

배터리 잔량 측정을 위한 새로운 current-based 기법

신청호, 조준동
성균관대 정보통신공학부

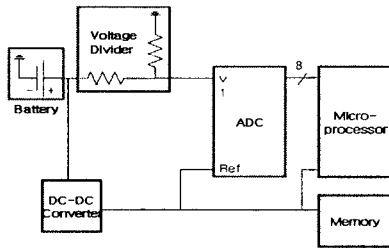
Noble current-based Method for gauging remainder of battery

Chung-Ho Shin, Jun-Dong Cho
School of Information and Communication Engineering
Sungkyunkwan University

Abstract - 배터리 기반 시스템(휴대폰, PDA, 노트북)에서 현재 배터리에 대한 정확한 잔량 표시는 중요하다. 사용자입장에서 언제 배터리를 충전시켜야 하는지 알아야 하기 때문이다. 그런데 지금까지의 배터리 잔량 측정 장치를 보게 되면, 배터리의 전압만을 측정[1]하여 잔량을 표시하는 방식으로서 여기에는 여러 가지 문제점이 있다. 가장 중요한 문제점으로는 순간적인 배터리 전압강하에 따른 실시간적이고 정확한 보상체계가 갖춰져 있지 않다는 점이다. 물론 하드웨어적으로 Schmitt Trigger라는 회로[2]를 구성하여 이를 방지해 놓고 있기는 하지만 Hysteresis margin[3]을 벗어난 값에 대해서는 보상을 해주지 않는다. 이런 보상은 보통 소프트웨어적으로 각 이벤트별 록업 테이블을 만들어서 compensation하고 있기는 하지만, 수많은 이벤트에 대한 보상 값들과 예상치 못한 동작상의 오류를 막을 수는 없다. 따라서 이에 대한 근본적인 대안으로서 본 논문에서는 load current를 측정하여 그에 따른 전압강하를 계산하고 실시간적으로 배터리 전압에 보상을 해주어서 보다 정확한 배터리 잔량 표시를 구현하고자 한다.

1. 서 론

기존의 배터리 잔량 측정은 <그림 1>과 같이 적절한 저항을 사용하여 배터리 전압을 작은 값으로 scaling 한 다음 ADC를 거쳐 디지털 신호로 만드는 것을 Micro-processor에서 읽어들이는 형태였다.



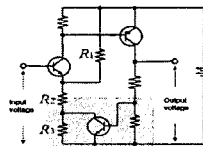
<그림 1> 기존 배터리 잔량 측정 장치 구성도

여기서의 문제점은 load(부하)에 따른 current(전류)를 고려하지 않았다는 점이다. 전류는 크게 10mA 이하의 light load와 100 mA 이상의 heavy load로 구분할 수 있는데, light load에서는 배터리 전압에 크게 영향을 미치지 않아서 문제가 되지는 않는다. 그러나 heavy load 환경에서는 배터리 전압이 순간적으로 drop 되어 왜곡현상을 일으키게 된다. 이런 왜곡현상을 하드웨어적으로 막아준 것이 바로 유명한 슈미트-트리거 회로로서 2개의 threshold voltage를 가지고 hysteresis margin만큼의 보상을 해주게 된다. 본문에서는 슈미트 트리거 회로에 대해 간략히 살펴보고, 그 문제점을 분석한 다음 새로운 current-based 측정기법에 대해 논하고 끝맺음을 맺는다.

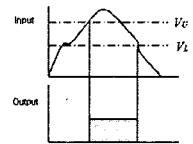
2. 본 론

2.1 Schmitt trigger 회로

슈미트-트리거 회로의 기본적인 구성으로는 <그림 2>와 같이 간단한 TR과 저항으로 이뤄질 수 있으며, R1,R2,R3의 적절한 저항값을 조정함으로써 원하는 Threshold 설정을 할 수가 있다. 슈미트-트리거 회로는 위로 올라가는 경우의 upper voltage threshold와 아래로 내려오는 경우의 lower voltage threshold를 가지며 <그림 3>와 같은 입출력관계를 가지게 된다. 이와 같이 구성하게 되면, upper voltage threshold와 lower voltage threshold 사이의 입력값(노이즈 성분)이 들어오더라도 그 출력값은 그 이전값에 고정되어 흔들리지 않는 특성을 가지게 된다. 이런 현상은 Hysteresis 특성을 가진다고 말하며, 그 threshold 간의 격차를 hysteresis margin 이라고 말한다.



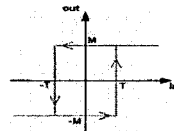
<그림 2> 슈미트-트리거 회로



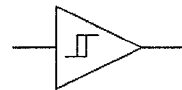
<그림 3> 슈미트-트리거 회로의 입력력 특성

2.1.1 Hysteresis 특성

Hysteresis 특성이란 위에서 언급한 것과 같이 이전 출력값에 영향을 받아 노이즈에 강인한 특성을 보이는 것을 뜻한다. <그림 4>과 같은 것을 hysteresis curve라고 하며, input이 증가하는 경우 upper voltage threshold인 T에서 output M이 나오게 되고, input이 감소하는 경우는 -T에서 output -M이 나오게 된다. 이 때 Hysteresis margin은 2T 가 되게 된다.



<그림 4> Hysteresis is curve

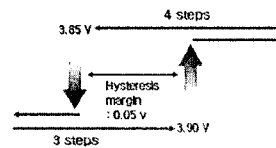


<그림 5> 슈미트-트리거 회로 Symbol

슈미트-트리거 회로의 Symbol은 보통 <그림 5>과 같이 표현하고 있는데, hysteresis curve를 상징하는 그림으로 그려져 있는 것을 알 수 있다. Hysteresis 특성의 장점으로 single threshold 회로에 비해 훨씬 안정적이라는 것을 들 수 있다. single threshold 회로의 경우 threshold 근처에서의 noisy input signal이 output signal을 급격하게 switching 시킴으로서 왜곡된 결과 값을 만들어 내기 때문이다.

2.1.2 Hysteresis margin 을 벗어난 입력의 경우

앞에서 순간적인 입력 변동에 따른 하드웨어적인 보상장치로서 슈미트-트리거 회로를 이용한다고 하였다. 그러나 이 슈미트-트리거 회로에도 한계점이 있는데, 그 것이 바로 hysteresis margin 을 벗어난 입력 값에 대한 보상을 할 수 없다는 것이다. 예를 들어 Li-Ion battery (경격 전압 3.7V)기반의 휴대폰에서의 배터리 display bar(보통 1칸~4칸으로 표시하고 있음)를 살펴보자. 개발자의 spec상에서 보통 배터리 잔량 3칸에서 4칸으로 올라가는 (충전 시) 지점을 3.90 V 로 설정하고, 거꾸로 4칸에서 3칸으로 떨어지는 (방전 시) 지점을 3.85 V 로 설정한다고 가정하자. 그렇다면 <그림 6>과 같이 hysteresis margin은 0.05 V (3.90V - 3.85V)가 되게 된다.



<그림 6> 실제 휴대폰 환경에서의 hysteresis margin

이 말은 3.85V와 3.90 V 사이 0.05V의 입력 노이즈가 생기더라도 기존 출력 값을 유지함으로써 출력 값에 대한 왜곡이 생기지 않는다는 것을 의미한다. 그러나 만약 0.05V 를 넘어서는 Voltage drop 이 일어났을 경우 결국 출력 값은 변하게 되며 왜곡된 출력 값을 가지게 된다는 것을 뜻한다.

2.1.3 실제 휴대폰 환경에서의 Voltage drop의 예

그렇다면 이제, 0.05V를 넘어서는 Voltage drop 이 어느 때 일어나는 지 사례를 들어보도록 하겠다. <그림1>같은 실제 휴대폰 하드웨어 환경에 따라 많은 변수들이 있지만 필자가 구축한 환경에서의 실험결과를 보게 되면 <표1>과 같다.

Event	Voltage Drop 정도	ADC보상값
LCD Backlight 가 켜지는 경우	0.09 V	43
Keypad LED 가 켜지는 경우	0.05 V	34
Motor 가 동작하는 경우	0.09 V	43
Audio amplifier 가 동작하는 경우	0.09 V	43
Power amplifier 가 동작하는 경우	0.18 ~ 0.54 V	85 ~ 255

<표 1> 이벤트 별 Voltage Drop 정도

<표 1>을 보게 되면, 대부분의 이벤트들은 대부분 최소 0.05V 이상의 voltage drop 을 가지는 것을 알 수 있다. 결국 슈미트-트리거 회로로는 정확한 배터리 잔량 측정을 하기 힘들다는 결론이 나오게 되고, 여기서 나온 것이 각 이벤트 별 록업 테이블을 만들어서 소프트웨어적인 보상을 하자는 것인데, 따라서 그에 비례하는 ADC 환산값을 미리 만들어놓고 각 이벤트가 발생할 때마다 보상을 해주고 있다. ADC 값이라는 것은 아날로그 값을 디지털 값인 0부터 255 (8비트 ADC의 경우)로 만든 것이기 때문에 정확한 값은 아니고, 또한 하드웨어 환경에 따라 달라질 수 있다. 또한 <표 1>과 같은 이벤트별 록업 테이블을 일일이 전부 만들기에 한계가 있다.

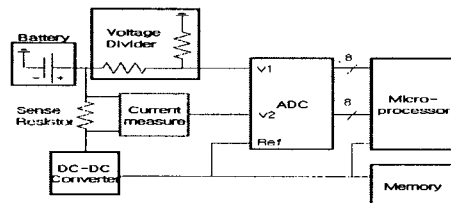
2.2 제안하는 current-based 기법

이제 본 과제에서 제안하고자 하는 current-based 기법을 소개하기로 한다. 그 전에 voltage와 current 측정상의 차이점을 알 필요가 있다. voltage 측정은 multi-meter나 oscilloscope 의 2개의 probe를 이용하여 하나는 기준점이 되는 ground 에 나머지 하나는 측정하고자 하는 node에 병렬로 연결하면 금방 측정이 가능하다. 그러나 current 측정이라는 것은 line상의 pattern을 중간에 끊고서 직렬로 측정을 해야 하기 때문에 사실상 측정이 불가능하거나, 전자기현상을 이용하여 근사적으로 측정을 하게 된다. 일반적으로 embedded design에서 current측정은 sense resistor[4]라는 것을 이용하는데, 임피던스에 영향을 주지 않는 작은 resistor를 중간에 달아놓고 양단의 전압 차이를 측정한다 다음 그 resistance 로 나눠주면 전류 값을 구할 수 있다. 이와 같은 회로는 쉽게 구현할 수 있고, 이렇게 시스템 내에 흐르는 총 전류를 계산할 수 있다면, 굳이 voltage drop 에 따른 록업 테이블을 작성하면서까지 배터리 보상을 해줄 필요가 없다. 왜냐하면 시스템에 흐르는 총 전류(load current)와 voltage drop은 <표 2>와 같이 정확히 비례하기 때문이다.

Event	Voltage Drop
LCD Backlight 가 켜지는 경우	0.09 V
Keypad LED 가 켜지는 경우	0.05 V
Motor 가 동작하는 경우	0.09 V
audio amplifier 가 동작하는 경우	0.09 V
Power amplifier 가 동작하는 경우	0.18 ~ 0.54 V

<표 2> 이벤트 별 Voltage Drop 과 총 전류의 비교

본 과제에서 제안하는 구조의 블록다이어그램은 <그림 7>에 나타내었다. 시스템 전체에 전원을 공급하는 DC-DC Converter(battery 전원 3.7V 를 시스템 전원 1.8V 에 맞게 내려주는 역할을 하는 정전압공급장치) 입력부에 sense resistor를 달아 그 총 전류를 측정한다음, ADC를 거쳐 디지털값으로 환산하여 배터리 voltage drop 에 따른 보상을 하는 방식이다.



<그림 7>제안한 구조의 current-based 배터리 잔량 측정 장치 블록다이어그램

이로서 기본적인 hysteresis margin 이하의 작은 노이즈 입력 level 은 하드웨어적인 슈미트-트리거회로로 보상해주고, hysteresis margin 을 넘어서는 큰 voltage drop 은 굳이 록업 테이블을 만들지 않고서도 실시간적으로 정확한 보상을 할 수 있게 되었다. 이제 기존의 배터리 잔량 측정 방식과 비교하였을 때 어떤 개선 효과가 나오는 지 알아볼 차례이다.

2.2.1 검증 결과 비교

새로운 current-based 기법의 개선 효과를 알아보기 위해서는 우선 각 상황별로 battery 잔량 표시상태를 확인하여야만 한다. 기본적인 예로서 <표 3>와 같이 4가지 케이스를 만들어 보았다.

Event	voltage-based ADC 보상값 (기존 방식)	current-based ADC 보상값 (제안 방식)
휴대폰을 열어서 버튼을 누르는 경우	77	162
벨소리로 오는 call 을 받는 경우	128	170
진동으로 오는 call 을 받는 경우	119	162
벨소리+진동으로 오는 call 을 받는 경우	152	204

<표 3> 각 케이스별 기존방식과 제안방식간의 ADC 보상값 비교

첫번째 경우는 사용자가 휴대폰을 열고 단순히 버튼을 누르게 되는 경우이다. 이 경우, LCD Backlight 와 Keypad LED가 켜지게 될 것이다. <표 1>와 같이 휴대폰 내부에서 록업 테이블이 작성되어 있다면 voltage drop 은 0.09V(LCD Backlight) + 0.05V(Keypad LED) = 0.14V 가 될 것이고, 기존의 방법으로 계산하게 되면 ADC 보상값이 43+34=77 이 될 것이다. 그러나 이 것은 정확한 값이 아니다. 왜냐하면 사용자가 휴대폰을 열고 단순히 버튼을 눌렀다고 해서 LCD Backlight와 Keypad LED만 켜지는 것은 아니기 때문이다. 내부적으로 CPU Core에서 소모하는 전류, 버튼을 내기 위한 audio amplifier에서 소모하는 전류 등을 합하게 되면 총 전류 계산은 다음과 같게 된다. 100 mA(LCD Backlight) + 80 mA(Keypad LED) + 100 mA(Audio Amplifier) + 100 mA (CPU + 기타 소모전류) = 380 mA 이며, 제안된 방식에서 380 mA 는 <표 2>과 같이 비례하는 ADC로 환산하여 380(mA)*255/600(mA) 를 하게 되면 162 이다. 기존 방식에서는 77 을 보상 하였던 것을 제안된 방식에서는 정확한 값인 162 를 보상하게 되었다. 두번째 경우부터 네번째 경우까지는 각각 벨소리, 또는 진동으로 call 이 오는 경우이다. 마찬가지로 방법으로 계산하게 된다면, voltage-based ADC 보상으로 했던 배터리 잔량 측정방법보다 훨씬 정확한 ADC 보상값을 얻을 수 있다.

3. 결 론

배터리 기반의 제품에서 배터리 잔량 측정의 정확성은 중요하며, 기존 방식(voltage-based 기법)과 제안 방식(current-based 기법)을 서로 비교하여 그 개선 결과를 보여주었다. voltage-based 기법에서는 load current에 따른 voltage drop을 제대로 보상할 수 없었고 따라서 본 논문에서 새로운 current-based 기법을 보여줌으로서 기존 방식과의 차별화를 추구하였다. 본 논문의 내용은 출원번호 2007-0041598 "배터리 잔량 측정 장치 및 방법"이라는 제목으로 현재 국내 출원중이며, current-based 라는 획기적인 기법으로서 배터리 잔량 측정에 있어 정확하고 실시간적인 환경을 마련해줄 것이다.

[참고 문헌]

- [1] 이동통신 단말기에서 배터리의 잔량 표시 장치 및 방법, 삼성전자, 출원번호 1999-0044340
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Schmitt_trigger
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Hysteresis>
- [4] High-Side Current-Sense Measurement: Circuits and Principles, MAX IM application note