

헬스케어 관련 자율주행 자동차 기술 한미 비교 연구 : 사회연결망 분석을 중심으로[†]

A Comparative Study on Healthcare Autonomous Vehicle Technologies between South Korea and the US Based on Social Network Analysis

김호경(Ho-Kyung Kim)*

목 차

I. 서 론	IV. 연구 방법
II. 이론적 배경	V. 결 과
III. 연구 목적	VI. 결론 및 연구의 제한점

국 문 요 약

인구고령화 및 만성질환 환자의 급증으로 의료비가 증가함에 따라 디지털 헬스케어에 대한 관심이 높다. 교통수단인 자동차에도 운전자의 상태를 인지하고 주행 환경을 반영하여 운전자의 안전과 건강을 도모하는 스마트 자동차 기술이 개발 중이다. 이에 본 연구는 최근 5년간(2011-2015년) 한국과 미국의 자율주행 자동차 기술개발 연구의 동향을 파악하기 위해 시계열 분석, 네트워크 분석, 시각화 및 국가 간 비교 연구를 수행하였다. 분석결과, 운전자의 안전 및 알고리즘을 활용한 모델링 등 공통연구 영역에서 협력연구를 도모하고, 미국의 강점인 부품과 차량 간 연결기술 연구를 벤치마킹할 필요성이 제기되었다. 특히 미국은 자율주행 기술 연구에 있어 다양한 연령층의 특성을 고려하고, 센서 등을 통해 탑승자의 건강상태를 인지하고 예측하는 기술 연구가 진행되고 있는데 반해, 한국은 고령 운전자 측면만이 언급되어 헬스케어와 관련한 기술 연구가 좀 더 다양하게 진행될 필요가 제기된다. 향후 공중보건의 윤리가치와 운전자의 안전과 편의를 고려하며 경쟁력을 갖춘 자율주행 자동차 기술발전의 방향에 대해 논의하였다.

핵심어 : 사회연결망 분석, 헬스케어, 스마트 자동차, 자율주행, 한미 비교

※ 논문접수일: 2017.9.25, 게재확정일: 2017.10.11

* 한림대학교 헬스케어미디어연구소 연구교수, digitalbrain@gmail.com, 033-248-3131

† 본 연구는 KIST 융합정책센터가 수행한 한국연구재단 과제(NRF-2012M3C1A1050726) 지원에 의하여 이루어졌음.

ABSTRACT

The rapid increase of ageing population and chronic disease patients cause high medical expenses, and it led an increased attention to digital healthcare. Smart car technologies for healthcare have been developing to recognize drivers' status and predict diverse driving environments. The present study aimed to understand the research trends of autonomous vehicle technologies of Korea and the United States through time series analysis, network analysis, visualization, and comparison between the two countries. The results suggest that cooperative study needs to be done in common research areas such as driver's safety and algorithms. It is also needed to conduct studies and benchmark about liking technique related to part-to-part and vehicle-to-vehicle as America's competitive advantaged area. In the US, diverse approaches of autonomous vehicle technologies have used to consider the characteristics of various age groups and passengers' health status through sensor, while in Korea, only one aspect, older drivers, is mentioned. Implications for the development direction of autonomous vehicle technologies with competitiveness in considering public health, ethics, and driver's safety and convenience are discussed in detail.

Key Words : Social Network Analysis, Healthcare, Smart Car, Autonomous Vehicle, Comparison of Korea and US

I. 서 론

인구 고령화 및 만성질환 환자, 1인 가구 급증으로 의료비가 증가하는 추세이다. 이에 건강수명 연장과 의료비 감축 및 삶의 질 향상에 기여하는 디지털 헬스케어(digital healthcare)에 대한 관심이 고조되고 있다(김호경, 2015). 전통적인 의료서비스는 질병이 발병하면 병원에서 치료가 진행되는 질병치료 위주의 패러다임으로 작동하였다. 하지만, 최근 정보통신 기술(Information Communication Technology, ICT)과 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 기술을 활용하여 질병을 사전에 예방(prevention)하고 건강을 관리하여, 치료비용과 환자의 고통을 줄이는 개별화된 맞춤형(personalized) 스마트 헬스케어 서비스가 각광을 받고 있다(신문선, 2017; 이동우·이성훈, 2012). 즉 사용자의 건강상태와 질환에 따른 개인 맞춤형 건강정보를 시각적(visualization)으로 제공하고, 향후 발생 가능성이 있는 질병을 예측하여 효율성을 높이는 방향으로 발전하고 있다(우지인 외, 2014).

이러한 개인의 성향이나 특성에 맞춘 개인화된 맞춤형 건강관리 패러다임의 전환은 급부상하고 있는 스마트 자동차(smart car) 시장에도 동일하게 적용된다. 운전자의 안전과 편의를 향상시키기 위한 정책적·산업적 접근은 특히 자율주행 자동차(autonomous vehicle or self-driving car) 기술에 집중되어 있다. 자율주행 자동차는 운전자의 조작 없이 자동차 스스로 주변 환경을 인식하고 위험을 판단하여, 주행 경로를 계획하며 목표지점까지 운행이 가능한 기술로(장승주, 2016), 관련 기술개발에 초점을 맞춘 산업 성장이 가속화될 것으로 예상된다.

자율주행 기술은 차세대 자동차 시장을 선도할 대표적인 미래형 신산업이다(조순기, 2016). 세계은행의 2016년 세계개발보고서(world development report)는 향후 산업발전에 지대한 영향을 미칠 6개의 신기술 중 하나로 자율주행 자동차를 지정하였다(World Bank, 2016). 이러한 세계적인 흐름에 맞추어, 한국 정부 또한 성장 동력 확보의 일환으로 자율주행 자동차 개발을 '9대 국가 전략 프로젝트' 중 하나로 선정하였고(과학기술정보통신부, 2016), 경제 활성화를 위한 '국토교통 7대 신산업' 육성 목록의 첫 번째 산업으로 제시하였다(국토교통부, 2016). 국토교통부는 미래 성장 동력 확충을 위한 투자를 확대하기 위해 자율주행 자동차 예산을 2016년 195억 원에서 2017년 279억 원으로 대폭 증가시켰다(국토교통부, 2017가).

자동차와 ICT의 융·복합에 따른 다양한 형태의 자동차에 대해 전기 자동차(electric vehicle), 커넥티드 카(connected car), 무인 자동차(driverless car), 인포테인먼트 시스템(infotainment system) 등으로 명명하거나(김용훈·김현구, 2017), 또는 지능형 자동차(intelligent vehicle)라고도 일컫는다(이준영·이경수, 2015). 일반적으로 이 개념들을 포함하여 스마트 자동차로 통칭한다(이병운, 2016). 이렇게 새롭게 등장하는 자동차에는 인공지능(artificial intelligence)을 탑재한

자율주행 기술이 그 중심에 있다. 다양한 수준으로 구현되는 자율주행 자동차의 발전단계에 대해 미국 교통부 도로교통안전국(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)은 레벨 0부터 레벨 4까지 5단계로 구분하였다(장승주, 2016). 레벨이 높아질수록 운전자의 안정성과 편의성이 향상되는 것을 의미한다. 이 기준에 따라 자율주행 자동차 기술은 현재 활용 가능한 수준에서부터 향후 기술개발이 필요한 부분으로 나뉜다. 이에 따르면, 현재 많은 자동차 기업에서 레벨2 수준의 기술을 상용화하고 있으며, 레벨3 수준의 기술은 2019년, 레벨4는 2025년 이후에나 적용될 것으로 예측된다(이병윤, 2016).

새로운 자율주행차 시대의 변화에 대응한 기술을 선점하기 위해 정부, 자동차업계 및 정보통신기술(ICT)업계 등 민관이 합동하여 융·복합 기술개발에 몰두하고 있다. 자율주행 자동차 기술은 국민의 건강을 관리하고 증진하는 데 있어서도 지대한 영향을 미칠 것으로 예측된다. 이에 따라 국내외에서 수행되고 있는 헬스케어 관련 영역별 연구개발 내용을 살펴보고 상대적으로 미흡한 부분을 파악하여, 향후 융합기술분야의 신규 융합 R&D 사업 기획에 활용할 근거를 마련하고 연구개발 방향성을 제시할 필요성이 있다.

II. 이론적 배경

1. 헬스케어 관련 자율주행 자동차 기술개발 연구

오늘날 자동차 보급의 증가와 더불어 운전자의 과실(예를 들어 과속, 음주, 졸음, 운전미숙 및 부주의)로 인해 발생하는 교통사고 증가는 전 세계적으로 심각한 사회문제이다(남두희 외, 2016; 이병윤, 2016). 이에 자율주행 자동차의 핵심기술인 차선 유지시스템, 자동 주차, 차간 거리제어, 충돌 회피 기능 등이 적용된다면, 자동차 사고를 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다(이준영·이경수, 2015; 장승주, 2016).

또한 운전기능이 저하되는 고령(elderly) 운전자와 장애인(disabled)의 이동성을 향상시킬 것으로 예상된다(Fagnant and Kockelman, 2015). 2009년 이후 자율주행연구의 대표적인 선두주자로 기계 학습을 기반으로 자율주행 기술을 개발한 구글은(박성근, 2017) 이러한 기대감을 실제 현장으로 연결시켰다. 6개월 동안 진행된 정밀 검사자료에 근거하여, 2015년 10월 시각장애인 'Steve Mahan'은 동반자 없이 단독으로 구글(Google)이 진행하는 완전 자율주행 시범운행에 참여하였고, 결과는 성공적이었다(Wadhaw, 2017). 이러한 결과를 바탕으로, 2016년 자율주행차 서비스를 위한 독립된 회사인 웨이모(Waymo)가 출범하게 되었다(Google, 2017).

이와 더불어, 자동차가 운전자의 상태를 인지하고 주행 환경을 반영하는 건강관리 측면의 자동차 기술도 개발 중이다. 장시간의 운전으로 인해 발생하는 운전피로(driving fatigue)는 운전자의 건강을 위협하고 교통사고를 발생시키는 주요 원인으로 작용하기에 운전자, 탑승자 및 보행자 모두에게 위협하다. 운전자의 심박변동신호(heart rate variability, HRV)를 분석한 연구에 따르면, 운전한지 1시간이 경과된 이후부터 피로도가 가시적으로 나타나기에, 이 시간을 기준으로 운전자에게 일정한 휴식이 필요하다고 권고한다(성홍모 외, 2003). 차량 운전자의 졸음운전을 방지하기 위해 산소 발생기(oxygen generator)를 자동차에 적용하여 일정농도의 신선한 산소를 공급함으로써 운전자의 피로를 회복하고 졸음운전을 방지하는 의학적 기초 연구가 진행되었다(정재철 외, 2007). 얼굴 영상 분석 기술을 기반으로 운전자의 피로도(졸음 또는 부주의)를 측정하여 졸음운전을 판단하는 실시간 비전 시스템도 제안되었다(주영훈 외, 2008). 최근 영상 처리 기술의 발전에 따라 운전자의 상태를 감시하는 기능들이 지능형 자동차에 응용되고 있는데, MSR(multi scale retinex) 알고리즘을 이용하여 운전자의 졸음 감지를 위한 눈 영상 검출에 있어 안경의 반사광을 제거하는 방법도 시도되고 있다(허경무 외, 2017).

공중보건 이슈와 관련하여 안전운전을 위한 기술개발에도 관심이 고조되고 있다. 운전자의 음주 및 졸음 상태를 측정하여 음주를 하게 될 경우, 자동차의 시동이 자동으로 걸리지 않도록 제어하는 안전 관리 시스템이 개발 중이다(이세환·조동욱, 2012). 장애인 및 움직임이 불편한 노인을 위한 전동 휠체어 자율주행 시스템을 개발하기 위해, 생체 신호 측정 센서를 부착하여 생체신호를 모니터링하는 시스템도 개발 중이다(김국세 외, 2008). 또한 웨어러블(wearable) 장치를 통해 운전자의 생체정보를 수집하여 운전자의 상태에 따라 운전석 계기판에서 경고 정보를 발생시키거나 직접적으로 운전이 개입하여 사고를 미연에 방지하는 기술도 개발 중에 있다(신의섭 외, 2017).

운전자 중심의 새로운 서비스도 제안되고 있다. 자율주행 차량 탑승객이 느낄 긴장이나 불편함 등과 같은 인간 공학적 요소를 고려하여 동공 크기, 광혈류량 및 피부 전기 반응을 포함한 생체신호를 측정하여 베이시안(Bayesian) 네트워크 기반의 알고리즘이 개발 중이다(노문호 외, 2017). 향후 차량 내의 센서감지를 통해 운전자의 감정 상태와 외부의 날씨 및 주행상황을 고려하여 차량 내부의 조명과 음악이 바뀌고 온도와 습도를 맞춰주는 서비스도 가능해질 전망이다(김선웅·지용구, 2011).

2. 자율주행 자동차 관련 선행연구의 경향과 한계점

자율주행 자동차에 대해 산업 정책과 기업별 기술개발에 대한 국내외(미국·유럽·일본·중국)

현황을 파악하며(김용훈·김현구, 2017), 자율주행 개발 업체의 기술 발전 동향을 분석하고(박성근, 2017), 자율주행 기술 관련 국내외(미국·유럽·일본·중국) 자동차 회사의 개발 현황을 파악하는 연구가 진행되었다(이병윤, 2016).

이러한 기술과 산업의 동향을 파악하는 연구 외에도, 다양한 관점에서 신기술의 등장이 가져올 정책적·제도적 변화에 대한 연구가 진행되고 있다. 네트워크 분석을 통한 스마트카 특허분쟁(류창한·서민석, 2015), 자율주행 자동차에 대한 윤리적 가이드라인 설정에 있어 공리주의적 접근과 의무론적 접근(변순용, 2017), 자율주행 자동차 사고와 관련된 민사책임(손해배상책임 및 보험)에 따른 책임법제의 변화(권영준·이소은, 2016)에 관한 논의가 진행되었다.

또한, 스마트 자동차 기술의 다국적인 성격에 따라 독일에서의 자율주행 자동차에 대한 법적 논의(윤진아·김상태, 2017), 유럽연합의 자율주행 자동차에 대한 입법 권고에 대한 사법적 규율(김진우, 2017), 미국과 유럽의 자율주행 자동차 관련 개인정보 보호의 공법적 과제(윤성현, 2016) 등을 통해 한국 현행법의 문제점과 향후 입법의 방향성도 논의되었다.

이원상(2015)은 광범위한 수준에서 헬스케어 플랫폼(예를 들어 스마트 워치, 스마트 안경, 스마트 전자밴드)을 통해 수집되는 생체정보를 활용하는 방안에 대해 형사적·정책적으로 논의하였다. 그러나 건강관리 측면을 중심으로 스마트 자동차 기술을 활용하는데 있어 발생할 수 있는 문제점이나 개선점을 논의한 국내 연구는 아직 보고되지 않고 있다.

자율주행 자동차에 대한 선행연구는 기술 발전의 현황과 향후 발전 방향성에만 초점을 두고 연구가 진행되어왔다(최남호 외, 2015; Bonnefon et al., 2016; Fleetwood, 2017). 이런 점에서, 향후 산업 동력으로 작동할 신기술에 대해 다각적인 관점에서 살펴볼 필요성이 제기된다. 특히, 스마트 자동차는 기술 융합의 대표적인 사례로 기존 자동차 완성업체와 ICT 관련 업체, 전기차 업체들이 기술을 선점하기 위해 국제적인 합종연횡이 가속화되고 있다(남두희 외, 2016; 이병윤, 2016). 자율주행 기술은 단시간 내에 개발되기 힘들 뿐만 아니라, 센서·반도체·알고리즘·차량 제어 등 관련 기술 분야가 다양하기 때문에 다양한 업체들이 공동연구를 진행하며 서로 협동하는 추세이다(박성근, 2017). 일례로, 세계 최대 영상 센서 개발 업체인 모바일아이(Mobileye)와 인텔(Intel), BMW는 미국 부품사 델파이(Delphi)와 연계하여 자율주행 플랫폼을 공동으로 개발하고 있다(Delphi, 2017).

자율주행 자동차 기술과 관련하여 미국은 세계적 수준의 관련 기술 특허와 지원 정책을 가지고 있다. 미국 정부는 2015년 10월 ‘신 미국 혁신전략’(strategy for American innovations)으로 9개 중점 육성 분야를 제시하며, 특히 자율주행 자동차를 조속하게 상용화하도록 지원하겠다는 계획을 밝혔다(김용훈·김현구, 2017). 또한 마이크로소프트, 구글, 애플 등 글로벌 ICT 기업을 중심으로 세계 3대 자동차 시장(북미, 서유럽, 아시아태평양) 중 하나를 이끌고 있다.

최근 치열한 기술개발 환경에서 기업의 연구개발 방향을 파악하고 개발전략을 수립하기 위해 새로운 연구방법인 사회연결망 분석(social network analysis, SNA) 방법이 활용되고 있다. 구글에서 출원한 자율주행 자동차 관련 특허 데이터를 사회연결망 분석방법으로 살펴본 결과, 구글에서는 하드웨어 제어분야에 대한 기술개발에 집중하여 상당한 성과를 이뤄냈다는 점이 확인되었다(이준석 외, 2016). 이에 따라, 후발 기업은 향후 표준화에 대비하여 로열티 지불액을 감소하기 위해 구글과의 공동연구가 필요하다는 점이 강조되었다.

스마트 자동차 자율주행 기술과 관련한 선행연구를 살펴본 결과, 미국은 어떤 분야에 강점을 가지고 있고, 한국은 어떤 기술 연구영역에 중점을 두어 미국과의 합동연구를 진행해 나가야 하는지 다양한 방법을 활용하여 파악할 필요성이 제기된다.

III. 연구 목적

본 연구는 한국과 미국의 자율주행 자동차 기술의 연구개발이 어떻게 진행되고 있으며 향후 어떠한 방향으로 나아가야 하는지를 파악하고자 수행되었으며, 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, 자율주행 자동차 기술을 중심으로, 한국과 미국은 세부적으로 어떤 영역에서 연구개발이 수행되고 있으며, 어떤 부분이 상대적으로 미흡한지에 대해 파악한다.

둘째, 한국과 미국의 스마트 자동차 기술개발 연구 영역의 현황을 분석하여, 신규 융합기술 개발 기획에 활용할 근거를 도출한다.

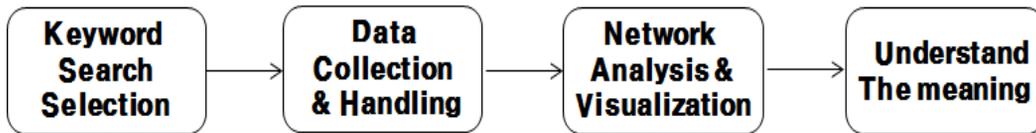
셋째, 시계열 분석, 네트워크분석, 시각화 및 한국과 미국 간 세부기술의 비교 분석 등을 결합한 방법론을 바탕으로 공중보전 가치와 경쟁력을 갖춘 기술 발전 방향을 제시한다.

IV. 연구 방법

1. 연구 분석방법

본 연구는 최근 5년간(2011-2015년) 한국과 미국을 중심으로 자율주행 자동차 기술개발 연구 분야의 동향을 파악하고, 향후 기술 발전 방향을 모색하고자 한다. 이에 사회연결망 분석방

법을 활용하여 시계열 분석과 네트워크 분석, 시각화 분석 및 국가 간 비교연구를 시행하고자 한다. 본 연구의 전체적인 분석 절차는 (그림 1)과 같다. 먼저, 중점기술의 키워드를 검색·선정하고, Web of Science에서 키워드에 따른 연구 논문을 수집하고, 서술통계 및 네트워크 분석을 통한 시각화를 실시하고, 의미 파악의 단계를 거쳐 시사점을 도출한다.



(그림 1) 데이터 분석 과정

각 단계별 분석방법은 다음과 같다.

1단계에서는 스마트 자동차와 관련한 중점 기술의 키워드를 검색·선정하여 Web of Science에서 추출된 연구 논문을 수집하였다. 또한, 기초적인 기술통계(descriptive statistics)분석을 수행하였다.

2단계에서는 KrKwic을 활용한 빈도 분석을 통하여 중점 기술별 세부 연구 주제를 도출하였다. KrKwic은 각 문장들에 사용된 단어들을 개별 분류하여 각 단어의 출현빈도 및 단어들 간의 동시출현(co-occurrence) 빈도 등을 분석하여, 언어 의미망 분석에 자주 활용되고 있다(권기석 외, 2014).

3단계에서는 넷마이너(NetMiner) 프로그램을 이용하여 연구 논문별 주제어를 바탕으로 네트워크 분석을 실시하여 어떤 주제의 연구가 진행되어왔는지를 파악하였다. 사이람이 개발한 NetMiner 사회연결망 분석 프로그램은 네트워크 내에서 노드 사이에 밀접한 관련성을 가지고 있는 경우, 하나의 군집으로 묶어주어 여러 군집이 출현할 수 있게 해준다. 이때 군집의 형성 과정에서 다양한 알고리즘이 적용될 수 있다. 본 분석에서는 정량적 방법보다는 정성적 방법에 따라 군집을 판단하였다.

4단계에서는 최종적으로 자율주행 자동차 기술의 연구개발 현황 분석을 통해 향후 어떤 분야에서 공동연구가 가능하고, 어떤 분야에 연구자원을 투입해야할 것인지에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

2. 자료 수집

데이터는 Web of Science에서 한국과 미국의 자율주행 기술 관련 SCI 논문 총 3,370건을

수집하였다. 최근 5년간(2011-2015년) 한국의 자율주행 SCI 논문은 총 594건으로 2011년에 92건, 2015년에 132건 발간되었다. 2014년에 137건이 발표된 것에 비해 2015년은 다소 감소하였으나, 2012년 104건, 2013년 129건이 발간되어, 2011년부터 2015년까지 전반적으로 증가 추세를 유지하고 있다. 즉 자율주행 기술에 대해 국내에서 진행된 연구는 전반적으로 확대되고 있음을 알 수 있다.

이와 비교하여, 최근 5년간(2011-2015년) 미국의 자율주행 관련 연구 논문 수는 총 2,776건이었다. 2011년 435건, 2012년 534건, 2013년 604건, 2014년 623건으로 꾸준히 증가 추세를 보이다가 2015년에 다소 감소하여 580건이 진행되었다. 전반적으로 미국에서도 자율주행 관련 연구가 증가해왔다는 점을 알 수 있다.

V. 결 과

1. 한국의 자율주행 자동차 기술 연구 동향(2011-2015년)

1) 한국의 자율주행 기술 연구 주제어와 빈도수

〈표 1〉은 국내에서 자율주행 자동차 기술과 관련하여 최근 5년 동안(2011-2015년) 발표된 연구 논문에 나타난 주제어와 빈도수를 보여준다. 디자인(‘Design’), 주행(‘Navigation’), 환경(‘Environments’), 자동차(‘Vehicle’), 애드혹 네트워크(‘Ad-hoc networks’), 성능(‘Performance’), 알고리즘(‘Algorithm’), 이동 로봇(‘Mobile robots’) 등이 가장 많이 언급되었다. 애드혹 네트워크 방식은 GPS의 사용이 불가능한 실내 교통 환경에서 이동 ad-hoc 네트워크 환경을 기반으로, 차량 운전자가 시야에서 볼 수 없는 근처 보행자의 위치(‘Localization’)를 추적(‘Tracking’)하여 충돌 사고가 발생하는 것을 미연에 방지해주는 알고리즘을 의미한다(한지용 외, 2014). 행위(‘Behavior’)는 자율주행 알고리즘에서 보편적으로 사용되고 있는 행위기반 주행 알고리즘(Behavior based navigation algorithm)을 의미하는데, 실시간으로 변하는 외부 환경에 대응하여 인공지능 스스로가 움직임을 결정하도록 설정하기에 로봇의 장애물 회피 능력, 돌발 상황 대처 능력 및 목표 도달 능력을 향상시킬 수 있다(박기원, 2015).

다음으로 운전자와 보행자의 안전(‘Safety’)을 고려한 자율주행 자동차의 핵심 기술인 차간 거리제어 시스템(‘Adaptive cruise control’)과 장애물 회피(‘Obstacle avoidance’) 기법이 언급되었다.

자율주행차는 연령('Age')과 연관이 많은데, 자율주행 자동차 기술을 개발하는데 있어, 고령 운전자('Older drivers')의 신체적·심리적 특성이 반영될 필요성이 제기된다. 선행 연구에서는, 고령 운전자의 경우 신체적 노화에 따른 지각력과 주의력 및 판단력 결핍과 노안(老眼)에 따른 시각적 주의 결핍이 나타나기 때문에, 관련 자동차 기술을 개발하는 데 있어 학습 용이성(learnability), 수용성(acceptance), 효과성(net effectiveness)이 반영될 필요성이 강조되었다(Yang and Coughlin, 2014).

〈표 1〉 한국의 자율주행 자동차 기술 관련 연구의 주제어와 빈도수(2011-2015년)

주제어	빈도수	주제어	빈도수	주제어	빈도수	주제어	빈도수
Design	35	Networks	8	Features	4	Information	3
Navigation	22	Safety	8	Identification	4	Road	3
Environments	18	Adaptive cruise control	7	Sensor	4	Model-predictive control	3
Vehicle	17	Motion	7	Strategies	4	Obstacles	3
Ad-Hoc networks	16	Obstacle avoidance	7	Aircraft	3	Vehicle-routing problem	3
Performances	15	Optimization	7	Assistance	3	Wireless networks	3
Algorithm	15	Age	6	Augmentation	3	Search	3
Mobile Robots	13	Dynamics	6	Capacity	3	Stability	3
Tracking	13	Entry	6	Complexity	3	Strategy	3
Robot	13	Complex	5	Curvature	3	Map	3
Behavior	11	Impact	5	Degradation	3	Time	3
Urban-challenge	11	Older drivers	5	Filter	3	Temperature	3
Localization	10	Risk	5	Framework	3	Vision	3
Challenge	9	Simulation	5	Fusion	3	Perception	3

2) 한국의 자율주행 기술 연구 네트워크 분석

한국의 자율주행 기술 관련 연구의 주제어에 대한 네트워크는 (그림 2)와 같다.

우선, 상단의 환경('Environments')을 중심으로 자율주행 차량이 주변 환경을 인식하고 미지의 장애물들을 탐색('Search')하여 충돌 위험성을 효과적으로 줄일 수 있다는 점이 연결되었다. 또한, 현재 위치와 목표 위치를 인식하여 최단거리 경로를 생성('Generation')할 수 있는(최혁두 외, 2012), 첨단 운전자 보조('Assistance') 시스템이라는 점이 그룹을 형성하며 연결되었다.

다음으로, 좌측 하단의 통신('Networks')을 중심으로 알고리즘('Algorithm')과 사이버 시대

문에 나타난 주제어와 빈도수는 <표 2>와 같다. 빈도수의 정도에 있어 어느 정도 차이가 있지만, 국내에서 진행된 연구에서 상위에 위치한 주제어들인 알고리즘('Algorithm'), 성능('Performance'), 디자인('Design'), 네트워크('Networks'), 행위('Behavior'), 추적('Tracking'), 환경('Environments') 등이 비슷하게 언급되었다. 자율주행차는 주위 환경과 도로('Road') 상

<표 2> 미국의 자율주행 자동차 기술 관련 연구의 주제어와 빈도수(2011-2015년)

주제어	빈도수	주제어	빈도수	주제어	빈도수	주제어	빈도수
Algorithm	95	Impact	25	In-vivo	15	Variability	12
Performance	89	Mobile robots	25	Policies	15	Autonomous underwater vehicles	11
Design	78	Road	24	Traffic flow	15	Congestion	11
Networks	67	Motor-vehicle crashes	22	Band	14	Cell transmission model	11
Behavior	57	United-States	21	Nonlinear-systems	14	Constraints	11
Tracking	49	Older drivers	20	Risk-factors	14	Impairment	11
Environments	44	Capacity	19	Aircraft	13	Injury	11
Dynamics	43	Communication	19	Children	13	Localization	11
Optimization	41	Crashes	19	Disease	13	Older-adults	11
Safety	40	Strategies	19	Implementation	13	State	11
Motion	36	Avoidance	18	Reliability	13	Blood-pressure	10
Navigation	35	Features	18	Slam	13	Expression	10
Simulation	34	Recognition	18	Speed	13	Field	10
Risk	33	Age	17	Validation	13	Generation	10
Prediction	32	Management	17	Accidents	12	Health	10
Emissions	30	Path	17	Connectivity	12	People	10
Time	30	Perception	17	Coordination	12	Propagation	10
Stability	29	Heart-rate variability	16	Adaptive cruise control	12	Obstacle avoidance	10
Robot	29	Search	16	Experience	12	Stress	10
Ad hoc networks	27	Stabilization	16	Frequency	12	Scale	10
Drivers	26	Adults	15	Highway	12	Simulator	10
Flow	26	Auto-trophic carbon fixation	15	Multi agent systems	12	Retrieval-systems	10
Information	26	Classification	15	Stroke	12	Time windows	10
Vision	26	Hybrid systems	15	Technology	12	Validity	10

황의 변화를 인지('Recognition')하고 예측('Prediction')하여 장애물을 감지('Perception')하고 위험('Risk')을 회피하도록 모델링된다. Daganzo(1994)가 제안한 'Cell transmission model (CTM)'은 거시적 교통 시뮬레이션('Simulation') 모델로 다른 교통 시뮬레이션에 비해 빠르게 교통 상황을 파악할 수 있기에, Lo(2001)는 CTM을 기반으로 교통 정체를 줄이는 알고리즘을 제안하였다. 자율주행 차량은 교통흐름('Flow' and 'Traffic flow')에 따라 목적지까지의 최적화('Optimization')된 경로('Path')를 탐색('Search')하여 제시하는 지능형 교통시스템(Intelligent Transport Systems, ITS)이라는 점이 언급되었다.

자동차 충돌 사고('Motor-vehicle crashes', 'crashes', 'accidents', and 'injury')를 방지('Avoidance')할 수 있는 자율주행 차량의 핵심 기술로, 국내 논문에서도 언급된 차간 거리제어('Adaptive cruise control')와 장애물 회피('Obstacle avoidance') 기능이 언급되었다.

연령('Age')과 관련하여, 국내 연구에서는 고령 운전자('Older driver')만이 언급된 것과 비교하여, 미국은 성인('Adults'), 소아('Children'), 노인('Older-adults') 등 상대적으로 다양한 연령층의 특성을 고려한 기술개발 연구가 진행되고 있음을 확인할 수 있다.

특히 미국에서는 운전자의 건강('Health')을 관리하고 질병('Disease')을 미리 예방하기 위해 자율주행 차량에 탑재한 다양한 센서를 활용하여 운전자의 생체정보를 습득하는 기술 연구가 진행되고 있다. 즉, 차량과 운전자 사이의 상호작용을 통해 운전자의 상태를 파악하는 HMI (Human Machine Interface) 분야와 관련한 자율주행 기술개발 연구가 진행되고 있는 것이다. 심박 변이도('Heart-rate variability'), 체내('In-vivo'), 뇌졸중('Stroke'), 혈압('Blood-pressure')과 같이 운전자의 신체적인 상태와 변화를 인지하는 자동차 기술과 더불어, 운전자의 표정('Expression')과 스트레스('Stress') 정도를 파악하는 기술 연구도 진행되고 있다는 점은 고무적이다. 실제로, 미국의 포드(Ford)는 자율주행 차량에 탑승한 시험 운전자들(test drivers)이 스스로 주행하는 차의 기술을 너무 신뢰하여 주의력이 감소하는 것을 방지하기 위해, 운전자의 얼굴 표정(facial expression)을 모니터하고, 눈 움직임(eye movement)을 추적하는 센서(sensors)를 사용하고 있다(Naughton, 2017).

2) 미국의 자율주행 기술 연구 네트워크 분석

미국의 자율주행 기술 관련 연구의 주제어에 대한 네트워크는 (그림 3)과 같다. 알고리즘('Algorithm')이 가장 중요한 노드로 자리 잡고 있으며, 예측('Prediction'), 다이내믹스('Dynamics') 등의 다양한 주제어가 이에 연결되어 있다. 좌상단의 경우, 이동 로봇('Mobile robots')을 통해 교통흐름('Traffic flow')을 파악하는 지능형 교통시스템(ITS) 관련 주제어들이 연계되어 나타났다.

(‘Localization’), 추적(‘Tracking’), 장애물 회피(‘Obstacle avoidance’), 애드혹 네트워크(‘Ad-hoc networks’) 등 측지 또는 측위나 자율주행, 센서 등 상대적으로 특정 기술영역에 강점을 가지고 있다.

종합하여 살펴보면, 안전(‘Safety’)과 알고리즘(‘Algorithm’) 등의 주제가 공통 영역으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 한국과 미국을 비교할 경우, 운전자의 안전 및 알고리즘을 활용한 모델링 등 공통연구 영역에서 협력연구를 확보할 수 있으며, 미국이 강점을 가지고 있는 부품과 차량 간 연결 기술 연구도 고려할 수 있다. 이러한 관점에서 알고리즘(‘Algorithm’), 안전(‘Safety’), 운전자(‘Drivers’) 등 주제를 바탕으로 협력분야를 개척해 나가는 방향이 적절하다.

VI. 결론 및 연구의 제한점

전 세계적으로 자율주행은 신산업을 이끌 핵심 동력으로 이에 대한 경제적·기술적 측면에 관심이 집중되고 있다. 본 연구는 스마트 자동차 기술의 핵심 분야인 자율주행 자동차 기술을 중심으로 한국과 미국에서 최근 5년 동안(2011-2015년) 진행된 기술개발 연구의 동향을 파악하고자 하였다. 세부적으로는 한국에서 상대적으로 미비한 연구 영역과 상대적으로 강점 연구 영역, 그리고 공통 영역에서의 협력 가능 연구 분야를 도출하고자 하였다. 특히, 헬스케어와 관련하여 자율주행차 기술개발이 어떻게 진행되어왔는지 두 나라를 비교하여 향후 기술 융합 방향성의 근거를 마련하고자 하였다.

분석 결과, 한국과 미국 모두에서 운전자의 안전과 알고리즘을 활용한 모델링 관련 연구가 공통연구 영역으로 나타났다. 자동차 충돌사고를 예방하는 차간 거리제어 시스템(adaptive cruise control)과 장애물 회피(obstacle avoidance) 기법이 한국과 미국 모두에서 언급되었다. 향후 이 분야와 관련하여 두 나라간의 협력연구를 진행하는 것이 바람직하다. 또한 미국이 강점을 가지고 있는 부품과 차량 간 연결기술 연구의 벤치마킹 필요성도 제기된다. 한국은 측위와 관련된 특정 기술영역에 강점을 가지고 있는 것으로 확인되었다.

두 나라의 기술개발 연구는 공중보건(public health) 영역에서 현격한 차이를 보였다. 한국의 경우, 오직 ‘고령 운전자’가 자율주행차 기술의 한 특징으로만 연결되어 나타났을 뿐 다른 세부 연구 영역과의 연계성은 관찰되지 않았다. 이와 비교하여, 미국은 다양한 연령층이 가진 개별적 특성을 고려하여 특화된 자율주행 기술개발에 초점을 두고 있다. 예를 들어, 청소년을 위한 자율주행 차량에는 그들의 성향에 맞춘 디자인이 계획될 필요가 있다. 자동차 로고도 벤츠나 현대보다는 ‘포켓몬’ 캐릭터와 같이 이미 친숙한 게임 캐릭터가 차량 화면에 나올 때 친근감

이 높아져서 자율주행 기술 습득이 용이할 것이다. 또한, 미국에서는 자동차 내에 탑재한 센서 등을 활용하여 운전자와 동승자 모두의 건강상태를 파악하고, 이상 행동이나 변화를 관찰하는 기술이 개발되고 있다. 특히, 성인(adults) 운전자의 뇌졸중과 같이 신체적 돌발 교통사고와 위기상황을 예방하기 위한 기술개발 연구가 진행되고 있다.

자율주행 자동차 기술은 연령과 연관이 많으며, 고령 운전자의 편의와 안전을 최적화할 것이라는 기대감이 높다. 이와 더불어 불편을 겪는 장애인, 특히 시각장애인의 이동성을 높일 것으로 전망된다(Fagnant and Kockelman, 2015). 그러나 최근 5년 동안 진행된 한국과 미국의 기술개발 연구에서 장애인을 고려한 접근은 보고되지 않았다. 장애인에 대한 연구는 장애의 발병 원인과 실태가 다양하기 때문에 신체적, 정신적, 사회경제적, 인구학적, 환경적 요인 등을 고려해야 한다. 최근 5년 동안 진행된 자율주행차 기술 연구에서 장애인이 주요 주제로 언급되지 않았다는 점은 가까운 우리 미래에 또 다른 형태의 불평등을 조장하는 사회문제를 야기할 가능성이 높다. 이에 대한 제도적·정책적 접근과 더불어 자율적이고 자발적인 장애인의 특성을 고려한 산업체의 기술개발 연구가 진행되어야 할 것이다.

이 외에도 안전과 편의를 위해 자율주행차량에는 운전자의 생체정보를 수집하는 센서 등의 기술이 접목된다. 하지만 생체정보의 인식이나 처리에 있어 기계적인 오류가 발생할 가능성이 있고, 해킹을 통해 정보가 손상되거나 변경될 위험성도 크다(이원상, 2015). 생체정보를 활용하는 데 있어 엄격한 처리 절차와 부작용을 최소화할 제도적 대안이 마련되어야 할 것이다.

또한 공중보건과 윤리적 측면에 대해서도 대비해야 한다. Fleetwood(2017)는 자율주행 차량이 충돌을 피할 수 없는 상황에 놓이는 경우, 주차된 차와 충돌할 것인지 혹은 보행자를 칠 것인지 강제적으로 선택해야하는 문제의 심각성에 대해 언급하였다. Bonnefon et al.,(2016)이 진행한 연구에 따르면, 76%의 설문 응답자들은 더 많은 보행자의 생명을 구할 수 있다면 자율주행 차량의 탑승자를 희생시키는 것이 정당하다고 의견을 밝혔다. 하지만 이와 동시에, 자율주행 자동차가 승객을 희생시키는 알고리즘을 탑재하고 있다면, 자신은 이러한 자율주행 차량을 구입하지 않겠다고 응답하였다. 가까운 미래에 자율주행 자동차의 도입으로 이러한 강제적인 선택을 강요받게 될 상황에서, 공중보건과 관련한 다양한 윤리 이슈에 대한 좀 더 심도 있는 논의가 요구된다. 이러한 상황임에도 불구하고, 국토교통부가 지정한 자율주행차 관련 협력해야할 관계부처에 보건복지부는 포함되어있지 않다(국토교통부, 2017나).

본 연구는 연구 영역의 주제어 도출을 통한 네트워크 분석, 시각화, 미국과의 비교 분석 등을 결합하는 일련의 방법론을 적용하였다. 이러한 접근은 향후 융합기술 뿐만 아니라 타 연구 영역의 연구개발 기획에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 더 나아가 이러한 주제어를 기반으로 한 상대적 강점영역(competitive advantaged area)의 도출과 이에 대한 시각화는 향후 다양한

응용영역을 가질 수 있을 것이다. 예를 들어, 국가별 강점연구 영역과 협력 가능 분야 도출이 가능하다. 융합연구 영역을 도출하는 데 있어 주제어를 세부 연구 분야로 보고 학제 간 연구 (interdisciplinary research)를 주제어 겹침(keyword overlapping)의 정도에 따라 측정할 수 있을 것이다.

다양한 연구방법을 결합하여 분석을 진행하였으나, 후속 연구를 진행하는 데 있어 몇 가지 제안 사항이 있다. 분석을 통해 도출된 주제어는 물론 네트워크 분석, 나라간 비교 분석에 있어 관련 전문가 인터뷰를 접목하여 질적(qualitative) 분석을 병행하여 진행될 필요가 있다. 또한 연구결과의 활용도를 높이기 위해서는 분석결과 도출된 한국의 강점영역, 약점영역, 그리고 협력영역의 주제어와 향후 가능 연구 분야에 대한 추가적인 연구개발을 위한 기획과 로드맵 및 국내외 협력전략, 실제 예산안과 집행 실태를 접목하여 살펴볼 필요도 제기된다.

참고문헌

- 국토교통부 (2016), 「신산업 육성 : 자율주행차」, 세종 : 국토교통부.
- 국토교통부 (2017가), 「2017년 국토교통부 예산안」, 세종 : 국토교통부.
- 국토교통부 (2017나), 「자율주행차, 한국이 선도하자」, 세종 : 국토교통부.
- 김국세·양상기·안성수·이준 (2008), “거리측정 센서 스캐닝과 퍼지 제어를 이용한 생체신호 모니터링 전동 휠체어 자율주행 시스템”, 한국해양정보통신학회 2008년 학술대회 발표논문집, 331-339.
- 김선웅·지용구 (2011), “Smart 자동차 환경에서의 운전자 중심 상황인식 서비스 제안”, 「정보과학회지」, 29(9): 27-34.
- 김용훈·김현구 (2017), “자율주행자동차 개발 동향”, 「한국통신학회지」, 34(5): 10-18.
- 김진우 (2017), “지능형 로봇에 대한 사법적 규율”, 「법조」, 66(3): 5-59.
- 김호경 (2015), 「자살예방커뮤니케이션」, 서울: 커뮤니케이션북스.
- 과학기술정보통신부 (2016), 「제2차 과학기술전략회의 관련」. 서울 : 과학기술정보통신부.
- 권기석·이준혁·이주연·채성욱·한동성 (2014), “한의학 연구동향에 대한 사회연결망분석”, 「기술혁신학회지」, 17(2): 334-354.
- 권영준·이소은 (2016), “자율주행자동차 사고와 민사책임”, 「민사법학」, 75: 449-495.
- 남두희·이상수·김남선 (2016), “Issue-Tree기법과 QFD를 이용한 자율주행자동차 교통안전정책과제 분석”, 「한국ITS학회논문지」, 15(4): 26-32.

- 노문호·이운성·강연식 (2017), “자율주행의 충돌회피 시스템에 대한 베이지안 네트워크 기반 탑승자 긴장도 판단 알고리즘 개발”, 한국자동차공학회 2017년 학술대회 발표논문집, 731-731.
- 류창한·서민석 (2015), “스마트카 특허분쟁 네트워크분석을 통한 특허분쟁예방에 관한 연구”, 「한국자동차공학회논문집」, 23(3): 315-325.
- 박기원 (2015), “모바일 로봇의 주행 능력 향상을 위한 이중 롤 평가 구조의 퍼지 기반 자율주행 알고리즘”, 「멀티미디어학회논문지」, 18(3): 387-400.
- 박성근 (2017), “자율주행 자동차의 현재와 미래”, 「로봇과 인간」, 14(2): 11-17.
- 변순용 (2017), “자율주행자동차의 윤리적 가이드라인에 대한 시론”, 「윤리연구」, 112(112): 199-216.
- 성홍모·차동익·김선웅·박세진·김철중·윤영로 (2003), “HRV 분석을 이용한 운전피로도에 관한 연구”, 「의공학회지」, 24(1): 1-8.
- 신문선 (2017), “PHR 기반 개인 맞춤형 건강정보 탐사 알고리즘 설계”, 「디지털융복합연구」, 15(4): 191-198.
- 신의섭·김명국·이창욱·강행봉 (2017), “다중 웨어러블 센서를 활용한 운전자 상태 인식”, 「정보처리학회논문지」, 6(6): 271-280.
- 우지인·양중기·김해나·정혜영·정경용·이영호 (2014), “건강검진결과의 맞춤형 시각화 모델 연구”, 「디지털융복합연구」, 12(9): 123-131.
- 윤성현 (2016), “자율주행자동차 시대 개인정보 보호의 공법적 과제”, 「법과사회」, 53: 1-40.
- 윤진아·김상태 (2017), “독일에서의 자율주행자동차에 관한 법적 논의”, 「법학논총」, 34(1): 59-77.
- 이동우·이성훈 (2012), “스마트 기술 기반의 융복합 응용 동향 및 미래”, 「디지털정책연구」, 10(2): 147-152.
- 이병윤 (2016), “국내외 자율주행자동차 기술개발 동향과 전망”, 「한국통신학회지」, 33(4): 10-16.
- 이세환·조동욱 (2012), “음주제어를 중심으로 한 스마트 자동차 안전 관리 시스템 개발”, 「한국통신학회지」, 37(7): 565-575.
- 이원상 (2015), “빅데이터 환경에서 생체정보의 형사정책적 활용에 대한 고찰”, 「비교형사법연구」, 17(1): 107-129.
- 이준석·김종찬·이준혁·박상성·장동식 (2016), “특허인용정보 기반의 연구집중도 분석에 관한 연구 : 구글의 자율주행자동차 기술 중심으로”, 「한국지능시스템학회 논문지」, 26(4): 327-333.
- 이준영·이경수 (2015), “자율주행 차량 기술 동향 및 방향”, 「제어로봇시스템학회지」, 21(1): 20-30.

- 장승주 (2016), “자율 주행 자동차 관련 SW기술 동향”, 「한국통신학회지」, 33(4): 27-33.
- 정재철·김승철·조정권·김태진 (2007), “차량운전자의 졸음운전 방지에 관한 의학적 기초 연구”, 「과학수사학」, 1(2): 140-145.
- 주영훈·김진규·나인호 (2008), “지능형 졸음 운전 경고 시스템”, 「한국지능시스템학회 논문지」, 18(2): 223-229.
- 조순기 (2016), “자율주행을 위한 정부정책 2015”, 「교육 기술과 정책」, 13(1): 45-51.
- 최남호·김효창·최종규·지용구 (2015), “미래형 자율주행 자동차의 정책수립을 위한 연구”, 「대한산업공학회지」, 41(1): 50-58.
- 최혁두·박남훈·김종희·박용운·김은태 (2012), “무인 차량의 도로주행을 위한 경유점 생성 방법”, 「한국지능시스템학회 논문지」, 22(2): 161-167.
- 한지용·장재민·한정희 (2014), “에드혹 네트워크 기반의 실내 보행자 위치 추적 알고리즘”, 「한국통신학회논문지」, 39(11): 1000-1008.
- 허경무·강수민·주영복 (2017), “운전자의 졸음 감지를 위한 눈 영상 검출에 있어서의 안경 반사광 제거 기법”, 「제어로봇시스템학회 논문지」, 23(2): 126-130.
- Brulte, G. (2017), “The Futuristic Health Benefits Of Self-Driving Cars, Thanks toAI”, <https://www.ge.com/reports/futuristic-health-benefits-self-driving-cars-thanks-ai/> (15 October 2017).
- Bonnefon, J. F., Shariff, A. and Rahwan, I. (2016), “The Social Dilemma of Autonomous Vehicles”, *Science*, 352(6293): 1573-1576.
- Daganzo, C. F. (1994), “The Cell Transmission Model: A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with the Hydrodynamic Theory”, *Transportation Research Part B: Methodological*, 28(4): 269-287.
- Delphi (2017), “Delphi Joins BMW, Intel and Mobileye Self-Driving Vehicle Effort as Systems Integrator and Development Partner”, <http://www.delphi.com/> (15 October 2017).
- Fagnant, D. J. and Kockelman, K. (2015), “Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations”, *Transportation Research Part A*, 77: 167-181.
- Fleetwood, J. (2017), “Public Health, Ethics, and Autonomous Vehicles”, *American Journal of Public Health*, 107(4): 532-537.
- Google (2017), “Self-driving car project”, <http://www.waymo.com/> (15 October 2017).

- Lo, H. K. (2001), "A Cell-Based Traffic Control Formulation: Strategies and Benefits of Dynamic Timing Plans", *Transportation Science*, 35(2): 148-164.
- Naughton, K. (2017), "Ford's Dozing Engineers Side With Google in Full Autonomy Push", Bloomberg Technology.
- NetMiner (2017), <http://www.cyram.com/> (15 October 2017).
- Wadhaw, V. (2017), "Self-Driving Cars Should Leave Us All Unsettled. Here's Why", The Washington Post.
- Web of Science (2017), <http://www.webofknowledge.com/> (15 October 2017).
- World Bank (2016), World Development Report 2016: Digital Dividends.
- Yang, J. and Coughlin, J. F. (2014), "In-Vehicle Technology for Self-Driving Cars: Advantages and Challenges for Aging Drivers", *International Journal of Automotive Technology*, 15(2): 333-340.

김호경

미국 University of Florida에서 미디어학 석사학위를 받고, University of South Carolina에서 심리학 부전공으로 뉴미디어 심리학 박사학위를 취득하였다. 현재 한림대학교 헬스케어미디어연구소 연구교수로 재직 중이며, 주요 연구 분야는 Virtual Reality, Public Health, Social Big Data Analysis 등이다.