

주 제

3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 표준화 현황과 3G 무선 규격의 진화 방향

LG전자 김학성, 윤영우, 오민석, 최진성, 연철흠

차례

I. 서론

II. 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 주요 무선규격

III. 향후 3G Evolution에서 고려되고 있는 핵심 요소 기술

IV. 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 최신 표준화 동향 및 향후 evolution 전망

V. 결론

요약

2세대 이동통신의 본격적인 상용화 이후, 보다 향상된 무선 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해 ITU는 IMT-2000이라고 불리는 복수의 국제 무선 규격을 2000년에 승인하였으며 이들을 통칭하여 3G(Third Generation) 이동통신 시스템이라고 부르고 있다. 특히 여러 3G 기술 표준들 가운데 3GPP(Third Generation Partnership Project)와 3GPP2(Third Generation Partnership Project)라는 양대 국제 표준화 기구에서 완성된 UMTS와 cdma2000@ 시스템은 현재 일본, 유럽, 미국, 국내 등지에서 본격적인 상용 서비스를 시행 또는 준비 중에 있다. 초기 3G 표준의 제정 이후, 각 표준화 기구들은 상향과 하향 링크의 양방향 모두에서의 고속 패킷 데이터 전송, 무선 성능 향상, IP 네트워크를 위한 구조의 진화, 향상된 서비스 등을 목표로 하여 3G 무선 규격에 대한

성능 향상 및 진화를 위한 표준화 작업을 진행해 왔으며 또한 현재에도 진행 중에 있다. 최근에 이르러 3GPP에서는 장기적 관점에서 향후 시스템의 진화(Long-Term Evolution: LTE) 방향에 대한 논의가 활발히 진행되고 있으며, 3GPP2 TSG-C에서도 진화 방향에 대한 논의가 구체화되기 시작하였다. 본 논문에서는 3GPP/3GPP2 표준화 동향 및 각 표준화 단체의 최종 진화 시스템에 대한 다양한 방향성을 가늠해 본다.

I. 서론

2세대 이동통신 시스템의 본격적인 상용화 이후, ITU에서는 지역적인 한계를 극복하여 모든 지역에 단일 시스템으로 보다 양질의 멀티미디어 서비스를 제공하는 것을 목표로 하여 IMT-2000이라는 국제 무

선 규격화 작업을 시작하였다. 표준화 초기의 목표는 단일 무선 규격의 제정이었으나 정치 경제적인 여러 이슈들로 인하여 UMTS(W-CDMA, TD-SCDMA, TD-CDMA), cdma2000, UWC-136, TDMA/FDMA 등 여러 종류의 시스템이 IMT-2000 시스템으로 개별 승인 되었다. 이들 가운데 대표적인 무선 규격이 각각 3GPP와 3GPP2라는 양대 국제 표준화 기구에서 완성된 UMTS 시스템과 cdma2000 시스템이며, 이 시스템들은 현재 일본, 유럽, 미국, 그리고 국내에서 본격적인 상용 서비스를 준비 혹은 진행 중에 있다.

2000년 IMT-2000 초기 무선 규격의 제정 이후, 3GPP와 3GPP2는 고속의 멀티미디어 서비스를 겨냥한 고속 패킷 데이터 통신을 위해 진화된 무선 규격을 개발해 왔으며 그 결과 UMTS 시스템을 근간으로 한 HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), cdma2000 시스템을 근간으로 한 1xEV-DO(1x Evolution Data Only), 1xEV-DV(1x Evolution Data and Voice) 등의 무선 규격이 제정되었다.

고속 패킷 데이터 서비스를 위한 무선 규격의 발간 이후, 현재는 3G 진화 시스템에 대한 논의를 시작한 상태이다. 3GPP와 3GPP2에서 논의되고 있는 3G 진화 방향의 핵심은 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위해 높은 주파수 효율을 가지는 무선 링크 기술의 설계와 이를 통한 고속의 데이터 통신 기법, IP 기술을 지원하기 위한 유무선 망 구조의 진화 등을 들 수 있다.

본 원고에서는 무선 규격의 작성을 담당하고 있는 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C를 중심으로 하여 2000년 이후 현재까지의 개발된 주요 무선 규격의 현황을 살펴보고, 현재의 최신 표준화 동향을 정리한 후, 무선 링크 관점에서의 3G 진화 방향에 대하여 전망해 보기로 한다. 먼저 2장에서는 2000년 초기 표준 제정 이후 현재까지 발간된 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 주요 무선 규격들을 소개한다. 3장에서는 3G 진화 시스템에서 고려되고 있는 무선 규격과 관련된 핵심 요소 기술들을 알아본다. 4장에서는 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 최신 표준화 동향과 향후의 진화 방향을 소개하고, 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 주요 무선규격

(그림 1)은 1999년 말부터 2005년 8월 현재까지 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C에서 개발한 주요 무선 규격의 진화 방향을 개괄적으로 나타내고 있다. 이해의 편의를 위하여 동일 기능을 가진 규격들을 하나의 블록으로 묶어서 나타내고 있는데 그림 상에서 알 수 있는 바와 같이 거의 동일한 개념과 기능을 가진 규격들이 작성되고 있다. 즉, 하향링크¹⁾ 패킷 성능 향상을 도모했던 cdma2000 Rev.C와 1xEV-DO Rev.0는 WCDMA의 Rel.5에 포함되어 있는 HSDPA와 같은 기능을 제공하는 무선 규격이며, 상향링크²⁾의 패킷 성능 향상에 주목적을 두었던 cdma2000 Rev.D

1) 하향링크(downlink)는 3GPP에서 사용하는 용어이고 순방향 링크(forward link)는 3GPP2에서 사용하는 용어이다. 본 논문에서는 하향링크로 통칭하기로 한다.
2) 상향링크(uplink)는 3GPP에서 사용하는 용어이고 역방향 링크(reverse link)는 3GPP2에서 사용하는 용어이다. 본 논문에서는 상향링크로 통칭하기로 한다.

와 1xEV-DO Rev.A 규격은 WCDMA의 Rel-6에 포함되어 있는 HSUPA와 같은 기능을 제공하는 규격으로 볼 수 있다.

본 장에서는 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 주요 무선 규격에 대하여 알아본다.

2.1 3GPP RAN 주요 무선 규격 소개

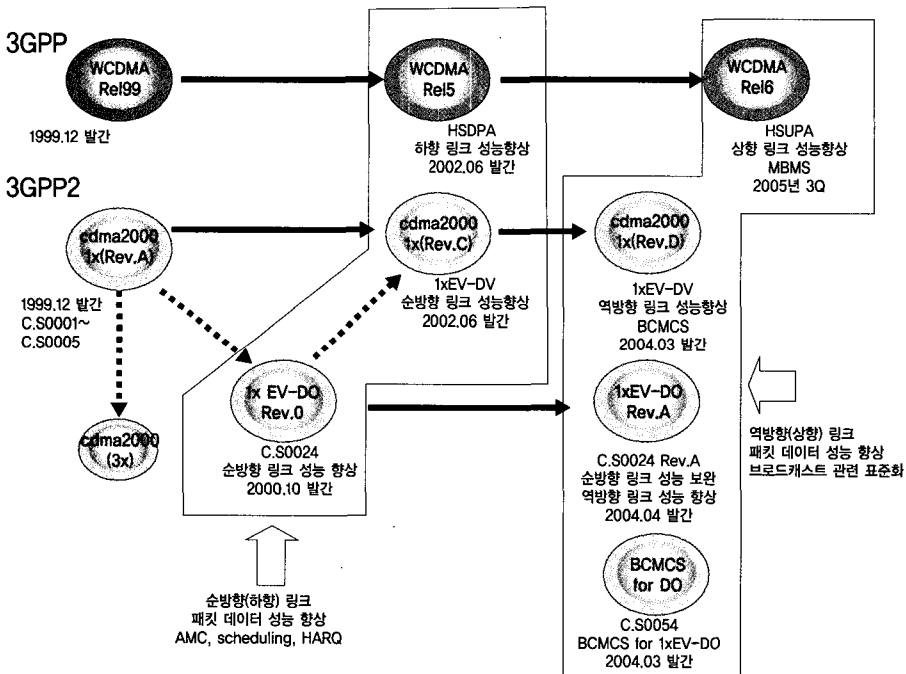
3GPP에서는 새로운 규격마다 Release(Rel)라는 개념을 도입하여 현재 Rel-99, Rel-4, Rel-5를 거쳐서 Rel-6 규격이 완성되었다[1-4]. 현재는 Rel-6 보완 작업(Correction)과 더불어 기존 규격의 문제점을 개선하고 최적화 작업에 중점을 둔 Rel-7 표준화가 진행되고 있다. 이와 함께 3GPP RAN LTE(Long Term Evolution) 표준화가 동시에 진행 중이다.

2.1.1 Rel-5 표준화 동향

3GPP TSG RAN 관점에서 Rel-5의 주요 특징은 HSDPA와 UTRAN에 IP-transport의 도입이다. 전자는 무선 접속 측면에서 하향 고속 패킷 전송을 가능하게 하는 방식이고, 후자는 미래 All-IP 통신 망의 패러다임 변화를 대비한 초기 단계의 진화 형태이다.

(1) HSDPA

증가하는 하향링크 정보를 수용하기 위해서 Rel-5 하향링크에 고속 데이터 채널(HS-PDSCH)을 추가하였으며, 이를 제어하기 위한 관련 채널(HS-SCCH, HS-DPCCH)들도 규격에 포함되었다. 하향링크 고속 데이터 전송 속도를 달성하기 위해서 물리계층 및 MAC계층 레벨에서 HARQ를 도입하여 재전송을 빠르게 수행할 수 있게 되었다. 또한 기지국 제어기 대



(그림 1) 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 주요 무선규격 현황

신 UE와 가까운 기지국에서 스케줄링을 수행함으로써 무선 채널 환경의 변화에 더 신속하고 정확하게 대응할 수 있게 되었다. 이외에도 TTI를 크게 줄여 2ms를 기본 라디오 프레임으로 규정하였으며, 확산인자(Spreading Factor)를 16으로 고정하고 최대 15개 직교코드(OVSF)를 사용할 수 있도록 하였다. 또한 무선 채널의 변화에 따른 전력제어 대신에 이러한 페이딩 채널 환경을 긍정적으로 이용할 수 있는 링크 적응 기술이 도입되어 전체적으로 셀 처리율을 높일 수 있게 되었다.

2.1.2 Rel-6 표준화 동향

Rel-5가 2002년 말에 종료되었고, Rel-6의 중요 기술에 대한 표준화는 2005년도 상반기에 종료되었다. Rel-5의 대표적인 특징을 HSDPA라 한다면 Rel-6의 특징은 HSUPA, MIMO(Multiple Input Multiple Output), MBMS(Multimedia Broadcast and Multicast Service), IMS(IP Multimedia Subsystem) Phase2, WLAN-UMTS 상호연동 등이 있다. 한편 Rel-7은 아직 확정된 바 없지만 특징적인 새로운 기술을 도입하기 보다는 시스템의 안정화나 최적화에 초점을 둘 것으로 예상된다.

(1) HSUPA(E-DCH: Enhanced Data Channel)

하향링크 고속화를 위해 HSDPA를 도입했듯이 상향링크 사용자 처리율을 높이기 위해서 HSUPA라고 명칭된 새로운 규격에 대한 표준화 작업이 시작되었다. 2003년 SI(Study Item)이 생성되고, 2004년 WI(Work Item) 단계를 거쳐 2005년 3월 Rel-6 표준에 HSUPA 기술이 반영되었다. HSUPA는 HSDPA와 같이 RAN 전체에 영향을 주는 표준으로 Rel-6의 가장 큰 특징이라 할 수 있다. HSUPA에 적용된 주요 기술에는 기지국 기반의 고속 단말 송수신 스케줄링(Node B based Fast Scheduling),

HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest), 그리고 선택 사항으로 Shorter TTI(Transmit Time Interval, 2ms) 등이 있다.

(2) MIMO

오랫동안 논의를 진행해온 이슈로서 과거 HSDPA, HSUPA에 포함될 것으로 예상되었으나 다수 회사로부터 충분한 공감을 얻지 못하여 결과적으로 Rel-6에도 반영되지 못했다. 현 시점에서는 Rel-7 규격에도 포함되지 않을 것으로 예측된다. 하지만 지금 논의 중인 LTE 시스템에서 도입할 가능성이 크다. 현재 LTE 물리계층 표준을 담당하는 WG1에서 2005년 하반기부터 MIMO에 대한 논의가 본격적으로 시작될 예정이다.

(3) MBMS

HSUPA와 함께 Rel-6에 포함된 대표적인 기술이다. 3GPP에서는 MBMS 서비스를 이용하여 이동통신 시스템에서 일대다(一對多) 형태의 서비스인 'Broadcast'와 'Multicast' 서비스를 제공할 수 있게 되었다. HSDPA가 주로 RAN에만 영향이 있었던 것에 비해, MBMS는 RAN, CN, T, SA, GERAN 등 모든 WG들의 표준에 영향을 주므로, 실제 서비스가 가능한 시기는 다소 늦추어 질 가능성이 높다.

(4) HSDPA enhancements

Rel-6에서는 Rel-5에서 표준화된 HSDPA기술에 대한 성능향상이 이루어졌다. 반영된 보완기술로는 ACK/NAK에 프리앰블(Preamble) 및 포스트앰블(Postamble)의 개념을 도입하여 판정 에러 확률을 크게 줄이고 결과적으로 전송전력을 절감할 수 있는 방법과 HS-DSCH 채널과 관련된 DPCH채널이 점유하는 직교코드의 비효율적인 사용을 개선하기 위한 방안으로 여러 HS-DSCH 채널과 연관된 DPCH채널

을 시분할 방식으로 공유할 수 있는 F-DPCH(Fractional-DPCH) 기술이 도입되었다.

2.2 3GPP2 TSG-C 주요 무선 규격 소개

3GPP2 TSG-C 표준화의 무선 접속 규격 중에서 가장 중요하다고 할 수 있는 2가지의 규격이 cdma2000 규격과 1xEV-DO 규격이다. 물론 1xEV-DO 규격 또한 cdma2000의 같은 계열의 규격이라고 보는 견해도 있으나 3GPP2 상의 표준의 진화 방향을 보았을 때 1xEV-DO는 cdma2000 규격으로부터 독립된 규격으로 보는 것이 타당하다. 2000년 이후부터 현재까지의 TSG-C의 표준화 활동은 동일한 개념들을 앞서거나 뒤서거나 하면서 cdma2000 표준 규격과 1xEV-DO 규격에 각각 반영하는 작업으로 정리된다.

2.2.1 1xEV-DO Rev.0/Rev.A

1xEV-DO 이전까지의 무선 규격들은 안정적인 음성 통화와 음성 용량의 증가에 중점을 둔 것이었으며 데이터 통신은 주로 회선(circuit) 모드로 이루어졌다. 그러나 고속의 패킷 데이터 전송에 대한 요구가 증대되면서 이를 위한 무선 규격에 대한 필요성이 대두되었으며, 이에 따라 2000년 10월 1xEV-DO의 Rev. 0 표준이 C.S0024라는 문서 번호를 가지고 발간되었다[5].

이 표준의 특징은 그 이름이 의미하는 바와 같이 하나의 1.25MHz 주파수 대역을 모두 패킷 데이터 전송을 위하여 사용하는 것이다. 이 규격에서는 하향링크의 패킷 성능 향상을 위하여 시간 분할 다중화 형태의 사용자 스케줄링, QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), 8-PSK(8-ary Phase Shift Keying) 그리고 16-QAM(16-ary Quadrature Amplitude Modulation) 기법과 터보 부호화기(turbo encoder)

의 부호율을 단말과 기지국 사이의 채널 상황에 맞추어 적응적으로 선택하는 적응 변조 및 부호화(AMC: Adaptive Modulation and Coding) 기법, 그리고 IR(Incremental Redundancy) 형태의 4-인터레이스(interlace) HARQ 기법 등을 사용하고 있으며 이를 통하여 1.25MHz 대역의 하향링크에서 2.4576Mbps의 최대 전송 속도를 지원한다.

상기 기술들은 근본적으로 이후 개발되었던 1xEV-DV 규격과 3GPP의 HSDPA 규격에서도 그대로 사용되었다. 실제로 1xEV-DV와 HSDPA 그리고 1xEV-DO를 비교해보면 패킷 처리량을 향상시키기 위하여 사용한 근본적인 개념이 거의 같기 때문에 단위 주파수 당 패킷 처리량은 크게 차이가 나지 않는다.

1xEV-DO Rev. 0 표준이 하향링크의 패킷 성능 향상에 중점을 둔 표준이라면 1xEV-DO Rev.A 표준은 상향링크의 패킷 성능의 향상에 중점을 둔 것으로 2004년 4월 발간되었다[6]. 이 표준에는 주로 상향링크의 성능 향상을 위한 새로운 기법들이 포함되어있다. 상향 트래픽 MAC(Medium Access Control)을 향상시켜 보다 효율적인 자원 관리를 가능하게 했으며 또한 트래픽의 QoS(Quality of Service) 요구 사항에 따라 자원 할당 방식을 변화시키도록 하였다. 물리 계층에서는 하나의 프레임의 길이를 가지는 4개의 서브패킷으로 나누어 준 후, 서브패킷 단위로 전송하는 방식을 사용한다. 이는 Rev. 0의 하향링크에서 사용했던 것과 비슷한 IR 형태의 HARQ 방식이다. HARQ 기법을 적용하고 8-PSK 변조 기법을 사용하여 최대 전송 속도를 1.8Mbps까지 끌어올렸다. 1xEV-DO의 Rev. A 표준에는 상기한 상향링크 성능 향상 기법 이외에도 하향링크에도 약간의 성능 향상 기법을 적용하였다. 대표적인 하향링크의 성능 향상 기법은 5120의 패킷 사이즈를 추가하여 최대 전송 속도를 3.072Mbps까지 높여준 것, 패킹 효율

을 위하여 보다 세밀한 데이터 속도 양자화(rate quantization)를 적용시킨 점, 보다 강화된 QoS 지원, 그리고 다중 사용자 패킷 (Multi-user Packet)이라는 새로운 다중화 기법의 도입 등을 포함하고 있다. 특히 다중 사용자 패킷이라는 다중화 기법은 현재 활발한 논의가 진행 중인 1xEV-DO 상에서의 VoIP(Voice over IP)를 가능하게 만드는 주요 기술이다.

2.2.2 1xEV-DV (cdma2000 Rev.C/Rev.D)

cdma2000 Rev. C 표준은 흔히 1xEV-DV라고 알려져 있는 표준으로 C.S0001-C~C.S0005-C까지의 문서 번호를 가진 표준을 일컫는다[7]-[11].

1xEV-DV 규격은 그 이름에서 알 수 있듯이, 1.25MHz의 대역 내에서 데이터 서비스와 음성 서비스를 함께 지원하도록 작성된 규격이다. 완성된 규격은 하향 최대 전송 속도가 3.0972Mbps이고 보행자 채널 환경 하에서의 하향링크 평균 패킷 처리량이 섹터 당 1.7Mbps에 이르는 시스템이다. cdma2000 Rev. C 표준은 보다 효율적인 패킷 처리를 위하여 기존의 cdma2000 1x 무선 규격에 비하여 다음과 같은 새로운 요소 기술들을 포함하고 있다.

1. 가변 프레임 길이(1.25ms, 2.5ms, 5ms)를 사용한 적응 변조 및 부호화 기법
2. AAIR(Asynchronous and Adaptive Incremental Redundancy)을 이용한 HARQ
3. 1.25ms 단위의 빠른 스케줄링
4. 시간 분할 다중화(TDM)/코드 분할 다중화(CDM)을 통한 사용자 다중화 기법
5. Virtual soft handoff
6. Fast Call Setup
7. BS assigned PLCM (Public Long Code Mask)

8. 3G Authentication (AKA : Authentication and Key Agreement)

cdma2000 Rev. C 표준은 하향링크만의 성능 향상을 도모한 무선 규격이다. 하지만 무선 서비스가 다양해지면서 점차적으로 상향링크에서도 높은 패킷 데이터 처리량을 가지는 무선 규격의 필요성이 대두되게 되었으며 이러한 배경 하에 2004년 3월에 발간된 규격이 cdma2000 Rev. D 무선 규격이다[12]-[16].

완성된 규격은 기존 Rev.C 규격의 상향링크에 비하여 10ms로 짧아진 프레임 길이를 사용하고, 빠른 스케줄링과 전송 속도 제어(rate control)을 통한 상향링크 자원 관리, 그리고 8-PSK와 HARQ를 통한 물리 계층의 전송 방식 등을 적용하여 최대 데이터 전송 속도를 1.8Mbps까지 끌어 올리고, 평균 패킷 처리량을 약 550kbps까지 지원하도록 작성된 규격이다. 주요 특징을 정리하면 다음과 같다.

1. 최대 데이터 전송 속도: 1.8456Mbps
2. 프레임의 길이: 10ms
3. 전송 속도 제어, 빠른 스케줄링 그리고 Hybrid 모드를 통한 상향링크 자원 관리
4. 4 채널 HARQ
5. 물리 계층 및 MAC 계층을 통한 강화된 QoS 지원
6. MEID(Mobile Equipment Identifier) 지원
7. Fast call setup
8. 새로운 PLCM 생성 방법
9. BCMCS(BroadCast and MultiCast Service)

2.2.3 BCMCS와 관련된 표준

3GPP의 MBMS에 대응하는 개념이 BCMCS 이다. Broadcast 모드에서는 서비스 영역 안에 있는 모든

가입자가 단말기 설정만으로 broadcast 데이터를 수신하게 되며, multicast 모드에서는 해당 서비스에 가입된 다수명의 가입자들만이 데이터를 수신한다. BCMCS는 cdma2000 상에서의 BCMCS와 1xEV-DO 상에서의 BCMCS로 분류할 수 있다.

cdma2000에서의 BCMCS는 Rev. D 규격의 일부로 포함되었으며 다음과 같은 3가지 운영방식이 있다.

1. 유휴 상태 (Idle Mode)에 있는 단말들이 공유하는 F-BSCH (Forward Broadcast Supplemental Channel)
2. 트래픽 상태에 있는 단말들이 공유하는 F-BFCH (Forward Broadcast Fundamental Channel)
3. 트래픽 상태에 있는 단말들이 공유하는 F-BSCH (Forward Broadcast Supplemental Channel)

1xEV-DO 상에서의 BCMCS는 특정 시간 슬롯 (인테이스)을 BCMCS용으로 사용한다. 규격 상에서 허용하는 최대 broadcast 데이터 전송 속도는 614.4kbps이다. 그러나 실험 결과, 리드 솔로몬 (Reed Solomon) 외곽 부호를 사용하고 또한 단말기에서 두개의 수신 안테나를 사용할 경우, 실제적으로 동작하는 broadcast 데이터 전송 속도는 최대 409.6kbps라고 알려져 있다.

한 가지 특이한 사항은 cdma2000 1x 에서는 BCMCS가 Rev. D 표준의 일부로 포함되었던 것에 반하여 1xEV-DO에서의 BCMCS는 하나의 독립 규격으로 발간되었다는 점이다. 문서 번호는 C.S0054이며 2004년 3월에 최종 승인되어 발간되었다[17].

III. 향후 3G Evolution에서 고려되고 있는 핵심 요소 기술

3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C는 각각 자체적인 무선 규격에 대한 기술 진화 방향에 대한 논의를 시작한 상태이다. 지금까지 두 표준화 기구의 작업에 비추어 볼 때 구체적인 표준의 발간 일정이나 패킷의 길이 등의 기본 프레임 구조 등은 서로 다를 수 있지만, 목표로 하고 있는 진화 시스템에 요구되는 여러 가지 사항들 (예를 들어 전송 대역폭, 요구 최대 전송 속도, 요구 대역폭 효율)에 대한 관점이 같기 때문에 핵심적인 요소 기술들은 서로 유사할 것으로 전망된다.

실제로 현재 양 진영에서 논의되고 있는 주요 요소 기술들의 기반은 동일하며 그 중에서 대표적인 것은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 근간으로 한 무선 접속 방식, 그리고 MIMO, 빔 포밍(Beam-forming) 등의 다중 안테나 방식, 그리고 두 방식의 결합 등을 들 수 있다

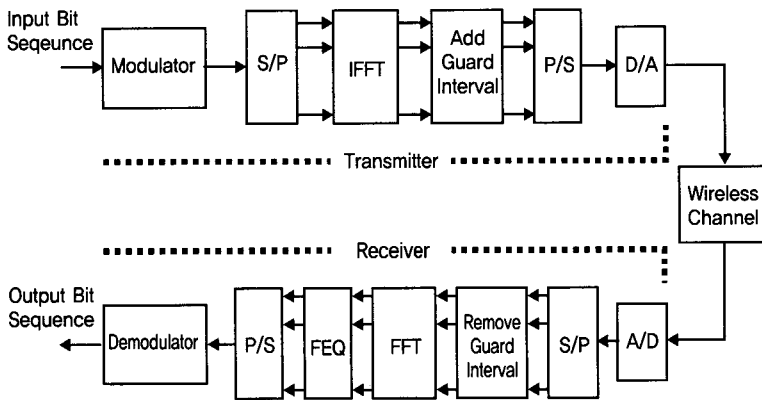
3.1 OFDM 기술

현재 CDMA를 대체할 하향링크의 새로운 무선 접속 기술로 언급되고 있는 대표적인 요소 기술이 OFDM과 관련된 기술이다. OFDM 방식은 광대역 전송 시스템에 유리한 구조로 고속 데이터 전송에 효율적이므로 차세대 시스템 관련 연구에서 매우 중요하게 언급되고 있다.

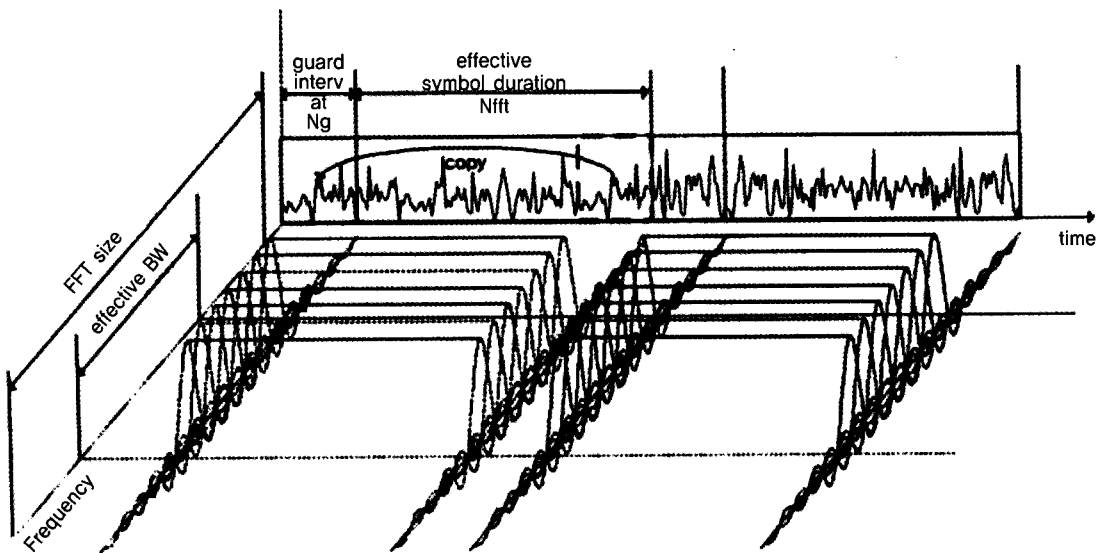
다중 경로 페이딩을 갖는 무선통신 채널에서 단일 반송파 방식을 사용하게 되면, 심볼간 간섭(Inter-Symbol Interference: ISI)이 증가하기 때문에 이를 제거하기 위해서는 수신단의 복잡도가 크게 증가한다. 반면, 다중 반송파 방식에서는 데이터 전송 속도를 그대로 유지하면서 각 부반송파에서의 심볼 주기

를 부반송파의 수만큼 확장시킬 수 있기 때문에 주파수 영역에서 하나의 탭을 갖는 간단한 등화기를 사용하여 다중 경로에 의한 주파수 선택적 페이딩 채널에 효율적으로 대처할 수 있다. 더욱이 기본적인 주파수 분할 다중화 방식(FDM)에서는 채널 간 간섭을 방지하기 위해 주파수대를 분할할 때 보호 대역을 두고 있으나, OFDM에서는 상호 직교성(orthogonality)

를 갖는 복수의 부반송파를 사용하므로 주파수 이용 효율이 높아진다. 송·수신단에서 이러한 직교성을 갖는 복수의 부반송파를 변조·복조 하는 과정은 각각 IDFT(Inverse Discrete Fourier Transform)과 DFT(Discrete Fourier Transform)을 수행한 것과 같은 결과이므로, IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)과 FFT(Fast Fourier Transform)를 사



(그림 2) 기본적인 OFDM 방식의 송신단과 수신단



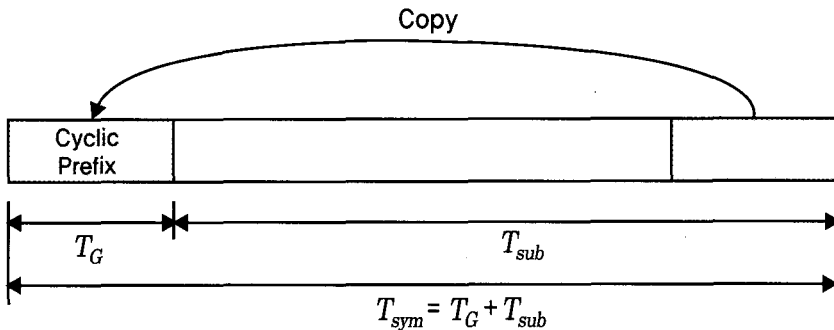
(그림 3) 시간 및 주파수 영역에서의 OFDM 신호

용하여 고속으로 구현할 수 있다[18][19]. (그림 2)에는 OFDM 방식의 블록도를 도시하였고, (그림 3)에는 시간 영역에서의 심볼 구성과 주파수 영역에서의 스펙트럼을 도시하였다.

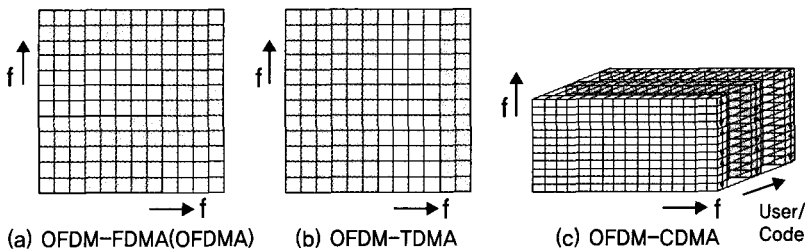
OFDM 방식에서 데이터의 처리는 심볼 단위로 이루어지나 OFDM 심볼이 다중 경로 채널을 통해 전송되는 동안 이전 심볼에 의한 영향을 받게 된다. 이러한 OFDM 심볼간 간섭을 방지하기 위해 연속된 블록 사이에 보호구간(guard interval)을 삽입한다. 이때 보호구간의 길이는 무선채널의 최대지연확산(T_{max})보다 길어야 한다. 즉, 보호구간의 길이를 T_G 라고 하면 $T_G \geq T_{max}$ 가 되도록 보호구간을 설정해야 하며, 일반적으로 RMS(Root Mean Square) 지연확산의 2~4배가 되도록 보호구간을 설정한다. 이러한 보호구간을 단순히 '0' 신호로 삽입할 수도 있지만 (그림

4)와 같이 전치 순환(cyclic prefix)을 삽입하면 ISI와 부반송파 지연으로 발생하는 상호채널간섭 (Inter-Channel interference: ICI)를 방지할 수 있다.

다중경로 페이딩 채널에서 발생하는 심볼간 간섭은 전치 순환의 삽입으로 극복될 수 있으나, 주파수 대역의 널(null)을 경험하는 특정 부반송파의 수신 SNR의 감쇄는 오류 확률을 증가시킨다. 이러한 성능 저하를 방지하기 위하여 OFDM 전송방식에서 전방 오류 정정(forward error correction) 부호를 사용하여 다중경로 채널의 페이딩 현상을 극복한다. 오류 정정 부호는 길쌈 부호(convolutional code), 리드-솔로몬 부호와 같은 블록 부호(block code), 대역폭 효율을 향상시키기 위해 변조와 부호화를 함께 수행하는 트렐리스 부호(trellis code), 두 가지 서로 다른 특성을 가지는 부호를 결합하여 사용하는 con-



(그림 4) 전치 순환(Cyclic Prefix)의 생성 방법



(그림 5) OFDM을 이용한 다중 접속 방식의 예

catenated 부호, 터보 부호, 터보 부호와 비슷하지만 복호기의 하드웨어 복잡도를 감소시킨 LDPC(Low Density Parity Check) 부호 등이 사용된다.

방송용이 아닌 셀룰러 이동통신, 무선 ATM, 무선 LAN등에 OFDM 전송 방식을 사용하는 경우에는 단일 반송파 전송 방식과 마찬가지로 다수의 사용자를 위한 다중 접속 방식이 필요하다. 대표적 방식으로는 OFDM-FDMA(OFDMA), OFDM-TDMA, OFDM-CDMA가 있다. (그림 5)에 이들 다중 접속 방식이 표현되어 있으며, 이러한 다중 접속 방식의 비교를 (표 1)에 나타내었다[20].

(표 1) OFDM을 이용한 다중 접속 방식들 간의 비교

| | OFDM FDMA | OFDM TDMA | OFDM CDMA |
|----------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 특징 (시간/주파수) | 동일시간 다중사용자/ 일부 부반송파 사용 | 동일시간 단일 사용자/ 전체 부반송파 사용 | 동일시간 다중 사용자/ 전체 부반송파 사용 |
| Cyclic prefix | 사용 | 사용 | 사용 |
| 다중 접속 간섭 | 셀내 | × | × |
| | 셀간 | ○ | ○ |
| | 여제 방식 | · 간섭평균화 · 간섭회피 | 셀 재사용 인자 조정 |
| 기타 | 효율적인 자원할당 가능 | · UL 동기가 용이함 · 낮은 전송효율 | 주파수 다이버시티 이득 |

셀룰러 통신에서 고려되고 있는 구체적인 다중화 방법들은 위에서와 같이 여러 가지가 있지만, 기본적으로 OFDM은 광대역 신호를 다수의 협대역 신호의 조합으로 구현함으로써 복잡한 광대역 신호처리를 이용하지 않고서도, 주파수 다이버시티 등과 같은 광대역 신호의 장점을 살릴 수 있다는 장점을 가진다. 또한, 이러한 협대역 부반송파의 전송 방법으로 인해 MIMO 및 빔 포밍 기술과 간단히 결합될 수 있다. 이러한 장점들로 인하여 OFDM을 근간으로 한 무선 접속 방식은 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 3G 진화에 있어서 하향링크의 무선 접속 규격의 주요 후보 기술로 고려되고 있다.

하지만 무선 접속 규격으로서의 OFDM의 타당성

에 대한 의문을 제시하며 더 많은 검증을 요구하는 일부의 목소리도 존재한다. OFDM이 많은 장점을 가진 기술인 것은 사실이지만, 몇 가지 중요한 사항들에 대한 고려가 선행되어야 한다는 주장이다.

OFDM 방식은 다수의 직교 반송파를 사용하기 때문에 부반송파 사이의 직교성이 파괴되는 경우에는 채널간 간섭이 발생되어 성능이 크게 떨어지므로, 이에 대한 고려가 필요하다. OFDM 방식에서 직교성이 파괴되는 원인은 크게 다음의 세 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 수신단에서 심볼동기와 반송파 주파수 동기가 이루어지지 않은 경우이다. OFDM 시스템에서의 변·복조는 IFFT와 FFT의 블록단위로 각각 이루어지기 때문에 심볼 동기는 IFFT 혹은 FFT를 수행할 OFDM 심볼의 시작점을 찾는 것을 의미한다. 반송파 주파수 오프셋이 발생하는 경우에는, 부반송파 간의 직교성이 파괴되어 다른 모든 부반송파들의 영향을 받게 된다. 두 번째는 채널의 특성이 송·수신기의 상대적 이동으로 인해 OFDM 심볼 주기 내에서 변하는 경우이다. 이 경우, 수신단에서는 부반송파 간의 직교성이 파괴되어 채널간 간섭이 발생하게 된다. 세 번째로 OFDM 방식에서 변조된 신호의 크기는 레일리(Rayleigh) 분포를 가지므로 OFDM 심볼의 시간영역 신호는 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio)이 단일 반송파 방식보다 크게 나타난다. 따라서 고출력 증폭기를 단일 반송파 방식과 동일한 효율로 사용할 경우 비선형 왜곡에 의한 채널간 간섭 및 인접채널간 간섭이 OFDM 방식에서 보다 크게 발생한다. 상기한 문제점들에 의한 대책은 하향링크의 경우 비교적 용이하게 해결할 수 있지만 상향링크의 경우, 적절한 해결책을 찾기 어려우며 또한 이러한 문제점들에 의한 영향이 증폭되어 나타난다. 이에 따라 OFDM을 상향링크에 적용하는 것과 관련한 많은 논쟁이 있는 상황이다. 상향링크에 OFDM 기술을 적용하기 위해서는 주파수 오프셋이나 심볼 시

간 오프셋, 그리고 최대전력 대 평균전력 비 (PAPR: Peak to Average Power Ratio) 등에 대한 영향 분석이 이루어져야 하며, 특히 주파수 오프셋의 영향을 극복할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요한 상황이다.

3.2 다중 안테나 기법

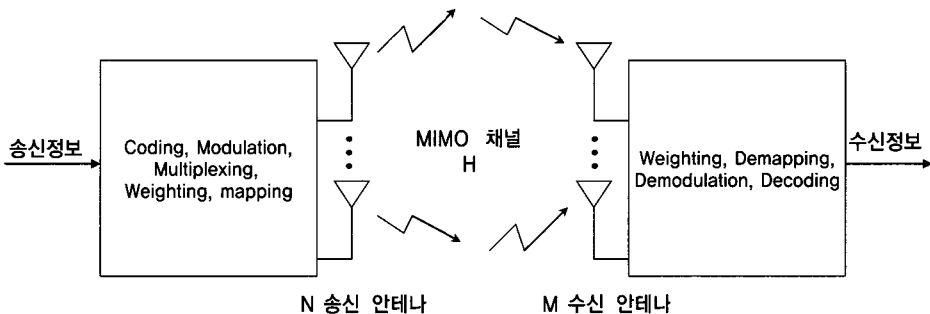
차세대 이동 통신 시스템에서 높은 데이터 전송 속도 대한 관심이 증대되면서 다중 안테나 기술은 시스템 용량(system capacity), 패킷 처리량(throughput), 또는 커버리지(coverage)를 증대시키기 위해 연구되고 있다[21][22]. (그림 6)은 다중 안테나 기법의 일반적인 블록도이다.

(그림 6)과 같이 송신단과 수신단에 모두 다수개의 안테나를 사용하면, 송신단이나 수신단에만 다수개의 안테나를 사용하는 경우와 달리 안테나의 수에 비례하여 이론적인 채널 전송 용량이 증가하므로 주파수 효율을 높일 수 있는 방법으로 각광받고 있으며 특히 몇몇의 기술들은 이미 IEEE 802.16 등의 표준에 채택되었다.

일반적으로 다중 안테나 기술은 수신기에서의 피드백(feedback)을 이용해서 채널에 적응적으로 변조하는 폐루프(closed loop) 다중 안테나 전송 기술, 피드백을 사용하지 않고 다중 안테나를 통하여 다이

버시티(diversity) 이득이나 다중 송신 이득을 얻으려는 용도로 사용하는 개루프(open loop) 다중 안테나 전송 기술과 다중 안테나를 사용하여 간섭신호를 제거하고 서비스 커버리지를 확장하기 위해 사용하는 빔 포밍 전송 기술로 구분할 수 있다.

우선 개루프 다중 안테나 전송기법에 대해서 알아보면 다음과 같다. 개루프(open loop) 다중안테나 전송기법은 크게 공간 분할 다중 송신 방식(Space Division Multiplexing)과 시공간 부호화(Space Time Coding) 방식, 두 가지로 나눌 수 있다. 공간 분할 다중 송신 방식은 각 송신 안테나에 각기 다른 데이터 시퀀스를 보내는 방식으로 시스템의 패킷 처리율을 증대 시키지만 다이버시티 이득은 일부만 얻을 수 있고, 수신 안테나의 개수가 송신 안테나의 개수보다 적어도 같아야 하는 단점을 지니고 있다. 이것은 하향링크 상황에서 단말기의 가격을 높이는 문제점을 가지고 있으므로 실제로 많은 수의 송신 안테나를 쓸 수 없다. 반면에 시공간 부호화 방식은 시간과 공간 도메인에 부호화를 적용하는 방식으로 다이버시티 이득을 극대화하는 전송 기술로 수신 안테나의 개수에 제약이 없는 기술이다. 최근에 조금 더 높은 수신 복잡도를 가지지만 최대 다이버시티 이득과 최대 다중화 이득을 동시에 얻는 선형 분산 부호(linear dispersion code)가 개발되고 있다. 이렇듯



(그림 6) 다중 안테나 시스템의 개념도

개루프 다중 안테나 전송기법은 다이버시티 이득과 다중화 이득, 수신기 복잡도 사이에 trade-off가 존재하고 있어서 상황에 따라 적절하게 선택하여 사용될 수 있다.

페루프 다중 안테나 전송기법은 송신기에서 수신기로부터 피드백 받은 채널 정보를 이용하여 각 채널 상황에 따라서 전송 파라미터를 적응적으로 변화시켜 전송하는 방식이다[23]-[26]. 피드백 정보량이 많을수록 신뢰성이 높은 통신이 가능하며, 송신기에서 채널정보를 이용할 수 있으므로 적응변조 및 코딩기법, 안테나 선택기법, 송신 빔 포밍 기법 등을 쉽게 적용할 수 있어 개루프 다중안테나 전송기법에 비해 주파수 효율을 크게 높일 수 있다. 하지만, 다중 안테나 환경에서 송신기가 채널정보를 정확히 알기 위해서는 높은 복잡도와 피드백 채널로 인한 주파수 효율의 감소가 생기기 때문에 한정된 피드백 정보를 이용하여 성능을 향상시키는 페루프 다중 안테나 전송기법에 대한 연구가 최근에 많이 진행되고 있다 [25][26]. 이러한 방식들은 채널의 일부 정보만을 가지고도 성능을 크게 향상시킬 수 있기 때문에 고속 전송을 필요로 하는 통신 표준에 반영되고 있다. 하지만, 페루프 다중 안테나 전송기법은 채널 정보가 빨리 변하는 시변채널 환경에서는 송신기에서 피드백 받은 채널정보와 현재 채널상태와의 차이로 인하여 성능저하가 발생하며 이는 채널이 빨리 변할수록 더욱 크게 나타난다. 따라서 피드백 정보를 이용하는 페루프 다중 안테나 전송기법은 느린 시변채널에 적합한 방식이다.

빔 포밍 전송 기술 또는 스마트 안테나(Smartantenna)는 전환 빔 안테나(switched beam antenna)와 적응 배열 안테나(adaptive array antenna)로 크게 나눌 수 있다. 전환 빔 안테나는 미리 정해진 빔 패턴(beam-pattern) 중 최고의 성능을 줄 수 있는 빔 패턴을 선택하여 통신하는 방식으로 무지향성 안테

나에 비해 공간 선택으로 인한 이득을 얻으나 제한된 성능 향상을 보인다. 적응 배열 안테나의 빔 포밍은 안테나 배열을 사용하여 각 배열요소별로 입사된 신호들을 특정 기준(e.g, MMSE, ML, maximum SINR 등)에 의해서 결합하여 다른 공간상의 위치한 동일채널(co-channel) 사용자로부터의 원하는 신호와 간섭신호를 분리할 수 있는 기법이다. 이에 따라 적용 범위, SNR, 셀 허용 용량 등이 증가하며, 이로 인하여 전력 소비 감소, 셀간 간섭의 회피 등의 효과를 얻을 수 있다. 적응 배열 안테나의 경우, 빔 포밍을 위한 계수 추정에는 다중 안테나가 있는 수신단에서 수행한다. 그러므로, 일반적으로 단일 안테나를 장착한 단말기로부터 다수 개의 안테나를 설치하기 쉽고 디지털 신호처리가 용이한 기지국으로 전송되는 상향링크에서 빔 포밍 계수 추정이 이루어진다. 하향링크에서는, 시간 분할 전송방식(TDD) 시스템의 경우 상향링크에서 추정된 빔 포밍 계수를 그대로 사용하거나 채널의 변화를 고려하여 사용함으로써 빔 포밍을 수행하고, 주파수 분할 전송방식(FDD) 시스템의 경우 하향링크에서 안테나 별 시그널링(signaling)을 통해 채널을 추정하고 기지국에 피드백하여 기지국에서 빔포밍을 수행한다.

IV. 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 최신 표준화 동향 및 향후 evolution 전망

본 장에서는 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 최신 표준화 동향과 향후의 표준 진화 전망에 대하여 설명한다.

4.1 3GPP RAN의 최신 표준화 동향 및 향후 evolution 전망

현재 WCDMA 시스템뿐만 아니라 타 표준기구(예. IEEE)에서 진행 중인 차세대 시스템에 비해 우월한 경쟁력을 확보하기 위해서 새로운 패러다임을 갖는 차세대 시스템에 대한 표준화의 필요성이 제기됨에 따라서 장기적 진화 관점에서 향후 표준 시스템을 어떻게 구성해야 하는지에 대한 논의가 2004년 말에 시작되었으며, 현재 다양한 차세대 기술에 대한 타당성 논의가 진행 중이다. 공식적으로는 3GPP TSG RAN 제26차 회의에서 “Evolved UTRA and UTRAN”에 대한 SI가 승인 되어 현재 3GPP TSG RAN WG1, WG2, WG3 및 SA2 등에서 진행 중이다. 무선접속기술에 대한 표준화는 WG1, 상위계층 프로토콜(L2, 3) 진화에 대한 표준화는 WG2, 망구조의 진화에 관련된 표준화는 WG3와 SA2에서 논의되고 있다. 필요에 따라 여러 WG그룹 간 합동회의를 개최하여 상호 정보를 공유하고 있다[27-29].

본 논문에서는 현재까지 논의된 내용을 크게 두 가지로 나누어 정리하고자 한다. 첫째 LTE 시스템이 갖춰야 할 시스템 요구 사항들, 둘째 RAN WG들에서 논의되고 있는 쟁점 사항 및 향후 일정에 대해서 언급하고자 한다.

4.1.1 LTE 시스템 요구사항

현재까지 LTE와 관련하여 4개의 TR(Technical Report)이 생성되었다. 즉 타당성 연구관련 보고서[27], 두 개의 시스템 요구사항 보고서[28] 및 물리계층 논의를 주로 반영하기 위해 생성된 기술 보고서[29]가 작성되었다. 본 절에서는 최종 작성된 시스템 요구사항인 참고문헌 [28]의 내용을 바탕으로 정리하였다. 참고문헌 [28]에 따르면 진화된 무선 접속부 및 무선 접속망은 다음과 같은 개념을 충족해야만 한다.

1. 최대 데이터 전송 속도가 매우 높아야 한다.
2. 현재와 같은 셀 배치 상황에서도 셀 가장자리 전

송 속도가 향상되어야 한다.

3. 주파수 효율이 크게 향상 되어야 한다.
4. 무선접속 망의 지연을 10ms 이하로 유지하여야 한다.
5. 시스템 대역폭을 자유롭게 할당할 수 있어야 한다.
6. 3G시스템과 non-3G시스템과의 상호연동을 지원해야 한다.
7. 향상된 MBMS를 지원해야 한다.
8. 망 유지보수비용이 적어야 한다.
9. Rel-6 UTRA 무선 접속부 및 무선접속망구조에서 가격대 성능비가 가장 좋은 방향으로 진화하여야 한다.
10. 시스템 및 단말 복잡도, 비용, 전력 소모가 합리적인 수준이어야 한다.
11. 개선된 IMS 및 핵심망을 지원해야 한다.
12. 이전 시스템과의 하위 호환성(backward compatibility)은 매우 바람직하지만 호환성으로 인해서 성능 및 용량 증대를 크게 제한하지 말아야 하며 따라서 trade-off가 필요하다.
13. PS 도메인에서 제공된 다양한 서비스를 효율적으로 지원할 수 있어야 한다.
14. 저속 단말기에 최적화된 시스템이어야 하며, 고속 단말기 또한 지원해야 한다.
15. 대칭 또는 비대칭 형태의 주파수 스펙트럼 할당에서도 운용될 수 있어야 한다.
16. 인접대역 및 인접국에서의 사업자간 공존/배치가 용이해야 한다.

일반적인 요구사항 중에서 중요한 몇 개 항목을 아래 구체적으로 언급하였다[28].

1. 전송 속도, 주파수 효율 측면: 20MHz 대역폭 할당을 가정한 경우 최대 데이터 전송 속도(주파수 효율)은 하향링크 100Mbps [5bps/Hz] 및 상

향링크 50Mbps [2.5bps/Hz]를 목표로 정하였으며, 이때 안테나 구성은 2×2(하향), 1×2(상향)을 가정하였다.

2. 시간 지연 측면: 활성 상태(active)와 대기 상태(dormant)간 천이시간은 50ms 이하, 앞 두 상태(활성상태 및 대기 상태)와 휴무상태(camped state)간은 100ms 이하로 한다.
3. 사용자 처리율 측면: 하향링크 및 상향링크 사용자 처리율(user throughput)은 Rel-6 HSDPA/HSUPA의 2~3배 수준, 평균 사용자 처리율(average user throughput)은 하향링크 3~4배, 상향링크 2~3배 수준을 달성할 수 있어야 한다.
4. 단말기 속도의 측면: 단말기 속도는 0~15km/h에 최적화되어야 하며, 15~20km/h 범위에서도 높은 성능이 지원되어야 한다. 또한 120~350km/h(최대 500km/h) 범위에서도 이동성이 지원되어야 한다.
5. 커버리지 측면: 커버리지는 5km를 목표로 하며, 30km까지도 약간의 성능열화를 보이는 수준으로 지원해야한다. 최대 100km까지의 지원 가능성도 배제하지 않는다.
6. 주파수 할당 측면: 주파수 대역의 자유로운 할당이 이루어 져야 하며 1.25MHz, 2.5MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz 단위로 할당이 가능해야 한다. 가능한 연속된 대역을 할당할 수 있도록 해야 한다.

4.1.2 세부 기술 동향

앞서 언급한 시스템 요구사항을 충족시킬 수 있는 시스템을 얻기 위해서 LTE에 대한 구체적인 논의가 지난 4월 WG1을 시작으로 본격적으로 진행되었다. 현재 3GPP LTE에 대한 논의는 크게 3가지 분야로 나뉘어 진행되고 있다.

1. 무선접속부 물리 계층관련(상향 및 하향)(예. 최대 20MHz 대역폭 지원, 다중안테나기술 등)
2. 무선접속부 2 및 3 계층(예. 시그널링 최적화)
3. UTRAN 구조 관련(최적화, RAN 망 노드들 간 기능 분화, UTRAN 및 핵심망(CN)과의 기능 분화 등)

WG1에서는 무선접속부 물리계층 기술에 중점을 두어 논의가 진행되고 있다. 물리계층 기술로서 상향 및 하향링크 다중 접속 기술, 매크로 다이버시티 사용 여부, 셀 간 간섭 억제 및 제거 방식, 다중 안테나 전송방식 등이 현재 심도 있게 논의되고 있다.

다중 접속방식은 현재 상향 및 하향링크로 나누어 제안 기술의 타당성에 대해 논의하고 있다. 우선 하향링크는 OFDMA (FDD/[TDD]), MC-WCDMA (FDD) 그리고 TDD 전용 방식으로 MC-TD-SCDMA가 검증 대상으로 선정되었다. 이외는 달리 상향링크는 단일 주파수 기반 전송 방식인 SC-FDMA (FDD/[TDD]), OFDMA (FDD/[TDD]), MC-WCDMA (FDD) 그리고 MC-TD-SCDMA (TDD)가 선정되었다. 2005년 4사분기부터 각 방식에 대한 타당성 검토를 위해서 분석 및 모의실험 결과를 제시할 것으로 예상된다.

4.1.2.1 하향링크 다중 접속기술

(1) OFDMA (FDD, [TDD])

현재 주류를 이루는 하향링크 다중 접속 방식이며 대부분의 회사들이 이 기술을 지지하고 있다. 현재 기술 보고서에 제안된 OFDMA 방식은 전치 순환(cyclic prefix)을 사용하는 일반적인 OFDM 방식에 기반하고 있다. 전치순환 구간 $T_{cp} = 4.7 [\mu s]$ 또는 $16.7 [\mu s]$ (Short-CP, Long-CP), 부반송파 간격 15kHz를 가정한다. 기존 WCDMA의 기본 라디오

프레임인 10ms를 균등하게 20등분한 부 프레임($T_{sub-frame} = 0.5ms$)의 개념을 사용한다. 향후 정확한 비교 분석 및 모의실험을 위해서 각 할당 가능한 대역폭 (1.25/2.5/5/10/15/20(MHz))마다 부 프레임 지속시간, 부 반송파 간격, 표본화 주파수, FFT 크기, 유효한 부 반송파 수(실제 점유한 부 반송파 수), Short-CP 및 Long-CP에 따른 부 프레임 당 OFDM 심볼 수를 예로서 명시하였다. 부 프레임은 사실상 최소 하향링크 TTI를 의미하며, 전송 속도 증감 또는 향상된 QoS를 지원하기 위해서 여러 개의 부 TTI를 연결하여 더 긴 TTI를 구성할 수 있다. 주목할 만한 사실은 할당 대역폭이 증가하더라도 부 반송파 간격은 증가하지 않으며, 다만 부 반송파 개수가 할당 대역폭에 비례하여 증가하게 된다. 특히 사항으로는 무선채널에 따라서 두 가지 형태의 전치순환, 즉 Short CP와 Long-CP를 도입하려는 논의가 현재 진행 중이다. Long-CP는 다중 셀 방송(multi-cell broadcast)용 또는 커버리지가 매우 큰 셀의 경우에 사용할 목적으로 제안되었다.

현 시점에서 OFDMA 기술의 분석을 위해 기본적으로 고려해야할 항목들을 <표 2>에 정리하였다.

<표 2> OFDMA 성능평가 단계에서 고려할 기술 항목

| 고려할 기술적 항목 | 세부내용 |
|------------------|---|
| 변조 방식 | QPSK, 16-QAM, 64-QAM |
| 링크 적응 기법 | AMC, HARQ(IR) |
| 다중화 | 시간-주파수(부호) 영역에 걸쳐 다중화 수행 가능 |
| 파일럿 | 채널 추정용(CQI) 동기 변복조용 채널 추정용 셀탐색및 초기 동기용 |
| 채널 코딩(FEC) | 터보 코드, 반복코드, (LDPC) |
| MIMO | 2-TX, 2-RX (기본 구성) (교차 안테나구성 배제한함) |
| 매크로 다이버시티 | Softer(기지국내, 지원), Soft(기지국간, 가능) (2005년도 12월 결정) |
| 전력제어 | 지원 |
| 셀 간섭 | 간섭 회피 또는 제거 방식 모두 고려 (랜덤주파수도약, 셀 간 부반송파 할당 정보교환) |
| 측정(measurements) | 단말 측정 및 보고 기능 지원 |

(2) MC-WCDMA(FDD)

현재 WCDMA 방식을 대역폭만 확장된 형태(최대 20MHz인 경우, 5MHz x 4)로 적용하고자 하는 방식으로서 기존 기술을 최대한 재사용할 수 있다는 장점이 있다. 이 방식은 Qualcomm을 주축으로 제안되었으며 기존 단말 및 진화된 단말이 같은 주파수 대역에 상호 공존할 수 있기 때문에, WCDMA기본 구조, 파라미터 및 절차 등은 기존의 UTRA-FDD HS-DSCH과 같은 파라미터를 사용할 수 있다고 주장하고 있다. 성능 평가 단계에서 고려할 기술적 항목은 OFDMA과 비슷하다. 특히 주파수 재사용인자를 1로 하는 것과 기존 HSDPA, HSUPA 기술을 가급적 재사용하려는 것이 특징이다. 기존 기술에 덧붙여 진화된 수신기 구조를 도입하므로써 성능향상을 꾀하려고 있다. 또한 5MHz 이하의 작은 주파수를 지원하기 위하여 낮은 칩율(chip rate)의 지원을 고려하고 있다.

(3) MC-TD-SCDMA (TDD)

본 다중 접속 기술은 LTE TDD 방식에만 사용 가능한 기술로서 주로 중국 사업자 및 제조사들, 이와 이해관계가 있는 회사 등이 주축을 이루어 제안을 하였다. 그러나 세부 기술은 아직 제안되어 있지 않다.

4.1.2.2 상향링크다중 접속 기술

상향링크의는 달리 상향링크는 단말 송신전력 변화가 단말 송신기 및 전체 성능에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 PAPR이 큰 다중 반송파 시스템보다 단일 반송파 시스템이 더 큰 호응을 얻고 있다. 초기에는 IFDMA(Interleaved FDMA, 단일 반송파 시스템)방식이 주목을 받았으나, 단일 반송파 및 다중 반송파 시스템을 결합한 형태인 DFT-s-OFDM이 제안되면서 이 기술에도 많은 관심을 보이고 있다. 현재 논의 단계에서 DFT-s-OFDM 기술은 SC-FDMA 범

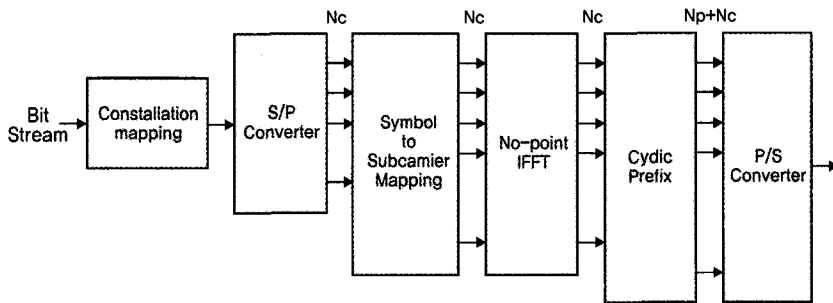
주에 포함되어 논의 되고 있다.

(1) SC-FDMA(FDD/TDD)

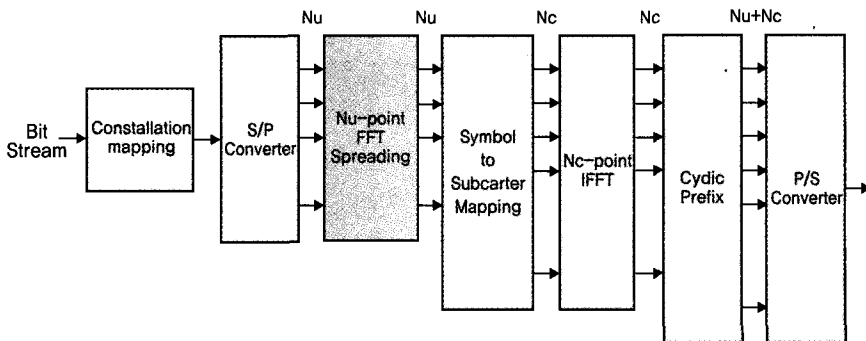
단일 반송파 시스템으로서 다중반송파 시스템(예, OFDMA)에서의 문제되는 PAPR 값을 크게 줄일 수 있다. 한편, DFT-s-OFDM (Discrete Spread OFDM)도 단일 반송파 시스템으로 분류되어 논의 중 이다. 이 방식을 사용할 경우 부 반송파를 특정 대역 에 국부적(localized)으로 당하거나 넓은 대역에 균 등하게 걸쳐 분포(distributed)되게 할당 할 수 있기 때문에 주파수 스케줄링 이득과 주파수 다이버시티 이득을 동시에 추구할 수 있다. 이해를 돕기 위해 OFDMA와 DFT-s-OFDM의 부 반송파 매핑 예를 (그림 7)과 (그림 8)에 각각 보였다.

(그림 7)에서 데이터 스트림은 QPSK, 16-QAM등

으로 매핑(mapping)된 후 N_u 개씩 병렬로 변환된다. 이 심볼들은 전체 N_c 개의 부반송파 중에서 할당 받은 N_u 개의 부반송파에 매핑되고 나머지 $N_c - N_u$ 부반 송파는 0 값이 삽입된 후 N_c -point IFFT를 하게 된다. 다음으로 심볼간 간섭을 줄이기 위해서 전치순환 이 더해진 후 병렬-직렬 변환되어 전송된다. 수신기 는 전송단의 역으로 구성된다. 다른 사용자의 데이터 는 기존의 사용자가 사용하지 않은 $N_c - N_u$ 부반송파 중에서 사용가능한 부반송파를 할당 받아 전송하게 된다. 기존 OFDMA 방식은 한 사용자가 다수의 반 송파를 사용함에 따라서 나쁜 PAPR 특성을 보인다. 이러한 PAPR 특성을 개선하기 위해 (그림 8)과 같이 DFT 행렬로 데이터 심볼을 사전 부호화 하는 방식이 제안되었다. OFDMA와 다른 점은 N_u 개의 데이터 심볼을 N_u - DFT를 한 후 전체 N_c 부반송파에 등 간



(그림 7) OFDMA 부반송파 매핑 예



(그림 8) DFT-s-OFDM 부반송파 매핑 예

격으로 Nu 부반송파를 등 간격으로 대응시킨다. 이와 같은 방법으로 PAPR을 상당부분 줄일 수 있다. DFT-s-OFDM 방식은 심볼-캐리어 매핑 방식(국부적, 등 간격, 임의 간격)에 따라서 단일 반송파 시스템에서 다중반송파 시스템까지 다양하게 구성할 수 있다는 장점이 있다.

현재 기술 보고서에는 각 시스템의 검증을 위해서 두 종류의 시스템 파라미터가 제안되어 있다. 예를 들자면, 단일 반송파 시스템이 10MHz의 대역폭을 사용할 경우 파라미터 1은 대역폭 효율 81.9%, 부프레임 길이 0.5ms, 심볼블록크기 512 또는 256 심볼, 전치순환길이 32 또는 28 심볼의 조합으로 구성되어 있으며, 반면 파라미터 2는 90%의 대역폭 효율로 심볼블록크기가 1024 또는 512 심볼, 전치순환길이는 63심볼 과 71 심볼의 조합으로 구성되어 있다.

단일 반송파 시스템에 속하는 기술의 성능 분석에는 <표 3>에 제시된 기술적 항목들을 고려하기로 하였다.

<표 3> SC-FDMA 성능평가 단계에서 고려할 기술 항목

| 고려할 기술적 항목 | 세부내용 |
|------------------|---|
| 변조 방식 | QPSK, (8-PSK), 16-QAM |
| 링크 적응 기법 | AMC, HARQ(IR incl. CC) |
| 다중화 | - |
| 파일럿 | - |
| 채널 코딩(FEC) | 터보 코드, 반복코드, (LDPC) |
| MIMO | 2-TX, 2-RX (기본 구성), 2안테나이상 MIMO/SDMA가능 |
| 매크로 다이버시티 | 동시수신문제에 대한 연구 필요 (현재 논의 중) |
| 전력제어 | 지원 |
| 셀 간섭 | 단말 specific scrambling, interleaving, and channel coding, freq-coordination |
| 시간동기 | CP내 사용자간 시간동기유지를 위해 상향링크 시간동기 제어기능이 필요함 |
| 측정(measurements) | - |

(2) OFDMA (FDD/[TDD])

상향링크 OFDMA 방식은 기술적으로는 하향링크와 동일하기 때문에 시스템 검증 단계에서는 하향링크

OFDMA 파라미터를 그대로 사용하여 성능 평가를 진행하기로 하였다. 단 Long-CP의 필요성에 대해서는 더 논의가 필요하다.

(3) MC-CDMA(FDD)

상향링크 MC-CDMA 방식은 기본적으로 하향링크 MC-CDMA 방식의 기술을 그대로 사용하기 때문에 고려할 기술적 사항들도 하향링크와 거의 동일하게 구성되었다. 특히 MC-WCDMA 시스템은 상향링크 기존 HSUPA 기술을 최대 20MHz까지 확장 지원 가능하도록 구성된 제안 시스템이기 때문에 관련 물리계층 뿐만 아니라 상위계층에서의 변화가 불가피하게 반영되어야 하기 때문에 이에 대한 자세한 기술 제안이 있을 것이다.

(4) MC-TD-SCDMA(TDD)

하향링크와 마찬가지로 특별히 제안된 기술이 없으며 향후 연구가 진행되면서 FDD 접속기술에도 부합하는 형태로 제안될 것으로 예상된다.

4.1.3 LTE 표준화 계획

LTE 시스템은 물리계층 특히 무선접속기술(Radio Access Technology)의 변화가 클 것으로 예상되었기 때문에 현재까지는 주로 물리계층 기술을 중심으로 활발하게 진행되어 왔다. 하지만 2005년도 하반기부터는 RAN WG2, 3 및 SA에서도 상위계층 및 네트워크 구조에 대한 진화 논의를 위하여 수 차례의 합동회의(joint meeting)할 예정이다. 전체적인 UTRAN/UTRA LTE 일정을 요약하면 다음과 같다.

(1) TSG RAN 제30차 회의 (2005년 12월)

- RAN(-CN) 구조
- RAN(-CN) 진화 시나리오
- 무선접속부 프로토콜 구조

- 물리계층(다중접속방식, 매크로 다이버시티 사용 여부, RF 시나리오, 측정방식)
- 상태 및 상태 천이

(2) TSG RAN 제31차 회의 (2006년 3월)

- LTE 시스템 기본 구조 완료(채널구조, MIMO사용 여부, 시그널링 절차, 이동성지원)

(3) TSG RAN 제32차 회의 (2006년 6월)

- SI 종료 및 개념완성, WI 승인

위와 같은 계획이 예정대로 진행된다면 WI 승인 후부터 약 1년여에 걸쳐 LTE 표준화 규격의 초기 버전이 완성될 것으로 예상된다.

4.2 3GPP2 TSG-C의 최신 표준화 동향 및 향후 evolution 전망

2005년 8월 현재 3GPP2 TSG-C에서 논의가 진행 중인 주요 이슈로는 1xEV-DO 상에서의 BCMCS에 대한 성능 향상 기법, 3GPP2 진화와 관련된 논의 등이 있다.

1xEV-DO 상에서의 BCMCS에 대한 성능 향상 기법과 관련해서는 현재 OFDM을 근간으로 한 프레임 구조가 채택되어 있으며 이를 바탕으로 한 요소 기술들에 대한 평가 작업을 진행 중에 있다.

3GPP2 TSG-C의 진화와 관련하여 3GPP2 TSG-C는 2005년 3월에 가칭 AIE-TEM (Air Interface Evolution Technical Expert Meeting)이라는 workshop을 개최하였다. 이를 통하여 각 사들로부터 향후 진화에 대한 견해를 취합하였다. 각 사들의 향후 진화에 대한 견해에는 약간씩의 차이도 있었으나 대부분 점진적 접근 방식을 고려하고 있다는 공통분모를 발견하였다. 이에 따라 TSG-C는 2 단계의 점

진적 진화 방식을 채택하는 것에 합의하였다. 합의에 따르면 진화 1단계에서는 물리 계층의 변화를 최소로 하면서 다중 반송파 방식을 적용하여 최대 전송 속도를 향상시키는 방법을 사용할 것이며 진화 2 단계에서는 실제 물리 계층의 최적화와 새로운 물리 계층 설계 등을 통하여 주파수 효율을 높이는 접근 방식을 사용하게 될 것이다[30].

현재 진화 1 단계에 대해서는 2006년 2월을 표준 발간 시한으로 정한 상세 일정이 도출되어 있으며 본격적인 기술 논의가 이루어지고 있다. 진화 2 단계와 관련해서는 일정과 관련된 논의가 진행 중이며, 시스템 요구 사항 문서 (system requirement document)에 대한 작업을 진행 중에 있다.

향후 3GPP2 TSG-C 진화 과정에 있어서 주목할 점은 1xEV-DO의 진화만을 고려하고 있다는 것이다. 이는 앞에서 살펴 본 규격들 가운데에서 1xEV-DV로 알려져 있는 cdma2000 Rev. C와 Rev. D 규격이 점차적으로 유명무실한 상태가 되어 가고 있기 때문이다. 표준 개발 당시에는 Qualcomm과 Lucent를 포함한 주요 회원사들의 전폭적인 참여 하에 개발되었던 기술이지만 단말 칩 수급이나 시장 상황에 의하여 1xEV-DV 시스템을 도입하려던 Sprint PCS, Alltel, LG Telecom 등이 모두 DV의 도입을 포기 또는 유보하고 있는 상황이다. 반면, 1xEV-DO의 경우, 이미 국내에서는 SKT와 KTF가 Rev. 0 시스템을 상용화하였으며, 미국에서는 Verizon이 상용화 단계에 들어가 있는 상태이다. 또한 일본의 KDDI는 세계 최초로 1xEV-DO의 Rev. A 시스템의 상용화를 준비 중이며, 2005년 여름에 시범 서비스를 준비 중인 상태이다. 따라서 이러한 상황을 고려하여, Qualcomm과 Lucent 그리고 Nortel 등의 회사들은 1xEV-DV의 진화를 고려하지 않고 오로지 1xEV-DO의 진화만을 고려하고 있음을 밝혔으며 이에 따라 현재 고려되고 있는 진화는 오직 1xEV-DO에 대한 것

으로 국한된 상황이다.

4.2.1 Enhanced Broadcast and Multicast Service for 1xEV-DO

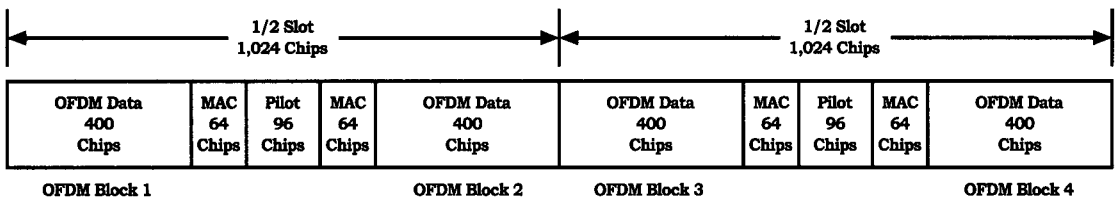
전술한 바와 같이 1xEV-DO에서의 BCMCS는 C.S0054라는 표준 번호를 가진 독립 표준으로 2004년 2월 발간된 바 있다. 1xEV-DO의 하향링크의 전송은 완전한 시간 분할 다중화 방식을 사용한다. 따라서 미리 약속된 특정 슬롯 시간을 BCMCS 용으로 할당하는 방식으로 서비스가 이루어지고 있다. 이러한 시간 분할 다중화 방식의 전송 구조 덕분에 1xEV-DO 시스템은 특정 슬롯 구간 동안 기존의 CDMA 방식이 아닌 broadcast에 보다 적합한 변조 방식을 쉽게 채택할 수 있는 유연성을 제공한다. 이러한 유연성을 이용하여 BCMCS 용 슬롯 구간에 SFN (single frequency network)에서의 broadcast용으로 적합한 OFDM 방식을 사용하여 BCMCS의 용량을 증대시키는 작업을 수행하고 있다[31]. 2005년 8월 현재, OFDM을 기반으로 하는 대략적인 프레임 구조가 확정된 상태이며 세부 기술 논의가 진행 중이다. 최종 표준은 문서 번호 C.S0054-A로 2005년 12월경에 출간될 전망이다.

OFDM 방식은 적절한 길이의 전치 순환 (cyclic prefix)을 사용하면 해당 지연 시간 구간 내에 들어오는 다중 경로 간섭(multi-path interference)을 극복할 수 있는 고유의 장점을 가지고 있다. 만일 셀 커버

리지를 충분히 극복할 정도의 전치 순환을 사용하게 되면, 셀의 가장자리에 있는 단말들이 다른 기지국으로부터 오는 신호를 단지 다중 경로로 생각할 수 있으며 이로 인하여 셀 가장자리의 단말들에게도 훌륭한 품질의 broadcast가 가능하며 기존의 C.S0054의 용량에 비하여 3배의 이득을 얻을 수 있다고 보고되었다. 현재 framework으로 확정된 전송 포맷은 1 슬롯 구간 동안 4개의 OFDM 심볼이 배치되며 하나의 OFDM 심볼은 400 chip 동안의 시간 구간을 가진다. 이를 (그림 9)에 나타내었다.

이 400개의 chip 시간 구간은 320개의 data tone과 80개의 전치 순환 혹은 360개의 톤과 40개의 전치 순환을 사용하는 2가지 포맷의 OFDM 심볼로 사용하게 된다. <표 4>는 OFDM 심볼의 포맷을 나타내고 있다. <표 4>에서 알 수 있듯이 320 톤 포맷은 길이가 긴 전치 순환을 사용하기 때문에 리피터(repeater)의 증설로 인해 긴 시간 지연을 가지는 환경에서 주로 사용할 수 있는 포맷이다. 반면 360 톤 포맷은 시간 지연이 심하지 않은 지역에서 사용할 수 있는 포맷으로 320 톤 포맷에 비하여 전치 순환이나 파일럿 심볼이 차지하는 오버헤드를 줄일 수 있기 때문에 보다 높은 broadcast 데이터 전송 속도를 얻을 수 있는 포맷이다.

현재 고려 중인 최대 broadcast 데이터 전송 속도는 2.4Mbps이고 실제로 일반적인 환경에서 사용할 수 있는 데이터 전송 속도는 1.2Mbps 정도인 것으로 파



(그림 9) OFDM 슬롯의 구조

(표 4) OFDM 심볼의 포맷

| | 320 톤 포맷 | 360 톤 포맷 |
|------------------|----------|----------|
| 전치순환길이 | 80 | 40 |
| 파일럿 톤의 수 | 64 | 36 |
| OFDM 심볼당 데이터 수 | 240 | 324 |
| OFDM 심볼당 보호 톤의 수 | 16 | 0 |
| OFDM 심볼당 총 톤의 수 | 320 | 360 |

악된다. 이 제안은 1xEV-DO와 같은 완전한 시간 분할 다중화 태의 구조에서만 가능한 방식이다. 즉, 기존의 1xEV-DV 혹은 HSDPA 시스템과 같이 코드 분할 다중화되어 있는 다른 채널들이 존재할 경우 적용되기 어려운 기술이다. 따라서 실제로 OFDM을 이용한 broadcast방식이 큰 성능 향상을 가지고 오게 된다면 1xEV-DO의 커다란 장점으로 부각될 수 있는 부분이다.

4.2.2 Phase 1 Evolution : NxEV-DO

3GPP2의 진화 1단계는 현재 한국과 미국 일본 등지에서 실제로 상용 서비스가 진행 중인 1xEV-DO 시스템을 근간으로 하고 이에 대한 단순한 다중 반송파 확장을 통하여 최대 데이터 전송 속도를 증가시키는 방향으로 진행하기로 합의된 상황이다. 현재 고려되고 있는 주파수 대역은 총 20MHz의 대역폭에 15개까지의 반송파를 사용하는 것이다. 2005년 8월 현재 NxEV-DO (N=1~15)에 대한 요구 사항들이 정리되어 있으며, 또한 기본적인 기술 논의들이 이루어지고 있다. 진화 1 단계의 주요 요구 사항은 다음과 같이 정리할 수 있다[32].

1. NxEV-DO 시스템은 기존의 1xEV-DO Rev.A 기저국 하드웨어에 대한 최소한의 변화만을 요구한다.
2. NxEV-DO의 전체 전송 대역폭은 CDMA 채널 단위로 증가해야 한다.
3. NxEV-DO 시스템은 기존의 1xEV-DO Rev. A

와 완전히 하위 호환이 가능해야 한다.

4. NxEV-DO의 하향링크와 상향링크의 반송파 할당은 서로 독립적으로 이루어질 수 있으며 또한 동적인 할당도 가능하다.
5. 하향과 상향링크의 할당된 반송파의 개수는 서로 다를 수 있다.
6. NxEV-DO 표준 상에서는 주파수 대역 상에서 연속적인 CDMA 채널을 할당할 수도 있으며 또한 비연속적인 대역의 할당도 가능하다. 또한 표준 상으로는 서로 다른 주파수 대역 클래스간의 반송파 할당도 배제하지 않는다.
7. NxEV-DO의 표준 상 최대 데이터 전송 속도는 적어도 하향링크에서는 $N_F \times 3.1\text{Mbps}$ 가 되어야 하며 상향링크에서는 $N_R \times 1.8\text{Mbps}$ 가 되어야 한다. 여기에서 N_F 는 하향링크의 반송파의 개수이고 N_R 은 상향링크의 반송파의 개수이다.

위의 요구 사항들에서 알 수 있듯이 진화 1단계에서는 물리 계층의 변화를 최소화 하고 다중 반송파 개념을 통한 기존 1xEV-DO 시스템의 단순 확장을 통하여 최대 데이터 전송 속도를 높이는 방식을 요구하고 있으며 이에 따라 상위 계층의 최적화가 주로 요구되는 진화 단계로 볼 수 있다. 따라서 이의 개발은 3GPP2 TSG-C내의 1xEV-DO에 대한 상위 계층 표준화를 맡고 있는 SWG(Sub-Working Group) 2.5에서 담당하고 있다. 1xEV-DO Rev. A에서의 최대 데이터 전송 속도가 3.1Mbps이므로, NxEV-DO에서는 N을 15로 할 경우, 그 최대 데이터 전송 속도는 3.1Mbps에 15배를 하여 구할 수 있으므로 약 45Mbps이상이 된다. N개의 채널들은 서로 인접한 채널일 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.

이와 같은 NxEV-DO 시스템에서는 N개의 채널을 이용하여 데이터를 송·수신하므로 이를 지원하기 위해서 몇 가지 변화들이 필요하며, 현재 WG2.5에서

는 이러한 변화들에 대한 제안 및 이에 대한 논의들이 이루어지고 있다. 현재 논의되고 있는 상위 계층의 이슈 사항들을 정리하면 다음과 같다.

- (1) RLP(Radio Link Protocol)와 관련된 논의: RLP와 관련해서는 여러 개의 반송파 채널들에 대해서 단 하나의 RLP를 두느냐 아니면 각 반송파 채널별로 따로 RLP를 두느냐에 대한 논의가 진행되고 있다. 단 하나의 RLP만을 둘 경우, 소실되지 않은 패킷에 대한 재전송을 단말기가 요구하게 되는 경우도 생길 수가 있다는 것이 각 채널별로 따로 RLP를 두자는 측의 주장이다.
- (2) ACK/NAK 채널이나 DRC/DSC 채널 전송과 관련된 논의: 하향링크와 상향링크의 반송파의 개수가 서로 다른 경우 하향링크의 반송파와 별 ACK/NAK이나 DRC/DSC 채널을 상향링크에서 어떤 방식으로 전송할 것인지에 대한 논의가 진행 중이다. 현재는 여러 개의 채널 중 어떤 채널로만 전송하자는 데에 합의가 이루어진 상태이며 그 방법을 놓고 여러 개의 직교 코드를 이용하여 코드 분할 다중화 방식으로 전송하자는 측과 하나의 알쉬를 사용하고 서로 다른 long code를 사용하여 다중화하자는 두 가지 제안이 제출된 상태이다.
- (3) MAC Index 확장과 관련된 논의: Nx 시스템에서는 기존에 1xEV-DO Rev. A에서는 128개 까지였던 각 사용자를 구분하는 MAC Index도 그 길이가 길어져야 할 필요가 있다. 이를 위해서 현재 단일 사용자에 대한 MAC 패킷에 대한 MAC Index와 다중 사용자에 대한 MAC Packet에 대한 그것을 늘리는 방법들이 제안된 상태이다.
- (4) 상향트래픽 MAC (RTCMAC)과 관련된 논의: 기존 1xEV-DO에서는 하나의 토큰 버킷이 플

로우 접근 제어 및 플로우 폴리싱의 기능을 동시에 수행하였으나, Nx에서는 이를 분리하여 두 단계의 토큰 버킷을 두자는 내용이 제안된 상태이다.

- (5) 배터리 소모량 감소 기법과 관련된 논의: Nx가 되면 단말기가 다수의 채널을 동시에 복호해야 하기 때문에 배터리 소모가 많을 것이며 이의 소모를 줄이기 위한 제안들도 제출된 상태이다. 그 내용은 DTX(Discontinuous Transmission)와 DRX(Discontinuous Reception)의 두 가지로 나눌 수 있는데, DTX는 단말기가 데이터를 보내지 않을 경우에 파일럿 신호를 4슬롯으로 구성되는 매 서브 프레임동안 2슬롯만을 보내게 하고, 데이터를 보내는 구간에서는 전체 서브 프레임동안 보내도록 하자는 내용이다. 또한, DRX는 기지국이 단말기에게 특정 인터페이스에는 데이터를 보내지 않게 함으로써 단말기가 그 기간동안에는 수신을 하지 않도록 하여 단말기의 배터리 성능을 개선하자는 내용이다.

이러한 내용들 이외에도 액티브 셋 관리(Active Set Management) 및 Supervision과 관련한 부분들에 대한 논의도 진행되고 있는 상황이다. 위의 이슈들에서 알 수 있듯이 대부분의 사항들이 물리 계층의 성능과는 아무런 관련이 없는 것들이다. 따라서 이들에 대한 평가를 할 필요가 없으며 결과적으로 진화 1단계의 표준을 완료하는데 그리 긴 시간을 필요로 하지는 않을 전망이다. 이에 따라 2006년 2월 중순을 최종 표준 발간 목표로 하는 표준 발간 일정이 도출되어 합의된 상황이다.

4.2.3 Phase 2 Evolution

진화 1단계가 1xEV-DO를 근간으로 다중 반송파

단순 확장을 통해 최대 데이터 전송 속도만을 높이는 접근 방식을 택한 것에 반하여 진화 2단계는 무선 접속 기술과 안테나 기술 등의 물리 계층 요소 기술들에 대한 최적화와 신기술 도입 등을 통해 대역폭 효율을 높이는 접근 방식을 사용한 가칭 E-PDAI(Enhanced Packet Data Air Interface)를 작성하는 단계이다. 현재 3GPP2 TSG-C 표준 회의에 진화 2 단계에 대한 구체적인 기술 제안은 제출된 것이 없는 상황이다. 하지만 지난 2005년 3월 열렸던 AIE-TEM workshop에 제출되었던 각 회원사들의 제안들로부터 다음과 같은 주요 이슈 사항들을 도출할 수 있다 [33].

1. 하향링크의 무선 접속 기술의 진화

- OFDM/OFDMA 기법
- MC-CDMA 기법
- 현재보다 높은 칩 속도를 가지는 DS-SS
- 전치 순환과 주파수 영역 등화기를 사용한 단일 반송파 시스템

2. MIMO나 빔 포밍 등의 다중 안테나 기술

3. 진화된 고급 수신 기술 등을 사용한 기존 CDMA 시스템 기반의 진화 (등화기, 다중 사용자 간섭 제거 기법)

4. LDPC 부호 등의 진화된 채널 부호 기법의 사용

5. 64-QAM 등의 진화된 변조 기법 사용

6. BCMCS 성능 향상 기법

위의 이슈 사항들에서 알 수 있듯이 대부분의 아이템들은 주파수 효율을 증가시켜서 단위 주파수 당의 전송 비트의 수를 늘릴 수 있는 기법들이다.

3GPP RAN의 LTE (Long Term Evolution)와는 달리 3GPP2 TSG-C 내에서는 위의 이슈들에 대한 본격적인 기술 논의가 시작된 상황은 아니며 단지 시스템 요구 사항 문서나 표준 개발 일정 등의 절차와

관련된 논의, 그리고 향후 진행될 요소 기술들에 대한 성능 평가를 위한 성능 평가 방식 문서(evaluation methodology document)의 갱신 작업과 관련된 논의들이 이루어지고 있는 상황이다.

표준 발간 일정과 관련하여 현재 합의된 표준 발간 일정은 없는 상황이지만 2007년 3월 혹은 4월을 최종 표준 발간 시점으로 하자는 제안들이 제출되어 있는 상태이다. 이는 3GPP RAN의 LTE 표준 발간 일정에 기초한 것으로 향후 3GPP에 대한 경쟁력을 확보하기 위한 것이다.

또한 시스템의 요구 사항을 정리하는 문서인 SRD (System Requirement Document)에 대한 뼈대를 구성하는 작업을 진행하고 있다. 현재까지 합의된 일반적인 요구 사항을 정리하면 다음과 같다.

1. 1.25MHz 블록 단위로 20MHz까지의 주파수 대역폭을 지원해야 한다.
2. 주파수 대역은 동적으로 scalable하게 할당할 수 있어야 한다.
3. 하향링크의 주파수 대역과 상향링크의 주파수 대역의 주파수 이중화(frequency duplexing)를 고정적인 방식이 아닌 유연한 방식으로 적용할 수 있어야 한다.
4. E-PDAI를 지원하는 기지국은 1xEV-DO Rev. 0와 Rev. A 단말들을 완벽하게 지원해야 한다.
5. E-PDAI를 지원하는 단말들은 기존의 1xEV-DO Rev. 0와 Rev. A 기지국 내에서 동작해야 한다. (다중 모드 단말도 고려할 수 있다)
6. VoIP 기반으로 동작하는 E-PDAI 단말들은 기존의 cdma2000 기반의 회선 모드를 통한 음성 서비스를 지원해야 한다.

위의 일반적인 요구 사항 이외에도 여러 기술적인 요구 사항들에 대한 논의가 진행되고 있다. 그 중에

서 중요한 항목들을 정리하면 다음과 같다.

1. 음성 용량의 증가: 기존의 cdma2000 시스템에 대비하여 용량 이득이 있어야 한다
2. 주파수 효율의 증가
3. 상향링크와 하향링크의 최대 데이터 전송 속도
4. 상향링크와 하향링크의 평균 패킷 처리량
5. 향상된 셀 커버리지
6. 현재의 셀 배치 상황을 고려했을 적에, 셀 가장 자리에서의 성능의 향상 정도
7. 시스템 latency에 대한 요구 사항

특이할 만한 사항은 각각의 항목별로 선호 목표(preferred target)와 최저 요구 목표(minimum required target)를 따로 정하려 한다는 점이다. 선호 목표라는 것은 최적의 조건에서 얻을 수 있는 전송 속도나 패킷 처리량에 대한 목표 값들을 의미하고 최저 요구 목표하는 것은 셀의 가장자리 부근에서도 반드시 지원해야 할 목표 값들을 의미한다. 현재 구체적인 숫자 값에 합의가 이루어진 것은 아니지만 최대 전송 속도와 관련해서는 하향링크의 경우 20MHz 대역을 사용할 적에 100Mbps 이상이 되고 상향링크의 경우에는 50Mbps에서 100Mbps 정도가 되는 것을 목표로 하고 있다. 다른 항목들에 대한 요구 사항은 향후 수개월 이내에 확정될 것으로 보인다.

본격적인 진화 2단계에 대한 기술 논의에 앞서 향후 많은 시간을 할애할 분야가 바로 성능 평가 방식 문서인 C.R1002의 새로운 revision을 작성하는 일이다. 3GPP2의 TSG-C에서는 새로운 주요 무선 규격을 작성하기 전에 요소 기술들에 대한 성능 평가를 위한 통일된 실험 방식을 정하는 작업을 먼저 수행해 왔다. 따라서 진화 2단계에서도 동일한 절차를 밟게 될 것이며 이에 따라 EMAH(evaluation methodology ad hoc)이 결성된 상태이다. EMAH에서는

다음과 같은 작업이 수행될 것이다.

1. OFDM을 포함한 다중 반송과 방식에 대한 시뮬레이션 기법
2. 광대역 구조에 적합한 채널 모델 선정 (spatial channel model에 대한 수정을 포함)
3. 다중안테나 기법들에 대한 성능 실험을 위한 기법
4. 진화 1단계의 결과 시스템에 대한 시뮬레이션 방법: 이 결과는 2단계 진화의 제안들과 비교하기 위한 참조 자료로 활용될 것이다. 따라서 여기에는 채널 등화기와 상향링크 간섭 제거 기법에 대한 모델이 추가될 가능성이 높다.

전례에 비추어 볼 때, 본격적인 진화 2단계 아이템들에 대한 기술 논의는 상기한 성능 평가 방식 문서에 대한 갱신 작업이 어느 정도 진행된 후 이루어질 가능성이 높다.

V. 결 론

본 논문에서는 3G 무선 규격을 담당하고 있는 양대 표준화 기구인 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C의 최신 표준 동향과 향후의 3G 진화 방향에 대하여 살펴 보았다.

3GPP RAN의 진화는 단기적인 WCDMA 문제 개선 측면이 아닌 장기적이고 혁신적인 관점으로 접근하려 하고 있다. 이러한 일환으로서 광대역에 적합한 새로운 무선접속 기술을 도입하려 하고 있으며, 이에 부합하는 네트워크의 진화도 동시에 추진하고 있다. 현재는 주로 WG1에서 다중접속방식에 대한 논의를 중심으로 활발히 진행되고 있으며 무선접속프로토콜 및 망의 진화에 대한 논의도 차츰 활발해 지고 있다. 현재 생성된 시스템 요구사항에 따르면 2년 내에 동

시대에 가장 경쟁력 있는 이동통신 시스템 표준이 완성되리라 기대된다. 하지만 복잡한 이해관계로 인해 시스템 요구사항을 충족하기는 어려워 보이며 시스템 요구사항이 최저요구목표가 아닌 선호 목표가 될 가능성도 배제할 수 없다.

3GPP2 TSG-C의 무선 규격의 진화 방향을 살펴보면 cdma2000 시스템과 1xEV-DO 시스템을 근간으로 하여 점진적인 발전을 추구하는 2 단계의 점진적 접근 방식을 채택하고 있다. 단기적으로는 다중 반송과 확장을 통한 최대 데이터 전송 속도의 단순 증가 방식을 적용할 것이며, 장기적으로는 3GPP나 IEEE의 표준과 비교해서도 경쟁력을 지니도록 ITU-R의 Beyond 3G의 개념에 부합하는 혁신적인 시스템으로 진화하는 계획을 수립하고 있다. 현재는 진화 1단계에 대한 논의가 진행 중이며, 진화 2단계에 대한 요구 사항과 성능 평가 방법 등에 관한 논의를 진행 중에 있다. 3GPP RAN의 LTE에 대한 경쟁력을 확보하기 위해 최종 표준의 완성 시기는 3GPP LTE 표준의 완성 시기와 비슷할 것으로 예상된다.

3G 표준의 진화를 위해 3GPP RAN과 3GPP2 TSG-C는 각자 효율적인 방법으로 새로운 표준 기술을 제정하고 외부의 다른 기술, 표준 조직들과도 긴밀한 협력 관계를 유지 하면서 Beyond 3G 시스템 표준화를 위한 노력을 기울이고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 3GPP 25.211, Release 5/6, Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD).
- [2] 3GPP 25.212, Release 5/6, Multiplexing and channel coding (FDD)
- [3] 3GPP 25.213, Release 5/6, Spreading and modulation (FDD).
- [4] 3GPP 25.214, Release 5/6, Physical layer procedures (FDD).
- [5] 3GPP2, C.S0024-0 v2.0, cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification, Oct. 2000.
- [6] 3GPP2, C.S0024-A v1.0, cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification, Apr. 2004.
- [7] 3GPP2, C.S0001-C v1.0, Introduction to cdma2000 Standards for Spread Spectrum Systems - Release C, May 2002.8
- [8] 3GPP2, C.S0002-C v1.0, Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems - Release C, May 2002.
- [9] 3GPP2, C.S0003-C v1.0, Medium Access Control (MAC) Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems - Release C, May 2002.
- [10] 3GPP2, C.S0004-C v1.0, Signaling Link Access Control (LAC) Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems - Release C, May 2002.
- [11] 3GPP2, C.S0005-C v1.0, Upper Layer (Layer 3) Signaling Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems - Release C, May 2002.
- [12] 3GPP2, C.S0001-D v1.0, Introduction to cdma2000 Standards for Spread Spectrum Systems - Release D, Mar. 2004.
- [13] 3GPP2, C.S0002-D v1.0, Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems - Release D, Mar. 2004.
- [14] 3GPP2, C.S0003-D v1.0, Medium Access Control (MAC) Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems - Release D, Mar. 2004.
- [15] 3GPP2, C.S0004-D v1.0, Signaling Link

- Access Control (LAC) Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems - Release D, Mar. 2004.
- [16] 3GPP2, C.S0005-D v1.0, Upper Layer (Layer 3) Signaling Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems - Release D, Mar. 2004.
- [17] 3GPP2, C.S0054-0 v1.0, cdma2000 High Rate Broadcast-Multicast Packet Data Air Interface Specification, Mar. 2004.
- [18] R. van Nee and R. Prasad, "OFDM Wireless Multimedia Communications", Artech House Inc., 2000.
- [19] S. B. Weinstein and P. M. Ebert, "Data transmission by frequency division multiplexing using the discrete Fourier transform", IEEE Trans. Commun. Technol., vol. COM-19, no. 5, pp. 628-634, Oct. 1971.
- [20] Rohling, H.; Gruneid, R., "Performance comparison of different multiple access schemes for the downlink of an OFDM communication system", Vehicular Technology Conference, IEEE 47th, vol. 3, pp. 1365-1369, 1997.
- [21] I. E. Telatar, "Capacity of multiantenna Gaussian channel", European Transaction on Telecommunication, vol. 10, pp. 585-595, November/ December 1999.
- [22] G. J. Foschini and M. J. Gans, "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas", Wireless Pers. Communications, vol. 6, pp. 311-335, March 1998.
- [23] H. Sampath and A. Paulraj, "Linear precoding for space-time coded systems with known fading correlations", IEEE Commun. Lett., vol. 6, no. 6, pp. 239-241, Jun. 2002.
- [24] Z. Hong, K. Liu, R. W. Heath Jr., and A. M. Sayeed, "Spatial multiplexing in correlated fading via the virtual channel representation", IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 21, no. 5, pp. 856-866, Jun. 2003.
- [25] S. Zhou and G. B. Giannakis, "Optimal transmitter eigen-beamforming and space-time block coding based on channel correlations", IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 49, no. 7, pp. 1673-1690, Jul. 2003.
- [26] R. W. Heath Jr. and A. Paulraj, "Antenna selection for spatial multiplexing systems based on minimum error rate", in Proc. IEEE Int. Conf. Communications, vol. 7, Helsinki, Finland, Jun. 2001, pp. 2276-2280.
- [27] 3GPP 25.912, Release 7, Feasibility Study for Evolved UTRA and UTRAN (FDD).
- [28] 3GPP 25.812&913 Release 7, Requirements for Evolved UTRA and UTRAN (FDD).
- [29] 3GPP 25.814 Release 7, PHY aspects for Evolved UTRA (FDD/TDD).
- [30] 3GPP2, C00-20050314-018, Proposed AIE-TEM Evolution Requirements Summary.
- [31] 3GPP2 TSG-C, Qualcomm and Motorola, C30-20050416-049, Qualcomm-Motorola Harmonized EBM Final Presentation.
- [32] 3GPP2, C00-20050718-026, Outline of NxEV-DO Requirement.
- [33] 3GPP2, C00-20050314-020, AIE-TEM Technical Requirements Summary.



김학성

1994년 송실대학교 전자공학과 졸업 (학사)
 1996년 송실대학교 정보통신공학과 대학원 졸업 (석사)
 2003년 송실대학교 정보통신공학과 대학원 졸업 (박사)
 2003년 ~ 현재 LG 전자 이동통신 기술연구소

관심분야 : 3G HSDPA, HSUPA, 4G 다중 반송파 시스템, 변복조 기술, 간섭 억제/제거 기술



윤영우

1992년 연세대학교 전자공학과 졸업 (학사)
 1994년 연세대학교 전자공학과 대학원 졸업 (석사)
 1998년 연세대학교 전자공학과 대학원 졸업 (박사)
 1998년 ~ 2003년 LG전자 CDMA 연구소

2004년 ~ 현재 LG 전자 이동통신 기술연구소
 관심분야 : Coding & Modulation, OFDM, 셀룰러 이동통신



오민석

1989년 연세대학교 전기공학과 졸업 (학사)
 1996년 University of Surrey 졸업 (석사)
 2000년 University of Surrey 졸업 (박사)
 1989년 ~ 1995년 현대 전자 (산업 전자 연구소)
 1999년 ~ 2001년 LG 전자 기술원 (정보 기술 연구소)

2001년 ~ 2003년 LG 전자 UMTS 시스템 연구소
 2004년 ~ 현재 LG 전자 이동통신 기술연구소
 관심분야 : Coding & Modulation, MIMO



최진성

1987년 서울대학교 제어계측공학과 졸업 (학사)
 1994년 University of Southern California Electrical Engineering 졸업 (석사)
 1998년 University of Southern California Electrical Engineering 졸업 (박사)
 1987년 ~ 1989년 LG정보통신 TDX교환기 연구단

1989년 ~ 1992년 삼보컴퓨터 소프트웨어 사업본부
 1998년 ~ 1999년 LG종합기술원
 1999년 ~ 2001년 LG전자 차세대통신연구소 책임 연구원
 2001년 ~ 2003년 LG전자 UMTS 시스템 연구소 연구 위원(실장)
 2004년 ~ 현재 LG 전자 이동통신 기술연구소 소장
 관심분야 : IMT-2000, 무선인터넷, All IP



연철호

1981년 서강대학교 전자공학과 졸업 (학사)
 1987년 KAIST 전기전자공학과 졸업 (석사)
 1993년 KAIST 전기전자공학과 졸업 (박사)
 1980년 ~ 1987년 (주)금성전기(현LG전자기술연구소) 선임연구원
 1987년~1995년 (주)디지털 정보통신연구소 책임

연구원
 1997년 ~ 2001년 LG전자 차세대통신연구소 연구위원(상무)
 2001년 ~ 2003년 LG전자 UMTS 시스템연구소 소장
 2003년 ~ 현재 LG전자 네트워크 연구소
 관심분야 : Network Evolution, Wireless Access Technology