

**EEM 시스템을 통한 에너지 절약 극대화****(Maximizing Energy Savings with Enterprise Energy Management system)**

2004. IEEE

**1. Abstract**

에너지관리 분야가 발달하면서, 조직에서 요구되는 에너지가 가장 효과적인 방법으로 사용되고 있음을 보증하는 도구 또는 최고의 실천사례(best practice)의 이용이 가능하게 되었다. 과거의 에너지관리 사례는 주로 비효율적인 설비를 교체하고 그로 인한 절감 효과를 예측하는 방법들을 중심으로 구성되었다. 그러나 최근 미국 에너지성 (Department of Energy) 및 텍사스주의 에너지 보존사무국(State Energy Conservation Office)의 연구결과에 의하면 지속적인 에너지 관리 방안의 실천 및 검증된 측정 및 검증 절차를 적용함에 따라 에너지 절감이 상당히 증가하였고 그 효과 또한 장기간 지속되었음을 알 수 있다.

에너지관리에 관한 표준 및 최고의 실천사례가 광범위하게 채용될 때, 이를 지원하는데 필요한 정보시스템 적용 및 평가 단계에서 아주 중요한 역할을 담당한다. 이러한 Enterprise Energy Management (EEM) 시스템은 에너지 관리 전략에 대한 확신을 심어주고, 에너지관리 실행계획이 조직 내부에 제대로 뿌리내리고 올바른 방향으로 진행되고 있는지를 평가하는데 필요한 분석능력 및 상세한 데이터를 제공한다.

조직은 EEM을 사용함으로써, \*) 현재 조직 내 에너지 성능에 대한 종합적인 이해 즉 에너지사용에 대한 통찰력을 확보할 수 있고, \*\*) 비용효율(cost-effectiveness)이 높은 에너지 관리 방안을 수립하고 선택할 수 있으며, \*\*\*) 실행에 옮긴 에너지관리 방안의 성과를 추적 측정할 수 있고 얼마나 절감되었는지 검증할 수 있다.

**2. Introduction**

지난 수십년간 에너지관리 분야에 대한 지속적인 관심과 다양한 활동이 있었다. 미국 에너지 서비스회사에 의해 수행된 십년간의 에너지효율 프로젝트에 대한 LBNL(Lawrence Berkeley National Labs)의 연구결과에 의하면 전체 프로젝트 비용은 대략 1990년의 5억\$에서 2000년에는 20억\$로 증가했다.

에너지관리 방안은 전통적으로 에너지를 많이 사용하는 공정 또는 설비에 대한 에너지효율을 높이는 기술에 집중되어 있었다. 미국 에너지성의 에너지효율 프로그램인 Rebuild America에 의하면 가장 많이 사용된 에너지 효율향상 방법으로 조명 및 HVAC에 대한 개선을 최우선으로 꼽고 있고, 미국에너지성의 EIA(Energy Information Administration)은 폐열회수, 인버터 적용

을 포함한 다양한 산업 분야에 대한 에너지관리 활동을 펴고 있다.

비록 설비나 공정을 개선하는 것이 에너지효율을 높이는 핵심 구성요소라는데 약간의 의구심이 있기는 하지만, 전통적인 에너지관리 방안이 장기간에 걸쳐 지속적인 에너지 절약 효과를 내지는 못했다는 우려가 있었던 것은 사실이다. 반면에 앞서 언급한 LBNL의 연구결과는 장기간에 걸쳐 에너지효율 향상을 위한 프로젝트가 증가했으며, 전통적인 에너지 관리 방법에도 변화가 있었음을 알려주고 있다.

지난 수년간 에너지효율 프로젝트의 성과를 높여주고, 실현된 에너지 절감을 보다 더 예측 가능케 하고, 재현 가능케 하는 표준 및 최고의 실천사례(best practice)를 정의하기 위한 다양한 노력이 있었다. 예를 들면 IPMVP(International Performance Measurement and Verification Protocol)은 상업용 및 산업용 설비에 있어서 에너지효율 프로젝트의 결과를 측정하고 검증하는 최고의 실천사례(best practice) 방법을 제공하였다. 또한 MSE 2000 (Georgia Institute of Technology 에서 개발하고, 미국 ANSI에서 인증한 에너지관리 표준)은 에너지효율을 높이고 비용을 줄이기 위한 특별한 관리 Infrastructure를 규정하였다. IPMVP나 MSE 2000 표준은 전통적인 에너지효율 방안을 넘어, ISO 9000 및 ISO 14000과 같은 최고의 실천사례(best practice) 관리시스템에서 볼 수 있는 구조 및 교범과 비슷한 종합적인 전략적 에너지관리 방안의 영역으로 확대되었다.

### 3. Strategic Energy Management

에너지관리 분야가 발달하면서 수천 건의 에너지 효율 향상 프로젝트에서 얻어진 지식은 전통적인 전술적 실천(One-time, Build-and-Forget project)에서 보다 종합적인 Best-Practice(프로젝트의 수명기간 동안에 걸쳐 능동적으로 관리하는 것을 포함)로의 전환을 추구하고 있다. 에너지관리에 대한 이러한 전략적 접근은 Energy Star(미국), Natural Resources Canada(캐나다), Action Energy(영국)와 같은 국제적 조직에서도 추천하고 있다. 이러한 국제적 조직에서 말하는 에너지관리 전략간에 약간의 미묘한 차이점이 존재하고 있기는 하지만 아래 표 1 에서와 같이 주요 요소를 공통적으로 강조하고 있다.

많은 현대적 관리시스템의 경우와 마찬가지로, 국제적인 각 조직에서 언급하는 전략적 에너지관리 접근 방법은 목표의 설정, 성과의 추적, 결과에 대한 소통을 위한 정보시스템의 필요성을 강조하고 있다. MSE 2000 에너지관리 표준에서는 몇몇 분야에서의 정보시스템의 필요성을 강력하게 권하고 있으며 아울러 부록에 있는 바와 같이[5] 몇 가지 표준 샘플 보고서를 제공한다. 영국의 Action Energy에서 나온 몇 가지 문서(Introducing Information System for Energy Management[6] 과 Monitoring and Targeting in Large Companies[7]을 포함)는 전략적 에너지 관리에 사용되는 정보시스템의 역할에 대하여 보다 풍부하고 상세하게 설명한다.

정보시스템을 포함한 전략적 에너지 관리 접근방법은 전통적인 전술적 접근방법에 의해 달성된 에너지 절감을 훨씬 넘어 상당한 수준의 에너지 절감을 가능케 하는 힘을 갖고 있다.

미국 에너지성의 한 연구결과에 의하면, 900개 이상의 빌딩에 대한 에너지 효율향상 프로젝트를 조사했는데 측정 및 검증에 있어 최고의 실천사례(best practice) 방법을 적용한 프로젝트가 비교 가능한 다른 프로젝트에 비하여 초기 및 장기간에 걸쳐 보다 더 많은 절감 실적을 보였으며, 거의 10%에 가까운 추가적인 ROI(Return On Investment) 결과를 보여주었다.

전략적 에너지관리 방안과 진보적인 Enterprise Energy Management(EEM) Information 시스템을 결합하면, 조직에서 잠재적인 에너지 효율향상 프로젝트를 평가하고 그 결과를 검증하는데 필요한 Tool을 제공할 수 있다.

Corporate Commitment (조직의 헌신)	효과적인 전략적 관리 계획은 전 조직에 걸쳐 지속적인 개선이 이루어 질 수 있도록 강력한 헌신(獻身; 몸과마음을 다함)을 요구한다.
Evaluate Current Performance (현재의 에너지성공에 대한 평가)	온실가스 인벤토리 구축, 에너지 감사(Audit)를 통해 헌상을 제대로 파악하고 에너지 map 상의 모든 포인트에 대하여 기준(baseline)과 윤곽(ouline)을 만든다.
Set Performance Goals (성공에 대한 목표설정)	에너지성공에 대한 목표는 결정을 위한 방향을 제시하며, 성과의 추적 및 성공여부를 판단하는 기초를 제공한다.
Action Plan (에너지효율 향상을 위한 실천계획)	조직내의 모든 사람들이 에너지효율 향상에 집중하고 가장 우선적으로 생각할 수 있도록 방향을 잡아주고 유도한다.
Educate and Motivate Participants (조직원에 대한 교육 및 동기부여)	공급적인 성공의 열쇠는 에너지 Action Plan을 실천하는 관리자 및 종업원들의 능력과 이들이 얼마나 헌신하는가에 달려있다.
Evaluate Ongoing Performance (성공에 대한 지속적인 평가)	에너지성공에 대한 지속적인 개선 및 장기간에 걸친 계획의 성공을 보장하려면 에너지절약성공을 지속적으로 평가가 강력하게 요구된다.
Communication Strategy (성공에 대한 공유 전략)	조직이 거둔 에너지절약성공에 대하여 조직내/외부에 공유하고자 하는 기본 토대가 필요.
Recognition Strategy (인정하고, 인정받기 위한 전략)	모든 참여자의 기여도에 대하여 평가하고, 인정하고, 공유하는 전략적 노력으로 성공적인 에너지관리 전략을 구축하는 강력한 토대를 제공한다.

표1. 전략적 에너지관리의 구성요소

#### 4. Enterprise Energy Management Systems

Enterprise Energy Management(EEM) 정보시스템은 다음과 같은 기능을 수행함으로써 앞서 언급한 전략적 에너지관리 프로세스를 지원합니다.

- Baseline(에너지사용에 대한 기준)을 구성하는 현재의 에너지 성과에 대한 데이터 수집
- 에너지성과 목표를 설정하고, 추적하는데 필요한 정보 제공

□ 관리자 및 에너지프로젝트 참여자와 에너지성과에 대해 지속적으로 소통하기 위한 보고 및 KPI(주요성과지표; Key Performance Index)의 생성

그림 1은 최신의 EEM 정보시스템을 구성하는 전형적인 구성요소를 보여준다. Intelligent microprocessor-based device (IED ;Intelligent Electronic Devices)는 단일 또는 다수의 설비 내에 주요 포인트에 설치되어 에너지 사용을 측정하고 통신망을 통해 상위 기기 또는 head-end 소프트웨어로 전송합니다. 소프트웨어는 이러한 데이터를 보관, 가공 처리하여 사용자가 원하는 다양한 형태로 메시지 또는 웹을 통해서 제공합니다. EEM 정보시스템을 전략적 에너지관리를 지원하기 위한 다양한 방법으로 사용할 수 있는데, 네 가지 주요 응용 형태(Modeling and Forecasting, Benchmarking, Energy Use and Cost Analysis, Measurement and Verification)에 대하여 다음에 상세하게 기술합니다

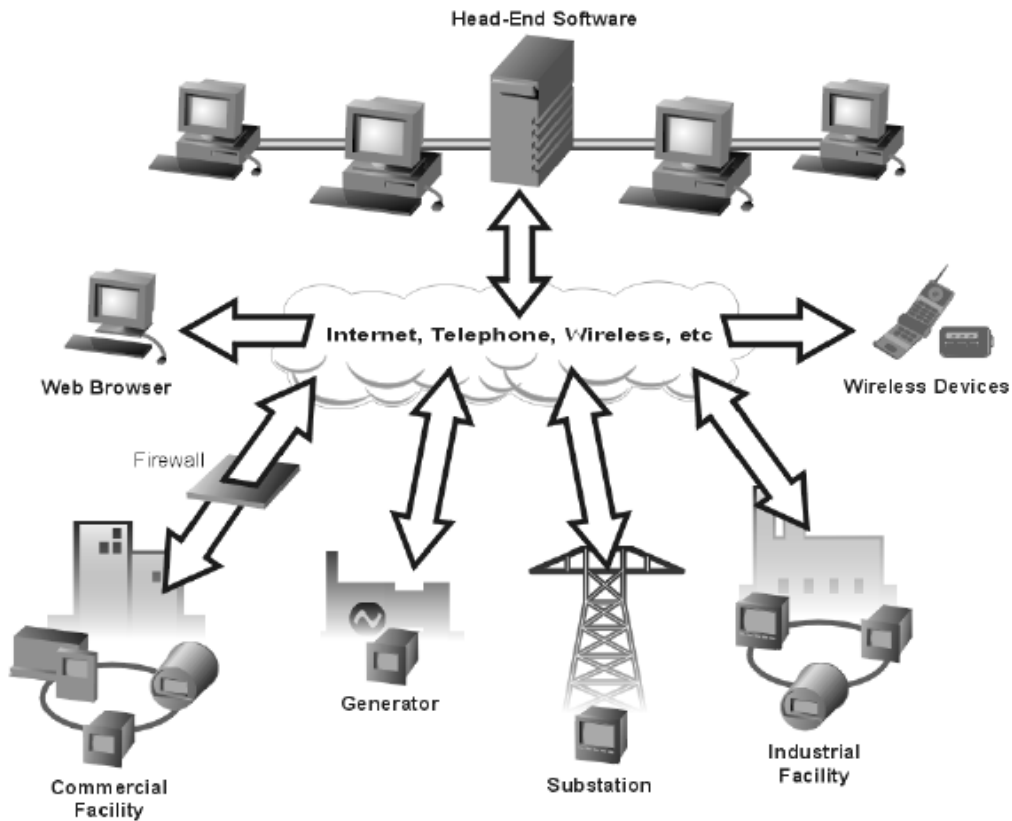


그림1. EEM 정보시스템

### 1) Modeling and Forecasting

빌딩 또는 프로세스의 에너지 사용을 모델링 하는 것은, 보통 에너지 소비데이터를 모아서 이 데이터를 에너지 소비의 주요 동인으로 생각되는 어떤 변수(예; Degree-day(어느 날의 평균기온과 표준온도와의 차이), 생산활동 등)와 함께 Plotting하는 것을 포함합니다. 빌딩의 경우

heat loss (또는 heat gain)의 비율이 실내/외의 온도와 직접적 관련이 있기 때문에 빌딩의 에너지소비와 측정된 Degree-day는 직선적인 관계를 갖게 됩니다. 에너지의 사용이 주로 프로세스의 물리적 구성(heat-based 및 화학공정)에 의해 결정되는 생산 프로세스의 경우 에너지소비와 생산량이 보통 직선적인 관계를 갖게 됩니다.

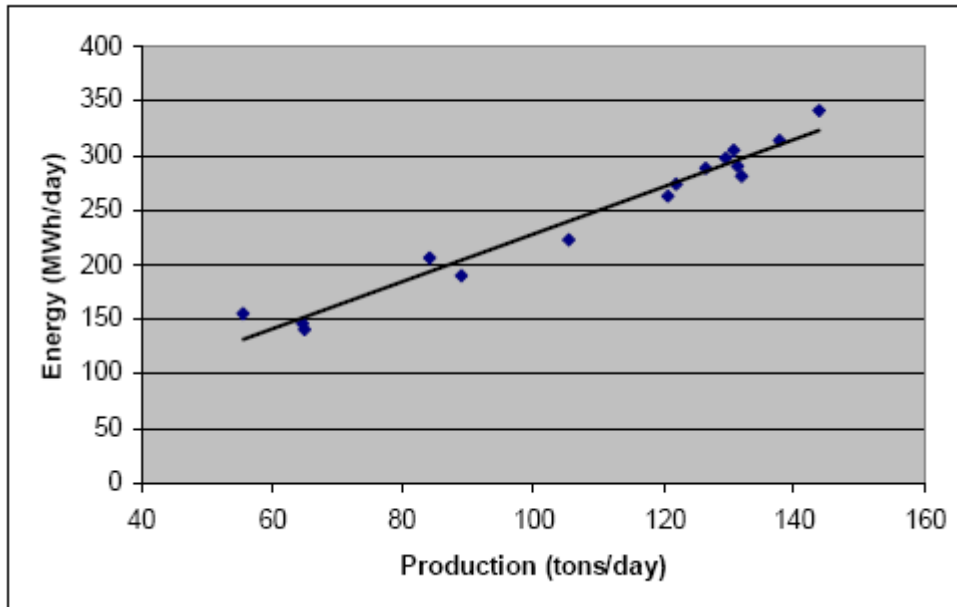


그림2. 에너지 소비와 생산량과의 관계

위 그림2의 scatter plot을 예를 들어 설명하면 x축은 생산량(톤/day)을, y축은 소요된 에너지(Mwh/day)을 나타낸다. Plot의 각 점은 어떤 날의 생산량과 소요된 에너지를 나타내는데, 이런 점들을 (측정에 의하여) 많이 확보하여 그려보면, 생산량과 에너지소비 사이에 어떤 관계가 있음을 알 수 있다. 전체적인 plot의 형상에 가장 적합한 직선에 관한 수식을 유도해 내면 (Modeling), 생산량에 따라 에너지 소비가 어떻게 변하게 되는지 쉽게 알 수 있게 된다. 이런 model을 사용하게 되면 어떤 특정 수량의 제품을 생산할 때 소요되는 에너지 소비량을 예측할 수 있을 뿐 아니라 다양한 분야에 응용할 수 있다. 어떤 계획 생산에 소요되는 에너지 소비량 또는 에너지 비용을 예측할 수 도 있고, 어떤 에너지 효율을 높이기 위한 프로젝트를 계획할 때, 그 결과 얻을 수 있는 에너지 절감에 대한 예측도 가능하다.

## 2) Benchmarking

에너지관리 정책에 있어, benchmarking은 동일 그룹 내(빌딩 또는 프로세스 등) 에너지 소비를 서로 비교하던가 업계 표준 또는 공히 인정된 표준과 비교할 수 있는 가장 직접적인 방법이다. Benchmarking을 하기 위한 가장 기본적인 단계는 에너지 소비를 어떤 주요한 척도(kWh/m<sup>2</sup> 또는 MWh/Produced Tone 등)에 맞춰 정규화(Normalize) 하는 것 이다. 그럼으로써 비교 대상 간에 동등한 비교(apple to apple comparison)이 가능하게 된다. 그림3의 benchmarking 차트를

보면 몇몇 빌딩에 대한 전기 에너지소비(kWh/ m<sup>2</sup>/Year)를 나타낸다. 좌측에서부터 시작하여 5개의 막대 그래프는 각각 빌딩 A, B, C, D, E에 대한 전기 에너지소비를 나타내고, 여섯번째 막대 그래프(Bldg Avg)는 5개 빌딩의 평균 에너지소비를 나타낸다. 맨 우측의 막대 그래프는 최고의 사례(best practice)를 나타낸다. 5개 빌딩을 담당하는 에너지 관리자는 이 그래프를 통해 빌딩 B, E가 다른 빌딩 C나 D에 비해 에너지 효율이 상대적으로 좋고, 5개 빌딩에 대한 에너지 소비 평균이 best practice에 비해 상대적으로 낮다는 것을 알 수 있다.

이런 직접적인 비교는 에너지 관리자에게 에너지 효율 향상을 위한 출발점을 제시한다. 왜 어떤 빌딩은 다른 빌딩에 비해 에너지 효율이 떨어지는가? 구체적으로 어떤 부분에서 차이가 나는가? 에너지 효율을 높이기 위해선 어떤 방안을 고려해야 하는가를 고민하고 조사하는 것이 에너지 효율을 높이기 위한 출발점이다. 문제를 파악한 후 해답을 찾아내기 위한 에너지관리자의 긴 여정은 여기서부터 시작된다.

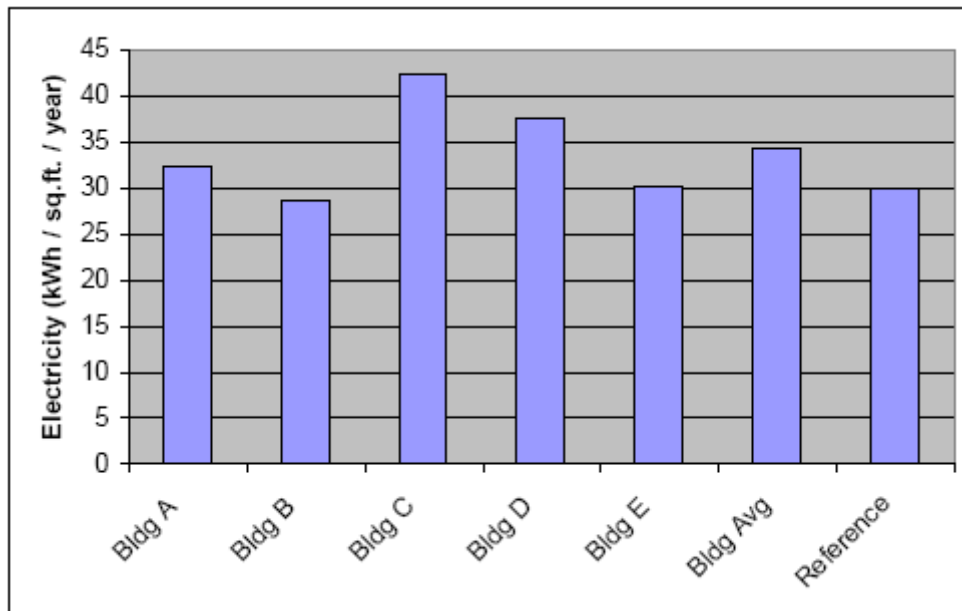


그림3. 에너지사용 Benchmarking

### 3) Energy Usage and Cost Analysis

에너지 사용 및 비용을 제어하는데 있어 핵심적인 부분은, 에너지가 어디서, 언제 사용되고 있는지를 이해하는 것이다. 에너지를 많이 사용하는 설비 및 프로세스에 대한 에너지 사용 및 비용 관점의 세부적인 접근 (breakdown approach)는 현재의 에너지 성능을 이해하고 가장 효과가 큰 에너지절감 실천계획을 수립하는데 있어 가장 중요한 단계이다. 그림4는 빌딩을 대상으로, 전체 전기에너지 소비를 세부적으로 분석한 예이다. 여기서는 빌딩 내 각 부분(Cooling, Heating, Ventilation, Lighting, 기타)이 연간 에너지사용량, 피크 디맨드의 관점에서 어떻게 기여하고 있는지를 보여주고 있다. 좌측에 있는 파이 차트는 어디서 에너지가 사용되고 있는지를

보여주고 있고, 우측에 있는 파이 차트는 언제 에너지가 사용되고 있는지를 보여준다. Cooling 부하의 경우 연간 에너지 사용관점에서 보면 18%를 점유하고 있지만, 피크 디멘드의 관점에서 보면 25%를 점유하고 있다. 전기요금에서 디멘드에 따른 요금이 거의 전기요금의 50%를 점유하는 경우가 보통이기 때문에 디멘드를 낮추기 위한 에너지절약 방안이 가장 에너지절감 효과가 큰 대책이 될 수 있다. 이런 이유로 에너지 사용 및 에너지 비용에 대한 Where & When 분석이 중요하다.

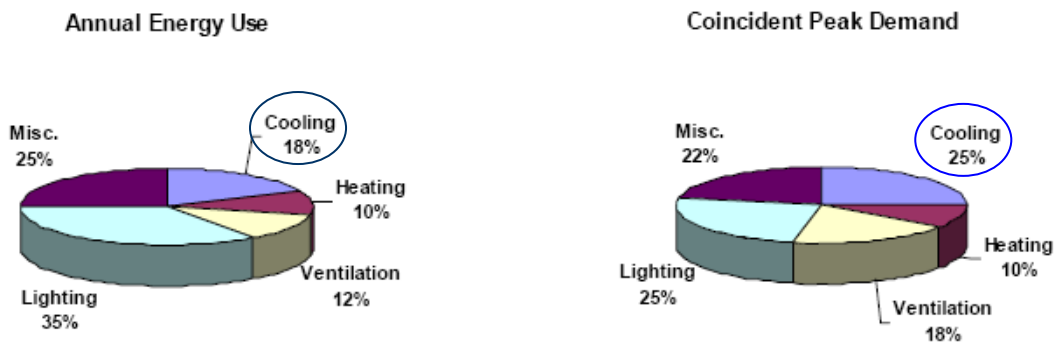


그림4. 연간 에너지사용 및 피크 디멘드(Peak Demand)에 대한 세부적인 분석

#### 4) Measurement and Verification

에너지절약 또는 효율향상을 위한 프로젝트의 실시 전후에 에너지 사용 또는 디멘드를 측정 비교하여 에너지 또는 디멘드가 얼마나 절감되었는지 결정하는 과정을 측정 및 검증 (Measurement and Verification) 이라 합니다. 이 분야에서 국제적으로 인정하고 있는 표준이 IPMVP 2001 [4]인데, 이 표준은 상업용 빌딩 또는 산업계 설비에 있어서 에너지효율 향상을 위한 프로젝트의 결과를 검증하는, 최고 수준의 기술에 대한 개관(Overview)을 제공합니다. IPMVP에서는 에너지 절감을 다음과 같이 정의 합니다.

$$\text{Energy Savings} = (\text{Basic Year Energy Use}) - (\text{Post-Retrofit Energy Use}) \pm \text{Adjustment}$$

$$\text{에너지 절감} = (\text{기준년도의 에너지사용량}) - (\text{에너지 action plan 도입후의 에너지 사용}) \pm \text{조정 분}$$

여기서, Adjustment (조정(調整), 조절; 수정)은 모델링의 수정을 의미합니다. 에너지 사용에 미치는 여러 요소를 반영해야 함을 말합니다. 빌딩의 경우에는 날씨, 입주자의 수, 생산량 등을 감안해서 비교해야 정확하게 에너지 절감 성과 측정이 가능합니다. 빌딩의 경우 외부 온도의 변화에 따라 에너지 소비량이 5% 정도 변하기 때문에 이런 요소를 감안해야 합니다. 지속적인 에너지 절감이 이루어 지려면 정확하고, 지속적인 측정 및 검증을 통해 성과를 측정하고 공시하며 동기 부여를 해야 합니다. 사람의 행동변화가 에너지 절감 및 효율 향상을 위한 프로젝트에서 가장 중요한 요소이기 때문입니다. 표2는 IPMVP 2001년판 Volume I의 측정 및

검증 관련 옵션 사항을 정리한 것 입니다.

<p>Option A (Partially Measured Retrofit Isolation)</p>	<p>에너지 절약의 성과는, <b>에너지 action plan이 도입된 시스템에서</b> 사용된 에너지 사용량을 부분적으로 측정하여 결정합니다. 부분적인 측정이라 함은 몇몇 파라미터에 대해 직접 측정하지는 않고 미리 약정된 값을 사용함을 의미합니다. 이렇게 하면 에러가 있을 수 있기는 하지만 전체 결과에 미치는 영향이 그리 크지 않음을 미리 알고 있기에 부분적인 측정을 적용하는 것 입니다. 측정은 지속적으로 할 수 도 있고, 아주 짧은 시간동안만 측정할 수 도 있습니다.</p>
<p>Option B (Retrofit Isolation)</p>	<p>에너지 절약의 성과는, <b>에너지 action plan이 도입된 시스템에서</b> 사용된 에너지 사용량을 전체적으로 측정하여 결정합니다. 측정은 아주 짧은 시간동안만 할 수 도 있고, 설비의 개조가 이루어진 후 지속적으로 할 수 도 있습니다.</p>
<p>Option C (Whole Facility)</p>	<p>에너지 절약의 성과는, <b>전체 설비 레벨에서</b> 에너지 사용량을 측정하여 결정합니다. 측정은 아주 짧은 시간동안만 할 수 도 있고, 설비의 개조가 이루어진 후 지속적으로 할 수 도 있습니다.</p>
<p>Option D (Calibrated Simulation)</p>	<p>에너지 절약의 성과는, <b>전체 설비 레벨 또는 각 구성 시스템 에서의</b> 에너지 사용에 대한 시뮬레이션을 통해서 결정합니다. 에너지 사용 시뮬레이션은 전력회사로 부터의 요금 데이터 또는 수용가 단에서 측정한 미터링 데이터를 활용하여 일부 보정을 합니다.</p>

표2. IPMVP 2001 Volume I Measurement & Verification 옵션 요약

EEM 정보시스템은 에너지절약 또는 효율 향상을 위한 프로젝트의 실시 전후의 에너지 사용에 대한 데이터를 수집하고, 분석하고, 보고하는 기능을 갖고 있어 잠재적인 에너지 절약이 얼마나 되는지 예측할 수 있고, 실제 달성된 에너지 절약이 얼마나 되는지 보여줍니다. EEM 소프트웨어가 갖고 있는 지속적인 측정 및 분석 능력을 통해 빌딩 또는 산업계 프로세스의 운용을 실시간으로 향상 시킬 수 있고 에너지 절약 또는 효율 향상을 위한 프로젝트로부터 얻게 되는 이득을 극대화 할 수 있습니다.

## 5. Conclusion

지난 수 십 년간 에너지 효율을 높이기 위한 다양한 시도로부터 확보한 지식은 우리로 하여금 전통적인 기술적 접근방법에서 벗어나 종합적이며 전략적인 에너지관리 방법으로 전환 할 것을 촉구하고 있다. 조직 내부에서 사용하고 있는 다양한 관리시스템과 마찬가지로 전략적 에너지 관리 방법은 정보시스템을 이용하여 목표를 설정하고, 성과를 추적 관리하고 소통할 것을 강조하고 있다. EEM 정보시스템은 현재의 에너지 성과에 대한 데이터를 포착하고, 에너지 성과 목표를 생성하고 그 결과를 추적하여 에너지 프로젝트 관련 매니저 또는 관련 조직원들에게 그 결과를 공유하도록 도와줌으로써 전략적 에너지 관리를 지원한다. 전략적 에너지 관리를 지원하는 EEM 소프트웨어는 Modeling 및 Forecasting, Benchmarking, Energy Use and Cost Analysis, Measurement and Verification등과 같은 특정한 응용 모듈을 포함하고 있는데, 이

들 모듈 몇 개를 잘 선정하여 사용하면 조직내부의 현재 에너지 성과에 대한 종합적인 Insight(통찰력)을 가질 수 있고, 에너지를 절약하기 위한 방안을 수립하고 비용대비 효과를 기준으로 우선 순위를 정할 수 있고, 어떤 방안이 실제 적용되면 그 결과에 대한 측정 및 검증하여 성과를 측정할 수 있습니다.

연락처: [ju-kwang.lee@kr.schneider-electric.co.kr](mailto:ju-kwang.lee@kr.schneider-electric.co.kr)

#### [참고문헌]

- [1] C. Goldman et al., Market Trends in the U.S. ESCO Industry: Results from the NAESCO Database Project, LBNL-49601, Lawrence Berkeley National Laboratory, May 2002, [http://eetd.lbl.gov/ea/EMS/EMS\\_pubs.html](http://eetd.lbl.gov/ea/EMS/EMS_pubs.html)
- [2] Overview of Potential Energy-Efficiency Measures [brochure, PDF], Rebuild America, <http://www.rebuild.org>
- [3] Industry Analysis Briefs, U.S. Energy Information Administration, <http://www.eia.doe.gov/emeu/mecs/iab/index5e.html>
- [4] IPMVP 2001 [Volume I], International Performance Measurement & Verification Protocol, <http://www.ipmvp.org>
- [5] MSE 2000: A Management System for Energy, Georgia Tech, <http://www.industry.gatech.edu/energy/>
- [6] Introducing Information Systems for Energy Management, GPG 231, Action Energy, <http://www.actionenergy.co.uk>
- [7] Monitoring and Targeting in Large Companies, GPG 112, Action Energy, <http://www.actionenergy.co.uk>
- [8] 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
- [9] Degree Days for Energy Management, GPG 310, Action Energy, <http://www.actionenergy.co.uk>
- [10] Benchmarking Your Facilities for Greater Success [brochure, PDF], Rebuild America, <http://www.rebuild.org>