

# SMART Highway 교통류 시뮬레이션 툴 개발

김영호, 김영춘, 신희철

## I. 연구의 필요성

현대 사회는 정보통신기술의 비약적인 발전으로 이용자가 시간과 장소에 구애받지 않고 자유롭게 네트워크에 접속하여 필요한 정보를 송수신할 수 있는 '유비쿼터스 (ubiquitous)' 시대로 접어들고 있다. 이와 같은 유비쿼터스 시대에 도로를 통해 이동하는 여행자는 본인의 이동 경로와 최종목적지에 대한 최신 정보를 실시간으로 제공받으며, 예정된 시간 내에 안전하고 편안하게 목적지에 도착하기를 원할 것이다. 조만간 도래할 유비쿼터스 시대의 도로 이용자의 요구를 실현하기 위해서는 그동안 차량이 이동하는 '길'로서의 역할만 수행하던 도로는 지능화 및 정보화 기술을 바탕으로 차량과 도로간 통신 (V2I), 차량간 통신 (V2V) 등을 통하여 실시간 정보를 제공하는 '정보통신 네트워크'로서의 역할을 함께 수행하여야 할 것이다.

SMART Highway 구축 사업은 미래 도로이용자의 요구사항을 만족시킬 수 있도록 첨단 정보 및 교통제어기술을 활용하여 미래지향형 교통관리 시스템을 구현하는데 그 목적이 있다. SMART Highway에 구축될 교통관리시스템은 현재까지 세계 어느 곳에서도 실용화되지 않은 SMART 차량에 의한 교통정보 수집, 가공 및 제공체계에 기반을 둔 지능화시스템이며, SMART Highway에 구현되는 교통류는 지금까지 파악된 일반 고속도로의 교통류 특성 및 행태와 많은 차이를 보일 것으로 예상된다.

SMART Highway의 교통류를 효율적으로 관리하기 위하여 여러 가지 교

김영호 : 한국교통연구원 육상교통연구본부 책임연구원, ykim@koti.re.kr, 직장전화:031-910-3131, 직장팩스:031-910-3235

김영춘 : 한국교통연구원 도로교통연구실 연구원, k10321196@hanmail.net, 직장전화:0031-910-3279, 직장팩스:0031-910-3228

신희철 : 한국교통연구원 국가자전거교통연구센터 센터장, hcshin@koti.re.kr, 직장전화:031-910-3081, 직장팩스:031-910-3285

통관리기법이 적용될 때 교통류에 미치는 영향 및 교통운영기법의 효과를 미리 파악하여 다양한 교통상황별로 적절한 교통관리기법이 적용되어야 한다. 현재까지 어떤 대상 지역에 새로운 교통관리기법을 도입할 때 그 기법의 도입 타당성을 사전 검토하기 위하여 VISSIM, PARAMICS, AIMSUN과 같은 미시교통류 시뮬레이션 툴이 널리 사용되고 있다. 이러한 미시교통류 시뮬레이션 툴은 현재 도로에 구축되어 실행되고 있는 여러 가지 교통관리 기법에 의해 발생하는 교통흐름의 변화와 효과를 모사하기에 적합한 것으로 평가되고 있다. 그러나 SMART Highway 사업단에서 개발하는 여러 가지 첨단 도로시설물과 교통운영전략의 효과를 모사하기에는 다소 부적합한 것으로 검토되었으며, SMART Highway 사업에 적합한 새로운 시뮬레이션 툴의 개발이 요구된다.

본 논문에서는 SMART Highway 시뮬레이션 툴의 개발방향을 제시하기 위하여 SMART Highway 사업단의 세세부과제별로 도출되는 성과물을 중심으로 시뮬레이션 툴 활용에 대한 요구사항을 분석하였고 현재까지 상용화되어 널리 사용되고 있는 교통 시뮬레이션 툴이 도출된 요구사항을 충족시킬 수 있는지를 검토하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서 개발 중인 시뮬레이션 툴이 기존의 시뮬레이션 툴과 어떠한 차별성이 있는지를 분석하였다. 끝으로, 본 연구를 통하여 개발 중인 시뮬레이션 툴의 기본 구성안을 제시하였다.

## II. 연구개발 내용

### 1. SMART Highway의 개요

#### 1) SMART Highway의 개념

SMART Highway란 미래 도로환경의 3대 요소인 도로와 자동차(운전자) 그리고 이 둘을 연결하는 인터페이스 환경이 하나의 유기체적인 연결을 통해 도로의 안전성과 이동성을 획기적으로 강화시킨 지능화된 고속도로를 의미한다(이기영, 2007). SMART Highway는 세계 최고 수준의 정보통신기술을 바탕으로 자·정체를 일으키는 요인을 근원적으로 차단하여 평균

통행속도 100km/h이상을 지속적으로 유지하여 이용자가 목적지에 도착하는 시간을 예상할 수 있게 하는 '정시성' 제공을 첫 번째 목표로 한다. 또한 SMART Highway에서는 도로와 개별차량 뿐만 아니라 개별 차량간 정보통신 환경을 구축하여 차량간 또는 차량과 도로시설물간 발생할 수 있는 교통사고를 미연에 방지할 수 있도록 '안전성' 확보를 두 번째 목표로 삼고 있다. 이와 함께 SMART Highway를 여행하는 운전자는 차량 내 단말기를 통해 이동경로 뿐만 아니라 목적지에 대한 실시간 맞춤형 정보를 제공받을 수 있고, 차안에서 여러 가지 유용한 서비스를 지원 받을 수 있도록 '편의성' 제고를 SMART Highway 구축의 세 번째 목표로 하고 있다.

SMART Highway의 목표인 정시성, 안전성, 편의성을 달성하기 위하여 다양한 서비스가 도출되었으며, 도출된 서비스를 제공하기 위하여 필요한 정보를 생성할 수 있는 소프트웨어 및 하드웨어가 구축될 예정이다.

## 2) SMART Highway 사업단 구성

SMART Highway 사업단은 기술 개발을 위한 4개의 핵심과제와 사업단을 관리하고 종합전략을 수립하는 총괄과제로 구성되어 있다. 핵심 1과제는 SMART Highway로 대표되는 차세대 도로의 기반시설 기술을 개발하는 과제이다. 핵심 2과제는 SMART Highway의 교통류를 효율적으로 운영하기 위하여 교통관리전략과 정보통신 기술을 융합한 첨단 교통운영체계에 관련된 핵심기술을 개발하는 과제이다. 핵심 3과제는 SMART Highway를 주행할 첨단차량과 도로를 연계하는 핵심기술을 개발하는 과제이다. 핵심 4과제는 위와 같은 3개의 핵심과제에서 개발된 여러 가지 기술을 종합한 Test Bed를 실제 고속도로구간에 구축하는 과제이다.

## 3) SMART Highway 시뮬레이션 툴의 요구사항 분석

SMART Highway 시뮬레이션 툴 개발의 목적은 SMART Highway를 구현하기 전에 SMART Highway에 적용될 교통관리기법과 첨단 도로시설물의 성능이나 효과를 검증하기 위한 것이다. SMART Highway에 적합한 시뮬레이션 툴을 개발하기 위하여 우선적으로 SMART Highway 사업단에

〈표 1〉 최종 요구사항 도출

세세부과제	과제명	요구사항
1-4-1	안개 및 강풍 발생에 대응 가능한 도로시설물 연구	안개발생시 가시거리 감소를 통한 운전행태 모사
		안개저감시설물에 의한 교통류 측면의 효과 추정
2-1-1	SITMS 아키텍처 설계 및 시스템 구성	도로시설물과 자동차간 정보교환 모사 차량간 정보 교환 모사
2-3-2	네트워크기반 최적 교통류 유지 및 제어기술 개발	진출입제어 모사
		긴급차량 출동 모사
		가변속도제어시스템 모사
		가변차로제어(LCS) 모사
		VMS를 통한 교통정보 제공시 우회 모사
2-4-2	SMART Tolling을 위한 운영 및 진입차량 관리시스템 개발	수동식 요금소 모사 하이패스 요금소 모사 스마트톨링 시스템 모사
3-1-1	전천후 도로-자동차 상황관리시스템 구축	강우 및 강설시 가시거리 및 노면마찰력 감소를 통한 운전행태 모사

서 연구개발 중인 교통운영대안 또는 첨단 도로시설물의 시뮬레이션 틀에 대한 핵심요구사항을 도출하여 시뮬레이션 틀 개발 범위를 설정하여야 한다.

SMART Highway 시뮬레이션 틀 개발을 위하여 2차 년도까지 SMART Highway 사업단에 참여한 연구진을 대상으로 총 4차에 걸쳐 요구사항 조사를 수행하였다. 1차 요구사항 조사에서 총 64개 기관을 조사한 결과 12개 기관(1핵심 3개 기관, 2핵심 7개 기관, 3핵심 2개 기관)에서 시뮬레이션 틀을 사용할 계획이라고 답변하였다. 2, 3, 4차 요구사항 조사에서는 시뮬레이션 틀을 사용할 의향이 있는 12개 기관에 대하여 보다 세부적인 요구사항을 조사하였고, 시뮬레이션 틀 개발 연구의 예산 및 연구 기간 등을 고려하여 총 5개 세세부과제에서 도출된 〈표 1〉과 같은 요구사항을 반영하는 것으로 검토되었다.

각 세세부과제 차원에서 SMART Highway 시뮬레이션 틀에 요구하는 사항을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 시뮬레이션 틀은 용량상태에서 실시될 교통관리기법의 효용성을 정량적으로 제시할 수 있어야 한다. 둘째, 교통관리기법적응으로부터 나타나는 교통류의 안전도 변화를 정량적으로 제시할 수 있어야 한다. 셋째, 스마트 차량의 행태와 스마트 차량이 교통류에 미치는 영향을 모사할 수 있어야 한다. 넷째, 다양한 기상상황에 따른 교통류 호

름 변화를 모사할 수 있어야 한다. 세세부 과제에서 도출된 요구사항과는 별도로 기존 상용 시뮬레이션 툴에서 미흡한 도로 기하구조를 반영한 교통류 모사를 요구사항에 추가하여 총 5개의 범주로 구분하였다.

## 2. 기존 시뮬레이션 툴 검토

앞에서 도출된 요구사항을 현재 상용화된 대표적인 시뮬레이션 툴인 VISSIM, PARAMICS, AIMSUN이 만족시킬 수 있는지를 다음과 같은 5가지 범주로 구분하여 검토하였다.

첫째, 용량상태에서 적용될 교통관리기법의 효용성을 정량적으로 제시하기 위하여 현재 상용화된 시뮬레이션 툴이 용량 부근의 교통류 상태를 현실적으로 모사할 수 있는지 검토되어야 한다. 둘째, 교통관리기법이 실행됨으로써 SMART Highway 교통류의 안전도의 변화를 정량적으로 제시하기 위하여 현재 상용화된 시뮬레이션 툴이 안전도 평가 척도를 산출할 수 있는지 검토되어야 한다. 셋째, SMART Highway에 운행하게 될 SMART 차량은 ACC (Adaptive Cruise Control) 기능과 차량간 또는 차량과 도로간 통신이 가능한 차량으로 가정하고 있다. 따라서 현재 상용화된 시뮬레이션 툴이 이러한 기능을 갖는 SMART 차량의 행태와 SMART 차량이 교통류에 미치는 영향을 모사할 수 있는지 검토되어야 한다. 넷째, SMART Highway에 발생할 수 있는 안개, 눈, 비와 같은 악천후는 안전성과 교통류의 효율적인 관리에 심각한 영향을 미친다. 따라서 현재 상용화된 시뮬레이션 툴이 악천후와 교통류의 연관성을 설명할 수 있는 기능을 포함하고 있는지 검토되어야 한다. 다섯째, SMART Highway의 안전하고 효율적인 교통운행을 위하여 부분적으로 취약한 기하구조를 통해 발생하는 병목현상에 특별한 주의를 기울여야 한다. 따라서 현재 상용화된 시뮬레이션 툴이 도로의 평면선형과 종단선형의 변화가 교통류에 미치는 영향을 모사할 수 있는 기능을 포함하고 있는지 검토되어야 한다.

### 1) 용량 부근의 교통류 상태 표현 여부

SMART Highway구축의 첫 번째 목표는 정시성의 확보이다. SMART

Highway가 정시성을 확보하면서 효율성을 극대화하려면 SMART Highway 전 구간의 통과교통량이 도로의 용량을 초과하지 않도록 교통수요가 관리되어야 하며, 용량 부근에서 치밀한 교통관리가 이루어져야 한다. 이러한 상황을 시뮬레이션 툴을 이용하여 모사하려면 용량 부근의 교통류 흐름이 현실적으로 모사되어야 한다. 최근에 발표된 연구 (Kerner, 2004)에서는 용량 부근의 교통류 흐름이 자유류와 혼잡류간 전이 상황으로 아주 짧은 시간 동안 관측되는 경우도 있지만, 하나의 독립된 상태를 유지하며 비교적 오랜 시간 지속될 수도 있음이 이론적으로 뿐만 아니라 실제 데이터를 통해서도 관측되었다. SMART Highway에서는 용량 부근의 교통류 흐름이 보다 중요하기 때문에 시뮬레이션 툴이 이 상태의 교통류를 현실적으로 모사할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 용량 부근의 교통류 상태 표현 여부를 검토하기 위하여 상용화된 시뮬레이션 툴에서 적용하고 있는 차량추종에 대하여 검토하였다.

〈표 2〉 적용모형 비교

구분	적용되는 차량추종 모형
PARAMICS	• Braking, Cruising, Acceleration mode를 구분하는 모형
VISSIM	• Psycho-physical 모형 (단속류: Wiedemann 1974, 연속류: Wiedemann 1999)
AIMSUN	• Gipps 모형

세가지 툴을 이용하여 실제로 시뮬레이션을 수행한 결과 세가지 툴은 용량 부근의 교통류 상태를 자유류와 혼잡류간 전이 상황으로만 모사하고 있는 것으로 파악되었다. 교통량이 증가하면서 밀도가 증가하지만 주행속도는 자유류에서의 주행속도와 별 차이가 없이 미미한 감소를 보이다가 어느 수준 이상에서는 급격히 속도가 감소하면서 혼잡류로 변화하였다. 시뮬레이션의 다양한 파라미터를 변화시키면서 관측하였지만 용량부근의 교통류를 하나의 독립된 상태로 모사하지는 못하는 것으로 나타났다. 이것은 세가지 시뮬레이션 툴에서 적용되고 있는 차량추종모형에 기인한다. PARAMICS에 적용되는 3가지 모드의 추종모형, VISSIM에서 적용되는 psycho-physical 모형, AIMSUN에서 적용되는 Gipps 모형은 모두 모형의 내재적 특성으로

인하여 용량부근의 교통류 흐름이 일정 시간동안 지속되는 것을 모사하지 못한다.

## 2) 안전도 평가척도 제시 여부

교통안전도를 나타내는 가장 객관적인 지표는 관측하고자 하는 대상 구간 또는 교통상황에서 발생한 사고건수이다. 그러나 collision free 교통류 모형을 사용하는 시뮬레이션 툴을 이용하여 사고를 발생시키고 발생한 사고의 빈도수를 관측하는 것은 불가능하다. 사고를 발생시키는 대신 미시 교통시뮬레이션 툴을 통해 도출되는 차량 궤적자료를 이용하여 교통안전도와 밀접한 연관성을 갖는 요소를 파악하여 안전도에 대한 대리지표 (surrogate measure)로 제시하는 것이 합리적이다. 연속류에서 교통안전도를 나타내는 대리지표에 대한 다양한 연구가 현재 진행 중인 상황에서 VISSIM, PARAMICS, AIMSUN은 안전도에 대한 평가척도를 제시하지 못하고 있는 상황이다.

## 3) SMART 차량 구현 여부

본 연구에서는 SMART Highway에서 주행할 SMART 차량은 추돌의 위험성이 높은 상황에서는 ACC(Adaptive Cruise Control) 기능이 작동하여 차량간 추돌을 방지하고, 차량과 도로 및 차량간 통신에 의해 교통정보를 전달하는 차량으로 기능을 정의하고 있다. 차량간 추돌을 방지하는 ACC기능은 Collision free 교통류 모형을 사용하는 VISSIM, PARAMICS, AIMSUN에서 차량추종모형의 파라메타를 적절히 조정함으로써 별다른 어려움 없이 모사할 수 있다.

차량과 도로 및 차량간 통신을 활용하는 스마트 차량 운전자는 본인의 주행 경로 전망에 예상치 못한 돌발상황이 발생하여 차로변경이 필요하거나 지체가 발생하여 대체도로로 우회할 필요성이 있는 경우에 유리하게 판단할 수 있다. 스마트 차량에 내재된 단말기를 통하여 본인의 차량에 특화된 정보를 제공받을 수 있기 때문에 VMS를 통해 정보를 제공받는 일반차량의 운전자보다 상세한 정보를 제공받고 미리 대응할 수 있기 때문이다. 기존의 시뮬레이션 툴의 API기능을 활용하면 SMART 차량간 또는 SMART 차량과 도로간 정보의 흐름을 모사할 수 있다. 또한 제공된 정보에 따른 운전자의 주행속도

〈표 3〉 SMART 차량 구현 여부 비교

구분	내 용
PARAMICS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• API를 이용한다면 Smart Car 구현 가능(통신부분)</li> <li>• ACC 시스템 구현 가능</li> <li>• Smart Car와 일반 차량 혼용 주행 가능</li> </ul>
VISSIM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 네비게이션 기능과 파라메타 조정을 통하여 Smart Car 구현 가능</li> <li>• Smart Car와 일반 차량 혼용 주행 가능</li> </ul>
AIMSUN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통행배정과 차량특성 파라메타 조정을 통하여 Smart Car 구현 가능</li> <li>• Smart Car와 일반 차량 혼용 주행 가능</li> </ul>

변화, 차로변경, 주행 경로 변경과 같은 주행행태의 변화도 모사가 가능한 것으로 파악되고 있다. 세 가지 툴 모두 일반차량과 SMART 차량을 동시에 혼용하여 모사할 수 있는 것으로 〈표 3〉과 같이 검토되었다.

최근에는 교통시뮬레이터와 통신시뮬레이터를 연계하여 정보흐름에 따른 교통행태의 변화를 모사하는 연구가 진행 되었다 (김형수 등, 2008).

#### 4) 기상조건 반영 여부

VISSIM, PARAMICS, AIMSUN은 API (Application Programming Interface)를 활용하면 도로상에 발생하는 강우, 강설 및 안개 상황을 모두 구현할 수 있다. 강우, 강설 및 안개 상황에서 운전자는 가시거리와 노면마찰력에 변화가 생기게 되므로 이상적인 기후조건에서와 다른 추종행태를 보이게 된다. 추종모형의 파라메터 중에서 가시거리와 노면마찰력의 변화에 관련된 파라메터를 변화함으로써 이와 같은 악천후 상황을 현실적으로 반영할 수 있다. 특히, AIMSUN은 별도의 안개설정 기능이 있어 안개 낀 도로의 운전자 행태를 안개의 농도에 따른 가시거리의 변화로 반영할 수 있다.

〈표 4〉 기상조건 반영 여부 비교

구분	내 용
PARAMICS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• API를 이용하면 눈, 비, 안개 반영 가능</li> </ul>
VISSIM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• API를 이용하면 눈, 비, 안개 반영 가능</li> </ul>
AIMSUN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안개설정 기능이 있어 안개 낀 도로의 운전자 행태를 반영함 (가시거리 변화)</li> <li>• 눈과 비는 API를 이용하여 구현 가능</li> </ul>



### 5) 기하구조 반영 여부

PARAMICS는 구배에 따른 차량주행 특성을 TWOPAS HGV climbing model을 통해 중차량에 대해서만 구배를 반영하고 일반 승용차는 구배 특성을 반영하지 않는다. 이때 곡선반경과 기울기 등의 기하구조는 기울기가 2% 이상인 도로에서 차량의 주행행태가 변화하는 것으로 판단되며 네트워크를 구성할 때 터널 설정 기능이 있어 터널 주행시 운전자 주행행태 변화를 반영할 수 있다. 차량의 주행행태에 영향을 미치는 요소는 차량무게, 전방지역, 차량의 power/ton, 노드 높이 구배 등이다.

VISSIM은 구배에 따른 차량의 주행특성을 반영하지만 곡선반경 및 기울기 등의 기하구조를 반영하지는 않는다. 또한 Reduced Speed Decisions와 같은 기능을 이용하여 급커브 구간 등에 속도 감소 구간을 설정하여 차종에 따른 주행 속도의 범위를 결정함으로써 간접적으로 곡선반경을 반영할 수는 있지만 사용자의 주관에 따라 외부적으로 결정하기 때문에 차량과 기하구조와의 역학관계를 고려하지는 못한다. AIMSUN은 VISSIM과 같이 구배에 따른 차량의 주행행태는 반영하지만 곡선반경에 따른 운전자 행태는 반영하지 못한다. 이상을 정리하면 <표 5>와 같이 PARAMICS, VISSIM, AIMSUN은 종단선형의 변화에 대해 주행행태의 변화를 모사할 수 있으며, 횡단선형에 대해서는 주행조건에 제한을 가함으로써 간접적으로는 반영하지만 차량 주행 모형에 역학적으로 반영하지는 않는 것으로 검토되었다.

<표 5> 네트워크 특성 비교

구분	내 용
PARAMICS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종단선형에 따른 차량 주행 특성 반영 (TWOPAS HGV climbing model에만 적용)</li> <li>• 곡선반경과 기울기 등의 기하구조 반영(기울기 2%이상부터 적용)</li> <li>• 차량무게, 전방지역, power/ton, 노드 높이, 구배 등이 가감속에 영향을 미치는 변수임</li> </ul>
VISSIM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종단선형에 따른 차량 주행 특성 반영</li> <li>• 차량무게, power 등의 HGV에 적용되는 별도의 파라메타가 있음</li> <li>• 곡선반경과 기울기 등의 기하구조 반영 불가</li> </ul>
AIMSUN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종단선형에 따른 차량 주행 특성 반영</li> <li>• 곡선반경과 기울기 등의 기하구조 반영 불가</li> </ul>

### 3. SMART Highway 시뮬레이션 툴의 특징

기존 시뮬레이션 툴이 SMART Highway 사업으로부터 도출되는 요구사항을 만족시킬 수 있는지에 대한 검토를 통하여, 기존 시뮬레이션 툴은 세 가지 측면에서 한계를 갖고 있음을 파악하였다. 첫째, 기존의 시뮬레이션 툴은 용량부근의 교통상태를 현실적으로 모사하지 않으며 이것은 시뮬레이션 툴에 내재된 교통류 모형에 기인한다. 둘째, 현재 상용화되어 널리 사용되어지는 시뮬레이션 툴은 안전도에 대한 지표를 제시하지 않는다. 셋째, 현재까지 개발된 시뮬레이션 툴은 비교적 폭 넓은 적용범위를 가지고 있는 API를 통하여 스마트 차량의 기능, 악천후와 같은 기상조건, 다양한 기하조건 등을 모사하는 것이 가능하지만, 시뮬레이션 툴에 대한 매우 높은 숙련도가 요구되므로 많은 사용자가 편리하게 사용하기에는 한계가 있다.

이러한 한계를 극복하기 위하여 새롭게 개발되는 'SMART Highway 시뮬레이션 툴'은 기존 시뮬레이션 툴과 다음과 같은 차별화되는 특징을 갖도록 개발할 예정이다. 첫째, 교통운영대안의 효과를 측정하기 위하여 용량부근의 교통상태를 현실적으로 모사할 수 있는 새로운 미시교통류 모형을 개발하여 탑재할 예정이다. 둘째, 새롭게 적용될 교통운영대안이 교통안전도 측면에 어떤 영향을 미치는지 평가하기 위하여 교통안전도의 대리척도 (surrogate measure)를 개발하고 교통안전도를 산출할 예정이다. 셋째, 기존 시뮬레이션 툴은 추종모형의 파라미터를 조정하여 SMART 차량의 ACC 기능을 모사할 수 있으나 차량과 도로 및 차량간 통신을 모사하기 위하여 API를 이용하거나 통신시뮬레이터와 결합하여야 하였다. 이러한 번거로움을 극복하기 위하여 통신단말기를 차량에 탑재한 형태로 모사하여 보다 현실적인 방식으로 정보의 흐름 및 정보 전달에 따른 운전자의 행태변화를 모사할 예정이다. 또한 통신단말기의 여러 가지 조건을 메뉴로 포함하여 일반 사용자도 손쉽게 사용할 수 있도록 개발할 예정이다. 넷째, 기상조건에 대해서는 안개 농도에 따른 가시거리 변화를 기본 툴로 제공하고 노면과의 마찰계수를 눈과 비에 대한 파라미터로 정의하여 눈, 비에 따른 운전자 행태를 반영할 예정이다. 다섯째, 기존 시뮬레이션 툴은 중단선형을 반영할 수 있지만 횡단선형은 API를 이용하여야만 반영할 수 있다. 새로운 시뮬레이션 툴에서는 차량의 power, 무게,

〈표 6〉 기존 시뮬레이션과 차별화 방안

구분		PARAM ICS	VISSIM	AIMSUN	SMART Highway시뮬레이션 틀
교통류 행태모사	자유류	○	○	○	자유류와 혼잡류를 현실적으로 모사할 수 있을 뿐만 아니라 용량 부근의 교통상태를 모사할 수 있는 교통류 모형을 새롭게 개발함
	혼잡류	○	○	○	
	용량 부근	X	X	X	
스마트 차량구현	ACC	○	○	○	기존 시뮬레이션 수준으로 개발
	통신	△	△	△	통신 단말기를 차량의 일부 모듈로써 구현하고 단말기의 기능을 메뉴로 명시화함
기하구조 반영	종단 선형	○	○	○	기존 시뮬레이션 수준으로 개발
	횡단 선형	○	△	△	차량의 power, 무게, 속도와 가감속 성능을 연계하여 교통류 모형에 반영함
기상조건 반영	안개	△	△	○	안개 농도에 따른 시정거리 변화 적용 (실제 자료 이용)
	눈/비	△	△	△	시정거리와 마찰계수를 파라메타로 반영하여 운전자 행태 반영
교통안전도 평가체계 반영		X	X	X	안전에 영향을 주는 요소를 규명하여 안전도의 대리지표로 설정하고 안전도를 산출함

○: 기본 틀에서 적용 가능, △: API를 사용하여 적용 가능, X: 적용 불가능

속도 등과 같은 차량과 기하구조간의 역학관계에 대한 파라메타를 시뮬레이션 기본 틀에서 제공하여 기하구조를 반영할 예정이다. 새롭게 개발되는 시뮬레이션 틀은 〈표 6〉과 같이 앞에서 언급한 기능들을 메뉴 형태로 제공하여 여러 계층의 이용자가 손쉽게 사용할 수 있도록 구축할 예정이다.

#### 4. SMART Highway 시뮬레이션 틀의 기본 구성

사업단 및 세부과제 참여기관의 요구사항에서 도출된 핵심 기능 및 부가기능(시뮬레이션 성능 및 사용 편리성 등) 구현을 위하여 SMART Highway 시뮬레이션 틀은 〈표 7〉과 같이 데이터베이스를 포함하여 메인프로그램 및 4가지 주요모듈로 구성될 계획이다. 데이터베이스는 향후 확장성과 대용량 자료를 고속으로 입출력할 수 있는 형태로 설계 및 개발 중이며, 메인프로그램은 운영 대안 시나리오에 대한 각종 정보를 편집하거나 시나리오 정보를 관리하는 기능을 수행한다. 4가지 주요모듈은 네트워크(도로망), 차량, 제어전략,

〈표 7〉 시뮬레이션 툴 주요 구성요소 및 기능

모듈명	주요 기능	기능 설명
메인 프로그램	시나리오 관리	시나리오 복사 및 삭제 등을 통한 네트워크 자료 관리
	파라미터 관리	도로, 운전자 및 차량 관련 파라미터관리 및 출력물 선택
네트워크 편집기	네트워크 자료 입력	노드, 링크, 차로, 합분류 등 네트워크자료 및 차량, 운전자 등 객체정보와 시설물, 제어전략, 기상상태 등 입력 자료를 벡터기반 GUI 환경에서 빠르고 직관적으로 입력
	네트워크 정보보기	
	화면 확대, 축소, 이동	
	미니맵	
	도로 곡선화	
	네트워크 자료검색	
	배경지도 넣기	
	제어전략 입력	
	시설물 입력	
	차량속성 입력	
O/D 입력		
시뮬레이터	운전자 모사	운전자, 일반차량, 스마트차량 및 안개저감, 요금소, 노변기지국, 램프 미터링, 가변속도제어, 차로제어, VMS등 시설물을 모사하고 기상상태에 따른 운전행태, 정보제공에 따른 경로우회 등을 모사함
	차량이동 모사	
	스마트차량 모사	
	시설물 모사	
	제어전략 모사	
	시뮬레이션 결과출력	
	애니메이션 결과출력	
애니메이터	차량애니메이션	차량 및 시설물 운영현황에 대한 애니메이션
	화면확대/축소, 이동	
	재생속도조절	
	배경지도 넣기	
리포터	결과 표 분석	차량 및 도로, 시설물에 대한 다양한 MOE 조회
	결과 그래프 분석	
	검색조건 동적변경	
	결과 내보내기	

시설물, 기지국, 기상상태, O/D 등의 데이터를 입력하는 네트워크 편집기, 네트워크 및 차량, 제어정보를 이용하여 차량의 움직임 및 제어전략에 따른 운전자의 반응을 모의 실험하는 시뮬레이터, 시뮬레이션을 통한 차량 및 도로의 정적인 결과를 표 및 그래프로 조회하는 리포터, SMART Highway 교통류

대안을 차량 및 각종 시설물의 애니메이션을 통해 시각적으로 확인하는 애니메이션으로 구성된다.

이와 같이 구성된 SMART Highway 교통류 시뮬레이션 툴은 SMART Highway에 구현될 다양한 시설물 및 교통제어전략을 모사하여 그 결과를 애니메이션을 통해 시각적으로 표현한다. 이 결과는 해당 시설물과 제어전략 관련 다양한 운영대안의 효용성 및 타당성을 사전에 검증하는데 활용될 계획이다. 고속의 수치해석 및 알고리즘 객체화 구현기술 등을 바탕으로 개발된 SMART Highway 시뮬레이션 툴은 SMART Highway를 구체화하는 사전 연구단계에서부터 운영단계까지 폭 넓게 활용될 것으로 전망된다.

### Ⅲ. 결론 및 향후 연구방향

본 논문은 SMART Highway 시뮬레이션 툴에 대한 요구사항을 분석하였으며 기존 상용화된 툴이 이러한 요구사항을 충족시킬 수 있는지를 검토하였다. 이를 바탕으로 향후 개발될 SMART Highway 교통류 시뮬레이션 툴은 기존의 시뮬레이션 툴이 모사하지 못하는 용량 부근의 교통류 행태를 현실적으로 모사하고 교통운영대안에 대한 안전도 평가척도를 도출할 수 있도록 개발할 예정이다. 또한 기존의 시뮬레이션 툴에 대한 숙련도가 높은 사용자들만 API와 같은 고급 기능을 활용하여 구현할 수 있었던 SMART 차량의 통신, 기하구조, 기상조건에 따른 교통행태의 변화를 향후 개발될 시뮬레이션 툴에서는 기본 기능으로 추가하여 SMART Highway의 구축 및 운영을 위해 쉽게 적용하도록 계획 중이다. 향후 SMART Highway사업에 구현될 SMART 차량, 첨단도로시설물과 교통운영전략 등이 구체화됨에 따라 시뮬레이션 툴의 기능이 보다 명확해 질 것이다.

### 참고문헌

1. 이기영(2007), “SMART Highway”, 교통기술과 정책, 제4권 제4호, 대한교통학회, p.180.
2. PTV(2007), “VISSIM User Manual - Version 5.00”.

3. QUADSTONE(2000), "Paramics User Manual - Version 3".
4. TSS(2008), "Aimsun User Manual - Version 6".
5. Kerner, B.(2004), "Three-phase traffic theory and highway capacity", Physica A, 333, pp.379~440.
6. 김형수 · 신민호 · 남범석 · David J. Lovell(2008), "Vehicular ad hoc network 기반 교통 정보 시스템에서 차량간 통신에 의한 정보 전달 범위 측정", 한국ITS학회논문지, 제7권 제6호, 한국ITS학회, pp.12~20.



김영호



김영춘



신희철