

전력선 통신을 이용한 전력부가 서비스 시스템 설계 및 개발

최영림, 박병석, 임용훈, 김수배, 유동희
한국전력 전력연구원

The design and development of value added service system of power utility using powerline communication

Younglim Choi, Byungseok Park, Younghoon Lim, Soobae Kim, Donghee Yoo
Kepri(Korea Electric Power Research Institute)

ABSTRACT

전력선 가입자망은 그 잠재적인 활용도가 매우 높아 국내외 전력 회사들의 관심도가 매우 높아지고 있다. 기존의 단순한 전력 공급만을 목적으로 하던 수용가의 전력선을 통신망으로 이용하면 전기 이용은 물론 정보가전기기, 컴퓨터 기기 등의 홈 네트워크, 홈 오토메이션 및 인터넷 통신이 가능하게 됨으로써 관련 업종의 경쟁력 제고와 전력 사용기기를 최적 제어함으로써 가정의 편리성과 에너지 효율을 극대화 할 수 있다. 또한 전력선망을 보유한 전력회사에서는 원격 수요관리, 검침 및 자동화 기술을 통하여 보다 효율적인 전력 운영과 수용가 이익을 증대화 시킬 수 있다.

본 논문에서는 전력선 통신을 이용하여 원격검침, 수요관리, 고객 관리 및 전력 정보 제공, 심야전력 관리 및 감시 등의 다양한 서비스를 경제적으로 제공하기 위하여 우리나라 실정에 맞는 전력부가 서비스 시스템의 주요 기기들을 설계하고 개발한다.

1. 서 론

전력선을 전송 매체로 사용하여 제어 및 통신 네트워크를 구축하는 것은 별도의 배선이 필요없이 전원계통을 통하여 네트워크 구성이 가능하여 전체 시스템의 구축과 유지 보수가 용이한 장점을 갖는다. 이러한 전력선 통신(PLC : Power Line Communication) 기술은 오래전부터 전력회사를 중심으로 일부 사용되어 왔고 최근에는 비약적인 정보통신 개발에 힘입어 다시 각광을 받고 있다. 특히 최근 세계적으로 홈 네트워크 시장에 대한 관심이 고조되면서 전력선 통신을 이용한 가전기기 제어 기술 개발 또한 활기를 띠고 있다. 1990년 미국 소비자 가전연합에서 9.6kbps급의 CEBUS 프로토콜을 발

표하여, 가전업체에서 관련 제품을 개발하기 시작하였고, 국내에서도 아파트 시공 단계에서 저속 모뎀을 가설하여 가전기기를 제어하는 서비스가 실시되고 있다. 이러한 저속 데이터 전송 기술은 이미 실용화 단계에 있으며, 인터넷을 사용할 수 있는 고속 전송에 대한 고속 모뎀 기술 또한 상용화를 위한 기술 개발이 활발히 진행되고 있다.

아울러 전력회사의 입장에서는 이미 갖추어진 전력계통의 기반 시설을 이용하여 설비의 제어 및 감시, 원격검침 등 광범위한 분야에 걸쳐 활용이 가능하고, 기존의 대규모 수용가만이 전력 수급과 이용의 효율적인 관리 대상이었으나 이제는 전력 공급의 최말단인 일반 가정에까지 전력공급에 대한 이용관리의 효율성을 향상시킬 수 있어서 전력선을 이용한 제어통신의 구축은 의의가 아주 크다고 할 수 있다.

디지털 시대에 맞추어 고객 만족의 서비스로서 전력부가 서비스 시스템의 개발을 진지하게 고려할 필요가 증대되고 있는 이 시점에서, 전력선 통신을 이용한 전력 부가 서비스 시스템에 대한 설계 및 개발에 대해서 살펴보고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성하였다. 2장에서는 전력부가 서비스 시스템에 대한 구성과 사양에 대해서 살펴보고, 3장에서는 본 연구원에서 제작한 전력 정보 부가 단말에서 제공하는 서비스에 대해서 소개하며, 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 전력 부가 서비스 구성

2.1 전력부가 서비스

전력부가 서비스(VAS : Value Added Service)는 PLC가 양방향 통신이 가능한 점을 이용하여 원격검침 뿐만 아니라, 전력회사로서 고객에게 제공할 만한 정보를 전송하고 고객의 상태를 체크하여 편의를 제공하는 시스템이다.

VAS는 전력회사와 고객에게 모두 이익이 된다. 고객은 전력회사로부터 유익한 정보를 제공받아 합리적인 전기 소비를 할 수 있으며, 전력회사는 시간대별 차등요금제, 에어컨 제어 등을 통해 고객측 부하관리를 할 수 있기 때문에 전력소비의 불평형을 해소하여 피크전력 비용을 줄일 수 있으므로 많은 비용절감 효과를 얻을 수 있다.

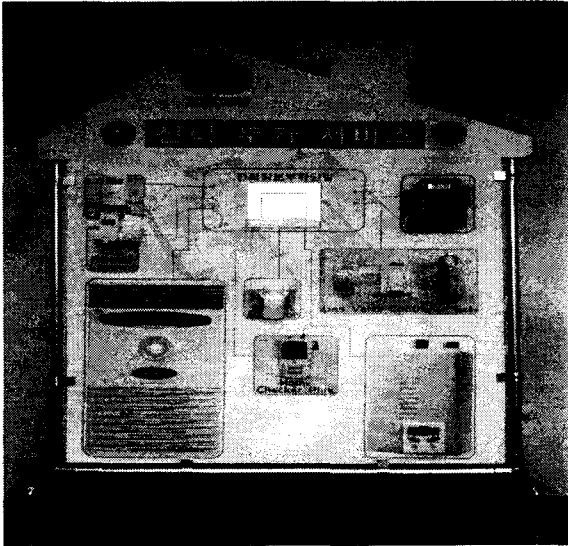


그림 1 전력부가 서비스 시연 모형

그림 1은 전력부가 서비스를 시연할 수 있는 모형이다. 가운데 상단에 전력정보 부가단말기 터치스크린이 부착되어 있고 우측상단에 전자식 계량기가 있으며, 전기선을 통해 각종 가전기기가 접속되어 있다. 각 기기들은 모두 전기선을 통해 연결되어 있으므로 별도의 통신 배선은 필요 없다.

본 장에서는 기존의 원격검침에 관한 기술적인 내용^[1]은 간단히 기술하고, 전력부가 서비스 시스템에 사용된 사양에 대해서 기술하고자 한다.

2.1 전력부가 서비스 설계

그림 2는 전력부가 서비스의 전체적인 구성도이다.

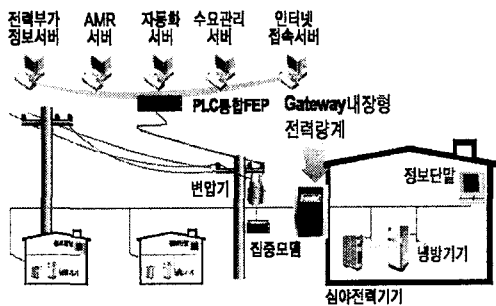


그림 2 전력 부가 서비스 구성도

전력부가 서비스 시스템은 크게 해당 서비스를

관장하는 서버와 전력선 통신 FEP, 집중 장치 (CCPM-Concentrated Communication Processing Module), 옥내 전력선 통신 Gateway 내장형의 전력량계 및 말단의 전력정보 부가단말로 구성된다. 대규모의 저압 수용가를 수용하기 위하여 각각의 서비스에 해당하는 서버를 독립적으로 구축하며, 다수의 서버로부터의 동시다발적인 통신 요구를 스케줄링하기 위한 전력선 통신 FEP를 운영 사무실에 설치한다.

변대주에 위치한 집중 장치(CCPM) 모뎀은 FEP로부터 일반 장거리 통신망 전송된 패킷을 저압 220V 전력선 채널에 재전송하는 역할을 수행할 뿐만 아니라, 각 수용가에 설치된 전력선 통신 gateway의 감시 및 관리기능을 수행한다. 국내의 배전 계통은 하나의 변대주에 수십여 가구 정도의 수용가가 접속되는 구조이다. 따라서 일반 장거리 통신 선로에 대한 하부 단말의 접속 개소가 적어 경제성을 확보하기 어려운 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 다수의 인근 변대상에 위치한 수용가를 하나의 전력선 통신망으로 수용하기 위한 전력선 통신 Repeater를 220V 저압 선로에 취부하여 집중 전력선 모뎀에 접속되는 수용가를 확장할 수 있도록 하였다.

FEP로부터 전송된 명령 패킷은 옥내의 전자식 전력량계와 일체형으로 구성된 전력선 통신 Gateway에 의해 최종적으로 해당 단말에 전송된다. 전력부가 서비스의 주요 단말은 수요관리를 위한 전력선 통신 제어가 되는 냉방기기 및 심야 난방기기와 각종 전력이용 정보 및 부가서비스를 제공하기 위한 정보단말을 우선적으로 선정하였다.^[2]

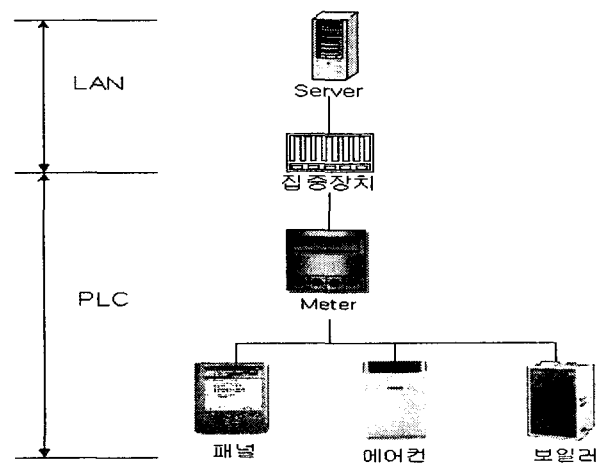


그림 3 전력부가 서비스 시스템의 통신 계위

2.2 시스템 구성

그림 4는 그림 1에서 보여주고 있는 시연 모형에 대한 블록 다이어그램이다.

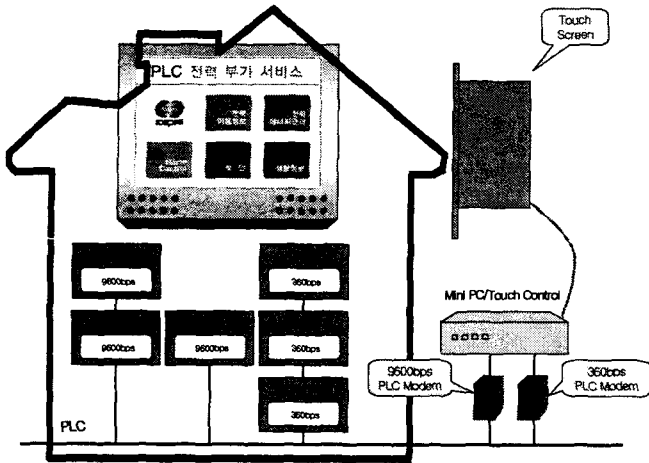


그림 4 블록 다이어그램

2.2.1 저속 PLC 모델

그림 4의 블록 다이어그램에서 나타난 데로 인터넷 사용을 위한 고속 모델을 제외한 가전 기기 제어용의 모델은 저속 모델을 사용하였다. 크게 9600bps의 PLC 모델과 360bps의 PLC 모델을 사용하여 이 시스템을 구성하였다.

표 1 9600bps PLC 모델 사양(PLANET-PSM10E-03)

No	Item	Description
1	Code 변조	DSSK
2	Physical 변조	Spread Spectrum
3	주파수 대역	120kHz ~ 400kHz(FCC/ARIB)
4	Bit rate	Extremely robust mode - 1.25kbps Robust mode - 5.0kbps Standard mode - 7.5 kbps
5	MAC	CSMA/CA
6	error correction	16Bit CRC
7	Interface	RS-232
8	Input Volt	AC 100V ~ 330V
9	DC Volt	+5V DC, +3.3V DC
10	소비전력	대기 시 : 0.6W, 송신 시 : 3W(Max)
11	Protocol	Zbus
12	PL Output Volt	5.4 Vpp / 20ohm
13	Baud-Rate	9600 bps
14	동작온도범위	- 2 0

택내 통신의 게이트웨이 역할을 하는 전력량계와 부하 사용량이 많은 에어컨과 보일러 기기 통신에 사용되는 9600bps PLC 모델은 전력선 통신의 Physical Layer 및 MAC layer, Network Layer가 내장되어 있어 별도의 Protocol 없이 전력선 Network 구성이 가능하며 UART를 통하여 4800~19200bps의 비동기 통신으로 모든 Application에 사용할 수 있게 되어 있다. 또한, 입력 Filter 및 출력 Amp,

AC Coupling 회로가 내장되어 있어 RS232c Port와 연결하여 AC전원으로 통신을 할 수 있다. 기본 사양에 대한 설명을 표 1에 나타내었다.

그리고, 택내의 전등 제어와 가스제어(가스탐지) 및 방범/방제 센서에 사용된 모델은 360bps급 PLC 기술을 이용해 미국 및 유럽 지역에서 상용화 되어지고 있는 X10 PLC 기술을 수용할 수 있도록 제작된 모델이다. 이 모델은 Zbus 프로토콜을 적용하여 개발되었기 때문에 저속전력선 통신에 적합한 CSMA/CDCA의 진보된 알고리즘을 보유하고 있다. 이 모델의 주요 특징으로는 단순제어용 네트워크 분야에 적합하고 Zero-Cross Point를 이용한 신뢰성 있는 통신을 보장한다는 것이다.

표 2 360bps PLC 모델 사양(PLANET-ZCT10E-02)

No	Item	Description
1	Code 변조	ASK
2	carrier 주파수	120kHz
3	MAC	CSMA/CDCA, Zbus
4	PLC Protocol	z256 Protocol v1.5
5	Interface	AC Uart(4800bps)
6	PLC Speed	360 bps (Max)
7	PLC Output	5.4 Vpp / 20ohm (Test Bad)
8	PLC Receive	45dB
9	Compliance	FCC Part15, CENELEC Band A/B
10	Input Voltage	DC5V, 12V(±5%)

2.2.2 서버 구성

그림 3에 나와 있는 전력부가 서비스 시스템 구성에서 변대주 집중장치와 전력량계(Meter)의 기능은 원격검침 시스템의 장치를 동일하게 사용하는 것이다. 이와는 달리 전력부가 서비스를 위한 서버는 새로 구성을 하였다. 전력부가 서비스 서버에서는 수용가전주에 설치된 집중장치에 접속하여 데이터를 송수신 할 수 있다.

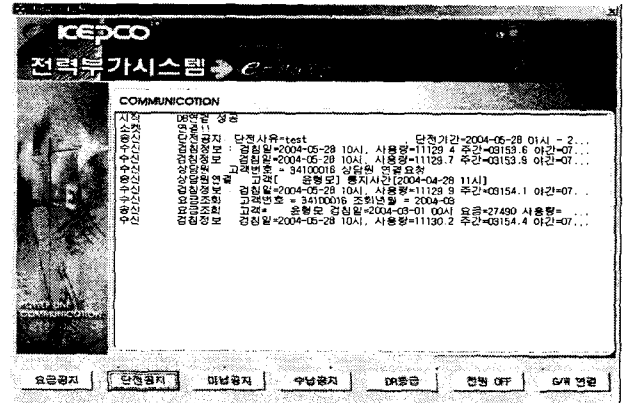


그림 5 서버의 메인 화면

서버에서는 수용가에서 전송되는 메시지를 수신하여 처리할 뿐만 아니라 여러 공지에 대한 메시지를 송신하기도 한다. 매일 정기적으로 발송되는 요금 공지와 요금 체납에 의한 단전 공지 및 미납 공지, 전기 이용료 납부 확인을 알려주는 수납공지 등의 송신 메시지 기능과 전력 에너지 관리 기능의 DR등급 설정 기능 등이 서버의 주요 기능이다.

3. 전력 부가 서비스용 정보 단말

전력부가 서비스 단말은 기존의 수동적인 전력 공급 및 사용을 상호간에 양방향 전력선 통신을 이용하여 냉·난방 기기의 제어 및 정보조회 등의 능동적이고 효율적인 전력을 사용하게끔 도와줄 뿐만 아니라, 화재 및 방범 등의 보안 기능과 인터넷을 사용하는 등의 부가 서비스를 함께 제공하여 전력회사의 부가가치를 높일 수 있도록 하고 있다.



그림 6 메인 화면

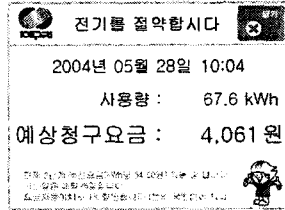


그림 7 전기요금 표시기

전력부가 서비스 단말에서는 그림 6에서 나타낸 것처럼 5개 항목의 서비스를 제공하고 있다. 단말기에 아무런 입력이 없으면, 단말기는 기본적으로 전자식 전력량계가 검침한 전력량 값을 그림 7에서처럼 상시 보여주는 전기요금 표시기(미터)가 된다.

전기요금 표시기는 기산일로부터 현재까지 사용전력량과 요금이 표시된다. 이 때 누진요금 단가에 따라 자동 계산 처리되는데 전기요금 체계가 바뀌더라도 전력회사와 고객간 양방향 데이터 수정이 되므로 바로 적용이 가능하다. 뿐만 아니라 앞으로 시간대별 차등요금제를 손쉽게 적용할 수 있으므로 피크타임 부하관리에 괄목할 만한 성과를 가져올 수 있다.

고객측에서 보면 우리가정이 한달에 전기를 얼마나 쓰는 지 잘 모르고 있을 뿐더러 요금구조가 복잡하여 금액으로 환산하기도 어렵다. 그저 전기요금 청구서를 받고 적혀있는 금액대로 납부하는 식이다. 그런데 집집마다 전기요금 표시기가 설치되어 집안에서 수시로 전기요금을 체크할 수 있다면, 합리적인 전기소비 생활이 가능해진다. 결과적으로 전력소비 구조를 건전하게 하여, 전력회사 경영효율도 높일 수 있고, 에너지의 합리적 이용, 절약이 가능하므로 국가경제에 큰 도움이 된다.

3.1 전력 이용 정보

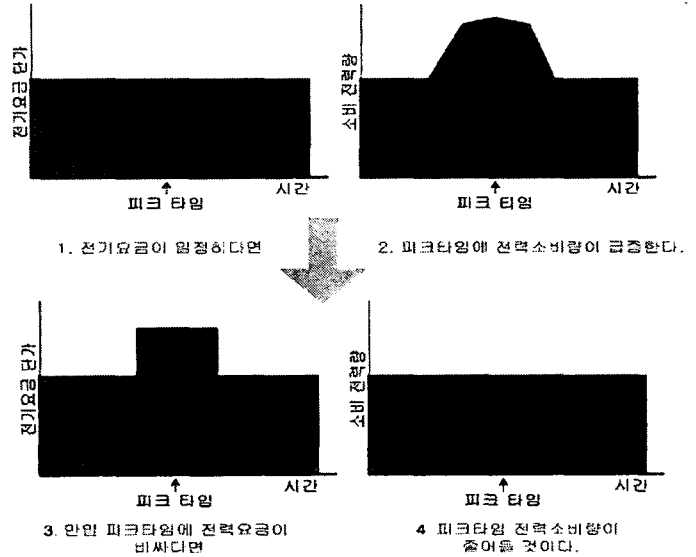


그림 8 전기요금 단가와 소비 전력량과의 관계

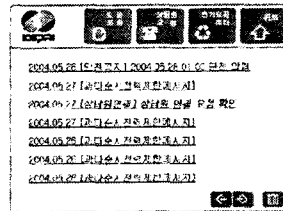


그림 9 메시지 리스트

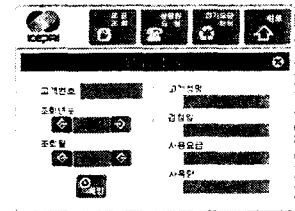


그림 10 요금 조회

전력 이용 정보 항목(그림9)에는 요금 조회, 상담원 요청, 전기요금 미터의 기능이 있다. 기본 화면에서는 정보 단말에서 수신한 메시지들을 리스트 형식으로 보여주고 있다. 요금 조회 기능은 사용자의 과거 요금 및 전력 소비 실적, 소비패턴들을 제공받을 수 있다. 상담원 요청 기능은 사용자가 전화로 문의할 필요없이 상담원 요청 버튼을 클릭하기만 하면, 서버에서 자동 처리하여 전기 상담원이 고객에게 전화를 거는 방식으로 상담이 이루어지도록 했으며, 고객에게는 메시지로 사전에 전화 연락 시간을 알려주어 편리한 상담을 할 수 있도록 하고 있다. 전기요금 미터는 현재 월에 대한 전기 사용량과 예상 청구요금을 보여주고 있으며, 앞에서 언급한 대로 1분 이상 어떠한 입력도 없으면 정보 단말의 기본 화면(그림7)으로 유지하고 있도록 하였다.

3.2 전력 에너지 관리

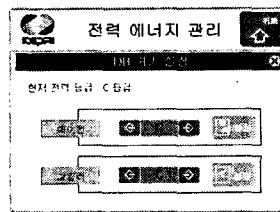


그림 11 DR 기기 설정

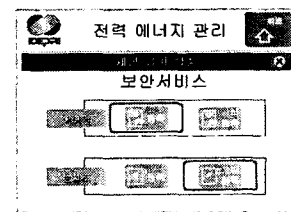


그림 12 제한기기 설정

전력에너지 관리에는 DR(Demand Response-그림11) 기능과 순시전력 제한 기능(그림 12)이 있다.

DR기능은 전력 공급자가 제공하는 전력 등급에 따라서 댁내의 에어컨 기기 등 피크타임에 부하관리가 필요한 기기를 미리 설정하여 제어할 수 있도록 하는 기능이다. 이 기능을 사용함으로써 전력공급자는 전력수요 증가에 따라 수용가 가전기기를 제어할 수 있으므로 안정된 전력 공급을 할 수 있다

순시 전력 제한 기능은 순시전력 소비량이 계약전력을 초과할 때 우선적으로 'off' 시킬 기기를 미리 설정하는 기능으로써 사용자가 과다 전력을 사용하지 않도록 사용자 스스로 조절할 수 있는 기능을 제공하는 것이다.

3.3 Home Control

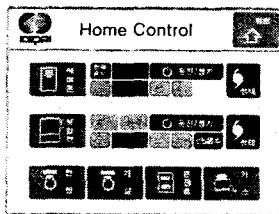


그림 13 가전기기 제어



그림 14 서비스 시연 화면

전력정보 부가 단말에서 댁내의 가전기기를 제어할 수 있다. 댁내의 조명뿐만 아니라 에어컨과 보일러의 on/off 제어, 온도조절을 수행하며, 가스밸브에 이상이 발생시 자동 잠금과 함께 알람기능을 갖고 있다.

3.4 보안 서비스

보안 서비스는 화재 발생시와 도둑 침입 시 긴급히 사용할 수 있는 기능이다.(그림15) 초기화면에서 보안 서비스 선택 후 바로 <화재신고>나 <방범신고>버튼을 누르면, 이미 서버에 등록된 정보에 따라 위치 추적 및 사용자 정보를 바로 소방서나 경찰서로 알려주게 된다.

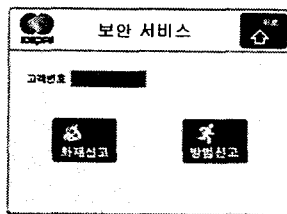


그림 15 보안 서비스

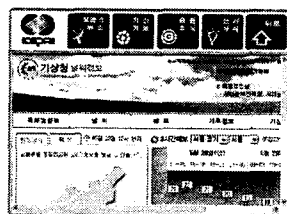


그림 16 기상 정보

3.5 생활 정보 서비스

PLC를 이용한 부가서비스 중 순수한 고객서비스 차원에서 간단한 생활정보를 제공하는 기능도 추가하였다. 기본 화면에서 생활정보를 누르면, 뉴스, 기상정보(그림 16), 증권정보, 전기상식 등 네 가지를

볼 수 있도록 구성하였다. 인터넷 사용을 위해서 앞서 소개한 모뎀 이외의 고속 PLC모뎀을 추가로 연결하여 구성하였다.

4. 결 론

지금까지는 전력 소비량이 적고 관리 대상이 너무 많아, 전력이용에 대한 저압 수용가의 감시 및 서비스가 미비하였으나, 최근 전력산업의 환경 변화에 의해 전력 공급의 최종단인 저압 일반 수용가에 대한 전력공급 및 이용에 대한 관리의 필요성이 높아져 가는 실정이다.

이에 대한, 전력부가 서비스(VAS)는 전력회사 경영에 전환점을 제공하고, 고객관리에 새로운 패러다임을 제시한다. 구체적이 미래가치를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 고객으로 하여금 합리적 전기소비를 유도하고, 부하 평준화에 따라 경제성이 극대화 되도록 급전계획을 수립할 수 있으며, 국가적으로 에너지 과소비 억제에 기여한다.

둘째, 전력부가 서비스는 고객통신 서비스가 기반이 되므로 고부가가치의 통신사업에 연결될 수 있다. 홈서비스 통합제공 사업(HSA:Home Service Aggregation) 및 수도, 가스 등 원격검침 통합 등이 그것이다.

셋째, 이러한 기술은 국제적으로도 앞서나가는 것이므로 해외기술 수출이 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] Byungseok Park et al, "Development of AMR System using Communication Network", To be appeared in ICEE 2004
- [2] 박병석 "전력선 통신을 이용한 전력 부가 서비스 시스템의 모델", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2002, July