

CAN 통신 및 UDS표준을 이용한 소형 전기자동차의 내부데이터 취득에 관한 연구

심인한¹⁾ · 노경원²⁾ · 김정철²⁾ · 차준표^{*1)}

한국교통대학교 자동차공학과¹⁾ · 한국에너지공단 자동차연비센터²⁾

A Study on In-vehicle Data Acquisition from Light-duty BEV with CAN Protocol and UDS Standard

Inhan Sim¹⁾ · Kyung Wan Rho²⁾ · Jung Chul Kim²⁾ · Junepyo Cha^{*1)}

¹⁾Department of Automotive Engineering, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27469, Korea

²⁾Vehicle Energy Efficiency Center, Korea Energy Agency, 15 Shincheoksandan3-ro, Deoksan-eup, Jincheon-gun, Chungbuk 27850, Korea

(Received 2 March 2021 / Revised 10 April 2021 / Accepted 14 April 2021)

Abstract : This study focuses on in-vehicle data acquisition from a light-duty battery electric vehicle(BEV). In the case of electric vehicles, there is a limitation in acquiring electric-powertrain-related data because these are not included in the on-board diagnostic-II(OBD-II) regulation. Therefore, in this study, the method of acquiring the in-vehicle data of light-duty BEV through the unified diagnostic services(UDS) standard of the vehicle was studied. The data related to the battery and motor were acquired by using the control area network(CAN)-UDS protocol while performing the multi-cycle test(MCT) on a chassis dynamometer. After that, correlation analysis was performed in order to determine the suitability of data acquisition with the CAN-UDS method.

Key words : In-vehicle data(차량 내부 데이터), Controller area network(계측 제어기 통신망), Unified diagnostic services(통합 진단 서비스), Battery electric vehicle(배터리식 전기자동차), Multi cycle test(복합사이클 시험)

1. 서론

최근 각국 정부는 온실가스 배출량 감축을 위하여 차량의 온실가스 배출량 및 연비 기준을 강화하고 있다. 이에 자동차 제조사는 자동차의 자율 주행기술 개발 및 온실가스 배출량 감축을 목표로 전기자동차 개발에 집중적으로 투자하고 있다. 국제 에너지 기구(IEA, International Energy Agency)의 「Global EV Outlook 2020」에 따르면 현재까지 17개국의 정부가 2050년까지 100% 무공해 차량을 목표로하거나 내연기관 차량을 단계적으로 폐지할 것을 발표했다.¹⁾ 또한 IEA에서 제시한 국제 전기자동차 전망에 따르면, 2030년까지 국제 전기자동차가 최대 2억 4천만대 까지 증가할 것으로 예상하였고, 장기적 분석에 따르면 2035년 가량은 EV는 완전한 경쟁력을 지니게 되어, 2040년 가량에는 최대 28%의 시장 점유율을 가질 것으로 예측하고 있다.²⁾ 미국 에너지 관리청(EIA, Energy Information Administration)에서 발

표한 「Annual Energy Outlook 2020」에 따르면 수송부문에서 전기동력은 가장 급격하게 상승하고 있는 에너지 원으로 제시하였다. 미국 에너지 관리청은 소형 전기자동차 수요의 증가로 매년 평균 7.4%의 증가폭으로 2050년까지 급격하게 증가할 것을 예상하였다.³⁾

국내의 경우 또한 전기자동차의 시장 점유율이 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 2019년 국토교통부에서 제시한 자료에 따르면 2015년에서 2019년까지 4년간 전기자동차의 대수가 16.5배 가량 증가하였고, 시장 점유율 또한 3.2%에서 15.9%로 급증하였으며,⁴⁾ 증가의 주요 원인으로 (1)정부의 전기차 보급 확대 정책, (2)제작사의 선제적 대응, (3)국민들의 미세먼지 등 대기 환경에 대한 인식 변화를 들었다. 또한 정부는 2019년 제3차 에너지기본계획에서 2040년까지 전기자동차의 830만대의 보급 계획을 추진하고 있음을 발표하였다.⁵⁾ 현 정부에 들어서는 한국판 뉴딜 종합계획을 수립하여

*Corresponding author, E-mail: chaj@ut.ac.kr

¹⁾This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

10대 과제 중 전기자동차, 수소자동차의 보급을 제안하였으며, 2025년까지 113만대의 보급을 목표로 하였다.⁶⁾ 이와 같이 급격하게 추진되고 있는 온실가스 저감을 위한 전기자동차의 보급정책에 맞추어, 전기자동차의 에너지효율 분석 및 주행 특성 분석 등 전반적인 분석이 필요하다.⁷⁾ 하지만 전기자동차의 분석에 필요한 차량의 내부데이터는 기존 OBD-II 규격으로 배출가스 관련 데이터 제공이 의무화 되어있던 내연기관과 다르게 차량의 주요 데이터를 제공하지 않는다. 따라서 전기자동차의 내부데이터 취득에 관한 연구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 CAN-UDS표준 방식을 활용하여 소형 전기자동차의 내부데이터 취득에 관한 연구를 수행하였다. CAN(Controller Area Network)통신은 차량의 ECU(Electric Control Unit), MCU(Micro Control Unit) 및 각 센서와 통신을 위하여 설계되었으며, 이를 통하여 차량 내부 데이터 취득이 가능하다. 하지만, CAN통신 방식의 데이터 취득의 경우 정확한 CAN-ID정보(CAN Arbitration ID, Byte position, Scaling factor)가 요구되며, CAN-ID정보의 확보의 어려움으로 데이터 취득에 제한이 있다. 따라서 본 연구에서는 차량용 진단기의 CAN-UDS표준 프로토콜을 이용하여 차량의 CAN-ID정보의 확보 방법을 제시하고, 확보한 ID를 통하여 차량 내부 데이터 취득 방법에 대하여 연구하였다. 또한 UDS 표준 방식을 활용하여 취득한 데이터의 상관성 분석을 실시하여 추후 전기자동차의 분석에 활용할 데이터의 신뢰성을 검토하였다.

2. 전기자동차 CAN-UDS 데이터 취득 방법

본 연구는 차량의 UDS(Unified Diagnostic Services)프로토콜을 사용하여 소형 전기차량의 에너지 효율 관련 데이터를 취득하고, 에너지 효율을 분석하였다. UDS 프로토콜의 경우 ISO 14229-1의 규격을 따르며, 기존 자동차의 배기가스 관련 데이터를 제공하는 OBD-II(On Board Diagnostics) 규격에서 제공하지 않는 비배기 항목을 제공한다. 따라서 전기자동차의 배터리 및 모터 관련 데이터를 취득함에 있어 용이하다. 또한 UDS 프로토콜의 경우 데이터 요청 신호를 통하여 데이터의 별도 요청이 가능하므로 적정 Arbitration ID 및 데이터 식별만 가능하다면, 전기자동차의 전반적인 데이터 취득이 가능하다.

2.1 UDS 표준기반 데이터 취득 방법

본 연구의 UDS표준 기반 데이터 취득은 CAN-UDS 표준을 지원하는 ① 차량용 상용 진단기와 ② CAN 송수신기, ③ 제어 PC를 사용하여 수행하였으며 이후 설

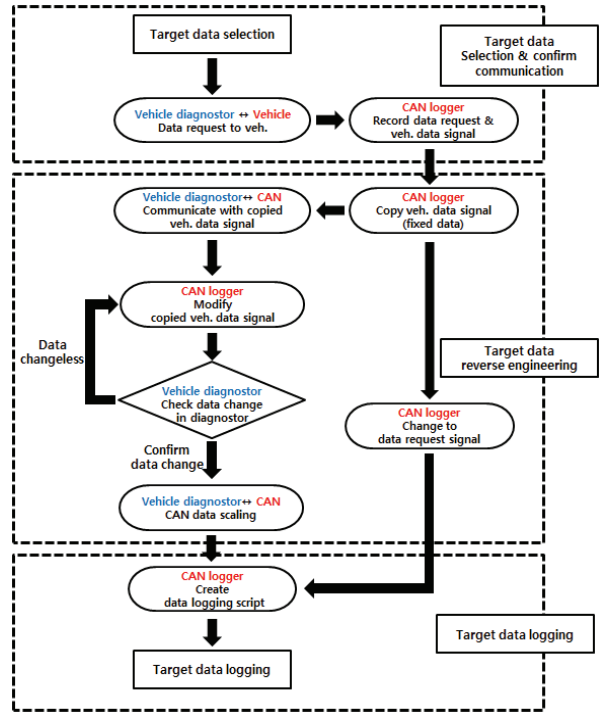


Fig. 1 Flowchart of UDS-CAN data acquisition method

명되는 순서로 진행하였다. 취득 과정은 크게 (2,1,1)목표데이터 선별 및 통신확인 (2,1,2)선별데이터 역설계 (2,1,3)선별 데이터 Logging 과정으로 구분하였으며, Fig. 1은 데이터 취득 절차를 간단한 순서도로 나타내었다.

2.1.1 목표 데이터 선별 및 통신확인

목표 데이터 선별 및 통신확인 단계에서는 전기자동차의 UDS표준을 통한 ECU 접근 및 데이터 요청방식을 확인하였다. 상용 차량용 진단기를 활용하여 차량용 진단기가 차량 ECU에 UDS프로토콜을 사용하여 접근하는 방식을 우선적으로 모니터링 하였다. 또한 목표 선별 데이터의 CAN Arbitration ID 값을 확인하였다.

2.1.2 선별데이터 역설계

선별 데이터 역설계 단계에서는 Byte position 확보, Scaling factor 설정의 과정을 진행하였다. 선별데이터 역설계 단계에서는 앞선 단계에서 확인한 ECU 접근 방식을 동일하게 적용하여 상용진단기와 CAN 송수신기를 제어하는 PC 사이의 통신을 진행하였다. 앞서 모니터링 한 통신데이터를 기반으로 PC에서 차량의 ECU에서 전송하는 CAN 신호를 모사하였다. 또한 선별데이터에 대한 고정 데이터 값을 상용진단기에 제공하였다. 이후 고정 데이터 값을 1 Byte 단위로 변경하며 지속적으로 상용 진단기와의 통신을 진행하였다. 진단기에서 선별항

목의 데이터값의 변동이 확인될 경우 이때 PC에서 변동 시킨 데이터 Byte를 Data position으로 확보하였다. 또한 변동 비율에 따라 Scaling factor를 설정하였다.

2.1.3 선별데이터 Logging

선별데이터 Logging 단계에서는 Logging 스크립트 작성을 진행하였다. Logging 스크립트는 UDS표준 기반, ECU에 진단데이터를 요청하는 신호 송신하는 과정을 포함하였으며, 수신 받을 데이터에 대한 Logging rate를 설정하였다. 본 연구에서는 데이터 요청신호는 100 Hz 주기로 설정하였으며, 데이터 Logging은 1 Hz 주기로 설정하였다.

2.2 전기차 주행 차량 내부데이터 Logging 시스템

2.2.1 주행모드

본 연구에서는 전기자동차 연비 시험모드인 MCT(Multi Cycle Test) 모드를 주행하여 차량 내부 데이터를 취득하였다.^{8,9)} 데이터의 취득은 에너지 효율에 관련된 데이터를 선별하고 UDS표준 방식으로 데이터를 취득하였다. 또한, CAN 데이터 취득과 동시에 차량의 배터리에 전류, 전압계를 장착하여 UDS표준 기반 CAN 데이터와 비교분석 하였다. Fig. 2는 본 연구에서 주행한 MCT모드의 속도 프로파일을 나타내었다.

본 연구에서 사용한 MCT 모드는 4개의 UDSS(Urban Dynamometer Driving Schedule)모드, 2개의 HWFET(Highway Fuel Economy Test Cycle)모드 그리고 2개의 CSC(Constant Speed Cycle)모드로 총 8개의 상세 모드로 이루어져 있다. UDSS 모드와 HWFET 모드는 각각 도심주행과 고속주행 사이클이며 CSC모드는 등속주행 모드이다. MCT 모드는 UDSS - HWFET - UDSS2 - CSC 구성을 1개의 사이클로 하여 총 2회 반복 구성으로 이루어져 있다. 2번째 사이클의 배터리 SOC(State of Charge)가 0%에 수렴하면 모드가 종료된다. 본 연구에서 주행된 MCT 모드의 각 구간 별 상세 거리(km), 비율(%), 구간 종료시점의 잔여 SOC(%), 소요시간(sec)을 Table 1에 나타내었다.

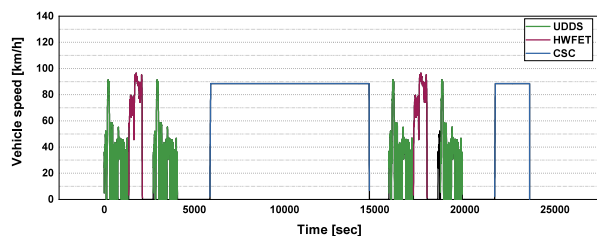


Fig. 2 Velocity profile of MCT mode

Table 1 Details of tested MCT mode

Mode	Distance (km)	Percentage (%)	SOC (%)	Duration (sec)
UDSS 1	12.00	2.59	98	1,346
HWFET 1	16.52	3.57	95	760
UDSS 2	11.98	2.59	93	1,346
CSC 1	306.96	66.31	28	8,849
UDSS 3	12.02	2.60	26	1,346
HWFET 2	16.53	3.57	22	760
UDSS 4	11.92	2.58	20	1,346
CSC 2	75.00	16.20	0	1,944

2.2.2 데이터 Logging 장비

본 연구에서는 CAN-UDS 방식의 데이터 취득의 신뢰성을 확보하기 위하여 소형 BEV(Battery electric vehicle) 차량에 전류, 전압계와, CAN 송수신기를 동시에 설치 후 실험을 진행하였다. Data logging은 MCT 모드 주행 중 진행되었으며, MCT 모드의 일부 Soaking 구간은 Data logging에서 제외하였다. 시험모드 주행에 대한 장치 개략도를 Fig. 3에 나타내었다.

본 연구는 소형 전기자동차 1대를 대상으로 차대동력계에서 시험을 진행하였으며, 시험차량은 고전압 배터리와 PMSM(Permanet Magnet Synchronous Motor) 모터가 탑재된 차량이며, 변속기 없이 감속기만 탑재된 차량이다. 시험차량의 상세제원을 Table 2에 나타내었다.

본 연구에서는 BEV의 고전압 인버터에 전류, 전압계를 직접 설치하였으며, CAN 송수신기는 차량의 OBD-II diagnostic connector(SAE J1962)에 접속하였다. 본 연구에서 사용된 소형 전기자동차는 SAE J1962에 의거 접속 단자에 ISO 15765-4에 명시된 CAN-High, CAN-Low 제공하였다. 이에 본 연구에서는 차량 내부의 직접적인

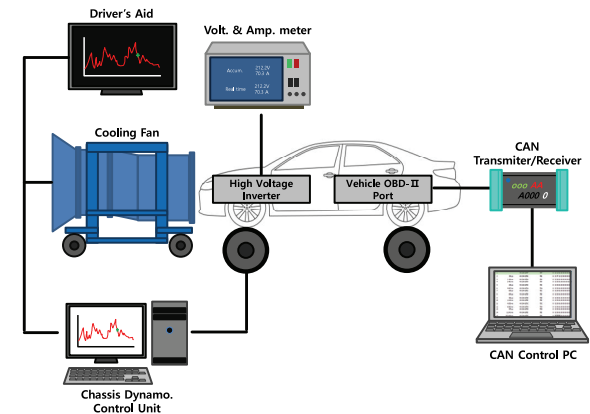


Fig. 3 Schematic diagram of equipment setting

CAN-Line 의 접촉이 아닌 OBD-II 단자를 통한 CAN 통신을 진행하였다. 사용한 전류, 전압계와, CAN 인터페이스의 상세제원을 각각 Table 3, Table 4에 나타내었다.

전류, 전압계는 고정값으로 50 ms 주기로 데이터 취득을 하여 1 Hz로 Data logging을 진행하였다. 또한 CAN 통신 데이터 취득은 10 ms 주기로 설정하였으며, 마찬가지로 1 Hz로 Data logging을 진행하였다.

Table 2 Specifications of Voltage-Ampere meter

Item	Specification	
Motor	Motor type	PMSM
	Max. torque	295 Nm
	Max. power	100 kW
Battery	Battery type	Li-Ion Polymer
	Battery capacity	38.3 kWh
	Rated voltage	319.4 V
	Current capacity	120 Ah
Power transfer device	Single reduction gear Gear ratio : 7.412	
Curb weight	1,530 kg	

Table 3 Specifications of CAN Transmitter/Receiver equipment

Item	Specification
CAN transmit / receive interval	10 Hz to 1 kHz [100 Hz in test]
Timing specification	64 Bit timestamping (accuracy 10 μ sec)
CAN physical layer	Maximum Propagation Delay : 120 ns Loop Delay Symmetry : -10 %/+10 % (2 Mbps)
Data rate (with PC)	480 Mbps
Data rate (internal logging)	1 Hz to 1 kHz [1 Hz in test]

Table 4 Specifications of Voltage-Ampere meter

Item	Specification
Voltage measurement range	15 ~ 1,500 V
Current measurement range	0.1 A ~ 20 kA
Accuracy (Voltage, Current)	± 0.04 % rdg. ± 0.05 % fs
Data rate (internal renewal)	20 Hz
Data rate (logging)	1 Hz to 5 Hz [1 Hz in test]

2.2.3 CAN 시간 동기화

CAN 통신은 차량의 각 MCU에서 두 가닥의 신호선 (CAN-high, CAN-Low)에 데이터를 실어 전송하는 Bus network 방식이기 때문에 취득데이터의 시간차이가 발생한다.¹⁰⁾ 특히, Recessive 데이터의 경우 데이터가 후순위로 전송되기 때문에 그 시간차이가 더욱 크게 발생한다.¹¹⁾ 이러한 시간차이는 취득 데이터의 동시시간적 분석이 필요한 경우 오차의 요인이 된다.¹²⁾ 따라서 데이터 상관성 분석에 앞서 시간 동기화를 실시하였다. 시간 동기화는 차대동력계에서 측정된 속도와, CAN-UDS방식을 이용한 차량속도를 기준으로 하여, 배터리 전압과 전류에 대한 시간 동기화를 실시하였다. Fig. 4, Fig. 5에 각각 시간동기화 전,후의 배터리 전류 데이터를 예시로 나타내었다.

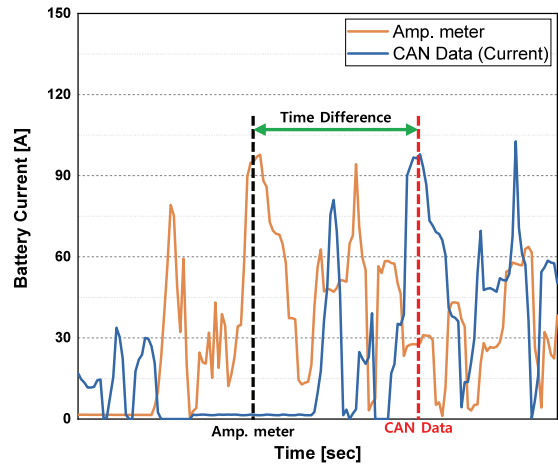


Fig. 4 Battery current of amp. meter and CAN data before time alignment

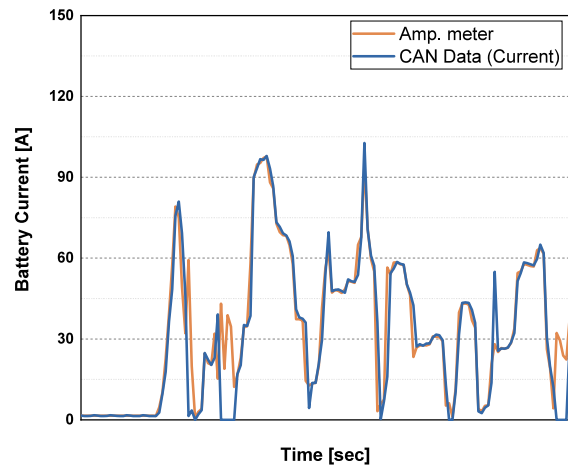


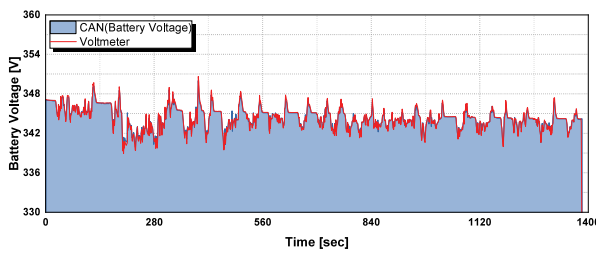
Fig. 5 Battery current of amp. meter and CAN data after time alignment

3. 결과 및 고찰

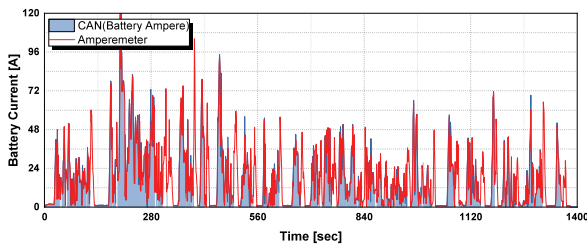
3.1 데이터 취득 적합성 평가

본 연구에서는 MCT 모드를 구성하고 있는 UDDS, HWFET, CSC 모드에서 전기자동차 에너지효율에 영향을 미치는 요인을 선별하였다. 영향 요인 중 배터리 전압, 전류, 브레이크 압력, 차속 데이터를 취득하였으며, 배터리 전압, 전류 데이터의 상관성 분석을 진행하였다. Fig. 6은 UDDS 모드의 실시간 배터리 전압과 전류값을 나타내었다.

UDDS 모드의 배터리 전압의 경우 주행 지속시간이 짧고 평균 차속이 약 32 km/h로 낮은 UDDS 모드의 특성상 배터리 전압의 변동 폭이 적은 것으로 나타났다. 배터리 전류의 경우 가속에 따라 변동폭이 크게 나타났다. 또한, 가속구간에서 CAN통신의 데이터가 0으로 수렴하는 것을 확인하였다. 이는 전류, 전압계와 CAN통신 데이터의 측정 위치차이에 따른 오차로 추정된다. 전류, 전압계는 고전압 인버터에서 데이터를 취득하여 양



(a) Battery voltage



(b) Battery current

Fig. 6 Battery voltage and current of UDDS mode

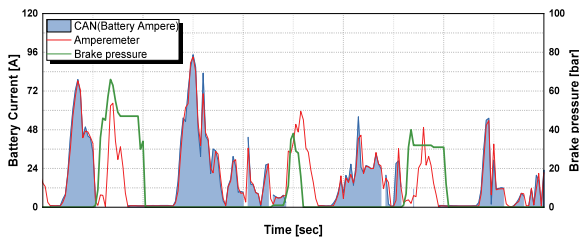
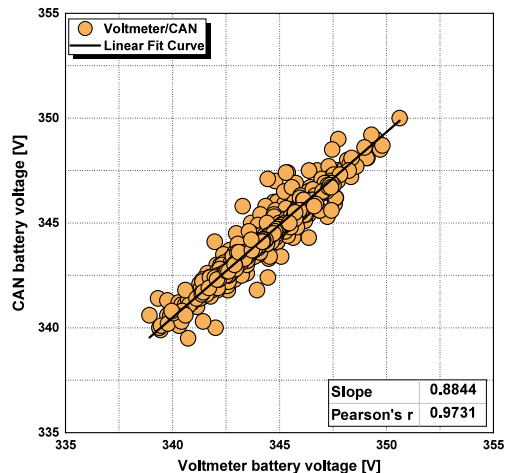


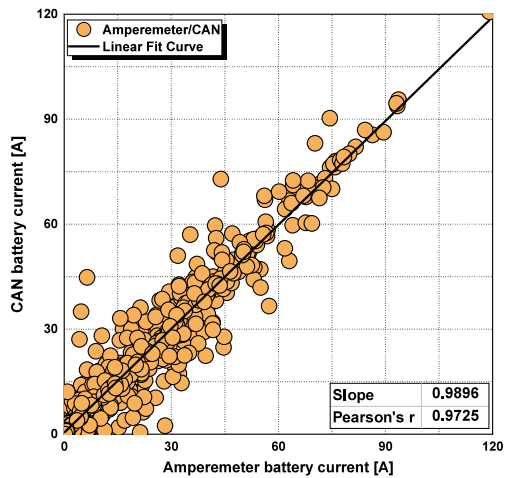
Fig. 7 Battery current with brake sec pressure in UDDS mode

의 값을 가지는 반면 CAN통신의 데이터는 배터리에서 취득하였기 때문에 전류의 방향에 따라 음, 양 값을 모두 가지기 때문에 발생한 오차로 판단된다. 본 연구에서 CAN 데이터 취득 시 음의 값은 0으로 치환하여 취득하였기 때문에 이와 같은 오차가 발생하는 것으로 추정된다. 실제로 브레이크 압력 데이터를 취득한 결과, 브레이크 작동 시 CAN통신의 전류값이 0으로 측정되는 것을 확인하였으며 이를 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 8은 각각 UDDS모드에서의 전압과 전류 데이터에 대한 상관성 분석 결과이다. 상관성 분석은 Fig. 7에서 설명한 오차가 발생하는 구간을 제외하고 실시하였으며, 전압데이터의 경우 기울기 0.88, 상관계수 0.97로 높은 상관성을 나타내었다. 전류데이터 또한 기울기 0.99, 상관계수 0.97로 높은 상관성을 나타내었다.

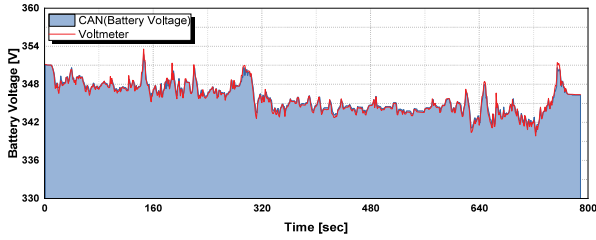


(a) Battery voltage

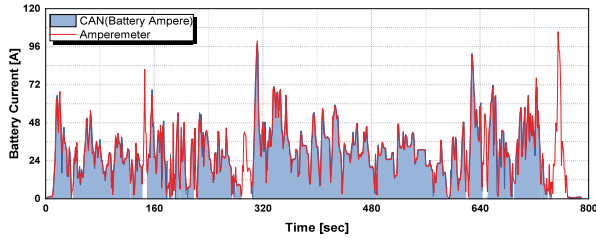


(b) Battery current

Fig. 8 Correlation of battery voltage and current in UDDS mode

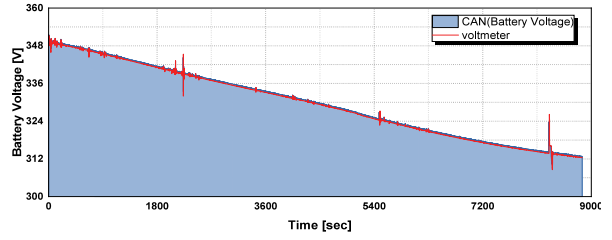


(a) Battery voltage

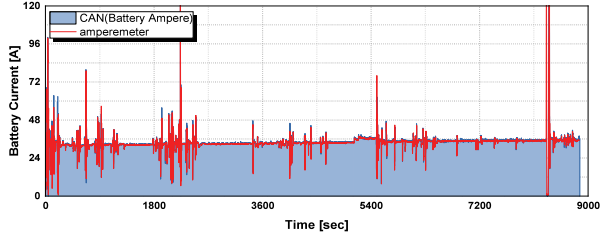


(b) Battery current

Fig. 9 Battery voltage and current of HWFET mode

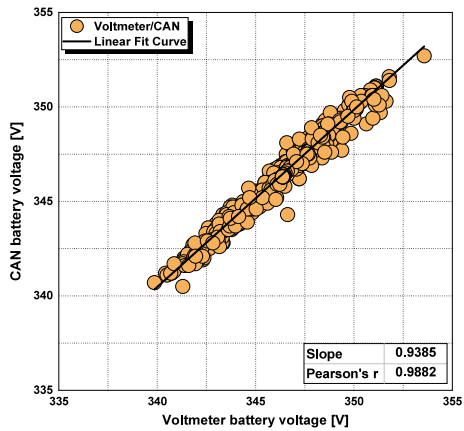


(a) Battery voltage

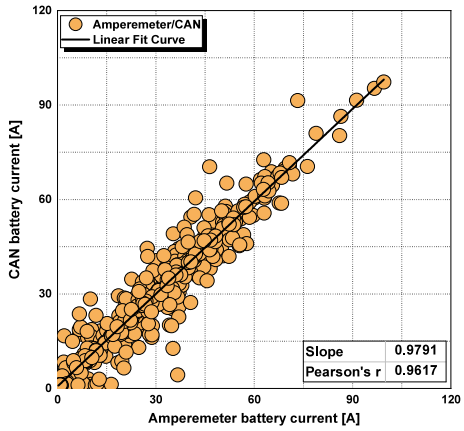


(b) Battery current

Fig. 11 Battery current of CSC mode



(a) Battery voltage



(b) Battery current

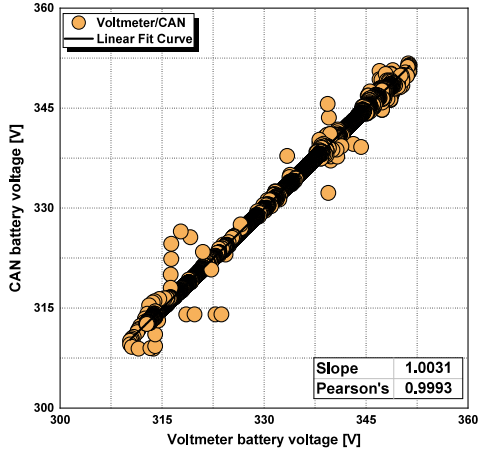
Fig. 10 Correlation of battery current in HWFET mode

Fig. 9는 각각 HWFET 모드의 실시간 배터리 전압과 전류값을 나타내었다. HWFET 모드의 배터리 전압과 전류의 경우, 전반적으로 UDDS 모드와 유사한 특성을 나타내었다. 다만, HWFET 모드의 배터리 전압의 경우 주행 시작시점과 종료시점 사이의 소폭의 전압 강하 현상이 나타났다. 이는 UDDS 모드보다 높은 차속에 의한 전력소모에 의한 것으로 판단된다.

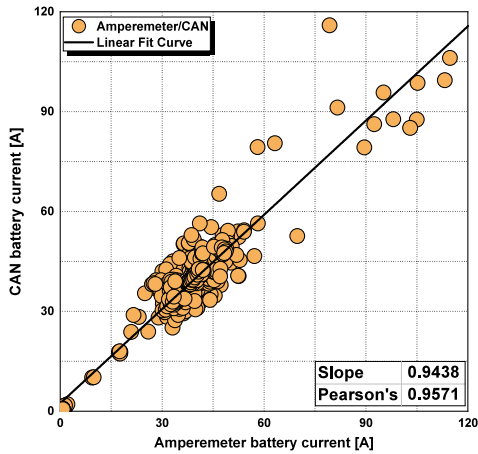
Fig. 10은 각각 HWFET 모드의 배터리 전압과 전류데이터의 상관성 분석 결과이다. 전압데이터의 경우 기울기 0.94, 상관계수 0.99로 높은 상관성을 보였다. 전류데이터 또한 기울기 0.98, 상관계수 0.99로 높은 상관성을 나타내었다.

Fig. 11은 각각 CSC 모드의 실시간 배터리 전압과 전류값을 나타내었다. CSC 모드의 배터리 전압의 경우 정속주행중 차량 출력변화가 적어 그 변동폭이 적게 나타났다. 또한, CSC 모드 시작시점과 종료시점 사이의 배터리 전압강하 현상이 뚜렷하게 나타났다. 이는 장시간의 지속적인 배터리 소모로 인한 것으로 판단된다. 배터리 전류의 경우 차량속도 변동에 따라 전류값의 변동이 나타났다. 추가적으로 배터리 전압강하에 따라 차량요구 출력이 추종하기 위하여 시간이 지남에 따라 전류량이 증가하는 양상을 보였다.

Fig. 12는 각각 CSC 모드의 배터리 전압과 전류데이터의 상관성 분석 결과이다. 전압데이터의 경우 기울기 1.00, 상관계수 1.00으로 앞선 UDDS 모드와 HWFET모드에 비하여 다소 높은 상관성을 보였다. 전류데이터 또한 기울기 0.94, 상관계수 0.96으로 높은 상관성을 나타내었다.



(a) Battery voltage



(b) Battery current

Fig. 12 Correlation of battery voltage and current in CSC mode

3.2 CAN 데이터 오차 분석

3.2.1 데이터 취득 주기에 의한 오차

MCT모드 주행 중, 전 구간에 걸친 전류, 전압계와 CAN 데이터 사이의 소폭의 절댓값 오차를 보였다. 이러한 차이는 데이터의 피크값에서 더욱 크게 나타났으며, UDDS, HWFET, CSC 순으로 점차적으로 감소하는 경향을 보였다. Fig. 13에 전류, 전압계와 CAN데이터의 배터리 전류값의 차이를 예시로 나타내었다.

이러한 데이터의 차이는 전류, 전압계와 CAN데이터 사이의 데이터 취득 주기의 차이에 의한 것으로 판단된다. 전류, 전압계와 CAN데이터 모두 1 Hz 주기로 데이터를 Logging하지만 전류, 전압계의 경우 내부 데이터 갱신주기가 장비의 고정값으로 50 ms이고 CAN통신의 경우 내부데이터 취득이 10 ms로, 본 연구 중 확인된 차

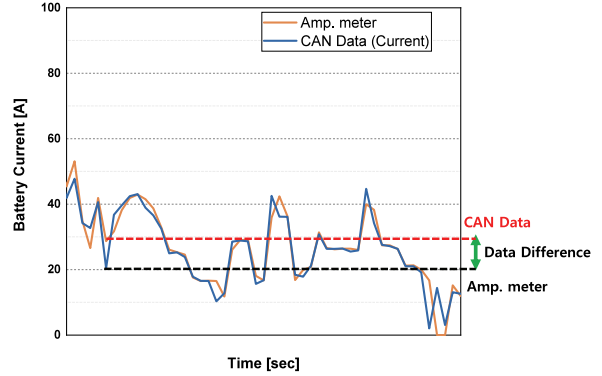


Fig. 13 Data difference of battery current

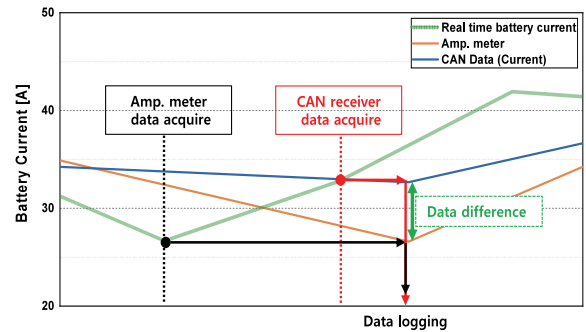


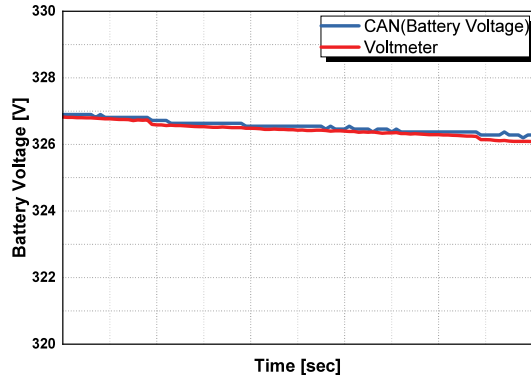
Fig. 14 Data difference between CAN and volt-amp. meter

량과 진단기 사이의 최소 통신 주기와 동일한 주기로 진행되었다. 이 요인이 데이터의 소폭 차이를 발생시키는 것으로 추정된다. CAN 통신의 경우 데이터 Logging 시점에서 10 ms 이전의 데이터 값을 기록하는 반면 전류, 전압계의 데이터 Logging 시점에서 50 ms 이전의 데이터 값을 기록하게 된다. 따라서 실시간으로 변화하는 데이터 값의 기록 시 장비의 데이터 취득 주기에 따라 오차가 발생하게 된 것으로 판단된다. 이에 관한 예시를 Fig. 14에 나타내었다.

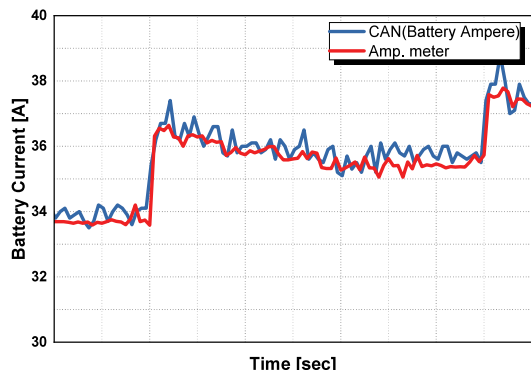
이와 같은 데이터의 오차는 데이터의 변동폭이 작을수록 감소할 것으로 예상하였으며, 출력 변동폭이 작은 CSC, HWFET, UDDS 모드 순으로 데이터의 피크값의 오차가 감소하는 것을 확인하였다.

3.2.2 데이터 변동에 의한 오차

본 연구에서 측정된 배터리 전압과 전류의 CAN데이터의 경우 전압 데이터에 비하여 데이터 변동이 잦은 전류 데이터의 경우 데이터에서 %오차가 발생함이 확인되었다. Fig. 15는 각각 CSC 모드의 동시간대에 측정된 전압과 전류 데이터의 일부이다.



(a) Battery voltage



(b) Battery current

Fig. 15 Battery current in partial CSC mode

위 그래프에서 나타난 바와 같이 전압데이터의 경우 데이터의 변동이 적기 때문에 UDDS, HWFET, CSC 순으로 전압의 피크값의 갯수가 적어지는 것으로 확인하였다. 이에 따라 전압데이터의 상관성 또한 UDDS, HWFET, CSC 순으로 높아지는 것으로 판단하였다. 반면, 전류 데이터의 경우 전압데이터에 비하여 지속적인 변동이 발생하였다. 이와 같은 변동은 주기적인 피크값을 형성하게 되고, 이 때문에 CSC모드의 전류데이터에서 UDDS 모드와 HWFET모드에 비하여 다소 낮은 상관성을 보인 것으로 판단된다. Table 5에 각 모드별 전압의 피크값의 개수와 그 비율을 나타내었다. 또한 Table 6 각 모드별 전류의 피크값의 개수와 그 비율을 나타내었다.

Table 5 Specifications of voltage peak value in each mode

Mode	Total data set number (#)	Voltage peak value number (#)	Peak value ratio (%)
UDDS	1,346	127	9.44
HWFET	760	64	8.42
CSC	8,849	177	2.00

Table 6 Specifications of current peak value in each mode

Mode	Total data set number (#)	Current peak value number (#)	Peak value ratio (%)
UDDS	1,346	188	13.97
HWFET	760	136	17.89
CSC	8,849	3,235	36.56

위 테이블에서 나타난 바와 같이 데이터의 피크값의 비율에 따라 각 모드별 상관성 결과에 소폭 차이 발생하는 것으로 판단하였다.

4. 결론

본 연구에서는 소형 전기자동차 1대를 대상으로 차대 동력계에서 MCT 모드 주행 중 CAN-UDS 방식으로 차량 내부 데이터를 취득하였다. 동시에 차량에 전류, 전압계를 탑재하여 CAN-UDS 방식으로 취득한 데이터와의 상관성 분석을 수행하였다. 상관성 분석은 UDDS, HWFET, CSC 모드로 구분하여 각각의 전압과 전류에 대하여 수행하였다. 본 연구는 추후 전기자동차의 분석에 필요한 다양한 내부데이터 취득에 활용 될 수 있으며, 본 연구의 결론을 다음과 같이 요약하였다.

- 1) 차대동력계에서 CAN 데이터와 전류, 전압계의 데이터를 비교 분석한 결과 CAN-UDS 방식으로 취득한 데이터의 일부가 0으로 수렴하는 것을 확인하였으며, 이는 데이터 취득의 위치에 따른 음의 값 표기 방식의 차이로 판단하였다.
- 2) CAN 데이터와 전류, 전압계 데이터의 상관성 분석결과 UDDS, HWFET, CSC 모든 모드에서 상관계수 0.9 이상의 높은 상관성을 나타내는 것을 확인하였다. 이에 CAN-UDS 방식으로 취득한 데이터가 높은 신뢰성을 가질 것으로 판단하였다.
- 3) CAN-UDS 방식으로 취득한 전류, 전압데이터와 전류, 전압계에서 취득한 전류, 전압데이터를 비교 분석한 결과, 데이터의 피크 값에서 오차가 소폭 발생하는 것을 확인하였다. 이는 각 장비의 데이터 취득 주기의 차이에 의한 오차로 판단하였다. 이러한 오차는 데이터의 변동이 적을수록 감소하는 것으로 판단하였다.
- 4) CSC 모드 전류데이터의 상관성이 다른 모드에 비하여 상관성이 낮음을 확인하였다. CSC 모드의 전류데이터의 경우 전압데이터에 비하여 지속적인 작은 진폭의 변동이 발생하는 것을 확인하였고, 이러한 변동이 지속적인 Peak value를 형성하는 것으로 판단하였다. CAN 데이터와 전류적산계의 상관성이 Peak value 차지 비율에 따라 저하되는 것으로 판단되었다.

후 기

본 연구는 연구재단(NRF-2019R1I1A3A01062771)과 한국산업기술평가관리원(K_G012000276203)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- 1) International Energy Agency, Global EV Outlook, 2020.
- 2) N. O. Kapustin and D. A. Grushevenko, "Long-term Electric Vehicles Outlook and Their Potential Impact on Electric Grid," Energy Policy, Vol.137, Article No.111103, 2020.
- 3) Energy Information Administration, Annual Energy Outlook, 2020.
- 4) Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korea, 2015-2019 Electric Vehicle Register Status, 2019.
- 5) Ministry of Trade, Industry and Energy of Korea, Third Energy Master Plan, 2019.
- 6) Ministry of Environment of Korea, Korea New Deal Policy, 2019.
- 7) K. H. Kim, M. H. Lee, S. W. Kim, J. H. Lim, J. S. Park and J. M. Lee, "The Study on the Assessment Fuel Economy of Electric Vehicle on Test Modes," Korean Society for Energy Annual Conference, 2018.
- 8) J. C. Kim, J. H. Jung and K. W. Rho, "Validity Study on Revision of Constant Speed Cycle on Electric Vehicle Energy Efficiency Test Procedure in Korea," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.839-843, 2020.
- 9) J. H. Jung, J. C. Kim and K. W. Rho, "A Study on Energy Efficiency Characteristics of Electric Vehicles According to Environmental Changes in Ambient Temperature," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.844-848, 2020.
- 10) W. Lee, T. Kim, J. Jeong, J. Chung, D. Kim, B. Lee and N. Kim, "Control Analysis of a Real-World P2 Hybrid Electric Vehicle Based on Test Data," Energies, Vol.13, No.16, Article No.4092, 2020.
- 11) B. Kwak, M. L. Han and H. K. Kim, "Cosine Similarity Based Anomaly Detection Methodology for CAN Bus," Expert Systems with Applications, Vol.166, Article No.114066, 2021.
- 12) M. B. Rhudy, "Time Alignment Techniques for Experimental Sensor Data," Internal Journal of Computer Science and Engineering Survey, Vol.5 No.2, 2014.