

LPG/CNG용 센서 모듈 및 관제시스템 S/W 개발

조범석 · 김승광 · 김성태* · †김종민*

(주)씨앤에스아이, *(주)유아이티

(2017년 9월 8일 접수, 2018년 2월 2일 수정, 2018년 2월 3일 채택)

Development of Sensor Module and Control System Software for LPG/CNG Stations

Beomsek, Cho · Sungkwang Kim · Sungtae Kim* · †Jongmin Kim*

CNSI Co., Ltd, Seoul 05262, Korea

*R&D Center, UIT Inc., Seoul 06252, Korea

(Received September 8, 2017; Revised February 2, 2018; Accepted February 3, 2018)

요약

국내에 설치되어 있는 LPG 충전소는 약 2000개로 매년 26개씩 증가하고 있다. 이 중 15년 이상 된 노후화된 충전소는 약 500개로 전체의 약 25% 해당된다. 이 중 약 86%는 도시에 설치되어 있어 사고 발생 시 매우 큰 피해가 우려되고 있는 실정이다. 이에 따라, 본 논문에서는 LPG/CNG 충전소에서 가스 누출 및 화재 사고를 예방 및 대응할 수 있는 가스센서 모듈 및 관제시스템을 개발하였다. 듀얼 타입 센서 모듈은 메탄, 부탄 및 수소의 센서에 측정된 데이터를 FR433Mhz 통신을 통하여 데이터를 수집하여, 전달할 수 있는 기능을 가지고 있다. 또한, 각각의 센서는 두 개씩 부착되어 안정성 및 정확도를 높였다. 통합관제시스템의 S/W는 센서에서 측정된 장치의 실시간 데이터를 감지하고, 위험상황 발생 시 PC와 스마트폰으로 전달하여 위험 경보를 관리자가 시간과 장소에 상관없이 충전소의 상황을 확인 할 수 있도록 하였다.

Abstract - In Korea, The number of installed LPG Charging stations is about 2000, increasing by 26 every year. In these, about 500 charging stations are older above 15 year, accounting about 25% of total stations. About 86% of them are located in the city, which is causing serious damage if accident occurs. In this paper, we developed a dual gas sensor module and integrated control system software that can prevent and correspondence to gas leaks and fire accidents at LPG/CNG charging stations. The dual type sensor module has the function of collecting and transmitting the measured data to the sensors of methane, butane and hydrogen through RF433Mhz communication. In addition, each sensor is attached with two to improve stability and accuracy. The integrated control system software detects real-time data of the devices measured by the sensors and it send to the PC and smart phone of manager. Therefore, if accident occurs, the manager can check the status of the charging station regardless of time and place.

Key words : duel gas sensor module, Integrated control system software

1. 서 론

2012년 구미 산업공단 4단지에서 발생한 불산 가스누출사고로 인하여 사회적으로 큰 파장을 일으켰

으며, 산업단지 인근 지역의 대형 재해 발생 가능성과 사고대응 체계 및 유해화학물질 관리에 대한 문제점이 심각히 대두 되고 있는 실정이다. 이를 계기로 안전에 대한 관심이 크게 증가하였으나, 그에 비하여 사고예방 및 긴급조치를 위한 설비 등은 너무도 부족한 상황이다. 또한 국내 가스 및 화학물질 시설에 대한 노후화가 계속 진행되고 있어 위험성

†Corresponding author:gdhong@gassafety.ac.kr

Copyright © 2017 by The Korean Institute of Gas

은 점점 증가하고 있는 실정이다[1]

Table 1은 국내에 설치된 LPG/CNG 충전소의 수를 나타낸 것이다. 표 1에서 보는바와 같이 LPG 충전소의 경우 매년 약 26개, CNG 충전소의 경우 매년 약 21개씩 증가하는 것을 볼 수 있다.

Table 2는 LPG 충전시설의 설치년도를 나타낸 것이다. LPG 충전소 2022개의 약 25%는 설치 후 15년 이상으로 노후화가 시작된 것을 확인할 수 있으며, 이중 전체의 약 1%는 25년 이상으로 매우 노후화가 되어 있는 실정이다.

Table 3은 15년 이상 된 LPG 충전소가 설치된 지역을 나타낸 것이다. 앞에서 언급한 것과 같이 15년 이상 노후된 충전소는 전체의 약 25%인 511곳이다. 이 중 약 86%는 도심에 설치되어 있어 사고 발생 시 많은 피해가 우려되는 실정이다. 하지

Table 1. Installed LPG/CNG Charging Stations

Division	2010	2011	2012	2013	2014	SUM
LPG	1,930	1,998	2,029	2,022	2,035	26.25
CNG	379	391	412	440	463	21

Ref. KGS, 2010년 ~ 2014 Gas statistics

Table 2. Aged of LPG Charging Stations

Division	~15	15~20	20~25	25~	SUM
Statrios	1,511	478	16	17	2,022
ratio	74.7%	23.6%	0.8%	0.9%	100%

출처 : Today Energy 2015.09.23

Table 3. Located of LPG Charging Stations above 15 years

Division	City	Agriculture and forestry	Environment Conservation Area	etc	SUM
Statrios	442	65	1	3	511
ratio	86.5%	12.7%	0.2%	0.6%	100%

Ref. Today Energy 2015.09.23

만 현재 LPG 충전시설은 위험 요소 및 노후 정도와 관계없이 1년에 1회의 정기검사만 실시하고 있어서 문제점으로 지적되고 있으며, 2015년에는 경남 함안에 있는 LPG 충전소에서 화재가 발생하여 주변 아파트 주민까지 대피하는 등 큰 피해가 발생하였다.

따라서, 본 논문에서는 실제사고가 발생했을 때, LPG/CNG 충전소에서 발생할 수 있는 사고의 피해를 최소화하기 위한 실시간 모니터링하고 이를 대응하기 위한 듀얼 타입의 가스 센서 모듈 및 통합관제시스템 S/W를 개발하고자 한다.

II. 듀얼 타입 센서 모듈 및 통합관제시스템 S/W의 개요

Fig. 1은 LPG/CNG 충전소의 화재·폭발 사고 예방을 위한 방폭형 듀얼 타입 센서 모듈 및 관제시스템의 개략도이다. 그림에서 보는 바와 같이 유해성분을 측정할 수 있는 센서장치, 위험상황을 전파할 수 있는 위험 알람과 확인 장치, 사고 현황을 확인할 수 있는 모니터링 장치 및 관리기관에서 확인할 수 있는 관리기관 통합모니터링 시스템으로 구성되어 있다[2-5]. 본 시스템은 LPG/CNG 충전시설에서 가스가 누출되었을 시 이를 센서를 통해 누출상황을 파악하고, 위험알람 및 현장 모니터링 시스템으로 전달한다. 그리고 현장상황을 관리기관으로 전달하여 사고 상황에 대한 내용을 공유할 수 있도록 하는 시스템이다.

가. 듀얼 타입 센서 모듈 개요

듀얼 타입 센서 모듈은 통신 슬레이브 및 유해물질 인지 듀얼 센서 장비에서 측정된 데이터를 RF433Mhz 통신을 통하여 데이터를 수집하고, 전달할 수 있는 기능을 가지고 있는 통신마스터, 메탄, 부탄, 수소

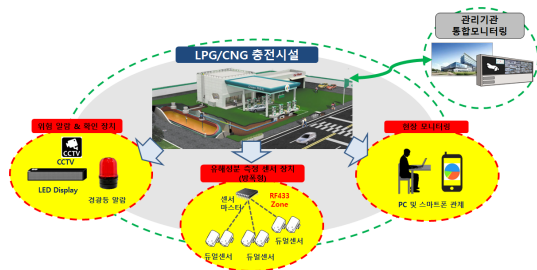


Fig. 1. Integrated control system of LPG/CNG Charging System for prevent fire and explosion accident.

의 3개 센서를 한 번에 부착하여, 측정된 데이터를 저장하고 통신 마스터에 데이터를 전달할 수 있는 통신 슬레이브로 구성되어 있다. 특히, 본 연구에서는 각각의 센서를 두 개씩 부착하여 안정성 및 정확도가 매우 높도록 설계하고자 한다.

나. 통합관제시스템 S/W 개요

통합관제 시스템 S/W는 통신 마스터와 통신을 하여 센서에서 측정 된 장치의 실시간 데이터를 감지하고, 위험상황이 발생 시 알람 시스템(PC 및 스마트폰)에 전달하여 위험정보를 전달하는 역할을 한다. 또한, LED 전광판에 센서 정보 및 환경 정보를 실시간으로 전달하는 역할을 한다.

III. 결 과

1) 통신마스터

Fig. 2는 완성된 통신 마스터, 설계도 및 ArtWork를 나타낸 것이다. Fig. 2의 (a)와 같이 통신마스터는 RF433Mhz 통신을 할 수 있는 안테나, Ethernet, Power 및 슬레이브 개수, RF on/off 및 Set/Run 모드를 설정할 수 있는 장비로 구성되어 있다. 통신 마스터에서 사용한 프로토콜은 모드버스이다. 모드 버스를 선정 한 이유는 기본적으로 산업용 통신 프로토콜로 개발되었으며, 무료로 공개되어 설치와 유지보수가 용이하고, 비트 단위 또는 워드 단위로 정보제어가 용이하기 때문이다.

Table 4. Interface Function of communication master

NO	인터페이스 기능
1	RF 433Mhz 통신 안테나 및 모듈
2	RF 433Mhz 통신 기능 On/Off
3	RF 433Mhz Slave 접속 제한 스위치 (최대 Connection : 8개)
4	Setting Mode / Running Mode 전환 스위치
5	부저 알람
6	전원 (DC 12V)
7	Relay Digital Out Port
8	Rs485통신 Port
9	Ethernet Port

통신 마스터에서 제어할 수 있는 슬레이브는 최대 8개이며, 인터페이스 기능은 Table 4와 같다.

2) 통신 슬레이브

Fig. 3은 통신 슬레이브, 설계도 및 ArtWork를 나타낸 것이다. 그림 3의 (a)와 같이 통신슬레이브는 RF433Mhz 통신을 할 수 있는 안테나, Ethernet, Power, 슬레이브 ID 설정, RF on/off 및 Set/Run 모드를 설정할 수 있는 장비 및 메탄, 부탄, 수소센서를 2개씩 장착할 수 있는 부분으로 구성되어 있다. 마찬가지로 통신 슬레이브에서는 통신 마스터와 신호를 주고 받기 위해 모드버스를 사용하였다. 또한, 통신 슬레이브에의 인터페이스 기능은 표 5와 같다.

(1) 센서 오차 보정

통신 슬레이브에서 측정 데이터의 오차를 감소시키는 수단으로서, 각각의 센서부 별로 측정 데이터를 누적하여 측정 데이터 간의 회기선을 연산하고, 측정 데이터가 회기선을 기준으로 설정된 회기 오차를 허용범위에 포함되면 측정 데이터를 유효 데이터로 판별한다. 이때, 회기 오차를 허용범위에 미포함 되면 회기선을 참조하여 측정 데이터를 예측 데이터로 보정하거나 노이즈 데이터로 처리한다.

Table 5. Interface Function of communication slave

NO	인터페이스 기능
1	RF 433Mhz 통신 안테나 및 모듈
2	RF 433Mhz 통신 기능 On/Off
3	RF 433Mhz Slave ID Number 설정
4	Setting Mode/Running Mode 전환 스위치
5	부저 알람
6	전원 (DC 12V)
7	Relay Digital Out Port
8	RS485통신 Port
9	Ethernet Port
10	메탄 듀얼 센서
11	부탄 듀얼 센서

오차 보정은 회기선을 연산하기 위하여 최소 10 개 이상의 측정 데이터를 누적할 수 있고, 누적된 측정 데이터 간의 제곱합을 연산하여 제곱합을 최소로 하는 회기선을 연산할 수 있다. 또한 오차 보

정 수단은 측정 데이터가 회기선을 기준으로 3% 이내로 오차를 허용범위에 포함되면 측정 데이터를 유효 데이터로 판별할 수 있다.

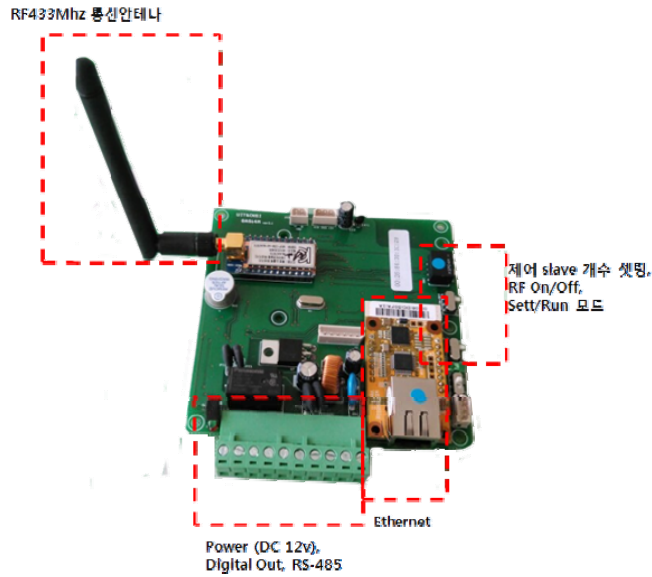


Fig. 2. Materials of communication master.

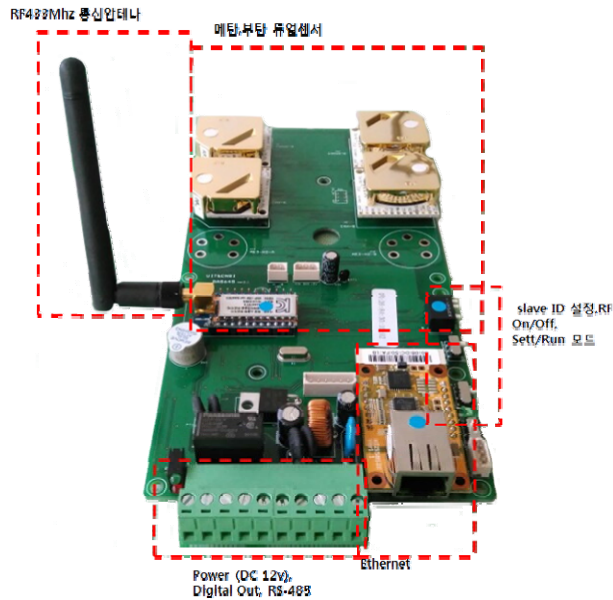


Fig. 3. Materials of communication of communication slave.

(2) 선형회귀분석(단순인용 참고문헌심사위원 1참고)

회귀 모델은 $y=f(x) + \varepsilon$ 이라는 형태로 표현되지만 그 중에서도 종속변수를 독립변수와 오차항의 선형결합으로서 나타낼 수 있는 것을 선형 회귀모델이라고 한다. 선형회귀분석은 경제학을 중심으로 사회과학에서 가장 많이 이용되는 통계 방법의 하나이다. 여기에서는 가장 기본적인 고전적 정규 선형회귀분석에 대해서 해설한다. 독립변수를 x , 종속변수를 y 라고 하면 그 관계는 수식(1)로 나타낼 수 있다.

$$y=a+\beta x \tag{1}$$

이하의 설명은 설명변수가 하나인 경우를 전제로 하여 이루어지지만 여기에서의 견해는 설명변수가 p 개인 경우에도 일반화 가능하다. y 와 x 를 그래프로 그리면 a 는 y 축상의 절편, β 는 직선의 기울기를 나타내게 된다. 해석으로서는 x 의 1단위의 증가에 대해 다른 조건이 일정하면 y 가 β 만큼 증가하는 것을 의미한다. 여기에서 우리들이 a 와 β 의 '참값'을 알고 있다면 문제는 없다. 그러나 실제의 연구에서는 모집단에서의 a 와 β 의 값을 추정할 필요가 있다. 또한 현실의 세계에서는 이론상으로 가정된 것과 달리 다양한 우연이 이 y 와 x 간의 관계에 개입한다. 여기에서 y 의 값이 x 의 값뿐만 아니라 우연하게 좌우되는 것을 모델에 도입하면 수식(2)가 된다.

$$y=a + \beta x+ \varepsilon \tag{2}$$

마지막으로 더해진 ε 을 오차항이라고 하며 이론적으로 도출된 $a + \beta x$ 는 설명할 수 없는 우연에 의한 y 의 변동을 나타낸다. 그런데 실제의 데이터가 구체적으로 다음과 같이 주어진 경우

$$(x_1\cdots, x_i\cdots, x_n)(y_1\cdots, y_i\cdots, y_n)$$

이 데이터에서 a 와 β 의 '참값'을 추정하게 된다. 그때 일반적으로는 오차항 ε 에 대해 다음과 같은 가정을 한다.

가. ε 은 정규분포에 따른다. 특정의 값 x 에 대해서 여러 번 y 를 측정하여 ε 의 측정값을 많이 얻을 수 있다면 그것은 정규 분포에 가까운 형태로 분산되어 있다.

나. ε 의 기댓값은 0이다. 특정의 값 x 대해서 여러 번 y 를 측정하여 ε 의 측정값을 많이 얻을

수 있다면 그 평균은 0이 된다.

다. ε 의 분산은 x 의 값에 의해 달라지지 않는다. 바꾸어 말하면 우연의 동작방법은 x 의 값에 의해 달라지지 않는다.

라. 다른 관측 값의 ε 은 각각 독립한다. 어떤 관측 대상에 특유의 사정에 의한 우연은 다른 관측 대상에 영향을 미치지 않는다.

마. x 의 값은 ε 에, 즉 우연에 좌우되지 않는다. ε 에 좌우되는 것은 y 의 측정 값 뿐이다.

이상의 전제를 만족한 경우 최소제곱법에 의한 a 와 β 의 추정량은 최량선형불편추정량이다. 이것은 표본 관측 값의 선형결합으로 나타낼 수 있는 추정량 중에서 최소제곱 추정량보다 분산이 작은 추정량이 없다는 것을 나타내고 있다. 분산이 작은 것은 추정의 정밀도가 좋다는 것을 의미한다. 구체적인 수식은 다음과 같이 된다. a 와 β 위의 $\hat{}$ (^)은 이들과 같이 데이터에서 추정된 것이라는 것을 의미한다.

$$\hat{\beta} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$$

$$\hat{a} = \bar{y} - \hat{\beta}\bar{x}$$

여기에서 주변에 있는 데이터에서 구한 a 와 β 의 추정 값은 그것들이 '참값'이 아닌 이상 각각의 표준오차와 대조시켜 어느 정도 신뢰할 수 있는지 검토할 필요가 있다. 개별의 상수 a 나 회귀계수 β 의 추정 값이 확실한지 검토하는 경우는 신뢰구간을 계산하거나 t 검정을 이용한다. 복수의 독립변수가 있는 경우(x 가 많이 있는 경우) 하나의 변수는 어찌 되었든 독립변수가 세트로서 종속변수에 영향을 미치고 있는지 검토하는 경우는 F 검정을 이용한다.

3) PC 통합관제 S/W 개발

Fig. 4는 PC 관제 S/W 화면을 나타낸 것이다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 는 관제 장소 및 가스센서의 위치를 확인할 수 있는 지도, 가스 누출농도를 확인할 수 있는 농도게이지, 누출 위치를 확인할 수 있는 CCTV 화면으로 구성되어 있다. PC 과제 S/W는 가스 누출 시 실시간으로 가스 농도를 확인하며, 위험상황에는 알람을 발생시키고, 주위에 위험경보를 전달하는 역할을 한다. LED 전광판에 센서정보 및 환경정보를 실시간 노출하여 정보를 공유하며, CCTV를 통해 누출 위치의 현장 상태를 확인할 수 있다.

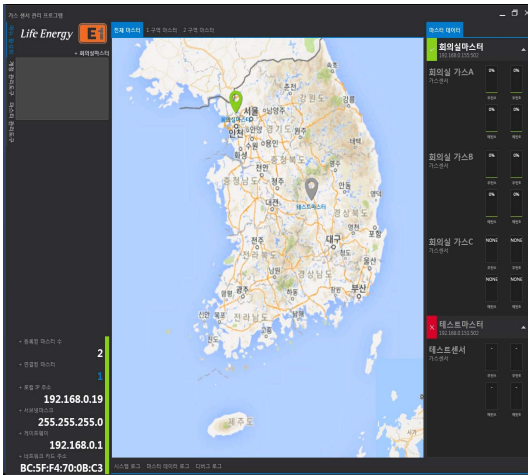


Fig. 4. PC control software screen.

Table 6. Main Function of PC control software

NO	메인기능
1	유해물질 센서 데이터 수신
2	Modbus TCP
3	Multi 통신 마스터 Connection
4	GIS 정보 기반 위치 노출
5	유해물질 센서 설치지역 CCTV 영상
6	편리한 User Interface
7	통신 및 마스터 네트워크 정보 셋팅

Table 6은 PC 통합관제 S/W의 메인기능을 나타낸 것이다.

4) 스마트폰 Application 개발

Fig. 5는 스마트폰 Application의 화면을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 로그, 각각의 센서의 농도, 서버 접속 및 현장을 확인할 수 있는 영상보기의 기능이 있다. PC 관제 S/W와 마찬가지로 통신 마스터와 통신 슬레이브의 실시간 데이터를 감지하며, 관제 담당자가 이동시에도 스마트폰으로 확인이 가능하도록 Application을 별도로 개발하였다.

Table 7은 스마트폰 Application 메인기능을 나타낸 것이다.



Fig. 5. Smart Phone Application.

Table 7. Main Function of Smart Phone Application

NO	메인기능
1	유해물질 센서 데이터 수신
2	Modbus TCP
3	Multi 통신 마스터 Connection
4	유해물질 센서 설치지역 CCTV 영상
5	편리한 User Interface
6	통신 및 마스터 네트워크 정보 셋팅

IV. 결론

LPG/CNG 충전시설에서 가스가 누출되었을 시 이를 센서를 통해 누출상황을 파악하고, 위험알람 및 현장 모니터링 하여 사고 예방 및 대응을 위해 LPG/CNG용 센서 모듈 및 통합관제시스템 S/W 개발한 결과는 다음과 같다.

- 1) 통신 마스터와 통신 슬레이브를 개발하였으며, 통신 마스터에서 제어할 수 있는 통신 슬레이브의 최대 8개까지 제어할 수 있다.
- 2) 통신 슬레이브에 장착되어 있는 센서는 각각 2개를 장착하여 데이터를 획득하고, 이를 데이터를 활용하여 오차율을 최소화 하여 최종 데이터 값을 계산한다.
- 3) 유무선의 다양한 인터페이스(RS485, RF433Mhz 무선통신, 이더넷)를 지원하여 가스 측정이 필요한 장소에 유연하게 적용하여 계측 장비의 새로운 모델이 가능하게 하였다.
- 4) 스마트폰 Application을 별도로 개발하여 관리자가 시간과 장소에 구애 받지 않고 관리가 필요한 감시지역의 상태를 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청의 중소기업융복합기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [S2393965 , LPG/

CNG 충전소의 화재·폭발 사고 예방을 위한 방폭형 듀얼 타입 센서 모듈 및 관제시스템 개발].

REFERENCES

- [1] Cho, J., Kim, H., Kim, T., and Shin, D., "Optimal Sensor Placement for Rapid Detecting in Chemical Leak Accident", *KIGAS*, 20(2), 66-71, (2016)
- [2] Han, K., Park, S., and Yoon, E. S., "A Study on the Monitoring Criteria of Disaster Signs for Early-warning System based on Multiple Hazardous Gas Sensor", *KIGAS*, 17(2), 28-35, (2013)
- [3] Lee, K., Lee, B. W., Choi, D., Kim, T., and Shin, D., "A Study on Fault Detection Monitoring and Diagnosis System of CNG Stations based on Principal Component Analysis(PCA)", *KIGAS*, 18(3), 53-59, (2014)
- [4] Yang, J. M., Kim, B. S., Yong, J. W., Ko, B. S., Lee, D. H., and Ko, J. W., "A Study on Safety and Operational Management System for CNG Filling Stations", *KIGAS*, 15(6), 8-13, (2011)
- [5] 이슈퀘스트, "지능형 영상감시시스템(CCTV)과 융합보안, 안전관련 기술, 시장실태와 전망, 2016
- [6] IRS Global, "2014 사물인터넷(IoT, M2M) 개발 동향과 시장전망 및 응용분야별 참여업체 사업 전략, 2014