

# Future IMT에 대비한 무선액세스 기술 발전 방향

Trends of Wireless Access Technologies towards Future IMT

송평중 (P.J. Song) 차세대통신미래기술연구부 부장  
박선희 (S.H. Park) 창의연구본부 본부장

2020년경 출현할 미래 이동통신(Future IMT(International Mobile Telecommunications), 5G)은 미래의 초연결 IT 인프라 구축을 위해 “언제 어디서나 제약 없이 개인별 기가급(Gbps)의 고품질 미디어 서비스”를 제공할 수 있어야 하고, 미래의 지식창조시대에 대비하여 지식정보 인프라로서의 역할을 지향함으로써 4G와의 차별화를 시도해야 할 것으로 보인다. 본고에서는 향후 모바일의 환경 변화, 최근 부각되고 있는 새로운 도전 이슈 및 모바일 기술의 발전 방향 등을 소개한다.

2012  
Electronics and  
Telecommunications  
Trends

정보통신 미래원천기술 특집

- I. 개요
- II. 모바일의 환경 변화
- III. 모바일의 새로운 도전
- IV. 모바일의 기술 방향
- V. 맺음말

## I. 개요

2020년경 출현할 미래 이동통신(Future International Mobile Telecommunications, 5세대 이동통신, 5G, 이하 Future IMT라 통칭)은 2010년 대비 1,000배 많은 모바일 트래픽 수용을 비롯하여, 망중립성 및 빅데이터 등 사업자 통신현안을 해결해야 하고, 가입자에겐 미래의 초연결 IT 인프라 구축을 위해 “언제 어디서나 제약 없이 기가급(Gbps)의 고품질 미디어 서비스”를 제공할 수 있어야 한다. 더욱이 가입자의 과금 부담과 사업자의 투자비용 부담을 동시에 덜어 내야 하는 막중한 과제를 안고 있을 뿐만 아니라, 의료/교육 등 사회복지형 지식정보 인프라로서의 역할 확대와 이를 통한 “초연결 실감 지능” 기반의 지식융합형 콘텐츠의 대중적 보편화를 지향함으로써 4G와의 차별화를 시도해야 할 것으로 보인다. 본고에서는 4세대 이동통신 이후 모바일의 환경 변화, 새로운 도전 이슈 및 최근 기술의 발전 방향을 소개한다.

## II. 모바일의 환경 변화

이동통신은 1983년 1세대 아날로그(Advanced Mobile Phone System: AMPS) 시대 이후 30년간 줄곧 “싸고 빠른” 무선전송 기술을 추구해 왔으나, 최근 들어 “깨끗하고(quality of green), 실감나고(quality of reality), 가치 있는(quality of knowledge)” 통신 욕구가 증가됨에 따라 새로운 기술적 도전을 받고 있다. 뿐만 아니라, 모바일 클라우드 및 각종 융복합형 디바이스 등에 힘입어 초연결사회, 디지털 지식사회, 사회복지 정보 인프라로서의 역할 기여 등 탈(脫)통신 영역으로 점차 확장될 전망이다에 따라 과거에 경험하지 못한 모바일 생태계의 패러다임 변화가 예상된다. 모바일 생태계의 환경 변화를 촉진할 통신 이슈를 <표 1>에 정리하며 설명은 생략하기로 한다.

<표 1> 모바일의 환경 변화 요인

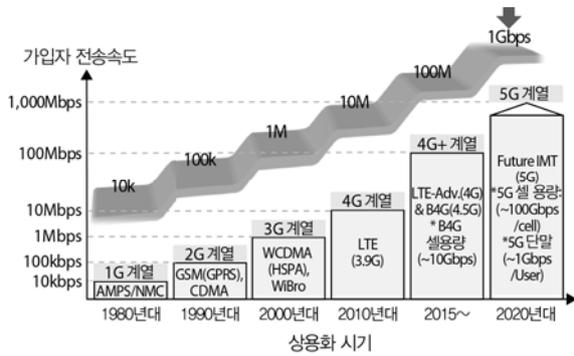
환경 변화 요인	특징 및 대응 기술
1 초연결 사회 (Hyper connection)	-사람과 사람 간의 연결을 넘어, 모든 사물과 사람이 거미줄처럼 연결된 사회 -Connected car, health devices 등 IoT, SNS 및 증강현실 기술 등
2 디지털 지식사회 (Digital knowledge society)	-사물에 지식을 부여하고 사람의 생활을 보다 편리하고 가치 있게 해주는 지식정보 사회 -디지털 지식사회 인프라 구축에 필요한 콘텐츠, 네트워크 및 디바이스 기술
3 초저지연 연결 (Latency)	-실시간 양방향 게임과 같은 실감 인터랙티브 서비스 시대를 지향한 초저지연 연결 -Flatter network, faster & lighter signaling 기술 등
4 RoI 디커플링 (Decoupling of RoI)	-사업자의 “투자비 vs. 이윤” 간 decoupling 현상 가속화 -Software-rental approach, reconfigurable HW, mobile cloud BM 기술 등
5 네트워크 중립성 (Network neutrality)	-콘텐츠 사업자의 망중립성과 네트워크 사업자의 망공정성 간 분쟁 본격화 -Soft-driven network 및 less core traffic transit 기술 등
6 트래픽 폭발 (Traffic explosion)	-스마트 디바이스 출현, 동영상의 지속적 증가, 멀티미디어의 고품질화로 인한 폭주 -Local area node, multi-antenna, higher frequency(>10GHz) 등 기술
7 모바일 디바이스 폭증 (Device explosion)	-IoT 본격화 및 1인당 소유 모바일 디바이스 개수 증가(50억 개(2010) → 500억 개(2020)) -Lower power/cost/size devices 기술(HW, SW, features)
8 기가급 서비스로의 진화 (1Gbps/user everywhere)	-개인별 기가급의 고품질 미디어 서비스로 진화(3D 동영상, 홀로그램 등) -Gbps급 ubiquitous access 및 UI/UX 기술 등

## III. 모바일의 새로운 도전

모바일 환경 변화에 대비하기 위한 Future IMT의 vision, requirements 및 architecture 그리고 유망 후보 기술을 살펴 본다.

### 1. Future IMT의 Vision

“이동통신의 10년 주기설”에 따르면, 가입자 전송속도는 (그림 1)과 같이 매 10년 주기로 평균 10배씩 향상



(그림 1) 모바일의 진화: “10년 주기” 시나리오

되어 왔으며, 2020년대에 가면 과거 패턴과 달리 제2, 제3의 mobile bigbang 과정을 거쳐 2010년 대비 1,000 배 많은 모바일 트래픽 규모에 이를 것으로 전망된다 [1]. 이와 더불어, Future IMT(5G) 시대가 되면 단말은 “언제 어디서나 기가급(~1Gbps/user)의 실감형 멀티미디어 서비스”를, 기지국은 기가급 가입자 수백 명을 동시 수용할 수 있는 초대형급(~100Gbps/cell)의 무선전송 용량을 지원할 수 있어야 한다.

단말의 경우, 홀로그램급의 모바일 실감 미디어에 대한 소요 트래픽(그림 2) 참조)은 3D 컬러영상 및 입체 음향 기준으로 약 500Mbps 수준이 될 것으로 추산된다

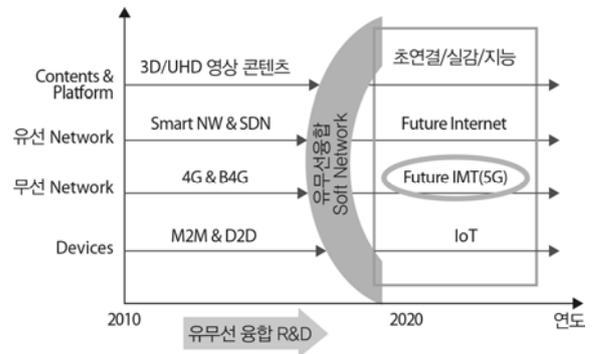


(그림 2) 홀로그램급 모바일 실감미디어 추정 트래픽

(24 Frame/sec, 파장 길이 500nm, 시야각 5도, 영상 크기 10cm×10cm×10cm, 데이터 압축율 1/700 기준) 또한, 압축 울트라급 HD 스트리밍 및 모바일 클라우드의 안정적 서비스 경우엔, 개인별 800Mbps 수준의 전송속도가 요구된다. 전송지연 시간도 실시간 인터랙티브 서비스, 모바일 클라우드의 분산처리 및 IoT(Internet-of-Things) 등의 미래 디바이스 간 통신을 안정적으로 제공하기 위해선 수 ms 수준을 요구한다.

네트워크의 경우, 공급자 입장보다는 가입자 입장에서 고객을 중심으로 하는 네트워크 인프라가 요구된다. 날로 빨라지는 데이터 전송속도 대비 저렴한 과금(cost per bit), 재난 및 고장에 강한 인프라, 셀 경계에 위치한 가입자의 통신품질 보장, 소수 핫-트래픽 가입자로부터의 일반 가입자 보호, 그리고 클라우드/IoT/시그널링 등 다양한 유형의 트래픽을 효과적으로 지원할 수 있는 네트워크 인프라 실현이 필요하다. 또한, Future IMT 기술은 (그림 3)과 같이 미래 인터넷 기술(e.g, Future internet) 및 미래 디바이스 네트워크 기술(e.g, internet of things)과 시기적으로 조화를 이루게 하여 하나의 세트 기술로 밀결합되는 “유무선융합 기반의 소프트 네트워크”로 발전시킬 필요가 있다.

서비스의 경우, Future IMT는 통신 고유의 음성 및 영상 서비스는 기본이고 “초연결 실감 지능” 기반의 지식융합형 멀티미디어와 의료/교육 등 사회복지형 응용 콘텐츠가 효과적으로 전파될 수 있도록 디지털 지식정



(그림 3) 미래 네트워크에서의 5G 포지셔닝

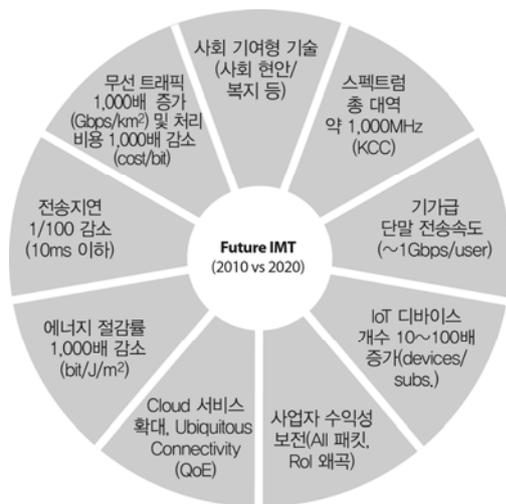
〈표 2〉 Future IMT의 Vision

분야	타깃 및 비전
서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 지식정보 서비스 실현                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- “초연결 실감 지능” 기반의 기가급 멀티 미디어 서비스 제공</li> <li>- 사회복지형 응용 콘텐츠의 보편화</li> </ul> </li> </ul>
네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가입자 중심의 네트워크 인프라 실현                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저비용 인프라(cost per bit) &amp; 고장 나지 않는 인프라 구현(재난 대비)</li> <li>- 4G 대비 한 차원 높은 통신처리 능력(QoS, QoE, QoG, QoR, QoK 등)</li> <li>- 5G/FI/IoT 기술이 밀결합된 유무선융합 소프트웨어 네트워크 인프라</li> </ul> </li> </ul>
무선전송	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gbps급의 무선세상                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가입자 속도: ~ 1Gbps/user, everywhere</li> <li>- 셀 처리 용량: ~10Gbps급 무선전송 용량</li> <li>- 전송 지연: 1ms 수준(단말-네트워크, one-way)</li> </ul> </li> </ul>

보 인프라로서의 역할을 효과적으로 할 수 있어야 한다. Future IMT vision은 〈표 2〉에 정리되어 있다.

## 2. Future IMT의 Requirements

기존 셀룰러 기술은 주파수 고갈과 무선 기술의 한계(Shannon-bound)로 Future IMT의 vision을 실현하기에는 기술적 어려움이 예상된다. Future IMT는 새로운 광대역 주파수 대역 개척, 모바일 트래픽 처리능력



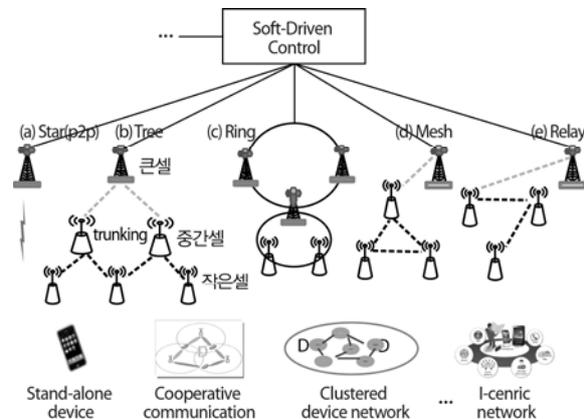
(그림 4) Future IMT의 요구사항(2010 vs. 2020)

1,000배 요구, 기가급 무선전송 속도에 대비한 획기적인 에너지 절감 등을 비롯하여, 사업자/가입자 비용의 대폭 절감 및 사회복지 분야에서의 모바일 기여가 실현될 수 있도록 모바일 기술의 혁신이 요구된다(그림 4) 참조).

## 3. Future IMT의 Architecture

기존의 무선액세스 네트워크(Radio Access Network)는 단일 무선전송 방식을 사용하고 셀 크기만 달리하는 비교적 단순한 구조가 주류를 이루었으나, 4세대 이후는 셀 경계에서의 품질 향상 및 모바일 트래픽 증가에 대비코자 서로 다른 무선전송 방식 간의 협력통신을 허용하는 등 다양하고 복합적인 구조로 전개되고 있다. 하지만, 셀의 형태가 오버레이셀 형태이고 시간적으로 변화무쌍한 아메바적 형태를 취하게 되어 셀의 수가 많아질수록 무선 파라미터 최적화는 어려워져 핸드오버 및 간섭제어 기술의 어려움뿐 아니라 사업자의 백홀 부담이 심화될 수 있다. 따라서, 단위면적당 셀의 개수를 많이 늘려 전체 시스템 용량을 무한정 끌어 올리기에 기술적 한계가 있어 무선 네트워크 토폴로지 측면에서 이를 보상할 수 있는 연구가 필요하다.

무선액세스 네트워크 도메인에서 구성 가능한 셀 토폴로지 유형을 예시하면 (그림 5)와 같다. 일례로, 현재



(그림 5) 무선액세스 네트워크의 셀 토폴로지 유형

와 같이 한 개의 셀에 여러 단말이 접속되는 스타 구조 (a), 큰 셀과 작은 셀 간 협업통신이 가능한 트리 구조 (b), 링 형태 기반의 셀 간 접속 구조(c), IoT 환경에서와 같이 메시 및 애드혹 기반의 디바이스 간 접속 구조(d), 높은 주파수 환경에서 Non-LoS(Line of Sight) 환경을 극복하기 위해 단말과 셀 간 여러 무선링크를 거치는 릴레이 구조(e)가 있으며, 이들 셀 형태는 전파환경 및 서비스 특성에 따라 선택적으로 적용될 필요가 있다. 종합하면, 무선액세스 네트워크는 전파환경 열화 및 트래픽 과부하 상황에서도 통신품질을 적정히 유지하며 가용 무선자원의 밸런싱, 백홀 비용의 최소화, 전파 가시거리 확보 등이 모두 최적화될 수 있도록, 신축성 있고 적응력 있는 토폴로지 연구가 매우 중요할 것으로 보인다.

이외에도 통신 네트워크가 신경망 수준으로 진화되고 지구촌 곳곳에서 사물인터넷이 확산되는 미래 환경에서, 유/무선 네트워크 분야는 지식정보 사회로의 진화를 위한 디지털 지식서버와의 연계성, 제어/전달 기능의 분리를 통한 유/무선 자원의 가상화 및 신속하고 유연한 통합제어, QoS 레벨에 따른 인프라의 차별적 운영(보편적 QoS와 프리미엄급 QoS) 및 무선랜 및 기존 셀룰러와의 연동 등이 고려되어야 한다.

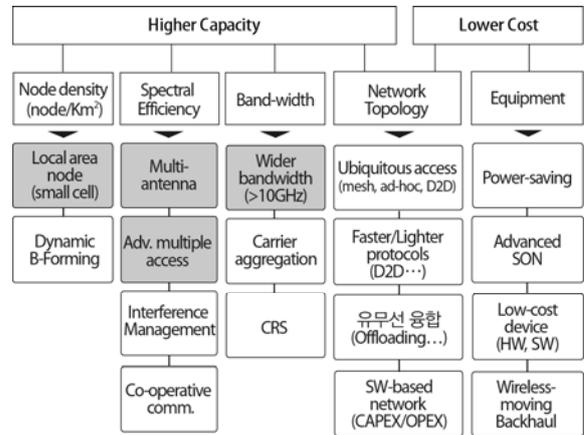
#### 4. Future IMT의 Radio Access Technologies

Future IMT는 기본적으로 모바일 시스템의 “higher capacity와 lower cost”를 동시에 추구함에 따라, 셀의 node density 증대, 스펙트럼 효율 개선, 새로운 주파수 대역 활용 및 백홀 비용의 감소 등 미래 이동통신 개발에 유용한 요소 기술을 모두 수용해야 한다. 이를 위한 방안으로 최근의 무선 기술은 (그림 6)과 같이 여러 무선자원(frequency, time, code, antenna) 중 공간자원(space)을 정교하게 이용하는 기술에 주력하고 있다.

Future IMT에 필요한 주요 기술을 정리하면 (그림 7)과 같으며, 다음 절에서는 이 중 모바일 시스템 용량 증대를 위해 거론되는 일부 기술(그림 안의 회색 부분)로



(그림 6) 무선자원 활용기술의 진화



(그림 7) Future IMT에 필요한 무선 요소 기술

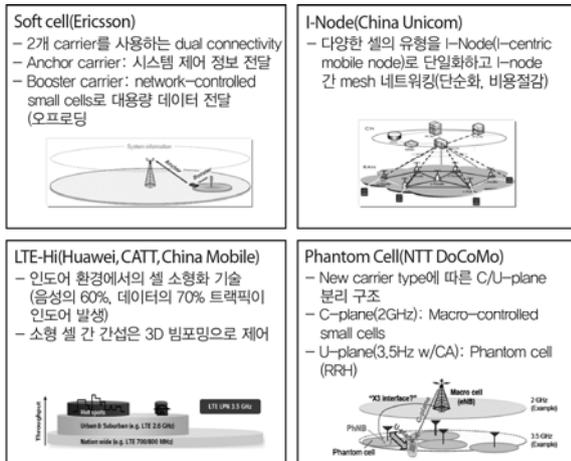
써, 셀의 소형화(local area node), 안테나 배열의 고집적화(multi-antenna), 액세스 기술의 고도화 및 높은 주파수 대역 활용 기술 등을 중심으로 소개한다.

## IV. 모바일의 기술 방향

### 1. Local Area Node 기술

모바일 시스템 용량을 증대시키는 가장 효과적 방법은 단위면적(km<sup>2</sup>)당 셀의 개수를 최대한 많이 늘리는 것이며, 음성의 60%, 데이터의 70% 트래픽이 인도어 환경에서 발생된다[2]. 이에 따라, 인도어 환경에서 소형셀 기반으로 셀을 구성하는 로컬 지역 노드(local area node) 기술이 최근 보다 활발히 연구되고 있다[2]. 주요 기술로는 3D 빔포밍 기반의 mesh/ad-hoc형 접속 기술, 네트워크가 제어하는 소형셀들 간의 간섭/핸드오버 제어 기술, 그리고 지능화된 자가 최적화 기술(advanced SON (Self Organizing Network)) 등이 포함된다.

최근, Huawei, CATT, China Mobile은 셀의 대용량화를 효과적으로 성취하기 위해, LTE-Hi(LTE evol-



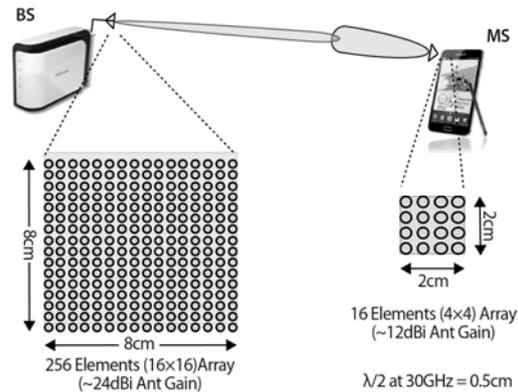
(그림 8) 3GPP에 제안된 Small Cell 기술들

ation for Hotspot and Indoor)라는 소형셀 개념을 제안하고 있으며, 그 밖의 소형셀 개념으로 soft cell(에릭슨), liquid cell(NSN), phantom cell(DCM), indoor small cell(켈컴), amorphous cells(ZTE) 및 i-node (China Unicom) 기술 등이 거론되고 있다(그림 8) 참조)[2].

## 2. Multi-antenna 기술

모바일 시스템 용량을 늘리는 또 다른 방법은 각 셀에 저가의 초소형 안테나를 많이 심는 것이다. 초집적 어레이(예: 64~256 arrays)를 사용하면 초정밀 3D 빔을 형성할 수 있어 빔 간의 간섭을 줄이고 빔 이득을 개선하여 셀 용량을 올릴 수 있다. 특히, 높은 주파수 대역을 사용하면 초소형의 초집적 어레이 안테나(예: 64~256 arrays) 구현이 용이하고 초정밀 빔을 쉽게 형성할 수 있어, 이를 이용한 소형셀 간 간섭 개선에 유용하다.

ALU(Bell Labs)에서는 셀룰러 대역 20MHz의 대역폭에서 수백 개 초소형 안테나 어레이를 이용하여(400 개 기지국 안테나와 40개 단말을 결합한 multi-user MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)), 최대 1.2Gbps 급 무선전송(60bps/Hz)이 가능하도록 하는 large scaled MIMO 기술을 제안한 바 있다[3]. Inter Digital사는 초



(그림 9) Adaptive Pencil-Beamforming 구성도(삼성전자)

고주파 대역을 사용하는 셀의 소형화 연구로서 “spatial reuse” 기반의 “millimeter wave small cells” 기술을 제안하고, 이를 통한 차세대 모바일 시스템의 무선전송 용량 증대 연구를 시도한 바 있다[4]. 아울러, 빔 형성 기술 및 차세대 RF(Radio Frequency) 기술로, 미국의 Silicon image는 60GHz CMOS 기반 빔 형성 기술개발 및 빔 형성이 가능한 60GHz 송수신기 패키지 개발을 통해 실내 non-LoS 환경을 극복하기 위한 연구를 수행 중이다.

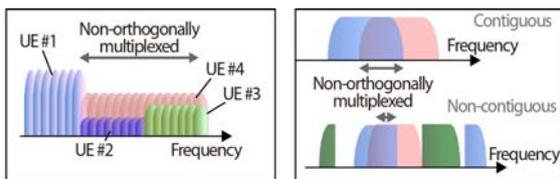
국내에서도 28GHz에서 대역폭 1GHz를 이용하는 “millimeter-wave mobile broadband” 연구를 통해, 반경 500m 단위의 grid형 소형 기지국에서 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) 기반의 빔포밍 기술을 이용하여, 2기가급 무선전송이 (~2.7Gbps) 가능함을 보인 바 있다. 최근에는, (그림 9)와 같이 20~50GHz 후보 대역을 이용하여 기지국과 단말 간 massive MIMO 기술(기지국 16×16 array, 단말 4×4 array)을 이용한 “adaptive pencil-beamforming” 연구를 수행 중이다[2].

## 3. New Multiple Access 기술

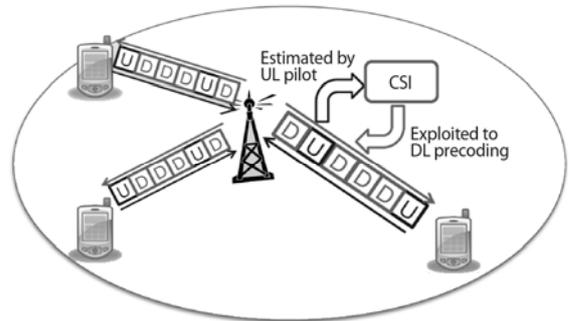
무선 인터페이스 기술이 변경되면 이는 스펙트럼 효율, 에너지 효율을 비롯하여 무선 시스템 동작에 큰 영향을 미치게 된다[2]. 일례로, 미래 주력 서비스인 “실감

영상 콘텐츠”를 매크로셀이 아닌 인도어 환경의 소형셀에서 제공하면, 기존 LTE의 무선 인터페이스는 송출전력과 전송지연 등 관점에서 최적의 동작을 보장하지 못한다. LTE 무선 인터페이스는 단말기와 기지국 사이의 송신전력 차이가 상대적으로 크게 설계되어 있어(최대 25dB) 광역 커버리지 환경에 최적화되어 있기 때문이다. 업링크 및 다운링크에 대한 변조방식(SC-FDMA vs. OFDMA)과 물리채널 구조도 양방향으로 서로 달리 설계되어 있다. 따라서, 셀 반경이 작고 업링크/다운링크 환경이 근사한 소형셀 환경하에서 LTE 시스템은 최적으로 동작하기 어려울 수 있다. 또한, 실시간 인터랙티브 게임과 같이 높은 데이터 전송속도는 단말과 기지국 간 왕복 전달시간이 상대적으로 매우 짧아야 한다. 무선 프레임 구조, 제어신호 타이밍 및 HARQ 등으로 이루어지는 ‘latency’ 구성 요소는 새로운 무선 인터페이스 설계에 큰 영향을 주게 되므로 현재의 4G numerology (LTE OFDMA)로는 최적화를 이루기 어려울 수 있다[5].

하지만, 이 같은 상황임에도 불구하고 Future IMT의 무선전송 방식은 불행히도 아직까지 구체적으로 밝혀진 바가 없고, 특별한 컨센서스도 이루어지지 않고 있다. 다만, 스펙트럼 확보 등을 위한 관련 연구와 LTE 기술 기반의 무선액세스 개선 기술만이 일부 연구되고 있을 뿐이다. 그 일례로, (그림 10)과 같이 LTE 기반의 다중 액세스 개선 기술인 “non-orthogonal multiple access” 방식이 제안되고 있다[2] 여러 단말(UEs)이 LTE 시스템의 동일 주파수 도메인에서 “overlapping rate와 power level”만을 달리해 서로 다른 정보를 동시 중첩 전송하는 방식(superposition coding)이다. 이 다중 액세스 기



(그림 10) Non-Orthogonal Multiple Access(Sharp)



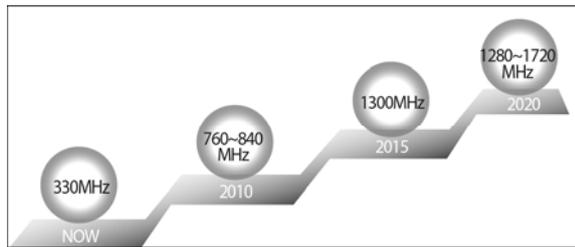
(그림 11) Dirty Paper Coding 기반 DL MU-MIMO

술은 업링크의 경우, 기존 LTE orthogonal 방식 대비 최대 30%(bps/Hz)의 단말 성능 개선(중첩 전송율 50%)이 가능할 것으로 보고 있다.

또한, MU-MIMO 환경에서 채널용량 증대 방안을 고려하고 있다. (그림 11)은 “Dirty Paper Coding(DLC) 기반의 DL MU-MIMO” 기술이다. 이 기술은 기지국이 모든 사용자 정보와 채널 정보를 미리 알아 특정 사용자의 간섭 성분을 무선구간으로 전송하기 전에 제거함으로써, 타사용자로부터의 간섭을 무력화시키는 무간섭 채널환경 통신 기술에 기반을 두고 있다. 이 방식은 다운링크의 경우, 기존 linear pre-coding 대비 평균 SNR 7dB 성능 개선이 가능함을 보이고 있다[2].

#### 4. Wider Bandwidth 개척 기술

셀룰러 주파수 자원이 고갈되어 감에 따라, 정부는 광개토편을 통해 최대 688MHz의 이동통신 대역을 추가 확보할 계획이다(일부는 기확보). 하지만, 방송, 군사 등 일부 용도 충돌 및 글로벌 주파수 대역과의 공조상의 어려움이 예상되고, 광개토편이 성공하여도 글로벌 기관의 모바일 트래픽 예측치 충족에는 미흡할 것으로 보인다. ITU-R의 IMT bands에 필요한 요구 대역폭에 따르면 (그림 12)와 같이 2020년 평균 1.5GHz 이상의 주파수 대역이 필요한 것으로 나타난다(2015년, 최소 1.3GHz 소요 예측).

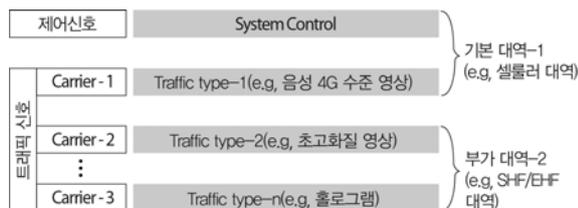


〈자료〉: ITU-R 19th WP8F, France, 2006.

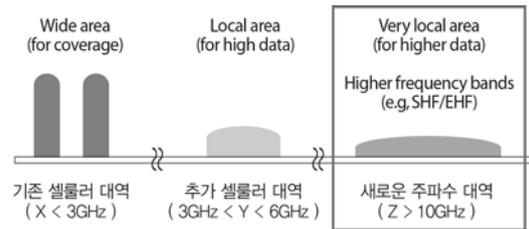
(그림 12) IMT Bands에 필요한 요구 대역폭

따라서, 주파수 임대 비용이 상대적으로 저렴하고 고용 주파수 대역이 광활한 10GHz 이상의 높은 주파수의 활용 타당성이 검토되고 있다. 타당성이 검증되면 주파수 자원 활용 기술도 여타 기술과 마찬가지로 진화될 전망이다. 80년대 초 유럽의 아날로그 이동통신 방식(Nordic Mobile Telecommunication System: NMT)이 450MHz을 사용한 이래로, 현재의 2GHz 대역과 소형 셀로 검토 중인 3GHz 이상의 대역을 거쳐 향후엔 10GHz 이상의 대역까지 확대 가능할 것으로 전망된다. 특히, 10GHz 이상의 새로운 주파수 대역을 활용하는 경우, (그림 13)과 같이 시스템 제어정보 등의 소규모 트래픽은 셀룰러 대역을, 초고화질 실감영상 트래픽 등의 대용량 트래픽은 높은 주파수 대역(SHF/EHF)을 이용하는 이산 캐리어 결합(carrier aggregation) 방식이 검토되고 있다.

한편, AT&T, ALU, Inter Digital 등 산업체 중심으로 2011년 조직된 IPWC(International Wireless Industry Consortium)의 MoGIG(Mobile Multi Gigabit Wireless Networks and Terminals) 그룹은 현재 개인별 10Mbps(LTE 기준) 속도에서 최고 200배 빠른 2Gbps/user까지



(그림 13) 셀룰러 대역과 높은 주파수 대역의 결합 사례



(그림 14) Future Spectrum Extension(NTT 도코모)

제공할 수 있는 방안으로 mmWave(Millimeter wave) 주파수 대역 활용을 논의된 바 있고, 일본의 NTT 도코모는 4G 이후 셀의 대용량화를 위해 높은 대역폭의 중요성을 인지하고 10~60GHz의 초고주파 대역 연구에 대한 필요성을 제기한 바 있으며(그림 14) 참조), 이외에도 삼성전자, Inter Digital사 및 Fujitsu사 등도 관련 기술에 많은 관심을 보이고 있다[2].

4세대 이후의 차세대 이동통신에 필요한 IMT 추가 주파수 할당은 2015년에 열릴 ITU-R 회의(WRC'15 (World Radio communication Conference))에서 논의될 예정이다.

## 5. D2D 등 그 밖의 기술

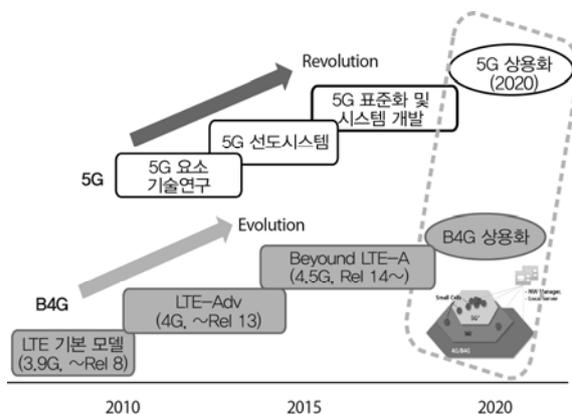
그 밖의 주요 기술로는 기지국이 단말을 추적하여 셀 경계에서의 통신품질을 높이는 다중 빔 기반의 협업통신, 셀룰러와 블루투스 등의 장점을 결합한 형태로 셀룰러 인프라의 제어하에 디바이스 간 데이터를 직접 주고받는 직접통신, 개인방송 서비스에서와 같이 가입자 중심의 무선전송 능력을 강화하기 위한 상향링크 대용량 전송기술 등이 있다. 또한, 신개념 통신 방식으로 통신에 참가한 노드(예, 기지국, 디바이스 단말 등) 수의 증가에 따라 전체 시스템의 용량을 증가시키는 개념이 제안되고 있다. 이 제안은 디바이스와 같은 노드(node)를 신호 간섭원으로 처리하지 않고 자기신호원으로 적극 재활용하는 개념이며, Internet-of-Things(IoT) 환경 등에 적용 가능할 것으로 보인다.

## 6. 4G와 5G 간의 상호 관계 시나리오

B4G(Beyond 4G, 통상 4.5G) 기술은 4G 연장선상의 진화적 기술이며 3GPP(Third Generation Partnership Project) 등에서 표준화가 현재 진행 중이고, 5G는 공식적으로 알려진 기술이 없으나, 모바일 트래픽 1,000배 달성이라는 목표치 설정엔 대체로 공감대를 보이며 현재 기초연구 단계에 있다. B4G와 5G는 병행 개발되어 2020년경엔 오버레이 셀 형태로 구성, 상호보완적 역할을 할 것으로 예상된다(그림 15) 참조).

B4G는 기존의 셀룰러 대역을 이용하여 고품질, 고효율, 저비용을 추구하며, 4G 대비 10배 이상의 무선전송 용량 증대가 가능할 것으로 보인다. 주요 기술로는 HetNet(Heterogeneous Network), MIMO, CoMP(Coordinated Multipoint Transmission and Reception) 및 ICIC(Inter-Cell Interference Control) 등 4G 기술의 고도화와 Mobile-Relay, D2D(Device-to-Device Communication) 등의 신규 기술을 포함하고 있다.

5G는 전파환경 및 서비스 트래픽 특성이 B4G와는 다를 것으로 예상된다. 일례로, 현재 정부에서 범부처 규모로 기획 중인 Giga KOREA의 경우, 개인별 1Gbps급의 전송속도 제공이라는 궁극적 목표를 실현하기 위하여, 20GHz 대역 이상의 초고주파 대역(SHF/EHF) 활용을 검토하고 있다. 현재 기획 중인 요소 기술로는 전파



(그림 15) 4G와 5G 간의 상호 관계 시나리오

가시거리(LoS) 보장 기술, 높은 주파수 대역 기반의 고밀도위상배열 안테나 기술, 이동 빔-셀 간 간섭 회피 기술, zero 핸드오버 기술, 고속 환경에서의 빔 형성 및 추적 기술, 인접 셀 간의 밀결합 협업통신 기술, 브로드캐스팅 채널제어 기술, 업링크/다운링크 간 symmetric link 구성 기술, 오버헤드가 매우 작은 시그널링 기술 그리고 4G 등 기존 망과의 심리스 인터워킹 기술 등이 검토되고 있다.

## V. 맺음말

본고에서는 Future IMT(5G)를 포함한 4G 이동통신 이후의 무선환경 변화, 새로운 도전과제 및 최근 기술의 발전 방향을 살펴보았다. 기존의 무선전송 방식에 대한 성능이 한계까지 간 상황이고 Future IMT 기술의 상태는 개념적, 실험적 수준에 머물러 있어 Future IMT를 위한 혁신적 전송 방식은 당분간 쉽게 가시화되지 않을 것으로 예견되나, 그 중 하나는 이동통신에 mmWave를 적용하는 기술이 중요한 단초가 될 수 있을 것으로 보인다. 하지만, 10GHz 이상의 높은 주파수 대역을 활용하기 위해서는 유관 기술인 RF, 안테나, baseband, topology 등의 seed 기술이 각기 완성되고 종합되어 실제 상황에서 잘 동작되고 산업화까지 보장되는 set 기술로 발전되어야 하므로 도전적 이슈가 많을 것으로 예상된다. 이를 잘 추진하기 위해선, 2015년 개최되는 ITU-R(WRC'15) 회의를 기점으로 5G 선도 시스템(1단계, 2013-2015)을 선행 개발하고, 표준기술 확보를 위

### 용어해설

**Future IMT(International Mobile Telecommunications)** 개인별 Gbps급 통신을 가능하게 하는 2020년경 출현할 미래 이동통신

**높은 주파수(Higher frequency)** 30~300GHz의 대역의 주파수를 일컫는 말로써, 실제로는 10GHz 대역 이상의 주파수를 통칭. 파장이 mm 단위로 내려가므로 mmWave 대역이라고도 함.

한 국제표준 주도와 아울러 5G 표준 시스템(2단계, 2016-2018) 개발을 정책 및 기술 관점에서 도전적으로 추진하여, 그 개발 결과를 평창동계올림픽 등에 적극 활용함으로써 “세계 1등 기가급 모바일 국가”가 되도록 필요한 전략적 접근이 속히 마련되어야 할 것이다.

## 약어 정리

3GPP	Third Generation Partnership Project
4G	4th Generation Mobile Communication
5G	5th Generation Mobile Communication
AMPS	Advanced Mobile Phone System
BF	Beam-Forming
CSI	Channel Status Indicator
CoMP	Coordinated Multipoint Transmission and Reception
D2D	Device-to-Device Communication
DLC	Dirty Paper Coding
GHz	giga-hertz
HetNet	Heterogeneous Network
ICIC	Inter-Cell Interference Control
IMT	International Mobile Telecommunications
IPWC	International Wireless Industry Consortium
LoS	Line of Sight
IoT	Internet-of-Things
LTE	Long-Term Evolution

LTE-Adv.	Long-Term Evolution Advanced
LTE-Hi	LTE evolution for Hotspot and Indoor
mmWave	Millimeter wave
MOGIG	Mobile Multi Gigabit Wireless Networks and Terminals
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
NMT	Nordic Mobile Telecommunication System
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access
RAT	Radio Access Technology
RF	Radio Frequency
SON	Self organizing Network
SHF-EHF	Super High Freq. to Extremely High Freq.
3GPP	Third Generation Partnership Project
UHD	Ultra High Definition
WRC	World Radio communication Conference

## 참고문헌

- [1] 범부처, “Giga KOREA 기획 보고서”, 2012.
- [2] 3GPP, Release 12 and ongoing, workshop, Slovenia, 2012.
- [3] ALU(Bell Labs), “Large Scale MIMO – New Direction of Antenna System,” 2010.
- [4] Inter Digital, Inc, “Advanced Topologies for Next Generation Networks,” 2011.
- [5] NSN, “2020: Beyond 4G Radio Evolution for the Gigabit Experience,” 2011.