

# SDR 기반 CDMA/WCDMA 통합 무선통신 시스템의 구현방안

신성엽\*, 황종선  
고려대학교 컴퓨터과학기술대학원  
e-mail : [syshin121@korea.ac.kr](mailto:syshin121@korea.ac.kr), [hwang@disys.korea.ac.kr](mailto:hwang@disys.korea.ac.kr)

## An Implementation Method on SDR-based Integrated Wireless Communication System for CDMA/WCDMA

Sung-yup Shin\*, Chong-sun Hwang  
Dept. of Computer Science and Technology, Korea University

### 요 약

현재 사용되고 있는 CDMA 망에서 새로이 도입하고자 하는 동기식 IMT-2000 과 비동기식 IMT-2000 인 WCDMA 을 제공하고자 하는 사업체들은 기지국 증설의 장소 와 비용부담, 시스템 업그레이드 등의 유지보수 문제로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 이를 해결 하기 위해 많은 회사 혹은 연구소에서 해결 방안을 연구 중이며 모든 이동통신을 하나의 시스템으로 서비스 할 수 있는 방법으로 SDR 기법이 많이 논의 되고 있다. 본 논문에서는 주로 DSP 기술을 응용하여 SDR 기법을 시스템에 적용하여 하나의 시스템에서 소프트웨어 업데이트만으로 시스템의 물리계층을 제어하여 시스템의 유연성을 가지게 하는 구현방안을 CDMA/WCDMA 을 중심으로 제시하였다.

### 1. 서론

아날로그 무선 통신시대를 거쳐 디지털 무선 통신 시대로 들어와서 CDMA 방식이 미국 및 한국 등지에서 채택되어 제 2 세대 무선 통신으로 구축되어 있다. CDMA 방식은 높은 질의 서비스, 대용량 전송능력, 시스템발전의 용이함, 새로운 기능추가의 능력, 보안성, 가격 등의 요소로 인해 이점을 가지고 GSM 과 더불어 세계적으로 제 2 세대 이동통신의 표준으로 자리를 잡아왔다. 현재 국내에 서비스 되고 있는 제 2.5 세대 통신인 CDMA 2000 1x EVDO 에 이어 IMT-2000 이라고 하는 제 3 세대 이동통신의 등장을 앞두고 있다. 제 2 세대 무선통신은 이동전화기능이 많았지만 제 3 세대 무선통신으로는 이를 능가하여 인터넷과 기타 멀티미디어응용기술을 이용한 이동전화영역과 관련 이용자 기반을 융합시켜야 한다. 이를 위해 대용량의 데이터의 초고속 전송은 물론 사용자는 자신의 고유번호 하나로 전 세계적인 로밍(Roaming)서비스를 받을 수 있어야 한다.

IMT-2000 이라고 하는 제 3 세대 이동통신은 CDMA2000 을 기반으로 하고 있는 동기식과 비동기식인 WCDMA 로 분류하여 개발되고 있다. IMT-2000 의

복수 표준과 계속 유지 될 2G CDMA 의 서비스 때문에 무선통신 시스템을 운영하는 사업자는 기지국 증설 시 장소 선정과 비용부담, 시스템 업그레이드와 같은 유지보수 문제 등의 어려움을 겪고 있다. SDR (Software Defined Radio) 기술이 이러한 어려움을 해결 하는 하나의 대안이 될 수 있고 현재 Ericsson, Nortel 등 여러 세계 유수의 회사에서 SDR 의 기법에 대해 연구하고 있다.

SDR 은 기존의 2G 이동통신과 3G 이동통신을 통합하고 더 나아가 xDSL, CDMA, GSM, UMTS, CDMA2000, 무선 LAN, 블루투스, 위성통신 등 다양한 통신수단을 통합할 수 있는 가장 유력한 수단으로 평가 받고 있다. 현재까지 통신 시스템은 물리 계층을 그 특성상 하드웨어로 구현하였다. SDR 은 이를 소프트웨어로 대체하는 것을 목표로 한다. 이 기술이 실현 되면 하나의 단말기로 PCS 와 IMT-2000 은 물론 GSM, 무선 LAN, 블루투스 등 여러 종류의 통신 시스템을 이용할 수 있게 된다. [1] 또한, 기지국의 경우는 인프라 구축에 있어서 많은 장점이 있다. 즉, 기존의 방식으로는 새로운 통신 시스템으로 대체를 하기 위해서 설치되어 있는 하드웨어 중심의 인프라 장비를 업체

이트가 필요할 경우 하드웨어 전체를 교체해야 하지만 SDR의 기반으로 인프라 구축을 하게 되면 소프트웨어의 업데이트만으로 비용절감 및 장소 절약 등 많은 장점을 제공한다. 현재 국내의 통신사업자들이 제공하고 있는 CDMA2000 기반 서비스와 향후 SKT와 KTF에서 제공하고자 하는 비동기식 IMT-2000인 WCDMA 기반 서비스는 서로 기반이 다르기 때문에 새로운 기지국 증설과 인프라 구축이 예상되고 있다. 허나, SDR 기법을 도입하여 CDMA와 WCDMA를 통합시켜 기지국과 인프라를 구축한다면 사업자들이 예상하는 어려움을 줄일 수 있을 것이다.

본 논문에서는 주로 DSP 기술을 응용해서 SDR 기법을 무선통신 시스템에 적용하는 방법에 초점을 맞춘다.

본 논문에서는 GSM을 제외한 CDMA와 WCDMA의 두 무선통신 방식의 물리계층의 유사성을 비교 분석하였고, SDR 기술을 적용한 무선통신 시스템의 구현방법에 관해 기술하였다. 주 적용 분야는 기지국 모델에 초점을 맞추고자 한다.

제 2 장에서는 CDMA와 WCDMA의 무선 시스템을 비교하여 설명하고 제 3 장에서 SDR 기반 무선 시스템의 적용방안을 제시한다. 제 4 장에서는 결론과 향후 과제를 서술하였다.

## 2. 관련연구

### 2.1 CDMA/IS-95B/CDMA2000/WCDMA의 구성

CDMA는 대역확산 통신방식을 사용하여 사용자의 신호를 잡음처럼 만들어 송수신하여, 통신이 가능하게 하는 통신 방식으로서 PN 코드를 사용하여 가입자를 구분한다. CDMA 통신방식은 기지국에서 이동전화로 신호를 전송할 때 사용하는 순방향 통화채널 (Forward Link)와 이동전화에서 기지국으로 신호를 전송할 때 사용하는 역방향 통화채널 (Reverse Link)가 있다.

순방향 통화채널은 CDMA 통신방식에서 기지국에서 이동전화(가입자)로 신호를 전송할 때 사용하는 통신채널로 1.23MHz의 주파수 대역폭을 사용한다. CDMA 표준안인 IS-95A를 기준으로 Pilot Channel, Sync Channel, 7개의 Paging Channel, 55개의 Traffic Channel로 구성되어 있다.

역방향 통화채널은 CDMA 통신방식에서 이동전화(가입자)에서 기지국으로 신호를 전송할 때 사용하는 통신채널로 1.23MHz의 주파수 대역폭을 사용한다. CDMA 표준안인 IS-95A를 기준으로 Access Channel과 Traffic Channel로 구성되어 있다.

IS-95B는 기존 IS-95A PCS 전송속도인 14.4Kbps에 비해 최대 4~8배 빠른 속도를 제공한다. 기존의 IS-95A 시스템을 IS-95B로 Upgrade하기 위해서는 BSC의 CCPA(Call Control Processor Assembly Board)와 BMBP(BSC Master Back Panel), TASA(Transcoding And Selector Board Assembly)를 교체해야 하며 그 외 BTS, BSC, HLR, IWF의 Software를 변경해야 한다.

CDMA2000은 IS-95C라고 불리며 2G에서 더욱 발전된 형태로 데이터 전송속도를 높여서 다양한 어플

리케이션을 수행할 수 있는 서비스이다. CDMA2000 1X의 특징은 IS-95의 2배 속도인 144kbps가 지원된다는 것이 가장 두드러진 특징이다. 기지국 back bone 망은 ATM으로 구성되어 있으며, 기존 망에서 Mobile Packet Data Service 처리를 위해 별도의 Data Core Network가 추가되었다. IS-95B의 HLR, WIN 등의 망 요소는 IS-95C 시스템에 적합하도록 software upgrade를 통하여 구현하며 BSC, BTS, DCN과 관련된 망 요소는 144kbps의 packet data 서비스를 지원하기 위해 재설계되어 구현하게 된다.

WCDMA(Wideband CDMA) System의 구성을 보면, Forward Link에서 송신기는 음성 부호화기, Convolutional 부호화기, Interleaver, Multiplexer, 무선 주파수 변조기로 구성된다. 수신기는 음성 복호화기, Viterbi 복호화기, Deinterleaver, Rake 수신기, 무선 주파수 복조기로 구성된다. Forward Link에서 기지국은 기지국내의 모든 단말기로 데이터를 전송하며 따라서 동기화가 필요하다. WCDMA System에서는 Walsh Orthogonal Codes를 사용하여 간섭이 생기지 않으며 PN Code는 신호에 지연이 생기더라도 Correlation을 감소시켜 준다. Reverse Link에서 송신기는 음성 부호화기, Convolutional 부호화기, Interleaver, Multiplexer, 무선 주파수 변조기로 구성된다. 수신기는 음성 복호화기, Viterbi 복호화기, Deinterleaver, 간섭 해소 시스템(ICS:Interference Canceler System), 무선 주파수 복조기로 구성된다.

### 2.2 CDMA와 WCDMA 시스템 비교분석

Feature	CDMA2000	WCDMA
Multiple Access	DS-SS/TC-CDMA	DS-SS-CDMA
Closed loop pwr ctrl rate	800 Hz	1600 Hz
Power control step size	1 dB (0.5, 0.25 opt'l)	0.25-1.5 dB
Channel Coding	Convolutional & Turbo	Convolutional & Turbo
Spreading Code	OVSF(DL) Walsh(UL)	OVSF
Spreading factor range	4...256	4...256
Modulation	QPSF(DL) BPSK(UL)	QPSF(DL) BPSK(UL)
UL-DL Spectrum	Paired	Paired
Chip Rate	1.2288	3.84
Frame Length	20 ms & 5ms	10ms
Interleaver Period	5/20/40/80 ms	10/20/40/80 ms
Inter-BS Timing	Synchronous	Asynchronous

표 1. CDMA/WCDMA 표준 비교

CDMA2000과 WCDMA는 다른 기반의 시스템임에도 불구하고 차이점과 함께 공통점도 공유하고 있다. 먼저 Chip Rate를 살펴보면 CDMA2000 1x를 기준으로 1,2288인 것에 비해 WCDMA의 경우는 3.84에 달한다. 또한 가장 기본적인 큰 차이점으로 CDMA2000은

Synchronous 방식으로 GPS 위성을 이용하는 동기식 임에 비해 WCDMA 의 경우는 Asynchronous 방식으로 High Quality 자체 System Clock 을 이용하는 비동기식 시스템이다. 몇 가지 공통점 중에서 Modulation 과 함께 중요한 것이 Spreading Code 로서 두 시스템 공통적으로 OVFS code 를 사용한다는 점이다

CDMA 시스템은 이동국(MS), 기지국(BTS), 제어국(BSC), 교환국(MSC) VLR(방문자 위치 등록기) 그리고 HLR(홈 위치 등록기)로 이루어진다. 이동국은 가입자가 이동통신망을 이용하여 통신할 수 있도록 하는 단말장치이고, 기지국은 이동국과 무선구간으로 연결되어 이동국을 제어하고 통화채널을 연결시켜 주는 시스템이다. 교환국은 무선링크 및 유선링크를 제어하고 타 통신망과 접속을 수행한다. HLR 은 가입자의 정보를 저장하고 있는 데이터베이스로, 서비스의 종류와 홈 교환국 ID 정보를 가지고 있다. 홈 위치란 무선전화의 위치를 찾을 때 맨 처음으로 검색하게 되는 위치를 의미하는데 이는 전화번호를 통해서 간단히 체크하기도 한다. VLR 은 홈 교환국을 벗어난 휴대폰의 위치를 등록하는 데이터베이스이다. 휴대폰은 수시로 제일 가까운 기지국을 통해 자신의 위치를 알리게 되고, VLR 에는 자신의 핸드폰에서 가장 가까운 기지국 ID 가 등록되게 된다.

이와 마찬가지로 그림 2 에서 볼 수 있듯이 WCDMA 에서는 Node B 가 기지국 역할을 하고 RNC 가 기지국 제어역할, CN 이 타 교환국과 연결하는 교환국 역할을 한다.

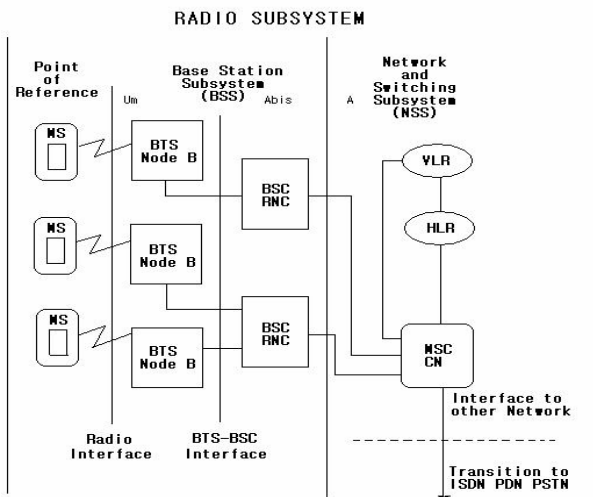


그림 1. CDMA/WCDMA 시스템 구성도

### 2.3 CDMA/WCDMA 기지국

현재 우리나라는 전국을 커버하는 CDMA 망과 수도권 일부를 커버하는 WCDMA 망이 있으며, 수도권의 경우 많은 WCDMA 기지국들이 기존에 설치되어 있는 CDMA 기지국과 장소를 공유하고 있다. 하나의 장소에 CDMA 와 WCDMA 기지국을 함께 두는 가장 큰 이유는 특히 도심지역에서의 기지국을 설치하는데 드는 비용을 절감하기 위함이며 하나의 서비스 사업

자가 서로 다른 두 가지 기지국을 운영할 때의 운영과 보수를 위한 비용과 시간을 단축할 수 있기 때문이다.

그러나, 현재의 기지국 옥사의 면적은 한정되어 있으므로, 더 이상의 추가적인 CDMA 나 WCDMA 기지국을 기존 기지국 옥사 내에 증설하는데 많은 어려움을 지니고 있어서, 새로운 기지국 옥사를 확보가 필수적이며, 이로 인한 많은 비용이 지출 될 어려움에 놓여있다.

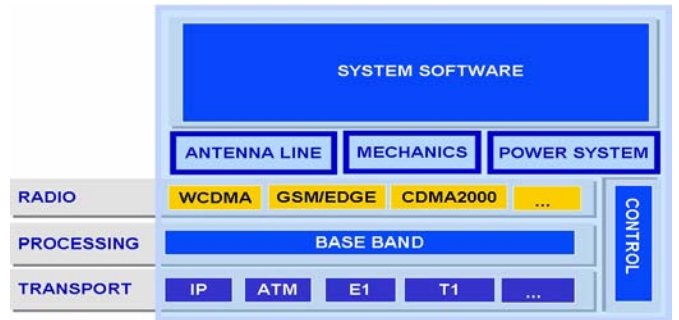


그림 2. Base Station 구성도 [2]

그림 2 는 [2] 일반적인 기지국의 형상을 기능별로 구분하여 나타낸다. 먼저 Radio 모듈은 RF 신호의 송수신과 Power 증폭기능을 담당하고 있으며, Processing 모듈은 Air Interface 와 Baseband Processing 을 담당하는 모듈로 구성된다. Control 모듈은 기지국의 동작과 운영을 담당하며, Transport 모듈은 제어국과 기지국과의 Interface 를 담당한다.

별도의 CDMA 와 WCDMA 기지국을 하나의 기지국으로 구현할 수 있다면 많은 장점이 있을 수 있다. 하나의 통일된 CDMA/WCDMA 겸용 기지국 구현의 issue 에 관해 Module 별로 생각해 보자. 기지국의 구성으로 볼 때 특별한 변경 없이 Control 모듈과 Transport 모듈은 CDMA 와 WCDMA 공통으로 구현할 수 있으며 Radio 모듈의 경우 각각의 CDMA 관련된 부품소자와 WCDMA 관련 부품소자를 별도로 구성하여 구현하고 Power 증폭기나 RF path 를 공통으로 사용할 수 있다. Processing 모듈은 기지국내 에서 가장 복잡한 Processing 을 하는 모듈기술을 포함하고 있어 이 부분의 구현이 CDMA/WCDMA 겸용 기지국을 구현하는데 가장 큰 관심 부분이며 핵심 기술이다. 이 CDMA/WCDMA 공통 Processing 모듈을 구현하기 위해서는 새로운 방법의 도입이 필요하다

## 3. SDR 기반 무선 시스템의 적용 방안

### 3.1 SDR 의 개요

SDR 은 기존 통신 시스템에서 고려하지 못한 다중 모드 변/복조 처리장치, 시공간에서의 파형 등화 및 필터링, 다중 처리 방식 등 광범위한 무선 신호처리를 범용 컴퓨터 기술을 기반으로 실현될 수 있도록 하는 것을 말한다. SDR 에 대한 개념을 기술적으로 접근해보면 그 의미가 명확해진다. 이는 통신 시스템을 구성하는 기지국과 단말기에서 통상 하드웨어로 구성되었

던 부분을 소프트웨어 형태로 바꿔주는 기술이다. 디지털 신호처리(DSP)기술을 이용하여 소프트웨어와 하드웨어의 부분적인 결합으로 구현하거나, 소프트웨어 만으로도 시스템을 구성할 수 있다. [1] 이 외에 SDR의 구현 방법은 FPGA 를 이용하는 방법과 Processor 를 이용하는 방법 등이 있다.

현재는 아직 완벽한 SDR 방법이 나타나지는 않고 많은 부분적인 보완이 필요하지만 가장 유력한 SDR 구현 기법 중의 하나는 DSP 를 이용하는 방법이다. 많은 DSP 개발회사들이 SDR 방법에 관해 연구 중인데 모뎀기술에 적용하기 좋은 현재의 DSP 로는 Motorola 에서 개발한 RCF DSP 와 Analog Device 에서 개발한 TigerShark DSP 를 들 수 있다.

### 3.2 SDR 기법 적용 CDMA/WCDMA 모뎀구성 방안

기지국의 Processing 모듈의 모뎀 기술에 대해 SDR 기법을 적용하여 CDMA/WCDMA 겸용 DSP 를 이용하여 기지국을 구현방법을 제시한다.

먼저 CDMA 와 WCDMA 의 송신부를 살펴보면 두 가지 방식 모두 채널 Coding 에 Convolutional Encoding 과 Turbo Encoding 이 사용 됨을 알 수 있다. 이 Convolutional Encoding 과 Turbo Encoding 은 Symbol Level Processing 으로서 DSP 구현이 쉬운 편이다. 다음의 송신부에서의 공통 모듈은 Spreader 이다. Spreader 는 같은 bit 를 Spreading factor 만큼 반복시키는 것이기 때문에 CDMA/WCDMA 공통 구현이 가능하다. 송신부에서 다른 것은 Scrambler 인데 동기의 경우는 하나의 PN Code 에 대해 기지국들이 서로 다른 Timing Offset 을 가지며, 비동기의 경우는 각각의 기지국이 다른 Scrambling Code 를 가진다. 이 Scrambler 의 부분은 공통 모듈이 아니기 때문에 CDMA/WCDMA 각각 별도의 모듈이 존재하여야 한다.

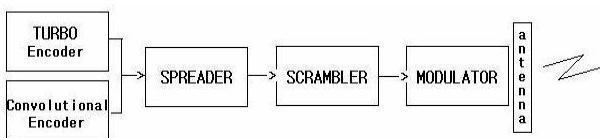


그림 3.1. SDR 기반 CDMA/WCDMA 모뎀 Architecture (송신)

다음은 모뎀의 수신부에 관해서 알아본다. 모뎀의 수신부는 크게 Multi-path searcher, Scramble detector, Rake Receiver, Channel Estimator 등으로 나눌 수 있다. 이 수신부에서 Descrambler 부분은 송신부의 Scrambler 와 마찬가지로 CDMA/WCDMA 별개로 구현되어야 하며, 역시 Despreader 는 송신부와 같이 공통으로 구현될 수 있다. 수신부의 핵심은 Rake Receiver 인데 이 Rake Receiver 는 크게 Channel Estimator, Finger 와 Combiner 로 나눌 수 있다. 이 모듈들은 CDMA/WCDMA 공통으로 구현 가능하며 시스템의 Clock Speed 를 높여 동기/비동기 시스템을 동시에 동작시킬 수도 있고, 마치 Time Division 방식처럼 서로 독립적인 시간에 대해 동기/비동기 방식으로 동작시킬 수도 있다.

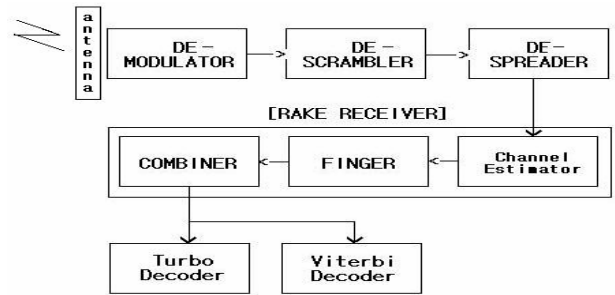


그림 3.2. SDR 기반 CDMA/WCDMA 모뎀 Architecture (수신)

즉, 이상의 내용을 종합하면, 기지국의 핵심부품인 모뎀을 SDR 기법을 적용하여 CDMA/WCDMA 공통 기지국을 구현하는 것이 가능하다. 추후 계획은 보다 구체적인 DSP 의 MIPS 분석과 RF 의 소자의 Filter 나 Amplifier 등에 관해 SDR 을 적용할 수 방법에 관한 것이 되겠다.

### 4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 현재 이동통신 사업자들이 향후 새로운 WCDMA 서비스를 시작 할 때 겪을 수 있는 기지국 인프라 증설 시에 드는 장소, 하드웨어 교체에 필요한 비용과 인력 등의 문제를 효율적으로 해결하기 위한 하나의 방안으로 SDR 기법을 도입한 CDMA 와 WCDMA 의 무선 통신 시스템의 구현 방안을 제시하였다. SDR 기법이 효율적으로 적용될 경우 하나의 시스템으로 현재 서비스되고 있는 CDMA 는 물론 별도의 하드웨어 교체 없이 소프트웨어의 업데이트 만으로 IMT-2000 을 이용자들에게 제공할 수 있는 기지국 시스템을 갖출 수 있을 것이다.

허나 현재 SDR 은 이론적으로 많은 연구가 세계적으로 이루어지고 있으나 이는 아직 초기 단계의 연구로서 사업적으로 도입되는 데에는 무리가 있다. 사업자의 입장에서 사용가능 하게 할 실제 구현연구와 함께 CDMA 와 WCDMA 외에 GSM, 무선 LAN, 블루투스 또는 위성통신에 까지 적용되어 하나의 단말기, 하나의 기지국 시스템으로 모든 종류의 무선통신을 이룰 수 있도록 끊임없이 연구를 해야 된다는 과제를 남기고 있다.

### 참고문헌

- [1] 김태규, 박신중, "WCDMA SDR 시스템의 접근방법", SITI Newsletter 제 1 권 1 호, May 2002, pp. 29-33
- [2] Chris Thron, "Advanced Technologies for 3G Base Stations", Motorola General Business, D1508, Rev 1.2
- [3] Lawrence Harte, "CDMA IS-95 for Cellular and PSC", McGraw-Hill, 1999
- [4] F Adachi, M. Sawahashi, H Suda, "Wiseband DS-CDMA for Next Generation Mobile Communication System", IEEE. Comm. Magazine, Sep. 1998, pp. 56-57
- [5] 방효창, "WCDMA 의 주요기술", 전파 제 105 호, Mar. 2002
- [6] J. D. Ralston, "The State of SDR Technologies," The 20th SDR Forum, Phoenix, France, Nov. 13-16, 2000.