Journal of the Korean Electrochemical Society
Vol. 4, No. 3, 2001, 132-137

총 설

리튬이온전지의 Smart Battery System

김현수 · 문성인 · 윤문수 · 고병희* · 박상건* · 신동오* · 유성모** · 이승호**

한국전기연구원 전지연구그룹, * (주)에스엠시 기술연구소
** (주)맥스미디어 기술연구소

(2001년 8월 10일 접수 : 2001년 8월 20일 채택)

Smart Battery System of Lithium Ion Batteries

Hyun-Soo Kim, Seong-In Moon, Mun-Soo Yun, Beyng-Hi Ko*, Sang-Kun Park*, Dong-O Shin*, Seong-Mo Yoo**, and Seung-Ho Lee**

Battery Research Group, Korea Electrotechnology Research Institute, 28-1, Seongju-dong, Changwon 641-120, Korea
**Smart Mobile Communication Co., Research Center, 398-1, Gochun-dong, Euiwang-city, Kyungki-do 437-801, Korea*
***Max Media Inc., Research Center, 113-10, Samsung-dong, Kangnam-gu, Seoul 135-090, Korea*

(Received August 10, 2001 : Accepted August 20, 2001)

초 록

최근 리튬이온전지를 채용한 노트북 PC의 수요는 계속 증가하고 있으며, 노트북 PC용 전지로는 잔존용량과 사용가능시간을 정확하게 예측하며, 스스로 최적조건으로 충방전을 제어할 수 있는 SBP(smart battery pack)를 많이 채용하고 있다. SBP는 과충전, 과방전 및 과전류로부터 리튬이온전지의 안전성을 확보하기 위한 보호회로부 (protection IC)와 잔존용량 및 사용가능시간 등의 계산을 위한 지능회로부 (smart IC)로 구성되어있다. 보호회로는 충전 및 방전 FET를 이용하여 이상전류를 차단하며, SBS(smart battery system)는 system host, smart battery 및 smart battery charger로 구성되어 있다. 향후, SBP에 사용되는 IC는 저가이면서, 소비전류가 낮고, 소형화가 요구된다. 또한, microcomputer control type의 IC를 사용하고, 최적의 알고리즘을 개발하여 잔존용량 및 사용가능시간을 정확하게 예측할 필요가 있다. 이러한 SBS 기술은 노트북 PC 이외에도 전기자전거, 전기자동차, 전력저장용, 군사분야 등 광범위한 분야에서 사용될 것으로 예상된다.

Abstract. Recently, the demand for notebook PC with lithium ion batteries has steadily increased and consumers require them to adopt a SBP(smart battery pack) able to predict the remaining capacity and the run time of batteries precisely. The SBP is composed of a protection IC, by which safety of lithium ion batteries is maintained against overcharge, overdischarge and overcurrent, and a smart IC, which calculates the remaining capacity and the remaining run time. The protection IC shut abmormal current down by using overcharge/overdischarge FET. A SBS(smart battery system) is composed of a system host, a smart battery and a smart battery charger. The smart ICs for SBP will be required to provide a low cost, low current consumption and small size. There will need to develop a micro-computer control type IC and an optimum algorism which is able to predict the residual capacity and the residual run time precisely. SBS will apply to many kinds of industry fields such as an electric bicycle, an electric vehicle, a load levelling and a military.

Key words: Smart battery pack, Smart battery system, Lithium Ion Batteries, FET, Notebook PC, Protection IC

1. 서 론

노트북 PC의 수요는 연평균 약 15% 이상의 성장을 하여 왔으며, 노트북 PC에 사용되는 2차전지의 수요도 이에 비례하여 꾸준한 성장을 유지하고 있다. 표 1에서 알 수 있듯이, 노트북 PC의 전세계 생산량은 1999년 17,500천대, 2000년 21,000천대를 기록하였으며, 2004년에는 29,000천대를 상회할 것으로 예상되고 있다.[1] 1999년에 출하된 노트북 PC중 리튬이온전지가 채용된 기기는 12,600천대로 전체의 72%를 점유했으며, 향후 2005년경에는 95% 이상 채용될 것으로 예측된다. 이러한 노트북 PC에는 인공지능형 smart battery pack(SBP)의 수요가 급증하고 있다.

SBP는 각종 IC를 이용하여 사용기기와 통신을 하면서 사용자에게 잔존용량 및 사용가능 시간 등의 정확한 정보를 제공하며, 충방전을 최적조건에 따라 제어하고, 과충전 및 과방전 등으로부터 전지를 보호할 수 있는 전지 pack을 의미한다.[2] 이러

†E-mail: hskim@keri.re.kr

Table 1. Shipment volume and growth rate of notebook PC

Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Shipment(Thousand Unit)	17,500	21,000	23,000	25,000	27,000	29,000
Growth Rate (%)	-	20.0	9.5	8.7	8.0	7.4

한 SBP는 보호회로부(protection circuit module, PCM)와 지능제어 회로부(smart circuit module, SCM)로 구성된다. 리튬이온전지는 전지의 특성상 과충전이나 과방전 시에 특성이 현저하게 저하하거나 위험이 따르게 된다. 따라서, 보호회로부에서는 전지의 전압과 전류를 측정하여 과충전, 과방전 및 과전류 상태이면 FET(field effect transistor)를 작동시켜 전지를 보호하는 역할을 한다. 지능제어 회로부에서는 업계표준인 SMBus(system management Bus) 통신방식을 이용하여 전지의 충방전 상태를 감시하면서 잔존용량 및 사용 가능시간을 표시하게 하는 fuel gaging 역할과 전지가 최적의 조건으로 충방전할 수 있도록 충전을 제어하는 역할들을 한다.[3)]

현재의 노트북 PC용 전지 pack을 기능별로 분류하면, microcomputer control type, fuel gauge type, 그리고 dumb pack으로 나눌 수 있다. Microcomputer type은 SCM 내에 microcomputer를 장착하고, 직접 작성하여 입력한 수명예측 알고리즘을 통하여 정확한 잔존용량, 사용가능 시간, 수명 등을 계산하여 사용자에게 알려준다.[4)] Fuel gauge type은 시판의 fuel gauge IC를 사용하여 전지전압 및 전류를 측정하고, 이를 근거로 잔존용량 등을 계산하여 알려주는 것이며, dumb pack은 보호회로만을 장착한 것이다. 현재 노트북 PC용 전지 pack은 microcomputer type이 49%, fuel gauge type이 17%, dumb pack이 19%, 기타가 15%를 차지하고 있다.

본고는 노트북 PC용 전지로 사용되고 있는 리튬이온전지의 SBP에 대하여 정리한 내용이다. 2장에서는 리튬이온전지의 전지수명을 연장하고 안전성을 확보하기 위한 과충전, 과방전 및 과전류 보호회로에 대하여, 3장에서는 전지 관련업계가 공동으로 추진하고 있는 SBS에 대하여, 4장에서는 fuel gauge type의 SBP의 제작과 성능에 대하여, 5장에서는 향후전망에 대하여 서술하였다.

2. 리튬이온전지용 보호회로

현재 리튬이온전지에는 정극 활물질로 $LiCoO_2$와 부극 활물질로 흑연, 그리고 유기전해액이 주로 사용되고 있다. 그러나, 리튬이온전지는 정극 및 부극 활물질, 유기전해액과 같은 구성물질과 높은 작동전압으로 인하여 과충전이나 과방전 시에, 또는 과전류가 흐를 때에는 전지의 특성이 현저하게 저하하거나 발열 또는 발화 등 위험성이 매우 높아진다.[5)] 따라서, 전지 내부에는 PTC나 안전변과 같은 기계적인 안전장치를 설치하며, 전지 pack 내부에는 전기적인 보호회로나 전류 휴즈 등 2중 3중의 보호기능을 도입하여 안전성을 확보하고 있다.[6,7)]

SBP에서 보호회로는 전지의 과충전, 과방전, 과전류를 차단하는 것을 목적으로 하며, 기본원리는 전지의 전압과 전류를 측정하여 과충전, 과방전 및 과전류 상태이면 충방전용 FET를 작동시켜 전지를 보호하는 것이다.[8)] 그림 1은 일반적으로 사용되는 보호회로의 구성도를 나타낸 것이다. 보호회로의 main control IC는 각 전지의 전압과 충방전 전류를 측정하여 과충전, 과방전 및 과전류 상태가 되면 충방전 FET의 gate 단자에 low 또는 high 신호를 주어서 회로를 차단한다.

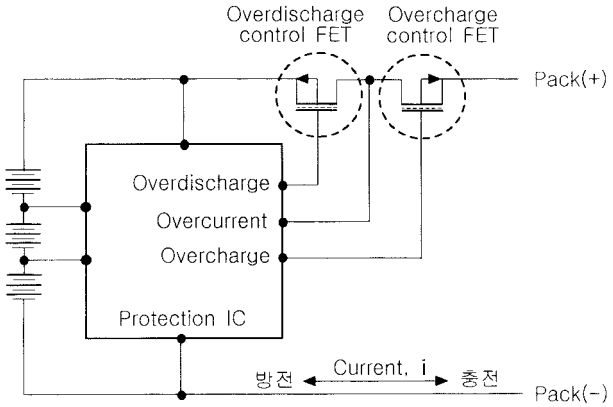

Fig. 1. Block diagram of protection circuit for lithium ion batteries.

2.1. 과충전 보호회로

리튬이온전지는 만충전 상태에서 계속 충전을 하면, 전지전압은 계속 상승한다. 4.2 V 이상으로 과충전되면 양극에서 전해액이 분해하여 전지의 내압이 상승하며, 특히 고온일 때는 발열 또는 발화의 가능성도 있다. 한편, 과충전 시에 음극에서는 수지상의 금속리튬이 석출되고, 이로 인하여 내부단락이 발생하여 발화 또는 폭발이 발생하며 화재의 위험성도 있다.[9)] 따라서, 충전은 정전류/정전압충전을 하며, 정전압 충전 시의 전압은 전지의 정격을 넘지 않도록 제어하여야 한다. 그러나, 충전기의 고장이나 잘못하여 다른 기종의 충전기로 충전을 하면, 전지의 최대정격을 넘을 위험성이 있다. 이와 같은 경우에 전지의 최대정격을 넘지 않도록 충전제어 FET를 작동시켜 전류를 차단한다.[10)] 이 기능을 과충전 보호기능이라 한다. 전지의 용량을 최대한 활용하기 위하여 충전기는 전지의 최대 정격용량까지 충전하도록 설계되어있다. 그 때문에 과충전 검출전압은 정도가 매우 높아야 하며, 전지를 직렬로 연결한 경우에는 각각의 전압을 검출하여야 한다. 현재 시판중인 과충전 보호회로는 ±25 mV 정도의 정밀도를 갖고 있다. 과충전이 검출되어 보호회로가 동작한 후에도 부하에 대한 방전은 충전 제어용 FET의 기생 다이오드를 통하여 이루어진다. 또한, 과충전 검출 동작은 펄스충전에 대한 대응이나, 노이즈에 의한 오동작 방지를 위하여 지연시간이 필요하다.

2.2. 과방전 보호회로

일반적으로 리튬이온전지는 4.1~4.3 V까지 충전시키고, 방전은 2.7~3.0 V에서 종료한다. 리튬이온전지의 방전 시에는 부극 활물질인 흑연 결정구조 내에 들어있는 리튬이 전해액을 거쳐 정극에 삽입된다. 어떠한 원인에 의하여 과방전 상태가 되면, 부극 내의 리튬이 고갈된 후에도 방전이 계속 진행된다. 이 때에는 부극에서 전자를 더 이상 공급할 수 없기 때문에 집전체인 Cu foil에서 전자가 공급되고 이와 동시에 Cu foil이 용해된다. 이 경우에도 전지는 내부단락으로 인하여 발화의 위험성이 있고, 전지로서의 기능을 상실하게 된다.

따라서, 전지전압이 일정한 값 이하가 되면 방전 FET가 작동

하여 방전전류를 차단하며, 이 기능을 과방전 보호기능이라고 한다. 과방전 상태에서는 전지용량도 극단적으로 떨어져 있기 때문에 보호 IC의 소비전류도 매우 작아야 하며, 현재 시판중인 과방전 보호회로의 소비전류는 대부분 수 μA 정도이다. 과방전 보호회로가 작동한 이후에 충전기를 접속하면 방전제어용 FET의 기생 다이오드를 통하여 충전이 이루어진다.[11] 또한, 펄스성의 방전에 대응하기 위하여 과방전 검출에도 지연시간이 필요하다.

2.3. 과전류 보호회로

전지를 보관하거나 사용중에 금속에 의하여 전지의 외부단자간에 단락되거나 접속기기의 고장으로 단락되는 경우에는 대전류가 흘러 발열하거나 가연물이 접촉되어 있는 경우에는 발화의 가능성도 있다. 또한, 유기 용매를 전해질로 사용하는 리튬이온전지는 과전류 시에 온도가 상승하면 최악의 경우는 리튬의 융점까지 도달되어 극도로 위험해진다. 따라서, 전류가 일정한 값 이상으로 흐를 때에는 방전 FET를 작동시켜 방전전류를 차단하며, 이 기능을 과전류 보호기능이라 한다.

과전류 보호기능에는 차단전류와 지연시간을 두고 있다. 예를 들어, 전지 pack의 단자가 단락되어 방전전류가 10 A를 넘은 경우, 순간적(수백 μs)으로 방전을 중지시키고, 기기의 고장 등으로 이상 전류(5 A 정도)가 흐를 경우에 불감응시간 (약 10 ms) 이후에 방전을 중지하게 된다. 과전류 보호기능이 작동한 상태는 과방전 보호기능 때와 동일하지만, 과전류 보호의 경우에는 전지 pack의 단자간을 개방하면 사용이 가능한 상태로 되돌아온다. 과전류는 FET의 저항을 이용하여, FET 양단의 전압강하를 측정하여 검출하게 된다. 이 전압 강하의 값이 과전류 검출전압 보다 커지면 방전이 중단된다. 그러나, FET의 저항이 계속 감소하는 추세이기 때문에, 과전류 검출전압 값은 더욱 낮게 설계되어야 하며 고정도가 요구되고 있다.

3. 노트북 PC의 Smart Battery Sysem

3.1. SBS-IF와 smart battery system을 위한 규격

휴대폰의 경우 보호회로는 과충전, 과방전 및 과전류를 차단하고, 전지의 온도를 host (phone)에 알려주는 역할만을 한다. 그러나 노트북 PC나 캠코더에서는 과충전, 과방전 및 과전류의 차단과 전지 온도 등의 정보 이외에도 정확한 전지의 잔존용량이나 사용가능 시간 등의 표시기능이 요구된다. 또한, 전지의 종류와 상태에 따라서 최적의 조건으로 충방전이 제어되어야 한다. 따라서 보호회로에 추가적으로 fuel gauging과 host와의 통신을 위한 부가적인 회로를 장착하게 됨으로써 SBS라는 시스템이 등장하게 되었다.[12]

노트북 PC업계와 전지업계 등은 Smart Battery System Implementation Forum (SBS-IF)을 결성하고 업계공동으로 노트북 PC와 전지 pack의 인터페이스기술인 SBS에 관한 규격을 정하고 있다. SBS-IF 산하에는 SMBus WG(working group), SBData WG, Handheld WG, Charger WG, Selector/SBSM WG, Safety WG, Battery Accuracy WG 등 7개의 Technical working group(TWG)을 두고 있다. SBS-IF에는 Duracell, Moltech Power Systems, Toshiba Battery 등의 전지업체, Intel, Linear Technology, Maxim Integrated Products, Mitsumishi Electronics, PowerSmart, Semtech, Unitrode (Texas Instruments의 자회사) 등의 LSI업체, Fujitsu 등의 system vendor가 참가하고 있다. 또한, SBS-IF는 Developers Conference를 매년 개최하여 새로운 규격을 제안하고, 이미 제안된 규격을 계속 수정하고 있다. 제1회 SBS-IF Developers Conference는 1998년에 하와이에서, 제2회는 1999년에 동경에서, 제3회는 2000년에 캘리포니아에서 개최하였으며, 제4회는 2001년 대만에서 개최될 예정이다.

SBS-IF에서는 현재까지 7종의 규격과 1종의 가이드라인을 정하였다.[13,14] Smart Battery Data 규격(V. 1.1)에서는 host와 충전기, 전지간의 데이터 및 메시지에 관한 소프트웨어와 protocol을 정의하고 있으며, Smart Battery Charger 규격(V. 1.1)에서는 충전기의 명령어와 함수에 대한 정의를 하고 있다. Smart Battery Selector 규격(V. 1.1)에서는 노트북 PC에서 복수의 전지를 사용하는 경우에 대해 정의를 하고 있으며, Smart Battery System Manager 규격(V. 1.0)에서는 노트북 PC에서 복수의 전지를 사용하는 경우에 동시에 충방전을 실현하는 방법에 대하여 정의하고 있다. 통신방법을 규정한 System Management Bus 규격(V. 2)에서는 SMBus의 protocol 및 통신 인터페이스에 대하여, SMBus Control Method Interface 규격(V. 1.0)에서는 SMBus 디바이스의 표준화된 BIOS에 대하여, SMBus Device Driver External Architecture 규격(V. 1.0)에서는 SMBus 디바이스 드라이버의 외부 인터페이스에 대하여 각각 정의하고 있다. 이 밖에 Smart Battery Data Accuracy Testing Guideline (V 1.0)에서는 전지의 잔존용량과 같은 smart battery의 정보를 보다 정확하게 얻기 위한 가이드라인을 정의하고 있다.

3.2. Smart Battery System Model과 인터페이스

그림 2는 기본적인 smart battery system model의 예를 나타낸 것이다.[15] SBS는 smart battery (SB), smart battery charger (SBC) 및 system host (SH)로 이루어진다. SB는 사용기기에 전원을 공급하는 전지와 전지의 상태를 감지할 수 있는 전자기기로 이루어진다. SBC는 SB의 상태에 따라 충전을 할 수 있도록 충전전압과 충전전류를 제어하는 회로이다. 또한 전지에 과충전, 과전압, 고온상태 등의 문제가 발생할 때 전지로부터 경고 신호를 받는다. SH는 SB에 의해 작동되는 전자기기(예; 노트북 PC, 캠코더)를 말하며, SB로부터 필요한 정보를 받아 시스템의 전원을 효율적으로 관리하며 사용자에게도 정보를 제공한다. 또한, SB로터 받은 방전 중지, 잔여용량, 잔여시간 등의 정보를 SBC에 전송한다. 표 2는 SBS에서 SB가 SMBus 통신방식을 이용하여 SH, SBC 또는 다른 디바이스와 통신 시에 사용되는 기능을 나타낸 것이다. SBS 기술에서는 높은 정확도, 표준방식을 이용한 통신능력, 정확한 용량예측 알고리즘, 낮은 소비전력과 가격 등이 필요하며, 표 3에는 SBS 기술에서 중요

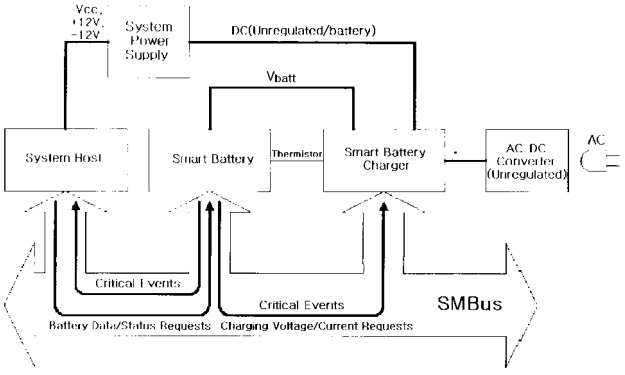

Fig. 2. Smart battery system model.

Table 2 Functions used by the smart battery to communicate with other devices connected via the SMBus

Devices	Functions (Messages)
SH to SB	Manufacturer Access, Remaining Capacity Alarm, Remaining Time Alarm, Battery Mode, At Rate, At Rate Time to Full, At Rate Time to Empty, At Rate OK, Temperature, Voltage, Current, Average Current, Max Error, Relative State of Charge, Absolute State of Charge, Remaining Capacity, Full Charge Capacity, Run Time to Empty, Average Time to Empty, Average Time to Full, Battery Status, Cycle Count, Design Capacity, Design Voltage, Specification Info, Manufacture Date, Serial Number, Manufacturer Name, Device Name, Device Chemistry, Manufacturer Data
SB or SH to SBC	Charging Current, Charging Voltage
SBC or SH to SB	Charging Current, Charging Voltage
SB Critical Messages	Alarm Warning

* SH : SMBus Host, SB : Smart Battery, SBC : Smart Battery Charger

Table 3 Criteria definitions in the smart battery technology

No	Criteria	Definitions
1	Accuracy and data acquisition	Temperature, voltage, current in realistic sampling intervals with usable resolution and accuracy (1% or better)
2	Battery cell model & predictive algorithm	Multi-dimensional function using all measured values
3	Cost	Below $4 in high volume
4	Communication capability	Industry standard or customer proprietary
5	Programmability	Programmable/re-programmable at assembly and field level
6	Data content	Include predictive run-time information, not just state-of-charge
7	Reliability	Meet or exceed industry requirments (UL, IEC, Mil Spec.)
8	Size	Packaged so as not to increase size of overall battery pack
9	Complexity of implementation	High integration, minimum components, segmented functionality, user friendly customization
10	Power consumption	No impact on battery performance, much less than self-discharge

한 10가지의 항목을 나타낸 것이다.

SBS의 구현을 위한 소프트웨어의 인터페이스는 크게 SH와 SB, SBC와 SB, 그리고 SB와 SBC 또는 SH로 구분된다. SH와 SB 사이에서는 사용자나 host의 전원관리시스템에 알려주기 위하여 전지로부터 실제 데이터와 예상 데이터를 받는다. 실제 데이터란 온도, pack 전압, 충방전 전류 등의 측정된 데이터이며, 예상 데이터란 전지의 충방전 상태 등을 근거로 계산된 잔류용량 등의 예측된 데이터를 말한다. 전원관리시스템은 이러한 데이터를 근거로 디바이스 드라이버가 무리 없이 작동하도록 한다. 즉, 전지의 잔류용량이 부족할 때는 LCD의 back-light와 같이 당장 필요 없는 기능을 정지시킨다. SBC와 SB간의 통신에서 전지는 충전전압과 충전전류, 충전종료시점 등의 정보를 SBC에 알려준다. 이로써, SBC는 과충전 없이 안전하게 최대의 충전양으로 충전할 수 있고, 같은 종류의 전지이면서 다른 전압 또는 다른 종류의 전지이면서 같은 전압 등 여러 상황에서도 최적의 충전을 할 수가 있다. SB와 SH 및 SBC 사이의 통신에서 SB는 SH나 SBC에게 시스템 전원의 완전소모 또는 전지의 과충전 등과 같은 중요한 정보들을 알려준다. SH나 SBC는 이러한 정보를 받아 그에 맞는 상황대처를 한다.

4. 노트북 PC용 SBP의 Smart 성능 예

4.1. Smart battery pack의 제작

그림 3에는 노트북 PC용 SBP의 제조공정도를 나타낸 것이다. 전지는 정격용량이 1,800 mAh인 원통형 (18650 Type)을 3직열 3병열로 연결하였다. 각 전지는 개로전압과 내부저항을 측정하고, 10 mΩ 이내의 편차를 가진 전지를 분류하여 사용하였다. 리튬이온전지의 과충전, 과방전 및 과전류를 차단하기 위한 보호회로로는 monolithic IC MM1293을, fuel gauge용 IC로는 BQ2040을 사용하였다. PCM/SCM을 부착한 후 soft pack이 완

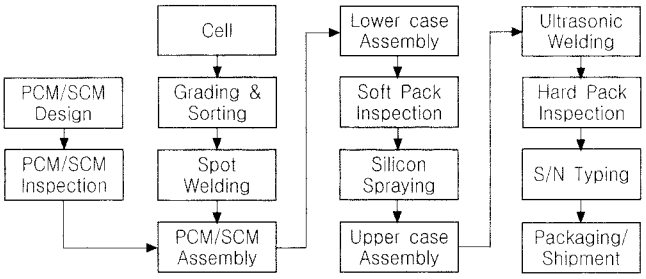

Fig. 3. Manufacturing flow of the smart battery pack.

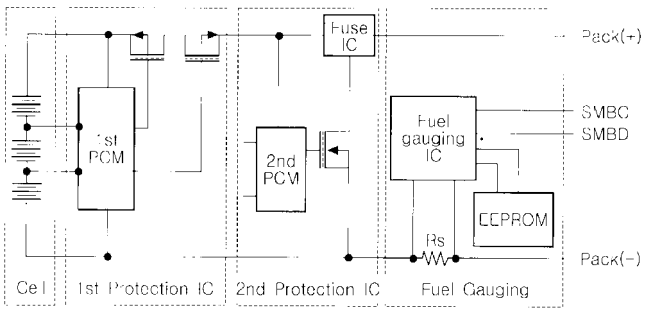

Fig. 4. Basic scheme of the smart battery pack for notebook PC.

성되면 1차 기능검사를 한다. Hard pack 제작은 Si 도포, upper case 조립, 초음파 융착 등의 순서로 하였다.

그림 4에는 노트북 PC용 SBP에 적용한 PCM과 SCM의 개략적인 구성도를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 전지를 보호하기 위한 1차 보호회로와 2차 보호회로, 그리고 fuel gauging 부분으로 구성되어 있다. 1차 보호회로는 제2장에서 서술한 바

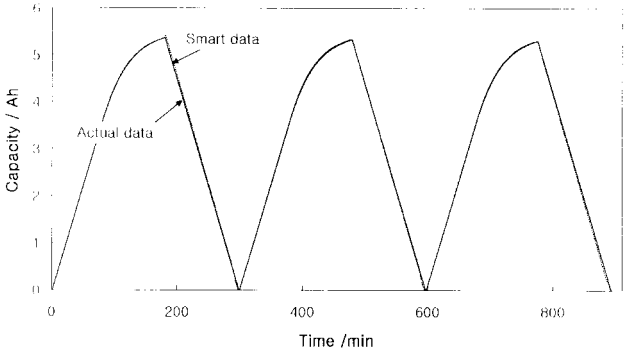

Fig. 5. Capacity accuracy in FCFD(full charge full discharge) test for the smart battery pack.

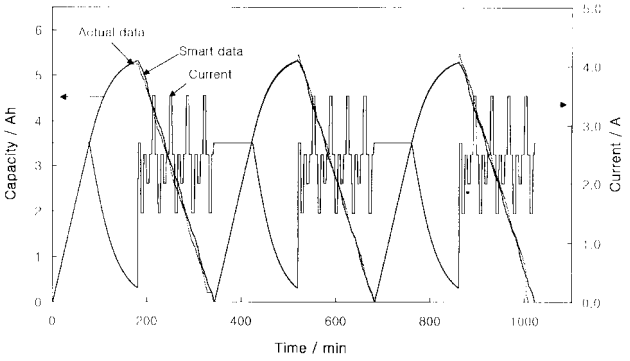

Fig. 6. Capacity accuracy in FCCC(full charge change current) test for the smart battery pack.

와 같이 과충전, 과방전, 과전류 시에 회로를 차단시켜 전지의 과열이나 폭발의 위험으로부터 보호하는 것을 기본 목적으로 한다. 2차 보호회로는 전지전압이 기준전압 보다 높으면, 휴즈의 발열 저항으로 휴즈가 끊어지도록 설계하여 과충전으로부터 전지를 보호한다.

Fuel gauge 회로는 시스템 초기화 시에 외부 EEPROM으로부터 데이터를 읽어들여 SMBC와 SMBD 통신라인을 사용하여 host와 충전기와의 통신을 하여 전지전압, 온도, 충전상태, 용량, 충방전 횟수 등을 전송하여 사용자에게 필요로 하는 정보를 제공한다.

4.2. SBP의 smart 특성

정전류 충방전에 대한 smart 데이터의 정확도를 알아보기 위하여 제작한 SBP를 0.5C로 3회 반복하여 충방전을 실시하였다. 그림 5에는 Full Charge Full Discharge(FCFD) 시험시의 용량의 정확도를 나타낸 것이다. 그림에서 실제는 충방전기에서 측정된 용량이며, smart는 smart 데이터를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이, 첫 사이클에서는 실제 및 Smart 데이터의 용량 오차가 1% 이상이지만, 두 번째 사이클부터 용량학습을 통하여 오차가 1% 이하로 줄어들어, 상당히 양호한 정확도를 나타내는 것을 알 수 있다. 그러나, 전지용량은 온도에 따라서 변하므로 온도에 따른 용량 오차의 확인도 필요하다.[16)]

노트북 PC는 정전류만으로 방전되는 것이 아니라 전류가 변화한다. 따라서 방전전류의 변화에 대한 smart 성능의 정확도는 중요한 인자의 하나이다. 그림 6에는 0.5C로 충전 후, 1.5, 2.5, 2.0, 2.5, 3.5 A의 전류로 각각 5분 동안 방전하였을 때의 용량에 대한 정확도를 나타낸 것이다. 이러한 방전전류는 노트북 PC에서 대기상태, HDD 사용, CD-ROM 사용 등 각각의 상태에 따른 소모전류를 모의한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 충전과정에서는 용량 오차가 거의 없으며, 방전 시에도 전류의 변화에 따른 용량의 정확도가 양호한 것을 알 수 있다.

SBP를 충전하는 경우의 전압 및 전류의 정확도는 전류를 변화시키면서 측정하였다. SBP의 실제전압은 SBP을 power supply와 연결하여 multimeter로 측정하고, smart 데이터는 I/F Board와 Agilent사의 Electronic Load HP6051A를 연결하여 측정하였다. 표 4에는 전류를 500, 1000, 1500, 2000, 2500 mA로 하였을 때의 전압 및 전류의 정확도를 정리한 것이다. 표에서 알 수 있듯이 전압의 실측값과 smart 데이터와는 오차가 거의 없으며 높은 정확도를 얻고 있으나, 전류의 경우에는 약간의 오차가 있음을 알 수 있다.

5. 향후전망

전술한 바와 같이 노트북 PC, 캠코더 등 전자기기에서 SBP의 수요는 향후 급증할 것으로 예상된다. SBP에 있어서 보다 정확하고 신뢰성이 높은 잔존용량 및 사용가능 시간 등의 정보를 사용자에 제공하는 것이 가장 중요하다. 이는 micro-computer type IC를 채용하고, 전지의 특성에 가장 적합한 용량 예측 알고리즘을 통하여 구현이 가능할 것이다. 한편, 노트북 PC 등의 전자기기는 소형화, 경량화, 저소비전력화를 지향하고 있으며, SBP도 당연히 그러한 추세를 따라야 할 것이다. 따라

Table 4. Accuracy results of voltage and current in the smart battery pack.

Current (mA)			500	1,000	1,500	2,000	2,500
Charge	Voltage (V)	Real data	11.489	11.648	11.814	12.008	12.164
		Smart data	11.479	11.628	11.795	12.014	12.169
		ΔV	0.010	0.020	0.019	-0.006	-0.005
	Current (mA)	Real data	500	998	1501	1968	2500
		Smart data	492	984	1476	2039	2531
		ΔI	-8	-14	10	71	31
Discharge	Voltage (V)	Real data	11.187	11.040	10.893	10.733	10.579
		Smart data	11.191	11.070	10.932	10.782	10.644
		ΔV	-0.004	-0.030	-0.039	-0.049	-0.065
	Current (mA)	Real data	499	996	1494	1992	2500
		Smart data	492	984	1476	1968	2531
		ΔI	-28	12	-17	-11	-31

서, 보호회로 및 SCM도 소형화, 경량화, 저소비전력화를 이루어야 할 것이다. 또한, 최근 전지가격의 급격한 하락추세로 보호회로 및 SCM의 코스트 다운도 중요한 문제의 하나로 부상하고 있다. 이는 전지제조 메이커가 보호회로의 간략화 또는 생략화가 가능한 고안전성의 전지를 개발하도록, 또한 IC 메이커 및 전지 pack 메이커에는 리튬이온전지의 안전성을 확보하면서도 보호회로의 간략화가 가능한 새로운 IC의 개발이 요구되고 있다.[17)]

현재 SBP은 주로 노트북 PC 및 캠코더용으로 사용되고 있으나, 이 기술은 향후 휴대폰, 전기자전거, 전기자동차, 부하평준화 기술 등 광범위한 분야에 응용될 것으로 예상된다. 따라서, 외국의 전지 제조업체, Pack 메이커, IC 메이커들은 SBS-IF를 통하여 자사의 규격을 SBS를 위한 국제 표준규격으로 제안하면서 채택되도록 노력하고 있다. 그러나, 국내는 리튬이온전지의 역사가 짧고 SBS 관련기술 또한 미성숙 단계이므로, 조속한 시일 내에 SBS 관련기술 개발을 위한 인프라 구축에 나서야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. J. D. Shepard, *Proceedings of SBS IF Developer's Conference*, Tokyo (1998), IT Institute (2000).
2. Louis Hruska, *Proceedings of Power* '98, Santa Clara, USA (1998).
3. Jean Alzieu, Hassan Smimite, and Christian Glaize, *Journal of Power Sources*, **67**, 157 (1997).
4. Eric C. Sledge, P*roceedings of 12th International Seminar on Primary and Secondary Battery Technology and Application*, 569 (1995).
5. JSB Ed., "Advanced Secondary Batteries", 267, Nikkankougyou Sinbum Co., Tokyo (1999).
6. Kouhei Yamamoto, *Electronics Technology*(*Denshi Gizyutsu*), **11**, 2 (1999).
7. Masayuki Yoshio, "Li Ion Secondary Batteries", 161, Nikkankougyou Sinbum Co., Tokyo (2000).
8. Masanao Hamaguchi, *Electronics Technology*(*Denshi Gizyutsu*), **11**, 32 (1999).
9. Randolph A. Leising, Marcus J. Palazzo, Esther Sans Takeuchi, and Kenneth J. Takeuchi, *Journal of The Electrochemical Society*, **148** 838 (2001).
10. Yukihiro Terada, *Electronics Technology*(*Denshi Gizyutsu*), **11**, 38 (1999).
11. Toshitsugu Mito, *Electronics Technology*(*Denshi Gizyutsu*), **11**, 25 (1999).
12. Takashi Furumura, *Proceedings of 2nd SBS IF Developer's Conference*, Tokyo, Japan (1999).
13. "http://www.sbs-forum.org/"
14. "http://www.smbus.org/"
15. Dan Friel, *Proceedings of Portable by Design & Wireless Symposium* (1999).
16. Amy Gebrian, *Proceedings of the 18th International seminar & Exhibit on Primary & Secondary Batterie*, Florida, USA (2001).
17. Don Dias, *Proceedings of Wescon Conference*, 321 (1994).