논문 2008-45IE-3-5

NDIR 검출기를 이용하는 대기오염 측정시스템을 위한 미세신호 검출 알고리즘

(Minute Signal Detection Algorithm for Air-pollution Measurement System with The NDIR Detector)

최 훈*, 김 현 호**, 황 병 한***, 임 용 석****, 류 근 택*****, 배 현 덕******

(Hun Choi, Hyon-Ho Kim, Byoung-Han Whang, Yong-Seok Lim, Geun-Taek Ryu, and Hyeon-Deok Bae)

요 약

본 논문은 다중 가스 필터 상관 휠 (multi gas filter correlatioon wheel: multi GFC wheel) 을 갖는 비분산 적외선법(NDIR method : non-dispersive infrared method)을 이용하여 대기 중 다종환경오염물질(CO, SO_2, NOx 등)을 동시에 실시간 측정할 수 있는 광학분석장치 개발을 위한 미세신호 검출 알고리즘을 제안한다. MCT(mercury cadmium telluride) 센서를 통해 측정된 각각의 환경오염물질의 미세신호는 고유한 NDIR 흡수 특성을 갖는다. 제안한 방법은 임계값과 하나의 외부 동기신호를 사용하여 연속적으로 측정된 신호로부터 각각의 오염물질 측정농도에 해당하는 데이터를 분리·검출한다.

Abstract

In this paper, we propose a minute signal detection algorithm for a development of optical analyzer, using the non-dispersive infrared method with multi gas filter correlation wheel, that can measure various environmental air-pollution materials (CO, SO2, NOx, etc.) in real-time. The MCT(mercury cadmium telluride) sensor can detect minute signals those show an absorption characteristic of each environmental pollution materials. In the proposed method, a corresponding data of each environmental pollution materials can be separated by an external trigger and threshold values in the measured continuous signals.

Keywords : NDIR Detector, Milti GFC Wheel, Signal Detection Algorithm, Air-pollution

Ⅰ. 서 론

산업체에서 배출되는 대기오염물질의 농도를 현장에서 실시간 측정하는 가장 실용적인 측정기술로 비분산 적외선 분석법 (non-dispersive infrared method : NDIR)을 이용한 계측기술이 적용되고 있다[1~4]. 최근 국내에서도 산업화에 따른 다양한 종류의 오염물질이 대기 중으로 배출됨에 따라 실시간으로 동시에 다양한 종류의 오

* 평생회원, 동의대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Eng., Dong-Eui University)
** 정회원, 한국표준과학연구원(Korea Research Institute of Standards and Science)
*** 정회원, (주) 켄텍(KNTech Co., Ltd.)
**** 정회원, 씨텍(CTech)
***** 정회원, 극동정보대학 보건의료공학과(Department of Biomedical Engineering, Keukdong College)
***** 평생회원, 충북대학교(Dept. of Electrical Eng., Chungbuk Nat'l. University)
※ "이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임"(KRF-2006-351-D00029)
접수일자: 2008년7월28일, 수정완료일: 2008년8월22일

염물질 분석이 요구되고 있다. 이를 위해 '한국표준과학연구원'에서는 NDIR 기술을 이용하여 여러 종류의 오염물질을 동시에 실시간으로 측정할 수 있는 다중 가스상 관필터(multi gas filter correlation wheel : multi GFC wheel)를 갖는 다종오염물질 광학분석시스템을 개발하였다[5]. 특정한 대기오염물질들은 적외선 (Infrared Ray: IR) 영역의 고유파장대역에서 흡수특성을 가지며 Beer-Lambert의 법칙에 의해 적외선 통과거리와 시료농도의 곱에 지수함수적으로 비례한다. 이러한 특성을 이용한 분석법을 NDIR 분석법이라 하며 일산화탄소, 황산화물, 질소산화물(CO, SO_2, NOx.) 등의 대기 배출가스 농도 측정에 주로 이용된다[3]. 가스상관필터(gas filter correlation: GFC)를 갖는 NDIR 광학분석장치는 IR 광원을 단색광학필터에 통과시켜 특정파장대역의 단색광을 만들고 이를 측정 대상 기준가스가 충진된 가스필터(기준셀, reference cell)와 측정셀(measurement cell)을 교번으로 통과시켜 비교 측정함으로써 다른 가스에 의한 방해없이 측정하고자 하는 가스만의 농도를 검출할 수 있다[3]. NDIR 기술을 이용한 기존의 대기오염측정시스템에서는 각각의 GFC 외부에 광 트리거(optical trigger)를 사용하여 해당 대기오염물질의 종류를 구분하는데 반해 한국표준과학연구원에서 개발된 광학분석시스템은 하나의 외부 광 트리거와 디지털 신호처리 기술을 사용하여 해당 대기오염물질의 종류를 구분하고 농도를 분석한다[5]. 이처럼 다양한 종류의 오염물질을 측정하고 분석함에 있어 실시간으로 많은 데이터를 효과적으로 처리하기 위해 디지털 신호처리 기술은 필수적이다.

본 논문에서는 다종의 배출가스 오염물질을 동시에 측정하기 위해 개발된 다중 GFC 휠을 갖는 NDIR 분석장치에서 이용한 다종오염물질의 농도 분석을 위한 미세신호 검출 방법을 제안한다. NDIR 분석장치는 최대 6개의 측정물질을 동시에 측정하기 위해 12개의 필터채널을 갖도록 설계되었고, 제안한 방법에서 회전하는 GFC 휠의 동작특성인 회전속도를 고려하여 신호 취득을 위한 샘플링 주파수 (sampling frequency)와 유효 데이터 수의 관계를 유도하고자 한다. 그리고 임계값과 하나의 외부 동기신호 (external trigger)를 사용하여 연속적으로 측정된 신호로부터 다양한 오염물질의 측정항목별 신호를 구분하는 알고리즘을 제시한다. 제안한 방법의 성능은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 검증한다.

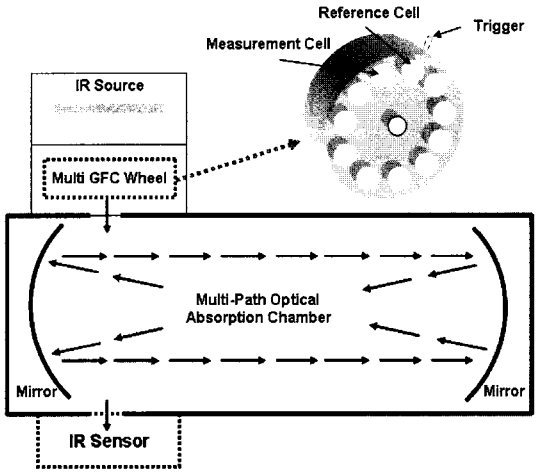


그림 1. 다중 GFC 휠을 갖는 NDIR 검출기
Fig. 1. NDIR Detector with a multi GFC wheel.

Ⅱ. NDIR 다종오염물질 측정시스템

대기환경 중의 미량인 다종오염물질 (CO, SO_2, NOx, etc.)의 농도를 측정하기 위해 한국표준과학연구원에서 개발한 NDIR 분석법을 이용한 다종오염물질 광학분석시스템의 NDIR 검출기의 구조는 그림 1과 같다. NDIR 검출기는 다중 GFC 휠과 반사거울에 의해 형성되는 다중 광 경로를 갖는 흡수 챔버 (Multi-path Optical Absorption chamber : MOA chamber) 그리고 IR 센서(sensor)로 구성된다.

GFC는 최대 6개의 측정물질을 동시에 측정하기 위해 각 측정물질별로 기준가스 필터와 측정필터로 이루어지는 12개의 필터채널을 가지며 각 필터 전단에는 측정항목별 고유 파장대역의 단색필터가 부착되어 있다. IR 복사광은 회전하는 다중 GFC를 거쳐 측정시료가스(여러 종류의 대기오염물질이 혼합된 시료가스)가 채취되는 MOA 챔버로 들어가게 된다. 이때 측정 셀을 통과한 빛은 MOA 챔버에서 시료 내에 포함된 측정가스 농도에 해당하는 흡수가 일어나며 기준 셀을 통과한 빛은 측정하고자 하는 고 농도 표준가스에 의해 대부분 흡수가 이루어졌으므로 표준가스에 비해 낮은 농도의 측정 가스가 혼합되어 있는 MOA 챔버 내에서 흡수되는 정도는 무시될 수 있다. 챔버를 나온 빛은 IR 센서에 의해 각 채널의 적외선 흡수에너지가 측정되어 전기적 신호인 전압으로 변환된다. 이러한 각 채널의 IR 흡수 신호로부터 각각의 측정물질별 기준셀 신호와 측정셀의 출력신호의 흡수도 차 (differential absorption)를 계산하여 각 측정물질의 농도를 구한다. 이때 검출기는 한 쌍의 기준셀과 측정 셀을 번갈아 가며 통과한 빛을 검출하므로

검출기 출력신호는 기준펄스와 측정펄스로 변조된 펄스 형태를 갖는다.

III. 측정항목 검출 알고리즘

NDIR 검출기를 통해 측정된 신호는 매우 낮은 레벨의 아날로그 신호이며 전처리 증폭기(pre-amplifier)를 이용하여 증폭한 후 ADC(analog to digital converter)에 의해 디지털 신호로 변환된다. 변환된 디지털 신호는 여러 종류의 측정항목별 데이터로 구성되는 순차신호(sequence)이다. 각각의 오염물질에 해당하는 데이터는 신호처리 검출 알고리즘을 사용하여 구분한다. 이때 회전하는 다중 가스 필터 상관 휠의 동기신호 검출을 위해 외부에 장착된 광 트리거 센서(external optical trigger sensor)를 이용한다. 그림 2는 NDIR 기술을 사용하는 다종오염물질 분석을 위한 신호처리 순서도이다.

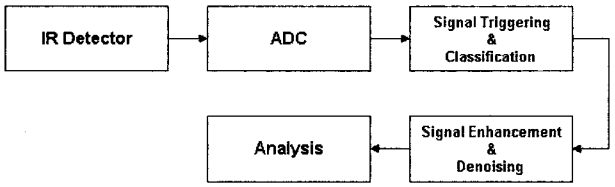


그림 2. 다종오염물질 분석을 위한 신호처리 순서도
Fig. 2. Signal processing block diagram for analyzing various environmental air-pollution materials.

1. NDIR 검출기 동작 특성 파라미터 결정

설계·제작된 다중 GFC 휠과 IR 검출기에 의해 측정된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환할 때 샘플링 주파수 및 다중 GFC 휠의 회전속도는 유효한 데이터 수집을 위한 중요한 변수가 된다. 먼저 샘플링 주파수 f_s가 고정되어 있다고 가정하면 GFC 휠의 회전속도가 증가함에 따라 IR 검출기에 의해 측정된 아날로그 신호로부터 변환된 디지털 신호의 샘플 수는 감소하게 된다. 측정항목별 기준 셀과 측정 셀에 해당하는 각각의 가스필터로부터 획득된 신호에는 전원, IR 센서, 전처리 증폭기, 그리고 A/D 변환과정에서 부가된 잡음신호를 포함하고 있으므로 유효 SNR(signal to noise ratio) 확보와 효과적인 잡음제거를 위해 샘플링 주파수 결정에 유의해야 한다. 반면, 다중 GFC 휠의 회전속도가 고정되어 있다면 샘플링 주파수 f_s가 증가함에 따라 데이터 샘플 수는 증가하게 된다. 그러나 높은 샘플링 주파수는 불필요한 잡음신호를 포함하게 되고 많은 수의 데이터 처리를 위해 하드웨어 비용이 증가하는 단점을 갖게 된다[6]. 따라서 측정하고자 하는 데이터 특성에 맞는 샘플링 주파수와 다중 GFC 휠의 회전 속도의 결정이 필요하다. 그림 3은 다중 GFC 휠의 설계 스펙(specification)을 나타내고 있다. 각각의 기준 셀과 측정 셀의 출력에서 획득되는 디지털 데이터 샘플 수 N_{GFC}는 기준 셀 혹은 측정 셀과 NDIR 센서가 반응하는 시간에 의해 결정된다. 휠의 단위시간 당 회전수 K이고 NDIR 센서의 반응속도가 이상적이라고 가정할 경우(실제 사용한 NDIR 센서의 반응속도는 20 [$nsec$]로 이 가정은 유효함), 각각의 기준 셀 및 측정 셀과 NDIR 센서가 반응하는 시간 t_{act}와 GFC 휠이 1사이클[cycle] 회전하는데 걸리는 시간 t_{cycle}은 다음과 같다.

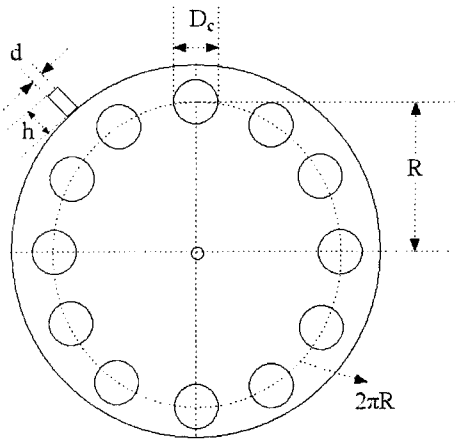


그림 3. 다중 GFC 휠의 설계 스펙
Fig. 3. Design specifications for multi GFC wheel.

$$t_{act} = \frac{D_c + 2D_s}{K} \tag{1}$$

$$t_{cycle} = \frac{2R\pi}{K}\bigg|_{K=1} = 2R\pi \tag{2}$$

여기서

D_c : 기준 및 측정 셀의 구경 [mm]
D_s : NDIR 센서의 구경 [mm]
R : 기준 및 측정 셀 중심으로부터 GFC 휠 중심까지의 거리
K : 다중 GFC 휠의 단위시간 당 회전수 [cycle/sec]

GFC 휠이 1사이클 회전할 때 식 (1)과 식 (2)의 비로부터 각각의 기준 및 측정 셀의 출력에서 획득되는

디지털 데이터 샘플 수 N_{GFC}를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{t_{act}}{t_{cycle}} = \frac{N_{GFC}}{f_s} \tag{3}$$

여기서

f_s : 샘플링 주파수 [Hz]

N_{GFC} : 각각의 기준 셀과 측정 셀의 출력으로부터 디지털 변환된 데이터 샘플 수 [ea]

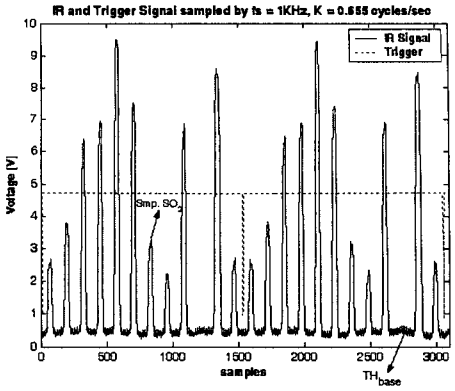
따라서 각각의 기준 셀과 측정 셀의 출력에서 획득되는 디지털 데이터 샘플 수 N_{GFC}는 다음과 같은 상관관계를 갖는다.

$$N_{GFC} = \frac{t_{act}}{t_{cycle}} f_s = (D_c + 2D_s) f_s / (2\pi RK) \tag{4}$$

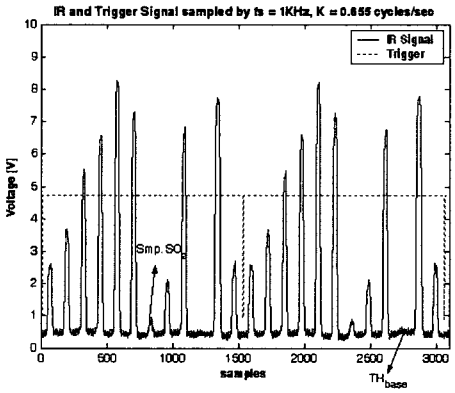
식 (4)는 아날로그 신호 검출과 디지털 변환 후 데이터 처리가 효율적으로 이루어지도록 IR 검출기의 동작 특성 파라미터를 결정한다.

2. 측정항목별 다중신호구분 및 유효데이터 취득

NDIR 검출기를 통해 취득된 아날로그 신호는 ADC에 의해 디지털 신호로 변환된다. 질소로 구성된 제로가스(zero gas)와 400ppm의 혼합가스(mixed gas: NO = 398ppm, SO_2 = 392ppm, CO = 402ppm)를 MOA 챔버에 유입시키고 NDIR 검출기로 측정된 아날로그 신호를 $f_s = 1kHz$로 A/D 변환한 신호는 그림 4와 같다. 각각의 펄스신호는 측정항목별 기준 셀과 측정 셀의 출력신호로서 2개의 펄스신호 쌍이 하나의 측정항목에 대응한다. 이때 펄스의 기저레벨(base level)은 NDIR 검출기의 온도특성과 여러 아날로그 소자 및 기구물 회전 등에 의해 발생하는 고주파 잡음에 오염되고 저주파 잡음에 의해 드리프트(drift) 특성을 보인다. 이 기저레벨을 그림 4에서 TH_{base}로 표시하였다. 측정된 데이터의 분석을 위해서는 각 측정항목별 정확한 구분과 펄스신호로부터 측정항목에 해당하는 유효 데이터 취득이 필요하다. 먼저 측정항목에 해당하는 신호구분을 위해 GFC 외경에 부착된 광 커플러를 통한 트리거 신호와 임계값 (threshold value)을 사용하여 다중 GFC 휠의 1 사이클(cycle)에 대한 정확한 동기를 찾는다. 연속적인



(a) zero gas



(b) mixed gas (400ppm)

그림 4. A/D변환된 IR 검출기 신호 및 트리거신호
Fig. 4. A/D converted IR detector output and trigger signal.

펄스 신호로 구성되는 다중 신호로부터 측정항목 구분은 트리거 신호를 기준으로 임계값(TH_{CNT})을 사용하여 펄스 수를 카운트(count)하여 해당 측정항목의 기준 셀 및 측정 셀 신호를 찾는다. 펄스신호 진폭에 부가된 고주파 잡음으로 사이클 내에서 고정된 임계값인 TH_{CNT}을 사용하여 펄스 수를 카운트할 때 오류가 발생할 수 있으므로 다음과 같은 방법을 사용하였다.

$$If \sum_{i=n-l}^{n} sig(i) < TH_{base}, \quad Then\ flag = 0 \tag{5}$$

여기서 l은 고주파 잡음의 영향없이 임계값 보다 큰 출력값을 선택하기 위해 사용된 파라미터이다.

$$If\ (flag == 0)\ \&\left(\sum_{i=n-l}^{n} sig(i) < TH_{base} \right), \quad Then\ CNT = CNT + 1 \tag{6}$$

여기서 CNT는 측정셀 혹은 기준셀 위치를 구분하기 위

한 파라미터이다.

이때 그림 4 (b)와 같이 측정하고자 하는 SO2 의 농도가 높을 경우 측정셀에서 IR광원의 흡수가 증가하여 측정 셀 출력신호의 진폭크기가 감소하게 된다. 따라서 신호대 잡음비(SNR)가 낮아져 펄스 수를 카운트함에 어려움이 발생한다. 또한 구분된 측정항목에 해당 펄스 신호로부터 유효 데이터를 취득함에 있어 펄스 신호의 피크(peak)에 부가되는 고주파 잡음의 영향을 고려해야 한다. 그림 5는 GFC 휠이 $K=1.135$[cycle/sec]로 회전할 때 펄스진폭 크기에 따른 피크형태를 나타낸다. 고주파 잡음에 의해 오염된 펄스신호의 피크로부터 유효 데이터를 취득하기 위해 TH_{base}를 기준으로 펄스의 상위 데이터를 MA (Moving average)함으로써 고주파 잡음을 제거한다.

$$sig_{MA}(k+CNT)=avg_{\gamma}\{sig(n)\},\quad 10\le\gamma\le 20 \tag{7}$$

여기서 k는 외부 트리거의 인덱스 (index), γ는 f_s에 의존하는 상수이다. $avg_{\gamma}\{sig(n)\}$는 $sig(n)$을 내림차순 정렬 후 상위 γ%의 평균이다.

그림 5에서 펄스진폭의 크기에 따라 펄스의 상승시간과 하강시간이 다르며 이에 따라 피크의 평평한 정도도 차이가 있다. 이러한 피크모양의 차이는 기준 셀 혹은 측정 셀의 구경과 IR 센서가 반응하는 면적(시간)에 관련이 있는 것으로 추정할 수 있다. IR 센서의 반응속도는 20[nsec]로 매우 빠르지만 센서 출력을 증폭하기 위해 사용된 전처리 증폭기 입력단의 캐패시터

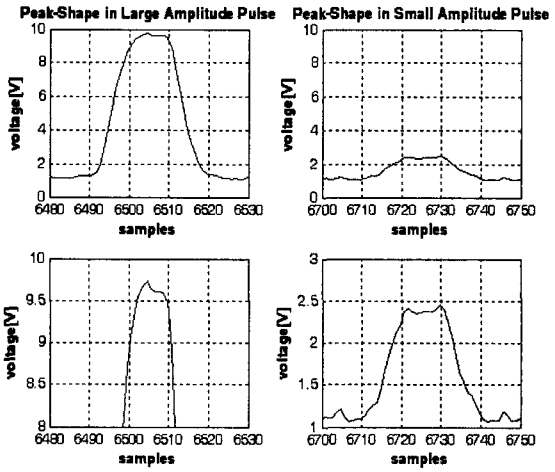


그림 5. 가스필터 출력신호 크기에 따른 피크 형태
Fig. 5. Peak shapes on amplitude of GFC output signals.
($K=1.135[cycle/\sec]$, $f_s=1kHz$)

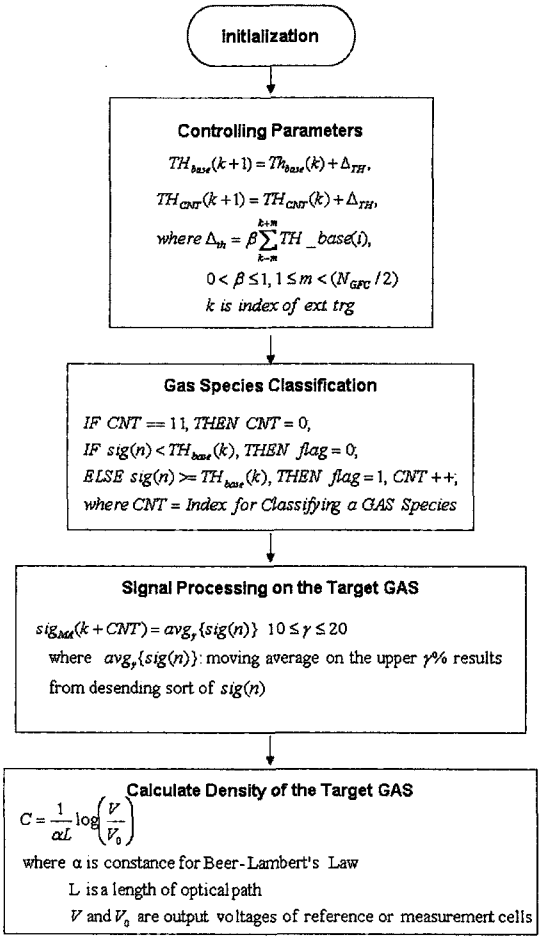


그림 6. 다종오염물질 측정을 위한 신호 검출 알고리즘
Fig. 6. Signal Detection algorithm for multi-air pollution measurement system.

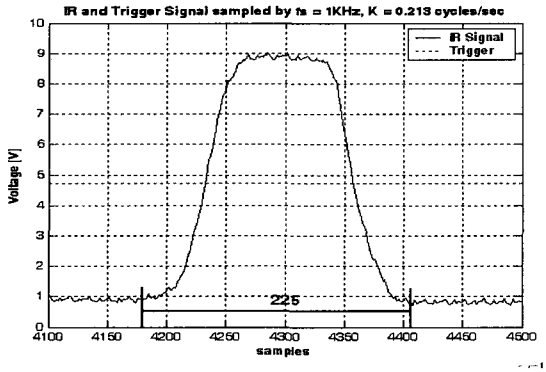
(capacitor; 여기서는 4.7[μF]을 사용) 충·방전 시정수에 의한 영향으로 측정된 전압이 클 경우 피크모양은 가우시안 분포와 유사하게 된다. 이러한 신호의 크기에 따라 피크형태가 다른 해당 셀의 출력신호로부터 농도를 정밀하게 측정하는 것은 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 다중 가스 필터 상관 휠의 회전속도를 낮추어 셀과 IR 센서가 반응하는 시간을 증가시켜 충·방전시간의 영향을 줄여서 피크의 모양을 평평하게 만드는 것이 필요하다. 그림 6은 측정항목별 신호 구분을 위해 사용하는 알고리즘의 플로우 차트 (flow chart)이다.

IV. 시뮬레이션

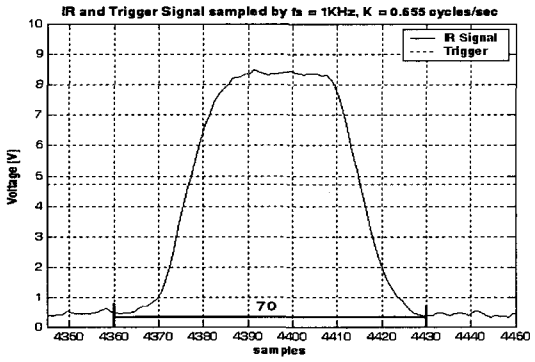
제안한 알고리즘의 성능확인을 위한 컴퓨터 시뮬레이션을 하였다. 한국표준과학연구원에서 설계·제작한 NDIR 다종오염물질 측정시스템의 출력신호를 사용하여 제안한 신호 검출 알고리즘의 성능을 평가하였다.

표 1. 실험에 사용된 표준혼합가스
Table 1. Standard mixed gases used in experiments.

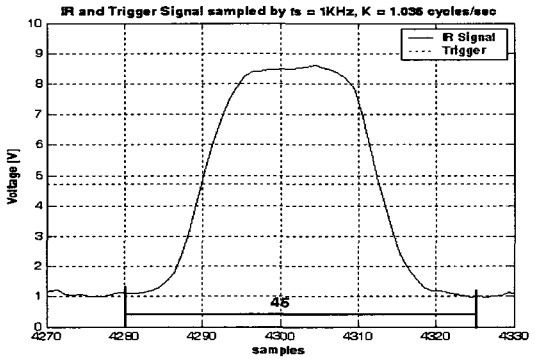
Mixed Gas / Density	NO [ppm]	SO_2 [ppm]	CO [ppm]
100ppm	105	99	107
250ppm	253	248	252
400ppm	398	392	402



(a)



(b)



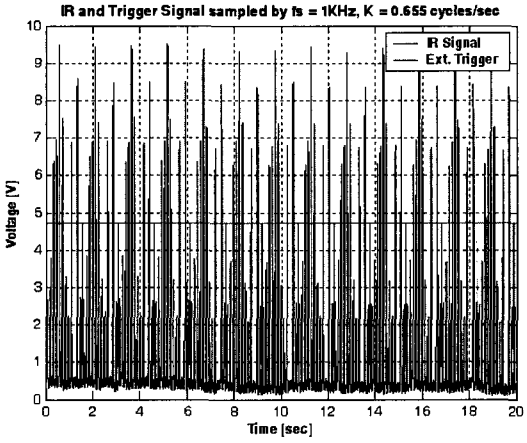
(c)

그림 7. 휠 회전속도별 측정된 신호에서 N_{GFC}
Fig. 7. N_{GFC} in the measurement signals for different wheel velocities (a) $K_{slow}=0.213$, (b) $K_{normal}=0.655$, (c) $K_{fast}=1.036$).

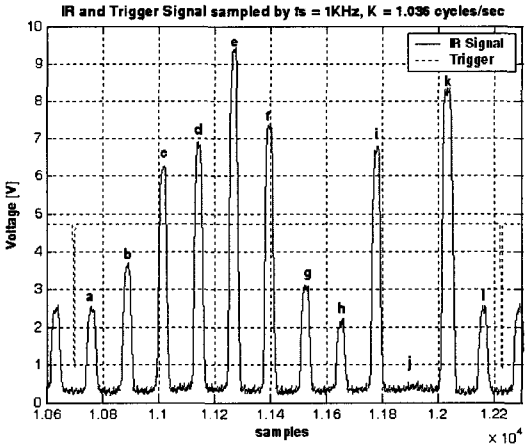
성능평가에서 사용한 표준혼합가스 (standard mixed gas)는 표 1에 나타내었으며 유량은 오리피스 (Orifice)를 사용하여 1000[cc/min]로 유지하였다. $D_c=10mm$, $D_s=8mm$, $R=60mm$일 때 식 (4)는 다음 식 (8)과 같이 된다.

$$N_{GFC}=3f_s/(20\pi K)[samples] \tag{8}$$

그림 7은 식 (8)에서 세 가지 서로 다른 휠 회전속도 ($K_{slow}=0.213$, $K_{normal}=0.655$, $K_{fast}=1.036$)에 대해 측정된 펄스신호의 N_{GFC} 를 나타낸다. 식 (8)에 의해 이론적으로 계산된 N_{GFC}는 각각 약 224, 73, 46



(a)



(b)

그림 8. (a) IR 검출기신호 및 트리거 신호, (b) 펄스 신호에서 측정된 가스신호
Fig. 8. (a) IR detector output and trigger signal, (b) measured gas signals in pulse signal (a=Smp.HCl, b=Ref.CO, c=Smp.CO, d=Ref.NO, e =Smp.NO, f=Ref.SO_2, g=Smp.SO_2, h=Ref.H_2O, i = Smp.H_2O, j=NONE, k=NONE, l=Ref.HCl).

[samples]이고 측정된 신호에서 구한 N_{GFC}는 각각 225, 70, 45 [samples]이므로 회전속도별 오차는 5%이내로서 다중 GFC 휠의 설계스펙으로 부터 유도된 식 (4)가 유효함을 알 수 있다. 그림 8은 20 [sec] 동안 측정한 NDIR 검출기의 출력신호 및 외부 트리거 신호와 펄스신호에서 측정항목 순서를 나타낸다. 외부 트리거 신호는 제작된 다중 GFC 휠에서 측정항목에 해당 기준셀과 측정셀의 위치를 구분하는 기준이 된다. 따라서 NDIR 검출기를 통해 측정된 다중신호로부터 해당성분 신호를 구별하는 검출 알고리즘에서 외부 트리거 신호와의 정확한 동기일치는 데이터 신뢰성 확보에 매우 중요하다. 다중신호 검출 알고리즘에서 다중 GFC 휠의 회전수 $K=0.655$ $[cycle/\sec]$, 샘플링 주파수 $f_s=1$ $[kHz]$, 그리고 고주파 잡음을 제거하기 위해 상위 데이터 처리 파라미터 $\gamma=15$를 사용하였다. 표 2는 다중신호 검출 성능을 확인하기 위해 그림 8의 출력신호($f_s=1[KHz]$)에서 CO, NO, SO_2 가스에 대해 제안한 검출 알고리즘을 사용하여 검출한 외부 트리거 신호수 (TN)와 가스별 N_{GFC}이다. 그림 8에서 외부 트리거 신호가 5[V]에서 0[V]로 변한 횟수는 총 14번이며 초기화를 위해 첫번째 동기신호가 사용되었고 마지막 동기신호는 1 사이클에 해당하는 펄스 수가 완전하지 않으므로 데이터 취득에 사용되지 않으므로 데이터 처리를 위해 알고리즘으로 검출된 외부 트리거 신호는 12이다. 결과로부터 검출 알고리즘이 트리거 신호와의 동기 및 각 가스별 N_{GFC}를 정확히 검출했음을 알 수 있다. 그림 8 (a)에서 IR 신호의 TH_{base}는 0~1 [V]이며 고주파 잡음과 저주파 잡음이 부가되었음을 알 수 있다. 식 (4)의 이론값과 표 2의 실험값의 오차는 평균 10%이내로

표 2. 그림 8의 측정된 IR 신호에서 검출된 외부 트리거 신호수 (TN)와 가스별 취득 샘플수 N_{GFC}

Table 2. Detected external trigger signal(TN) and the acquired sample number(N_{GFC}) on each gas in the measured IR signal of Fig. 8.

Gas / Mixed Gas	CO				NO				SO_2			
	Ref.		Mea.		Ref.		Mea.		Ref.		Mea.	
	TN	N_{GFC}	TN	N_{GFC}	TN	N_{GFC}	TN	N_{GFC}	TN	N_{GFC}	TN	N_{GFC}
N2(zero)	12	67	12	72	12	77	12	71	12	66	12	62
100ppm	12	72	12	82	12	69	12	61	12	63	12	65
250ppm	12	67	12	62	12	63	12	59	12	66	12	63
400ppm	12	68	12	75	12	72	12	70	12	69	12	72

서 데이터 검출 시 각 가스별 펄스신호의 진폭 크기의 차이가 크고 전처리 증폭기나 NDIR 검출기 등 아날로그 시스템에서 부가된 드리프트 잡음에 의해 GFC 휠의 1사이클(cycle)내에서 고정된 임계값 TH_{base}을 사용함으로써 임계값 근처의 크기를 갖는 신호값의 취득여부에 의해 발생하게 된다. 그러나 그림 8의 검출 알고리즘에서 측정된 데이터 중 기준셀과 측정셀 출력값을 구하기 위해 상위 γ%의 데이터만을 사용하므로 이러한 샘플 취득 시 발생하는 오차는 실제 데이터를 처리하는데 있어 영향을 주지 않는다. 이러한 결과로부터 제안한 검출 알고리즘의 가스 종 구분 성능과 데이터 취득 성능이 우수함을 알 수 있다. 그림 9와 그림 10은 각각 TH_{base}의 변화와 검출 알고리즘에 의해 찾은 CO, NO, SO_2에 해당하는 기준셀 및 측정셀 출력값을 나타낸다. 그림 9의 저주파 드리프트 잡음에 의한 TH_{base}의

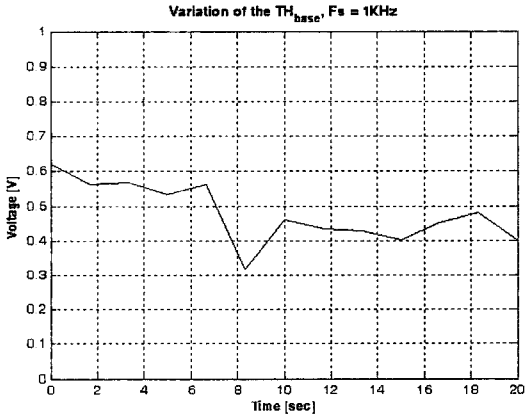


그림 9. TH_{base} 변화

Fig. 9. Variation of TH_{base}.

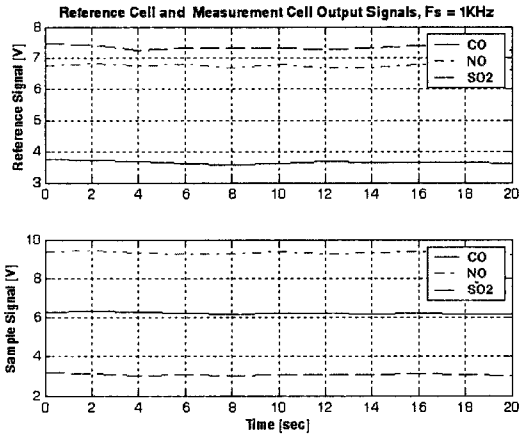


그림 10. CO, NO, SO_2에 해당하는 기준셀과 측정셀 출력신호

Fig. 10. Output signals of Reference cell and measurement cell on CO, NO, SO_2.

변화에 비해 각 가스의 기준셀과 측정셀의 출력신호의 변화는 매우 적다. 또한 개발한 NDIR 다종오염물질 측정시스템에서 농도를 구하기 위해 두 신호의 비 (측정셀 출력신호/기준셀 출력신호)를 사용하므로 이러한 저주파 잡음의 영향은 무시할 수 있다.

V. 결 론

비분산 적외선(NDIR)법에 의한 환경 대기시료 중 다종오염물질을 실시간으로 동시에 측정하는 다중오염물질 측정시스템에서 NDIR 검출기 개발을 위한 다중 가스필터상관(GFC) 휠의 회전속도 및 샘플링 주파수, 유효데이터 취득을 위한 식을 유도하고 연속적인 다중 펄스신호로부터 각각의 측정항목별 데이터 검출을 위한 알고리즘을 제안하였다. 실제 설계, 제작된 다중 GFC 휠을 사용하여 개발된 시스템으로부터 취득한 데이터를 사용하여 실행한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 취득 데이터를 이론적으로 예측할 수 있는 식의 유효함을 보였고, 이를 바탕으로 여러 종류의 대기오염물질별 데이터 취득을 위해 제안한 검출 알고리즘의 우수한 성능을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] K. Kaneyasu, K. Otsuka, Y. Setoguchi, S. Sonoda, T. Nakahara, and I. Aso, "Acarbon dioxide gas sensor based on solid electrolyte for air quality control", Sensors and Actuators B, 66, pp. 56-58, 2000.

[2] M. Arndt and M. Sauer, "Spectroscopic carbon dioxide sensor for automotive applications", In Proc. of the IEEE Sensors 2004,Vienna, vol. 1, pp. 252-255, NJ. Oct., 2004.

[3] 김우석, 손덕영, 박영무, 유재석, 이종화, "비분산 적외선 분광법을 이용한 CO2 농도 고속 분석기의 Sampling Module 특성에 관한 실험적 연구", 대한기계학회논문집, B, 제27권, 제3호, pp. 398-405, 2003.

[4] D. W. Hill and T. Powell, Non-Dispersive Infrared Gas Analysis in Science, Medicine and Industry, Plenum Press, NJ,, 1968.

[5] 박태순, 허귀석, 오상협, 우진춘, 이진복, 김광섭, 김용두, 문동민, 김병민, 배현길, 이정순, 김현호, 노중섭, 박중보, 한상봉, 이재용, 최훈, "환경·식품 유해성분 측정보증", 한국표준과학연구원 연구보고서, KRISS/IR-2007-062, 1999.

[6] A. V. Oppenheim and R. W, Schafer, Discrete-Time Signal Processing, 2nd Ed. Prentice-Hall, 1999.

저 자 소 개

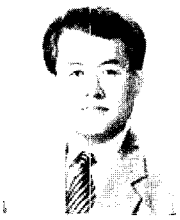
최 훈(평생회원)
1996년 충북대학교 전자공학과 학사 졸업.
1995년~1998년 LG반도체
2001년 충북대학교 전자공학과 석사 졸업.
2006년 충북대학교 전자공학과 박사 졸업.
2008년~현재 동의대학교 전자공학과 전임강사
<주관심분야 : 적응신호처리, 멀티레이트 신호처리, 음향 신호처리, 신호처리 알고리즘 실현>

김 현 호(정회원)
1982년 인하대학교 전자공학과 학사 졸업.
1994년 충북대학교 전자공학과 석사 졸업.
2004년 충북대학교 전자공학과 박사 졸업.
1986년~현재 한국표준과학연구원 책임연구원
<주관심분야 : 적응신호처리, 환경계측시스템>

황 병 한(정회원)
1995년 원광대학교 전기공학과 학사 졸업.
1995년 우주환경기술 (현 (주)동안정보산업)
1995년~2007년 한국표준과학 연구원 위촉연구원
2008년~현재 (주) 켄텍 대표이사
<주관심분야 : 대기오염 연속계측시스템>

임 용 석(정회원)
1992년 한양대학교 산업공학과 학사 졸업.
1996년~2000년 (주)동안정보산업
2001년~2003년 (주) 에니텍
2003년~현재 씨텍 대표
<주관심분야 : 환경계측시스템, 지진측정시스템, GIS, TMS, 계수시스템, 신호처리>

류 근 택(정회원)
1991년 청주대학교 전자공학과 학사 졸업.
1993년 충북대학교 전자공학과 석사 졸업.
2001년 충북대학교 전자공학과 박사 졸업.
1996년~현재 극동정보대학 보건의료공학과 교수
<주관심분야 : 적응신호처리, 생체신호처리, 의료영상신호처리, 유비쿼터스 헬스센서시스템, 컴퓨터 의학응용>



배 현 덕(평생회원)-교신저자
1977년 한양대학교 전자공학과 학사 졸업.
1980년 서울대학교 전자공학과 석사 졸업.
1992년 서울대학교 전자공학과 박사 졸업.
1987년 3월~현재 충북대학교 전기전자컴퓨터 공학부 교수
<주관심분야 : 적응신호처리, 멀티레이트 신호처리, 음향 신호처리, 신호처리 알고리즘 실현>