

## PG15) 라이다에 의한 풍속연직분포 측정의 불확도 분석

### Uncertainty Analysis on Wind Speed Profiles Measured by LIDAR

김현구 · 최지휘<sup>1)</sup> · 장문석 · 전완호<sup>2)</sup>

한국에너지기술연구원, <sup>1)</sup>충남대학교 물리학과, <sup>2)</sup>(주)썬덱 기술연구소

#### 1. 서 론

원격탐사(remote sensing)란 관측 대상과의 접촉 없이 멀리서 정보를 얻어내는 기술을 말한다. 기상관측분야에는 이미 소다(SODAR) 장비가 폭넓게 사용되어 왔으나 최근 풍력자원평가(wind resource assessment)를 위한 풍향측정에 SODAR와 더불어 라이다(LIDAR)가 적극적으로 활용되기 시작하고 있다. 참고로 SODAR(Sonic Detection And Ranging)는 수직 및 동서남북 방향으로 음파를 발생시키고 대기유동에 의해 산란 반사된 에코를 수신하여 진동수 변화와 반사에도 강도를 측정하여 각 방향의 에코자료를 벡터 합성함으로써 풍향 및 풍속을 산출하는 원리이다. 반면 LIDAR(Light Detection And Ranging)는 비교적 최근에 풍향측정 용도로 개발된 레이저 탐지에 바탕을 둔 원거리 센서로, 공기입자(먼지, 수증기, 구름, 안개, 오염물질 등)에 의해 산란된 레이저 발산의 도플러 쉬프트(Doppler shift)를 이용하여 풍향 및 풍속을 측정하는 원격탐사 장비이다.

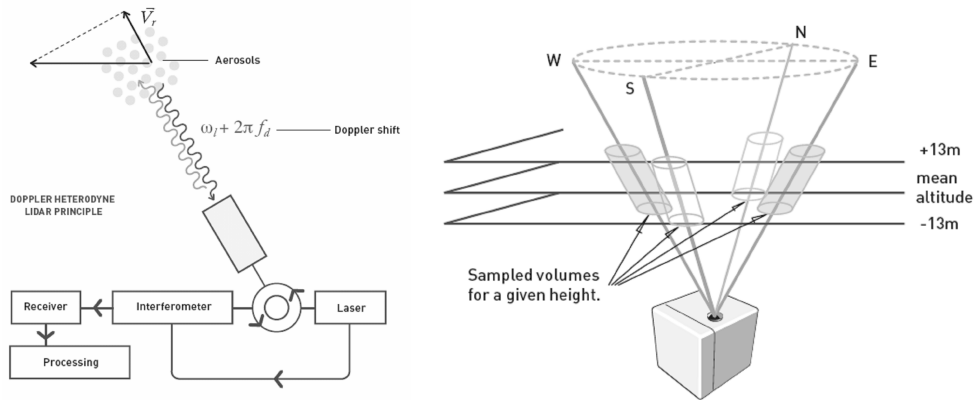


Fig. 1. LIDAR measurement principles(left: Doppler shift principle, right: vertical scanning principle).

풍력자원평가 측면에서 라이다는 그 정확도가 IEC61400-12에 의거한 풍향탑(met-mast) 측정자료 다수와의 비교검증 실측평가(Albers et al., 2009)를 통하여 입증된 바 있다. 한편 한국에너지기술연구원에서 운용 중인 라이다 시스템은 그림 1의 우측 그림과 같이 1초에 360°를 스캔하여 50지점에서 반사되는 레이저를 스펙트럼으로 측정하되 설정된 관측높이에서 풍속은 샘플링 부피(sampling volume)의 평균값으로 정의된다. 그런데 샘플링 부피는 설정된 관측높이로부터 상하 12.5 m, 총 25 m의 높이구간에서 관측한 스펙트럼의 평균값을 그 중앙지점에서의 풍속으로 환산하는 알고리즘(algorithm)을 채택하고 있다. 따라서 비선형적으로 변화하는 풍속연직분포 관측 시 풍속환산 알고리즘에 의한 측정오차가 개입될 가능성이 존재하는 것이다. 이에 본 연구에서는 라이다에 의한 풍속연직분포 측정 시 샘플링 부피의 구간 평균화 과정에서 발생하는 불확도(uncertainty)를 정량적으로 분석함으로써 라이다에 의한 풍속연직분포 관측의 불확도를 정량평가하고자 한다.

## 2. 연구 방법

라이다의 샘플링 면적 방식에 의한 구간평균 과정에서의 평균화 효과(averaging effect)를 정량관정하기 위하여 실제 풍속연직분포 측정자료(김동혁 등, 2009)를 참조표준으로 삼았다. 해당자료는 Scintec MFAS SODAR 관측자료로 10 m 간격으로 연직층 설계하여 지면고도 140~640 m 구간에 대해 60분 이동평균으로 30분 간격의 관측을 실시한 2개월간의 자료이다. 참고로 풍황탐 측정자료와의 비교검증에 의하면 MFAS SODAR의 보정불확도(calibration uncertainty)는  $\pm 0.1\%$ 인 것으로 평가된 바 있다(Bradley et al., 2008).

LIDAR에 의한 풍속연직분포 측정의 불확도를 정량적으로 산출하기 위하여 SODAR에 의해 측정된 풍속연직분포를 참값으로 가정하고, 그 풍속연직분포를 라이다로 측정할 경우 측정결과로 획득되는 풍속연직분포를 재구성하였다. 그리고 참값으로 가정한 SODAR 풍속연직분포와 샘플링 부피의 평균화 오차가 포함된 LIDAR 풍속연직분포의 차이를 정량분석함으로써 LIDAR의 풍속연직분포 불확도를 평가하였다. 이 과정에서 수평면 공간에서의 풍속분포 차이에 의한 오차 및 풍속의 변동성분에 의한 기여도는 없는 것으로 가정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2의 좌측 그래프는 참조표준 즉 SODAR 관측에 의해 참값으로 주어진 풍속연직분포(검은 실선)와 LIDAR 측정결과(검은 사각형)를 비교한 것으로 예상되는 바와 같이 풍속연직분포의 곡률이 크게 변화하는 구간에서 샘플링 부피에 의한 평균화 오차가 발생함을 확인할 수 있다. 그림 2의 우측 그래프는 고정 측정높이에서의 시계열 풍속측정 오차분석을 보여주는 것으로, 회색 막대그래프는 참값인 SODAR 풍속과 LIDAR 측정 풍속의 차이를 보여주는 것으로 풍속전단이 커지는 오후시간대에 오차가 증가하는 경향성을 보여주고 있다. 이러한 오차분석을 통하여 평가된 LIDAR의 풍속연직분포 측정불확도는 관측높이 50 m에서 3.3%인 것으로 나타났으며, 고도가 높아질수록 풍속전단이 완화되므로 측정불확도 역시 완화되는 특성을 나타내었다.

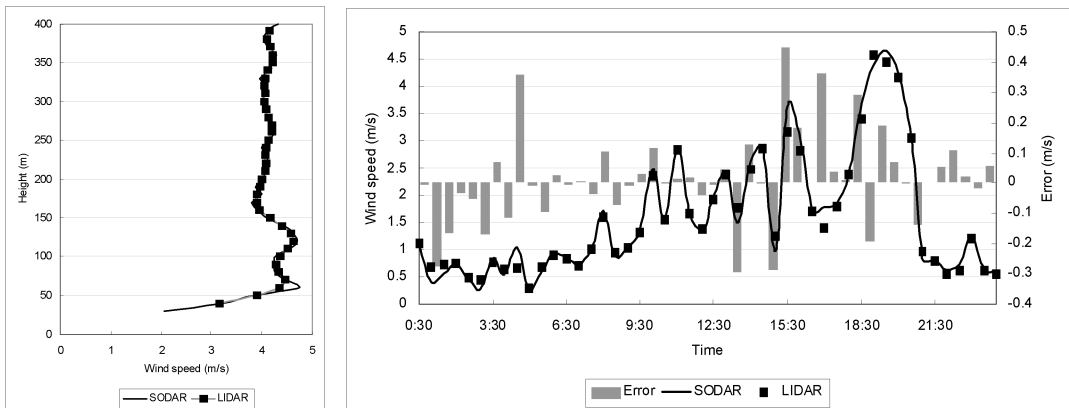


Fig. 2. Error analysis of LIDAR measurements(left: vertical profile, right: time-series comparison).

## 사 사

본 연구는 지식경제부 신재생에너지기술개발사업인 「풍력자원 사전평가 시스템 검증을 위한 라이다 캠페인」에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- 김동혁, 이화운, 김현구, 김민정, 박순영, 전원배, 차영민, 이순환 (2009) 지상기반 원격탐사장비를 이용한 대도시 고층바람 특성분석, 한국기상학회 춘계학술대회, 대구 EXCO.
- Albers, A., A.W. Janssen, and J. Mander (2009) Comparison of Lidars, German Test Station for Remote Wind Sensing Devices, Deutsche WindGuard Consulting GmbH, European Wind Energy Conference 2009.
- Bradley, S., P. Behrens, S.V. Hünnerbein, and B. Piper (2008) Precision wind profiling using new acoustic technologies, European Wind Energy Conference 2008.