

## 교통공학 관점에서 트램 신호교차로 운영 방안 토의

### Discussion on Tram Operations at Signalized Intersection from a Traffic Engineering Perspective

박영균\*, 김진태\*†

YoungGyun Park\*, JinTae Kim\*†

**초록** 우리나라 지방자치단체는 트램 도입을 추진 중이나 교통공학 측면 운영 방안에 대한 준비가 부족하다. 특히 교차로에서 트램과 일반 차량의 복합 신호 운영으로 인해 교통류 안전성에 대한 우려가 존재한다. 트램이 주행하는 차로(중앙차로 또는 가로변 차로)별 서로 다른 접근 방식에 대한 고민이 필요하다. 가로변 차로 주행 트램의 경우 우회전 차량과 상충하며, 이를 극복하기 위한 신호운영 대안별 장단점을 토의한다. 서로 다른 황색시간(차량 3~4초, 트램 12~13초)이 동일 접근로에서 동시 표출되는 경우 딜레마존 안전 위협 상황이 증가된다. 본 논문으로 향후 트램 현장 도입 시 선행되어야 하는 다양한 고민에 대한 토의가 시작되기를 희망한다.

**주요어** : 트램, 신호 운영, 황색 신호, 신호교차로, 딜레마존

#### 1. 서 론

우리나라 지방자치단체는 친환경 교통수단 확대 및 도시교통 문제 해결을 위한 대안으로 트램 도입을 추진하고 있다. 지방자치단체에서 준비하는 내용은 주로 트램 도입을 위한 노력에 한정된다. 도입 이후 신호교차로 운영 단계에서의 고민은 가시적이지 않다. 실제로 트램이 운행될 경우, 트램과 일반 차량이 함께 교차로를 통과하는 상황이 발생한다. 이때 교통신호가 녹색에서 적색으로 전환하는 상황에 트램과 일반 차량 간 안전 문제가 우려된다. 트램 차량은 일반 차량과 차량 길이, 제동 거리 등의 특성이 다르므로, 일반 차량을 토대로 설계된 기준 신호교차로 운영 기준을 현장에 그대로 적용하는 것에 한계가 있다.

본 논문은 트램 도입 시 교차로 신호 운영

에서 발생할 수 있는 일부 문제점을 점검한다. 예상되는 문제에 대응하는 신호교차로 운영 대안별 장단점에 대한 지속적인 토의가 이루어지기를 희망한다.

#### 2. 본 론

트램이 도입된 간선도로 신호교차로의 경우 일반 차량 신호등과 트램 신호등이 동일한 방향으로 설치된다. 일반 차량 운전자는 기존의 교통 신호등과 트램 신호등을 동시에 마주하게 된다. 운전자들이 동기화되지 않은 두 가지 종류 교통신호를 동시에 마주치는 상황으로, 신호교차로 교통안전에 위협을 주는 문제가 발생할 수도 있다.

##### 2.1 ‘황색 등화’ 상황에서의 딜레마존 문제

일반적으로 황색 신호는 신호 변경을 예고하여 운전자가 정지선에서 정지할지 교차로를 통과할지를 판단하는 중요한 역할을 한다. 교차로에서 신호 전환 시 안전한 정지 또는 통과를 보장하기 위해서는 적정한 길이의 황

\* 교신저자: 국립한국교통대학교 교통대학원  
교통시스템공학과 (jtkim@ut.ac.kr)

† 국립한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공  
학과

색 신호 시간 제공이 필요하다.

일반 차량이 적절한 속도로 주행하는 경우 필요한 황색 신호 시간은 보통 3~4초이다. 이 시간은 차량의 평균 주행속도, 운전자의 인지 반응 시간, 차량 길이, 제동 능력 등을 고려하여 결정한다. 그러나 트램의 경우 일반 차량과 차량 길이, 제동 거리, 운행 특성이 다르므로 일반 차량과 동일한 황색 신호 시간을 적용하는 것은 적절하지 않다.

선행 연구에 따르면, 트램 안전 확보에 필요한 황색 신호 시간은 12초 수준이라 보고된다. 황색 신호 시간이 12초 정도 등화 되면 일반 차량 운전자들이 위험할 수 있다. 일반 차량 운전자는 기존 경험에 따라 3~4초 후 신호가 바뀔 것으로 기대하나, 트램 신호 운영으로 인해 황색 신호가 길어지는 경우, 일반 운전자들의 신호교차로 딜레이마존이 함께 증가한다. 여기서 딜레이마존은 황색 신호에 교차로를 통과할지 정지선에 정지할지 판단이 어려워지는 상황이다. 이는 급제동 및 후방 추돌 사고의 위험을 증가시킨다.

트램과 일반 차량의 신호 운영시간 차이로 인한 안전 문제를 극복하는 방법들이 고민되고 있다. 첫 번째로, 트램 검지 시스템을 통해 트램의 교차로 접근 여부에 따라 황색 신호 시간 길이를 동적으로 조정하는 방법이다. 이 방법의 경우 불필요한 교차로 신호 대기를 감소시킬 수 있다. 하지만 복잡해지는 신호 체계로 인한 일반 차량 운전자 혼란을 원천적으로 극복하기는 어렵다.

두 번째로, 트램과 일반 차량의 현시 신호를 분리하여 독립적으로 처리하는 방식이 있다. 해당 방법의 경우 황색 신호 길이 차이로 인한 문제는 공학적으로 처리 가능하다고 생각할 수 있으나, 표출되는 현시 조합이 복잡하여 일반 차량 신호 준수율(Compliance) 감소 발생의 부정적 우려도 있다.

## 2.2 가로변 차로 주행 시 우회전 문제

우리나라 도로교통법은 신호교차로 적색 신호 시 우회전이 가능하다. 트램이 도로 중앙이 아닌 가로변 차로에서 운행하는 경우, 교차로에서 트램과 우회전 차량의 상충 문제가 존재한다. 신호교차로에서 트램과 우회전 차

량 중 누구를 먼저 보내느냐에 따라 신호교차로 운영 효율성이 달라질 수 있다.

첫 번째로, 트램을 먼저 보내고 우회전 차량을 보내는 방식의 경우이다. 이 경우 트램은 불필요한 정차 없이 신속 운행이 가능하여 정시성 보장에 유리하다. 하지만 트램이 교차로를 통과하는 동안 우회전 차량이 접근로에 대기해야 하므로, 직진 교통량을 방해한다. 출퇴근 시간대 우회전 교통량이 많은 경우 도로망 교통관리 측면에서 불리하다. 또한, 일반 운전자들의 운전 습성으로 인해 해당 교차로에서 조심하지 않고 다른 교차로에서처럼 우회전하는 경우 트램과 상충하여 교통사고가 발생할 수 있는 안전 문제가 존재한다.

두 번째로, 트램을 정지시키고 우회전 차량을 먼저 보내는 방식이다. 이 경우에는 트램이 대기하는 동안 우회전 차량이 교차로를 통과할 수 있어 우회전 차로의 정체 및 직진 움직임 간섭이 감소한다. 일반 차량 운전자 관점에서 우회전 차량이 먼저 이동하는 것이 일반적인 운전 경험과 일치하므로, 운전자가 신호 변화를 예측하기 쉬워 교통사고 위험을 줄일 수 있다. 하지만 트램이 교차로에 접근할 때마다 정지해야 하므로, 정시성이 저하될 수 있고, 대중교통 이용의 편의성이 저하될 수 있다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 트램 도입 후 운영 부문에서 발생할 수 있는 몇 가지 문제에 대해 고찰하고, 이를 극복할 수 있는 대안들에 대한 장단점을 비교하였다. 예상치 못하는 상황이 다양하게 발생할 수 있고, 어떠한 운영 방법이 효율적인지 답을 낼 수는 없다. 본 논문을 통해 향후 트램 도입 시 효율적인 신호 운영 방안을 마련하기 위한 토의가 활발히 진행되기를 바란다.

## 참고문헌

- [1] J.H. Jo, J.T. Kim (2024) Evaluation of tram operation method at signalized intersections on

urban highways, *International Journal of Highway Engineering*, 26(6), pp. 291-300.

- [2] K.B. Jung (2016) Study on Traffic Signal Warrant for Exclusive Right Turns on Highway Corridors with a Right-Most Tram Lane, PhD Thesis, Yonsei University, South Korea.