HLA 기반 모형의 네트워크 트래픽 감소를 위한 모형 설계에 관한 연구

서혜숙*, 김태윤**
*고려대학교 컴퓨터학과
**고려대학교 컴퓨터학과
e-mail : suh@kida.re.kr

A Model Design for Network Traffic Reduction of Simulation Model based on HLA

Heyi_Sook Suh*, Tae_Youn Kim**
*Dept. of Computer Science, Korea University
**Dept. of Computer Science, Korea University

요 약

소규모의 기능별 시뮬레이션 모형을 운용하던 과거와는 달리 대규모이며 복잡한 시뮬레이션 시스템 구축이 요구되고 있는 현실에서, 대규모의 분산 시뮬레이션을 위한 하드웨어적인 기술 수준의 발전과 더불어 시뮬레이션 자체의 능력도 함께 발전시킬 필요성이 더욱더 커지고 있다.

본 연구에서는 차세대 시뮬레이션 기술 구조인 HLA(High Level Architecture) 기반 구조하에서 모형을 구축시 RTI(Run-Time Infrastructure)와 시뮬레이션 그리고 FOM(Federation Object Model)에 약간의 수정작업을 가하여, 네트워크의 트래픽을 감소시킴으로써 시뮬레이션의 능력을 향상시키는 방법을 모색하였다..

1. 서론

최근의 모델링 및 시뮬레이션(M&S: Modeling and Simulation) 분야에서는 다양한 컴포넌트(component)들을 통합하여 대규모의 복잡한 시뮬레이션을 운영하는 추세로 발전하고 있다. 이러한 M&S 통합 환경 구축을 가능케 하는 기술에는 HLA(High Level Architecture)가 있으며, HLA는 네트워크 관련 기반 기술의 계속적인 발전으로 인하여 네트워크의 융통성과 추상성, 그리고 상호 운용성 및 확장성 등도 보장되고 있다. 대규모의 분산 시뮬레이션을 위한 이러한 네트워크의 새로운 기술을 이용 또는 효율성을 극대화시킬 수 있는 시뮬레이션의 자체 능력도 발전시킬 필요성이 있다.

본 연구에서는 HLA 구성 요소 중 RTI(Run-Time Infrastructure, 차세대 시뮬레이션 연동체계)와 페더레이션을 구성하는 시뮬레이션 모형, 그리고 FOM(Federation Object Model, 페더레이션 객체 모델)이라는 3가지 요소에 수정작업을 가하여, 네트워크의 트래픽을 현저히 감소시킴으로써 시뮬레이션의 능력을 향상시키는 방법을 찾고자 하였다.

제 2 장에서는 관련 연구로서 연구의 기본 개념인 HLA 와 수정작업을 가하게 되는 부분인 RTI, FOM, 그리고 시뮬레이션 모형에 대해 개괄적으로 살펴 보았다. 제 3 장에서는 본 연구를 위해 새롭게 도입된 개념인 면적 기반 필터링(Content-based Filtering)과 필터링 네트워크 시스템을 구성하는 과정, 그리고 이러한 필터링 개념을 이용하기 위해 기존의 HLA 시뮬레이션 모형에 어떻게 수정 작업이 이루어지는 지를 다루었다.

2. 관련 연구

2.1 HLA(High Level Architecture)

차세대 시뮬레이션 기술 구조인 HLA(High Level Architecture)는 제2세대 분산 시뮬레이션 구조인 DIS(Distributed Interactive Simulation)을 이은

차세대 네트워크 시뮬레이션의 표준 아키텍처이다. 여러 종류의 다양한 시뮬레이션 컴포넌트들로 이루어진 복합 시뮬레이션을 지원하기 위해 제정된 표준 프레임워크(framework)인 HLA는 모든 유형의 M&S에 대해 상호운용성 (interoperability)과 재사용성 (reusability)을 보장하는 공통 시뮬레이션 구조를 제공한다.

연동체계(RTI)를 통해 상호 작용하는 시뮬레이션 모형(페더레이트)들이 HLA 페더레이션(Federation)을 구성하며, 즉, HLA 페더레이션에 참여하는 개별 모형들이 페더레이트가 된다. HLA 페더레이션에 참여하는 모형 상호간의 공용 정보인 객체, 클래스, 속성 및 상호작용 등의 기술은 FOM(Federation Object Model)이 담당한다.

2.2 RTI(Run_Time Infrastructure)

차세대 시뮬레이션 연동 체계인 RTI 는 HLA 인터페이스 명세에 따라 구현된 소프트웨어로서 페더레이션을 구성하고 있는 페더레이트들에게 상호 연동에 필요한 서비스를 제공한다.

하나 이상의 페더레이션은 공통으로 가지는 하나의 RTI 에 의해 연동된다(<그림 1> 참조). 즉, 하나의 플랫폼에서 실행되는 전역 프로세스인 RTIExec(RTI Execution)가 여러 개의 페더레이션들로 구성된 페더레이션의 실행을 관리하게 된다. 각 페더레이션 마다 1 개씩 존재하여 각 페더레이션을 관리하며 자료 교환 등을 촉진하는 것이 FedExec (Federation Execution)이다. 페더레이션 실행시 관련 자료는 FED(Federation Execution Data) 파일이 관리하며, 이 FED 파일은 RTI 와는 독립적이며 FOM 에서 발췌된 자료들을 갖고 있다.

2.3 FOM(Federation Object Model)

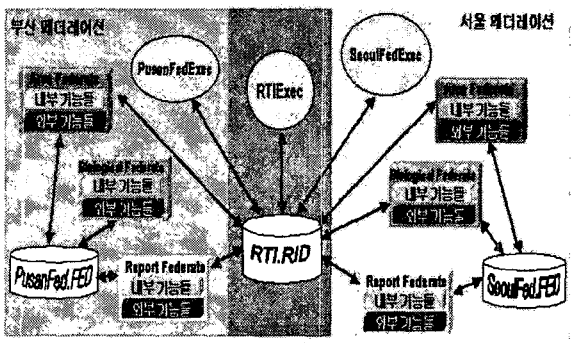
FOM은 각 페더레이션에 한 개씩 존재하며, 특정 페더레이션을 위해 필수적인 객체(objects), 속성(attributes), 관계성(associations), 그리고 상호작용(interaction) 등의 공유 정보를 서술한다. 데이터 인코딩과 같은 페더레이트의 관심 사항을 표현하는 데 사용된다.

2.4 시뮬레이션 모형: 화학 오염 확산 모형

화학 오염 확산 모형은 화학전 피해 상황 모형을 참조 모형으로 하며, 특정 지역에 화학 가스 등이 투하되었을 때, 그 지역의 피해 면적이 확산되어 가는 과정과 박테리아의 성장을 모의하는 HLA/RTI 적용 시뮬레이션 모형이다. 고유한 이름을 가지는 피해 지역명과 피해 면적이라는 두 가지 속성을 이용하며, 각 피해 지역을 하나의 독립적인 페더레이션으로 구성한다.

2.4.1 페더레이션 구성

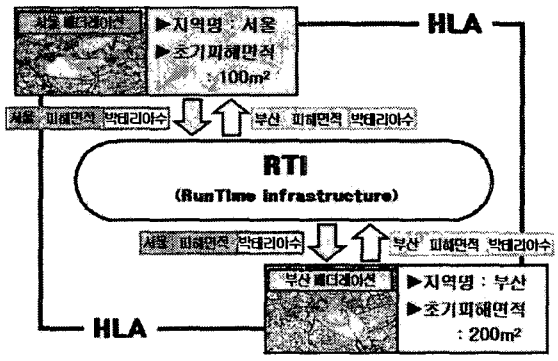
화학 오염 확산 모형의 각 페더레이션에는 피해 면적을 모의하는 피해 면적 페더레이트(Area Federate)와 박테리아 성장을 모의하는 생물학적 모의 페더레이트(Biological Federate), 그리고 2개의 페더레이트에서 산출한 결과를 통합하는 결과 보고서 페더레이트(Report Federate)로 구성된다.



<그림 1> 화학오염 확산모형의 페더레이션 구성도

2.4.2 페더레이션 운용

각각의 페더레이션은 한 지역에 화학 가스 등이 투하되었을 때 개시되며, 사용자가 지정한 시간과 시간 간격에 따른 화학 오염의 확산 정도를 피해 면적의 변화와 박테리아 수의 변화로서 나타내게 된다. 각 페더레이트는 피해 지역의 이름과 현재의 피해 면적을 서로 공표함으로써 서로 연동하게 된다(<그림 2> 참조).



<그림 2> 화학 오염 확산 모형 운용도

3. HLA 기반 네트워크 트래픽 감소 모형 설계

3.1 목적

네트워크로 구성된 분산 시뮬레이션을 운용함에 있어서 네트워크를 통해 전달되는 정보의 양을 줄이는 문제는 끊임없이 연구되는 분야중의 하나이다. 이는 네트워크의 트래픽 가중 여부가 곧 시스템의 성능을 판가름하기 때문일 것이다. 그 동안 추측항법(Dead-Reckoning)과 같은 많은 노력들이 이러한 정보의 양을 줄이기 위해 연구되었었다.

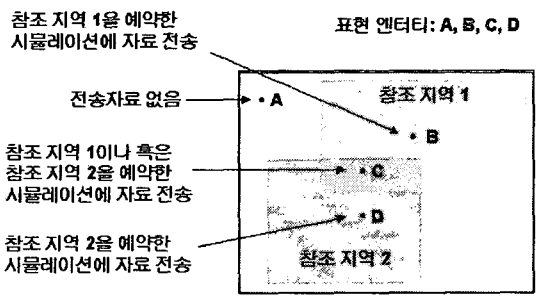
HLA는 대규모의 복잡한 분산된 네트워크 환경을 기반으로 하므로 그 어느 때보다도 네트워크의 대역폭이 중요할 수 밖에 없다. 기존의 RTI는 송신측에서 수시로 갱신되는 자료를 일방적으로 일대다(one-to-many) 형태로 네트워크를 통해 정보를 쏟아내었다. 이로 인해 수신측과 네트워크 상에 가해지는 오버로드는 원하던 원하지 않던 상당히 클 수 밖에 없었다.

본 연구에서는 수신측에서 필요로 하는 자료 또는 관련된 자료임을 사전에 송신측에 알려줌으로써 사전 예고한 측에게만 상태 갱신 등의 새로운 자료를 보내주는 모형에 대한 설계 방법을 다루고자 한다.

3.2 필터링 네트워크 구성

3.2.1 면적 기반 필터링(Content-based Filtering)

개별 시뮬레이션들이 전송되는 자료 중 단지 일부분만을 필요로 하는 경우가 많다는 사실로부터 필요하지 않은 정보를 필터(Filter)를 사용하여 걸러내는 방법을 생각해 볼 수 있다. 즉, 네트워크에 연결된 각 시뮬레이션 노드가 관심 사항(Interests)에 근거하여 자료를 필터할 수 있다면, 특정 데이터 패킷을 단말 노드로 전달할 것인지 아닌지를 결정할 수 있을 것이다.

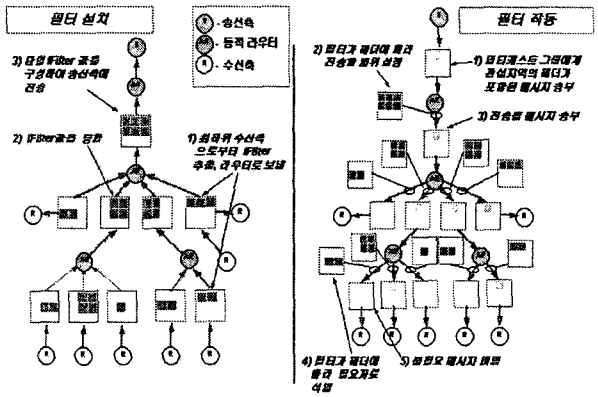


<그림 3> 면적 기반 필터링

<그림 3>에서와 같이 참조 지역 1을 관심 지역으로 표명한 시뮬레이션이 있다면, 그 지역에 포함된 엔터티 B와 C는 자신의 갱신 자료 등을 미리 예약한 측에만 보내주면 된다. 엔터티 D는 참조 지역 2을 관심 지역으로 표명한 측에게만 자료를 전송해 주면 된다. 참조 지역 1과 참조 지역 2에 중첩되어 있는 엔터티 C는 자료를 요구한 두 지역 모두에게 갱신 자료를 전송할 수 있어야 한다. 그러나 엔터티 A는 자신의 자료를 요구한 측이 없으므로 전송할 자료는 하나도 없다.

3.2.2 필터링 네트워크 구성 과정

필터를 가진 네트워크를 구성하는 과정에 대한 예는 <그림 4>와 같다. <그림 4>의 좌측은 수신측으로부터 송신측에 관심 사항이 전달되는 과정을 표현한 것으로 최하위 수신측 단말 노드에서 구한 IFilter 값을 동적 라우터(AR)을 통해 단일의 IFilter 값이 될 때까지 통합하여 송신측에 전달하고 있다. <그림 4>의 우측 그림은 IFilter 값에 붙여진 관심 지역을 표명한 시뮬레이션의 헤더 값에 따라 그 값을 필터링하여 사전 예고한 시뮬레이션에게만 갱신 자료를 전송하고 있다.



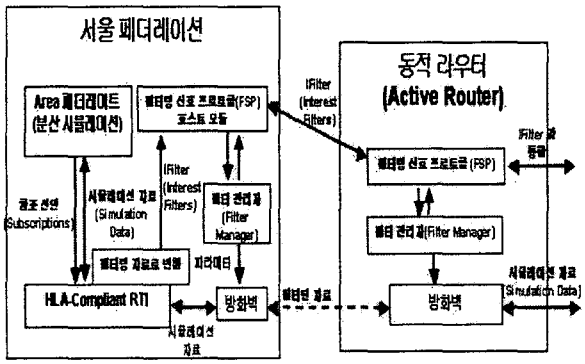
<그림 4> 필터링 네트워크 구성 예

<그림 3>과 <그림 4>에서 설명한 것과 같이 면적 기반 필터링은 시뮬레이션 단말 노드의 관심 사항으로부터 어떤 범위를 가진 집합인 IFilter(Interest Filter) 값을 구하여, IFilter 값을 필터 관리자(Filter Manager)를 통해 네트워크 상으로 전송되게 과정을 말한다.

3.2.3 필터링 네트워크 시스템 구조

분산 시뮬레이션과 RTI 그리고 라우터(AR) 간의 동작 원리를 설명하고자 서울 페더레이션을 구성하는 피해 면적 페더레이트(Area Federate)를 예로서

구성하면 <그림 5>와 같다. 분산 시뮬레이션인 Area 페더레이트가 관심 지역을 RTI에게 알리면(Subscriptions), RTI는 필터링 네트워크에 알맞은 자료로 변환하여(IFilter) 이를 필터링 신호 프로토콜(FSP: Filtering Signal Protocol)에게 보낸다. 필터링 신호 프로토콜 모듈은 IFilter 값을 라우터와 필터 관리자에게 전송한다. 필터 관리자는 필터링하기 위해 데이터 패킷을 검사한다. 라우터는 IFilter 값을 통합시켜 나간다.



<그림 5> 분산 시뮬레이션의 필터링 네트워크 구성도

3.3 기존 시뮬레이션 모형 수정

3.3.1 분산 시뮬레이션 모형 수정

분산 시뮬레이션인 각 지역 페더레이션은 Area 페더레이트와 Biological 페더레이트, 그리고 Report 페더레이트로 구성된 프로그램을 실행한다. 라우터와 라우터는 상호 연결되어 있으며, 라우터 사이에 위치한 필터가 라우터 간의 교통량(Traffic)을 감소시키기 위해 사용된다. 시뮬레이션 자체가 자료를 필터링하는 것이 아니라 모의하고자 내용에 대한 정보를 얻기 위해 시뮬레이션 단말 노드가 RTI에게 참조 요청을 보내게 된다(<그림 5> 참조).

시뮬레이션 모형이 RTI에게 경로 공간(Routing Space) 내의 위치인 경도와 위도라는 차원 값을 사용하여 관심 지역을 알리게 되는데, 이러한 차원 값을 페더레이션 객체 모델(FOM)의 기본적인 엔터티의 속성으로서 추가하였다. 즉, 페더레이트의 관심 사항을 표현하기 위해 페더레이션의 필수적인 공유 정보를 관리하는 FOM을 수정한 것이다. FOM에 속한 차원 속성은 엔터티의 위치가 갱신될 때마다 그 갱신 정보를 네트워크를 통해 전송받아 수정하게 된다.

3.3.2 RTI 수정

RTI가 각 시뮬레이션을 관리할 수 있도록 각 시뮬레이션의 경로 공간 지역의 범위 값을 저장할 수 있게 하였다. 시뮬레이션으로부터 요청되는 지역 참조나 이미 참조된 지역의 수정된 값을 RTI가 필터링 네트워크로 보낼 수 있도록, 즉, IFliter 값으로 전환할 수 있도록 RTI를 수정하였다.

4. 결론

시뮬레이션 모형이 관심 지역을 RTI에게 알릴 수 있게 참조 선언(Subscriptions)을 하도록 시뮬레이션 모형을 수정하였으며, 이러한 관심 지역을 FOM의 기본 속성으로 추가하여 페더레이트의 관심 사항을 즉시 반영할 수 있도록 하였다. 관심 지역 값을 시뮬레이션 모형으로부터 전달받은 RTI에게는 필터링 네트워크에 알맞은 자료로 변환할 수 있는 능력을 추가해 주었다.

시뮬레이션 모형과, RTI, 그리고 FOM에 가해진 수정 작업 후, 개선된 HLA 시뮬레이션 모형을 시험 운용한 결과, 외부와의 상호 작용이 없는 경우에는 서로 교환할 자료가 하나도 없으므로 데이터 패킷의 트래픽은 발생하지 않았다. 또한 시뮬레이션의 관심 지역이 확대되어 감에 따라 데이터 패킷의 전송을 위한 트래픽이 점차 증가해 감을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 한국국방연구원, 국방모의분석체계 구축을 위한 상위체계구조(HLA) 기술 연구, 연구보고서, 1999.
2. 한국국방연구원, 차세대 연동체계를 적용한 시뮬레이션 모형 연동, 연구보고서, 2000.
3. DMSO, DoD HLA Run-Time Infrastructure Programmer's guide RTI 1.3 Ver.6, 1999, URL=http://www.dmso.mil.
4. DMSO, DoD HLA Interface Specification Version 1.3, 1999, URL=http://www.dmso.mil.
5. DMSO, HLA/RTI Verification, 2000, URL=http://www.dmso.mil.
6. Matthew D. Dorsch, Victor J. Skowronski, P.E., PhD, Modifying the RTI for Active Network, 2001 Spring Simulation Interoperability Workshop.
7. Frederick Kuhl, Richard Weatherly, Judith Dahmann, Creating Computer Simulation Systems, Prentice Hall PTR, 2000.
8. Rassul Ayani, Gary Tan, Farshad Moradi, Liang Xu, Yusong Zhang, Distributed Real-time Simulation and High Level Architecture, 1999, URL=http://www.comp.nus.edu.sg/~rpsim
9. Roy Crosbie, John Zenor, High Level Architecture Training Module 1~6, California State University, 2000.