

CDMA2000 1X 환경에서 성능 향상을 위한 스마트 안테나 시스템의 채널카드 구현

박재용*, 이기창**, 문경돈**, 강중주**, 김민수***, 성양현****, 최승원**
*한양대학교 정보통신공학과 **한양대학교 전자통신전파공학과
동해대학교 정보통신공학과, *㈜세스텍 기술고문
e-mail : jypark@dsplab.hanyang.ac.kr Choi@dsplab.hanyang.ac.kr

A Implementation of Smart Antenna System in CDMA 1x environment

J. Park*, K. Lee**, K. Moon**, J. Kang**, M. Kim***, H. Sung****, S. Choi**
*The Graduate School of Information and Communications, Hanyang University
**The Graduate School of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University
***The School of Information and Communications, Dong ha University

요 약

본 논문은 3 세대 이동통신(IMT-2000) 방식으로 고려되고 있는 CDMA2000 1X 환경에서의 성능 향상을 위해 스마트 안테나 기술을 기지국에 적용하였다. 본 논문에서는 스마트 안테나 시스템의 핵심 모듈인 채널카드를 하드웨어로 실제 구현하여 각 구성 모듈의 결과들을 확인하였고, 또한 실제 구현된 스마트안테나의 채널카드를 이용해 성능 분석을 수행하였다. 필드 테스트 결과 스마트 안테나 시스템이 기존의 2 안테나 다이버시티보다 1/10 정도 FER(Frame Error Rate)이 낮은 것을 확인했다.

1. 서론

현재 상용화가 진행중인 3 세대 이동통신시스템에서는 복소 확산(Complex spreading)기술을 적용하여 다중 데이터 채널 전송구조를 구현하였는데, 이는 기존의 음성신호뿐 아니라, 영상 및 기타 고속 데이터 서비스를 지원하여 높은 신뢰도로 송수신하기 위함이다[1][2]. 그러나 이와 같이 다양한 서비스를 제공하기 위해서는 각 가입자마다 훨씬 넓은 대역폭과 고속 데이터 전송이 필요하나, 현재와 같이 무선 채널 대역폭이 한정되어 있는 상황에서는 부득이하게 통신용량이 줄어들게 된다. 이러한 채널 용량의 증대와 통신 품질 향상을 위해서 여러가지 방법이 많이 제시 되었지만 그 중에서도 최적의 빔 패턴을 제공할 수 있는 스마트 안테나 시스템이 많이 연구되고 있다[3][4].

스마트 안테나 기술은 원하는 방향의 신호를 선택적으로 송수신하여 간섭으로 작용하는 다른 방향의 신호를 최소화시킴으로써 수신신호의 잡음을 대폭 감소시켜 각 가입자에 맞는 최적의 웨이트를 독립적으로 계산하여 최대 이득을 제공하는 것이다.

본 논문에서는 현재 사용되고 있는 기지국 시스템은 네트워크(network) 및 신호 포맷(format)등을 포함한 시스템의 전체적인 구조 변경 없이 스마트안테나 기술을 적용하여 기존 기지국 시스템보다 우수한 성능을 제

시하고자 한다.

본 논문에서 스마트 안테나 시스템의 채널카드를 실제 구현하였으며, 채널카드의 구성 모듈인 변조기(Modulator), 복조기(Demodulator)를 설계하여 각각 동작 확인을 하였고, DSP 및 MPC860 을 프로그래밍하여 변복조의 콘트롤과 상위 계층간의 통신을 할 수 있도록 구현했다.

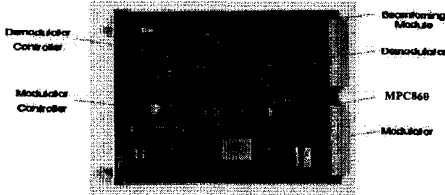
본 논문은 2 장에서는 스마트 안테나 시스템의 구조와 하드웨어구현에 대해서 언급하였고, 3 장에서는 스마트 안테나 시스템과 기존의 안테나 시스템과의 비교를 통한 분석을 언급하였고, 4 장에서 전체결과를 바탕으로 결론을 맺었다.

2. 스마트 안테나 시스템의 채널카드 구조

스마트 안테나 시스템은 그림 1 과 같이 크게 MPC860 블록, 복조기 콘트롤러(Demodulator controler), 변조기 콘트롤러(Modulator controller), 빔포머모듈(Beamformer module), 복조기(Demodulator), 변조기(Modulator) 구성된다.

MPC860 블록은 MPC860 을 사용하는 블록으로 그 기능은 채널카드(Channel Card)의 전체적인 제어를 담당하며 채널카드의 상태보고와 계층(Layer)2,3 기능인 호처리(call control)를 하여 음성통신을 할 수 있는 기능

을 하고 상위계층(Layer)와 통신기능도 한다. 변조기컨트롤러와 복조기컨트롤러는 DSP 와 FPGA 로 구성되어 있고 이 DSP 의 역할은 하드웨어 컨트롤러와 모듈 일부분을 프로그램하여 시스템의 효율을 높이는데 사용하였으며 CPU 속도가 200MHZ 인 TI 사의 TMS320C6201 및 6203 를 사용하여 구현했다.



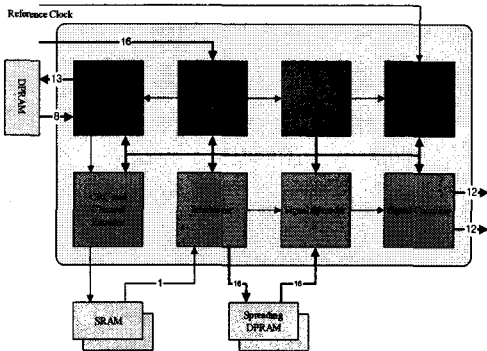
(그림 1) 스마트 안테나 시스템의 Channel Card

변조기는 CDMA2000 규격을 따르고 기지국의 순방향 링크의 신호를 발생하며 단말기로 송신할 신호의 변조과정을 수행하도록 하드웨어언어인 AHDL 로 설계했다.

복조기는 단말기의 신호를 복조하는 기능 및 스마트 안테나의 빔포머(beam forming)기능을 적용하여 통신용량 및 통신 신뢰성을 증진시킨수 있도록 구현됐다.

2.1 변조기 컨트롤러

기지국 변조기는 상위계층(Layer)에서 수신한 데이터를 cdma2000 규격에 맞추어 순방향 채널로 전송하는 역할을 한다. 변조기블럭은 그림 2 과 같이 크게 controller 블럭, 타이밍 제어신호 생성기, 인코더 블럭, interleaver 블럭, spread 블럭, FIR 블럭으로 구성된다.



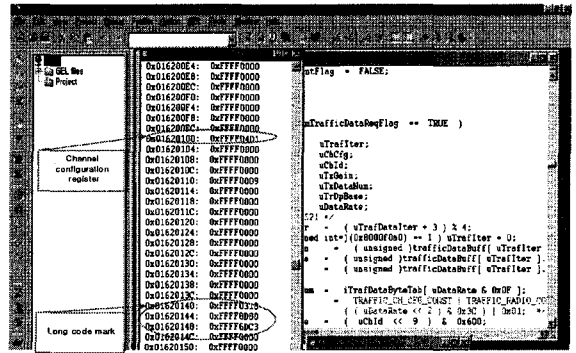
(그림 2) 변조기 전체블럭

위의 구조로 변조기를 FPGA 설계 및 PCB 제작하여 PC 를 이용해 동작을 확인하였다. 즉 상위계층에서 전송하고자 하는 일정한 신호(know pattern)를 순방향 채널 중에서 통화채널(Fundamental Channel)로 변조하여 상용단말기의 스피커 나오는지 확인했다.

그림 3 을 PC 상에서 변조기의 정상 동작을 보여주 고 있다. 변조기 동작확인을 위해 그림 2 에 있는

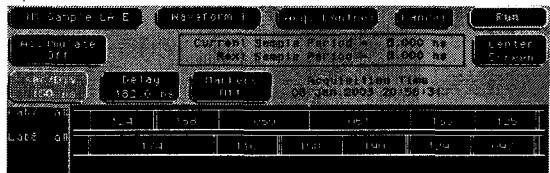
컨트롤러블럭으로 16bit 데이터를 입력하여 , FIR 필터로인 실수부와 허수부로 출력되게 하였다.

변조기 컨트롤러를 통해 FPGA 를 동작시키기 위해서 그림 3 과 같이 address 0x01620100 번지에 채널상태값(Channel configuration register)인 0xFFFF0401 을 지정하여 동작시킨다. 이 address 와 데이터 값은 통화채널을 변조하여 전송하고자 할 때 사용한다. 이 채널 상태값인 0x04D1("0000 0100 1110 0001")은 9.6kbps 의 데이터 rate(5 번째 bit 에서 2 번째 bit)인 "1000"값과 Radio Configuration (9 번째 bit 에서 6 번째 bit)인 "0011"값 그리고 channel enable flag(0 번째자리) '1'을 의미한다. 또한 user 구분용으로 Long code mask 을 위해 그림 3 과 같이 지정된 주소에 값을 세팅하여 변조시킨다.

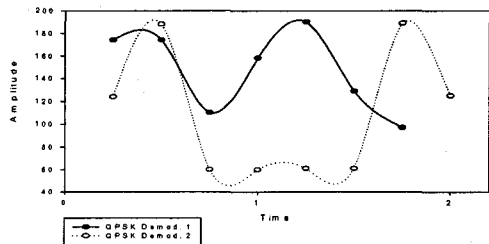


(그림 3) DSP6201 의 변조값

이렇게 채널상태값(Channel Configuration registe)을 지정하고 여러 개의 변조기블럭들을 통과하여 다른 채널 (파일럿, 동기, 페이징)들과 하드웨어상의 시간적 동기를 맞춘후 FIR 필터를 통해 출력된 값은 그림 4 와 같다. 그림 4 의 아래쪽 수치중 윗부분이 실수부이며, 아래부분이 허수부를 의미한다. 그림 4.1 은 계측된 수치를 파형으로 그려보았는데 필터의 출력파형은 sine 파 형태가 정상적으로 출력되는 것을 확인할 수 있었다.



(그림 4) HP 의 analyzer 로 계측한 QPSK 변조결과

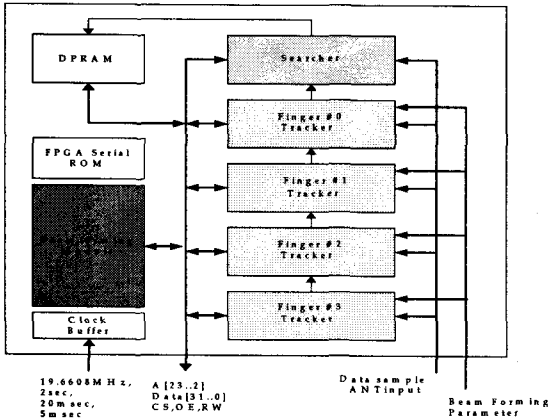


(그림 4.1) 계측된 QPSK 변조 형태(sine 파)

2.2 복조기 콘트롤러

복조기콘트롤러는 빔포머 모듈과 총 5 개의 FPGA 로 구성된 복조기 블럭으로 이루어 진다. 빔포머모듈(Beamforming module)은 TMS320c6711 의 DSP 모듈 이고 기능은 신호대잡음+간섭비를 최대화시키는 알고리즘을 사용하여 수신신호의 잡음을 대폭 감쇠시키고 각 가입자에 맞는 최적의 웨이트를 독립적으로 계산하여 최대 이득을 제공하도록 웨이트를 계산해 준다. 복조기 FPGA 는 CDMA2000 규격에 맞추어 복조의 기능을 가지고 있다.

FPGA 의 종류는 그림 5 에서 보는 바와 같이 searcher 와 Finger#0,1,2,3 의 5 개로 구성된다 그림 5 는 복조기의 블럭도를 보여주고 있다.



(그림 5) 복조기블럭도

2.2.1 탐색기(searcher)

그림 5 에서 보는 바와 같이 탐색기는 ADC 를 통해 출력된 I, Q 채널 데이터의 에너지를 측정하여 초기동기를 잡는 역할을 하는데 스마트 안테나의 탐색기는 동시에 N 개의 안테나로부터 수신되는 신호를 가지고 acquisition 기능을 수행한다. 이러한 기능으로 각 안테나의 에너지 값을 모두 합쳐 다이버시티 이득(Diversity Gain)을 얻도록 설계했다[3].

0x03360028 부터 0x03360064 까지의 총 32bit 의 데이터 중 상위 30bit 에서 25bit 까지는 offset 값을 의미하고 상위 24bit 에서 0bit 까지는 수신된 에너지 값을 의미한다.

탐색기는 128 개의 에너지 값을 main lobe 크기로 각각 판단하여 가장 높은 값으로부터 4 개를 산출하여 복조기로 각각 할당하고 그 에너지 값이 7 만 이상이면 탐색이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 적분구간을 가변적으로 하여 상관값(correlation)을 얻을 수 있도록 FPGA 의 내부를 설계하였다. 이러한 integration length 는 DSP 에서 제어할 수 있는 구조를 갖고 탐색기에서 얻어진 searching 결과중 에너지가 큰 path 에 대한 16 개의 sorting 된 결과를 DSP 에게 전달하여 처리하고 그 결과에 따른 offset 값을 각각 복조기에게 전달하게 된다.

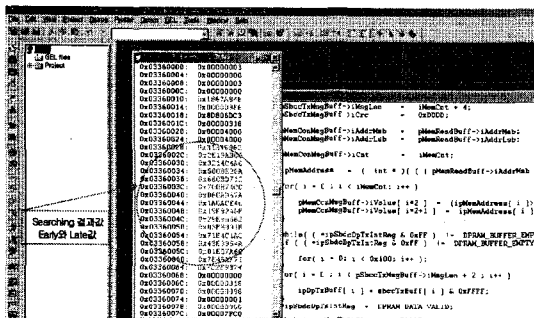
2.2.2 핑거(Finger)

핑거는 레이크 수신기(Rake Receiver)를 사용하여 각각 다른 지연 시간을 가지고 수신되는 신호를 각각 시간에 맞추어서 복조 할 수 있게 해 주는 역할을 한다. 동기추적루프에서는 정밀한 동기가 이루어지면 해당 채널별로 데이터 복조가 이루어진다. 이와 동시에 pilot channel을 이용하여 빔포머가 웨이트값을 계산하는데 이 방법은 각 안테나에서 일정 주기동안 측정된 파일롯 신호값을 빔포머의 y vector로 입력시키고 일정주기동안의 ADC출력중에서 한 칩을 빔포머의 x vector로 입력시킨다. 그리고, 빔포머의 출력 w vector를 각 안테나의 데이터 신호에 곱해서 더한 출력을 최종 데이터로 출력하여 복조한다[4]. 그리고 channel estimation value를 가지고 channel compensation후 데이터 심볼을 복원한다. 채널 보상된 데이터 심볼 에너지는 각 finger의 delay 차를 보상하기 위해 버퍼로 입력되고 적절한 시간에 대한 지연을 거치 후 버퍼에서 출력된다. 이 데이터 심볼 에너지는 다른 finger에서 출력되는 데이터 심볼 에너지와 결합하여 출력한다. 이 최종결과값을 DSP로 전달한다.

2.2.3 추적기(Tracker)

추적기는 ADC 에서 변환되는 I, Q 채널 데이터를 1/2 칩(chip)의 오차를 가진 code 동기에서 보다 정밀한 동기를 이루고 이루어진 동기를 추적 유지하는 기능을 한다. 그러나 beam forming 시스템에서는 입력 안테나들에 대해서 처리를 해야 함으로 Early correlator 나 Late correlator 를 조금 변경시켜서 입력 안테나신호에 대해 모두 처리하여 미세조정 할 수 있도록 했다.

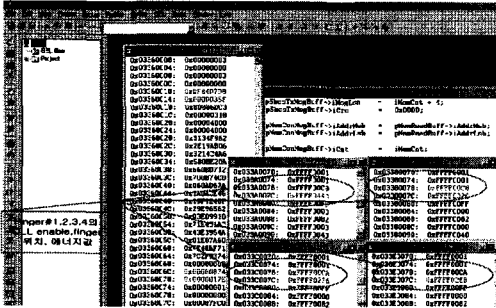
그림 7 와 같이 DSP6203 을 가지고 실제적으로 실험하여 추적기를 실행시키는 주소인 0x03380074, 0x033a0074, 0x033c0074, 0x033e0074 에 데이터 값을 '1'로 셋팅 시켜서 각각 핑거 위치의 주소가 0x03380078, 0x033a0078, 0x033c0078, 0x033e0078 일때



(그림 6) DSP6203 의 탐색기결과값

그림 6 은 상용단말기에서 전송된 신호를 복조기에서 복조하여 얻고 128 개의 에너지 값 중에서 16 개의 가장 큰 에너지 값을 검출한 결과값이다. 즉 address

기준위치(0x09)보다 그림 7 에서 보는 바와 같이 첫 번째 핑거는 0x08 로 한 칩 앞에 있고 두번째 핑거는 0x09 로 기준위치하고 같으므로 정지해 있

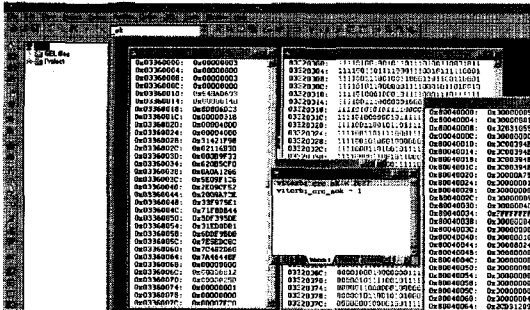


(그림 7) DSP6203의 추적기 결과값

며 나머지 핑거의 위치는 0xCA 로 한 칩씩 떨어진 것을 봐서 추적기 정확히 동작함을 확인할 수 있다.

2.3 채널코드블록

여러 개의 핑거에서 나온 각 채널 출력은 이미 핑거의 채널 보상 과정에서 위상과 크기가 함께 보상되어 결합기, 디인터리버, 심볼결합기, viterbi 복호기, CRC 검사를 거쳐서 상위 Layer로 프레임 정보가 전달된다. 심볼 결합기를 통하여 심볼율을 맞춘 결과를 4bit 형태로 soft Decision 하여 비터비복호기에 입력시킨다. 그림 8 는 viterbi 복호기가 복호한 프레임에 CRC 비트를 사용하여 프레임 오류를 판정한 결과값으로 전 2678 프레임에서 단 1 개의 오류만 발생하는 것을 확인 하였다.

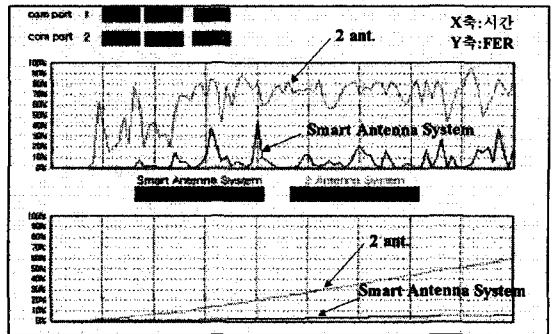


(그림 8) DSP6203의 viterbi 결과값

3. 채널카드를 이용한 스마트 안테나 시스템 성능분석

본 절에서는 스마트 안테나 시스템의 성능을 FER 측면에서 2안테나 다이버시티 비교한 실내 테스트 결과를 보인다. 성능분석을 위해서 채널환경은 indoor 환경으로 하였으며, 일정한 거리에서 상용단말기와 CDMA2000 1x 환경하에서 잡음(noise)을 발생시키는 장비를 이용하여 시스템의 성능을 평가하였다. 실험 방법은 잡음(noise)이 없을 때 스마트 안테나 기지국의 수신 power 가 -75dBm 이므로, 이를 기준으로 하여 noise 를 시간이 지남에 따라 2dB 씩 증가하면서 성능 분석을 수행하였다.

그림 9 는 스마트 안테나 시스템과 2 안테나 다이버시티 안테나의 FER 성능을 나타낸다. 그림에서 보이는 바와 같이 스마트 안테나 시스템이 2 안테나 다이버시티 보다 1/10 정도 FER 이 낮다는 것을 보이고 있다. 즉 스마트 안테나 시스템이 원하는 신호와 간섭신호가 PN 코드에 의해 분리되는 원리를 이용하여 각 가입자마다 수신되는 신호를 가지고 각각의 고유 벡터 값을 계산함으로써 배열안테나 위상을 조정하여 신호원이 있는 방향으로 독립적인 빔 패턴을 제공해 최대의 이득을 주고 다른 사용자에게는 이득 및 간섭을 최소화하여 통신용량을 증대 시킨 결과임을 나타냈다



(그림 9)스마트안테나 시스템의 성능분석(FER)

4.결론

본 논문에서는 실제로 스마트 안테나 시스템의 채널카드를 구현하여 정확히 동작하는지를 확인했고 성능의 우수성을 확인하였다.

성능향상의 주된 원인은 빔퍼머의 알고리즘을 이용한 이득 및 각 안테나 채널에 위상 다이버시티를 이용한 이득으로 시스템의 성능이 향상됨을 확인하였다. 성능분석 결과 2 안테나와 비교하여 스마트 안테나 시스템이 실제 실험환경에서도 1/10 정도 FER 이 낮다는 것을 확인했다, 따라서 상기 성능분석 결과를 토대로 스마트안테나 시스템을 상용된 단말기와 연동하면 음성 및 데이터통신시 성능증가 및 품질 향상이 가능 할 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] A. F. Naguib, "Adaptive antennas for CDMA wireless networks," Ph.D thesis, Stanford Univ, CA, Aug. 1996.
 [2] B. D. Van Veen and K. M. Buckley, "Beamforming; A versatile approach to spatial filtering," IEEE ASSP Magazine, vol. ASSP-36, Apr. 1988.
 [3] H.Hwang, J.Park, Y.Kim, S.Ahn, H.Im nd S.Choi, "Performance Improvement of Smart Antenna System in Terms of Searching and Tracking Capability Due to Phase Diversity Technique in IS2000 1x signal Environment", IEEE AP-S international Symposium and USNC/URSI National Radio Science meeting, July 16-21, 2002
 [4] S.Choi, D.shim, "A novel adaptive beamforming algorithm for a smart antenna system in a CDMA mobile comm. Environment", Vehicular Tech, IEEE Trans on. Pp1793-1806, Sept. 2000