# TCP/IP 완벽 가이드

## - II-5부 IP 관련 기능 프로토콜 -

임연주 (yeonjoo@pel.smuc.ac.kr)

상명대학교 프로토콜공학연구실

# 목 차

- 네트워크 주소 변환 (IP NAT) 프로토콜
- IP Security (IPsec) 프로토콜
- 모바일 IP

# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- 개요
  - 등장배경
    - IPv4 클래스 비사용 주소 지정은 IP 주소 고갈 속도를 늦추는 정도, 근본적인 해결은 하지 못함
    - IP 주소 공간 고갈에 따른 할당 비용 증가, 보안 우려 증가 등의 문제를 보완할 기술이 필요
  - IP NAT (Network Address Translation)
    - NAT 라우터를 통해서 사설 네트워크와 공중 인터넷이 통신할 수 있도록 하는 것
      - NAT 라우터: 로컬 주소를 전역 주소로 또는 전역 주소를 로컬 주소로 변환

# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- 개요
  - IP NAT (Network Address Translation)
    - 적은 수의 공용 IP를 사설 네트워크를 사용하는 호스트들이 공유 할 수 있음
    - 외부장비가 실질적으로 NAT를 거치지 않고서는 공인IP를 가지고 있지 않기 때문에 사설 네트워크로 바로 접근하기 어려움
  - IP NAT 구성이 가능했던 이유
    - 대부분의 호스트는 클라이언트 장비임
      - 노출이 필요 없는 클라이언트 장비가 통신을 알려진 서버에게 시작
    - 동시에 인터넷에 접근하는 호스트는 많지 않음

# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- 개요
  - IP NAT의 장·단점 표

| 장점 | 단점 |
| --- | --- |
| 대량의 호스트가 소수의 공인 IP를 공유해 비용 절감과 공간 보존이 가능 | NAT라는 추가적인 시스템이기 때문에 복잡해짐 |
| 사설 네트워크이기 때문에 확장과 관리가 쉬움 | 특정 애플리케이션과 보안 프로토콜(IPsec)과의 호환성 문제 |
| 인터넷 서비스 제공자 (ISP) 변경 시 내부 주소를 다시 부여하지 않아도 됨 | 주소 변환으로 인한 성능 감소 |
| 외부에는 내부주소를 알 수 없기 때문에 직접 접근이 어려움 | 공격자로부터 보호하지만 정당한 접근도 어려워질 수 있음 |

# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- IP NAT 주소 구분
  - 어떤 네트워크에 위치한 장비의 주소
    - 내부 주소: 내부 네트워크에 속한 장비의 주소
    - 외부 주소: 외부 네트워크에 속한 장비의 주소
  - 내부 또는 외부에 관계없이 특정 네트워크에서 표현되는 주소
    - 로컬 주소: 내부 네트워크에서 표현되는 주소
    - 전역 주소: 외부 네트워크에서 표현되는 주소

# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- IP NAT 주소 용어
  - 내부 로컬 주소
    - 내부 네트워크에 있는 장비의 실제 주소
  - 내부 전역 주소
    - 내부 장비의 주소를 외부 네트워크에서 표현하기 위한 변환된 주소
  - 외부 전역 주소
    - 공중 인터넷에 있는 장비의 실제 주소
  - 외부 로컬 주소
    - 외부 장비의 주소를 내부 네트워크에서 표현하기 위해 변환된 주소

# 네트워크 주소 변환 프로토콜

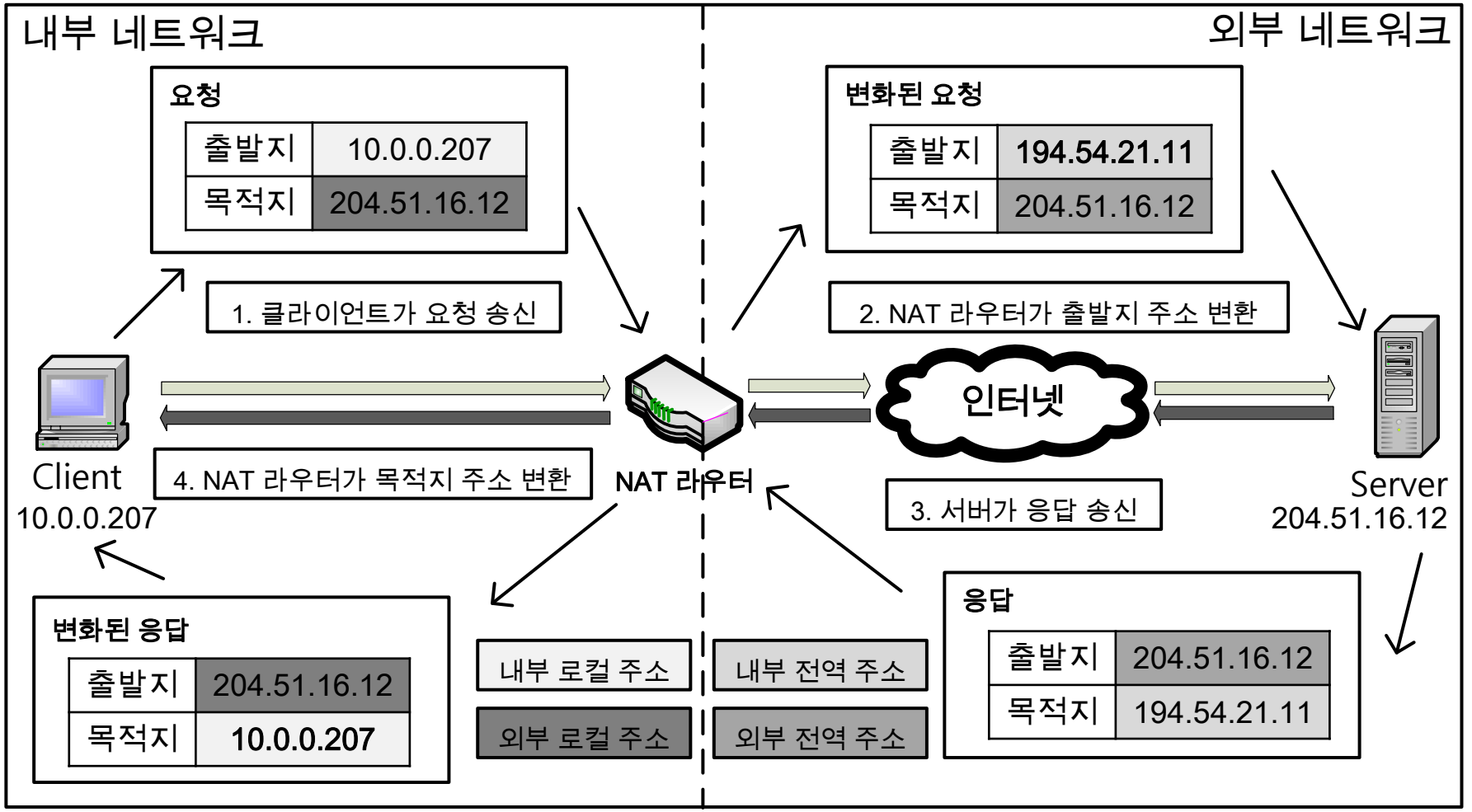
- IP NAT 주소 매핑
  - NAT 라우터는 매핑 정보가 담긴 변환 테이블을 보고 전역 주소와 로컬주소를 변환시킴
  - 매핑 정보를 추가하는 방법
    - 정적 주소 매핑
      - 고정된 주소 관계를 의미
      - 수동적으로 관리
    - 동적 주소 매핑
      - 풀 (Pool)에 있는 주소 중 하나씩 필요할 때마다 즉시 생성, 사용이 만료되면 반환
      - 자동으로 관리
    - 정적 매핑 주소와 동적 할당에 쓰이는 풀과 중복되지 않도록 주의하면 함께 사용 가능

# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- 실제 NAT의 구체적인 동작 방식
  - 단방향 동작
    - 내부 네트워크 장비가 외부 네트워크 장비로 요청할 경우
  - 양방향 동작
    - 외부 네트워크 장비가 내부 네트워크 장비로 요청할 경우
  - 포트기반 동작
    - 사용할 수 있는 공인 IP가 전부 차 있는 경우
  - 중복/2회 NAT 동작
    - 내부 네트워크 주소와 외부 네트워크 주소가 중복될 경우

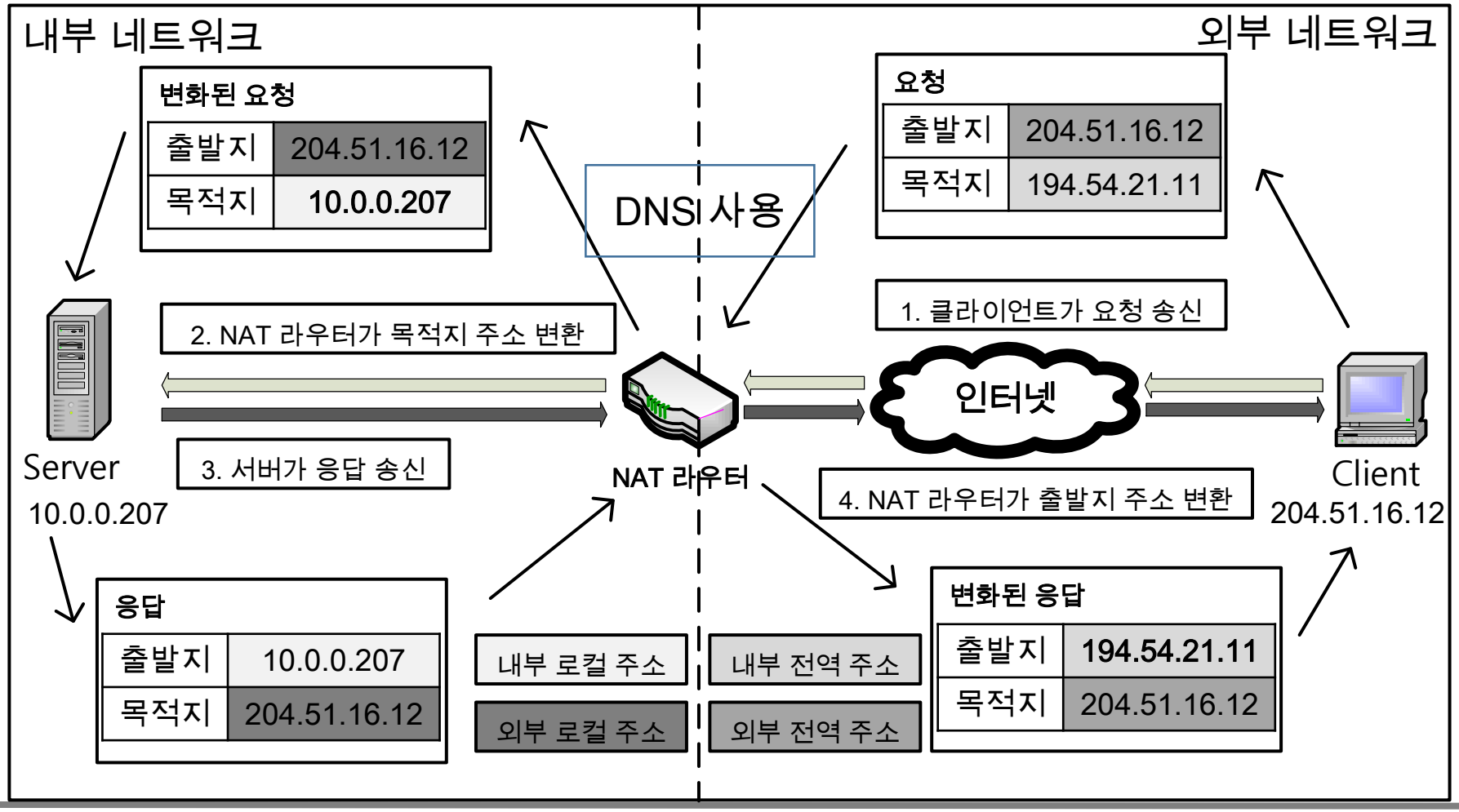
# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- IP NAT 단방향 동작
  - 단방향 (전통적/아웃바운드) NAT 동작 그림



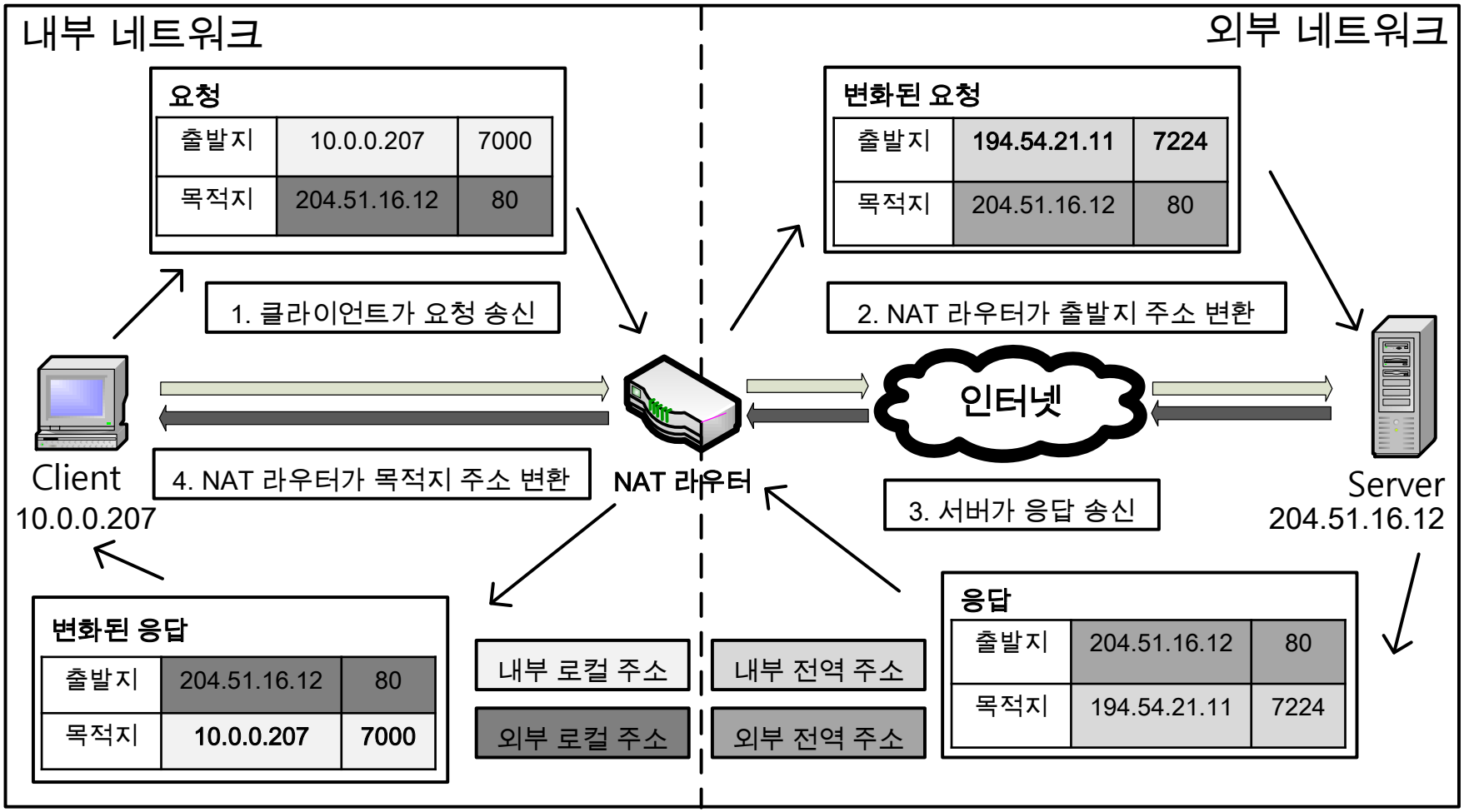
# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- IP NAT 양방향 동작
  - 양방향 (two-way/인바운드) NAT 동작 그림



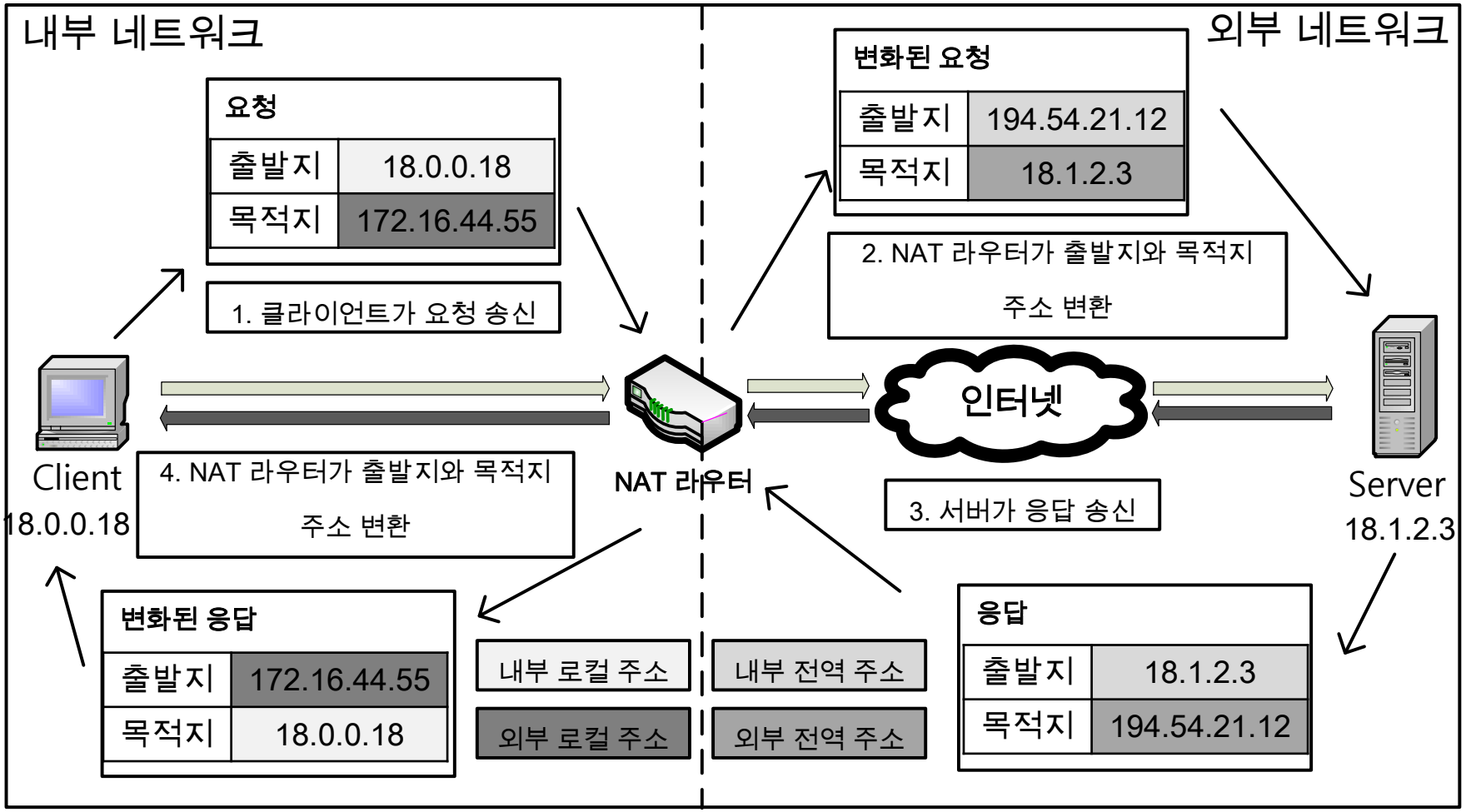
# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- IP NAT 포트기반 동작
  - 포트기반 (과부하) NAT 동작 그림



# 네트워크 주소 변환 프로토콜

- IP NAT 중복/2회 NAT 동작
  - 중복 NAT/2회 NAT 동작 그림



# 네트워크 주소 변환 프로토콜

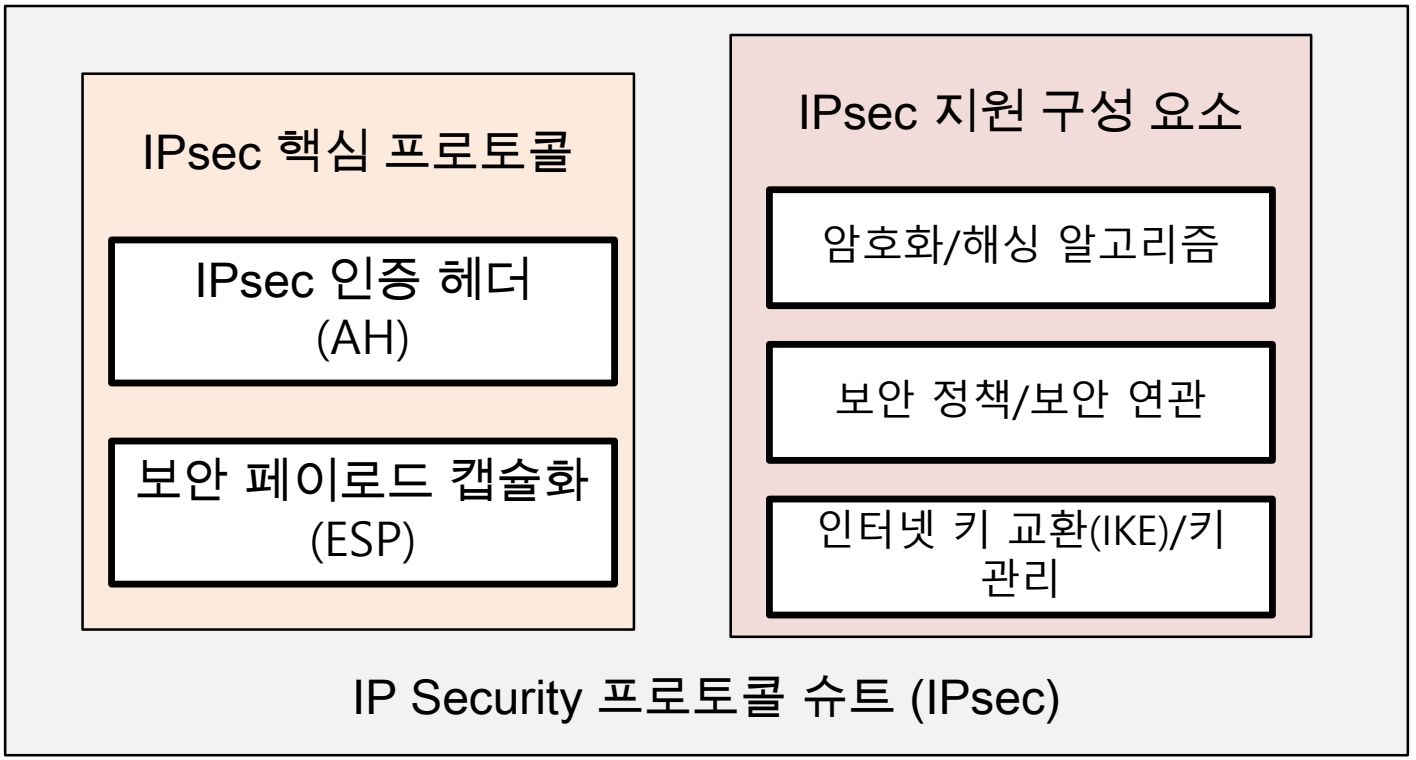
- IP NAT 호환성 문제와 특수 처리
  - TCP와 UDP 체크섬 재계산
  - ICMP 조작
  - IP 주소를 내장하는 애플리케이션
  - 주소나 포트 번호 변경에 의한 파급효과
    - 치환되는 주소가 기존 주소보다 크기가 클 경우
  - IPsec와 호환성 문제

# IP Security (IPsec) 프로토콜

- 개요
  - 등장배경
    - IP 계층에서 TCP/IP 프로토콜과 애플리케이션의 안전을 보장하는 기능 부재
  - IP Security (IPsec) 프로토콜이란
    - IP 네트워크에 보안을 제공하기 위한 서비스와 프로토콜의 모음
    - 구현 구조와 관련된 두 가지 동작모드(터널, 전송)

# IP Security (IPsec) 프로토콜

- 개요
  - IP Security (IPsec) 프로토콜
    - IPsec 프로토콜과 구성 요소 그림



# IP Security (IPsec) 프로토콜

- 개요
  - 제공하는 주요 보안 서비스

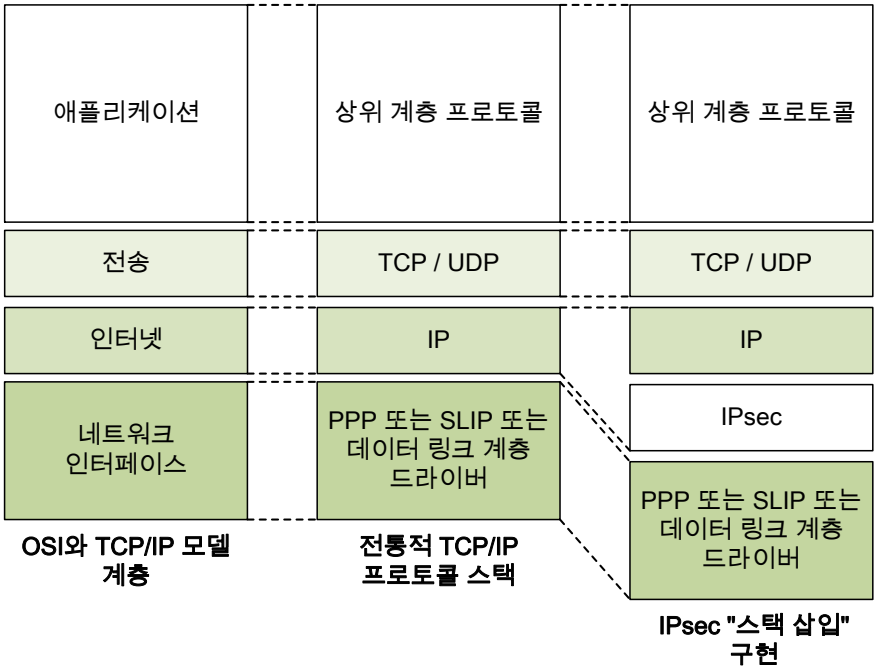
| | AH | ESP | AH + ESP |
|---|---|---|---|
| 접근제어 (Access Control) | Y | Y | Y |
| 데이터 기밀성 (Confidentiality) | | Y | Y |
| 데이터 출처 인증 (Data Origin Authentication) | Y | | Y |
| 재생공격 방지 (Replay Attack Protection) | Y | Y | Y |
| 비연결형 무결성 (Connectionless Integrity) | Y | | |
| 개체 인증 (Peer Authentication) | Y | Y | Y |

# IP Security (IPsec) 프로토콜

- IPsec 구현
  - 구현 방법
    - 종단 호스트 구현
      - 모든 호스트 장비에 설치하는 것
      - 모든 장비에 보안 구현이 가능
      - 전송모드와 통합구조에 적용
    - 라우터 구현
      - 구현한 라우터 쌍 사이만 보호
      - 로컬 네트워크 내부 보안은 보장하지 않음
      - 터널모드와 스택 삽입 구조, 라인 삽입 구조에 적용
    - 네트워크의 요구 사항에 따라 구현방법 고려

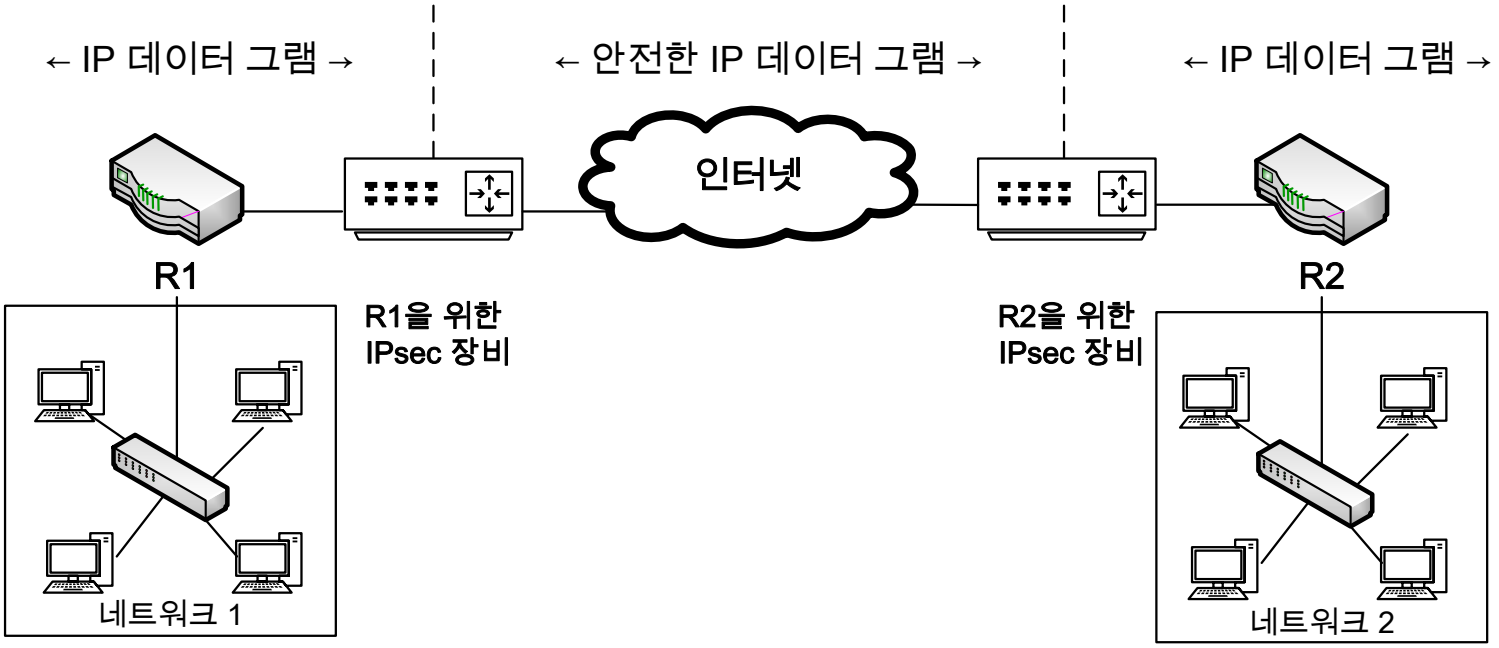
# IP Security (IPsec) 프로토콜

- IPsec 구현
  - TCP/IP 프로토콜 스택과 결합하는 방법
    - 통합 구조
      - IPsec의 프로토콜과 기능을 IP 계층에 직접 내장
      - 추가적인 하드웨어나 계층 불필요
      - IPv4 경우, 각 장비의 IP 구현을 변경해야 함
    - 스택 삽입 구조 (BITS, Bump In The Stack)
      - IP와 데이터 링크 계층 사이에 별도로 존재
      - 데이터 링크 계층에 가기 전에 가로채 보안 기능을 덧붙인 뒤 전달



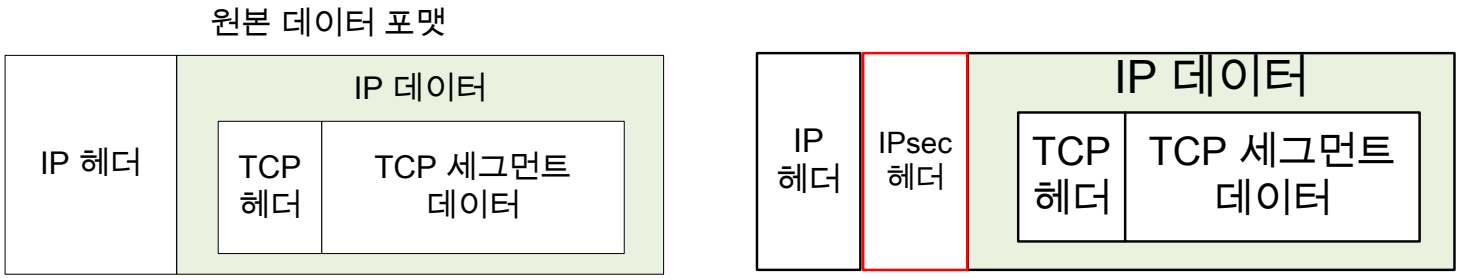
# IP Security (IPsec) 프로토콜

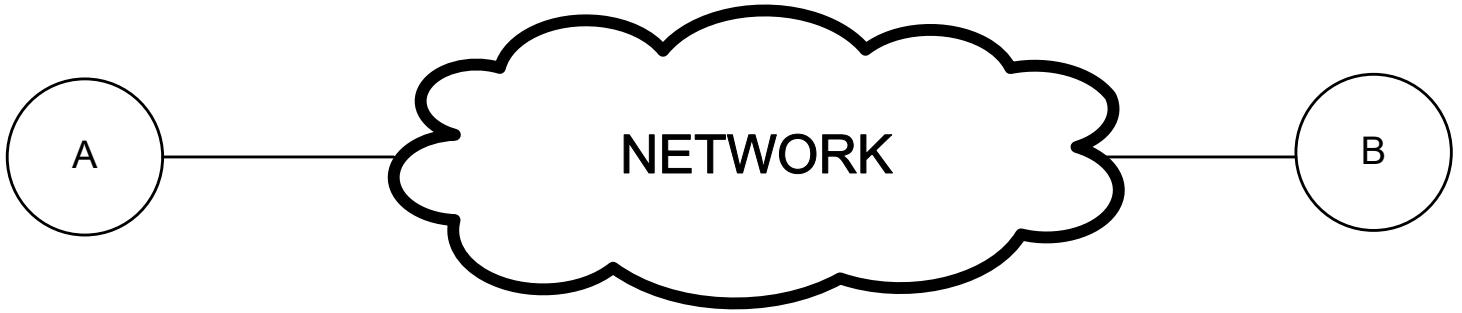
- IPsec 구현
  - TCP/IP 프로토콜 스택과 결합하는 방법
    - 라인 삽입 구조 (BITW, Bump In The Wire)
      - IPsec 서비스를 제공하는 하드웨어 장비를 기존 구성에 추가
      - 네트워크가 복잡해지고 구현 비용이 비쌈



# IP Security (IPsec) 프로토콜

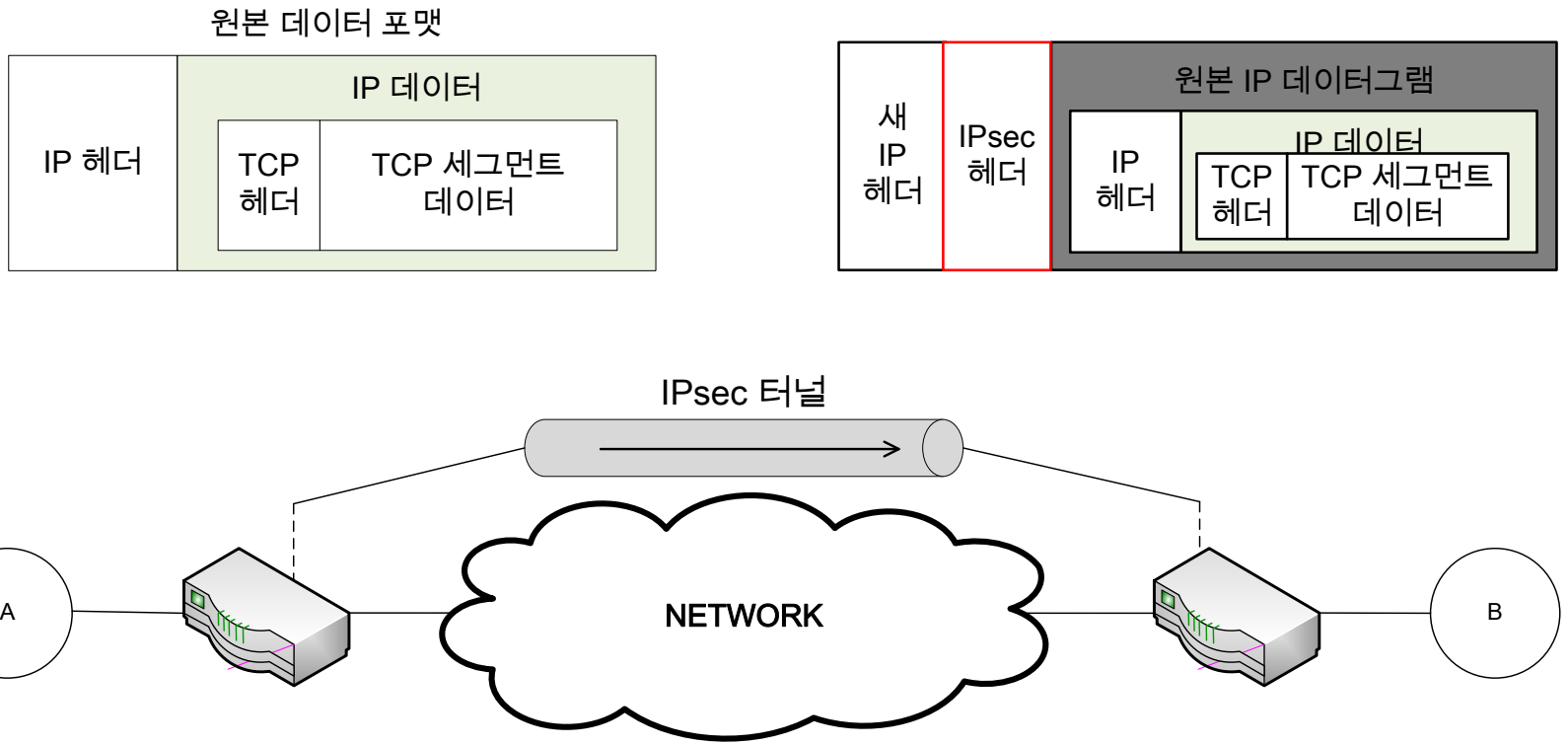
- IPsec 동작 방식
  - 전송 모드
    - IP헤더는 보호되지 않고 IP 페이로드까지만 보호
    - 통합구조와 종단 호스트 간에 주로 사용
    - 상위 계층 프로토콜을 보호하기 위해 사용



# IP Security (IPsec) 프로토콜

- IPsec 동작 방식
  - 터널 모드
    - IP 패킷 전체를 보호
    - 추가적인 캡슐화를 진행



# IP Security (IPsec) 프로토콜

- 보안 연관(SA, Security Assocication)
  - 한 장비와 다른 장비 사이에 맺은 보안 방법을 명시
  - 보안 연관 데이터베이스에 저장

  - 보안 연관을 식별하기 위한 매개변수(트리플)
    - 보안 인자 색인(SPI, Security Parameters Index)
      - SA를 식별하도록 수신자가 선택한 32 bit 값
    - IP 목적지주소
      - 최종 목적지 주소
    - 보안 프로토콜 식별자
      - AH/ESP 보안 연관 식별
      - 둘 다 사용하는 경우 각각 별도의 SA를 지정

# IP Security (IPsec) 프로토콜

- 보안 정책(SP, Security Policy)
  - 서로 다른 패킷들을 어떻게 처리할건지 지시
    - 특정 패킷을 IPsec 에서  처리할 필요가 있는지 여부 결정
  - 보안 정책 데이터 베이스에 저장

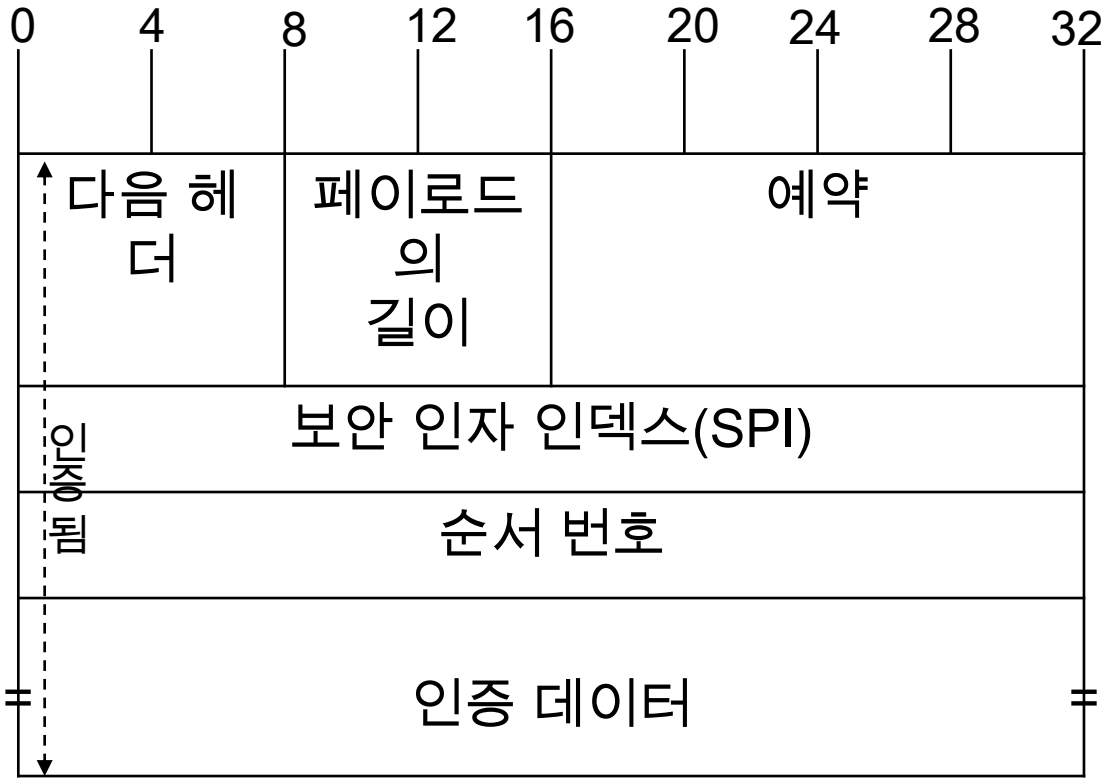
  - 먼저 SPD를 가지고 데이터에 어떤 작업을 할 건지 확인, SAD 내용에 따라 패킷을 처리

# IP Security (IPsec) 프로토콜

- IPsec 인증 헤더(AH)
  - 데이터의 무결성(Integrity) 보장
  - 개체 인증(Authentication)
  - 재전송 공격에 대한 보호기능 제공
  - 인증 데이터를 만들기 위해 해쉬 알고리즘 사용
    - e.g., MD5, SHA-1
  - AH 헤더 위치
    - 전송/터널 모드에 따라 적절한 위치에 삽입됨

# IP Security (IPsec) 프로토콜

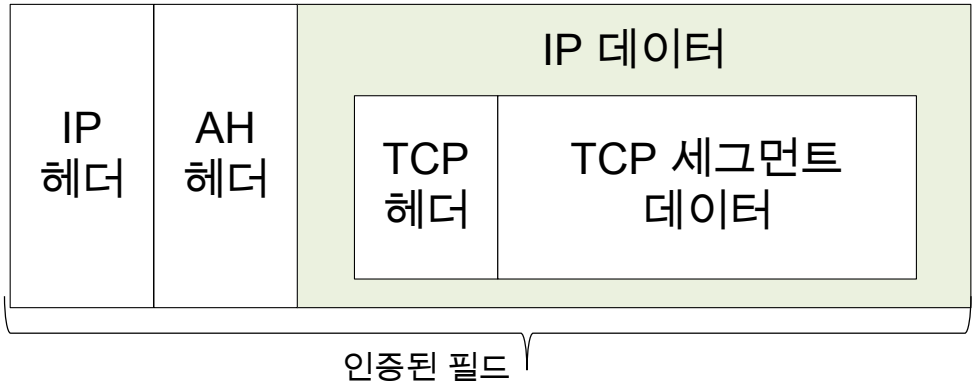
- IPsec 인증 헤더(AH)
  - AH를 포함하는 패킷 포맷
    - 인증 데이터 (가변 길이)
      - 전체 IP 패킷에 해쉬 함수를 적용한 결과 값



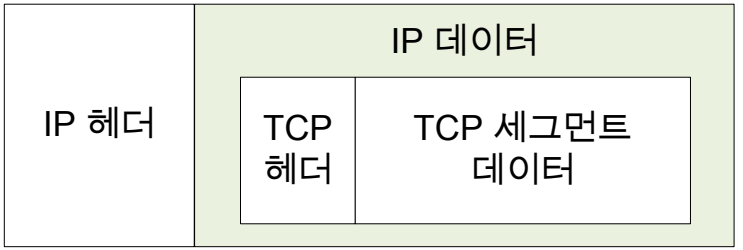
# IP Security (IPsec) 프로토콜

- 전송 모드의 AH 프로토콜

IPsec AH 데이터 그램 포맷

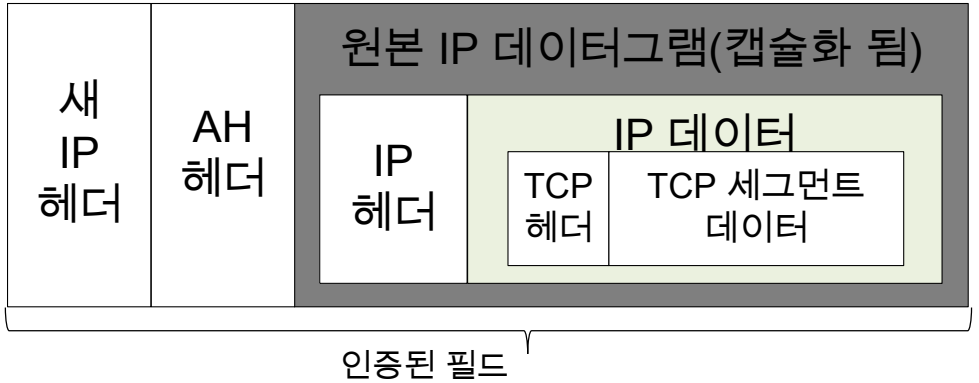



원본 데이터 포맷




- 터널 모드의 AH 프로토콜

IPsec AH 데이터 그램 포맷



# IP Security (IPsec) 프로토콜

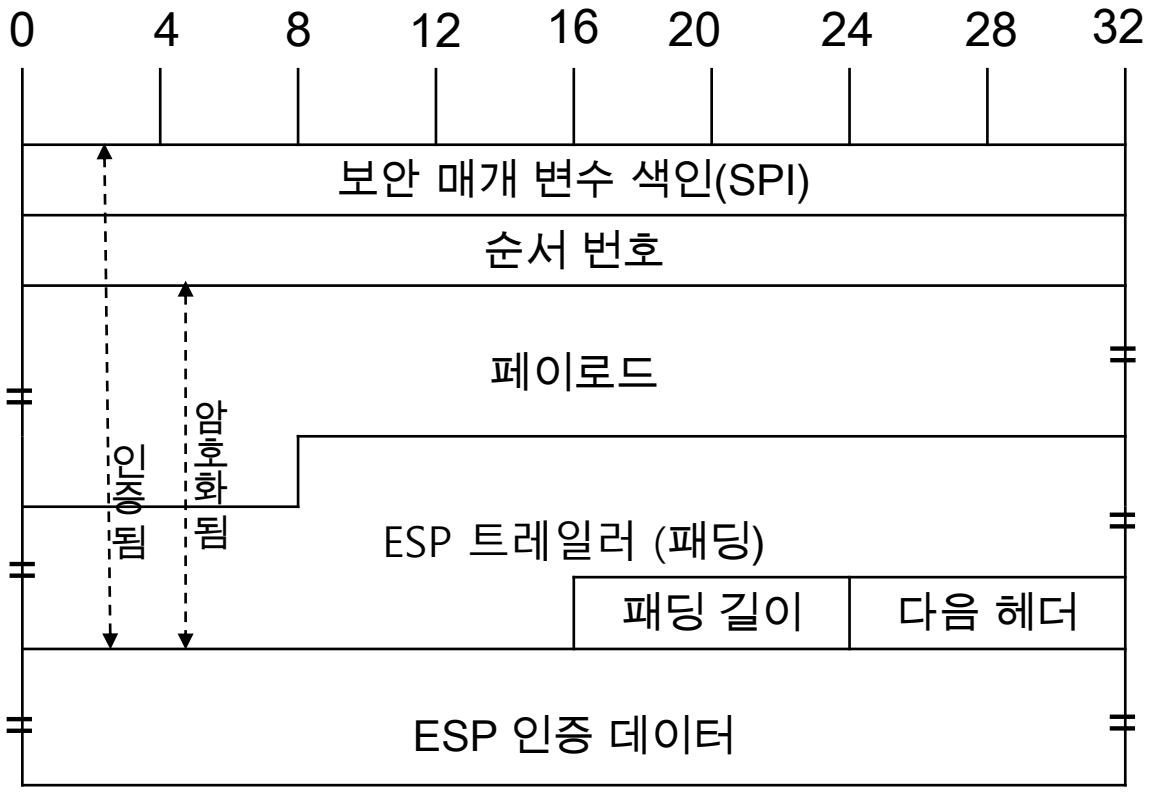
- IPsec 보안 페이로드 캡슐화(ESP)
  - IP 패킷의 무결성, 인증, 암호화 모두 제공
  - 데이터 기밀성 제공
    - 데이터를 암호화하려 지정된 수신자만 볼 수 있도록 함
    - 수신 측에는 인터넷 키 교환 (IKE, Internet Key Exchange)로 미리 교환한 Key 값을 이용하여 데이터를 복호화
    - DES, 3DES 등 사용

# IP Security (IPsec) 프로토콜

- IPsec 보안 페이로드 캡슐화(ESP)
  - 3가지 요소로 구분됨
    - ESP 헤더
      - 두 가지 모드마다 붙는 위치가 다름
      - 암호화 되지 않음
    - ESP 트레일러
      - 패딩이 필요한 경우, 패딩을 한 뒤 암호화 수행
    - ESP 인증 데이터 필드
      - 인증 서비스 제공

# IP Security (IPsec) 프로토콜

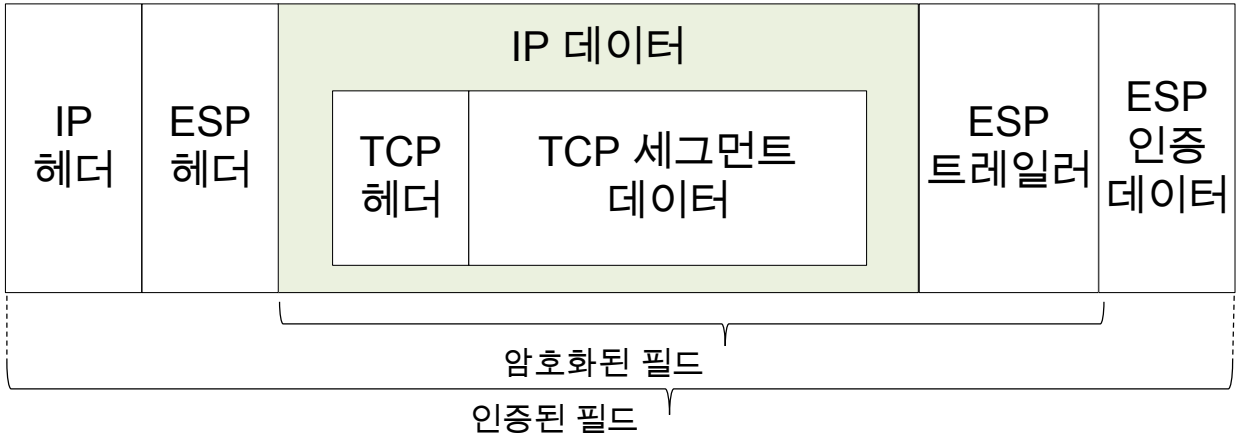
- IPsec 보안 페이로드 캡슐화(ESP)
  - ESP를 포함하는 패킷 포맷



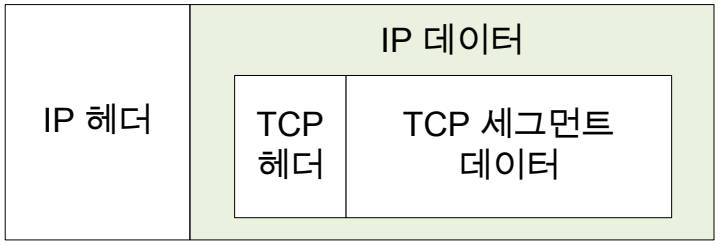
# IP Security (IPsec) 프로토콜

- 전송 모드의 ESP 프로토콜

IPsec ESP 데이터 그램 포맷

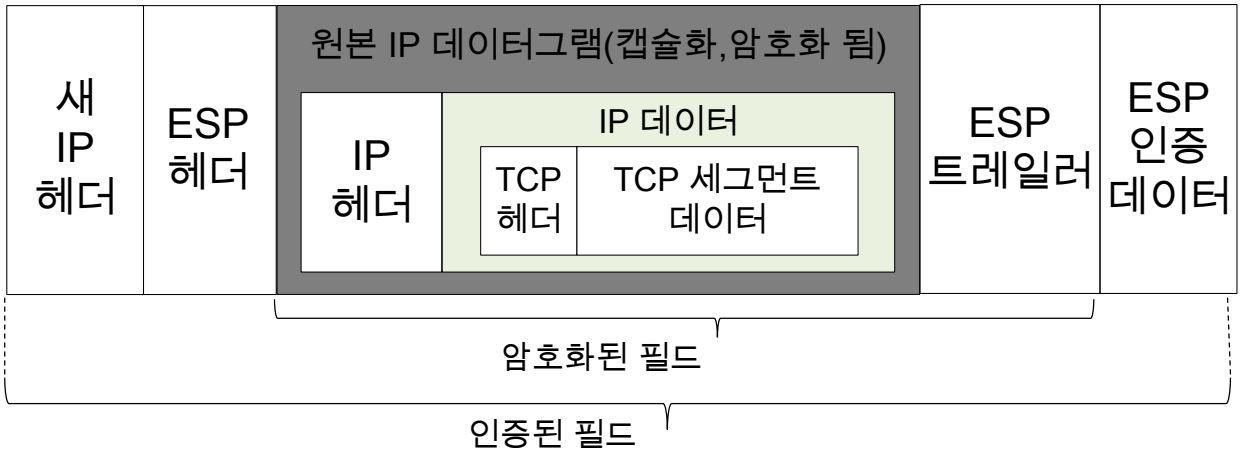



원본 데이터 포맷




- 터널 모드의 ESP 프로토콜

IPsec ESP 데이터 그램 포맷



# IP Security (IPsec) 프로토콜

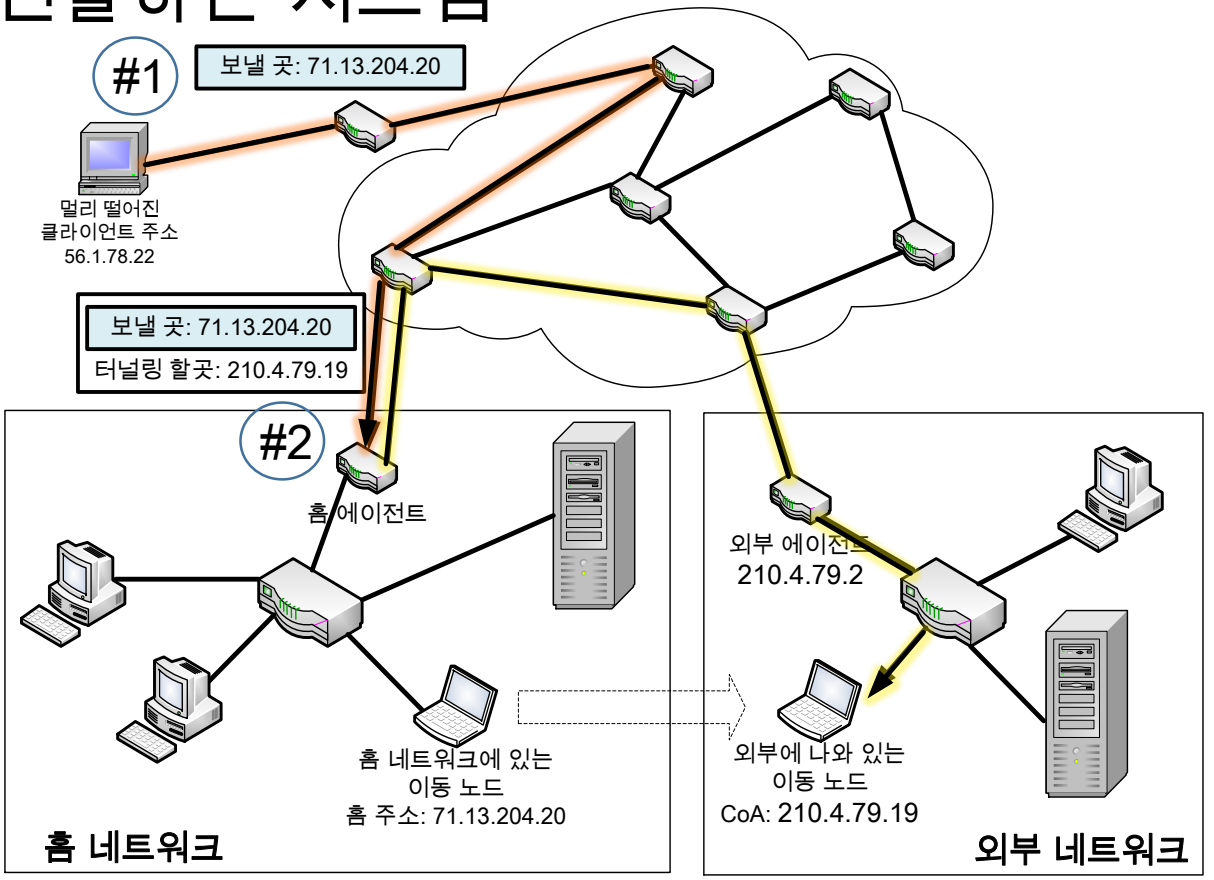
- IPsec 인터넷 키 교환(IKE, Internet Key Exchange)
  - 개요
    - IPsec 프로토콜 중 하나
    - 보안관련 설정들을 생성하고, 협상하며, 관리하는 프로토콜
    - 안전한 통신을 위해 필요로 하는 정보를 교환하기 위한 구조를 제공
  - IKE 동작
    - ISAKMP(Internet Security Association and Key Management Protocol) 구조 내에서 동작
      - 1단계: 안전한 교환을 동의하는 ISAKMP를 위한 SA를 생성
      - 2단계: 수립된 SA를 이용해 AH/ESP 프로토콜을 위한 SA 생성

# 모바일 IP

- 개요
  - 등장배경
    - IP 네트워크에서 IP 주소 기반으로 라우팅을 하기 때문에 이동 장비를 지원하지 못함
      - IP 주소 내에 네트워크 ID와 호스트의 IP 주소가 결합되어 있음
  - 지금과 같은 IP에서 이동 장비가 선택할 수 있는 방안
    1. 이동한 네트워크로 IP 주소 변경
       - 사용하고 있던 연결을 모두 끊고 다시 연결해야 함
       - 다른 장비에게 바뀐 주소를 알리기 어려움
    2. IP 라우팅 방식을 변경
       - 전체 주소로 라우팅하게 되면 라우팅 테이블 항목 수가 많아져 관리가 어려움

# 모바일 IP

- 개요
  - 해결책: 모바일 IP
    - 이동 장비의 홈 네트워크에 도착한 패킷을 이동 장비가 실제로 있는 네트워크로 전달하는 시스템
    - 모바일 IP 동작 그림



# 모바일 IP

- 개요
  - 장점
    - 기존 방식(장비, 주소지정, 라우팅) 변경 없이 중단 없는 이동성 지원
    - 계층 투명성
      - 네트워크 계층에만 국한됨
    - 하드웨어 변경 최소화
      - 이동 장비가 사용할 라우터와 소프트웨어만 변경하면 됨
    - 확장성
      - 어떤 네트워크로 가도 지원 가능
    - 보안
      - 메시지를 리다이렉트(Redirect)를 통해 불법 노드인지 아닌지 인증

# 모바일 IP

- 개요
  - 단점
    - 무선 환경에서 한계를 가짐
      - 1초에 1번 이상 네트워크를 바꾸지 않을 것이라는 가정하에 설계됨
    - 고정 IP를 갖는 장비에게만 지원
      - 원래 IP 주소와 홈 네트워크를 알아야 하기 때문에 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)을 통해 동적 IP를 가지는 장비는 사용하기 힘듦

# 모바일 IP

- 모바일 IP 주소

1. 홈 주소: 이동 장비에게 할당된 정상적인 고정 IP 주소

2. CoA: 임시 주소로 이동 장비가 홈 네트워크 외부로 움직였을 때 사용하는 주소
   - 모바일 IP에서만 사용
     - 패킷을 전달하거나 관리 기능을 실행 할 때만 사용
   - 외부 에이전트가 광고 메시지에 실어 보냄

# 모바일 IP

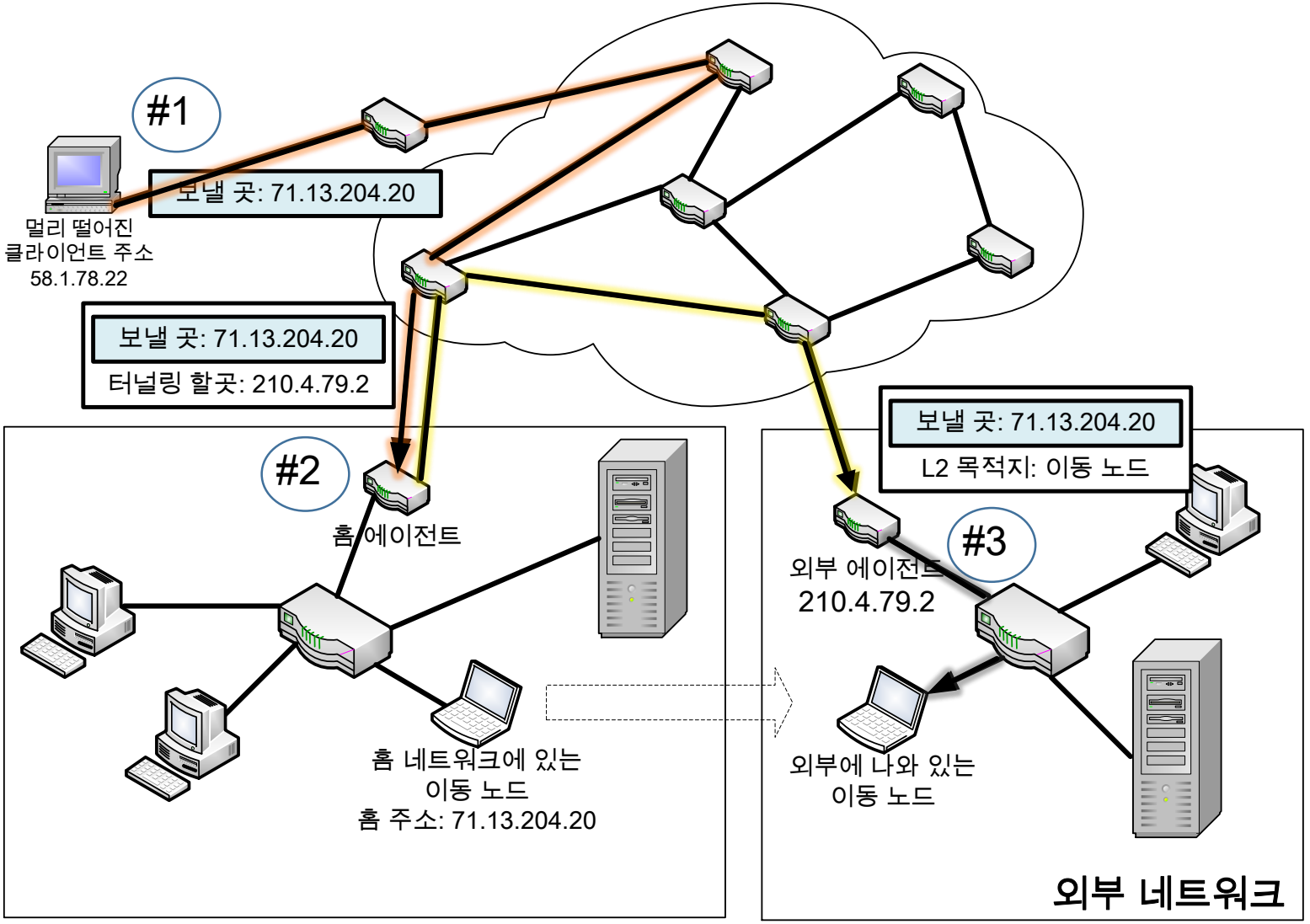
- CoA 종류
  - 외부 에이전트 CoA
    - 이동 장비는 외부 에이전트 IP 주소 사용
      - 데이터 링크 계층 기술로 외부 에이전트에게 데이터를 전달 받음
    - 모든 패킷은 외부 에이전트를 거쳐서 감
  - 공존 CoA
    - 이동 장비는 직접 할당된 주소 사용
      - 직접 주소를 할당하거나 DHCP를 사용해서 자동으로 할당
    - 패킷을 이동 장비가 직접 받음

# 모바일 IP

- 모바일 IP 기능
  - 에이전트 발견
    - 광고 또는 요청 단계 이후에 이동 노드는 자신의 위치와 에이전트의 능력을 알게 됨
  - 에이전트 등록
    - 홈 에이전트에 등록 후, 패킷을 직접 또는 간접으로 전달

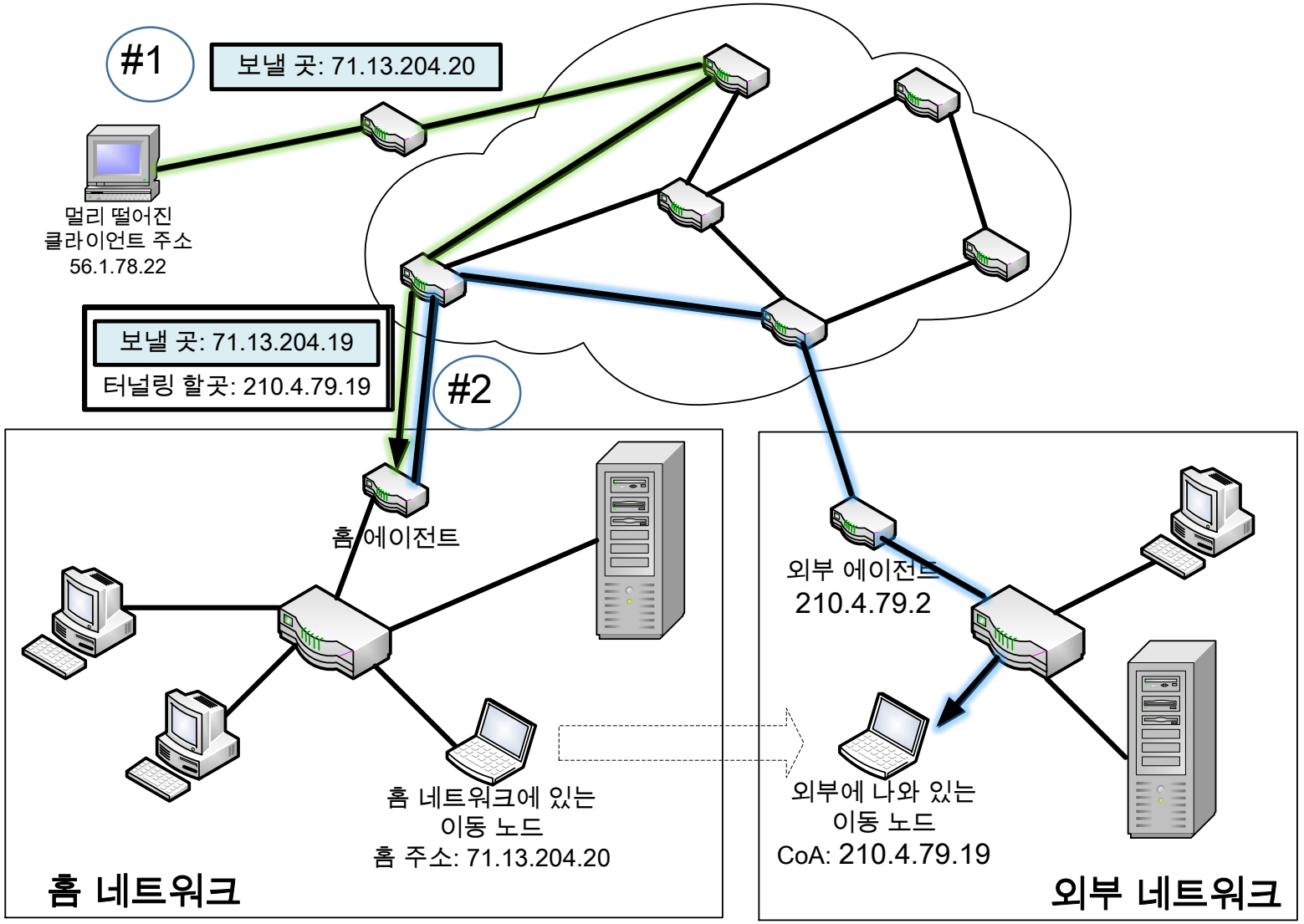
# 모바일 IP

- 외부 에이전트 CoA를 사용하는 모바일 IP 동작 그림



# 모바일 IP

- 공존 CoA를 사용하는 모바일 IP 동작 그림



# 모바일 IP

- 두 가지 CoA의 차이점
  - 외부 에이전트 CoA
    - 자동화된 주소, 주소 고갈 문제가 없음
    - 외부 에이전트가 있는 경우
  - 공존 CoA
    - 외부 에이전트가 없는 경우
    - 연결을 오랫동안 유지하는 경우

# 모바일 IP

- 에이전트 발견
  - 이동 장비가 자신의 위치를 판단하고 홈이나 외부 에이전트와의 관계를 유지하기 위한 과정
  - 에이전트 발견 과정 수행
    1. 에이전트/노드 통신
       - 에이전트 광고 메시지를 사용하여 주기적으로 자신의 존재를 알림 (브로드캐스트)
       - 에이전트 광고 메시지를 받지 못했을 때 직접 에이전트 요청 메시지를 보냄
    2. 현재 위치 판단
    3. CoA(Care-of-Address) 할당
       - 이동 장비가 사용한 CoA를 얻음
         - 목적지로 데이터그램을 전달할 때 사용

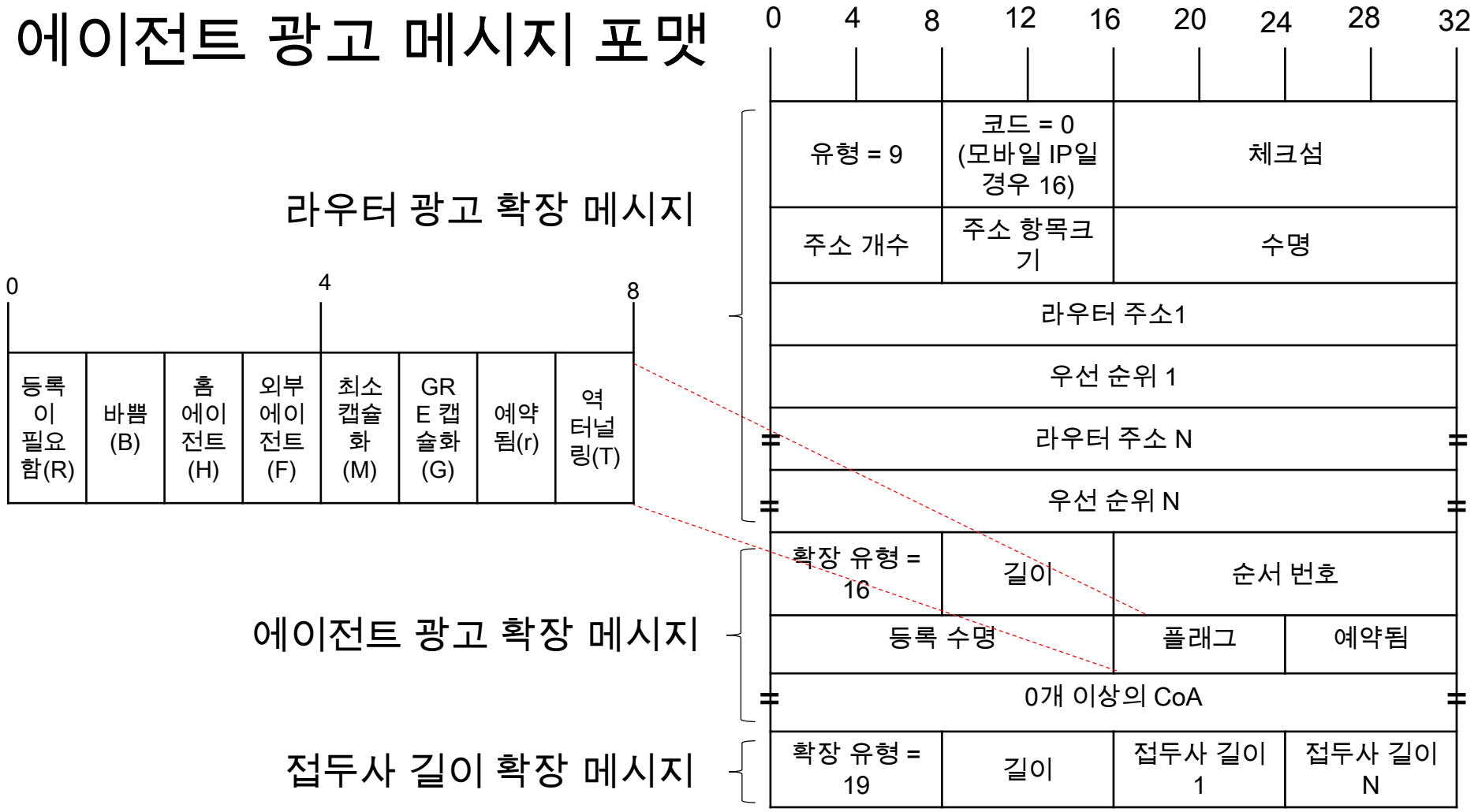
# 모바일 IP

- 에이전트 광고와 에이전트 요청 메시지
  - 에이전트 요청 메시지 포맷


  - 에이전트 광고 메시지 포맷
    - 라우터 광고 메시지 뒤에 하나 이상의 확장 추가
      - 이동 에이전트 광고(Mobility Agent Advertisement) 확장
        - 에이전트가 모바일 IP 기능을 갖추었다는 것을 알리는 기본 확장
      - 접두사 길이(Prefix-Length) 확장
        - CoA 주소의 네트워크 ID의 비트 수를 알려줌
      - 1바이트 패딩(One-Byte Padding) 확장
        - 메시지 길이 짝수로 패딩

# 모바일 IP

- 에이전트 광고와 에이전트 요청 메시지
  - 에이전트 광고 메시지 포맷



# 모바일 IP

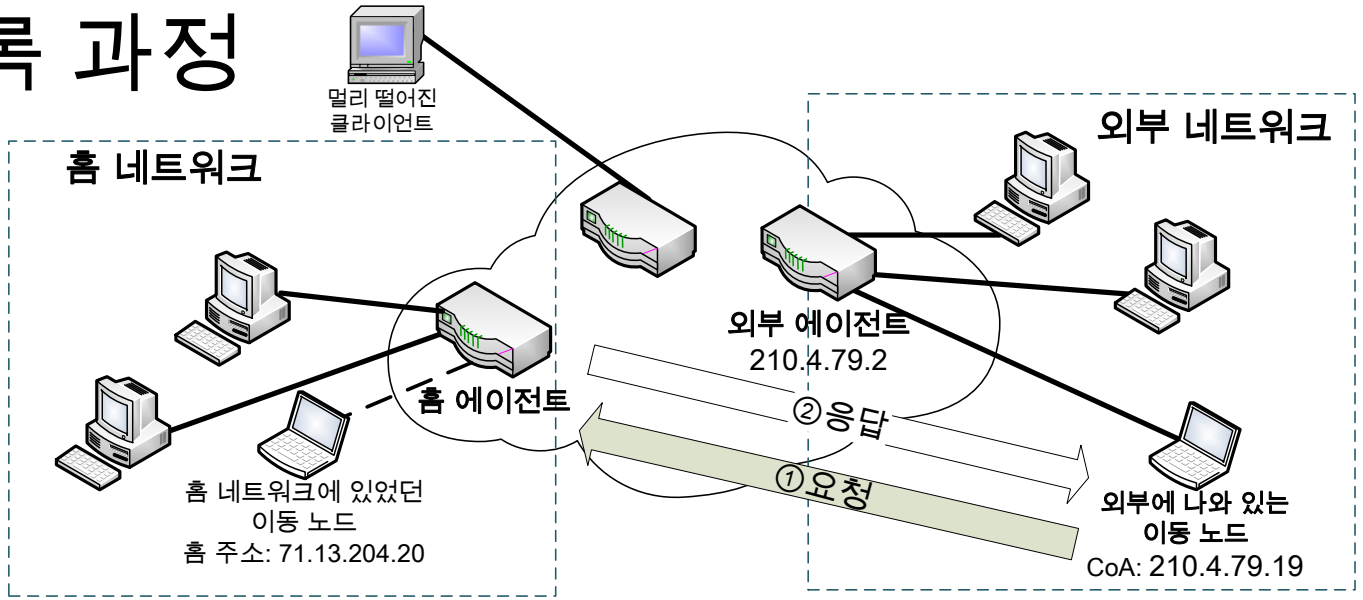
- 에이전트 등록
  - 등록 과정
    1. 홈 에이전트와 움직인 이동 장비 간의 이동성 바인딩 (Mobility binding)을 하는 과정
    2. 이동 장비가 등록 이벤트를 처리한 뒤, 요청 메시지를 보냄
       - 등록 이동
       - 등록 해제
       - 재등록
    3. 홈 에이전트는 등록 응답

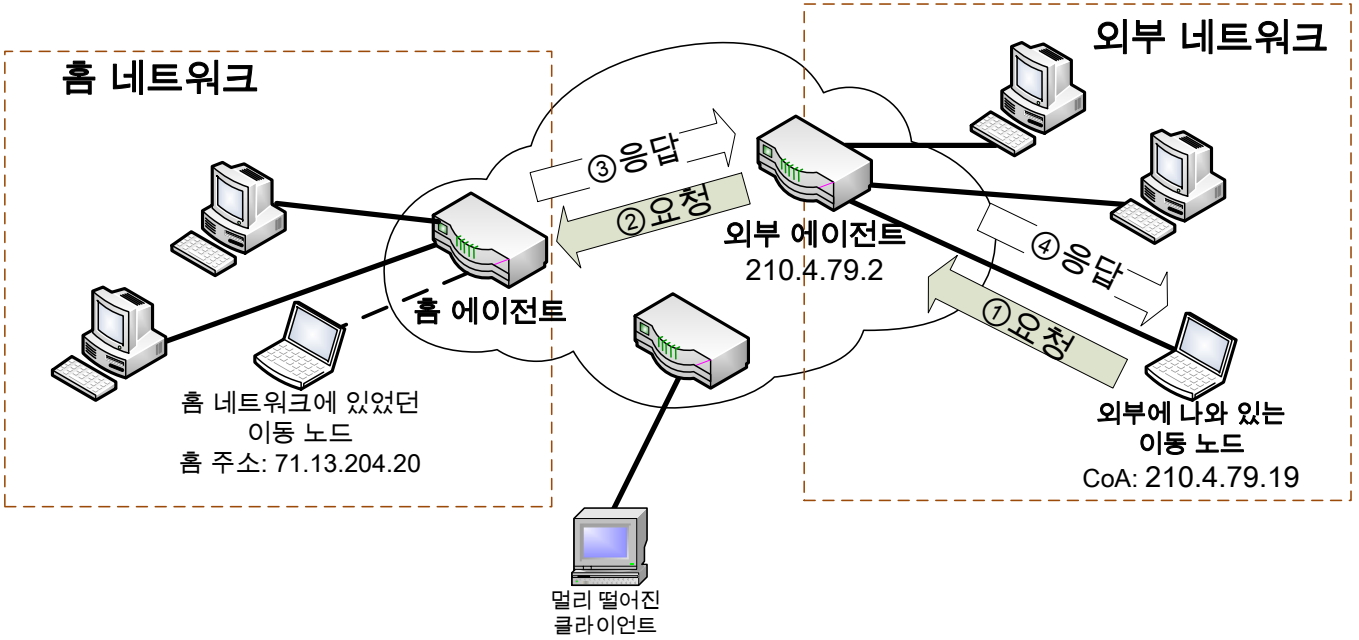
# 모바일 IP

- 에이전트 등록
  - 등록 요청/응답 메시지는 전송 계층에서 일어남
    - 포트 번호 434를 사용하여 UDP에 의해 전달
  - R 비트가 설정되어있다면, 어떤 CoA이든 외부 에이전트를 통해 등록해야 함
  - CoA 종류에 따라 두 가지 등록과정과 패킷 전달 방법이 존재
    - 간접 등록, 간접 전달: 외부 에이전트 CoA
    - 직접 등록,직접 전달: 공존 CoA

# 모바일 IP

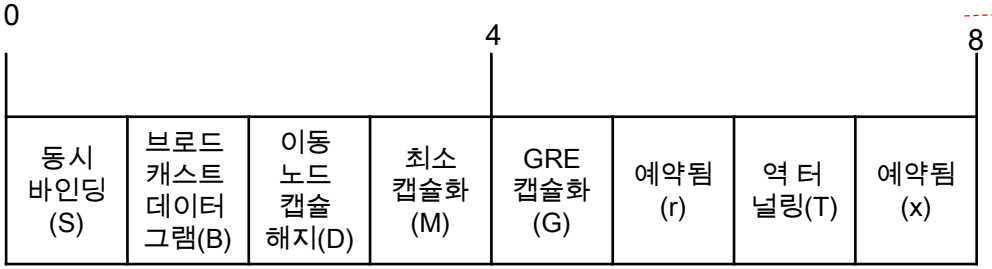
- 홈 에이전트 등록 과정
  - 직접 등록 그림
  - 간접 등록 그림

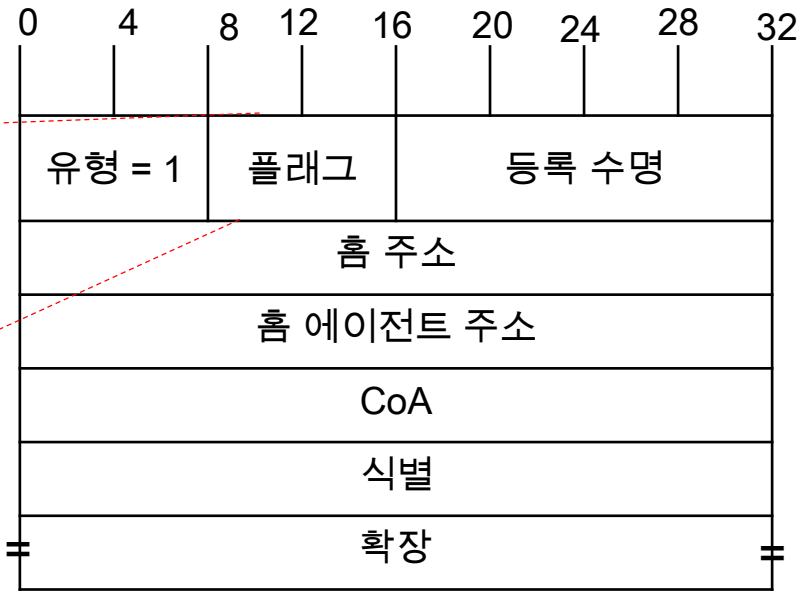


# 모바일 IP

- 등록 요청 메시지 포맷




- 등록 응답 메시지 포맷

# 모바일 IP

- 데이터 캡슐화와 터널링
  - 모바일 IP 터널링
    - 외부 에이전트 CoA
      - 외부 에이전트에서 터널이 끝남
      - 외부 에이전트와 이동 장비는 같은 네트워크 안에 있기 때문에 데이터 링크 계층을 통해 전송
    - 공존 CoA
      - 이동 장비에서 터널이 끝남
      - 이동 장비가 캡슐화 헤더를 벗겨 냄

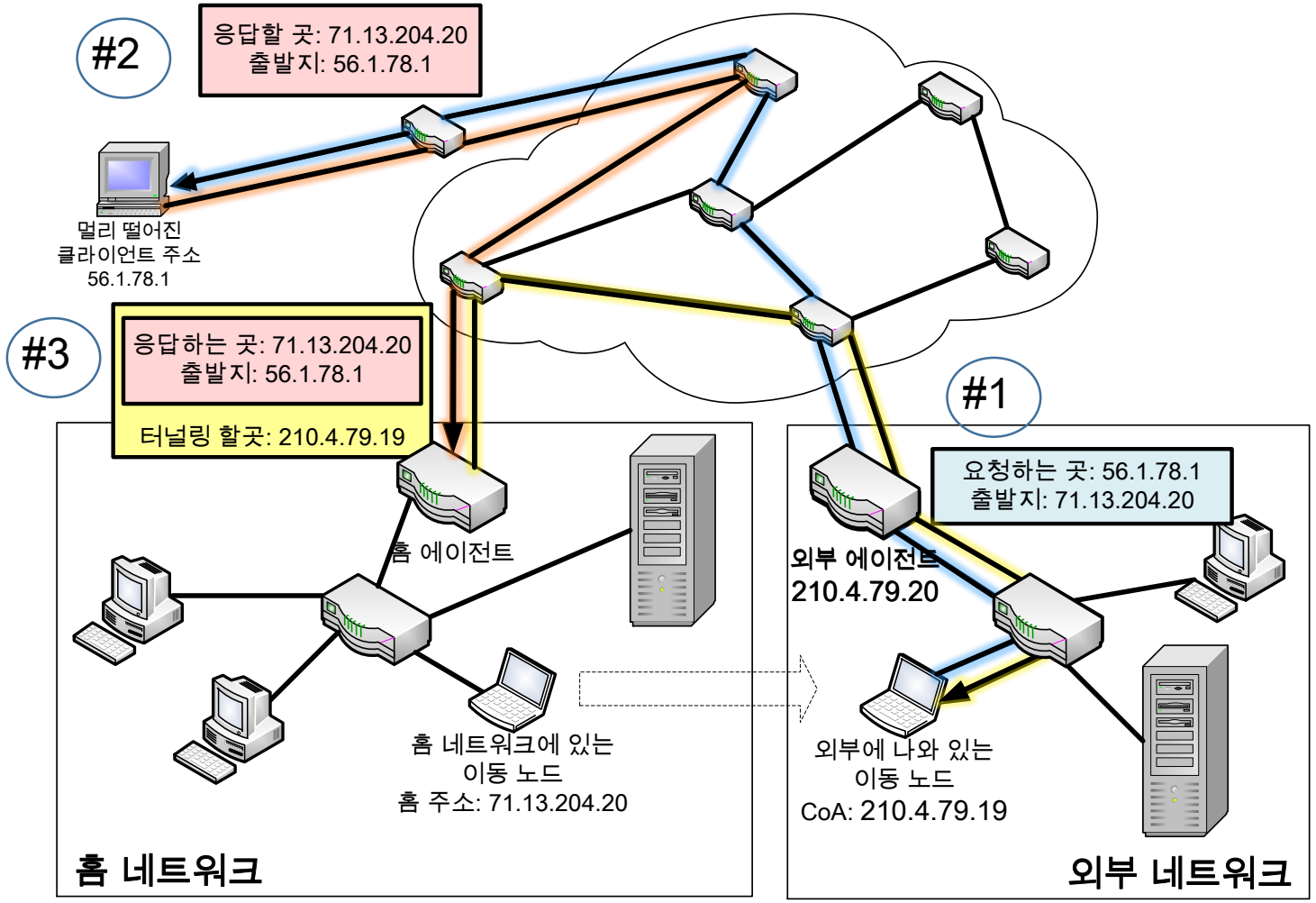
# 모바일 IP

- 데이터 캡슐화와 터널링
  - 등록이 끝나면 패킷 전달이 시작됨
    - 홈 에이전트는 캡슐화한 뒤, 데이터를 이동 장비에게 재전송
      - IP 내 IP 캡슐화(IP Encapsulation within IP)
      - IP 최소 캡슐화(Minimal Encapsulation within IP)
      - 일반 라우팅 캡슐화(GRE, Generic Routing Encapsulation)
    - 캡슐화 장비와 디 캡슐화 장비 사이에 논리적 터널 생성

  - 삼각 형태의 통신
    1. 이동 장비는 외부 네트워크내 노드에게 요청
    2. 요청 받는 노드는 전송 받은 이동 장비의 원래 주소로 응답
    3. 홈 에이전트는 도착한 응답을 가로채 이동 장비에게 터널링

# 모바일 IP

- 데이터 캡슐화와 터널링
  - 삼각 형태의 통신 그림

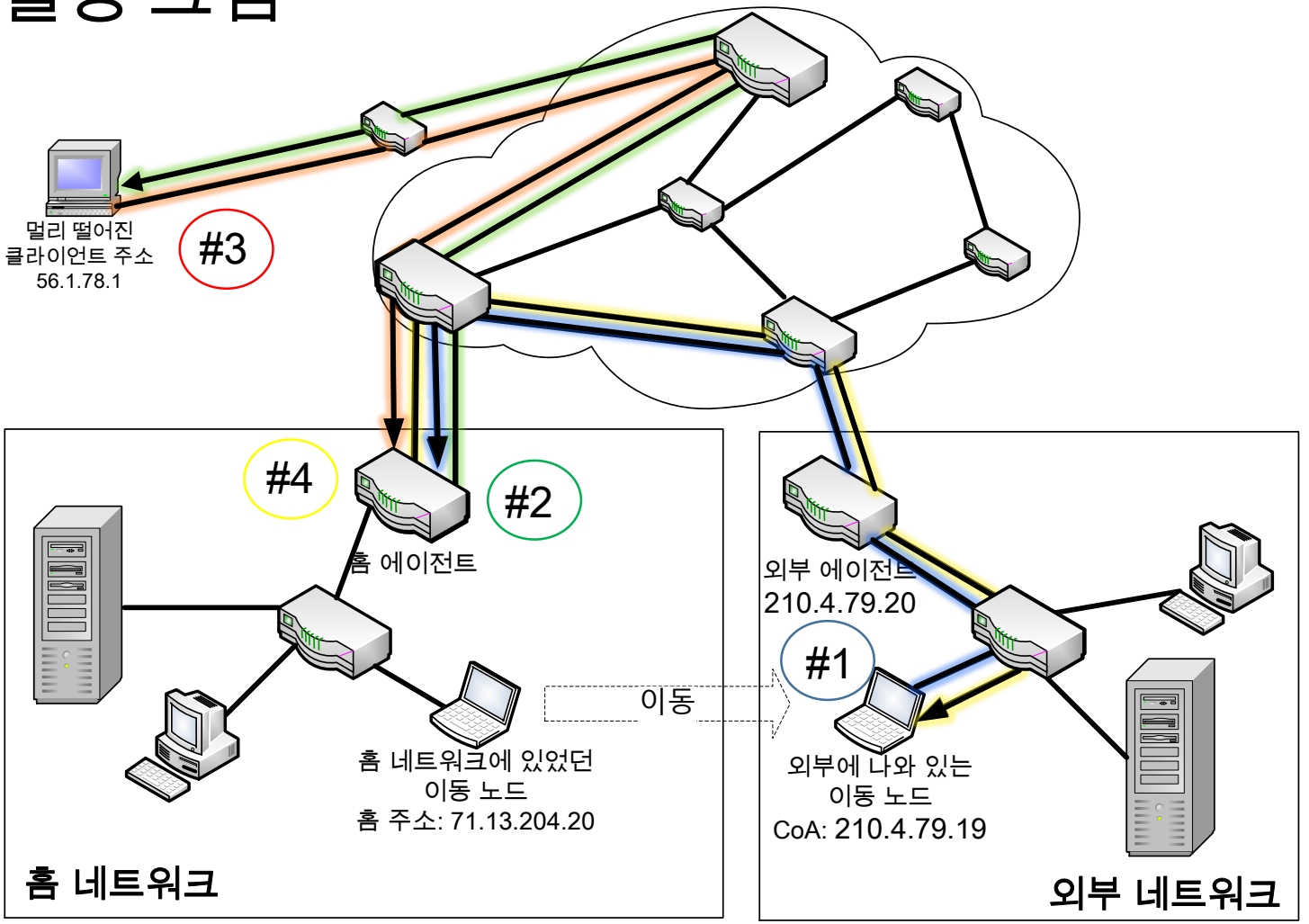


# 모바일 IP

- 데이터 캡슐화와 터널링
  - 역터널링
    - 특정한 보안이 있는 네트워크로 이동해 자신의 원래 IP주소로 전송하지 못하는 경우 사용
    - 총 4번의  과정이 필요하기 때문에 비효율적
    - 이동 장비, 홈 에이전트와 외부 에이전트에 역터널링이 구현되어 있어야 함
    - 모든 전송은 홈 에이전트를 통해 전송, 이동 장비는 데이터를 직접 전송하지 않음

# 모바일 IP

- 데이터 캡슐화와 터널링
  - 역 터널링 그림

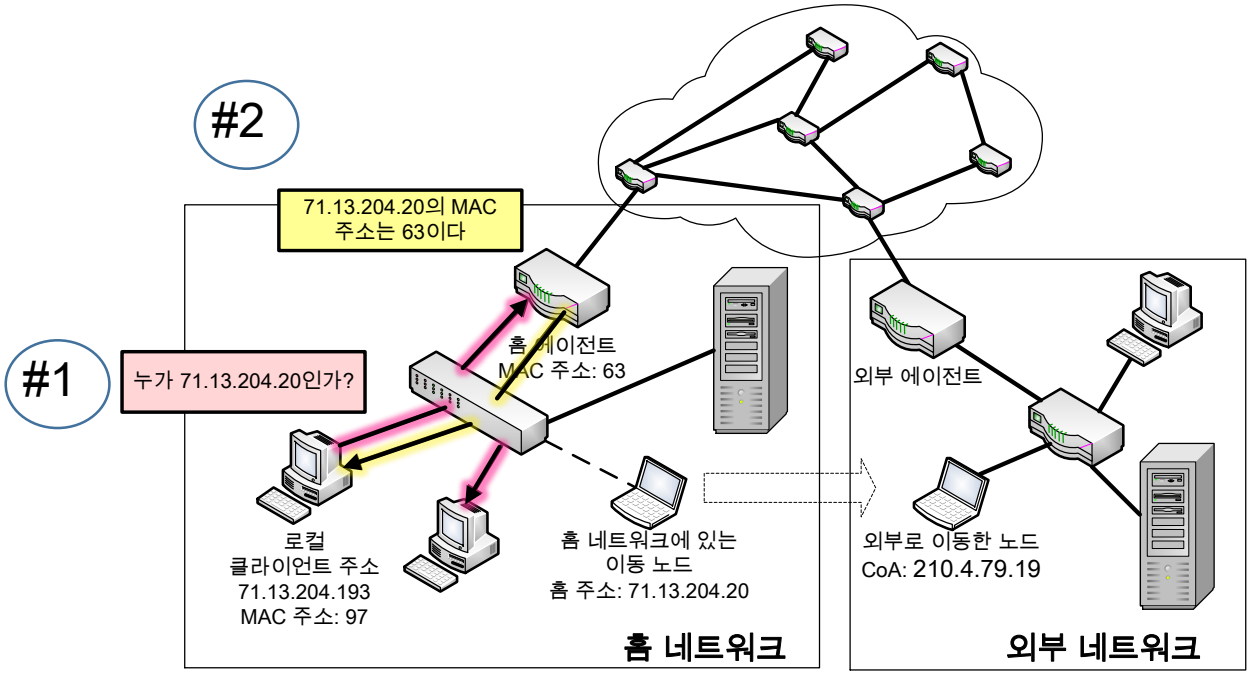


# 모바일 IP

- 모바일 IP와 TCP/IP 주소 결정 프로토콜
  - IP 동작을 수정 했기 때문에 문제가 발생할 수 있음
    - ARP(주소 결정 프로토콜)을 이용해 로컬 네트워크 안에 다른 호스트가 이동한 노드에게 데이터 링크 계층 주소로 데이터를 보내고자 할 경우
    - ARP 문제를 해결하기 위해 두 가지 추가적인 작업이 필요
      - ARP 프록싱 (ARP 캐시가 없는 경우)
      - 무상 ARP (ARP 캐시가 있는 경우)

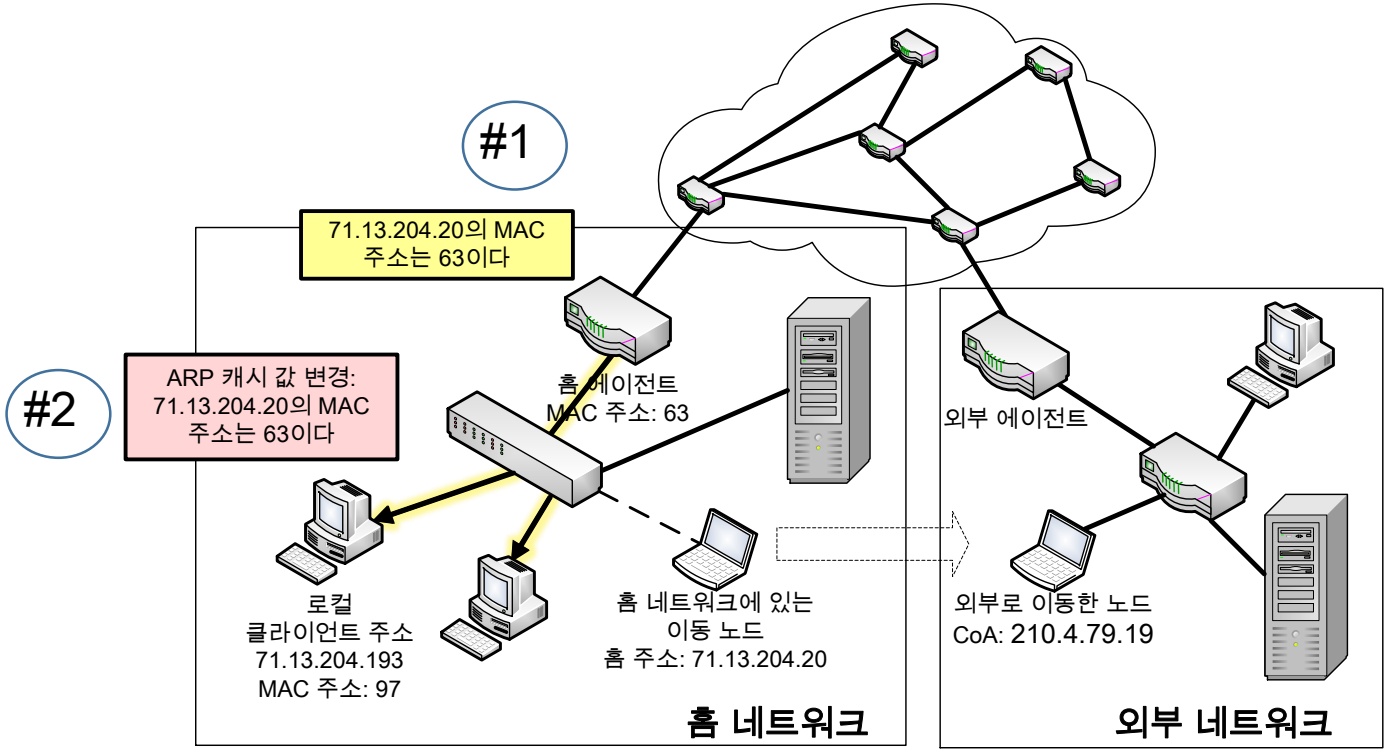
# 모바일 IP

- 모바일 IP와 TCP/IP 주소 결정 프로토콜
  - ARP 프록싱 (ARP 캐시가 없는 경우)
    1. 홈 에이전트가 로컬 호스트 ARP에 자신의 데이터 링크 계층 주소를 알림
    2. 호스트는 이동장비의 MAC주소인줄 알고 메시지를 전송
    3. 홈 에이전트가 메시지를 받아 이동장비에게 전달



# 모바일 IP

- 모바일 IP와 TCP/IP 주소 결정 프로토콜
  - 무상 ARP (ARP 캐시를 가진 경우)
    1. 홈 에이전트가 이동장비의 IP주소에 대응하는 데이터링크 주소가 홈 에이전트와 같다고 알림
    2. 각각의 로컬호스트들은 캐시를 수정



# 모바일 IP

- 모바일 IP 효율
  - 전송자가 이동 장비의 홈 네트워크에서 얼마나 떨어져 있는가에 따라 비효율 정도가 결정됨
    - 이동한 장비와 메시지를 보내는 장비가 같은 로컬 네트워크인 경우 효율성이 떨어짐
  - 외부 네트워크에 오래 머무르거나 효율이 중요한 애플리케이션의 경우 모바일 IP보다 다른 방법을 이용

# 모바일 IP

- 모바일 IP 보안 문제
  - 주로 무선 통신으로 이용되기 때문에 보안에 취약
    - 전송 자체가 공개 되어 있음
  - 등록 요청과 등록 응답 과정에서 쉽게 공격 가능
    - 모든 모바일 IP 장비에 인증을 지원해야 함
  - 재전송 공격을 막기 위한 식별 필드가 존재하나 메시지에 대한 인증을 하기 위해서는 IPsec과 함께 사용

감사합니다!