

건물에너지 사용 저감을 위한 에너지 피드백에 관한 기초연구

이 은 주†, 배 민 호, 장 지 현, 김 동 호, 김 재 민*, 김 종 엽**,
다스컨설턴트(주), University of Strathclyde*, 대한주택공사 주택도시연구원**

Literature review of technologies and energy feedback measures impacting on the reduction of building energy consumption

Eun-Ju Lee†, Min-Ho Pae, Ji-Hyeon Jang, Dong-Ho Kim,,
Jae-Min Kim*, Jong-Yeob Kim**

Integrated Simulation Unit, DASS Consultants Ltd., Seoul 143-834, Korea

**Energy System Research Unit, University of Strathclyde, UK*

***Building Environment & Energy Research Unit Housing & Urban Research Institute*

*KOREA NATIONAL HOUSING CORPORATION 175, Gumi-dong, Bundang-gu, Seongnam-si,
Gyeonggi-do, 463-704, KOREA*

ABSTRACT: In order to reduce energy consumption, this study presents a way to energy reduction through energy-feedback which enables a household to self-recognize the need for energy reduction and respond to. The effect of this energy-feedback has been reported as 10~15% in average, and been actively investigated in abroad from 1970's while study in korea has been in its first step. In this study, examination on the cases of abroad study is made as it shows the effectiveness and applicability of energy feedback. And paradigms to consider for application to korea will be suggested anticipating the change of actions through energy feedback. .

Key words: Building energy (건물에너지 저감), Energy feedback(에너지 피드백), Information (정보),

1. 서 론

국제유가 배럴당 사상 최고치를 갱신하고 있는 요즘 에너지 다 소비국가인 우리나라는, 에너지 사용으로 인한 CO2 배출량 또한 2000년 대비 2030년까지 45~110% 증가할 것으로 예상되고 있어 우리나라 에너지 소비의 1/4를 차지하고 있는 건물 에너지 사용량 절감을 통한 효과적인 에너지 소비 감축 노력이 필요하다. 해외의 각 국에서는

건물에너지 소비를 절감하기 위한 여러 가지 연구와 프로그램 등을 운영하고 있다. 그 중에서도 에너지 사용정보 제공에 따른 사용자 자발적 에너지 절감 방법, 에너지 피드백(energy feedback)에 의한 사용자 중심의 에너지 절감방법이 해외에서는 이미 1970년대 중반부터 연구되기 시작하였다.⁽¹⁾

에너지 피드백(Energy Feedback)에 의한 에너지 저감방안이란 건물 내에서 거주하면서 에너지 시스템을 사용하는 거주자들에게 에너지 정보를 제공하고 동기부여를 통해 에너지 절감을 유도하는 사용자 정책을 의미하며 건물 에너지 시스템

† Corresponding author

Tel.: +82-2-913-2585; fax: +82-2-949-2585

E-mail address: yadalej@dasskorea.com

개선을 위한 직접 투자가 아닌 사용자 측면에서 궁극적인 에너지 절감 효과를 이끌어 내는 장기 정책으로 선진 각국에서 그 효과에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다.

본 연구에서는 에너지 피드백에 의한 에너지 저감 효과를 국내외 연구 및 사례를 문헌조사를 통하여 평가 하였으며 에너지 피드백 관련 정책을 국내 적용함에 있어 고려되어야 할 시스템성, 정보 콘텐츠 및 디자인 방안에 대한 고찰을 하며, 이를 토대로 사용자 중심의 에너지피드백 정보 디자인 가이드라인을 제안 한다.

2. 연구조사

2. 1 조사방법

국내외 에너지 저감 정책 연구 내용을 조사하기 위하여 대한설비공학회, 대한건축학회, 한국건축친환경설비학회, 건축도시연구정보센터, 국회도서관, 구글 학술검색에서 “건물 에너지 절감, 에너지 피드백, 에너지 정보 제공.” 키워드로 1970년대 ~2008년도에 걸쳐 검색 하였다. 이 중 국내논문에서 250건을 검색 하였는데, 이들 대부분은 건축적 절감 요소기술의 연구로 건축재료 연구, 건축시공방법, 생태건축 순으로 연구가 되고 있지만 사용자 정책 관련해서는 4건의 검색에 그치고 있었다.⁽²⁾ 그러나 구글의 학술검색에서 키워드 “building energy feedback, information, energy reduce.”로 해외 논문 10만300개의 논문이 검색 되었고 이는 중복되고 인용된 자료를 포함한 개수 이지만 우리나라와 비교해 활발히 연구가 되고 있음을 알 수 있다. 본 논문에서는 이들 중 실험결과가 뚜렷하거나 실제 시행된 사례를 중심으로 정리 보고 하고자 한다.

2. 국내 에너지피드백 관련 연구사례.

국내의 사용자 정책 관련 논문은 한국건축친환경설비학회 논문 검색 결과 단 4건에 그치고 있었으며, 그나마도 정량적 에너지 절감률을 제시한 연구 사례는 아직 없었다. 대부분 사용자 정책에 대한 중요성 및 제안 등의 개념 소개 정도 논문들이다.⁽²⁾ 문현준(2006)⁽³⁾과 이창호(2004)⁽⁴⁾의 연구결과는 실제 에너지 절감 효율에 대한 내용이 아닌 정부의 조절 필요성과 미국 사례의 소

개하였다.

또한 배누리 외(2008)⁽⁵⁾의 연구는 최적 생활환경을 조성하기 위해 사용자의 인식을 전환하려는 연구를 수행하였다. 간단한 온도/습도 측정기를 집 안에 설치하여 사용자들에게 단순한 정보 제공으로, 측정기를 사용하지 않은 집단은 사용한 집단에 비하여 8%가 적었다. 즉, 겨울철 적정 환경을 유지하는 데에 간단한 정보를 받는 것만으로도 도움이 된다는 것을 알 수 있다. 이 연구는 에너지 절감 효과와 직접적인 관련은 없었으나 사용 에너지 정보 피드백효과를 실제 현장 모니터링을 통해 수행한 연구로서 향후 에너지 피드백 관련 연구에 참고가 될 연구라고 볼 수 있다.

김종엽 외(2007)⁽⁶⁾의 연구는 웹기반의 에너지사용량 정보프로그램 개발을 목표로 진행된 에너지 소비량 모니터링 방안 및 정보시스템 기본설계는 현재 공동주택 사용자들의 의식조사와 함께 에너지 정보제공 사이트⁽⁷⁾를 운영함으로써 앞으로의 에너지 사용 통계데이터, 사용자 참여정도, 그에 따른 에너지 절약 효과에 대한 연구를 예정하고 있다.

2. 3 해외 에너지피드백 관련 연구사례.

국내의 드문 연구 사례에 비해, 사용자 정책에 따른 에너지 절감에 관한 연구는 이미 북미나 유럽에서 오래전부터 수행되어 왔다. 그 내용을 잘 요약해 놓은 Darby S.(2006)⁽⁸⁾에 의한 문헌조사를 토대로 사용자 정책에 따른 에너지 절감효과를 파악하였다. Darby는 에너지 사용자에게 에너지 정보를 제공하여 건물 에너지 절감 효과를 위한 수단으로 직접적 피드백(Direct feedback)과 간접적 피드백(Indirect feedback)등의 방식으로 분류 하였는데, 그 내용은 Table 1과 같이 정리할 수 있다. 표에 나타난 바와 같이 직접적 에너지 피드백 관련 연구는 5~14% 절감의 사례 보고가 많은 부분을 차지하고 있으며, 간접적(Indirect) 에너지 피드백 관련 연구는 0~4%, 10~14% 사이에 대다수가 존재한다. 또한 직접적 에너지 피드백 방법을 사용한다면 20%가 넘는 절감률을 보이기도 한다는 사례 보고가 3개가 있었으며 이는 사용자 측면에서 자발적인 에너지 절감의 최대 기대치를 볼 수 있다.

Table 1 Effect of energy feedback

energy saving (%)	0-4	5-9	10-14	15-19	20 of peak	20	un known
Direct Feedback	2	8	7	1		3	
Indirect Feedback	3		6	1	3		
1987-2000	4	6	5	1	1	3	1
1975-2000	6	9	13	3	1	3	3

2. 3. 1 직접적 피드백(Direct Feedback)

Darby가 정의한 직접적 피드백(direct feedback)이란 사용자가 언제든지 에너지 미터를 볼 수 있는 상태(에너지를 사용하는 곳에서 설치된 디스플레이, 퍼스널 컴퓨터나 웹 등을 통한)에서 실시간으로 정보를 제공 받을 수 있는 피드백 방식이다.⁽⁸⁾

실시간 에너지 피드백 중 한 사례로 캐나다 온타리오 주 하이드로 지방에서 25가구를 상대로 실험한 것에 따르면 모든 전기에너지 소비의 13%를 절감하였고,⁽⁹⁾ 일본의 연구에서도 총 사용 에너지 평균 12%의 절감량을 보였으며, 이는 다른 응용 수단을 복합 사용한다면 더 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 예상하고 있다.⁽¹⁰⁾ 또한 그 복합적 응용 피드백에 관한 연구가 Harrigan & Gregory에 의해 1994년에 미국에서 행해졌는데⁽¹¹⁾ 미국의 극빈층을 대상으로 진행하고 있는 Weatherization 프로그램을 적용 하였을 경우 난방용 가스사용량 14%의 절감을, Weatherization 프로그램과 사용자 교육을 통해 에너지 절감 의식을 심어주었을 경우 26%의 절감을, Weatherization 프로그램과 사용자 교육에 더하여 에너지 피드백을 추가하였을 경우 26% 이상의 절감을 이끌어 낼 수 있다는 연구였다.

또한 최근의 연구는 2006년에 캐나다에서 수행된 내용으로,⁽¹²⁾ 실제 사용자가 들고 다닐 수 있는 휴대용 모니터를 사용하여 실시간으로 전력 사용량과 CO2 사용량을 시간별, 기간별, 누적 사용량으로 제공한 내용이다. 열 부하와 다른 에너지 부하들의 데이터 분리를 통해서 최고 절감량 16.7%를 보였다. 유럽에서 추진하는 연구로 웹을 기반으로 한 사용자 모니터링 시스템이 있으나 현재 유럽의 인터넷 인프라가 아직 충분히

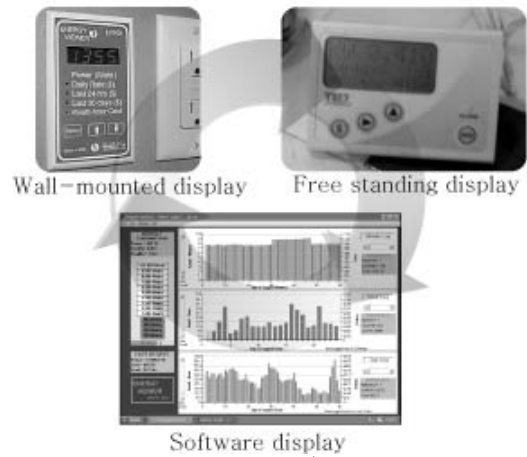


Fig. 1 Energy viewer (Upland Technologies)

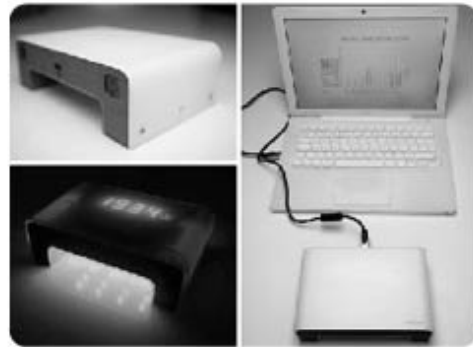


Fig. 2 Wattson (DIY, Kyoto Ltd)

갖추어져 있지 상황으로 연구 진행이 늦어지고 있다고 보고되었다.

Fig.1 그림은 미국의 Upland Technologies의 불박이용 모니터링 장치와 휴대용 모니터링 장치, 에너지 사용량의 통계를 나타내주는 웹 인터페이스(Web Interface)이다. 이러한 모니터링 장비 중 에너지 관련 피드백을 시각적으로 가장 잘 표현하고 있는 장치는 DIY교토사의 Wattson이다.⁽¹³⁾ 이 장치는 Fig 2와 같으며, 어떤 제품이든 전기사용량과 전기요금을 색상과 밝기의 변화로 바로 알려주며, USB를 통해 PC에 연결하여 특정시간 동안의 전력소모량을 이해하기 쉬운 막대 그래프로 보여 준다. 하지만 이 장치는 전기에너지만 적용 가능하며 다른 연료에너지 경우에는 적용하지 못하는 한계가 있다.

2. 3. 2 간접적 피드백(Indirect Feedback)

간접적 피드백(Indirect Feedback)이란 에너지 사용량 정보가 사용자에게 전달되기 전에 얼마의

처리과정이 제공자로부터 진행되는 것을 말한다. 즉 에너지 공급자가 데이터를 가공하여 고지서나 간단한 보고서 형태로 다른 참고 정보와 함께 소비자에게 제공하는 형태의 간접적 정보 전달에 의한 피드백 방식이다.

1979년의 초기 연구⁽¹⁴⁾는 일주일 6일간 청구서가 제공되었는데 그 결과 사용량이 큰 사용자는 최대 18%까지 에너지를 절감하였으나 사용량이 많지 않은 사용자에게는 오히려 역효과를 냈다.

또한 노르웨이 한 연구보고서는 에너지 고지서의 사용을 다년간 사용한 경우 지속적인 에너지 사용패턴의 변화를 통해 약 10%의 절감효과를 가져왔음을 보고하였다⁽¹⁵⁾. 이 프로젝트에서 고지서 발급 횟수를 늘리고 고지서에 지난해 같은 시기의 에너지 소비량을 비교하는 정보를 삽입했을 경우 절감률은 12%로 증가하였다. 이 연구의 결과로 노르웨이 정부는 위와 같은 고지서의 발급 주기를 3개월에 한 번씩 의무화 하도록 법제화하였다.

에너지 비교에 따른 에너지 절감 연구는 1999년 영국에서도 시행되었다.⁽¹⁶⁾ 이는 120명을 6그룹으로 나누어 프린트된 정보를 제공하는데, 이때 그룹별로 다른 내용의 정보의 제공받게 된다. 그룹 별 정보는 다른 집들의 에너지 평균 사용량 비교(그룹1), 자신의 지난 사용량 비교(그룹2), 에너지 사용량의 금전적 가치 비교(그룹3), 환경과 피와 같은 범지구적 관점에서 비교(그룹4), 에너지 절약 관련 정보 전달지 제공(그룹5), 평가소프트웨어가 달린 컴퓨터 사용으로 자발적으로 에너지 사용량 체크(그룹6)로 구성하여 9개월 동안 조사하여 그 결과 평가 소프트웨어를 사용한 집단이 가장 큰 절감량을 보였으며, 자신과 다른 집의 에너지 비교, 나의 예전정보의 비교 순으로 나타났다. 이 연구는 피드백 종류에 따른 에너지 절감량을 보여주는 흥미 있는 논문이지만, 그룹대상이 제한되어 있었고, 그 수 또한 적었다. 하지만 에너지 피드백 구성 시 눈으로 보여지는 가시적 요소와 그 구성방식이 중요하며, 사용자 자발적으로 참여할 때 에너지 절감율은 커질 수 있다는 것을 참고 할 수 있다.

3. 조사결과 및 고찰

국내 외 사례 연구조사로 에너지 사용정보 제공에 의해 10- 15%대의 건물에너지 절감을 가져올 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이는 정보의 내용과 표시방식에 따라 차이를 보였으며, 에너지 사용량 제공이외에 교육적 내용을 복합제공했을 때 그 효과가 높았고 에너지 사용량 표현 방법에서도 다른 집과 비교, 우리 집의 과거 사용량 등 에너지 비교로 사용자들의 절감의식을 더욱 고취시킬 수 있는 것으로 나타났다.

이처럼 에너지 피드백이 효과적으로 이루어지기 위해서는 첫째로 실시간 모니터링이 이루어질 수 있는 기반 네트워크 시설이 갖추어 져야 할 것이며 두 번째로는 에너지 피드백 도구의 개발이 필요 할 것이다. 피드백 도구는 앞의 조사연구를 바탕으로 사용자들이 요구 조건이 반영되어야 할 것이며 우리는 다음 절에 에너지 피드백용 디자인 가이드라인을 제시하고(Fig 3), 이를 반영한 에너지피드백 적용 시안을 소개 한다.

에너지 피드백의 가장 중요한 역할은 에너지 소비정보를 제공하는 것이다. 또한 제공된 정보를 빠르게 습득 할 수 있도록 해야 한다. 그래서 에너지 모니터링 장치 같은 경우 사용자의 주 동선에 위치하는 것이 좋으며, 전달된 정보가 다양한 계층의 사용자가 보편적으로 이해하기 쉽도록 숫자와 그래프, 아이콘 등으로 표시 되어야 하며 에너지 사용과 연관된 기능적인 콘텐츠도 개발 도입되어야 할 것이다. Fig 4는 웹을 통한 실시간 모니터링의 GUI(Graphic User Interface)이고 Fig 5는 고지서를 통한 에너지 피드백 시안이다. Fig 4의 웹을 통한 실시간 모니터링의 전체 구성은 과부하가 되고 있는 에너지 소비 장치를 아이콘으로 표시하고 그 경각심을 중간에 위치한 캐릭터의 표정과 머리위로 회전하는 아이콘, 아래의 건물형상의 에너지 게이지가 점점 차오름으로써 웹 메인 화면을 보면 즉각 상태가 어떤지 느낄 수 있도록 하였다. 또한 소비되고 있는 에너지와 관련 자세한 사항은 오른쪽 하단에 아이콘으로 표시되는데 사용 중인 장비의 아이콘이 모두 표시되며, 그 중 에너지 과부하가 일어나고 있는 곳의 아이콘은 주황색으로 변하여 경고메시지를 시각적으로 전달토록 하였다. 또한 에너지 절감에 대한 의식과 행동변화에 도움이 되는 에너지 사용의 가이드라인과 교육적 정보, 뉴스가 포함된 정보게시판도 구성할 수 있다.

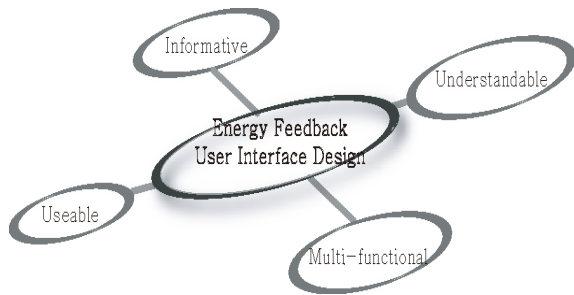


Fig. 3 energy feedback guideline.



Fig. 4 Energy monitoring system web site ex.

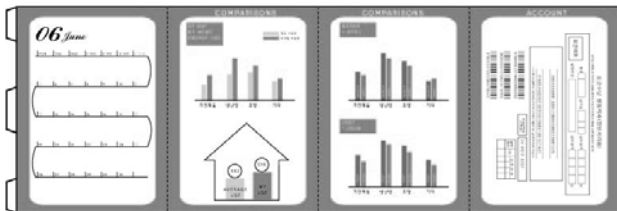


Fig. 5 Energy monitoring system bill ex.

Fig 5는 월별로 제공되는 고지서로, 현재 사용되고 있는 고지서보다 자세한 정보를 포함하고 있다. 앞에서 조사된 바에 따르면 에너지 비교를 통해 더 많은 절감을 보이고 있었으며 그래서 이번 달 우리 동네 에너지 평균사용량과의 비교, 우리 집 지난 달, 작년 이번 달과의 비교를 가전제품, 냉난방, 조명 기타로 구분해서 비교하였다. 그리고 이러한 에너지 정보들을 한 달간 계속 해서 볼 수 있도록 다음 달 달력과 함께 배치하고, 이것을 세워서 두고 볼 수 있도록 고지서 전체를 전개도 형식으로 만들어 줌으로써 우리 집 에너지 사용량을 각인시키며 앞으로 에너지 사용행동에 반영 하게 될 것이다.

4. 결론 및 제언

에너지 피드백을 통한 건물 에너지 절감의 효과는 10~15%정도가 된다고 보고되고 있다. 이러한 절감은 에너지 정보를 제공하는 내용과 표현 방식에 따라 차이를 보이고 있어 에너지 정보 가시화와 에너지 절감률은 밀접한 관련 있음 예상할 수 있었다.

이번 연구는 에너지 사용정보 제공에 따른 사용자 자발적 에너지 저감의식을 고무시키기 위한 구체적 표현 방법에 관한 고찰을 하였다. 본 연구조사 결과를 토대로 에너지 피드백 구성 시 고려되어야 할 사용자 중심 정보 매체 디자인 가이드라인을 제시하였다.

이러한 에너지 피드백 시스템이 시행되기 위해서는 기술적으로는 모니터링 장치와 에너지 소비객체와의 네트워크 기술 개발 연구가 선행되어야 할 것임은 물론이며 동시에 이 시스템의 다양한 사용자의 에너지 사용 여건에 대한 조사를 통해 한국적 사회 문화 환경에 적합한 피드백 형식이 정의되고, 에너지 절감 관련 사용자 중심 콘텐츠의 지속적인 개발이 필요하다고 사료된다. 장기적으로 이러한 기술 사회문화적 방법론은 비용 대비 효과가 큰 에너지 정책의 주요 수단으로 활용될 수 있도록 연구개발이 다양한 분야의 전문가들과 학제 연계 융복합 체제로 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. Steven C. Hayes & John D. Cone, (1977) Reducing residential electrical energy use: Payments, Information, And Feedback, Journal of applied behavior analysis No.3 pp.425-435.
2. Minho Pae, Eunju Lee, Eunmi Park, Dongho Kim, Jaemin Kim, Soo Jo, 2008, Literature review of technologies and energy feedback measures impacting on the reduction of building energy consumption, KIAEBS 08, 04, pp.125-130.
3. H. J. Moon (2006), Research Trend about Building Energy Savings and House Performance Analysis in U.S.A., Housing & Urban, vol. 91, pp.120-131.
4. C. H. Lee (2004), Power-saving program,

which can follow much participation of consumers, should be designed, Energy Management, vol.338, pp.33-35.

5. Bae nu-ri (2008), Change of residents' indoor Environment control Behavior as result of provide Educatin and Enorivonmental information. Arechctectural institute of Korea, vol.232 pp,285-293.
6. J. Y. Kim (2007), Development Web-based Building Energy Information System, 2007 Housing and Urban Research Institute Proceeding, pp.183-200.
7. <http://www.energysave.or.kr>
8. Darby S. (2006), Making it obvious: designing feedback into energy consumption. environmental change Institute, University of Oxford
9. Dobson, John K., and J.D. Anthony Griffin. (1992) "Conservation Effect of immediate Electricity Cost Feedback on Residential Consumption Behavior," ACEEE 1992 summer study on Energy Efficiciency in Building American Council for an energy efficient Economy, Washington D.C..
10. Ueno,T.,Inada,R.,Saeki, O and Tsuji,K (2005) "Effectiveness of Displaying Energy Consumption Data in residential Houses," ECEEE 2005 summer study on energy efficiency in building, vol.6, European Conclil for energy efficient economy, Brussels, pp1289.
11. Harrigan MS and Gregory JM (1994) Do savings from energy education persist? Alliance to Save Energy, Washington DC.
12. Mountain D (2006) the impact of real-time feedback on residential electricity consumption: he Hydro One pilot. Mountain Economic Consulting and Associates Inc., Ontario
13. <http://www.DIYkyoto.com>
14. bittle, Valesano and Thaler (1979), The Effects of Daily Cost Feedback on Residential Electricity Consumption,Behavior Modification, Vol. 3, No. 2, 187-202
15. Wilhite H and R Ling (1995) Measured energy savings from a more informative energy bill. Energy and buildings 22 pp145-155.
16. Gendolyn Brandon and Alan Lewis (1999), reducing Household Energy donsumption : A Qualitative And Quantitative Field Study, Journal of Environmental Psychology, vol 19, pp 75-85.