

모바일 프로세서를 위한 전력 관리 솔루션

이성수 (송실대학교)

I. 서론

최근 들어 스마트폰 및 스마트 디바이스의 급격한 보급에 힘입어 모바일 프로세서의 중요성이 나날이 높아지고 있다. Graphic User Interface (GUI) 또는 User Experience (UX)로 불리는 그래픽 기반의 사용자 인터페이스와 외부에서 다운로드받아 실행할 수 있는 모바일 앱을 가장 큰 특징으로 하는 스마트폰 및 스마트 디바이스는 강력한 연산 능력을 가진 모바일 프로세서를 필요로 하며, 이에 따라 모바일 프로세서가 소모하는 전력도 크게 증가하고 있다.

음성 통화를 주 목적으로 하는 기존 휴대폰에 비해 스마트폰 및 스마트 디바이스는 무선 인터넷과 모바일 앱의 사용이 빈번하게 일어나기 때문에 기존 휴대폰에 비해 배터리 사용 시간이 크게 짧아지고 있다. 스마트폰이나 스마트 디바이스는 기존 휴대폰에 비해 상대적으로 용량이 큰 배터리를 탑재하고 있음에도 불구하고 동영상 감상한다든가 게임을 즐기게 되면 불과 수 시간 만에 배터리가 모두 소진되는 문제점을 가지고 있다.

기존 휴대폰은 3G나 Wi-Fi의 전력 소모가 가장 컸던데 반해, 스마트폰 및 스마트 디바이스는 모바일 앱을 실행하는 모바일 프로세서의 전력 소모가 무선 통신 칩의 전력 소모와 거의 비슷한 수준에 도달하고 있다. 일례로, 완전히 충전된 아이폰4의 경우, 3G 망을 통한 전화 통화 가능 시간이 6시간 정도인데 반하여 무선 통신을 전혀 사용하지 않는 게임 앱의 실행 가능 시간은 4시간 정도에 불과하다. 따라서 스마트폰 및 스마트 디바이스에 탑재되는 모바일 프로세서를 위한 전력 관리 솔루션의 중요성이 크게 주목받고 있다.

또한 노트북 사용자가 크게 증가하고 사용자 층도 전문가에서 일반인으로 확산됨에 따라 화면 크기와 성능을 중시하던 경향에서 점차 휴대에 용이하도록 가볍고 얇은 울트라씬

노트북의 인기가 급격하게 높아지고 있다. 이러한 울트라씬 노트북은 크기가 작아서 대용량 배터리를 장착하기 어려운 반면에, 울트라씬 노트북을 사용하는 사람은 대부분 번거로운 전원 어댑터를 사용하고 싶지 않아하면서도 웹서핑과 같은 가벼운 작업을 커피숍, 지하철, 자동차 등과 같은 다양한 실내 환경에서 오랫동안 사용하고 싶어하기 때문에 모바일 프로세서의 전력 소모를 크게 줄일 필요가 있다. 따라서 노트북에 탑재되는 모바일 프로세서를 위한 전력 관리 솔루션의 중요성도 크게 주목받고 있다.

모바일 프로세서를 위한 전력 관리 솔루션은 크게 Power Management IC (PMIC)로 불리는 전력 공급 칩과 Dynamic Voltage Scaling (DVS)으로 불리는 전력 제어 기법으로 나눌 수 있다. 스마트폰이나 스마트 디바이스는 그 특성상 카메라, GPS, 가속도 센서, 터치 스크린, 다수의 무선통신 칩 등 다양한 전압을 사용하는 많은 수의 칩이 매우 작은 기기 내에 집적되기 때문에, 모바일 프로세서의 전력 소모를 줄이는 것도 중요하지만 이에 못지않게 많은 수의 칩에 효율적으로 전원을 공급하면서도 전원 공급 칩과 이에 따른 수동 소자의 크기와 개수를 줄인 PMIC 솔루션의 중요성이 더욱 강조된다.

이에 반하여 크기의 제약이 비교적 적고 스마트폰이나 스마트 디바이스에 비해 강력한 성능의 모바일 프로세서를 탑재하는 노트북의 경우에는 모바일 프로세서의 전력 소모 자체를 줄이는 DVS 솔루션이 더욱 강조된다. 본 고에서는 PMIC와 DVS 각각에 대해 시장에서 주로 보급되고 있는 상용 제품을 중심으로 자세히 살펴보고자 한다.

II. 모바일 프로세서를 위한 PMIC

최근 들어 모바일 프로세서를 위해 개발되고 있는 PMIC의

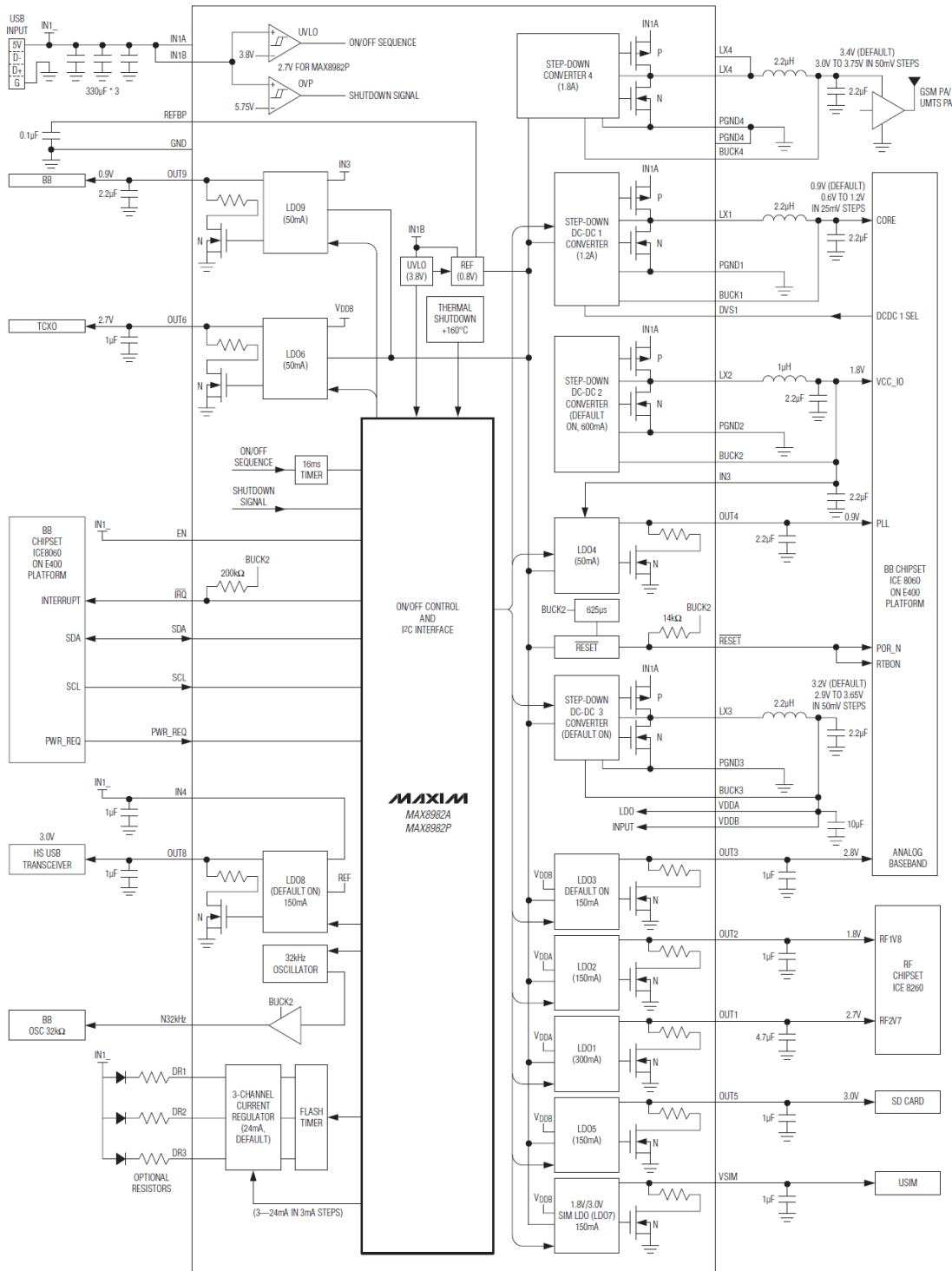


기술 추세는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 배터리 충전 기능 및 프로세서 전력 공급 기능의 단일 칩 집적
- 스마트폰 및 스마트 디바이스의 잔여 동작 가능 시간을 파악하기 위해 배터리 충전 잔량의 정밀 측정
- 스마트폰 및 스마트 디바이스를 구성하는 디스플레이, 메

모리, 어플리케이션 프로세서, 햅틱 모터, 카메라 모듈, 플래시 광원 등 다양한 소자를 위해 다수의 독립적인 전압과 전류를 단일 칩으로부터 제공

- 모바일 프로세서의 전력 소모를 최소화하기 위한 Dynamic Voltage Scaling (DVS) 지원
- 특정 타겟 모바일 프로세서를 위한 맞춤형 PMIC의 설계



<그림 1> MAX8982 칩 [3]

이러한 경향을 단적으로 보여주는 예는 Maxim 사의 PMIC 솔루션인 MAX8997 칩이다. 2011년 3월 Mobile World Congress (MWC)에서 발표된 MAX8997 칩은 삼성전자의 듀얼코어 모바일 프로세서인 Exynos4210 칩을 위한 전용 PMIC 칩으로서, 전력 공급 관리와 배터리 충전에 필요한 다양한 펌웨어 및 회로와 함께 시스템 로직을 통합하고 있어 스마트폰 및 스마트 디바이스 설계자에게 강력하고 효율적이지만 간편하고 쉽게 시스템을 구성할 수 있는 전력 관리 솔루션을 제공하고 있다.

MAX8997 칩은 7개 고효율 스텝 다운 컨버터, 21개 저전압강하 선형 레귤레이터(LDO), 배터리 충전기, micro-USB 인터페이스, 알람 기능이 내장된 RTC, 촉각 피드백 모터 드라이버, 카메라 플래시 LED 드라이버, 12개 범용 I/O (GPIO) 및 프로그래밍을 위한 I2C 인터페이스를 단일 칩에 통합하여 부품의 크기와 개수를 크게 줄이면서도 모바일 프로세서에 효율적인 전력 공급 및 관리 기능을 제공하고 있다^[1].

또한 Maxim 사는 가까운 시일 내에 Intel의 Atom 프로세서를 위한 PMIC 솔루션인 MAX8958 칩을 공개할 예정으로 알려져 있다. MAX8958 칩은 Intel의 저전력 모바일 프로세서인 Atom Z6xx 칩과 Intel SM35 Express Chip을 위한 전용 PMIC 솔루션으로서, 2개 Quick-PWM 비디오 컨트롤러 전원, 3개 고효율 스텝 다운 컨버터, 13개 저전압강하 선형 레귤레이터(LDO), 알람 기능이 내장된 RTC, 프로세서 플랫폼 사이드밴드 신호, 통신 모듈을 위한 클록 출력, 백업 배터리 충전기 및 프로그래밍을 위한 SPI 인터페이스를 단일 칩에 통합해 부품의 크기와 개수를 크게 줄이면서도 모바일 프로세서에 효율적인 전력 공급 및 관리 기능을 제공하고 있다^[2].

MAX8997 칩과 MAX8958 칩은 각각 Exynos4210 칩과 Atom Z6xx 칩을 위한 전용 PMIC 솔루션이기 때문에 데이터 시트나 블록도가 공개되지는 않았으나, 비슷한 개념으로 개발된 MAX8982 칩의 데이터시트를 보면 스마트폰이나 스마트 디바이스용 모바일 프로세서를 위한 PMIC가 어떠한 기능과 구조를 가져야 하는지를 대략 파악할 수 있다.

MAX8982 칩은 ICERA E400 Platform 전용으로 개발된 PMIC 솔루션으로서 4개 고효율 스텝 다운 컨버터, 9개 저전압강하 선형 레귤레이터(LDO), 3개 전류 레귤레이터 및 프로그래밍을 위한 I2C 인터페이스를 단일 칩에 통합하였다^[3]. 여기에서 눈여겨보아야 할 것은 4개 고효율 스텝 다운 컨버터 중에서 1개는 DVS 지원 기능이 내장되어 있다는 점이다. 이 컨버터는 0.9V에서 1.2A를 공급할 수 있으며, 0.6V에서 1.2V까지 25mV 단위로 전압 제어가 가능하고 slew rate control 기능도 내장되어 있다. 이 컨버터는 효율적인 DVS 지원을 위해 프로그래밍이 가능한 32개의 전압 옵션을 제공한다.

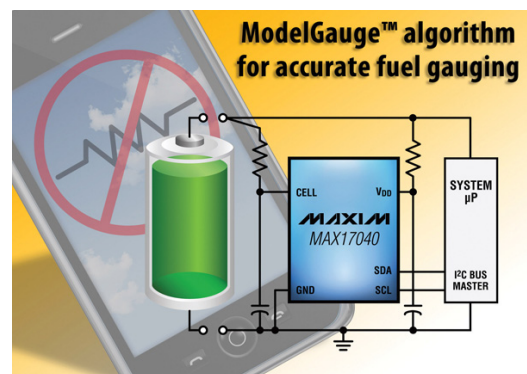
3개 전류 레귤레이터는 디스플레이 등을 점차적으로 어둡

게 할 수 있도록 24mA까지 8개 Dimming Current Option을 내장하고 있으며, 이를 위해 Embedded Flash Timer를 가지고 있다.

9개 저전압강하 선형 레귤레이터(LDO)는 각각 E400 Platform을 구성하는 다양한 칩과 모듈이 필요로 하는 전용 전압과 전류를 공급하도록 설계되었다. <그림 1>은 MAX8982 칩의 application circuit과 functional diagram을 나타낸 것인데, E400 플랫폼을 구성하는 다양한 칩과 모듈을 MAX8982 칩 하나를 통해 전력을 공급하고 있음을 알 수 있다. MAX8982 칩의 경우 배터리 충전 기능까지 결합되어 있지 않지만, MAX8997 칩이나 MAX8958 칩의 경우 배터리 충전 기능이 내장되어 있으며, 점차 모바일 프로세서를 위한 PMIC 솔루션은 배터리 충전 기능 및 프로세서 전력 공급 기능을 단일 칩으로 집적하는 방향으로 나아가고 있음을 알 수 있다.

모바일 프로세서를 위한 PMIC 솔루션의 주요 기능 중 하나는 배터리 충전 전량의 정밀 측정이다. Maxim 사가 제공하는 ModelGauge 기술은 <그림 2>와 같이 배터리에서 공급되는 전류를 측정하기 위한 저항을 제거하고 전압 측정만을 사용하며, 이로부터 발생할 수도 있는 오차를 제거하고 정밀도를 높이기 위해 배터리의 충방전 모델이 칩 내부에 탑재함으로써 기존의 배터리 전량 측정 칩이 필요로 하는 수동 소자의 수를 크게 줄일 수 있다^[4].

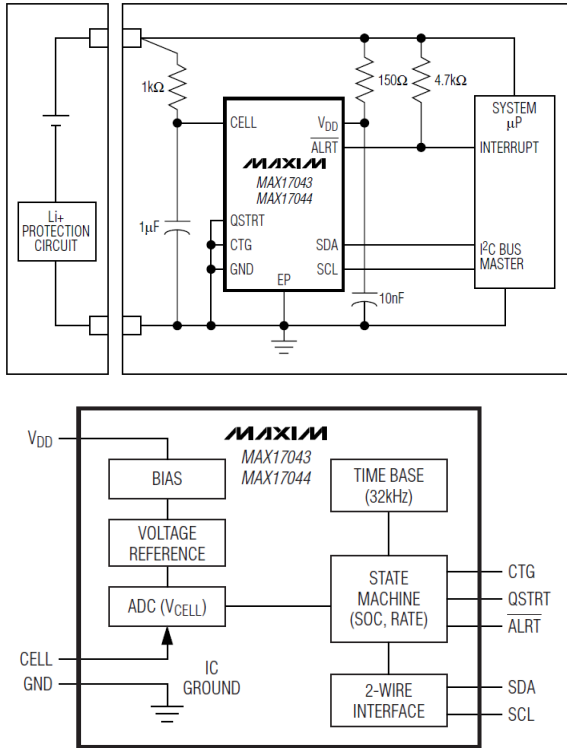
Maxim 사의 MAX17044 칩은 단순한 전압 또는 전류 측정 칩이 아니라 <그림 3>과 같이 배터리 충방전 모델이 state machine의 형태로 내장되어 있으며, I2C를 통해 배터리 전량을 모바일 프로세서에 전송한다^[5].



<그림 2> Model Gauge 기술^[4]

Ⅲ. 모바일 프로세서를 위한 DVS

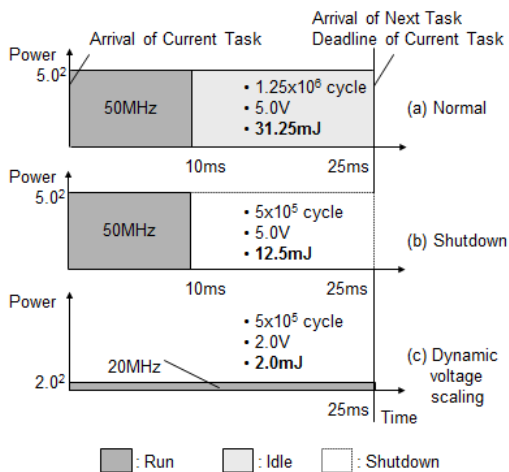
모바일 프로세서에서 사용되고 있는 가장 보편적이기도 효율적인 전력 관리 솔루션은 Dynamic Voltage Scaling (DVS)이다. 일반적으로 시스템의 전력 소모는 공급 전압의



〈그림 3〉 MAX17044 칩^[5]

제곱에 비례하기 때문에 공급 전압을 낮추는 것은 전력 소모를 줄이는 데 매우 효과적이지만, 공급 전압이 낮아지면 회로의 지연 시간이 늘어나기 때문에 시스템의 동작 속도가 느려지게 된다. 그러나 시스템의 부하가 낮을 경우에는 굳이 시스템을 최대 동작 속도로 높이지 않아도 되므로, 시스템의 동작 속도는 시스템의 부하를 만족할만한 수준까지 최대한 낮추고, 이에 따라 공급 전압도 낮춤으로서 〈그림 4〉와 같이 시스템의 전력 소모를 크게 줄일 수 있다. 이것이 DVS의 기본 개념이다^[6].

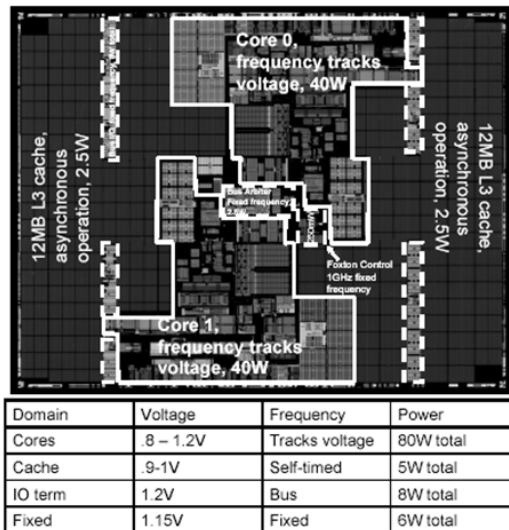
프로세서에 DVS를 가장 잘 적용하고 있는 회사로는 Intel



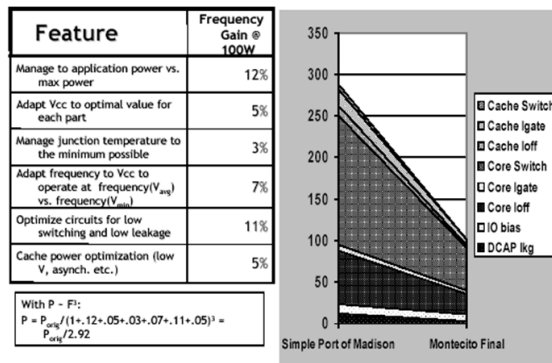
〈그림 4〉 Dynamic Voltage Scaling^[6]

사를 들 수 있다. Intel사는 오래전부터 SpeedStep이라는 이름으로 DVS 기술을 개발하여 자사의 프로세서에 적용해왔으며, Core i7 프로세서에도 적용되고 있다^[7]. 최근의 프로세서는 대부분 멀티코어를 채용하는 분위기인데, 이 경우 그림 5처럼 각각의 코어를 포함한 다수의 전력 영역 (power domain)으로 나눈 다음 각각의 전력 영역에 DVS 또는 고정 전압을 공급한다^[8]. 〈그림 6〉은 [8] 논문에서 언급된 프로세서의 전력 소모 감소를 나타낸 것인데, DVS뿐만 아니라 저전력 회로 및 캐쉬 등의 효과를 합하여 전력 소모가 1/3 정도로 감소하는 것으로 발표되었다.

DVS를 적용하기 위해서는 프로세서에 가변 전압을 통해 전력을 공급하는 PMIC가 필요한데, 모바일 프로세서의 경우 PMIC의 가격, 크기, 수동 소자의 개수 등 여러 가지 제약이 있어서 그동안은 Intel 사를 제외하고는 그다지 활발하게 적용되지 못한 것이 사실이나, 최근 들어 PMIC의 성능이 좋아지고 수동 소자의 개수 감소, 다수 전력 회로의 단일 칩 집적화, 프로세서 맞춤형 PMIC의 등장 등으로 인하여 많은 모바일



〈그림 5〉 Intel 프로세서 전력영역 분할^[8]



〈그림 6〉 Intel 프로세서 전력소모 감소^[8]

일 프로세서에서 DVS를 적용하거나 적용할 예정으로 있다. 일례로 Intel 사는 N550 모바일 프로세서에, Freescale 사는 i.MX53 모바일 프로세서에, 삼성전자는 Exynos4210 모바일 프로세서에, VIA는 C7-M 모바일 프로세서에, Qualcomm 사는 Snapdragon QSD8672 모바일 어플리케이션 프로세서에 DVS를 이미 적용하여 출시하였거나 출시할 예정이다.

IV. 결 론

본 고에서는 모바일 프로세서에서 전력 소모를 줄이기 위한 전력 관리 솔루션을 PMIC와 DVS를 중심으로 살펴보았다.

최근 들어 스마트폰 및 스마트 디바이스가 널리 보급됨에 따라 특정 모바일 프로세서 및 플랫폼을 위한 전용 PMIC도 개발되기 시작했고, 단일 PMIC가 모바일 프로세서 하나뿐만 아니라 플랫폼 상의 많은 칩과 부품에 전원을 공급할 수 있도록 다채널 다기능화 되어가고 있다. 또한 그동안 모바일 프로세서에서는 제한적으로만 적용되고 있던 DVS도 점차 활발하게 채용되고 있다.

국내 팹리스 업계의 선두 업체들 상당 수가 PMIC 분야에서 두각을 나타내고 있으며 DVS 기술도 국내 연구진의 기술 수준이 세계 최고 수준임을 감안한다면 향후 국내 팹리스 업계에서 모바일 프로세서를 위한 전력 관리 솔루션 분야는 매우 유망할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] "Maxim introduces a power- management IC solution for Samsung's next-generation application processor", Press Information in Mobile World Congress, Maxim, 2011.3.
- [2] "Maxim unveils power-management solution for Intel Atom-based embedded applications", EETimes Europe, 2011.4.12, http://www.electronicseetimes.com/en/maxim-unveils-power-management-solution-for-intel-atom-based-embedded-applications.html?cmp_id=7&news_id=222906854

- [3] MAX8982 Datasheet, "Power- Management ICs for ICERA E400 Platform", Maxim, <http://www.maxim-ic.com/datasheet/index.mvp/id/6968>
- [4] "Compact fuel-gauge ICs deliver accurate estimates of Li+ battery state of charge, 2010.7.13, http://power.eetimes.com/en/compact-fuel-gauges-deliver-accurate-estimates-of-li-battery-state-of-charge.html?cmp_id=7&news_id=222901193
- [5] MAX17044 Datasheet, "Compact, Low-Cost 1S/2S Fuel Gauges with Low-Battery Alert", Maxim, <http://www.maxim-ic.com/datasheet/index.mvp/id/6546>
- [6] 이성수, "소프트웨어 전압 제어를 사용한 저전력 VLSI 시스템의 설계 및 구현", 전자공학회논문지 39권 SD 편 4호, pp.374-385, 2002.4.
- [7] "Intel and Core i7 (Nehalem) Dynamic Power Management", <http://cs466.andersonje.com/public/pm.pdf>
- [8] S. Naffziger, B. Stackhouse, T. Grutkowski, "The Implementation of a 2-Core Multi-Threaded Itanium-Family Processor", ISSCC Digest of Technical Papers, pp.182-183, 2005.



이 성 수

1991년 2월 서울대학교 전자공학과 학사.
 1993년 2월 서울대학교 전자공학과 석사.
 1998년 8월 서울대학교 전기공학부 박사.
 1998년 11월~2000년 3월 Research Associate, University of Tokyo.
 2000년 4월~2002년 8월 이화여자대학교 정보통신학과 연구교수.
 2002년 9월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 부교수.
 <관심분야> 저전력 SoC, 배터리 관리 SoC, 멀티미디어 SoC, H.264/AVC, H.265/HEVC, 바이오/생체 시스템 SoC