

정책 이슈페이퍼 13-14

앱기반 피드백의 전력소비 절감 및 파급효과

조성진

목 차

- I. 연구 개관(概觀) / 1
- II. 피드백 이론적 배경 및 주요 선행연구 / 5
- III. 연구방법, 분석방법론 및 분석결과 / 19
- VI. 결론 및 정책 제언 / 32
- 〈참고자료〉 / 36



에너지경제연구원
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

I. 연구 개관(概觀)

1. 연구목적 및 연구내용

- 본 연구는 2012년 수행한 ‘에너지효율 어플(APPs)의 가계 전력 소비 절감 효과 분석(조성진, 에너지경제연구원)’ 연구를 확장·보완한 것임
- 본 연구에서는 에너지 절감을 위해 개발된 모바일 어플리케이션을 일종의 앱기반 피드백(application-based feedback) 수단으로 활용하여, 이러한 모바일기반 피드백이 실제 가계 전력소비 절감 및 타 유틸리티(본 연구에서는 도시가스 소비) 저감에 효과가 있는지를 정량적·정성적으로 분석
 - 한국리서치 MS패널을 활용하여 웹조사로 구축한 2년간(2012~2013)간의 패널통계자료(panel data set)를 분석에 사용
 - 2012, 2013년 4차례(2012년 3, 4월 / 동년 6, 7월 / 2013, 3, 4월 / 동년 6, 7월)에 걸쳐 동일한 표본(전국 가구대상)을 대상으로 설문조사 수행
 - 설문조사의 한계: 본 조사는 단독주택/아파트/다세대 및 연립주택 거주자 중 도시가스를 사용하는 아이폰 이용자로 조사대상이 한정되어 있음
 - 대면면접으로 설문조사를 진행하기에는 현실적으로 조사대상자 선정이 불가능한 점을 감안하여, 웹조사로 대체함. 따라서 개별 가정 소비자의 전력사용에 대한 정보를 확인할 수 없어 내용의 정확성이 다소 떨어짐
 - 분석을 위해 표본을 세 그룹으로 분류하여 실험을 설계함
 - 앱기반 피드백을 제공한 그룹을 ‘어플이용그룹’이라 지정하여 실험군(treatment groups)으로 정의, 이메일을 통해 주기적으로 ‘에너지 절약 tips’을 제공하는 ‘메일발송그룹’과 어떠한 형태의 에너지 절약 정보도 제

공하지 않은 ‘일반그룹’을 대조군(control groups)으로 지정함

□ 2년간의 설문조사를 통한 패널통계자료와 실험설계방식(실험군 vs. 대조군간의 비교분석)을 이용하여, 모바일 어플리케이션의 전력소비 절감효과를 분석

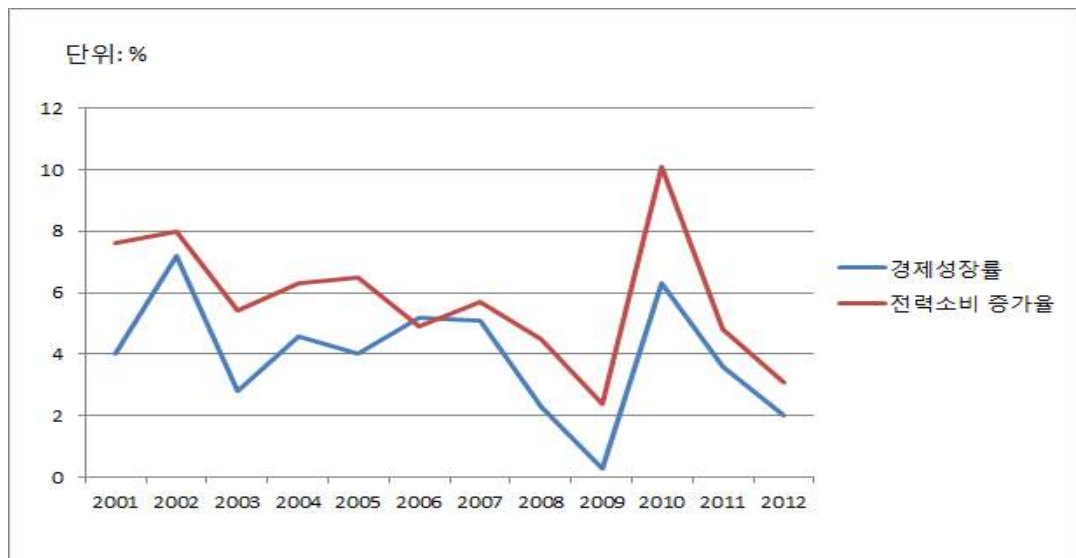
- 어플이용그룹(실험군)과 타 그룹(대조군)과의 앱기반 피드백 제공 전·후 월간 전력 소비량 변화에 대한 평균의 차이를 비교하여 앱기반 피드백의 절전 효과를 검증
 - 앱기반 피드백 제공 전·후 비교분석은 어플이용그룹 vs. 메일발송그룹 + 일반그룹 / 어플이용그룹 vs. 메일발송그룹 / 어플이용그룹 vs. 일반그룹 / 메일발송그룹 vs. 일반그룹 비교 등을 포함하고 있음
 - 또한 본 연구에는 동일한 그룹 내에서 전력다소비그룹과 전력저소비그룹 간의 비교분석도 병행하여 수행
- 본 연구에서 활용된 앱기반 피드백(에너지 절전 모바일 어플리케이션 ‘에너지 다이어트’) 디자인적 특성이 에너지 절전 지식획득 및 쾌락적 가치인 지에 미치는 영향 및 앱기반 피드백을 통해 획득한 지식이 타 유틸리티(도시가스 소비) 절약에 미치는 효과를 분석
 - 설문조사를 통해 획득한 미시통계자료의 한계를 보완하기 위해, 본 연구에서는 경영학에서 주로 활용하고 있는 구조방정식 모형을 이용해 모바일 어플리케이션 자체의 디자인적 특징과 기능적 요소들이 사용자들의 절전 인식과 행태변화에 긍정적인 역할을 할 수 있는가에 검증을 수행

2. 절전의 필요성 및 중요성

- 우리나라는 2000년 이후에도 전력소비증가율이 경제성장률을 초월하고 있는 추세이며, 향후에도 최소 중·단기적으로 이러한 추세는 이어질 것으로 전망되고 있음

- 2000~2012년까지 연평균 전력소비증가율은 약 6.2%이고, 경제성장률은 약 4.3%로 전력소비증가율이 경제성장률 대비 평균적으로 약 1.9%p 높음

[그림 1-1] 2000년 이후 경제성장률 및 전력소비증가율 추이



- 2012년말 수립·공표된 ‘제6차 전력수급기본계획’에서는 목표수요 기준 2027년까지 연평균 전력소비증가율을 약 2.1%로 전망하고 있음

- 과거 전력수급계획의 전력소비 전망치가 과소 추정되었던 점, 경제성장률 변화, 산업구조의 변화, 1인 가구 수 증가에 따른 주택공급 변화 및 가전 기기 보급추이 변화, 에너지 가격 변화, 이상기온 등 다수의 불확실성이 존재한다는 점에서 6차 전력수급계획의 장기 전력소비 전망치는 다소 낮게 추정되었을 가능성이 존재

□ 전체 전력소비량의 1% 절전은 95% 이상의 에너지를 해외에 의존하고 있는 우리나라의 현실을 감안할 때, 막대한 국부유출 방지 효과 예상

- 2012년 총전력판매량(466,593GWh)의 1%(4,666GWh)을 절약한다는 가정하

에, 이를 전력생산에 필요한 연료인 석탄, LNG, 석유 등의 수입대체비용으로 환산하여 국부유출 방지 효과를 추정

- 추정에 따르면, 연간 전력소비량 1% 절전은 연간 최소 약 2,500억원에서 최대 약 8,300억원의 화석연료 수입대체 효과가 발생함(2012년 연료수입가격 및 연료소비율 적용)

[표 1-1] 1% 전력소비 절감량의 국부유출 억제 효과

구분	연간 연료소비 절감량 (톤, 배럴)	수입대체 효과 (억원)
석탄 대체	1,749,724	2,526
LNG 대체	559,912	4,777
석유 대체	6,456,003	8,325
화력발전 비율로 대체	석탄: 1,049,834톤 LNG: 167,973톤 석유: 645,600배럴	3,781

- 주: 현행 화력발전비율인 석탄, LNG, 석유발전 6: 3: 1로 전제하여 추정함

II. 피드백 이론적 배경 및 주요 선행연구

1. 피드백 정의 및 이론적 배경

□ 피드백 정의

- 피드백(Feedback)은 사회적 관점에서 볼 때 어떠한 행위를 마친 뒤 그 결과의 반응을 보아 행동을 변화 시키는 일이라고 사전적으로 정의(Sarah Darby, 2010)
- 최근 미국, 영국 등 주요 선진국들은 에너지 수요관리 및 소비 절감을 위한 디지털기반(모바일기기, 소셜 미디어 등)피드백 수단의 적극적인 정책 도입을 위해 다수의 '에너지 수요 연구 프로젝트' 실증연구를 진행 중
 - 특히 이 분야에 대한 연구는 최근에 태동한 것으로 학술적으로도 선도적인 분야라는 점에서 그 의의가 큼

□ 피드백 이론적 배경

- 피드백 수단의 작동원리는 일반적으로 사회학적, 경제학적, 심리학적, 그리고 교육학적 이론으로 설명할 수 있음
 - 사회학적 이론은 개인의 편안함에 대한 표준 및 기대감, 일상과 습관의 중요성에 그 초점을 맞춤(Lutzenhiser, 1993; Shove, 2003; Burgess and Nye, 2008)
 - 대표적인 이론으로는 습관 이론(Practice theory)¹⁾인데, 이 이론은 행동의 변화를 위해 일상적인 활동, 가공된 활동 및 전략적인 지식으로서 노하우(know-how)의 유기적인 역할을 강조

1) Wilhite(2008), New thinking on the agentic relationship between end-use technologies and energy-using practices 인용

- 전통적인 고전경제학 이론에서는 경제주체들이 이성적으로 행동한다고 가정하는 반면 사회학적 이론에서는 소비자는 자신의 편리함과 습관적인 요소를 고려하여 에너지를 사용하는 경향이 있다고 가정
- 경제학적 이론(특히 행동 경제학)에서는 피드백을 금전적, 사회적 또는 기타 유발 책에 대한 반응을 분석하는 것으로 에너지 피드백 연구에 최근 활발히 적용되고 있는 성장 중인 이론 분야임(Schultz, 2008 / Faruqui & Sergici(2008))
- 대표적으로 시간대별 차별화된 전기요금(Real time pricing)을 적용한 실증연구 등이 이에 해당함
- 심리학적 측면에서 에너지 사용은 자극과 반응 메커니즘(stimulus-response mechanisms)에 의해 영향을 받음
 - 성공적인 피드백의 특징으로는 정확한 피드백 설계(정확한 정보 전달), 잦은 제공 빈도, 우호적인 상호작용 기능, 가전기기에 대한 구체적 정보전달, 시간적 비제약, 쉽고 호소력 강한 내용 및 방식(규범적 비교자료 제공)(Fisher, 2008)
- 교육학적 이론 관점에서 보면 효과적인 전력에너지 사용은 특정한 상황에서 각 개인이 체험을 통해 체득하게 되는 일종의 기술
 - 각 구성원은 교육수준, 연령대 등이 상이하여 지식습득 능력이 다르고 지식습득 동기도 상이함. 또한 전력사용 절약정보에 따른 시각차도 존재
 - 이 이론에서 피드백은 가장 큰 장점은 효율적인 에너지 사용관리 스킬을 전수한다는 점과 보다 효과적으로 에너지 사용 억제를 위한 감각을 제공한다는 것임(Kempton and Layne, 1994)

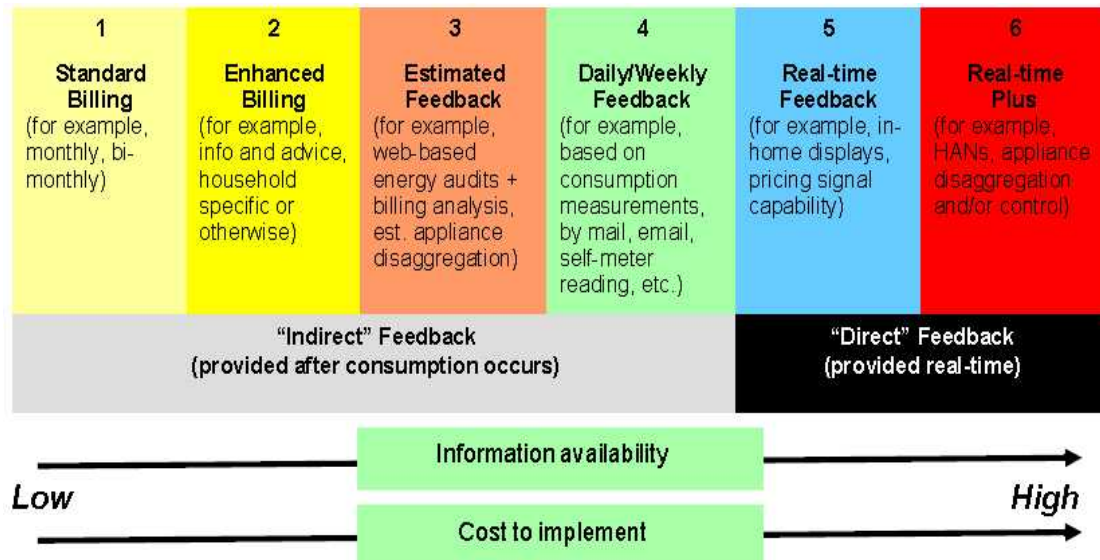
□ 피드백 유형과 효과

- 피드백 유형의 범위는 피드백의 빈도(frequency), 피드백 제공 시간, 제공

되는 정보의 양에 따라 구분

- 영국 옥스퍼드 대학 환경변화연구소의 Darby(2006)는 피드백 유형을 직접적인 피드백과 간접적인 피드백 두 가지 범주로 분류
 - 직접적인 피드백은 스마트 미터(smart meter) 혹은 디스플레이 모니터(display monitor)를 통해 사용자의 전력소비 정보를 거의 실시간으로 보여주는 반면, 간접적인 피드백은 개선된 전기요금고지서와 같이 ‘어떤 방법으로 처리 되었습니다’라는 정보를 사후적으로 제공
- EPRI(2009)는 Darby의 피드백 분류 체계를 기초로 하여 보다 확장된 형태의 피드백 유형에 대한 스펙트럼을 개발
 - 이 스펙트럼은 4가지 간접적인 피드백과 2가지 직접적인 피드백 유형을 종합적으로 이용하여 개발. 그림 <II-1>은 유형별 피드백의 정보 가용성과 비용에 따라 구분하여 정리한 것임
 - 일반적인 전기요금고지서(standard billing), 개선된 전기요금고지서(enhanced billing), 계량적 피드백(estimated feedback), 일별/주간별 피드백(daily/weekly feedback) 등 간접적인 피드백 유형은 정보의 가용성 및 정보 제공에 대한 비용이 상대적으로 낮음
 - 반면, 실시간 피드백(real-time feedback) 및 실시간 피드백 플러스(real-time plus)는 직접적인 피드백 유형으로 정보 가용성 및 정보 제공을 위한 비용이 높음
 - 메타리뷰분석을 통한 Darby(2006)의 연구에 따르면, 직접적인 피드백 유형은 약 5 ~ 15%의 전력소비 절감 효과가 있었고, 간접적 유형의 피드백은 약 0 ~ 10%의 절약효과가 있음

[그림 11-1] EPRI 피드백 유형에 대한 스펙트럼



- 자료: EPRI(2009. 2), Residential Electricity Use Feedback: A Research Synthesis and Economic Framework, page 34-37 / Joseph J. Elliott(2012. 11), Development of an Energy Information Feedback System for a Smartphone Application, page 16 재인용

□ 효과적인 피드백 디자인 구성요소

- Ehrhardt-Martinez et. al.(2010)에 따르면, 에너지 절감을 위한 효과적인 피드백은 다음과 같은 구성 요소를 갖추어야 함
 - 피드백을 활용하여 최저 비용으로 최대의 효과를 도출하기 위해서는 유용한 정보통신기술을 접목시킬 필요가 있으며 정보통신기술과 결합된 피드백 장치는 에너지 행동 변화를 위한 정보 제공, 참여 활성화, 동기부여, 자율권한 제공 등의 구성요소를 내포하고 있어야 함
- Froehlich(2009)는 피드백 설계 단계에서 고려해야할 구성요소들을 다음과 같이 정리하고 있음
 - 피드백 빈도: 일간 혹은 실시간으로 구체적인 정보를 제공해야 함

- 측정 단위(measurement unit) 선택: 환경문제에 관심이 많은 소비자에게는 kWh나 CO₂ 등의 단위로 정보제공, 소비 지출 절약에 관심이 많은 소비자에게는 직접적으로 '달러' 혹은 '원' 등의 화폐단위를 제공해야 효과적
- 데이터의 상세 분해(breakdown of data): 피드백 제공 정보는 가급적 구체적이어야 하는데, 가령 시간은 일별/월별 구분, 공간은 거실/침실/화장실 별로 구분, 가전기기도 역시 기기별로 상세히 구분해야 함
- 전달매체(presentation medium): 화면공간과 컴퓨팅 능력의 부족을 극복하기 위해 모바일 기기의 이동성에 상당히 의존하는 모바일 피드백시스템(mobile feedback system)에서 전달매체가 가장 중요한 관심사
 - 대표적인 유형으로는 책자형태(paper)와 전자기술(electronic technology)가 있으며, 전자기술을 이용한 전달 매체는 IHD, 웹 대시보드 및 포털(web dashboard, portals), 스마트폰 어플리케이션, 텔레비전 등 다양
 - 상호작용이 가능한 웹 페이지, 개인용 컴퓨터 및 TV 디스플레이는 매우 효과적인 것으로 판명(Fischer, 2008 / Darby, 2006)
- 시각디자인(visual design): 시각적 디자인 요소는 가정의 에너지 기술과 함께 소비자의 경험에 기여하고, 이는 결과적으로 그들의 에너지 행동 변화에 영향을 미침(LaMarche, 2011)
 - 미학의 정확한 조합, 이해의 용이성, 측정 단위 및 디스플레이의 그래픽 선정, 적합한 표현 등이 모두 피드백의 시각적 효과를 극대화하는데 영향을 미침(Froehlich, 2009)
- 행동제안(recommending action): 피드백을 설계하는 단계에서 구체적인 에너지 절약 혹은 에너지 효율 방법을 알려주는 것은 피드백 효과 향상에 매우 중요한 부분

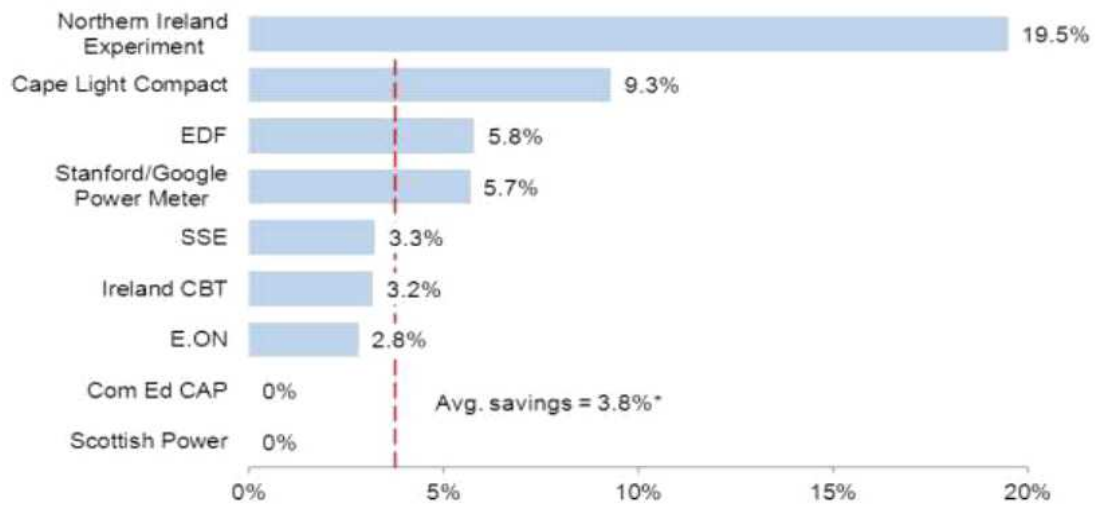
- 실제 전력사용자들의 원 데이터(raw data) 정보를 가공하여, 일종의 맞춤형 정보를(tailoring information) 컴퓨터 시스템을 통해 가구별 특성을 고려하여 제공
- 맞춤형 정보(tailored information)에 대한 Abrahamse et. al.(2007)의 연구에서는 대조군 대비 실험군이 약 5.1% 더 절전을 함 / OPOWER(주)의 연구에서는 약 1.1~2.5%의 전력소비 절약효과 도출
- 비교(comparison): 기간 비교(temporal comparison) 및 사회적 비교(social comparison)로 구분할 수 있음
 - 기간 비교는 과거의 전력소비 실적을 바탕으로 현재 사용한 전력소비와 비교하는 방식으로 온도 및 습도 등 기상변수를 통제할 수 있다는 장점이 있으나, 비정상적으로 높은 전력소비 패턴을 보이는 집단이 존재할 때 이를 통계적으로 유의하게 비교하기가 어려움
 - 사회적 비교는 가구 혹은 사용자 간의 비교, 특정 집단 내 비교, 규범 간의 비교 등을 의미(Petkov et. al. 2011)하는데, 각 그룹에 속한 사람들이 적절히 그룹에 배치되었는가? 유무에 따라 피드백 성공여부가 결정
- 소셜 셰어링(social sharing): 페이스북(Facebook) 또는 트위터(Twitter) 등 새로운 형태의 소셜 미디어를 통해 개인 자신들의 에너지 절약 경험을 다른 사람들과 공유하는 것으로, 대규모 정보를 신속하게 전달할 수 있다는 장점이 존재
- ‘소셜 셰어링’의 에너지 절약 효과분석에 관한 선행연구는 거의 없는 실정이므로 향후 이와 관련된 연구가 필요해 보임

2. 주요 선행연구 사례

□ 최근 실시간 피드백 실증분석 연구사례(Ben Foster & Susan Mazur-Stommen, 2012)

- Ben Foster and Susan Mazur-Stommen(2012)의 연구에서는 주로 미국, 영국, 아일랜드 등의 국가에서 수행하고 있는 9개의 대규모 실시간 피드백 프로그램에 대한 결과를 바탕으로 분석 작업을 수행
 - 이들 연구에서는 대규모 표본을 대상으로 수행한 실증연구들을 중심으로 분석을 수행하고 있으며, 분석대상 실증연구 사례는 주로 IHD, Web Interface, Prepayment Meters 장치 등 디지털 기반의 피드백을 활용하여 전력소비량 절감을 측정한 연구들임
- 9개의 실증연구에서 도출된 가계 전력절감 효과는 0~19.5%로 나타나고 있어, 실시간 피드백 수단이 실제로 가계 전력소비 절감에 효과가 있는 것으로 분석 (그림 II-2, 표 II-1 참고)
 - 이들 9개 실증분석 결과에서 도출한 평균 전력 절감률은 약 3.5%로 추정
 - 9개의 실증연구 중 2개 사례에서 전력절감 효과가 없다고 보고되고 있는데, **그 이유는 실험 장치가 일상적이거나 전력소비 절감을 위한 흥미를 유발시키는 내용(contents)이 부재했을 가능성이 있다고 보고함**
 - IHD, 웹 기반 인터페이스, 스마트폰 기반 인터페이스 등 실시간 피드백 장치(real-time feedback device)를 이용하는 사례가 그렇지 않은 실증사례 대비 가계 전력소비 절감 효과가 약 2~4% 더 높음
- 절전 조정수단(interventions)은 개인 혹은 전 가정에 일률적으로 적용될 수 없다는 점을 주의해야 하며, 이는 향후 전력당국이 피드백 정책수단을 시행하기 전 단계에서 철저한 시행준비와 사전적인 검증절차를 최대한 고려해야 함을 의미함

[그림 11-2] 최근 실시된 해외 실시간 피드백 실증연구 결과



[표 II-1] 2009년 이후 수행된 주요 실시간 피드백 실증연구 결과

프로그램	자료출처	국가	수행 연도	프로그램 디자인	표본수	피드백
Com Ed CAP	EPRI 2011	미국	2009~2010	opt-out	5,550	IHD, Thermosta
Stanford/Google Power Meter	Houde et. al. 2011	미국	2010	opt-in	1,065	Real-time display,
Cape Light Compact	PA Consulting	미국	2009~2010	opt-in	100	Real-time display,
Ireland CBT	CER 2011a 2011b	아일랜드	2010	opt-in	938	IHD, TOU
EDF	AECOM 2011	영국	2007~2010	BAU/opt-in	740	IHD, Heating Contr
E.ON	AECOM 2011	영국	2007~2010	opt-in	4,781	IHD, Real-tim
Scottish Power	AECOM 2011	스코틀랜드	2007~2010	BAU/opt-in	1,120	IHD, Real-tim
SSE	AECOM 2011	영국 스코틀랜드, 웨일즈	2007~2010	BAU/opt-in	1,406	IHD, Real-tim
Northern Ireland Experiment	Gans et al. 2011	북 아일랜드	1990~2009	BAU	45,149	Pre-payment meter 'keypad' di

- 자료: Ben Foster and Susan Mazur-Stommen, (2012. 2), Results From Recent Real-Time Feedback Studies, page 6에서 인용
- 주: 'opt-out design'는 실험연구에 참여할 샘플(가계)을 무작위로 선정하여 실험집단(treatment group)을 지정하고 지정된 집단에 실시간 피드백을 할당하는 실험 설계를 말함.

□ OPOWER(사)의 SMUD Pilot 실증사례

- 미국 OPOWER(사)는 Sacramento Municipal Utility District(SMUD)지역에서 2008년부터 3년 동안 약 85,000 가구를 대상으로 ‘가계 전력소비 리포트(Home Electricity Reports, 이하 HER)’ 피드백 장치의 전력소비 절감효과를 실증 분석
 - 각 지역에서 무작위로 선정된 표본을 대상으로 35,000호의 단독주택 거주자를 실험군(treatment groups)으로, 50,000호의 단독주택 거주자를 대조군(control groups)으로 실험설계
 - HER은 해당 가정의 매월 전력소비량 정보를 포함하여 이웃 가정의 월평균 전력사용량 정보도 함께 제공
- 매월 HER 피드백을 제공받은 사용자 중 전력다소비 가정의 경우에는 피드백을 제공하지 않은 사용자 대비 약 2.89%(연평균 301kWh)의 전력을 덜 소비했고, 전력저소비 가정의 경우에도 약 1.70%(연평균 104kWh)의 절약 효과를 보임(2년차 실증연구)
 - 전력다소비 가구는 연구 시작 이후 12개월간 지속적으로 전력소비가 감소하는 추세였으나, 그 이후부터는 정체하는 양상을 보이고 있으며, 전력저소비 가구의 경우 시간에 따라 전력소비 추이는 지속적으로 감소

[표 II-2] OPOWER SMUD Pilot 실증분석 결과

기간	기초통계량	전력다소비 그룹 추정치 (표준오차)	전력저소비 그룹 추정치 (표준오차)
1 년차 (2008. 4 ~ 2009. 3)	평균 절전률 (%)	2.37 (0.11%)	1.25 (0.18%)
	가구당 평균 절전량(kWh)	317 (15)	76 (25)
2 년차 (2009. 4 ~ 2010. 3)	평균 절전률 (%)	2.89 (0.11%)	1.70 (0.18%)
	가구당 평균 절전량(kWh)	381 (14)	104 (11)

- 자료: Kevin Cooney(2011), Evaluation Report: OPOWER SMUD Pilot Year2 보고서, page 8~15에서 발췌 / 조성진(2012), 에너지효율 어플(APPs)의 가계 전력소비 절감 효과 분석, 에너지경제연구원 기본연구보고서에서 재인용

□ BPA²⁾, OPOWER(사)³⁾, Cowlitz(사)⁴⁾의 Behavior Based Energy Efficiency(BBEE) 공동 프로그램 실증 연구사례⁵⁾

- 미국 북서부지역에서 BPA, OPOWER(사), Cowlitz(사) 공동으로 수행 중인 전력소비 절감 실증 공동 프로그램 BBEE(Behavior Based Energy Efficiency Pilot)는 Cowlitz(사)는 관할 지역의 25,000 가구를 대상으로 함
 - OPOWER(사)는 홈에너지리포팅(HER) 프로그램과 커뮤니케이션 캠페인, 디지털기반 피드백을 제공하고, BPA는 매주 '전화 회의 업데이트를 통한 관리 및 감시의 역할을 수행함과 동시에 프로그램 평가 검증 역할을 담당, Cowlitz(사)는 관할 지역의 25,000 가구 전력사용 데이터 제공 역할 수행
 - 다음의 그림 <II-3>과 <II-4>는 BBEE 프로젝트 플랫폼과 실증연구 설계를 보여주고 있음

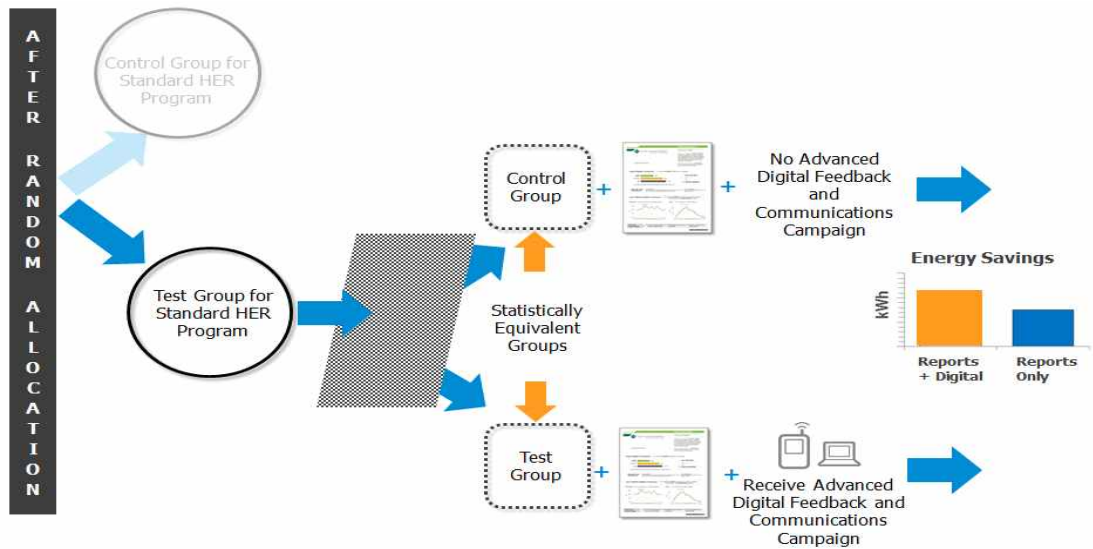
[그림 II-3] BBEE 프로젝트 플랫폼



- 자료: Eugene Rosolie(2012. 5. 8), Innovative Behavior Based Energy Efficiency Pilot, 발표 자료 page 5에서 발췌

2) BPA(Bonneville Power Administration)는 미 북서부 지역에 본사를 둔 미국 에너지부 소속의 연방 비영리 전력사업자임
 3) OPOWER(사)는 미 북서부 지역에서 전기요금고지서를 대행해주는 업체임. 우리나라의 경우 이지스엔터프라이즈(주)가 이와 유사한 기능을 수행하고 있음
 4) Cowlitz PUD는 미국 워싱턴주 소재의 전력공기업으로 주변 지역 48,200가구에 전력을 공급하고 있음
 5) Eugene Rosolie(2012. 5), Innovative Behavior Based Energy Efficiency Pilot, page 5~18에서 인용

[그림 II-4] BBEE 프로젝트 실증연구 설계



- 자료: Eugene Rosolie(2012. 5. 8), Innovative Behavior Based Energy Efficiency Pilot 발표 자료 page 7에서 발췌

- 3년 동안의 실증실험을 수행한 결과, 홈에너지리포트(HER) 및 커뮤니케이션 캠페인, 디지털기반 피드백을 동시에 제공받은 집단은 가구당 연평균 약 477kWh의 전력을 절약

- 이를 화폐가치로 환산하면 단위당(kWh) 평균적으로 약 \$0.024 절감한 것과 같은 효과

[표 II-3] BBEE 프로젝트 실증연구 설계

내용	1 년차	2 년차	3 년차	총합 및 3년 평균
절약량(MWh)	8,825	13,498	13,420	35,743*
가구당 절약량(kWh/연간)	353	540	537	477
절약율(%)	1.57%	2.40%	2.38%	2.12%
절감비용(\$/kWh)	0.030	0.020	0.020	0.024

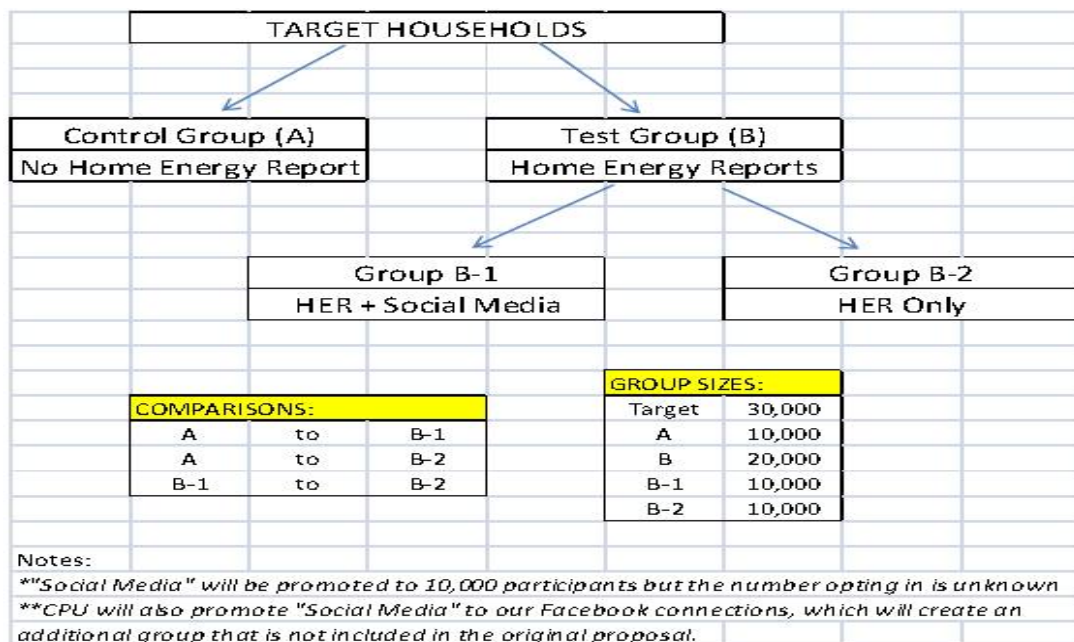
- 자료: Eugene Rosolie(2012. 5), Innovative Behavior Based Energy Efficiency Pilot, page 8 자료에서 번역 및 정리

- *: 3년 동안의 총합을 나타냄

□ BPA, CPU⁶⁾, OPOWER의 BBEE 파일럿 프로그램⁷⁾

- 미국 서부지역 전력사업자인 CPU는 2012년 구축한 페이스북(Facebook) 온라인 소셜 커뮤니케이션기반 피드백의 가계 전력소비 절감효과를 실증분석
 - 이 실증연구를 위해 CPU는 OPOWER(사) 및 Facebook(사), 그리고 천연자원보호협의회(Natural Resources Defense Council, NRDC)와 공동으로 프로젝트 수행
 - 새로운 유형의 에너지 절약 피드백은 페이스북(Facebook), Twitter, YouTube와 같은 소셜 미디어 매체임
 - 다음의 그림 <II-5>는 이 연구에서 적용한 실증연구 설계를 보여주고 있음

[그림 II-4] CPU의 BBEE 파일럿 설계



- 자료: Larry Blaufus(2012. 5. 8), Behavioral Based Energy Efficiency: Home Energy Reports, Web Portal and Social Media Pilot, presented in BPA Energy Efficiency Summit, Concurrent Session 2, page 17에서 발췌

6) Clark Public Utilities(CPU)는 미국 워싱턴 밴쿠버 지역의 전력사업자임

7) Larry Blaufus(2012. 5. 8), Behavioral Based Energy Efficiency: Home Energy Reports, Web Portal and Social Media Pilot, presented in *BPA Energy Efficiency Summit, Concurrent Session 2* 자료 인용

- 무작위로 선정된 총 20,000가구가 참여한 이 실증연구에서는 그룹 A와 그룹 B-2간의 비교 결과를 보고하고 있음
- HER피드백을 제공받은 그룹은 제공받지 않은 그룹 대비 1년차는 연간 약 356kWh, 2년차 452kWh, 3년차에서는 약 458kWh의 전력을 절감하고 있음
- 이는 3년 평균 기준으로 가구당 연간 약 422kWh를 절감하는 효과

[표 II-4] CPU의 BBEE 파일럿 결과: 홈에너지리포트(HER) 제공

내용	1 년차	2 년차	3 년차	총합 및 3년 평균
절약량(MWh)	7,124	9,040	9,169	25,333*
가구당 절약량 (kWh/연간)	356	452	458	422**

- 자료: Eugene Rosolie(2012. 5. 8), Innovative Behavior Based Energy Efficiency Pilot 자료의 page 18에서 발췌
- *: 3년 동안의 총합을 나타냄 / **: 3년 산술평균을 의미함

Ⅲ. 연구방법, 분석방법론 및 분석결과

1. 연구방법

□ 앱기반 피드백 수단 : 지식경제부와 에너지관리공단이 2009년에 개발한 스마트폰용 에너지 절감 앱(APPs)인 ‘에너지 다이어트’를 일종의 앱기반 피드백으로 활용하여 가계전력소비 절감에 대한 효과를 실증분석

○ 가정용 전기절약 공공앱 ‘에너지 다이어트’ 소개⁸⁾

- 에너지 절약과 효율적인 에너지 이용을 위해 생활 속에서 직접 실천할 수 있는 정보·사례를 정리한 스마트폰용 어플리케이션 ‘에너지 다이어트’를 개발·보급
- ‘에너지 다이어트’ 스마트폰 애플리케이션은 ① 가정의 ‘비만도 측정’, ② 가전 기기 등의 에너지절감 방법 안내, ③ ‘10대 에너지절약 노하우’ 3가지로 구성

[그림 III-1] 에너지 다이어트 앱 메인 및 기능 항목별 화면



8) 지식경제부 보도자료, ‘손 안의 에너지 절약 도우미가 나온다.’(2010. 06. 18) 인용

< 에너지 다이어트 화면 >



- 자료: 지식경제부 보도자료 참고(2010. 06. 18)

□ 실증분석을 위한 실험설계 : 실증분석을 위해 실험을 설계하고 설문조사를 통해 가계 전력소비 및 특성정보 기초자료 구축

○ 앱기반 피드백의 절전효과 비교를 위해 실험군(treatment groups)과 대조군(control groups)으로 그룹을 분류

- '에너지 다이어트' 앱을 사용하는 그룹을 '어플이용그룹', '에너지 절약 실천 매뉴얼'을 매주 간격으로 이메일을 통해 제공하는 그룹을 '메일발송그룹', 어떠한 형태의 피드백 수단도 제공하지 않은 그룹을 '일반그룹'으로 분류

- '어플사용그룹'은 실험군이며, '메일발송그룹'과 '일반그룹'은 대조군으로 설정

□ 설문조사 표본: iPhone을 사용하고 있는 전국 만 19세 이상인 성인남녀 1,053명을 대상으로 세 그룹으로 집단을 구분하여 설문조사 수행

○ 2012, 2013년 4차례에 걸쳐 동일한 패널을 대상으로 설문조사 수행하여 패널통계자료 구축

○ 설문조사에서는 가구 특성정보, 전력 및 도시가스 사용량 정보, 에너지관련 경제비용 인식 및 에너지 절약의식, '에너지 다이어트' 디자인 요소에 대한 질문 등을 포함

○ 설문조사 및 수행의 한계

- 동일한 표본을 대상으로 2년간 수행하는 설문조사 특성상 재응답율(혹은 패널유지율)이 다소 낮은 문제점 존재
- 패널 유지율은 48.0%로 세부적인 사항은 다음과 같음

[표 III-1] 설문조사 패널유지율 현황

	2012년 응답자	3차 응답자 (2013년 3,4월)	4차 응답자 (2013년 6,7월)	유지율
총 합	1,053	656	505	48.0%
어플이용그룹	334	205	159	47.6%
메일발송그룹	357	231	178	49.9%
일반그룹	362	220	168	46.4%

- 설문조사 참여자가 진실된 정보를 제공하지 않거나, 설문지 일부 질의 문항을 누락 작성할 가능성이 존재하여 이로 인한 추가적인 표본탈락 가능성이 발생
- 표본중 일부 outlier(이상치) 문제가 존재할 수 있고, 패널유지율 하락으로 그룹간 동질성 유지가 다소 어려운 한계
- 이러한 한계는 표본선택편의(sample selection bias)에 의한 비효율적 모수 추정 값을 도출할 수 있고, 또한 추정계수의 통계적 유의성에도 부정적으로 작용함

- 그룹간 동질성 여부를 객관적으로 검증할 수 있는 성향가중치법(propensity score method)와 같은 통계분석방법을 향후 연구에서는 적용할 필요가 있음

2. 분석방법론

□ 앱기반 피드백의 전력소비 절감효과 분석: 이중차감추정법(Difference-in-Difference, DID) 적용

- 2012년 3, 4월 및 2013년 3, 4월 기간을 대상으로 어플이용그룹과 타 그룹 / 어

플이용그룹 vs. 메일발송그룹 / 어플이용그룹 vs. 일반그룹 / 메일발송그룹 vs. 일반그룹에 대해 정책효과 모수의 이중차감추정계수(DID estimator)를 도출

- 정책효과를 보여주는 모수에 대한 DID 추정치는 피드백 제공 전·후의 그룹간의 평균 전력사용량의 차이를 나타내므로, 이 모수의 추정치가 음(-)의 값을 나타내면 앱기반 피드백은 절전효과가 있는 것으로 판단
- 이중차감추정법에 적용된 회귀방정식은 기본모형과 확장모형으로 구분(참고자료 1)
 - 기본모형은 회귀식의 독립변수에 시간 가변수(time dummy), treatment dummy 및 정책효과를 보여주는 interaction term(time dummy*treatment dummy)만을 포함
 - 확장모형은 기본모형에 포함된 독립변수 외에 관찰 가능한 기온변수 및 인구통계학적 변수도 포함

□ 모바일 어플리케이션 ‘에너지 다이어트’가 가계 전력소비 절감 및 가스소비에 미치는 파급효과 분석 : ‘에너지 다이어트’ 디자인 특성과 획득지식 활용 관점

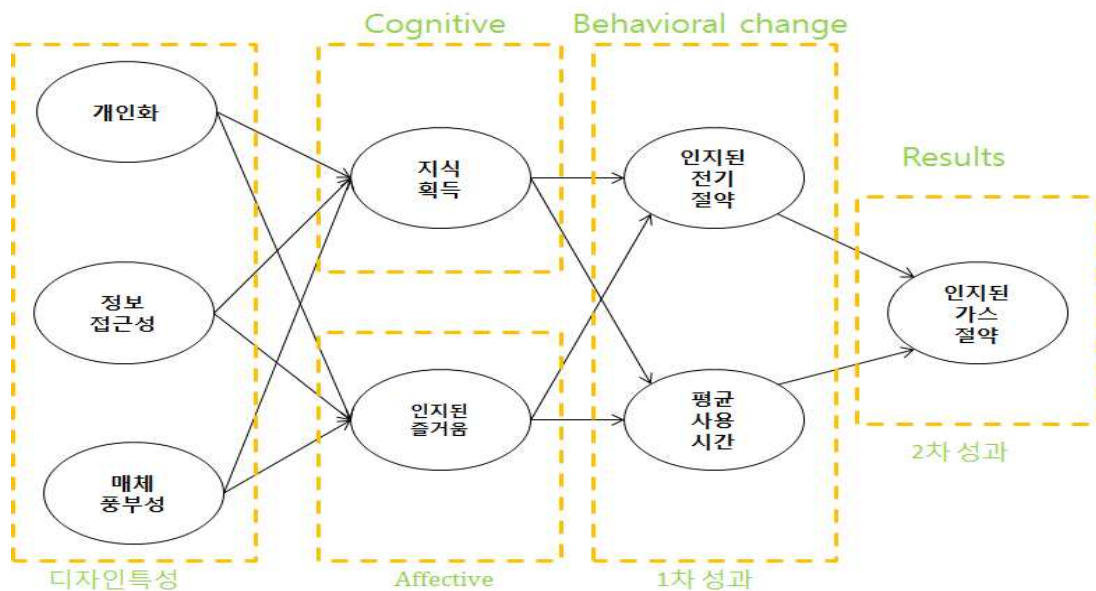
- 본 연구에서는 경영학에서 주로 활용되고 있는 구조방정식 모형을 이용하여 모바일 어플리케이션인 ‘에너지 다이어트’의 디자인적 특성이 절전행동에 미치는 영향 **(연구모형 A)**을 분석함
 - 구조방정식 모델은 잠재적 요인(factor)의 구조뿐만 아니라 요인이나 변수들 간의 인과관계를 설명하는 통계기법으로 확인적 요인분석(측정 모델, Measurement model)과 경로분석(구조 모델, Structural model)이 결합된 방법론
 - 본 연구에서는 SmartPLS라는 PLS 프로그램⁹⁾을 활용하여 모형을 검증

9) 구조방정식 모델을 분석하기 위한 프로그램으로는 LISREL, AMOS, PLS 등이 있는데 PLS는 수집된 자료의 정규분포에 대한 가정은 없고, 모형 적합도는 모형 적합도 지수가 아닌 독립변수들이 종속변수를 어느 정도 정확히 예측해 주는지를 R^2 값으로 나타냄

- 구조방정식에 이용된 변수들의 조작적 정의는 기존 참고문헌들을 통해 정립되었으며, 확인적 요인분석의 결과를 토대로 수렴타당성과 판별타당성을 검증함(참고자료 2)
- 연구모형 A : ‘에너지 다이어트의 디자인적 특성이 절전행동에 미치는 영향(그림 <III-2>)

 - 연구모형 A에서는 개인화, 정보 접근성, 매체 다양성을 모바일 애플리케이션의 디자인적 특징으로 정의함
 - 정보를 통해 획득된 에너지 절감 지식의 활용과 가치인지(쾌락적 가치)는 사용자의 정보의 질과 에너지 절감 결과 사이의 매개변수로 제안
 - 사용자의 에너지 절감 결과는 실제 전력 소비량 및 사용자가 인식하는 자신의 에너지 절감 행동 변화의 두 가지로 측정

[그림 III-2] 연구모형 A: 에너지다이어트의 디자인적 특성이 절전행동에 미치는 영향 분석



- 연구모형 A 변수설명(그림 <III-3>)

- 개인화란 다양한 정보 중 특정 소비자에게 가장 적합한 정보를 제공할 목적으로 사용자의 선호도, 프로파일, 상황 등을 고려하여 해당 소비자에게 맞춤형 형태로 정보를 제공하는 것을 의미
- 정보 접근성이란 사용자가 특정한 정보에 얼마나 쉽고 신속하게 접근할 수 있는가의 정도를 의미
- 매체 풍부성이란 매체가 가지는 정보를 풍부하게 전달 수 있는 능력을 의미
- 사용자 행동 변화관련 변수설명 :
 - 사용자의 에너지 절감 지식의 획득과 사용자의 에너지 절감 의도 및 행동과의 관계에 대하여 살펴보면 많은 기존 연구들이 사용자의 에너지 절감 지식과 에너지 절감 행동 사이에는 긍정적인 영향관계가 있음을 밝혀냄
 - 재미(fun), 즐거움(enjoyment) 등으로 표현되는 쾌락적 가치는 모바일 환경에서 사용자의 행동 의도 및 행동에 긍정적인 영향을 미침

[그림 III-3] 모형에 이용된 변수의 조작적 정의 및 참고문헌

변수명	정의	참고문헌
개인화	해당 앱에서 제공되는 정보가 얼마나 자신의 특성에 맞는 맞춤형인지 인지하는 정도	Lingyun & Benbasat 2005
정보접근성	해당 앱에서 제공되는 전기절약 관련 정보에 얼마나 쉽게 접근할 수 있는지 인지하는 정도	Park et al., 1994
매체풍부성	해당 앱에서 정보를 제공하는 인터페이스 (표현방법)가 다양한지 인지하는 정도	Jahng et al. 2006
지식획득	해당 앱을 이용하면서 사용자가 전기절약 지식을 획득했다고 인지한 정도	Yli-Renko et al., 2001
인지된 즐거움	해당 앱을 이용하면서 사용자가 재미있다고 인지한 정도	Davis et al., 1992
인지된 전기절약	사용자가 자신의 전기 절약 행동에 대해 인지한 정도	Steg & Vlek, 2009
인지된 가스 절약	사용자가 자신의 가스 절약 행동에 대해 인지한 정도	Steg & Vlek, 2009
평균 사용시간	해당 앱의 평균사용시간	Bianchi & Phillips, 2005

- 결론적으로 연구모형 A에서는 모바일 어플리케이션의 개인화, 정보 접근성, 매체 풍부성의 세 가지 디자인적 특성이 전력소비자의 전력절감 행동에 미치는 영향을 분석하고자 함
- 또한 본 연구에서는 에너지 절감 행동의 파급효과를 확인하기 위해 자기보고 (self-reported) 형태의 소비자 가스절약 행동도 추정함

3. 분석결과

□ 설문조사 주요내용: 그룹별 전력사용량 및 사용요금 추이

- 세그룹간 2012년 3, 4월(1차 설문조사, 앱기반 피드백 제공전 기간)과 그 이후 기간 2012년 6, 7월(2차 설문조사, 앱기반 피드백 제공후 기간), 2013년 3, 4월(3차 조사), 2013년 6, 7월(4차 조사)기간의 전력소비 추이는 다음의 표<III-2>와 그림<III-4> 과 같음
- 1차 조사(피드백 제공전)와 2차 조사(피드백 제공후)에서의 그룹간 비교에서는 피드백을 제공한 그룹(어플이용그룹)이 제공하지 않은 그룹 대비 평균 전력소비량이 감소하는 것을 알 수 있음
 - 어플이용그룹: 약 31kWh 감소 / 메일그룹: 약 19kWh 감소 / 일반그룹: 7kWh 감소
- 그러나 1차 조사(피드백 제공전)와 3차 조사(피드백 제공후 동년동월 비교)에서는 실험군인 어플이용그룹이 전년동월 대비 약 14kWh 전력소비를 덜 하고 있는 반면, 메일발송그룹은 차이가 없고, 일반그룹은 오히려 약 16kWh의 전력을 덜 소비하고 있음
- 이와 같이 시간에 따른 그룹별 전력소비량 변화 추이가 불규칙적인 이유는 다음의 세 요인에 기인했다고 추론됨
 - 2012년 7월 1, 2차 설문조사 종료후 기존 '에너지 다이어트' 사용자들이 더 이상 이 어플리케이션을 활용하지 않고 방치했을 가능성 존재 즉 앱기반 피드백의 지속적인 업데이트와 제공 빈도 부재로 어플이용그룹의 절약인식은 단기성 이벤트로 끝났을 가능성이 있음

- 이런 관점에서 보면, 3차 설문조사(2013년 3, 4월)를 애플이반 피드백 제공 전 기간이라 가정할 수 있고, 4차 설문조사를 피드백 제공 이후 기간으로 간주할 수 있음
- 3, 4차 조사를 비교해 보면, 어플이용그룹의 전력소비량은 거의 차이가 없는 반면, 일반그룹의 전력소비량은 약 20kWh 증가하고 있음
- 두 번째 이유는 동일한 표본을 대상으로 수행하고 있는 설문조사 특성상, 조사 횟수 증가에 따라 재응답률이 현저히 떨어지고 있어 그룹간의 동질성 유지의 한계가 존재
- 세 번째 이유로는 2012~2013년 기간에 걸쳐 정부 주도로 전국적으로 이루어진 적극적인 전력수요 관리 및 절전 홍보효과(TV, 라디오 등 대중매체)로 절전 인식 제고를 위해 제공한 애플이반 피드백의 절전효과를 일부 혹은 대부분 상쇄했을 가능성 내재

[표 III-2] 그룹별 설문조사 차수에 따른 전력소비 및 사용요금 변화

			1차 조사 (2012. 3, 4월)	2차 조사 (2012. 6, 7월)	3차 조사 (2013. 3, 4월)	4차 조사 (2013. 6, 7월)
전 력 사 용 정 보	어플 이용 그룹	사용량	514.8	483.6	501.0	502.7
		요금	79085.3	67576.9	78126.7	75933.6
	메일 발송 그룹	사용량	500.2	481.4	500.1	491.1
		요금	73569.3	63151.8	73304.8	70898.2
	일반 그룹	사용량	510.2	502.9	494.2	512.0
		요금	80804.2	65493.3	68212.1	69352.3

[그림 III-4] 그룹별 설문조사 차수에 따른 전력소비 변화 추이



□ 앱기반 피드백의 절전효과 분석: 이중차감추정(DID) 결과

- DID 추정방법에서 우리가 관심 있는 계수(coefficient)는 δ_1 임. δ_1 은 정책효과계수(policy effect coefficient)로 불리어지는데 바로 δ_1 계수가 정책 시행 전·후의 정책 효과를 보여주는 역할을 함 (참고자료 1)
- 본 연구에서는 어플이용그룹(실험군) vs. 타 그룹(대조군)간의 DID 추정 / 전력다소비 vs. 전력저소비 하위그룹의 DID 추정 / 어플이용그룹(실험군)과 메일발송그룹간(대조군), 어플이용그룹(실험군)과 일반그룹(대조군), 메일발송그룹(실험군)과 일반그룹(대조군)을 각각 대상으로 이중차감추정을 수행함
- 다양한 그룹별로 수행한 모든 DID 추정계수(정책효과 모수에 대한 추정치, $\hat{\delta}_1$)는 통계적 유의성이 없는 것(t-value가 매우 낮음)으로 나타나, 이중차감추정방법을 이용한 앱기반 피드백의 절전효과 실증검증은 유효하지 않는 것으로 판단됨
 - 어플이용그룹과 타 그룹간의 DID 추정에서는 정책효과 모수 $\hat{\delta}_1$ 값이 음의 부호를 보이고 있으나, 추정계수값이 매우 적으며(약 3kWh) 통계적으로도 유의하지 않음
- 이러한 결과가 도출된 이유로는 ① 설문조사 재응답률 저하에 따른 그룹간 동질성 유지 실패 ② 진실된 정보 수집의 한계에 따른 outlier 존재 가능성③ 실제 전력소비자 대상이 아닌 가구전체를 대상으로 하고 있는 점 ④ 질의 응답자 전체 가구 구성원을 대변하지 못한다는 점 등에 기인한다고 판단됨
 - 또한 실험 장치가 일상적이거나 전력소비 절감을 위한 흥미를 유발시키는 내용(contents)이 부재했을 가능성(Ben Foster & Susan Mazur-Stommen, 2012)과 최근 전력수급 불균형에 따른 정부의 강력한 수요관리 및 절전 홍보 등에 기인한 앱기반 피드백의 절전 효과 상쇄 가능성도 크다고 판단됨
- 이러한 이유로 본 연구에서 이중차감추정법(DID)을 이용한 ‘에너지 다이어

트' 모바일 어플리케이션이 가계 전력소비 절감에 미치는 효과를 정량적으로 도출하는 것은 현실적인 한계가 있었음

- 향후 추가적인 연구에서는 이러한 문제점을 보완하는 다양한 방안을 강구할 필요가 있음

[표 III-3] 어플이용그룹과 타 그룹간의 DID 추정 결과

종속변수: elec_cons	기본모형		확장모형	
	Coefficient	t-value	Coefficient	t-value
dB	4.850998	0.73	6.045557	0.97
d2	-3.907982	-0.75	2.580014	0.28
d2*dB	-2.996896	-0.32	-2.996896	-0.34
cons(상수)	252.5344	68.24**	61.48873	1.90*
HDD			.0463926	0.87
CDD			.2726846	0.76
month_income			-.0004887	-0.34
education			-3.056673	-0.75
real_age			2.364414	8.38**
sex			-2.022829	-0.47
family_num			29.4711	15.09**
Adjusted R^2	-0.0004		0.1207	

- * 는 90%의 신뢰구간에서 통계적으로 유의함을 나타냄

- **는 95%의 신뢰구간에서 통계적으로 유의함을 나타냄

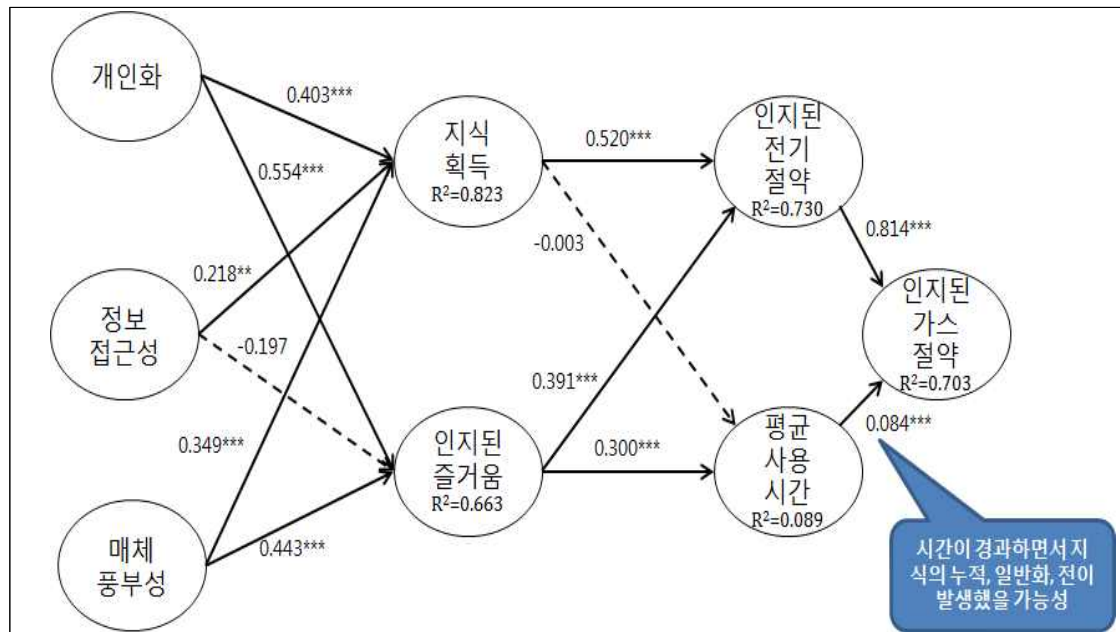
□ 연구모형 A 결과 : 구조방정식 모형을 이용한 '에너지 다이어트' 디자인 특성과 획득 지식이 전력소비 및 가스소비 절감 효과 분석(그림<III-5>)

- 디자인적 특징인 '에너지 다이어트'의 개인화 정도는 사용자의 에너지 절감 지식 획득 및 사용자의 쾌락적 가치에 모두 영향을 미침
 - 이는 '에너지 다이어트'가 제공하는 에너지 절감 정보가 대상이 되는 사용자에게 맞춤형으로 제공될수록 사용자는 더 많은 쾌락적 가치를 가진다는 의미
- 모바일 어플리케이션의 정보접근성 정도는 사용자의 에너지 절감 지식획득에만 영향을 미침
 - 이는 사용자가 '에너지 다이어트'를 통해 제공되는 에너지 절감 정보가 사용자에게

- 보다 용이하게 제공될수록 사용자들은 더 많은 에너지 절감 지식을 획득한다는 의미
- 정보접근성이 쾌락적 가치에 영향이 없는 이유는 ‘에너지 다이어트’가 제공하는 에너지 절감 정보가 상대적으로 흥미위주의 정보라기보다는 교육적이고 지시적인 (instructive) 정보라는 점에 기인한다고 판단됨
 - 디자인적 특징인 모바일 어플리케이션의 매체 풍부성 정도는 사용자의 에너지 절감 지식획득 및 쾌락적 가치 모두에 영향을 미치는 것으로 분석됨
 - 이는 ‘에너지 다이어트’에서 에너지 절감 정보를 제공하는 인터페이스(표현방법)가 다양할수록 사용자들은 더 많은 에너지 절감 지식을 획득한다는 의미
 - 또한 ‘에너지 다이어트’에서 에너지 절감 정보를 제공하는 인터페이스가 다양할수록 사용자들은 더 많은 쾌락적 가치는 보인다는 의미
 - 종속변수와의 영향 관계를 살펴보면, 사용자의 에너지 절감 지식 획득은 사용자의 전기 절약 행동에 영향을 미치고 있는 반면 사용자의 ‘에너지 다이어트’ 평균사용시간에는 영향을 못 미침
 - 이는 이미 획득된 지식을 활용하는 소비자 행동으로서 에너지 절약 행동은 그 의미가 있으나, ‘에너지 다이어트’ 사용시간은 획득된 지식의 활용이라기보다는 오히려 지식 획득을 위한 사용자의 행동으로 볼 수 있음
 - 사용자의 쾌락적 가치인지는 사용자의 전기 절약 행동과 ‘에너지 다이어트’ 평균사용시간 모두에 영향을 미치는 것으로 추정됨
 - 마지막으로 사용자의 전기 절약 행동과 ‘에너지 다이어트’의 평균사용시간은 사용자의 가스 절약 행동에 영향을 미치는 것으로 분석됨
 - 이 결과는 ‘에너지 다이어트’ 공공앱이 가지는 파급효과를 실증적으로 보여주는 것으로 현재 사용자의 에너지 절약관련 행동양식 또는 습관이 가스소비 절약 행동에 영향을 미친다는 것을 의미

- 연구모형 A를 통해 도출한 결과를 종합적으로 해석하면, 첫째 모바일 어플리케이션 디자인적 요소가 개인의 성과, 즉 이 연구에서는 에너지 절감에 영향을 미친다는 사실을 발견함
 - 다시 말해 공공 모바일 어플리케이션 사용자들의 행동 변화를 유도하는데 어플리케이션의 디자인적 특성이 매우 중요한 요인으로 작용한다는 점을 밝혀냄
 - 둘째, 본 연구를 통해 유사 에너지 절감 효과에 이르는 두 가지 루트를 발견 즉 모바일 어플리케이션을 사용할수록 의식 혹은 무의식적으로 획득된 지식이 일반화되고 이 전되면서 타 에너지 절감 지식화되는 것을 알 수 있음
 - 마지막으로 인지기반 모형(Cognitive-based model)와에 정서적 기반 모형(Affective-based model)의 기여를 들 수 있는데 즉 개인화 및 매체 풍부성으로 증강되어 인지된 즐거움 혹은 쾌락적 가치가 에너지 절감과 사용시간에 의미 있는 기여
- 앞서 추정 한 DID 추정결과와 다소 상이한 결과가 나타나는 이유
 - 먼저 구조방정식 모형은 '어플이용그룹'만을 대상으로 2013년 3, 4월 / 2013년 6, 7월에 한정하여 설문조사를 통해 분석을 시도하고 있어 그룹간의 비교는 불가능
 - 설령 설문조사 질의 응답자 본인이 '에너지 다이어트' 활용을 통해 전력소비를 절약한다고 해도 다른 가족 구성원들이 절약에 동참하지 않는다면 가구 전체의 전력소비량 변화는 미미할 수 있음
 - 다만 [그림 III-4]와 같이 2013년 3, 4월과 2013년 6, 7월의 전력소비 차이만을 살펴본다면 '에너지 다이어트'를 사용한 '어플이용그룹'은 전력소비에 거의 변화가 없는 반면, 피드백을 제공하지 않은 '일반그룹'의 전력소비는 약 20kWh 증가하고 있어, 앱기반 피드백의 절전효과가 있을 가능성을 보여주고 있음

[그림 III-5] 구조방정식모형을 통한 연구모형 A 결과 정리



- * 는 90%의 신뢰구간에서 통계적으로 유의함을 의미
- **는 95%의 신뢰구간에서 통계적으로 유의함을 의미
- ***는 99%의 신뢰구간에서 통계적으로 유의함을 의미
- 실선은 변수간의 유의한 상관관계를 의미함

IV. 결론 및 정책 제언

1. 결론

- 결론적으로 전력소비 절감을 위해 개발된 ‘에너지 다이어트’ 모바일 어플리케이션은 사용자들에게 전력소비 절전에 대한 인식수준을 높이고 인식된 지식의 전이 및 일반화를 통해 타 유틸리티 절약에도 긍정적인 파급효과를 미치고 있다는 사실을 밝혀냄
 - 다만 ‘에너지 다이어트’ 모바일 어플리케이션 사용자가 비사용자 대비 과연 어느 정도의 절감 효과를 내고 있는지에 대한 정량적 결과는 이중차감추정계수의 통계적 유의성 위배로 말미암아 제시할 수 없다는 한계도 동시에 존재
- 본 연구는 정보통신기술, 특히 최근 새롭게 개발되어 급속히 확산되고 있는 디지털 매체를 가정의 전력소비 절감을 위한 대안으로서 가능성을 검증하고 있다는 점에서 그 정책적 의의가 있음
- 디지털기반 피드백의 절전효과에 관한 연구는 전세계적으로 시작단계인 선도 분야로 우리나라에서는 이와 관련된 실증실험연구를 최초로 수행하고 있다는 점에서 그 학술적 의의가 큼
 - 물론 연구상의 한계(설문조사를 통한 미시통계데이터 신뢰성 및 실험설계의 문제점 등)가 존재하여 향후 이러한 문제점을 최소화하는 추가적인 연구가 필요함
- 향후 추가연구로서 에너지 절감을 위한 다양한 형태의 피드백 유형을 이론적, 현실적, 문화적 특성을 반영하여 재조합하는 방식으로 실증실험이 활발

히 진행되어야 함

- 최근 급속히 확산되어 보편화되고 있는 소셜 미디어(Facebook, Twitter, 카카오톡 등)를 활용한 전력소비 절감효과 검증 연구
- 1인가구를 대상으로 한 디지털기반 전력소비 절약 효과 실증실험연구 등

2. 정책 제언

☐ 피드백을 활용한 효과적인 절전을 달성하기 위해서는 전기요금의 현실화와 경쟁적 전력산업구조로의 이행이 선행되어야 함

- 에너지 저감을 위한 피드백 수단이 효과적으로 작동하기 위해서는 근본적으로 가격 메커니즘이 원활히 작동해야함
 - 따라서 현재 정부규제로 원가에도 미치지 못하는 전기요금 수준을 총괄원가수준으로 인상하고, 전력산업구조를 단계적으로 경쟁적 환경으로 이행하는 노력이 필요
 - 이러한 노력과 환경이 존재하지 않는다면, 피드백 수단을 활용한 에너지 수요관리 및 절약 정책은 그 효과가 미미할 가능성이 농후함

☐ 에너지 절약을 위한 디지털기반 피드백 체계를 구축할 필요가 있음

- 이 체계는 실증연구 단계인 스마트그리드 로드맵과 연계하는 방안과 연계하지 않고 독립적으로 운영하는 방안 모두 고려할 수 있음
- 미국, 영국 등에서 최근 수행되어 성공적으로 운영되고 있는 관련 프로그램을 지속적으로 모니터링하고 가능하다면 벤치마킹할 필요
- BPA, OPOWER(사), Cowlitz(사)의 BBEE 실증 프로그램에서와 같이 피드백을 설계하고 운영할 조직과 총괄적으로 관리·감독·평가할 기관, 그리고 전력사용 정보를 제

공하는 기관 선정하고, 이들 기관간의 유기적 협력체계가 필요함

- 예) 피드백 설계 및 운영을 위한 조직은 에너지관리공단, 총괄적인 관리·감독·평가는 중립적 연구기관인 에너지경제연구원 등, 전력정보 제공은 한국전력이 수행하는 유기적인 피드백 체계를 고려해 볼 수 있음 / 다른 방법으로 스마트그리드와 디지털기반 피드백 체계의 연계를 고려한다면 '한국스마트그리드사업단'과 같은 기관도 참여를 고려해야 함

□ 전력소비자 전반에 대한 정보 공개 및 공유 체계를 구축할 필요가 있음

- 전력수용가의 정보 비공유 및 비공개는 에너지 절전 정책 반영을 위해 선행적으로 필요한 기초적인 정책 분석을 불가능케 함
- 따라서 전력사용자들에 대한 개인정보보호법이 허용하는 범위 내에서 관련기관들은 정보를 공개하고 사용자들과 공유하려는 노력이 필요
- 이는 현 정부의 국정운영 과제 중 하나인 '정부 3.0'에 부합하는 사안이기도 함

□ 실효적인 에너지 수요관리 및 절약 정책을 수립·시행하기 위해 선행적으로 관련 분야에 대한 다양한 실증실험연구 내지 파일럿 프로그램 수행이 필요

- 이러한 실증연구는 효과적인 에너지 수요관리 및 절전 정책을 개발하는데 유용한 기초자료로 활용 가능성이 매우 큼
- 이러한 수요관리 실증연구는 중·장기적인 측면이 강하므로, 정부는 산·학·연 관련 전문가들의 의견을 면밀히 검토하여, 적극적인 지원을 검토해야 함

□ 향후 에너지 절전을 위한 공공앱 개발시 디자인적 특성 및 흥미유발 콘텐츠 그리고 쉽고 편한 기능 등을 종합적으로 고려하여야 함

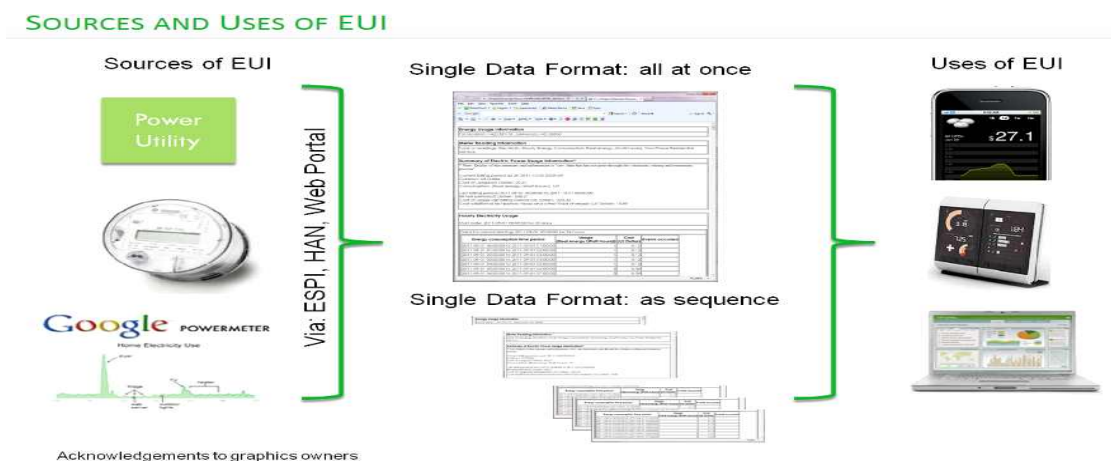
- 우리 국민들의 고유한 문화적 특징을 제대로 반영한 디지털기반 피드백은

지식획득과 쾌락적 가치 증진에 긍정적인 영향을 미쳐 결과적으로 에너지 절약 인식 향상과 실제 행동변화 유발 가능성을 높일 것임

□ 미 에너지부(DOE)의 'Green Button' 프로젝트 벤치마킹 가능성 검토

- 'Green Button' 은 전력소비자가 자신들이 사용하는 전력소비정보를 유틸리티 기업이나 전기사업자로부터 알기 쉬운 형식으로 안전하게 인터넷 혹은 스마트기기를 통해 다운로드 받을 수 있다는 상식적인 아이디어에서 출발함
- 정부는 1,500만명 이상의 전력 소비자가 Green Initiative의 혜택을 받아 보다 쉽게 자신들의 에너지 소비 데이터에 접근 가능 하게 될 것이라 전망함
- 이 프로젝트는 실제 전력소비자들의 전력사용 정보를 표준화된 형식으로 대중들에게 공개·공유하기 때문에, 1인 기업(개인), 통신회사, 컨설팅 회사, 스마트폰 어플리케이션 개발회사 등 다양한 통로 및 형식으로 사업화 모델을 개발할 수 있고 결과적으로는 정보통신(ITC)과 에너지의 융·복합 사업으로 확장 가능

[그림 IV-1] 'Green Button' 프로그램의 소개



- 자료: [http://en.openei.org/apps/?keyword=Green Button Apps](http://en.openei.org/apps/?keyword=Green+Button+Apps)

< 참고자료 >

1. 이중차감추정법(Difference-In-Difference) 설명

□ 계량모형 중에 정책의 변화 전·후의 효과를 분석하는 방법으로 널리 활용되고 있는 모델이 이중차감추정법(Difference-In-Difference, 이하 DID)임.

○ DID의 기본 아이디어는 정부의 정책이 외생적으로 주어졌을 때(exogenous shock) 이러한 일련의 정부정책의 효과를 정책 전·후의 평균 변화의 차이로 추정을 하여 정책의 효과를 분석하는 기법임

○ DID 추정 법은 Ashenfelter and Card(1985)¹⁰⁾의 연구 이후 폭넓게 활용되고 있음

□ 정책에 대한 효과를 추정하기 위한 DID 추정방정식은 다음과 같이 표현됨

○ 정책에 영향을 받는 집단을 실험집단(Treatment groups)이라하고 정책의 영향을 받지 않는 그룹을 통제집단(Control groups)이라함

○ 추정방정식은 다음과 같이 표현됨

$$y = \beta_0 + \beta_1 dB + \delta_0 d2 + \delta_1 d2 \cdot dB + u$$

y : 종속변수, dB : treatment dummy, $d2$: time dummy

u : 오차항, β_0 : 상수항

- dB 는 treatment dummy로 정책의 영향을 받는 그룹은 1, 그렇지 않은 통제 그룹은 0인 가변수(dummy variable)이며 $d2$ 는 정책이 일어나기 전 기간이면

10) Imbens, Wooldridge, (2007), "Lecture Notes 10, Summer '07"

0값을, 일어난 후 기간이면 1값을 갖는 가변수임

- DID 추정방법에서 우리가 관심 있는 계수(coefficient)는 δ_1 인데, δ_1 은 정책 효과계수(policy effect coefficient)로 불리어지며 바로 δ_1 계수가 정책 시행 전·후의 정책 효과를 보여주는 역할을 함

$$\hat{\delta}_1 = (\overline{y_{B,2}} - \overline{y_{B,1}}) - (\overline{y_{A,2}} - \overline{y_{A,1}})$$

2. 구조방정식 구조 및 모형의 신뢰성 검증

□ 확인적 요인분석 결과 해석 기준: 수렴타당성 및 판별타당성 검증

AVE (Average Variance Extracted)	Composite Reliability (구성 타당성)	Cronbachs Alpha	$\sqrt{AVE}$
평균분산추출지수로 일반적으로 0.5 이상이면 수렴타당성이 있는 것으로 판단	Construct와 item과의 관계가 잘 되어 있는지 보는 것으로 0.7 이상이면 수렴타당성 있음	Item간의 관계가 얼마나 신뢰성이 있는지를 보는 것으로 0.7 이상이면 수렴타당성이 있음	AVE를 표준화시킨 값으로 $\sqrt{AVE}$ 값 중 가장 작은 값이 각각의 상관계수보다 크면 판별 타당성이 있음

□ 연구모형 A의 신뢰성 분석결과

- 본 연구에서는 탐색적 요인분석과 Cronbach's α 에 의한 신뢰도 분석을 실시하고 타당성 검증을 위해 전체연구단위에 대한 상관관계 분석을 실시
 - 탐색적 요인분석은 Varimax(직각회전방법)¹¹⁾에 의해 수행되었으며 분석 결과

11) 요인에 대한 명확한 해석을 목적으로 하거나 분석에서 요인점수를 활용하고자 할 때 주로 사용하는 방식으로 하나의 요인에 크게 적재되는 변수의 수를 줄이는 방식임

모든 항목에서 요인적재값이 .3이상을 보이고 있으며 α 계수 역시 모두 0.9이상으로 나타나 0.7보다 큼으로 가설검정에 충분한 신뢰성을 갖는 것으로 평가

<Cronbachs α 도출 결과>

	개인화	매체 풍부성	인지된 전기 절약	정보 접근성	지식 획득	쾌락적 가치	평균 사용 시간
α 계수	0.9498	0.9402	0.9560	0.9378	0.9023	0.9589	0.9462

<Varimax를 이용한 요인분석 결과 정리>

	개인화	매체풍부성	인지된 가스절약	인지된 전기절약	정보 접근성	지식획득	쾌락적 가치
개인화1	0.9209						
개인화2	0.9340						
개인화3	0.9370						
개인화4	0.9372						
매체풍부성1		0.9223					
매체풍부성2		0.9092					
매체풍부성3		0.9317					
매체풍부성4		0.9201					
인지된가스절약1			0.9505				
인지된가스절약2			0.9636				
인지된가스절약3			0.9620				
인지된전기절약1				0.9266			
인지된전기절약2				0.9436			
인지된전기절약3				0.9565			
지식접근성1					0.8933		
지식접근성2					0.9219		
지식접근성3					0.9022		
지식획득1						0.9224	
지식획득2						0.9233	
지식획득3						0.9324	
지식획득4						0.9354	
지식획득5						0.9203	
쾌락적가치1							0.9369
쾌락적가치2							0.9528
쾌락적가치3							0.9210
쾌락적가치4							0.9005

- 상관관계 행렬분석을 통한 판별타당도 검증: $\sqrt{AVE}$ 값 중 가장 작은 값이 각각의 상관계수보다 크므로, 판별타당성 있음

	개인화	매체 풍부성	인지된 가스절약	인지된 전기절약	정보 접근성	지식획득	쾌락적 가치
개인화	0.9323						
매체풍부성	0.8558	0.9209					
인지된가스절약	0.7032	0.6912	0.9587				
인지된전기절약	0.8054	0.7769	0.8347	0.9423			
정보접근성	0.7442	0.7834	0.5299	0.6416	0.8800		
지식획득	0.8639	0.8646	0.7459	0.8148	0.7915	0.9268	
쾌락적가치	0.7867	0.7629	0.7900	0.7827	0.5623	0.7535	0.9280

3. 참고문헌

- 민인식, 최필선, 2009, STATA 패널데이터 분석, 한국STATA학회, p2-4/p89-161.
- 조성진, 2012, 에너지효율 어플(APPs)의 가계전력소비절감 효과 분석, 에너지경제연구원 2012년 기본연구보고서, p9-18/p12-15/p88-92.
- 지식경제부 보도자료, 2010. 6. 18, 손 안의 '에너지절약 도우미'가 나온다., 지식경제부.
- 지식경제부, 2013. 2. 25, '제6차 전력수급기본계획(2013~2027)', 지식경제부 공고 제2013-63호, p2-71.
- Ben Foster and Susan Mazur-Stommen, 2012. 2, Results From Recent Real-Time Feedback Studies, *American Council for an Energy-Efficient Economy*, Report Number B122, p3/p6.
- Burgess, J and Nye, M, 2008, Re-materialising energy use through transparent monitoring systems. *Energy Policy*, 36 (12), p4454-4459.
- Ehrhardt-Martinez, K., Donnelly, K. A., & Laitner, J. A., 2010. 6. 26,

Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity Saving Opportunities. Washington, DC: American Council for an Energy Efficient Economy.

Electric Power Research Institute(EPRI), 2009. 2, Residential Electricity Use Feedback: A Research Synthesis and Economic Framework, Palo Alto, CA: EPRI, p34-37.

Eugene Rosolie, 2012. 5. 8, Innovative Behavior Based Energy Efficiency Pilot, Cowlitz County PUD, p5-18.

Faruqui, A and Sergici, S, 2008, The power of experimentation: new evidence on residential demand response. Discussion paper, Brattle Group.

Fischer, C., 2008, Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy?, Energy Efficiency 1 (1), p79-104.

Froehlich, J., 2009, Promoting Energy Efficient Behaviors in the Home through Feedback: The Role of Human-Computer Interaction, HCIC 2009 Workshop, DUB Institute, Department of Computer Science and Engineering: University of Washington.

Kempton, W. & Layne, LL., 1994, The consumer's energy analysis environment. Energy Policy, 22 (10), p857-866.

Kevin Cooney, 2011. 2, Evaluation Report: OPOWER SMUD Pilot Year2, Navigant Consulting, Chicago, IL 60606, p9-10/p8-15.

Larry Blaufus, 2012. 5, 8, Behavioral Based Energy Efficiency: Home Energy Reports, Web Portal and Social Media Pilot, BPA Energy Efficiency Summit, Concurrent Session 2.

LaMarche, J., 2011, The Influence of Display Medium and Design on Energy-Saving Technology Adoption, Behavior, Energy and Climate Change Conference, Washington, DC: Fraunhofer Center for Sustainable Energy Systems.

Lutzenhiser, L., 1993, Social and behavioural aspects of energy use. Annual Review of Energy and Environment, 18, p247-289.

Petkov, P., Köbler, F., Foth, M. and Kramar, H., 2011, Motivating domestic energy conservation through comparative, community-based feedback in mobile and social media, 5th International Conference on Communities & Technologies (C&T 2011).

Sarah Darby, 2006. 4, The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption: A Review for DEFRA on the Literature on Metering, Billing, and Direct Displays, Oxford, U.K.: Environmental Change Institute, University of Oxford, p8-15.

Sarah Darby, 2010, Literature review for the Energy Demand Research Project, Oxford, U.K.: Environmental Change Institute, University of Oxford, p4-7.

Schultz, P. W., Nolan, J. M., Cialdini, R. B., Goldstein, N. J. and Griskevicius, V., 2007. 5, The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms. Psychological Science, 18(5), p429-434.

Shove, E., 2003, Comfort, cleanliness and convenience: the social organisation of normality. Berg Publishers, Oxford.

정책 이슈페이퍼 13-14

앱기반 피드백의 전력소비 절감 및 파급효과

2013년 11월 27일 인쇄

2013년 11월 29일 발행

저 자 조 성 진

발행인 손 양 훈

발행처 에너지경제연구원

437-713 경기도 의왕시 내손순환로 132

전화: (031)420-2114(代) 팩시밀리: (031)422-4958

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 크리커뮤니케이션 (02)2273-1775
