

# 차세대 이동통신 시스템 (IMT-Advanced System) 표준화 동향 및 Trial System 연구 개발 현황

윤상보 | 황성수 | 이주현 | 이재곤 | 김기호  
삼성전자(주)

## 요약

본고에서는 차세대 이동통신 시스템(IMT-Advanced 또는 4G 시스템)의 기본 정의와 각 표준 진영에서 이루어지고 있는 표준화 동향에 대해서 알아보고, 최근까지의 주요 핵심 요소기술과 연구 동향을 소개한다. 또한, 최근까지 삼성전자에서 이룬 IMT-Advanced Trial System 시스템의 개발 현황과 그 성과를 소개한다.

## 1. 서론

제4세대 (4G, 4th Generation) 이동통신 [1-2]은 ITU-R(International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector)에 의해 IMT (International Mobile Telecommunications) -Advanced 라는 공식명칭으로 명명되었다. 또한, 2007년 11월에 열린 WRC 07 (World Radio Congress 2007)에서 2.3GHz에 100GHz 대역을 포함하여 IMT-Advanced 용 주파수 대역을 결정함에 따라 본격적인 IMT-Advanced 시스템 연구/개발/표준화가 가속화 되고 있다. 2010년경 IMT-Advanced 시스템의 표준화 완료를 시작으로 2012년경부터 서비스가 시작될 것으로 예상된다.

IMT-Advanced 시스템의 서비스 요구사항 중 데이터 전송률은 정지 및 저속 환경에서 1Gbps 이상, 이동환경에서 100Mbps 이상 제공하는 것을 목표로 하고 있다[3]. 서비스 측면에서는 All-IP 망에서 인터넷, 음성, 동영상, 멀티캐스트

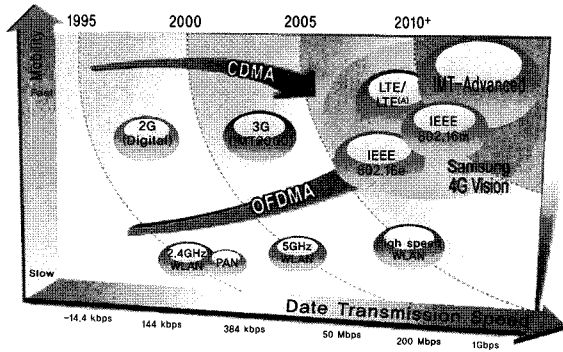
/브로드캐스트, 데이터 서비스 등 다양한 서비스를 유선 환경에서의 품질에 가깝게 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 또한, IMT-Advanced 시스템은 기존 시스템과의 연동을 통하여 가까운 미래에 전개될 유비쿼터스 네트워크의 기반 시설 역할을 할 것으로 예상된다. IMT-Advanced 시스템의 기술은 다중 입출력 MIMO(Multiple Input Multiple Output) [4-기 안테나 기술과 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)[8-11] 변복조 방식을 대표적으로 들 수 있다. MIMO와 OFDM 기술은 CDMA(Code Division Multiple Access) 기반의 3세대 이동통신과 4세대 이동통신인 IMT-Advanced 시스템을 구분 짓는 주요한 기술이라 할 수 있다.

표준화 동향을 살펴보면, IMT-Advanced 시스템에 대한 연구가 시작된 이후 3세대와 4세대의 간극을 메우기 위하여 3.5세대로 불리는 시스템들이 연구개발 되었고, 신속한 표준화 단계를 거쳐 상용화 단계에 이르고 있다. IEEE802.16e 기반의 mobile WiMax/WiBro, 3GPP LTE (Long-Term Evolution), 3GPP2의 UMB (Ultra Mobile Broad-band)가 대표적 시스템인데, 이 시스템들은 4G 이동통신 시스템의 기술적 특징을 규격에 반영 함으로써 IEEE802는 IEEE802.16m로, 3GPP LTE는 3GPP LTE+, UMB는 UMB+ 표준화 등으로 진화를 통하여 IMT-Advanced 표준화를 대비하고 있다. 이러한 현상은 4세대 이동통신 표준화를 위한 새로운 단체가 탄생할 것으로 기대했던 것과는 달리, 기존 표준화 단체 및 시스템이 4세대 이동통신 시스템으로 진화하는 것으로 해석할 수 있다. 이는 통신 시스템의 세대간의 경쟁으로 풀이될 수도 있는데, 결국 사업자 및 시장을 확보하고 있는 현존 시스템과 해당 표준화 단체가 IMT-Advanced 시스템의 표준

화 주도권을 이어 나갈 것으로 예상된다.

(그림 I-1)은 표준화 진행 현황 및 로드맵을 나타낸 것이다. IMT-Advanced 표준화로 향하는 큰 축은 위에서 언급했듯이 3GPP LTE에서 진화하는 그룹과 IEEE802.16m 그룹, UMB에서 발전하는 그룹 및 IEEE802.11 VHT(Very High Throughput) 그룹으로 나눌 수 있다.

현재로서는 신규 표준화 단체가 출현하기는 어려울 것으로 예상되며, 이미 일부 표준 단체들이 IMT-Advanced 시스템 표준화를 위한 Working Group을 출범시킴으로써, 4세대 이동통신인 IMT-Advanced 표준화는 이미 시작되었다고 할 수 있다.



(그림 I-1) 표준화 동향

	'05	'06	'07	'08	'09	'10
ITU-R						IMT-Adv. Standard Draft
Mobile WiMAX			ITU-R IMT-Advanced Evaluation Method of Prospects			
IEEE 802.16e		Commercialization	IEEE 802.16m Draft Spec.	IEEE 802.16m Improved Spec.		16m Completion
3GPP					3GPP LTE Advanced (expected)	
3GPP2						3GPP2 UMB Evolution (expected)

(그림 I-2) 표준화 일정 및 로드맵

(그림 I-2)는 표준화 일정 및 로드맵으로서 ITU 일정이 그림에 나타나 있다. LTE+와 UMB+ 및 802.16m은 ITU-R의 IMT-Advanced 표준화 일정을 고려하여 자체 표준화 일정을 수립하고 있다.

이어지는 2장에서 IMT-Advanced 주요 기술 소개를, 3장에서 시스템 개발 현황 및 필드 테스트 결과를 소개하고 4장에서 결론을 맺는다.

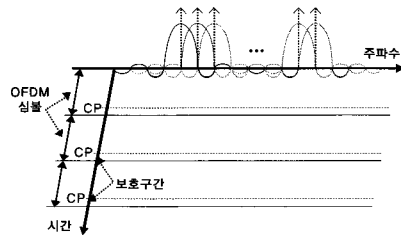
## II. IMT-Advanced 시스템의 주요 기술 소개

IMT-Advanced 시스템의 주요 기술들로는 MIMO, 직교주파수분할다원접속(Orthogonal Frequency Division Multiple Access: OFDMA), Hybrid Duplex (HD), 다중-홉 릴레이 (Multi-hop Relay), Cross-layer 최적화, 다양한 멀티미디어 서비스 지원을 위한 QoS (Quality of Service)보장기술 등이 고려되고 있다. 이러한 기술 중 일부는 이미 3세대 이동통신 시스템의 진화에 채용되어 IMT-Advanced 시대를 앞당기고 있다. 본 장에서는 IMT-Advanced 주요 기술들에 대한 연구 개발 현황과 이슈를 살펴본다.

### A. 직교주파수분할다원접속 (OFDMA)

OFDMA 기술은 IMT-Advanced 뿐 아니라 일부 진화된 3.5세대 이동통신에서도 적용되었으며, CDMA 이후 4세대 이동통신을 대표하는 기술이 되었다. (그림 II-1)은 OFDM의 기본 개념을 보이고 있다. 광대역을 통해 전송되는 신호들은 주파수영역에서 직교성을 가진 각각의 부반송파에 할당되고, 시간영역에서 보호구간에 해당하는 cyclic prefix를 추가하여 하나의 OFDM 심볼을 구성한다.

따라서 OFDM 심볼의 각 부반송파에 할당된 신호들은 협대역 채널을 겪게 되므로 다중경로채널로 인한 간섭에 강인하며, 채널코딩 기법과 결합하면 주파수 다이버시티 이득을 얻어 추가적인 성능 개선을 얻을 수 있다. OFDM의 물리계층 이득과 더불어 다원접속방식으로서의 OFDMA 기술은 기본적으로 시간영역과 주파수영역의 2차원으로 자원을 할당할 수 있으므로 자원할당의 자유도가 증가하여 버스트성



(그림 II-1) OFDM의 기본 개념

을 갖는 데이터 통신에 적합하며, 공간영역과 코드영역의 기존 기술들도 자유롭게 접목이 가능하므로 이를 이용한 MAC 계층과의 cross-layer 최적화에 대한 연구도 다양하게 진행되고 있다.

### B. 다중입출력 (MIMO)

MIMO 기술은 IMT-Advanced의 요구사항인 최대전송률증대에 가장 핵심이 되는 기술로서 공간적으로 분리된 복수의 송신안테나와 복수의 수신안테나를 이용하여 동시에 복수의 송신신호를 전송하거나 다이버시티 이득을 얻는 기술이다. MIMO 기술은 크게 MIMO 송신기법과 MIMO 수신기법으로 나눌 수 있으며, MIMO 송신기법을 (그림 II-2)에 주어진 것과 같이 전송률 증대를 위한 공간다중화(spatial multiplexing), 다중사용자 지원을 위한 다중 사용자 MIMO (Multi-user MIMO) 혹은 공간분할 다원접속(Space Division Multiple Access: SDMA), 송신단에서 시공간적인 다이버시티 이득을 얻기 위한 송신안테나 다이버시티, 원하는 방향으로 수신신호 대 간섭 및 잡음비(Signal to Interference and Noise Ratio: SINR) 증가시키는 빔포밍 등이 있다.

이러한 MIMO 송신기법 중 공간다중화와 같이 복수의 송신신호를 전송하는 경우, 이를 분리해서 검출할 수 있도록 수신단에서 MIMO 수신기법이 적용되어야 한다. MIMO 수신기법으로는 크게 선형 MIMO 수신기법과 비선형 MIMO 수신기법이 있으며, 비선형 MIMO 수신기법에는 결정궤환

(decision feedback)에 따른 간섭제거를 포함한 MIMO 수신기법과 최대우도(Maximum Likelihood: ML) MIMO 수신기법, 반복적 검출 및 복호(Iterative Detection and Decoding: IDD)를 이용한 MIMO 수신기법 등이 있다.

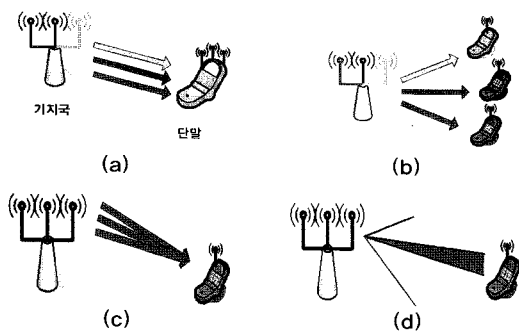
특히, ML기반 MIMO 수신기법은 복잡도는 매우 높지만, 반복이나 궤환이 없어 비교적 작은 검출지연시간으로 우수한 MIMO 수신 성능을 얻을 수 있는 장점이 있다. ML 기반 MIMO 수신기법의 복잡도를 낮추기 위해서 QRD-M, (QR Decomposition based M algorithm), MML(Modified ML), MOC (MMSE-OSIC with Candidates), QOC (QR-OSIC with Candidates)과 같은 다양한 저복잡도 준최적 ML MIMO 수신기법들이 제안되었다[12-16].

최근에는 MIMO 수신기법과 오류정정부호의 복호기법을 연동하여 ML 성능의 한계를 뛰어넘는 MIMO 수신기법, 다중사용자 MIMO에서 간섭을 고려한 MIMO 송·수신기법, ML 기반 MIMO 수신기를 위한 코드북이나 채널품질지표(Channel Quality Indicator: CQI)를 생성 및 궤환하는 기법 등으로 연구가 확장되고 있다.

### C. Hybrid Duplex (HD)

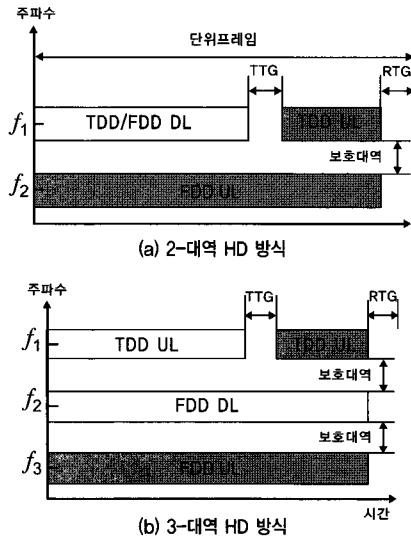
종래에 상향링크와 하향링크의 쌍방향 통신을 지원하는 방식으로는 하나의 주파수대역을 시간적으로 분할하는 Time Division Duplex (TDD) 방식과 분리된 두 주파수 대역을 사용하는 Frequency Division Duplex (FDD)가 사용되었다. 일반적으로 TDD 방식은 상·하향링크 전송량의 비대칭성에 유연하게 대응할 수 있으며, 상·하향링크 채널의 대칭성(reciprocity)을 활용할 수 있는 반면에 상·하향링크의 전환을 위한 보호시간(guard time)이 필요하므로 비교적 셀 반경이 작은 마이크로 셀에 적합하다.

한편, FDD 방식은 별도의 보호시간이 필요 없으므로 매크로 셀을 지원할 수 있고, 상·하향링크를 동시에 사용하므로 빠른 궤환이 가능하지만 상·하향링크의 비가 동일하게 고정되는 단점이 있다. 이러한 TDD와 FDD의 단점을 상호 보완하고 장점만을 수용하기 위해 제안된 방식이 Hybrid Duplex (HD)이다[17]. (그림 II-3)은 HD 방식의 주파수 대역 할당예를 보이고 있다. (그림 II-3) (a)는 중심주파수가  $f_1$  인 TDD 대역에 중심 주파수가  $f_2$ 인 FDD 상향링크 대역을 추가하여 TDD 단말과 FDD 단말을 동시에 지원할 수 있다.



(a) 단일사용자 MIMO, 공간다중화  
(b) 다중사용자 MIMO, 공간분할다원접속  
(c) 송신안테나 다이버시티, 시공간부호화  
(d) 송신 빔포밍

(그림 II-2) 송신단 MIMO 기술



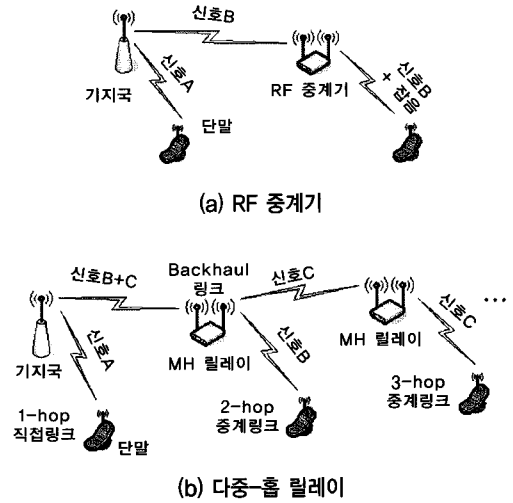
(그림 II-3) Hybrid Duplex방식의 주파수 대역 할당

(그림 II-3 (b))는 3개의 대역을 할당 받은 경우, TDD와 FDD를 동시에 지원하는 것이 가능한 HD 구조를 보이고 있다.

최근에는 이러한 HD 방식과 더불어 TDD 구조를 FDD 구조로 확장한 Half FDD 방식과 복수개의 주파수 대역을 하나의 시스템에서 운용하기 위한 Multi-band 혹은 Multi-carrier 운용 방식이 논의되고 있다. IMT-Advanced의 주파수 대역은 2.3GHz의 100MHz 대역 외에 450MHz에서 20MHz, 3.4GHz 에서도 일부 대역이 할당됨에 따라 이러한 Multi-band 기술들은 IMT-Advanced를 실현하기 위한 핵심 기술로 주목 받고 있다.

#### D. 다중-홉 릴레이

(그림 II-4 (a))와 같은 RF 중계기(RF repeater)는 음영지역의 해소를 위해 기존 셀룰러 시스템에서 널리 사용되고 있으나, 단순히 수신신호를 증폭해서 보내는 증폭후전달(Amplify and Forward: AF) 방식으로서는 잡음까지 증폭이 되어 근본적인 셀용량의 증대나 셀영역 확대를 기대하기 어려웠다. 전세계적으로 낮은 주파수대역이 포화된 상태에서 IMT-Advanced와 같은 신규 이동통신시스템들은 상대적으로 높은 주파수대역을 할당 받을 가능성이 높고, 반면에 사용자들이 요구하는 전송률은 기존 이동통신시스템에 비해 월등히 높기 때문에 결과적으로 셀반경은 작아질 수 밖에



(그림 II-4) RF 중계기와 다중-홉 릴레이의 개념

없을 것으로 예상된다. 셀반경이 줄어들에 따라 더 많은 기지국이 필요하며 이로 인해 기지국 설치 및 운영비용 증가, 셀 경계에서의 간섭증가, 이동성 지원을 위한 간접비 증가와 같은 문제점이 더욱 심각해질 수 밖에 없다. 이 중에서 기지국의 높은 설치 및 운영비용을 감소시키기 위해 최근에 관심을 받고 있는 것이 다중-홉 릴레이이다.

특히, IEEE 802.16j 표준에서는 OFDM 전송 방식을 근간으로 셀룰러 환경에서 셀 내부에 여러 개의 중계 기지국(relay station: RS)을 설치하여 셀용량을 증대하거나 셀영역을 확대하는 것을 목적으로 표준화가 진행 중이다.

다중-홉 릴레이는 AF 방식 대신 수신신호를 복조 및 복호한 다음 부호화 및 변조하여 전송하는 복조 후 전달(Decode and Forward: DF) 방식을 사용하여 잡음의 증폭이 없으므로 다중-홉 연결이 가능하고 실질적인 셀영역 확장을 지원한다. 또한 RF 중계기와는 달리 스케줄러와 같은 기지국의 기능을 일부 포함하고 있어 셀 경계의 간섭제어나 전력제어와 같은 스케줄링 이득을 통해 셀 경계 용량을 개선하는 것도 가능하다.

다중-홉 릴레이는 Backhaul 링크의 대역에 따라 외부대역(out-of-band) 릴레이와 동일대역(in-band) 릴레이로 구분된다. 일반적으로 동일대역 릴레이는 기지국과의 공존을 위해서 half-duplex 방식과 같이 시간을 분할하거나 SD2R(Subcarrier Division Duplexed Relay)와 같이 주파수를 분할

해서 사용할 수 밖에 없으므로, 이로 인해 동일대역 릴레이를 통해서도 실질적인 셀용량 증대가 어려웠다. 최근에는 이러한 다중-홉 릴레이의 용량제한을 해결하기 위해 MIMO 기술과 결합된 Cooperative 릴레이나 간섭제거 기술과 결합된 full-duplex 릴레이에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

### E. 기타

언급된 물리계층 기술 외에도 IMT-Advanced 시스템의 실현을 위해서 고려되는 다양한 기술들이 있다. 다중대역과 다중모드를 소프트웨어적으로 재설정할 수 있는 기술인 Software Defined Radio (SDR)은 다양한 규격과 환경을 통합 지원해야 하는 IMT-Advanced 시스템에서는 당연한 기술로서 내재화 될 것이며, Femto-cell과 같은 소형 기지국이나 실내용 릴레이는 가입자들도 쉽게 설치할 수 있어야 하므로 자동설정(Self-configuration) 기술은 필수적인 요소가 될 것으로 예상된다.

기존 시스템에 간섭을 주지 않는 일부 대역을 한시적으로 대역 주파수자원을 효율적으로 사용할 수 있는 Cognitive Radio (CR) 기술은 미국에서는 방송주파수 대역에서 이미 실용화되어 있고, IMT-Advanced 시스템에서도 여러 가지 주파수 정책에 따라서 적용될 가능성도 있다. 특히, IMT-Advanced 시스템에서 요구되는 수백MHz에 이르는 연속적인 대역을 할당 받기 어려운 현실을 감안할 때, CR기술은 기존 시스템과 cooperation을 통해 대역을 공유하거나 비연속적으로 할당된 여러 개의 대역을 묶어서 사용하는 Collective Radio 개념으로 확장되어 주요 연구분야로 등장할 가능성이 높다.

한편, 3세대 이후 이동통신시스템들은 무선인터넷과 같은 패킷 데이터 서비스뿐 아니라 VoIP (Voice over IP)와 같은 음성서비스까지 IP기반으로 진화하고 있다. 또한, Multi-band 통합, 간섭제거와 같은 물리계층 기술을 효율적으로 운용하여 다양한 QoS (Quality of Service)을 만족시키면서 시스템의 용량도 증대할 수 있어야 한다. 따라서 MAC 계층에서는 IP (Internet Protocol) 이동성 지원, VoIP용 짧은 패킷(short packet)지원과 같은 무선 IP 관련 기술과 유무선통합(Fixed Mobile Convergence: FMC), Cross-layer 최적화와 같이 물리계층과 연동된 규격 및 프로토콜 설계 기술 및 RRM(Radio Resource Management) 기술들이 주목 받고 있다.

## III. IMT-Advanced (4G) 시스템 개발 현황

삼성전자는 2000년대 초부터 4세대 이동통신에 대한 로드맵과 비전을 수립하였다. 로드맵에 따른 연구개발 진행으로 대용량 패킷 데이터 통신에 적합한 OFDM변복조 방식, 다양한 다중 안테나 전송방식, 다중 사용자 다이버시티 지원 방식, 간섭제거기술, 다양한 저 복잡도 구현 기술, 다양한 단말과 시스템을 지원하는 HD 기술을 선도적으로 연구하였고, 그 중 일부 결과들은 IEEE 802.16e 표준화에도 많이 반영되었고, 이를 기반으로 하는 mobile WiMAX가 2007년 10월에 IMT-2000의 표준으로 채택되기도 하였다.

2006년 8월에 제주도 신라호텔에서 개최된 제 4회 삼성 4G 포럼에서 삼성전자는 ITU-R의 요구사항인 Nomadic에서 1Gbps, 이동시 100Mbps를 지원하는 시스템을 세계 최초로 공개시연 하였다. 1Gbps 시연은 이전에도 Siemens, NTT-DoCoMo 등이 언론상으로 발표한 바 있었으나, lab 테스트 수준이거나 단일 셀에서의 전송률을 측정만 한 것이었다. 이에 반해 삼성전자는 2006년에 3.5Gbps 전송 테스트에 성공하였고, 2006년 삼성 4G 포럼의 참석자들을 대상으로, 정지환경에서 32 채널 HDTV품질 video streaming실시간 전송, 인터넷 사용, VoD 및 포럼장의 실시간 생방송 영상 전송 등으로 1Gbps 시연을 공개하였다. 뿐만 아니라, 이동중 100Mbps 시연을 위해 포럼 참석자를 이동 시연 차량에 탑승하도록 하여 최고 시속 약 80km의 속력으로 운행하면서 full HDTV급 영상과 신라호텔 내 포럼장소의 생방송영상을 수신하면서 100Mbps 전송을 실시간으로 시연하였고, 특히 다중 셀로 구성된 시연 경로 (편도 2km)를 최대 80km/h의 속력으로 왕복 이동하며, 100Mbps를 유지한 채 핸드오버하는 시연을 세계 최초로 선보였다. 2007년에는 단말국이 기지국과 직접 통신하는 1-hop 모드에서 점차 중계국 쪽으로 이동하면서 2-hop 모드로 전환하여 통신하는 다중-홉 릴레이의 필드 테스트를 수행하기도 하였다.

### A. 3.5 Gbps 8x8 MIMO-OFDM 전송 테스트

〈표 III-1〉에 시스템 구현에 사용된 주요 사양을 나타내었다. 3.5Gbps 전송은 2006년 당시 세계 최고수준이었으며, 주파수 효율로 30.6bps/Hz에 해당하는 것으로 DVD 영화

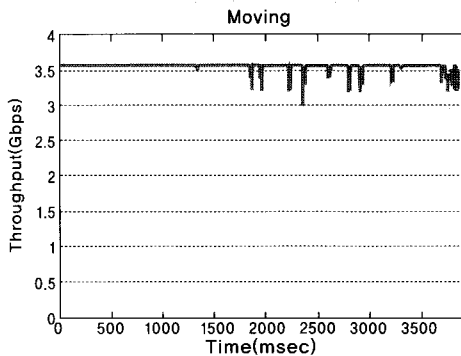
〈표 III-1〉 시스템 주요 사양

	1Gbps	3.56 Gbps
Spectral Efficiency (Downlink)	10.2 bps/Hz	30.6 bps/Hz
Carrier Frequency	3.775 GHz	3.775 GHz
Bandwidth	119.9 MHz	117.9 MHz
Duplex	TDD	TDD
Modulation	16 QAM - OFDM	64 QAM - OFDM
MIMO	4 X 4	8 X 8
MIMO Detection & Error Correction	Joint MIMO-LDPC	Joint MIMO-LDPC
Mobile Speed	Up to 120 km/h	Up to 20 km/h

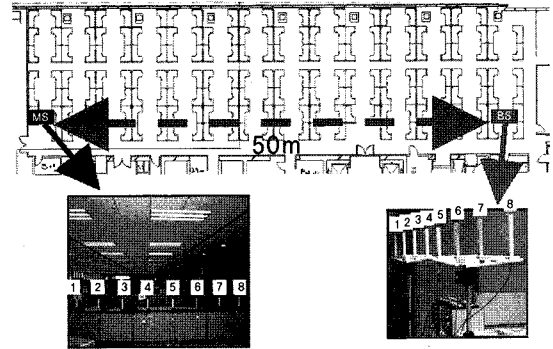
한편을 다운로드 받는데 약 10초 밖에 걸리지 않는 속도이다. (그림 III-1)은 필드 테스트 중에 촬영한 것으로 건물 위에 송신 안테나 8개를 설치하고 차량 지붕에도 안테나 8개를 설치한 모습이다. 64QAM에 8x8 MIMO 사용으로 최대 약 3.56Gbps 의 전송률을 얻었고 (그림 III-2)에서 보이듯이 약 5km/h의 속력으로 차량이 이동시에, 99% 이상의 확률로 3Gbps 이상의 전송률을 보일 수 있었다. (그림 III-3)은 실내 테스트 환경을 보이는데, 일반 사무실 환경에서 약 50m 거리에서 실험을 수행하였다.



(그림 III-1) 필드 테스트 환경



(그림 III-2) 필드 테스트 결과



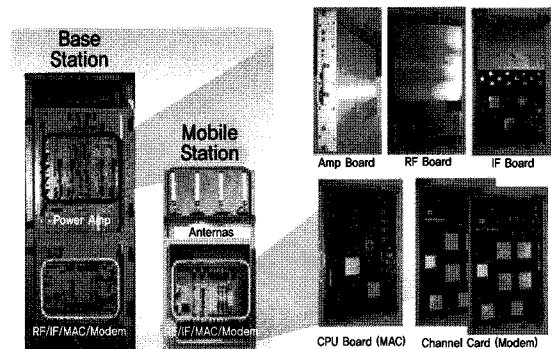
(그림 III-3) 실내 테스트 환경

### B. 1Gbps 4x4 MIMO-OFDM 전송 시스템

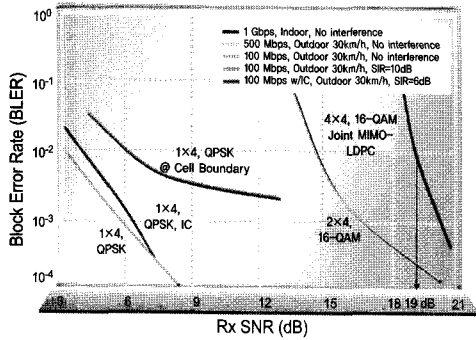
(그림 III-4)는 제작된 시험 시스템으로서, 고속 데이터 처리를 위하여 FPGA위주로 채널 카드를 제작하였고, MIMO 시스템을 지원하기 위해 IF/RF 보드는 4개의 RF path를 가지며 TDD로 동작하도록 제작되었다. 125MHz의 광대역 시스템을 지원하는 파워앰프로도 제작 되었다.

채널 카드에 구현된 모델은 〈표 III-1〉의 주요 사양을 만족시키며, 4096-FFT 크기의 OFDM 시스템을 실장하고 있다. 주요 수신기술인 joint MIMO-LDPC 기술 [15]과 셀 경계에서의 성능 향상을 위해 도입된 간섭제거 기술의 성능 시뮬레이션 결과가 (그림 III-5)에 나타나 있다.

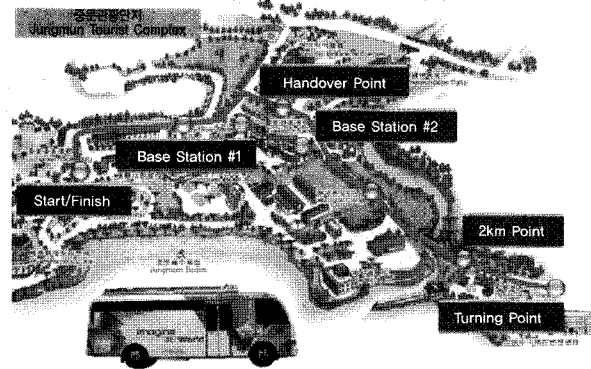
(그림 III-6)은 4G 포럼에서 시연한 내용으로서 두 개의 단말과 하나의 기지국으로 구성되어 있다. 32개 HDTV영상 video streaming, 포럼장 생방송, 무선 초고속 인터넷 등으로 1Gbps 전송 및 다중 사용자 지원을 시연하였다.



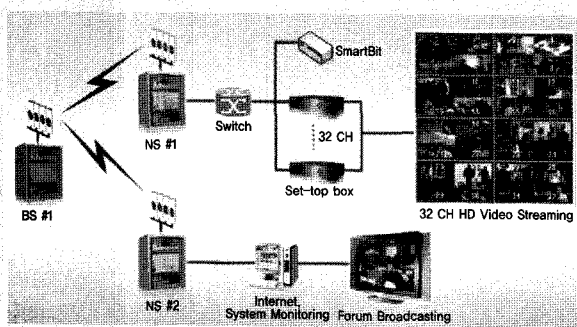
(그림 III-4) IMT-Advanced 시스템 시험 플랫폼



(그림 III-5) 시스템 성능 그래프



(그림 III-7) 이동 100Mbps 및 핸드오버 시연 루트



(그림 III-6) 1Gbps 시연 내용

주고받는 것을 Direct Transmission 모드라고 표현하였고 (1-hop), 단말국이 이동하면서 기지국의 커버리지에서 릴레이의 커버리지 안으로 들어오게 되면 기지국은 릴레이에게 데이터를 전송하고, 릴레이는 이를 단말국으로 중계하는 Decode & Forward 모드(2-hop)로 전환된다.

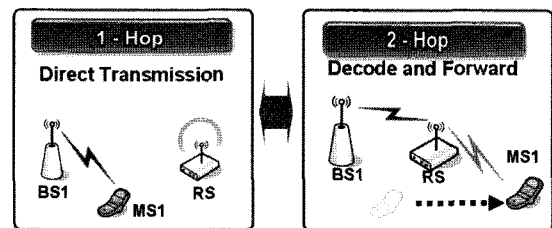
필드 실험을 통해 단말 차량이 이동하면서 두 가지 모드 사이에 전환되는 릴레이 기능검증을 수행하였고, 커버리지 확장을 확인 하였다.

### C. 이동 중 100Mbps 전송 및 셀 간 핸드오버

(그림 III-7)은 4G 포럼에서 실외 이동 차량으로 시연한 내용으로서 두 개의 기지국을 설치하여 다중 셀 구조를 만들고, 차량에서 하나의 단말이 full HDTV 영상과 포럼장 생방송 영상을 수신하며 핸드오버를 보이기 위해 실시간 실험 데이터 디스플레이 화면을 시연하였다. 신라호텔에서 출발하여 약 1km 지점에서 핸드오버가 발생하며, 2km 지점에서 방향을 바꾸어 출발지인 신라호텔로 복귀하는 경로를 약 40~60km/h의 속력으로 이동하였고, 최대 속력 80km/h에서도 끊김 없는 영상 서비스를 시연하였다. 본 시연에서는 간섭제거 기술을 사용하여 100Mbps 전송이 셀 경계에서도 유지가 되도록 하였다. 이는 셀 경계에서도 1bps/Hz의 주파수 효율을 유지한 것으로 세계 최고 수준이다.

### D. 멀티-홉 릴레이 테스트

(그림 III-8)은 2007년에 수행된 멀티-홉 릴레이 테스트 환경을 보인다. 단말국이 기지국에 바로 접속하여 데이터를

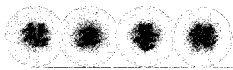


(그림 III-8) 멀티-홉 릴레이 필드 테스트

## IV. 결 론

2007년부터 IMT-Advanced 시스템의 주파수 논의가 한창 이고 2012년경 상용화를 목적으로 하며 표준화 논의가 되는 현 시점에서 볼 때, 4세대 이동통신이라는 것은 먼 미래의 이야기가 아니라 이미 현재 진행 중의 기술이라고 생각할 수 있다. 3GPP LTE 및 IEEE 802.16e의 연장선 상에서 IMT-

Advanced로의 접근이 유력시 되는 가운데, 삼성전자는 이미 수년 전부터 핵심 요소 기술들을 발굴해왔고 자체 시스템으로 구현 검증하여 이들을 뒷받침해왔다. 그러나, 차세대 기술이라고 일컫던 기술들 중에 이미 상용화 단계에 이른 것도 많기 때문에 이제 본격적인 표준화가 시작되는 IMT-Advanced 시스템에는 보다 더 혁신적인 기술적 진보뿐만 아니라 새로운 패러다임을 제시할 수 있는 서비스와 비즈니스 모델 등도 새롭게 요구되는 추세이다.



- [1] Y. Kim and P. Prasad, "4G roadmap and emerging communication technologies," Boston, Artech House, 2006
- [2] B. G. Evans and K. Baughan, "Vision of 4G," Electronics & Communication Engineering Journal, Vol. 12, pp 203-213, Dec. 2000
- [3] "Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000," Recommendation ITU-R M.1645, 2003
- [4] G. J. Foschini and M. J. Gans, "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas," Kluwer: Wireless Personal Communications, pp 311-315, 1988
- [5] I. E. Telatar, "Capacity of multi-antenna Gaussian channels," AT&T Bell Labs Technical Memorandum BL011217-950615-07TM, June 1995
- [6] P. W. Wolniansky, G. J. Foschini, G. D. Golden, and R. A. Valenzuela, "V-BLAST: An architecture for realizing very high data rates over the rich-scattering wireless channel," in Proc. URSI Int. Symp. Signals, Systems, and Electronics, Pisa Italy, pp 295-300, Sep.-Oct. 1998
- [7] A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, "Introduction to space-time wireless communications," Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2003
- [8] G. L. Stuber, J. R. Barry, S. W. McLaughlin, Y. Li, M. Ingram, and T. G. Pratt, "Broadband MIMO-OFDM wireless communications," Proceedings of the IEEE, Vol. 92, pp 271-294, Feb. 2004
- [9] J. A. C. Bingham, "Multicarrier modulation for data transmission: An idea whose time has come," IEEE Commun. Mag., pp 5-14, May 1990
- [10] S. B. Weinstein and P. M. Ebert, "Data transmission by frequency-division multiplexing using the discrete Fourier transform," IEEE Trans. Commun., Vol. 19, pp 628-634, Oct. 1971
- [11] R. V. Nee and R. Prasad, "OFDM for wireless multimedia communications," Boston, Artech House, 2000
- [12] H. Kawai and et al., "Likelihood Function for QRM-MLD suitable for soft-decision turbo decoding and Its performance for OFCDM MIMO multiplexing in multipath fading channel," IEICE Trans. Commun., Vol. E88-B, No.1, pp.47-57, Jan. 2005.
- [13] J. Kim and S.H. Nam, "Spatial demultiplexing in 4X4 SM MIMO systems: Modified ML (MML) and recursive MML," Technical Report, Samsung Advanced Institute of Technology, May 2005.
- [14] K.C. Hwang, S.Y. Choi, J.H. Yi, and S.S. Hwang, "Simplified maximum likelihood detection for MIMO-OFDM wireless communications," 삼성학회, 2005년 11월.
- [15] K.C. Hwang, S.W. Park, M. June, and S.Y. Yoon, "Iterative joint detection and decoding for MIMO-OFDM wireless communications," in Proc. Fortieth Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, pp.1752-1756, Oct. 29 ~ Nov. 1, 2006.
- [16] 임태호, 김재권, 이주현, 윤상보, 조용수, "공간다중화 MIMO 시스템을 위한 효율적 계산량의 신호검출 기법," 한국통신학회논문지, 제출, 2007년 6월.
- [17] S. Yun, S. Y. Park, Y. Lee, D. Park, Y. Kim, K. Kim, and C. G. Kang, "Hybrid division duplex system for next-generation cellular services," IEEE Trans on Vehicular Technology, Vol 56, pp 3040-3059, Sept. 2007.



약 력



윤 상 보

1994년 고려대학교 정보공학과 학사  
 1998년 고려대학교 전파공학과 석사  
 2006년 고려대학교 전파공학과 박사  
 1994년 ~ 2000년 대우통신 연구소 선임연구원  
 2000년 ~ 2001년 (주)네오솔루션 CTO/Founder  
 2001년 ~ 2006년 삼성종합기술원 전문연구원  
 2006년 ~ 현재 삼성전자 정보통신연구소 책임연구원  
 관심분야: 4G 이동통신, OFDM, MIMO, 간섭제거 기법, RRH



황 성 수

1996년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 학사  
 1998년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사  
 2004년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사  
 2004년 ~ 현재 삼성전자 정보통신연구소 책임연구원  
 관심분야: IMT-Advanced 시스템, OFDM, MIMO, Multi-user MIMO, RRH



이 주 현

1998년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 학사  
 2000년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사  
 2005년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사  
 2005년 ~ 현재 삼성전자 정보통신연구소 책임연구원  
 관심분야: IMT-Advanced 시스템, OFDM, MIMO, 간섭제거



이 재 곤

1991년 한양대학교 전자통신공학과 학사  
 1991년 ~ 2001년 삼성전자 중앙연구소 책임연구원  
 2001년 ~ 2006년 삼성종합기술원 전문연구원  
 2006년 ~ 현재 삼성전자 정보통신연구소 수석연구원  
 관심분야: IMT-Advanced 시스템, OFDM, 모델/시스템 디자인



김 기 호

1980년 한양대학교 전기공학과 학사  
 1982년 KAIST 전기공학과 석사  
 1991년 U. of Texas Austin 전기컴퓨터 공학과 박사  
 1982년 ~ 1987년 한국방송공사(KBS)  
 1991년 ~ 2006년 삼성종합기술원 상무  
 2006년 ~ 현재 삼성전자 정보통신연구소 전문  
 현재: WWRF 아시아 부의장 및 IEEE, KICS, KIEE senior member  
 관심분야: IMT-Advanced 시스템, 통신 신호처리

