긴급차량 우선통행권 확보에 관한 연구-TRANSIMS 이용

Movement Priority for Emergency Vehicles-by TRANSIMS

강창모* · 이종달** · 정광수*** · 김성준**** · 김도균*****
Kang, Changmo · Lee, Jongdal · Jung, Kwangsoo · Kim, Sungjun · Kim, Doguen

1. 서 론

긴급차량(emergency vehicles)은 각종 재난과 화재, 범죄와 위험으로부터 시민을 보호하고 구호하기 위한 특수차량으로 긴급차량출동의 경우에는 사람의 생명과 밀접한 관련이 있어 신속히 사건 현장으로 출동할 수 있어야 한다. 긴급차량의 도로 네트워크상의 이동에 관한 제어를 위해서는 미시적 교통모의실험이 필요하며, 또한 최근에 개발된 대규모 도시가로망에서의 미시적 차량주행행태의 해석이 필수적이다. 현재 많은 연구자들이 차량주행행태모형에 기초를 둔 대규모 네트워크 미시적 교통류 시뮬레이션 모형 개발을 추진하고 있으며, 이미 미국의 경우 TRANSIMS, MITSIM, INTEGRATION 등의 여러 시뮬레이션 모형이 개발되어 실용화 단계에 있다.

본 연구에서는 차량의 전이 모형으로 K. Nagel and M. Schreckenberg(1992)에 의해 발표된 Cellular Automata(CA, 이하 Nasch모형)을 이용하였고, CA모형에 기반을 두고 이제까지 개발된 차량추종모형, 차로변경모형을 이용하여 광범위한 지역을 분석할 수 있는 TRANSIMS(**TR**ansportation **AN**alysis and **SIM**ulation **S**ystem)라는 교통 분석 프로그램을 사용하였다. TRANSIMS(2009)는 기존의 프로그램들처럼 존중심의 경로배분이 아니라 개인중심의 활동기반 모형(activity based model)을 기초로 한 프로그램으로 Source Code가 공개되어 있기 때문에 다양한 연구와 현실과 일치되게 수정 적용이 가능하다. 본 연구의 목적은 TRANSIMS에 새로운 주행 규칙을 추가하여 긴급차량의 우선통행권을 부여할 경우에 대하여 분석하고 판단할 수 있는 시뮬레이션 모형을 구축하는 것이다.

2. CA모형에서의 차량주행행태

Nasch모형에서 차량주행행태모형에 사용된 cell의 공간적 구조는 승용차 한 대가 점유할 수 있는 공간, 즉 차량길이와 최소차두거리에 의해 결정되며, cell의 상태값은 차량점유상황에 따라 (0, 1)의 값을 갖는다. 그리고 cell을 점유한 각 차량들은 하나의 속도 속성값을 갖게 된다. 이때의 속도는 일반적으로 사용되는 m/s나 km/h의 값이 아니라 $cell/s$로 표현되며, $0 \sim 5 cell/s$의 범위 값을 갖게 된다. $5 cell/s$의 값은 차량이 가질 수 있는 최고속도를 뜻하며, 일반적으로 cell의 길이 $7.5m$를 적용할 경우 $135 km/h$에 해당하는 속도이다.

2.1 차량추종모형

1) 기본전제

차량은 기본적으로 차량이 가질 수 있는 최대속도까지 가속하기를 원하며, 전방차량과의 차두거리와 감속

* 경상북도의회 정책연구관 · 영남대학교 건설시스템공학과 박사수료 · 공학석사(E-mail : cmkang@korea.kr)
** 영남대학교 건설시스템공학과 교수 · 공학박사(E-mail : jdlee@ynu.ac.kr)
*** 대구광역시 북구청 전문위원 · 영남대학교 건설시스템공학과 박사수료 · 공학석사(E-mail : gojks@korea.kr)
**** 영남대학교 건설시스템공학과 석사과정(E-mail : jun1692@naver.com)-발표자
***** 영남대학교 건설시스템공학과 박사수료 · 공학석사(E-mail : civildokun@hanmail.net)

확률에 따라 속도가 결정된다.

2) 세부내용 : 표준 Nasch 주행규칙

단계 1 : 가속(Acceleration)	단계 2 : 감속(Slow Down)	단계3 : 불규칙적인 감속(Randomization)	단계 4 : 이동(Car Motion)
$v \rightarrow \min[v+1,\ v_{\max}]$	$v = \min[v,\ gap_{same}]$	$v = \min[v-1,\ 0]$ with p_{dec}	$New\ Cell = Current\ cell + v$
여기서, v : 차량속도$(cell/s)$ $v_{\max}$: 차량이 가지는 최대속도$(cell/s)$ gap_{same} : 주행차로 전방차간거리$(cell)$		p_{dec} : 차량이 불규칙적으로 감속하는 확률 $New\ cell$: 다음시간 차량의 점유셀 $Current\ cell$: 현재시간 차량의 점유셀	

2.2 차로변경모형

1) 기본개념

차량들은 현재 주행하고 있는 차로에서 자신의 희망속도를 얻지 못할 경우에 차로변경을 원하며, 차로변경 대상차로에 충분한 안전거리가 확보되어 있으면 차로변경을 수행한다.

2) 세부내용 : 표준 Nasch 차로변경규칙

단계 1 : 선호조건(Incentive)	단계 2 : 안전조건(Safety)
if $v_{hope} > gap_{same}$ and $gap_{forward} > gap_{same}$ $v_{hope} = \min[v+1,\ v_{\max}]$	only $gap_{forward} \geq v$ and $gap_{back} \geq v_{\max}$
여기서, v_{hope} : 희망속도$(cell/s)$ gap_{same} : 주행차로 전방 차두거리$(cell)$	$gap_{forward}$: 변경대상차로 전방차두거리$(cell)$ gap_{back} : 변경 대상차로 후방차두거리$(cell)$

차로변경모형은 위의 모든 조건을 만족하여야만 수행할 수 있으며, 하나의 조건이라도 만족하지 않을 경우에는 차로변경을 수행하지 못한다. 아래 그림 1은 gap_{same}, $gap_{forward}$, gap_{back}의 관계를 보여주는 것이다.

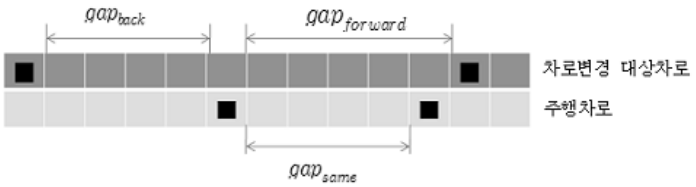

그림 1. gap_{same}, $gap_{forward}$, gap_{back}**의 예**

3. 긴급차량 우선통행 모형 개발

3.1 시뮬레이션 모형 개발방향

TRANSIMS의 Source Code는 Windows95 이상에서 운영과 수행을 할 수 있도록 MS사의 MFC(Microsoft Foundation Class)를 기반으로 한 객체지향적 언어 Visual C++을 이용한다. 긴급차량 타입을 추가하여 차량들의 연산과정을 조정, 긴급차량의 우선통행이 가능하도록 수정한다.

3.2 차량전이 모듈

1) 적용모형

차량전이를 위해 사용되는 모형은 크게 추종모형과 차로변경모형으로 구분되며, 본 연구에서 적용한 모형은 기존에 개발된 CA모형을 기반으로 한 차량주행행태모형을 기준으로 하였다. 긴급차량모형에 대한 연구는 조중래 외 3명(2001)의 연구가 있으나, 모형의 개발이며 실제 도로망에 적용되지는 못하였다.

(1) 선호조건 차로변경모형

현재 주행차로에서 차량이 원하는 속도를 얻을 수 없는 경우

단계 1 : 차량선호조건 판단	단계 2 : 차량안전조건 판단	단계 3 : 확률조건 판단
if $v+1 > gap_{same}$ and $gap_{forward} > gap_{same}$	and if $gap_{forward} > v$ and $gap_{back} \geq \min[back_{speed}+1,\ v_{lanemax}]$	only $rnd < lane_p$
여기서, $v_{lanemax}$: 변경 대상차로의 제한속도($cell/s$) rnd : 확률난수 $back_{speed}$: 후방차량의 속도($cell/s$) $lane_p$: 선호조건 차로변경 확률		

(2) 준선호조건 차로변경모형

긴급차량의 출현으로 인해 간접적으로 영향을 받는 차량에 적용(긴급차량이 인접차로에 진입했을 경우에만 적용됨)한다.

단계 1 : 준선호조건 판단	단계 2 : 차량안전조건 판단	단계 3 : 확률조건 판단
if $gap_{forward} > gap_{same}$	and if $gap_{forward} > v$ and $gap_{back} \geq \min[back_{speed}+1,\ v_{lanemax}]$	only $rnd < agr_p$
여기서, agr_p : 준선호조건 차로변경 확률		

(3) 강제적조건 차로변경 모형

1차적 강제조건은 최소안전조건을 판단하여 차로변경 여부를 결정한다. 2차적 강제조건은 1차적 강제조건을 만족하지 못한 경우에 해당되며, 인접차로에 차량이 감속을 하여 차로변경이 가능하도록 한다.

단계 1 : 1차적 강제조건 판단	단계 2 : 2차적 강제조건 판단
if $\{gap_{forward} > v$ and $gap_{back} \geq back_{speed}$ and $rnd < Comp_p1\}$	if $\{gap_{forward} < Need_{forward}$ and $gap_{back} < Need_{back}$ and $rnd < Comp_p2\}$
여기서, $Need_{forward}$: $v - gap_{forward}$ $Need_{back}$: $back_{speed} - gap_{back}$ $Comp_p1$: 1차적 강제조건 차로변경 확률	$Comp_p2$: 2차적 강제조건 차로변경 확률 Eme_pf : 긴급차량 영향권 거리 값(cell) Eme_off : 긴급차량과 대상차량의 거리 값(cell)

2) 세부적용내용

긴급차량의 평균속도는 약50km/h로서 2$cell/s$(=54km/h)정도가 된다. 긴급차량의 영향범위는 평균속도가 2$cell/s$이므로 2cell의 범위 안에 들어왔을 때 선행 차량은 이미 차로변경이 수행되어 있어야 한다. 차로변경에 소요되는 시간을 평균 3초로 볼 때 4cell~6cell까지는 2차적 강제변경범위에 포함하고, 7cell~12cell 범위는 1차적 강제변경범위에 포함시킨다.

긴급차량의 출현으로 긴급차량의 영향권 거리범위(Eme_pf)안에 일반차량이 존재하는 것으로 판단되면 각 차로의 특성별로 차로변경모형을 적용한다. 다음은 긴급차량의 위치판단으로 인한 차량주행행태모형 적용범위를 보여준다.

긴급차량 위치판단 알고리즘					
$gap_{Eback} \leq 12$					$gap_{Eback} > 12$
긴급차량차로			긴급차량인접차로	일반주행차로	일반주행차로
$gap_{Eback} \leq 4$	$4 < gap_{Eback} \leq 6$	$7 \leq gap_{Eback} \leq 12$	준선호조건	선호조건	선호조건
긴급차량추월	2차강제적조건	1차강제적조건			
여기서, gap_{Eback} : 긴급차량과 일반차량과의 차두거리(cell)					

다음 그림 2는 긴급차량의 출현으로 인한 차량주행행태모형 적용의 예를 보여준다.

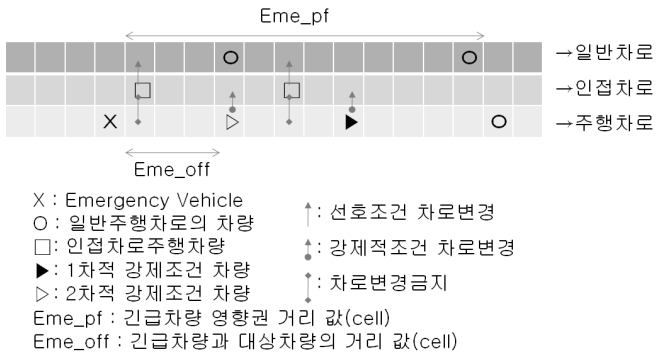

그림 2. 긴급차량 출현 차량주행행태모형 적용 예

4. 모의실험

4.1 모의실험 네트워크 및 O/D자료

모의실험 대상 네트워크는 TRANSIMS에서 제공되는 Test.Net을 사용하였다. Test.Net은 16개의 내부 Zone과 13개의 외부 Zone, 72개의 링크, 147개의 노드로 구성되어 있으며, 좌하(Zone 30)에서 우상(Zone 23) 방향으로 이동하는 긴급차량 O/D자료를 입력하여 새로운 규칙을 추가한 경우와 기존의 경우를 비교분석 해 보았다.

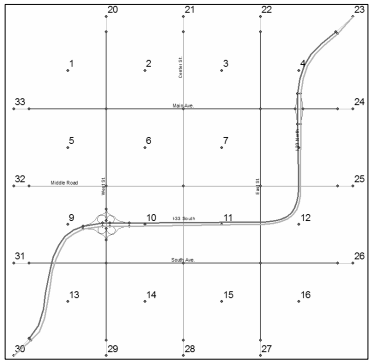

그림 3. Test.Net 네트워크 구조

4.2 모의실험 분석결과

Zone 30에서 Zone 23으로 향하는 도로는 편도 3차로로 총길이는 7.6km의 도시고속도로이다. 모의실험은 대상도로에 15,000대의 O/D자료를 넣고, 긴급차량은 3대를 분배하였으며, 차량진입비율을 15분 간격으로 하여 처음 15분에는 5%, 다음 15분에는 15%, 나머지 시간에는 균등하게 10%씩 배분하였다. 총 3시간의 연산과정에 10초 간격의 출력자료를 저장하여 긴급차량의 주행시간을 비교 분석하였다. 교통량에 따라 긴급차량의 도착시간에는 다소차이는 있었으나 새로운 규칙을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우에 비해 도착시간이 단축 되었다.

다음 표 1과 그림 4는 모의실험 결과 나타난 통행규칙에 따른 주행시간과 긴급차량 우선통행규칙이 적용된 일반차량의 대피현상 snapshot파일을 보여준다.

표 1. 모의실험 결과

주행규칙	주행시간	평균
긴급차우선 통행규칙	5분30초	5분43초 (79.7km/h)
	6분00초	
	5분40초	
일반규칙	7분20초	7분23초 (61.7km/h)
	7분10초	
	7분40초	

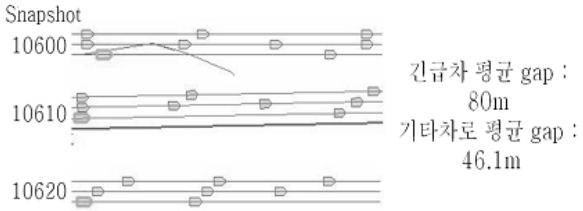

그림 4. 일반차량의 대피현상 snapshot

5. 결 론

본 연구는 TRANSIMS에 긴급차량의 새로운 통행 규칙을 추가하여 실제 상황에 맞는 긴급차량의 주행행태를 분석하는 연구다. 그리고 국내교통 환경에 적용하고 이를 평가하여 교통상황에 따른 변동성을 분석하고, 현장 적용 시 발생하는 효과를 추정하였다.

시뮬레이션 분석결과 긴급차량이 목적지까지 도달하는데 긴급차량의 통행규칙이 일반차량보다 30%의 속도증가 효과를 가지는 것으로 분석되었으며, 일반차량의 경우 지체는 증가하고 통행속도는 감소하였으나 네트워크 전체적으로는 큰 차이가 나타나지 않는 것으로 분석되었다.

그리고 긴급차량이 운행되는 링크를 조사하여 평가한 결과, 긴급차량의 새로운 룰이 긴급차량의 지체는 감소하고 통행속도는 크게 개선됨을 알 수 있었다. 그러나 네트워크 전체적으로는 지체가 조금 증가하였다.

따라서 긴급차량의 새로운 룰이 교통상황에 따른 개선효과의 차이는 존재하고, 차량의 통행에 큰 영향을 받는 구간도 존재하나 대부분의 구간에서 그 차이가 크게 발생하지 않으므로 긴급차량의 새로운 룰의 적용이 현재 상황에 맞는 분석결과로서 사용될 수 있음을 알 수 있다.

그리고 본 연구에서는 긴급차량의 추월에 대한 새로운 룰과 교차로의 우선신호 제어 및 우리나라 가로망 구조에 기반을 둔 실제 네트워크를 이용한 시뮬레이션은 적용하지 못하였으나, 추후 이에 대한 연구도 수행되어야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 조중래·김진구·고승영·김채만(2001), “CA모형을 이용한 미시적 교통류 시뮬레이션 시스템 개발에 관한 연구”, 대한교통학회지 제19권 제3호, pp.133~144.
2. 양륜호·이상수·오영태(2008), “국내 긴급차량 우선신호(preemption) 제어 적용성 평가에 관한 연구”,대한교통학회지 제26권 제5호, pp.63~72.
3. 최현주·정진혁·김익기(2004). “TRANSIMS의 국내 활용화 방안에 관한 연구”, 대한토목학회지 제24권 제4D편, pp593~600.

4. 윤병조(2009), “Cellular Automata 기반 2차로 고속도로 차로변경모형 개발”, 대한토목학회지 제29권 제3D편.
5. K. Nagel and M. Schreckenberg(1992) “A Cellular Automaton Model for Freeway Traffic”, J. Physics I France 2. pp 2221~2229.
6. A. Schadschneider and M. Schreckenberg(1993) “Cellular Automaton Models and Traffic Flow”, Institut für Theoretische Physik Universität zu Köln.
7. A. Schadschneider and M. Schreckenberg(1995) “Cellular Automaton for Traffic Flow Analytical Results”, Institut für Theoretische Physik Universität zu Köln.
8. M. Schreckenberg.(1995) “Physical Modeling of Traffic with Stochastic Cellular Automata”, Universität Duisburg.
9. K. Nagel, C. L. Barrett, and M. Rickert.(1996) “Parallel Traffic Micro-Simulation by Cellular Automata and Application for Large Scale Transportation Modeling”, Los Alamos National Laboratory.
10. TRANSIMS Open Source. Available : http://transims-opensource.net, Oct, 2009