

국내 LNG/LPG 종합관리시스템 개발

차성익*, 백기인*, 박달영**, 조영아**, 민남기***
 *(주)아크로센서, **한국가스공사, ***고려대학교

Development of Total LNG/LPG Management System for Domestic Use

Sung Ik Cha*, Gi Inn Baek*, Dal Young Park*, Young Ah Jo*, Nam Ki Min***
 *ACROSENS Co., LTD., **KOGAS, ***Korea University

Abstract - 국내 LNG/LPG 누출을 관리할 수 있는 유무선 복합 종합관리시스템을 개발하였다. 이 시스템은 무선가스누출 탐지 및 제어부, 유선가스누출 탐지 및 제어부, 종합관리 시스템부로 구성되며, 특징으로는 무선가스누출 제어부 : 통신속도 1200bps, 유선가스누출 제어부 : 내부통신속도 9600 bps, IEEE 802 양방향 통신 방식, 최대전송속도 25 Mbps, 군 관리기능 (server to server), 자체진단기능 등이다. 본 시스템을 가스공사 연구개발원 내에 운영되고 있는 CNG 및 LCNG 충전에 설치 운영하여 성능시험을 거친 결과, 현재까지 기존의 외국제품과 동등한 성능을 보이고 있으며 단가면에서도 2/3정도로 경쟁력을 가지고 있다. 보다 장기적인 현장적용 시험을 통해 성능 및 장기안정성 등이 확립되면 국내시장뿐만 아니라 수출을 통한 국제시장 점유도 기대할 수 있을 것이다.

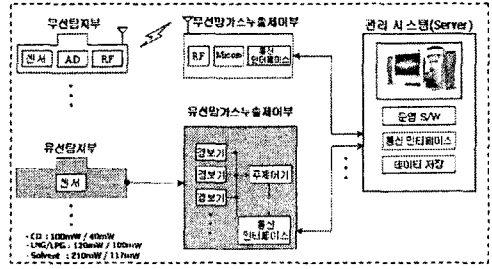


그림 1 LNG/LPG 누출 종합관리 시스템의 구성도

1. 서 론

산업화와 더불어 청정연료인 가스의 사용은 급증하고 있는 추세이다. 그러나 이와 더불어 가스 누출로 인한 안전사고도 함께 증가하고 있다. 더욱이 가스의 누출로 인하여 발생하는 안전사고는 기존의 액체연료에 의한 사고와 비교할 때 일반적으로 대형화라는 문제점을 안고 있다. 즉, 가스의 누출로 인한 질식 또는 폭발 등의 사고는 인명상이나 재산상에 있어서 매우 큰 손실을 가져 오는 것이 일반적인 사고사태의 형태이다.

국내의 경우, '94년 12월 아현동 가스사고 이후 국내 가스경보기 제품에 대한 신뢰도가 떨어지게 되어 세계적으로 성능을 인정받고 있는 일본제품들이 국내 산업용 경보기 시장을 잠식하고 있는 실정이다. 따라서 성능이 우수한 국내제품이 개발된다 하더라도 실제 현장에 적용되기 위해서는 가스공사 및 도시가스사 등 가스관련 업체들의 인식 전환이 필요하다. 이를 위해서는 국내 개발품의 현장적용시험을 통해 그 우수성을 확인시키는 한편 꾸준한 홍보/보급을 통하여 국내 개발제품의 보급 활성화 방안이 절실히 요구되는 시점이다.

본 연구는 LNG/LPG 사용 시 발생할 수 있는 가스 누출을 초기단계에서 감지하여 경보함으로써 가스누출로 인한 질식 및 폭발 등의 대형사고를 미연에 방지할 수 있는 가스누출관리시스템을 개발하여 그 성능을 평가하고 현장에 설치하여 시험 운전한 결과를 보고한다.

2. 종합관리 시스템의 구성

그림 1은 가스누출 종합관리시스템의 구성도이며, 유선 누출가스 탐지부 및 제어부, 무선 누출가스 탐지부 및 제어부, 종합관리 시스템으로 이루어져 있으며, 사용자 편의성과 더불어 관리 및 운영상의 편의성과 정확성을 기하였다.

2.1 유선 누출가스 탐지부 및 제어부

유선망 가스누출관리시스템은 가스누출 탐지부와 가스누출 제어부로 구성되며, 이들은 유선으로 연결된다. 탐지부는 가스누출위험이 있는 현장에 직접 설치되어 가스를 감지하는 부분이고, 제어부는 탐지부로부터 출력되는 가스농도 및 각종 상태에 관한 데이터를 수신·분석 및 저장하고, LAN에 의해 연결되는 종합관리시스템의 요청에 의하여 각각의 채널들에 대한 데이터를 전송하는 역할을 한다. 누출 탐지부의 사양은 표 1과 같으며, 특징은 (i)내압방폭구조(ExdⅡBT4 규격), (ii)저전력 반도체 가스센서를 사용, (iii)온도 보상소자의 내장으로 온도변화에 대한 데이터 변동의 최소화 등이다.

표 1 유선 누출가스 탐지부 사양

항목	항목	항목
형 태	분리형	사용온도
감지방식	확산식	-30℃~50℃
센서방식	반도체식	실의 또는 비·눈 등이 직접 닿는 장소에 설치시 사용
방 폭	ExdⅡBT4	

누출 제어부의 사양은 표 2와 같다.

표 2 유선 누출가스 제어부 사양

항목	항목
가스농도 표시범위	0~100% LEL
지시 정밀도	±5% of full scale (at 40% LEL 이하)
경보 정밀도	±2.5% at 10% LEL (1'st alarm point)
경보 응답시간	±5.0% at 30% LEL (2'nd alarm point)
경보 응답시간	20초 이내

2.2 무선 누출가스 탐지부 및 제어부

무선망 가스누출 관리시스템은 가스누출 탐지부와 이를 원격 제어하는 가스누출 제어부가 무선통신에 의하여 연결되며, 케이블 설치를 위한 시간과 비용의 차원에서

유선 탐지부가 곤란한 부분에 설치할 경우 매우 효율적이라고 할 것이며, 1개의 무선망 가스누출 제어부로 다수개의 무선망 가스누출 탐지부를 설치할 수 있으므로 매우 경제적이다. 무선망 관리 시스템은 가스를 사용하는 각종 공장, 상가, 가스기지 등에 있어서 가스누출 및 에러 등의 상태를 감시하여 종합관리시스템으로 각각의 상태를 전송하는 기능을 갖는다.

무선 가스누출 탐지부의 사양은 표 3과 같으며, 특징으로는 (i)ExdⅡBT4 규격의 내압방폭구조, (ii)정전류 혹은 정전압 전원을 통해 센서 측에 전력공급 가능, (iii)센서전원에 이상동작발생시 보호회로 동작, (iv)센서 측 전류의 over current에 대한 전원공급 중지기능, (v)센서의 보정, 영점조정, 감도 기울기 설정이 가능하고, 사용 중인 센서의 단선 및 센서전원의 개방 등이 발생한 경우 에러 메시지 전송, (vi)온도 등에 의한 영향을 최소화하기 위하여 가스농도에 관련된 회로의 저항 등은 TCR값이 적은 소자를 사용한 점이다.

표 3 무선 누출가스 탐지부 사양

항목		항목	
전송속도	1200bps	대역폭	5kHz
출력	5mW	수신감도	-95dBm
주파수	447MHz	불요방사	0.16mW
양방향통신, PACKET 통신방식(14byte), 1:N (POLLING 방식)			
가스농도 표시범위	0~100% LEL		
지시 정밀도	±5% of full scale (at 40% LEL 이하)		
경보 정밀도	±2.5% at 10% LEL (1st alarm point) ±5.0% at 30% LEL (2nd alarm point)		
경보 응답시간	20초 이내		

누출 제어부의 사양은 표 4와 같으며, 특징으로는 (i) 무선망 가스누출 탐지부를 Polling 방식에 의하여 무선 통신방식에 따라 순차적으로 호출하여 농도 등의 데이터를 수신함으로써, 1개의 무선망 가스누출 제어부로 다수개의 무선망 가스누출 탐지부를 제어 및 운용할 수 있고, (ii) 종합관리시스템과 무선망 가스누출 제어부 및 유선망 가스누출 제어부의 LAN 통신을 무선망 가스누출 제어부에서 통합 처리함으로써 시스템 결선을 단순화하여 MTBF를 개선하였다.

표 4 무선 누출가스 제어부 사양

항목		항목	
전송속도	1200bps	대역폭	8.5kHz
출력	5mW	수신감도	95dBm
주파수	447MHz	불요방사	0.16mW
IEEE 802 (양방향 통신), PACKET 통신방식 (14byte), 1:N (POLLING 방식)			
MCU 8bit one-chip(RISC STRUCTURE)			
내부 전송속도	1200bps	외부 전송속도	9600bps
LAN 통신속도	25Mbps (IEEE 802)		
Asynchronous, Polling 방식			

2.3 종합관리 시스템

종합관리시스템은 유·무선 가스누출 관리시스템을 통합 관리한다. 현재 사용되고 있는 대부분의 PC들은 원

도우 환경 하에서 운용되고 있기 때문에 개발된 가스관리 프로그램도 윈도우 기반 하에서 프로그램을 작성함으로써 일반 PC에 쉽게 설치할 수 있도록 하였다. 또한 사용자 인터페이스를 개선하기 위해 비주얼한 인터페이스를 사용하여 PC의 마우스만을 사용하여도 손쉽게 사용할 수 있도록 제작하였다. 제작된 프로그램은 LAN을 통해 들어오는 데이터를 관리할 수 있도록 하여 최종적으로는 유·무선 경보기(유·무선 가스누출관리시스템)들을 원격으로 감시하고 제어할 수 있도록 하였다. 종합관리 시스템의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- (1)한눈에 전체시스템의 상태를 판단할 수 있으며, 필요시 특정 회로만을 집중관리 할 수 있다.
- (2) 유·무선 탐지부에 대한 가스농도 상태를 그래프 또는 표에 의한 형식으로 원격 감시할 수 있다.
- (3) 건축 단면도 또는 배관망 등의 도면상에서 탐지부의 위치확인 및 해당 탐지부의 상태를 감시함으로써 경보 또는 고장 위치를 용이하게 식별할 수 있다.
- (4)관리자 외의 타인에 의한 오조작 등으로 인한 문제점을 방지하기 위한 보안 기능을 갖추고 있다.
- (5)데이터 저장기능으로 일정기간별로 데이터를 저장 및 D/B화하여 필요시 활용할 수 있도록 하였다.
- (6)분산되어 있는 유·무선 시스템을 서버를 이용한 LAN 기반에서 원격제어·관리할 수 있도록 함으로써 확장성 및 편리성을 기하였다.

3. 가스 관리 시스템의 성능 시험

국내 가스누설경보기의 형식승인 및 검정기술기준 (KOFEIS 0309)에서는 가스누설경보기의 장기성능시험은 전류를 통한 상태 및 전류를 통하지 아니한 상태에서 각각 60일간 방치하여 경보농도시험 및 잠가스시험을 통과하도록 규정하고 있다. 이 규정에 따라 경보농도시험과 잠가스시험을 실시한 결과, 액화천연가스용 시험가스인 수소와 메탄을 사용한 작동시험농도에서는 2~3초 이내에 경보를 발하였으며, 그리고 각각의 부작동 시험농도에서는 수 시간이 경과하여도 경보를 발하지 않았다. 잠가스시험은 시스템을 1시간 이상 전류를 통하게 하여 안정화시킨 후 검지부를 시험 챔버 속에 넣고 시험 가스인 에틸알콜 가스를 투입하여 그 농도가 0.1%가 되는 상태에서 시간의 경과에 따른 경보유무를 시험하였으며, 그 상태에서 5분 동안 경보를 발하지 아니하였다.

가스경보시스템의 신뢰성은 일정농도의 표준시험가스를 시간의 함수로 주입하여 가스경보시스템의 검지농도를 약 100일만에 걸쳐 측정하였다. 표준시험가스는 25% LEL인 메탄(CH₄)을 사용하였다. 그림 2는 상온 상습에서 가스경보시스템의 가스농도를 시간의 함수로 측정된 결과이다. 100일 기간동안 25% LEL 농도의 메탄 가스에 대해 가스경보시스템의 측정농도는 24~26% LEL 농도영역에 분포하며 이것은 표준시험가스농도 (25% LEL)와 거의 일치한다. 이 결과들은 시스템의 장기안정성과 신뢰성이 높음을 보여준다.

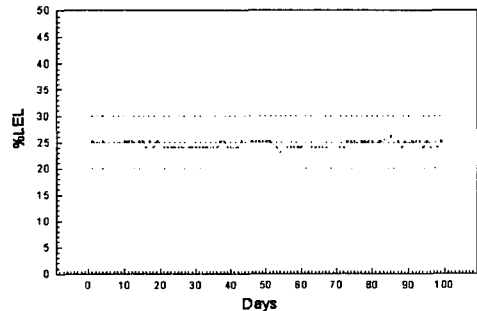


그림 2 가스경보 시스템의 장기 안정성 시험

그림 3은 가스경보시스템의 가스 선택성을 조사하기 위하여 메탄(CH₄)과 에틸알콜(C₂H₅OH) 가스농도에 따른 감도특성을 나타낸 것으로, 전형적인 반도체식 가스센서의 저항특성을 보여주고 있다. 시험가스농도영역에서 시험가스인 메탄의 감도곡선과 잠가스인 에탄올의 감도곡선은 거의 평행하며 상대적인 저항 값의 비도 비교적 크다. 또, 메탄가스농도 1,000ppm에서 센서감도는 잠가스인 에탄올 10,000ppm 농도에서의 감도와 비슷함을 알 수 있다. 이것은 가스경보시스템의 가스선택성이 양호함을 의미한다.

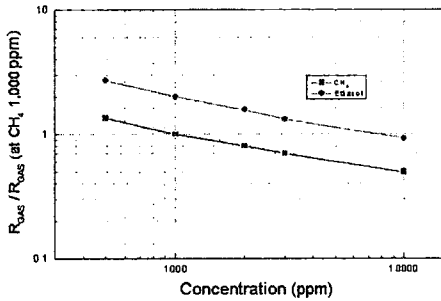


그림 3 가스경보 시스템의 선택성 시험

PC를 통한 모니터링은 map, 그래프, 차트형태 등 3가지로 모니터링이 가능하다. map 형태의 모니터링 시, 데이터를 수신할 센서번호를 설정해주면 설정된 센서번호 버튼이 활성화되며 경보발생시 가스가 누출된 센서부 번호에 경보메시지가 나타나게 된다. 차트는 엑셀 파일 형태로 일정시간마다 데이터를 수집하여 매일 오전 12:00에 0000년 00월 00일.xls 파일로 저장된다. 초기에는 1초마다 데이터를 저장하도록 설정하였는데 24시간동안 데이터를 수집하여 파일하나로 저장하게 되면 파일 분량이 지나치게 커지게 되며 또한 5개의 채널에서 1초마다 동시에 데이터를 수신 받기 때문에 PC사양에 따라 데이터 수집이 원활히 이루어지지 않는 경우가 발생하게 되어 수집시간 간격을 5초로 설정하여 운영하였다. 데이터 파일에는 가스농도와 수집시간, 그리고 경보나 고장 발생시 메시지가 나타나도록 되어 있다.

표 5는 데이터 파일의 한 예이다. 경보메시지는 1차 경보농도인 5%LEL과 2차 경보농도인 10%LEL일 경우에 표시되도록 운영되고 있으며 경보를 해제할 때까지 메시지는 계속 표시된다. 고장 메시지는 감지부와 수신부사이의 통신이 정상적으로 이루어지지 않을 때 나타나게 된다. 고장 메시지는 무선감지부의 경우에 간혹 나타나고 있다.

표 5 데이터 수집차트

4. 관리 시스템의 안정성 및 신뢰성 현장평가

본 연구를 통하여 개발된 유무선 가스센서 관리시스템의 성능 및 시스템의 안정성을 평가하기 위하여 한국 가스공사 내 CNG(Compressed Natural Gas) 및 LCNG(Liquified Compressed Natural Gas) 충전소 설비에 유선 감지부 3기와 무선 감지부 2기를 설치하여 운영하고 있다. 감지된 데이터는 센서연구실에 설치된 경보부를 통하여 수집되어 충전소 설비의 가스 누출 현황을 파악하였다. 이와 같은 현장 적용을 통하여 가스센서 관리시스템의 안정성 및 신뢰성을 판단하고 개발된 관리시스템의 개선점을 도출하였다.

그림 4는 충전소 설비 내에 설치된 가스관리 시스템이다. CNG 충전소의 저장실과 압축실에는 유선감지부와 무선감지부 각 1기씩을, LCNG 충전소에는 유선감지부 1기를 설치하였다. 유선감지부로부터의 데이터수신은 모니터링 시스템 경보부의 PC를 통해 동시에 이루어지며 무선감지부로부터의 수신은 PC를 통해서만 이루어진다. 모니터링 시스템의 지시부는 아날로그 및 디지털로 실시간 가스농도를 나타낼 수 있으며 경보설정의 가스가 누출되면 알람램프의 점등과 동시에 부저가 울림으로서 가스누출을 알 수 있다.

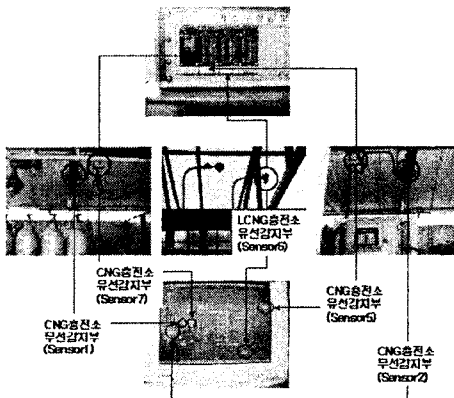


그림 4 가스센서 관리시스템 운영도

4	경보	19시45분20초	2002년09월07일
3		19시45분26초	2002년09월07일
2		19시45분31초	2002년09월07일
2		19시45분36초	2002년09월07일
3		19시45분41초	2002년09월07일
3		19시45분46초	2002년09월07일
2		19시45분52초	2002년09월07일
1		19시45분57초	2002년09월07일
1		19시46분02초	2002년09월07일
1		19시50분39초	2002년09월07일
0	고장	17시51분09초	2002년09월12일
0	고장	17시51분14초	2002년09월12일
0	고장	17시51분19초	2002년09월12일
0	고장	17시51분24초	2002년09월12일
0	고장	17시51분30초	2002년09월12일
0	고장	17시51분35초	2002년09월12일
0	고장	17시51분40초	2002년09월12일
0	고장	17시51분45초	2002년09월12일
0	고장	17시51분50초	2002년09월12일
0	고장	17시51분55초	2002년09월12일

5. 결 론

본 논문에서는 LNG/LPG 가스 누출 유무선 복합 종합관리시스템을 개발하였고, 이를 가스공사 연구개발원 내에 운영되고 있는 CNG 및 LCNG 충전소에서 설치 운영하여 성능시험을 거친 결과, 현재까지 기존의 외국제품과 동등한 성능을 보이고 있으며 단가면에서도 2/3정도로 경쟁력을 가지고 있다. 보다 장기적인 현장적용 시험을 통해 성능 및 장기안정성 등을 확립하게 되면 국내 시장 점유 뿐 아니라 수출을 통한 국제시장 점유도 기대할 수 있으리라 생각된다.

본 논문은 산업자원부에서 시행한 산업기반기술개발사업(공장 자동화 센서개발)의 기술개발결과입니다.