

3GPP RAN LTE 기술 개요 및 표준화 현황

김학성 | 김봉희 | 김기영 | 최진성
LG전자

요약

전 세계적으로 2세대 및 3세대 무선이동통신 서비스의 성공적인 상용화에 힘입어 현재 3.5세대 이동통신시스템의 상용화 단계까지 이르렀다. 한걸음 더 나아가 3GPP/3GPP2에서는 IMT-2000 고도화시스템에 대한 표준화 작업이 활발히 진행되고 있다. 각 표준화 기구에서 제시한 향후 표준화 일정 및 현재의 기술개발 추세로 미루어 볼 때 수년 내에 무선통신시스템의 새로운 장이 펼쳐질 것으로 기대된다. 특히 3GPP에서는 기존 3G-WCDMA 무선접속기술 대신에 하향 OFDMA 및 상향 SC-FDMA 무선접속기술을 이용하는 E-UTRA/UTRAN 시스템의 표준화 작업을 진행하고 있다. 특히 이 표준화 작업에 전 세계 운영회사, 제조사, 표준화 기구 및 관련종사자들의 관심이 어느 때보다 높기 때문에 표준기술의 논의 및 검증이 더 활발히 진행되고 있으며 이는 표준기술 완성도를 높여 향후 발간될 LTE 시스템의 경쟁력 제고에 크게 이바지할 것으로 예상된다.

현재 LTE 표준화 작업은 3단계로 나누어 진행되어 왔으며 2006년 3월 현재 마지막 세 번째 단계를 막 시작하는 시기에 있다. 이에 즈음하여 본기고문에서는 LTE 표준기술의 이해를 돕고 및 향후 표준화에 대한 향방을 가늠하는데 일부 도움을 제공하기 위해 현재까지 진행된 물리계층 표준기술 및 향후 해결해야할 문제들에 대해서 개념위주로 기술하였다. 기고문은 LTE 시스템 요구사항 및 향후 일정을 서론부에 제시하고 이어 E-UTRAN 프로토콜 구조, 상·하향 무선접속 기술, 물리계층 기술표준 현황, 그리고 마지막으로 맺음말의 순으로 구성되어 있다.

1. 서론

1. 배경

3GPP UMTS 시스템은 기존의 2세대 무선통신 시스템인 GSM으로부터 그 기원을 찾을 수 있다. (그림 1)에 도시된 바와 같이 전 세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 GSM 시스템은 GPRS, EDGE 그리고 GERAN 및 GERAN Evolution까지 자체 진화를 꾸준히 이어가고 있다. 이와는 달리 WCDMA 기반의 3세대 UMTS 시스템은 99년도 Rel-99이 발간된 이후로 Rel-4, 5, 6, 7 거쳐 Rel-8 표준화에 이르렀다. 이 중에 Rel-5에는 하향링크 고속패킷전송기술인 HSDPA기술이 추가되었으며, Rel-6에는 상향링크 고속패킷전송기술인 HSUPA기술이 채택되었다. HSDPA 기술이 고속패킷전송능력이 가장 큰 특징인 반면 HSUPA의 경우 단순히 최대패킷전송속도의 향상보다는 시스템 전체의 처리율을 개선하는데 더 큰 목적을 두었다. 이와 관련하여 Rel-6에 HSDPA Enhancement 기술이 추가되었고 Rel-7에는 HSPA Evolution 기술이 추가됨으로서 기존의 회선교환서비스 위주에서 벗어나 패킷교환 기반으로 서비스로 중심이 이동하였다. 이로써 기존 음성서비스 뿐만 아니라 web browsing, e-mail, video/audio streaming, FTP, VoIP 등과 같은 차원 높은 서비스를 지원할 수 있게 되었다.

하지만 기존의 시스템을 유지하면서 일부 기능을 개선해 나가는 형태의 단기적인 진화는 서비스 개선 폭이 한계가 따르기 때문에 장기적인 관점에서 현재 3G UMTS 시스템에서 지원할 수 있는 것보다 더 빠른 속도와 높은 품질을 갖는

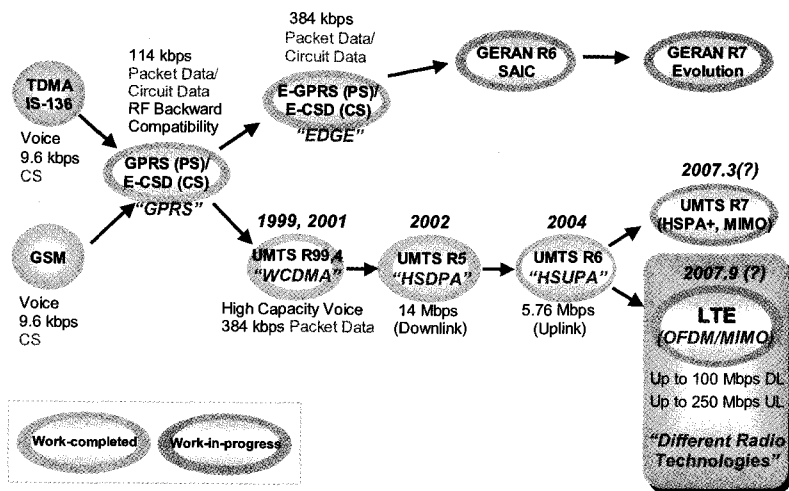
서비스를 지원할 수 있는 기술을 발굴하여 이를 표준화할 필요성이 대두되었다. 또한 이에 즈음하여 IEEE 진영에서는 UMTS 시스템을 능가하는 무선통신시스템들에 대한 표준화 작업에 박차를 가하고 있었다. 이러한 점을 고려하여 3GPP 기구에서는 UTRA/UTRAN에 대한 중·장기적 관점의 진화에 대한 논의를 시작하였다. 이러한 논의의 시발점은 2004년 11월 캐나다 토론토에서 개최된 3GPP LTE 워크샵이었다. 이 회의를 통하여 각국 표준화 관련기구 회원 및 회원사, 유무선 통신 운용사, 제조사, 연구소 및 통신관련 종사자들로 UTRA/UTRAN 시스템의 진화 방향에 대해서 다양한 의견 및 요구사항을 수렴하였다. 이를 바탕으로 3G Evolved-UTRA/UTRAN를 위한 SI(Study Item)이 2004년 12월 생성되었다(가칭 LTE). 우선적으로 LTE 시스템 요구사항을 제정하였으며, 워크샵에서 제안된 LTE 후보 기술들 및 향후 제안될 세부기술들이 제정된 요구사항을 충족시킬 수 있는지의 여부를 판단하기 위해서 제안 기술별 타당성 연구가 시작되었다.

2. LTE Requirement

LTE 시스템 요구사항은 RAN#28 회의에서 정식 승인되었다[1]. 이 기술 문서는 LTE 시스템의 표준화 정당성과 궁극적으로 지향하는 방향 그리고 시스템 요구사항을 개념적으로 기술하고 있다. 이에 따르면 향후 제정될 LTE 표준 시스템

은 기존의 HSDPA 및 HSUPA를 개선한 3세대 시스템과 더불어 향후 수년 또는 그 이상동안 가장 경쟁력 있는 국제 표준으로써 자리 잡을 수 있을 것으로 예상된다. 이러한 진화에는 무선접속기술뿐만 아니라 Core Network의 진화도 함께 진행되어야 함을 언급하고 있다. 기본적인 요구사항으로는 다음과 같다.

- 1) 상향링크 100Mbps, 하향링크 50Mbps 지원
- 2) 셀 가장자리에서의 최소 전송률 보장
- 3) 주파수 이용효율 극대화(R6 대비 2-4배)
- 4) RAN latency 최소화(e.g. <10ms)
- 5) C-plane latency 최소화 (e.g. <100ms)
- 6) Scalable BW(1.25, 2.5, 5, 10, 15, 20MHz)
- 7) 3GPP 및 non-3GPP 시스템과의 연동지원
- 8) MBMS 기술 개선
- 9) CAPEX/OPEX 최소화
- 10) 기존 Rel-6로부터의 경제적인 진화
- 11) 합리적 수준의 복잡도, 비용, 전력소모
- 12) 향상된 IMS 및 Core Network 지원
- 13) Backwards compatibility
- 14) PS 기반의 다양한 서비스 지원(e.g. VoIP)
- 15) 저속에 최적화된 시스템 및 고속 동작 보장
- 16) Paired and unpaired spectrum 지원
- 17) Co-existence/co-location 지원



(그림 1) 3GPP LTE 표준의 진화 과정

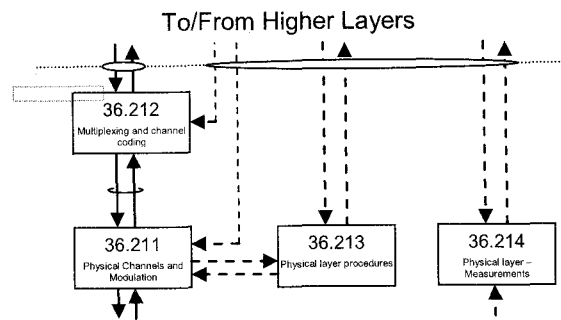
3. LTE 표준화 일정

LTE 표준화는 사실상 RAN 뿐만 아니라 심지어 Core Network까지 포함하는 광범위한 작업이다. 3G UTRA/UTRAN 표준화 이후 가장 규모가 프로젝트인 셈이다. 따라서 많은 WG이 여기에 관여하고 있으며 특히 RAN WG이 주도적으로 표준화를 진행하고 있다. 기존 3G 시스템의 표준화 작업 일정에 비추어 보면 RAN LTE 표준화 작업은 Layer 1 표준화가 선행되고 이어 Layer 2, Layer 3 순으로 작업이 진행될 것으로 예상된다. 현재 LTE 진행상황은 이 같은 예상을 충분히 뒷받침하고 있다.

(그림 2)는 RAN LTE 표준화 일정을 간략히 도시한 것이다. LTE 표준화 작업은 크게 세 단계로 나누어 진행되고 있으며 Stage I은 E-UTRA/E-UTRAN에 대한 타당성 조사를 추진하는 표준화 사전 작업 과정이며, Stage II는 표준화작업 1단계로서 큰 개념의 기술에 대한 표준화를 수행한다. 예를 들면 무선접속 및 전송기술, 기본동작절차, 계층별 채널의 정의 등과 같은 고차원적인 결정사항들에 대한 논의 및 합의를 도출하는 과정이다. 마지막으로 Stage III는 세부표준기술에 대한 결정을 내림으로서 결과물로서 LTE 표준 완성본을 얻을 수 있다. 현재 2007년 3월에 완료된 Stage II까지 여러 개의 TR과 TS가 작성되었다. 이후 2007년 9월에 완료예정인 Stage III에서는 지금까지 표준문서에 반영되지 못했던 세부 기술에 대한 논의및승인을 거쳐 LTE 표준 문서를 완성할 것으로 예상된다. 하지만 결정해야할 세부기술이 많아서 9월까지 표준을 완성하기 어려울 것으로 보인다. 하지만 머지않아 Rel-8 LTE 표준이 완성될 것임은 확실하다.

4. RAN TR 및 TS

Stage II까지 작성되거나 진행 중인 문서 중에서 물리계층 표준문서 즉 TS는 TS36.211, TS36.212, TS36.213, TS36.214가 있다. 이 표준문서들은 기존의 3G UMTS 물리계층 표준문서 TS25.2xx의 색인방법을 사용하였으며 이들 TS 사이에는 (그림 3)에 도시한 것과 같은 상호 연관성을 지니고 있다. 이외에도 다수의 기술문서 즉 TR이 작성되었다[1-12].

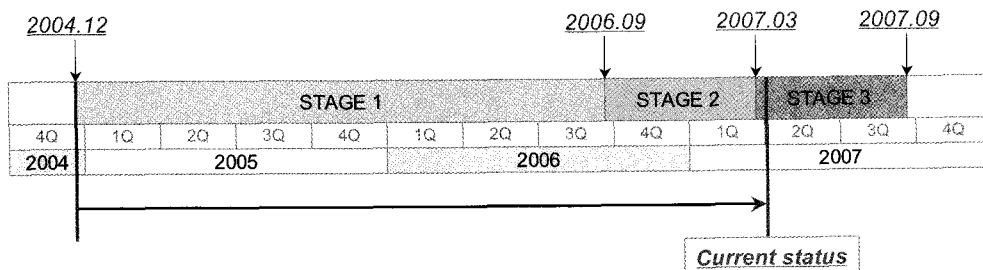


(그림 3) LTE 물리계층 표준문서간 연관성

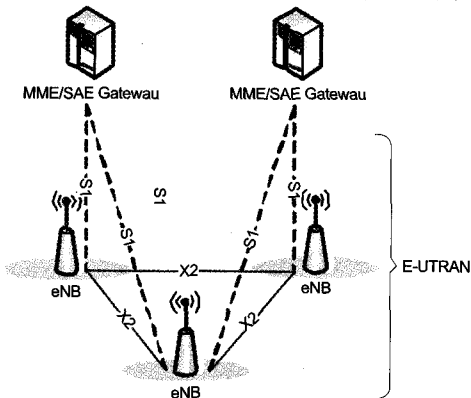
5. E-UTRAN 구조도표본 기술

5.1 E-UTRAN 구조

(그림 4)는 현재까지의 논의를 바탕으로 결정된 E-UTRAN 구조를 도시한 것이다. (그림 4)에 따르면 User Plane 및 Control Plane을 제공하는 eNodeB라는 장치가 E-UTRAN에 도입될 예정이다. 기존 NodeB에는 없었던 X2 interface가 새롭게 규정되어 eNodeB 상호간에 논리적 연결 또는 물리적



(그림 2) 3GPP RAN LTE 표준화 일정



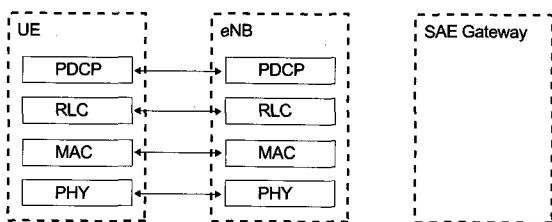
(그림 4) eNodeB E-UTRAN X2, S1 Interface

연결까지도 가능하도록 규정 하였다. 또한 새로 규정된 S1 interface 이용하면 eNodeB는 EPC 에 직접 연결될 수 있는 구조를 갖는다. 이와 같은 E-UTRAN 구조를 (그림 4)에 간략히 도시하였다.

2. Radio Protocol Interface

1) User Plane

(그림 5)는 User Plane의 Protocol Stack을 보인 것이다. 개념적으로는 UTRAN Protocol Stack과 유사하며 PDCP, RLC, MAC등은 각각 Header Compression, Ciphering, Scheduling 및 ARQ/HARQ등의 기능을 수행한다. 하지만 프로토콜 세 부 지원 기능 및 지원 위치는 향후 표준화 과정에서 다소 변경될 것으로 예상된다.

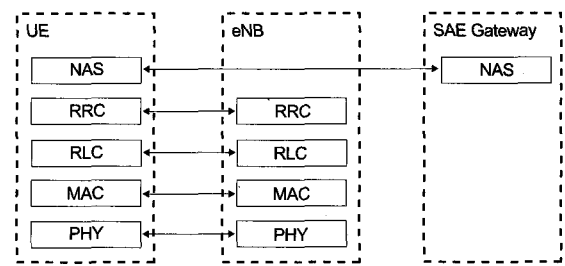


(그림 5) User Plane Protocol Stack

2) Control Plane

Control Plane에서 RLC, MAC 계층은 User Plane에서의 기

능과 동일한 기능을 수행하며, RRC 계층은 Broadcast, Paging, RRC connection management, Radio Bearer control, Mobility support, User measurement reporting and control 기능을 담당한다. 한편, NAS control protocol은 SAE Bearer management, Authentication, LTE_IDLE mode에서 Mobility management, LTE_IDLE mode에서 Paging generation, Security control 기능을 수행 한다 (PDCP 프로토콜의 정확한 위치는 변경될 수 있다).



(그림 6) 제어평면 프로토콜 구조

III. LTE 무선접속기술

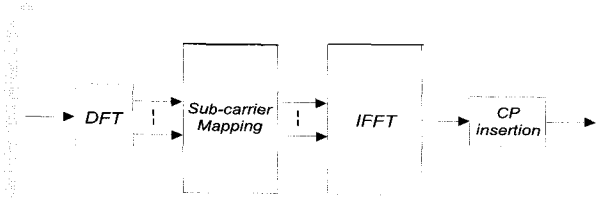
본 절에서는 LTE 시스템의 물리계층 변복조기술에 대해서 간략히 논의를 한다.

1. LTE SC-FDMA 특징

LTE 상향링크 무선접속기술로는 FDD/TDD SC-FDMA 기술이 채택되었다. SC-FDMA기술은 기본적으로 OFDMA 기술의 변복조 방식과 유사하나 송신단 변조과정에서 사용자 별로 DFT 처리과정을 수행하고 이와 반대로 수신 복조과정에서 IDFT 처리과정을 수행함으로써 송신단에서 발생할 수 있는 PAPR을 최소화하고 단일 사용자에게 할당되는 주파수 자원을 연속적으로 할당하도록 해주는 역할을 한다. 결과적으로 단말의 전력소모를 줄이는 효과를 얻을 수 있다.

(그림 7)은 SC-FDMA 기술의 송신단 구조이다. 입력데이터는 DFT처리과정 후 사전에 정해진 매핑 규칙에 따라 해당 주파수대역에 연속적으로 할당된다. 이후 IFFT 처리과정을

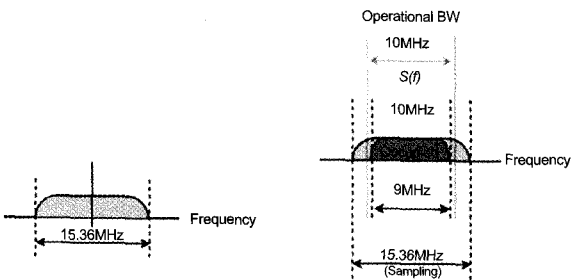
거쳐 CP가 첨부되고 이를 전송한다.



(그림 7) SC-FDMA 송신기 구조

IFFT단에서 부반송파는 $f=15\text{ kHz}$ 간격으로 배치된다. 10MHz 대역폭을 모두 사용하는 경우 부반송파 간격 15KHz, sampling frequency는 15.36MHz, 부반송파 수는 1024, 유효부반송파 600, 유효주파수대역 9MHz로 정의된다(그림 8). 여기서 유효부반송파 개수는 약간 변동이 있을 수 있다. 하지만 대부분의 사용자는 600보다 작은 수의 자원을 할당받기 때문에 DFT 크기 자원크기에 따라 다양한 값을 가질 수 있다.

한편, CP는 길이에 따라서 두 종류 즉 정규 CP (T_{CP}), 확장 CP ($T_{CP,e}$)가 존재한다. 정규 CP의 경우 0.5ms Slot에 7개의 SC-FDMA 심벌, 확장 CP의 경우 6개의 SC-FDMA 심벌로 구성된다.



(그림 8) 전체대역, 동작대역 및 유효대역

2. 물리계층 OFDMA 특징

기본적으로 하향링크 전송기법은 CP를 사용하는 전통적인 OFDM 방식을 사용한다. OFDMA 기술을 사용하는 LTE 하향링크 무선접속시스템은 상향링크 SC-FDMA 기술과 부

반송파 간격이 동일하다($f = 15\text{ kHz}$). 그러나 MBMS 전용 셀을 지원하기 위한 목적으로 $f_{low} = 7.5\text{ kHz}$ 크기의 부반송파 간격을 추가 지원한다. 반송파 간격이 15kHz인 경우 상향링크와 유사하게 서로 다른 길이의 CP, 즉 정상 CP와 확장 CP 두 종류 모두를 지원하며, 어떤 종류의 CP를 사용하느냐에 따라서 한 Slot에 포함되는 OFDM 심벌의 개수가 달라진다. 만약 정상 CP로 Slot을 구성하였을 경우 한 Slot은 7개 OFDM 심벌로 구성되며, 확장 CP의 경우 이보다 하나 적은 6개 OFDM 심벌로 구성된다.

이와는 달리 7.5kHz 부반송파 간격인 경우에는 한 종류의 CP만 사용할 수 있으며 한 Slot은 단지 3개의 OFDM 심벌만 포함할 수 있다.

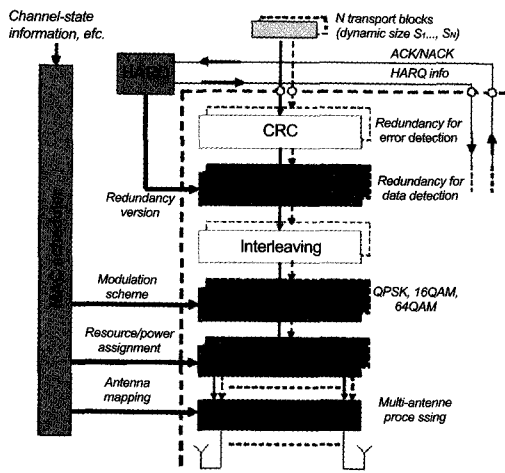
상향링크와 마찬가지로 하향링크에도 두 가지 전송모드 FDD/TDD 둘 다 지원한다. 특이할 사항으로는 FDD를 사용할 경우 사용자 입장에서 특정시간에 한쪽 방향으로만 전송을 가능하게 하는 Half Duplex 모드를 지원할 수 있도록 하였다. 최근 결정사항으로는 단말의 송신대역크기를 20MHz로 규정한 것에 이어 수신대역크기도 20MHz로 규정하기로 하였다.

IV. LTE 물리계층 전송모형 및 채널매핑

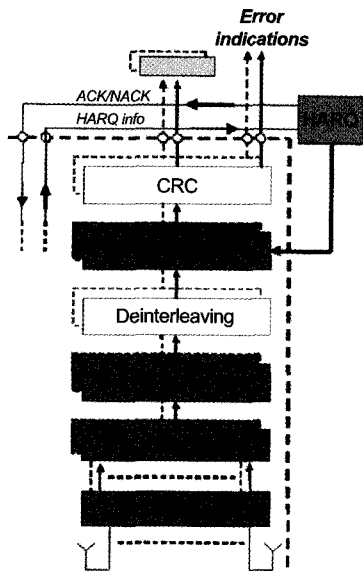
1. LTE 물리계층 전송모형

물리계층은 상위계층으로부터 패킷을 받아서 일련의 물리계층 기능을 수행한 후 정해진 물리채널에 할당한다. 이러한 과정을 기능블럭 단위로 정의하고 도식화한 것을 물리계층 모델이라고 한다. 이렇게 물리채널별로 할당된 비트레벨의 정보는 또다시 일련의 비트레벨 처리과정을 거쳐 무선채널로 전송된다.

수신측 물리계층은 송신측의 역 과정을 수행하여 상위계층에 전달한다. 각각의 세부 기능에 대해서는 향후 Stage III 표준화 과정에서 구체화 되며 현재 LTE 표준문서에는 반드시 필요한 기능블럭단위 위주로 정의되어 있다. (그림 9, 10)은 DL-SCH에 대한 물리계층모델의 예를 도시한 것이다. 이외에도 BCH, PCH, MCH, UL-SCH, RACH에 대한 물리계층 모델이 표준문서에 기술되어 있다.



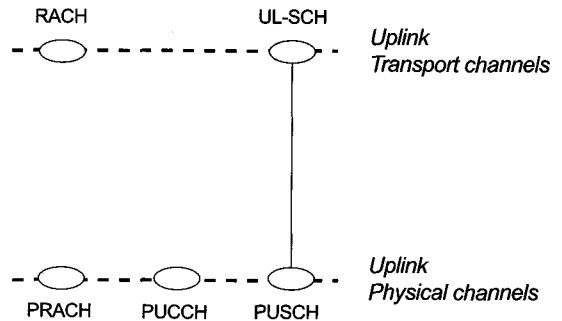
(그림 9) DL-SCH 물리계층 다중화(eNB)



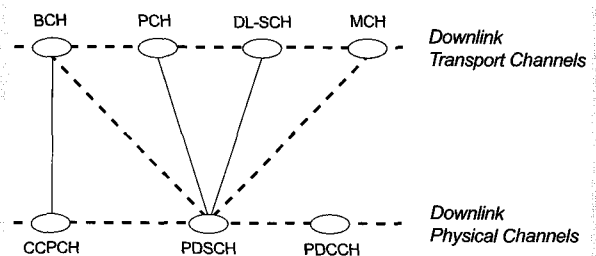
(그림 10) DL-SCH 물리계층 다중화(UE)

능 블럭 (Multiplexing Chain) 사이에서 비트레벨정보를 전달해주는 매개체 역할을 한다. 전달하여야 할 정보의 특성에 따라서 다양한 물리채널이 존재한다. UL-SCH, RACH는 상향링크 TrCH에, BCH, DL-SCH, PCH, MCH는 하향링크 TrCH에 해당된다. 상향링크 물리채널은 상위계층 정보를 전달하는 물리 채널로서 여러 개의 자원요소들의 그룹으로 구성되어 있다. PUSCH, PUCCH가 상향링크 물리채널에 해당한다. 상향링크 물리신호란 상위계층 정보를 전달하는 대신에 물리계층에서 생성된 제어정보를 전달하는 물리계층 제어정보이다. 여기에 해당하는 예로서 UL-RS, RACH Preamble이 있다. 상향링크 채널과 마찬가지로 하향링크에도 물리채널과 물리신호로 구분된다. PDSCH, PDCCH, CCPCH이 물리채널에 해당되며, DL-RS, P-SCH, S-SCH가 물리신호에 해당된다.

LTE시스템의 물리채널과 TrCH은 (그림 11), (그림 12)에 도시된 것과 같은 대응관계가 존재한다. 실선은 직접적인 대응관계를 의미하고 점선은 향후 연관 가능성이 있는 경우를 의미한다. 예를 들면 (그림 11)에서 BCH채널은 CCPCH



(그림 11) 상향링크 채널매핑 구조



(그림 12) 하향링크 채널매핑 구조

2. Transport Channel vs. Physical Channel

TrCH과 물리채널은 각각의 계층에서 재구성된 데이터를 다른 계층으로 전달하기 위한 통로역할을 수행한다. TrCH은 물리계층 비트레벨 정보를 상위계층(MAC) 계층으로 전달하거나 또는 이와 반대로 상위계층의 패킷 즉 Transport block을 물리계층에 전달하는 통로 역할을 한다. 전달하여야 할 정보의 특성에 따라서 다양한 채널이 존재한다. 물리계층 또한 무선채널과 물리계층모델에서 정의된 일련의 기

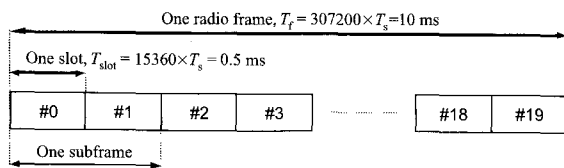
채널로 전송되는 것을 기본가정으로 하고 있으나 경우에 따라서는 PDSCH 채널로도 전송될 수 있음을 의미한다.

3. LTE 물리계층 보송규격 현황

1. 물리계층 프레임 구조

LTE FDD/TDD 시스템을 위한 일반적인 프레임 구조를 (그림 13)에 보였다. 하나의 Radio-frame은 $T_f = 307200 \times T_s = 10\text{ms}$ 길이를 가지며 20개의 Slot으로 구성된다. 각 Slot은 $T_{slot} = 15360 \times T_s = 0.5\text{ms}$ 의 길이를 갖는다. 따라서 하나의 Radio-frame은 0번 Slot에서 19번 Slot까지 총 20개의 0.5ms Slot으로 구성된다. 이와 함께 연속된 두 개의 Slot으로 구성된 1ms 크기의 전송 단위를 Sub-frame이라 정의한다.

FDD 모드인 경우 상향링크와 하향링크 전송이 주파수 영역에서 서로 분리되어 있기 때문에 10ms Radio-frame 구간 동안에 하향링크와 상향링크로 각각 10개의 Sub-frame을 전송할 수 있다. 이와는 달리 TDD 모드인 경우 10ms Radio-frame 구간동안 매 Sub-frame 마다 상향링크 전송이나 하향링크 전송 중 한쪽 방향만 가능하다. 또한 0번과 5번 Sub-frame은 항상 하향링크 전송에만 할당되어야 하는 규정이 있다.

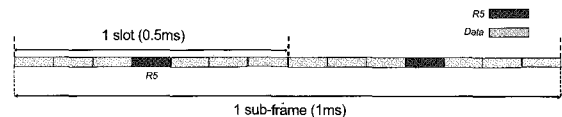


(그림 13) 일반적인 물리계층 프레임 구조

2. 물리계층 Slot구조 및 자원할당단위

물리계층 Radio-frame은 10ms 길이를 가지며 이는 20개의 0.5ms 길이의 Slot으로 구성되어 있다. 각 Slot은 각각 0부터 19까지 색인되어 있다. 연속된 두 개의 Slot, 즉 번째와 번째 Slot으로 구성된 1ms 길이의 단위를 하나의 Sub-frame이라

고 정의한다. (그림 14)은 일반적인 하향링크 물리계층 Slot 구조를 보인 것이다. 0.5ms 길이의 Slot은 7개 또는 6개의 심벌로 구성되어 있으며 한 Slot에 포함된 심벌의 개수는 CP 길이를 알려주는 상위계층 제어신호 정보에 의해서 결정된다. 한 심벌내의 하나의 부반송파를 하나의 RE라고 한다. 이 정의에 따르면 하나의 심벌은 다수개의 RE로 이루어져 있으며 전송대역에 따라서 RE 개수는 다르다. 예를 들어 10MHz 대역을 사용하는 시스템의 경우 1024 RE 중에서 600여개의 RE만을 사용하므로 한 심벌의 유효 RE는 600개라고 할 수 있다. 또한 연속된 12개의 RE가 0.5ms Slot에 걸쳐 있는 경우를 이 크기를 물리계층 RB이라고 한다. 즉 한 Slot이 7개 심벌로 구성된 경우 84개의 RE로 구성된 자원 단위를 1 RB라 정의한다. 일반적으로 하향링크 물리계층은 RB 정수배로 할당받는 것을 가정하지만 상향링크의 경우는 DFT 구현상의 용이성을 위해서 사용 가능한 DFT 크기를 $2^l \times 3^m \times 5^n$ ($l, m, n = 0, 1, 2, \dots$)로 제한했기 때문에 자원할당단위에 약간의 제약이 따른다. 앞서 언급한 내용은 상향 및 하향링크 모두에 적용되며 특히 하향링크와 상향링크의 큰 차이점은 기본 단위인 심벌이 다르다는 것이다. 하향링크는 OFDM 심벌인 반면에 상향링크는 SC-FDMA 심벌로 구성된다는 것이다. (그림 15)에 RB와 RE를 다시 하였다.



(그림 14) 상향링크 Slot 및 Sub-frame 구조

본장에서는 물리채널, 물리채널절차 및 MIMO 표준화 작업에서 현재 채택된 특징적인 표준기술만을 발췌하여 나열식으로 기술하였다. 여기에 언급되지 않은 기술 또는 기능에 대한 내용은 대개의 경우 표준에 반영되지 않았거나 차후 논의 예정인 것들이다.

3. PDSCH, PUSCH

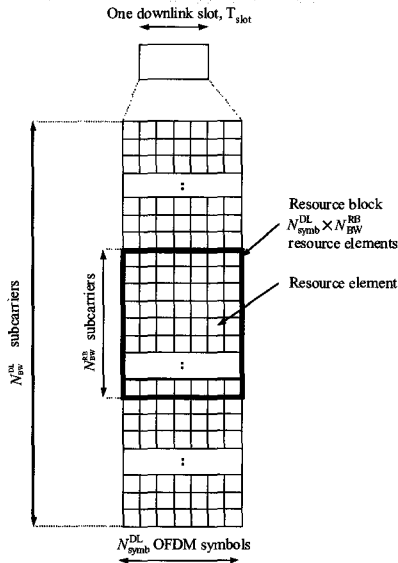
PDSCH, PUSCH 채널에 대한 물리계층 다중화 모델에서 기존 시스템과 다른 특이 사항은 다음과 같다. 먼저 하향링크 변조에는 64QAM, 16QAM 및 QPSK를 사용하며, 상향링크

크 변조에는 16QAM 및 QPSK를 사용한다. 단일사용자 MIMO 전송을 고려하여 상향링크에도 64QAM의 선택적 사용이 가능하다. 스크램블링코드의 경우 부호화된 비트레벨에서 상향/하향링크 UE/셀 기반 스크램블코드를 사용하기로 하였다. 다만 상향링크의 경우 이득이 있는 경우에 한하여 선택적으로 적용할 수 있도록 하였다.

데이터 채널의 경우 L2 PDU에 대한 에러 검사를 위해서 CRC-24을 사용한다. 특히 LTE Turbo code Interleaver로서 QPP계열의 새로운 Interleaver를 사용하기로 하였다. 따라서 UL-SCH, DL-SCH을 비롯하여 BCH, PCH, MCH은 QPP Interleaver가 내장된 1/3 code rate Turbo coding을 적용하기로 하였다.

<표 1> 물리공유채널에 가능한 변조방식

물리채널	신호변조방식
PDSCH	QPSK, 16QAM, 64QAM
PUSCH	QPSK, 16QAM, (64QAM)



(그림 15) RB(자원블럭) 및 RE(자원요소)

4. PUCCH, PDCCH

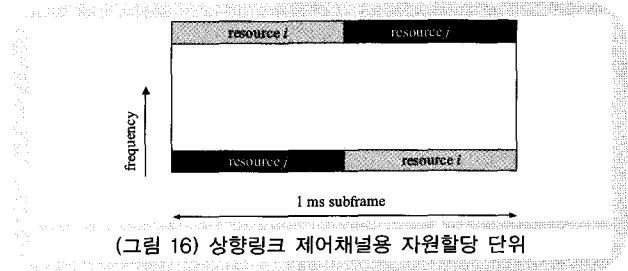
1) PUCCH

PUCCH는 상향링크 데이터 전송 유무에 따라서 별도로 고려해야 할 필요성이 있다.

먼저, 상향링크 데이터 전송이 없을 경우에는 PUCCH는 사전에 예약된 자원영역으로만 제어정보를 전달하도록 규정되어 있다. 제어채널용 자원단위는 하나의 code와 2개의 consecutive RB로 이루어져 있다. 이때 자원단위의 중간 Slot 경계에서 hopping이 가능하도록 규정되어 있다. (그림 16)은 상향링크 제어채널용 자원할당 단위를 보인 것이다. 자원 i 와 j 는 서로 다른 자원영역으로서 서로 다른 사용자에게 할당할 수 있다. 상향링크 단일주파수특성을 유지하기 위해서는 한 사용자가 두 자원을 동시에 사용하는 것은 바람직하지 않다. 상향링크 데이터 전송이 없는 경우 자원 i 와 j 로 전달되는 out-of-band 제어 정보에는 CQI, HARQ ACK/NACK등이 있다. MIMO의 경우 CQI와 함께 PMI와 같은 MIMO 관련 궤환정보가 추가되어 전송될 수 있다.

상향링크 데이터 전송이 있는 경우에는 아직 구체적인 방식이 정해진 것은 아니지만 단일주파수 특성을 유지하기 위해서 할당받은 데이터용 자원영역으로 제어정보를 함께 전송하는 것을 생각하고 있다.

한편, TF, HARQ information 등과 같은 데이터전송과 연관된 제어정보는 전송하지 않는 것으로 결정하였다. 즉 eNodeB의 결정을 UE가 그대로 따르는 것을 기본 가정으로 한다.



(그림 16) 상향링크 제어채널용 자원할당 단위

<표 2> DL 전송을 위한 Scheduling Information

Field		
Cat. 1 (Resource indication)	ID (UE or group specific)	
	Resource assignment	
	Duration of assignment	
Cat. 2 (transport format)	Multi-antenna related information	
	Modulation scheme	
Cat. 3 (HARQ)	Payload size	
	If asynchronous hybrid ARQ is adopted	Hybrid ARQ process number
		Redundancy version
	If synchronous hybrid ARQ is adopted	New data indicator
Retransmission sequence number		

〈표 3〉 UL 전송을 위한 Scheduling Grant

Field	
Resource assignment	ID (UE or group specific)
	Resource assignment
	Duration of assignment
TF	Transmission parameters

2) PDCCH

하향링크 제어 채널은 RE의 정수배로 구성된 제어채널들의 집합으로서 다수의 채널이 제어채널용 자원영역을 공유한다. 제어채널별로 각기 다른 부호화율과 각기 다른 수의 RE로 구성될 수 있도록 규정하였다. 이와 같은 하향링크 제어 신호 정보는 하향링크 Slot의 처음 3개의 OFDM 심벌에 위치하도록 하였다. 제어 채널로 전달되는 정보의 예를 아래 〈표 2〉와 〈표 3〉에 요약하였다. 표에 열거한 제어정보들은 서로 간 개별적, 독립적으로 전송되는 것을 원칙으로 한다. 복조할 때에는 HSDPA HS-SCCH 채널 복조와 유사하게 자신에게 할당된 몇 개의 제어채널그룹에 대해서만 복조를 시도하는 것을 기본 가정으로 하고 있다. 이 경우 모니터링해야 하는 그룹정보는 상위계층 signaling을 통하여 전달된다. PDCCH, PUCCH 채널의 특이사항은 CRC-16을 사용하는 것과 모든 제어채널에 QPSK 단일 변조기법을 사용하는 것이다. 또한 Constraint length가 9인 Convolution encoding을 적용하기로 하였다. 여기에 적용될 code rate, tail bits는 아직 정의되지 않았다.

5. Physical Signal

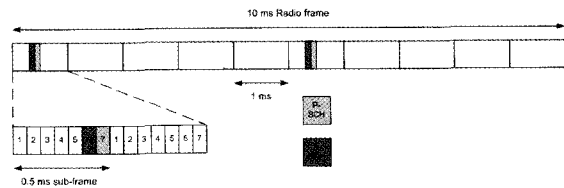
Physical signal은 물리계층에서 발생되고 소멸되는 제어정보로서 오로지 물리계층 내에서만 의미가 있는 제어정보이다. 대개의 경우 물리채널과 물리신호란 용어를 구분 없이 혼용하기도 한다.

Physical signal에는 동기를 획득하는데 이용되는 SCH 채널과 채널추정(동기복조) 등에 이용되는 RS가 있다. RS에는 DL/UL-RS, S-RS로 세분된다.

1) SCH

동기채널은 P-SCH과 S-SCH로 구성된다. 두 동기채널은 10ms Radio-frame에서 각각 2회씩 전송되며 특히 두 채널은 반드시 하나의 Sub-frame 내에 위치해야 한다는 규약이 추가되었다. 특정 셀에 사용되는 P-SCH은 사전에 정해진 3개

의 Pseudo Random Sequence 중에서 선택된 하나의 Sequence를 사용하며, 셀 탐색 시 5ms 단위의 타이밍을 획득하는데 이용된다. S-SCH는 10ms Radio-frame의 동기를 획득하는데 사용되며 동시에 자기가 속한 셀그룹 ID를 찾아낼 수 있도록 설계되어 있다. Radio-frame 내의 P-SCH와 S-SCH 배치를 (그림 17)에 도시하였다.



(그림 17) 주 동기채널 및 부 동기채널의 전송 구조

2) RS(Reference Signal)

RS는 주로 채널추정(동기복조)에 사용되는 기준이 되는 채널로서 상향 및 하향링크에 서로 다른 패턴으로 각각 정의되어 있다.

(1) UL-RS

UL-RS는 채널추정에 이용되는 일반적인 DM-RS와 상향링크 스케줄링을 위해서 상향링크 채널품질상태를 측정하는데 사용되는 S-RS가 있다. S-RS의 다중화 방식 및 심볼 위치 등은 현재 논의 중이다.

상향링크에서 다수의 사용자들로부터의 DM-RS를 다중화시키기 위하여 직교 코드(e.g. Hadamard) 대신에 시간 및 주파수 영역에서 동일한 크기의 진폭을 갖는 ZC Sequence를 사용한다. RS의 자원길이가 동일한 크기의 ZC Sequence를 얻기 위해서는 자원길이보다 긴 ZC Sequence를 발생해서 자원길이에 맞게 잘라내는 방법(truncation)과 자원길이보다 작은 ZC Sequence를 발생한 후 확장하는 방법(cyclic extension)이 있다. 이러한 Sequence 생성방법은 하향링크에도 동일하게 적용할 수 있다.

(2) DL-RS

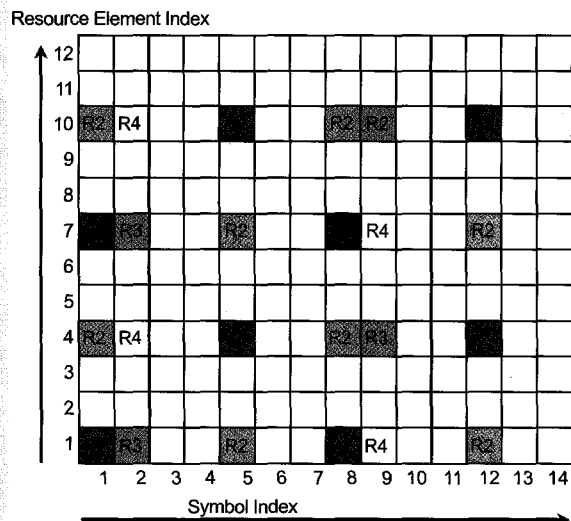
DL-RS는 MBMS 사용여부, MIMO 사용여부, 또는 안테나 개수, CP 종류에 따라서 RS 구성이 달라진다.

Non-MIMO 시스템에서 정규 CP를 사용하여 한 Slot이 7개 심벌로 구성된 경우 DL-RS는 짝수 번째 Slot의 첫 번째 OFDM 심벌과 5번째 OFDM 심벌의 R1 위치에 전송된다(그림 18). 만약 2개의 안테나를 사용하는 경우라면 첫 번째 안테나는 R1 위치에 두 번째 안테나는 R2 위치에 각각 전송된다. 마찬가지로 안테나 4개를 사용하는 경우는 각각 R3, R4 위치에 RS를 전송하면 된다. 이와 같이 각 안테나는 안테나 별로 지정된 RS 위치에만 RS를 전송하며 타 안테나 RS 위치에는 비워둬야 한다. 이외에도 별도의 RS 배치 방식도 대안으로 규정되어 있다.

DL-RS 직교 다중화를 위해서 2차원 RS Sequence를 사용한다. 2차원 RS Sequence는 3 종류의 2차원 직교 Sequence와 170 종류의 2차원 Pseudo Random Sequence의 곱의 형태로 구성되어 있다. 각 셀의 고유 ID는 RS Sequence와 일대일 대응 되며 따라서 510 개의 셀까지 상호 구분 지을 수 있으며 이 값은 3G WCDMA 시스템의 512 값과 유사하다.

6. CCPCH

CCPCH은 BCH TrCH을 전달하는 물리채널로서 E-UTRAN 또는 셀에 특정한 시스템 파라미터와 같이 특정 셀 내의 모든 단말들이 수신해야하는 정보들을 전달하는 방송용 물리 채널이다. 예로서 Available Random Access Sequence,



(그림 18) 하향링크 DM-RS 기본 구조(4-TX)

Access Slot, MIMO Type, TxDiv Type 등이 CCPCH 채널을 통해서 전달될 수 있다. 이러한 정보는 중요도가 높으므로 셀 가장자리까지 적은 에러율로 전달될 수 있을 정도의 충분한 전력으로 송신해야 한다.

CCPCH의 결정사항으로는 변조방식으로 QPSK를 사용하고, 스크램블링을 적용한다는 것 이외에는 대부분이 향후 결정될 사항으로 남아 있다. 한편, 상향링크 CCPCH 채널의 필요성이 일부 제기되기는 하나 아직 채택여부는 불투명하다.

7. PRACH

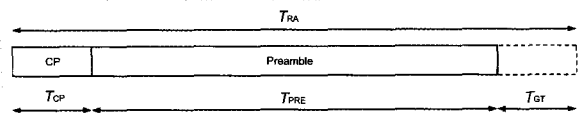
PRACH는 단말로부터의 접속설정부호와 같은 제어정보나 패킷 데이터를 전송하는 목적으로 설계된 채널로서 1.08MHz 대역의 한 프레임 또는 연속된 다수의 프레임으로 구성된다. RACH 전송은 Random Access burst를 사용하여 이루어지며 CP(T_{CP}), Preamble(T_{PRE}), Guard Time (T_{GT})으로 구성된다. 이 파라미터는 표4와 같이 정의되어있다. 여기서 RACH Preamble에 사용되는 Sequence는 하나 또는 여러 개의 Root ZC Sequence로부터 생성된 Zero Correlation Zone을 특성을 갖는 ZC Sequence를 사용한다. (그림 19)에 Random Access burst 구조를 도시하였으며 각 필드별 크기는 상위계층신호에 의해서 설정된다.

8. 물리계층 절차

본 절에서는 표준문서에 정의된 몇 가지 물리계층절차에 대해서 기술한다.

<표 4> Random Access burst 파라미터

물리채널	신호변조방식
PDSCH	QPSK, 16QAM, 64QAM
PUSCH	QPSK, 16QAM, (64QAM)



(그림 19) Random Access burst 구조

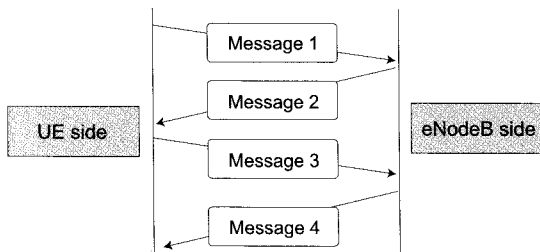
1) Random Access

(그림 20)에서 매 단계마다 전송되는 M1, M2, M3, M4는 다

음과 같은 정보를 포함한다.

- M1 : Random Sequence + reserved bit
- M2 : Resource Allocation info. for M3
- M3 : L3 message (depending on M1)
- M4 : Resource allocation

- ① Random Access 절차가 시작되기 전에 물리계층은 상위 계층으로부터 다음과 같은 정보를 부여 받는다.
 1. Available random access channel
(frequency position, time period, timing offset)
 2. Available preamble formats.
Available root ZC Sequences and indices
 3. Initial preamble transmission power
 4. Power ramping step size (including 0dB step)
 5. Maximum number of preamble retransmissions
- ② 사용가능한 채널 중에서 한 채널을 무작위로 선택한다. 마찬가지로 사용가능한 Preamble Sequence 중에서 무작위로 하나의 Sequence를 선택한다.
- ③ 개방전력제어에 의해서 정해진 전력값에 기초해서 Preamble 초기전송전력을 설정한다. 또한 전송횟수 counter를 구동시켜 최대 재전송 횟수를 계산한다.
- ④ Preamble(M1)에 대한 Response(M2)가 없다면 다른 가용한 채널과 Preamble Sequence를 선택하여 최대 재전송 횟수까지 진행된다.
- ⑤ Preamble 전송이 성공하면 물리계층 절차는(M1, M2)종료되며 이후에는 상위계층에서 M3 요청에 따라 M4를 수행한다(M3, M4).



(그림 20) Random Access 절차

2) Link Adaptation

시간에 따라 변하는 무선채널 특성을 보상하여 시스템 처리율을 극대화 하고자 전송 파라미터 (MCS)를 조정하는 일을 *Link Adaptation* 이라고 한다. LTE에서는 데이터 채널에 MCS를 조절 하는 것을 의미한다. 물론 넓은 의미에서 본다면 제어채널도 이에 해당한다고 할 수 있다. 이때 한 TTI 구간동안 한 사용자의 1개 스트림에 할당된 RB들에는 동일한 MCS를 적용하기로 하였다.

3) Power Control

전력제어는 크게 하향링크와 상향링크로 나누어고려한다. 하향링크에는 전력제어에 대해서 크게 고려할 사항은 없다. 하향링크 데이터 채널의 경우 전체대역에 대해서 일정한 전력을 할당하고 필요에 따라서 가끔씩 조정하는 방식을 고려하고 있다. 반면 제어채널의 경우 제어정보의 중요성을 감안하여 전력제어 대신 MCS 값을 변화시켜 채널상황에 적용할 수 있도록 한다. 상향링크 전력제어는 해결해야할 과제가 많이 남아 있다. 제어채널 및 데이터 채널 모두 사용자의 위치에 따른 경로손실정보를 이용하거나 그 외 다른 방식으로 사용자의 채널상황을 판단하여 이를 기준으로 개방전력제어를 수행한다. 하지만 순수한 형태의 개방전력제어 만으로는 충분하지 않다는 의견이 많아 어떤 형태로든 개방전력제어 방식을 보완하는 형태의 폐쇄전력제어 기법이 일부 포함될 것으로 예상된다. 전력제어명령어의 전송횟수를 200Hz보다 작은 값으로 사용하고 주기적 또는 비주기적 문제는 아직 결정되지 않은 상태이다. 이외 전력제어에서 제어대상이 전력이 아닌 전력스펙트럼밀도를 조정하는 것을 기본 원칙으로 규정하였다.

4) Uplink Timing Control

Uplink Timing Control이란 타이밍조정명령어 TA를 이용하여 UE의 송수신 타이밍을 제어함하여 eNodeB에 도착시각을 정렬시키는 과정이다. 제어동작은 크게 두 종류 즉 동기유지중인 UE와 동기를 잃은 UE에 로 구분되어서 수행된다. 공통적으로 2Hz 단위로 타이밍을 갱신하며 한번 갱신할 때 0.52us 단위로 조정된다. 동기유지중인 UE는 상향링크 타이밍에 기준하며, 동기를 잃은 UE는 RACH Preamble 전송 타이밍으로부터 동기 정보를 얻는다. 동기를 잃은 UE의

경우 조정 폭이 더 클 수 있으므로 STEP_SIZE 를 규정하는 비트수를 더 크게 할당한다.

5) Cell Search

셀 탐색 절차는 3단계로 진행되며 기존의 3G UTM의 해당 절차와 유사하다.

1단계로 3종류의 Sequence 구성된 P-SCH를 사용하여 5ms 단위의 동기를 획득한다. 2단계로 S-SCH로부터 10ms Radio-frame 동기를 획득하고 동시에 170개 그룹 중에 자신이 속한 그룹의 ID를 찾아낸다. 마지막단계로 DL-RS Sequence로부터 자신이 속한 고유의 셀 ID를 찾아낸다. 이후 BCH를 복조하여 시스템에 필요한 정보를 얻는다.

9. MIMO

MIMO 전송방식은 기존의 3G UMTS 표준화 당시부터 꾸준히 제안되어 왔으나 여러 가지 이유로 인해서 표준 채택이 지연되었다. 하지만 OFDM-MIMO 기술의 장점이 널리 인식되면서 LTE 표준의 경쟁력 제고 측면에서 MIMO를 도입하기로 하였다. 이와 함께 수년을 끌어온 Rel-7 MIMO도 우여곡절 끝에 결국 표준에 반영되었다.

본 절에서는 3GPP LTE MIMO 표준 동향에 대해서 간단히 고찰한다. 송수신 단에 여러 개의 안테나를 이용하여 주파수 효율을 높이는 MIMO 기술은 현재 LTE WI에서 활발히 논의되고 있다. 일반적으로 MIMO 기술은 전송률을 극대화시키는 SM기법과 다이버시티 효과를 증대시켜 안정적인 전송을 목적으로 하는 TxDiv 기법으로 구분할 수 있는데, 현재 LTE에서는 SM 기법과 TxDiv 기법을 모두 고려하고 있다. eNodeB의 안테나 수는 2 개 또는 4 개를 고려하고 있다.

1) MIMO 용어

Codeword는 부호화된 전송 데이터를 의미하고, 하나의 CW에는 CRC가 첨부되는 것을 가정하고 있다. SCW는 전송 데이터가 하나의 채널부호화에 의해서 부호화되고, 하나의 CRC만 첨부된다. MCW는 전송 데이터가 다수의 채널부호화에 의해서 부호화되고, 각각의 부호화에 입력되고 여기에 각각 CRC가 첨부된다. Layer는 공간영역에서 독립

적인 데이터를 전송하는 가상의 층을 의미한다.

Precoding은 layer로 매핑 된 전송 데이터를 선형 변환하는 것을 말한다. Rank는 SM 기법에서 특정 전송 시점에 전송되는 layer의 수를 의미한다. rank는 채널 상황에 따라 시간적으로 변할 수 있다. SU-MIMO는 어느 전송 시점에서 RB 단위로 구성된 특정 자원을 한 사용자가 모든 공간영역에서 점유하는 것을 말한다. MU-MIMO는 어느 전송 시점에서 RB 단위로 구성된 특정 자원을 여러 사용자가 SM을 이용하여 공유하는 것을 말한다.

2) DL-MIMO

MIMO CW는 SCW와 MCW가 가능하다. SCW는 CRC가 하나이므로 상향링크로 HARQ ACK/NACK 신호를 SISO 시스템과 같이 하나만 전송해도 되므로 signaling 측면에서 장점이 있다. 그러나, SIC 수신기를 이용할 수 없기 때문에 하향링크의 처리율을 개선하는 데 약점이 있다. 따라서, 현재 3GPP LTE MIMO에서는 MCW를 기본 가정으로 고려하고 있다. Node B 안테나 수 및 UE 안테나 수를 고려하면 다양한 안테나 조합이 가능하다. 예를 들면, $(2, 2)$, $(4, 2)$, $(4, 4)$ 등을 고려할 수 있다.

$(4, 4)$ SU-MIMO의 경우 layer마다 CW를 매핑할 경우 최대 4 CW 까지 지원할 수 있다. 그러나 이 경우 상향링크의 signaling 부담이 커지게 된다. 이 점을 고려하여 하향링크 SU-MIMO에서 지원하는 최대 CW 수를 2로 제약하였다. 반면 MU-MIMO에서는 자원을 공유하여 SM하기 때문에 eNodeB 입장에서 최대 4개의 CW를 지원할 수 있게 하였다.

$(4, 4)$ SU-MIMO의 경우, CW 수는 2이고, layer 수는 4이므로 CW를 layer에 매핑하는 규칙이 필요한 데, 이를 <표 5>와 같이 정의하였다[13-16]. 한편, MU-MIMO의 경우 각 UE에 최대 하나의 layer를 할당해 주기로 결정하였다.

SU-MIMO의 PM의 구성방법에 대해서는 eNodeB.안테나 수가 2일 때는 결정되었으나, 4일 때는 아직 논의 중이다. eNodeB 안테나 수가 2일 때 사용하는 PM을 <표 6>에 보였 다. PM를 적용함에 있어서 CDD를 추가로 적용하게 되면 특정 채널 상황에서 성능이득을 꾀할 수 있다[17]. CDD기법은

01_(a, b)에서 a는 eMpdeB 안테나 수, b는 UE 안테나 수를 의미한다.

OFDM 각 부반송파에 위상천이를 취함으로써 쉽게 구현이 가능하다(표 7). MU-MIMO의 PM 생성방법에 대해서는 현재 논의 중이다.

한편 TxDiv기법은 제어 채널과 데이터 채널에 대해서 여러 기법들이 제안되어 있으며, 현재 활발히 논의 중이다.

대부분의 MIMO 시스템은 기법에 따라 다르지만 다양한 종류의 상향링크 궤환정보들이 필요하다. 예를 들면, Rank, PM, CQI 정보 등이다. 각각의 정보들의 시간영역 혹은 주파수영역에서 궤환주기를 조정할 수 있으며, 세부 사항에 대해서 활발히 논의 중이다.

3) UL-MIMO

상향링크 SU-MIMO에서 2개의 UE안테나를 고려하고 있으며, Rel-8 LTE에서는 SU-MIMO를 고려하지 않는 것을 가정으로 하고 있다. 그러나 차후 Release에 포함될 수 있도록 Rel-8 LTE에서 이런 점을 고려하여 설계하는 것이 필요하다.

Rel-8 LTE에서는 RF chain이 2개인 것을 고려하지 않기 때문에, 수 많은 상향링크 다이버시티기법 중에서도 오직 안테나스위칭기법만 고려하기로 하였다. 개방안테나스위칭기법은 표준에 기술할 필요 없이 구현이 가능하지만, 폐쇄안테나스위칭기법은 상향링크채널을 측정할 안테나별 RS가 필요하며, eNodeB에서 어떤 안테나를 이용하여 전송할 지를 UE에게 알려주는 제어신호가 필요하게 된다. LTE에서는 이와 같은 폐쇄안테나스위칭기법을 UE Capability로 지원하기로 하였다[18].

〈표 5〉 CW-to-layer mapping

Pank	Mapping
1	CW 1 → Layer 1
2	CW 1 → Layer 1
	CW 2 → Layer 2
3	CW 1 → Layer 1
	CW 2 → Layer 2 and Layer 3
4	CW 1 → Layer 1 and Layer 2
	CW 2 → Layer 3 and Layer 4

〈표 6〉 PM(3 TX antennas)

Pank	Precoding matrix
1	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$

〈표 7〉 CDD based Precoding

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta_{1,k}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{j\theta_{N_t-1,k}} \end{bmatrix} \left(U_{N_t \times R}(t) \right)$$

VI. 맺음말

3GPP에서는 현재 광대역 부호분할 다중화시스템(WCDMA)을 대체하고 향후 5~10년 동안 가장 경쟁력 있는 무선통신기술표준을 제정하기 위해서 E-UTRA/UTRAN이라는 작업명으로 차세대무선통신기술에 대한 표준화 작업을 활발히 수행하고 있다. 2004년 12월에 LTE 표준화 타당성연구(Stage I)를 시작한 이래로 Stage II 표준화 작업을 거쳐 현재 Stage III 세부 표준화 작업 단계에 막 들어섰다. 이런 추세라면 이르면 2007년 후반 늦어도 1년 이내에 Rel-8 LTE 표준규격이 완성될 것으로 보인다. LTE 표준규격은 OFDM-MIMO기반의 하향링크는 100Mbps, SC-FDMA(MIMO)기반의 상향링크 50Mbps까지 지원하는 초고속 무선통신시스템으로서 현존 어떠한 무선 다중반송파 전송 기술보다 안정적이고 우수한 서비스를 제공할 것으로 전망된다. Rel-8 LTE 표준규격 완성 이후에도 기존 3G UMTS 표준화 진행방식과 마찬가지로 차후 Release의 LTE 표준규격을 지속적으로 발간할 것으로 예상된다.

※ 본 기고문의 내용은 2007년 3월까지의 결정사항만을 반영하고 있으며 향후 변경될 수 있습니다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TR 25.913, Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN)
- [2] 3GPP TR 25.812, Requirements for E-UTRA and UTRAN, WITHDRAWN, RP

- | | | |
|--|---------|---|
| [3] 3GPP TR 25.813, E-UTRA and UTRAN; Radio interface protocol aspects, R2 | CDD | Cyclic Delay Diversity |
| [4] 3GPP TR 25.814, Physical layer aspect for E-UTRA, R1 | CP | Cyclic Prefix |
| [5] 3GPP TR 25.912, Feasibility study for E-UTRA and UTRAN, RP | CQI | Channel Quality Indicator/Indication |
| [6] 3GPP TR 25.913, Requirements for E-UTRA and UTRAN, RP (25.812?25.913) | CW | Codeword |
| [7] 3GPP TS 36.201, E-UTRA; Physical layer; General description, R1 | CRC | Cyclic Redundancy Check/Checksum |
| [8] 3GPP TS 36.211, E-UTRA; Physical Channels and Modulation, R1 | DL-SCH | Downlink Shared Channel |
| [9] 3GPP TS 36.212, E-UTRA; Multiplexing and channel coding, R1 | DM-RS | Demodulation/Data Modulation Reference Signal |
| [10] 3GPP TS 36.213, E-UTRA; Physical layer procedures, R1 | EDGE | Enhanced Data rate for GSM evolution |
| [11] 3GPP TS 36.214, E-UTRA; Physical layer; Measurements, R1 | e-NodeB | Evolved Node B |
| [12] 3GPP TS 36.300, E-UTRA and E-UTRAN; Overall description; Stage 2, R2 | E-UTRA | Evolved UTRA |
| [13] 3GPP TS 36.211: Physical channel and modulation (FDD), v.0.3.1. | E-UTRAN | Evolved UTRAN |
| [14] R1-070235, Codeword to layer mapping for SU-MIMO, LG Electronics. | EPC | Evolved Packet Core |
| [15] R1-070269, Multi-codeword principles for E-UTRA MIMO, Texas Instruments. | FDD | Frequency Division Duplex |
| [16] R1-070385, Layer to codeword mapping for DL SU-MIMO, Nokia. | GERAN | GSM EDGE Radion Access Network |
| [17] R1-063345, CDD based precoding for E-UTRA downlink MIMO, LG Electronics, Samsung, and NTT DoCoMo. | GPRS | General Packet Radio Service |
| [18] R1-071057, Adaptive antenna switching for radio resource allocation in EUTRA uplink, Mitsubishi Electric, Nortel, and NTT DoCoMo. | GSM | Global System for Mobile communication |
| | HARQ | Hybrid Automatic Repeat Request |
| | HSDPA | High Speed Downlink Packet Access |
| | HSPA | High Speed Packet Access |
| | HS-SCCH | High Speed Shared Common Control Channel |
| | HSUPA | High Speed Uplink Packet Access |
| | ID | Identity |
| | LTE | Long Term Evolution |
| | MAC | Medium Access Control |
| | MBMS | Multimedia Broadcast Multicast Service |
| | MCH | MBMS Channel |
| | MCS | Modulation and Coding Set |
| | MCW | Multiple Codeword |
| | MIMO | Multiple Input Multiple Output |
| | MME | Mobility Management Entity |
| | MU-MIMO | Multi-User MIMO |
| | NAS | Non Access Stratum |
| | OFDMA | Orthogonal Frequency Division Multiple Access |
| | PCH | Paging Channel |
| | PDCCH | Physical Downlink Control Channel |

약어 및 용어

3GPP	3rd Generation Partnership Project
BCH	Broadcast Channel
CCPCH	Common Control Physical Channel

PDSCH	Physical Downlink Shared Channel
PM	Precoding Matrix
PMI	Precoding Matrix Index
PRACH	Physical Random Access Channel
P-SCH	Primary SCH
PUCCH	Physical Uplink Control Channel
PUSCH	Physical Uplink Shared Channel
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPP	Quadratic Polynomial Permutation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RACH	Random Access Channel
RB	Resource Block
RE	Resourc Element
Rel-x	Release-x
RLC	Radio Link Control
RRC	Radio Resource Control
SAE	System and Architecture Evolutioin
SC-FDMA	Single Carrier Frequency Division Multiple Access
SCH	Synchronization Channel
SCW	Singe Codeword
SI	Study Item
SIC	Successive Interference Canceller
SISO	Single Input Single Output
SM	Spatial Multiplexing
S-RS	Sounding Reference Signal
S-SCH	Secondary SCH
SU-MIMO	Single User MIMO
TA	Timing Adjustment
TDD	Time Division Duplex
TF	Transport Format
TR	Technical Report
TrCH	Transport Channel
TS	Technical Specificatioin
TxDiv	Transmit Diversity
UE	User Equipment
UL-RS	Uplink RS
UL-SCH	Uplink SCH

UMTS	Universal Mobile Telecommunication Services
UTRA	UMTS/Universal Terrestrial Radio Access
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
WCDMA	Wideband Code Divisioin Multiple Access
WI	Work Item
ZC	Zadoff-Chu

이력



1994년 숭실대학교 전자공학과 (학사)
 1996년 숭실대학교 정보통신공학과(석사)
 2003년 숭실대학교 정보통신공학과(박사)
 2003년 ~ 2004년 LG전자 UMTS시스템연구소
 2004년 ~ 현재 LG전자 이동통신연구소 책임연구원
 관심분야: LTE, 3G WCDMA, HSDPA/HSUPA

김 학 성



1992년 서울대학교 제어계측공학과(학사)
 1994년 서울대학교 제어계측공학과(석사)
 2001년 KAIST 전자공학과 (박사)
 1996년 ~ 현재 LG전자 이동통신기술연구소
 관심분야: 차세대무선이동통신기술, LTE

김 봉 회



1988년 서강대학교 전자계산학과(학사)
 1990년 서강대학교 전자계산학과(석사)
 1990년 ~ 1999년 LG전자 CDMA 연구소
 2000년 ~ 2005년 LG전자 San Diego 연구소
 2005년 ~ 현재 LG전자 이동통신기술연구소
 관심분야: 셀룰러이동통신, LTE/SAE

김 기 영



1987년 서울대학교 제어계측공학과(학사)
 1994년 USC 전기공학과(석사)
 1998년 USC 전기공학과(박사)
 1987년 ~ 1989년 LGIC TDX교환기 연구단
 1989년 ~ 1992년 삼보컴퓨터 소프트웨어 사업본부
 1998년 ~ 1999년 LG종합기술원
 1999년 ~ 2001년 LG전자 차세대통신연구소 책임연구원
 2001년 ~ 2003년 LG전자 UMTS시스템연구소 연구 위원(실장)
 2004년 ~ 현재 LG전자 이동통신 기술연구소 소장

최 진 성

관심분야: IMT-2000, 무선인터넷, A/I/P