

Reference 기반 오일 미스트 검출 센서 오차 최소화 보정 방법

† 김세진 · 전상욱* · 박주원* · 정소영* · 김영탁* · 이영우*

† (주)광산, *(주)광산

Reference-based Calibration Method for Sensor Error of Oil Mist Detection System

† Se-Jin Kim · Sang-Wook Jeon · Ju-Won Park · So-Young Jung · Young-Tak Kim · Young-Woo Lee*

† KWANG SAN CO., LTD., Busan, Korea

요 약 : 선박 엔진 크랭크 케이스 내부의 기계 결합으로 발생하는 윤활 오일 미스트 발생은 폭발뿐만 아니라 급격한 온도와 압력상승으로 2차 폭발을 야기하는 등 큰 피해를 가져와 현재 선박용 엔진의 크랭크 케이스에 오일미스트 검출장치의 설치를 의무화 하고 있는 추세이다. 본 논문에서는 이러한 피해를 줄이기 위하여 광 산란 방식을 이용한 오일 미스트 검출장치를 구현하였으며, 구현된 오일미스트 검출 장치의 오일미스트검출 센서 센싱 성능은 전기적, 광학적 그 외 환경적 요인으로 인하여 출력값이 일정하지 못해 각각의 오일미스트 검출 센서를 보정해야 한다. 본 논문에서는 크랭크케이스 마다 장착되는 오일미스트 검출 센서의 오차를 최소화하기 위하여 정밀하게 Calibration 된 Reference Data를 기반으로 최소자승법을 적용하여 센서를 Calibration하였으며, 그 결과 각각의 오일미스트 검출 센서의 오차를 기존 방법과 비교하여 최소화할 수 있었다.

핵심용어 : 오일미스트, 광산란식, Calibration, 최소자승법.

1. 서 론

기관의 베어링 등에 이상이 생겨 크랭크실이 350℃ 정도로 과열되면 과열된 면과 접촉하는 윤활유가 기화되어 크기가 6~10 microns 정도로 작아지며 일부는 수소나 아세틸렌과 같은 폭발성가스로 분해되고 기관이 계속 과열되면 500℃ 이하에서 폭발이 일어난다[1].

이러한 폭발을 막기 위하여 크랭크 케이스 외벽에 오일 미스트 검출장치가 설치되며, 본 논문에서는 광 산란식 오일 미스트 검출장치를 구현하였으며, 구현된 시스템의 오일 미스트 검출 센서의 오차를 최소화 하기 위하여 최소자승법을 적용하여 센서 데이터를 Calibration하였다.

2. 시스템 구현

본 논문에서 구현한 오일 미스트 검출장치는 오일 미스트를 검출하는 센싱 장치와 검출된 오일 미스트 농도를 디스플레이 하는 Monitoring System으로 나뉜다. 센싱 장치는 8bit 마이크로 컨트롤러를 이용하여 오일 미스트 데이터를 검출하고 검출된 데이터를 Calibration 하도록 하였으며, Monitoring System은 RS485통신을 이용하여 각 채널 별 센싱 장치에 오일미스트

농도를 데이터를 수집하여 LCD Module에 디스플레이 하도록 구현하였다.

3. Calibration

오일 미스트 농도를 검출하는 센서인 발광소자와 수광소자는 여러 가지 요인(전기적, 광학적 그 외 환경적 요인)으로 인해 출력 값이 일정하지 않아 각각의 센서데이터를 Calibration 이 이루어져야 정확한 오일미스트 농도를 측정할 수 있다. 또한 오일 미스트 농도에 따른 센서 반응 특성을 분석해 보면 비선형적으로 변화하므로 단순한 보정방법으로는 정확도를 보장하기 어렵다. 센서 Calibration을 위한 다양한 방법[2],[3] 등이 있겠지만, 본 논문에서는 최소자승법 (Least Squares Method)[4]을 센싱 장치의 8bit 마이크로 컨트롤러에 적용하여 측정되는 센서의 Raw 데이터 오차를 최소화하는 방법을 제안하고자 한다.

최소자승법이란 전체 데이터의 경향을 나타내는 오차가 최소인 고차 다항식을 구하는 것을 말한다.

n개의 측정점 $(x_1, f_1), (x_2, f_2), \dots, (x_n, f_n)$ 에 대한 m차 다항식은 아래의 수식(1)과 같다.

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \quad (\text{단, } m < n) \quad (1)$$

여기서, x 는 Calibration할 오일미스트 검출센서의 Raw 데이터이고, f 는 중량법을 이용하여 이미 Calibration된 오일미스트 검출 센서의 출력 데이터를 나타낸다. 여기서 각 점에서의 오차는 아래의 수식 (2)와 같다.

$$r_i = y(x_i - f_i) \quad (2)$$

오차 제곱의 합을 S 라 하면,

$$S = \sum_{i=1}^n (y(x_i) - f_i)^2 \quad (3)$$

$$= \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m - f_i)^2$$

S 를 최소로 하는 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ 등을 다음과 같이 정한다.

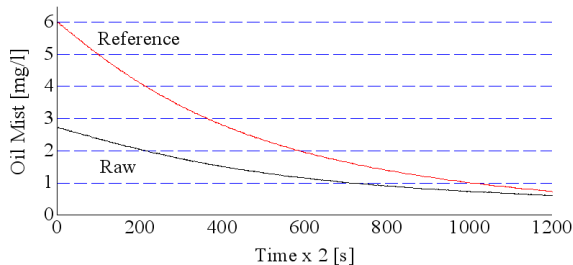
$$\frac{\partial S}{\partial a_j} = 0, (j=0,1,2, \dots, m)$$

최종적으로 연립방정식을 풀어 계수 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ 를 구하여 각각의 오일미스트 검출 센서에 적용하고자 한다.

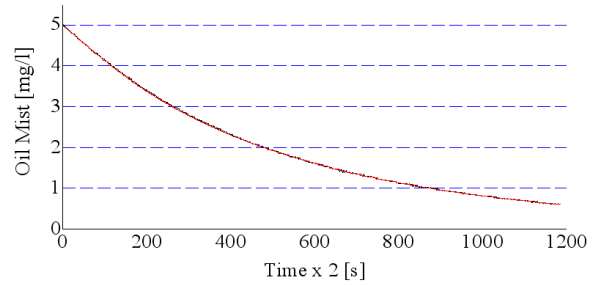
4. 실험 및 결과

미스트 농도의 기준이 되는 Reference 센싱 장치는 미스트 Sampling Tool을 이용한 중량법(gravimetric deterministic method)[5]으로 Calibration 하였다. Monitoring System은 Reference 센서 데이터와 Calibration 할 센서 데이터를 받아 PC에 전송하게 되며 PC는 Monitoring System로부터 전송 받은 센서 데이터에 최소자승법을 적용하여 Calibration 수식을 도출한 다음 그 수식의 계수 값을 Monitoring System을 통해 각 Calibration 할 대상으로 전송한다. 마지막으로 데이터를 수신 받은 센싱 장치는 검출한 오일미스트 데이터에 수식을 적용하도록 하였다.

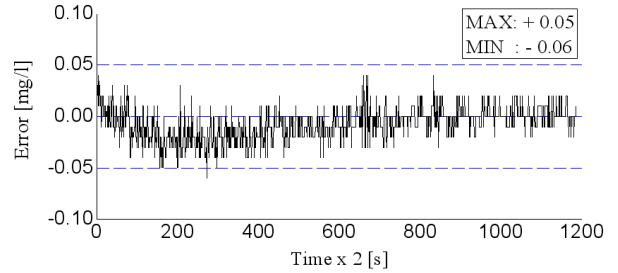
[Fig. 1]에 Calibration 결과를 나타내었다. (a)에는 중량법을 사용하여 Calibration 한 Reference 센서의 데이터와 Calibration할 센서의 Raw 데이터를 나타내었으며, (b)에서는 최소자승법을 적용하여 도출된 수식을 적용한 후의 데이터를 Reference 데이터와 같이 나타내었다. (c)에서는 (b)의 두 데이터의 오차를 나타내었으며, 0.05mg/l 사이에 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 3.0mg/l 아래에서의 오차는 더 최소화되는 결과를 확인할 수 있었다.



(a) Reference Data and Raw Data



(b) Reference Data and Calibration Result



(c) Error = Reference Data - Calibration Data

Fig. 1 Result of Calibration

5. 결 론

본 논문에서는 광산란식 방식을 이용한 오일미스트 검출장치를 구현하였으며, 검출되는 오일미스트 농도 데이터를 Calibration하기 위하여 최소자승법을 이용하여 센서 오차를 최소화 하였다. 그 결과 실제 중량법을 이용하여 Calibration한 센싱 장치와 비교하여 우월한 성능을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] GUIDANCE NOTE FOR CRANKCASE EXPLOSION RELIEF VALVES & OIL MIST DETECTION /MONITORING AND ALARM ARRANGEMENTS, October 2005, Korean Register of Shipping Materials and Equipment Team.
- [2] S. A. Dyer and J. S. Dyer, "Cubic-spline interpolation:Part 1," IEEE Instrum. Meas. Mag., vol. 4, no. 1, pp. 44-46, Mar. 2001.
- [3] J. M. Dias Pereira, P. Silva Girao, and O. Postolache, "Fitting transducer characteristics to measured data," IEEE Instrum. Meas. Mag., vol. 4, no. 4, pp. 26-39, Dec. 2001.
- [4] E. W. Weisstein, "Least squares fitting polynomial," MathWorld: A Wolfram Web Resource.
- [5] IACS, Requirements concerning MACHINERY INSTALLATIONS:M67, IACS Req. 2011.