

웹서비스 기반의 분산 시뮬레이션 프로토타입 개발 Development of Web Service-based Parallel and Distributed Simulation

조인호^a, 주정민^a, 박양선^b, 조현보^a

^a포항공과대학교 산업경영공학과

^b포항공과대학교 정보통신대학원

Abstract

Parallel and distributed simulation is concerned with the efficient execution of large-scale discrete event simulation models on multiprocessors and distributed platforms. After the development of WWW, many efforts in the parallel and distributed simulation have been made for modeling, particularly building simulation languages and creating model libraries that can be assembled and executed over WWW. However, web-based parallel and distributed simulation is restricted by heterogeneous computing environments. Recently, the advent of XML and web services technology has made these efforts enter upon a new phase. Especially, the web services as a distributed information technology have demonstrated powerful capabilities for scalable interoperation of heterogeneous systems. This paper aims to develop and evaluate the parallel and distributed simulation using the web services technology. In particular, a prototype multi-pass simulation framework is implemented using Java-based web services technology. It focuses on the efficiency of multi-pass simulation used for optimization through the distribution of simulation replication to several simulation service providers. The development of parallel and distributed simulation using web services will help solve efficiently large-scale problems and also guarantee interoperability among

heterogeneous networked systems.

Keywords: Web service, Parallel and distributed simulation, Simulation optimization

1. 서론

이산 시뮬레이션(Discrete-event simulation)은 시간상 구분이 가능한 시점에서 상태 변수의 변화만을 사용하여 시스템을 모델링한 것으로[2], 실제 시스템을 비교적 효과적으로 나타낼 수 있는 툴 중의 하나이다[5]. 이산 시뮬레이션은 여러 분야에서 널리 사용되는데, 실제 시스템과의 유사도가 높고 복잡하게 구성된 모델일수록 많은 수행 시간이 필요하다는 단점이 있다.

특히 다수의 대안이 존재하는 복잡한 모델의 시뮬레이션 수행 시간은 모델의 복잡도 및 대안의 수, 시뮬레이션 반복 횟수 등에 비례하여 급격하게 증가하며, 이는 방대한 자원의 사용과 비용의 증가 등의 문제점을 유발한다. 일반 컴퓨팅 환경에서 대규모의 시뮬레이션을 평가하기 위해서는 고성능의 컴퓨터를 사용하더라도 수 시간 내지 수 일의 시간이 소요된다. 따라서 이산 시뮬레이션의 성능 향상을 위한 많은 연구가 진행중이다[3].

시뮬레이션의 수행 시간을 단축시키기 위하여 여러 방향으로 연구가 이루어지고 있으며, 그 중의 하나로 등장한 것이 분산 시뮬레

이선(Parallel and distributed simulation)의 개념이다. 일반적인 정의로서의 분산 시뮬레이션은 서로 다른 곳에 위치한 시뮬레이션 모델들을 연결함으로써 이질적인 여러 자원들(예를 들어, 컴퓨터, 메모리, 파일 등)을 원격으로 이용하여 연산과 데이터 처리 등을 수행하는 중요한 기술이다. 즉, 분산된 시뮬레이션 모델들이 네트워크 상에서 서로 연결되어 통합 시뮬레이션 시스템을 구축하며, 각자 다른 종류의 프로세서와 운영체제를 사용하여 독립적으로 운영되면서 메시지 전달을 통해 시뮬레이션이 수행되는 방식을 의미한다.

1990년대 초 월드와이드웹(World Wide Web)의 급격한 성장은 시뮬레이션 뿐만 아니라 전반적인 컴퓨팅 환경에 지대한 영향을 미쳤으며, 이로부터 웹 기반의 분산 시뮬레이션이 발달하게 되었다[4]. 그러나 웹 기반의 분산 시뮬레이션은 각종 애플리케이션의 통합 문제 및 다양한 기기종 플랫폼에 따른 기업 간 협업의 어려움 등의 문제점을 지니고 있다. 따라서 플랫폼 독립적인 특성을 갖는 웹 서비스의 등장은 기기종 플랫폼 환경에서의 분산 시뮬레이션을 가능하게 할 대안으로 제시되고 있다.

본 논문의 목적은 (1)이산 시뮬레이션의 효율을 높이기 위한 분산 시뮬레이션을 구현함에 있어서 웹 서비스를 적용시킴으로써 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션이 갖는 의미와 효과를 분석하고, (2)이에 대한 프로토타입을 구현함으로써 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션이 다양한 기종과 플랫폼에 대하여 독립적임을 보이는 데 있다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. 2장에서는 웹 기반의 시뮬레이션에 관한 정의 및 최근 연구 동향을 논하고, 3장에서는 웹 서비스를 이용하여 분산 시뮬레이션을 구현하기 위한 프레임워크를 제안한다. 4장에서는 3장에서 제

시된 프레임워크를 기반으로 간단한 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션 프로토타입의 개발과 성능 검증에 대해 서술한 후, 마지막으로 5장에서는 구축 결과를 요약하고 앞으로의 연구에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

2.1. 웹 기반의 분산 시뮬레이션

웹 기반의 분산 시뮬레이션은 시뮬레이션과 월드와이드웹의 두 방법론의 장점을 접목한 분야이다[1]. 웹 기반의 분산 시뮬레이션은 대량의 정보 처리가 요구되는 바이오, 기상, 천문학 등의 분야에서 대용량의 컴퓨팅 파워의 필요성과 그러한 대용량 컴퓨팅 파워를 저렴하게 얻어보고자 하는 시도에 의해서 시작되었다. 웹 기반의 분산 시뮬레이션에서 대규모 컴퓨팅 작업의 처리 방식은 다음과 같다: 중앙의 서버는 대규모의 컴퓨팅 작업을 작은 작업들로 나누어 시뮬레이션 모델이 설치된 여러 대의 컴퓨터에 할당한다. 그러면 각각의 컴퓨터는 할당된 작업을 처리해 그 결과를 서버에 되돌려 준다.

따라서 여러 명의 클라이언트들이 하나의 시뮬레이션 소프트웨어가 내장된 웹 서버에 접속하여 웹에서 제공하는 분산 환경 하에서의 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 또한, 시뮬레이션에 필요한 모델들을 분산하여 모델링하고 정보 및 데이터를 실시간으로 원격 입력할 수 있다. 이렇게 입력한 모델들을 인터넷을 이용하여 분산 수행하여 수행 시간을 줄일 수 있다는 장점이 있다[1]. 따라서 많은 비용을 들이지 않고 클라이언트들이 가상 환경을 구성하여 실세계의 현상을 쉽고 편리하게 시뮬레이션할 수 있기 때문에, 컴퓨터 시스템 개발, 국방, 게임, 컴퓨터 그래픽스, 우주 과학 등의 다양한 분야에 걸쳐 중요한 역할을 하고 있다.

2.2. 웹 서비스

컴퓨팅 측면에서 웹 서비스는 '이기종 간 · 객체 기반 · 컴포넌트 간의 통합'이라고 명명된다. 서로 다른 컴퓨팅 환경에서 사용되는 모든 애플리케이션들이 사람의 손을 거치지 않고 직접 의사소통을 하는 동적 시스템 환경이란 의미이다. 프로그래밍이 가능한 웹이란 말로도 표현이 가능하다. 웹 서비스는 인터넷 또는 인트라넷을 통해 RPC(Remote Procedure Call)를 생성한다. 즉, 클라이언트가 특정한 작업을 처리하기 위해 원격에 있는 서버의 특정한 서비스를 호출할 수 있는 기술이다.

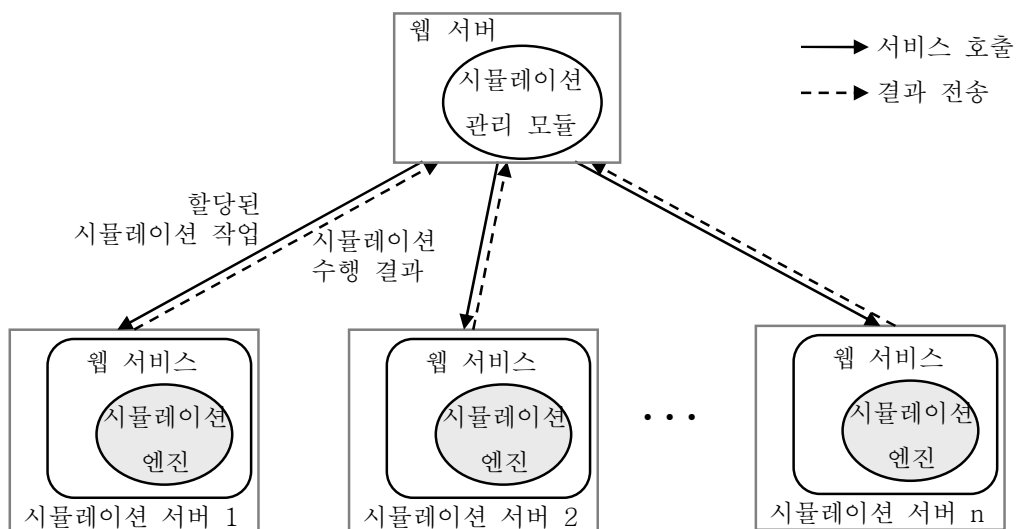
웹 서비스를 사용할 때 얻는 가장 큰 이점은 표준 웹 프로토콜을 사용하고 있기 때문에 서로 다른 프로그래밍 언어와 플랫폼에 대하여 독립성을 갖는다는 점이다. 즉, 클라이언트와 서버가 어떤 기술, 언어, 장비이든 간에 인터넷에만 연결될 수 있다면, 원격의 장비에 접속할 때 제공되는 표준인 SOAP(Simple Object Access Protocol)으로 인코딩된 XML(eXtensible Markup Language)을 이용해 메시지를 주고 받을 수 있다. 따라서 웹 서비스는 궁극적으로 플랫폼에 독립적인 분산 컴퓨팅이 가능하게 할 것이다.

3. 시스템 설계

이 장에서는 시뮬레이션 수행 시에 분산된 컴퓨팅 자원을 활용하기 위해 웹 서비스를 기반으로 한 분산 시뮬레이션 프레임워크를 제안한다.

3.1. 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션 프레임워크

웹 서비스를 이용하여 분산 시뮬레이션을 수행하기 위한 프레임워크를 [그림 1]과 같이 구성하였다. 시스템은 전체 시뮬레이션 과정을 제어하는 웹 서버와 시뮬레이션을 웹 서비스로 제공하는 여러 시뮬레이션 서버로 구성된다. 웹 서버는 시뮬레이션을 수행하고자 하는 클라이언트로부터 시뮬레이션 환경설정값을 웹 페이지를 통해 입력받아, 이를 시뮬레이션 서버에 전송하고 수행하고자 하는 시뮬레이션 작업을 할당한다. 시뮬레이션 결과가 각 시뮬레이션 서버로부터 전송되면, 웹 서버는 이를 비교, 종합하여 전체 시뮬레이션 결과를 도출한다. 각각의 시뮬레이션 서버는 내장된 시뮬레이션 엔진을 사용하여 시뮬레이션을 수행하는 웹 서비스를 제공한다.



[그림 1] 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션 프레임워크

3.2. 메시징 방식

각각의 시뮬레이션 서버를 병렬관계로 구성하기 위해, 웹 서버는 분산된 시뮬레이션 서버와 비동기 메시지를 주고 받는다. 이때, 웹 서버와 시뮬레이션 서버는 웹 서비스를 제공, 사용하는 방식으로 통신하기 때문에, 시뮬레이션 정보는 HTTP(Hyper-text Transfer Protocol)를 기반으로 한 SOAP message 형태로 전송된다. 일반적으로 서버 간 통신을 위해서는 별도의 미들웨어 시스템이 필요하지만, 분산 시뮬레이션 환경에서는 간단한 객체 형태의 메시지를 주고 받기 때문에, 자바 라이브러리에서 제공하는 RMI(Remote Method Invocation)을 이용한 통신이 가능하다.

4. 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션

이 장에서는 3장에서 기술된 프레임워크를 바탕으로 간단한 구조의 융통성 있는 다품종 소량 생산 체제 (Flexible Manufacturing System: FMS) 시스템을 시뮬레이션으로 모델링

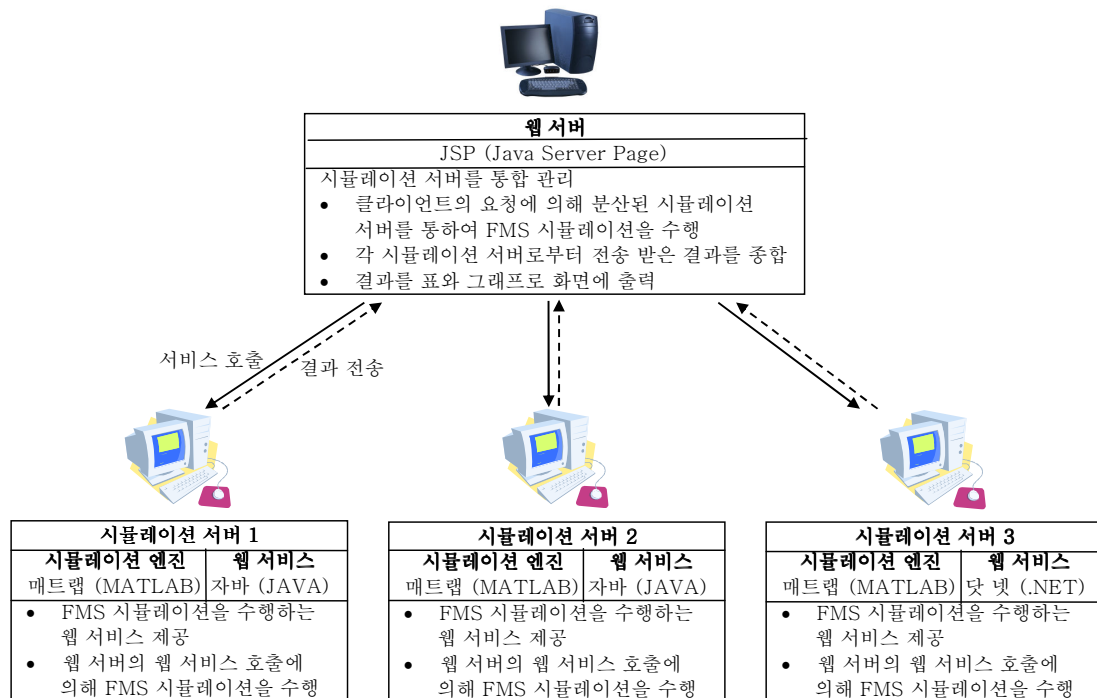
한 후, 그 FMS 시뮬레이션을 제공하는 웹 서비스를 생성하여 웹 서비스 기반의 분산 FMS 시뮬레이션을 [그림 2]와 같이 구현하였다.

웹 서비스 기반의 분산 FMS 시뮬레이션은 1개의 웹 서버와 3개의 시뮬레이션 서버로 이루어져 있다. 웹 서버는 클라이언트로부터 시뮬레이션 환경과 시뮬레이션 정확도를 입력 받아 3개의 시뮬레이션 서버에서 웹 서비스로 제공되는 FMS 시뮬레이션을 클라이언트가 원하는 수준 이상의 정확도가 나올 때까지 수행하고, 결과 값들을 종합하여 클라이언트에게 보여준다.

FMS 시뮬레이션 모델은 매트랩(MATLAB)을 사용하여 구현하였고, 웹 서비스는 자바와 닷 넷, 웹 서버는 JSP를 이용하여 구현하였다.

4.1. FMS 시뮬레이션 모델링

웹 서비스 기반의 분산 FMS 시뮬레이션을 위해 사용된 시스템은 3가지 종류의 기계에서 5가지의 부품을 생산하고, 부품을 실어나르는 자율 이동 로봇(Automated guided vehicle: AGV)이 1대인 공장이다.



[그림 2] 웹 서비스 기반의 분산 FMS 시뮬레이션

간단하고 효율적인 FMS 시뮬레이션 모델링을 위해 다음과 같은 가정과 조건을 채택한다.

- 1) 성능의 평가 척도는 평균 생산 시간이다.
- 2) 부품의 종류는 5가지이다.
- 3) Dispatching 전략은 3가지이다(EDD, FIFO, and STT).
- 4) Releasing 전략은 4가지이다(SPT, EDD, FIFO, and STT).
- 5) 가능한 대안들은 Dispatching 전략과 Releasing 전략을 곱한 12 가지이다.
- 6) 각 기계의 준비 시간은 일정하다.
- 7) 기계의 고장은 고려하지 않는다.

FMS 시뮬레이션은 12가지의 대안 중 가장 짧은 평균 생산 시간을 지닌 대안을 찾는 것을 목적으로 한다.

이러한 가정과 조건을 따르며, 주어진 시뮬레이션 환경(대안, 각 기계의 수, 프로세스 시간의 분산, 운반 시간의 분산, 시뮬레이션 반복 횟수)을 바탕으로 시뮬레이션을 수행하고 평균 생산 시간을 도출하는 FMS 시뮬레이션 모델을 구현하였다.

4.2. 시뮬레이션 서버

각각의 시뮬레이션 서버는 웹 서버에서 사용할 수 있도록 4.1장에서 제시된 FMS 시뮬레이션 모델을 웹 서비스로 제공한다. 웹 서비스는 FMS 시뮬레이션 모델에 필요한 시뮬레이션 환경을 입력 값으로 하며, 결과 값은 평균 생산 시간과 함께 생산 시간의 분산, 사용된 대안, 그리고 시뮬레이션 반복 횟수를 반환한다.

웹 서비스는 자바와 닷 넷을 이용하여 구현하였다. 자바를 사용할 경우는 매트랩 기반의 Stand-alone 애플리케이션을 사용하고, 닷 넷을 사용할 경우는 매트랩의 Com object를 사용하여 시뮬레이션을 수행하며, 시뮬레이션 수행 후 결과 값을 읽어 들여 이를 반환하도록

하였다.

과거에는 웹 기반의 시뮬레이션을 구현하기 위해서 특정한 시뮬레이션 언어를 사용해야 했지만 본 연구에서는 시뮬레이션 엔진을 모듈화하고 이를 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션에서 구현하였기 때문에 시뮬레이션 언어에 독립적인 웹 서비스를 구축할 수 있다.

4.3. 웹 서버

웹 서버에서는 클라이언트로부터 사용할 대안을 제외한 시뮬레이션 환경과 시뮬레이션 정확도를 입력 값으로 받아 클라이언트가 지정한 옵션에 따라, 1개의 시뮬레이션 서버에서 12가지의 대안들을 모두 시뮬레이션하거나 분산된 3개의 시뮬레이션 서버에 각각 4가지의 대안을 할당하여 FMS 시뮬레이션을 수행시키고, 수행 결과를 종합하여 화면을 통해 클라이언트에게 보여주는 역할을 한다.

웹 서버는 시뮬레이션 서버로부터 웹 서비스를 호출하여 FMS 시뮬레이션을 수행하는 웹 서비스 호출 부분과 시뮬레이션 서버들로부터 전송된 시뮬레이션 수행 결과를 종합하여 보여주는 결과 출력 부분으로 나뉜다.

웹 서비스 호출 부분에서 3개의 시뮬레이션 서버를 이용하여 FMS 시뮬레이션을 할 경우에는 분산 시뮬레이션의 목적인 시뮬레이션 소요 시간 감소를 위해 비동기 호출 함수를 사용하여 3개의 시뮬레이션 서버에서 동시적으로 각각의 웹 서비스를 호출하며, 구현 코드는 아래와 같다.

```
Service service1 = new Service();
Call call1 = (Call)service1.createCall();
call1.setTargetEndpointAddress(new
URL("adress"));
call1.setOperationName(new
QName("http://soapinterop.org/", "record"));
AsyncCall ac1 = new AsyncCall(call1);
IAAsyncResult result1
```

```
= ac1.invoke(new Object[]{rule[l], m11, m22, m33,
pv1, tv1, num[l]});
Service1Proxy sp = new Service1Proxy(address);
IWebServiceCallback callback = new
simulcallback();
sp.simulAsync(ruled[m+4], m11d, m22d, m33d,
pv1d, tv1d, numd[m+4],callback);
```

결과 출력 부분에서는 한 번의 FMS 시뮬레이션이 끝날 때마다 12가지의 대안들에 대한 결과(사용된 대안, 평균 시뮬레이션 소요 시간, 시뮬레이션 소요 시간의 분산, 시뮬레이션 반복 횟수)를 읽어 들여 표로 보여주고 클라이언트가 원하는 수준 이상의 시뮬레이션 정확도가 나와 시뮬레이션이 최종적으로 끝나는 시점에서 최종 결과를 읽어 들여 각 대안의 평균 생산 시간에 대한 분포 그래프를 보여준다.

4.4. 웹 서비스 기반의 분산 FMS 시뮬레이션 성능 평가 실험

웹 서비스 기반의 분산 FMS 시뮬레이션의 성능 검증을 위해 1개의 시뮬레이션 서버에서 FMS 시뮬레이션을 실행했을 때의 평균 시뮬레이션 소요 시간과 3개의 시뮬레이션 서버에서 FMS 시뮬레이션을 실행했을 때의 평균 시뮬레이션 소요 시간과의 차이를 확인하는 간단한 실험을 하였다.

클라이언트에 의해 주어지는 FMS 시뮬레이션 환경들을 모두 동일하게 하기 위해 각 기계의 수를 각각 2대로, 프로세스 시간의 분산과 운반 시간의 분산은 0.05, 그리고 시뮬레이션 정확도를 0.95로 한다. 실험 인자는 FMS 시뮬레이션에 사용되는 시뮬레이션 서버의 수 [표 1] 성능 평가 실험 결과

시뮬레이션 서버의 수	샘플 수	시뮬레이션 소요 시간의 평균	시뮬레이션 소요 시간의 표준편차	P-value	유의성 ($\alpha = 0.05$)
1	30	196	125	0.000	Yes
3	30	69.9	60.1		

이며, 수준은 1개의 시뮬레이션 서버와 3개의 시뮬레이션 서버의 두 가지로 나눈다. 귀무가설과 대립가설은 다음과 같고,

$$\begin{cases} u_1 : 1\text{개의 시뮬레이션 서버에서의 시뮬레이션 소요 시간의 평균} \\ u_2 : 3\text{개의 시뮬레이션 서버에서의 시뮬레이션 소요 시간의 평균} \end{cases}$$

$$\text{Hypothesis} \begin{cases} H_0 : u_1 = u_2 \\ H_1 : u_1 > u_2 \end{cases}$$

결과는 아래의 [표 1]과 같다. 각 수준에 대해 각각 30개의 데이터를 가지고, t-test을 이용하여 두 모평균의 차이를 검증하였다. 유의 수준 (α 값)은 0.05로 정하였고, 실험 결과 얻어진 P-value(0.000)가 α 값(0.05)보다 적은 것은 두 모평균의 차이가 유의하다는 것을 의미하고, 귀무가설이 기각되어 1개의 시뮬레이션 서버에서의 평균 시뮬레이션 소요 시간이 3개의 시뮬레이션 서버에서의 평균 시뮬레이션 소요 시간보다 길다는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 웹 기반의 분산 시뮬레이션의 확장된 형태로서 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션 프레임워크를 제시하고, 이를 바탕으로 간단한 FMS 시스템에 대한 분산 시뮬레이션을 구현하였다. 기존의 웹 기반의 분산 시뮬레이션과 진보된 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션 간의 가장 큰 차이는 웹 서비스의 특성에 기인한다. 웹 서비스의 플랫폼 독립성 및 재사용성 등의 특성은 웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션에서도 마찬가지로 적용된다.

웹 서비스 기반의 분산 시뮬레이션의 구

현 과정에서 자바와 닷 넷을 이용하여 시뮬레이션을 웹 서비스로 제공함으로써 웹서비스 기반의 분산 시뮬레이션이 다양한 기종과 플랫폼에 대하여 독립적임을 확인하였고, 시뮬레이션 엔진을 모듈화하여 웹 서비스를 구현함으로써 시뮬레이션을 모델의 구현 언어에 상관없이 웹 서비스로 제공할 수 있음도 보였다. 또한 평균 시뮬레이션 소요 시간에 대한 통계적 검증을 수행하여 시뮬레이션 소요 시간의 단축 효과를 확인하였다.

현재는 간단한 웹 서비스를 이용한 분산 시뮬레이션을 사용하고 있으나 추후 이를 확장 적용하면 분산된 컴퓨팅 자원의 효율적 관리뿐만 아니라, 대규모 시뮬레이션을 수행하는데 있어서 기존의 방법보다 수행 속도의 향상 및 비용 절감의 효과를 기대할 수 있다.

Reference

- [1] 이영해, 곽성근, 김숙한, "분산 환경하에서의 웹기반 시뮬레이션에 관한 연구", 「한국 시뮬레이션 학회 논문지」, 제7권, 제2호(1998), pp.79-90.
- [2] Law, A. M. and W. D. Kelton, Simulation modeling and analysis, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 2000.
- [3] Chandrasekaran, S., G. Silver, J. A. Miller, J. Cardoso, and A. P. Sheth, "Web service technologies and their synergy with simulation", Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference(2002).
- [4] Fujimoto, R. M., "Parallel discrete event simulation", Communications of the ACM, Vol.33, No. 10(1990), pp.30-53.
- [5] Yucesan, E., Y. C. Luo, C. H. Chen, and I. S. Lee, "Distributed web-based simulation experiments for optimization", Simulation Practice and Theory, Vol.9(2001), pp.73-90.