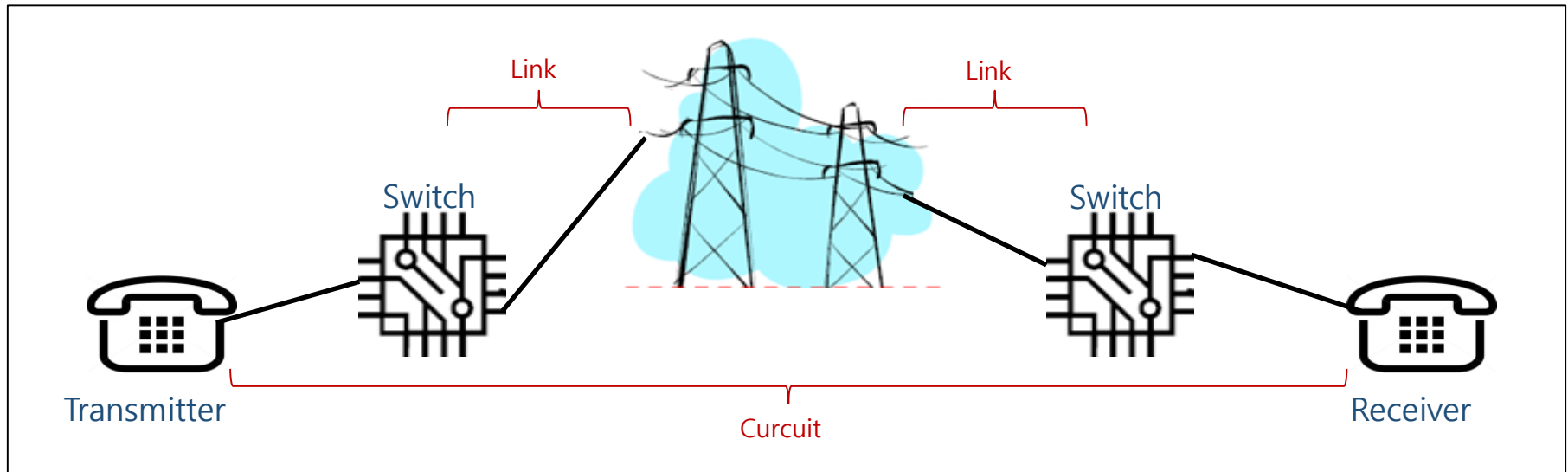




## Software Engineering Lab - 김영기 책임

# Telecommunication Illustrated



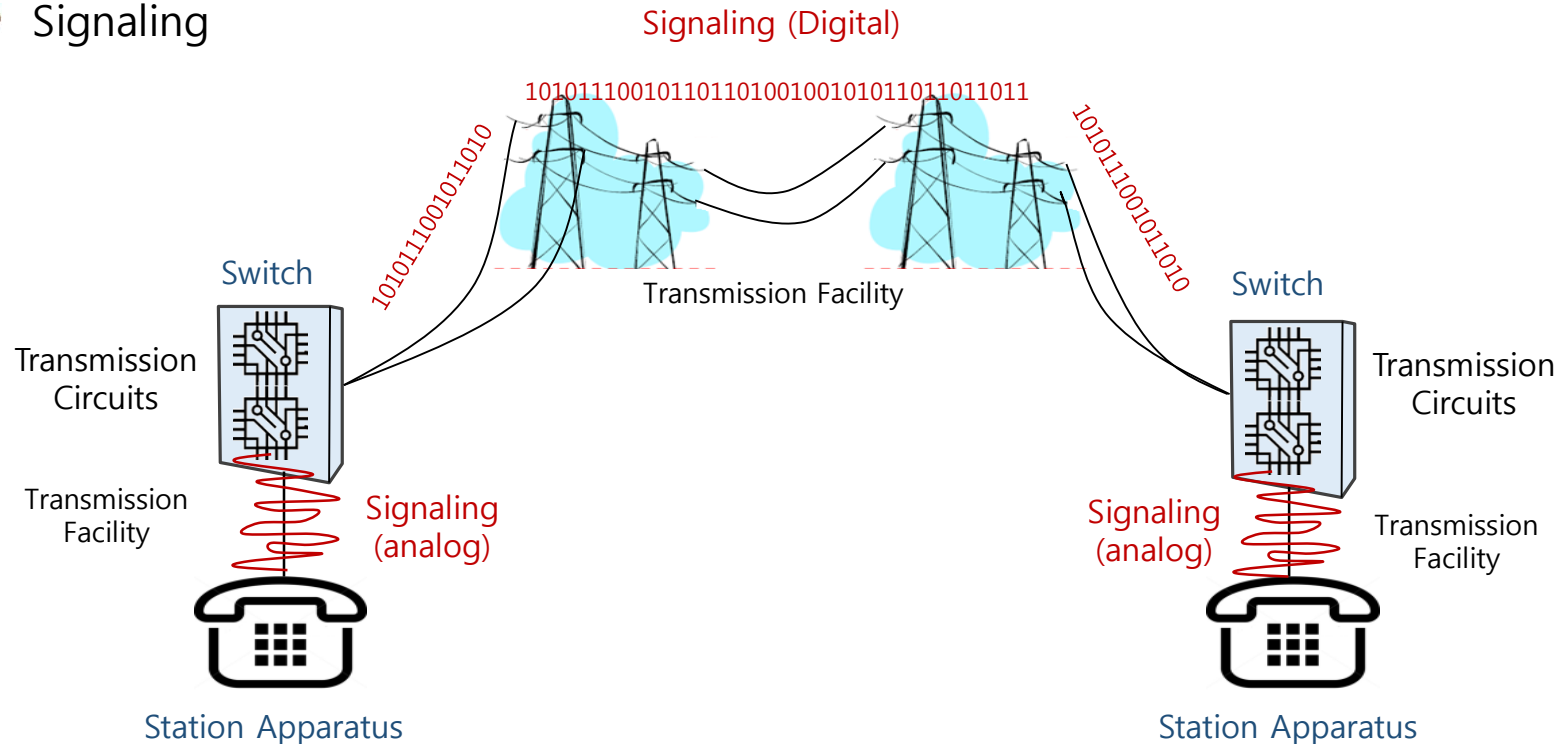
## ❖ Definitions

- **Transmitter** : originates information transfer
- **Receiver** : receives the transferred information
- **Circuit** : a communications path between transmitter and receiver over an established medium
- **Link** : a two-point segment of an end-to-end circuit
- **Switch** : a device that establishes, maintains, and changes connections over circuits
- **Line** : a single physical connection between a user and a switch
- **Trunks** : the physical connection between switches
- **Channel** : a one-way connection between transmitter and receiver  
(a circuit can contain multiple channels)
- **Network** : a fabric of elements which work together to transfer information

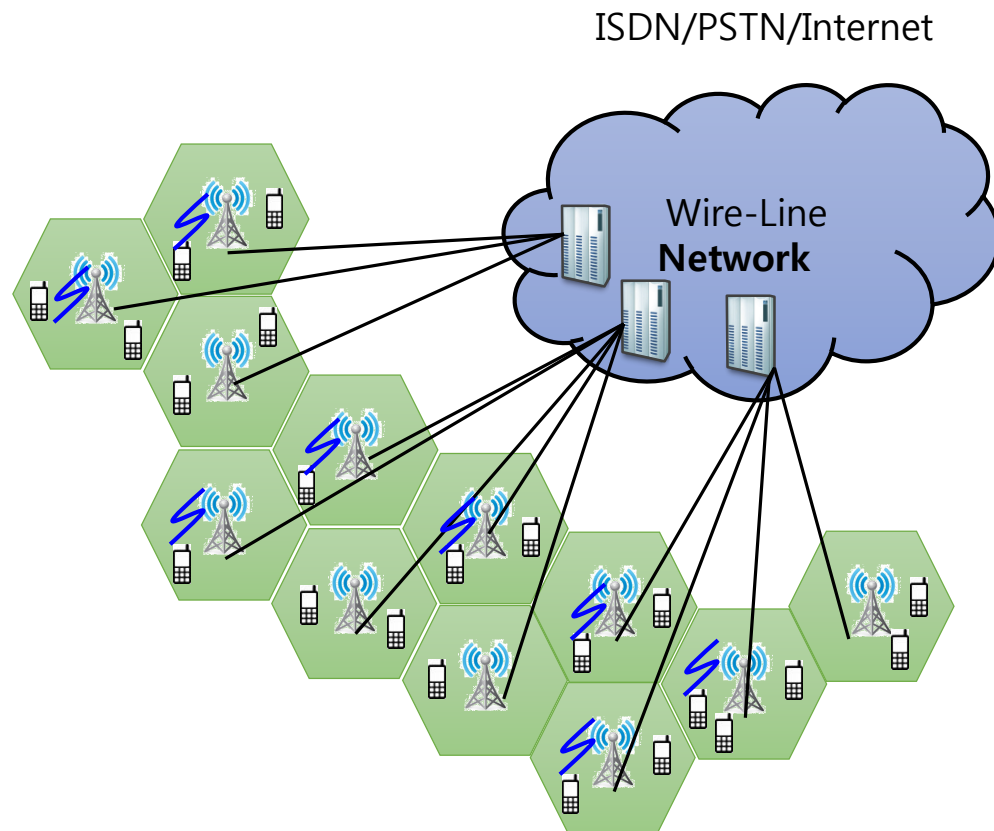
# Network Elements

## ❖ There are four basic network elements

- Station apparatus
- Transmission
- Switching
- Signaling



# Cellular Architecture



Cell



Base Station (BS)



Mobile Unit



Mobile Switching Center (MSC)



Wireless Links

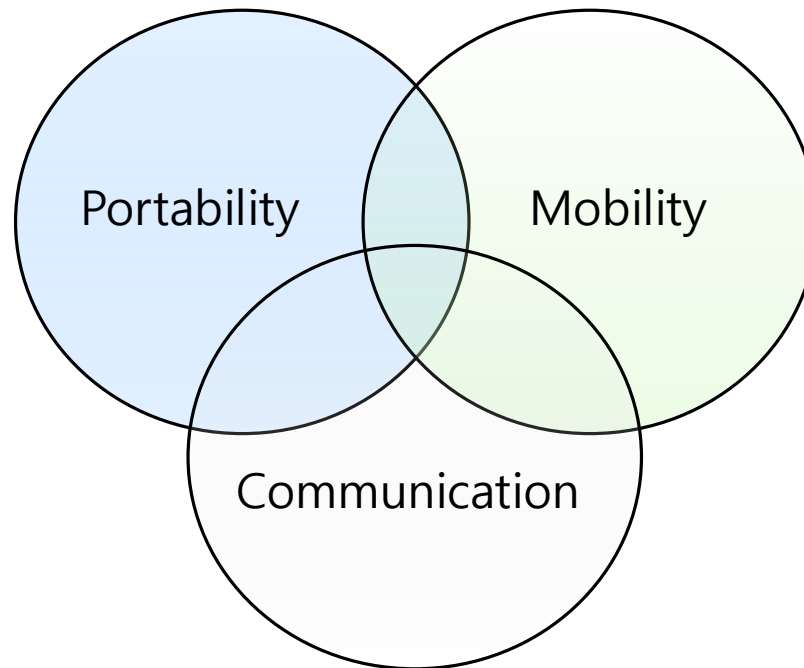


Wired Links

# Mobility

## ❖ Why Mobile Computing?

- To communicate and compute seamlessly while on the move
- Flexible use of computing resources and wireless access technologies
  - ✓ 2G, 3G and beyond, wireless LAN
- Desire for ubiquitous access to information



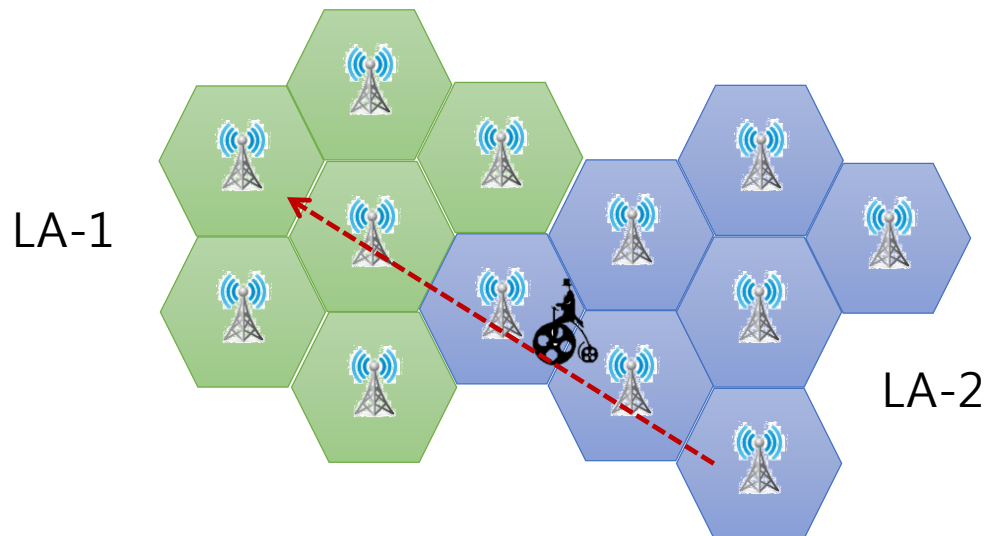
# Mobility Management

## ❖ In-session mobility management

- Move during an active call
- Hand-off management

## ❖ Out-of-session mobility management

- Move in standby mode
- Location management : Update (Registration) and Paging



# Location Management

## ❖ Tracking

- A mobile station to route incoming call requests within an allowable time constraint

## ❖ Why Important

- To support user mobility
- While enjoying the freedom of being mobile, the user creates an uncertainty about the exact location of the mobile station
  - ✓ **Paging** : System polls for the mobile terminal in one or more cells by broadcasting the terminal's id and waiting for a response
    - Paging cost is proportional to : # of calls arrived, # of cells paged for each call
  - ✓ **Update (registration)** : Mobile terminal updates its current bearings in the network
    - Update cost is proportional to : # of time the MS updates

Too Many Location Updates



**Low Paging Costs**  
High Update Costs

Too Few Location Updates



**High Paging Costs**  
Low Update Costs

# Location Management Problem

## ❖ The Practical Problem

- Unless controlled, the uncertainty may grow without bound
- Polling the whole system for a mobile terminal per call arrival puts unreasonable demand on scarce wireless bandwidth

## ❖ A Natural Solution

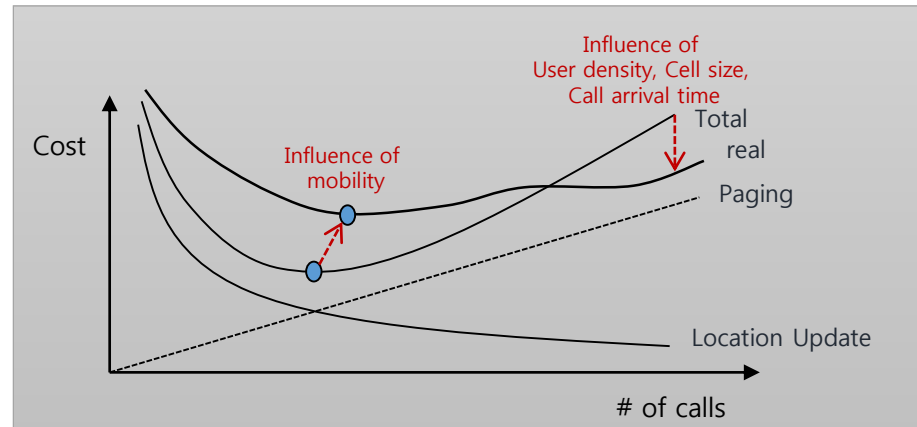
- Update mobile terminal location from time to time in order to keep uncertainty under control

## ❖ Observation

- A problem oriented towards personal mobility rather than group mobility
- Update and paging involve complementary cost components but not necessarily independent

Location Management Cost Trade-off

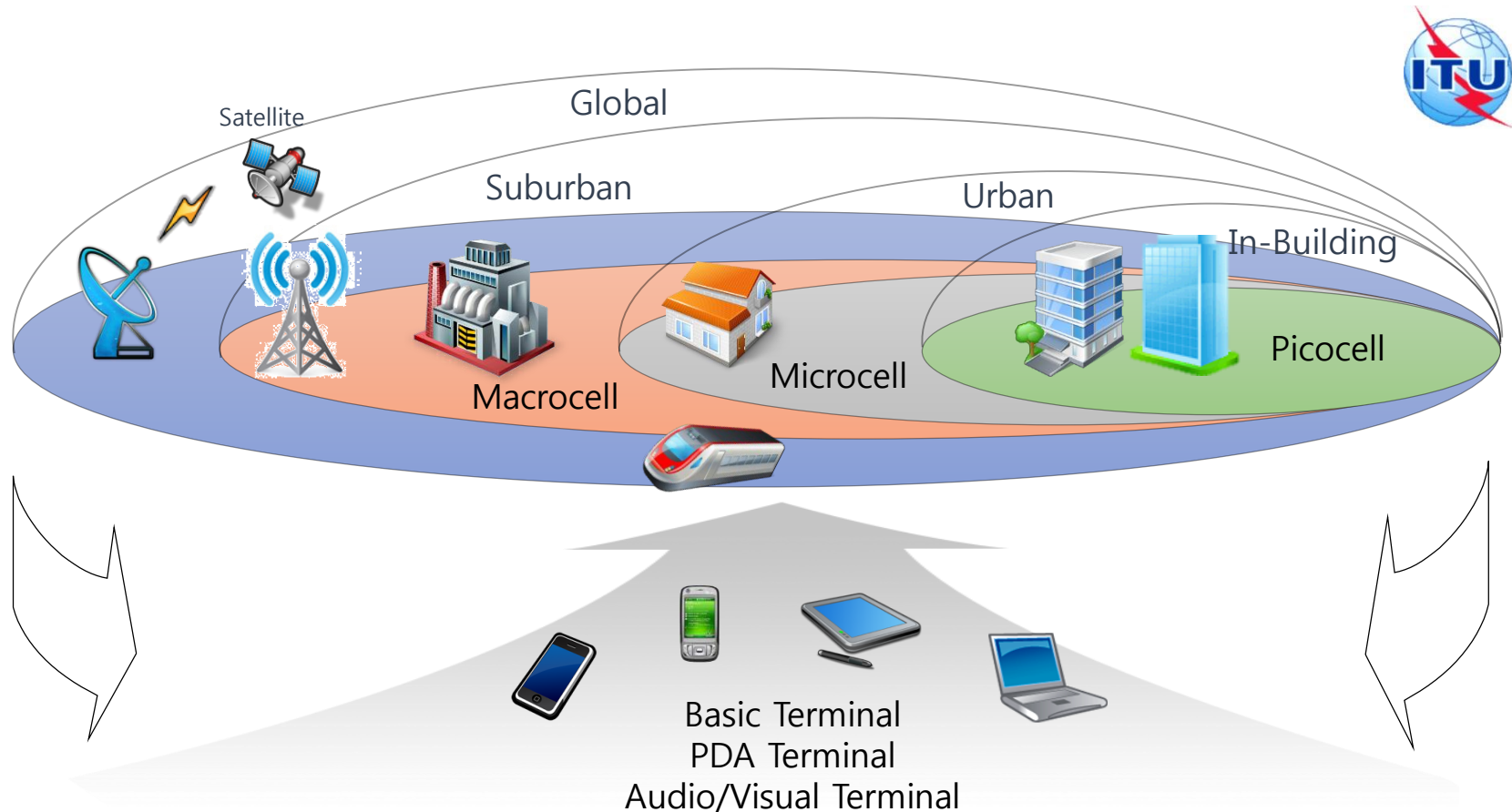
- Update and paging costs are complementary
- But inter-dependent





# Cells by Size

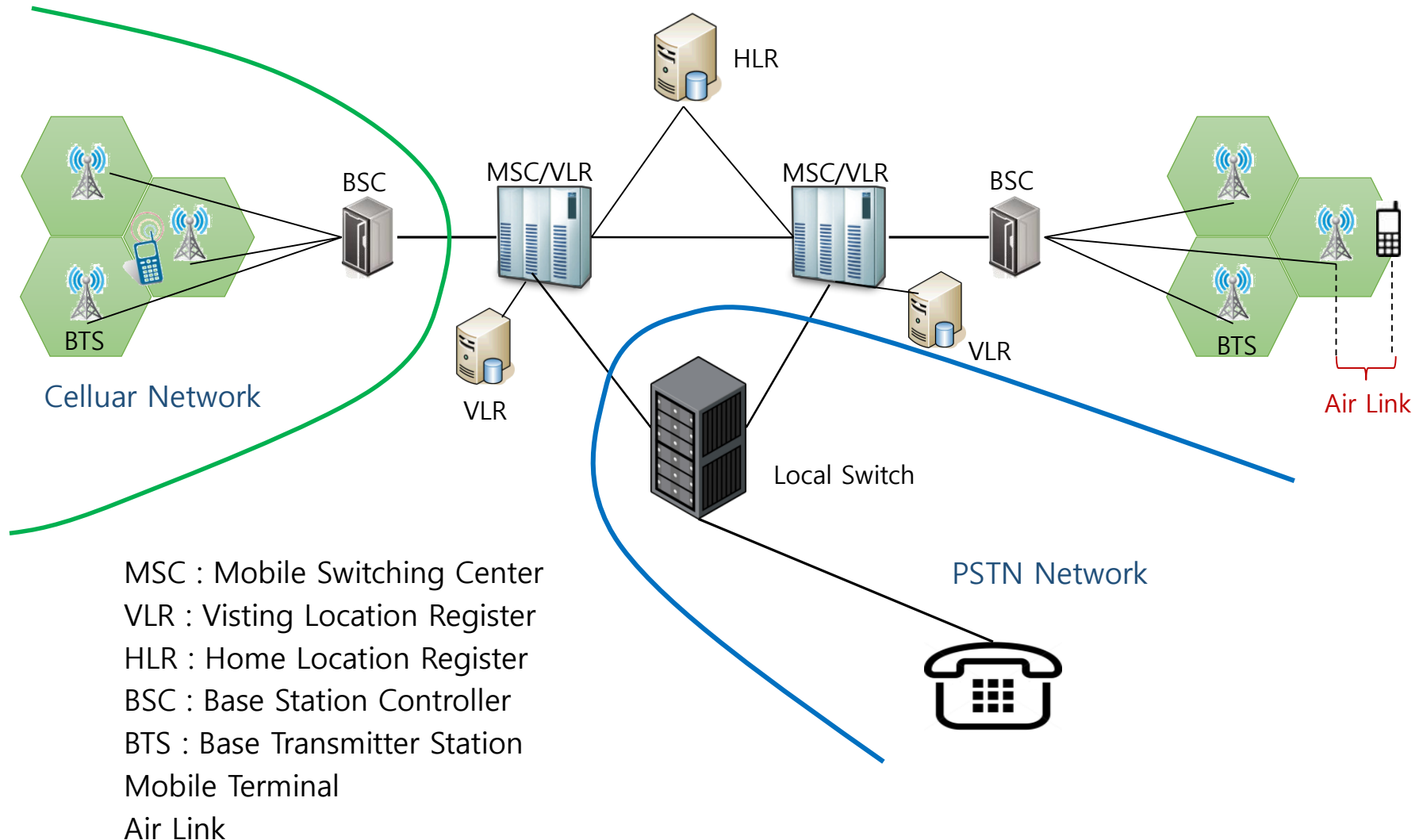
## ❖ IMT-2000 Vision Includes LAN, WAN, and Satellite Service



- Zone 1 (In Building) < 2 Mbps
- Zone 2 (Urban) < 384 kbps
- Zone 3 (Suburban) < 144 kbps
- Zone 4 (Global) < 9.6 kbps

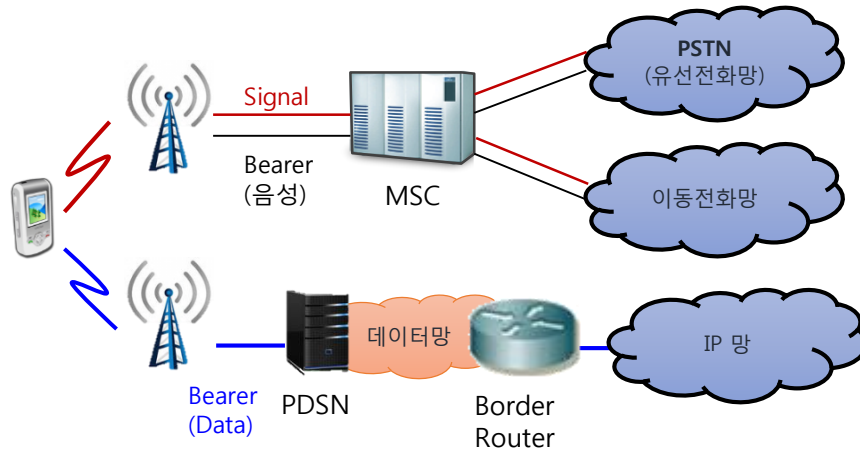
# Cellular Framework

## ❖ Basic Architecture of 2G

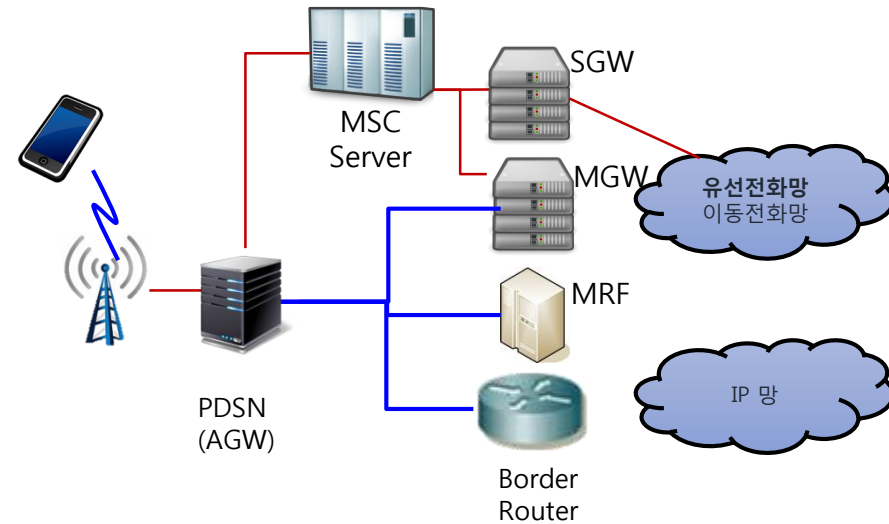


# Circuit based Network vs. Packet based Network

## ❖ Circuit based Network



## ❖ Packet based Network

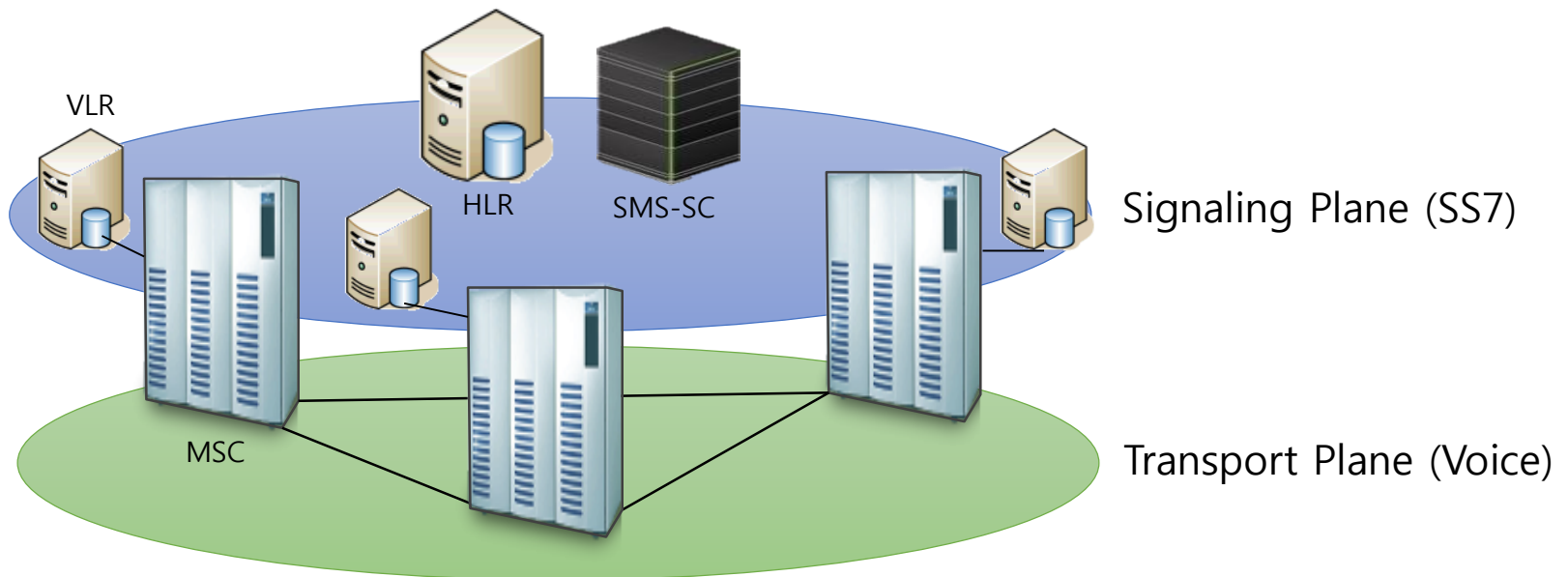


- Circuit
  - Voice 처리
- Packet
  - Bearer, Signal 모두 Packet 처리
- MSC → Access GW, Media GW, MSC Server, MRF로 분화

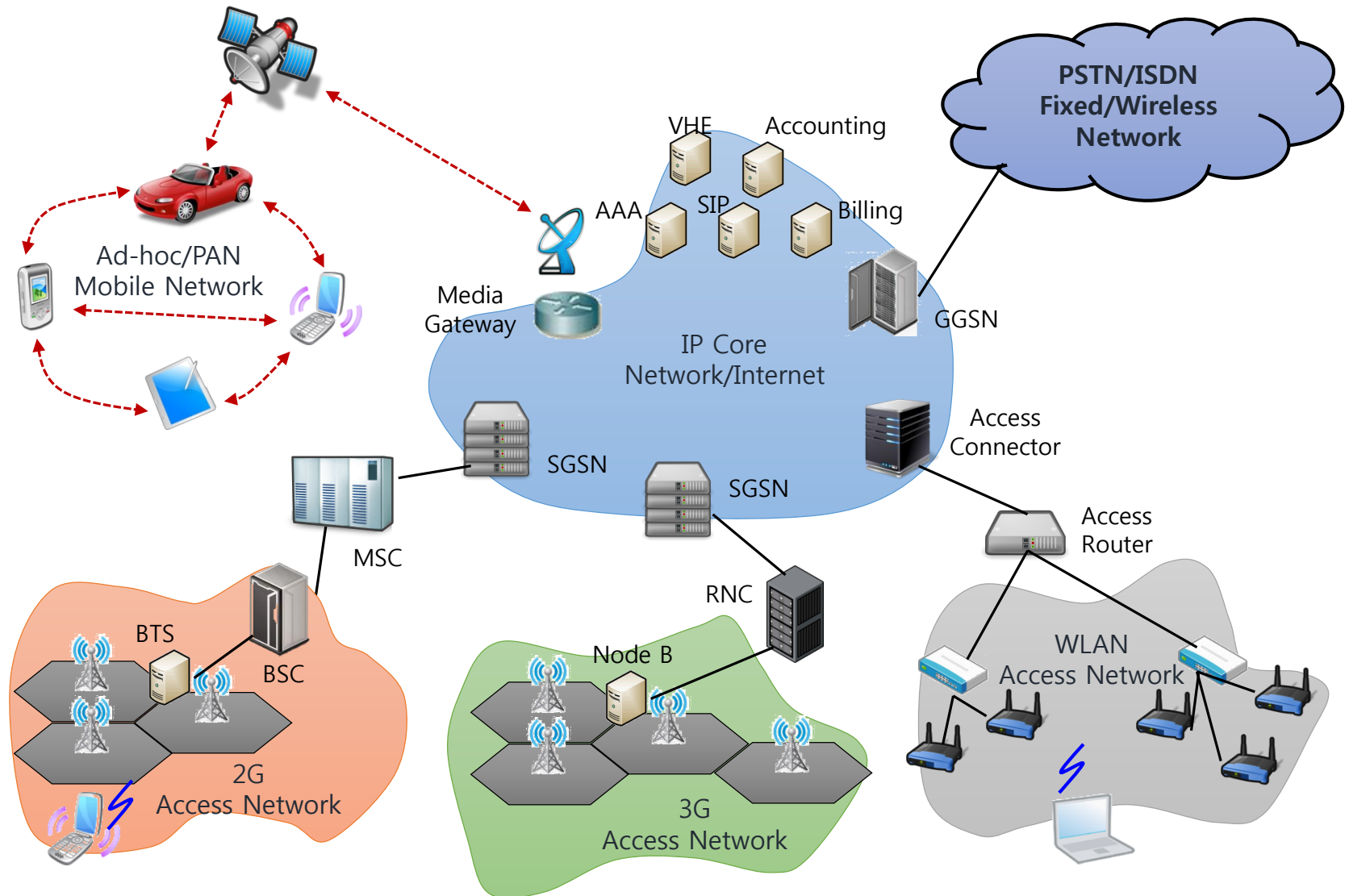
# Network Planes

## ❖ Network Planes

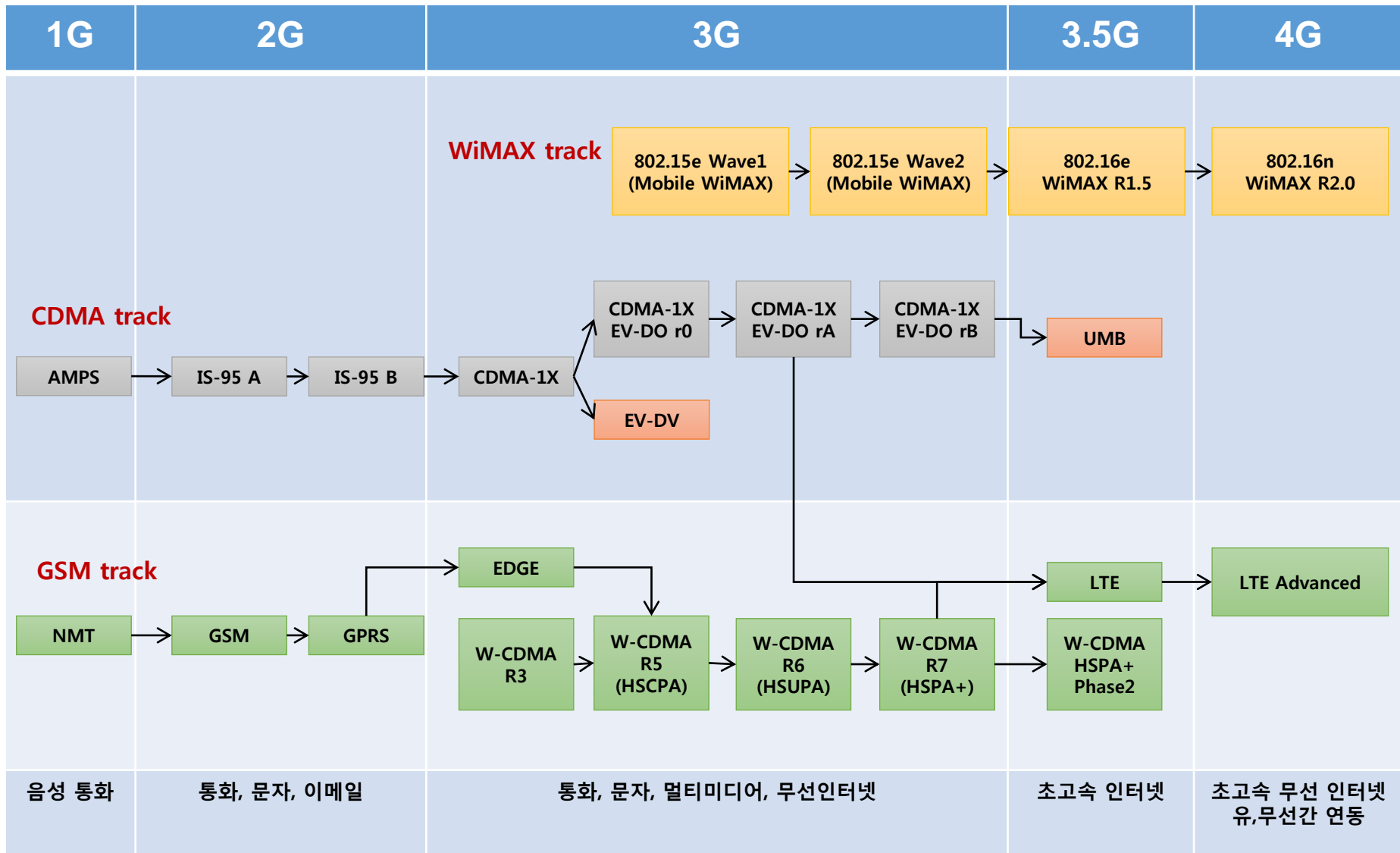
- Like PSTN, 2G mobile networks have one plane for voice circuits and another plane for signaling
- Some elements reside only in the signaling plane
  - ✓ HLR, VLR, SMS Center, ...



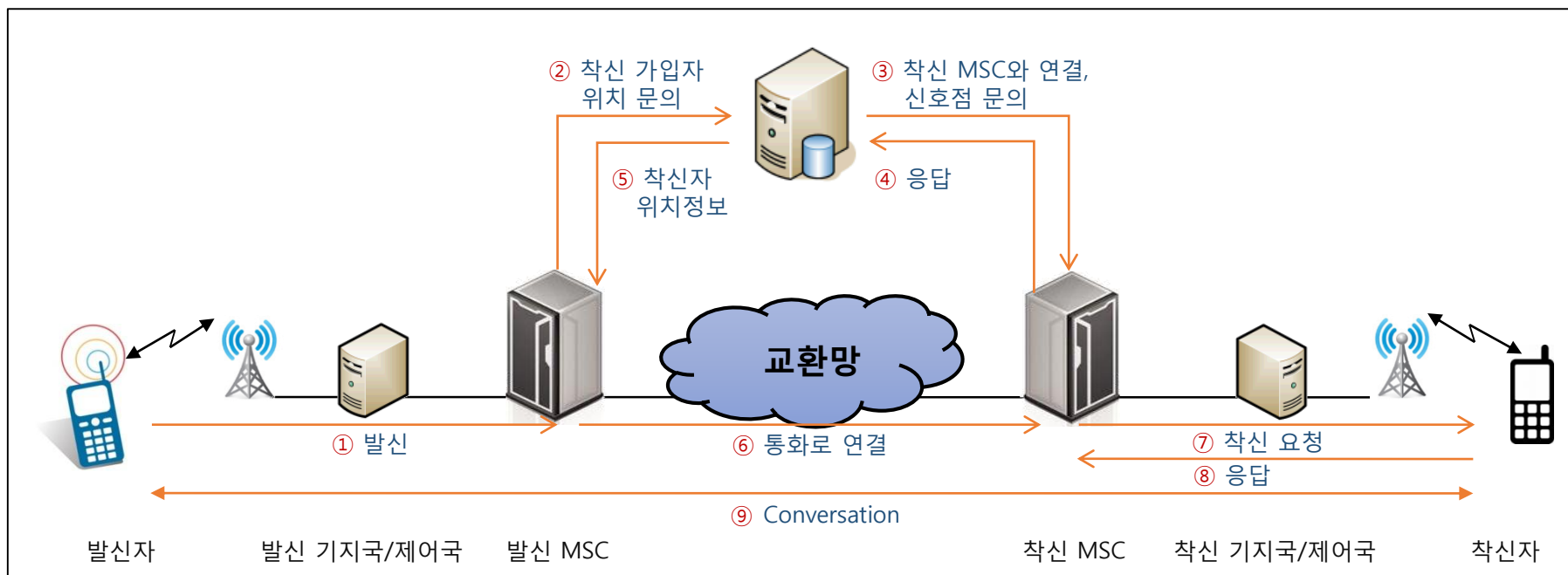
# The generic 4G mobile network architecture



# Network Evolution

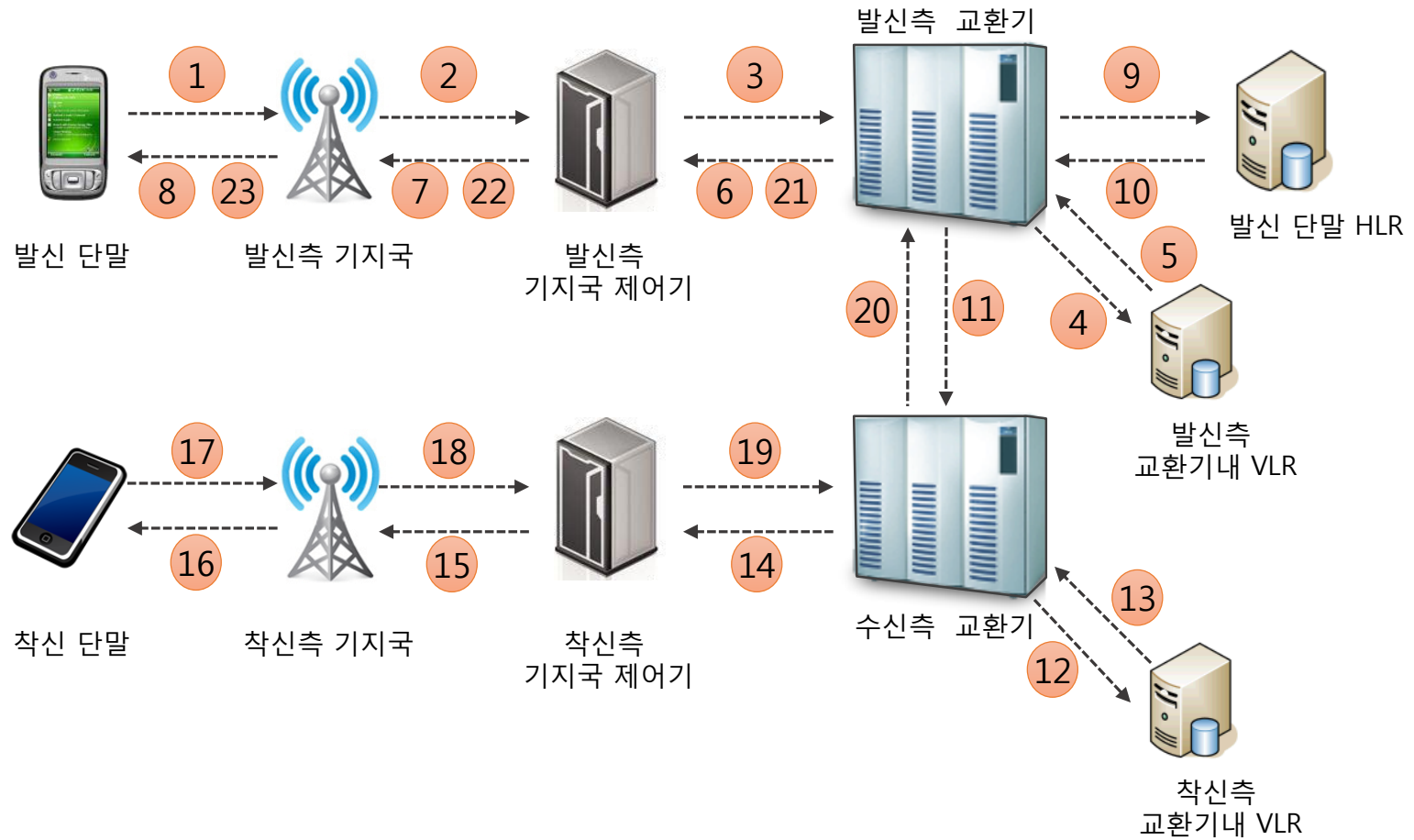


# Call Procedures (Basic)



1. 발신자가 착신자에게 전화를 건다.
2. 발신 MSC는 착신자의 전화번호를 보고, 착신 가입자의 위치 정보가 등록되어 있는 착신가입자의 HLR에 위치 요청  
\*휴대폰은 부팅시 지속적으로 자신의 HLR에 현재 위치(어느 기지국, 교환기 아래)를 등록
3. 착신 가입자 HLR은 착신자의 마지막 위치가 등록된 MSC에게 연결 신호를 요청  
\*\* 발신 MSC와 착신 MSC간 통화 Path를 연결하는 신호점 정보 요청
4. 착신 MSC에서 신호점을 알려줌
5. 착신 HLR은 발신 MSC에게 착신 MSC와 연결 신호점으로 응답
6. 발신 MSC는 착신 MSC와 통화 Path 연결
7. 착신 MSC는 착신 가입자에게 전화를 받도록 무선 구간 연결 요청  
\*\*\* 무선 제어국에 요청
8. 무선 구간 연결 응답
9. 통화 시작

# Call Procedures Case 1 : MS-MS (1/2)

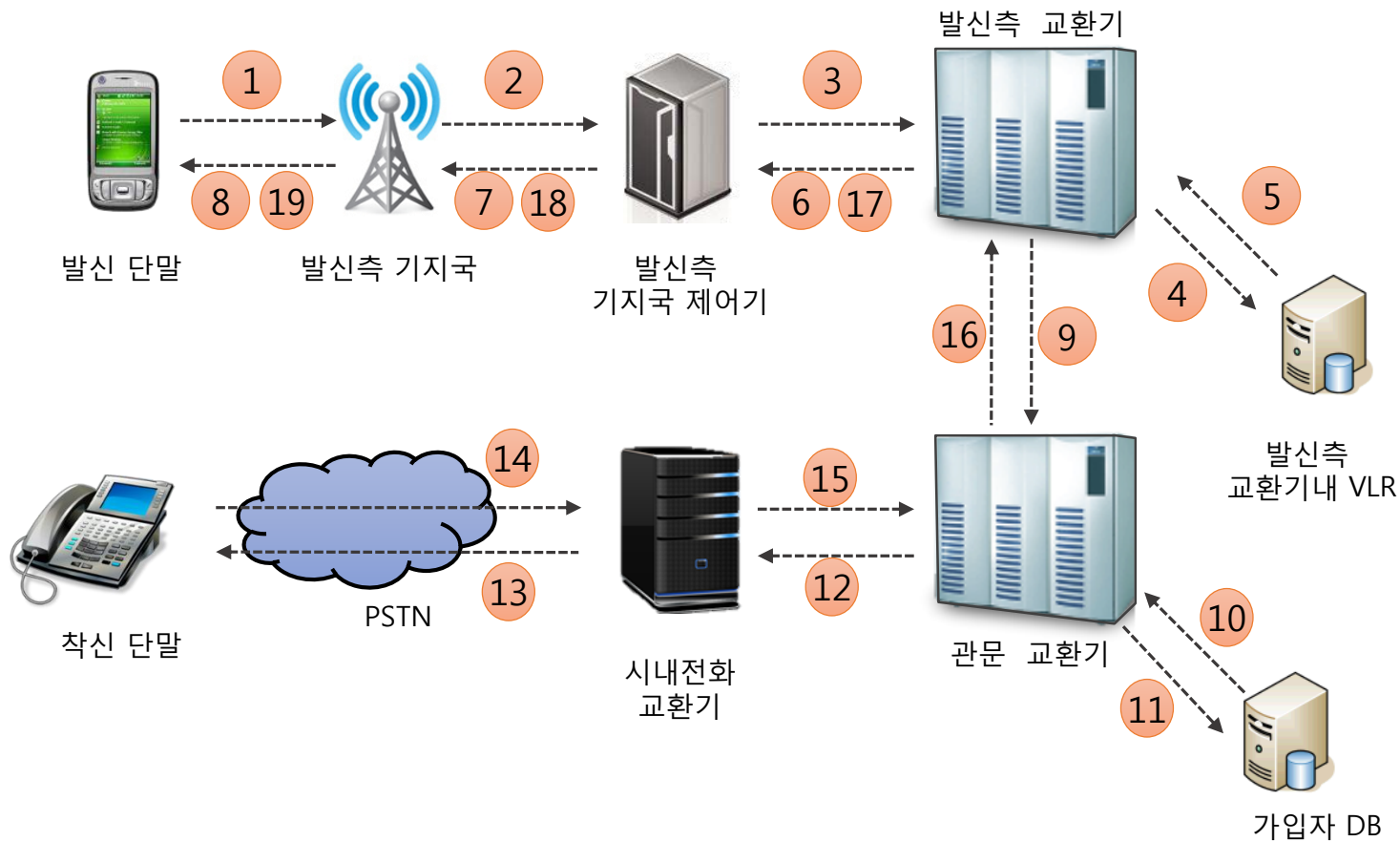




# Call Procedures Case 1 : MS-MS (2/2)

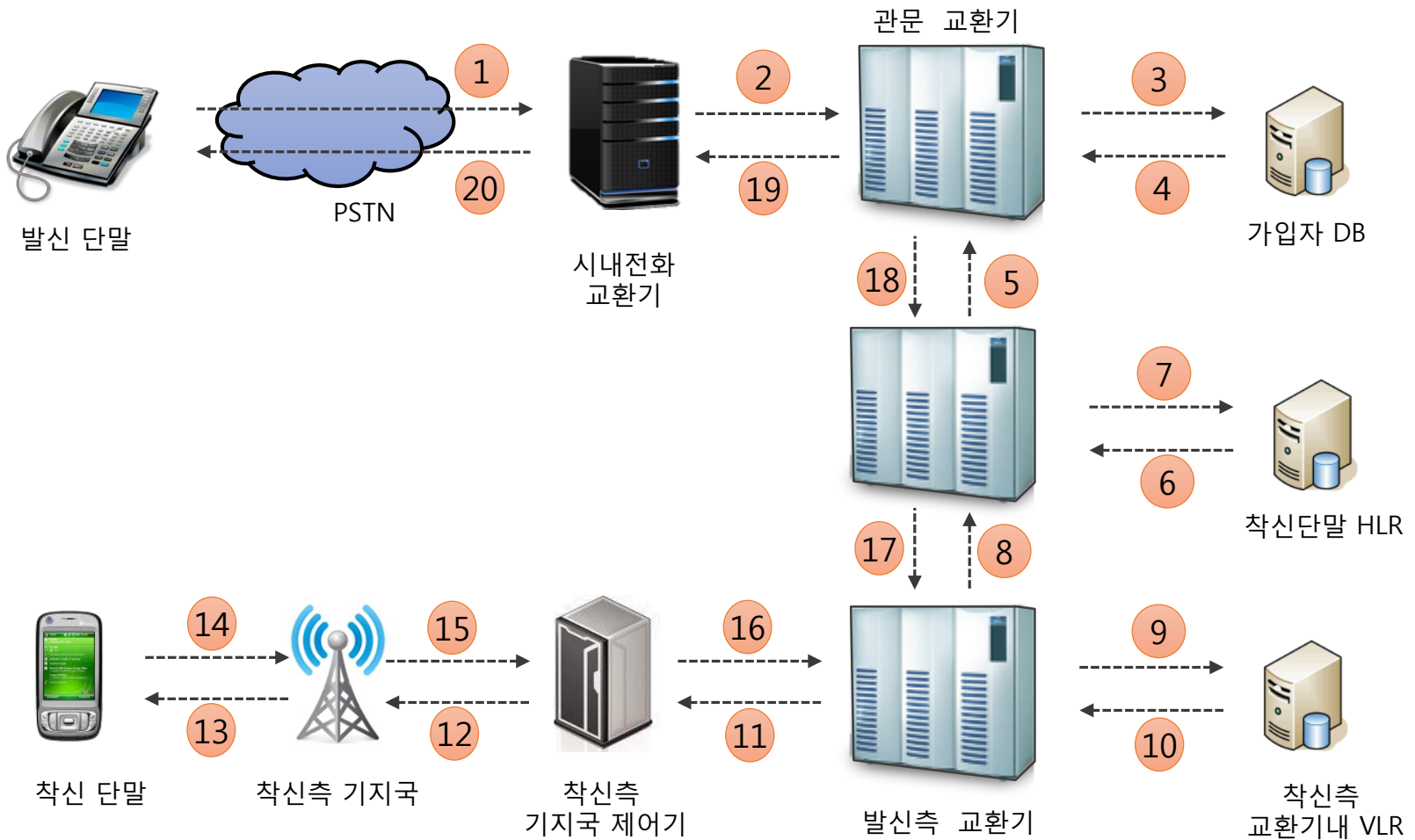
1. 발신자가 이동 단말에 통화를 요청할 착신자의 번호를 입력 후 통화 버튼을 누름
2. 발신측 기지국은 이동 단말로부터 무선 신호를 인지하고, 디지털 신호로 변환 후 발신측 기지국 제어기로 전달
3. 발신측 기지국 제어기는 착신 이동전화 번호를 포함한 통화 요청 정보를 발신측 교환기로 전달
4. 발신측 교환기는 발신 단말에 대한 부가 정보(예, 발신 금지 여부, 인증 정보 등)를 요청
5. 발신측 교환기내의 VLR은 발신측 단말에 대한 부가정보를 제공
6. 발신 단말기에 대한 인증이 완료되면 발신측 교환기는 발신측 기지국 제어기에 통화를 위한 무선 채널 할당 요구
7. 발신측 기지국 제어기는 통신에 사용할 무선 채널 할당을 결정하고, 기지국에 무선채널 설정을 요구
8. 발신측 기지국은 발신단말에 대한 통화용 무선채널을 설정
9. 발신측 교환기는 착신측 이동단말이 등록되어 있는 착신단말 HLR에 착신단말의 정보를 요청
10. 착신단말 HLR은 착신단말이 위치하고 있는 교환기 정보를 포함한 착신 단말 관련 정보를 발신측 교환기에 전달
11. 발신측 교환기는 착신측 교환기에 착신이동단말의 번호를 통지하여, 호의 연결을 요구
12. 착신측 교환기는 착신측 교환내의 VLR에 착신측 이동전화에 대한 위치정보 및 착신과 관련된 정보 요청
13. 착신측 교환기내의 VLR은 착신 이동단말과 관련된 정보를 착신측 교환기에 통지
14. 착신측 교환기는 착신 이동 단말의 위치정보를 이용 착신측 제어기로 착신단말에 대한 호 설정을 위한 페이징 요청
15. 기지국 제어기는 착신단말과의 호 연결을 위한 페이징 메시지를 착신측 기지국으로 전달
16. 착신측 기지국은 무선 채널을 통해 이동단말을 호출
17. 착신측 이동단말은 신호의 강도가 가장 우수한 기지국에 대해 호 응답 신호를 전송
18. 착신측 기지국은 기지국 제어기로 응답신호를 전송
19. 응답신호를 수신한 착신측 기지국 제어기는 착신측 교환기로 호 응답 사실을 통지
20. 착신측 교환기는 착신측 이동전화 시스템에 대해 무선 채널 할당 지시하여 무선 채널 설정과 동시에 발신측 교환기로 이동단말이 응답하여 통화를 개시할 수 있음을 통지
21. 착신측 교환기로부터 통화개시 요청을 받은 발신측 교환기는 발신 단말에 대해 통화 개시 통지. 링백톤 송출 중지
22. 발신측 기지국 제어기는 발신측 기지국으로 통화개시를 위한 신호 전송을 요청
23. 이동 단말은 호 설정이 완료되었음을 인지하고, 통화사태로 전환함으로써 음성 통화 시작

## Call Procedures Case 2 : MS-Phone (1/2)



# Call Procedures Case 2 : MS-Phone (2/2)

1. 발신자가 이동 단말에 통화를 요청할 착신자의 유선전화 번호를 입력하고 통화버튼을 누른다.
2. 발신측 기지국은 이동단말로부터 무선신호를 인지하고, 디지털 신호로 변환하여 발신측 기지국 제어기로 전달
3. 발신측 기지국 제어기는 착신 이동전화 번호를 포함한 통화요청 정보를 발신측 교환기로 전달한다.
4. 발신측 교환기는 발신단말에 부가정보(발신금지 여부, 인증 정보 등)를 발신측 교환기내의 VLR로 요청한다.
5. VLR은 발신측 단말에 대한 부가정보를 제공한다.
6. 발신 단말기에 대한 인증이 완료되면 발신측 교환기는 발신측 기지국 제어기에 통화를 위한 무선채널 할당을 요구
7. 발신측 기지국 제어기는 통화에 사용할 무선채널을 결정하고, 기지국에 무선채널 설정을 요구
8. 발신측 기지국은 발신 단말에 대한 통화용 무선채널을 설정
9. 발신측 교환기는 유선전화의 관문 교환기(시외 교환기)에 착신번호를 통지하여 호 연결을 요구
10. 관문 교환기는 가입자 DB에 착신 번호에 대한 유효성 검증을 요청
11. 가입자 DB는 착신번호에 대한 가입자 유효성, 가입자 서비스 종류, 위치 정보 등을 제공
12. 착신측 관문 교환기는 해당 시내 교환기로 호출 신호를 전달
13. 시내 교환기는 전화선을 통해 통화요청이 있음을 알리는 호출 신호를 전달한다. (PSTN 망)
14. 착신자가 전화를 받으면 시내 교환기는 수신자의 응답 사실을 인지 (PSTN 망)
15. 시내 교환기는 관문 교환기 (시외 교환기)로 수신자의 응답으로 통화가 가능함을 알린다.
16. 관문 교환기는 이동전화의 발신측 교환기로 통화가 가능하다는 사실을 통보한다.
17. 통화 개시 요청을 받은 이동전화 교환기는 발신 단말에 대해 통화 개시를 통지한다.
18. 발신측 기지국 제어기는 발신측 기지국으로 통화개시를 위한 신호 전송을 요청한다.
19. 이동단말은 호 설정이 완료되었음을 인지하고, 통화 상태로 전환함으로써 음성 통화를 시작

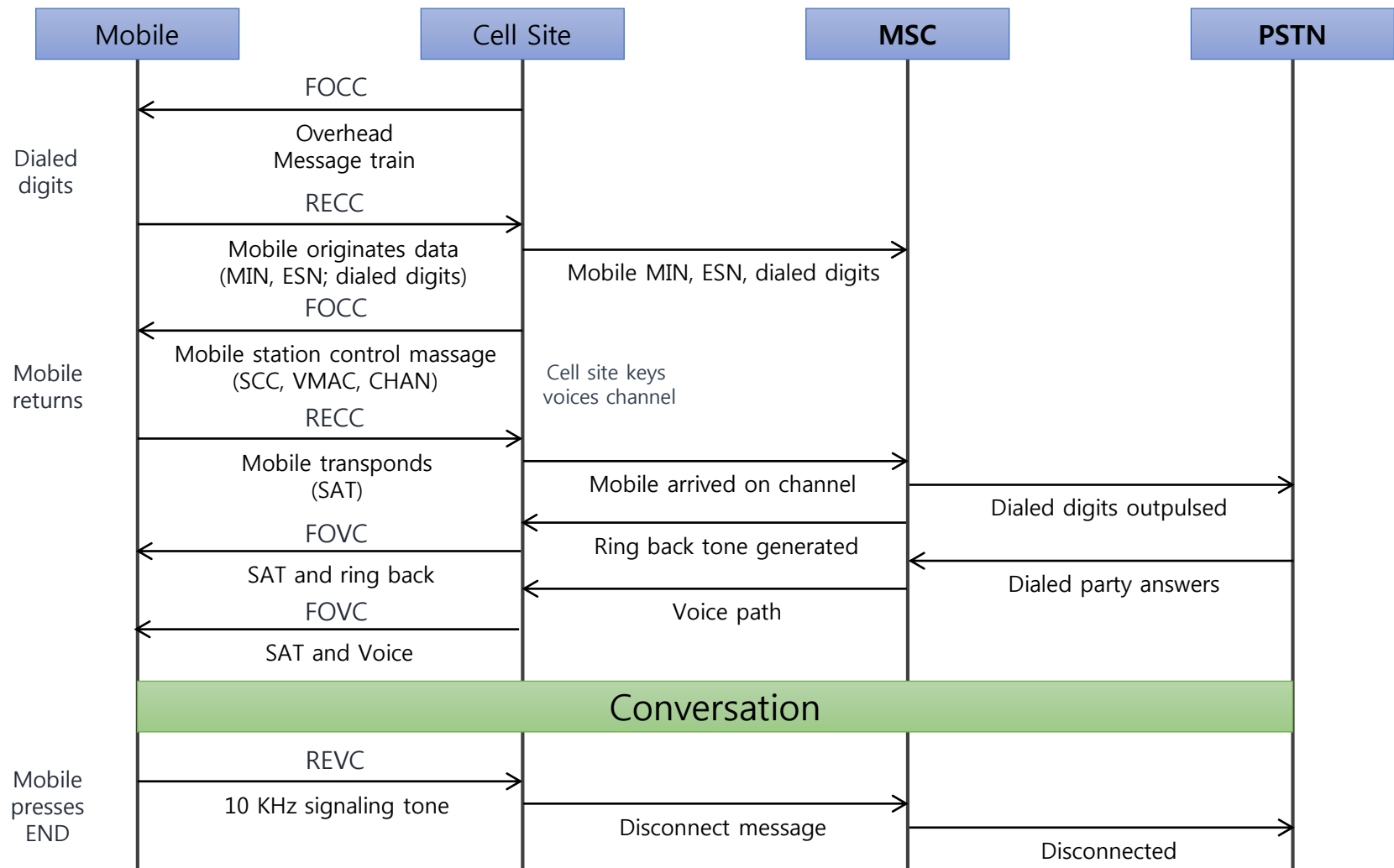


# Call Procedures Case 3 : Phone-MS (2/2)

1. 유선전화 사용자는 통화를 요청할 착신자의 이동전화 번호를 입력한다.
2. 유선전화로부터 신호를 수신한 시내교환기는 이동전화 번호의 번호에 따라 관문 교환기(시외교환기)로 신호를 전달
3. 시외 교환기는 발신자에 대한 유효성과 서비스 종류 등에 대한 정보를 가입자 DB에 요청
4. 가입자 DB는 해당 정보를 시외 교환기로 통지
5. 시외 교환기는 이동전화의 관문 교환기로 호 연결을 위한 착신 이동전화로 요청
6. 이동전화 관문 교환기는 착신 이동단말의 hlr로 착신 이동단말에 대한 위치 정보를 요청
7. 착신이동 단말의 HLR의 이동단말이 위치한 교환기에 대한 연결 정보를 포함한 위치 정보를 통지
8. 이동전화 관문 교환기는 착신 이동전화 교환기로 호 연결을 요청
9. 착신 이동전화 교환기는 호가 요청된 이동전화 번호에 대해 VLR로 착신관련 정보를 요청
10. VLR은 착신 이동 교환기로 이동단말에 대한 부가 정보를 전송
11. 착신 교환기는 착신 이동단말의 위치 정보를 이용, 착신 기지국 제어기로 착신 단말에 대한 호 설정을 위한 페이징 요구
12. 착신 기지국 제어기는 착신 단말과의 호 연결을 위한 페이징 메시지를 착신 기지국으로 전달
13. 착신 기지국은 무선 채널을 통해 이동단말을 호출
14. 착신 이동단말은 신호의 강도가 가장 우수한 기지국에 대해 호 응답 신호를 전송
15. 착신 기지국은 기지국 제어기로 응답신호를 전송
16. 응답 신호를 수신한 착신 기지국 제어기는 착신 교환기로 호 응답 사실을 통지
17. 착신 교환기는 이동전화 관문 교환기로 호 연결 사실을 통지
18. 이동 전화 관문 교환기는 유선 전화의 시외 교환기로 호 연결 사실을 통지
19. 시외 유선전화 교환기는 시내 교환기로 호 연결 사실을 통지
20. 시내 교환기는 유선전화에 호 연결을 통지함으로써 음성 통화를 개시

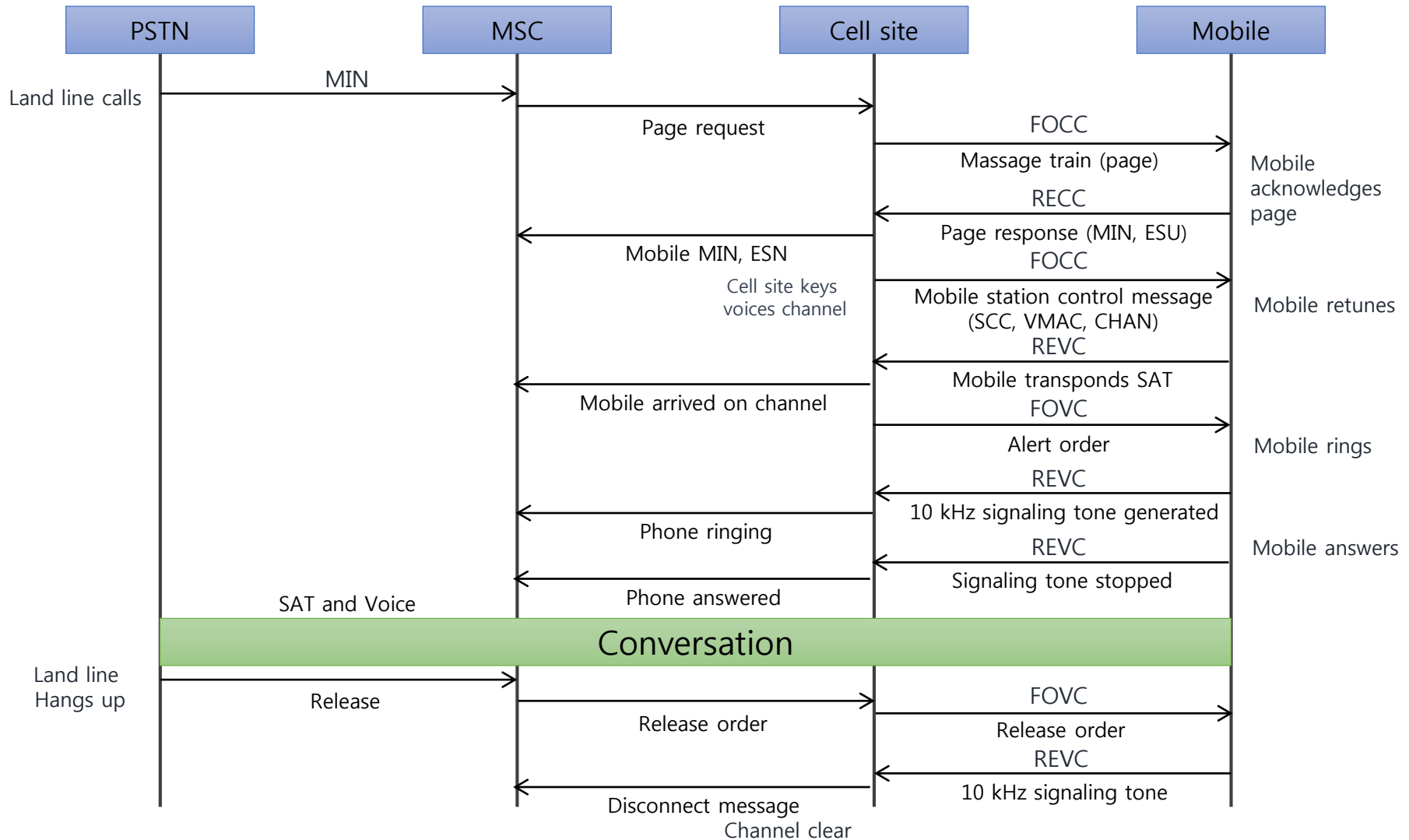
# Call Establishment Scenario 1

## ❖ Mobile to Network



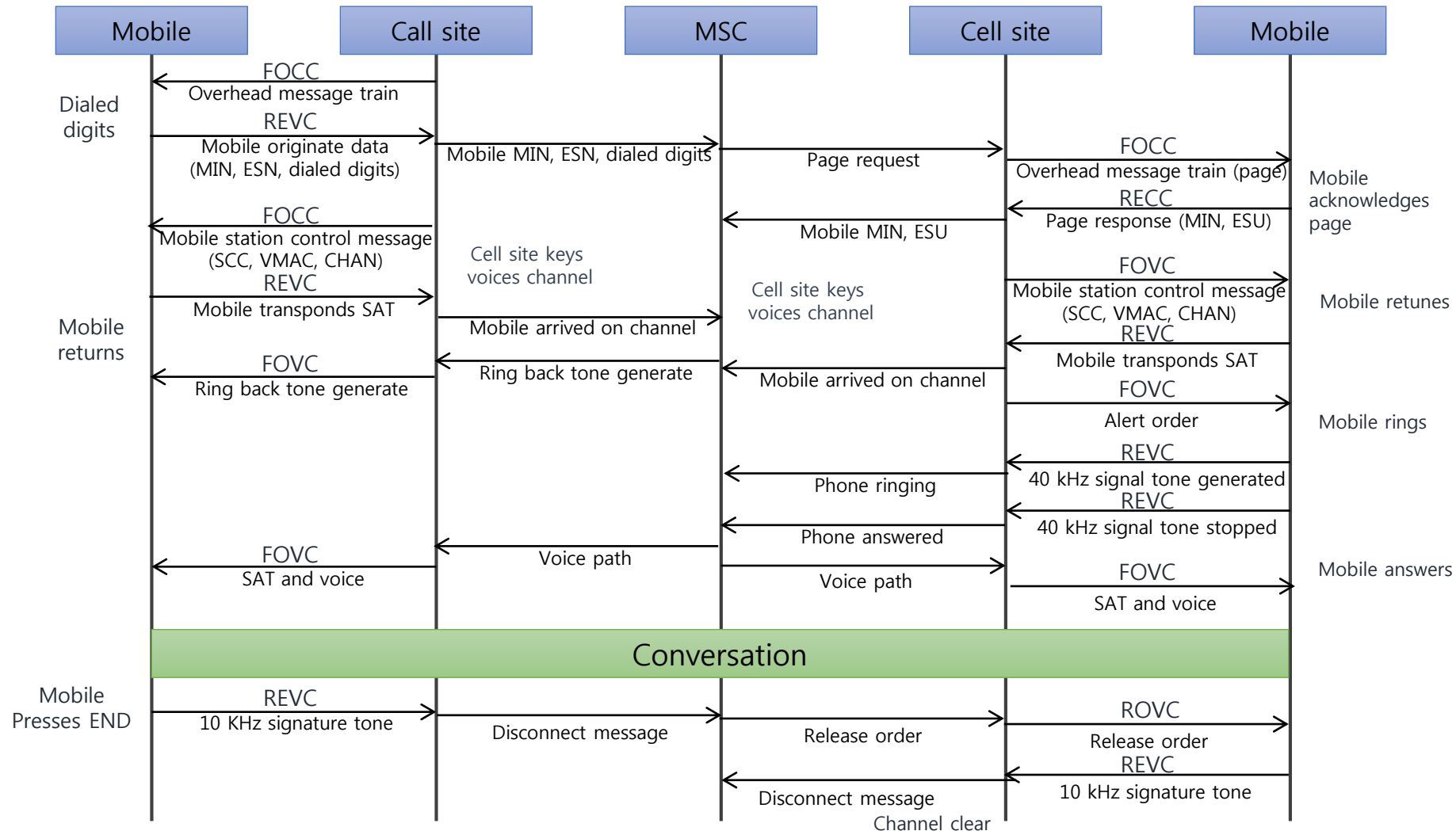
# Call Establishment Scenario 2

## ❖ Network to Mobile



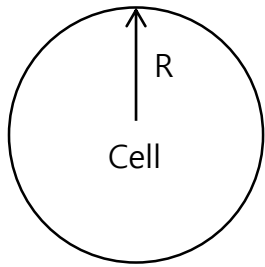
# Call Establishment Scenario 3

## ❖ Mobile to Mobile

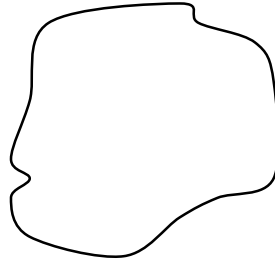




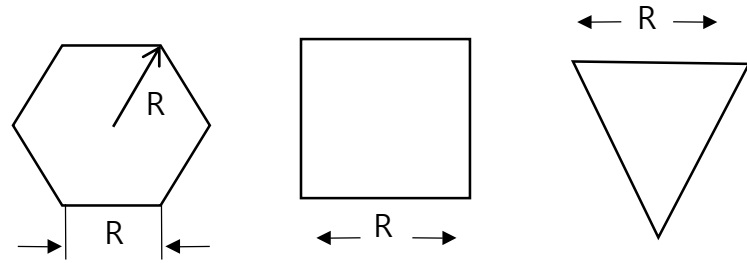
# Cell Shape



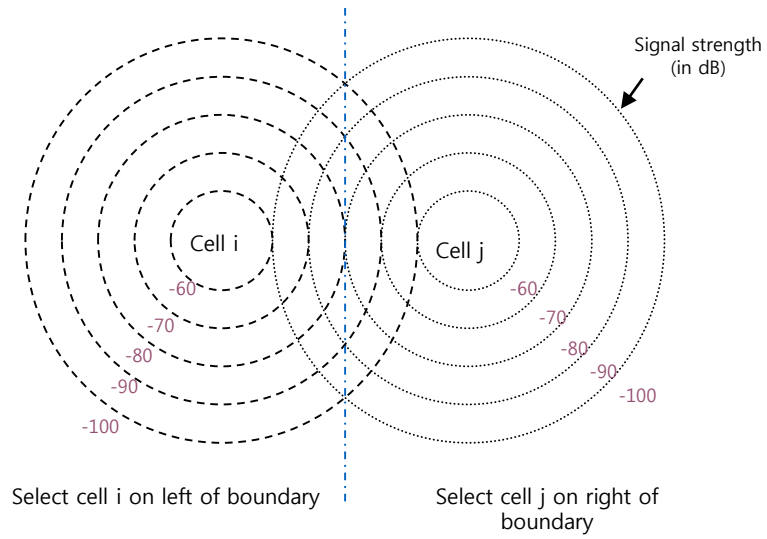
(a) Ideal cell



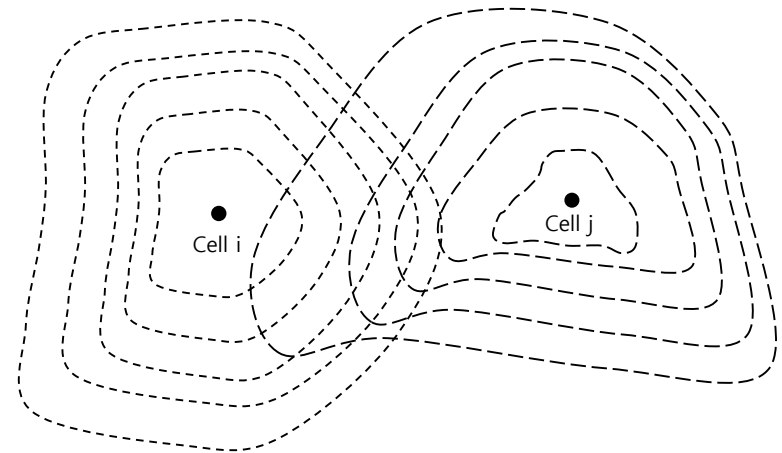
(b) Actual cell



(c) Different cell models



Ideal boundary



Real boundary

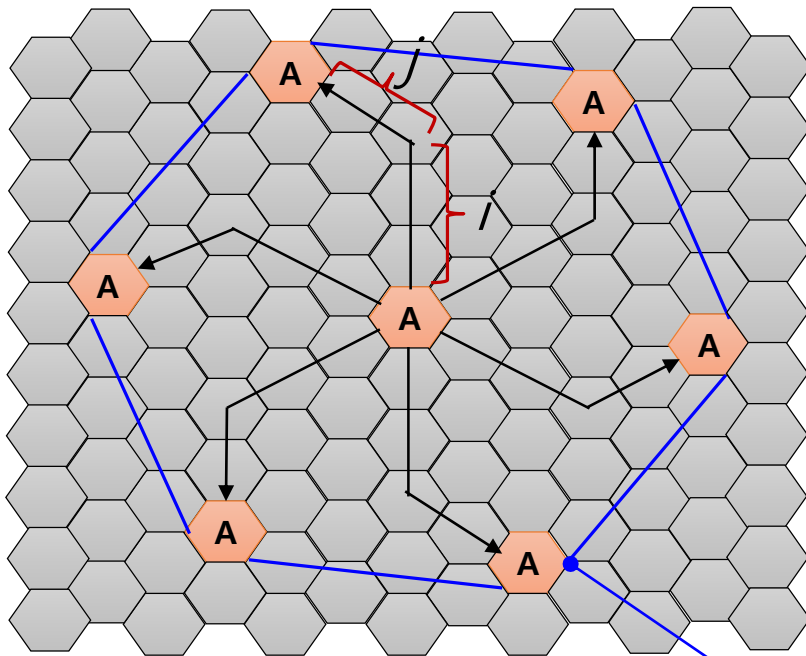
# Frequency Assignment

## ❖ Co-channel reuse distance (D)


- Determine the minimum distance at which a frequency can be reused with no interference

## ❖ Signal-to-interference ratio (C/I)

- An index of channel interference



Shift Parameter:  $i = 3, j = 2$

- Co-channel Cell 
  - Shift parameter :  $i$  and  $j$
  - Determined by two parameter  $i$  and  $j$
  - Number of cells in a reuse pattern is given by
$$N = i^2 + ij + j^2$$
  - Let,  $D$  = distance between two co-channel cells  
 $R$  = cell radius
  - Co-channel reuse ratio is  $\sqrt{D/R} = 3N$  for hexagons

This repeating pattern is called a "frequency reuse pattern"

# Channel Assignment (CA) Problem

## ❖ Why Channel Reuse ?

- Limited number of frequency spectrum
  - ✓ Remarkable growth of mobile communication users

## ❖ Frequency Reuse

- Use same carrier frequency or channel at different areas (cells) avoiding co-channel interference

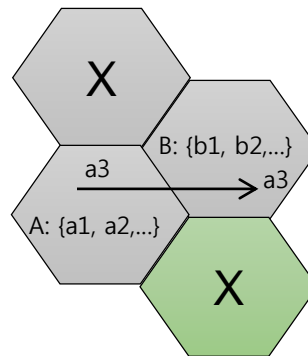
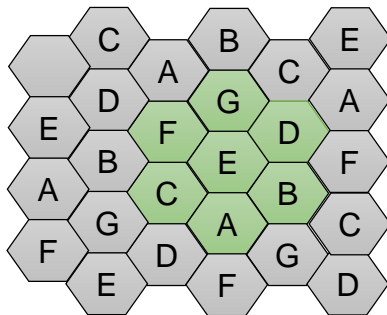
## ❖ Channel Assignment

- Given a set of channels (F) and a set of base stations (B) in the coverage area
- **Goal** : Determine an assignment of channel(s) to base stations such that frequency reuse is maximized
- 3 Type of Assignment
  - ✓ Fixed Channel Assignment (FCA)
  - ✓ Dynamic Channel Assignment (DCA)
  - ✓ Hybrid Channel Assignment (HCA)

# Fixed Channel Assignment (FCA)

## ❖ Features

- Permanently assign a fixed set of channels to each cell and reuse them in the co-channel cells
- A user is assigned an unoccupied channel on demand, which is relinquishes after the call is over
- If the number of calls exceeds the channel set for a cell, the excess calls are blocked
- To maximize reuse of the available frequency channels, various graph coloring techniques have been proposed
- Static channel assignment schemes perform well under heavy traffic conditions
- Does not solve "hot spot" problem



### ▪ Borrowing:

Channel  $a_3$  is borrowed by B from A.

Cells marked X are prohibited from using  $a_3$

# Dynamic Channel Assignment (DCA)

## ❖ Features

- No cell has a proprietary set of channels.
- Channels are allocated to a user on demand from a central pool on the basis of a cost function
- DCA Types
  - ✓ Random DCA
    - Randomly assign an available channel → poor channel utilization
  - ✓ Channel Ordering
    - A cell can use any channel, but each has a different ordering. Select a channel with the highest priority for the cell
  - ✓ Weighted Carrier Ordering
    - Each cell develops "favorite" channels from past experience. Adapts faster to traffic changes than DCA-CO, but needs more time to search for the highest priority channel

# Hybrid Channel Assignment (HCA)

## ❖ Features

- A set of permanent channels is allocated to each cell. When there is a channel storage in a cell, channels are assigned from a set of flexible channels according to a dynamic assignment strategy
- Flexible channels can be distributed among cells in a *scheduled* or *predictive* manner
- *Scheduled* distribution assumes knowledge of future changes in traffic distribution, while *predictive* scheme continuously monitors the traffic in each cell so that flexible channel reallocation can be done at any time

# Comparison of CA Strategies

## ❖ Fixed CA (FCA)

- Not flexible, poor utilization
- High blocking for non-uniform traffic
- Low computational cost

## ❖ Dynamic CA (DCA)

- High computational cost
- High utilization of channels
- More capacity allocated to "hot cells"

Static	Dynamic	Hybrid
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Basic Fixed</li><li>▪ Simple Borrowing</li><li>▪ Flexible Borrowing</li><li>▪ Borrowing with channel ordering</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Random</li><li>▪ Channel Ordering</li><li>▪ Weighted Carrier Ordering</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Scheduled</li><li>▪ Predictive</li></ul>

# Capacity Improvement and Interference Reduction

## ❖ Facts

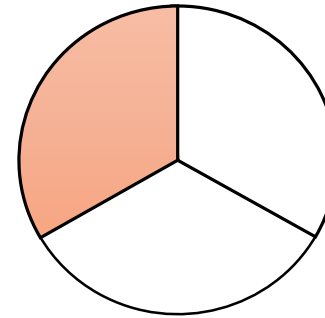
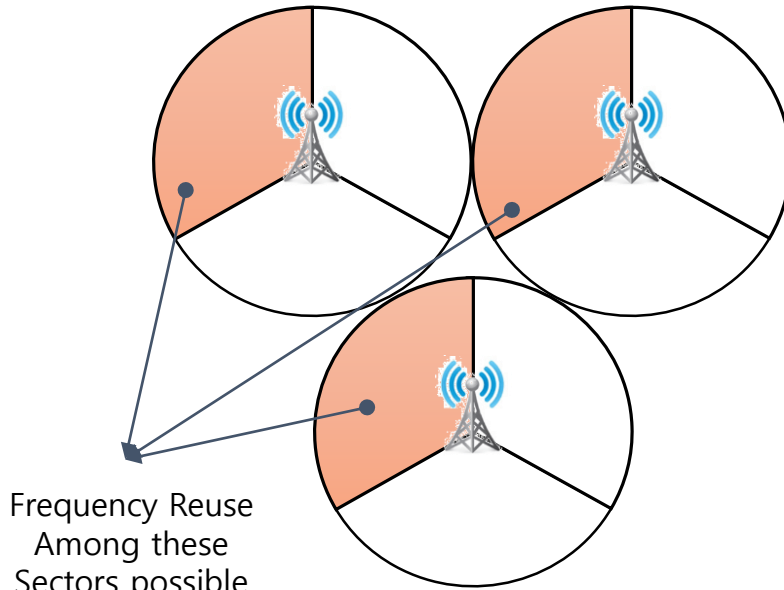
- There is a close correspondence between the network **capacity** (expressed by  $N$ ) and the **interference** conditions (expressed by  $C/I$ )
- There is a trade-off between bandwidth and coverage area, transceivers with lower range can cover higher bandwidths

## ❖ 3 Type of Technique

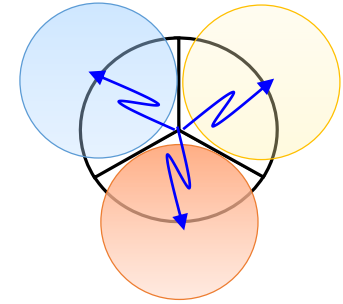
- ✓ **Cell sectoring**
- ✓ **Cell splitting**
- ✓ **Cell sizing** (Micro-cellular/Pico-cellular Systems)



# Cell Sectoring

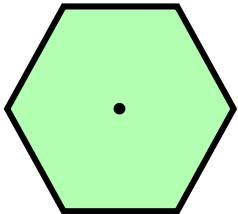


WRONG

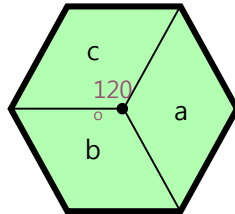


RIGHT

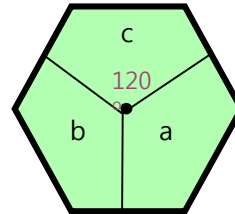
## ❖ Cell Sectoring by Antenna Design



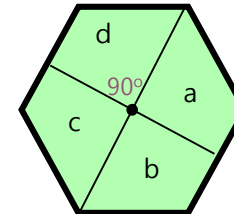
(a). Omni



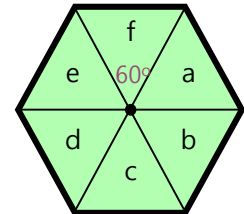
(b). 120° sector



(c). 120° sector (alternate)

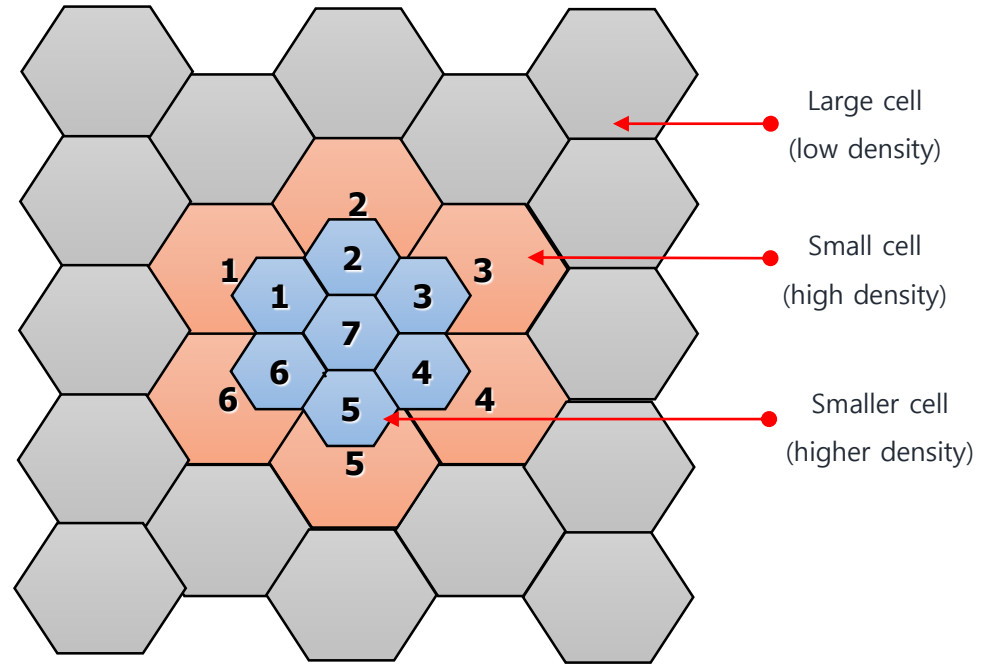
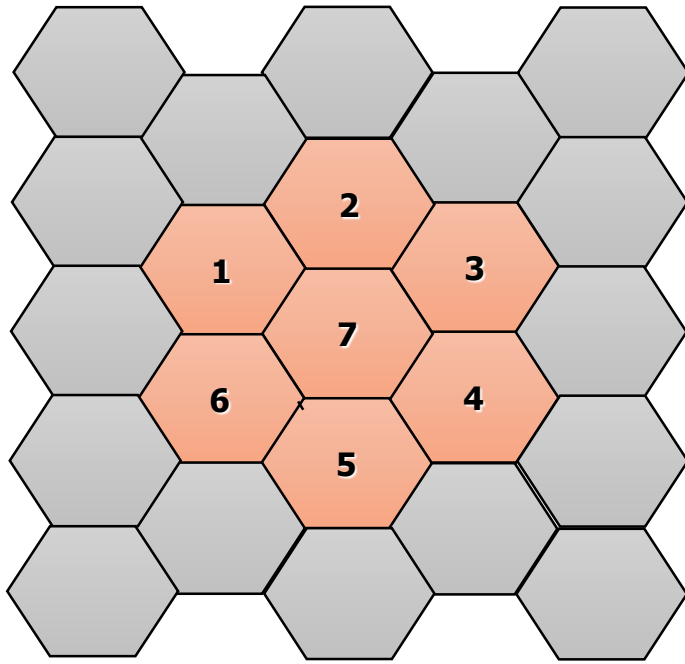


(d). 90° sector



(e). 60° sector

# Cell Splitting



- Advantages :

- ✓ more capacity, only local redesign of the system

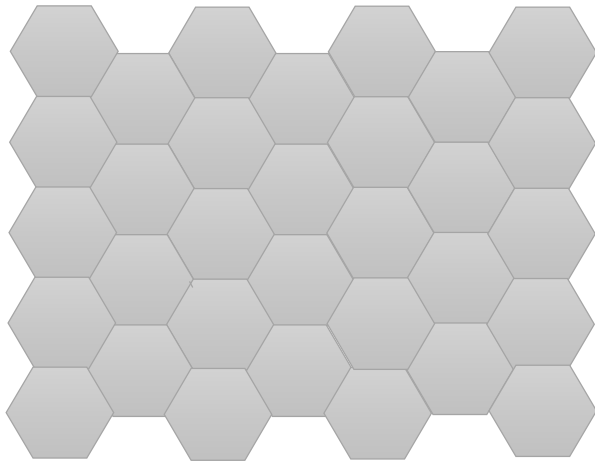
- Disadvantages :

- ✓ more hand-offs, increased interference levels, more infrastructures

# Cell Sizing

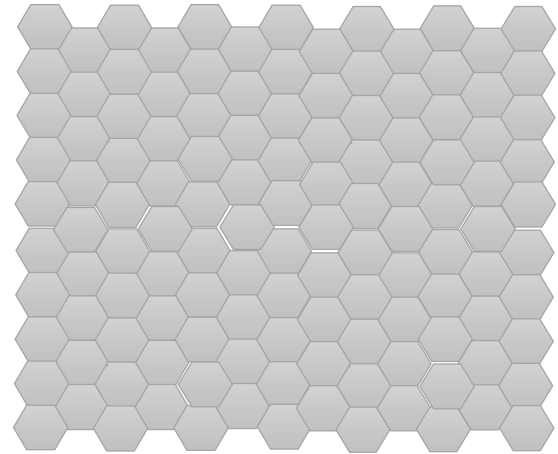
## Case 1:

- Cell radius = 1 mile
- Number of cells = 32
- Number of channels = 336
- Reuse factor = 7
  - 48 channels per cell
  - 1536 concurrent calls



## Case 2:

- Cell radius = 0.5 mile ( $\alpha = 0.5$ )
- Number of cells = 128
- Number of channels = 336
- Reuse factor = 7
  - 48 channels per cell
  - 6144 concurrent calls



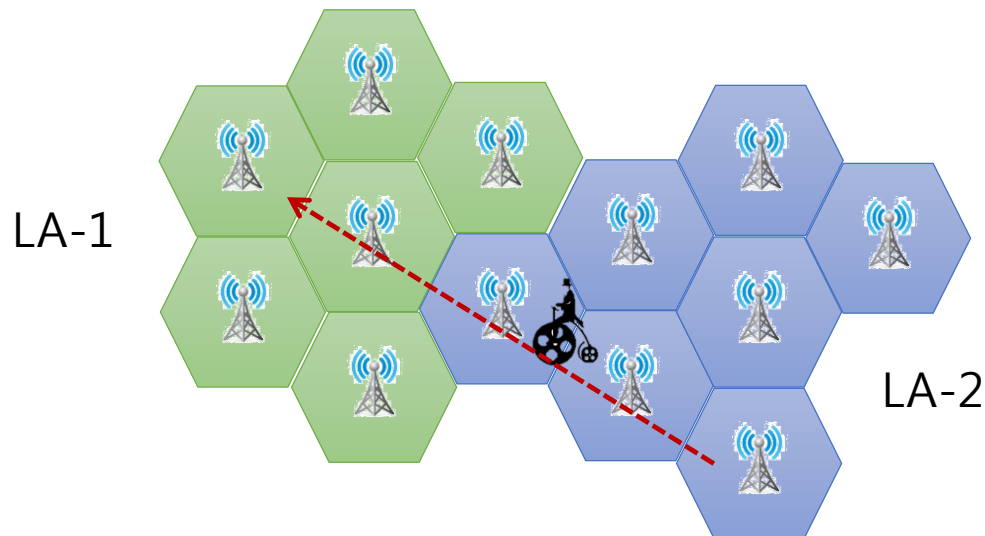
# Mobility Management

## ❖ In-session mobility management

- Move during an active call
- Hand-off management

## ❖ Out-of-session mobility management

- Move in standby mode
- Location management : Update (Registration) and Paging



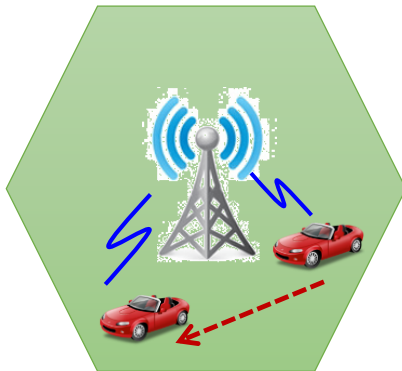
# Hand-off

## ❖ Hand-off = Handover

- Transfer of a MS from one cell to another
- Each BS constantly monitors the received power from each MS
- When power drops below given threshold
- BS asks neighbor station (with stronger received power) to pick up the MS, on a new channel

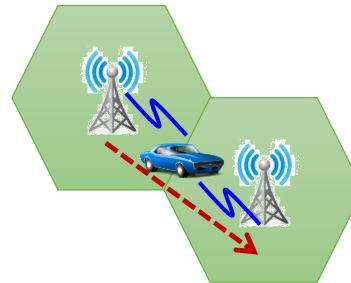
## ❖ Hand-off Types

Intra-Cell

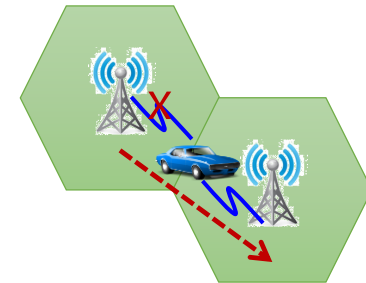


Inter-Cell

Soft Hand-off



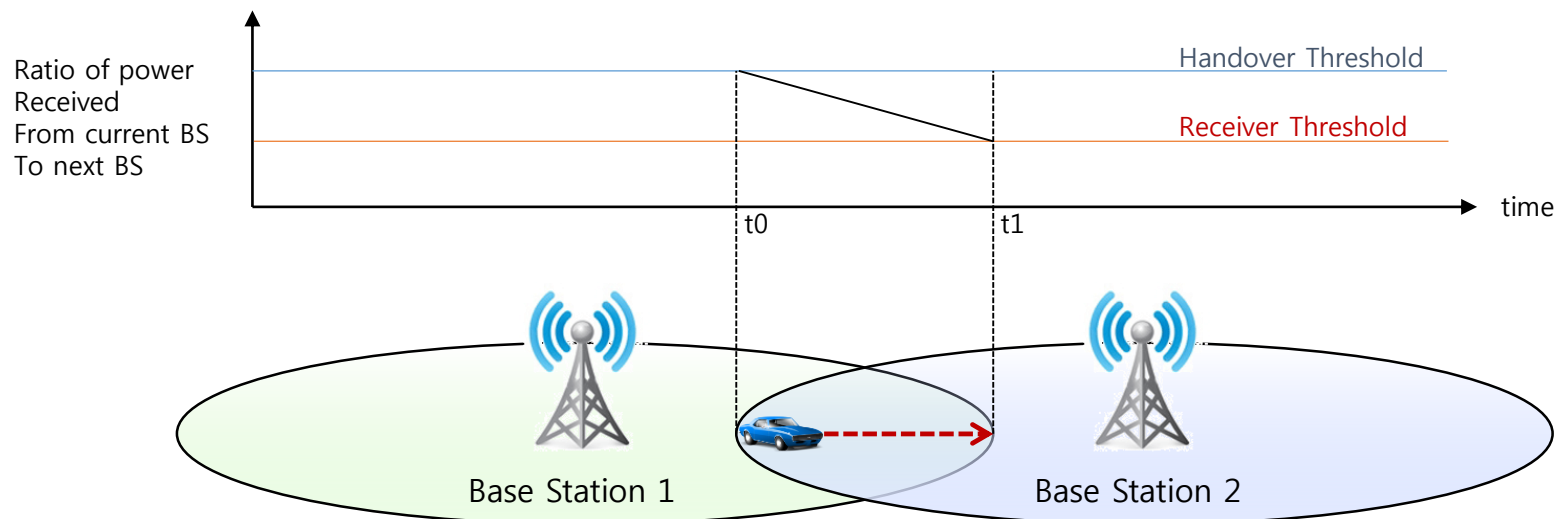
Hard Hand-off



# Hand-off Problem

## ❖ Hand-off is

- the process of switching from one frequency channel to another by the user in midst of a communication
- Normally induced by ...
  - ✓ Received Signal Strength (RSS)
  - ✓ Signal-to-Noise Ratio (SNR)
  - ✓ Bit Error Rate (BER)
- Triggered either by the BS or the mobile station
  - ✓ In GSM, MAHO (Mobile-Assisted HandOver)



# Appendix

# Registration

## ❖ 정의

- 이동단말이 현재의 무선망에 접속하여 접속을 허락 받고, 단말의 상태와 위치 정보 그리고 기타 다양한 단말의 정보를 무선망에 전달, 단말의 현재 위치를 등록

## ❖ 목적

- 무선망에게 단말의 현재 위치를 알려, 무선망은 단말로 가는 Call을 어느 지역에 Paging 할 것인지 결정토록 함

## ❖ 방법

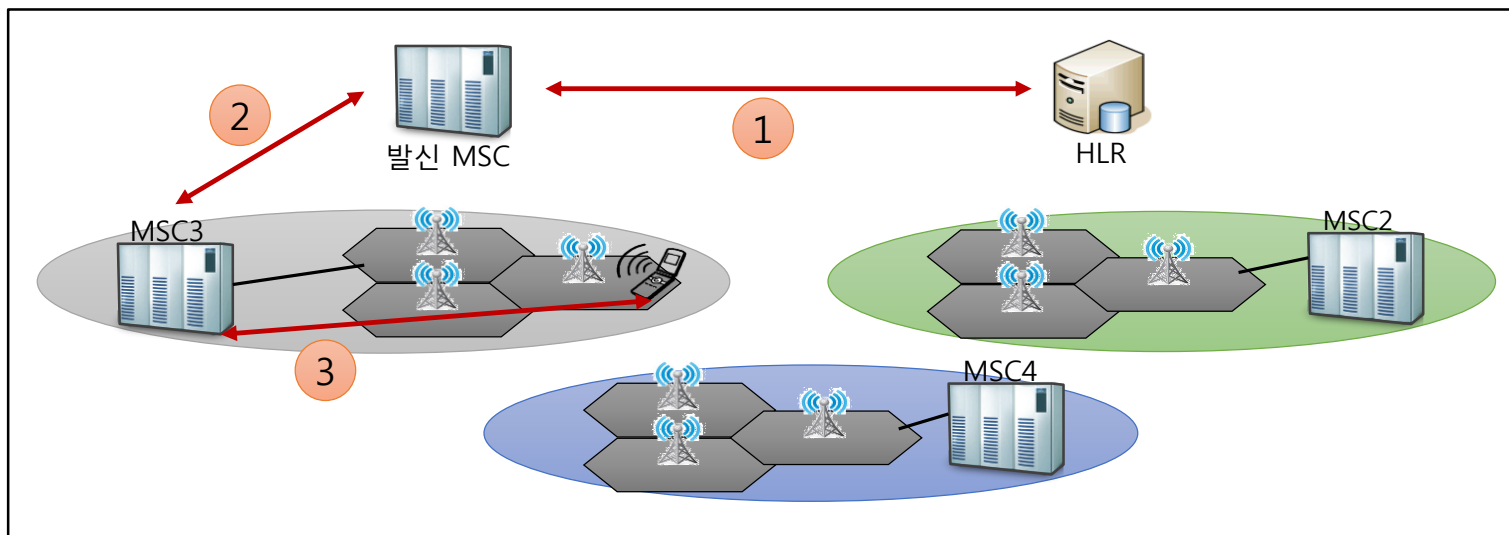
Power-up registration	사용자가 단말을 켤 경우, 단말이 무선 신호를 찾아 기지국에 등록
Power-down registration	사용자가 End 키를 눌러 단말의 전원을 끄는 경우, 기지국에 등록 (Paging 방지)
Timer-based registration	일정 시간이 지나면 단말이 등록하는 방식
Distance-based registration	단말이 일정 거리마다 등록하는 방식 (거리 = 등록 기지국과 이동 기지국 사이의 거리)
Zone-based registration	단말이 Zone을 이동 시에 등록하는 방식 (Zone = 동일 Paging 지역)
Parameter-change registration	단말이나 기지국의 파라미터가 바뀌면 등록
Ordered registration	기지국이 단말에게 직접 등록을 요청하는 경우 단말이 등록
Implicit registration	묵시적 등록, 단말을 켜고, 등록 전에 사용자가 전화를 하는 경우
Traffic Channel registration	단말이 기지국으로 트랙픽 채널을 할당 받을 때,
User Zone Registration	단말이 User zone을 이용하는 경우 특정 조건을 만족하는 경우 다른 User zone 으로



# Paging

## ❖ Paging

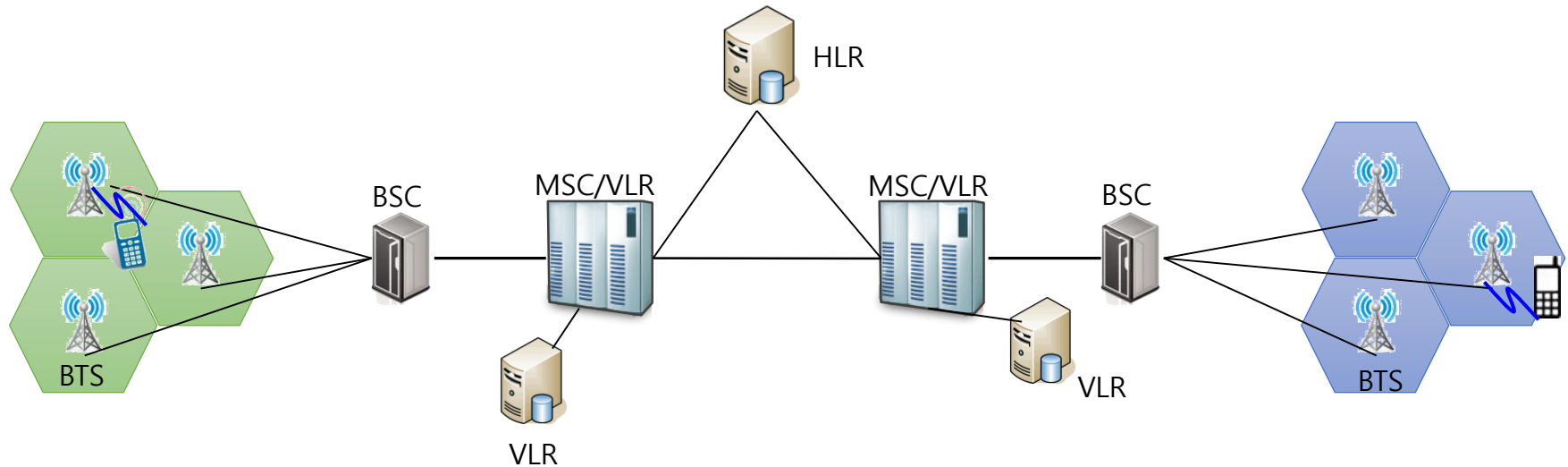
- 이동 단말기에 착신호가 발생하였을 때, 단말기가 있는 위치 구역의 기지국 제어장치를 통하여 단말기를 호출하는 것
- 페이징 구역 : 단말기가 가장 최근에 등록한 위치구역 (VLR에 저장)



## ● Flow

1. MSC에서 HLR로 착신 가입자의 위치 정보를 요청하고 착신 가입자의 MSC 정보(MSC3)를 받는다.
2. 발신 MSC에서는 착신 MSC로 통화로 설정 요청을 보낸다.
3. 착신 MSC는 착신 단말기 위치 영역의 모든 셀(또는 특정 셀)로 Paging을 요구하여 벨을 울린다.

# Paging Strategy



## ❖ HLR : Home Location Register

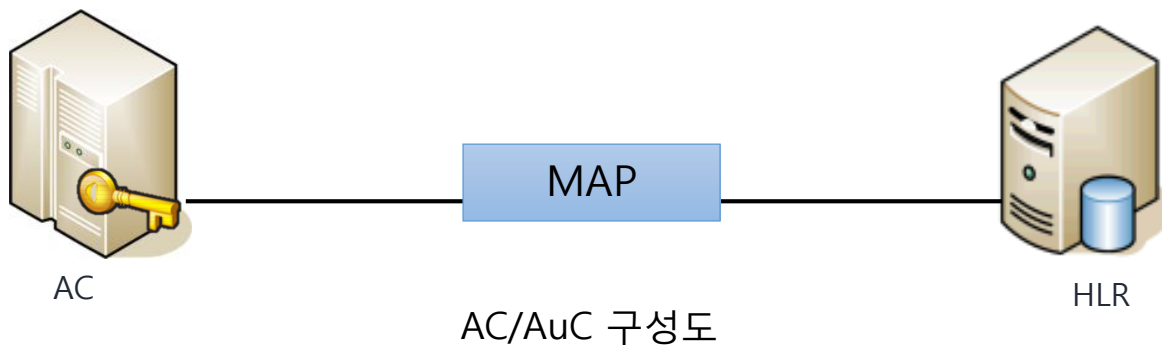
- Database used to route calls to the mobile stations
- Store IMSI (International Mobile Subscriber's identity), current VLR address, etc

## ❖ VLR : Visitor Location Register

- Contains current location of the mobile station
- A VLR is connected to one MSC

## ❖ AC (Authentication Center)

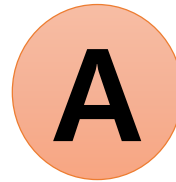
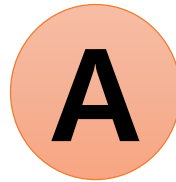
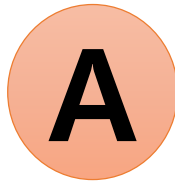
- ANSI-41 망 요소로써 인증 키와 알고리즘을 이용하여 가입자 인증과 무선상의 암호화를 제공하기 위한 시스템
  - ✓ 단말기 망 접속 시마다 정해진 횟수, 조건에 따라 생성한 인증키, 보유 알고리즘을 이용하여 인증 수행
  - ✓ 인증 결과를 분석하여 서비스 차단, 보안 정책 결정, 감사 실시
- 주요 기능
  - ✓ 불법 사용자 검출 및 해당 이력 관리
  - ✓ 사업자 서비스에 대한 신뢰성 및 망의 보안 확보



AC : Authentication center  
HLR : Home Location Register

# AAA

**Authentication (인증)**  
망 접근을 시도하는 가입자  
또는 단말의 Identity를 확인



**Accounting (과금)**  
사용 시간 및 패킷 수, QoS 정보,  
발신 위치 등 망 자원의 사용 정보와  
이력을 수집

**Authorization (권한)**  
가입자 DB와 연동하여,  
가입자나 단말에 허가된  
서비스와 QoS 등의 정보 제공

## 주요 기능

- ✓ 인증 요청 처리
- ✓ 과금 요청 처리
- ✓ 다양한 인증 성공/실패 Rule 적용
- ✓ 사용자 별 성공/실패 시 내려주는 Attribute 설정
- ✓ 다양한 방식의 Proxying 및 메시지 변환

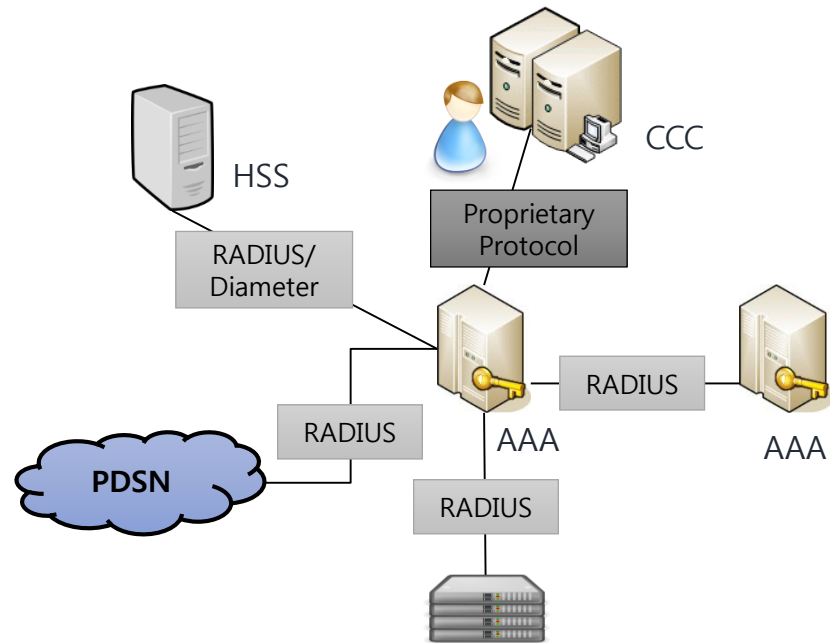
AAA : Authentication, Authorization, Accounting

PDSN : Packet Data Serving Node

HSS : Home Subscriber Server  
HLR + AuC 기능 수행

CCC : Customer Care Center

IWF : Inter-Working Function



AAA 구성도



**Thank You !**