

# WCDMA 역방향 링크에 대한 빔포밍 시뮬레이터 구현

이 재 식, 김 종 윤, 장 태 규, \*김 제 화  
중앙대학교 전자전기공학부. \*(주)삼성전자  
전화 : 02-820-5318 / 핸드폰 : 016-413-3996

## An Implementation of the Simulator of Reverse Link Beamforming for the WCDMA System

Jac-Sik Lee, Chong-Yun Kim, Tae-Gyu Chang, Jac-Hwa Kim  
School of Electrical Engineering Chung-Ang University  
E-mail : tgchang@cau.ac.kr

### Abstract

본 논문에서는 IMT-2000 WCDMA 시스템의 기지국의 수신신호에 대한 WCDMA 역방향링크 디지털 빔포밍 적용구조를 제시하고, 이의 성능을 측정하기 위한 빔포밍 시뮬레이터를 구현하였다. 실제 WCDMA 시스템에 근거해 수신 신호를 모델링하고, 기본 신호 모델을 대상으로 빔포밍과 전력제어등의 알고리즘을 적용하였다. 또한 셀내의 각 사용자들의 이동을 정의한 사용자 이동 프로파일을 구성하여 적용함으로써 실제 이동통신이 이루어지는 환경과 유사한 시뮬레이션 환경을 설정하게 되었고, 이를 통하여 빔포밍을 적용한 시스템에 대한 성능 분석의 신뢰도를 향상시켰다.

### I. 서론

WCDMA 기술은 IMT-2000 시스템의 기반으로써 제 3 세대 이동통신 시스템의 대표적인 표준이다. 국내에서는 각 사업자들이 주도적으로 WCDMA 시스템을 통한 서비스의 실제적 응용에 대한 연구들을 매우 활발히 진행하고 있다. WCDMA 시스템은 기존의 음성통신위주의 셀룰라 시스템의 기능을 향상시켜 음성통신 외에 오디오, 비디오등의 멀티미디어 콘텐츠의 공급과, 고속 데이터 통신 서비스의 제공을 목적으로 하고 있어 최대 2[Mbps]까지의 전송률을 제공한다. 이

를 위하여 WCDMA 시스템에서는 보다 넓은 주파수 대역폭을 사용하는 것은 물론이고, 고속의 전력제어, 터보 코딩 등과 같은 진보된 형태의 첨단고급기술을 채택하여 적용하고 있으며, 앨고리즘 측면에서의 개선 효과뿐만 아니라 채널 환경에 대한 송수신 신호의 품질을 직접적으로 개선하기 위해서 전송 다원화(transmit diversity)에 기초한 스마트 안테나 기술을 표준으로 채택하고 있다[1]. 빔포밍(beamforming) 기술에 기초한 스마트 안테나 기술은 셀룰라 무선 이동통신 시스템에서 사용자 신호 간의 간섭을 줄여줄뿐만 아니라 잡음의 비율을 효과적으로 낮추어 줌으로써 전력 효율을 높여주고 결과적으로 셀 내에서 수용할 수 있는 사용자 수를 증대시킬 수 있는 유용한 기법으로 특히 DS-CDMA 시스템과 같이 모든 사용자가 동일한 주파수 대역을 사용하여 전체 사용자 신호가 간섭으로 작용하는 환경에 대해서는 빔포밍 기술의 적용을 통한 간섭제거에 따른 수용량 증대의 기대효과가 매우 높다고 할 수 있다. 이에 본 논문에서는 현재 상용 서비스를 앞두고 있는 WCDMA 시스템의 주파수 효율을 최대화하고 셀당 수용되는 사용자의 수를 최대화하기 위해 구현측면에서 경제적이고 최적의 성능을 얻을 수 있는 빔포밍 적용 기술에 관하여 연구하였다. 본 연구에서 구현한 WCDMA 역방향링크 디지털 빔포밍 시뮬레이터와 사용자 이동 프로파일등 실제 이동통신 환경을 고려해 설정한 시나리오를 바탕으로 얻은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 성능 및 용량의 증대를 예측함으로써 최적의 빔포밍 시스템 적용구조를 도출하고, 이를 통하여 실제 WCDMA 시스템 설계 및 구현 시

의 지침을 제공하고자한다.

## II. WCDMA 시스템

WCDMA는 3세대 이동통신인 IMT-2000 시스템의 기반으로써 음성통신을 포함한 고속데이터의 서비스를 제공하게 되어 2세대의 음성 및 단순데이터 전송에 비해 보다 넓은 주파수 대역폭과 진보된 고급기술을 필요로한다. 표 1에 WCDMA 시스템의 특징과 주요 파라미터를 정리하였다.

표 1. WCDMA 시스템의 특징 및 주요파라미터

기능	파라미터
다중접속 방식	DS-CDMA
Chip 율	3.84[Mcps]
전송대역폭	5[MHz]
최대전송율	2[Mbps]
캐리어 주파수	역방향 : 1900-2025MHz 순방향 : 2110-2120MHz
프레임 길이	10[ms]
전력제어 주기	1500[Hz]
듀플렉싱 방식	주파수분할방식(FDD)
기지국 동기	비동기식

WCDMA 방식은 기본적으로 DS (Direct-Sequence) 방식의 CDMA 방식을 채택하고, 칩율이 3.84[Mcps]가 되어 전송대역폭이 5[MHz]가 되는데, 6개의 다채널구조를 이용하면 최대 2[Mbps]의 전송률을 얻게된다. 10[ms]단위로 프레임을 구성하여 데이터를 전송하고, 전력제어는 1/1500초의 주기로 실시한다. 링크구조에서 역방향과 순방향의 구분을 주파수분할로 이루어지는 FDD(Frequency Division Duplex)방식을 채택하고, 순방향 신호들의 동기를 맞추지 않는 비동기식을 이용하기 때문에 GPS 위성수신신호를 이용하지 않게 된다. 또한 WCDMA 시스템에서는 다중경로를 경험한 수신신호에 대해 레이크 수신기구조를 적용하고, 다양한 원인에 의해 야기된 수신신호의 페이딩 현상을 효과적인 전력제어를 통해 감소시키고, MUD(Multi-User Detection)와 스마트 안테나 기술을 활용하여 셀내의 수용용량과 셀의 범위를 확장시킴으로써 시스템의 성능을 증대시킨다.[2][3][4][5][6].

그림 1은 WCDMA 시스템의 물리 계층의 구조를 나타낸다. 물리 계층에서는 제어신호와 데이터신호를 채널화 코드를 통해 분리하고, 대역확산하여 변조시켜

안테나를 통해 송신한다. 통신 채널을 통과한 신호를 수신기 안테나에서 복조하고 역확산시킨후 알고리즘을 수행하여 수신신호의 판정을 내려 최종신호를 얻는 구조를 가진다. 대역확산은 신호를 구분짓는 채널화과정과 사용자 고유정보를 부여하여 사용자를 구분하는 스크램블링과정을 거친다. 물리계층의 채널에서는 셀 내의 방해신호와 백색잡음이 부가적인 영태로 영향을 주고, 페이딩의 현상이 곱셈의 형태로 영향을 미쳐 수신신호의 감쇄를 유도한다. 수신 안테나에서는 다중경로에 의한 신호들을 지연을 고려하여 수신하는 레이크수신기 구조를 가지는데, 독립적인 수신기에서는 서로 다른 지연에 따른 신호를 수신하여, 이에 가중치를 적용하여 종합하는 구조를 가진다.

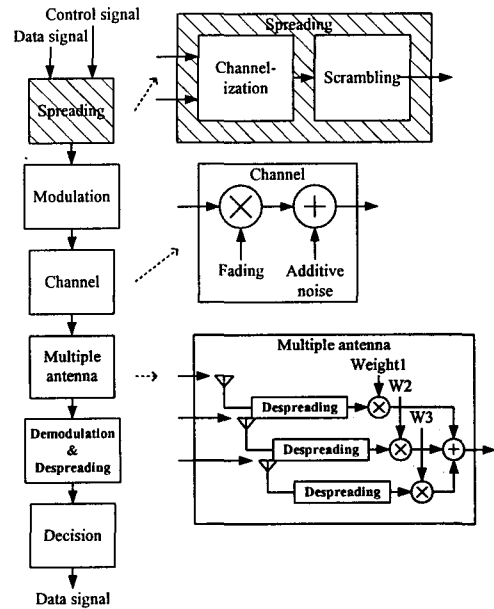


그림 3 WCDMA 시스템의 물리계층 구조

## III. WCDMA 역방향 링크에 대한 시뮬레이터 구현

본 절에서는 실제의 WCDMA 역방향 링크의 빔포밍 성능을 확인하기 위한 시뮬레이터 구현에 대해 기술하고자 한다. 전력제어와 스마트 안테나 기술인 빔포밍 알고리즘을 복합 적용하기 위한 구조에 대한 설계에 중점을 두어 시뮬레이터를 구현하기 위해 실제 WCDMA 시스템의 물리계층에 기초를 두어 신호를 모델링하였고, 이에 대한 대역확산/대역역확산, 변조/복조, 안테나 수신신호 모델링, 빔포밍 적용 구조, 전력

제어의 기능블록을 구현하였고, 실제의 통신 환경을 토대로한 시나리오를 구성하여 시뮬레이션을 수행토록 하였다. 통신 시나리오로는 한 셀내의 기지국과 다수의 이동하는 사용자가 통신하는 환경을 이용하였다. 각 사용자들의 이동특성을 부여하기 위해 사용자 이동 프로파일을 적용하였다. 빔포밍 알고리즘은 DFT 와 LMS 기법을 적용하였고, 페이딩 현상과 전력제어 알고리즘을 구성하여 적용하였다. 본 연구를 통해 구현 한 시뮬레이터의 구성을 표 2에 정리하였다.

표 2 시뮬레이터의 구성

기능	구성
SF	4,8,16,32,64,128,256
확산코드	골드코드 : 25bit
동작환경	8*chip rate
빔포밍 알고리즘	DFT/LMS
페이딩 알고리즘	Jake 모델(deterministic)
전력제어주기	1500[Hz]
사용자 이동	사용자 이동 프로파일

그림 2는 본 연구에서 구현한 시뮬레이터의 구조를 나타내는데, 크게 신호생성부, 안테나수신부, 빔포밍처리부, 전력제어부, 신호결정부로 구성된다.

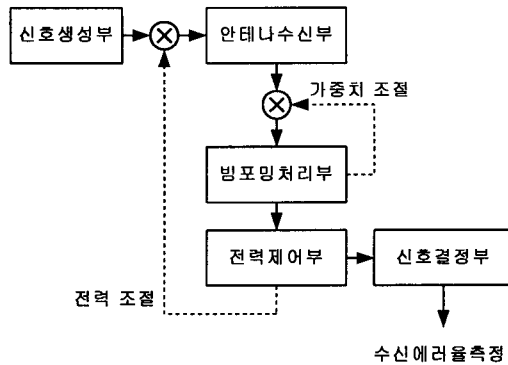


그림 4 시뮬레이터의 구성도

신호생성부에서는 사용자별 신호를 생성한 후 채널화 코딩과 대역확산 코딩을 통해 통신신호를 생성하여, 채널화 및 대역확산에 대한 영향이 고려된다. 안테나 수신부는 그림 3의 안테나 수신기 구조를 통해 수신한 신호를 생성한다. 각 사용자별 위치정보를 반영하고, 통신채널에서 야기되는 부가잡음과 페이딩 현상을 적

용하였다. 수신신호의 페이딩영향을 고려하기 위해 10개의 순수정현파를 선형적으로 조합하여 Rayleigh분포를 가지는 Jake[7]방식을 바탕으로 구성하였다.

빔포밍처리부에서는 다수의 수신기에 적용할 빔포밍 계수를 구하는 빔포밍 알고리즘을 구현하였다. 적용기법인 LMS방식과 순시추정 기법인 DFT방식의 알고리즘을 이용하였다. 전력제어부에서는 수신신호의 목표전력을 설정하여 비교하는 과정을 통해 수신신호의 감도를 조정한다. 신호결정부에서는 수신한 신호에 대한 판정을 통해 수신에러율을 측정하도록 구성되어있다.

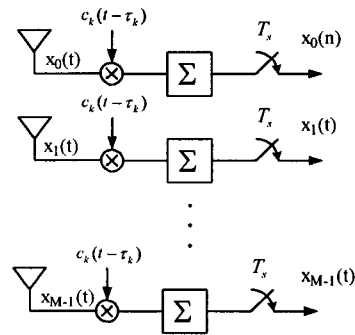


그림 5 안테나 수신기 구조

빔포밍과 전력제어의 상호관계에 대한 성능을 정확히 측정하기 위해 사용자의 위치 정보를 실제 환경과 유사하도록 모델링하여 설계한 사용자 프로파일을 이용하였다. 그림 4는 본 연구에서 구현한 사용자 프로파일의 수행 결과이다. 5명의 사용자가 250 meter 반경과 120.의 입사각을 갖는 셀을 최대속도 60Km/h 이내로 이동하며, 전체 수행시간은 100초이다.

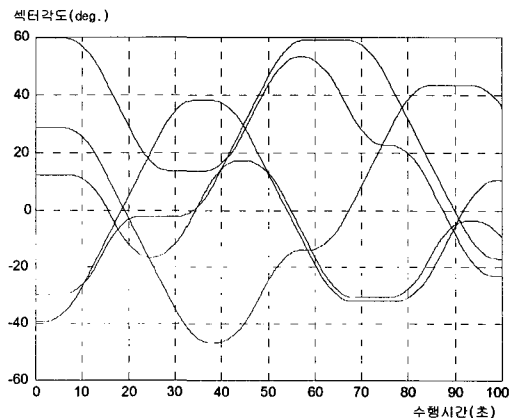


그림 6 사용자의 이동 프로파일 수행 예

신호생성부, 안테나수신부, 빔포밍처리부, 전력제어부, 신호결정부의 기능블록의 유기적으로 구성하여 시뮬레이터를 구현하였고, 이의 실험결과를 다음 절에 기술하였다.

#### IV. 실험결과

본 연구에서는 표 3과 같은 실험환경을 토대로 시뮬레이션을 수행하였다.

표 3 시뮬레이션 환경

파라미터	설정치
SF	256
셀 내 사용자	10[명]
수행시간	30[초]
빔포밍 알고리즘	DFT(32 point)방식
안테나환경	안테나수 : 4 입사각도 : 120.
사용자 이동 최고속도	5, 10, 20, 60 [Km/h]

30초동안의 시뮬레이션에 대한 결과로 총 115,200,000개의 chip을 얻는다. 이를 통해, 각 사용자 이동 속도 5, 10, 20, 60[Km/h]에 대한 chip error rate를 구하고 이의 역산을 통해 SINR을 얻었고, 안테나수 4개, 사용자수 10명, 섹터각도 120°에 대한 해석적인 기법으로 SINR 수치를 구하여 결과에 대한 비교를 통해 타당성을 입증할 수 있다.

표 4 시뮬레이션 결과 SINR값과 해석적 SINR값의 비교

SINR 속도	해석SINR [dB]	결과 SINR [dB]
5[Km/h]	4.273504	4.353027
10[Km/h]	4.273504	4.350588
20[Km/h]	4.273504	4.350590
60[Km/h]	4.273504	4.350590

표 4에 본 연구에서 수행한 시뮬레이션의 결과와 해석적으로 얻은 SINR 값들을 정리하였고, 비교한 결과 해석치와 결과값이 일치하는 것을 확인할 수 있으며, 이로부터 본 연구에서 구현한 시뮬레이터의 동작의 정확성을 확인하였다.

#### V. 결론

본 논문에서는 WCDMA 기지국의 수신신호에 대한 빔포밍 성능을 측정하기 위한 시뮬레이터를 설계하여 구현하였고, 사용자 이동프로파일등을 이용하여 실제 환경과 매우 유사한 시뮬레이션 환경을 구성하여 시뮬레이션을 수행하였고, 시뮬레이션의 결과를 해석적 수치와 비교검토하여 시뮬레이션 동작의 타당성을 입증하였다. 본 연구를 통해 구현한 시뮬레이터를 이용하여 WCDMA 역방향 링크의 최적의 빔포밍 시스템 적용구조를 도출하여, 실제 시스템 설계의 지침을 제공하고, 여러 형태의 알고리즘 개발을 위한 연구과정에 유용하게 이용될 것으로 예상된다.

#### 참고문헌

- [1] Harry Holma and Antti Toskala, *WCDMA FOR UMTS-Radio Access For Third Generation Mobile Communications*, Wiley, 2000
- [2] 3GPP Technical Specification 25.211, Physical Channels and Mapping of Transport Channel onto Physical Channels(FDD).
- [3] 3GPP Technical Specification 25.212, Multiplexing and Channel coding (FDD).
- [4] 3GPP Technical Specification 25.213, Spreading and Modulation (FDD).
- [5] 3GPP Technical Specification 25.214, Physical Layer Procedure (FDD).
- [6] 3GPP Technical Specification 25.215, Physical Layer - Measurements (FDD).
- [7] W. C. Jakes, *Microwave Mobile Communications*, New York NY, IEEE Press, 1974.
- [8] 박재준, 배병재, 장태규, "셀룰러 CDMA 기지국에 beamforming 안테나 적용을 위한 동작 시뮬레이션 및 성능해석에 관한 연구," 대한전자공학회 논문지, 37권 TC편 2호, pp. 130-142, 2000년 2월.