

# 택내 전력정보표시장치(IHD) 보급에 따른 사회적 혜택 정량화 연구

논 문
59-9-11

## A Study on Quantifying the Societal Benefits Attributed to IHD Deployments

정 남 준<sup>†</sup> · 양 일 권\* · 송 재 주\* · 최 승 환\* · 고 중 민\*  
(Nam-Joon Jung · Il-Kwon Yang · Jae-Ju Song · Seong-Hwan Choi · Jong-Min Ko)

**Abstract** - In this paper, the beneficial effects of IHD deployments on the society were investigated, which is one of the enabling technologies related to the AMI investments. By focusing on the energy use reduction due to the feedback information from IHD, various favorable effects can be induced and quantified. The societal benefits should make a reasonable contribution to ensure that IHD should be prerequisite to the AMI deployments. In future, the quantification methodology would be applied to characterize and estimate the time-varying rate based demand response programs.

**Key Words** : IHD, AMI, Societal Benefits, Feedback, Efficient Energy Use

### 1. 서 론

미국과 유럽의 주요 국가들을 비롯한 선진국뿐만 아니라 전 세계적인 스마트그리드에 대한 정책 및 경제논리에 따라 스마트계량시스템(AMI)에 대한 투자가 활발히 진행 중에 있다. 스마트계량시스템에 대한 각국의 투자로 인하여 전력 회사에서 기존에 운영하고 있는 방식의 수동 검침에 소요되는 직접 인건비와 수동 검침 프로세스에 내제되어 있는 다양한 직접 비용을 절감할 수 있다는 일반적인 장점이 있다. 그러나 스마트계량시스템의 직접적인 효과는 유틸리티나 정부의 보급 비용을 충분히 정당화하기에는 비즈니스적인 관점에서 한계가 있으며, 이러한 직접적인 비용 절감 이외에도 향후에 고객과 사회 전체에 직간접적으로 생길 수 있는 다양한 혜택을 포함하여 검토함으로써 더 쉽게 투자에 대한 합리성을 입증할 수 있다. 특히 한국은 스마트그리드 추진 선도국으로서 세계 최초로 국가단위의 스마트그리드 구축을 추진하기 위한 로드맵을 도출하였으며, 로드맵 내용에 의하면 스마트미터링과 관련된 스마트미터와 IHD의 보급 사업을 2011년부터 계획 중에 있다. 본 논문에서는 IHD(In Home Display)와 같은 전력정보표시장치를 사용자에게 보급하여, 고객이 이용한 요금 관련 정보를 피드백함으로써 얻어지는 국내외 효과 사례 등을 분석하고, IHD 투자에 따른 체계적인 사회적 혜택의 정량화 방법을 제시하여, 예상되는 정량적 효과를 도출하고자 한다.[1]

### 2. 관련연구

#### 2.1 IHD 개요

IHD는 택내에서 현재 전력소비, 누적 전력사용량, 전기요금, 온실가스 배출량 등에 대한 정보를 보여주는 표시장치이다. IHD는 AMI<sup>1)</sup>의 주요 구성요소이며, 스마트미터와 연계하여 CPP<sup>2)</sup> 이벤트 통지, 부하관리 또는 DR<sup>3)</sup> 프로그램 운영, 요금 선지불(Prepayment) 고객 관리 등에 활용이 되고, 온도, 습도 등의 환경 센서들과 연계되는 경우 택내 에너지 소비 환경에 대한 진단정보의 제공이 가능하다. IHD를 통해 고객에게 피드백 정보를 제공하기 위해서는 주로 스마트전력량계와 직접 연결하여 전력량계의 실시간 정보를 보여주거나, MDMS<sup>4)</sup>와 같은 유틸리티의 전력시스템과 연계하여 보다 많은 정보를 조회할 수 있다. 일반적으로 IHD를 통하여 제공하는 정보의 내용은 아래와 같다.

해외에서 보급중인 IHD는 IHD의 제공 기능 사양에 따라, \$5~\$20 가격대의 단순형(Simple, 세 단계의 TOU<sup>5)</sup> 가격을 색으로 나타낼 수 있는 단순한 IHD), \$25~\$50 가격대의 중간형(Mid Range, 부가적으로 정보를 숫자로 표시하여 제공하는 중간 범위의 IHD), \$100~\$400 가격대의 고급형(Advanced, 다양한 정보를 컬러 디스플레이로 제공하는 첨단 IHD, 가장 널리 사용됨)으로 구분이 가능하며, 평균 100\$ 정도의 설치비가 소요된다.[2]

† 교신저자, 정회원 : 한국전력공사 전력연구원

E-mail : njjung@kepco.co.kr

\* 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원

접수일자 : 2010년 2월 4일

최종완료 : 2010년 8월 10일

1) AMI : Advanced Metering Infrastructure

2) CPP : Critical Peak Pricing

3) DR : Demand Response

4) MDMS : Meter Data Management System

5) TOU : Time Of Use

표 1 IHD를 이용하여 제공되는 정보

Table 1 Information provided by IHD

전력 사용 정보	전력 통계 정보	에너지 사용 관련 정보
- 현재까지의 전력 사용량 - 현재까지의 전력요금 - 이번 달 예상되는 전력 요금 - 평균 역률 - 현재 누진 요금제 구간	- 전력 사용량 시간대 별 추이 - 전달 전력 사용량 - 전달 전력 요금 - 연간 전력 사용 통계 - 동일 집단 평균 전력 사용량 - 동일 집단 평균 요금	- CO2 발생량 - 날씨 정보

2.2 IHD를 이용한 에너지 절감 사례 분석

IHD를 이용한 전력사용정보 피드백을 통한 에너지 절감 사례들을 분석 주체별로 구분하여 살펴볼 수 있다. 우선적으로 2006년 옥스퍼드대학 환경변화연구소의 Darby 박사가 38개의 주거용 전력요금 피드백 파일럿 프로그램을 시행 사례를 분석한 결과, 21 개의 연구결과들이 IHD를 통한 에너지 소비 절감 효과를 나타낸 것으로 분석되었으며, 평균 에너지 소비 절감효과는 5%~14% 범위였다. 전력요금에 대한 피드백 방법에 있어서도 소비자에게 IHD를 통해 직접적으로 에너지 정보를 제공하거나 IHD에 가변요금 프로그램을 결합하는 방법이 소비자가 에너지소비를 절감할 수 있는 가장 좋은 방법이라는 결과를 도출해 냈다. 다음은 주요 전력요금 피드백 파일럿 프로그램별 절감 효과를 도출한 결과이다.[3]

표 2 전력요금 피드백 파일럿 프로그램 분석 결과

Table 2 Analysis results of rate pilot programs

파일럿명	지역	전력 회사	년도	고객수	가변 요금제	절감 효과	DR 효과
Hydro One Real-Time Feedback Pilot	캐나다	Hydro One	2004 - 2005	382-test 42-control	N	6.5%	N/A
BC Hydro & Newfoundland Power Pilot	캐나다	BC Hydro Newfoundland Power	2005 - 2007	200	N N	2.7% 18.0%	N/A N/A
SDG&E IHD Program	미국	SDG&E	2007	300-test	N	13.0%	N/A
Hydro One TOU Pilot	캐나다	Hydro One	2007	81-test 75-control 153-test 75-control	N Y (TOU)	6.7% 7.6%	1.8% peak 5.5% peak
Country Energy's Home Energy Efficiency Trial	호주	Country Energy	2004 - 2005	200	Y (TOU/C PP)	8.0%	30% critical peak

또한 EPRI<sup>6)</sup>가 가정용 소비자의 전기절약을 유도하기 위해 전기 사용 피드백 방법에 따른 효과와 비용에 미치는 요

소에 관하여 조사한 결과에 따르면, 피드백을 주는 형태에 따라 피드백 전달 메커니즘 스펙트럼(Feedback Delivery Mechanism Spectrum)을 분류하고, 전체 6단계 중 1~4단계는 간접 피드백(Indirect Feedback), 5~6단계는 직접 피드백(Direct Feedback)으로 구분하였다. IHD와 가변요금제 프로그램 방법은 직접피드백 방법인 5단계에 해당한다.

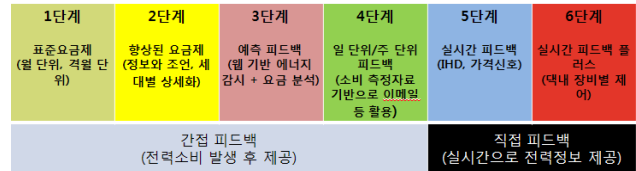


그림 1 피드백 전달 메커니즘

Fig. 1 The feedback delivery mechanism

IHD 관련연구 결과들을 종합하면 IHD 사용을 통해 연간 4~12% 정도의 전력소비 절감이 가능함을 보여주었으며, 직접 피드백 5 ~ 6단계의 평균 소비절감 효과는 각각 7%, 12%였다.[6]

표 3 피드백 형태에 따른 전력소비 절감 효과 비교

Table 3 The saving effect of power consumption according to feedback types

피드백 형태	방법 구분	관련 연구 수	표본 크기	평균 소비절감 효과
2(Enhanced monthly billing)	간접	7	79~2,000	9%
3(Estimated feedback)	간접	2	137~152	4%
4(Daily/weekly feedback)	간접	5	15~267	8%
5(Real-time feedback)	직접	12	10~422	7%
6(Real-time plus/appliance level information)	직접	5	4~25	12%

그리고 유틸리티가 수행한 Landis+Gyr EcoPioneer 파일럿 프로그램 사례를 살펴보면, 전력소비 절감 및 탄소배출 저감을 위해 전력사용량(가스, 수도 포함)과 온실가스배출량에 대한 실시간 정보를 제공하는 “ecoMeter” IHD를 통해 2007년부터 1년간 호주의 South East Water와 함께 50 가구를 대상으로 스마트미터링 프로그램을 수행한 결과 가구당 평균 15% 전력소비 절감 효과를 보여주었으며, IHD와 같은 시각적 디스플레이 장치(VDU<sup>7)</sup>) 만 이용했을 경우에는 약 10%의 절감효과, 가변요금제, DLC(직접부하제어) 등과 함께 IHD가 사용되는 경우 에는 최대 45%의 피크부하 절감 효과가 있는 것으로 파악되었다.[7]

마지막으로 국내에서 수행한 스마트계량시스템 실증 사업 결과에서도 그 사례를 찾아볼 수 있다. 에너지관리공단 주관으로 2008년 9월부터 2009년 1월에 걸쳐 스마트계량시스템 실증 사업을 통하여 IHD와 관련된 사업을 추진한 결과

6) EPRI : Electric Power Research Institute

7) VDU :Visual Display Unit

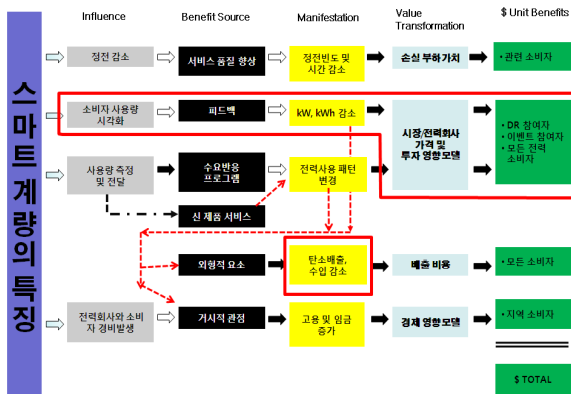
실증 사이트 별 IHD 설치에 의한 에너지 절감 효과는 IHD 설치를 통해 약 5% 이상의 절감 효과를 볼 수 있는 것으로 분석되었다.[8]

**표 4** IHD 및 가변요금제를 통한 피크부하 절감 효과  
**Table 4** The saving effect of peak load through IHD and changeable rate

파일럿	연도	지역	고객수	설명	기간	결과 (피크절감,%)
Tempo Tariff (EDF)	1995	France	350,000	CPP 프로그램	진행중	15%, 30%, 45%
Home Energy Efficiency Trial(HEET)	2005	Australia	200	3종류의 TOU 요금과 CPP 요금	1년	30%
Statewide Pricing Pilot	2004	US	2,500	TOU, 하루전 CPP (기간 고정), 당일 CPP(기간가변)	2년	4.7%-16%
Gulf Power Select Program	2000	US	2,300	3종류의 TOU 요금과 CPP 요금	1년	22-41%

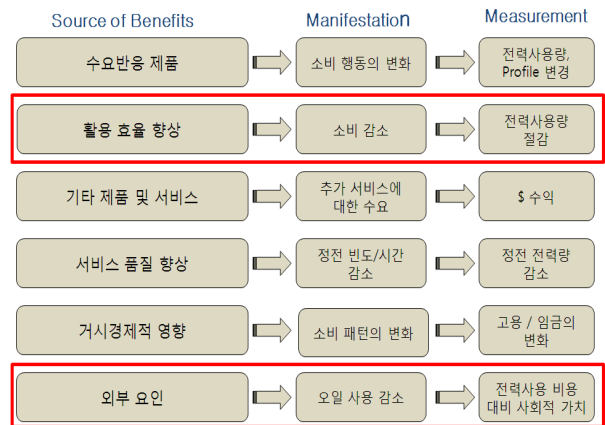
**2.3 사회적 혜택의 정량화 방법론**

AMI 투자에 따른 사회적 혜택은 운영상의 비용절감과 달리 전기요금 절감, 전력서비스 개선 등을 통해 고객에게 직접적으로 생길 수 있는 혜택과 일부 고객에게는 직접적으로 나타나지만 다른 고객에게는 간접적으로 생길 수 있는 혜택을 의미하는 것으로, AMI 구축만으로는 얻을 수 없으며, DR 프로그램 구현, 정전복구 프로세스 개선, 소비자에게 에너지 정보를 제공하는 IHD 도입 등이 병행되는 경우 실현될 수 있다. 사회적 혜택은 에너지 효율화를 통해 야기되는 에너지 및 수요 변화, 탄소배출 저감 등에 기인하는데, IHD의 효과는 그림 2의 소비자 사용량 시각화 분야의 ‘피드백’에 의한 전력사용량 및 피크부하 절감량(kW, kWh 감소)을 산출함으로써 도출이 가능하며, 그림 3의 사회적 혜택 정량화 프레임워크 중 활용 효율향상에 의한 전력사용량 절감과 오일 사용 감소 등에 따른 사회적 비용 감소 부분이 사회적 혜택 정량화 부분에 해당한다.



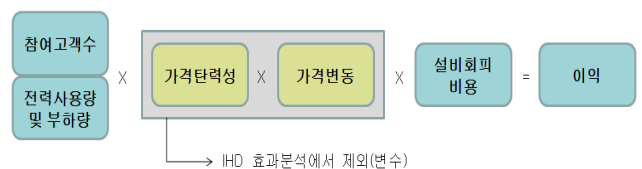
**그림 2** AMI 투자를 통한 사회적 혜택의 산출  
**Fig. 2** Source and Measurement of Societal Benefits

위 그림의 “활용 효율 향상” 혜택은 EPRI에서 제시하고 있는 아래 그림과 같은 수요반응 DR(Demand Response) 프로그램 운영에 따른 혜택의 평가 방법을 수정 및 보완함으로써 정량화될 수 있다. IHD를 통한 혜택은 DR 프로그램 혜택과 마찬가지로 전력사용량 절감(kW, kWh 절감)에 기인하지만 DR과는 달리 전기 가격(단가) 고지에 의한 것이라기보다는 고객이 IHD를 통해 전력 사용량 정보를 획득함으로써 전력 소비 행태를 조정하는 것이고 전기 가격(단가) 변동에 상관없이 얻을 수 있는 혜택이다. 물론 IHD를 통해 DR 정보가 제공되는 경우 IHD 혜택과 DR 혜택이 통합적으로 발생할 수 있으며, 보다 다양한 가정을 통해 혜택을 정량화할 필요가 있다.



**그림 3** 사회적 혜택 정량화 프레임워크  
**Fig. 3** A framework for qualifying of societal benefits

그러므로 IHD만의 혜택은 DR 혜택 평가 요소 중 그림 4와 같이 전기 가격 변화에 따른 전력 수요의 변화를 나타내는 지수인 가격탄력성(Elasticity)과 실제 전기 가격의 변화를 나타내는 가격변동(Price Change)을 제외함으로써 가능하다. 즉, IHD 프로그램에 자발적으로 참여하는 예상 고객 수, 전력사용량, 전력사용량 중 피크부하에 사용된 비율과 회피발전 및 송배전 용량비용(Avoided Generation and T&D Capacity Cost)의 데이터를 활용하여 IHD 설치에 따른 혜택 중 ‘설비회피 비용’을 정량화할 수 있다.



**그림 4** IHD 보급의 사회적 혜택 평가 방법(설비회피비용)  
**Fig. 4** A quantifying method of societal benefits attributed to IHD deployments

또한 IHD 보급 활용에 따른 부수적인 사회적 혜택인 ‘에너지 수입 절감’과 ‘온실가스 감축 효과’는 절감된 kWh와 전력생산 평균 단가 및 탄소배출계수를 적용하여 계산함으로써 정량화가 가능하다.

### 3. IHD 보급에 따른 사회적 혜택(경제성) 분석

#### 3.1 사회적 혜택(경제성) 도출 산정 계수

IHD 보급 및 활용을 통한 전력소비 절감에 따른 사회적 혜택 분석으로 '신규발전건설 및 송배전설비건설 회피비용'과 '온실가스 감축효과'의 간접 효과(사회적 혜택)를 도출할 수 있으며, 사회적 효과 외에도 '에너지 수입절감 효과'와 '내수시장 창출 및 해외 수출 효과'와 같은 직접효과를 도출함으로써, IHD 보급 및 확산의 필요성을 정당화 할 수 있다. 본 논문에서는 사회적 혜택 부분만을 분석하여 제시하며, 정량화를 위한 주요 변수는 아래와 같다.

표 5 IHD 보급에 따른 사회적 혜택을 정량화하기 위한 산정 변수

Table 5 A variable description for quantifying societal benefits

구분	단위	변수	관련근거
IHD 보급량 (저압고객)	대수	56,500 ~ 13,000,100	2011 ~ 2020 스마트미터 보급계획의 6~8%
피크부하 억제율 (Participation Rate)	%	55.1%	한전수요관리자료(2009)
주택용 전력 연평균 증가율(Ave. Usage Growth Rate)	%	2.38	스마트그리드로드맵 자료
저압고객 연간 평균 전력사용량 (Ave. Energy Usage)	kWh	4,905	2008년 한전자료 (저압)
전력량 절감비율 (Reduction Rate)	%	3% ~ 15%	국내외 사례 적용
부하율(주택용) (Load Factor)	%	76.6%	한전자료(2009)
회피 발전/송배전 비용(Avoided Costs)	원/kW	발전-119,770원 송배전-113,326원	한전자료(2009)
온실가스감축비용 경제적효과 (Cost of ΔGHG)	원/톤	32,000원	스마트그리드로드맵 자료
탄소배출계수 (Carbon Emission Coefficient)	kg/kWh	0.437	일반 공개자료

표 6 스마트 미터 보급 계획 및 IHD 보급 계획 산정

Table 6 The Plan of smart meter and IHD deployment

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
스마트 미터 보급	경제형 (만대)	56	75	150	150	160	160	160	120	107
	일반형 (만대)	19	25	50	50	60	60	60	40	35
	미터합계(만대)	75	100	200	200	220	220	220	160	142

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
IHD 보급	누적(경제형)	45,000	105,000	225,000	345,000	465,000	593,000	721,000	849,000	945,000	1,030,600
	누적(일반형)	11,500	26,500	56,500	86,500	116,500	152,500	188,500	224,500	248,500	269,500
	누적합계	56,500	131,500	281,500	431,500	581,500	745,500	909,500	1,073,500	1,193,500	1,300,100

#### 3.2 신규발전 및 송배전 건설 회피 효과

신규발전 및 송배전건설 회피 효과는 IHD 보급에 따른 최대 피크전력의 저감으로 인한 신규발전 및 송배전건설을 회피함으로써 절감되는 경제적 효과를 산출한 내용으로 산출식은 아래와 같다.

$$Avoided\ Benefits = Number\ of\ IHD \times \Delta Peak\ Load \times Avoided\ Costs$$

where

$$\Delta Peak\ Load = \frac{Ave.\ Energy\ Usage \times Reduction\ Rate}{[24h \times 365day \times Load\ Factor]} \times Participation\ Rate.$$

이때 IHD 보급 예상 고객수는 정부의 연도별 스마트미터 보급 계획 수량의 6~8%가 적용되었으며, IHD가 보급되더라도 반응하는 비율을 적용하기 위하여 한전에서 고압고객을 대상으로 실시하는 수요관리제도에 참여하는 비율을 나타내는 '피크부하 억제율(55.1%)'이 적용되었다. 계산결과 절감비율을 5%로 가정시 2011년도 신규발전 및 송배전 건설 회피효과는 42억이고, 2020년도는 1,195억원을 상회하였다. 또한 IHD 보급수량 증가 및 소비자들의 전력절감에 대한 인지도 증가를 감안하여 전력소비 절감율을 10%로 가정한다면, 2011년도 신규발전 및 송배전 건설 회피효과는 84억이고, 2020년도는 2,391억이 가능하였다.

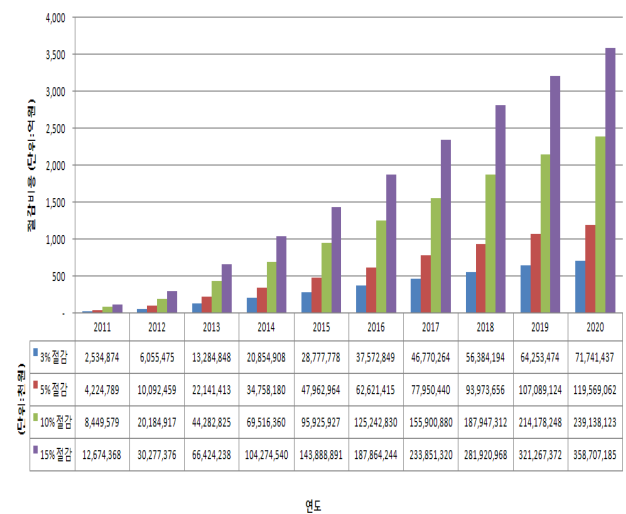


그림 5 연도별 신규발전 및 송배전 건설 회피 효과

Fig. 5 The saving effect from avoiding new plants constructions and power line

### 3.3 온실가스 감축효과

온실가스 감축효과는 IHD 보급에 따른 에너지소비 절감으로 인해 온실가스 감축량을 연도별로 추정한 내용으로 산출식은 아래와 같다.

$$GHGBenefits = \text{Number of IHD} \times \Delta \text{Energy Usage} \times \text{Carbon Emission Coefficient} \times \text{Cost of } \Delta GHG$$

where

$$\Delta \text{Energy Usage} = \text{Ave. Usage Growth Rate} \times \text{Ave. Energy Usage}$$

IHD 활용을 통한 전력소비 절감율을 최저치인 5%로 가정시 2011년도 온실가스 감축효과는 2억이고, 2020년도에는 55억이었으며, IHD 보급수량 증가 및 소비자들의 전력절감에 대한 인지도 증가를 감안하여 전력소비 절감율을 10%로 가정한다면, 2011년도 온실가스 감축효과는 3.9억이고, 2020년도에는 110억으로 산출되었다.

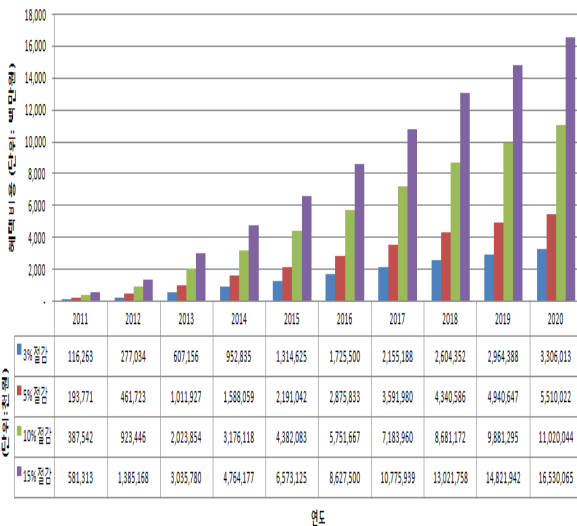


그림 6 연도별 탄소배출저감에 따른 효과

Fig. 6 The economical effects from reduction of carbon emission

### 4. 결론

스마트계량시스템에 대한 투자 효과는 기존에 운영하고 있는 방식의 수동 검침에 소요되는 직접 인건비와 수동 검침 프로세스에 내제되어 있는 다양한 직접 비용을 절감할 수 있다는 일반적인 장점외에도, 향후에 고객과 사회 전체에 직간접적으로 생길 수 있는 다양한 사회적 혜택을 고려할 수 있다. 스마트미터링과 관련하여 2011년부터 계획 중인 IHD의 보급 사업을 대비하여, 본 논문에서는 고객이 이용한 요금 관련 정보를 피드백 받음으로서 얻게되는 에너지 절감량을 국내외 사례를 인용하여 예측하고, IHD 투자에 따른 체계적인 사회적 혜택의 정량화 방법을 제시하여, 예상되는 효과를 도출하였다. 도출된 결과에 의하면, 전력소비 절감율을 소극적으로 5%만 가정하여도 사회적 효과에 해당하는 '신규발전 및 송배전 건설 회피 효과'와 '온실가스 감축효과'

는 2011년은 각각 42억원, 1.9억원 규모로 예상되며, 2020년에는 각각 1,195억원, 55억으로 예상되었다. 또한 직접적 효과에 해당하는 수입대체 효과와 시장창출효과를 감안하고, 에너지 절감율을 더 늘린다면 IHD의 보급만으로도 엄청난 규모의 혜택이 가능함을 알 수 있다. 향후 AMI 보급이 본격화되고, 변동요금제 기반의 전력시장이 본격화되면 전력요금 및 관련 정보의 피드백에 의한 에너지 절감 효과는 더욱 극대화 될 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 논문은 지식경제부에서 시행한 연구사업(과제번호 : I-2009-0-028)으로 수행된 논문입니다. 관계자분들께 깊이 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 스마트그리드 국가로드맵, 지식경제부, 2010
- [2] Mark Martinez, California Information Display Pilot Technology Assessment, Southern California Edison, 2004
- [3] Ahmad Faruqui, Sanem Sergici and Ahmed Sharif, The Impact of Informational Feedback on Energy Consumption-A Survey of The Experimental Evidence, The Brattle Group, 2009
- [4] A. Farquie & S. Sergici, "Household Respoinsse to Dynamic Pricing of Electricity - a survey of the experimental evidence", Brattle Group Report, 2009.
- [5] S. Darvy, "The Effectiveness of Feedback on Energy Conservation.", Oxford, UK, 2006
- [6] Residential Electricity Use Feedback : A Research Synthesis and Economic Framework, EPRI, 2009
- [7] Emerging Technologies Report(In-Home Energy Use Displays), The American Council for an Energy-Efficient Economy, July, 2007
- [8] 스마트계량시스템 실증사업 보고서, 에너지관리공단, 2009
- [9] Characterizing and Quantifying the Societal Benefits Attributable to Smart Metering Investments, EPRI, 2008

### 저 자 소 개



#### 정 남 준 (鄭南俊)

1966년 3월 8일생  
 1989년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업  
 2005년 충북대 전자계산학과(석사)  
 현재 한국전력공사 전력연구원 근무  
 E-mail : njjung@kepeco.co.kr



**양 일 권 (梁 日 權)**

1954년 4월 24일생  
1976년 조선대학교 전기공학과 졸업  
1992년 미국 Indiana대 컴퓨터공학과(석사)  
현재 한국전력공사 전력연구원 근무  
E-mail : yangilk@kepcoco.kr



**송 재 주 (宋 在 周)**

1967년 5월 25일생  
1991년 충북대 전산통계학과 졸업  
2004년 충북대 전자계산학과(석사)  
현재 한국전력공사 전력연구원 근무  
E-mail : jjsong@kepcoco.kr



**최 승 환 (崔 昇 煥)**

1962년 9월 17일생  
1986년 조선대학교 전자공학과 졸업  
2004년 충북대 전자계산학과(석사)  
현재 한국전력공사 전력연구원 근무  
E-mail : captain@kepcoco.kr



**고 종 민 (高 種 旻)**

1967년 11월 30일생  
1993년 충남대학교 전산학과 졸업  
2006년 충남산업대정보통신공학과 졸업  
(석사)  
현재 한국전력공사 전력연구원 근무  
E-mail : kojm@kepcoco.kr