

## 905nm 펄스 레이저를 이용한 시정계 센서

### A Visibility Sensor using a 905nm Pulsed Mode Laser

김광웅, 전호경, 송동혁, 박정호  
 고려대학교 전자공학과  
 kwangung@korea.ac.kr

1. 서론

산업의 발전과 급속한 대도시화는 환경오염이라는 새로운 사회적 이슈를 발생시켰다. 시정(視程, Visual Range)이란 대기의 혼탁도를 나타내는 기상요소로서, 정상적인 시각을 가진 사람이 목표를 식별할 수 있는 최대거리를 의미한다. 시정은 대기오염을 판단할 수 있는 척도이며, 항만 및 공항 등에서는 인명 및 재산과 직접적인 관계를 갖고 있어, 최근 시정 측정에 대한 중요성이 높아지고 있다. 본 논문에서는 배경 잡음에 좋은 특성을 가지며, 보다 정확한 시정 측정을 위하여 905nm 펄스 모드 반도체 레이저 다이오드를 이용한 시정계 센서를 제작하여 실험하였다.

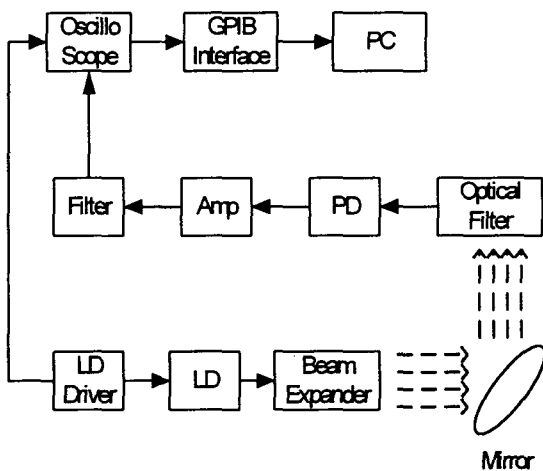
2. 이론 및 센서 구성

Koschmieder의 시정이론(식.1)에 따르면, 시정거리는 소멸계수( $b_{ext}$ )와 관련이 있으며, Beer의 이론(식.2)에 따르면, 소멸계수는 대기 중 경로  $x$  [m]를 진행함에 따른 광의 세기와 관련이 있다<sup>(1)</sup>. 따라서, 광원의 광의 세기( $I_0$ )를 알고, 경로  $x$  [m]를 진행한 후의 광의 세기( $I_x$ )를 측정함으로써 소멸계수 및 시정을 측정할 수 있다.

$$L_v = \text{시정} = 3.91 / b_{ext} \quad (1)$$

$$I_x = I_0 \exp(-b_{ext} x) \quad (2)$$

본 논문에서는 소멸계수의 측정을 위하여, 광원으로 905nm 펄스 반도체 레이저를 사용하였으며, 실리콘 PIN 포토다이오드를 수광부로 사용하여, 그림 1과 같이 구성하였다.



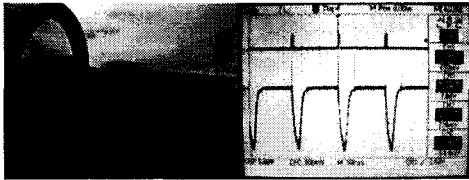
LD는 LD Driver를 통해 펄스 반복 주파수 50Hz로 발진하고, Beam expander는 1인치 평행광을 발산하여 샘플볼륨을 늘릴 수 있으며, LD 출력이 고른 분포를 갖도록 한다. 발광부 앞단 75cm 거리에 거울을 위치하여, 광경로를 1.5m로 하였으며, 광학필터를 부착하여 가시광 배경잡음에 강한 특성을 갖도록 하였다. PD의 출력은 오실로스코프에서 GPIB 인터페이스를 통해 PC에서 샘플링하고, 식.1과 식.2를 이용하여 소멸계수 및 시정을 계산하였다. 소멸계수는 식.3과 같이 구성되며, 본 논문에서는 905nm 파장 영역의 대기 중 투과율을 고려하여 particle의 산란계수를 제외한 계수들은 무시하였다. 첨자 s, a, g, p 는 각각 scattering, absorption, gas, particle을 의미한다.<sup>(2)</sup>

그림 1 시정계 센서의 블록도

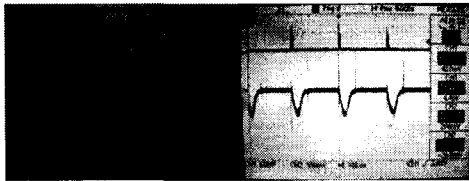
$$b_{ext} = b_{sg} + b_{ag} + b_{sp} + b_{ap} \quad (3)$$

3. 측정

시정계 센서를 구성하고, 1.5m의 광경로에 그림 3과 같이 임의의 5가지 시정상태를 만들고, 소멸계수를 측정하여 시정을 계산하였다. 그림 2는 시정 상태의 변화와 오실로스코프에 보여지는 PD 출력의 변화를 나타내며, 시정이 악화되면 신호의 크기가 작아지는 것을 확인할 수 있다.



(a)



(b)

그림 2. 시정의 변화와 출력  
(a) 시정정상 (b) 시정악화



시정상태1

시정상태2

시정상태3



시정상태4

시정상태5

그림 3. 5가지 시정상태

표 1. 시정상태 1,2,5의 출력

Case	Vref [V]	시정상태1	시정상태2	시정상태5
		Vo [V]	Vo [V]	Vo [V]
1	1	0.0488	0.0374	N/A
2	1.5	0.1071	0.08	N/A
3	2	0.2046	0.165	0.036
4	2.5	0.2553	0.211	0.157
5	3	0.672	0.564	0.216
6	3.5	1.114	0.94	0.37
7	4	1.686	1.607	0.444
8	4.5	3.294	3	1.014
9	5	4.82	4.563	1.025
10	5.5	4.87	4.6	1.025

표 2. 소멸계수와 시정

시정 상태	$b_{ext}$ [ $km^{-1}$ ]	$L_v$ [km]
1	0.782	5
2	1.13	3.46
3	1.95	2
4	6.57	0.6
5	7.35	0.53

표 1은 LD 출력 변화에 따른 시정상태 1, 2, 5의 PD 출력을 나타내며, Case5와 Case6의 LD 출력을 이용한 소멸계수 및 시정의 측정은 표 2와 같다. Case5, 6은 작은 시정 변화에도 민감하게 반응하며, 악시정에서도 좋은 출력을 보인다. 표 2에서는 시정상태 1~5로 변화함에 따라, 시정이 점차 감소하는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

대기오염 및 안개 등에 의한 시정 악화를 측정하기 위한 시정계 센서를 제작하고 임의의 5가지 시정 상태에서 소멸계수 및 시정을 측정하였다. 광원으로 905nm 펄스 레이저를 이용하였고, 샘플볼륨을 늘리고 LD 출력의 고른 분포를 위하여 1인치 Beam expander와 거울을 이용하였으며, 배경 잡음을 줄이기 위하여 광학 필터를 이용하였다. 시정상태 변화에 따른 소멸계수 및 시정을 측정하였으며, 시정상태의 악화에 따라, 소멸계수의 증가 및 시정의 감소를 확인하였다. 제작된 시정계 센서는 수 백 m의 악시정에서부터 수 km의 시정을 측정할 수 있다. 향후 야외 테스트를 통해 보정작업을 하고, 신호 처리부 및 결과 전송을 위한 인터페이스를 개발할 계획이다.

1. Jorg Bendix, "Determination of fog horizontal visibility by means of NOAA-AVHRR", IGARSS '95. 'Quantitative Remote Sensing for Science and Applications', International, Vol.3, pp.1847-1849, 1995
2. 백남준, 김용표, 문길주, 조영일, "대기 중 에어로졸이 시정장애에 미치는 영향에 관한연구", 화학공학의 이론과 응용 제1권 제1호, pp.565-568, 1995

T  
D