

미시적 교통시뮬레이션을 활용한 도로교통안전성 평가

Evaluation of Road and Traffic Safety Using Microscopic Traffic Simulation



주신혜

서론

과거 운송수단에 불과했던 차량은 대량생산이 가능해지며 오늘날 생활 속에서 친숙한 교통수단으로 자리하였다. 그에 따라 교통공학, 교통계획, 시설설계, 교통 정책 및 경제등 교통관련 연구가 지속되어 왔다. 또한 최근 C-ITS등 차량 및 인프라 융·복합 첨단기술 접목에 따른 다양한 연구 및 개발이 수행되고 있다. 과거 성장을 주목적으로 하던 시대에 교통의 패러다임이 차량 이동성에 초점을 맞추었다면 근래 각국에서는 다양한 기술을 접목하여 교통안전 및 교통환경을 향상시키기 위한 노력을 하고 있다. 그러나 다양한 기술적이나 제도적 노력에도 불구하고 교통사고의 감소는 둔화되고 있는 실정이다.

교통안전은 운전자 인적요인, 차량요인, 교통상황, 도로환경조건, 기상요인등 다양한 도로교통시

스템 구성요소들의 상호관계 속에서 정의될 수 있다. 어느 한 요인에서 문제가 발생 할 경우 상호 연관되어 교통안전에 위해가 되며, 교통사고로 이어지게 된다. 따라서 이러한 교통사고 발생 메커니즘의 이해를 통해 교통사고 감소 및 교통사고심각도 저감을 위한 방안을 모색해야 한다.

교통안전 평가를 위한 연구에서 많이 사용되는 방안은 교통사고 건수 및 심각도등을 이용하여 개선안 적용 전과 후를 비교하는 사후평가 방법을 많이 사용하고 있다. 그러나 교통사고는 드물고(Rare) 무작위(Random)한 사건으로 교통사고분석을 위해서는 장시간의 자료수집이 필요하며, 광범위한 분석이 수행되어야 한다. 이와 같이 도로상에서 발생하는 실제 사고자료를 통한 안전성평가의 한계를 극복하기 위해 미시적 교통시뮬레이션을 통해 수집된 차량의 주행궤적 자료를 분석하여 안전성을 평가하는 대체안전평가지표(Surrogate safety measure)가

대두되고 있다. 미시적 시뮬레이션을 이용한 대체 안전평가지표는 현재 설계 및 건설되고 있거나 운영 중인 도로시설에서 안전성을 평가하기 위해 충분한 실제 사고자료 마련이 불가능한 경우, 이를 대신할 척도로서 교통상충이론을 접목하여 안전성 평가에 기여하고 있다.

본 기사에서는 도로교통 안전성을 평가하기 위한 분석방법으로 미시적 교통시뮬레이션을 활용한 방법론과 적용사례를 소개하고자 한다.

미시적 교통시뮬레이션

시뮬레이션은 사전적 의미로는 복잡한 문제나 사회현상 따위를 해석하고 해결하기 위하여 실제와 비슷한 모형을 만들어 모의적으로 실험하여 그 특성을 파악하는 것을 의미한다. 즉 어떠한 현상이나 사건을 컴퓨터로 모형화하여 가상으로 수행시켜 봄으로써 실제 상황에서의 결과를 예측하는 것이다. 이러한 기본개념을 교통분야에 적용한 교통시뮬레이션은 교통사고, 위험한 상황등의 어떠한 사건을 가상의 환경에서 구현하여 교통시스템에 미치는 영향을 평가하는 모형이다.

실제 도로에서 주행자료를 수집하여 분석을 수행하는 실차주행실험이 가장 이상적이라고 할 수 있으나 실제 주행실험시 사고발생등 위험상황이 발생 할 가능성이 높으므로 Risk-free 상태에서 시뮬레이션 기반 실험을 수행하는 것이 차선책이 될 수 있다.

시뮬레이션은 교통류의 변화 특성을 분석하여 운영효율성 및 교통안전성의 평가가 가능하다. 특히, 최근 활발히 개발되고 있는 첨단차량 및 ICT기반 새로운 교통운영전략의 경우 실시간 제어를 근간으로 하고 있어 이러한 동적인 상황을 분석하기 위해서 교통시뮬레이션 분석이 적합한 도구이다.

시뮬레이션은 분석상세도에 따라 거시적 시뮬레이션(Macroscopic simulation model), 중시계적 시뮬레이션(Mesosopic simulation model), 미시적 시뮬레이션(Microscopic simulation model) 등으

로 구분된다. 미시적 시뮬레이션의 경우 차량추종 모형과 차로변경모형을 이용하여 주체차량과 주변 차량과의 간격, 상대속도 등 주변상황과의 상호작용 결과로 나타나는 운전자의 행태가 자세히 묘사된다. 또한 개별차량주행궤적 도출로 차량의 가·감속 행태 및 차량간의 상호작용등을 상세히 분석할 수 있다. 따라서 교통사고 및 사고심각도 저감을 위한 교통안전 분석을 위해서는 사고발생 메커니즘 구현이 용이한 미시적 교통시뮬레이션을 이용하는 것이 적합할 것이다.

교통시뮬레이션을 이용한 분석의 장점으로서는 대안의 상대적 평가가 용이하다는 점이다. 기존의 시설뿐만 아니라 신설 도로 및 시설에 대하여 사전평가로서 적용할 수 있다.

또한 다양한 External 분석도구와의 접목을 통해 기능을 향상할 수 있다. 예를 들어 FHWA에서 개발한 SSAM(Surrogate Safety Assessment Model)과 접목이 가능하다. SSAM은 교통상충이론을 바탕으로 교통사고분석과 관련하여 다양한 사고관련변수를 고려하여 자동적으로 상충분석 작업을 수행하는 분석도구이다. 미시적 시뮬레이션에서 추출되는 개별차량의 주행궤적을 활용하여 교통류의 움직임 하에서 차량의 상충을 산출하고 잠재적 사고발생가능성을 도출하여 교통안전성을 평가할 수 있다.

또한 미시적 교통시뮬레이션에서 추출되는 개별차량의 주행궤적자료는 교통환경분석에도 활용될 수 있다. 예를 들어 미국 환경국(EPA)에서 개발한 MOVES는 실제 차량주행궤적 또는 시뮬레이션을 통해 추출된 개별차량주행궤적을 활용하여 도로의 차량 배출가스 발생량을 추정할 수 있는 프로그램이다. 이를 활용하여 대안의 환경적 영향평가를 수행할 수 있다.

이와 같이 미시적 교통시뮬레이션은 개별차량 분석 및 교통류 전체의 운영평가, 안전성평가, 환경성 평가 등 활용성이 높은 분석도구이다. 다음 장에서는 미시적 교통시뮬레이션을 활용하여 교통안전성을 평가하는 분석사례를 소개한다.

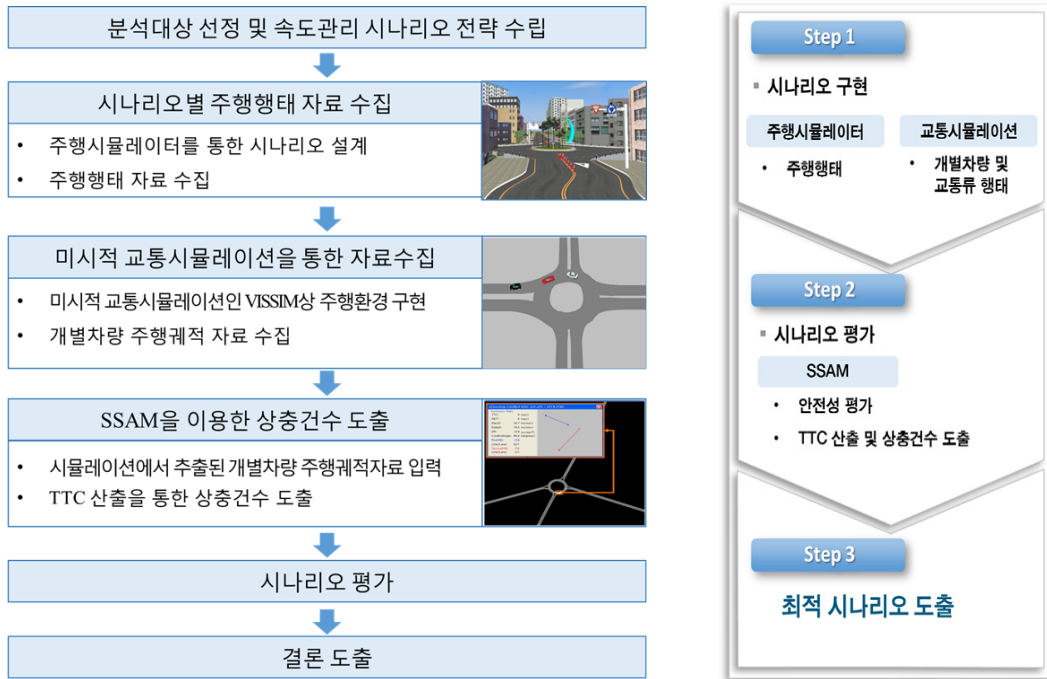


그림 1. 분석흐름도

미시적 교통시뮬레이션을 활용한 분석사례

1. 분석개요

분석사례로 교통시뮬레이션을 이용한 회전교차로 안전성 평가 사례를 제시하고자 한다.

안전성 측면에서 회전교차로는 통행 우선권을 회전차량에게 부여함으로써 진입차량의 속도를 낮추고, 진입각과 곡선반경을 이용해 회전반경을 크게 하여 속도를 저감시킨다. 이런 속도 저감으로 인해 회전교차로에서 차량과 차량, 차량과 보행자의 사고 발생률이 저하될 수 있고, 사고발생시 사고심각도를 감소시킬 수 있다. 이 외에도 회전교차로는 원활한 소통을 유도하거나 운영 및 유지관리비의 감소 등 여러 가지 장점을 가지고 있다. 그러나 아직 국내에는 회전 교차로의 특성과 운영방식이 일반 운전자에게 잘 알려져 있지 않아 주행시 혼란을 야기하기도 한다. 회전교차로 진입 시에 설계제원으로 정해진 속도보다 고속으

로 회전교차로에 진입하여 사고발생 개연성이 높다.

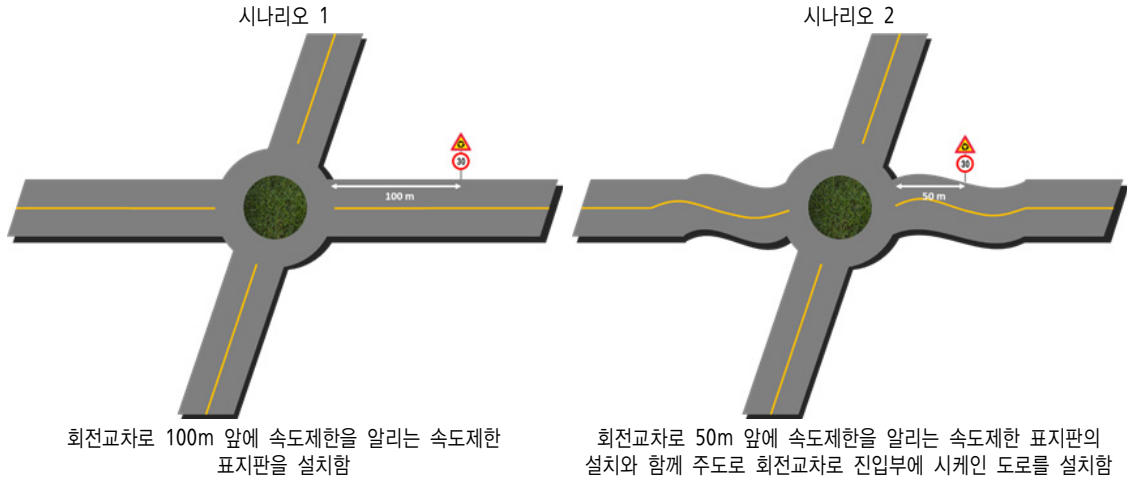
따라서 회전교차로의 진입부 속도관리를 통한 안전성 향상을 목적으로 기하구조 및 표지를 이용한 진입부 속도관리 및 회전차량과 접근차량간의 상충관리방안을 제시하고 평가하였다.

주행시뮬레이터 및 실제현장조사를 바탕으로 미시적 교통시뮬레이션에 구현하고, 미시적 시뮬레이션평가를 수행하여 교통안전성을 평가하였다. 안전성 평가에서는 상충건수(Number of conflicts)을 대체지표(SSM)로 활용하였다. 그림 1에 분석흐름도를 제시하였다.

2. 시나리오 설정 및 시뮬레이션 구현

미시적 교통시뮬레이션인 VISSIM을 활용하여 분석구간인 한양대학교 ERICA캠퍼스 앞 회전교차로를 구현하였다. 회전차량 통행우선권을 고려하여 회전차량에게 진입우선권을 부여하였다. 차량 종류는 일반차량(승용차, SUV), 대형차량(트럭), 버스 3가지로 분류하였으며 방향별 차종별 차량대수는

표 1. 시나리오 설정



실제현장조사를 통해 수집된 자료를 적용하였다.

국외에서 회전교차로의 안전성을 높이기 위해 공통적으로 시행하고 있는 선형조정을 통한 회전교차로의 속도관리 방법을 사용하여 표지판의 설치거리, 시케인 설치 유무를 통해 2가지 시나리오를 작성하였다. 시나리오 기본 설정은 표 1에서 제시하였다.

속도제한 표지판의 설치거리는 '2011 교통안전 표지 설치 관리 매뉴얼(경찰청)'에 명시된 "도로형상 예고표지는 굵은 구간의 시작지점에서부터 30-200m 내에 설치해야한다."라고 명시되어있다. 그러나 분석구간의 여건 상 교차로까지 200m 구간에 안내표지를 세울 수 없으므로 시물레이션에서 표지판의 위치는 회전교차로와 학교 정문 중간지점인 100m 지점과 회전교차로에서 좀 더 가까운 거리인 50m지점으로 설정하였다(표 1 참고).

3. 분석지표

분석지표는 안전성을 평가할 수 있는 상충건수를 사용하였다.

VISSIM시물레이션의 주행궤적자료를 SSAM 시물레이션을 통해 얻어낸 결과로 차량 간의 후미추돌, 교차상충, 차로변경으로 인한 차량 충돌 건수를 산출한다.

도로 위를 주행하는 차량은 현재 주행 중인 차로

와 인접한 차로를 주행하는 차량들과의 차량추종과 차로변경에 의해 지속적인 상호작용을 수행한다. 또한 교차로에서는 차량회전에 따른 상호작용이 발생하게 된다. 충돌을 회피하기 위하여 차로변경 및 속도 가·감속을 할 수 있다.

TTC(Time-to-collision)는 현재의 속도 및 경로가 유지될 경우, 충돌이 발생하기까지의 시간으로 충돌을 의미한다. 본 사례에서는 TTC가 1.5초 이하일 경우 상충 발생으로 정의하였다(식 (1) 참고)(FHWA, 2003).

$$TTC = \frac{x_s(t) - x_f(t) - l_s}{v_s(t) - v_f(t)} \quad (1)$$

x_i : 위치
 f : 선두차량
 l : 차량길이
 v_i : 속도
 s : 목적차량

4. 분석결과

시물레이션의 분석시간은 3600초이며, 각 시나리오별 30회의 반복실험을 수행하였다. 도출된 시물레이션 결과는 분산분석 및 사후검정을 통해 각 시나리오별 차이가 유의한 차이임을 규명하였으며, 각 시나리오별 효과를 분석하였다(그림 2 참고).

운전자는 회전교차로 통과시 안전성 및 쾌적성

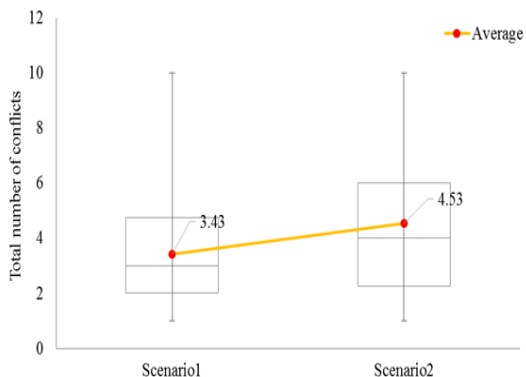


그림 2. 상충건수 분석결과

을 위하여 속도를 감속하게 된다. 상충건수 분석결과, 시케인을 적용한 시나리오2가 속도제한표지만 적용한 시나리오1 보다 상충이 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 시케인으로 인한 잦은 가감속으로 인해 상충이 더 많이 발생하는 것으로 판단된다.

운전자는 시케인구간 이전에서 속도를 감속하여, 속도제한 표지를 쉽게 인지함으로 회전교차로 진입시 안전속도로 주행이 가능하나 주체차량의 가감속으로 인접차량에 영향을 주게 된다. 따라서 안전한 회전교차로 운영을 위해서는 도로의 굴곡을 주어 강제로 속도를 제어하는 시케인 도로 보다는 표지판을 통해 운전자가 자율적으로 감속하는 방안이 교통안전 측면에서는 보다 효과적일 수 있다. 그러나 속도제감 측면, 교통환경 영향적 측면에서는 시나리오의 결과가 다르게 나타날 수 있으므로, 앞서 제시한 다양한 External 도구를 통해 다각적인 측면에서의 평가가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

결론 및 제언

본 기사에서는 도로 및 교통안전을 향상시키기 위한 분석방법으로 미시적 교통시뮬레이션을 활용한 교통안전평가 방법 및 적용사례를 소개하였다.

미시적 교통시뮬레이션기반 교통안전 간접평가 방법은 사업 시행 전 계획 및 설계단계에서 다양한

교통안전시설 효과를 평가함으로써 정책 및 교통 운영관리 전략 수립의 의사결정지원 가능할 것으로 판단된다. 또한 다양한 분석도구와의 접목으로 운전자 주행패턴 분석, 개별차량 주행궤적 자료 추출 및 교통류 영향분석, 교통상충분석(안전성 평가), 미시적 차량배출가스 분석(환경성 평가) 등의 다각적인 효과평가가 가능하다.

현재 국내·외에서는 이러한 시뮬레이션기반 간접평가가 활발히 진행중이나, 국내 기술은 미흡하여 국외 시뮬레이션에 의존하고 있다. 도로교통 안전 및 제도적 발전을 위해서는 국내 운전자 특성 및 국내 도로현황에 적합한 운영효율성, 안전성, 교통 환경영향성 분석 및 시설물 설치 평가를 위한 원천기술이 요구된다. 따라서 한국형 미시적 교통시뮬레이션 개발을 통한 원천 기술 확보로 국내시장 보호 및 해외진출이 필요할 것으로 판단된다. 이는 새로운 서비스 시장 창출 및 산업시장 활성화로 인한 전문기업 육성이 가능하며 관련 교통정책 및 사업의 효율적인 수행과 체계적인 연구개발에 기여할 것으로 판단된다.

그러나 시뮬레이션을 이용한 평가 기술들 대부분이 국외 도구들을 사용하고 있는 실정이다. 국내 운전자 특성 및 국내 도로현황에 적합한 운영효율성, 안전성, 교통 환경영향성 분석 및 시설물 설치 평가를 위한 원천기술이 요구된다. 따라서 한국형 미시적 교통시뮬레이션 개발을 통한 원천 기술 확보로 국내시장 보호 및 해외진출이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

국토해양부 (2012), 도로안전시설 설치 및 관리지침.
 신동천 (2007), 미세먼지의 건강영향, 대한의사협회지, 50(2), 175-182.
 이종태 (2002), 미세먼지 건강영향에 대한 국내 역학 연구 사례, 환경독성보건학회 춘계학술대회.
 Ahn, Kyungho, H. Rakha (2008), Energy and

- Environmental Effects of Traffic Calming Measures, Transportation Research Board Annual meeting 2008. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Federal Highway Administration (2003), Surrogate Safety Measures From Traffic Simulation Models Final Report, U.S. Department of Transportation.
- Garcia, Alfredo, Torres, A. J., Romero, M.A., Moroeno, A. T. (2011), Traffic Micro-simulation Study to Evaluate the effect of type and spacing of traffic calming devices on capacity, 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service Stockholm, Sweden June 28 - July 1, 2011, 270-281.
- Lee, Gunwoo, Joo, S., Oh, C., Choi, K. (2013), An evaluation framework for traffic calming measures in residential areas, Transportation Research Part D 25, 68-76.
- PTV Vision (2008), VISSIM 5.10 User Manual, Planug Transport Verkehr (PTV) AG, Germany.
- U.S. EPA (2010), Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES): User Guide for MOVES2010.