

광대역 CDMA WLL용 스마트 안테나 시스템 성능분석

김미경, 황현구, 임경아, 최승원
한양대학교

Performance Analysis of a Smart Antenna System for Wide-Band CDMA WLL Channel

Mikyung Kim, Hyungu Hwang, Kyungah Lim, Seungwon Choi
Hanyang University
choi@dsplab.hanyang.ac.kr

요약

본 논문에서는 광대역 WLL신호환경에서 동작하는 스마트 안테나 시스템의 역방향 채널에서의 시스템 성능 분석을 제시하였다. 이 논문에 보여지는 모든 결과는 현재 상용화 된 단말기로부터 수신한 실제 데이터로부터 얻어졌다. 웨이트 벡터로부터 계산되어진 빔패턴과 BER(Bit Error Rate)은 실내와 실외 환경 실험에서 관찰되었다. 실험의 결과로, 제안되어진 스마트 안테나 시스템은 실외와 실내 신호 환경 모두에서 향상된 성능을 제공한다는 결론을 얻었다.

I. 서론

본 논문에서는 한국에서 사용되고 있는 광대역 CDMA WLL^[1] 신호 환경에서 서비스를 제공할 수 있는 스마트 안테나 시스템을 구현하고 그 성능을 실험하였다. 본 논문의 실험에서 고려되고 있는 광대역 WLL 신호환경은 고정된 위치의 사용자들 뿐 아니라 이동성을 가진 사용자에게까지 서비스를 제공할 수 있는 시스템이다.

본 논문에서 제시하는 스마트 안테나 시스템은 6개의 안테나 소자로 구성된 배열 안테나, 주파수 상/하향 변환기, 확산/역확산기, 빔형성기 등으로 구성되어 있다. 어레이 안테나로 수신된 데이터들은 아날로그/디지털 변환기를 거친 후 기지국 모뎀부분으로 입력되어진 후 역확산 과정을 수행하게 된다. 그러나 본 실험을 위하여 기지국 모뎀 부분을 설계하기는 어려움이 있었으므로 데이터 저장장치(Data Storage kit)를 사용하여 수신한 데이터를 바탕으로 역확산과 빔형성 과정을 오프라인(off-line)으로 구성한 후 성능을 분석하였다.

WLL 역방향링크는 역방향 트래픽 채널과 역방향 액세스 채널로 구성되어 있다. 그 중 트래픽 채널에서 파일럿 정보가 포함되어 있는 PPCS 채널을 사용하여 웨이트 계산을 행한다. 역방향 트래픽 채널의 주요 변조 파라미터들은 표 1과 같다.

성능 분석은 실내와 실외 환경에서 수행되었으며 실내에서는 간섭신호의 수와 전력의 세기를 변화시키는 조건 하에 BER을 측정하여보았고, 실외에서는 단말기의 위치를 변화시켰을 때 원하는 신호의 방향으로 빔패

턴(Beam Pattern)이 형성되는지를 확인하였다.

본 논문의 II장에서는 데이터를 저장하기 위한 수신 데이터 저장 장치의 구성과 데이터의 변조과정을 설명하게 된다. III장에서는 여러 가지 환경 하에 수신한 데이터들을 바탕으로 성능 분석을 실시하였으며 IV장에서 결론을 맺었다.

주요 변조 파라미터	
반송파 주파수	2.3 GHz
확산 이득	64
심벌 변조율	128 Ksps
PN Chip Rate	8.192 Mcps

표 1 트랙픽 채널의 주요 파라미터

II. 시스템의 구성

그림 1은 복조과정의 오프라인(off-line) 절차를 위해 수신신호를 저장하는 방법을 도식화 한 것이며 그림 2에서는 스마트 안테나 테스트 베드(Test-bed)가 장착된 WLL 기지국과 수신 데이터 저장 시스템을 보여주고 있다. 그림 1에서 나타난 바와 같이 아날로그/디지털 변환 된 신호는 컴퓨터의 하드웨어 장치에 저장된다.

WLL의 규격에 따라서 2.3 GHz의 수신 신호는 주파수 하향 변환(Frequency Down Conversion)한 후에 8.192M chips/sec의 chip 속도로 아날로그/디지털 변환기를 거치게 된다. 아날로그/디지털 변환기에서는 4배의 오버 샘플링(Over Sampling)을 수행하여 I, Q 채널에서 각각 4비트로 양자화(Quantization)를 실시한다.

4배의 오버 샘플링을 거친 신호는 결과적으로 786.432 Mbps의 데이터 속도를 가지게 되는데, 이는 PCI 버스와 클럭의 최고 속도를 이용하더라도 한 대의 컴퓨터에서 6개의 안테나로 수신한 모든 신호를 감당할 수가 없다. 그러므로 각각 262.144Mbps의 속도를 가지는 2개의 안테나 신호가 한 대의 컴퓨터에 저장될 수 있도록 하여, 모두 3대의 컴퓨터에서 안테나 6개의 정보를 수집한다. 6개의 안테나로부터 나와서 데이터 저장 장치로 전달되는 신호는 동일한 기준 클럭을 사용하므로 정확하게 동기가 맞추어져 있다.

실험 중에 시스템은 단일신호 모드에서 동작하며, 웨이트 계산은, 액세스 채널의 신호를 통하여 단말기가 기지국을 액세스 한 후에 통신이 연결된 후에 수행하게 된다. 그림 3은 웨이트 계산을 위한 PPCS 채널의 구조를 보여주고 있다. 위상 보상을 위하여 필요한 파일럿 신호는 16개의 심벌 중 처음 4개로 구성되고 하다마드(Hadamard) 코드 중 1 번째 코드인 H_0 를 이용하여 구분할 수 있다. 실험을 간단히 하기 위하여 단말기에서 보내는 정보 중 PPCS 채널에서는 0, 1, 2, 38, 9의 순서의 정보를 반복적으로 송신하였다. 아날로그/디지털 변환 된 신호들은 소프트웨어 적으로 프로그램 된 역확산(Demodulation)^[2] 과정을 거치게 되는데, 그 과정은 차례로 PN 코드 생성, 서칭과 획득, 역확산 그리고 채널 검출 과정을 포함한다.

III. 성능 분석

시스템의 성능을 확인하기 위하여 첫 번째로 실내에서 간섭 신호에 따른 BER을 확인하였다. 실험은 간섭 신호의 수가 각각 1개와 7개일 때 수행하였다. 표 2에서 실험의 유형을 정리하였다. 각 경우에 희망 신호와 간섭 신호의 전력 비를 변화시킨 후 시스템의 성능을 분석하였다. 이 실험에서는 모든 경우에 간섭신호의 전력은 고정시키고 더 이상의 신호의 추적(Tracking)이 불가능해질 때까지 희망 신호의 전력을 점차적으로 낮추면서 실험하였다. Case 1-C 와 Case 2-D는 단일 안테나에서 신호를 추적(Tracking)하는 핑거(Finger)가 동기를 잃기 시작하는 시점에서의 전력 비로써, 이보다 더 낮은 전력 비를 가질 경우 PN 동기를 잃어버리므로 더 이상의 통신이 불가능하다. 표 2에 근거해서 각 경우 별로 단일안테나로 수신한 경우와 6개의 어레이 안테나를 사용한 경우에 각각의 BER을 측정함으로써 성능을 비교하여보았다. 그 결과는 표 3와 같다. 어레이 안테나를 사용한 경우 빔형성을 위해 Ordinary Lagrange, Generalized Lagrange^[3] 등의 적응 알고리즘을 이용하였다.

각 알고리즘에 따른 BER 값들은 경우에 따라 다소 차이가 있었으나 전반적으로 비슷한 성능을 보이고 있

간섭자 수	Case	Desired signal Power	Interference Signal Power	SIR (dB)
1	1-A	0	0	0
	1-B	-17	0	-17
	1-C	-20	0	-20
7	2-A	5	0	-3.45
	2-B	-2	0	-10.45
	2-C	-5	0	-13.45
	2-D	-9	0	-17.45

표 2 원하는 신호와 간섭 신호의 비

Case	단일 안테나	어레이 안테나	
		Ordinary Lagrange	Generalized Lagrange
Case 1-B	0.1954	0.0854	0.0256
Case 1-C	0.3330	0.2287	0.2151
Case 2-A	0.0711	0.021	0.0193
Case 2-B	0.1602	0.0413	0.0363
Case 2-C	0.2196	0.0800	0.0838
Case 2-D	0.3357	0.2250	0.2521

표 3. 적응 알고리즘을 이용한 안테나 어레이에서의 BER 개선

으며, 모든 경우 어레이 안테나에 의한 수신 성능은 단일 안테나의 경우보다는 월등히 향상된 성능을 보임은 알 수 있다. 또한 수신된 데이터를 바탕으로 빔패턴(Beampattern)을 구해보면 그림4와 같이 0°에서 최대의 전력을 갖는 빔(Beam)이 형성된다.

실외에서 수행한 실험은 단말기가 그림 3에 나타난 것과 같이 위치했을 때 기지국에서 수신한 데이터의 빔패턴을 계산해 봄으로써 단말기의 방향으로 최대 이득을 가지는 빔(Beam)이 나타나는 지를 확인하기 위한 실험이다. 최적의 웨이트 벡터를 계산하기 위하여 사용되어진 알고리즘은 Ordinary Lagrange 알고리즘^[3]이다.

이 실험에서는 기지국을 중심으로 여러 방향에서 단말이 신호를 송신할 하는 경우 그 신호에 대해서 정확한 방향으로 빔이 형성되는지 확인하였다. 기지국에서 point 1까지의 거리는 약 120m정도이고, point 2까지의 거리는 약 250m 정도이다. 실외 실험에서는 기지국이 신호를 서칭(Searching)한 후 계속 트래킹(Tracking) 할 수 있는 충분히 큰 전력을 이용하여 송신하므로, 기지국에서는 수신 신호에 대한 정보를 계속

유지하고 있다.

기지국에서 배열안테나는 point 1의 방향으로 향하고 있다. 두 지점에서 수신한 데이터의 빔패턴을 그려보면 다음에 나타난 그림 5, 그림 6과 같다.

결과로 나타난 빔패턴은 1개의 프레임의 채널을 검출하여 웨이팅한 결과이다. 앞에서 언급한 바와 같이 위상을 보상하기 위해서 한 프레임에서 4개의 파일럿 신호를 이용한다. 계산되어진 빔패턴은 point 1의 경우 0°, point 2의 경우 약 -30° 근처에서 최대의 빔을 형성하는 것을 볼 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 광대역 CDMA 신호 환경 하에서 스마트 안테나 기지국을 구현하고, 필드를 통하여 실제로 수신된 데이터를 이용하여 시스템의 성능을 측정하였다. 수신된 데이터는 소프트웨어적으로 역확산 과정을 거친 후, 실시간으로 동작되는 빔형성 모듈로 전송되어져 희망 신호 방향으로 최대 빔을 형성하는 최적의 웨이트 벡터(weight vector)를 얻을 수 있다.

시스템의 성능은 실내와 실외 환경에서 희망신호의 전력을 변화시키거나 방향을 변화시키는 등의 다양한 방법을 통하여 확인할 수 있었다. 단일 안테나와 어레이 안테나에 수신된 데이터의 오류확률을 비교해본 결과, 단일 안테나에서 나타난 오류확률보다 어레이 안테나에서 나타난 오류확률이 월등히 낮음을 알 수 있다. 또한 빔패턴을 구해본 결과로 원하는 신호의 방향으로 최대의 전력을 가지는 빔이 형성됨을 확인하였다.

참고문헌

- [1] TTA, Wideband CDMA air interface compatibility standard for 2.3GHz band WLL system (layer1), Dec. 1997.
- [2] J.S. Lee, L.E. Miller, CDMA Systems Engineering Handbook, Artech House Publishers, pp. 677-837, 1997.
- [3] S. Choi, D. Shim, "A novel adaptive beamforming algorithm for a smart antenna system in a CDMA mobile communication environment", IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 49, pp. 1793-1806, Sept. 2000.

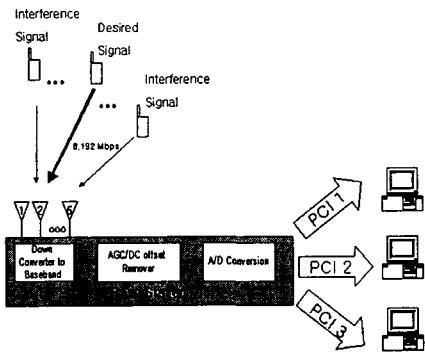


그림 1. 스마트 안테나 수신 시스템 구성도

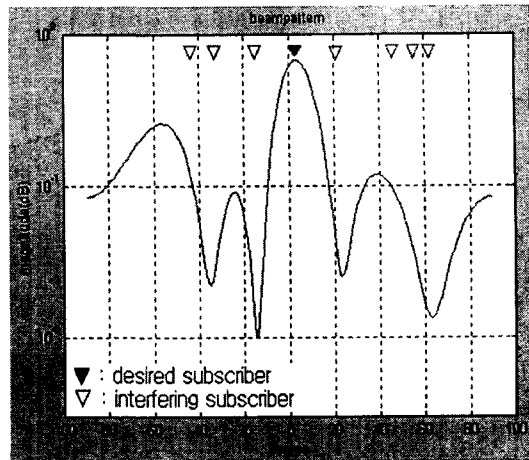


그림 4. 실내에서 측정된 빔패턴

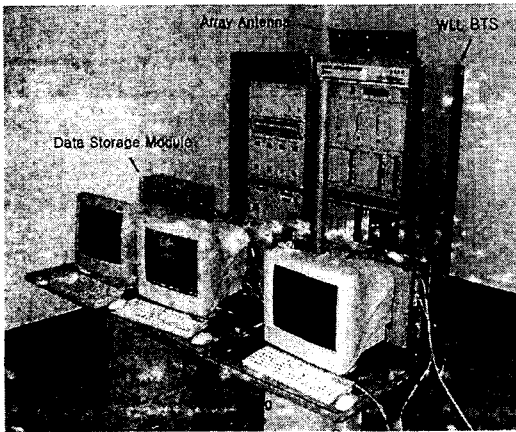


그림 2 스마트 안테나 시스템 사진

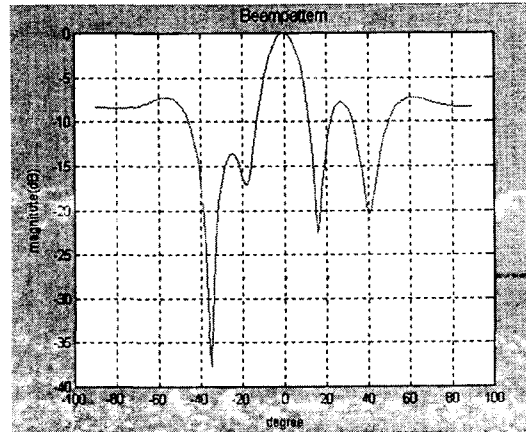


그림 5. Point 1에서 측정된 빔패턴 (실의)

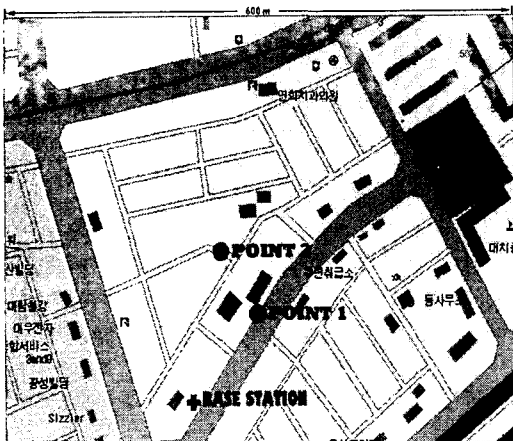


그림 3. 실의 실험에서 기지국과의 단말기의 위치

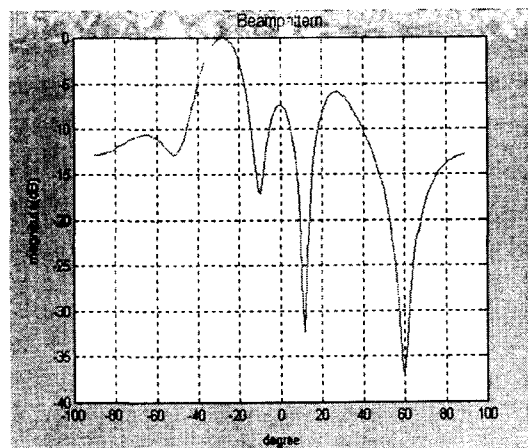


그림 6. Point 2에서 측정된 빔패턴 (실의)