

A Study on Demand Pattern Analysis for Forecasting of Customer's Electricity Demand

高 鍾 旻[†] · 梁 日 權^{*} · 柳 寅 協^{**}
 (Jong-Min Ko · Il-Kwon Yang · In-Hyeob Yu)

Abstract - One important objective of the electricity market is to decrease the price by ensuring stability in the market operation. Interconnected to this is another objective; namely, to realize sustainable consumption of electricity by equitably distributing the effects and benefits of participating in the market among all participants of the industry. One method that can help achieve these objectives is the @demand-response program, - which allows for active adjustment of the loadage from the demand side in response to the price. The demand-response program requires a customer baseline load (CBL), a criterion of calculating the success of decreases in demand. This study was conducted in order to calculate undistorted CBL by analyzing the correlations between such external or seasonal factors as temperature, humidity, and discomfort indices and the amounts of electricity consumed. The method and findings of this study are accordingly explicated.

Key Words : Incentive-Based Demand Response, Customer Baseline Load(CBL), Load Profile, Demand Pattern, Forecasting Demand

1. 서 론

현재 많은 국가의 전력수요는 공급을 초과하고 있으며, 전력의 생산과 공급을 위해서는 새로운 인프라를 건설해야 하지만, 전력공급자의 경제적·수익적 측면에서 인프라 구축이 어려운 실정이다. 따라서 지역적 공급용량 및 제한된 전력계통으로 인한 Load Pocket 발생, 피크시 활용가능한 발전자원의 비활용성, 높은 시장가격과 신뢰도 저하를 방지하기 위한 Demand-side Measuring과 Verification이 필요하다. 이러한 솔루션으로 과거에는 Supply-Oriented DSM 정책을 시행하였지만, 전력시장이 신진기사업제도의 활성화와 시장경쟁체제의 도입으로 신수요관리기법인 수요응답(Demand Response, 이하 DR) 등과 같은 새로운 비즈니스모델인 Customer-Oriented DR로 변화될 것이다. 이러한 DR 시스템은 효율적인 전력시장 운영을 통해 전력산업의 가치사슬 내에 있는 다양한 참여자에게 기회를 제공하고, 합리적인 전력에너지를 관리하기 위한 효율적인 수요관리수단을 제공할 것이다[1][2][3]. 또한 DR 시스템은 수요자가 시장에 직접적으로 참여함으로써 공급자가 가지는 시장지배력에 효과적으로 대처할 수 있는 방안을 지원할 것이며, 탄력적인 수요로 인해 시장가격의 상승을 억제하는 기능도 제공할 것이다. 전력시장의 균형을 이루기 위해서는 수요와 공급의 원활

한 상호작용이 필요하다. DR시스템은 필요한 순간에 수요자가 전력사용을 변화시킴으로써 전력수급 안정 및 가격탄력성을 유지할 수 있으며 전기요금의 인하, 최대수요의 저감 등의 효과가 예상된다. 그리고 미래 전력수요관리를 충족할 수 있는 포트폴리오 전략의 일환으로 DR 활성화가 필수적이다. 이러한 포트폴리오 활성화는 직접부하관리와 상호 공존하여 발전, 송전망, 예비력 등을 고려해 볼 때 전력수급위기의 가능성은 높지 않지만, 그 위험성 및 파장은 매우 크므로 전략적인 시스템 구축과 정책적 방향을 제시할 필요가 있다[4][5]. 이러한 DR이 공정하고 신빙성있는 기준에 따라 운영을 하기 위해서는 무엇보다도 수요응답 이벤트 기간에 이루어진 수용가의 수요 절감크기를 결정하기 위한 기준이 필요하다. 이 기준은 고객기준부하(Customer Baseline Load, 이하 CBL)이다. 이 기준은 실제 데이터를 사용하여 부하절제일에 대한 각 시간대별 기준부하를 일차적으로 예측하는 방법이다. 이 방법에서 시간대별 사용량과 기후요소를 고려한 Regression 모델을 사용하여 예측한다. 이러한 예측방법은 여러 조정변수에 따라 예측값이 달라질 수 있으므로 현재 전력시장과 수용가의 소비패턴을 분석하여 적절한 조정요소를 찾아야 하며, 신뢰성있는 결과를 제시해야 한다. 따라서 그룹별 또는 수용가별 소비행태를 분석하여 외부의 환경적인 요인의 상관관계를 우선적으로 파악해야 한다. 본 논문은 효과분석과 절감량의 크기를 결정하기 위한 예측기법을 적용하기 위해 전체수용가, 산업군별, 개별 수용가 등으로 분류하여 계절별 수요특성을 분석하였으며 외부의 환경적인 요인의 상관관계를 산출하였다. 이는 인센티브 기반으로 운영되는 한국형 DR시스템의 성과를 좌우할 만한 핵심요소인 CBL의 산출근거로 제시될 것이다.

† 교신저자, 正會員 : 韓電 電力研究員 先任研究員
 E-mail : kojim@kepeco.co.kr

* 正會員 : 韓電 電力研究員 首席研究員

** 正會員 : 韓電 電力研究員 先任研究員

接受日字 : 2008年 6月 13日

最終完了 : 2008年 7月 5日

2. Customer Baseline Load

2.1 현행 운영 CBL 방법론 검토

DR 이벤트 발생시 수요절감을 산출하기 위해서는 DR계약자 및 DR 운영자, 전력사업자 등에 의해서 표준화된 절차와 방법으로 처리되어야 불합리하거나 혼동을 야기하는 요소들을 사전에 방지할 수 있다. 또한 CBL 설정방법에 대해서도 서로 다른 이견이 있을 수 있으므로 DR계약서에 명문화하여 포함시켜야 한다. DR에서 수요절감의 계산은 수요자의 Load Profile을 이용하여 기준부하곡선을 설정하고 실제 응답한 수요곡선의 차이를 계산하는 것이다. 실제 사용한 수요곡선은 15분 시간대별 측정값으로 이루어진다. 이러한 15분 시간대별 데이터는 전력사업자와 수용가 전력설비와의 실시간 양방향 데이터통신 및 제어를 위한 인프라인 AMI(Advanced Metering Infrastructure, 이하 AMI)에서 발생하는 15분 Load Profile 데이터를 이용한다. CBL은 부하절체 즉, DR이벤트를 시행하지 않은 평일의 시간대별 수요에 대한 곡선으로 산출되고, 기후민감부하의 경우 민감도에 따라 조정변수를 부여해야 정확한 예측이 가능하다. 또한 수요자의 생산설비에 대한 운영계획 등을 포함하여 CBL을 조작할 수 없도록 제도적 장치 또는 데이터 검증까지 포함되어야 한다. 또한 이벤트 발생시 수요자의 약정 절감량 결정 이전에 설정되어야 한다. 그림 1은 한국형 Demand Response 시스템의 DR이벤트 발생시 실 사용량과 CBL산출 예이다.

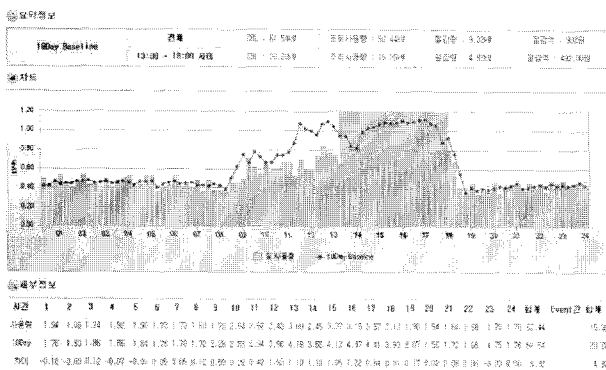


그림 1 Incentive-Based Demand Response CBL 결과
Fig. 1 CBL results of Incentive-Based Demand Response

2.2 CBL 산출요소

CBL산출시 필요한 요소는 기준부하데이터 선정기준, 추산방법, 조정방법이다.

- 기준부하데이터 선정기준 : DR적용대상은 미국의 경우에 특정그룹은 지정하지 않았으나 절감 이벤트 실행시 200kW 이상의 수요조절이 가능한 고객으로 제한이 있었다. 본 논문에서 제시하는 수용가란 계약전력이 1,000kW이상인 산업용 고객을 대상으로 선정하였다. 일반적인 저압고객의 경우 정확한 Load Profile이 존재하지 않기 때문에 대상에서 제외하였다. 데이터 선정기준은 CBL 산출방법에 따라 기간별로 선정되어야 하며, 선정되는 데이터는 과거 이벤트 시행일,

설비유지보수일, 설비점검일 등과 같이 비정상적인 전력수요일은 제외한다. 그리고 배제일자, 배제사유를 명시하여 그 이유에 대한 분명한 근거를 확인할 수 있어야 한다.

- 추산방법 : 선정된 기준부하데이터를 사용하여 추산방법(Day 평균값 적용 Baseline, 기후요소를 고려한 Regression 모델)을 적용한다.

- 조정방법 : 추산방법이 결정되면 DR이벤트 발생일의 환경 등 조건에 따라 정확한 CBL을 산출하기 위해 조정하는 절차이다. 추산방법을 조정하는 방법으로는 비조정방법, Scalar방법, 기후요소를 고려한 Additive 혹은 Scalar 방법, Additive Adjustment 방법 등이 있다. 이 조정방법은 전력 환경을 고려하여 시행하여야 한다.

2.3 기존 CBL산출 방법

한국형 인센티브 DR시스템의 절감량 산정방식은 현재 미국에서 운영되고 있는 DR시스템의 효과를 계산하기 위한 결산방법과 매우 유사하다. 조정방법에 따라 다소 다를 수는 있지만 산출방법은 동일하다. 이러한 방법은 3-Day Baseline, 10-Day Adjusted Baseline, 8-Day Adjusted Baseline 및 8-Day Baseline 등이 있다. 이러한 방법은 주로 이벤트 발생일, 비자발적인 수요절감의 시행일, 휴일 또는 주말, 설비유지보수기간 등 CBL 왜곡이 가능한 날은 제외한다.

3-Day Baseline

이 Baseline는 우선적으로 이벤트 당일 전 10일을 나타내는 일련의 날들을 선택하여 계산한다. 주말, 휴일 및 수용가가 부하절감에 대해 이익/혜택을 받은 날들은 유사한 10일에서 제외된다. 이 유사한 10중에서 절감시간동안 전체적으로 에너지소비가 가장 많았던 3일을 선택하여 3-Day Baseline 추정치를 계산하기 위해 각 이벤트 시간에 대한 부하를 시간대별로 평균하여 계산한다.

10-Day Baseline

이 Baseline는 이벤트 당일 전 10일을 선택한다는 점에서 3-Day Baseline과 유사하지만 이중 3일을 선택하는 것이 아니라 이전의 모든 10일에 대해 시간대별 부하를 평균한다.

10-Day Adjusted Baseline

이 Baseline는 이벤트 당일 전 10일을 선택한다는 점에서 3-Day Baseline과 유사하지만 이중 3일을 선택하는 것이 아니라 이전의 모든 10일에 대해 시간대별 부하를 평균함으로써 각 기간에 대한 10-Day Baseline을 계산한다. 이 10-Day Baseline이 각 시간에 대해 계산된 후 일련의 조정시간(가장 최근 유사한 날의 정오에서 3PM)에 기초하여 Scalar 조정이 적용되며, 이는 조정인자는 다음과 같다.

10-Day Adjusted Baseline = 조정비율 * 10-Day Baseline
조정비율 = (조정시간동안의 평균부하)/(지난 유사한 10일로부터의 동일시간 동안의 평균 부하). 조정비율은 Baseline을 실현되지 못할 수준으로 절대로 증가 또는 감소시키지 못하도록 2 이상 또는 0.5미만의 값을 갖지 못하게 조정되었다.

8-Day Baseline

이 Baseline는 이벤트 당일 전 10일 중 중간 8일의 평균(가장 높은 날과 가장 낮은 날 제외)에 기초한다는 것은 제외하고는 3-Day Baseline와 유사하다.

8-Day Adjusted Baseline

이 Baseline는 이벤트 당일 전 10일 중 중간 8일의 평균(가장 높은 날과 가장 낮은 날 제외)에 기초한다는 것은 제외하고는 3-Day Baseline와 유사하다.

중간 8일의 평균은 10-Day Adjusted Baseline과 유사하게 조정되는데, 조정비율은 이벤트 통지일의 12PM~3PM사이의 평균부하와 8-Day Baseline의 동일한 3시간 동안의 평균부하의 비율이다.

5-Day Baseline

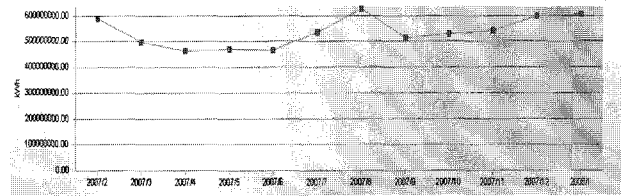
이 Baseline는 이벤트 당일 전 10일 중 상위 5일간의 평균을 사용한다.

Additive Adjustments 방법

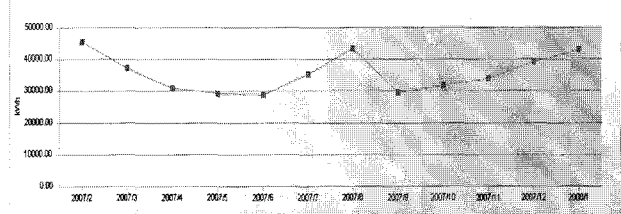
위에서 언급된 방법들은 DR이벤트 예고이후 전력공급의 급격한 신뢰도 저하, 대규모 지역정전, 천재지변 등 정상적인 추산방법이나 조정방법의 적용이 어려울 경우 또는 전력사업자와 DR계약자의 계약방법, 사전조율에 따라 Additive Adjustment 방법을 적용할 수 있다.

3. 전력사용량 패턴분석

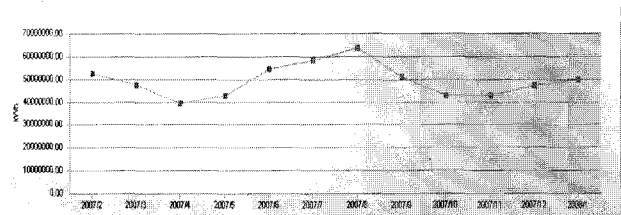
정확한 CBL 추산방법에 있어서 실제 전력사용량과 계절별 수요패턴 변화에 대한 관계, 외부 환경요인(온도, 습도, 불쾌지수 등)에 대한 관계를 산출해야 한다. 전력사용량의 시계열은 뚜렷한 계절성을 보인다. 그림 2와 같이 계약종별 주택용, 산업용, 일반용 고객의 월별 전력사용량을 분석해보면 봄, 가을에 비해 여름, 겨울에 더 높게 나타나는 특징을 보이며, 이는 여름철의 냉방부하와 겨울철의 난방기기 및 심야난방기기 사용에 기인한 것이다. 또한, 산업용의 경우 여름철이 겨울철보다 높게 나타나 냉방부하가 미치는 영향이 난방부하보다 더 큰 것으로 나타났지만, 주택용의 경우 여름철과 겨울철의 부하가 거의 비슷하게 나타남을 확인할 수 있다. 이는 전력사용량 시계열의 계절성은 주로 냉·난방부하로부터 기인하며, 따라서 기온분포에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 장기 전력사용량 예측모형을 도출하는데 적합하다. 그러나 CBL의 경우 DR 이벤트 10일 혹은 20일전의 선택된 일 에 대한 평균값을 가지고 단기 예측을 적용하기 때문에 기후 변화에 대한 민감도 적용여부와 조정 변수를 산출해야 한다. 이를 위해 한전의 13만 고압수용가 산업용 300호에 대한 시간대별 전력사용량에 대해 2007년 1월, 2월 및 7월, 8월의 실제 Load Profile을 바탕으로 전력사용량과 계절별 수요패턴과의 상관관계를 분석하였다. 전체 사용량 패턴분석, 그룹별 패턴분석, 수용가별 패턴분석을 동계와 하계로 분리하여 계절별 특수성과 사용량에 대한 상관관계를 분석하였으며, 외부 환경요인(온도, 습도, 불쾌지수)도 같은 방법으로 상관관계를 분석하였다.



계약종별(주택용) 2007.2~2008.1월 전력사용량



계약종별(일반용) 2007.2~2008.1월 전력사용량



계약종별(산업용) 2007.2~2008.1월 전력사용량

그림 2 월별 전력사용량 패턴

Fig. 2 Demand pattern with changing month

3.1 전체 전력사용량 패턴분석

그림 3의 전체 전력사용량 패턴분석 결과는 전체 전력사용량의 각 수용가별 15분 단위의 실제 전력사용량 데이터를 합하여 시간대별 추세분석을 실시한 결과이다. 분석결과 7월과 8월의 전체 전력사용량 패턴분석 결과와 1월, 2월의 전체 전력사용량 패턴분석 결과를 살펴보면, 7월과 8월의 전력사용량은 전반적으로 1월과 2월의 전력사용량보다 다소 많고 일별 편차가 크지만 분석에 사용된 여름철과 겨울철의 패턴 자체는 동일한 형태를 보이고 있다. 또한 여름철의 냉방부하나 겨울철의 난방부하로 인한 오전, 오후 수요패턴의 변화가 없음을 나타내고 있다. 그리고 5월,6월,7월,8월의 전력사용량 추이결과 점진적인 상승을 보여준다. 이는 기후변화에 따라 전력사용량이 각 온도에 반응하는 결과이다. 그러나 장기예측의 경우는 적용 가능하지만 단기 예측의 경우 단기일에 대한 평균값을 적용하므로 평균값은 거의 변화가 없다. 그림 3의 일별 전력사용량 패턴의 경우 일별 패턴의 변화는 거의 없다.

3.2 산업군별 전력사용량 패턴분석 결과

산업군별 전력사용량 패턴분석 결과는 산업군의 중분류에 의해 63개 산업군별 전체 전력사용량의 월별, 일별, 시간대별 패턴을 분석하기 위해 각 수용가별 15분 단위의 실제 전력사용량 데이터를 합하여 추세분석을 실시한 결과이다.

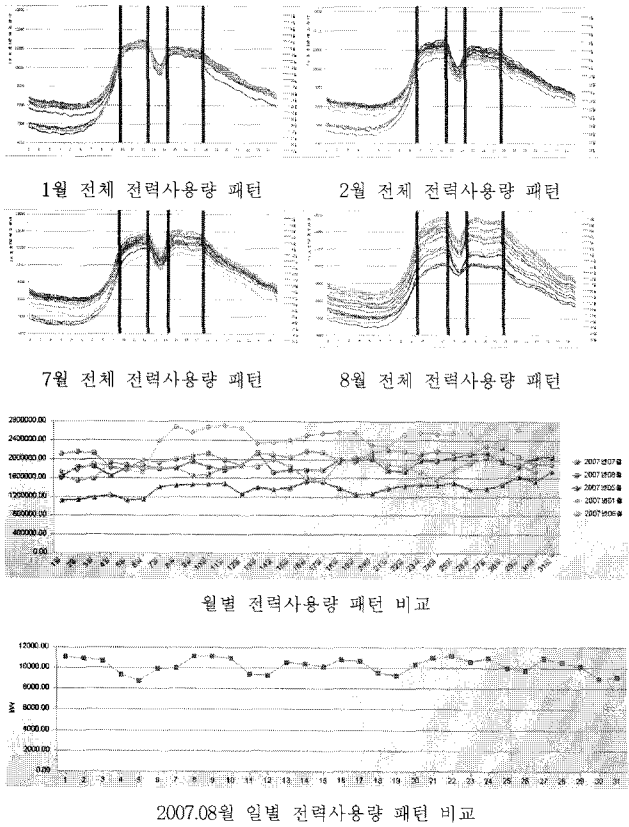


그림 3 전체 전력사용량 패턴
Fig. 3 Demand pattern Analysis of the total electric demand

산업군별 전력사용량 패턴분석 결과 산업군별 특성이 분명히 존재하지만 각 산업군에 속한 모든 수용가에 대해 일치하는 것은 아니었다. 따라서 이들 산업군의 특성을 개별 수용가의 특성으로 해석하는 건 바람직하지 않다. 한편, 전체 전력사용량 패턴분석 결과와 산업군별 전력사용량 패턴 분석 결과에서 동일한 분석대상 내에서는 분석에 사용된 기간에 해당하는 2007년 1월, 2월, 7월, 8월 각각의 전력사용량 패턴은 동일하게 보여지고 있다.

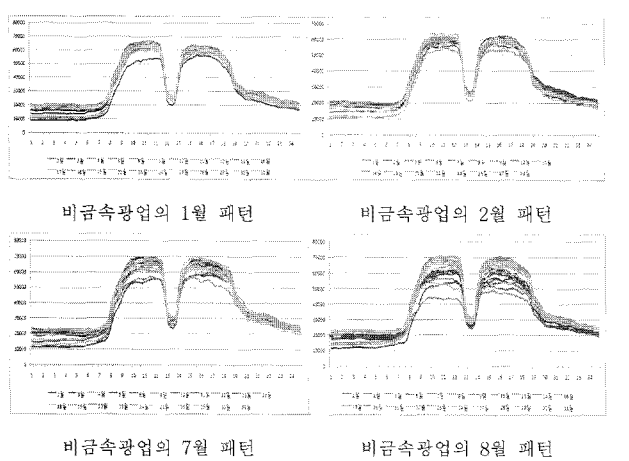


그림 4 산업군 전력사용량 패턴
Fig. 4 Demand pattern Analysis of the industrial classification

그림 4의 산업군별 전력사용량 패턴분석은 63개 산업군 일부의 일반적인 전력사용량 패턴을 설명하였으나 63개 모든 산업군을 종합해 볼 때 얻을 수 있는 중요한 결론은 동일한 분석대상 내에서는 분석에 사용된 기간에 해당하는 2007년 1월, 2월, 7월, 8월 각각의 전력사용량 패턴이 하계와 동계가 동일하게 나타난다. 동일한 전력사용량 패턴을 가지고 있다는 것은 전력사용량이 증가하거나 감소하는 시점 자체가 크게 변하지 않는다는 것으로 이는 전력사용량 단기 예측을 위한 모형을 제시하는데 있어서 기본분포에 의한 기은효과를 정확하게 측정할 수 없다.

3.3 수용가별 전력사용량 패턴분석 결과

수용가별 전력사용량 패턴분석 결과는 각 수용가별로 분석에 사용된 기간에 해당하는 2007년 1월, 2월, 7월, 8월 각각의 전력사용량 패턴이 앞서 논의한 전체 전력사용량 패턴이나 산업군별 패턴과 동일한 결과를 제시하고 있는지 알아보기 위하여 각 산업군별로 실 사용량이 많은 5개 수용가에 대한 분석 결과를 종합하여 의견을 제시하였다. 즉, 수용가별 전력사용량 패턴분석 결과는 13만 수용가 중에 각 산업군별로 실 사용량이 많은 약 300 수용가에 대하여 전력사용량의 월별, 일별, 시간대별 패턴을 분석하기 위해 각 수용가별 15분 단위의 실제 전력사용량 데이터를 합하여 추세분석을 실시한 결과이다. 수용가별 패턴분석 결과에서도 전체 전력사용량 패턴분석 결과와 산업군별 전력사용량 패턴분석 결과에서 보여졌듯이 동일한 분석대상 내에서는 분석에 사용된 기간에 해당하는 2007년 1월, 2월, 7월, 8월 각각의 전력사용량 패턴은 동일하게 보여지고 있다. 각 산업군별 추출된 수용가의 수요패턴을 분석한 결과 전체사용량 패턴과 산업군별 패턴과 마찬가지로 하계가 동계보다 다소 전력사용량이 많고 휴가 및 설비유지보수 등으로 일별 편차가 크지만 전체적인 패턴 자체는 동일한 형태를 보여지고 있다. 전체적으로 일반적인 주 업무 시작 시간인 9시를 시작으로 전력사용량이 증가하다가 퇴근시간 이후인 18시부터 완만하게 감소하는 동일한 경향이 보였다.

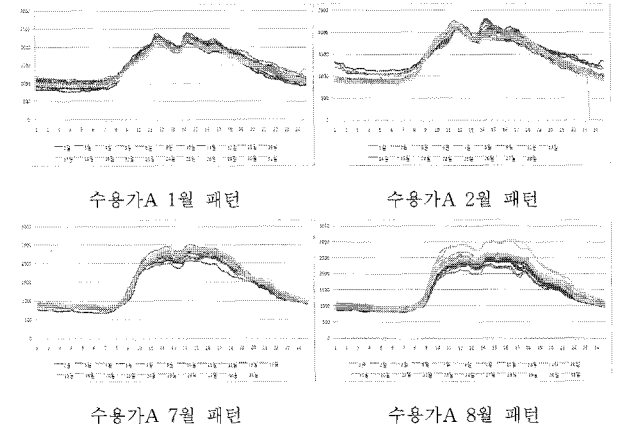


그림 5 수용가 전력사용량 패턴
Fig. 5 Demand Pattern Analysis of the Customer

각 산업군별 추출된 수용가의 수요패턴을 분석한 결과 전체사용량 패턴과 산업군별 패턴과 마찬가지로 하계가 동계

보다 다소 전력사용량이 많고 휴가 및 설비유지보수 등으로 일별 편차가 크지만 전체적인 패턴 자체는 동일한 형태를 보여지고 있다. 전체적으로 일반적인 주 업무 시작 시간인 9시를 시작으로 전력사용량이 증가하다가 퇴근시간 이후인 18시부터 완만하게 감소하는 동일한 경향이 보였다.

3.4 전력사용량 패턴분석 결과

전체사용량, 산업군별, 개별 수용가의 전력사용량 패턴을 분석한 결과 동일한 분석대상 내에서는 분석에 사용된 기간에 해당하는 2007년 1월, 2월, 7월, 8월 각각의 전력사용량 패턴이 동일하게 보여지고 있다. 물론 전체 전력사용량 패턴이나 산업군별 패턴보다는 수용가별 전력사용량 패턴이 다소 변동 요소가 작용하기는 하지만 전반적으로 각 수용가별 전력사용량 패턴분석 결과 각 수용가 내에서 동일한 전력사용량 패턴을 가지고 있다는 것은 전력사용량이 증가하거나 감소하는 시점 자체가 크게 변하지 않는다는 것으로 결론되었으며, 봄 또는 가을이나 계약종별도 동일한 분석대상 내에서는 동일한 패턴이 나타날 것으로 예상된다. 따라서 단기 예측을 위한 CBL모형을 제시하는데 있어서 기온분포에 의한 기온효과를 정확하게 측정할 수 없다.

4. 전력사용량과 계절적 요인의 상관관계 분석

계절적 요인분석은 전체 전력사용량, 산업군별 전력사용량, 수용가별 전력사용량에 대하여 여름(7월, 8월)과 겨울(1월, 2월)의 특성을 비교·분석함으로써 실제 전력소비에서 계절적 요인이 어느 정도 차지하고 있는지를 파악하여 Forecasting 기능 구현을 위해 중요한 요소로 작용할 수 있는지에 대한 견해를 제공하는 것이다.

4.1 전체 전력사용량에 대한 계절적 요인분석

전체 전력사용량에 대한 계절적 요인분석 결과는 13만 수용가 전체의 전력사용량에 관한 일별 전력사용량을 종합하여 겨울(1월, 2월)과 여름(7월, 8월)을 비교하기 위하여 추세분석을 실시한 결과이다.

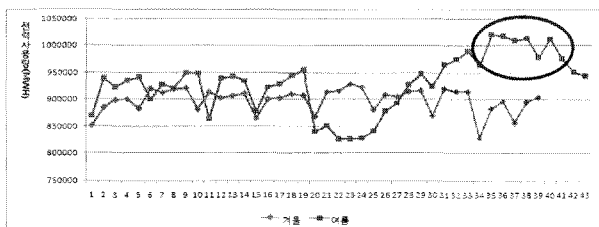


그림 6 계절별 전체 전력사용량의 패턴 비교
Fig. 6 Demand Pattern Comparison of the total electric demand with changing season

그림 6는 13만 수용가 전체의 전력사용량에 관한 겨울(1월, 2월)과 여름(7월, 8월)의 계절별 비교 그래프로써, 전체 전력사용량은 여름의 전력사용량이 겨울의 전력사용량에 비해 많으며, 월요일 혹은 공휴일 다음날은 전력사용량이 감소하는 동일한 경향을 보인다. 또한 겨울은 전력사용량 패턴이 일정한 주기를 갖고 있으나, 여름은 이와 상이한 패턴을 보인다. 이는 여름의 경우 휴가철에 해당하는 7월말부터 8월초

사이에 전력사용량이 급격히 감소하고 휴가철이 끝난 이후인 8월 21일부터 8월 28일 사이에 사용량이 급격히 증가하여 하절기 Peak 시점이 나타나는 계절적 특성을 보이기 때문이다. 한편, 이러한 결과는 온도, 습도, 불쾌지수와 같은 환경적인 요인에 의한 것이라기보다는 여름에 일정한 기간 휴가가 주어지는 현 산업 전반에 걸친 계절적 특수성 때문으로 보아야 할 것이다.

4.2 산업군별 전력사용량에 대한 계절적 요인분석

산업군별 전력사용량에 대한 계절적 요인분석 결과는 산업군의 중분류에 의한 63개 산업군별 전력사용량에 관한 일별 전력사용량을 종합, 겨울(1월, 2월)과 여름(7월, 8월)을 비교하기 위하여 추세분석을 실시한 결과이다. 산업군별 계절적 요인분석 결과 산업군별 특성이 분명히 존재하지만 각 산업군에 속한 모든 수용가에 대해 일치하는 건 아니었으며, 따라서 이들 산업군의 특성을 개별 수용가의 특성으로 해석하는 건 바람직하지 않다.

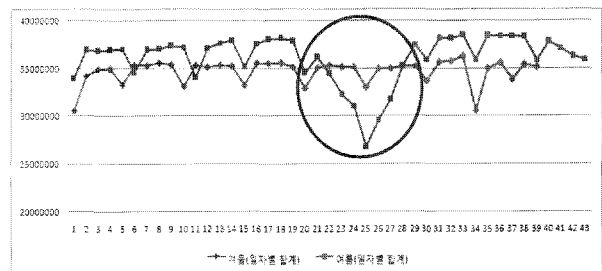


그림 7 계절별 섬유제조업의 패턴 비교
Fig. 7 Demand Pattern Comparison of the fiber manufacturing industrial with changing season

그림 7은 63개 산업군 일부를 설명하였으나 63개 모든 산업군을 종합해 볼 때, 월요일 혹은 공휴일 다음날은 전력사용량이 감소하는 동일한 경향을 보이며, 일부 산업군은 여름 피크철에 설비유지보수나 하계휴가를 집단으로 시행해 전력사용량이 평소보다 현저히 감소하는 현상이 나타나기도 한다. 또한 가구 및 기타 제조업의 전력사용량은 겨울이 여름에 비해 많아 여름에는 냉방전력의 수요로 인해 겨울에 비해 사용량이 많을 것이라는 일반적인 견해와 상반된 결과가 나타나기도 한다. 이것은 여름 피크에 적절한 수요관리를 시행하고 있거나 계절적 생산활동의 차이로 나타나는 것으로 예상된다. 그러나 하계 또는 동계 거의 동일한 패턴이 나타난다.

4.3 수용가별 전력사용량에 대한 계절적 요인분석

수용가별 전력사용량에 대한 계절적 요인분석 결과는 13만 수용가 중에 각 산업군별로 실 사용량이 많은 약 300 수용가의 전력사용량에 관한 일별 전력사용량을 종합하여 겨울(1월, 2월)과 여름(7월, 8월)을 비교하기 위하여 추세분석을 실시한 결과이다. 이를 토대로 실제 전력소비에서 계절적 요인이 어느 정도 차지하고 있는지 파악할 수 있다. 수용가별 계절적인 패턴의 특징은 겨울보다는 여름의 수요가 많으며, 여름휴가로 인해 사용량이 현저히 감소하는 기간이 존재하지만 어떠한 계절적 특성이 존재하지 않는다. 따라서 과거

긴 기간동안의 전력사용량 데이터를 통해 미래를 예측할 경우 다소 많은 오차가 발행할 수 있음을 알수 있다. 즉 DR이벤트 이전의 짧은 기간을 이용한 예측방법이 유효할 것으로 판단된다.

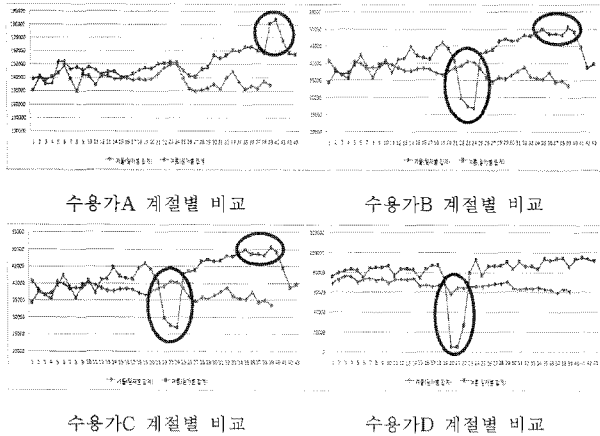
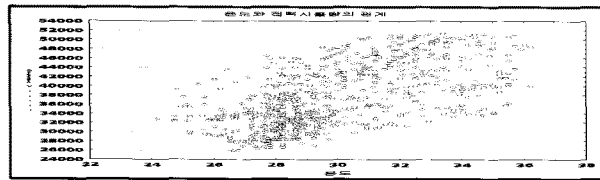


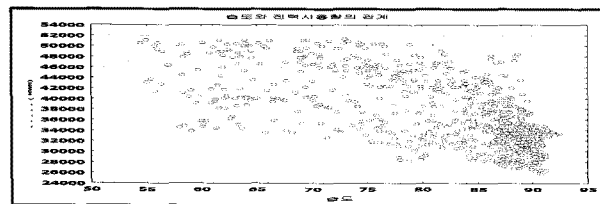
그림 8 계절별 수용가의 패턴 비교
Fig. 8 Demand Pattern Comparison of the customer with changing season

5. 환경적인 요인과 전력사용량과의 관계분석

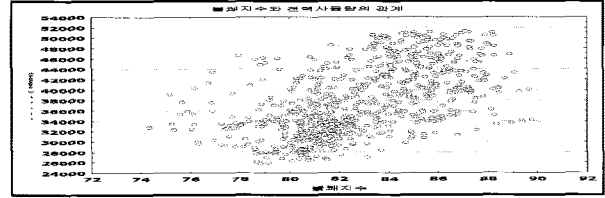
앞서 분석한 전체 전력사용량, 산업군별 전력사용량, 수용가별 전력사용량의 계절적 요인분석 결과를 바탕으로 이러한 결과가 환경적인 요인에 의한 것인지 분석하기 위함이다. 환경적인 요인에 영향을 받는다면 전력사용량과 관련된 중요한 변수로 작용할 수 있으므로 환경적인 요인을 고려하여 예측할 수 있는 방법을 제시해야 할 것이다. 이용된 환경요인의 데이터는 각 지역별 매 시간별 온도 및 습도이며, 온도와 습도와의 관계를 통해 불쾌지수를 계산하여, 온도, 습도 및 불쾌지수와 전력사용량과의 관계를 분석하였다.



(a) Temperature



(b) humidity

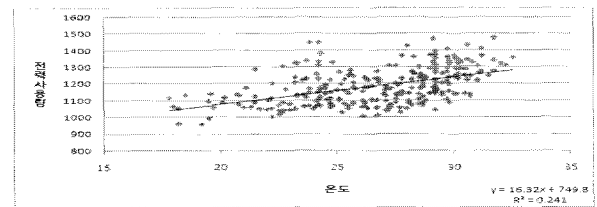


(c) Discomfort index

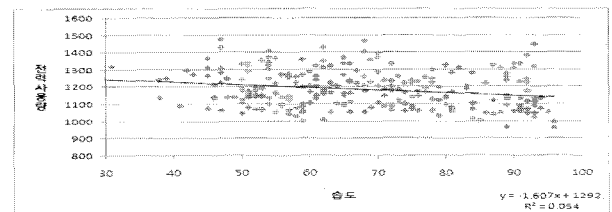
그림 9 시뮬레이션 결과
Fig. 9 Simulation Results, (a) Temperature, (b) Humidity, (c) Discomfort index

그림 9은 각각 온도와 전력사용량, 습도와 전력사용량, 불쾌지수와 전력사용량에 대한 여름(8월)의 산점도로써 온도, 습도, 불쾌지수가 높아질수록 전력사용량이 증가하는 뚜렷한 경향이 보이지 않는다. 즉, 계절적인 특성으로 여름에 냉방으로 인한 전기사용은 많지만 DR이벤트 전 10일 정도의 전력사용량을 기준으로 단기적인 예측을 하기 위해서는 환경적인 요인이 전력사용량에 큰 영향을 미친다고 단언하기는 어렵다. 즉, 전체 전력사용량은 계절에 관계없이 온도, 습도, 불쾌지수 등 환경적인 요인에 영향을 미칠 수 있는 수치적 근거를 찾을 수 없다는 것이다.

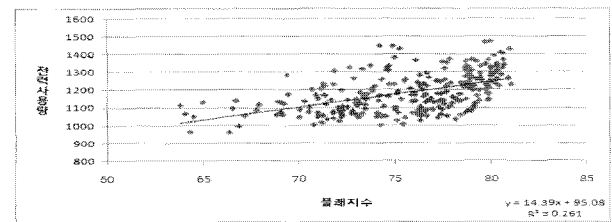
한편, 환경요인과 전체 전력사용량과의 관계분석에 관한 이러한 결과는 각 수용가별로는 다소 차이가 있을 수 있으므로 수용가별로 분석해 보았으나, 각 수용가별로 온도와 전력



(a) Temperature



(b) Humidity



(c) Discomfort index

그림 10 수용가별 시뮬레이션 결과
Fig. 10 Simulation Results of customer, (a) Temperature, (b) Humidity, (c) Discomfort index

사용량, 습도와 전력사용량, 불쾌지수와 전력사용량에 대한 산점도를 통해 온도와 불쾌지수가 높을수록 전력사용량이 증가하는 경향이 나타났지만 이러한 전력사용량과 환경요인과의 비례관계가 의미를 가질만큼 충분히 크다고는 할 수 없다.

이는 다시 말해서 각각의 산점도에 적합된 선형회귀직선은 존재하지만 실제로 R^2 값을 보면 0.5~0.7 사이의 값으로 적합된 선형회귀직선의 의미를 갖기는 어렵다. 수용가별 전력사용량에 대한 환경요인과 전력사용량과의 관계분석은 분석에 사용된 약 300 수용가에 대하여 일부의 특성을 설명하였으나 300 수용가를 모두 종합해 볼 때, 얻을 수 있는 중요한 결론은 수용가에 따라 다소 차이는 있으나 전력사용량 패턴분석 결과 보여졌던 여름이 겨울보다 전력사용량이 많다는 전반적인 계절적 특성이 환경요인에 크게 의존하지 않고 단순히 수용가별 전력사용 특성에 기인한다는 것이다. 물론 환경요인과 약간의 관계를 보이는 수용가도 존재하였으나 그 정도가 미약하여 이들 환경변수를 통한 전력사용량 예측을 하기에는 다소 무리가 있다고 판단된다. 오히려 예측 방법 혹은 예측모형이 복잡해지므로 충분한 이해가 바탕이 되지 않은 채 예측을 할 경우 예측오차(실제값과 예측값의 차이)만 커지는 결과가 발생할 수 있다.

4. 결 론

본 논문은 단기 전력사용량 예측을 위한 Forecasting 방법에 있어서 전력사용량 시계열의 계절성과 기온분포와의 관계와 외부 환경요인(기온분포, 습도, 불쾌지수)과의 관계를 모형화하기 위해 13만 대수용가에 대한 2007년 1월, 2월(겨울) 및 7월, 8월(여름)의 15분 단위의 실제 전력사용량 데이터를 바탕으로 시간대별 수요패턴과 여름철과 겨울철의 전력사용량 패턴을 분석하였다.

전력사용량은 계절적 요인으로 전력사용량의 변화가 있지만 기온분포에 대하여 서서히 반응하는 추이를 나타내므로 단기 전력사용량 예측모형인 CBL의 경우 DR 이벤트 10일 혹은 20일 이전의 평일부하에 대한 평균값을 가지고 적용하기 때문에 기온분포에 대한 전력사용량 효과를 측정하기 어렵다. 또한 각 계약종별, 산업분류별 수용가내에서 동일한 전력사용량 패턴을 가지고 있다는 것은 전력사용량이 증가하거나 감소하는 시점 자체가 기온분포에 따라 민감하게 반응하지 않는다는 현상으로 설명할 수 있다. 또한 전체 및 산업군별, 수용가별 전력사용량의 환경요인(온도, 습도, 불쾌지수)과의 관계분석 결과 각각의 산점도에 적합된 선형회귀직선은 존재하지만 실제로 R^2 값을 보면 0.5~0.7 사이의 값으로 적합된 선형회귀직선의 의미를 갖기는 어렵다.

따라서 Incentive-Based DR시스템의 적용대상인 1,000kW 이상 산업용 고압수용가는 기온의 변화에 영향을 크게 받지 않는다는 특성을 갖으며 CBL 조정변수로는 적합하지 않다. 추후 전력시장가격과 전력사용량 변화에 대한 상관관계를 분석하여 보다 정확한 단기에측 방법을 제시할 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전력공사 전력연구원, "ESP용 고부가서비스 및 통합자원관리시스템 개발" 중간보고서, 2006. 8
- [2] AMI를 이용한 Consumer Portal 개발, 대한전기학회 논문지, Vol.56, No.11, NOV, 2007
- [3] 수요측 전력설비의 실시간 양방향 통신에 관한 연구, 대한전기학회 2008년도 하계학술대회, 정보통신, 2007.07
- [4] 수요응답시스템 개발 및 운영방안 연구, 한국정보처리학회 추계학술대회 논문집 제13권 제2호, 2006.11
- [5] 수요정보 분석시스템의 개발에 관한 연구, 대한전기학회 2006년도 하계학술대회, 2006.07

저 자 소 개



고 종 민 (高 鍾 旻)

1967년 11월 30일생. 현재 한전 전력연구원 근무
E-mail : kojmin@kepco.co.kr



양 일 권 (梁 日 權)

1954년 04월 24일생. 1992년 미국 인디애나대 졸업(석사). 현재 한전 전력연구원 근무
E-mail : ynagilk@kepco.co.kr



유 인 협 (柳 寅 協)

1953년 01월 26일생. 1987년 U. Texas at Arlington Mechanical Engineering, M.S. U. Texas at Arlington Mechanical Engineering, Ph. D. 현재 한전 전력연구원 근무. E-mail : inhyu@kepco.co.kr