

HLA를 이용한 지역 교통망 관리 방안 연구 (A Study of the Management for the Area Traffic Using High Level Architecture)

이 상헌, 민 용화
국방대학교 운영분석학과
leesangh@kndu.ac.kr

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 many 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.

제 1 장 서론

최근 대도시를 중심으로 첨단 신호체계를 기반으로 하는 첨단교통시스템의 구축이 활발히 진행 중에 있으며, 국도와 지방도상 신호교차로의 경우도 교통수요에 적절히 대응할 수 있는 새로운 신호제어체계의 개발이 진행 중에 있다. 선진국의 경우 교차로 신호의 합리적 운영을 위해 기존 신호체계 운영에 대한 관심과 함께 새로운 신호체계 개발에 꾸준한 노력을 기울이고 있는 실정이다.

이러한 신호체계 개발과 함께 수반되어야 하는 과정이 신호체계에 대한 시뮬레이션이다. 교통제어 알고리즘과 교통통제 시스템을 분석, 평가를 하기 위해서는 실제 적용에 대한 막대한 비용을 감안하면 시뮬레이션은 필수적이다. 단일 교차로에 대한 시뮬레이션으로부터 신호체계가 다양해지고 통제 대상 또한 광역화됨에 따라 지역교통망에 대한 광범위한 시뮬레이션이 필요하게 된다.

지역교통망의 대표적인 시뮬레이션 모델인 TRANSYT은 지역교통망에 대한 보편적인 교통 시뮬레이션 및 최적화 도구이다. 이 모델은 보편적으로 사용되고 있으나 최적화 성격이 강하여 다양한

교통통제 시스템을 적용하여 실시간 상황을 분석 및 평가할 수는 없는 제한사항을 갖고 있다.

이러한 시뮬레이션은 하부 시스템들 간에 자료 교환을 통하여 상호운영성(interoperability)을 구현한 분산 시뮬레이션(DIS : Distributed Interactive Simulation)에 의해 시뮬레이션 가능하다. 특히 HLA(High Level Architecture)를 기반으로 하는 실시간 분산 시뮬레이션 기술은 합성환경 구축을 위한 핵심 기술이다. HLA는 시뮬레이션 상호간 상호 운영성을 보장하고 동시에 모델 및 시뮬레이션 구성요소의 재사용성을 촉진시키기 위한 고수준의 시뮬레이션 아키텍처이다. 이를 활용하면 복잡 다양하고 상호 연관된 상황을 시뮬레이션으로 표현 가능해진다.

본 논문에서는 지역 교통망의 복잡, 다양한 특성과 이를 통제하는 교통통제 시스템을 HLA를 이용하여 구현함으로써 지역 교통망에 대한 교통통제 시스템을 분석, 평가할 수 있는 가능성을 제시하고 HLA의 재사용성과 상호운영성의 우수성을 확인하고 다방면에 걸친 HLA적용의 가능성을 제시하고자 한다. 교통분야에 대한 HLA기반의 분산 시뮬레이션의 프로토타입 모델 개발 및 모델을 이용 지역 교통제어 방식을 적용한 시뮬레이션을 실시, 그 결과를 분석하여 HLA 기반한 지역 교통 시뮬레이션의 효율성을 제시한다.

제 2 장 기반기술 고찰

HLA 개요

HLA는 미 국방부가 모델링 및 시뮬레이션(M&S) 체계간, 또는 M&S체계와 전투 및 C4I체계간에 상호운용성을 촉진하고 기관간의 모형의 재사용성을 향상시키기 위하여 개발한 분산 시뮬레이션의 표준 기술구조로서 상이한 조직에서 상이한 목적으로 개발된 개별 시뮬레이션들을 하나의 통합된 시뮬레이션으로 결합시켜 주는 소프트웨어 구조이다. 다수 구현체계들의 통합이 가능하나, 기본적으로 HLA는 소프트웨어에 의해 정의되기보다 문서의 집합으로 정의된다.

HLA를 기반으로 하는 시뮬레이션을 설계함으로써, 대규모 시뮬레이션 문제를 소규모 다수 문제로 분할 가능하고 소규모 문제 정의, 구축 및 검증 등이 용이하게 된다. 그리고 소규모 시뮬레이션 시스템 결합을 통한 대규모 시뮬레이션 시스템 구축이 가능하고 소규모 시뮬레이션 시스템과 결합을 의도하지 않은 시뮬레이션 시스템과 결합을 통한 새로운 시뮬레이션 시스템 구축이 가능해진다. 컴포

넌트 기반 시뮬레이션 시스템에게 공통적인 기능들을 특정한 시뮬레이션 시스템에서 분리, 재사용 가능한 기반체계로 구축할 수 있으며 시뮬레이션과 기반체계 간의 인터페이스는 기반체계 구현기술 및 시뮬레이션 구현기술의 변화로부터 각각 시뮬레이션 및 기반체계 등을 분리할 수 있게 된다. 즉 기존 시뮬레이션들의 재사용성(Reusability)과 다른 시뮬레이션들과의 상호운용성(Interoperability)을 확보하게 되는 것이다. 기존의 각각의 시뮬레이션들을 HLA규약을 접목시켜 어떠한 동일한 시간적, 공간적 범위 내에서 시뮬레이션함으로써 과거 다양한 목적으로 개발되었던 시뮬레이션을 통합하여 각각의 객체로서의 시뮬레이션이 아닌 전체의 일부인 페데레이트(Federate)로서 시뮬레이션이 가능하게 되는 것이다.

페데레이션(Federation)은 특정 모의 목적을 달성하기 위한 시뮬레이션들의 집합이고, 페데레이트(Federate)는 페데레이션을 구성하는 각각의 시뮬레이션이며 소프트웨어의 재사용 단위이다. 그리고 페데레이션의 구성요소 중의 하나인 RTI(Runtime Infrastructure)는 페데레이션의 지원 소프트웨어로서 네트워크상에서 분산 시뮬레이션을 효율적으로 관장하고 진행시키기 위한 데이터 추상화 구조이다. RTI는 기존의 네트워크 프로토콜인 TCP/IP에서 한 단계 향상된 개념의 Infrastructure로써 네트워크상에서 공유되는 원시데이터를 과거 단순한 일방적 분배체계가 아닌 데이터 분배, 메시지 인보케이션(Invocation)에 의한 해당함수 수행, HLA규칙에 규정된 임무수행까지 수행하는 양방향 서비스를 제공한다.

지역 교통망 제어

신호제어방법은 분류기준에 따라 다양하게 나누어 질 수 있다. 지역제어기 단독으로 운영되는 독립교차로 제어와 인접한 신호기와 연계시켜 운영하는 연동제어가 있다. 신호시간 결정방법에 따라 고정시간 신호제어, 교통감응 신호제어, 실시간 교통 대응제어로 구분되며 중앙컴퓨터와 연결 유무에 따라 일반신호제어와 전자신호제어로 구분된다.

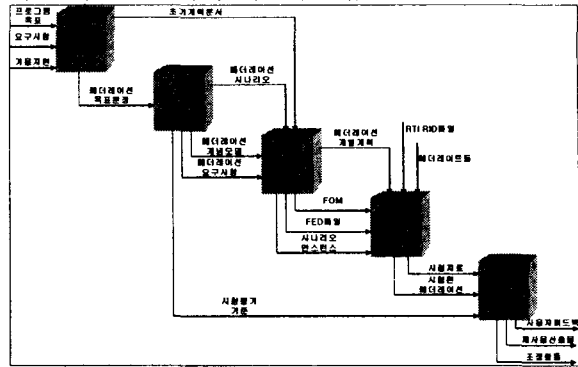
독립교차로 신호제어는 각 교차로에 설치된 신호기가 주변의 신호기와 연계되지 않고 해당 교차로마다 독립적으로 제어하는 방법이다. 이 방법은 일반적으로 인접 신호기와 멀리 떨어져 있어 연동 효과를 기대할 수 없는 경우에 주로 채택한다. 연동 신호제어는 도로상에 연속적으로 설치(보통 800m 이하)되어 있는 제어기를 동시에 연계하여 제어하는 방법이다. 모든 지역 제어기는 연동이 되는 이동류의 녹색시간 시점을 컴퓨터에 의해 통제를 받는다.

신호시간 결정방법은 고정시간제어, 실시간 교통 제어방법이 있다. 고정시간제어(Fixed-Time)는 일일 시간대별로 운영자가 교통량 조사결과 최적의 신호시간으로 먼저 산출하여 이를 사전에 입력한 몇 개의 신호시간에 따라 매일 반복하여 신호를 제어하는 방식이다. 실시간 교통대응제어는 교차로의 차량검지기로부터 획득된 자료를 토대로 교통상황에 대응하는 신호시간을 제공하는 제어방법이다. 교차로 접근로에 설치된 차량검지기에서 계속된 자료는 중앙컴퓨터로 보내지고 중앙컴퓨터에서는 이들 자료를 토대로 교통상황에 알맞은 신호시간을 계산하여 지역제어기로 보내 신호를 운영한다. 중앙컴퓨터에서 신호시간을 어떻게 결정하느냐에 따라 신호 시간 선택방식과 신호시간 계산방식을 구분된다. 실시간 교통대응제어는 전적으로 차량검지기에서 계속되는 자료에 의존하기 때문에 차량검지기의 신뢰도가 유지될 수 있도록 해야 한다.

제 3 장 지역교통통제 페데레이션 목표 /개념모델 설계

FEDEP 모델

FEDEP(Federation Development and Execution Process)모델은 사용자 요구사항을 충족할 수 있는 HLA 페데레이션(Federation) 개발 및 실행을 위한 상위수준의 프로세스 또는 지침을 제공하며 HLA 페데레이션 개발 및 실행을 위하여 6가지 기본단계와 순서를 식별하여 제공하고 있다.



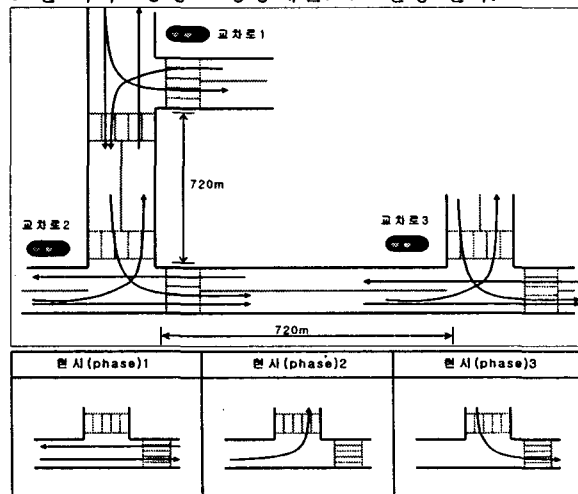
이러한 절차를 준수하면 의도하는 페데레이션을 구현할 수 있으며 나아가 페데레이션의 재사용성과 확장성은 물론이고 개발시간을 단축할 수 있다.

페데레이션 목표정의

본 연구에서 구현하고자 하는 것은 지역교통통제 시뮬레이션 개발이다. 지역교차로는 여러 교차로가 네트워크형태로 구성되어 있으므로 하나의 교차로의 변화하는 상황은 지역교차로내의 모든 교차로에 영향을 줄 수 있다. 이러한 지역교차로의 특징은 HLA 기반한 분산시뮬레이션으로 가장 잘 표현할 수가 있다.

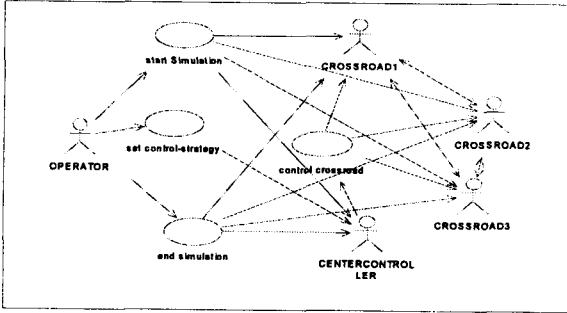
페데레이션 개념모델 개발

본 논문에서는 HLA기반하 교통분야 시뮬레이션을 구현하기 위해 시뮬레이션 범위를 지역교통망의 개략적인 상황을 모델링하고자 한다. 실제 지역교통망에서 일어날 수 있는 상황과 실제여건을 다음과 같이 시뮬레이션 범위를 한정하고 구현내용 또한 지역교통망 교통통제면으로 한정 한다.



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

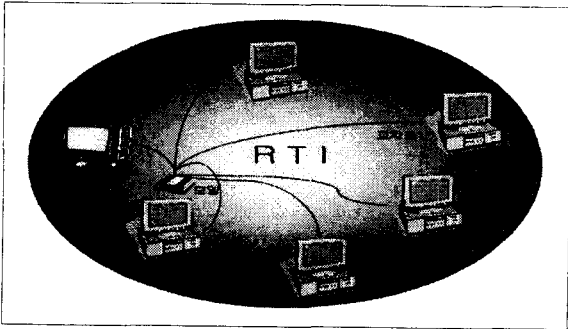
운용통제기에서 최초 시물레이션을 시작하여 각각의 교차로 객체와 중앙통제기 객체를 생성하고 각각의 객체에서 분산시물레이션을 실행하게 한다. 각각의 교차로 객체는 교차로상의 상황을 시물레이션하고 인접교차로에 영향을 주는 데이터(인접교차로 유입차량)를 인접교차로 객체에 전송한다. 유입차량에 대한 데이터를 전송받은 교차로는 새로운 데이터를 이용 시물레이션을 한다. 그리고 중앙통제기는 사전에 지정된 지역교통망 통제 전략으로 각 교차로를 중앙통제한다. 운용통제기에서 중앙통제기의 통제전략을 수정하면 중앙통제기는 이에 맞는 통제방식을 해당교차로에 전송, 해당교차로는 전송된 통제방식을 적용하여 교차로 내의 차량을 통제한다.



제 4 장 지역 교통통제 페더레이션 설계/개발

페더레이션 선정

지역교통통제 페더레이션 목표분석과 개념분석을 통해 페더레이션에 참여하는 페더레이터를 식별할 수 있다. 운용통제기, 중앙통제기, 교차로1, 2, 3의 개별 시물레이션은 본 페더레이션의 페더레이터로 설정할 수 있으며 교차로 수를 추가하여 시물레이션을 하기 위해서는 페더레이터 단위로 추가가능하다.

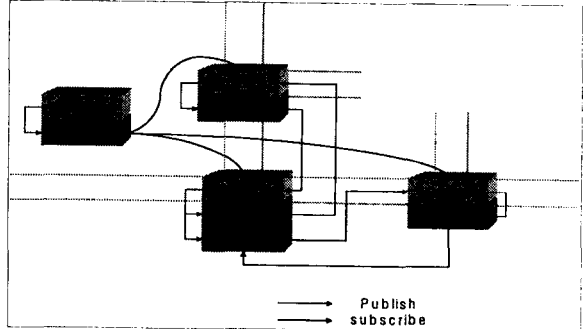


FOM 개발/페더레이션 설계

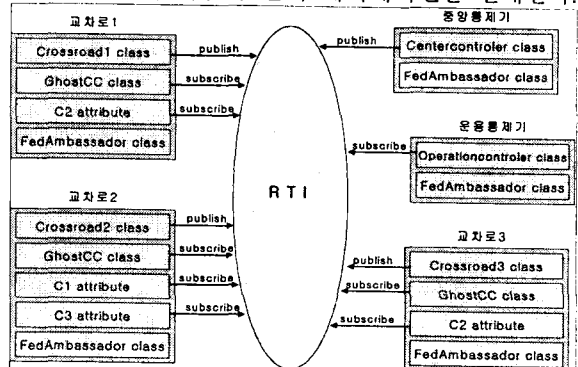
연합객체모델(FOM, Federation Object Model)은 HLA 페더레이션에 참여하는 응용체계들 사이에 주고 받는 정보를 기술하는 객체이다. 여기에는 페더레이션에 참여하는 페더레이터의 클래스(class), 속성(attributes), 및 상호작용(interaction) 등을 기술한다. 연합객체모델(FOM)을 개발하는 목적은 페더레이션내의 모든 페더레이터간에 공통적으로 사용될 자원과 기타 산물들을 규정하는 것이다. 그러므로 각 페더레이션은 하나의 연합객체모델을 갖고 있으며 페더레이션을 실행할 때 연합객체모델은 RTI에 자료로 공급된다. 본 연구의 페더레이션 내에서 운용될 객체는 중앙통제기, 교차로1, 2, 3이다. 지역 교통통제 페더레이션의 연합객체모델은 다음 표와 같이 모델링할 수 있다.

구분	중앙통제기 페더레이터	교차로 페더레이터
클래스명 (Class)	중앙통제기	교차로 1, 2, 3
상호작용 (Interaction)	통제값 조정	유입 차량증가
파라미터 (Parameter)	주기, 음셋 현시별 길이	유입 차량여부
속성 (Attribute)	신호제어방식	교차로 이름, 주기 현시별 길이, 음셋 현시별 생성차량수 현시별 통과차량수 현시별 대기차량수 현시별 포화도 현시별 차량생성율

각각의 교차로는 인접교차로에 영향을 미치는 속성인 차량 유입(1to2, 교차로1에서 교차로2로의 차량유입)을 공표(Publish)한다. 이러한 내용은 각각의 교차로에서 관심을 가지고 있는 데이터로서 각 교차로는 자신의 교차로에 영향을 주는 인접 교차로의 공표된 데이터를 요청(Subscribe)한다. 이렇게 함으로써 인접 교차로 차량유입이라는 상호작용이 이루어진다. 그리고 중앙통제기의 활동을 보면, 중앙통제기는 신호제어방식이라는 속성을 공표(Publish)한다. 그러면 이에 관심이 있는 각각의 교차로는 이러한 데이터를 요청(Subscribe)하고 수신하여 자신의 신호제어방식에 해당하는 세부 속성에 반영한다. 이러한 과정으로 교차로 '통제값 조정'의 상호작용이 이루어진다.



중앙통제기와 교차로1, 2, 3이 자신의 속성을 공표하는 대상, 그리고 요청하는 대상은 해당 속성에 관심있는 객체가 아니라 RTI이다. 객체의 속성을 다른 객체에게 제공할 수 있도록 RTI에게 공표하고 공표된 속성 중 관심있는 속성에 대해서 RTI에 요청하여 수신한다. RTI는 객체와 객체를 이어주는 매개체 역할을 하는 것을 보여주고 있으며 그리고 그 매개체는 단지 데이터 송수신만 이루어지는 것이 아니라 공통된 데이터 추상화 구조로 각각의 객체에 시·공간적 공통의 조건을 제공하고 있다. 이러한 과정을 통해 RTI가 제공해야 하는 서비스가 식별되며 다음과 같이 페더레이션을 설계한다.



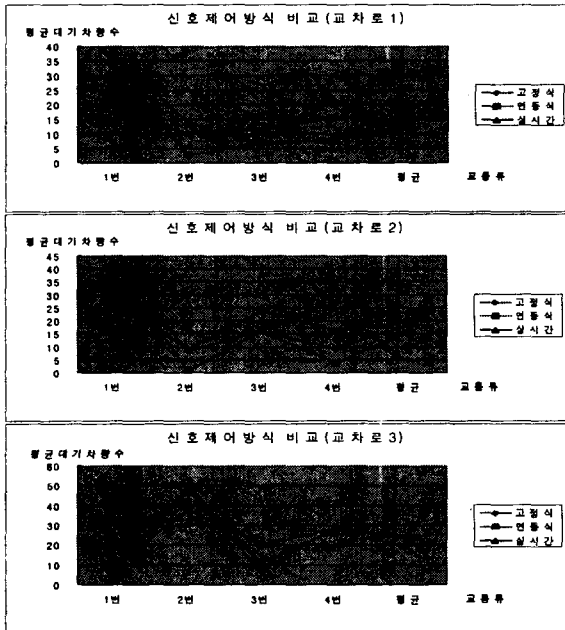
제 5 장 페더레이션 실행

지역 교통망 시뮬레이션 분석

개발된 HLA 기반하 지역교통망 시뮬레이션 모델을 이용하여 간단한 3지 교차로 3개소에 대한 지역교통망 신호제어 방식을 비교 및 분석하였다. 비교분석할 신호제어 방식은 단일 고정신호제어 방식, 지역 연동신호제어 방식과 실시간 교통대응제어 방식 이 3가지 제어방식이다. 각각의 제어방식을 중앙 통제기에 시뮬레이션 시나리오로 입력하여 3개의 교차로를 통제하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션 결과를 토대로 비교기준의 MOE(Measure Of Effect)로는 교차로당 평균대기 차량수로 한다.

시뮬레이션 결과분석

신호제어 방식별, 교차로별 결과인 9개의 데이터를 이용 결과분석을 실시하였다. 각각의 교차로별로 비교하여 보면, 연동식 신호제어 방식이 교통류별 대기차량수의 기복이 가장 심함을 알 수 있다. 이는 인접한 교차로와 연동되는 교통류는 그렇지 않은 교통류보다 효율성이 뛰어난을 나타내고 있다. 실시간 대응식 신호제어 방식은 그 차이가 적어 교차로 내에서 균형된 대기 차량수 형태를 유지해주는 방식임을 알 수 있다.



단위 : 대수

구분	고정식 제어	연동식 제어	실시간 대응식	
교차로 1	1번	36.91	34.41	14.04
	2번	13.68	2.50	6.65
	3번	6.39	6.78	9.48
	4번	8.29	7.91	22.36
교차로 2	1번	42.14	42.14	23.74
	2번	8.21	0.52	12.57
	3번	16.03	16.03	19.26
	4번	9.26	3.82	21.15
교차로 3	1번	6.13	7.71	6.68
	2번	47.54	49.29	24.71
	3번	6.70	10.67	12.62
	4번	29.23	27.05	49.58
평균	19.21	17.40	18.57	

결론적으로 대기 차량수의 최소화를 위한 현 상황에서의 가장 효율적인 신호제어 방식은 연동식 신호제어 방식이다. 이 방식은 도심지역에서 밀집되어 있는 교차로 신호제어에 사용되는 방식이다. 그

러나 교차로 상황에 따라 인접교차로와 연동되지 않고 단독적으로 실시간 대응 신호제어 방식을 사용해야 될 때도 있다. 그리고 특정 교통류의 대기 차량이 많이 나타내는 상황에서 그 교통류의 대기 차선의 수용능력이 적을 때, 또는 차량유입이 일정치 않을 때에는 다른 교통류와 배분할 수 있도록 실시간 대응 신호제어 방식이 적절하다.

제 6 장 결론 및 발전방향

본 논문에서는 통합적 교통군의 상호 연계된 복잡한 상황의 시뮬레이션에 HLA(High Level Architecture)를 기반으로 하는 실시간 분산 시뮬레이션 기법을 이용하였다. HLA에 대한 기본개념과 교통신호 제어에 대한 기본개념을 설명하였고 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 시뮬레이션하여 그 결과를 분석, 평가하였다.

이러한 과정을 통하여 HLA는 시뮬레이션 상호간 상호운용성을 보장하고 동시에 모델 및 시뮬레이션 구성요소의 재사용성을 촉진시키기 위한 고수준의 시뮬레이션 아키텍처이며, 이를 활용하면 거시적인 교통군과 같은 복잡 다양한, 그리고 상호 연관된 상황을 시뮬레이션으로 표현 가능해짐을 확인할 수 있었다. 본 연구는 지역 교통망에 대한 HLA 기반 분산 시뮬레이션의 가능성을 제시한 것으로써, 지역 교통망에 대한 페더레이션 모델이 간략한 교차로에 국한된 내용으로서 더욱더 세밀한 묘사가 필요하다. 그리고 다수의 교통군을 통합한 거시적인 교통망에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 장상철의 3명, 「국방모의분석체계 구축을 위한 상위 체계구조(HLA) 기술 연구」, 한국국방연구원, 1999.
- [2] 이상헌, 「HLA 모의구조 전환에 따른 한국군 DM&S 발전방향」, 한국국방경영분석학회지, Vol 26, No. 2(2000).
- [3] 황상호의 3명, 「지역단위 실시간 교통신호제어 체계 개발 I, II」, 교통과학연구원, 2001. 12
- [4] 하동익의 2명, 「교통신호제어시스템 평가를 위한 시뮬레이터 개발 및 활용방안」, 도로교통안전관리공단, 2001. 3
- [5] 황상호, 「교통신호제어시스템의 현황 및 발전 방향」, 도로교통안전관리공단, 2002. 6
- [6] Department of Defense, 「High Level Architecture Federation Development and Execution Process (FEDEP) Model Version 1.4」, USA, 1998.
- [7] Frederick Kuhl, Richard Weatherly, and Judith Dahmann, 「Creating Simulation Systems : An Introduction to the High Level Architecture」, Prentice Hall PTR, 2000.
- [8] Department of Defense, 「High Level Architecture Federate Ambassador Reference RTI 1.3 Version 1.3」, USA, 1998.
- [9] Department of Defense, 「High Level Architecture RTI Ambassador Reference RTI 1.3」, USA, 1998.
- [10] Department of Defense, 「High Level Architecture Run-Time Infrastructure Programmer's Guide Version 1.3」, USA, 1998.