

운전자의 위험운전 행동 분석을 통한 시내버스 안전운전 지원 서비스 기회 도출

김민준¹ · 임치현¹ · 이창호¹ · 김광재^{1*} · 전진우² · 박용성²

¹포항공과대학교 산업경영공학과 / ²교통안전공단 자동차안전연구원

Identifying Service Opportunities for Enhancing Driving Safety of Intra-City Buses Based on Driving Behavior Analysis

Min-Jun Kim¹ · Chie-Hyeon Lim¹ · Chang-Ho Lee¹ · Kwang-Jae Kim¹ · Jinwoo Jeon² · Yongsung Park²

¹Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

²Korea Automobile Testing and Research Institute, Korea Transportation Safety Authority

The purpose of this research is to identify new service opportunities for enhancing driving safety of intra-city buses based on driving behavior analysis. Service opportunity identification involves finding target customers of service (to whom), motivations for service (why), service contents (what), and service delivery process (when, where). This paper presents an analysis of driving behaviors using the operational data of intra-city buses in conjunction with traffic accident data and drivers' driving history data. This paper also presents four identified service opportunities based on the data analysis results. This research would contribute to enhancing driving safety of intra-city buses in Korea and serve as a basis for developing new services for driving safety enhancement.

Keywords: Driving Safety Enhancement, Service Opportunity Identification, Driving Behaviors, Intra-City Bus

1. 서 론

2013년 국내 사업용 차량(버스, 화물차, 택시) 1만대 당 교통사고 건수는 일반 차량의 경우보다 4.9배나 높다(Korea Road Traffic Authority, 2014). 사업용 차량의 안전관리는 국가적으로 주요한 이슈로(Lee *et al.*, 2012), 특히 버스의 교통사고는 운전자뿐 아니라 다수의 승객에게도 영향을 미치기 때문에 집중 관리가 필요하다(Oh, 2012; Mir *et al.*, 2013). 그러나 국내의 버스 교통사고 발생 건수는 해마다 증가하는 추세로(Korea Road Traffic Authority, 2014), 보다 효과적인 버스 안전관리 방법에 대한 연구가 필요하다.

버스의 교통사고를 유발하는 요인은 인적요인, 차량요인,

환경요인으로 분류된다(Spyropoulou *et al.*, 2008). 첫째, 인적요인은 버스 운전자와 관련된 요인으로, 운전자의 위험운전 행동 유무, 피곤함 정도 등을 말한다. 둘째, 차량요인은 운행되는 차량과 관련된 요인으로, 적재량, 타이어의 손상 정도 등을 말한다. 셋째, 환경요인은 버스의 운행 환경과 관련된 요인으로, 도로 노면의 상태, 날씨 등을 말한다. 교통사고의 대부분은 인적요인 중 하나인 위험운전 행동(급가속, 과속 등)으로 인해 발생하기 때문에, 이에 대한 집중 관리가 필요하다(Evans, 2004; Hickman *et al.*, 2007; Toledo *et al.*, 2008). 따라서 운전자의 위험운전 행동을 파악하고, 이를 최소화하는 것이 버스의 안전향상을 위한 첫 걸음이라 할 수 있다.

기존 연구에서는 버스 운전자의 위험운전 행동 파악을 위해

본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원 교통물류연구사업(13PTSI-C064868-01)과 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업(NRF-2014R1A2A2A03003387)의 지원을 받아 수행됨.

* 연락저자 : 김광재 교수, 37673 경상북도 포항시 남구 청암로 77 포항공과대학교 산업경영공학과, Tel : 054-279-2307, Fax : 054-279-2870, E-mail : kjk@postech.ac.kr

2015년 2월 9일 접수; 2015년 5월 11일 수정본 접수; 2015년 5월 21일 게재 확정.

주로 세 유형의 데이터를 분석한다. 첫째, 정부의 기록 또는 사고 발생 운전자 대상의 설문/인터뷰를 통해 수집된 데이터를 분석한다(Clarke *et al.*, 2009; Mir *et al.*, 2013). 둘째, 차량 시뮬레이터의 가상 운행 실험을 통해 수집된 데이터를 분석한다(Oh *et al.*, 2009). 셋째, 실제 차량의 필드 실험을 통해 수집된 데이터를 분석한다(Toledo *et al.*, 2008; Oh, 2012). 그러나 기록/설문/인터뷰 데이터는 사고 발생 이후에 기록된 데이터 또는 운전자 주관적 기억이 반영된 데이터라는 점, 시뮬레이터 데이터는 가변적인 실제 운전 상황 및 환경이 반영되지 않은 데이터라는 점, 실제 차량의 필드 실험 데이터는 실험을 통해 수집된 데이터라는 점에 한계가 있다(Carsten *et al.*, 2013). 버스 위험운전 행동의 현실적 관리를 위해서는 설문이나 실험이 아닌 자연스러운 일상 운행으로부터 수집된 실제 운행 데이터에 근거해 운전자의 위험운전 행동을 파악해야 한다.

2011년 국내 사업용 차량에 초단위로 운행 데이터(주행거리, 속도 등)를 수집하는 디지털 운행기록계(Digital Tachograph; DTG)의 장착이 의무화되었다. 2013년 말 국내 모든 사업용 차량에 DTG가 장착되었으며, 장착된 DTG를 통해 국내 모든 버스의 실제 운행 데이터 수집이 가능해졌다. 또한 수집한 데이터를 분석하여 국내 버스 운전자의 위험운전 행동을 파악하는 것이 가능해졌다. 최근 정부에서는 버스의 안전운전을 위해, DTG를 통해 수집된 데이터를 분석하여 국내 운전자의 위험운전 행동을 파악하고, 이에 기반한 서비스를 개발하려 노력하고 있다(Korea Transportation Safety Authority, 2014). 그러나 수집된 국내 버스의 실제 운행 데이터를 분석한 연구가 적기 때문에, 이러한 데이터를 기반으로 국내 현실에 맞는 버스의 안전운전 지원 서비스로 어떤 것이 필요하고, 가능한지에 대한 연구는 미흡한 상황이다.

본 연구에서는 국내 시내버스 운전자의 실제 운행 데이터를 분석하여 국내 상황에 맞는 안전운전 지원 서비스 기회를 도출한다. 본 연구에서의 안전운전 지원 서비스 기회란 기존의 안전운전 지원 서비스가 충족시키지 못했던 부분을 충족시키기 위해 제공될 수 있는 서비스 영역과 해당 영역에서 실현 가능한 서비스 아이디어를 의미한다. 본 연구는 국내 시내버스 운전자의 실제 운행 데이터를 분석하여 그들의 위험운전 행동을 파악했다는 점, 이러한 데이터 분석 결과에 기반한 안전운전 지원 서비스 기회 도출을 처음으로 시도했다는 점에 기여가 있다. 앞으로 DTG로부터 수집된 데이터를 활용한 사업용 차량 대상의 안전운전, 경제운전 지원 서비스가 지속적으로 등장할 것이다. 본 연구는 지금까지 수집된 DTG 데이터를 활용한 연구로서, 이러한 서비스 개발의 기반으로 활용될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장은 본 연구와 관련이 깊은 선행 연구를 살펴본다. 제 3장은 국내 시내버스의 데이터 분석 결과와 이에 기반한 서비스 기회 도출 결과를 설명한다. 제 4장은 본 연구와 같은 특정 시스템(예 : 자동차)으로부터 수집된 데이터 분석 기반의 시스템 사용자(예 : 운전자) 대상 서비스 개발 및 서비스 기회의 활용성에 대해 토의한다. 마지막으로 제 5장은 본 연구의 기여 및 향후 과제를 서술한다.

2. 선행 연구

본 절에서는 버스 운전자의 위험운전 행동을 분석한 연구와 버스 대상의 안전운전 지원 서비스에 관한 연구를 살펴보고, 이들의 한계점을 논한다.

2.1 버스 운전자의 위험운전 행동 분석

버스 운전자의 안전 운행을 위해서는 운전자의 위험운전 행동(과속, 급가속 등)을 파악하고, 이를 최소화할 수 있도록 지원해야 한다(Evans, 2004; Hickman *et al.*, 2007; Toledo *et al.*, 2008). 기존 연구에서 위험운전 행동 파악을 위해 분석한 데이터의 유형은 수집 방법에 따라 기록/설문/인터뷰 데이터, 시뮬레이터 데이터, 실제 차량의 필드 실험 데이터로 나뉜다. 첫째, 기록/설문/인터뷰 데이터는 사고 발생 당시의 상황 정보(사고 시각, 사고 장소 등), 사고 당시의 운전 행동 정보(신호위반, 안전운전 의무 위반 등)를 포함하고 있는 데이터로, 정부에 의해 기록되거나 사고 발생 운전자를 대상으로 한 인터뷰 또는 설문을 통해 수집된다. 둘째, 시뮬레이터 데이터는 운전자의 운행 정보(차량의 속도, 가속도, 주행거리 등)를 포함하고 있는 데이터로, 차량 시뮬레이터의 가상 운행 실험을 통해 수집된다. 셋째, 실제 차량의 필드 실험 데이터는 실제 도로 상에서 일정기간 동안의 실험을 통해 수집되는 운행 데이터로, 실험 차량에 설치된 기기를 통해 수집된다.

기록/설문/인터뷰 데이터를 활용하여 버스의 위험운전 행동을 분석한 대표적인 연구는 Clarke *et al.*(2009)과 Mir *et al.*(2013)이 있다. Clarke *et al.*(2009)은 영국 정부에서 기록한 사고 데이터를 분석하여, 사업용 차량의 사고를 유발하는 위험운전 행동을 규명하였다. Mir *et al.*(2013)은 파키스탄의 버스, 트럭 운전자 대상의 설문/인터뷰를 통해 수집한 데이터를 분석하여, 버스 및 트럭의 사고를 유발하는 위험운전 행동을 규명하였다. 그러나 Clarke *et al.*(2009)은 사고 발생 이후에 기록된 데이터를 분석했기 때문에 사고 발생 이전의 운전 행동을 파악할 수 없다는 점에서 한계가 있다. 또한 Mir *et al.*(2013)은 운전자의 기억과 의견이 반영된 주관적 데이터를 분석했기 때문에 운전자의 위험운전 행동을 정확하게 파악할 수 없다는 점에서 한계가 있다.

시뮬레이터 데이터를 활용하여 버스의 위험운전 행동을 분석한 대표적인 연구는 Oh *et al.*(2009)가 있다. Oh *et al.*(2009)은 차량 시뮬레이터를 이용하여 가상 운행 실험을 수행하고, 이에 대한 데이터를 수집, 분석하여 위험운전 행동의 유형을 정의하였다. 또한 위험운전 행동 유형 간의 가중치를 도출하여 중요 위험운전 행동 유형을 파악하였다. 그러나 위 연구는 가변적인 실제 운전 상황 및 환경이 반영되지 않은 데이터를 분석했기 때문에 운전자의 실제 운전 행동을 정확하게 파악할 수 없다는 점에서 한계가 있다.

실제 차량의 필드 실험 데이터를 활용하여 버스의 위험운전 행동을 분석한 대표적인 연구는 Toledo *et al.*(2008)과 Oh(2012)

가 있다. Toledo *et al.*(2008)은 차량에 데이터 수집 기기를 설치하여 일정기간 동안 운행 데이터를 수집하고, 이를 분석하여 위험운전 행동을 규명하였다. Oh(2012)는 자체 개발한 위험운전 판단장치를 차량에 설치하여 일정기간 동안 버스의 운행 데이터를 수집하고, 이를 분석하여 버스의 위험운전 행태를 분석하였다. 그러나 위 두 연구는 실험을 통해 수집된 데이터를 분석했기 때문에 여러 실험 요인(자신의 데이터가 수집된다는 운전자의 의식, 설치된 기기에 대한 적응 문제 등)이 운전자의 평소 운전 행동에 영향을 미친다는 점에서 한계가 있다.

2.2 버스 대상 안전운전 지원 서비스

버스 대상의 안전운전 지원 서비스는 버스를 관리하는 운수업체 또는 정부가 운전자의 안전운전 지원을 위해 제공하는 서비스를 의미하며(Newnam *et al.*, 2011), 이에 대한 연구는 주로 교통공학, 안전공학 분야에서 연구되어 왔다. 미국의 경우 운수업체는 버스 운전자의 안전운전 지원을 위해 behavior-based safety(BBS) 프로그램을 제공한다. 이는 버스 운전자의 운전 행동을 과학적으로 관찰하고, 관찰 결과에 기반하여 운전자에게 적절한 개입(intervention; 이하 원어의 의미를 살리기 위해 intervention이라는 용어를 활용)을 제공하는 서비스이다(Geller, 2005). 운전자에게 제공되는 intervention은 activators/prompts, feedback, education/training, reward/penalty로 분류된다(Hickman *et al.*, 2007). 첫째, activators/prompts는 운전자에게 글 또는 음성 정보를 제공하는 것으로, 예를 들어 과속 시 경고 알람을 제공하는 것을 말한다. 둘째, feedback은 운전자에게 과거 운전 기록 및 관련 정보를 제공하는 것으로, 예를 들어 운전자의 지난 운전 행동을 안전 관점에서 리뷰하고, 이에 대한 조언을 제공하는 것을 말한다. 셋째, education/training은 위험 그룹으로 분류된 운전자에게 안전운전을 해야 하는 이유, 안전운전 방법을 교육하는 것으로, 예를 들어 과속을 많이 하는 운전자에게 과속을 방지해야 하는 이유, 과속 방지 방법을 교육하는 것을 말한다. 넷째, reward/penalty는 운전자에게 과거 운전 기록을 기반으로 보상 또는 페널티를 제공하는 것으로, 예를 들어 지난 한 달간 과속을 적게 한 운전자에게는 인센티브를, 과속을 많이 한 운전자에게 벌점을 제공하는 것을 말한다.

국내의 경우 정부는 intervention 유형 중 feedback을 활용하여 운전자의 안전운전을 지원하는 서비스를 제공한다. 이때 ‘운행기록 분석시스템’을 활용하는데, 이는 DTG를 통해 수집된 버스의 운행 데이터를 활용하여 운전자의 과속, 급감속 등과 같은 위험운전 행동을 분석하고, 운전자에게 자신의 위험운전 행동에 대한 정보를 제공하는 서비스 시스템을 말한다(Korea Transportation Safety Authority, 2014). 모든 버스 운전자는 시스템에 접속하여 자신이 위험운전 행동을 몇 번 했는지, 언제 어디서 많이 했는지 등의 정보를 리뷰할 수 있다. 그러나 현재의 안전운전 지원 서비스는 모든 운전자에게 동일하고, 획일적인 방법으로 제공되기 때문에 운전자 별 맞춤형 안전운전 지원이 이루어지지 못한다는 한계가 있다.

기존 연구의 한계는 두 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 기존 연구에서 활용한 데이터는 기록/설문/인터뷰 데이터, 시뮬레이터 데이터, 실제 차량의 필드 실험 데이터이기 때문에 버스 운전자의 일상적인 운전 행동을 분석하기에는 한계가 있다. 또한 이러한 데이터는 안전운전 지원 서비스에서 실제로 활용될 데이터와 다르기 때문에, 해당 데이터의 분석을 통해 도출된 결론은 현실적으로 적합하지 않을 수 있다. 현실적으로 효과적인 안전운전 지원을 위해서는 설문이나 실험을 통해 수집되는 것이 아닌 자연스러운 일상 운행으로부터 수집된, 안전운전 지원 서비스에서 실제로 활용될 데이터를 분석해야 한다. 둘째, 버스의 안전운전 지원을 위해 activators/prompts, feedback, education/training, reward/penalty와 같은 intervention을 운전자에게 제공하고 있으나, 관리가 필요한 특정 운전자에게 맞춤형으로 언제, 어떻게 intervention을 제공할 것인지에 대한 연구는 미흡한 상황이다. 따라서 위험운전 행동 분석을 기반으로 관리해야 할 대상(위험운전자), 관리해야 할 행동(위험운전자가 주로 하는 위험운전 행동), 관리하기 위해 활용될 수 있는 방안(intervention) 후보를 도출하고, 이를 기반으로 맞춤형 안전운전 지원 서비스를 개발해야 한다.

3. 위험운전 행동 분석을 통한 안전운전 지원 서비스 기회 도출

일반적으로 서비스 기회란 기존의 서비스가 충족시키지 못했던 부분을 충족시키기 위해 제공될 수 있는 서비스 영역과 해당 영역에서 실현 가능한 서비스 아이디어를 의미한다(Kim *et al.*, 2006). 이러한 서비스 기회 정의를 기반으로, 본 연구에서는 안전운전 지원 서비스 기회를 운전자의 안전운전 향상을 위해 운수업체가 운전자에게 제공할 수 있는 모든 intervention 기회라고 정의한다. 일반적으로 안전운전 지원 서비스는 운수업체 또는 정부가 운전자 또는 운수업체에게 제공하는 서비스를 포괄하지만, 본 연구에서는 서비스 제공자를 운수업체, 서비스 제공 대상을 운전자로 한정하여 정의한다. 5W 1H 관점에서, 특정 안전운전 지원 서비스 기회는 (1) 서비스 제공 대상(to whom), (2) 서비스 제공 이유(why), (3) 서비스 콘텐츠(what), (4) 서비스 제공 시점(when), (5) 서비스 제공 채널(via where)으로 구성된다. 즉, 특정 안전운전 지원 서비스 기회는 ‘위험운전 행동을 많이 하는 특정 운전자에게 어떤 서비스 콘텐츠를 언제, 어떻게 전달할 것인지’를 의미한다.

이러한 서비스 기회 도출을 위해, 본 연구는 총 4개의 단계로 수행되었다(<Table 1> 참조). 단계 1에서는 기회 도출에 필요한 국내 시내버스의 실제 운행 데이터, 사고 데이터, 운전자 데이터를 수집하고, 분석을 위해 데이터를 통합하였다. 단계 2에서는 효과적인 서비스 기회 도출을 목적으로 데이터 분석 방향을 설정하였다. 단계 3에서는 설정된 분석 방향에 따라 국내 시내버스 운전자의 위험운전 행동을 분석하였다. 단계 4에서는 위험운전 행동 분석을 통해 얻은 증거에 기반하여 안전운전 지원 서비스 기회를 도출하였다.

Table 1. Process of service opportunity identification

연구 절차	단계 별 결과물
단계 1: 데이터 수집 및 통합	<ul style="list-style-type: none"> 수집 데이터(운행 데이터, 사고 데이터, 운전자 데이터) 통합 데이터(위의 데이터를 연결)
단계 2: 데이터 분석 방향 설정	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 분석 방향 (그룹 구분 없음, 연령대 별, 사고 경력 별, 주행거리 별)
단계 3: 데이터 분석	<ul style="list-style-type: none"> 운전 행동 분석 결과 - 시내버스 운전자의 일반적인 운전 행동 - 연령대 별 위험운전 행동 - 사고 경력 별 위험운전 행동 - 주행거리 별 위험운전 행동
단계 4: 서비스 기회 도출	<ul style="list-style-type: none"> 안전운전 지원 서비스 기회 도출 결과 - 일반 시내버스 운전자 대상의 서비스 기회 - 30/40대 운전자 맞춤형 서비스 기회 - 사고 경력 운전자 맞춤형 서비스 기회 - 장거리 노선 운전자 맞춤형 서비스 기회

3.1 데이터 수집 및 통합

본 연구에서 수집한 국내 시내버스의 데이터는 운행 데이터, 사고 데이터, 운전자 데이터로 분류된다. 첫째, 운행 데이터는 버스 운전자의 운전 행동과 관련된 데이터로, DTG를 통해 수집된다. 운행 데이터에 포함된 정보는 차량의 주행거리, GPS, 속도, 브레이크 on/off, 가속도 등이다. 2013년 말 모든 사업용 차량의 DTG 장착으로, 이와 같은 운행 데이터가 국내 모든 시내버스로부터 수집되고 있다. 둘째, 사고 데이터는 버스 운전자

의 사고와 관련된 데이터로, 사고 발생 시 경찰청에 의해 기록된다. 사고 데이터에 포함된 정보는 사고 가해자의 인적 정보(성별, 나이 등), 사고 발생 당시의 상황(사고 시각, 사고 장소, 사고 피해액 등)이다. 셋째, 운전자 데이터는 운수업체에 종사하고 있는 운전자와 관련된 데이터로, 운수업체에 의해 기록된다. 운전자 데이터에 포함된 정보는 운전자의 인적 정보, 배차 시간, 근무 경력, 무사고 경력, 무법규위반 경력 등이다.

국내 시내버스 운전자의 위험운전 행동을 다각도로 이해하기 위해서는 위와 같은 세 유형의 데이터를 종합적으로 고려하여 분석해야 한다. 예를 들어 사고 경향이 있는 운전자의 운전 행동을 분석하기 위해서는 ‘특정 운전자가 사고 경향이 있는지’, ‘그 운전자가 어느 날짜에 운전했는지’ 등에 대한 정보가 필요한데, 이러한 정보는 세 유형의 데이터를 통합 분석해야만 파악할 수 있다. 운전자 데이터와 사고 데이터를 연결해야 특정 운전자의 사고 경향을 파악할 수 있으며, 이에 운행 데이터까지 연결해야 비로소 해당 사고 경력 운전자의 위험운전 행동을 분석할 수 있다. 하지만 이러한 세 유형의 데이터를 통합 관리하는 기관이 없기 때문에, 본 연구에서는 세 유형의 데이터를 통합해 다각적인 위험운전 행동 분석을 시도하였다. 데이터 통합 시 세 유형의 데이터가 공통으로 갖는 정보를 활용하였다. 예를 들어 면허번호, 운전자성명, 주민등록번호 등의 정보를 활용하여 운전자 데이터와 사고 데이터를, 운행일자, 차량번호 등의 정보를 활용하여 운전자 데이터와 운행 데이터를 통합하였다(<Figure 1> 참조). 본 연구에서는 연구 당시 수집 가능한 시내버스의 운행 데이터(2013년 4월~5월; 약 428GB), 사고 데이터(2004년~2013년), 운전자 데이터(2013년 까지의 기록)를 통합하였다.

운전자 데이터

운행날짜	운전자 이름	주민등록번호	면허번호	...	차량번호
2013-04-01	운전자 A	770225-1xxxxxx	서울39-0987xx-xx	...	서울22자1234
...
2013-05-30	운전자 K	570421-1xxxxxx	경기12-1234xx-xx	...	경기33자1234

사고 데이터

운전자 이름	주민등록번호	면허번호	사고 경소 (등)	...	별점
운전자 K	570421-1xxxxxx	경기12-1234xx-xx	경기도 부천시 상동	...	10
...
운전자 AA	800712-1xxxxxx	경기34-1234xx-xx	인천시 부평구 부개동	...	20

운행 데이터

회사 코드	차량 번호	일자	시간	...	가속도y (m/s2)
15678	경기33자1234	2013-05-30	00:00.0	...	-2.1
...
15678	경기33자1234	2013-05-30	50:19.0	...	-2.1

: '운전자 데이터 - 사고 데이터'의 공통 정보

: '운전자 데이터 - 운행 데이터'의 공통 정보

운전자 별 통합 데이터

운전자 정보			사고 정보			운행 정보		
ID	성명	...	사고경력 횟수	평균 별점	...	시간당 급감속횟수	시간당 급정지횟수	...
1	운전자 K	...	3	13.3	...	12.5	0.018	...
2	운전자 C	...	0	0	...	10	0.05	...
...

Figure 1. Integration of data on drivers, accidents, and operations

3.2 데이터 분석 방향 설정

운전자 맞춤형 안전운전 지원 서비스의 개발을 위해서는 우선적으로 두 가지 정보를 파악해야 한다. 첫째, 위험운전 행동 관리가 필요한 위험운전자를 파악해야 한다. 교통사고의 대부분이 위험운전자에 의해 발생하기 때문이다(Guo and Fang, 2013). 둘째, 위험운전자가 주로 하는 위험운전 행동을 파악해야 한다. 버스 운전자 별로 운전 행동 및 습관이 다르므로(Chapman *et al.*, 2000), 운전자 별로 위험운전 행동을 다르게 관리해야 하기 때문이다. 이를 위해 본 연구에서는 운전자 특성(성별, 연령 등)을 활용하여 운전자를 분류하고, 이들의 위험운전 행동을 분석하였다. 앞서 정의한 서비스 기회의 관점에서 보았을 때, 이와 같은 두 가지의 정보 파악은 서비스 제공 대상(to whom)에게 어떤 이유(why)로 무슨 콘텐츠(what)가 필요한지에 대한 기본적 탐색으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 기존 연구 결과를 토대로 운전 행동과 관련된 깊은 운전자 특성을 결정하고, 이를 활용하여 네 개의 데이터 분석 방향을 설정하였다. 첫째, 국내 시내버스 운전자의 일반적인 운전 행동을 파악하기 위해 운전자를 분류하지 않고, 이들의 운전 행동을 분석하였다(Luo *et al.*, 2011; Toledo *et al.*, 2008). 둘째, 운전자의 연령대 별로 운전 행동이 다르다는 연구 결과(Singh, 2003)에 기반하여 운전자를 연령대 별로 분류하고, 이들의 위험운전 행동을 분석하였다. 셋째, 운전자의 사고 경력 별(사고 경력 유/무; 사고 경험 다수/소수; 무사고 경력 기간 김/짧음 등)로 운전 행동이 다르다는 연구 결과(Chandraratna *et al.*, 2006)에 기반하여 운전자를 사고 경력 별로 분류하고, 이들의 위험운전 행동을 분석하였다. 넷째, 운전자가 주행하는 거리에 따라 운전 행동이 다르다는 연구 결과(Ki *et al.*, 2010)에 기반하여 운전자를 주행거리 별로 분류하고, 이들의 위험운전 행동을 분석하였다.

3.3 데이터 분석

본 연구에서는 수집한 데이터 중 한 운수업체에 속해있는 시내버스 운전자의 데이터를 선별하여 분석을 수행하였다. 제 1장에서 언급한 바와 같이, 버스의 교통사고를 유발하는 요인은 인적요인, 차량요인, 환경요인으로 분류된다. 운전자의 운전 행동은 인적요인뿐 아니라 차량요인, 환경요인에도 많은 영향을 받기 때문에 비슷한 특징(운전 차량, 운행 루트 등)을 갖는 운전자들이 속해 있는 한 운수업체의 데이터를 분석하였다. 이를 통해 데이터의 동질성을 높이고, 잡음을 최소화해 분석 결과의 정확성을 높이고자 하였다. 따라서 제 3.1절에서 언급한 수집 데이터 중 한 운수업체(이하 운수업체 S)에 속해있는 276명의 운행 데이터, 사고 데이터, 운전자 데이터를 통합해 분석하였다. 이러한 데이터 분석은 제 3.2절에서 서술한 네 개의 분석 방향을 기반으로 이루어졌으며, 이때 위험운전 행동의 정의는 교통안전공단(2014)의 정의를 활용하였다(<Table 2> 참조).

제 3.3.1절부터 제 3.3.4절까지는 설정된 네 개의 데이터 분석 방향에 따른 분석 결과를 서술한다. 데이터 분석을 통해 어떤 그룹이 위험운전 행동을 많이 하는지, 어떤 위험운전 행동을 많이 하는지를 중점적으로 파악하였다. 본 절은 제 3.4절에서 소개될 안전운전 서비스 기회 관련 분석 결과만을 소개한다.

3.3.1 시내버스 운전자의 일반적인 운전 행동 분석

시내버스 운전자의 일반적인 운전 행동을 분석하기 위해 운전자를 분류하지 않고 데이터를 분석하였다(<Table 3> 참조). 기초통계량 분석 결과, 운수업체 S의 운전자는 하루 평균 약 9 시간동안 약 263km를 운행하고, 지정된 노선을 약 6.6회 왕복하는 것으로 분석되었다. 또한 위험운전 행동 중 과속을 적게

Table 2. Definition of risky driving behaviors*

구 분		정의
과속유형	과속	도로의 제한속도보다 20km/h 초과 운행한 경우
	장기과속	도로의 제한속도보다 20km/h 초과해서 3분 이상 운행한 경우
급가속유형	급가속	초당 11km/h 이상 가속 운행한 경우
	급출발	정지 상태에서 출발하여 초당 11km/h 이상 가속 운행한 경우
급감속유형	급감속	초당 7.5km/h 이상 감속 운행한 경우
	급정지	초당 7.5km/h 이상 감속하여 속도가 0이 된 경우
급회전유형	급좌회전	속도가 15km/h 이상이고, 2초 안에 좌측(60~120° 범위)으로 급회전한 경우
	급우회전	속도가 15km/h 이상이고, 2초 안에 우측(60~120° 범위)으로 급회전한 경우
	급유턴	속도가 15km/h 이상이고, 3초 안에 좌측 또는 우측(160~180° 범위)으로 급하게 U턴한 경우
급차로 변경유형	급앞지르기	초당 11km/h 이상 가속하면서 진행방향이 좌측 또는 우측(30~60°)으로 차로를 변경하여 앞지르기 한 경우
	급진로변경	속도가 30km/h 이상에서 진행방향이 좌측 또는 우측(15~30°)으로 차로를 변경하여 가감속(초당 -5km/h~+5km/h) 하는 경우

*Korea Transportation Safety Authority, 2014.

하며 급감속, 급좌회전, 급우회전, 급유턴, 급진로변경을 많이 하는 것으로 분석되었다. 이러한 분석 결과는 시내 주행의 특성이 반영되어 나타난 것으로 유추할 수 있다. 나아가 위험운전 행동 간의 관계를 살펴보기 위해 행동 간의 상관관계 분석을 수행하였다. 상관관계 분석 결과, 회전 계열의 위험운전 행동(급좌회전, 급우회전, 급유턴) 간에 강한 양의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다($p\text{-value} < 0.05$)(*Figure 2* 참조). 이는 시내버스 운전자의 회전 계열 위험운전 행동을 동시에 관리하는 서비스의 잠재적 필요성을 나타낸다.

Table 3. Descriptive statistics of intra-city bus driving behaviors

운전 행동	평균	표준편차
하루 동안의 실제 운행시간(분)	547.23	40.45
하루 동안의 주행거리(km)	263.83	37.89
하루 동안의 평균 운행 횟수(회/일)	6.60	1.52
한번 운행의 평균 실제 운행시간(분)	86.90	18.62
한번 운행의 평균 주행거리(km)	42.02	10.92
평균속도(km/h)	18.38	2.76
과속횟수(회/시간)	1.57	1.31
급가속횟수(회/시간)	0.44	1.08
급출발횟수(회/시간)	0.02	0.10
급감속횟수(회/시간)	19.76	8.58
급정지횟수(회/시간)	0.68	1.28
급좌회전횟수(회/시간)	2.85	1.92
급우회전횟수(회/시간)	2.68	2.00
급유턴횟수(회/시간)	6.28	3.92
급앞지르기횟수(회/시간)	0.01	0.03
급진로변경횟수(회/시간)	4.98	1.77

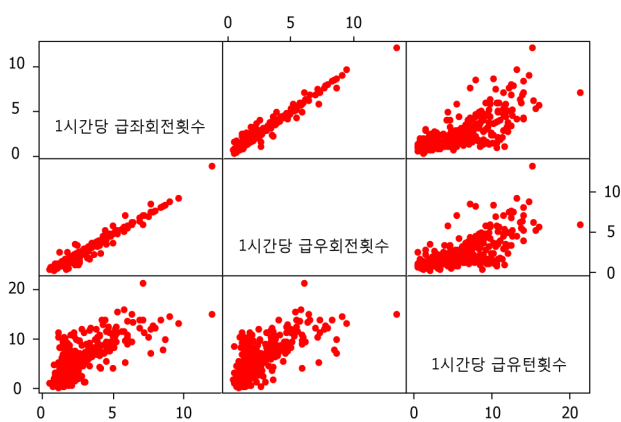


Figure 2. Correlations among three types of risky driving behaviors: rapid left-turn, rapid right-turn, and rapid u-turn

3.3.2 시내버스 운전자의 연령대 별 위험운전 행동 분석

운전자의 ‘연령’ 특성 관점에서 연령대 별로 분류하여 데이

터를 분석하였다. 운전자 분류 결과, 30대 운전자 23명, 40대 운전자 106명, 50대 운전자 132명, 60대 운전자 15명으로 분류되었다. 30대, 60대 운전자의 경우 샘플 수가 적기 때문에, 30대 운전자는 40대 운전자와, 60대 운전자는 50대 운전자와 묶어 그룹을 재편성하여 데이터를 분석하였다(즉, 30/40대 운전자와 50/60대 운전자 간의 비교 분석 수행). 분산분석을 활용하여 각 그룹 간의 시간당 위험운전 행동 횟수 차이를 분석한 결과, 30/40대 운전자는 50/60대 운전자보다 위험운전 행동(11개 위험운전 행동의 총합)을 더 많이 하는 것으로 분석되었다($p\text{-value} < 0.1$). 특히, 이들은 위험운전 행동 중 급감속, 급출발을 50/60대 운전자보다 더 많이 하는 것으로 분석되었다. 이는 30/40대 운전자의 급감속, 급출발을 집중 관리해야 함을 나타내며, 이들 대상의 급감속, 급출발 관리 서비스가 필요함을 나타낸다. <Table 4>의 A열은 각 연령대 별 위험운전 행동의 분석 결과를 나타낸다.

3.3.3 시내버스 운전자의 사고 경력 별 위험운전 행동 분석

운전자의 ‘사고 경력’ 특성 관점에서 지난 10년 내에 사고 경험이 있는 운전자, 사고 경험이 없는 운전자로 분류하여 데이터를 분석하였다. 운전자 분류 결과, 사고 경력 운전자 137명, 사고 무경력 운전자 139명으로 분류되었다. 분산분석을 활용하여 각 그룹 간의 시간당 위험운전 행동 횟수 차이를 분석한 결과, 사고 경력 운전자가 사고 무경력 운전자보다 위험운전 행동(11개 위험운전 행동의 총합)을 더 많이 하는 것으로 분석되었다($p\text{-value} < 0.1$). 특히, 사고 경력 운전자는 위험운전 행동 중 급감속, 급진로변경을 사고 무경력 운전자보다 더 많이 하는 것으로 분석되었다. 이는 두 개의 위험운전 행동을 집중적으로 관리하여, 사고 경력 운전자의 안전운전을 지원해야 함을 나타낸다. <Table 4>의 B열은 사고 경력 별 위험운전 행동의 분석 결과를 나타낸다.

사고 경력 운전자가 사고 무경력 운전자보다 위험운전 행동을 많이 하기 때문에, 본 연구에서는 사고 경력 운전자와 사고 무경력 운전자 그룹을 더 세분화하여 위험운전 행동을 분석하였다. 사고 기록의 별점을 사고의 심각성을 반영한다고 가정해, 사고 경력 운전자를 사고 별점을 기준으로 상위 25% 그룹(별점 총합 30점 이상; 42명), 하위 25% 그룹(별점 총합 15점 이하; 58명)으로 분류하여 데이터를 분석하였다(별점 총합이 동률인 경우가 있어 그룹 간의 샘플 수 차이가 존재함). 분산분석을 활용하여 각 그룹 간의 시간당 위험운전 행동 횟수 차이를 분석한 결과, 사고 별점이 30점 이상인 운전자가 사고 별점이 15점 이하인 운전자보다 위험운전 행동(11개 위험운전 행동의 총합)을 더 많이 하는 것으로 분석되었다($p\text{-value} < 0.2$). 이는 사고 경력 운전자 중 상대적으로 사고 별점이 높은 운전자를 집중 관리해야 함을 나타낸다. <Table 4>의 C열은 사고 별점 별 위험운전 행동의 분석 결과를 나타낸다.

Table 4. Comparison of risky driving behaviors between different driver groups

서술 위치	제 3.3.2절		제 3.3.3절						제 3.3.4절	
위험운전 행동*** (회/시간)	연령대 별 위험운전 행동 횟수 평균값(A)		사고 경력 별 위험운전 행동 횟수 평균값(B)		사고 벌점 별 위험운전 행동 횟수 평균값(C)		무사고 경력기간 별 위험운전 행동 횟수 평균값(D)		주행거리 별 위험운전 행동 횟수 평균값(E)	
	30/40대 (N = 129)	50/60대 (N = 147)	사고 경력자 (N = 137)	사고 무경력자 (N = 139)	하위 25% (N = 58; 15점 이하)	상위 25% (N = 42; 30점 이상)	하위 25% (N = 48; 4년 이하)	상위 25% (N = 41; 10년 이상)	하위 25% (N = 71; 241km 이하)	상위 25% (N = 73; 275km 이상)
과속횟수	1.56	1.54	1.63	1.51	1.86	1.63	1.64	1.43	1.32**	1.79
급가속횟수	0.47	0.42	0.45	0.43	0.41*	0.69	0.50	0.45	0.58	0.38
급출발횟수	0.04**	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01*	0.03	0.04	0.03
급감속횟수	20.91**	18.78	20.98**	18.56	20.99	21.23	20.57**	16.01	17.93	19.25
급정지횟수	0.68	0.68	0.76	0.60	0.50**	1.01	0.59	0.78	0.69	0.74
급좌회전횟수	2.93	2.80	2.84	2.87	2.71	3.14	2.77**	2.92	2.43**	3.05
급우회전횟수	2.76	2.62	2.65	2.71	2.47	2.93	2.68	2.77	2.15**	3.06
급유턴횟수	6.40	6.21	6.36	6.20	5.88**	7.51	5.63	6.41	4.64**	7.25
급앞지르기횟수	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01**	0.01	0.01	0.01
급진로변경횟수	5.11	4.85	5.17**	4.80	5.05	5.38	4.99**	4.34	4.59**	5.21
위험운전 행동 총횟수****	40.88**	37.92	40.88**	37.70	39.90*	43.57	39.39*	35.16	34.39**	40.76

* p-value < 0.2.

** p-value < 0.1(각 데이터 분석 방향 내의 비교 대상 그룹 간 평균값 차이에 대한 p-value).

*** 11대 요인 중 장기과속의 위반 횟수는 0이므로 분석 대상에서 제외함(모든 운전자가 장기과속을 하지 않음).

**** 위험운전 행동 총횟수란 11대 요인의 위반 횟수를 모두 합한 값을 의미함.

또한 사고 무경력 운전자를 무사고 경력 기간에 기반하여 상위 25% 그룹(무사고 경력 10년 이상; 41명), 하위 25% 그룹(무사고 경력 4년 이하; 48명)으로 분류하여 데이터를 분석하였다(무사고 경력 기간이 동등한 경우가 있어 그룹 간의 샘플 수 차이가 존재함). 분산분석을 활용하여 각 그룹 간의 시간당 위험운전 행동 횟수 차이를 분석한 결과, 무사고 경력 4년 이하 운전자가 무사고 경력 10년 이상 운전자보다 위험운전 행동(11개 위험운전 행동의 총합)을 더 많이 하는 것으로 분석되었다(p-value < 0.2). 특히, 무사고 경력 4년 이하 운전자는 위험운전 행동 중 급감속, 급진로변경을 더 많이 하는 것으로 분석되었다. 그러나 급출발, 급좌회전은 무사고 경력 10년 이상 운전자보다 더 적게 하는 것으로 분석되었다. 이는 무사고 경력 운전자의 안전운전 지원이 위험운전 행동 별로 다르게 이루어져야 함을 나타낸다. <Table 4>의 D열은 무사고 경력 기간 별 위험운전 행동의 분석 결과를 나타낸다.

3.3.4 시내버스 운전자의 주행거리 별 위험운전 행동 분석

운전자의 ‘하루 동안의 주행거리’ 특성 관점에서 하루 평균 주행거리 상위 25% 그룹(275km 이상 운행; 73명), 하위 25% 그룹(241km 이하 운행; 71명)으로 분류하여 데이터를 분석하였다(주행거리가 동등한 경우가 있어 그룹 간의 샘플 수 차이가 존재함). 분산분석을 활용하여 각 그룹 간의 시간당 위험운전 행동 횟수 차이를 분석한 결과, 하루 평균 주행을 상대적으로 많이 하는 운전자가 적게 하는 운전자보다 위험운전 행동(11개 위험운전 행동의 총합)을 더 많이 하는 것으로 분석되었

다(p-value < 0.1). 이는 기존의 연구 결과인 ‘주행거리가 긴 운전자가 적게 운전하는 사람보다 위험하게 운전한다(Ki et al., 2010)’라는 연구 결과와 일치한다. 특히, 주행거리가 긴 운전자는 과속, 급좌회전, 급우회전, 급유턴, 급진로변경을 상대적으로 더 많이 하는 것으로 분석되었다. <Table 4>의 E열은 주행거리 별 위험운전 행동의 분석 결과를 나타낸다.

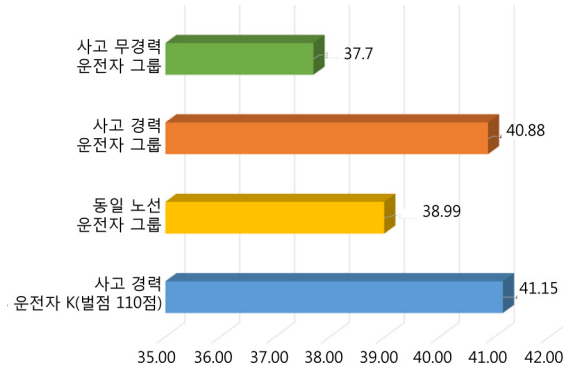
3.4 안전운전 지원 서비스 기회 도출

본 연구에서는 안전운전 지원 서비스 기회를 도출하기 위해 기획의 구성 요소인 (1) 서비스 제공 대상, (2) 서비스 제공 이유, (3) 서비스 콘텐츠, (4) 서비스 제공 시점, (5) 서비스 제공 채널을 순차적으로 도출하였다.

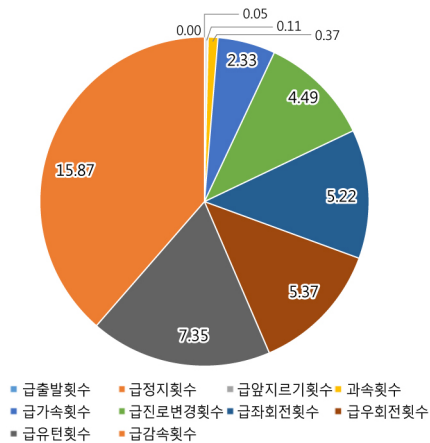
먼저 제 3.3절의 데이터 분석을 통해 얻은 증거를 기반으로 (1) 서비스 제공 대상(위험운전자), (2) 서비스 제공 이유(위험운전자가 주로 하는 위험운전 행동)를 도출하였다. 예를 들어 ‘지난 10년 동안 사고 경험이 있는 운전자는 사고 경험이 없는 운전자보다 위험운전 행동을 더 많이 하며, 특히 급감속, 급정지, 급진로변경을 상대적으로 더 많이 한다’라는 분석 결과를 기반으로 서비스 제공 대상은 ‘사고 경력이 있는 운전자’로, 서비스 제공 이유는 ‘위험운전 행동을 상대적으로 더 많이 함(특히, 급감속, 급정지, 급진로변경)’을 도출하였다. 이와 같이 데이터 분석 결과를 토대로 서비스 제공 대상, 서비스 제공 이유를 도출한 결과, 총 네 개의 서비스 제공 대상(일반 시내버스 운전자, 30/40대 운전자, 사고 경험이 있는 운전자, 하루 평균

주행거리가 상대적으로 긴 운전자) 및 각 그룹 대상의 서비스 제공 이유를 도출할 수 있었다.

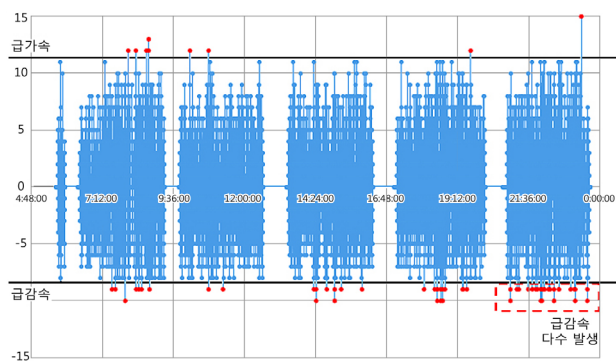
본 연구에서는 (3) 서비스 콘텐츠를 ‘안전운전 지원을 위해 위험운전자에게 제공되는 가공된 정보’로 정의한다. 네 유형의 intervention(activators/prompts, feedback, education/training, reward/penalty) 및 데이터 분석 결과를 참조하여 관리가 필요한 위험운전자에게 전달할 서비스 콘텐츠의 후보를 도출하였다. <Figure 3>, <Figure 4>는 사고 경력 운전자의 안전운전 지원을



(a) Total number of risky driving behaviors : a comparison between driver K and other drivers



(b) Distribution of risky driving behaviors of driver K



(c) Distribution of acceleration/deceleration of driver K

Figure 3. Examples of service contents(feedback type) for drivers with accident experience

위해 제공될 수 있는 서비스 콘텐츠의 예를 나타낸다. <Figure 3>은 특정 사고 경력 운전자의 하루 운행 리뷰를 위해 제공될 수 있는 콘텐츠(feedback 유형)의 예시이다. <Figure 3>(a)는 사고 경력 운전자 K의 하루 운행 결과와 타 그룹의 하루 운행 결과를 비교하는 서비스 콘텐츠의 예시이다. 이를 통해 운전자 K에게 본인이 타 그룹 운전자보다 위험운전 행동을 상대적으로 많이 했다는 경고 메시지를 줄 수 있다. <Figure 3>(b), (c)는 사고 경력 운전자 K의 하루 운행 중 어떤 위험운전 행동을 많이 했는지, 언제 많이 했는지 알려주는 서비스 콘텐츠의 예시이다. 이를 통해 운전자 K에게 하루 운행 중 급감속을 많이 하였고, 특히 저녁 운행 때 많이 했다는 정보를 줄 수 있다. <Figure 4>는 특정 사고 경력 운전자의 지난 두 달간 운행 기록을 분석한 결과로, 이러한 콘텐츠(reward 유형)는 운전자의 고과를 산정하는데 활용될 수 있다. 사고 경력 운전자 K의 경우 두 달간의 운행이 계속 좋아지고 있으므로, 고과 산정 시 가산점을 받을 수 있다.

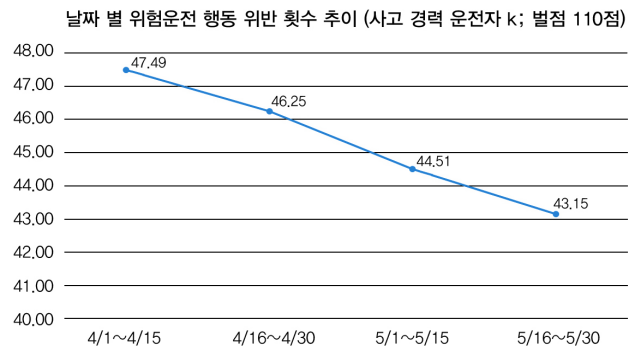


Figure 4. Example of service contents(reward type) for drivers with accident experience

(1) 서비스 제공 대상, (2) 서비스 제공 이유, (3) 서비스 콘텐츠의 후보 도출 후, 운전자의 운행 프로세스를 활용하여 (4) 서비스 제공 시점, 그리고 (5) 서비스 제공 채널의 후보를 도출하였다. 운전자의 운행 프로세스란 운전 전, 운전 중, 운전 후에 운전자가 하는 구체적인 행동을 의미한다. 예를 들어 특정 운전자는 하루의 운행 시작 전 배차 정보를 확인한다. 배차 정보 확인 후 운행 차량을 점검하고, 차량에 이상이 없을 경우 해당 차량의 노선을 운행한다. 운행 시 가끔씩 운행 결과를 체크하며, 1회의 운행을 마친 후 휴식을 취하거나, 다시 정해진 배차정보에 따라 다음 운행을 시작한다. 본 연구에서는 이러한 운행 프로세스를 Bettencourt and Ulwick(2008)를 기반으로 규정하였다. <Table 5>는 운전자의 운행 프로세스를 활용하여 서비스 콘텐츠의 제공 시점, 제공 채널 후보를 도출한 예시이다. 예를 들어 운행 전 버스 운전자는 시간적으로 여유가 있으므로, 운전자가 배차 정보를 확인할 때 스마트폰을 통해 지난 운행 리뷰 콘텐츠를 제공할 수 있다. 운행 중 버스 운전자가 과속할 경우 버스 내 기기를 통해 과속 경고 알람 콘텐츠를 제공할 수 있으며, 운행 종료 후 퇴근하려는 버스 운전자에게 업체 사무실 내 모니터를 통해 오늘 하루의 운행 리뷰 콘텐츠를 제공할 수 있다.

Table 5. Example of service delivery process to bus drivers

(4) 서비스 제공 시점 (운전자의 운행 프로세스)	(3) 서비스 콘텐츠	(5) 서비스 제공 채널
운행 전 배차 정보 확인	지난 운행 리뷰 콘텐츠 제공 (강제성 부여; 사고 경험 있음으로)	스마트 폰
운행 전 차량 점검	차량 상태 정보 제공	
노선 운행	경고 알람 제공	차량 내 기기
노선 운행 중 체크	오늘 하루 운행 리뷰 콘텐츠 제공	차량 내 기기 또는 업체 사무실 내 모니터
노선 운행 종료		
휴식	교육/훈련 제공	스마트 폰

본 연구에서는 앞서 설정한 데이터 분석 방향을 활용하여 서비스 제공 대상 및 이유(to whom, why)의 후보를, 데이터 분석 결과 및 안전운전 지원 서비스 사례 분석 결과에 기반하여 서비스 콘텐츠(what), 서비스 제공 시점(when), 서비스 제공 채널(via where)의 후보를 도출하였다. 도출한 후보 중 특정 서비스 제공 대상(예 : 사고 경력 운전자)의 특성을 고려하여 그들에게 제공 가능한 서비스 콘텐츠, 시점, 채널을 선정해 서비스 기회를 도출하였다. <Figure 5>는 사고 경력 운전자 맞춤형 안전운전 지원 서비스 기회의 도출 과정을 나타낸다. 각 박스는 앞서 도출한 서비스 기회의 구성 요소 후보를, 회색 박스는 사고 경력 운전자 맞춤형 안전운전 지원 서비스 기회의 구성 요소를 나타낸다. <Figure 6>은 <Figure 5>의 회색 박스를 활용하여 사고 경력 운전자 맞춤형 안전운전 지원 서비스 기회를 구성 요소 별로 상세 기술한 예를 나타낸다.

본 연구에서는 앞서 서비스 기회 도출 과정을 거쳐 총 네 개의 안전운전 지원 서비스 기회를 도출하였다. 첫째, 시내버스 운전자 모두에게 일괄적으로 제공될 수 있는, 일반 시내버스 운전자 대상의 안전운전 지원 서비스 기회를 도출하였다. 이는 운전자 특성에 대한 정보를 수집할 수 없는 경우에 제공될 수 있는 서비스이다. 둘째, 상대적으로 낮은 연령대 운전자의 안전운전 지원을 위해 필요한 30/40대 운전자 맞춤형 안전운전 지원 서비스 기회를 도출하였다. 셋째, 사고 경력이 있는 운전자, 특히 사고 벌점이 높은 운전자의 안전운전 지원을 위해 필요한 사고 경력 운전자 맞춤형 안전운전 지원 서비스 기회를 도출하였다. 넷째, 하루 평균 주행 거리가 상대적으로 긴 운전자의 안전운전 지원을 위해 필요한 장거리 노선 운전자 맞춤형 안전운전 지원 서비스 기회를 도출하였다.

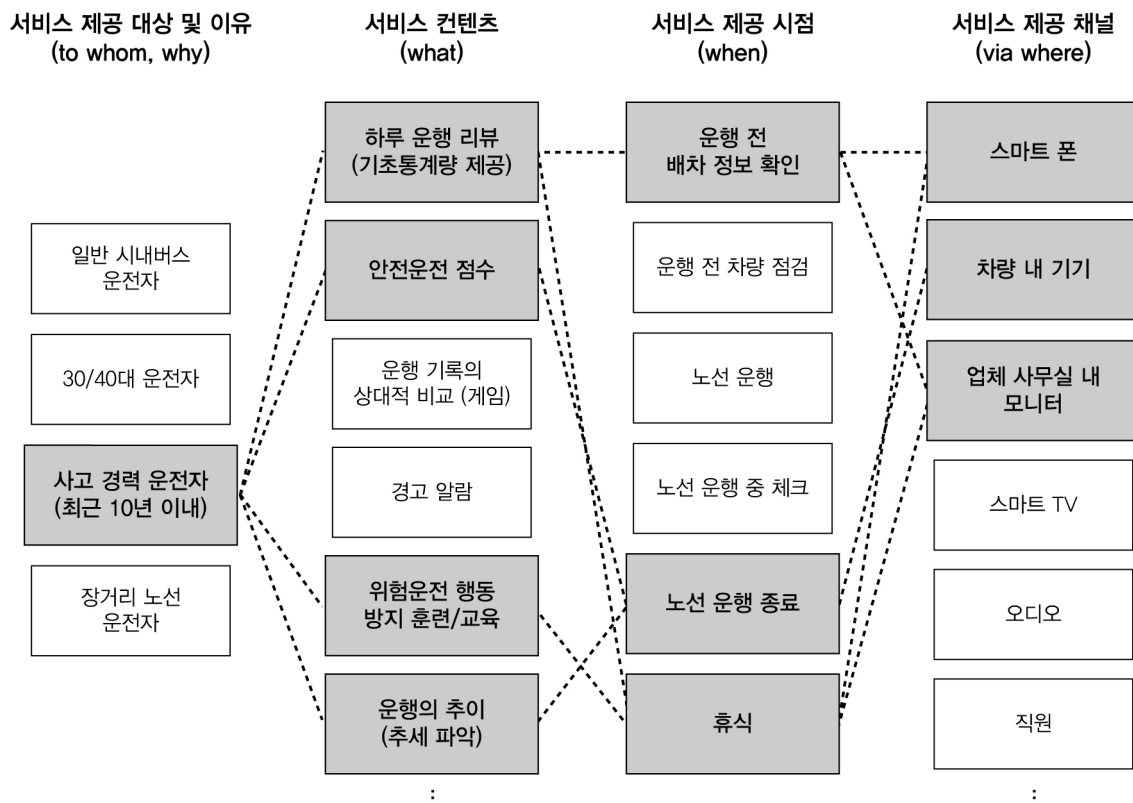


Figure 5. Illustration of service opportunity identification process

서비스 기회: 사고 경력 운전자 맞춤형 안전운전 지원 서비스 기회				
“일반적인 안전운전 지원 서비스에 사고 경력이 있는 운전자 위한 안전운전 지원 서비스를 추가”				
(1) 서비스 제공 대상		(2) 서비스 제공 이유		(3) 서비스 콘텐츠
<ul style="list-style-type: none"> - 최근 10년 이내에 사고 경력이 있는 운전자 - 특히 벌점이 높은 사고 경력 운전자를 우선 관리 		<ul style="list-style-type: none"> - 사고 경력자가 사고 무경력자보다 위험운전 행동을 더 많이 함 - 특히, 사고 경력자는 급감속, 급정지, 급진로변경을 사고 무경력자보다 더 많이 함 - 사고 경력자 중 사고 벌점이 높은 운전자가 사고 벌점이 낮은 운전자보다 위험운전 행동을 더 많이 함 		<ul style="list-style-type: none"> - 안전 점수 콘텐츠 (안전운전 수준을 수치화하여 제공; 안전 점수 산정 시 급감속, 급진로변경, 급정지에 가중치를 더 부여) - 하루 운행 리뷰 콘텐츠 (위험운전 행동 횟수의 기초통계량 제공 특히, 벌점이 높은 운전자의 경우 리뷰의 강제성을 부여) - 운행일자 별 운행 비교 콘텐츠 - 운행 기록 기반 고과 산정 콘텐츠 - 위험운전 행동 절제 방법 교육/훈련 등
(4) 서비스 제공 시점			(5) 서비스 제공 채널	
<ul style="list-style-type: none"> - 노선 운행 전 배차 정보 확인 시 제공 - 노선 운행이 종료된 후 제공 (노선 운행이 종료될 때 마다 제공) - 휴식시간에 제공 			<ul style="list-style-type: none"> - 차량 내 기기 - 스마트폰 - 업체 사무실 내 모니터 	

Figure 6. Example of a service opportunity description

4. 토 의

4.1 시스템 데이터 기반 접근 방식의 의의 및 역할

본 연구는 국내 시내버스 운전자의 실제 운행 데이터를 활용하여 위험운전 행동을 분석하고, 이로부터 얻은 증거에 기반하여 시내버스 안전운전 지원 서비스 기회를 도출하였다. 최근에는 정보통신기술(Information and Communication Technology; ICT)을 기반으로 특정 시스템(예 : 자동차) 및 시스템 사용자(예 : 운전자)로부터 다양한 유형의 데이터를 수집할 수 있게 되었다. 본 연구는 자동차 시스템의 데이터를 분석하고, 그 결과를 기반으로 새로운 서비스의 기회 도출을 시도했다는 점에서 의의가 있다.

신 서비스의 개발은 일반적으로 기회 포착, 고객 이해, 컨셉 개발, 프로세스 설계, 보완 및 출시의 5개 절차로 구성된다(Kim and Meiren, 2010). 기회 포착 단계에서는 시장 및 기술의 동향 파악을 통해 새로운 서비스를 개발할 수 있는 기회 또는 기존 서비스를 개선할 기회를 찾는다. 고객 이해 단계에서는 설문, 인터뷰를 통해 고객의 요구사항을 파악하고, 이를 기반으로 목표 고객을 설정한다. 컨셉 개발 단계에서는 앞선 두 단계의 결과를 기반으로 서비스를 통해 고객에게 무엇을, 어떻게 제공할 지에 대해 정의한다. 프로세스 설계 단계에서는 서비스를 생산하고 전달하는 프로세스를 설계한다. 보완 및 출시 단계에서는 개발된 서비스를 테스트하고 시험 운영한다.

본 연구에서 시스템 데이터의 분석 결과는 신 서비스 개발 절차의 기회 포착, 고객 이해, 컨셉 개발 단계에 활용되었다.

일반적으로 시스템 데이터는 시스템의 상태(system health) 데이터 및 운영(system operations) 데이터로 분류할 수 있다. 자동차 시스템의 경우 시스템 상태 데이터는 엔진 상태 정보, 부품 고장 코드 정보 등을, 시스템 운영 데이터는 차량의 속도, 차량의 운행시간 등을 포괄한다. 서비스 개발자는 시스템 상태 데이터를 분석하여 시스템의 전반적인 관리 상태, 성능 등을 파악할 수 있고, 시스템 운영 데이터를 분석하여 특정 사용자의 시스템 사용 행태, 종합 운영 상황을 파악할 수 있다. 이러한 데이터 분석 결과는 시스템 또는 시스템 사용자를 고객으로 하는 서비스의 기회 포착, 고객 이해에 활용된다. 본 연구에서는 국내 시내버스 운전자(시스템 사용자)의 실제 운행 데이터(시스템 운영 데이터)를 분석하여 운전자의 위험운전 행동(시스템 운영 행태)을 파악하고, 안전관리가 필요한 운전자(고객), 이들이 주로 하는 위험운전 행동(운영 관리 필요 영역)을 도출하였다. 서비스 개발자는 시스템 데이터 분석 결과를 관리가 필요한 특정 시스템 또는 고객에 맞게 가공하여, 이들을 위한 맞춤형 서비스 콘텐츠 도출에 활용할 수 있다. 본 연구에서는 위험운전 행동 분석 결과를 활용하여 관리가 필요한 위험운전자에 적합한 맞춤형 서비스 기회를 도출하였다.

시스템 데이터 기반 접근 방식을 통해 신 서비스를 개발하는 것은 통계적 증거에 기반하여 서비스 기회 도출, 목표 고객 설정, 콘텐츠 개발을 수행할 수 있다는 장점이 있다. 데이터 분석 결과를 활용하여 목표 고객 별 특성에 맞춤형된 콘텐츠 개발을 효과적으로 수행할 수 있다는 것 또한 장점이다. 그러나 시스템 데이터 기반의 신 서비스 개발 방식은 기존의 신 서비스 개발 체

계를 대체하는 것이 아니며, 이를 보완하는 역할을 담당한다. 즉, 시스템 데이터 기반의 접근 방식은 기존의 신 서비스 개발 체계와의 시너지 효과 도모를 목적으로 한다. 이를 통해 보다 풍부하고, 매력적인 서비스 기회 도출의 가능성을 높일 수 있다. 예를 들어 본 연구의 자동차 시스템 데이터 분석 결과는 기존의 신 서비스 개발 체계가 취하는 안전 관련 이해관계자들(운전자, 정부, 운수업체 등)의 의견 분석과 결합될 때 보다 풍부하고 현실적인 안전운전 지원 서비스 기회 도출에 기여할 것이다.

4.2 안전운전 지원 서비스 기회의 활용성

본 연구에서는 운전자의 위험운전 행동 분석을 통해 총 네 개의 시내버스 안전운전 지원 서비스 기회를 도출하였다. 도출된 서비스 기회를 기반으로 안전운전 지원 서비스의 여러 제공 시나리오를 상상할 수 있으며, 이를 활용하여 안전운전 지원 서비스의 개발이 가능하다. 예를 들어 <Figure 6>의 서비스 기회를 기반으로 사고 경력 운전자 맞춤형 안전운전 지원 서비스의 제공 시나리오를 구상할 수 있다. 첫째, 운행 전 당일의 배차 정보 확인 시 운전자의 과거 운행 리뷰 결과 및 이에 기반하여 산정된 고과점수를 운전자의 스마트폰을 통해 제공한다. 운행 전 운전자에게 과거 운행 결과 및 자신의 고과점수를 확인하게 함으로써, 운전자의 안전운전 의욕을 고취시킨다. 둘째, 한 번의 노선 운행 종료 후 운행 리뷰 결과를 차량 내 디바이스를 통해 제공한다. 이를 통해 운전자는 해당 운행의 결과를 확인한다. 셋째, 하루 운행을 모두 마친 후 운행 기록이 나쁜 운전자(위험운전자)를 선별하여, 특별 교육/훈련 서비스 콘텐츠를 제공한다. 이를 통해 위험운전자에게 안전운전의 동기를 부여하고, 안전운전 방법을 가르쳐 이들의 안전운전을 지원한다.

안전운전 지원 서비스 기회에 기반하여 개발될 서비스와 현재 국내 정부에서 제공하고 있는 서비스는 제공 방식, 제공 대상에서의 차이가 존재한다. 첫째, 정부의 서비스는 push 방식이 아닌 pull 방식으로 제공된다. 즉, 운전자가 서비스가 필요하다고 느꼈을 때(강제성 없음), 자신이 시스템에 접속하여 운행 기록을 확인하는 방식이다. 본 논문의 서비스는 운전자 상황에 맞게, 특정 시점에 서비스 콘텐츠를 제공하는 push 방식의 서비스다. 둘째, 정부의 서비스는 하나의 채널(웹 시스템)을 통해 모든 운전자에게 동일하고 획일적으로 제공되는 반면, 본 논문의 서비스는 특정 운전자의 운행 특성에 맞춤형된 서비스 콘텐츠, 제공 시점, 제공 채널에 기반하여 제공된다. 즉, 운전자 그룹 별로 차별화된 서비스 콘텐츠가 필요한 시점에, 적절한 채널을 통해 제공된다.

5. 결론 및 향후 과제

버스 안전관리의 중요성이 증가함에 따라 버스 운전자의 위험운전 행동을 파악하고, 이를 최소화하도록 지원하는 서비스에

대한 개발 시도가 증가하고 있다. 본 연구에서는 자연스러운 일상 운행으로부터 수집된 실제 운행 데이터를 활용하여 운전자의 위험운전 행동을 분석하고, 이를 기반으로 일반 시내버스 운전자 대상의 안전운전 지원 서비스 기회, 30/40대 운전자 맞춤형 서비스 기회, 사고 경력 운전자 맞춤형 서비스 기회, 장거리 노선 운전자 맞춤형 서비스 기회를 도출하였다.

기존 연구에서는 버스 운전자의 위험운전 행동 파악을 위해 기록/설문/인터뷰 데이터, 시뮬레이터 데이터, 실제 차량의 필드 실험 데이터를 분석해왔다. 본 연구는 자연스러운 일상 운행으로부터 수집된 국내 시내버스의 실제 운행 데이터를 분석했다는 점에서 기존 연구와 차별점이 있다. 이를 통해 기존 연구에서 파악할 수 없었던, 국내 시내버스 운전자들의 실제 위험운전 행동을 파악할 수 있었다. 아직까지 국내 시내버스의 실제 운행 데이터를 분석한 연구는 거의 없으며, 본 연구의 결과물은 국내 시내버스 운전자의 안전운전 관리에 기여할 것으로 기대된다. 그 예로, 본 연구는 데이터 분석 결과에 기반하여 안전운전 지원 서비스 기회 도출을 처음으로 시도했다. 본 연구를 기반으로 실제 버스 운전자의 현실적, 효과적인 위험운전 행동 관리가 가능할 것으로 기대된다. 나아가 본 연구의 접근법은 특정 시스템(예 : 자동차)으로부터 수집되는 데이터에 기반한 서비스 가치 창출 연구에 참조될 수 있을 것이다.

본 연구의 추후 연구 과제로 다음과 같은 방향을 생각해볼 수 있다. 첫째, 보다 다양한 데이터를 수집, 분석해야 한다. 운전자의 운전 행동은 운전자 특성(성별, 연령 등)뿐 아니라 환경요인(도로 정보, 날씨 등)에 따라 서로 달라지기 때문에, 위험운전 행동 분석 시 운전자 특성, 운전 환경 모두를 고려해야 한다. 이를 위해 필요한 추가 데이터(예 : 도로 정보 데이터)를 수집하고, 이를 활용해 위험운전 행동을 분석해야 한다. 또한 위험운전 행동과 사고 발생 간의 관계를 파악하기 위해서는 사고 당시의 운행 데이터를 수집하여 분석해야 한다. 이를 통해 사고 발생에 영향을 미치는 위험운전 행동을 파악할 수 있으며, 이를 기반으로 집중 관리해야 할 위험운전 행동을 파악할 수 있다. 이와 더불어 위험운전 행동과 사고 발생 간의 관계 파악 결과를 기반으로 운전자의 안전운전 수준을 수치화하여, 이를 운전자에게 제공할 수 있다. 둘째, 본 연구에서는 운전자 그룹을 주어진 것으로 간주하고 이들 그룹을 비교하였으나, 운행기록의 분석을 통해 위험운전자 그룹을 판별하는 접근법을 연구할 필요가 있다. 본 연구에서는 인적 정보를 이용해 운전자 그룹을 우선 분류한 후, 그룹 간의 위험운전 행동 위반 횟수를 비교 분석하여 위험운전자 그룹을 파악하였다. 그러나 반대로 위험운전 행동 횟수를 기반으로 위험운전자를 우선 분류한 후, 이들의 유형 및 특성을 파악하는 것 또한 가능하다. 이는 본 연구의 접근법보다 여러 운전자 특성을 고려할 수 있다는 장점이 있다. 예를 들어 본 연구에서는 연령, 사고 경력 등만 고려하여 위험운전 행동을 분석하였으나, 해당 접근법을 활용할 경우 운전자의 여러 특성(예 : 성별, 근속년수 등)을 추가적으로 고려할 수 있다. 셋째, 안전운전 지원 서비스 기회에

대한 보완이 필요하다. 보다 풍부하고 현실적인 안전운전 지원 서비스 기획 도출을 위해서는 데이터 분석 결과에 기반하여 기회를 도출함과 동시에 관련 이해관계자들(운전자, 정부, 운수업체 등)의 의견을 반영하여 기회를 도출해야 한다. 마지막으로, 시내버스가 아닌 다른 유형의 버스 운전자의 위험운전 행동 분석 또한 필요하다. 본 연구는 시내버스와 고속버스의 운행 환경, 특성 차이로 인한 분석의 정확성 저하를 고려, 분석 대상을 시내버스 운전자 데이터로 한정하였다. 향후 버스 운전자의 일반적인 안전운전 지원 서비스 개발을 위해서는 분석 대상을 고속버스 운전자 데이터로 확장할 필요가 있다.

참고 문헌

- Bettencourt, L. A. and Ulwick, A. W. (2008), The customer-centered innovation map, *Harvard Business Review*, **86**(5), 109-114.
- Carsten, O., Kircher, K., and Jamson, S. (2013), Vehicle-based studies of driving in the real world : The hard truth?, *Accident Analysis and Prevention*, **58**, 162-174.
- Chandraratna, S., Stamatiadis, N., and Stromberg, A. (2006), Crash involvement of drivers with multiple crashes, *Accident Analysis and Prevention*, **38**, 532-541.
- Chapman, P., Roberts, K., and Underwood, G. (2000), A study of the accidents and behaviours of company car drivers, *Proceedings of Behavioral research in road safety*.
- Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C., and Truman, W. (2009), Work-related road traffic collisions in the UK, *Accident Analysis and Prevention*, **41**, 345-351.
- Evans, L. (2004), *Traffic safety*, Bloomfield Hills, MI : Science Serving Society.
- Geller, E. S. (2005), Behavior-Based Safety and Occupational Risk Management, *Behavior Modification*, **29**(3), 539-561.
- Guo, F. and Fang, Y. (2013), Individual driver risk assessment using naturalistic driving data, *Accident Analysis and Prevention*, **61**, 3-9.
- Hickman, J. S., Knippling, R. R., Hanowski, R. J., Wiegand, D. M., Inderbitzen, R. E., and Bergoffen, G. (2007), Impact of Behavior-Based Safety Techniques on Commercial Motor Vehicle Drivers, *Transportation Research Board*.
- Ki, S., Kim, D., and Kim, H. (2010), Research on the insurance program of pay as you drive, *Korea Insurance Research Institute Report*.
- Kim, K. and Meiren, T. (2010), New Service Development Process, in *Introduction to Service Engineering*(Eds. Karwowski, W. and Salvendy, G.), John Wiley.
- Kim, K., Min, D., Yook, J., Park, J., Lee, J., Choi, J., and Ryu, K. (2006), Development of Customer-Centered Convergence Service Concepts : A Systematic Framework and a Case Study in Telecommunications Industry, *IE Interface*, **19**(2), 140-152.
- Knipling, R. R., Boyle, L. N., Hickman, J. S., York, J. S., Daecher, C., Olsen, E. C. B., and Prailey, T. D. (2004), Individual Differences and the High-Risk Commercial Driver, *Transportation Research Board*.
- Korea Road Traffic Authority (2014), Summary report about statistics of traffic accidents, *Korea Road Traffic Authority Report*.
- Korea Transportation Safety Authority (2014), User guide for digital tachograph analysis system, *Korea Transportation Safety Authority Report*.
- Lee, S. and Lee, C. (2012), Short-Term Impact Analysis of DTG Installation for Commercial Vehicles, *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, **11**(6), 49-59.
- Luo, S. S., Kao, C.-H., and Chen, C.-H. P. (2010), A Study of Digital Tachograph in the Abnormal Driving Behaviors Management of Bus Drivers Using Data Mining Techniques, *Proceedings of Transportation Research Board 89th Annual Meeting*, No. 10-1940.
- Mir, M. U., Razzak, J. A., and Ahmad, K. (2013), Commercial vehicles and road safety in Pakistan : exploring high-risk attributes among drivers and vehicles, *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, **20**(4), 331-338.
- Newnam, S. and Watson, B. (2011), Work-related driving safety in light vehicle fleets : a review of past research and the development of an intervention framework, *Safety Science*, **49**, 369-381.
- Oh, J. (2012), Driving Behavior Analysis of Commercial Vehicles(Buses) Using a Risky Driving Judgment Device, *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, **14**(1), 103-109.
- Oh, J. and Lee, S. (2009), A Study of the Weight value to Risky Driving Type, *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, **11**(1), 105-115.
- Singh, S. (2003), Driver Attributes and Rear-End Crash Involvement Propensity, *National Highway Traffic Safety Administration Report*.
- Spyropoulou, I., Penttinen, M., Karlaftis, M., Vaa, T., and Golas, J. (2008), ITS Solutions and Accident Risks : Prospective and Limitations, *Transport Review*, **28**(5), 549-572.
- Toledo, T., Musciant, O., and Lotan, T. (2008), In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior, *Transportation Research Part C*, **16**(3), 320-331.