

PLEXOS를 이용한 전력시장가격예측

강동주, 허진, 국경수, 김태현, 이정호, 문영환

Forecasting Electricity Market Price using PLEXOS

D.J. Kang, Jin Hur, K.S. Kook, T.H. Kim, J.H. Lee, Y.H. Moon

**Abstract** - 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. 전력 및 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 오전에 경쟁체제가 도입된 서구 국가들에서는 이러한 목적을 수행하기 위한 전력시장해석프로그램(computer-based tool)이 상용화되어 많은 업체들이 경쟁하고 있으며, 전세계적인 구조개편 확산 움직임에 따라 시장규모가 빠른 속도로 확대되고 있다. 이러한 흐름에 따라, 우리나라에서도 일부 학계와 벤처기업, 연구소를 중심으로 관련 연구가 시작되어 진행 중에 있다. 본 논문에서는 우리 연구실에서 전력시장해석 시뮬레이터 개발을 위해 벤처마킹 시물레이터로 도입한 PLEXOS에 대한 간단한 소개와 PLEXOS를 이용한 샘플 계통 및 시장의 전력시장가격예측을 수행해 보고자 한다.

1. 서론

전력시장 모델링과 시물레이션은 많은 다양한 목적들을 위해 사용된다. 다음은 PLEXOS를 이용하여 이러한 목적들에 부합해서 수행할 수 있는 기능들을 나열한 것이다[1].

- 일일 입찰 및 발전기급전의사결정 모델링
- 부하성장과 신규 사업자 진입 등의 다양한 시나리오를 가정한 전력시장가격예측
- 신규투자자의 최적 규모 및 시기
- 발전 및 송전 자산 평가
- 시장설계와 관련된 의사결정 및 규칙변경 영향평가
- 단기, 중기, 장기에 걸친 다양한 시간 단위에 대한 발전 및 송전 용량 결정
- 발전 및 송전 제약조건 분석
- 발전 및 송전 자산의 포트폴리오를 위한 거래전략 최적화
- 유지보수 위한 발전기 운전정지 시기 및 시간 최적화
- 수력발전 방식 시각 결정 및 must-take 연료 사용에 대한 최적 패턴 이해
- 공급안정도 효과 및 환경계약조건 영향 분석
- 가변비용과 고정비용을 고려한 경영의사결정

이와 같은 다양한 기능들 중에 본 논문에서는 PLEXOS를 이용한 전력시장가격예측에 대한 문제를 다루어보기로 한다.

2. PLEXOS 개요

그림 1은 PLEXOS의 초기 화면을 나타낸 그림이다. 창 초기 화면의 창은 크게 세 부분으로 나누어지며 왼쪽 상단은 전체적인 데이터 트리, 왼쪽 하단은 연산 수행후 결과 출력 시 선택 항목, 오른쪽은 데이터 트리 각 항목별 세부 입력 데이터를 나타낸 것이다.

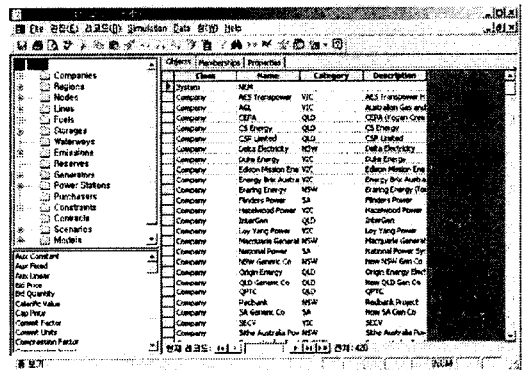


그림 1 PLEXOS의 초기 화면

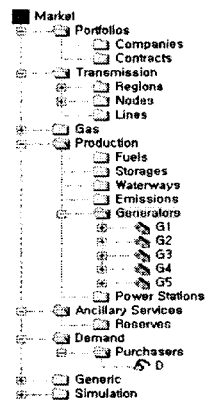


그림 2 데이터 트리

그림 2는 왼쪽 상단의 데이터 트리를 확대한 그림으로 PLEXOS에서 기본적으로 요구하는 데이터의 범주를 확인할 수 있다. 그림에 보이는 모든 데이터 트리를 필수적으로 입력하는 것은 아니고 user가 가지고 있는 데이터를 취사 선택하여 입력하게 된다. 물론 입력 데이터에 따라 얻을 수 있는 결과에는 제한이 있다. 예를 들어 Production 항목의 Fuels는 발전기 별로 연료의 구분을 들 때 입력하게 되며 그러한 구분은 고려하지 않을 경우는 입력하지 않을

수도 있다. Storage와 Waterway는 수력발전기의 입력 데이터에 데이터 항목으로 각각 저수량과 수로의 용량을 나타내게 된다. Portfolio 항목의 Companies는 다수의 발전기들에 대한 ownership을 나타내는 것이며, Contract는 Pool을 통해 이루어지는 거래가 아닌 시장 참여자간의 쌍무계약(Bilateral contract)를 의미한다. 가스 회사가 존재할 경우 Gas 항목을 통해 관련 데이터

를 입력할 수 있으며 예비력에 대한 Ancillary Service를 고려할 수도 있다. 이러한 데이터의 입력은 그림 1과 같은 Access 기반의 테이블 환경에서 입력할 수도 있고 그림 3과 같은 Wizard 형태로 이루어질 수도 있다.

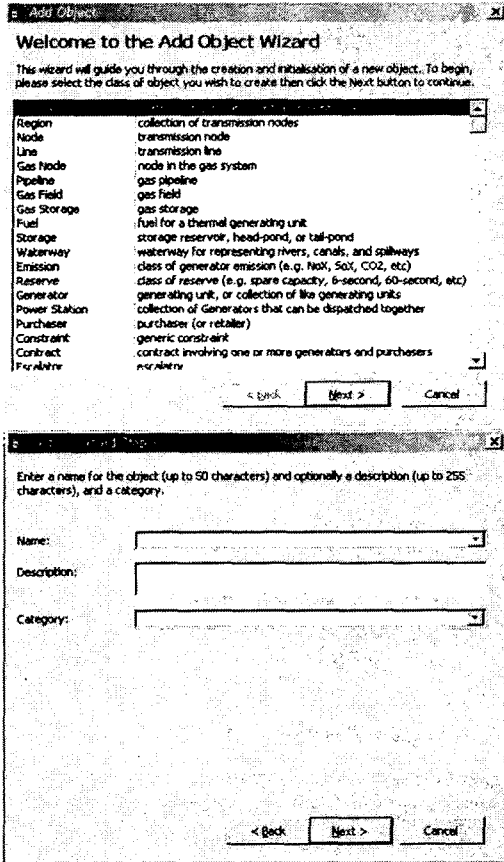


그림 3 Wizard 기능을 통한 데이터 입력

PLEXOS의 데이터는 이와 같이 PLEXOS의 기반인 Access 상에서 입력될 수도 있고 텍스트 파일이나 엑셀 파일을 호출하여 사용할 수도 있다. 그림 5는 PLEXOS의 이러한 파일 시스템을 도식화 한 것이다.

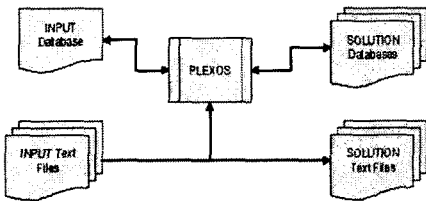


그림 4 PLEXOS의 파일 시스템 구조

그림 3 이후의 과정에 대해서는 사례 연구와 병행하여 설명하도록 한다. 그림 5 이후는 그림 3에서 연속되는 과정을 나타낸다.

### 3. 사례 연구

1절과 2절에서 소개한 PLEXOS를 이용하여 표 1과 표 2가 나타내는 간단한 샘플 제동을 모의해 보았다. 총 5대의 발전기가 입찰에 참여하며 수요측은 하나의 주체로 통일된 시장 전체 수요를 가정한다. 표 1은 공급측 입찰을 표 2는 수요측 입찰을 나타낸다.

표 1 공급측(발전기)의 입찰 데이터

Unit		Hour 1			
1	P	50	60	60	80
	λ	18	20.4	21	24
2	P	10	30	80	90
	λ	15	15.6	18	21
3	P	8	10	55	90
	λ	9	9.6	12	18
4	P	9	10	20	35
	λ	13.5	15	18	21
5	P	20	50	90	130
	λ				
Unit		Hour 2			
1	P	7	54	56	80
	λ	18	20.4	21	24
2	P	10	30	80	90
	λ	15	15.6	18	21
3	P	8	12	53	90
	λ	9	9.6	12	18
4	P	9	10	20	35
	λ	13.5	15	18	21
5	P	20	50	90	130
	λ	15	15.6	16.5	18
Unit		Hour 3			
1	P	7	50	60	80
	λ	18	20.4	21	24
2	P	10	25	85	90
	λ	15	15.6	18	21
3	P	8	10	55	90
	λ	9	9.6	12	18
4	P	9	10	27	28
	λ	13.5	15	18	21
5	P	20	60	80	130
	λ	15	15.6	16.5	18
Unit		Hour 3			
1	P	7	50	60	80
	λ	18	20.4	21	24
2	P	10	25	85	90
	λ	15	15.6	18	21
3	P	8	10	55	90
	λ	9	9.6	12	18
4	P	9	10	27	28
	λ	13.5	15	18	21
5	P	20	60	80	130
	λ	15	15.6	16.5	18
Unit		Hour 4			
1	P	7	50	65	75
	λ	18	20.4	21	24
2	P	10	30	80	90
	λ	15	15.6	18	21
3	P	8	11	54	90
	λ	9	9.6	12	18
4	P	9	10	27	28
	λ	13.5	15	18	21
5	P	20	65	75	130
	λ	15	15.6	16.5	18

표 2 수요측의 입찰 데이터

		Hour 1			
D	230	10	5	10	5
λ	36	24	18	12	6
		Hour 2			
D	230	5	10	15	5

λ	36	24	21	15	6
			Hour 3		
D	730	5	10	5	5
λ	36	24	18	15	6
			Hour 4		
D	810	5	5	10	10
λ	36	24	18	12	6

이와 같은 문제를 풀기 위해서 그림 1부터 시작되는 과정을 따른다. 그림 5는 이 문제를 풀기 위해 PLEXOS에서 필요한 데이터의 객체(objects)들을 나타낸 것이다. 시스템 하에 지역(region)이 존재하고 지역 안에 노드(node)가 존재한다. 본 예제는 하나의 구체적인 계통의 토폴로지(topology)를 전제하지 않았기 때문에 계통을 하나의 노드로 가정하였다. Scenario는 본 논문에서 가정하고 있는 특정 상황(situation)을 가리키며 "unit 3 ramp rate"는 발전기 3의 ramp rate에 제약이 있는 경우를 나타낸다.

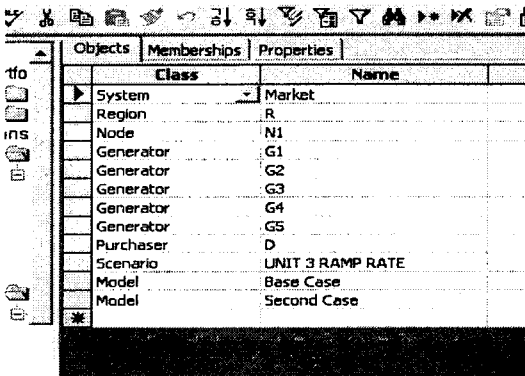


그림 5 Objects 입력

Objects의 정의가 끝났다면 다음은 그림 6에서 보는 것처럼 Membership 메뉴에서 이들 objects 항목들을 상호 연관시켜 주게 된다.

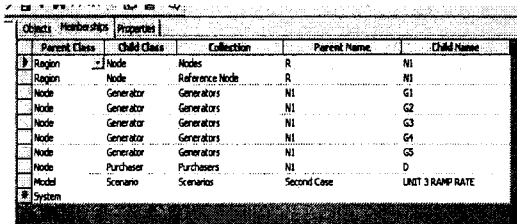


그림 6 Membership 설정

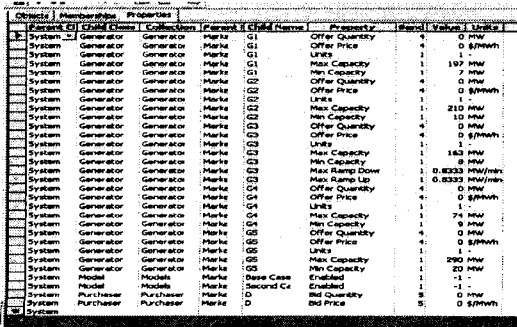


그림 7 Properties 입력  
Membership 메뉴를 통해 object들의 상호 관계 설정

이 끝나면 Properties 메뉴에서 object들이 가지는 구체적인 수치들을 설정해주게 된다. 시간별로 변하는 공급측, 수요측 입찰 데이터들을 표현해 주기 위해 별도의 엑셀 파일들로 이루어진 시변성(time-variable) 데이터를 호출할 수 있다. 그림 8은 별도의 엑셀 파일을 호출하기 위한 경로 설정을 보여주고 있다.

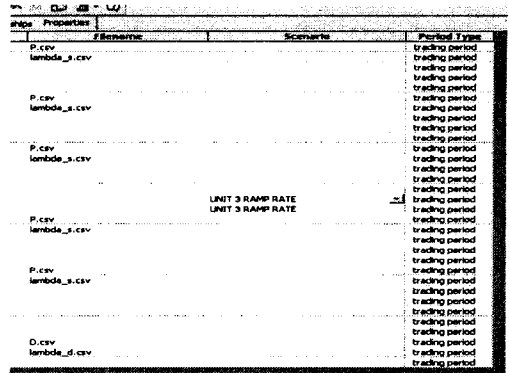


그림 8 CSV 파일 호출을 위한 설정

여기서 CSV(Comma Separate Value) 파일은 앞에서 언급하였듯이 일반적인 텍스트 파일이나 엑셀 파일을 의미한다. 물론 이러한 시변성 데이터를 그림 9와 같이 PLEXOS 상에서 바로 입력해 줄 수도 있다.

Region	Property	Value	Units	Date From	Date To	Pattern
R	Load	1	150 MW			H01
R	Load	1	160 MW			H02
R	Load	1	170 MW			H03
R	Load	1	180 MW			H04
R	Load	1	190 MW			H05
R	Load	1	200 MW			H06
R	Load	1	210 MW			H07
R	Load	1	220 MW			H08
R	Load	1	230 MW			H09
R	Load	1	240 MW			H10
R	Load	1	249 MW			H11
R	Load	1	249 MW			H12
R	Load	1	249 MW			H13
R	Load	1	249 MW			H14
R	Load	1	240 MW			H15
R	Load	1	230 MW			H16
R	Load	1	220 MW			H17
R	Load	1	210 MW			H18
R	Load	1	200 MW			H19
R	Load	1	190 MW			H20
R	Load	1	180 MW			H21
R	Load	1	170 MW			H22
R	Load	1	160 MW			H23
R	Load	1	150 MW			H24

그림 9 PLEXOS 상에서의 시변성 데이터 입력

이러한 모든 과정을 거쳐 데이터를 입력하고 시뮬레이션을 수행하게 되면 그림 10과 같은 전력시장가격에 대한 예측 결과를 얻게 된다.

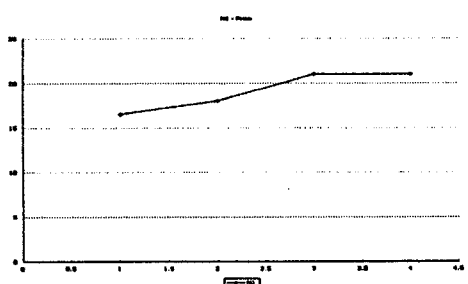


그림 10 전력시장가격예측 시뮬레이션 결과

#### 4. 결 론

이제까지 본 논문에서는 PLEXOS의 기능 및 데이터를 입력하는 과정 그리고 그 결과에 대해 간략히 소개하였다. PLEXOS는 현재 호주, 유럽, 싱가포르, 북미 지역에서 활발하게 사용되고 있는 상용 시뮬레이터로서 구조 개편 후 고려해야 하는 다양한 시장 상황에 대한 분석이 가능을 수행한다. 앞으로 우리 연구실에서는 이 PLEXOS의 기본적 기능들 및 알고리즘을 분석하여 전력시장 시뮬레이터의 기본적 원형을 설계하고 한국 시장 상황에 맞는 고유 시뮬레이터를 개발하고자 한다. 이 기본 시뮬레이터의 개발사인 Drayton Analytics 사와 협조 관계에 있으며 앞으로도 지속적인 인력 및 기술 교류를 통한 한국형 시뮬레이터 개발에 협력하고자 한다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Glenn Drayton, "PLEXOS KB", [www.plexos.info](http://www.plexos.info)
- [2] 저자명, "Power Engineering Lab : Electricity Market Simulator", IEEE Transactions on Power Systems, Vol.17, NO.2, 223, May 2002