

현대인터넷과 다중안테나 시스템

김대중, 이정자 (포스데이터 현대인터넷연구소)

1. 서론

현대인터넷은 이동형 무선 광대역 액세스(BWA: Broadband Wireless Access) 서비스로 광범위한 지역에 위치한 다수의 가입자에게 무선으로 고속 데이터를 전송할 수 있게 한다. 특히, 지리적으로 유선 서비스가 어렵거나 이동 중에 데이터 서비스를 원하는 경우에는 더욱 그러하다. 현대인터넷은 IEEE WG(Working Group) 802.16 규격을 기반 기술로 하고 있다. IEEE 802.16은 고정형 가입자를 위한 IEEE 802.16-2004 규격^[1]과 고정 가입자와 이동형 가입자를 모두 고려한 IEEE 802.16e 개정(Amendment) 규격^[2]으로 구성된다. 현재 IEEE 802.16e/D8 (이동성 지원)과 IEEE 802.16-2004의 수정(Corrigendum) 작업이 진행 중이며, 2005년 10월에 완료될 계획이다. IEEE 802.16은 다양한 채널 대역폭, 주파수 밴드, 멀티플렉싱 및 사용 기술 등을 선택적으로 적용한 많은 프로파일(profile)이 존재하여, 각 서비스 사업자는 원하는 프로파일을 선택하여 적용할 수 있는 유연성을 제공한다. 국내 현대인터넷의 서비

스 명인 와이브로(WiBro)는 기술적으로 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)와 TDD(Time Division Multiplexing)를 선택하고 8.75MHz 채널 대역폭을 갖고 2.3GHz 대역에서 운영되는 IEEE 802.16의 한 프로파일이라고 볼 수 있다.

IEEE 802.16 규격이 갖고 있는 수 많은 선택 사항은 다양한 유연성을 제공하는 반면, IEEE 802.16 기술 기반의 기기들 간의 호환성을 확보하는데 문제가 발생할 수 있다. 이를 위하여 인텔의 주도하에 산업 컨소시엄인 WiMAX 포럼이 구성되어 시스템 프로파일(PHY/MAC/RF 파라미터)이라는 가이드라인을 작성하여, 동일한 시스템 프로파일을 준수하는 제품간의 호환성을 유지할 수 있도록 하고 있다. WiMAX 포럼은 이미 OFDM을 기반으로 하는 면허대역(Licensed spectrum: 2.5~2.69 GHz와 3.4~3.6 GHz)과 비면허대역(Unlicensed spectrum: 5.725~5.850 GHz)에 대한 시스템 프로파일을 작성하였으며, 현재 OFDMA 기술 기반의 시스템 프로파일에 대한 작업이 진행 중이다.

2장에서는 휴대인터넷의 요구사항 및 적용 기술을 알아보고, 3장에서는 다중 안테나의 이점을 서술하고, 4장에서는 휴대인터넷 규격에 정의된 다중 안테나 기술에 대해서 알아본다. 5장에서는 다중안테나 기술의 성과 구현 고려 사항에 대하여 서술한다.

II. 휴대인터넷의 요구사항 및 적용 기술

2006년 상반기 상용화 예정인 휴대인터넷의 성공적인 상용화를 위해서는 무선 용량(Capacity)과 커버리지(Coverage)의 확대라는 상충된 요구 사항을 만족해야 한다.

1. 무선 용량

인터넷의 접속 시간 및 평균 전송 속도가 빠른 속도로 증가하고 있는 상황에서 한정된 무선 자원에 대한 주파수 효율성(Spectrum Efficiency)을 높여 무선 용량을 증대하는 방안이 필요하다. 국내와 같이 초고속 인터넷에 익숙한 사용자들에게는 고속 데이터 서비스(특히, 하향링크)는 필수 불가결한 사항이다. 무선 시스템에서 주파수 효율성은 bps/Hz/Cell (BHC)로 측정할 수 있다. 즉, 한 셀에서 제공할 수 있는 전송율을 전체 주파수 대역으로 나눈 값으로 전체적인 시스템의 효율성을 나타내는 성능 기준이 된다 (특히, 하향링크 BHC).

2. 커버리지

상용화 초기에는 사용 밀도(Load Density)가 낮지만, 가입자가 증가하고 제공 서비스

가 확대됨에 따라서 사용 밀도가 급격하게 증가할 수 있다. 따라서 초기의 경우에는 셀의 반경이 크게 되어 커버리지 제한(Coverage Limited) 네트워크가 되고, 나중에는 무선 용량의 제한으로 용량 제한(Capacity Limited) 네트워크가 될 수 있다. 커버리지의 증대는 기지국 안테나의 높이와 이득을 늘리고, 맥내 서비스가 가능한 경우에 지향성 안테나를 사용하여 가능하다. 그러나 기지국의 높이의 제한, 열악한 도시 환경 또는 휴대형 단말기 형태의 가입자의 경우에는 커버리지의 한계가 발생한다. 특히, 와이브로 서비스에서 요구하는 최소 전송율(하향링크: 512kbps, 상향링크: 128kbps)을 만족하기 위해서 셀 가장자리에 위치한 가입자는 문제가 더욱 심각하다.

3. 휴대인터넷의 적용 기술

주파수 효율성과 커버리지 증대는 무선 이동통신 분야에서 오랜 동안 연구하고 개발해 온 과제로 휴대인터넷에 사용되는 방법으로는 다음과 같은 것이 있다.

● 기지국 섹터화

기지국을 섹터라는 작은 단위로 분할하여 운용하고 각 섹터는 섹터 안테나 시스템을 사용하는 이동통신 시스템의 전통적인 기법이다. 각 섹터는 독립적인 셀처럼 여겨지고 이득이 높은 지향성 안테나를 운용함으로써 일반적으로 약 35%의 커버리지 및 무선용량 증대를 가져온다. 휴대인터넷 시스템에서도 주파수 계획 및 주파수 재활용과 연동되어 3 섹터 기지국이 운용될 것으로 보인다.

● 전력 제어

기지국이나 이동국의 송신 전력을 통신 가능한 범위 내에서 가장 낮은 수준으로 제어하는 기법이다. 이를 통하여 자기 셀 및 타 셀의 간섭량을 감소시켜 시스템 용량을 증가시킬 수 있다. 또한 이동국의 경우에 이동국의 소모 전력 감소로 배터리 수명 연장에 기여할 수 있다. 휴대인터넷에는 이동국에 대한 상향 링크 전력 제어가 규격에 정의되어 있다.

● 변조 및 부호화

변조와 부호화 기법은 동일한 신호 레벨에서 주파수 효율성을 향상시키는 대표적인 방법이다. 고차의 변조 방식인 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation)과 64QAM (하향링크만)을 적용하였다. 길쌈 부호 이외에 길쌈 터보 부호 (CTC: Convolutional Turbo Code)를 필수 기술로 채택하여 오류정정 능력을 향상시켰다. 특히, AMC (Adaptive Modulation and Coding) 기술을 사용하면 채널의 환경에 최적의 변조와 부호화 방식을 선택하여 전송율의 향상에 기여할 수 있다.

● HARQ

데이터가 패킷 형태로 전송될 때, 안전한 데이터 전송을 보장하기 위하여 ARQ 기법이 사용된다. HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest)는 오류정정기법과 ARQ의 재전송을 결합하여 안정성을 높인 기법이다. HARQ 기법과 ARQ기법의 기본적인 차이점은 HARQ 기법에서는 재전송 패킷과 이전에 전송된 패킷을 결합한다는 것이다. 이것으로

일종의 시간 다이버시티 (Time Diversity) 및 부호화 이득을 제공하게 된다. 휴대인터넷에는 IR (IR: Incremental Redundancy)와 체이스 결합(Chase Combining)의 두 기법의 적용이 가능하다.

● 다중 안테나 기술

다중 안테나 (Multiple Antenna) 기술은 무선 용량과 커버리지의 성능을 개선하기 위하여 연관된 변조/코딩/신호처리 기법을 적용하여 송수신시에 다중 안테나를 사용하는 것이다. 현재 IEEE 802.16에는 크게 두 가지의 다중 안테나 기술을 선택적으로 적용할 수 있다: AAS (Adaptive Antenna System), MIMO (Multiple-input Multiple-output).

III. 다중 안테나의 이점

다음은 단일 안테나를 갖는 일반적인 구조에 비하여 다중 안테나를 사용하여 얻을 수 있는 몇 가지 이점에 대하여 알아본다.^[8]

● 어레이 이득

어레이 이득(AG: Array Gain)은 다중 안테나로부터 얻은 신호를 동기적(Coherent)으로 결합하여 얻게 되며, 수신 안테나의 수에 비례하여 C/N(carrier-to-noise ratio)을 증가시킨다. 일반적으로 이득은 $10 \cdot \log(n)$ 이다. 여기서 n은 안테나 배열의 수이다. 상향 링크와 하향링크 모두에서 얻을 수 있으며, 기지국의 경우는 상향 링크의 신호를 수신 시에 다수의 안테나를 통하여 얻은 신호를 각 안테나 별로 채널 추정된 결과를 결합하여 AG를 얻게 된다.

●다이버시티 이득

고차 변조 방식을 사용하거나 낮은 목표 BER (Bit Error Rate)을 갖는 경우에는 다중 경로 페이딩 환경에 매우 민감하게 된다. 이때 다이버시티는 다중 경로 페이딩을 제거하는 데 효과적이다. 기본적인 방법은 전송 다이버시티인 STBC로 부호화된 데이터를 다중 데이터 열로 분리하여, 안테나 별로 변조하여 전송하는 것이다. STBC는 안테나의 수나 안테나에 데이터를 사상하는 방법을 달리하거나 심볼 지연 등의 방법도 적용할 수 있다.

●채널내 간섭 제거(CCIR: Co-Channel Interference Reduction)

목적 신호와 채널내 간섭 신호가 특성을 달리할 때 간섭 제거에 효과적인 방법이다. 전송 시에 채널 정보를 바탕으로 목적 사용자와 채널내 간섭 사용자를 얼마만큼 잘 구분하여 전송하느냐에 따라 간섭 제거 능력이 결정된다. 즉, 목적 수신기의 신호는 강화시키고 간섭 사용자의 신호를 최소화하는 것이다.

●SM

SM (Spatial Multiplexing)은 무선 링크에서 전송율을 획기적으로 개선할 수 있는 안테나 기술로 상하향 링크 모두에 다중 안테나를 필요로 한다. 시공간(temporal/spatial) 영역에서 데이터를 부호화는 STBC와 같은 전송 다이버시티는 다이버시티 이득을 얻을 수 있기에 정보를 신뢰성있게 전송할 수 있는 장점 대신에, 최대 전송율을 얻을 수 없다는 단점이 있다. 반면에 SM은 데이터 열을 다수의 소규모 열로 분리하여 각 안테나로 송신하는 MIMO기법으로 전송을 극대화

유용하다. 따라서 전송 다이버시티와 SM은 트레이드오프의 관계에 있다.

IV. 휴대인터넷의 다중 안테나 기법

IEEE 802.16에 정의된 OFDMA PHY는 선택적 기술 항목으로 AAS와 2개, 3개 및 4개의 안테나를 지원하는 MIMO 기법을 지원한다. AAS 시스템은 공간적으로 분리된 다중 빔을 전송하여 커버리지와 무선 용량을 향상시키는 다중 안테나 기술이다.

MIMO 시스템은 다양한 형태로 2개, 3개 및 4개의 안테나로 구성되어 있으며, 전송 다이버시티, 빔 형성 및 최대 주파수 효율을 위한 SM도 지원한다.

AAS나 MIMO의 기능이 구현된 이동국은 SBC-REQ/RSP 메시지를 통한 SS capability negotiation을 통하여 AAS 지원 여부, MIMO의 송수신 안테나의 수와 전송 행렬(Tx Matrix)의 형태, MIMO의 기법, 폐루프(Closed-loop)와 개루프(Open-loop) 선택 기법 등의 기지국에게 알려야 한다.

1. AAS 지원

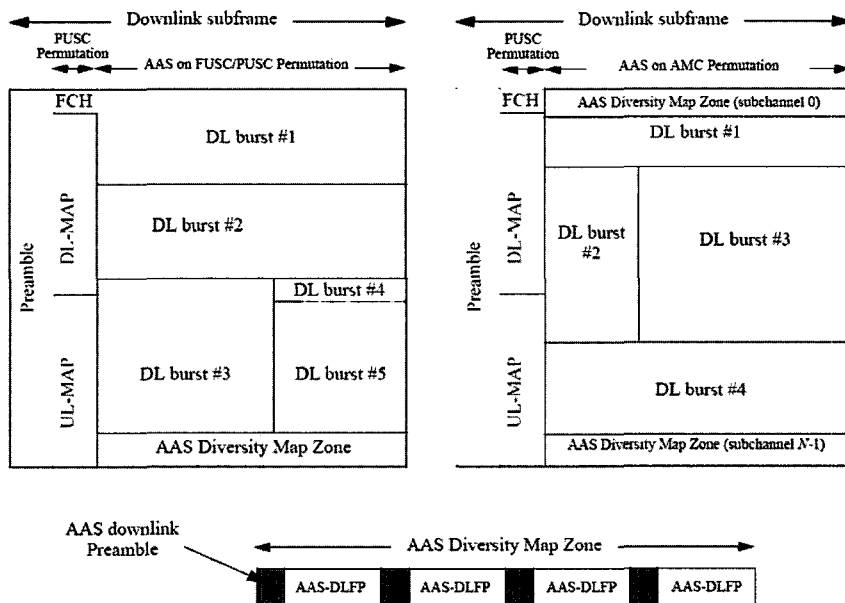
휴대인터넷의 프레임(Frame)은 5ms 길이를 가지며, 한 심볼 길이의 프리앰블(Preamble)로 시작하는 42개의 OFDM 심볼로 구성되어 있다. 각 프레임은 하향링크(DL: Downlink) 서브프레임(Sub-frame)과 상향링크(UL: Uplink) 서브프레임으로 나누어 사용된다. 각 서브프레임의 사용자 트래픽 영역은 연속된 OFDM 심볼 단위의 존(zone)으로 분할하며, 존 내에서는 동일한 서브캐리

어 할당방식(Sub-carrier Permutation)을 사용한다. AAS 지원을 기준으로 보면, 각 서브프레임은 Non-AAS 존과 AAS 존으로 나눌 수 있다. AAS 지원 여부는 DL-MAP 메시지와 UL-MAP 메시지에 각각 정의된 AAS_DL_IE()와 AAS_UL_IE()에 표시된다. 즉, 한 프레임 내에서 Non-AAS 존에서 AAS 존으로 전환은 AAS_DL_IE() (extended DIUC =15)에 의해서 이루어지며, AAS 존은 Zone Switch IE 나 다른 AAS_DL_IE() 및 DL 서브프레임의 종료까지 계속된다. AAS_DL_IE()는 AAS zone의 시작 심볼의 위치, 서브캐리어 할당방식, AAS 존 내의 프리앰블 길이 및 유무 등을 나타낸다.

한 프레임 내에 여러 개의 AAS 존이 지원될 수 있지만, 현실적으로 하나의 AAS 존이 구현될 것으로 보인다. 각 AAS 존은 optional Diversity-MAP Scan 존을 포함할

수도 있으며 optional Diversity-MAP Scan 존이 없는 경우를 기본 AAS 모드 (Basic AAS Mode)라고 한다. 여기서는 optional Diversity-MAP Scan 존의 경우를 설명하기로 한다.

그림 1은 사용자 데이터 영역이 AAS 존으로만 구성된 경우에, 서브캐리어 할당방식에 따른 4개의 안테나를 갖는 AAS Diversity Map 존의 사용 예를 나타내고 있다. AAS Diversity Map 존은 AAS DL 프리앰블과 AAS-DLFP (Downlink Frame Prefix)로 구성되며, AAS-DLFP의 목적은 이동국 페이징(Paging)과 액세스 할당 뿐만 아니라 이동국의 초기 레인징에 필요한 기지국 파라미터를 안전하게 전송하기 위한 것이다. 이를 위하여 반복 부호 2를 갖는 QPSK-1/2 부호를 사용한다. AAS-DLFP는 compressed DL-MAP을 전송할 수 있는데, 이를 통하여 빔형성 브



〈그림 1〉 Optional AAS Diversity Map 존의 사용 예

로드캐스트 DL-MAP을 포인트하거나 일반 DL-MAP을 수신할 수 없는 특수한 이동국을 페이징하는 데 사용된다. 일단 사용자에게 초기 할당이 제공되면, private DL-MAP과 UL-MAP이 링크에서 제공 가능한 최고의 변조 방식과 최저의 부호율로 빔형성 형태로 전송된다. AAS 존 내에서, AAS 기지국은 SS 레인징에 사용될 영역을 할당하면, 기지국은 이동국으로부터 수신된 RNG-REQ 메시지로 부터 빔형성을 위한 채널 정보를 추출할 수 있다.

AAS 존에서 할당 버스트와 AAS DLFP 앞에 AAS 프리앰블이 존재한다. AAS 프리앰블은 하향링크와 상향링크에 따라 각각 PHY_MOD_DL_IE() 와 PHY_MOD_UL_IE() 에 정의된 프리앰블 천이 인덱스(Preamble Shift Index)에 따라 시간 또는 주파수 천이 된다. 기지국은 모든 천이 인덱스 규격이 버스트 할당(private maps, AAS -DLFP, broadcast maps, etc.)에 대하여 일관성을 유지하도록 해야 한다. 따라서 이렇게 정의된 프리앰블을 사용할 때, 동시에 서브채널을 사용하는 빔은 다른 프리앰블 천이 인덱스를 사용하도록 구성되어야 한다.

2. MIMO 지원

최근 다중 안테나를 사용함으로써 다이버시티 이득 및 전송율 증가 이득을 통한 시스템 용량의 현격한 증가가 가능하다는 내용의 연구 결과들이 다수 발표된 바 있다. 휴대인터넷 규격에서는 이러한 연구 결과들을 바탕으로 다중 안테나를 사용하는 다양한 MIMO 방식을 제안하였다.^[3] IEEE 802.16e 규격에

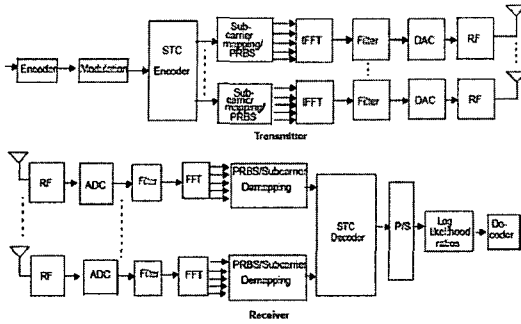
명시된 MIMO 방식들의 주요 특징을 요약하면 다음과 같다.

휴대인터넷 시스템에서 다양한 송신 안테나 수 및 전송 행렬(Transmission Matrix)을 지원한다. MIMO 지원 방식은 2개, 3개, 혹은 4개의 송수신 안테나를 사용하며, 크게 전송 다이버시티를 사용하는 STBC (Space-Time Block Code) 전송 행렬과 전송율 증가 이득을 얻기 위한 SM (Spatial Multiplexing) 전송 행렬을 지원한다.^[4]

일명 Alamouti 코드로 불리는 2X STBC는 휴대인터넷의 MIMO 시스템에서 가장 간단한 형태로 MISO (Multiple-Input Single-Output) 형태이다. 2X1 STBC는 기지국에 두 개의 안테나를 이용한 전송 다이버시티를 얻는 방법으로 단순하면서 기지국의 비용 부담으로 이동국의 성능을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 이에 대한 식(1)에서 전송 행렬의 서로 다른 행(row) 들은 각각 서로 다른 송신 안테나에 할당되며 서로 다른 열(column) 들은 각각 서로 다른 OFDM 심벌 구간에 할당됨을 의미한다.

$$A = \begin{bmatrix} S_i & -S_{i+1}^* \\ S_{i+1} & S_i^* \end{bmatrix} : \text{Alamouti - STBC (1)}$$

크게 세 종류의 전송 행렬이 존재하며 1) 다이버시티 이득을 얻기 위한 전송 행렬, 2) SM을 통한 전송율 극대화를 얻기 위한 전송 행렬, 그리고 3) 다이버시티 이득 및 데이터 전송율 증가 이득을 모두 얻기 위한 전송 행렬이 있다.



〈그림 2〉 DL에서 optional zone에 대한 STC의 예

그림 2는 하향링크의 선택 할당방식 (optional FUSC, optional AMC 및 optional PUSC-ASCA) 에서 다중 송신/수신 안테나로 구성된 전송 다이버시티의 예를 나타내고 있다. 여기서 STC 인코더는 입력 데이터 심볼을 순차적으로 각 안테나에 정해진 데이터 심볼을 분배한다. 서브캐리어 매핑과 PRBS (pseudo-random binary sequence) 블록은 서브캐리어 할당방식에 맞게 서브캐리어 배치, 파일럿 삽입, 서브캐리어 전력 조절 및 전송을 조절 등을 담당한다. 전송을 조절은 전송 안테나의 수, 서브캐리어 할당 방식, 인코딩 방식(CTC 또는 CC)에 따라 절단 (Truncation)과 천공 (Puncturing)의 방법으로 이루어진다.

이러한 MIMO를 사용하기 위해서 MIMO-enabled 기지국은 DL-MAP에 MIMO_DL_Basic_IE()를 정의하여 특정 MIMO-enabled SS CID에게 MIMO 할당에 대한 구성 정보를 알려준다. MIMO_DL_Basic_IE()에 표시된 MIMO 모드는 다음 DL 할당부터 프레임의 끝까지만 적용된다. 또한 MIMO-enabled 기지국은 DL-MAP에 MIMO_DL_Enhanced_IE()를 정의하여 이전에 이동국에 할당된 CQICH_ID에 의해 정의된 MIMO-enabled

SS 에게 MIMO 모드를 전달한다.

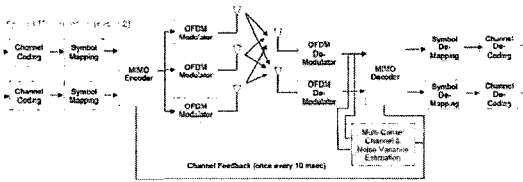
이외에 다양한 파일럿(Pilot) 할당 방식, 미드앰블 (midamble) 및 프리코딩(precoding) 방식을 지원한다. IEEE 802.16e 규격에서는 MIMO 방식을 적용한 경우 각각의 송신 안테나와 수신 안테나 사이에 채널 추정(Channel Estimation)을 위하여 다양한 파일럿 할당 방식을 지원한다. 이 때 파일럿 할당 방식은 MIMO 방식이 적용되는 구간이 어떤 서브채널 할당 방식을 지원하는가에 따라 결정된다. MIMO 방식이 적용되는 구간에서의 서브채널 할당 방식은 PUSC (Partially Used Subchannelization), FUSC (Fully Used Subchannelization), optional FUSC 및 AMC 등이 있다.

송신 안테나 수가 증가하고 단말기의 이동성이 증가하는 경우 기존의 프리앰블이나 파일럿으로는 채널 추정이 어려운 면이 있어서 IEEE 802.16e 규격에서는 이러한 경우를 대비해 미드앰블을 지원한다. 다중 안테나의 채널 추정을 효과적으로 하기 위하여 하향링크의 STC/MIMO 존과 같은 영역의 첫 번째 심볼에 미드앰블을 사용하며, 미드앰블을 제외한 나머지 서브캐리어는 각 전송 안테나의 데이터에 할당한다.

프리코딩은 페루프 또는 개루프 형태로 수행될 수 있다. 개루프 형태의 경우에 기지국은 UL 신호를 기초한 채널 품질 정보(CSI: Channel State Information)에 따라 전송 안테나의 가중치를 부여한다 (TDD의 특성을 이용한 reciprocity 활용 가능). 반면, 페루프 형태는 프리코딩이나 전송 최적화를 위하여 이동국으로부터 채널 품질 정보를 받아서 사용한다.

V. 성능 및 구현 고려 사항

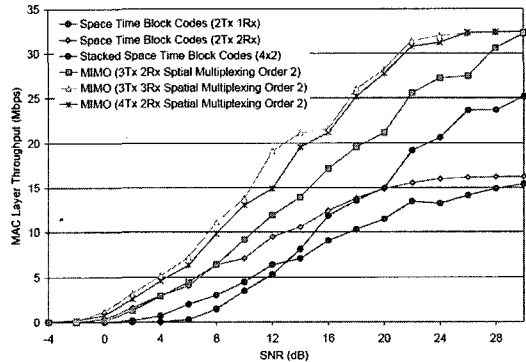
그림 3은 다양한 종류의 다중 안테나 기법 중에서 MIMO의 SM 기법을 사용하는 경우 대한 송수신 구성도의 예를 나타낸다. 일반적인 SM기법에 대한 일반적인 수신기 구조는 ZF(Zero-Forcing) 이나 MMSE (Minimum Mean Square Error)와 같은 선형 수신기, MLD (Maximum Likelihood Detector)와 같은 비선형 수신기나 BLAST 같은 구조가 있다. 모든 경우에 있어서 수신 안테나의 수는 전송 데이터의 열보다 적어서는 안 된다는 제한이 있다.



〈그림 3〉 3 X 2 MIMO SM 구조의 송수신 구성도

그림 4는 채널대역폭이 5MHz인 경우에 여러 가지 송수신 안테나 구성에 대하여 STBC와 MMSE 프리코딩을 적용한 SM의 MAC 계층 전송율에 대한 비교를 나타내고 있다.¹⁵⁾ STBC의 경우에 SNR의 증가에 따라 점차적으로 전송율이 증가한다. 한편 3 안테나 구성의 프리코딩 SM의 경우에, 두 개의 데이터 열이 전송된 결과로 STBC에 비하여 급격하게 전송율이 증가한다. 결과에서 3 x 3 시스템이 4 x 2 시스템보다 약간 좋은 성능을 보이지만, 단말기에서 2개의 안테나를 사용하여(기지국은 4 안테나) 중간 이상의 SNR 영역에서 SNR의 증가에 비례적으로 전송율을 증가시킬 수 있음을 알 수 있다. 3 x 3

MIMO 시스템과 2 x 1 시스템을 비교하면 모든 SNR 영역에서 2배 이상의 전송율을 보이면서 다중 안테나의 비용에 대한 효과를 입증하고 있다.



〈그림 3〉 하향링크 전송율 비교

구현의 입장에서 볼 때 MIMO의 경우에 그림 2의 예에서 보듯이 안테나 수만큼 DAC (Digital Analog Converter) 등을 포함한 다중 RF 체인(chain)을 필요로 한다. 상용화를 위하여 이러한 다중 체인의 비용이 줄어들어 한다. 단말기의 경우도 마찬가지로 다중 체인에 대한 필요성이 있다. 반면에 AAS와 같은 빔 형성 기지국의 경우에 다중의 형태의 TX와 RX 체인이 위상이나 이득의 매칭을 고려하여 구성될 필요가 있지만, 가입자 단말기의 경우는 다중 체인이 필요치 않다. 특히 TDD 시스템의 경우는 TX와 RX가 동일한 채널 특성을 갖기 때문에 TX 채널을 RX 채널의 특성으로부터 추정할 수 있다.

다중 안테나를 사용함으로써 얻게 되는 다이버시티 이득은 간섭의 감소로 인한 이득, 어레이 이득과 함께 링크 성능을 개선 시키는데 중요한 기술로 여겨진다. 기술의 구현 측면에서 보면 SDC (Selection Diversity

Combining), EGC (Equal Gain Combining), and MRC (Maximum Ratio Combining)으로 분류할 수 있다. SDC는 각 안테나가 독립적인 경로를 갖을 때 높은 성능을 보이지만, 어레이 이득을 갖지 못하는 단점이 있다. EGC와 MRC는 각 안테나의 신호를 위상과 이득을 고려하여 결합하여 어레이 이득도 얻게 된다. 일반적으로 MRC가 SDC나 EGC에 비하여 최대의 효과를 갖게 되며, 결합을 디지털 영역 또는 아날로그 영역에서 하느냐에 따라 성능의 차이를 갖게 된다. 반면에 최적 알고리즘의 추가로 인하여 복잡도는 증가하게 된다.

다중 안테나는 그 동안 알고리즘의 개선을 통한 성능의 향상에 초점을 맞추어 왔다. 그러나 MIMO의 경우 안테나간의 가간섭성(Coherence)이 낮거나 낮은 SNR (Signal to Noise Ratio)에도 일정한 성능향상을 제공할 수 있는 항상성이나 단말기에 다중 안테나의 설치 공간 문제, 안테나 별로 추가되는 하향 변환(down conversion)의 비용, 복잡한 알고리즘 등의 현실적인 문제도 고려해야 한다.

VI. 결론

IEEE 802.16 규격은 다양한 종류의 다중 안테나 기술을 선택적으로 적용할 수 있도록 정의하고 있다. 본 기고에서는 다중안테나 기술의 이점과 휴대인터넷에서 제공하고 있는 AAS와 MIMO 기술을 정리하고 성능 및 구현 이슈에 대하여 간단히 알아 보았다. MIMO와 AAS와 같은 다중 안테나 기술은 무선 성능 향상과 간섭 제거 능력으로 인하여 휴대인터넷 시스템에서 요구하는 커버리지

및 주파수 효율성을 만족시키는데 효과적인 기법이라고 본다. 다중 안테나 기술은 오랜 기간의 이론적인 연구를 기반으로 휴대 인터넷 제품 구현을 통하여 무선 용량의 증대와 커버리지의 확대라는 장점을 제공할 수 있으며, 4세대 이동통신의 기반 기술로 인정받고 있다. 또한 cdma2000 1xEV-DO나 WCDMA HSDPA와 같은 경쟁 시스템에 우위를 확보하고, 차세대 이동통신 기술을 선도할 수 있다는 점에서 휴대인터넷에서 다중 안테나 기술의 적용은 선택이라기 보다는 필수라고 볼 수 있다.

다중안테나 기술은 현재 3G시스템에서 Alamouti STBC가 일부 적용되었고, 무선 LAN인 IEEE 802.11n에서도 표준화가 진행되고 있는 등 미래의 무선시스템에 중요한 역할을 하리라고 본다. 그러나 여전히 다음과 같은 문제점에 대한 고려가 필요하다. 첫째, 다양한 다중 안테나 기술의 제공으로 장비 및 단말 간의 호환성을 유지하는데 문제가 발생할 수 있다. 둘째, 국내에서 선호되고 있는 휴대형 단말기의 경우는 MIMO와 같은 다중 안테나의 배열에 대한 어려움이 존재한다. 셋째, 구현 비용을 줄일 수 있는 새로운 안테나 구조, 케이블링(Cabling) 구조 및 효율적인 DSP/RF의 개발이 필수적이다. 마지막으로 이동 중에도 안정적으로 동작되는 AAS와 MIMO 제품의 검증 과정과 AAS와 MIMO 기술의 장점을 결합하는 구현 방안에 대한 연구도 필요하다고 본다.

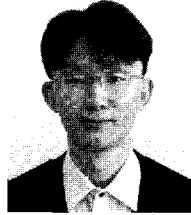
위와 같은 이유로 내년 상용화 시기에 규격에 정의된 AAS나 MIMO를 제공하는 시스템/단말의 제공은 어려워 보인다. 대신에 전송율과 커버리지 확장에 도움이 되는 4-경로

수신 다이버시티나 휴대인터넷 장비와 호환성을 유지하면서 검증된 스마트 안테나의 적용도 고려해 볼 만하다.

=====**참고 문헌**=====

- [1] IEEE 802.16-2004: Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems.
- [2] IEEE 802.16e/D8: Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems - Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands.
- [3] David Gesbert, Mansoor Shafi Da-shan Shiu, Peter J. Smith, and Ayman Naguib, "From Theory to Practice: An Overview of MIMO Space Time Coded Wireless Systems" IEEE JSAC, VOL. 21, NO. 3, APRIL 2003 281-302.
- [4] A. Salvekar et al, "Multiple-antenna technology in WiMAX systems" Intel Technology Journal, vol.8, Issue 3, August 2004.
- [5] A. Ghosh, D. Wolter, J. Andrews and R. Chen, "Broadband wireless access with WiMAX/802.16: Current performance benchmarks and future potential", IEEE Commu. Mag. Feb. 2005, pp129-136.

저자소개



김 대 중

1997년 8월 - 2001년 6월 현대전자 통신연구소
 2001년 7월 - 2004년 2월 현대시스코 통신연구소
 2004년 4월 - 현재 포스데이타 휴대인터넷 연구소
 주관실 분야 디지털 이동통신, OFDMA 시스템



이 정 자

2004년 4월 - 2004년 10월 삼성종합기술원 4G
 2005년 2월 - 현재 포스데이타 휴대인터넷연구소
 주관실 분야 스마트 안테나, MIMO, 적응 알고리즘