

TCP/IP 완벽 가이드

- 2부 TCP/IP 하위 계층 핵심 프로토콜 -

강 민 채(minchae@pel.sejong.ac.kr)

세종대학교 프로토콜공학연구실

목 차

- 2-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - SLIP와 PPP의 개요와 기초
 - PPP 핵심 프로토콜
 - PPP 기능 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2-2부 TCP/IP 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
 - 주소 결정 프로토콜
 - 역순 주소 결정 프로토콜

목 차

- 2-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - SLIP와 PPP의 개요와 기초
 - PPP 핵심 프로토콜
 - PPP 기능 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2-2부 TCP/IP 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
 - 주소 결정 프로토콜
 - 역순 주소 결정 프로토콜

SLIP와 PPP의 개요와 기초

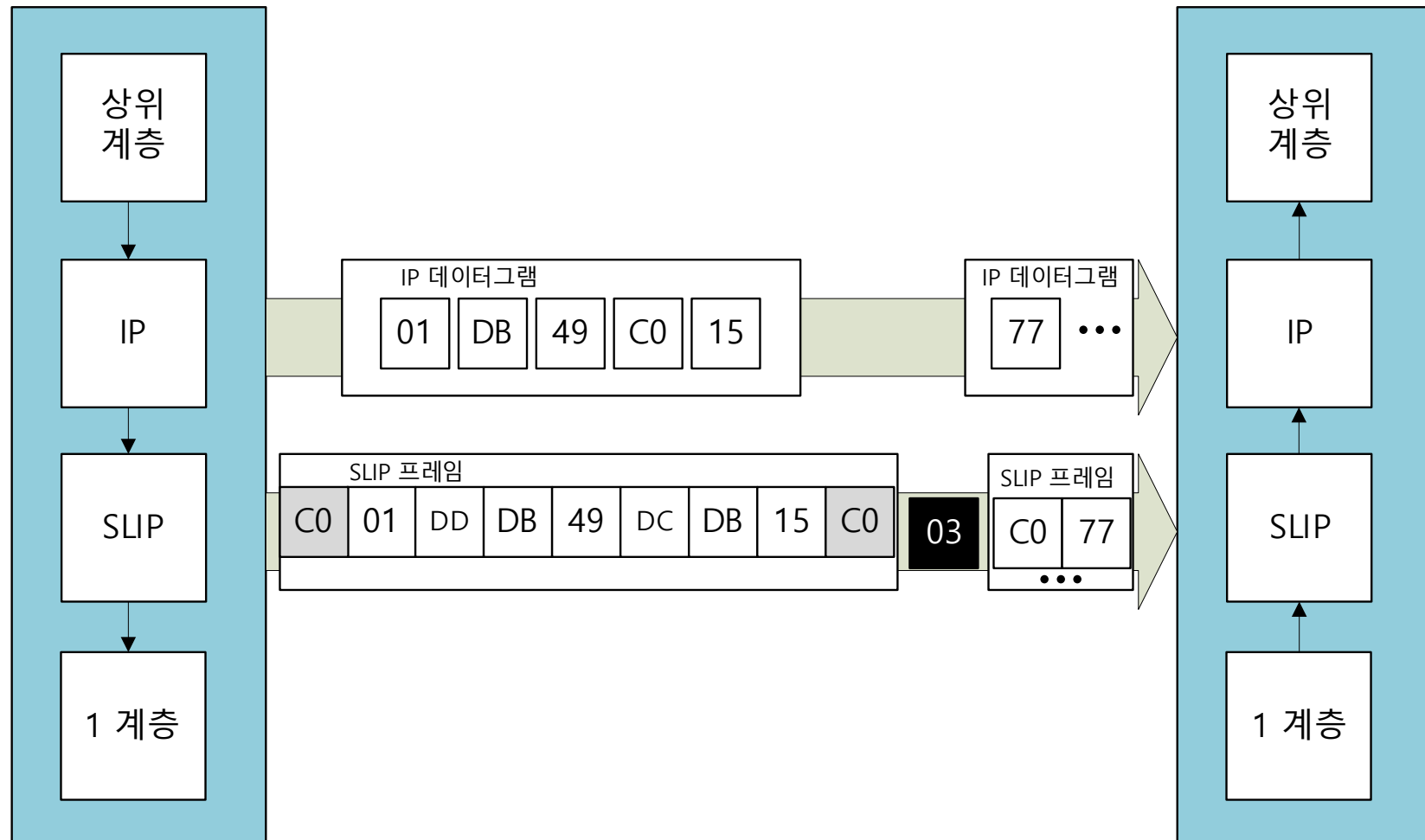
- 직렬 회선 인터넷 프로토콜(SLIP, Serial Line Internet Protocol)
- 정의
 - 전송을 위한 데이터 프레임만을 수행하는 매우 간단한 OSI 2계층 프로토콜
- 특징
 - 매우 간단하며 구현하기 쉬움
 - IP를 직렬 회선에서 동작할 수 있도록 하기 위함
 - 비표준 프로토콜

SLIP와 PPP의 개요와 기초

- 직렬 회선 인터넷 프로토콜(SLIP)
 - 데이터 프레임링 과정
 - 1) 전체 IP 데이터그램을 얻음
 - 2) 한번에 한 바이트씩 링크를 통해 전송
 - 3) 마지막 1 바이트는 마지막을 나타내는 END 문자 (10진수로 192) 를 보냄
 - 만약 데이터에 192 값이 있다면, 219 220으로 변경
 - 만약 데이터에 219 값이 있다면, 219 221으로 변경
- 데이터 프레임링 과정의 문제점
 - 노이즈에 의해 생긴 바이트를 데이터그램의 일부라고 혼동 가능
 - 데이터그램의 앞부분에도 END 문자를 삽입하여 개선 가능

SLIP와 PPP의 개요와 기초

- 직렬 회선 인터넷 프로토콜(SLIP)
- 데이터 프레임밍 과정



SLIP와 PPP의 개요와 기초

- 직렬 회선 인터넷 프로토콜(SLIP)
- 문제와 한계
 - 전송 중 에러 탐지 및 정정 기능의 부재
 - IP 주소 탐색 불가
 - 압축 기능의 부재
 - 보안 기능의 부재

SLIP와 PPP의 개요와 기초

- 점대점 프로토콜(PPP, Point to Point Protocol)
 - 정의
 - 두 노드 간의 직접 연결을 설정하는데 사용되는 OSI 2계층 프로토콜
 - 특징
 - 에러 탐지, 압축, 인증, 암호화 등 여러 기능 포함
 - 대부분의 직렬 연결에서 SLIP를 대체함
 - IP뿐만 아니라 다른 네트워크 계층 프로토콜을 전송하는 것도 지원하는 완전한 2계층 연결 기능을 갖춘
 - 어떤 물리 링크에서도 동작 가능

SLIP와 PPP의 개요와 기초

- 점대점 프로토콜(PPP, Point to Point Protocol)
 - 주요 구성 요소
 - PPP 캡슐화 방법(Encapsulation)
 - 상위 계층 메시지를 받아서 하위 물리 계층 링크로 전송하기 위해 캡슐화하는 방법
 - 링크 제어 프로토콜(LCP, Link Control Protocol)
 - 장비간 링크의 수립, 유지, 종료를 책임지는 프로토콜
 - 네트워크 제어 프로토콜(NCP, Network Control Protocol)
 - 서로 다른 여러 3계층 데이터그램 유형을 캡슐화할 수 있게 하는 프로토콜

SLIP와 PPP의 개요와 기초

- 점대점 프로토콜(PPP, Point to Point Protocol)
 - 기능 그룹
 - LCP 지원 프로토콜
 - 링크 협상 과정에서 관리나 옵션을 설정하기 위해 쓰이는 프로토콜
 - e.g.,
 - CHAP(Challenge Handshake Authentication Protocol)
 - PAP>Password Authentication Protocol)
 - LCP 선택적 기능 프로토콜
 - 링크가 수립되고 데이터그램이 장비 간에 전송될 때의 동작을 향상시키기 위한 프로토콜
 - e.g.,
 - CCP(Compression Control Protocol),
 - ECP(Encryption Control Protocol),
 - MP(Multilink Protocol)

SLIP와 PPP의 개요와 기초

- 점대점 프로토콜(PPP, Point to Point Protocol)

- 일반 동작

- 1) 링크 수립과 구성

- 두 장비는 링크의 운영을 관리하는 데 필요한 인자에 동의
- 필요할 경우 지원 프로토콜의 도움을 받음
- 링크가 수립되면 3계층 기술에 맞는 적절한 NCP 호출

- 2) 링크 동작

- 각 장비는 3계층 데이터그램을 캡슐화하여 1계층으로 송신
- 수신인 경우 각 장비는 1계층에서 온 PPP 프레임에서 PPP 헤더를 제거하고 3계층으로 데이터그램 전송
- 필요할 경우 특수 프로토콜 이용

- 3) 링크 종료

- 장비들이 통신을 원하지 않으면 링크 종료

SLIP와 PPP의 개요와 기초

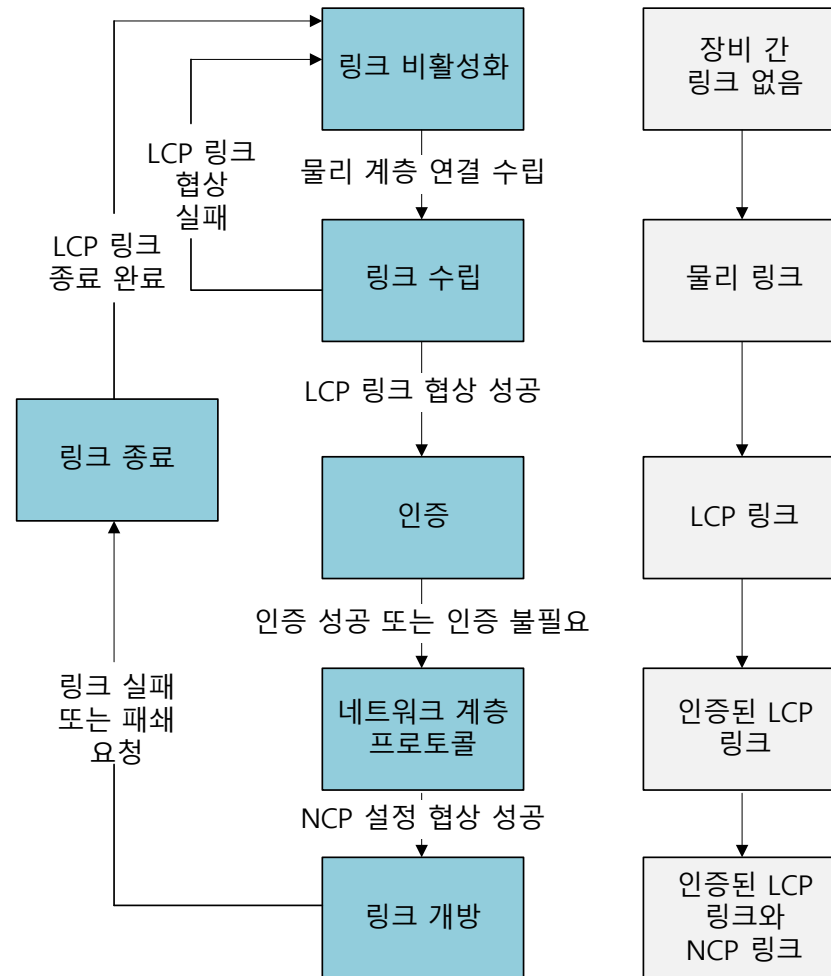
- 점대점 프로토콜(PPP, Point to Point Protocol)
 - 링크 수립과 단계
 - 링크 비활성화(Link Dead) 단계
 - 두 장비가 물리적으로 연결되어 있지 않을 때의 상태
 - 물리 계층 링크가 구성되면 링크 수립 단계로 넘어감
 - 링크 수립(Link Establishment) 단계
 - 송신 측은 LCP 설정요청 메시지를 수신 측에게 전송
 - 수신 측은 메시지에 동의 시 승인 메시지로 응답하고, 비동의 시 비승인 또는 거부 메시지로 응답
 - 수신 측이 메시지에 동의할때까지 이 과정 반복
 - 수신 측이 인자에 결국 동의하는 경우
 - 링크 상태는 LCP 개방으로 바뀌며 인증 단계로 넘어감
 - 수신 측이 인자에 동의하지 못할 경우
 - 물리 링크 종료

SLIP와 PPP의 개요와 기초

- 점대점 프로토콜(PPP, Point to Point Protocol)
 - 링크 수립과 단계
 - 인증(Authentication) 단계
 - 적절한 인증 프로토콜 사용
 - e.g.,
 - CHAP(Challenge Handshake Authentication Protocol)
 - PAP>Password Authentication Protocol)
 - 네트워크 계층 프로토콜(Network Layer Protocol) 단계
 - 네트워크 계층 프로토콜에 맞는 설정을 위해 적절한 NCP 호출
 - 링크 개방(Link Open) 단계
 - 성공적으로 구성된 각 NCP를 통해 데이터 전달
 - 링크 종료(Link Termination) 단계
 - 링크를 종료하고자 하는 장비는 특수 LCP 종료 프레임 전송

SLIP와 PPP의 개요와 기초

- 점대점 프로토콜(PPP, Point to Point Protocol)
- 링크 수립과 단계



목 차

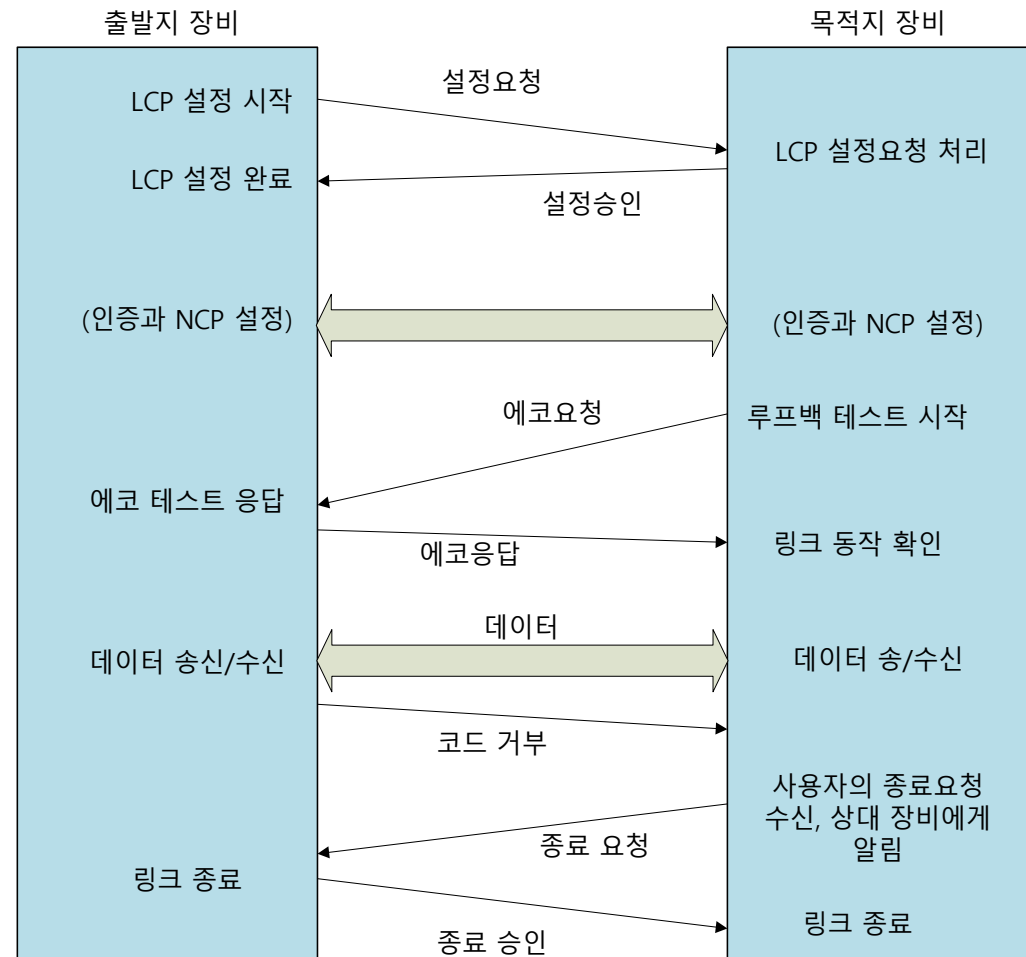
- 2-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - SLIP와 PPP의 개요와 기초
 - PPP 핵심 프로토콜
 - PPP 기능 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2-2부 TCP/IP 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
 - 주소 결정 프로토콜
 - 역순 주소 결정 프로토콜

PPP 핵심 프로토콜

- 링크 제어 프로토콜(LCP, Link Control Protocol)

- LCP 메시지 교환

- 설정요청(Configuration Request)과 설정승인(Configuration Ack)으로 설정 완료
- 에코요청(Echo Request)과 에코응답(Echo Reply)으로 링크 테스트
- 종료요청(Terminate Request)과 종료승인(Terminate Ack)으로 종료



PPP 핵심 프로토콜

- 링크 제어 프로토콜(LCP, Link Control Protocol)

- LCP 프레임

- 물리 링크로 전송하여 PPP 링크를 제어하는 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, Link Control Protocol)
 - LCP 링크 설정
 - 송신 측 장비는 설정하고자 하는 옵션을 포함시키며 해당 옵션에 사용하고자 하는 값을 프레임에 채움
 - 설정 요청 옵션(1/2)
 - 최대 수신 유닛(MRU, Maximum Receive Unit)
 - 최대 데이터그램 크기 지정
 - 인증 프로토콜(Authentication Protocol)
 - 인증 프로토콜 유형 지정
 - 품질 프로토콜(Quality Protocol)
 - 링크에서 이용할 품질 모니터링 프로토콜 지정

PPP 핵심 프로토콜

- 링크 제어 프로토콜(LCP, Link Control Protocol)
 - LCP 링크 설정
 - 설정 요청 옵션(2/2)
 - 매직 넘버(Magic Number)
 - 연결의 비정상 행위를 탐지
 - 프로토콜 필드 압축(Protocol Field Compression)
 - 대역폭 절약을 위해 프로토콜 필드 압축
 - 주소와 제어 필드 압축(ACFC, Address and Control Field Compression)
 - 대역폭 절약을 위해 주소와 제어 필드 압축

PPP 핵심 프로토콜

- 링크 제어 프로토콜(LCP, Link Control Protocol)
- LCP 링크 설정
 - 설정요청에 대한 응답
 - 설정승인 프레임으로 응답
 - 모든 옵션이 수용가능한 경우
 - 설정비승인 프레임으로 응답
 - 협상 가능하지만 모든 옵션 값을 받아들일 수 없는 경우
 - 설정거부로 응답
 - 어떤 옵션도 인식할 수 없거나 협상할 여지도 없는 경우

PPP 핵심 프로토콜

- 링크 제어 프로토콜(LCP, Link Control Protocol)
 - LCP 링크 유지
 - 링크 협상이 끝난 후 적절한 인증과 NCP 프로토콜로 제어가 넘어감
 - 링크 개방 상태에서 몇 개의 LCP 메시지 사용 가능
 - 코드거부와 프로토콜거부
 - 유효하지 않은 코드 또는 프레임을 받은 경우 그 사실을 알리는 데에 사용
 - 에코요청, 에코응답, 버림요청
 - 링크를 테스트할때 사용
 - LCP 링크 종료
 - 종료요청 메시지 전송, 종료승인 메시지로 응답
 - 종료요청 메시지는 거부 불가

PPP 핵심 프로토콜

- 링크 제어 프로토콜(LCP, Link Control Protocol)
- 기타 LCP 메시지
 - 식별 메시지
 - 장비가 자신에 관한 정보를 상대방에게 알리는 데 쓰임
 - 남은 시간 메시지
 - 한 장비가 상대방에게 현재 세션에 남은 시간을 알리는 데 쓰임

PPP 핵심 프로토콜

- 네트워크 제어 프로토콜(NCP, Network Control Protocol)
 - 특정 네트워크 계층 프로토콜에 유일한 인자 협상
 - 각 LCP 링크별로 하나 이상의 NCP 운영
- e.g.,
 - 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 IP 버전 6 제어 프로토콜(IPv6CP, The PPP Internet Protocol Version 6 Control Protocol)

PPP 핵심 프로토콜

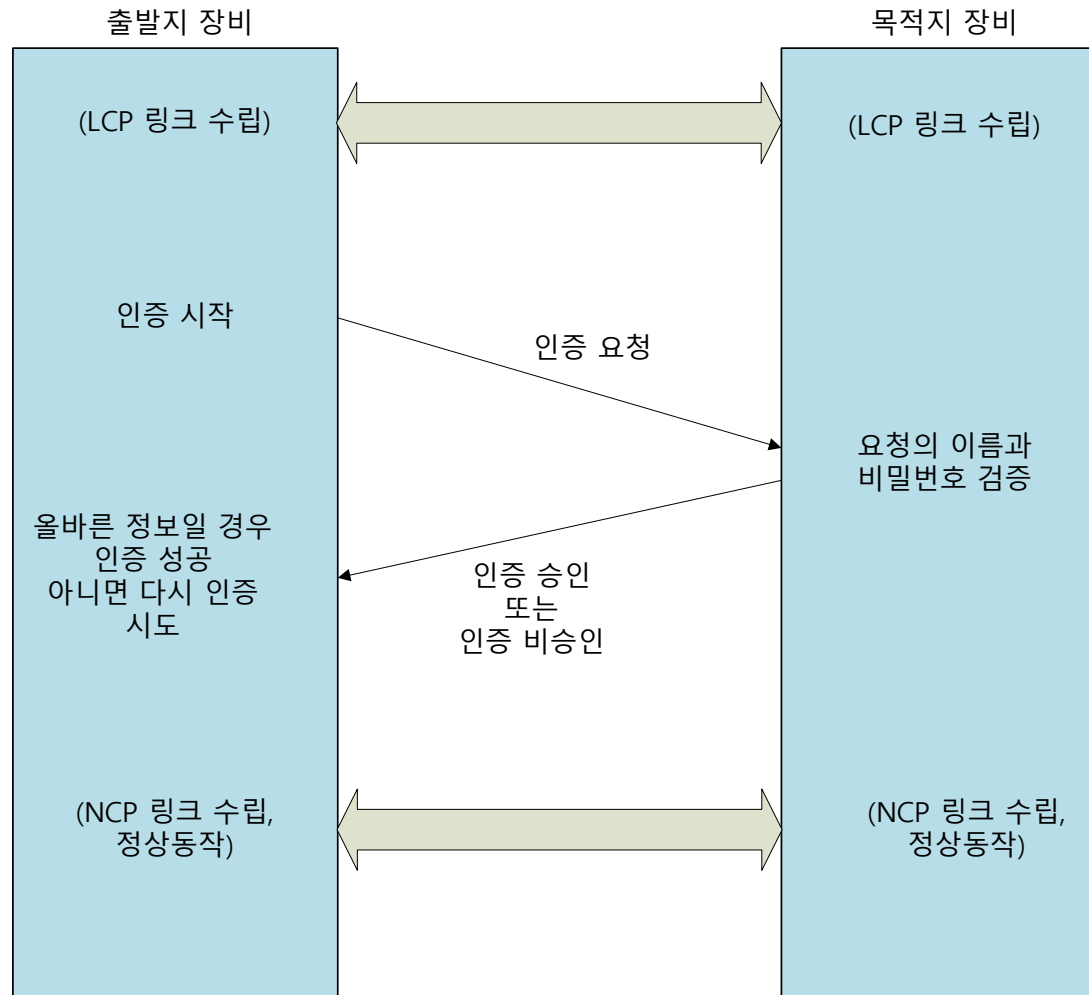
- 네트워크 제어 프로토콜(NCP)
 - 인터넷 프로토콜 제어 프로토콜(IPCP, Internet Protocol Control Protocol)
 - IP 데이터그램 전송을 위해 PPP가 수립될 경우 네트워크 계층 프로토콜 단계에서 호출되어 IP NCP 링크 수립
 - IPCP 설정요청 메시지에 지정 가능한 두 가지 설정 옵션
 - IP 압축 프로토콜
 - TCP와 IP 헤더 크기를 줄여 대역폭 절약 가능
 - IP 주소
 - 라우팅 용도로 사용할 IP 주소를 지정하거나 상대 IP 주소 값 요청

PPP 핵심 프로토콜

- PAP(Password Authentication Protocol)
 - 인증 방법
 - 인증 요청
 - 송신 장비는 이름과 비밀번호를 포함한 인증요청 메시지 송신
 - 인증 응답
 - 수신 장비는 인증승인 메시지 전송
 - 수신 장비는 인증비승인 메시지 전송
 - 결점
 - 사용자 이름과 비밀번호를 평문 형태로 전송
 - 메시지의 기밀성이 보장되지 않음
 - 다양한 보안 공격에 대한 방어책을 제공하지 않음
 - e.g., 전수 공격

PPP 핵심 프로토콜

- PAP(Password Authentication Protocol)
- 인증 과정



PPP 핵심 프로토콜

- CHAP(Challenge Handshake Authentication Protocol)

- 쓰리웨이 핸드셰이크(Three Way Handshake)

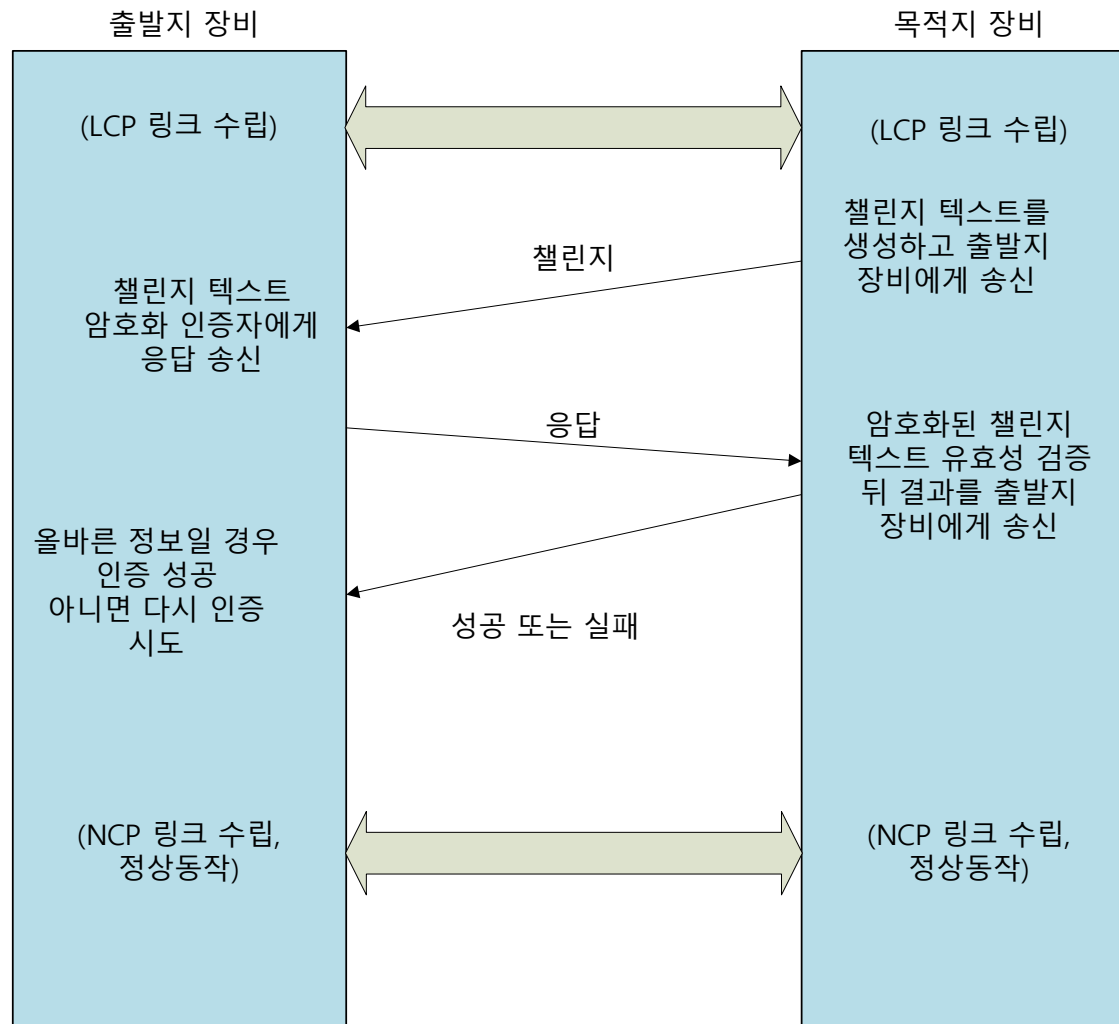
- 과정

- 1) 인증자는 챌린지(Challenge)라는 의미를 갖지 않는 메시지를 포함하는 프레임을 만들어 인증을 시도하는 사용자에게 전송
- 2) 사용자는 인증자와 공유하는 비밀 정보를 이용하여 챌린지 텍스트를 암호화 한 후 인증자에게 전송
- 3) 인증자는 사용자와 동일한 방법으로 암호화 한 챌린지 텍스트와 사용자가 보낸 것이 같으면 성공 메시지를, 다르다면 실패 메시지를 보냄

PPP 핵심 프로토콜

- CHAP(Challenge Handshake Authentication Protocol)

- 인증 과정



목 차

- 2-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - SLIP와 PPP의 개요와 기초
 - PPP 핵심 프로토콜
 - PPP 기능 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2-2부 TCP/IP 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
 - 주소 결정 프로토콜
 - 역순 주소 결정 프로토콜

PPP 기능 프로토콜

- PPP 링크 품질 모니터링(LQM, Link Quality Monitoring)
 - 장비들이 링크의 품질을 분석할 수 있도록 하는 기능
- PPP 링크 품질 리포팅(LQR, Link Quality Reporting)
 - 한 장비가 다른 장비에게 현재 링크의 대한 정보를 자신에게 주기적으로 전송하도록 요청하는 것

PPP 기능 프로토콜

- PPP 링크 품질 리포팅(LQR, Link Quality Reporting)
 - LQR 수립
 - 링크 수립 단계의 기본 링크 인자 협상 과정의 일부로 수행
 - 설정옵션에 링크 모니터링을 요청하며 보고서 주기 지정
 - 링크 통계 추적을 위한 카운터들과 타이머 설정
 - 타이머 시간이 만료할 때마다 링크 품질 보고서 생성
 - PPP 프로토콜 필드가 0xC025로 채워진 PPP프레임
 - 각 카운터는 링크 사용 관련 통계 정보를 담고 있음
 - 송수신한 프레임 수
 - 송수신한 모든 프레임의 바이트 수
 - 발생한 에러 수
 - 버린 프레임 수
 - 생성된 링크 품질 보고서 수

PPP 기능 프로토콜

- PPP 링크 품질 리포팅(LQR, Link Quality Reporting)
- LQR 사용
 - 보고서에 근거하여 장비는 특정 행동을 취함
 - e.g.,
 - 에러의 절대값이 특정 임계치를 넘으면 링크를 닫음
 - 특정한 변화를 감지한 경우 링크에 대한 조치를 취함
 - 보고서의 정보를 저장하고 아무 조치를 취하지 않음

PPP 기능 프로토콜

- PPP 압축 제어 프로토콜(CCP, Compression Control Protocol)
- PPP 링크에서의 압축을 협상하고 관리하는 프로토콜
- CCP 운영
 - 링크 설정
 - 압축 설정은 네트워크 계층 프로토콜 단계에서 수행
 - CCP에 해당하는 설정옵션 사용
 - 링크 유지
 - 코드거부 메시지 이용
 - CCP 프레임에 유효하지 않은 코드 값이 있을 경우
 - 리셋요청과 리셋승인 메시지 이용
 - 압축 해제 과정에 오류 발생 시 압축 기능 초기화
 - 링크 종료
 - 종료요청과 종료승인 메시지 이용

PPP 기능 프로토콜

- PPP 압축 제어 프로토콜(CCP)

- 설정 옵션

- 두 장비가 사용할 압축 알고리즘을 협상하는 데 이용
 - 옵션 유형값 0은 사유 압축 알고리즘, 1~254는 정의된 알고리즘

옵션 유형 값	RFC	압축 알고리즘
0	-	사유 프로토콜
1, 2	1978	PPP Predictor Compression Protocol
17	1974	PPP Stac LZS Compression Protocol
18	2118	Microsoft Point-to-Point Compression Protocol
19	1993	PPP Gandalf FZA Compression Protocol
21	1977	PPP BSD Compression Protocol
23	1976	PPP LZS-DCP Compression Protocol
26	1979	PPP Deflate Protocol

PPP 기능 프로토콜

- PPP 압축 제어 프로토콜(CCP)
 - 압축 알고리즘 운영
 - 송신자는 데이터 전송 전 압축, 수신자는 데이터 수신 후 압축 해제
 - 송신 장비는 암호화 되지 않은 PPP 프레임의 정보 필드에 들어갈 데이터를 받아 압축 알고리즘 적용
 - 송신 장비는 프레임이 압축됐다는 것을 나타내야 함
 - PPP프로토콜 필드에는 특수 값 0x00FD를 넣음
 - 다중 링크에서 압축을 사용한 경우, 0x00FB 를 넣음
 - 어떤 3계층 프로토콜에서 데이터가 오는지를 나타내는 원본 프로토콜 필드 값을 전달해야 함
 - 압축 전, PPP는 원본 프로토콜 필드를 데이터 앞에 첨부

PPP 기능 프로토콜

- PPP 암호화 제어 프로토콜(ECP, Encryption Control Protocol)
 - PPP 링크에서 암호화를 협상하고 관리
- ECP 운영
 - 링크 설정
 - 압축 설정은 네트워크 계층 프로토콜 단계에서 수행
 - ECP에 해당하는 설정옵션 사용
 - 링크 유지
 - 코드거부 메시지 이용
 - ECP 프레임에 유효하지 않은 코드 값이 있을 경우
 - 리셋요청과 리셋승인 메시지 이용
 - 암호화 과정에 오류 발생 시 암호 기능 초기화
 - 링크 종료
 - 종료요청과 종료승인 메시지 이용

PPP 기능 프로토콜

- PPP 암호화 제어 프로토콜(ECP)
- 설정 옵션
 - 두 장비가 사용할 암호화 알고리즘을 협상하는 데 이용

옵션 유형 값	RFC	암호화 알고리즘
0	-	사유 프로토콜
2	2420	The PPP Triple-DES Encryption Protocol
3	2419	The PPP DES Encryption Protocol ver.2

PPP 기능 프로토콜

- PPP 암호화 제어 프로토콜(ECP)

- 암호화 알고리즘 운영

- 송신자는 데이터 전송 전 암호화, 수신자는 데이터 수신 후 복호화

- 송신 장비는 암호화되지 않은 PPP 프레임의 정보 필드에 들어갈 데이터를 받아 암호화 알고리즘 적용

- 송신 장비는 프레임이 암호화되었다는 것을 나타내야 함

- PPP 프로토콜 필드에는 특수 값 0x0053을 넣음
- 다중 링크에서 암호화한 경우, 0x0055를 넣음

- 어떤 3계층 프로토콜에서 데이터가 오는지를 나타내는 원본 프로토콜 필드 값을 전달해야 함

- 암호화 전 PPP는 원본 프로토콜 필드 값을 데이터 앞에 첨부

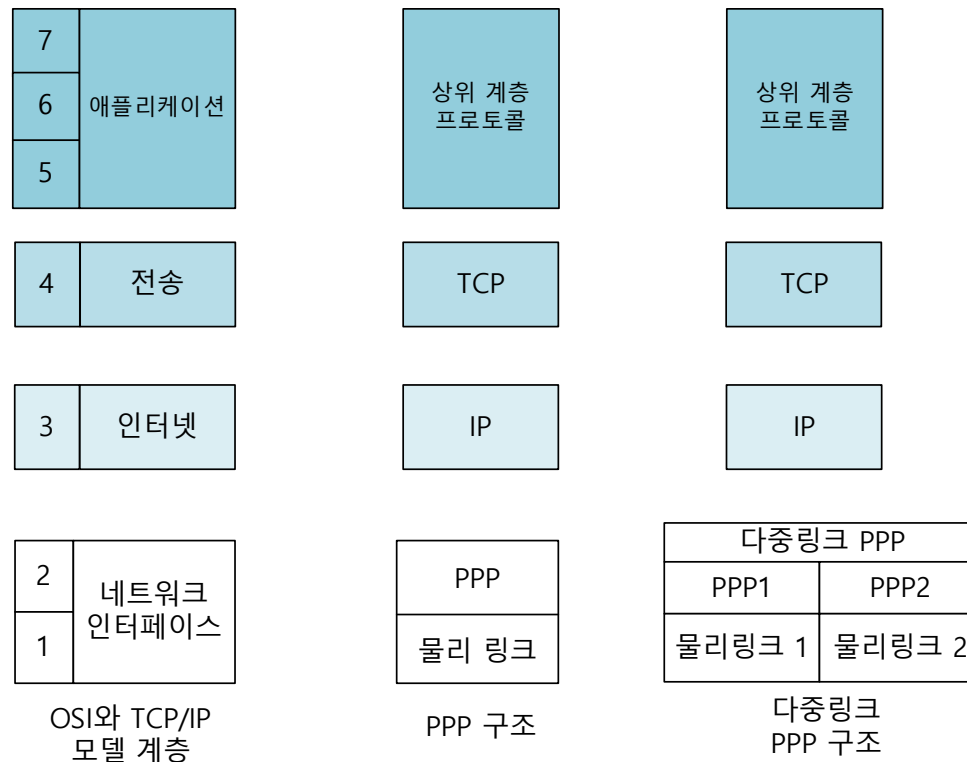
PPP 기능 프로토콜

- PPP 다중링크 프로토콜(MP, Multilink Protocol)

- 정의

- 여러 개의 링크를 하나의 고용량의 링크처럼 사용하게 하는 프로토콜

- 구조



PPP 기능 프로토콜

- PPP 다중링크 프로토콜(MP, Multilink Protocol)
 - 설정 옵션
 - 다중링크 최대 수신 재구성 유닛(Multilink Maximum Received Reconstructed Unit)
 - 협상 시도 장비가 MP를 사용하고 싶다는 것을 알림
 - 상대 장비가 MP를 지원하지 않는다면, 설정거부 메시지로 응답
 - MP에서 지원하는 최대 PPP 프레임 크기 값 포함
 - 다중링크 짧은 순서 번호 헤더 포맷(Multilink Short Sequence Number Header Format)
 - 효율성을 높이기 위해 짧은 순서 번호 필드를 사용하는 것을 협상
 - 종단 식별자(Endpoint Discriminator)
 - 장비들이 어떤 링크가 어떤 장비로 연결되었는지 파악

PPP 기능 프로토콜

- PPP 다중링크 프로토콜(MP, Multilink Protocol)
 - MP 운영
 - 송신
 - 적절한 NCP로 설정된 데이터그램을 받고, 일반 PPP 프레임의 수정된 버전으로 캡슐화
 - 프레임을 단편화하여 여러 링크로 분배하고, 각 물리 링크로 전송
 - 수신
 - MP는 모든 물리 링크에서 받은 프레임 조각을 재조합하여 원본 PPP 프레임으로 구성

PPP 기능 프로토콜

- PPP 대역폭 할당 프로토콜(BAP, Bandwidth Allocation Protocol)
 - 정의
 - 1계층 링크 묶음 위에서 MP로 동작하는 장비들이 특정 링크를 묶음에 추가하거나 제거할 수 있도록 하는 방법을 제공하는 프로토콜
 - BAP 메시지 유형
 - 콜요청과 콜응답
 - 링크를 추가하고 싶은 장비는 콜요청 프레임을 보내고, 상대방 장비는 콜응답을 회신
 - 콜백요청과 콜백응답
 - 링크를 추가하라는 요청을 받고 싶은 장비는 콜백요청 프레임을 보내고, 상대방 장비는 콜백응답을 회신

PPP 기능 프로토콜

- PPP 대역폭 할당 프로토콜(BAP)
 - BAP 메시지 유형
 - 콜상태표시와 콜상태응답
 - 링크를 추가하려는 시도를 한 장비는 현재 링크 상태를 나타내는 콜상태표시 프레임 전송
 - 상대 장비는 콜상태응답 프레임을 통해 응답
 - 링크 제거 요청과 링크 제거 응답
 - 링크를 제거하기 위한 요청과 그 응답에 사용됨

PPP 기능 프로토콜

- 대역폭 할당 제어 프로토콜(BACP, Bandwidth Allocation Control Protocol)
 - 정의
 - 링크 설정 과정 중에 장비들이 BAP(Bandwidth Allocation Protocol)을 수립할 수 있도록 하는 프로토콜
- BACP 운영
 - 설정요청, 설정승인, 설정비승인, 설정거부 메시지 이용
 - 두 장비가 BAP를 지원한다면 BAP 활성화

목 차

- 2-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - SLIP와 PPP의 개요와 기초
 - PPP 핵심 프로토콜
 - PPP 기능 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2-2부 TCP/IP 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
 - 주소 결정 프로토콜
 - 역순 주소 결정 프로토콜

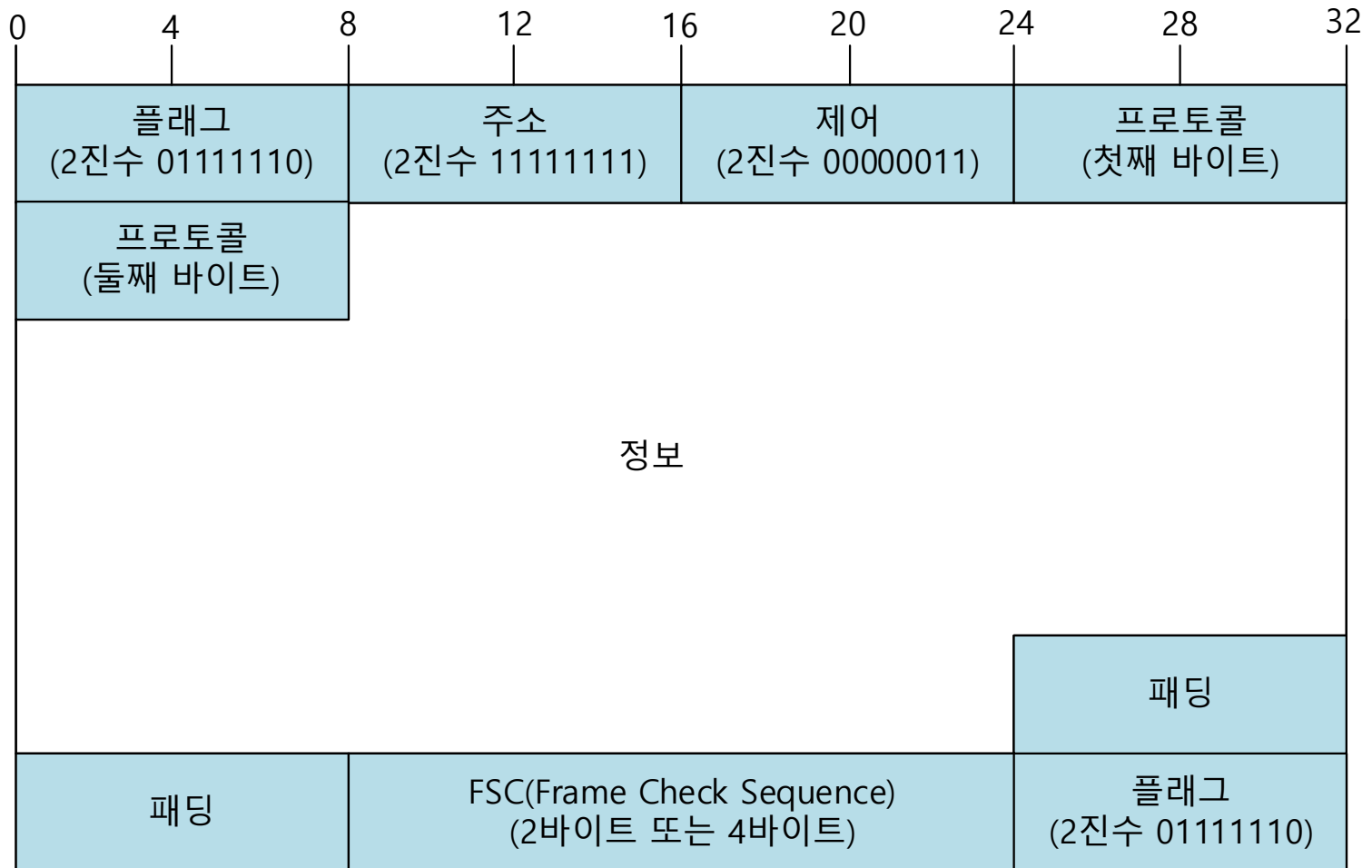
PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP의 일반 프레임 포맷

필드 이름	크기(바이트)	설명
플래그	1	PPP 프레임의 시작과 끝을 나타냄
주소	1	PPP에선 의미가 없으므로 11111111로 설정됨
제어	1	PPP에선 00000011로 설정됨
프로토콜	2	프레임의 정보 필드에 캡슐화 된 데이터그램의 프로토콜 식별
정보	가변적	데이터 또는 제어 정보를 포함한 페이로드
패딩	가변적	더미 바이트 추가 가능
프레임 검사 순서번호	2 또는 4	체크섬을 계산하여 전송 중 에러로부터 프레임을 보호

PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP의 일반 프레임 포맷



PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP의 일반 프레임 포맷

- 프로토콜 필드 범위

- 프로토콜 필드 값의 첫번째 바이트는 짝수, 두번째 바이트는 홀수여야 함

프로토콜 필드 범위(16진수)	설명
0000-3FFF	관련 NCP가 존재하는 캡슐화된 네트워크 계층 데이터그램
4000-7FFF	잘 쓰이지 않는 프로토콜을 포함한 데이터그램, 관련 NCP 존재하지 않음
8000-BFFF	0000-3FFF 범위에 있는 네트워크 계층 프로토콜 값에 대응하는 NCP 제어 프레임
C000-FFFF	LCP와 LCP 지원 프로토콜(예: PAP, CHAP)

PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP의 일반 프레임 포맷
- PPP 필드 압축
 - 주소와 제어 필드 압축(ACFC, Address and Control Field Compression)
 - PPP 프레임에서 주소와 제어 필드는 필요하지 않아 전송하지 않음
 - 수신자는 최초 플래그 필드 다음의 두 바이트가 0xFF03가 아니면 주소와 제어 필드가 전송되지 않음을 확인 가능
 - 프로토콜 필드 압축(PFC, Protocol Field Compression)
 - 프로토콜 필드를 압축하여, 2바이트가 아닌 1바이트의 프로토콜 값을 주고 받음
 - 압축된 프로토콜 필드의 첫 바이트가 0

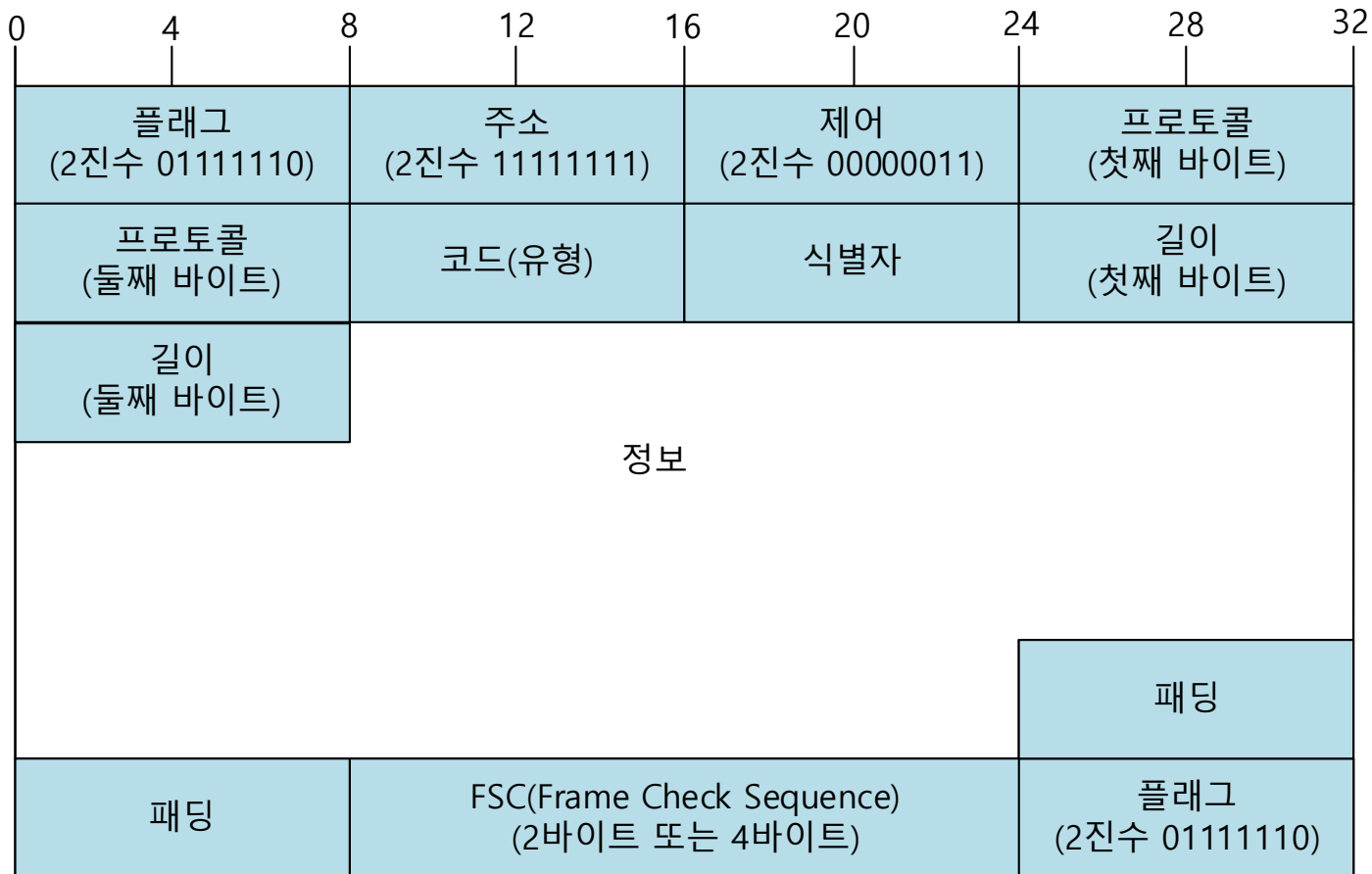
PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP의 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷
 - PPP 제어 프로토콜들의 메시지
 - PPP의 일반 프레임의 정보 필드에 포함됨
- PPP 제어 메시지 포맷

필드 이름	크기(바이트)	설명
코드(유형)	1	어떤 유형의 제어 메시지가 있는지를 나타냄
식별자	1	요청과 응답 필드를 대응시키는 꼬리표 필드, 요청을 보낼 때마다 새로운 식별자 생성
길이	2	제어 프레임의 길이 지정
데이터	가변적	각 메시지 특유의 정보

PPP 프로토콜 프레임 포맷

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



PPP 프로토콜 프레임 포맷

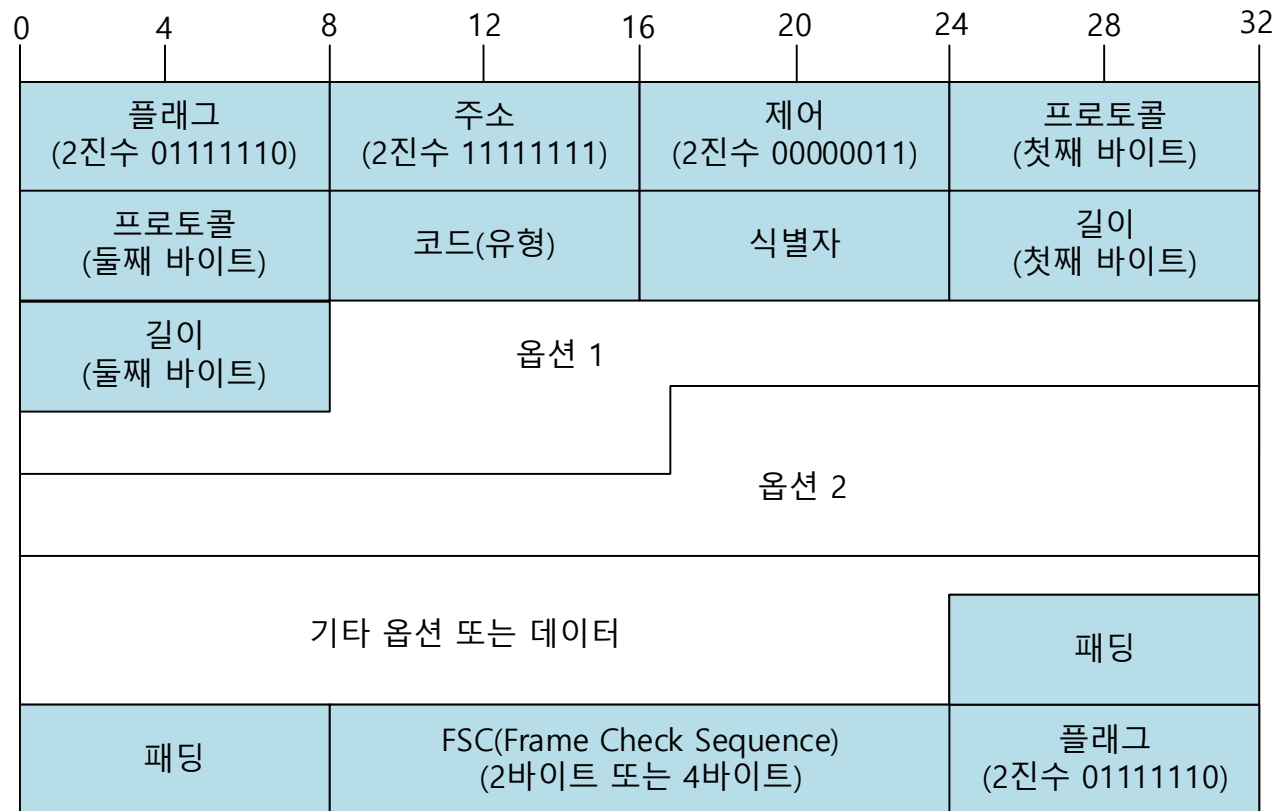
- PPP의 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 제어 메시지 코드 필드 값
 - 특정 제어 프로토콜 내에서의 제어 프레임 유형을 나타냄

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

PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP의 일반 제어 프로토콜 프레임 포맷
 - PPP 제어 메시지 옵션 포맷
 - 메시지의 데이터 필드는 고유한 하나 이상의 설정 옵션 포함
 - 옵션은 유형, 길이, 데이터라는 3가지 요소로 구성



PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP PAP 제어 프레임 포맷

- PPP PAP 프레임 포맷

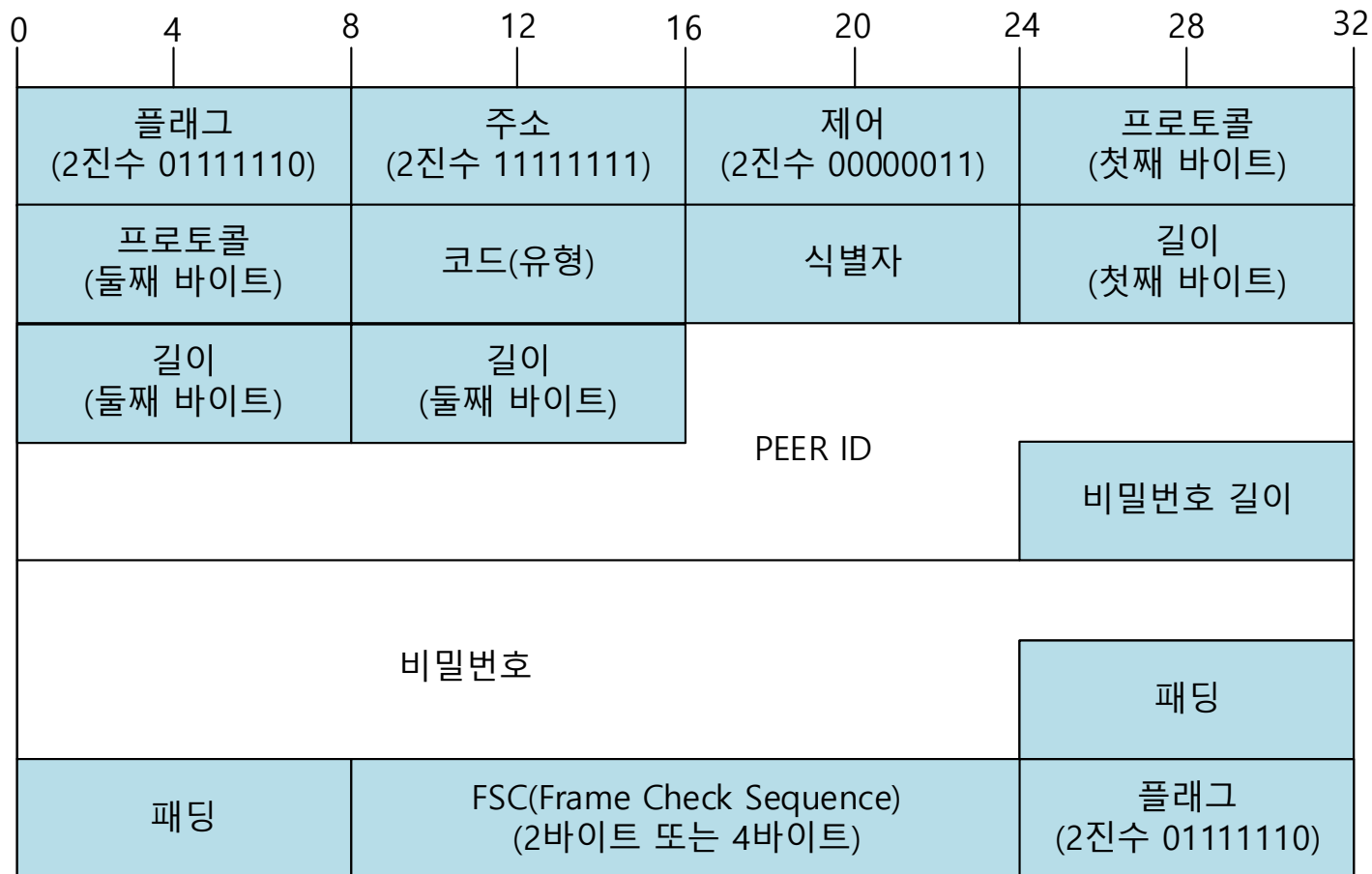
프레임 유형	코드 필드	식별자 필드	길이 필드	데이터 필드
인증요청	1	각 프레임별 새로 생성한 값	6+Peer ID 길이+pw길이	사용자 이름과 비밀번호
인증 승인	2	대응 인증요청 프레임의 식별자 필드 값	5+포함된 메시지 길이	메시지 하위 필드의 길이를 지정하는 1바이트 Msg-Length 필드 포함
인증 비승인	3			

- PAP 인증요청 프레임 하위 필드

하위 필드 이름	크기(바이트)	설명
Peer ID Length	1	Peer ID 필드 길이
Peer ID	가변적	인증 대상 장비의 이름
Password Length	1	Password 필드의 길이
Password	가변적	인증할 이름에 대응하는 비밀번호

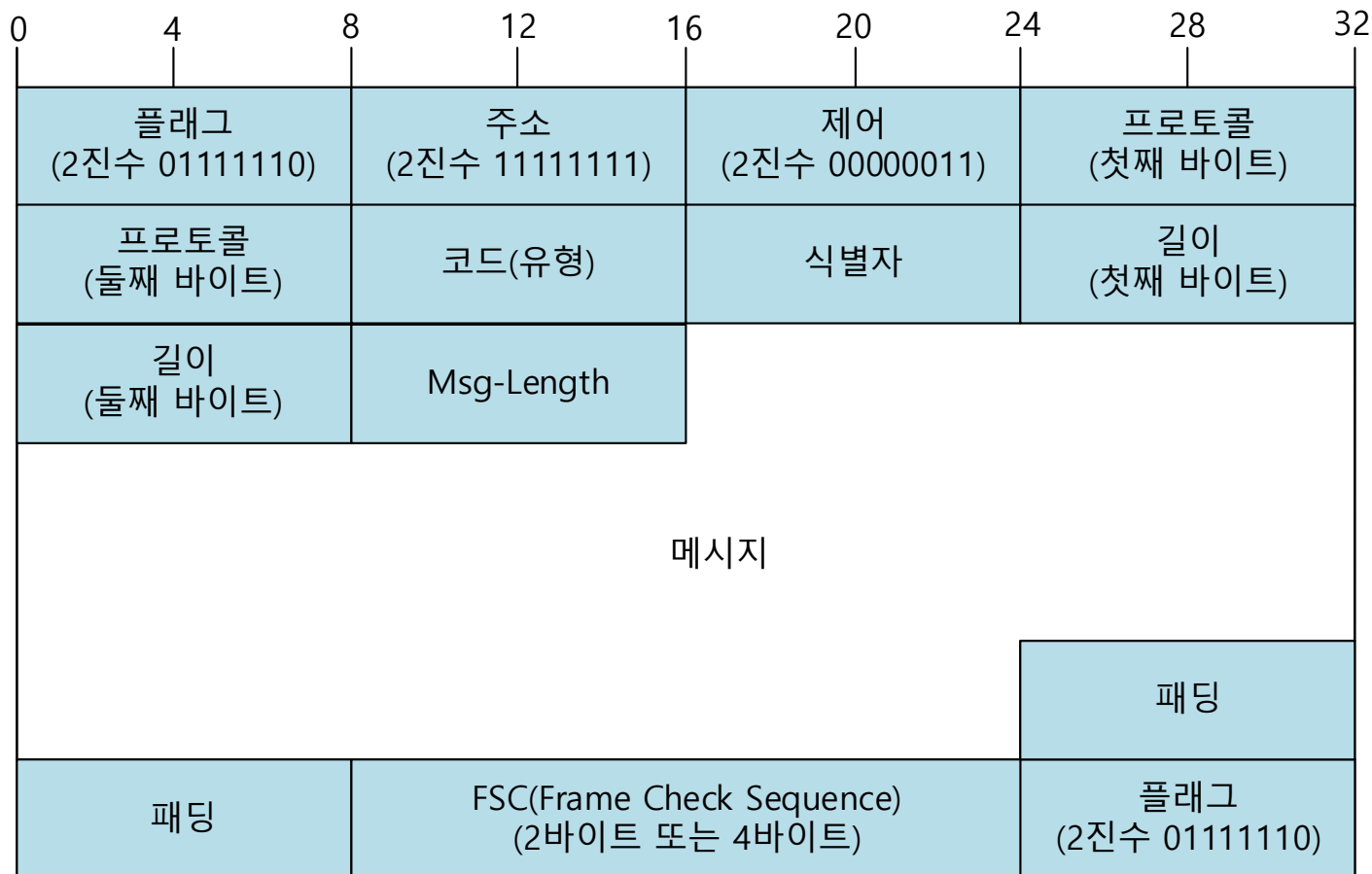
PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP PAP 제어 프레임 포맷
- PAP 인증요청 프레임 포맷



PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP PAP 제어 프레임 포맷
 - PAP 인증승인과 인증 비승인 프레임 포맷



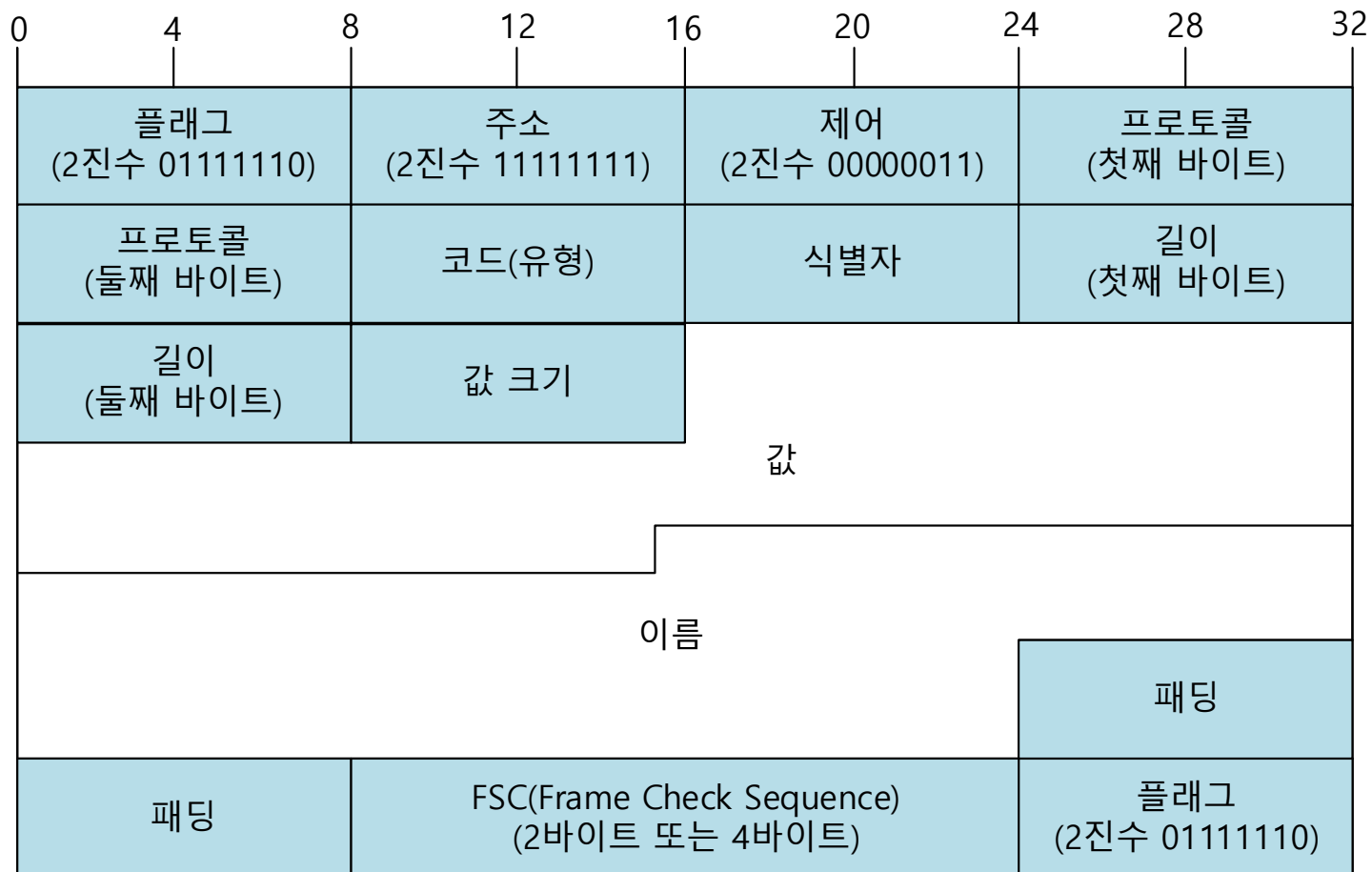
PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP CHAP 제어 프레임 포맷
 - PPP CHAP 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 텍스트, 시스템 식별자 전달
응답	2	대응되는 챌린지 프레임의 식별자 필드 값	5+Value 길이+Name 길이	
성공	3	대응되는 응답 프레임의 식별자 필드 값	4(추가 데이터가 포함된다면 그 이상)	인증이 성공했는지 실패했는지를 알리는데 쓰이는 메시지 필드
실패	4			

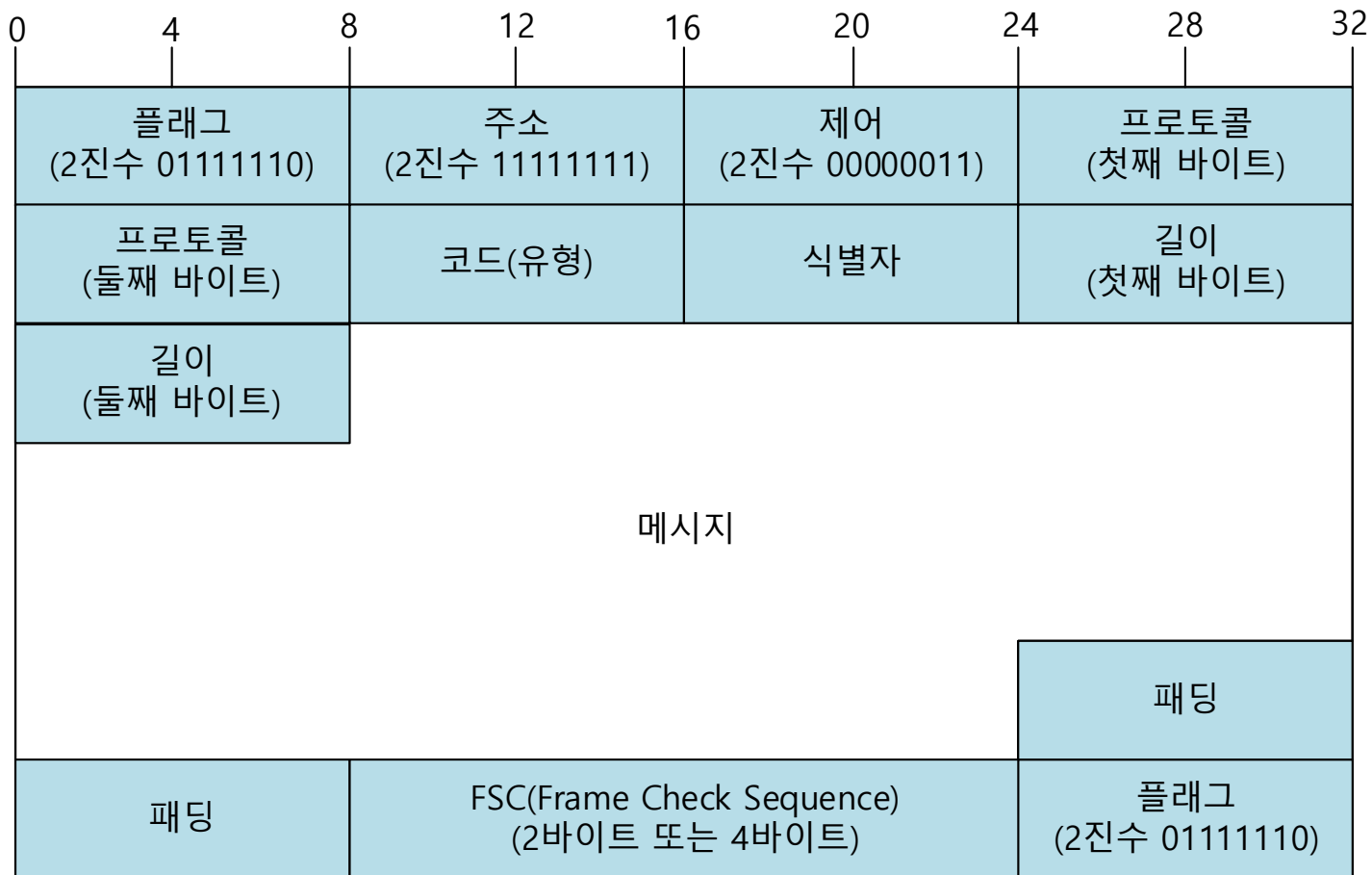
PPP 프로토콜 프레임 포맷

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



PPP 프로토콜 프레임 포맷

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



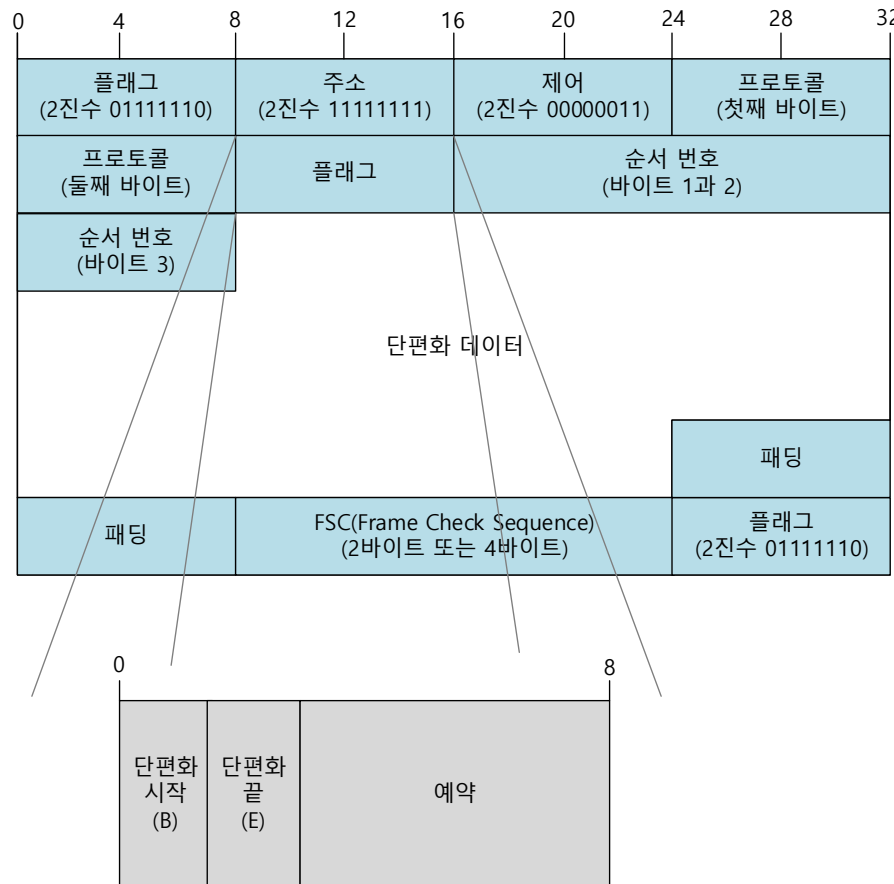
PPP 프로토콜 프레임 포맷

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

필드 이름	크기(비트)	설명
B	1	단편화 조각의 시작을 나타내는 플래그, 첫 단편화 조각은 이 값이 1, 나머지 조각은 0
E	1	단편화 조각의 끝을 나타내는 플래그, 마지막 단편화 조각은 이 값이 1, 나머지 조각은 0
예약	2 or 6	쓰이지 않음, 0으로 설정
순서 번호	12 or 24	재조합 가능하도록 연속된 순서 번호를 부여 받음
단편화 데이터	가변적	원본 PPP프레임에서 가져온 실제 단편화 데이터

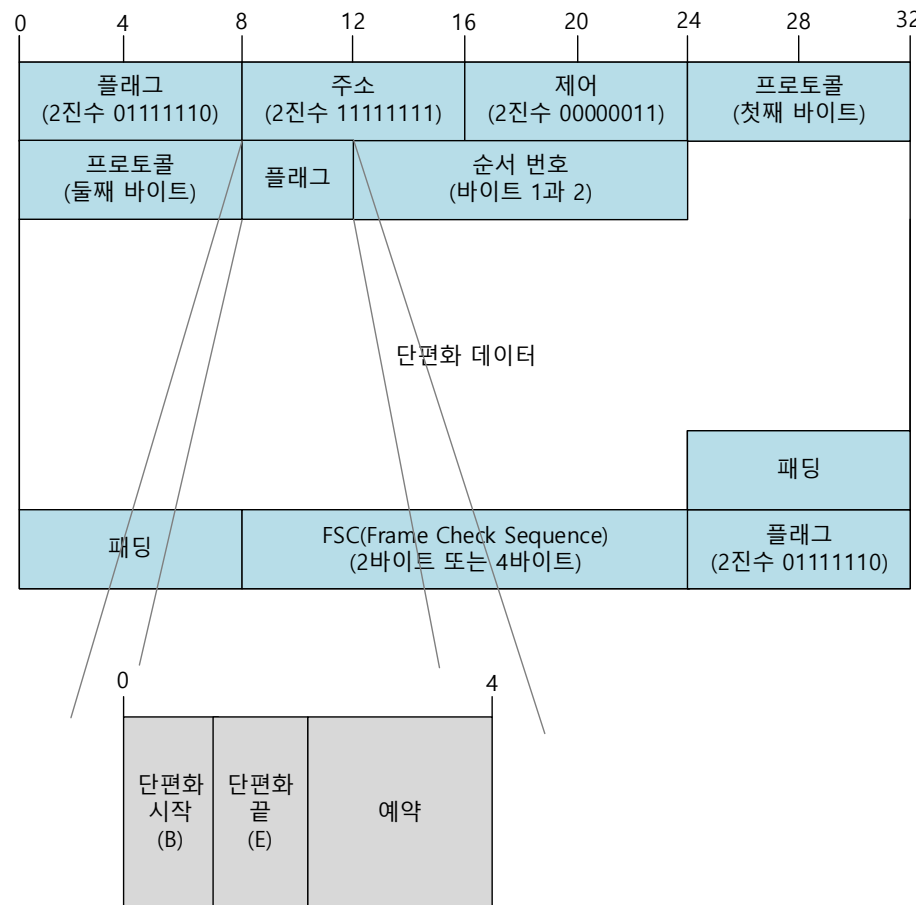
PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 다중링크 프로토콜 프레임 포맷
- PPP MP 긴 단편화 프레임 포맷
 - 1바이트 플래그와 24비트 순서번호 사용



PPP 프로토콜 프레임 포맷

- PPP 다중링크 프로토콜 프레임 포맷
- PPP MP 짧은 단편화 프레임 포맷
 - 4비트 플래그와 12비트 순서번호 사용



목 차

- 2-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - SLIP와 PPP의 개요와 기초
 - PPP 핵심 프로토콜
 - PPP 기능 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2-2부 TCP/IP 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
 - 주소 결정 프로토콜
 - 역순 주소 결정 프로토콜

주소 결정 프로토콜

- 주소 결정
 - 네트워크 계층 주소를 통해 데이터 링크 계층 주소를 결정하는 것
- 직접 매핑
 - 정의
 - 특정 공식을 이용해 상위 계층 주소를 하위 계층 주소로 매핑하는 것
 - e.g.,
 - 하드웨어 주소 크기가 8비트인 경우, MAC주소를 IP 주소의 마지막 8비트로 매핑하는 것

주소 결정 프로토콜

- 주소 결정
 - 네트워크 계층 주소를 통해 데이터 링크 계층 주소를 결정하는 것
- 직접 매핑
 - 정의
 - 특정 공식을 이용해 상위 계층 주소를 하위 계층 주소로 매핑하는 것
 - e.g.,
 - 하드웨어 주소 크기가 8비트인 경우, MAC주소를 IP 주소의 마지막 8비트로 매핑하는 것

주소 결정 프로토콜

- 직접 매핑

- 단점

- 2계층 주소 길이가 3계층 주소 길이보다 클 경우, 직접 매핑 어려움
 - 따라서 일반적으로 직접 매핑을 이용하지 않음
- 낮은 유연성
 - 데이터 링크 계층 주소와 네트워크 계층 주소가 독립적이지 못하므로 유연성이 낮음

주소 결정 프로토콜

- 동적 주소 결정 기법

- 정의

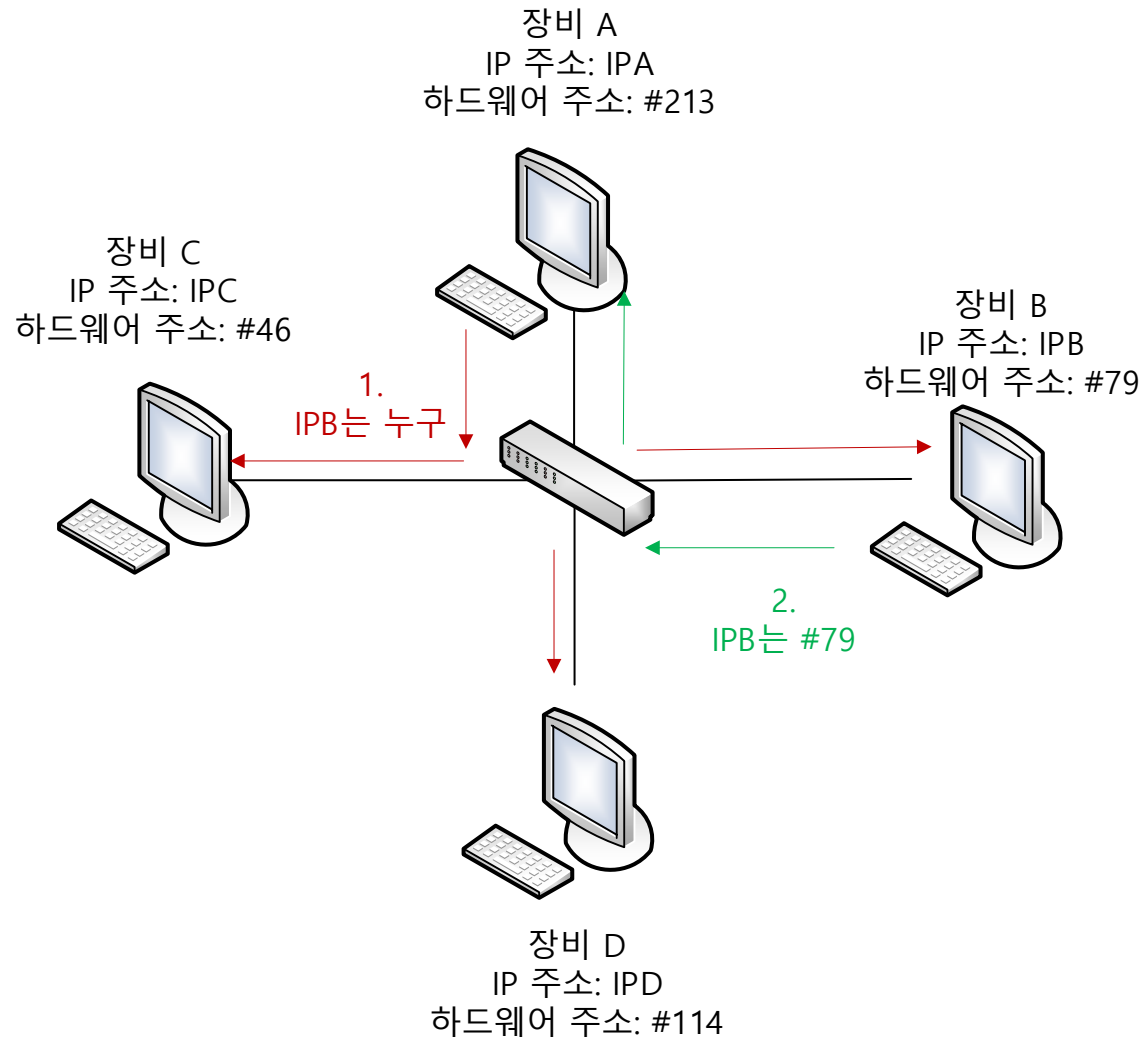
- 송신자가 수신자의 IP 주소를 알면 해당 데이터 링크 계층 주소를 찾아낼 수 있는 특수한 프로토콜을 사용한 기법

- 동작

- 출발지 장비는 목적지 장비의 3계층 주소를 담은 프레임 브로드캐스팅
- 목적지 장비 이외의 장비는 해당 프레임 무시
- 목적지 장비는 해당 프레임 인식, 출발지 장비에게 응답
- 출발지 장비는 목적지 장비의 2계층 주소 결정

주소 결정 프로토콜

- 동적 주소 결정 기법
- 동작



주소 결정 프로토콜

- 동적 주소 결정 기법

- 문제점

- 추가적인 메시지를 보내야 함
 - 데이터 전송이 필요할 때마다 브로드캐스팅하면 과부하 발생

- 문제 해결 방법

- 캐싱

- 한 장비의 데이터 링크 계층 주소를 알아내면 그 정보를 일정 기간 동안 캐시에 저장하는 방법

- 교차 결정

- 출발지 장비가 목적지 장비의 하드웨어 주소를 파악할 때, 목적지 장비도 출발지 장비의 주소를 자신의 캐시에 저장하는 방법

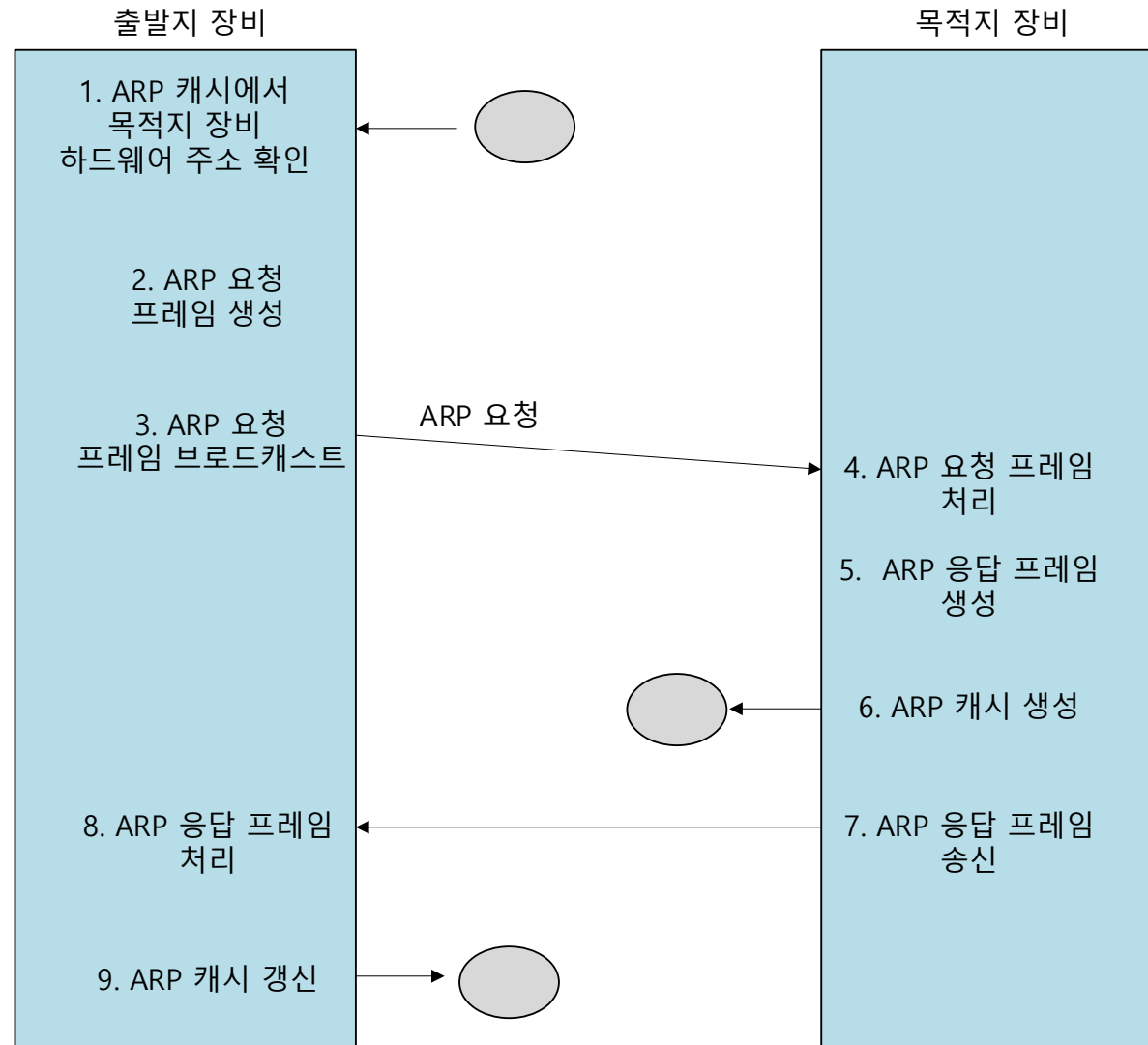
주소 결정 프로토콜

- TCP/IP 주소 결정 프로토콜(ARP, Address Resolution Protocol)
 - 정의
 - 장비의 IP 주소에 대응하는 데이터 링크 계층 주소를 파악하는 데 쓰이는 동적 결정 프로토콜
- ARP 메시지에서 사용하는 주소
 - 송신자 하드웨어 주소
 - 송신자의 2계층 주소
 - 송신자 프로토콜 주소
 - 송신자의 IP주소
 - 수신자 하드웨어 주소
 - 수신자의 2계층 주소
 - 수신자 프로토콜 주소
 - 수신자의 IP 주소

주소 결정 프로토콜

- TCP/IP 주소 결정 프로토콜(ARP)

- 일반 동작



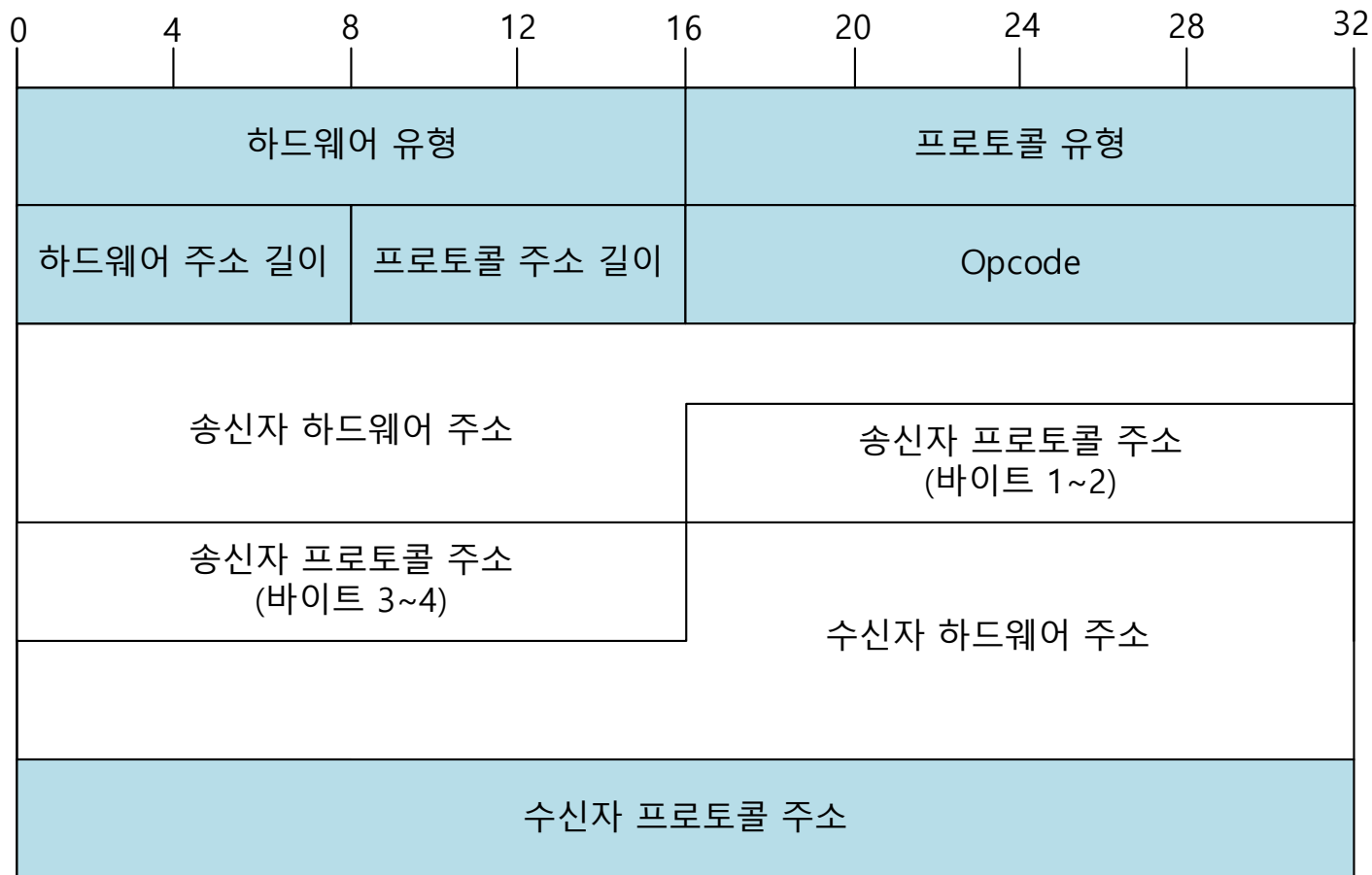
주소 결정 프로토콜

- TCP/IP 주소 결정 프로토콜(ARP)
 - 메시지 포맷

필드 이름	크기(바이트)	설명
하드웨어 유형(HRD)	2	로컬 네트워크에서 사용하는 하드웨어 유형 지정
프로토콜 유형(PRO)	2	메시지에서 사용하는 3계층 주소 유형 지정
하드웨어 주소 길이(HLN)	1	메시지에 포함된 하드웨어 주소 길이를 바이트 단위로 지정
프로토콜 주소 길이(PLN)	1	메시지에 포함된 프로토콜 주소 길이를 바이트 단위로 지정
동작 코드(OP)	2	ARP 메시지의 동작 유형 지정
송신자 하드웨어 주소(SHA)	가변적	송신 장비의 2계층 주소
송신자 프로토콜 주소(SPA)	가변적	송신 장비의 3계층 주소
수신자 하드웨어 주소(THA)	가변적	수신 장비의 2계층 주소
수신자 프로토콜 주소(TPA)	가변적	수신 장비의 3계층 주소

주소 결정 프로토콜

- TCP/IP 주소 결정 프로토콜(ARP)
- 메시지 포맷



주소 결정 프로토콜

- TCP/IP 주소 결정 프로토콜(ARP)
 - ARP 캐싱
 - 캐시 항목 추가 방법
 - 정적 ARP 캐시 항목
 - 장비의 캐시 테이블에 수동으로 추가됨
 - 만료 기간 없이 영구히 캐시에 남아 있음
 - 동적 ARP 캐시 항목
 - 과거에 한 ARP 주소 결정의 결과이며 동적으로 추가됨
 - 일정 기간 동안 캐시에 남아있다가 제거됨
 - 일반적으로 10~20분

주소 결정 프로토콜

- TCP/IP 주소 결정 프로토콜(ARP)

- 프록시 ARP

- 두 장비가 2계층에서 서로 다른 네트워크에 있는 경우 라우터를 통해 연결 제공

- 동작

- 출발지 장비가 ARP 요청 메시지를 브로드캐스팅
- 각 두 장비의 로컬 네트워크 사이에 위치한 라우터가 해당 요청에 자신의 하드웨어 주소로 응답
- 출발지 장비가 해당 라우터에게 메시지를 전달하면, 라우터는 그것을 목적지 장비에게 전달

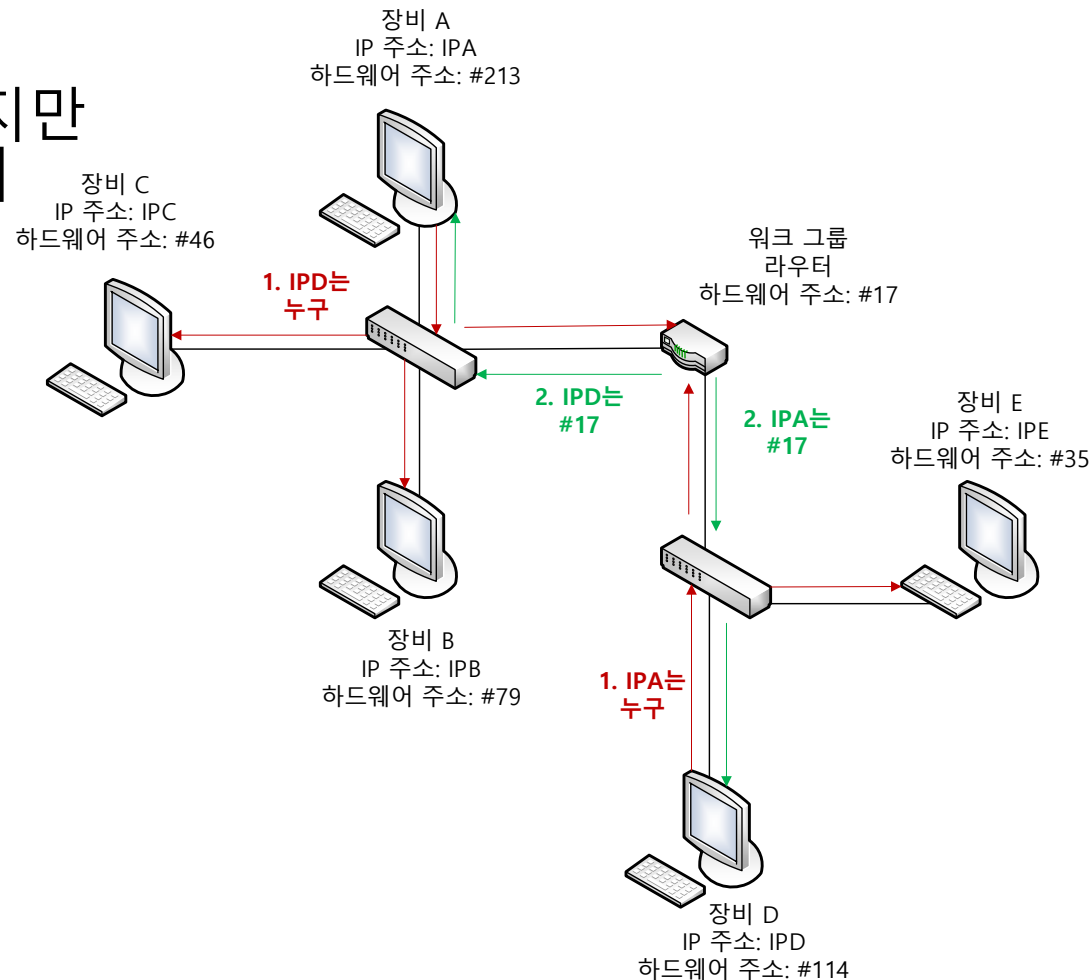
주소 결정 프로토콜

- TCP/IP 주소 결정 프로토콜(ARP)

- 프록시 ARP

- 동작

- 다른 물리 네트워크에 있지만
네트워크 계층에서는 마치
동일 네트워크처럼 동작



주소 결정 프로토콜

- IP 멀티캐스트 주소의 TCP/IP 주소 결정
 - 멀티캐스트 주소 결정은 직접 매핑 기법의 일종 사용
- 널리 쓰이는 주소지정 방법
 - IEEE 802 주소지정 방법
 - 데이터 링크 계층 주소는 48비트
 - 상위 24비트
 - 기관 유일 식별자(OUI, Organizationally Unique Identifier)로 구성
 - 하위 24비트
 - 개별 장비를 구분하는 데 사용됨

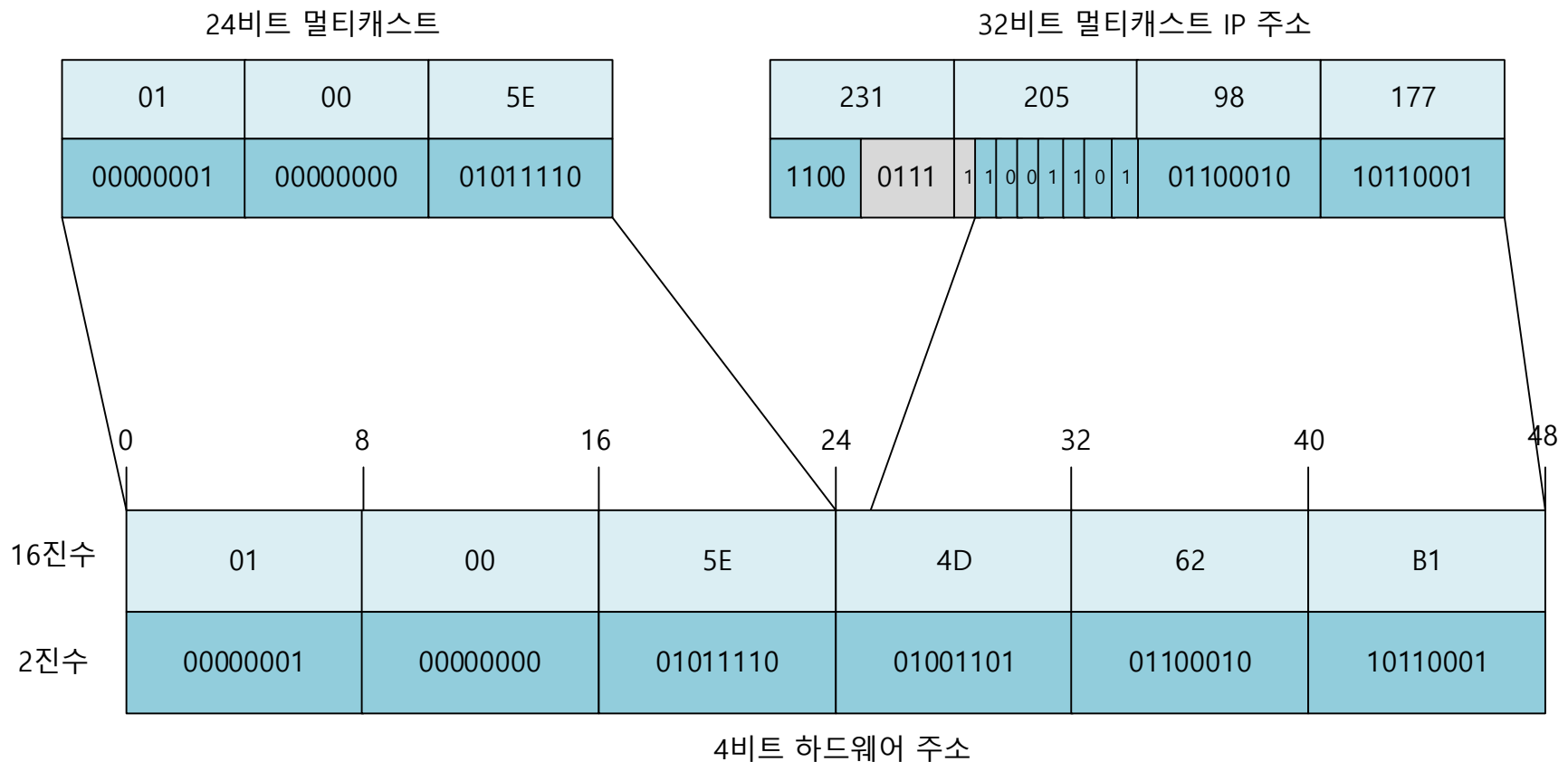
주소 결정 프로토콜

- IP 멀티캐스트 주소의 TCP/IP 주소 결정

- 널리 쓰이는 주소지정 방법

- IEEE 802 주소지정 방법

- e.g.,

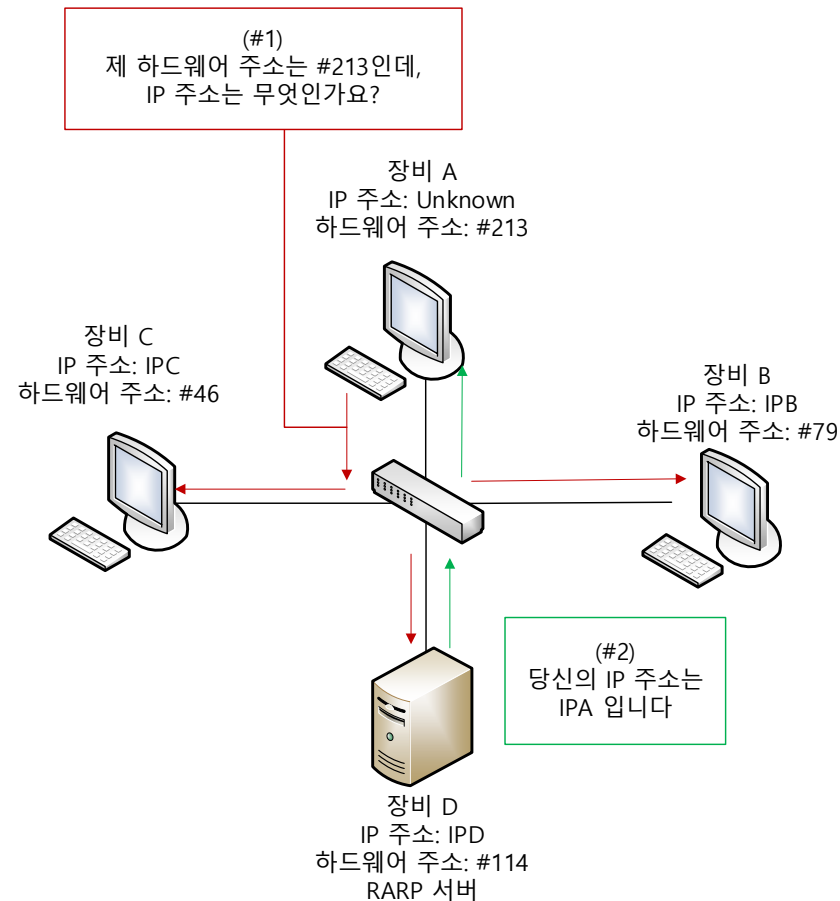


목 차

- 2-1부 TCP/IP 네트워크 인터페이스 계층 프로토콜
 - SLIP와 PPP의 개요와 기초
 - PPP 핵심 프로토콜
 - PPP 기능 프로토콜
 - PPP 프로토콜 프레임 포맷
- 2-2부 TCP/IP 네트워크 인터넷 계층 연결 프로토콜
 - 주소 결정 프로토콜
 - 역순 주소 결정 프로토콜

역순 주소 결정 프로토콜

- 역순 주소 결정 프로토콜(RARP, Reverse ARP)
- 장비가 자신의 하드웨어 주소를 이용해 자신의 IP 주소를 알아낼 수 있게 하는 프로토콜
- 동작



역순 주소 결정 프로토콜

- 역순 주소 결정 프로토콜(RARP, Reverse ARP)
- 제약
 - 중앙 관리 어려움
 - 안정적으로 RARP를 이용하려면 각 물리 네트워크에 2개 이상의 RARP 서버를 운영해야 함
 - 수동 할당
 - RARP 서버의 하드웨어와 IP 주소 매핑 테이블은 수동으로 설정되어야 함
 - 관리자에게 부담이 됨
 - 제한된 정보
 - RARP 서버는 오직 IP주소만을 알려주며, 기타 중요 정보를 제공하지 않음

Thanks!

강민채 (minchae@pel.sejong.ac.kr)