

어린이 운송 차량의 안전사고 방지 방안에 관한 연구

이승재, 이승학, 이동현, 김태영, 한경우, 손기호, 정의영, 최승규
건양대학교 재난안전소방학과
e-mail : skchoi@konyang.ac.kr

A Study on Measures to Prevent Safety Accidents in Vehicles Transporting Children

Seung-Jae Lee, Seung-Hak Lee, Dong-Hyun Lee, Tae-Young Kim, Kyung-woo Han,
Ki-Ho Son, Ui-Yeong Jung, Seung-Kyou Choi
Dept. of Disaster Safety and Fire, Konyang University

요 약

최근 어린이를 대상으로 하는 운송 차량의 간힘 사고가 매년 빈번히 발생하고 있다. 이를 해결하기 위하여 여러 가지 방안들이 제시되고 있으나 동승자의 부주의와 사용방법 미숙지 등으로 인해 계속되고 있다. 이러한 사고를 방지하기 위해서 예산과 시간의 지속적인 투자가 필요하지만, 중소기업의 어린이집이나 유치원은 이러한 비용을 감당하기 힘든 경우가 많아 어려움을 겪고 있다. 이에 본 논문에서는 어린이 운송 차량 내 간힘 사고 예방을 위하여 출입문에 탑승과 하차를 구분하는 인원 계수 센서와 각 좌석마다 안전벨트 착용감지 센서를 설치하여, 명확히 탑승 인원을 파악함과 동시에 안전벨트 미착용 여부를 식별하여 운전자나 보호자가 인지하여 사고를 방지할 수 있는 시-청각 경보 방안을 제안한다. 제안한 경보방안의 유용성을 확인하기 위하여 시뮬레이터를 구현하고 시험한 결과, 운행 중 동승자에게 안전벨트 착용 여부가 확인되고, 운행이 종료되면 차량에 어린이가 남겨질 수 있는 사고 가능성을 차단함으로써 어린이 운송 차량의 안전사고 방지에 기여할 것으로 기대한다.

1. 서 론

어린이 교육 시설에 등록된 인원은 최근 학령인구 감소로 인해 어린이 안전사고는 줄어들 것이라 예상되지만, 오히려 어린이 안전사고는 증가하는 추세이다. 안전사고 중 차량 내 간힘 사고는 최근 3년간 4,370건이 발생하였으며, 감소하지 않아 문제가 제기되고 있다.

운송 차량 내 간힘 사고는 어린이에게 특히 더 위험한데, 여름철에 방치된 차량의 내부 온도는 방치된 시간이 길어질수록 점점 상승하게 되고 앞 좌석은 평균 50.6도, 내부 온도는 46.7도로 상승하게 된다. 이로 인하여 차량에 혼자 남겨진 아이의 체온은 39.1도까지 올라가 장시간 방치될 경우 사망으로 이어질 수 있다.[1] 이러한 사고의 주요 원인은 보호자가 최종적으로 차량 내부를 확인하지 않아 발생하며, 마지막 확인 후 문을 잠그는 것이 사고 예방을 위해 가장 바람직한 방법이지만, 차량 내부를 매번 확인하는 일의 중요성을 인지하지 못하거나, 안일하게 대처했을 경우 사고가 발생한다.[2,3,4]

이에 본 논문에서는 어린이 운송 차량 내 간힘 사고를 방지하기 위하여 출입문에 탑승과 하차를 구분하는 인원 계수 센서와 각 좌석마다 안전벨트 착용감지 센서를 설치하여 명확히 탑승 인원을 파악함과 동시에 안전벨트 미착용 여부를 식별하여 운전자나 보호자가 인지하여 사고를 방지할 수 있는 시-청각 경보 방안을 제안한다. 제안한 경보 방안의 유용성을 확인하기 위하여 시뮬레이터를 구현하고 시험하여 어린이 운송 차량의 안전사고 방지에 기여할 수 있음을 확인한다.

2. 어린이 운송 차량 안전사고 현황 및 특성 분석

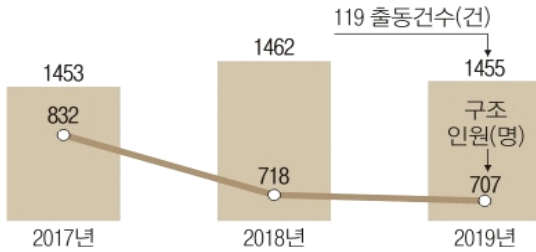
학령인구 감소로 인해 어린이의 수는 2018년 675,489명에서 2019년 633,465명, 2020년에는 612,201명으로 매년 급격히 감소하고 있지만, 경찰청에 신고 접수된 어린이 운송 차량의 수는 2018년 97,000대에서 2019년 110,000대로 증가하였다. 이러한 변화에도 2020년 코로나로 인하여 외부활동이 잦아들기

이전까지 어린이 안전사고의 비율은 표 1과 같이 오히려 증가하는 추세를 보이고 있다.[8,9,10]

[표 1] 최근 3년간 CISS에 접수된 어린이 안전사고 현황

항목 \ 년도	2018	2019	2020
전체 안전사고 건수	72,013	73,007	70,022
어린이 안전사고 건수	24,097	24,971	18,494
어린이 안전사고 비율	33.5%	34.2%	26.4%

교통사고뿐만 아니라 차량 내 갇힘 사고 또한 빈번하게 발생하고 있으며, 한국교통안전공단과 소방청의 통계자료에 따르면 차량 내 갇힘 사고는 그림 1과 같이 2017년에는 1,453건, 2018년은 1,462건, 2019년에는 1,455건으로 해마다 꾸준히 발생하고 있다. 특히 이 중 구조된 인원의 56.5%가 10세 이하 어린이로 나타났다.



[그림 1] 최근 3년간 차량 내 인명 갇힘 구조 현황

이를 방지하기 위하여 정부는 2019년 4월 동승자가 어린이의 하차 여부를 확인하는 것을 의무화 하였지만 차량 내 갇힘 사고 건수는 큰 차이를 보이지 않았다.

실제로 표 3과 같이 2018년 7월 동두천의 한 어린이집에서는 4세 김양이 32가 넘는 기온에서 7시간이 넘게 어린이집 차량 내부에 갇혀 사망한 상태로 발견되었다. 또한, 2019년 7월 24일 제주시에서는 2살 여자아이와 3살 남자아이가 같은 날 잇따라 갇히는 사고가 발생했고, 2022년 8월에는 천안에서 3세 어린이가 1시간 동안 차량에 방치되었다. 위와 같은 사고 모두 운전자나 보호자가 해당 사실을 인지하지 못하여 발생하였으며, 차량 갇힘 사고는 꾸준히 발생하고 있다.[6,7]

[표 3] 어린이 차량 갇힘 사고 사례

일자	사고 사례
2018.7	동두천의 한 어린이집에서 4세 김양이 7시간이 넘게 차량 내부에 갇혀 사망한 상태로 발견
2019.7	제주시에서 2살 여자아이와 3살 남자아이가 같은 날 잇따라 갇히는 사고 발생
2022.8	천안시에서 3세 어린이가 1시간 동안 차량에 방치 운전자나 동승자가 해당 사실을 인지하지 못함

이러한 사고의 증가는 사회에서 차량 갇힘 사고에 대한 방

지 대책이 부족하다는 것을 나타내며, 이에 따른 피해도 지속적으로 증가할 수 있다. 이에 본 논문에서는 상기와 같은 차량 내부 갇힘 사고를 예방을 위하여 어린이 운송 차량의 안전사고 방지 방안을 제안한다.

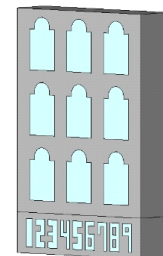
3. 어린이 운송 차량의 안전사고 방지 방안과 운용 알고리즘

어린이 운송 차량의 안전사고를 방지하기 위해서는 동승자가 차량 탑승 인원과 안전벨트 착용을 명확히 파악하는 것이 중요하다.



[그림 2] 인원 감지 센서의 설치 및 작동방법 표현도

어린이 운송 차량의 안전사고를 방지하기 위한 방안은 어린이의 평균 신장을 고려하여 그림 2와 같이 차량 출입문의 옆면 하단에 두 개의 인원 계수 감지 센서를 설치하여 탑승 인원과 이 인원이 하차 시에도 동일한지 확인한다. 차량 내부 출입문에 설치된 인원감지 센서는 외측 감지 면과 내측 감지 면 두 개로 나뉜다. 외측 면이 먼저 감지되고 내측 면이 감지되면 이 인원은 탑승하는 인원으로 인식하고, 내측 면이 먼저 감지되고 외측 면이 감지되면 이 인원은 하차하는 인원으로 인식한다.

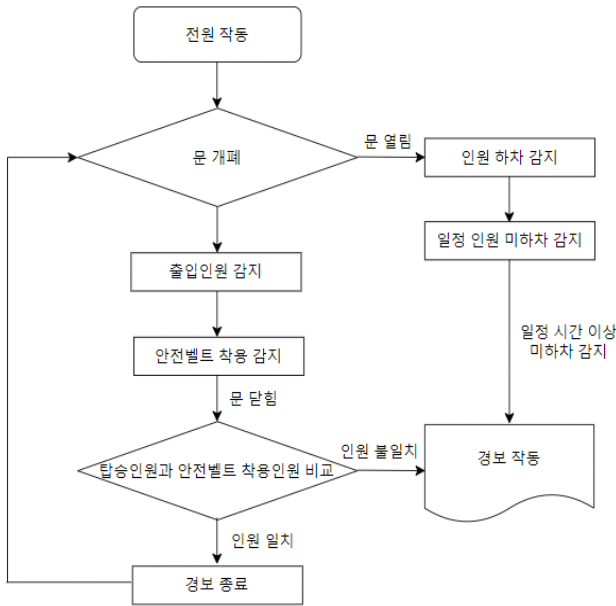


[그림 3] 인원감지 수와 안전벨트 착용 여부를 알려주는 시-청각 경보장치

또한, 출입문에 설치한 인원감지 센서가 차량에 탑승한 어린이를 감지하여 탑승한 인원이 그림 3과 같이

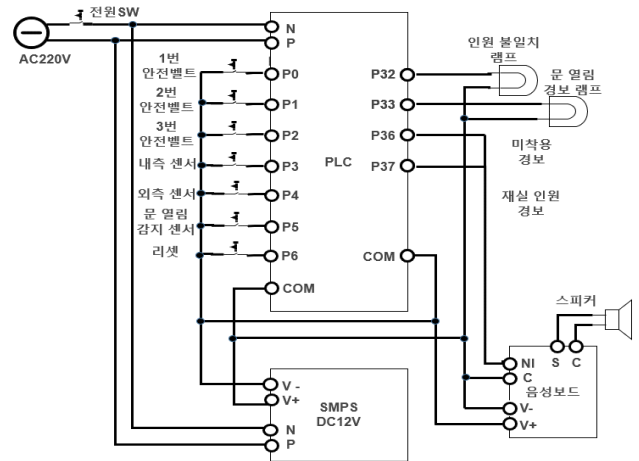
시-청각 경보장치 하단에 표시되는 숫자와 일치하는 지 보여준다. 이를 통해 차량에 탑승한 총인원과 그 탑승자들이 모두 안전벨트를 착용했는지 계속 확인하고 감시할 수 있다.

상기의 어린이 운송 차량의 안전사고 방지 방안의 운용 알고리즘을 그림 4와 같이 제시한다.



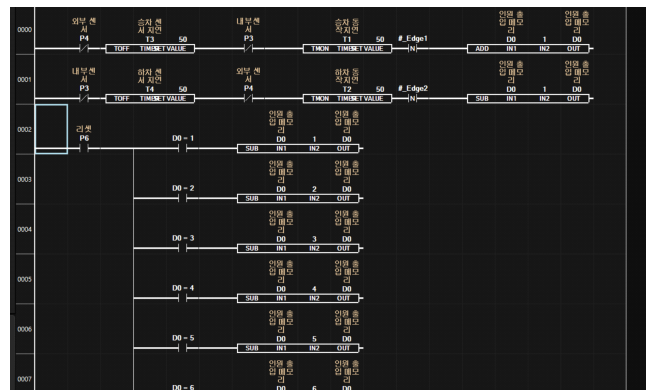
[그림 4] 안전사고 방지 시스템의 작동 흐름 알고리즘

더도를 제시한다. 제시한 회로 및 PLC 레더도의 P0, P1, P2는 안전벨트 감지 센서 입력으로 프로그램에 의해 인원 수에 맞게 계산되어 7 Segment에 출력된다. P3과 P4는 인원계수 감지센서 입력신호를 내부 메모리에 의하여 저장된 차량 탑승 인원과 안전벨트 착용 인원과 일치하지 않을 시 P32가 출력하며, 문 열림 감지 P0가 입력되면 P33이 문 열림 경보 램프가 출력된다. 또한, PLC 프로그램에 따라 문 열림이 감지되고 차량에 남아있는 인원이 0이 아닐 경우 P37이 출력되며, 문이 닫히고 탑승 인원과 안전벨트 착용 인원이 일치하지 않을 경우에는 P36이 출력되어 경보가 울리게 된다. P6는 초기화 버튼으로, 출입한 인원의 숫자를 0으로 표시한다.



[그림 5] 차량 안전사고 방지시스템 회로도

제시한 운용 알고리즘을 구체적으로 설명하면,
 [Step 1] 차량에 전원이 공급되면 시스템이 작동된다.
 [Step 2] 문 개폐를 인식한 후, 하차 인원과 승차 인원을 구별하여 감지한다.
 [Step 2-1] 문이 개방되었을 경우, 인원이 하차하여 재실 인원이 0까지 감소하지 않으면 지속적으로 재실 인원을 확인하라는 경보음이 울리게 된다.
 [Step 2-2] 문이 닫혔을 경우, 출입 인원과 안전벨트 착용 인원을 지속적으로 감지, 비교하여 일치하지 않을 경우에는 안전벨트 착용을 확인하라는 경보음이 작동하게 된다.
 제시한 어린이 운송 차량의 간힘 사고 방지 방안과 운용 알고리즘을 적용하면 안전사고 방지에 유용할 것으로 기대한다.



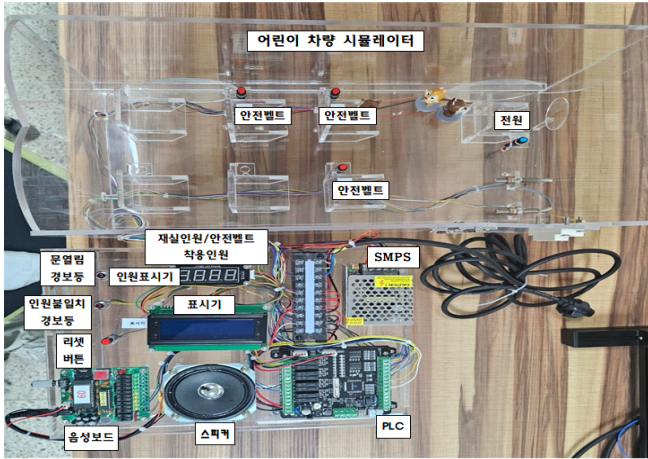
[그림 6] 차량 안전사고 방지시스템 PLC 레더도

4. 안전사고 방지를 위한 어린이 운송 차량 시뮬레이터 구현 및 시험결과 분석

어린이 운송 차량의 내부 간힘 사고를 방지하는 방안과 알고리즘의 유용성을 확인하기 위하여 그림 5와 그림 6과 같이 어린이 운송 차량의 안전사고 방지시스템 회로도 및 PLC 레

어린이 운송 차량의 내부 간힘 사고를 방지하는 방안과 알고리즘을 적용하여 그림 7과 같이 시뮬레이터를 구현하였다. 구현한 시뮬레이터를 이용하여 표 4와 같은 3가지 가정의 조건으로 시험하였다. 차량의 문이 열리고, 인원이 탑승 및 하차를 하는 경우의 가정 1의 시험에서 차량의 문이 열리게 되면 센서에 의해 문 열림 경보등이 작동하고, 이후 차량에 인원이 탑승하면 외측 센서가 먼저 감지된 후 내측 센서가 감지되면서 인원 표시기의 탑승 인원이 1만큼 증가하여 표시되었다.

반대로 인원이 하차하면 내측 센서가 먼저 감지된 후 외측 센서가 감지되면서 표시기의 탑승 인원수가 1만큼 감소하여 표시되었다.



[그림 7] 차량 시스템 시뮬레이터 구현

차량의 문이 닫히고, 탑승한 인원수와 안전벨트를 착용한 인원수가 일치하지 않을 경우의 가정 2 시험에서 차량의 문이 닫히고 탑승한 인원수와 안전벨트를 착용한 인원수가 일치하지 않을 경우, 인원표시기를 통해 재실 인원이 표시되는 숫자와 안전벨트를 착용한 인원의 숫자가 다르고, 음성 경고장치를 통해 “안전벨트 미착용이 감지되었습니다”라는 경보가 울려 운전자나 동승자에게 안전벨트 미착용을 인지하였음을 확인하였다.

탑승한 인원수와 하차한 인원수가 일치하지 않을 경우의 가정 3 시험에서 탑승한 인원수와 하차한 인원수가 일치하지 않을 경우, 제어판에 설치된 인원 불일치 경고등에 불이 켜지고 내부에 인원이 있는 상태에서 차량 문이 닫히게 되면 남아 있는 인원을 확인하라는 경보가 작동되었다.

[표 4] 어린이 운송 차량 안전사고 방지 시뮬레이터 시험 조건

가정	가정 내용
가정 1	차량의 문이 열리고, 인원이 탑승 및 하차를 하는 경우
가정 2	차량의 문이 닫히고, 탑승한 인원수와 안전벨트를 착용한 인원수가 일치하지 않을 경우
가정 3	탑승한 인원수와 하차한 인원수가 일치하지 않을 경우

상기 조건에 따라 구현한 시뮬레이터를 시험한 결과, 어린이 운송 차량의 간헐 사고 방지 방안의 유용함을 확인하였다.

5. 결 론

어린이를 대상으로 하는 운송 차량의 간헐 사고가 매년 빈번히 발생하고 있으며, 이를 해결하기 위하여 여러 가지 방안들이 제시되고 있으나 동승자의 부주의와 사용방법 미숙지 등으로 인해 계속되고 있다.

이에 본 논문에서는 어린이 운송 차량 내 간헐 사고 예방을 위하여 출입문에 탑승과 하차를 구분하는 인원 계수 센서와 각 좌석마다 안전벨트 착용감지 센서를 설치하여, 명확히 탑승 인원을 파악함과 동시에 안전벨트 미착용 여부를 식별하여 운전자나 보호자가 인지하여 사고를 방지할 수 있는 시·청각 경보 방안을 제안한다. 제안한 경보방안의 유용성을 확인하기 위하여 시뮬레이터를 구현하고 시험한 결과, 운행 중 동승자에게 안전벨트 착용 여부가 확인되고, 운행이 종료되면 차량에 어린이가 남겨질 수 있는 사고 가능성을 차단함으로써 어린이 운송 차량의 안전사고 방지에 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업 (LINC 3.0)의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] 송유, “폭염 속 버스에서 어린이아이 또 숨져...반복되는 간헐 사고, 해결책은 없나?”, SBS뉴스, 2018.07
- [2] 박하나, “동두천 어린이집 차량사고, 단 8명 파악 못해 일어난 참극 “째통車 견디지 못하고 결국...”, 2018
- [3] 전라북도 고창교육지원청, 어린이 통학차량 안전사고 방지 대책, 2016.09
- [4] 이다은, “안전벨·동승보호자 있었는데... 3세아이 통학버스에 한시간 갇혀”, 대진일보, 2022.08
- [5] 한국지역정보개발원, 어린이집 통학차량 간헐 사고 막는 다!, 지역정보화 학술지, , 2019.03, 115권 pp.6-9
- [6] 이재범, “안전벨트 소용없었다.....천안서 폭염속 통학차 간헐사고”, 충청투데이, 2022.08
- [7] 하중훈, “여름철 실외주차 4시간 만에 92도 상승.....조수석 창문 열고 운전석 문 여닫아야”, 서울신문, 2020.08
- [8] 경찰청, 전국셔틀버스노동조합 정보공개요청, 2018.02
- [9] 김지연, 2021년 어린이 안전사고 동향 분석, 한국소비자원, 2021
- [10] 남궁양숙, 2021년 교육기본통계 주요 내용, 교육부, 2021