

---

# Multi-Core Mobile 시스템구조와 비선형 특성 분석

김완태 · 박비호 · 조성준

한국항공대학교 대학원 정보통신공학과

Analysis of Multi-Core mobile system structure and nonlinear characteristic

Wan-tae Kim · Bee-ho Park · Sung-joon Cho

Dept. of Inform. & Telecom. Eng., Graduate School of Korea Aerospace University

E-mail : {r0238, beho10, sjcho}@kau.ac.kr

## 요 약

최근 모바일 시스템은 하나의 단말로 다양한 서비스망에서의 운용을 위해 Multi-core 시스템 형태로 연구되고 있다. 따라서 하나의 단말로 WCDMA, GSM, WiBro 를 지원할 수 있는 모바일 시스템들이 출현할 것으로 예상된다. 다양한 서비스망을 지원하기 위한 모바일 시스템은 SoC(System on Chip) 기술과 더불어 하나의 칩셋으로 구현이 가능하며 그에 따른 모뎀 구조가 필요하다. 또한 하나의 단말로 서로 다른 주파수 대역에서 운용되어야 하므로 시스템의 비선형 특성과 각 주파수 대역에 따른 비선형 특성이 문제가 된다. 본 논문에서는 Multi-core 시스템의 모뎀 구조를 제안하고 시스템이 갖는 비선형 특성에 대하여 분석하였다. Multi-core 시스템의 구조는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 과 MC-CDMA(Multi Carrier-Code Division Multiple Access)를 기본 시스템으로 하여 구조를 제안하였고 시스템이 갖는 비선형 특성은 PSD(Power Spectral Density)를 이용하여 분석하였다.

## ABSTRACT

Recently, a multi-core system is studied for single terminal's operations on various service networks for mobile systems. Therefore, it is expected that mobile systems capable of supporting WCDMA, GSM, and WiBro would be developed. Mobile systems for supporting various service networks is able to be implemented on a single chipset via SoC(System on Chip) technology, thus a noble modem design proper for SoC technology is necessary. As those systems shall be operated at different frequency band with only a single terminal, a problem that a nonlinear characteristic according to the system and its frequency band is occurred. In this paper a noble modem design for multi-core systems is proposed and the nonlinear characteristics for those systems is analysed. The proposed modem design is based on OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) and MC-CDMA scheme. And nonlinear characteristic analysis is done by PSD measurement.

## 키워드

OFDM, MC-CDMA, PAPR, Multi-Core

## 1. 서 론

최근 4세대 이동 통신은 다양한 멀티미디어 서비스를 하나의 서비스로 통합 하려는 연구가 진행 되고 있다[1]. LTE 표준에서는 CDMA를 기반으로 한 이동통신 서비스와 OFDM을 기반으로 한 WLAN, WiBro 서비스를 통합하려는 연구가 진행 중 이다[2]. 하지만 두 시스템의 특성과 데이터 전송 속도에 대한 차이로 인해 표준화가 지연

되고 있으며, 두 시스템의 주파수대역이 다르다는 것이 표준화 진행에 지연요소로 작용하고 있다. 하지만 많은 콘텐츠 들은 사용자들의 요구에 맞추어 두 망에서 동시에 사용될 수 있도록 개발되고 있고 두 서비스 망의 로밍에 대한 연구가 활발히 진행 중 이다. 본 논문에서는 하나의 단말로 CDMA 방식과 OFDM 방식의 서비스를 높은 데이터로 지원할 수 있도록 하기위한 모뎀 구조를 제안하고 시스템의 PSD특성에 대하여 분석한다.

## II. 본 론

### 2.1 MC-CDMA System

MC-CDMA 시스템은 부반송파를 이용하여 기존의 CDMA 방식에 비해 월등히 높은 데이터 속도를 지원할 수 있도록 구현된 시스템이다. MC-CDMA의 응용은 두 가지 측면으로 해석해 볼 수가 있다. 첫 번째로 각 부반송파에 서로 다른 Walsh 코드를 사용함으로써 여러 사용자에게 동시에 데이터를 전송할 수 있도록 구현할 수 있고 다른 하나는 동일한 Walsh 코드를 사용함으로써 한명의 사용자에게 높은 데이터속도의 서비스를 제공할 수 있도록 구현 할 수 있다.

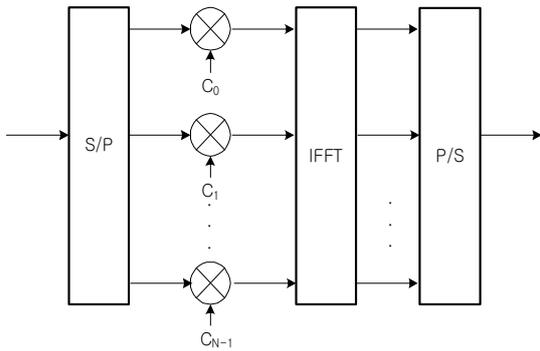


그림 1. MC-CDMA 시스템 송신 블록도

그림 1과 같이 MC-CDMA 시스템에서는 입력된 변조데이터에 부반송파 변조를 위해 S/P 과정을 거치게 된다. S/P 과정은 시스템에서 요구하는 데이터 속도에 따라 그 수를 결정할 수 있다. S/P가 수행된 N개의 데이터 열은 Walsh 코드를 곱하여 N개의 부반송파로 다중화 과정을 수행한다. 수행 과정은 다음과 같이 정의할 수 있다 [3].

$$s_k(n) = \sum_{q=0}^{N-1} b_k C_q e^{j2\pi nq/N}, 0 \leq n \leq N-1 \quad (1)$$

식(1)에서  $b_k$ 는  $k$ 번째 데이터 이고  $C_q$ 는 Walsh 코드이며, N은 부반송파 개수이다. 식에서 다중 사용자를 위한 시스템의 경우  $C_q$ 는 서로 다른 Walsh 코드가 곱해지고, 높은 데이터 속도를 위한 단일 사용자일 경우 동일한 Walsh 코드가 곱해지게 된다.

### 2.2 OFDM System

OFDM 시스템은 높은 데이터 속도를 지원하기 위해 사용되며 시스템 특성상 대용량 데이터 전송에 적합하고 페이딩 채널환경에 강해 많은 분야에 응용되고 있다. 그림 2는 OFDM 시스템의

시스템 구성도 이다. 입력데이터는 S/P 변환기에 의해 병렬데이터로 변환되고 b개의 비트들은 각 복소수를 형성한다. 복소수들은 IFFT에 의해 기저대역에서 각각의 부반송파를 변조하고 전송을 위해 다시 직렬데이터로 변환된다. 다중경로 왜곡에 의해 발생하는 ISI를 최소화 하기위해 보호구간을 삽입하고 저역통과 필터를 거쳐 전송된다. 수행 과정은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$s_n(j) = \sum_{n=-G}^{N-1} x_n(j) \quad (2)$$

$$= \sum_{n=-G}^{-1} \sum_{k=0}^{N-1} X_k(j) e^{j2\pi k(N+n)/N}$$

$$+ \sum_{n=0}^{N-1-N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k(j) e^{j2\pi kn/N}$$

식(2)에서 N은 IFFT 크기,  $X_k(j)$ 는  $j$ 번째 OFDM 심볼의  $k$ 번째 부반송파이고, G는 보호구간이다. OFDM 시스템에서는 부반송파의 직교성을 유지하기 위해 보호구간을 삽입한다.

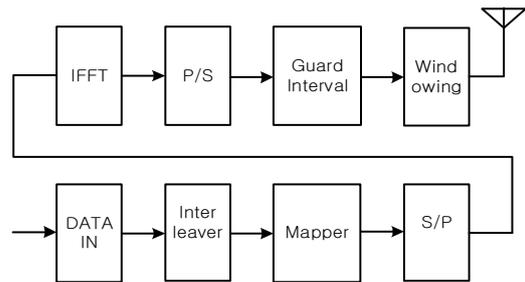


그림 2. OFDM 시스템 송신 블록도

### 2.3 PAPR

IFFT를 이용한 다수의 부반송파는 동일한 위상을 갖는 신호를 생성시키므로 PAPR 문제가 발생된다. PAPR은 시스템 구현 시 ADC와 DAC의 복잡도를 증가시키고 시스템의 비선형 특성에 영향을 미친다. 특히 전력증폭기와 비선형 소자를 통과하며 주파수 스펙트럼의 Out-of-band 방출 현상이 심각하게 나타나므로 인접대역에 영향을 미친다. MC-CDMA와 OFDM 시스템은 다수의 부반송파를 사용 하므로 PAPR 문제가 심각하게 발생될 것으로 예상된다. 두 시스템에서 발생하는 PAPR은 신호의 최대치와 평균치의 비로 해석하며 다음과 같이 정의된다[4].

$$PAPR = 10 \log_{10} \frac{\max |s(t)|^2}{E[|s(t)|^2]} (dB) \quad (3)$$

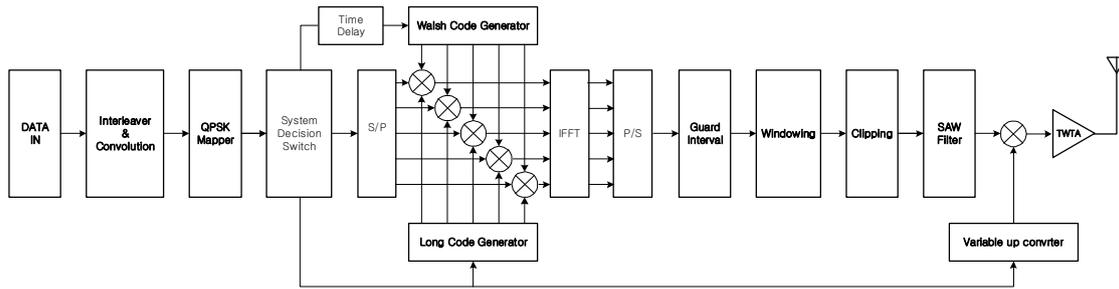


그림 3. 제안하는 Multi-core system

식 (3) 에서  $E[|s(t)|^2]$  는 신호의 평균 전력을 나타내고  $\max|s(t)|^2$  은 신호의 최대전력을 나타낸다.

#### 2.4 Multi-core system 제안

논문에서 제안하는 Multi-core system 은 그림 3과 같이 MC-CDMA 와 OFDM 시스템을 하나의 구조로 구성하였다. 두 시스템의 공통점은 IFFT 를 이용하여 부반송파를 발생시킨 후 입력 데이터를 다수의 부반송파에 실어 보내는 것이다. 입력된 데이터는 채널에서 발생하는 연접에러와 비트 오류를 보완하기 위해 interleaver 와 convolution 과정을 수행한 후 mapper 를 거쳐 변조된다. 변조된 데이터는 system decision 을 통해 MC-CDMA 와 OFDM 시스템 중 하나의 시스템으로 결정된다.

입력된 데이터가 MC-CDMA 를 지원해야 하는 경우 시스템이 전송하고자 하는 데이터 속도에 따라 S/P의 병렬 개수가 정해지고 재배치된 병렬 데이터에 CDMA 시스템의 특징인 long code 가 곱해진다. 여기서 단일 사용자일 경우 long code 는 같은 값으로 곱해지고 다중 사용자일 경우 서로 다른 code 가 더해진다. 또한 일정한 시간차를 두고 Walsh code 가 곱해진다. Walsh code 또한 long code 와 마찬가지로 다중사용자일 경우 서로 다른 값이 곱해지고 단일 사용자일 경우 동일한 code 값이 곱해진다. IFFT의 수행은 다수의 부반송파를 사용하므로 부반송파들간의 직교성 유지를 위하여 보호구간과 windowing 과정을 거치고 PAPR 방지를 위해 clipping 과정을 수행한다. MC-CDMA 방식은 주로 800MHz, 1.9GHz 대역에서 사용되므로 variable up convrter를 800MHz 와 1.9GHz로 조정한다.

System decision 블록에서 OFDM 방식을 이용하는 데이터로 결정될 경우 시스템에 정의된 부반송파의 개수를 이용하여 IFFT 를 수행하고 보호구간과 windowing 을 수행하고 PAPR 방지를 위하여 clipping 을 수행한다. OFDM 방식은 주로 2.3GHz, 2.4GHz, 5GHz에서 사용되므로

variable up convrter는 그에 맞추어 주파수를 조정하고 전력 증폭기를 통과한 후 전송한다.

### III. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 하나의 모바일 시스템으로 MC-CDMA와 OFDM 방식을 모두 지원할 수 있는 Multi-core system 구조를 제안하였다. 제안한 시스템의 시뮬레이션은 표 1과 같은 조건으로 수행하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

System	Parameter	
	MC-CDMA	OFDM
User	One	One
Frequency	1.9GHz	2.4GHz
IFFT size	1024	1024
Modulation	QPSK	QPSK
Band width	5MHz	10MHz

Multi-core 시스템은 IFFT를 수행 하므로 높은 PAPR 이 발생되며 전력증폭기의 비선형 특성에 의해 스펙트럼의 Out-of-band 방출현상이 심각해 지므로 PSD를 이용하여 시스템 특성을 분석해보았다. 전력증폭기의 모델은 다음과 같이 TWTA 를 모델링하여 분석하였다 [5].

$$A(r) = 1.9638r / (1 + 0.9945r^2) \quad (4)$$

Multi-core 시스템은 지원하고자 하는 서비스에 따라 2.4GHz와 1.9GHz 모두를 지원해야 하므로 시스템 선택은 랜덤한 상황을 고려하여 시뮬레이션을 수행하였고, PAPR은 7[dB]를 가정하였다.

2.4GHz 대역에서 10MHz 대역폭을 이용하여 OFDM 방식을 이용할 경우 스펙트럼은 그림 4와 같이 -66[dB] 정도의 결과를 얻었고, 1.9GHz 대역에서 5MHz 대역폭을 이용하여 MC-CDMA 방식을 이용할 경우의 스펙트럼은 그림 5와 같이 -68[dB] 정도의 결과를 얻었다.

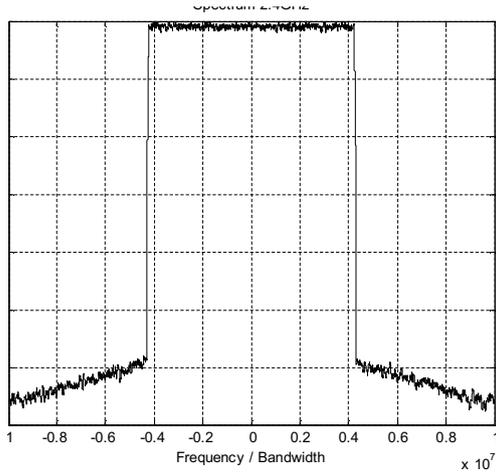


그림 4. OFDM 을 이용한 Multi-core system 스펙트럼

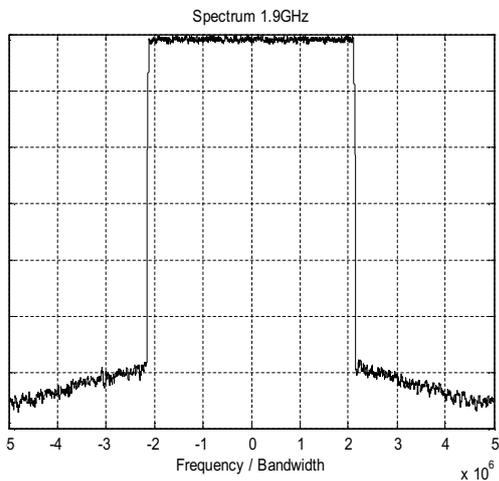


그림 5. MC-CDMA 을 이용한 Multi-core system 스펙트럼

#### IV. 결 론

본 논문에서는 하나의 단말을 이용하여 다양한 서비스를 지원할 수 있도록 Multi-core 시스템의 모델구조를 제안하였다. 제안된 시스템은 2.4GHz 대역의 OFDM 방식의 서비스와 1.9GHz 대역의 CDMA 방식을 모두 지원할 수 있도록 구조를 제안하고 기존의 CDMA 시스템의 데이터 지원속도 문제를 해결하기 위해 MC-CDMA 구조로 모델링하였다. Multi-core 시스템은 2.4GHz에서 OFDM 방식을 이용한 10MHz 대역폭에서 단일 사용자가 1024개의 부반송파를 이용하여 데이터를 전송할 경우 시스템이 가지는 PAPR 7[dB]에서의 시뮬레이션 결과 -66[dB] 정도의 PSD가 발생하는 것을 알 수 있었고, 1.9GHz에서 MC-CDMA 방식을 이용한 5MHz 대역폭에서의 시스템 운용은 단일 사

용자가 1024개의 부반송파를 이용하여 데이터를 전송할 경우 -68[dB] 정도의 PSD가 발생하는 것을 알 수 있었다. 이 결과는 WiBro 시스템에서 요구하는 -50[dB]에 비해 -16[dB] 정도 낮은 값이며 CDMA 시스템에서 요구하는 -45[dB]에 비해 -23[dB] 정도 낮은 값이다. 따라서 제안된 Multi-core 시스템은 OFDM 방식과 MC-CDMA 방식을 하나의 단말로 구성하여도 기존의 시스템들이 갖는 PSD 에 비해 높은 성능을 가지므로 시스템 운용이 가능하다.

#### 참고문헌

- [1] 김경호 "LTE 단말 모뎀 기술 및 동향," *대한전자공학회 논문집*, 36(2), pp. 105-120, 2009년2월.
- [2] Sanchez, J.J., Morales-Jimenez, D., Gomez, G., and Enrambasaguas, J.T., "Physical layer performance of long term evolution cellular technology," *Mobile and Wireless Communications Summit*, 2007. 16th IST, 1-5 Jun 2007.
- [3] Kurnaz, C., Gokalp, H., "MC-CDMA system performance for different frequency selective channels," *Signal Processing and Communications Applications*, SIU 2007., IEEE 15th 11-13 June 2007.
- [4] R. D. J. V. Nee, "OFDM codes for peak-to-average power reduction and error correction," *GLOBECOM*, vol. 1, pp. 740-744, 1996.
- [5] A. Saleh, "Frequency-independent and frequency dependent nonlinear models of TWT amplifiers," *IEEE Transaction on Communications*, vol. 29, no. 11, Nov. 1981.