

세종시 탄소배출 모니터링시스템(CEMS)의 설계

Design and Development of Carbon Emission Monitoring System in Sejong City, Korea

임윤택

한밭대학교 도시공학과

Yountaik Leem(ytleem@hanbat.ac.kr)

요약

본 연구에서는 기존 탄소배출 모니터링시스템에 대한 분석을 바탕으로 각 가정의 에너지원별 사용량을 원격으로 자동 검침하여 그 데이터 처리/분석 결과를 사용자와 정책결정자에게 제공 할 수 있는 탄소배출 모니터링시스템(CEMS)을 설계·제안하였다. CEMS는 기존의 탄소배출 모니터링 장치들이나 통합 시스템에 사용자에게 대한 피드백과 정책수립 자료 구축을 위한 통계처리 기능을 포함하였다. 시스템은 EA 분석을 통하여 탄소 배출량 측정, 가구당 배출량 관리, 마일리지 기준관리, 탄소 배출원 분석 등 6개의 영역으로 구성되었으며, 사용자의 인식과 정책자료 수립기능이 강화된 UI를 설계하였다. 지자체 행정정보시스템과 연계하여 각 기관의 DB 및 Open API를 공유·연동할 수 있으며, 개별 가구의 가구원수 및 주택특성에 따라 달라지는 에너지소비 패턴과 이를 통한 탄소배출량과의 연관성 분석을 가능하게 함으로써 향후 환경 정책 수립을 위한 기초자료로 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

■ 중심어 : | 탄소배출 모니터링 | 에너지원 | 인터페이스 | 환경정책 | 세종시 |

Abstract

Many kinds of carbon emission monitoring systems or integrated systems have been developed so far. However, despite of the development of related techniques, they tend to be lack of statistic processing functions for feedback and policy-making data for users.

In this study, a new CEMS (Carbon Emission Monitoring System) has been suggested and implemented in Sejong City, Korea. This system adapted automatic remote reading system from the site management agency as data hub to collect the electricity, gas and water usage of each household. The CEMS is consisted of 6 parts; carbon emission measurement, carbon emission standard setup and management, statistic analysis and the incentives.

CEMS is distinguished with other systems for its UIs for users and the administrators. Also, data sharing with urban information system(UIS) of local government to produce information for users and policy-makers. This system makes it possible to investigate the change of energy consumption patterns, especially depending on the family structure and the housing characteristics. Furthermore, analyzing their correlation with carbon emission, it is expected to provide basic data used to establish urban environmental policies.

■ keyword : | Carbon Emission Monitoring Systems | Energy Sources | Interface | Environment Policy | Sejong City |

1. 서론

점차 심각해지는 지구온난화에 대처하기 위하여 최근 많은 국가에서 탄소배출을 감소시키기 위한 다양한 정책들이 수립/적용되고 있다. 이와 같은 정책들은 정부, 기업, 가계 등 특정 대상을 타겟으로, 에너지 소비 절감, 오염물질 배출 감소, 탄소흡착 확대 등의 다양한 방법을 강구하고 있다.

이와 같은 탄소배출 감소정책 가운데에서 에너지사용 절감 등을 통해 시민들이 참여할 수 있는 방안은 산업분야와 같이 에너지 사용량이 많고 탄소배출이 많은 분야에 비해 그 효과는 상대적으로 적으나[1] 사회적 파급효과가 매우 크기 때문에 중요한 것으로 여겨지고 있다. Sundramoorthy et al.[2]은 소비자의 에너지 관련 지식의 부족이 에너지를 절약할 수 있는 행동에 대한 주된 방해요인으로 파악하고 있으며, WBCSD(World Business Council for Sustainable Development)는 측정된 에너지 소비량을 사용자에게 제공함으로써 에너지 소비를 20%까지 감소시킬 수 있다고 발표하였다[3].

그동안 개인이나 가정의 에너지 사용량을 모니터링하고 사용자에게 알려주는(feedback system) 장치 및 시스템들은 국내외에서 다양하게 개발되어 왔다. 이들은 1) 전기, 가스, 수도 등의 에너지 소비량을 원격으로 검침하여 사용자에게 알려주거나 2) 무선통신 등을 통하여 검침시스템으로 데이터를 전송하는 설비, 또는 3) 도시 범위에서 전기 등 일부 에너지 소비량을 건물별로 취합하는 시스템들이었다.

이들 장치나 시스템들은 에너지 소비 및 이에 따른 탄소배출량을 모니터링 할 수 있는 기반기술을 구축하는 데에는 기여하였지만, 가구원이나 주택의 특성에 따른 에너지 소비행태를 사용자에게 알려줌과 동시에 정책수립을 위한 자료로 사용할 수 있도록 저장·가공하는 기능은 부족하였다.

본 연구에서는 기존 탄소배출 모니터링시스템에 대한 분석을 바탕으로 각 가정의 전기, 가스, 수도 사용량을 원격 자동 검침한 후, 이를 사용자에게도 알려주는 동시에 가구원 및 주택특성에 따라 분석함으로써 향후

도시의 환경정책 수립에 활용할 수 있는 탄소배출 모니터링시스템 (CEMS; Carbon Emission Monitoring System)을 설계, 제안하였다. 이와 같은 연구는 그동안 구축되었던 각종 시스템이 가지고 있는 UI(User Interface) 및 정책용 통계기능의 보완을 통해 정보시스템의 역할을 확대하는 계기가 될 것으로 판단된다.

II. 문헌고찰

1. 에너지 모니터링 시스템 개발 현황

탄소배출 모니터링 시스템의 가장 기본은 에너지 사용량을 검침할 수 있는 장치의 개발이다. 이를 통하여 전기, 수도, 가스 등 각각의 부문에서 아날로그 방식이 디지털 방식으로 전환되었다. 최근에는 전기, 수도, 열량 등에 대한 데이터를 취득하여 통합 처리하는 Micro controller까지 개발되고 있다[4]. 한편, 유비쿼터스 기술이 에너지 분야에 적용되면서 Zigbee나 Sensor Network 등 각종 무선통신장치를 이용한 검침 데이터의 전송장치들이 빠르게 개발되고 있다[5].

위와 같은 원천기술에 기반한 각종 장치들로부터 데이터를 수집하여 처리하는 플랫폼과, 시스템의 운영과정 및 결과와 사용자를 연결하는 인터페이스의 개발도 활발히 이루어졌다. Sundramoorthy et al.[6]은 개인 및 가정의 에너지소비를 모니터링하고 효율적인 피드백을 위한 벽부착용 대시보드 및 PC용 UI(User Interface)를 개발하였다. 그러나 이 시스템은 타 소비자의 에너지 소비성향까지 보여주는 것은 하지만 서비스의 대상이 소비자에 국한된다는 한계를 가지고 있다. Salford 대학의 연구팀은 ZigBee나 RFID, DECT 등의 무선통신기술을 이용하여 개별 가구의 에너지소비 데이터를 수집하고 관리하는 플랫폼을 개발하였다[7]. 이와 같은 기술들은 가정에서 기업으로 확장되거나(KEPPEL FELS, Singapore), 지역 내 여러 건물에 대한 에너지 모니터링 및 관리시스템까지 발전하였다[8].

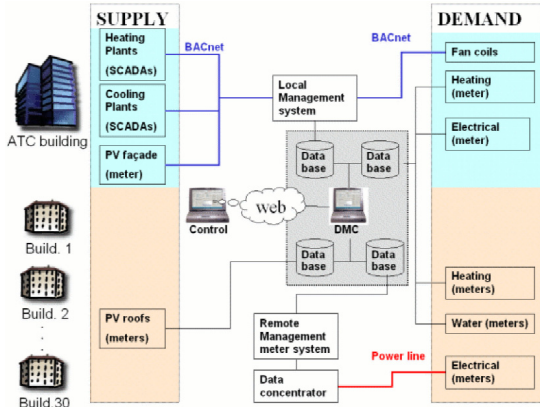


그림 1. I-CEMS 에너지모니터링 시스템의 개요[27]

Florida Solar Energy Centre는 저비용 모니터링장치들과 여기서 수집되는 데이터를 전송하는 프로토콜 그리고 이의 디스플레이장치가 연계된 Energy Viewer로 각 기기별 컨트롤이 가능한 종합 솔루션을 제시하였다 [9].

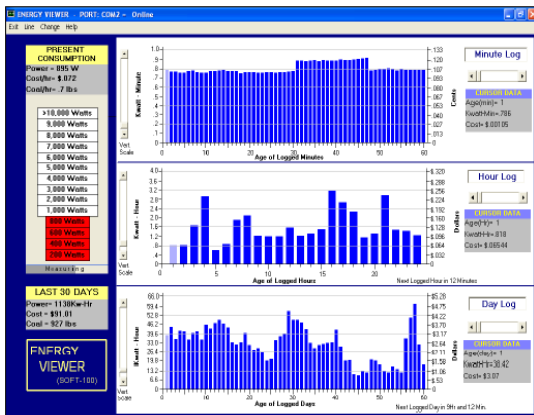


그림 2. Energy Viewer 시스템의 데이터 디스플레이[9]

LaMarche[10]는 Home Energy Management 관련 기술 및 시스템을 Control Device와 User Interface 그리고 기반기술로 나누어 정리하고 있다. Control Device는 제어 대상에 대한 일괄제어여부에 의하여 구분하며, User Interface는 사용자에 대한 정보전달 수단에 의하여 구분하고 있다. 기반기술은 수집된 정보 및 제어내용의 통신기술이 주를 이루고 있다.

표 1. HED 관련 기술의 구분[10]

구분	내용	
Control Device	중앙제어	다중 장치의 사용자 일괄 제어
	장치별 제어	장치별 사용자제어
	온보드 제어	통합기능제어
User Interface	HED*	가정내 디스플레이
	Web Dashboard	온라인 인터페이스
	스마트폰 앱	기기특화 앱
	기타	TV 등
기반기술	Sensing	온도 등의 스마트 검침
	Communication	게이트웨이, LAN, 무선라우터, 모뎀등
	프로토콜	X10, UPB, ZigBee 등

* HED : Home Energy Display

2. 에너지사용 피드백 시스템

에너지사용량을 사용자에게 피드백 해 줄 경우의 에너지소비 감소에 대해서는 몇몇 연구 결과가 제시되어 있다. Darby[11]는 실시간 피드백으로 에너지 소비량의 5~15%가 절감되며, 월말에 통보되는 에너지 사용량은 0~10%의 절감효과가 있다는 분석결과를 제시하였다. Parker[9]의 연구에서는 사용량 피드백을 통하여 7.4%(-27.9%~+9.5%)의 에너지사용이 저감되었으며, Ontario Hydro One Study[12]에서는 400 세대 이상에 대해 조사한 결과, 평균 에너지소비의 6.4%가 감소되는 것으로 보고되었다.

우리나라와 일본에서는 국가 주도하에 가정에서의 에너지소비량을 자발적으로 입력함으로써 피드백에 의한 에너지사용 감소 효과를 유도하기 위해 시민들이 자발적으로 참여하는 탄소배출 모니터링 정책들이 시행되었다[표 1]. 이러한 정책들은 산업이나 운송이 아닌 가정을 대상으로 시행되었지만 인센티브를 통하여 개인의 참여를 유도함으로써 지구온난화에 대한 인식을 확산하였다는 점에서는 의미가 크다. 그러나 이 시스템들은 인터넷상에서 작동하며 사용자가 본인 이외의 다른 사용자의 에너지 사용 관련 정보를 볼 수 없으며, 정책수립을 위한 데이터의 구축도 미미한 한계가 있다.

에너지사용량에 대한 피드백을 위한 데이터 수집은 사용자에게 대한 경각심 환기를 통한 에너지소비 감소효

표 2. 우리나라와 일본의 탄소마일리지 관련제도(시스템)

	탄소포인트제	에코마일리지제	Eco Action Point
시작시기	2009년 7월	2009년 10월	2008
참여대상	가정, 상업 등	가정, 기업, 학교	기업, 가정
기준량	최근 2년 평균	최근 6개월	친환경 제품 구입시 포인트 제공
지급기준	CO2 10g=1포인트(3원)	기준량 10%이상감축	
지급시기	분기별 1회	연 2회	상품구입 후 사용자가 인터넷이나 스마트폰을 이용하여 코드 등록
인센티브	현금, 쓰레기봉투 등	친환경제품 구입 할인권	친환경제품 구입 할인권
홈페이지	www.cpoint.or.kr	www.ecomileage.seoul.go.kr	www.eco-action-points.go.jp (현재 미운영)
통계정보	x	x	x

과 뿐 아니라 가구특성에 따른 에너지소비 특성을 분석하는 부수적 효과를 가지기도 한다. Allen and Janda[13]는 가구별 인터뷰를 시행하여 실시간 피드백이 소득과 관계없이 에너지절감에 매우 효과적인 방법임을 입증하였다.

이에 본 연구에서는 행정정보시스템 구축과 연계하여 일부 데이터를 공유하고 분석결과를 정책자료화 할 수 있도록 하였다.

III. 탄소배출 모니터링시스템(CEMS)의 구조

1. 세종시의 환경목표와 CEMS의 구축

세종시는 세계적인 친환경 도시를 표방하면서 탄소중립형 Green City의 건설을 목표로 내걸었고, 이를 달성하기 위하여 2030년까지 CO2배출량의 70%를 감축하고, 총 에너지 사용량의 15%를 신재생에너지로 충당한다는 계획을 수립하였다. 이에 행정중심복합도시건설청은 '지능형 LED가로등 통합관제시스템' 시범사업을 추진하고, 세종시에 건립되는 정부청사, 국립도서관 등 공공청사에 태양광, 지열, 태양열 등 신·재생에너지를 기존의 화석에너지와 연계함으로써 에너지 이용효율을 극대화시키는 등의 탄소배출 저감정책을 수립, 시행하고 있다.

그러나 위와 같은 정부 주도의 탄소배출 저감정책은 시민들의 동의와 참여를 유도하기 어려우며, 향후 정책수립을 위한 기본 자료의 수집을 위해서는 기존 탄소마일리지 관련 시스템들이 지닌 문제들을 넘어설 수 있는 탄소배출 모니터링시스템의 구축이 필요하였다.

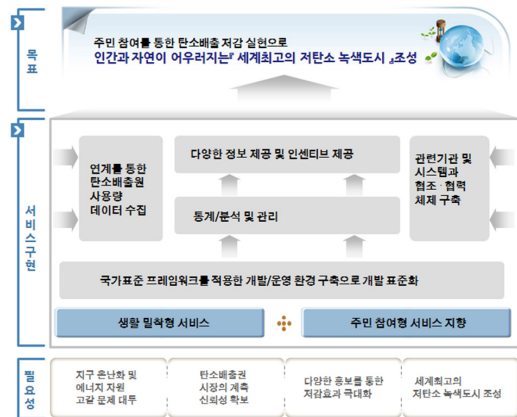


그림 3. 세종시 Smart Green City의 목표[32]

2. 세종시 탄소배출 모니터링시스템의 구성

본 연구에서는 세종시 탄소배출 모니터링시스템을 구축하기 위한 EA(Enterprise Architecture) 수립을 통하여 시스템의 기능을 6가지로 구분하였다. 이들은 ① 에너지사용량 검침을 통한 탄소배출량 측정, ② 사용자가 탄소배출 과소를 비교할 수 있는 탄소배출량 기준관리, ③ 탄소배출량 기준에 따른 가구당 탄소배출량 관리, ④ 탄소배출량 감소에 대한 인센티브로서의 마일리지 기준관리, ⑤ 탄소배출량 통계 및 추이분석, 그리고

⑥ 종합적인 탄소 마일리지 관리의 총 6가지 하위기능별 시스템으로 나뉘어진다.

2.1 에너지사용을 통한 탄소배출량 측정

기존의 탄소배출 측정 시스템은 개인이 해당 세대의 전기, 수도, 난방 등 측정대상 에너지 사용량을 입력하는 체계였다. 최근에는 Zigbee 등의 유무선 통신을 이용한 원격검침시스템이 개발되었으나 설치비용 및 법적 근거 등에 의하여 현장 적용이 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 개별 가구주의 서면 동의를 바탕으로 각 세대의 전기, 가스, 수도 사용량을 원격 검침하는 방식을 적용함으로써 실시간 데이터의 수집과 분석이 가능한 시스템을 제안하였다. 즉, 가구별로 전기, 수도, 가스 사용정보를 원격검침시스템과 연계된 PC를 통해서 매일 배치 방식으로 수집해 입력하는 방법을 채택하였다. 이는 향후 난방(온수) 등 타 에너지원으로 확장할 수 있도록 하는 한편, 시스템의 오작동 등의 문제 해결 방안으로써 사용자가 직접 수도 입력도 가능하다.

한편, 기상청 등에서 제공하는 Open API를 통한 연계로 부가정보(기온, 날씨)를 주기적으로 수집함으로써 향후 가구별 사용량 정보가 날씨, 기온변화에 따라 변화하는 민감도 분석에 활용할 수 있다.

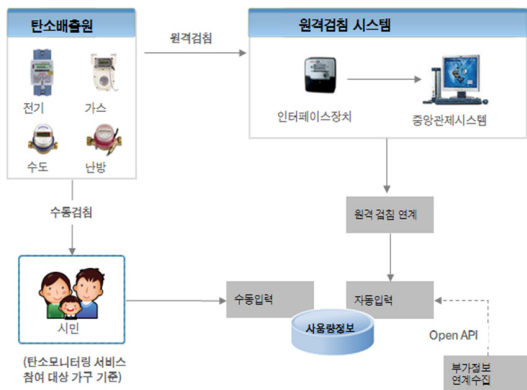


그림 4. CEMS 탄소배출량 측정 개요도

2.2 탄소배출량 기준관리

과거의 에너지 사용량 데이터가 구축된 시스템과 달리 세종시와 같은 신도시의 경우에는 기준이 될 수 있

는 데이터가 부재하므로, 탄소배출 모니터링을 위한 기준의 수립이 필요하다. 이를 위해 기본적인 에너지 사용량 및 사용기간과 더불어 사용량에 영향을 줄 수 있는 기타 요인을 기준정보 생성에 추가하는 것이 필요하다.

먼저, 원격(또는 수동)검침을 통해 수집한 에너지원별 사용량 및 사용기간을 활용해 기초 기준정보를 생성하였다. 기초 기준정보에 기상청 등 외부기관을 통해 수집된 부가정보를 활용해 보정이 필요한 경우 운영자가 기준정보를 보정 처리할 수 있도록 계획하였다.

분석대상 주택의 면적 및 가구원수는 해당 가구의 에너지 사용량의 과소를 판단할 때 중요한 기준이 된다. 해당 가구와 가장 유사한 조건의 에너지원별 평균 사용량을 산정하여 기준정보로 활용하기 위하여 전체 대상 가구를 9개의 그룹으로 분류하였다. 유사한 규모의 주택 및 가구원수를 기준으로 해당 가구의 에너지 사용량(탄소 배출량)이 기준치를 상회하는 경우에는 과다사용, 기준치를 하회하는 경우 절감량에 따라 마일리지를 부여하는 기준으로 활용할 수 있다. 배출량절감 기준 산정을 위한 9개의 사용자 그룹 분류는 [표 3]에서 보는 바와 같다.

표 3. 배출량절감 기준 산정을 위한 사용자 그룹 분류

번호	그룹	그룹 설명	세대 구분
1	A1	59㎡, 1~2인 가구	85세대, 302~308동
2	A2	59㎡, 3~4인 가구	
3	A3	59㎡, 5인 이상 가구	
4	B1	84㎡, 1~2인 가구	274세대, 306~308동
5	B2	84㎡, 3~4인 가구	
6	B3	84㎡, 5인 이상 가구	
7	C1	102㎡이상, 1~2인 가구	248세대, 309동~312동
8	C2	102㎡이상, 3~4인 가구	
9	C3	102㎡이상, 5인 이상 가구	

2.3 가구당 탄소배출량 관리

본 연구에서는 각 가구의 전기, 가스, 수도 등 에너지 사용에 의한 탄소 배출량을 산정하기 위하여 환경부의 탄소배출량 환산 기준을 적용하였다. 환경부에서 제시한 탄소배출량 환산 기준정보는 [표 4]에서 보는 바와

같으며, 이 기준은 날씨, 기온변화를 고려하거나 환경부의 기준 변경 등을 고려하여 운영자가 월별로 수정하는 것이 가능하다.

표 4. 탄소 배출량 환산 기준정보

전기	가스	수도
424gCO2/Kwh	2,240gCO2/m ³	332gCO2/m ³

2.4 마일리지 기준관리

본 연구에서 제안한 탄소배출 모니터링시스템에서는 가구별 에너지 사용량(탄소배출량)을 유사그룹 평균과 비교해 절감한 탄소배출량에 따라 마일리지를 부여하는 방식을 채택하였다. 마일리지는 탄소배출 저감을 유도하기 위하여 제공하며, 지급기준은 환경부의 탄소포인트제도와 동일한 탄소 배출량 100g을 감축하였을 때에 100 포인트를 지급하였다.

표 5. 탄소마일리지 지급 기준정보

기준일자	마일리지 제공 기준
매월 산정	100 포인트 / 100g

2.5 탄소배출량 분석

본 연구에서는 가구별 탄소배출원별 에너지 사용량 측정 결과를 탄소배출량으로 환산하여 해당 가구에는 사용량 및 절감량을 제공하는 한편, 수집된 정보를 취합하여 각종 분석 결과를 제시하도록 설계하였다.

먼저, 가구별 탄소배출원(전기, 수도, 가스 등)별 사용량에 대한 통계를 생성해 각 가구별 탄소배출 현황을 조회 할 수 있도록 제공한다. 또한, 부가정보에 따라 그룹별 평균 사용량(탄소발생량)을 산정하고, 이를 기준으로 해당 가구가 그룹의 평균을 상회하는지를 판단한다. 이를 기반으로 예측 사용량 안내, 이상상황 알림 서비스(비정상적으로 과다 사용되는 경우 알림 서비스), 월별 사용량 안내(홈페이지, 이메일, SMS 안내 서비스 제공)를 제공하도록 시스템을 설계하였다.

반대로 탄소배출량이 그룹 평균을 하회해 배출한 경우(절감한 경우) 마일리지를 부여할 수 있는 그룹별 절

감기준을 설정하게 된다.

2.6 탄소 마일리지 관리

탄소배출 모니터링시스템 참여를 통해 실제 탄소배출 절감이 발생할 경우 인센티브 기준에 따라 마일리지가 적립되며, 적립된 마일리지는 종량제 쓰레기봉투 교환 등에 활용할 수 있도록 설계하였다.

먼저, 기준정보관리에서 설정한 마일리지 적립기준에 의하여 가구별 탄소 저감량에 따라 마일리지를 적립하고, 일정기준 이상 적립된 경우에는 마일리지 사용이 가능하도록 계획하였다.

IV. CEMS의 인터페이스 설계

1. CEMS의 사용자 인터페이스

사람과 시스템을 연결해주는 인터페이스 환경은 CEMS 뿐 아니라 대부분 정보시스템의 가장 중요한 요소 중 하나이다. 본 연구에서는 기존 탄소배출 모니터링시스템들의 UI를 분석하여 사용자 인터페이스와 관리자 인터페이스를 설계하였다. 사용자 인터페이스는 마이페이지, 탄소배출 자가진단, 그리고 탄소배출정보를 제공하도록 구성하였다.

먼저 마이페이지는 인터페이스의 처음 화면으로써, 회원의 개인정보, 비밀번호, 회원탈퇴, 알림환경 등 기본설정을 포함하고 있다. 여기서 알림환경은 알림환경 설정과 알림이력조회로 구성하였다. 알림환경 설정은 자동알림 조건을 설정할 수 있는 창으로서, 비정상적인 사용량을 감지하여 사용자에게 E-mail이나 문자로 안내하는 조건을 설정할 수 있다. 알림이력조회는 알림환경 설정에서 설정한 정보에 따른 SMS/MAIL 전송 이력 목록을 보여주는 화면이다.

탄소배출 자가진단이란 가정 내에서 발생하는 탄소배출량과 감축방법에 대한 안내, 그리고 사용자 스스로 사용량입력을 통하여 탄소배출량을 시뮬레이션 할 수 있는 화면이다. 여기서는 가상의 배출원별(전기, 가스, 수도) 사용량을 입력하여 이 때 배출되는 탄소의 양을 시뮬레이션 할 수 있다.

탄소배출정보는 CEMS의 가장 핵심이 되는 기능으로써 사용량목록조회, 사용량추이, 마일리지조회로 구성하였다. 사용량목록조회는 탄소배출원의 전기, 가스, 수도, 난방, 온수의 사용량 목록이며, 상세정보 요청에 따라 각 항목의 상세 조회 및 수정이 가능하도록 설계하였다. 사용량추이는 검색조건에 따른 해당 년, 월의 전기, 가스, 수도, 난방, 온수의 사용량 추이 그래프를 나타낸다. 마일리지조회는 탄소배출원의 마일리지 적립, 특별적립, 사용, 소멸에 대한 내역 목록을 조회할 수 있도록 구성되어 있다.

2. CEMS의 관리자 인터페이스

CEMS의 특징 중 하나는 도시관리 등을 위한 통계자료를 수집, 저장, 분석하여 의사결정자에게 제공하는 것이다. 이를 위하여 CEMS에서는 기본 데이터와 횡단면 데이터 그리고 시계열 데이터 분석을 통하여 그 결과를 시각화된 이미지로 제공한다.

기본 데이터는 표 형식으로 제공되어지며, 건물면적, 가구원수 등 사회적 특성과 그에 따른 그룹별 에너지 사용량 및 탄소 배출량 데이터 및 분석결과를 제공한다.

횡단면 데이터는 가구별, 동별, 단지별 평균 탄소발생량에 대한 비교정보를 Web을 통해 실시간으로 제공한다. 이는 건물별 탄소배출현황, 동호별 탄소배출 현황, 일평균 탄소배출현황 3가지로 구분된다. 이들은 건물별, 동호별, 평균 탄소배출량을 GIS 기반 공간정보 상에 건물 및 동호수의 색깔로 표시하거나 표 형식으로 정보를 제공하며, 평균 탄소배출현황은 전기, 수도, 가스에 대한 단지 평균, 동별 평균, 사용자 평균 배출량을 그래프로 제시하도록 하였다.

시계열 데이터는 사용자의 탄소배출을 확인할 수 있는 월별 사용량현황, 일별사용량 추이와 부가 정보로 제공되는 온도변화 추이, 배출원별 사용량 정규분포도 4가지로 구분된다. 월별 사용량현황은 특정 가구의 전기, 수도, 가스의 3개월사용량을 그래프로 표시하도록 하였으며, 이는 GIS 기반 맵 또는 그래프로 제공된다. 일별사용량 추이는 특정 가구의 일별 전기, 가스, 수도에 대한 사용량 추이 및 평균을 그래프로 표시하는 기능이며, 부가정보로 제공되어지는 온도변화 추이는 기

상청과 연계를 통해 지역의 특정 월 온도변화를 그래프로 나타내 저감기준 변경에 활용하도록 제시하고 있다. 배출원별 사용량 정규분포도는 전기, 수도, 가스, 난방 및 온수 사용량에 대한 분포 및 그룹별 사용량을 그래프로 표시하여 저감기준 변경에 활용할 수 있도록 설계하였다.

3. CEMS의 특징

본 연구에서 제안한 CEMS는 개별 건물 단위의 에너지사용량 측정 장치나 기존 정부에서 시행하던 탄소마일리지 시스템들의 단점을 보완하고 향후 정책수립에 참고할 수 있도록 원격검침을 통한 탄소배출 모니터링 시스템이다.

본 시스템의 첫 번째 특징은 사용자 인터페이스를 극대화함으로써 각 가정이 탄소배출 절감에 적극적으로 참여할 수 있도록 유도하였다는 점이다. 통상 기존의 시스템들이 자신의 탄소배출량만을 확인할 수 있거나 평균값과의 비교만이 가능한데 반해, CEMS에서는 자신의 에너지소비 변동추세, 타 유사규모의 주택 또는 가구원수를 가진 가정과의 비교도 가능하기 때문에 참여 가구의 동기유발 효과를 극대화하고 있다.

다음으로, 주민들의 동의를 전제로 관리사무소를 통한 에너지원별 사용량 정보 취득이 가능한 시스템을 제안하였다. 우리나라 및 해외에서 개발된 시스템들이 정보취득 디바이스 및 유무선 통신에 소요되는 비용문제로 인하여 보급이 활발하지 못한 점을 감안하면 아파트 거주자의 비율이 60%에 육박하고 있는 지금 그 필요성과 활용도가 높을 것으로 판단된다.

마지막으로 각급 지자체에서 기 운영하고 있는 행정정보시스템과의 연계를 통하여 주택 및 가구특성 정보를 공유함으로써 가구 및 주택특성에 따른 탄소배출 상황을 분별해 내고, 사용자 맞춤형 환경정책을 수립하는데 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 외부 온도 등 타 기관과의 API 연동 기능은 향후 시스템에 필요한 연관기관과의 DB공유 등의 가능성을 높일 것으로 판단된다.

표 6. 사용자 인터페이스 화면

대분류	소분류	화면 예시	화면 설명																																			
마이페이지	알림환경설정	<p>■ 알림환경설정</p> <ul style="list-style-type: none"> 자율감당서비스는 직접적인 사용을 감지하여 sms/mail로 안내를 제공하는 서비스입니다. 알림서비스는 사용자가 전기,가스,수도의 일계단을 제공하고, 이에 도달하는 정보를 sms/mail로 안내하는 서비스입니다. 방해는 sms를 사용하지 않습니다. <table border="1"> <tr> <td>탄소배출안내</td> <td><input type="checkbox"/> 자동수신 <input checked="" type="checkbox"/> 수동수신</td> <td>알림서비스</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 사용 <input type="checkbox"/> 미사용</td> </tr> <tr> <td>자율감당서비스</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 사용 <input type="checkbox"/> 미사용</td> <td>일일안내</td> <td><input type="checkbox"/> 전체 <input checked="" type="checkbox"/> SMS <input checked="" type="checkbox"/> E-Mail</td> </tr> </table>	탄소배출안내	<input type="checkbox"/> 자동수신 <input checked="" type="checkbox"/> 수동수신	알림서비스	<input checked="" type="checkbox"/> 사용 <input type="checkbox"/> 미사용	자율감당서비스	<input checked="" type="checkbox"/> 사용 <input type="checkbox"/> 미사용	일일안내	<input type="checkbox"/> 전체 <input checked="" type="checkbox"/> SMS <input checked="" type="checkbox"/> E-Mail	일반회원과 서비스 회원의 개인정보, 비밀번호, 회원탈퇴, 알림환경 등을 설정한다.																											
	탄소배출안내	<input type="checkbox"/> 자동수신 <input checked="" type="checkbox"/> 수동수신	알림서비스	<input checked="" type="checkbox"/> 사용 <input type="checkbox"/> 미사용																																		
자율감당서비스	<input checked="" type="checkbox"/> 사용 <input type="checkbox"/> 미사용	일일안내	<input type="checkbox"/> 전체 <input checked="" type="checkbox"/> SMS <input checked="" type="checkbox"/> E-Mail																																			
	알림이력조회	<p>○ 알림이력조회</p> <p>■ 알림이력조회</p> <p>구분: 2011-12-01 ~ 2011-12-26</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>번호</th> <th>발행일자</th> <th>발행일자</th> <th>발행내용</th> <th>발행일자</th> <th>발행일자</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2011-12-26</td> <td>MAIL</td> <td>탄소배출량감소방법 안내합니다. 세종시의 환경을 위해 탄소배출량을 감축하는 방법을 알려드립니다.</td> <td>2011-12-26</td> <td>자율감당</td> </tr> </tbody> </table>	번호	발행일자	발행일자	발행내용	발행일자	발행일자	1	2011-12-26	MAIL	탄소배출량감소방법 안내합니다. 세종시의 환경을 위해 탄소배출량을 감축하는 방법을 알려드립니다.	2011-12-26	자율감당	알림환경설정에서 설정한 정보에 따른 SMS/MAIL 전송 이력을 보여주는 화면이다.																							
번호	발행일자	발행일자	발행내용	발행일자	발행일자																																	
1	2011-12-26	MAIL	탄소배출량감소방법 안내합니다. 세종시의 환경을 위해 탄소배출량을 감축하는 방법을 알려드립니다.	2011-12-26	자율감당																																	
탄소배출자가진단	자가진단안내	<p>■ 자가진단안내</p> <p>가장내 탄소배출량에 사용량을 줄이는 방법</p> <ul style="list-style-type: none"> 실내온도를 1도씩 높이고, 낮추고! 냉방온도는 1도씩 높이고, 난방온도는 1도씩 낮추면 가파워 연간 231kg의 CO₂가 감소합니다. (연간 46.23kg) 샤워 시간을 1분만 줄여주세요! 샤워시 1분은 줄이면 7kg의 CO₂가 감소하고, 주 3회 샤워시 연간 평균 약700kg의 CO₂가 감소합니다. (연간 140.3kg) 사용하지 않는 전기는: 백열등, 에너지절약형 백열등, LED 조명, 대기 전력, 대기 전력 11%가 대기전력저감의 열을 줄여줍니다. 	탄소배출에 대해 알아보고, 가정과 자가용에서 배출되는 사용량에 따른 자가진단을 해볼 수 있다.																																			
	가정내탄소배출	<p>■ 가정내탄소배출</p> <ul style="list-style-type: none"> 가정의 배출량을 전기, 가스, 수도 수량을 입력하면 일일 배출되는 CO₂량을 미리 계산하여 보실 수 있습니다. 이 계산기에서는 각 탄소배출원 사용량을 입력하여 실제 일일 배출 수 있는 탄소배출량을 시뮬레이션할 수 있으며, 실제 데이터가 적용되는 것입니다. 평균 사용량을 기준으로 입력하여 주어진 평균 사용량을 넘어서는 경우를 알려드립니다. <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>입력수량</th> <th>탄소배출량(kg)</th> <th>사양량</th> <th>탄소배출량(kg)</th> <th>구간당평균CO₂량</th> <th>탄소배출량</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▶ 전기(kWh)</td> <td>300</td> <td>127,200</td> <td>123</td> <td>52,152</td> <td>75,048</td> <td>7,504.8</td> </tr> <tr> <td>▶ 수도(m³)</td> <td>20</td> <td>6,640</td> <td>4</td> <td>1,328</td> <td>5,312</td> <td>531.2</td> </tr> <tr> <td>▶ 가스(m³)</td> <td>100</td> <td>224,000</td> <td>11.5</td> <td>25,760</td> <td>198,240</td> <td>19,824</td> </tr> <tr> <td>▶ 합계</td> <td></td> <td>357,840</td> <td></td> <td>79,240</td> <td>278,600</td> <td>27,860</td> </tr> </tbody> </table>	구분	입력수량	탄소배출량(kg)	사양량	탄소배출량(kg)	구간당평균CO ₂ 량	탄소배출량	▶ 전기(kWh)	300	127,200	123	52,152	75,048	7,504.8	▶ 수도(m ³)	20	6,640	4	1,328	5,312	531.2	▶ 가스(m ³)	100	224,000	11.5	25,760	198,240	19,824	▶ 합계		357,840		79,240	278,600	27,860	가정의 배출원별(전기, 가스, 수도) 사용량을 입력하고 탄소배출량을 시뮬레이션 하는 화면이다.
	구분	입력수량	탄소배출량(kg)	사양량	탄소배출량(kg)	구간당평균CO ₂ 량	탄소배출량																															
▶ 전기(kWh)	300	127,200	123	52,152	75,048	7,504.8																																
▶ 수도(m ³)	20	6,640	4	1,328	5,312	531.2																																
▶ 가스(m ³)	100	224,000	11.5	25,760	198,240	19,824																																
▶ 합계		357,840		79,240	278,600	27,860																																
자가용탄소배출	<p>■ 자가용탄소배출</p> <ul style="list-style-type: none"> 코르시라는 평가공로 배출 계수를 통해 가솔린으로, IPCC에서 발표한 배출 계수를 사용하고 있습니다. IPCC에서는 이상연료인 휘발유, 경유, 등유를 기준으로 하고 있으며, 순발열량을 기준으로 하고 있습니다. 이 계산기에서는 차량 종류에 따른 연료의 종류 및 사용량에 따른 탄소배출량을 시뮬레이션할 수 있으며, 실제 데이터가 적용되는 것입니다. <table border="1"> <tr> <td>연료의 종류</td> <td>휘발유</td> <td>경유</td> <td>등유</td> <td>사용량(kg)</td> <td>당량</td> <td>33 l</td> </tr> </table> <p>연료의 종류: 휘발유 의 적용연료(가솔린)배출계수는 : 0.740 kgCO₂/l 이며, 탄소배출계수는 : 0.763 kgCO₂/l 입니다.</p>	연료의 종류	휘발유	경유	등유	사용량(kg)	당량	33 l	차량 운행 시 사용하는 연료의 종류 및 사용량에 따른 탄소배출량을 시뮬레이션 하는 화면이다.																													
연료의 종류	휘발유	경유	등유	사용량(kg)	당량	33 l																																
탄소배출정보	사용량목록조회	<p>■ 사용량조회</p> <p>구분: 2011-12-01 ~ 2011-12-26</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>번호</th> <th>일자</th> <th>전기(kWh)</th> <th>가스(m³)</th> <th>수도(m³)</th> <th>난방(m³)</th> <th>온수(m³)</th> <th>입력일자</th> <th>상세정보</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2011-12-27</td> <td>8,368.58</td> <td>8,372.68</td> <td>8,343.05</td> <td>8,263.58</td> <td>8,299.12</td> <td>자율</td> <td>상세정보</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2011-12-26</td> <td>8,226</td> <td>8,245.39</td> <td>8,192.2</td> <td>8,153.62</td> <td>8,188.65</td> <td>자율</td> <td>상세정보</td> </tr> </tbody> </table>	번호	일자	전기(kWh)	가스(m ³)	수도(m ³)	난방(m ³)	온수(m ³)	입력일자	상세정보	1	2011-12-27	8,368.58	8,372.68	8,343.05	8,263.58	8,299.12	자율	상세정보	2	2011-12-26	8,226	8,245.39	8,192.2	8,153.62	8,188.65	자율	상세정보	탄소배출원의 전기, 가스, 수도, 난방, 온수의 사용량 목록에 대한 화면이다.								
	번호	일자	전기(kWh)	가스(m ³)	수도(m ³)	난방(m ³)	온수(m ³)	입력일자	상세정보																													
	1	2011-12-27	8,368.58	8,372.68	8,343.05	8,263.58	8,299.12	자율	상세정보																													
2	2011-12-26	8,226	8,245.39	8,192.2	8,153.62	8,188.65	자율	상세정보																														
사용량추이	<p>■ 사용량추이</p> <p>2011년 11월 11일 사용량</p> <p>사용량(kWh)</p> <p>날짜</p>	검색조건에 따른 해당 년, 월의 전기, 가스, 수도, 난방, 온수의 사용량 추이 그래프를 나타내는 화면이다.																																				
마일리지조회	<p>■ 마일리지조회</p> <p>구분: 2011-12-01 ~ 2011-12-27</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>번호</th> <th>일자</th> <th>계정사용</th> <th>영양일자</th> <th>누적잔액</th> <th>상세정보</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2011-12-22</td> <td>적립</td> <td>1640</td> <td>4920</td> <td>상세정보</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2011-12-22</td> <td>적립</td> <td>1640</td> <td>3280</td> <td>상세정보</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2011-12-22</td> <td>적립</td> <td>1640</td> <td>1640</td> <td>상세정보</td> </tr> </tbody> </table>	번호	일자	계정사용	영양일자	누적잔액	상세정보	1	2011-12-22	적립	1640	4920	상세정보	2	2011-12-22	적립	1640	3280	상세정보	3	2011-12-22	적립	1640	1640	상세정보	탄소배출원의 마일리지 적립, 특별적립, 사용, 소멸에 대한 내역 목록을 조회하는 화면이다.												
번호	일자	계정사용	영양일자	누적잔액	상세정보																																	
1	2011-12-22	적립	1640	4920	상세정보																																	
2	2011-12-22	적립	1640	3280	상세정보																																	
3	2011-12-22	적립	1640	1640	상세정보																																	

표 7. CEMS의 관리자 인터페이스[33]

구 분		유형	화면 예시																																																				
Basic data	사회, 경제적 특성	표	<table border="1"> <caption>시행처 기본 정보</caption> <thead> <tr> <th>번호</th> <th>그룹명</th> <th>그룹명명</th> <th>범위</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>2</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>3</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>4</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>5</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>6</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>7</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>8</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>9</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>10</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>11</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> <tr><td>12</td><td>시도별</td><td>09년 1-12월 기준</td><td>01000, 020-01000</td></tr> </tbody> </table>	번호	그룹명	그룹명명	범위	1	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	2	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	3	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	4	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	5	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	6	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	7	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	8	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	9	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	10	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	11	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000	12	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000
	번호	그룹명	그룹명명	범위																																																			
1	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
2	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
3	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
4	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
5	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
6	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
7	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
8	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
9	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
10	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
11	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
12	시도별	09년 1-12월 기준	01000, 020-01000																																																				
횡단면 DATA	건물별 탄소배출현황	GIS 기반																																																					
	동호별 탄소배출현황	GIS 및 표																																																					
	(일)평균 탄소배출현황	GIS 및 그래프																																																					
시계열 DATA	온도변화 추이	그래프																																																					
	월별 사용량현황	GIS 및 그래프																																																					
	일별사용량 추이	그래프																																																					
	배출원별 사용량 정규분포도	그래프																																																					

V. 결론

본 연구에서는 지구온난화에 대비한 탄소배출 저감형 도시를 위하여 세종시를 대상으로 가정의 에너지사용량 원격검침을 통한 탄소배출 모니터링시스템을 개발하였다. 본 시스템은 아파트 관리사무소 등 에너지월별 검침데이터 취득이 가능한 중간 허브와 시스템을 연계함으로써 검침장치와 유무선 통신시스템의 추가 없이 원격 데이터 취득시스템을 설계하였다. 또한, 최근의 정보공유 정책을 활성화할 수 있도록, 지자체 행정정보시스템과 연계되어 지자체 또는 기상청 등 타기관의 DB 및 Open API를 공유, 연동할 수 있는 것이 특징이다. 이와 같은 기능은 개별 가구의 가구원수 및 주택특성에 따라 달라지는 에너지소비 패턴과 이를 통한 탄소배출량과의 연관성 분석을 가능하게 함으로써 향후 환경정책 수립을 위한 기초자료를 제공할 수 있게 한다.

그러나 본 시스템은 법령의 제약으로 인하여 각 참여 가구의 동의를 기반으로 원격검침과 인적사항을 공유할 수 있었으며, 따라서 우리나라의 전 가구에 보급되기에는 제도적 한계를 안고 있다. 비록 2012년 2월부터 10월까지 9개월간 현장에 적용되어 데이터를 수집, 분석한 실적을 달성하기도 하였지만, 사업대상지가 일반주택이 아닌 아파트에 한정되어 있어 향후 본 시스템의 적용 대상을 일반주택 및 업무/상업용 건물로 확대하여야 할 필요성도 제기된다. 이와 같은 시스템을 통하여 개인이나 가정, 회사 등에는 에너지사용 절감의 동기를 부여하는 한편, 보다 정교한 분석을 통해 정책 기초자료로 사용될 수 있어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 김유란, 윤혜경, 김주영, 전규엽, 홍원화, “대구광역시 단독주택의 에너지 및 온실가스 배출원단위 작성에 관한 연구”, 한국주거학회 논문집, 제22권, 제2호, pp.35-42, 2011.

[2] V. Sundramoorthy, Qi Liu, G. Cooper, N. Linge, and J. Cooper, “DEHEMS: A user-driven

domestic energy monitoring system,” Internet of Things (IOT), 2010, p.1, p.8, Nov. 29 2010-Dec. 1, Tokyo, 2010.

[3] W. Healy, “Building Sensors and Energy Monitoring System,” Building America Meeting on Diagnostic Measurement and Performance Feedback for Residential Space Conditioning Equipment, 2010.

[4] L. Zhao, J. L. Zhang, and R. B. Liang, *Data Acquisition and Transmission System for Building Energy Consumption Monitoring*, Hindawi Publishing Corporation, 2013.

[5] Barbato, Antimo, Luca Borsani, and Antonio Capone, “Home Energy Saving through Wireless Sensor Networks,” 1st International Conference on Energy-Efficient Computing and Networking, 2010.

[6] Sundramoorthy, Vasughi, “Domesticating energy-monitoring systems: Challenges and design concerns,” *Pervasive Computing*, IEEE Vol.10, No.1, pp.20-27, 2011.

[7] Hughes, Tara, Nigel Linge, and Steve Hill. “Personalised Energy Monitoring Systems,” 2012.

[8] S. A. Kim, “Integrated energy monitoring and visualization system for Smart Green City development: Designing a spatial information integrated energy monitoring model in the context of massive data management on a web based platform,” *Automation in Construction* Vol.22, pp.51-59, 2012.

[9] Parker and Danny, “How much energy are we using? Potential of residential energy demand feedback devices,” *Proceedings of the 2006 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, American Council for an Energy Efficient Economy, Asilomar, CA, 2006.

[10] LaMarche and Janelle, *Home Energy*

- Management Products & Trends*, Fraunhofer Center for Sustainable Energy Systems. Cambridge, Massachusetts, 2011.
- [11] S. Darby, "The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays," Environmental Change Institute, University of Oxford, 2006.
- [12] D. Mountain, *The Impact of Real-Time Feedback on Residential Electricity Consumption: The Hydro One Pilot.*, Mountain Economic Consulting and Associates Inc. Ontario, 2006.
- [13] Allen, Daisy, and Kathryn Janda, "The effects of household characteristics and energy use consciousness on the effectiveness of real-time energy use feedback: a pilot study," Proceedings of the ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 2006.
- [14] Hashem Ghorbanpanah, "Design and Implication of Building Energy Monitoring System using Wireless Sensor Networks," 22nd International Conference on Electricity Distribution, 2013.
- [15] Peng Zhao and Marcelo Godoy Simões, "An Energy Management System for Building Structures Using a Multi-Agent Decision-Making Control Methodology," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.49, No.1, pp.1-9, 2013.
- [16] Zhao Liang, J. L. Zhang, and R. B. Liang, "Data Acquisition and Transmission System for Building Energy Consumption Monitoring," Abstract and Applied Analysis, Vol.2013, Article ID 613043, p.8, 2013.
- [17] Alahmad and A. Mahmoud, "A comparative study of three feedback devices for residential real-time energy monitoring," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.59, No.4, 2012.
- [18] Gomez and Karina, "Energino: A hardware and software solution for energy consumption monitoring," Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks (WiOpt), 2012 10th International Symposium on. IEEE, 2012.
- [19] J. Genet and C. Schubert, "Designing a metering system for small and medium-sized buildings," Technical Report SEMED310007EN, SE, 2011.
- [20] Sundramoorthy and Vasughi, "Domesticating energy-monitoring systems: Challenges and design concerns," Pervasive Computing, IEEE Vol.10.1, pp.20-27, 2011.
- [21] Sundramoorthy and Vasughi, "DEHEMS: A user-driven domestic energy monitoring system," Internet of Things (IOT), IEEE Vol.2010, pp.1-8, 2010.
- [22] Wright, Christopher, et al. "Residential Energy Performance Metrics," Energies Vol.3, No.6, pp.1194-1211, 2010.
- [23] S. S. Van Dam, C. A. Bakker, and J. D. M. Van Hal, "Home energy monitors: impact over the medium-term," Building Research & Information Vol.38, No.5, pp.458-469, 2010.
- [24] Barbato and Antimo, "Home energy saving through a user profiling system based on wireless sensors," Proceedings of the First ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings, ACM, 2009.
- [25] Doty, Steve, and Wayne C. Turner, eds. *Energy management handbook*, The Fairmont Press, Inc., 2009.
- [26] S. S. Van Dam, "Smart and usable home energy management systems," Feedback, Vol.16, No.17, 2009.

- [27] Henniecke and Peter, "Sustainable Energy Systems," Villages in the Future: Crops, Jobs, and Livelihood, Vol.129, 2001.
- [29] 송은성, 민병원, 오용선, "IT융합 에너지 절감형 조명제어시스템의 설계", 한국콘텐츠학회 종합학술대회 논문집, pp.7-8, 2013.
- [28] 김윤혁, 이상준, 이종현, 강봉수, 연상호, "Green IT를 위한 USN기반의 실시간 탄소배출 수집정보 시스템 개발", 한국콘텐츠학회 2010 춘계 종합 학술대회 논문집, pp.627-629, 2010.
- [30] 강환수, "스마트카드 기반의 전력원격검침 프레임워크", 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제7호, pp.121-129, 2009.
- [31] 강환수, 조진형, 권귀석, 이종만, 강환일, "원격검침을 위한 다기능 자바카드 설계 및 구현", 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제8호, pp.64-72, 2009.
- [32] 행정중심복합도시건설청, *세종시 탄소모니터링 시스템*, 2012.
- [33] 임윤택, 이상호, "가구 탄소모니터링 시스템에 의한 탄소배출특성 - 세종시 첫마을을 대상으로 -", 한국생태환경건축학회지, 제13권, 제6호, pp.55-65, 2013.

저 자 소 개

임 윤 택(Yountaik Leem)

정회원



- 1993년 2월 : 연세대학교 대학원 건축공학과(공학석사)
- 2002년 8월 : 연세대학교 대학원 도시공학전공(공학박사)
- 2004년 2월 ~ 현재 : 한밭대학교 도시공학과 부교수

<관심분야> : 도시계획 및 관리, GIS, U-City