

웹 기반의 부하관리사업자 시스템(LSES) 개발

이용익, 김태호, 한진희, 윤태욱
LG 산전 전력연구소

Development of web based Load Service Entity System(LSES)

Yong-ik Lee, Tae-Ho Kim, Jin-Hee Han, Tae-wook Yoon
LG Industrial Systems Electrotechnology R&D Center

Abstract - 공급 예비력 확보와 설비투자 지연을 목적으로 운영하였던 직접 부하제(DLC)는 경쟁, 규제 완화, 민간 자본의 참여 등으로 변화된 양방향 입찰 시장에서 시장가격결정에 수요측 의사를 반영하는 수단으로 의미가 변화되어 가고 있다. 현재 직접 부하제 시범사업은 한전과 에너지관리공단에서 2원화하여 운영하고 있으며 에너지관리공단의 시스템 구성은 상위 시스템으로 전력부하관리센터(LMC)와 민간 사업자용 부하관리사업자 시스템(LSES), 하위 시스템으로 EMD 시스템으로 구성되어 있다. 본 논문에서는 민간 부하관리 사업자인 LG 산전의 데이터 센터에 설치된 웹 기반의 부하관리사업자 시스템의 구성, 주요 기능, 구현된 배분 알고리즘, 정산 알고리즘을 소개하고 시스템의 유용성 및 활용 방안을 언급하고자 한다.

1. 서 론

과거 수직통합형 전력산업 구조에서 에너지 이용 합리화의 일환으로 수요관리 프로그램 가운데 직접 부하제 사업은 2001년부터 정부에서 시행해 오고 있고, 향후 전력산업 변화 여건을 고려하여 양방향 정보 교환 형태의 시스템 구축의 일환으로 에너지관리공단이 2002년부터 추진하고 있다. 이러한 직접 부하제 사업은 부하제어를 통한 전력시스템의 신뢰도 향상에 기여함과 동시에 양방향 입찰시장에서의 수요측 탄력성을 부과함으로써 시장가격결정에 수요측의 의사 반영 수단으로서 고려되고 있다.

본 논문은 에너지관리공단의 직접 부하제시스템의 "부하관리사업자 시스템"으로 개발되어진 LSES에 대한 내용이다. 에너지관리공단의 주요 정책 목표는 사업자가 발굴한 부하자원을 전력시장에 진입하여 수익구조를 발굴해 하여 안정적인 전력소비기반을 구축하고, 전기요금 폭동에 대비한 소비자 보호기능을 일임하는 "부하관리사업의 민간기능 활성화"를 들 수 있다[5]. 이러한 취지에서 현재 개발된 LSES는 상위에 전력시장과의 연동을 위한 MOS(Market Operating System)와 연계하여 운영되는 LMC(Load Management Center)로 구성되며 하위에 EMD(Energy Management Device)와 LCU(Load Control Unit)로 이루어진 계층적인 운영 체제로 구성 되어 있다.

본 논문에서는 개발된 LSES의 구성, 발굴된 차단가능부하에 적용할 배분 알고리즘, 정산 알고리즘을 소개하고 개발된 시스템의 발전 방향에 대하여 언급하였다.

2. 본 론

2.1 직접 부하 제어

기존의 직접 부하제어는 "전력회사의 계통 침투부하를 효율적으로 억제하기 위해 전력회사와 소비자가 계약을 체결하여, 침투부하 발생시 전력회사가 약정된 시간 및 회수만큼 소비자의 전력설비를 직접 제어하는 것"을 의미하였다[6].

기존의 독점적 전력시장에서는 공급 예비력 확보와 설비투자의 지연을 목적으로 이를 운영하였다. 그러나 이와 같은 직접 부하제어는 경쟁적 전력시장의 도입으로 인해서 민간에서 부하관리기능을 담당하는 의미로 재정의 할 수 있으며 새로운 전력시장 환경에 맞게 구성된 시스템의 연계 구성도는 그림 1과 같다.

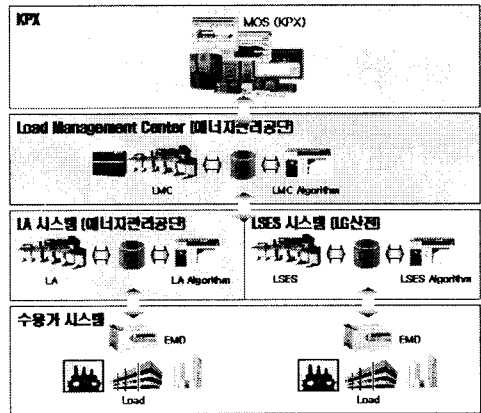


그림 1 부하관리사업자 시스템 연계 구성도

2.1.1 우리나라의 직접 부하 제어

현재 우리나라는 직접 부하제어 사업을 한전과 에너지관리공단으로 2원화하여 운영하고 있다. 한전에서 운영 중인 직접 부하제어 프로그램은 정부 주도형으로 경쟁적 전력시장에서 전력계통 및 전력시장의 안정화를 위해 사전에 결정된 정부의 정책적 판단기준에 따라 계통운영자(SO, System Operator) 및 시장운영자(MO, Market Operator)인 KPX가 IT 시스템을 이용하여 제어 가능한 부하를 원격으로 차단하는 방식이다.

에너지관리공단에서 운영 중인 직접 부하제어 사업은 시장주도형으로써, 비상시 부하제어뿐만 아니라 배전회사 및 판매회사가 최적의 수요측 입찰을 시행할 수 있도록 하는 전력 IT 인프라 구축을 목적으로 하고 있다.

민간 부하관리 사업자에 의해 운영되어질 LSES는 표 1과 같이 한전과는 다른 특징을 가지고 있다. 한전 중심의 단일 운영체제로 부하의 단방향 차단 방식으로 시장연동 기능이 없는 방식이 MOS-LMC-LA-EMD로 이어지는 계층적 운영체제로 양방향 대화형 정보 교환 방식으로 변화되어 졌다. 따라서 소비자는 LG 산전과 같은 민간 부하관리 사업자를 통하여 새로운 직접 부하제어제도에 참여함으로써 기본, 제어 지원금의 지원 및 부하제어에 의한 전력요금 절감을 할 수 있으며 향후 경쟁적 전력 시장에서 negative 전력으로 가격 스파이크 발생시에 피해를 최소화 하고 전력시장 정보를 인터넷으로 실시간 제공 받는 등의 이익을 얻을 수 있다.

항목	한계	에너지 관리 공단
1. 시스템 체계	한편 중심의 단일 운영 체계	MOS-LMC LA-EMD로 이어지는 계층적 운영 체계
2. 제어 방법	단방향 부하차단	양방향 대화형 정보교환을 통해 차등부하에 대해 계층적으로 정보를 교류
3. 최상위 제어체계	EMS에 의존 단방향 정보 수신체계	KPX의 MOS에 연동하여 비상수급 시 부하제어가 가능한 구조
4. 수용가 부하제어장치	Demand Controller	기본적으로 다양한 제어수단을 활용 ① 고압 수용가 EMD/LCU ② 기설치 SCADA활용
5. 검출 및 경신	전자식계량기에 의한 사후경신	MOS와 연계 제어 후 실시간으로 검출 및 경신시스템 운영
6. 제어 장치	Demand Controller에 의한 제어	양방향 통신 가능한 차세대 제어장치
7. 제어 단계	한전에서 직접 제어	부하관리사업자와 수용가간 실시간 협의

표 1 한전과 에너지관리공단의 DLC 비교

2.1.2 부하관리사업자 시스템 구성

경쟁적 전력시장에서의 부하관리 운영 주체로서 부하관리 사업자가 최대의 효율을 얻을 수 있도록 개발된 웹 기반의 LSES는 그림 2와 같이 구성되어 진다.

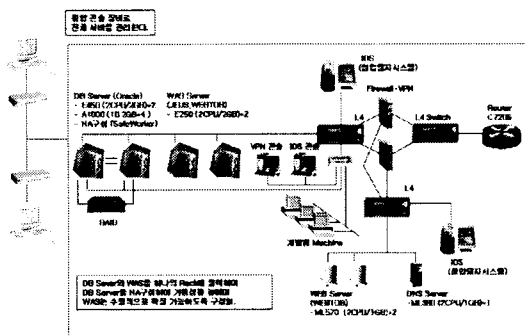


그림 2 부하관리사업자 시스템 구성도

소프트웨어	종명 및 규격	비고
데이터 베이스	Oracle RDBMS 9i	- Unlimited User
	SQL Server 2000	- 5 User - 보안 시스템용
미들웨어 (WAS: Web Application Server)	Jeus @Standard for 2 Processor License	
Web Server	WebtoB @Standard for 2 Processor License	- Unix 용 2 copy - NT 용 1 copy
IDS	SafeZoneNet 3.0	
VPN 관리	Secuway Center 2000	

표 2 소프트웨어 구성

하드웨어	종명 및 규격	수량
WAS & DB 서버	SUN Enterprise 450	2
Web Server	Compaq DL380	1
DNS/Proxy Server	Compaq ML 370	1
IDS Server 및 Console	SUN Blade 1000	2
보안통합 Console 및 IDS Console	Compaq Evo D5000	1
Router	Cisco 7206 Backbone Router	1
L4 Switch	Alteon ACEDirector	3
Switch Hub	LG전자 Goldstream LS3124	2

표 3 하드웨어 구성

개발된 LSES는 웹 기반으로 데이터 센터에 설치 운영되어 지고 있으며 인터넷으로 각광 받고 있는 J2EE를 기반으로 한 웹 솔루션인 WAS를 이용하여 웹 환경에서 Application을 운영하는 데 필요한 각종 서비스들을 제공하고 있다. 데이터베이스 전용 서버는 오라클 8i

를 설치하였고 fail-over를 대비하여 RAID를 사용하고 이중화되어 있다. 수용가의 정보를 안전하게 보관하기 위하여 시스템에 비인가 된, 비정상적인 접근을 탐지, 구별하고 이에 대응하는 기능을 가진 IDS(Intrusion Detection System)와 우수한 보안 기능을 탑재한 VPN(Virtual Private Network)을 운영하고 있다. LSES의 소프트웨어 구성, 하드웨어 구성은 각 표 2, 표 3과 같다.

2.1.3 수용가용 EMD 시스템

직접 부하제어 시스템의 하위 시스템으로 수용가에 설치되는 EMD 시스템의 구성은 그림 3과 같다. EMD는 LSES와 통신을 담당하는 기기로 전자적 연산처리, 컴퓨터 통신 및 모든 정보를 표시하는 기본 장치이다. EMD의 주요 기능은 다음과 같다.

- 1) 수용가 MOF단 전력 측정 및 표시 기능
 - 측정 전력 정확도 오차 0.5%
 - 3상 전압/전류 측정, 유효/무효 전력, 역률 및 주파수 측정
 - 전력측정값에 대한 일보, 월보, 년보 기능
- 2) 전력량계 15분 수요전력 측정 및 저장 기능
 - 측정된 15분 수요 전력에 대한 월보 기능
- 3) 수용가 전력 데이터에 대한 주파수 및 외형률 분석 기능
- 4) LSES의 제어 명령에 따라 LCU의 부하제어 및 통신 기능
- 5) LCU와 RS485 통신에 의한 통신 기능

EMD의 부하제어 명령에 따라 현장의 부하를 제어하는 기기로 LCU는 내부에 부하차단, 투입용 릴레이가 포함된다. 또한 제어효과 산출 및 수용가 인센티브를 위한 전력감시계측요소가 포함된다. LCU의 주요 기능은 다음과 같다.

- 1) 부하전력 측정 및 표시 기능
 - 측정 전력 정확도 오차 1%
 - 3상 전압/전류 측정, 유효/무효 전력, 역률 및 주파수 측정
- 2) 부하의 15분 수요 전력 측정 기능
- 3) EMD의 제어 명령에 따라 LCU와 연결된 부하제어

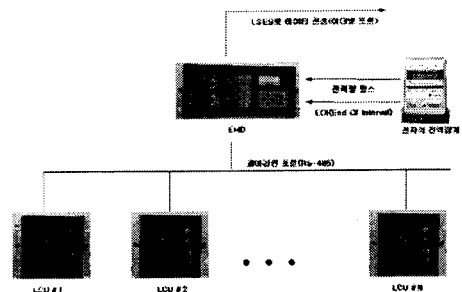


그림 3 EMD와 LCU의 구성

2.1.4 부하관리사업자 시스템의 주요기능

수용가의 EMD 시스템으로부터 전송된 전력정보를 가지고 구현된 LSES의 주요 기능은 다음과 같다.

- 1) 수용가 정보관리 기능
- 2) 전력감시 기능
- 3) 부하제어 기능
- 4) 수용가 지원금 산정 기능
- 5) 보고서 기능

2.2 배분 알고리즘

본 절에서는 각 차단 가능한 부하들의 부하제어 우선 순위를 바탕으로 LSES에서 부하제어량을 배분하는 알

고리즘에 대해서 기술한다. 각 수용가가 결정한 LCU의 부하제어 우선순위에 따라 부하제어량을 배분하는 것을 기본으로 한다. 같은 우선순위를 가지는 LCU가 다수 존재할 경우에는 부하제어량의 크기에 가까운 LCU를 판별하여 그 중 랜덤하게 선택되어진 LCU를 제어 한다. 부하제어량의 크기보다 차단가능량이 큰 LCU와 작은 LCU들의 합을 비교하여 차이가 작은 LCU를 제어 한다.

2.2.1 사전 조건

각 LCU의 부하제어량을 선택하기 전에 LSES는 1) 모든 제어 대상 수용가에게 “제어 전 통지(총량)”가 이루어진 상태이며, 2) 각 수용가의 제어 허용여부 정보가 LMC에 전달이 되어 있다.

2.2.2 배분 절차

LSES는 다음과 같은 과정에 따라 각 LCU에 대해 부하제어량을 배분한다.

- Step1) LMC로부터 총 부하제어량 L_t 를 받는다.
- Step2) 각 LCU의 차단 가능량 C_i 가 총 부하제어량 L_t 보다 크고 작음에 따라 두 개의 리스트를 생성한다. (HighCapaList, LowCapaList)
- Step3) 각각의 리스트에서 Step4 ~ Step11을 수행
- Step4) 부하제어 우선순위(Priority) $p=0$ 으로 초기화 제어 우선순위 p 까지 실제 제어될 부하들의 실재 총량 $S_p = 0$ 으로 초기화
- Step5) 동일한 우선순위 p 를 가지는 LCU들의 차단가능량 C_i 의 총합 C_p 를 구한다.
- Step6) 각 LCU들의 차단 가능량의 총합 C_p 와 S_p 의 합이 총 부하제어량 L_t 를 초과 하는지 판별
Case1 : 초과할 경우 Step7로 이동
Case2 : 초과하지 않을 경우
 S_p 증가 : $S_p = S_p + C_p$,
동일한 우선순위 p 를 가지는 LCU들을 제어 대상 LCU 리스트에 추가,
우선순위 p 증가 : $p=p+1$, Step5로 이동
- Step7) RS 초기화 : $RS = L_t - S_p$
- Step8) 동일한 우선순위 p 를 가지는 LCU 리스트로부터 제어할 LCU를 검색
- Step9) 제일 작은 norm을 갖는 LCU를 검색
 $norm = \text{Math.abs}(RS - C_i)$
- Step10) 제일 작은 norm을 갖는 LCU를 제어 대상 LCU 리스트에 추가하고, 동일한 우선순위 p 를 가지는 LCU 리스트에서는 제거(동일한 norm을 갖는 LCU들이 다수 존재할 경우 랜덤하게 선택하여 중복을 피한다)
 $RS = RS - C_i$
(제일 작은 norm을 가지는 LCU의 차단가능량)
- Step11) RS 값 비교
Case1 : $RS \leq 0.0$ 일 경우 Step 12로 이동
Case2 : $RS > 0.0$ 일 경우 Step 8로 이동
- Step12) 두 개의 리스트(HighCapaList, LowCapaList)로부터 얻은 각각의 제어 대상 LCU 리스트들의 C_i 들의 총합을 구하여, 총합이 작은 LCU 리스트를 실제 제어 대상 LCU 리스트로 선택
- Step13) 제어 대상 LCU 리스트에 기록된 각 LCU에 제어 명령 전송

2.3 정산 알고리즘

직접 부하제어에 참여한 수용가는 LCU별 계약 제어 용량을 기준으로 정산이 이루어지며 LCU의 15분 수요 전력량을 계산한다.

2.3.1 정산 종류

지원금은 직접 부하제어에 참여한 하면 지급되는 기본 지원금과 제어 실적에 따라 지급되는 제어지원금이 있다. 비상시 제어 실적과 평균가동률, 계약이행률에 따라 표 4의 지원금이 지원되는데 긴급제어 대상이 아닌 부하용량에 대해서는 기본 지원금의 50%를 지원한다[2].

기본 지원금	제어 지원금	
	전일 예고	실적제어 전력량 kWh × 600원
	계약제어전력 kW × 800원	실적제어 전력량 kWh × 1,200원
	긴급 예고	실적제어 전력량 kWh × 1,800원

표 4 지원금의 종류

- 비상시 부하제어를 하지 않은 경우
 - 매년 7·8월 2개월간 제어대상 부하의 여름철최대부하시간(14:00~17:00)의 평균가동률이 50%이상인 월에만 기본 지원금을 지원한다.
- 비상시 부하제어를 시행한 경우
 - 7월 및 8월 부하제어 시행결과 계약이행률이 50% 이상인 경우에 기본 지원금을 지원한다.
 - 계약이행률이 100% 이상인 경우에 제어 지원금 100% 지원
 - 계약이행률이 50%이상 100%미만인 경우 50% 지원

2.4 부하관리사업자 시스템의 발전방향

양방향 통신의 운영 체계를 가지고 있는 LSES는 수요증가로 인한 가격 스파이크 현상 발생시에 부하제어로 가격 급등을 방지하고 발전설비 건설의 억제 효과를 가지고 있다. 그러나 이러한 negative 전력으로의 역할을 하기 위해서는 유효적절한 부하가 차단 가능한 부하로 발굴되어야 하며 수용가들의 적극적, 능동적 참여와 시장기능의 활성화가 필요하다.

LSES는 전력 정보 제공 등의 서비스를 통해 부하지원 활용성을 극대화 할 수 있는 응용 프로그램을 개발하고 민간사업자로서 수익 추구가 가능 하도록 다양한 직접 부하제어 프로그램을 운영함으로써 부하관리의 공적 기능을 완성하고 수요측 입찰을 활성화하여, 풀 운영규칙에 의해 자율적으로 직접 부하제어를 시행할 수 있도록 웹 기반의 응용 프로그램들이 개발 되어질 것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 에너지관리공단의 직접 부하제어 시스템으로 개발되어진 부하관리사업자 시스템의 구성, 주요 기능, 배분 알고리즘, 그리고 정산 알고리즘에 대해서 기술하였다. LSES는 양방향 대화형 정보 교환을 통하여 제어가 되며 이는 향후 양방향 입찰시장에서 수요측에 탄력성을 부과함으로써 시장가격결정에 수요측의 의사 반영 수단으로서 사용될 수 있을 것이다.

발굴된 부하들의 특성을 고려하여 LMC로부터 받은 부하제어량을 만족하면서 차단할 부하를 보다 더 효율적으로 선정하는 배분 알고리즘, 정산 알고리즘의 적용이 고려되어 저야 하며 시스템의 performance와 scalability 향상을 위하여 고성능 하드웨어의 개발 적용, 지속적인 인터넷 보안 솔루션 적용이 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 에너지관리공단, “직접부하제어 사업안내”, 2003년
- [2] 에너지관리공단, “직접부하제어 운영기준”, 2003년
- [3] 에너지관리공단 홈페이지, <http://www.kemco.or.kr/dlc>
- [4] 한국전력공사 <http://ebiz.kepco.co.kr/load>
- [5] 김형중 외 6명, “직접부하제어시스템의 구성 및 운용방안”, 대한전기학회 하계학술대회, 2003년
- [6] 정구형 외 2명, “부하관리사업자의 비상시 부하제어량 배분 알고리즘 개발”, 대한전기학회 하계학술대회, 2003년