

# TCP/IP 완벽 가이드

- 2부 TCP/IP 하위 계층 핵심 프로토콜 -

박 재 형 ([jaehyoung@pel.sejong.ac.kr](mailto:jaehyoung@pel.sejong.ac.kr))

세종대학교 프로토콜공학연구실

# 목 차

---

- 2 – 1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
  - SLIP과 PPP 개요
  - PPP 핵심 프로토콜
  - PPP 기능 프로토콜
  - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2 – 2부 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
  - 주소 결정 프로토콜
  - 역순 주소 결정 프로토콜

# 목 차

---

- 2 – 1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
  - SLIP과 PPP 개요
  - PPP 핵심 프로토콜
  - PPP 기능 프로토콜
  - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2 – 2부 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
  - 주소 결정 프로토콜
  - 역순 주소 결정 프로토콜

# SLIP과 PPP 개요

---

- 직렬 회선 인터넷 프로토콜 (SLIP, Serial Line Internet Protocol)
- IP 데이터그램을 위한 2계층 프레이밍 서비스를 제공
  - 프레이밍 : 1계층에서 주고받은 신호를 비트화해 데이터로 인식할 수 있도록 하는 것
- 한계점
  - 에러 탐지 및 정정 기능을 제공하지 않음
  - 헤더가 없기 때문에 유형 식별 불가능
  - 속도 향상을 위한 압축기능 제공하지 않음
  - 데이터 암호화와 같은 보안기능을 제공하지 않음

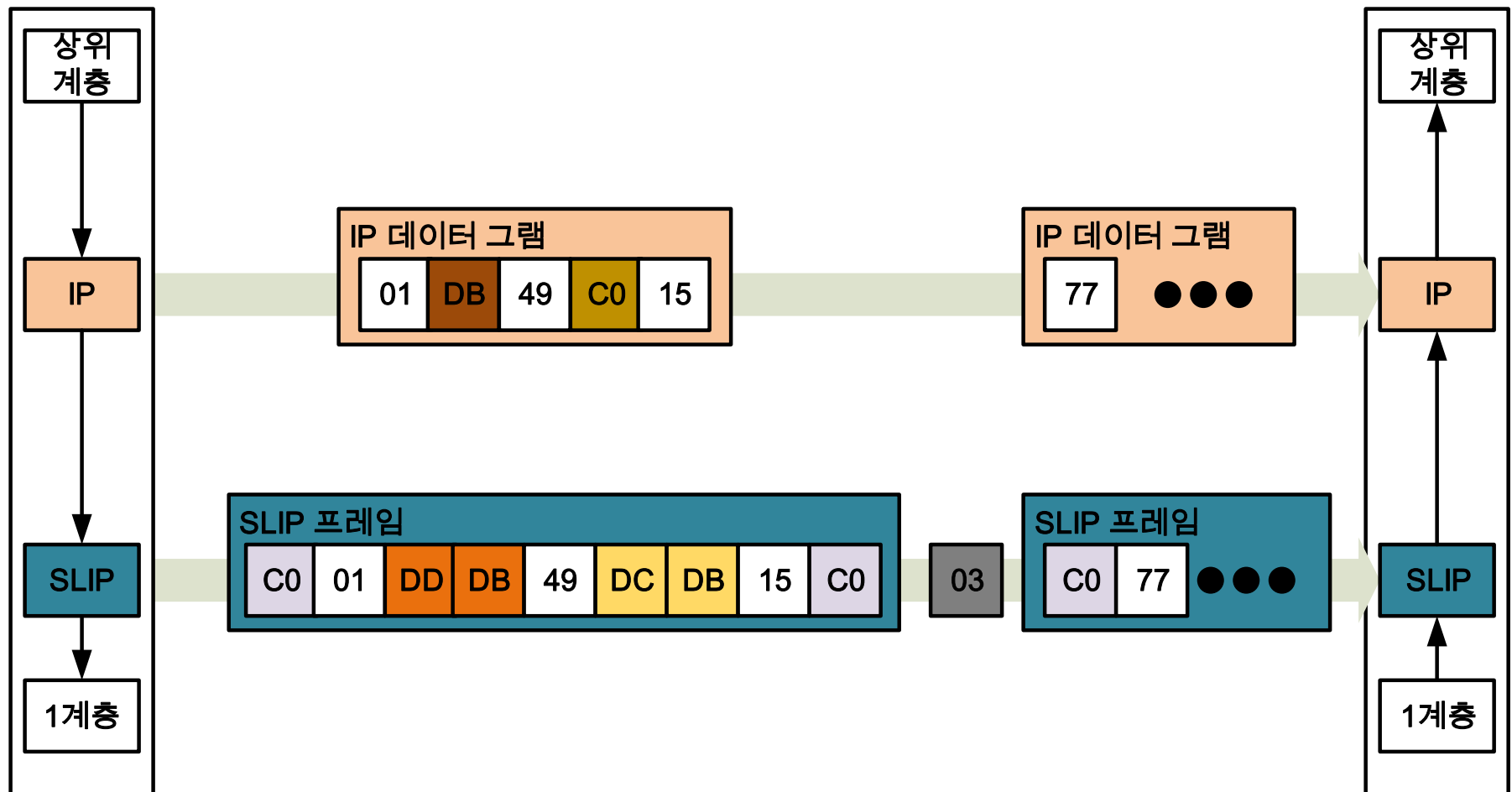
# SLIP과 PPP 개요

---

- 직렬 회선 인터넷 프로토콜 (SLIP)
  - IP 데이터 프레임링 과정
    1. IP 데이터그램이 SLIP에 전송됨
    2. SLIP은 IP 데이터그램을 바이트로 나눈 뒤 한번에 하나씩 링크를 통해 전송
    3. 최종 바이트가 전송되면 특수 바이트 값이 전송되어 수신 장비에게 IP 데이터그램의 끝을 알림
      - SLIP END(10진수 192)라고 부름
      - 더 나은 구현을 위해 첫 바이트 이전에 SLIP END를 보냄
    4. 전송할 데이터그램에 있는 192값을 갖는 1바이트를 219 220 값을 갖는 2바이트로 치환
    5. IP 데이터그램 전송

# SLIP과 PPP 개요

- 직렬 회선 인터넷 프로토콜 (SLIP)
- IP 데이터 프레임밍 과정 그림



# SLIP과 PPP 개요

---

- 점대점 프로토콜 (PPP, Point-to-Point Protocol)
  - 프레임링 기능 뿐만 아니라 에러탐지, 압축, 인증, 암호화 같은 여러 기능을 제공하는 2계층 프로토콜
  - 특징
    - TCP/IP의 네트워크 인터페이스 계층에 속함
    - 각 프레임 헤더에 순환 잉여 검사 (CRC, Cyclic redundancy check) 코드를 삽입하여 전송 프레임의 에러 탐지
    - 물리 링크에서 선택적인 압축기능이 가능하여 성능 향상
    - PPP기능 프로토콜 사용으로 압축, 인증, 암호화 기능 제공
    - 링크 수립

# SLIP과 PPP 개요

---

- 점대점 프로토콜 (PPP)
  - PPP 주요 구성 요소
    - PPP 캡슐화 방법
      - IP 데이터그램과 같은 상위 계층 메시지를 받아서 하위 계층으로 전송하기 위한 캡슐화 방법
  - 링크 제어 프로토콜 (LCP, Link Control Protocol)
    - 장비간 링크의 수립, 유지, 종료를 책임지는 프로토콜
      - 링크 사용 방법을 협의 하기위한 설정 인자 교환
    - 최대프레임 길이, 인증 프로토콜 (PAP, CHAP) 등의 결정
  - 네트워크 제어 프로토콜 (NCP, Network Control Protocol)
    - 네트워크 계층 프로토콜의 인자를 협상하는 프로토콜
    - 서로 다른 네트워크의 연결을 가능하게 함



# SLIP과 PPP 개요

---

- 점대점 프로토콜 (PPP)
  - PPP 기능 그룹
    - LCP 지원 프로토콜
      - 링크 협상 과정에서 관리나 옵션을 설정하기 위한 프로토콜
        - 챌린지 핸드 셰이크 인증 프로토콜 (CHAP, Challenge Handshake Authentication Protocol)
        - 비밀번호 인증 프로토콜 (PAP, Password Authentication Protocol)
    - LCP 선택적 기능 프로토콜
      - 링크가 수립되고 장비 간 패킷이 전송될 때 동작을 향상시키기 위한 프로토콜
        - 압축 제어 프로토콜 (CCP, Compression Control Protocol)
        - 암호화 제어 프로토콜 (ECP, Encryption Control Protocol)
        - 다중링크 프로토콜 (MP, Multilink Protocol)

# SLIP과 PPP 개요

---

- 점대점 프로토콜 (PPP)

- 일반 동작

- 링크 수립과 구성

- 두 장비는 링크의 운영을 관리하는 데 필요한 인자에 동의해야 함
      - LCP 사용
    - LCP는 필요한 경우 지원 및 선택적 기능 프로토콜 이용
      - e.g., 인증 프로토콜, 압축 제어 프로토콜 등
    - 링크가 수립되면 3계층 기술에 맞는 NCP 호출

- 링크 동작

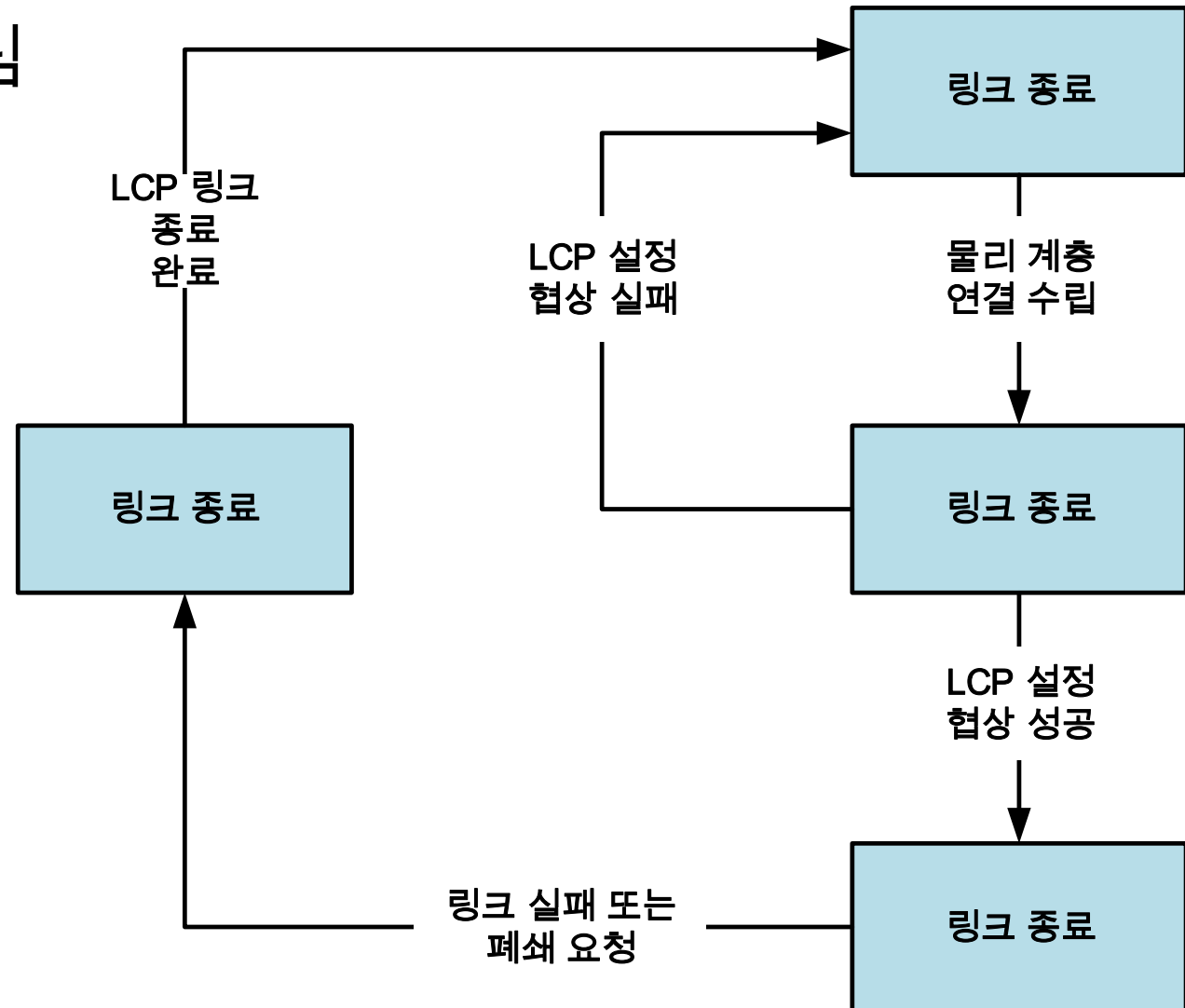
- 수립된 링크를 사용하여 데이터그램 전송
      - 송신 장비는 3계층 패킷을 캡슐화하여 1계층으로 송신
      - 수신 장비는 1계층에서 올라온 PPP 프레임을 받아 헤더를 제거한 후 3계층으로 올려 보냄

- 링크 종료

- 장비 간 통신을 원하지 않을 때 링크 종료

# SLIP과 PPP 개요

- 점대점 프로토콜 (PPP)
- 일반 동작 그림



# SLIP과 PPP 개요

---

- 점대점 프로토콜 (PPP)
  - PPP 링크 수립과 단계
    - 장비 간 데이터를 교환하기 전에 장비사이에 링크를 수립해야 프레임이 링크를 통해 전송 가능
  - 링크 비활성화 (Link dead) 단계
    - 장비 간 아무런 물리계층 연결이 존재하지 않는 단계
    - 물리 계층 연결이 구성되면 링크 수립 단계로 넘어감
  - 링크 수립 (Link establishment) 단계
    - 링크의 기본 설정을 수행하는 단계
    - 물리 링크를 통해 LCP 설정요청 메시지 전송
      - 송신 장비의 사용하고자 하는 인자를 포함
    - 두 장비는 LCP 설정 협상
      - LCP설정 협상 성공
      - LCP설정 협상 실패

# SLIP과 PPP 개요

---

- 점대점 프로토콜 (PPP)
  - PPP 링크 수립과 단계
    - 링크 수립 (Link establishment) 단계
      - LCP설정 협상 성공 시
        - LCP 개방 (LCP open) 으로 바뀌며 인증 단계로 넘어감
    - LCP설정 협상 실패 시
      - 수신 장비는 비 승인 메시지를 전송
        - 받아들이지 않는 인자 정보 포함
      - 송신 장비는 수신장비가 받아들일 수 있는 새 인자로 다시 요청
      - 협상 하지 못한다면 링크 비활성화 단계로 되돌아감

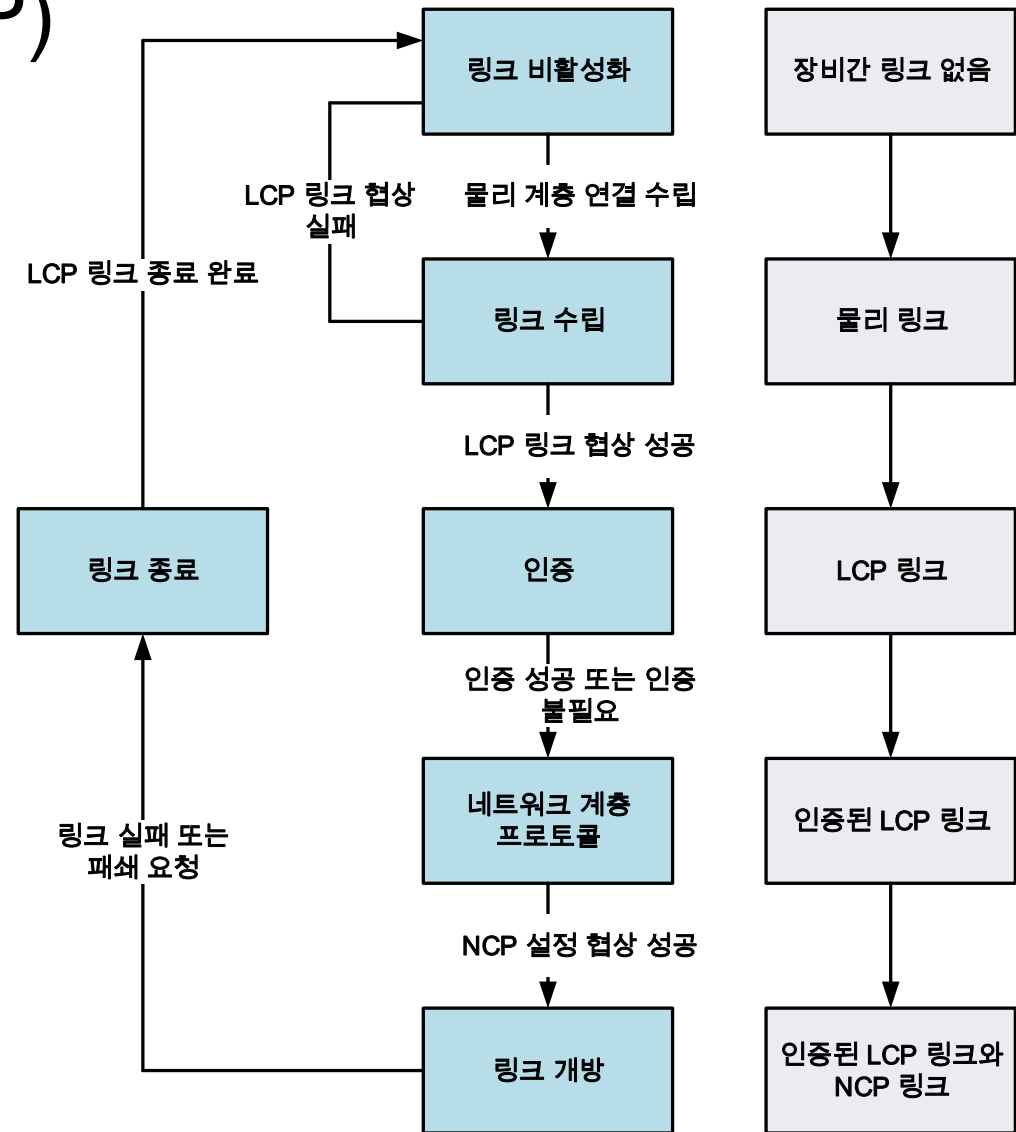
# SLIP과 PPP 개요

---

- 점대점 프로토콜 (PPP)
  - PPP 링크 수립과 단계
    - 인증 (Authentication) 단계
      - 한 장비가 다른 장비가 자신에게 접속하기 전에 인증을 요구하는 단계
      - 인증을 하기위해 인증 프로토콜 사용
        - e.g., CHAP, PAP 등
    - 네트워크 계층 프로토콜 (Network layer protocol) 단계
      - 네트워크 계층 프로토콜에 맞는 설정을 위해 NCP를 호출하는 단계
    - 링크 개방 (Link open) 단계
      - 개방된 LCP 링크와 NCP링크로 데이터가 송·수신 됨
    - 링크 종료 (Link termination) 단계
      - LCP종료 프레임을 전송하고 다른 장비는 승인함
      - 링크는 비활성화 단계로 돌아감

# SLIP과 PPP 개요

- 점대점 프로토콜 (PPP)
- PPP 링크 수립과 단계



# 목 차

---

- 2 – 1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
  - SLIP과 PPP 개요
  - PPP 핵심 프로토콜
  - PPP 기능 프로토콜
  - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2 – 2부 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
  - 주소 결정 프로토콜
  - 역순 주소 결정 프로토콜



# PPP 핵심 프로토콜

- 링크 제어 프로토콜 (LCP, Link Control Protocol)
- 장비간 링크의 수립, 유지, 종료를 책임지는 프로토콜
  - LCP 프레임

- 장비들이 PPP 링크를 제어하기 위해 물리 링크로 보내는 LCP 메시지

링크 상태	코드	프레임 유형
링크 설정	0x01	설정 요청(Configure Request)
	0x02	설정 승인(Configure Ack)
	0x03	설정 비승인(Configure Nak)
	0x04	설정 거부(Configure Reject)
링크 종료	0x05	종료 요청(Terminate Request)
	0x06	종료 승인(Terminate Ack)
링크 유지	0x07	코드 거부(Code Reject)
	0x08	프로토콜 거부(Protocol Reject)
	0x09	에코 요청(Echo Request)
	0x0A	에코 응답(Echo Reply)
	0x0B	버림 요청(Discard Request)

# PPP 핵심 프로토콜

---

- 링크 제어 프로토콜 (LCP)
  - LCP 링크 설정
    - 동작 환경을 협상하기 위해 LCP 프레임을 교환하는 절차
  - 장비가 요청에서 지정할 수 있는 설정 옵션
    - 최대 수신 유닛 (MRU, Maximum Receive Unit)
      - 링크에서 전달하고자 하는 최대 데이터그램 크기 지정
    - 인증 프로토콜 (Authentication protocol)
      - 사용하고자 하는 인증 프로토콜 유형 지정
    - 품질 프로토콜 (Quality protocol)
      - 링크에 대한 품질 모니터링을 하고 싶을 때 어떤 프로토콜을 이용할 지 지정
    - 매직 넘버 (Magic number)
      - 랜덤하게 생성된 값
      - 루프 백 링크 또는 기타 연결의 비정상 행위를 탐지

# PPP 핵심 프로토콜

---

- 링크 제어 프로토콜 (LCP)
  - LCP 링크 설정
    - 동작 환경을 협상하기 위해 LCP 프레임을 교환하는 절차
  - 장비가 요청에서 지정할 수 있는 설정 옵션
    - 프로토콜 필드 압축 (PFC, Protocol Field Compression)
      - e.g., 송신 장비가 일반적인 16비트 Protocol 필드 대신 압축된 8비트 Protocol 필드 사용하고자 수신장비에게 요청
        - PPP 프레임 마다 1바이트 대역폭 절약
    - 주소 제어 필드 압축 ACFC (ACFC, Address and Control Field Compression)
      - 대역폭 절약을 위한 주소와 제어 필드를 압축

# PPP 핵심 프로토콜

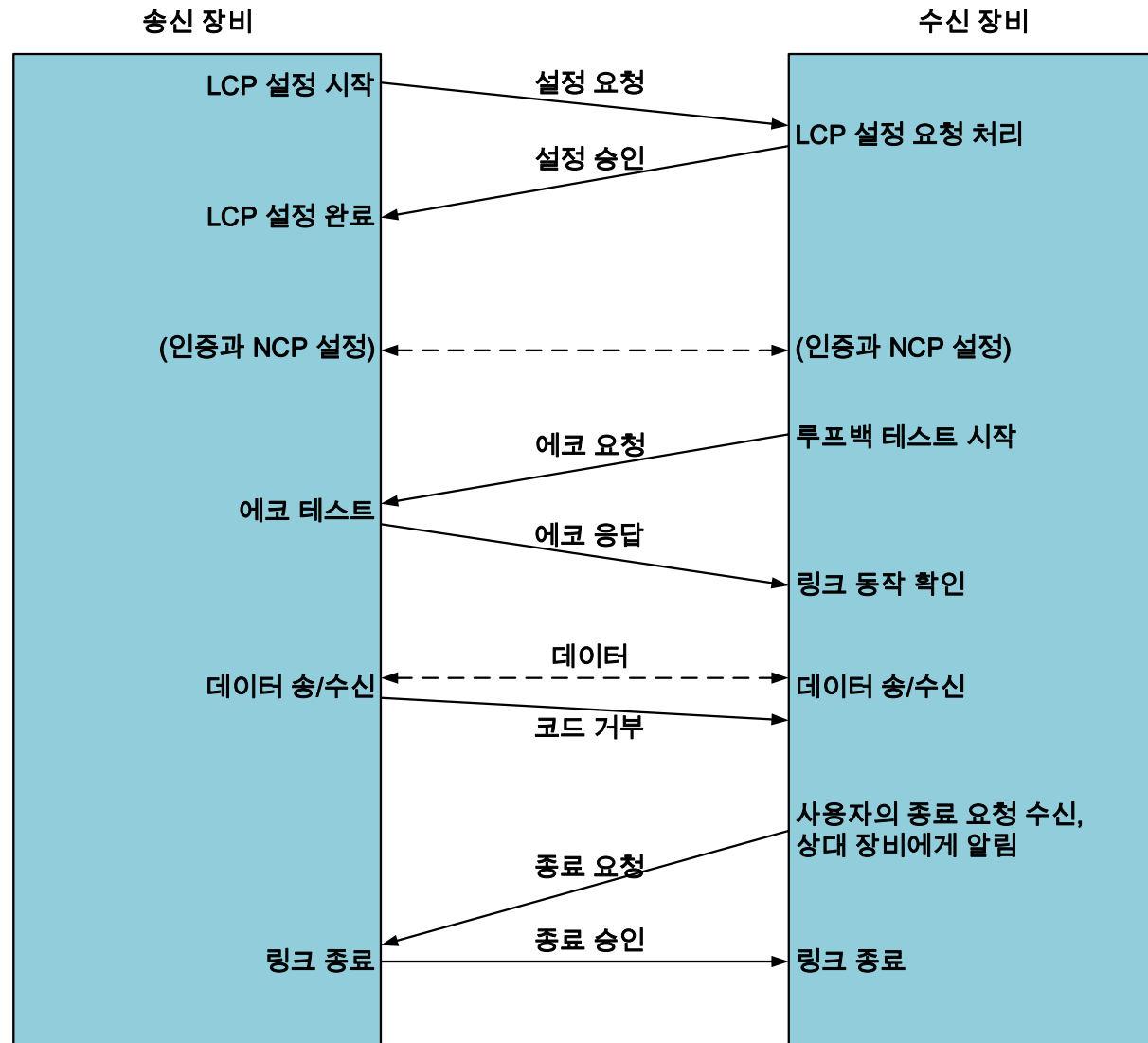
---

- 링크 제어 프로토콜 (LCP)
  - 기타 LCP 메시지
    - 식별 메시지
      - 자신에 관한 정보를 상대방에게 알리는 메시지
  - 남은 시간 메시지
    - 현재 세션의 남은 시간을 알리는 메시지

# PPP 핵심 프로토콜

- 링크 제어 프로토콜 (LCP)

- LCP 메시지 교환 과정



# PPP 핵심 프로토콜

---

- 네트워크 제어 프로토콜 (NCP, Network Control Protocol)
  - 특정 네트워크 계층 프로토콜에 유일한 인자를 협상
  - LCP로 링크가 수립되면 각 3계층 프로토콜에 해당하는 NCP 전송
  - 각 LCP 링크 별로 하나 이상의 NCP를 운영
    - e.g., IP (LCP) - IPCP (NCP)  
IPX (LCP) - IPXCP (NCP)
      - PPP 인터넷 프로토콜 제어 프로토콜 (IPCP, The PPP Internet Protocol Control Protocol)
      - PPP 인터넷워킹 패킷 교환 제어 프로토콜 (IPXCP, The PPP Internetworking Packet Exchange Control Protocol)

# PPP 핵심 프로토콜

---

- 네트워크 제어 프로토콜 (NCP)
  - 인터넷 프로토콜 제어 프로토콜 (IPCP, Internet Protocol Control Protocol)
    - IP 패킷을 전송하기 위해 PPP가 수립될 경우 호출되어 IP NCP 링크를 수립
  - IPCP 설정 요청 메시지에 지정할 수 있는 두 가지 옵션
    - IP 압축 프로토콜
      - TCP/IP 헤더 압축 사용 여부
    - IP 주소
      - IP 라우팅 용도로 사용할 IP 주소를 지정하거나 요청

# PPP 핵심 프로토콜

---

- PPP 인증 프로토콜

- 장비 간 인증과 관련되는 보안 서비스를 제공하는 프로토콜

- 비밀번호 인증 프로토콜 (PAP, Password Authentication Protocol)

- 링크로 암호화되지 않은 비밀번호를 전송하여 인증

- 동작 방식

- 인증 요청

- 송신 장비는 이름과 비밀번호를 포함한 인증 요청 메시지 전송

- 인증 응답

- 수신 장비는 인증 요청 메시지를 검토하여 인증 승인 여부 메시지 전송

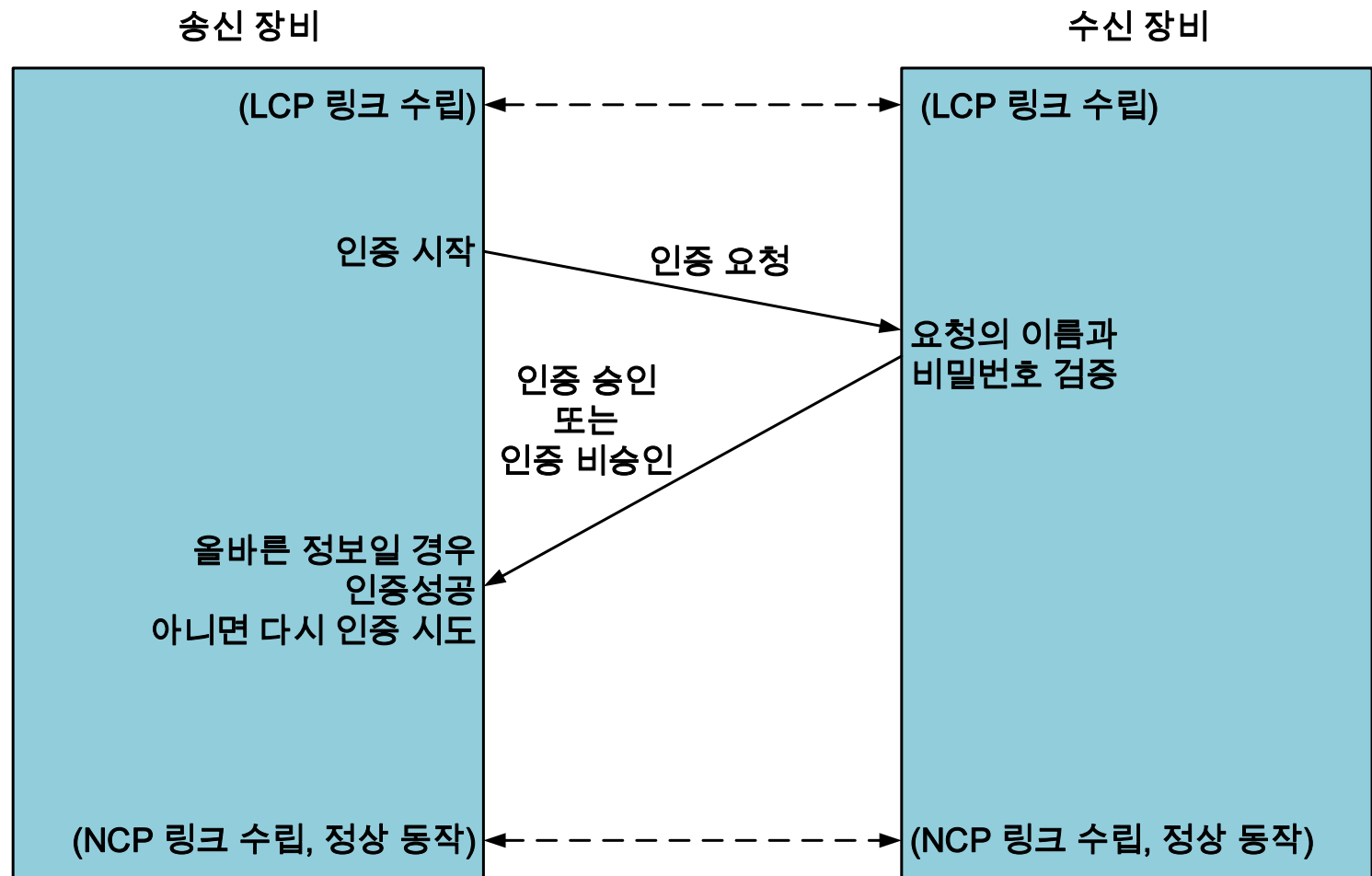
- 결점

- 사용자 이름과 비밀번호를 평문 형태로 전송



# PPP 핵심 프로토콜

- PPP 인증 프로토콜
  - 비밀번호 인증 프로토콜 (PAP)
    - 인증 과정



# PPP 핵심 프로토콜

---

- PPP 인증 프로토콜

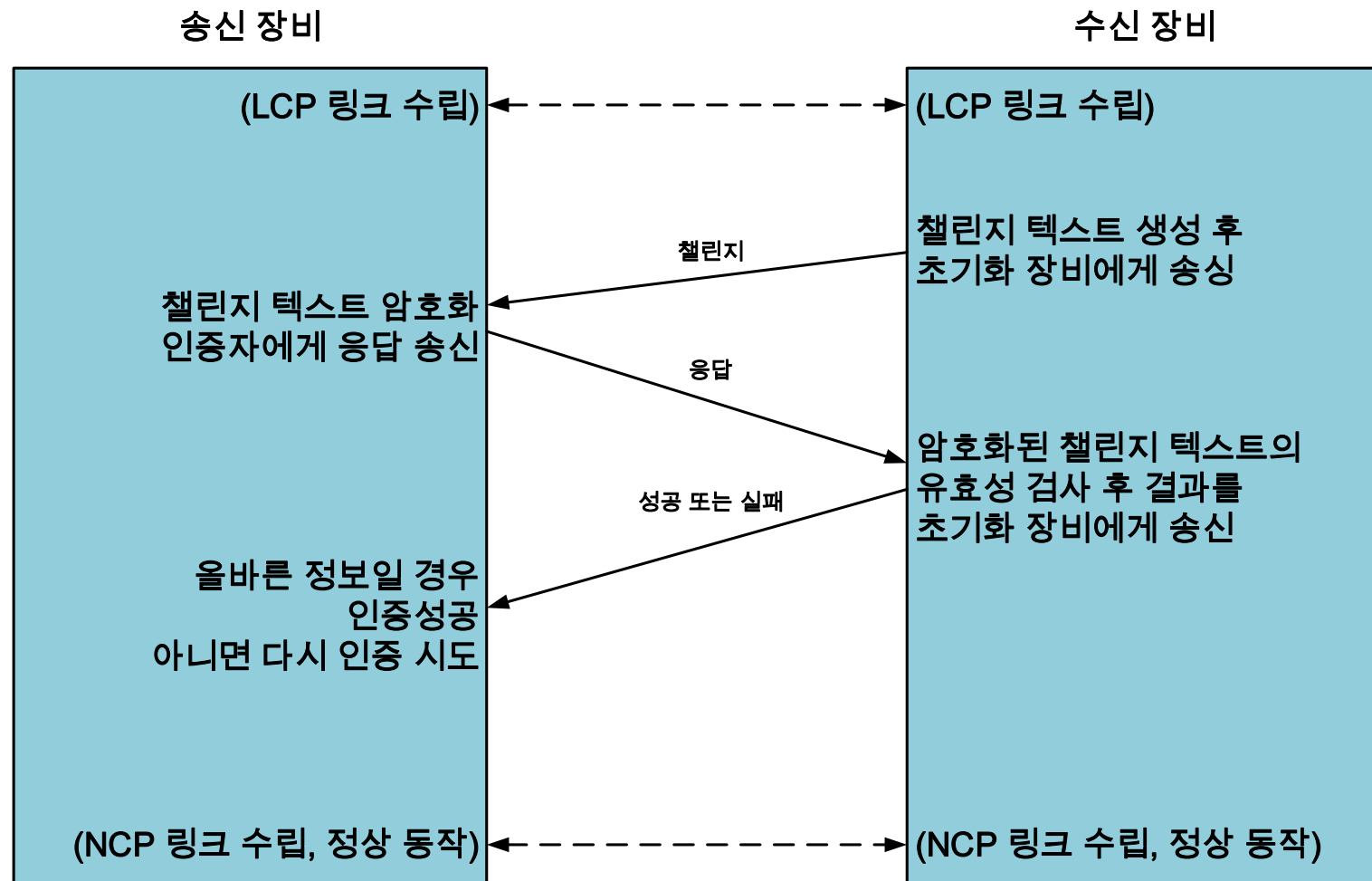
- 챌린지 핸드셰이크 인증 프로토콜 (CHAP, Challenge Handshake Authentication Protocol)
  - 쓰리웨이 핸드셰이크 (Three-way handshake) 기법을 이용  
하 여 인증
  - 동작 방식
    - 챌린지
      - 의미가 없는 메시지 (프레임)
      - 송신 장비는 챌린지 텍스트를 생성하여 수신 장비에게 전송
      - 양쪽 장비는 동일한 챌린지 텍스트를 가짐
    - 응답
      - 송신 장비는 비밀번호를 이용하여 챌린지 텍스트를 암호화
      - 암호화된 챌린지 텍스트를 수신 장비에게 전송
    - 인증 성공/실패
      - 수신 장비는 동일한 방법으로 챌린지 텍스트를 암호화
      - 송신 장비가 전송한 암호화된 챌린지 텍스트와 비교 후 인증 성공 여부  
메시지 전송

# PPP 핵심 프로토콜

- PPP 인증 프로토콜

- 챌린지 핸드셰이크 인증 프로토콜 (CHAP)

- 인증과정



# 목 차

---

- 2 – 1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
  - SLIP과 PPP 개요
  - PPP 핵심 프로토콜
  - PPP 기능 프로토콜
  - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2 – 2부 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
  - 주소 결정 프로토콜
  - 역순 주소 결정 프로토콜

# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP 링크 품질 모니터링과 리포팅
  - 링크 품질 모니터링 (LQM, Link Quality Monitoring)
    - PPP에서의 장비들이 링크의 품질을 분석 할 수 있도록 하는 기능
  - 링크 품질 리포팅 (LQR, Link Quality Reporting)
    - 상대방 장비에게 현재 링크 정보를 주기적으로 요청하는 것
    - LQR 수립
      - 링크 수립 단계에서 인자 협상 과정의 일부로 수행됨
      - 설정 요청 프레임에 품질 프로토콜 설정 옵션을 포함시켜 링크 모니터링 요청
        - 리포팅 주기 지정
        - 링크에 대한 정보를 받을 수 있는 시간

# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP 링크 품질 모니터링과 리포팅
  - 링크 품질 리포팅 (LQR)
    - LQR 활성화
      - 링크 사용과 관련된 통계 정보를 담고 있는 카운터 생성
        - 송·수신한 프레임의 수
        - 송·수신한 프레임의 바이트 수
        - 발생한 에러의 수
        - 버린 프레임의 수
        - 생성된 링크 품질 보고서 수

# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP 링크 품질 모니터링과 리포팅
  - 링크 품질 리포팅 (LQR)
    - LQR 사용
      - 품질 보고서에 있는 통계 정보에 근거하여 장비는 링크 품질에 대한 결론을 내리고 어떤 행동을 취할지 결정
    - e.g.,
      - 에러의 절대값이 특정 임계치를 넘는 경우 링크를 닫음
      - 버린 프레임의 비율이 증가한 경우 링크에 대한 조치를 취함
      - 일부 장비는 정보를 로그에 저장하고 아무런 조치를 취하지 않음

# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP 압축 제어 프로토콜 (CCP, Compression Control Protocol)
- 물리 링크에서 전송되는 데이터를 압축하여 링크의 속도를 향상시키는 프로토콜
- CCP 운영
  - 링크 설정
    - 압축 설정은 네트워크 계층 프로토콜 단계에서 수행
    - 네트워크 계층 프로토콜의 설정이 CCP일 때 사용
  - 링크 유지
    - 코드 거부
      - 유효하지 않은 코드 값이 있을 경우 코드 거부 메시지 전송
    - 리셋 요청/승인
      - 압축 해제 과정에서 오류가 발생할 경우 압축 기능 초기화 메시지 전송
  - 링크 종료
    - CCP 링크 종료 요청/승인 메시지를 통해 종료



# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP 압축 제어 프로토콜 (CCP)
  - CCP 설정 옵션
    - 두 장비가 사용할 압축 알고리즘을 협상
  - 압축 알고리즘 운영
    - 협상한 압축 알고리즘을 이용하여 데이터 전송 전 압축
      - 프레임이 압축됐다는 것을 나타내기 위해 PPP 프로토콜 필드에 특수 값 삽입
        - 압축된 경우 0x00FD 삽입
        - 다중링크에서 독립적으로 압축된 경우 0x00FB 삽입
    - 압축하지 않은 경우 어떤 3계층 프로토콜에서 데이터가 오는지 나타냄
    - LCP 프레임, 기타 프로토콜 제어에 쓰이는 프레임은 압축 불가능

# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP 암호화 제어 프로토콜 (ECP, Encryption Control Protocol)
- 데이터 링크 계층에서 암호화와 복호화를 할 수 있도록 하는 선택적인 기능 제공
- ECP 운영
  - 링크 설정
    - 암호화 설정은 네트워크 계층 프로토콜 단계에서 수행
    - 네트워크 계층 프로토콜의 설정이 ECP일 때 사용
  - 링크 유지
    - 코드 거부
      - 유효하지 않은 코드 값이 있을 경우 코드 거부 메시지 전송
    - 리셋 요청/승인
      - 암호화 과정에서 오류가 발생할 경우 암호화 기능 초기화 메시지 전송
  - 링크 종료
    - ECP 링크 종료 요청/승인 메시지를 통해 종료

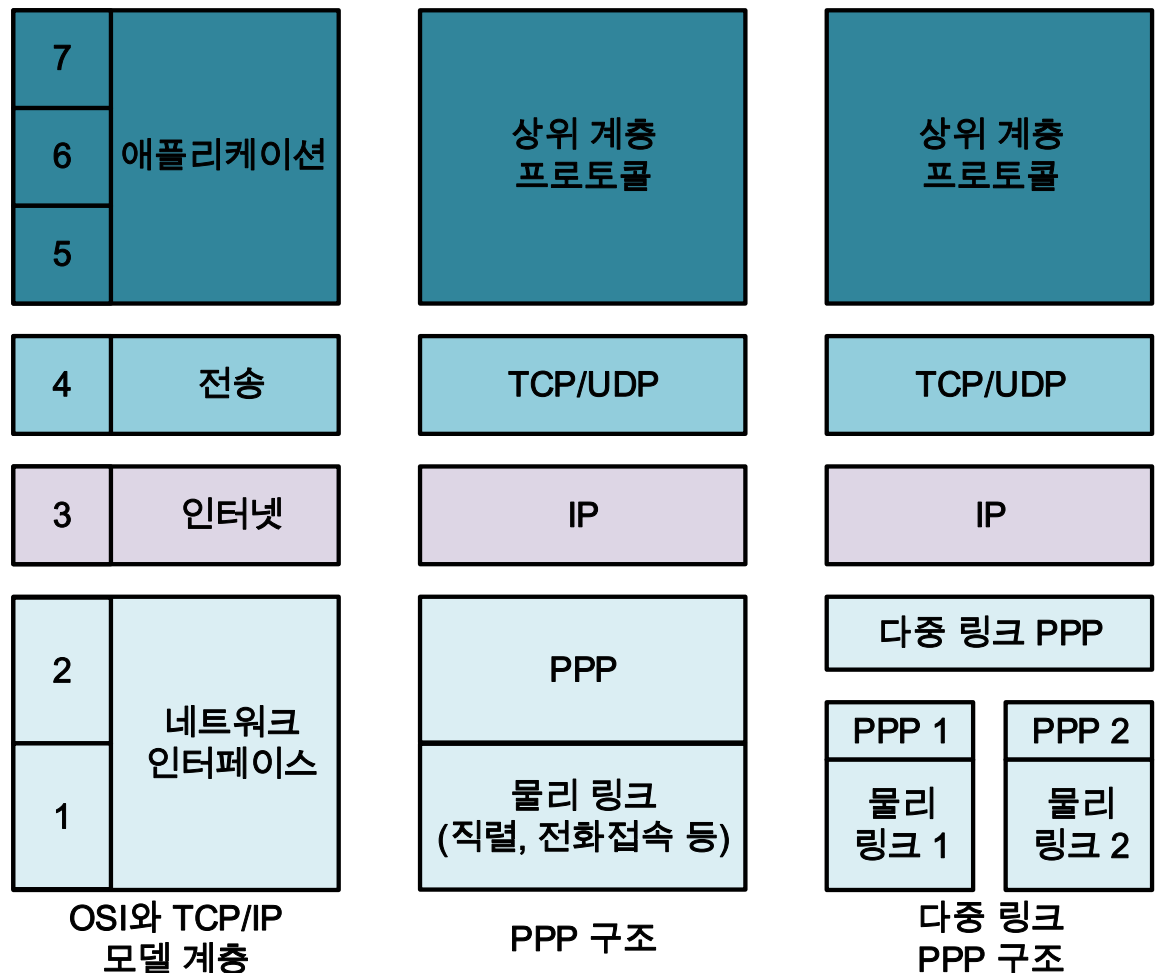
# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP 암호화 제어 프로토콜 (ECP)
  - ECP 설정 옵션
    - 두 장비가 사용할 암호화 알고리즘을 협상
  - 암호화 알고리즘 운영
    - 협상한 암호화 알고리즘을 이용하여 데이터 전송 전 암호화
      - 프레임이 암호화됐다는 것을 나타내기 위해 PPP 프로토콜 필드에 특수 값 삽입
        - 암호화된 경우 0x0053 삽입
        - 다중링크에서 독립적으로 암호화된 경우 0x0055 삽입
    - 암호화하지 않은 경우 PPP 프로토콜 필드에 각 3계층 프로토콜의 출처 값 삽입
      - 압축하기 전에 실행
  - LCP 프레임, 기타 프로토콜의 제어에 쓰이는 프레임 암호화 가능

# PPP 기능 프로토콜

- PPP 다중링크 프로토콜 (MP, Multilink Protocol)
- 전체 PPP 프레임을 단편화하여 서로 다른 물리 링크로 전송하는 프로토콜



# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP 다중링크 프로토콜 (MP)
  - 다중링크 프로토콜 연결 수립과 설정 옵션
    - LCP 링크 설정 과정 중 활성화됨
      - 다중링크 최대 수신 재구성 유닛이 성공적으로 이루어지고 각 물리 계층 별 LCP 링크 가상 묶음이 구성됨
  - 활성화를 위한 설정 옵션
    - 다중링크 최대 수신 재구성 유닛 (Multilink Maximum Received Reconstructed Unit)
      - MP에서 지원하는 최대 PPP 프레임 크기 값을 포함
    - 다중링크 짧은 순서 번호 헤더 포맷 (Multilink Short Sequence Number Header Format)
      - MP 프레임에서 짧은 순서 번호 필드를 사용하는 것을 협상
    - 종단 식별자 (Endpoint Discriminator)
      - 어떤 링크가 어떤 장비로 연결되는지를 파악하는 데 쓰임

# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP 다중링크 프로토콜 (MP)

- 다중링크 프로토콜 운영

- 송신

- 네트워크 계층 프로토콜로부터 받은 패킷을 일반 PPP 프레임의 수정된 버전으로 캡슐화
    - 캡슐화된 프레임을 단편화하여 여러 링크로 분배
      - 크기가 작은 프레임, 링크 설정에 쓰이는 제어 프레임은 단편화되지 않음
    - 각 링크로 분배된 프레임은 캡슐화되어 물리 링크로 전송

- 수신

- 수신된 프레임 조각들을 재조합하여 원본 PPP 프레임으로 구성

# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP MP 대역폭 할당과 할당 제어 프로토콜
  - MP의 동작을 동적으로 제어하는 데 사용
  - 대역폭 할당 프로토콜 (BAP, Bandwidth Allocation Protocol)
    - PPP 링크 묶음에서 MP로 동작하는 장비들이 특정 링크를 묶음에 추가하거나 제거하는 프로토콜
  - 대역폭 할당 제어 프로토콜 (BACP, Bandwidth Allocation Control Protocol)
    - 장비들이 BAP 사용 방법을 설정할 수 있도록 하는 프로토콜
    - 링크 설정 과정 중 BAP을 수립하는 데 쓰임
    - 설정 옵션
      - Favored-Peer
        - 두 장비가 동시에 동일한 요청을 보낼 때 문제가 일어나지 않는 것을 보장

# PPP 기능 프로토콜

---

- PPP MP 대역폭 할당과 할당 제어 프로토콜

- BAP의 운영

- 콜 요청과 응답

- 링크 묶음에 링크를 추가하고, 새로운 물리 계층 링크를 초기화하고 싶은 장비는 상대방 장비에게 콜 요청 (Call-Request) 프레임 전송
    - 상대방 장비는 콜 응답 (Call-Response)으로 회신

- 콜 백 요청과 응답

- 상대방 장비가 새 링크를 추가하라는 요청을 보내기 원할 때 쓰임

- 콜 상태 표시와 응답

- 새로운 링크를 추가하려는 장비는 링크의 상태를 콜 상태표시 (CallStatus-Indication)프레임으로 상대방 장비에게 전송
    - 상대방 장비는 콜 상태 응답 (Call-Status-Response)으로 회신

- 링크 제거 요청과 응답

- 링크를 제거하기 위한 요청과 응답



# 목 차

---

- 2 – 1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
  - SLIP과 PPP 개요
  - PPP 핵심 프로토콜
  - PPP 기능 프로토콜
  - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2 – 2부 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
  - 주소 결정 프로토콜
  - 역순 주소 결정 프로토콜

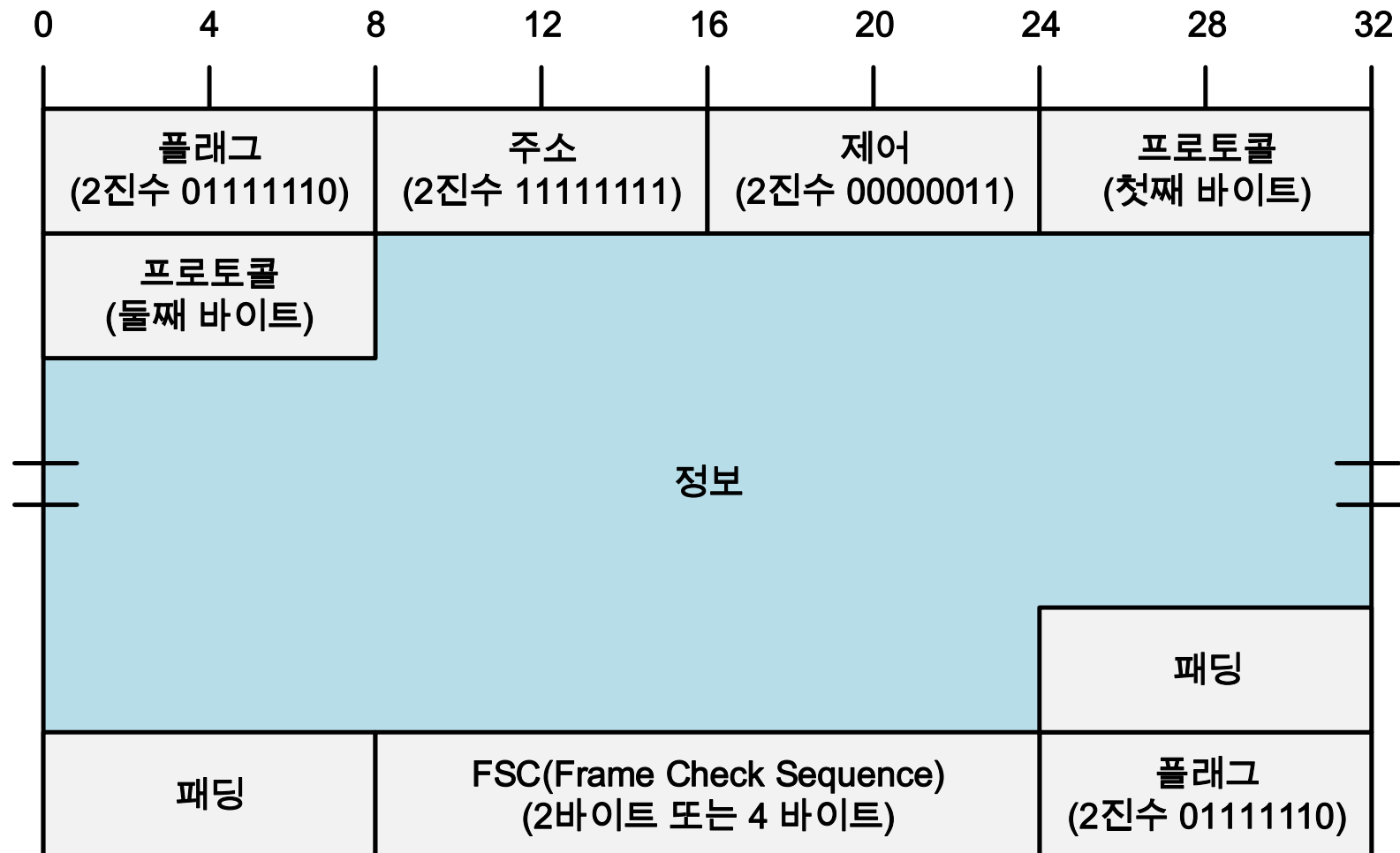
# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 프레임 포맷

필드 이름	크기(바이트)	설명
플래그	1	PPP 프레임의 시작과 끝을 나타냄
주소	1	PPP는 두 장비 간 직접 연결을 다루기 때문에 이 필드는 항상 브로드캐스트 주소를 가리킴
제어	1	HDLC에서 이 필드는 다양한 제어 목적에 쓰이지만 PPP에서는 2진수 00000011로 설정되어있음
프로토콜	2	프레임의 정보 필드에 캡슐화된 패킷의 프로토콜을 식별
데이터	가변적	프레임 종류에 따라, 데이터 또는 제어 정보를 포함한 0개 이상의 바이트로 된 페이로드
패딩	가변적	PPP 프레임의 크기를 맞추기 위한 필드
프레임 검사 순서번호 (FCS, Frame Check Sequence)	2(또는 4)	전송 중 에러로부터 프레임을 보호하기 위해 프레임의 체크섬을 계산

# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 프레임 포맷
- PPP 프레임 포맷



# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 프레임 포맷

- 프로토콜 필드 범위

- 프레임을 수신하는 장비를 위한 프레임 유형 식별자
- 필드 값의 첫 번째 바이트는 짝수, 두 번째 바이트는 홀수
- PPP 프로토콜 필드 범위 표

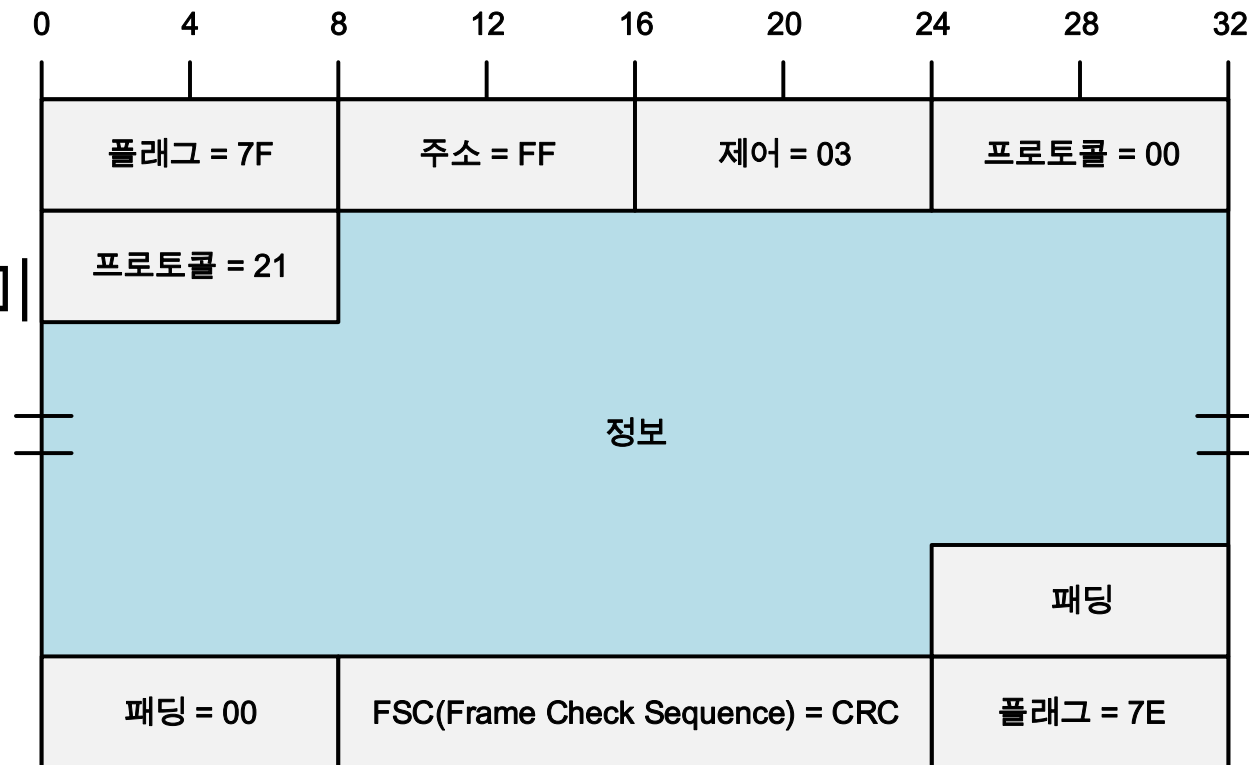
프로토콜 필드 범위(16진수)	설명
0000-3FFF	관련 NCP가 존재하는 캡슐화된 네트워크 계층 패킷, 압축이나 암호화된 패킷을 포함하는 프레임을 나타내는 데 쓰이는 값 포함
4000-7FFF	잘 쓰이지 않는 프로토콜을 포함한 패킷, 관련 NCP가 존재하지 않는 프로토콜
8000-BFFF	0000-3FFF 범위에 있는 네트워크 계층 프로토콜 값에 대응하는 NCP 제어 프레임
C000-FFFF	LCP와 LCP 지원 프로토콜이 사용하는 제어 프레임

# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 프레임 포맷

- PPP 프레임 포맷 예제

- 플래그 7E  
= PPP 시작
- 주소 FF  
= 브로드캐스트 의미
- 제어 03  
= PPP에서 사용  
되는 고정된 설정
- 프로토콜 00, 21  
= 인터넷 프로토콜  
(IPv4)
- 플래그 7E  
= PPP 끝



# PPP 프로토콜 프레임 포맷

---

- PPP 일반 프레임 포맷

- PPP 필드 압축

- 주소와 제어 필드 압축 (ACFC, Address and Control Field Compression)
  - 초기 링크 수립 단계에서 두 장비가 협상
  - 활성화 시 PPP 프레임에 주소와 제어 필드를 사용하지 않음

- 프로토콜 필드 압축 (PFC, Protocol Field Compression)

- 압축할 경우 2바이트가 아닌 1바이트의 프로토콜 값을 주고 받음
- 필드의 첫 바이트가 0일 경우 그 값을 보내지 않음
- 필드의 첫 바이트가 짝수인지 홀수인지 검사해 압축 여부를 판단

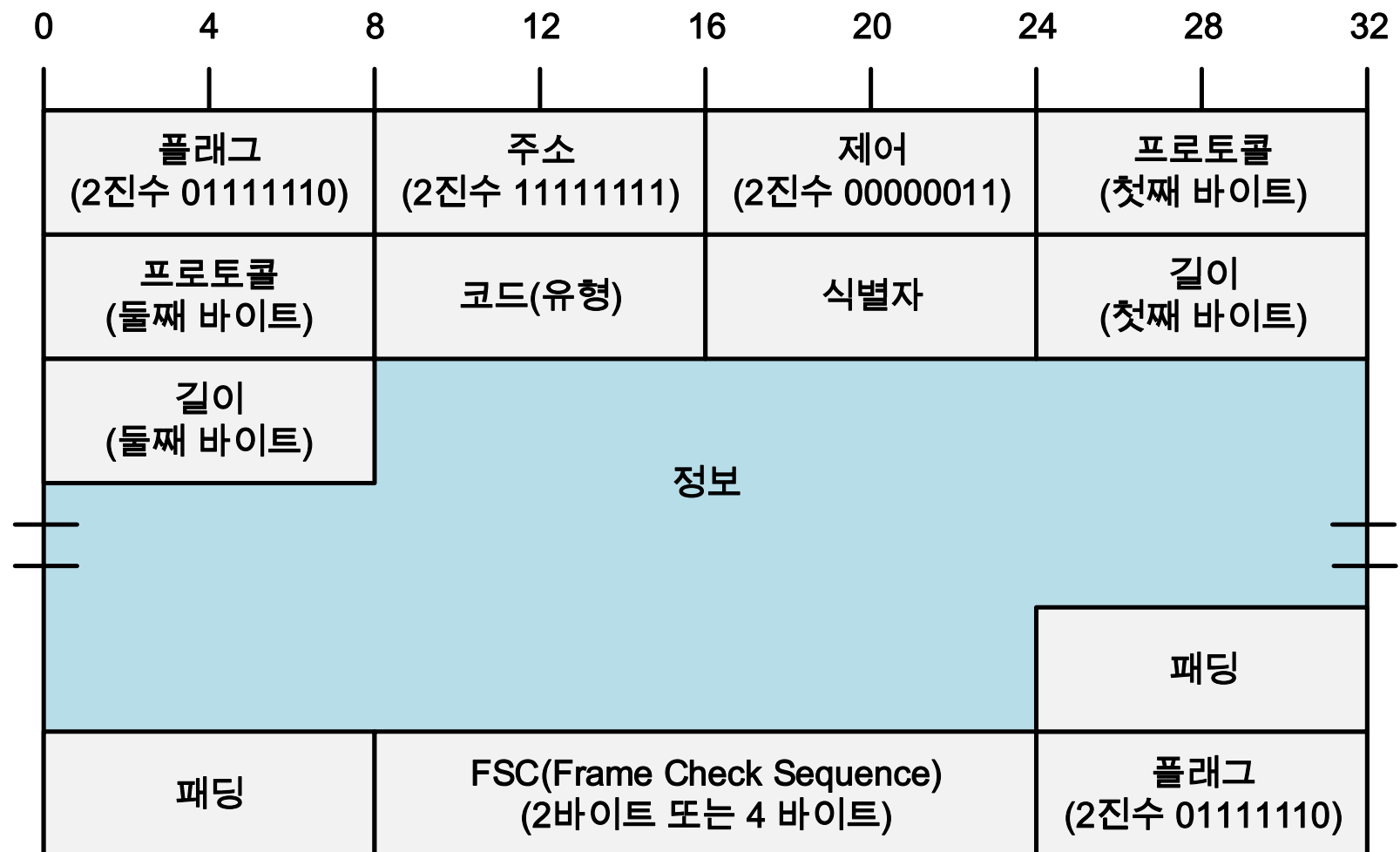
# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷과 옵션 포맷
  - PPP 제어 메시지 포맷의 필드는 PPP 일반 프레임 포맷의 정보 필드 안에 포함됨
- PPP 제어 메시지 포맷 표

필드 이름	크기(바이트)	설명
코드(유형)	1	어떤 유형의 제어 메시지가 있는지를 나타냄
식별자	1	요청과 응답 필드를 대응시키는 데 쓰임
길이	2	제어 프레임의 전체 필드 길이를 나타냄

# PPP 프로토콜 프레임 포맷

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





# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷과 옵션 포맷

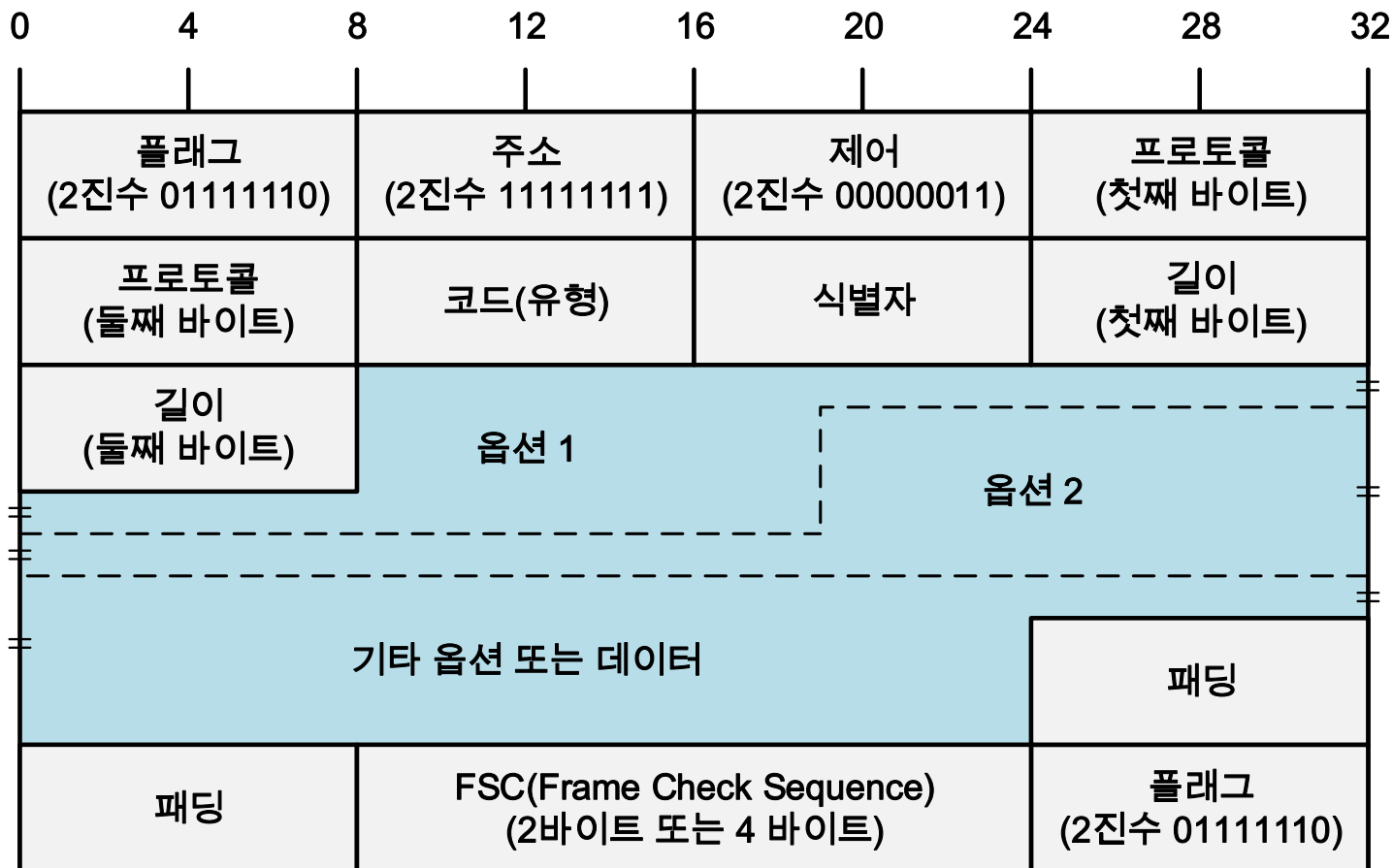
- PPP 제어 메시지와 코드 값

- 코드 필드는 특정 제어 프로토콜 내에서의 제어 프레임 유형을 나타냄

코드 값	제어 메시지	LCP	NCP	CCP와 ECP
1	설정 요청	V	V	V
2	설정 승인	V	V	V
3	설정 비승인	V	V	V
4	설정 거부	V	V	V
5	종료 요청	V	V	V
6	종료 승인	V	V	V
7	코드 거부	V	V	V
8	프로토콜 거부	V		
9	에코 요청	V		
10	에코 응답	V		
11	버림 요청	V		
12	식별	V		
13	남은 시간	V		
14	리셋 요청			V
15	리셋 승인			V

# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷과 옵션 포맷
- PPP 제어 메시지 옵션 포맷
  - 옵션은 유형, 길이, 데이터 3가지 요소로 구성



# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP PAP 제어 프레임 포맷

- PPP PAP 프레임 포맷

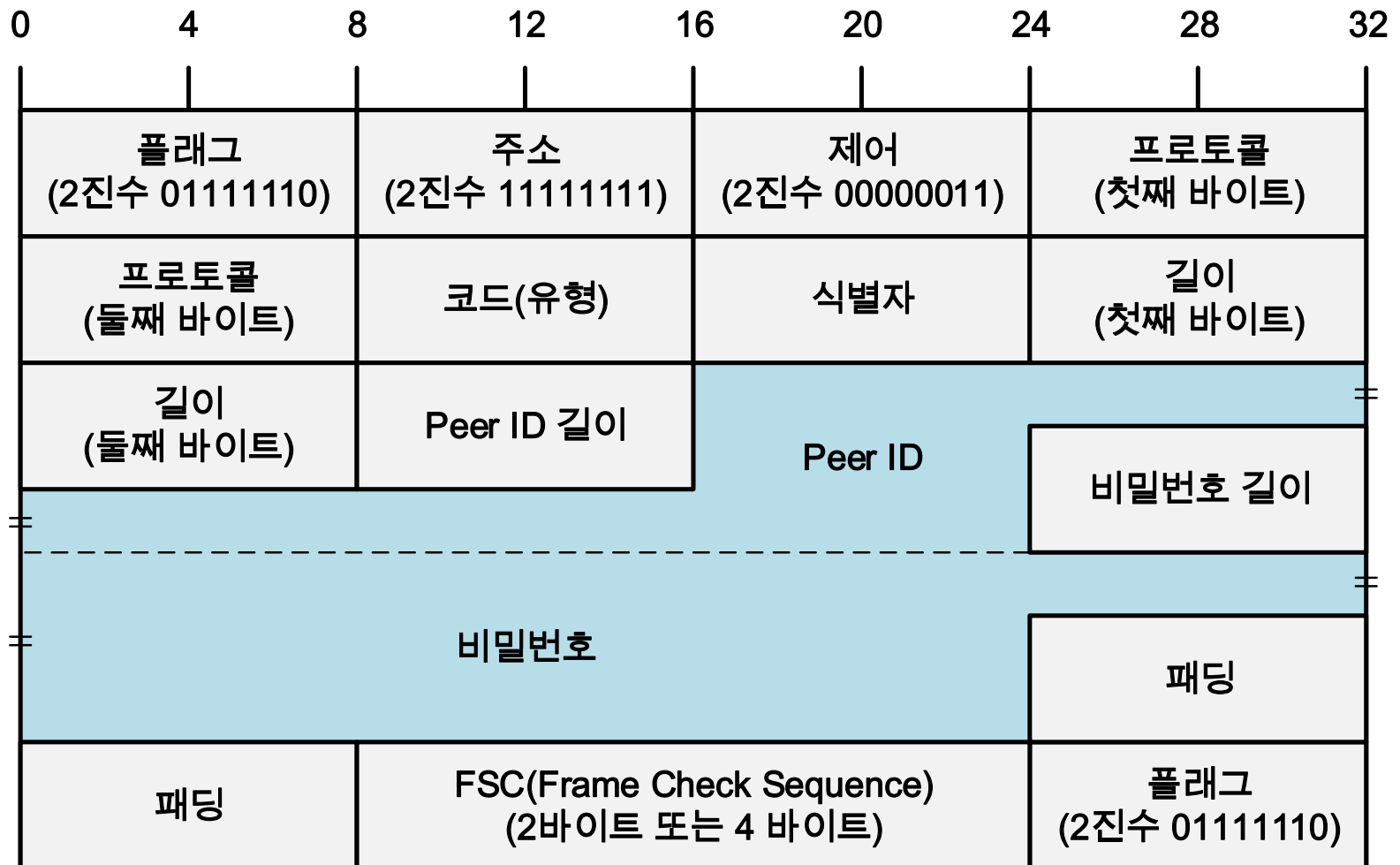
프레임 유형	코드 필드	식별자 필드	길이 필드	데이터 필드
인증 요청	1	각 프레임에 생성된 값	6 + Peer ID 길이 + 비밀번호	인증을 위한 사용자 이름과 비밀번호
인증 승인	2	인증 요청 복사 값	5 + 포함된 메시지 길이	메시지 하위 필드의 길이를 지정 하는 MSG-Length 필드포함
인증 비승인	3			

- PPP PAP 인증 요청 프레임 하위 필드

하위 필드 이름	크기(바이트)	설명
Peer ID Length	1	Peer ID 필드의 길이
Peer ID	가변적	인증 대상이 되는 필드의 길이
Password Length	1	Password 필드의 길이
Password	가변적	인증할 이름에 대응되는 비밀번호

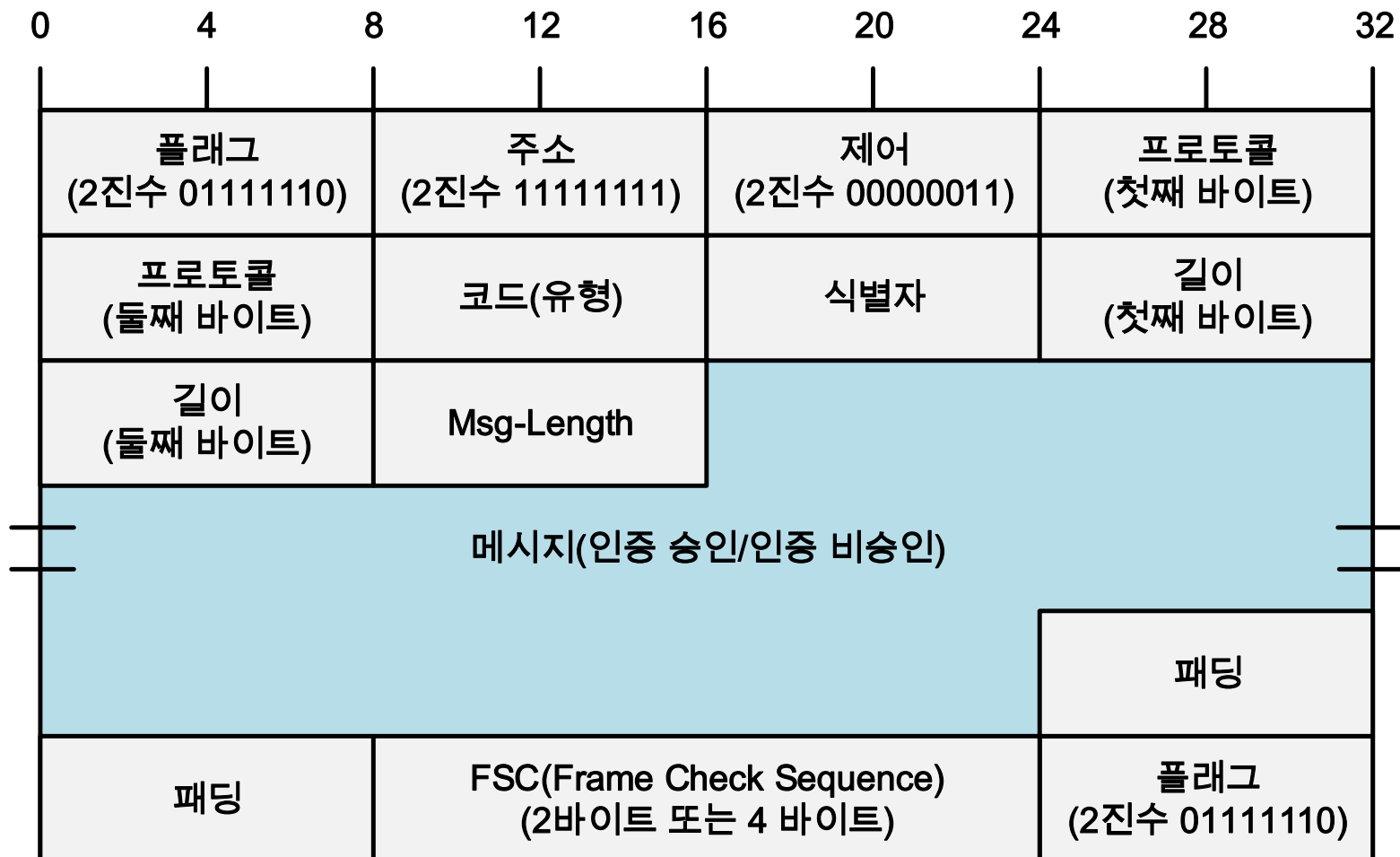
# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP PAP 제어 프레임 포맷
- PPP PAP 인증 요청 프레임 포맷



# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP PAP 제어 프레임 포맷
- PPP PAP 인증 승인 및 인증 비승인 프레임 포맷



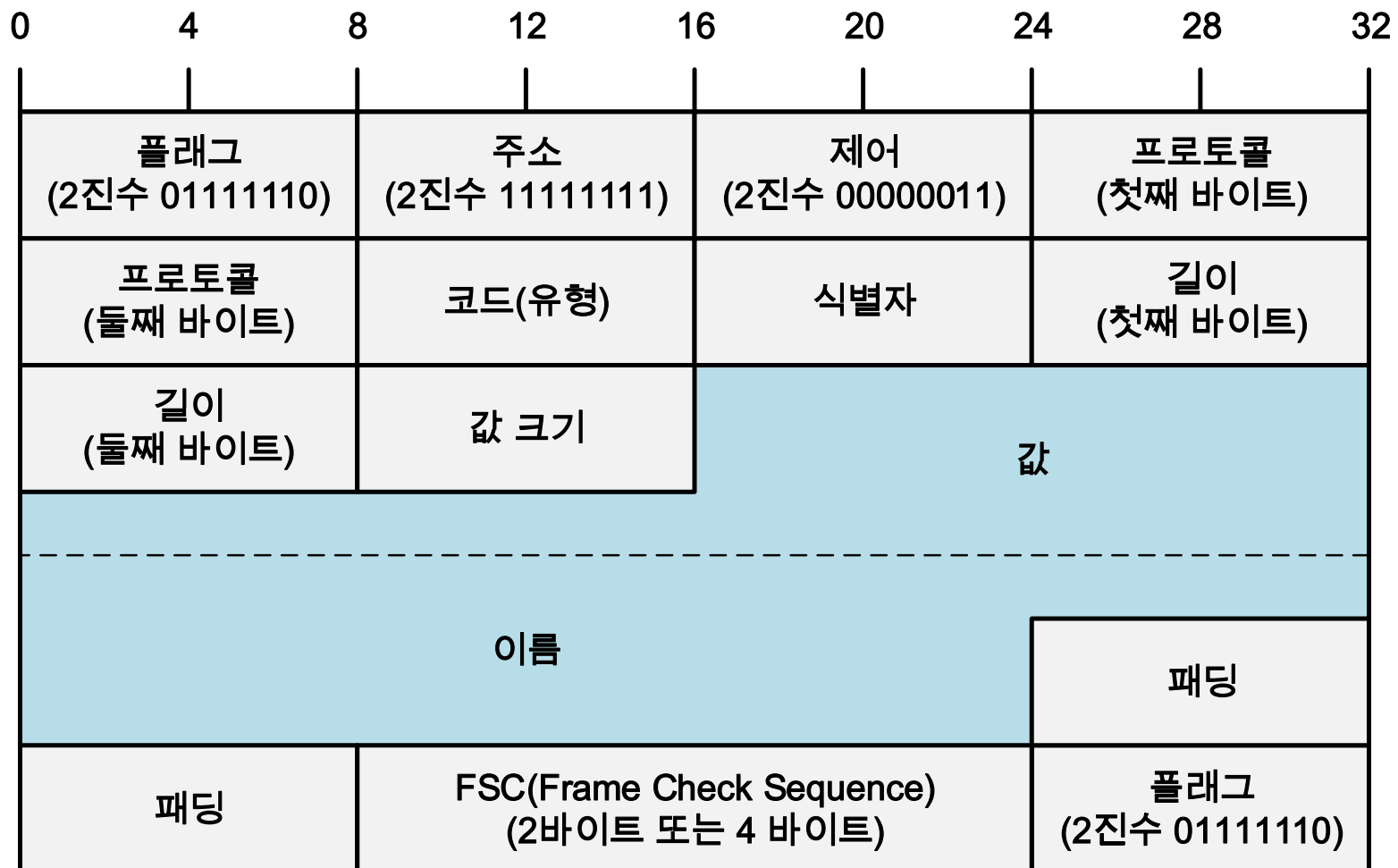
# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP PAP 제어 프레임 포맷
- PPP CHAP 프레임 포맷

프레임 유형	코드 필드	식별자 필드	길이 필드	데이터 필드
챌린지	1	각 프레임별 새로 생성된 값	5 + 챌린지 문자열 길이 + Name 길이	챌린지 텍스트나 응답 텍스트, 그리고 시스템 식별자를 전달
응답	2	대응되는 챌린지 프레임의 식별자 필드에서 복사한 값	5 + Value 길이 + Name 길이	
성공	3	대응되는 응답 프레임의 식별자 필드에서 복사한 값	4(추가 데이터가 포함된 다면 그 이상)	인증이 성공 또는 실패 했는지 사용자에게 알리는 데 쓰임
실패	4			

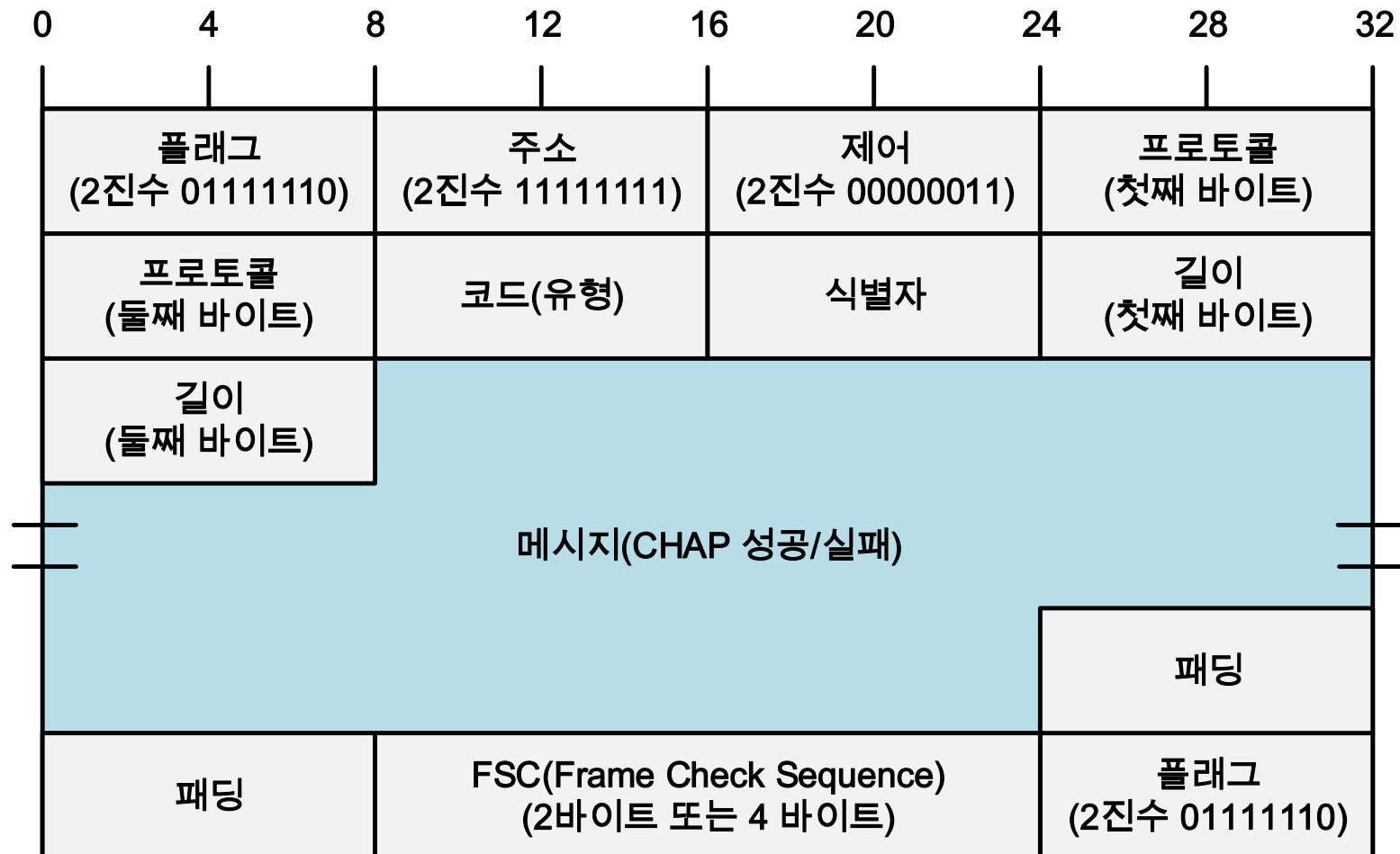
# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP PAP 제어 프레임 포맷
- PPP CHAP 챌린지와 응답 프레임 포맷



# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP PAP 제어 프레임 포맷
- PPP CHAP 성공과 실패 프레임 포맷





# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 다중링크 프로토콜 프레임 포맷
- PPP MP 단편화 프레임 포맷

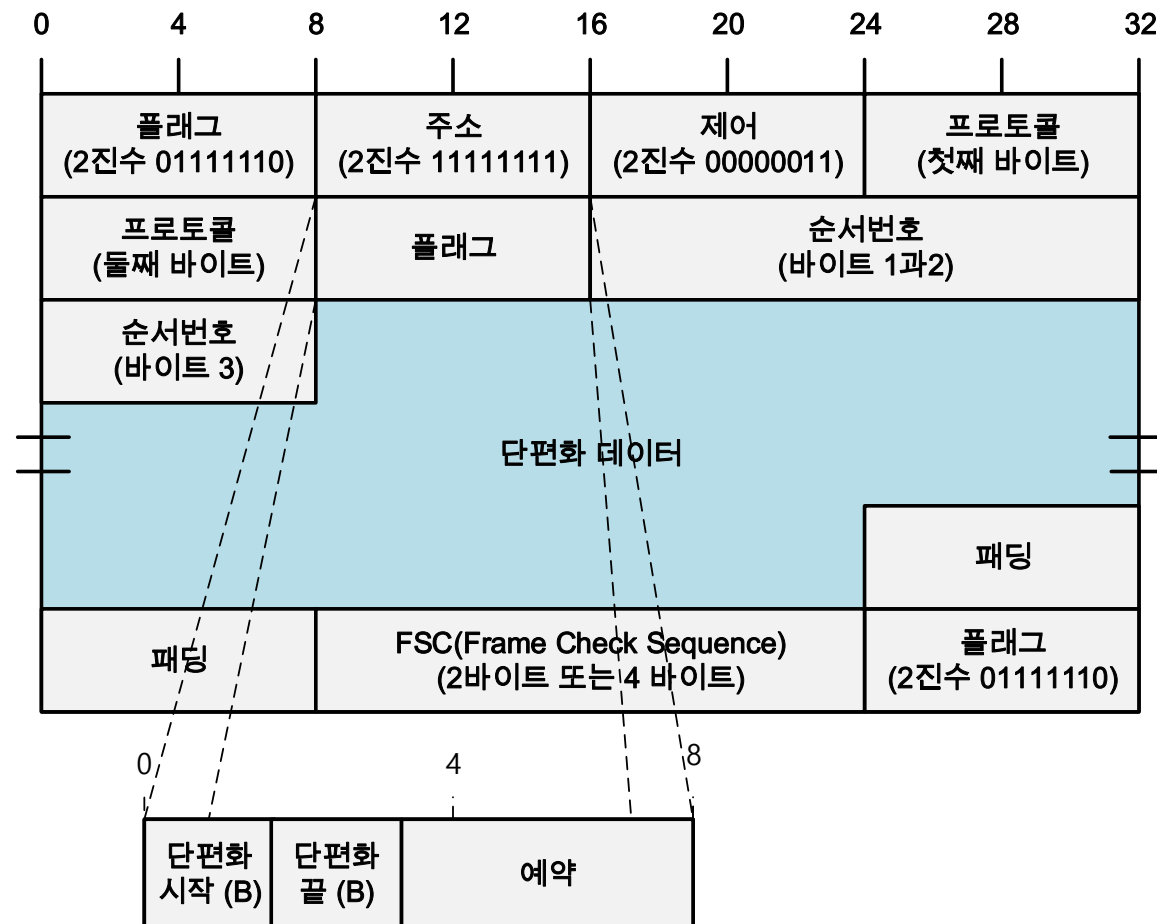
필드 이름	크기(비트)	설명
B	1	단편화 조각의 시작을 나타내는 플래그
E	1	단편화 조각의 끝을 나타내는 플래그
예약	2 or 6	쓰이지 않음, 0으로 설정
순서 번호	12 or 6	재조합할 수 있도록 연속된 순서 번호를 부여 받음
단편화 데이터	가변적	원본 PPP 프레임에서 가져온 실제 단편화 데이터

# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 다중링크 프로토콜 프레임 포맷

- PPP MP 긴 단편화 프레임 포맷

- 1바이트 플래그와 24비트 순서 번호 사용

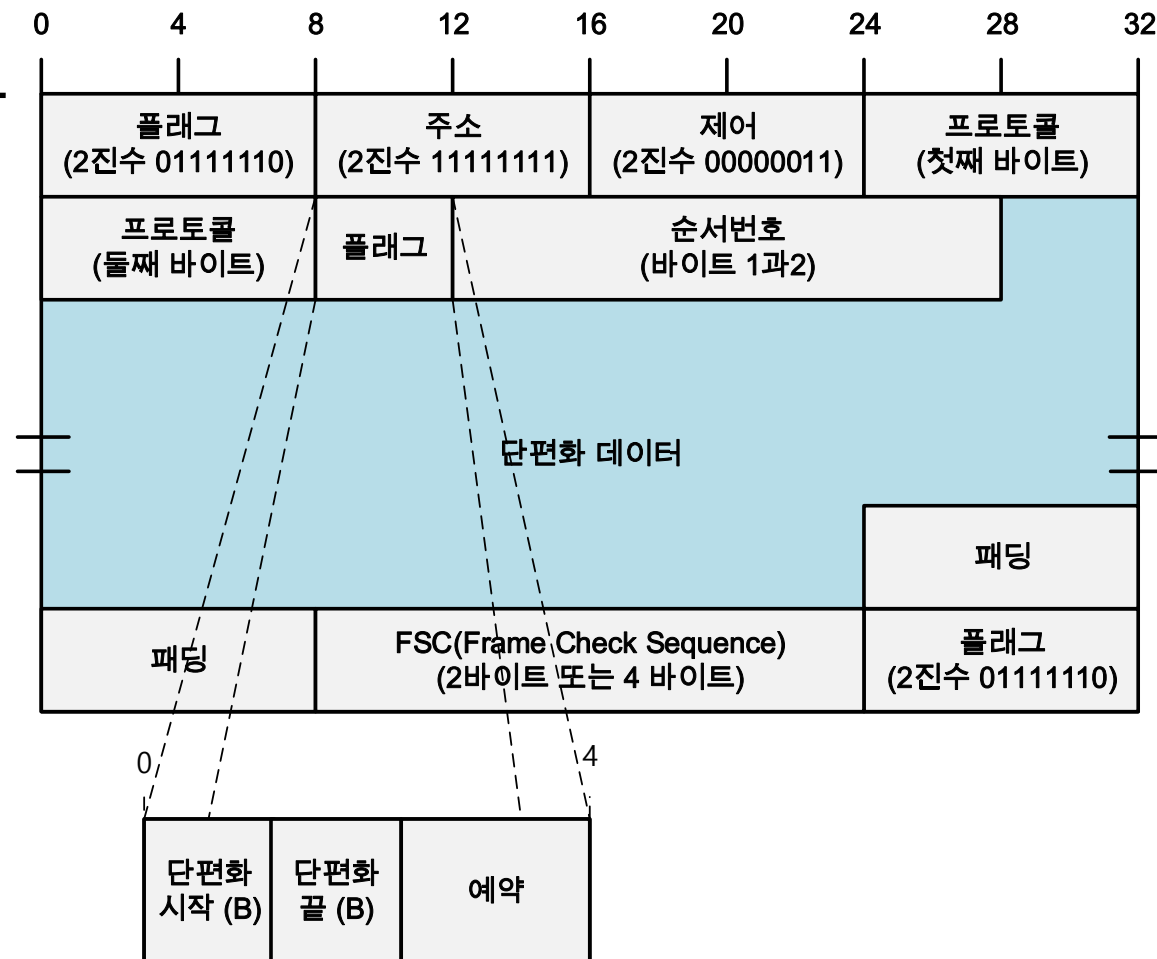


# PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 다중링크 프로토콜 프레임 포맷

- PPP MP 짧은 단편화 프레임 포맷

- 4비트 플래그와  
12비트 순서 번호 사용



# 목 차

---

- 2 – 1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
  - SLIP과 PPP 개요
  - PPP 핵심 프로토콜
  - PPP 기능 프로토콜
  - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2 – 2부 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
  - 주소 결정 프로토콜
  - 역순 주소 결정 프로토콜

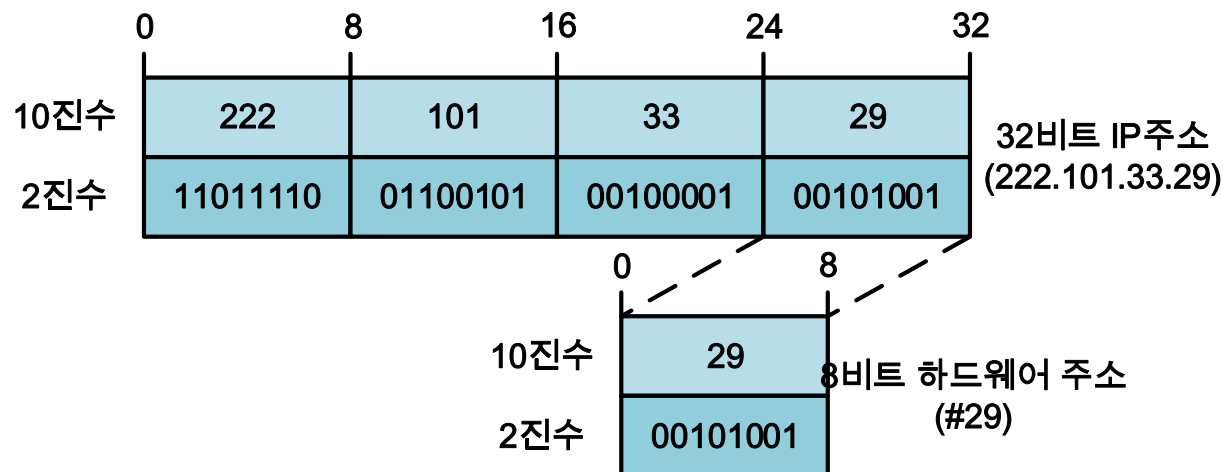
# 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정

- 서버와 클라이언트가 통신 할 때 네트워크 계층 주소를 데이터 링크 계층 주소로 변환하는 것
  - 논리적으로는 3계층 주소로 통신하지만 실제 물리적 통신은 2계층 주소를 통해 수행

- 직접 매핑

- IP주소의 마지막 8비트에 MAC주소를 매핑하는 방법
  - 3계층 주소를 알면 2계층 주소를 알 수 있음



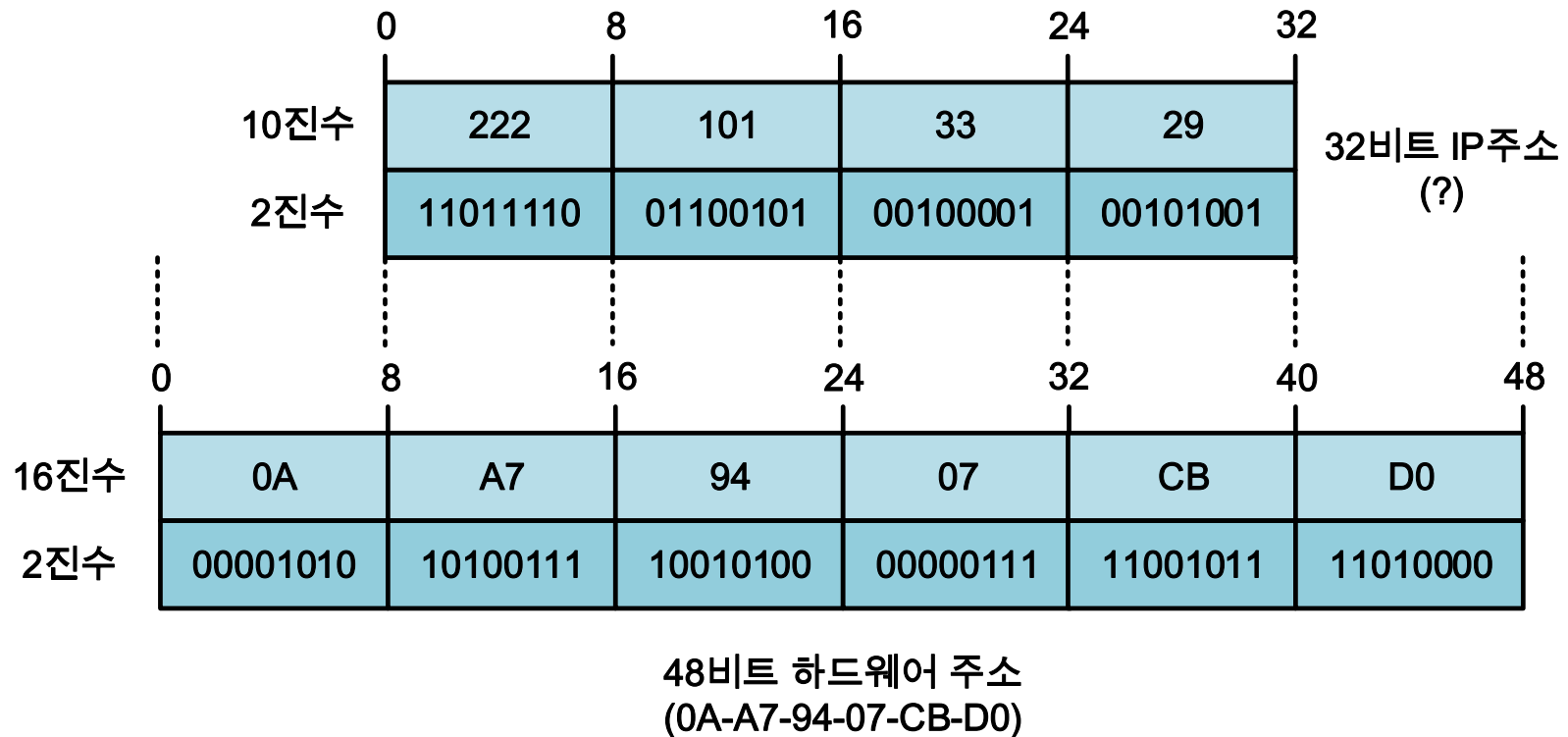
# 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정

- 직접 매핑

- 문제점

- 2계층 주소가 3계층 주소보다 클 때는 직접 매핑 불가능



# 주소 결정 프로토콜

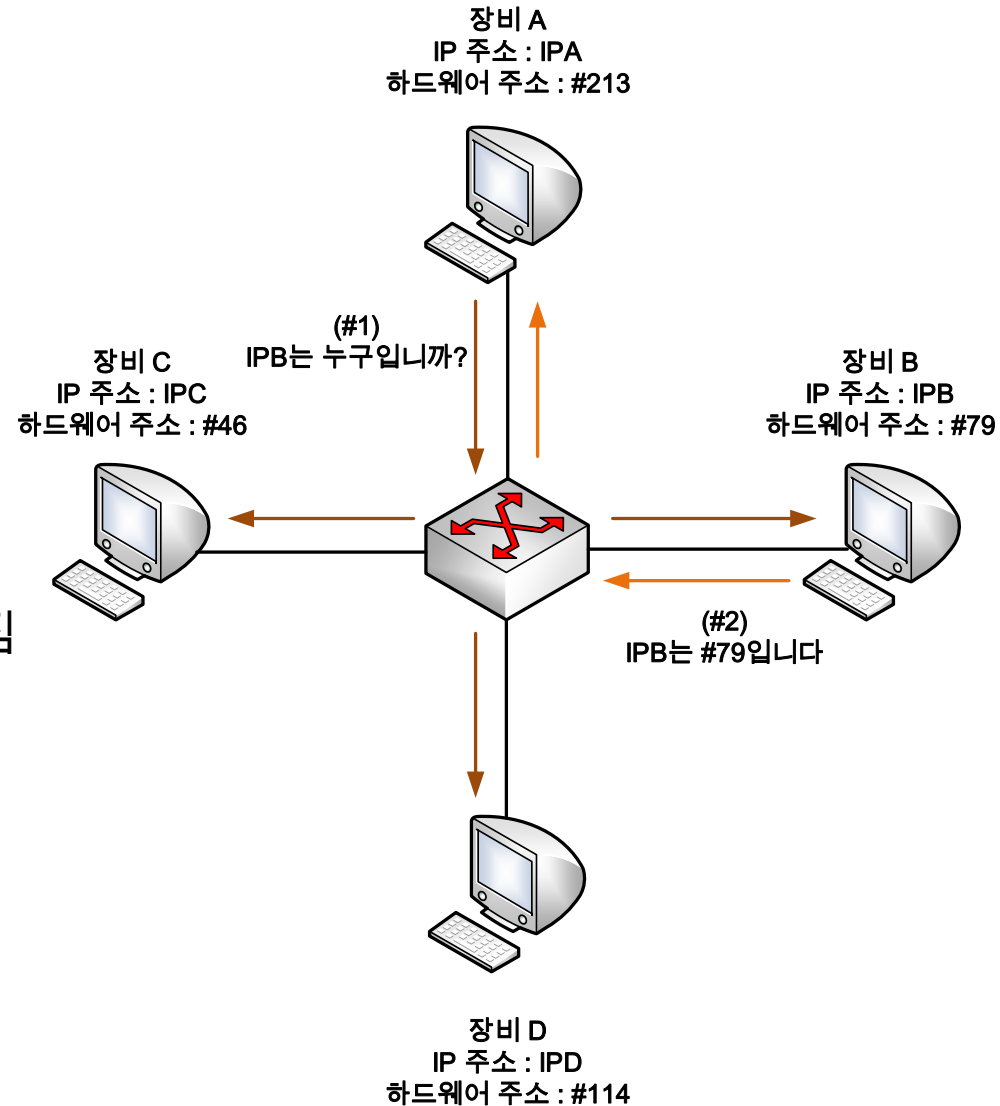
- 주소 결정

- 동적 주소 결정

- IP 주소를 알면 주소 유형이 다르더라도 브로드캐스트 요청으로 해당 데이터 링크 계층 주소를 찾아낼 수 있음

- 브로드캐스트 요청

- 메시지와 하나의 유니캐스트 응답 메시지 교환으로 이루어짐



# 주소 결정 프로토콜

---

- 주소 결정

- 동적 주소 결정

- 문제점

- 모든 데이터그램에 대해 확인하는 작업은 과부하를 발생시킴

- 문제점 개선 방법

- 캐싱

- 알아낸 하드웨어 주소를 다음에 또 사용할 수 있도록 캐시 테이블에 저장

- 교차 결정

- 장비 A가 장비 B의 주소를 파악할 때, 장비 B도 장비 A의 주소를 자신의 캐시에 저장



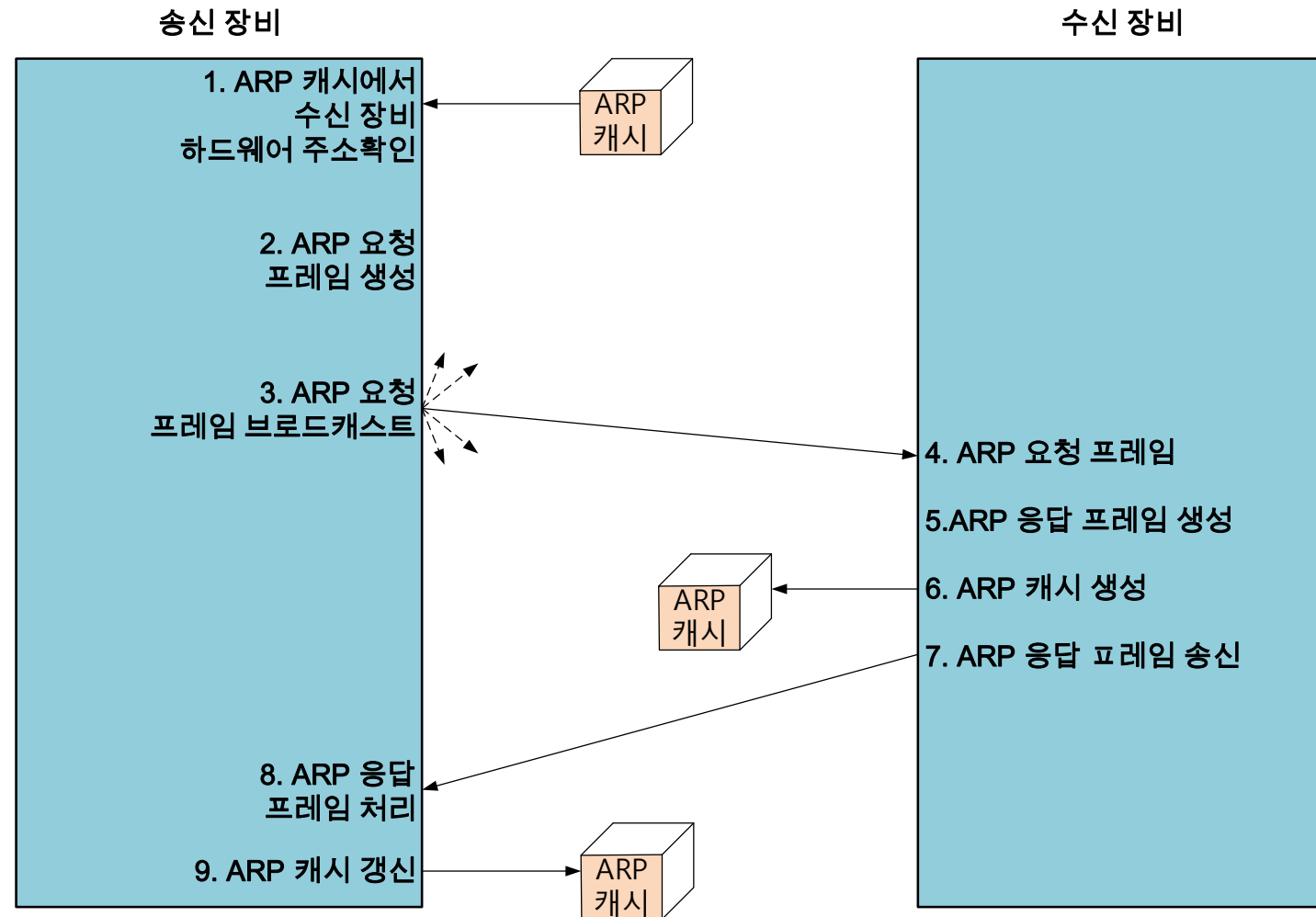
# 주소 결정 프로토콜

---

- 주소 결정 프로토콜 (ARP, Address Resolution Protocol)
- IP 주소에 해당하는 데이터 링크 계층 주소를 파악하는 데 쓰이는 동적 결정 프로토콜
- ARP 기본 동작
  - 주소 결정 대상이 되는 장비의 IP 주소를 브로드캐스트 메시지로 전송
  - 해당 장비는 자신의 데이터 링크 계층 주소를 메시지 송신자에게 유니캐스트 방식으로 전송
  - 메시지 송·수신은 로컬 네트워크에서의 요청/응답으로 이루어짐

# 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 프로토콜 (ARP)
- ARP 트랜잭션 절차



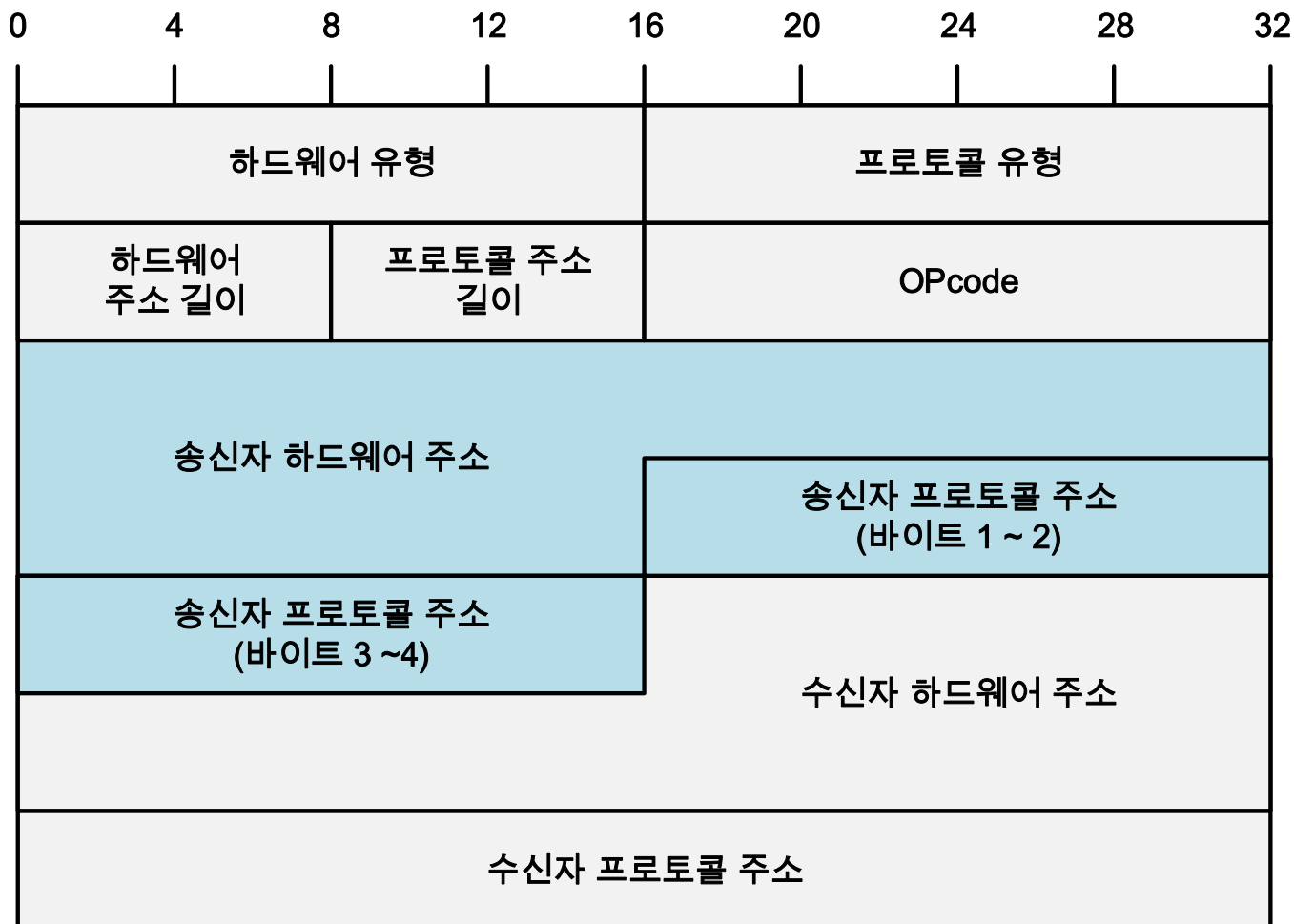
# 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 프로토콜 (ARP)
- ARP 메시지 포맷 표

필드 이름	크기(바이트)	설명
하드웨어 유형 (HRD, Hardware)	2	로컬 네트워크에서 사용하는 하드웨어의 유형 지정
프로토콜 유형 (PRO, Protocol)	2	메시지에서 사용하는 3계층 주소의 유형 지정
하드웨어 주소 길이 (HLN, Hardware Length)	1	메시지에 포함된 하드웨어 주소 길이를 바이트 단위로 지정
프로토콜 주소 길이 (PLN, Protocol Length)	1	메시지에 포함된 프로토콜 주소 길이를 바이트 단위로 지정
동작 코드 (OP, Opcode)	2	전송중인 ARP 메시지의 유형을 지정
송신자 하드웨어 주소 (SHA, Sender Hardware Address)	가변적, HLN 값과 동일	메시지를 송신하는 장비의 하드웨어 주소
송신자 프로토콜 주소 (SPA, Sender Protocol Address)	가변적, PLN 값과 동일	메시지를 송신하는 장비의 IP 주소
수신자 하드웨어 주소 (THA, Target Hardware Address)	가변적, HLN 값과 동일	메시지를 수신하는 장비의 하드웨어 주소
수신자 프로토콜 주소 (TPA, Target Protocol Address)	가변적, PLN 값과 동일	메시지를 수신하는 장비의 IP 주소

# 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 프로토콜 (ARP)
- ARP 메시지 포맷 그림



# 주소 결정 프로토콜

---

- 주소 결정 프로토콜 (ARP)
  - ARP 캐싱 (Caching)
    - 네트워크 트래픽 감소와 자주 쓰는 주소에 대한 결정 과정의 속도 향상을 위한 방법
  - ARP 캐시
    - 하드웨어 주소와 IP 주소를 포함하는 테이블 형태
  - 캐시항목 추가 방법
    - 정적 ARP 캐시 항목
      - 캐시 테이블에 수동으로 추가
      - 만료 기간없이 영구히 캐시에 남음
    - 동적 ARP 캐시 항목
      - ARP 주소 결정 결과인 하드웨어와 IP 주소 쌍을 캐시에 추가
      - 일정 기간 동안 캐시가 남아 있다가 제거됨

# 주소 결정 프로토콜

---

- 주소 결정 프로토콜 (ARP)

- ARP 캐싱 (Caching)

- 캐시 항목 만료

- 캐시에 유효하지 않은 하드웨어 및 IP 주소가 저장되는 문제를 피하기 위한 방법

- 유효하지 않은 캐시

- 수신 장비의 하드웨어의 상태가 변경되는 경우
      - 수신 장비 하드웨어 주소가 더 이상 네트워크에 남아있지 않게 됨
    - 수신 장비 IP 주소가 변경되는 경우
    - 수신 장비가 제거되었을 경우
      - 네트워크에서 장비가 제거되지만 송신 장비의 캐시에는 여전히 수신장비의 정보가 남아있음

# 주소 결정 프로토콜

---

- 주소 결정 프로토콜 (ARP)
- ARP 프록시 (Proxy)
  - 두 장비가 같은 로컬 네트워크에 있지 않을 경우에 라우터가 다른 네트워크에 있는 장비 대신 ARP 요청에 응답
- 동작 과정
  - 송신 장비가 ARP 요청 메시지를 브로드캐스트
  - 라우터가 수신 장비 대신 자신의 하드웨어 주소 전송
  - 송신 장비의 요청 메시지를 수신 장비에게 전달

# 주소 결정 프로토콜

- 주소 결정 프로토콜 (ARP)

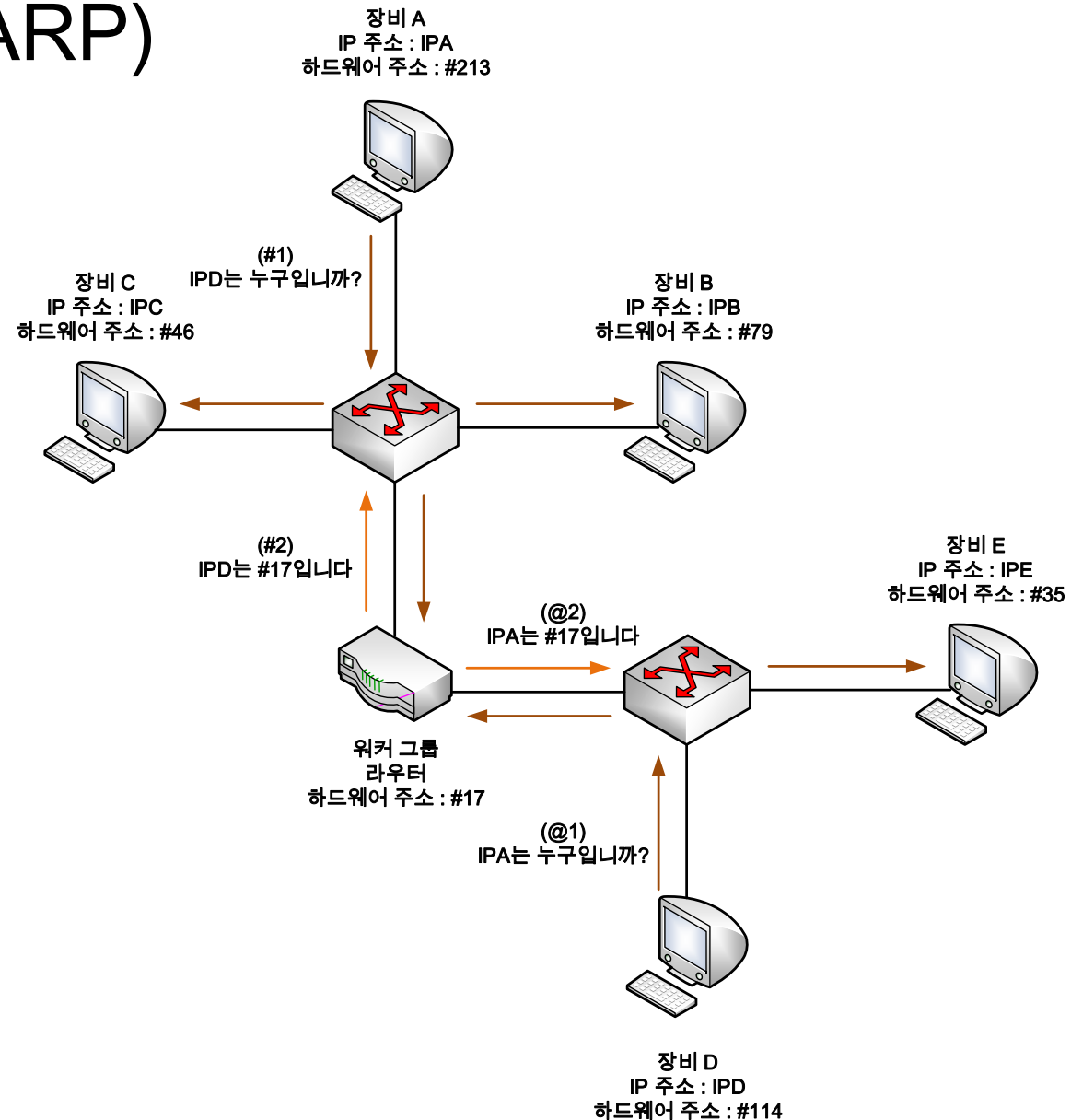
- ARP 프록시 (Proxy)

- 동작 과정 그림

- 라우터

- 두 로컬 네트워크를 연결

- ARP 프록시로 동작하도록 설정





# 주소 결정 프로토콜

---

- IP 멀티캐스트 주소의 TCP/IP 주소 결정
- 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

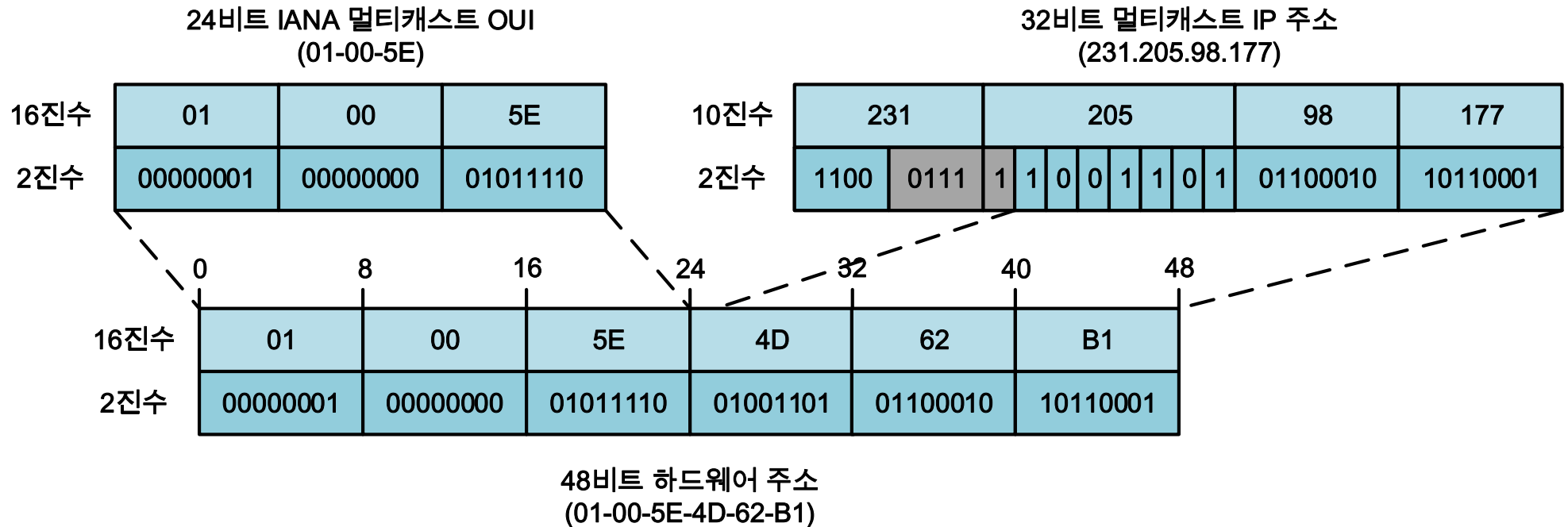
# 주소 결정 프로토콜

---

- IP 멀티캐스트 주소의 TCP/IP 주소 결정
  - 멀티캐스트 IP 주소를 하드웨어 주소로 매핑
    1. 상위 24비트에 IANA 멀티캐스트 OUI (01:00:5E) 복사
    2. 25번째 비트는 0으로 설정
    3. 하위 23비트는 멀티캐스트 MAC주소의 나머지 23비트에 복사

# 주소 결정 프로토콜

- IP 멀티캐스트 주소의 TCP/IP 주소 결정
  - 멀티캐스트 IP 주소를 하드웨어 주소로 매핑



# 목 차

---

- 2 – 1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
  - SLIP과 PPP 개요
  - PPP 핵심 프로토콜
  - PPP 기능 프로토콜
  - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2 – 2부 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
  - 주소 결정 프로토콜
  - 역순 주소 결정 프로토콜

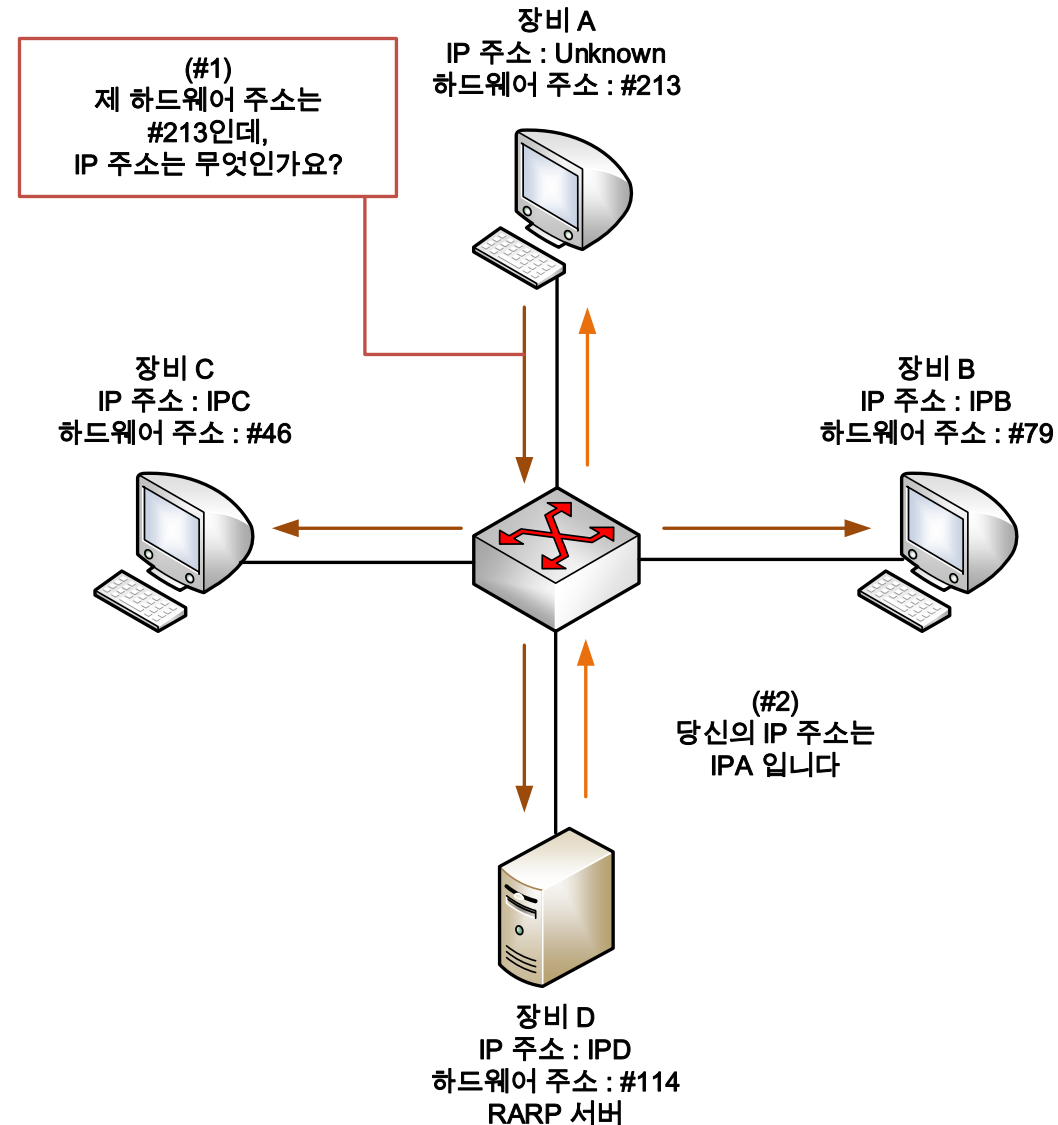
# 역순 주소 결정 프로토콜

---

- 역순 주소 결정 프로토콜 (RARP, Reverse Address Resolution Protocol)
- 특수 RARP 서버에서 장비가 자신의 IP주소를 얻기 위한 방식
  - 장비의 하드웨어 주소를 브로드캐스트하고 RARP 서버가 그것에 IP 주소로 응답

# 역순 주소 결정 프로토콜

- 역순 주소 결정 프로토콜 (RARP)
- 동작 과정 그림



# 역순 주소 결정 프로토콜

---

- 역순 주소 결정 프로토콜 (RARP)
- RARP의 제약
  - 하위 수준 하드웨어 기반
    - RARP는 하드웨어 브로드캐스트를 통해 동작
      - 모든 네트워크 패킷에서 RARP 서버를 운영해야 한다는 것을 의미
  - 수동 할당
    - RARP 서버의 하드웨어와 IP 주소 매핑 테이블은 수동으로 설정되어야 함
  - 제한된 정보
    - RARP는 호스트에게 오직 IP 주소만을 알려줌

---

# Thanks!

박 재 형 (jaehyoung@pel.sejong.ac.kr)