

에너지 벤치마킹 어떻게 하나?  
(BENCHMARKING FACILITY ENERGY USE)  
2006. Schneider Electric

### Keywords

Energy benchmark, energy analysis, energy monitoring, energy management, measurement and verification

### Abstract

지난 수십년간 에너지관리 방안에 많은 진화가 있었는데, 주로 비즈니스 영역에서 사용하고 있는 경영관리 기법 및 정보기술의 진보된 기술들을 채용한 것으로 판단된다. 에너지관리를 위한 이러한 종합적인 접근 방법의 한가지 주요한 측면은, 목표를 설정하고 이 목표에 대한 성과를 측정하는 것, 그리고 벤치마킹 과정이 그것이다. 에너지 벤치마킹은 어떤 에너지 시스템의 성과를 다른 에너지 시스템의 성과와 비교하는데 사용되는 기준이다. 본 고에서는 에너지 벤치마킹을 사용하고 구성하는데 있어 반드시 이해해야 할 주요 개념(selection of data sources, data management concepts, constructing baseline benchmarks and analysis tips)과, 설비의 에너지사용을 관리하는데 벤치마킹이 어떻게 사용되는지 설명하기 위한 예제를 중심으로 기술하고자 한다.

### 1. Introduction

***What gets measured, gets managed (측정되는 것만 관리될 수 있다)***

*- Peter Drucker, business management theorist.*

지난 수십년간 에너지관리 방안에 많은 진화가 있었는데, 주로 비즈니스 영역에서 사용하고 있는 경영관리 기법 및 정보기술의 진보된 기술들을 채용한 것으로 판단된다. 에너지를 관리하기 위한 전형적인 접근방법은 주로 최신의 에너지효율 관리 기술이 적용된 신 설비를 채용하여 비효율적인 기존의 설비를 바꾸는데 집중되어왔다(Fix the basic). 최근에는 이러한 전형적인 접근 방법을 넘어, 에너지 기술과 에너지를 관리하는 프로세스에 대한 종합적인 접근방법에 집중하고 있다.

ANSI/MSE 2000 standard 및 Energy Star Energy Management Guideline은 이러한 에너지관리를 위한 보다 종합적인 접근 방법의 좋은 사례라 할 수 있다. 이들 지침은 에너지소비에 대한 목표설정, 이 목표를 달성하기 위한 각종 에너지관리 조치에 대한 성과의 추적 그리고 이들을 조직 내에서 소통하기 위한 기본 틀 (framework)을 제공한다. 또한 이들 지침은 대부분의 성공

한 에너지 관리 프로그램에 있어 측정 및 검증 절차의 중요성을 강조하고 있다. 900개 이상의 빌딩에 대한 에너지효율 향상을 위한 프로젝트를 대상으로 한 미국 에너지성의 연구결과에 의하면 측정 및 검증에 있어 최고의 실천사례(best practice)를 적용한 프로젝트가 다른 비교대상의 프로젝트에 비해 초기 및 장기간에 걸쳐 더 많은 절감 효과를 냈으며 거의 10% 이상의 부가적인 ROI 결과를 얻을 수 있었음을 밝히고 있다.

이런 에너지관리를 위한 종합적 접근 방법에 있어 기억해야 할 주요한 포인트 중 하나는 목표를 설정하고, 이 목표에 대한 성과를 측정하는 것이다. 목표를 설정하는 프로세스는 현재의 에너지 사용에 대한 이해와 이를 하나 이상의 참조할 만한 다른 비교 기준과 비교하는 것이다. 이런 프로세스를 일반적으로 벤치마킹(Benchmarking)이라 한다.

## 2. Energy Benchmarks

에너지 벤치마크는 어떤 에너지시스템의 성과를 다른 것과 비교하기 위한 기준이다. 에너지 벤치마크는 종종 서로 다른 설비(조명 또는 모터 등), 빌딩 및 산업계 프로세스의 에너지소비를 비교하기 위해 사용된다. 사용되는 벤치마크는 아래에 기술하는 내부(internal) 또는 외부(external) 벤치마크 중 하나이다.

### 1) Internal benchmark

한 조직내의 유사한 에너지 시스템을 비교하기 위하여 조직에서 스스로 만들어낸 기준으로, 조직 내부에서 가장 효과적인 에너지시스템을 선정하여 널리 알리고, 이러한 에너지효율을 달성하는데 가장 중요한 긍정적인 동인(driving factor)이 무엇인지 알아내기 위해 사용된다.

### 2) External benchmark

유사한 에너지 시스템을 비교하기 위하여 업계 또는 정부 조직에서 만들어낸 기준으로, 비교할 수 있는 환경에서 운전중인 다수의 유사한 에너지시스템을 분석함으로써 만들어진다. 가장 효율이 높은 에너지 시스템이 되도록 유도하는 최고의 실천사례(best practice)가 종종 문서화되어 있어, 벤치마킹을 사용하는 어떤 조직에서 그 조직만의 에너지 시스템의 성과를 향상시키는데 사용된다.

실제적이며 정확한 비교를 위해 대부분의 에너지 벤치마크는, 에너지소비에 영향을 미치는 주요 인자 그리고 에너지 벤치마크의 적용에 영향을 주는 환경적 요인에 따라 정규화(normalize)된다. 이런 정규화를 통해서 비교하고자 하는 대상 모두가 동일한 잣대로 환산되어 비교될 수 있다(apple to apple comparison). 빌딩 에너지에 대한 벤치마크로는 바닥면적당 에너지소비로 정규화되며, 산업계 에너지에 대한 벤치마크는 어떤 특정의 생산량당 에너지 소비로 정규화된다. 에너지 벤치마크의 적용에 영향을 끼치는 환경적 측면으로는 빌딩의 주요 사용용도, 점유자(사용자), 기후 등을 들 수 있다. 정규화 개념을 좀 더 명확히 이해하기 위해 아래와 같은

정규화된 에너지 벤치마크를 사용한다.

- 1) 빌딩의 에너지소비: kWh/m<sup>2</sup>
- 2) 제조의 에너지소비: kWh/tonne of production

미국의 Energy Star, 캐나다의 Natural Resource Canada, Rebuild America와 같은 공공 조직에서는 다양한 응용분야에 대한 에너지 벤치마크를 제공하며, CPPA(Canadian Pulp and Paper Association)과 같은 산업조합에서도 동 산업계 업체들에게 제공하기 위한 에너지 벤치마크를 제공한다. 아래 그 예제를 보인다.

- 1) Benchmarking your facilities for Greater Success from Rebuild America
- 2) Benchmarking and Best Practice Guide for College Facility Managers from Natural Resource Canada

어떤 조직에서는 에너지 벤치마크를 비용관련 용어로 표현하기를 더 좋아할 수 있다. 예를 들어 제조업체는 성과를 측정하기 위해 kWh/tonne과 Energy-cost/tonne 벤치마크를 모두 사용할 수 있다. 비용으로 표현되는 벤치마크는 에너지 비용을 할당하는 경우 매우 유용하지만, 에너지 사용자 별로 요금구조가 다를 경우에는 그런 계산이 어렵게 된다.

### 3. Preparing for Benchmarking

벤치마킹을 위한 준비는 크게 다음과 같은 네 단계로 나누어 생각할 수 있습니다.

- 1) Benchmarking scope
- 2) Selecting data sources
- 3) Data management
- 4) Constructing baseline benchmarks

#### **Benchmarking Scope**

벤치마킹 실행의 범위는 주로 달성하고자 하는 에너지관리 목표에 따라 달라진다. 만약 에너지관리 목표가 조직 내부에서의 현재 에너지상태를 평가하거나 직접적인 에너지 효율향상 프로젝트를 실행하기 위한 것 이라면, 이때의 벤치마킹을 위한 준비는 종합적인 에너지관리 프로그램을 지원하기 위한 광범위한 벤치마킹에 비하여 비교적 단순하다. 일회성의 벤치마킹을 위한 데이터수집, 감시 및 보고서 작업은, 능동적이며 지속적인 벤치마킹 프로그램을 위해 소요되는 노력에 비해 간단하다. 반면에 능동적이며 지속적인 벤치마킹 프로그램은 종종 장기간에 걸쳐 좀 더 큰 에너지 절감 효과를 가져옴을 잊지 말자.

#### **Data Sources**

일단 벤치마킹의 범위가 결정되었다면, 다음 단계는 벤치마크를 구성하기 위해 필요한 데이터

의 소스를 찾아내는 것 이다. 데이터는 다음의 두 범주로 규정될 수 있다.

#### 1) Static data

바닥면적, 설비의 정격 등과 같은 것으로 장기간에 걸쳐 좀처럼 변하지 않는 특성을 갖는다

#### 2) Dynamic data

에너지소비, 생산량 등과 같은 것으로 자주 변동하며 일정 시간 간격에 따라 수집되어야 한다

데이터관리에 소요되는 대부분의 비용과 노력은 주로 **dynamic data**의 수집과 처리에 기인한다. **Static data**의 수집과 처리는 일회성인데 반하여, **dynamic data**의 수집과 처리는 지속적인 노력을 요한다. 측정하는 동적 데이터의 수는 에너지관리 목표를 달성하는데 필요한 최소한의 수준으로 유지되어야 하며, 데이터 수집을 위한 **time interval** (시간간격)은 에너지소비 경향을 이해하기 위해 필요한 충분한 데이터를 제공할 수 있도록 충분히 짧아야 한다. 이것 이상의 상세한 데이터는 데이터관리의 비용만 증가시킬 뿐이다.

동적인 에너지소비의 소스 및 데이터의 정규화는 다음을 포함한다.

#### 1) Energy consumption from utility bills

에너지소비 데이터는 유틸리티로부터 받은 계산서로부터 수동 입력할 수 있다. 그러나 다수의 유틸리티가 대규모 고객에게는 전자 계산서를 발급하기에 이를 이용할 수 도 있다.

#### 2) Energy consumption from shadow metering

만약 에너지소비에 대한 상세한 데이터가 필요하지만 유틸리티가 이를 제공하지 않는 경우에는 별도의 미터를 유틸리티 미터 설치 포인트 바로 옆에 설치하여 에너지소비를 측정할 수 있다(이를 **Shadow metering** 이라 함).

#### 3) Energy consumption from sub-meters

에너지시스템 내부의 설비나 프로세스에 대한 벤치마킹은, 필요한 데이터를 수집하기 위해 별도의 미터를 설치할 필요가 있다(빌딩의 경우 세입자 별 미터 설치).

#### 4) Production data from existing automation systems

제조업체는 특정 정보시스템을 사용하여 생산량에 대한 관리를 하고 있다. 프로세스 제어 시스템에 있는 생산이력 정보 및 관련 자재수급 정보로부터 에너지소비와 관련된 특정 정보를 공유할 필요가 있다.

#### 5) Temperature and humidity data

기상청 또는 기상정보서비스 회사로부터 관련 데이터를 받을 수 있고, 직접 미터를 설치하여

활용할 수 도 있다.

에너지 벤치마킹 프로그램에서 주로 감시하는 것은 전기 및 가스이지만 다른 형태의 에너지 즉 스팀, 냉각수 등도 감시할 필요가 있다. 다른 형태의 에너지 데이터를 모으거나 비교할 때는 BTU와 같은 공통의 측정단위를 사용해야 하는데 참조6에 있는 Energy Management Handbook등에서 제시한 conversion factor를 사용한다.

### **Data Management**

어떤 데이터를 수집하고, 그 소스에 대한 선정작업이 완료되었으면 그 다음 단계로 그 데이터를 어떻게 관리하고 처리하며 소통할 것인가에 대해 고민하는 것이다. 어떤 데이터 관리 방법을 선택하는가의 문제는 에너지관리의 목표가 무엇인가에 따라 달라진다. 만약 벤치마킹 실행이 내부 또는 외부적 벤치마크에 대한 일회성 벤치마킹 이라면, 스프레드시트에 수동으로 데이터를 입력하는 것으로도 충분하다. 그러나 벤치마킹의 목적이 보다 적극적이며 지속적인 에너지관리 계획을 지원하기 위한 것 이라면, 종합적인 에너지정보시스템을 도입하는 것이 바람직하다.

스프레드시트에 의한 방법과 에너지정보시스템에 의한 방법에 대하여 다음과 같이 요약한다.

#### **1) 수동데이터 입력에 의한 스프레드시트**

유틸리티에서 발급한 계산서상의 에너지소비 정보 또는 미터에서 직접 읽어 기록한 에너지소비 정보를 수동으로 직접 스프레드시트에 입력한다. 에너지소비 정보를 바닥면적 등과 같은 주요 정규화 값으로 나누어 벤치마크 값을 생성한다. 이런 과정을 모든 측정된 에너지시스템에 대하여 반복한다.

#### **2) Enterprise energy management system**

디지털 에너지 미터의 데이터 또는 수동 입력된 데이터가 중앙의 서버로 전송되어 저장되고, 처리된다. 벤치마크는 측정되는 모든 에너지시스템에 대하여 자동적으로 계산되는데 현재 값 또는 이력 값이 테이블 또는 그래프의 형태로 표현되어 다수의 사용자가 활용할 수 있다. 자동화된 데이터 수집 및 벤치마크 계산 외에, 에너지 정보시스템은 에너지소비 패턴을 분석하기 위해 보다 더 상세한 시간 간격의 데이터를 수집하고 조직할 수 있다. 만약 벤치마크가 어떤 급격한 에너지소비의 증가를 나타내고 있다면, 이때의 데이터 측정 시간간격(interval)은 급격한 에너지소비의 증가 뒤에 숨어있는 driver(원인을 제공하는 인자)를 이해하는데 아주 중요한 요소이다. 그림1은 현대의 에너지정보 시스템을 구성하는 전형적인 형태를 보여준다. 마이크로프로세서 기반의 장치들이 주요 포인트에서의 에너지소비를 측정하며 이를 통신망을 통해 서버에 전송한다. 상위의 소프트웨어는 이들 데이터를 저장하고, 필요한 형태대로 처리하며, 사용자에게 다양한 형태의 정보로 제공한다. 인터넷을 통한 정보 접근이 가능하며, 무선장치를

통해 경보를 제공할 수도 있다.

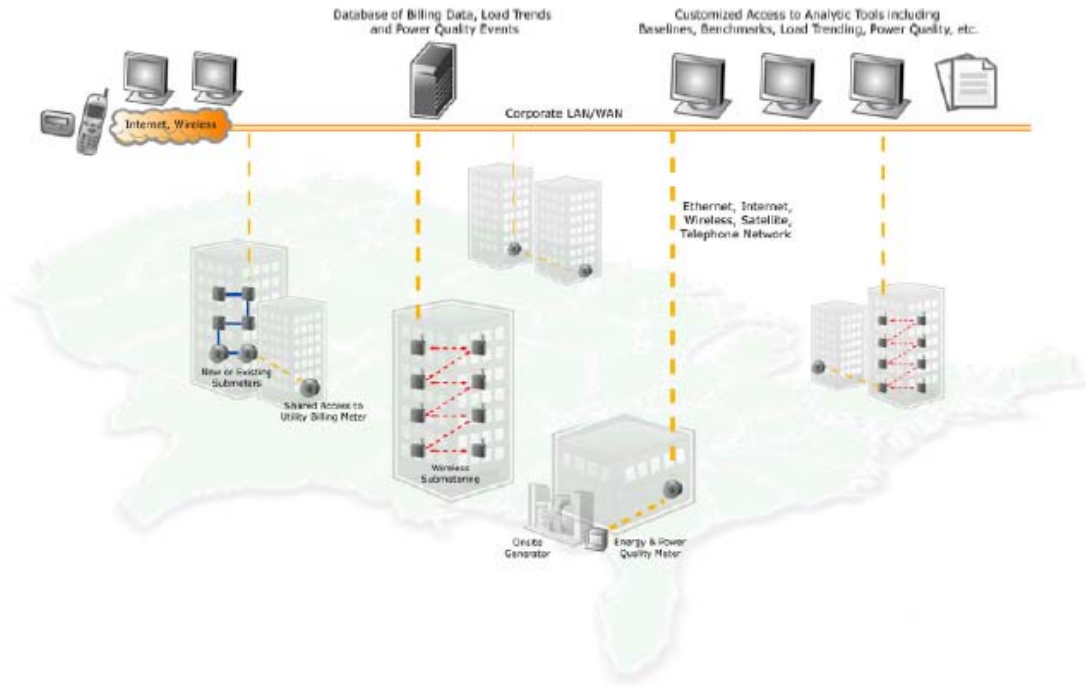


그림1 전형적인 기업형 에너지관리 시스템

**Constructing baseline benchmarks**

에너지 벤치마크 구성할 때 조직은 어떤 특정 시간대에 걸친 에너지소비 데이터를 선택해야 한다. 이 기준 데이터 집합(baseline data set)은 현재의 에너지시스템의 성과를 잘 설명할 수 있도록 선정되어야 한다. 데이터는 에너지시스템의 모든 운전모드(계절, 생산량에 따른 모든 변화를 알 수 있도록)를 파악할 수 있을 정도로 충분한 시간대에 걸쳐 수집되어야 한다. **Baseline**을 구축하기 위해 선정된 시간대는 주요 설비의 개조와 같은 에너지시스템의 주요한 변화를 포함하지는 않는다. 다음의 예제를 통해 에너지 벤치마크를 구축하는 단계에 대하여 알아보기로 한다.

**[예제1] Energy benchmark for a portfolio of office building**

5개의 관리하고 있는 부동산 관리 업체는 어떤 특정 빌딩이 다른 빌딩에 비하여 에너지를 더 많이 소비하고 있는 것으로 의심하고 있다. 과년도에 모든 빌딩에 대한 전기에너지 요금을 분석해보니, 가장 작은 건물과 가장 큰 건물의 에너지 소비가 하나 또는 다섯 가지 요인에 의하여 변하고 있음을 알게 되었다. 빌딩 관리자는 5개 건물에 대하여 에너지 효율 관점에서 각각의 건물을 대상으로 한 벤치마킹과 업계에서 인증된 벤치마킹에 대한 임무를 부여 받았다. 목표는 가장 에너지 사용이 효율적인 빌딩을 찾아내고, 모든 빌딩을 업계에서 인증한 기준 빌딩의 벤치마크와 비교하는 것이다. 이 벤치마킹 예제는 현재의 에너지 사용 상태를 이해하고, 전

조직에 걸쳐 종합적인 에너지 관리 계획을 적용하기 위한 시작점이다. 에너지관리자는 5개의 빌딩에 대한 에너지 벤치마크를 생성하기 위해 다음의 단계를 따라야 한다.

#### 1) Acquire electrical energy consumption data and normalizing data

에너지관리자는 5개 빌딩에 대한 과년도 전기요금 고지서를 복사하여 새 스프레드 시트를 생성합니다. 그리고 각 빌딩에 대한 에너지소비 데이터를 월별로 입력합니다. 또한 각 건물의 바닥면적에 대한 데이터를 입력합니다.

#### 2) Select an appropriate reference benchmark

에너지관리자는 Rebuild America에서 나온 “Benchmarking your facilities for greater success”문서를 참조하여 벤치마크하기로 정했습니다. 이 문서는, 1999년 미국 에너지성의 데이터에 기초하여 다양한 빌딩 형태에 대한 에너지소비 벤치마크를 제공합니다. 에너지관리자는 오피스 빌딩에 대한 벤치마크 값의 정 중앙의 값을 사용하기로 했고 그 값은 11.7kWh/square foot입니다.

#### 3) Calculate annual total kWh/square foot benchmark value

각 건물에 대한 연간 에너지 소비데이터를 얻기 위해 월별 kWh 데이터를 합산 합니다. 그리고 연간 에너지소비 데이터를 바닥면적으로 나누어 각 빌딩에 대한 연간 kWh/square foot 데이터를 구합니다.

#### 4) Set baseline benchmark values for each building

위에서 구한 값들이 각 건물에 대한 기준 benchmark 값으로 기록되며 에너지효율의 변화를 추적하기 위해 사용됩니다.

아래의 그림2는 5개 건물의 kWh/square foot를 서로 비교하고, Rebuild America에서 제시한 reference benchmark와 비교합니다. 빌딩1,2,3은 reference에 비해 더 많은 에너지를 소비하고 있으며, 빌딩 4,5는 reference에 비해 덜 소비하고 있음을 알 수 있습니다. 처음에 생각할 때는 가장 큰 건물이 가장 작은 건물보다 더 많은 에너지를 소비한다고 생각했는데, 벤치마킹 결과는 다른 결과를 보여주고 있습니다. 가장 큰 건물인 빌딩4가 가장 효율이 높은 빌딩이었고, 가장 작은 건물인 빌딩2가 가장 비효율적인 건물이었습니다.

이 예제는 단지 전력회사로부터 입수한 월간 전기에너지 소비 데이터에만 주목했고, 벤치마킹은 어떤 빌딩이 가장 효율적인지 여부만 조사하기 위한 목적이었습니다. 이 예제는 에너지 소비에 영향을 미치는 요소(외부온도, 생산량 등)를 제거함으로써 아주 간단한 벤치마킹을 보여주었습니다. 다음에는 에너지관리 프로그램을 지원하기 위해 벤치마킹이 어떻게 지속적으로 사용되는지 살펴보기로 합니다.

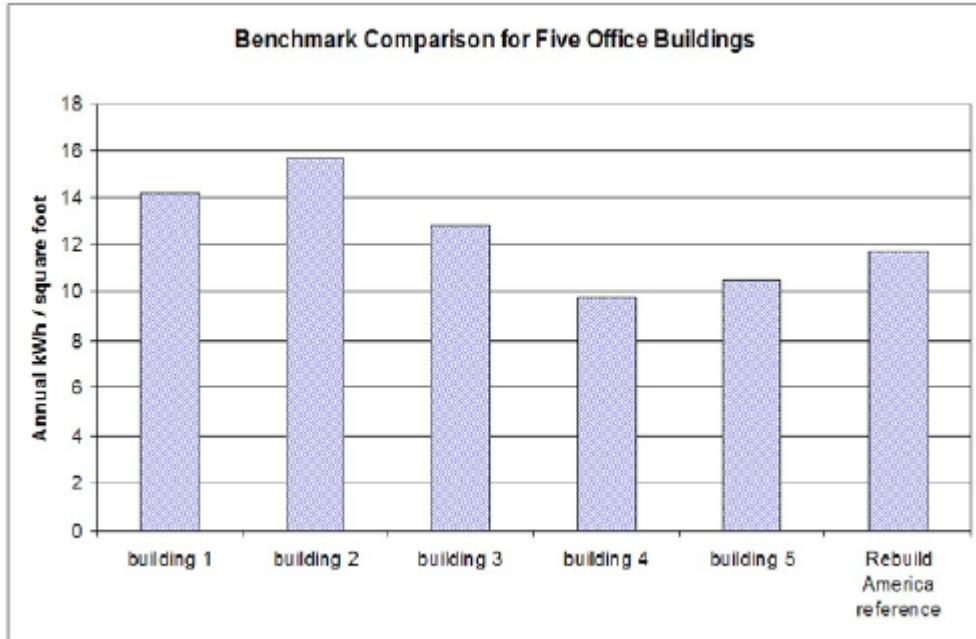


그림2 사무용 빌딩 5개 동에 대한 벤치마킹 결과

#### 4. Benchmarking in action

비록 에너지 벤치마킹이 설비의 에너지효율을 결정하기 위해 일회성으로 적용되었으나, 종합적인 에너지관리 프로그램의 일환으로써 지속적인 에너지 벤치마킹으로 사용될 때 보다 더 많은 가치를 제공합니다. 에너지 벤치마크는 전 조직에 걸쳐 사용되고 있는 다양한 에너지시스템에 대한 성과를 요약하여 가치 있는 정보로 제공합니다. 조직내의 다른 정보를 사용하는 사용자들도 그들이 필요로 하는 에너지 정보를, 그들의 에너지관리 목표를 달성하는데 도움을 줄 수 있는 형식으로 받아볼 수 있습니다. 에너지관리자는 부가적인 Drill-down 기능을 사용할 수 있는데 이 기능을 통해 에너지소비의 변동이라는 단순한 이벤트 뒤에 숨어있는, 동인 (driving factor)을 이해할 수 있게 됩니다.

다음 섹션에서는, 다양한 사용자에게, 그들의 에너지관리 계획의 성공을 지원하기 위해 필요한 정보를 제공하기 위하여 에너지 벤치마크 정보를 어떻게 구성하고 표현할 것인가에 대하여 기술하기로 한다.

#### **Determine Benchmark Users**

에너지 벤치마크 정보시스템을 설계하는 첫째 단계는 사용자가 누구이며, 사용자가 그것을 어떻게 사용할지 결정하는 것이다. 조직내의 많은 사람들이 벤치마킹 정보의 혜택을 볼 수 있고 이 정보를 사용하여 적극적인 에너지관리 프로젝트를 지원할 수 있다. 특정 사용자 그룹의 역할 및 그들이 요구하는 에너지 벤치마크 정보 요구사항을 정리해 보면 다음과 같다.

### 1) Executives

경영진은 통상 설정된 목표대비 에너지 효율 성과를 나타내주는 최상위 레벨의 벤치마킹 요약 데이터를 요구한다. 경영진은 이 데이터를 분기마다 검토할 수 있다. 만약, 실제 에너지소비가 에너지 관리 계획에 나타난 설정 목표치 보다 상당히 높다면, 경영진은 그 원인을 파악하기 위해 보다 상세한 보고를 요구할 수 있다.

### 2) Facility engineering staff

설비관리자는 종종 일간 또는 시간단위의 에너지소비와 디멘드를 보여주는 상세한 시-계열 데이터와 함께 종합적인 요약보고를 원한다. 엔지니어링 스템은 수집한 요약보고를 매주 검토한다. 만약, 에너지 소비 목표로부터 상당한 증가가 있었다면, 에너지 담당 엔지니어는 요약 보고 및 상세한 시-계열 데이터를 하루에 한번 검토할 수 있고, 에너지소비를 바로잡기 위한 필요한 조치를 취할 수 있다.

### 3) Tenants

세입자 또는 임차인은 매월 전기요금 고지서와 함께 에너지 벤치마크 보고를 받을 수 있다. 이 보고서에는 보통 동일 시설 내 모든 세입자에 대하여 가장 비효율적인 에너지 소비, 가장 효율적인 에너지 소비, 중간 정도의 에너지 소비에 대한 비교를 포함한다.

### 4) Department manager

자기 예산에 에너지 비용을 예산으로 잡고 있는 관리자는 자기 소속 부서의 에너지 비용 대비 성과를 나타내는 월간 보고의 한 부분으로서 에너지 벤치마크 정보를 제공받는다. 이 벤치마크 보고는 보통 해당부서의 목표대비 에너지 소비 성과 또는 다른 부서와의 성과비교 등을 보여준다.

누가 벤치마킹 정보 시스템의 사용자인지 이해하는 것은 정보시스템의 화면을 설계하는데 지침을 주는데, 이를 통하여 에너지관리 목표를 설정하고, 목표대비 성과를 추적하며, 변동에 대한 보정작업을 수행하며, 아주 적극적으로 지속적인 에너지 효율 향상을 위한 새로운 가능성을 찾아 볼 수 있다.

## **Design Information Views**

에너지 벤치마크 정보 및 관련 데이터를 표시하는 데는 다양한 방법이 있는데, 여기서는 이에 대하여 간단하게 설명한다.

### 1) Energy benchmark in a table

테이블 형태의 표현은 에너지 벤치마크 값을 상세하게 표현하고 조직하는 가장 효과적인 방법이다. 테이블을 사용하여 서로 다른 빌딩, 건물임차인, 사업부에 대한 특정 벤치마크 값을 보

여출 수 있다. 만약, 에너지관리 계획이 어떤 특정 기간 동안의 에너지소비 감축량을 나타내고 있다면, 테이블을 사용하여 이 기간 동안의 에너지 소비 벤치마크 값을 나타낼 수 있다.

### 2) Energy benchmark in a bar chart

바-차트를 이용하면 현재 및 과거의 에너지 벤치마크 값을 기 설정된 목표 값과 비교하여 시각적으로 잘 나타낼 수 있다. 또한 어떤 에너지 시스템에 대한 월간 단위의 설정된 목표 값 대비 실제 값을 나타낼 수 있고, 다른 에너지 시스템에 대한 벤치마크를 비교하는데 사용할 수 있다.

### 3) Drill-down date in a time-series chart

어떤 요소가 에너지 소비 또는 증가에 영향을 끼치는지 이해하는데 시-계열 차트 표현은, 에너지 벤치마크 뒤에 숨어있는 상세한 정보를 제공한다. 실제 값 및 설정된 목표 값을, 일정 시간대에 걸쳐 그려 봄으로써 어디서부터 계획 값 대비 실적 값의 변동이 시작되었는지 확인할 수 있다.

#### [예제2] Drill-down into greater detail

예제1에서 자산관리 회사의 에너지관리자는 5개 빌딩에 대한 에너지소비 벤치마크를 생성하였다. 비록 가장 큰 빌딩의 에너지소비가 가장 작은 빌딩의 5배에 달했지만, 에너지관리자가 만들어낸 바-차트에 의하면 가장 큰 빌딩(빌딩4)가 실제적으로는 가장 에너지효율이 높은 빌딩이며, 가장 작은 빌딩(빌딩2)이 실제적으로는 에너지효율이 가장 낮은 빌딩중의 하나임을 알 수 있었다. 에너지관리자는 빌딩2가 왜 에너지효율 측면에서 가장 비효율적인지 좀 더 이해하기 위해 빌딩2의 에너지소비 벤치마크 값 뒤에 숨어있는 데이터에 대하여 좀 더 면밀하게 조사하기로 결심하였다(Drill-down approach 결정). 에너지 벤치마크 값을 계산하기 위해 예제1에서 생성한 스프레드 시트를 활용하여 빌딩2에 대한 과년도 월간 kWh 데이터를 입력하였다. 이렇게 하여 x축에는 월을 표시하고, y축에는 kWh를 표시하는 시-계열 그래프를 완성했다. 아래 그림3은 1년간에 걸친 빌딩2에 대한 시-계열 그래프를 보여준다.

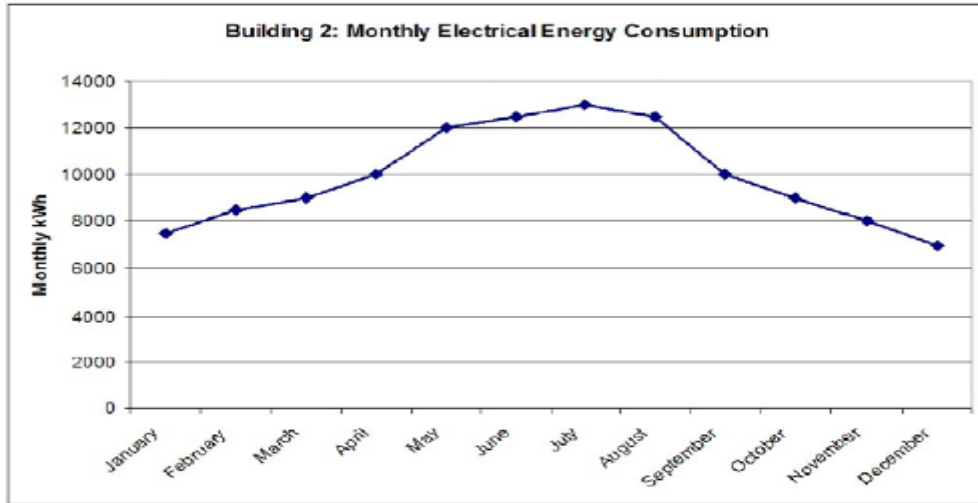


그림3 가장 비효율 적인 빌딩에 대한 월간 kWh 소비 값

이 그림에서 보면 대부분의 에너지소비가 여름 동안에 발생했고, 이는 에너지관리자에게 그리 놀라운 결과는 아니었다. 왜냐하면 대부분의 빌딩에 있어서 여름에 HVAC 부하에 의한 에너지 소비가 많기 때문이다. 그러나 에너지관리자 에게는 여름 동안의 에너지소비가 좀 많아 보였다. 그래서 빌딩2에 대한 kWh/square foot 데이터를 만들어 가장 효율이 좋았던 다른 빌딩과 비교해 보기로 하였다. 5월에서 8월까지의 데이터를 추출하여 빌딩2와 빌딩4에 대한 월간 전기 에너지 소비를 바닥면적으로 나눠(정규화하여) 비교하였다. 그림4는 5월부터 8월까지 빌딩2, 빌딩4에 대한 에너지 벤치마크를 비교한 바-차트이다.

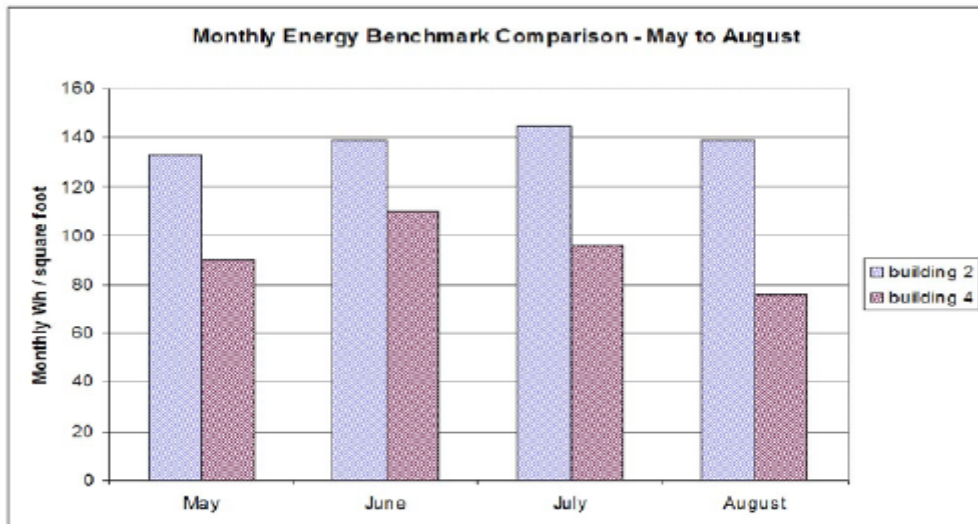


그림4 빌딩2, 4에 대한 하절기 동안의 월간 에너지소비 벤치마킹

### Benchmarking Analysis Tips

일단 에너지 벤치마크를 완성하고 표준 정보 화면을 구성한 다음에 지속적인 분석적 노력을

기울여야 할 분야는 에너지소비의 변화를 이해하고 포착하는 일이다. 대부분의 에너지 관리계획의 목적은 첫째 이해하고, 둘째 에너지 소비를 제어하는 것이다. 에너지 벤치마크와 기준 소비 패턴을 생성하는 것이 에너지소비를 이해하는 첩경이다. 에너지소비를 제어하는 것은 지속적인 에너지 데이터 분석 그리고 어떻게 내부적/외부적 요인이 에너지소비에 영향을 끼치는지 이해하기 위한 모든 필요한 절차를 밟는 것이다. 숨어있는 에너지소비 패턴을 발굴하는 하나의 방법은 에너지소비에 관련된 어떤 핵심적인 동인(driving factor)에 대한 에너지소비 데이터를 모으고 조직하는 것이다. 에너지소비를 TOU(Time Of Use) 별로 묶는 방법은 종종 숨어있는 에너지소비 패턴을 찾는 데 유효하다. 특히, 생산량, 외기온도, 빌딩 내 상주인구의 수와 같은 주요 동인은 TOU와 아주 밀접한 상관관계가 있기 때문에 유효하다. 에너지소비에 대한 TOU 수집 방법을 위한 몇 가지 제안을 하면 아래와 같다.

### 1) Seasonal

에너지소비 데이터를 계절별로 모으는 것은 환경조건의 영향을 예측하는 가장 쉬운 방법이다. 외기 온도의 변화, 계절에 따른 일조량의 변화는 다양한 에너지시스템(HVAC, 조명제어시스템 등)의 에너지소비에 영향을 준다. 아래의 예제3은 에너지소비 데이터를 계절별로 모으는 것을 보여준다.

### 2) Weekday/Weekend

에너지소비 데이터를 주중 또는 주말로 나누어 모으는 것은 Occupancy(빌딩 점유자)의 유무가 어떤 영향을 예측하는 가장 쉬운 방법이다. 빌딩 내 점유자는 에너지소비에 결정적인 영향을 주며 많은 빌딩의 경우(사무실 또는 학교) 주중, 주말에 따라 가동시간, 가동의 정도에 명확한 패턴이 존재한다. 아래 예제3은 에너지소비 데이터를 주중/주말로 나누어 모으는 것을 보여준다.

### 3) Production shift

산업계의 에너지소비는 주로 생산량에 좌우되는데, 생산계획의 변동이 생산활동에 직접적인 영향을 미친다. 생산활동이 계절 또는 주중 특정 요일에 따라 달라지는 것은 아니지만 에너지소비를 생산계획의 변동(shift)에 따라 모아보면, 특정 shift에서 다른 shift로 변경될 때 에너지 효율 측면에서는 상당히 재미있는 결과를 보일 수 있다.

에너지소비 패턴 중, 비정상적인 상태 정보 속에 숨어있는 요소를 찾아내고 결정하는 것은 에너지관리 플랜의 목표를 달성하는데 아주 중요하다. 그러한 비정상적인 상태를 분석하여 근본 원인을 파악하고 미래의 영향을 최소화 하는 조치를 취할 필요가 있다. 유의해서 감시해야 할 두 종류의 비정상적인 상태는 에너지 소비의 갑작스런 증가(Spike)와 지속적인 변동이며 아래에 좀 더 상세하게 기술하기로 한다.

### 1) Spike

에너지소비에 있어서 갑작스런 증가는, 설비운전의 일시적인 또는 갑작스런 변화(HVAC 설비에 대한 계절별 테스트 등)를 나타낸다. 이러한 **spike**는 에너지시스템 설비의 잠재적인 곧 발생할 수 있는 고장과 혼동되지 않도록 조사되고 규명되어야 한다.

### 2) Sustained changes

에너지소비의 지속적인 증가 또는 감소가 있다면, 그것은 에너지 시스템에 큰 변동이 있음을 의미한다(빌딩설비의 확장, 구형 설비를 신형 에너지효율이 높은 것으로 교체 등). 예상치 못한 큰 변동은 빨리 조사되고 규명되어야 한다.

마지막으로, 에너지시스템의 운용에 대해 좀 더 많이 이해하기 위해서는, **Information views**를 생성하여 서로서로 비교하는 것이다. 다음의 예를 들어 설명한다.

#### 1) Compare energy systems

서로 다른 에너지시스템에 대한 공통되는 측정단위(에너지소비 등) 또는 벤치마크가 비교를 위해 테이블 또는 차트에 표시된다(그림2 참조). 보다 더 정확한 비교를 위해 측정단위는 같아야 하며, 데이터에 대한 시간의 범위도 같아야 한다.

#### 2) Energy consumption .vs. Potential driver

이 **Information view**는 측정값(에너지소비 등)과 그 측정값에 영향을 미칠 수 있는 잠재적 요소(외기온도 등)를 결합한 것이다. 이런 **Information view**를 통해 하나의 변수와 다른 변수 사이에 존재할 수 있는 관계를 알 수 있는데 좀 더 명확한 관계를 도출하려면 회귀분석과 같은 통계적 수법을 동원해야 한다.

아래 예제는 에너지관리자가 어떻게, 조직내의 에너지 정보시스템을 조직하고 이를 주요 동인(여기서는 **Time of week**)과 비교하여, 고 에너지소비의 근본 원인을 찾아낼 수 있는지 보여준다.

#### [예제3] Organizing benchmark data to uncover patterns

왜 여름철에 빌딩2의 에너지소비가 그렇게 많았는지 이해하기 위해, 에너지관리자는 유틸리티와 접촉하여 몇몇 빌딩에 대한 일간 에너지소비 데이터를 얻을 수 있는지 알아보기로 했다. 다행스럽게 빌딩2와 4에 대한 일간 에너지소비 데이터를 확보하여 그 동안 사용했던 스프레드시트에 입력하여 새로운 정보를 파악하고자 했다. 결과, 빌딩2 및 4에 대하여 5월부터 8월까지의 일간 데이터를 입력하여 주중과 주말로 나누어 비교해 보기로 하였다. 그림5는 5월부터 8월까지, 주중과 주말로 나누어 두 빌딩에 대한 일간 에너지소비를 보여준다. 그림5를 보면 가장 에너지효율이 높았던 빌딩4의 경우 주중, 주말의 에너지소비가 큰 차이를 보이고 있음을

알 수 있는데 반하여 빌딩2의 경우는 별 차이가 없음을 알 수 있다. 좀 더 상세하게 원인을 파악하고자 두 빌딩의 관리자를 만나 여름철, 주중과 주말에 대한 빌딩의 Occupancy(빌딩이 점유자) 및 운전에 대하여 조사하였다. 두 빌딩의 관리자의 확인에 의하면 두 빌딩의 운전 시간은 공히 주중에는 9시부터 5시였고, 주말에는 운전하지 않는다고 한다. 또한 두 빌딩 모두 빌딩자동화 시스템이 설치되어 있고, 주말에는 에너지를 절약하기 위해 setback 모드로 운전된다고 한다 그러나 빌딩2의 관리자에 의하면 이 빌딩의 자동화 시스템이 설치한지 상당히 오래되었고, 관리자들 중 어느 누구도 시스템 운전에 대해 정확히 아는 사람이 없었다고 한다. 빌딩관리회사의 에너지관리자는 지금까지의 조사결과를 보고하면서 빌딩자동화 시스템이 기대한대로 동작하지 않았음을 지적했고, 자동화 시스템 업체에게 연락하여 setback 모드에 대한 구성이 맞는지 확인해 줄 것과, 빌딩 관리자에 대한 재교육 계획을 수립하여 교육받을 것을 제안하였다.

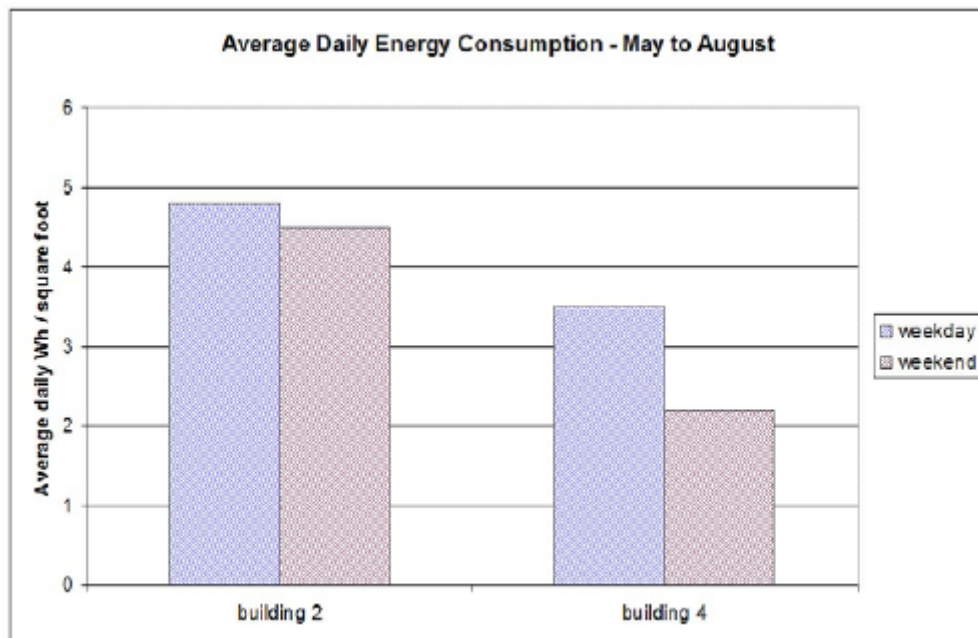


그림5. 빌딩2, 4에 대한 하절기 동안의 벤치마크 값(주중/주말)

## 6. Conclusion

지난 수십년간 에너지관리 방안에 많은 진화가 있었는데, 주로 비즈니스 영역에서 사용하고 있는 경영관리 기법 및 정보기술의 진보된 기술들을 채용한 것으로 판단된다. 과거에는 주로 장치기술에 집중했고, 목표를 설정하고 목표에 대한 성과를 추적하는데 필요한 관리체계에 대해서는 별다른 관심이 없었다. 근래의 에너지관리 시스템은 비즈니스 및 품질경영 시스템에 필수적인 성과관리 방법을 채용하여 에너지 절감 효과를 크게 하고 또 지속적인 에너지 절감이 가능케 한다. 설비에 대한 벤치마킹과 같은 실행방법을 지원하는 정보시스템이 점점 더 에

너지관리 방안의 중요한 부분으로 자리잡고 있다. 과거에는 이러한 정보시스템이 가격의 문제로 도입하기 어려운 점이 있었으나 측정기술과 컴퓨터기술의 발달에 힘입어 측정 포인트의 증가에도 불구하고 경제성을 갖추게 되었다. 에너지 효율에 대한 목표를 설정하고, 이를 추적 관리하며 설비에 대한 벤치마킹 기능을 결합한 종합적인 에너지관리 방법은 지속적인 에너지 절약을 지원하는 가장 강력한 framework이라 할 수 있다.

### References

- [1] MSE 2000: A Management System for Energy, 2000.
- [2] Guidelines for Energy Management, Energy Star program, [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=guidelines.download\\_guidelines](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=guidelines.download_guidelines) (accessed July 2005).
- [3] G. Kats et al., Energy Efficiency as a Commodity: The Emergence of an Efficiency Secondary Market for Savings in Commercial Buildings, *Proceedings of the 1996 ACEE Summer Study*, 1996, Vol. 5, pp. 111-122.
- [4] Benchmarking Your Facilities for Greater Success, Rebuild America, <http://www.rebuild.org/attachments/SolutionCenter/RBABenchmarkingSuccess.pdf> (accessed July 2005).
- [5] Benchmarking and Best Practices Guide for College Facility Managers, Natural Resources Canada, <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/infosource/pub/ici/eii/m92-189-2000e.cfm?attr=20> (accessed July 2005).
- [6] Turner, Wayne C. (editor), Energy Management Handbook, 4<sup>th</sup> edition, Fairmount Press: Lilburn, GA, 2001.