

경쟁적 전력시장의 윈도우 기반 부하관리 시스템 패키지 개발

정구형* 김진호** 김발호*
*홍익대학교 **기초전력공학공동연구소

A Development Of The Window-Based Load Management System Package In A Competitive Electricity Market

Chung, Koo-Hyung* Kim, Jin-Ho** Kim, Balho*
*HONGIK UNIV. **EESRI

Abstract - This paper presents a window-based load management system (LMS) package developed as a decision-making tool in the competitive electricity market. The presented LMS package can help the users to monitor system load patterns, analyze their past energy consumption and schedule the future energy consumption. The LMS package can also provide the effective information on real-time energy/cost monitoring, consumed energy/cost analysis, demand schedule and cost-savings.

The developed LMS package can be used to establish the optimal demand schedule and consumption strategy.

1. 서 론

최근, 전세계의 전력산업은 기존의 수직통합적인 독점 구조에서 경쟁을 통한 효율성 증대를 목적으로 하는 시장경쟁 체제로 변화하고 있다. 이러한 경쟁적 전력시장에는 다수의 발전사업자, 망사업자(송전/배전회사), 판매사업자 및 대규모 전력소비자 등이 시장참여자로서 등장하게 되며, 각 참여자들은 상호 경쟁을 통해 자신의 이익을 추구하게 된다[1].

경쟁적 전력시장으로의 이행으로 인해 전력산업 환경 전반에 걸쳐 근본적인 변화가 예상된다. 이러한 변화들 가운데 가장 중요한 것은 전력요금 체계의 변화이다. 경쟁적 전력시장에서의 전력요금은 시장원리에 의해 공급과 수요가 만나는 점에서 결정되므로, 전력요금은 매 시간마다 해당 시간의 시장환경에 따라 변동하게 된다. 이와 같이 전력가격이 갖는 가변성과 불확실성으로 인해 경쟁적 전력시장에 참여하는 사업자의 수익에 대한 불확실성도 증가하며 또한 전력 소비자의 에너지비용도 그 불확실성이 크게 증가할 것으로 예상된다[2].

이에 따라, 대부분의 대규모 소비자들은 전력요금 정보나 자신이 사용하고 있는 전력 및 에너지 소비패턴에 대한 정보와 소비전략을 갖추지 않는 경우, 예전에 비해 상당히 많은 전력비용을 지불해야 하는 상황에 처하게 되었으며, 그 결과, 불확실한 전력요금에 대해 능동적으로 대처할 수 있도록 하는 효율적인 부하 관리 메커니즘에 대한 필요성이 점차 증가하고 있다.

본 논문에서는 경쟁적 전력시장에서 소비자들이 시시각각 변하는 전력요금에 합리적으로 대응하여 에너지 비용을 줄이면서, 동시에 자신이 필요로 하는 전력을 사용할 수 있는 최적에너지 사용계획 및 소비전략을 수립할 수 있도록 하기 위해 개발된 윈도우 기반 부하관리 시스템(Load Management System, LMS) 패키지에 대해 기술하고자 한다. 본 논문에서 기술하는 LMS 패키지는 다음과 같은 특징을 갖는다:

- 대규모 데이터의 효율적 관리를 위한 데이터베이스

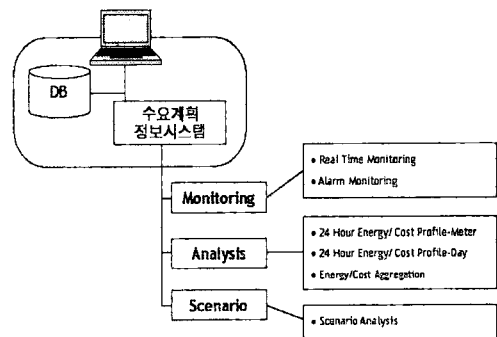
- 설계
 - 에너지/비용 실시간 모니터링
 - 에너지/비용 분석
 - 부하관리 시나리오 분석
 - 전력가격 정보 제공

본 개발 프로그램의 모든 컴포넌트는 Java 프로그래밍 언어를 사용하였으며, 방대한 양의 데이터를 효율적으로 관리하기 위해 Microsoft Access를 이용하여 데이터베이스를 설계하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

본 개발 프로그램은 대규모 수용가의 계측기로부터 측정된 측정값을 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스(DB) 부분과 이를 바탕으로 사용자의 입력에 따른 각각의 결과를 화면에 보여주는 부분으로 나눌 수 있다. <그림 1>은 본 개발 프로그램의 시스템 개념도를 나타낸 것이다.



<그림 1> 시스템 개념도

2.2 DB 구성

대규모 수용가의 계측기로부터 측정된 방대한 양의 측정값을 효율적으로 관리하기 위해 본 개발 프로그램에 적합한 DB를 구축하였다. 본 개발 프로그램에서 DB를 구축한 이유는 측정값의 데이터 중복을 피하고, 방대한 양의 데이터를 효율적으로 관리·제어하여 프로그램의 생산성 향상시키는 데 목적이 있다.

각 대규모 수용가에 설치된 계측기로부터 측정된 측정값은 계측시스템 DB에 저장된다. 이 계측시스템 DB에는 DeviceID, TimeStamp, MeteredValue 등이 저장되고 본 개발 프로그램의 DB는 이러한 데이터가 저장된 계측시스템으로부터 5분마다 프로그램에 필요한 데이터를 효율하여 저장한다. 본 개발 프로그램의 DB는 크게 익일치(24시간)의 데이터를 저장하는 Current_

Status 테이블과 24시간동안 Current_Status 테이블에 저장된 모든 데이터를 다시 저장하는 Historical_Status 테이블로 구성된다. 측정데이터의 시간이 저장되는 Interval 테이블은 다시 Current_Status 테이블과 Historical_Status 테이블에 저장된다. Rate 테이블은 측정된 시간에 해당하는 kW의 요금을 저장한다.

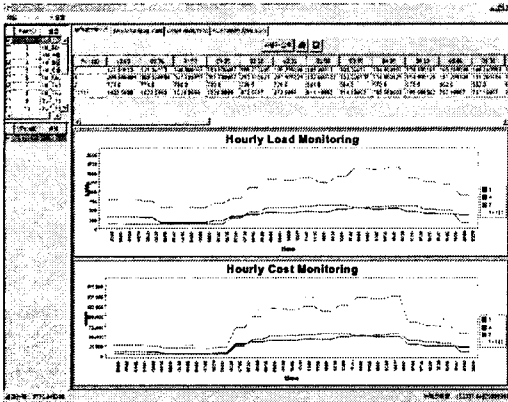
2.3 컴포넌트 구성

본 개발 프로그램의 화면은 크게, 현재 시간의 에너지 사용량 및 이에 따른 요금정보를 보여주는 Monitoring 컴포넌트, 과거 에너지 사용 패턴 및 이에 대한 요금패턴을 분석하기 위한 Energy/Cost Analysis 컴포넌트, 그리고 다양한 시나리오를 통해 사용자가 에너지 사용 스케줄을 결정하는 데 필요한 정보를 제공하는 Scenario Analysis 컴포넌트로 구성되어 있다.

각각의 컴포넌트는 서로 다른 입력화면을 통해 필요한 데이터를 처리하며, 그 결과는 사용자의 이해를 돕기 위해 시각화된 형태로 제공된다.

2.3.1 Monitoring

본 개발 프로그램을 실행하면, 기본적으로 Monitoring 화면이 제공된다. Monitoring 컴포넌트는 프로그램 실행일에 각 포인트에서 소비된 에너지 사용량 및 이에 따른 요금 정보를 제공하는 기능을 수행한다. 이 때, 가상포인트를 포함한 모든 포인트는 사용자 임의로 지정할 수 있으며, 기본적으로는 실행일 0시부터 현재시간까지의 에너지 사용정보를 제공한다. 본 개발 프로그램은 이와 같은 Monitoring 결과 정보를 테이블 형태의 텍스트로 제공할 뿐만 아니라, 사용자의 편의를 위해 시각화된 형태로도 제공한다. <그림 2>와 같이, 각 포인트의 매 시간 에너지 사용 기록을 보여주는 그래프들을 하나의 화면에 제공하기 때문에 사용자는 이에 대한 정보를 쉽게 이해할 수 있다.



<그림 2> Monitoring 결과 화면

2.3.2 Energy/Cost Analysis

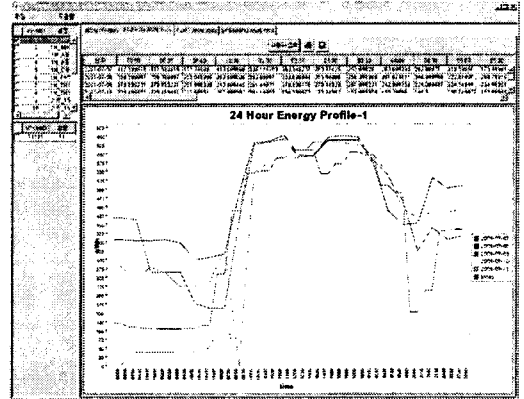
사용자는 Energy Analysis 컴포넌트를 통해 각 포인트의 과거 에너지 사용 패턴을 다양하게 비교·분석할 수 있으며, Cost Analysis 컴포넌트를 이용하여 에너지 사용에 대한 요금의 비교·분석을 수행할 수 있다. Energy/Cost Analysis는 사용자가 선택한 분석유형에 따라 해당 포인트의 과거 및 프로그램 실행일의 에너지 사용정보와 요금계산 정보를 제공하여, 이를 바탕으로 사용자가 자신의 에너지 사용 패턴 및 요금산정 결과를 쉽게 비교·분석할 수 있도록 지원한다.

Energy/Cost Analysis를 수행하기 위해, 사용자는 입력화면을 통해 자신이 분석하고자 하는 분석유형을 선택하여야 한다. 단, Energy Analysis와 Cost Analysis는 서로 독립된 컴포넌트이므로, 각각에 대해

별도로 입력해야 한다. 본 개발 프로그램의 Energy/Cost Analysis는 다음과 같은 세 가지 분석 유형을 제공한다.

① 24-Hour Energy/Cost Profile- Meter

이는 특정 포인트에 대해 일정 기간동안의 에너지 사용기록 및 요금산정 결과를 비교·분석하기 위한 것으로, 사용자가 설정한 기간 동안의 일별 에너지 사용정보 및 요금정보를 하나의 화면에 보여준다. 그러므로, 사용자는 단 하나의 포인트에 대해서만 분석을 수행할 수 있다. 분석하고자 하는 포인트를 선택한 후 입력화면에서 시작일과 종료일을 설정하면, Energy/Cost Analysis 컴포넌트는 이 기간 동안 해당 포인트에서 사용한 에너지 정보 및 요금정보를 날짜별로 하나의 화면에 보여준다. 또한 해당 포인트의 실행당일 에너지 사용정보 및 요금계산 결과도 제공한다. 이 분석유형에서는 위의 정보들을 매 시간에 대해 표시하므로, 사용자는 이를 통해 해당 포인트에서의 에너지 사용패턴 및 요금변화 추이를 매 시간에 대해 파악할 수 있다. <그림 3>은 이에 대한 결과를 보여주고 있다.



<그림 3> 24-Hour Energy Profile- Meter 결과 화면

② 24-Hour Energy/Cost Profile-Day

이 분석유형을 선택하면, 사용자는 특정일에서의 여러 포인트에 대한 에너지 사용정보 및 요금정보를 비교·분석할 수 있다. 입력화면에서 '날짜지정' 항목에 분석대상일을 입력하면, Energy/Cost Analysis는 선택된 포인트들에 대한 해당일의 에너지 사용기록 및 요금계산 결과를 시간대별로 화면에 보여준다. 따라서, 사용자는 이 분석유형을 통해 선택된 포인트들의 특정일에서의 에너지 사용결과와 요금계산 결과에 대한 정보를 시간대별로 얻을 수 있다.

③ Energy/Cost Aggregation

Energy Aggregation은 사용자가 선택한 기간 동안 각 포인트에서 사용된 일일 총 에너지 사용량을 각각의 비교 대상일에 대해 나타낸 것이며, Cost Aggregation은 같은 방법으로 사용요금을 비교한 것이다. 이에 대한 결과를 바탕으로, 사용자는 각 포인트의 일일 총 에너지 사용량과 요금을 다른 포인트들과 일별로 비교·분석할 수 있다.

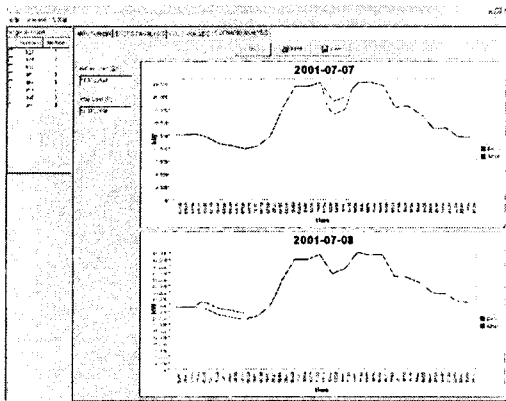
2.3.3 Scenario Analysis

경쟁적 전력시장에서의 전력요금은 실시간으로 결정되기 때문에, 매 시간마다 다른 전력요금을 갖게 된다. 이에 따라, 소비자는 자신이 필요로 하는 에너지에 대해, 사용량뿐만 아니라 사용시간을 조절하여 전력요금을 낮출 수가 있다. 따라서, 에너지 사용 스케줄을 어떻게 결정하는가에 따라 소비자의 요금 지출에 큰 차이가 발생하게 된다. 본 개발 프로그램에서는 사용자의 스케줄에

대한 의사결정을 지원하기 위해 Scenario Analysis 컴포넌트를 제공한다. 각각의 시나리오에 대한 "what-if" 분석을 통해, 사용자는 해당 시나리오 적용 전·후의 에너지 사용량 및 요금변화 결과를 비교할 수 있으며, 이를 바탕으로 자신에게 적합한 에너지 사용 스케줄을 결정할 수 있다. 본 개발 프로그램은 9개의 시나리오를 지원하며, 각 시나리오 분석에 대한 시뮬레이션 입력데이터는 DB에 저장되어 필요할 때마다 다시 호출할 수 있고, 저장된 시나리오를 수정하여 다시 시뮬레이션 할 수도 있다. 각 시나리오에 대한 내용은 다음과 같다.

① Load Shift

사용자가 부하이전 시행일, 시행시간과 부하이전 대상일, 대상시간 및 부하이전량을 입력하면 해당 부하이전 시나리오 적용 전·후의 에너지 사용량 변화와 요금전감 결과를 보여주게 된다. <그림 4>는 이와 같은 Load Shift 시나리오 분석 결과를 보여주고 있다.



<그림 4> Load Shift 시나리오 분석결과 화면

② Peak Reduction

사용자가 Peak Reduction 시나리오 분석을 선택하고 대상월을 입력하면, 이 시나리오 분석을 통해 해당월의 Peak Reduction에 따른 에너지 사용패턴 변화와 요금전감 결과를 확인할 수 있다.

③ Real-Time Pricing

사용자는 Real-time Pricing 분석을 수행하여 매 시간마다의 일반요금 단가와 실시간 요금 단가를 그래프로 통해 확인할 수 있다. 또한 개발 프로그램은 각 요금제에서의 에너지 사용 요금을 자동으로 계산하여 그 결과를 제공함으로써 사용자가 각각의 요금을 비교하여 실시간 요금제 선택 여부를 결정하도록 지원한다.

④ 직거래 요금제

직거래 요금제 분석 또한 사용자에게 매 시간마다의 일반요금 단가와 직거래 요금 단가 정보를 그래프로 제공하며, 각 요금제에서의 에너지 사용 요금을 자동으로 계산하고 이를 사용자에게 제공하여 사용자가 직거래 요금제 선택여부를 결정할 수 있도록 지원한다.

⑤ Alternative Tariff Comparison

Alternative Tariff Comparison 시나리오는 사용자의 에너지 사용에 대해 여러 전력공급자의 요금을 비교하여 이에 대한 정보를 제공함으로써, 사용자에게 가장 경제적인 공급자를 선택할 수 있도록 한다. 이와 같은 각 전력공급자의 매 시간 요금단가를 그래프로 제공하며, 이에 따른 사용자의 에너지 사용요금을 자동으로 계산하여 각 전력공급자의 요금제를 비교할 수 있도록 지원한다.

⑥ 자율절전요금제

자율절전요금제 시나리오 분석은 현재 한전에서 제공하는 자율절전요금제를 시행할 경우, 사용자가 어느 정

도의 요금을 절약할 수 있는지에 대한 정보를 제공한다. 실제로 이와 같은 자율절전요금제를 시행하는 경우, 부하 조정시간 대의 조정전력은 사용자가 절감할 수도 있지만 경우에 따라서는 이 시간대의 부하를 다른 시간대로 이전하거나 전력공급자로부터 구입하는 전력을 줄이고 대신 부족한 부분을 자신의 발전기를 가동하여 채울 수도 있다. 따라서, 이에 대한 option을 제공하여, 사용자가 보다 더 현실적이고 다양한 시뮬레이션을 수행하도록 지원한다.

⑦ 하계휴가 보수기간 조정요금제

하계휴가 보수기간 조정요금제 시나리오 분석 또한 현재 한전에서 제공하는 하계휴가 보수기간 조정요금제를 시행할 경우 사용자가 어느 정도의 경제적 이익을 얻을 수 있는가에 대한 정보를 제공한다. 7·8월의 감액단가가 다르기 때문에, 계약기간이 7월인 경우와 8월인 경우를 별도의 시나리오로 취급한다.

⑧ 직접부하제어요금제

직접부하제어요금제 시나리오 분석은 직접부하제어요금제를 시행하는 경우 사용자가 얻게 되는 요금절감에 대한 정보를 제공한다. 현재 제공되는 직접부하제어요금제는 예고유형과 계약이행률에 따라 적용되는 감액단가가 다르기 때문에 사용자가 직접 다양한 선택사항을 조합할 수 있도록 한다.

⑨ 자가발전

경우에 따라서는 전력공급자로부터 필요한 전력을 구입하는 것보다 자신의 발전기를 가동하여 전력을 공급하는 것이 더 경제적일 수 있다. 이와 같은 경우에 대한 시나리오를 반영하기 위해 본 개발 프로그램은 자가발전 시나리오를 제공한다. 사용자는 자신의 발전기 형식, 사용연료 및 자가발전량을 입력할 수 있으며, 또한 자가발전 시행일의 발전시간에 대해서도 자유로이 입력할 수 있으므로, 각각의 경우에 대한 다양한 시나리오 분석 결과를 얻을 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 경쟁적 전력시장에서 소비자들이 시시각각 변하는 전력요금에 합리적으로 대응하여 에너지 비용을 줄이면서, 동시에 자신이 필요로 하는 전력을 사용할 수 있는 최적에너지 사용계획 및 소비전략을 수립할 수 있도록 하기 위해 개발된 윈도우 기반 부하관리 시스템(Load Management System, LMS) 패키지에 대해 기술하였다.

본 개발 프로그램은 대규모 수용가의 계측기로부터 측정된 측정값을 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스(DB) 부분과 이를 바탕으로 사용자의 입력에 따른 각각의 결과를 화면에 보여주는 부분으로 구성된다. 또한, 각각의 컴포넌트는 서로 다른 입력화면을 통해 필요한 데이터를 처리하며, 그 결과는 사용자의 이해를 돕기 위해 시각화된 형태로 제공된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 박종근, 김발호, 박종배, 정도영, "전력산업구조개편 개론", 기초전력공학공동연구소, 1999
- [2] Steven Soft, "Power System Economics: Designing Markets for Electricity", 2001.
- [3] 김진호, 한태경, 남영우, 박종배, 김발호, 박종근, 서장철, 이진호, 최중용, "경쟁적 전력시장의 부하관리 시스템에 관한 연구", 2001년도 대한전기학회 추계학술대회 논문집, P41-43, 대한전기학회, 2001.11.16-17