

HLA를 이용한 교통류 시뮬레이션 모형 개발에 관한 연구

이 상헌 *

Development of Traffic Simulation Model Using the High Level Architecture

Sang-Heon Lee

Abstract

There are plenty of optimization models for the signal-system of a single intersection and area traffic. Some of those models are adopted for the real traffic signal control system. The simulators for a single crossroad have been developed, so that we could evaluate optimization models and traffic control systems. However, the simulators for the area traffic are still being developed. Therefore, there are some limitations in the analysis and evaluation for area traffic control systems. The area traffic is consist of several intersections interconnected which are very complicated and many traffic strategy are adopted for the control system. This paper features an effective area traffic control system by High Lever Architecture(HLA) which is a new developed simulation tool. In this paper, we discuss the design of HLA-based area traffic control simulation. We describe technical motivations for the HLA, the key elements of the architecture and how they are minimum and essential to the goal of reuse and interoperability.

Key Words: 상위체계구조, 지역 교통망, 교통류 시뮬레이션, 페더레이트

1. 서 론

산업문명이 발달함에 따라 차량은 계속해서 증가하고 있다. 이에 따라 도로 또한 확충되고 있으나 차량 증가에 따른 교통 혼잡을 도로확충만으로는 해소하기 이미 힘든 상황이 되고 말았다. 이에 따라 교통류의 통제는 도시 기반 시설에 대한 최대 관심사 중에 하나이며 이를 해소시키기 위해 전 세계적으로 다양한 교통통제 시스템을 개발하여 사용하고 있다. 사용하고 있는 시스템의 세부적인 특성은 다르나 제어 방식에 따라 구분해보면 교통신호제어기 단독으로 각각의 교차로 신호를 운영하는 일반 교통신호체계, 중앙컴퓨터에 의한 신호통제로 인접 교차로 신호기와 연동이 가능한 전자 신호체계, 시시각각으로 변화하는 교통수요와 혼잡상황에 적절히 대응할 수 있는 첨단 신호체계로 구분할 수 있다.

현재 상용화되고 있는 대표적인 교통류 시뮬레이션으로는 FRESIM, NETSIM, INTEGRATION, PARAMICS 등이 있다. FRESIM은 고속도로 교통류, NETSIM은 도시 네트워크에 대한 제반 전략을 평가하는 모형이고, INTEGRATION은 도시 및 고속도로 교통류에 대한 모델이며 PARAMICS는 정체도로에 관련된 모델이다. 이러한 미시적 교통류 시뮬레이션 모형은 대부분 네트워크 사이즈가 국한되어 있어 광범위한 네트워크 시뮬레이션이 제한되고 활용분야 또한 상이하며 대부분 실시간 교통상황 변화에 따른 신호제어 등 교통대응전략을 평가하는 데는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하고 광범위한 교통류의 현상을 표현하는 실시간 시뮬레이션은 하부 시스템들 간에 자료교환을 통하여 상호운용성(interoperability)을 구현할 수 있는 분산 시뮬레이션(DIS, Distributed Interactive Simulation)에 의해 가능할 수 있다.

본 논문에서는 지역교통망의 복잡, 다양한 특성과 이를 통제하는 교통통제 시스템을 HLA(High Level Architecture)를 사용하여 시뮬레이션으로 구현함으로써 지역교통망에 대한 교통통제 시스템을 분석, 평가하여 HLA의 재사용성과 상호운용성의 기능을 확인하고 교통류에 대한 HLA적용의 가능성을 제시하고자

한다. 본 연구는 교통 분야에 대한 HLA 기반 하 분산 시뮬레이션 프로토타입 모델 개발과 HLA의 효율성 제시에 그 범위를 설정하였으며 이를 위해 미 국방성에서 HLA 페더레이션 개발과 실행에 대한 단계를 제시하여 개발한 FEDEP(Federation Development and Execution Process) 모델(DoD, 1998)을 사용하여 단계별 개발내용을 상술하고 개발된 모델을 이용하여 지역교통제어 방식을 적용한 시뮬레이션을 실시하고 결과를 분석하여 HLA 기반 지역 교통류 시뮬레이션의 효율성을 제시한다. 이러한 절차를 수행하기 위해 모형개발은 객체지향 모델링 언어인 UML(Unified Modeling Language)과 Visual C++6.0을 이용하였다.

2. 기존 모형/연구 고찰

기존 교통류 시뮬레이션 모형에 대한 연구의 다수는 해당 모델에 적용된 알고리즘과 결과 값의 보정에 관한 내용을 다루고 있다. 최적화 모델인 TRANSYT의 신호시간 최적화를 유전자 알고리즘으로 보완하는 모형[1]과 FRESIM 모델의 각종 파라메타를 실제 데이터를 이용하여 정산하는 연구[2], FRESIM모형을 토대로 고속도로 기본구간에서의 선택적 차로변경모형[2] 등이 제시되었다. 한편, 차량의 움직임을 그래픽으로 표현할 경우 다른 미시적 모형에 비하여 비교적 적은 메모리 요구와 여러 교통 상황 및 가로망구조에 맞는 다양한 모형에 적용시킬 수 있는 구조를 지닌 Cellular Automata 모형을 기반으로 하여 대규모 네트워크 구조의 미시적 시뮬레이션 모형이 제시되었다[8].

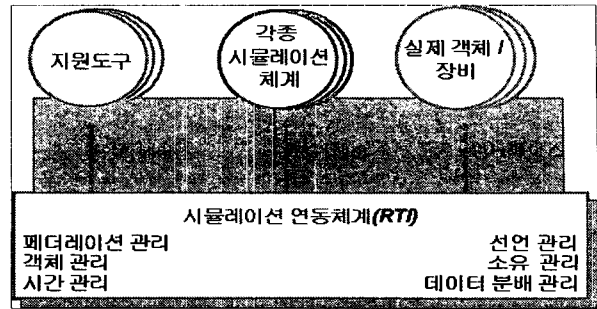
또한 국내에서 운영중인 실시간 교통대응 신호제어시스템인 COSMOS 및 일부 시스템의 개선환경에 대한 연구로서 교통축과 관련된 제어그룹(sub area)을 중심으로 한 운영방안, 대기 길이 추정방법 등 COSMOS를 기능적으로 안정화 개선방안[3]과 NETSIM 모형을 기반으로 하여 COSMOS 시스템을 평가할 수 있는 통합 시뮬레이션 환경이 연구되었다. 90년대 중반 이후부터 교통류 시뮬레이션 분야에 객체지향적 모델링 개념이 연구되어 교통현상을 이산된 사건으로 구분 모델링하여 교통망에 대한 분석 방법이 연구되었다.

이러한 교통류 시뮬레이션의 연구추세와 함께 미 국방성에서 군사 시뮬레이션의 상호운용성과 재사용성을 촉진시키는 시뮬레이션 기술 구조로 사용된 HLA의 적용이 제한된 분야에 연구되고 있다. 국내에는 수송이동 분야[5] 및 산업현장 시뮬레이션[6] 등에 적용을 시도한 예가 있다. 임성용[7]은 HLA에 기반한 자동차 주행연습 시뮬레이션을 구현하여 실시간 분산 시뮬레이션의 효과를 제시하였다. 본 연구에서는 현재 제반 분야에서 HLA의 다양한 적용을 시도하고 있는 가운데 교통 시뮬레이션 분야에 HLA를 적용하여 시스템의 상호운용성, 재사용성의 장점을 가진 교통류 시뮬레이션을 구현함으로써 HLA의 적용가능성을 제시하고자 한다.

3. 기반기술 고찰

HLA는 미 국방부가 모델링 및 시뮬레이션(M&S, Modeling & Simulation) 체계간, 또는 M&S체계와 전투핵심요소인 지휘통제 및 정보통신(C4I, Command, Control, Communication, Computer and Intelligence) 체계 간에 상호운용성을 촉진하고 기관간 모델의 재사용성을 향상시키기 위하여 개발한 분산 시뮬레이션의 표준 기술구조로서 상이한 조직에서 상이한 목적으로 개발된 개별 시뮬레이션들을 하나의 통합된 시뮬레이션으로 결합시켜 주는 소프트웨어 구조이다[12].

HLA를 기반으로 하는 시뮬레이션을 설계함으로써, 대규모(large scale) 시뮬레이션 문제를 소규모 다수 문제로 분할 가능하고 소규모 시뮬레이션의 문제 정의, 구축 및 검증 등이 용이하게 된다. 컴포넌트 기반 시뮬레이션 시스템에게 공통적인 기능들을 특정한 시뮬레이션 시스템에서 분리, 재사용 가능한 기반체계로 구축할 수 있으며 기반체계 및 시뮬레이션 구현기술의 변화를 위해 각각 시뮬레이션 및 기반체계 등을 분리할 수 있게 된다. 즉 기존 시뮬레이션들의 재사용성(reusability)과 다른 시뮬레이션들과의 상호운용성을 확보하게 된다. <그림 1>은 HLA의 구성요소가 이루어진 상태의 HLA의 개념을 도식화한 것이다(DoD, 1998).

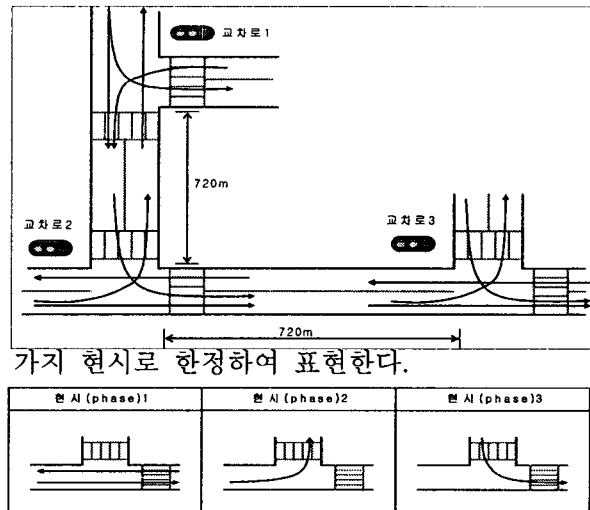


[그림 1] 상위체계구조 개념

4. 지역교통통제 페더레이션 목표 / 개념모델 설계

본장에서는 본 페더레이션에서 나타내고자 하는 목표를 정의하고 페더레이션의 개념모델 개발을 위해 시나리오 설정, 사용사례를 분석을 통해 페더레이션 개념을 분석하였다. 지역교통망 시뮬레이션에 대한 프로토타입을 제시하고자 지역교통망에서 일어날 수 있는 상황과 여건을 <그림 2>와 같이 3지 교차로 3개소로 시뮬레이션 범위를 한정하였다.

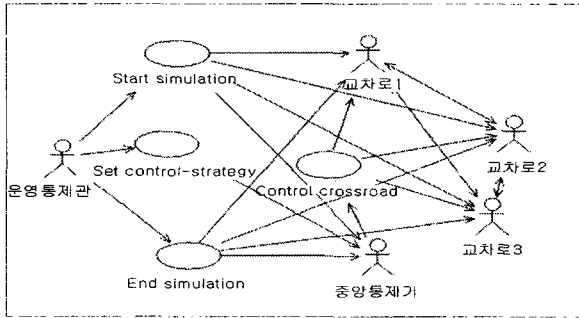
지 교차로 3개소가 각각 720m씩 거리를 두고 위치해 있으며 각각의 교통류 이동방향은 화살표로 표현되어 있고 각 교차로는 2개의 보행자 신호를 가지고 있다. 사용되는 현시는 3



가지 현시로 한정하여 표현한다.

[그림 2] 구현 교차로

개념분석을 통해 주요 객체와 객체간의 상호작용을 확인할 수 있다. 교차로, 중앙통제기, 차량, 운용통제기는 본 시뮬레이션에서 활동하는 주요 객체로서 식별되며 각각의 임무 및 객체간 상호작용은 <그림 3>과 같이 식별할 수 있다.



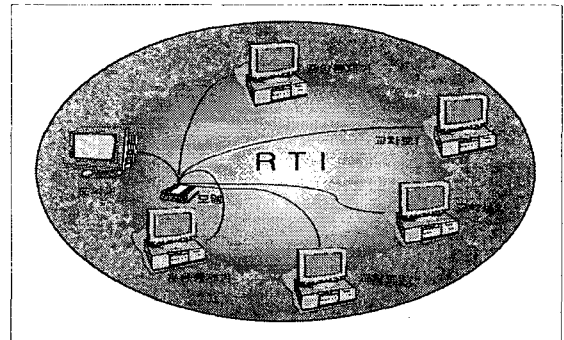
[그림 3] 사용사례도(Use Case Diagram)

운용통제기에서 최초 시뮬레이션을 시작하여 각각의 교차로 객체와 중앙통제기 객체를 생성하고 각각의 객체에서 분산시뮬레이션을 실행하게 한다. 각각의 교차로 객체는 교차로상의 상황을 시뮬레이션하고 인접교차로에 영향을 주는 인접교차로 유입 데이터를 인접교차로 객체에 전송한다. 유입차량에 대한 데이터를 전송받은 교차로는 새롭게 업데이트된 속성 값으로 시뮬레이션을 하게 된다. 그리고 중앙통제기는 사전에 지정된 지역교통망 통제 전략으로 각 교차로를 중앙 통제한다. 운용통제기에서 중앙통제기의 통제전략을 수정하면 중앙통제기는 이에 맞는 통제방식을 해당교차로에 전송, 해당교차로는 전송된 통제방식을 적용하여 교차로 내의 차량을 통제한다.

최초 운용통제기에서 페더레이션을 시작하면 중앙통제기와 교차로 1, 2, 3의 객체의 시뮬레이션을 시작하게하고 각각의 시뮬레이션은 각자의 시나리오에 따라 시뮬레이션을 진행한다. 각 교차로는 시뮬레이션 과정에서 인접한 교차로에 영향을 주고받고 있다. 그리고 운용통제기에서 새로운 교통통제방식을 적용하면 중앙통제기의 메시지를 받아 각각의 교차로 통제 파라미터를 변경하여 교통량을 통제한다. 이러한 과정에서 각 객체간 시간적인 연동이 이루어져야 의도하고 있는 시뮬레이션이 가능하다.

5. 지역 교통통제 페더레이션 설계/개발

지역교통통제 페더레이션 목표분석과 개념분석을 통해 페더레이션에 참여하는 페더레이트를 식별할 수 있다. <그림 4>와 같이 운용통제기, 중앙통제기, 교차로1, 2, 3의 개별 시뮬레이션은 본 페더레이션의 페더레이트로 설정할 수 있으며 교차로 수를 추가하여 시뮬레이션을 하기 위해서는 페더레이트 단위로 추가 가능하다.



[그림 4] 페더레이션 구성

연합객체모델(FOM)은 HLA 페더레이션에 참여하는 응용체계들 사이에 주고받는 정보를 기술하는 객체이다. 여기에는 페더레이션에 참여하는 페더레이트의 클래스, 속성, 및 상호작용 등을 기술한다. 연합객체모델을 개발하는 목적은 페더레이션내 모든 페더레이트간에 공통적으로 사용될 자원과 기타 산물들을 규정하기 위한 것이다. 그러므로 각 페더레이션은 하나의 연합객체모델을 갖고 있으며 페더레이션을 실행할 때 연합객체모델은 RTI에 자료로 공급된다. 본 연구의 페더레이션 내에서 운용될 객체는 중앙통제기, 교차로1, 2, 3이다.

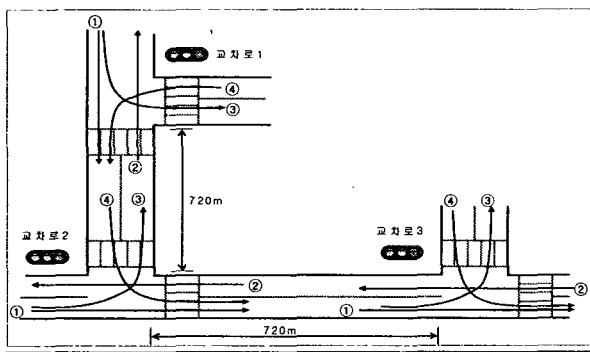
6. 페더레이션 실행

6.1 지역 교통망 시뮬레이션 분석

HLA 기반 하 지역교통망 시뮬레이션 모델을 이용하여 3지 교차로 3개소에 대한 지역교통망 신호제어 방식을 분석하였다. 비교분석할 방식은 단일 고정신호제어 방식, 지역 연동신호제어 방식과 실시간 교통대응제어 방식이다. 각각의 제어방식을 중앙통제기에 시뮬레이션

시나리오로 입력하여 3개의 교차로를 통제하여 실행하였다. 교통류 시뮬레이션에 HLA 개념을 적용한 프로토타입 모형연구에 중점을 둔 특성에 따라 비교시 효과척도(MOE)로는 일반적인 평균대기 차량수를 사용하였다. <표 1>은 차량 생성 시나리오로 각각의 제어방식을 실험함에 있어 공통적으로 적용되는 시나리오이다. 현시는 <그림 2>와 같이 3가지로 구분하여 교차로의 주기를 이루었으며 각각의 현시에 번호를 설정 시나리오에 적용한다.

<표 1> 차량생성 시나리오



구분	교통류	차량 생성율	비 고
교차로 1	①번	0.25 대/sec	
	②번	-	교차로2-③ 유입
	③번	0.18 대/sec	
	④번	0.20 대/sec	
교차로 2	①번	0.26 대/sec	
	②번	-	교차로3-② 유입
	③번	0.22 대/sec	
	④번	-	교차로1-① 1/2유입 교차로1-④ 1/2유입
교차로 3	①번	-	교차로2-① 1/2유입 교차로2-④ 1/2유입
	②번	0.27 대/sec	
	③번	-	교차로2-① 1/2유입 교차로2-④ 1/2유입
	④번	0.24 대/sec	

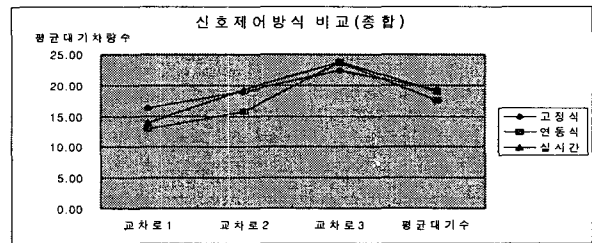
시뮬레이션은 각 신호제어방식별로 20분간 실시하였다. 이 시간은 RTI에 의한 상호운용성의 실현과 교차로간 정보교환을 식별할 수 있는 적당한 시간이다.

6.2 시뮬레이션 결과분석

종합한 결과 <표 2>과 같이, 현 상황에서 대기차량수의 최소화를 위한 가장 효율적인 신호 제어 방식은 연동식 신호제어 방식으로 다른 제어방식에 비해 평균대기 차량수 1~2대를 차이를 보이고 있다. 이 방식은 도심지역에서 밀집

되어 있는 교차로 신호제어에 사용되는 방식으로 상호연관성을 가지고 있는 교차로를 효율적으로 제어하는 방식이다. 그리고 특정 교통류의 대기차량이 많이 나타나는 상황에서 그 교통류의 대기차선의 수용능력이 적을 때, 또는 차량 유입이 일정치 않을 때에는 다른 교통류와 배분할 수 있도록 실시간 대응 신호제어 방식이 적절할 것이다. 교차로1의 1번 교통류, 교차로2의 1번 교통류, 교차로3의 2번 교통류를 제어방식별로 비교해 보면 고정식, 연동식 제어방식은 유사한 수치가 나타나고 있으나 실시간 대응식 제어방식은 현격하게 줄어든 것을 볼 수 있다.

<표 2> 종합결과



단위 : 대

구분	고정식 제어	연동식 제어	실시간 대응식
교차로 1	1번	36.91	14.04
	2번	13.68	6.65
	3번	6.39	9.48
	4번	8.29	22.36
교차로 2	1번	42.14	23.74
	2번	8.21	12.57
	3번	16.03	19.26
	4번	9.26	21.15
교차로 3	1번	6.13	6.68
	2번	47.54	24.71
	3번	6.70	12.62
	4번	29.23	49.58
평균	19.21	17.40	18.57

6.3 기존 모형과의 비교

기존 교통류 시뮬레이션 모형 중에서 가장 보편적이고 기타 시뮬레이션 또는 새로운 시뮬레이션 모형연구의 표준지표로 사용되고 있는 NETSIM 모델과 본 연구의 고정식 및 연동식 신호제어방식인 시나리오 1, 2에 대한 결과를 비교하였다. <표 3>의 NETSIM 모델을 이용한 시뮬레이션 결과 값과 비교해 보면 두 가지 제어방식 모두 NETSIM모델 하에 약간 더 많은 대기차량수를 나타내고 있으나 두 가지 제어방

식의 우열 면에서는 동일한 결과를 나타내고 있다. 더 많은 대기차량수를 나타내는 원인은 NETSIM 모델에서는 각각의 차량 출발순시시간을 적용하고 있어 상대적으로 대기차량수가 늘어난 것으로 파악된다.

<표 3> NETSIM 모델 결과와 비교(대기차량수)

구 분	고정식 신호제어방식	연동식 신호제어방식
HLA	19.21	17.40
NETSIM	20.02	17.92

<표 4>는 TRANSYT 모델을 이용한 비교로서, 편의상 교차로 1에 대한 결과 값만을 비교하였다. TRANSYT 모델로 산출된 주기는 100초로 본 모델과는 3초의 차이가 있으나 TRANSYT 모델이 주기를 5초 단위로 표현하도록 설정되어 있어 유사한 값으로 볼 수 있으며 나타난 현시율은 각각의 현시의 교통류의 양에 따라 조정된 값으로 TRANSYT 모델과 유사한 비율을 나타내고 있다.

<표 4> TRANSYT 모델 결과와 비교

구 분	수령주기(sec)	현시율(%)		
		1	2	3
HLA	103	38.5	29.5	32.0
TRANSYT	100	40	29	31

이상에서 비교해본 결과, HLA 기반 모형과 기존 모형의 결과치와 유사하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 각각의 교차로가 하나의 시물레이션 단위로서 시물레이션을 실행하되 실제 교차로와 같이 상호 영향을 주고받으면서 교차로군의 현상을 표현할 수 있으며 이는 RTI에 의한 상호운용성이 실현됨을 확인할 수 있다.

7. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 통합적 교통군의 상호 연계된 복잡한 상황의 시물레이션에 HLA를 기반으로 하는 분산 시물레이션 기법을 적용하였다. HLA 규약에 맞도록 페더레이션 개발과정을 단계별로 수행해 가며 지역 교통망의 페더레이션 구현하였으며 개발된 페더레이션을 이용하여 대표적인 교통신호 제어 방식인 고정식 제어, 연동식 제어, 실시간 대응식 제어 방식을

시물레이션 하여 결과를 평가하였다. 그리고 본 모델과 기존 모형을 이용한 결과를 상호 비교하여 본 모형의 실효성을 확인할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김영찬, 유충식(2000), "네트워크형 가로망의 교통신호제어 최적화 모형개발", 대한교통학회지, 제 18권 제1호, 대한교통학회, pp. 87-97.
- [2] 연지윤, 장명순, 김진태, 손봉수(2002), "차로이용율을 유도하는 차로변경모형의 개발", 대한교통학회지, 제20권 제5호, 대한교통학회, pp. 99-111.
- [3] 오승환, 오영태(2002), "COSMOS안정화를 위한 교통축 및 감응제어 방법연구", 대한교통학회지, 제 20권 제6호, 대한교통학회, pp. 31-43.
- [4] 이상현(2000), "HLA 모의구조전환에 따른 한국 DM&S 발전방향", 한국국방경영분석학회지, 제26권 제2호, 한국국방경영분석학회, pp101-118.
- [5] 이상현, 이영구(2002), "상위체계구조에 근거한 수송이동관리 시제모형", 한국시물레이션학회지, 제11권 제2호, 한국시물레이션학회, pp.31-43.
- [6] 이종근, 박창호, 전경수, 지승도, 김병중, 조대호(1999), "객체지향적 교통류 시물레이션 시스템: I³D² Transportation Simulation System", 대한교통학회 추계학술대회지, 대한교통학회, pp. 477-482.
- [7] 장세봉(1999), "고속도로 교통류 시물레이션 모형의 정산에 관한 연구", 영동대학교 연구논총, 5집 1권, pp.275-286..
- [8] 조중래, 고승영, 김진구, 김채만(2001), "CA모형을 이용한 미시적 교통류 시물레이션 시스템 개발에 관한 연구", 대한교통학회지, 제19권 제3호, 대한교통학회, pp. 133-144.
- [9] 하동익, 정준하, 이돈주(2001), "교통신호제어시스템 평가를 위한 시물레이터 개발 및 활용방안", 도로교통 안전관리공단.
- [10] 황상호(2002), "교통신호제어시스템의 현황 및 발전방향", 교통과학연구원.

-
- [11]. 황상호, 송창용, 배광수(2001), "지역단위 실시간 교통신호제어체계 개발 I,II", 교통과학연구원
 - [12]. Department of Defense(1998), "High Level Architecture Federation Development and Execution Process (FEDEP) Model Version 1.4".
 - [13]. Federal Highway Administration(1998), "TRANSYT-7F Users Guide", Florida, U.S.A.
 - [14]. U.S DOT, Federal Highway Administration, Traffic Control System Handbook, U.S. NTIS