

결합 적응형 어레이 안테나를 적용한 무선 인터넷 시스템 구조 제안 및 성능분석

준회원 박 현 화*, 종신회원 김 정 호*

Performance analysis of Wireless Internet system employing joint adaptive array antennas

Hyun-Hwa Park* Associate Member, Jeong-ho Kim* Lifelong Member

요 약

본 논문에서는 4세대 이동 통신의 핵심 중의 하나라 할 수 있는 무선인터넷(WiBro) 시스템에 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 결합 적응 어레이 안테나(joint adaptive array antenna)를 사용하는 WiBro 시스템 구조를 제안하고 이에 따른 성능을 평가하였다. 단말과 기지국에 적응 어레이 안테나를 사용하지 않는 시스템과 비교하여 각 부반송파의 순시 (instantaneous) SINR이 증가하고 부반송파의 변화가 줄어들므로 시스템에서의 사용되는 전력도 감소하게 된다. 그러나 이러한 시스템의 성능 향상을 위해서는 기지국과 단말에서 최적 가중치(optimum weight) 계산이 요구되는데 이것은 시스템에 많은 계산량을 필요로 하게 된다. 이러한 계산량을 감소시키기 위해 부반송파를 그룹화하여 응집 대역폭(coherence bandwidth)내에 존재하는 부반송파에 대해서 동일한 가중치를 사용함으로써 시스템의 계산량을 줄일 수 있게 된다. 이때 응집 대역폭 내에 존재하는 부채널을 그룹화 하면 비록 수신 성능의 감쇠가 나타나지만 근소한 성능의 저하를 가져온다. 본 논문에서는 결합 적응적 어레이 안테나를 적용한 무선 인터넷 시스템의 성능을 타 시스템과 비교하여 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 시스템은 전력 소비 감소, SINR 향상, 그리고 에러율 감소, 채널 변화 완화 등의 다양한 성능이 향상됨을 정량적으로 평가한다.

Key Words : 적응 어레이, 무선 인터넷, 결합 적응 어레이 안테나 시스템, 성능분석

ABSTRACT

In this paper, we have proposed WiBro receiver structure employing joint adaptive antenna scheme at the base station (BS) and the mobile station (MS) and evaluated its performance. In WiBro system, the joint use of transmit beamforming at BS and receive beamforming at MS can improve the SINR significantly and increase the capacity compared to the conventional system. Moreover, power allocation level can be decreased because channel variation can be reduced by using the jointly updated weight. However, it needs the calculation of the antenna weights in every subcarrier for performance improvement. This could imply an enormous computational burden. However, the computational complexity can be reduced significantly by using the same set of the antenna weights for the adjacent subcarriers instead of calculating antenna weights for every subcarrier. We have analyzed the impact of subcarrier grouping for weight calculation on the system performance.

※ 이 논문은 정보통신부 대학 ITRC 프로젝트(영남대학교 광대역 이동멀티미디어 연구센터(YU-BMMRC))의 지원으로 수행된 연구임.

* 이화여자대학교 정보통신학과 무선멀티미디어통신 연구실 (jho@ewha.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-05-209, 접수일자 : 2007년 5월 7일, 최종논문접수일자 : 2007년 5월 22일

I. 서론

이동 전화 시스템은 1세대 아날로그 이동전화를 시작으로 하여 2세대에는 디지털 음성 전화 및 단문 서비스 등 전화 이외의 서비스를 제한적으로 제공하기 시작하였다. 그리고 3세대 시스템은 멀티미디어 이동통신 서비스 제공을 목표로 2세대에 비해 보다 기술적으로 진보된 개념들을 도입하였다. 그러나 3GPP의 W-CDMA, 3GPP2의 cdma2000 1x, cdma2000 1xEV-DO 등의 대표적 3세대 이동통신 시스템은 사용자당 전송 속도나 용량 측면에서는 크게 향상되었으나 유선의 고속 인터넷 서비스에 익숙한 사용자들에게 전송속도의 한계와 높은 이용 요금의 부담을 가져다 주었다. 따라서 4세대 이동통신은 시간과 장소 및 대상의 구속 없이 언제 어디서나 누구와도 고속 멀티미디어 서비스를 지원하고 무선 접속 방식이 다른 여러 가지 망과의 서비스 융합을 목표로 하고 있다.^[1]

본 논문에서는 4세대 이동 통신의 핵심 기술의 하나인 무선 인터넷(WiBro) 시스템에 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 결합 적응형 어레이 안테나(joint adaptive array antenna)를 사용하는 수신기 구조를 제안하고 이 시스템의 성능을 평가한다.

적응 어레이 안테나가 단말이나 기지국 어느 한 쪽에서만 빔형성(beamforming)을 수행하는 기본 전제로 하였던 시스템과 비교하여 기지국과 단말에서 상호 결합하여 동작하게 되면 간섭 신호의 영향을 제거하게 되고 원하는 신호를 최대 수신할 수 있기 때문에 오류 확률이 감소하고 시스템의 성능이 향상됨을 알 수 있다. 이는 시스템의 SINR(signal to interference-plus-noise ratio)을 증가시킬 뿐만 아니라 기지국 당 커버할 수 있는 영역, 즉 커버리지(coverage)를 증가시킬 수 있음을 뜻한다. 또한 단말과 기지국에 어레이 안테나를 사용하지 않는 시스템과 비교하여 각 부반송파의 순시 SINR이 증가하고 부반송파의 채널 변화(channel variation)가 줄어들므로 양쪽 시스템에서의 전력 소비도 감소함을 알 수 있다. 그러나 이러한 시스템의 성능 향상을 위해서는 기지국과 단말에서 최적의 가중치(optimum weight)를 일정한 시간마다 계산해야 하는데 이것은 기지국과 단말 시스템 모두에게 많은 계산량을 요구한다. 이렇게 요구되는 계산량을 대폭 감소시키기 위해 부반송파를 그룹화하여 응집 대역(coherence bandwidth)내에 존재하는 부반송파에 대해서 동일한 가중치(weight)를 사용하게 함으로써

시스템의 요구 계산량을 줄일 수 있다. 다만 이때 응집대역 내에 존재하는 부채널을 그룹화(group)화한 시스템은 약간의 성능 감소를 겪게 되는데 이로 인해 야기되는 성능 감소를 시뮬레이션을 통하여 정량적인 결과를 도출하였다. 시뮬레이션 결과에 의하면 약간의 성능 저하를 감수하면 시스템에 요구되는 계산량을 상당히 줄일 수 있음을 확인할 수 있다.

본문에서는 적응 어레이 안테나를 적용한 무선 인터넷 시스템의 성능을 기존의 단방향 빔형성 시스템과 비교하여 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 시스템의 전력 소비 감소, SINR 향상, 그리고 에러율 감소 등의 성능 향상이 있음을 정량적으로 평가하는데 다음과 같은 순서로 기술하고자 한다. 먼저 II절에서는 무선인터넷 시스템인 WiBro 시스템의 특징을 기술하고 III절에서는 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)방식을 적용한 경우의 결합 적응 어레이 시스템의 구조를 제안하고 결합 가중치 갱신 알고리즘에 대해 설명하며 IV절에서는 평가를 위한 시뮬레이션 환경에 대해 논의하고, 시뮬레이션 결과를 기반으로 기존 시스템과 제안한 시스템의 성능을 비교 평가하고 마지막으로 V절에서 결론을 맺는다.

II. 무선 인터넷 시스템 (WiBro)

본 절에서는 2.3GHz 휴대 인터넷 서비스를 위한 TTA의 무선 접속 표준안의 물리 계층에 대해 간략히 설명하고자 한다.^[6] 다음의 표 1은 표준 안에서 사용되는 OFDMA의 기본 파라미터를 요약한 것이다.

OFDMA 시스템에서의 적응 어레이 안테나는 단일 반

표 1. OFDMA 기본 파라미터

변수	변수값
채널 대역폭	10MHz
샘플링 주파수	10MHz
샘플링 간격	100nsec
FFT크기	1024
사용된 부반송파 개수	864
데이터 부반송파 개수	768
파일럿 부반송파 개수	96
부반송파 주파수 간격	9.765625kHz
유효 심볼 시간	102.4 μsec
CP시간	12.8 μsec
OFDMA 심볼 시간	115.2 μsec
TDD프레임 길이	5ms

송파 시스템과 비교하여 공간, 시간, 주파수 영역에서 동작이 가능한 장점을 가지고 있다. 공간상에서는 DoA (Direction of an Arrival) 기반 빔형성(beamforming), 시간영역에서는 TDL(Tapped-Delay-Line) 상의 필터링, 주파수 영역에서는 각 반송파에서의 빔형성을 할 수 있다. 또한, TDD시스템에서 프레임내의 채널 변화가 없는 경우에는 상향 링크와 하향 링크의 채널이 동일한 장점이 있어 상향 링크에서 계산된 빔형성계수를 하향링크에 적용할 수 있다. 하지만 사용자가 이동하는 경우에는 채널의 변화에 대한 고려가 필요하다.

이와 같은 적응 어레이 안테나 기술을 셀룰러 시스템에 적용할 경우 서비스 범위, SINR, 셀(cell) 허용용량 등이 증가하는 효과를 얻을 수 있으며 이로 인하여 전력 소비 감소, 셀 간 간섭의 회피, 다중 신호 제거로 인한 OFDM에서 신호 오버헤드(signal overhead) 감소 등의 효과를 얻을 수 있다. 셀룰러 환경에서는 일반적으로 기지국 안테나간의 상관특성이 크기 때문에 이를 이용하여 스마트 안테나 기술을 적용할 수 있다. 적응적 어레이 안테나는 송신 단과 수신 단에 각각 두 개 이상의 안테나를 사용하여 신호를 전송하는 기술이다. 여러 개의 송신 안테나를 사용하므로 여러 개의 공간 채널을 얻을 수 있고, 다양한 방법을 이용하여 데이터 전송률을 높일 수 있으며 데이터 전송의 신뢰성을 높일 수 있다. 또한 신호가 분산되지 않고 원하는 방향으로 모아지므로 수신 전력을 증가시킬 수 있다. 이러한 적응적 어레이 안테나를 단말과 기지국에서 상호 결합적으로 사용하게 되면 적응적으로 갱신되는 안테나 기중치에 의해 수신 신호의 SINR을 증가시킴으로써 시스템의 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있게 된다. 또한 신호의 이득이 증가하여 기지국 당 커버리지가 증가하게 되고 단말에서의 전력 소비도 줄어들게 되므로 이를 활용할 경우 커버리지 확대 및 용량증대 등 다양한 장점을 활용하여 시스템의 성능을 개선할 수 있다.

III. 제안하는 시스템 구조 및 알고리즘

본 절에서는 결합 적응형 어레이 안테나의 최적 안테나 기중치를 추출하는 과정에 관해 기술하고 수학적인 전개를 통해 살펴보고자 한다. 송신단과 수신단에 K와 L개의 안테나가 장착되어 있고 적응 제어 프로세서에서 갱신되는 기중치 $w_{b,c}^k$ 와 $w_{m,c}^l$ 에 의해 각각 k번째와 l번째 안테나로부터 들어온 c번째 반송파에 해당하는 심볼에 곱해짐으로써 해당 반송파에 대한 빔형성이 수행된다. [2]-[7]

$$W_{b,c} = [w_{b,c}^1, w_{b,c}^2, w_{b,c}^3, \dots, w_{b,c}^K]^T \quad (1)$$

$$W_{m,c} = [w_{m,c}^1, w_{m,c}^2, w_{m,c}^3, \dots, w_{m,c}^L]^T \quad (2)$$

이는 그림 1에서 보는 바와 같이 단말과 기지국에서 전체 신호의 SINR을 최대화 하는 최적 기중치 벡터를 계산해 내게 되고 일정한 시간마다 기중치 벡터를 갱신해야 한다. 이것은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\text{optimum } (W_{m,c}, W_{b,c}) = \arg \max_{W_{m,c}, W_{b,c}} \{SNR\} \quad (3)$$

여기서 채널 매트릭스는 알려져 있다고 가정하면 수신된 c번째 반송파 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$r_c(m) = d_c(m)W_{m,c}^H H_c^T W_{b,c} + \sum_{i=1}^P \tilde{d}_{p,c}(m)W_{m,c}^H \tilde{h}_{p,c} + W_{m,c}^H N_c(m) \quad (4)$$

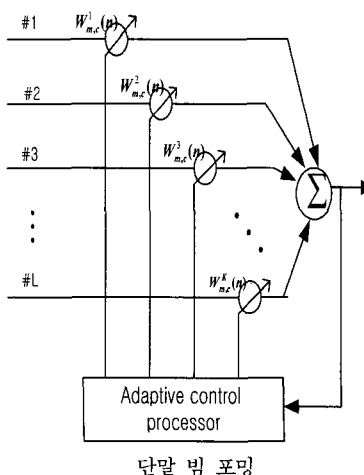
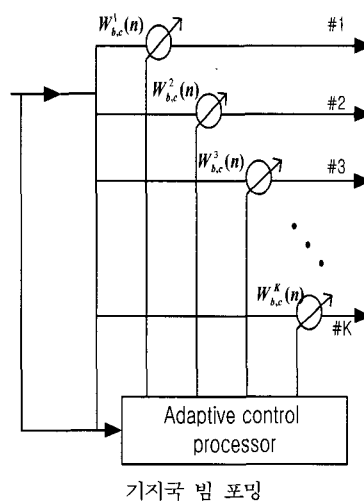


그림 1. 기지국과 단말의 빔형성 시스템 구조

따라서 c번째 부반송파에 의해서 수신된 신호의 SINR을 최대화 하는 가중치 벡터 $W_{m,c}$, $W_{b,c}$ 는 이상과 같은 식들과 일반적인 절차를 거쳐 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$W_{b,c} = \sqrt{P_c} v(\Psi_c) \quad (5)$$

$$\arg \max_{W_{m,c}} \{SINR\} = \mu \Phi_c^{-1} (H_c^T W_{b,c}) \quad (6)$$

여기서 Φ_c^{-1} 는 간섭 신호의 상관 행렬의 역행렬을 나타내고 $v(\Psi_c)$ 는 가장 큰 고유치(eigenvalue)을 가지는 행렬 Ψ_c ($\Psi_c = H_c^* \Phi_c^{-1} H_c^T$)의 고유벡터이고, H는 complex conjugate transpose를 의미하며, $W_{m,c}$ 는 c번째 부반송파로 전송되는 신호의 단말에서의 가중치를 나타내고, $W_{b,c}$ 는 c번째 부반송파로 전송되는 신호의 기지국에서의 가중치를 의미한다. 여기서 $d_c(m)$ 과 $\tilde{d}_{p,c}(m)$ 는 c번째 부반송파로 전송되는 사용자와 간섭을 일으키는 사용자의 m번째 심볼을 각각 의미한다. $\tilde{h}_{p,c}$ 는 기지국과 간섭 사용자 사이의 채널 매트릭스도 역시 알려져 있다고 가정할 수 있다. $N_c(m)$ 은 AWGN(additive white gaussian noise)를 뜻한다. 이 c번째 부반송파에 의해 수신된 신호는 최적 가중치 $W_{m,c}$, $W_{b,c}$ 에 의해 원하는 신호의 성분과 간섭 신호 성분의 비를 최대화 하게 되는데 이는 다음과 같이 주어진다.

$$\Gamma_c = \frac{\tilde{d}_{p,c} W_{m,c}^H [(H_c^T W_{b,c})(H_c^T W_{a,c})^H] W_{m,c}}{W_{m,c}^H \Phi_c W_{m,c}} \quad (7)$$

여기서 Φ_c 는 c번째 부반송파에서의 간섭 신호의 상관 매트릭스이며, 다음과 같이 주어진다.

$$\Phi_c = \sum_{p=1}^P \tilde{d}_{p,c} \tilde{h}_{p,c} \tilde{h}_{p,c}^H + N_c(m)I \quad (8)$$

따라서 c번째 부반송파로 수신된 신호는 기지국과 단말에서의 최적 가중치 ($W_{m,c}$, $W_{b,c}$)에 의해 사용자 신호는 최대로 수신하고 간섭 신호 성분을 제거하게 됨으로 시스템의 성능을 개선할 수 있다. 위의 제안된 시스템 구조에서 평가를 일정한 시간마다 모든 부반송파에 대한 가중치를 구하는 것은 기지국과 단말 모두에게 상당한 계산량을 요구하므로 표 2와 3의 파라미터를 활용하여 응집 대역폭을 구한 후 부반송파를 일정한 크기로 나누어 연속한 대역내의 부반송파에 대해서는 동일한 가중치를 사용하게 함으로써 계산량을 감소시키는 시스템 구조도

표 2. 시스템 파라미터

User 수	1
Interference user 수	1
파일럿을 제외한 데이터 부반송파 개수	768
심볼 구간	115.2 μ s
변조 방식	QPSK
Transmitted power	1W
Channel 정보	송신단에서 알고 있다고 가정
BER	10 ⁻³
fading 채널	주파수 선택적 페이딩
Antenna array	2 by 2 결합 적응적 안테나

표 3. 사용자의 채널 파라미터

Tap	Relative delay (μ s)	Average Power (dB)
1	0	0
2	0.4242	-0.5
3	1.1837	-1
4	1.5066	-2

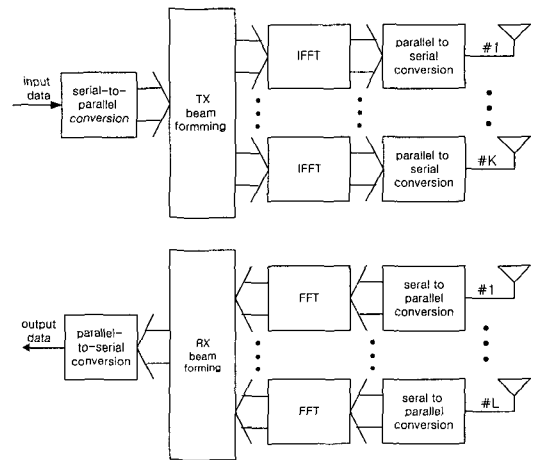


그림 2. 결합 적응적 어레이 안테나 구조

함께 고려한다. 그림 2는 시뮬레이션에 사용된 시스템의 전체 구조를 나타내며 입력 데이터는 K개의 안테나 가중치에 의해 송신 빔형성을 수행 한 후 역 푸리에 변환(IFFT)단을 통과 함으로써 서로 다른 부반송파로 전송되게 되고 수신단에서는 역과정을 거쳐 수신처리가 이루어지게 된다.

또한, 시뮬레이션을 위해 사용자의 채널 파라메

표 4. 간섭신호 사용자의 채널 파라미터

Tap	Relative delay (μs)	Average Power (dB)
1	0	0
2	0.2830	-0.1
3	0.7584	-0.7
4	1.2776	-1.3

터인 표 3과 간섭 사용자의 채널 파라미터인 표 4의 지연 프로파일(delay profile)을 사용한다.

IV. 제안 시스템의 성능평가 및 결과분석

단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 적응형 어레이 안테나를 사용한 WiBro 시스템의 성능을 분석하기 위해 위의 절에서 주어진 파라미터들을 사용하고 시뮬레이션을 바탕으로 다음 각 부절에 다양한 측면에서 제안된 시스템을 평가하였다. 모든 채널 정보는 pilot tone을 사용하여 추정할 수 있으며 결합 적응형 안테나를 사용한 WiBro 시스템의 성능분석은 단말이나 기지국의 오직 한 쪽 단에서만 적응형 안테나를 사용하는 기존의 시스템과 비교하였다.

4.1 기존 시스템과의 성능비교

WiBro 시스템에 단말과 기지국에서 결합 적응형 어레이 안테나를 사용함으로써 각 부채널의 변화가 현저히 줄어들고 전력도 증가함을 시뮬레이션을 통해서 검증하였고 다중의 사용자 환경에서 결합 적응형 어레이 안테나 시스템을 사용함으로써 각 사용자의 링크 품질 개선도를 분석하였다. 그림 3은 간섭 신호가 없는 환경에 대해 시뮬레이션을 수행하였으며 송신 빔형성 시스템은 오직 기지국에서만 2개 또는 3개의 안테나를 사용한 시스템이다 또한, 기지국과 단말 어느 쪽에서도 복수의 안테나를 사용하지 않는 시스템을 No diversity system으로 정의하였으며 단말과 기지국에서 안테나 가중치가 상호 결합하여 동작하는 시스템을 2 by 2 결합 적응형 시스템이다. 그림 3에서 알 수 있듯이 단말과 기지국에서 결합형 적응 안테나를 사용한 경우 양단에서 상호 결합하여 계산된 최적 가중치에 의해 간섭 신호를 제거하고 사용자의 신호를 최대 수신함으로써 시스템의 성능이 기지국에서만 어레이 안테나를 사용한 3 by 1 송신 빔형성 시스템과 비교하여 10^{-3} 을 기준으로 4dB의 성능 개선이 있음을 알 수 있다. 또한 기지국에서 2개의 어레이 안테나를 사용한 2 by 1 송신 빔형성 시스템과 비교하여

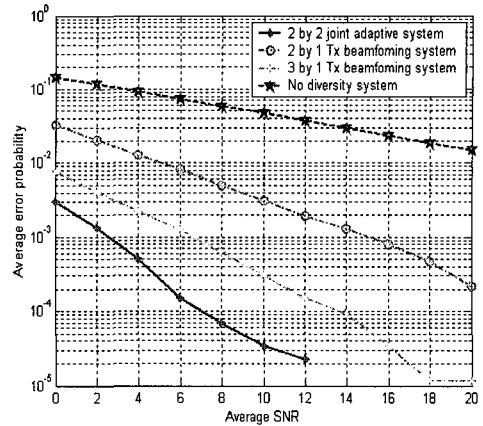


그림 3. 제안된 시스템의 성능비교 (무간섭)

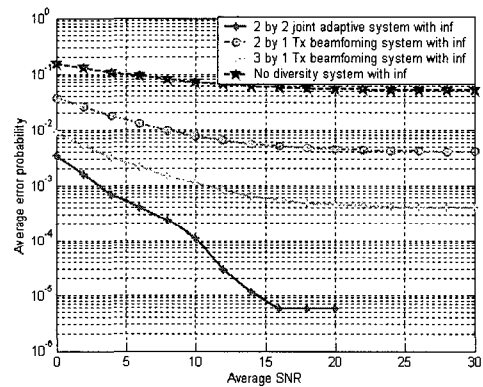


그림 4. 제안된 시스템의 성능비교 (간섭신호 존재)

10^{-3} 을 기준으로 13dB의 성능 향상이 있음을 알 수 있다. 또한 그림 4는 2 by 2 결합 적응형 어레이 안테나 시스템과 송신 빔형성 시스템의 성능을 인접 기지국의 간섭 신호가 존재하는 환경에 대해서 성능 분석한 결과이다.

그림4에서 알 수 있듯이 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 2 by 2 결합 적응형 어레이 안테나 시스템의 경우 계산된 최적의 가중치에 의해 간섭 신호를 제거함으로써 오직 기지국에서 빔형성을 수행하는 기존 시스템과 비교하여 성능이 개선됨을 알 수 있다. 3 by 1 송신 빔형성 시스템과 비교하여 음성 서비스의 품질 기준이 될 수 있는 10^{-3} 을 기준으로 약 7dB 성능이 개선이 있다. 또한 2 by 1 송신 빔형성 시스템과 비교하였을 때는 25dB 이상의 성능 향상을 알 수 있다. 특히, 간섭 신호가 존재하는 환경에서 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 시스템과 비교하여 기지국에서만 빔형성을 수행하는 기존 시스템은 수신단인 단말에서는 빔형

성을 수행하지 않기 때문에 간섭 신호의 영향을 충분히 제거 할 수 없게 된다. 따라서 수신 신호에서 사용자 신호 성분의 비가 잡음 신호에 비해 상대적으로 커진다 하더라도 간섭 신호의 영향 때문에 단말에서도 빔형성을 수행하는 2 by 2 결합 적응형 어레이 안테나 시스템과 비교하여 평균오류확률이 적게 줄어드는 것도 알 수 있다.

4.2 결합 적응 어레이 안테나 시스템 적용시 채널 변화

적절한 전력의 할당은 시스템의 용량 또는 성능을 개선 시킬 수 있게 한다. 특히 OFDMA 시스템에서는 각 부반송파의 전력할당에 의해 시스템의 성능을 개선 시킬 수 있다. 여기에 적응형 안테나 시스템을 적용함으로써 각 부반송파에 할당되는 전력을 줄이고 또한 시스템의 성능을 개선 시킬 수 있게 된다.

그림 5과 그림 6로부터 기지국과 단말에서 상호 결합하여 동작하는 결합 적응형 어레이 안테나를 사

용함으로써 뚜렷하게 전력의 할당을 줄일 수 있음을 확인할 수 있다. 그림에서 가로축이 나타내는 것은 시간이며 세로축은 수신된 신호의 전력을 기준으로 순시 SINR을 나타낸 것이다. 간섭 신호가 존재하지 않는 상황 하에서 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 2 by 2 결합 적응 어레이 안테나 시스템을 사용하여 시뮬레이션을 수행한 결과를 보여주고 있다.

모든 주파수 부반송파에 대한 순시SINR 값의 변화를 나타낸 그림으로 오류확률은 SINR값에 의존하여 결정되게 된다. 즉, 단말과 기지국에서 어레이 안테나를 사용하지 않는 다이버시티가 없는 시스템과 비교하여 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 2 by 2 결합 적응형 어레이 시스템의 경우 모든 부반송파에서의 채널 변화가 작기 때문에 오류 확률을 개선 시킬 수 있게 되어 시스템 성능의 향상을 꾀할 수 있게 된다.

4.3 부반송파 그룹화에 의한 영향 분석

본 논문에서는 WiBro 시스템의 성능 개선을 검증하고자 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 2 by 2 결합 적응형 안테나를 사용하였으며 단말과 기지국에서의 결합 적응형 안테나 가중치는 수신 신호의 SINR이 최대가 되도록 유도 되었다. 이것은 매 부반송파에서 최적 가중치의 계산이 필요함을 의미하고 안테나 어레이가 커질수록 시스템에 많은 계산량의 부담을 가져오게 된다. 따라서 본 단락에서는 계산적 복잡도를 줄이는 방법과 그에 따른 성능을 분석하고자 한다. 응집 대역폭(B_c)은 채널이 일정(flat)한 주파수 영역의 통계적인 측정치를 의미한다. 즉, 응집 대역내에 존재하는 인접하는 부반송파는 상관되어 있다. 따라서 응집 대역내에 존재하는 부반송파에 대해서 동일한 최적 가중치를 사용함으로써 시스템의 가중치 계산량을 줄일 수 있게 된다. 시뮬레이션에서 사용한 부반송파의 대역폭은 다음과 같이 정의한다.

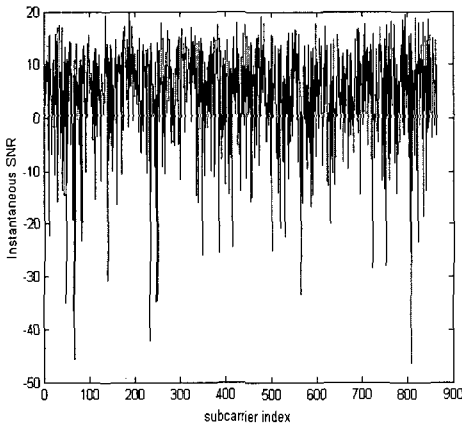


그림 5. 기존 시스템의 채널 변화

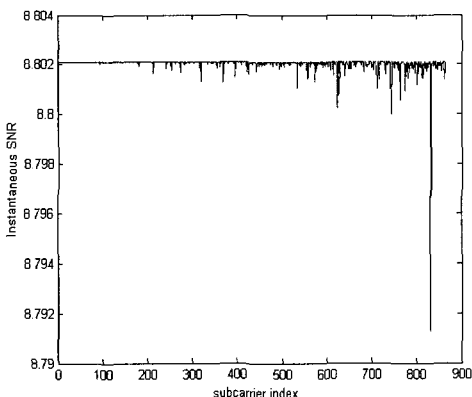


그림 6. 제안된 결합 적응형 시스템의 채널 변화

$$\Delta f = \frac{10 \times 10^6}{864} = 11.574 \text{ kHz} \quad (9)$$

주파수 상관성이 0.9 이상인 대역폭으로 응집 대역(B_c)인 $B_c = 1/50\sigma_r$ (σ_r 는 지연의 제곱 평균 제곱근(root mean square))를 사용하면 다음과 같다. 즉,

$$BW_c = \frac{1}{50\sigma_r} = 33.913 \text{ kHz} \approx 3\Delta f \quad (10)$$

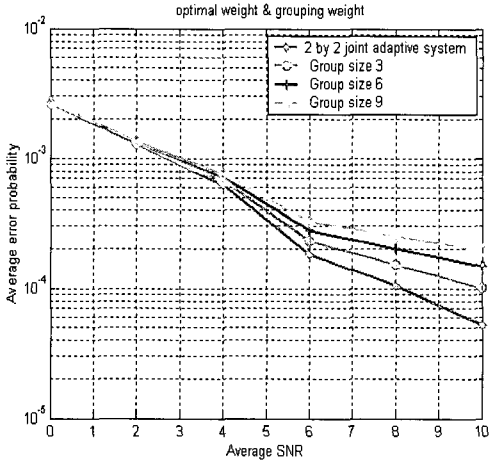


그림 7. 제안된 시스템과의 성능비교

결과적으로 시뮬레이션에서는 3개의 연속하는 부반송파가 동일한 영향을 받게 된다. 이것은 모든 부반송파에서 적응 어레이 안테나 가중치를 계산하는 대신에 응집 대역내에 존재하는 부반송파에 대해 같은 안테나 가중치를 사용할 수 있음을 의미한다. 이러한 방법을 통해 계산의 복잡도를 현저히 감소시킬 수 있게 된다. 하지만 이러한 방법은 매 부반송파에서 최적의 가중치를 계산하는 방법에 비하여 성능 감퇴를 가져오게 된다. 그림 7은 매 부반송파에서 최적의 가중치를 계산하는 경우와 응집 대역내에 존재하는 부반송파의 개수 단위로 그룹화 하였을 때 그룹크기에 따른 성능 분석을 비교한 그림이다. 그림 7에서 알 수 있듯이 매 부반송파에서 최적 가중치를 계산하는 경우와 비교하여 그룹화하였을 경우 그 시스템의 성능이 감소하지만 그 차이가 1dB보다도 작음을 알 수 있다. 이것은 약간의 성능 감소를 감안한다면 계산 복잡도를 1/3배로 감소시킬 수 있음을 의미한다.

V. 결론

본 논문에서는 WiBro 시스템과 스마트 안테나(적응형 어레이 안테나)시스템의 특징에 관해 논의하고 WiBro 환경에서 기지국과 단말에 상호 결합하여 동작하는 결합 적응형 어레이 안테나를 사용한 시스템의 성능을 분석하여 기존의 적응 어레이 안테나를 사용한 시스템과 비교하였다. WiBro 시스템은 이동통신 기반의 무선 인터넷이 가진 커버리지의 장점과 무선 LAN의 데이터 전송 속도의 장점을 살려 언제, 어디서나 고속의 무선 인터넷을 제공할 수 있

는 기술이다. 이런 WiBro 시스템에 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 결합 적응형 어레이 안테나를 적용할 경우 얻게 되는 간섭 신호의 영향과 WiBro 시스템 환경 하에서 개선되는 성능을 정량적으로 평가하였다. 본 논문의 시뮬레이션을 통해서 간섭 신호가 없는 환경에서는 결합 적응형 어레이 안테나를 사용한 시스템이 기존 시스템대비 4dB이상의 성능 향상을 보였으며 간섭 신호가 있는 환경에서도 7dB 이상의 성능 향상을 나타내었다. 또한 다중사용자 환경에서는 단말과 기지국에서 상호 결합하여 계산된 안테나 가중치에 의해 간섭으로 작용하는 사용자의 신호를 적절히 제거함으로써 각 사용자의 링크 품질을 개선시킬 수 있다. 계산량을 감소시키기 위해 부반송파를 그룹화하여 응집 대역폭내에 존재하는 부반송파에 대해서 동일한 가중치를 사용함으로써 요구되는 계산량을 줄일 수 있으며 이때 발생하는 성능 감퇴에 대해서도 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 또한 WiBro system에 단말과 기지국에서 상호 결합하여 동작하는 결합 적응형 어레이 안테나를 사용할 경우 각 부반송파의 채널변화가 감소하고 순시 SINR이 증가하여 각 부반송파의 전력 배분을 줄여서 전체 시스템의 성능을 개선할 수 있으며 무선 인터넷 시스템의 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2006-(C1090-0603-0002))

참고 문헌

- [1] Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service, TTA
- [2] John Litva and Titus Kwok-Ywung Lo, Digital Beam forming in Wireless Communications, Artech House Publishers, 1999.
- [3] Lal Chand Godara, Smart antennas, CRC Press, 2002.
- [4] Marc Engels, Wireless OFDM System, Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [5] K.K.Wong, K.B.Letaief, and R.D.Murch, "Investigating the Performance of Smart Antenna System at the Mobile and Base Stations in

the Down and Uplinks,” in Proc. IEEE VTC’98 vol.2, pp. 880-884, Ottawa, ON, Canada, May 1998.

- [6] J. R. T. Compton, Adaptive Array Antennas Concepts and Performance, Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1998.
- [7] Kai-Kit Wong, Roger S.-K Cheng, Khaled Ben letaief, and Ross D.Murch, “Adaptive Antennas at the Mobile and Base Stations in an OFDM/ TDMA System,” IEEE Transactions on Communications, vol.49, No.1, pp. 195-206, January 2001.

박 현 화 (Hyun-Hwa Park)

준회원

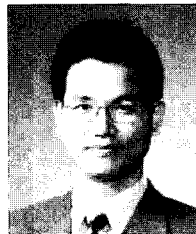


2003년 2월 : 청주대학교 정보통신학과 공학사
 2006년 2월 : 이화여자대학교 과학기술대학원 정보통신학과 공학석사
 2006년 2월~현재 : LG전자(주) 이동통신 기술연구소

<관심분야> 다중안테나 시스템, 이동통신 네트워크

김 정 호 (Jeong-ho Kim)

중신회원



1991년 2월 : 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 공학사
 1993년 2월 : 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1999년 2월 : 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사
 1993년 1월~1995년 7월: LG전

자 멀티미디어 연구소

1999년 3월~2000년 2월: LG정보통신 중앙연구소 선임연구원

2000년 3월~2001년 6월 : Virginia Tech. MPRG (Mobile Radio Research Group) Visiting Scholar

2001년 7월~2002년 8월 : LG전자 UMTS 시스템 연구소 책임연구원

2002년 9월~현재 : 이화여자대학교 공과대학 정보통신학과 조교수

<관심분야> 스마트 안테나 시스템, 무선 디지털 통신, 확산 대역통신, 이동통신 네트워크, 휴대 인터넷