

이동통신 기지국 안테나용 빔성형 시뮬레이터 개발 연구

김경태*, 이일근*, 신경철*, 이정규*, 이정훈*, 박승창**

*한남대학교 전자공학과, ** (주)액티스

A Study on Development of Beamforming Simulator for Basestation Antennas in Mobile Communications

Kyeong-Tai Kim*, Il-Keun Rhee*, Kyeong-chul Shin*, Jung-Kyu Lee*,
Jung-Hoon Lee*, Seung-Chang Park**

*Dept. of Electronic Engineering, Hannam University, ** Acctims Co.

요 약

본 논문에서는 이동 통신 기지국 안테나용 빔 성형 시뮬레이터를 개발하고 그 응용 예를 통하여 실용성을 검증하였다. 즉, 본 논문의 목적은 IMT-2000 기지국용 디지털 빔성형 시스템을 위한 시뮬레이터를 개발하여 운용함으로써 인력, 자금 및 시간을 절약할 수 있도록 하는데 있다. 이렇게 개발된 시뮬레이터를 사용하여 다중경로 페이딩 환경 하에서 모의실험을 수행한 결과를 통하여 개발된 시뮬레이터의 유용성을 입증하였다.

1. 서 론

국내외의 이동전화 시스템과 서비스 시장은 커다란 전환기를 맞고 있다. CDMA, TDMA 등 다양한 표준의 시스템이 존재함으로써 발생하는 세계 규모의 시장이 형성되는 어려움이나 국가간 로밍 문제 등을 해결하기 위하여 세계 단일 표준의 이동 통신 방식을 재정하고자 하는 표준화 작업이 ITU(International Telecommunication Union)를 중심으로 수행되고 있다. 이러한 노력의 일환으로 1992년 WARC-92에서 세계 공통의 주파수(1885~2025MHz, 2110~2200MHz)를 IMT-2000용으로 배정하고 세계 표준화를 추진하고 있다. 차세대 이동 통신 서비스인 IMT-2000은 고음질의 음성, 고속의 데이터 전송, 이미지 및 동영상의 전송, 전세계적인 통화권의 구현, 인터넷 접속, 멀티미디어 등의 고급 서비스 제공으로 가입자의 요구를 만족시킬 것이다. 이와 같이 다양한 서비스를 제공하고 IMT-2000 기지국의 성능 향상을 위한 방안의 하나로

디지털 빔 성형(Digital Beamforming) 시스템을 들 수 있으며 이에 대한 연구가 국내외적으로 활발히 수행되고 있다[1~3]. 한편, 이와 같은 차세대 이동 통신이 고급 서비스를 제공하고 기지국이 제 성능을 발휘할 수 있도록 모의 실험 환경을 제공하는 시뮬레이터가 요구된다. 즉, 무선 통신 분야에서 하드웨어적으로 통신 시스템을 구현하기 전에 간단한 파라미터 조작으로 전파 전파 모델까지 포함하여 실험할 수 있는 시뮬레이터를 개발·운용함으로써 불필요한 인력, 자금, 시간의 낭비를 막고 실제 전파 환경에서 예상치 못한 결과를 수정·보완하여 기지국의 성능을 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 IMT-2000 기지국용 빔성형 시뮬레이터를 개발하고 이의 적용 예로서 디지털 빔 성형 시스템에 다중경로 페이딩이 미치는 영향에 대한 모의 실험을 통하여 개발된 시뮬레이터의 실용성을 검증하였다. 다중 경로 페이딩은 small-scale 페이딩 효과[4]를 유발하여 기지국 디지털 빔 성형 시스템의 성능을 저하시키는 결정적 원인이 된다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 1 장에서 시뮬

다루고, 제 2 장에서는 개발된 이동 통신 기지국 안테나용 빔 성형 시뮬레이터의 구성 및 동작 원리를 설명하고, 제 3 장에서는 모의 실험 및 분석 결과를 기술한다. 마지막으로 제 4 장에서는 결론을 맺는다.

2. 이동 통신 기지국 안테나용 빔 성형 시뮬레이터

2.1 시뮬레이터의 구성

시뮬레이터의 구성은 크게 3부분으로 나뉜다. 첫 번째는 수신 신호를 생성하는 부분이다. 두 번째는 다중 경로 신호를 가정하여 신호원과 결합시키는 부분이다. 세 번째는 다중경로를 통해서 안테나로 수신되는 신호를 복원하는 과정이다.

다원 접속 간섭 존재시 수신신호 모델로서 1997년에 IEEE에서 선정한 DS-CDMA MAI(Multiple Access Interference) 모델[5]을 사용하였다.

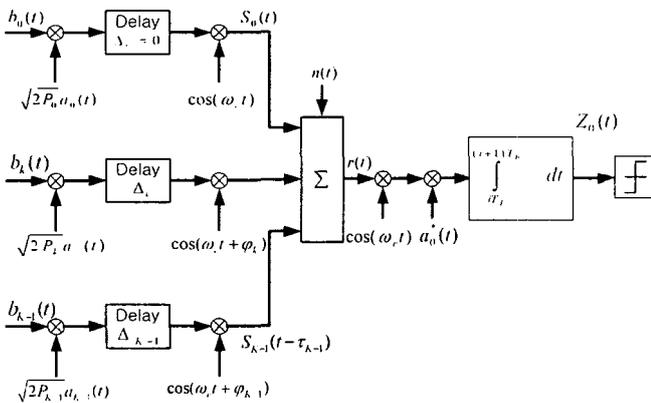


그림 1. 다원접속 간섭을 위한 신호 모델

그림 1에 보이는 바와 같이 기지국으로 들어오는 다중 경로 신호는 다음 식 (1)과 같이 표현될 수 있다 [6-8].

$$S_k = \sqrt{2 p_k} a_k(t - \tau_k) b_k(t - \tau_k) \times \cos(\omega_c t + \phi_k) \quad (1)$$

여기서, k : k 번째 사용자
 P : 수신전력
 a : 확산(또는 칩) 신호열
 b : 데이터 신호열
 ϕ_k : 위상

또한 수신안테나에 의해 수신되는 신호 $r(t)$ 는 다음 식 (2)와 같이 k 사용자들에 신호 $S_k(t)$ 들과 부가 잡음

음 $n(t)$ 의 합이 된다.

$$r(t) = \sum_{k=0}^{K-1} S_k(t - \tau_k) + n(t) \quad (2)$$

여기서, $n(t)$: 부가적 가우시안 잡음.

한편 식 (2)와 같은 다중경로 신호와 잡음이 섞인 신호를 수신하여 희망 신호원에 빔 성형을 적응적으로 수행하기 위한 디지털 빔 성형 시스템을 그림 2와 같이 구성하였다. 이 경우 사용된 안테나열은 적응 배열 안테나를 사용하는 스마트 안테나로 가정하였으며, 본 논문에서는 적응 알고리즘으로서 LMS(Least Mean Squares) 알고리즘을 설정하였다.

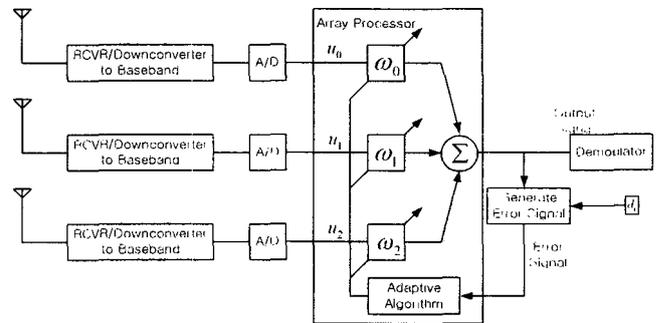


그림 2. 적응 배열 안테나 블록도

2.2 시뮬레이터의 동작

시뮬레이터의 시작버튼을 누르면 샘플링에 의해서 시뮬레이션이 진행된다. 샘플링율은 A/D 변환과 시스템 두 가지로 나뉜다. 이 때 원하는 결과와 해상도를 얻기 위해서는 3 ~ 4 배에 달하는 과샘플링을 해야 된다.

3. 모의 실험 및 결과 분석

3.1 모의 실험을 위한 가정

첫째, 도심지 환경에서 높은 빌딩이나 여러 장애물, 반사체 등에 의해 위상과 신호원의 세기가 달라진 신호를 수신하는 것으로 가정하였다. 이와 같이 다중 경로를 통해서 발생한 시간 지연과 위상은 일정 간격으로 발생시켰다.

둘째, 사용된 시스템 규격으로서 IMT-2000 시스템을 구현하기 위해 개발 당시 사용했던 시스템 규격과 IMT-2000의 성능을 테스트하기 위해 개발한 테스트 베드 규격을 사용하였다(표1참조)[9].

표 1. 시뮬레이션 주요 파라미터

항 목		규 격
데이터율	음성	28.8kbps 이하(14.4kbps)
	데이터	28.8kbps 이상
컨벌루션 코딩		$r=1/3, K=9$ or 7
칩율	SK	1.024/4.096/16.384Mcps
	KT	3.6844Mcps
변조방식		QPSK

셋째, 수신안테나는 각 등방성 안테나의 배열로 구성된 적응배열 안테나를 설정하였고 그에 따른 이득은 고려하지 않았다. 등방성 안테나로 가정한 것은 다중 경로로 발생한 신호의 합이 각 안테나로 수신된다는 것을 의미한다.

네째, 모의 실험시에 A/D 변환과정에서의 시스템 샘플링은 나이퀴스트 샘플링율의 데이터 해상도 증가를 위해 4 배에 해당하는 과샘플링을 사용하였다.

3.2 모의 실험

모의 실험 다중 경로의 수가 $N=3, 10, 20$ 인 경우로 나누어 수행하였는데, 각각의 경우에 직접 전파되는 수신신호와 다중 경로로 들어오는 신호의 전력비를 10dB에서 50dB까지 변화시키면서 SNR에 따른 BER을 측정하였다.

표 2. 다중 경로 채널 파라미터

파라미터	심볼	정의
경로수	N	설정모델내 지연경로수
최대 지연 시간 (sec)	0.1	설정모델에서 사용된 최대지연
K-Factor	K	희망 경로 대 다중 경로 신호 전력비

시뮬레이터 상에서 구현된 다중 경로 페이딩은 표 2에 보이는 바와 같이 3개의 파라미터를 가지고 있다. 첫 번째는 다중 경로로 지연 수신되는 경로의 개수이고 두 번째는 최대 지연 시간이며 세 번째는 다중 경로에 대해 직접 수신되는 신호사이의 전력비이다. 최대 지연 시간은 샘플링율에 의해 동일한 간격으로 지연시간을 발생시킨다.

또한 다중 경로 페이딩 채널에서 출력되는 신호 $y(t)$ 는 식 (3) 같이 표현된다.

$$y(t) = c_0x(t) + \sum_{k=1}^N c_kx(t - \tau_k) \quad (3)$$

여기서, $x(t)$: 희망 경로 신호
 c_k : 지연 계수

3.3 실험 결과 및 분석

위와 같이 구성된 시뮬레이터 및 설정 환경하에서, SNR에 따른 BER의 변화를 살펴본 결과가 그림 3, 4, 5에 정리되어 있다.

이때 얻어진 결과들은 데이터율을 음성 신호로 가정하여 14.4kbps로 설정한 결과 값들이다.

그림 3은 $N=3$ 인 경우로 식 (3)의 τ_k 는 등간격 33.3ms, 66.6ms, 100ms로 3가지 다중 경로를 갖는 신호들이 안테나로 수신될 때 얻어진 결과를 보여준다.

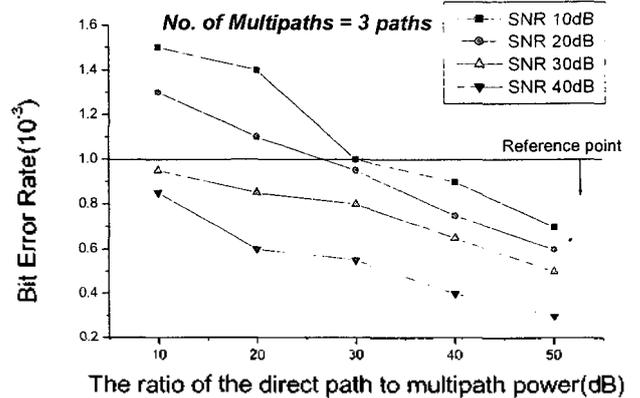


그림 3. 경로수=3, 최대지연=0.1sec, $K =$ 변수

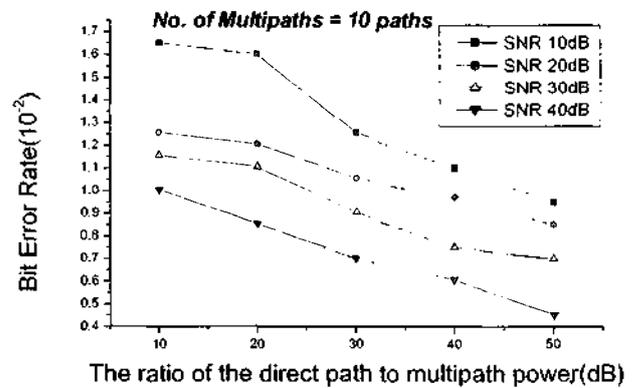


그림 4. 경로수=10, 최대 지연=0.1sec, $K =$ 변수

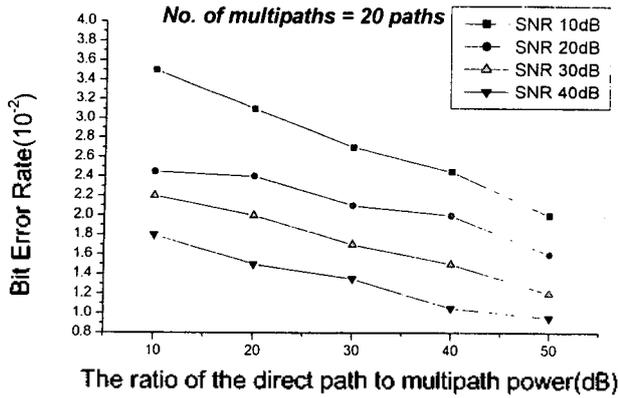


그림 5. 경로수=20, 최대 지연=0.1sec, $K =$ 변수

그림 4는 $N=10$ 인 경우 τ_k 는 등간격 10ms 단위로 지연 시간이 발생되어 10개의 다중 경로 신호를 발생시킬 때 얻어진 결과이다. 그림 5는 $N=20$ 인 경우로 τ_k 는 5ms 등간격으로 지연시간을 발생시켜 다중경로 신호의 영향을 나타낸 결과이다.

음성신호를 위한 허용 가능 BER을 10^{-3} 으로 할 때, 그림 3의 결과, 즉 경로수가 3인 경우, K factor가 30dB이상 되기만 하면 양호한 품질이 보장되며, 또한 SNR이 30dB인 경우 K factor에 관계없이 양호한 통화 품질을 갖음을 보여준다. 본 논문에서 주어진 조건하에서 다중경로수가 10이상이면 어떠한 K factor에서도 양호한 통화 품질을 보장받지 못함을 시뮬레이션 결과를 통해 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 실제 시스템을 개발하기 위한 선 단계로서 인력, 자금 및 시간을 절약할 수 있는 IMT-2000 기지국용 디지털 빔 성형 시스템을 위해 개발된 시뮬레이터를 소개하고, 실제와 유사한 다중경로 페이딩 환경하에서 수행된 모의실험 결과를 통해 그 유용성을 검증하였다. 여기서 개발된 시뮬레이터는 적용배열 안테나를 사용하는 디지털 빔 성형기와 수신 신호 및 다중신호 발생부분과 회망신호 복원과정으로 구성되어 있는데, 본 연구 결과는 향후 운용될 IMT-2000 용 기지국 설계 등에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 김병무, "SK 텔레콤의 IMT-2000 연구개발 현황", 한국 통신학회지, 1997.
- [2] Yan Jiang, Vijay K. Bhargave, "Application of Smart Antenna Techniques in Cellular Mobile Systems", IEEE, 1997.
- [3] Weidong Yang, Adnan Kavak, and Guanghan Xu, "On the Multichannel Characteristics of A 1.8GHz Smart Antenna System using a Circular Array in Realistic Non-Stationary Wireless Scenarios", IEEE, 1999.
- [4] Theodore S. Rappaport, "WIRELESS COMMUNICATIONS Principles & Practice", Prentice Hall PTR, 1996.
- [5] JOSEPH C. LIBERTI, JR. THEODORE S. RAPPAPORT, "SMART ANTENNAS FOR WIRELESS COMMUNICATIONS : IS-95 and Third Generation CDMA Applications", Prentice Hall PTR, 1999.
- [6] 고학림, 김주완, "과일렛 신호를 이용한 CDMA 통신방식용 스마트 안테나 시스템 설계", SK Telecom, TELECOMMUNICATIONS REVIEW, 1999.
- [7] 문철 외 4인, "implementation of spatiotemporally correlated rayleigh fading model for smart antenna application.", SK Telecom, TELECOMMUNICATIONS REVIEW, 1999.
- [8] 이종현 외 3인, "An efficient estimation algorithm of vector channel parameters for coherent multipath signals", SK Telecom, TELECOMMUNICATIONS REVIEW, 1999.
- [9] 임덕빈, 류득수, 박용직, "IMT-2000 무선 접속 규격 및 테스트 베드 개발", 한국 통신 학회지, 1998.