특집 : Zero Energy House

에너지 절감형 주택의 스마트 공간 구축

문 성 춘
(삼성물산 건설부문 기술연구센터 친환경에너지연구소 과장)

본고에서는 우선, 주택의 거주자 및 공간 구성 오브젝트와 정보 교환을 적절히 수행할 수 있게 하는 스마트 공간의 구성 모델을 계층 아키텍처로 제시한 후, 이 모델로 주택용 에너지 절감 시스템을 구축할 때 필요한 계층별 기능을 도출하고 그 공간상에 투입되어야 하는 공간 구성 오브젝트를 설계한 방법과 사례를 소개하였다.

1. 스마트 공간

지능형 환경(intelligent environment)이란 건물의 건축적인 구성 요소 자체(공간, 내장재 등)를 지능화하여, 건물에 거주하고 작동하는 사람 · 사물에게 적극적으로 IT 서비스를 제공하는 환경을 일컫는다. 다시 말해, 건물 자체가 마치 살아있는 생명체처럼, 건물 거주자와 건물 내 작동하는 IT · 자동화기기 · 로봇과 상호 정보 교류를 하도록, 수동적인 건축 요소들에 IT 기기를 내재시켜 능동화하는 것이다. 이전에는 건물의 구조를 지탱하는 역할만을 하던 기둥이 주변의 거주자에게 위치 정보를 제공한다든지, 층 내 구획을 담당하던 벽이 거주자에게는 각종 정보를 제공하는 디스플레이-미디어 월(media wall)이 된다든지, 건물 내 온 · 습도와 같은 환경 정보를 모니터링하여 공조 설비의 컨트롤러에게 제공하는 환경을 구현하는 것이다.

이러한 지능형 환경의 구체적인 형태로서 스마트 공간[1] 이란, 지능형 환경을 제공하기 위해 물리적인 공간을 구성하는 요소들을 컴퓨팅화하고 네트워킹화하여, 물리적인 공간들이 서로 연결되어 정보를 주고받거나, 공간에 존재하는 사람 · 사물들이 그 공간과 전자적으로 소통하는 곳을 말한다. 이렇게 되면, 거주자는 거주 공간 자체가 인지한 상황 정보에 따른 편의 서비스를 제공 받을 수도 있고, 물리적으로 구획되고 떨어진 공간이라도 인식적, 감정적으로는 같은 공간, 연결된 공간을 만들 수도 있다[1].

이러한 스마트 공간에 대한 정의와 실제 거주 공간을 비교해 보면 현대 사회의 대부분의 공간이 스마트하다고 할 수도 있고, 전혀 그렇지 못하다고 할 수도 있는데, 이는 어느 정도 '스마트' 하면 스마트 공간이며, 지능적인가에 대한 기준이 애매하기 때문이다. 따라서 먼저 다음과 같은 기준으로 스마트 공간을 일반적인 공간과 구분하고자 한다.

- ○ 제공하고자 하는 '스마트' 한 서비스가 명확하고,
- ○ 실내의 물리적인 요소들을 그 서비스를 제공하는 데에 의미 있는 요소와 그렇지 못한 요소로 나누어, 의미 있는 물리적인 요소는 모두 네트워크로 연결하고,

1) Smart space. 스마트 공간, 지능형 공간, u-공간 등은 실제 같은 의미로 혼용되고 있다.

○ 서비스에 의미 있는 물리적인 요소(오브젝트)들은 자신의 위치, 상황을 파악하여 주변을 둘러싼 공간 및 서비스 제공 대상과 상호 정보 교환을 하여 목표 서비스를 제공한다.

1.1 스마트 공간 모델

위 기준에 따라 스마트 공간을 설명할 수 있는 모델을 계층적으로 구성해 볼 수 있다.

가장 하위 계층으로는 각종 센서와 그로부터 얻어지는 센싱 데이터들을 전달할 수 있는 '센서/네트워크 계층'을 둔다.

그 상위 계층으로는 네트워크상으로 얻어지는 모든 정보들을 취합하여 목표 서비스에 의미 있는 정보를 선택하는 '데이터 통합 계층'을 배치한다. 이렇게 통합된 데이터를 분석하고 서비스 제공을 위한 제어/판단 로직을 제공하면서 상위 계층의 베이스가 되는 '엔진/플랫폼 계층'을 그 상위로 둔다.

최종적으로 공간 거주자에게는 '서비스/애플리케이션 계층'이 보여 지게 되고, 이 계층에서 실제 목표 서비스를 제공한다(그림 1).

2. 스마트 공간과 에너지 관리 시스템

주택에서의 에너지 관리는 일반 오피스 빌딩과는 다르게 각 에너지 소비자별로 취향이 다르고, 에너지 사용 의도가 다양하며, 전체 에너지 관리자가 에너지 소비자이어서 흔히 알려진 에너지 절감용 자동 제어 로직을 적극적으로 적용하기 힘들다는 특징이 있다. 즉 건물이 에너지를 소비한다고 해서 전열 기구를 임의로 제어하거나 TV를 끄는 제어는 불가능하다.

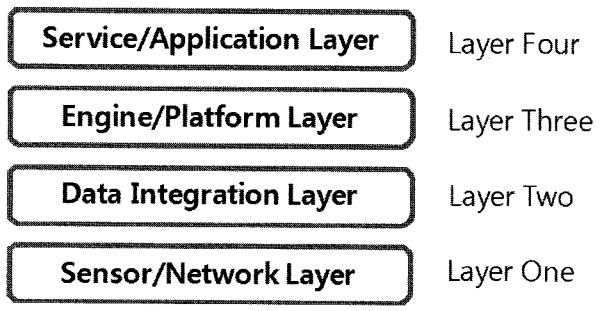


그림 1 스마트 공간의 계층 아키텍처

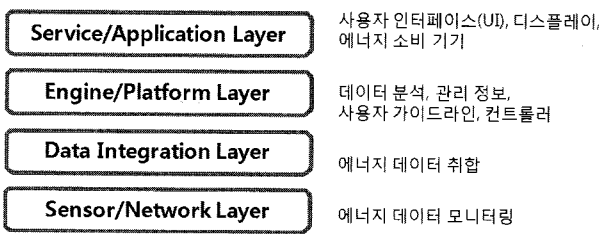


그림 2 에너지 관리 시스템의 스마트 공간 모델 역할

따라서 일부 자동 제어 가능한 조명이나 냉난방을 제외하면, 세대 내 개인 영역에 있는 에너지 기기의 경우, 에너지 관리자인 사용자에게 자발적으로 에너지 절감을 유도하는 것이 에너지 절감 방법으로서는 유일하다고 볼 수 있다. 아파트와 같은 공동주택의 경우, 거주민들이 공동 사용하는 공용부에는 일반 오피스 빌딩에서 사용하는 에너지 절감 로직을 적용할 수 있다. 여기서는 이러한 세대 내 개인 영역의 에너지 관리 시스템에 대해 주로 다룬다.

자발적 에너지 절감을 유도하기 위해서는 고지서, 전용 디스플레이 등으로 사용자의 에너지 사용량을 피드백(feedback)하는 방법이 있으며, 사용자가 에너지 이용에 대한 정보를 직접적으로 받을수록 최대 20%까지 에너지 절감 효과를 기대할 수 있다고 알려져 있다[2][3].

2.1 에너지 관리를 위한 스마트 공간 모델

앞서 제시한 스마트 공간 모델에 에너지 관리를 위한 역할을 부여하였다(그림 2).

센서/네트워크 계층에는 에너지 절감 포인트별로 센서를 배치하고 얻어지는 데이터를 모니터링하는 역할을 부여하고, 데이터 통합 계층에서 얻어진 각종 에너지 관련 데이터를 취합하여, 에너지 관리 서비스 목적에 맞게 동작하는 엔진/플랫폼에 데이터를 넘겨주면, 엔진은 에너지 사용 현황과 이력을 분석하고 관리 정보를 저장하며, 사용자에게 에너지를 절감할 수 있는 '절감 가이드라인'을 제공한다. 이렇게 가공된 데이터는 TV나 전용 에너지 모니터, Web으로 적절하게 피드백된다. 또 제어가 가능한 기기는 입력된 로직에 따라 작동시켜 자동 제어한다.

2.2 스마트 공간 모델의 설계

스마트 공간 모델에 에너지 절감을 위해 부여한 각 계층별 역할에 따라 실제 구성 시스템을 설계하였다. 센서 영역에는 온·습도와 같은 일반적인 환경 센서에 더해 위치, 사물 확인을 위한 RFID와 위치인식용 RF 통신기, 재실자 감지를 위한 재실감지 센서, 전력 사용량의 원격 계측을 위한 WHM (Watt Hour Meter)도 포함된다. 이들 데이터를 전송하기 위한 Ethernet 망, 시리얼 통신망, Wi-Fi 통신용 Access Point, UTP 배선까지는 모두 네트워크 영역으로 센서/네트워크 계층을 구성한다.

데이터의 취합은 센싱 데이터를 일괄로 받아들이는 통합 컨트롤러가 담당한다. 엔진/플랫폼 계층 영역에는 REMS[2] 서

2) REMS는 Raemian Energy Management System의 약어로 삼성물산 래미안 전용 에너지 관리 시스템.

버, 냉난방 제어 서버, 조명 제어 서버가 위치한다. 서비스/애플리케이션 계층 영역은 사용자가 직접 접하게 되는 각종 IT 기기 모두가 해당할 수 있는데, 휴대폰, TV, 전용 에너지 피드백 모니터, PC 등이다(그림 3).

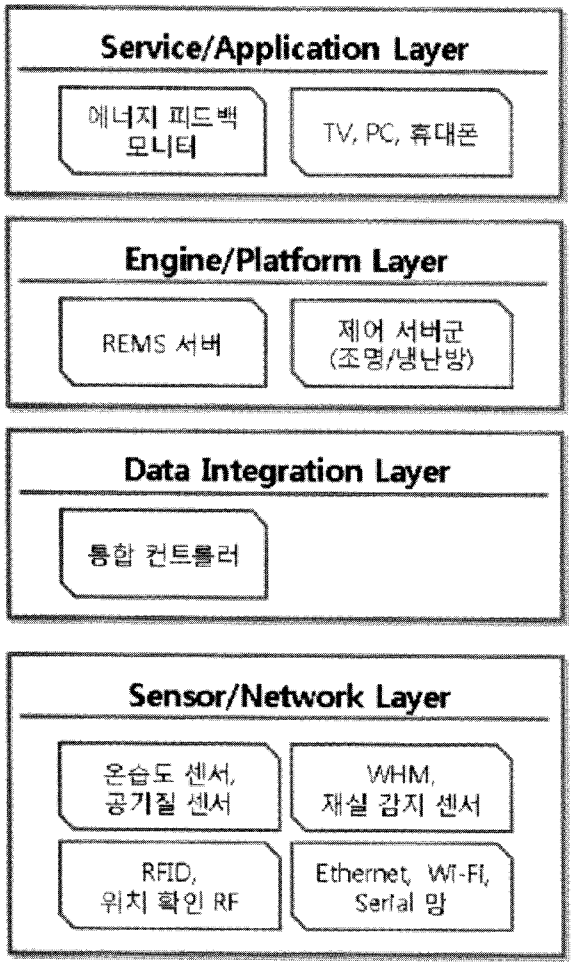


그림 3 계층별 시스템 구성

이렇게 구성한 스마트 공간 모델로 에너지 절감형 주택의 스마트 공간 계통을 구성하였다(그림 4). 전체 네트워크는 단일 Ethernet망을 이용하였고 이 네트워크에 연결하면 어떠한 데이터든지 가공하여 취득할 수 있도록 시스템 통합 서버(SI 서버)를 두었다. SI 서버로 시나리오형 자동 제어에 대응하면서 전체 시스템 관리의 일관성을 도모할 수도 있다. 에너지 절감 가이드라인과 같은 로직은 REMS 서버에서 모두 처리할 수 있게 하였다. 냉난방 제어와 같은 제어 서버들은 제어 서버군으로 묶어 SI 서버와 병렬 연결하고 데이터 취합과 저장을 위한 모니터링 서버는 데이터 통합 컨트롤러와 함께 별도로 구성하였다.

3. 에너지 관리용 스마트 공간 사례

3.1 REMS

REMS 서버는 에너지 절감 피드백 시스템의 핵심으로 에너지 사용 피드백을 위한 정보와 에너지 사용 분석을 통해 전체 에너지 관리를 총괄하는 기능을 한다.

3.1.1 에너지 피드백 단위 통일

에너지 사용량은 각종 에너지원단위에 따라 표현이 달라지므로 본 시스템에서는 전력량과 CO2 배출량으로 통일하여 표시하고, 그에 상응하는 금액으로 환산하여 사용량에 병기함으로써 거주자가 직접적으로 에너지 절감에 대한 동기 부여를 받을 수 있게 하였다.

3.1.2 에너지 계측 포인트

에너지 계측 포인트는 사용자의 노력으로 에너지를 절감할 수 있는 '에너지 절감 가능 포인트'와 절감 노력에 관계없이

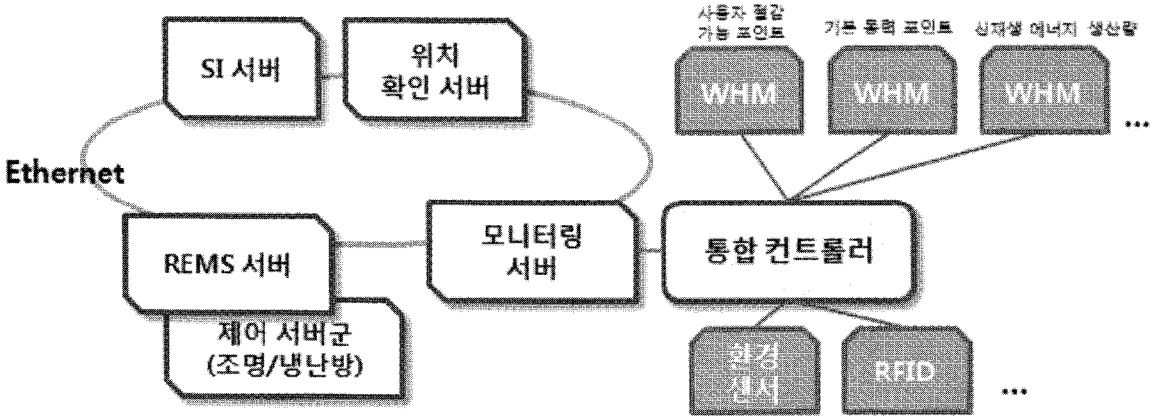


그림 4 에너지 절감형 주택의 스마트 공간 구성도

항상 에너지를 소비하게 되는 '기본 동력 포인트'로 구분하였다(표 1). 에너지 절감 가능 포인트에 대해서는 모든 계측 포인트에 계측기(WHM)를 설치하여 에너지 사용량을 수집하며, 주요 절감 가능 포인트에는 에너지 피드백만을 위한 전용 '에너지 모니터'를 설치하여 사용자가 실시간으로 에너지 사용량을 확인할 수 있게 하였다.

3.1.3 신재생 에너지 연계

태양광 발전, 연료 전지와 같은 신재생 에너지의 발전기에도 계측기를 설치하고, 발전량은 따로 합산하여 전체의 에너지 소비량과 발전량에 대한 실시간 에너지 밸런스를 계산한다. 이는 TV나 PC를 통해 확인할 수 있다(그림 5). 전력량 환산 뿐 아니라 CO2 환산량, 전력 금액으로도 순환하며 디스플레이할 수 있다.

3.1.4 에너지 모니터

전용 에너지 모니터는 에너지를 소비하는 기기와 인접하여 설치하고, 다음의 항목에 대해 피드백한다.

- 소모 대기전력
- 현재 사용량
- 시간당 소비 비용
- 금일 사용시간/월간 사용 시간
- 절감 가이드라인

그림 6에 에너지 모니터에 표기되는 에너지 피드백과 가이드라인을 예시하였다.

표 1 에너지 절감 가능 포인트와 기본 구동 포인트의 예

절감 가능 포인트	기본 구동 포인트
TV, PC	냉장고
조리기구	세탁기
냉난방, 조명	각종 제어 장치

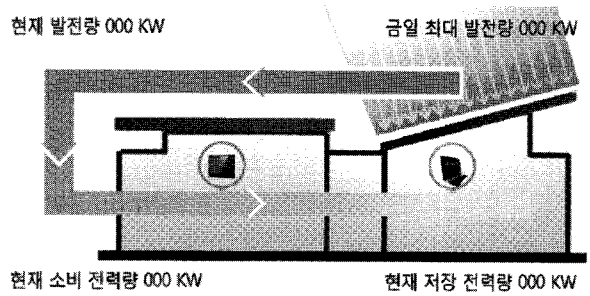


그림 5 실시간 에너지 밸런스의 피드백

3.1.5 시간 · 영역 · 기기 종류별 에너지 피드백

비교 기준이 없이 에너지 사용량을 피드백할 경우, 에너지 소비가 많은지 적은지 소비자가 판단하기 어려운 경우가 있다. 따라서 전월, 작년 동월 기준으로 에너지 사용을 비교해 주어 사용자의 판단을 돕는다. 또 주방, 거실, 안방과 같이 영역별로 에너지 소비량을 합산하고 비교해 주어, 어떠한 영역에서 에너지가 많이 사용되고 있는지 혹은 에너지 소비가 정상적이지 않은 구역은 없는지 살펴 볼 수 있다. 또 기기별로 총 사용량에 대한 비율로 나타내 주면 어떤 기기가 에너지를 많이 소비하고 있는지 직관적으로 알 수 있다.

3.2 실내/실외 환경 모니터링과 제어

환경 모니터링 시스템은 실내의 온습도, CO2, VOC를 측정하여 REMS와 냉난방 제어 서버에 전달하고 오염의 정도에 따라 요구 환기 풍량을 계산하고 환기할 수 있도록 환기 시스템과 연동한다. 외부 환경에 대해서는, 스마트 가로등에 센서를 설치하여, 온 · 습도, 일사량, 풍향, 풍속, 강우량과 같은 날씨를 측정하고 모니터링 서버로 전달한다.

또 홈 로봇에는 이동하면서 원하는 위치의 환경 정보를 얻을 수 있도록 환경 센서를 탑재한다. 기존 센서들은 벽이나 천정처럼 실제 거주자가 느끼는 환경과 다른 포인트의 환경 정보를 계측하게 되는데, 로봇과 함께 이동하는 센서를 두면, 거주자와 가까운 위치의 환경을 모니터링하여 보다 정확한 데이터를 얻을 수 있다. 이를 위해 공간상에 위치인식을 위한 RF 신호기를 부착하여 로봇의 현재 위치를 공간이 인식할 수 있게 한다. 또 로봇에 RFID 리더를 장착하고 실내 바닥 아래에 일정 간격으로 설치되는 RFID 태그의 좌표를 인지함으로써 RF 신호 오차에 기인하는 위치 오차를 보정한다. 이런 방식으로 로봇은 본연의 서비스 목표인 안내와 홈 서비스 제공

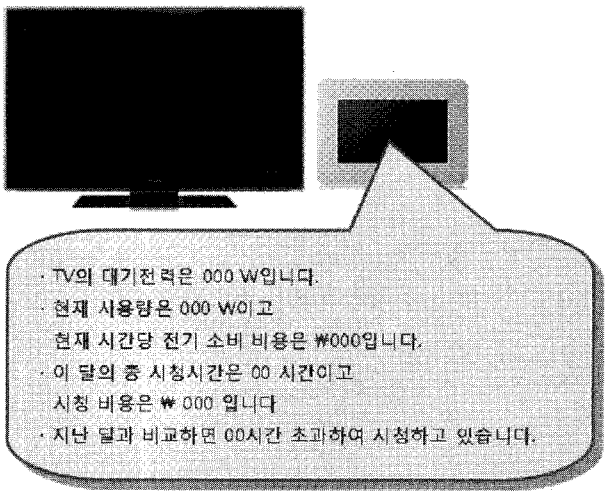


그림 6 실시간 에너지 사용 피드백의 예

과 더불어, 온 · 습도, 조명의 점등 여부, 사용자 재실 여부를 종합적으로 인지하여 전송할 수 있다. 로봇과 다른 오브젝트의 통신 방식으로는 Wi-Fi를 사용하였다.

이상으로 에너지 절감 주택을 위한 스마트 공간 모델과 구축 사례에 대해 간략히 살펴보았다. 스마트 공간 모델로 최하층의 센서/네트워크 계층부터 최상층의 서비스/애플리케이션 계층까지 4계층으로 구성하는 방법을 제시하였다. 이 스마트 공간 모델의 각 계층에 에너지 관리 용도로 적합한 기능을 부여하고, 개별 시스템을 배치하여 에너지 관리용 스마트 공간을 설계하였다. 그 실 사례로서 당사에서 추진하고 있는 에너지 관리 시스템인 REMS와 환경 모니터링의 구축 방안에 대해 설명하였다. 이러한 시스템 구성은 최근 이슈가 되고 있는 스마트 그리드, 스마트 미터링과도 맥락을 함께 하고 있는 것으로, 국내 에너지 소비 환경에 맞게 테스트와 보안이 이루어져 실질적인 에너지 절감 효과를 기대할 수 있기를 바란다.

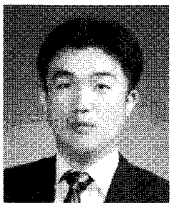
참 고 문 헌

[1] 강의철, IT 기술과 건축물 환경의 지능화, 건축, 대한건축학회, 제52권 제6호, 2008.

[2] Sarah Darby, The Effectiveness of feedback on energy consumption, Environmental Change Institute, University of Oxford, April, 2006.

[3] 이정재, 사용자의 자발적 에너지절약을 위한 포터블 에너지관리시스템의 제안 및 개발 방안, 그린빌딩, 한국그린빌딩협의회, 제9권 제2호, 2008.

〈필 자 소 개〉



문성춘(文盛椿)

1971년 11월 28일생. 1995년 서울대 공과대학 조선해양공학과 졸업. 2001년 동 대학원 졸업(공박). 2001년~2006년 (주)트러스컴 책임연구원. 2006년~현재 삼성물산(주) 건설부문 친환경에너지연구소 과장.