

# LTE-Advanced 표준 기술 동향

송평중 · 교영조 · 임선배 (한국전자통신연구원)

## I. 머리말

LTE-Advanced는 3GPP 진영에서 추진중인 LTE (Long Term Evolution, 3.9세대)를 “advanced”시키는 4세대 이동통신 기술이며, 기존 LTE 기술과의 호환성 유지는 물론 ITU-R의 IMT-Advanced 요구사항을 만족시키는 기술이다. LTE는 20MHz 대역에서 다운링크 100Mbps, 업링크 50Mbps의 데이터 전송속도를 지원하는 무선통신기술이고, LTE-Advanced는 최대 100MHz 대역에서 다운링크 1Gbps, 업링크 500Mbps의 데이터 전송속도를 지원하는 “글로벌-컨버전스형의 무선통신 기술”이다. LTE-Advanced 표준초안은 2010년말 완성될 예정이다, 초기 상용화는 2012년 이후를 목표로 하고 있다.

본 고에서는 IMT-Advanced를 위한 ITU-R의 표준 요구사항과 3GPP의 LTE-Advanced 표준 기술을 살펴본다. 본 원고는 ITU-R 회의자료, 3GPP LTE-Advanced 워크샵 자료 및 실무 회의 자료 등을 인용하였음을 밝혀 둔다.

## II. ITU-R의 IMT-Advanced 표준 요구사항

### 1. IMT-Advanced 주파수 대역 [1,2]

지난 2000년 초부터 IMT-Advanced 주파수 산출 작업을 추진해 온 ITU-R(WP8F)에서는 2002년 제정된 “4G 비전문서(M.1645)”를 근거로 WRC-07 준비 회의인 CPM (Conference Preparatory Meeting) 보고서를 완료하고, 2007년 WRC-07 본 회의에서는 이 보고서의 연구결

〈표 1〉 IMT 주파수 가용 대역 (WRC-07)

IMT 주파수 대역	WRC'07 결과	비고
450~470 MHz	IMT 분배 다수 찬성 (유럽 제외)	신규 <sup>1</sup>
698~862 MHz	IMT 대역을 지역별로 결정 Region 1 : 790~862MHz 대역 Region 2 : 698~806 MHz 대역 Region 3 : 790~806MHz 대역	신규 <sup>2</sup>
806~960 MHz	기존 IMT 대역	기존
1,710~2,025MHz	기존 IMT 대역	기존
2,110~2,200MHz	기존 IMT 대역	기존
2,300~2,400MHz	IMT 공동대역 (전세계 포함)	신규
2,500~2,690MHz	기존 IMT 대역	기존
3,400~3,600MHz	Region 1 : 3,400 ~ 3,600MHz 대역 Region 2 : 3,400 ~ 3,500MHz 대역 Region 3 : 3,400 ~ 3,600MHz 대역	신규

주 1: 한국 사용불가

주 2: 한국 사용 가능(698~790MHz)



<표 2> IMT-Advanced의 최소 기술요구사항

Items		Conditions	Values	
Capability	Peak Data Rate	Min. requirement (40MHz, '08.6.)	• DL : 600Mbps • UL : 270Mbps	
	Latency	Common	• Control plane : 100ms • User plane : 10ms	
	VoIP Capacity (min value)	Indoor		• 50 (active users/sector/MHz)
		Microcellular		• 40 (active users/sector/MHz)
		Base coverage urban		• 40 (active users/sector/MHz)
High speed			• 30 (active users/sector/MHz)	
System performance	Peak spectrum Efficiency	Error-free, single UE	• DL : 15 bps/Hz (4x4 MIMO) • UL : 6.75 bps/Hz (2x4)	
	Average cell spectrum Efficiency	Indoor(실내)		• DL : 3 bps/Hz (4x2) • UL : 2.25 bps/Hz (2x4)
		Microcellular(마이크로셀)		• DL : 2.6 bps/Hz (4x2) • UL : 1.8 bps/Hz (2x4)
		Base coverage urban(마크로셀)		• DL : 2.2 bps/Hz (4x2) • UL : 1.4 bps/Hz (2x4)
		High speed(고속 환경)		• DL : 1.1 bps/Hz (4x2) • UL : 0.7 bps/Hz (2x4)
	Normalized cell edge spectrum efficiency	Indoor		• DL : 3 bps/Hz (4x2) • UL : 2.25 bps/Hz (2x4)
		Microcellular		• DL : 2.6 bps/Hz (4x2) • UL : 1.8 bps/Hz (2x4)
		Base coverage urban		• DL : 2.2 bps/Hz (4x2) • UL : 1.4 bps/Hz (2x4)
		High speed		• DL : 1.1 bps/Hz (4x2) • UL : 0.7 bps/Hz (2x4)
	Mobility에 따른 주파수 효율	Indoor		• 1.0 (3Km/H)
		Microcellular		• 0.75 (30Km/H)
		Base coverage urban		• 0.55 (120Km/H)
		High speed		• 0.25 (350Km/H)
	Spectrum	Scalable bandwidth		• Up to 40MHz
Handover	Handover interruption time	Intra-frequency	• 27.5ms [(25+30)/2]	
		Inter-frequency	• 40ms (same band) • 60ms (different band)	

과로써 주파수의 대역별 장단점, 스펙트럼 소요량, 주파수 공유 사항 등을 바탕으로 IMT(IMT-2000 & IMT-Advanced)에 사용 가능한 주파수 대역을 <표 1>과 같이 최종 결정하였다.

또한, ITU-R의 결의사항에 따르면 IMT-Advanced 표준화는 과거 IMT-2000 진행방식과 유사하게 추진하되, 각국의 표준개발기관(SDO, Standards Development Organization) 이외의 타 기관도 기술을 제안할 수 있도록 표준 과정을 개방할 것과 권고 기술이 정해진 이후에도 새로운 기술을 추가할 수 있도록 하였으며, 표준화 프로세스는 아래 절차를 따르기로 하였다.

- 최소기술요구사항 (기술, 스펙트럼, 서비스)

과 기술 평가 기준 정의

- ITU-R 멤버 혹은 유관 기관에 IMT-Advanced 제안을 요청하는 초청장(Circular Letter) 송부
- 제안된 IMT-Advanced 기술 평가
- 의견 수렴 (consensus building process)
- 표준화 처리 (standardization process)

## 2. IMT-Advanced 표준 요구사항 [3]

ITU-R WP5D는 2007년 10월 개최된 WRC-07 회의에서 새로 조직된 IMT 작업반이며, 그 역할은 앞서 말한 ITU-R WP8F와 대동소이하다.

지난 2008년 1월 제네바에서 개최된 제1차

〈표 3〉 LTE-Advanced 주요 이슈

Items	Uses	Key Issues
Wider Bandwidth	광대역화(최대 100MHz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spectrum aggregation</li> <li>• Backward compatibility</li> </ul>
UL Access Scheme	스펙트럼 효율 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wider bandwidth 지원, SU-MIMO</li> <li>• OFDMA, NxDFTS-OFDMA, C-DFTS-OFDMA</li> </ul>
DL MIMO Enhancement	데이터 전송률 (PDR) 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE-A baseline 4x4 MIMO (up to 8x8 MIMO)</li> <li>• Dynamic switching (SU-MIMO, MU-MIMO, etc)</li> <li>* LTE baseline 2x2 MIMO</li> </ul>
UL SU-MIMO Support	데이터 전송률 (PDR) 개선 업링크 커버리지 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE-A baseline 2x4 MIMO (up to 4x4 MIMO)</li> <li>* LTE baseline 1x2 MIMO</li> </ul>
Network MIMO (CoMP)	셀 경계 성능 개선 셀 커버리지 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joint transmission/Dynamic coordination</li> <li>• Throughput enhancement for cell-edge UEs</li> </ul>
Mobility	네트워크 컨버전스 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enhanced multi-RAT seamless inter-working</li> </ul>
MBMS	통·방 융합 서비스 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spatial multiplexing</li> <li>• Multi-stream MIMO SFN broadcast</li> </ul>
ICIM	셀간 간섭제어 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centralized &amp; adaptive ICI management</li> <li>• PHY measurement + NW cooperation</li> </ul>
Local Area Access	셀 커버리지/커버리지 개선 Nomadic 액세스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relay station (L1 relay, L3 relay)</li> <li>• Home-cell</li> </ul>
SON	기지국 운용 최적화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autonomous self-configuration &amp; optimization</li> <li>• Standardized multi-vendor SON</li> </ul>
Others	액세스 NW 아키텍처 개선, 효과적 자원관리, 기존 LTE 기술 최적화 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>• New deployment scenario for local area access</li> <li>• Advanced MAC scheduling</li> <li>• Signaling delay optimization</li> <li>• Cooperative RRM, optimal HARQ, etc</li> </ul>

ITU-R WP5D 회의에서는 각국의 표준개발기관에 초청장 (CL)을 송부하기로 하고, 이 초청장에 최소 기술 요구사항으로 “cell spectral efficiency, peak spectral efficiency, bandwidth, cell edge user throughput, latency, mobility, handover, VoIP capacity” 등의 항목이 포함되도록 하였다. 이후 동년 6월 두바이에서 개최된 제2차 회의에서는 <표 2>와 같이 IMT-Advanced 최소 기술 요구사항을 완료하고, 2008년 10월 서울에서 개최된 제3차 회의에서는 각 표준개발기관의 IMT-Advanced 추진 방향, 규격의 주요 특징 등을 발표 논의한 바 있다.

### III. 3GPP의 LTE-Advanced 표준 기술

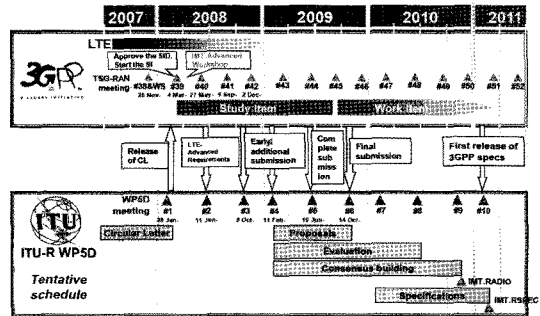
#### 1. LTE-Advanced의 표준 타겟

LTE-advanced 표준의 타겟은 기존 LTE 보다 무선 전송속도를 한층 더 올리고, 단위비용 (cost per bit)을 더욱 낮추고, 셀 커버리지 및 용량 확대를 비롯한 로컬 액세스 기술을 강화하는 한편, 업링크액세스 방식, 셀경계에서의 간섭제어 및 MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) 제어 기술 등 기존 LTE Rel.8의 성능을 개선하는 것 등이다. 3GPP 진영에서 제안된

LTE-Advanced 주요기술을 종합하면 <표 3>과 같다.

### 2. LTE-Advanced의 표준 일정

ITU-R에서 2008년 1월 배포한 초청장 (CL)에 의거 3GPP에서는 IMT-Advanced 후보기술(LTE-Advanced)의 표준 일정을 마련하고, 동년 4월 열린 3GPP RAN 총회 (RAN#39, 심천)에서 LTE-Advanced 요구사항 (TR 36.913)을 인준하는 한편, LTE-Advanced를 새로운 연구 아이템 (Study Item)으로 승인하였다. 이 아이템은 <그림 1>과 같이 2009년 9월 완성 예정이고, ITU-R에 제출할 최종기술문서를 위한 워크 아이템 (Work Item)은 2011년 2월 목표로 완성시킬 예정이다<sup>[2,6]</sup>(물리계층 기준). 이에 앞서 2007년 11월 멕시코 칸쿤 (Cancun)에서 제1차 워크샵이 열려 IMT-



<그림 1> LTE-Advanced 표준 일정

Advanced에 대한 Way forward를 정리한 바 있고, 다음 해 5월 개최된 프라하 총회 (RAN#40)에서 LTE-Advanced 요구사항을 확정하였다.

### 3. LTE-Advanced의 표준 요구사항

지난 2008년 4월 약 30여 기관에서 280 여명이

<표 4> LTE-Advanced 요구사항 (1/2)

Items	Detailed Items	LTE Values	LTE-A. Values
Capability (max value)	Peak Data Rate (system target view)	• DL : 300Mbps (4x4, 64QAM) • UL : 75Mbps (1x2, 16QAM)	• DL : 1Gbps • UL : 500Mbps
	Latency (C-plane) (w/o S1 interface & unloaded)	• Idle-Active : 100ms • Dormant(DRX)-Act : 50ms	• Idle-Active : 50ms • Dormant-Active : 10ms
	Latency (U-plane)	• 10ms (one-way at IP layer)	• Less than LTE
	C-plane Capacity	• 200 active users /5 MHz	• 300 active users /5 MHz
System performance (max value)	Peak spectrum efficiency (error-free, single UE)	• DL : 15 bps/Hz (4x4) • UL : 3.75 bps/Hz (1x2)	• DL : 30 bps/Hz (8x8) • UL : 15 bps/Hz (4x4)
	Average spectrum efficiency (higher priority)	• DL : 1.69 (2x2) • UL : 0.735 (1x2)	• DL : 2.6 (4x2) or 3.7 (4x4) • UL : 2.0 (2x4)
	Cell edge spectrum efficiency (5% point of CDF normalized)	• DL : 0.05 (2x2) • UL : 0.028 (1x2)	• DL : 0.09 (4x2) or 0.12 (4x4) • UL : 0.07 (2x4)
	Speed	• 350km/h	• 350km/h (up to 500km/h)
	Coverage	• ~5Km : Best throughput	• LTE are applicable
	Further Enhanced MBMS	• Reuse of L1,Soft-combining	• Better than LTE
	Network synchronization	• 시각 동기없이 성능 달성 • 성능 월등하면 동기 제공	• LTE are applicable
	Spectrum flexibility	• 1.4, 3, 5, 10, 15 and 20MHz	• 450MHz~4.99GHz • Wider BW than 20MHz

〈표 4〉 LTE-Advanced 요구사항 (2/2)

Items	Detailed Items	LTE Values	LTE-A. Values
Deployment	Deployment Scenarios	• No backward compatible • For underground	• Bkwd compatible with LTE • Indoor eNB and HNB
	Co-existence & interworking	• 3GPP Inter-RAT HO	• Inter-RAT HO time (LTE-A - LTE) = Intra-LTEA HO time
	Network Sharing	• S1-flexibility	• S1-flexibility
Architecture	EUTRAN arch.	• Cost-eff. & flat arch.	• Based on E-UTRAN • Enhanced local area access
Cost	Infra. & terminal	• Size, weight, battery	• Low cost, power efficiency
	Backhauling	• S1/X2/RNL optimized	• Minimized "cost per bit"
	SON	• Mainly for eNodeB	• NW sharing & HeNB
	eNode B implementation	• No "relay"	• Cost effective and flexibility for multi-vendor
Complexity	Adv EUTRA complex.	• multi-RAT mode	• LTE applicable
Service	Service requirements	• 저 지연 고속 이동서비스	• LTE applicable, User friendly

참석한 LTE-Advanced 심천 워크샵에서, Vodafone, T-mobile, NTT DoCoMo, China Mobile, Telecom Italia 등 주요 사업자가 제안한 요구사항은 아래와 같다<sup>[4]</sup>.

- 기존 LTE와의 호환성 유지
- 시스템 시설 및 운용 비용 감소
- 스펙트럼 사용의 융통성 부여
- 시스템 성능 타겟으로 NGMN 백서 권고
- 시스템 최적화 기술 강화
- 셀 경계에서의 성능 개선 등

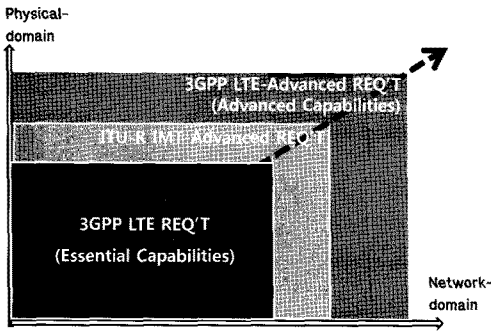
특히, 대부분의 사업자가 제시한 LTE-Advanced의 성능목표는 유럽 사업자 중심으로 결성된 “차세대 이동통신 네트워크 연합 (NGMN, Next Generation Mobile Networks Alliance)”의 요구사항을 따르게 되어 있어, Ericsson, Nokia, Qualcomm, LGE, Samsung 및 파나소닉 등 제조업자의 견해와 마찬가지로 ITU-R의 IMT-Advanced 요구사항을 능가해야 한다는 의견이 지배적이다. 이를테면, LTE-Advanced의 다운링크

최대 전송속도는 1Gbps 정도까지 지원해야 하고 이에 필요한 주파수 대역은 하나의 통 채널로 할당되기 쉽지 않으므로, 작은 토막 대역을 여러개 사용하는 스펙트럼 합성 (spectral aggregation) 방식이 필요하며, 업링크의 최대 전송속도 또한 MIMO (Multiple Input Multiple Output)를 사용하여 개선해야 한다는 의견이 많았다. 지난 2008년 4월 심천 워크샵에 제안된 LTE-Advanced 기술 요구사항은 <표 4>와 같으며, 그 결과는 2008년 5월 TS.36913 문서<sup>[5]</sup>로 공식 배포되었다.

#### 4. LTE-Advanced 의 표준 기술 동향

현재의 LTE 규격은 IMT-Advanced 요구사항을 이미 일정 부분 만족하므로 <그림 2>와 같이 3GPP LTE-Advanced의 요구사항은 ITU-R의 IMT-Advanced 요구사항에 비해 물리계층과 네트워크 측면에서 성능 우위를 보일 것으로 예견된다.

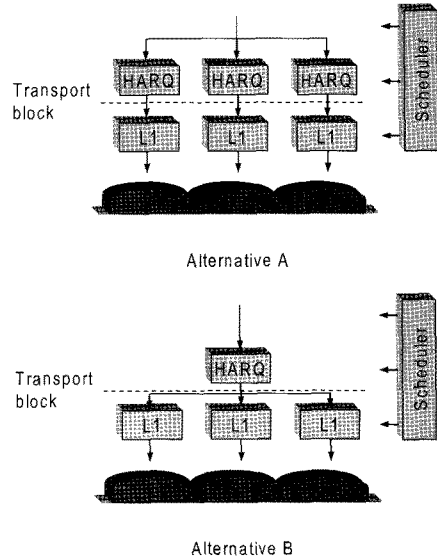
다음에 LTE-Advanced 표준의 주요 아이টে를 <표 3>에 열거된 순서에 따라 간략히 살펴본다.



〈그림 2〉 IMT-Advanced 요구사항 범위 (LTE-Advanced vs. IMT-Advanced)

가. 주파수 광대역화 기술 (Bandwidth Extension)

이 기술은 주파수 대역을 광대역화하여 최고 전송속도를 높이기 위한 핵심기술이다. 하지만, 전세계적으로 광대역의 주파수 할당이 쉽지 않기 때문에 조각난 작은 대역을 효율적으로 사용하기 위한 방안이 논의되었다. 인접한 연속 대역을 복수개 사용하는 연속 스펙트럼 할당방법 (contiguous spectrum, 20MHz x N)과 이산적으로 조각난 대역을 복수개 사용하는 불연속 스펙트럼 할당방법 (non-contiguous spectrum)이 검토중이다. 스펙트럼 집성 (spectral aggregation)이라고도 불리우는 이 기술은 LTE-Advanced를 기존의 LTE와 차별화시키는 대표기술중의 하나이며 많은 사업자가 선호하는 기술이고, 20MHz이상에서 최대 100MHz까지 집성이 가능하도록 확장성(scalability)이 지원되어야 한다. 특히, 계층1과 계층2간의 관계에서 스펙트럼 집성은 <그림 3>과 같이 주파수 단위 대역 (carrier component, 20MHz)별로 계층1(L1) 및 계층2 (HARQ process)를 따로 두는 방안 (alternative-A)과 계층1의 복수 데이터 스트림을



〈그림 3〉 스펙트럼 집성 방법

계층2 (HARQ process)에서 단일 데이터 스트림으로 멀티플렉싱하는 방안 (alternative-B)이 검토되고 있으며, 모두 LTE와의 호환성을 전제로 하고 있다 [7].

나. 업링크 다중 액세스 기술 (UL multiple access scheme)

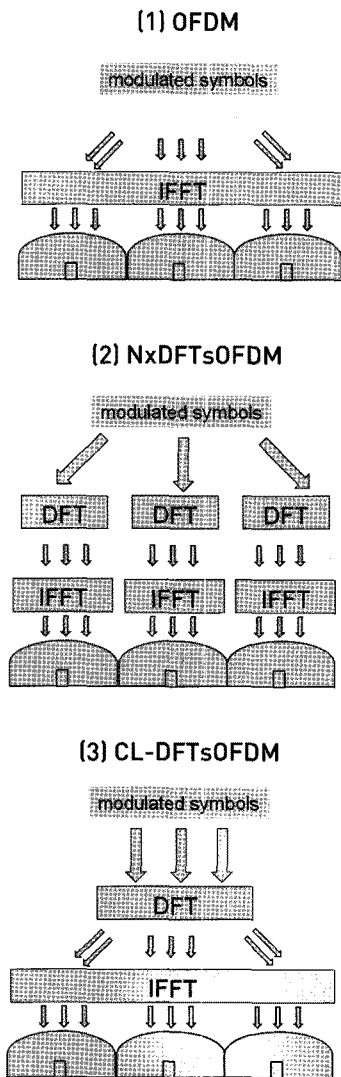
이 기술은 IMT-Advanced 요구사항을 만족하고 업링크의 데이터 전송속도를 향상시키기 위해 업링크 MIMO (Multi-Input Multi-Output)의 도입이 불가피한 상황에서 제안된 업링크 다중 액세스 기술이다. 현재 관련 기술로는, 기존 LTE의 SC-FDMA (Single Carrier-FDMA, 일명 DFT-S-OFDMA)를 비롯하여, SC-FDMA에 비해 MIMO 및 고차변조에서 성능이 우수한 OFDM 방식(1), LTE-Advanced의 광대역화 지원을 위해 DFT-S-OFDM (Discrete Fourier Transform-

Spread OFDM) 를 다수개의 캐리어로 단순 반복 확장한 기술인  $N \times$  DFT-S-OFDM 방식(2), 그리고 한 개의 DFT 단락만을 사용하고 다수 개의 캐리어에 불연속적인 부주파수 할당을 허용하는 Clustered DFT-S-OFDM 방식(3)이 고려되고 있으며<sup>8)</sup> 현재, 이들 방식에 대한 PAPR (Peak-to-Average Power Ratio) 특성 및 PER 성능에 대

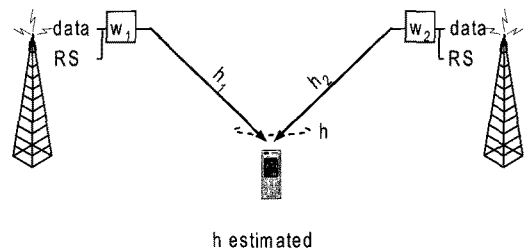
한 비교 우위가 주요 쟁점이 되고 있다. 이외에도 업링크 데이터 채널의 전송 효율을 개선하기 위해 셀경계지역은 SC-FDMA를, 셀 중심지역은 OFDMA를 사용하는 하이브리드 방식 (OFDMA/SC-FDMA)도 제안되고 있다.

#### 다. 협력 송수신 기술 (Coordinated multiple point transmission and reception, CoMP)

CoMP 기술은 셀 커버리지를 늘리고 셀 경계 사용자의 성능을 향상시키기 위한 기지국간 협력 송수신 기술이며, 이를 실현하는 방법으로는 Joint transmission과 Dynamic coordination이 제안되고 있다. Joint transmission은 다수개의 전송 사이트가 동시에 한 단말로 데이터를 전송하는 방법으로 인접셀의 간섭을 자기신호로 바꾸어 줌으로써 성능을 향상시키는 기술이다. Dynamic coordination은 한 전송 사이트에서 단말로 데이터를 전송하되 인접 전송 사이트간의 동적 스케줄링을 이용한 협력 제어를 통해 상호 간섭을 최소화시키므로써 성능 개선을 꾀하는 방법이며, 기존 LTE에 채택된 인접 셀간 간섭 조정 (Inter-Cell Interference Coordination, ICIC) 기술을 보다 개선시키는 방향으로 논의되



〈그림 4〉 UL multiple access 후보 기술



〈그림 5〉 Joint transmission

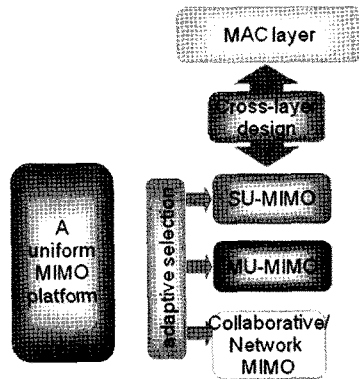
고 있다. 셀간 협력은 “인트라 기지국 협력(intra-eNB)과 인터 기지국 협력 (inter-eNB)”으로 구분할 수 있고 각각에 따라 적용 가능한 CoMP 기술이 달라질 전망이다<sup>[9]</sup>.

라. 다중안테나 기술 (MIMO)

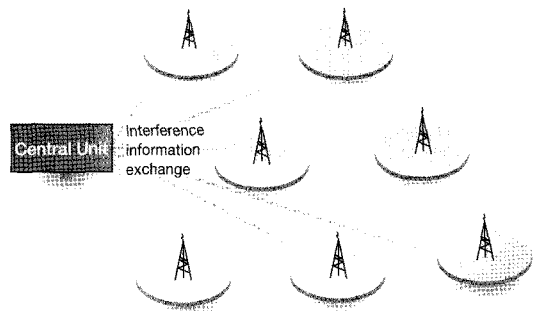
MIMO(Multiple Input Multiple Output) 기술은 LTE-advanced에서 최대전송률 (peak data rate)을 성취하기 위한 핵심 기술이며, 송신기와 수신기 양쪽에 다수의 안테나를 사용하고 각 안테나마다 서로 다른 정보를 보냄으로써 정보량을 높이고, STC(Space Time Coding) 등을 사용하여 다이버시티 효과와 코딩 이득을 주어 전송 정보의 신뢰도를 함께 높일 수 있는 기술이다<sup>[8]</sup>. 특히, 업링크의 경우 MIMO 방식(SU MIMO, 2-4)을 채택하게 되면 MIMO를 사용하지 않는 기존 LTE에 비해 업링크 커버리지가 확대되고 최대 데이터 전송속도가 개선된다.

현재, LTE-Advanced에서 고려중인 MIMO 기술의 일례로써, <그림 6>와 같이 Alcatel-Lucent가 제안한“Multi-Mode Adaptive MIMO’ 방식은 전파환경 및 용도에 따라 업링크/다운링크의 MIMO 방식을 선택적으로 적용하여 환경 적응형 고속 전송율을 달성하는 기술로써, 3가지 MIMO 방식이 고려되고 있다<sup>[10]</sup>.

- 최대전송률 (peak data rate) 개선을 위한 단일 사용자 MIMO (SU MIMO)
- 평균 전송률 (average data rate) 개선을 위한 다중 사용자 MIMO (MU MIMO)
- 셀경계 가입자 전송률 증대(cell edge user data rate boost)를 위한 네트워크 MIMO (Collaborative/Network MIMO)



<그림 6> Multi-Mode Adaptive MIMO



<그림 7> 중앙제어방식의 간섭제어 구조

마. 셀간 간섭관리기술 (ICIM)

ICIM (Inter-Cell Interference Management) 기술은 인접셀간의 간섭 관리 기술이며, 간섭을 유발한 인접셀의 해당 무선자원 (PRBs: Physical Resource Blocks)의 송출전력을 낮추거나 아예 다른 무선자원으로 스위칭시켜 간섭 원인을 감소시키거나 없애는 방법이다. 또한, 특정 기지국에서 여러 셀의 간섭을 총괄제어하는 중앙제어방식은 특정 센트럴 장비 (Central Unit, 기지국)가 동적 스케줄링을 이용하여 지리적으로 떨어져 있는 여러 셀의 송/수신 자원을 각기 달리 할당, 배치시키므로써 간섭을 제어하는 방식이



다<sup>[11]</sup><그림 7>. 여기서, 센트럴 장비와 여러 셀은 아주 작은 전송 지연특성을 갖는 광 화이버 케이블로 접속될 수 있다<sup>[12]</sup>.

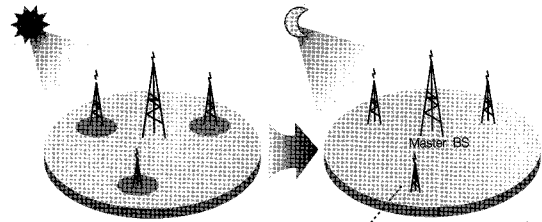
### 바. 릴레이 기술 (Relay)

Relay 기술은 모 기지국과 무선으로 연결되므로써 백홀 (Backhaul) 비용의 부담없이 기지국을 신속히 건설할 수 있고 음영지역, 셀경계지역에서의 셀 커버리지 확대 및 성능 개선 (throughput)이 용이한 기술이다. 특히, LTE-Advanced의 경우 높은 주파수 대역의 사용으로 셀반경이 작아지고 기지국 수가 증가될 전망임에 따라 기지국의 설치 비용 및 기지국간 간섭이 문제시되므로 멀티홉 릴레이 기술 (Multi-Hop Relay)의 중요성이 한층 부각되고 있다. 현재 LTE-Advanced에서 고려중인 릴레이 유형은 아래와 같다<sup>[13]</sup>.

- L1 Relay : 증폭 송신/ 지연 무시(repeater)
- L2 Relay : 데이터 복원/증폭 송신
- L3 Relay : 소형 기지국 (eNB with self-backhauling)

### 사. 기지국 최적화 기술 (SON)

SON (Self-Organizing Network) 기술은 기지국이 네트워크 서버로부터 관련 소프트웨어 및 형상 정보를 스스로 내려 받아 초기 세팅후, 인접셀의 트래픽 부하 및 간섭 레벨 상태 등을 측정하여 자신의 셀 반경과 용량 등을 최적화시키는 기지국 자동 설정 및 최적화 기술이다. SON은 네트워크 운용의 안정화 및 운용비 감소 측면에서 사업자에게 매우 유용한 기술이다. LTE의 경



작은셀의 전원 자동 차단

<그림 8> 기지국 장비의 전원 관리 사례

우 자동 최적화(Self-Optimization) 대상으로 아래 아이템이 고려되고 있다.

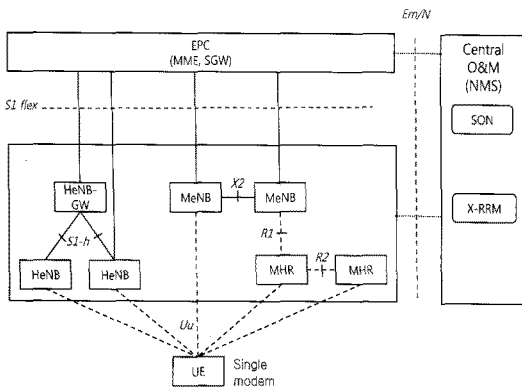
- 셀간 과부하 제어 (load balancing)
- 핸드오버 파라미터 최적화 (HO parameter optimization)
- 셀간 간섭제어 (interference control)
- 셀간 용량 및 커버리지 최적화 (capacity and coverage optimization)
- 랜덤액세스 파라미터의 최적화 (RACH optimization)
- 기지국 장비의 소요 에너지 감소 (energy savings)
- 방송 서비스를 위한 네트워크 최적화 (MBMS network optimization)
- QoS 관련 무선 파라미터 최적화 (QoS related radio parameters optimization)

일례로, 기지국 장비의 소요 전력 및 CO2 배출량을 줄이기 위해 제안된 “shutdown management” 방식은 <그림 8>과 같이 큰셀과 작은셀이 동시 운용중인 오버레이 셀환경에서 통신 트래픽 부하가 현저히 낮은 야간 시간의 경우 작은 셀의 전원을 내리고 큰셀만 운용하는 기술이다<sup>[14]</sup>.

아. 무선 액세스 네트워크 기술

LTE-Advanced의 무선 액세스 네트워크(RAN, Radio Access Network)은 릴레이(Multi-Hop Relay)나 홈셀(Home eNB) 등이 기존의 매크로셀(MeNB)과 밀결합되는 아키텍처를 보이므로써 싱글 모뎀 칩 하나로 단말은 가정 등의 실내에서는 홈셀, 음영지역에서는 릴레이(MHR) 그리고 이동중에는 매크로셀(eNB)에 자유로이 접속하는 등 유비쿼터스 초기 액세스 환경이 가능할 것으로 예상된다. <그림 9>

이외에, 물리계층을 제외한 LTE-Advanced의 무선 액세스 네트워크 이슈는 기존 LTE 표준의 일정 지연 및 안정화 등에 밀려 현재 다루어지지 않고 있으며 2009년 하반기 이후에나 처리될 전망이다. 현재 고려 가능한 LTE-Advanced의 무선 액세스 네트워크 기술로는 Non-3GPP 시스템과의 심리스 핸드오버 기술, nomadic 서비스를 위한 홈셀 기지국 개선 기술, 기지국 최적화 기술, 보다 고급화된 방송미디어 전송 기술, 무선자원의 글로벌 관리기술 및 새로운 네트워크 응용 기술 등이 주요 쟁점이 될 것으로 보인다.

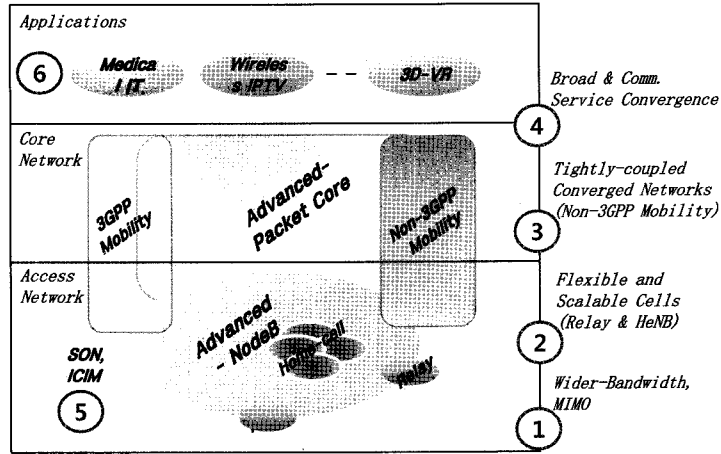


<그림 9> LTE-Advanced의 액세스 네트워크 아키텍처 시나리오

V. LTE-Advanced의 표준 기술 전망

향후 음성급에서 HD급 영상에 이르는 대용량의 고화질 서비스 요구는 물론, 홈 네트워크 및 메디칼 IT 등 IT 융합 산업의 파급효과에 힘입어 무선 통신 트래픽 수요가 폭증하고, 한편으론 현대사회가 지식·융합형 사회로 빠르게 전환중임을 고려하면, 무선 전송속도는 빠르면 빠를수록 좋고 네트워크의 지능화는 많이 진전될 수록 좋다. 이같은 미래 사회의 시대적 요청사항에 따라, ITU-R에서는 2012년 이후 서비스될 차세대 이동통신기술로써 IMT-Advanced의 요구사항을 제시하고 3GPP 진영에서는 앞서 언급한 바와 같이 이 요구사항을 만족시킬 후보 표준 기술인 LTE-Advanced를 개발중이다. LTE-Advanced의 표준 이슈로는 주파수 광대역화 기술, 무선 전송속도 최대화 기술, 업링크 전송 방식 개선 기술, 액세스 네트워크 운용의 최적화를 위한 기지국 자동구성 기술, 셀간 간섭제어 및 관리기술 등이 핵심 요소기술로 부각되고 있고, 이들 요소기술은 심리스 핸드오버 기술, 홈셀 기지국 기술, 고급화된 방송미디어 전송 기술 및 새로운 응용 기술과 상호 결합하므로써 향후에는, IP 기반의 서로 다른 액세스 네트워크간 인터워킹, 유/무선 통신간의 통합 그리고 통신/방송 미디어의 융합화가 본격화될 것이다.

이에 따라, 지금의 이동통신 서비스와 같이 한번 접속되면 셀룰러 통신만으로 한정되지 않고 홈, 쇼핑몰, 아웃도어 등의 전파환경과 가입자가 원하는 서비스 특성에 따라 가장 저렴하면서 빠르게 통신할 수 있는 셀이 자동으로 선택될 뿐만 아니라, 싱글 모뎀이 장착된 이동통신 단말 하나만으로도 WiFi 계열의 홈 셀 서비스 및 방송 미디어 서비스 모두를 제공받는 시대가 멀지



않아 올 것이다.

마지막으로, 앞서 말한 차세대 이동통신 서비스를 성취하기 위한 LTE-Advanced 표준은 ITU-R 요구사항을 뛰어 넘는 수준이 될 것이며, 이동통신 선진기관간에 기술 주도권뿐 아니라 IPR 획득을 위한 경쟁이 LTE 못지 않을 것으로 예상된다. LTE-Advanced 표준 경쟁에서는 LTE와 마찬가지로 유럽, 아시아 및 북미지역 기관간에 각축을 벌일 것이고, LTE-Advanced 기술표준 초안은 (물리계층 기준) 2011년 2월 완성을 목표로 하여 2012년 이후 서비스가 가능할 전망이다.

#### 참고문헌

- [1] 정희영, 임선배 외, “ITU-R에서의 IMT-Advanced 기술 요구사항”, TTA, 2008년
- [2] 정현규, “이동통신 기술현황과 전망”, IT 산업전망 컨퍼런스, 2008년 10월
- [3] ITU-R WP 5D, “Report on requirements related to technical system performance for IMT-Advanced Radio Interface [IMT-

TECH]”, January 2008

- [4] 노태균, 고영조 외, “LTE-Advanced 표준화”, 전자통신동향분석, October, 2008
- [5] 3GPP TS 36.913, “Requirements for Further Advancements for E-UTRA (LTE-Advanced)”, May, 2008
- [6] NEC, “NEC’s view on Requirements of LTE Advanced (REV-080021)”, April, 2008
- [7] Ericsson, “Carrier aggregation in LTE-Advanced”, 3GPP WG RAN1 (R1-082468), 2008
- [8] Samsung, “System level performance with UL MIMO: OFDMA vs. SC-FDMA(R1-084168)”, 3GPP TSG RAN1#55, Oct, 2008
- [9] Ericsson, “Downlink coordinated transmission - Impact on specification, 3GPP WG RAN1(R1-084377), 2008
- [10] Alcatel-Lucent, “LTE-Advanced Candidate Technologies (REV-080048)”, April, 2008
- [11] Ericsson, “LTE-Advanced Technology components(REV-080030)”, April, 2008
- [12] NTT DoCoMo, “Proposals for LTE-Advanced Technologies(REV-080026)”, April, 2008
- [13] Nortel, “Technical Proposal for LTE\_

Advanced (REV-080033)", LTE-Advanced Workshop", April, 2008

[14] NEC, "NEC's proposals for LTE Advanced", LTE\_Advanced workshop (REV-080022), April, 2008

**저자소개**



**송 평 중**

한양대학교 통신공학과 (학사/석사/박사)  
 ITU-T SGXI/WP3 Editor (IMT2000 LAC/MAC)  
 TTA SC7 (IMT2000) 무선프로토콜 연구반 의장  
 한국전자통신연구원 이동통신프로토콜연구실장,  
 개방형기지국연구팀장  
 현재, 한국전자통신연구원 개방형기지국연구팀  
 (책임연구원)  
 주관심분야 : IMT-Advanced, Home-cell & SON

**저자소개**



**고 영 조**

한국과학기술원 물리학과(학사/석사/박사)  
 현재, 한국전자통신연구원 차세대이동통신방식연구  
 팀(선임연구원)  
 주관심분야 : IMT-Advanced 물리계층 기술 전  
 반, MIMO, 다중셀 협력 송수신 기술,  
 제어 시그널링 등



**임 선 배**

고려대학교 전자공학과(학사)  
 KAIST 전산학과(석사)  
 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)  
 한국전자통신연구원 이동관리연구실장, 근거리이동통  
 신연구부장  
 현재, 한국전자통신연구원 차세대이동통신방식연구  
 팀(책임연구원)  
 주관심분야 : IMT-Advanced, Home-cell &  
 SON