

# Operating Simulation of RPS using DEVS W/S in Web Service Environment

Kyu-Cheol Cho\*

## Abstract

Web system helps high-performance processing for big-data analysis and practical use to make various information using IT resources. The government have started the RPS system in 2012. The system invigorates the electricity production as using renewable energy equipment. The government operates system gathered big-data with various related information system data and the system users are distributed geographically. The companies have to fulfill the system, are available to purchase the REC to other electricity generation company sellers to procure REC for their duty volumes. The REC market operates single auction methods with users a competitive price. But the price have the large variation with various user trading strategy and sellers situations. This papler proposed RPS system modeling and simulation in web environment that is modeled in geographically distributed computing environment for web user with DEVS W/S. Web simulation system base on web service helps to analysis correlation and variables that act on trading price and volume within RPS big-data and the analysis can be forecast REC price.

▶ Keyword : Web Service, DEVS W/S, RPS, REC, Modeling, Simulation

## I. Introduction

웹기술은 시뮬레이션 모델의 개발, 문서화, 분석 및 리포팅을 지원하며 시뮬레이션 분야에서 중요한 역할을 해왔다. 시뮬레이션을 진행하기 위해서는 로컬 PC에 프로그램이 다운로드 되어야 하며, 이기종의 하드웨어나 다양한 운영체제에서 작동하기 위해서는 매번 컴파일이나 실행해야하는 단점이 있지만, 웹 환경에서 시뮬레이션은 호스트에 접속하여 로컬 시뮬레이터의 환경에서 관계없이 시뮬레이션이 가능하다[1].

본 연구에서는 우리나라의 RPS제도 의무이행에 대한 모델링과 REC 가격을 전망하는 웹 환경에서 시뮬레이션을 진행하였다. 최근 세계적으로 기후변화에 대한 문제가 제시되어, 해당 국가마다 자발적으로 에너지 안보 문제를 해결하며 지속적으로 저탄소 생활을 실천하기 위해 방안을 마련하여 실천하고 있다 [2]. 선진국들은 에너지를 절약하고 온실가스를 줄여가기 위한 방안으로 신·재생에너지를 활용하기 위한 기술발전과 제도도입에 노력을 기울이고 있다. 이에 우리나라는 2015년 5대 신·재

생에너지 에너지 자립도를 높이기 위해 신·재생에너지를 활성화하고 화석연료 활용을 최소화하여 에너지를 보급하는 방안으로 신재생에너지공급의무화[3]제도를 도입하여, Renewable Portfolio Standard(이하, RPS) 운영은 5차 년도가 경과되었고, 그 성과로써 단기간 내 신재생에너지를 활용한 전력발전이 크게 증가하였다. 이로써 전력생산에 활용되는 에너지원간 공급불균형이 완화되는 효과를 입증함으로써 Renewable Energy Certificate(이하, REC) 수급변화를 확인하고 있다.

하지만 해당 공급의무자들은 RPS제도를 성실하기 이행하기 위해 업체에 의무 할당된 REC를 충족하기 위한 인프라가 부족하여 추가적으로 확보해야 하는데, 할당된 REC를 외부조달로 채우는 것은 기업재정에 영향을 미치기 때문에 REC가격이 주요한 요소가 되고 있다. 또한 일반REC와 태양광REC를 구분하여 시장을 개설하던 것을 올해부터 통합REC 시장으로 운영하고[12] 있으며, 매달 REC시장을 각각 매월 1회 개설되던 것을 개선하여 2014년 9월부터 월 2회 개설되고 RPS제도 시행 이후

---

• First Author: Kyu-Cheol Cho, Corresponding Author: Kyu-Cheol Cho  
\*Kyu-Cheol Cho(kccho@inhac.ac.kr), Dept. of Computer Science, Inha Technical College  
• Received: 2016. 09. 30, Revised: 2016. 10. 30, Accepted: 2016. 12. 16.  
• This work was supported by INHA TECHNICAL COLLEGE Research Grant.

태양광에 대한 별도의무량이 부과되던 것은 올해부터 별도의무량 폐지와 REC시장을 통합함[4]에 따라 의무량, 현물거래시장과 비용정산가격 등이 태양광REC와 일반REC 구분 없이 단일화로 운영되었다는 것은 외부조달시장의 상황이 변했다는 것을 의미하기 때문에 REC 가격예측은 조금 더 어려워 졌다고 할 수 있다. 그렇기 때문에 현 시장은 지속적으로 REC의 안정된 가격과 적정가격을 찾기 위해 노력하고 있고 개별 공급의무자는 독립적으로 REC구매전략과 가격예측을 위한 노력을 하고 있다.

정부는 제도를 성공적으로 이행하기 위해 현 상황과 예측 가능한 미래의 잠재되고 발굴 가능한 신재생에너지원을 활용하여 제도이행을 위해 지속적으로 포트폴리오를 분석하고 개선하고 있다. 제도는 지속적으로 제도를 개선 및 보완되고 있고 제도에 참여하고 있는 이해관계자들이 유연성있게 대응하기 위해서 제도 이행에 영향을 주는 요소들을 활용하여 최적화된 시뮬레이션을 통해 제도를 안정화시킬 필요가 있다.

REC 거래는 인증기관인 한국전력거래소에서 웹기반 거래시스템[12]을 통해 운영되고 있고 제도에 포함된 기관 및 업체들은 지리적으로 분산되어 REC 거래시장에 참여하고 있다. 본 연구에서는 RPS 의무이행 시뮬레이션은 현재 17개의 의무공급자와 만 여개의 민간 발전사업자들에 대한 거래활동 정보자료들이 빅데이터이므로 고성능의 컴퓨팅이 요구되고 분산된 자원에서 상호작용을 통해 REC시장 시뮬레이션을 진행한다. 의무공급자의 REC 부족분 수급정보로써 REC시장을 모델링하고 수행 업체들에 대한 상호작용을 모델링함으로써 시장을 전망하는 시뮬레이션이 가능하다. 이는 RPS 제도 운용과 개선뿐만 아니라 제도수행 업체들 간의 제도이행 전략작성에 유용할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 살펴보고, 3장에서는 RPS 의무이행 모델링을 위한 DEVS W/S 기반 시뮬레이션 환경에 대해 알아본다. 그리고 4장에서는 RPS 시뮬레이션을 설명하고 5장에서는 제도 운영 중에 생산된 거래 데이터를 활용하여 REC 거래에 대한 시뮬레이션을 실험한다. 마지막으로 6장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. Related Works

### 1.1 Web기반 시뮬레이션

웹기반 시뮬레이션은 인터넷을 통해 전통적인 시뮬레이션의 모델링의 결합의 한계를 극복하였고 시뮬레이션의 접근성과 제어, 효과적인 관리 및 통합을 용이하게 하고 하드웨어와 시스템에 독립적이라는 장점이 있다[5]. Simjava[6]는 웹 환경에서 기본적인 이산기반 시뮬레이션 엔진과 자바를 이용하여 시뮬레이션 하였고 프로세스에 대한 멀티스레드를 이용한 분산 시뮬레이션 하였다. 그리고 하이브리드 클라이언트, 서버 시뮬레이션은 서버 호스트와 클라이언트 실행 시뮬레이션간의 장점을

결합하려는 시도를 하였다[7]. 또한, 지리적으로 분산된 구성 컴포넌트는 중개 기반의 흐름 관리를 통해 웹기반의 시스템에 의사결정을 지원하였다[8]. 그러나 웹기반 시뮬레이션은 서버와 클라이언트, 클라이언트와 클라이언트의 각각의 시뮬레이션 동기화를 통한 통합 환경구성 및 컴포넌트들 간의 상호작용처리에 대한 어려움이 있다.

### 2.2 RPS 제도 모델링

우리나라는 RPS 제도를 법제화하여 2012년부터 시행하고 있다. 현재까지 50만 KW이상의 발전설비를 보유한 17사가 의무공급자 역할을 수행하고 있고 올해 의무공급자별로 총발전량의 3.5%를 의무비율로 할당하고 있다. 정부의 녹색성장 및 신재생에너지 활성화와 RPS 성공적인 제도수행을 위한 정부의 노력과 연구가 진행되고 있다. 신재생 에너지 인프라의 부족으로 현 제도의 의무비율과 제도 수행에 형평성 있는 가격변화를 연구하여 수행에 필요한 경제성을 분석[9]하고 예측이 어려운 현 REC 시장의 전반적인 흐름과 동향을 분석하여 거래가격에 영향을 주는 주요인자들을 분석하였다[10]. 한국전기연구원은 신재생에너지의 잠재량과 포트폴리오를 기간별로 분석하고 에너지원별 원가를 활용하여 시장가격을 분석, 예측하는 연구를 진행한 바 있다[11].

## III. Simulation Environment base on DEVS W/S

3장에서는 RPS 의무이행을 시뮬레이션하기 위한 도구로써 구현된 Discrete Event System Specification Web Service( 이하, DEVS W/S)를 소개하고 시뮬레이션 작동원리에 대해서 설명한다.

DEVS W/S는 DEVS 기반에서 웹 서비스를 지원하는 분산 시뮬레이션 환경이다. Web 서비스를 위한 DEVS 시뮬레이션 인터페이스 방법은 XML 기반의 비즈니스 프로세스 실행언어를 활용하여 동적으로 시뮬레이션을 구성하기에 복잡한 환경설정과 메시지 구조가 복잡[12]하여 DEVS를 기본으로 하는 웹 환경에서 참여 컴포넌트들 간의 네트워크가 가능한 모델링을 Time Server중심으로 간단하게 시뮬레이션 환경을 구성할 수 있는 DEVS W/S를 개발하였다.

메시지 구조를 단순화하고 시간동기화를 위한 시뮬레이션을 실행하기 위해 메시지 전송 포트와 시간동기화 포트를 별도로 구성하여 통신함으로써 시뮬레이션 운영을 가능하도록 구현하였다. 이때 각 메시지들은 컴포넌트끼리의 상호운용이 가능할 뿐만 아니라 각 컴포넌트들은 재사용이 가능하므로 응용 및 확장이 용이하다.

```

public String g_csComponentName[] = new String [100];
public String g_csComponentIP[] = new String [100];
public void CheckSimulationComponent()
{
    g_nTotalComponentCount = ((ClientInfoReceiver)g_rClientInfoReceiver).GetComponentCount ();
    if ( g_nTotalComponentCount>0){
        g_csComponentIP = ((ClientInfoReceiver)g_rClientInfoReceiver).GetComponentInfoIP();
        g_csComponentName = ((ClientInfoReceiver)g_rClientInfoReceiver).GetComponentInfoName ();

        System.out.println("////////////////////////////////////");
        for( int i=0; i<g_nTotalComponentCount; i++){
            System.out.println("Client" + i + "'s IP::      " + g_csComponentIP[i]);
            System.out.println("Client" + i + "'s Name::    " + g_csComponentName[i]);
        }
        System.out.println("////////////////////////////////////");

        g_bReceiveClientInfo = true;
    }
}

for( int i=0; i<g_nTotalComponentCount; i++){
    if (g_csComponentName[i].equals("WSDEVS_Transd")){
        csTransd = g_csComponentIP[i] ;
    }
}
    
```

Definition global variables

Get Client Information

Find ComponentIP to send MSG

Fig. 1. DEVS W/S Simulation Component Composition

정보 전송에 있어서 기본적인 정보는 현재 시뮬레이션 시간과 생성되는 Job과 생산되는 정보 그리고 Job의 프로세싱 시간 정보가 포함되고 DEVS W/S에서의 시간 서버를 이용하여 웹 서비스의 서비스 등록 역할을 수행함으로써 웹 서비스 컴포넌트의 모니터링 및 관리가 이루어진다.

DEVS W/S 운영 구조는 DEVS W/S 시간 서버를 중심으로 시뮬레이션 시간 동기화 구조가 설정되어 있다. DEVS W/S에서 시뮬레이션 시간을 웹 서비스 실행단위에 참여한 모든 DEVS W/S 참여 컴포넌트에 전송하여 진행된다.

그림1은 RPS의무이행 모델 정의의 위한 DEVS W/S 모델들의 컴포넌트들의 시간과 메시지를 동기화하기 위한 네트워크 설정 구조이다. DEVS W/S는 DEVS로 기반의 모델링 환경으로 웹 서비스 참여 컴포넌트의 역할 및 Job을 DEVS 모델링하고 참여 DEVS W/S 컴포넌트간의 상호운용을 지원하기 위해서 SOAP와 DEVS W/S 웹 시뮬레이션 인터페이스를 통해서 정보 및 Job을 송수신할 수 있고 각 DEVS 모델들은 웹 시뮬레이션 인터페이스를 통해 서버시간 동기화 구조를 지원받고 웹 서비스 환경 내에서 하나의 참여 객체로써 운용된다.

- **시뮬레이션 시간 동기화 구조**: RPS 의무이행 모의를 구현하기 위해 이벤트와 시간을 동기화하는 역할을 수행하는 것으로 분산된 시뮬레이션 환경에서 참여하는 각각의 참여 이해관계자로서 REC 시장, REC 매도자, REC 매수자들 간의 상호작용을 제어하기 위한 시뮬레이션 시간을 동기화한다. 이때 시뮬레이션 시간 동기화는 순차적인 진행을 위해 모든 참여 구성원들의 모든 Job 처리를 대기하고 이후 시뮬레이션 진행을 이벤트화 한다.

- **DEVS W/S Time Server**: 참여 컴포넌트의 시뮬레이션 시간을 관리하는 것으로 REC 시장, REC 매도자, REC 매수자들의 시뮬레이션 시간을 스케줄관리 및 모니터링을 통해 동기화한다. 시뮬레이션 시간동기화 구조를 운영하는 컴포넌트는 모든 참여 컴포넌트내의 Job 시간에 대한 시뮬레이션 시간정보를 수집하고 현재시간의 진행 중인 Job이 있는 모든 참여 컴포넌트에서 Job이 종료되면 다음 시뮬레이션 시간을 모든 참여 컴포넌트에게 공지한다.

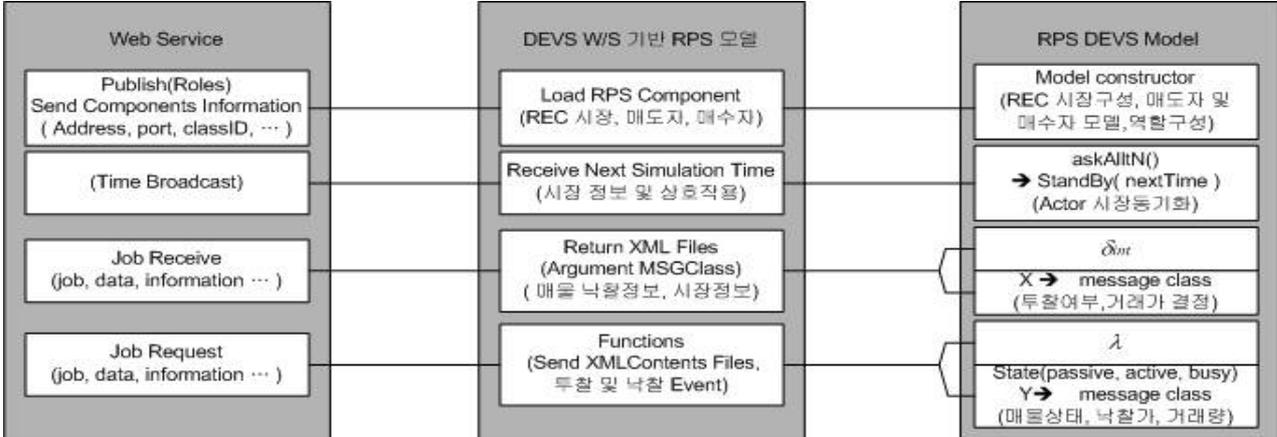


Fig. 2. DEVS W/S Interface Relation

• **DEVS W/S 참여 컴포넌트**: RPS 의무이행 시물레이션에 참여하는 컴포넌트에 대한 모델로써, 시물레이션 시간 동기화 운영컴포넌트는 DEVS W/S 컴포넌트의 현재 Job에 대해서 진행여부를 판단하는데, Job이 발생한다고 해서 바로 진행하는 것이 아니라 시물레이션 시간 동기화 운영컴포넌트에서 시간정보를 갱신할 때, Job 처리 시간이 현재시간으로 변경되면 진행된다. 이때, DEVS W/S 참여 컴포넌트의 시간을 시물레이션 시간 동기화 운영컴포넌트로부터 수신하여 현재의 DEVS W/S 참여 컴포넌트의 시간을 동기화한다.

그림 2는 DEVS W/S Interface 지원을 위한 DEVS 모델과 웹 서비스간의 관계를 도식화 한 것이다. 시물레이션 모델참여 방식은 RPS 의무이행 모의에 대한 서비스에 참여하는 이벤트로써 서비스 참여자원 구성요소로 등록이 되는데, 이때 참여 컴포넌트 모델이 생성되는 단계에 웹 서비스 등록정보를 수신할 준비가 완료되고 시물레이션이 시작되면 참여 객체로써 서비스 자원의 정보가 등재되어 전체 참여 이해관계자들에게 데이터 송수신을 위한 정보를 공유할 수 있게 된다. 시물레이션을 위한 이벤트와 시간을 동기화하고 갱신된 시간을 참여 컴포넌트들에게 일괄 전송하여 연속적인 시나리오에 대한 시물레이션을 진행하도록 관리된다.

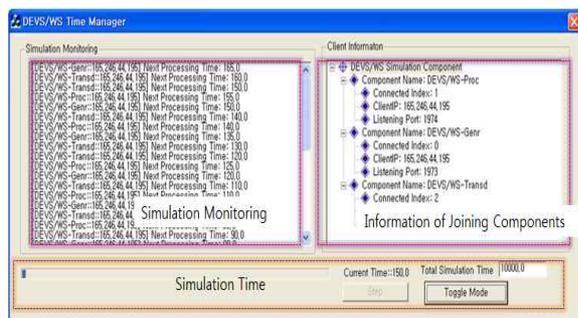


Fig. 3. DEVS W/S Time Server and Message synchronization

그림 3은 참여컴포넌트들에 대한 시물레이션을 구성하여 시물레이션 간 전달되는 메시지로 RPS 의무이행 시물레이션 간에 발생하는 컴포넌트들 간의 PUSH 메시지 정보인 웹 서비스의 Job, 데이터, 주요 정보, 시간 정보, 시장갱신정보, 투찰정보, 낙찰정보 등을 메시지 콘텐츠로 작성하고 컴포넌트의 message\_out 이벤트 시점에서 참여컴포넌트들에게 시물레이션 정보가 전송된다. 또한, DEVS W/S의 진행되는 프로세스 Job은 DEVS모델에서 내부모듈을 체크하는 del\_int 이벤트시점에서 웹 서비스의 정보를 수신하여 메시지 콘텐츠 구성이 있는 정의된 메시지를 통하여 데이터를 열람한다.

## IV. RPS Operating Simulation

4장에서는 웹기반환경에서 RPS 의무이행을 모델링하고 모델간의 관계와 상호작용을 설계한다. RPS 의무이행을 위한 REC 거래 시물레이션 방법을 설명하고 시장개설에 대한 시나리오를 연속적으로 시물레이션하기 위해 참여 컴포넌트의 재사용성과 상호운영성을 고려하여 시물레이션 모델을 구성한다.

### 4.1 웹 환경에서 RPS 의무이행 시물레이션

웹 환경에서 RPS 의무이행 시물레이션을 위한 DEVS W/S는 시간 서버를 통하여 시간과 이벤트를 관제하고 REC거래 서비스에 참여하는 REC 매도자와 REC 매수자 컴포넌트들로 하나의 시물레이션 단위가 조합된다.

각 참여 컴포넌트들 모델링 단위는 REC 거래 웹 서비스에 REC 거래시장이 중개자 역할을 수행하고 REC 매도자나 REC 매수자 역할을 할 수 있는 형태로써 모델링이 완료되면 생성과 초기화하여 참여 객체로써 컴포넌트가 완성되고 시물레이션 실행 후에 각 컴포넌트로써 역할을 수행하며 시물레이션에 참여하게 된다. 그리고 시물레이션을 진행을 위해서는 시물레이션 단위의 모든 컴포넌트 객체들을 생성하고 그 컴포넌트들의 서비스의 형태로써 상호간의 연결과 거래 정보공유를 위한 메시지를 구성하여 실행된다. 이때, 컴포넌트를 Time Server에 하나의 시물레이션 컴포넌트 단위로 참여시켜 전체적인 시물레이션을 진행할 수 있다.

### 4.2 RPS제도와 DEVS W/S기반 RPS 의무이행 시물레이션

RPS제도는 2012년부터 한국에너지공단의 REC 관리시스템과 한국전력거래소의 REC 거래시스템 등 인증기관에서 웹 시스템을 활용하여 이원화 운영되고 있다. 현 웹 RPS관련 시스템 사용자는 인증기관, 17개의 공급의무자, 만여 개의 민간 발전사업자가 있다. 시스템을 통해 생성되는 REC 거래에 대한 데이터는 REC 발급부터 제출, REC 거래 등 REC 관리사 이클과 거래 사이클을 기준으로 생성되고 사용자들이 지리적으로 분산되어 복잡하고 상호작용을 통해 긴밀한 관계를 가지고 있다.

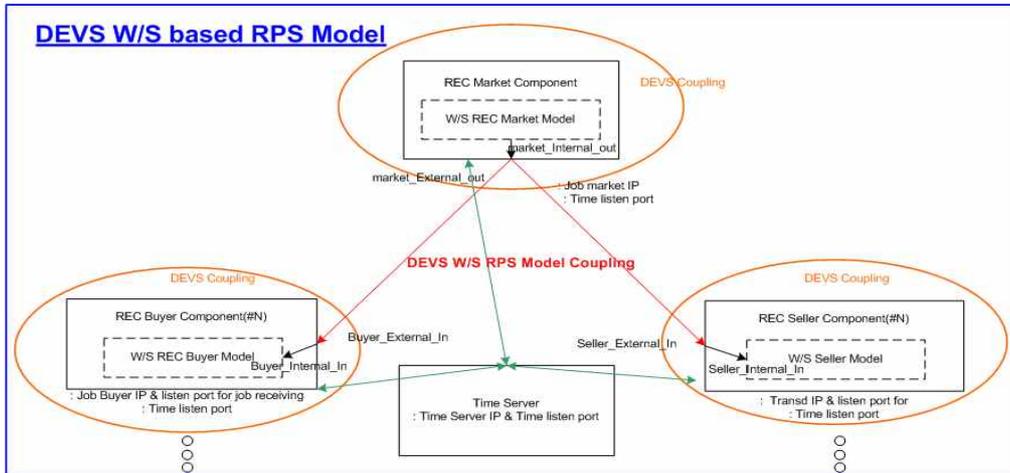


Fig. 4. RPS Simulation Modeling base on DEVS W/S

특히, 한국전력거래소의 REC 거래시스템은 공급의무자들이 REC 부족분을 발전사업자들로부터 입찰방식으로 REC를 매도, 매수하는 기능을 제공하고 있다. 지속적으로 제도가 개선되고 있고 거래량이 방대하여 연간 1조원에 달하는 거래가 진행되고 있어 제도 안정화와 참여업체의 재정을 고려할 때, 다양한 전략으로 REC를 구매하고 판매하는 방법을 지속적으로 고민하지 않을 수 없다.

본 연구에서는 REC 거래를 위한 시뮬레이션 환경을 구현하여 다양한 시나리오를 적용할 수 있는 RPS 의무이행 모델링을 통해 형평성 있는 REC 가격과 수요량을 전망할 수 있도록 REC 거래를 시뮬레이션 하는 방법을 제안한다. 그림4는 DEVS W/S환경에서 RPS 참여 컴포넌트들을 모델링한 것을 도식화하였다. 단위 컴포넌트들은 내부 모델들을 정의하여 DEVS Coupling을 통해 외부 네트워크와 상호작용을 할 수 있는 컴포넌트로 구성이 된다.

- **REC Market 컴포넌트:** REC 거래를 관장하는 컴포넌트로서 REC 시장을 개설하여 REC Buyer와 REC Seller 컴포넌트들에게 REC 매도와 매수를 유도하는 컴포넌트이다. 모든 컴포넌트들과 연결되어 REC 수량, 투찰, 낙찰, 거래가 등의

정보를 송수신하고 낙찰여부를 결정하는 역할을 수행한다.

- **REC Buyer 컴포넌트:** REC 매수자 역할을 수행하는 컴포넌트로서 REC Seller 컴포넌트가 등록한 매물에 대해 투찰하여 REC를 구매하는 기능을 수행한다.

- **REC Seller 컴포넌트:** REC 매도자 역할을 수행하는 컴포넌트로서 REC를 판매하여 수익을 내기위해 REC를 매물정보를 생성하고 낙찰결과를 확인하는 기능을 수행한다.

## V. The Experimental Results

웹 컴퓨팅환경에서 빅데이터와 고성능 데이터를 처리하기 위해 DEVS W/S환경을 구축하여 실험한다. 실험을 위한 데이터 분류는 각각 컴포넌트 화되어 있는 모듈과 서비스를 통합 형태로 결합하여 모델링 하였다.

Table. 1. REC trading price and volume[12]

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
가 격 (원)	'12		45,630	220,000	100,729	52,354	56,521	70,575	71,010	73,187	84,607	84,102	75,702
	'13	87,855	91,386	103,330	122,853	127,300	124,415	131,777	140,144	156,948	189,874	222,168	232,412
	'14	218,038	182,014	98,364	86,949	95,955	86,679	82,284	90,428	88,949	88,250	88,824	89,137
	'15	92,844	89,466	94,053	93,661	92,267	93,564	94,516	93,163	92,648	91,813	87,927	95,888
	'16	109,793	159,250	99,995	105,856	122,319	119,088	129,192					
	물 량 (수)	'12		1,049	44	1,807	4,219	4,277	12,868	11,285	15,682	18,722	21,056
'13		31,470	33,469	28,543	32,260	31,502	34,227	53,987	57,924	50,343	61,697	50,092	56,867
'14		44,579	8,534	17,096	10,057	64,366	48,860	28,081	39,125	29,959	93,036	57,517	87,555
'15		245,042	93,481	78,811	141,153	137,111	163,925	129,538	210,226	80,060	161,724	196,726	268,071
'16		257,786	208,132	26,777	165,542	170,621	180,751	386,582					

### 5.1 REC 거래 Data

REC 시장은 일반REC와 태양광REC로 구분하여 거래하던 것을 올해부터 통합시장으로 운영 중이므로 시뮬레이션 데이터를 통합 REC시장에 대한 실적으로 변환하여 실험데이터를 활용하기 위하여 표1[13]과 같이 REC거래가격과 REC거래량에 대한 데이터를 구분하였다. 또한 시뮬레이션에 활용된 데이터로써, 시장이 개설되고 2년전 동월기준까지는 실험데이터로 활용하였고 이후 데이터는 시뮬레이션 결과를 확인하기 위한 데이터로 사용하였다.

최근까지 REC가격은 10만원 내외로 거래되고 있고 최근 거래가격 변동차가 크지 않아 가격이 안정되고 있음을 알 수 있다. 또한, 거래량은 제도 초기부터 2013년까지 의무량제출 마감 시점인 12월~2월분은 공급의무기간 거래경쟁으로 거래가 원활했음을 의미하지만, 이후 REC 거래는 의무공급자의 월별 거래전략을 지속적으로 적용하여 부족분을 충당하고 있음을 알 수 있다. 특히, 매년 공급의무비율이 증가함에 따라 REC 부족분에 대한 수요도 증가하고 있어 거래량은 매년 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다.

### 5.2 실험 1:REC 가격전망

웹 환경에서 RPS 의무이행모델을 통한 시뮬레이션을 진행하기 위해 동월 평균거래가격기반 REC 가격(Average-based REC Price, 수식(1))과 트렌드기반 REC 가격(Trend-based REC Price, 수식(2))은 다음과 같다.

$$P_{avg} = \sum_{by}^{ey} P_{rpm} / (ey - by) \tag{1}$$

$P_{avg}$  = Average price  
 $P_{rpm}$  = Real trading price of current month  
 $by$  = begin year  
 $ey$  = end year

$$P_{trend} = \sum_{bm}^{em} P_{rpm} / (em - bm) \cdot (1 + C_{vp}) \tag{2}$$

$P_{trend}$  = Trend of Price  
 $bm$  = begin month  
 $em$  = end month  
 $P_{rpm}$  = Real trading price on month  
 $C_{vp}$  = Control value of REC price

실험1은 웹 환경에서 REC 가격전망은 다양한 가격결정 요소와 지속적인 제도개선으로 가격 변동이 여지가 있어 전망하는 것은 어렵다. 하지만 REC 가격전망 시나리오와 다양한 관계를 통해 가격결정 전략을 적용함으로써 형성성 있는 가격을 전망할 수 있다.

그림 5는 2012년부터 2014년 7월까지 실제 거래가격을 활용하여 평균 REC거래가격(Average-based REC Trading Volume, 수식(3))과 트렌드 REC 거래가격(Trend-based REC Volume, 수식(4))을 통해 2014년 8월 이후의 가격을 전망한 시뮬레이션 결과이다. 두 가격전망방식이 실제 거래가격에 근접하여 가격을 결정하고 있지만 트렌드기반의 가격결정법이 실제 거래가격에 근접한 것을 확인할 수 있다.

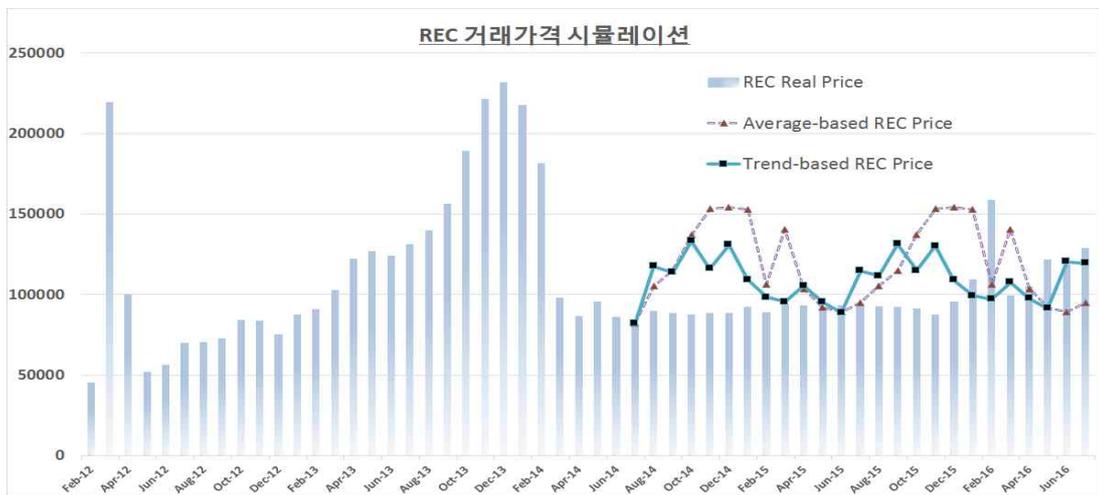


Fig. 5. Simulation Results of the REC Trading Price

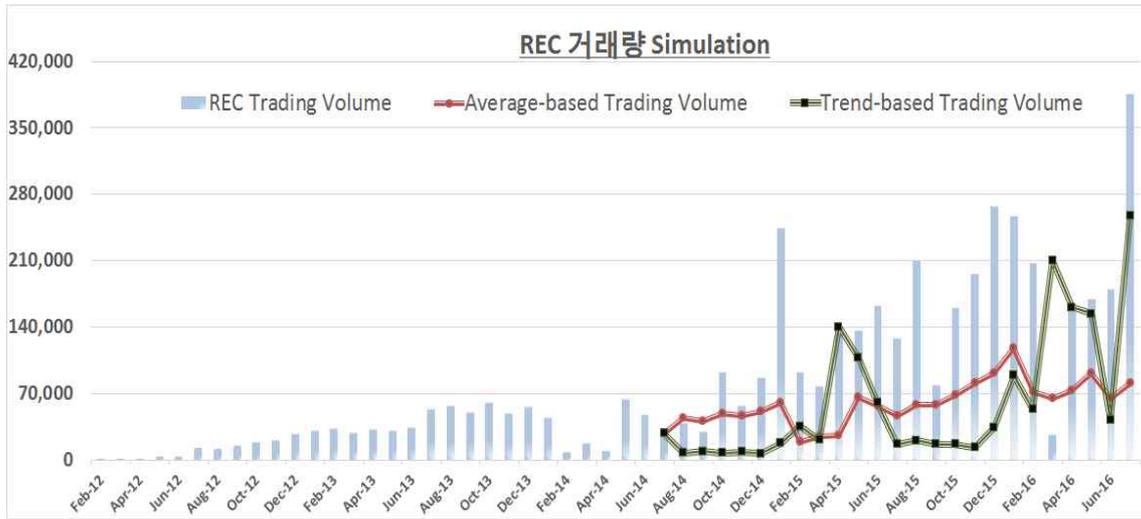


Fig. 6. Simulation Results of the REC Trading Volume

### 5.3 실험 2: REC 거래량전망

실험 2는 실험 1과 동일한 시뮬레이션 설정값을 활용하여 REC 거래량을 전망한 실험이다. 거래량은 장기적으로 RPS 제도를 수행하기 위한 의무이행량 비율은 매년 증가하고 있고 의무공급자가 추가될 개연성이 있어 거래량은 증가할 추세이지만, 공급의무자 추가뿐만 아니라 민간발전사업자도 증가하고 있어 수요량을 예측하는 것은 어렵다.

하지만 REC 거래량 전망은 가격에도 영향을 주지만 의무공급자의 안정적인 이행량을 확보하기 위해서는 거래량을 전망하고 전략에 활용하는 것도 중요하다.

하여 평균 REC거래량과 트렌드 REC 거래량을 통해 2014년 8월 이후의 거래량을 전망한 시뮬레이션 결과이다. 평균 REC 거래량은 실제 거래량과 차이가 있는 반면에 트렌드 REC 거래량은 최근 반년간의 거래량에 근접해짐을 확인할 수 있다. 시행초기 거래량에 비해서 최근의 거래량이 증가하고 있는 것은 의무공급자가 제도이행을 성실히 수행하고 있음을 알 수 있고 신재생에너지 인프라가 확대되고 있음을 유추할 수 있다.

## VI. Conclusions

웹 기술을 활용한 시뮬레이션은 지리적으로 분산되어 있는 자원을 활용하여 빅데이터와 고성능 자료처리가 가능하게 하고 있다. 본 연구는 웹환경에서 네트워크상의 DEVS 모델들을 시간과 메시지 동기화가 가능하도록 DEVS W/S 시뮬레이션 환경을 구축함으로써 고성능 컴퓨팅이 요구되거나 대용량처리가 가능하도록 모델링과 시뮬레이션환경을 구현하였다. 또한 데이터들 간의 상호작용과 분석을 통해 RPS 의무이행을 위한 가격과 거래량을 전망할 수 있는 기대효과가 있다. 본 연구에서는 RPS 의무이행을 위한 REC 거래시장을 모델링하여 시뮬레이션 함으로써 REC 가격과 거래량을 전망하는 실험을 수행하였다. RPS제도가 신재생에너지를 활용하여 전력을 생산하기 위해 정부는 녹색성장 방법을 지속적으로 검토하여 실행중이므로, 본 연구에서 제안하는 시뮬레이션 방식을 활용하는 것은 RPS제도를 수행하는 이해관계자들의 의무이행규모와 재정에 도움을 줄 수 있는 REC 거래전략을 전망하는 도구로써 활용이 가능할 것이다.

$$V_{avg} = \sum_{by}^{ey} V_{rpm} / (ey - by) \cdot C_{vv} \quad (3)$$

$V_{avg}$  = Average volume  
 $V_{rpm}$  = Real trade volume of current month  
 $by$  = begin year  
 $ey$  = end year  
 $C_{vv}$  = Control value of REC volume

$$V_{trend} = \sum_{bm}^{em} P_{rpm} / (em - bm) \cdot (1 + C_{vv}) \cdot C_{viv} \quad (4)$$

$V_{trend}$  = Trend of volume  
 $bm$  = begin month  
 $em$  = end month  
 $P_{rpm}$  = Real trading volume of month  
 $C_{vv}$  = Control value of REC volume  
 $C_{viv}$  = Control value of REC increase volume

그림 6은 2012년부터 2014년 7월까지 실제 거래량을 활용

## REFERENCES

- [1] J. Byrne, C. Heavey and P.J. Byrne, "A review of Web-based simulation and supporting tools". *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol 18 No. 3, pp. 253-276 , March 2010.
- [2] SERI, "Renewable Portfolio Standard Induction in 2012", *SERI Economy Focus*, no 344, Jan 2011.
- [3] C. H. Lee, "Renewable Portfolio Standard and Renewable Energy Certificate Trade Market", *Wind Power Industry Special Seminar*, pp.1-47, June 2011.
- [4] Renewable Energy Center,  
<http://www.knrec.or.kr/knrec/index.asp>
- [5] T. L. Veith, J. E. Koza and C. P. Keolling, "World Wide Web-Based Simulation", *International Journal Engineering Education*, Vol. 14, No. 5, pp. 316-321, 1998.
- [6] K. J. Healy and R. A. Kilgore, Silk, "A java-based process simulation language" *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, pp. 475-482, 1997.
- [7] R. McNab and F. W. Howell, "Using Java for Discrete Event Simulation", *Proceedings of the Twelfth UK Computer and Telecommunications Performance Engineering Workshop*, University of Edinburgh, UK, 219-228, 1996.
- [8] W. D. Li, J. Y. H. Fuh and Y. S. Wong. "An Internet-enabled integrated system for co-design and concurrent engineering.", *Computers in Industry*, No. 55, pp. 87-103, 2004.
- [9] S. D. Kim and C. G. Moon, "Economic Impact of Renewable Portfolio Standard Induction", *Environmental and Resource Economics Review*, Vol 14, No 3, pp. 751-773, Sep. 2009.
- [10] S. J. Kim and H. J. Jang, "Renewable Energy Trade Market Trend and Confrontational Strategy", *Ecosian Report*, No. 199, April 2016.
- [11] K. S. Cho, C. H. Lee, I. S. Cho and S. H. Son., , "Renewable Energy System Development for Next Generation Power Network", *Korea Electrotechnology Research Institute*, Jan. 2013.
- [12] C. M. Seo and B. P. Zeigler, "Automating the DEVS modeling and simulation interface to web services," *Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multi-conference*, pp. 1-8, 2009
- [13] REC Trading System of KPX,  
<http://rec.kpx.info/index.jsp>

## Authors



Kyu Cheol Cho received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Information Engineering from Inha University, Korea, in 2005, 2007 and 2013, respectively.

Dr. Cho joined the faculty of the Department of Computer Science at Inha Technical College, Incheon, Korea, in 2016. He is currently a assistant professor in the Department of Computer Science, Inha Technical College. He is interested in cloud computing, green IT and web programming.