스마트워터미터의 피드백 방식에 따른 물 절약 효과 및 행태 변화 연구

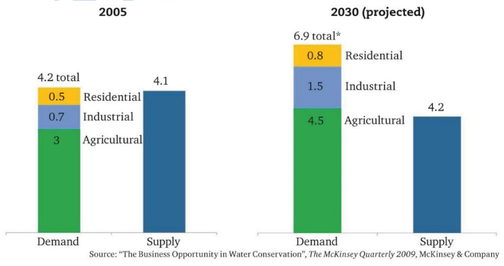
박지회 류일한 김병묵

College of Business, Korea Advanced Institute of Science of Technology

E-mail: greenjhp@business.kaist.ac.kr, ryooih@business.kaist.ac.kr, byungmook@business.kaist.ac.kr

물 부족은 전 인류에게 해당되는 심각한 문제이며, 이를 해결하기 위한 다양한 기술들이 개발되고 있다. 그 중 스마트워터미터를 이용하면 물 사용량에 대한 실시간 피드백을 제공함으로써 물 절약을 위한 행태변화를 유도할 수 있다. 본 연구에서는 스마트워터미터의 피드백 방식에 따라 물 절약 효과와 행태 변화가 어떻게 달라지는지를 알아보고자 하였다. 이를 위해, 실험 연구가 가능한 수준의 스마트워터미터(Mulyac)를 직접 개발하였고, 두 가구에 시범적으로 실험을 진행하여 36.8 %의 절약 효과가 나타남을 확인하였다. 더불어 137개의 설문 응답을 바탕으로 TAM 연구를 진행하여 피드백 과정에서 놀이성(playfulness)이 중요함과, 소비자 특성에 따라 효과적 피드백 방식이 달라져야 함을 확인하였다.

물 부족과 그 해결 방안



Source: "The Business Opportunity in Water Conservation", *The McKinsey Quarterly 2009*, McKinsey & Company

- 21세기에는 지구온난화, 기후 이상과 기하급수적인 인구 변화, 낭비적인 물 소비 행태가 맞물려 물 부족 현상이 더욱 심화되고 있으며 우리나라도 예외는 아니다.
- 이러한 물 부족 문제를 해결하기 위해 수도관의 형태를 개선하거나 급수기기를 새로 만들어내는 등의 기술적인 관점의 노력도 있으나 본 연구에서와 같이 스마트워터미터로 물 사용량에 대한 피드백을 주거나 정책을 시행하여 소비자의 행태변화를 유도하는 방법이 가능하다.

스마트워터미터를 통한 소비자 행태 변화

- 스마트워터미터는 각종 센서들로 수집한 소비자의 물 사용량에 대한 정보를 제공하고 그에 대한 피드백을 통해 소비자의 물 소비 행태변화를 유도한다.
- 소비자에게 물을 절약하고자 하는 동기부여를 제공해 행태 변화를 유도할 수 있다면, 스스로 물을 절약하는 방법에 대해 찾아보고, 물을 절약하게 하는 등의 자발적 행동을 이끌어내는 것이 가능해진다.
- 또한, 스마트워터미터를 이용해 효과적인 물 절약 행태 변화를 이끌어내기 위해서는 변화의 주체인 '사람'에 대한 소비자 행동론, 심리학적인 접근과 더불어 실증적인 연구가 필요하다.

연구 목적

1) 스마트워터미터가 물 절약에 유의미한 효과를 미치는가?
2) 피드백의 방식에 따라 물 절약 효과와 행태 변화가 어떻게 달라지는가?

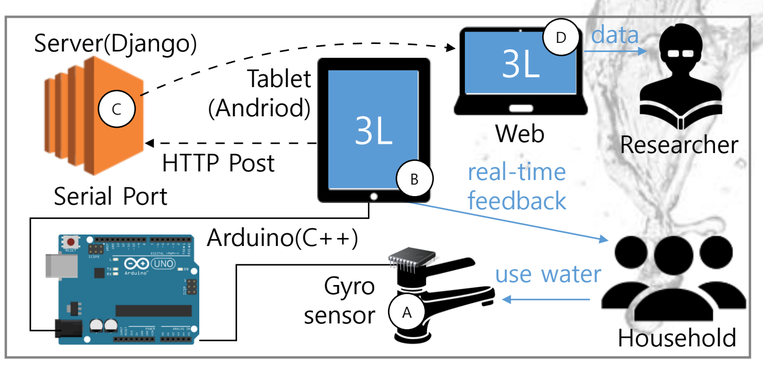
스마트워터미터(MulYac) 개발

• 개발 의도 및 의의

- 기존의 몇 안 되는 스마트워터미터는 1) 비싼 가격, 2) 설치의 어려움, 3) SW조작 자유도의 부족등의 문제가 있었다.
- 이러한 문제를 해결하고자 본 연구에 적합한 스마트워터미터를 자체 개발하였다. 본 스마트워터미터(이하 MulYac)은 개발 단가가 저렴하며, 어떠한 수도꼭지에도 쉽게 설치할 수 있고, 다양한 시각 및 청각적 피드백을 자유롭게 구현하여 사용할 수 있다는 장점이 있다.

• 원리 및 아키텍쳐

- MulYac의 Architecture는 아래와 같이 크게 4가지 단계로 구성되어 있으며 원리는 아래와 같다.



A. 물사용량 측정 : 세면대 사용 시 수도꼭지의 각도가 변함에 착안하여 Gyro Sensor, Arduino를 사용하여 물 사용량을 측정한다.
B. 실시간 피드백 : 측정치를 Serial port방식으로 Tablet에 전송하여 Android Application을 통해 실시간으로 사용량을 피드백한다. 연구자가 원하는 피드백 방식을 자유롭게 개발하여 사용할 수 있다.
C. 서버 전송 및 저장 : Tablet은 결과를 보여줌과 동시에 HTTP Post방식을 통해 물사용량 데이터를 서버로 전송한다.
D. 통계 및 연구 페이지 : 연구자는 Web을 통해 언제든지 피실험자 가정의 물 사용량 통계를 확인할 수 있다.



배경 이론 및 문헌 연구

- 스마트워터미터 및 스마트워터그리드 문헌 연구
- Consumer Behavior 이론 및 문헌 연구
- Green Management 이론 및 문헌 연구
- Research Methodology 연구
- BECC(Behavior Energy and Climate Conference) 발표 문헌 연구 및 차년 대회 준비

becc
behavior energy & climate change

BEHAVIOR, ENERGY & CLIMATE CHANGE CONFERENCE

A conference focused on understanding the behavior and decision-making of individuals and organizations and using that knowledge to accelerate our transition to an energy-efficient and low-carbon future

convened by BECI BERKELEY ENERGY & CLIMATE INSTITUTE UNIV. OF CALIFORNIA BERKELEY · Precourt Energy Efficiency Center STANFORD UNIVERSITY · ACEEE American Council for an Energy-Efficient Economy

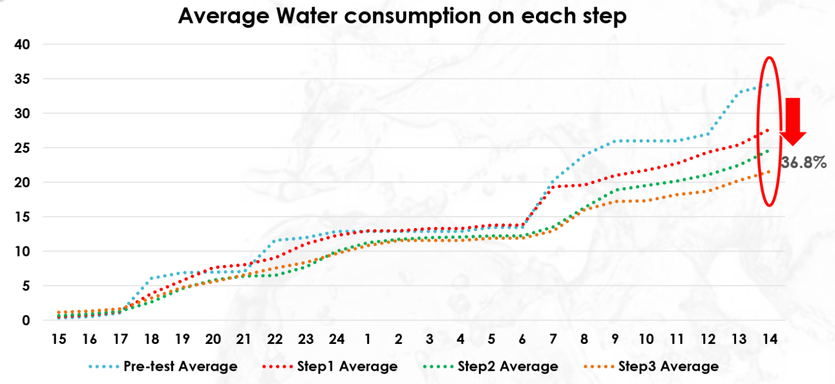
- EEWS 학생 아이디어 축제 최우수상 수상

연구 내용

• 스마트워터미터 장치 및 물 절약 효과 테스트

- 프로토타입 수준의 스마트워터미터(MulYac)를 테스트하고, 실제로 물 절약 효과가 있는지를 알아보기 위해 총 18일 동안 두 가구를 대상으로 실험을 진행했다.

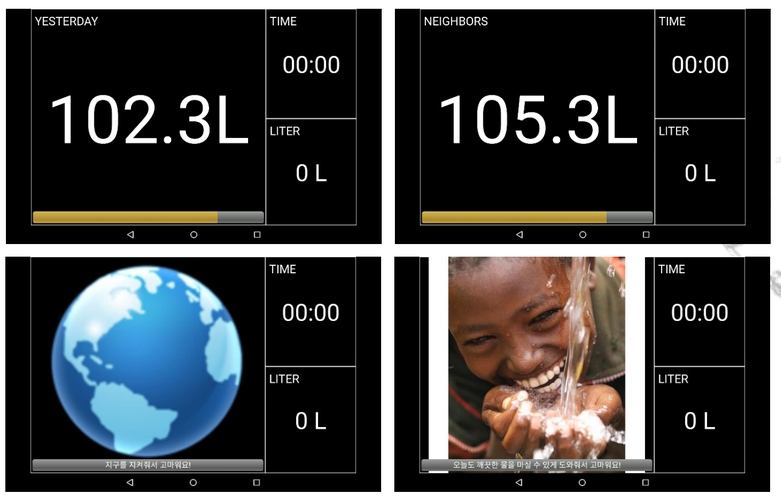
- Pre-test (3일) – 기존 물 사용량 확인
- Step 1 (5일) – 사용량, 사용금액
- Step 2 (5일) – 사용금액 제거, 그래프, 과거 사용량 추가
- Step 3 (5일) – 이웃 사용량 추가, 5L마다 알림



- 이 실험을 통해 여러 조건에서의 물 절약 성과를 테스트했고, 최종적으로 총 36.8%의 유의미한 물 절약 효과가 있음을 확인했다.
- 각 단계별 그리고 최종 Focus Interview를 통해 실제 사용자로부터 여러 의미 있는 피드백을 받았고, 이를 추후 연구과정에 있어 귀중한 자료가 되었다.

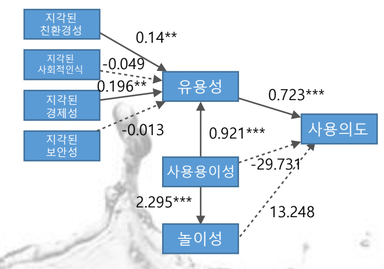
• 피드백 방식 정하기

- 문헌연구 및 설문조사를 통해 다음과 같이 네 가지의 피드백 종류를 정했다.
- 과거 자신과의 비교 (Historical Comparison)
  : 해당 가구의 하루 전 사용량과 비교하여 사용하는 물의 양을 보여준다.
- 타인과의 비교 (Social Comparison)
  : 다른 가구들이 사용하는 평균치 사용량과 비교하여 사용하는 물의 양을 보여준다.
- 환경적 의무감 (Environmental responsibility)
  : 사용하는 물의 양에 따라 환경 보호에 대한 의무감을 호소하는 비유적인 문구와 그림을 보여준다. 물 사용량이 증가함에 따라 부정적인 문구와 그림이 나온다.
- 인류애적 의무감 (Humanity)
  : 사용하는 물의 양에 따라 인류애적 의무감을 호소하는 비유적인 문구와 그림을 보여준다. 물 사용량이 증가함에 따라 부정적인 문구와 그림이 나온다.

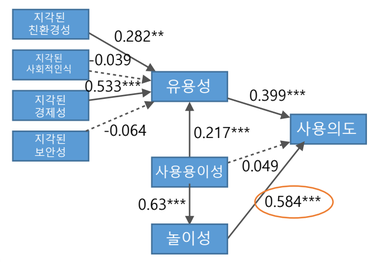


• 스마트워터미터 기술수용모델 연구 (N=137)

- 전체적으로 지각된 친환경성과, 지각된 경제성은 유용성에 유의한 영향을 미치며, 지각된 사회적 인식과 지각된 보안성은 유의하지 않다.
- 환경 관심도가 높은 집단은 유용성만이 사용의도에 유의한 영향을 미치지만, 환경 관심도가 낮은 집단은 유용성 뿐만 아니라 놀이성(Playfulness)이 사용의도에 유의한 영향을 미치며 높은 계수를 가진다.
- 스마트워터미터 확산 전략 수립 시, 유용성 뿐 아니라 놀이성 역시 중요한 요소가 될 수 있으며, 환경관심도에 따라 다른 전략이 필요함을 확인할 수 있다. 더 나아가 소비자의 특성에 따라 효과적인 피드백 방식이 달라져야 함을 알 수 있다.



환경관심도가 높은 집단



환경관심도가 낮은 집단

결론

- 여러 과정을 통해 실험 가능한 수준의 스마트워터미터(MulYac)를 개발했다. 전기 사용량을 알려주는 스마트미터는 이미 시장에 비교적 다양한 모델이 나와 있지만 물 사용량과 관련된 스마트워터미터는 거의 전무하고 몇 안 되는 기존 모델도 여러 이유로 연구에 적합하지 않았다. 본 연구를 통해 개발한 스마트워터미터를 통해 추후 연구를 진행할 예정이며, 이는 본 연구자들 뿐만 아니라 다른 연구자들도 관련 연구를 진행할 때에 참고 자료로 활용할 수 있을 것이다.
- 비록 간단한 수준의 실험이었지만 실제 스마트워터미터의 물 절약 효과를 확인했다. 실시간 사용량, 이웃 사용량, 본인의 과거 사용량을 피드백 방식으로 사용하고 5L마다 소리로 알림을 준 실험에서 36.8%의 물 절약 효과가 나타났다.
- 스마트워터미터 기술수용모델 연구를 통해 피드백 과정에서 놀이성이 중요한 요소가 될 수 있음을 확인했고, 환경관심도 등을 비롯한 소비자 특성에 따라 효과적인 피드백 방식이 다름을 알 수 있었다.
- 행태 변화를 통해 물 사용량을 줄이기 위한 연구는 지금까지 미흡했다. 기존의 유사한 연구는 전기 사용에 집중되어 있는데, 본 연구에서는 전기 사용자의 행태 변화 연구에서 이용 된 여러 연구 방법을 검토하고, 이를 물 사용 분야에 새롭게 적용했다. 특히 본 연구는 기기별 실시간 피드백 방식을 통해 행태 변화를 유도했다는 측면에서 더욱 선구적이다.

추후 연구

- 지난 1년 간의 연구는 그 자체로도 학문적인 의미가 있는 연구이지만, 큰 그림에서 "스마트워터미터의 피드백 방식에 따른 물 절약 성과 및 행태 변화 연구"를 위한 사전 연구적인 성격이었다. 본 연구자들은 앞으로 동일한 연구 주제를 가지고 지속적으로 연구할 계획이다.
- 스마트워터미터의 완성도를 더욱 높여 다양한 사용자를 대상으로 직접 실험을 수행한다.
- 네 가지 피드백 방식의 물 절약 효과와 구체적인 행태 변화 내용을 정량적 정성적으로 비교 연구한다.
- 피드백을 통한 물 절약 효과가 얼마나 유지되는지(Persistence) 만약 유지되지 않는다면 해결 방안은 무엇인지 연구한다.
- 피드백 효과가 의도한 바와 반대로 (Rebound effect) 나타나지는 않는지, 만약 그렇다면 해결방안은 무엇인지 연구한다.



References

[1] EPRI (2011). Guidelines for Designing Effective Energy Information Feedback Pilots: Research Protocols
[2] Moon, J. W., & Kim, Y. G. (2001). Extending the TAM for a World-Wide-Web context. Information & management, 38(4), 217-230.
[3] 김광석, 전효진, & 신재욱. (2010). 스마트그리드 기술의 소비자수용모델: 구조방정식모형을 이용한 접근. 에너지경제연구, 9(2), 101-128.