

미세먼지의 실시간 데이터 수집을 위한 광 산란식 소형 먼지감지기 개발

Development of a Small Dust Concentration Sensor Using Light Scattering Method for Real-Time Data Collection of Fine Dust

저자 (Authors)	배동혁, 김경수, 김태호, 이태동
출처 (Source)	한국항공우주학회 학술발표회 초록집 , 2014.11, 999-1002(4 pages)
발행처 (Publisher)	한국항공우주학회 The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE06294720
APA Style	배동혁, 김경수, 김태호, 이태동 (2014). 미세먼지의 실시간 데이터 수집을 위한 광 산란식 소형 먼지감지기 개발. 한국항공우주학회 학술발표회 초록집, 999-1002
이용정보 (Accessed)	이화여자대학교 203.255.***.68 2020/04/25 15:46 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

미세먼지의 실시간 데이터 수집을 위한 광 산란식 소형 먼지감지기 개발

Development of a Small Dust Concentration Sensor
Using Light Scattering Method
for Real-Time Data Collection of Fine Dust

배동혁^{1*}, 김경수², 김태호¹, 이태동¹
국립 금오공과대학교 광시스템공학과¹, 물리학과²

초 록

국제적인 환경문제의 대비와 점차적으로 심각해지는 미세먼지 데이터를 실시간으로 수집하기 위한 장치를 레이저 다이오드와 광 검출기를 이용하여 구현하였다. 레이저의 특성 중 산란을 이용한 측정법으로, 산란광의 데이터 제어를 위해 아두이노비, 통신장치로 엑스비 프로 60mW를 사용하고, 전체적인 외형을 CATIA 프로그램으로 설계하고 3D 프린터를 이용하여 제작하였다. 무선 송신된 데이터는 지상부에서 자동으로 분석되어 현재 미세먼지의 위험성을 나타낸다.

ABSTRACT

It is equipment that made of Laser Diode and Photo Detector that Preparation for international environmental problem and Collecting Real-Time Data of Gradually Serious fine dust. Mensuration of Using scattering which is characteristics of the Laser digitize data of scattering light. ArduinoBee for command processing, XBee Pro 60mw for wireless communication and the wider appearance of design using CATIA program worked in 3D printer. Wireless transmission data analysis automatically to computer on the ground and express dangerous of fine dust.

Key Words : Fine Dust(미세먼지), Light Scattering(광산란), Laser Diode(레이저다이오드), Photo Detector(포토다이오드)

1. 서 론

최근 국제적으로 환경문제가 부각됨에 따라 미세먼지의 심각성도 많은 화젯거리가 되었고, 이에 따라 미세먼지의 측정방법의 관심과 개발 필요성이 부각되었다. 이와 관련하여 미래창조과학부 주최, KAIST 주관의 캔위성 체험 경연대회에서 미세먼지 측정을 임무로 입상을 하게 되었고, 그 이후 이와 같은 논문을 작성하게 되었다. 미세먼지 측정에는 여러 가지 방법이 있는데 국내 환경측정 기기로 채택 받은 대부분의 제품이 외국에서 제작된 수입품으로서 제품 설치, 유지에 막대한

비용이 든다고 한다⁽¹⁾. 환경적인 문제로서는 현재 우리나라의 미세먼지 60%가량이 중국에서 날아오고 있고, 중국의 미세먼지 배출량은 2007년도 이후 해마다 7%씩 증가하고 있다⁽²⁾. 이러한 문제의 해결 방안으로 실시간 측정이 가능하고, 단가가 저렴한 광 산란법 미세먼지 감지기를 제작하였다. 실제로 현재 고속도로, 공공시설에 설치된 미세먼지 측정기 역시 광 산란법을 이용하는 제품이다. 또한 미세먼지의 감시벨트가 중국에 보다 가깝게 형성될 수 있도록 이동식 측정이 가능하도록 소형으로 설계하였다⁽³⁾.

2. 설계 및 제작

광 산란식 먼지감지기의 원리는 다음과 같다. 최초 레이저광이 수평방향으로 진행을 하고 그 사이에 크기를 가지는 작은 입자가 존재하면 광의 진행 방향 이 바뀌게 된다. 이러한 현상을 산란이라고 하며, 산란된 광을 산란광이라고 한다. 산란된 광량은 공간의 입자량에 비례하게 증가하며 그 원리를 이용하여 미세 먼지량을 수치화 할 수 있다.

2.1 광 산란부

구현과정 중 가장 핵심적인 부분으로 많은 레이저와 광 검출기 중 가장 적합한 제품을 선택하는 것을 시작으로 하였다. 650nm 파장과 1mw의 출력을 가지고 집광성이 좋은 레이저 다이오드와 600~900nm에서 출력이 가장 좋은 광 검출기를 사용하였다. 산란광의 검출의 위치 선정이 중요한 요인이 될 수 있는데, 이는 실험결과 산란각이 20°가 되도록 하여 출력이 가장 좋은 위치를 선정하였다.

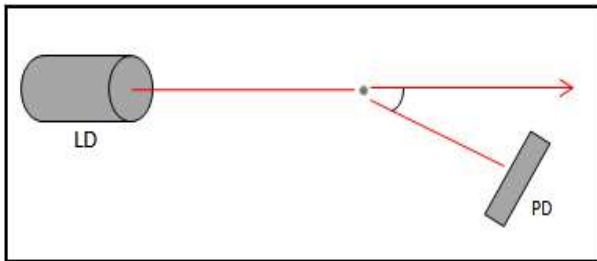


그림. 1. 레이저다이오드와 광 검출기의 위치설정
Fig. 1. Set the location of Laser Diode and Photo Detector

2.2 공기 순환부

전체적인 외형은 3가지의 중요한 요소를 가지고 제작된다. 구현에 필요한 장치(레이저 다이오드, 광 검출기, 아두이노비, 엑스비, 전원 공급 장치)를 안전하게 보관하고, 광 검출기가 레이저의 산란광을 제외하고 다른 어떠한 빛의 영향을 받지 않도록 하게하며, 마지막으로 광 산란부의 원활한 공기순환이 가능하도록 하여야한다. 따라서 장치의 전반적 모양은 가운데가 뚫려있는 원기둥이며, 아래로부터 최초 공기가 유입되어 위 구멍을 통해

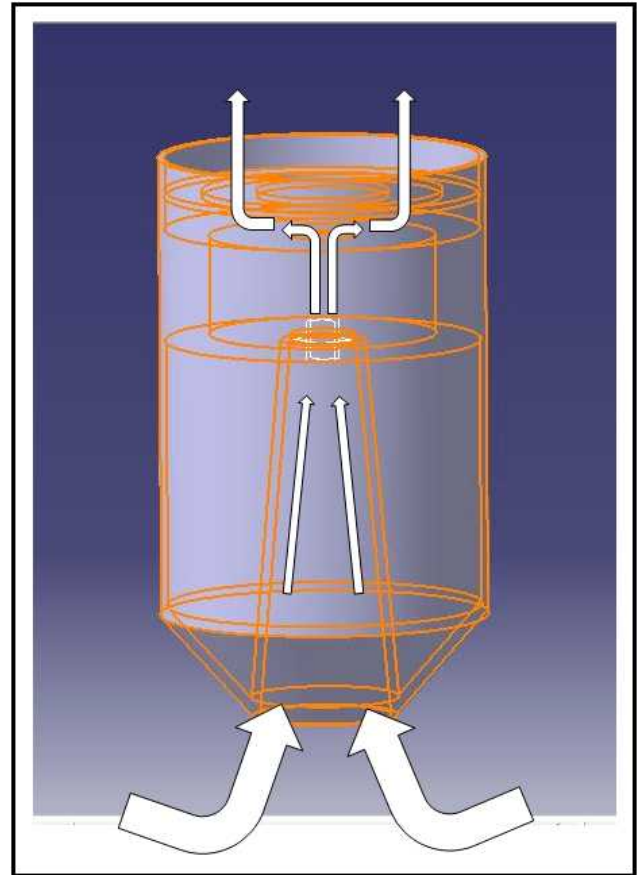


그림. 2. 전체적인 외형과 공기순환 모식도
Fig. 2. The overall appearance and Schematic view of the air circulation

순환하는 형식으로 제작하였다. 외형은 3D 프린터를 사용하여 가벼운 ABS 수지로 제작하였으며, 외부에는 무광 페인트로 내부에는 은박테이프를 이용해 외부의 빛을 차단하였다.

2.3 통신부

무선통신장치 선정조건으로는 간단한 설치 및 사용, 500m이상 데이터통신이 가능해야하는 점을 중점으로 두고 결정하였다. 이 2가지 조건에 적합한 장치로서 엑스비 프로 시리즈를 사용한다. 엑스비 프로와 아두이노비는 서로 사용이 편리하게 제작된 제품이다. 통신장치는 아두이노비에 엑스비를 장착 한 후 발신장치와 수신장치의 채널을 맞추어 사용한다. 통신거리를 500m이상으로 가능하

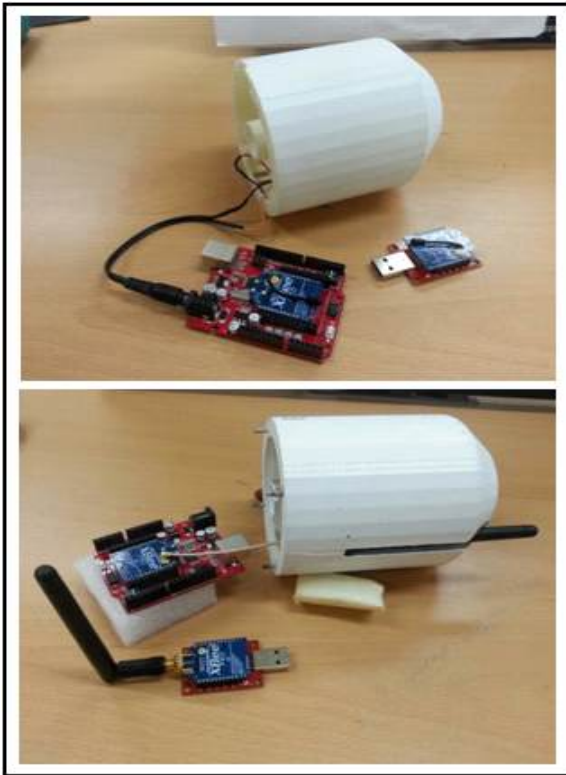


그림. 3. 와이어 안테나와 증폭 안테나의 사진

Fig. 3. A photo of Wire antenna and amplified antenna

기 위해 엑스비 시리즈 중 60mw출력 와이어 안테나를 사용하였다. 하지만 50m 건물 옥상 사전 실험 중 약 1개/1s의 데이터 전송으로 실험목적에 적합하지 않는 데이터 통신 상태를 보여 증폭안테나를 사용하기로 변경하였다. 증폭 안테나를 사용한 후 전과 동일한 조건의 50m 건물옥상에서 실험을 해본 결과 10개/1s의 데이터 값을 받을 수 있었고, 실제 대회당일 1만개 이상의 데이터 값을 얻어낼 수 있었다.

3. 실험 및 결과

실험값의 정밀도를 높이기 위한 방안으로 레이저의 집광실험이 필요하였다. 레이저 집광성은 가격, 크기, 광학기기에 따라서 달라지는데, 여기서 필요한 부분은 실험목적에 적합한 집광성이다. 레이저가 수평하게 진행되는 방향에서 20° 아래에 PD가 위치해 있는 상황에서 만약 내부공간에 입

표 1. 슬릿 제작 전 후의 측정 데이터

Table 1. Measurement data of slit production Before and after

Slit 제작 전	Slit 제작 후
720	22



그림. 4. 레이저 광 집광정도를 비교한 사진

Fig. 4. A compared photo of laser Beam spot size

존재하지 않을 때 에는 데이터 값이 0에 가깝게 해야 하기 때문이다. 이러한 기능을 하기위해 Slit의 기능을 추가 하였는데 수평방향의 광 경로를 중심으로 원형의 작은 크기를 가지는 가림막을 제작하였다. 실험결과 제작 전 후 측정되는 데이터가 확연히 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

다음으로, 650nm의 빨간색 레이저가 크기가 10 μm 이하인 입자에서 산란이 되는지 알아보기 위한 실험으로, 실제로 미세먼지로 인한 산란광을 감지 할 수 있는가에 대한 실험을 하였다. 방법은 면을 태운연기를 통과시켜 이때 광 검출기의 수치가 변동되는지 확인하였다. 면을 태울 때 발생하는 연기의 입자는 약 3 μm 정도라고 한다.⁽⁴⁾ 산란광이 발생하는지에 대한 여부를 알아보는 것이기 때문에 연기량과 노출시간 은 변수에서 제외하고 실험 하였다. 실험결과 연기의 여부에 따라 광 검출기의 수치가 변동되는 것을 알 수 있었다. 미세먼지량의 단위는 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 실제 실험으로 받는 데이터인 광량은 단위가 없는 숫자로 표현된다. 그러므로

산란광을 인식하는 것을 확인한 후 실제 미세먼지량과 광 검출기의 수치값이 대응되는 데이터를 실험에 의해 확보 하여야한다. 환경부 한국 환경공단에서 제공하는 미세먼지량과 측정소와 같은 장소, 시간에서 광 검출기에 들어오는 광량의 데이터를 수집한 결과 서로 비례하는 관계의 도표를 얻었으며, 이 실험으로 인해 공기 중 실제 미세먼지량의 측정 여부와 제공 데이터 값에 대응되는 광 검출기의 수치값을 알아 낼 수 있었다. 실제 미세먼지량과 광량 사이의 관계를 분석하고, 측정 데이터에 따른 미세먼지의 위험도 상태를 표시 하는 것이 최종 임무이다. 이와 같은 임무를 수행하기 위해 위험상태 표를 작성하였고, 이를 기반으로 대회당일 낙하산을 장착한 먼지감지기를 로켓에 실어 지상 500m 상공으로 쏘아 올렸다. 원활한 데이터 통신이 가능하여 낙하산이 퍼진 순간부터 지상 착지까지 약 1만개의 데이터를 실시간으로 수집이 가능하였고, 이를 엑셀 비주얼 베이직으로 전송 받아 자동 평균값을 산출하였다. 데이터 값은 실시간 그래프로 확인 가능하게 만들었다. 474.9의 데이터를 분석한 결과 대회장소인 고흥군 항공센터의미세먼지량은 $32 \mu g/m^3$ 안전한 상태로 측정되었다.

표 2. 연소된 면 입자의 산란 실험 결과
Table 2. The Scattering experimental results of Burnt cotton Particles

면을 태운 연기 발생 전	면을 태운 연기 발생
25	1572

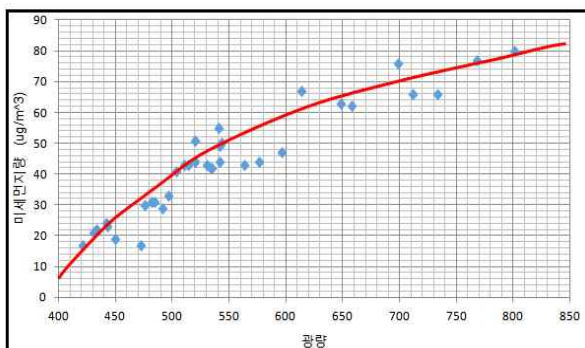


그림 5. 실제 미세먼지량과 광량 사이의 관계 도표
Fig 5. The Relation Table between Fine dust amounts and amount of light

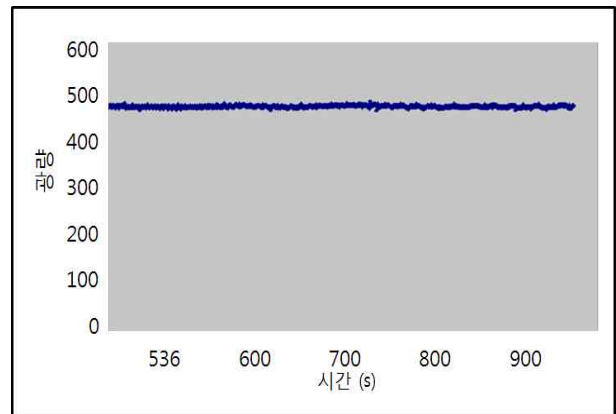


그림 6. 대회당일 측정 데이터 그래프
Fig 6. The graph of measurement data in competition

4. 결론

장소에 구애받지 않는 실시간 측정이 가능한, 광 산란을 이용한 미세먼지 감지기를 제작하였다. 레이저 다이오드의 집광성을 높이고, 외부의 빛을 차단하여 암실 조건을 만들어 광 검출기의 민감성을 높였다. 그 결과 저렴한 단가의 고효율 미세먼지 감지기를 제작하는데 성공하였고, 이를 활용한 다면 시단위의 측정소만 존재하는 우리나라의 측정 제한성을 극복할 수 있다. 나아가 중국 미세먼지 감시벨트 범위를 바다 위까지 확장할 수 있고, 국제 환경 문제에 대비한 체계적인 데이터 축적이 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

- (1) 양희모, 「돈 없고 사람없어... 초미세먼지 경보 제 유명무실」, 『경기일보』, 2014,01,22
- (2) MBN 뉴스8, mbn.co.kr, “최악의 미세먼지” <http://www.mbn.co.kr/pages/vod/programView.mbn?bcastSeqNo=1065098>
- (3) 이서준, 「서해에 ‘회색 재앙’ 감시벨트 짜자」, 『중앙일보』, 2013.12.09.
- (4) , “광 산란특성을 이용한 미세입자 감지 시스템”, 한국전자통신학회논문지, Vol. 7, pp. 579-583, 2012