

긴급차량 출동시 장애인 안전을 위한 교차로 신호 제어 및 경보 방안에 관한 연구

정중운*, 이현준*, 이재혁*, 이서현*, 박민재*, 최승규*

*건양대학교 재난안전소방학과

e-mail : skchoi@konyang.ac.kr

Intersection Signal Control and Warning Strategies for the Safety of Persons with Disabilities During Emergency Vehicle Operations

Jong-Un Jeong*, Hyun-Jun Lee*, Jae-Hyeok Lee*, Seo-Hyun Lee*,
Min-Jae Park* Seung-Kyou Choi*

*Department of Disaster Safety & Fire fighting, Konyang University

요약

최근의 도심 교통환경은 고령화 사회 진입에 따라 교통약자 인구가 급증하고 있으며, 2024년 말 기준 전체 인구의 약 31.5%가 이동에 제약을 받는 교통약자로 분류되고 있다. 우리나라는 도심 내 교차로 밀집도가 높아 긴급차량이 출동 시 사고 위험에 취약하다. 실제 소방자동차 교통사고의 약 59%가 교차로 및 그 부근에서 발생하여 보행자의 안전을 위협하고 있다. 긴급차량의 골든타임 확보를 위한 우선신호 시스템 (EVPS)은 운영되고 있으나, 사이렌 인지가 어려운 청각 장애인이나 기존 음향 신호에만 의존하는 시각장애인 등을 포함한 교통약자 계층에 대한 고려는 부족한 상황이다. 이에 본 논문에서는 GPS를 이용한 실시간 위치 관제와 교차로 내 보행자 감지 센서를 연계하여, 교통약자를 보호할 수 있는 경보 방안을 제안한다. 제안한 방안은 LED 전광판과 기존 음향신호기에 음성 안내를 추가하여 통합경고를 제공하고, 만일 보행중인 경우 이에 맞게 신호를 연장함으로써 보행자의 안전한 이탈을 유도하여 교통약자의 정보전달의 한계로 인한 보행 중 사고를 줄이고, 사고로 인한 긴급차량의 지연도 예방할 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

현대 도시 교통 환경에서 교차로는 차량과 보행자가 동시에 이용하는 공간으로, 교통사고가 빈번하게 발생하는 주요 위험 구간이다. 특히 소방차와 구급차와 같은 긴급차량이 출동하는 상황에서는 일반 차량뿐만 아니라 보행자의 안전 확보 또한 매우 중요한 요소로 작용한다. 긴급차량은 골든타임 확보를 위해 신속한 이동이 요구되지만, 교차로에서의 신호 대기나 보행자 통행으로 인한 이동이 지연되는 경우가 발생한다.

현재 일부 교차로에서는 긴급차량의 신속한 통과를 위해 차량 신호를 제어하는 긴급차량 우선신호시스템 (EVPS : Emergency Vehicle Preemption System)이 적용되고 있다. 이 시스템은 긴급차량이 접근할 경우 차량 신호를 제어하여 교차로 통과 시간을 단축시키는 기술이다.

그러나 이러한 기술은 대부분 차량 중심의 신호 제어에 초점이 맞춰져 있으며, 교통약자에 대한 고려는 상대적으로 부족

하다. 특히 이들 교통약자 중 장애인 인구는 약 263만 명으로 전체 교통약자의 16.4%를 차지하며, 이 중 시각장애인 약 25만 명과 청각장애인 약 43만 명은 돌발적인 교통 상황에서 정보 소외로 인한 사고 위험에 가장 심각하게 노출되어 있다.[1]

시각장애인의 경우 기존 음향 신호기를 통해 보행 신호를 인지하지만 긴급차량 접근 상황에 대한 별도의 안내가 제공되지 않으며, 청각장애인의 경우 긴급차량 사이렌이나 음성 안내를 인지하기 어려운 문제가 있다. 이러한 상황은 긴급차량의 통행지연뿐만 아니라 보행자의 안전에도 위험 요소로 작용할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 교차로 환경에서 긴급차량 출동 시 차량 신호 제어 기술과 더불어 보행자 신호 시스템을 연계한 통합 안전 시스템을 제안하고자 한다.

2. 긴급차량 출동시 교차로에서의 장애인 안전사고 사례 분석

우리나라의 교통약자 인구는 매년 증가하고 있으며, 국가데이터처의 현황자료에 따르면 [표1]과 같다.

[표 1] 교통약자 현황 (단위: 만, 명)

구분	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
교통약자	1,540	1,550	1,568	1,586	1,612
장애인	2,633	2,644	2,648	2,641	2,631
고령장애인	1,314	1,357	1,397	1,425	1,455
합계	1,934	1,951	1,973	1,993	2,021

상기의 표와 같이 2020년 우리나라 전체 인구의 29.7%를 차지하는 교통약자의 수는 매년 지속적으로 증가하여 2024년 말 기준 총 인구 5,122만 명 중 1,613만 명으로 인구의 31.5%를 차지하고 있다. 특히 장애인 인구 263만명 중 65세 이상의 고령장애인이 약 146만 명으로 55% 이상의 비율을 차지하고 있으며, 4년 사이 약 11% 증가해 가장 가파른 상승세를 보이고 있다.[2] 또한 국토교통부의 교통약자 이동 편의 실태조사 연구 최종 보고서에 따르면 향후 5년 후 2028년까지 교통약자는 2.11%, 고령자는 연평균 4.92%, 장애인은 2.18%의 추가 증가할 것으로 전망된다.[3] 이러한 인구 구조 변화와 함께 긴급차량의 사고 또한 증가하고 있다. 소방청 자료 분석 결과 2020년 기준 소방차의 교통사고 건수는 151건, 부상자 수는 129명이었으나 2022년도에는 231건, 부상자 수는 209명으로 증가한 추세를 보였다.[4]

[표2]와 같이 소방차 전체교통사고 546건 중 교차로 내 및 부근에서 321건이 발생하여 전체의 59%를 차지하는 것을 볼 수 있다.[4]

이는 사고 발생률이 높은 교차로 신호를 제어하여 긴급차량이 안전하게 우선 통행할 수 있도록 하는 필요성을 시사한다.

[표 2] 소방자동차의 교통사고 발생 도로유형 현황

구분	합계	2020년	2021년	2022년
합계	546	139	203	204
도로	179	36	67	76
교차로 내	219	63	79	77
교차로 부근	102	23	34	45
횡단보도 내	8	2	4	2
횡단보도 부근	38	15	19	4

소방자동차의 교통사고 유형을 살펴보면 아래 표 3과같이, 차와 차끼리의 사고유형이 147.4건으로 86.3%로서 가장 비율이 높았고, 보행자 사고는 8.2건으로 4.8%를 차지하고 있

다.[5]

2023년 천안시 불당동 교차로에서 발생한 구급차 교통사고는 편도 5~6차선 도로로 직진 주행하던 승용차가 1·2차선에 멈춰 선 차량을 좌회전 신호대기 차량으로 인식해 멈추지 않고 그대로 직진하였고, 신호를 위반하고 직진하던 구급차와 충돌하여 1명이 사망하고 6명이 크게 다치는 사고사태가 있다.[4] 또한 2025년 서울 송파구에서 현장 출동 후 복귀하던 소방자동차에 보행중이던 80대 남성이 차에 치여 사망하는 사고가 있었다.[6]

[표 3] 소방자동차의 교통사고 유형

구분	건수	비율	2020년	2021년
합계	170.8	100%	148	218
차대차	147.4	86.3%	126	187
단독사고	8.4	4.9%	63	79
보행자사고	8.2	4.8%	23	34
기타	6.8	4.0%	2	4

아래의 표와 같이 2020년부터 2024년까지 5년간 발생한 노인 보행사고는 총 52,289건으로 집계되었으며, 이로 인해 2,953명이 사망하고 50,062명의 부상자가 발생했다. 특히 교통약자의 대다수를 차지하는 노인의 보행사고는 2020년 이후 연평균 약 3.8%씩 증가하고 있으며, 2024년 사망자 수는 전년 대비 12% 증가했다.[7]

[표 4] 보행노인의 교통사고

년도	사고(건)	사망(명)	부상(명)
2020년	9,739	628	9,233
2021년	9,893	601	9,423
2022년	10,435	558	10,016
2023년	10,921	550	10,529
2024년	11,301	616	10,861
합계	52,289	2,953	50,062

위와 같이 현재 교통사고 분석 시스템 TAAS 등에서 고령 보행자에 대한 상세 통계는 체계적으로 관리되고 있지만, 장애인 보행사고에 대한 전수조사나 실시간 통계는 상대적으로 미비하다.

장애인 보행사고에 대한 별도의 통계 자료가 부족한 상황에서, 노인 보행사고 자료는 장애인 보행 환경의 위험성을 간접적으로 입증하는 지표가 된다. 또한, 시각장애인의 장애 발생 원인 전체의 75.9%는 후천적 요인이며, 주로 50세 이상의 노년층에서 발병해 실제 장애인의 연령은 50대 이상에 주로 분

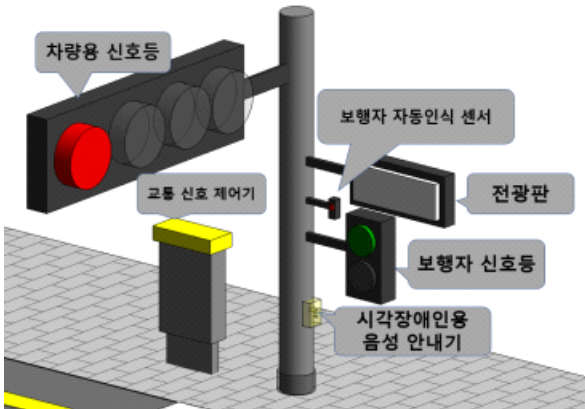
포되어있는 것을 볼 수 있다. 이러한 사실은 고령층과 장애인 계층의 밀접한 관련성을 암시한다.[8]

이러한 점들과 고령장애인의 비율, 보행노인 사고 통계에 비추어 보았을때, 장애인 또한 보행사고와 이로 인한 사망률, 부상률이 높을 것이라 보여진다.

이에 본 논문은 긴급차량 출동 시 장애인 안전을 위한 교차로 신호를 제어하고 경보하는 방안과 알고리즘을 제안한다.

3. 긴급차량 출동 시 장애인 안전을 위한 교차로 신호 제어 및 경보 방안과 알고리즘

본 논문에서 제안하는 긴급차량 출동 시 교통 약자 안전 확보를 위한 교차로 제어 시스템의 구성은 그림 1과 같다.



[그림 1] 교차로 신호 제어 시스템 구성도

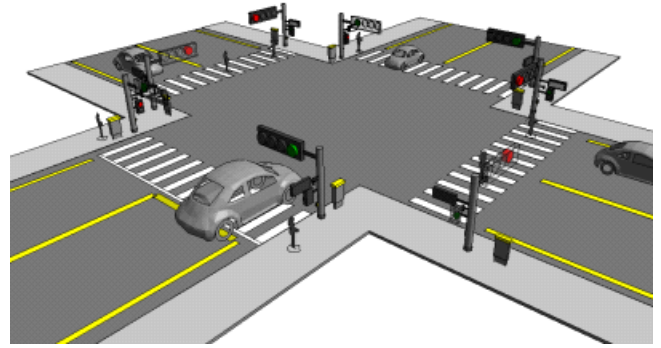
기존 교통 인프라를 기반으로 시·청각 장애인에게 효과적인 정보를 전달하기 위해 다음과 같은 세부 장치가 통합된다.

그림 1의 시각 경보 전광판은 평상시에는 대기 상태를 유지하다가, 긴급차량 우선 신호 시스템 작동 시 긴급차량 접근 중, 횡단 금지 같은 문구를 표출한다. 이는 청각장애인에게 직관적인 시각적 위험 신호를 제공한다.

기존의 시각장애인용 음성 안내기를 활용하여 긴급차량 출동 중입니다 안전을 위해 진입하지 마세요 와 같은 상황 정보를 송출함으로써 시각 장애인에게 위험 신호를 제공한다.

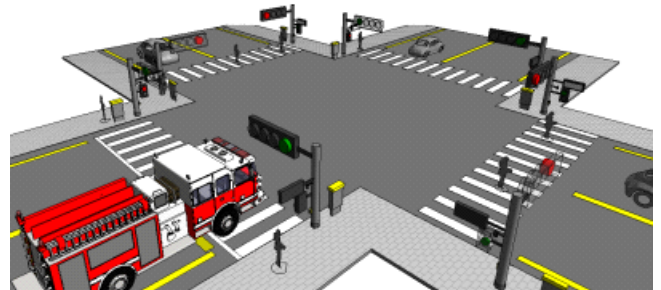
또한 보행자 자동인식 센서를 활용해 횡단보도 내 잔류 보행자를 실시간 감지한다. 긴급차량 우선 신호 활성화 시 즉각적인 신호 전환 대신 안전을 위해 우선으로 보행자의 잔류 여부를 판단하여 보행 신호를 유연하게 연장한다.

긴급차량 우선 신호가 비활성화된 평상시의 교차로 운영 상황을 시각화한 것이 그림 2이다. 시스템은 기존 교통 신호 체계를 유지하며, 각 보조 장치들은 대기 상태를 유지하여 차량과 보행자의 정상적인 통행을 지원한다.



[그림 2] 평시 교차로 운영 상황

그림 3은 긴급차량 접근 시의 상황을 시각화한 것이다. 긴급차량 접근 상황정보를 받고, 전광판의 경고 문구 표출과 음성 안내기의 긴급 메시지 송출이 동시에 이루어지며, 횡단보도의 보행자 유무를 센서가 감지하여 상황에 맞는 신호를 제어를 하고, 긴급차량의 출동 방향의 차량 신호를 녹색으로 전환하여 신속한 통행과 장애인의 횡단보도 내 고립 사고를 방지하고 보행자의 안전한 통행을 보장한다.



[그림 3] 긴급차량 접근 시 대응 상황

상기에서 제안한 긴급차량 출동시 장애인 안전을 위한 교차로 신호제어 및 경보 알고리즘은 그림 4와 같다.

제안한 긴급차량 접근 시 방안의 알고리즘을 구체적으로 설명하면,

[Step 1] 차량 내 단말기가 켜지며 GPS 작동.

1. 중앙제어방식일때 ->차치단체 교통정보센터에 긴급차량 위치, 출동경로 전달 및 우선신호 요청 -> 교통정보센터에서 교통신호제어기에 긴급차량 접근 정보 전달
2. 현장제어방식일때 -> 긴급차량 접근하면 교차로 내 설치되어있는 통신장치(RSE)에서 이를 감지하고 교통신호제어기로 긴급차량 접근 정보 전달.

[Step 2] 긴급차량 접근 정보를 출력하여 상황을 알리고, 전

광판과 음성안내기를 활성화하여 통합 경고 가동한다.

- [Step 3] 긴급차량이 감지되면 교차로 내 설치된 CCTV 및 센서 기반 보행자 감지 시스템을 즉시 활성화 한다.
- [Step 4] 횡단보도 내부에 머물러 있거나 진입하려는 보행자가 있는지의 여부를 분석한다.
- [Step 5] 보행자가 감지될 경우 보행자가 횡단보도를 완전히 벗어날 수 있도록 보행 신호를 연장하고 깜빡이는 신호를 보내 안전구역으로의 이탈을 유도한다.
- [Step 6] 보행자가 도로를 완전히 벗어났는지 센서를 통해 반복 체크하며 최종 상태를 판단한다.
- [Step 7] 보행자 이탈 확인 후 교통신호제어기에서 보행 신호를 적색으로 전환하고, 긴급차량이 안전하게 교차로와 도로를 통과하도록 지원한 뒤 종료한다.

특히 소방자동차 교통사고의 약 59%가 교차로 및 그 부근에서 집중적으로 발생하고 있으나, 기존의 긴급차량 우선신호시스템(EVPS)은 차량 중심의 제어에 치중되어 있어 시·청각 장애인 등 교통약자의 계층을 보호하기 위한 안내는 미비하다.

이에, 본 논문에서는 GPS를 이용한 실시간 위치 관제와 교차로 내 보행자 감지 센서를 연계하여 긴급차량의 기동성 확보와 교통약자의 보행 안전을 보호할 수 있는 경보 방안을 제안한다. 제안한 방안을 긴급차량 접근정보를 받을 시 횡단보도 신호등과 연동한 LED 전광판과 기존 스피커에 안내음을 추가한 음성신호기를 통하여 교통약자들에게 입체적인 위험 경보를 제공해 안전한 이탈을 운용할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 작품은 대학간 경계를 허무는 충청남도 지역혁신 중심 대학지원체계(RISE) 지원을 통해 나온 연구 결과입니다.

참고문헌

- [1] 보건복지부 2024년도 등록장애인 현황통계
- [2] 지표누리, 교통약자 현황
- [3] 한국도로교통공단, 교통약자 이동 편의 실태조사 최종보고서
- [4] 소방청 보도자료, 「소방차 교통사고 절반이상 이 교차로서... 소방청, 국민 협조 당부 , 2023년 11월 13일
- [5] 소방청, 소방차 교통사고 통계, 2022.08.29
- [6] 연합뉴스 TV, 2025-04-24, 복귀하던 소방차에 보행자 치여...80대 추정 남성 사망
- [7] 한국도로교통공단 교통사고분석시스템
- [8] 김민서, 최영은, 김재연. (2022). 저시력 시각장애인의 이동권 문제: 독립보행 욕구를 충족시킬 수 없는 도보편의시설 문제를 중심으로. 장애의 재해석, 3(1), 353-382.
- [9] 소방청 보도자료, 긴급차량 우선신호시스템 설치 확대, 2023.12.27



[그림 4] 긴급차량 접근 시

상기와 같은 방안과 알고리즘을 적용하면 긴급차량 출동시 장애인 안전을 위한 교차로 신호 제어 및 경보시스템이 유용하게 적용된다.

4. 결 론

최근의 도심 내 교통환경은 고령화 사회의 가속화에 따라 교통약자의 인구가 급증하고 있으며, 2024년 기준 전체 인구의 31.5%가 이동에 제약을 받는 교통약자로 분류되고 있다.