

LTE-Advanced 표준 기술 동향

고영조 · 이경석 ·

서방원 · 노태균

한국전자통신연구원

요 약 문

현재 3GPP는 IMT-Advanced 후보 기술인 LTE-Advanced에 대한 표준화 작업이 한창이다. 본 고에서는 LTE-Advanced의 핵심 요소 기술인 캐리어 집성, 하향 링크 MIMO의 확장, 상향 링크 MIMO, 다중 점 협력 통신, 무선 중계기 등을 소개하고, 각 요소 기술 별 3GPP 표준 기술 동향을 살펴본다.

I. 개 요

3GPP는 3세대 이동통신인 IMT-2000 표준 기술 중의 하나인 WCDMA의 표준화 이후 HSPA와 LTE(Long Term Evolution) 등을 통해 지속적으로 3세대 이동통신 시스템을 개량해 왔다. 3GPP는 4세대 이동통신인 IMT-Advanced 표준 승인을 위한 3GPP 후보 기술을 LTE-Advanced라고 명명하고, 2008년 3월에 LTE-Advanced Study Item을 생성하여 참여 회원사들로 하여

금 LTE-Advanced를 위한 후보 요소 기술들을 제안하도록 하였고, 상호 타당성 검토를 통해 LTE-Advanced에 사용될 기술에 대한 합의 도출을 위해 노력해왔다. 현재는 2010년 10월 ITU-R 최종 제안서 제출을 앞두고 LTE-Advanced 표준화 작업이 본격화되고 있다.

LTE-Advanced는 LTE 시스템을 근간으로 하여 ITU-R에서 제시한 IMT-Advanced 요구사항은 물론 3GPP 자체적으로 규정한 LTE-Advanced 요구사항을 만족시키도록 만들어지고 있다^{[1],[2]}. 이를 위해 LTE-Advanced는 기존 LTE 기술을 개량하여 사용하거나 새로운 기술들을 추가하는 동시에 LTE 시스템과의 하위 버전 호환성(backward compatibility)을 유지하여야 한다. ITU 측의 요구사항과 3GPP의 LTE-Advanced 요구사항을 간략히 살펴보면 <표 1>과 같다. 전반적으로 3GPP의 요구사항은 ITU 요구사항을 초과 만족한다. 3GPP의 요구사항에 따라 IMT-Advanced는 전송 대역은 최대 100 MHz까지 지원하도록 하고 있고, 최대 주파수 효율 하향 링크 30 bps/Hz와 상향 링크 15 bps/Hz를 만

<표 1> 3GPP와 ITU의 주요 요구사항 비교

	ITU	3GPP
Peak data rates	1 Gbps	1 Gbps in DL, 500 Mbps in UL
Bandwidth	40 MHz (scalable BW)	Up to 100 MHz
Control-plane latency	100 ms	Active ↔ Active dormant (<10 ms) Camped ↔ Active (<50 ms)
User plane latency	10 ms	Reduced compared to LTE
Peak spectrum efficiency	15 bps/Hz in DL, 6.75 bps/Hz in UL	30 bps/Hz in DL, 15 bps/Hz in UL
VoIP capacity	Up to 200 UEs per 5 MHz	Improved compared to LTE

족하기 위해서 하향 링크 8x8, 상향 링크 4x4의 안테나 구성을 지원해야 한다. <표 2>와 <표 3>에는 총 5개의 성능 평가 시나리오에 대한 셀 내 평균 주파수 효율과 셀 경계 사용자 주파수 효율에 대한 성능 목표를 보여준다. LTE-Advanced는 <표 2>와 <표 3>의 5가지 성능 평가 시나리오에 대해 목표치를 만족하도록 요구되는 반면 ITU는 제안 기술이 IMT-Advanced 기술로 인정받기 위해 <표 2>와 <표 3>의 3GPP Case 1을 제외한 4가지 성능 평가 시나리오 중에서 적어도 3개의 환경에서 성능 요구 사항을 만족하도록 정하고 있다.

3GPP의 요구사항을 만족하기 위해 LTE-Advanced에 새로 도입되는 주요 요소 기술을 아래와 같이 크게 분류할 수 있다³⁾.

- 캐리어 집성(Carrier aggregation)
- 하향 링크 및 상향 링크의 MIMO
- 다중 점 협력 통신(ComMP)
- 무선 중계기(Relay)

이하 본 고에서는 위의 요소기술들에 대해 설명하고 3GPP 표준화 동향을 기술한다.

II. 캐리어 집성(Carrier Aggregation)

캐리어 집성(carrier aggregation)은 통신에 사용하는 대역폭을 확장하여 전송 성능과 자원 이용률을 향상하기 위한 기술이다. LTE 규격에서 지원하는 시스템 대역폭은 최대 20 MHz이지만 캐리어 집성 기술을 사용한 LTE-Advanced 규격의 최대 대역폭은 100 MHz이다. 이에 따라, 최대 데이터 전송 성능은 하향 링크 1 Gbps, 상향 링크 500 Mbps를 제공할 수 있다.

LTE-Advanced 시스템에서 채택한 캐리어 집성 기술의 특징은 LTE 규격과의 호환성을 최대한 유지하는 구조이다. 이를 위하여, LTE 규격에서 사용하는 최대 20 MHz 크기의 캐리어 구조를 컴포넌트 캐리어(CC: Component Carrier)로 정의하여 캐리어 집성의 기본 단위로 사용한다. 따라서, LTE 단말기는 규격의

<표 2> 셀 평균 주파수 효율 목표치

Radio env. Ant. Config		3GPP case 1 [bps/Hz/cell]	Micro	Indoor	Base coverage urban	Rural/high speed
UL	1x2	1.2				
	2x4	2.0	1.8	2.25	1.4	0.7
DL	2x2	2.4				
	4x2	2.6	2.6	3	2.2	1.1
	4x4	3.7				

<표 3> 셀 경계 사용자 평균 주파수 효율 목표치

Radio env. Ant. Config		3GPP case 1 [bps/Hz/user]	Micro	Indoor	Base coverage urban	Rural/high speed
UL	1x2	0.04				
	2x4	0.07	0.05	0.07	0.03	0.015
DL	2x2	0.07				
	4x2	0.09	0.075	0.1	0.06	0.04
	4x4	0.12				

변경 없이 하나의 컴포넌트 캐리어를 사용하여 통신할 수 있으며, LTE-Advanced 단말기는 구성 능력(capability)에 따라 최대 5개의 컴포넌트 캐리어를 결합하여 통신할 수 있다. 또한, 하향 링크와 상향 링크의 컴포넌트 캐리어 개수는 가변적으로 지정할 수 있다. 예를 들어, 비대칭적인 통신 서비스를 제공하기 위하여 하향 링크보다 상향 링크의 컴포넌트 캐리어 개수를 작게 구성하여 기지국을 구축할 수 있다. 하향 링크와 상향 링크의 매핑 정보는 시스템 정보에 표시하여 각 컴포넌트 캐리어의 방송 채널로 방송한다.

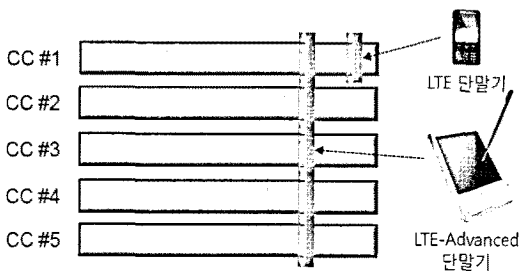
컴포넌트 캐리어의 결합 형태는 주파수 축으로 연속적인 구조로 결합하거나, 비연속적인 구조로 결합할 수 있다. 연속적인 구조의 컴포넌트 캐리어 집성을 사용할 경우에 캐리어의 중심 주파수 간격은 300 kHz 단위로 구성되어야 한다. 이것은 LTE 규격이 100 kHz 단위의 중심 주파수 간격을 사용하고, 15 kHz 단위의 서브 캐리어 간격을 사용하는 주파수 특성을 유지하기 위한 것이다. 비연속적인 구조의 캐리어 집성은 독립적으로 나뉘어진 작은 캐리어들을 결합하여 통신에 사용함으로써 주파수 사용 효율을 높이기 위한 기술이며, LTE-Advanced 시스템에서 사용할 통신 대역폭이 국가 및 지역에 따라 다양한 크기의 스펙트럼 밴드로 나뉘어진 환경에 유용하다.

컴포넌트 캐리어의 채널 구조는 LTE 규격을 최대한 따르도록 정의하였기 때문에 모든 물리 채널은 컴포넌트 캐리어 단위로 동작한다. 이에 따라, 하향 링크

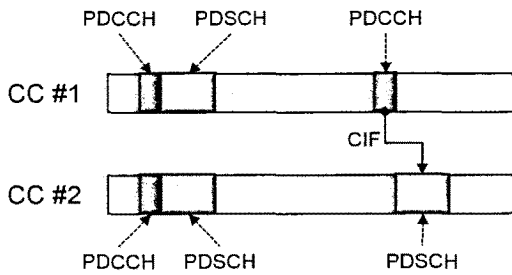
물리 제어 채널(PCFICH: Physical Control Format Indicator CHannel, PDCCH: Physical Downlink Control CHannel, PHICH: Physical Hybrid ARQ Indicator CHannel)과 데이터 채널(PDSCH: Physical Downlink Shared CHannel)은 컴포넌트 캐리어 단위로 구분되어 기지국에서 변조 및 송신하며, 단말기는 컴포넌트 캐리어 단위로 신호를 수신하여 각 채널을 복조할 수 있다. 또한, 상향 링크 물리 제어 채널(PUCCH: Physical Uplink Control CHannel)과 데이터 채널(PUSCH: Physical Uplink Shared CHannel)도 컴포넌트 캐리어 단위로 구분하여 송수신한다.

LTE-Advanced 단말기는 대기(idle) 상태에서 LTE 규격과 동일한 신호 처리 절차를 사용하여 기지국에 초기 접속한다. 이러한 환경을 제공하기 위하여, 방송 채널(PBCH: Physical Broadcast CHannel)과 임의 접속 채널(PRACH: Physical Random Access CHannel)을 컴포넌트 캐리어 별로 독립적으로 운용한다. 따라서, LTE-Advanced 단말기는 연결 대기(RRC Idle) 상태에서 셀 선택(cell selection) 절차에 따라 하나의 컴포넌트 캐리어로 방송되는 동기 신호와 방송 채널을 수신하고, 시스템 정보에 표시된 매핑 정보에 따라 임의 접속 절차를 수행한다. 이와 별도로, LTE 규격과 호환성을 유지하지 않는 컴포넌트 캐리어에 대한 표준화 논의가 이루어지고 있으며, 데이터 전송 성능 및 자원 이용률을 극대화하기 위한 방향으로 진행 중이다.

기지국과 통신 환경이 설정(RRC Connected)된 상태에서 단말기는 복수 개의 컴포넌트 캐리어를 사용하여 제어 채널과 데이터 채널을 송수신할 수 있다. 캐리어 집성을 사용하여 광대역 데이터 전송을 효율적으로 지원하도록 크로스 캐리어(cross-carrier) 스케줄링을 사용한다. 일반적인 하향 링크 스케줄링에서 하나의 컴포넌트 캐리어로 송신되는 데이터 채널(PDSCH)의 복조 정보는 동일한 컴포넌트 캐리어의 제어 채널(PDCCH)에 표시하여 송신한다. 그러나, 크로스 캐리어 스케줄링은 제어 채널(PDCCH)의 캐리어 식별



[그림 1] 캐리어 집성 구조



[그림 2] 크로스 캐리어 스케줄링

표시(CIF: Carrier Indicator Flag)를 사용하여 데이터 채널(PDSCH, PUSCH)의 컴포넌트 캐리어 위치를 표시함으로써 다른 컴포넌트 캐리어로 데이터 채널을 전송할 수 있다. 또한, 캐리어 식별 표시를 사용하지 않고 LTE 규격에 따라 각 컴포넌트 캐리어 단위로 독립적인 제어 채널과 데이터 채널을 송신할 수 있다.

단말기가 연결 설정(RRC Connected)된 상태이지만 기지국과 통신할 데이터가 작거나 기지국 명령을 기다릴 때에는 전력 소모를 줄이도록 불필요한 컴포넌트 캐리어의 사용을 최소화하는 것이 필요하다. 이러한 기능을 위하여, LTE-Advanced 규격은 PCC (Primary Component Carrier) 개념을 사용한다. PCC는 기지국에서 단말기 별로 지정한 기본 컴포넌트 캐리어를 의미하며 주요 제어 정보 전송에 사용한다. 또한, 다른 컴포넌트 캐리어의 사용 여부와 관계 없이 단말기가 항상 사용할 수 있다. 데이터 전송률이 낮은 상태에서 단말기는 PCC로 송수신되는 채널만을 사용하여 통신하고, 부 컴포넌트 캐리어(SCC: Secondary Component Carrier)는 광대역 통신이 필요한 경우에 가변적으로 추가 및 활성화하여 통신에 이용한다. 이와 함께, LTE-Advanced 단말기의 전력 소모를 줄이기 위하여 사용하는 DRX(Discontinuous Reception) 절차는 활성화된 모든 컴포넌트 캐리어가 동일한 제어 절차를 따르도록 정의하였다.

LTE-Advanced 규격의 상위 계층 구조는 캐리어 집성과 관계없이 LTE 규격과 동일하다. 구체적으로

설명하면, 데이터 전송과 관련된 PDCP(Packet Data Convergence Protocol), RLC(Radio Link Control), 그리고 MAC(Medium Access Control) 계층의 사용자 평면(user plane) 프로토콜 스택 및 프로토콜 제어 절차는 LTE 규격 정의를 따른다. 캐리어 집성을 지원하기 위해 변경된 규격은 MAC 계층의 HARQ 및 운송 블록 제어 기능이 복수 개의 컴포넌트 캐리어로 매핑되는 부분이다. 이에 따라, LTE-Advanced 시스템은 MAC 계층에서 스케줄링을 완료하면 물리 계층으로 운송 블록을 할당할 때 컴포넌트 캐리어 단위로 할당한다. 하나의 운송 블록은 서브프레임 당 최대 110 개의 자원 블록(RB: Resource Block)으로 매핑되며, 복수 개의 컴포넌트 캐리어에 걸쳐서 할당될 수 없다. 또한, 하나의 컴포넌트 캐리어에 할당된 운송 블록의 HARQ는 동일 컴포넌트 캐리어에서 동작한다. 이것은 하나의 컴포넌트 캐리어로 송신한 운송 블록의 HARQ 재전송은 다른 컴포넌트 캐리어로 전환할 수 없음을 의미한다.

Ⅲ. 하향 링크/상향 링크 MIMO

Rel-8 LTE 표준에서는 하향 링크에서 최대 4개의 송신 안테나를 갖는 공간 부호화 MIMO 기법을 지원하였으며, 상향 링크에서 공간 부호화 MIMO 기법을 사용하지 않고 단일 송신 안테나 전송 기법만을 지원하였다. LTE-Advanced 시스템에서는 하향 링크에서 최대 8개의 송신 안테나를 갖는 공간 부호화 MIMO 기법을 도입하기로 하였으며, 상향 링크에서도 최대 4개의 송신 안테나를 갖는 공간 부호화 MIMO 기법을 도입하기로 하였다. 이에 따라 하향 링크에서는 최대 8개의 송신 안테나를 지원하기 위한 추가적인 표준화 작업이 진행 중이며, 상향 링크에서는 최대 4개의 송신 안테나를 지원하기 위한 추가적인 표준화 작업이 진행 중이다. 또한, Rel-8 LTE 표준에서는 하향 링크 다중 사용자 MIMO 기법이 정

의는 되어 있지만 이를 제대로 지원하기 위한 구체적인 표준들이 정해지지 않아서 하향 링크 다중 사용자 MIMO 기법을 통한 성능 향상에 많은 한계가 있었다. LTE-Advanced 시스템에서는 셀 평균 수율(throughput) 및 셀 경계 사용자 수율을 높이기 위하여 다중 사용자 MIMO가 중요한 역할을 할 것으로 예상되며, 이를 위해서 다중 사용자 MIMO를 제대로 지원하기 위한 추가적인 표준화 작업이 진행되고 있다. 이 절에서는 LTE-Advanced 시스템에 도입된 향상된 MIMO 기법에 대해서 하향 링크와 상향 링크로 나누어서 기술한다.

3-1 하향 링크 MIMO와 관련된 논의

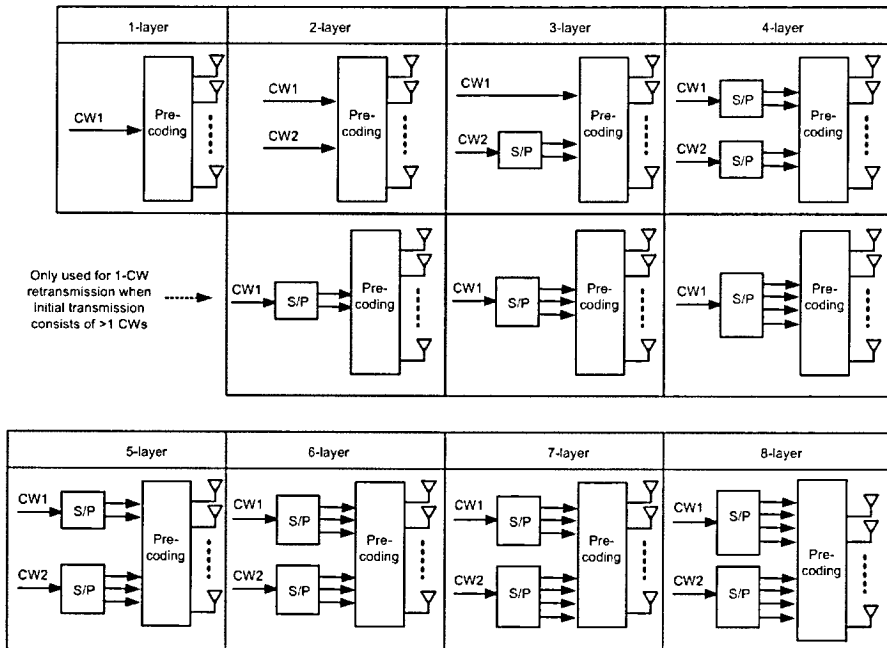
LTE-Advanced 시스템에서는 최대 8개의 레이어에 대해서 공간 다중화를 지원하게 된다. 하향 링크 컴포넌트 캐리어 당 최대 2개까지 운송 블록(transport block)을 전송할 수 있으며, 각각의 운송 블록에 대해서 독립적인

모듈레이션과 코딩 기법을 적용할 수 있다. 그리고 각각의 운송 블록에 대해서 1 비트 HARQ-ACK 정보를 사용하여 피드백하게 된다.

한 개의 운송 블록은 한 개의 코드워드에 해당한다. 각각의 코드워드를 서로 다른 레이어로 매핑하는 방법은 기존의 Rel-8 LTE 표준에서 정의되어 있는 방법을 단순 확장해서 적용하기로 하였으며, 구체적인 방법은 [그림 3]에 주어진 것과 같으며, 코드워드들을 서로 다른 레이어로 가능한 균일하게 분포시킨 형태이다⁶⁾.

공간 다중화를 지원하기 위한 방법으로는 코드북 기반의 프리코딩을 적용하는 것을 기본 방식으로하기로 하였으며, 송신 안테나가 8개인 경우에 대한 프리코딩 행렬 설계 방법 및 코드북 개수에 대해서는 현재 논의 중에 있다.

전송 다이버시티 방식에 대해서는, 송신 안테나의 개수가 8개인 경우에는 LTE-Advanced 시스템을 위



[그림 3] LTE-Advanced 시스템의 하향 링크에서 코드워드를 레이어로 매핑하는 방법

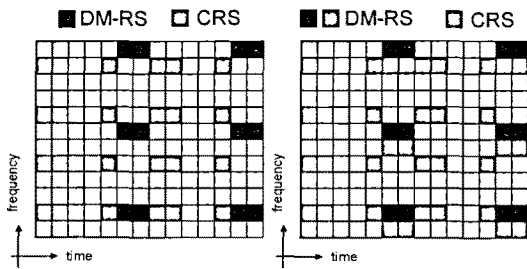
한 새로운 송신 다이버시티 기법을 정의하지 않기로 하였으며, 기존의 Rel-8 LTE 표준에 정의되어 있는 송신 다이버시티 방식을 재사용하기로 하였다. 그리고, 안테나 가상화(virtualization) 방식을 통해 8개의 전송 안테나 상에 존재하는 모든 전송 증폭기를 활용하는 방식을 사용하기로 하였으며, 이러한 안테나 가상화 방식은 구체적인 방법을 표준에 정의할 필요가 없는 장점이 있다.

하향 링크 다중 사용자 MIMO에 대한 논의는 다음과 같다. 단일 사용자 MIMO 방식에서는 모든 레이어에 대한 심볼들을 한 명의 사용자에게 스케줄링해 주지만, 다중 사용자 MIMO 방식은 각각의 레이어 별로 가장 좋은 성능을 보이는 사용자에게 할당할 수 있도록 함으로써 보다 높은 최대 스펙트럼 효율과 평균 셀 수율을 얻는 방식이다. 다중 사용자 MIMO 방식을 제대로 적용하기 위해서는 단말기가 레이어 간 간섭 상황을 고려한 채널 품질 정보(CQI: Channel Quality Indicator) 값을 기지국으로 전송해야 된다. 그러나, Rel-8 LTE 시스템에서는 단일 사용자 MIMO의 랭크 1 피드백과 동일한 방식으로 레이어 간 간섭 상황을 고려하지 않고 CQI와 프리코딩 행렬 정보(Precoding Matrix Indicator: PMI)를 생성하여 기지국으로 전송하고, 기지국은 이러한 정보를 이용하여 다중 사용자 MIMO를 적용하기 때문에 많은 성능 향상을 얻기가 어려웠다. 그리고, PDCCH에 전송 전력 공유에 대한 정보를 제공해 줌으로써, 랭크 1 단일 사용자 MIMO 방식인지 다중 사용자 MIMO 방식인지 단말기에게 알려주게 된다.

LTE-Advanced 시스템에서는 다중 사용자 MIMO를 더 잘 적용할 수 있도록 하기 위한 논의가 진행 중이며, 그 중에 한 가지 이슈는 다중 사용자 MIMO를 투명한 방식(transparent)으로 할 것인지 불투명한 방식으로 할 것인지에 대한 것이다. 불투명한 방식에서는 기지국이 단말기에게 다중 사용자 MIMO를 적용할 것이라는 정보를 알려줌으로써 단말기가 레이

어간 간섭을 고려하여 채널 상태 정보를 피드백하도록 유도하는 방법이고, 투명한 방식에서는 기지국이 단말기에게 이러한 정보를 제공하지 않는 방법이다. 투명한 방식의 다중 사용자 MIMO 방식을 선호하는 회사들은 단일 사용자 MIMO 방식과 다중 사용자 MIMO 방식에 같이 적용할 수 있는 통합된 하나의 채널 피드백 방식을 고려하고 있으며, 이를 통해 특별한 시그널링 없이도 기지국이 다중 사용자 MIMO를 적용 가능하도록 하는 것이다. 다중 사용자 MIMO와 관련하여 현재까지 합의된 사항은 최대 4명까지만 동시에 스케줄링하기로 하였으며, 각각의 사용자 당 최대 2개의 레이어까지만 지원하기로 하였으며, 또한 다중 사용자 MIMO 적용시 최대 레이어의 개수는 4개로 한정하기로 하였다. 그리고, 다중 사용자 MIMO 적용을 위한 DM-RS 패턴에 대해서는 두 가지 대안을 가지고 논의 중에 있다. 첫 번째 방법은 1개의 스크램블링 시퀀스와 4개의 직교 DM-RS를 사용하는 방법이며, 또 다른 방법은 Rel-9에서 사용하던 것처럼 2개의 스크램블링 시퀀스와 2개의 직교 DM-RS를 사용하는 방법이다⁷⁾.

LTE-Advanced 시스템을 위한 하향 링크 기준 신호는 PDSCH 디모듈레이션을 위한 기준 신호와 CQI/PMI/RI 정보를 기지국으로 보고하기 위한 채널 상태 정보 추정용 기준 신호(CSI-RS)로 구성되어 있다. 디모듈레이션용 기준 신호의 특징은 사용자 고유의(UE-specific) 특성을 가지며, PDSCH에 적용된 것과 동일한 프리코딩을 적용하게 되며, 기지국에 의해 스케줄링된 자원 블록과 레이어에만 존재하게 된다. 디모듈레이션용 기준 신호에 대한 기본적인 설계 방법은 Rel-8에서 빔포밍을 위해서 사용되었던 사용자 고유의(UE-specific) 기준 신호 설계 방법을 확장시킨 방법이다. [그림 4]는 보통의 CP(Cyclic Prefix) 길이를 갖는 부프레임들에 대해서 랭크가 1~4인 경우에 대한 DM-RS 구조를 보여준다⁸⁾. 랭크가 1 또는 2인 경우에는 LTE Rel-9에서 사용된 것과 동일한 DM-RS



(a) 랭크가 1 또는 2인 경우 (b) 랭크가 3~8인 경우
[그림 4] 하향 링크 DM-RS 패턴

구조를 갖는다. 랭크가 2인 경우에는 첫 번째 레이어에 대한 DM-RS와 두 번째 레이어에 대한 DM-RS에 대해서, 시간 영역에서 이웃한 2개의 자원에 길이가 2인 직교 커버 코드를 적용함으로써 부호 분할 다중화 방식으로 다중화된다. 랭크가 3 또는 4인 경우에는 전체 레이어들을 2개의 그룹으로 나누고, 2개의 그룹 간에는 주파수 분할 다중화 방식으로 분리하고, 각 그룹 내에서는 랭크 2의 경우와 마찬가지로 길이가 2인 직교 커버 코드를 이용하여 구분하게 된다. 랭크가 5 이상인 경우에는 길이가 4인 직교 커버 코드를 이용하여 구분하게 된다. 이 분야에서 남아 있는 문제는 각각의 레이어들을 안테나 포트에 매핑하는 방법, 길이가 4인 직교 커버 코드를 설계하는 방법, 직교 커버 코드를 안테나 포트에 할당하는 방법, 랭크에 따라서 DM-RS 전력 할당 방법 등이며, 이러한 문제들에 대해서 현재 논의 중에 있다.

채널 상태 정보 추정용 기준 신호(CSI-RS)는 셀 고유(cell-specific) 특성을 가지며, 시간 및 주파수 영역에서의 주기는 Rel-8 LTE의 CRS(Cell-specific Reference Signal)의 주기보다 훨씬 긴 주기로 존재하도록 하는 것으로 합의가 되었으며, CSI-RS의 밀도는 포트가 2, 4, 8인 경우에 물리 자원 블록당 한 개의 포트당 한 개의 자원 원소(resource element)를 사용하는 것으로 결정되었다. CSI-RS를 설계하는 방법은 전력을 최대로 사용하는 방식으로 설계하도록 하였으며,

CSI-RS 포트 0번의 시간, 주파수 위치는 상위 계층 신호에 의해서 알려주거나 시스템 파라미터로부터 추정할 수 있도록 하기로 하였으며, 다른 포트들에 대한 시간, 주파수 위치는 포트 0에 대한 시간, 주파수 위치로부터 추정하도록 하기로 하였다. 또한, CSI-RS는 추후에 도입될 수 있는 CoMP 기법을 고려해서 설계하기로 하였다.

3-2 상향 링크 MIMO와 관련 이슈

Rel-8 E-UTRA 시스템에서 단말기는 두 개의 수신 안테나를 지원하는 것이 필수적인 요구사항이었지만, 단말기가 복수 개의 송신 안테나를 동시에 사용하는 MIMO 방식은 도입되지 않았다. 그러나, LTE-Advanced 시스템에서는 최대 4개까지의 송신 안테나를 사용하는 MIMO 방식을 도입하기로 하였으며, 이를 지원하기 위해서 많은 부분들에 대한 논의가 진행되었다.

먼저 상향 링크의 공간 다중화 방식과 관련된 논의는 다음과 같다. 최대 4개의 레이어에 대해서 공간 다중화가 가능하며, 단일 사용자 공간 다중화의 경우 한 개의 컴포넌트 캐리어 당 최대 2개의 운송 블록(transport block)을 전송할 수 있으며, 각각의 운송 블록은 서로 다른 MCS를 사용할 수 있다. 총 레이어의 개수에 따라서 각각의 운송 블록을 구성하는 심볼들은 한 개 또는 2개의 레이어로 나누어지며, 구체적인 방법은 Rel-8 LTE 하향 링크 공간 다중화에서 사용했던 방법과 동일하다. 그리고, 전송 랭크는 동적으로 적응이 가능하도록 되어 있다^[3].

공간 다중화 방식의 경우, 레이어 천이와 HARQ-ACK 묶음을 적용한 방식과 레이어 천이와 HARQ-ACK 묶음을 모두 적용하지 않는 방식이 경쟁 중에 있으며, 이 중에서 한 가지 방법으로 결정하기로 하였다. 레이어 천이 방식의 경우, 레이어 천이는 시간 영역에서 수행되게 되며, HARQ-ACK 묶음의 경우, 모든 운송 블록에 대한 HARQ-ACK들이 한 개의 HARQ-

ACK로 묶이게 되며, 모든 운송 블록들이 기지국에 의해서 성공적으로 디코딩된 경우에만 ACK 값을 전송하게 된다.

프리코딩에 대한 논의는 하향 링크와 마찬가지로 코드북에 기반한 프리코딩을 지원하는 것으로 합의가 되었다. 한 개의 컴포넌트 캐리어 당 한 개의 프리코딩 행렬을 적용하는 주파수 비선택적 프리코딩 방식과 복수의 프리코딩 행렬을 적용하는 주파수 선택적 프리코딩 방식 간에 서로 경쟁하였으며, 최종적으로 주파수 비선택적 프리코딩 방식으로 결정되었다. 구체적인 코드북 설계 방법의 경우, 하향 링크 코드북에서는 랭크 오버라이드(rank override)를 고려하여 nested 형태로 코드북을 설계하였지만, 상향 링크 코드북에서는 랭크 오버라이드를 고려할 필요가 없기 때문에 nested 형태를 만족할 필요가 없는 특징이 있다. 2개의 송신 안테나를 사용하는 공간 다중화 방식에서 사용할 코드북은 랭크 1의 경우 4개의 DFT 행렬과 2개의 안테나 선택(antenna selection) 행렬 등 총 6개의 코드북을 사용하기로 하였으며, 랭크 2의 경우 단위 행렬(identity matrix)로 구성된 한 개의 코드북을 사용하기로 하였다. 4개의 송신 안테나를 사용하는 공간 다중화 방식에서 사용할 코드북에 대해서는, 각각의 랭크별 코드북의 개수와 코드북이 갖추어야 되는 특징에 대해서는 오랜 시간 동안 많은 논의가 있었다. 최종적으로 6 비트 프리코딩 코드북을 사용하기로 하였으며, 코드북을 구성하는 원소들은 BPSK나 QPSK 알파벳만을 사용하여 구성하도록 하였다. 구체적으로, 랭크 1, 2, 3, 4에 대해서 각각 24개, 16개, 12개, 1개의 코드북을 갖는 프리코딩 행렬을 설계하였다. 특히, 랭크 3 코드북의 경우, CM(Cubic Metric) 보존 방식의 코드북을 사용할 것인지, CM을 증가시키더라도 성능을 증가시키는 코드북을 사용하는 것인지에 대해서 많은 논의가 있었으며, 결국 CM 보존 방식의 코드북을 사용하기로 합의가 되었다¹⁷⁾.

송신 다이버시티 기법과 관련하여, 복수 개의 송

신 안테나를 사용하는 PUSCH(Physical Uplink Shared Channel)를 위해서는 송신 다이버시티 기법을 도입할 것인지에 대한 논의가 진행 중이다. 송신 다이버시티 기법을 도입하는 것에 찬성하는 회사들은 후보 기술로서 FSTD(Frequency Switching Transmit Diversity), STBC(Space Time Block Code), modified SFBC(Space Frequency Block Code) 등을 제시하고 있다. 한편, 새로운 송신 다이버시티 기법을 도입하는 것에 반대하는 회사들은 장기(long-term) 채널 정보를 이용하여 기존의 랭크 1 프리코딩을 적용하면 송신 다이버시티 기법을 적용한 것보다 더 우수한 성능을 보인다고 주장하고 있으며, 또한 유력한 후보 기술 중 하나인 STBC 방식의 경우 SRS(Sounding Reference Symbol)의 전송에 의해 unpaired 심플이 발생하는 경우에는 STBC와 함께 추가적으로 또 다른 송신 다이버시티 기법을 같이 적용해야 되므로 시스템이 복잡해진다고 주장하고 있다. 따라서, 현재의 대립으로 보아 새로운 송신 다이버시티 기법을 도입하는 것이 쉽지 않을 것으로 전망된다. 복수의 송신 안테나를 사용하는 PUCCH(Physical Uplink Control Channel)에 대해서는, PUCCH 포맷 1/1a/1b의 경우 송신 다이버시티 기법을 사용하는 경우에는 SORTD(Spatial Orthogonal Resource Transmit Diversity) 기법을 사용하기로 하였으며, SORTD를 적용하기 위해서는 적어도 2개의 자원이 존재해야 된다. PDCCH를 이용하여 동적으로 PDSCH를 스케줄링 하는 경우에, PUCCH에서 사용하는 자원은 CCE(Control Channel Element)로부터 함축적으로 유도하게 되며 SORTD를 적용하기 위해서는 적어도 2개의 CCE가 존재해야 된다. 따라서, CCE의 개수가 2개 이상일 때만 SORTD를 적용하는 방식과 SORTD를 항상 적용하도록 CCE를 할당하는 방식간에 논의가 진행 중이다. PUCCH 포맷 2/2a/2b에 대해서는 STBC 방식과 SORTD 방식 간에 논의가 진행 중이다. STBC 방식의 경우 추가적인 자원을 필요로 하지 않는다는 장점이 있지만, 이 방식

을 적용하기 위해서는 주파수 슬롯 호핑이 적용되지 않도록 해야 되는 단점이 있으며, SORTD 방식은 추가적인 자원을 필요로 하는 단점이 있지만 이미 정해진 PUCCH 포맷 1/1a/1b에서 사용하는 송신 다이버시티 기법과의 일관성을 유지할 수 있는 장점이 있다.

상향 링크 기준 신호(RS: Reference Signal)는 Rel-8 E-UTRA에서와 마찬가지로 복조를 위한 기준 신호(DM-RS)와 사운딩을 위한 기준 신호(SRS)가 있으며, 복조를 위한 기준 신호는 PUSCH에 적용된 것과 동일한 프리코딩을 적용하기로 하였으며, 사운딩 기준 신호에는 프리코딩을 적용하지 않기로 하였다. 복조용 기준 신호를 다중화 하기 위한 방법으로는 기본적으로 순환 천이 분리(cyclic shift separation) 방식을 적용하기로 하였으며, 부가적으로 직교 커버 코드(OCC: Orthogonal Cover Code)를 적용할 것인지에 현재 논의 중이다. 직교 커버 코드의 도입을 주장하는 회사들은 이것을 통해서 레이어 간 분리 성능이 향상되는 장점이 있다고 주장하지만, 이것을 적용하기 위해서는 시퀀스 호핑과 시퀀스 그룹 호핑을 적용하지 않아야 되는 단점이 있다. Rel-8 LTE에서의 사운딩 기준 신호의 전송을 위한 파라미터들은 상위 계층 시그널링에 의해서 주어지게 되며, 사운딩 기준 신호는 주기적으로 전송되는 특징이 있었다. 또한, Rel-8 LTE 시스템에서는 상향 링크에 단일 송신 안테나 전송 방법만을 지원하기 때문에 한 개의 송신 안테나에 대한 사운딩 기준 신호만을 전송할 필요가 있었다. 한편, LTE-Advanced 시스템에서는 상향 링크에서 MIMO가 도입됨으로써 최대 4개의 송신 안테나에 대해서 각각 사운딩 기준 신호를 전송할 필요가 발생하였으며, 이를 지원하기 위한 논의가 현재 진행 중이다. 지금까지의 합의된 사항은 동적 비주기 사운딩 기준 신호를 지원하기로 하였다. 그리고, 이를 위해서 PDCCH로 어떻게 시그널링 해 줄 것인지, 비주기적인 자원을 어떻게 제공할 것인지, 기존의 주기적인 사운딩 기준 신호에 대한 자원과 비주기적인 자원을 어떻게

공유할 것인지, 동적 사운딩 기준 신호의 전송 기간을 어느 정도로 할 것인지에 대해서는 앞으로 더 논의가 필요하다^[8].

IV. 다중 점 협력 통신(CoMP)

LTE-Advanced 시스템을 위한 셀간 협력 전송 기술은 Coordinated Multi-point Scheduling(CoMP)라 명명되어 LTE-Advanced 주요 요소 기술 중 하나로 연구가 진행 중이다. CoMP는 셀 경계 단말의 데이터 전송률을 향상시키는 것을 주 목적으로 하며 하향 링크 CoMP는 다시 Joint Processing(JP)와 Coordinated Scheduling/Beamforming(CS/CB)로 나뉜다. JP CoMP에서는 지리적으로 떨어져 있는 다수 개의 전송 점들(transmission points)이 단말에게 전송할 데이터를 공유한다. 세부적으로 조인트 전송(joint transmission)과 동적 셀 선택(dynamic cell selection)으로 나누어지는데, 조인트 전송은 다수 전송 점들이 동시에 같은 자원을 사용하여 같은 데이터를 단말에 전송하고 동적 셀 선택에서는 한 번에 한 개 전송 점이 데이터를 전송하고 전송 점이 동적으로 바뀔 수 있다. CS/CB CoMP에서는 서빙 셀(serving cell)만 데이터를 갖고 있고, 주변 셀들과 스케줄링 및 빔 형성에 대한 협력을 통해 셀 경계 단말이 경험하는 간섭을 줄인다.

CoMP는 셀간 협력을 필요로 하므로 셀과 셀 사이의 정보 교환이 필수적이다. 셀간 협력은 기지국내(intra-eNB) 협력과 기지국간(inter-eNB) 협력으로 나누어 볼 수 있다. 기지국내 협력은 한 개 기지국이 다수 개의 셀을 관리하는 경우에 이들 셀들간의 협력을 의미하며 전송 지연 및 트래픽 유발의 문제가 발생하지 않으므로 JP CoMP를 수행하기에 적합하다. 반면, 기지국간 협력은 서로 다른 기지국에 속한 셀들간의 협력으로 정보 교환의 지연에 따른 협력 지연의 문제가 발생하므로 상대적으로 지연에 덜 민감한 CS/CB CoMP 방식에 적용이 가능하다.

LTE-Advanced 하향 링크 전송은 복조를 위해 단말 고유 레퍼런스 신호(UE-specific reference signal)를 사용한다. 이 레퍼런스 신호는 단말에게 전송되는 데이터와 같은 프리코딩(precoding)을 적용 받게 되어 단말이 데이터를 복조하는데 있어 데이터와 레퍼런스 신호에 사용된 프리코딩 정보가 필요하지 않다. 이로 인해 기지국은 자유롭게 프리코딩을 선택할 수 있다. 즉, LTE와 같이 코드북(codebook)을 정의하여 코드북에 속하는 프리코딩만을 선택하여 사용하여야 하는 제한이 사라지게 된다. 이와 같은 이유로 코드북에 기반한 프리코딩은 단말의 피드백이 필요한 경우에만 피드백 정보를 표현하기 위해서 규격에 도입될 것으로 예상된다.

현재 3GPP내에서 CoMP를 위해 고려되고 있는 단말 피드백 메커니즘은 명시적 피드백(explicit feedback), 함축적 피드백(implicit feedback), 단말 사운드 레퍼런스 신호(sounding RS) 등 크게 세가지로 분류된다^[3]. 명시적 피드백은 채널 행렬, 채널의 공분산(covariance) 행렬 또는 채널 행렬 혹은 공분산 행렬의 고유 성분 등이 논의되고 있다. 함축적 피드백은 LTE Release 8에 정의된 것과 같은 PMI/CQI/RI와 비슷한 형태의 피드백이 고려되고 있다. 단말의 사운드 레퍼런스 신호를 사용하는 방식은 주로 TDD에서 채널의 상호성(reciprocity)을 이용 상향 링크 사운드 신호로부터 하향 링크 채널 정보를 획득하는 방식이다. 하지만, 최근에는 중장기적 채널 정보의 경우 특히 안테나간 상관성이 높은 채널에서는 FDD에서도 상호성을 이용할 수 있다는 연구 결과가 발표되고 있다. 이 경우, FDD에서도 단말의 사운드 신호를 수신하여 하향 링크 공분산 채널 행렬 등을 획득할 수 있게 된다^[4].

4.1 하향 링크 CoMP의 대표적인 방식들

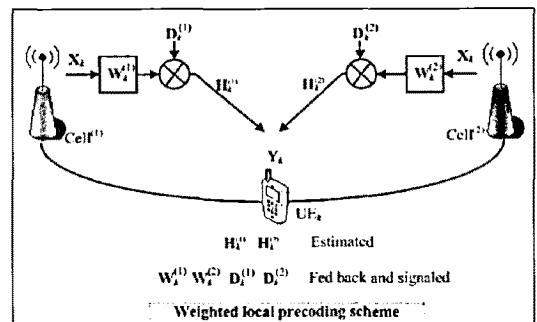
JP CoMP의 대표적인 방식은 셀 별 코드북에 기반한 다중 셀 코히어런트(Coherent) 전송이다. [그림 5]는 JP CoMP의 대표적인 예로 “셀 단위 프리코딩 및

셀간 위상보정” 기법^[5]을 보여준다. 이 방식은 각 셀 단위로 빔 형성을 시도하고 다중 셀로부터 도달하는 서로 다른 빔의 위상이 서로 보강 중첩될 수 있도록 각 빔의 위상을 추가로 보정해 주는 기법이다.

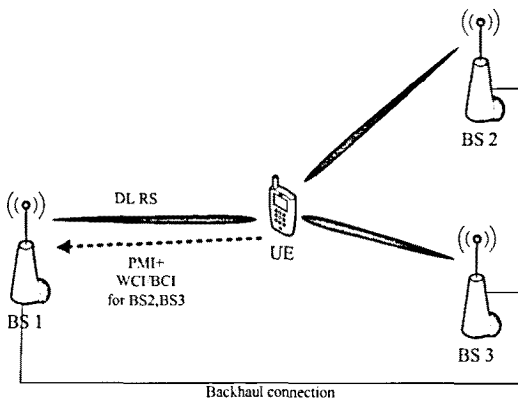
함축적 피드백을 사용할 경우, 단말은 조인트 전송에 참여하는 각 셀에 대해 선호하는 PMI를 각 셀의 코드북으로부터 선택하고 선택된 PMI를 사용한다는 가정하에 가장 선호되는 각 빔의 위상 보정값을 역시 코드북에서 선택한다. 선택된 셀 별 PMI와 셀간 위상 보정값은 기지국에 피드백된다.

CS/CB CoMP의 대표적인 방식은 PMI 제한/추천에 기반한다. 현재 Release 8에 규격화된 RNTP(Relative Narrowband Transmit Power)는 하향 링크에서 특정 자원의 송신 전력을 문턱값 이하로 제한하는 정보를 담는 기지국간 시그널링이다. 각 셀은 자신이 관리하는 단위 자원별로 1개 bit를 할당하여 문턱값 이하로 전송 전력이 제한되는 지 여부를 이웃 셀에 알려준다. 대부분의 FFR 방식은 위의 RNTP 시그널링으로 구현될 수 있다. CS/CB는 전송 전력 차원의 협력에서 더 나아가 공간적 자유도인 빔 형성의 상호 협력을 포함한다.

[그림 6]은 CS/CB CoMP의 대표적인 예로 “셀간 PMI 협력” 기법을 보여준다. 셀간 협력을 통해 간섭을 많이 주는 프리코딩에 사용 제한을 가하는 방식이



[그림 5] JP CoMP: 셀 단위 프리코딩 및 위상 보정 기법^{[5],[11]}



[그림 6] CS/CB CoMP: 간섭 완화를 위한 셀간 PMI 협력^[11]

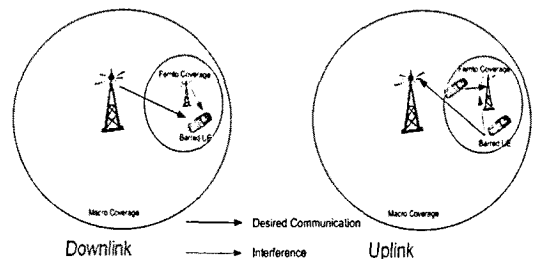
다. 예를 들어 단말은 자신의 주요 간섭 셀들에 대해서 간섭을 많이 주므로 사용의 제한을 원하는 PMI 혹은 간섭을 최소로 주는 PMI를 구하여 이를 서빙 셀에 보고한다. 서빙 셀은 단말들로부터 얻은 정보를 토대로 제한 및 추천 PMI를 결정하고, 이를 이웃 셀들에게 알려주고 이웃 셀들은 이를 스케줄링에 반영한다. 이 방식은 종래 Release 9의 FFR에 추가적으로 공간적 영역인 빔 형성 협력을 통해 더욱 효율적인 간섭 완화를 시도하는 방식이라고 볼 수 있다.

이상에서 살펴본 CoMP 방식은 촉박한 표준화 일정 상 Rel-10 규격에는 포함되지 않을 것으로 전망된다. 또한 Ericsson을 비롯한 일부 회사들은 별도의 규격화 없이 기존 SRS 등을 활용하여 CoMP를 구현할 수 있다고 보고 있고, 현재까지 CoMP 성능 이득에 대한 회원사간 일치된 견해가 부재하여 향후 표준화 전개에 따라 Rel-11과 이후 규격에 포함될지 여부가 가려질 것이다.

4-2 이종 네트워크(Heterogeneous Network)에서 간섭 완화

LTE-Advanced 시스템은 매크로(macro) 셀뿐만 아니라 다양한 형태의 저전력 소형 셀(pico, femto, relay

셀 등)을 지원하고 있으며, 셀 배치 관점에서 매크로 셀들과 소형 셀들이 혼재하는 이종 네트워크가 혼재 존재할 것으로 예상된다. 이에 따라 매크로 셀과 소형 셀간의 간섭, 소형 셀들간의 간섭 등 기존의 매크로 셀간 간섭 문제와는 다른 형태의 이웃 셀 간섭 문제가 발생하게 된다. [그림 7]은 폐쇄형 가입자 그룹에 기반한 펌토 셀(femto cells with closed subscriber groups)과 매크로 셀 간섭 문제를 보여주고 있다. 특정 펌토 셀에 가입자로 등록되어 있지 않은 단말은 펌토 셀에 액세스가 허가되지 않으므로 펌토 셀 근처에서 펌토 셀로부터 강한 하향 링크 간섭을 받게 된다(왼쪽 그림). 또한 이 단말이 펌토 셀에 강한 상향 링크 간섭을 주는 경우가 발생할 수 있다(오른쪽 그림). 즉, 펌토 셀에 등록되어 있지 않은 단말에 기인한 강한 간섭을 매크로 셀과 펌토 셀간 주로 받게 된다. 매우 강한 간섭과 간섭 크기의 큰 변동폭 등으로 인해 기존 매크로 셀에 사용된 기법과는 다른 형태의 간섭 제어, 셀 선택 등이 요구된다^[12]. 최근에는 캐리어 집성을 사용하여 이종 네트워크에서 강한 간섭을 회피하는 방법이 제안되고 있다. 이 방식은 매크로 셀과 소형 셀이 주 캐리어로 사용하는 캐리어를 서로 다르게 하여 간섭을 피하는 방식이다. 반면, 캐리어 집성을 사용하지 않는 동일 채널(co-channel) 상황에서 간섭 제어는 시간 축 혹은 주파수-시간 축에 따라 서로 주로 사용하는 자원의 위치를 달리하는 방식이 주로 고려되고 있다.



[그림 7] 이종 네트워크에서 간섭 문제의 예^[13]

V. 무선 중계기(Relay Node)

LTE-Advanced 시스템에서 무선 중계기는 고속 데이터가 전송되는 커버리지를 넓히거나, 셀 경계 전송률을 높이거나, 새로운 커버리지를 생성하거나, 임시적인 네트워크 설치 등을 위해 사용될 수 있다. 사업자는 고속 데이터 전송이 필요한 영역에 [그림 8]과 같이 무선 중계기 1(RN 1)을 설치하여, 무선 중계기 1 주변의 단말이 기지국이 아닌 무선 중계기와 통신을 수행함으로써 단말에게 고속 데이터 서비스를 제공할 수 있다. 또 [그림 8]과 같이 기지국 셀 커버리지 경계에 무선 중계기 2(RN 2)를 설치하여, 기존의 기지국 셀 커버리지 바깥에 위치하는 단말이 무선 중계기와 통신을 수행함으로써 새로운 커버리지를 생성할 수도 있다.

무선 중계기는 [그림 8]에 보이는 바와 같이 기지국을 통해서 네트워크에 연결된다. 이렇게 무선 중계기와 연결된 기지국을 도너 기지국(donor eNB)이라고 하고, 무선 중계기와 도너 기지국의 무선 링크를 백홀 링크, 무선 중계기와 단말의 무선 링크를 액세스 링크라고 하자.

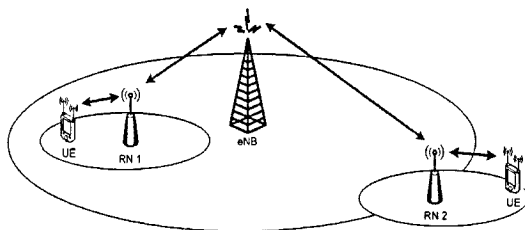
LTE-Advanced 시스템에서 무선 중계기는 백홀 링크와 액세스 링크가 사용하는 주파수 대역의 관계에 따라 inband 무선 중계기, outband 무선 중계기로 나뉜다. inband 무선 중계기는 백홀 링크와 액세스 링크가 동일한 주파수 대역을 사용하는 것이고, outband 무선 중계기는 백홀 링크와 액세스 링크가 서

로 다른 주파수 대역을 사용하는 것이다^[3].

무선 중계기가 독자적인 셀을 구성하느냐 그렇지 않느냐에 따라 무선 중계기의 특성은 달라진다. 독자적인 셀을 구성하는 무선 중계기의 경우, 무선 중계기는 기지국처럼 독자적인 물리계층 셀 아이디를 가지고, 그 셀 아이디에 따른 동기 신호(synchronous signal), 기준 신호(reference signal) 등을 전송한다. 단말은 스케줄링 정보, 채널 측정 정보 등의 물리계층 제어 채널 및 물리계층 데이터 채널을 무선 중계기와 직접 송수신한다. 반면, 독자적인 셀을 구성하지 않는 무선 중계기는 독자적인 물리계층 셀 아이디를 가지고 있지 않아 독자적인 동기 신호, 기준 신호 등을 전송하지 않는다. 단말은 물리계층 제어 채널 및 물리계층 데이터 채널을 기지국과 송수신한다. 무선 중계기는 기지국에 보조적으로 물리계층 데이터 채널을 단말에게 전송할 수 있다.

LTE-Advanced 시스템에서는 Type 1 무선 중계기, Type 1a 무선 중계기, Type 2 무선 중계기를 정의하였다. Type 1 무선 중계기와 Type 1a 무선 중계기는 독자적인 셀을 구성하는 무선 중계기로, Type 1 무선 중계기는 inband 무선 중계기이고, Type 1a 무선 중계기는 outband 무선 중계기이다. Type 2 무선 중계기는 독자적인 셀을 구성하지 않는 무선 중계기이다. LTE-Advanced 시스템에서는 독자적인 셀을 구성하는 무선 중계기를 주로 다루고 있는데, 그 중에서도 inband 무선 중계기인 Type 1 무선 중계기에 초점을 맞추고 있다.

Type 1a 무선 중계기는 백홀 링크와 액세스 링크 간에 서로 다른 주파수 대역을 사용하므로 백홀 링크와 액세스 링크를 동시에 송수신하여도 자기 신호 간섭(self-interference)이 발생하지 않아, 백홀 링크의 송수신 방법으로 기존의 기지국과 단말의 송수신 방법을 그대로 사용할 수 있다. 반면, Type 1 무선 중계기는 백홀 링크와 액세스 링크를 동시에 송수신할 경우, 자기 신호 간섭이 발생하여, 기존의 기지국과

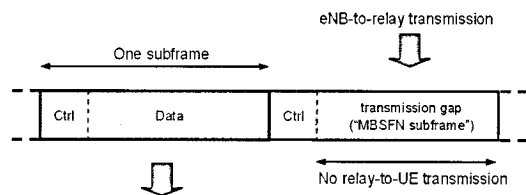


[그림 8] 무선 중계기의 사용 시나리오

단말의 송수신 방법과는 다른 방식으로 백홀 링크의 신호를 송수신해야 한다.

백홀 링크와 액세스 링크 간에 서로 동일한 주파수 대역을 사용하는 Type 1 무선 중계기는 자기 신호 간섭을 피하기 위해 백홀 링크와 액세스 링크를 동시에 송수신하지 않는다. 즉 백홀 링크와 액세스 링크는 시분할 다중화(TDM) 되는데, 보다 상세하게는 도너 기지국이 무선 중계기에게 신호를 전송하는 백홀 하향 링크와 무선 중계기가 무선 중계기 셀에 속한 단말에게 신호를 전송하는 액세스 하향 링크는 시분할 다중화 된다. 또한 무선 중계기가 도너 기지국에게 신호를 전송하는 백홀 상향 링크와 무선 중계기 셀에 속한 단말이 무선 중계기에게 신호를 전송하는 액세스 상향 링크는 시분할 다중화 된다.

백홀 하향 링크와 액세스 하향 링크의 시분할 다중화의 방법으로 무선 중계기는 백홀 하향 링크를 수신할 때, 해당 서브프레임을 [그림 9]와 같이 MBSFN (Multimedia Broadcast multicast service Single Frequency Network) 서브프레임으로 구성한다. MBSFN 서브프레임에서 MBMS(Multimedia Broadcast Multicast Service)를 받지 않는 단말은 서브프레임 앞부분에 있는 제어신호는 수신하지만, 그 이후에 있는 영역은 수신하지 않는다. 단말이 액세스 하향 링크 신호를 수신하지 않는 영역, 즉 무선 중계기가 액세스 하향 링크 신호를 전송하지 않아도 되는 영역에서 무선 중계기는 백홀 하향 링크 신호를 수신하므로, 무선 중계기는 자기 신호 간섭을 피할 수 있다.



[그림 9] MBSFN 서브프레임 구성을 통한 무선 중계기의 액세스 하향 링크 송신과 백홀 하향 링크 수신

백홀 상향 링크와 액세스 상향 링크의 시분할 다중화의 방법으로 무선 중계기는 해당 백홀 상향 링크 서브프레임에 액세스 상향 링크 신호를 단말에게 할당하지 않는다. 즉, 백홀 상향 링크를 전송해야 하는 서브프레임에서 무선 중계기는 액세스 상향 링크 수신을 하지 않으므로, 자기 신호 간섭을 피할 수 있다.

백홀 하향 링크 서브프레임은 반고정적으로(semi-static) 할당되고, 백홀 상향 링크 서브프레임은 반고정적으로 할당할 수도 있고, 백홀 하향 링크 서브프레임의 할당에 따라 암묵적으로(implicit) 할당될 수도 있다.

백홀 하향 링크는 기지국 하향 링크 서브프레임이 일반(normal) 서브프레임일 때도 전송될 수 있고, MBSFN 서브프레임일 때도 전송될 수 있다. 백홀 하향 링크 신호를 위한 기준 신호로는 Release 8에 정의된 CRS(Cell-specific Reference Signal)과 Release 10에 정의된 DM-RS(DeModulation Reference Signal)이 사용될 수 있다. 단, 구현 복잡도를 줄이고, 채널 추정 시 인접 백홀 하향 링크 서브프레임을 이용하기 위해, 위의 기준 신호 형태(CRS 또는 DM-RS)는 기지국 하향 링크 서브프레임의 형태(normal 또는 MBSFN)에 따라 달라지지 않으며, 일정 시간 동안 동일해야 하는 제약이 있다.

보다 상세하게는 백홀 하향 링크가 기지국 하향 링크 서브프레임의 일반 서브프레임에서 전송될 때, 백홀 하향 링크 기준 신호로는 기지국의 결정에 따라 CRS 또는 DM-RS를 사용한다. 반면, 백홀 하향 링크가 기지국 하향 링크 서브프레임의 MBSFN 서브프레임에서 전송될 경우, 백홀 하향 링크 기준 신호로는 DM-RS만 사용한다. 이러한 결정은 기지국이 백홀 하향 링크 기준 신호로 CRS를 사용하기로 결정했다면, 백홀 하향 링크는 기지국 하향 링크 서브프레임의 일반 서브프레임에만 전송됨을 의미한다. 반면, 기지국이 백홀 하향 링크 기준 신호로 DM-RS를 사용하기로 결정했다면, 백홀 하향 링크는 기지국 하향 링크

서브프레임의 일반 서브프레임과 MBSFN 서브프레임 모듈을 통해 전송될 수 있음을 의미한다^{[15][16]}.

이상이 현재 3GPP RAN1에서 결정된 사항이고, 보다 구체적인 사항들 예를 들어, 백홀 링크와 액세스 링크의 타이밍, 백홀 하향 링크 제어 신호와 백홀 하향 링크 데이터 신호의 다중화 방법, 백홀 데이터 신호의 HARQ 타이밍 등에 대해서 현재 논의가 계속 진행 중에 있다.

VI. 맺 음 말

본 고에서는 3GPP의 IMT-Advanced 후보 기술인 LTE-Advanced의 핵심 요소 기술에 대해서 살펴보았다. LTE-Advanced는 LTE 시스템을 근간으로 하여 캐리어 집성, 하향 링크 MIMO의 확장, 상향 링크 MIMO, 다중 점 협력 통신, 무선 중계기 등의 요소 기술을 추가하여 만들어지고 있다. LTE-Advanced 표준화에는 현재 ETRI를 비롯한 삼성, LG, 팬택 등의 국내 업체와 Ericsson, Nokia, Qualcomm, Motorola, NTT DoCoMo 등의 국외 제조사 및 사업자가 참여하여 자사의 기술을 반영하기 위해 힘쓰고 있다. 국내와 제조업자 및 사업자의 폭 넓은 지지를 받고 있는 LTE-Advanced는 향후 IMT-Advanced 표준 기술로 승인되어 4G 이동통신의 주요 기술 중 하나가 될 것으로 예측된다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-R, Report ITU-R M.2134 "Requirements related to technical system performance for IMT Advanced Radio interface(s)".
- [2] 3GPP TR 36.913, "Requirements for further advancements for E-UTRA (LTE-Advanced)", V9.0.0, Dec. 2009.
- [3] 3GPP TR36.814, "Further Advancements for E-UTRA Physical Layer Aspects (Release 9)", V2.0.0, Mar. 2010.
- [4] 3GPP TR 36.912, "Feasibility study for Further Advancements for E-UTRA (LTE-Advanced) (Release 9)", V9.1.0, Dec. 2009.
- [5] 3GPP TS 36.300, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2 (Release 9)", V9.2.0, Dec. 2009.
- [6] R1-092292, "Final Report of 3GPP TSG RAN WG1 #57 v1.0.0", 3GPP RAN WG1 #57bis, Jun. 2009.
- [7] R1-100839, "Final Report of 3GPP TS RAN WG1 #59bis v1.0.0", 3GPP RAN WG1 #60, Feb. 2010.
- [8] 3GPP TSG RAN WG1 #60 Chairman's Notes, Feb. 2010.
- [9] R1-083546, ETRI, "Per-cell codebook methods for downlink joint-processing CoMP", 3GPP RAN WG1 #54bis, Prague, Czech Rep., Sep.-Oct. 2008.
- [10] R1-090696, Sharp, "Considerations on precoding scheme for DL joint processing CoMP", Athens, Greece, Feb. 2009.
- [11] R1-094144, CATT, "Considerations on Spatial Domain Coordination in LTE-A", 3GPP RAN WG1 #58bis, Oct. 2009.
- [12] R1-0994224, Qualcomm, "Heterogeneous Networks: General views", 3GPP RAN WG1 #58bis, Oct. 2009.
- [13] R1-092057, Qualcomm, "Signaling for spatial coordination in DL CoMP", 3GPP RAN WG1 #57, May 2009.
- [14] R1-094280, Ericsson, "Using Channel Reciprocity for CoMP in FDD Systems", 3GPP RAN WG1 #58bis, Oct. 2009.
- [15] R1-101269, Panasonic, "R-PDCCH placement", 3

GPP RAN WG1 #60, Feb. 2010.
[16] R1-101446, Nokia Siemens Networks, Nokia, "On

DL backhaul control channel design aspects",
3GPP RAN WG1 #60, Feb. 2010.

≡ 필자소개 ≡

고 영 조



1992년 2월: 한국과학기술원 물리학 (이
학사)

1994년 2월: 한국과학기술원 물리학 (이
학석사)

1998년 2월: 한국과학기술원 물리학 (이
학박사)

1998년 3월~현재: 한국전자통신연구원
인터넷 연구부문 이동컨버전스연구부 차세대이동통신방식
연구팀 책임연구원

[주 관심분야] IMT-Advanced 물리계층 기술, MIMO, 다중
셀 협력 송수신, 제어시그널링 등

서 방 원



1997년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전
자공학 (공학사)

1999년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전
자공학 (공학석사)

2010년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전
자공학 (공학박사)

2004년 11월~현재: 한국전자통신연구
원 인터넷 연구부문 이동컨버전스연구부 차세대이동통신
방식연구팀 선임연구원

[주 관심분야] IMT-Advanced 물리계층 기술, 통신 신호처리,
MIMO, 인지 무선 접속 등

이 경 석



1990년 2월: 광운대학교 컴퓨터공학과
(공학사)

1992년 8월: 광운대학교 컴퓨터공학과
(공학석사)

2008년 2월: 충남대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

1992년 8월~현재: 한국전자통신연구원
인터넷 연구부문 이동컨버전스연구부 차세대이동통신방식
연구팀 책임연구원

[주 관심분야] IMT-Advanced MAC 계층 기술, 패킷 스케줄
링, 릴레이 기술 등

노 태 군



2003년 2월: 고려대학교 전기전자전파공
학부 (공학사)

2005년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전
자공학과 (공학석사)

2005년 2월~현재: 한국전자통신연구원
인터넷 연구부문 이동컨버전스연구부
차세대이동통신방식연구팀 연구원

[주 관심분야] IMT-Advanced 물리계층 기술, 중계기