

OFDM 기반 광대역 멀티미디어 단말의 전력절감 효율 분석에 관한 연구

*문재필, 이은서, 김동환, 이재식, 장태규
중앙대학교 전자전기공학부

e-mail : moonjp@dmc.cau.ac.kr, tgchang@cau.ac.kr

Investigation of Power Saving Efficiency for the OFDM Based Multimedia Communication Terminal

*Jae-Pil Moon, Eun-Seo Lee, Dong-Hwan Kim, Jae-Sik Lee, Tae-Gyu Chang

School of Electrical and Electronics Engineering
Chung-Ang University

Abstract

An investigation on power consumption of a mobile multimedia system using OFDM and MDVS technique is reported here. Analysis and simulation are performed to find the significances of proposed Microscopic Dynamic Voltage Scaling(MDVS) technique[4] on digital processor in terms of power saving. A study is also made to show power reduction in mobile multimedia system by incorporating OFDM modulation scheme in RF front-end. Finally, overall power consumption by functionally distinguished blocks ie. RF front-end, digital processor and human interface unit is shown here. Total power consumption is 8.2W for 2Mbps SD-quality WCDMA multimedia video service - the power consumption of digital processor is 3.9W(48%), the power consumption of RF front-end is 3.2W (36%), and the power consumption of interface is 1.8W(16%). Power saving of applying purposed MDVS technique is 35% in digital processor, and power saving of OFDM technique is 10-12dB in RF front-end.

I. 서론

무선 멀티미디어 광대역 시스템은 현재의 데이터 서비스 속도 보다 여러 방면에서 더 많은 고속의 서비스가 요구되고 있다. 특히, 멀티미디어 통신은 제한된 대역폭과 데이터 속도에 많은 의존도를 가지고 있다. 멀티미디어 통신의 bit-rates는 음성을 위해 수 kbps, HDTV를 위해 20 Mbps가 필요하다. 이러한 상황에서 더 많은 데이터 전송속도를 위해 무선 채널 환경의 ISI를 극복하지 못하게 되는데, 이를 위해서 OFDM 등의 기법을 사용하여 ISI의 영향을 줄일 수 있다. 시스템의 전체 소모 전력을 줄이고 고속의 데이터 전송을 위해 모듈레이션 기법과 멀티미디어 신호 처리등이 파워 소모를 줄이는데 사용될 것이다.

멀티미디어 시장의 빠른 성장과 새로운 모바일 단말의 어플리케이션 개발은 멀티미디어 단말의 전력 소모에서의 절감과 관계가 많다. 특히 배터리의 수명이 모바일 멀티미디어의 중요한 인자가 되었다. [1] [2]. 전력 소모를 줄이기 위해 배터리 수명을 늘리기 위한 추가적인 연구가 필요하지만, 배터리 기술에서의 성장은 더딘 편이라 하겠다. 그렇기 때문에 전체 소모전력을 줄이기 위해 모바일 단말에서의 전력 소모를 분석하고 OFDM 및 DVS등에 의해 전력 소모를 줄이기 위한 연구가 필요하다.

Dynamic Voltage Scaling (DVS)과 Dynamic

Threshold Voltage (DTV) 구조가 유용한 전력 절감 기술이기 때문에, 멀티미디어 시스템에서 널리 사용되고 있다. [1][2][3]. 근래에는 많은 저전력 시스템이 DVS 기술에 의한 동작 시스템에 기반하고 있다. [4] 그러나 이러한 시스템에서 멀티미디어 데이터의 처리하기 위해 microscopic 기법을 이용하는 데에는 적합하지 않다. DVS에 기반한 저전력 멀티미디어 시스템 구조는 요구하는 프로세싱의 미비한 변화에 전압과 동작 주파수 값을 조절하는 구조를 가진다. [5]

본 논문에서는 high-quality의 멀티미디어 통신을 위한 전력 소모 프로파일을 도출하고, OFDM과 microscopic DVS 기법으로 신호 처리와 모듈레이션 기법에서 얼마나 많은 전력 소모 절감을 얻을 수 있는지를 도출하였다. 실제 통신 시나리오를 적용하여, 전력 소모 프로파일을 분석하였다.

II. Model for Power Consumption Profile

멀티미디어 서비스를 위한 모바일 단말의 전력 소모 분석을 위해 모델을 제시하였다. 크게 세가지 전력 소모 블록으로 나눌 수 있다. (1) 신호의 송수신을 위한 RF front-end, (2) baseband와 멀티미디어 신호 처리를 위한 digital processor, (3) human interface devices. 가 그것이다. 그림 1에서는 모델을 도시하였다. 각 전력 소모 블록은 동작 프로파일, air interface, Quality-of-Service (QoS), service의 형태 등의 통신 패러미터를 이용하여 모델링 하였다. 환경 변수들은 실제 분석을 통한 모델에 포함된 통신 시나리오에 기반한다.

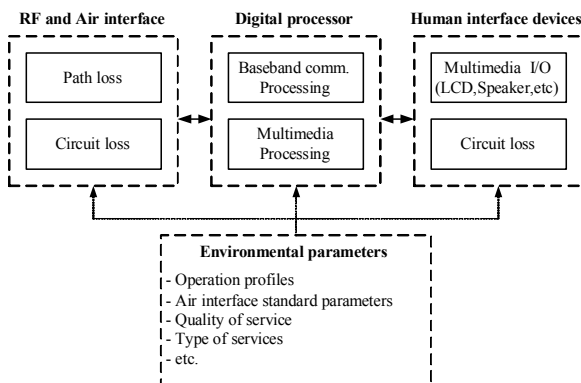


그림1: 전력 소모 프로파일 모델

2.1 RF Front-End

RF front-end는 변조된 신호를 증폭하기 위해 전력을 소모한다. 전력 소모의 양은 증폭된 신호와 증폭기의 전력 효율의 최대 전력 레벨에 의해 구해진다. 음성을 위한 최대 전력 레벨은 약 125mW이고, WCDMA air interface에서 사용되는 고속 데이터 서비스를 위해서는 250mW이 된다. 전압 증폭기의 효율

은 Peak to Average Ratio (PAR)의 값을 사용하여 구해진다. 출력 전압은 PAR (dB)과 관련되며, 식 (1)에 나타내었다. [6]

$$W_{pd} = P_{out} (2 \times 10^{PAR/10} - 1) \quad (1)$$

전압증폭기의 효율은 다음과 같이 정의된다.

$$\eta_{pa} = \frac{P_{out}}{P_{out} + W_{pd}} \quad (2)$$

W_{pd} = dissipated power

P_{out} = output power

η_{pa} = Efficiency of power amplifier

2.2 Digital Processor

Digital Processor는 baseband와 멀티미디어 신호 처리를 위해 사용한다. Digital Processor의 전력 소모는 알고리즘의 MIPS(million instructions per second)에 비례하며, WCDMA에서는 baseband 신호처리로 평균 100MIPS가 소요된다. 멀티미디어 신호처리는 서비스의 형태에 따라 표1과 같이 나타낼 수 있다. [7]

표1: WCDMA에서의 서비스 형태에 따른 MIPS와 bit-rate

Type of service	Bit rate	MIPS
Speech(AMR NB)	12.2kbps	50
Audio(MPEG-4 AAC LC)	>32kbps	50
Video(H.263 prof.3 lev.10)	64kbps	120
Video(SD-quality)	2Mbps	2,000

2.3 Human Interface Devices

Human interface devices는 크게 LCD 패널과 스피커로 나눌 수 있으며, 평균 전력 소모는 표2와 같다. [8]

표2: HID(human interface devices)의 평균 전력 소모

Type of Device	Average Power Consumption
LCD Panel	50mW/inch ²
Speaker	25 μW/Hz

where inch = length of diagonal of LCD in inches

III. Power Reduction using Microscopic DVS

Digital Processor의 전력 소모의 대부분은 전압의 스위칭에 의해 일어난다. DSP, ASIC과 같은 디지털 논리회로는 CMOS의 스위칭 전압을

식 (3)에 의해 주어진 것과 같이 나타낼 수 있다. k는 switching activity factor이고, CL은 load capacitance, V는 supply voltage, f는 동작 주파수를 나타낸다. [2]

$$P_{dyn} = kC_L V^2 f \quad (3)$$

전력 소모를 줄이기 위한 가장 효율적인 방법 중 하나는 낮은 전압을 사용하는 것이다. 왜냐하면, 식 (3)에 나타난 것과 같이 전력 소모는 공급 전압의 제곱에 비례하기 때문이다. 또한 동작 주파수는 공급전압의 감소가 switching delay time을 증가시키기 때문에 줄어들 것이다. 뿐만 아니라, 전력 소모를 더 줄이는 효과를 가져온다. 전압의 최적 레벨과 프로세서의 최적 동작 주파수는 프로세서 효율을 알아야 한다. reference[4]에 따르면 DVS를 사용한 경우에 멀티미디어 프로세싱에서 평균 35%의 전력 절감 효율을 얻을 수 있다.

IV. Power Reduction using OFDM

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)은 무선 통신에서 변조 기법이 사용된다. OFDM 기법의 사용으로 radio 채널 환경에서 높은 데이터 전송률을 보낼 수 있게 된다. OFDM은 wideband modulation 기법으로 다중경로에 의한 문제를 해결할 수 있다. 하나의 wideband내에 병렬의 narrowband 신호를 겹침에 의해 이루어진다. 송신 채널의 증가는 더 높은 데이터 전송률을 가져올 수 있고, 심볼의 길이를 길어지게 할 수 있다. 심볼의 길이를 길어지게 하면, 결과적으로 반사된 파장에 의한 Intersymbol Interference에 의한 영향을 줄일 수 있다. [10]

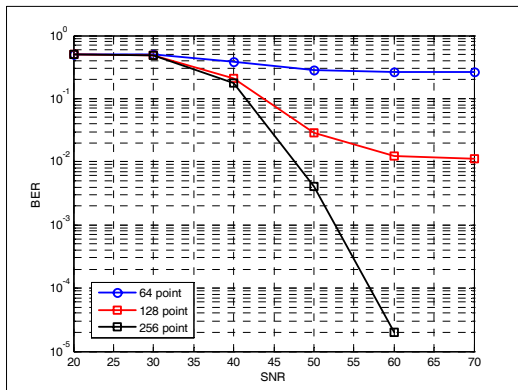


그림2. IFFT/FFT point에 따른 OFDM 성능

그림2는 심볼의 길이를 늘리기 위해 반송파의 개수를 늘려서 ISI에 의한 영향을 줄어드는 것을 볼 수 있다.

멀티미디어 통신에서 고속, 양질의 디지털 모바일은 이동 중에도 가능하도록 요구되고 있다. 수신단에서 원신호가 약해지는 것을 막아야만 한다. 단순한 디지털 시스템은 다중경로 환경에서는 잘 동작하지 않는다. OFDM은 이를 해결하기 위해 효율적인 인터리빙에 의해 burst error를 분산시키고 모든 채널을 많은 narrow band의 부분송파로 나누어 전송함에 따라 다중경로에서의 Intersymbol Interference(ISI)에 강한 성질을 가진다. [10]

Matlab Simulink 를 이용하여 OFDM 환경을 모델링하였다.[9] 레일리 페이딩 환경에서 16-QAM 모듈레이션을 사용한 경우 OFDM을 사용한 경우와 사용하지 않았을 때의 BER performance를 그림3에 나타내었다. 표3에 나타난 것과 같이 일정 bit error에서 10에서 12dB의 전력 소모를 절감하는 것을 볼 수 있다.

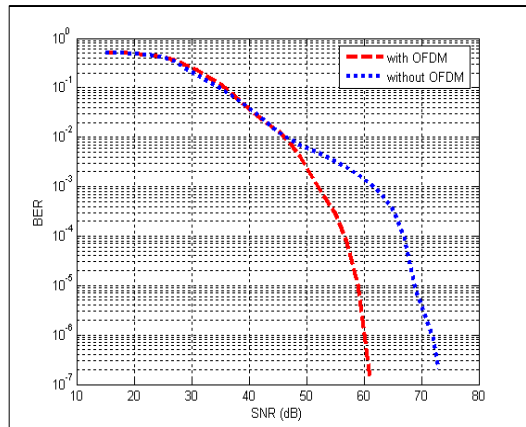


그림3: OFDM의 사용유무에 따른 16-QAM 변조기법을 이용한 레일리 페이딩 환경에서의 BER 성능

표3: 특정 BER에서의 전력소모 절감

BER	With OFDM (dB)	Without OFDM (dB)	ΔSNR (dB)
10 ⁻³	52	62	10
10 ⁻⁴	56	66	10
10 ⁻⁵	58	68	10
10 ⁻⁶	60	72	12

V. Discussion of Results

이 장에서는, 각 블록에서의 전력 소모와 전력 분포에 대한 결과를 분석하였다. 각기 다른 데이터 서비스 통신 시나리오에 따른 전체 소모 전력을 표4에 나타내었다.

표4: 통신시나리오에 따른 전력소모 프로파일

Comm. Scenario	RF front-end	Digital processor	Interface	Total
Speech comm..	1.6W	3.3W	0.2W	5.1W
Audio streaming	2.5W	3.3W	0.8W	6.6W
Video	3.2W	3.9W	1.8W	8.9W

여기서 주목할 점은 speech communication에 비해 high quality의 비디오 어플리케이션이 1.7 배 많은 배터리 전력이 요구된다는 것이다. 전력 소모 프로파일에서 디지털 프로세싱은 high quality의 멀티미디어 서비스의 전체 소모 전력의 약 44%를 요구하며, 전압 증폭기는 36%을 요구한다.

DVS 기술과 OFDM 기법에 의해 전력 절감은 49%(i.e., $0.44 \times 0.35 + 0.36 \times 0.937$)를 절감할 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 여러 가지 통신 시나리오에 대해서 모바일 단말의 전력 소모 프로파일을 제시하였다. 디지털 프로세서를 위한 전력절감 기술이 유용하며, OFDM기반의 DVS를 사용함에 따라 high-speed 멀티미디어 단말에서는 약 49%의 전력이 절감됨을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과와 같이 전체 소모전력 중 디지털 신호처리와 모듈레이션 기법이 많은 부분을 차지한다. 차후 논문에서는 전력 효율 절감을 위해서 본 논문에서 제시한 모바일 단말에서의 전력 소모 프로파일을 기반으로 빔포밍 기법을 적용한 OFDM에서의 전력소모 분석에 관한 연구를 수행할 것이다.

참고문헌

[1] Chandrakasan, A.P.; Sheng, S.; Brodersen, R.W., "Low-power CMOS digital design," IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 27, pp. 473-484, April 1992.

[2] Chandrakasan, A.P.; Gutnik, V.; Xanthopoulos, T., "Data driven signal processing: an approach for energy efficient computing," International Symposium on Low Power Electronics and Design, pp. 347-352, Aug. 1996.

[3] Seongssoo Lee; Sakurai, T., "Run-time Voltage Hopping for Low-power Real-time Systems," Proceedings of Design Automation Conference, pp. 806-809, June 2000.

[4] Byoung-Il Kim and Tae-Gyu Chang "APower Reduction Technique based on the Microscopic Dynamic Voltage Scaling (DVS) of Multimedia Signal Processors, ICI 2005.

[5] Seongssoo Lee; Sakurai, T., "Run-time Voltage Hopping for Low-power Real-time Systems," Proceedings of Design Automation Conference, pp. 806-809, June 2000.

[6] E. McCune, "System Implications of Heat in Wireless High-Speed Data Networks," IEEE RAWCON 2000 Conference Proceedings, Denver, CO, September 2000.

[7] INTEL PXA27x Product manual, <http://www.intel.com/>.

[8] Project report, "Digital Convergence Platform (DCP) workshop", 2005

[9] MATLAB User's Guide, <http://www.mathworks.com/>.

[10] Richard Van Nee, OFDM for wireless multimedia communications, Artech House Publishers, 2000