

가변 형태의 미래형 단말기를 위한 의도인식 통신시스템

조면균^{1*}, 윤달환², 최효선³

¹세명대학교 정보통신학부, ²세명대학교 전자공학과, ³(주)에프디크리에이트

Intention-awareness Communication System for Future Mobile Terminal with Flexible Shape Change

Myeon-gyun Cho^{1*}, Dal Hwan Yoon² and Hyo Sun Choi³

¹School of Information and Communication Systems, Semyung University

²Department of Electronic Engineering, Semyung University

³FD Create Ltd.

요약 최근 유연한 디스플레이, 고용량 메모리 및 집적기술의 발전으로 가변형태의 미래형 단말기가 개발되고 있다. 이때 디스플레이의 크기 및 안테나 성상의 변화는 사용자의 QoS 및 통신환경의 변화와 관계가 깊다. 특히 사용자의 의도는 단말기의 모양변화 및 안테나 개수의 증감으로 표현되는데 기지국이 지능적으로 의도를 파악하여 적응적으로 다중안테나 기법을 변경하여 적용함으로써 단말기 사용자의 QoS를 효과적으로 만족시킬 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 미래형 단말기의 활용시나리오를 분석하여 거기에 맞는 적응적인 MIMO기법을 사용함으로써 채널용량을 최대화 시키는 동시에 사용자의 QoS를 만족시킬 수 있는 의도 인식 통신시스템을 제안한다.

Abstract Recently flexible mobile terminals which can freely change the shape of their device are coming out with the development of the flexible display, high capacity memory and system integration technology. The display and the antenna configuration of the future terminals will be altered according to the QoS (quality of service) and the communication environment of users. In particular, we present the new emergence of a multimedia language for human and system to communicate over subjective concepts, intention of users. The intension of users is expressed by changing the shape of their mobile terminal. In addition, antenna configuration is also related to shape of terminal and QoS of users. Therefore, we set up a specific usage scenarios for future mobile terminals and propose an adaptive MIMO (multiple-input multiple-output) schemes that can maximize channel capacity and fit to QoS of users simultaneously

Key Words : Flexible shape change, Future MS, Changable antenna configuration, Adaptive MIMO

1. 서론

최근의 유무선 통신기술의 발달로 통신 사용자들은 음성, 문자와 영상을 포함한 멀티미디어 전송 및 무선 인터넷의 기능을 하나의 단말기로 구현되기를 원하게 되었다 [1,2]. 이처럼 대용량의 멀티미디어 서비스를 제대로 즐기기 위해서는 고속 데이터 전송과 큰 화면의 디스플레이

가 가능하면서도 휴대성이 보장되는 고성능의 통신단말기가 필수적이다. 그러므로 단말기의 크기와 안테나 성상을 변화시킬 수 있는 가변구조의 단말기와 고속의 데이터 전송 및 신뢰도를 보장하는 통신기술이 요구된다 [2-4].

다중안테나 기법(이하 MIMO)은 보내는 심볼의 신뢰도를 높이기 위한 공간 다이버시티(spatial diversity)기법

이 논문은 2011학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임.

*Corresponding Author : Myeon-gyun Cho

Tel: +82-10-6335-8043 email: mg_cho@semyung.ac.kr

접수일 12년 05월 03일

수정일 12년 06월 01일

계재확정일 12년 06월 07일

과 전송속도를 높이기 위한 공간 다중화(spatial multiplexing) 기법을 사용함으로써 스펙트럼효율을 높이는 유망한 기술이다[5-7].

만약 송신기가 채널의 정보를 받지 않는 개회로(open loop) MIMO 시스템이라면 시공간코드로 다이버시티 이득을 높여서 보내거나 다중화 이득을 높이기 위해 V-BLAST의 공간 다중화를 사용하였다[7-8]. 특히 폐회로(closed loop) 다중화 기법은 송신기에서 수신측 채널정보를 이용하여 신호를 pre-coding한 후 채널상황에 따라 적응변조코딩 방법(adaptive modulation and coding)으로 전송함으로써 개회로 공간다중화 기법에 비해 더 높은 스펙트럼 효율을 제공한다[8-10]. 이런 다양한 MIMO 기법들은 셀의 배치지형, 수신기의 구조, 사용자 채널의 상태와 이동성 및 안테나 수에 따라 적응적으로 변화할 수 있어야 MIMO 본연의 신뢰도 및 고속전송의 장점을 극대화할 수 있다[11-13].

최근 디스플레이 기술의 발달로 휴대의 용이성과 사용자의 서비스 요구에 따라 단말의 형태가 자유로이 변화되는 기술이 소개되었다[2,14]. 즉 사용자가 이동 중에는 휴대를 위해서 단말기를 접어서 작은 형태로 만들고, 정지하여 앉을 수 있는 환경에서는 펼쳐서 사용할 수 있는 유연한 구조의 단말기가 미래에는 보편화 될 것이다[15]. 추가적으로 이러한 단말의 형태변화는 사용자의 암묵적인 의도가 함축된 행동이므로 통신단말기와 사용자 간의 새로운 의사전달 수단이 생겨나게 된다. 즉 사용자의 의도 및 서비스요구조건(QoS)은 단말기의 형태를 변경하는 행위, 안테나의 개수변화, 이동속도 변화 및 사용자의 지리적 위치 등을 지능적으로 해석하면 알아낼 수 있다. 이렇게 사용자의 요구사항을 파악하여 최소의 자원으로 QoS를 만족시키는 것을 의도인식 통신시스템이라 한다.

비록 적응적 MIMO방식이 4G 통신 표준화 단체인 IEEE802.16m이나 3GPP-LTE/Advanced 등에서 활발히 제안되었지만[16-18], 가변형태의 미래형 단말기를 고려한 의도인식 적응 MIMO기법에 대한 언급은 없었다. 그러므로 기지국이 자동적으로 단말기의 형태, 안테나성상, 통신환경 등을 종합적으로 인식하여 사용자의 의도와 요구를 만족시키는 차세대 단말기를 위한 기술 제안이 필요하게 되었다.

본 논문에서는 향후 형태가 자유로이 변화 가능하게 될 미래형 단말기를 가정하여, 단말의 형태 및 안테나 성상(단말 class) 변화 시나리오를 제시하고 기지국이 사용자의 의도를 인식하기 위한 메시지 전송과정을 제안한다. 추가적으로 단말의 형태, 안테나 성상, 통신환경의 변화를 사용자의 의도(QoS)로 파악하는 과정을 정의내리고

사용자의 요구조건에 따라 적응적으로 MIMO 모드를 설정하는 방법을 제시한다. 이를 통해 사용자에게 제공 가능한 최대 채널용량을 계산해 본다.

2. 가변구조의 미래형 단말기의 형태 변경시나리오 및 의도해석 알고리즘

그림 1은 차세대 이동통신단말기의 예상도로서 사용자가 자유로이 펼치고 접음으로써 디스플레이 형태 및 안테나 성상변화가 유연한 단말기의 예를 보인 것이다. 유연한 디스플레이, 고성능 메모리 그리고 시스템 집적 기술의 발달로 인해 사용자의 필요에 따라 다양한 형태로 변화 가능한 미래형 단말기가 가까운 미래에 대중화 될 것이다.



[그림 1] 다양한 형태로 변경 가능한 미래형 단말기
[Fig. 1] Example of future mobile terminal with flexible shape change

2.1 종래기술의 단점과 한계

비록 최근 디스플레이와 안테나 성상이 유연하게 변경할 수 있도록 많은 기술들이 개발되어 다양한 형태로 변화 가능한 미래형 단말기의 현실성이 확보되었지만, 현재 진행된 IMT-Advanced 표준화에서는 이러한 미래형 단말기를 위한 서비스의 정의, 사용자 QoS와 단말 class의 시간적 가변성을 고려한 기지국의 적응 MIMO 구현절차 및 주요대응 기술에 대한 언급이 부족하였다. 왜냐하면 기존의 표준화 문서의 기본적인 가정은 단말기(MS: mobile station)의 전원이 켜짐과 동시에 단말의 class는 고정되어 변하지 않는 것으로 가정하였기 때문이다.

기존 표준화의 한계를 정리하면 다음과 같다.

첫째 기존에는 단말기의 형태고정된 것을 가정하였으므로 차세대 단말의 물리적 구조의 유연한 변경에 대한 기지국의 지능적인 대응방법이 소개된 바 없다. 그러므로 단말기의 전원을 다시 재시동(rebooting)해야 기 결정된 단말 class의 정보 수정가능하게 된다. 이처럼 변경된 단말 class의 반영을 위해서는 사용자 입장에서 시간이 오

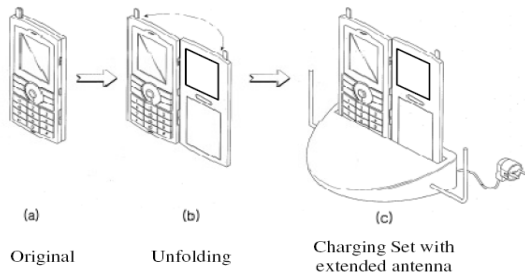
래 걸리고 불편한 재시동이 추가로 필요 했다.

두 번째는 기지국은 단말기의 형태변화를 사용자의 의도변화로 해석하지 못했다. 즉 단말기를 펼치는 행위는 기존의 음성 위주에서 데이터 위주의 멀티미디어 통신으로 전환을 요구한다고 해석하여 사용자의 QoS 변화로 인식해야 한다.

세 번째로 극단적인 고속 데이터를 원하는 환경에 대한 시나리오가 없었다. 예를 들면 단말기가 충전을 위해 전원에 연결되는 상황에서는 단말기가 정지상황이고 본격적인 고속 데이터율의 정지환경(Nomadic) 서비스를 요청하는 동시에 실내 사무실 환경임을 인식할 수 있어야 한다. 특히 충전기 세트에 추가적인 안테나가 장착된 상황이라면 단말기의 수신 안테나의 2개 이상으로 변경됨에 따라 기지국과 단말간의 상호연동 및 기타 제어신호의 운영절차에 대한 정의가 필수적이다.

결국 단말 class의 변화 가능성을 고려하지 않은 기존의 4G 표준화는 사용자의 의도 및 QoS 변화와 상관없이 초기 단말 class를 기준으로 데이터 전송의 서비스를 제공함으로써 사용자 요구에 적응적으로 대처하지 못하여 필요 이상의 데이터율을 제공하여 주파수 효율 낭비를 초래하거나 반대로 요구하는 서비스를 적절하게 제공하지 못하는 한계를 가지게 된다.

2.2 미래형 단말기의 형태변화 및 사용자 QoS 변화 시나리오



[그림 2] 유연하게 변경가능한 단말기와 안테나 확장 시나리오
 [Fig. 2] Changing scenarios for flexible mobile terminal and antenna configuration

그림 2는 미래형 단말기의 형태변화 시나리오를 가상하여 그린 것으로, 단말기의 외부형태 및 안테나 성상 변화와 사용자의 QoS 및 채널환경 변화간의 관계를 정리하면 다음과 같다.

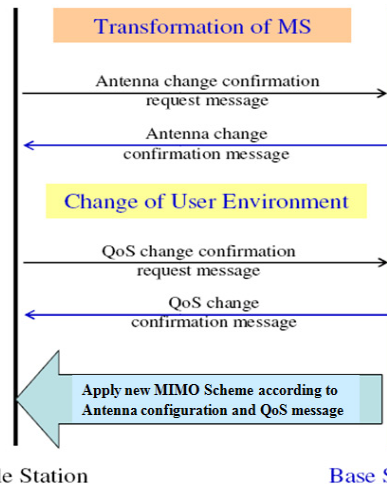
- 외부에서는 접힌 상태로 이용하는 단말
 - 하나의 수신 안테나만으로 데이터 전송률이 충분

한 경우 (음성통화 및 문자)

- 휴대성이 중요시되는 고속 이동상황 (ex, 뛰어 다니거나 차를 운전하여 이동하는 경우)
- 단말 class : 4×1
- 외부에서는 펼친 상태로 이용하는 단말
 - 하나의 수신 안테나보다는 높은 전송률을 요구하는 경우 (SMS, 사진전송)
 - 저속이동 및 대중교통을 이용하는 상황 (ex. 천천히 걸거나 버스좌석에 앉은 경우)
 - 단말 class : 4×2
 - 실내(정지)에서 펼친 상태로 이용하는 단말
 - 정지 상황으로 확정이 되는 상황
 - MIMO 수신 안테나가 2개 이상으로 확장되고 최대의 데이터 전송률을 요구하는 경우 (인터넷 검색, 동영상 파일 다운로드 등)
 - 많은 데이터율을 원하는 상태로 확정되는 상황 (ex. 실내 및 사무실에 앉아 단말기의 화면을 최대한 펼침으로써 안테나 수도 최대로 확장)
 - 단말 class : 4×2 or 4×4

3. 단말의 형태변화를 인식하여 적응적으로 반응하는 기지국

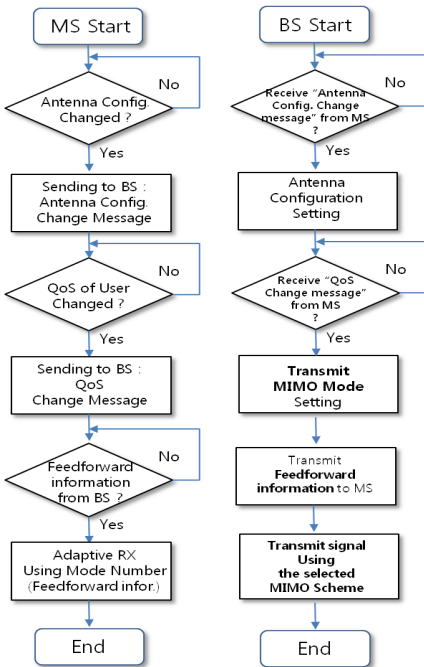
3.1 단말의 형태 및 안테나성상 변화를 QoS 변화로 인식하기 위한 메시지 교환



[그림 3] 사용자의 의도를 반영하기 위한 기지국(BS: base station)과 이동국(MS: mobile station) 간의 메시지 교환 및 동작 흐름도
 [Fig. 3] Message exchange and flow diagram between BS and MS to adapt user intention

그림 3은 사용자의 의도를 파악하여 시스템에 반영하기 위한 MS와 BS간의 메시지 교환 및 동작의 진행을 표시한 흐름도이다.

- 안테나 성상(configuration) 변경요청 및 확인 - 단말기는 자신의 형태변경에 의해 안테나의 성상(안테나 개수 변경, 안테나간 거리변경)변화가 생기면 기지국에게 안테나 성상변화를 반영해 줄 것을 요청하는 메시지를 보낸다.
 - 기지국이 단말이 보내는 안테나 성상 변경 요청 메시지의 답장으로 안테나 증감 확인 메시지를 전송한다.
 - 이상의 단말의 형태변화에 따른 Antenna configuration의 변화를 단말과 기지국이 확인하여 차후 단말 Class의 변경에 적용한다.
- 사용자의 QoS 변경요청 및 확인
 - 단말이 자동적으로 자신의 디스플레이 크기변화 및 위치정보(GPS를 이용한 이동속도 및 실외/실내)를 바탕으로 QoS의 변화됨을 기지국이 반영해 줄 것을 요청하는 메시지를 보낸다.
 - 단말기의 QoS 변경요청 메시지의 답장으로 기지국이 QoS 변경 확인 메시지를 전송한다.
 - 이상으로 기지국과 이동국은 사용자의 의도를 인식하여 QoS 변경 메시지를 공유하고 차후 단말의 Class 변경에 적용한다.

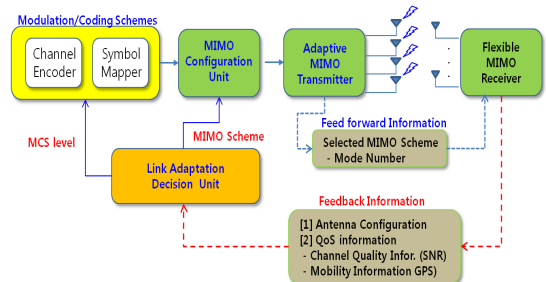


[그림 4] 적응적 MIMO 기법의 적용을 위한 이동국과 기지국간의 상호 메시지 교환 절차도
 [Fig. 4] Message sequence chart between MS and BS to apply adaptive MIMO

그림 4는 단말기(MS)가 보내는 안테나성상과 QoS의 변경요청 메시지를 수신하여 기지국(BS)은 적응적으로 송신 MIMO 모드를 결정하고 feedforward 정보로 MS에게 알려주는 상호 메시지 교환 절차를 나타낸 그림이다. 이런 절차를 거쳐야 사용자의 의도에 따라 적응적으로 송신 MIMO를 변경하여 신호를 보내고 변경된 MIMO 모드에 맞추어 MS가 신호를 제대로 해석가능하다.

3.2 단말기의 형태변화를 사용자의 의도로 해석하여 적응적 MIMO를 제공하는 방법

그림 5는 단말기(MS)가 궤환정보(feedback)로 보내는 안테나 성상과 QoS(단말의 속도 및 채널품질정보(CQI: channel quality information)를 기지국(BS)이 사용자의 의도로 해석하여 적응적으로 MCS(modulation coding scheme)레벨과 송신 MIMO 방법을 결정하여 데이터를 생성하여 전송하는 적응적 MIMO/MCS 시스템의 블록도이다. 이때 BS는 MS에게 순방향 컨트롤(feedforward) 정보로 MCS 및 MIMO 모드를 알려준다. 이때 사용자의 QoS정보는 GPS를 통한 단말의 이동속도정보와 수신채널의 품질정보(SNR: signal to noise ratio)등으로 이루어진다.



[그림 5] 안테나 성상 및 QoS 정보의 궤환을 통한 의도인식 적응적 MIMO/MCS 시스템 블록도
 [Fig. 5] Adaptive MIMO/MCS system block diagram using antenna configuration and Qos feed-back information.

3.3 형태가변의 미래형 단말기를 위한 적응적 MIMO 기법의 적용에 따른 채널용량

본 절에서는 유연하게 형태를 변화시킬 수 있는 미래형 단말기의 사용자 요구조건을 만족시키기 위한 유망한 MIMO 모드들을 제안하고 각각의 모드에서 기대할 수 있는 최대 채널용량을 제시하고자 한다. 4G 표준문서에서 제안한 바와 같이 송신측 안테나의 개수는 4개로 가정하고 이동국 단말기의 수신측 안테나는 크기에 대한 현

실적인 제약을 고려하여 최대 4개로 제한한다.

사용자 단말기의 모양변화(안테나 성장변화)와 QoS 조건에 따라 적응적으로 송신단 MIMO 기법을 적용하기 위해 3개의 Mode를 제시한다.

우선 MIMO 송·수신을 위한 채널모델을 살펴보면 다음과 같다. N 개의 송신안테나와 M 개의 수신안테나를 사용하는 다중안테나 시스템에서, 송신측에서는 N 길이의 벡터 $\mathbf{x} = [x_1, \dots, x_N]^T$ 를 송신하며 단일경로 페이딩을 거쳐 수신 단에 전달되는 시스템을 가정한다.

수신안테나의 수신신호 $\mathbf{y} = [y_1, \dots, y_M]^T$ 는 아래와 같이 표시된다.

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n} \quad (1)$$

여기서 \mathbf{H} 는 $M \times N$ 크기의 채널행렬이고 \mathbf{n} 는 $M \times 1$ 크기의 AWGN 벡터이다.

이상적으로 송신 안테나들과 수신 안테나들 쌍 간의 채널이 상관성을 가지지 않는다고 가정하면 각 페이딩의 계수는 랜덤 값으로 독립모델이 가능하다[19-20].

이때 기지국이 고려 가능한 유망 MIMO 모드, 사용자의 QoS 상태 및 예상 가능한 최대 채널용량을 정리하면 다음과 같다.

- [Mode 1] 4×1 + 고속 이동: 개회로 MIMO
 - MS: 휴대를 위해 접힌 상태이며 1개 안테나
 - 사용자환경 : 차를 운전하거나 달리는 상황으로 빠르게 움직이는 환경
 - Data 요구량 : 주로 통화(Voice) 및 문자사용등의 저속의 데이터율을 요구하는 서비스
 - 채널 용량 : MISO 채널의 경우, \mathbf{H} 는 1×4 의 벡터이므로 rank=1 이고 채널정보를 송신 단에서 모를 때는

$$C_{Mode1} = \log_2 \det \left(1 + \frac{\rho}{4} \mathbf{H}\mathbf{H}^H \right) \quad (2)$$

여기서 $\rho = E_S / N_0$ 는 수신안테나의 평균 SNR (Signal to Noise power Ratio)을 나타낸다. Mode 1은 고속으로 이동하는 빠른 페이딩 환경이고 채널품질정보의 궤환이 현실적으로 어려운 상황이므로 송신단에서 채널 상황을 모른다고 가정한다.

- [Mode 2] 4×2 + 저속 이동: 개/폐회로 MIMO
 - MS: 2단으로 펼친상태, 안테나 개수는 2개

- 사용자환경 : 걷는것과 같은 저속이동 환경

- Data 요구량 : SMS, 인터넷검색 등의 중속의 데이터를 요구하는 상황

- 채널 용량 :

수신 안테나 2개로 \mathbf{H} 는 2×4 의 벡터이므로 rank=2 이고 채널정보를 송신단에서 모를 때는

$$C_{Mode2-OL} = \sum_{i=1}^2 \log_2 \left(1 + \frac{\rho}{N} \lambda_i \right) \quad (3)$$

송신 단에서 채널정보를 알 때는

$$C_{Mode2-CL} = \max \sum_{i=1}^2 \log_2 (1 + k_i \lambda_i) \quad (4)$$

로 표시가 가능하다. 여기서 λ_i 는 $\mathbf{H}\mathbf{H}^H$ 의 i 번째 고유값 (eigen value)을 나타낸다.

- [Mode 3] 4×4 + 고정 상황 : 폐회로 MIMO
 - MS: 4단으로 완전히 펼치거나 충전키트를 이용한 안테나 확장을 통해 수신 안테나 개수는 4개가 확보 되는 상황
 - 사용자환경 : 정지 및 Nomadic 환경
 - Data 요구량 : 멀티미디어 통신, VOD등의 고속의 data-rate을 요구하는 상황
 - 채널 용량 : 이동이 없이 고정되고 수신측 안테나의 개수가 4개가 된 상황이므로 단말기의 궤환에 의해 송신단에서 수신단의 채널정보를 활용하는 상황을 고려한다.

송신 단에서 채널정보를 알기 때문에 SVD (singular value decomposition)를 통한 채널분리와 고유치별 가중치를 곱하는 등의 선 처리하여 송신단 자기상관 행렬 $R_x = E(\mathbf{x} \cdot \mathbf{x}^H)$ 를 조절할 수 있다. 이때 R_x 의 최적 해는 water filling을 이용하여 구할 수 있고 최적 채널용량은 다음과 같이 구할 수 있다[21-22].

$$C_{Mode3} = \max \sum_{i=1}^{\min(N,M)} \log_2 (1 + k_i \lambda_i) \quad (5)$$

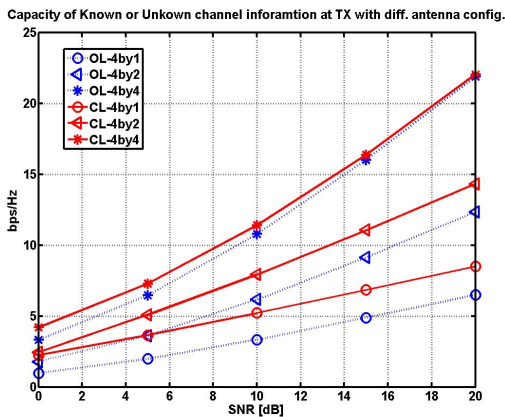
$k_i = (\gamma - \gamma_i^{-1})^+$, γ 는 $\sum_{i=1}^{\min(N,M)} k_i = \rho$ 되도록 정하며 $(x)^+$ 는 x 가 양수일 때만 x 값을 가진다. 여기서 λ_i 는 $\mathbf{H}\mathbf{H}^H$ 의 i 번째 고유값 (eigen value)을 나타낸다.

4. 모의실험 및 고찰

본 장에서는 3장에서 소개한 3가지 MIMO 모드에 따라 기대할 수 있는 최대 채널용량은 얼마인지를 컴퓨터 모의실험을 통해 그려 본다. 기지국의 송신 안테나의 개수는 4개로 하고 가변형태를 가진 미래형 단말기의 수신 안테나 개수는 1, 2, 4로 가정 하였다.

4.1 Mode 별 채널 용량

그림 6은 빠른 이동환경에서 빠른 페이딩 채널을 겪게 되어 송신단에서 수신단 채널정보를 알 수 없을 때 사용하는 개루프 MIMO 방식의 채널용량을 수신안테나 수를 바꾸어 가며 나타내었다. 특히 안테나 수가 1개인 것은 모드 1에 해당하는 것으로 사용자가 빨리 움직이는 환경에는 주로 음성서비스 만을 이용하므로 송신 다이버시티만을 사용하여도 요구하는 데이터율을 만족할 수 있다. 추가적으로 사용자가 수신 단말기를 펼치거나 확장하여서 2개 또는 4개의 안테나를 가지고, 이동속도 또한 중속 및 저속이 되는 상황을 고려할 때 송신단에서 채널정보를 활용 가능하므로 폐회로 MIMO를 사용하는 모드 2와 모드 3은 모드 1에 비해서 훨씬 높은 채널용량을 가짐을 알 수 있다.

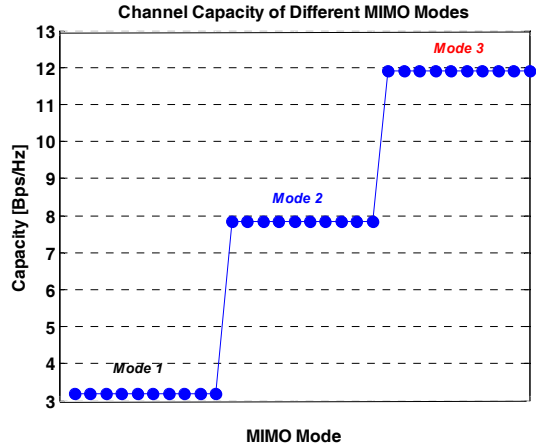


[그림 6] 귀환 여부 및 안테나에 성상에 따른 채널용량 [수신 안테나 수 1, 2, 4]

[Fig. 6] Channel capacity of MIMO depending on CSI feedback and antenna configuration [M=1,2,4]

그림 7은 SNR이 10dB인 환경에서 단말기의 형태변화 및 채널환경에 따라 적응적으로 기지국이 모드 1, 모드 2, 모드 3을 선택하였을 때 보장할 수 있는 채널 용량을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 기지국에서 단말의 형태변화와 채널환경의 변화를 지능적으로 인식하여

MIMO 모드를 변경하여 적응적으로 다중안테나 서비스를 한다면 사용자의 QoS를 만족시키는 채널용량을 제공할 수 있음을 나타내고 있다.



[그림 7] MIMO 모드에 따른 최대 채널 용량 변화 [SNR=10 dB]

[Fig. 7] Channel Capacity of 3 different MIMO Modes [SNR=10 dB]

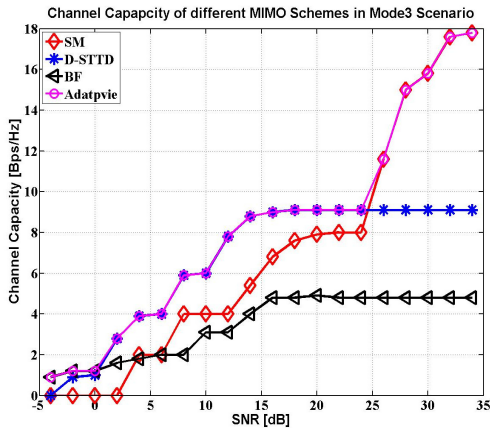
즉 사용자가 단말기를 휴대용으로 접어서 빠른 속도로 이동 할 때에는 Mode1으로 음성통신 서비스를 지원하고, 점차 속도를 줄이고 사무실에 자리를 잡고 단말기를 최대한 펼치고 안테나의 개수를 최대로 할 때에는 Mode3로 최대의 데이터율을 만족시킬 수 있도록 적응적 MIMO 방식을 사용한다.

4.2 채널환경에 따른 MIMO mode의 확장

기존의 단말기의 안테나 수(단말의 형태변화) 및 이동 속도의 변화에 따른 MIMO mode의 적용에 보태어, 동일한 mode3에서도 수신 신호대잡음비(SNR)에 따라 MIMO 방식을 달리하는 방식으로 확장하고자 한다.

4×4의 안테나 환경에서 CSIT의 활용가능성에 따라 일반적으로 쓰이는 3가지 MIMO 송신 방식을 정리하면 다음과 같다[23-24].

- Beamforming(BF) with MRC receiver
- Double Space-time transmit diversity (D-STTD) with MMSE receiver
- Spatial Multiplexing (SM) with MMSE receiver (송신단에서 동일전력으로 수행)



[그림 8] MIMO mode3에서 신호대잡음비에 따른 세부적인 MIMO 방식인 BF, D-STTD, SM을 적용한 경우의 주파수효율 [4 × 4]

[Fig. 8] Spectral efficiency of the adaptive MIMO transmission scheme versus fixed BF, D-STTD and SM with adaptive MCS, in MIMO Mode 3 case [4 × 4].

그림 8은 적응적으로 MCS 레벨을 사용하는 위의 3가지 MIMO 송신모드에서 신호대잡음비의 함수로 표시한 주파수효율을 계산한 그림이다. 그림에서 잡음의 영향이 큰 낮은 SNR 상황에서는 BF가 이득이 있고, 25dB 까지의 중간 SNR 구간에서는 BF의 성능이 우수하며 높은 SNR 환경에서는 SM을 사용하는 것이 더 많은 채널용량을 보장하는 방법이 된다. 즉 송수신단 모두 4개의 안테나를 가지고 있는 Mode3에서 수신 SNR에 따라 추가적인 세부 MIMO 방식을 적용하게 되면 상당한 채널용량 이득이 있다.

기존의 통신표준으로 제안된 기술들은 기본적으로 단말기의 형태변화 및 사용자의 QoS 변화를 지원하지 않음으로 인해, 머지않아 실용화될 유연하게 형태 및 안테나의 성상이 변화하는 미래형 단말기의 조기 구현에 걸림돌이 되고 있다.

그러므로 본 논문에서는 사용자에 의해 미래형 단말기의 형태와 안테나의 성상이 변경되면 기지국이 지능적으로 사용자의 QoS 변화로 인식하는 절차와 상호 제어신호 교환과정을 제안하였다. 특히 사용자의 이동 중 통화패턴과 정지 및 사무실의 근무시의 데이터 사용패턴을 분석하여 크게 3가지 통신모드로 분류하고 여기에 최적인 다중안테나 통신방식을 제안하였으며 이때 기대 가능한 최대 채널용량을 계산하여 그래프로 나타내었다.

본장의 실험결과로부터 사용자가 이동 단말기의 형태 변화 및 안테나 성상변화를 야기할 때 통신환경과 사용

자의 QoS변화로 인식하여 적절한 MIMO 방식을 적응적으로 채택하면 기존의 고정 MIMO 방식 대비 상당한 채널용량의 이득을 획득할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

최근 디스플레이 및 SoC 기술의 눈부신 발달로 단말의 형태의 자유롭게 변화가 가능해짐에 따라, 단말기의 무선통신 서비스 형태는 고정되는 것이 아니라 상황에 따라 다양하게 변화 가능하게 되었다. 또한 사용자의 요구사항도 기존의 음성 위주에서 방송, 영상통화, 인터넷 등 멀티미디어 데이터 서비스로 변화하고 있다. 그러므로 유연한 구조의 미래형 단말기의 출현에 따른, 가변 서비스 요구를 기지국이 능동적으로 인식하고 적응적으로 대처하는 기술을 제시함으로써 전반적인 채널용량의 확대를 기대할 수 있다.

제안 시스템은 사용자가 행하는 단말의 형태변화를 단순한 물리적 변경이 아닌 사용자가 받고자 하는 서비스의 수준(QoS) 및 채널 환경의 변화로 해석함으로써 사용자 중심의 서비스를 제공할 수 있다. 추가적으로 본 논문에서 단말의 변화 및 상황(전원, 이동성)의 변경에 따라 최적 MIMO 모드를 적응 시키는 방법 및 절차를 제시함으로써, 미래형 단말의 유연한 형태변화에 대응 기술을 확보하고 상품화하는데 사용가능하리라 생각한다.

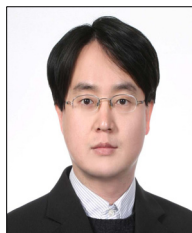
References

- [1] Raaf Bernhard, Zirwas Wolfgang, Friederichs Karl-Josef, "Vision for Beyond 4G broadband radio systems", Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2011 IEEE 22nd International Symposium on, pp 2369-2373, 2011.
- [2] McGoldrick K., "Mobile Friendly Rollable Displays", Solid-State Circuits Conference, 2006. ESSCIRC 2006. Proceedings of the 32nd European, pp. 1-2, Sept. 2006.
- [3] Chan-Byoung Chae, Forenza A., Heath R.W., "Adaptive MIMO transmission techniques for broadband wireless communication systems", IEEE Communications Magazine, Vol. 48, Issue 5, pp. 112-118, 2010.
- [4] Sheikh M.U., Jagusz R., Lempiainen J., "Performance evaluation of Adaptive MIMO Switching in Long Term Evolution", Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC) 2011 7th International, pp. 866-870, 2011.

- [5] D. N. C. Tse and L. Zheng, "Diversity and multiplexing: a fundamental tradeoff in multiple-antenna channels", *IEEE Trans. Info. Th.*, vol. 49, pp. 1073 - 1096, May 2003.
- [6] S. Catreux, V. Erceg, D. Gesbert, and R. W. Heath Jr., "Adaptive modulation and MIMO coding for broadband wireless data networks", *IEEE Comm. Mag.*, vol. 2, pp. 108-115, June 2002.
- [7] V. Tarokh, H. Jafarkhani, and A. R. Calderbank, "Space time block codes from orthogonal designs", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 17, No.3, pp. 451-460, Mar. 1999.
- [8] L.-U. Choi and R. Murch, "transmit preprocessing technique for multiuser MIMO systems using a decomposition approach", *IEEE Trans. on Wireless Communications*, vol. 3, no. 1, pp. 20 - 4, 2004.
- [9] A. Goldsmith, S. A. Jafar, N. Jindal, and S. Vishwanath, "Capacity limits of MIMO channels", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.21, No.5, pp. 684-702, 2003.
- [10] K.-K. Wong, R. Murch, and K. Letaief, "joint-channel diagonalization for multiuser MIMO antenna systems", *IEEE Trans. on Wireless Communications*, vol. 2, no. 4, pp. 773 - 786, 2003.
- [11] R. Knopp and P. Humblet, "Information capacity and power control in single-cell multiuser communications," in *Proc., IEEE Intl. Conf. on Communications*, vol. 1, pp. 331 -, 1995.
- [12] C. Swannack, E. Uysal-Biyikoglu, and G.W.Wornell, "MIMO broadcast scheduling with limited channel state information," in *Proc., Allerton Conf. on Comm., Control, and Computing*, Sept. 2005.
- [13] T. Yoo and A. Goldsmith, "In the optimality of multi-antenna broadcast scheduling using zero-forcing beamforming," *IEEE Journal on Sel. Areas in Communications*, vol. 24, pp. 528 - 541, Mar. 2006.
- [14] Sato F., Kurita T., Tokito S., Fijikake H., "Flexible Displays for Digital TV Broadcasting", *Industry Applications Conference 2006*, vol. 2, pp. 690-693, 2006
- [15] Janglin Chen, "Recent development in flexible displays", *Optoelectronics and Communications Conference (OECC)*, 2011 16th, pp. 372-374, 2011
- [16] IEEE P802.16m/D2: Air Interface for Bradband Wireless Access Systems, *Advanced Air Interface*, Oct 2009.
- [17] 3GPP, TR 36.913 "Requirements for Further Advancements for E-UTRA (LTE-Advanced) Release 8", 2010.
- [18] Zhang C, Ariyavisitakul S.L., Tao M., "LTE-advanced and 4G wireless communications", *Communications Magazine IEEE*, Vol. 50, Issue 2, pp. 102-103, 2012
- [19] Zhang Naiqian, Zhang Yichun, Jin Libiao, "The capacity gain of mobile multimedia broadcasting system by using CSIT in MIMO", *Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference (CSQRWC)*, 2011, Vol. 1, pp. 802-805, 2011.
- [20] Chiurtu N., Rimoldi B., Telatar E., "On the capacity of multi-antenna Gaussian channels", *Information Theory*, 2001. *Proceedings. 2001 IEEE International Symposium on*, pp. 53, June 2001.
- [21] Bahrami, H.R., Le-Ngoc T., "MIMO Precoder Designs for Frequency-Selective Fading Channels Using Spatial and Path Correlation", *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, Vol. 57, pp. 3441-3452, 2008.
- [22] Zaharov V., Kettani H., "Channel power allocation factors computing in MIMO wireless networks with improved water pouring algorithm", *Computer and Automation Engineering (ICCAE)*, 2010 Vol. 4, pp. 8-12, 2010.
- [23] Forenza A., Pandharipande A., Hojin Kim and R. W. Heath Jr., "Adaptive MIMO transmission scheme: exploiting the spatial selectivity of wireless channels", *VTC 2005-Spring*, Vol. 5, pp. 3188-3192, May 2005.
- [24] Forenza A., McKay, M.R., Pandharipande A., Heath R.W., Collings I.B., "Capacity enhancement via multi-mode adaptation in spatially correlated MIMO channels", *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, 2005. *PIMRC Vol. 5*, pp. 754 - 758, May 2005.

조 면 균(Myeon-gyun Cho)

[정회원]



- 1994년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업 (학사)
- 1996년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 석사 졸업 (석사)
- 1996년 3월 ~ 2008년 2월 : 삼성전자 통신연구소 책임연구원
- 2006년 9월 : 연세대학교 전기전자공학과 박사졸업 (박사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 정보통신학부 조교수

<관심분야>

이동통신, 감성공학, 임베디드 시스템, Smart Grid

윤 달 환(Dal Hwan Yoon)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1986년 2월 : 한양대학교 전자공학과 석사 졸업 (석사)
- 1987년 3월 ~ 1993년 2월 : 육군사관학교 교수
- 1994년 2월 : 한양대학교 전자공학과 박사 졸업 (박사)

- 1995년 2월 ~ 현재 : 세명대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

통신 신호처리, 의용신호처리, 한방 IT 융합, 전력전자

최 효 선(Hyo Sun Choi)

[정회원]



- 1997년 2월 : 국립충주대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2006년 2월 : 한세대학교 IT 대학원 졸업(석사)
- 2009년 2월 : 한세대학교 IT 대학원 졸업(박사)
- 2009년 11월 ~ 현재 : (주)에프디크리에이트 대표이사

<관심분야>

New IT(Arduino & Smart Phone), Ubiquitous, Capstone Design