

자동차 기록 정보 분석 기반 데이터 활용 방안

Data Utilization Method Based on Automobile Record Information

김창수¹, 함종완², 정회경^{3*}

Chang-Su Kim¹, Jong-Wan Ham², Hoe-Kyung Jung^{3*}

요 약

최근 차량 운행의 패러다임은 자율 주행을 목표로 연구가 진행되고 있다. 이에, 본 논문은 차량 운행 시 차량의 위치 정보와 차량의 센서 정보를 획득하고 데이터화 한 후 데이터를 저장하고, 저장된 데이터를 조합하여 새로운 가치 창출을 위해 연구하였다. 자동차는 전자제어유닛(Electronic Control Unit, ECU)을 통해 제어되며, 제어되는 신호는 OBD(On Board Diagnostics)-II를 통하여 수집할 수 있다. 또한, 위치 정보는 GPS 신호를 통해 수집할 수 있고, 수집된 정보는 데이터베이스(Database)에 입력하여 정보를 분석할 수 있다. 이에 본 논문에서는 자동차 동선에 대한 자료를 수집하고, 수집된 데이터를 정형화하여 데이터베이스에 저장 후 저장된 데이터를 분석하는 시스템을 설계하고, 수집된 정보를 가치 있는 정보로 만드는 체계에 관한 연구를 수행하였다.

핵심어 : 데이터 로거, 머신러닝, 빅 데이터, 차량 정보 수집

Abstract

Recently, the paradigm of vehicle operation is being researched with the aim of perfect autonomous driving. Therefore, in this paper, we acquired the location information of the vehicle and the sensor information of the vehicle while driving the vehicle, and then made data, and then researched for creating new value by combining the stored data.

The vehicle is controlled through an ECU(Electronic Control Unit), and the controlled signals can be collected through OBD(On Board Diagnostics)-II. In addition, the location information may be collected through a GPS signal, and the collected information may be input to a database to analyze the information. In this paper, we designed a system that collects data on automobile traffic lines, formalizes the collected data, stores the data in the database, and analyzes the stored data.

Keyword : Data logger, Machine learning, Big data, Collection of vehicle information

1 Department Computer Engineering, PaiChai University, Daejeon, Korea [Professor]

e-mail: ddoja@pcu.ac.kr

2 Department Computer Engineering, PaiChai University, Daejeon, Korea [Graduate Student]

e-mail: jongwanham@naver.com

3 Department Computer Engineering, PaiChai University, Daejeon, Korea [Professor]

e-mail: hkjung@pcu.ac.kr (Corresponding author)

Received(April 13, 2020), Review Result(1st: April 28, 2020, 2nd: May 20, 2020), Accepted(June 8, 2020), Published(June 30, 2020)



© 2020 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

1. 서론

최근에는 차량의 위치 정보 및 차량 내부의 상태 정보를 이용하여 사용자에게 필요한 정보를 제공하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있다. 이러한 연구에 사용되는 정보는 차량의 위치 정보, 차량의 제어 정보 등이며, 차량의 위치 정보는 차량 간의 위치뿐만이 아닌 운전자의 차량 이동 궤적이나 이동 속도 등의 정보를 바탕으로 사고 여부 등의 정보를 유추할 수 있는 정보를 제공한다.

차량의 위치 정보 이외에 자동차가 가진 차량의 제어 정보를 통해 운전자의 자동차 상태 정보를 파악할 수 있는 정보로 활용될 수 있다. 최근 자동차 진단 및 검사로 많이 사용되는 자동차 네트워크인 OBD-II(On-Board Diagnostic version II)라는 표준화된 진단 시스템을 통해 제작된 OBD-II 커넥트가 블랙박스 및 자동차 진단기, 자동차 소모품 관리 등 많은 장치들에서 사용되고 있다 [1].

OBD-II를 사용하는 디바이스들의 통신은 유선이나 무선으로써 외부 장치(스마트폰, EDR 제품)에서 이용을 하고 있다. 자동차의 위치 정보는 GPS를 이용하고 차량의 내부 상태 정보는 OBD-II를 이용하여 수집할 수 있다 [1-4].

기존의 연구들은 특정 센서 정보에 집중하여 한정된 하나의 주제에만 연구가 이루어지고 있었다. 차량의 GPS를 이용한 위치 정보를 활용하여 교통 정보로 새로운 정보를 만들어 주는 기능이나, OBD-II를 사용하여 자동차 상태 정보만 가지고 차량을 진단하는 기술 등에 관한 연구가 주를 이루었다 [5-7].

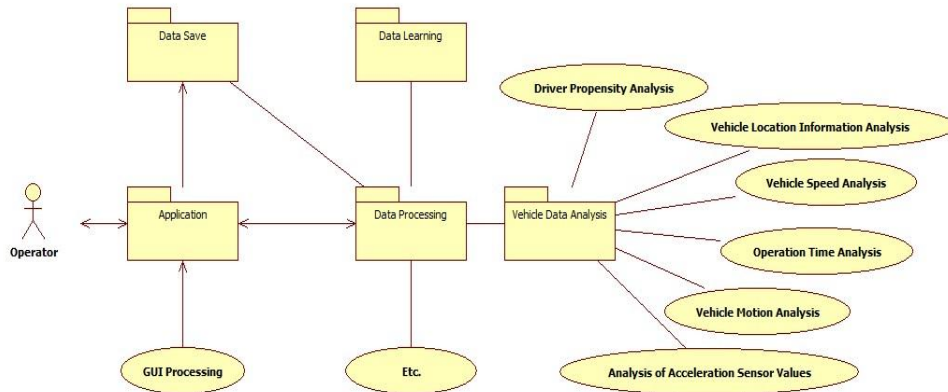
본 논문에서는 자동차의 위치 정보, 상태 정보를 실시간으로 자료화하여 분석할 수 있도록 설계하여 관제 시스템 또는 운전자가 데이터를 직접 확인 및 분석할 수 있는 인터페이스에 관한 연구를 진행하였다. 이는 자동차의 복합적인 내용을 조합하여 만드는 새로운 정보를 만들어 낼 수 있다. 일정 구간 데이터를 모아 정형화한 후 데이터를 학습시키면 언제 통행량이 많아지고, 사고는 어떤 계절에 더 많이 나는지 알 수 있는 정보도 생성할 수 있다.

2. 차량 정보 수집 및 분석 시스템 설계

본 논문은 차량 정보를 가져오는 부분과 정형, 비정형 데이터를 처리하는 시스템, 데이터 학습에 대해 진행하였다. 수집된 데이터의 분류 및 학습을 위한 도구로 .NET 프레임워크의 C#을 사용하였으며, 통계 자료를 만들기 위해서는 파이썬을 사용하였다. 비정형 데이터는 정지 영상이나 동영상 자료로 분류하여 관계형 데이터베이스의 인덱스 기능을 활용하였다. 전체적인 시스템에 대한 개념을 [그림 1]에 보인다.

운전자 또는 사용자는 응용프로그램을 통하여 정보를 주고받을 수 있다. 차량에서 나오는 정보

는 자동으로 데이터베이스에 저장하도록 하였고, 별도의 파일로 저장을 원하는 경우는 CSV 파일로 저장할 수 있도록 하였다. 수집된 정보는 학습을 위해 활용되고, 기준 데이터는 사람이 입력할 수 있도록 하여 오차 범위를 줄일 수 있도록 하였다. 설정된 기준 데이터를 바탕으로 사용자가 분석을 요청할 시 비교 분석하여 요청한 사용자에게 분석된 정보의 결과를 전달할 수 있는 개념으로 설계하였다.



[그림 1] 차량정보수집 및 분석 개념

[Fig. 1] The Concept for Vehicle Information Collection and Analysis

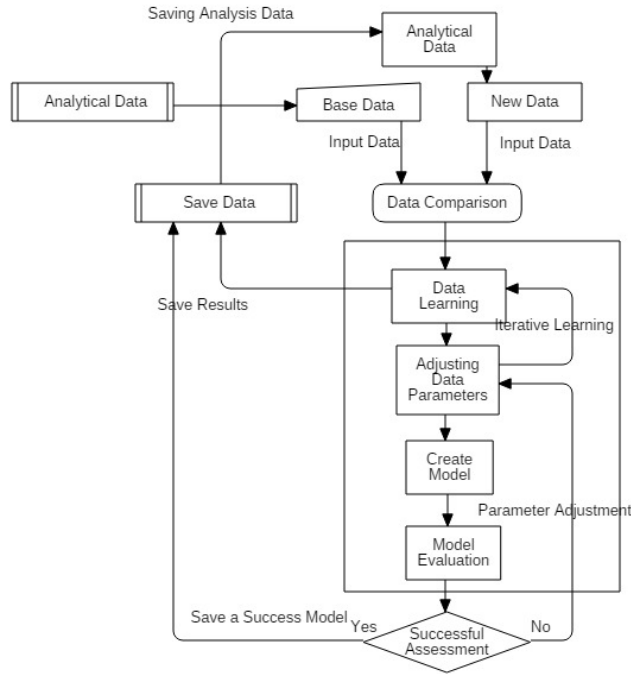
2.1 데이터 분석을 위한 데이터베이스 설계

데이터베이스에 저장된 정보를 분석하여 운전자의 성향을 분석하거나, 차량의 상태를 분석하고, 차량의 위치 정보를 분석할 수 있도록 기능을 설계하였다. 운전 성향을 분석하기 위해서는 최소한의 자료로 차량의 엔진 부하, 엔진 RPM, 속도, 스로틀(Throttle) 위치를 기준으로 분석하며, 분석된 데이터는 데이터베이스에 다시 저장되어 다른 분석에 활용될 수 있도록 설계 하였다. 차량의 상태 정보를 분석하기 위한 최소한의 자료는 차량의 축매 온도 정보와 차량의 엔진 냉각수 온도를 기준으로 하였으며, 차량의 성향 분석정보를 참고하여 새로운 정보를 만들 수 있도록 설계하였다. 위치 정보는 구간에 대한 정보를 비교하기 위해 설계하였으며, 모든 정보는 하나의 패턴을 찾기 위한 개념으로 설계하였다.

2.2 머신러닝을 위한 알고리즘 설계

머신러닝을 이용하여 분석된 결과를 학습하고 학습된 결과를 사용자가 다시 분석하고, 분석된 결과를 다시 설정 후 설정된 값에 새로운 값이 입력되면 기준값에 대입하여 정보를 분석하고 분석

된 결과를 다시 데이터베이스에 입력하는 재귀 학습에 대한 알고리즘을 고안하였다. 이는 데이터에 대한 누적으로 인한 신뢰성을 높이하고자 하였으며[8-11], 많은 머신러닝에 대한 알고리즘으로 사용되는 분야이기도 하다. [그림 2]의 순서도는 데이터의 재귀 학습에 대한 것이다.



[그림 2] 학습모델

[Fig. 2] Learning Model

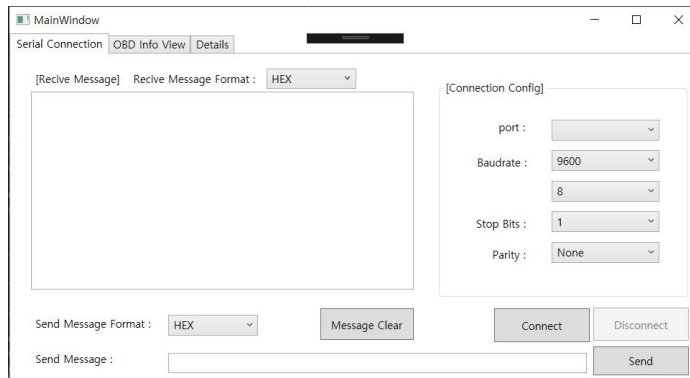
3. 시스템 구현 및 실험

3.1 PC용 자료수집 응용프로그램 구현

PC용 자료수집 응용프로그램은 시리얼 통신의 통신 여부와 데이터를 저장할 수 있는 클래스와 DB와 연결할 수 있는 클래스를 만들어 사용하였다. OBD와 통신하기 위해서는 COM 포트로 수신된 정보에 대해 공용 파서를 통해 파싱하는 구조로 설계하였다. COM 포트로 수신된 정보를 데이터베이스에 저장하거나 파일로 저장해야 하는 라이브러리가 요구된다. [그림 3]은 COM 설정 UI를 보인다.

응용프로그램의 동작은 OBD-II를 지원하는 ELM 327 칩과 블루투스 통신을 통하여 장치 간 연

결을 하고, 장치에서 전달받은 16진 코드를 파싱하는 코드로 구성하였다. 파싱된 데이터는 데이터베이스에 접근하여 저장할 수 있는 기능을 가지며, 파일로 저장하는 기능을 갖고 있어 필요 때문에 데이터를 저장하는 방법을 선택할 수 있도록 하였다.

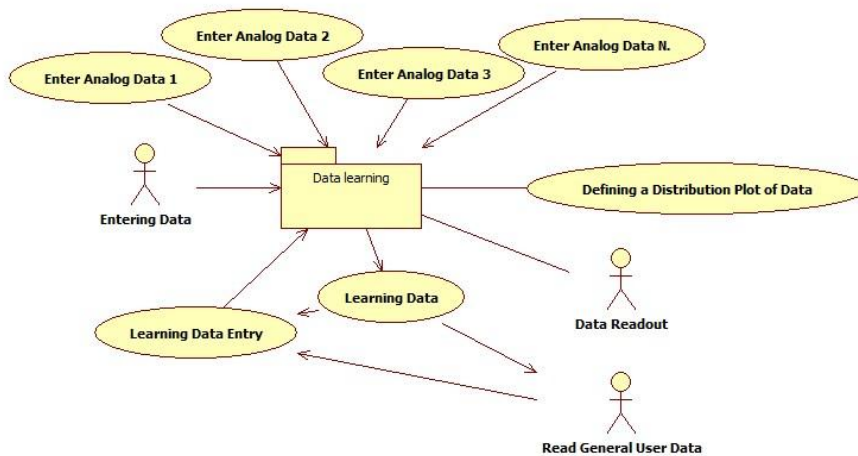


[그림 3] COM 설정 UI

[Fig. 3] UI of COM Settings

3.2 데이터 분석 응용프로그램 구현

데이터를 분석하고 새로운 정보를 만들어 내기 위해서는 수집된 데이터를 처리하는 것이 중요하다. 차량의 위치 정보, 차량의 상태 정보를 데이터베이스에서 불러온 후 기본적인 분석 절차를 저장하거나 기본적인 정보를 학습시키는 분석이 요구된다.



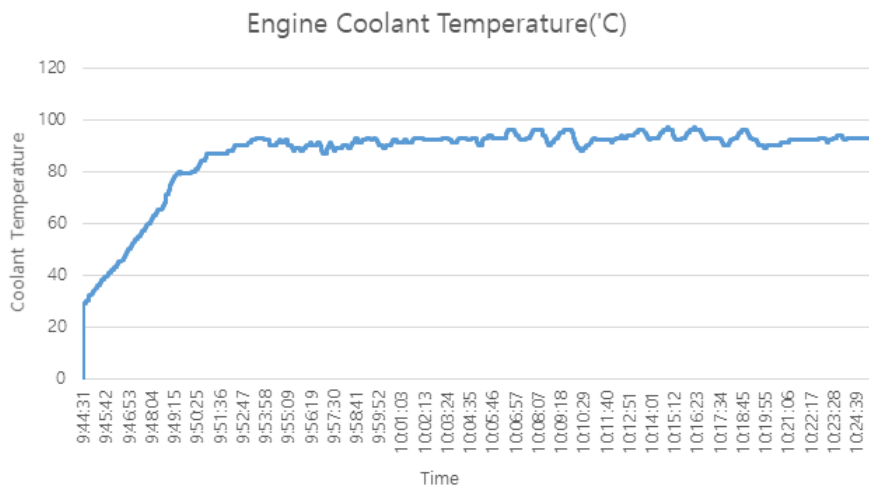
[그림 4] 데이터 분석 유스케이스 다이어그램

[Fig. 4] Usecase Diagram for Data Analysis

데이터 분석 응용프로그램에서 정의한 내용을 구현하기 위해 [그림 4]와 같은 클래스를 중심으로 구현이 필요하다. 또한 데이터베이스에 접근하기 위한 클래스와 OBD 데이터를 파싱할 수 있는 클래스가 필요하여 구현하였으며, 파싱된 데이터를 다시 로드하여 운전자의 성향, 차량 몸 상태, 차량의 위치 정보를 적재하는 클래스를 거쳐 드라이버의 성향을 분석할 수 있는 클래스를 통해 분석하도록 하였다. 분석된 데이터는 다시 재귀하여 분석하고, 분석된 데이터는 재가공이 가능하도록 구현하였다.

3.3 실험 방법

수집된 데이터를 분석하면서 분석하고자 하는 결과값을 예상하고 기준 정보를 만들었다. 시간의 정보를 기반으로 시간의 흐름에 대한 차량의 속도 정보, 시간의 흐름에 대한 차량의 공기 흡입량의 정보 등 차량의 정보와 시간의 조합은 OBD-II에서 가져올 수 있는 최소한의 개수만큼 대입된다. 이러한 정보를 1회 주행에 대해 1개의 표본으로 만들고 샘플링된 데이터의 통계를 내어 기준 데이터를 만들었다. 기준 데이터를 바탕으로 새로 수집되는 정보와 대조를 할 수 있게 하여 기준 데이터를 갱신하도록 하였으며, 만약 기준 데이터가 잘못된 방향으로 설정되어 있으면 일부 데이터를 수정하여 기준 데이터를 갱신하였다.

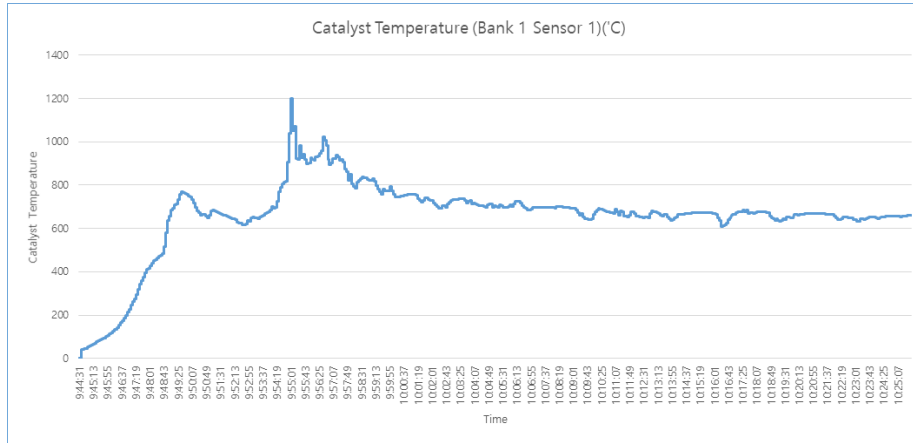


[그림 5] 시간에 따른 엔진 수온의 변화

[Fig. 5] Change in Engine Water Temperature over Time

[그림 5]와 같이 시간에 따른 엔진 수온의 변화는 최대 100도를 유지하며 최상의 상태를 보이는 것으로 확인할 수 있다. 최상의 상태라 할 수 있는 이유는 차량의 냉각 계통이 정상적으로 동작할 경우 주행 시 엔진 수온은 최대 200도를 넘기지 않는다는 것이 엔진 메커니즘이다. 만일 그 이상

의 온도로 주행을 했을 경우 엔진 화재가 발생할 수 있으며, 엔진 피스톤이 엔진 블록이 망가지는 경우가 발생된다. 엔진의 부하를 주지 않은 경우는 엔진 수온이 높다(권장 온도 120도 이상)고 기록되면, 엔진 및 냉각 계통에 문제가 있음을 파악할 수 있다. 정비사는 이런 데이터를 바탕으로 엔진 정비를 하여 차량의 상태를 유지할 수 있도록 예방 정비를 할 수 있다.

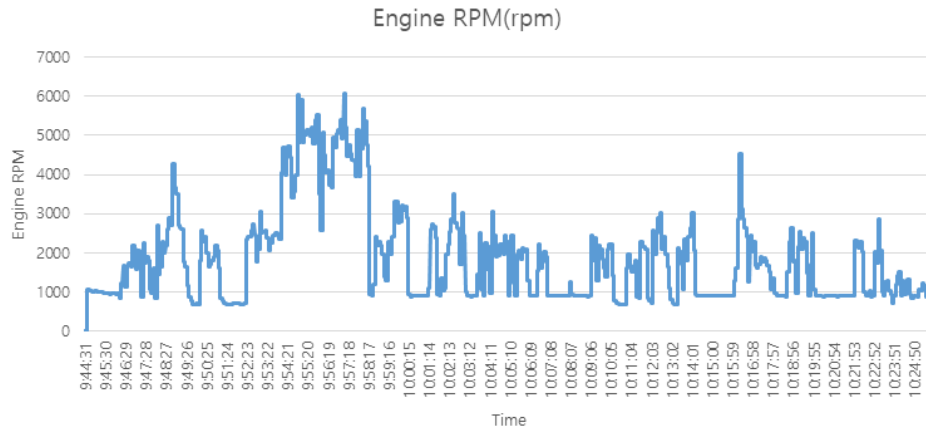


[그림 6] 시간에 따른 촉매온도 변환

[Fig. 6] Change in Catalyst Temperature over Time

[그림 6]은 촉매 온도가 시간 흐름에 따른 변화를 보이며, 9시 54분경부터 9시 56분경 특이하게 데이터가 튀는 것을 볼 수 있다. 현재 이 그래프만으로도 유추할 수 있는 정보는 엔진 부하량이 많아서, 엔진 배기의 온도가 올라가 촉매 온도가 올라가는 것을 알 수 있다. 이는 운전자가 운전에 대해 엔진 부하량을 심각하게 주어 발생할 때 일어날 수 있는 상황으로 파악을 할 수 있으며, 실제 드라이빙 상황에서 엔진 부하가 많은 것을 알 수 있다.

촉매 온도와 엔진 부하량 그리고 엔진 RPM 정보와 엔진 스로틀 개방 그래프를 전체적으로 분석하면, 9시 54분경부터 9시 57분 사이 차량에 대한 부하량이 엄청나게 증가한 것을 볼 수 있다. [그림 7]의 시간 흐름에 대한 RPM 그래프를 보게 되면, 9시 54분경부터 9시 57분 사이 변화가 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 엔진 부하량 또는 스로틀 개방이 해당 시간에 따라 유사한 패턴으로 구성되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 기초 데이터로 사용 가능한 차량의 움직임에 대한 패턴 정보를 확인할 수 있는 기초적인 자료로 사용할 수 있다. OBD-II에서 수집할 수 있는 정보는 약 87가지 정보를 수집할 수 있다. 그중 본 논문에서 실험 데이터로 사용한 정보는 시간 정보와 촉매 온도, 스로틀 위치, 속도, 엔진 RPM, 엔진 부하량, 엔진 수온의 10가지 정보로 분류하여 실험 정보로 사용하였다.



[그림 7] 시간에 따른 엔진 RPM

[Fig. 7] Change in Engine RPM over Time

3.4 실험 정보의 분석

실험 정보 수집은 일정 시간 및 일정 주행 경로를 바탕으로 수집하였으며, 주행 경로를 벗어난 경우는 새로운 정보로 판단하여 정보를 비교 분석할 수 있도록 하였다. 다음의 패턴 분석은 비슷한 시간대에 수집된 차량 데이터를 바탕으로 비교 분석을 하였으며, 패턴을 파악 후 부하 상황에 대한 상태의 실험 데이터를 비교할 수 있도록 구성하였다.

3.4.1 시간 흐름과 축매 온도의 변화 패턴 분석

축매 온도는 차량의 시동과 동시에 배기의 온도 변화를 알 수 있으며, 축매 온도가 높아지는 이유는 엔진에 대한 부하 증가의 원인으로 알 수 있다. 따라서 실험 데이터를 바탕으로 평균적인 축매 온도의 변화를 계산할 수 있다.

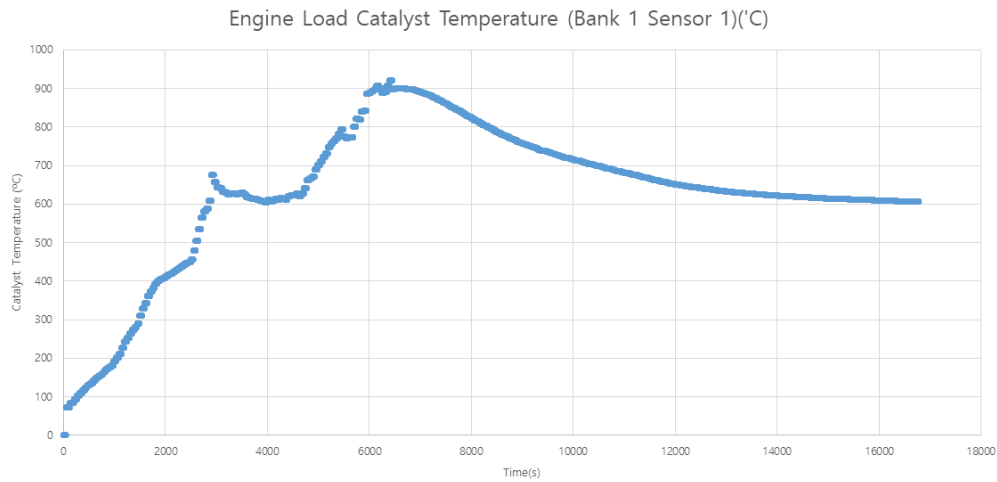
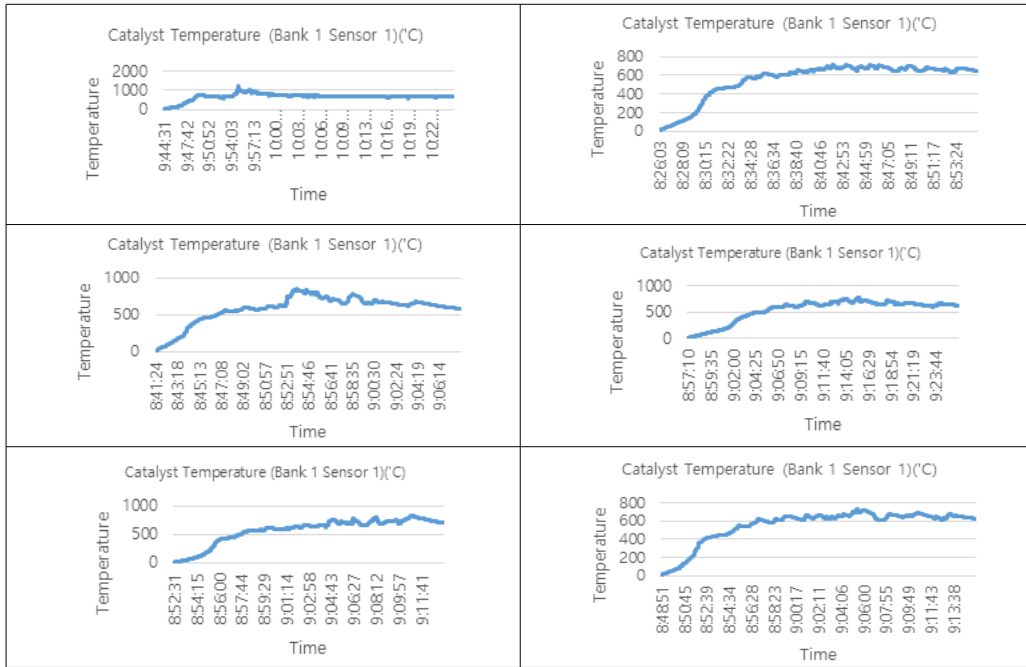
[표 1]의 축매 온도의 변화를 보면, 일정한 패턴이 보이지 않는다. 그러나 이를 하나로 합쳐 보면, 일정한 패턴을 볼 수 있다. 시동을 걸고 차량을 움직이게 되면, 축매 온도는 얼마 지나지 않아 정상범위 온도로 올라가게 되는 것을 확인할 수 있으며, 급격히 튀는 구간은 엔진의 부하량이 높은 구간으로 해석할 수 있다. 이를 평균으로 만들어 기준 정보로 반환을 할 수 있다. 축매 온도의 경우 엔진 부하량에 대한 특이사항이나 엔진 시동을 끄지 않으면 평탄한 곡선을 그리게 되나, 엔진 부하량이 급격하게 높아지면 배기 온도의 상승으로 인하여 축매 온도가 올라가는 현상을 확인할 수 있다.

[그림 8]과 같이 축매 온도 변화 패턴 경우는 시간의 흐름에 따라 서서히 오르다 일정하게 내려가는 패턴을 확인할 수 있다. 이는 온도가 내려가는 시점에 차량의 속도가 0인 기점으로 축매 온

도가 자연스럽게 내려가는 것을 확인할 수 있다.

[표 1] 촉매 온도 변환

[Table 1] Change in Catalyst Temperature



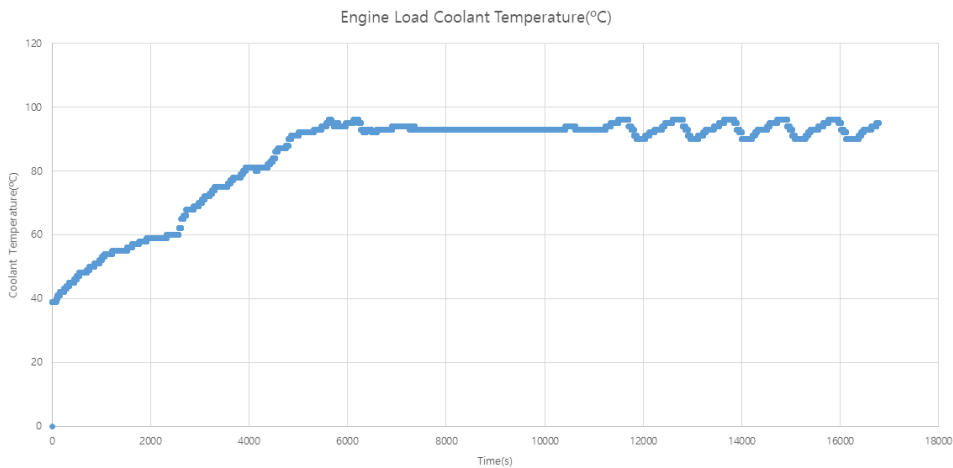
[그림 8] 촉매 온도의 데이터 변화 패턴

[Fig. 8] Load Data Pattern of Catalyst Temperature

3.4.2 시간 흐름과 엔진 수온의 변화 패턴 분석

엔진 수온은 축매 온도와 비슷한 패턴을 보이는 것을 확인할 수 있다. 그래프에서 수온이 서서히 올라 정상범위까지 올라가 유지되는 것을 확인하였다. 이를 기본 정보로 삼아 부하 주행에 대입할 수 있는 좋은 수치로 만들 수 있다. 시작 시 온도가 다른 이유는 오전 오후의 온도 차이로 해석할 수 있다.

[그림 9]의 부하 데이터 패턴의 경우 수온이 천천히 올라 일정한 시간 후 온도가 일정한 패턴을 볼 수 있다. 이 패턴은 차량의 부하가 있을 시 엔진 메커니즘적으로 수온을 강제로 맞추기 위해 수온을 조절한 결과로 볼 수 있다. 일정 패턴 이후 패턴의 진동이 생기는 이유는 차량의 속도가 0인 경우 차량이 정차 시 엔진 수온이 변화하는 과정에 엔진 팬이 동작하거나 하지 않는 과정을 거쳤기 때문이다.



[그림 9] 엔진 수온의 데이터 변화 패턴

[Fig. 9] Load Data Pattern of Engine Water Temperature

3.4.3 시간 흐름과 엔진 부하량 변화 패턴 분석

엔진 부하량은 같은 이동 궤적을 보이지만 교통 상황에 따라 부하를 많이 주거나 덜 주는 것을 확인할 수 있었다. 크루즈 컨트롤을 사용할 경우 엔진 부하가 적은 것까지도 확인할 수 있었다. 엔진 로드 변화 분포에서 엔진의 부하를 주게 되면, 엔진 로드가 올라가는 것은 자동차 공학적으로 당연하지만, 유사한 시간과 같은 경로라 해도 차량의 통행량에 따라 부하를 줄 수 있는 상황이 다르기 때문이다. 엔진 로드는 서킷 같은 제한된 공간에서 제한된 속도를 통해 변화 분포를 수집하는 것이 맞는 것으로 확인되었다.

3.4.4 시간 흐름과 속도 변화 패턴 분석

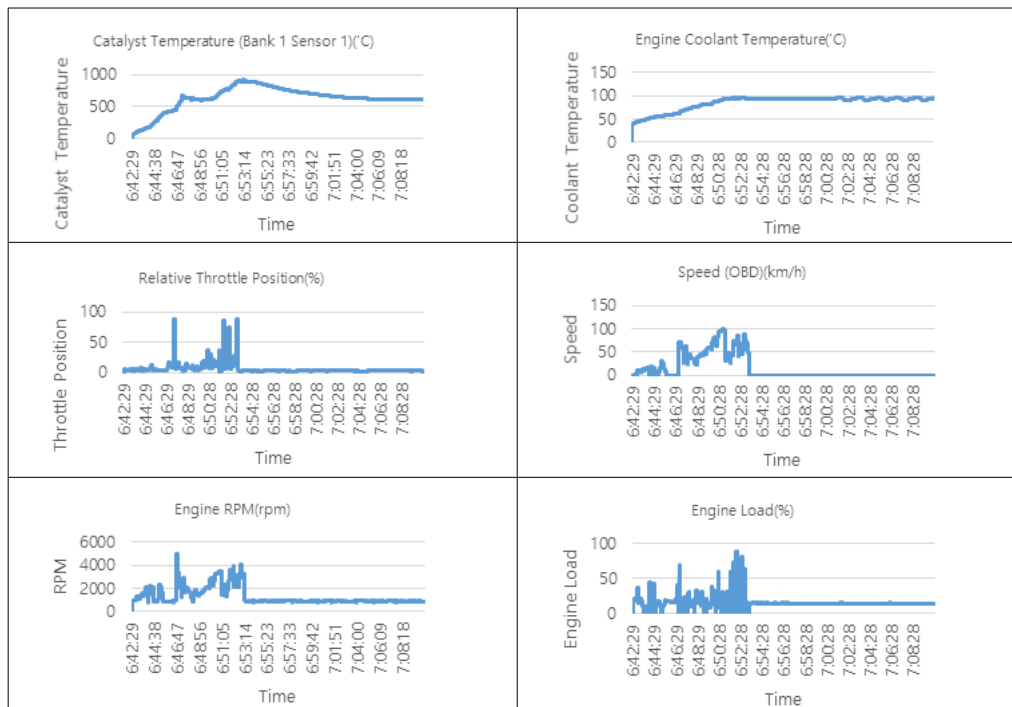
시간에 대한 속도의 변화는 엔진 부하와 연관 지을 수 있으며, 부하량에 따라 속도가 증가 또는 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 속도의 변화도 엔진 로드의 경우와 마찬가지로 제한적인 상황을 만들 수 없어 분석의 기준을 만들 수 있는 자료로는 부적합하였다. 그러나 같은 시간 비슷한 이동 궤적인 수집 분석된 변화 분포는 당시의 교통 상황을 유추해 볼 수 있다.

3.4.5 부하 주행의 분석

기준 그래프를 참고하여 부하 주행을 분석하면, 부하 주행 [표 2]의 경우는 엔진 수온을 보았을 때 엔진 부하량이나 속도의 변화가 0에 가까울 때는 주행을 멈춘 것으로 분석할 수 있다.

[표 2] 부하 주행의 예

[Table 2] Example of Driving with Heavy Load



3.5 실험 결과

차량 주행에 대한 기본 정보를 생성하고, 생성된 정보를 새로운 정보와 비교한 결과 기준 정보에 대해 눈에 띄게 운전 성향을 확인할 수 있었다. 데이터 분석을 위해 차량의 속도 정보와 차량의 상태 정보를 조합하였으며, 조합된 결과는 자동차 공학에서 요구되는 이론적인 결과와 유사한

자료로 사용할 수 있었다. 조합된 자료를 기준 자료로 구성하고, 비교 대상인 부하 주행을 비교하였을 때 기준 정보보다 극한 주행을 한 것으로 판단할 수 있었다. 기준 정보와 신규 정보를 다시 조합하여, 새로운 정보를 기준 정보로 다시 만들고 부하 주행을 다시 입력하여 자료를 다시 분석한 결과는 기준의 평균치가 높아져 상대적으로 처음의 부하 주행보다는 낮은 수치로 부하 주행을 한 것으로 확인할 수 있었다. 그러나, 기준 주행 경우에 대해 지속해서 학습을 시킨 후 부하 주행을 비교군으로 설정하면 부하 주행이 극한 주행으로 결과가 나오는 것을 확인하였다. 기준 주행 외 약 한 달의 주행데이터를 입력한 결과는 처음 기준 주행보다 평균이 올라간 결과를 얻을 수 있었으며, 이 결과는 차량을 운전하는 운전자의 성향을 파악할 수 있었고, 같은 주행 구간 대비 비슷한 교통 상황이라도 운전자의 판단에 따라 조금씩 차이가 있다는 것을 예상할 수 있었다. 주행 자료를 수집에 있어 더 많은 주행데이터와 다른 차량의 주행데이터 또는 주행 테스트를 다양한 운전자 대상으로 주행 자료를 수집할 수 없었던 환경이 아쉬웠다. 그러나, 단순한 주행데이터를 가지고 분석을 한 결과 새로운 정보를 만들 수 있음을 확인하였고, 이를 학습 시켰을 경우 운전자에 대한 성향 파악도 할 수 있음을 확인하는 결과를 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 자동차와 운전자의 소통을 위해 차량의 센서 정보를 OBD 통신과 GPS 정보를 수집하여, 수집된 정보를 분석할 수 있는 체계를 구상하였다. 설계한 내용을 실현하고자 차량의 OBD 정보를 수집할 수 있는 응용프로그램을 설계 및 구현하고, 수집된 정보를 저장할 수 있는 데이터베이스를 설계하였다. 그리고, 수집된 정보를 분석하여 운전자의 성향을 파악할 수 있는 기준 데이터를 생성하게 되었고, 생성된 정보를 재귀학습하여 기준 정보를 강화하였다. 그 기준 정보를 바탕으로 특수한 부하 주행을 비교하여, 주행의 특수성에 대해 분석한 결과로도 주행의 특수성을 입증할 수 있었다. 차량의 데이터를 바탕으로 간단한 분석만으로도 차량의 기본 정보를 추출할 수 있었으며, 추출된 데이터를 새로운 데이터와 비교하였을 경우 설정된 정보와 차이를 확인할 수 있었다.

수집된 정보를 바탕으로 기준 정보를 구성하고 패턴을 만든 후 학습시켜 일련의 패턴을 만든 후 새로운 데이터와 비교를 하였을 때 운전의 패턴이나 당시의 교통 상황을 유추할 수 있을 정도로 데이터를 만들어 낼 수 있었다.

본 논문의 내용을 보완하여 정교한 분석 체계로 구축하고, 한 대의 주행 정보가 아닌 다수의 차량 정보 또는 가솔린, 디젤, 천연가스 차량의 정보까지 수집하고, 계절별 자료를 수집하여 본 논문에서 제안한 기준 데이터를 만들어 비교하고자 하는 정보를 입력하였을 때 운전 성향이나 운전에 대한 가이드를 할 수 있는 체계를 완성하는 것을 향후 과제로 제안한다.

References

- [1] S. H. Baek, J. W. Jang, "Integration wireless network approach OBD-II connector for reading vehicle driving information", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no 6, June 2013, pp.1306-1311, doi: 10.6109/jkiice.2013.17.6.1306.
- [2] J. G. Koo, S. R. Yang, J. W. Song, C. H. Lee, and J. S. Yang, "A Study on the Implementation of the On-Board Diagnostic Function on the Smart Phone and the Compatibility Test for Short-Range Wireless Communications", *KIPS Transactions on Computer and Communication Systems*, vol. 5, no. 9, September 2016, pp. 285-292, doi: 10.3745/KTCCS.2016.5.9.285.
- [3] G. M. An, H. S Kim, "Implementation of Vehicle Data Acquisition System using Bluetooth Dongle and Arduino", *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 54, no. 11, Nov. 2017, pp. 201-207, doi: 10.5573/ieie.2017.54.11.201.
- [4] H. I. Kim, R. H. Park, "Residual LSTM Attention Network for Object Tracking", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 25, iss. 7, May 2018, pp. 1029-1033, doi: 10.1109/LSP.2018.2835768.
- [5] P. Lin, R. Jenkins, K. Abney, *Robot ethics 2.0: From autonomous cars to artificial intelligence*, Oxford University Press, 2017.
- [6] T. Senjyu, T. Nakaji, K. Uezato, T. Funabashi, "A hybrid power system using alternative energy facilities in isolated island", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 20, iss. 2, June 2005, pp. 406-414, doi: 10.1109/TEC.2004.837275.
- [7] B. Matthew, B. Kanok, "Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 14, iss. 6, August 2009, pp. 400-410, doi: 10.1016/j.trd.2009.01.004.
- [8] N. G. Polson, V. O. Sokolov, "Deep learning for short-term traffic flow prediction", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 79, June 2017, pp. 1-17, doi: 10.1016/j.trc.2017.02.024.
- [9] P. Kucera, O. Hyncica, P. Honzik, K. Pavlata, K. Horak, "On vehicle data acquisition system", 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), October 5-7, 2011, Washington DC, USA, pp. 1446-1451, doi: 10.1109/ITSC.2011.6082975.
- [10] H. Larsson, E. Ericsson, "The Effects of an Acceleration Advisory Tool in Vehicles for Reduced Fuel Consumption and Emissions", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 14, iss. 2, March 2009, pp. 141-146, doi: 10.1016/j.trd.2008.11.004.
- [11] K. D. Kim, S. R. Son, Y. N. Jeong, B. K. Lee, "A Deep Learning Part-diagnosis Platform(DLPP) based on an In-vehicle On-board gateway for an Autonomous Vehicle", *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, vol. 13, no. 8, August 2019, pp. 4123-4141, doi: 10.3837/tiis.2019.08.017.