

통합 연료전지모니터링 시스템 개발

김현준[†] · 염상철 · 안병기 · 김세훈 · 금영범
현대자동차 연구개발총괄본부

Development of the Integrated Fuel Cell Monitoring System

HYUNJUN KIM[†], SANGCHUL YEOM, BYUNGKI AHN, SAEHOON KIM, YEONGBEOM KUM
Hyundai Motor Company, Mabuk-ro 240beon-gil, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 446-716, Korea

Abstract >> The interest of New Renewable Energy is increasing globally because of the increment of the uncertainty for the energy's supply and demand, and the increment of the frequency in weather anomaly and its damages. One of the New Renewable Energies, Hydrogen receives attention as the future energy that can deal with global environment regulation. Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) is an environment-friendly vehicle that uses Hydrogen as fuel. The electric power for FCEV is generated by chemical reaction with Oxygen from the air and Hydrogen. Hyundai Motor Company (HMC) has developed a proprietary fuel cell system since 2005. In 2012, HMC is the first car maker that mass-produces the ix35 FCEV to the worldwide such as North America, Europe, etc. In order to develop and improve the FCEV technology, data acquisition and analysis of the driving vehicle information is essential. Therefore, the monitoring system is developed, which is consist of datalogger, Automatic Vehicle Location (AVL) server and main server. Especially, WCDMA technology is integrated into the system which enables the data analysis without any restriction of time and region. The main function of the system is the analysis of the driving pattern and the component durability, and the safety monitoring. As a result, ix35 FCEV has successfully developed by using the developed monitoring system. The system is going to take an advantage of development in the future FCEV technology.

Key words : Fuel Cell Electric Vehicle Monitoring (연료전지차량 모니터링), Datalogger (데이터로거), System Analysis (시스템 분석), Hydrogen (수소), WCDMA(코드분할 다중접속)

Nomenclature

MHz : Mega Hertz
MB/S : Megabyte/sec

Subscripts

AVL : Automatic Vehicle Location
CAN : Controller Area Network
WCDMA : Wideband Code Division Multiple Access
GPS : Global Positioning System
TCP/IP : Transfer Control Protocol / Internet Protocol

[†] Corresponding author : hcju@inha.ac.kr

Received : 2015.5.11 in revised form : 2015.6.12 Accepted : 2015.6.30

Copyright © 2015 KHNES

1. 서 론

세계적으로 에너지 수급 불확실성이 높아지고, 기상이변의 빈도와 피해규모가 매년 증가하고 있다. 각국에서는 환경 보호를 위해 각종 규제 및 정책 변화를 시도하고 있으며, 수소, 풍력, 태양열, 천연가스, 바이오가스 등 신재생에너지에 대한 관심과 투자가 증대되고 있다.

특히, 수소는 다양한 제조 방법과 친환경성으로 인해 궁극적인 대체에너지로 인식되면서 천연가스 가격 하락에 따른 수소 제조비용의 감소와 더불어 저장, 운반 및 이송 관련 기술의 발전으로 석유를 대체할 연료로 주목 받고 있다. 이러한 수소를 연료로 사용하는 연료전지자동차는 수소와 산소의 화학반응을 통해 발생 된 전기를 활용한 친환경 자동차이다.

현대자동차는 2005년부터 독자연료전지시스템 개발을 시작하여 2013년 세계최초양산을 하였다. 차량 양산을 위해서는 내구, 연비, 안전성, 품질 등 여러 항목이 고려되어야 하며, 부품 및 시스템 개발을 효과적으로 하기 위해서는 실도로 주행 모니터링을 통한 데이터 수집이 필수적이다.

현대자동차는 연료전지차량의 실도로 주행 데이터 확보 및 분석을 위해 다양한 노력을 지속해왔다. 국내 모니터링 보급 사업(2006~2009년), 연료전지차량 실증 사업(2009~2013년)의 국내 정부과제를 수행하였으며, 미국 에너지성(DOE: Department of Energy)

시범 운행(2004~2009년) 및 스칸디나비아 H2moves (2011~2012년) 과제 참여를 모니터링 시스템을 개발 하였다.

본 연구에서는 연료전지차량 모니터링 시스템의 구성 및 주요 기능, 데이터베이스 구축 방식 및 데이터 활용에 관해 자세히 설명하고자 한다.

2. 연료전지차량 모니터링 시스템 구성

모니터링 시스템은 Fig. 1과 같이 데이터로거, AVL (Automatic Vehicle Location) 서버, 메인 서버로 구성 되어 있다. 차량 주행에 관련된 CAN (Controller Area Network)정보는 데이터로거에 저장된 후 WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) 통신망을 통해 AVL서버로 전송이 되고, 최종적으로 인터넷을 통해 메인서버에 저장된다.

2.1 데이터로거의 주요 기능 및 개발 현황

데이터로거는 2개의 독립된 채널을 통해 최대 32개의 CAN ID를 저장할 수 있으며, 분석 목적에 따라 1~1000ms 간격으로 약 500여개의 변수를 정보의 누락 없이 저장하고 처리 할 수 있도록 설계되었다.

또한, 차량의 기본 정보(스택 출력, 수소게이지, 주행 속도, 냉각수 온도, 누적주행시간, 고장진단정보 등)를 AVL 서버로 보내고 사용자는 실시간으로 관련 정보를 확인 할 수 있다. 외부 환경 요인(고도, 지

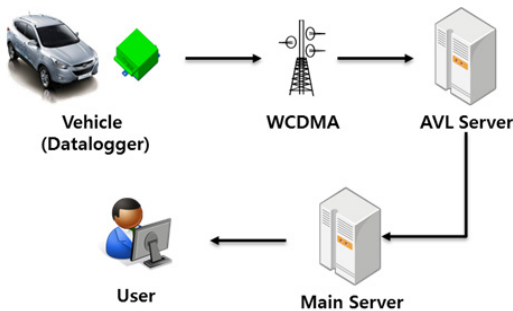


Fig. 1 Schematic Diagram of FCEV monitoring System

Table 1 Specification of Datalogger

Class	Specifications
Memory Type	Security Digital High Capacity Card
Sampling Time	1 ~ 1000ms
Channel	CAN : 2 / RS-232 :1
Trigger	Able
WCDMA Bands	800 ~ 2100 Mhz
WCDMA Speed	5.76 Mb/s
Additional Function	Wireless Lan

역적 특성 등)에 따른 차량 주행 패턴 및 경로 분석을 위해서 별도의 GPS (Global Positioning System) 모듈을 장착할 수 있으며, 주요 사양은 Table 1과 같다.

차량 주행 완료 후 정차 시 주행 중 저장된 모든 주행 정보를 WCDMA 통신망을 통해 TCP/IP (Transfer Control Protocol / Internet Protocol) 통신 방식으로 AVL서버로 송신한다. 위 방식은 디지털 신호에 난수를 부가해 여러 개의 디지털 코드로 변환 후 고유한 코드만을 인식해 통신을 하기 때문에 데이터 보안 수준이 높다.

또한, 본 연구를 통해 개발된 모니터링 방식은 기존의 블루투스나 무선 랜 방식과 비교할 때 데이터

수집서버를 거점(충전소, 운영기관) 별로 설치할 필요가 없고, 주행 중 및 주행 완료 후 데이터를 빠르게 수집 및 처리 할 수 있다. 데이터로거의 개발 단계별 상세 기능 비교는 Table 2와 같다.

2.2 AVL 서버 및 메인서버 주요 기능

수 백대의 수소연료전지차를 모니터링할 경우 AVL서버로의 동시 접속에 따른 통신 과부하 및 데이터 병목현상이 발생할 수 있다. 이를 해소하기 위해 AVL서버 내 수신 프로그램은 병렬구조 형태로 개발되었고, 데이터 손실을 최소화하기 위해 Fig. 2와 같은 신뢰성 체크 로직을 적용하였다.

수신된 데이터의 송신 프로토콜을 통해 패킷을 검증하고, 발생 가능한 오류에 대해 신뢰성을 검증하게 된다. 정상(Normal)인 경우에는 대상 차량명과 송신 파일 로그 분석을 통한 패킷 검증을 통해 정상 프로세스로 진입 된다. Error 1은 파일 전송 중 통신 오류가 발생한 경우이다. 이는 검사 합(Checksum) 로직을 통해 기존 장애 발생 파일을 임시저장소에 저장 후 데이터 블록 수와 블록 순서, 파일 크기를 바탕으로 오류를 검증하고 이어받기 기능을 통해 파일 송신을 완료한다. Error 2는 통신 음영 지역 및 통신 품질 저하에 따른 통신 불량 발생으로, 송신 프로세스 초기 단계에 진입하지 못한 경우로 통합 FC 로거에서 AVL서버를 감지하지 못한 상황이다. 장기 접속 시도에 따른 데이터로거 전원 방전 현상을 방지하기 위해 파워 보호 로직을 적용해 데이터 송신 프로세스를 종료하고, 다음 통신 접속 시 저장된 데이터를 송신하게 된다.

AVL서버를 통해 수신 된 데이터는 인터넷 네트워크를 통해 메인서버로 전달되고, 특정 기준(차량 명, 주행 날짜, CAN 정보 등)에 따라 분류된다. 초기 수집된 데이터는 암호화되어 메인서버에서 변환과정을 거치게 된다.

Table 2 Functional Comparison of Datalogger

Class	Bluetooth	Wi-Fi	WCDMA
Receiver	Need	Need	-
Connected Car	5	> 20	-
Security Level	Low	Medium	High
Speed	2MB/S	3MB/S	10MB/S
Range	10m	> 50m	Unlimited
Cycle Time	1 Week	1 Week	Real-Time

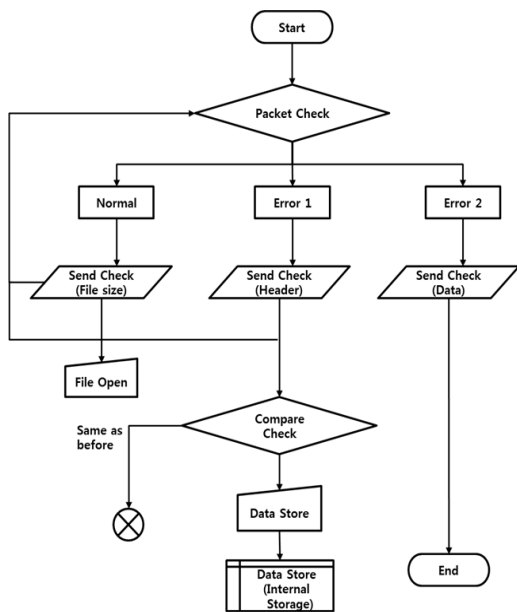


Fig. 2 Reliability Logic of Data Communication

전달된 코드는 속성(Unsigned, Signed)과 데이터 타입(Intel, Motorola)에 따라 변환프로그램을 거쳐 사용자가 활용할 수 있는 파일 형태로 저장되어, 사용자가 서버에 접속해 상세 분석에 활용하게 된다.

3. 연료전지차량 모니터링 시스템 활용

3.1 차량 주행 정보 분석

연료전지차량 모니터링 시스템은 주행 정보를 수집하고, 수집된 데이터를 통해 실도로 운행 패턴, 연비, 시스템 효율 등 다양한 측면에서 분석이 가능하다.

본 연구를 통해 개발된 모니터링 시스템은 Fig. 3 과 같이 구글 지도에 주행 경로를 표시할 수 있는 기능을 활용해서 지역 특성(도심, 시외 지역 등), 외부 환경(고도, 온도, 습도 등) 및 운전자 주행 습관에 따라 다양한 차량 연비 및 주행 패턴과 관련된 데이터를 분석할 수 있다.

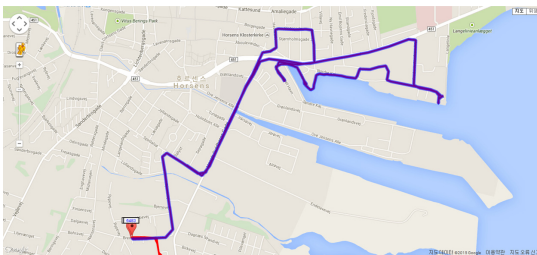


Fig. 3 Vehicle Driving Route in Norway

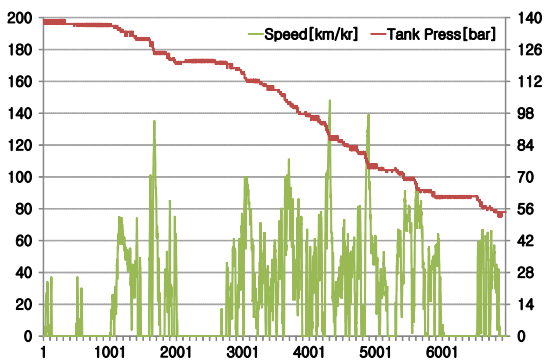


Fig. 4 Profile of H₂ Tank Pressure and Speed

분석된 데이터를 기초로 차량 평가 전 주행경로 시뮬레이션을 통해 모의 평가 결과를 도출하는데 활용 할 수도 있다.

연비, 수소 이용률, 스택 효율, 셀 전압 편차, 및 스택 열화율 등 주요 차량 주행 정보 분석 중 내부 요인 분석에 활용할 수 있는 다양한 패턴의 분석 방법을 개발했다.

Fig. 4는 차량의 주행속도에 따른 주행거리 및 수소사용량에 대한 그래프이다. 이를 통해 운전자의 실도로 주행 패턴에 대한 데이터를 수집 및 분석하고 이에 따른 연비 영향도 분석에 활용할 수 있다.

3.2 연료전지시스템 주요 부품 분석

연료전지시스템은 Fig. 5와 같이 수소와 산소가 만나 전기를 발생시키는 연료전지 스택을 중심으로 공기공급시스템(APS: Air Processing System)과 수소 공급시스템(FPS: Fuel Processing System), 열관리시

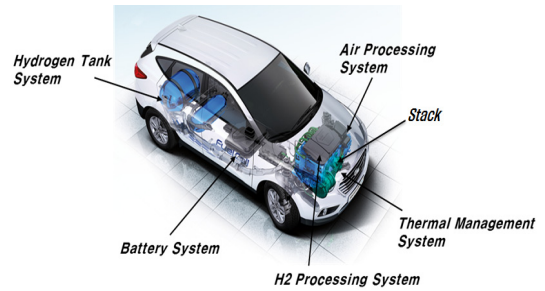


Fig. 5 System Configuration of Tucson FCEV

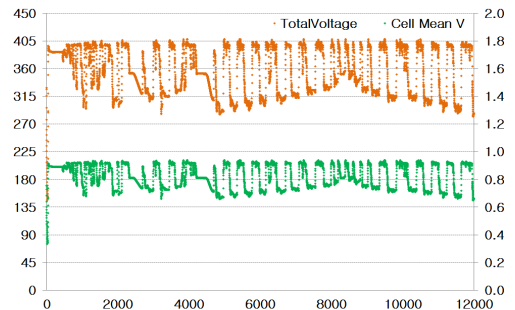


Fig. 6 Profile of Stack Voltage Monitoring

스텝(TMS: Thermal Management System)으로 구성되며, 보조동력장치인 배터리와 수소탱크로 이루어져 있다. 연료전지시스템 중 주요 부품에 개발을 위해 성능 검증 및 내구성 평가를 위한 데이터 수집 및 정량적 분석이 필요하다.

Fig. 6은 주행 중 핵심 부품인 연료전지 스택의 전압 상태를 나타낸 그래프로서 연료전지스택 셀의 성능 및 현재 상태를 분석 할 수 있다.

3.3 운전자 안전 확보를 위한 분석 기능

연료전지차량의 스택 전압은 일반적으로 200~400 V 사이로, 차량에서는 절연 저항 및 이온전도도에 대한 지속적인 모니터링을 통해 전기 안전성 확보를 하고 있다.

연료전지차량은 고압(700 bar)의 수소를 연료로 저장하고, 사용하기 때문에 수소탱크의 수소 안전 관련 모니터링이 필수적이다.

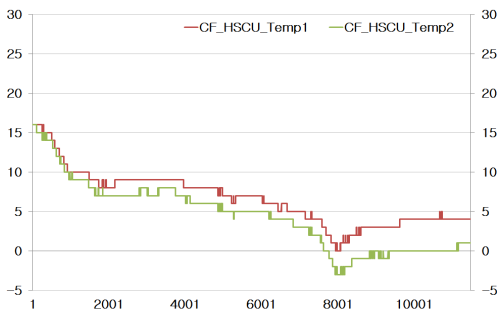


Fig. 7 Profile of H₂ Tank Temperature

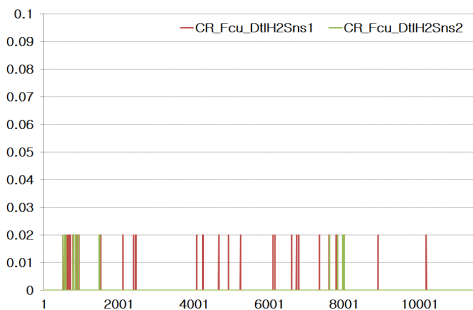


Fig. 8 Profile of H₂ Sensor Value

Fig. 7와 Fig. 8과 같이 주행 시 수소탱크의 온도변화 및 센서 모니터링을 통해 주행 중 수소가 정상적으로 공급되고 있는지를 판단하고, 탱크 기밀 여부를 확인한다.

마지막으로, 차량 문제 발생 시에는 접수된 정보를 바탕으로 정확한 발생 원인과 고장 부품에 대한 문제를 메인서버 내 데이터 분석을 통해 점검한다. 또한, 고장진단코드 정보 제공 시 GPS 정보를 함께 송신해 서비스 부문에서 긴급 출동 서비스를 제공할 수 있다.

4. 결 론

1998년부터 연료전지차량 개발을 시작한 현대자동차는 실도로 운행 및 모니터링 과정을 통해 축적된 데이터를 효율적, 안정적으로 관리하고, 설계 및 품질분야에 활용하기 위해 노력하고 있다. 기존 블루투스 및 무선 랜 방식보다 효율적으로 데이터 관리 및 분석이 가능한 WCDMA 통신망을 활용한 모니터링 시스템을 구성하였으며, 동시 접속에 따른 통신 과부하 및 데이터 병목현상을 해소하기 위해 병렬구조 형태의 프로그램 개발 및 데이터 손실을 최소화하기 위한 신뢰성 체크 로직을 프로그램을 통해 구현했다. 이를 통해 연료전지 시스템 내구 및 성능에 연관된 요소들과의 상관관계를 효과적으로 분석할 수 있었다.

북미와 유럽 등 각 지역에서 운행 되는 수 백대 규모의 차량을 모니터링할 수 있는 시스템과 수집된 실도로 운행 데이터를 분석할 수 있는 기법 개발을 통해 투싼 FCEV를 성공적으로 개발할 수 있었으며, 본 연구에서 개발된 모니터링 시스템은 향후 차기 연료전지차량 개발에도 활용될 예정이다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 주관 2009~2013년 ‘수

송용 연료전지 조기 상용화를 위한 기반기술 개발 및 실증’, 2011~2016년 산업통상자원부 재원인 ‘시스템 소형화를 위한 가변압력 PEMFC 핵심부품 개발’로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 과제입니다(No. 20143010031840).

References

1. James Larminie, “Fuel Cell System Explained”, John Willy and Sons (2003).
2. B. K. Ahn, and T. W. Lim, “Past, Present and Future of the Fuel Cell Vehicle Development at Hyundai-Kia Motors”, KSAE(2006).
3. H.-D. Song, and S.-S. Kim, “Development of an Optical-Fiber Hydrogen Detecting Sensor based on Ultrasonic and Monitoring System”, KSAE(2012).
4. J.-W. Woo, and C.-S. Jung, “Design of a CDMA-Based Real-time Remote Monitoring System”, IEEK(2006).
5. W. Vielstich, A. Lamm, and H. A. Gasteiger, “Hand-book of Fuel Cells: Fundamentals”, John Wiley & Sons (2005).
6. F. Barbir, “PEM Fuel Cells: Theory and Practice”, Elsevier (2005).
7. Navigant Research, “Fuel Cell Vehicles: Global Market Analysis and Forecasts”, (2013).