



IoT 기반 지역난방 열에너지 통합 관리시스템 개발

이상학* · 윤정미*

*전자부품연구원 에너지IT융합연구센터

목 차

I. 서론	IV. IoT기반 시스템 개발 방향
II. 지역난방 집단에너지 현황	V. 결론
III. 기술개발 동향	

I. 서론

지역난방 열에너지 공급 시스템은 집단 에너지 시스템으로 현재 국내에 5,800개 기계실, 130만 가구에 공급하고 있다. 하지만 열사용자 기계실은 한국지역난방공사에서 공급하는 1차측과 이를 개별 가구에 공급하는 기계실의 2차측 시설로 구분되어 있으며, 이에 대한 기술적 고도화나 관리 측면에서 차이가 있다. 즉, 한국지역난방공사의 관리 범위인 1차측 사용시설은 최신 기술이 적용된 반면, 공동주택 기계실의 2차측 시설은 관리 및 정보 수집이 체계적으로 이루어지고 있지 않아 효율이 낮고 문제 발생시 진단에 오래 걸리는 등 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 개선하고 기계실 뿐만 아니라 개별 세대의 열사용 정보까지 획득하여 효율 개선과 기기 이상 발생 시 진단을 수행할 수 있도록 한다.

이를 위해서는 다양한 제조사 제품으로 구성되어 있는 기계실의 열교환기를 포함한 설비로부터 발생하는 정보를 표준화하여 정보를 취합할 수 있어야 하며 일부 기기들은 표준 인터페이스 형태로 새롭게 개발되어야 한다. 또한, 개별 공동주택에서 발생하는 데이터를 한국지역난방공사의 서버에 빅데이터 시스템으로 구축하여 분석과 진단을 수행할 수 있는 정보 처리 시스템을 구축한다. 본 기술 개발은 유사한 형태를 갖고

있는 유틸리티 인프라에 적용 할 수 있으며 사람에 의해 수동적으로 수행하던 유지·보수 업무 뿐만 아니라 새로운 서비스를 손쉽게 적용할 수 있는 플랫폼을 갖춰 다양한 부가 서비스를 가능하게 한다.

본 논문에서는 지금까지 이루어지고 있는 지역난방 열공급시스템에 대한 현황을 알아보고 문제점을 개선하여 새로운 서비스를 확산시킬 수 있는 기술개발을 통해 미래 모습을 살펴볼 것이다.

II. 지역난방 집단에너지 현황

지역난방시스템은 타 난방방식과 비교하여 에너지 절감 및 환경개선에 기여하는 바가 크고, 이를 위하여 국내 지역난방사업자는 지역난방 열생산설비 및 열수송설비 분야에 그간 많은 연구개발 및 개선을 통하여 설비의 효율적인 운영은 선진국 수준에 도달해 있다고 판단된다. 반면, 지역난방 열사용자 분야는 설비 운영 관리 주체가 비전문가인 사용자 관리사무소에서 관리함으로 인해, 비효율적 설비관리 및 운영으로 지역난방시스템의 전체 효율이 저감되고, 사용자 민원이 발생하고 있는 실정이다.

지역난방사업은 공동주택, 업무용, 상업용, 공공용 건물에 개별 열생산 시설을 설치하지 않고 열병합발전

* 본 연구는 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.(No. 20152010103160)

소 등 대규모 열생산 시설에서 생산된 열(중온수)을 대단위 주거 및 건물에 일괄적으로 공급하는 도시 기반 시설로 크게 열생산시설, 열수송시설, 열사용자시설로 구분한다.

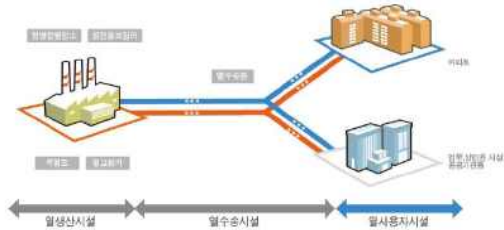


그림 1. 집단에너지 시스템 구성도 [1]

현재 열병합발전 및 열생산에 의한 지역난방은 약 5,800개(한국지역난방공사 사용자) 및 전국적으로 13,000개의 기계실에 열공급을 하고 있으며, 한국지역난방공사의 14년말 기준 사용자수는 공동주택 130만호, 업무용/공공용 빌딩 2,100개소에 열공급을 하고 있다.

<표 1> 한국지역난방공사 사용자 현황(14년말 기준)

구분	주택용	업무용	공공용	합계
사용자수	2,150	1,384	721	4,255
세대수(호)	130만	-	-	130만
동수	18,848	327	111	19,286
기계실수	3,665	1,411	753	5,829

* 전국적인 지역난방 사용 세대 : 309만호(12년말 기준)

열생산 및 열수송시설의 기술개발 및 지능화 추세와 달리 열사용 시설의 경우 공동주택 설비의 노후화, 계량의 신뢰성 저하, 관리부실 등으로 인한 난방품질 및 요금관련 민원이 끊임없이 발생하고 있는 실정이다.

최근 세대내 적산열량계 조작 등을 통한 요금부정 사례발생으로 인하여 열사용자 시설에 대한 의혹이 확산되고 있는 실정이며, 투명한 열수요관리 설비 구축 및 운영에 대한 요구가 증대되고 있다. 한국지역난방공사 열사용자 난방계량기는 공동주택에 따라 열량계 및 유량계가 세대내에 총 1,176,085개가 설치되어 있으며, 72,233세대는 미설치되어 있는 것으로 파악되고 있으며, 세대내 계량기의 관리부실로 인한 고장률이 매

년 증가되고 있는 실정이다.

열사용시설은 사용자 재산으로 운영, 유지관리는 사용자가 시행하도록 되어 있으나, 지역난방 사업자의 지원에도 불구하고 전문인력 부족, 관리체계 미흡 등으로 인해 사용자설비의 관리가 부실한 사용자가 많은 상황이다.

<표 2> 아파트 관리 인원(500세대 기준)(단위: 인)

아파트 규모	관리 소장	경리	기전	교대 근무	합계
500세대 기준	1	1	1	3	6

한국지역난방공사 공급지역 사용자 기계실 설비점검(14년 기준) 결과, 전체설비의 1.9%인 1,304개 설비에서 운영상 문제점이 있는 것으로 파악되었다. 기계실 사용자 설비중 가장 문제가 많은 설비는 PDCV(차압유량조절밸브)(문제기기의 약 14%)로, PDCV가 고장난 상태로 방치될 경우 지역난방 사업자측 열원내 DH수 순환 펌프의 동력비가 과대하게 소요되며, DH수 회수온도가 상승하게 되고, 사용자 기계실 열교환기 후단의 TCV의 잦은 고장 및 오동작을 유발하여 지역난방 사업자 및 사용자 모두가 에너지 손실 및 민원유발 등의 원인이 된다[1].

<표 3> 사용자시설 자동제어시스템 현황

	조절부		조작부	
	제어기기(3,425대)	TCV(15,036대)	제조사	점유율
공동주택	지멘스	40%	지멘스	56%
	하니웰	16%	하니웰	14%
	국제BMS	7%	사우타	8%
	사우타	6%	삼손	6%
	SATCH WELL	3%	SATCH WELL	3%
	기타	28%	기타	13%
	건물	제어기기(2,439대)	TCV(6,118대)	제조사
지멘스		56%	지멘스	57%
하니웰		13%	하니웰	14%
국제BMS		10%	사우타	8%
삼손		5%	SATCH WELL	3%
기타		16%	기타	18%

한국지역난방공사의 사용자시설 자동제어시스템 설치현황은 전체 사용자 제어기기 및 TCV(온도제어밸브)의 90% 이상이 외산제품으로 구성되어 있으며, 그중 다국적 기업인 지멘스사 점유율이 약 60%로 이에 대한 표준마련 및 제품 국산화가 시급한 상황이다.

III. 기술개발 동향

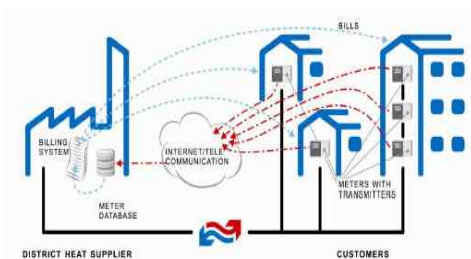
핀란드, 덴마크의 지역난방 회사들은 지역난방 사용자들과의 통신을 통한 관리시스템을 구축하여 열사용량 분석, 설비 이상, trend 분석 등의 보고서를 사용자들에게 제공하여 에너지절감 유도, 설비 보수, 예산 수립 등의 정보를 주기적으로 제공하고 있다.

핀란드의 탐페레 지역난방(주) 회사는 사용자와 인터넷 또는 전화통신망을 이용하여 사용자 시설에 대한 모니터링 및 분석을 하고 있으며, 사용자의 시간/일/월간 열사용량, 공급유량, 공급/회수온도 등을 모니터링하여 사용자시설의 문제점을 실시간 파악을 하고, 열수요에 즉시 대응이 가능한 시스템을 구축하여 운영 하고 있다[2].

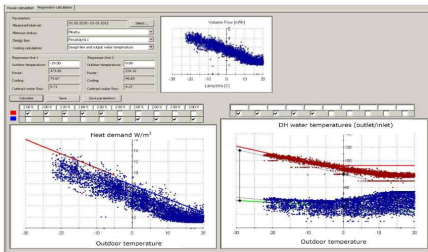
핀란드의 한 지역난방 회사에서는 지역난방 사용자에게 5년 동안의 월간/년간 열사용량, 유사 사용자의 열사용량 등의 리포터를 제공하며, 사용자는 이를 근거로 건물 개보수, 설비 이상 등의 판단을 쉽게 할 수 있도록 한다.

덴마크의 한 지역난방 회사는 사용자에게 예상 열사용량과 실제 열사용량을 비교 분석하여 보고서 제공 및 직전 3개 년도의 열사용량 및 Trend 분석 보고서를 제공하여 열사용 절감 유도 및 예산 계획에 유용한 정보를 제공하고 있다. 스웨덴 에테보리시의 지역난방 회사는 각각의 사용자 기계실을 인터넷 모뎀을 통하여 열원과 연결되며, 인터넷 연결에 따른 기계실 운전상태 모니터링, 설정값 변경, Alarm Check 및 관리자 휴대폰 문자발송, 사용량 원격검침 등을 시행하고 있다.

핀란드, 덴마크의 지역난방 회사들은 지역난방 사용자들과의 통신을 통한 관리시스템을 구축하여 열사용량 분석, 설비 이상, trend 분석 등의 보고서를 사용자들에게 제공하여 에너지절감 유도, 설비 보수, 예산 수립 등의 정보를 주기적으로 제공하고 있다.



(a) 열원과 사용자 통신망구성 통신망구성



(b) 사용자관리시스템 화면

그림 2. 핀란드 지역난방회사(탐페레) 열수요 운영시스템

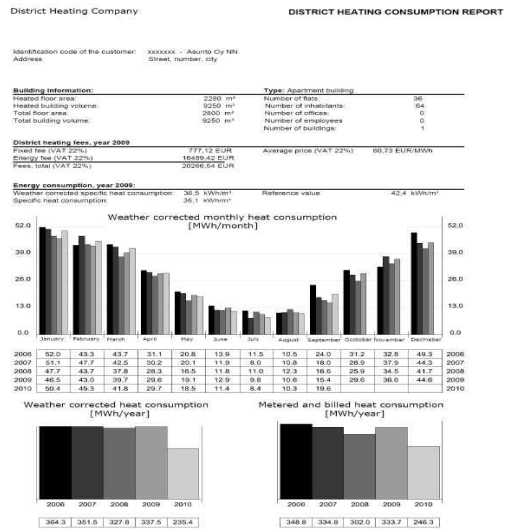


그림 3. 사용자관리시스템 보고서(핀란드)

Nest는 다양한 센서간 협업과 실내 온도에 대한 사용자의 선호도, 행동 패턴 등을 추정하고 이 정보를 기반으로 가정내 공조시스템을 제어할 수 있는 'Nest Learning Thermostat' 상용화 제품을 출시하였으며,

이는 IoT기반 에너지제어 시스템의 가장 성공적인 모델로 평가된다[3].



그림 4. Nest Learning Thermostat

경동나비엔은 콘덴싱 보일러에 IoT기술을 접목한 '나비엔 콘덴싱 스마트톡(TOK)'을 출시하고 언제 어디서나 사용자가 스마트폰을 통해 보일러 상태 모니터링은 물론 난방·온수온도 제어를 할 수 있는 기술을 개발했다[4].

인코어드테크놀로지에서는 빌딩이나 가정에서 쓰는 에너지 기기별 사용량을 실시간으로 확인해 사용패턴을 분석하고 에너지 절감에 활용하는 에너지 플래너 '겟잇(GETIT)'를 개발했다[5].

이제 에너지 분야는 단순히 에너지 사용량을 모니터링하는 융합 수준에서 벗어나 사용자에게 최적의 쾌적함을 제공하면서도 에너지 효율을 높이는 고도화 서비스로 진화하고 있고 이를 위한 디바이스 및 서비스 기술이 개발되고 있다.

IV. IoT기반 시스템 개발 방향

지역난방 열사용자시설의 효율적인 운영 및 사용자 서비스 질 개선을 위한 통합관리시스템 개발을 위해서는 사용자시설의 운영정보 취득과 사용자에게 제공하기 위한 유용한 정보의 가공이 이루어져야 한다. 현재, 한국지역난방공사(이하 한난)가 공급중인 130만 지역난방 사용자 및 5,800개소에 이르는 열사용자 기계실의 실시간 정보는 막대한 량의 데이터이며, 이러한 데이터를 가공하여 사용자시설의 에너지 이용효율 증대 및 사용자에게 유익한 정보를 제공할 수 있는 알고리즘 및 프로세스를 개발하기 위해서는 통신기술을 포함한 IoT 기술의 접목이 필수적이다. 따라서 아래와 같은 내용의 기술개발이 추진 중이다.

- 사용자 기계실내 자동제어시스템의 표준화를 포함하여 사용자 세대 원격검침 자료 등 표준 인터페이스 기반의 열사용 데이터 수집 및 분석을 위한 통합관리시스템 소프트웨어 개발
- 열사용자 기계실 및 세대의 열사용 현황 모니터링을 통하여 사용자 기계실내 설비 이상 및 고장감시, 효율진단과 개선이 가능한 알고리즘 개발, 빅데이터 플랫폼 개발, 유용한 정보의 가공 및 사용자 정보 제공 프로세스 구축
- 개발된 통합관리시스템 및 소프트웨어에 대하여 공동주택 3개 사용자, 건물 1개 사용자에게 대하여 효과 및 에너지절감량 검증을 위한 테스트베드 구축 및 실증시험 시행

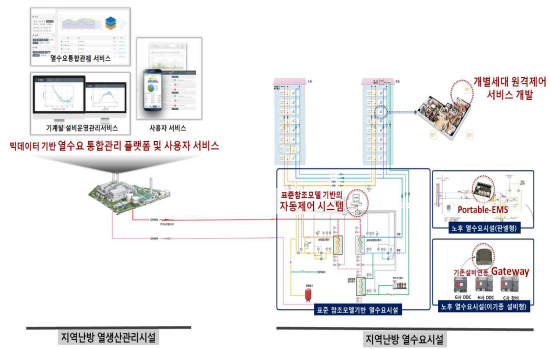


그림 5. 기술개발의 범주

현재 열수요관리 시스템은 시공 연도·제작사·제품모델별로 상이한 I/F로 구성되어 있는 것이 일반적이며, 이로 인해 개별 수용가별 통합에 어려움을 겪고 있는 실정임. 특히 에너지 효율측면이나 운전·고장관리등 유지보수 관점에서의 대처가 어렵다. 본 기술개발에서는 다양한 기술적 한계를 극복하고, 신축 및 기존 수용가를 통합할 수 있는 표준참조모델 기반의 열에너지 통합관리 시스템을 개발함으로써, 기존 에너지 효율관리 사각지대에 속하던 열 수용시설을 통합·관리할 수 있는 기반기술을 획득한다.

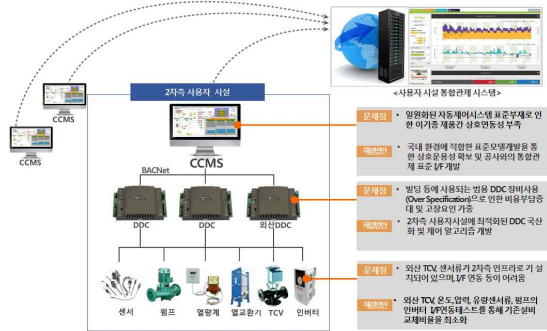


그림 6. 기존 문제점 분석 및 해결방안

특히 기존 수동운전형태의 폐쇄적 설비운영환경을 IoT기반의 개방형 설비운영 환경으로 개선하여 자동운전 및 원격제어가 가능하도록 2차측 설비인프라를 개선하고, 향후 다양한 실증사이트 대상의 수용가 운전데이터 통합을 통해 국내환경에 최적화된 지역난방 운전 및 에너지 효율향상을 위한 기반인프라를 확보한다.

또한 ISO, CEM, EVO, IEA 등 에너지효율평가 국제표준과 가이드스 기반의 열수요 효율평가 기준을 개발·표준화함으로써, 효율성 분석이 필요한 사업자에게 운영 진단 평가를 위한 기본 플랫폼과 알고리즘을 제공하게 된다.

열수요 통합관리 솔루션 시스템 소프트웨어를 위한 빅데이터 플랫폼은 대규모의 빅데이터를 신속하게 처리하고 분석할 뿐 아니라 사용성과 편의성을 높이고 다양한 응용의 유연한 개발을 지원할 수 있는 플랫폼의 개발을 진행할 예정이다. 특히 기존의 범용 컴퓨터 분산처리 환경하에서의 맵리듀스 방법과 차별화하여 인메모리 연산 기반의 병렬 처리 엔진을 적용하여 속도, 사용성 및 유연성을 향상시킬 것이다.

4.1. Portable EMS 개발

기축단지와 신축단지를 모두 아울러 정보를 습득하기 위해서는 현장에 손쉽게 설치, 운용할 수 있는 EMS 시스템을 필요로 한다. 이 개발에서는 기존단지 운전 정보 수집을 위한 IoT기반 센서 및 연동기술(열량, 유량, 온도, 압력, TCV, 펌프인버터 등)을 개발하고 이기종 설비간 데이터 통합연동을 위한 Legacy 설비 연동 Gateway (표준 참조 모델 기반 계측 데이터 변환) 개

발한다.

또한, 기존단지 대상 데이터 수집·분석·로컬제어를 위한 Portable-EMS 설비와 IoT기반의 개별 수용가 열 에너지 효율향상 지능형 플랫폼을 개발한다.

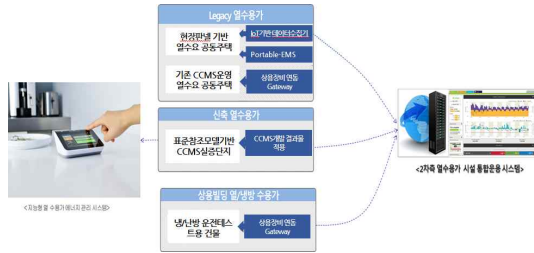


그림 7. 종류별 기술 적용 방안

4.2. 열 수용가 자동제어 시스템(CCMS) 개발

공동주택 기계실에는 다양한 제조사의 자동제어 시스템이 상존하기 때문에 이들간 정보 호환이 어렵다. 따라서 본 기술개발에서는 2차측 자동제어시스템(CCMS) 표준참조모델 개발하고 이 표준참조모델 기반의 국내 지역난방 수용가용 열사용시설 자동제어 시스템(CCMS)설비를 개발한다.

또한 각종 센서(열량, 유량, 온도, 압력, TCV, 펌프인버터 등)에 기반을 둔 열 사용량 검침 기술을 개발하고 공동주택 전용 에너지 관리 기능의 BEMS S/W를 개발한다. 그 밖에 사용자 기계실 주요설비 데이터 및 안전 분석 프로그램 개발하여 원격에서 진단을 수행할 수 있도록 한다.

4.3. 빅데이터 기반 열수요 통합관리 시스템 소프트웨어 개발

현재 개별 사이트별로 쌓이거나 혹은 일회성으로 구축되지 못하는 데이터를 한곳에서 취합하고 분석하기 위해서 빅데이터 시스템을 개발한다.

이중 데이터의 효율적 분석 및 진단을 위한 인메모리 연산 기반 빅데이터 처리 엔진 개발하고 세대 열사용량 및 단지별·동별 DB 구축을 통해 데이터 연관성 등 분석 기술을 개발한다.

또한 열수요 통합 관리 솔루션 시스템 소프트웨어를 통해 3rd Party 사업자나 열 공급 기업이 연계 개발 가능한 개방형 API 설계 및 개발한다.

마지막으로 기계실로부터 취합된 실시간 운전데이터 기반 알고리즘과 사용자 열효율 모니터링을 위한 통합 관제 운영 시스템 개발한다.

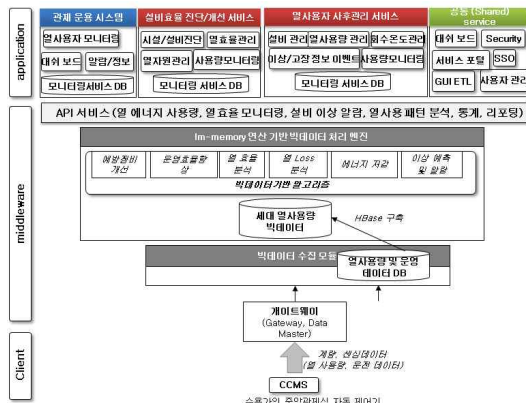


그림 8. 빅데이터 시스템 구조도

4.4. 열사용자 설비 효율진단·개선 및 열사용자 사후관리 서비스 개발

열사용자 기계실 효율 진단 소프트웨어와 효율 개선을 위한 방안 마련한다. 이 분야에서는 엑서지 분석 기법을 활용한 열사용자 시설 진단용 소프트웨어를 개발하고 열사용자시설 진단 가이드라인 및 효율개선 방안 마련한다.

열사용자 사후관리 및 서비스시스템 개발에서는 빅데이터 기반 2차측 기계실 주요 설비 고장 진단 및 이상 예측 알고리즘을 개발하고 2차측 기계실 설비 고장 및 이상 정보를 단지 내 서버로 제공하기 위한 FeedBack 서비스를 개발한다.

또한 공동주택 세대별 열사용량 이상(과대·과소) 및 회수온도 이상 세대 분석 알고리즘 개발 및 세대주 스마트폰 통보를 위한 모바일 앱 및 정보제공 서비스 개발 및 개선을 수행한다.

4.5. 기존단지 개별수용가 대상 열수요 통합관리 실증 및 효율진단

본 기술개발에서는 개발된 요소기술을 현장에 적용하여 실증을 수행하여 제품으로써 검증 및 사업화를 추진한다.

지역난방 사용자(공동주택, 업무용/상업용/공공용) 자동제어설비 수준별로 구분하여 테스트베드 구축(4개 사용자 이상)을 통한 실증시험을 시행한 후 ISO 표준 기반의 열수요관리 측정 및 절감량을 계산하여 사용자 열소비 효율 10% 이상 향상을 검증한다.

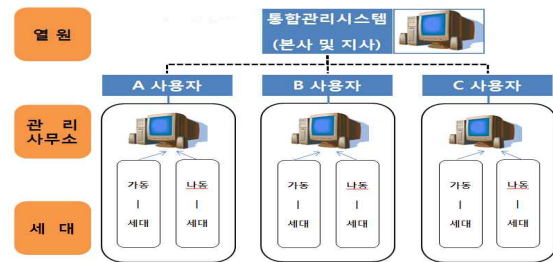


그림 9. 현장 실증 구성도

V. 결론

우리나라의 집단에너지사업의 주요 축인 지역난방 시스템은 경제성 있는 효율적 열에너지 공급시스템으로 국민 편익과 안전에 많은 기여를 해 왔다. 하지만 최근 들어 설비 노후화에 따라 요금 불공정 등 문제점들이 발생하고 있다. IoT는 다양한 종류의 기기와 서비스들이 혼재되어 있는 유틸리티 산업에 매우 적합하다 할 수 있다. 다양한 기기들에서 발생하는 이종 데이터의 규격을 일치하고 기존 대비 저가격에 통신 및 정보처리 기술을 적용할 수 있다. 또한 지역난방 시스템에서처럼 개별 사이트의 데이터를 수집하여 대규모 빅데이터 시스템을 구축하여 유용하게 활용될 수 있다.

현재까지의 자동제어시스템은 유지보수에 맞춰져 있었으나 빅데이터가 구축되면 사이트별 효율을 진단하여 과공급되고 있거나 에너지 낭비가 있는 부분을 찾아 개선할 수 있다. 이는 설비의 이상 유무와 원인을 분석할 수 있는 근거 데이터로 사용 가능하다.

본 기술개발은 IoT가 유틸리티 산업에 적용된 국내 첫 사례로 향후 다양한 유사 산업에 적용되어 보다 세밀한 데이터를 기반으로 다양한 서비스를 확대할 수 있는 인프라 기술이다.

참고문헌

- [1] 지역난방 열사용시설 핸드북, 한국지역난방공사, 2013.
- [2] www.eurogas.com
- [3] <https://nest.com>
- [4] <http://www.kdnavi.co.kr/>
- [5] <http://www.encoredtech.com/>



이상학(SangHak Lee)

2005년: 경희대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
2000년~현재: 전자부품연구원(수석연구원)
2005년~2006년: Stanford University(Visiting Researcher)
※관심분야: 사물인터넷, 에너지 효율향상, 수요관리



윤정미(JungMee Yun)

2006년: 성균관대학교 컴퓨터공학과(박사수료)
2000년~현재: 전자부품연구원(책임연구원)
※관심분야: 사물인터넷, 에너지 효율향상, 수요관리