID	0.0.99.6	이 네트워크에서 지정된 호스트
모두 0	모두 0	0.0.0.0	자신
네트워크 ID	모두 1	154.3.255.255	지정된 네트워크의 모든 호스트
모두 1	모두 1	255.255.255.255	네트워크의 모든 호스트

IPv4 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정
 - 특수 용도로 쓰이는 IP 주소
 - 예약 주소
 - 향후에 있을 테스트나 인터넷을 관리하기 위한 내부 용도로 예약
 - 사설 주소 (비등록 주소)
 - 공중 인터넷에 존재하지 않는 주소
 - RFC 1918에서 정의됨
 - 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)
 - 루프백 주소
 - TCP/IP 프로토콜 구현을 테스트하는 데 사용
 - 127.0.0.0 ~ 127.255.255.255

IPv4 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정
- IP 멀티캐스트 주소지정
 - 클래스 D로 할당
 - 상위 4비트가 1110으로 설정
 - 224.0.0.0 ~ 239.255.255.255의 범위를 가짐
 - 하위 28비트를 통해 멀티캐스트 그룹 주소 정의
 - 네트워크 ID, 호스트 ID 개념 존재하지 않음
 - IP 그룹을 나타냄
 - 목적지 주소로만 쓰일 수 있음
 - 멀티캐스트 주소 유형

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

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정
- IP 멀티캐스트 주소지정
 - 유명 멀티캐스트 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(Distance Vector Multicast Routing Protocol)를 사용하는 모든 라우터
224.0.0.5	OSPF(Open Shortest Path First)를 사용하는 모든 라우터
224.0.0.6	OSPF(Open Shortest Path First)로 지정된 라우터
224.0.0.9	RIP-2(Routing Information Protocol version 2)로 지정된 라우터
224.0.0.11	모바일 에이전트(모바일 IP용)
224.0.0.12	DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) 서버/중계 에이전트

IPv4 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정

- 문제점

- 내부 주소 유연성 부족

- 커다란 단일 주소 블록을 할당받는 대형 기관은 내부 네트워크 구조를 적절히 반영할 수 없음.

- 주소 공간의 비효율적 사용

- 오직 세 가지 블록 크기(클래스 A, B, C) 밖에 없기 때문에 IP 주소 공간 낭비

- 라우터 테이블 항목의 비대화

- 비효율적인 주소 공간 할당을 줄이기 위해 더 많은 라우터 테이블 항목이 필요

IPv4 주소지정

- IP 클래스 단위 (전통적) 주소지정
 - 개선 방안
 - 서브넷 주소 지정
 - 내부 주소 유연성 증가
 - 클래스 비사용 주소지정
 - 주소 공간을 효율적으로 사용
 - IPv6 개발
 - 주소 공간의 크기 확장
 - NAT(Network Address Translation)와 같은 기타 지원 기술

IPv4 주소지정

- IP 서브넷 주소지정
 - 개요
 - 클래스 단위 주소지정의 문제점을 해결하기 위해 정의됨
 - 정의
 - 서브넷 마스크를 이용하여 IP 주소의 네트워크 및 호스트 ID를 분리하는 방법

IPv4 주소지정

- IP 서브넷 주소지정

- 특징

- 네트워크, 서브넷, 호스트의 3단계 구조

- 호스트 ID 부분을 서브넷 ID와 호스트 ID로 분리

- 네트워크 및 서브넷 ID를 식별하기 위해 서브넷 마스크 사용

IPv4 주소지정

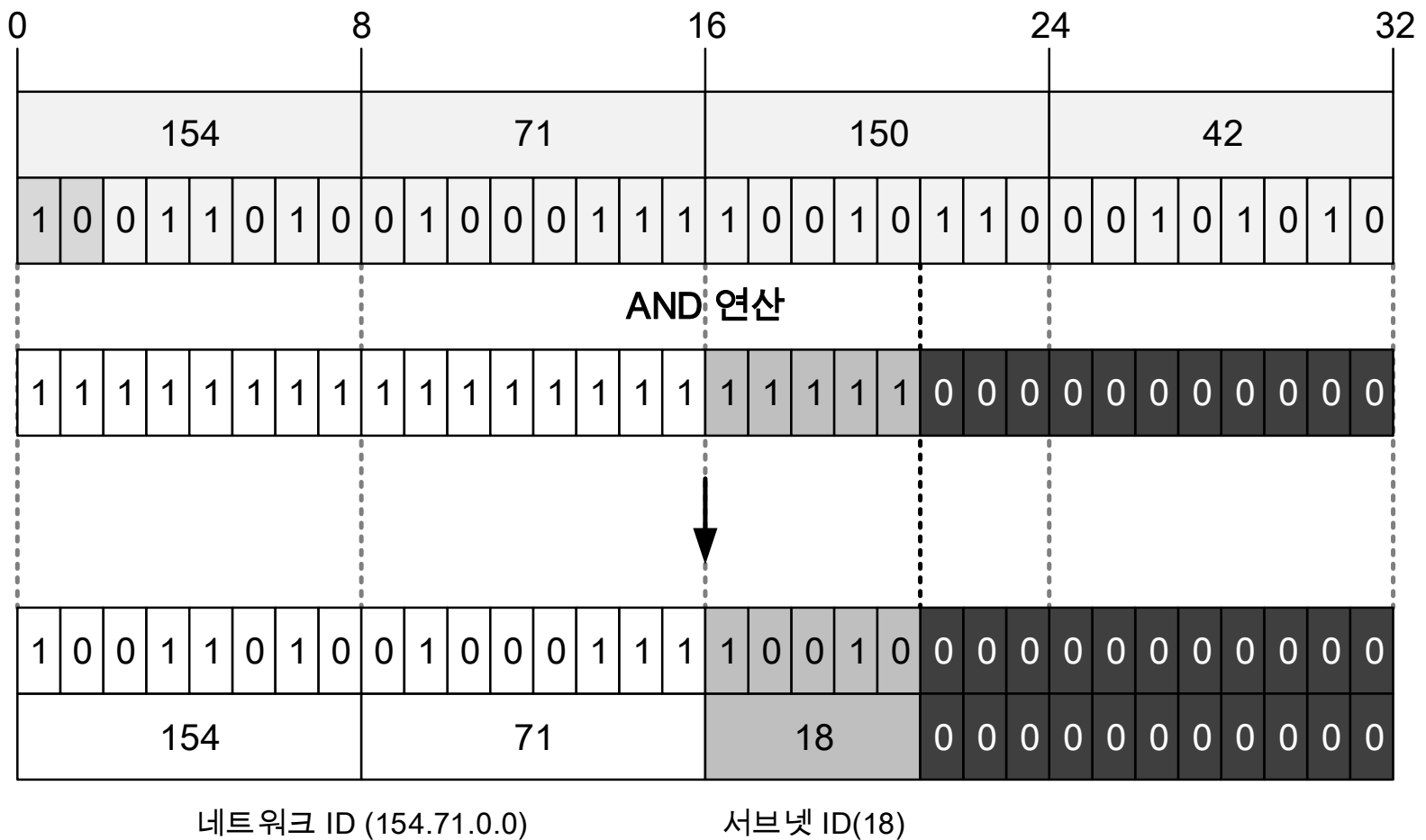
- IP 서브넷 주소지정
 - IP 서브넷 마스크
 - 서브넷 ID와 호스트 ID를 구분하기 위한 32비트 2진수 값
 - 비트 마스킹을 이용하여 네트워크 및 서브넷 ID 파악
 - 서브넷 마스크와 IP주소를 AND 연산
 - 서브넷 비트가 1인 경우
 - 연산하여 비트 값이 변하지 않음
 - 서브넷 비트가 0인 경우
 - 연산하여 비트 값이 0이 됨
- 부점 10진 표기법으로 표시

IPv4 주소지정

- IP 서브넷 주소지정
 - IP 서브넷 마스크
 - 표기법
 - 2진 표기법
 - e.g., 11111111 11111111 11111000 00000000
 - 부점 10진 표기법
 - e.g., 255.255.248.0
 - 슬래시 표기법
 - 클래스 비사용 도메인간 라우팅(CIDR, Classless Inter-Domain Routing) 표기법
 - 가변 길이 서브넷 마스크(VLSM, Variable Length Subnet Masking) 환경에 더 자주 쓰임
 - e.g., 154.71.150.42/21 (IP 주소가 154.71.150.42)

IPv4 주소지정

- IP 서브넷 주소지정
- IP 서브넷 마스크



IPv4 주소지정

- IP 서브넷 주소지정
 - IP 기본 서브넷 마스크
 - 각 클래스에 맞춰 네트워크 ID와 호스트 ID 구분

클래스	서브넷 마스크
클래스 A	255.0.0.0
클래스 B	255.255.0.0
클래스 C	255.255.255.0

IPv4 주소지정

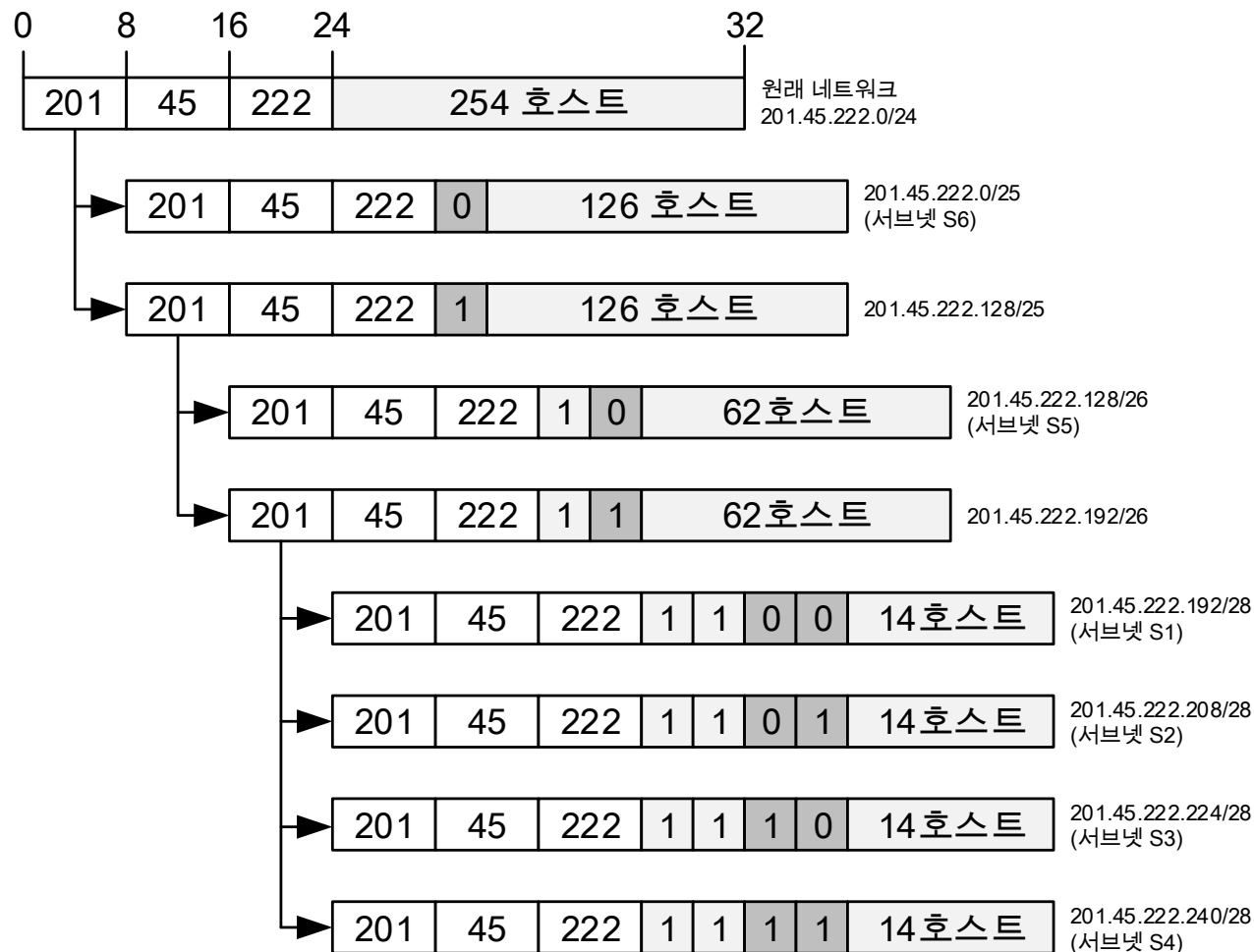
- IP 서브넷 주소지정
 - IP 커스텀 서브넷 마스크
 - 서브넷 ID와 호스트 ID를 구분하는 지점을 네트워크에 맞게 선택
 - 균형 관계(Trade-off)를 이룸
 - 서브넷 ID에 1 비트를 할당할 때마다 서브넷의 수가 2배가 되고 호스트의 수가 1/2배가 됨

IPv4 주소지정

- IP 서브넷 주소지정
 - IP 가변 길이 서브넷 마스크(VLSM, Variable Length Subnet Masking)
 - 호스트 수가 크게 다른 서브네트워크가 존재하는 경우 사용
 - 서브넷을 서브네팅하여 호스트 수에 맞는 서브넷 사용
 - 서브네팅 시 서브넷 마스크에 해당 비트 추가
 - 슬래시 표기법으로 표기

IPv4 주소지정

- IP 서브넷 주소지정
- IP 가변 길이 서브넷 마스크(VLSM)



IPv4 주소지정

- IP 클래스 비사용 주소지정
 - 클래스 비사용 도메인간 라우팅(CIDR, Classless Inter-Domain Routing)
 - 클래스를 제거한 가변 길이 서브넷 마스크를 인터넷에 적용
 - 장점
 - 효율적인 주소 공간 할당
 - 클래스 불균형 제거
 - 효율적인 라우팅 항목 관리
 - 별도의 서브네팅 방법이 필요 없음

IPv4 주소지정

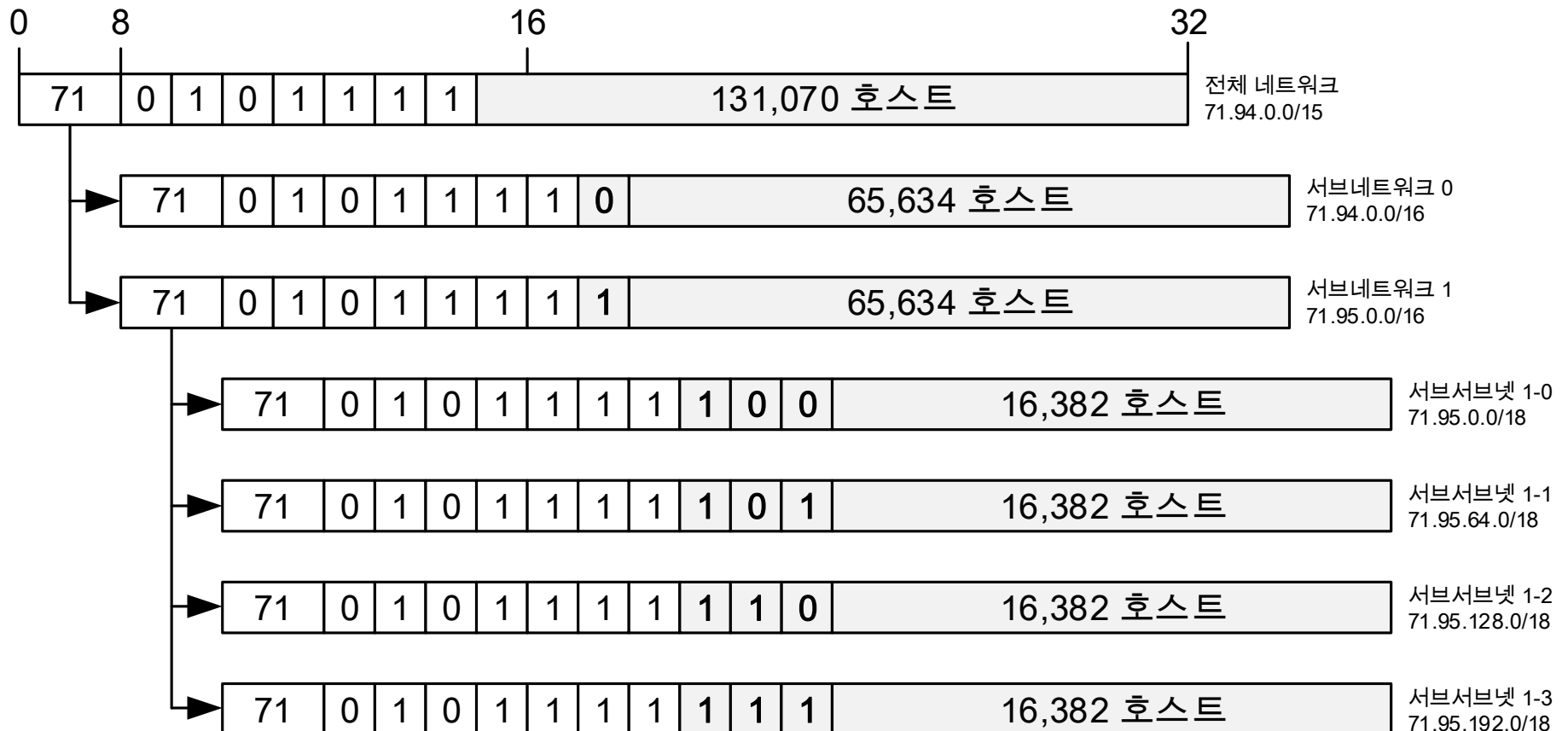
- IP 클래스 비사용 주소지정
 - 클래스 비사용 도메인간 라우팅(CIDR)
 - 주소지정과 표기법
 - 모든 인터넷 블록을 임의의 크기로 간주
 - 네트워크 및 호스트 ID를 구분하기 위해 서브넷 마스크 사용
 - 슬래시 표기법 사용

IPv4 주소지정

- IP 클래스 비사용 주소지정
 - 클래스 비사용 도메인간 라우팅(CIDR)
 - 클래스 단위 주소지정과 공통점
 - 사설 주소 블록
 - 사설 네트워크 주소를 위해 예약된 주소 블록 사용
 - 특수 의미를 갖는 주소
 - 네트워크 전체를 가리키는 모두 0으로 된 호스트 ID
 - 브로드캐스트를 가리키는 모두 1로 된 호스트 ID
 - 루프백 주소
 - 127.0.0.0/8 은 루프백 기능으로 예약됨

IPv4 주소지정

- IP 클래스 비사용 주소지정
 - 클래스 비사용 도메인간 라우팅(CIDR)
 - 분할 과정

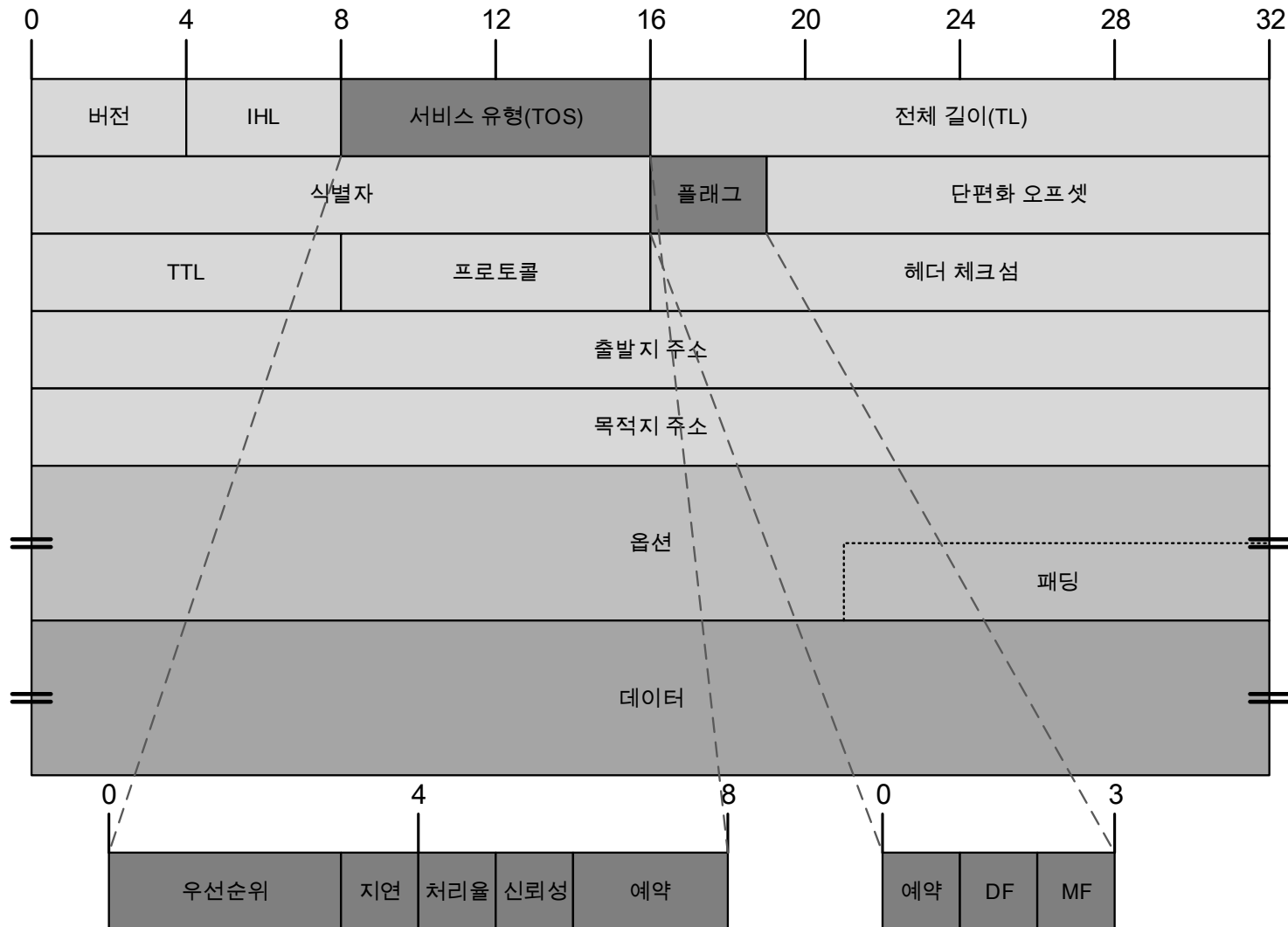


목 차

- II-3부 인터넷 프로토콜 버전 4(IPv4)
 - IP (Internet Protocol)
 - IPv4 주소지정
 - IPv4 데이터그램
 - IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

IPv4 데이터그램

• IPv4 데이터그램 일반 포맷



IPv4 데이터그램

• IPv4 데이터그램 일반 포맷

필드 이름	크기(바이트)	설명
버전	1/2 (4비트)	IP 버전, IPv4에서는 4
IHL (IP Header Length)	1/2 (4비트)	IP 헤더 길이를 32비트 워드 단위로 지정
TOS (Type of Service)	1	초기에 서비스 품질 기능 제공을 위한 정보 전달을 목적으로 개발되었으나 이후 차등화 서비스 (DS, Differentiated Services) 기술을 지원하도록 재정의
TL (Total Length)	2	IP 데이터그램의 전체 길이
식별자	2	각 단편과 연관된 16비트 값 포함
플래그	3/8 (3비트)	DF(Don't Fragment) : 단편화 금지 설정 MF(More Fragment) : 단편이 남아있음을 알림
단편화 오프셋	13/8 (13비트)	단편화 시 단편의 위치를 8바이트 단위로 나타냄

IPv4 데이터그램

• IPv4 데이터그램 일반 포맷

필드 이름	크기(바이트)	설명
TTL (Time to Live)	1	최대 홉 수를 나타냄 값이 0이 되면 최초 송신자에게 시간 초과 메시지 전송 후 데이터그램 버림
프로토콜	1	상위 계층 프로토콜 식별
헤더 체크섬	2	헤더에 대한 체크섬
출발지 주소	4	데이터그램을 처음 송신한 장비의 32비트 IP 주소
목적지 주소	4	데이터그램 목적지 장비의 32비트 IP 주소
옵션	가변적	일부 IP 데이터그램에서 표준 헤더 뒤에 올 수 있는 하나 이상의 옵션 유형
패딩	가변적	옵션의 비트 수를 32의 배수로 맞추기 위해 패딩 추가
데이터	가변적	전체 상위 계층 메시지 혹은 단편화된 메시지 일부

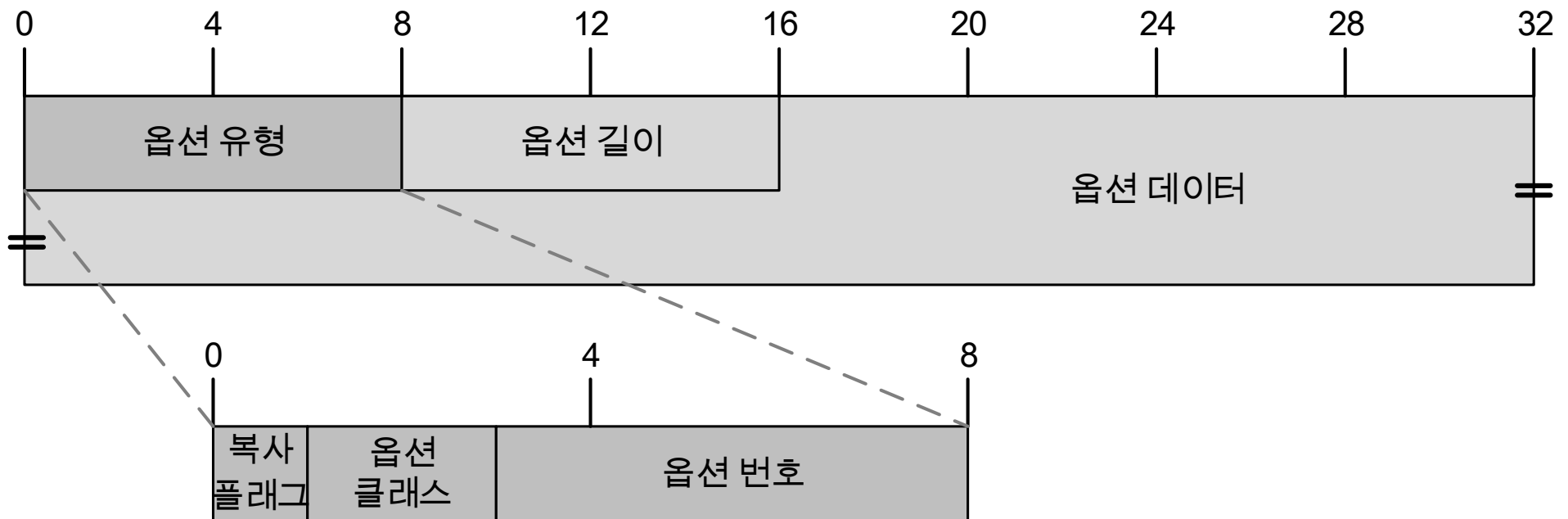
IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 일반 포맷
 - 플래그 하위 필드

필드 이름	크기(바이트)	설명
예약	1/8 (1비트)	쓰이지 않음
DF (Don't Fragment)	1/8 (1비트)	설정된 경우 데이터그램을 단편화하지 말 것을 나타냄
MF (More Fragment)	1/8 (1비트)	설정된 경우 단편화된 메시지가 남아있음을 나타냄

IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 옵션 포맷
 - IP가 데이터그램을 더 유연하게 처리할 수 있게 선택적인 옵션 필드를 추가함



IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 옵션 포맷
 - 옵션 포맷 표

하위 필드 이름	크기(바이트)	설명
옵션 유형	1	3개의 하위 필드로 다시 세분화됨
옵션 길이	0 또는 1	전체 옵션의 길이
옵션 데이터	0 또는 가변적	전달할 데이터 포함

- 옵션 유형 하위 필드 표

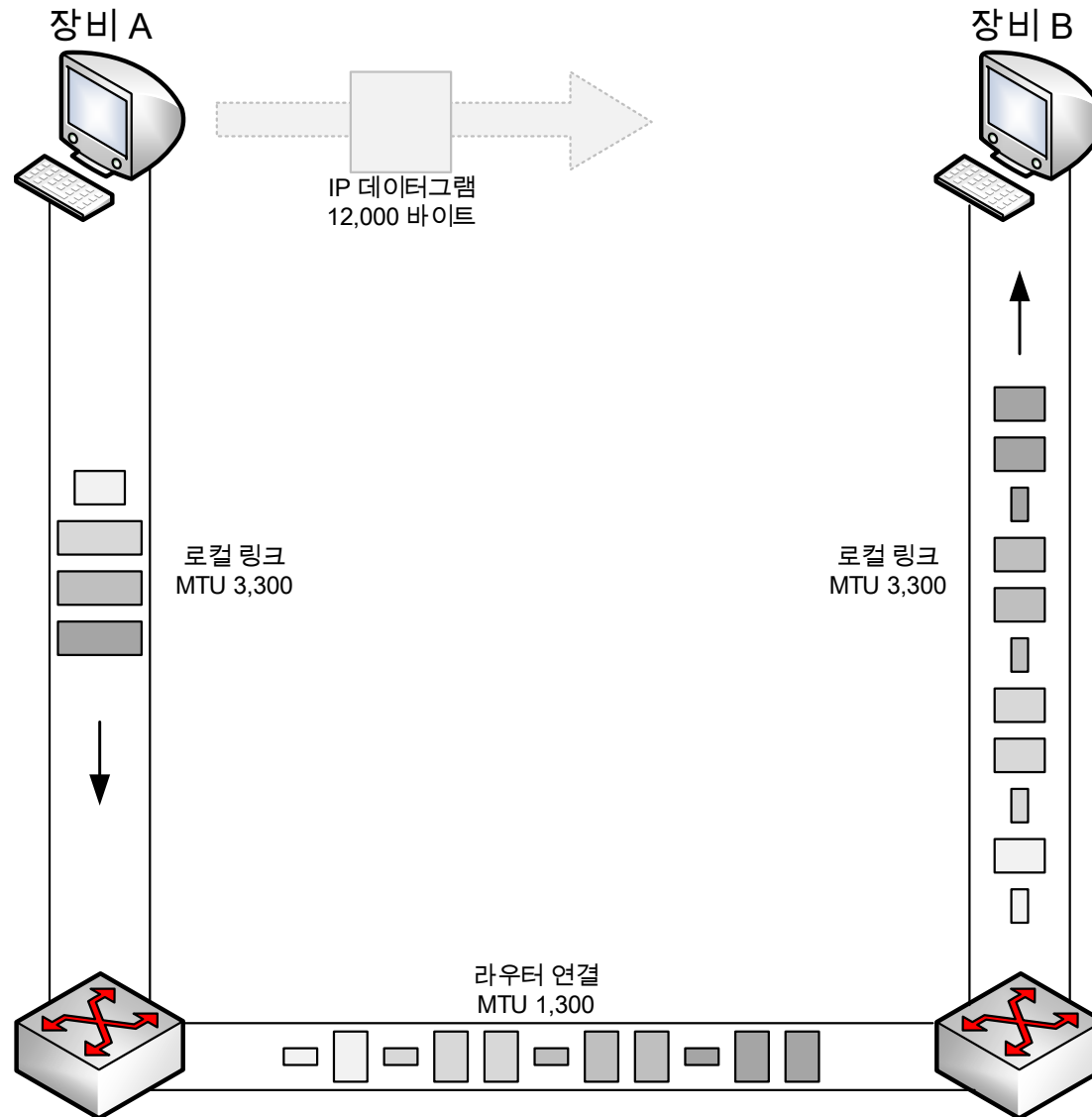
하위 필드 이름	크기(바이트)	설명
복사 플래그	1/8 (1비트)	옵션을 모든 단편에 복사해야 할 경우 설정
옵션 클래스	2/8 (2비트)	옵션이 속한 일반 범주 명시
옵션 번호	5/8 (5비트)	옵션의 종류 지정

IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 단편화
 - IP 데이터그램의 크기가 하부 네트워크의 최대 전송 단위 (MTU, Maximum Transmission Unit)보다 큰 경우 메시지를 여러 IP 단편으로 분리함
- IP 데이터그램의 크기가 클수록 헤더 필드로 인한 공간 낭비가 적어짐
 - 추가적 단편화가 일어나지 않는 선에서 최대의 MTU를 사용
 - 전송 중 물리 네트워크의 MTU가 작아지면 해당 물리 링크의 MTU에 맞게 단편화가 이루어짐
 - 단편화가 이루어진 데이터그램의 크기가 MTU보다 작아지면 낭비가 발생

IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 단편화



IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 단편화
 - MTU 경로 발견 (Path Discovery)
 - 전체 경로의 MTU를 파악하기 위한 방법
 - ICMPv4(Internet Control Message Protocol version 4)에 정의된 목적지 접근 불가(Destination Unreachable) 메시지 이용
 - 데이터그램의 크기가 물리 링크의 MTU보다 크지만 DF(Don't Fragment) 플래그가 설정되어 단편화가 불가능한 경우

IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 단편화

- 문제점

- 순서와 위치 지정

- 재조합을 위해 순서 파악이 필요함

- 단편화 메시지 분리

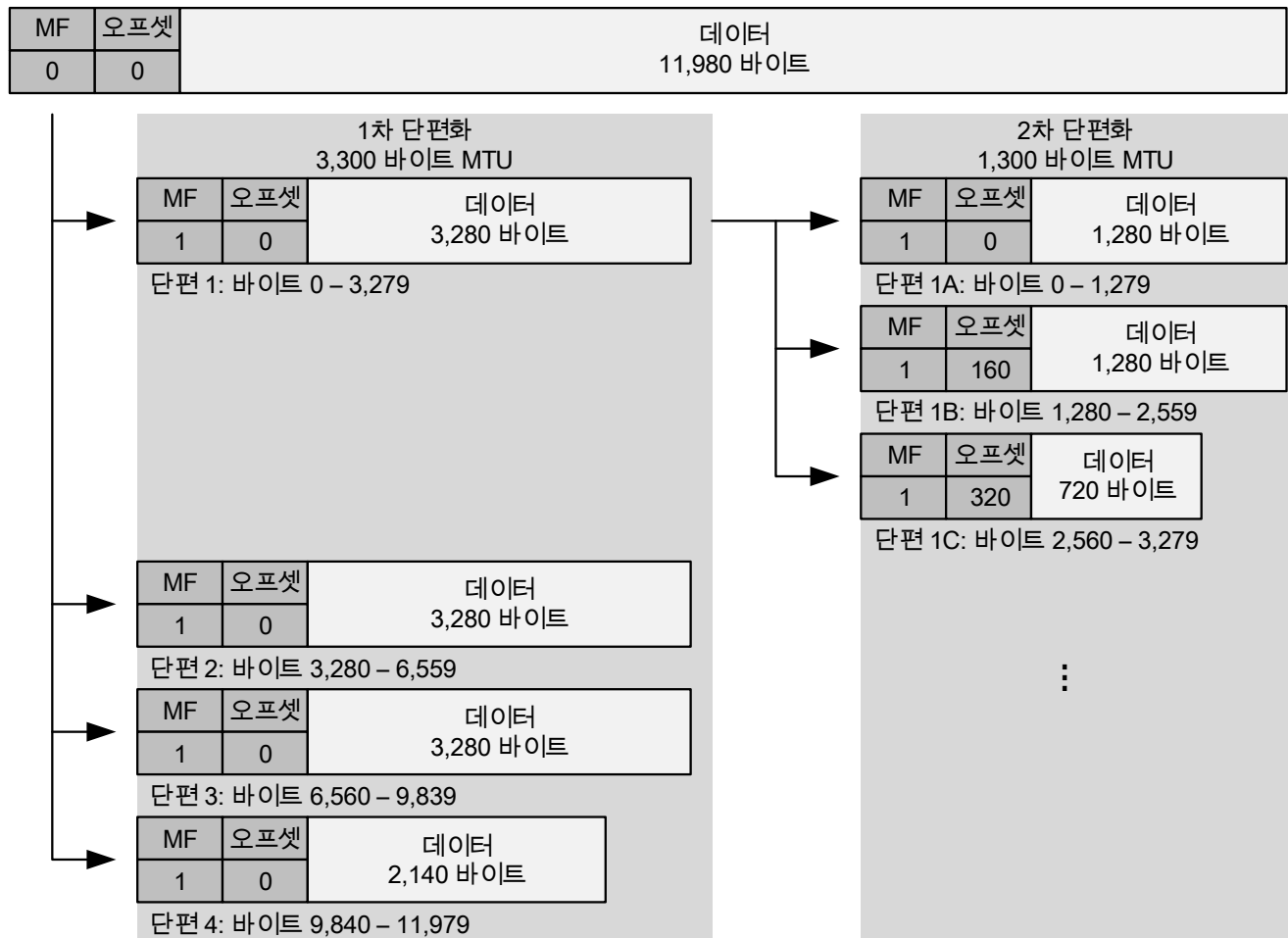
- 단편화된 메시지가 다시 단편화될 수 있음
 - 단편화된 메시지 모음을 분류해야함

- 재조합 종료

- 재조합을 위해 모든 단편을 수신했는지 확인해야 함

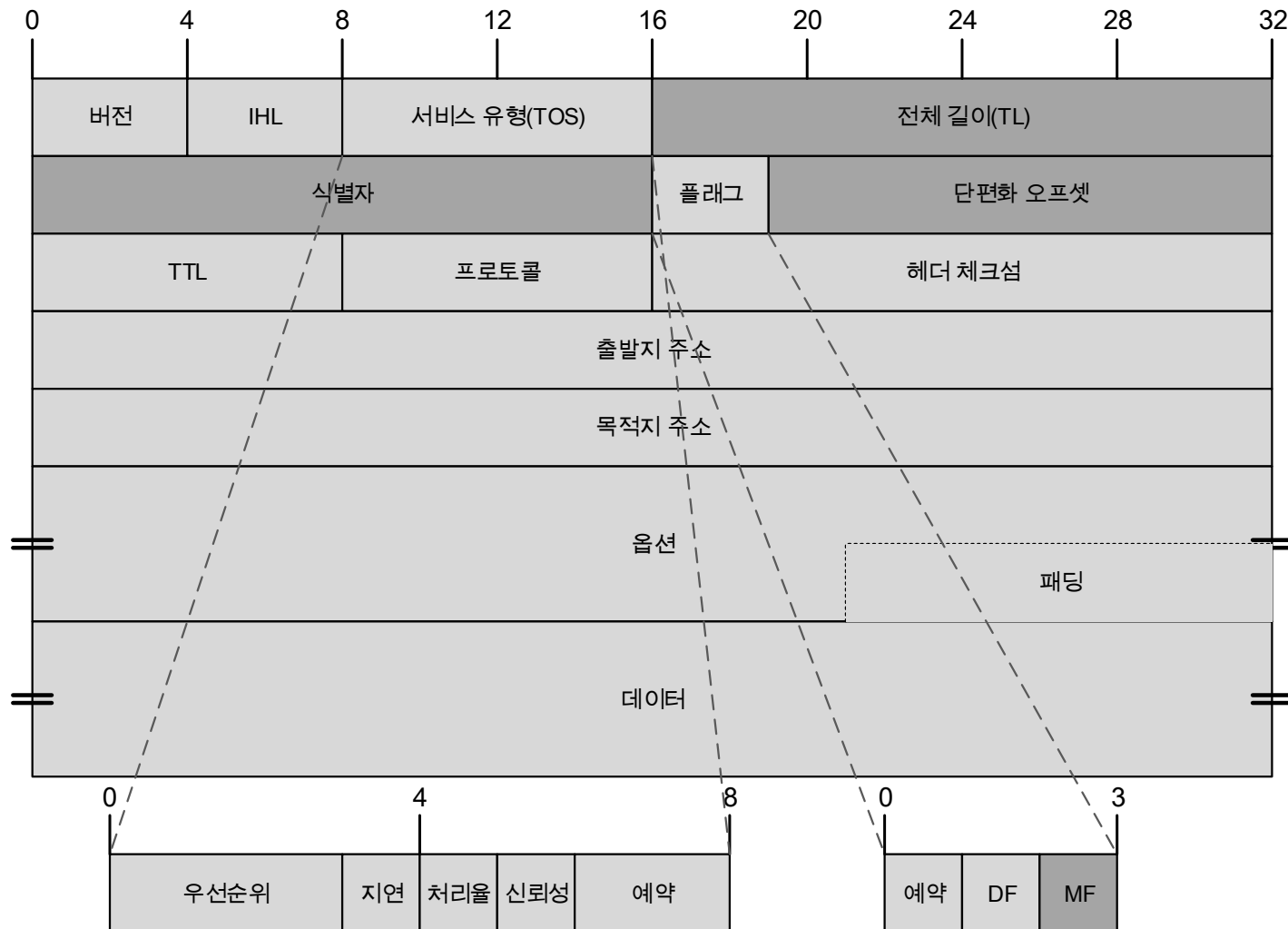
IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 단편화
- 과정



IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 일반 포맷



IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 재조합
 - 단편화된 데이터그램을 다시 하나의 원본 메시지로 재조합
 - 최종 목적지 장비에서만 일어남
 - 단편이 다양한 경로를 거쳐 전송될 수 있음
 - 하나의 라우터에 메시지의 모든 단편이 모이지 않을 수 있음
 - 재조합을 위해서는 모든 단편을 다 받을 때까지 기다려야 함
 - 라우터에서 재조합 과정이 일어나면 라우팅 시간이 길어짐

IPv4 데이터그램

- IPv4 데이터그램 재조합
- 과정
 - 단편 인식과 단편화된 메시지 식별
 - MF비트가 설정됨
 - 단편화 오프셋이 0이 아님
 - 버퍼 초기화
 - 수신한 단편을 저장할 버퍼 초기화
 - 특수 테이블을 사용하여 수신한 단편 확인
 - 타이머 초기화
 - ICMP 시간 초과 메시지 생성
 - 단편 수신과 처리

목 차

- II-3부 인터넷 프로토콜 버전 4(IPv4)
 - IP (Internet Protocol)
 - IPv4 주소지정
 - IPv4 데이터그램
 - IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 데이터그램 전달

- 직접 전달

- 동일한 물리 네트워크의 두 장비 간에 송수신되는 경우
- 출발지 장비에서 목적지 장비로 직접 전달

- 간접 전달(라우팅)

- 두 장비가 동일한 물리 네트워크에 존재하지 않는 경우
- 하나 이상의 중간 장비를 통해 데이터그램 전달

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 데이터그램 전달
 - 라우팅과 주소 지정의 관계
 - 클래스 단위 주소 지정
 - 클래스를 통해 네트워크 ID를 확인 후 라우팅 결정
 - 서브넷 클래스 단위 주소지정
 - 서브넷 마스크를 통해 네트워크 및 서브넷 ID 확인 후 라우팅 결정
 - 클래스 비사용 주소지정
 - 네트워크 ID 확인 후 라우팅 결정

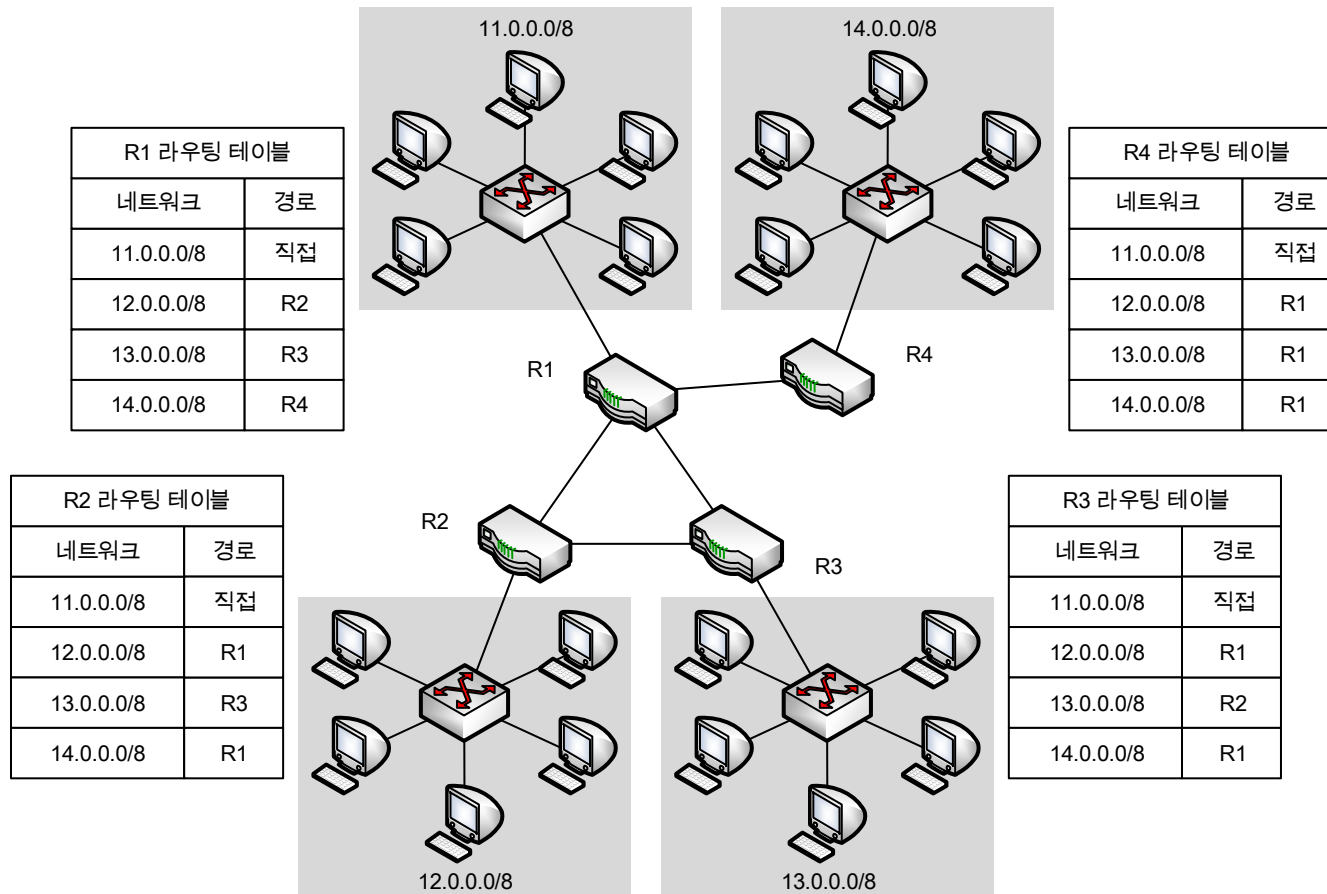
IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 라우팅
 - 다음 홉 라우팅(Next-Hop Routing)
 - 목적지 장비가 있는 물리 네트워크에 도달할 때까지 한 라우터에서 다음 라우터로 전달됨
 - 호스트가 아닌 라우터에 의해 수행됨

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 라우팅 테이블

- 각 라우터는 서로 다른 네트워크 ID와 자신이 연결된 라우터 간의 매핑 정보를 라우팅 테이블에 저장



IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 멀티캐스팅

- 네트워크 계층에서 여러 수신자에게 메시지를 보내는 것

- 주요 기능

- 주소지정

- 특수 주소지정법 사용

- 클래스 D 블록이 멀티캐스트 주소로 예약되어 있음

- 그룹 관리

- 동적으로 그룹에 참여하고 탈퇴하는 장비의 정보를 인터넷워크에 전파해야함

- 인터넷 그룹 관리 프로토콜(IGMP, Internet Group Management Protocol) 등의 관리 도구 사용

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

IPv4 라우팅과 멀티캐스팅

- IP 멀티캐스팅

- 주요 기능

- 데이터그램 처리/라우팅

- 라우터가 언제 데이터그램의 사본을 만들어야 하는지 파악해야 함

- 데이터그램 포워딩 방법을 결정하기 위한 특수 알고리즘 사용

- 최초 송신 장비가 그룹 구성원이 아니어도 멀티캐스트 그룹으로 송신된 데이터그램을 처리할 수 있어야 함

Thanks!

정재형 (jahhyeong@pel.sejong.ac.kr)