

Step 충전을 통한 Mobile 기기용 Li-Ion Smart Battery의 LifeCycle 개선방안

김성훈 · 유지윤

고려대학교 전기전자전파공학부, 삼성전자(주)

Lifecycle Improvement Method of Step Charge for Mobile Applications

Sunghoon kim · JiYoon Yoo

Department of Electrical Engineering, Korea University, Samsung Electronics ITS

ABSTRACT

본 논문은 Battery의 열화 특성을 반영한 순차적 Step Charge를 통한, Mobile 기기용 Li-Ion Smart Battery의 Life Cycle 개선기술을 제안 하고자 한다. 현재 기술수준의 Li-Ion 2차전지 수명은 표준충방전 300~500cycle 내외이나, 초기용량을 희생하지 않고도 Smart Battery 내부의 ASOC(Absolute State of Charge)와 연동하여 Battery 수명열화 곡선을 추종하는 최적화된 가변 충전전압을 순차적 Step Charge로 제공하여 Li-Ion 2차 전지의 수명열화를 개선하고, 열화 특성의 검토 및 개선효과 확인을 논문의 목적으로 한다.

1. 서론

Mobile용 IT 기기와 하이브리드 차량 어플리케이션으로 많이 사용되는 Li-Ion Battery는 높은 충방전 효율과, 친환경적인 미래의 대체 에너지원으로서 큰 각광을 받고 있다. IT 기기 및 EV, HEV의 Battery Unit은 용도와 출력에 따라 단위 셀들의 직/병렬 혼합구조로 구성되며, 이 다양한 Array의 Battery Pack은 충방전의 반복에 의해 수명 열화가 발생하며, Pack을 구성하는 단위 셀들의 서로 상이한 전기화학적 특성이 존재하여 팩의 노화 및 성능 저하를 수반한다. 최근 Mobile용 IT 기기의 Design은 Thin & Light Concept을 중시하여 사용자가 배터리 장탈착을 할수 없는 Inner Pack Type이 대부분의 소형 모바일 기기에 채택중 이므로, 실제 Mobile 기기의 수명은 본체에 인입된 내부 배터리의 충방전 수명에 수렴한다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 300cycle 내외의 배터리 수명을 Smart Battery에서 제공하는 Cell 수명열화에 따른 용량과 모델 파라미터의 가변 Factor인 ASOC(Absolute State of Charge)를 따라 연동되는 Smart Step Charge를 구현하여 모바일 기기용 리튬이온 배터리의 수명특성 개선에 대해 연구하였다

2. 본론

2.1 Battery Pack 수명인자 고찰

Li-Ion Battery Pack의 수명을 결정하는 요소는 여러가지가 있으나, 그중 일관성있는 제어가 가능한 부분은 크게 3분야로 요약될 수 있다. (1).Pack design parameter (Current density

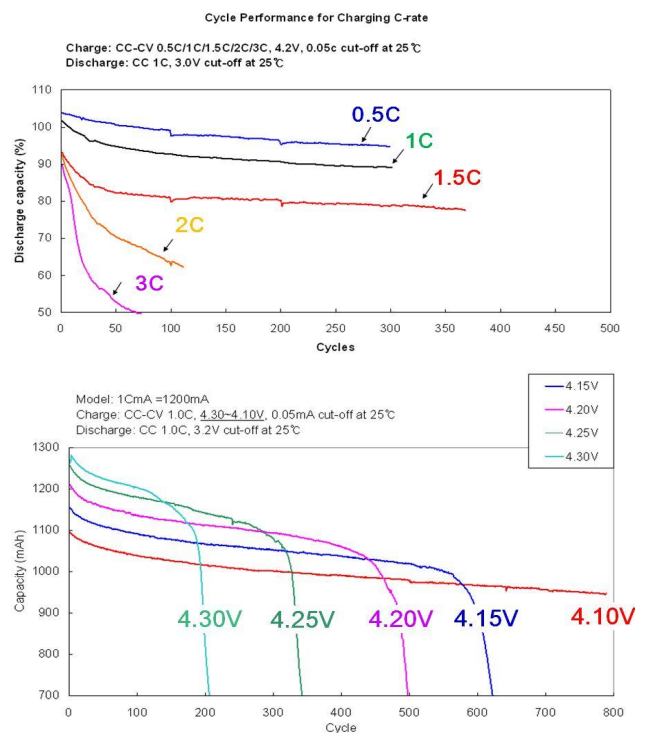


그림 1. C-Rate 및 충전전압별 Li-Ion Cell 수명곡선
Fig.1 Life cycle Charecteristic of C-Rate & Charging Voltage

or Amount of EL)등의 Chemical 적인 방법, 충방전 전압, 전류를 가변하는 (2).Charging condition 제어, 그리고 Smart Battery의 SMBus Data와 연동되는 Parameter 부분을 최적화하는 Charging algorithm 제어로 구분될수 있다. 그림1. 은 충전전류(C-Rate) 및 충전전압에 따른 일반적인 Li-Ion Battery의 수명특성을 측정된 값으로, Standard Condition (1C, 4.2V)에서 값이 낮을수록 Cycle 특성은 개선되는 현상을 확인할수 있다. 위의 방법중 Electrical Engineering 분야에서 접근 가능한 (2).(3)번 방법을 Battery Pack의 수명열화 및 노화곡선과 연동하여 초기 Deisgn 용량의 손실없이 최적화된 충전, 전압 전류를 Battery Pack에 공급하여, 기존 CC-CV충전대비 Smart Step Charging시의 수명개선 효과를 Simulation후 실제 Test를 진행하였다.

2.2 Smart Step Charger 구현

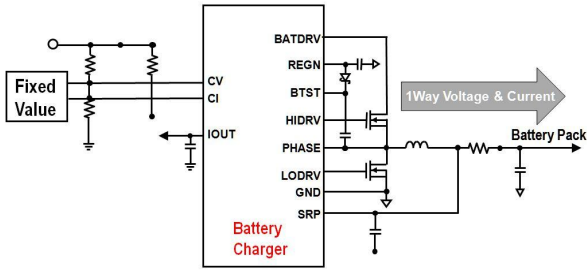


그림 2. 기존 Fixed Value 방식의 Battery Charger
Fig.2 Conventional Fixed Value 1Way Type Charger

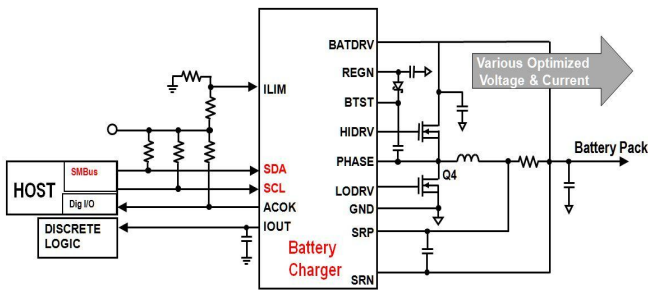


그림 3. Battery 수명열화를 추종하는 Smart Step Charger
Fig.3 Smart Step Charger for BatteryLife declining

그림 2.는 기존 1종류의 Battery 충전전압/전류를 출력하는 Fixed Value Type의 Charger 이며, 그림 3.은 Smart Battery의 ASOC값에 연동하여 충전 전류/전압을 가변하는 Step Smart Charger를 구현하였다.

표 1. ASOC 변화에 따른 충전 전압.전류 파라미터
Table 1. Charging Value Parameter of ASOC Decrease

Item	Level	ASOC	Charging Value	Remarks
System 상세구현	Step 1	100-90%	Charging Voltage: 12.6V Charge Current (12.3V : 0.5C→0.3C)	4.20V/Cell
	Step 2	89-80%	Charging Voltage: 12.45V Charge Current (12.15V : 0.5C→0.3C)	4.15V/Cell
	Step 3	Under 79%	Charging Voltage: 12.3V Charge Current (12.0V : 0.5C→0.3C)	4.10V/Cell

표1.은 Pack 수명열화 진행에 따라 Smart Battery의 ASOC (Absolute State of Charge)감소를 추종하는 충전전압(V)과 충전 C-Rate(I)의 가변하는 Parameter를 보여준다. 충전전류는 CV구간 도달전 C-Rate를 조정하여 Cell이 받는 Stress를 경감시키고 있으며, 충전전압은 Battery Pack의 수명열화값을 참조하여 각 3 Stage의 순차적 Step으로 최적화 하였다. Mobile기 본체의 Host(Micom)부는 I²C 방식으로 SMBus Data Spec을 통해 Smart Battery 내부의 Fuel Gauging IC와 주기적인 통신을하여 필요한 Factor들을 수집하고, Discrete Logic을 통해 Charger Control에 이용한다. Step의 Level 및 상세 Parameter 값은 Pack 내부의 Cell Array 및 Cell Level의 충방전 특성으로 최적화 할수 있으며 초기 수명시는 표준 충방전 요율로 충분한 User 사용시간을 확보하고, Pack의 점진적 수명열화에 대하여 Step 충전으로 변환하여 기존 충전방식 대비 장수명 효과를 구현하게 한다.

2.3 기존 Fixed 방식대비 Smart Step Charger 결과값

아래 그림 4.는 1개의 충전전류 전압만 출력하는 기존 Fixed Value Charger와 본 논문에서 제안된 Smart Step Charger를

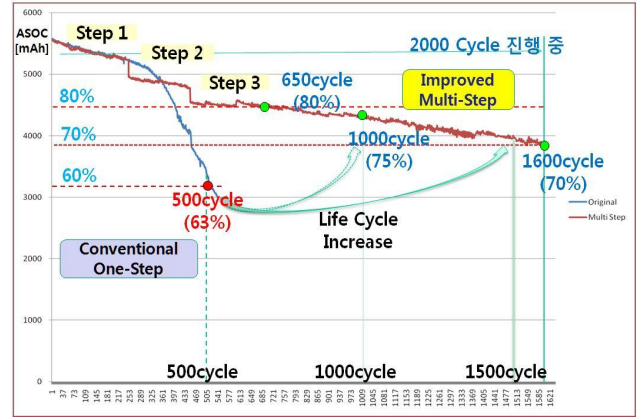


그림 4. 기존방식 대비 개선된 Step 충전시의 수명시험 결과
Fig.4 Lifecycle Result of Fixed vs Smart Step Charger

이용하여 동일한 Battery Pack의 LifeCycle Test를 시행한 결과값을 나타낸다. 실제로 300 Cycle 이후 급격히 감소하는 기존 충전방식 대비, Step 충전방식 구현시 Battery Pack의 수명저하가 명확하게 경감되는 것을 확인할수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 Mobile 기기용 Li-Ion Smart Battery의 Life Factor 및 Pack 수명열화 경과에 연동하는 최적화된 충전 Parameter를 검토하였고, 실제 Smart Step Charger System을 설계하여 전압,전류를 가변하는 Life Cycle Test를 실행한 결과 기존(500 Cycle / 60%) 충전방식 대비 2배 이상의 장수명 효과(1000 Cycle / 70%) 있는것으로 확인되었다. 이 결과는 향후 IT Mobile 기기용 Battery의 수명연장 및 안전성 확보에 의의가 있을것으로 판단되며, Fuel Gauging 기능이 있는 EV, HEV Battery의 수명연장에도 동일한 방법으로 수평전개 가능할 것으로 사료된다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술 평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(NO. 20114010203010)

참 고 문 헌

- [1] Henk Jan Bergveld, Wanda S. Kruijt and Peter HK Notten "Battery Management System Modeling" Chp6 Battery State-of Charge Indication 2002
- [2] H.A Kiehne "Battery Technology Handbook". Second Edition, The Ohio State University Columbus,2001
- [3] Jaehoon Jang, "Modeling of the Equivalent Circuit for Energy Storage Devices Utilized for EV/HEV and the Hybrid Operation with ESR," Ph.D Paper. Electrical Engineering Graduate School, Korea University 2010