



# 한국형 스마트그리드

제공 | 교육훈련팀

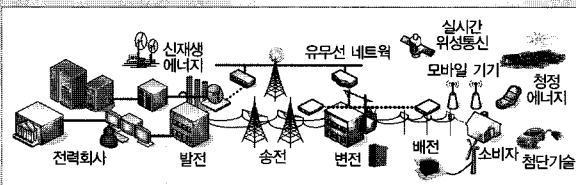
## 1. 스마트그리드(Smart Grid)

### 1.1 스마트그리드의 정의

지능형 전력망이라는 뜻으로 기존 전력망에 정보기술(IT)을 접목하는 것이 기본 골자다. 즉 전력공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환해 에너지효율을 최적화하는 차세대 전력망이다.

우리나라의 지식경제부는 스마트그리드를 다음과 같이 광의의 개념에서 정의하고 있으며 성장동력과의 연관성이 매우 강하다. “기존의 전력망에 ICT기술을 융합하여 에너지 효율을 최적화하는 지능형 전력망과 더불어, 이를 기반으로 유관산업(중전, 통신, 가전, 건설, 자동차, 에너지 등)간의 융합 및 시너지 기회를 제공하고 이를 촉진하기 위한 제반 플랫폼(법, 제도, 프로그램 등)을 갖춘 녹색성장 플랫폼을 말한다.”

스마트그리드의 정의가 어떻게 내려지든지 간에 전력시스템 전반에 수많은 응용기술들이 유기적으로 접합되고 있다.



[그림 1-1] 스마트그리드의 정의

스마트그리드는 소비자 입장에서 최적의 요금 시간대를 찾아 에너지를 사용하는 것으로 일상 생활에서 일대 변혁을 일으킬 것으로 예상된다. 예를 들면 집안 세탁기는 가장 싼 전기 요금 시간대에 맞춰 작동하고, 전기 자동차는 주간에 주차를 해도 심야시간에 맞춰 싼 요금으로 충전을 한다.

[표 1-1] 현재 전력망과 스마트그리드의 비교

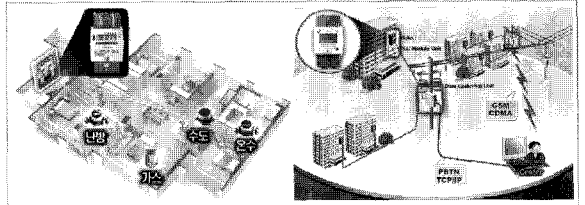
	현재 전력망	스마트그리드
통제시스템	아날로그	디지털
발전	중앙집중형	분산형
송·배전	공급자 위주(단방향)	수요·공급 상호작용(양방향)
전력공급원	중앙전원, 화석연료 위주	분산된 전원의 증가 (태양력, 풍력, 전기차)
고장진단	불가능	자가진단
고장제어	수동복구	반자동복구 및 자기 치유
설비점검	수동	원격
제어 시스템	국지적 제어	광역위한 제어
가격정보	제한적(한 달에 한 번 총액만)	실시간으로 모든 정보 열람
가격제	사실상 고정가격제	실시간 변동가격제
전력수요	급변(수요에 의존)	커의 일정(가격에 의존)
소비자 구매 선택	제한적	다양

### 1.2 스마트그리드의 계층구조

스마트그리드는 전력산업과 IT(정보통신)산업의 융합체로 전력층, 통신층, 응용층으로 구분할 수 있다. 전력레이어(층)에서는 발전에서 송전, 변전, 배전을 거쳐 수용가에 이르는 물리적 전력기반설비를 의미한다.

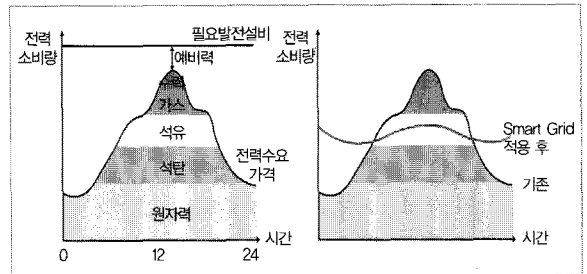
스마트그리드에서는 주로 송·변·배전망의 그리드(전력망) 업그레이드를 논하고 있다. 통신레이어(층)은 전력수급 주체 간, 전력장치들 간 정보를 교환할 수 있게 하는 인프라를 의미하며 LAN(Local Area Network : 근거리 통신망), WAN(Wide Area Network : 광역 통신망), FAN(Field Area Network : 현장지원 정보망)/AMI (Advanced Metering Infrastructure : 원격 검침 시스템), HAN(Home Area Network : 주택 통신망) 등이 존재한다. 대체로 스마트그리드의 지배적인 통신기술이 존재하지 않아, 각 지역의 상황과 특성에 따라 다양한 방식이 활용되고 있는 상황이다. 예컨대 밀집한 도심환경에서는 WiFi(무선랜)가 이용된다면 연결이 어려운 도심외곽의 상업지구나 시골지역에서는 인공위성을 통한 통신이 이용되기도 한다.

를 확인하기 위해 검침원을 현장에 내보내지 않고도 원격검침이 가능하게 한다는 점에서 덜 노동 집약적이고 비용 효과적이라는 장점을 갖는다. 국가차원에서 양방향 통신이 가능하고, 전력소비량을 실시간으로 알 수 있게 하는 스마트 계량기 구축을 의무화하고 있다.



【그림 1-3】 전용선, RF, 전력선 통신을 이용한 원격 검침 시스템

## ② 수요반응



【그림 1-4】 스마트그리드 시행 전·후의 수요반응

수요반응이란 최대 전력수요를 줄이고 시스템의 긴급상황 발생을 피하기 위하여 요금 및 인센티브 수단을 통해 소비자의 전력소비 패턴을 합리적으로 변화시키는 행위이다. 수요반응은 보통 사전에 전력사업자와 고객 사이에 전력부하를 언제 어떻게 감축시키도록 할 것인지에 대해 상호 계약을 체결하는 형태로 이루어진다. 현재 대수용가를 중심으로 수요반응 프로그램에 참여하고 있어 수요반응 시장이 아직 초기 단계에 있지만 스마트 계량기 보급 확대에 의해 앞으로 빠르게 성장할 것으로 예상된다.

### ③ 전력망 최적화

전력망 최적화는 전력사업자와 전력망 운영자가 송배전망에 대한 디지털 제어를 할 수 있는 방향으로 전개되고 있다. 디지털 제어를 통해 전력사업자는 배전관리, 정전관리, 전력누수탐지, 자산관리, 부하관리, 전력망 안정화 등에서 운영 효율성을 기대할 수 있다.

### ④ 분산발전

재생에너지가 아무리 친환경적인 에너지원이라 하더라도 분

에너지관리 시스템	정책설정 제어 관리	최종 수요자 에너지관리시스템 데이터 관리	고객맞춤형 데이터 제공
	부하 모니터링	전기자동차 전력소비 데이터 관리	사용자 맞춤형 인터페이스
분산발전 전력장치	분산발전 제어	분산발전 모니터링	분산발전 통합
	BMS/DMS, GIS	자가치료, 원격관리, 예전 및 발전 자동화, 자산보호	소비 패턴 측정
수요반응	부하유량/제어 수급 최적화	고도의 수요관리, 부하예측/이동	가전 전력사용 데이터관리/가상화
	MDM, CIS, Billing, 통합감시	원격검침, 원격차단 및 검침, 전력누수 감시, 사후지불액 관리	실시간 데이터 분석 제공
통신 레이어	LAN Local Area Network (전력기인 네트워크)	WAN Wide Area Network (9.9동통신 네트워크, 위성, BPL, WIMax)	FAN/HAN Field Area Network (RF Mesh, WIMax, BPL, PLC)
			HAN Home Area Network (ZigBee, HomePlug, Z-Wave)
전력 레이어	내보내기/제어/데이터		스마트계량기
	발전	송전	변전
		배전	할/빌/플러그
			분산발전 자랑장기

【그림 1-2】 스마트그리드의 계층구조

애플리케이션레이어(응용층)는 스마트그리드 상에서 구동될 수 있는 서비스 영역의 단계를 의미한다. 응용층에는 전력망 최적화, 수요반응, 스마트 계량기, 분산발전, 전력저장, 전기자동차, 에너지 관리시스템과 같은 다양한 응용들이 존재한다. 기술의 발전과 사회적 수요에 따라 이러한 응용들은 향후 더욱 증가할 것으로 예상되고 있다.

## 1.3 스마트그리드의 주요 응용 서비스

### ① 원격 검침 시스템

원격 검침 시스템은 전력사업자와 소비자 간 양방향 통신이 가능하게 하는 기능을 갖추는 것 뿐만 아니라 전력사업자가 유용한 기능들을 구동할 수 있게 해주는 역할을 한다. 잘 갖춰진 계량 인프라가 존재한다면 수요반응이라든지 분산발전원의 통합이 효과적으로 이루어지게 된다. 전력회사가 계량기의 정보

산발전 자원들을 용이하게 통합해주는 스마트그리드 없이는 그 효과를 기대하기 힘들다. 바람이나 태양광을 통한 발전량은 항상 일정하지가 않다. 스마트그리드가 전기에너지 저장능력과 방전흡선 능력을 갖춘 장치와 결합하면 발전하는 대로 소비하는 것이 아니라 과잉발전 시에는 과잉전력을 저장하고, 과소발전 시에는 기존에 저장된 전력을 이용함으로써 재생에너지원의 불규칙성을 줄일 수 있다. 또한, 재생에너지원 발전 정보를 실시간으로 확인할 수 있게 되면서 어디에서 어떤 재생에너지원이 얼마만큼의 전기를 생산하고 있는지를 파악하게 되고 궁극적으로 전력계통운영의 안정성을 향상시킬 수 있게 된다.

### ⑤ 에너지 저장장치

에너지 저장장치는 스마트그리드의 필수 요소로 인식되고 있다. 스마트그리드가 어떻게 운영되어야 하는지에 관한 비전들은 대용량의 저장장치보다는 소규모의 분산 저장장치 대안에 초점을 맞추고 있다. 수용가 가까이 위치해 있는 소형 분산에너지 저장장치 설비들은 전력이 가장 필요로 하는 곳에 직접 전력을 공급해 주기 때문에 새로운 발전소나 송전선을 설치해야 할 필요를 줄여준다. 다른 응용 서비스들은 단계적으로 성장하더라도 저장장치 부분은 비약적 발전이 필요한 상황이다.

### ⑥ 플러그인 하이브리드 전기자동차

스마트그리드의 가장 많이 논의되고 기대되는 응용서비스 중 하나가 플러그인 하이브리드 전기자동차(PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicle)이다. PHEV 배터리는 스마트그리드를 통해 재생에너지 발전의 잉여 전력을 저장하여, 전력수요가 높아질 때 전력망으로 배터리에 저장된 전력을 송전하는 V2G(Vehicle to Grid)로 발전할 것이다. 전세계의 모든 자동차 제조업체들이 공격적으로 판매경쟁을 펼치고 있는데, PHEV 이용확대에 있어 두 가지 과제는 수백만 대의 PHEV를 침투부하 시기를 피하면서 무리 없이 충전할 수 있는 지능형 충전, 배터리 충방전 사이클 확대 및 수명 연장이다.

### ⑦ 첨단 전력제어 시스템

첨단 전력 제어 시스템은 전력사업자의 전력망 모니터링·제어·최적화를 위해 필요한 다양한 핵심 시스템, 응용, 백엔드(back-end) 기술 인프라를 업그레이드하고 지속적으로 통합하는 기능을 갖추어야 한다. 스마트그리드의 성공적 실현은 실시간 현황 파악과 의사결정을 돕는 전사적 차원의 통합시스템 구축 여부에 달려 있다.

예를 들어 침투부하 축소를 위해 분산발전으로부터 추가 전력을 보충하기전에 수요반응 프로그램으로 침투부하를 축소하

는 것이 보다 경제적인지를 고려해야 한다. 한편, 일반 소비자들이 전기자동차를 충전할 때 각 가정의 재생에너지원을 통해 만들어진 전기를 이용하여 충전하도록 하는 것이 경제성 있는 지, 중앙 발전소에서 나오는 전기로 충전하게 하는 것이 경제성 있는지를 판단해야 한다.

### ⑧ 스마트 홈과 네트워크

빌딩이나 주택 내부에 설치되어 있는 온도조절 장치, 난방장치, 조명, 에어컨 시스템과 같은 기기에 소프트웨어 및 네트워크 기능을 부가함으로써 전력사업자와 소비자 모두 혜택을 얻을 수 있다. 일반 가정은 일상의 에너지 소비를 모니터링하여 아주 적은 수고로 전기료를 절감할 수 있고, 전력사업자로부터 에너지 절약에 따른 금전적 인센티브를 받을 수도 있다. 한편, 전력사업자는 수요반응을 통해 최대 전력수요를 축소하고 발전비용을 절감할 수 있다.

## 1.4 한국형 스마트그리드 구성 요소



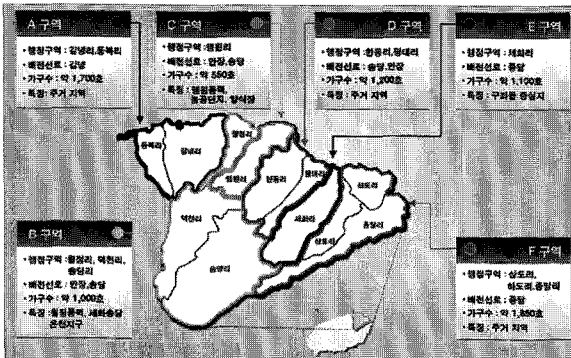
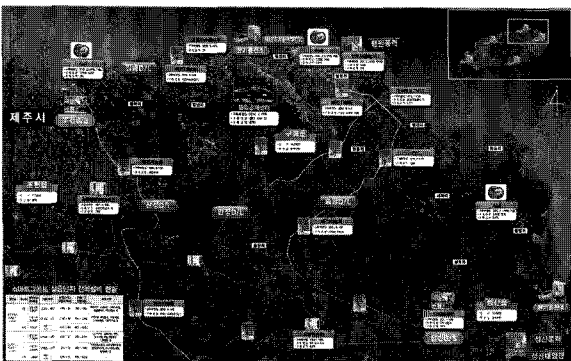
[그림 1-5] 한국형 스마트그리드의 구성 요소

정부에서 추진하는 한국형 스마트그리드 로드맵 비전에서 구성 요소는 Advanced Smart Meter, 전기차 충전인프라, 분산형 전원(배터리), 실시간 전기요금제, 전력망의 자기치유(Self-Healing) 기능, 신재생에너지 제어기능, DC전원공급, 전력품질선택 등을 필수요소로 선정하고 있다. 전력산업에 한정되는 이슈가 아니라, 충전·통신·자동차·가전·건설·에너지 등 다양한 산업분야에 걸쳐 성장 모멘텀을 제공할 것으로 보인다.

## 1.5 한국형 스마트그리드 실증 단지

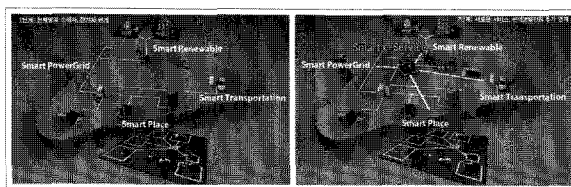
스마트그리드 기술을 실제 우리 생활속에서 시험하고 평가할 스마트그리드 실증단지가 2009년 8월 31일 제주 구좌읍에서 착공되었다. 제주 북동부에 위치한 구좌읍 일대 6천여 세대로

구성 되어 있고, 구축을 일대는 한국에너지기술연구원의 신재생에너지 연구단지와 풍력·태양광 발전과 같은 신재생에너지 발전원을 포함하고 있고, 전력의 계통 안정성이 상대적으로 우수해 한국형 스마트그리드를 구현하는데 필요한 요소들을 가장 잘 보유한 지역으로 평가되어 실증단지 부지로 선정되었다. 세계 최대·최첨단 스마트그리드 실증단지를 조기에 구축, 관련기술의 상용화·수출산업화 촉진에 목적을 두고 있다.



【그림 1-6】 한국형 스마트그리드 실증단지(제주도 구축)를

실증단지에서는 가정과 업무공간에서는 스마트 계량기 사용이 일상화되어 전기요금에 비싼 시간대의 전력사용을 저렴한 시간대로 자동 유도, 소비자의 불편이 없으면서도 전기요금을 최소화하고, 거리에서는 전기자동차가 운행될 수 있도록 전기충전소·배터리 교환소를 설치되고 가정에서도 충전할 수 있



【그림 1-7】 한국형 스마트그리드 실증단지 단계별 구축 개념도

는 설비가 구축되며, 풍력·태양광 발전 등이 전력망에 안정적으로 연계되는 가운데 가정에서 보다 광범위하게 사용되고, 남은 전력을 전력망을 통해 다른 지역으로 전송될 수 있는 시스템이 구현된다.

사업기간은 (1단계) '08.12~'09.08월, 기본설계(부지확정·개념정립 등), (2단계) '09.09~'11.12월, 상세설계·구축(인프라 위주), (3단계) '12.1~'13.12월, 고도화설계·구축(신전력서비스 위주)이다.

【표 4-2】 한국형 스마트그리드 실증단지 주요 구성요소

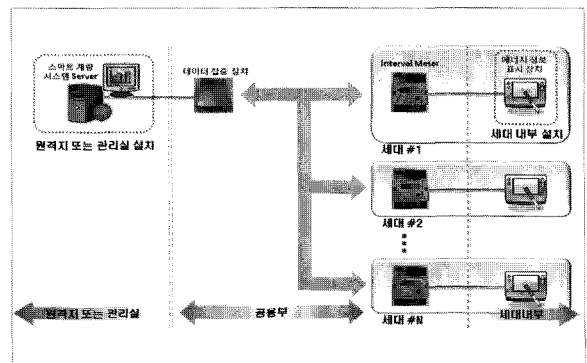
분야	주요 구성요소
Smart Place	스마트계량기, 통신망, 홈·빌딩·공장용 에너지관리시스템, 서비스 플랫폼, 가정용 신재생, 전기차 충전인프라 구축
Smart Transportation	전기차 배터리교환소, 전기차 충전기, 통신기반 서비스 플랫폼 및 충전통신망, 모바일·내비게이터 정보제공
Smart Renewable	신재생용 전력저장장치(Storage), 신재생용 마이크로그리드 운영기기·시스템, 통신망
Smart PowerGrid	지능형 송전망, 디지털 변전소, 스마트 배전망, 통신망과의 연계, 전력시스템 통합제어 솔루션 개발
Smart Elec. Service	녹색·품질별·실시간요금제, 전력컨설팅, 수요반응(DR)이 운영되는 신전력서비스 설계 및 운영

표 4-2의 5개 분야별 과제 공모하여 각 분야별 복수 컨소시엄 선정되고, 투자비 50%이내 지원, 주민동의 확보, 실증단지 전력망 개발 등의 정부 지원이 이루어진다.

## 2. 스마트 계량 시스템

### 2.1 스마트 계량 시스템 시범 보급사업

스마트 계량 시스템(Smart Metering System)은 통신 가능한 전자식 전력량계 등을 활용하여 측정된 에너지 사용량과 에너지 소비에 관련된 다양한 정보를 소비자에게 실시간으로 제공하여 자율적인 에너지 절감을 유도하는 시스템이다.

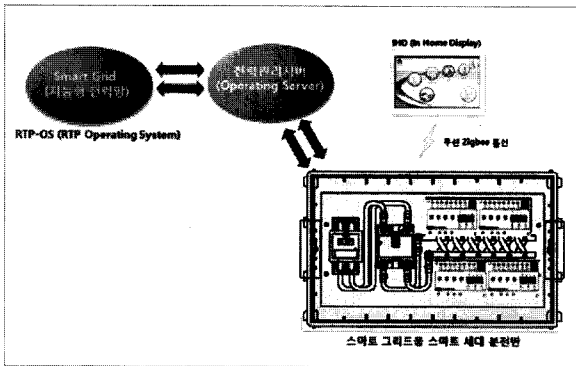


【그림 1-8】 스마트 계량시스템 구성

스마트 계량 시스템 구성은 서버, 계량기, 에너지 정보 표시 장치, 통신 요소로 되어있다. 에너지관리공단 스마트 계량 시스템 지원금은 설치 금액의 70%지원(Matching 조건)이고, 2009년도 기준 교체 예정비용은 15만원/대(지원금 10만원, 자체부담 5만원)이다. 지원대상은 전국 공동주택 입주자, 스마트 계량시스템 적용 희망 건설사 등이고 최소 100가구 이상 설치되어야 한다.

## 2.2 스마트 세대 분전반

전력 공급자와 소비자간 쌍방향 데이터 교류를 가능케 해 에너지 효율을 극대화 할 수 있는 차세대 전력망인 스마트그리드 시스템과 연계해 가정에 전력 사용량과 요금 정보를 보여주고 전력 사용을 자동으로 최적화 해주는 스마트 세대분전반을 설치하면 시스템이 알아서 세탁기, 식기 건조기 등 가전 제품을 전기 요금이 싼 심야에 자동 운전토록 할 수 있으며 기존 홈네트워크 시스템 기능과 연동해 일괄 소등 및 대기 전력 차단 기능까지 동시에 구현할 수 있다.

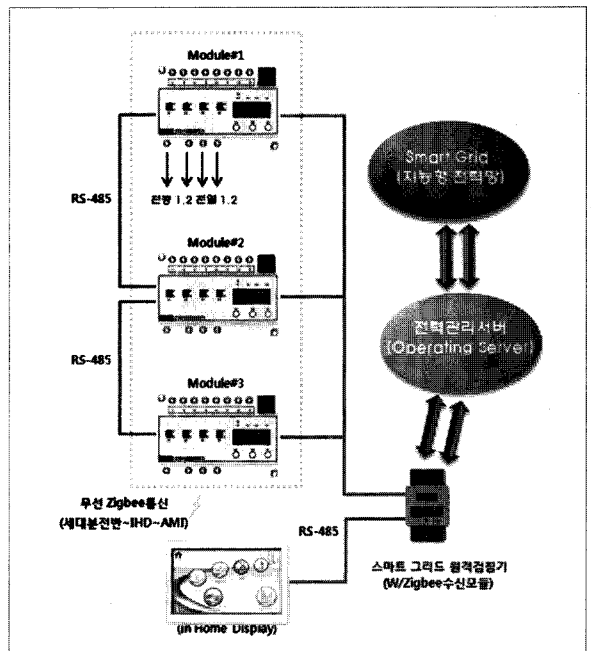


[그림 1-9] 스마트 세대 분전반

기존의 주택용 분전반이 단순히 과전류, 누전차단 등 일부 기능만을 갖추고 있는 것에 비해 스마트 세대분전반은 전류, 전압, 전력, 역률 등의 전기 정보를 포함해 사용 전력량을 측정, 금액으로 환산표시함으로써 사용자가 스스로 전기 에너지 낭비를 줄일 수 있다. 이와함께 TV, 홈시어터, 세탁기 및 주방 가전기기 등의 사용 전력량 표시 및 불필요한 에너지의 소비를 막고 대기 전력 차단 기능이 있다. 외출 시 전등 및 가스(가스세어기와 연동)등을 자동으로 차단해 전기 낭비 및 가스 누출 안전사고 화재를 예방 할 수 있는 홈 네트워크 기능을 가지고 있다.

스마트 세대분전반을 이용한 차별화된 신개념 Demand Response(수요/능동적 반응)로 AMI를 기반으로 한 소비자와 전력 공급자간의 전력 소비 정보화 인프라 구축으로 소비자의 능동적인 에너지 절감(DR : Demand Response - 수요/반응)을 위한 각 가정 단위의 전력관리시스템이다.

Smart Meter와 Home Display가 연동 Networking 기능과 각 회로별 Network switch 기능, 개별 통신 기능으로 세대별 전력관리, 제어 기능 그리고 모든 전열에 대한 대기전력차단 기능과 전열에 대한 스케줄 제어 기능, 회로별 전력 사용량 집계해 일별, 월별, 연간 Data 저장 및 표시 기능으로 전기 요금 절감(Home Display 연동)이 가능하다.

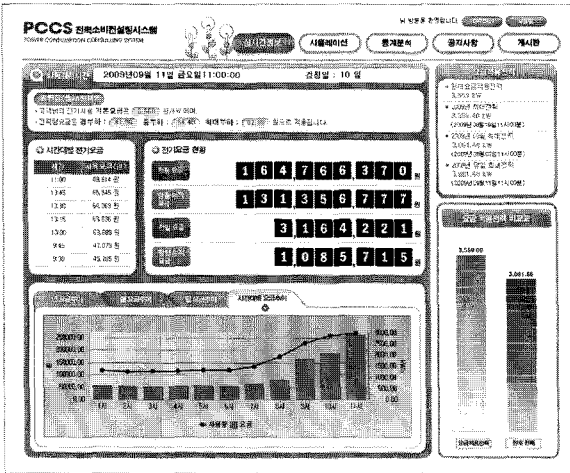


[그림 1-10] 스마트 세대 분전반 로컬 예

또 일괄소등, 대기전력차단 및 홈넷 기능 연동 구현이 가능한 지능형 세대분전반으로 각 전등, 전열 개별 회로 단위의 제어 및 통신기능으로 전등 일괄 소등, 외출시 간편한 일괄 소등 기능으로 전등 및 대기전력 차단 기능(Module 기능 내장)과 전력 에너지제어 및 관리 기능 구현(가정 에너지 관리), 전체 사용 전력량을 일간, 주간, 월간 단위의 회로별 분석 가능 및 스케줄 제어와 패턴 제어 가능한 에너지 정보 확인, 관리가 가능하다. 이와 함께 Home Display와 연동, 홈넷 시스템과 연동(RS-485, Zigbee 통신에 의한 홈네트워크 시스템과 연동)을 할 수 있다.

### 3. 전력소비 컨설팅 시스템 (Power Consumption Consulting System)

#### 3.1 전력소비 컨설팅 시스템



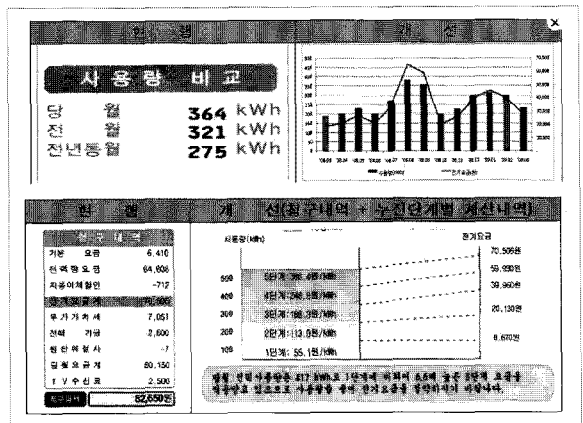
[그림 1-11] 전력소비 컨설팅 시스템

한국전력에서는 2009년 9월 14일부터 14만 고압 고객을 대상으로 스마트그리드의 핵심 서비스인 에너지포탈(pccs.kepco.co.kr)을 상용화하였다. PCCS(전력소비 컨설팅 시스템)란 고객에게 실시간 전기사용정보 및 분석들을 제공해 자발적인 부하관리와 에너지 소비절약을 유도하기 위한 전력포탈서비스이다.

고객에게 실시간으로 전기사용량정보, 요금정보를 제공할 수 있으며 사용량 및 요금분석을 통해 검침일로부터 현재까지의 전기요금을 확인할 수 있다. 또 전기사용패턴을 분석해 해당월의 전기요금이 얼마나 나올지 예측할 수도 있다. 한전에서는 사용량 및 요금분석 서비스, 부하이동시 요금절감액, 부하지속곡선 등 각종 통계자료를 그래프화해 고객의 전력수요 관리 및 전기요금 절감이 가능토록 했다. 현재 PCCS에서의 일별, 월별 사용량은 월기준(1일~30일)으로 제공되고 있으므로 월별 요금내역의 사용량과는 차이가 발생한다. 또한 일별 및 월별 사용량통계가 맞지 않는 경우(데이터 수신 및 통계작업에 따라 1~2일 소요후 일치)에도 통계분석->요금분석의 "당월 실시간 전력량요금 및 일별, 시간대별 상세내역"을 사용하면 검침일별 사용량을 알 수 있다. 전력소비 컨설팅 시스템을 통해 고객은 전기요금을 줄일 수 있고 한국전력은 원가절감을 할 수 있다.

#### 3.2 주택용 전기요금 고지서 양식 변경

2009년 8월부터 주택용 전기요금 고지서 양식이 변경되었다. 기존의 전기요금 청구서는 당월, 전월, 전년 동월의 전기사용량을 수치로만 표시하여 수용가들이 본인의 소비패턴, 요금체계, 사용량 정보 등을 피부로 느끼지 못하고, 특히, 누진제에 관한 정보가 부족하여 누진구간에 따른 전기 소비 절약 유인을 갖지 못한 문제가 있었다.



[그림 1-12] 주택용 전기요금 고지서 양식

새로 바뀐 고지서는 그래프와 도표 등을 사용하여 소비자가 한눈에 자신의 전기소비현황을 파악할 수 있도록 하여 자발적인 소비절약을 유도할 수 있을 것으로 기대된다. 즉, 소비자들이 본인의 소비패턴과 사용량 정보 등을 인식하기 쉽도록 월별 사용량과 요금 비교자료를 그래프로 제공하며, 누진단계별 요금계산 내역을 상세하게 제공하고 사용량별 누진제 부담수준에 관한 메시지를 포함한 것이 특징이다.

다만, 관리비고지서에 전기요금이 포함되는 아파트 등 공동주택의 경우 한국전력이 관리비 고지서를 수정하기 곤란하기 때문에 시범실시 기간을 거쳐 2010년 1월부터 본격 시행토록 추진 예정이다. ❖

#### 참고문헌

1. "스마트그리드 및 홈네트워킹 구현을 위한 고속전력선 통신 표준화 동향 연구", 정보통신 산업진흥원, 2009.
2. "스마트그리드 추진 동향 및 구현 방안", 정보통신 산업진흥원, 2009.