

LTE Uplink Physical Layer 표준 기술 동향

노상민 | 조준영 | 이주호

삼성전자

요약

본고에서는 이동 통신 국제 표준화 기구인 3rd Generation Partnership Project(3GPP)의 차세대 무선 통신 표준 Long Term Evolution(LTE) 시스템 상향링크 물리 계층의 표준 기술 동향에 관하여 살펴본다. 구체적으로 Frequency Division Duplex(FDD) 방식에 대하여 정의된 규격 위주로 상향링크 물리 채널 및 물리 신호에 관하여 서술한다.

I. 서론

이동 통신 시스템은 고품질의 다양한 서비스를 고속으로 지원함으로써 통신 시장의 요구를 만족시키기 위하여 끊임 없이 발전해왔으며, 그 바탕에는 다양한 국제 표준화 단체들의 활동이 있었다. 3GPP는 이러한 이동 통신 관련 국제 표준화 단체 중 하나로써, 유럽 및 한국, 일본, 중국, 미국의 주요 이동 통신 관련 업체들이 이에 참여하여 이동 통신의 국제 표준 제정 작업을 진행해왔다.

3GPP는 1999년 Wideband CDMA(WCDMA) 기반 3세대 이동 통신 규격 Release(Rel)-99를 제정하였으며, 이어서 WCDMA의 업그레이드 규격인 Rel-5 High-Speed Downlink Packet Access(HSDPA)를 제정하였다. 이후 High-Speed Uplink Packet Access(HSUPA), Multimedia Broadcast Multicast Service(MBMS) 및 HSDPA 개선을 포함한 Rel-6 표준이 완료되었다. 이러한 개선 과정을 거치면서 패킷 교환

기반 서비스로의 진화가 이루어져왔으며, 이에 따라 기존의 음성서비스 외에 단말을 통한 이메일 송수신 및 웹브라우저, Voice over IP(VoIP) 등의 고품질 서비스 지원이 가능하게 되었다.

그러나 기존 WCDMA 기반 시스템의 부분적인 개선으로는 이러한 서비스들을 원활히 지원하는데 한계가 존재하였고, 이를 극복하기 위하여 새로운 기술을 적용한 표준의 필요성이 부각되었다. 이에 3GPP는 2004년 11월 3GPP LTE 워크샵을 개최하고 이를 바탕으로 2004년 12월 study item을 결정함으로써 진보된 이동 통신 시스템 규격의 제작을 시작하게 되었다.

LTE 규격은 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) 관련 36 시리즈 문서들에 기술되어 있다. TS36.211[1]은 물리 채널 및 변조, TS36.212[2]는 멀티플렉싱 및 채널 코딩, 그리고 TS36.213[3]은 물리계층 동작에 관한 사항을 기술하고 있다.

본고의 II장에서는 LTE 상향링크의 특성 및 주요 기술에 관하여 살펴본다. III장에서는 LTE 상향링크 다중 접속 방식 및 송수신 단 구조와 상향링크 전송 구조에 관하여 서술한다. 그리고 IV장에서는 데이터 및 제어 정보 신호 송신에 사용되는 상향링크 물리 채널 및 물리 신호에 관하여 구체적으로 설명한다. 마지막으로 V장에서는 현재 LTE 표준 진행 상황에 관하여 언급하고 결론을 맺는다.

II. LTE 상향링크 특성

LTE 상향링크의 주요 특성은 다음과 같다.

- 1) Single-carrier Frequency Division Multiple Access(SC-FDMA) 사용
- 2) Constant Amplitude Zero Autocorrelation(CAZAC) 시퀀스 사용
- 3) Multi-User MIMO(MU-MIMO) 지원
- 4) 데이터 변조 방식 QPSK/16QAM/64QAM 지원
- 5) 최대 전송률 75Mbps 지원

LTE 상향링크는 SC-FDMA를 다중 접속 방식으로 사용한다는 점에서 기존 CDMA 및 OFDMA 기반 시스템과 구별된다. SC-FDMA를 사용하는 이유는 이 방식이 OFDMA와 같은 다중 반송파 방식에 비하여 낮은 Peak to Average Ratio(PAPR) 특성을 보이므로 셀 커버리지가 향상되는 장점이 있기 때문이다. 따라서 상향링크 물리 채널들의 멀티플렉싱 역시 SC-FDMA의 장점인 단일 반송파 특성을 유지하도록 설정되었다.

또한 LTE 상향링크에서는 reference signal 및 제어 정보 채널 전송 시 각 단말들의 신호를 구분하기 위하여 Code Division Multiplex(CDM)을 수행하는 경우 CAZAC 시퀀스를 주로 사용한다. CAZAC 시퀀스는 시간/주파수 차원에서 일정한 amplitude를 유지하는 특성을 가지므로 단말의 PAPR을 낮추어 커버리지를 증가시키기에 적합하다.

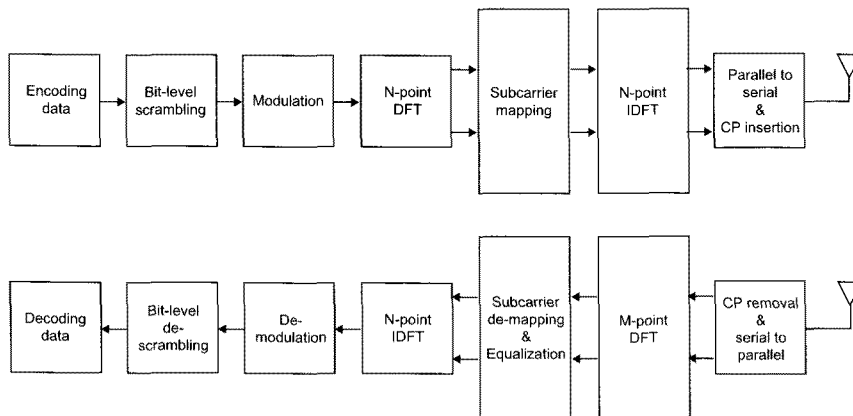
LTE 상향링크에서는 단말이 최대 두 개의 전송 안테나를 지원하며 하나의 증폭기를 이용하여 단일 안테나로 신호를

전송하므로 Single-User MIMO(SU-MIMO) 및 Space-Frequency Block Code(SFBC)와 같은 다중안테나 기법을 사용하지 않는다. 대신 상향링크 MU-MIMO를 지원함으로써 셀 용량의 향상을 도모한다. 기지국은 다수의 단말을 동일한 상향링크 시간/주파수 자원에 할당하고 공간적인 특성을 이용하여 이들을 구분해냄으로써 자원을 효율적으로 이용한다. 전송 다이버시티 방식으로는 기지국이 두 개의 단말 전송 안테나 중 하나를 선택, 상향링크 전송에 사용하는 안테나 선택적 다이버시티 기법을 사용한다.

또한 LTE에서는 상향링크 전송률 향상을 위하여 데이터 전송 시 QPSK/16QAM 외에 최대 64QAM의 변조 방식까지 사용함으로써 20MHz 시스템 대역폭에서 64QAM을 사용하는 경우 최대 데이터 전송률 75Mbps를 지원한다.

III. LTE 상향링크 전송 구조

(그림 1)은 SC-FDMA 기법을 사용하는 LTE 상향링크 송수신 단의 구조를 나타내고 있다. 특정 단말에게 N개의 부반송파에 해당하는 대역이 할당되었다고 가정할 때, 채널 코딩, 스크램블링 및 변조를 거쳐 형성된 N개의 데이터 심볼은 N 포인트 DFT를 거친다. 이 때 각 심볼 성분은 할당 받은 대역 전체에 퍼지게 된다. N 포인트 DFT 출력 신호는 전체 상향링크 시스템 대역(M 포인트 IDFT 입력) 중 할당 받은



(그림 1) LTE 상향링크 송수신 단 구조

위치에 매핑된다. 여기서 단일 반송파 특성, 즉 낮은 PAPR을 유지하기 위하여 단말의 N포인트 DFT 출력 신호는 연속적인 부반송파에 매핑시킨다. 수신 단은 송신 단의 과정을 역으로 수행하여 최종 데이터를 검출한다. N 포인트 DFT의 부반송파 간격은 15KHz이다.

(그림 2)는 LTE 상향링크 전송 구조를 나타낸 것이다. LTE의 자원 할당 최소 단위는 Resource Block(RB)이며 이는 주파수 상으로 12개의 부반송파(180KHz), 시간 상으로 한 슬롯에 해당한다. 이러한 정의는 (그림 2(a))에 표현하였다. 한 SC-FDMA 심볼 내 한 개의 부반송파는 Resource Element(RE)라고 한다.

Cyclic Prefix(CP)는 그 길이에 따라서 normal CP와 extended CP의 두 종류로 나누어 진다. 일반적으로는 normal CP를 사용하지만, 셀 반경이 넓어 상향링크 신호의 시간 지연이 큰 경우는 extended CP를 사용한다. Normal CP의 길이는 슬롯 내 첫 번째 SC-FDMA 심볼에 대해서는 약 $5.2\mu s$, 슬롯 내의 나머지 SC-FDMA 심볼에 대해서는 약 $4.7\mu s$ 이며 extended CP의 길이는 $16.7\mu s$ 이다.

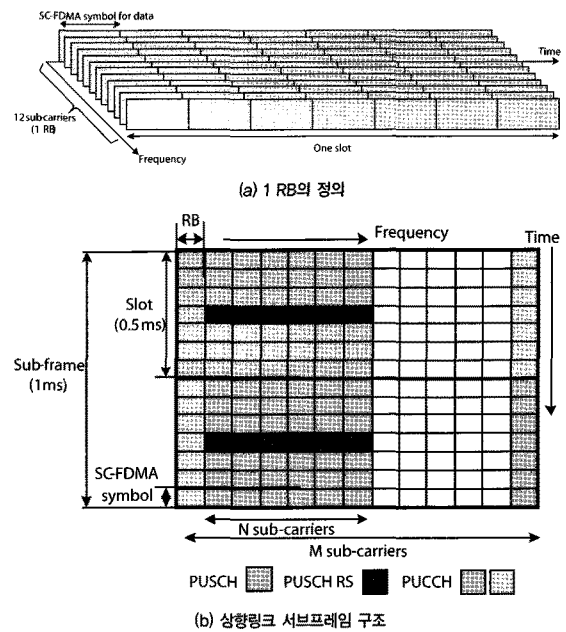
(그림 2(b))에 보인 바와 같이, normal CP 적용 시 한 슬롯은 7개의 SC-FDMA 심볼로 이루어지며, extended CP가 적용되는 경우 한 슬롯은 6개의 SC-FDMA 심볼로 구성된다. 하나의 슬롯은 0.5ms의 시간 길이를 가지며 두 개의 슬롯이 1ms 길이의 서브프레임을 구성한다. 그리고 10개의 서브프레임이 모여 10ms radio 프레임을 구성한다.

IV. LTE 상향링크 물리 채널 및 물리 신호

상향링크 물리 채널은 상위계층으로부터의 정보를 운반하는 RE의 집합으로 정의되며, 상향링크 물리 신호는 상위계층으로부터의 정보를 포함하지 않는다. 상향링크 물리 채널은 Physical Uplink Shared Channel(PUSCH), Physical Uplink Control Channel(PUCCH) 및 Physical Random Access Channel(PRACH)이 있으며, 물리 신호에는 Reference Signal(RS)이 있다.

1. PUSCH

PUSCH는 상향링크 데이터 전송에 사용되는 채널이다. (그림 2(b))의 점들로 표시된 부분은 Physical Downlink Control Channel(PDCCH)를 통하여 수신된 상향링크 grant에 의하여 한 단말이 스케줄링 받은 PUSCH대역을 의미한다. PUSCH RS는 PUSCH데이터 검출에 사용되는 채널 추정값을 획득하기 위한 파일럿 신호이다. Normal CP 적용 시 PUSCH RS는 한 슬롯 당 중앙의 SC-FDMA 심볼에 위치하며, extended CP 적용 시에는 한 슬롯 당 3번째 SC-FDMA 심볼에 위치한다.



(그림 2) LTE 상향링크 전송 구조 (Normal CP)

PUSCH전송 모드는 hopping 모드와 non-hopping 모드로 구분되며, 각 단말이 어떤 모드에 속해있는가는 기지국으로부터 수신된 상향링크 grant를 통해 지정된다.

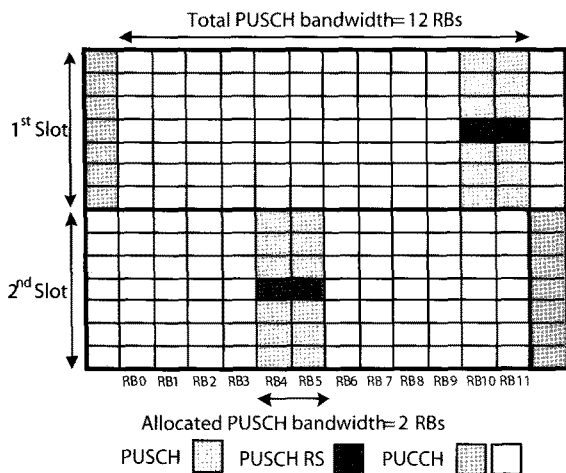
Non-hopping 모드에서는 PUSCH 대역의 위치가 변하지 않으며 기지국이 상향링크 시스템 대역폭 중에서 단말에게 가장 좋은 상태의 대역을 PUSCH 대역으로 할당해줌으로써 주파수 선택적 다이버시티를 획득할 수 있다.

Hopping 모드는 (그림 3)과 같이 단말의 PUSCH 대역의 주파수 위치를 슬롯 또는 서브프레임 단위로 변경함으로써

주파수 다이버시티를 얻기 위한 목적으로 사용된다. 또한 셀 별로 다른 hopping 패턴을 부여함으로써 셀 간 간섭을 랜덤화 하는 효과도 얻을 수 있다. 슬롯 단위 hopping 또는 서브프레임 단위 hopping의 두 가지 모드 중 어느 것을 사용할 것인가는 셀 내 단말들의 이동 속도를 고려하여 결정된다. 저속 이동 단말이 많은 셀의 경우 시간 상 채널의 변화가 낮으므로 슬롯 단위 hopping을 적용, 한 RS로부터 추정된 채널 값을 슬롯 전체에 적용할 수 있다. Hopping이 슬롯 단위로 수행되는가 서브프레임 단위로 수행되는가의 여부는 셀 내의 단말들에게 하향링크로 broadcast된다.

PUSCH hopping은 다음과 같이 두 가지 형태로 수행 가능하다.

- 1) PDCCH의 상향링크 grant에 포함된 PUSCH hopping 지정 정보를 따른다.
- 2) 사전 정의된 PUSCH hopping 패턴을 따른다.



(그림 3) PUSCH hopping 정보에 의한 동작 (Normal CP)

2. PUCCH

PUCCH는 상향링크 제어 정보 전송을 위한 채널이다. PUSCH 전송의 단일 반송파 특성 유지를 위하여 상향링크 시스템 대역의 양 끝 부분에 위치하며 PUCCH영역의 RB 수는 가변적이다. 또한 (그림 4)에서 보인 바와 같이, 한 서브프레임 내 슬롯 경계에서 대칭되는 RB로 주파수 호핑을 수행하여 주파수 다이버시티 이득을 얻는다.

상향링크 제어 정보의 전송은 단말의 PUSCH 전송 여부에

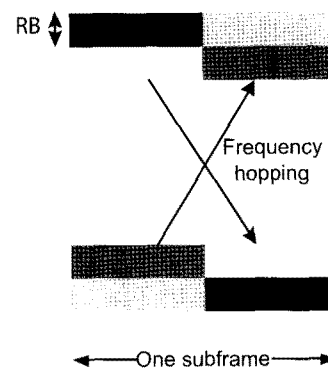
따라서 두 가지 형태를 갖는다. 단말이 전송할 PUSCH가 없는 경우, 제어 정보는 PUCCH를 통하여 송신된다. 반면 단말이 제어 정보와 PUSCH 데이터를 모두 전송하는 경우, 제어 정보는 (그림 5)와 같이 DFT 입력 단에서 데이터와 함께 멀티플렉싱 되므로 한 단말의 전송 신호가 연속적인 부반송파에 할당됨으로써 단일 반송파 특성을 유지하게 된다. 이에 대한 매핑 구조는 그림 9에서 보다 자세히 살펴보도록 한다.

단말이 PUCCH로 Scheduling Request(SR) 또는 ACK/NACK을 전송하는 경우는 (그림 6(a))와 같은 포맷을 사용한다. SR은 단말이 기지국에게 상향링크로 송신할 데이터가 있는 경우 상향링크 자원 할당을 요청하는 신호로써, On-Off Keying(OOK) 방식을 사용한다. ACK/NACK은 해당 단말에게 하향링크를 통하여 수신된 데이터 패킷에 대한 응답신호이다. 하향링크로부터 수신된 패킷 코드워드가 한 개인 경우는 1비트, 패킷 코드워드가 두 개인 경우는 2비트 ACK/NACK이 각각 BPSK와 QPSK 심볼로 변조, 전송된다.

여기서 동일한 RB에 존재하는 여러 단말의 제어 정보는 Computer Generated(CG) CAZAC 시퀀스와 Orthogonal Cover(OC) 시퀀스를 이용한 CDM 방식으로 구분된다.

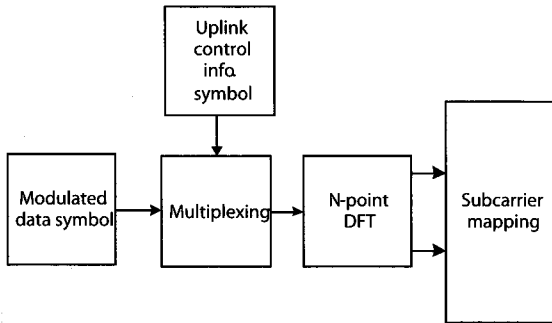
(그림 6)에서 CG CAZAC 시퀀스의 길이는 12로 1RB(12개의 부반송파)에 해당되며, 매 SC-FDMA 심볼마다 ACK/NACK 심볼이 CG CAZAC 시퀀스에 의하여 1RB 대역폭으로 스프레딩된다.

이 때 SC-FDMA 심볼 단위로 CG CAZAC 시퀀스의 Cyclic Shift(CS) 값을 hopping 시킴으로써 셀 간 간섭 감소 효과를



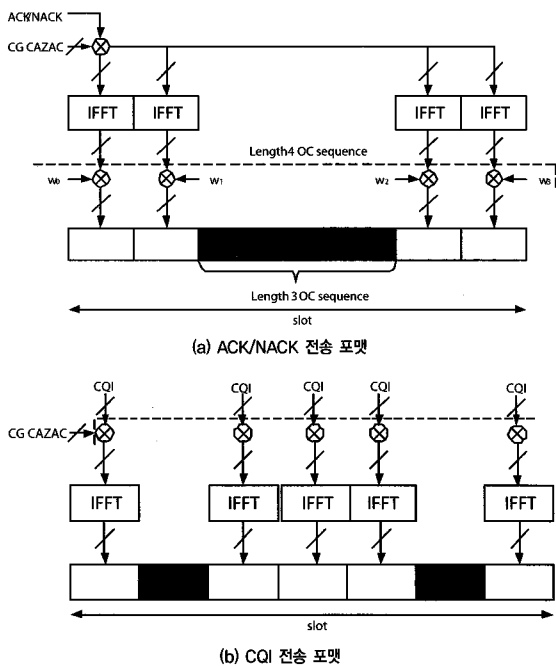
(그림 4) PUCCH RB 매핑 구조

연는다. OC 시퀀스는 ACK/NACK 부분과 RS 부분에 대하여 각각 4와 3의 길이를 가지며, SC-FDMA 심볼 단위로 OC 시퀀스의 칩(길이 4인 OC 시퀀스의 경우 4개의 칩: w_0, w_1, w_2, w_3)이 곱해진다.



(그림 5) 상향링크 제어 정보와 PUSCH 동시 전송

단말이 측정된 하향링크 Channel Quality Information (CQI) 정보는 (그림 6(b))와 같은 포맷을 이용하여 기지국으로 전송된다. CQI는 CG CAZAC 시퀀스를 이용하여 동일 RB 내의 여러 단말 신호를 구분하며, 셀 간 간섭 감소 효과



(그림 6) PUSCH 포맷 (per 1 RB)

를 얻기 위하여 심볼 단위 CG CAZAC 시퀀스 CS hopping을 수행한다.

Normal CP를 사용하고 ACK/NACK과 CQI가 동시 전송되는 경우는 슬롯 내 두 번째 RS에 ACK/NACK 심볼을 구현한다. 이 때 RS에 구현되는 ACK/NACK 심볼은 <표 1>과 같다.

Extended CP를 사용하는 경우는 슬롯 당 RS 수가 한 개이므로 위의 방법이 적합하지 않다. 따라서 이 경우는 ACK/NACK과 CQI를 joint 코딩하여 (그림 6(b))의 포맷으로 전송한다.

마지막으로, 앞에서 살펴본 PUSCH 각 포맷들의 변조 방식과 서브프레임 당 비트 수를 <표 2>에 정리하였다.

3. Demodulation RS

Demodulation(DM) RS는 PUSCH/PUCCH의 신호 복조를 위하여 필요한 채널 값을 추정하는데 사용된다. DM RS는 CAZAC 시퀀스로부터 생성되며 이 DM RS 시퀀스 길이는 DM RS가 할당되는 RB 수에 해당하는 부반송파 개수와 같다. DM RS 길이가 3 RB 이상인 경우는 CAZAC 시퀀스의 일종인 extended Zadoff-Chu(ZC) 시퀀스로부터 DM RS가 생성된다. 또한 DM RS 길이가 3 RB 보다 작은 경우는 CG-CAZAC 시퀀스를 이용하여 DM RS를 생성한다.

DM RS 생성을 위한 CAZAC 시퀀스의 base 시퀀스 그룹은 30개이며, 각 그룹 내에는 가능한 DM RS 길이 별로 한 개 또는 두 개의 base 시퀀스가 존재한다. 만일 DM RS 길이가 5 RB 이하라면, 각 그룹 당 base 시퀀스는 DM RS 길이 별로 한 개가 존재하며 DM RS 길이가 이보다 클 경우 그룹 별로 DM RS 길이 당 두 개의 base 시퀀스가 존재한다.

한 셀 내의 단말들이 DM RS 생성에 사용하는 base 시퀀스들은 이들 base 시퀀스 그룹 중 하나의 그룹 내에 존재하는 base 시퀀스들이다.

DM RS 역시 인접 셀로부터의 간섭을 완화하기 위하여 두 가지 기술을 사용한다. 첫 번째는 그룹 hopping으로써 base 시퀀스 그룹 인덱스 값이 슬롯 단위로 변화하면서 셀 간 간섭을 랜덤화 하는 효과를 얻는 방법이다.

Hopping 패턴은 17개의 랜덤 호핑 패턴을 기반으로 생성되는데, 각 패턴은 30개의 그룹 인덱스로 이루어져 있으며 각 패턴 별로 30가지의 그룹 인덱스 천이가 가능하다. 따라서 이 조합으로 504개의 패턴을 이용하여 504개의 셀 ID에

<표 1> CQI RS에 대한 ACK/NACK 매핑

PUCCH format	ACK/NACK bit	ACK/NACK symbol in the 2 nd RS
CQI + 1 bit ACK/NACK	0 (NACK)	-1
	1 (ACK)	1
CQI + 2 bit ACK/NACK	00	-1
	01	j
	10	-j
	11	1

<표 2> PUCCH 포맷

PUCCH format	Modulation scheme	Number of bits per subframe
SR	N/A	N/A
1 bit ACK/NACK	BPSK	1
2 bit ACK/NACK	QPSK	2
CQI	QPSK	20
CQI + 1 bit ACK/NACK	QPSK+BPSK	21
CQI + 2 bit ACK/NACK	QPSK+QPSK	22

대한 hopping 패턴을 표현한다.

두 번째는 시퀀스 hopping으로써 DM RS 길이가 5 RB보다 큰 경우 한 서브프레임 내에서 슬롯 단위로 base 시퀀스 그룹 내의 두 base 시퀀스 인덱스 간 hopping이 이루어진다. 만일 DM RS 길이가 5 RB 이하인 경우 base 시퀀스 그룹 내에 base 시퀀스가 한 개 존재하므로 시퀀스 hopping은 발생하지 않는다. 따라서 PUCCH는 시퀀스 hopping을 수행하지 않으며, 그룹 hopping 만 수행 가능하다.

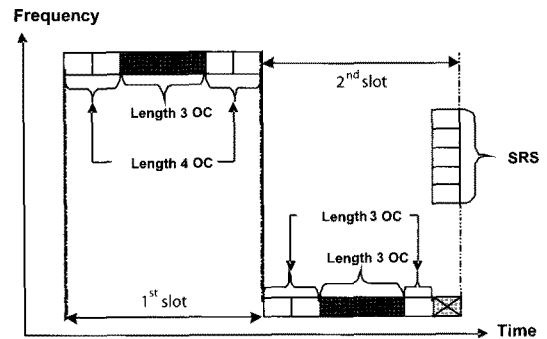
또한 MU-MIMO 적용 시 단말 별로 다른 순환 천이 값을 갖는 CAZAC 시퀀스를 DM RS에 사용함으로써 단말 간의 DM RS 직교화가 가능하다.

4. Sounding reference signal

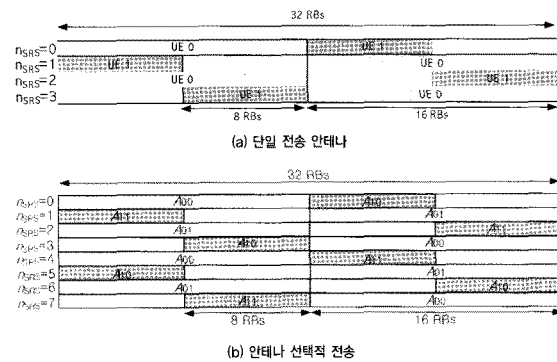
Sounding Reference Signal(SRS)은 기지국이 각 단말의 상향링크 채널 정보를 추정할 수 있도록 단말이 전송하는 RS이다. SRS 전송 주기/서브프레임/대역폭은 각 단말마다 고유하게 할당된다. 단, 한 단말에게 할당되는 SRS는 최소 4 RB의 대역폭을 갖는다. SRS는 서브프레임의 마지막 SC-FDMA 심볼로 송신된다.

만일 한 단말의 CQI 또는 SR과 SRS가 같은 서브프레임에 존재하게 되면 단일 반송파 특성을 유지하기 위하여 SRS를 전송하지 않는다. 단, ACK/NACK을 전송하는 경우는 기지국 설정에 따라 두 가지 방법 중 하나가 수행된다. 첫 번째 방법은 (그림 7)과 같이 서브프레임의 마지막 SC-FDMA 심

볼 구간의 PUCCH 심볼을 puncturing하여 SRS를 전송하는 것이고 두 번째 방법은 원래의 ACK/NACK 포맷을 유지하고 SRS 전송을 하지 않는 것이다.



(그림 7) ACK/NACK과 SRS의 동시 전송 구조



(그림 8) SRS hopping 및 SRS 전송 안테나 인덱스

SRS는 (그림 8(a))과 같이 hopping을 수행하며 전체 대역을 sounding 한다. 안테나 선택적 다이버시티가 사용되는 경우 역시 (그림 8(b))에 보인 바와 같이 각 안테나 A_{ij} (i 번째 단말의 j 번째 안테나 인덱스) 별로 전체 대역을 sounding 하도록 SRS가 전송된다.

5. PUSCH와 제어 정보의 동시 전송

(그림 9)는 제어 정보가 PUSCH와 함께 전송되는 경우 PUSCH구조의 예를 보이고 있다. 여기서 PUSCH는 Normal CP 적용 시 1RB(12개 부반송파)에 할당 되었다고 가정하였다. 따라서 DFT 입력 포인트 수는 12가 된다. PUSCH와 함께 전송되는 제어 정보는 CQI, ACK/NACK, 그리고 Rank

Indicator(RI)로 구분된다.

여기서 RI는 하향링크 다중 안테나 전송의 스트림 수를 나타내며 그 값에 따라 하향링크 프리코딩 사용 여부, 프리코딩 타입 및 CQI의 해석이 결정된다.

CQI는 PUSCH 데이터와 멀티플렉싱 되어 시간 상 우선적으로 매핑된다. 이 때, CQI 심볼의 변조는 PUSCH 데이터 변조 방식과 동일하게 이루어진다. 또한 상대적으로 정확한 검출이 요구되는 ACK/NACK과 RI는 채널 추정 값의 정확도 확보를 위해 RS 인접 SC-FDMA 심볼에 각각 전송된다. 이 때 ACK/NACK 및 RI 심볼 수는 상위로부터 시그널링되는 오프셋 값과 PUSCH의 Modulation and Coding Scheme(MCS)에 따라서 변할 수 있다.

또한 RI는 전송되는데 ACK/NACK이 전송되지 않는 경우에는 위 그림에서 ACK/NACK이 전송되는 SC-FDMA 심볼 위치에 RI가 매핑된다. ACK/NACK은 데이터 심볼을 puncturing하여 전송되고 RI는 데이터 심볼과 멀티플렉싱 후 매핑된다.

6. PRACH

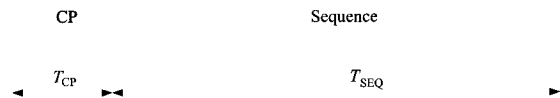
PRACH는 단말이 기지국에 접속하는 Random Access(RA) 과정에서 단말이 기지국으로 전송하는 프리엠블이다. RA 프리엠블의 구조는 (그림 10)에 도시하였다. RA 프리엠블은 주파수 상으로 6 RB를 차지하며 부반송파 간격은 1.25KHz이다. 프리엠블의 시퀀스 부분은 길이 839의 ZC 시퀀스로 구성된다. RA 프리엠블은 셀 환경에 따라서 여러 가지 포맷을 갖는다. 이를 <표 3>에 정리하였다.

<표 3>에서 $T_s=1/(15000 \times 2048)$ sec로 정의되는데, 이는

20MHz 시스템 대역폭을 기준으로 한 샘플링 시간 간격이다. 프리엠블 포맷 0은 일반적인 CP 길이와 시퀀스 길이를 갖는다. 포맷 1은 넓은 반경의 셀 환경과 같이 시간 지연이 긴 경우에 적합하도록 CP길이를 확장한 포맷이다. 포맷 2와 3은 SINR이 낮은 상황을 고려하여 RA 프리엠블의 시퀀스를 반복(repetition)함으로써 RA 수신 성능의 향상을 도모하기 위한 포맷이다.

마지막으로 포맷 4는 Time Division Duplex(TDD) 모드에 적용되는 포맷이다.

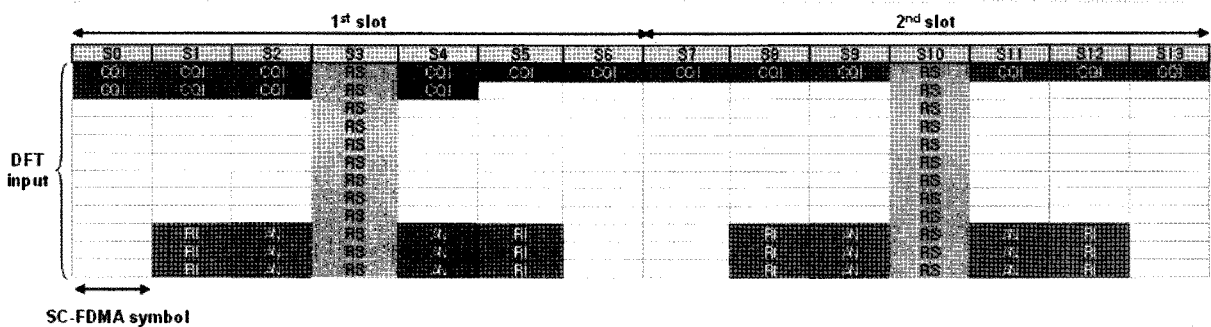
또한 한 radio 프레임 내에서 프리엠블 전송 가능 서브프레임들이 설정되어 있는데 이들 설정은 총 16가지가 존재한다. 실제로 프리엠블 전송 가능 서브프레임과 <표 3>에 보인 전송 포맷은 6비트(프리엠블 포맷 2비트, 프리엠블 전송 서브프레임 설정 4비트)를 이용하여 셀 내 단말들에게 broadcast된다.



(그림 10) RA 프리엠블 구조

<표 3> RA 파라미터

Preamble format	T_{CP}	T_{SEQ}
0	$3168T_s$	$24576T_s$
1	$21024T_s$	$24576T_s$
2	$6240T_s$	$2 \cdot 24576T_s$
3	$21024T_s$	$2 \cdot 24576T_s$
4 (TDD only)	$448T_s$	$4096T_s$



(그림 9) PUSCH와 제어 정보가 동시 전송되는 경우의 구조 (1 RB 가정)

V. 결 론

본고에서는 3GPP LTE 상향링크 물리계층의 표준 기술에 관하여 살펴보았다. LTE 상향링크는 커버리지 향상을 위하여 SC-FDMA를 다중 접속 방식으로 채택하였으며, MU-MIMO를 지원할 수 있다. 또한 최대 64QAM의 데이터 변조 방식 지원이 가능하며 그에 따른 상향링크 최대 전송율은 75Mbps에 달한다. 상향링크 물리 채널들은 단일 반송파 특성을 훼손하지 않도록 그 구조와 멀티플렉싱 방법이 결정되었다.

현재 LTE의 진보된 버전인 LTE-Advanced(LTE-A) 표준 작업이 시작되었으며 study item 단계 논의가 진행 중이다. 2011년경 규격화가 완료될 것으로 예상되는 LTE-A 시스템은 추후 IMT-Advanced의 유력한 후보 기술이 될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TS36.211, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and Modulation".
- [2] 3GPP TS36.212, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and Channel coding".
- [3] 3GPP TS36.213, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures".

약 력



1999년 연세대학교 학사
 2001년 연세대학교 석사
 2006년 연세대학교 박사
 2006년 삼성전자 입사
 현재 삼성전자 표준연구 Lab.
 관심분야: 3GPP LTE/LTE-A 시스템 물리계층 표준

노 상 민



1993년 포항공과대학교 학사
 1995년 포항공과대학교 석사
 2003년 포항공과대학교 박사
 2003년 삼성전자 입사
 현재 삼성전자 표준연구 Lab.
 관심분야: 무선통신, 3GPP LTE/LTE-A 물리계층 표준

조 준 영



1993년 한국과학기술원 학사
 1995년 한국과학기술원 석사
 2000년 한국과학기술원 박사
 1995년 삼성전자 입사
 현재 삼성전자 표준연구 Lab.
 관심분야: 무선 이동통신 시스템 설계, 3GPP 무선 규격

이 주 호

