트랜지언트 메시지에 따른 HLA/RTI 시간 관리 서비스의 성능 측정

홍정희*, 김탁곤*

Performance Evaluation of Time Management Service under Varying Transient Message in HLA/RTI

Jeong Hee Hong, Tag Gon Kim

Abstract

The High Level Architecture (HLA) is the IEEE 1516 standard for interoperation between heterogeneous simulators which are developed with different languages and platforms. Run-Time Infrastructure (RTI) is a software which implements the HLA Interface Specification.

In the RTI, time management service is an important part for simulation time synchronization among simulators. To ensure time causality, time management service should calculate Greatest Available Logical Time (GALT). In the GALT calculation, it is necessary to consider transient messages. The transient messages have considerable influence on the performance of the time management service. Especially, it may be reason to degrade performance of interoperation or RTI under WAN environment.

This paper conducted the performance evaluation of time management service under varying transient messages in HLA/RTI. For the experiment, we designed a transient message model which generates transient messages by force. Through experimental results, we confirmed the performance degradation due to transient messages. In addition, further work would modify the transient message model through researching a trend of message delay under WAN environment.

Key Words : Transient Message, GALT Calculation Algorithm, Time Management, HLA, RTI

* 한국과학기술원, 전자전산학과, 시스템 모델링 시뮬레이션 연구실

1. 서론

High Level Architecture (HLA)는 이기종 시뮬레이터 간의 연동을 위한 IEEE 1516 표준이며 Run-Time Infrastructure (RTI)는 이를 구현한 라이브러리 형태의 소프트웨어이다.

RTI에서 시간 관리 서비스의 역할은 각 페더레이트의 시간 진행이나 메시지의 송수신에 있어서 인과관계(Causality)를 보장해주는 것이다. 페더레이션 내에서 시간은 항상 증가하도록 진행되어야 하며, 페더레이션에 참여하고 있는 페더레이트의 현재 시간은 서로 다르므로 페더레이션 시간 축에 있는 각 페더레이트의 시간 진행을 관리해야 할 필요가 있다. 이를 통해 페더레이트들에게 전달되는 정보는 원인과 결과가 정확하고 순차적이어야 한다[1]. 이를 위해 페더레이트가 안전하게 진행할 수 있는 최대 시간인 Greatest Available Logical Time (GALT) 계산은 필수적인 요소이다.

GALT를 계산함에 있어서 가장 중요한 것은 트랜지언트 메시지(Transient message) 문제를 해결하는 것이다. 트랜지언트 메시지란 보내는 페더레이트에서 메시지를 보냈으나 수신하는 쪽에서 네트워크상의 시간 지연 등의 이유로 아직 수신하지 못한 메시지이다[2].

본 논문은 RTI의 시간 관리 서비스 모듈을 설계하고 구현에 관한 연구[3]의 추후 연구로써 시간 관리 서비스의 성능에 있어 중요한 요소가 되는 트랜지언트 메시지에 따른 시간 관리 서비스의 성능을 살펴보고자 한다. 이와 같은 트랜지언트 메시지는 WAN 환경에서 연동 시뮬레이션이 이루어질 경우에 시뮬레이션 및 RTI의 성능에 있어 큰 영향을 끼칠 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 HLA에 대해서 간략히 살펴보고자 한다. 3절에서는 시간 관리 서비스의 개략적인 설명과 GALT 계산 알고리즘 및 트랜지언트 메시지 문제에 대해 기술한다. 그리고 4절에서는 트랜지언트 메시지에 따른 성능 측정을 위하여 트랜지언트 메시지 모델의 설계와 실험 결과에 대해서 살펴본 뒤 결론을 맺기로 한다.

2. High Level Architecture

HLA[4]는 여러 가지 다른 타입의 시뮬레이터들의 연동을 지원하기 위하여 정의된 아키텍처이며 2000년에 IEEE 1516 표준으로 채택되었다. 페더레이트는 HLA 표준을 따르는 연동 시뮬레이터를 의미하며 이런 페더레이트들의 모임을 페더레이션이라고 한다. HLA의 목적은 시뮬레이터간의 상호 연동성과 재사용성을 높이기 위한 것으로 HLA 프레임워크와 규칙, 페더레이트 인터페이스 명세, 그리고 객체 모델 탬플릿(Object Model Template - OMT)의 세 가지로 구성되어 있다.

먼저, HLA 프레임워크 규칙은 페더레이션에 포함되는 구성요소들의 역할과 상호 관계에 관한 전반적이고 기본적인 10개의 규칙이다. 다음으로 페더레이트 인터페이스 명세는 각 페더레이트와 RTI 간의 기능적인 인터페이스에 관한 규약으로 다양한 프로그램 언어별로 API를 기술하고 있다. RTI는 페더레이트 인터페이스 명세를 라이브러리 형태로 구현한 것이다. 마지막으로 OMT는 페더레이션을 구성하는 페더레이트들이 주고받는 공용 객체와 메시지를 정의한 문서이다. 페더레이션을 구성하는 페더레이트들 사이의 공유 데이터 교환 구조를 서술하는 Federation Object Model (FOM)과 특정 페더레이트가 주고받는 데이터 교환 구조를 서술하는 Simulation Object

Model (SOM)으로 구성된다.

3. 시간 관리 서비스

3.1 개요

이러한 시간 관리 서비스에서 정의되는 메시지의 유형, 페더레이트 정책, 그리고 시간 진행과 메시지 처리에 있어 중요한 변수가 되는 GALT에 대해서 살펴본다.

페더레이트가 송수신하는 메시지는 Receive Order (RO) 메시지와 Time-Stamp Order (TSO) 메시지로 나눠질 수 있다. 전송된 순서와 메시지의 시간 정보 유무에 관계없이 페더레이트에 수신된 순서대로 처리하는 메시지를 RO 메시지라고 하며 TSO 메시지는 수신한 순서에 관계없이 Time-Stamp 순서대로 처리해야 하며 이 메시지는 페더레이트의 논리 시간의 흐름에 영향을 받는다.

위에서 설명한 메시지를 전송하고 수신하는 것은 페더레이트가 어떠한 정책을 택하느냐에 달려있다. 페더레이트는 레귤레이팅 (Regulating)과 컨스트레인드 (Constrained)의 조합으로 이루어질 수 있다. 레귤레이팅 페더레이트는 "현재시간+Lookahead" 보다 큰 Time-Stamp 값을 가지는 TSO 메시지를 보낼 수 있다. 컨스트레인트 페더레이트는 TSO 메시지를 시간이 감소하지 않는 순서로 수신하며 시간 진행을 위하여 자신을 제외한 모든 레귤레이팅 페더레이트들의 "현재시간+Lookahead" 값 중 최소값인 GALT라는 정보를 가지게 된다.

3.2 GALT 계산 알고리즘

GALT 계산을 위하여 Mattern의 알고리즘 [5]을 수정·보완하여 이용한다. 페더레이트는 색깔을 가지고 있으며 메시지는 메시지가 보내질 때의 페더레이트의 색깔을 따른다. 페더레이트가 GALT 계산을 위한 컨트롤 메시지를 Fedex로부터 받을 때, 그 지점을 컷 지점 (Cut Point)이라고 하며 그 점을 기점으로 페더레이트의 색깔을 바꾼다. 모든 페더레이트는 메시지 카운터를 가지며 메시지를 보낼 때는 해당 인덱스의 값을 증가시키며 메시지를 받을 때는 감소시킨다. 이러한 GALT 알고리즘에 관한 상세한 설명은 이전 연구[3]를 참고하기 바란다.

3.3 트랜지언트 메시지 문제

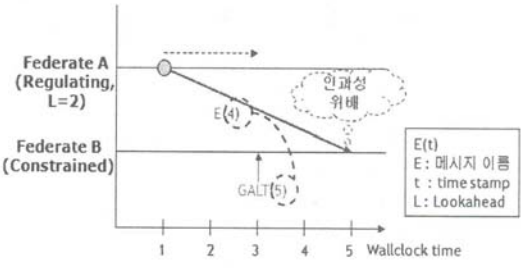

그림 1 트랜지언트 메시지 문제

트랜지언트 메시지는 시간 지연은 있을지라도 정확하게 도착하는 메시지이므로 GALT를 계산함에 있어서 트랜지언트 메시지 문제를 고려하지 않는다면 그림 1과 같은 문제가 발생할 수 있다. Federate B가 트랜지언트 메시지를 고려하지 않고 GALT 계산을 한다면 페더레이트 A가 Time-Stamp 4를 가지는 TSO 메시지 E(4)를 전송하자마자 Federate B는 GALT 값을 5로 계산함으로 인하여 5라는 시간까지 시간 진행을 할 수 있게 된다. 이 때, E(4)는 트랜지언트 메시지가 되며 페더레이트 B가 5라는 시간까지 진행한 이 후에 E(4)를

수신하게 된다면 이는 시간 인과성을 위배하게 된다. 따라서 GALT 계산에 있어서 주고받는 모든 메시지를 고려해야만 한다. 이는 주고받는 메시지가 토랜지언트 메시지가 될 수 있기 때문이다.

4. 실험

4.1 실험 설계

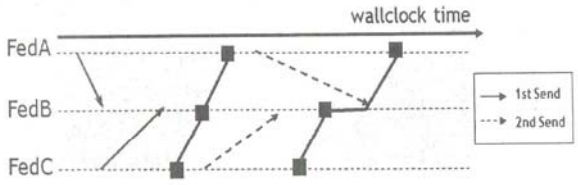

그림 2 트랜지언트 메시지 모델

그림 2는 트랜지언트 메시지에 따른 성능을 측정하기 위하여 트랜지언트 메시지를 강제로 발생시키는 트랜지언트 메시지 모델의 설계를 보여준다. 동일한 메시지를 두 번씩 전송하도록 하며 두 번째 메시지(2nd Send)는 첫 번째 메시지(1st Send)를 보낼 때의 다음 색깔에서 보내지지만 2nd Send가 가지는 색깔 정보는 1st Send와 같도록 설정해준다.

메시지를 송신하는 측에서는 1st Send를 보낼 때 메시지 카운터를 갱신한다. 반대로 메시지를 수신하는 측에서는 2nd Send를 수신할 때 메시지 카운터를 갱신한다.

즉, 메시지를 송신하고 수신하기까지 강제로 시간 지연을 만들어줌으로써 트랜지언트 메시지가 생길 수 있도록 해주었으며 트랜지언트 메시지의 수 또한 제어가 가능함으로 인하여 트랜진언트 메시지 수에 따른 영향도 살펴볼 수 있게 해준다.

4.2 실험 결과

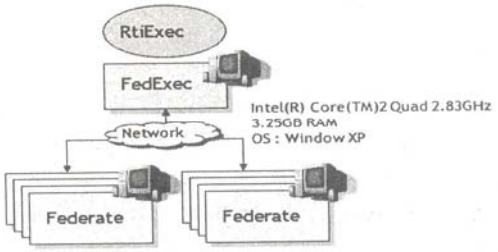

그림 3 실험 환경

그림 3은 실험 환경을 보여주고 있다. 총 2대의 컴퓨터에서 실험을 수행하였으며 페더레이션에서 각각의 페더레이트는 시간 진행을 위하여 *Time Advance Request* (*TAR*) 서비스를 이용하고 TSO 메시지 전송을 위해 *Send Interaction* 서비스를 사용하며 시간 요청 간격은 20이다. 실험에서 측정한 시간(Execution time)은 *TAR* 서비스를 호출한 뒤 *Time Advance Grant* (*TAG*) 콜백을 받기까지의 시간이다.

그림 4는 원래의 모델과 트랜지언트 메시지 모델의 실험결과를 비교한 것이다. M2는 메시지가 2개인 것을 의미하며 T가 붙은 것은 트랜지언트 메시지 모델을 의미한다. 페더레이트와 메시지의 수가 많아질수록 두 모델 모두 실행 시간이 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 트랜지언트 메시지가 있는 경우 실행 시간이 더 오래 걸림도 확인할 수 있다. 이는 트랜지언트 메시지가 있을 경우 GALT 계산의 다음 라운드로 넘어가기 위해 메시지의 수신을 기다리게 됨으로 인한 것이다.

그림 5는 트랜지언트 메시지 수에 따른 영향을 좀 더 자세히 살펴보고자 트랜지언트 메시지 모델에서 페더레이트의 수와 메시지의

수를 늘려감으로 인한 결과를 보여준다. 페더레이트와 메시지이 수가 증가할수록 실행 시간이 증가함을 확인 할 수 있다.

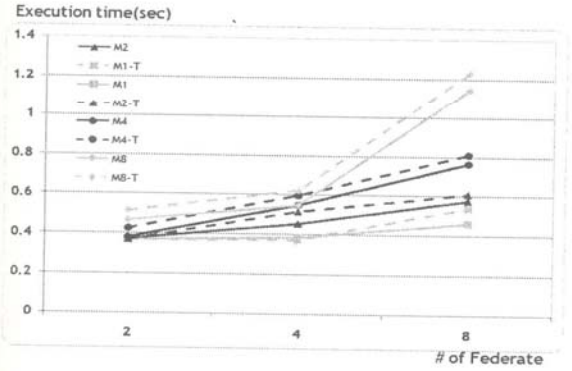

그림 4 원래 모델과 트랜지언트 메시지 모델 결과비교

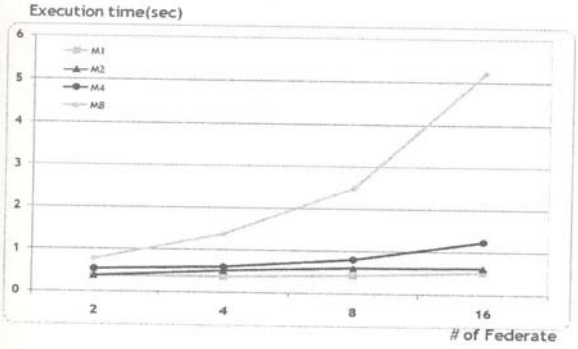

그림 5 트랜지언트 메시지 모델 결과

5. 결론

본 논문은 IEEE 1516 HLA/RTI의 6가지 서비스 중 시간 관리 서비스에 있어 필수적인 요소인 GALT 계산에 큰 영향을 미치는 트랜지언트 메시지에 따른 성능을 살펴보고자 하였다. WAN 환경에서 연동 시뮬레이션이 이루어질 경우에 트랜지언트 메시지는 시뮬레이션 및 RTI의 성능에 있어 큰 영향을 끼칠 수 있으며 이에 따른 성능을 살펴보고자 트랜지언트 메시지를 컨트롤할 수 있는 트랜지언트 메시지 모델을 설계하여 실험을 수행하였다. 그 결과 예상한 바와 같이 트랜지언트 메시지가 있을 경우 그 성능이 저하됨을 확인하였다. 좀 더 신뢰성 있는 결과를 도출하기 위해서는 실제 WAN 환경에서의 메시지 지연 시간 등을 고려한 트랜지언트 메시지 발생 모델을 재구성할 필요가 있으며 이는 추후 과제로 남아있다.

참고문헌

[1] L. Lamport, "Time, Clocks and Ordering of Events in a Distributed System," *Comm. Of the ACM 21*, pp.558-565, July, 1978.

[2] R. M. Fujimoto, *Parallel and Distributed Simulation Systems*, John Wiley and Sons, Inc. 2000.

[3] 홍정희, 안정현, 김탁곤, "IEEE 1516 HLA/RTI 표준을 만족하는 시간 관리 서비스 모듈의 설계 및 구현," 한국시뮬레이션학회 논문지, Vol. 17, No. 1, pp.21-29, 2008년 6월.

[4] IEEE, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA), Std. 1516, 2000.

[5] F. Mattern, "Efficient Distributed Snapshots and Global Virtual Time Algorithm for Non-FIFO System," *Journal of Parallel and Distributed Computing (JPDC)*, vol. 18, no. 4, pp.423-434, August, 1993.