



IoT 기반 가스 원격검침(AMI) 플랫폼과 서비스의 실증 연구

이승우·이상신·송민환·[†]권영민

전자부품연구원

(2020년 2월 4일 접수, 2020년 5월 26일 수정, 2020년 5월 27일 채택)

An Empirical Research on the IoT Basis Gas AMI Platform and Smart Metering Services

Seungwoo Lee · Sangshin Lee · Min-hwan Song · [†]Youngmin Kwon

Dept. of Autonomous IoT Research Center, Korea Electronics Technology Institute,
Seongnam-si, Gyeonggi-do, 13509, Korea

(Received February 4, 2020; Revised May 26, 2020; Accepted May 27, 2020)

요약

이 논문은 가스 산업 현장에서 사용하기 위한 스마트 가스미터링(AMI)의 아키텍처와 서비스의 개발에 관한 내용을 기술하고 있다. 일반적인 가스 AMI 시스템은 스마트 가스 계량기, IoT 네트워크, AMI 플랫폼, 보안 및 운영관리 시스템으로 구성되어 있다. 제안된 가스 AMI 플랫폼은 스마트 미터링 장치와 AMI 서비스 간의 양방향 통신을 지원하고, 여러 타사의 가스미터와 이종 IoT 네트워크와의 상호 운용을 위한 oneM2M 기반의 표준이 적용된다. 제안된 플랫폼을 적용한 AMI 시스템의 실증을 위하여 약 2,900대의 스마트 가스미터를 실제 환경에 설치하고, 1년 동안 가스 AMI 시스템을 가동시켰다. 약 94%의 가스미터가 정상적으로 동작하고, 원격검침 서비스가 어떤 에러나 고장 없이 안정적으로 운용되었음을 확인하였다.

Abstract - This paper describes the development of a smart advanced metering infrastructure(AMI) architecture and services for using smart metering in gas industry. A general gas AMI system is composed of a smart gas meter, IoT network, the AMI platform, and an operation management system with security functions. The proposed gas AMI platform supports two-way communication between smart metering devices and AMI services and is applied by oneM2M standard to support interoperability between various types of metering devices and heterogeneous IoT networks. To demonstrating AMI system with the proposed platform, we installed about 2,900 smart gas meters in real environments and operated AMI systems for one year. We verified that about 94% of gas meters are normally worked and AMI services are stably operated without error or malfunction.

Key words : gas AMI, oneM2M, AMI platform, metering service, smart meter

1. 서론

국내 도시가스는 2016년 기준 보급률 82%, 전국 1,700만호가 넘는 가구에 공급이 되는 국민 에너지로 성장한 반면, 국내 계량기는 대다수(88%)는 여전히

통신 및 안전 기능이 없는 기계식 계량기를 사용하고 있다[1-3]. 이로 인해 검침, 안전, 요금 등과 관련된 민원이 빈발하고, 계량정보에 대한 신뢰성 저하문제와 건물에 높은 외벽이나, 담벼락 사이, 등 방문이 용의하지 않아 검침원의 근무환경 개선이 필요한 난검침 문제가 여전히 존재한다. 또한, 방문검침으로 인한 사생활 침해와 사칭 범죄 등 여러 사회적 문제가 발생하고 있다. 이에 산업통상자원부는 2015년 가스미터에 관

[†]Corresponding author: ymkwon@keti.re.kr

Copyright © 2020 by The Korean Institute of Gas

Table 1. Comparison of LPWA network characteristics

	SigFox	LoRa	NB-IoT	LTE-M
주파수 대역	비면허(920MHz)	비면허(920MHz-국내)	면허	면허
주파수 비용	없음	없음	면허주파수 구매	면허주파수 구매
변조 방식	D-BPSK	CSS	QPSK	QPSK
독립망 여부	독립망	독립망(장애독립)	LTE상용망	LTE상용망
표준화 단체	ETSI	LoRa Alliance	3GPP Rel.13	3GPP Rel. 8,12
셀 커버리지	~15km	~10km	~10km	< 10km
Data Rate (UL)	1k bps	~50kbps	~250kbps	1Mbps
국내 서비스 통신사	-	SKT	LGU, KT	SKT, LGU, KT

련한 실태조사를 시행하였으며, 2016년 계량 선진화 방안으로서 고성능 기기도입을 목표로 하는 ‘가스AMI (Advanced Metering Infrastructure) 보급 계획’(2016. 7. 5)을 발표 하였다.

산업부의 가스AMI 보급 계획은 에너지산업 성과확산 및 규제개혁 종합 대책의 일환으로 2022년까지 1,660만호 가스에너지 사용자를 대상으로 기계식 계량기를 무선검침기반 스마트 계량기로 교체할 하는 것을 계획하였다. 이를 통해, 방문검침의 불편을 해소하고 검침 신뢰성 확보와 안전점검 품질 개선을 통해 산업 경쟁력을 높임으로써 도시가스 선진화를 목표로 하였다. 하지만 가스AMI의 전면 보급에 앞서 무선검침의 정확도, 배터리 및 보안 등 기술적 문제로 인해 무선검침 관련 실증 기술 확보가 선결과제로 대두 되었으며, 가스AMI와 스마트가스미터의 기술 확보 후, 시범사업을 거쳐 단계적으로 전면 보급을 하는 것으로 추진하고 있다.

본 논문에서는 도시가스의 원격검침 서비스를 지원하기 위한 국내환경에 적합한 가스AMI 시스템 구축 및 이를 구성하는 요소와 플랫폼에 관한 연구를 진행하였다. 이를 위해, 해외 사례 및 표준 기술을 조사를 기반으로 국내 환경에 맞는 가스AMI 시스템의 개발 및 실증환경 구축하고 운용을 통해 가스AMI 기술을 검증하였다.

II. IoT 플랫폼 기술의 해외 현황

이 장에서는 국내 가스AMI 시스템의 구축과 관련된 IoT 통신망 및 표준 IoT 플랫폼 기술에 대해 조사하고, 해외 AMI 구축 사례에 대해서 설명한다.

2.1. LPWA 네트워크

저전력 광역 네트워크(Low Power Wide-Area Network) 기술은 통신 거리가 수 km에서 10km 이상까지 매우 넓은 커버리지를 가지며, 초당 수십에서~수백 킬로비트(kbps) 이하의 통신 속도를 제공하는 매우 낮은 전력 소모가 가진 통신망이다[4]. 특히, AMI, 가스/수도의 원격검침, 시설물 모니터링, 상태 알림과 같이 노드에서 서버로의 상향(uplink)전송 위주의 소량의 정보를 장거리로 전송할 필요가 있는 IoT 애플리케이션에 가장 적합한 네트워크이다. LTE-M, SigFox, LoRa 및 NB-IoT 등 다양한 특성을 가진 광역통신망이 서로 경쟁하며, 빠르게 성장하고 있으며, 각 광역통신망의 주요특징은 Table 1에서 비교해놓았다. 비면허 대역을 사용하는 Sigfox, LoRa의 경우 면허대역에 비해 상대적으로 저렴하고 저전력이나, 낮은 전송속도와 전송 패킷의 사이즈가 제한적이다. 국내에서는 가스미터의 원격검침으로 사용되는 LoRa 망과 NB-IoT가 주요 특성은 다음과 같다.

LoRa는 현재 LPWA 통신망 시장에서 빠른시간 내에 급부상한 비면허 대역을 사용하는 기술로, 장거리 통신 링크 작동을 위해 1GHz 미만의 대역에서 작동한다. LoRa는 Chirp Spread Spectrum(CSS)에서 파생된 자체 변조기술을 기반으로 하고 있으며[5], 저렴한 비용으로 네트워크 망을 구축할 수 있다는 장점이 있다. LoRa는 하위 물리 계층을 정의한 통신 기술이며, LoRa 물리계층을 사용하는 장치간 상호 운용성을 보장하고, 상위 계층과 프로토콜을 지원하기 위해 2015년 LoRa 얼라이언스가 설립되었다. LoRaWAN(Long Range Wide-Area Network)은 LoRa 얼라이언스에서 관리하는 라우팅 프로토콜로 게이트웨이와 엔드 노드

장치 간의 통신을 관리하기 위한 네트워크 계층 프로토콜의 역할을 지원한다. 2018년 기준으로 LoRa 얼라이언스는 100 개 이상의 국가에서 500 개가 넘는 LoRaWAN 회원들이 있으며, 국내에서는 SK 텔레콤에서 2016년 3월부터 LoRaWAN 을 사용하여 서비스 상용화를 시작하였다.

한편, 이동통신망을 기반으로 하는 NB-IoT 는 3GPP 에서 Release 13/14의 일부인 IoT 기술이다. LTE 표준에 통합되어 있는 무선 인터페이스로 LTE 망에서 수백 kbps 이하의 데이터 전송 속도와 10km 이상의 광역 서비스를 지원한다. NB-IoT 는 LTE 에서 사용되는 주파수와 동일한 라이선스 주파수 대역을 사용하며, QPSK 변조 방식을 사용한다[6]. 기존 LTE 통신에 비해 전송 속도와 기능을 단순화하여 장치 비용을 줄이고, 배터리 소비를 최소화하는 핸드 오버 및 채널 품질 모니터링을 위한 측정 기능과 이중 연결과 같은 LTE 에서 제공하는 기능을 제거하였다. NB-IoT 는 새로운 망을 구축하는 대신 기존 LTE 이동통신 네트워크를 업그레이드를 시켜서 적용이 가능하다. 이동 통신망을 활용하기 때문에 넓은 지역을 커버할 수 있는 장점이 있다. 국내에서는, LG 유플러스 및 KT 에서 서비스 중이다.

2.2. oneM2M 표준 사물인터넷 플랫폼

oneM2M 은 사물인터넷 표준화를 위해 스마트 시티, 스마트 그리드, 스마트 홈, 헬스, 스마트 카 등 다양한 어플리케이션과 서비스를 지원하는 프레임워크를 제

공하기 위해 2012년에 7월에 TTA(한국), ATIS, TIA (미국), CCSA(중국), ETSI(유럽), TDSI(인도), ARIB, TTC(일본) 세계 각국의 8개의 표준 개발 단체들을 중심으로 설립된 글로벌 파트너십 프로젝트이다[7]. 기존에는 응용 도메인에 따라 서비스의 공급자가 개별적으로 플랫폼의 기능 및 요소를 정의하였으나, 이는 응용 도메인에 종속적이고 폐쇄적인 구조를 가지며, 서로 다른 응용이나 서비스 간의 통합이 어렵고, 상호 운용성이 결여된 상태로 이루어졌었다. 이에, oneM2M 단체는 사물통신의 응용서비스에 맞는 요구사항을 정의하고, 이를 위한 아키텍처와 API 사양 등 표준화된 솔루션을 제공한다.

oneM2M 표준은 다양한 응용 서비스 도메인에서 활용이 가능하도록 공통 서비스 계층을 통해, 사물인터넷 플랫폼 위에도 동작되는 기기들 간의 메시지 교환을 통해 데이터 수집, 검색, 분석, 제어, 장치관리 등의 기능을 제공한다[8]. oneM2M 은 2019년 기준 200개 이상의 참여 파트너들과 회원들이 있으며, 2016년 7월 oneM2M 2.0, 2018년 9월에는 oneM2M 3.0(Release 3) 발표를 통해 LTE, 5G 를 포함한 이동통신 표준기술인 3GPP 및 다른 네트워크 기술과의 연동을 지원하여, 산업 및 응용서비스에서 가치를 창출할 수 있는 새로운 기능을 포함하고 있다.

2.3. 해외 가스 AMI 개발 방향

세계 여러 나라는 각국의 환경과 가스 에너지 정책에 적합한 가스미터를 적용하여 가스 AMI 시스템을

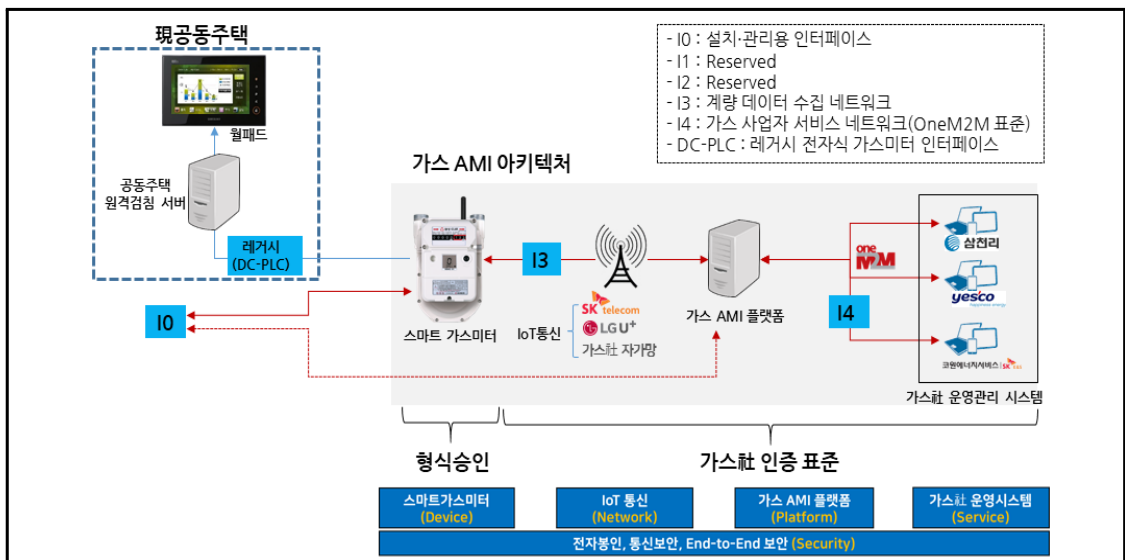


Fig. 1. Architecture of gas AMI for remote metering services.

도입하였거나 추진 중에 있다[9]. 일본은 저가형 기계식 가스미터가 아닌 초음파 전자식 가스미터를 기반으로 하였으며, 지진에 대한 안전을 초점을 맞추고 있다. 미국은 넓은 국토를 가진 환경으로 인해 검침원 방문을 기반으로 한 수기 방문에 어려움이 있어, 검침효율을 증시하여 기계식 가스미터에 무선통신을 적용하여 사용하고 있다. 유럽의 경우, 천연 가스를 에너지원으로 사용하는 영국, 이탈리아, 독일은 약 2200만 명의 가스고객이 있는 가장 큰 시장을 구성하고 있다. 영국, 네덜란드는 전기, 가스, 수도를 통합한 통합 AMI 시스템을 구축 진행 중이며, 이탈리아와 프랑스는 wM-Bus 와 GPRS 를 기반으로 하는 단독형 가스 AMI 시스템을 진행 중이다[10]. 유럽은 2020년까지 전체의 40%에 달하는 약 4900만대의 스마트가스미터 보급을 목표로 하고 추진 중이다.

III. 가스 AMI 플랫폼 및 서비스 개발

이 장에서는 국내 가스 AMI 의 전체적인 구조와 oneM2M 표준을 기반 한 시스템 구현 내용 및 구성요소에 대해 설명한다. Fig. 1은 가스 AMI 의 전체 구조도를 나타낸다.

Table 2. Specification of smart gas meter

		내용
사용유량	G 1.6	0.016m ³ /h ~ 2.5m ³ /h
	G 2.5	0.025m ³ /h ~ 4.0m ³ /h
	G 4.0	6.0m ³ /h ~ 0.04m ³ /h
최대사용압력[kPa]		10 kPa
최대지시량[m ³]		99999.999 이상
데이터 유효성[%]		99.99% 이상
원격검침	검침횟수	시간당 1회 (일 24회 검침)
	원격전송	1일 1회 이상 전송
안전 및 스마트 기능		- 가스누설감지 및 자동차단 - 차단밸브에 대한 원격제어 - 진동감지 및 차단
외부출력단자		DPLC 통신, 펄스 출력, CO감지기, 가스누설 감지기
사용온도[°C]		[-25°C ~ +55°C]
전원 및 동작		배터리, 5년이상 동작
통신방식	유선	DC-PLC
	무선	LoRa 또는 NB-IoT

3.1. 가스 AMI 통합 아키텍처

가스 AMI 시스템은 스마트 가스미터(계량기), IoT 통신, 플랫폼, 운영·관리 시스템, 보안시스템과 같이 5가지의 기술로 구성된다.

스마트가스미터: 무선 통신 기능이 탑재되어 원격 검침, 원격차단 서비스를 지원하는 가스 계량기. 이다. 스마트 가스미터는 실내 또는 실외에 설치가 되기 때문에 외부의 전원공급없이 배터리로 동작하며, 도시가스법에 따라 5년 이상의 동작연환을 보장한다. 또한 원격검침 데이터는 시간당 1회 이상 검침 및 일 1회 이상 전송을 목표로 한다. 주요 사양은 Table 2와 같다.

IoT 통신: 스마트 가스미터 계량 데이터 수집을 위한 양방향 통신이 지원한다. 국내 도시가스법의 기준으로 계량기의 교체주기가 5년이므로, 배터리 전원만으로 5년 이상 장기간 동작을 보장하기 위한 국내 환경에서의 저전력, 낮은 통신 비용과 대규모의 접속이 가능하여야 한다. 따라서, 이를 위해 LoRa 및 NB-IoT 등 LPWA 통신망을 사용한다.

가스 AMI 플랫폼: 스마트가스미터의 데이터를 수집·관리하기 위한 체계이다. 이종 통신, 플랫폼간 상호 운용성 확보를 위하여 표준 oneM2M 기반의 개방형 플랫폼으로 이를 위해 오픈 API 를 제공한다. 또한 이종 통신망과의 상호운영성 및 검침 데이터를 표준화하여 저장 및 관리한다.

운영관리 시스템: 운영관리 시스템은 도시가스사 등 가스 사업자가 운영하는 가스 AMI 관리 시스템으로, 가스 AMI 플랫폼과의 연동 기능을 지원하며, 가스미터의 설치 및 관리, 고개관리, 검침, 과금, 통계, 안전 서비스를 제공하는 시스템이다.

가스 AMI 보안: 무선기반 가스 AMI 환경에서 종단(End-to-End) 간의 송수신 메시지에 대한 데이터 암호화 기술을 사용하여 데이터의 외부 노출이나 해킹 등 위협으로부터 가스 사용량 등 개인정보 관련 데이터를 보호한다.

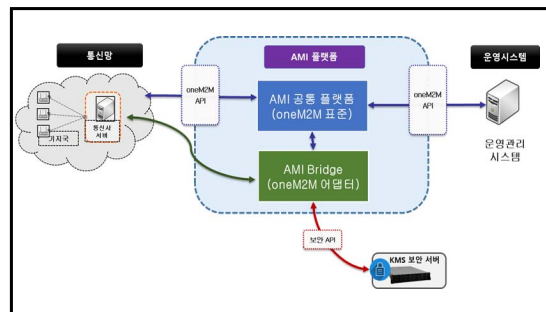


Fig. 2. A flow diagram of the gas AMI platform.

Table 3. Functional requirements for AMI security

		내용
암호화 알고리즘		AEAD AES 128bit (CCM/GCM)
보안 키 길이		32Bytes 이상
디바이스 (가스미터) 보안	보안 모듈	SIM 타입 SE(Secure Element) 모듈
	인터페이스	ISO7816, I2C, SPI 지원
	기능	- SIM카드(SE 모듈)에 Key 저장, - 암호화 복호화 수행
서버 (플랫폼) 보안	보안 장치	KMS(Key Management System) 서버 및 HMS (Hardware Security Modules) 장치
	기능	- 마스터 키(Master Key)는 물리 보안 시스템(KMS/HSM)에서 관리하며 플랫폼과 연동 - 상호인증, 암호키 관리 및 데이터 암호화/복호화 기능을 수행
	인터페이스	암호화·복호화를 위한 API 제공

바인딩 프로토콜[11] 및 HTTP 바인딩 프로토콜을 지원하며, 이는 REST (REpresentational Safe Transfer) API 구조를 따르고 있다. 또한, oneM2M 플랫폼은 발행/구독(Publish/Subscription) 기능을 제공하고 있어, 운영관리 시스템은 계량기 및 검침 데이터와 같은 관심있는 정보 자원에 대한 구독을 신청하고, 변경이나 새로운 데이터를 수신 될 때마다 통지를 받을 수 있다.

3.4. 가스AMI 보안

무선 통신을 기반으로 하는 가스 AM 환경은 데이터의 외부노출이나 해킹 등 침입이 발생할 수 있으며, 따라서 가스 사용량 등 개인정보 관련 데이터를 보호하는 보호기술이 필요하다. 이를 위해, 가스미터 및 서버 플랫폼은 보안을 위한 모듈 및 종단(End-to-End) 간의 상호 인증 및 종단 간 송수신 메시지에 대한 데이터 보안 프로토콜을 통하여, 정보를 보호한다.

Fig. 5는 가스 AMI 보안을 위해 설치된 장치 및 구성 요소를 나타낸다. 가스미터 디바이스 보안을 위한 SE(Security Element) 모듈은 SIM 카드 타입으로 착탈이 가능하다. 이는 공장에서 출고시 각 SE 에 고유한 사전키(Device Pre Master Key)가 발급되어 출고된다. 또한, 플랫폼에서는 HSM(Hardware Security Modules) 장치에 각 SE 의 고유한 디바이스 키와 매칭되는 보안키(Server Pre Master Key)가 저장되어 있으며, 플랫폼은 KMS(Key Management System) 서버와의 연동을 통해 플랫폼에 접속된 가스미터와의 상호인증 및 정보보호를 위한 데이터 암호화·복호화를

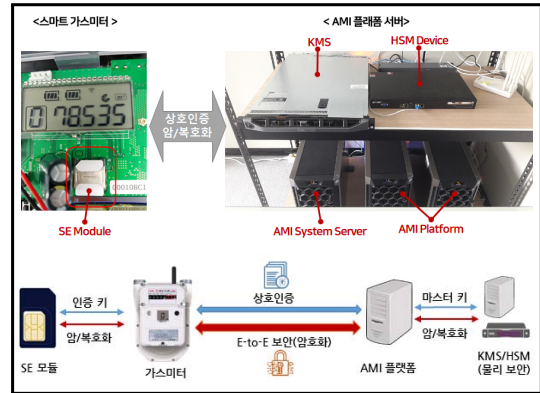


Fig. 5. Security of the gas AMI system.

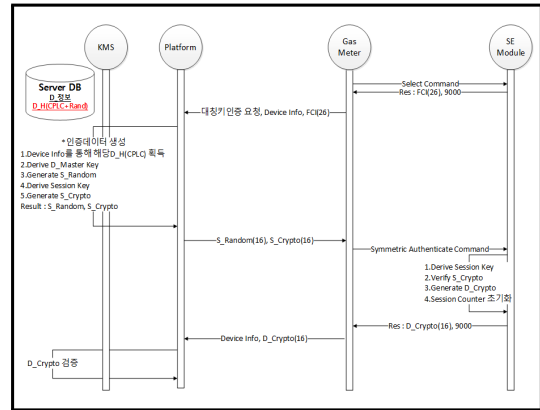


Fig. 6. Mutual authentication procedure.

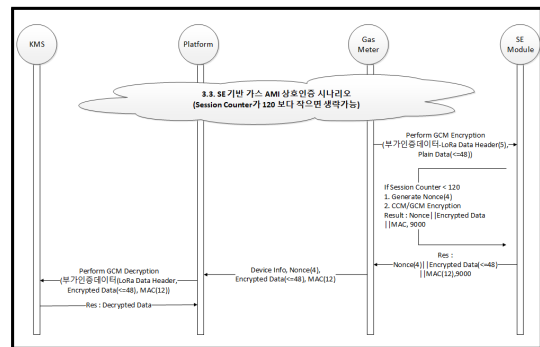


Fig. 7. End-to-end security procedure.

수행한다. 가스 AMI 보안의 기능요구사항은 Table 3에 기술되어 있으며, 상호인증 및 암호화 복호화 절차는 다음과 같다.

(1) 상호인증

상호 인증은 스마트 가스미터와 플랫폼간 각각이 가진 장치/서버 보안키(Master Key)간 인증을 통해, 유효하게 발급된 키인지 확인을 하는 과정을 의미한다. Fig. 6에서와 같이 상호간에 매칭되는 보안 키를 공유하는 것을 검증하여 상호 인증을 완료하고, 상호 인증의 결과물로 종단간 통신보안에 사용되는 세션 키를 취득하게 된다. 상호인증 절차는 가스미터가 최초로 플랫폼에 접속을 시도하는 경우에 수행되어야 하며, 세션 키는 일정 기간(120회 통신)동안 유효하며, 유효기간이 지나면 상호인증 과정을 통해서 새로운 세션 키를 발급받게 된다.



Fig. 8. Installed smart gas meter.

(2) 종단간 보안 기술

종단간 보안 기술은 스마트가스미터와 플랫폼간의 상호 인증 과정 이후 생성된 세션 키(Session Key)를 사용하여 전송하는 데이터(검침, 상태, 제어)를 AES128 기반 암호화를 하여 전송하고, 암호화 데이터를 받은 종단은 복호화 및 검증을 수행한다. Fig. 7에서와 같이 디바이스(가스미터)의 데이터의 암호화·복호화는 SE 모듈에서 수행되며, 서버(플랫폼)의 데이터의 암호화·복호화는 KMS 및 HSM 과의 통신을 통해서 수행된다. 이를 통해 데이터 기밀성과 무결성을 보장이 가능하다.



Fig. 9. Installed gateway for LoRa network.

IV. 테스트 베드 구축 및 결과

본 논문에서 제안된 가스 AMI 시스템 및 서비스의 실증을 위해 삼천리 도시가스사 테스트베드를 구축하였다. Fig. 8에서와 같이 삼천리 권역 경기도 지역에 난검침 지역, 공동주택 및 등에 약 2,900대가 넘는 규모의 가정용 스마트 가스미터의 설치하였다. 통신망은 Fig.9와 같이 도시가스사 자가망과 SKT LoRa 서비스를 사용하였다.

4.1. 가스AMI 운영 시스템 구축 및 연동

도시가스사의 가스 AMI의 운영 및 관리 및 모니터링을 위해 운영시스템을 개발하여 구축하였다. 운영시스템은 도시가스사인 삼천리의 요구사항을 수렴하여 진행되었다. 운영시스템은 Web 기반의 서비스로 개발되었으며, 가스 AMI 공통 플랫폼의 오픈 API 호출을 통한 데이터 연동 및 데이터 구독 서비스 등록을 통하여, 계량기 및 검침 정보를 자동으로 수신한다. 가스 AMI 서비스를 통해 원격검침 정보를 수신받고, 밸브 제어등 원격제어 서비스가 가능하다. 수신된 가스미터의 상태 및 검침 정보는 운영시스템의 자체 DB에 저장된다. Fig. 10은 AMI 운영 시스템의 인터페이스

Table 4. The performance evaluation results of AMI Platform

		SKT 단말기	LGU 단말기
TPS (Transactions per Second)	1	847	961
	2	845	975
	3	766	997
	4	888	955
	5	897	978
	6	890	1014
	7	924	1012
	8	921	981
	9	932	1023
	10	914	982
	평균	882	987

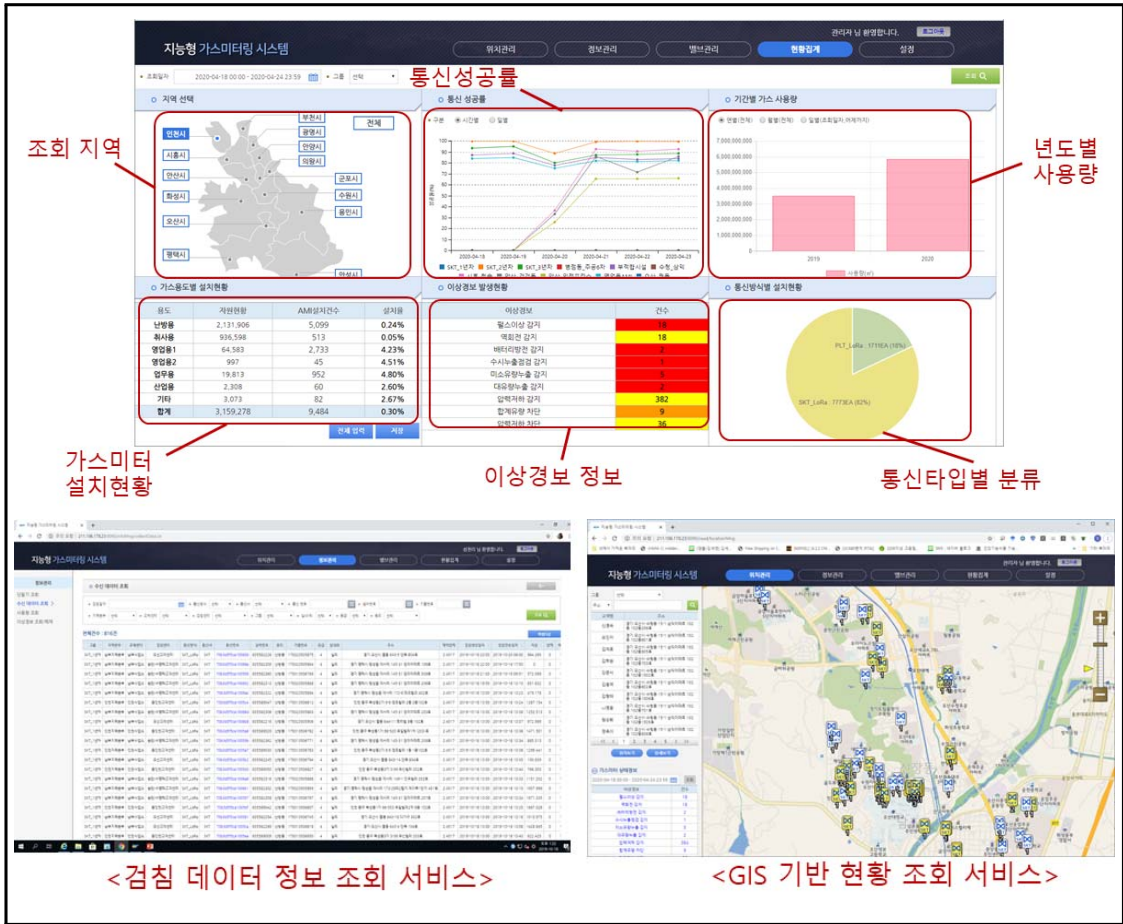


Fig. 10. Gas AMI management system.

스를 보여준다. 운영 시스템에는 설치된 가스미터의 위치기반 정보 제공을 위한 GIS 기반의 서비스 화면 설치된 가스미터의 현황 및 모니터링 정보를 제공하는 대쉬 보드에서 정보가 제공된다. 가스 AMI 정보는 날짜별, 설치 지역별, 가스미터별, 통신사별 등 다양한 검색조건으로 정보가 조회가 가능하며, 도시가스사는 AMI 시스템을 도입함으로써, 고도화된 관리를 위해 사용량 통계와 시간대별 사용량 분석 서비스를 제공받을 수 있다.

4.2. AMI 플랫폼 성능 실험결과

AMI 플랫폼이 지원가능한 가스미터의 최대규모를 측정하기 위해 검침 데이터 처리 성능 테스트를 수행하였다. 실험에 사용된 AMI 플랫폼의 하드웨어는 2대의 서버로 구성되어 있으며, 각각 듀얼 Xeon E5

Table 5. The deployment results of gas meter

		가스미터 수 (불량률)
총 설치수량		2,994
정상동작		2,823 (94.28%)
펄스 오류	과펄스	5 (0.17%)
	미펄스	0 (0%)
	소 계	5 (0.17%)
통신 오류	간헐적	132 (4.41%)
	미수신	34 (1.13%)
	소 계	166 (5.54%)

CPU와 16GB RAM의 사양을 가진다. 부하 성능 측정을 위해 Apache Jmeter 테스트 툴을 사용하여 가스미터의 검침 데이터를 2000개를 생성하여 플랫폼에 전송하였으며, 플랫폼에서 데이터를 초당 처리하는 속도를 10회 반복 측정 실험하였다. SKT LoRa 기반 가스미터 및 LGU NB-IoT 망을 사용하는 계량기 데이터의 10회 반복 데이터 처리 성능(TPS)은 Table 4에 나타나 있다. SKT 단말기의 경우 초당 평균 882회, LG 유플러스 단말기는 초당 평균 987회 전송 데이터 처리가 가능하였다. 이는 AMI 플랫폼이 초당 800대 이상의 가스미터로부터 수신되는 데이터를 동시에 처리할 수 있음을 나타낸다.

스마트 가스미터는 검침데이터를 하루 3~4회 정기적으로 전송하며, 이상 상태 발생이나 보안키 교환의 이벤트 발생으로 비정기적 메시지가 약 0~4회 일어날 수 있다. Table 4에서 AMI 플랫폼은 SKT 단말기로부터 데이터를 처리속도는 초당 882회이며, 이는 24시간 기준 7,620만개의 데이터 처리가 가능함을 알 수 있다. 1대의 가스미터가 하루에 전송하는 횟수를 최대 8회로 가정할 때, 검침 데이터 전송이 스케줄링을 통해 시간대별로 균등하게 데이터 통신이 분배된다면 AMI 플랫폼은 최대 950만대의 가스미터와 통신이 가능함을 보여주었다.

4.3. 가스 AMI 서비스 결과

가스 AMI 실증을 위해 2017년 하반기부터 난검침 및 공동주택을 대상으로 스마트가스미터를 설치하고 2018년 가스 AMI 플랫폼 및 운영관리 시스템을 연동하여 서비스를 시작하였다. Table 5와 같이 2,994대의 LoRa 모듈 기반 가스미터를 설치하였으며, 약 5.7%에서 불량이가 발생하였다. 이중 계량기 자체의 LC 센서문제로 인한 펄스 값 불량이 5대(0.17%)가 있어 정상 제품으로 교체하여 해결하였으며, 나머지 약 5.5%는 가스미터에서 통신 오류가 발생하였다. 통신 데이터의 분석 결과 1.13%는 설치가 된 이후 검침 데이터가 플랫폼 및 운영 서비스에 한번도 수신되지 않은 계량기이다. 이는 난검침 지역의 공간협소 및 장애물로 인해 통신 음영지역의 발생하였음을 보여준다. 나머지 4.41%의 경우는 가스미터가 설치된 이후 검침 데이터는 간헐적으로 데이터가 전송되고 있다. 이는 주변 상황이나 환경에 따라 검침정보의 전송이 실패가 되거나 통신 데이터의 충돌이 발생하여 안정적인 통신이 이루어지지 않을 수 있다. 검침데이터는 누적된 사용량이기 때문에 간헐적으로 수신되더라도 사용자의 월 사용요금의 과금에 있어서는 문제가 없으며, 누락된 시간대로 인해 사용 패턴 분석 등 고도화 서비스에는 어려움이 발생한다. 현재는 서비스의 초

기 단계이며, 음영지역 및 통신 불안정 문제가 발생한 지역을 통신사에게 제공하여 중계기 설치를 진행하여 통신 문제는 해결하고 있다. 다만, 비면허대역을 사용하는 LoRa 통신의 경우, 주변에 LoRa 모듈을 활용하는 다양한 장치가 있을 수 있으며, 기기간 동시 전송으로 인한 데이터 충돌 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 이는 음영지역을 모니터링하여 문제가 발생한 곳을 대상으로 이동 통신망 기반의 NB-IoT와의 혼용된 사용을 통해 통신 음영지역을 해소가 가능할 것으로 보여진다.

V. 결론

본 논문에서는 가스 AMI 시스템 도입을 위한 기술적 기반 확보 및 신뢰성 확보를 위하여 무선 검침 시스템을 위한 표준 기술연구와 실증 시험을 진행하였다. 가스미터 원격검침은 2004년부터 근거리 무선통신 기술인 Zigbee 네트워크 기술을 사용하여 무선검침 기술 도입이 시도되었다. 하지만, 근거리 통신망의 짧은 통신 거리, 협소한 대역폭으로 인한 통신 처리량의 한계 및 데이터 전송의 불안정함, 그리고 배터리의 과도한 사용 문제로 인하여 시범사업 이후 상용화 및 원격검침 기술의 본격적인 보급·확산으로 이어지지 못하였다. 본 연구에서는 가스 AMI의 기술적 기반 확보와 검증을 위해 저전력 광역 통신망을 가스미터에 적용하였으며, oneM2M 표준 기반의 AMI 플랫폼과 서비스 구축을 통한 실증적 연구를 수행하였다. 제안하는 가스 AMI 기술의 신뢰성 확보를 위하여 2,900대가 넘는 가스미터를 실제 가정에 설치하여 실증시험을 진행하였고, 데이터의 수신이 되는 간헐적 통신단말기를 포함한 약 98.7%의 가스미터에서 원격 검침 서비스가 정상적으로 실시되고 있음을 확인하였다. 향후 지속적인 서비스 운용 및 음영지역 해소를 위한 중계기 설치 및 이중 통신망(NB-IoT)의 활용을 통해 보다 안정적인 지능형가스미터링 서비스가 제공될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 가스 AMI의 기술적 기반 마련을 위한 기술 개발과 검증을 수행하였고, 확보된 기술은 방문검침으로 인한 사생활 침해, 검침 신뢰성 저하 및 난검침과 같은 사회적 문제를 해결하는 데 활용이 될 것으로 예상된다. 현재의 가스 AMI 기술은 난검침 문제 해결 및 관리의 편의성 증대를 위한 도시가스 사업자 중심의 서비스로 개발·운영되고 있으나, 소비자 편익을 제공하기 위한 서비스는 아직 부족하다. 기술의 적극적인 보급이 이루어지기 위해서는 AMI 운영 가이드라인의 도출 및 스마트 가스미터 도입에 따른 비용 절감을 위한 계량기 공급자의 자산화와 소비자 편의

제고 방안이 필요하다. 따라서 사용자 정보 제공 앱(App) 개발, 에너지 사용량 절감 유도, 계량 정확도 개선과 같은 소비자의 편의 증대를 위한 추가적 연구가 잇따를 전망이다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 에너지 기술 평가원(KETEP)의 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다. (No. 20172010105470)

REFERENCES

- [1] 국가통계포털, http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=110&tblId=DT_11001N_2013_A023
- [2] 한국도시가스협회, 연간도시가스통계, http://www.citygas.or.kr/info/stats/read.jsp?reqPageNo=1&sbranch_fk=2&no=288
- [3] 서정규, 노남진, “가스 AMI 보급 관련 사업 타당성 확보방안 연구”, *에너지경제연구원*, 21, (2017)
- [4] Park, T. J., Lee, K. S., Jeong, W. C., Choi, B. C., & Bang, H. C. “LPWA IoT network technology trends”. *Electronics and Telecommunications Trends*, 32(1), 46-53, (2017)
- [5] Chiani, M.; Elzanaty, A.. “On the LoRa Modulation for IoT: Waveform Properties and Spectral Analysis”. *IEEE Internet of Things Journal*. 6(5): 8463-8470, (2019)
- [6] Sinha, R. S., Wei, Y., & Hwang, S. H. “A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT”, *Ict Express*, 3(1), 14-21, (2017)
- [7] 김성윤, 김기영, “oneM2M 사물 인터넷 플랫폼 기술 동향”, *정보과학회지*, 32(6), 31-36, (2014)
- [8] 최성찬, 김재호, “oneM2M 중심의 사물인터넷 플랫폼 기술동향”, *Korea Information Processing Society Review*, 23(3), 10-18, (2016)
- [9] D. Jamme, “Smart Regulation for Smart metering”, *12th World Gas Conference 발표자료*, (2015)
- [10] 양인석, “유럽 스마트미터링 산업현황 및 표준화 동향”, *KATS 기술보고서*, 100, (2017)
- [11] MQTT Version 3.1.1. Edited by Andrew Banks and Rahul Gupta. 12 December 2013. OASIS Committee Specification Draft 01 / Public Review Draft 01, <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/csprd01/mqtt-v3.1.1-csprd01.html>.