

스마트미터 · 인홈디스플레이 일반가구 수요 분석

고대영* · 조현승** · 박문수***

요 약

본 연구의 목적은 일반가구 소비자들의 스마트미터 · 인홈디스플레이(IHD) 수요 결정 요인을 분석하고, 스마트미터 · IHD 비용 부담 의지 혹은 지불의사액을 추정하여 더욱 효과적인 스마트미터 · IHD 구축 방안 관련 시사점을 도출하는 것이다.

분석 자료로 서울 거주 20~65세 가구주 혹은 가구주의 배우자 1,979명을 대상으로 1대1 면접 방식으로 진행된 설문조사자료를 이용하였으며, 이때 기존 전력량계와 스마트미터 · IHD 가상대안 간 비교가 이루어지는 컨조인트 분석 방법을 사용하였다. 실증분석 결과, 소비자들은 스마트미터 · IHD의 필요성에 대해서는 긍정적으로 인식하고 있었으나, 이의 구축비용과 사용료 등에 대한 지불의사액은 평균 약 674원/월로 매우 낮은 수준으로 나타났다.

주요 단어 : 스마트미터, 인홈디스플레이, 일반가구 수요, 컨조인트 분석,
이항로짓 모형
경제학문헌목록 주제분류 : L94, Q48, Q49

* 산업연구원 부연구위원(주저자). daeyoungkoh@kiet.re.kr

** 산업연구원 연구위원. hscho@kiet.re.kr

*** 산업연구원 연구위원(교신저자). mspark@kiet.re.kr

I. 서 론

우리나라 전력 산업은 수요·공급 증가속도 불일치, 에너지원 가격의 가파른 상승, 기후변화협약에 따른 탄소배출절감 등 다양한 문제들에 직면해 있다. 국가적 차원에서 적극적으로 추진되고 있는 스마트그리드는 이와 같은 문제점들에 대한 가장 좋은 해결책으로 제시되고 있으며, 전력산업은 물론 사회경제 전체에 큰 변화를 가져올 것으로 전망되고 있다(지식경제부, 2010b). 스마트그리드는 전력산업에 IT를 도입·융합시켜 전력 계통의 효율성을 극대화하고 전력산업을 발전시키는 제반 기술, 제품, 서비스 등을 모두 포괄하는 개념이다. 발전·송전·배전·판매의 단계로 이루어지던 기존의 단방향 전력망과 달리, 스마트그리드는 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 ‘지능형 전력망’을 의미한다(지식경제부, 2010b; 고동수, 2009). 스마트그리드의 가장 큰 특징이자 장점은 양방향성으로서, 이전과 달리 전력 소비자들과 공급자가 상호 소통함으로써 여러 장점 및 부가혜택이 발생할 것으로 전망되고 있다.

스마트그리드가 전력산업이 직면한 여러 문제점들을 해결할 수 있는 좋은 해결책이나, 이를 위해서는 스마트그리드의 가장 큰 특징인 양방향성을 극대화하고 실시간 요금제 혹은 수요·공급 균형을 반영할 수 있는 요금제 실행이 선행되어야 한다. 이와 같은 요금제 실행을 위해서는 전력공급자와 소비자와의 접점이 되고 양방향성의 핵심 인프라인 스마트미터링 시스템(지능형 계량 인프라)의 구축이 필수적인데(Roth and Brodrick, 2008; 김근영·김영명, 2009; 지식경제부, 2010a; Walters, 2008), 특히 가구 내에 설치되어 소비자에게 정확하고 이해하기 쉬운 형태로 가공된 실시간 전력사용량과 요금정보를 보여주는 디스플레이 기기인 인홈디스플레이(In-home-display, 이하 IHD)는

스마트미터의 효과를 극대화할 수 있는 수단으로 주목받고 있다. 스마트미터는 물론, IHD 역시 스마트미터링 시스템에서 핵심적인 역할을 담당하고, 스마트미터와 조합될 때 스마트미터링 시스템 구축의 혜택을 극대화할 수 있는 매개체이므로, IHD에 대해 보다 많은 분석이 이루어져야 할 것이다.

그러나, 스마트미터에 대한 국가적, 사회적 관심과 비교하면 상대적으로 IHD 관련 논의는 부족한 실정이다. IHD와 관련한 우리나라 정부 혹은 기업 차원의 다양한 시범 사업의 규모 및 다양성은 스마트미터에 비해 매우 미미한 수준에 그치고 있으며,¹⁾ 상대적으로 IHD 관련 논의가 상당히 진전된 대부분 유럽 국가들에서조차도 스마트미터에 비해 IHD는 광범위한 관심의 대상이 되지 못하고 있다(Elburg, 2009).

기존 연구들과 관련해서 살펴보아도, 해외에서는 스마트미터 구축이 본격적으로 논의되기 이전부터 에너지 절감이나 수요반응 차원에서 IHD의 효과를 분석하기 위한 다양한 시도가 있었던 반면, 국내에서는 스마트미터와 IHD에 대한 인식이나 수요와 관련된 연구가 거의 전무한 상황이다. 특히, 이미 전력 사용의 효율화가 진전된 산업체나 고압 수용가와는 달리 더 많은 분석이 이루어져야 할 일반 가구들의 행위 변화 혹은 스마트미터 · IHD에 대한 인식이나 수요와 관련된 연구는 극히 부족한 상황이다.

한편, 스마트그리드는 양방향성에 기반하여 일반 소비자들을 능동적 주체로 전환시켜 가장 중요한 역할을 일반 가구 소비자들이 담당하게 된다. 또한, 다양한 소비자 집단 간에 스마트미터나 IHD에 대한 인식과 수요가 크게 차이가 있으며, 전기 이용에 있어서 이질성이 매우 커, 이를 중간에 적절히 개입하는 것이 큰 효과를 거둘 수 있으므로(Roth and Brodrick, 2008), 일반 가구 소비자에 보다 많은 초점을 맞출 필요가 있다. 따라서 일반 가구 소비자들의

1) 한국스마트그리드사업단에서는 2010년 1차, 2011년 2차에 걸쳐 ‘스마트미터디스플레이(IHD)보급사업’을 추진 중이며, 1차사업의 경우 70억, 2차사업의 경우 15억 원 정도가 지원되었다(한국스마트그리드사업단, 2010; 한국스마트그리드사업단, 2011). 이는 스마트미터의 전체 가구 대상 보급을 목표로 2010~2020년에 총 1조 4,740억 원(지식경제부, 2009)이 투자되는 것에 비하면 매우 미미한 수준에 불과하다.

관점에서 스마트미터 뿐만 아니라 IHD를 동시에 고려하여 이들에 대한 소비자들의 인식, 수요 등을 분석할 필요가 있다.²⁾

또한, 스마트미터는 물론 IHD 등을 국가적으로 확산시키기 위해서는 엄청난 예산과 자원이 소요되는 만큼 이들에 대한 실제 일반 가구 소비자들이 느끼는 필요도, 인식, 지불의사, 이용의향 등에 대한 정량적 연구 결과가 필요하다. 한정된 자원으로 인해 이용의향이 높지 않은 가구까지 모든 일반 가구에 대해 동시에 스마트미터·IHD를 보급할 수는 없으므로, 이용의향, 지불의사 혹은 에너지 절감 효과가 클 것으로 여겨지는 소비자 군은 어떤 군인가를 파악하여 보급의 우선순위를 파악하는 작업은 큰 의미를 가질 것이다.

이에 본 연구에서는 일반가구 소비자 대상 설문자료를 이용하여 스마트미터·인홈디스플레이 수요 결정 요인을 분석하고, 스마트미터·IHD 비용 부담 의지 혹은 지불의사액을 추정하여 더욱 효과적인 스마트미터·IHD 구축 방안 관련 시사점을 도출하고자 한다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 제II장에서는 IHD의 개념 및 의의에 대해 보다 자세히 설명하고, 제III장에서는 컨조인트 설문자료 및 표본 특징을, 제IV장에서는 이항로짓 모형 및 실증 모형 설정에 대해 살펴본다. 마지막으로, 제V장에서는 추정결과를 정리하고 해석한다. 마지막 제VI장에서는 주요 결과를 정리하고 스마트미터·IHD 구축 방안과 관련된 정책적 시사점을 도출한다.

2) Walters(2008)은 스마트계량 인프라 구축을 하고자 하는 주(state)나 국가에서는 비용-편익분석과 함께 일반 가구 소비자 대상 분석, 서로 다른 전력사용량 수준을 가지는 소비자들을 포함한 분석 등이 우선적으로 시행되어야한다고 주장한 바 있다.

II. IHD의 개념 및 의의

스마트미터링 시스템의 핵심인 스마트미터는 현재의 일반적인 전력량계보다 더 지능적이고 다양한 부가 기능이 가능하며, 서비스 제공자의 네트워크와 통신하는 전력량계를 의미한다(Darby, 2010; DECC, 2009; 김석곤, 2010; OFGEM, 2011a). 스마트미터가 기존의 방식과 가장 크게 다른 점은, 다양한 데이터의 실시간 측정 및 저장능력이 있다는 점과 전력계통 운용서버가 가구 내 다른 지능형 기기들과 실시간 양방향 통신이 가능하다는 것이다. 이와 같은 장점을 바탕으로 스마트미터는 다양한 측면에서 스마트그리드의 양방향성을 지원하여 전력산업을 둘러싼 제반 문제해결에 크게 기여할 것으로 기대되고 있다(Darby, 2010; DECC, 2009; 지식경제부, 2009).

하지만, 스마트미터 자체만으로는 소비자의 에너지 이용 행위 변화에 큰 영향을 끼치지 않을 수 있다는 지적도 존재한다.³⁾ 일반가구 수준에서 인식 제고 및 긍정적 참여를 자극할 수 있는 적합한 커뮤니케이션 메커니즘과 동반되지 않는다면 당초 취지를 발휘하지 못할 가능성이 존재하기 때문이다(Elburg, 2009). 스마트미터는 일반적으로 예전의 전력량계를 대체하여 설치되는데, 대부분의 경우 소비자들이 일상생활의 흐름 속에 자연스럽게 쉽게 접근 가능하지 않는 위치에 설치된다(Elburg, 2009; 최태섭 외, 2009). 또한, 스마트미터 기기 자체에 포함되어 있는 디스플레이를 통해 직접적으로 제시되는 정보들은 소비자들이 쉽게 이해하기 힘든 수치적 형태⁴⁾로만 표현되는 경우가 대부분이다(Elburg, 2009). 스마트미터가 도입되고 실시간 요금제가 시행된다 하더라도, 전력 사용량과 비용에 대한 정확한 실시간 정보를 소비자들이 일상

3) Darby(2010)은 스마트미터와 스마트 계량 인프라 자체만으로는 소비자의 에너지절감 행위에 대한 관심을 높이는 증거가 발견되지 않아, 소비자와의 인터페이스 설계에 보다 많은 초점이 맞추어져야함을 주장했다.

4) 예: 단순 수치로 표시된 kwh 단위의 사용량

생활 속에서 쉽게 확인할 수 없다면 소비자들의 전력 사용 행태 변화는 매우 제한적일 것이다. 따라서 스마트미터 도입 효과를 극대화하기 위해서는 스마트미터의 기능을 극대화할 수 있는 수단인 IHD의 도입이 수반되어야 한다.

IHD는 가구 내 특정 위치에 자리잡고, 소비자에게 요금고지 정보와 일치되는 정확하고 이해하기 쉬운 형태로 가공된 실시간 정보를 보여주는 디스플레이 기기를 통칭하며, 스마트미터 단독으로만 제공될 시 발생할 수 있는 문제점을 보완하여 에너지 절감 관련 소비자 행위 변화를 가능하게 해주는 가장 효과적인 수단으로 여겨지고 있다(Elburg, 2009; Roth and Brodrick, 2008). IHD를 통하여 소비자 접근성이 떨어지는 스마트미터와 원격으로 접속하여 정보를 주고받으며, 일상생활 속에서 손쉽게 전력사용량·요금을 실시간으로 확인할 수 있게 된다(최태섭 외, 2009). IHD가 스마트미터로 잘못 인식되기도 하지만, IHD와 스마트미터는 서로 다른 기기이며, 스마트미터링 시스템의 한 부분으로서 스마트미터와 실시간으로 통신하고, 소비자에게 더 편한 형태로 정보를 가공하여 제공함으로써 상호보완적 역할을 한다(Darby, 2010)⁵⁾.

소비자와 스마트미터 사이에서 가공되고 이해하기 쉬운 실시간 전력사용 정보를 주고받는 기기나 서비스를 피드백(Feedback)으로 통칭하는데, IHD는 직접방식(Direct) 피드백 혹은 실시간(Real time) 피드백으로 분류된다.⁶⁾ IHD는 소비자들에게 가장 선호되면서 에너지 절감에 가장 효과적인 피드백으로 간주되고 있으며(Elburg, 2009; LOGICA CMG, 2007; Darby, 2006; Darby, 2010)⁷⁾, 다양한 기존 연구와 시범 사업 결과, IHD는 스마트미터와 조합될 때

5) 직관적으로 설명하면, 스마트미터는 기존의 기계식 전력량계를 대체하는 기기이며, IHD는 스마트미터를 설치한 후 스마트미터의 기능을 극대화하기 위해 가구 내에 추가적으로 설치되는 기기라 할 수 있다. (물론, 예외의 경우도 존재) OFGEM(2011b)의 설문조사 결과 실제로 대부분 소비자들이 스마트미터와 IHD간 차이를 인식하지 못하고 있는 것으로 나타났다.

6) Darby(2010)은 피드백을 standard, unenhanced feedback from the energy bill and meter, web applications, feedback from IHD로 크게 3 가지로, Elburg(2009)은 IHD가 포함되는 Direct feedback과 standard, unenhanced feedback from the energy bill and meter, web applications를 포함하는 Indirect feedback 2가지로 분류하였다.

약 5~15%의 확실한 에너지 절감 효과가 있었던 것으로 밝혀지고 있다⁸⁾. IHD 관련 과거 25년간의 38개 연구에 의하면, 21개의 연구가 에너지 절감효과를 고려하였는데, 0~20% 정도의 절감효과가 있고, 15개의 연구들은 5~14% 정도의 효과를 보이는 것으로 나타났다(Darby, 2006; Darby, 2010; Faruqui *et al.*, 2010). 또한, 단기간 이용에도 IHD가 지속성 있는 소비자 행동 및 습관 변화를 유도해 에너지절감에 기여한다는 점도 밝혀졌다(Darby, 2006; Rossini, 2009). 상기의 결과들은 IHD가 소비자에게 충분한 수준의 피드백을 제공하여 에너지 절감과 관련된 유의한 소비자 행위 변화를 유발시킨다는 것이 실증적으로 검증되었음을 의미한다.

추가적으로 주목할 점으로, 실시간 요금제나 기타 부가서비스들이 같이 조합될 때에도 IHD가 없이 제공되는 것보다 추가적 에너지 절감 및 수요 반응 효과가 있는 것이 입증되었다는 점이다. 동시에, 특별한 부가서비스나 실시간 요금제와의 결합이 없어도 IHD의 에너지 절감 효과가 매우 크며, 실시간 요금제보다도 IHD 자체의 에너지 절감효과가 더 큰 것으로 밝혀졌다(Faruqui *et al.*, 2010). 이외에도, IHD는 스마트미터 및 부가서비스들과 결합될 시 다양한 추가 혜택을 가져올 것으로 전망되고 있다(Darby, 2010; OFGEM, 2010a; Vasconcelos, 2008).

이상에서 살펴본 바와 같이, 스마트미터는 물론, IHD 역시 스마트미터링 시스템에서 가장 핵심적인 역할을 담당하고, 스마트미터와 같이 조합될 때 스마트미터링 시스템 구축으로부터 오는 혜택을 극대화할 수 있는 매개체다. 따라서, IHD에 대한 보다 많은 분석이 이루어져야 함을 알 수 있다.

7) Darby(2006), Darby(2010)은 direct feedback, 즉 IHD가 에너지 소비를 변화시킬 수 있는 가장 전도유망(the single most promising)한 형태의 피드백임을 밝히고 있다.

8) Faruqui *et al.*(2010)은 특별한 부가서비스나 실시간 요금제와의 결합 없이도 IHD의 에너지 절감 효과가 매우 크며, 일부 사례에선 실시간 요금제보다도 IHD 자체의 에너지 절감효과가 더 크다는 실제 실증결과들을 정리한 바 있다. 최태섭 외(2009)는 2008~2009년에 걸쳐 77가구 대상 국내 IHD 실증 시험을 통해 7~15% 정도의 에너지 절감효과가 있음을 밝힌 바 있다.

Ⅲ. 설문 및 자료

본 연구에서는 분석 자료로 일반 가구 소비자 대상 설문자료를 이용한다. 설문은 서울 거주 20~65세 가구주 혹은 가구주의 배우자 2,000명을 대상으로 1대1 면접 방식으로 수행되었다. 표본은 우리나라 전체 가구를 충분히 대표할 수 있도록 층화 추출(stratified sampling)하였다. 특기할만한 점은, 실제 지난 1년간 월별 전력사용량 및 요금, 월별 수도·가스 사용량 및 요금 자료가 획득되었다는 것이다. 따라서, 전력 사용량은 물론 수도 및 가스 등 추후 스마트미터와 IHD의 제시 정보로 통합 가능성이 높은 유틸리티 서비스(utility service)들에 대한 소비자 이용 행태가 스마트미터·IHD에 대한 이용의향이나 지불의사에 어떤 영향을 끼치는가도 파악할 수 있다. 특히, 월별 전력사용량 정보는 매우 중요한 의미를 가지는데, 월 최대 전력 사용량, 혹은 월 최대 전력 사용량과 월 최저전력사용량간의 차이, 평균 월 전력사용량 등이 스마트미터·IHD의 이용의향 혹은 지불의사액에 어떤 영향을 끼치는가를 파악하면 이와 관련된 다양한 정책적 시사점들이 도출될 수 있다.

본 설문자료는 가상대안(hypothetical alternative) 선택 설문으로, 컨조인트 분석(Conjoint Analysis)의 접근 방법을 따랐다. 컨조인트 분석(Conjoint Analysis) 방법은 가상적 상황에서의 소비자의 상품이나 서비스에 대한 진술선호(stated preference)를 기초로 하는 분석방법이다(Mackenzie, 1993; Adamowicz *et al.*, 1998; Green and Srinivasan, 1978). 분석 대상 상품이나 서비스를 여러 가지 속성 및 속성수준의 조합으로 정의하고, 이렇게 정의된 상품이나 서비스들을 나타내는 가상대안카드(hypothetical alternative card)들을 소비자에게 제시한다. 즉, 실제 시장에서의 대안선택 상황과 비슷한 환경을 가상적으로 설정한 다음, 소비자가 자신의 선호에 따라 각각의 카드에 기입한 단일선택, 순위선택, 점수 등의 자료를 수집하여 이를 기초로 응답자들의 선호체계를 분석하게

된다. 따라서, 시장에 존재하지 않는 신제품이나 신서비스, 환경재 등에 대한 소비자 선호를 분석하는데 가장 유용한 방법론 중 하나이며, 실제로 다양한 신제품, 신서비스, 환경재 연구에서 유용성이 입증되어 실증 적용 사례의 범위가 갈수록 증가하고 있는 추세이다(Roe *et al.*, 1999; San Miguel *et al.*, 2000; Layton, 2000; Alvarez-Farizo and Hanley, 2002; Carlsson, 2003; Kim, 2005; Kim *et al.*, 2005; Jeong *et al.*, 2008; Ahn *et al.*, 2006).

본 연구에서는 다음과 같이 가상대안을 구성하였다. 가상대안을 구성하기 위한 속성으로는 ‘월 이용 요금’ 과 ‘스마트미터 · IHD 여부’ 2개를 고려하여 총 5개의 가상대안을 도출하였다. 월 이용 요금은 스마트미터 · IHD를 이용하는 대가로 월 전기이용 고지서에 추가로 포함되는 금액으로 설정하는 것이 가장 현실적일 것으로 판단하였으며, 개방형 응답 형태의 지불의사액 선행 조사(pilot survey) 결과를 바탕으로 500원, 1,000원, 1,500원, 2,000원, 2,500원의 5개 속성 수준이 고려되었다. 실제 설문에서는 IHD가 없어 실내에서 실시간으로 전력 사용량 등을 확인할 수 없지만, 추가 월 전기이용요금은 없는 현 상황(status-quo)대안이 가상대안 중 한 개와 함께 동시에 제시되었다. 응답자는 다양한 기능과 혜택이 가능하지만 월 전기이용요금이 추가되는 스마트미터 · IHD 가상대안과 IHD가 없지만 월 전기이용요금이 추가되지 않는 현 상황을 나타내는 현 상황 대안 중에서 응답자가 현재 상황에 만족(혹은 더 선호)하면 현 상황 대안을 선택하고, 그렇지 않은 경우에는 스마트미터 · IHD 가상대안을 선택하게 된다. 또한, 응답자는 5번(5개의 선택집합 세트)에 걸쳐 스마트미터 · IHD 가상대안과 현 상황 대안을 비교 선택하게 되었다. 이를 통해, 본인의 스마트미터 · IHD 선호 · 이용의향 및 지불의사액에 대한 정보를 제공한다⁹⁾.

9) 지불의사액(WTP)을 추정하는 것이 본 연구의 주요목적이라면, 조건부가치측정법(Contingent Valuation Method, CVM)모형이 보다 정확한 결과를 제공하여 더 적합할 것이다. 하지만, 본 연구는 ‘수요분석’을 통해 이용의향에 대한 결정요인을 보는 것이 가장 주된 목적이며, WTP는 이용의향 결정요인 분석의 부수적인 결과이다. 따라서, 컨조인트 설문을 통한 가상대안에 대한 이용자 선택결과와 이산선택 모형인 이항로짓 모형

한편, 실제 설문 과정에서는 보다 정확하고 일관된 응답자 이용의향 자료를 위해 다음과 같은 방식을 택했다. 면접관이 각 응답자마다 5개의 서로 다른 월 전기이용요금 추가액이 적힌 선택집합 세트 가상대안카드들을 임의의 순서로 제시하여, 임의로 선택된 각 선택집합 세트마다 응답자의 이용 의향 정보를 획득하였다. 임의적인 순서로 스마트미터·IHD의 월 전기이용요금 추가액이 제시됨으로써 응답자가 다음 선택집합 세트의 월 전기이용요금 추가액에 대해 미리 예측해서 응답하는 것을 방지하였으며, 일관되지 않은 월 전기이용요금 추가액을 선택한 응답자들을 제외하여 보다 정확한 이용의향 및 지불의사액 정보를 도출하고자 하였다.

최종적으로, 전력사용량, 수도사용량, 전기사용량 등에 있어 응답자료가 누락되거나, 컨조인트 분석에서 월 전기이용요금 추가액 응답이 일관적이지 않은 21명의 응답은 제외한 후, 1,979명의 5번에 걸친 응답결과, 즉 9,895개의 관측치가 도출되어 실증분석은 이들에 대해 이루어졌다.

IV. 실증 모형

본 연구에서는 가상대안선택 자료에 대한 분석을 위해 이항로짓 모형을 사용한다(Wooldridge, 2010). 본 연구에서 대안은 스마트미터·IHD를 나타내는 가상대안과 현재 전력량(검침) 시스템을 나타내는 현 상황(status quo) 대안 2개이다. 따라서, 종속변수가 2개의 범주로 구성된 이항로짓 모형을 통해 결정요인을 정량적으로 식별하는 것이 바람직하다. 이항로짓 모형에 대해 살펴

을 이용하는 것이 더 적합하다. 또한, 뒤의 각주에 다시 설명되겠지만, 본 연구의 이항로짓 실증모형 설정에서 기준 대안인 기존 전력량계시스템의 효용은 0으로 정규화(normalization)를 하고, 실제 기준 대안인 기존전력량계시스템은 오랜 기간 동안 무료로 이용되어 왔으므로 스마트미터·IHD에 대한 WTP값이 CVM을 통한 값과 큰 차이는 없을 것이다.

보면, 먼저 (1) 식과 같이 확률효용 모형을 따라 소비자 n 이 t 시점에 두 대안으로부터 얻는 효용, U_{njt} ($j=0,1$)를 나타낼 수 있다.

$$U_{njt} = \alpha_j + \sum_k^K \beta_k X_{njkt} + \epsilon_{njt}, \quad j = 0, 1 \quad (1)$$

(1) 식에서 α_j 는 j 대안의 대안특정 상수항, X_{njkt} 는 소비자 n 의 t 시점에 해당하는 j 대안의 k 번째 설명변수를 의미하며, β_k 는 j 대안의 k 번째 설명변수가 효용에 끼치는 영향을 반영하는 계수이다. ϵ_{njt} 는 관측되지 않는 요소들을 포함하는 교란항(disturbance term) 혹은 확률적 부분(random part)을 나타낸다. 이항로짓 모형에서는 두 대안의 효용간의 차이만이 의미있게 되어 (2) 식과 같이 두 대안의 효용격차, U_{nt}^* 에 대해 모형이 정의되고, (3) 식과 같이 각 대안의 효용이 상대 대안보다 클 때 혹은 두 대안의 효용격차가 0보다 큰가에 따라 선택이 결정 된다. Y_{njt} 는 각 대안들이 선택되면 1, 선택되지 않으면 0의 값을 나타내는 변수로, 실제 관측된 선택결과를 나타낸다.

$$U_{nt}^* = U_{n1t} - U_{n0t} = \alpha^* + \sum_k^K \beta_k X_{nkt}^* + \epsilon_{nt}^* \quad (2)$$

$$Y_{n1t} = \begin{cases} 1 & \text{if } U_{nt}^* > 0 \\ 0 & \text{if } U_{nt}^* < 0 \end{cases} \quad (3)$$

(2) 식에서 $\alpha^* = \alpha_1 - \alpha_0$, X_{nkt}^* 는 $X_{n1kt} - X_{n0kt}$ 를, ϵ_{nt}^* 는 $\epsilon_{n1t} - \epsilon_{n0t}$ 를 나타내며, ϵ_{nt}^* 는 로지스틱분포를 따른다고 가정된다. 이 때, 각 대안이 선택될 확률은 (4), (5)식과 같이 정의된다.

$$\Pr(Y_{n0t} = 1) = \frac{1}{1 + \exp(\alpha^* + \sum_k^K \beta_k X_{nkt}^*)} \quad (4)$$

$$\Pr(Y_{n1t} = 1) = \frac{\exp(\alpha^* + \sum_k^K \beta_k X_{nkt}^*)}{1 + \exp(\alpha^* + \sum_k^K \beta_k X_{nkt}^*)} \quad (5)$$

이와 같이 정의된 선택확률을 이용하여 로그우도함수를 구성하면 (6) 식과 같으며, 이렇게 정의된 로그우도함수를 이용하여 최우추정법(Maximum likelihood estimation, MLE)을 적용하면 설명변수의 계수인 β 와 상수항 α^* 를 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} LL &= \sum_n^N \sum_t^T [Y_{n0t} \Pr(Y_{n0t} = 1) + Y_{n1t} \Pr(Y_{n1t} = 1)] \\ &= \sum_n^N \sum_t^T [(1 - Y_{n1t}) 1 - \Pr(Y_{n1t} = 1) + Y_{n1t} \Pr(Y_{n1t} = 1)] \end{aligned} \quad (6)$$

한편, 본 연구에서는 앞서 설문자료에서 밝혔듯이, 각 대안을 구성하는 속성으로 스마트미터 · IHD 여부(기존 전력량계 시스템, 스마트미터 · IHD)와 월 추가 전기이용요금액(0원(기존 전력량계 시스템), 500원, 1,000원, 1,500원, 2,000원, 2,500원 (이하 스마트미터 · IHD))의 2가지만을 고려하였다. 월 추가 전기이용요금액의 경우, 기존 전력량계 시스템에서는 발생하지 않으므로 기본적으로 0원이 된다. 또한, 가격 이외의 속성인 스마트미터 · IHD 여부만이 존재해 사실상 대안특정상수와 같게 된다. 즉, 대안특정상수항과 가격변수를 제외한 설명변수에는 개인의 인구통계학적 특징 및 전력 · 가스 · 수도 등 유틸리티 서비스 이용 특징을 나타내는 변수들만이 포함되게 된다. 따라서, 이항로짓 모형 하에서 기존 전력량계 시스템 대안의 효용 $U_{n\text{기존전력량계}t}$ 와 스마트미터 · IHD를 나타내는 대안 $U_{n\text{스마트IHD}t}$ 의 효용은 (7), (8) 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_{n\text{기존전력량계}t} = \epsilon_{n\text{기존전력량계}t} \quad (7)$$

$$U_{n\text{스마트IHD}t} = \alpha_{\text{스마트IHD}} + \sum_k^K \beta_k X_{nk} + \gamma P_{n\text{스마트IHD}t} + \epsilon_{n\text{스마트IHD}t} \quad (8)$$

(7), (8) 식에서 스마트미터 · IHD 대안의 대안특정상수인 $\alpha_{\text{스마트IHD}}$ 는 기존전력량계시스템 대비 스마트미터 · IHD가 주는 혜택 및 장점이 평균적으로 효용에 영향을 끼치는 정도를 나타내게 된다. $P_{n\text{스마트IHD}t}$ 는 t 번째 선택대안 세트에서 응답자 n 에게 제시된 스마트미터 · IHD 가상대안의 가격, 즉 월 추가 전기이용요금액을 나타내며, γ 는 월 추가 전기이용요금액이 스마트미터 · IHD 대안의 효용에 영향을 끼치는 정도를 나타내게 된다. X_{nk} 는 응답자 n 의 인구통계학적 특징 및 전력 · 가스 · 수도 등 유틸리티 서비스 이용 특징들로, 앞서 (2) 식과는 달리 각 선택대안세트마다 응답자 n 의 특징이 변하지 않으므로 첨자 t 가 탈락되었다. 본 연구에서는 실증모형 추정을 위해 개인의 인구통계학적 특징 및 유틸리티 서비스 이용 특징들(X_{nk})로 다음 <표 1>과 같은 변수들을 고려하였다.

<표 1> 인구통계학적 특징 및 유틸리티 서비스 이용 특징(X_{nk})

변수명	변수 설명	평균	표준편차
<i>inc_100</i>	월평균가구소득 (단위: 100만원)	4.0418	1.63
<i>univg</i>	대졸 이상 교육=1, 대졸미만 교육=0	0.3830	0.49
<i>no_fam</i>	가구구성원수 (단위: 명)	3.5882	0.91
<i>male</i>	남성=1, 여성=0	0.4760	0.50
<i>age_10</i>	연령 (단위: 10세)	4.0885	1.19
<i>married</i>	기혼=1, 미혼=0	0.4932	0.50
<i>afage_10</i>	가구구성원 평균연령 (단위: 10세)	3.4829	1.00
<i>aelec</i>	월평균전기이용량(요금) (단위: 만원/월)	4.4937	1.79
<i>aelec_maxmin</i>	월평균전기이용량 x (월최대 전기이용량 - 월최소 전기이용량)	19.2598	36.52
<i>awater</i>	2개월평균 수도 이용량(요금) (단위: 만원/2개월)	2.7285	1.17
<i>agas</i>	월평균 가스 이용량(요금) (단위: 만원/개월)	4.2607	2.28

주목할 점은 전력 이용과 관련해서 월평균 전력 이용량뿐만 아니라 월평균 전력이용량과 연간 월 최대 전력이용량과 월 최소 전력이용량의 차이를 교차(interaction)시킨 변수를 고려한 것이다. 이는 단순히 평균적인 월 전력 사용량의 다소가 스마트미터·IHD 이용의향에 끼치는 영향뿐만 아니라, 소비자 그룹을 보다 세분화하여 더 많은 시사점을 얻을 수 있게 해준다. 이와 같은 교차항 설정을 통해 연간 기준으로 볼 때, 평균적으로 월간 전력 사용량이 크면서 최소로 이용한 월과 최대로 이용한 월이 큰 차이를 가지는, 전력 사용량이 많고 연간 변동폭이 큰 소비자, 전력 사용량이 크고 연간 변동폭이 작은 소비자, 전력 사용량이 적고 연간 변동폭이 큰 소비자, 전력 사용량이 적고 연간 변동폭이 작은 소비자, 4개의 그룹으로 세분화가 가능하다.

한편, 이항로짓 모형 하에서 (7), (8) 식과 같이 모형설정을 한 경우, 기존 전력량계 시스템 대비 스마트미터·IHD에 대한 추가 지불의사액(willingness-to-pay) $WTP_{\text{스마트IHD}}$ 와 평균 지불의사액 $\overline{WTP_{\text{스마트IHD}}}$ 는 (9), (10) 식과 같이 정의될 수 있다(Train, 2003).^{10) 11)}

- 10) 특정 속성(X_k)의 한 단위 증가, 혹은 특정 속성의 존재 유무에 따른 추가지불의사액(marginal willingness to pay)은 특정 속성의 증가(혹은 추가)에도 불구하고 효용 수준이 같도록 지불할 금액으로 정의되므로, 일반적인 이산선택(discrete choice) 모형에서

$$\text{효용식을 } U = \sum_k \beta_k X_k + \beta_p P + \epsilon \text{ 으로 가정할 때, 효용 증가분 } dU = \beta_k dX_k + \beta_p dP = 0$$

이 되는 $\partial P / \partial X_k = -\beta_k / \beta_p$, 즉 가격 계수 대비 특정 속성의 계수값의 비에 -1을 곱해 준 값이 된다.

- 11) 이산선택모형에서는 각 속성별로 속성의 단위 증가 혹은 추가에 따라 각각의 한계지불의사액을 구하는 방식이 일반적이나, 본 연구에서와 같이 기준 대안의 효용을 0으로 정규화하여 스마트미터·IHD 대안의 속성, 인구통계학적 변수들의 계수값이 기준 대안에 대해 상대적으로 정의되는 경우, (9), (10)식과 같이 기준 대안 대비 스마트미터·IHD 대안에 대한 추가 지불의사액을 정의할 수 있다. 특히, 기준 대안인 기존 전력량계 시스템은 매우 오랜 기간 동안 무료로 이용되어 왔기 때문에 사실상 이용자들의 지불의사액이 0에 가깝다고 볼 수 있으므로, 엄밀한 의미로는 '기존 전력량계 시스템 대비 추가' 지불의사액이지만 스마트미터·IHD에 대한 지불의사액 및 평균지불의사액을 (9),(10)식과 같이 정의해도 크게 다르지는 않을 것으로 판단된다.

$$WTP_{\text{스마트 IHD}} = - \frac{\alpha_{\text{스마트 IHD}} + \sum_k^K \beta_k X_{nk}}{\gamma} \quad (9)$$

$$\overline{WTP_{\text{스마트 IHD}}} = - \frac{\alpha_{\text{스마트 IHD}} + \sum_k^K \beta_k \overline{X_{nkt}}}{\gamma} \quad (10)$$

V. 추정결과 및 분석

본 연구에서는 기존 전력량계시스템 대비 스마트미터 · IHD에 대한 추가 지불의사액 추정 및 결정요인 분석을 위해, 크게 4가지 실증 모형 설정을 고려한다. 모형1에서는 개인 특징 변수들을 포함시키지 않고, 대안특정상수(혹은 스마트미터 · IHD 여부)와 월 추가전기이용요금액 변수만을 포함시켜 추정한다¹²⁾. 모형2에서는 모형1에 일반적인 개인 인구통계학적 변수들(성별, 연령, 월소득 등)만을 추가로 포함시켜 추정한다. 모형3에서는 모형2에 전력 · 가스 · 수도 등에 대해 평균적인 월 유틸리티 서비스 이용량(요금)들을 추가로 포함시켜 추정한다¹³⁾. 모형4에서는 모형3에 전력 사용과 관련해서 평균적인 월 전력 이용량(요금) 뿐만 아니라, 평균적인 월 전력 이용량과 연간 최대 월 전력 이용량과 최소 월 이용량간의 차이를 교차항으로 포함시켜 추정한다¹⁴⁾¹⁵⁾. 모형1~모형4까지의 이항로짓 모형 추정결과는 <표 2>와 같다.

12) 이를 통해 이용요금을 제외한 스마트미터 · IHD의 전반적인 특징과 혜택들이 기존 전력량계시스템에 대해 평균적으로 소비자들에게 어느 정도 선호되는가를 가늠할 수 있다.

13) EU, 영국 등의 IHD, 스마트미터 실증 사례에서 나타났듯이, IHD와 스마트미터는 향후 전기뿐만 아니라 가스와 수도 등 각종 유틸리티 서비스와 연계되어 활용될 가능성이 높다. 이에 본 연구에서는 전기사용량에 추가하여 가스, 수도 사용량을 포함시킨 모형 3, 모형4의 추정결과를 제시하였다. 가스, 수도 사용량을 포함시키지 않은 모형들의 경우에도 약간의 추정계수들의 크기 차이(예: *inc_100*(소득)의 계수값이 더욱 유의해짐. 이는 소득수준과 가스 · 수도 사용량이 양의 상관관계가 존재하기 때문으로 판단됨)는 있으나 전반적으로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

〈표 2〉 추정결과

변수	모형 1		모형 2		모형 3		모형 4	
	계수	t-값	계수	t-값	계수	t-값	계수	t-값
$\alpha_{\text{스마트IHD}}$	1.3612***	22.98	1.5665***	7.56	1.1853***	5.60	1.1112***	5.21
$P_{n\text{스마트IHD}}$	-0.2020***	-40.70	-0.2033***	-40.72	-0.2066***	-40.78	-0.2068***	-40.78
<i>inc_100</i>			0.0906***	4.76	0.0648***	3.32	0.0687***	3.51
<i>univg</i>			0.1711***	2.87	0.1415***	2.35	0.1394***	2.31
<i>no_fam</i>			-0.0956***	-2.65	-0.1941***	-5.12	-0.2025***	-5.31
<i>male</i>			0.0232	0.42	0.0143	0.26	0.0179	0.32
<i>age_10</i>			0.0244	0.96	0.0232	0.91	0.0255	0.99
<i>married</i>			0.0589	1.08	0.0842	1.53	0.0905*	1.71
<i>afage_10</i>			-0.1221***	-3.48	-0.1563***	-4.39	-0.1626***	-4.56
<i>aelec</i>					0.1317***	8.16	0.1660***	8.34
<i>aelec_maxmin</i>							-0.0028***	-2.87
<i>awater</i>					0.0510**	2.05	0.0456*	1.82
<i>agas</i>					0.0604***	4.81	0.0633***	5.03
$LL^{(1)}$	-4175.1		-4150.6		-4090.1		-4085.7	

주: 1) 우도값 (Loglikelihood)

***: 1%구간에서 유의, **: 5%구간에서 유의, *: 10%구간에서 유의

- 14) 앞서 밝힌 바와 같이 이와 같은 모형설정을 통해 단순히 평균적인 월 전력 사용량의 다소가 스마트미터·IHD 이용의향에 끼치는 영향뿐만 아니라, 소비자 그룹을 보다 세분화하여 더 많은 시사점을 얻을 수 있다. 예를 들어, 연간 기준으로 볼 때, 평균적으로 월간 전력 사용량이 크면서 최소로 이용한 월과 최대로 이용한 월이 큰 차이를 가지는, 전력 사용량이 많고 연간 변동폭이 큰 소비자와 전력 사용량이 적고 연간 변동폭이 작은 소비자의 수요가 어떻게 차이날 것인가와 관련된 시사점을 얻을 수 있다.
- 15) 최종모형설정인 모형4의 결과만을 제시하지 않고 모형1~모형4에 해당하는 모형설정을 고려한 이유는 각 모형설정에서 밝힌 바에 추가하여, 주요 변수들이 추가될 때 추정결과와 변화를 확인할 수 있고, 결과의 robustness를 어느 정도 확인할 수 있기 때문이다.

대안특정상수항 혹은 기존 전력량계 시스템 대비 스마트미터·IHD에 대한 선호에 대해 살펴보면, 모든 모형에서 $\alpha_{\text{스마트IHD}}$ 이 통계적으로 유의하게 나타나 소비자들이 기존 전력량계 시스템에 비해 스마트미터·IHD가 주는 다양한 부가 혜택들에 대해 긍정적인 평가를 하고 있음을 알 수 있다.

하지만, 동시에 가격(월 추가 전기이용요금액) 변수의 계수는 매우 유의한 음의 값을 가지며, 월 100원 단위의 아주 작은 액수 추가에도 매우 민감하다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 볼 때, 스마트미터·IHD 자체로는 직접적으로 큰 수익 창출의 기반이 마련되지 않을 가능성이 높다. 따라서 스마트미터·IHD와 관련된 비용 회수 혹은 추가적 수익 창출은 간접적인 방식¹⁶⁾으로 주로 가능할 것으로 예상된다. 전력서비스 공급자는 스마트미터·IHD 설치비용 회수를 위한 적절한 추가 수익 창출 방안을 마련해야 할 것이다.

한편, 개인의 인구통계학적 특징 및 유틸리티 서비스 이용 관련 특징들이 스마트미터·IHD 이용 의향에 끼치는 영향은 다음과 같다. 먼저 가구주나 가구주의 배우자 개인의 특징을 나타내는 본인의 교육수준, 성별, 연령, 결혼 여부 등에 대해 살펴보면, 모형2~모형4에 걸쳐 교육수준만이 일정하게 1% 유의수준에서 양의 영향을 끼치며, 결혼여부는 모형4에서만 10% 유의수준에서 양의 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 스마트미터·IHD가 기존에 없던 새로운 서비스로서, 교육수준이 높은 소비자일수록 서비스 및 기기 개념에 대한 이해도가 높고, 스마트미터·IHD의 새로운 혜택에 대한 이해가 높기 때문인 것으로 추측된다. 반면, 성별, 연령 등은 모형2~모형4에 걸쳐 일관적으로 스마트미터·IHD 이용의향에 유의한 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다. 월 평균가구소득은 1% 유의수준에서 양의 영향을 끼치는 반면, 가구구성원수와 가구구성원 전체 평균연령은 1%유의수준에서 음의 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 즉, 월평균 가구소득이 높은 가구 혹은 가구에 속한 소비자일수록, 가

16) 원격검침을 통한 인건비 감소 및 고장 관리의 효율성 제고, 소비자들의 효율적 전력 이용행태로부터 전력 발전 비용 감소나 발전기 추가 건설 필요성 감소에 따른 비용 감소, 추가적인 부가서비스들이라 할 수 있는 실시간 요금제나 부하제어 서비스 등을 포함한 수요 반응의 형태 등이 예

가구구성원수가 적을수록, 가구구성원 전체 평균연령이 낮은 젊은 가구일수록 스마트미터·IHD 이용 의향이 높을 가능성이 크다는 점을 의미한다. 이는 젊은 가구나 해당 가구에 속한 소비자일수록 IT 기기 및 서비스들에 대한 친숙도나 이해도가 높기 때문으로 추측된다.

다음, 각 개인 및 가구의 전력·수도·가스 등 유틸리티 서비스 이용 특징이 스마트미터·IHD 이용의향에 미치는 영향에 대해 살펴보면, 월평균 전기이용량(요금)과 가스이용량(요금)은 1% 유의수준에서 양의 영향을, 2개월간 평균 수도이용량(요금)은 5% 유의수준에서 양의 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 즉, 월평균, 혹은 연간 전기이용량, 가스이용량, 수도이용량이 높은 소비자 혹은 가구일수록 스마트미터·IHD 이용의향이 높은 것이다. 이는 예상과 일치하는 결과로서, 유틸리티 서비스 이용량이 높은 소비자 혹은 가구일수록 스마트미터·IHD를 통한 이용량 감소 가능여지가 크기 때문인 것으로 판단된다.¹⁷⁾ 반면, 전반적으로 유틸리티 이용량이 낮은 소비자 혹은 가구는 이미 낮은 수준으로 절제된 이용을 하고 있기 때문에 절약유인이 높지 않을 것으로 추측된다. 추가적으로, 전기이용요금이 가스나 수도 이용요금에 비해 스마트미터·IHD 이용의향에 더 큰 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 이는 스마트미터·IHD를 통해 다양한 유틸리티 서비스도 통합 운영이 가능함에도 불구하고, 기본적으로 가장 주된 기능이 전력사용 정보 제시를 통한 전력사용 행태 효율화이기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 모형4에는 월평균 전력 이용량뿐만 아니라 연간 월 최대 전력이용량과 월 최소 전력이용량의 차이를 교차(interaction)시킨 변수가 포함되어 있어, 월평균전기 사용량의 평균적인 영향과 월 최대-최소 전기사용량 차와 교차시킨 영향을 모두 고려한 결과를 제시한다. 따라서, 단순히 평균적인 월 전력 사용량의 다소가 스마트미터·IHD 이용의향에 끼치는 영향뿐만 아니라, 소비

17) 이는 OFGEM (2010b)에서 영국 소비자 대상 설문조사로부터 전반적으로 에너지 사용량이 높은 소비자들이 IHD에 더 큰 관심을 표명하고 있는 것으로 나타난 결과와 일치한다. 또한, Darby(2006), Elburg(2009)에서도 에너지를 많이 사용하는 소비자들이 적게 사용하는 소비자들보다 IHD에 더 크게 반응(에너지절감)하는 것으로 나타났다.

자 그룹을 보다 세분화하여 더 많은 시사점을 얻을 수 있다. 모형4의 추정결과를 바탕으로 4가지 소비자 그룹의 전력 이용 특징과 관련해 다음과 같은 결과해석이 가능하다. 1% 유의수준에서 월평균전기사용량의 계수가 양의 값을, 월평균전기사용량과 월 최대-최소 전기사용량 차와의 교차항의 계수는 음의 값을 가지는 것으로 추정되었는데, 이는 월평균사용량이 많고 연간 전력사용량이 균일한 소비자 그룹의 스마트미터 이용의향이 가장 높다는 것을 의미한다. 그 다음으로는 평균적으로 전력 사용량이 크고 연간 변동폭도 큰 소비자 혹은 가구의 이용의향이 높으며, 평균적으로 전력 사용량은 크지 않으며, 연간 변동폭은 큰 소비자 혹은 가구의 스마트미터 · IHD 이용의향이 가장 낮다. 즉, 전기를 ‘꾸준히 많이’ 사용하는 소비자가 가장 스마트미터 · IHD 이용의향이 높은 반면, ‘조금 쓰지만 어쩌다 많이 쓰는’ 소비자 혹은 가구가 가장 스마트미터 · IHD 이용의향이 낮을 것으로 추정된 것이다. 이와 같은 결과는 스마트미터 · IHD 자체의 구축 시 평균사용량이 크고 변동폭이 작은 소비자 그룹을 중심으로 우선순위를 정하는 것이 보다 합리적일 것이라는 시사점을 제공한다.

마지막으로, 기존 전력량계시스템 대비 스마트미터 · IHD에 대한 지불의사액에 관해 살펴보면, 평균적인 지불의사액은 모형별로 673.8 원/월(모형1), 673.8 원/월(모형2), 673.7 원/월(모형3), 673.7 원/월(모형4)로, 약 674원 정도로 나타났다. 본 연구에 사용된 표본의 각 소비자 혹은 가구들의 월평균전기이용량(요금)은 약 4.49만원으로, 스마트미터 · IHD에 대한 전체 소비자 평균 월 추가 전기요금 부담액 674원은 약 1.5%에 불과한 수준이다. 지불의사액이 이와 같이 낮게 나타난 것은, 스마트미터 · IHD에 대한 수요를 확산시키기 위해서는 소비자에게 비용부담을 최소화해야 한다는 점을 시사한다. 한편, 소비자 및 가구 특징에 따라 스마트미터 · IHD에 대한 지불의사액은 크게 달라질 수 있는데, 예를 들어, 월평균 가구 소득 및 월평균 전기이용량 하위 5% 소비자 그룹과 상위 5% 소비자 그룹을 비교하면 하위그룹의 경우 397.5원/월, 상위그룹의 경우 1,218.9원/월로 약 3배 정도의 차이가 발생한다. 따라서, 스마트미터 · IHD 확산을 위해서는 소비자 그룹별로 다른 접근이 필요할 것이다.

VI. 결론 및 시사점

본 연구에서는 설문자료를 이용하여 스마트미터·IHD에 대한 일반 가구 소비자 수요를 정량적으로 분석하였다. 추정 결과, 소비자들은 스마트미터·IHD가 제공하는 부가적 혜택에 대해서는 긍정적으로 평가하고 있으나, 지불 의사액 혹은 비용 분담의지는 평균 약 674원/월(월평균 전기요금의 1.5%수준)로 매우 낮은 수준에 불과한 것으로 나타났다¹⁸⁾. 학력이 높을수록, 기혼 소비자일수록, 소득이 높을수록, 가구구성원수가 적을수록, 가구구성원 평균 연령이 낮을수록 스마트미터·IHD에 대한 이용의향이 더 높으며, 전력·가스·수도 이용량이 높고 연간 월 최대-최소 이용량 차이가 작아 연간 전력사용량이 꾸준히 많은 소비자일수록 스마트미터·IHD 이용의향이 더 높은 것으로 나타났다.

스마트미터의 효과를 극대화하기 위해서는 IHD 보급이 필요하지만, 전체 가구를 보급 대상으로 설정할 시 스마트미터 구축 비용의 배 이상 재원이 소요될 것으로 예상되고 있다. 하지만, 매우 큰 비용이 소요됨에도 불구하고, 본 연구 결과에 의하면 스마트미터·IHD에 대한 소비자들의 비용분담의지는 매우 낮은 수준에 불과하다. 이를 통해 볼 때, 스마트미터·IHD의 미래 수요 확산에 대해 지나치게 낙관적인 전망은 무리일 것이다. 동시에, 스마트미터·IHD 자체로는 직접적으로 큰 수익 창출의 기반이 마련되지 않을 가능성이 높아, 이와 관련된 비용 회수 및 추가적 수익 창출, 도입·확산 전략의 수립에 많은 고민이 필요할 것이다. 따라서, 스마트미터에 추가하여 IHD까지 보급, 구축하기 위해서는 비용대비 효과가 큰 방안을 고려해야 한다.

18) 소비자들의 이중적 태도, 즉 긍정적 평가-낮은 비용분담 의지는 Darby(2010), OFGEM (2010b) 등 기존 해외 연구들에서 밝혀진 바와 일치한다.

분석결과를 바탕으로 스마트미터·IHD 구축 및 확산 방안 관련 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있었다.

첫째, 스마트미터·IHD 구축비용 회수와 수익창출은 스마트미터·IHD 이용요금과 같은 직접적인 방법보다는 공급측 전력공급 비용 감소 효과와 같은 간접적인 방법에 초점을 맞추는 것이 합리적이며, 추가적인 부가서비스를 제공하거나 이들을 결합하여 번들서비스 형태로 제공하는 등 수익창출원 다변화가 필요하다.

둘째, 일괄적으로 모든 일반가구를 대상으로 단기간 내에 보급하기 보다는 우선순위 소비자 위주로 순차적으로 도입해나가는 전략이 바람직하다. 동시에, 소비자 그룹별로 기능·요금이 차별화된 기기·서비스 제공 전략이 보다 효과적일 것이다. 특히 스마트미터·IHD 이용의향이 낮은 소비자그룹의 경우는 IHD보다는 효과가 떨어지지만, 소비자·공급자 모두 큰 비용이 수반되지 않는 웹기반 서비스와 같은 간접적 피드백(indirect feedback) 방식을 적극적으로 도입하는 것이 바람직할 것이다.

셋째, 스마트미터·IHD와 관련된 한국전력 및 자회사, 그리고 여타 관련 업체나 전력산업 진입을 검토하는 잠재적 신규사업자들은 가급적 비용 대비 효과가 큰 기기, 솔루션, 서비스 개발이 필요하며, 정부 정책도 이와 같은 분야에 보다 많은 초점을 맞춰 장기적 관점에서 지속적으로 지원하는 것이 바람직할 것이다.

접수일(2012년 2월 20일), 게재확정일(2012년 4월 9일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 고동수. 2009. 스마트그리드·배출권거래제 도입에 따른 전력산업 선진화 방안. Issue Paper, 산업연구원
- 김근영·김영명. 2009. 통신사업자 홈네트워크 기반의 스마트그리드 AMI(Automatic Metering Infrastructure) 구축 방안. 정보과학학회지 27(11) : 93-97
- 김석곤. 2010. Global Smart Metering 산업 수요 및 발전전망. 계장기술 2010년 8월호 : 100-107
- 지식경제부. 2009. 전자식 전력량계(스마트미터) 보급 본격 추진. 보도자료
- 지식경제부. 2010a. 스마트그리드 보급을 위해, 전력량계 성능을 국제수준으로 강화. 보도자료
- 지식경제부. 2010b. 스마트그리드 국가로드맵. 2010년 1월
- 최태섭·고경록·박성찬·임상국·윤용태. 2009. 소비자 에너지 정보 표시 장치를 이용한 에너지 절감 효과의 분석. 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2009년 7월 : 535-536
- 한국스마트그리드사업단. 2010. 2010년도 스마트미터 디스플레이(IHD)보급사업. 공청회 발표자료
- 한국스마트그리드사업단. 2011. 2011년도 부하관리사업: 스마트미터 디스플레이(IHD) 보급사업(2차). 설명회 발표자료
- Adamowicz, W., P. Boxall, M. Williams and J. Louviere. 1998. Stated Preference Approaches for Measuring Passive Use Values: Choice Experiments and Contingent Valuation. *American Journal of Agricultural Economics* 80 : 64-75.
- Ahn, J., J. Lee, J. D. Lee and T. Y. Kim. 2006. An Analysis of Consumer Preferences among Wireless LAN and Mobile Internet services. *ETRI Journal* 28 : 205-215.
- Alvarez-Farizo, B. and N. Hanley. 2002. Using Conjoint Analysis to Quantify Public Preferences over the Environmental Impacts of Wind Farms: an Example from

- Spain. *Energy Policy* 30 : 107-116.
- Carlsson, F. 2003. The Demand for Intercity Public Transport: the Case of Business Passengers. *Applied Economics* 35 : 41-50.
- Darby S. 2006. The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption. Oxford, United Kingdom, <http://www.defra.gov.uk/ENVIRONMENT/climatechange/uk/energy/research/pdf/energyconsump-feedback.pdf>.
- Darby S. 2010. Smartmetering: What Potential for Householder Engagement?. *Building Research and Information* 38(5) : 442 - 457.
- Department of Energy and Climate Change (DECC). 2009. Energy Metering. A Consultation on Smart Metering for Electricity and Gas, DECC/The Stationery Office, London, http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/consultations/smart_metering/smart_metering.aspx.
- Elburg, H. 2009. Smart metering and In-home Energy Feedback; Enabling a Low Carbon Life Style. *ECEEE 2009 Summer Study* : 1745-1750.
- Faruqui A., S. Sergici and A. Sharif. 2010. The Impact of Informational Feedback on Energy Consumption: A Survey of the Experimental Evidence. *Energy* 35 : 1598 - 1608.
- Green, P. E. and V. Srinivasan. 1978. Conjoint Analysis in Consumer Research: Issues and Outlooks. *Journal of Marketing Research* 5 : 103-123.
- Jeong, G., D. Koh and J. Lee. 2008. Analysis of the Competitiveness of Broadband over Power Line Communication in Korea. *ETRI Journal* 30 : 469-479.
- Kim, Y. 2005. Estimation of Consumer Preferences on New Telecommunication Service: IMT 2000 Service in Korea. *Information Economics and Policy* 17 : 73-84.
- Kim, Y., J. Lee and D. Koh. 2005. Effects of Consumer Preferences on the Convergence of Mobile Telecommunications Devices. *Applied Economics* 37 : 817-826.
- Layton, D. F. 2000. Random Coefficient Models for Stated Preference Surveys. *Journal of Environmental Economics and Management* 40 : 21-36.

- Logica CMG. 2007. *Turning concern into Action: Energy Efficiency and the European consumer*. London.
- Mackenzie, J. 1993. A Comparison of Contingent Preference Models. *American Journal of Agricultural Economics* 75 : 593~603.
- Office of the Gas and Electricity Markets (OFGEM). 2010a.. Smart Metering Implementation Programme: In-Home Display. Supporting Document, 27 July 2010, <http://www.decc.gov.uk/assets/decc/consultations/smart-meter-imp-prospectus/233-smart-metering-imp-in-home.pdf>
- Office of the Gas and Electricity Markets (OFGEM). 2010b. Consumers'views of Smart Metering Report by FDS International, <http://www.ofgem.gov.uk/e-serve/sm/Documentation/Documents1/Smart%20metering%20-%20Consumer%20FDS%20report.pdf>
- Office of the Gas and Electricity Markets (OFGEM). 2011a. Smart Metering - What It Means for Britain' Homes. Factsheet 101, <http://www.ofgem.gov.uk/Media/FactSheets/Documents1/consumersmartmeteringfs.pdf>
- Office of the Gas and Electricity Markets (OFGEM). 2011b. OFGEM Consumer First Panel Year 3. Opinion Leader, March 2011, http://www.ofgem.gov.uk/Markets/RetMkts/rmr/Documents1/Ofgem_OpinionLeader_Tariff_Report_Final.pdf
- Roe, B., K. J. Boyle and M. F. Teisl. 1996. Using Conjoint Analysis to Derive Estimates of Compensating Variation. *Journal of Environmental Economics and Management* 31 : 145-159.
- Rossini, G. 2009. Hydro One: In-home Real Time Display. Customer Feedback from a 30,000 Unit Deployment. *Presentation given at the Home Energy Displays Conference*.
- Roth K. and J. Brodrick. 2008. Emerging Technologies: Home Energy Displays. *ASHRAE Journal* July 2008 : 136-138
- San Miguel, F., M. Ryan and E. McIntosh. 2000. Applying Conjoint Analysis in Economic Evaluations: an Application to Menorrhagia. *Applied Economics* 32 : 832 - 833.

- Train, K. 2003. *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press.
- Vasconcelos, J. 2008. Survey of Regulatory and Technological Developments Concerning Smart metering in the European Union Electricity Market. Robert Schuman Centre for Advanced Studies, Florence, Italy.
- Walters, N. 2008. Can Advanced Metering Help Reduce Electricity Costs for Residential Consumers?. AARP Public Policy Institute, *Insight on the Issues* 18, November 2008 : 1-8
- Wooldridge, J. 2010. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press, Cambridge

ABSTRACT

Analysis on the Residential Demand for the
Smart Meter and the In-home-display

Daeyoung Koh*, Hyunseung Cho** and Moonsoo Park***

This study attempts to estimate the residential demand and willingness to pay for smart meter and In-home-display (IHD) using conjoint survey data in Korea. Further, policy implications regarding measures for constructing smart meter and IHD were derived based on the empirical analysis.

From the estimation result, it was found that consumers valued the benefits of smart meter and IHD considerably, while willingness to pay for smart meter and IHD being estimated to be very low, 674 won per month on average.

Key Words : Smart Meter, In-home-display, Residential demand,
Conjoint Analysis, Binary logit model

JEL Codes : L94, Q48, Q49

* Associate Research Fellow, Korea Institute for Industrial Economics and Trade(main author). daeyoungkoh@kiet.re.kr

** Research Fellow, Korea Institute for Industrial Economics and Trade. hscho@kiet.re.kr

*** Associate Research Fellow, Korea Institute for Industrial Economics and Trade(corresponding author). mspark@kiet.re.kr