

레이저 가스 검지기의 정밀도 유지를 위한 실시간 모니터링 및 캘리브레이션 간소화 기법에 관한 연구

박영진, 이종호

승실대학교

hhij02@gmail.com, jongho.lee@ssu.ac.kr

A Study on Real-time Monitoring and Simplified Calibration Techniques for Maintaining Precision in Laser Gas Detector

Park Young Jin, Lee Jong Ho

Soongsil Univ.

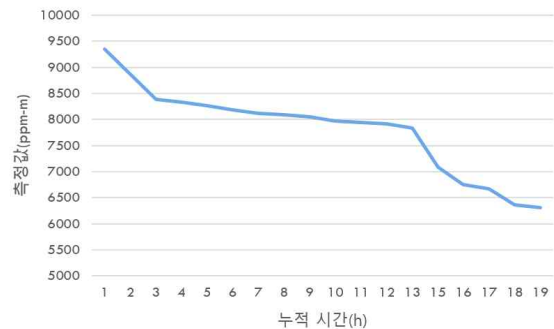
요약

산업의 발달로 인하여 가스 누출 검사 방법은 근거리에서 접근하여 검지하는 방법에서, 레이저 가스 검지기 등의 원격 검사장비를 사용하여 원거리에서 가스 누출을 검사하는 방법으로 바뀌고 있으며[1], 레이저 가스 검지기는 메테인(Methane) 가스 검지기 뿐만 아니라 암모니아(Ammonia) 가스 검지기, 뷰테인(Butane) 가스 검지기가 개발되는 등 그 사용 범위는 더욱 확대되고 있다. 최근에는 천연가스 보관 탱크 등 대형 시설의 설치식 검사 장비에도 레이저 방식의 장비가 사용되고 있으며, 여러 가스를 동시에 검지하는 검지기가 등장하는 등 레이저 가스 검지기의 시장 또한 커지고 있다. 레이저 가스 검지기의 정밀도는 온도, 전압 및 전류의 변화 등에 영향을 받기 때문에 장시간 사용시 측정값의 변화가 나타날 수 있으며, 사용 전 또는 주기적인 장비 캘리브레이션 등의 방법으로 정밀도를 유지하고 있다. 본 논문에서는 비교적 간단한 구조로 장시간 사용시에도 측정값의 정밀도가 유지될 수 있는 기법을 소개하고 검증하였다.

I. 서론

기존의 정밀도 유지 방법은 사용자가 검·교정 시기나 주기를 판단하여 검·교정을 진행하고 있다. 레이저 가스 검지기를 주로 사용하는 국내 도시가스사의 장비 사용 규정에 의하면 장비의 검·교정 주기는 1~3년으로 작업체마다 그 기간이 다를 수 있으나 계속 장비의 권장 기간에 비해 비교적 긴 편이다. 제조사에서는 사용 전 항상 정밀도 확인을 위하여 표준가스나 표준셀을 사용한 농도 측정을 한 이후에 사용하는 것을 권장하고 있으나, 사용자는 검·교정 주기 이내라면 표준 가스나 표준셀을 사용한 정밀도 확인 없이 가스 누출 검사를 일반적으로 하고 있다. 이러한 경우 검사 장비 화면에 오류 메시지가 표시되지 않는다면 사용중인 장비가 올바른 측정값을 지시하고 있는지 사용자는 알 수 없다. 적외선 가스 흡수 분광법을 원리로 하는 레이저를 사용한 가스 검사 장비의 경우는 LD 다이오드의 온도, 전압 및 전류의 변화에 민감한 특성을 가지고 있으며, 특히 장시간 연속 사용시에는 파장 변화의 가능성이 매우 높기 때문에 검사 결과의 오차도 커질 수 있다.

다음 실험을 통해 연속 사용 시간별로 시료 장비의 파장 변화와 그에 따른 측정값 변화를 확인하였다. 연속 측정을 위해 레이저 가스 검지기의 전원 공급은 파워 서플라이를 사용하였고, 사용할 표준가스 농도는 측정값의 변화가 뚜렷하게 관찰되도록 약 8 000 ppm-m을 사용하였으며, 측정값의 변화를 1시간 단위로 19시간 연속 확인하였다. 매 시간별 변화하는 가스 농도값과 그래프, 파장의 크기를 확인하기 위해 대기 중 측정점 상태에서 추가로 Peak to Peak를 측정하였다.



[그림 1] 측정 시간별 가스 농도의 변화

실험 결과 측정된 시료 장비에서 15시간 이후 10% 이상의 측정값 변화가 나타났다. 레이저 가스 검지기는 일반적으로 오차 범위가 제공되고 있지는 않지만, 일반적인 가스 검지기가 최대 10 % 정도의 오차 범위를 가지고 있다는 것을 감안할 때 레이저 가스 검지기는 장시간 사용시 그 범위를 벗어날 수 있다는 것을 확인하였다. 이러한 측정값 변화는 일반적인 휴대용 레이저 가스 검지기의 배터리 사용 시간인 5 ~ 8 시간 내에는 문제가 없다고 할 수 있지만, 휴대용이 아닌 설치식과 같은 고정된 상태로 장시간 사용하는 목적의 레이저 가스 검지기의 정밀도 유지시에는 보완이 필요할 것으로 판단된다.

이런 특성이 있는 파장 가변 분광법 기반의 레이저 가스 검사 장비는 대부분 기기 외부에서 표준가스를 밀봉한 표준셀을 사용하여 주기적인 기기 캘리브레이션(파장 일치 과정)을 하여 장비의 정밀도를 유지하며

사용하고 있고, 소수의 일부 장비는 내장된 표준셀을 사용하여 캘리브레이션 하는 기법을 사용하기도 한다. 하지만 이러한 정밀도 유지 기법은 사용 중에는 표준셀을 이용한 기준값과의 비교 및 보정을 하지 않기 때문에 장시간 사용 중 측정값의 변화가 발생할 수 있다. 특히 설치형 레이저 가스 검지기(LMS)와 같은 경우에는 사용 목적상 일정 범위를 고정식으로 장시간 사용하는 형태이기 때문에 더 큰 사용 중 측정값의 변화가 발생할 수 있다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 본 논문에서는 사용 전 캘리브레이션 하는 방식과, 사용 중 정밀도를 유지하기 위한 목적으로 독립적인 파장 유지 회로를 사용한 실시간 캘리브레이션 기법을 간단히 소개하고, 비교적 적은 비용으로 구현 가능하며 소비 전력과 구조가 간소화된 실시간 캘리브레이션 기법을 제안하고자 한다.

II. 기존 방법

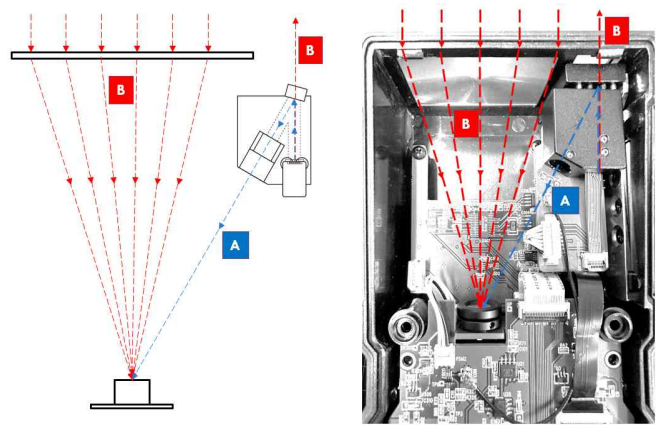
첫 번째는 캘리브레이션 후 사용 방법으로, 산업 현장에서 사용되고 있는 대부분의 레이저 가스 검지기는 외부의 표준 셀을 사용하여 주기적으로 캘리브레이션 하여 측정 정밀도를 유지하고 있고, 소수의 몇몇 레이저 가스 검지기는 내장된 캘리브레이션 모듈을 사용하여 검지기가 켜질 때 자동으로 캘리브레이션을 하고 있다[2]. 외부의 표준 셀을 사용하는 방법은 캘리브레이션을 위한 회로가 존재하지 않고, 내장된 교정 모듈을 사용하는 레이저 가스 검지기라도 그 캘리브레이션 회로는 가스 검지 회로와 공용으로 사용하는 스위칭 형태로 되어 있어 그 구조가 비교적 간단하다.

두 번째는 전용의 파장 유지 회로를 사용하는 실시간 캘리브레이션 기법이다. 외부의 영향 없이 항상 표준값을 감시하고 그 값이 변화될 경우 짧은 주기로 값을 보정할 수 있어 장시간 사용시에도 가장 안정적으로 측정값의 정밀도를 유지할 수 있다. 하지만 전용의 파장 유지 회로는 교정 전용 수광센서, 아날로그 추가 회로, 분석 회로 등이 추가로 필요하기 때문에 비용이 증가하고 소비 전류도 기존 방법보다 크다. 현재 상용화된 레이저 가스 검지기에는 사용되지 않고 있는 방식이다.

이러한 두 가지 방법과 제안할 기법 모두 기본적으로 열전소자(Thermo Electric Cooler)를 통하여 온도를 조절하는 방법으로 레이저 다이오드의 출력 정밀도를 유지하고 있어[3], 휴대용으로 사용되는 대부분의 가스 누출 검사용 레이저 가스 검지기의 경우, 배터리 사용 시간 내에는 대체로 정밀도를 잘 유지하고 있다. 하지만 레이저 가스 검지기는 그 사용 범위가 지속적으로 늘어나고 있으며, 휴대용이 아닌 방법으로도 사용되는 경우가 나타났고, 특히 고정식 또는 반 고정식으로 사용하는 경우에는 배터리로 사용하는 레이저 가스 검지기에 비해 연속 사용시간이 매우 길어 온도 변화에 따라 측정값이 변화할 가능성이 더 크기 때문에, 사용 중 주기적으로 값을 보정할 필요가 있다.

III. 제안 기법

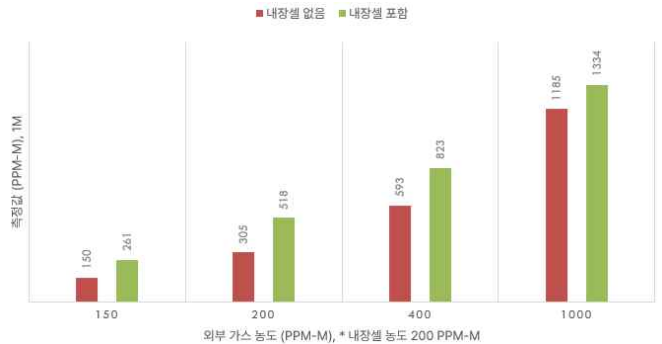
다음은 이 논문에서 소개하고 검증하고자 하는, 수광센서를 측정 및 교정으로 함께 사용하는 간소화된 실시간 캘리브레이션 기법이다. 추가 부품이 거의 발생하지 않기 때문에 구조가 간단하고 비용이 적게 들지만, 가스 검지가 되고 있는 상태에는 내장된 표준셀만의 측정이 불가능 하기 때문에 가스가 없는 대기중 상태에서만 캘리브레이션을 할 수 있다는 특징이 있다.



[그림 2] 간소화된 실시간 캘리브레이션의 구조

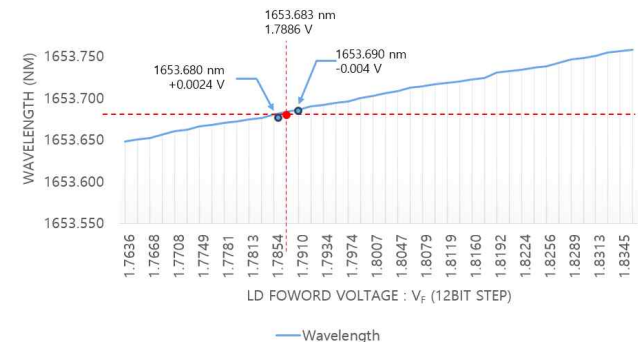
IV. 성능 분석

간소화된 실시간 캘리브레이션 기법은 가스 측정 신호와 내장 표준셀을 통과한 캘리브레이션을 위한 표준값 신호가 동시에 하나의 수광 센서에 동시에 검지 된다. 실험 결과 내장 표준셀만 측정하였을 경우의 측정값과, 내장 표준셀과 가스 측정 신호가 동시에 측정하였을 경우의 측정값이 [그림 3]과 같이 확실한 차이가 발생하는 것으로 확인하였고, 이를 통해 수광 센서에 동시에 검지된 값에서 가스 측정값을 분리할 수 있음을 검증하였다.

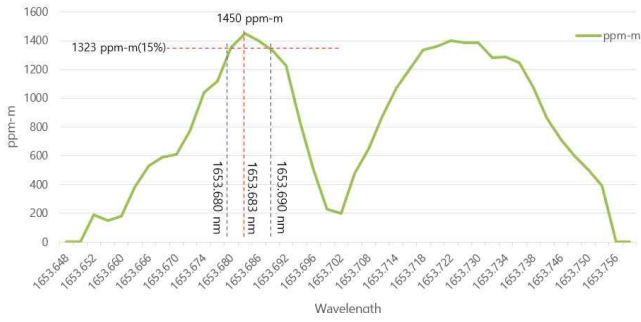


[그림 3] 내장 표준셀과 가스 측정 신호의 구분 실험 결과

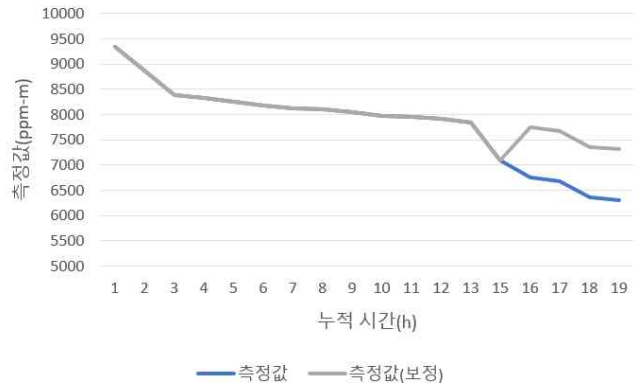
레이저 다이오드에 인가되는 전압을 변동하여 파장 변화와 그에 따른 측정값 변화를 [그림 4]와 같이 실험하였다. 실험에 사용된 장비의 최소 변동 가능한 전압인 0.00081 V당 약 0.0012 nm의 파장이 선형적으로 이동하였고, 이에 따른 메테인 가스의 측정값의 변화도 확인하였다.



[그림 4] LD 다이오드의 전압 변화에 따른 파장 변화



[그림 5] 1500 ppm-m 표준셀의 파장 이동시 측정값의 변화



[그림 8] 실시간 캘리브레이션 모의실험 결과

[그림 5]와 [그림 6]의 블록다이어그램은 간소화된 캘리브레이션이 진행되는 시점과 캘리브레이션 되는 루틴을 나타내며, [그림 8]의 그래프는 예상되는 모의 실험 결과이다. 모의 실험 결과 간소화 캘리브레이션을 적용했을 때 가스검지기의 오차가 줄어들어 정확도 유지가 될 수 있음을 확인하였다. 간소화 캘리브레이션은 가스검지기의 오차 범위의 10%와 장비의 영점 변동폭을 고려하여 측정값 15% 변동시 캘리브레이션이 이루어지도록 하였다.

V. 결론

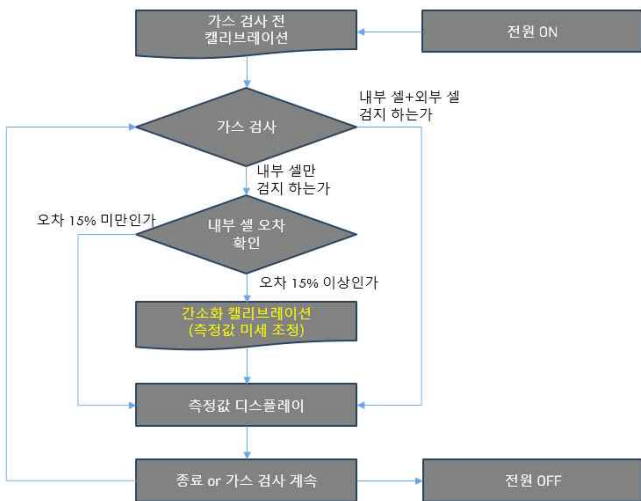
도시가스 및 독성가스 누출 사고, 가스 폭발 사고 등의 안전사고는 막대한 인명 피해와 및 경제적 피해가 일어날 수 있다. 본 논문에서는 이러한 환경에서 사용되는 레이저 가스 누출 검지기의 간소화된 정밀도 유지 기법을 제안하였다. 이러한 비교적 간소화된 실시간 캘리브레이션 기법은 가스가 항상 존재하는 환경 즉, 가스 측정이 계속 되고 있는 상태에서는 사용할 수 없지만, 그러한 예외적인 환경에서 사용되는 장비가 아닌 일반적인 용도의 가스 검지 장비로서는 추가 비용 없이 장비의 정밀도를 유지할 수 있음을 실험을 통해 검증하였다. 또한 추가되는 회로와 부품이 없어, 소비 전력과 크기가 작아지고 비용이 줄어드는 장점이 있다. 향후 더 많은 측정 거리별 데이터 분석, 효과적인 내장 표준셀의 위치 및 농도 측정 등을 통하여 간소화된 실시간 캘리브레이션의 성능을 향상시키고자 한다.

참 고 문 헌

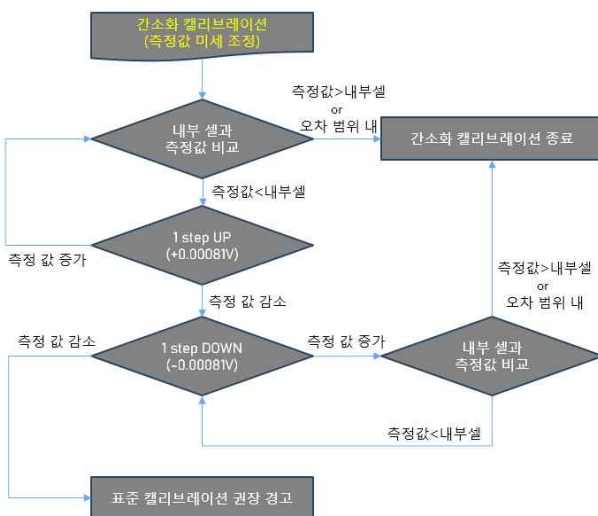
[1] Iseki, T., Tai, H. and Kimura, K, "A Portable Remote Methane Detector Using a Tunable Diode Laser" Meas. Sci. Technol. 11, 594-602 (2000)

[2] Anritsu Corp, Gas Detection Device, and Calibration Method and Wavelength Confirmation Method Using Device, JP2008-232920A, filed March 22, 2007, and issued October 02, 2008

[3] Jong Jin Lee, Chong Hee Yu, Hyun Seo Kang and Jai Sang Koh "The Characteristic of TEC Power Consumption of Laser Diode Module" Journal of the Microelectronics & Packaging Society Vol. 11, No. 3, pp. 71-76 (2004)



[그림 6] 블록다이어그램 : 간소화 캘리브레이션 시점



[그림 7] 블록다이어그램 : 간소화 캘리브레이션 루틴