

신수요관리를 위한 변동요금제의 현황 및 분석

유인협, 양일권, 김선익, 고종민, 장문준, 오도은
한국전력공사 전력연구원

Investigation on Dynamic Pricing for Effective Utilization of Demand Resources

In Hyeob Yu, Il Kwon Yang, Sun Ic Kim, Jong Min Ko, Jang Mun Jong, Do Eun Oh
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 전력산업의 환경변화에 따라 수요자의 정보를 기반으로 한 수요관리기법의 프로그램들이 많이 개발되고 있다. 이에 따라 수요자의 부하 패턴 정보 분석이 중요한 역할을 하며, 또한 분석결과를 이용한 변동 요금의 설계는 수요관리프로그램의 성패를 좌우할 만한 핵심요소로 등장하고 있다. 본 논문에서는 선진국에서 실시하고 있는 수요관리 프로그램에 적용되고 있는 변동 요금제의 현황을 조사 분석하였다. 분석결과는 수요자 중심의 신 수요관리프로그램의 개발의 정책 결정 및 설계에 주요 역할을 할 것으로 판단된다.

1. 서 론

변동요금제를 적용할 경우에 전력사와 소비자 모두가 경제적 혜택이 있는 것으로 평가되고 있다. 우선 현재 적용되고 있는 고정 요금제나 계절별 요일에 따른 TOU(Time Of Use)의 제도에 비하여 피크시의 에너지 사용의 절제를 훨씬 더 효과적으로 유도할 수 있다. 이는 부하가 집중되는 특정 시간대에 가격이 상승됨을 미리 예고함으로써 소비자가 자발적으로 불필요한 전력설비의 운영을 자제하기 때문이다. 또한 전력산업 자유화에 따른 경쟁 시장에서는 이 제도의 도입이 특히 유리하다. 왜냐하면 피크 부하시에 사용되지 않은 수요에 해당하는 만큼의 경제적 이익이 있을 뿐만 아니라 전력사가 도매시장에서 그만큼 구매를 절감하게 되고 이로 인하여 도매가격의 인하를 초래할 수 있다. 최근 들어 EPRI에서 실제의 전력시장 데이터를 수집하여 모델을 형성하고 변동요금제의 하나인 실시간요금제(RTP)를 적용하고 이 결과를 분석하여 수요의 25%의 감소는 도매가격의 24%의 하락을 초래한다고 발표한 바 있다. Severin Borenstein같은 RTP 용호자들의 분석에 의하면 RTP 시스템의 설치에 소요되는 투자 비용은 단기간에 회수가 가능하다고 판단하고 있다. 따라서 설비 투자비용의 회수를 소비자가 부담하지 않아도 된다. 또 다른 잇점은 피크부하를 감소시키므로써 지역적으로 발생하는 정전사고의 예방 효과를 가지며 도매가격의 인하에 따른 소비자의 부담을 경감시킬 수 있다. 그리고 종래의 인센티브가 없이 초기 계약에 의해 실시되고 있는 수요관리(DSM: Demand Side Management) 프로그램들은 일방적인 부하관리로 소비자들이 필요할 경우에 전혀 수요가 불가능한 단점이 있는 반면 변동요금제를 도입한 프로그램을 개발 할 경우에는 수요자가 우선적으로 필요한 수요에 대해서는 고가의 요금에도 불구하고 서비스가 가능한 등의 장점이 있다. 무엇보다도 이 시스템은 Automatic Meter Reading(AMR)을 기반으로 하기 때문에 전력사와 소비자사이에 양방향 통신이 가능하므로 향후에 전력부가서비스의 발판을 마련한다는 점에 큰 의미가 있다.

2. 변동요금제의 현황

2.1 변동요금제(Dynamic Pricing)의 정의

변동요금은 전력 공급시 고유적으로 내재된 불확실성을 고려한 공급자의 비용을 포함하는 모든 요금제를 칭한다. 예로써 가격의 수준은 사전에 정해지지만 실제로 이 가격의 적용 시점은 미지의 상태인 요금제를 들 수 있다. 이것 중에 하나로써 CPP(Critical Peak Pricing)가 있으며, 이는 일년 중에 최대 1%에 해당하는 구간에 특수 고가의 요금이 적용되는 제도이며, 수요자나 전력사나 어느 누구도 요금적용시간을 알 수 없으며, 다만 전력계통의 상황에 따라 24시간 전에 이 요금적용의 사실이 통보된다. 또 다른 변동 요금제의 예는 가격 수준과 적용 시점이 모두 미지이고, 일간 내에 요금의 변화가 일어나는 특정 시간대는 알려지는 경우가 이에 해당된다. 또한 수요자의 부하에 따라 사전에 정해진 구간의 요금이 매일 변하는 가변 요금제도도 있다. 그리고 최종적으로 가격 수준, 적용 구간, 적용시점이 모두 미지인 RTP(Real Time Pricing) 등이 있다.

2.2 변동요금제의 특징

변동요금제는 경쟁적 환경에서 시장가격의 감소를 유도할 수 있는 기회의 제공하고, 공급자의 비용의 절감과 전력사에 대한 비용 부담의 감소시키고, 또한 전통적으로 Commercial and Industrial(C&I) 등의 대용량고객에 한정적으로 적용되고 있으나, 주택용 및 소규모 C&I 고객도 변동 요금제의 도입으로 경제적인 혜택을 받을 수 있는 특징을 가지고 있다.

2.3 변동요금제와 수요관리 잠재량

소규모 용량의 고객은 변동 요금제에 의한 수요이전의 효과가 낮다고 인식되고 있으나, 실제적인 데이터로 분석을 한 경우를 보면 오히려 수요관리의 잠재력은 크다고 평가되고 있다. 따라서 변동요금제의 적용할 경우에 발생하는 비용은 수요관리의 효과로써 충분히 감당할 수 있다고 판단된다.

2.4 변동요금제에 대한 수요자 반응도

수요에 대한 가격탄력성은 수요 증감율에 대한 가격 증감율의 비로 나타내며, 변동가격에 대한 수요량의 범위의 추정에 대한 척도가 된다. 동일 서비스에 대한 가격 탄력성과 다른 서비스에 대한 가격탄력성 등으로 반응도의 종류를 구분할 수도 있다. 전통적인 TOU 요금제도에 대한 가격반응도의 연구결과는 변동 요금제의 설계에도 적용될 수 있다.

2.5 TOU 요금제의 연구현황

TOU 요금제의 대표적인 연구현황을 보면 70년 중반 DOE의 전신인 FEA가 주택용을 중심으로 12개 시험지역을 선정하여 16개의 프로젝트를 수행하였다. 12개 지역 중에 알칸사, 커네티컷, 노스캐롤라이나, 오하이오, 로드 아일랜드 등의 5개 지역은 단일 TOU요금제의 적용하였고, 아리조나, 캘리포니아(2), 노스캐롤라이나, 오클라호마, 프레르토리코, 위스콘신 등의 7개 지역은 복수 TOU 요금제의 적용하였다. 이들 프로젝트의 주요 결과는 다양한 모델링을 사용하여 수요에 대한 가격탄력도를 추정하였다. 80년대 초반에는 EPRI가 기존에 TOU를 적용하는 지역에 대한 연구 수행하여 단일 TOU 적용하는 경우에 피크시의 가격 탄력도가 -0.3이란 결과를 도출 하였다. 2000년대에는 Puget Sound Energy(PSE)가 240,000의 고객을 대상으로 미국의 최대 Pilot 프로그램을 수행하였다. 여기서는 3-part TOU 요금제를 사용하였으며, 가격책정은 피크시는 정상가격의 +15%, 비피크시는 정상가격의 -9%로 하였다. 프로그램의 적용 결과로 하절기 수요는 -4%, 동절기 수요는 -6%를 기록하였고, 가격 탄력도는 -0.2 ~ -0.33로 나타났다.

2.6 가격 응답도의 비교분석

대규모 C&I 고객에 대한 가격응답도의 분석결과는 별로 많지가 않았으며, 소규모 C&I 고객의 응답도가 주택용 고객보다 현저히 낮음이 밝혀져 있다. 다음은 가격응답도가 있는 고객에 대한 비교분석결과를 나타내고 있다.

1. Southern California Edison(SCE)의 경우
가격탄력도: -0.033 ~ -0.035 (500kW 이하 고객)
-0.87 ~ -0.92(200kW~500kW 고객)
2. PG&E의 경우
가격탄력도: -0.019 ~ -0.038 (500kW 이하 고객)

2.7 변동요금제와 Enabling Technology

우선 Enabling Technology란 시간대별, 지역별로 상이한 가격이나 예측이 어려운 전력시스템의 신호발생의 경우에 이들에 대한 자동적인 응답이나, 제어 능력을 부여하는 IT기반의 기술을 말하며, 주요 분야별 기술 항목들은 다음과 같다.

- 무선통신 시스템 구축 기술
- MEMS(Micro Electric Mechanical System)의 Sensor 기술
- 네트워크 관리 기술
- System Integration 기술
- Low-cost Packaging System
- Energy Scavenging 및 저장 기술
- 실시간 운영 시스템 기술

변동요금제의 프로그램을 실시하기 위해 이러한 Enabling Technology의 적용한 사례를 살펴보면 다음과 같다. Gulf Power Company(GPU), American Electric Power(AEP)사들이 TransText란 프로그램을 적용하였고 주요기능은 Critical Price를 적용하는기간에 자동으로 발생시킬 수 있다. 참여고객은 이 가격의 적용사실을 알고 있으나 어느 시점에서 가격신호를 발생하는지는 알 수 없다. 또한 양방향 통신을 이용하여 Critical Price의 적용에 대한 예상을 고객이 인지할 수 있게 하며, 사전에 규정된 수준의 가격을 초과하면 고객의 Thermostat가 자동으로 작동을 되도록 한다. 이 프로그램의 효과는 AEP의 경우에는 동절기 피크시에 피크부하의 약 60%에 해당하는 수요를 절감하였다.

그리고 두 번째 사례로 GPC가 Good Cents Select 란 프로그램으로 3 part TOU 요금(CPP)을 적용하였다. 이 프로그램에서는 Standard Price, Peak Price, Critical Peak Price로 구분된다. Critical Peak Price의 적용구간은 연간 1% 이하이며, Peak Price의 3배의 요금으로 책정되어있고, 적용시점은 알 수 없다. 이 프로그램에 참여하는 고객은 3개 전력설비에 대해 프로그램이 가능한 제어기를 제공한다. 따라서 수요절감을 위한 가격조절이 가능하다. 또한 양방향 통신을 이용하여 Critical Price의 적용에 대한 예상값 고객이 인지할 수 있게 하며, 이것도 사전에 규정된 수준의 가격을 초과하면 고객의 Thermostat가 자동으로 작동이 된다. 효과는 Gulf Power의 경우에는 피크구간의 절감은 약 22%이고, Critical Peak 구간의 절감은 약 42%를 기록하였다.

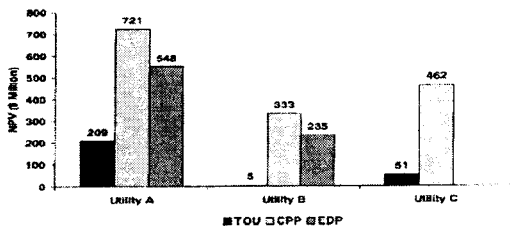
세 번째로 EDF의 TEMPO 프로그램을 보면 적용요금은 일간 2개의 요금제(on-peak, off-peak) 및 day-of-the-year-pricing이고 일년은 3가지의 day type으로 구분된다. 즉 Blue day는 최저요금의 적용이고 연간300일, White day는 중간 요금으로 43일, 마지막으로 Red day는 최고 요금을 적용하며 22일이 해당된다. 년중 Day type은 미정이지만 1일전에 다음의 여러 수단으로 예상할 수 있다. 즉 Tempo 프로그램의 웹사이트, Email Service, Minitel(data terminal), 전화 연락, Compteur Electronique(EdF가 제공하는 Electrical device)등을 통해서 예상된다. 이 프로그램의 가격탄력도는 on-peak 구간은 -0.79, off-peak 구간은 -0.18이고, day type에 의한 탄력도 변화는 거의 없었다.

2.8 TOU의 가격탄력도

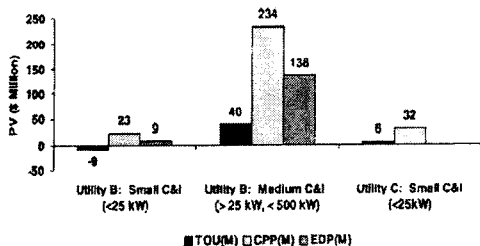
TOU의 가격탄력도는 단기구간에는 TOU가 수요에 대한 탄력성이 낮고, 변동요금제는 전통적인 TOU 요금제에 비해 에너지 사용의 변화폭이 훨씬 크다.(특히 Enabling Technology와 병행하여 적용시) 그리고 On-peak 구간의 가격 탄력도는 Off-peak 구간보다 훨씬 크고, 중앙제어방식의 에어컨을 보유한 가정이 중앙제어 방식이 아닌 가정보다 가격탄력도가 크다. 또한 주택용 고객의 탄력도가 중소 규모의 C&I 고객보다 가격 탄력도가 훨씬 큰 것으로 나타난다.

2.9 변동요금제의 경제성

적용대상은 utility 3개(A, B, C사)이며 적용 요금제는 TOU(Time of Use), CPP(Critical Peak Price), EDP(Extreme Day Price)이고 주요 평가기준은 TRC(Total Resource Cost)이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 비용에 대한 순수 경제적 혜택이 TOU보다 CPP의 경우가 높은 것을 알 수 있고 그림 2는 그림 1과 비교해서 주택용 수요자가 변동요금제의 적용 효과가 높은 것을 알 수 있다.



〈그림 1〉 주택용 고객에 대한 TRC의 순수 혜택



〈그림 2〉 C&I 고객에 대한 TRC의 순수 혜택

2.10 실시간 요금제 도입 동기

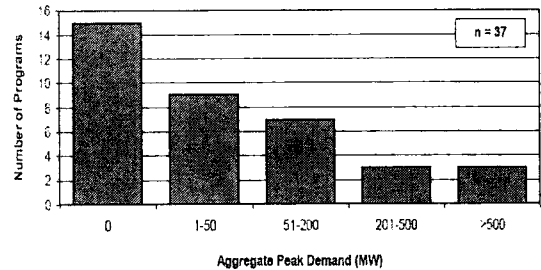
실시간 요금제를 통하여 수요자에게 요금절감의 기회를 제공하여 고객만족, 이탈방지를 할 수 있고, 피크부하 절감 또는 부하이전 효과와 부하 증가에 대한 대처방안을 제공하고, 규제기관의 의무사항등으로 수행하였다. 1980년대 중반에는 DSM 목표달성 및 가격반응도 시험을 하였고, 1990년대 초반에는 경쟁 환경의 조성으로 고객이탈방지를 위해 RTP 도입하였으며, RTP 적용 고객은 부가 수요에 대한 비용추가 면제를 하였다. 그리고 1990년대 후반에는 RTP 프로그램의 개발이 규제완화 문제로 다소 추중하였으나 최근 3-4년간 전력시스템의 신뢰도, 도매시장 가격의 변동 및 시장 지배력등의 문제와 관련하여 RTP 프로그램에 대한 관심이 집중되고 있다.

2.11 RTP 프로그램의 참여 현황

2003년도 현재 RTP 프로그램의 참여 현황을 보면 다음과 같다.

- 고객수: 2,700 비 주택용 수요자
- 피크부하 절감: 11,000 MW
- 대부분의 프로그램 참여자가 소규모
- 대부분의 RTP가 시장기반의 프로그램으로 아직 미흡하고, 주 참여자는 내용량고객, 부하이전 능력을 가진 고객, 평탄 수요 고객, 자가발전 보유 고객임
- 주요 참여 동기: 요금 절감
- 현재 프로그램의 약 1/3만이 수요자에 대한 가격 반응 전략에 대한 기술적 지원을 하고 있음
- 수요자의 인식부족으로 2000-2003사이의 참여수가 다소 감소

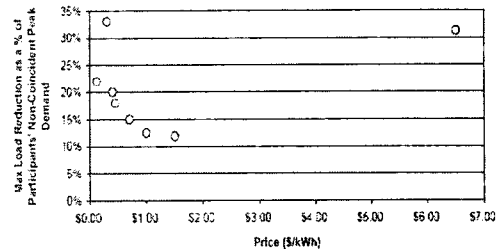
그림3은 2003년도 미국내에서 적용된 RTP 프로그램의 수와 피크부하의 집합을 나타낸다.



〈그림 3〉 2003년도 RTP 프로그램의 수와 피크부하 집합

2.12 RTP 프로그램의 참여자의 가격 반응도

부하관리이외의 목적으로 RTP운영하거나 참여고객의 수가 적어, 가격반응도에 대한 정량적인 데이터 부족하였다. 그리고 가격응답을 하는 고객은 대용량고객이나 자가발전설비를 가진 고객이었다. 결과적인 반응도는 자가발전고객의 반응가격이 \$ 0.2/kWh, 타 고객의 반응가격이 \$ 0.3/kWh - \$ 0.8/kWh 이고, RTP 프로그램의 피크부하 집합량의 12-33%정도의 부하절감을 기록하였다. 그림4는 가격별 최대부하를 절감한 프로그램의 참여자를 나타내다.



〈그림 4〉 가격별 최대부하를 절감한 참여자

3. 결 론

본 연구에서는 전통적인 수요관리 분야를 새로운 방향으로의 전환 및 효율의 증대를 이룩할 수 있으며, 또한 수요자에게 능동적이고 합리적인 서비스를 제공할 수 있는 프로그램들의 기반이 될 수 있는 변동요금제의 기본 현황을 살펴보았다. 이들 현황 중에 먼저 변동요금제의 정의 및 특징을 알아보고, 변동요금제의 적용 현황 및 수요 응답에 대해 살펴보았다. 그리고 변동요금제를 적용할 수 있게 하는 관련 Enabling Technology와 적용 사례를 살펴보고, 마지막으로 향후에 개발될 Demand Response System의 핵심이 되는 Real Time Pricing의 운영 현황을 분석하였다. 따라서 본 자료는 수요관리 및 가격 설계를 담당하는 전문요원이 필요한 기본 자료로도 활용되리라 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] A.K. David and Y. Z Li, "A Comparison of System Response for Different Types of Real Time Pricing," IEEE International conference on Advance in Power System Control, Operation and Management., pp. 385-390, Nov. 1991.
- [2] S. Hoffman, R. Renner, S Drenker, " Taking Advantage of Real-Time Pricing" IEEE Power Engineering Review, Sep 1997
- [3] G. Barbose, C. Goldman and B. Neenan . "A Survey of Utility Experience with Real Time Pricing" LBLN-54238, Dec. 2004