

수요응답시스템 개발 및 운영 방안 연구

유인협*, 양일권*, 김선익*, 고종민*, 정남준*, 오도은*

*한국전력공사 전력연구원

e-mail: ihyu, ikyang, sikim, jmko, njjung, hifive@kepri.re.kr

A Study on Development and Operation of Demand Response System

In Hyeob Yu*, Il Kwon Yang*, Sun Ic Kim*, Jong Min Ko*

Nam Jun Jung* Do Eun Oh*

*Korea Electric Power Research Ins.

요 약

.본 연구에서는 신 수요관리 기법인 DR(Demand Response)시스템의 개발 및 운영현황을 알아 보았다. 특히 DR 시스템의 구성 방안과 각 모듈들의 설계시 검토 및 요구 사항을 분석하였다. 그리고 공급자와 수요자를 잇는 네트워크는 국가전력 IT과제에서 Portal의 개념을 도입하여 CP(Consumer Portal) 및 DP(Device Portal)에 의한 채널의 표준화를 시도하고 있다. DR의 개념은 수요관리와 가격 응답으로 공급자의 관리 기능과 가격 또는 인센티브 등이 제공되는 수요자가 참여하는 서비스의 양면을 가지고 있다. 이와 같은 시스템이 개발될 경우에는 전력사와 소비자 사이의 양방향 통신 채널이 형성되고 따라서 실시간 수요의 측정이 가능해진다. 또한 이를 토대로 DR 시스템을 사전 검토 및 계획상의 문제점을 분석하여 한국형 DR 시스템의 개발에 대한 기반을 조성하고자 하였다.

1. 서론

전통적인 수요관리 기법은 계통의 신뢰도를 향상 시키기 위해 수급 현황에 따라 공급자가 일방적으로 실시하는 규제 일변도의 직접부하관리의 형태였으나, 최근에는 전력산업의 구조개편으로 전력시장이 도입되면서 소비자가 자가 설비에 대한 수요를 시장 기능에 따라 능동적으로 조절할 수 있게 하는 새로운 수요관리기법이 도입되고 있다. 계통의 신뢰도를 고려하여 소비자에 보상금을 지원하는 직접부하관리의 제도도 필요하지만, 수요 특성의 유지 및 수요 계획의 효율화 향상 등에 의한 산업의 생산성 제고를 위하여 수요자가 자가 설비의 부하 형태에 따라 선택적 수요를 가능하게 하는 시장 기반의 수요관리 제도의 도입이 필요하다. 또한 시장 운영의 측면에서 현재는 수요자에 적용되는 고정요금제가 실시되고 있으나, 수요의 특성에 따라 분류하여 가격의 탄력성을 부여함으로써 첨두부하 상승에 따른 가격의 상승을 수요측에서 능동적으로 대처할 수 있게 하여 공급 가격의 급상승으로 인한 시장의 교란, 또는 혼란을 방지하는 시스템이 개발되어야 한다고 판단된다. 미국의 경우에 고정 요금제로 인하여 전력시장에서 가격의 급변, 시간대 별 가격의 급상승 등을

겪었으며 이로 인하여 전력산업의 혼돈상태를 경험하였다. 전력 에너지의 특성이 비저장성이므로 날씨에 따른 수요의 급변이 생기기 마련이다. 이를 해결하기 위해 기존의 직접부하제어를 사용하여 수요피크를 어느 정도 감소시켰지만 시장가격의 폭등을 방지할 수는 없었다. 따라서 변동요금제를 도입하여 시장가격의 변동을 소비자의 수요조절에 연계하게 되었고 시장가격의 하락을 유도하였다. 이상과 같은 변동요금제를 기반으로 소비자의 수요조절을 하게 하는 것을 Demand Response (DR) 프로그램이라 한다. 따라서 DR 프로그램은 판매 전략에 따라 적당한 요금제와 함께 구현이 되면 전력사와 소비자가 모두 혜택을 받게 된다. 국내의 경우에도 전력산업의 구조 개편과 함께 향후에는 다수의 전력사의 등장으로 판매 분야도 경쟁상태로 돌입하게 될 예정이다. 따라서 대용량 고객의 유치가 경영에 필수인 전력사의 경우엔 ISO가 운영하는 프로그램이나, 자체적으로 DR 프로그램의 도입을 고려할 필요가 있다. 이는 고객의 사업 종류 및 형태, Load Profile 데이터 등을 분석하여 고객의 수요 패턴에 알맞은 프로그램을 제시함으로써 고객에 대한 서비스를 제공하여 경쟁력을 높일 수 있기 때문이다. 이상과 같

은 DR 프로그램이 성공할 수 있는 기술적인 기반은 IT 기술의 접목이다. 즉 원격검침과 소비자의 실시간 데이터 전송이며 또한 수요자의 부하관리 시스템과 연동되는 제어시스템의 구축으로 가능해진다. 다음 장에서는 DR 시스템의 구성을 알아보고 이들의 설계 사항을 검토하여 개발 방안을 마련하여 본다.

2. DR 시스템 개요

2.1 DR의 정의

DR의 정의는 가격의 탄력성을 도매시장에 도입하거나 계통의 신뢰도를 향상시키기 위해 소비자가 취하는 행동의 변화 또는 행위를 말한다. 최근에 PLMA(Peak Load Management Alliance)에서 사용한 바에 의하면 제 3의 주체에 의해서 요구되는 부하응답과 소비자에 의한 가격응답으로 정의하고 있다. 여기서 부하응답은 일반 수용가의 에어컨 제어등과 같은 직접 부하제어, 부분 또는 전체가능한 부하의 감소, 그리고 완전한 부하의 절체 등을 포함한다. 부하응답을 요구하는 주체들은 ISO (Independent System Operator), LSE(Load Serving Entities), UDC(Utility Distribution Companies) 등을 포함한다. 그리고 가격 응답은 real-time pricing, dynamic pricing, coincident peak pricing, time-of-use rate, demand bidding, 혹은 buy-back 프로그램 등을 포함한다. 따라서 DR의 개념은 수요관리와 가격응답으로 공급자의 관리 기능과 가격 또는 인센티브 등이 제공되는 수요자가 참여하는 서비스의 양면을 가지고 있다. 더구나 이 개념은 수요 절감을 위한 분산전원의 사용에도 동일하게 적용된다.

2.2 DR의 현황

전력시장이 운영되고 있는 국가에서 여러 형태의 DR 프로그램들이 운영되고 있는데 특히, 지난 1999-2000년의 캘리포니아 전력위기를 겪은 미국이 기술개발에 노력을 기울이고 있으며 다양한 프로그램들을 많이 개발하여 운영하고 있다. 그중에서 EPRI가 개발한 MDDR(Market Driven Demand Response)을 EPRI 자회사이며 전력 IT 분야 시스템을 개발하고 있는 GEP (Global Energy Partner)가 캘리포니아 전기위원회 (CEC; California Electricity Commission)로부터 수주를 받아 구현한 바 있다. 이 프로그램은 전기위원회가 목표로 한 수요절감을 초과하여 달성하였다. DR 프로그램 중에서 ISO 또는 일반 전력사가 실시하고 있고 가장 많이 사용되는 프로그램은 RTP(Real Time Pricing)로써 이것은 구조개편이 되지 않은 주에서도 대용량 수요자를 위한 부가서비스로 운영되고 있다. 아래 표는 현재 미국 내 4대 ISO에서 개발 운영하고 있는 프로그램을 나타내고 있다. 국내의 경우는 Interruptible Load에 대한 직접부하제어(DLC)를 대용량 수요자에 대해 실시하고 있고 하절기의 첨두 부하 감소를 위하여 냉방 부하를 원격으로 직접 제어하는 원격 에어컨 제어 시스템을 운영하고 있으며

계절별, 요일별 차등요금제를 실시하는 TOU(Time of Use) 및 하계 절전 등의 프로그램을 실시하고 있다.

ISO	Program
CA ISO	Reliability Program:
	- Interruptible Program
	- Base Interruptible Program
	- Optional Binding Mandatory Curtailment
	Day Ahead Program
	- Critical Peak Pricing
NY ISO	- Demand Bidding Program
	- Demand Reserves Partnership
	Emergency Demand Response Program
ISO NE	Day Ahead Demand Program
	ICAP Special Case Resources
PJM	Demand Response Program(Class 1)
	Price Response Program(Class 2)
PJM	Emergency Load Response Program
	Economic Load Response Program

표 1. 2004 ISO Demand Response Program

그러나 이 방식들은 신뢰도 및 수급 측면에서 계통 운영상 필요성에 의해 수요관리가 필요한 부분에 일방적인 부하절체 또는 고정 요금제를 기반으로 하고 있어 시장 기반의 변동요금에 의한 수요측의 시장 참여가 불가능한 프로그램으로 전력시장운영시스템이 본격 가동되거나 국가 수요관리정책에서 반영이 되면 수요측이 시장 참여할 수 있는 DR 시스템의 개발 및 운영이 활발하리라 판단된다.

2.3 DR 시스템의 구성

DR 시스템은

1. 프로그램의 관리 운영을 위한 DR 서버
 2. 서버와 소비자와의 양방향 통신을 위한 인프라
 3. 수요 기록을 위한 Metering
 4. 수요자 자원 관리 시스템인 CEMS(Customer Energy Management)
- 등으로 이루어지게 된다.

아래 그림 1은 DR의 구성도를 나타내고 있다. 이 구성을 보면 DR 서버는 네트워크를 통하여 소비자의 통신 게이트와 연계되고 있으며 한편으로는 시장 및 ISO와 운영과 연동되어야 하므로 MOS에 연계되어 있다. 소비자의 구내에 위치하는 통신 게이트웨이는 수요자의 자원관리 시스템인 CEMS에 연계가 되고, 이 CEMS는 구내 설비들의 제어시스템과 연결되어 있으며, 이들 연결 중 한 부분은 전자식 전력량계와 통신이 이루어지도록 되어있다. 프로그램 서버와 수요자 사이를 잇는 네트워크는 부가서비스

사업자인 ESP(Energy Service Provider)가 구성을 해야 하는 주요한 부분이다. 이 통신이 일어나는 부분은 국가전력 IT과제에서 개발되고 있는 Consumer Portal과 Device Portal에 의해 일관성있게 표준화될 예정이다. 다음에는 이들의 각 부분 설계를 위한 검토사항을 기술한다.

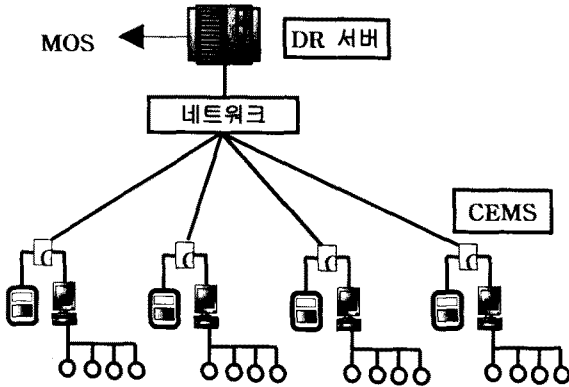


그림 1. Demand Response 시스템의 구성

2.3.1 DR 서버

시스템 운영을 위해서 서버에 사용되는 것 중에 핵심이 Dynamic Pricing이다. 이는 시장의 기능과 소비자의 수요 절감에 따른 혜택을 고려하여 Time-based Pricing을 설계해야한다. 이는 DR 프로그램의 참여시에만 적용하는 한시적일수도 있고 일정 기간의 계약기간에 적용할 수도 있다. 그리고 소비자의 수요패턴에 따라 절감의 효과를 산정 할 수가 있으므로 기본수요의 결정을 해야 한다. 또한 시장가격과의 연동을 위하여 MOS(Market Operating System)과의 연계, 그리고 전력계통의 상황에 따라 DR 프로그램의 선택적인 실행이 필요하므로 EMS와 연계가 필요하다. 이부분의 인터페이스는 전력거래소의 운영부서와 협조가 필요하다. 그리고 시장가격 하락에 따른 혜택의 발생시 이를 분배하는 기준이 있어야 한다. 이 기준에 따라 가격 신호를 발생시켜 소비자에게 전송한다. 이에 따라 일정기간마다 수요 절감의 효과를 정산하여 처리해야 한다.

2.3.2 통신 인프라 구축 방안

소비자에게 DR프로그램의 실시 등을 예고 또는 공지하거나 또한 소비자의 참여의사 전달, 또한 검침데이터 전송 등 양방향 통신 네트워크가 구성되어야 한다. 이를 위해서 유무선의 네트워크 설계가 선행되어야 한다. 유선의 구축은 많은 설비 투자와 관리가 이루어져야 한다. 그리고 무선의 경우에는 아직 장거리의 전송이 어려운 실정으므로 역세망으로 한정하고 연계를 위해 백본망에 접속하는 방안을 고려해야 한다. 이 경우에 무선 랜과 인터넷 백본망과

의 접속도 고려할 수 있다. 이와 같은 망의 구성방안을 그림 2에서 보여주고 있다. 다른 방안으로써 전용선의 임대를 고려할 수 있으나 회선의 임대비용에 따른 경제성 검토가 필요하다. 그리고 망 설계에 따라 송수신 단말기의 개발이 필요하고, 데이터 전송을 위한 통신 프로토콜의 개발도 수반되어야 한다. 국내의 검침 시스템은 환경이 아주 우수하다. 100kW이상의 계약 용량을 가진 소비자들은 이미 전 자식 전력량계의 설치가 완료되어 있고 50kW 이상의 고객으로 확대 예정이다. 그리고 일반고객에도 전자식전력량계의 확대설치가 예상되고 있다. 그러나 현재 추진 중인 공공망의 임대를 통한 데이터 수집은 전용망의 확보 방안으로 변경되어야 한다. 왜냐하면 지금까지는 주로 사용 수요량의 데이터를 주로 하여 통신이 이루어졌으나 향후에는 15분 주기의 부하특성 데이터와 수요기록과 함께 전송되어야 하므로 망의 신뢰도 및 보안유지가 필요하다. 그리고 전자식 전력량계의 검침데이터를 수집하기 위해서 소비자의 구내에서 통신 게이트웨이까지의 데이터 전송도 유 무선의 선택이 필요하다. 따라서 이 분야는 DR 프로그램의 특성과는 상관없이 기본적으로 이루어져야 하는 인프라 구축에 해당되고, 해외의 경우를 보면 데이터 통신을 전담하는 별도의 회사가 대행을 하고 있는 실정이다.

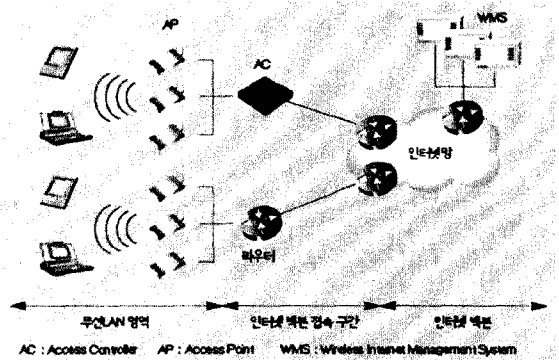


그림 2. 무선 망의 구성도

2.3.3 CEMS 구축 방안

CEMS의 기본 기능은 시장정보를 기반으로 하는 수요측 부하의 분석 및 설비제어 등이다. 이를 위해서 Application 및 Process 구조 설계가 선행되어야 하고, 부하측 단말장치, 단말장치와 CEMS서버간의 통신 네트워크의 구성이 이루어져야 한다. 이에 따라 데이터 취득에 의한 분석 모듈, 가격신호와 연계하여 부하 또는 자원관리의 연동 모듈 개발이 필요하다. 또한 관리 모듈의 출력력을 판단하여 제어 시스템에 연계하여 제어 스케줄에 연동한 제어신호를 발생하게 해야 한다. 한편 비상시에 대비하여 경보발생의 기능이 있어야 하고, 발생한 경보를 관리자에게 신속하게 전달 할 수 있는 Module 개발, 이를 CEMS 화면에 표현하는 기능, 그리고 e-mail, 문자 메시지 등으로 전송하는 기능도 필요하다.

2.4 DR 프로그램의 운영 예

DR 프로그램 중에 가장 일반적인 것은 실시간 요금제라고 할 수 있다. 따라서 DR의 운영의 개념을 파악하기 위해 Real Time Pricing을 알아보기로 한다. RTP의 전형적인 시스템 구성은 그림 1과 같다. 기본계약체결은 각 전력사에 따라 다를 수 있지만 주요 내용은 계약대상인 수용가의 실제적인 전력 사용 기록을 이용하여 시간별 에너지 소비, 월간 수요를 근거로 하여 연간 기본 전력 사용 프로파일을 생성한다. 이 프로파일을 Customer Baseline Load(CBL)이라 칭한다. RTP 가격통보는 Day Ahead Program인 경우에는 다음날의 24시간 가격 결정사항을 오후 4시 이전에 통보한다. 따라서 이와 같은 데이터 전송을 위해 통신 네트워크가 필요하다. 수요측의 자원관리는 수요자가 RTP 가격표에 따라 자가설비 운영에 대한 계획을 세워 이에 따라 다음날 에너지의 수요관리를 함으로써 이루어진다. 그리고 검침분야는 수요자의 전력 사용량의 데이터가 전자식 전력량계에 저장되고 원격검침시스템에 의해 전송된다. RTP에 의한 가격 적용은 시간당 전력수요가 기본 계약의 값보다 높으면 초과분은 RTP의 가격이 적용되고, 기본 계약의 값보다 낮으면 미달분에 한하여 RTP 가격으로 요금에서 차감된다. 따라서 월간 사용료는 기본 계약과 RTP 적용 가격을 합산하여 부과된다.

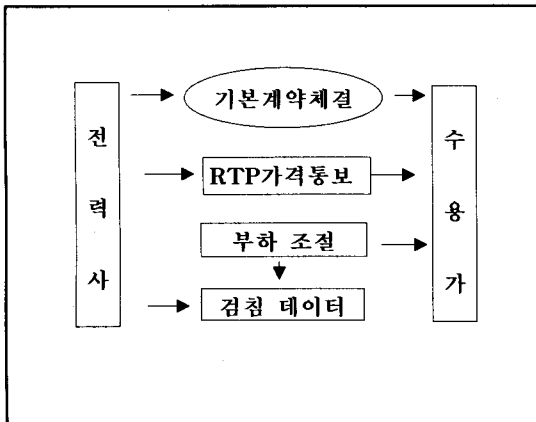


그림 3. RTP 시스템의 흐름

2.5 RTP 적용 현황

RTP에 대한 연구는 이미 오래 전부터 실시되고 있다. 90년대 이전에 실시간 요금제를 위해서 미국, 영국, 핀란드 및 남아프리카 등의 연구소에서 한계비용(Marginal Costs)의 산정, 요금 적용설계 등의 개발이 이루어졌으며 국내에서도 유효·무효전력에 대한 최적의 RTP 요금에 대한 이론과 시뮬레이션 실험을 실시한 바 있다. 가격결정부문에서는 확률, 최적화, 한계비용 분석, 시장 모델링 등의 연구가 필요하다. 통신 부문은 프로토콜의 표준화가 이루어지고 있는 실정이고, 전송매체는 유·무선의 다양한 선택

이 가능하며 ADSL, CABLE NETWORK, PLC(Power Line Communication), PCS, WLAN(Wireless LAN), 위성통신 등이 있다. 부하 제어 네트워크는 기존의 제어 시스템을 다양한 전력 설비에 부합시키는 기술과 RTP와 연동시켜 운영하는 연계기술이 필요하다. RTP에 대한 연구는 전술한 것처럼 상당히 오래 전부터 수행되고 있었지만 현장 적용은 최근에 들어서 시작되고 있는 형편이다. 뉴욕주의 Marriott Marquis Hotel에서 빌딩 에너지 관리시스템과 연동하여 RTP를 최초로 적용하여 그 성과가 확인된 이후에 미국 내에서 약 30개의 전력사, 그리고 영국, 캐나다, 호주, 뉴질랜드 등에서 RTP가 대용량 고객을 대상으로 운영되고 있다. 특히 캘리포니아는 2001년도에 주 의회에서 약 460억 원의 예산을 승인하여 22,000 수용가에 RTP를 실시할 예정으로 진행중이다. 이제 응용이 시작되고 있지만 전 세계적 추세인 전력산업 개편과 더불어 RTP의 확산을 가속화되리라 판단된다.

3. 결 론

본 논문에서는 DR 시스템의 기능 분석과 운영 현황에 관하여 살펴보았다. 그리고 DR 시스템의 구성 방안과 각 모듈들의 설계시 검토 및 요구 사항을 분석하였다. 그리고 공급자와 수요자를 잇는 네트워크는 Portal의 개념을 도입하여 CP 및 DP에 의한 채널의 표준화를 시도하고 있다. 이와 같은 시스템이 개발될 경우에는 전력사와 소비자 사이의 양방향 통신 채널이 형성되고 따라서 실시간 수요의 측정이 가능해진다. 따라서 이와 같은 DR 프로그램이 개발되면 실시간 기반의 수요관리 기술 확보, 변동 요금제의 도입, 효과적인 수요관리 기법의 축적, 그리고 이에 대한 정부의 수요정책에 반영될 자료를 확보하리라 판단된다.

참고문헌

- [1] J.G. Roos, "Industrial Power Demand Response Analysis for On-Part Real Time Pricing", IEEE Tr on Power Systems, Vol 13. No 1, Feb. 1998
- [2] A. K. David, "A Comparison of System Response for Different Types of Real Time Pricing", IEE Int. Conf. on Advanced in Power System Contro. Operation, Management, Nov., 1991
- [3] William M. Smith, DGital Mobility: Toward a Fluid, Public Utilities Fortnightly, 2001. 5
- [4] William M. Smith, Paul Meagner, Demand Trading Toolkit, EPRI, 2001, 11