

WiBro Evolution 표준화 및 기술 동향

조재희 조재원 | 최호규 | 윤순영

삼성전자

요 약

본 고에서는 WiBro Evolution에 대하여 개관한다. WiBro Evolution은 현재 전세계적으로 상용화되고 있는 WiBro 시스템의 진화형태로, 향후 더욱 다양해질 사용자 및 서비스 제공자의 요구사항을 반영한 4세대 통신시스템을 목표로 한다.

이를 위해 WiBro Evolution시스템은 기존 WiBro시스템과의 호환성이 유지되어야 하며, ITU에서 4세대 통신시스템 표준으로 추진중인 IMT-advanced의 요구사항을 만족시킬 수 있어야 한다. 이러한 표준개발 과정에서 WiBro Evolution의 기술적 목표를 달성할 수 있도록 다양한 기술들이 반영될 예정이다. 이러한 기술들로 전송기술, MIMO기술, 셀 경계성능 향상 기술, Self configuration 기지국 기술, 수직 핸드오버 기술 등이 고려되고 있다.

1. 서 론

2000년대 인터넷이 급속히 확산되고 이에 따라 멀티미디어에 대한 접근이 매우 용이해 지기 시작하였다. 더불어 이동통신 기기의 보급이 매우 활발해지면서 언제 어디서나 음성서비스를 받을 수 있는 환경이 조성되었다. 이러한 두 가지 경향은 자연스럽게 무선인터넷에 대한 소비자 욕구를 증가시켰다.

WiBro는 이러한 요구를 반영하여 국내표준 (TTA PG302)

및 국제표준 (IEEE 802.16)을 기반으로 마침내 2006년 세계 최초로 대한민국에서 상용화되었다. 또 WiBro는 국내뿐 아니라 전세계적으로 WiMAX라는 이름으로 지속적인 상용화가 예정되어 있다.

표준관점에서 WiBro의 진화형태인 WiBro Evolution이 논의되고 있다. WiBro Evolution은 향후 지속적으로 높아질 소비자의 욕구를 만족시키고 기존 WiBro 서비스 제공자에게 개선된 서비스로의 진화를 제공하는데 목적이 있다 [1][2]. 표준화 및 제품 출시 시기를 고려할 때 WiBro서비스가 정착된 후인 2010년 이후가 그 상용화 시점으로 예상된다. 현재 WiBro Evolution은 IEEE의 802.16 WG(Working Group)내 802.16m TG(Task Group)에서 논의되고 있다. 802.16m에서 논의되고 있는 WiBro Evolution시스템은 두 가지 큰 목표를 가지고 있다 [3]. 하나는 기존 WiBro시스템과의 호환성이다. 즉 WiBro Evolution시스템 내에서 기존 WiBro 기지국/단말이 동작 가능해야 한다 [4]. 다른 하나는 WiBro Evolution이 ITU에서 4G시스템으로 추진중인 IMT-advanced의 시스템 요구 사항을 만족하여 향후 IMT-advanced기술로 채택되는 것이다 [1][5][6]. 결과적으로, IEEE 802.16m 표준 규격을 개발함으로써 WiBro 와 WiMAX 시스템을 자연스럽게 IMT-Advanced 시스템으로 진화시키는 로드맵 (roadmap)을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

본 고에서는 WiBro Evolution 시스템을 IMT-advanced관점에서 살펴보고자 한다. 이를 위해 ITU의 IMT-advanced를 포함한 IEEE 802.16m 표준화에 대하여 살펴본다. 또 WiBro Evolution의 목표를 달성하기 위한 주요 기술에 대하여 살펴본다. 그리고 마지막으로 결론을 맺는다.

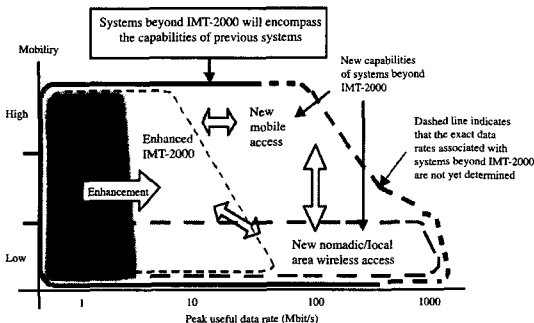
II. 표준화 동향

본 장에서는 IEEE 802.16m 표준에서 현재까지 합의된 기술적 범위와 주요 특징, 그리고 요구사항 등을 기술함으로써 현재 시점에서의 표준 동향을 소개하고자 한다.

2.1. ITU-R IMT-Advanced 시스템의 전망

전세계 무선통신 관련 정책, 주파수 할당 및 표준 방향 정립을 관장하고 있는 ITU-R에서는 계속적으로 증가하는 고속 무선통신 서비스 요구에 대응하기 위해 3세대 IMT-2000 시스템의 향후 진화 시스템을 IMT-Advanced 시스템 (System beyond IMT-2000) 이라 명명하고 관련 표준화 일정을 논의하고 있다.

예상되는 IMT-Advanced 시스템의 특징은 기존 IMT-2000 시스템의 기능을 포함하면서 새로운 기술들을 수용하여 기존의 성능을 보다 향상 시킨다는 점이다 [1]. 특히 IMT-Advanced 시스템의 무선접속 규격이 제공하는 데이터 전송률의 범위는 상당히 넓을 것으로 예상된다. 현재까지 제시된 바에 의하면, 고속의 이동 환경에서는 최대 100Mbps (bits per second)를, 정지 상태 또는 제한된 이동 환경에서는 최대 1Gbps를 지원할 수 있을 것으로 예상되고 있다. 단, 실제로 각 사용자에게 제공되는 데이터 전송률은 동시 사용자 수, 트래픽 특성, 서비스 파라미터, 망설치/운용 시나리오, 스펙트럼의 가용성, 전자파 전파 환경등과 같이 다양한 요인들에 의해 변화될 것이다. 이 같은 특징을 (그림 1)에 도 시하였다.



(그림 1) IMT-Advanced 시스템과 IMT-2000 시스템의 Capability [1]

기존의 IMT-2000 시스템이 주로 이동 환경에 최적화된 서비스를 제공한 반면, IMT-Advanced 시스템은 이동 환경뿐만 아니라 정지 환경에서도 최적화된 서비스를 제공할 수 있도록 개발될 전망이다. 따라서 IMT-Advanced 시스템은 어떤 이동성을 주 대상으로 하느냐에 따라 셀 크기, 사용 대역폭, 그리고 각종 시스템 제어기법 등을 달리하며 최적의 서비스를 능동적으로 제공할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이와 같은 이유로, IMT-Advanced 시스템을 구성할 각 무선접속 시스템들은 계층적 형태로 제시되고 있다 [1]. 서로 다른 계층/영역에서 보완적 관계를 갖는 무선접속 시스템들의 상호 연동은 수직적 핸드오버(vertical handover)등으로 실현될 수 있다. 계층구조에서 고속의 이동성 제공을 목표로 하는 IMT-Advanced 시스템의 무선접속 방식은 셀룰러 계층, 고정 또는 제한된 이동성 제공을 목표로 하는 IMT-Advanced 시스템의 무선접속 방식은 핫스팟 계층에 해당될 것이다. 현재까지 계획된 IMT-Advanced 주요 표준 일정은 2007년 11월에 주파수 분배를 확정하고, 2008년~2009년에 기술 제안을 받고, 2009~2010년에 IMT-Advanced 시스템을 선정, 표준을 완료하는 것이다.

2.2. IEEE 802.16m 표준기술 범위 및 일정

IEEE 802.16 표준 기반의 IMT-Advanced 시스템 규격 개발을 목표로 결성된 IEEE 802.16m 프로젝트는 2007년 1월에 첫 회의를 가졌다. 이때 합의된 IEEE 802.16m 표준의 기술적 범위와 종료 일정 등을 규정하는 PAR (Project Authorization Request)의 주요 내용은 아래와 같다 [3].

- 프로젝트 종료일정 (Submittal to RevCom): 2009년 11월
- 프로젝트 범위:
 - IEEE 802.16 OFDMA 표준을 추가 보완하는 Amendment 표준
 - IMT-Advanced 시스템의 셀룰러 계층 (Cellular layer) 요구 조건 충족
 - 기존 802.16 OFDMA 표준 규격(IEEE Std 802.16-2004, IEEE Std 802.16-2004/Cor1-2005, IEEE Std 802.16e-2005, 2008년 초 완료 예정인 P802.16-2004/Cor2 표준 규격) 기반의 단말 및 기지국 장비와 호환성 제공
- 성능 목표: 고속 이동성 환경에서 100 Mbit/s

- 사용 주파수 대역: 6GHz 보다 낮은 면허 대역
- 셀 타입: 매크로 셀, 마이크로 셀

또한, 2007년 1월 회의에서는 IEEE 802.16m에서는 아래와 같은 총 4개의 공식 문서를 개발하기로 합의하였다.

- 시스템 요구사항 및 시스템 구축 시나리오 문서 (Usage Models/Deployment Scenarios & System Requirements Document)
- 시스템 및 개별 기술의 성능 평가 방법론 문서 (Evaluation Methodology Document)
- IEEE 802.16m 표준 규격 (P802.16m amendment)
- IEEE 802.16m 기반의 IMT-Advanced 시스템 표준 제안서 (IEEE 802.16 IMT-Advanced Proposal)

이때 합의된 IEEE 802.16m의 표준 개발 상세 일정은 (그림 3)과 같다 [7].

하지만 2007년 3월 및 5월 표준 회의가 진행되어 가는 과정에서 시스템 요구사항 문서와 성능 평가 문서의 완료 시점이 5월 회의에서 7월 회의로 연기되었으며, 이에 따라 기술 제안/기초의 시작 시점이 7월에서 9월로 연기될 것으로 예상되고 있다. 한편, (그림 3)의 최초 계획 일정에 따르면 2008년 3월 802.16m 표준 초안을 작성한 후 IMT-Advanced 시스템의 제안서를 개발하여 ITU-R로 기고할 예정이었으나 이는 향후 IEEE 802.16m의 표준 진행 상황과 ITU-R의 IMT-Advanced 시스템 규격 개발 일정에 따라 변경될 수 있다.

또한 2007년 5월 회의에서는 앞서 언급된 4개의 공식 문서 이외에 추가적으로 시스템 상위레벨 설명 문서 (System

description document)를 개발하기로 합의하였다. 시스템 상위레벨 설명 문서는 IEEE 802.16m 표준 규격에 포함될 기술의 상위 구조 및 개념을 규정함으로써, IEEE 802.16m 표준 규격의 개발 일정을 단축시키고 ITU-R에 제안할 IMT-Advanced 시스템 제안서의 작성을 용이하게 할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 시스템 상위레벨 설명 문서의 보다 구체적인 범위와 상세한 개발 일정은 2007년 7월 회의에서 논의될 예정이다.

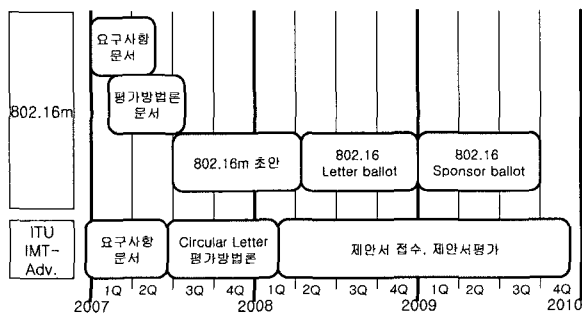
참고로 IMT-Advanced 시스템이 다양한 환경을 계층으로 구분하여 정의하고 있는 것에 대응하여 IEEE 802내의 다른 WG들도 IMT-Advanced 시스템을 목표로 규격을 개발할 것으로 예상되고 있다. 예를 들면, 기존 무선랜 표준을 개발한 IEEE 802.11에서는 최근 VHT (Very High Throughput) Study Group을 결성하여 IMT-Advanced 요구사항을 만족시킬 수 있는 Giga-bit 고속 무선랜 표준 개발을 목표로 활동을 시작하였다 [8]. 그렇지만 IEEE 802.16m 표준은 IMT-Advanced 시스템의 셀룰라 계층을 주 대상으로 한다는 점과, 기존 802.16 OFDMA 기반의 장비와 호환성을 제공한다 는 점에서 IEEE 802내 다른 그룹들과 차별성을 가질 것이다.

2.3. IEEE 802.16m 표준화 동향

IEEE 802.16m 시스템 요구사항 문서의 초안은 2007년 3월 회의와 5월 회의를 거쳐 완성되었다. 요구사항 문서에서는 IEEE 802.16m 표준의 일반적 요구사항, 기능 요구사항, 성능 요구사항, 시스템 설치 관련 요구사항, 운용 시나리오 등을 정의하고 있다. 2007년 3월 회의에서는 주로 IEEE 802.16m 표준규격의 기능 요구사항과 성능 요구사항에 대해 합의하였으며 [9], 5월 회의에서는 기존 IEEE 802.16 표준에 기반한 장비 및 단말과 상호 호환성 관련 요구사항이 논의되어 합의되었다 [4].

기존의 WiBro/WiMAX 단말 및 장비와의 상호 호환성에 대한 IEEE 802.16m 기지국 및 IEEE 802.16m 단말의 요구사항은 다음과 같다.

- 802.16m 기지국은 802.16e 단말을 기존 802.16e 기지국에서와 동일한 성능 수준으로 지원
- 802.16m 기지국은 동일한 주파수 대역에서 기존 802.16e 단말과 802.16m 단말 동시 지원 (성능은



(그림 2) IEEE 802.16 TGm의 예상 표준 일정 [7]

802.16m 단말의 비율에 따라 증가)

- 802.16m 단말은 기존 802.16e 기지국에서 802.16e 단말과 동일한 성능 수준으로 동작
- 802.16m 시스템과 기존 802.16e 시스템은 seamless handover 지원

참고로 표 1에서 2007년 3월 회의에서 합의된 요구사항 일부 기능/성능 요구사항들을 요약하였다. 또한 이 문서에서는 이들 요구사항뿐만 아니라 위치 정보 서비스 (location based service), 타 무선접속 시스템과의 연동 등을 요구 조건으로 제시하고 있다. 이들 요구사항은 향후 ITU-R 회의에서 논의될 IMT-Advanced 요구사항을 반영하여 추가로 수정될 예정이다.

한편, 2007년 3월 회의와 5월 회의에서 시스템 및 개별 기술의 성능 평가 항목과 방법론에 대한 논의가 있었으며 7월 회의 이전에 초안을 목표로 논의가 진행 중이다. 현재까지의 계획에 따르면 9월 회의부터는 IEEE 802.16m 표준의 기술 제안을 기고 받을 예정이다. 그러므로, 7월 회의에서는 향후 기술 기고의 구체적인 방법 및 기고 내용의 세부적 범위, 그리고 향후 기술 선정 절차에 대해 상세한 논의가 있을 것으로 예상된다.

〈표 1〉 IEEE 802.16m 요구사항 요약 (초안) [9]

요구사항	규 정
Operating Bandwidth	5MHz~20MHz의 scalable bandwidth 지원. 추후 요구사항에 따라 다른 대역폭도 고려함.
Duplex	Full-duplex FDD, Half-duplex FDD, TDD
Antenna Technique	MIMO와 Beam-forming 기술 지원
Peak data rate	하향링크: 6.5 bps/Hz, 상향링크: 2.8 bps/Hz
Data latency	하향링크: max 10ms, 상향링크: max 10ms
State transition latency	Idle State to Active State: max 100ms
Handover Interruption Time	Intra-frequency: max 50ms, Inter-frequency: max 150ms
User Throughput	하향링크: 802.16e 대비 2배 이상 상향링크: 802.16e 대비 2배 이상
Sector Throughput	하향링크: 802.16e 대비 2배 이상 상향링크: 802.16e 대비 1.5배 이상
VoIP Capacity	상대수차: 802.16e 대비 1.5배 이상 절대수차(FDD): 60 (users/MHz/섹터)
Mobility	0~15km/h (최적화된 성능), 15~120km/h (미세한 성능 저하) 120~350km/h (통신 채널 유지)
MBS Spectral	Efficiency/Inter-BS distance 0.5km: min spectral efficiency 4bps/Hz Inter-BS distance 1.5km: min spectral efficiency 2bps/Hz

III. WiBro Evolution 기술 동향

본 절에서는 WiBro Evolution 또는 IMT-advanced에 적용될 주요 기술들에 대하여 살펴본다. WiBro Evolution에 적용될 기술은 크게 기본전송기술, 용량증대 기술, 이동성 지원 기술 등으로 구분할 수 있다.

채널코딩기술, 변/복조 기술, 다중접속방식, 듀플렉싱기술 등은 통신시스템의 근간을 이루는 전송기술이다. 효율적인 전송기술들이 WiBro Evolution에 도입됨으로써 WiBro Evolution시스템의 근본적인 경쟁력을 기대할 수 있다. 이러한 기본전송기술들은 WiBro와 매우 큰 유사성을 가질 것으로 예상된다 [10].

즉 WiBro에 사용된 컨벌루션 부호화, 터보 부호화 등이 WiBro Evolution의 부호화 기법으로 고려되고 있으며 추가적으로 LDPC(Low Density Parity Check)부호화 방식도 고려될 수 있다. 변복조 방식도 QPSK/16QAM/64QAM 등이 고려되고 있으며 8PSK도 고려할 수 있다. 다중접속방식으로 WiBro에 적용된 OFDMA방식이 사용될 것으로 보인다. 듀플렉싱 방식으로 WiBro에 적용된 TDD외에 FDD도 사용될 예정이다.

3.1 MIMO 기술

MIMO (Multi Input Multi Output) 기술은 송수신 양단에 다중안테나를 사용함으로써 한정된 주파수 자원 내에서 채널 용량을 증대시키는 기술이다[11][12]. WiBro시스템은 STC (Space Time Coding), SM(Spatial Multiplexing), CSM (Collaborative SM), 빔포밍 (beamforming) 등 이미 다양한 MIMO기술을 채택하여 시스템 용량을 증대시키고 있다. 본 절에서는 향후 WiBro Evolution에서 사용될 주요 MIMO기술에 대하여 살펴본다.

STC(그림 3)은 송신 다이버시티가 발생되도록 동일한 데이터를 코딩하여 복수개의 안테나로 송신한다[13]. 송신 다이버시티에 의해 수신되는 데이터의 수신 SNR(Signal to Noise Ratio)이 높아져 수신데이터의 오류발생확률이 낮아진다.

MIMO SM(그림 4)는 서로 다른 데이터열 (그림에서 실선 및 점선)을 복수개의 안테나로 각각 송신하고 단말 모델에

서 수신 시 복수개의 데이터열을 분리 수신한다[11]. 이 과정에서 동일한 시간/주파수 자원이 안테나 수만큼 재사용되어 데이터 전송량이 증대된다.

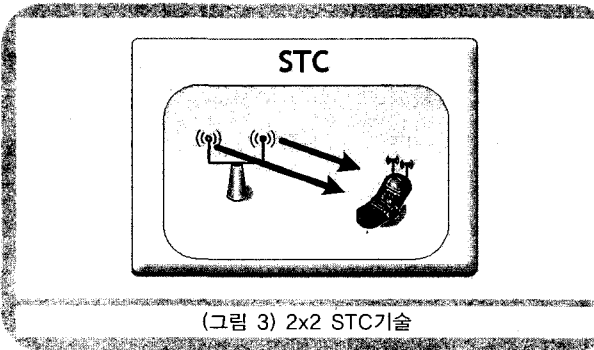
빔포밍(그림 5)은 동일한 데이터를 복수개의 안테나를 통해 전송한다. 이때 적절한 가중치(위상 및 크기)를 안테나마다 부여하여 특정 단말의 위치에서 신호의 동위상 합이 발생되도록 한다 [14]. 이를 통해 특정단말에 수신되는 신호의 수신 SNR이 높아져 수신데이터의 오류발생확률이 개선될 수 있다.

상향링크에서는 단일안테나를 갖는 복수개의 단말을 이용하는 CSM기술(그림 6)을 고려할 수 있다. SM기술과 마찬가지로

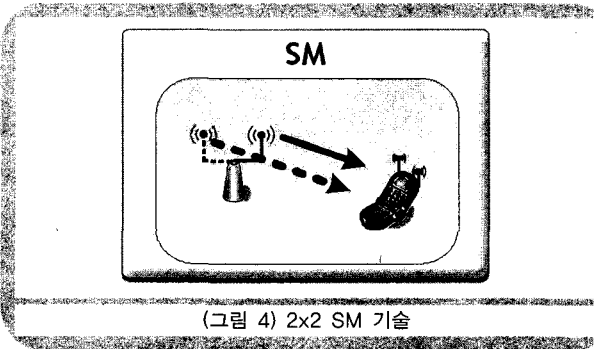
동일한 시간/주파수 자원이 송신안테나 수만큼 재사용되어 데이터 전송량이 증대된다.

기존 WiBro MIMO기술 외에 WiBro Evolution에서는 다양한 하향링크 MU(Multi-User)-MIMO기술이 적용될 것으로 예상된다 [15][16]. 서로 다른 데이터열을 복수개의 안테나로 전송한다는 측면에서는 SM과 유사하다. 하지만 MU-MIMO기술에서는 단말이 궤환시키는 채널정보 (CSI : Channel State Information)를 사용하여 다른 데이터열을 서로 다른 단말로 전송하여 더 높은 평균 전송용량을 기대할 수 있다. 하나의 예로 기지국이 궤환정보를 사용하여 서로 간에 간섭이 상대적으로 적은 단말들을 선택하여 송신하면 상대적으로 높은 SNR이 보장될 수 있다.

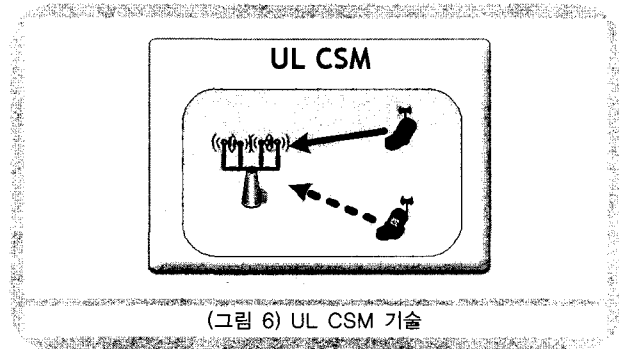
MU-MIMO 환경에서 채널용량을 최대화 하기 위한 방법으로 Dirty Paper Coding(DPC)이 주목 받고 있다 [16]. DPC의 개념을 살펴보면, 하나의 기지국이 모든 사용자에 대한 정보를 알고 있고, 또한 채널 정보도 알고 있다면, 각 사용자에게 간섭으로 작용 하는 성분인 다른 사용자 데이터를 기지국에서 채널을 고려하여 미리 제거해서, 각 사용자 입장에서는 다른 사용자 간섭을 느끼지 못하도록 데이터들을 전송할 수 있다. 이러한 MU-MIMO방식은 앞서 언급한 대로 단말



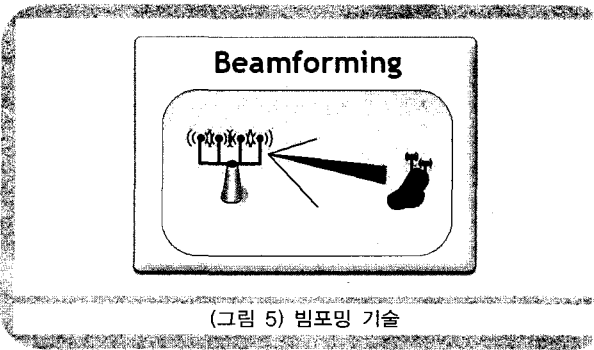
(그림 3) 2x2 STC기술



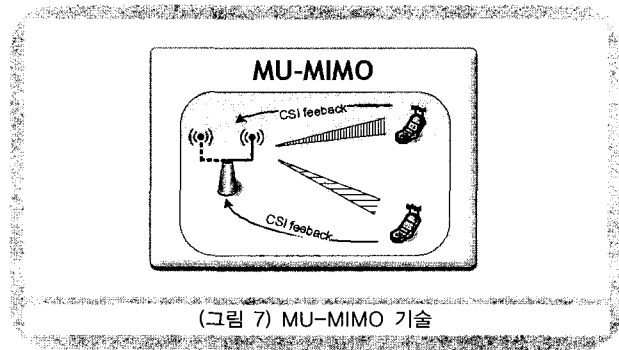
(그림 4) 2x2 SM 기술



(그림 6) UL CSM 기술



(그림 5) 빔포밍 기술



(그림 7) MU-MIMO 기술

의 CSI를 필요로 한다. 이때의 CSI는 단말/기지국간의 채널 응답 또는 이에 상당하는 것으로 매우 높은 궤환정보량을 요구한다. 따라서 이를 줄이기 위한 연구가 진행되어야 한다[17].

3.2 셀 경계 용량증대기술

셀룰러 시스템에서 셀 용량을 증대시키기 위해 주파수 재사용율이 1인 시스템이 보편화되고 있다. 그러나 주파수 재사용율이 1인 시스템은 줄어든 주파수 재사용 거리만큼 인접 셀간 간섭이 증가하여 셀의 경계지역에 위치한 단말에 대한 QoS 보장이 상대적으로 어렵다. 시스템 용량의 향상과 함께 셀 경계 지역에서의 QoS 보장도 시스템 설계에 있어 중요한 요소이며 이와 같은 맥락에서 IMT-Advanced 등에서 요구 사항으로 정의하고 있다 [1][2].

한편, 셀 경계 지역에서의 QoS 요구 조건을 만족시키기 위해서는 신호 품질 자체의 개선 또는 간섭 완화 등의 기법이 필요하다. 신호 품질의 개선 방안으로는 빔포밍 등과 같은 기법이 있으며, 간섭 완화 기법으로는 간섭 제거, 제어 등이 있다. 본 절에서는 셀룰러 시스템에서 인접 셀간 간섭에 따른 영향을 줄이는 방안으로 필요에 따라 능동적으로 주파수 재사용 거리를 조절하는 간섭제어 방안에 대해 다루도록 한다.

일반적으로 셀룰러 이동 통신 시스템의 셀 용량 관점에서 주파수 재사용율이 1인 시스템이 1보다 큰 주파수 재사용율을 갖는 시스템에 비해 더 좋다. 즉, 주파수 재사용 거리를 증가시켜 얻게 되는 SINR의 향상을 통해 얻게 되는 용량 증가량보다 주파수 재사용 거리를 증가시켜 발생하는 용량의 감소량이 더 크기 때문이다. 따라서 셀 경계 지역에서의 성능 향상을 위해 주파수 재사용율을 낮추게 되면 셀 경계 지역에서의 성능은 향상시킬 수 있으나 시스템 전체적인 용량은 감소하게 된다. 간섭제어 기법은 필요에 따라 주파수 재사용율을 적절히 조절하여 QoS 요구 조건을 만족시키는 동시에 시스템 전체 용량의 감소를 최소화 하는 방향으로 접근하고 있다[18][19].

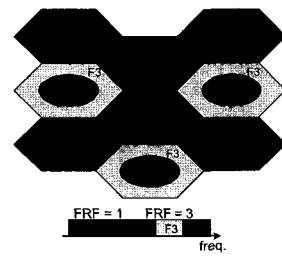
(그림 8)과 (그림 9)는 전체 대역을 주파수 재사용율에 따라 나누어 필요에 따라 주파수 재사용율이 1인 자원과 주파수 재사용율이 1 이상인 자원을 사용하도록 하는 방안을 예로 보인 것이다. 기지국과 가까운 곳에 위치한 단말은 간섭

신호의 영향을 덜 받으므로 주파수 재사용율이 1인 자원을 사용하도록 하고 나머지 경계 지역에서는 주파수 재사용율이 3인 자원을 사용하도록 하면 경계 지역의 QoS 보장과 함께 용량 감소를 어느 정도 줄일 수 있게 된다.

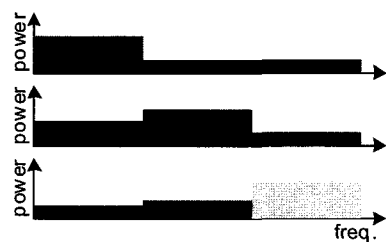
한편, 위 (그림 8)에서 필요에 따라 FRF=1 과 FRF = 3 인 자원의 양을 조절하여 시스템 전체 용량과 셀 경계 지역에서의 성능을 적절하게 조절할 수 있다. 또한 기지국과 가까운 곳에 위치한 단말의 경우 경로 감쇄에 의한 신호의 열화가 적으므로 (그림 9)과 같이 채널이 좋은 단말에게 낮은 전력으로 신호를 송신 하도록 하고 채널이 나쁜 단말은 최대 전력으로 신호를 송신하도록 하여 경계 지역에서의 수신 성능 향상과 함께 자원 사용의 효율성을 높일 수도 있다.

적용된 주파수 재사용 pattern에 따라 수신 SINR과 주파수 효율성이 달라지므로 위와 같은 간섭제어 기법을 패킷 스케줄링 기법과 연계시켜 적용하는 방안도 가능하다[19]. 더 나아가 개별 기지국보다 상위에 제어국을 두어 자원의 할당을 주파수 재사용 pattern의 결정 부분과 개별 부채널의 할당 부분으로 이원화 시켜 적용하는 방안도 있다[20].

이와 같이 간섭제어 기법은 자원의 적절한 분배를 통해 시스템 내 전반적인 수신 SINR을 향상시킬 수 있으며, 이를 MIMO와 같은 다중 안테나 기술과 접목시키게 되면 보다 큰



(그림 8) 주파수 재사용 분할 기법



(그림 9) 주파수 재사용 pattern별 송신 전력 할당

성능 향상을 가져올 수 있을 것으로 기대 된다.

3.3 Self configuration 기술

한정된 주파수에서 WiBro Evolution의 시스템용량을 증대하기 위한 방법으로 작은 크기의 기지국을 다수 개 설치하는 것을 고려할 수 있다 [21][22][23]. (그림 10)은 큰 셀 반경을 갖는 기지국과 작은 셀 반경을 갖는 기지국을 동일 면적에 설치한 것을 개념적으로 보여준다. 작은 셀 반경을 갖는 기지국을 설치한 경우, 한 기지국당 제공할 수 있는 트래픽 용량이 같다고 할 때, 설치한 기지국의 수만큼 해당 지역에서 제공할 수 있는 트래픽 용량이 증가한다. 셀간 간섭 등의 영향으로 무한한 용량증가는 어렵지만 전체 시스템 용량을 증가시킬 수 있는 매우 유효한 방법이다. 더불어 음영지역이 줄어들어 서비스 제공지역이 넓어지는 효과를 같이 기대할 수 있다.

또 (그림 11)과 같이 이러한 소형 기지국을 가정 또는 회사 등에 옥내 기지국 형태로 설치하는 것을 생각해 볼 수 있다 [21]. 이러한 소형 기지국은 ADSL과 같은 값싼 유선회선을 이용하여 WiBro Evolution망에 접속하고 높은 수준의 WiBro Evolution 서비스를 제공한다. 이러한 형태의 서비스를 통해 서비스제공자는 쉽게 서비스 제공지역을 넓힐 수 있고 가입자는 동일한 WiBro Evolution 단말기를 사용하여

집 또는 회사에서 높은 품질의 서비스를 상대적으로 낮은 가격에 제공받을 수 있다.

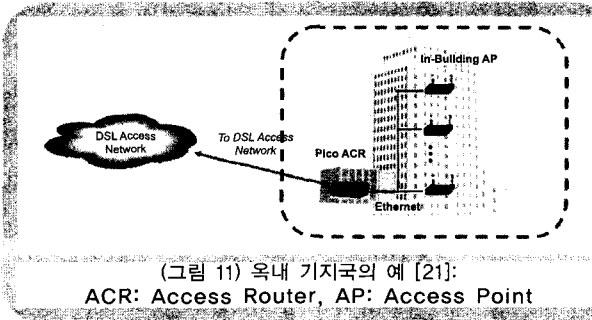
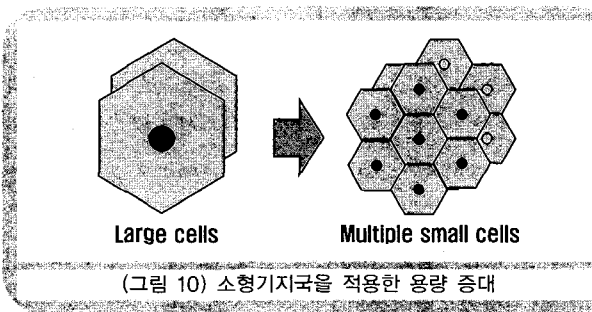
용량 및 coverage를 증대시키고 사용자 편의성을 높이기 위한 이러한 형태의 서비스 및 기술이 self configuration, home cell, femtocell, micro cell, 등의 이름으로 논의되고 있다. 본 기고에서는 이를 Self Configuration (이하 SC)기술이란 이름으로 표시한다. 이러한 SC기술이 갖추거나 해결해야 할 요소는 다음과 같다[22][23].

- Self planning
- Self configuration
- Self optimization
- 핸드오버
- 망동기

서비스 제공자 입장에서는 설치된 기지국의 수가 늘어남에 따라 이를 관리하기 위한 비용이 크게 늘어나게 된다. 즉 새로운 기지국을 설치할 때, 기존에 설치된 기지국과 상호간 간섭을 최소화 하여 시스템 용량의 증대가 최대화 될 수 있도록 하기 위해 망설계비용이 발생한다. 또 실제 기지국을 설치할 때 기존기지국은 별도의 설치공간, 설치인력이 필요하다. 또 이미 설치된 SC기지국에 대해 망 상황이 변경될 경우 이에 대한 최적화가 필요하다.

SC기지국은 위와 같은 비용을 최소화 할 수 있어야 한다. 즉 설치 시 Plug&Play 기능에 의해 별도의 비용 없이 설치 가능하여야 한다(Self configuration). 이렇게 설치된 기지국은 주변 망 상황(인접기지국 신호 등)을 측정하여 사용할 주파수, 송신전력 등의 운용 파라미터를 결정할 수 있어야 한다(Self planning). 또 주변 망 상황(주변 기지국의 신규 설치/철거/변동)에 따라 전체 시스템 용량을 최대화 할 수 있어야 한다(Self optimization).

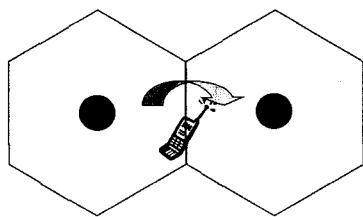
핸드오버를 최적화 하기 위해 해당 기지국 주변의 기지국 정보(Neighbor list)를 모든 단말에게 방송한다. 단말은 이 정보에 포함된 기지국에 대해서 핸드오버 할 기지국을 결정하므로 효율적인 핸드오버를 수행할 수 있다. SC기술이 적용될 경우 기지국의 수가 많아져서 기존 기지국에서 SC기지국으로의 인접기지국 정보의 생성 및 관리가 어려워진다. 이를 고려한 효율적인 핸드오버 기술이 제공되어야 한다. 옥



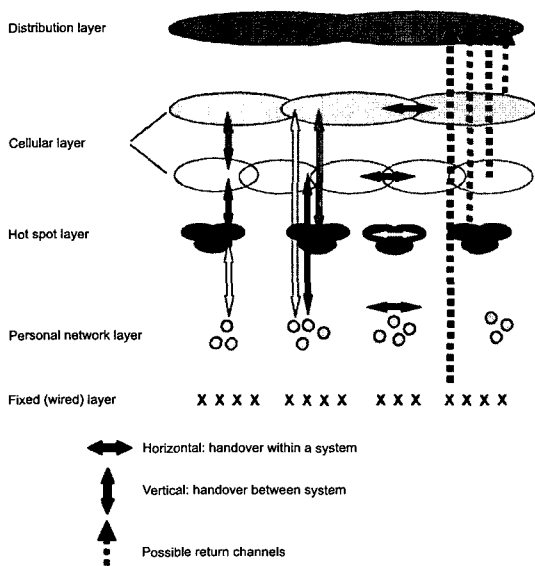
내의 경우 위성서비스에 대하여 음영지역이 되어 GPS를 사용하기 어렵다. 따라서 기존 기지국과의 동기를 위해 별도의 동기방법이 제공되어야 한다.

3.4 이동성지원기술

WiBro Evolution 시스템은 이동 통신 시스템으로 단말의 이동성을 보장하여야 한다. 즉 단말이 이동 중 서비스를 끊김 없이 (seamless) 받을 수 있도록 핸드오버, 페이징 등의 기술이 제공되어야 한다[9][10]. (그림 12)는 핸드오버를 도식적으로 보여준다. 즉 한 셀에서 다른 셀로 단말이 이동 할 때 서비스를 계속 보장하기 위해 서빙 기지국을 바꾸는 과정을 의미한다. 또 특정 단말에게 전달될 패킷이 발생한 경우 해당 패킷이 단말에게 전달될 수 있도록 하는 페이징 기능이 제공되어야 한다. 페이징 기능을 위해서 셀룰라 망에서는



(그림 12) 핸드오버



(그림 13) IMT advanced의 망 개념도[1]

단말의 위치(기지국 또는 기지국 집합)를 주기적으로 갱신할 수 있어야 한다. 이상과 같은 이동성의 지원은 이미 WiBro시스템에서 제공되고 있고 WiBro Evolution에서도 더욱 개선된 방식으로 지원되어야 한다.

WiBro Evolution에서는 상술된 기본적인 이동성 지원 외에 IMT-advanced 시스템에 적합한 이동성 지원이 필요하다 [5][6][24]. (그림 13)는 IMT-advanced에서 예상되는 망 구조를 보여준다 [1]. 기존의 이동통신 시스템이 단일한 무선접속 기술을 사용하여 모든 서비스 및 커버리지를 제공했다. (그림 13)의 각 가로층이 하나의 단일한 무선접속 시스템을 의미한다. 이와 달리 IMT-advanced에서는 다수의 무선접속 기술이 공존하면서 사용자에게 가장 적합한 서비스를 제공할 것으로 예상된다. 즉 방송시스템, IMT-2000 시스템 (WiBro도 IMT-2000 시스템에 포함될 것이 유력하다.), IMT-advanced 이동통신 시스템, 무선 LAN등이 동시에 망에 존재하고 사용자 단말은 무선접속 시스템에 접속할 수 있는 기능을 갖춰 각 상황에 가장 적합한 무선접속 시스템으로부터 서비스를 받을 것으로 예상된다. 이때 상이한 무선 접속 시스템간의 핸드오버가 지원되어야 한다.

단말이 이러한 상이한 무선접속 시스템간을 이동할 때 서비스를 끊김 없이(seamless) 제공받을 수 있는 기능을 일반적으로 시스템간(intersystem) 또는 수직(vertical) 핸드오버라고 한다.

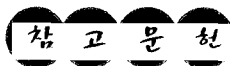
핸드오버 과정은 핸드오버의 결정, 핸드오버 절차의 수행, 핸드오버 이후 트래픽을 핸드오버 기지국으로 전달하는 과정으로 나눌 수 있다. 기존의 이동통신 시스템의 핸드오버 (수평(horizontal) 핸드오버)는 동일한 무선접속규격을 사용하는 시스템에서 단말과 기지국간의 신호세기를 기준으로 핸드오버 수행여부를 결정한다. 무선접속규격은 핸드오버를 위한 절차와 제어메시지를 정의한다. 또 기지국들을 관장하는 교환기가 존재하여 이 교환기를 통하여 용이하게 트래픽을 해당 기지국으로 전달할 수 있다.

수직핸드오버에서는 신호의 세기 외에 이용요금, 망상태, 시스템 성능 등을 핸드오버결정에 반영되어야 한다 [24]. 즉 동일한 조건이라면 가격이 싼 망으로 접속하는 것이 사용자에게 유리할 것이다. 또 단말의 이동속도가 빠르고 서비스가 지속적으로 이루어져야 한다면 이동성이 보장되는 이동통신 시스템으로 접속하여야 할 것이다. 또 수직핸드오버

환경에서는 기존 이동통신 시스템과 같은 중앙집중식 교환 프로토콜 및 교환기가 적용되기 어렵다. 대신 Mobile IP와 같은 분산제어 프로토콜이 사용될 것으로 예상된다 [6].

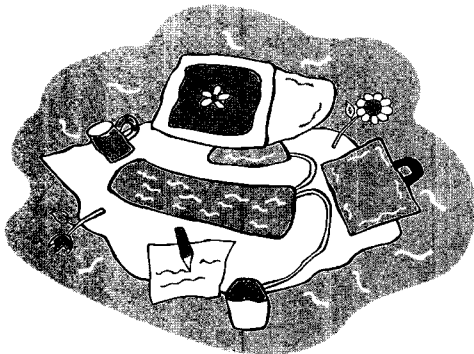
IV. 결 론

기존 WiBro 및 WiMAX 시스템과 호환성을 유지하면서 IMT-Advanced 시스템 요구사항을 만족하도록 개발될 IEEE 802.16m 표준규격은 WiBro/WiMAX 시스템의 표준 및 시장 로드맵을 IMT-Advanced까지 연결시키는 역할을 함으로써 향후 4세대 이동통신 표준화에 중요한 부분을 차지할 것으로 예상된다. 차세대 이동통신 기술의 주도권을 확보하고자 세계 각국이 치열하게 경쟁하는 현재의 상황에서, WiBro/WiMAX 시스템의 기술력 및 선행 시장을 확보한 우리나라의 이동통신 산업계는 분명 유리한 위치에 있다고 할 수 있겠다. 이를 보다 적극적으로 활용하여 IEEE 802.16m과 IMT-Advanced에서의 핵심 기술을 확보하고 4세대 이동통신 시스템의 기술을 선점하기 위한 노력과 활동이 전략적으로 추진되어야 할 것이다.



- [1] ITU-R Recommendation M.1645: Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000.
- [2] Board Of NGMN Limited: Next Generation Mobile Networks Beyond HSPA & EVDO White Paper, Ver. 3.0, Dec. 2006.
- [3] <http://standards.ieee.org/board/nes/projects/802-16m.pdf>
- [4] IEEE C802.16m-07/111r1, "TGm Legacy Support Ad Hoc output," IEEE 802.16 TGm, May 9, 2007.
- [5] Suk Yu Hui and Kai Hau Yeung, "Challenges in the Migration to 4G Mobile Systems," IEEE Commun. Mag., vol. 41, no. 12, 2003, pp. 54-59.
- [6] McNair, J., Fang Zhu, "Vertical handoffs in fourth-generation multinet network environments," IEEE Wireless Commun., vol. 11, no. 3, 2004, pp. 8-15.
- [7] IEEE 802.16m-07/001, "Initial Work Plan for IEEE P802.16m Draft & IMT-Advanced Submission", IEEE 802.16 TGm, Jan 16, 2007.
- [8] IEEE 802.11-07_0419r1, "Very High Throughput Study Group," IEEE 802.11, Mar. 2007.
- [9] IEEE 802.16m-07/002r1, "Draft IEEE 802.16m Requirements," IEEE 802.16 TGm, Mar 15, 2007.
- [10] IEEE Std 802.16eTM-2005 and IEEE Std 802.16TM-2004/Cor1-2005, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Feb. 2006.
- [11] G.J. Foschini, "Layered Space-time Architecture for Wireless Communication in a Fading Environment when Using Multi-element Antennas," Bell Labs Technical Journal, Oct. 1996, pp.41-59.
- [12] I. E. Telatar, "Capacity of Multi-Antenna Gaussian Channels," Euro. Trans. Telecommun., vol. 10, Nov. 1999, pp. 585-95.
- [13] S. Alamouti, "A simple transmitter diversity scheme for wireless communications," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 16, Oct. 1998, pp. 1451-1458.
- [14] Lal C. Godara, "Application of antenna arrays to mobile communications. II. Beam-forming and direction-of-arrival considerations," Proc. IEEE, Vol.85, No.8, Aug. 1997, pp. 1195-1245.
- [15] Q.H. Spencer, A.L. Swindlehurst, and M. Haardt, "Zero-Forcing Methods for Downlink Spatial Multiplexing in Multi-User MIMO Channels," IEEE Trans, Sig. Proc., Vol.52, Feb. 2004.
- [16] M. Costa, "Writing on Dirty Paper," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol.29, No.3, Jan. 2001, pp.211- 219.
- [17] David J. Love, Robert W. Heath Jr., Wiroonsak Santipach, Michael L. Honig, "What Is the Value of

- Limited Feedback for MIMO Channels?," IEEE Commun. Mag., vol. 42, no. 10, 2004, pp. 54-59
- [18] 3GPP TSG RAN1-W1(R1-070459), "Further Discussion on Adaptive Fractional Frequency Reuse," Sorrento, Italy, 15-19 Jan, 2007
- [19] 3GPP TSG RAN1-W1(R1-050896), "Description and simulation of interference management technique for OFDMA based E-UTRA downlink evaluation," London, UK, 2 Sep, 2005
- [20] US2005/0169229 A1, "Apparatus and Method for Allocating Subchannels Adaptively According to Frequency Reuse Rates in an OFDMA System," 4 Oct, 2005
- [21] 이종식, "옥내용 WiBro 시스템 기술 개발," JCCI 학술대회자료집, 2007년 5월, pp. 141-155.
- [22] Vicki Griffiths, "WCDMA Femtocells," Open Basestation Conference, Bath, April, 2007.
- [23] Stuart Carlaw, "What is the Business Case for Femtocells," Open Basestation Conference, Bath, April, 2007.
- [24] Akyildiz, I.F., et. al, "Mobility management in next-generation wireless systems," Proc. IEEE, vol. 87, no. 8, 1999, pp. 1347-84.



약 력



조 재 희

1994년 연세대학교 전자공학과 학사
 1996년 연세대학교 전자공학과 석사
 2002년 연세대학교 전자공학과 박사
 1996년 ~ 1998년 SK 텔레콤 중앙연구소
 2002년 ~ 현재 삼성전자 통신연구소
 관심분야: 이동통신 시스템, IEEE 802.16 표준화, ITU IMT-advanced 표준화



조 재 원

1995년 서강대학교 전자공학과 학사
 1997년 서강대학교 전자공학과 석사
 2002년 서강대학교 전자공학과 박사
 1997년 ~ 1998년 데이콤 종합연구소
 2002년 ~ 2003년 Cornell Univ. Postdoctoral Associate
 2003년 ~ 현재 삼성전자 통신연구소
 관심분야: IEEE 802.16 무선접속 기술 개발 및 표준화



최 호 규

1993년 한국과학기술원 석사
 1999년 한국과학기술원 박사
 1998년 ~ 현재 삼성전자 통신연구소
 관심분야: IEEE 802.16, 3GPP, 3GPP2 무선접속 기술 개발 및 표준화



윤 순 영

1988년 서울대학교 전자공학과 학사
 1990년 한국과학기술원 석사
 1995년 한국과학기술원 박사
 1995년 ~ 현재 삼성전자 통신연구소
 관심분야: 이동통신 시스템 및 솔루션 기획 및 연구