

하이브리드 연료전지 자동차의 CAN기반 실시간 시뮬레이터 구현

Implimentation of a CAN Based Real-Time Simulator for FCHEV

심성용, 이남수, 안현식, 김도현

Seong-Yong Shim, Nam-Su Lee, Hyun-Sik Ahn and Do-Hyun Kim

Abstract - In this paper, a simulator system for Fuel Cell Hybrid Electric Vehicles(FCHEV) is implemented using DSP boards with CAN bus. The subsystems of a FCHEV i.e., the fuel cell system, the battery system, the vehicle dynamics with the transmission mechanism are coded into 3 DSP boards. The power distribution control algorithm and battery SOC control are also coded into a DSP board. The real-time monitoring program is also developed to examine the control performance of power control and SOC control algorithms.

Key Words : CAN(Controller Area Network), FCHEV(Fuel Cell Hybrid Electric Vehicle), SOC(State Of Charge), ECU(Electronic Control Unit), ZEV(Zero Emission Vehicle)

1. 서론

현대 사회에서 환경문제는 매우 심각한 문제로 중요한 관심사로 대두되어 왔다. 대기오염의 주요원인은 자동차 배기가스이며, 이러한 공해문제의 해법으로 전기자동차의 사용이 제시되었다. 미국의 경우 캘리포니아 주정부에서 1998년부터 전기자동차 사용을 의무화하는 ZEV 규제를 입법화하면서 개발이 본격화되었다. 전기자동차의 경우 배터리 가격문제와 충전시간이 장시간 소요되어 개발의 초점은 하이브리드 전기자동차와 연료전지 전기 자동차 등에 맞춰지고 있다. 연료전지 전기 자동차의 경우 적은 부피 및 중량, 낮은 작동온도 및 빠른 시동특성 등을 구비한 고분자 연료전지(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell : PEMFC)가 자동차 동력원으로 가장 적합한 것으로 알려져 있다. 연료전지에 연료로 사용되는 수소는 압축수소탱크나 액체수소탱크를 이용하여 공급하는 방식과 메탄올을 개질한 후 수소를 추출하여 공급하는 방식이 개발되고 있다[1],[2].

본 논문에서는 기존 연구에 따른 하이브리드 연료전지 자동차에 대한 전력분배 알고리즘을 통해, 수식적 이론 결과를 Matlab 시뮬레이션으로 확인하고, 이를 연료전지와 배터리 그리고 모터 컨트롤러를 각각의 ECU로 구성하여 시뮬레이션 결과의 타당성을 검증한다. 또한 연료전지와 배터리 그리고 모터 컨트롤러 ECU간에 통신으로 CAN프로토콜을 이용하여 실제 차량시스템과 유사하게 구현 하였으며, 실시간으로 구현된 시스템의 상황을 모니터링 할 수 있는 어플리케이션을 비주얼베이직을 통해 구현하였다. TMS320LF2407A에서 산출된 데이터와 Matlab 시뮬레이션의 데이터와의 시뮬레이션 결과를 비교분석 하였다.

2. 하이브리드 연료전지 자동차 시스템

본 논문에서 고려하는 연료전지 자동차 시스템은 그림 1과 같은 하이브리드 방식의 자동차 구성을 갖는다. 이 경우 바퀴에 전달되는 모든 동력은 전기모터에 의해 공급되어지며, 전기모터에 공급되는 전류는 연료전지 시스템 및 배터리 시스템에 의해 공급된다.

저자 소개

- 심 성 용 : 국민대학교 전자공학과 석사과정
- 이 남 수 : 국민대학교 전자공학과 석사과정
- 안 현 식 : 국민대학교 전자공학과 교수·공학박사
- 김 도 현 : 국민대학교 전자공학과 교수·공학박사

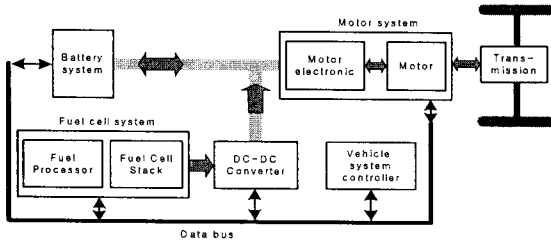


그림 1. 하이브리드 자동차의 에너지 및 신호 흐름.

그림 1과 같은 연료전지 자동차 시스템의 모든구성 요소들은 데이터 버스를 통해 통신한다. 전달되는 데이터들은 배터리 전압, 가/감속 명령 값, 모터 전류, 배터리 전류, 연료전지 스택 전류와 그 밖의 구성 요소간 최적의 상호작용에 필요한 값들이다. 본 논문에서는 이러한 데이터 교환을 CAN 프로토콜을 이용하여 수행하며 ECU간의 시간지연 결과등을 Matlab 시뮬레이션 결과 데이터와 비교한다.

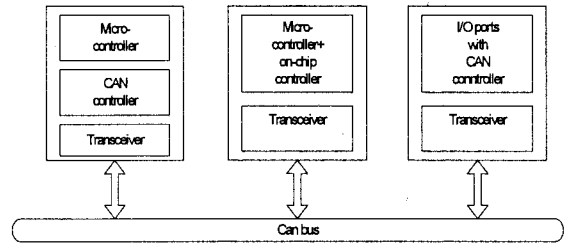
연료전지 하이브리드 자동차에서 연료전지가 주 전원으로 사용되고 배터리가 보조전원으로 이용되고 있다. 또한 연료전지와 배터리 사이의 전력 배분을 적절히 제어함으로써 차량 시스템의 효율을 개선시킬 수 있고, 양방향 DC/DC 컨버터를 제어하여 배터리의 SOC를 조절할 수 있다. 또한 정상 운전 시에는 주로 연료전지가 구동모터에서 요구하는 전력을 공급한다. 모터링 또는 회생제동 운전과 같은 각각의 적당한 동작형태에 따라 배터리는 여분의 전력을 DC/DC 컨버터를 통하여 구동모터에 전달하거나 흡수하여야 한다. SOC 기준값은 배터리에서의 최적 충전 및 방전을 고려하여 결정되는데, DC/DC 컨버터를 제어하여 배터리의 SOC가 일정하게 유지 되도록 한다. 만약 구동모터에서 요구되는 전력이 연료전지의 최대 출력을 초과하는 경우에는 SOC가 기준값 아래로 감소하게 되며, 이러한 감소분은 구동모터에 요구되는 전력이 연료전지의 최대 전력보다 적은 경우에 보상되도록 제어한다[3],[5].

3. CAN기반 실험 시스템 구성

CAN은 차량용 네트워크 프로토콜로 1980년 초 독일의 T. Bosch GmbH에 의해 연구, 개발되었으며 1992년에 와서 Mercedes S-class 차량 내에서 고속통신이 요구되는 엔진제어기, 기어박스제어기,

dash board 사이의 네트워크와 저속 데이터 통신으로도 가능한 에어컨 시스템의 분산제어에 처음 적용되었다 나아가 1995년 이후에는 차량 분야에서 가장 인정받는 프로토콜로 자리 잡았다[4],[6].

CAN을 사용해 통신 노드를 구성할 경우 이용되는 3가지 방식은 Stand alone, Integrated(micro-controller based), Serial Link I/O Device 방식이 있다. 본 실험에서는 Integrated 방식을 채택하였다.



- (a) 독립형 Stand alone
- (b) 집적형 Integrated
- (c) 직렬 연결 입출력형 Serial Link I/O Device

그림 2. CAN 구성 방식.

다음은 TMS320LF2407A로 구성된 ECU간을 CAN으로 구성된 블록도이다[7]-[10].

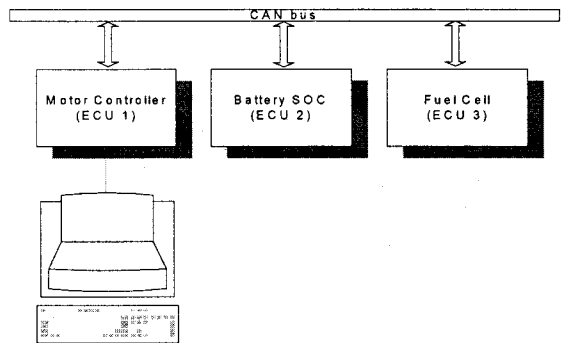


그림 3. FCHEV Simulator 구성도.

그림 3는 구성된 FCHEV Simulator의 전체 구성도를 블록화 한것으로, CAN 프로토콜을 사용하여 ECU간의 통신을 가능하게 한다. ECU간에 통신을 위하여 CAN의 Baud Rate를 BRP(Baud Rate Prescaler)는 사용하여 통신속도를 맞춰주었다. 또한 40MHz주파수 클럭에 전송률은 1Mb/s로 설정하였다. ECU1와 모니터링 프로그램상의 통신방식은

SCI(Serial Communication Interface)를 사용하였고 38200b/s로 설정되었다. 각각 ECU들 간에 통신을 위해 ECU의 CAN 모듈에는 메시지 ID 가 설정되었고, 부여된 ID는 다음과 같다.

표 1. CAN Identification

CAN 모듈	Identification(ID)
ECU 1	001h
ECU 2	010h
ECU 3	100h

표 1과 같이 ID가 설정되어있고 예를들어 ECU2와 ECU3가 동시에 ECU1에 데이터를 송신하려 접근할 때 ID 우선순위가 높음 ECU2가 CAN node를 점유하게 된다.

그림 4는 좀더 효율적인 시물레이션을 위해 비주얼베이직으로 제작된 모니터프로그램이다. 주어진 Drive Cycle에 의한 실제 속도, 배터리 SOC 그리고 Fuel Cell 변화량이 display 되고 있다.

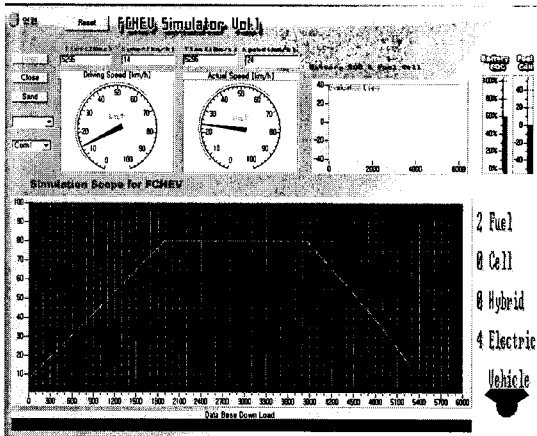


그림 4. FCHEV 모니터 프로그램.

4. 실험 결과

TMS320LF2407A로부터 생성된 차량이 원하는 속도와 실제 속도를 비교한 그래프는 그림 6과 같다. 그림 7은 구동 요구 전류량에 의해 연료전지가 생성되는 그래프이다. 연료전지가 Drive cycle에서 요구하는 전류값을 충족시켜주지 못할 경우에는 배터리가 그 부족전류를 보상에 주어야 한다. 보상을 위해 사용된 배터리의 사용량을 나타낸 것은 그림 7

과 같다. 또한 배터리의 SOC를 표현한 것이 그림 8이다. Drive cycle에 의한 요구전류 이상의 전류를 연료전지가 생성하게 되면 배터리가 충전되고 부족 시에는 방전되게 된다. 여기서 배터리 SOC의 초기 값은 0.6이다.

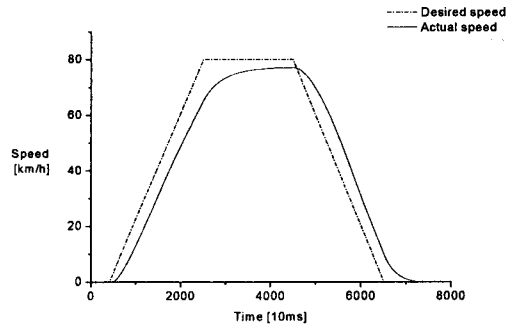


그림 5. DSP의 Driving Cycle과 Actual.

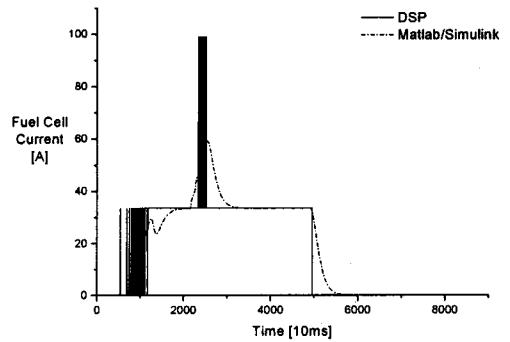


그림 6. DSP와 Matlab/Simulink의 Fuel Cell Current 비교.

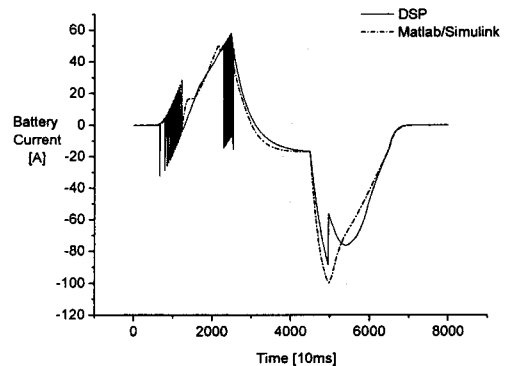


그림 7. DSP와 Matlab/Simulink의 Battery Current 비교.

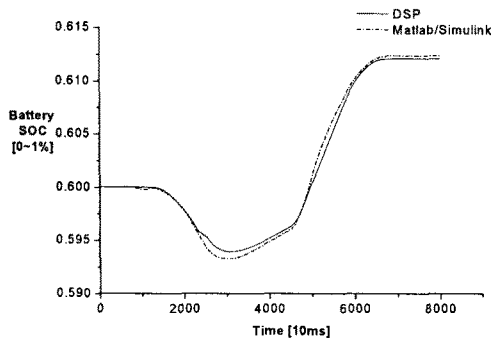


그림 8. DSP와 Matlab/Simulink의 Battery SOC 비교.

5. 결론

본 논문에서는 FCHEV의 Matlab 시뮬레이션과 같은 수식과 알고리즘에 따른 CAN기반의 FCHEV 시뮬레이터 시스템을 구현 하였다. Matlab 시뮬레이션 상의 결과보다는 약간 느린 응답 속도를 갖고 Drive Cycle을 추종함을 확인할 수 있었다. 기본적인 시뮬레이터 시스템 및 모니터 프로그램을 개발 했지만 향후 샘플링 시간의 변화 및 버스 지연시간 등의 영향에 대하여 추가적 고찰이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] K. H. Hauer, R. M. Moore and S. Ramaswamy, "The hybridized fuel cell Vehicles model of the university of California, davis," *SAE 2001-01-0543*, 2001.
- [2] K. H. Hauer, R. M. Moore and S. Ramaswamy, "A simulation model for an indirect methanol fuel cell Vehicles," *SAE 2000-01-3083*, 2000.
- [3] J. H. Jung, Y. K. Lee, J. H. Joo and H. G. Kim, "Power Control Strategy for Fuel Cell Hybrid Electric Vehicles," *SAE 2003-01-1136*, 2003
- [4] H. Zeltwanger, "CANopen Networks in Vehicles," *SAE 1999-01-2839*, 1999.
- [5] 이남수, 심성용, 안현식, 김도현, 성영락, 오하령, "연료전지 자동차 시스템의 효율적인 연계 운전방법 개발을 위한 시뮬레이션 환경 구축,"

CICS 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.14-16, 2004

- [6] 정의현, 이현영, 이홍희, 전태원, "CAN 네트워크를 이용한 단일 프로세서에 의한 복수 인버터 구현에 관한 연구," *전력전자학회*, pp.50-57, 2003
- [7] *LF2407 Technical Reference*, 2000
<http://www.spectrumdigital.com>
- [8] *TMS320LF/LC240xA DSP Controllers Reference Guide*, 2001, <http://www.ti.com>
- [9] *CAN Specification (Version 2.0)*
<http://www.bosch.com>
- [10] *Embedded Systems Academy*
<http://www.esacademy.co.kr>