

정책과 기술 01

도로안전 제고를 위한 첨단안전장치 활용방안

- 전세버스를 중심으로 -

이문영 | 한국교통안전공단 본부장
 김주영 | 한국교통안전공단 연구위원
 박지원 | 한국교통안전공단 대리
 길민경 | 한국교통안전공단 연구원

1. 서론

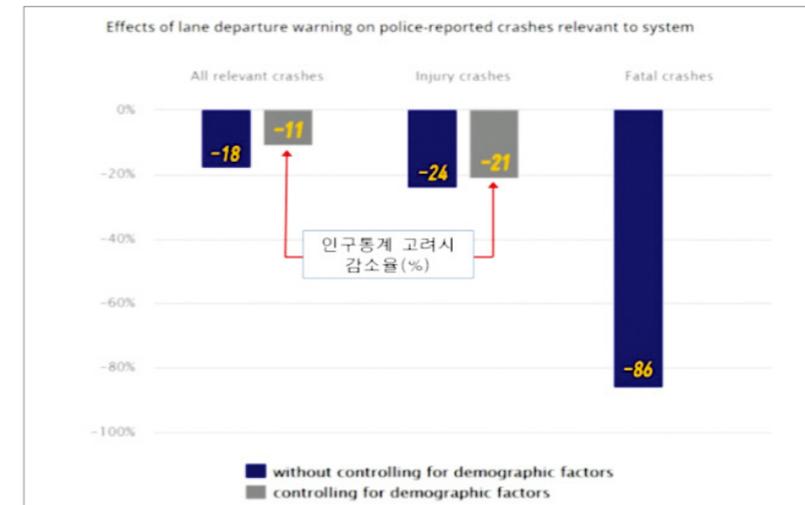
도로에서 발생하는 교통사고 예방을 위한 광의적 전략으로 5가지 정책을 의미하는 '5E'이론이 있다. 교통안전과 관련된 전략인 '5E'는 교육(Education), 엔지니어링(Engineering), 참여(Engagement), 단속(Enforcement), 평가(Evaluation)를 말한다. '5E'의 세부 내용들은 수많은 도로교통 안전정책과 각종 도로설계 기준, 도로구조물 건설기술과 자동차 안전기술 등에 다양하게 적용되고 있다. 특히, 엔지니어링 분야에서는 도로의 설계기준 강화, 운전자의 인지향상을 위한 도로안전시설물 설치, 첨단 IT기술을 접목한 ITS(지능형교통체계) 도입, 자율주행 등 첨단자동차 기술개발에 접목되고 있다. 한편, 자동차 운전 중에 있어서는 운전자와 탑승객을 보호하고, 위험상황 발생 시 탑승객의 피해를 최소화하는 것은 매우 중요하고도 필수적인 사항이지만, 10여 년 전까지만 해도 차량 내 안전장치와 관련하여 안전벨트, 에어백, 브레이크 잠김방지 시스템(ABS, Anti lock Brake System), 전자식 차체

제어(ESC, Electronic Stability Control) 등 보조적 기술수준에 머물렀다. 그러나 최근에는 교통사고 등 도로 위에서 위험상황이 발생되기 전에 차량에 설치된 센서가 위험을 미리 감지하고, 위험상황을 벗어날 수 있도록 운전자를 도와주는 기술·장치가 개발되어 차량에 장착되고 있다. 차량에 장착되는 첨단 운전자 보조장치(ADAS, Advanced Driver Assistance System)는 운전자가 도로주행 중 발생할 수 있는 수많은 도로위험상황에서 차량이 스스로 위험상황을 인지하고 판단하여, 운전자에게 알림, 경고를 제공하거나 차량의 컨트롤을 담당하는 기계장치를 제어하는 시스템을 의미한다. 이러한 운전자 보조장치에는 전방 충돌방지 보조장치(FCA), 차로이탈경고장치(LDWS), 안전 하차 보조장치(SEA), 운전자 졸음·부주의 경고장치(DMS), 후측방 모니터장치(BVM), 차로 유지 보조장치(LFA), 사각지대 감지장치(BSD) 등 매우 다양하며 새로운 기술·장치가 지속적으로 개발·장착되고 있다. 미국 고속도로안전보험협회(IIHS, Insurance

Institute for Highway Safety)에 따르면, 첨단 운전자 보조장치(ADAS) 중 전방 충돌방지 보조장치(FCA)의 경우 도로에서 발생하는 자동차 교통사고를 41%까지 줄일 수 있으며, 차로이탈경고장치(LDWS)를 탑재한 차량은 충돌사고의 11%, 충돌사고로 발생하는 부상을 21% 감소시킬 수 있는 것으로 보고하였다. 미국 BCG(The Boston Consulting Group)는 차로이탈경고장치(LDWS)가 차량충돌사고의 약 28%를 예방하는 효과를 갖는 것으로 발표하였다. 유럽연합(EU)에서도 차로이탈경고장치 장착 후 유럽연합(EU)내 27개국에서 사망자가 12% 감소하였으며, 미국 도로교통안전국(NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration)은 전방 충돌방지 보조장치(FCA)가 대형차의 추돌사고를 21% 감소시킨다고 보고하였다. <그림 1>에서 보는 바와 같이, 관련연구 결과에 따르면 차로이탈경고장치 장착에 따라 일반 교통사고는 11% 감소하였고 인명피해를 동반한 교통

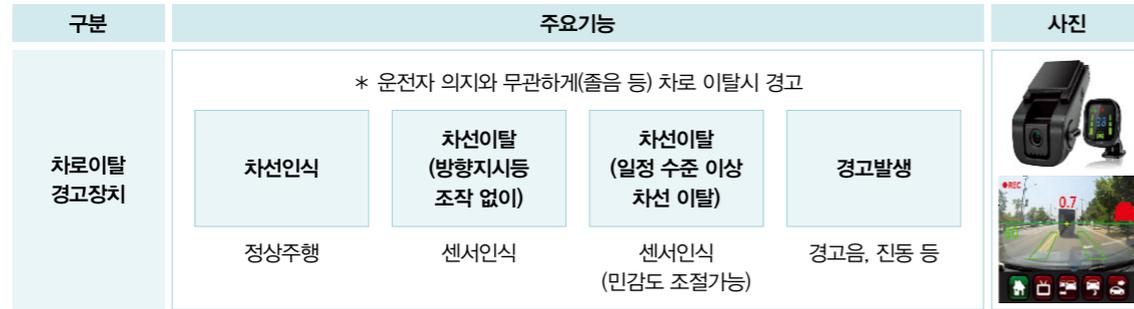
사고는 21% 감소한 것으로 나타났다. 이처럼 자동차 운전 중에 있어 운전자와 탑승객을 보호하는 첨단 운전자 보조장치의 장착은 꾸준히 늘어나고 있다. 이러한 보조장치의 효과 또한 매우 좋아 도로상의 교통사고로 인한 피해를 최소화할 수 있는 것은 매우 반가운 일이다. 이러한 추세에 발맞추어 우리나라도 2017년 1월, 버스 운전자 졸음운전사고 예방을 위해 차량길이 11미터 초과되는 승합차(버스)와 총중량 20톤 초과되는 화물·특수자동차에 대해 <그림 2>와 같은 기능을 가진 차로이탈경고장치 장착 의무화를 추진(교통안전법 개정)하였고, 이후 2018년 7월 교통안전법 시행규칙 제30조의2(차로이탈경고장치의 장착) 개정에 따라 차량길이 9미터 이상의 승합자동차와 총 중량 20톤 이상의 화물자동차, 특수자동차에 대해 의무 장착토록 확대하였다. 이후, 2019년 1월에는 교통안전법 시행규칙 개정을 통해 특수용도형 화물차(사료운반트럭, 잉바디 트럭 등)와 특수차

<그림 1> 차로이탈경고장치(LDWS) 장착유무에 따른 충돌사고와 탑승자 부상정도 감소율



자료) Jessica B Cicchino(2018), "Effects of lane departure warning on police-reported crash rates"

〈그림 2〉 차로이탈경고장치(LDWS) 주요기능



자료) 국토교통부 언론보도 배포자료(2019. 11)

(구난형, 고소작업차 등)인 사업용 차량에도 차로 이탈경고장치를 의무 장착토록 대상을 추가하였다. 특히, 2019년부터 자동차 제조사에서 완성차 출시 시 차로이탈경고장치(LDWS)를 기본 장착하고 있다. 이에 따라 차로이탈경고장치 미장착 차량에 대해서는 2020년 1월부터 위반 횟수에 따라 최소 50만원에서 최대 150만원까지 과태료처분(미장착 적발시 1차 : 50만원, 2차 : 100만원, 3차 : 150만원)을 적용하고 있다.

전세버스에 부착된 안전장치 중에는 차로이탈경고장치, 디지털운행기록장치가 있다. 디지털운행기록장치(DTG, Digital Tacho Graph)는 자동차의 운행정보를 실시간으로 저장하여 시시각각 변화하는 운행상황을 자동적으로 기록할 수 있는 운행

기록장치로 자동차의 순간속도, 분당 엔진회전수(RPM), 브레이크 신호, GPS, 방위각, 가속도 등의 운행기록 자료를 실시간으로 분석하여 운전자의 과속, 급감속 등의 운전습관, 특히 위험운전으로 볼 수 있는 11가지 운전행동을 파악할 수 있다. 디지털 운행기록장치 설치로 인한 효과는 운전자의 위험운전횟수가 최고 31.4%까지 감소하는 것으로 보고되고 있다.

정부차원에서 2016년부터 적극적으로 보급·설치하고 있는 차로이탈경고장치를 포함한 첨단안전장치에 대하여, 첨단안전장치의 단순한 설치·운영단계에서 벗어나 이제는 첨단안전장치의 모니터링 관제를 통한 교통안전 관리가 필요한 시점임을 본 기고에서는 검토하고자 한다.

표 1. 디지털운행기록장치를 통한 11대 위험운전행동 기준

구분	위험운전행동 판별기준		
	과속	과속	도로 제한속도보다 20km/h 초과 운행한 경우
과속 유형	과속	택시	도로 제한속도보다 20km/h 초과 운행한 경우
		버스	도로 제한속도보다 20km/h 초과 운행한 경우
		화물차	도로 제한속도보다 20km/h 초과 운행한 경우
	장기 과속	택시	도로제한속도보다 20km/h 초과해서 3분이상 운행한 경우
		버스	도로제한속도보다 20km/h 초과해서 3분이상 운행한 경우
		화물차	도로제한속도보다 20km/h 초과해서 3분이상 운행한 경우

구분	변경			
	구분	변경	변경	
급가속 유형	급가속	택시	10km/h 이하	6.0km/h이상 속도에서 초당 12km/h이상 가속 운행한 경우
			20km/h 이하	6.0km/h이상 속도에서 초당 10km/h이상 가속 운행한 경우
			20km/h 초과	6.0km/h이상 속도에서 초당 8km/h이상 가속 운행한 경우
		버스	10km/h 이하	6.0km/h이상 속도에서 초당 8km/h이상 가속 운행한 경우
			20km/h 이하	6.0km/h이상 속도에서 초당 7km/h이상 가속 운행한 경우
			20km/h 초과	6.0km/h이상 속도에서 초당 6km/h이상 가속 운행한 경우
	화물차	10km/h 이하	6.0km/h이상 속도에서 초당 7km/h이상 가속 운행한 경우	
		20km/h 이하	6.0km/h이상 속도에서 초당 6km/h이상 가속 운행한 경우	
		20km/h 초과	6.0km/h이상 속도에서 초당 5km/h이상 가속 운행한 경우	
급출발	택시	5.0km/h 이하 속도에서 출발하여 초당 10km/h이상 가속 운행한 경우		
	버스	5.0km/h 이하 속도에서 출발하여 초당 8km/h 이상 가속 운행한 경우		
	화물차	5.0km/h 이하 속도에서 출발하여 초당 6km/h 이상 가속 운행한 경우		
급감속 유형	급감속	택시	30km/h 이하	초당 14km/h이상 감속 운행하고 속도가 6.0km/h 이상 인 경우
			50km/h 이하	초당 15km/h이상 감속 운행하고 속도가 6.0km/h 이상 인 경우
			50km/h 초과	초당 15km/h이상 감속 운행하고 속도가 6.0km/h 이상 인 경우
		버스	30km/h 이하	초당 9km/h이상 감속 운행하고 속도가 6.0km/h 이상 인 경우
			50km/h 이하	초당 10km/h이상 감속 운행하고 속도가 6.0km/h 이상인 경우
			50km/h 초과	초당 12km/h이상 감속 운행하고 속도가 6.0km/h 이상인 경우
	화물차	초당 8km/h 이상 감속 운행하고 속도가 6.0km/h 이상인 경우		
	급정지	택시	초당 14km/h 이상 감속하여 속도가 5.0km/h 이하가 된 경우	
		버스	초당 9km/h 이상 감속하여 속도가 5.0km/h 이하가 된 경우	
화물차		초당 8km/h 이상 감속하여 속도가 5.0km/h 이하가 된 경우		
급차로 변경 유형 (초당 회전각)	급진로 변경	택시	속도가 30km/h 이상에서 진행 방향이 좌/우측 10°/sec 이상으로 차로 변경하고, 5초동안 누적각도가 ±2°/sec 이하, 가감속이 초당 ±2km/h 이하인 경우	
		버스	속도가 30km/h 이상에서 진행 방향이 좌/우측 8°/sec 이상으로 차로 변경하고, 5초동안 누적 각도가 ±2°/sec 이하, 가감속이 초당 ±2km/h 이하인 경우	
		화물차	속도가 30km/h 이상에서 진행 방향이 좌/우측 6°/sec 이상으로 차로 변경하고, 5초동안 누적각도가 ±2°/sec 이하, 가감속이 초당 ±2km/h 이하인 경우	
	급 앞지르기	택시	속도가 30km/h 이상에서 진행 방향이 좌/우측 10°/sec 이상으로 차로 변경하고, 5초동안 누적각도가 ±2°/sec 이하, 가속이 초당 3km/h 이상인 경우	
		버스	속도가 30km/h 이상에서 진행 방향이 좌/우측 8°/sec 이상으로 차로 변경하고, 5초동안 누적각도가 ±2°/sec 이하, 가속이 초당 3km/h 이상인 경우	
		화물차	속도가 30km/h 이상에서 진행 방향이 좌/우측 6°/sec 이상으로 차로 변경하고, 5초동안 누적각도가 ±2°/sec 이하, 가속이 초당 3km/h 이상인 경우	
급회전 유형 (누적 회전각)	급좌우회전 (60~160°)	택시	속도가 30km/h 이상이고, 2초안에 좌/우측(누적회전각이 60~160° 미만범위)로 급회전하는 경우	
		버스	속도가 25km/h 이상이고, 3초안에 좌/우측(누적회전각이 60~160° 미만범위)로 급회전하는 경우	
		화물차	속도가 20km/h 이상이고, 3초안에 좌/우측(누적회전각이 60~160° 미만범위)로 급회전하는 경우	
	급U턴 (160~180°)	택시	속도가 25km/h 이상이고, 4초안에 좌측또는우측 (160~180° 범위)으로 운행한 경우	
		버스	속도가 20km/h 이상이고, 6초안에 좌측또는우측 (160~180° 범위)으로 운행한 경우	
		화물차	속도가 15km/h 이상이고, 6초안에 좌측또는우측 (160~180° 범위)으로 운행한 경우	

주) 한국교통안전공단 내부자료

2. 전세버스 교통사고 발생통계

〈표 2〉와 〈표 3〉을 살펴보면, 전세버스 교통사고 발생건수가 2017년 1,053건에서 2019년 1,272건, 2020년 661건, 2021년 767건으로 최근 5년 사이에 약 27%가 감소하였으며 이에 따라 전세버스 교통사고 사망자도 지속적으로 감소하고 있다. 전체 교통사고 건수대비 전세버스 사고건수는 2017년 0.49%에서 2021년 0.38%로 감소하였고, 전세버스

교통사고 사망자 또한 2017년 32명(약 0.76% 차지)에서 2021년 17명(약 0.58% 차지)으로 감소하였다. 이는 교통사고감소를 위해 정부, 교통안전 유관기관을 중심으로 첨단안전장치 보급 등 다양한 교통안전 정책을 펼친 결과로 볼 수 있다. 최근 코로나 19로 인해 감소한 차량교통량이 다시 이전 수준으로 회복되고 있으며, 사회적 거리두기가 전면 해제되면서 전세버스에 대한 수요도 다시 증가하고 있는 실정이다.

〈표 2〉 교통사고 발생건수

구분		2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
발생건수 (건)	전체	216,335	217,148	229,600	209,654	203,130
	전세버스	1,053	1,151	1,272	661	767
비율(%)		0.49	0.53	0.55	0.32	0.38

〈표 3〉 사업용 자동차의 교통사고 사망자수

구분		2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	
사업용 자동차	화물차	241	207	177	176	205	
	버스	노선	147	115	90	68	63
		전세	32	26	21	23	17
	택시	187	187	152	100	91	
	렌터카	116	105	82	96	86	
	위험물운송	6	4	2	1	2	
	소계		729	644	524	464	464

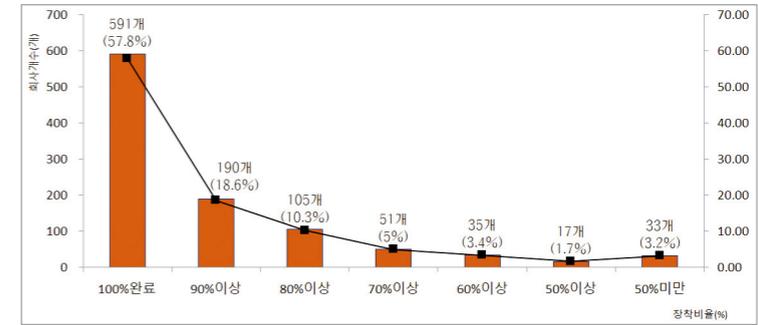
3. 전세버스 안전장치 운영현황과 문제점

3.1 차로이탈경고장치

2022년 6월말 기준으로 우리나라 전세버스 회사 총 1,561개 중 1,022개 전세버스 회사자료를 조사·분석한 결과, 보유하고 있는 대형차량 중 차로이탈 경고장치를 장착한 비율은 약 94.6%로 나타났다. 〈그림 3〉에서 보듯이 57.8%인 591개 회사가 모든

보유차량에 장착을 완료하였고 91.7%의 회사는 보유차량의 70% 이상 장착을 완료한 것으로 나타났다. 일부 지자체의 경우에는 장착율이 99%에 이르기도 하였으나, 장치 장착이후 전세버스 차량의 차량만료에 따른 전세버스 대차, 차량의 양도양수, 보조금 지급(2018~2019년, 총 15만대, 국비·지방비 보조)종료 등에 따른 변동이 발생된 것으로 보인다. 다만, 조사시점에 차로이탈경고장치가 부착되어 있

〈그림 3〉 전세버스 차로이탈경고장치 장착비율



주1) 한국교통안전공단 내부자료(2022. 6)

주2) 차로이탈경고장치가 장착되었으나 장착증빙을 확인할 수 없는 경우는 제외함

으나, 확인되지 못한 경우가 있어 실제 도로 상에서 운행되는 차량의 경우 장착비율은 더 높을 것으로 예상된다.

정부주도로 2017년부터 추진해온 차로이탈경고장치 보급·장착사업을 현 시점에서 살펴보면, 장착비율은 높고 단속도 진행 중이지만 그동안 장착율 증가에 따른 교통안전정책의 변화 없이 차량내부에 단독형(stand alone)으로 부착되다 보니 몇 가지 중요한 문제점들이 발생되고 있다.

예컨대 일부 운전자들은 운행의 편리함, 첨단안전장치의 경고음이 거슬린다는 이유로 해당 기능을 끄는 경우가 종종 발생(구형모델의 경우, 경고끄기 스위치 옵션 기능제공이나 전원공급 전선 빼기 등)하고, 운행 중 발생하는 차로이탈 경고에 대해 무시(소리경고 볼륨을 최소화하고 지속적인 경고에도 불구하고 경고가 울리는 상태로 일정시간 연속운행)하거나, 장치불법 해제·개조·조작을 통한 알림강제끄기 등이 발생되어 관리·관제가 어려운 실정이다. 현재는 경찰·자동차안전단속원·운행제한단속원의 단속과 자동차 종합검사, 지자체의 차량일제점검 시 장치의 설치여부와 설치상태를 검사하여 장치의 정상작동여부에 대한 확인이 가능한 실정이

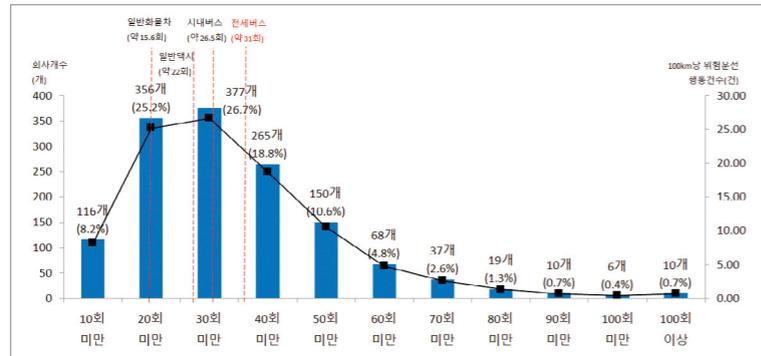
다. 이러한 상황에서도 지속적으로 차로이탈경고장치 보급·설치를 확대해 나가고 있는데, 이는 앞서 서론에서 살펴 본 바와 같이 이러한 첨단안전장치가 도로상의 교통안전을 확보하는 효과가 크기 때문이다.

3.2 디지털운행기록장치

2022년 상반기 기준으로 영업 중인 전세버스 회사 1,414개를 대상으로 디지털운행기록장치 운행자료를 분석한 결과는 〈그림 4〉에서 보듯이, 단위주행거리(100km)당 위험운전행동 발생건수는 약 31회로 나타났다. 이러한 수치는 일반화물차 약 15.6회, 개별화물차 약 23회, 시내버스 약 26.5회, 일반택시 약 22회, 개인택시 약 18.1회와 비교하여 100km 주행 당 약 4.5~15.4회 높은 수준이다.

전세버스 100km당 위험운전행동건수는 20회 이상 30회 미만에서 26.7%(377개 회사)로 가장 높았고, 10회 이상 20회 미만이 25.2%(356개 회사), 30회 이상 40회 미만이 18.8%(265개 회사) 순으로 나타나, 운전자와 탑승객을 위한 안전장치 장착에도 불구하고 교통사고로 이어질 수 있는 위험행위가 다소 상존하고 있다.

〈그림 4〉 전세버스 100km 주행당 위험운전행동 발생비율



주) 한국교통안전공단 내부자료(2022. 6)

디지털운행기록장치의 의무장착 대상차량은 교통안전법 제55조에 따라 버스·택시 등 여객자동차, 화물차(1톤 이하의 화물자동차·특수자동차 제외), 어린이 통학버사이며, 수집·저장자료의 의무제출은 노선이 정해진 버스(시내버스, 시외버스, 농어촌버스, 고속버스, 마을버스)로 정하고 있으나, 최근에 장착되는 디지털운행기록장치는 통신기능이 탑재되어 수집·저장자료가 실시간으로 자동 제출되고 있다. 차로이탈경고장치가 단독형(stand alone)으로 설치되고 운전자에게 경고하는 수준에 머무르는 것과 달리 디지털운행기록장치는 운행자료 데이터가 데이터베이스에 저장되어 차량 모니터링 및

운전자 관리가 가능하다. 이에 따라 전세버스 회사에서는 〈그림 5〉에서 보듯이 보유차량에 대한 운행속도 기반의 궤적분석, 위험운전 행동분석, 위험운전 다발지점 등을 모니터링하여 도로교통안전도를 향상시키고 있다.

4. 결론

가까운 미래에 첨단안전장치가 부착된 자동차뿐만 아니라, 자동차가 자율주행하는 모습을 도로에서 보게 될 것이다. 그러나 현 시점에서는 각종 첨단안전장치를 부착한 차량과 운전자를 관리하여 도로상

에서 발생할 수 있는 교통사고 위험을 최소화하는 기술이 요구된다.

전세버스의 경우, 디지털 운행기록장치는 운행자료의 데이터베이스(DB)화가 진행되어 관계·모니터링이 가능하지만 차로이탈경고장치는 단독형(stand alone)으로 설치되고 운전자에게 단순경고하는 수준에 머무르고 있는 실정이다. 그러나 자동차제조사에서 운영하는 차량관제센터의 경우, 자동차 운행자료의 데이터베이스(DB)화를 통해 주행상황을 모니터링·사고예방을 하고 있으며, 영상정보와 인공지능(AI)기술을 접목하여 예측하는 단계로 발전을 꾀하고 있다.

도로안전도 향상을 위해 전세버스를 포함한 모든 차량에 첨단 안전장치가 장착되도록 자동차제조사와 정부에서 지속적인 지원이 요구된다. 이와 함께 첨단 안전장치에서 실시간 운행정보 데이터를 수집하고 데이터베이스화하여 자동차 주행상황을 모니터링하고 분석·관리하는 방안이 필요하다.

〈그림 6〉에서 보듯이 향후 관제센터는 전세버스 등의 운행차량에 부착된 안전장치에서 운행정보를 수집·데이터베이스에 저장하고, 실시간으로 분석하여 차량·운전자를 관리하는 수준을 넘어서게 될 것

이다. 단기 미래의 주행상황을 예측할 뿐만 아니라 도로혼잡 개선과 도로교통안전도 향상을 위해 차량·운전자와 도로 안전시설물 등을 제어할 수 있는 수준으로 나아갈 것이다.

현 시점에서 이러한 목표를 달성하기 위해서는 대부분의 전세버스 등에 장착된 차로이탈경고장치도 단순히 장착하는 단계에서 더 나아가 디지털운행기록장치처럼 통신기능을 활용하여 운행정보를 수집하고 데이터 기반의 예측·제어를 통해 도로안전도를 향상시킬 필요가 있다. 🇰🇷

참고문헌

- 1) 김수열(2015), 사업용 자동차의 디지털운행기록장치 설치효과 분석 연구, 아주대학교 석사논문
- 2) 시내버스 디지털 운행기록장치 위험운전 개선효과, 경향신문 기사 (2018)
- 3) 이동현, 유수재, 박호철(2020), 정부 차로이탈경고장치 장착차량 교통안전 효과분석 연구, 한국교통안전공단
- 4) 주신혜, 오철, 이재완, & 이은덕(2012), "차선이탈 경고장치(LDWS) 사용자 만족도 평가연구"
- 5) Jessica B Cicchino(2018), "Effects of lane departure warning on police-reported crash rates", Journal of Safety Research Vol.66, 2018 Sep;66:61-70
- 6) The Boston Consulting Group(2016), "A roadmap to safer driving through advanced driver assistance systems", Auto Tech Review, 5(7), 20-25.

〈그림 5〉 전세버스 A사의 디지털운행기록 분석자료



주1) 좌 : 전세버스 차량별 운행속도·위험운전행동 지점 조화하면, 우 : 위험운전행동 다발지역 조화하면

주2) 한국교통안전공단 내부자료(2022.12)

〈그림 6〉 첨단 도로안전 관제센터 구축운영 방안 구상도

