

# 7장. 무선 이동 네트워크 (Wireless and Mobile Networks)

---

순천향대학교 컴퓨터공학과  
이 상 정

컴퓨터 네트워크

배경

---

- 휴대폰 가입자 수가 유선전화 가입자 수를 넘어섬 (5:1)
- 무선 인터넷 사용이 증가하여 유선 인터넷 사용자 수에 접근
  - 스마트폰, 노트북(laptops)
- 두 개의 서로 다른 중요한 이슈
  - 무선 (wireless)
    - 무선 링크 상에서의 통신
  - 이동성 (mobility)
    - 네트워크 연결 지점을 변경하는 이동 사용자의 관리

## 7장. 무선 이동 네트워크

### 7.1 개요

#### 무선

#### 7.2 무선 링크와 무선 네트워크의 특징

- CDMA

#### 7.3 Wi-Fi: 802.11 무선 랜

#### 7.4 셀룰러 인터넷 접근

- 셀룰러 구조
- 셀룰러 표준(3G, LTE)

#### 이동성

#### 7.5 이동성 관리: 원칙

- 주소체계
- 라우팅

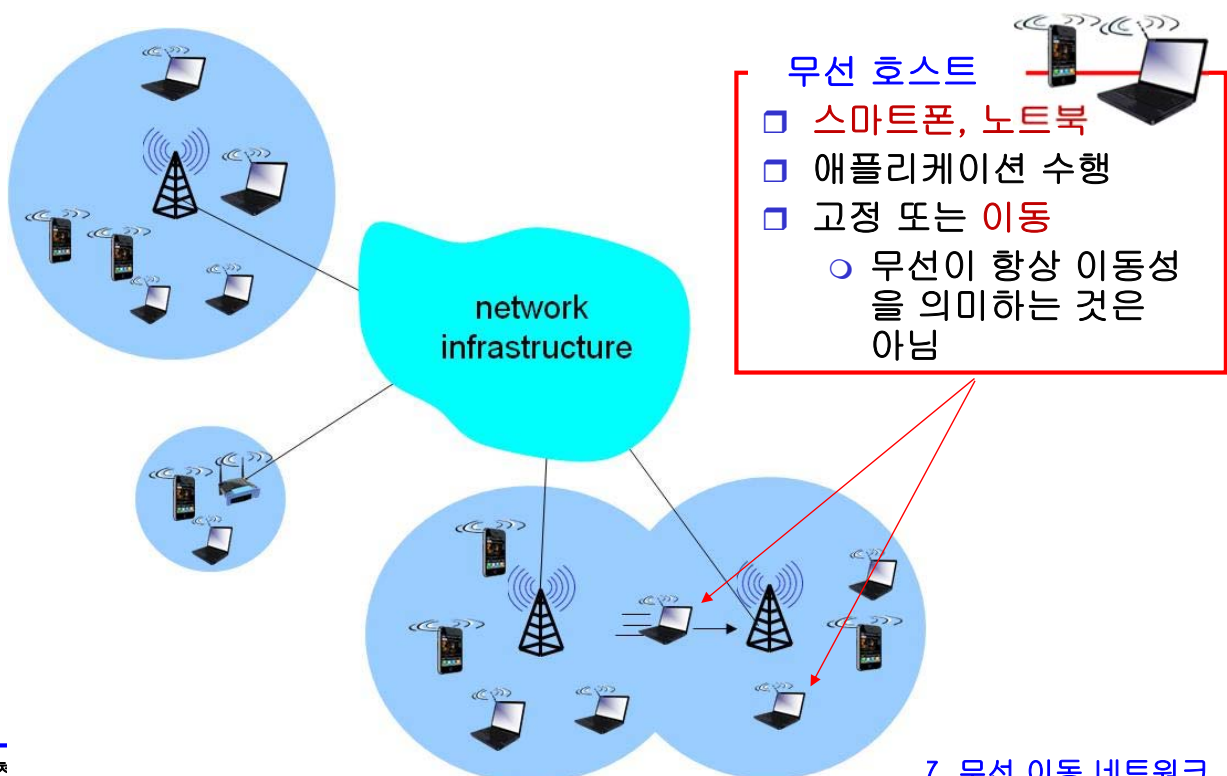
#### 7.6 이동 IP

#### 7.7 셀룰러 네트워크에서의 이동성 관리

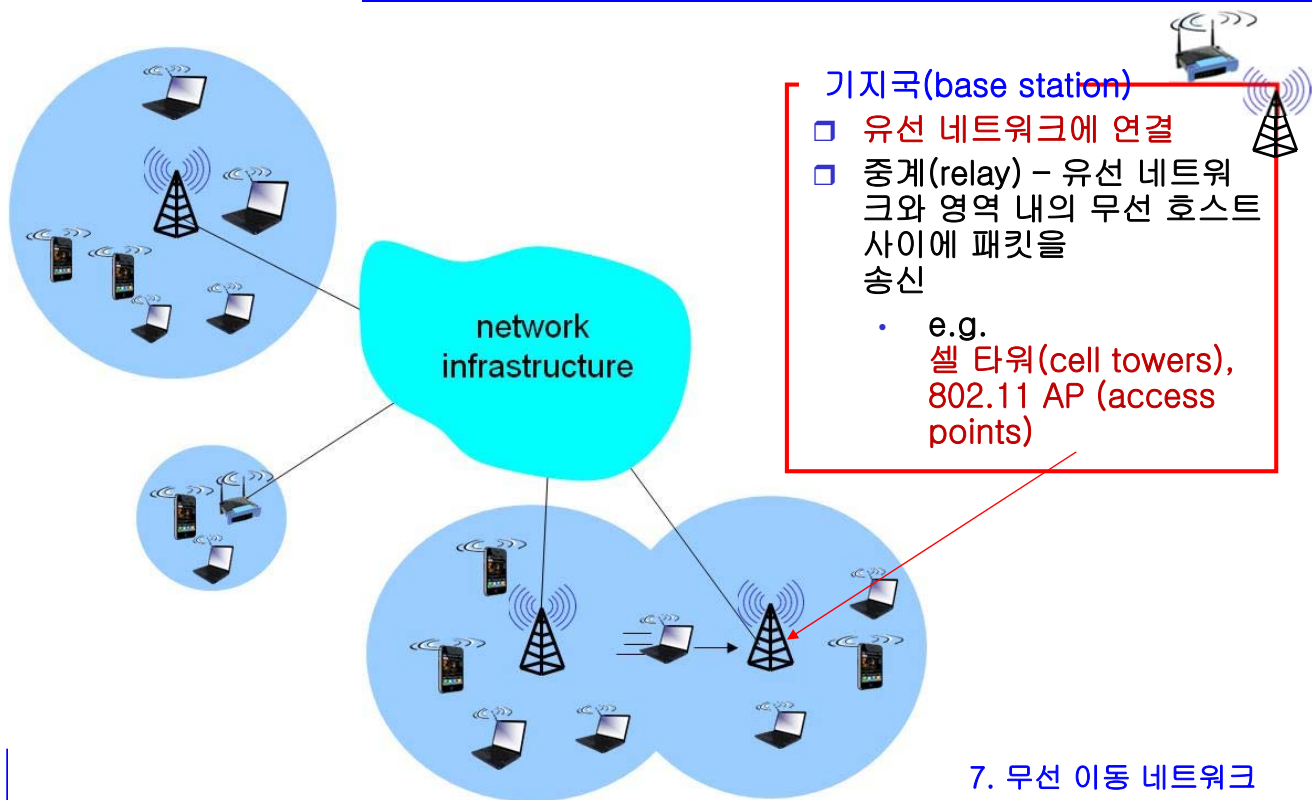
#### 7.8 무선과 이동성: 상위 계층 프로토콜에의 영향

#### 7.9 요약

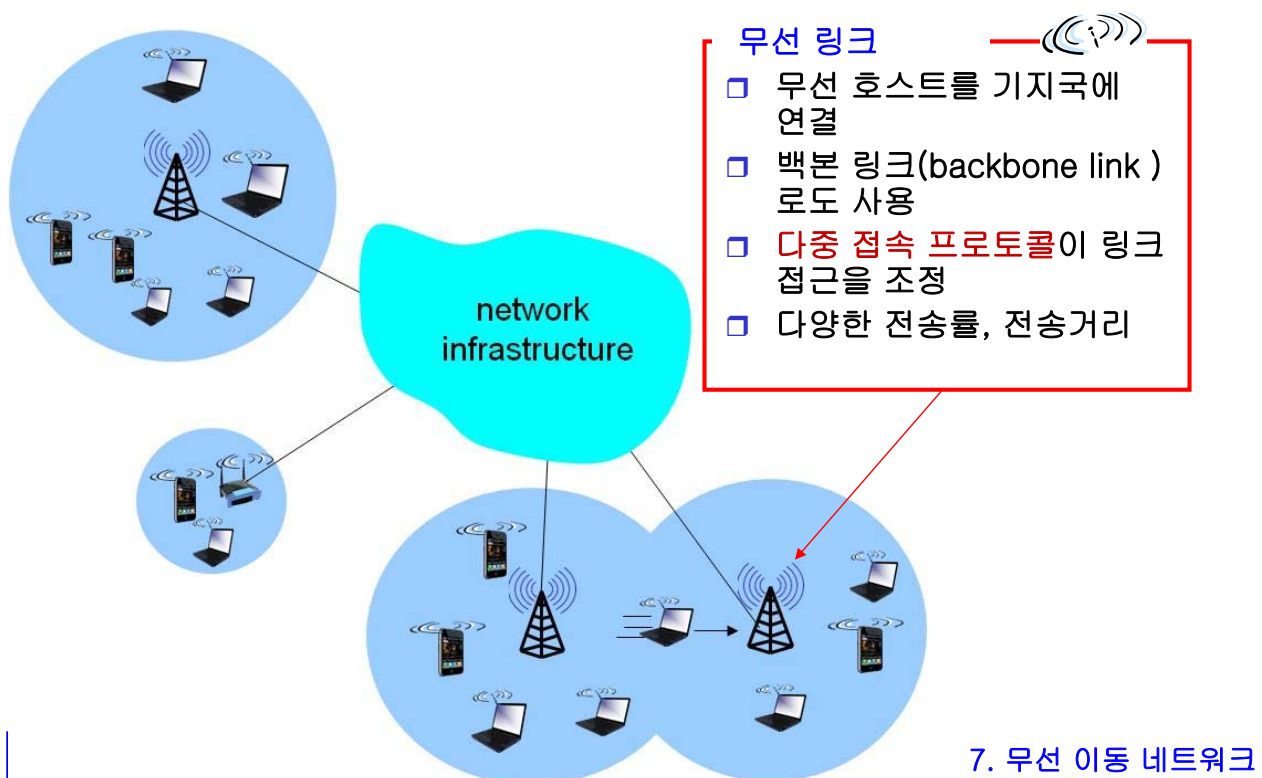
## 무선 네트워크 구성 요소 - 무선 호스트



## 무선 네트워크 구성 요소 - 기지국

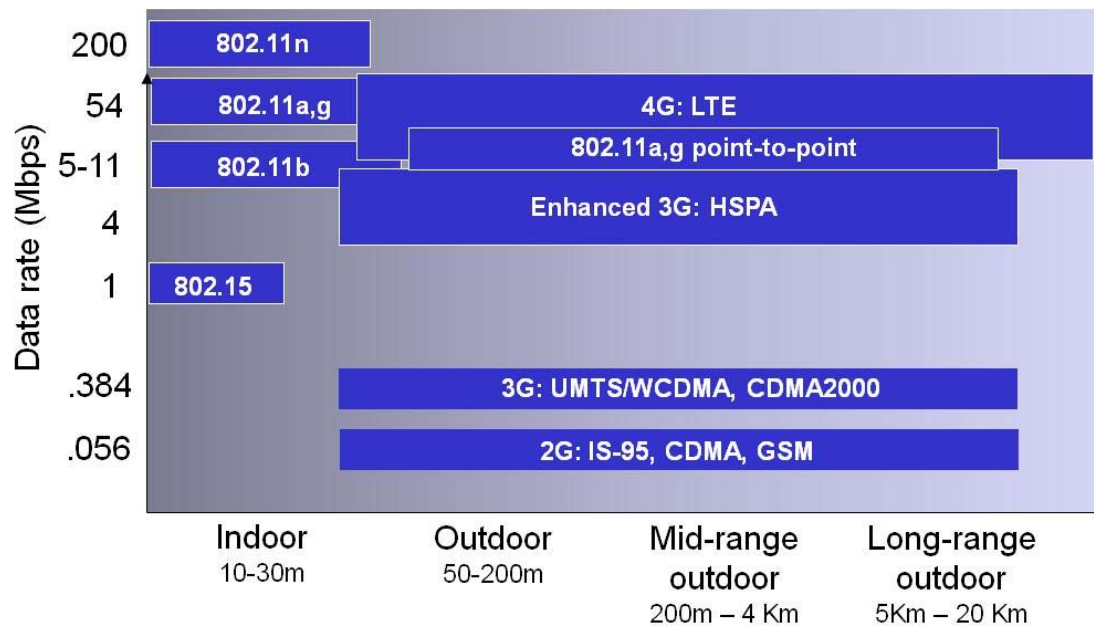


## 무선 네트워크 구성 요소 - 무선 링크

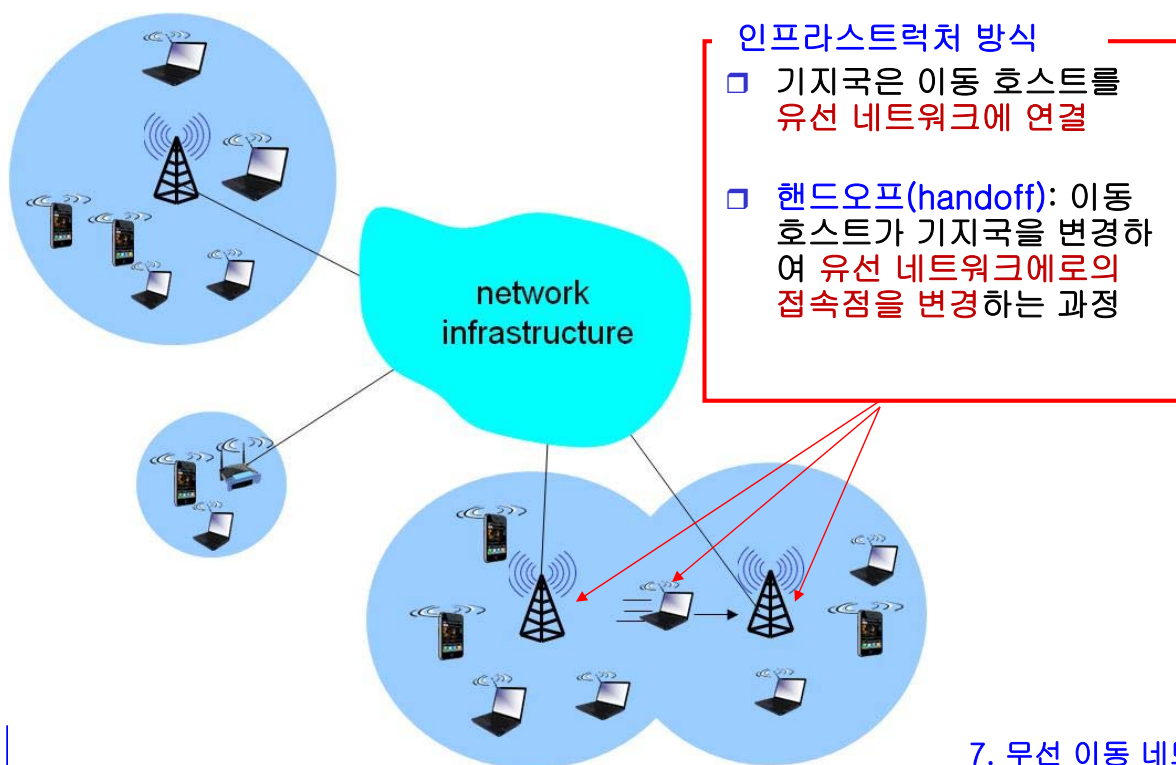




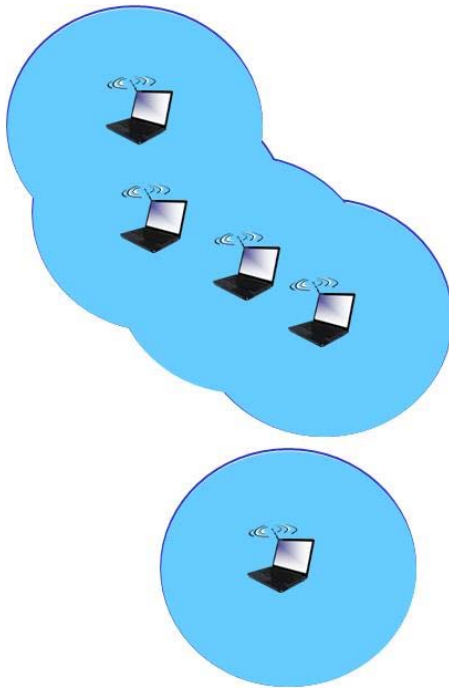
## 무선 네트워크 표준들의 일부 링크 특징



## 무선 네트워크 구성 요소 - 인프라스트럭처(기반구조) 방식



## 무선 네트워크 구성 요소 - 애드 혹 (ad hoc) 방식



### 애드 혹 방식

- 기지국 없음
- 노드는 링크 도달 영역 내의 다른 노드들과만 전송
- 노드들 스스로 네트워크를 구성
  - 노드들 간에 라우팅

## 무선 네트워크 분류

- 단일 홉, 기반구조 존재 (single-hop, infrastructure-based)
  - 호스트는 기지국을 통해 보다 큰 유선 네트워크와 연결
  - 802.11 WiFi, 셀룰러, 802.16 WiMAX
- 단일 홉, 기반구조 없음 (single-hop, infrastructure-less)
  - 유선 네트워크와 연결된 기지국 없음
  - 블루투스(bluetooth) 네트워크, 애드 혹 형태의 802.11
- 다중 홉, 기반구조 존재 (multi-hop, infrastructure-based)
  - 호스트는 몇 개의 무선 노드의 중계를 거쳐서 기지국에 도달하여 더 큰 유선 네트워크와 연결
  - 무선 센서 네트워크(wireless sensor network), 무선 메시 네트워크(wireless mesh network)
- 다중 홉, 기반구조 없음 (multi-hop, infrastructure-less)
  - 기지국 없이 여러 개의 무선 노드들의 중계를 거쳐 서로 통신
  - MANET(mobile ad hoc network), VANET(vehicular ad hoc network)

## 7장. 무선 이동 네트워크

### 7.1 개요

#### 무선

### 7.2 무선 링크와 무선 네트워크의 특징

- CDMA

### 7.3 Wi-Fi: 802.11 무선 랜

### 7.4 셀룰러 인터넷 접근

- 셀룰러 구조
- 셀룰러 표준(3G, LTE)

#### 이동성

### 7.5 이동성 관리: 원칙

- 주소체계
- 라우팅

### 7.6 이동 IP

### 7.7 셀룰러 네트워크에서의 이동성 관리

### 7.8 무선과 이동성: 상위 계층 프로토콜에의 영향

### 7.9 요약

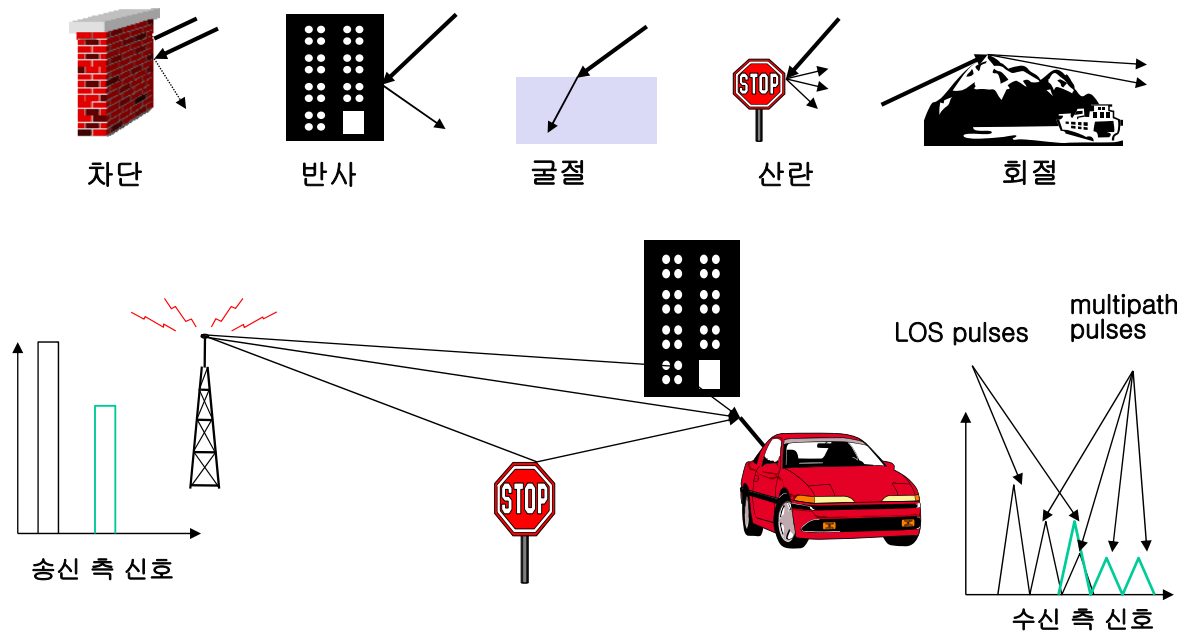
## 무선 링크의 특징 - 유선 링크와 차이

□ 무선 링크는 유선 링크와 크게 다르고 유선 보다 통신이 어려움

□ 무선 링크의 차이

- 신호 세기의 감소 (decreased signal strength)
  - 물체를 통과하면서 무선 신호가 약화되고, 송신자와 수신자 사이의 거리가 증가함에 따라 신호 세기가 감소, **경로 손실(path loss)**
- 다른 출발지들로부터의 간섭 (interference from other sources)
  - 동일 주파수 대역의 서로 다른 송신자들 간의 **무선 전파들이 서로 간섭**
  - 예: 2.4 GHz의 무선 전화와 802.11b 무선 랜의 간섭  
주변 전자기 잡음(모터, 전자レンジ 등)과의 간섭
- 다중경로 전파 (multipath propagation)
  - 무선 신호가 물체와의 반사, 굴절, 산란 등으로 **서로 다른 경로**를 거쳐서 전파
  - 다중경로 전파는 수신 측에서 신호를 제대로 수신하지 못하게 함

## 다중경로 전파 (multipath propagation)



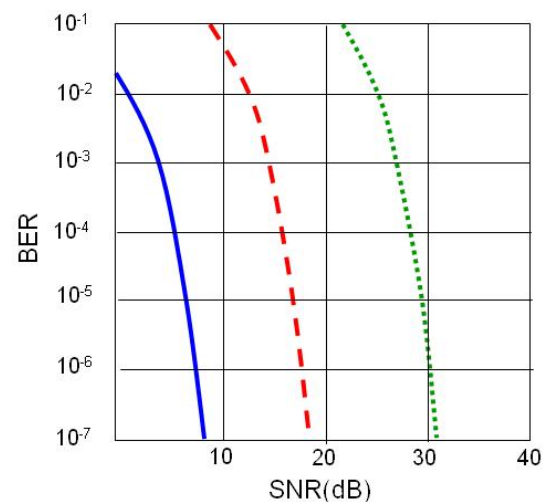
## 무선 링크의 특징 - SNR

### □ SNR (signal-to-noise ratio)

- 측정된 수신 신호의 세기와 잡음의 상대적인 비율
- SNR이 클수록 잡음으로부터 신호의 추출이 용이

### □ 3가지 변조(modulation) 기법의 SNR 변화에 따른 BER 에

- BER(bit error rate)은 송신된 비트가 수신 측에서 오류로 검출될 확률
- 무선 전송에서는 디지털 전송을 못하기 때문에 디지털 데이터(0과 1은)는 아날로그 신호로 변환하는 디지털 변조(digital modulation)를 해야 함



..... QAM256 (8 Mbps)

--- QAM16 (4 Mbps)

— BPSK (1 Mbps)



## 디지털 변조

### □ 기본 디지털 변조 방식

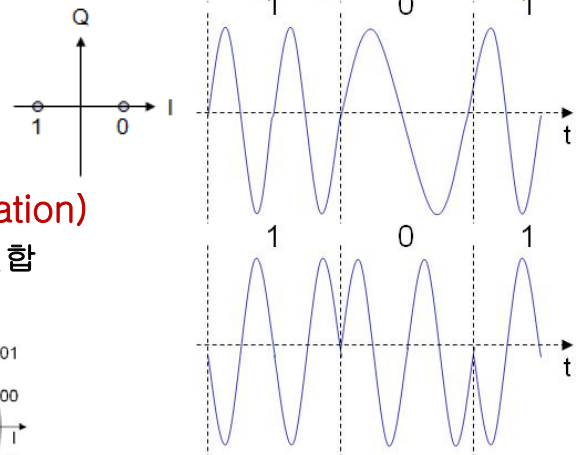
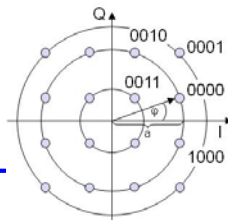
- ASK(Amplitude Shift Keying)
- FSK(Frequency Shift Keying)
- PSK(Phase Shift Keying)

### □ BPSK (Binary Phase Shift Keying)

- 180도 위상이동
- 단순 PSK

### □ QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

- amplitude and phase modulation 결합
- 한 심볼에 n 비트 코딩



## 무선 링크의 특징 - 물리 계층 특징

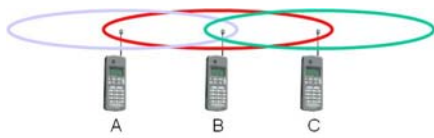
### □ 동일한 변조 기법 내에서는 SNR 값이 높을 수록 BER은 낮아짐

- 송신자가 출력 세기를 높임 -> SNR 증가 -> BER 감소
- 출력 세기 높임 -> 더 많은 에너지 소모 -> 더 많은 배터리 소모

### □ 동일한 SNR 내에서는 높은 전송률의 변조 기법이 높은 BER 값을 가짐

### □ 이동 중에 물리 계층 변조 기법의 동적인 선택 가능

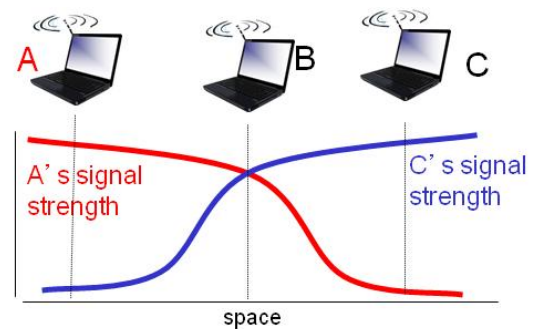
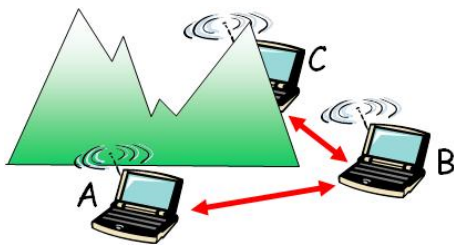




## 무선 네트워크의 특징

### □ 숨은 터미널 문제 (hidden terminal problem)

- A는 B로 전송을 시작, C는 A를 수신을 못함
- C는 B로의 전송을 원함, 매체가 유험(idle)임을 감지하고 송신 (CS(carrier sensing) 실패)
- B에서 A,C 수신 충돌, A는 충돌 검출 못하고 계속 전송 (CD(collision detection) 실패)
- A는 C에 대해 숨겨짐, C도 A에 대해 숨겨짐



## CDMA (1)

### □ CDMA (Code Division Multiple Access)

- 코드 분할 다중 접속
- 무선 랜 및 셀룰러 등에서 사용되는 공유 매체 접속 프로토콜

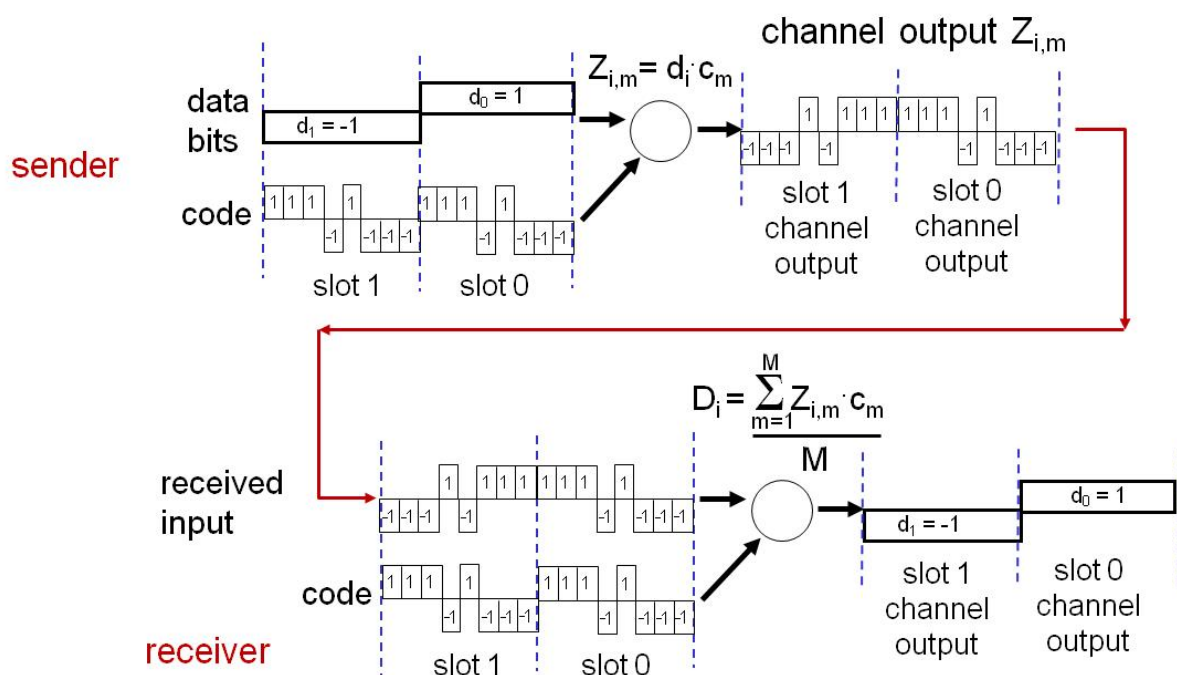
### □ CDMA 동작 원리

- 각 사용자에게 유일한 코드를 할당
- 모든 사용자들이 동일 주파수를 공유
- 각 사용자는 데이터를 인코드하기 위한 자신의 칩핑 시퀀스(chipping sequence, 코드)를 가짐
- 인코드된 신호 = (원래 데이터) x (칩핑 시퀀스)
- 수신자는 인코드된 신호와 칩핑 시퀀스를 내적(inner-product)하여 디코딩
- 코드들이 직교성(orthogonal)을 가지면 여러 사용자가 최소의 간섭으로 동시에 송수신

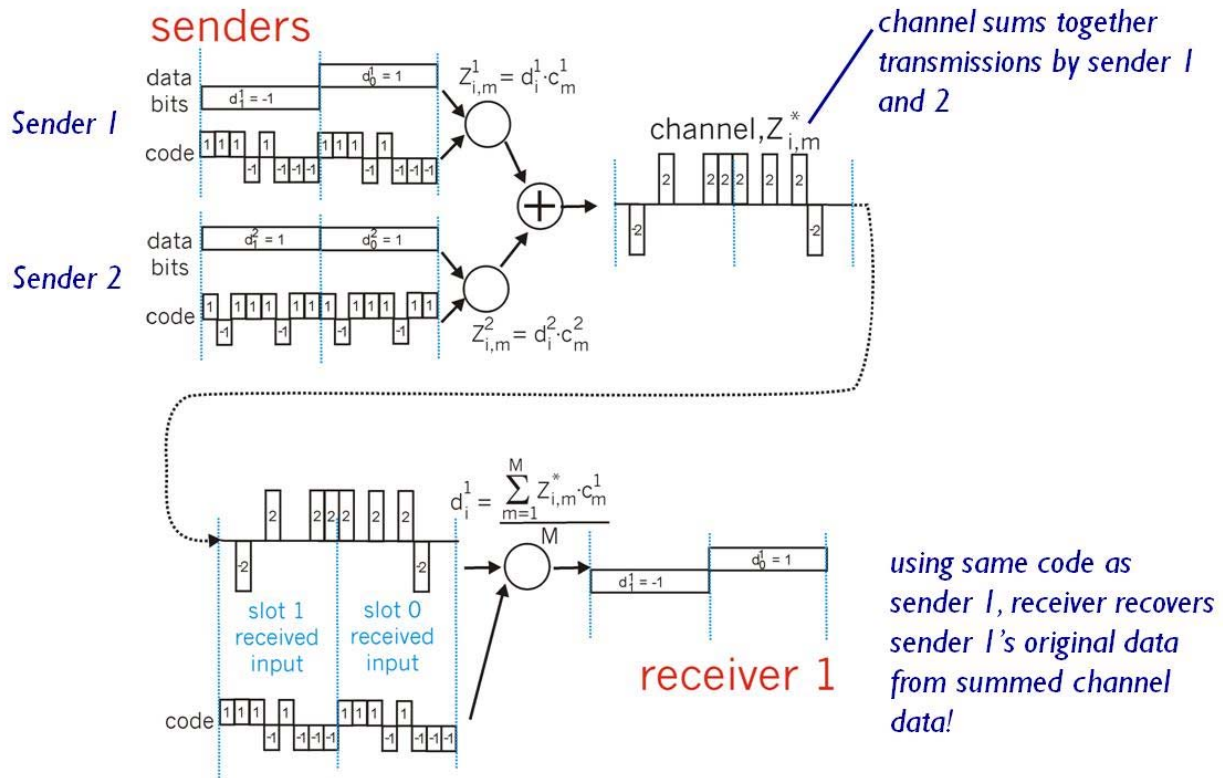
## CDMA (2)

- 코드공간에서 직교성
  - 3차원 공간에서 두 벡터의 내적(inner product)이 0이면 직교적
  - $(2,5,0) \cdot (0,0,17) = 2 \cdot 0 + 5 \cdot 0 + 0 \cdot 17 = 0$
  - $(3,-2,4) \cdot (-2,3,3) = 3 \cdot -2 + -2 \cdot 3 + 4 \cdot 3 = 0$
- 칩핑 시퀀스 직교성 예
  - 칩핑 시퀀스 A:  $(1,1,1,-1,1,-1,-1,-1)$
  - 칩핑 시퀀스 B:  $(1,-1,1,1,1,-1,1,1)$
  - $A \cdot B = (1,1,1,-1,1,-1,-1,-1) \cdot (1,-1,1,1,1,-1,1,1)$   
 $= 1 \cdot 1 + 1 \cdot -1 + 1 \cdot 1 + -1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + -1 \cdot -1 + -1 \cdot 1 + -1 \cdot 1$   
 $= 1 - 1 + 1 - 1 + 1 + 1 - 1 - 1 = 0$

## CDMA 인코드/디코드 (Encode/Decode)



## 두 송신자 CDMA 예



## 7장. 무선 이동 네트워크

### 7.1 개요

#### 무선

### 7.2 무선 링크와 무선 네트워크의 특징

- CDMA

### 7.3 Wi-Fi: 802.11 무선 랜

### 7.4 셀룰러 인터넷 접근

- 셀룰러 구조
- 셀룰러 표준(3G, LTE)

#### 이동성

### 7.5 이동성 관리: 원칙

- 주소체계
- 라우팅

### 7.6 이동 IP

### 7.7 셀룰러 네트워크에서의 이동성 관리

### 7.8 무선과 이동성: 상위 계층 프로토콜에의 영향

### 7.9 요약

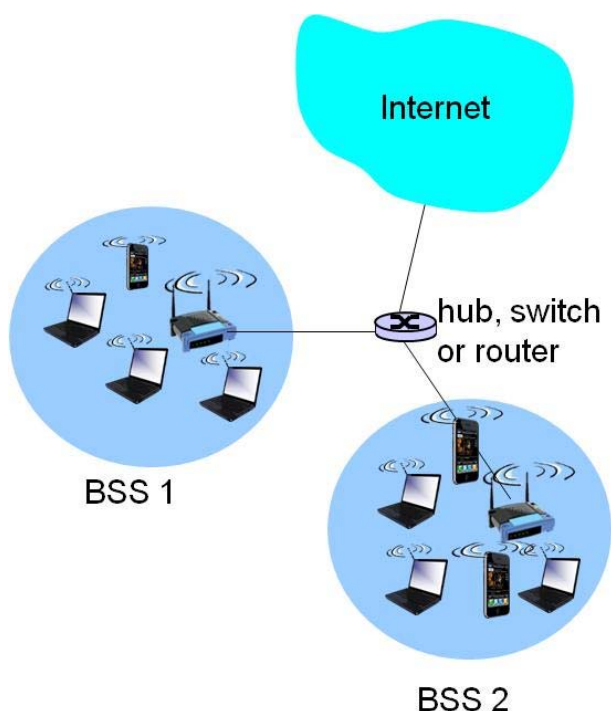
## IEEE 802.11 무선 랜

### IEEE 802.11 무선 랜

- Wi-Fi 라고도 함
- 802.11b, 802.11a, 802.11g, 802.11n 표준
- CSMA/CA 매체 접속 프로토콜
- 인프라스트럭처 방식과 애드 혹 방식

표준	주파수 범위	데이터 율	
802.11b	2.4 GHz	최대 11 Mbps	
802.11a	5 GHz	최대 54 Mbps	
802.11g	2.4 GHz	최대 54 Mbps	
802.11n	2.5 GHz, 5 GHz	최대 450 Mbps	MIMO(multiple-input multiple-output) 안테나
802.11 ac	5 GHz	최대 1300 Mbps	MIMO 안테나

## 802.11 랜 구조 (802.11 LAN Architecture)



### 무선 호스트가 기지국과 통신

- 기지국(base station)  
= AP (access point)

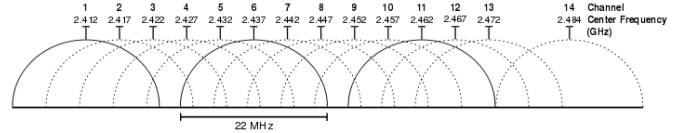
### BSS (Basic Service Set)

- 셀 (cell)이라고도 함
- 인프라스트럭처 모드
  - 하나 이상의 무선 호스트
  - 하나의 기지국
- 애드 혹 모드
  - 무선 호스트로만 구성

## 802.11 - 채널과 결합

### 802.11b/g 채널

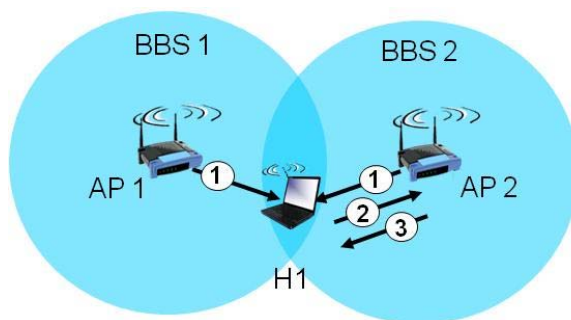
- 2.4GHz~2.485GHz의 주파수 범위에서 11개의 서로 다른 주파수의 채널로 분할 (85 MHz 대역폭)
- AP 관리자가 채널 선택
- 간섭(interference) 가능성
  - 인접한 AP와 같은 채널 사용



### 호스트는 단 하나의 AP와 결합(associate)되어야 함

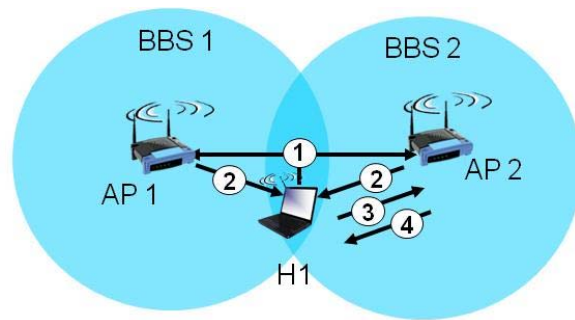
- 채널을 스캐닝(scanning)하고, AP의 이름(SSID)과 MAC 주소가 포함된 비콘 프레임(beacon frame)을 청취
- 결합할 AP를 선택
- 인증(authentication)을 수행할 수도 있음 [8장]
- DHCP 수행하여 AP 서브넷의 IP 주소를 획득

## 802.11 - 수동적/능동적 스캐닝 (passive/active scanning)



### 수동적 스캐닝

- AP들로 부터 비콘 프레임이 전송
- H1에서 선택된 AP로 결합 요청 메시지 전송
- 선택된 AP에서 H1으로 결합 수락 메시지를 전송



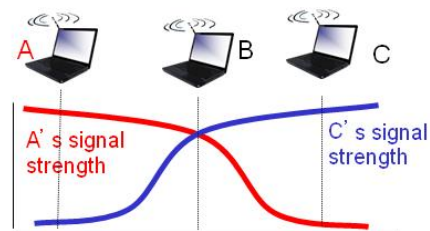
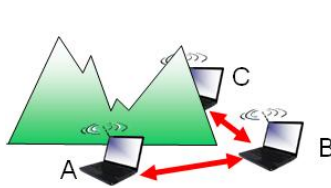
### 능동적 스캐닝

- H1에서 탐사 요청 프레임 (probe request frame)이 브로드캐스트
- AP로 부터 탐사 응답 프레임 (probe response frame)이 도착
- H1에서 선택된 AP로 결합 요청 메시지 전송
- 선택된 AP에서 H1으로 결합 수락 메시지를 전송

## 802.11 - MAC 프로토콜

### □ CSMA/CA (carrier sense multiple access/collision avoidance)

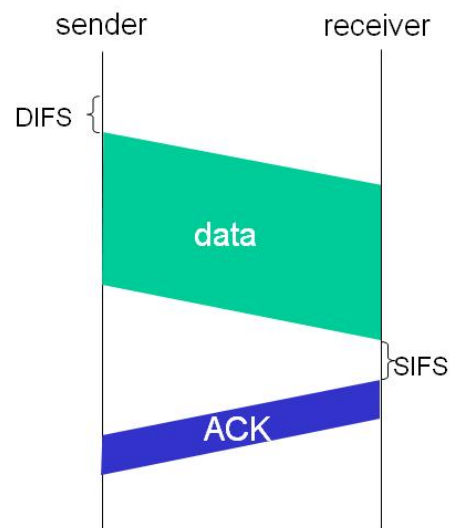
- 이더넷과 같이 랜덤 접속 프로토콜 사용
- CSMA: 전송 전에 채널을 감지(sense)
- CA: 충돌 회피
  - 충돌 감지(collision detection)하지 않음
  - 약한 수신 신호로 인해 전송 시 충돌 감지 어려움
  - 숨은 터미널 문제, 신호 감소(fading) 등으로 모든 충돌 감지 어려움
  - 따라서 충돌 감지하지 않고 회피 (avoid collisions)



## 802.11 - CSMA

### 802.11 송신 측

1. 채널이 사용되지 않음을 감지하면
  - DIFS(Distributed Inter-Frame Space)라는 짧은 시간 동안 기다린 후 전체 프레임 전송
2. 채널이 사용 중이면
  - 임의의 백오프 시간을 선택하고, 채널이 사용되지 않는 동안만 감소하고 만료되면 프레임 전체를 전송
3. ACK를 수신하지 못하면 백오프 인터벌을 증가시킨 후 단계 2를 반복



### 802.11 수신 측

#### □ 프레임을 수신하면

- SIFS (Short Inter-Frame Space)라는 짧은 시간 동안 기다린 후 ACK 프레임을 전송

## 충돌 회피 (Collision Avoidance)

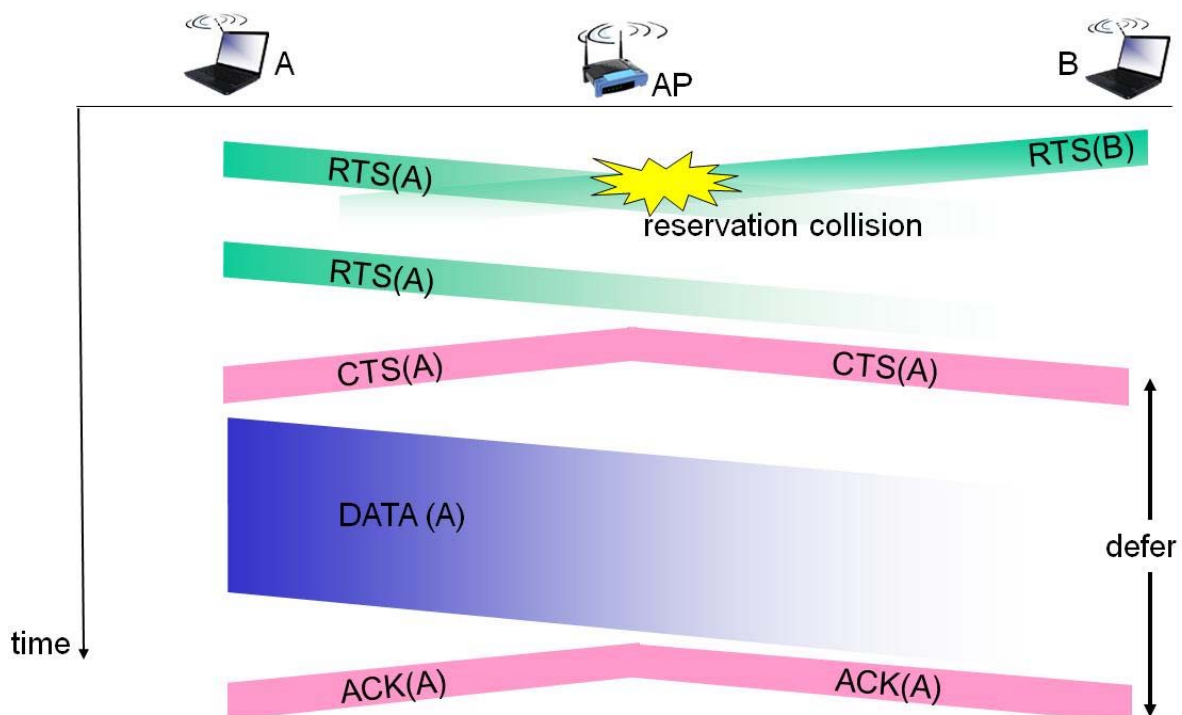
### □ 아이디어

- 숨은 터미널이 존재해도 충돌을 회피할 수 있도록 채널을 예약
- 짧은 예약 패킷을 도입하여 긴 데이터 프레임의 충돌을 예방

### □ 동작

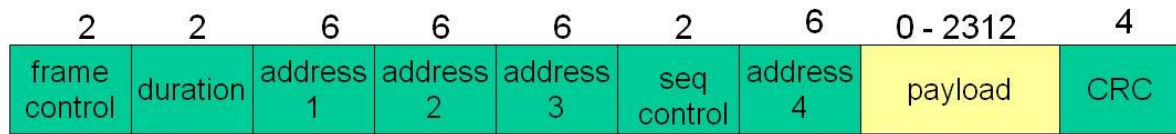
1. 송신자는 CSMA를 사용하여 작은 RTS(Request to Send) 패킷을 AP에 전송
  - RTS 역시 충돌 가능성이 있지만 짧음
2. AP는 RTS에 응답하여 CTS(Clear to Send) 패킷을 브로드캐스트
3. 모든 노드들이 CTS를 수신
  - 송신 측은 데이터 프레임을 전송
  - 다른 노드들은 전송을 지연

## RTS와 CTS를 사용하는 충돌 회피





## 802.11 프레임 - 주소 (1)



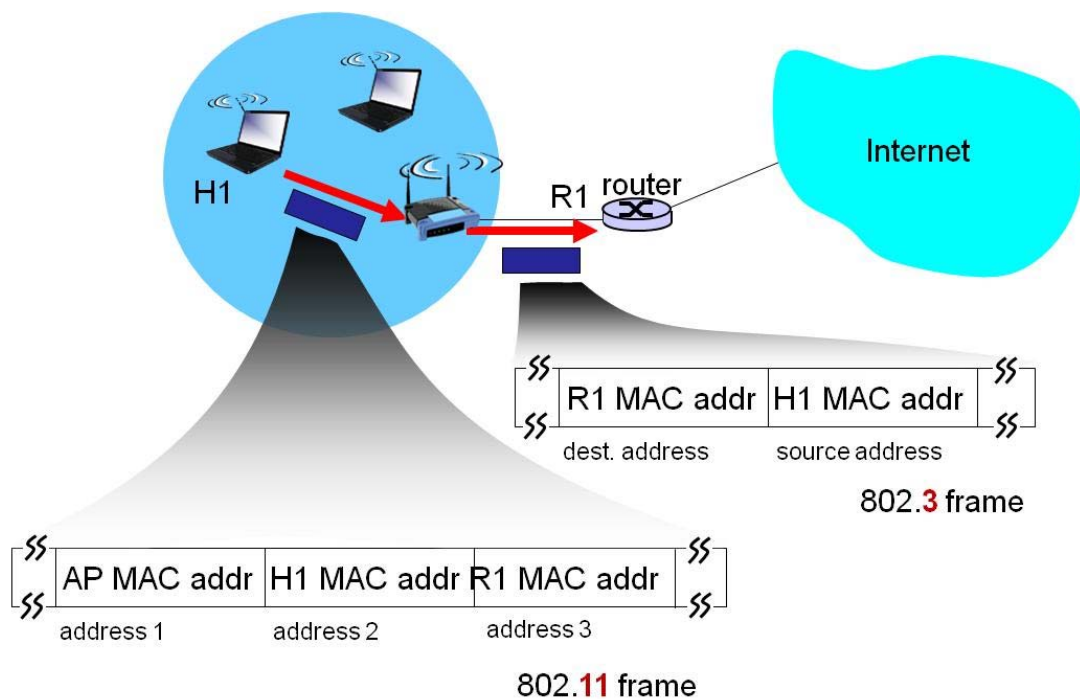
**Address 1:** 프레임을 수신하는 무선 호스트나 AP의 MAC 주소

**Address 3:** AP가 연결된 라우터 인터페이스의 MAC주소

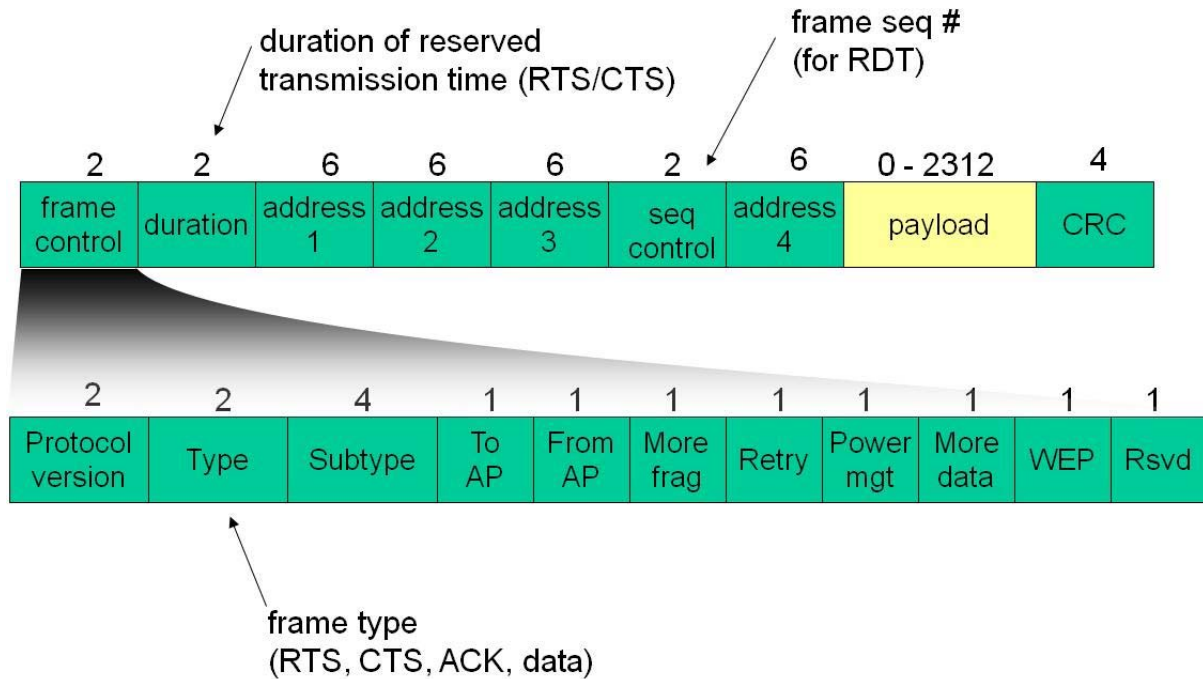
**Address 4:** 애드 혹 네트워크에서만 사용

**Address 2:** 프레임을 전송(송신)하는 무선 호스트나 AP의 MAC 주소

## 802.11 프레임 - 주소 (2)



## 802.11 프레임 - 주요 필드

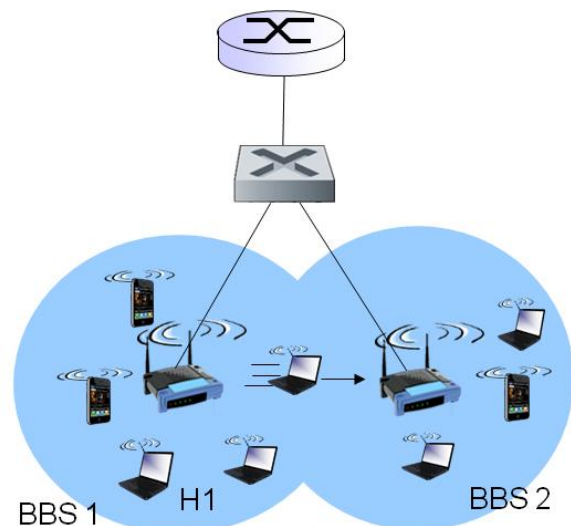


## 802.11 - 동일한 서브넷에서의 이동성 (Mobility)

- H1이 이동하더라도 같은 IP 서브넷에 남아 있으면 IP 주소는 동일

### □ 스위치

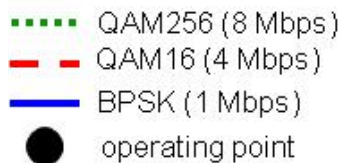
- H1을 어느 AP와 결합 할 것인가?
- 자가 학습(self learning) (6장)
  - 스위치는 H1으로부터의 프레임を観찰하여 H1에 도달할 수 있는 스위치 포트를 기억



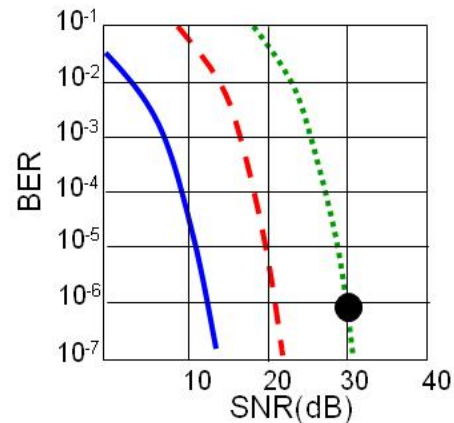
## 802.11 – 진전된 특징 (1) (Advanced Capabilities)

### □ 전송율 적응 (rate adaptation)

- 모바일 사용자가 이동함에 따라 SNR이 변함
- 기지국, 모바일 사용자는 동적으로 전송률을 변경
  - 물리계층 변조 기법 변경



1. 노드가 기지국에서 멀어지면 SNR이 작아지고, BER은 커짐
2. BER이 너무 커지면 더 낮은 BER을 갖도록 낮은 전송률로 스위치



## 802.11 – 진전된 특징 (2)

### □ 전력 제어 (power management)

- 노드는 명시적으로 휴면 상태(sleep state)와 동작 상태(wake state)를 번갈아 가며 변경

### □ 노드에서 AP로 전송

- 노드는 AP에게 자신이 다음 비콘 신호 때까지 수면 모드로 진입할 것임을 알림
  - 802.11 프레임의 전력 제어 비트를 1로 세팅
  - AP는 일반적으로 100ms마다 비콘 신호를 전송
- 노드는 다음 비콘 신호 직전에 깨어남 (250us 소요)

### □ 비콘 신호

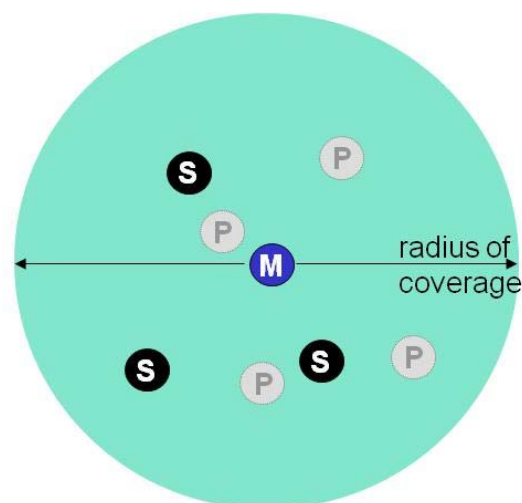
- AP에 버퍼링된 프레임을 수신해야 하는 노드들의 목록 포함
- 목록에 해당하지 않으면 노드는 다시 수면 상태로 진입
  - 전송 프레임이 없는 노드의 99%는 수면 상태 유지 (100ms vs. 250us)

## 802.15 – WPAN (Wireless Personal Area Network)

- ❑ 10m 반경 이내 저전력 통신
- ❑ 2.4 GHz 무선 대역
  - ISM (Industrial, Scientific, Medical) 비허가 무선대역
- ❑ 용도
  - 케이블 대체(마우스, 키보드, 헤드폰)
  - 애드 혹: 인프라스트럭처 없음
- ❑ 태스크 그룹
  - 802.15.1
    - 블루투스(Bluetooth), 1 Mbps 전송률
  - 802.15.2: Wi-Fi 등과 공존
  - 802.15.3: WPAN-HR (High Rate), 55 Mbps 전송률
  - 802.15.4: WPAN-LR (Low Rate)
    - Zigbee, 6LoWPAN, 250 Kbps 전송률

## 802.15.1: 블루투스

- ❑ 마스터/슬레이브 (master/slave)
  - 슬레이브가 마스터에게 전송 허용을 요청
  - 마스터가 요청을 승락



- (M) Master device
- (S) Slave device
- (P) Parked device (inactive)

## 7장. 무선 이동 네트워크

### 7.1 개요

#### 무선

### 7.2 무선 링크와 무선 네트워크의 특징

- CDMA

### 7.3 Wi-Fi: 802.11 무선 랜

### 7.4 셀룰러 인터넷 접근

- 셀룰러 구조
- 셀룰러 표준(3G, LTE)

#### 이동성

### 7.5 이동성 관리: 원칙

- 주소체계
- 라우팅

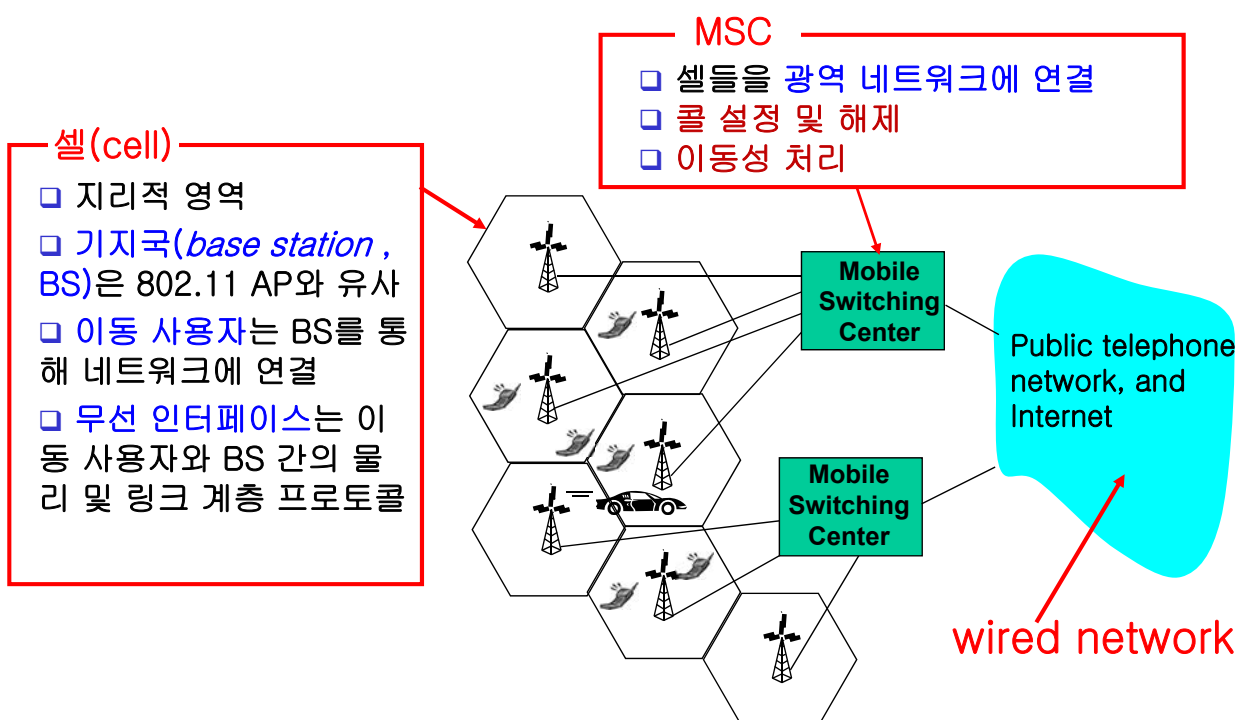
### 7.6 이동 IP

### 7.7 셀룰러 네트워크에서의 이동성 관리

### 7.8 무선과 이동성: 상위 계층 프로토콜에의 영향

### 7.9 요약

## 셀룰러 네트워크 구조의 요소



## 무선 인터페이스 접근 기술

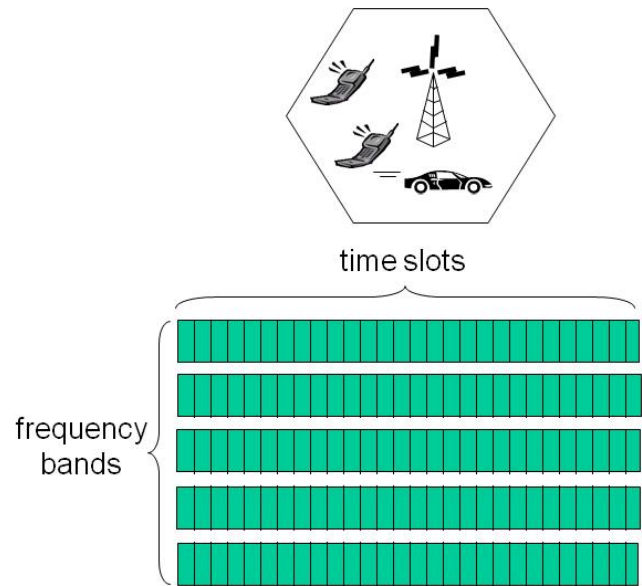
- 두 가지 무선 스펙트럼 공유 방법 중 하나 사용

### □ FDMA/TDMA 결합

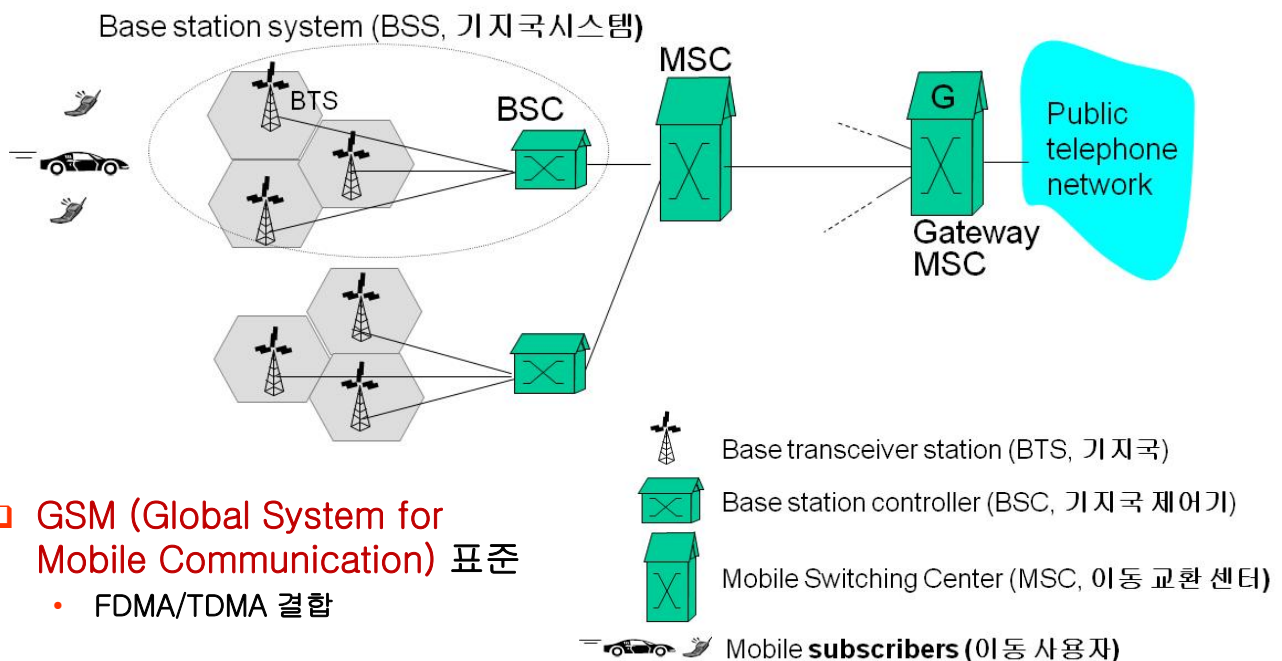
- 채널을 여러 개 주파수 대역으로 나눔, FDMA
- 각 채널을 시간 슬롯으로 분할, TDMA

### □ CDMA

- 코드 분할 다중 접속
  - 각 사용자는 고유의 칩핑 순서
- 주파수나 시간이 분할되지 않음



## 2G (음성) 네트워크 구조

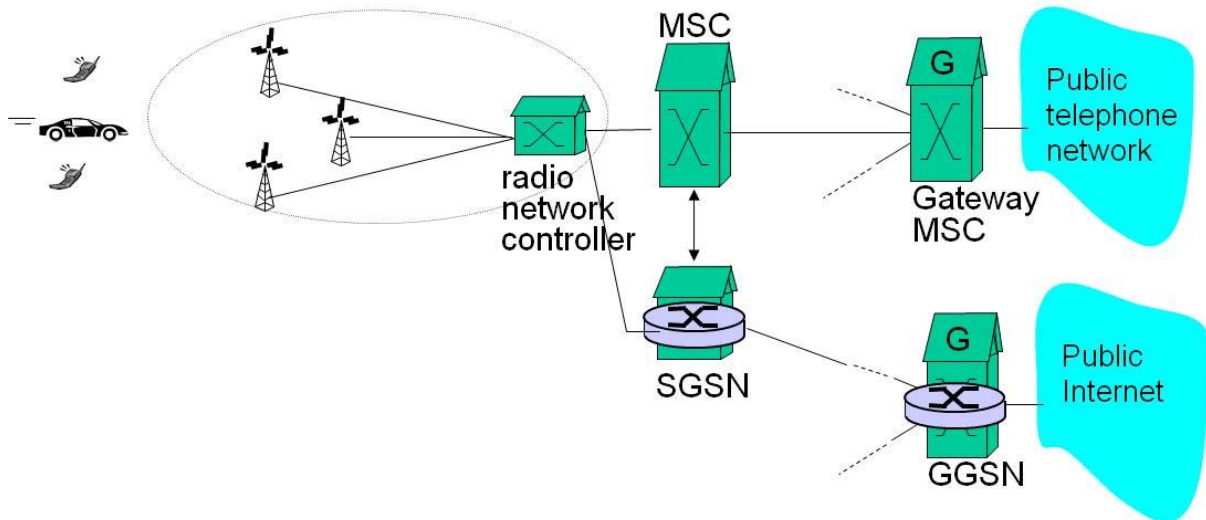


- GSM (Global System for Mobile Communication) 표준

- FDMA/TDMA 결합



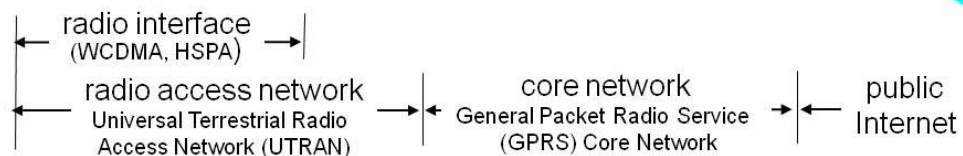
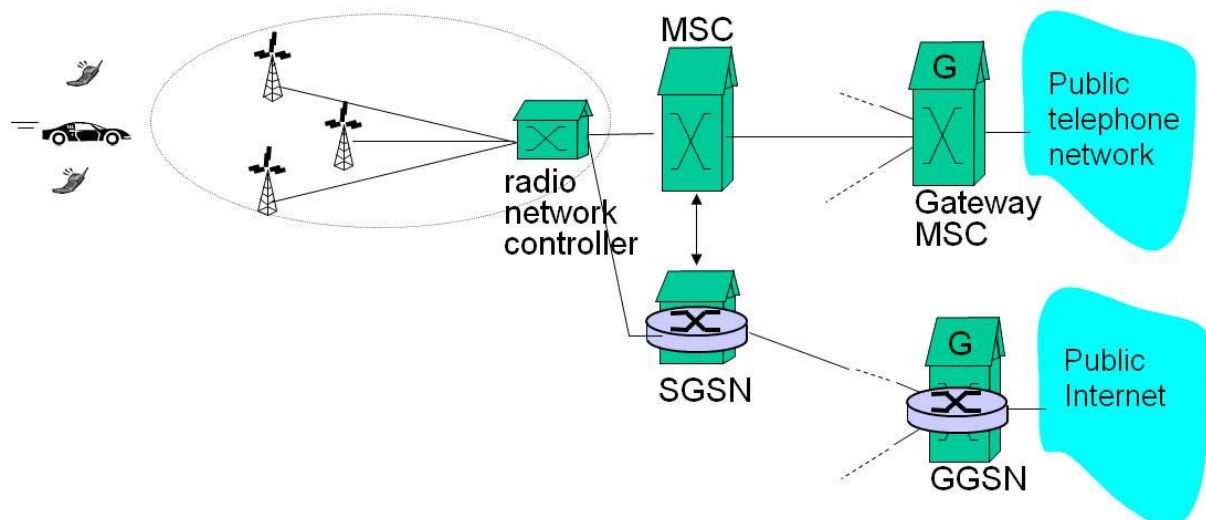
## 3G (음성+데이터) 네트워크 구조 (1)



- 기존의 GSM 기반 셀룰러 음성 네트워크와 병행하여 셀룰러 데이터 기능 추가



## 3G (음성+데이터) 네트워크 구조 (2)

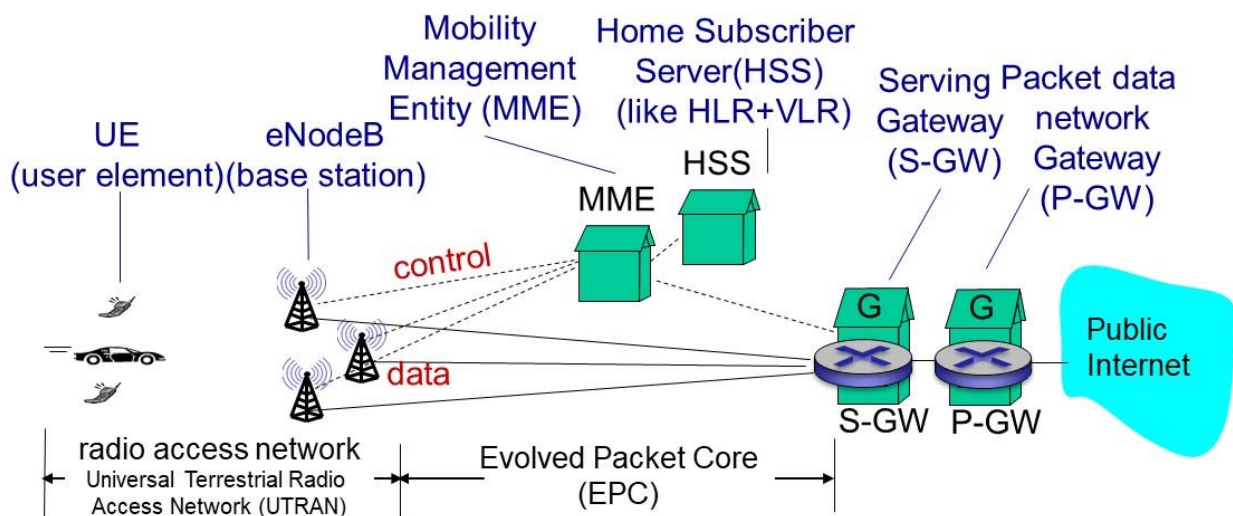




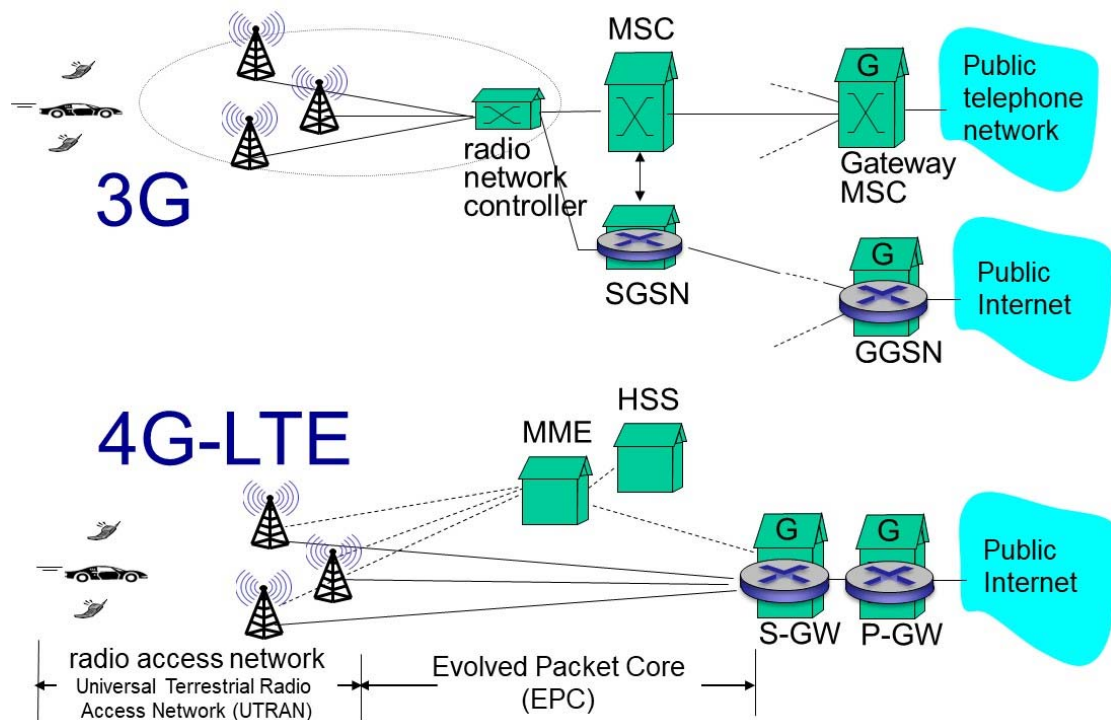
## □ 4G LTE (Long-Term Evolution) 표준

- EPC (Evolved Packet Core)
  - 회선교환 방식의 셀룰러 음성 네트워크와 패킷교환 방식의 셀룰러 데이터 네트워크를 통합
  - 음성과 데이터 모두 IP 데이터그램을 통해 전달되는 **all-IP 네트워크**
- LTE 무선 액세스 네트워크
  - 다운스트림 채널에 **OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)** 적용
    - FDM과 TDM 혼합
    - 0.5msec 시간슬롯에 하나 이상의 주파수 채널 할당
  - **MIMO(multiple-input multiple-output)** 안테나 사용
  - LTE 20MHz 무선대역 사용 시 최대 100Mbps 다운로드 전송률, 50Mbps 업로드 전송률

## 4G LTE 네트워크 구조



## 3G와 4G LTE 네트워크 구조 비교



## 7장. 무선 이동 네트워크

### 7.1 개요

#### 무선

### 7.2 무선 링크와 무선 네트워크의 특징

- CDMA

### 7.3 Wi-Fi: 802.11 무선 랜

### 7.4 셀룰러 인터넷 접근

- 셀룰러 구조
- 셀룰러 표준(3G, LTE)

#### 이동성

### 7.5 이동성 관리: 원칙

- 주소체계
- 라우팅

### 7.6 이동 IP

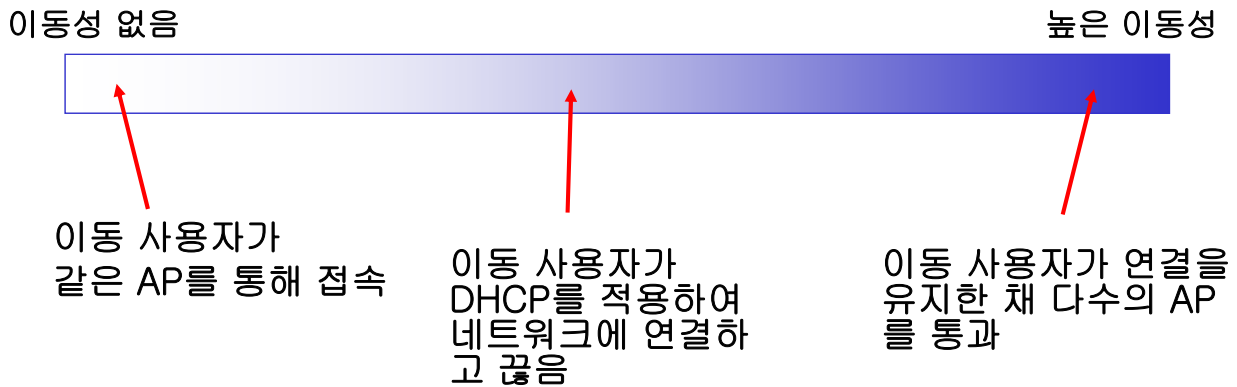
### 7.7 셀룰러 네트워크에서의 이동성 관리

### 7.8 무선과 이동성: 상위 계층 프로토콜에의 영향

### 7.9 요약

## 이동성 (Mobility)이란?

### □ 네트워크 관점에서 본 다양한 이동성(mobility)의 정도

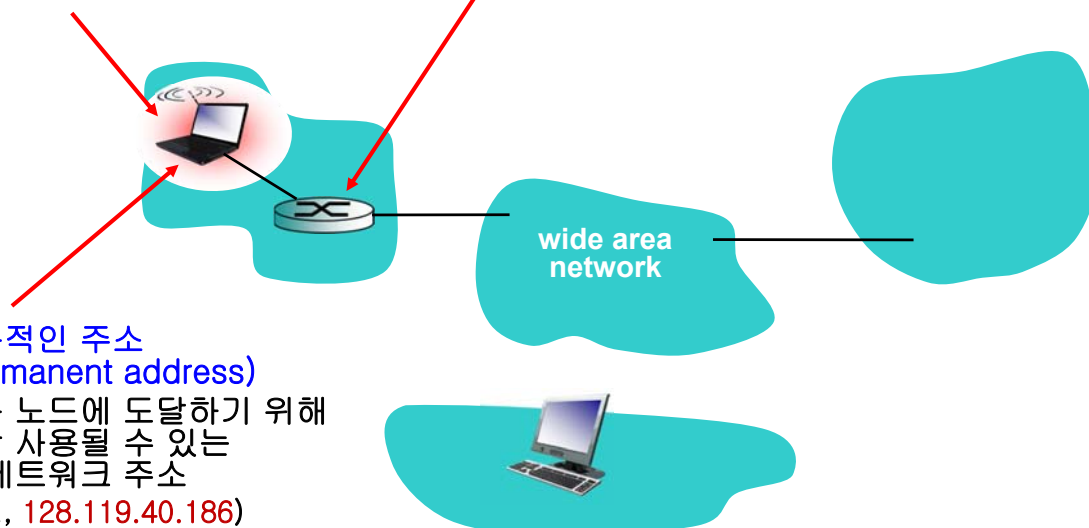


## 이동성 - 용어 (1)

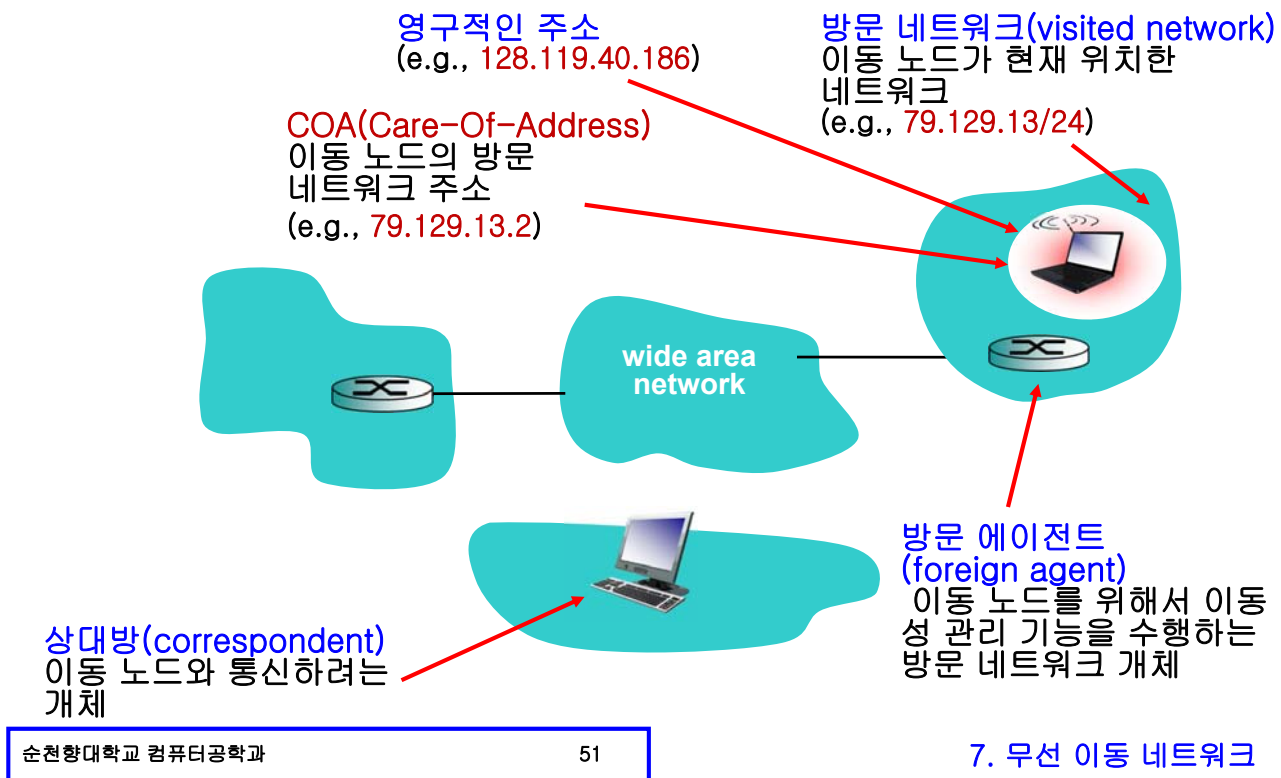
**홈 네트워크(home network)**  
이동 노드의 영구적인 네트워크  
(e.g., 128.119.40/24)

**홈 에이전트(home agent)**  
이동 노드를 위해서 이동성 관리 기능을 수행하는 홈 네트워크 개체

**영구적인 주소(permanent address)**  
이동 노드에 도달하기 위해 항상 사용될 수 있는 홈 네트워크 주소  
(e.g., 128.119.40.186)



## 이동성 - 용어 (2)



## 이사 간 친구 찾기 예

□ 자주 이사 가서 주소가 빈번히 바뀌는 여자 친구를 찾기

□ 어떻게 주소를 찾는가?

- 모든 전화번호부 책 검색하기?
- 여자 친구 부모를 통해 알아보기?
- 여자 친구가 주소를 알려주기를 기대?



## 이동성 관리 - 접근 방법 (1)

### □ 라우터들이 관리

- 라우터가 라우팅 테이블 교환 등을 통해 이동 노드의 영구적인 주소를 광고
- 라우팅 테이블에는 이동 노드의 위치가 저장
- 종단 시스템 변경 없음

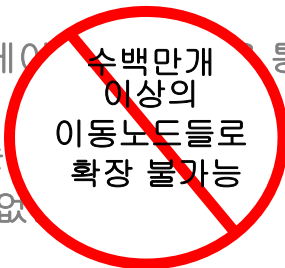
### □ 종단 시스템이 관리

- 간접 라우팅 (indirect routing)
  - 상대방이 홈 에이전트를 거쳐서 이동 노드와 통신
- 직접 라우팅 (direct routing)
  - 상대방이 이동 노드의 방문 주소를 획득하여 직접 이동 노드와 통신

## 이동성 관리 - 접근 방법 (2)

### □ 라우터들이 관리

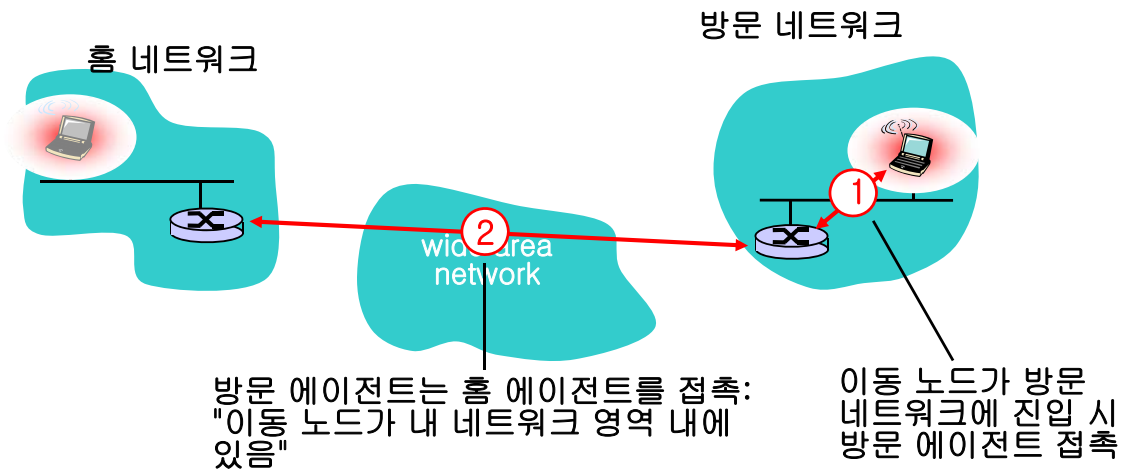
- 라우터가 라우팅 테이블을 통해 이동 노드의 영구적인 주소를 광고
- 라우팅 테이블에는 이동 노드의 위치가 저장
- 종단 시스템 변경 없음



### □ 종단 시스템이 관리

- 간접 라우팅 (indirect routing)
  - 상대방이 홈 에이전트를 거쳐서 이동 노드와 통신
- 직접 라우팅 (direct routing)
  - 상대방이 이동 노드의 방문 주소를 획득하여 직접 이동 노드와 통신

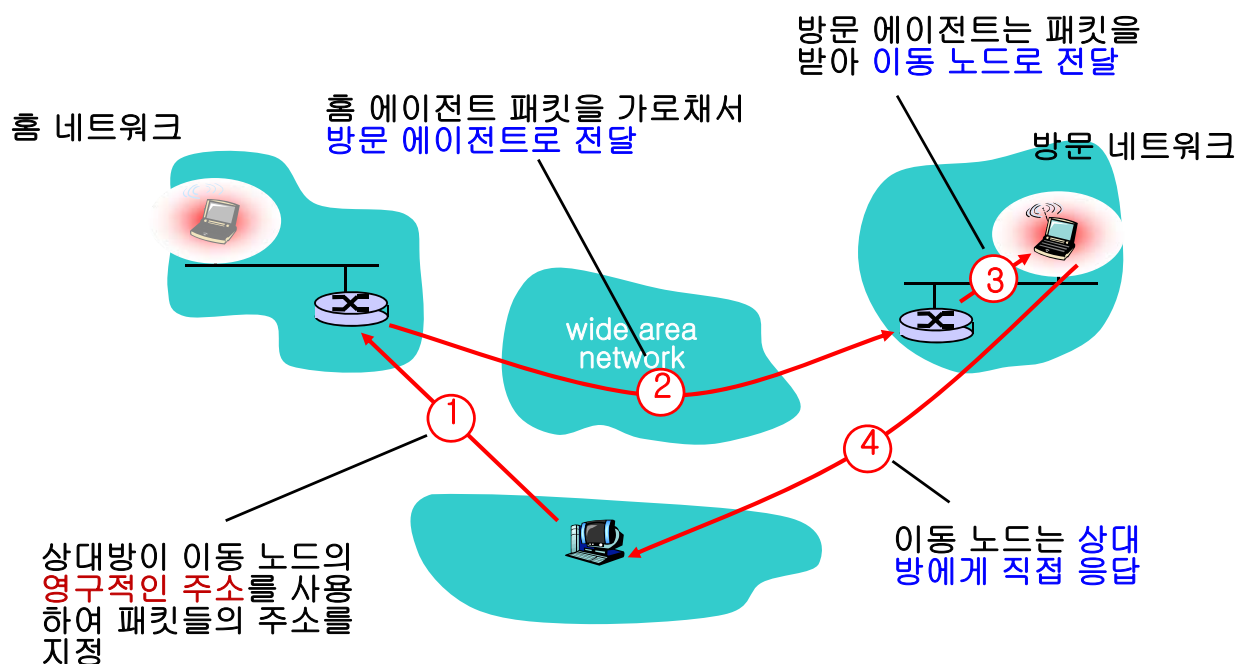
## 이동성 관리 - 등록 (Registration)



### □ 등록 결과

- 방문 에이전트는 이동 노드의 **존재**를 알게됨
- 홈 에이전트는 이동 노드의 **위치**를 알게됨

## 이동성 관리 - 간접 라우팅 (1)



## 이동성 관리 - 간접 라우팅 (2)

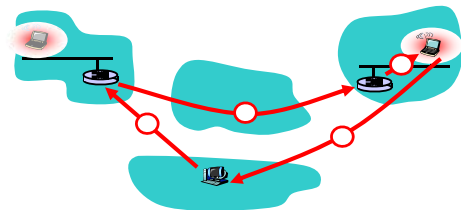
### 이동 노드는 2개의 주소를 이용

- 영구적인 주소
  - 상대방이 사용
  - 이동 노드의 위치가 상대방에게 투명
- COA (care-of-address)
  - 이동 노드로 데이터그램을 전달하기 위해 홈 에이전트가 사용

### 방문 에이전트의 기능은 이동 노드 자체에서 수행할 수도 있음

### 삼각 라우팅 (triangle routing)

- 상대방과 이동 노드가 같은 네트워크 영역 내에 있으면 비효율적

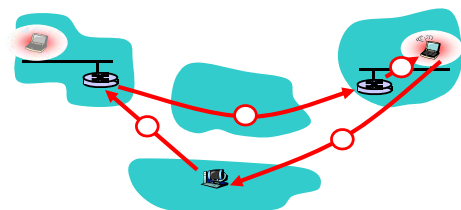


## 이동성 관리 - 간접 라우팅, 네트워크들 간에 이동

### 이동 노드가 다른 네트워크 영역으로 이동

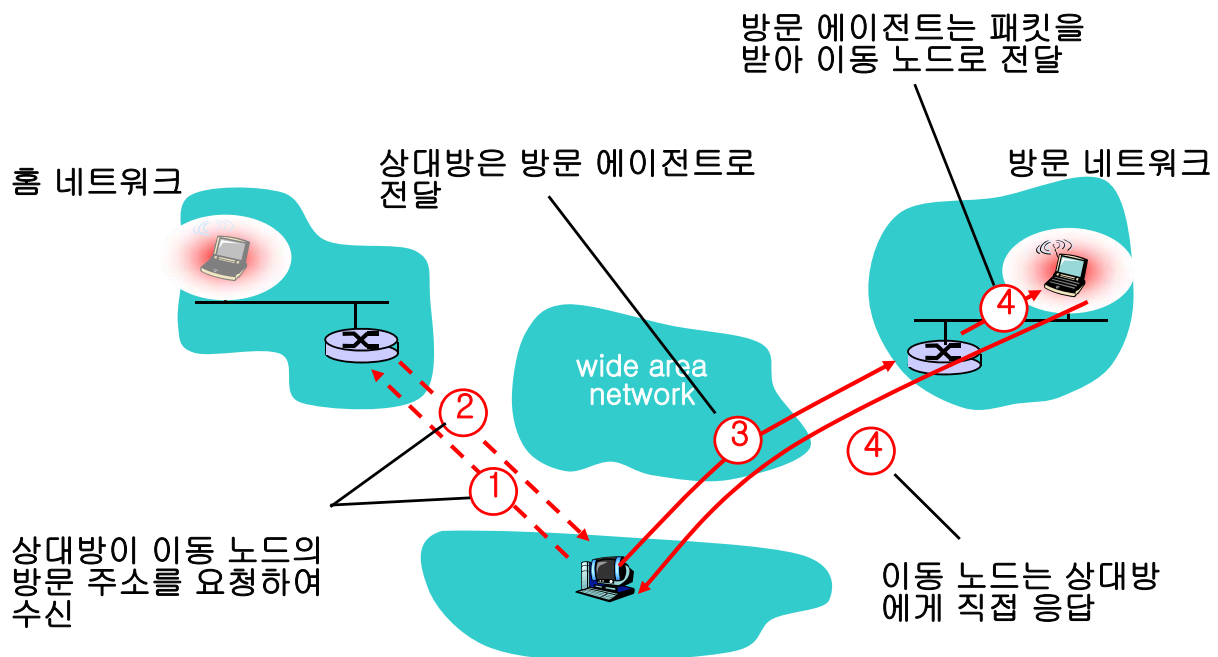
- 새 방문 에이전트 등록
- 새 방문 에이전트가 홈 에이전트를 등록
- 홈 에이전트는 이동 노드의 COA를 갱신
- 패킷들은 새 COA를 사용하여 이동 노드로 계속 전달

### 이동성, 방문 네트워크 변경이 투명(transparent) => 지속적인 연결이 유지!



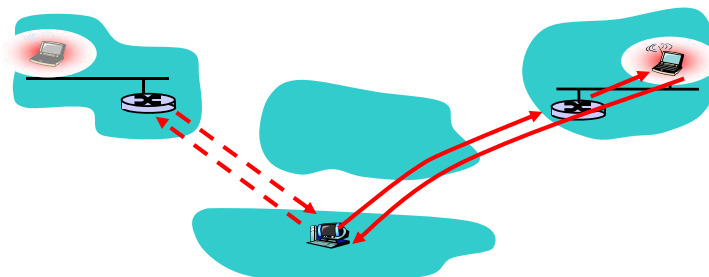


## 이동성 관리 - 직접 라우팅 (1)



## 이동성 관리 - 직접 라우팅 (2)

- 삼각 라우팅 문제 해결
- 이동 및 네트워크 변경이 상대방에게 불투명 (non-transparent)
  - 세션이 시작 시 단 한차례만 홈 에이전트에게 COA 문의
  - 이동 노드가 방문 네트워크를 변경하면?
    - 홈 에이전트가 COA 갱신해도 소용 없음



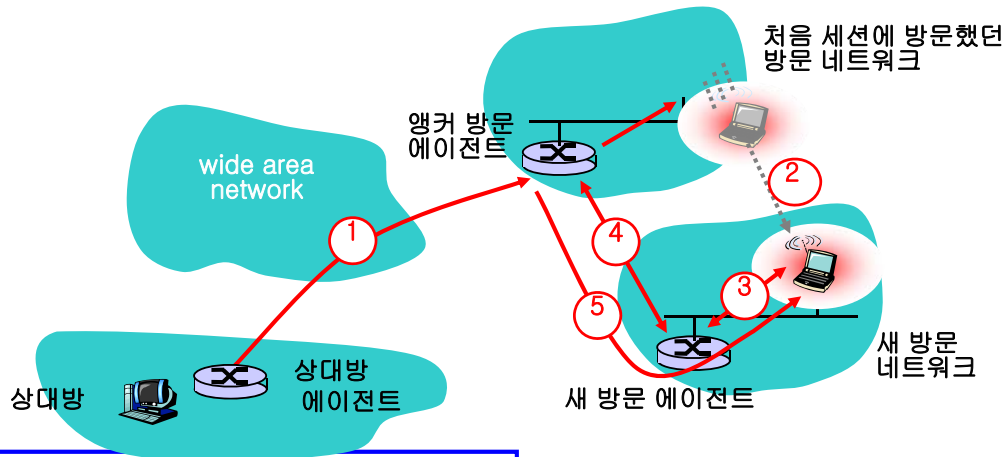
## 이동성 관리: 직접 라우팅, 네트워크들 간에 이동

### □ 앵커 방문 에이전트(anchor foreign agent)

- 이동 노드가 처음 있었던 방문 네트워크의 방문 에이전트
- 데이터는 처음에 항상 앵커 방문 에이전트로 라우팅

### □ 이동 노드가 네트워크 간 이동 시

- 새 방문 에이전트가 데이터를 이전 방문 에이전트에 전달
- 또 다시 이동 시 연속적으로 적용 (chaining)



## 7장. 무선 이동 네트워크

### 7.1 개요

#### 무선

### 7.2 무선 링크와 무선 네트워크의 특징

- CDMA

### 7.3 Wi-Fi: 802.11 무선 랜

### 7.4 셀룰러 인터넷 접근

- 셀룰러 구조
- 셀룰러 표준(3G, LTE)

#### 이동성

### 7.5 이동성 관리: 원칙

- 주소체계
- 라우팅

### 7.6 이동 IP

### 7.7 셀룰러 네트워크에서의 이동성 관리

### 7.8 무선과 이동성: 상위 계층 프로토콜에의 영향

### 7.9 요약

## 이동 IP (Mobile IP)

### □ RFC 3344

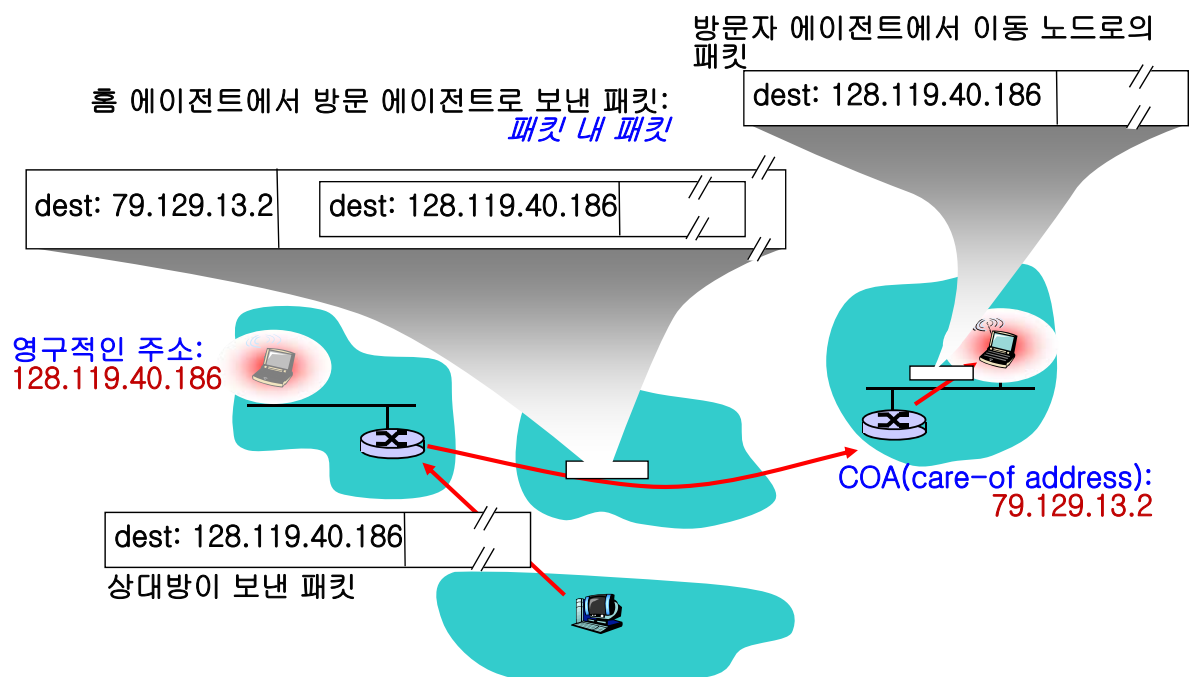
### □ 앞 절에서 소개된 주요 내용 포함

- 홈 에이전트, 방문 에이전트, 방문 에이전트 등록, COA
- 캡슐화(패킷 내 패킷)

### □ 3 가지 구성 요소

- 데이터그램의 간접 라우팅
- 에이전트 발견 (agent discovery)
- 홈 에이전트로의 등록

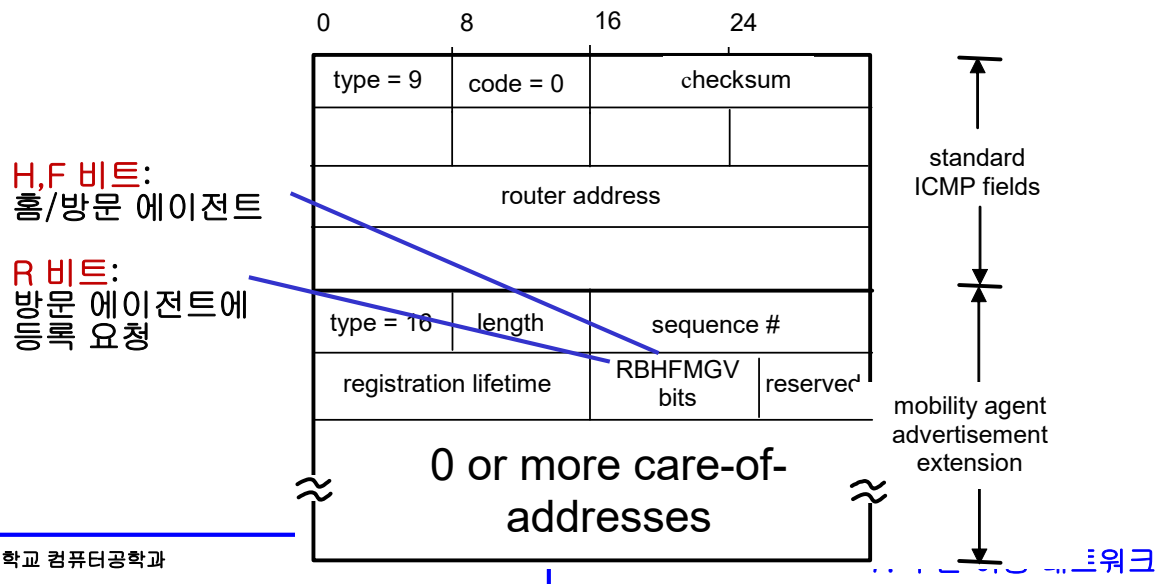
## 이동 IP - 간접 라우팅



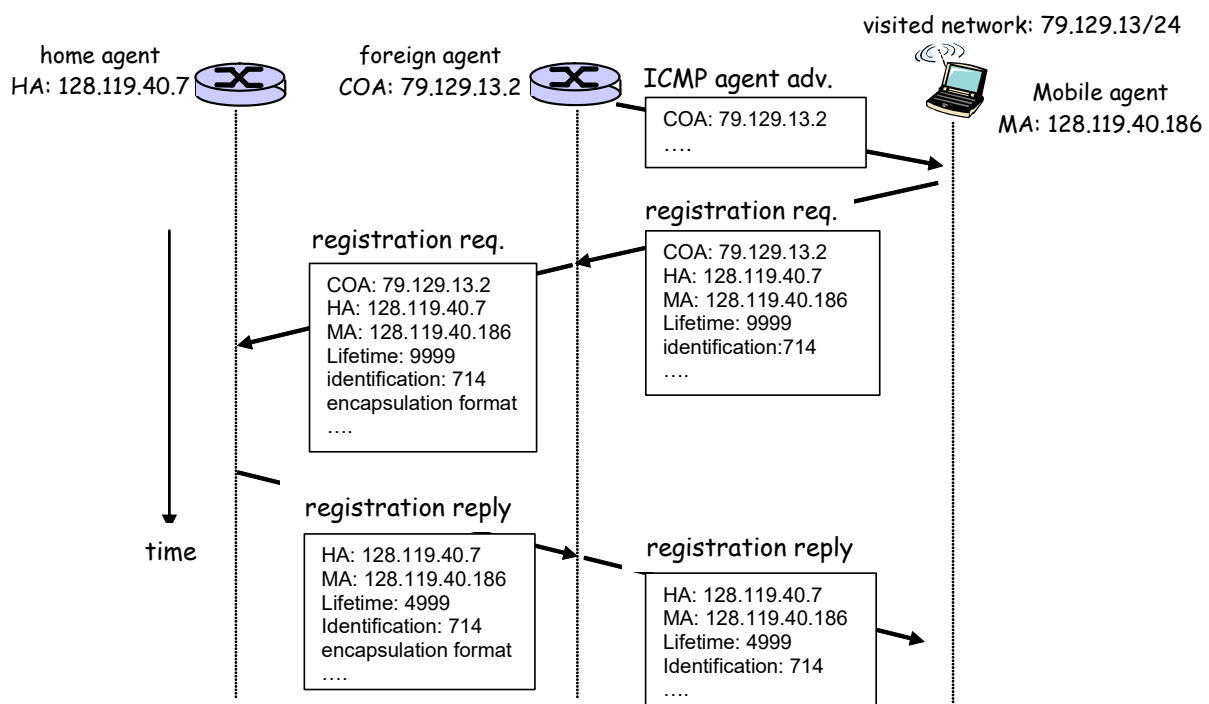
## 에이전트 발견 (Agent Discovery)

### □ 에이전트 광고 (agent discovery)

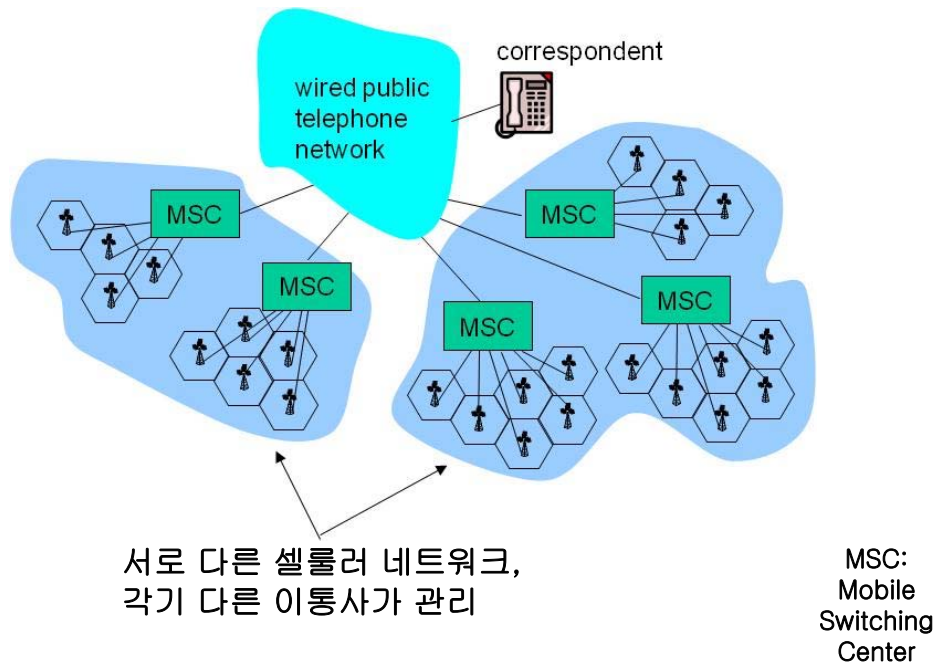
- 방문/홈 에이전트가 서비스를 광고
- ICMP 메시지 브로드캐스트 (타입=9)



## 이동 IP - 등록 예



## 셀룰러 네트워크의 구성 요소 - 복습



## 셀룰러 네트워크에서의 이동성 관리

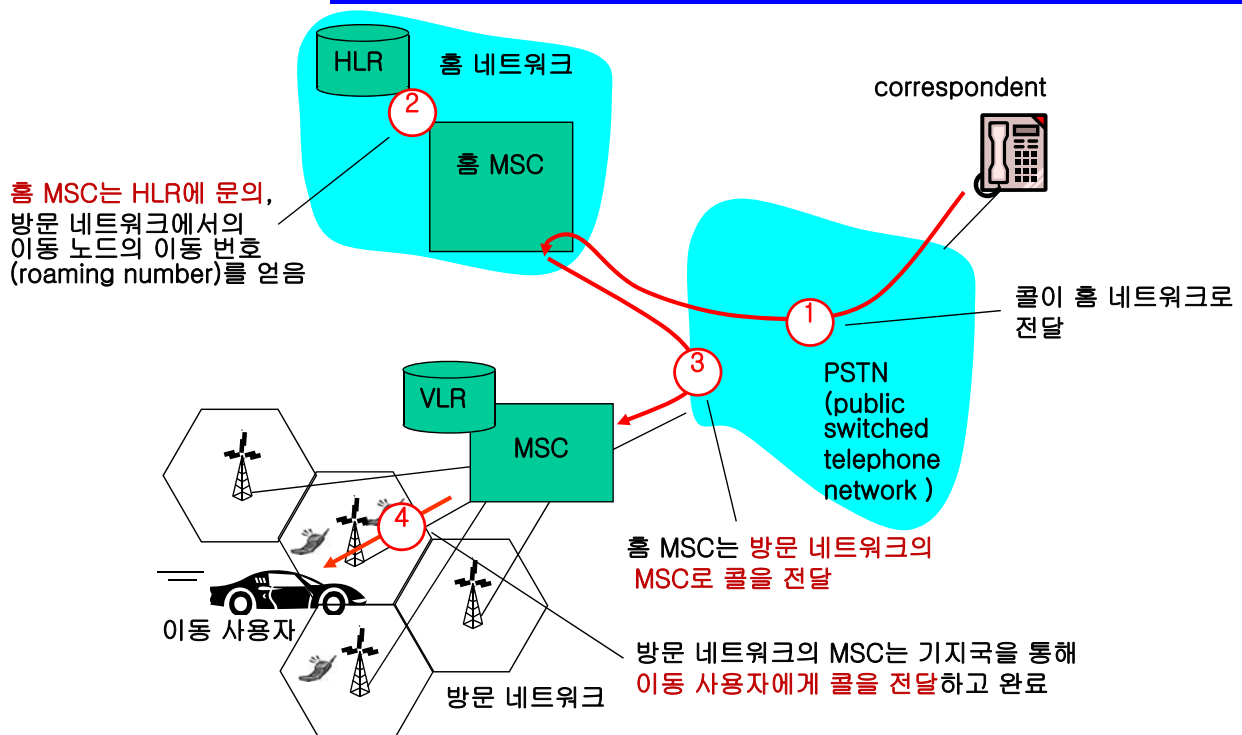
### □ 홈 네트워크

- 사용자가 가입한 이동사의 셀룰러 네트워크 (예, SKT, KT, LGT)
- HLR (home location register)
  - 가입자의 **영구적인 셀룰러 번호와 개인정보**(서비스 가입, 번호도, 요금납부), 가입자의 현재 위치 등이 포함된 데이터베이스

### □ 방문 네트워크

- 이동 노드가 현재 위치한 네트워크
- VLR (visitor location register)
  - 현재 네트워크에 있는 이동 사용자의 엔트리를 갖는 데이터베이스
  - 홈 네트워크일 수도 있음

## GSM - 이동 노드로 간접 라우팅



## GSM - 공통 MSC 내 핸드오프 (1)

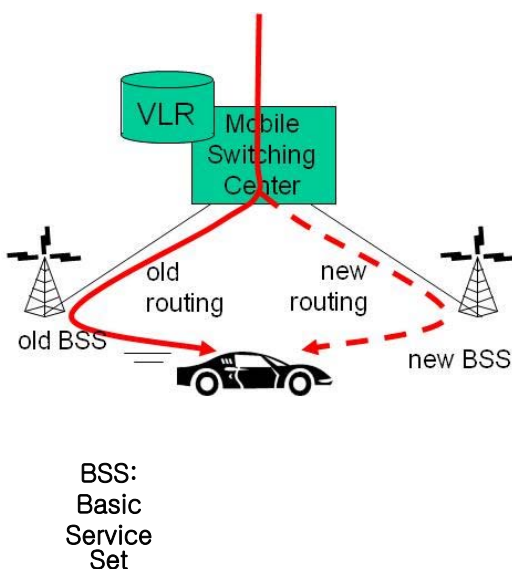
### □ 핸드오프 목표

- 끊김 없이 새 기지국을 통해 콜 라우팅

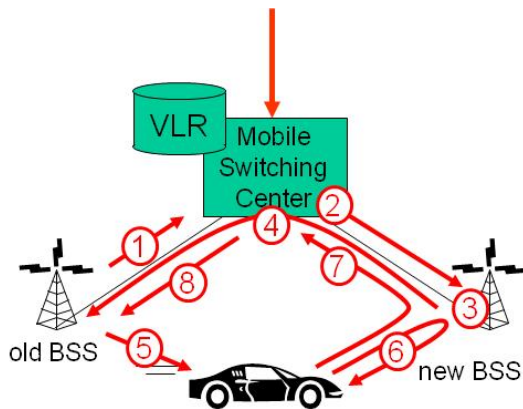
### □ 핸드오프 발생 이유

- 새 BSS의 더 강한 신호 (연결 지속, 적은 배터리 소모)
- 부하 균형: 현재 BSS의 채널 해제
- GSM은 핸드오프 수행 정책(policy, 왜 핸드오프를 하는지)을 명시하지 않고, 어떻게 하는지(메커니즘)을 명시

### □ 핸드 오프는 이전 BSS에 의해 개시

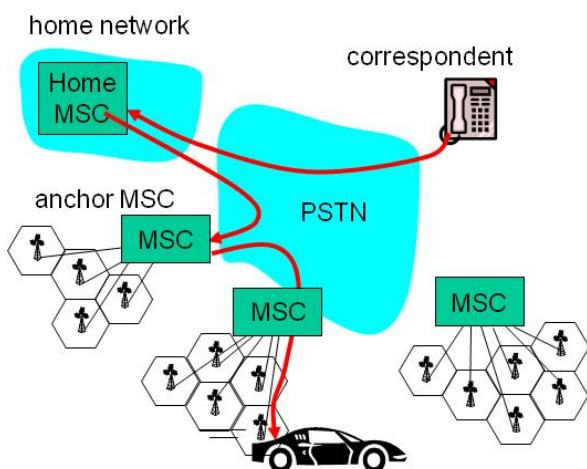


## GSM - 공통 MSC 내 핸드오프 (2)



1. 이전 BSS는 방문 MSC에게 **핸드오프가 임박했다**는 것과 핸드오프될 BSS를 알려줌
2. MSC는 **자원을 할당하고 새 BSS로 경로를 설정**
3. 새 BSS는 이동 노드가 사용할 **무선 채널을 할당**하고 활성화
4. 새 BSS는 MSC와 이전 BSS에게 **준비가 되었음을 알림**
5. 이전 BSS는 이동 노드에게 핸드오프를 통지하고, **이동 노드는 새 BSS로 핸드오프**
6. 이동 노드와 새 BSS는 **새 채널을 활성화하는 메시지 교환**
7. 이동 노드는 새 BSS에게 핸드오프 완료 **메시지**를 보내고, 이 메시지는 방문 MSC에 전달. MSC는 진행 중인 콜을 새 BSS의 이동 **노드로 재 라우팅**
8. 이전 BSS의 경로에서 **할당된 자원들을 해제**

## GSM(TDMA) - MSC 간의 핸드오프 (1)



(a) before handoff

### □ 앵커 MSC (anchor MSC)

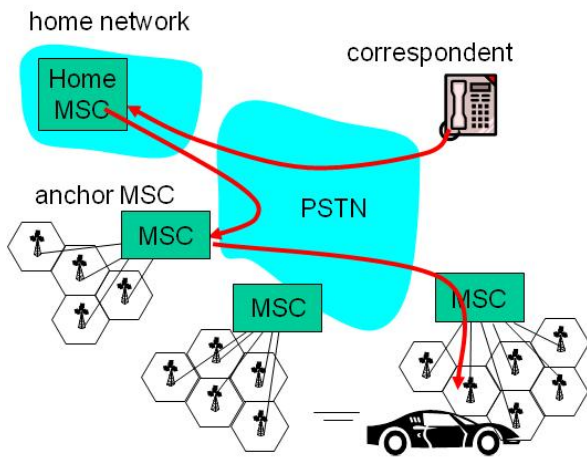
- 콜이 처음 시작할 때 이동 노드가 방문한 MSC
- 앵커 MSC를 콜 진행 동안 변경되지 않고 유지

### □ 이동 노드가 새 MSC 영역으로 이동할 때 새 MSC가 MSC 체인의 끝에 추가

### □ MSC 체인을 최소화하는 선택적인 경로 최소화 단계 수행



## GSM - MSC 간의 핸드오프 (2)



### □ 앵커 MSC (anchor MSC)

- 콜이 처음 시작할 때 이동 노드가 방문한 MSC
- 앵커 MSC를 콜 진행 동안 변경되지 않고 유지

### □ 이동 노드가 새 MSC 영역으로 이동할 때 새 MSC가 MSC 체인의 끝에 추가

### □ MSC 체인을 최소화하는 선택적인 경로 최소화 단계 수행

## 이동 IP와 GSM 이동성 비교

GSM 요소	GSM 요소 설명	이동 IP 요소
홈 시스템	이동 사용자의 고정 전화번호가 속한 네트워크	홈 네트워크
게이트웨이 이동 교환 센터 혹은 홈 MSC, HLR	홈 MSC: 이동 사용자의 경로 가능 주소를 얻기 위한 접착점 HLR: 고정 전화번호, 프로파일 정보, 이동 사용자의 현재 위치, 등록 정보 등을 포함하는 홈 시스템 내 데이터베이스	홈 에이전트
방문 시스템	이동 사용자가 현재 위치한 네트워크 (홈 시스템 제외)	방문 네트워크
방문 MSC, VLR	방문 MSC: MSC와 연계된 셀 내에 이동 노드로 들어오거나 나가는 콜을 설정 VLR: 각 방문 이동 사용자의 등록 정보 등을 포함하는 방문 시스템 내의 임시 데이터베이스	방문 에이전트
MSRN(Mobile Station Roaming Number) 혹은 이동 번호 (roaming number)	이동 사용자 혹은 상대방에게 보이지 않으며 홈 MSC와 방문 MSC 간의 전화 콜 세그먼트용 경로 가능 주소	COA

## 무선과 이동성 - 상위 계층 프로토콜에의 영향

### □ 논리적으로는 무선의 영향이 최소화……

- 최선의 노력(best effort) 모델은 변경되지 않고 유지
- TCP/UDP가 무선, 이동 환경에서도 적용

### □ 그러나 실제로는 성능 면에서 유선과 무선은 차이가 뚜렷

- 비트 오류(폐기된 패킷, 링크 계층 재전송으로 인한 지연), 핸드 오프에 기인한 패킷 손실/지연
- TCP는 손실을 혼잡으로 간주하여 불필요하게 혼잡 윈도우 크기를 줄임
- 실시간 트래픽의 지연 장애
- 무선 링크의 제한된 대역폭

## 요약 (Summary)

### 무선

- 무선 링크:
  - 전송률, 거리
  - 채널 장애
  - CDMA
- IEEE 802.11 (“wi-fi”)
  - CSMA/CA는 무선 채널 특성을 반영
- 셀룰러 네트워크
  - 구조
  - 표준 (e.g., GSM, CDMA-2000, UMTS)

### 이동성

- 원칙: 주소체계, 이동 사용자로의 라우팅
  - 홈, 방문 네트워크
  - 직접, 간접 라우팅
  - COA (care-of-address)
- 사례 학습
  - 이동 IP
  - GSM의 이동성
- 상위 계층 프로토콜에의 영향