한국빅데이터학회지
제2권 제2호, 2017, pp. 129-140

도로 기상 빅데이터 유형별 활용 전략: 국내외 사례 분석*

The Types of Road Weather Big Data and the Strategy for Their Use: Case Analysis

함유근[1†] · 전용주[2] · 김강화[2] · 김승현[2]

건국대학교 경영대학 경영학과[1], 일마일(주)[2]

요 약

낮은 시정, 강우, 강풍, 고온 등 기상 상태는 운전 능력, 차량 성능(예: 마찰, 안정성, 조작력), 노면 마찰력, 도로 인프라, 추돌 위험, 교통 흐름 및 도로 관리자 생산성 등에 영향을 미친다. 최근에는 CCTV, 도로 센서, 차량 센서 등 다양한 도로 기상 빅데이터 소스들이 개발되면서 이러한 기상 관련 문제들 해결에 적용되고 있다. 본 연구는 이러한 도로 기상 빅데이터 소스들의 유형과 특징을 정의하고 국내외 실증 사례들을 통해 도로 기상 빅데이터 유형별로 관련 문제들 해결에 활용하는 전략에 대해 제시하고자 한다.

■ 중심어 : 도로 기상 빅데이터, CCTV 데이터, 도로 센서 데이터, 차량 센서 데이터, 환경 센서 스테이션, 사물 인터넷

Abstract

Weather acts through low visibility, precipitation, high winds, and temperature extremes to affect driver capabilities, vehicle performance (i.e., traction, stability and maneuverability), pavement friction, roadway infrastructure, crash risk, traffic flow, and agency productivity. Recently a variety of road weather big data sources such as CCTV, road sensor/systems, car sensor have been developed to solve the weather-related problems, This study identifies and defines the types and characteristics of these sources to suggest how to utilize them for car safety and efficiency as well as road management through analyzing domestic and oversea cases of road weather big data applications.

■ Keyword : Road Weather Big Data, CCTV Data, Road Sensor Data, Car Sensor Data, ESS, IoT

Ⅰ. 서 론

기상기후와 도로 상태 및 안전 간에는 밀접한 연관성 있다. 젖은 노면, 제한된 사야, 폭우, 강한 바람, 폭설, 고온 등 운전자와 차량 및 도로에 여러 가지 위험을 유발할 수 있다. 특히 강우에 따른 젖은 노면은 차량 안전을 위협하는 가장 일반적인 나쁜 도로 기상 조건이다. 미국 교통부에 따르면 도로 기상과 관련한 사고의 60%가 비가 오는 상황에서 발생한다.[1)] 강우는 바퀴가 헛돌거나 수막현상으로 차량 통제가 어려워질 수 있어 교통 흐름 속도를 감소시키고 다른 차

2017년 11월 28일 접수; 2017년 12월 21일 수정본 접수; 2017년 12월 26일 게재 확정
* 이 연구는 기상청 「기상・지진 See-At기술개발연구」 (KMIPA-2017-5020)의 지원으로 수행되었습니다.
† 교신저자: 함유근 ykhahm@konkuk.ac.kr
1) https://ops.fhwa.dot.gov/weather/q1_roadimpact.htm.

량과의 충돌 위험을 높인다. 그리고 강우는 운전자의 시정(visibility)을 감소시키기도 하는데 특히 밤에는 물체를 식별하기 어렵게 한다.

더욱이 폭설 및 도로의 결빙도 중요한 도로 기상 현상이다. 폭설은 교통 지체, 도로 폐쇄, 노면의 마찰력 감소, 도로의 시정 제한 및 기타 주행에 위험이나 번거로움을 발생할 수 있다. 교량이나 경사로의 표면 온도는 주변 도로 온도보다 더 빠르게 내려가기 때문에 노면이 결빙되어 발생하는 추돌 사고로 인한 인명 피해나 재산 피해의 가능성을 높인다. 그리고 겨울 한파도 화물 트럭에 피해를 줄 수 있는데 냉각 시스템, 난방 장비, 와이퍼 및 워셔, 타이어, 체인, 창, 미러, 엔진 온도 조절기, 배기 장치 등에 영향을 준다. 안개 및 시정의 저하도 중요한 도로 기상 현상이로 폭우나 안개, 연기, 먼지, 태양광선 등으로 시정이 제한되는 경우가 발생한다. 밤 동안 형성된 고속도로의 짙은 안개로 주행 속도가 떨어지고 급작스러운 통제 불능과 차량들 간 혹은 도로 구조물과의 충돌 위험이 증가: 즉, 시정이 저하되면 안전의 위험이 높아지고 충동 사고로 인한 피하 가능성이 높아진다.

센서 등 각종 기술의 발달로 점차 차량에서 발생하는 데이터들이 다양해지고 규모가 커지고 있으며 차량 외부의 데이터들도 차량 주행과 안전과 관련성이 높아지고 있어 이런 데이터를 수집하고 분석, 활용하는 도로 기상 기술들이 발전되고 있다[12]. 도로 상태 및 기상/기후 정보와 같은 외부 환경 데이터는 차량 안전과 도로 관리와 밀접히 연관되기에 이를 파악하는 기술이 부상하고 있다. 이런 기술은 기기 및 연료 등 차량의 기술적 상태에 관한 데이터는 차량의 유지보수 예측과 관리에 필수적이다. 도로 기상 조건에 따른 제동이나 가속 등 차량 주행 상황에 관한 데이터는 차량의 연료 소비나 안전 주행과 관련된다.

결국 기상 상태는 도로를 달리는 차량들에게 안전, 주행 시간 등 여러 면에서 영향을 준다. 운전자의 시야가 방해를 받거나 차량들이 정체되고, 충동 위험을 높이기도 한다. 많은 도시 지역에 도로가 늘어나고 차량은 계속 증가하면서 도로 기상 정보의 교통 흐름과 차량 안전 및 운영에 대한 영향을 날로 커지고 있다[15]. 이런 도로 기상 정보를 제공하는 데이터 소스로는 기존의 기상 정보 이외에도 점차 다양한 소스들이 빅데이터 환경에서 개발되어 활용되고 있으며 이를 지원하거나 분석하는 기술들도 함께 발전하고 있다. 본 논문은 도로 기상과 관련된 데이터를 제공하는 소스들을 파악하고 사례연구를 통해 이들 각 데이터 소스의 특징과 장단점을 분석하고자 한다. 그리고 이를 통해 도로의 안전과 도로 기상 정보의 비즈니스 활용을 위한 이들 데이터의 활용 방향을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 문헌 연구

2.1 도로 기상 빅데이터 소스 유형

빅데이터를 보통 규모(Volume), 속도(Velocity), 유형(Variety) 등 3V로 정의할 때[11] 도로 기상과 관련된 데이터들도 이러한 3V 현상이 최근 두드러지고 있다. 특히 새로운 유형의 데이터가 새로운 데이터 소스들로부터 IoT(사물인터넷) 등과 연계되어 스트리밍 형태로 발생하여 처리되어야 하는 환경이 되고 있다[17]. 이에 따라 데이터 규모는 물론 속도 면에서도 도로 기상 빅데이터의 중요성은 높아지고 있다. 본 연구는 도로 기상 빅데이터 3V 중 유형에 초점을 두고 이들의 특성과 활용 방안에 대해 국내외 활용 사례를 통해 분석하고자 한다. 현재 대표적인 도로 기상 정보의 새로운 소스로는 CCTV, 도로 센서, 차량 센서 등을 들 수 있으며 이들에 관한 기존 연구들은 다음과 같다.

2.1.1 CCTV 데이터

도로 상에서 사고 발생을 파악하고 대응하는 데도 CCTV 정보는 유용하게 사용되고 있다. 이

를 통해 차량 흐름 관리 등을 행한다[3]. 이미 2000년 초부터 미국 플로리다 주 클리어워터시에서는 교량에 설치된 CCTV와 시정(visibility) 센서들로부터의 데이터를 안개 주의보 발령에 활용했다. 안개가 CCTV에 포착되면 운영자는 컴퓨터가 계산한 시정 거리를 바탕으로 4개 지역별로 도로 안내판에 경고 사인과 제한 속도 등을 표시한다. 시정이 매우 낮은 경우 도로 운영자는 고속도로 순찰대에 교량 폐쇄를 통보한다[10, 13]. Lee[10]은 모든 도로에 설치하기에 비용면에서 단점이 있는 기존 기상 정보 수집 시스템인 AWS(automatic weather systems)의 한계를 극복할 수 있는 방안으로 CCTV 데이터 속에서 기상 정보를 추출해 기상 조건의 유사성을 계산해 기상 상태를 판별하는 시스템을 제안하기도 했다.

국내에서는 CCTV를 이용한 도로 기상 정보를 예측하는 연구들이 진행되어 왔으며[1] 최근 기상청이 CCTV 데이터를 도로 기상 정보 예보에 활용하는 기술을 개발했다. 기상청은 CCTV 자료를 기상자료와 융합한 빅데이터 기술을 활용해 실시간 날씨를 판별하는 기술을 개발 중이다. 지금까지 설치된 CCTV 영상을 보고 비가 오는지, 안개가 끼었는지 등을 사람이 일일이 눈으로 확인해야 했으나 '빅데이터 딥러닝' 기법을 적용하면 자동으로 CCTV 영상에서 자동차와 같은 이동 물체를 제거한 뒤 기상 조건에 따른 영상 패턴과 비교해 비・눈・안개를 판단할 수 있게 된다.[2)]

2.1.2 도로 센서 데이터

기상 상태에 따른 도로의 상태와 차량의 위험은 높은 상관관계가 있기에 정확한 도로 상태를 파악하기 위한 도로 센서의 중요성이 높아지고 있다. 이런 도로 센서를 두 가지 종류로 구분하기도 하는데 하나는 도로 노면에 설치되어 노면 상태를 측정하는 센서 시스템이고 다른 하나는 일반적으로 도로 기상 시스템(RWS: Road Weather Systems)로 알려진, 도로변에 설치되어 도로변 기상 상태를 관찰하는 시스템이다. 전자는 정확한 노면 상태 파악, 후자는 설치 및 유비보수 비용 등에서 장점이 있는 것으로 알려져 있다[7]. 기상 조건에 따른 건조, 습기, 결빙 등 도로 노면 상태를 판별하게 위해서는 센서들이 도로 밑에 직접 설치되는 경우가 많다. 그러나 최근 모든 도로들이 아스팔트 도로로 건설되면서 이런 도로 내 센서의 설치하는 것이 쉽지 않아 도로 변 센서들이 늘어나는 추세이다.

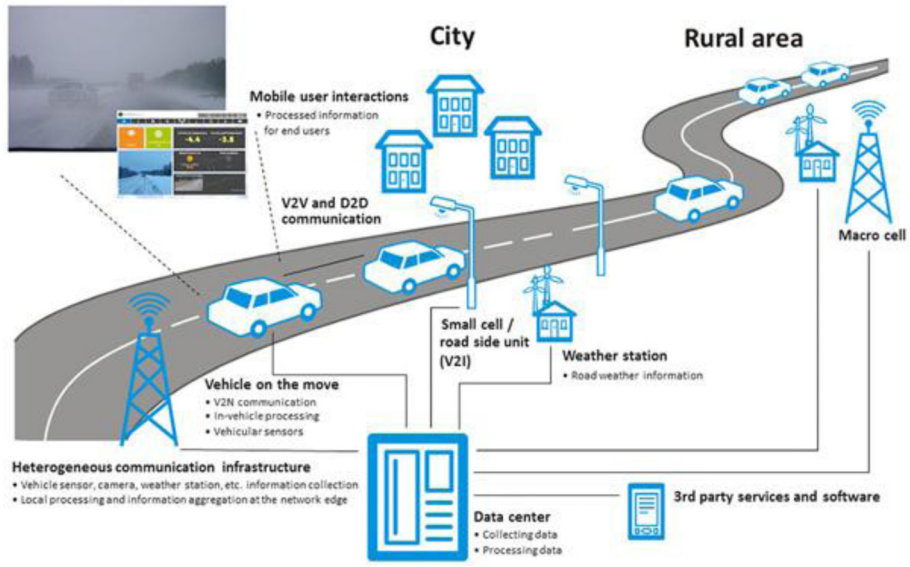
이런 도로 센서에 대한 연구는 특히 추운 겨울이 지속되는 북유럽 지역에서 많이 진행되고 있는데 Sukuvaara[16]은 도로변 기상 센서를 차량과 도로변 사이에 데이터를 교환하는 "차량과 하부구조 간의 커뮤니케이션" 기술로 정의하고 있다. 도로변 센서 중에서 적외선 탐지기와 카메라는 도로의 결빙 상태를 탐지하는데 효과가 있다고 알려져 있다[9].

2.1.3 차량 센서 데이터

현대의 차량들은 특정 도로 상태를 분석하는 매우 다양한 센서들과 시스템들을 장착하고 있다. 구동력 제어 시스템(TPS: Traction Control Systems), 전자제어동력조향장치(EPS: Electronic Power Steering), ABS, 대기 온도, 대기 오염도, 대기 압력, 가속도 측정기 등 여러 센서 및 시스템들로부터의 데이터들이 수집되어 차량 내에서 이미 활용되고 있다[4].

Ram and Gupta[14]은 차량 센서로부터 발생한 데이터를 IoT(사물 인터넷)으로 수집해 특정 지역 날씨 상태를 차량에서 모니터하는 시스템을 제안하기도 했다. 이 시스템 온도 센서, 습도 센서, 밝기감지(LDR) 및 이산화탄소 센서 등으로 구성되어 있다. 이를 통해 맑기 강도,

2) http://news.joins.com/article/20134081.



출처: http://www.traffictechnologytoday.com/news.php?NewsID=85027.

〈그림 1〉 실시간 도로 기상 정보 제공을 위한 인프라 구조

온도, 이산화탄소 농도 및 상대적 습도 등을 각기 측정하여 도로 기상 정보를 제공한다. 반면 Dannheim[5]는 차량에 탑재된 밝기감지 및 인식(LIDAR) 센서 이외에 카메라를 통해 데이터를 수집하고 통합해 도로 기상 상태를 판별하는 시스템을 개발하기도 했다. 특히 이미 일반 차량에 탑재 되어 있는 LIDAR를 차량 전방 카메라 데이터와 결합할 경우 보다 정확한 도로 기상 상태 판별이 가능하다고 주장한다. 그리고 최근에는 IoT의 발전에 따라 기상 센서를 탑재한 차량들 끼리 연결해 정보를 주고받아 도로 위험 정보를 공유하는 방안이 제안되기도 했다[6, 8].

국내에서는 기상청 연구용역을 받은 강원대와 광센서 개발업체 엑센도가 2년에 걸친 개발 끝에 자동 와이퍼에 달리는 빗물 측정 센서 크기를 키우고 정밀도를 높이는 데 성공했다[2]. 차량 전면 유리창 안쪽에 장착되는 이 센서는 빛을 쏴 유리창에 빗물 방울이 얼마나 많이 붙어있는지를 측정한다. 측정된 강우량은 차량의 위치를 확인할 수 있는 GPS 정보와 함께 기상청으로 송신된다. 이는 현재 시중에서 파는 일부 승용차에 있는 자동 와이퍼 기술을 응용한 것이다. 기존 센서보다 더 정확하게 강우량을 측정토록 했다. 기상청은 추가 연구를 통해 도로 강우 정보를 일반 운전자나 전국 지방자치단체 재난상황실에 실시간으로 전달하는 시스템이 마련되면 도로 교통안전과 방재에 큰 도움이 될 것으로 보고 있다. 차량용 강우 센서는 이미 부산시 시내버스 2개 노선, 20대 버스에 시범 적용돼 도로 강우 정보를 부산시 재난상황실로 전송하고 있다.

2.2 도로 기상 빅데이터 활용

2.2.1 도로 기상 활용 인프라

미국의 경우도 연방 고속도로 관리국이 지자제 및 지역 교통 당국과 함께 차량 탑재 기상 스테이션을 이용한 도로 상태 데이터 제공 서비스를 운영하고 있다. 차량 탑재 센서는 보통 일반적으로 주 교통관리당국 혹은 응급의료서비스(EMS) 차량 범퍼나 창문에 부착해 강우량, 주위의 온도, 기압, 노면 마찰력 등 현재의 기상이나

도로 상태 관련 데이터를 수집한다. 이런 차량 탑재 기상 스테이션은 보통 민간 기업과 계약을 맺고 이들의 첨단 기술을 도입하는 방식이다.

미국에서는 지자체와 관련 교통당국의 노력으로 노면 센서를 통한 도로 기상 데이터 수집이 상대적으로 성공적으로 수행되고 있다. 미국 뉴저지주 뉴저지 고속도로(턴파이크)는 이런 데이터를 위성 기상 정보, 소셜 미디어 정보들과 결합해 도로 관리자들에게 긴급한 상황의 의사결정에 유용한 정보를 제공한다. 보통 도로기상 정보시스템 하의 환경 센서 스테이션(ESS: Environmental Sensor Station)이 지역 기상, 환경 상태, 도로 상태, 교통 체증 패턴 및 때때로 강이나 하천이 수위에 관한 데이터를 수집한다. 이런 데이터들은 지역이나 국가 도로 기상 정보시스템으로 보내지면 교통 관련 관리자들이 이용할 수 있다.

실시간으로 도로 기상 정보를 제공하는 서비스 위해서는 차량 센서 및 CCTV 데이터를 실시간으로 수집해, 처리, 분석할 수 있는 인프라가 구축되어야 한다. 이런 서비스는 차량 운전자는 물론, 로도 관리자/운영자 및 자동화된 차량 관리 시스템을 지원하기 위해서 필요하다. 이를 위해서는 <그림 1>과 같이 각종 센서, CCTV와 데이터 센터들 간, 그리고 차량들 간에 데이터를 전달하고 공유하여 분석, 적용하는데 필요한 5G 이동통신, 인터넷 등 각종 네트워크 기술과 클라우드 컴퓨팅 및 빅데이터 기술이 필수적이다. 운전 중 치량 운전자의 의도적인 조치나 행동 없이 데이터가 수집되고 자동으로 운전자에게 적절한 경고를 알리는 인프라가 구축되어야 한다. 해외에서도 이런 기술 보유 기업들과 교통/도로 당국이 긴밀한 협력이 증가하고 있는데, 예를 들어 핀란드에서는 도로 기상 정보 분석 회사, 클라우드 컴퓨팅 회사, 이동통신사 등이 참여한 프로젝트가 진행 중이다.[3)]

2.2.2 도로 기상 활용 분야

차량 데이터의 증가는 운전자들에게 안전, 편의성, 시간, 비용 4가지 측면에서 많은 도움이 되고 있다고 McKinse[12]는 주장이다. 결국 도로 기상 빅데이터도 이런 4가지 목적을 반영해 발전하고 있다. 안전성 측면에서는 실시간 긴급 연락, 구조 활동을 지원하기 위한 사고에 대한 조기 및 현장 정보, 실시간 도로 위험 경고 (앞에서 벌어지고 있는 도로 상황에 대한 차량의 대응) 등이 가능하다. 편의성 측면에서는 차량의 예방적 유지보수 (차량 셀프 진단) 및 교환부품 관리로 고장 위험 및 차량 운행 불능 시간 단축, 운전자에 대한 컨시러지 서비스로 고객 편의성 향상 (재급유, 세차 등), 그리고 커넥티드 라이프스타일로 사용자 경험 향상 등이 가능하다. 시간 측면에서는 주행과 주차에서 절약이 가능하여 최적화된 경로 선택과 교통관리시스템으로 차량 이동 시간의 단축, 네트워크화된 주차와 커넥티드 내비게이션으로 주차 공간 탐색 시간의 단축이 가능하다. 마지막으로 비용 측면에서는 PAYD(Pay-as-you-drive) 보험으로 차량 보험 비용 감소, 자동화된 요금 징수 인프라로 통행료 및 세금 절약, 차량 내 전자상거래 혹은 맞춤화된 차량 내 광고 노출로 고객의 비용 절약이 가능하다.

도로 기상 빅데이터는 위의 4가지 측면 중 안전은 물론 나머지 편의성, 시간, 비용 등 세 가지 측면과 모두 관련된다. 시간 측면은 이미 잘 알려진 측면으로 주행 시간이나 교통량을 예측하는 경우 도로 기상 빅데이터의 활용도가 높으며 증가하는 추세이다. 반면 편의성과 비용 절감 측면에 도로 기상 빅데이터를 활용하는 것은 비교적 새로운 분야로 모바일, 사물인터넷(IoT)과 인공지능 등 새로운 기술의 발달과 관련이 깊다. 도로 기상 빅데이터를 실시간으로 반영한 내비게이션 기술이나 기업들의 공급사슬관리 기술

3) http://www.traffictechnologytoday.com/news.php?NewsID=85027.

은 대표적인 이런 편의성과 비용 절감과 관련된 도로 기상 빅데이터 응용 분야이다.

Ⅲ. 연구방법 및 사례 분석

3.1 사례분석 방법

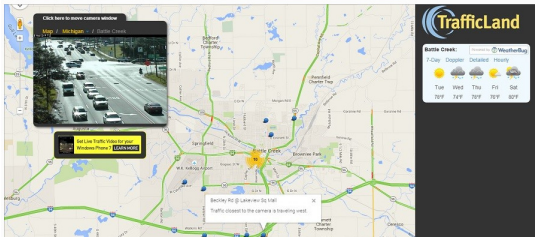
본 연구는 사례 분석 방법을 이용해 도로 기상 빅데이터 소스의 종류를 정의하고 그 특징을 찾아낸 후 이를 안전 등 공공의 목적뿐 아니라 비즈니스 분야에 활용하기 위한 방안을 탐구하였다. 이를 위해 문헌연구에서 파악된 도로 기상 빅데이터 소스들의 활용 사례들을 심층 분석하였다. 사례 분석의 정합성을 높이기 위해서는 다양한 여러 관련 사례들을 함께 분석했는데 국내 사례들의 부적으로 주로 해외 사례들의 분석에 중점을 두었다.

3.2 도로 기상 빅데이터 활용 사례 분석

3.2.1 CCTV 데이터 활용

미국 최대 실시간 교통 비디오 데이터 취합 업체인 TrafficLand는 자동적으로 운전자들에게 매우 정확하고 실시간으로 도로의 시정(visibility) 변화를 알려주는 서비스를 제공한다.[4] TrafficLand는 차량이 주행 중인 경로의 시정에 변화가 있을 경우 실시간으로 자동적으로 차량 운전자에게 알려줘 안전 운전 및 차량 관리를 제고하는 서비스를 제공한다.

이런 정보는 TrafficLand 네트워크상의 각 지자체 교통국(Department of Transportation(DOT))도로 카메라로부터 라이브 비디오 스트리밍 데이터를 Harris Corporation의 Helios Road Weather 에널리틱스 소프트웨어로 분석해 도출된다. TrafficLand는 현재 50개 주의 교통당국과 협약을 맺어 실시간 도로 비디오 관찰과 더욱 향상된 신뢰성 있는 데이터 제공을 위해 기기 설치 및 네트워크 통합을 지원한다. 이 회사는 미국 전역의 200여 개 도시에서 2만 대 이상의 교통 카메라 라이브 비디오(CCTV)에서 데이터를 수집한다. <그림 2>에서는 미국의 한 지자체에 제공하는 서비스로 이 도시의 웹사이트를 통해 도로 기상 정보를 제공모습을 보여주고 있다.



출처: TrafficLand.[5]

〈그림 2〉 교통안전공단의 도로 정보 수집 차량 ARASEO

도로 시정을 알려주는 이 회사의 정보는 다른 경쟁사들에 비해 더 정확한데 그 이유는 도로의 지역에 더욱 특화되며(소위 하이퍼-로컬), 더 적시성 높고, 라이브 비디오로부터 자동으로 데이터를 생성하기 때문이다. 반면에 경쟁사들은 위성, 센서, 지상 기상 관측기, 사람이 수집한 정보 및 기타 데이터 등 여러 소스들로부터 취합된 정보를 바탕으로 장기간에 걸쳐 예측한 정보를 제공하는데 이런 정보는 특정 지역과의 관련성이 떨어진다.

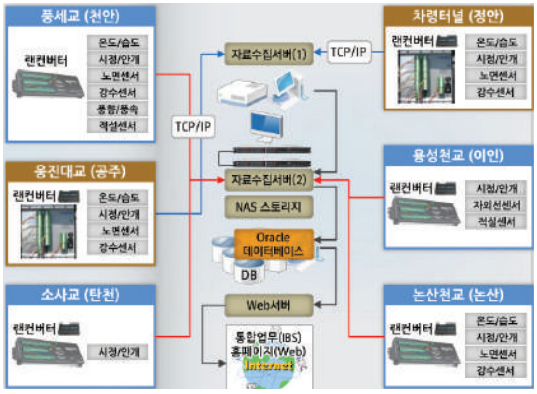
교통당국의 웹 사이트에서 비디오 데이터를 스크레핑하여 제공하는 업체의 정보보다 TrafficLand의 정보가 300배 이상 적시성이 높다는 주장이다. 그 이유는 이 회사가 미 주정부 교통당국(DOT)에 장비를 설치하기 때문에 실시간 비디오 데이터를 분석해 정보를 제공할 수 있다. 기상 상태는 급변할 수 있고 지역에 따라 매우 다를 수 있는데 광범위

4) http://www.traffictechnologytoday.com/news.php?NewsID=74339.
5) http://thinkinghighways.com/trafficland-to-host-and-distribute-live-video-from-battle-creek-traffic-cameras/.

한 지역이 아닌 특정 위치에 대한 시정의 변화를 실시간으로 통보 하는 것은 정보의 가치 면에서 큰 차이이다.

3.2.2 도로 센서 데이터 활용

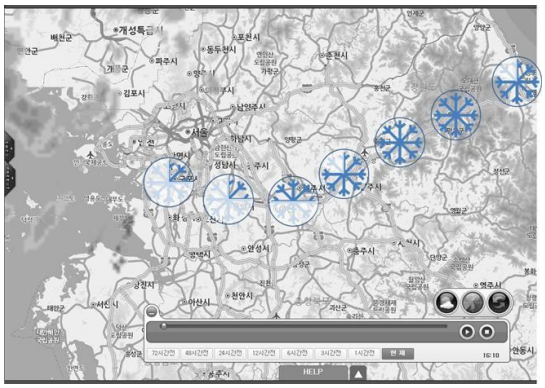
국내 천안-논산 간 고속도로의 경우, 총 6개 지점에 도로변 기상관측 장비를 설치하여 운영하고 있으며 대기 온·습도, 강수상태, 노면온도 및 상태, 결빙점 자료들을 수집하고 있다(<그림 3> 참조). 노면상태에 대한 48시간 예보를 실시하고 있어 제설제 살포시기, 살포량 및 인력투입 계획을 정확하게 확립하여 제설제 과대살포로 인한 환경오염을 줄이고 경제적 효과를 극대화 했다.



출처: 기상청(2016).

〈그림 3〉 천안논산고속도로 관리에 사용 중인 도로 기상 정보 관련 센서들

그리고 영동고속도로는 국내 최초로 '통행료납부편리시스템(One tolling system)'·'지능형교통시스템(ITS; Intelligent Transport System)'이 도입된 최첨단 고속도로이다. 특히 겨울철 눈이 많이 오는 구간을 통행하는 차량의 안전을 위해 노면온도 예측시스템을 갖추고 있다. 이 시스템은 차량 외기온도, 도로 노변센서, 기상청 데이터를 분석해 도로 결빙 등 노면 상태와 정보를 예측해 전광판이나 내비게이션 단말기 등을 통해 운전자에게 전달한다. 터널 내 대피 안내시스템도 설치해 위성위치확인시스템(Global Positioning System, GPS) 작동이 끊기는 총 12개의 터널(13.22km)에서 사고가 발생할 경우 정확한 위치정보와 최단 대피장소 등을 안내해 운전자에게 최신 도로정보를 제공하고 2차 사고도 막는다.[6)]



출처: 뉴스핌(2016. 11. 10).

〈그림 4〉 영동고속도로 지능형교통시스템

출처: ㈜데이터스트림즈.

〈그림 5〉 교통안전공단의 도로 정보 수집 차량 ARASEO

3.2.3 차량 센서 데이터 활용

교통안전공단은 지난 2012년 건설기술연구원과 공동으로 도로 위험요소를 분석·수집해 도로의 안전성을 신속하고 객관적으로 점검하는 도로점검 자동차 '아라서(ARASEO, Automated Road Analysis and Safety Evaluation Tool)'를 개발했다(제작은 ㈜언맨드솔루션) (<그림 5> 참조). 도로의 물고임, 노면 온도와 같은 기상 관련 정보도 수집해 도로 안전 점검에 활용한다.

6) 조세일보(2016.11.14).

미국 시애틀에 본사를 둔 인릭스(INRIX)가 글로벌 웨더 코포레이션(Global Weather Corporation)과의 제휴로 도로 기상 정보를 스마트폰 앱이나 데시보드 콘솔로 제공하는 차량 안전 기술인 “로드 웨더(Road Weather)”를 개발했다. 인릭스는 커넥티드카들로부터의 데이터를 포함한 기상과 관련된 다양한 도로 상태 데이터들을 취합해 실시간 도로 상태를 사전에 경고하는 서비스를 제공할 계획이다. 이 서비스는 특정 지역에 맞춤화된 경고를 운전자에게 제공해 안전한 운전과 더 나은 의사결정을 돕고, 도로의 교통 체증을 방지한다. 이런 서비스는 도로관리 당국에게도 도움이 되어 유지보수 및 긴급 상황 출동을 더 신속하고 효율적으로 할 수 있게 한다. 현재까지 인릭스는 전 세계에 걸쳐 움직이는 수천만 개의 물체(주로 핸드폰, 승용차, 트럭 등)로부터 데이터를 수집해 왔다. 이런 데이터를 트럭 운송 회사나 자동차 제조업체에게 판매한다.[7)]

“로드 웨어”에서 사용하는 가장 중요한 정보들은 <그림 6>과 같이 차량 자체에서 제공되는데: 시각, 위치, 외부 온도, 브레이크 작동 여부(특히 자동 브레이킹 시스템(ABS)), 안개등 등이다. 보조적인 데이터로는 기압, (적외선 센서로 측정된) 도로 자체의 온도, 와이퍼 강도 등이 사용된다. 이런 정보는 개인에게 앱으로 제공될 수도 있지만 주로 내비게이션 업체나 차량 제조업체, 운송/배송 업체, 도로관리 당국 등에게 서비스될 예정으로 가격은 아직 해지지 않았다.

출처: 인릭스.

〈그림 6〉 기상 관련 데이터를 생산하는 차량 센서들

이 기술을 활용, 차량을 이용해 도로 기상 정보를 수집하여 외부 기상 정보와 결합해 제공하는 서비스가 가능하다. 예를 들어 차량의 와이퍼가 작동되면 이는 비가 내리기 시작함을 의미한다. 마찬가지로 눈이 내린 특정 지역에 있는 (GPS 정보로 파악된) 수대의 차량들 온도가 일정 기준 이하로 낮게 유지된다면 제휴 기관으로부터 제공받은 기상 데이터를 반영해 500미터 반경에 얼음막(black ice)이 있을 가능성을 이들에게 경고한다. 이런 경고는 운전자들뿐만 아니라 도로관리자나 경찰에게도 이전에 비해 매우 정밀하고 맞춤화된 정보이다.

일본의 타이어 회사 브리지스톤은 “CAIS (Contact Area Information Sensing)”라는 자체적으로 개발한 타이어에 부착된 센서를 통한 노면 상태 판별 기술을 실용화할 예정이다(<그림 7> 참조). 이는 노면과 유일한 접하고 있는 타이어에서 접지면의 정보를 수집, 분석하고 노면 정보와 타이어의 상태를 파악하여 고객에게 새로운 가치를 제공하는 센싱 기술의 종합으로 이 회사는 이런 타이어 센싱 기술의 실용화는 세계 최초라고 주장이다.

출처: 브리지스톤.

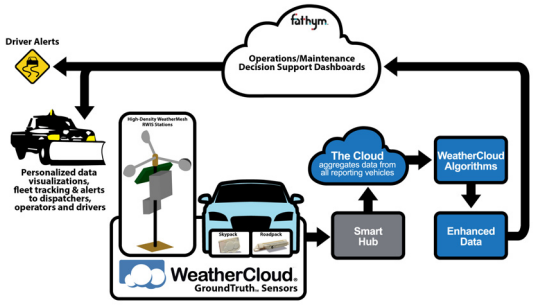
〈그림 7〉 브리지스톤의 타이에 센싱 기술

이런 노면 상태 판별 기술은 강설 등에 의한 노면 상태의 급격한 변화를 실시간으로 감지 할 수 있으며, 시시각각 바뀌는 노면 상태를 차량 분석 장치에 의해 7개 유형(건조, 반 보습, 습윤, 샤벳, 적설, 압설, 동결)으로 판별한다. 노면 상

7) http://inrix.com/resources/inrix-road-weather/.

태의 판별 결과는 차내 디스플레이를 통해 운전자에게 적시에 전달함으로써 안전 운전을 지원한다.

Fathym사의 GroundTruth 기상 시스템은 민간 기업이 개발한 도로 기상 모니터링 시스템이다. 이 시스템은 차량 탑재 센서 및 도로 센서를 이용해 데이터를 수집한다. 수집된 데이터를 실시간으로 WeatherCloud사의 클라우드 기반 분석 시스템에 전송되고, 필러링을 거쳐 대시보드 형태의 정보가 일반 모바일 기기에서 제공된다 (<그림 8> 참조). 이런 시스템은 교통관리 당국이 사용하는 기존 시스템의 시차적인 한계를 극복하며 쉽게 적용 범위를 확장할 수 있으며 맞춤화할 수도 있다. 미국 연방 고속도로 관리국(Federal Highway Administration)은 이 시스템을 2016년부터 도입해 도로 유지보수와 날씨 관련 사고 예방에 활용 중이다.



출처: WeatherCloud.

〈그림 8〉 Fathym사의 IoT와 클라우드 컴퓨팅 기반의 도로 기상 정보시스템

Fathym의 IoT 기반의 스마트 스테이션은 이전 ESS와 유사하지만 비용이 훨씬 저렴하기에 더 많은 기기의 설치로 더 넓은 지역을 커버할 수 있다. 그리고 데이터를 수집하는 즉시 자동적으로 실시간 클라우드 시스템에 전송돼 분석되기 때문에 처리 속도가 빠르고 이런 스마트 스테이션은 차량에도 설치할 수 있다. 이러한 정보는 기존의 기상 정보의 틈새를 매워주는 특정 지역에 대한 상세 기상 데이터까지도 제공해 잠재적 문제에 대한 예방적인 대응이 가능하다.

3.2.4 도로 기상 빅데이터 유형의 특징 및 용도

위에 소개된 국내외 사례들을 분석해 도로 기상 빅데이터의 특징과 활용도를 정리하면 <표 1>과 같다.

기존 공공 기상 정보 기관의 데이터는 다음과 같은 특징이 있다. 도로 상황에 대한 전반적이고 기본적인 필수 정보를 제공하나 지역별 맞춤 정보와 상세한 도로 상태 정보 제공에는 한계가 있다. 그리고 활용도 면에서는 운전자 및 도로 관리자들에게 도로 기상 상태에 대한 전반적인 상황 파악 및 일반적 예상 상황을 사전에 예보하거나 경고하는 기능이 활용 가능하다. 또한 아래의 새로운 도로 기상 빅데이터 소스들의 활용의 가이드를 제공하는 기본적인 정보이지만, 특정 지역별의 상세한 정보나 급변하는 돌발적 상황과 관련된 기상 정보는 제공하기 힘들다는 한계점이 있다.

CCTV 데이터는 도로에 설치된 CCTV 영상에서 기상 상황 및 도로 상황에 대한 정보를 추출한 것이다. 광범위한 지역 및 특정 지역 도로 상황을 실시간으로 파악하는데 장점이 있는데 (CCTV 보급 증가로 골목길 등 커버 범위 커짐) 특히 시정(visibility) 정보 제공이나 경고에 활용도 높다. 그러나 CCTV 데이터는 노면의 정확한 상태 파악에 활용되기에는 한계가 있고 적절한 활용을 위해서는 정밀한 데이터 처리/저장 및 분석 기술이 필하다. 도로 관리자의 전반적인 상황 파악 및 경고 지원에 활용도 높으며 지역별 맞춤 위험 예보(즉. 안개 발생 등 일반 운전자 및 도로 관리자의 예상 못한 기상 상황 대처)에 활용도 높고 또한 도로 관리자에게 사고 대처 관련 정보 제공이 가능하다.

도로 센서 데이터는 도로 아래나 옆에 설치되어 도로의 기상 상태를 파악하는 시스템 및 센

서를 말한다. 매우 상세한 도로 상황 및 노면 상태 정보 수집 가능하며 IoT가 적용될 경우 실시간 정보 수집 및 제공도 가능하나 설치비용이 높고 따라서 적용되는 범위가 일부 도로에 한정된다. 도로 관리자의 관리 업무 지원 및 관련 폭설에 따른 제설작업 시간 및 지역 판단 등 의사결정에 활용도가 높이며 관련 실시간 경고 및 안내 주의보 등에 이용될 수 있다.

차량 센서 데이터는 기존에 장착된 차량 센서는 물론 도로 기상 정보 수집을 위해 장착된 새로운 차량 센서들이다. 차량 및 운전자 입장에서의 현재의 정밀한 도로 상태 파악 가능하고 향후 커넥티드카 기술과 연계될 경우 효과적 사전 예보/경고 가능하나 관련 기술 개발 비용이 높으며(데이터 수집 및 데이터 처리와 분석 기술이 아직 낮음) 적절한 활용을 위해서는 대규모 IT 인프라 투자 혹은 지원이 필요하다. 주행 상태에서 운전자에게 예상치 못한 위험 경고에 활용도 높고 지역별 맞춤 정보 제공도 가능하며 운전자 상황에 다른 상세한 의사결정 정보를 제공하고 사용 기반 차량 보험 등 새로운 비즈니스 기회에 활용 가능성도 높다.

〈표 1〉 도로 기상 빅데이터 유형별 특징 및 활용 분야

데이터 소스	내용	특징 및 장단점	활용 분야 용도/정보 가치
기존 공공 기관	기상관측기관 등이 제공하는 정보	• 도로 상황에 대한 전반적이고 기본적인 필수 정보 제공 • 지역별 맞춤 정보와 상세한 도로 상태 정보 제공에 한계	• 운전자 및 도로 관리자들에 대한 도로 기상 상태에 대한 전반적인 상황 파악 및 일반적 예상 상황에 대한 사전 예보/경고
CCTV	CCTV 영상으로 파악되는 기상 및 도로 상태 정보	• 광범위한 지역 및 특정 지역 도로 상황을 실시간으로 파악 가능(CCTV 보급 증가로 골목길 등 커버 범위 커짐) • 시정 및 사고 정보 제공 • 노면의 정확한 상태 파악의 어려움 • 정밀한 데이터 처리/저장 및 분석 기술 필요	• 도로 관리자의 전반적인 상황 파악 및 경고 지원 • 지역별 맞춤 위험 예보: 일반 운전자 및 도로 관리자의 예상 못한 기상 상황 대처(예를 들어 안개 주의보) 정보 제공 • 도로 관리자에게 사고 대처 관련 정보 제공
도로 센서	도로 아래나 옆에 설치되어 도로변 기상 상태나 노면의 상태를 파악하는 시스템 및 센서	• 매우 상세한 도로 상황 및 노면 상태 정보 수집 가능 • 설치비용이 높고 따라서 적용되는 범위가 일부 도로에 한정됨: 광범위한 지역 및 도로 커버 불가능 • 유치 보수 비용 부담	• 도로 관리자의 관리 업무 지원 및 관련 의사결정 • IoT가 적용될 경우 실시간 정보 수집 및 제공 가능: 실시간 경고 및 안내 • 도로관리자에 대한 상세한 의사결정 정보
차량 센서	기존에 장착된 차량 센서는 물론 도로 기상 및 이에 따른 차량에 대한 영향 정보 수집을 위해 장착된 새로운 차량 센서들	• 차량 및 운전자 입장에서 현재의 정밀한 기상 및 도로 상태 실시간 정보 제공: 차량 위치에 맞는 정보 등 • 관련 기술 개발 비용이 높음: 데이터 수집 및 데이터 처리와 분석 기술이 아직 낮음 • 대규모 IT 인프라 투자 혹은 지원이 필요	• 주행 상태에서 운전자에게 예상치 못한 위험 경고 • 지역별 맞춤 정보 제공 • 운전자 상황에 다른 상세한 의사결정 정보 • 사용 기반 차량 보험 등 새로운 비즈니스 기회 제공 • 커넥티브카(Connected cars) 기술과 연계될 경우 효과적 사전 예보/경고 가능

Ⅳ. 결 론

도로 기상 빅데이터는 각 소스 유형별로 각기 특징이 있기 때문에 이들을 목적에 따라 복합적으로 활용하는 전략이 필요하다. 예를 들어 완전하면서도 종합적인 도로 기상 데이터를 제공하기 위해서는 차량 탑재 센서 및 도로 관측 기상 장비 간의 긴밀한 연계가 필요하다. 현재 나쁜 기상 상태로 유발되는 도로 상태를 감지하는 수단이 매우 부족한데, 도로 센서를 도로 전 구간에 설치하는 것은 너무 많은 비용이 발생하여 특히 미국과 같이 국토가 넓은 나라에서는 비실용적이다.

기존 도로 관리 당국의 도로 센서에는 몇 가지 단점이 존재하는데 첫 째 적용 범위로 국내에서도 일부 고속도로에만 ESS 노드만이 설치되어 있다. 또 한 가지 문제는 데이터가 수집되는 속도와 데이터를 시각적 정보로 제시하는 방법인데, 보통 여러 곳의 ESS 데이터를 기존 기상 정보와 결합하여 날씨를 예측하기 때문에 시간이 소요된다. 현재 국내에서도 앞서 한국도로공사나 지자체에서 도로 기상 정보를 수집해 활용 중이나 정보의 시차(즉, 적시성)이나 세밀한 지역적 맞춤 정보 측면에서는 역시 한계가 있다. 새로운 도로 기상 빅데이터 소스들이 확산되면서 기존에 처리하는 방법으로는 그 데이터 규모나 속도를 해결하기 어려울 것으로 예상되어 새로운 빅데이터 인프라 개발과 도입이 필수적일 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

[1] 김기진, 홍봉희, 이지완, 홍재기, “CCTV 영상 기반 그래프 패턴 분석에 의한 도로 기상 정보 생성 시스템”, 한국정보과학회 학술발표논문집, 2016.

[2] 김영곤, 이석호, 김병식, “차량용 강우센서의 Signal과 관측강우의 관계식 개발”, 한국기상학회, 한국기상학회 학술대회 논문집, pp.471-473, 2016.

[3] Antoniou, C., R. Balakrishna, and H.N. Koutsopoulos, “A synthesis of emerging data collection technologies and their impact on traffic management applications”, *European Transport Research Review*, Vol.3, No.3, pp.139-148, 2011.

[4] Bogren, J. and T. Gustavsson, “RSI-Road Status Information A new method for detection of road conditions”, *In Proc. 17th Int. Road Weather Conf.* 2014.

[5] Dannheim, C., C. Icking, M. Mäder, and P. Sallis, “Weather Detection in Vehicles by Means of Camera and LIDAR Systems. In Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN)”, *2014 Sixth International Conference on* (pp.186-191), *IEEE*, 2014.

[6] Dey, K.C., A. Mishra, and M. Chowdhury, “Potential of intelligent transportation systems in mitigating adverse weather impacts on road mobility: A review”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol.16, No.3, pp.1107-1119, 2015.

[7] Haug, A. and S. Grosanic, “Usage of road weather sensors for automatic traffic control on motorways”, *Transportation Research Procedia*, Vol.15, pp.537-547, 2016.

[8] Ito, K., G. Hirakawa, Y. Arai, and Y. Shibata, “A road condition monitoring system using various sensor data in vehicle-to-vehicle communication environment”, *International Journal of Space-Based and Situated Computing*, Vol.6, No.1, pp.21-30, 2016.

[9] Jonsson, P., J. Casselgren, and B. Thörnberg, “Road surface status classification using spectral

analysis of NIR camera images", *IEEE Sensors Journal*, Vol.15, No.3, pp.1641-1656, 2015.

[10] Lee, J., B. Hong, Y. Shin, and Y.J. Jang, "Extraction of weather information on road using CCTV video. In Big Data and Smart Computing (BigComp)", *2016 International Conference on (pp.529-531), IEEE*, 2016.

[11] McAfee, A., E. Brynjolfsson, and T.H. Davenport, "Big data: the management revolution", *Harvard Business Review*, Vol.90, No.10, pp.60-68, 2012.

[12] McKinse, Creating value from car data, 2016.

[13] Pisano, P. and L. Goodwin, "Research needs for weather-responsive traffic management. Transportation Research Record", *Journal of the Transportation Research Board*, (1867), pp.127-131. 2004.

[14] Ram, K.S.S. and A.N.P.S. Gupta, "IoT based Data Logger System for weather monitoring using Wireless sensor networks", *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, Vol.32, No.1, pp.71-75, 2016.

[15] Shah, V.P., A.D. Stern, L. Goodwin, and P. Pisano, "Analysis of weather impacts on traffic flow in metropolitan Washington, DC", In Institute of Transportation Engineers 2003 Annual Meeting and Exhibit (Held in Conjunction with ITE District 6 Annual Meeting), 2003.

[16] Sukuvaara, T., K. Mäenpää, R. Ylitalo, H. Konttaniemi, J. Petäjäjärvi, J. Veskoniemi, and M. Autioniemi, "Vehicular networking road weather information system tailored for arctic winter conditions", *International Journal of Communication Networks and Information Security*, Vol.7, No.1, pp.60-68, 2015.

[17] Wang, M., C. Perera, P.P. Jayaraman, M. Zhang, P. Strazdins, R.K. Shyamsundar, and R. Ranjan, "City data fusion: Sensor data fusion in the internet of things", In *The Internet of Things: Breakthroughs in Research and Practice* (pp.398-422). IGI Global, 2017.

저 자 소 개

함 유 근(Yukun Hahm)

- 1984년 : 고려대학교 정경대학 통계학과 (경제학학사)
- 1994년 : Boston University (경영학석사)
- 1998년~현재 : 건국대학교 경영대학 경영학과 교수
- 관심분야 : 빅데이터 활용 전략, 빅데이터 비즈니스 모델

전 용 주(YongJoo Jun)

- 2007년 : 고려대학교 전기전자전파공학부 (공학사)
- 2014년~현재 : 일마일주식회사 기술연구소 연구소장
- 관심분야 : 빅데이터 및 머신러닝 연구/분석

김 강 화(KangHwa Kim)

- 2004년 : 한동대학교 전산전자공학부 (공학사)
- 2014년~현재 : 일마일주식회사 기술연구소 수석연구원
- 관심분야 : 빅데이터 인프라 구축/처리(엔지니어링), 빅데이터 통계분석

김 승 현(Seunghyun Kim)

- 1999년 : 서울시립대학교 건축공학과 (공학사)
- 2014년~현재 : 일마일주식회사 기술연구소 차장
- 관심분야 : 빅데이터 통계 분석, 빅데이터 비즈니스 모델