

한국형 Market Simulator 개발

허진 강동주 국경수 김태현 이정호 문영환
한국전기연구원

Development of Korean Market Simulator

Hur Jin Kang Dong-Joo Kook Kyung-Soo Kim Tai-Hyun Lee Jeong-Ho Moon Young-Hwan
KERI

Abstract - Power System deregulation has become a worldwide trend which introduces competition in electric power system in order to realize efficient electricity production and investment. In this regard, it is very important to develop an electricity market simulator so that it is to analyze power market and study bidding strategies, market operation and market power and train market participants. In this paper, we introduce general functions and a structure of market simulator, also design the framework of the Korean market simulator based on core concepts of electricity market simulator.

위한 핵심기술 자립이 시급한 실정이며 향후 개설될 양방향 입찰시장(Two Way Bidding Pool 이하 TWBP)의 시장규칙에 적합한 한국형 Market Simulator 개발이 필요하다. 그림 1에 전체적인 Market Simulator의 필요성을 개략적으로 도시하였다.

1. 서론

전력산업의 규제가 완화됨에 따라, 계통의 운영방식이 크게 바뀌고 있다. 기존의 수직통합체에서 하나의 주체에 의해 계통의 발전과 급전이 이루어지던 구조에서 시장에 참여하여 서로 경쟁하게 되는 다수의 의사결정 주체들에 의해 운영되는 구조로 변모하고 있는 것이다. 경제학적인 관점에서 이들 주체들은 자신의 비용과 이득을 극대화하기 위해 행동하게 되며, 결과적으로 광범위한 범위에 산재해 있는 자원을 효율적으로 할당하는 효과를 가져오게 된다. 최근 몇 년간 전 세계적으로 전력 및 에너지 시장의 성장률은 매우 급격한 상승세를 기록하고 있어 가까운 장래에 전력 및 에너지 시장에서의 거래금액이 다른 어떤 상품 시장에서의 거래금액보다도 많아질 것으로 보인다. 전 세계적으로 가스 및 전기에너지 산업의 구조적 변화는 이러한 시장에 참여하고자 하는 많은 관련 기업들에게 사업상의 문제를 불러일으키고 있다. 에너지시장은 매우 변화가 심하며, 이러한 변화에 장기적으로 대처하지 못할 경우 위험요소가 증대되어 큰 손실을 입을 수 있다. 또한 전력시장거래에서 소비자의 전력수요를 정확히 예측하고 그에 따른 최적의 발전량을 결정하는 것은 전력공급업체의 수익성을 높이는 절대적인 요소로 작용한다. 이미 오래전에 경쟁체제가 도입된 서구 국가들에서는 이러한 목적을 수행하기 위한 전력시장해석 프로그램(computer-based tool)이 상용화되어 많은 업체들이 경쟁하고 있으며, 전 세계적인 구조개편 확산 움직임과 더불어 시장규모가 빠른 속도로 확대됨에 따라 시장선점을 위한 경쟁 또한 치열해지고 있는 시점에 있다.

현재 경쟁적 전력시장을 해석하고 모의하는 상용 Market Simulator는 PLEXOS (DraytonAnalytics, 호주), PROSYM(Henwood Energy, 미국), MAPS (GE, 미국), 그리고 POMAX(OM Technology, 노르웨이) 등이 있다 [3]. GE-MAPS의 경우, 20년 가까이 연구가 이루어져 알고리즘 측면에서 많은 발전이 기대되지만 소프트웨어적으로 GUI(Graphic User Interface) 환경이 부족하여 시뮬레이터를 사용함에 있어서 편의성이 많이 떨어질 것으로 예상된다. 또한 MAPS를 비롯하여 많은 시뮬레이터들은 고가의 비용을 요구하고 있다. 반면에 국내시장에는 아직 개발된 시뮬레이터가 존재하지 않고 외국 상용제품의 시장진출이 시작되는 단계이다. 이에 따라 국내 전력시장의 분석과 운영전략수립 및 규칙 재계정을

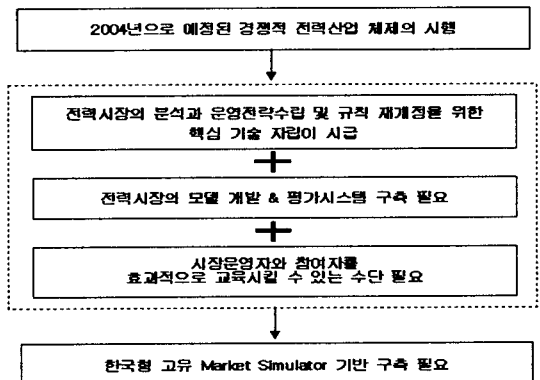


그림 1 Market Simulator의 필요성

본 논문에서는 Market Simulator를 구성하는 요소기술을 정립하고 상용 시뮬레이터의 전력시장 시뮬레이션을 수행하여 한국형 Market Simulator개발을 위한 기능설계를 구현하고자 한다.

2. Market Simulator의 개요

경쟁적 전력시장을 해석하는 Market Simulator는 입력 데이터를 관리하는 데이터베이스와 요소기술인 시뮬레이션 엔진(Simulation Engine) 그리고 결과를 분석할 수 있는 소프트웨어로 구성된다. 시장데이터를 관리하는 데이터베이스 구축은 시장 모델링과 관련하여 매우 중요한 요소이며 정확한 데이터의 구축을 통해서 시장 모델링이 가능하다. Market Simulator를 구현하기 위한 요소기술은 다음 같이 6가지 정도로 분류할 수 있다.

- 발전기 모델(Generator Model)링 기술
- 네트워크 혼잡(Network Congestion) 해석기술
- 시장 시나리오(Market Scenario) 추정기술
- 송전선 모델(Transmission Model)링 기술
- 시장가격(Market Clearing Pricing) 예측기술
- 경제급전계획(Economic Dispatch Scheduling) 기술

각각의 요소기술은 시뮬레이션 엔진을 기반으로 개별 모듈로 구성된다. 또한 많은 입력데이터와 더불어 다양한 해석에 필요한 GUI 환경의 소프트웨어가 구축되어야 한다. 그림 2에 Market Simulator의 기본 구조와 데이터의 흐름을 나타내었다. 그림 2에서 전체적인 흐름을 살펴보면 우선 Market Simulator의 입력은 발전기 데이터, 부하 데이터, 송전모델 데이터, 그리고 다양한 시장 시나리오

오가 입력됨을 알 수 있다. 이상의 입력된 데이터를 이용하여 각 모듈별 알고리즘이 수행되어 시장가격예측, 발전기 운전계획, 입찰전략수립기법, 그리고 송전혼잡해석 등의 결과를 얻을 수 있다.

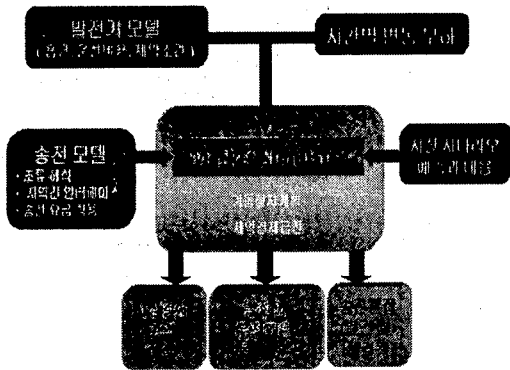


그림 2 시뮬레이터의 기본 구조와 데이터 흐름

3. 전력시장에서의 Market Simulation

한국형 Market Simulator 개발을 위해 벤치마크(Benchmark)용으로 도입한 호주 Drayton Analytics사의 PLEXOS를 활용하여 경쟁적 전력시장의 시장가격을 중심으로 전력시장을 모델링하고 가격이 산정되는 결과를 도출하여 전체적인 전력시장에서의 시뮬레이션을 하고자 한다. PLEXOS의 장점은 국내 시장실체가 호주의 시장모델과 유사하기 때문에 시장모델링이 용이하고 GUI 환경이 잘 구축되어 있으며 다양한 시장시나리오를 모델링할 수 있도록 설계되어 있다는 것이다[4].

3.1 전력시장 입력데이터 및 모델링

Market Simulator를 이용하여 전력시장을 분석하기 위해 전력시장 모델링이 우선적으로 선행되어야 한다. 전력시장 모델링은 입력데이터에 의해 표현되며 각 발전기, 부하, 송전선로 등을 입력체계에 따라 구현된다. 본 절에서는 그림 3과 같은 모의 전력시장을 가정하여 전력시장을 모델링하고 시뮬레이션을 수행한다.

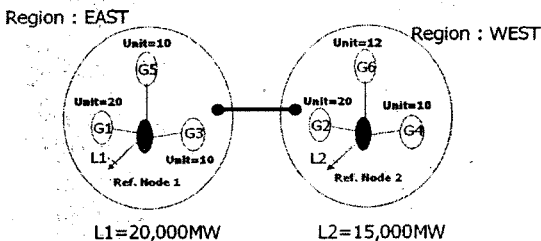


그림 3 두개의 지역(Region)을 갖는 Simple Market

그림 3의 Simple Market은 EAST와 WEST로 지역(Region)을 구분하고 각 지역은 3개의 발전설비와 부하를 가지고 있다. 각 발전기는 10-20개 사이의 단위(Unit) 발전기를 가지고 있으며 모든 발전기들의 최대출력용량(Maximum Capacity)을 500 MW로 가정하였다. 또한 각 지역의 부하는 EAST지역에 20,000 MW, WEST지역에 15,000 MW로 가정하였다. 또한 두 지역사이를 하나의 선로가 연결되어 있고 6개의 발전사업자는 하루 동안의 입찰데이터를 제출하고 예측부하에 따라 가격을 산정하도록 모의시장을 구성하였다. PLEXOS의 발전기 데이터 입력화면을 그림 4에 나타내었다. 입찰가격, 입찰량, 최

대출력용량, 그리고 계통손실 관련 데이터가 입력으로 들어간다. 부하 데이터는 하루 동안 시간별 부하량을 산정하여 별도의 입력파일형태(*.CSV 포맷)로 작성하여 시뮬레이터의 메인 모듈의 입력으로 들어간다. 입력된 하루 동안의 부하 데이터를 그림 5에 나타내었다.

Objects	Memberships	Properties	New Entrant Region	
		Property	Val	Units
▶ Offer Quantity	1		9300 MW	
Offer Price	1		42 Kwon/MWh	
Units	1		20	
Max Capacity	1		500/MW	
Loss Factor	1		0.98	
Aux Linear	1		3%	

그림 4 발전기 데이터 입력 및 모델링

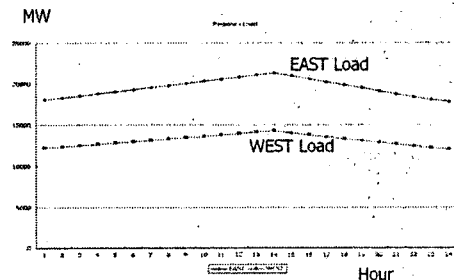


그림 5 입력에 사용된 부하 데이터

3.2 전력시장가격 예측

전력시장에서 시장청산가격(Market Clearing Price 이하 MCP)은 시장참여자들의 가장 관심 있는 부분이며 중요한 요소이다. 현재 운용중인 CBP(Cost Based Pool) 시장의 경우 해당 시장규칙에 따라 전력거래소(KPX)에서 가격을 공시하고 있다. 일반적인 시장청산가격 산정기법을 그림 6에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 부하 데이터와 발전사업자의 입찰데이터의 한계지점으로부터 가격이 결정되는 MCP를 나타내고 있다. 모의된 Simple Market의 경우, 발전기 입찰데이터와 부하예측 데이터를 사용하여 1시간 단위로 MCP 가격을 산정하도록 하였다.

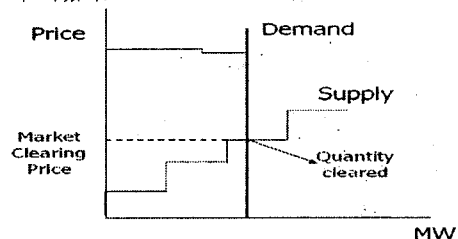


그림 6 일반적인 시장가격 산정기법

3.3 전력시장 시뮬레이션

해당 입력 데이터로 시장을 모델링하고 선로제약을 고려하여 Simple Market에 대한 시뮬레이션을 수행 하였다. 첫 번째 시뮬레이션은 선로의 제약이 없는 경우 시장가격의 변동 추이를 나타낸 것으로 그림 7에 보여지고 있다. 연계 선로에 제약이 없기 때문에 두 지역이 가격이 동일하고 가격의 변동 특성을 보면 부하의 변동에 따라 가격이 변동함을 알 수 있다. 두 번째 시뮬레이션은 두 지역사이를 연결된 선로에 2000 MW 제약을 설정한 경우이다. 제약이 설정된 경우 연계선로를 통하여 WEST에서 EAST로 에너지를 수송하고 가격이 지역별로 변동 됨을 알 수 있다. 제약 전후의 가격 및 시간별 가격을 표 1에 제시하였고 제약이 고려된 경우의 가격변동 특성을 그림 8에 나타내었다.

표 1 선로제약에 따른 시장가격 산정

시간	Without Congestion시	With Congestion시 시장가격	
	시장 가격	EAST	WEST
1	46.8600	47.3385	46.8604
2	47.3385	47.3385	46.8604
3	47.3385	47.3385	46.8604
4	47.3385	47.3385	46.8604
5	47.3385	47.3385	46.8604
6	47.3385	47.3385	46.8604
7	47.3385	47.3385	46.8604
8	47.3385	47.3385	47.3385
9	47.3385	47.3385	47.3385
10	47.3385	47.3385	47.3385
11	47.3385	47.3385	47.3385
12	47.3385	47.3385	47.3385
13	47.3385	47.3385	47.3385
14	53.1406	53.1406	53.1406
15	47.3385	47.3385	47.3385
16	47.3385	47.3385	47.3385
17	47.3385	47.3385	47.3385
18	47.3385	47.3385	47.3385
19	47.3385	47.3385	46.8604
20	47.3385	47.3385	46.8604
21	47.3385	47.3385	46.8604
22	47.3385	47.3385	46.8604
23	46.8604	47.3385	46.8604
24	46.8604	47.3385	46.8604

시나리오에 따라 전력시장을 모델링하고 분석을 수행한다. 전체적인 Market Simulator의 구조적 설계를 그림 9에 나타내었다. 체계적인 요소기술별 모듈 설계를 위해 UML(Unified Modeling Language)을 이용한 표준화 모델링 언어로 활용할 예정이다.

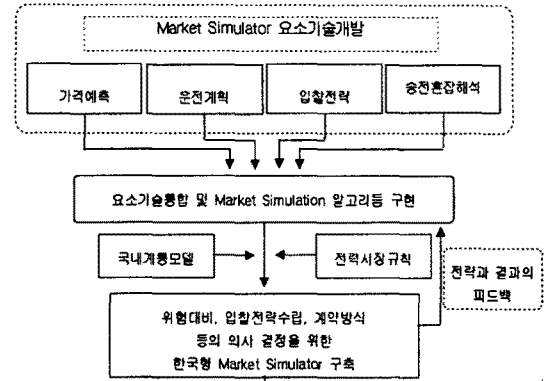


그림 9 한국형 Market Simulator의 설계

또한 Market Simulator의 가장 중요한 부분인 입력 DB는 Oracle, SQL을 이용하여 발전기, 부하, 송전선로 등을 체계적으로 DB화 하고 복잡하고 방대한 시장데이터를 관리한다. 개발언어로는 .NET Framework을 기반으로 Visual Basic과 Visual C++를 개발언어로 사용한다.

5. 결 론

본 논문에서는 경쟁적 전력시장체제의 도입이라는 새로운 환경변화에 대응하고 시장해석 및 전략수립을 위한 Market Simulator의 개발의 필요성과 개념을 설명하고 최종 목표인 한국형 Market Simulator의 기반설계를 설명하였다. 한국형 Market Simulator는 구조개편 이후의 전력시장에서의 시장가격 예측, 전력시장운영 평가 시뮬레이션 및 Portfolio 전략기술개발, 신규로 제정되는 시장규칙의 사전검토, 시장참여자의 교육 및 수급의 적정수준에 대한 가이드라인 마련을 위한 기초 자료로 활용, 그리고 국가 전력산업의 안정적인 정책개발과 시장운용을 위한 실행지침 마련에 활용될 수 있다. 현재 시뮬레이터를 구성하는 요소기술별 핵심 엔진을 연구 중에 있으며 상용 Market Simulator를 활용하여 다양한 시나리오와 데이터를 작성 중에 있다. 또한 현재 진행 중인 CBP 시장 및 향후 전개될 TWBP 시장에 대해 PLEXOS를 이용한 모델링 및 시뮬레이션을 통하여 한국형 모델 개발에 활용할 예정이다. 향후 시작되는 새로운 전력시장의 시장규칙을 반영한 한국형 Market Simulator의 개발은 자율 경쟁적 전력시장의 올바른 해석, 입찰전략을 수립, 그리고 시장참여자를 교육 등에 있어서 중요한 역할을 담당할 것으로 사료된다.

(참고 문헌)

- (1) A. Debs, C. Hansen, and Y. Wu, "Effective electricity market Simulators", IEEE Comput. Applicat. Power Vol. 14, p 2934, Jan 2001
- (2) G. J. Anders, "Competitive market simulator-Example development for Ontario Market", in Proc. IEEE Power Eng. Society Summer Meeting, p 919 July 2000
- (3) Hongjin Liu, Bin Yuan, Hongwei Dai, and Jiken Lin, "Framework Design of a general-purpose power market simulator based on Multi-agent technology", in Proc. IEEE Power Eng. Society Summer Meeting, p 1478-1482 July 2001
- (4) DraytonAnalytics, "PLEXOS for power system", Knowledge Base Manual, 2002

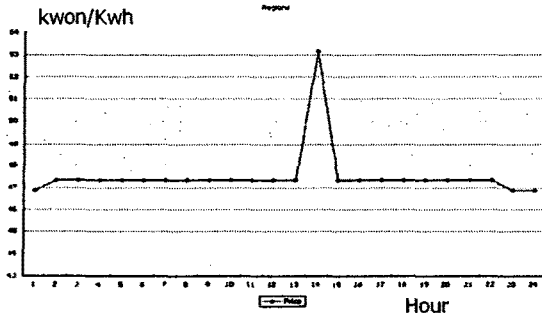


그림 7 선로제약이 없는 경우 시장가격

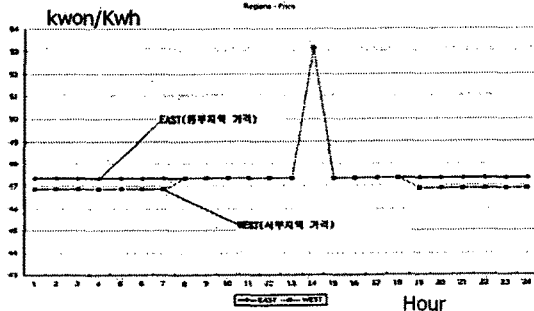


그림 8 선로제약의 있는 경우 시장가격

4. 한국형 Market Simulator의 기본설계

한국형 Market Simulator를 개발하기 위해 Market Simulator를 구성하는 개별 모듈, 즉 해당 요소기술의 분석이 선행되어야 한다. 핵심 요소기술로는 가격예측, 운전계획, 입찰전략, 그리고 송전혼잡해석 등이 있다. 설계된 모듈을 기반으로 요소기술의 통합과 새로운 알고리즘을 구축하여 Market Simulator를 개발한다. 개발된 시뮬레이터를 이용하여 국내 시장규칙을 적용 및 다양한