CNG 충전소의 USN 적용에 관한 연구

이현석 · 이동혁 · 양재모 · 오정석^{*} · 신준호^{**} · 유진환^{***} · 박철환 · [†]고재욱

[†]광운대학교 화학공학과 · ^{*}한국가스안전공사 · ^{**}전자부품연구원 · ^{***}SK건설
(2011년 7월 11일 접수, 2011년 8월 26일 수정, 2011년 8월 26일 채택)

Study on Application of USN in CNG Station

Heon Seok Lee · Dong Heuk Lee · Jae Mo Yang · Jeong Seok Oh^{*} ·

JunHo Shin^{**} · Jin Hwan Yoo^{***} · Chulhwan Park · [†]Jae Wook Ko

[†]Department of Chemical Engineering, Kwangwoon University

^{*}Korea Gas Safety Corporation

^{**}Korea Electronics Technology Institute

^{***}SK Engineering & Construction

(Received July 11, 2011; Revised August 26, 2011; Accepted August 26, 2011)

요약

국내 대기오염의 개선을 목적으로 2006년 6월부터 천연가스 차량이 보급되었다. 천연가스 차량의 보급은 대기환경 개선에 큰 역할을 하였으며 이러한 결과에 힘입어 환경부는 2012년까지 시내버스의 약 90%를 CNG 버스로 대체할 예정이다. 하지만 CNG 버스에서 발생한 사고로 인해 시민들의 천연가스에 대한 인식이 부정적으로 변하고, 이에 따라 CNG 충전소의 보급이 어려워지고 있다. 이 논문에서는 CNG 충전소의 안전성을 향상시키기 위해 신규 센서를 설치하였다. 신규센서의 설치시 데이터 통신선등의 문제점이 발생하였다. 신규 센서 설치시 문제점을 해결하기 위한 USN 기술의 데이터 송수신사용하였고 모니터링에 대하여 기술하였다.

Abstract - For the prevention of air pollution, the CNG vehicles have been supplied since 2006. The spread of CNG vehicles has decreased the level of air pollution. Declared goals of Korean Ministry of Environment (ME) are to supply CNG city bus by 90% by 2012. CNG bus explosion has exacerbated commuters' safety concerns, it has caused the barrier to the installation of CNG station. In this study, the sensor was installed for the safety improvement of CNG station. When new sensors were installed, a problem was encountered by a line of communication. To solve the installation problem, we carried out the monitoring of data communication network by USN technology.

Key words : USN, CNG station, sensor, zigbee

1. 서론

우리나라는 대기오염 개선을 목적으로 2000년 6월부터 천연가스 자동차 보급사업을 시작하여 2009년 12월을 기준으로 CNG(Compressed Natural Gas) 버스 22870대 CNG 청소차 749대로 총 23619대의 천

연가스 차량이 보급되었다. 천연가스 버스의 원활한 운행을 위하여 필수적으로 갖추어야 하는 인프라에 해당하는 것이 CNG 충전시스템이다[1]. CNG 충전 시스템은 저압의 가스를 250 bar 정도의 고압으로 압축하여 저장용기에 일시저장을 하였다가 디스펜서를 통하여 천연가스자동차로 충전하는 설비이다. 따라서 CNG 충전소가 적절한 성능을 발휘하는 것은 지속적인 천연가스버스의 보급에 필수적인 요소

[†]교신저자:jwko@kw.ac.kr

라 할 수 있다[2].

하지만 국내에 CNG 버스가 도입된 이래로 버스 안에 장착된 압축용기 등에서 10여건의 사고가 발생하였고, 위와 같은 사고로 인해 CNG 충전소에 대한 주민들의 인식이 우호적이지 않아 CNG충전소 설치에 많은 어려움이 있다. 따라서 CNG 충전소의 안전성을 높여 CNG에 대한 주민들의 인식을 변화시킬 필요가 있다. 현재 국내 CNG와 관련해서 발생했던 사고들은 대부분 가스의 급격한 누출로써, 이 사고들은 폭발, 화재 등으로 전개되어 인명 및 재산상의 피해를 발생하였다. 이런 사고들을 토대로 충전소의 잠재위험에 대한 주요 요인은 도시가스를 최대 250 bar까지 압축할 수 있는 압축기로 판단되고 있다. 압축기에는 온도, 압력을 체크하는 센서가 설치되어 있어 실시간으로 모니터링 하지만 가스의 압축 시에 발생하는 진동으로 인한 문제점 진단에는 미흡한 점이 있다.

가스 시설에 대한 신규 센서 설치 시에는 전력, 통신상의 어려움이 있다. 미국 에너지부 소속 NETL(National Energy Technology Lab)에서는 국가 천연가스 분배시설 구조의 기능 최적화를 목적으로 가스배관 내부에 센서를 삽입하여 통신이 가능한 네트워크 센서 시스템 시현 및 개발하였다[3].

이 시스템은 2002년부터 2006년까지 펜실베이니아 피츠버그에서 실증시험이 진행되었고 시험결과로서 미국 전역에 이 네트워크 시스템을 구축하였을 때 연간 천만달러 이상의 비용이 감소될 것으로 예측되었다[4].

본 연구에서는 CNG 충전소내의 잠재위험요소인 압축기에 추가적으로 진동센서를 설치하여 안전성을 향상시키고자 하였으며, 신규센서의 설치시 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 Zigbee 기반의 센서 모니터링 플랫폼을 설계 및 설치하여 충전소 내에서 USN의 설치 가능성을 확인하였다.

II. USN(Ubiquitous Sensor Network) 적용방안 검토

상황인식 정보의 전송에는 다양한 방법이 있다. 기존에는 전력선 및 전화선 등 유선을 이용하기도 하였지만 CNG 충전소 내 방폭구조를 설치해야 하며 유선의 유지관리 비용 때문에 근래에는 무선 통신기반의 전송방식이 각광받고 있다. 다양한 통신방식들 중에서 CNG 충전소에 적용될 수 있는 통신방식은 근거리와 중/장거리 방식으로 분류된다. 근거리 통신은 RF(Radio Frequency) 통신을 비롯하여 IEEE 802.15기반의 블루투스, UWB(ultra-wideband),

Zigbee 방식이 존재한다. RF 통신은 소요전력이 10 mW이며 현재 알려진 최대 도달거리는 500 m에서 1 Km이다. Zigbee는 868 MHz, 902-928 MHz, 2.4 GHz에서 동작하는 근거리 통신으로 최고 250 Kbps의 속도로 데이터 전송을 하고 최대 255개의 주변장치를 다룰 수 있다. Zigbee의 최대 장점은 자가구성(self-configuration)이 가능한 매쉬 네트워크 구성이 가능하다는 점이다. 블루투스는 PANs(personal area networks)의 산업표준이다. 블루투스는 다양한 기기들이 안전하고 저렴한 비용으로 라디오 주파수를 이용한 상호통신이 가능하다. 대용 각도가 넓고 전송시 장애물이 있어도 문제없이 전송가능하다. UWB는 1950년대 미국 국방부가 군사적 목적으로 개발하여 오랫동안 상업적 이용이 금지되어온 방식이다. 기존 무선랜에 비해 속도와 전력 소모 등에서 현저히 우월하기 때문에 기기간의 대용량 멀티미디어 전송에 매우 유용하다. WLAN(wireless local area network)은 현재 컴퓨터와 주변 장치 간 통신 네트워크로 주로 사용되며, 중계장치(access point)를 경유하여 통신이 이루어진다. 중/장거리 방식은 Wibro, WiMax, CDMA(code division multiple access)방식이 있으며 이외에도 6LoPan 등과 같은 방법이 존재하나 현재 활성화되어 있지 않아 본 연구에서는 제외하였다. CDMA는 현재 전 세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 디지털 이동통신 기술이다. CDMA는 전국적으로 통신이 된다는 이점이 존재하나 소비전원이 크고 비용이 고가인 단점이 존재한다. Wimax는 기존 무선랜 기술보다 더욱 넓은 접속지역과 더 빠른 데이터 전송속도를 지원하는 장거리 무선통신으로 기지국 반경 약 70 Km의 넓은 지역에 100 Mbps 속도의 광대역 인터넷 접속 서비스가 제공가능하다. Wibro는 휴대인터넷을 지칭하는 단어로써 음성서비스를 고려하지 않고 고속데이터 전송에 가장 효율적인 구조를 탑재한 데이터 전송 표준기술을 의미한다. 그러나 Wibro는 도심지역을 위주로 interactive 서비스에 초점을 두었기 때문에 현재 산업 시설에 적용하기는 어렵다는 단점도 존재한다. 대중적인 RF와 CDMA를 제외한 통신방식은 Table 1과 같다.

USN을 가스관련 시설/기기에 도입하기 위해서는 전력 소모, 소형화 및 저가화, 기존기술과의 연계, 현장적용 설치기술 개발, 하부 표준화 등이 필수적으로 고려되어야 한다. 가스시설에는 전원이 공급되지 않는 지역이 존재하기 때문에 전력을 최소화할 수 있도록 설계되어야 한다. 이러한 특성을 만족하기 위해서 센서의 소형화가 요구된다. 이는 신규 설치시 공간의 협소성과 전력 등을 위하여 PCB(Process Control Block) 제작 같은 모듈화 보다는 SoC(Sys-

Table 1. Method of wireless communication

	WLAN		WPAN			Broadband Wireless	
타입	Wi-Fi	WLAN 11g	BlueTooth	ZigBee	UWB	WiBro	WiMax
표준(IEEE)	802.11b	802.11g	802.15.1	802.15.4	802.15.3a/4a	802.16/20	802.16
주파수대역	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	868 M/915 M/2.4 GHz	3.1~10.6 GHz	2.3 GHz	10~66 GHz
전송속도	11 Mbps	54 Mbps	1 Mbps	250 Kbps	500 Mbps	50 Mbps	32/134 Mbps
접속(변조)방식	CCK	OFDM /DSSS	Freq. Hopping	CSMA-CA	MB-OFDM 등	OFDM	OFDM/x-QAM
응용분야	무선백본	무선백본	무선 헤드셋	무선 컨트롤, 모니터링	고속통신	이동중 고속인터넷	
특징	보급 무선랜	고속 무선랜	다양한 통신지원	안정적인 통신 저전력, 저비용	간섭에 강함 저전력	이동성 120 km/h 핸드오프지원	이론상 250 km/h 핸드오프미결
관련업체	KT NetSPOT		노키아, 에릭슨			KT, 인텔	인텔, 스프린트
기타	99년 9월 표준승인		2005.1 규격발표	표준미제정		가시성 확보필요	

tem on Chip)과 같은 복합 기능을 하나의 칩으로 구성하는 방안을 고려함이 바람직하다. 또한 센서 데이터의 전송을 위하여 본 연구에서는 Zigbee 기반의 통신 모듈로 설계하였다. 이는 공개 통신모듈을 사용함으로써 통신비용을 줄일 수 있으며, 이렇게 소형화된 무선기기들은 생산 비용이 많이 소요되는 것으로 보이지만 생산 비용은 더 크지만, 크기가 크고 유선 기기에 비해 기타 재료 및 유지 관리에서 월등히 비용이 낮아 결국은 비용 절감 측면에서도 약 1/3 정도 이득이 있는 것으로 알려져 있다.

III. Zigbee 기반 CNG충전소 모니터링 플랫폼 설계

가속도 센서를 통해서 취득한 진동 정보를 저장 및 처리하여 집중기로 전달하는 진동 센서 모델을 개발하였다. 가스 누출 및 3축 가속도 센서 모델과 집중기 간의 통신방식은 ZigBee를 사용하였다. 3축 가속도 센서 모델은 하드웨어적으로 ZigBee Module 부, 프로세서부, 전원부, 인터페이스부로 구성되며, 소프트웨어적 요소로는 운영 소프트웨어(Firmware)로 구성되어 있다.

3.1. 센서

기본적으로 현장 설치시 문제점을 최소화하기 위하여 MTN/1100IC를 사용하였으며 실제 센서사진을 Fig. 1에 나타내었고 센서의 사양을 Table 2에 나타내었다.

Fig. 1. Picture of axial acceleration sensor.**Table 2.** Specification of sensor

Item	Specification
표준감도	100 mV/g $\pm$ 10% Nominal at 80 Hz
주파수 응답	2 Hz to 10 kHz $\pm$ 5% (-3 dB at 0.8 Hz)
Mounted Base Resonance	18 kHz(nominal)
Isolation :Baseisolated	Base isolated
Transverse Sensitivity	Less than 5%
전기적 노이즈	0.3 mg max
전류범위	0.5 mA to 8 mA
마이크스 전압	12 Volts DC(nominal)
온도 범위	-55 to 140 $^{\circ}$ C
케이스 형태	스테인레스틸
방폭인증규격	GroupIIEExial, Baseefa02ATEX0245 GroupIIEExialICT6, BAS02ATEX1057

3.2. 플랫폼 설계 및 구현

충전소 내에 설치될 플랫폼은 가속도 센서로부터 데이터를 수집하여 집중기로 전달하며, 배터리 동작을 하기 때문에 저전력 마이크로프로세서인 Atmega128L을 사용하였다. 프로세서의 기본적인 동작을 위해 XTAL, OSC, Reset 등의 기능을 지원한다. ZigBee 통신을 위하여 ZigBee Module과의 인터페이스를 지원한다. 그리고 데이터 정보를 유지하기 위해서 2개의 외부 EEPROM(512 Kbit)을 지원한다. 또한 Table 3은 이러한 플랫폼의 모델의 사양을 나타낸다.

Fig. 2는 가속도 센서 모델의 블록다이어그램을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 가스 누출 및 3축 가속도 센서 모델은 프로세서, 외부 EEPROM, ZigBee Module, RS-232부, 전원부, 센서부 등으로 구성되어

있음을 알 수 있다.

3.3. 플랫폼 및 설치

플랫폼은 멀티 센서를 인터페이스할 수 있는 멀티 센서 인터페이스를 가지고 있으며 무선으로 데이터를 송수신할 수 있는 구조를 가지도록 설계되어 있다. 센서 인터페이스 단에 센서가 연결되면 DAQ(data acquisition) 인터페이스 단에서 데이터를 획득하게 된다. 이러한 데이터는 logger에 연결되어 무선으로 데이터를 보낼 수 있는 구조로 패키징되어 무선으로 데이터를 전송하게 된다. 실제 센서의 설치치는 압축기의 3부분에 설치되었고 로거는 진동의 영향을 주지 않는 위치에 설치되었다.

Fig. 2. Block diagram of acceleration sensor model.

Fig. 3. Platform of acceleration sensor model.

Table 3. Specification of gas leaks and triaxial acceleration sensor model

Item		Specification
General	Processor	Atmega128L
	Memory	SDRAM 4 Kbyte
		FLASH 4 Kbyte
		SRAM 32 Kbyte
	Interface	RS-232C
	ZigBee Interface	Async logic level / ZigBee Module(EM250)
	Operating Temp. / Humidity	-20 ℃ ~ +70 ℃ / 10% ~ 95%
	Storage Temp./Humidity	-40 ℃ ~ +85 ℃ / 10% ~ 95%
	Current Consumption	100 mA ~ 150 mA
	Input Power	battery D-CELL: 3.6 V
	Auxiliary Power	-
ZigBee	Weight	-
	Dimension (mm)	-
	Frequency Range	2400 ~ 2483.5 MHz
	WPAN Standard	IEEE 802.15.4 LR-WPAN
	Output Power	20 dBm
	Sensitivity	Below -100 dBm

Fig. 4. Installation of USN platform.

Fig. 5. Acceleration sensor monitoring.

IV. 결 과

상술한 방식으로 설치된 센서 및 로거를 통해 실제 취득된 데이터는 실시간으로 모니터링 시스템에서 확인이 가능한 구조로 되어 있으며 정밀한 분석을 위해 사후 분석 툴을 제공하도록 되어 있다. 아래 그림은 실시간으로 데이터를 취득하는 화면이다. 3개의 가속도 센서에서 시간대 별로 진동의 값을 보내어 주는 것을 확인할 수 있다.

실제 얻어진 데이터의 분석은 시간 측면, 주파수 측면으로 이루어졌으며, Fig. 5와 같다. 가동시작 시점에서 가속도의 데이터가 증가하는 것을 시간 측 그래프에서 확인할 수 있으며 이를 주파수 측면에서 분석하였을 경우 동작 이전의 발생하지 않았던 주파수가 발생하였음을 알 수 있다. 이는 동작 시 계속 동일한 주파수에서 발생하였으며 실제 시험한 압축기에서는 약 200 Hz의 공진 주파수를 가지는 것을 확인하였다.

Fig. 6. Results of acceleration sensor monitoring time.

Fig. 7. Results of acceleration sensor monitoring frequency.

V. 결 론

CNG 충전소의 고압을 생성시키는 압축기의 안전성 향상을 위하여 기존에는 온도, 압력 센서를 설치하여 압축기의 상태를 모니터링하였다. 하지만 기존의 방법으로는 가스의 압축시에 발생하는 진동을 측정하여 설비의 고장은 확인할 수 없었다. 이 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 압축기에 가속도 센서를 설치하여 압축기의 진동을 모니터링하였으며 신규 센서 설치시 전력과 통신, 센서의 크기 등의 문제점을 해결하기 위하여 Zigbee 기반의 무선 통신 센서 플랫폼을 개발하여, 설치 운영하였다. CNG 충전소에 압축기 전과 후의 데이터를 비교하여 실제 가스의 압축 시에 200 Hz의 공진 주파수가 발생하는 것을 확인하였으며, Zigbee 방식의 무선통신 역시 원활히 진행되었음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 에너지기술혁신 프로그램으로 지원되었으며 이 논문은 “차세대에너지안전 연구단”의 연구 결과입니다.

(세부과제번호: 2010201010095C-21-1-000)

참고문헌

- [1] 이동춘, “CNG 충전소의 누출/확산에 대한 위험성 평가”, 한국안전학회 1998년도 춘계 학술논문발

- 표회 논문집, 1998, pp. 137-140 (1998)
[2] 양관석, “CNG 충전시스템 충전특성해석 프로그램 개발” 대한기계학회 2001년도 춘계학술대회 논문집, pp. 331-336 (2001)
[3] 오정석, “Ubiquitous 환경을 위한 자율적 상황정보 분석 방법론”, 한국에너지공학회 2007년도 추계 학술발표회 논문집, pp. 257-262 (2007)
[4] NETL, “Oil and Natural Gas Projects(Transmission, Distribution, and Refining)”, <http://www.netl.doe.gov>(2005)