

# 차세대 이동통신 시스템의 RF Calibration 기법에 관한연구

## A Study on RF Calibration Method of Next Generation Mobile Communication System

김완태\*, 조성준\*

Wan-Tae Kim\*, Sung-Joon Cho\*

### 요 약

차세대 이동통신은 하나의 시스템으로 다양한 서비스망에서의 운용을 위해 Multi-Core 시스템 구현에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 따라서 하나의 시스템으로 WiBro(Wireless Broadband), CDMA(Code Division Multiplexing Access), WCDMA(Wideband CDMA)등을 지원할 수 있는 모바일 시스템들이 출현할 것으로 예상된다. 하나의 시스템을 이용하여 다양한 서비스를 지원하기 위한 시스템은 광대역 주파수를 수용하여 다양한 FA(Frequency Assignment)를 지원해야 하며, 다양한 서비스 망으로의 핸드오버를 지원해야 한다. 특히, 셀 단위로 구성된 이동통신 시스템은 이동국이 사용하는 불안정한 송신 전력이 인접 시스템에 간섭으로 작용하여 시스템 채널 용량 및 셀 크기에 영향을 미치게 된다. 본 논문에서는 이동통신 시스템에서 발생하는 불안정한 시스템 동작에 의한 불규칙한 송신전력을 개선하고, 다양한 서비스 지원을 위한 이종망간 핸드오버 시 발생하는 불규칙한 전력 변화에도 안정적으로 전력을 사용할 수 있는 RF(Radio Frequency) Calibration 기법을 제안 하였으며, 제안한 기법을 이용하여 이종망간 핸드오버 시 시스템의 전력사용에 대하여 분석하였다.

### Abstract

In the next generation system, a study on realization of Multi-Core system is in progress for applying it in multi service network. Therefore some mobile systems are expected to be appeared. These systems can support WiBro, WCDMA, CDMA, etc with single terminal. These systems have to support various FA using broadband frequency and hand over to other service network. Especially, in the telecommunication system composed of cell, the transmit power can be interference at adjacent system, has effect on system channel capacity and cell size. In this paper, we improve the unstable transmit power caused by unsettled system operation, propose the RF(Radio Frequency) Calibration method which can use the transmit power stably even during hand over between heterogeneous networks causing unstable power change. Also we used proposed method and analysed used electricity of system during hand over between heterogeneous networks.

Key words : NG(Next Generation), RF Calibration, Multi-Core, WiBro, WCDMA, CDMA

### I. 서 론

차세대 이동통신 시스템에서는 다양한 서비스를 하나의 시스템으로 지원 하고자, Multi-Core 구조의

---

\* 한국항공대학교 (Dept. of Inform. & Telecom. Eng., Graduate School of Korea Aerospace University)

· 제1저자 (First Author) : 김완태

· 투고일자 : 2010년 12월 1일

· 심사(수정)일자 : 2010년 12월 2일 (수정일자 : 2010년 12월 20일)

· 게재일자 : 2010년 12월 30일

모뎀이 연구되고 있다. Multi-Core 모뎀은 WiBro, WCDMA, CDMA 등 다양한 서비스망에서 시스템 운용이 가능한 구조로 OFDM 방식과 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum) 방식을 모두 지원할 수 있는 시스템이다[1][2]. 따라서 차세대 이동통신 시스템은 다양한 FA에서 시스템 운용이 가능하고, 서로 다른 FA 간 핸드오버가 가능하도록 구현되고 있다[3]. 시스템이 다양한 FA를 지원하기 위해서는 광대역 주파수를 수용해야 하며, 시스템 내 오실레이터의 동작이 정확히 이루어져야 한다. 또한 시스템이 각 서비스 망에서 필요로 하는 전력에 대하여 안정적으로 동작해야 한다[4]. 이동통신 시스템의 불안정한 전력사용은 인접시스템에 간섭으로 작용되어 시스템 채널 용량에 영향을 미치며, 시스템이 가지는 셀 범위에 영향을 미치게 된다.

차세대 이동통신 시스템은 넓은 주파수 대역에서 다양한 서비스 망을 지원해야 하므로 서비스 환경에 따른 불규칙 특성이 더욱 빈번히 발생될 것으로 예상되며, 부정확한 전력사용에 의한 간섭과 채널용량 문제는 더욱 심각해 질것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서는 차세대 이동통신 시스템의 전력사용을 안정적으로 사용할 수 있도록 RF Calibration 기법을 제안하여, 차세대 이동통신 시스템이 가지는 불안정한 전력사용을 안정적으로 사용할 수 있도록 하였고, 시뮬레이션을 통하여 차세대 이동통신 시스템이 다양한 서비스 망에서의 핸드오버 시 사용되는 전송전력에 대하여 분석하였다.

## II. 이동통신 시스템의 Tx Power

이동통신 시스템은 셀 단위 통신을 함으로 주변 시스템과의 간섭과 통화 용량 최대화 그리고 셀 영역의 확장을 위해 4 가지의 파워 컨트롤 기법을 적용하고 있다[5]. 파워 컨트롤 기법은 기지국과 이동국의 통신 시 필요한 만큼의 송신전력을 사용하기 위해 수행되며, 부정확한 파워 컨트롤에 의한 과 전력의 사용은 인접 시스템의 간섭 원으로 작용하고, 부족한 전력의 사용은 이동국 통신 품질은 저하시키게 된다. 따라서 정확한 파워 컨트롤에 의한 전력사용이 요구

되며, 그중 Open Loop Power Control 은 이동국이 기지국으로의 접속을 위해 Tx Power 을 결정하기 위해 수행된다[6].

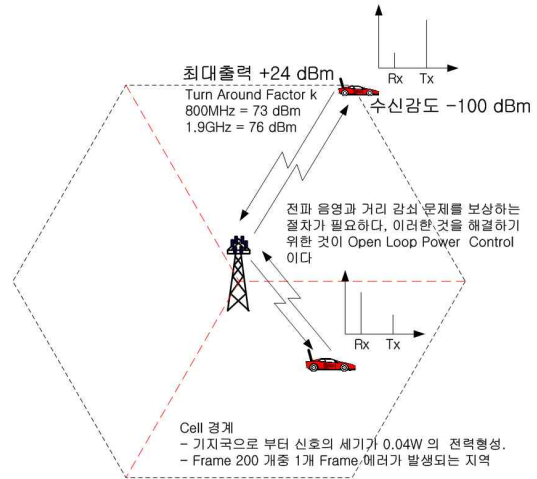


그림 1. Open Loop Power Control  
Fig. 1. Open Loop Power Control.

Open Loop Power Control 에 의한 Tx Power 의 결정은 다음 식으로 정의 할 수 있다.

$$Mobile\ Tx\ Power(dBm) = -RSSI - (K) \quad (1)$$

위 식에서 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 는 기지국으로부터 입력되는 신호의 수신 감도를 의미하고 K 는 Turn Around Factor 를 의미한다[7]. 식 (1) 에서 K 는 다음 식으로 정의할 수 있다.

$$K = P_t - 134 + NF_c + E_b/N_o + 10\log(1 + \zeta_1 + \zeta_2) - 10\log(1 - x) \quad (2)$$

식 (2)에서  $P_t$  는 Total 전력,  $NF_c$  는 기지국 수신기의 Noise Figure,  $\zeta_1$  은 타 셀로부터 수신된 전력과 이동국이 속한 셀로부터 수신된 전력비,  $\zeta_2$  는 Thermal noise 와 이동국이 속한 셀로부터 수신된 전력비,  $x$  는 Cell Loading 를 나타낸다. 식 (1)과 식(2) 과정을 통하여 이동국은 기지국으로의 접속을 위해 Tx Power를 근사적으로 결정하게 되고, 접속이 이루어진 이후에는 Closed Loop Power Control 과정을 통해 정확한 Tx Power를 사용하게 된다.

### Ⅲ. 차세대 이동통신 서비스 환경

차세대 이동통신 시스템은 이동국을 이용하여 멀티미디어 서비스를 지원 받게 되고, 다양한 망에서의 접속을 통하여 효율적인 서비스를 제공한다. 따라서 현재 서비스되고 있는 CDMA, WCDMA, WiBro 서비스의 통합 환경으로 진행될 것이다. 따라서 시스템간의 핸드오버가 빈번히 발생할 것이며, 시스템 간의 핸드오버로 인한 Open Loop Power Control 이 빈번히 이루어지게 된다. 특히 차세대 이동통신 시스템의 핸드오버는 셀의 경계면에서 수행되며, 셀 경계면에서의 핸드오버는 이동국 최대전력을 사용해야 할 확률이 높아진다.

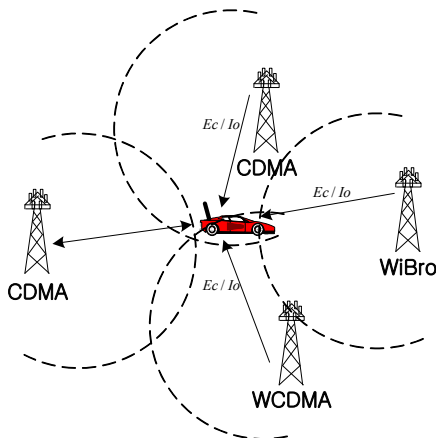


그림 2. 차세대 이동통신 시스템의 핸드오버  
Fig. 2. Hand over of Next Generation System.

그림 2 와 같이 차세대 이동통신 시스템의 핸드오버는 이종망 간 수행되며, 이종망으로의 핸드오버는 현재 서비스 망과 다른 주파수 대역으로의 이동을 의미하고, 이종망에서 요구하는 Tx Power를 정확히 사용해야 한다. 하지만 다른 주파수대역으로 의 이동을 위해 시스템 내 오실레이터와 기준 전력의 변화를 위해 시스템 환경이 변화 되어야 하므로 시스템의 불규칙 특성이 높아지며, 식 (1)과 (2)의 RSSI 와 K 가 변화 하게 된다. 따라서 차세대 이동통신 시스템은 핸드오버 시 정확한 Tx Power 결정을 위해 변화되는 RSSI 와 K 그리고 시스템의 불규칙 특성을 고려하여 Tx Power를 정확히 결정해야 한다.

### Ⅳ. 제안하는 RF Calibration 알고리즘

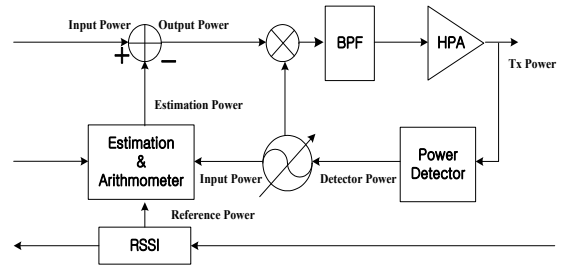


그림 3. RF Calibration 을 위한 시스템 구조  
Fig. 3. System Structure for RF Calibration.

그림 3은 본 논문에서 제안하는 RF Calibration 수행을 위한 시스템 구조이다. HPA(High Power Amplifier)에서 출력된 Tx Power는 Power Detector를 통해 Tx Power의 세기를 검출한다. 검출된 Tx Power는 Down Converting 을 통해 Estimation & Arithmometer 에 입력된 후 수신된 RSSI 신호와 비교 분석한다. 시스템의 Tx Power는 수신된 RSSI에 비례하여 정확한 Tx Power를 출력해야 하므로 시스템에서 발생된 잡음을 고려하여 RSSI 와 비교해 오차값을 계산한다. 계산된 오차 값은 새롭게 입력되는 신호에 가감산 한다. 이것은 시스템 동작 중 Up Converting 과 HPA 를 거치며 발생하는 오차값을 사전에 계산하여 RSSI 대비 정확한 Tx Power 을 출력할 수 있도록 제안하였다. 제안하는 시스템의 Tx Power를 구하기 위한 식은 다음과 같다.

$$S_{output} = S_{input} - S_{estimation} \quad (3)$$

식 (3)에서 Soutput는 베이스밴드로부터 가감산 기로 입력되는 신호 값과 Sestimation 과정을 통한 오차 값이 가감산되어, Up Converting 과 BPF, HPA 과정을 거친 후 최종 출력되는 신호이다. Sestimation 은 수신된 RSSI 와 시스템에서 발생된 잡음 성분을 비교하여 얻어진 오차 값으로 다음 식으로 정의할 수 있다.

$$S_{estimation} = S_{detect} - (Tx_{reference}) \quad (4)$$

식 (4)에서 Sestimation은 시스템이 출력한 Tx Power 가 Power Detector를 통하여 귀환된 신호 Sdetect와 RSSI 를 이용하여 계산된 Reference Power

이다. 식 (4)에서 Txreference는 다음 식과 같다.

$$Tx_{reference} = -RSSI - (K) \quad (5)$$

식 (4)에서 정의된 Sdetect는 다음식과 같다.

$$S_{detect} = Tx_{power} + System_{noise\ power} \quad (6)$$

식 (6)에서 Systemnoisepower는 시스템에서 발생된 잡음 값으로 정의 할 수 있으며, 시스템 잡음은 온도 와 시스템의 상태에 따라 매우 불규칙한 특성을 가지 게 된다. 차세대 이동통신 시스템에서는 특히, 이중 망으로의 핸드오버에 따른 FA 변화와 대역폭 변화를 위한 오실레이터의 동작 특성에 따라 잡음의 정도가 매우 불안정하다. 따라서 본 논문에서 제안하는 RF Calibration 알고리즘을 통하여 시스템에서 발생된 잡 음과 불규칙한 시스템 동작에 의한 오차값을 계산하 여 기지국으로부터 입력되는 RSSI 대비 정확한 Tx Power 사용할 수 있도록 제안하였다.

V. 시뮬레이션 및 결과

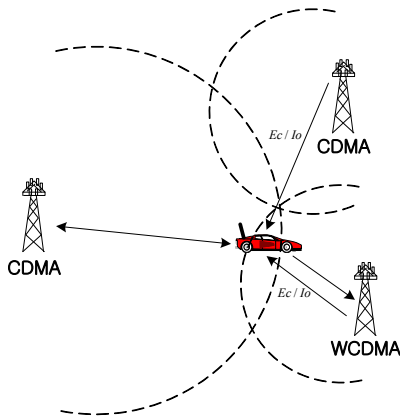


그림 4. CDMA 와 WCDMA 의 핸드오버  
Fig. 4. Hand over between CDMA and WCDMA.

본 논문에서 차세대 이동통신 시스템에서 이중망 간 핸드오버 시 정확한 Tx Power 사용을 위한 RF Calibration 알고리즘을 제안하였다. 차세대 이동통신 시스템은 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해 현재 사용되고 있는 서비스망 중 CDMA, WCDMA, WiBro

망에서의 핸드오버를 가정하여 시뮬레이션을 수행 하였으며, 핸드오버 시 차세대 이동통신 시스템의 Tx Power 에 대하여 분석하였다. 그림 4는 CDMA망을 사용하던 이동국이 WCDMA 망으로의 핸드오버를 가정한 개념도이다.

CDMA 와 WCDMA 의 핸드오버는 이동국이 현재 서비스 영역에서 기지국과 거리가 점점 멀어지면서 인접 기지국으로부터 입력되는 Ec/Io 의 세기가 점점 커짐에 따라 핸드오버를 수행하게 된다. 그림 5 는 논문에서 제안한 RF Calibration 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과 이다.

# 16

그림 5. CDMA 와 WCDMA 의 핸드오버에 의한 Tx Power 변화

Fig. 5. Change of Tx Power by Hand Over of CDMA and WCDMA.

그림 5를 살펴보면 CDMA에서 WCDMA로 핸드오버 시 Tx Power 의 최소값은 25.3dBm이고, 최대값은 31dBm인 것을 확인할 수 있다. 이것은 WCDMA 시스템에서 최대 전력을 29dBm으로 정의할 경우 -3.7dB에서 +2dB의 오차범위를 갖는 것을 알 수 있다. 하지만 논문에서 제안한 RF Calibration을 수행한 Tx Power는 최소값이 28.8dBm 이고, 최대값은 29.3dBm으로 29dBm을 기준으로 -0.2dB에서 +0.3dB로 오차범위가 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 그림 6은 CDMA 망을 사용하던 이동국이 WiBro 망으로의 핸드오버를 가정한 개념도 이고, 그림 7은 RF Calibration 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과 이다.

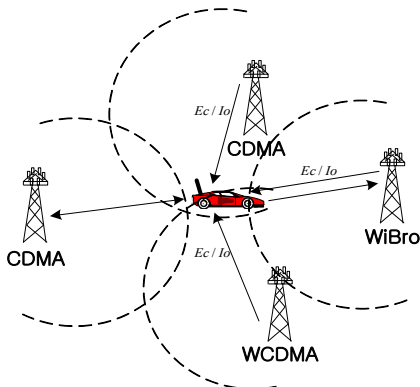


그림 6. CDMA 와 WiBro 의 핸드오버  
Fig. 6. Hand over between CDMA and WiBro.

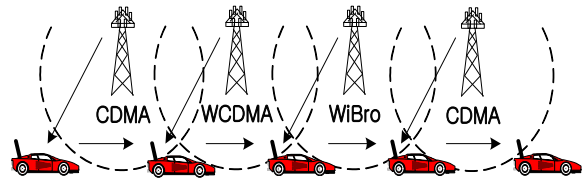


그림 8. 차세대 이동통신 시스템의 핸드오버  
Fig. 8. Hand over of Next Generation Mobile Communication System.

차세대 이동통신 시스템의 이동국은 CDMA망을 이용하여 음성데이터 서비스를 사용하고 있는 중 서비스의 변경과 통신망의 상황에 의해 WCDMA 망으로 핸드오버 하게 되고, 멀티미디어 서비스를 지원받기 위해 WiBro 망으로 다시 핸드오버를 수행하게 된다. 또한 시스템 용량 및 서비스망의 변화로 인해 다시 CDMA 망으로 핸드오버를 수행 상황을 가정하였다.

그림 7. CDMA 와 WiBro 의 핸드오버에 의한 Tx Power 변화  
Fig. 7. Change of Tx Power by Hand Over of CDMA and WiBro.

그림 7을 살펴보면 CDMA에서 WiBro로 핸드오버 시 Tx Power 의 최소값은 22.1dBm이고, 최대값은 25dBm 인 것을 확인할 수 있다. 이것은 WiBro 시스템에서 최대 전력을 23dBm으로 정의할 경우 -0.9 dB에서 +2dB의 오차범위를 갖는 것을 알 수 있다. 하지만 논문에서 제안한 RF Calibration을 수행한 Tx Power는 최소값이 22.8dBm 이고, 최대값은 23.3 dBm으로 23dBm을 기준으로 -0.2dB에서 +0.3dB로 오차범위가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

그림 8은 차세대 이동통신 시스템 환경에서 이동국이 CDMA와 WCDMA, WiBro 망에 대하여 핸드오버 되는 상황을 가정한 개념도 이고, 그림 9는 RF Calibration 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과이다.

그림 9. 차세대 이동통신 시스템의 핸드오버에 의한 Tx Power 변화  
Fig. 9. Change of Tx Power by Hand Over of Next Generation Mobile Communication System.

그림 9를 살펴보면 CDMA 망은 24dBm, WCDMA 망은 29dBm, WiBro 망은 23dBm을 Tx Power의 최대값으로 정의하고 있을 경우, 논문에서 제안한 RF Calibration 을 적용하지 않았을 경우 결과를 살펴보면, CDMA 망에서는 24dBm을 기준으로 -1.2dB에서 +1dB의 오차범위를 갖게 되고, WCDMA 망에서는 29dBm을 기준으로 -2dB에서 +1.8dB의 오차범위를 갖는다. 또한 WiBro 망에서는 23dBm을 기준으로 -1dB에서 +1.5dB의 오차범위를 갖는 것을 확인할 수 있다. 하지만 RF Calibration 알고리즘을 적용할 경우

CDMA 망은 -0.2dB에서 +0.3dB로 오차범위가 감소하고, WCDMA 망에서는 -0.3dB에서 +0.1dB으로 오차범위가 감소한다. 또한 WiBro 시스템에서는 -0.4dB에서 +0.1dB로 오차범위가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 차세대 이동통신 시스템에서 과도한 전력 사용 및 불안정한 전력 사용을 해결 하기 위해 RF Calibration 알고리즘을 제안하였다. 이동국의 초기 송신전력의 결정은 기지국으로부터 입력되는 RSSI 를 기준으로 연산 과정을 통하여 송신전력을 결정한다. 하지만 사용하고자 하는 전력과 출력되는 전력은 다소 차이가 발생할 수 있다. 이것은 시스템의 자체 잡음전력과 입력되는 RSSI 의 변화에 의해 정확한 전력을 사용할 수 없기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 제안한 RF Calibration 알고리즘을 통해 불안정한 송신전력의 문제를 해결하였다.

RF Calibration 을 통하여 차세대 이동통신 시스템에서 이동국이 CDMA 에서 WCDMA 망으로 이동하고 다시 WiBro 망으로 이동한 후 다신한번 CDMA 망으로 핸드오버 하는 상황을 가정하여 시뮬레이션 해본 결과 CDMA 망은 24 dBm을 기준으로 -0.2dB에서 +0.3dB, WCDMA은 29dBm을 기준으로 -0.3dB에서 +0.1dB, WiBro는 23dBm을 기준으로 -0.4dB에서 +0.1dB로 오차범위를 갖는 것을 확인할 수 있었다.

논문에서 제안한 RF Calibration 알고리즘을 통하여 얻어진 2 ~ 3dB 정도의 이득은 차세대 이동통신 시스템의 채널용량을 증가시킬 수 있고, 이동국의 소비전력을 감소시킬 수 있으며, 인접시스템과의 간섭을 감소시켜 통화품질을 개선 할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김완태, 박기식, 조성준, “차세대 이동통신 시스템에 PAPR 감소 기법을 적용한 다항식 사전왜곡 기법에 관한 연구,” *한국항공학회 논문집, 제14권*

호, pp. 684 - 690, 2010년 10월.

- [2] 김진희, 정지범, 김한주, “세계 이동통신 단말기 시장 환경 변화 및 경쟁구도 분석,” *IDFIND 주간기술동향*, 2005.
- [3] 최진성, “차세대 단말기를 위한 SDR 기반의 통신모뎀 구조 TREND,” *표준기술동향*, 2005.
- [4] 박문양, 유현규, 외 13명, “1~5 GHz대역 직접변환 다중밴드 통합 칩 기술개발,” *한국전자통신연구원 연구 보고서*, 2003년 2월.
- [5] 이상근, 조봉열, 여운용, “쉽게 설명한 3G/4G 이동통신 시스템,” *홍릉과학출판사*, 2008년.
- [6] TIA/EIA-98-D, "Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Mobile Stations," June, 2001.
- [7] 옥윤철, “CDMA(Code Division Multiple Access),” *진한도서*, 2003년.

## 김 완 태 (金 完 泰)



·2005년 2월 : 한국항공대학교 대학원 졸업(공학석사)

·2005년 1월~2007년 2월 : (주) 모드맨 CDMA 단말기 개발.

·2007년 3월 ~ 2009년 2월 : 서일 대학 겸임교수

·2007년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교

대학원 박사과정

관심분야 : 무선통신, 이동통신, 차세대 이동통신

## 조 성 준 (趙 成 俊)



·1969년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과 졸업(공학사)

·1975년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학 전공 졸업(공학석사)

·1981년 3월 : 오사카대학 대학원 통신공학전공 졸업(공학박사)

·1972년 8월~현재 : 한국항공대학교

항공전자 및 정보통신공학부 교수

관심 분야 : 무선통신, 이동통신, 환경전자공학, 이동무선 인터넷