

신경망의 BP 알고리즘을 이용한 Mobile phone Li-ion charger의 설계 및 구현

이창규, 이상배
한국해양대학교 전자통신과

Design and Implementation of Mobile phone Li-ion charger using BP algorithm of Neural Network

Chang-Kyu Lee, Sang-Bae Lee
Dept. of Electronic Communication Engineering Korea Maritime University

요약 : 일반적으로 휴대폰에는 리튬이온(Li-ion) 전지(battery)를 많이 사용하고 있으며 그 전지(battery)를 충전시키기 위해 마이크로컨트롤러를 사용해서 과충전과 방전, 그리고 전지(battery) 보호와 충전에 대한 일정한 전류를 제어한다. 여기에서 충전 동작 시 필요한 전류 제어를 일반적인 PWM의 방식에 의존하지 않고 인공지능 기법을 이용해 소프트웨어적으로 처리가 필요한 파라미터 값을 추정해 적용시키고자 한다. 따라서 개발한 충전 시스템에 일반적인 충전 파라미터를 전압과 전류 그리고 시간으로 분류하여 마이크로컨트롤러에 그 파라미터를 적용시켜 PWM 방식으로 제어한 후에 실험에 의한 결과값을 얻는다. 그리고 이것들을 비교하여 보다 나은 충전 시스템을 구현하기 위해 인공지능 기법 중의 하나인 신경망을 이용하여 전압과 전류 그리고 시간에 대한 파라미터를 처리하였다.

Abstract : Mobile phone is generally using the battery of lithium ion(Li-ion). In order to charge the battery of Li-ion, it uses the Microcontroller. Microcontroller controls charging, discharging, the detection of battery, and current about charging. Current control is necessary method at the time of charging operation, But it does not necessarily depend in method of the general PWM. So, It uses the artificial intelligence technique that presumes the parameter values that is necessary with method of software control and it applies in target system. Hence, It classifies voltage, current, and hour about a general charging parameters from the charging system which it develops. It applies parameter in the Microcontroller and after controlling in PWM method, it has the result values from experimentation. And In order to embody the charging system that it improved heretofore more, It processes voltage, current, and hour about a general charging parameters that used the neural network which is one in artificial intelligence technique.

Key-word : 신경망, 알고리즘, 충전기, 마이크로컨트롤러

1. 서론

최근에 휴대성을 지닌 전자제품들이 많아지면서 장착되어 있는 전지에도 많은 연구가 되고 있다. 그리고 그와 더불어 전지를 충전시킬 시스템의

개발도 필요하다. 그래서 논문에서는 충전 시스템의 개발을 휴대폰에서 많이 사용되는 리튬이온(Li-ion) 전지에 제한을 두고 휴대폰 충전기로서 안정된 충전 시스템을 실현하고자 한다. 일반적으로 휴대폰의 충전기는 흔히 정전압으로 제어된 DC 성분을 인가하여 인가전압과 전지내부 전압

의 차이에 의해 전류가 흘러 전자를 공급함으로써 충전을 하는 원리를 가진다.

따라서 이러한 충전 방법을 탈피하여 인공지능 기법을 이용해 충전시 필요한 파라미터를 적절히 이용하고 마이크로컨트롤러를 이용한 충전회로의 H/W를 구현한다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장과 3장에서는 각각 Mobile phone Li-ion charger의 전반적인 시스템 구조를 설명하고 세부적인 내용을 언급하였으며 4장에서는 파라미터의 신경망 적용에 대해 서술했다. 그리고 5장에서는 실험과 결과에 대해 언급했으며 또한 향후과제에 대해 언급했다.

2. Mobile phone Li-ion charger의 전반적인 시스템 구조

Mobile phone Li-ion charger의 전체적인 구조는 아래의 그림1과 같이 안정적인 전원 공급을 위한 SMPS부로 구성되며 휴대폰 충전 슬롯과 충전전지팩(battery pack)의 충전 슬롯에 대한 충전회로로 구성되어 있다. 충전회로는 PWM 신호에 대한 제어회로로 이루어져 있다. 그리고 충전회로에 대한 PWM 신호의 발생이 필요한데 이것에 대한 PWM 발생 회로부로도 구성되어 있다. 이러한 전체적인 회로들에 대한 제어가 필요하다. 그래서 여기에서는 마이크로컨트롤러를 이용해서 충전과 관련된 급속과 완속 충전전류에 대한 제어, 전지의 방전, 전원의 안정적인 공급, 전지의 보호와 온도 센싱에 대한 전반적인 제어를 한다.

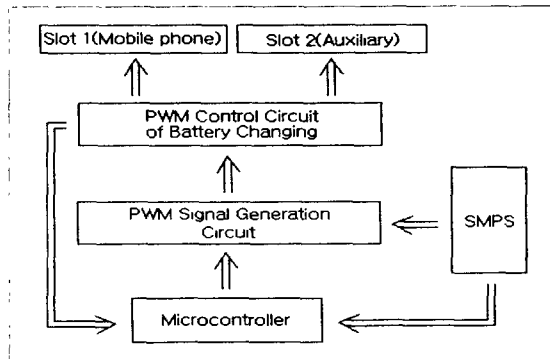


그림 1. Mobile phone Li-ion charger의 전체적인 구조

3. Mobile phone Li-ion charger의 구현

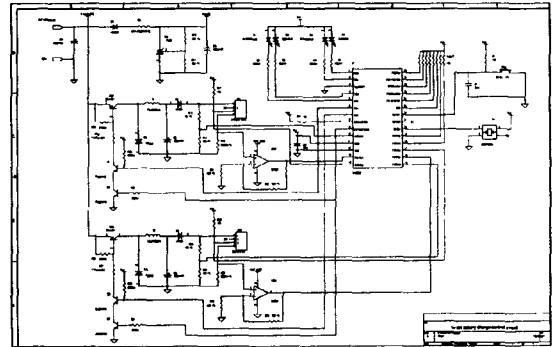


그림 2. Mobile phone Li-ion charger의 회로도

충전기의 구현에서 전체적으로 언급할 부분은 충전회로부분과 PWM 제어 그리고 온도센싱과 전지(battery)의 보호에 대해 언급했으며 적절한 파라미터를 구현한 소프트웨어의 구조에 대해서도 언급했다. H/W와 S/W의 적용에서 가장 중요한 부분인 마이크로컨트롤러는 STMicroelectronics사의 ST62E65을 사용하여 실험을 했으며 구현된 충전기의 마이크로컨트롤러는 내부적으로 EEPROM이 없는 OTP Type의 ROM을 가진 ST62T55를 사용했다. 따라서 위의 그림1에서 보여진 것처럼 PWM제어에 의한 충전 방식을 사용했으므로 이에 따른 적절한 주변 회로의 구조를 가지며 충전 시 필요한 S/W에서도 전압과 전류 그리고 시간에 의해 변화되는 파라미터의 값을 적절히 조절하여 프로그래밍 하였다.

3.1 충전방법과 충전회로

3.1.1 충전방법

리튬이온(Li-ion) 전지(battery)는 정전압 방법과 정전류 방법을 가진다. 우선 전지(battery)의 전압과 전류의 상관 관계를 따져서 살펴볼 필요가 있다. 정전류 충전에서 충전전류는 전지(battery) 전압이 4.2V가 될 때까지 약 550mA가 유지된다. 그러면 정전압 충전에서는 전압은 전류가 천천히 감소되는 제한된 시점까지 유지가 된다. 따라서 충전동작은 정해진 임계치(약 15mA)에서 전류가 떨어질 때 멈춘다. 즉 전지(battery)의 전류가 포화되었음을 나타낸다. 중요한 이런 기본적인 동작에 대한 PWM제어 이외에도 시간과 트리클(Trickle) 충전에 대한 제어도 마이크로컨트롤러에서 프로그래밍 되어야 한다.

3.1.2 충전회로

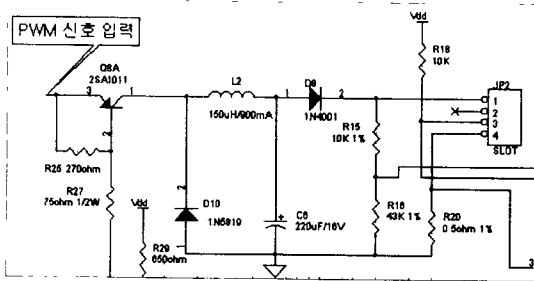


그림 3. 충전을 위한 PWM 신호제어 회로

8bit 마이크로컨트롤러 중의 하나인 ST62E65를 PWM 신호 발생원으로 사용하였다. 그림3에서 보여지는 것처럼 PNP형 트랜지스터를 on/off 시킨다. 쇼트키 정류기는 PNP 트랜지스터가 off 되었을 때 인덕터 코일로부터 전류를 받는 것이 필요로 해진다. 따라서 PWM 신호는 쇼트키 다이오드와 인덕터 코일의 접점인 노드에서 전달된다. 즉 트랜지스터가 on 되었을 때는 쇼트키 정류기에 걸리는 전압은 PNP에 입력되는 전압에 포화상태인 PNP 트랜지스터 콜렉터-에미터의 전압의 차와 같게 된다. 그리고 정류기는 off 상태가 된다. 트랜지스터가 off 되는 경우에는 정류기는 on 상태가 된다.

▷ Schottky rectifier와 LC network의 노드(node) 전압(PWM 신호 제어)

$$V_{NODE} = V_{POWER} - |V_{CE}|_{SAT} ; \text{TR is ON}$$

$$V_{NODE} = -V_D ; \text{TR is OFF}$$

▷ 전지에 입력되는 총 전류

$$I_{BATTERY} = \frac{\alpha (V_{POWER} - |V_{CE}|_{SAT}) + (1 - \alpha)(-V_D) - V_{DFV} - V_{BATTERY}}{R_S}$$

3.2 PWM 신호발생의 스위칭

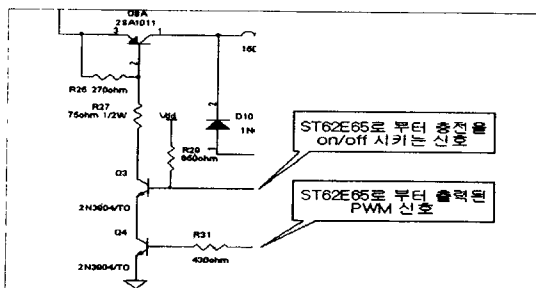


그림 4. PWM 신호발생 회로

마이크로컨트롤러는 단지 PWM 신호만을 발생시키는 역할을 한다. 충전기 설계시에 휴대폰과 전지팩(battery pack)에 대한 두개의 슬롯을 두었다. 그래서 이런 슬롯으로부터 PWM 신호의 스위칭은 ST62E65의 범용 I/O 핀을 통해서 제어된다. 일반적인 AND게이트로 구현이 가능하지만 NPN 트랜지스터를 이용해 AND 기능을 이용함으로써 회로를 효율적으로 구성했다. 그리고 위의 그림4에서 적당한 전력의 PNP 트랜지스터만은 buck 컨버터를 만들기에 충분하지 않다. 그래서 최대의 전류를 얻기 위해서 드라이빙 저항값들을 알맞게 선택해줄 필요가 있다. PNP 트랜지스터가 on 되면 콜렉터-에미터 전압은 손실이 적어질수록 작아진다. 이것은 높은 전류를 가진 포화 상태를 필요로 한다.

▷ PNP 트랜지스터의 콜렉터와 베이스에서 손실된 전류

$$I_{BASE} = \frac{V_{POWER} - |V_{BE}| - V_{SNODEON}}{R_B} - \frac{|V_{BE}|}{R_{EB}}$$

▷ Open drain 출력 핀을 통한 enable 신호 인가 전류

$$I_{ENABLE} = \frac{V_{PULLUP} - (V_{BE})_{SAT} - (V_{CE})_{SAT}}{R_{EN}}$$

▷ PWM 신호 출력에 대한 출력 전류

$$I_{PWM} = \frac{V_{OUTHIGH} - (V_{BE})_{SAT}}{R_{PWM}}$$

3.3 온도 센싱과 전지의 보호

휴대폰과 전지팩(battery pack) 슬롯이 비어있을 경우와 차있는 경우는, ST62E65의 아날로그 입력 핀을 통해 풀업된 저항의 전압값을 읽어들인다. 낮은 전압은 전지팩(battery pack)내의 서마미터 저항은 온도에 따라 감소한다. 그래서 서마미터에 따라 전압이 결정된다. 그러므로 낮은 전압은 전지(battery)의 과열된 상태를 나타낸다. 구현된 충전기의 프로그램에서 전지의 보호전압과 과열 전압에 대한 임계치 파라미터의 설정이 필요했다.

3.4 전원 공급에 대한 제한

충전 회로에 대한 전원 소모 및 전원 공급의 SMPS에 대한 설계를 아래의 수식에 적용시켜 고려할 필요가 있다.

▷ 전원 공급에 대한 제한

$$V_{POWER} > (|V_{CE}|_{SAT} + V_D + V_{FAST} + R_S)$$

$\times I_{FAST}$); 빠른 충전 모드시의 전압

$$V_{POWER} > (V_{CE_{SAT}} + V_D + V_{FINAL} + R_S$$

$\times I_{CONST}$); 정속 충전 모드시의 전압

3.5 소프트웨어의 구성

그림5는 ST62E65의 내부 EEPROM에 적용된 플로우차트이다. 기본적으로 마이크로컨트롤러를 동작시키기 위한 프로그램의 흐름이지만 본 논문에서 언급한 파라미터에 대한 수정과 적용을 용이하게 하기 위해 프로그램에 가독성을 많이 부여해서 체계적으로 구성하였다. 그리고 파라미터의 추출은 신경망을 통해 파라미터의 학습을 PC에서 오프라인(off-line)으로 시뮬레이션한 후에 결과값을 마이크로컨트롤러의 S/W에 적용시켰다. 아래에 나타낸 그림은 파라미터에 대한 각각의 상태 다이어그램을 나타내었다.

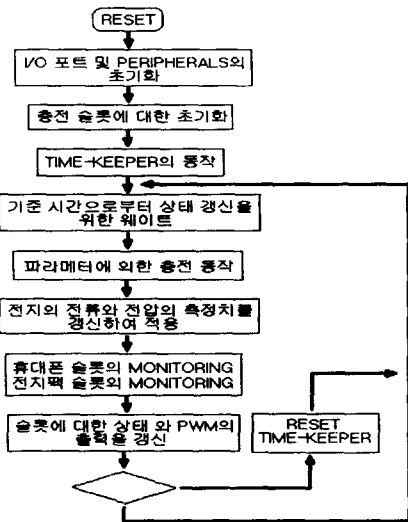


그림 5. 소프트웨어 Flowchart

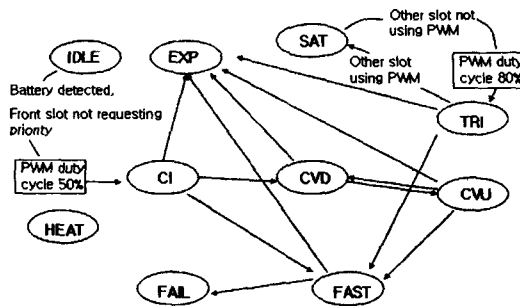


그림 6. 충전 상태 다이어그램

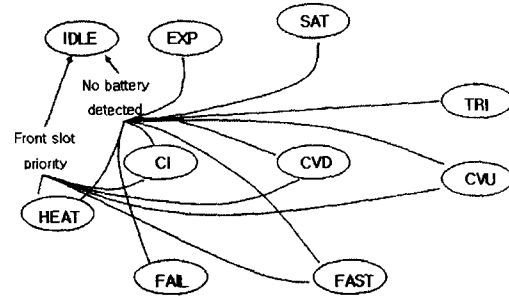


그림 7. 아이들(Idle) 상태 다이어그램

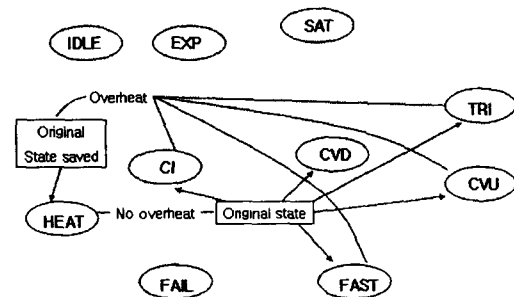


그림 8. 온도 센싱(Sensing) 상태 다이어그램

4. 신경망을 적용한 파라미터값의 추출

충전 파라미터는 총 10개의 값들이 필요하다. 그 중에서 5개는 전압에 대한 파라미터이며 3개는 전류에 대한 파라미터이다. 그리고 나머지 2개는 시간에 대한 파라미터이다. 본 논문에서는 32개의 파라미터만 학습을 시키고 나머지 시간에 대한 파라미터는 적용하지 않는다. 시간의 파라미터값은 임의로 설정해서 사용해도 무관하기 때문이다. 다만 전지에 대한 충·방전에 대한 파라미터의 값은 마이크로컨트롤러의 A/D핀에 의한 측정으로 계속적인 갱신이 필요하다. 따라서 PC기반에서 경계를 이루는 각각의 전압과 전류의 임계치 영역에서 오류역전과 알고리즘을 갖는 다층 정적 신경망을 사용해서 가장 안정된 전압과 전류의 파라미터를 추출하여 ST62E65의 프로그램시에 알맞은 값을 적용했다. 그림9는 파라미터에 대한 오류역전파(BP) 알고리즘을 나타내었다.

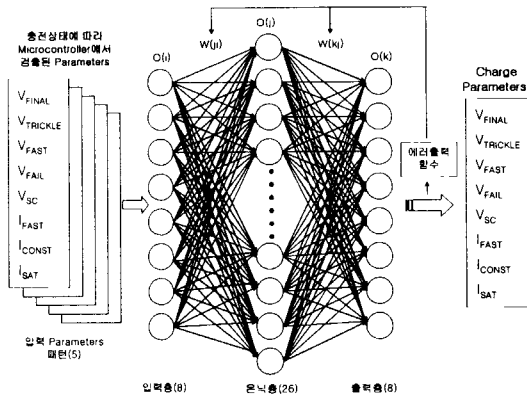


그림 9. 파라미터에 대한 오류역전파 알고리즘

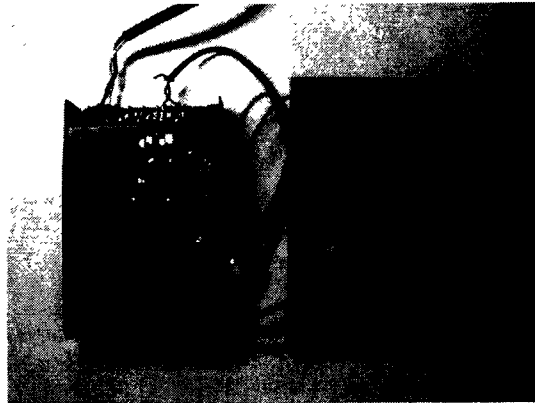


그림 10. 구현된 Mobile phone Li-ion charger

5. 실험 결과와 향후과제

5.1 실험 및 결과

표 1. 추출된 값들에 대해 적용된 파라미터

Parameter	Meaning	Value
V_{FINAL}	Final battery voltage	4.2V
V_{TRI}	Trickle charge voltage	4.12V
V_{FAST}	Battery failure voltage	3.8V
V_{FAIL}	Short circuit voltage	2.5V
V_{SC}	Fast charge voltage	1.5V
I_{FAST}	Fast charge current	600mA
I_{CONST}	Constant charge current	550mA
I_{SAT}	Battery saturation current	15mA
T_{EXP}	Charge expire time	2.5h
T_{FAIL}	Battery failure time	30s

표1은 실제로 충전 파라미터를 구현해서 시스템에 적용된 값들을 나타냈다. 그리고 아래의 그림 10에서 나타내었듯이 실제로 구현된 Mobile phone Li-ion charger는 정격전압이 3.6V인 리튬이온(Li-ion) 전지를 가진 휴대폰과 전지팩(battery pack)에 대해서 안정적인 충전 동작을 나타내었으며 각각의 슬롯에 대해서도 우선순위에 맞추어 충전 전류가 안정되게 분배되어 충전되었다. 그리고 일정한 충전시간에 대한 제한시간

도 잘 유지함으로써 전반적인 안정성을 가져왔다.

8bit 마이크로컨트롤러인 ST62E65를 이용하여 A/D 입력과 PWM 신호를 제어함에 있어서도 안정적인 동작을 나타내었다. 우선 프로그램시에 계산적으로 적용된 파라미터들에 대해서 충전동작을 할 때 배터리의 상태에 따라 마이크로컨트롤러에 입력된 파라미터를 갱신함으로써 불완전한 값을 임계치로 두면서 지속적으로 충전동작을 하였다. 그래서 PC상에서 신경망의 오류역전파 알고리즘을 이용하여 구해진 8개의 전압과 전류의 출력값을 파라미터로 사용을 하였다. 그 결과 S/W적인 처리에서 앞에서 계산에 의한 파라미터 적용보다 임계치에 대한 트리클(Trickle) 동작이 현저히 줄어 보다 안정적인 충전동작을 가져왔으며 전지(battery)의 수명에 대한 물리적인 요인들을 적게나마 제거하게 되었다.

5.2 향후과제

전지(battery)에 대한 전압과 전류를 실제로 측정할 때 구현된 보드가 수작업으로 이루어진 회로이므로 전압과 전류의 손실때문에 신뢰성이 떨어진다. 따라서 PCB 제작을 하여 실험을 할 필요성이 있다. 전지(battery)에 대한 충전 파라미터의 임계치를 측정할 때와 계산할 때 전지의 상태가 계속 변화하므로 출력 데이터의 신뢰성 또한 떨어진다. 그리고 신경망 프로그램에 이런 파라미터를 적용 시 출력된 값들의 임계치도 불안함으로 앞으로 실험시에 이러한 점을 보완하여 현재 상용으로 쓰이는 충전기의 성능을 능가하는 고성능의 충전기 H/W와 S/W를 구현해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] K. S. Narendra and K. Parthasarathy,
"A diagrammatic representation of back
propagation", Center for Syst. Sci.,
Dept. of Electrical Eng., Yale University,
New Haven, CT, tech. rep. pp. 78-85,
Aug. 1998.
- [2] D.H Rao and MM Gupta. "A Multi-Functional
Dynamic Neural Processor for Control
Application", Proc. Am. Control Conf. San
Francisco, pp. 2902-2906, 1993.
- [3] 전자기술연구회, 전원회로설계마스터, 기문
사, 2001
- [4] 이 상 배, 퍼지 뉴로 제어 시스템, (주)교학
사, 1999
- [5] 오 창 석, 뉴로 컴퓨팅, 지성 출판사, 1996
- [6] M.D.A of STMicroelectronics, Application
note(1464)