

중첩 융합 네트워크 환경에서 STTC기반 이중 셀 시스템의 성능분석

권은미*, 김정호°

Performance Analysis of STTC-based Dual Virtual Cell System under The Overlay Convergent Networks of Cognitive Networking

Kwon EunMi* , Kim, Jeong-Ho°

요약

인지 기반 중첩 융합 네트워크 환경 하에서의 서비스 성능이 중요한 이슈로 떠오르는 가운데 단말기의 기능성이 좋아짐에 따라 스마트한 지능을 기반으로 자원의 효과적 활용에 적합한 개별 이중네트워크의 특성분석과 특성을 반영하는 시스템측면의 최적화가 매우 중요하게 되었다. 본 논문에서는 기지국의 소형화와 지능화가 진행되는 가운데 기지국 hotelling과 같은 기지국 집중화를 통한 통합적 최적화가 가능하므로 이에 대응한 이중 가상 셀 시스템의 특성에 대해 살펴보고 활용도 측면의 성능을 분석하였다. 또한 채널정보의 부정확성으로 인한 오류의 영향에 대해서 시뮬레이션을 통하여 정량적인 분석을 진행하고 의미하는 바를 논의하였다.

Key Words : Overlay Convergent Networks, Cognitive Networking, Virtual Cell, CSI

Abstract

In order to achieve high capacity and reliable link quality of the overlay convergent networks with the cognitive networking based on the advanced capability of the mobile terminal, a Distributed Wireless Communication System (DWCS) can provide the capability of enhancing the link quality. This paper has considered virtual cell: the Dual Virtual Cell (DVC), and also proposes DVC employment strategy based on radio resource monitoring. The considered system constructs DVC for multi-user high-rate data transmission, and the DWCS system exploits space-time trellis codes i.e., STTC to improve a spectral efficiency. The effects of imperfect CSI(channel state information) on the system performance has also been investigated.

I. 서론

중첩 융합 이동통신은 음성은 물론 문자, 그림, 동영상 등의 멀티미디어 정보를 인터넷 망과의 연동을 통하여 복수의 이중 무선 네트워크를 활용하여 고속, 고품질로 송/수신하는 서비스를 의미하며, 초고속 휴대인터넷 기술 등을 기반으로 광대역 이동 멀티미디어 시스템의 구현 및 유·무선 통합망 구조로 진화하고 있다. 중첩 융합 이동통신은 현재 저속의 음성 및 패킷 데이터 통신 위주에서 고속 이동

중에 최대 100Mbps, 정지 및 저속 이동 중에 155Mbps~1Gbps까지의 데이터 전송 속도를 기반으로 하여 유무선 통합에 의한 멀티미디어 통신이 가능토록 하는 데 1차적인 주안점이 있다^{1,2}. 그러나 빠른 전송 속도 뿐만 아니라 스펙트럼 효율성 (spectral efficiency)의 향상, 커버리지(cell coverage) 확장, 서비스 품질(QoS)과 서비스 등급의 차별화, 효율적인 서비스 지원을 위한 단말기 재구성, ALL IP환경을 위한 패킷 전용 시스템의 구현, 그리고 기존의 시스템과의 조화 등이 함께 고려되어야 하므로

* 이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010-0008916)

• 주저자 : 이화여자대학교 전자공학전공 무선멀티미디어통신 연구실, em_kwon@wha.ac.kr, 준회원

° 교신저자 : 이화여자대학교 전자공학전공 무선멀티미디어통신 연구실, jho@ewha.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2012-04-178 , 접수일자 : 2012년 04월 11일, 최종논문접수일자 : 2012년 7월 13일

시스템, 단말, 물리계층 기술, MAC계층 기술, 통합 망 기술 등 다양한 기술영역이 상호 결합하여 시너지를 창출할 수 있는 방향의 정립이 필요한 상황이다. 이를 이루기 위한 분야별 핵심기술로 무선 접속 기술은 고속 데이터 전송 속도 지원을 목표로 적응형 변복조 기술, 다중안테나 기술, 고효율의 코딩기술, 송/수신단의 다이버시티 활용, 새로운 다중접속 기술, 링크 제어기술들이 주요 기술로 활발히 개발되어 적용이 가능한 상태에 있다³⁾. 주파수 활용 분야에서는 제한된 주파수를 효율적으로 활용하기 위하여 계층적 셀 기술, 적응형 동적 채널 할당 기술, 스펙트럼 공유 기술 (spectrum sharing techniques) 등이 논의되고 있으며 네트워크 분야에서는 여러 네트워크 간의 융합을 지원하고 IP 기반의 QoS 관리를 위해 무선 링크에서의 IP 최적화 기술, 무선에서 안정적인 IP전송 기술, 라우팅, 멀티캐스트, IP 기반 신호처리, 이동성 관리, 대역폭 제어 기술 등이 연구되고 있다. 단말 분야에서는 여러 가지 망을 효율적이고 편리하게 사용할 수 있도록 다양한 입출력 인터페이스 제공 기술, 다중 접속 모드, 이동 단말기와 정보 기기의 융합, 저전력 장치, 배터리 기술 등이 다뤄지고 있다. 중첩 융합 이동통신시스템의 단말은 디스플레이, 배터리 기술이 향상될 것이며, 전송 속도와 성능을 향상시키는 MIMO(multiple-input multiple-output)를 적용하기 위하여 다중안테나가 핸드 셋 내에 집적되어 활용이 가능하여 질 것이다¹³⁻⁷⁾. 본 논문에서는 이러한 중첩 융합 이동통신시스템의 기술적인 과제를 해결하기 위한 구조로써, 기존에 고려한 시스템¹⁸⁻¹⁰⁾을 기반으로 분산 무선 통신 시스템(Distributed Wireless Communication System)을 기반 환경으로 하는 시스템의 특성을 규명하며 고려하는 시스템에 대하여 주어진 환경 하에서의 성능을 평가한다.

II. 본 문

현재의 다중안테나 시공간 프로세싱(Space-Time Processing) 기술은 전형적으로 송/수신단에서 복수개의 안테나를 사용하여 다중경로 현상을 발생시키는 고밀도의 산란(scattering) 환경에서 채널을 공간적으로 분리시킴으로써 안테나별 데이터가 공간 다이버시티를 얻게 하여 전송 품질을 향상시키는 데이터 다이버시티 최대화 기술과 다수의 송신안테나를 이용하여 다수의 데이터 심볼을 동시에 송신하여 전송률을 향상시키는 공간 다중화 기술, 그리고 이러

한 두 가지 방식을 적절하게 결합하여 각각의 장점을 얻고자 하는 두 방식의 트레이드오프(tradeoff) 관계를 이용한 방식이 있다.

2.1. 시스템 구조

다이버시티는 다이버시티 이득을 송신단에서 얻느냐 수신단에서 얻느냐에 따라 다시 송신 다이버시티와 수신 다이버시티로 구분되며, 송신 안테나의 개수가 MT 이고 수신안테나가 MR 개 있는 경우 최대 $MTMR$ 개의 독립된 페이딩 채널을 결합시킬 수 있으므로 이 때 얻을 수 있는 최대 다이버시티 이득은 $MTMR$ 이다. STTC는 수신단으로부터 송신단으로 피드백되는 정보가 없는 개루프 방식으로 송신 안테나의 개수가 늘어날 때에 복호 복잡도가 안테나 수와 전송률에 비례하여 지수적으로 증가하는 문제점이 있으나, 최대 다이버시티 이득인 $MTMR$ 을 얻을 수 있다. 그리고 STBC 역시 수신단으로부터 송신단으로 피드백되는 정보가 없는 개루프 방식이며 송신단에서 직교 행렬을 이용한 방식으로 인코딩과 디코딩이 매우 간단하며 디코딩은 최대우도검출(Maximum Likelihood detection) 기술로 유도할 수 있는 장점이 있다. TxAA 방식은 수신단으로부터 송신단으로 피드백되는 정보를 이용하는 페루프 방식으로 송신안테나 개수만큼의 다이버시티 이득을 얻는 동시에 송신안테나의 수를 하나씩 증가시킬 때마다 평균 신호 대 잡음비(SNR, Signal-to-Noise Ratio)가 3dB 증가하는 array gain을 추가로 얻기 때문에 개루프 방식 보다 우수한 성능을 나타내는 기술이다. 다이버시티 기술들의 단위시간당 심볼 전송률이 1이하인 반면, 공간다중화(Spatial Multiplexing) 기법은 다중안테나에 의해 공간적으로 독립적인 부채널들로 서로 다른 데이터를 동시에 전송하여 데이터 전송률을 최대화하며 송신기에서 각 송신안테나를 통해 서로 다른 데이터를 전송하고 수신기에서는 적절한 신호처리를 통해 송신 데이터를 구분해낸다. 따라서 송/수신 안테나의 수를 동시에 증가시키에 따라 채널 용량이 증가하여 보다 많은 데이터 전송을 가능하게 한다. 공간다중화 기술에는 ZF(Zero Forcing) 기법, MMSE(Minimum Mean Square Error) 기법, V-BLAST(Vertical-Bell lab. Layered Space-Time), D-BLAST(Diagonal-Bell lab. Layered Space-Time) 등의 기법 모두를 본 논문에서 고려하며 보다 개선된 성능을 보이는 방법을 적용하고자 한다. ZF(zero forcing) 기법은 송신단에서 서로 다른 신호를 각각의 송신 안테나를 통해 전송

하고 채널을 겪은 전송 신호들이 수신안테나를 통해서 중첩된 형태로 수신되었을 때, 각 송신안테나로부터 전송된 신호를 복원하기 위하여 수신단은 수신안테나들의 신호들을 선형 조합하여 복원하고자 하는 송신안테나 외의 안테나로부터 전송된 신호들을 제거한다. MMSE 기법은 ZF와 유사한 선형수신기로 수신단에서 더해지는 AWGN (Additive White Gaussian Noise)의 분산을 고려하여 신호의 평균 제곱 오차(mean square error)가 최소가 되도록 송신 신호들을 추정하는 방법을 적용한다. 다중안테나 시스템은 이 두 가지 기법의 장점을 동시에 얻기 위하여 안테나의 일부를 목표로 하는 전송률을 얻기 위해 사용하고, 나머지 안테나는 링크 품질 향상을 위한 다이버시티 이득을 얻는데 사용하는 등으로 활용할 수 있으며, 이 경우 두 가지 기법의 이득 간에는 트레이드오프(trade-off) 관계가 있어서 시스템 성능을 최대화하는 방향으로 안테나의 운용을 분석하고 정량적 분석을 위해 모델링을 하는 연구가 진행되고 있다. 사용자 링크 품질의 지속적인 관리를 목적으로 하는 제안시스템에서 다중 안테나 기술과 채널 부호화 기술이 결합된 시공간 부호화 기술을 도입한다면 열악한 무선 환경에서 주파수 효율과 신뢰도의 개선을 얻을 수 있을 것이며 수신단에서 시공간 다이버시티 이득을 얻을 수 있고 추가적인 대역폭의 확장 없이 부호화 이득(Coding Gain)을 얻을 수 있어 채널 용량을 크게 개선시킬 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 V. Tarokh 등에 의해 제안된 시공간 트렐리스 부호화 기술을 도입하여 성능이 최대로 보장될 수 있는 구조를 고려하고 있다⁴¹.

2.2. STTC 구조 포맷

각 안테나에서 전송되는 데이터 frame 길이가 L 일 때, space-time code word matrix $M_T \times L$ 은 다음과 표현할 수 있다.

$$S = [s_1, s_2, \dots, s_L] = \begin{bmatrix} s_1^1 & s_2^1 & \dots & s_L^1 \\ s_1^2 & s_2^2 & \dots & s_L^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ s_1^{M_T} & s_2^{M_T} & \dots & s_L^{M_T} \end{bmatrix} \quad (1)$$

매트릭스(matrix) S의 각 row는 각 송신 안테나로부터 전송되는 데이터 시퀀스를 나타내며, 매트릭스 S의 각 column은 시간 t시점의 시-공간 심볼(space-time symbol)이다. 그림 1과 같은 구조의

4-PSK의 트렐리스(trellis) 다이어그램의 STTC는 상태 수가 4개이고 송신 안테나는 2개 전송율은 2bit/s/Hz이다. 트렐리스 상의 4개의 노드들은 4개의 상태를 나타내며, 4-PSK이므로 가능한 입력이 4개이므로 각 노드의 왼쪽에는 4개의 심볼 그룹이 있다. 각 그룹은 2개의 송신 안테나를 통한 출력에 해당하는 2개의 엔트리로 구성된다. 즉 첫 번째의 숫자는 1번 송신안테나로부터의 출력은, 두 번째의 숫자는 2번 송신안테나로부터의 출력을 각각 의미한다. 각 프레임의 처음과 끝은 zero 상태에 있어야 한다.

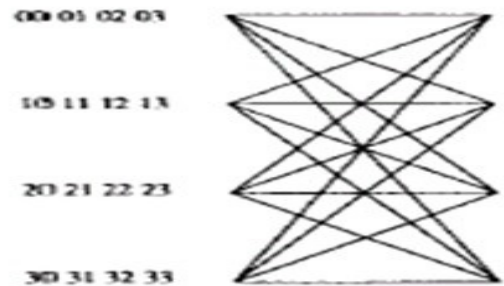


그림 1. 4-PSK, 4-states, 2bit/s/Hz
Fig. 1. 4-PSK, 4-states, 2bit/s/Hz

예를 들어, 0 상태로 출발하여, 들어오는 입력인 2 bit가 10이면, 부호화기(encoder)는 첫 번째 안테나로는 이전 상태를 나타내는 0을, 두 번째 안테나에서는 입력을 나타내는 2를 출력한다. 따라서, 상태는 0에서 2로 천이되고 상태 2에서 다음 입력을 기다린다. 만약 다음 입력이 01이면, 부호화기는 첫 번째 안테나에서는 이전 상태인 2를, 두 번째 안테나에서는 입력을 나타내는 1을 출력하고 상태는 2에서 1로 천이된다. 그림 2는 동일한 설계규칙에 따른 4-PSK에서 상태 수가 8, 16인 경우이다. 그림 3은 위와 같은 방법으로 8-PSK 경우의 예이다. 이와 같이 각 변조 방식에 따라 다양한 트렐리스 코드가 구성 가능하다. 그러므로 design rule을 따를 경우, difference matrix B(s,e)는 식 (2)와 같이 되고 여기서 b1, b2는 0이 아닌 복소수이다. 따라서, B(s,e)는 최대의 랭크(full rank)를 갖는다. 이러한 설계 규칙을 따르는 가장 간단한 구조의 코드는 지연 다이버시티 구조의 트렐리스 구조이며, 지연 다이버시티는 채널 부호화기로 반복부호 (repetition code)를 사용한 것이다.

$$B(s,e) = \begin{bmatrix} 0 & \dots & b_2 \\ b_1 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

수신안테나 수가 증가함에 따라, 그리고 상태수가 증가함에 따라 성능이 크게 개선된다. STTC에 대한 이전의 연구들은 위와 같은 성능 결과들을 나타내었으며, 제안하는 시스템에서는 이러한 STTC의 연구들을 기반으로 Dual Virtual Cell 구조의 도입으로 인한 성능 평가와 수신안테나 수의 확장에 따른 STTC의 성능 개선 정도의 평가가 가능하다.

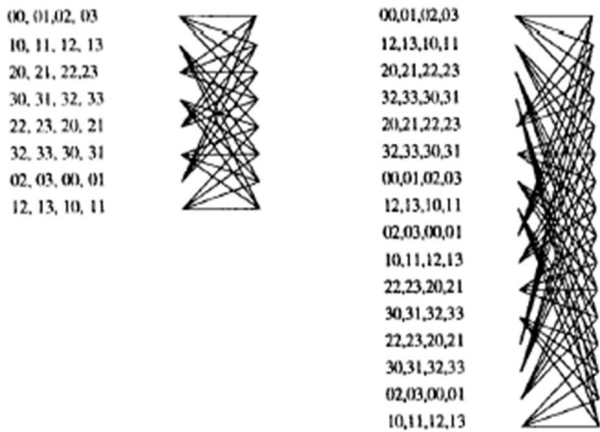


그림 2. 4-PSK, 8-states와 16-states, 2bit/s/Hz
Fig. 2. 4-PSK, 8-states와 16-states, 2bit/s/Hz



그림 3. 8-PSK, 8-states, 3 bit/s/Hz
Fig. 3. 8-PSK, 8-states, 3bit/s/Hz

동등한 조건의 시뮬레이션 환경 구현을 위하여 두 시스템은 모두 완벽한 전력 제어(Perfect Power Control)가 이루어지며 두 시스템에서 안테나는 동일한 위치에, 동일한 밀도로 분포한다고 가정 하였다. 섀도잉(shadowing)으로 인한 전력감쇄를 dB 단위로 나타내는 변수로 평균이 0 이고 표준 편차가 주어지는 정규 분포 랜덤변수이다. 경로손실 계수(path-loss exponent)를 4로 가정하였을 때, 시뮬레이션을 위해

고려한 영역에서 단말의 위치에 따른 단말의 요구 송신 전력은 그림 4와 같다. 가로축은 단말의 위치를 축과 축 평면에서 떨어진 거리를 각각 나타내며, 세로축은 단말의 위치가 (0,0) 일 때의 송신전력을 0 이라고 하였을 때, 각 위치에 따른 상대적인 요구 송신 전력을 나타내고 있다. 그림 4의 결과에서 알 수 있듯이, 기존 시스템에서는 셀의 중심에 BS(Base Station)이 있고 이 BS의 안테나가 셀 내의 단말에 대한 모든 신호를 처리해야 하므로 단말에서는 Cell 의 결계로 갈수록 BS 까지의 거리를 고려하여 요구 송신 전력을 매우 크게 증가시켜야 한다. 특히 단말이 안테나로부터 멀리 떨어짐에 따라 두 시스템의 송신 전력 차이가 두드러지게 나타난다. 기존 셀 구조의 시스템은 2GHz 이하의 주파수 대역에서 동작하므로, 중첩 융합 이동통신시스템의 최대전송률이 기존시스템의 최대전송률보다 훨씬 높아질 것이라는 점을 감안하였을 때, 이러한 고속의 전송 속도를 제공하기 위해서는 보다 높은 주파수 대역을 사용하는 것이 필요하다. 그러나, 높은 주파수대역에서는 전자기파의 페이딩 현상이 모바일 환경에서 더욱 악화될 수 있으므로, 기존 셀 구조가 아무런 수정 없이 미래 시스템에 적용된다면, 단말의 송신 전력이 10~20배 혹은 그 이상으로 증가되어야 할 것이다. 그러므로 배터리를 절약할 필요성과 너무 많은 전자파의 방출로 인해 사용자의 인체에 미치는 잠재적인 해로움을 고려할 때, 단말이 이렇게 높은 송신 전력을 사용해서 동작하는 것은 적합하지 않으므로 다수의 신호를 수신하여 처리하는 중첩 융합형 네트워크 구조 하에서 시스템을 운용하는 것이 매우 중요함을 파악할 수 있다.

III. 시뮬레이션 결과 및 해석

주어진 환경과 파라미터를 기반으로 시뮬레이션을 수행한 결과를 살펴보면 기존의 네트워크 환경 하에서는 송신전력이 0.8 에 이르기 까지 최대 값이 증가하는 것에 비하여 기존 시스템과 안테나 밀도가 동일한 고려하는 시스템의 경우에는 최대 값이 0.29 정도에 머무르고, 안테나 밀도가 2배인 경우에는 최대 값이 0.05, 안테나 밀도가 4 배인 경우에는 최대 값이 0.01로 요구 송신 전력이 안테나 밀도가 높아짐에 따라 급격하게 줄어드는 양상을 관찰 할 수 있었다. 그래프의 모양은 모의실험에서 가정하는 단말의 위치에 따른 안테나의 상대적인 위치에 따라 결정된 것이다. 기존 네트워크 시스템은 BS의 안테나 중에서 각 실험에서 지정한 개수의 안테나를 사

용할 수 있으며, 제안시스템은 분산된 여러 개의 AP에서 각 실험에서 지정한 개수의 안테나 수만큼을 선택하여 사용할 수 있다. 기존 셀룰라 MIMO시스템의 안테나들은 보통 같은 곳에 위치하여서 이로 인한 채널상관도가 높아져서 통신로의 링크 품질에 손실이 생기는 반면, 제안시스템은 특정 사용자의 수신을 위하여 채널 상태가 좋은 통신로를 CVC에서 관리하고 있으면서 수신 시에 채널의 상관도에 따른 성능 저하를 완화시키고 링크 품질이 좋은 채널을 선택하여 AVC에서 사용할 수 있기 때문이다.

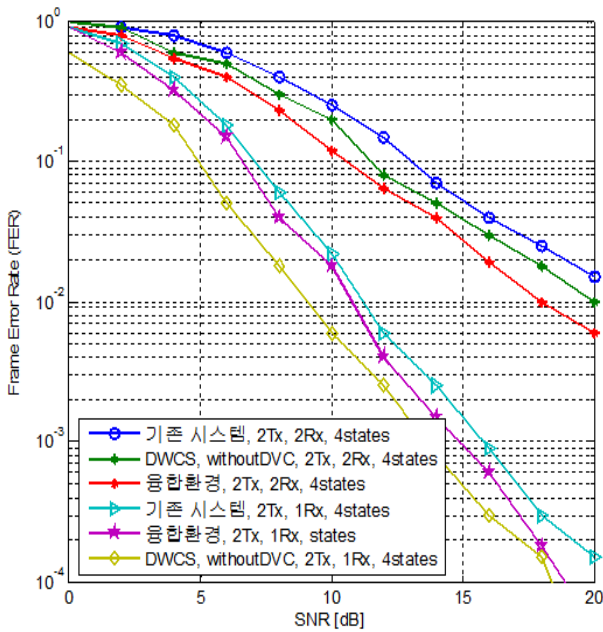


그림 4. 고려하는 시스템의 Frame Error Rate의 성능
Fig. 4. Performance of Frame Error Rate of the considered system

또한 수신안테나 수를 증가시킴에 따라 다이버시티 제안 시스템은 고속 전송 시 특정 안테나가 특정 단말의 통신을 위한 좋은 채널 상태에 들어가면 이 안테나의 채널 상태를 이용하여 데이터를 신속하게 전송하기 위한 정보를 네트워크에서 수집하고 관리하기 때문에 이러한 채널 품질이 좋은 수신안테나를 증가시키므로 FER 성능이 급격하게 개선된다. 그림 4는 제안시스템과 분산 무선 통신 환경에서 DVC구조를 사용하지 않는 기존 네트워킹 환경과 융합 환경 하에서의 네트워크 시스템의 FER을 나타낸 결과이다. 세 시스템은 모두 4 가지 상태 STTC코드를 사용하고 송신안테나를 2개 사용한다. 실험은 수신안테나를 1개, 2개를 사용하는 경우에 대하여 수행되었으며 결과가 보이는 바와 같이, 링크 품질이 우수한 안테나 군을 관리하는 CVC

를 도입한 DVC시스템이 CVC를 사용하지 않는 기존 가상셀 시스템보다 0.5~1dB가량, 기존 네트워크 시스템보다는 2dB가량 우수하게 나타났다. 보다 실제적인 시스템의 검증을 위하여 수신단에서 채널 추정 과정을 사용하여 채널 정보를 획득하되, 이 채널 추정 정보에는 오류가 있을 수 있는 경우에 대하여 시뮬레이션을 통하여 분석을 수행하였다. 그림 5은 제안 시스템의 CSI(Channel State Information) 정보 오류에 대한 민감도를 나타내는 그림이다. 시뮬레이션은 송신안테나 2개, 수신안테나 2개를 사용하는 경우에 대하여 수행하였으며, 4가지 상태 STTC 코드를 사용하고 채널 추정 방식으로 MMSE(Minimum Mean Square Error)를 사용하는 경우의 결과이다.

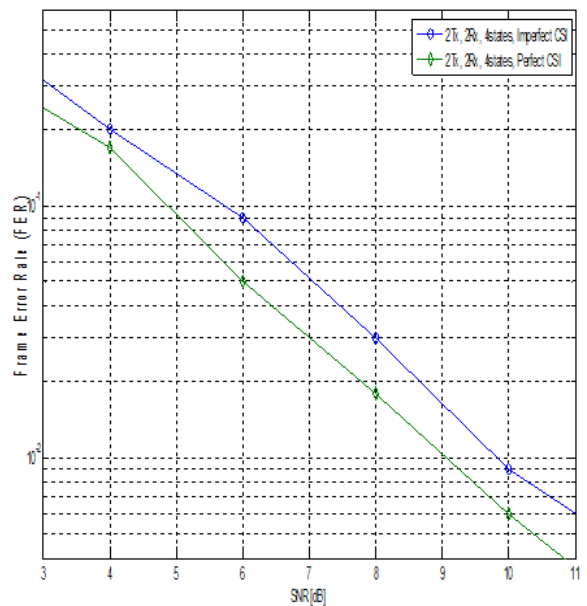


그림 5. 고려하는 시스템의 CSI의 오류에 대한 민감도
Fig. 5. Sensitivity of considered system's CSI errors

그림 5에서 'perfect CSI'란 송/수신단에서 실제 채널에 대하여 완벽한 정보를 가지고 있는 경우를 나타내며, 'imperfect CSI'란 채널을 추정하는 과정은 있으나, 이 추정 정보가 실제 채널과 일치하지 않을 수 있는 경우를 나타냈다. 결과에서 알 수 있듯이, 'imperfect CSI'경우가 'perfect CSI'경우보다 평균적으로 약 0.7dB정도의 SNR손실을 보인다. 그러나 이 손실의 일부는 시뮬레이션 과정에서 채널 추정을 위해 training symbol에 부여하는 것으로 인하여 송신 전력이 일부 감소됨으로 인한 결과가 포함되어 있으므로 실제 손실을 0.7dB보다 적을 것으로 예상된다. 이는 강력한 부호화 기술인 STTC를 사용함으로써 채널 정

보에 다소 오류가 있더라도 사용자 링크 품질의 성능이 크게 떨어지지 않음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 제안한 분산무선시스템⁸⁻¹⁰을 기반으로 하여 사용자 통신의 링크 품질을 지속적으로 유지하면서 용량을 향상시키고자 하며, 무선 채널로부터 네트워크의 채널 모니터링을 통하여 얻은 채널 정보를 이용하여 여러 송/수신 안테나들 중 링크 품질이 우수한 분산안테나들을 선별하여 구성된 CVC를 도입함으로써, 사용자 통신의 링크 품질을 향상시킬 수 있으며, 네트워크가 단말의 속도, 이동방향 등을 통하여 다음 시점의 단말의 도달 범위를 예측하여 CVC를 업데이트하는 과정을 반복함으로써, 단말의 이동으로 인한 무선링크 단절 및 품질 저하를 방지하고 신속한 통신채널 변경을 지원할 수 있음을 보였다. 제안시스템은 특히 고속 이동시나 채널 변화가 심한 환경 등 채널 품질이 열악한 환경에서 우수한 성능을 나타낼 것으로 기대된다. 또한 중첩 융합 이동통신시스템은 다수사용자의 고속 데이터 전송을 지원하는 것을 목표로 하는 시스템이므로 제안시스템에서는 시공간 트렐리스 부호화 기술을 적용하여 다중안테나를 통하여 부호화된 신호를 전송함으로써 주파수 효율을 향상시키고 시간, 공간 다이버시티를 적용한 시스템의 실질적인 성능특성을 분석하고 분산무선통신시스템의 이중 가상 셀 구조를 적용할 때의 채널상태정보에 오류가 존재할 때의 성능특성을 분석하였으며 이로 인한 영향이 상대적으로 작음을 알 수 있었다. 또한 채널 부호화 기술로 STTC를 활용하고 있기 때문에, 하드웨어 비용과 채널 추정을 위한 시스템의 오버헤드, 복잡도 감소 등이 연구해야 할 과제로 남아 있으나, 실제적인 시스템의 구현을 위해서는 네트워크 채널 추정의 오버헤드를 감소시키면서 사용자 링크 품질의 변동을 최소화하도록 안테나 수의 최적화가 필요함을 확인하였다. 또한 커버리지 최적화, 분산안테나를 사용함으로써 인하여 수신신호의 지연시간이 경로별, 안테나별로 다른 문제 등이 앞으로의 추후 연구에서 다루어야 할 문제로 확인되었다.

참 고 문 헌

[1] S. Zhou et al., "Distributed Wireless Communication System: A New Architecture

for Future Public Wireless Access," *IEEE Communication Magazine*, vol. 41, no. 3, pp. 108-113, March 2003.

[2] J. Wang, M. Ghosh, and K. Challapali, "Emerging Cognitive Radio Applications: A Survey," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 49, No. 3, pp. 74-81, March 2011.

[3] Paulraj, Nabar and Gore, *Introduction to Space-Time Wireless Communications*, Cambridge Press, 2003.

[4] V. Tarokh, N. Seshadri, and A.R. Calderbank, "space-time codes for high data rate wireless communication : Performance analysis and code construction,"*IEEE Trans. Inform. Theory*, vol.44, pp.744-765, Mar. 1998.

[5] V. Tarokh and H. Jafarkhani, and A. R. Calderbank, "Space-time block coding for wireless communications: Performance results," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 17, pp. 451-460, Mar. 1999.

[6] G.J. Foschini, M.J.Gans, "On limits of wireless communication in a fading environment when using multiple antennas," *Wireless Personal Commun.*, Mar. 1998.

[7] J. Proakis, *Digital Communications*, 3rd ed. NewYork : McGraw-Hill, 1995.

[8] Joo-Young Yang, Jeong-Ho Kim,"A study on the newly proposed Dual Virtual Cell System in Distributed Wireless Communication Sytem," *Journal of KICS*, pp517~526, 2006.

[9] EunJi Cheon and Jeong-Ho Kim, "Characteristics of Wireless Distributed Communication System under the Overlay Convergent Networks," *Journal of KICS*, Vol. 37, No. 6, 2012.

[10] YuMi Choi and Jeong-Ho Kim, "Performance Analysis of Operation Strategy of Dual Virtual Cell-based System under the Overlay Convergent Networks of Cognitive Networking, *Journal of KICS*, Vol. 37, No. 6, 2012.

권 은 미 (Kwon EunMi)



2010년 충북대학교 정보통신학과 학사 졸업
2012년 이화여자대학교 전자공학과 석사과정
<주관심분야> 무선통신, 이동통신, Green Computing

김 정 호 (Kim, Jeong-Ho)



1991년 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 학사
1993년 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1999년 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
1995년 LG전자 멀티미디어 연구소

구소

1999년~2000년 LG정보통신 중앙연구소 선임연구원
2000년, 2009년 Virginia Tech. MPRG (Mobile Radio Research Group) Visiting Scholar and Visiting Professor

2001년~2002년 8월 LG전자 UMTS시스템 연구소 책임연구원

2002년 9월~현재 이화여자대학교 공과대학 전자공학과 부교수

<관심분야> 인지 네트워킹, 인지 라디오 네트워크, 인지기반 QoS제어, SDR Hardware 플랫폼 설계