

Load Profile을 이용한 수요자 그룹별 부하분석 연구

유인협¹, 이진기², 김선익³, 고종민⁴
¹ 한국전력공사 전력연구원

Analysis of Electricity Demand Patterns using Load Profile Data

In Hyeob Yu¹, Jin Ki Lee², Sur Ic Kim³, Jong Min Ko⁴
¹ Korea Electric Power Research institute

Abstract - 최근에 들어서 전력산업에 규제완화가 도입되면서 환경이 급변하고 있는 실정이다. 여러 가지의 환경변화가 예상되지만, 그 중에서도 공급자간에 경쟁 도입이 전력산업 참여자간에 주요 이슈로 부상하고 있다. 이와 같은 변화는 전력시스템의 기술 개발 뿐만 아니라 경영전략에도 큰 영향을 미치고 있으며, 대 수요자 서비스의 제공이 전략의 핵심이 되고 있다. 따라서 공급자는 보다 나은 서비스를 제공하기 위해서, 수요자 정보의 수집 및 분석을 해야 할 필요가 있다. 본 논문에서는 전력 수요자의 부하 특성을 분석하고 평가하기 위하여 수요특성별로 그룹으로 분류하는 방법을 개발하고, 분류된 그룹의 특징을 분석하였다. 이와 같은 부하분석의 정보는 가격설계, 수요 및 에너지 예측, 송전 및 배전 계획, 에너지 효율 향상 및 부하관리의 필수 자료가 된다. 또한 향후에 개발될 전력 부가서비스의 주요 기반이 될 것으로 예상된다.

1. 서 론

전력사 또는 전력 수요자는 부하의 특성을 분석하고, 그 결과를 이용하여 수요관리, 수요예측 및 계획, 전력 부가 서비스, 가격 관련 설계 사항 등 다양한 용도로 활용할 수 있다. 이와 같은 부하 분석을 효과적으로 하기 위해서는 전력 수요자를 그룹으로 분류하고 각 그룹의 특성을 나타낼 수 있는 표준 모델의 도출하여 분석하는 것이 필수적이다. 이와 같은 표준 부하 모델을 구하기 위해서는 고객의 전력 수요정보가 필요하다. 최근 들어 전자식 전력량계의 설치가 확산되어 Load Profile 혹은 Interval Data라고 불리는 15분 간격으로 된 수요정보의 수집이 가능하게 되었다. 따라서 전자식 전력량계에 의해 취득된 검침정보를 분석하여 전력수요의 특성을 파악하는 것은 부하의 분석 등에 있어서 기본 요소가 된다. 본 논문에서는 전자식 전력량계로부터 수집된 Load Profile을 이용하여 수요자 그룹을 분류하고, 분류된 그룹에 대한 구성 고객의 특성을 분석하였으며 이를 소개한다.

2. 수요그룹 분류

2.1 데이터 전처리

일반 대용량고객의 전력설비에 설치되어 있는 전자식 전력량계는 15분 주기의 수요정보를 자체 내에 저장하고 있으며, 원격 검침 시스템(AMR)에서 1 시간 간격으로 그 정보를 수집하고 있다. 현재 AMR 시스템에는 약 10만호의 고객이 포함되어 있으며 Load Profile 데이터가 수집되고 있다. 이 정보를 이용하여 분석을 하려면, 그 용량이 아주 커서 대용량 데이터 처리 기술이 필요하다. 또한 이와 같은 정보들은 오류 및 누락 정보가 다수 포함되어 있다. 이들에 대한 주요 원인은 계량기로부터 데이터를 수집하는 서버까지의 경로 상에서 발생하는 통신상의 오류, 수집된 정보의 변환 과정 그리고 국내의 각 지역별 서버에서 중앙서버로 전송되는 과정에서 오류 등으로 구분되고 있다. 또한 매일 빈번히 일어나는 고객 정보의 변화에 대한 데이터베이스 교체작업이 시차를 가지는 등의 문제도 포함되고 있다. 이상과 같은 누락 또는 오류 정보를 처리하기 위한 방안을 설정하였다. 이를 위한 주요사항은 다음과 같다. 월별, 계절별, 년간 등의 분석기간내의 누락정보가 20%이상일 경우에는 해당 고객을 대상에서 제외한다. 그리고 일간 데이터인 96개의 수요 값 중에서 부분적으로 누락된 정보는 경계 값을 이용한 선형 증감으로 가정하여 보정을 한다. 그리고 데이터 중에서 나타나는 돌출 값 중 평균의 $\pm 3\sigma$ 를 초과하면 역시 누락정보에 포함시킨다.

2.2 분류알고리즘 개발

우선 각 고객들의 일간 Load Profile 데이터를 분석 기간 내에서 평균값을 구한다. 이렇게 하여 특정 구간에 대한 각 고객의 대표적인 수요정보를 추출하게 되며 이를 일간 Load Diagram이라 한다. 수요자들을 Class들로 구분하기 위하여 일간 Load Diagram에 관련된 특징 인덱스를 정의하고 이를 이용하여 구분한다. 각 그룹을 구분하기 위한 척도로 Diagram들 간의 거리에 대한 정의가 필요하다. 여기서는 두 Load Diagram 사이의

거리, 분류된 특정 그룹의 대표 Load Diagram과 특정 Diagram사이의 거리, 특정 그룹내의 Diagram 들 간의 거리 등에 대한 Metric을 선택하였다. 그리고 다수의 데이터로 이루어진 Load Diagram의 특성을 추출하기 위해서는 인덱스가 필요하며, 이들을 보면 Diagram의 최대, 최소, 평균값들로 이루어진 Non-Uniformity Coefficient, Fill-up Coefficient와 피크 및 비 피크 시의 기여도를 나타내는 Modulation Coefficient 들이 있다. 본 알고리즘에서는 분류그룹의 수에 대한 초기화가 필요 없으며, 또한 각 그룹의 센터도 자동으로 찾아낸다. 그림 1은 그룹분류의 과정을 flow chart로 나타내고 있다. 우선 각 고객의 diagram들에 대해서 순차적으로 위에 정의된 인덱스를 산출하여 특성 벡터를 형성한다. 이들을 이용하여 각 그룹과 거리를 산출한다. 이 중 최소 거리를 선정하여 거리의 threshold값과 비교한다. Threshold 값보다 클 경우에는 새로운 그룹을 형성한다. 그리고 threshold 값보다 작은 경우에는 그 최소거리에 해당하는 그룹으로 포함되게 된다.

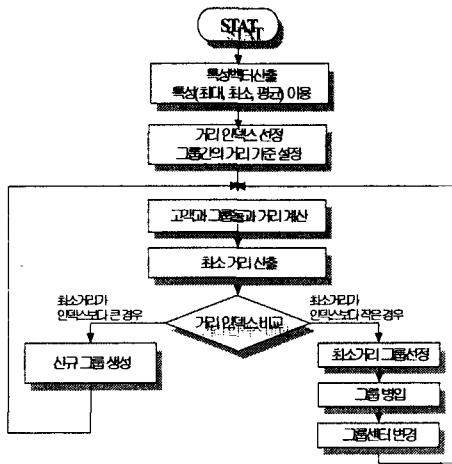


그림 1. 분류 알고리즘

3. 분류그룹 분석

본 연구에 사용된 데이터는 국내에서 운영되고 있는 원격 검침 시스템의 사용량 및 고객정보이다. 그리고 현재 약 10만호 정도의 고객이 원격 검침 시스템에 포함되어 있다. 본 분류시험에는 샘플링이 없이 그 시스템에 포함된 전 고객을 대상으로 하였다. 이들에 대한 데이터를 이용하여 2003.07에 대해 그룹분류시험을 하였으며 평일에 대한 수요패턴의 분류 결과가 그림 2에서 나타나고 있다. 그림에서는 분류 그룹이 8개인 경우를 표시하고 있다. 그림에서 가로축은 일간 패턴을 나타내므로 시각을 나타내고 있으며 세로축은 패턴 비교를 위해서 15분 주기의 수요 값이 0과 1 사이의 값으로 변환되어 있음을 나타낸다. 그리고 각 그룹에 속하는 수요자

들의 수가 그룹명과 함께 범례를 표시하는 상자에 나타나 있다. 패턴의 분류 결과를 보면 각 그룹간의 특징이 잘 나타나고 있음을 알 수 있다.

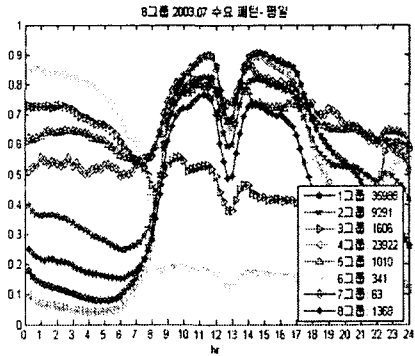


그림 2. 2003.07 평일의 수요 패턴

그림 3은 분류된 8개 그룹에 대하여 각 그룹에 속하는 고객들의 평균 수요를 나타내고 있다. 여기서는 평균수요의 비교를 나타내기 위해 8개의 그룹을 동시에 나타내고 있으며, 각 그룹의 실제적인 시간대별 수요를 나타내고 있다. 그러나 이 그림에서는 심야 전력그룹을 제외하고는 각 그룹의 수요크기의 형태 구분이 어렵다. 그래서 그림 4에서 그룹1의 평균 수요만을 나타내고 있다.

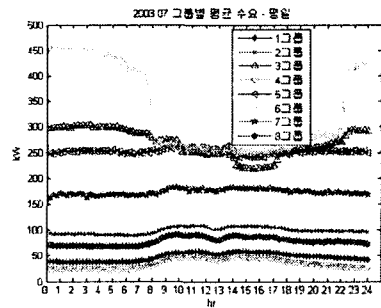


그림 3. 2003.07 평일의 그룹별 평균수요

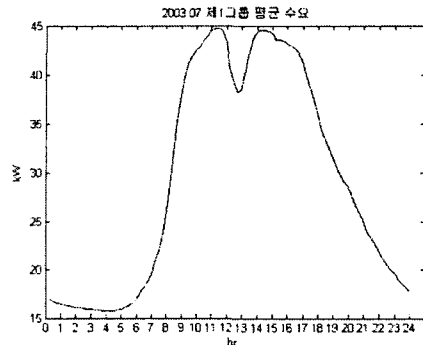


그림 4. 그룹1의 2003.07의 평균 수요

그림 5는 35988 고객으로 이루어진 그룹1의 계약전력의 구성비를 나타내고 있다. 100-500 kW의 고객이 70%를 차지하고 있는 것으로 나타나 있으며 전형적인 고압 고객의 수요패턴으로 평가할 수 있다.

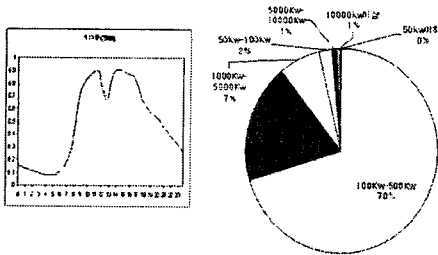


그림 5. 그룹1의 계약전력별 구성비

그림 6는 그룹2에 속한 수요자들의 산업분류별 구성비를 나타내고 있다. 패턴에서의 구분을 그룹1과 비교하면 이 그룹에 속하는 업종은 일과 후의 수요가 그룹1에 비해 높은 것을 알 수가 있다. 그리고 포함된 산업분류가 다양하여 산업분류별에 의한 수요패턴의 구분은 어렵다는 것을 나타내고 있다. 그림 6는 그룹2에 속한 수요자들의 산업분류별 구성비를 나타내고 있다. 패턴에서의 구분을 그룹1과 비교하면 이 그룹에 속하는 업종은 일과 후의 수요가 그룹1에 비해 높은 것을 알 수가 있다. 그리고 포함된 산업분류가 다양하여 산업분류별에 의한 수요패턴의 구분은 어렵다는 것을 나타내고 있다.

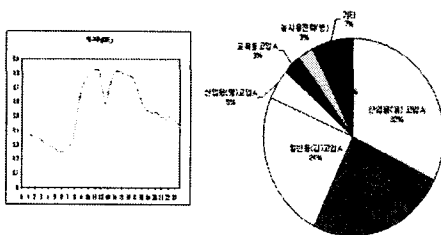


그림 6. 그룹2의 산업분류별 구성비

그리고 그림7에서는 각 그룹별 2003년 7월에 대한 실제 수요의 일 평균값을 누적하여 나뉜 것이다. 따라서 각 그룹의 면적은 일간 사용량이 되며 시간대별 총 사용에 대한 기여 분을 나타낸다. 따라서 이 자료는 시간대별로 피크 기여도 분석 등의 자료로 유용하게 사용될 수 있다.

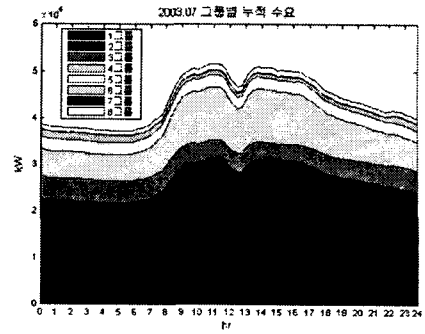


그림 7. 2003.07 평일의 그룹별 누적 수요

4. 결 론

전통적으로 수요자 정보의 분석은 월간 전력사용량을 사용하여 통계적인 분석 수준에 그치고 있었다. 본 논문에서는 AMR 시스템의 정보를 이용하여 보다 실제적인 평가를 할 수 있는 기반을 구축하기 위하여 원격검침을 시행하는 전 고압 수요자의 정보를 이용하여 시간대별 수요에 대한 패턴을 구분하였다. 여기서 개발한 분류 알고리즘의 시험 결과를 이용하여 다양한 관점에서 분석이 가능할 것으로 예상된다. 그리고 개발된 분류 알고리즘을 적용하면 각 수요 그룹에 대한 표준 부하 모델을 선정 할 수 있다. 또한 그 모델들을 이용한 부하의 분석 시스템의 개발, 수요관리, 시스템 계획, 부하 관리, 판매전략 수립 등 전력 부가서비스의 개발에 대한 기반을 구축할 수 있다.

[참 고 문 헌]

[1] Y.-H. Pao and D. J. Sobajic, "Combined use of unsupervised and supervised learning for dynamic security assessment," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 7, pp. 878-884, May 1992.

[2] C. S. Chen, J. C. Hwang, Y.M. Tzeng, C.W.Huang and M.Y.Cho, " Determination of Customer Load Characteristics by Load Survey System at Taipower" *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 7, pp. 1430-1436, July 1996

[3] Gerbec, D., Gasperic, S., Smon, I. and Gubina, F. "An approach to customers daily load profile determination" *Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE*, Volume: 1 , pp. 587-591 July 2002