



차량센서를 활용한 교통 상태 관측 기술 개발

양인철·전우훈*

한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 도로관리통합센터

Development of traffic state observation technology using automotive sensors

Inchul Yang · Woo Hoon Jeon*

Integrated Road Management Research Center, Dept. of Infrastructure Safety Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang-si, Gyeonggi-do, Korea

[요 약]

실시간으로 변화하는 도로의 교통 상태를 정확하게 관측하는 기술은 교통 혼잡 완화와 안전 향상, 그리고 자율주행 기술 개발에 필수적이다. 또한 최근 각종 센서 기술의 발전으로 다양한 센서가 차량에 설치되어 ADAS(Advanced Driving Assistant System) 기능 구현에 활용되고 있다. 이에 본 연구는 차량에 장착된 센서로부터 수집된 데이터를 활용하여 도로의 교통 상태를 관측하는 시스템 개발을 목적으로 한다. 이를 위해 다양한 차량 센서의 특징을 검토하고 교통 상태와 관련한 문헌을 고찰하였다. 그리고 차량 센서의 특성 검토 결과와 전문가 의견을 수렴하여 시스템 요구사항을 도출한 후, 그 결과를 토대로 시스템 아키텍처를 설계하였다. 레이더와 영상카메라, GPS를 활용한 교통 상태 관측 시스템의 사용자 환경을 설계하고 Labview 개발 언어를 이용하여 윈도우 응용 프로그램을 개발한 후, 현장 테스트를 통해 성능을 검증한 결과, 시스템 지연 없이 작동하는 것을 확인하였다.

[Abstract]

It is required for traffic congestion relief and safety improvement as well as for self-driving vehicle development to develop an efficient and accurate traffic state observation technology. In addition, the sensing technology is rapidly developing and various types of automotive sensors are adopted to enable ADAS(Advanced Driving Assistant System) in some high-end vehicles. In this regard, we proposed a traffic state observation system using automotive sensors. Widely used automotive sensors were investigated to understand their features, and then some literature on traffic state was reviewed. Six system requirements have been listed, and the system architecture was designed in consideration of the characteristics of sensors and the experts' opinion. The user interface was carefully designed under assumption of a traffic state observation system with radar, video camera, and GPS. Finally the prototype of the system was developed and tested, and the results show that the proposed system works well.

색인어 : 차량센서, 교통상태, 자율주행, 레이더센서, GPS

Key word : Automotive Sensor, Traffic State, Self-driving, Radar Sensor, GPS

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.11.2131>



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.

Received 05 October 2018; **Revised** 22 October 2018

Accepted 05 November 2018

*Corresponding Author; Woo Hoon Jeon

Tel: +82-31-910-0170

E-mail: cwmoon@kict.re.kr

I. 서론

흔히 사람들은 도로 위를 달리는 수많은 차량 간 상호작용의 결과물인 교통을 살아있는 생물이라고 한다. 이는 수단의 움직임이 운전자의 선택에 근거하기 때문이다. 활동(activity)의 결정에서 시작하여 목적지의 선택, 수단의 선택, 경로의 선택, 그리고 실시간 정보의 활용 여부까지, 모든 것은 운전자의 판단에 따른 선택의 결과물이다. 그렇기 때문에 개개의 운전자 선택의 합으로 결정되어 나타나는 교통은 살아 숨 쉬는 생물과도 같이 시시각각으로 변화하고, 그래서 관측하기 어렵고 예측은 더욱 어렵다.

그럼에도 불구하고 교통 혼잡을 완화하고 안전을 향상하기 위해서는 교통의 현재 상태를 알아야 하고, 이를 누적하여 과거 상태 데이터를 축적해야 하며, 이를 근거로 미래를 예측할 수 있어야 한다. 더욱이 앞으로의 도로에는 인간 운전자와 기계 운전자(자율주행)가 혼재된, 복잡성이 한층 강화된 교통 상황이 예견되기 때문에 현재 상태에 대한 보다 정확하고 정밀한 관측이 필요하다. 주변 차량의 위치를 비롯하여 도로에서 발생하는 수많은 이벤트에 대한 정확하고 정밀한 현재 상태는 다양한 정보 교환 방법[1], [2]을 통해 교통수단들에 공유되어 운영 효율 증진과 안전성 향상에 기여하기 때문이다.

과거에는 루프 검지기(Inductive Loop Detector)와 비디오 카메라(AVI, Automatic Vehicle Identification)과 같은 고정형 교통 관측 장비가 고비용과 공간의 불연속성, 관측 가능 교통 변수의 한계에도 불구하고 기술적인 한계로 인해 많이 활용되어 왔다. 특히 카메라는 이미지 프로세싱 기술을 이용하여 주차 관제 등에도 많이 사용되어 왔다[3]. 하지만 최근 센서 기술의 발전 덕분에 센서를 탑재한 차량(Probe vehicle or Floating car)을 이용한 이동형 교통 관측 기술의 개발이 활발해지고 있다[4], [5], [6]. 자동차 공학 분야에서는 다양한 센서를 차량에 설치하여 주행의 효율성과 안전성을 향상시키는 ADAS(Advanced Driving Assistant System) 기능 개발이 활발하게 연구되고 있기 때문에 이러한 센서를 활용한 교통 관측 기술의 개발도 가능할 것으로 기대된다.

이에 본 연구에서는 차량 주변의 주행 환경 정보를 차량 센서로부터 수집하고 이를 분석 및 표출하는 교통 상태 관측 시스템을 개발하였다. 이를 위해 다양한 차량 센서의 특징을 검토하고 교통 상태와 관련한 문헌을 고찰하였다. 그리고 차량 센서의 특성 검토 결과와 전문가 의견을 수렴하여 시스템 요구사항을 도출한 후, 그 결과를 토대로 시스템 아키텍처를 설계하였다. 레이더와 영상카메라, GPS를 활용한 교통 상태 관측 시스템의 사용자 환경을 설계하고 Labview 개발 언어를 이용하여 윈도우 응용 프로그램을 개발한 후, 현장 테스트를 통해 성능을 검증하였다. 제안된 시스템은 차량 센서를 이용하여 교통 상태를 관측한다는 측면에서 기존의 MMS(Mobile Mapping System) 연구[7]와 차별성을 갖는다.

II. 교통 상태 관측 시스템 설계

2-1 차량 센서

본 절에서는 최근 ADAS와 자율주행 기술에서 주로 많이 활용되는 차량 센서에 대해 검토한다. 센서는 운전자의 눈(시각)과 귀(청각)를 대신한다. 정확하고 정밀한 센서는 피로와 태만 등으로 인한 운전자 오류를 대체할 수 있는 강력한 장비임에 분명하지만, 아직까지는 기술의 한계로 인해 인간의 눈과 귀를 대신하는 강력한 센서는 존재하지 않는다. 따라서 개별 센서의 특징을 잘 파악하여 적합한 센서를 적절한 용도에 사용하는 것이 필요하다.

1) GPS/INS

(Global Positioning System/Inertial Navigation System)

도로 위를 주행하는 차량에게 가장 기본적인면서 중요한 정보는 현재 자차(ego-vehicle)의 정확한 위치이다. 운전자는 시각 정보를 통해 현재의 위치를 가늠하지만 그 한계가 분명하다. GPS 센서는 인공 위성을 이용하여 지구 상 한 점의 위치를 결정하기 때문에 인간에 비해 훨씬 정확하고 빠르게 자차의 위치를 결정할 수 있다. 하지만 센서의 작동 원리의 한계로 인해 위성의 전파가 교란되거나 막힌 지역에서는 작동을 못하기 때문에 관측 측정 장비(IMU, Inertial Measurement Unit)을 활용한 INS를 동시에 활용하여 그 정확도를 높인다.

2) 라이다(LiDAR, Light Detection And Ranging)

라이다는 빛을 이용하여 주변의 3차원 가상공간을 검지한다. 빛의 속도와 직진성, 반사 성질을 이용하여 객체의 위치를 파악하는데, 해상도가 높아 객체를 분해하는 능력이 높기 때문에 객체의 위치 뿐만 아니라 크기, 모양도 동시에 검지할 수 있다. 하지만 비와 눈 같은 악천후에 크게 영향을 받는 단점을 갖는다.

3) 영상카메라(Vision)

영상카메라는 가장 오래된 센서 중 하나로, 영상을 분석하여 객체를 검지한다. 최근 딥러닝 기반의 인공 지능 기술 발전에 힘입어 정확도와 성능이 눈에 띄게 향상되고 있다. ADAS 기능 중 차선과 앞 차 검지에 주로 활용이 되고 있다. 하지만 라이다와 마찬가지로 악기상과 어두움에 취약성을 갖는다.

4) 레이더(RADAR)

레이더는 전파의 속도와 반사 성질, 도플러 효과를 이용하여 주변 객체의 위치와 속도를 동시에 검지하는 센서이다. 라이다, 영상카메라와는 달리 날씨와 빛에 의한 영향이 거의 없고 장거

리 검지(약 200m)가 가능하기 때문에 차세대 센서로 각광받고 있다. 최근에는 해상도가 높은 레이더의 개발 가능성이 높아지면서 자율주행의 키(key) 센서로 주목받고 있다.

5) 기타

이밖에도 초음파, 온도, 소리 센서 등 다양한 형태와 방식의 센서가 있으며, 각각의 특징을 활용하여 주행 효율성 및 안전성 향상을 위한 기술에 적용되고 있다.

2-2 교통 상태

교통공학에서는 교통의 흐름(교통류)를 유체의 흐름에 비유한다[8]. 즉 교통 상태도 유체와 같이 속도와 양, 밀도를 갖기 때문에 이를 관측함으로써 교통상태를 설명할 수 있다는 것이다.

속도(Speed, km/h)는 우리가 흔히 알고 있는 자동차 속도계에 표시된 속도와 다르다. 속도계의 속도는 특정 시각의 속도이기 때문에 시간평균속도(TMS, Time Mean Speed)라고 하는 반면, 교통공학에서의 속도는 공간평균속도(SMS, Space Mean Speed)를 의미한다. SMS는 일정한 도로 구간을 통과한 차량들의 총 작업량을 총 시간으로 나눈 개념으로, 여기서 작업량은 총 거리를 의미한다. SMS는 TMS에 비해 저속의 혼잡 상황을 표현하기에 적합한 것으로 알려져 있다[9].

교통량(Flow, 대/h)은 도로의 특정 지점을 일정 시간동안 통과한 차량의 대수를 나타낸다. 도로의 계획, 포장 관리, 교량 및 터널 관리 등에서 활용하는 AADT(Annual Average Daily

Traffic)는 연평균일교통량을 나타낸다.

밀도(Density, 대/km)는 도로 구간 내 존재하는 차량의 수를 의미한다. 차량의 공간적 분포와 그에 따른 차량 간 간격 정보를 나타내는 지표로, 교통류의 안정성을 표현하기에 적합하다.

그림 1[10]은 교통류의 세 가지 속성인 속도와 교통량, 교통 밀도 간의 관계를 보여준다. 교통량과 속도의 관계(좌상)에서 볼 수 있듯이 교통량이 증가함에도 불구하고 속도는 어느 정도 높은 값을 유지하는 것을 볼 수 있다. 그리고 교통량이 임계값에 도달하고 혼잡이 발생하게 되면 속도가 급격하게 감소한다. 이는 속도가 혼잡 수준을 적절하게 표현하기에 적합한 지표가 아님을 나타낸다.

교통량과 밀도의 관계(우하)를 보면, 밀도가 증가함에 따라 교통량이 증가하다가, 임계값을 지난 후에는 다시 감소하는 것을 볼 수 있다. 즉 소통이 원활한 경우와 혼잡한 경우에 동일한 교통량 값이 관측되는 것이다. 이는 교통량을 혼잡 수준 지표로 부적합하다는 것을 의미한다.

속도, 교통량과는 달리, 밀도는 차량이 증가함에 따라 점차 증가한다. 소통이 원활할 경우 교통량이 증가하면 밀도는 증가하고, 혼잡이 발생할 경우 속도가 감소하면 밀도는 여전히 증가한다. 따라서 밀도는 교통 혼잡을 나타내기에 신뢰성이 높은 지표라 할 수 있다.

2-3 시스템 요구 사항

본 절에서는 다양한 차량 센서를 이용하여 교통상태를 관측하는 교통 상태 관측 시스템에 요구되는 기본 사항에 대해 기술

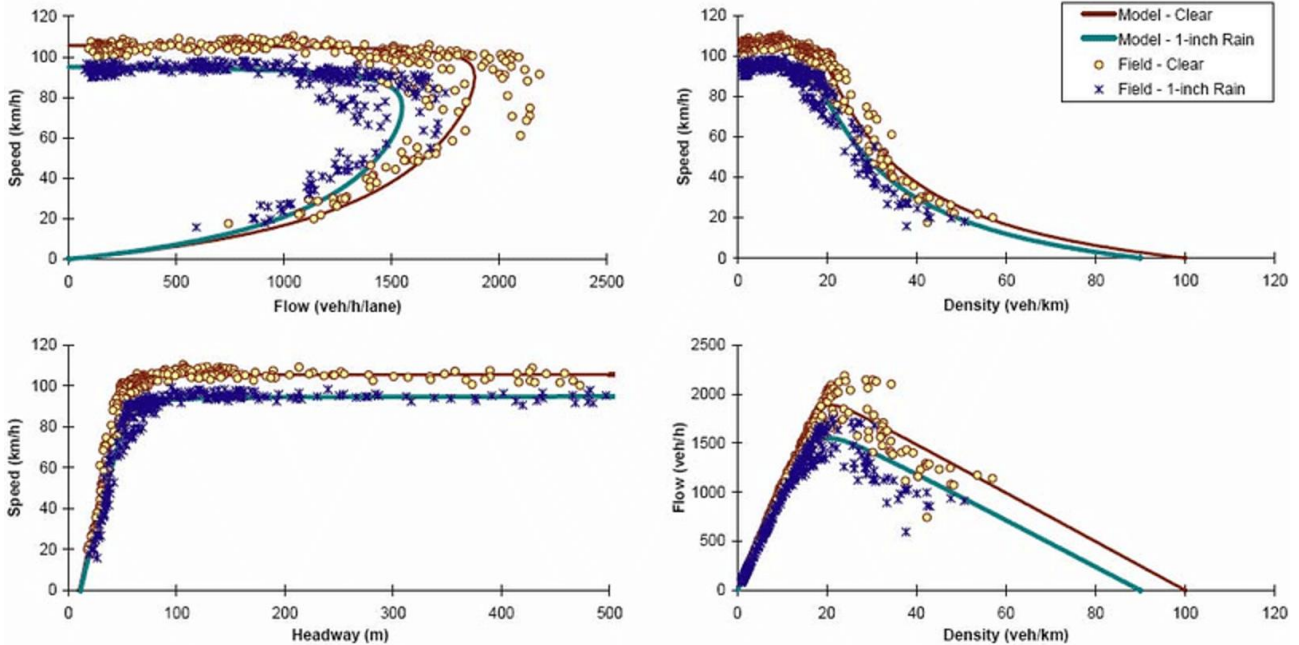


그림 1. 속도-밀도-교통량 관계 (출처: [10])

Fig. 1. The fundamental diagram of traffic flow characteristics (Source: [10])

한다. 센서의 특성 검토 및 전문가 의견을 토대로 본 연구에서는 여섯 가지의 요구 사항을 도출하였다.

- ① 다양한 센서 데이터 수용: 센서의 종류는 다양하고 각 센서는 고유의 특성(공간 범위, 센싱 간격 등)을 갖는다. 따라서 교통 상태 관측 시스템은 이러한 센서의 다양성을 수용할 수 있어야 한다.
- ② 센서 데이터 동기화 및 관리: 센서로부터 실시간으로 데이터가 수집되기 때문에 이러한 데이터를 동기화하여 관리할 필요가 있다. 동기화는 시간 또는 공간을 기준으로 수행할 수 있는데, 예를 들어 0.1초라는 시간을 기준으로 동기화하거나 10m라는 거리를 기준으로 동기화할 수 있다.
- ③ 필터링/군집화: 모든 센서는 노이즈(noise)를 갖기 때문에 이를 필터링(filtering)하는 기능을 갖거나 추가(add-in)할 수 있어야 한다. 또한 연구자가 이해하기 쉬운 값으로 군집화(agggregation)하는 기능이 필요하다. 특히 교통 상태 변수(속도, 교통량, 밀도)는 관측된 값보다는 군집화된 값이 의미를 갖는다.
- ④ 재현 기능: 실시간으로 수집된 데이터는 추후 실험실에서 재현(simulation)할 수 있어야 하며, 재현 시 다양한 필터링과 군집화 방법을 적용할 수 있어야 한다.
- ⑤ 분석 기능: 수집된 데이터를 통계적으로 분석하는 기능이 요구된다.
- ⑥ 표출 기능: 수집된 데이터는 화면에 적절한 방법으로 표출되어야 한다.

2-4 아키텍처 설계

본 절에서는 차량 센서와 교통 상태에 대한 기술적 검토와 교통 상태 관측 시스템에 대한 요구사항 분석을 통해 도출된 내용을 기반으로 시스템의 아키텍처를 설계하였다(그림 2~4). 그림 2는 시스템의 전체적인 아키텍처를 나타내고, 그림 3은 차량이 주행 중에 실시간으로 데이터를 처리하는 실시간 모드(real-time mode)를, 그림 4는 미리 수집된 데이터를 이용해서 실험실(off-line)에서 재현을 통해 개발과 분석을 수행하는 재현 모드(simulation mode)를 나타낸다.

그림 2의 하단에서 볼 수 있듯이 다양한 센서를 수용하기 위해 검지 데이터의 수신 기능을 담당하는 센서 데이터 인터페이스(SDI, Sensor Data Interface)를 두고, 검지 데이터에 대한 하드웨어 및 소프트웨어 측면에서 통합 인터페이스를 구축하여 향후 추가되는 센서에 대한 확장성을 갖도록 한다. 센

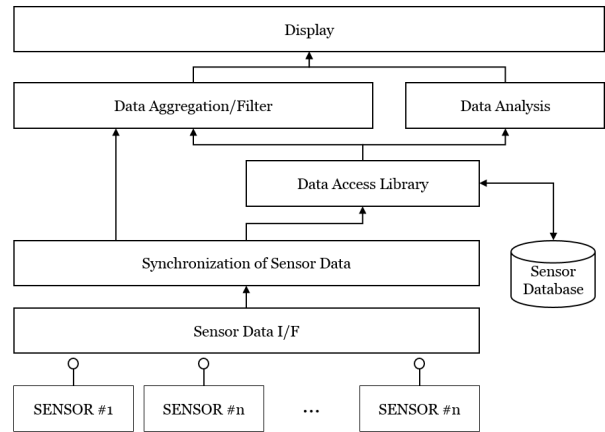


그림 2. 차량 센서 데이터 처리 프로그램 아키텍처 (전체)
Fig. 2. The architecture of automotive sensor data processor (Overall)

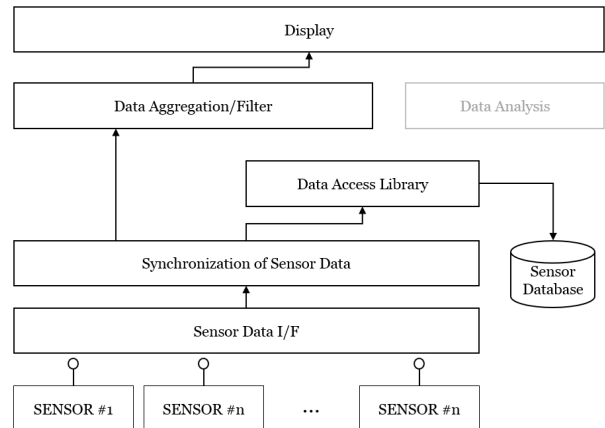


그림 3. 차량 센서 데이터 처리 프로그램 아키텍처 아키텍처 (실시간)
Fig. 3. The architecture of automotive sensor data processor (Real-time)

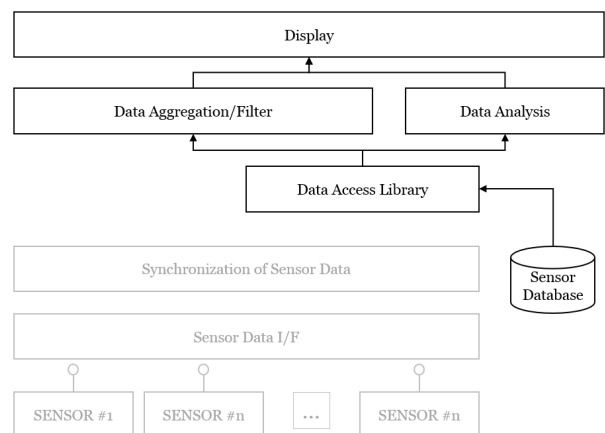


그림 4. 차량 센서 데이터 처리 프로그램 아키텍처(재현)
Fig. 4. The architecture of automotive sensor data processor (Simulation)

서 데이터 수신을 위한 하드웨어 인터페이스는 다양한 분야에서 많이 이용되는 USB(Universal Serial Bus)와 Ethernet, 시리얼 통신을 수용할 수 있도록 하고, 소프트웨어 인터페이스는 개별 센서에 대한 데이터 처리 인터페이스 모듈을 구축하도록 한다. 예를 들어 레이더 센서의 경우 대부분 CAN 통신(Controller Area Network)을 활용하는데, CAN to USB 변환기를 이용하여 USB로 시스템과 통신을 하도록 하고, USB 허브로부터 수신되는 데이터를 레이더 담당 인터페이스 모듈이 처리한다. SDI는 센서와 통신을 담당하기 때문에 그림 4와 같이 재현 모드에서는 작동하지 않는다.

센서 데이터 인터페이스를 통해 수신된 검지 데이터는 센서 데이터 동기화 모듈(SSD, Synchronization of Sensor Data)에 의해 다른 검지 데이터와 동기화되고, 데이터 군집화 및 필터링 모듈(DAF, Data Aggregation and Filtering)과 데이터 접근 라이브러리(DAL, Data Access Library)로 전달된다. SSD도 SDI와 마찬가지로 실시간 모드에서만 작동한다.

DAF는 불필요하거나 잘못된 데이터를 필터링하고, 개별 데이터를 군집화한 후 표출부(Display)에 전달한다. 데이터 군집화와 필터링은 다양한 접근법이 가능하기 때문에 입력과 출력만을 표준화하고 핵심 기술(Core)은 별도로 개발하여 변경(plug-in)할 수 있도록 한다. 실시간 모드에서는 SSD로부터 데이터를 입력받고, 재현 모드에서는 DAL로부터 데이터를 입력받는다.

DAL은 검지된 데이터를 저장 및 관리하는 모듈이다. 검지 데이터베이스(Sensor Database)를 관리하고, 모든 정보에의

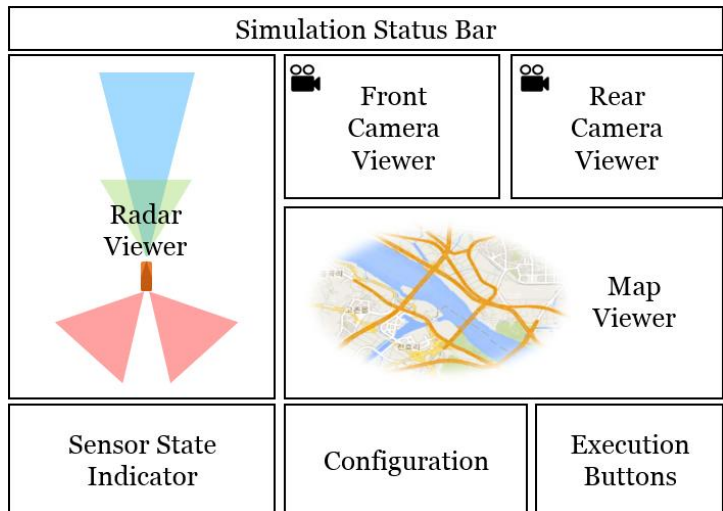


그림 5. 교통 상태 관측 시스템의 사용자 환경 설계
Fig. 5. The user interface of traffic state observation system

접근 및 조회, 갱신, 삭제 기능을 담당한다. 그림 3과 같이 실시간 처리 시에는 검지 데이터를 저장하는 기능을 수행하고, 그림 4와 같이 재현 또는 분석 시에는 조회 기능을 수행한다.

데이터 분석 모듈(DA, Data Analysis)는 재현 모드 시 센서 데이터의 분석 기능을 담당하며, 분석된 결과를 표출부에 전달한다.

III. 교통 상태 관측 시스템 구현 및 검증

3-1 시스템 구현

본 장에서는 시스템 아키텍처를 기반으로 실제 프로그램을 구현하고 검증한다. 이를 위해 먼저 다양한 차량 센서 중 최근 가장 주목을 받는 레이더와 영상 카메라, 그리고 GPS를 이용하는 교통 상태 관측 시스템을 가정하였다. 앞서 교통 상태 기술 검토에서 언급한 바와 같이 교통 밀도가 가장 신뢰성있는 교통 혼잡 인덱스이고, 레이더는 조사 차량 주변의 다수의 객체를 동시에 검지하는 능력 덕분에 교통 밀도를 관측하기에 적합하다. 이러한 가정을 기반으로 시스템의 사용자 환경(User Interface)을 설계하였고(그림 5), NI Labview 개발 언어를 이용하여 소프트웨어 프로그램을 개발하였다(그림 6).

시스템의 UI는 크게 다섯 가지 부분으로 구성되는데, 정보를 표출하는 뷰어부와 센서의 상태 표출부, 저장 폴더

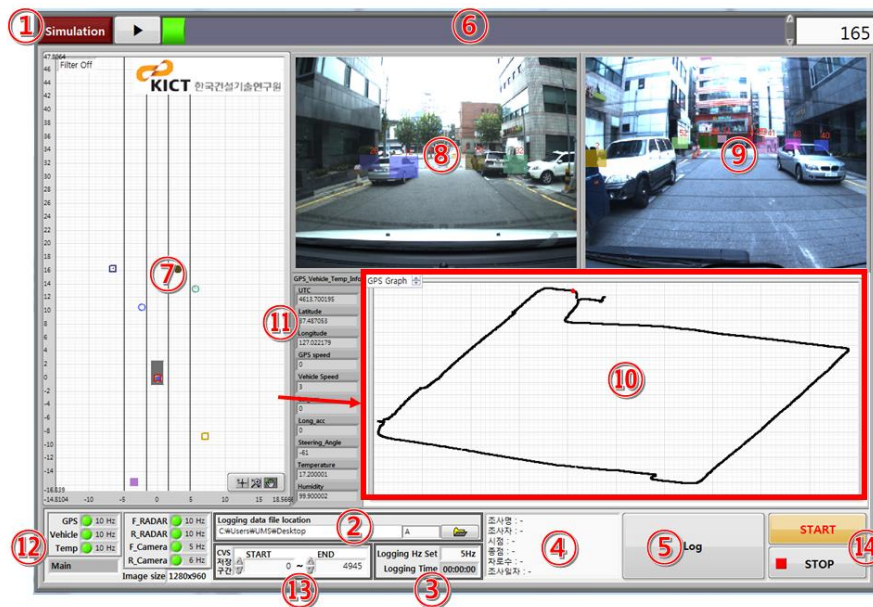


그림 6. 교통 상태 관측 시스템 프로그램 구현
Fig. 6. The example of the implementation of traffic state observation system

표 1. 교통 상태 관측 시스템의 기능

Table 1. Functions of traffic state observation system

No.	Description
①	Real-time/Simulation Toggle Button
②	Data storage location selection
③	Radar data logging frequency
④	Data profile
⑤	Data logging start/stop button
⑥	Status bar
⑦	Detected objects display
⑧	Front camera video display
⑨	Rear camera video display
⑩	Probe vehicle location display
⑪	GPS, vehicle dynamics, temperature and humidity data display
⑫	Simulation play intervals
⑬	Radar data logging interval
⑭	(Real-time mode) system start/stop (Simulation mode) simulation play/pause

와 간격 등을 설정할 수 있는 설정부(Configuration), 실행과 중지, 로깅 등을 실행하는 버튼부(Execution Buttons), 그리고 재현 모드 시 활용되는 재현 상태바(Simulation Status Bar)로 구성된다.

뷰어부는 다시 세분되어, 레이더에 검지된 객체의 상대 위치를 표출하는 레이더 뷰어(Radar Viewer)와 전/후방 카메라의 영상을 표출하는 영상 뷰어(Front and Rear Camera Viewer), 지도를 기반으로 GPS를 통해 수신된 차량의 위치를 연속해서 표출하는 지도 뷰어(Map Viewer)로 구성된다.

시스템 UI 설계를 기반으로 윈도우에서 구동하는 Labview 프로그램을 그림 6과 같이 개발하였으며, 각 구성에 대한 설명은 표 1과 같다.

실행을 위한 버튼은 총 4개이다. 버튼 ①은 토글(toggle) 방식의 버튼으로, 실시간 모드와 재현 모드를 변경할 수 있다. 버튼 ⑤는 센서 데이터의 저장 여부를 결정하고, 버튼 ⑭는 시스템의 시작(start)과 중지(stop)를 결정한다.

뷰어부는 ⑦부터 ⑪까지 총 5개의 뷰어로 구성되고, ⑪는 GPS의 시각(UTC)과 좌표, 속도 등을 정량적으로 표출한다. ②, ③, ⑬으로 구성되는 설정부는 센서 데이터 저장 폴더와 저장 시간 간격(동기화) 등을 설정할 수 있는 기능을 제공한다.

3-2 시스템 검증

본 절에서는 개발된 교통 상태 관측 시스템을 이용하여 실제 데이터를 취득하고 분석하여 시스템의 성능을 검증하였다. 개발된 시스템은 교통 밀도를 관측하는 시스템이기 때문에 레이더 센서를 이용해서 검지된 주변 차량의 개수와 영상카메라를 이용해서 검지된 차량 개수를 비교하였다. 공간적 범위는 서울외곽순환도로 일부 구간(자유로 IC ~ 통일로 IC)이고, 차량 혼잡이 심하지 않은 오전 시간대(10:00 ~ 11:00)에 수집한 데이터를 이용하였다.

실시간 모드로 데이터를 수집하는 동안 시스템 지연(lag)은 발생하지 않았고, 레이더와 영상 모두 실시간으로 데이터를 수집하고 표출하는 것을 확인하였다. 그리고 재현 모드를 이용하여 각 3분(180초)으로 구성된 총 6회의 시간단계(timestep)에 대해 영상과 레이더의 검지 차량 대수를 비교한 결과는 표 2와 같다. 대부분의 시간단계에서 레이더가 더 많은 객체를 관측하는 것으로 나타났는데, 이는 레이더가 실제 차량 외에 주변의 도로 시설물을 추가로 검지하기 때문인 것으로 판단된다. 향후 데이터 군집화와 필터링 알고리즘의 연구를 통해 에러율을 낮출 수 있을 것으로 기대된다.

표 2. 성능 검증 결과

Table 2. Result of performance test

Timestep	Detected Vehicle Count				Error(%)	
	Vision		Radar			
	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear
1	46	45	69	61	50.0	35.6
2	34	24	47	30	38.2	25.0
3	27	26	36	30	33.3	15.4
4	19	20	20	19	5.3	5.0
5	18	12	20	14	11.1	16.7
6	4	12	3	4	25.0	66.7

IV. 결론

본 연구에서는 차량 주변의 주행 환경 정보를 차량 센서로부터 수집하고 이를 분석 및 표출하는 교통 상태 관측 시스템을 개발하였다. 이를 위해 다양한 차량 센서의 특징을 검토하고 교통 상태에 대한 문헌 고찰을 수행하였다. 센서의 특성 검토와 전문가 의견 수렴을 통하여 시스템 요구사항을 분석한 후, 그 결과를 토대로 시스템 아키텍처를 설계하였다. 실제 시스템의 구현을 위해 레이더와 영상 카메라, 그리고 GPS로 구성된 교통 밀도 관측 시스템을 가정하고 시스템 사용자 환경 설계와 개발, 그리고 성능 검증을 수행하였다.

1) 영상은 특정 시각의 정지 화면에 존재하는 차량의 수를 육안으로 세는 방식을 활용하였다.

제안된 시스템은 다양한 차량 센서를 활용하여 도로교통 분야에 필수적으로 요구되는 교통 상태를 관측하는 기능을 갖는다. 향후 더 많은 차량 센서를 적용한 성능 검증이 필요하고, 임베디드 시스템에서도 효율적으로 구동이 되도록 최적화 작업이 요구된다. 또한 스마트한 데이터 군집화와 필터링 알고리즘의 적용을 통해 현장 적용성에 대한 검증도 중요한 향후 연구라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2018년 한국건설기술연구원 주요사업(차량센서 기반 주행환경 관측·예측·안전운행 도로기술 개발, 과제번호: 20180007-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

[1] Yang, I., & Jeon, W-H., “Development of lane-level location data exchange framework based on high-precision digital map,” *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 19, No. 8, pp. 1617-1623, 2018.

[2] Yang, I., Jeon, W. H., Lee, H. M., “A Study on Dynamic Map Data Provision System for Automated Vehicle,” *Journal of Korea Institute of Intelligent Transport System*, Vol. 16, No.6, pp.208-218, 2017.

[3] Kim, D-J., “Implementation of Parking Management System using Cloud based License Plate Recognition Service,”

Journal of Digital Contents Society, Vol. 19, No. 1, pp. 173-179, 2018.

[4] Seo, T., Kusakabe, T., Asakura, Y., “Estimation of flow and density using probe vehicles with spacing measurement equipment,” *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 53, pp. 134-150, 2015.

[5] Qin, M., Cui, Z., Li, S., Wang, Y., and Zhu, Y., “The Realization of Collecting Urban Road Information through Multi-Approach,” In *Intelligent Control and Automation, 2006. WCICA 2006. The Sixth World Congress on Vol. 2*, pp. 8664-8668, 2006.

[6] Herring, R., Hofleitner, A., Abbeel, P., Bayen, A., “Estimating arterial traffic conditions using sparse probe data,” *IEEE Conf. Intell. Transp. Syst. Proceedings, ITSC* pp. 929-936, 2010..

[7] Lee, J. S., Yun, D. G., & Park, J. H., “The Study on an Automated Generation Method of Road Drawings using Road Survey Vehicle,” *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 16, No. 5, pp. 91-98, 2014.

[8] May, A. D., “Traffic Flow Fundamentals,” Prentice Hall, 1990

[9] Rakha, H., & Zhang, W., “Estimating traffic stream space mean speed and reliability from dual-and single-loop detectors,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 1925, pp. 38-47, 2005.

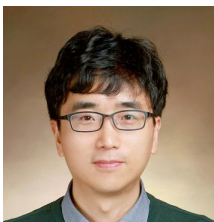
[10] Rakha, H., Farzaneh, M., Arafteh, M., Hranac, R., Sterzin, E. and Krechmer, D., “Empirical Studies on Traffic Flow in Inclement Weather”, Final Report – Phase I, FHWA, USA,



양인철(Inchul Yang)

2011년: Ph.D. in Civil Engineering at Univ. of California, Irvine
 2000년: 연세대학교 도시공학석사
 1998년: 연세대학교 도시공학 학사

2011년~현재: 한국건설기술연구원 수석연구원
 ※관심분야: 첨단교통, 자율주행, C-ITS, 도로안전, 도로시설



전우훈(Woo Hoon Jeon)

2016년: 서울대학교 도시계획학 박사
 2001년: 한양대학교 교통공학 석사
 1999년: 한양대학교 교통공학 학사

2001년~현재: 한국건설기술연구원 수석연구원
 ※관심분야: 도로안전, 무동력 교통수단, 모바일 앱, 도로시설