

두 개의 2차원 풍향풍속센서를 이용한 송전선 볼센서 구 표면에서의 3차원 풍향풍속 측정 방안에 관한 연구

조남규\*, 이대성\*  
전자부품연구원\*

A Study for the measurement of the 3D direction and velocity of the wind on the sphere surface using two 2D-anemometers

Nam-Kyu Cho\*, Dae-Sung Lee\*  
Korea Electronics Technology Institute\*

**Abstract** - 최근 전력 공급의 안정성을 위해 송전선로에 각종 센서를 불형태(볼센서)로 장착하여 첩탑 및 송전선의 위험 상태를 실시간으로 모니터링해야 하는 필요성이 증대되고 있는데, 본 연구에서는 볼센서의 장착 특성으로 인해 구 표면에 3차원 풍향풍속센서 1개로 3차원 풍향풍속이 측정 불가능한 문제점을 해결하고자, 2개의 2차원 풍향풍속센서의 측정 데이터를 이용하여 3차원 풍향풍속을 산출하는 방안에 대해 기술하였다. 구 표면을 따르는 풍속 및 풍압 유동해석 결과를 바탕으로, 먼저 구 표면을 따르는 2개의 풍향벡터를 통해 실제 풍향을 산출하고, 실제 풍향에 상대적인 센서 위치에 따른 해석결과에 기준해 보정처리를 함으로써 실제 풍속을 산출하는 방안에 대한 연구를 수행하였다.

1. 서 론

최근 전력 공급의 안정성에 대한 사회적, 경제적 필요성이 증대됨에 따라 기존 송전선로에 센서 및 IT 기술이 접목된 송전환경 감시에 대한 연구가 대두되고 있다. 송전첩탑에 풍향풍속센서 등 여러 가지 센서를 장착하는 경우가 늘고 있으나 첩탑 사이의 거리가 멀어 중간에서 일어나는 강풍으로 인한 송전선의 흔들림이나 송전선의 끊어짐을 실시간으로 감지하기 어려운 면이 있었다[1, 2]. 그래서 첩탑 중간 정도의 송전선로 상에 풍향풍속센서, 기울기센서, 온도센서 등 각종 센서들을 직경 30cm 정도의 구형태의 구조물에 내장한 볼센서에 대한 연구가 진행 중이다. 이러한 센서 중 하나인 풍향풍속센서는 구 형태의 볼센서 표면에 장착되어 3차원의 풍향풍속을 측정하는 기능을 수행하게 되는데, 구 표면의 임의의 한 곳에 3차원 풍향풍속센서를 장착하게 되는 경우, 구에 존재로 인해 풍향풍속이 왜곡되어 정확한 풍속풍속이 불가능하게 된다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 구 표면에 따른 풍향풍속 분포를 해석하고 이를 바탕으로 두 개의 2차원 풍향풍속센서를 이용하여 3차원 풍향풍속을 측정하기 위한 방안에 대해 연구하고자 한다.

2. 본 론

2.1 송전선로에서의 풍향풍속센서의 요구조건

송전선로에 설치되는 볼센서의 구 표면에 설치되어야 하는 풍향풍속센서는 송전선에 수십에서 수백 kV의 고전압이 흐르게 되므로 무엇보다 먼저 고전압에 의한 전자기파 자제가 잘 되어야 하고, 낙뢰 회피를 위해 뾰족하게 돌출되는 부분이 없어야 하고, 눈·비·먼지·황사 등의 외부 환경에 대해 강인하여야 하며, 볼센서에 장착 가능한 소형이어야 하고, 소모전력도 작아야 한다. 또한 구 표면에 장착되면서 3차원의 풍향 및 풍속을 측정하여야 한다.

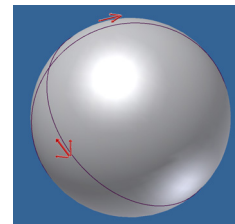
<표 1> 송전선로용 풍향풍속센서 사양

항목	사양	항목	사양
동작온도	-40 ~ 90℃	풍향정밀도	± 3%
풍속측정범위	0~60m/s	동작전압	5V
풍속정밀도	± 5%	Power	5V/200mA
풍향측정범위	각 X/Y/Z축 0~360도	동작주기	연속/1분/10분 원격제어 가능

2.2 2개의 2차원 풍향풍속센서를 이용한 3차원 풍향풍속 측정 기구

송전선로용 풍향풍속센서는 진술한 바와 같이 구 표면에 장착되면서 3차원 풍향풍속을 측정하여야 하는데, 직경 30cm 정도의 볼센서에 장착되기 때문에, 볼센서(구)의 커다란 크기로 인해 구 표면의 임의의 한 곳에 3차원 풍향풍속센서를 장착하여도 정확한 3차원 풍향풍속의 측정이 불가능하게 된다. 그러므로 구 표면의 2곳 이상에 2차원 센서를 설치하

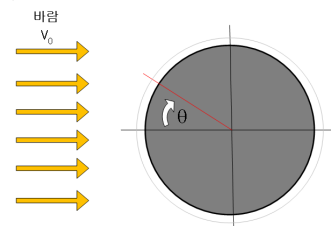
여 3차원 데이터를 산출하여야 한다. 구 표면 위에서 2차원 풍향풍속센서를 장착하여 풍향풍속을 측정하면 아래 그림 1에서와 보는 바와 같이 실제 풍향이 아닌 구 표면에서의 풍향벡터를 구할 수 있는데, 2차원 풍향풍속센서를 구 표면의 다른 곳에 1개 더 추가로 설치하여 측정하면 구 표면에서의 두 개의 풍향벡터를 구할 수 있게 된다. 두 풍향벡터를 그림 1과 같이 구 표면을 따르는 연장선을 그으면 두 군데에서 만나게 되는데 두 교차점을 이은 직선의 방향이 3차원 공간상에서의 실제 풍향이 되므로 2개의 2차원 풍향풍속센서로 구 표면에서 3차원 풍향을 알 수 있게 되는 것이다. 풍속의 경우는 3차원 공간상에 놓인 구에 의한 바람이 저항을 받게 되어 구 표면을 따라 풍속이 감소하거나 증가하게 된다. 진술한 바에 의해 풍향이 먼저 결정되면 풍향에 대한 센서의 상대적 위치를 알 수 있게 되는데 상대적 위치를 알 수 있게 되면, 구 표면에서의 유동해석결과인 기준 데이터와의 보정처리를 통해 원래의 풍속을 산출하게 된다.



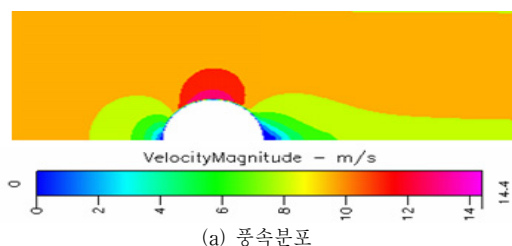
<그림 1> 구 표면에서의 2개의 2D 풍향풍속센서의 의한 풍향측정 개념도

2.3 구 표면에서의 유동 해석 및 결과 분석

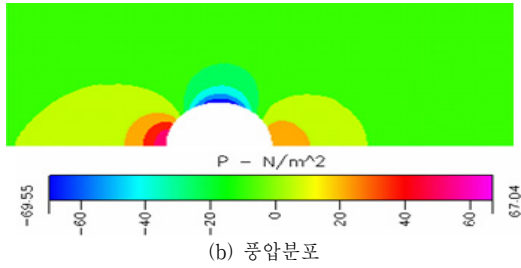
그림 2와 같이 균일한 속도로 부는 바람 속에 구가 놓여 있으면 바람은 구의 크기에 비례하게 저항을 받게 되어 풍속이 감소하면서 압력이 감소하거나, 풍속이 증가하면서 압력이 감소하는 현상이 구 표면을 따라 일어나게 된다. 보다 정확한 결과를 얻기 위해 그림 2와 같이 유동해석 모델을 설정한 한 후, 유동해석프로그램인 CFD-ACE를 이용하여 유동해석을 실시하였다.



<그림 2> 볼의 크기로 인한 표면 풍속 변화 유동해석 모델



(a) 풍속분포



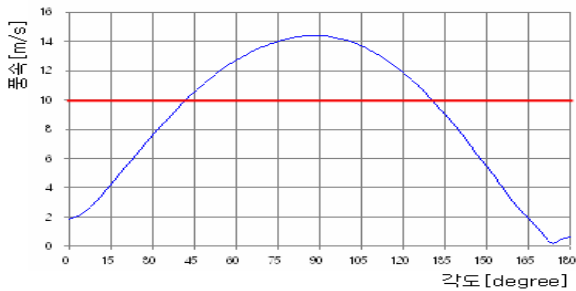
〈그림 3〉 균일한 10m/s 풍속 하에서의 구 표면 따르는 바람의 풍속 및 풍압 분포도

아래의 그림 4의 각도에 따른 구 표면 1cm 위의 유동해석 결과에서 보는 바와 같이 볼의 크기로 인한 풍속의 분포는 바람과 맞닥뜨리는 왼쪽 끝면과 바람이 모여 정체되는 오른쪽 끝면에서는 풍속이 정체되어 0에 가깝게 감소되고, 바람이 각도에 따라 왼쪽 끝면에서 서서히 증가하여 상하 끝면에서는 풍속이 44% 정도 증가되었다가 오른쪽 끝면까지 다시 감소하다가 그 이후로는 조금씩 증가하여 주위 풍속과 같아지게 된다.

볼의 크기로 인한 구 표면의 압력변화는 바람이 압착되는 왼쪽 끝면에서는 대기압에 비해 70Pa 정도, 오른쪽 끝면에서는 대기압에 비해 20Pa 정도의 양압이 걸리고, 풍속이 최대가 되는 상하 끝면에서는 대기압에 비해 70Pa 정도의 음압이 걸린다.

풍속센서를 구 표면 1cm 위에 장착하였을 경우, 그림 4와 같이 풍속은 주변 풍속에 비해 -100% ~ +40% 범위로 변화하게 되어 2차원 또는 3차원 센서를 1개만 사용하면 이 정도의 오차를 발생하게 된다.

그러므로 3차원의 정확한 풍향풍속 측정을 위해서는 전술한 바와 같이 2개의 2차원 센서의 측정 결과를 바탕으로 풍향 산출 후, 그림 4와 같은 해석결과에 기준해 보정처리 함으로써 실제 풍속을 도출하게 된다.



〈그림 4〉 균일한 10m/s 풍속 하에서의 구 표면 1cm 위의 풍속 분포도

### 2.4 풍향 및 풍속 산출

풍향 산출을 위해 먼저 구의 수식 1과 실제 센서 측정 데이터인 구 표면 풍향벡터의 수직인 벡터를 구한 후 이 수직벡터와 센서가 위치한 점을 지나는 두 개의 평면 방정식을 식 2와 식 3을 유도한 후,

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2 \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$-c_1x + a_1z = 0 \quad \text{-----} \quad (2)$$

$$-b_2x + a_2y = 0 \quad \text{-----} \quad (3)$$

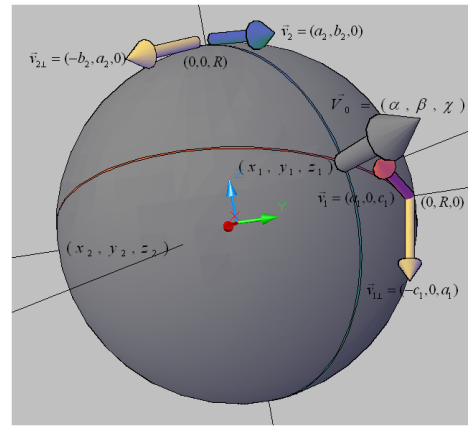
구 표면과 센서가 위치한 점을 지나면서 구 표면 풍향벡터에 수직인 벡터를 지나는 두 평면과의 두 개의 교차점을 위의 수식 (1), (2), (3)을 통해 구하면, 다음과 같다.

$$x_{1,2} = \pm \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \left(\frac{b_2}{a_2}\right)^2 + \left(\frac{c_1}{a_1}\right)^2\right)}} \cdot R \quad \text{-----} \quad (4)$$

$$y_{1,2} = \pm \frac{\left(\frac{b_2}{a_2}\right)}{\sqrt{\left(1 + \left(\frac{b_2}{a_2}\right)^2 + \left(\frac{c_1}{a_1}\right)^2\right)}} \cdot R \quad \text{-----} \quad (5)$$

$$z_{1,2} = \pm \frac{\left(\frac{c_1}{a_1}\right)}{\sqrt{\left(1 + \left(\frac{b_2}{a_2}\right)^2 + \left(\frac{c_1}{a_1}\right)^2\right)}} \cdot R \quad \text{-----} \quad (6)$$

위 세 수식 (4), (5), (6)으로 도출된 두 교차점을 지나는 벡터가 실제 풍향이 된다. 위의 두 교차점을 기준으로 센서의 상대적 위치에 따른 해석결과에 기준해 보정처리하면 실제 풍속을 산출할 수 있게 된다.



〈그림 5〉 두 구 표면 풍향벡터로 실제 풍향 도출 모식도

### 3. 결 론

본 연구에서는 송전선로 모니터링용 볼센서에서의 풍향풍속센서의 장착 특성으로 인해 구 표면에 3차원 풍향풍속센서 1개로 3차원 풍향풍속이 측정 불가능한 것을 2개의 2차원 풍향풍속센서 측정 데이터의 조합으로 3차원 풍향풍속을 산출하는 새로운 방안을 제시하였다. 이러한 감지 기구에 대한 구체적인 설계를 위해, 구 표면을 따르는 풍속 및 풍압 유동해석을 수행하였고, 그 결과를 바탕으로 먼저 구 표면을 따르는 2개의 풍향벡터를 통해 실제 3차원 상의 풍향을 산출하고, 실제 풍향에 상대적인 센서 위치에 따른 해석결과에 기준해 보정처리를 함으로써 실제 풍속을 산출하는 방안에 대한 연구를 수행하였다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 전력산업연구개발의 지원으로 수행되었습니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 김성덕, 김영달, 정동화, “산불에 의한 가공송전선의 열화특성을 비파괴적으로 검출하기 위한 솔레노이드 와류센서의 응용”, 센서학회, 제9권 제 6호, 9~21, 2000
- [2] 손재현, 조양형, 김제홍, 주영석, 소선섭, “옥외 환경 모니터링을 위한 센서노드 설계 및 구현”, 전기학술논문지, 56P권 3호, 117~122, 2007