

2020 IT 21

Global Conference

Digital New Deal
Technology Essentials
디지털 뉴딜 기술 핵심

Session 3-1

이동통신의 발전 – 1G to 5G

여운영 교수 (세종대학교)



[요약문]

1980년대 초반부터 시작된 상용 셀룰러 이동통신 기술은 대략 10년 주기로 급격한 기술의 발전을 거쳐 2019년에는 5G 서비스가 시작되었고 현재 5G 가입자는 국내 이동통신 가입자의 10%에 이르고 있다. 국내에서는 아직 2G 서비스가 종료되지 않았기 때문에 현재 우리나라에는 2세대부터 5세대 이동통신 시스템이 공존하고 있는 셈이다. 이동통신 서비스는 초기에 이동 중 전화 서비스를 제공하는 유선전화의 확장판으로 고안되었지만, 무선통신의 편리함과 기술의 발전으로 이제는 다양한 초고속 인터넷 서비스를 무선에서 즐길 수 있는 수준에 이르렀다. 전송속도의 경우, 1990년대 수십 kbps 수준에서 현재는 수십 Gbps 이상의 전송속도를 기대할 수 있기 때문에 전송속도에 구애받지 않는 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 네트워크 기반을 마련했다고 할 수 있다. 본 발표에서는 1세대부터 5세대에 이르는 이동통신 시스템의 전반적인 진화 과정을 세대별 차별성을 위주로 정리해본다. 더불어, 고속의 전송속도를 지원하는 핵심 무선기술의 기본 원리와 개념을 설명하고, 네트워크 구조 관점에서 전화망 기반의 이동통신 네트워크가 IP 기반 네트워크로 진화하는 과정도 함께 살펴본다.

[발표자 약력]

- 1996년 KAIST 전기및전자공학과 학사
 - 1998년 KAIST 전기및전자공학과 석사
 - 2005년 KAIST 전기및전자공학과 박사
 - 2000년 - 2003년 LG전자/정보통신 중앙연구소 선임연구원
 - 2005년 - 2007년 SK텔레콤 네트워크연구원 과장
 - 2007년 - 현재 세종대학교 전자정보통신공학과 교수
- 관심분야 : 4G/5G 네트워크, 차세대이동통신, 네트워크 다중접속기술과 스케줄링, IoT

이동통신의 발전 – 1G to 5G

여운영

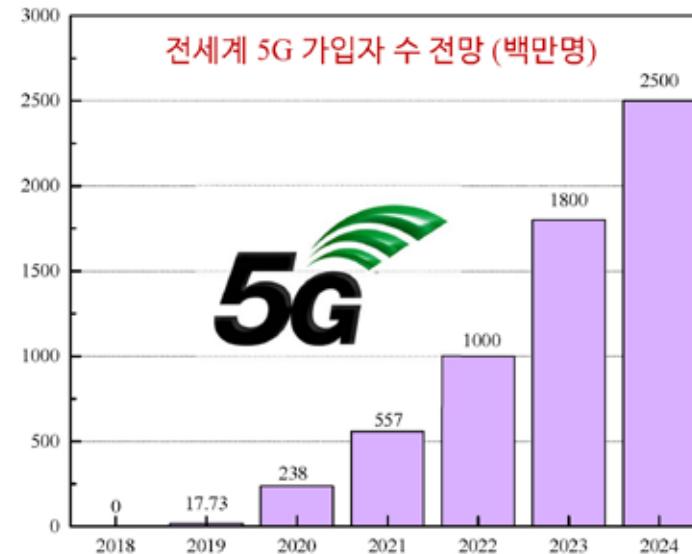
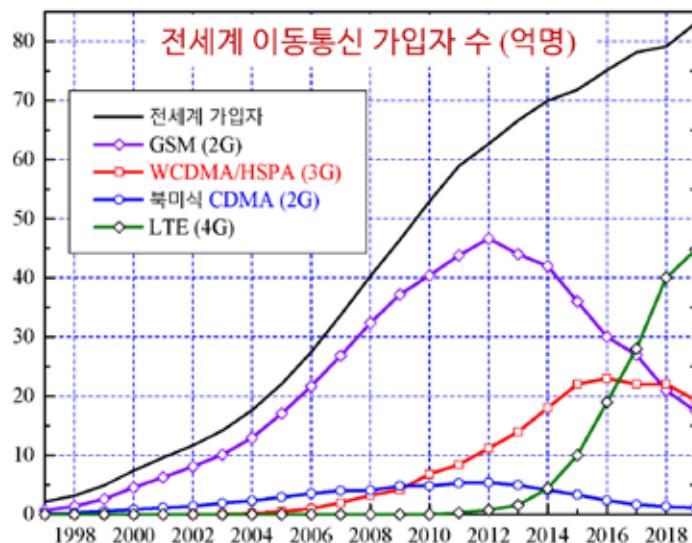
전자정보통신공학과
wyyeo@sejong.ac.kr



1

이동통신 가입자 동향

- 전세계 이동통신 가입자는 83억명 수준 (2019년 말 기준)
 - 2018년부터 LTE 가입자가 가장 비중이 높음 (45-53억명 사이로 추정)
 - 2020년부터 5G 가입자가 크게 증가할 전망
- 국내 이동통신 서비스 현황 – 총 6,980만명 (2020년 7월 기준)
 - 4G LTE (5,495만명, 78.7%), 5G (786만명, 11.3%), 3G (635만명, 9.1%), 2G (65만명, 0.93%)
 - 5G 가입자 수: 786만명 (SKT 358만명, KT 239만명, LG U+ 188만명)

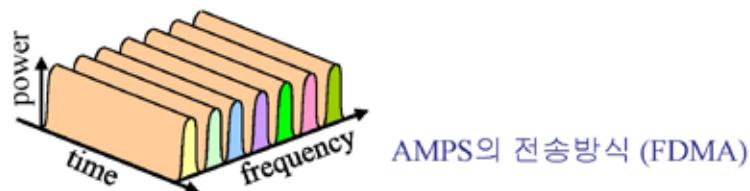


1세대 이동통신

- 아날로그 통신 방식으로 1980년대 초에 서비스 시작
 - 면허대역에서 끊기지 않는 (seamless) 이동 무선전화 서비스 제공 (데이터 서비스는 제한적)
 - 셀룰러 네트워크 개념과 주파수 재사용에 의한 용량 증대
 - 핸드오프(handoff)에 의한 통화 연속성 제공
 - 대표 시스템: AMPS (미국), NMT(스칸디나비아), TACS/ETACS(유럽)
- AMPS의 특징
 - 미국 시카고 지역에서 1979년에 시범적으로 서비스 시작 (1983년 상용화)
 - FDMA(frequency division multiple access)를 이용한 채널 (800 MHz 대역에서 30 kHz)
 - 7개 셀 단위의 주파수 재사용 패턴을 활용
 - 아날로그 FM(frequency modulation) 방식으로 신호 전송
- 단점
 - 주파수 채널 당 1명의 사용자 지원 → 용량 제약
 - 음성 품질이 낮고 디지털 데이터 전송에 적합하지 않음
 - 도청에 취약해 통신 비밀과 사생활 보호 문제 발생
 - 아날로그 장치 사용 → 부피가 크고 무거움, 비효율적 전력 사용, 비용 문제
 - 각 아날로그 시스템은 호환되지 않음 → 유럽지역의 GSM 개발 동기 제공



AMPS 단말기



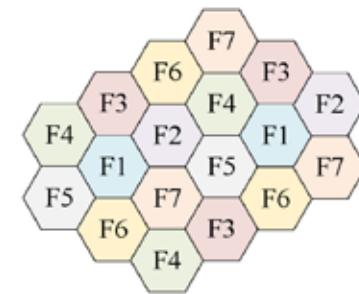
AMPS의 전송방식 (FDMA)



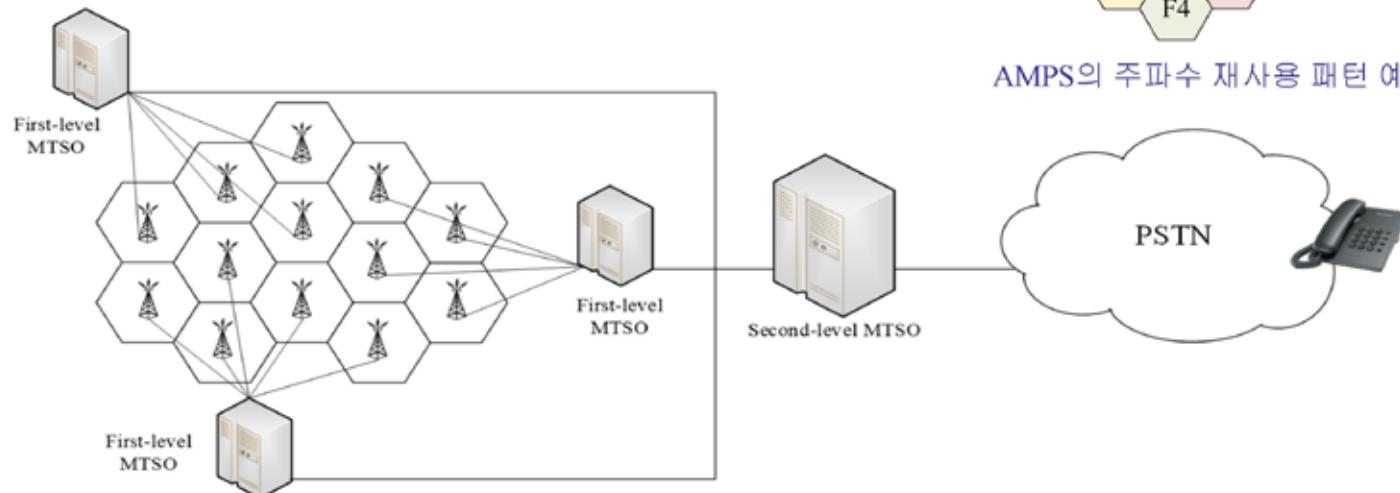
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

1세대 이동통신 – 네트워크 구조

- 셀룰러 구조를 도입한 무선망 구조
 - 단말 이동성 지원을 위해 셀 간 핸드오버(=핸드오프)
 - 주파수 재사용과 FDMA/FDD 기반의 무선자원 할당
- MTSO (Mobile Telephone Switching Office)
 - 전화망의 전화국(CO, central office)에 해당
 - 내부적으로 교환장비 포함: 등록, 인증, 위치갱신, 호 라우팅 등



AMPS의 주파수 재사용 패턴 예



2세대 이동통신

■ 가입자 증가에 따른 용량 증대를 위해 디지털 통신 방식으로 전환 (1990년대)

- 음성을 압축하고 주파수 자원을 공유하여 음성 용량 증대
- 각 주파수 대역을 시간 분할하는 TDMA와 코드확산하는 CDMA 방식
- 디지털 정보 전송으로 SMS와 저속 데이터 서비스 가능
- 아날로그 장치보다 저렴한 비용, 보안 강화, 작은 크기로 개발
- 대표 시스템: D-AMPS/IS-54 (미국), IS-95 (미국), GSM (유럽)



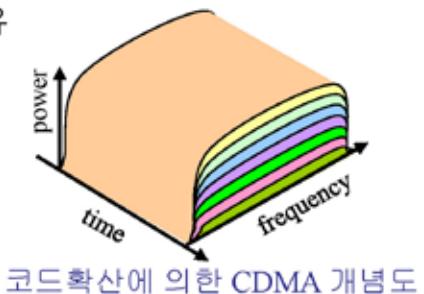
2세대 단말기

■ GSM – TDMA 기반 유럽식 2세대 이동통신

- 주파수를 200 kHz 단위로 분할한 후 4.615 ms 주기로 반복 (채널당 8명)
- 1단계 진화 (GPRS): GSM 기반의 데이터 트래픽 전용 네트워크 추가 (패킷교환)
- 2단계 진화 (EDGE): GSM/GPRS의 네트워크 용량 향상 (변조방식 개선)

■ IS-95 – CDMA 기반 미국식 2세대 이동통신

- 1.25 MHz의 대역폭에서 코드확산 방식을 통해 무선자원 공유
- 인접셀과 동일한 주파수를 사용하므로 핸드오프 성공률 개선
- IS-95A와 IS-95B를 cdmaOne이라고 통칭함



코드확산에 의한 CDMA 개념도



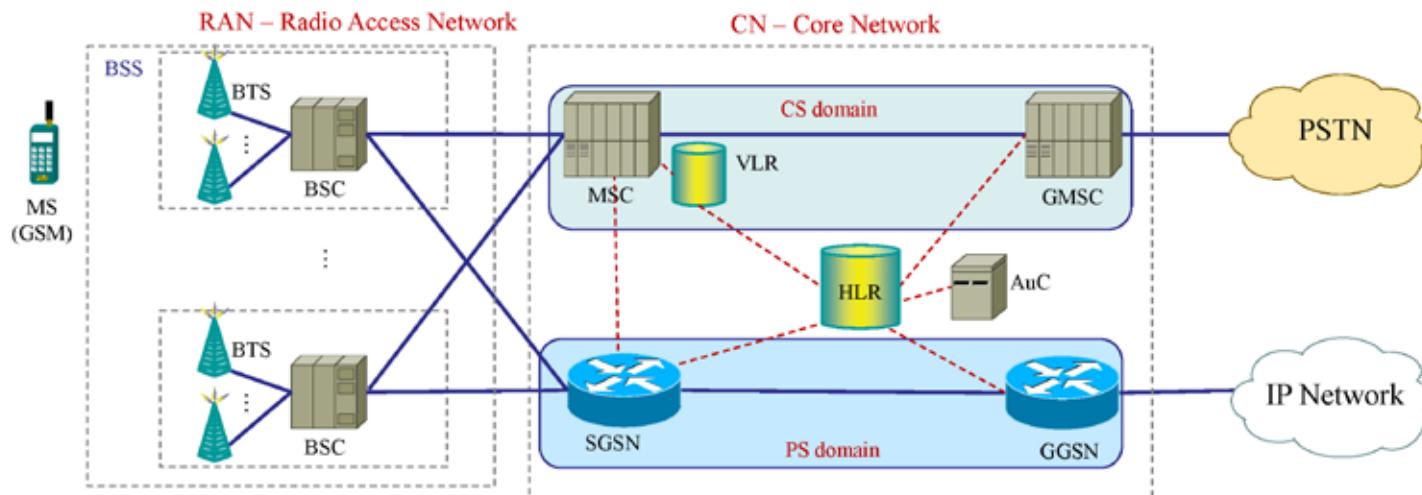
세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

- TDMA: time-division multiple access
- CDMA: code-division multiple access
- D-AMPS: digital AMPS

- GSM: Global System for Mobile Communication
- GPRS: General Packet Radio Service
- EDGE: Enhanced Data rates for Global Evolution

2G네트워크 구조

■ GSM 네트워크 구조



BSS — Base Station System

BTS — Base Transceiver Station

BSC — Base Station Controller

CN — Core Network

MSC — Mobile-service Switching Controller

VLR — Visitor Location Register

HLR — Home Location Register

AuC — Authentication Server

GMSC — Gateway MSC

SGSN — Serving GPRS Support Node

GGSN — Gateway GPRS Support Node

MS — Mobile Station

PSTN — Public Switched Telephone Network

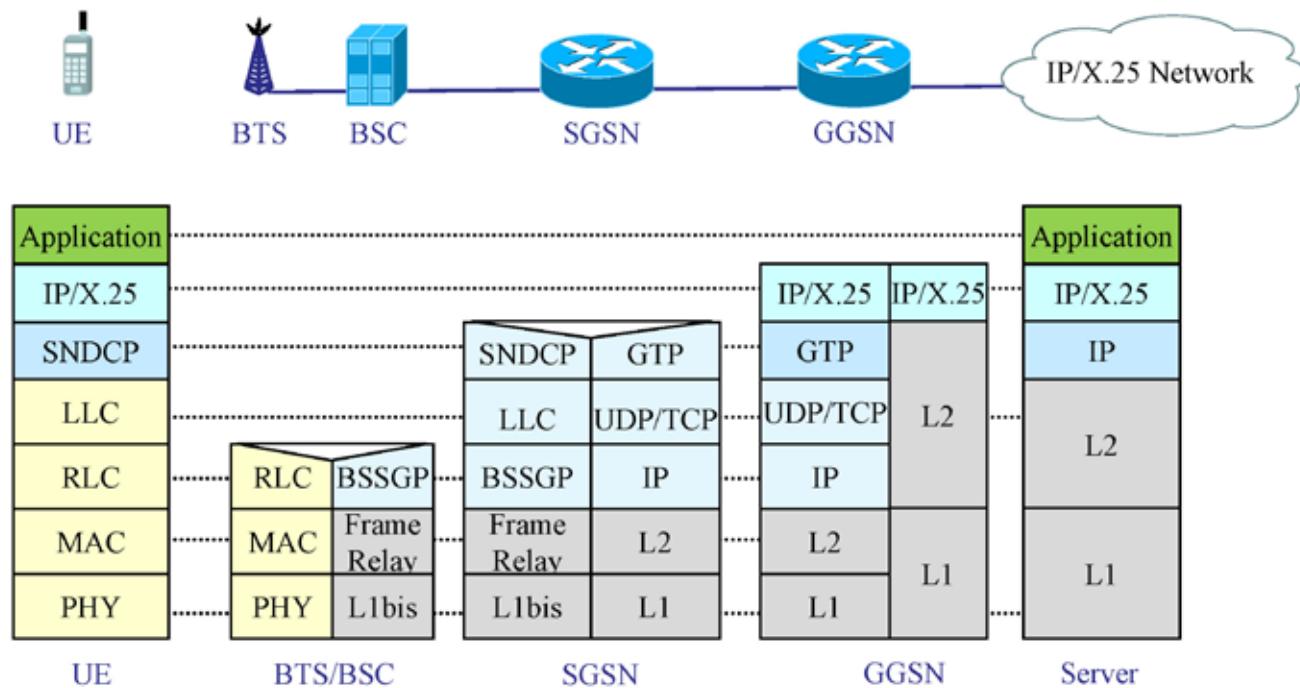
GSM — Global System for Mobile communication

CS — Circuit Switched

PS — Packet Switched

패킷교환 영역의 프로토콜 구조

- GSM/GPRS 네트워크의 패킷교환 영역 프로토콜 구조



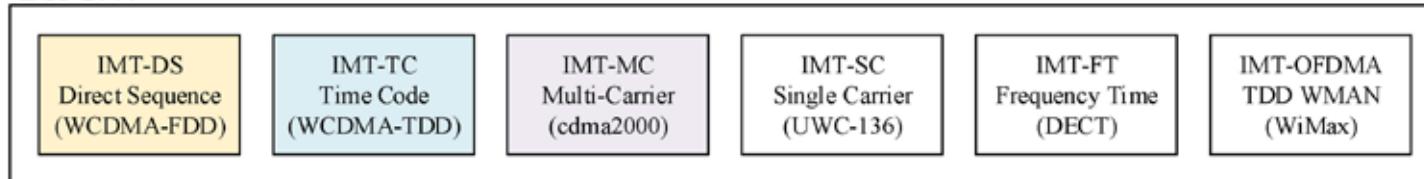
3세대 이동통신

- 멀티미디어 서비스 제공을 위한 새로운 주파수 대역의 광대역 이동통신 (2000년대)
 - ITU에서는 공식적으로 IMT-2000라는 용어 사용
 - IMT-2000: 2,000 MHz 대역, 2,000 kbps의 속도를 2000년부터 제공
 - 초기 목표는 고속 이동 144 kbps, 보행자 384 kbps, 정지 2 Mbps 이상의 전송속도
 - ITU에서는 총 6개의 IMT-2000 표준을 인정함
 - 영상전화와 고속 데이터 전송을 포함하는 멀티미디어 서비스 지원
 - 신규 3G 주파수 대역의 과도한 경매 비용으로 초기 도입 시기가 지연됨
- UMTS – WCDMA 기반 유럽식 3세대 이동통신
 - 5MHz를 기본 대역폭으로 사용하고 CDMA 기반의 전송방식 채택
 - 고속 데이터 전송을 위해 하향링크 HSDPA, 상향링크 HSUPA를 통해 발전
 - HSPA+ (HSPA Evolution)의 형태로 발전 중
- cdma2000 – CDMA 기반 미국식 3세대 이동통신
 - IS-95 기반의 진화 시스템으로 1.25 MHz 대역에서 전송 속도 개선
 - 초기 cdma2000 1xRTT에서 1xEV-DO → 1xEV-DO Rev. A → 1xEV-DO Rev. B로 진화



3세대 단말기

IMT-2000

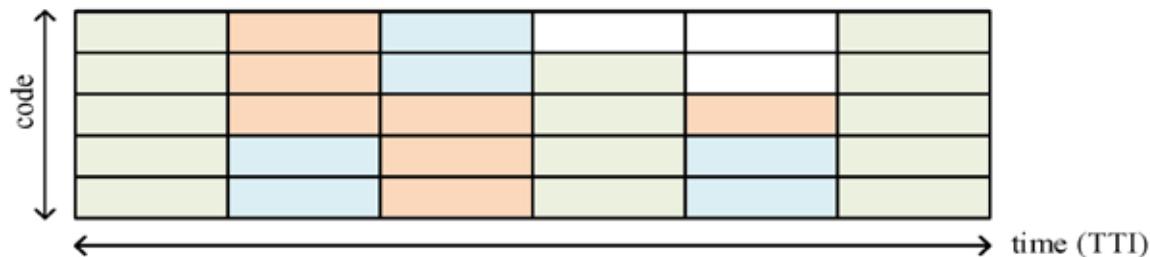


세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

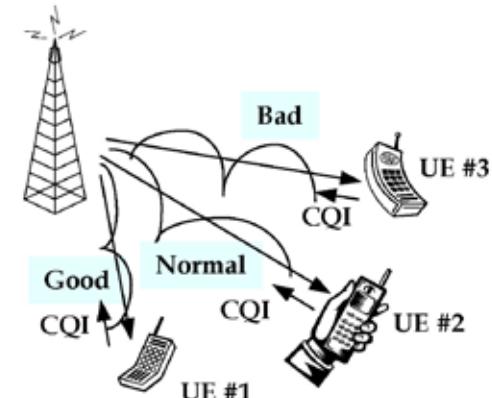
- ITU: International Telecommunications Union
- IMT: International Mobile Telecommunications
- UMTS: Universal Mobile Telecommunication System
- HSPA: high speed packet access

고속 전송을 위한 기술 – 자원 공유

- 3G 진화 기술을 통해 현재의 고속 무선전송 기술의 기반 마련
- Big shared pipe
 - HSDPA는 모든 User가 동시에 사용할 수 있는 공용채널 제공
 - 할당된 코드 수에 따라 최대 14.4 Mbps 제공

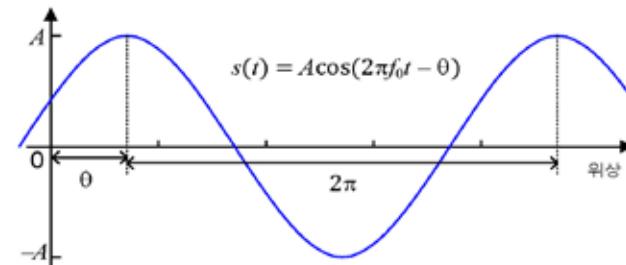


- AMC – Adaptive Modulation and Coding
 - CQI: 단말은 DL 채널의 품질을 측정하여 기지국에 전송하고 기지국은 스케줄러의 기본 정보로 사용
 - 채널상태에 변조방식, 코드 수, 데이터 크기 등을 지시
 - 패킷 스케줄링을 통해 최적 자원을 동적으로 할당

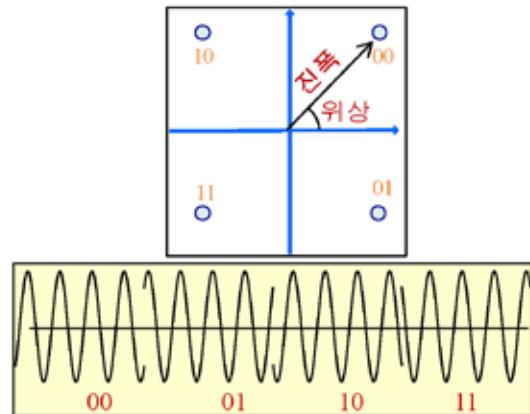


고속 전송을 위한 기술 – 디지털 변조

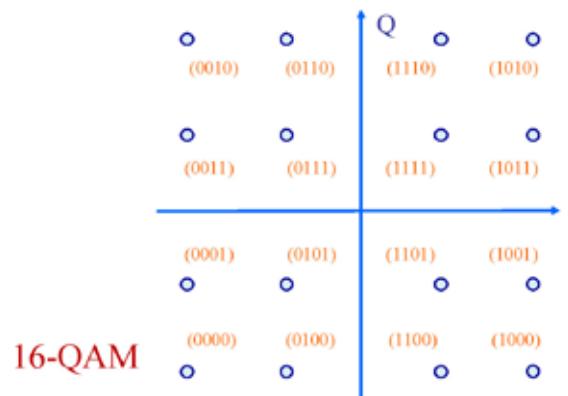
- 이진 디지털 비트를 전송하기 위해 파동의 진폭과 위상을 조절
 - 많은 파형을 만들수록 전송효율이 높음
 - n 비트 전송 $\rightarrow 2^n$ 개의 파형 필요



진폭-위상도 (4개 파형) \rightarrow 2비트 표현



modulation	bandwidth efficiency
BPSK	1 bit/s/Hz
QPSK	2 bits/s/Hz
8-PSK	3 bits/s/Hz
16-QAM	4 bits/s/Hz
32-QAM	5 bits/s/Hz
64-QAM	6 bits/s/Hz

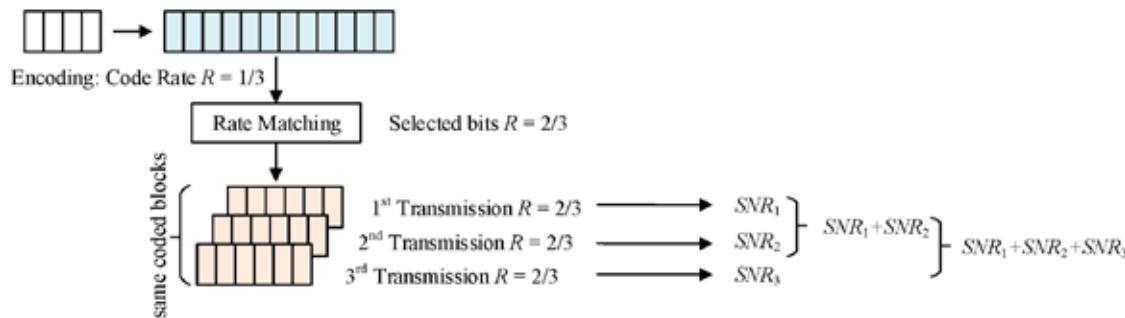


고속 전송을 위한 기술 – Hybrid ARQ

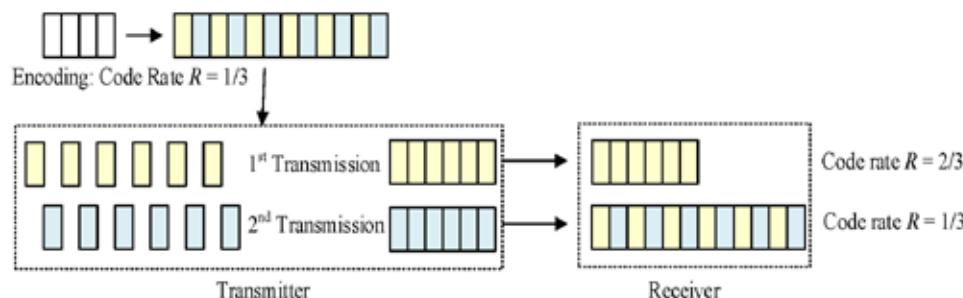
■ Hybrid ARQ 개념

- FEC의 Redundancy를 ARQ 기법을 결합
- 전송에 실패한 패킷도 수신측에서 폐기하지 않고 활용
- 기지국에서 재전송 지원

Chase combining

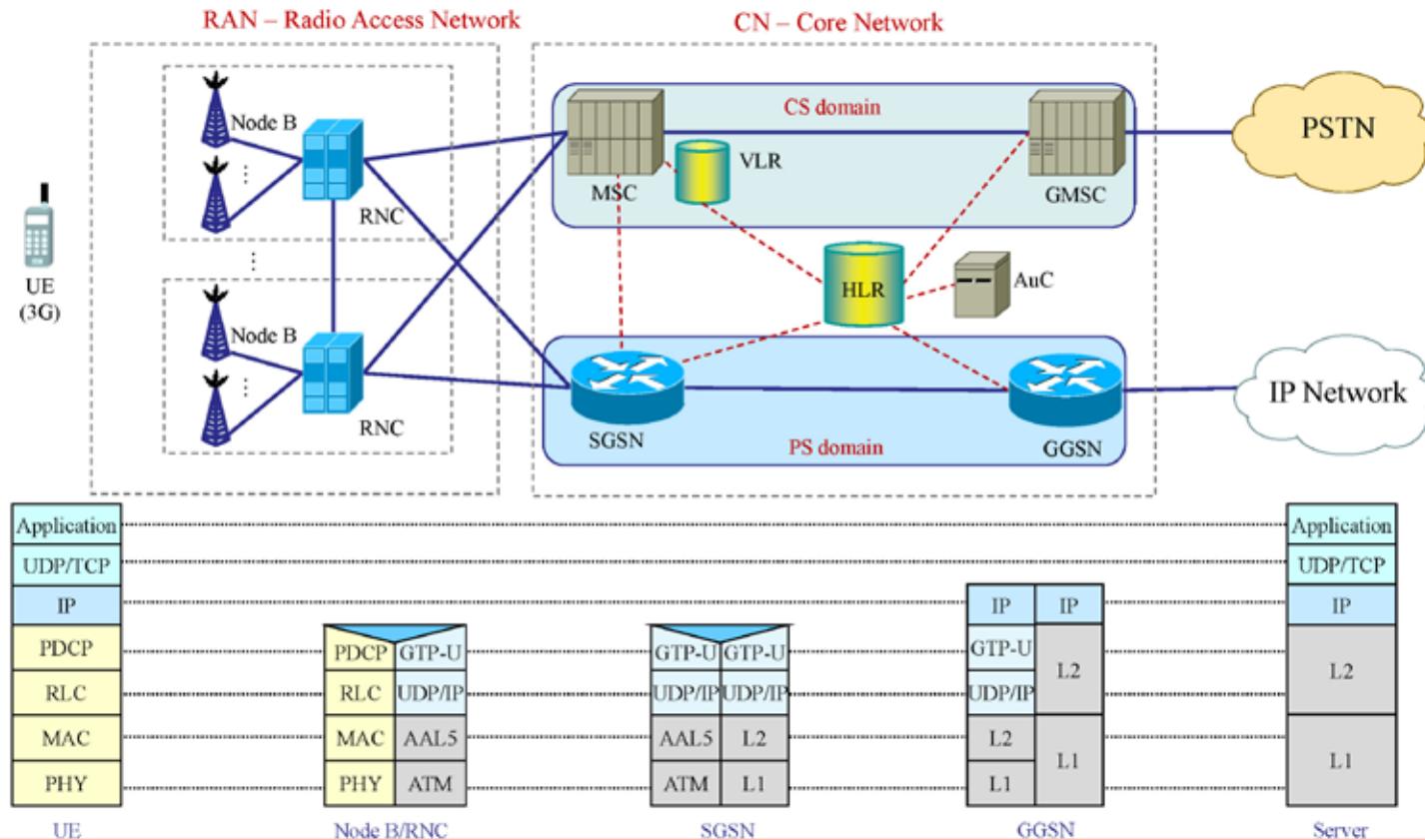


Incremental redundancy



3G 네트워크 구조 – 초기 네트워크

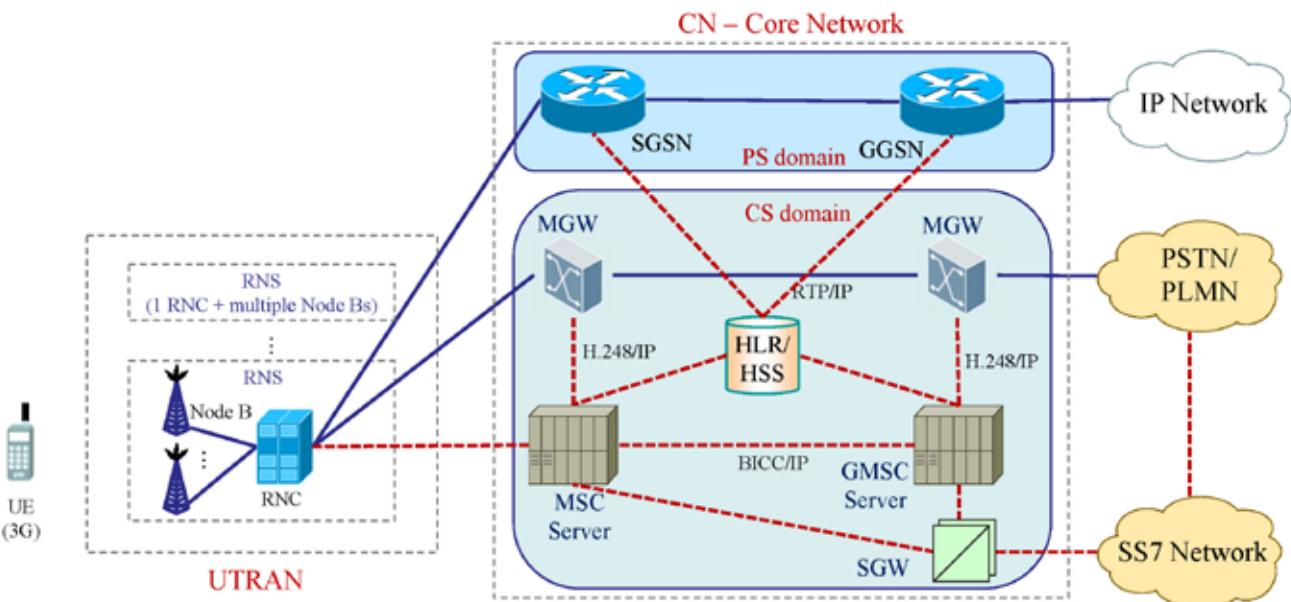
- GSM/GPRS 네트워크 기반의 초기 3G 네트워크



3G 네트워크 구조 (Release 4)

- 핵심망의 진화: Release 99 → Release 4

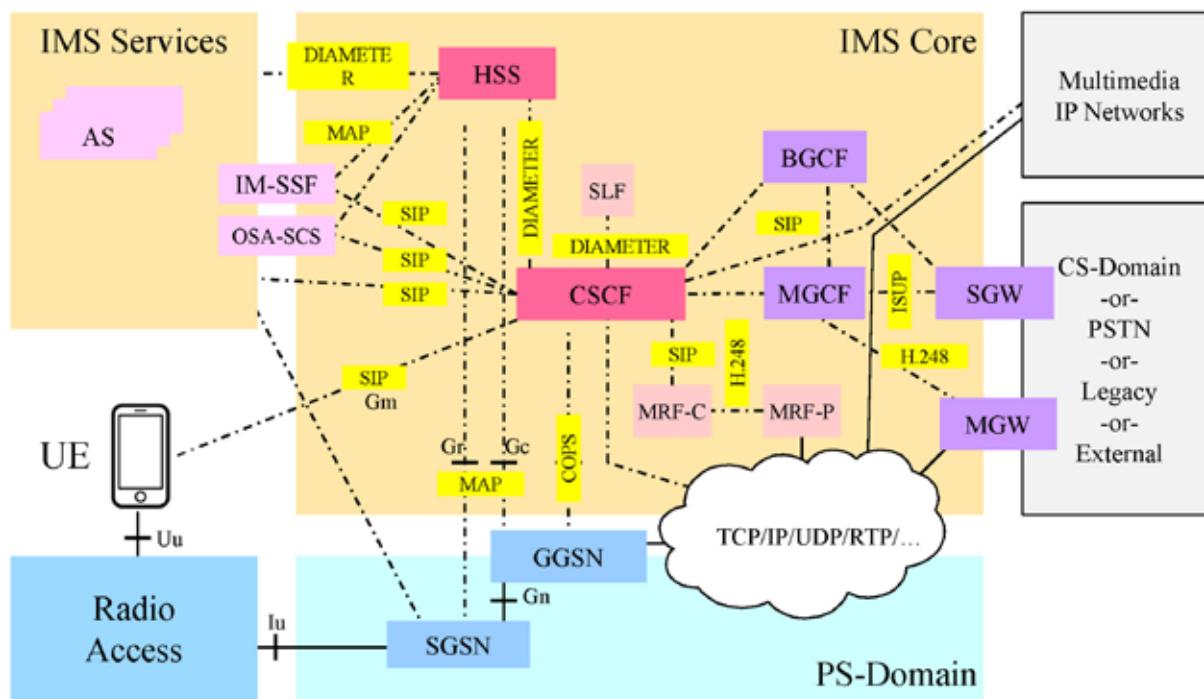
- MSC가 전송을 위한 Media Gateway(MGW)와 시그널링을 위한 MSC Server로 분리
 - MGW: 사용자 트래픽에 대한 물리적 교환/전달 제어 및 변환 수행
 - MSC Server: Call Control/Mobility Control 지원, PSTN/PLMN과 SGW를 경유한 연동
- Bearer independent call control (BICC) 지원
 - TDM 이외에 ATM 또는 IP 등 다양한 통신망에서 동작하는 망간 호 제어 프로토콜
 - SS7 기반의 기존 음성망과 차세대 패킷망과의 연동 지원



3G 네트워크 구조 (Release 5) – IMS

- IMS (IP multimedia subsystem) 도입

- 패킷교환 이동통신 네트워크에서 IP기반 앱과 서비스 지원 플랫폼
- 실시간 및 비실시간 서비스의 통합 지원 가능 (보안, 과금, 로밍, QoS 기능 포함)
- 다양한 IETF 프로토콜을 기반으로 구성: SIP, SIP extensions, Diameter, COPS, ...



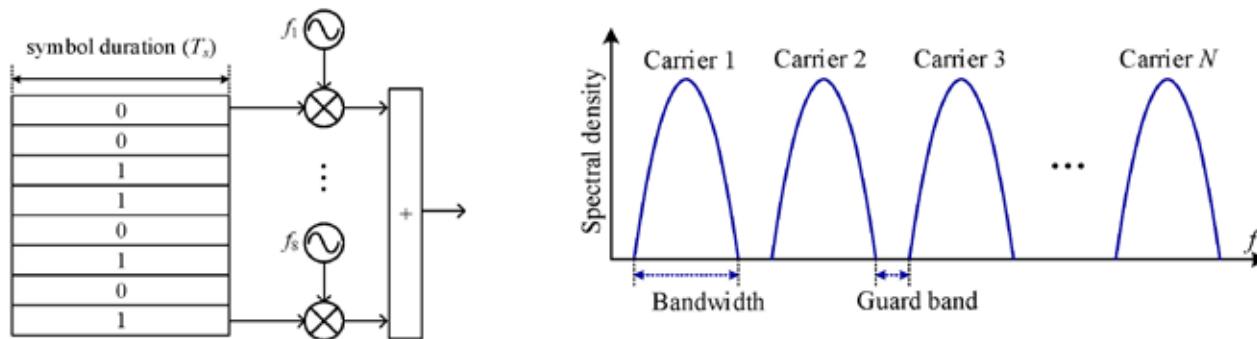
4세대 이동통신

- 더 빠르고 더 다양한 광대역 서비스를 지원하는 고속 이동통신 기술 (2010년대)
 - ITU에서는 공식적으로 IMT-Advanced라는 용어 사용
 - 초기 목표는 정지시 1 Gbps, 이동시 100 Mbps의 전송속도
 - 전통적인 교환기를 지원하지 않고 IP 네트워크 기반의 다양한 고속 멀티미디어 서비스 제공
 - 현재까지 2개의 무선 표준 승인 (2010년): 3GPP LTE-Advanced, IEEE 802.16m
 - 거의 모든 사업자는 LTE 기반 4세대 이동통신 시스템만 구축한 상태
- LTE-Advanced – LTE (Long-Term Evolution) 기반 4세대 이동통신
 - 20 MHz 대역폭의 초기 LTE를 발전시켜 IMT-Advanced의 요구조건을 만족시킴
 - ITU에서는 LTE 시스템과 진화된 HSPA+ 기술에 대해서도 IMT-Advanced 범주에 포함하기도 함
 - OFDM, 주파수 집성, 다중 안테나 기술을 이용하여 하향링크 3 Gbps, 상향링크 1.5 Gbps 지원
 - LTE (3GPP Rel-8) → LTE-Advanced (Rel-10) → LTE-Advanced Pro (Rel-13) 의 체계로 진화

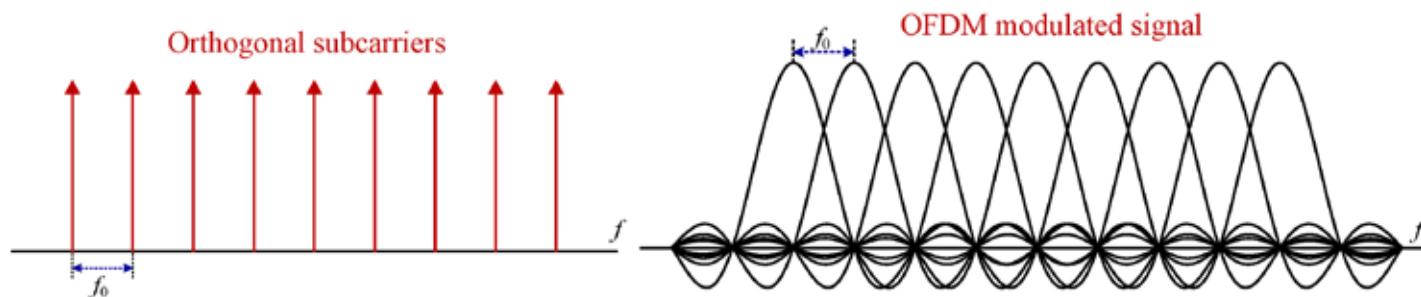


고속 전송을 위한 기술 – OFDM

- 전송속도를 높이기 위한 다중반송파 전송 – 광대역 주파수 활용



- 직교반송파를 이용한 OFDM 전송
 - 다중 반송파 종류의 특수한 형태 – 매우 많은 협대역 채널을 이용
 - 전통적인 아날로그 구현형태가 아니라 디지털신호처리 방식으로 구현 가능



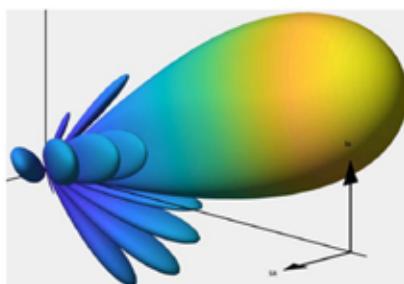
• OFDM: orthogonal frequency division multiplexing

고속 전송을 위한 기술 – 다중안테나 기술

- 다중안테나 기술: MIMO – Multiple Input Multiple Output
 - 송신기와 수신기에 사용하는 안테나 수가 2개 이상
 - 안테나의 개수가 늘수록 전송효율과 성능을 높일 수 있음
- 안테나 다이버시티: 동일 신호를 다수의 안테나로 송수신하여 성능 개선
- 빔형성(beamforming) 기술: 특정 방향으로 방사 에너지를 집중
 - 특정 방향으로 신호가 전송되기 때문에 다른 사용자에 미치는 간섭을 줄일 수 있음
 - 안테나를 많이 쓸수록 날카로운 빔 모양 제어 가능
- 공간다중화 기술: 다수의 안테나에서 서로 다른 정보를 동시에 전송
 - 고속 전송을 가능하게 하는 핵심 기술 (무선 채널에 대한 정보가 충분해야 함)
 - 최대 8개까지의 서로 다른 정보를 전송



다이버시티



빔형성 기술

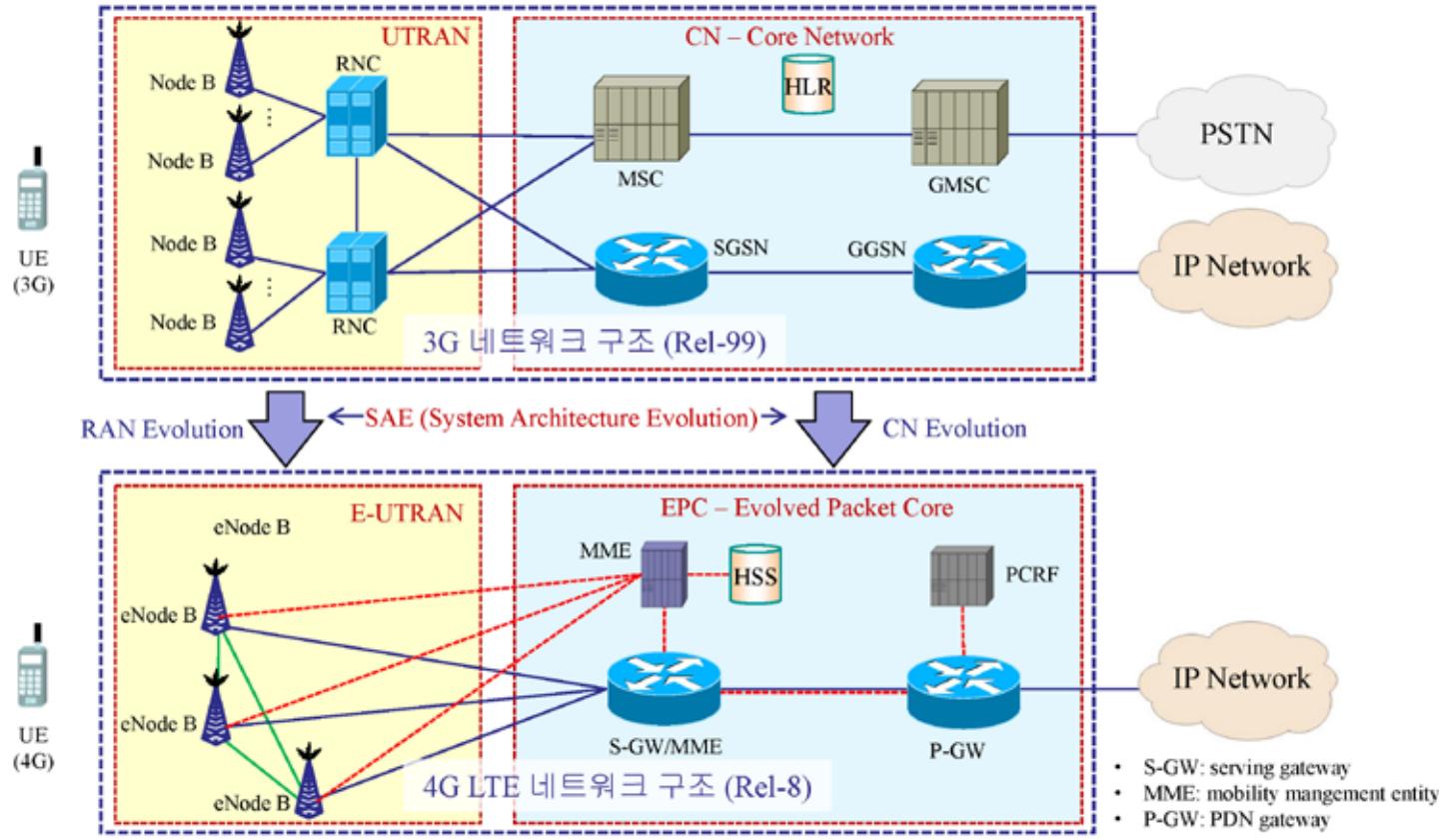


공간다중화



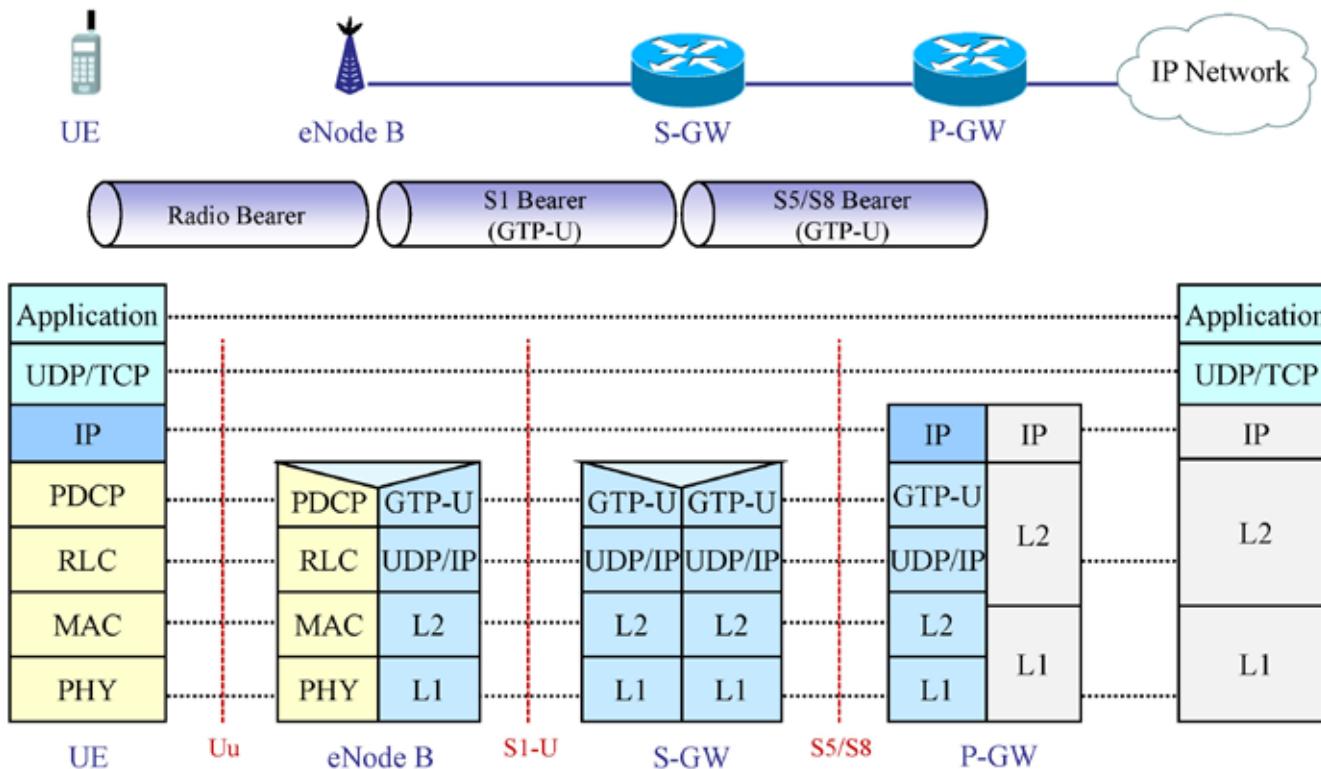
4G 시스템을 위한 네트워크 진화

- 무선접속망과 핵심망의 진화: 고속 무선접속을 지원하는 IP 기반 단순화 구조



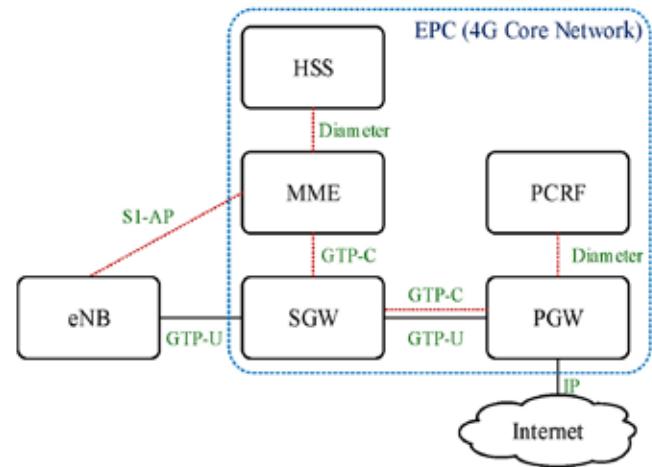
LTE 사용자평면 프로토콜 구조

LTE 사용자평면 프로토콜과 베어러 구조

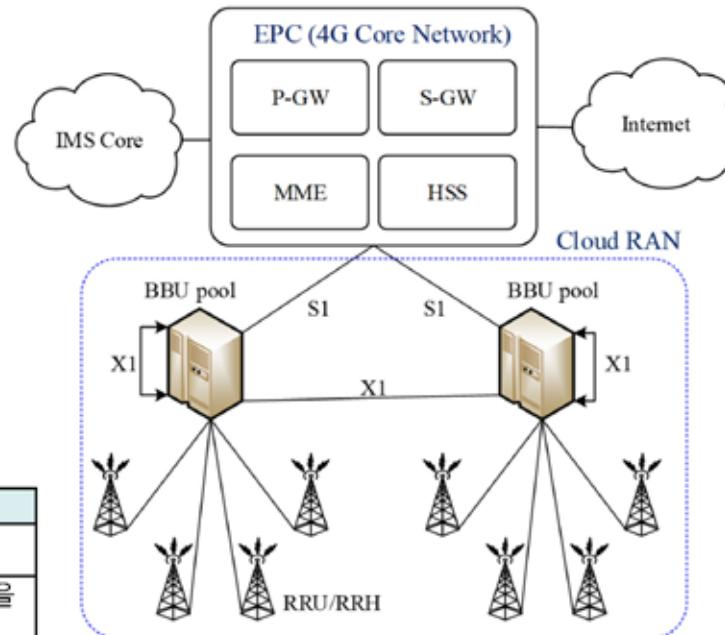


LTE 네트워크의 구조

■ LTE 네트워크의 논리구조



노드	역할
eNode B	무선자원 관리를 담당 (기지국+기지국제어기)
S-GW	사용자 평면에서 데이터 패킷의 라우팅과 전달을 담당 (mobility anchor)
P-GW	단말의 서비스가 외부 패킷망과 연결될 경우 LTE 망의 게이트웨이로 동작
MME	무선접속망에 대한 제어, 단말과 핵심망 사이의 시그널링 처리 (베어러 활성화, 인증/암호화 지원)
HSS	사용자의 가입자 정보를 저장하는 데이터베이스
PCRF	QoS와 과금 정책 기능 제공

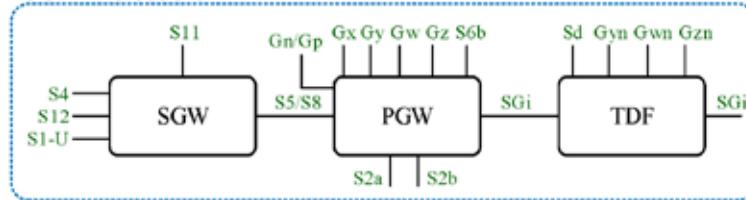


- eNB: eNode B
- S-GW: Serving Gateway
- P-GW: PDN Gateway
- PDN: Packet Data Network
- MME: Mobility Management Entity
- HSS: Home Subscriber Server
- PCRF: Policy and Charging Rule Function

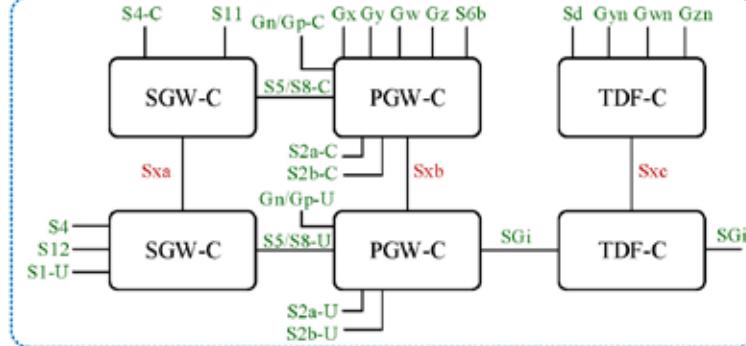
LTE 핵심망 구조 진화

- LTE 네트워크의 진화 – CUPS (Control and User Plane Separation)
 - 네트워크 가상화와 클라우드 도입에 따라 비용 및 관리 효율성을 위해 기능 분리
 - GW-U를 RAN 가까이로 분산시킬 수 있어 트래픽 지연을 줄이고 라우팅을 유연하게 제어
 - 사용자 트래픽 용량이 큰 서비스에 대해서는 GW-U만 독립적으로 증량

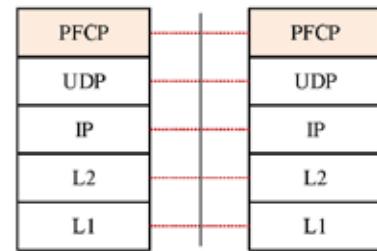
3GPP Release 8



3GPP Release 14

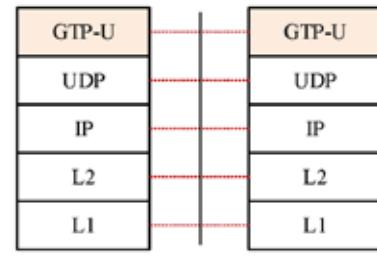


Sx Interface



CP function
UP function
Control Plane (Sxa, Sxb, Sxc)

Sx Interface



CP function
UP function
User Plane (Sxa, Sxb)



5세대 이동통신

■ 더 빠르고 더 다양한 광대역 서비스를 지원하는 고속 이동통신 기술 (2020년대)

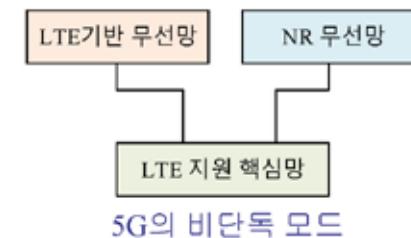
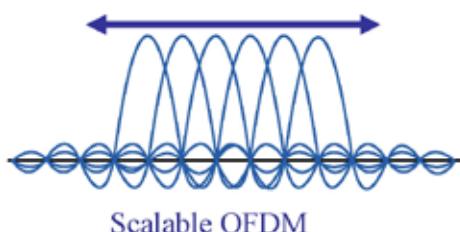
- ITU에서 제시하는 IMT 표준의 차기 진화 시스템으로 IMT-2020라는 용어 사용
- 최대속도 기준 하향링크 20 Gbps, 상향링크 10 Gbps 이상
 - 6 GHz 이상의 고주파수 주파수 대역으로 확장하여 전송속도 향상
 - 최소 100 MHz 주파수 대역폭을 지원하고 1 GHz 이상의 대역폭 가능
- 최종 IMT-2020 국제 표준은 ITU에서 2020년에 확정될 예정
 - 국내외 주요 사업자는 2019년에 5G 초기 상용화를 목표로 함
 - 3GPP (3rd Generation Partnership Project)에서 개발하는 표준 규격이 승인될 전망

■ 3GPP의 5G 시스템

- 최대 전송속도 향상, 초대량 기기 연결, 초고신뢰/저지연 서비스 목표
- Release-15 이후의 모든 규격을 5G라는 이름으로 명명 (ITU 공인 5G는 Release-16 전망)
- 5G 무선 기술로 LTE 진화 기술과 새로운 무선통신 규격(NR, New Radio)을 함께 인정
 - 5G의 초기 상용화를 위해 초기에는 5G 무선접속망이 4G핵심망에 연결되는 구조 (비단독 모드)
 - 주요기술: mmWave, Massive MIMO, Scalable OFDM, advanced channel coding,...



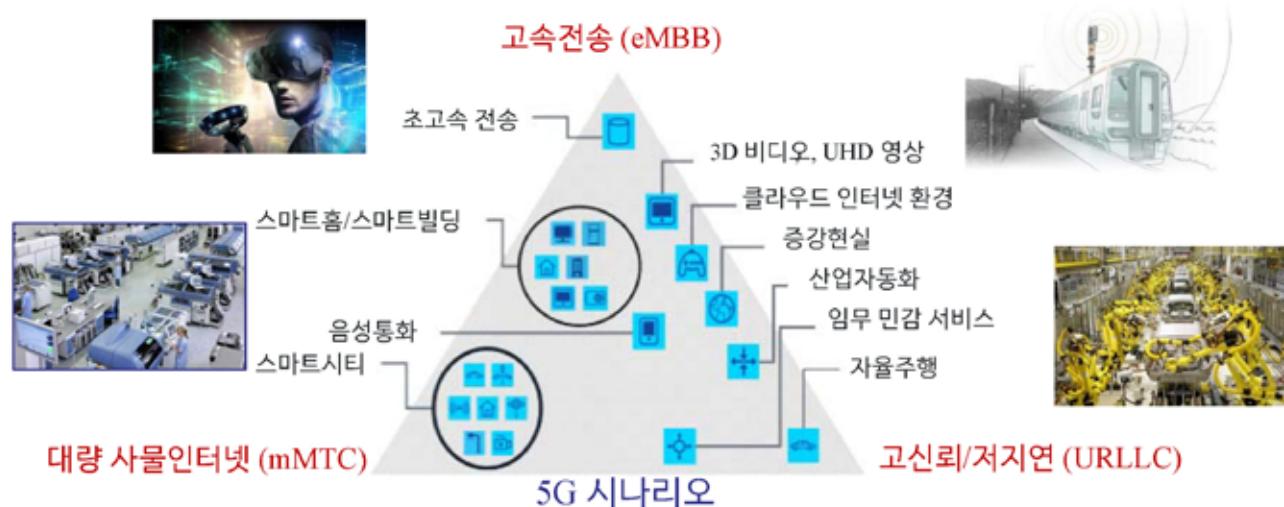
3GPP의 5G 표준 로고



세종대학교
SEJONG UNIVERSITY

미래 산업을 위한 5G 시나리오

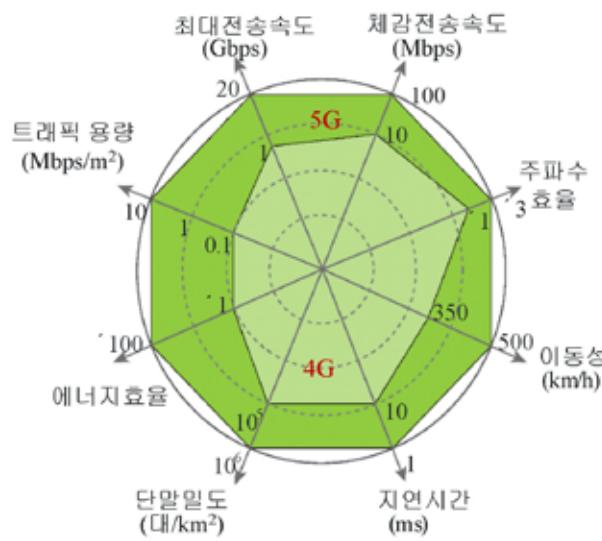
- 고속 전송 서비스 (eMBB)
 - 적절한 수준의 지연시간을 보장하면서 고속의 데이터 전송이 필요한 서비스
 - 서비스 예: 실내 통신, 가상현실/증강현실, UHD/3D 비디오, 기업용 통신, 원격교육, 홀로그램
- 대량 사물인터넷 지원 서비스 (mMTC)
 - 오랜 동작시간을 보장하면서 저렴하고 긴 통신거리를 보장하는 수 많은 소형 센서들
 - 서비스 예: 스마트홈, 스마트시티, 스마트팜, 자산추적, 에너지 모니터링, 원격 모니터링
- 고신뢰/저지연 서비스 (URLLC)
 - 지연시간과 신뢰성 있는 전송에 민감한 서비스
 - 서비스 예: 산업자동화, 항공/드론 제어, 의료, 자율주행 자동차, 응급/구난



5G 이동통신의 정의

■ 5세대 이동통신 – IMT-2020

- IMT-2020: 국제전기통신연합(IITU)에서 채택한 5세대(5G) 이동 통신의 공식 명칭.
- 이전 시스템(4G)과 비교하여 보다 유연하고, 신뢰성 있는, 다양한 서비스 제공 목적
- 3GPP (3rd Generation Partnership Project)라는 단체에서 작성한 표준 규격이 승인될 예정
- 2020년 10월 5G 기술의 공식적인 승인 예정: 국내외 주요 사업자는 2019년 4월 5G 초기 상용화



4G 대비 5G의 성능개선 목표

항목	4G	5G
최대 전송속도 (Gbps)	1	20
체감속도 (Mbps)	10	100
기기 수 (대/km ²)	10^5	10^6
지연시간 (ms)	10	1
주파수 효율 (배율)	×1	×3

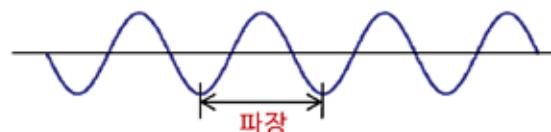
• Recommendation ITU-R M.2083-0 (09/2015)

주파수

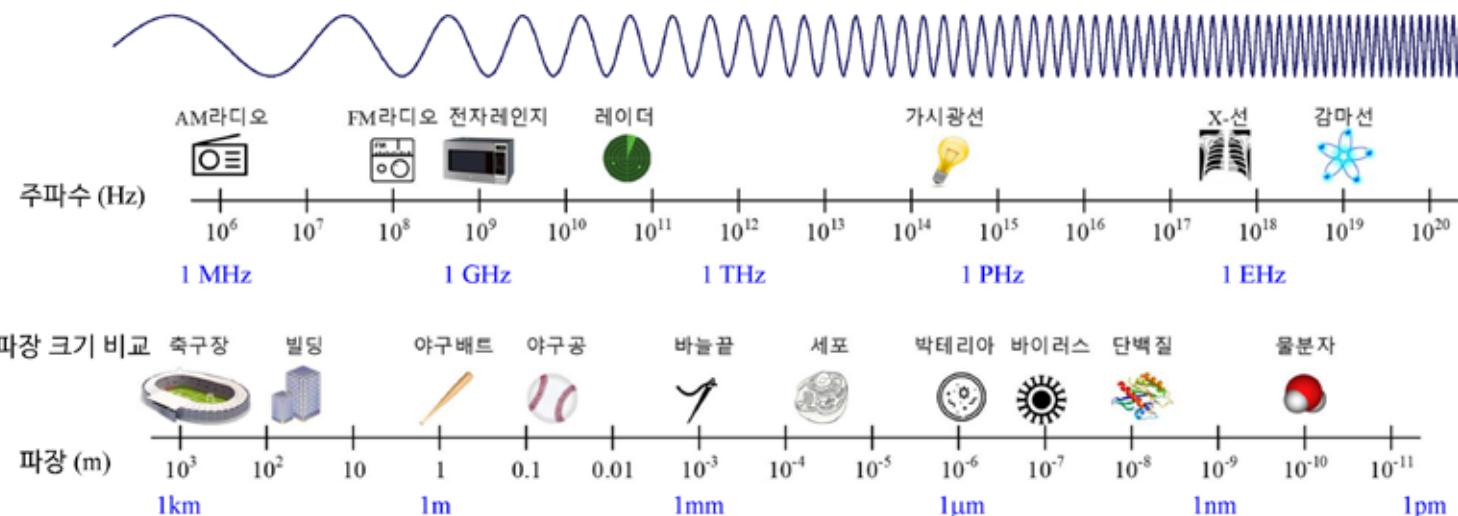
■ 전자기파를 사용하여 무선통신 지원

- 주파수(1초당 진동 수)와 파장(1회 진동시 이동 거리)에 따라 다양한 주파수 대역 존재

$$\text{빛의 속도} = \text{주파수} \times \text{파장}$$

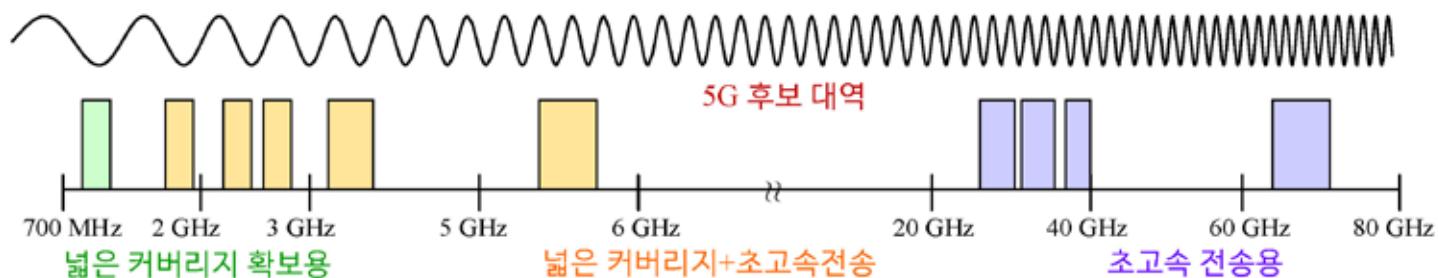


- 무선통신에는 수십 Hz ~ 수백 GHz 영역을 사용할 수 있고, 보통 수백 MHz ~ 수십 GHz 활용
- 낮은 주파수 대역을 사용할 수록 전파 특성이 좋음



5G 주파수 대역과 대역폭

- 4G에 할당한 대역폭 대비 ×10 수준 고려 중: 100 MHz → 1 GHz+
 - 1 GHz 이하 대역: 장거리 통신, 대량 사물인터넷
 - 1 GHz - 6 GHz: 고속 전송속도, 미션 크리티컬 서비스 (100 MHz 수준의 대역폭)
 - 6 GHz 이상: 넓은 대역폭 활용 (최대 400 MHz), 고속 데이터를 위한 단거리 전송



5G 주파수 할당 현황

주파수	한국	일본	미국	유럽	중국
6 GHz 이하	3.4 – 3.7 GHz	3.6 – 4.2 4.4 – 4.99 GHz	3.4 – 3.7 GHz	3.4 – 3.8 GHz	3.3 – 3.6 / 4.4 – 4.5 4.8 – 4.99 GHz
6 GHz 이상	26.5 – 28.9 GHz	27.5 – 29.5 GHz	27.8 – 28.35 GHz	24.25 – 27.5 GHz	24.75 – 27.5 GHz

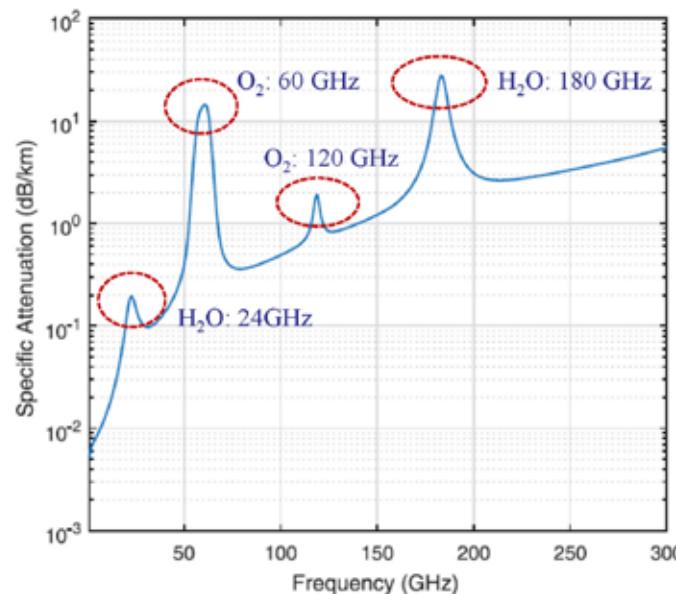


밀리미터파 특성

■ 밀리미터파(millimeter wave, mmWave)의 전파 특성

- mmWave는 매우 높은 전파 감쇠율을 겪음 (주파수가 높을수록 감쇠량이 커짐)
- 대기중 (비, 물분자, 산소분자, 나뭇잎 등) 흡수율이 상대적으로 더 높은 편
- 전파 감쇠가 높은 영역이지만, 이를 활용해 단거리 실내 통신에 활용 (24, 60, 120, 180 GHz 대역)
- 평균 셀 반경은 50 – 200m 수준 까지 고려할 수 있음

mmWave의 대기중 흡수 수준



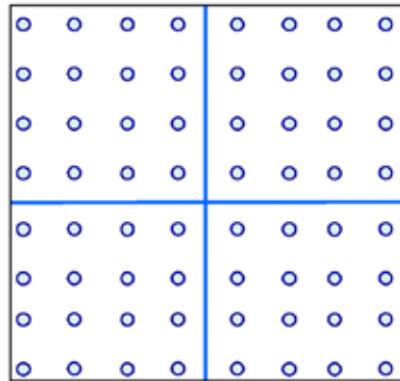
mmWave를 이용한 셀 구성 예



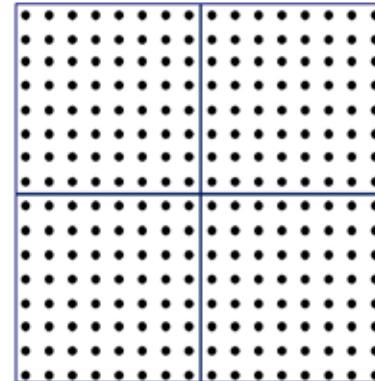
디지털 변조

- 디지털 변조가 전송효율 결정
 - 대역폭내 전송가능한 최대 속도 = 대역폭 (Hz) × 전송효율 (bps/Hz)
 - 3G 시스템: 5MHz × 4 bps/Hz (16 파형) = 20 Mbps
 - LTE 시스템: 20 MHz × 6 bps/Hz (64 파형) = 120 Mbps
 - 5G 시스템: 1 GHz × 8 bps/Hz (256 파형) = 8 Gbps
- 파형 개수가 많을수록 전송오류 증가
 - 채널상태가 좋은 경우에만 고도의 변조방법 사용
 - 채널상태가 좋지 않으면 파형 차이가 큰 변조 사용

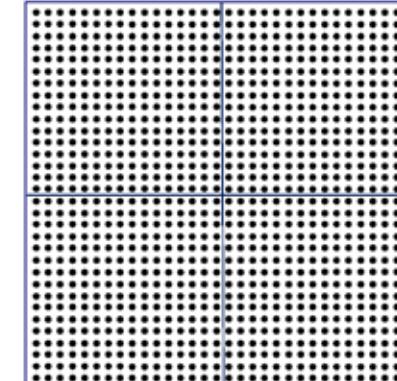
진폭-위상도: 64QAM



진폭-위상도: 256QAM

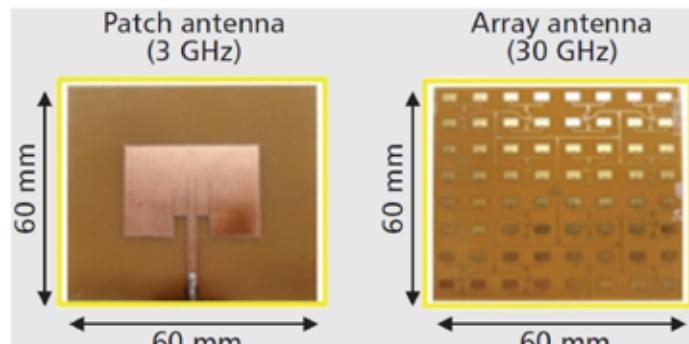


진폭-위상도: 1024QAM

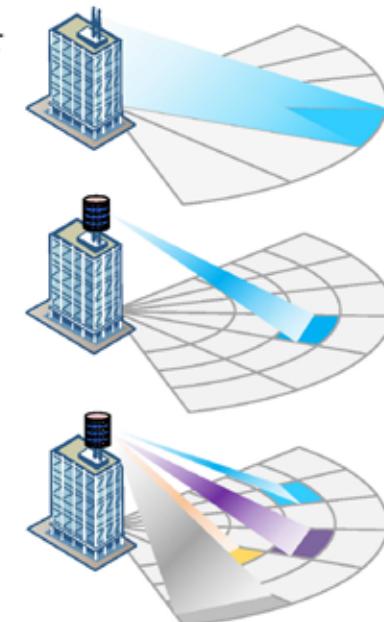


밀리미터파와 대량 안테나

- 다수 안테나(~8개)에서 대량 안테나 (~ 64, 128개)로 발전
 - 저전력 고효율 네트워크를 구성하는 핵심 기술 → Massive MIMO
 - ×8 이상의 전송속도를 다수의 사용자에게 동시에 제공: 빔형성 + 공간다중화
- 밀리미터파 사용 → 짧은 파장 → 소형 안테나 → 안테나 집적 (배열 안테나)
 - 소형 배열형 안테나 시스템을 구성하여 빔 형성 가능
 - mmWave 통신을 활용해 선택적 방사 에너지 집중과 셀 확장
 - 밀집셀을 구성하여 네트워크 효율 높임



마이크로파와 밀리미터파 안테나 크기 비교

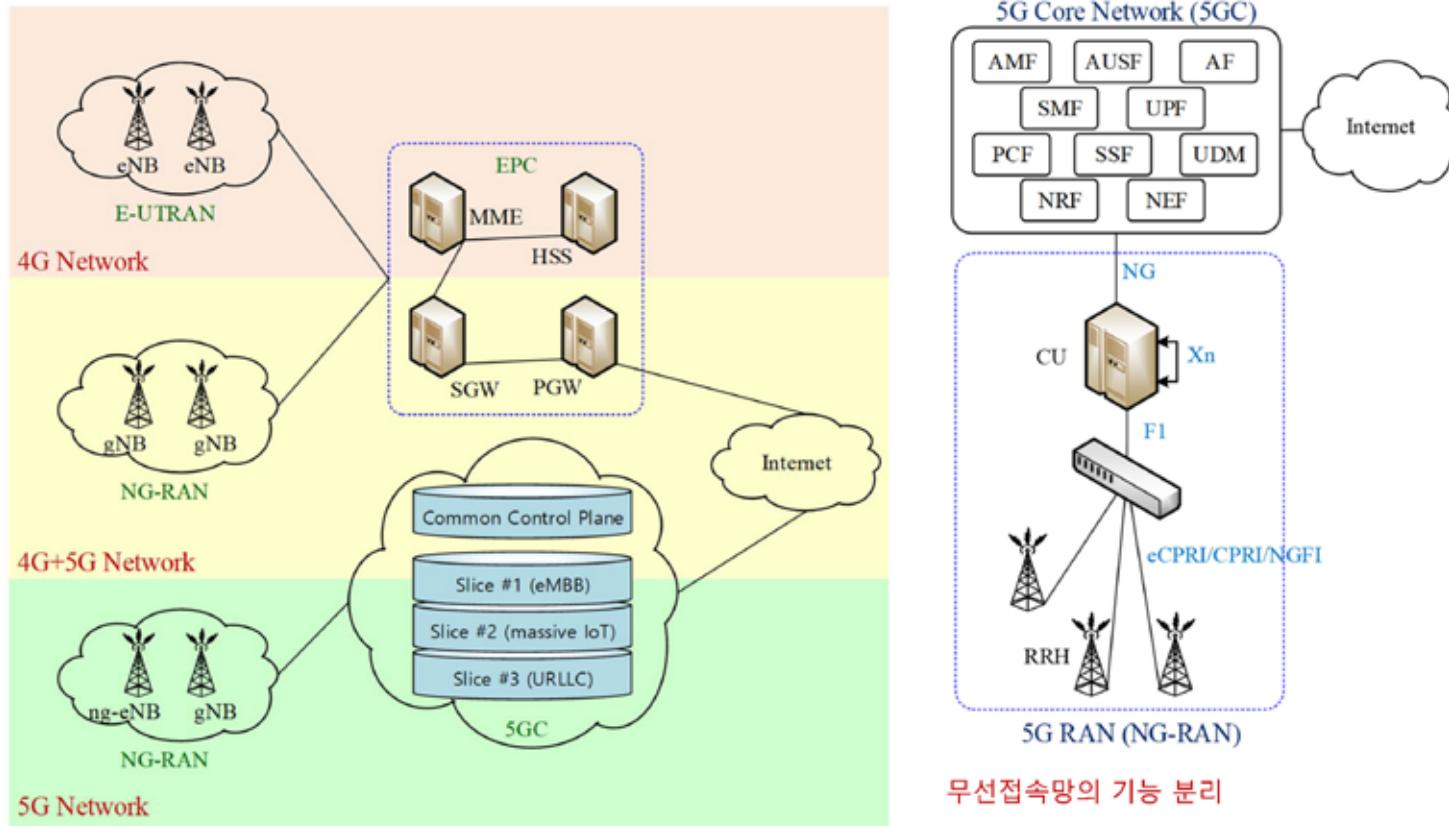


다중 안테나 기술의 발전



4G 진화와 5G 네트워크

- 5G NR을 지원하는 NSA(non-standalone) 구조를 거쳐 SA(standalone) 5G망 완성

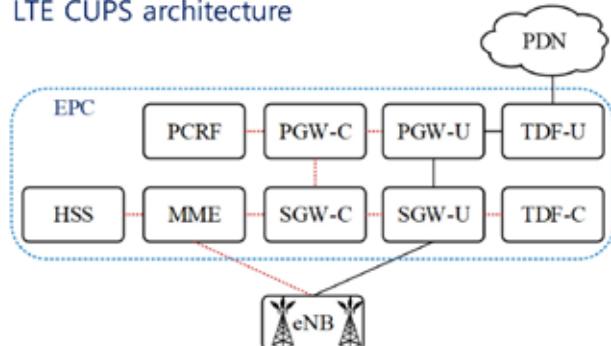


5G 시스템의 네트워크 구조

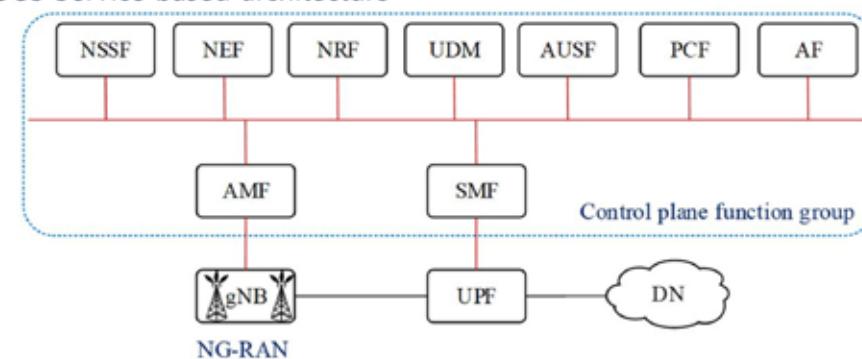
■ 서비스 기반의 유연한 공통 인프라 구조 지원

- LTE CUPS 구조를 기반으로 논리적 기능을 분리하고 NFV/SDN/Cloud 개념 반영
- 클라우드 기반 가상화, 네트워크 슬라이싱, MEC (mobile edge computing) 구조

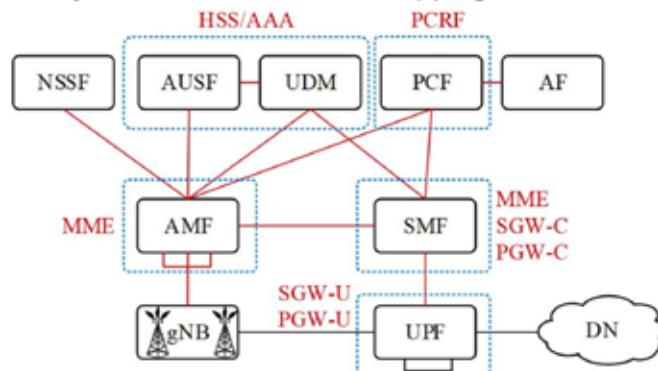
LTE CUPS architecture



5GS Service based architecture



5GS System architecture and mapping of LTE functions

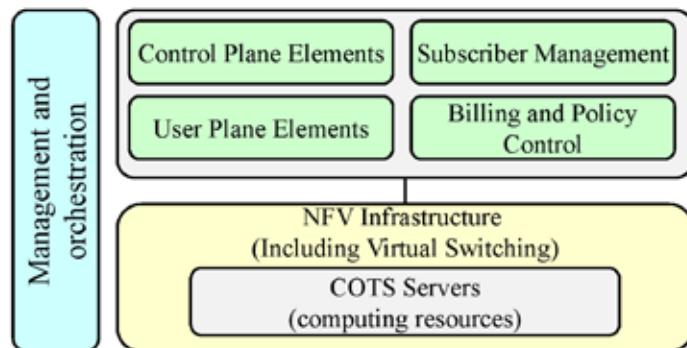


- 5GS: 5G System
- AF: Application Function
- AMF: Access and Mobility management Function
- AUSF: Authentication Server Function
- DN: Data Network
- NEF: Network Exposure Function
- NRF: NF Repository Function
- NSSF: Network Slice Selection Function
- PCF: Policy Control Function
- (R)AN: (Radio) Access Network
- SMF: Session Management Function
- UDM: Unified Data Management
- UPF: User Plane Function



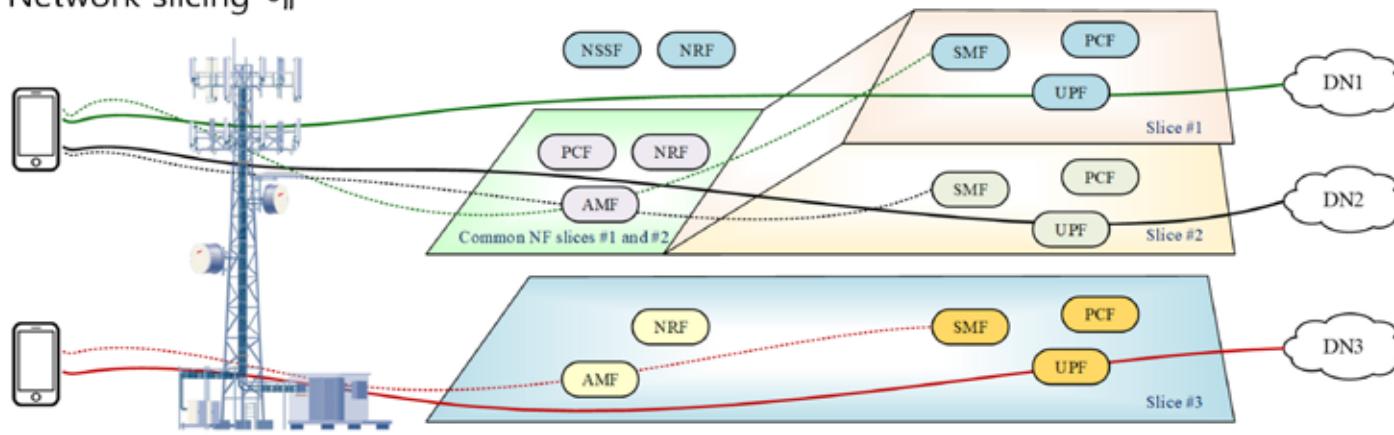
네트워크 슬라이싱

■ Network function virtualization (NFV)

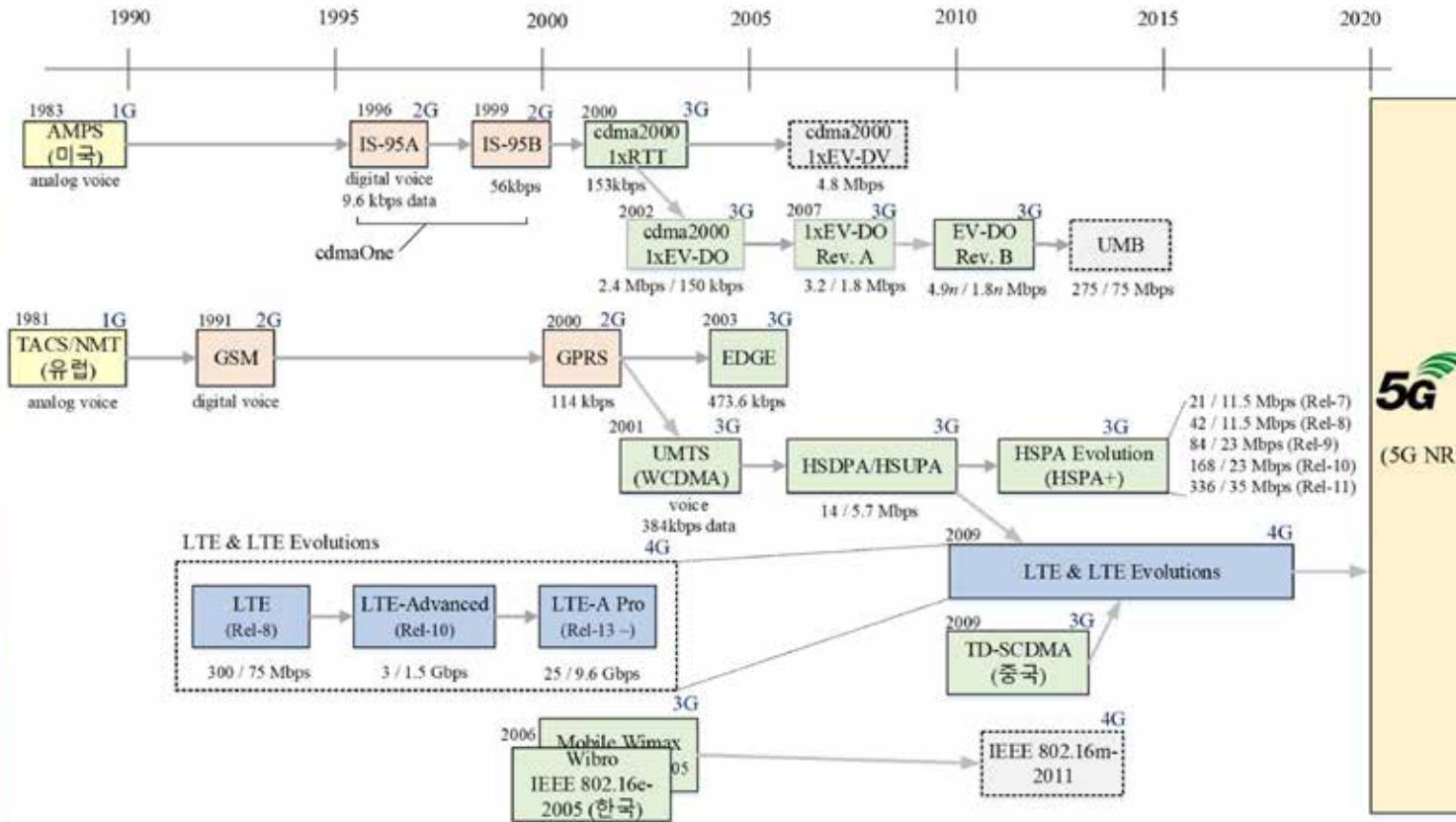


- NFV를 이용해 5G 핵심망 대부분을 가상화할 수 있음
- 네트워크 슬라이싱에서는 공용 물리 인프라를 이용해 다수의 논리적 네트워크를 생성
- 요구조건이 다양한 서비스에 대하여 5G NF(network function)를 연결하여 맞춤형 서비스 제공

■ Network slicing 예



이동통신 기술의 진화 요약 – 무선전송



감사합니다

wyyeo@sejong.ac.kr



34