

---

# Mie 산란 레이저 레이더 시스템을 위한 에어로졸과 구름의 판별 알고리즘 개발

김신자\* · 이영우\* · 박찬봉\*

\*목원대학교

## Development of algorithm for determination of cloud and aerosol in Mie scattering Laser Radar System

Sheen-Ja Kim\* · Young Woo Lee\* · Chan Bong Park\*

\*Mokwon University

E-mail : cbpark@mokwon.ac.kr

### 요 약

레이저 레이더를 이용한 에어로졸과 구름의 동시 측정 시에 두 물질을 구분하는 알고리즘을 개발하였다. 본 방법은 구름과 에어로졸의 후방산란 신호의 고도별 경사 변화의 차이를 이용하는 방법이다. 본 알고리즘의 결과로써 나오는 파라미터는 구름의 운고, 운저, 그리고 경계층의 고도이다.

### ABSTRACT

The algorithm to distinguish cloud from aerosols in the measurements of Laser Radar is developed. This method use the difference of slope between return signals of cloud and aerosols. The parameters achieved from the algorithm are altitude of cloud top, cloud base, and boundary layer.

### 키워드

Remote Sensing, Cloud, Aerosols, Laser Radar

### 1. 서 론

레이저 레이더 (라이더)를 이용하여 대기경계층에서부터 권계면까지의 영역에 분포된 에어로졸과 구름에 대해 처음으로 관측을 시도한 것은 라이더의 개발 초기이다[1]. 최근 대기 중의 구름과 에어로졸은 산란과 흡수를 통하여 복사수지에 직접적 영향을 주고, 또한 에어로졸은 운핵(Cloud Condensation Nuclei, CCN)으로서 작용과 표면에서 화학반응을 수반하고 있다는 현상이 밝혀지면서, 구름의 광학적 특성과 분포를 파악하기 위하여 레이저 레이더 관측 장비를 사용하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 지구 복사수지모델 분야에서는 지상 관측 장비를 사용하여 운저의 정밀관측과 연속 관측데이터의 축적을 필요로 하고 있다. 이를 위한 방안으로 레이저 레이더에 의한 관측의 필요성은 더욱 강조되고 있다. 현재

Mie 산란 라이더에 편광소자를 설치하는 편광라이더(Polarization lidar)를 사용하여 구름의 고도 분포(운저 및 운고), 구름의 상(액상 및 빙상)과 입경분포를 추정하고 있다.[2],[3]. 또한 HSRL(High Spectral Resolution Lidar) 등을 사용하여 권운(Cirrus Cloud) 및 수운(Water Cloud)의 미시적 물리학 구조를 정밀 분석하는 보고가 있다[4]. 또한 라이더(Lidar)와 레이더(Radar)를 조합하여 구름의 물리적 미량을 추정한 보고가 있다[5].

본 연구에서는 미 산란 레이저 레이더에 두 파장 편광소자(532 ⊥ nm, 532 // nm, 1064 ⊥ nm, 1064 // nm)를 설치하여 편광해소도(532 nm, 1064 nm)의 동시 출력으로 구름의 고도와 구름의 상을 분석하였다.

## II. 데이터처리 알고리즘

먼저 신호에 대한 전 처리과정에 으로서 임의의 관측시간동안에 계수된 신호들을 적분 및 평균화 처리를 한 다음, 배경잡음을 제거하였다. 위의 과정을 거친 후 신호 대 잡음의 비가 5 이상 되는 경우에만 선택하여 거리수정신호 세기로 출력하였다. 운저 및 운고의 최적값을 선정하기 위하여 고도(Z)를 증가 시키면서 거리수정신호를 고도의 구간별로 미분하여 각 점의 기울기를 구한다. 이때 얻어진 기울기가 7.2 %/m 이상이 되는 경우의 값들을 선별하고, 이 중에서 가장 높은 값이 나타나는 고도를 운저로 결정하였다. 또한 기울기가 -7.2 %/m 이하가 되는 값들을 선별한 후, 이 중에서 가장 적은 값을 나타내는 고도를 운고로 결정하였다. 이때 운고는 운저보다 높은 값으로 제한하였다. PBL의 고도는 거리수정신호를 사용하여 에어러솔의 후방산란비(BR)를 구한다음 일정 구간에서 후방산란비의 기울기를 구한다. 기울기가 50 % / 100 m, 40 m thickness 이상이 되는 값들을 선별한 후, 이 중에서 가장 큰 값이 나타내는 고도를 대기경계층의 에어러솔 경계고도로 설정하였다.

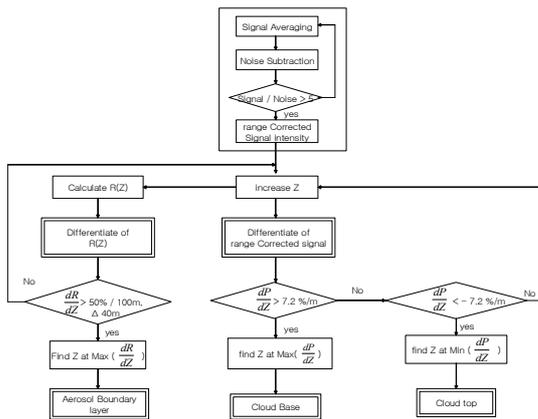


그림 1. 구름의 운고, 운저 및 경계층 구분을 위한 신호 및 데이터 처리 흐름도.

구름(운저 및 운고)은  $\pm dP/dZ$ , PBL(고도)은  $+dR/dZ$ 의 식으로 결정되며, 다음, 각각의 설정 문턱값은 운저의 경우  $dP/dZ > 7.2 \%/m$ , 운고의 경우  $dP/dZ < -7.2 \%/m$ , PBL(고도)의 경우  $dR/dZ > 50 \%/100 \text{ m}$  및  $\Delta 40 \text{ m}$ 으로 설정하였다. 이것을 기준으로 프로파일의 문턱값을 분석한 후, 각각의 고도를 결정하였다. 즉 운저는  $\max(dP/dZ)$ 에서 고도, 운고는  $\min(dP/dZ)$ 에서 고도, PBL은  $\max(dR/dZ)$ 에서 고도를 각각 출력한게된다. 여기서 PBL의 최상단 고도는 고도 600 m~3000 m 범위 내에서 운저 이하에 있고 또한

$dR/dZ$ 의 값이 최대가 되는 조건이다. 그림 1. 은 구름의 운고, 운저 및 대기 경계층 구분을 위한 흐름도 이다.

## III. 측정시스템의 구성

본 측정에 사용된 레이저 레이다 시스템은 532 nm 와 10674 nm 파장의 Mie-Rayleigh 산란을 기본으로 하는 2파장 2편광시스템이며 구성은 크게 송신부, 수신부, 및 신호처리부로써 구성된다. 532 nm 및 1064 nm 파장은 Nd:YAG 레이저 + 2nd harmonic generator에서 발진되며, 빔의 발산각을 줄이기 위한 빔 확대경 통과한 후 대기 중에 송신된다. 대기 중에서 대상 물질에 따라 산란된 광은 뉴토니안 형식의 망원경으로 집광된다.

표 1. 라이다 장치의 제원

Transmitter	
Laser	Surelite I-10
Max. output	470 mJ @1064 nm 220 mJ @532 nm
Beam div	0.6 mrad
Repetition	10 Hz
SHG	type I for 1064 nm and 532 nm
Receiver	
Telescope	Cassegrain type
	1st mirror, 300 mm
	FOV, 0.3-6.4 mrad (1 mrad)
Receiving channel	1064s nm and 1064p nm 532s nm and 532p nm
Detector	PMT , Hamamatsu-H6780 APD , Licel-APD-1.5
Data Acquisition	LeCroy-LT264, 4ch, 350 MHz, 1 GS/sec, 8 bits
Operation mode	5 min-on, 10 min-off
Range resolution	6 m

망원경에 연결된 분광기에서 광은 다시 532 nm 및 1064 nm 각각의 수직/수평 편광성분 신호로 나누어지고 광전증배관 (532 nm) 및 애벌런치 다이오드(PD)에 의해 검출된다. 이후 검출된 신호는 A/D 변환기를 거친 후 신호처리 및 데이터 처리 과정을 거치게 된다. 그림 2.는 시스템의 블록을 표 2.는 사용된 시스템의 제원을 나타내고 있다.

## IV. 구름의 측정 및 판별

V. 결 론

미 산란 라이다를 이용하여 대기 중의 에어로졸과 구름의 운고, 운저 및 경계층을 판별하는 알고리즘을 개발하였다. 운고 운저의 고도는 구름이 6 km 이상에 분포하며 에어로졸 층과 겹치지 않는 경우는 판별이 잘 되었으나, 구름과 에어로졸이 혼합되어 나타나는 대류권 중간영역에서는 운고 운저가 혼합되어 나타나는 등의 구름의 식별 한계가 저하되는 것으로 나타났다. 이것은 더욱 많은 실험 및 해석에 의해 앞으로 보정되어야 할 연구되어야 할 과제이다.

참고문헌

[1] G. Fiocco and J. B. DeWolf, "Frequency spectrum of laser echos from atmospheric constituents: and determination of aerosol content of air", J. Atm. Sci. vol. 25, pp. 488-496, (1968)

[2]. K. Sassen and B. S. Cho, "ubvisual-thin Cirrus lidar dataset for satellite erification and limatological research", J. Appl. Meteorol., vol. 31, pp. 1275-1285, (1972)

[3]. Y. Sassano, A. Shigematsu, H. Shimizu, N. Takeuchi, and M. Okuda, "On the relationship between the aerosol layer height and the mixed layer height determined by laser rader and low-level radiosonde observation", J. Meteorol. Soc. Japan, vol. 60, pp. 889-895, (1982)

[4]. N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu "Chimatological characteristics of cloud distribution and planetary boundary layer structure in Jakarta, Indonesia revealed by lidar observation", Geophys. Res. Lett., vol. 27, no. 18, pp. 2909-2912 (2000)

[5]. H. Okamoto "An algorithm for retrieval of cloud microphysics using 95 GHz cloud radar and lidar," J. Geophys. Res., vol. 108 doi:10.1029/2001 JD001225, (2003)

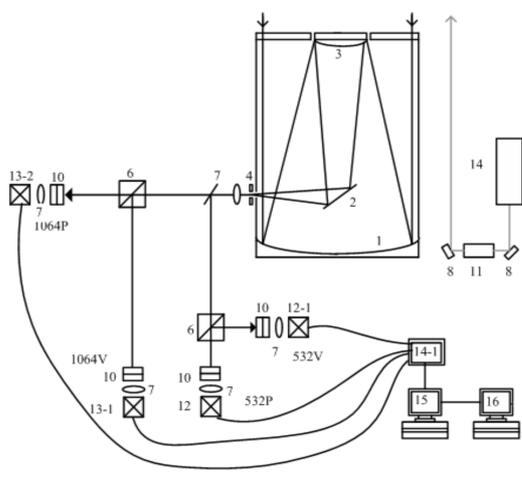


그림 2. 라이다 시스템의 구성도

전술한바 같이 문턱값(dA/dZ)방법을 사용하여 구름(운저, 운고) 및 PBL(고도)의 고도분포를 결정하였다. 그림 3. 은 본 레이저 레이다 시스템에 의해 측정된 신호를 이용하여 문턱값 방법에 따라 계산된 구름의 운고, 운저 및 대기 경계층 값을 나타내고 있다. 본 그림에서 가로축은 시간을 세로축은 고도를 나타내고 있으며, 운고, 운저 및 대기경계층은 각각 다른 라인으로 표현되었다. 측정데이터는 24시간 연속관측에 의한 1일 관측데이터이며, 각각 대류권 중간영역 3~7 km 에서 구름과 (14:30 이전 관측시간) 대기권 상부 6~10 km 이상의 구름 (14:30 이후 관측시간) 을 나타내고 있다. 구름의 두께는 운고 운저의 차이는 결정된다. 대기 경계층은 대체로 2 km 이하로 나타났다.

그림 3. 운고, 운저 및 경계층의 판별