

저전력 모바일 멀티미디어 시스템 구조 설계에 관한 연구

A design of a low power mobile multimedia system architecture

이은서*, 이재식**, 김병일***, 장태규****

Eun-Seo Lee, Jae-Sik Lee, Byung-Il Kim and Tae-Gyu Chang

Abstract - For the low-power design of the mobile multimedia system architecture, this paper modeling the mobile multimedia system and analysis the power consumption profile about the whole communication environment. The mobile system model consist of air interface, R/F front-end, base-band processing module and human interface. For the result of power consumption profile analysis, the power consumption of multimedia processing is above 60% compare to the whole power consumption in mobile multimedia system. To minimize the power consumption in processing module which consumes the large power, this paper proposed the Microscopic DVS technique which applies the optimum voltage for the each multimedia frame. For the simulation result, proposed power minimization technique reduce the power consumption about 30%.

Key Words : Microscopic DVS, Air interface, RF front-end, Processing power, Mobile, Low power

1. 서론

휴대폰을 중심으로 한 이동통신단말에서 다양한 고품질 멀티미디어 서비스에 대한 수요가 증가함에 따라 이를 뒷받침하는 멀티미디어 기반 기술의 요구가 증대되고 있다. 하지만 이를 위해서는 신호처리 연산부담이 증가하고, on-air 신호의 peak-to-average ratio가 커지는 등의 소비전력의 증대를 야기하여 휴대 이동단말의 구현에 있어 커다란 기술 장벽으로 대두되고 있는 실정이다. 특히 상대적으로 느린 배터리 기술의 발전 속도를 고려할 때, 저전력 소비를 위한 단말의 구현 구조를 도출하는 연구는 광대역 이동 멀티미디어 통신 환경에서 배터리 사용 시간을 통용할 수 있을 정도로 유지하기 위해 수행할 필요성이 크다 하겠다. 이에 본 연구에서는 전력 소모가 일어나는 모바일 멀티미디어 시스템의 구성 요소들을 Air interface, RF Front-end, Processing module과 같은 각 기능 블록 단위로 분류하고, 각각 기능블록에 대한 전력 프로파일을 분석하였고, 특히 멀티미디어 처리과정에 있어 전력 소비를 줄이기 위한 기법으로 Microscopic DVS 기법을 제시하였다.

2. 광대역 멀티미디어 이동단말 환경에서의 RF/Air interface 전력 소모 프로파일 분석

본 연구에서는 WCDMA 이동단말 시스템을 대상으로 전력소모 프로파일을 얻기 위해 단말 및 통신 환경에 대하여 기능요소에 따른 모델링을 수행하였으며, Operation profiles,

Air-interface 변수, QoS 변수들에 따른 복합적인 영향을 고려한 전력소모 프로파일을 얻기 위한 연구를 수행하였다. 이하에서는 광대역 멀티미디어 이동 단말 환경에서의 RF/Air interface 전력 소모 프로파일 분석의 세부 연구내용에 대해 기술하였다.

2.1 광대역 멀티미디어 이동 통신 단말 및 통신환경 모델링

전력 소모 프로파일에 포함되는 변수들로 Operation profile은 통신환경 변수 (urban, suburban, rural), 단말의 mobility, coverage, capacity를 포함하며, 그림 1과 같이 Air interface 변수로 frequency band, modulation scheme, channel structure 및 processing gain을 포함하며, QoS 변수로는 전송률(12.2kbps, 144kbps, 384kbps)과 service type(voice, low-rate data, high-rate data)을 포함한다.

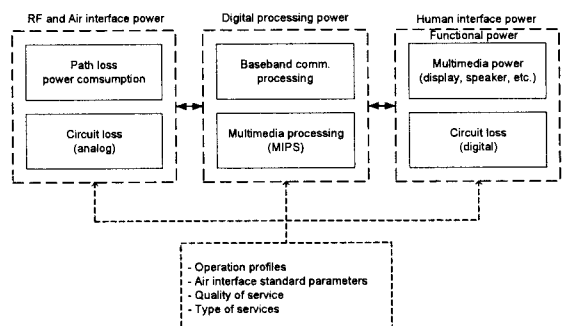


그림 1. Wideband mobile terminal 환경의 power consumption profile

저자 소개

*中央大學 工科學科 博士課程

**中央大學 工科學科 工博

***中央大學 工科學科 博士課程

****中央大學 工科學科 教授·工博

다음 절에서는 그림 1과 같이 모델링한 멀티미디어 이동 통신 단말 환경을 기반으로 하여 각각의 모듈에 따른 전력소모 프로파일을 분석 하였다.

2.2 이동 통신 단말 환경에서의 전력 소모 프로파일 분석

본 연구에서는 멀티미디어 서비스를 위한 이동 단말의 전력 소모를 분석하기 위해 전력 소모가 일어나는 이동 통신 단말 구성요소를 크게 signal의 송수신을 위한 RF front-end, 멀티미디어 신호 처리를 위한 digital processor 그리고 human interface devices로 구분하고 각각의 모듈별 전력 소모 프로파일의 분석하고 산출하였다.

2.2.1 RF Front-end

RF Front-end 모듈은 모듈레이션 된 신호의 증폭과정에서 전력을 소비하게 된다. 전력 소모량은 증폭된 신호의 최대 파워 레벨과 증폭기의 파워 효율에 의해 결정된다. WCDMA 표준의 air interface 에서 최대 파워 레벨은 음성신호에 대해 약 125mW, 고용량 데이터 서비스에 대해 250mW 정도이다. 또한 파워 증폭기의 효율과 출력 파워는 Peak-to-Average Ratio(PAR) 값에 따라 결정되며 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

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

따라서 파워 증폭기의 효율은 식(2)와 같이 정의 된다.

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

where

Wpd = dissipated power

Pout = output power

η_{pa} = Efficiency of power amplifier

2.2.2 Digital Processor

두 번째 기능 모듈인 디지털 프로세서에서의 전력 소모는 알고리즘의 million instructions per second(MIPS)에 의해 결정된다. 디지털 프로세서는 baseband 와 멀티미디어 신호처리 과정에 사용되며, WCDMA 표준에서는 baseband 신호 처리를 위해 약 100MIPS 정도가 소모된다. 멀티미디어 신호 처리 과정에 필요로 하는 MIPS는 서비스 종류에 따라 달라지며, 그 예를 표 3에 나타내었다.

표 1. WCDMA 표준에서 서비스 종류에 따른 MIPS and 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 | 2000 |

2.2.3 Human interface devices

멀티미디어 서비스를 위한 사용자 인터페이스 장치로서 본

연구에서는 LCD 패널과 스피커를 고려하였다. 사용자 인터페이스 장치의 전력 소모량은 표 2에 정리하여 나타내었다.

표 2. 사용자 인터페이스 장치의 전력 소모량

| Type of Device | Average Power Consumption |
|----------------|---------------------------|
| LCD Panel | 50mW/inch ² |
| Speaker | 25 μ W/Hz |

where

inch = length of diagonal of LCD in inches

위와 같이 산출한 WCDMA 환경에서의 이동 통신 단말의 전력 소모 프로파일을 이용하여, 본 연구에서는 기능 블록 별로 전력 소비량을 계산하였다. WCDMA 표준에 대해 PAR이 8.6dB로 가정하면 식(1)을 이용해 음성과 데이터 서비스에 대한 전력 소비량은 표 3과 같이 나타낼 수 있다.

표 3. 파워 증폭기의 전력 소비량

| Type of service | WCDMA (QPSK) |
|-------------------------------|--------------|
| Voice(12.2kbps) | 1.6W |
| High-rate data(above 144Kbps) | 3.2W |

또한 MIPS 당 전력 소비가 6mW/MIPS라고 가정하면, 각각 다른 데이터 서비스에 따른 전력 소비량은 표 4와 같이 나타낸다.

표 4. 디지털 프로세서의 전력 소비량

| Type of service | MIPS | Power consumption |
|----------------------|------|-------------------|
| Baseband processing | 500 | 3W |
| Speech(AMR NB) | 50 | 0.3W |
| Audio(MPEG-4 AAC LC) | 50 | 0.3W |
| Video(H.263 prof.3) | 150 | 0.9W |
| Video(SD quality) | 2000 | 12W |

위의 결과들을 바탕으로 여러 서비스에 대한 통신 단말 전체 전력 소비량은 표 5과 같이 정리할 수 있다.

표 5. 다양한 데이터 서비스에 따른 통신 단말 전체의 전력 소모량

| Comm. Scenario | Power amp. | 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 streaming | 3.2W | 3.9W | 1.8W | 8.9W |
| Video playing | 3.2W | 12W | 5.6W | 20.8W |

표 5에의 결과에서 알 수 있듯이 과거의 단순 음성통신에서부터 미래의 고용량의 멀티미디어 서비스로 서비스의 범위가 확장됨에 따라서, 디지털 프로세서에서 소모되는 전력이 차지하는 비율이 최대 60%까지 증가하는 것을 알 수 있다. 다음 장에서는 본 절에서 분석한 멀티미디어 통신 단말의 전력 소모 프로파일 중 디지털 신호 처리 과정에 있어 전력 절감을 위해 제안한 Microscopic DVS 기법에 대해 기술하고, 성능 분석 및

3. Microscopic DVS 전력 절감 기법

DVS를 이용한 종래의 저전력 기술은 스토리지, 메모리, 디스플레이, 파일 등과 같은 컴퓨팅 환경에서의 리소스 들을 대상으로 하고 있으며, 리소스 들의 처리 및 제어 과정을 task 단위로 구분하여 시스템 레벨에서 OS의 scheduling에 의해 동작 전압 및 주파수를 변화시켜 전력 절감 효과를 얻는 것이 주류를 이루는 방법이었다. 이러한 DVS 기법에서는 리소스 들의 처리 및 연산량에 대해 상대적으로 긴 task 단위로 반영되는 macroscopic한 분포특성에 기반하여 저전력 제어가 이루어진다는 특징을 가지고 있다. 이에 반해 본 연구에서는 수십 밀리초(ms) 내외의 짧은 멀티미디어 신호 실시간 처리 단위, 즉 프레임 단위로 DVS 전력 제어를 수행하는 기법을 제시하고 이를 Microscopic DVS 기법이라 칭하였다. 본 논문에서는 멀티미디어 알고리즘의 연산 특성을 활용한 DVS 기법 확립을 위해 멀티미디어 알고리즘의 연산 특성을 분석하고 ARM 프로세서를 대상으로 microscopic DVS 기법의 전력 절감 효율을 검증하였다. 이하에서는 본 논문에서 제시한 Microscopic DVS 제어구조에 대한 세부 연구 내용에 대해 기술하였다. 본 연구에서는 멀티미디어 알고리즘의 프레임별 연산 특성을 고려하여 전력 절감 효과를 극대화시킬 수 있는 microscopic DVS 제어기법을 그림 2(c)와 같이 제시하였다.

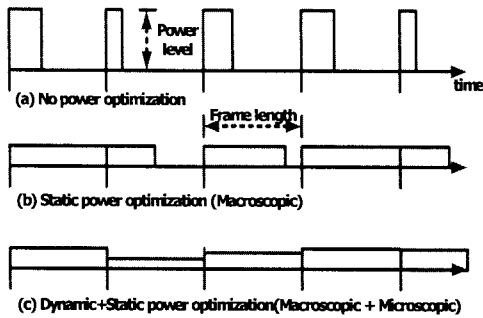


그림 2. 본 연구에서 제시한 Microscopic DVS 제어 기법의 적용 예시

ARM RISC 프로세서를 대상으로 MPEG-4 AAC 오디오 인코더 알고리즘과 MPEG-2 비디오 디코더 및 오디오 인코더 알고리즘을 대상으로 본 연구에서 제시한 저전력 제어 기법을 적용한 경우의 전력 절감 효율을 시뮬레이션과 해석식을 통한 비교 검토를 수행하여, 그림 3에서 나타낸 바와 같이 제시한 기법의 유용성을 확인하였다.

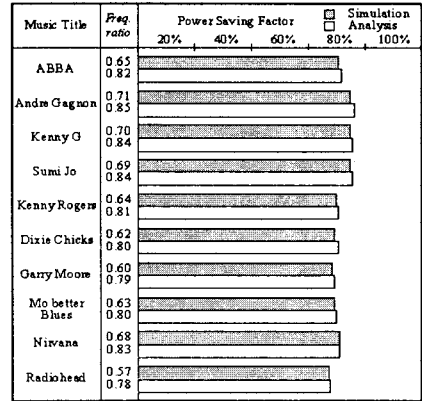


그림 3. 이종레벨 DVS 제어를 통한 MPEG-2 AAC 오디오 인코더의 전력절감율 실험결과 (ARM 프로세서 대상)

그림 3에서와 같이 오디오 알고리즘 처리 시 약 30% 정도의 전력 절감 효율을 얻을 수 있었으며, 각 오디오 장르에 따라 전력 절감율이 조금씩 다른 이유는 같은 오디오 파일이더라도 매 프레임별 연산량에 차이가 있기 때문이다.

4. 결론

본 논문에서는 저전력 모바일 시스템 구조 설계를 위해, 전력 소모를 야기하는 모바일 시스템 모듈을 Air interface, R/F front-end, base-band processing module, human interface로 구성하여 통신 환경 전반을 반영한 각 모듈별 전력 소모 프로파일을 분석 연구하였다. 특히, 특히 프로세싱 모듈에는 멀티미디어 프레임별로 최적화된 voltage를 적용하는 Microscopic DVS 기법을 제시하고 이를 적용하여 멀티미디어 처리과정에 있어 전력 소모를 최소화 하였다. 전력 소모 프로파일 분석 결과 멀티미디어 데이터 처리를 위한 전력 소모는 통신 단말 전체 소모 전력의 60% 이상을 차지한다는 연구 결과와, 멀티미디어 알고리즘 처리시 30% 이상의 전력 절감 효과를 얻을 수 있는 Microscopic DVS 기법의 연구 결과는 고용량 데이터 서비스를 위한 이동 통신 환경에 적용 시 소비 전력에 큰 절감 효과를 가져올 것으로 기대할 수 있다.

참고 문헌

- [1] 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.
- [2] Seongsoo Lee, Sakurai, T., "Run-time Voltage Hopping for Low-power Real-time Systems," Proceedings of Design Automation Conference, pp. 806-809, June 2000.
- [3] E. McCune, "System Implications of Heat in Wireless High-Speed Data Networks," IEEE RAWCON 2000 Conference Proceedings, Denver, CO, September 2000.