

Interpolation을 이용한 3-CUP Anemometer의

성능 개선에 관한 연구

이성신 · 정택식 · 구범모

대양전기공업(주) 부설기술연구소

The Study of Performance Improvement of the 3-Cup Anemometer using Interpolation Methods

Seong-shin Lee · Taek-shik Jeong · Beob-mo Gu

Daeyang Electric Co., Ltd. Technical Research Institute

E-mail : sslee@daeyang.co.kr

요 약

본 논문에서는 Interpolation Methods를 이용하여 보다 정확한 풍속을 계산하는 방법과 보다 정확한 풍향을 계산하기 위하여 Interpolation Polynomial을 찾는 방법을 제안하였고, 이렇게 제안된 방법을 이용하여 3-Cup Anemometer의 성능을 개선하였다. 우리는 풍향, 풍속의 관측을 위해 기구부는 3-Cup Type Anemometer로, 전자부는 Photo Sensor를 이용하여 구현하였다. 정확한 풍속과 풍향의 측정을 위해서는 시스템의 메모리 한계 및 성능을 고려한 시스템 설계와 8비트 Gray Code Film으로 256(= 2⁸)개의 각도 Data로 360°를 표현하는 방법이다.

ABSTRACT

In this paper, we propose that the calculation method for accurate wind speed using interpolation methods, and the finding method for accurate wind direction using interpolation polynomial, so we make better performance for 3-Cup Anemometer by the proposed methods. We embody the 3-Cup Anemometer with photo sensor to measure wind direction and wind speed. In order to more accurate wind speed and wind direction, we present the methods to overcome the limitations of system memory and of the sensor measurement error by 8 bit gray code (as substitute 360 degrees for 256 degrees data).

1. 서 론

바람은 풍향과 풍속에 따라 벡터 량으로 나타내며 일반적으로 수평성분의 풍향, 풍속에 대한 관측을 의미한다. 풍속의 단위는 m/s를 이용하는 것이 원칙이나 km/hr, mile/hr, knot도 이용한다. 풍향·풍속계(Anemometer)란 그러한 바람의 세기와 바람의 풍향을 표시하는 장치기록계로서 풍배형과 풍차형으로 구분한다. 풍배형 풍속계는 컵의 회전속도가 풍속에 비례하는 원리를 이용하여 컵의 회전속도를 측정해서 풍속을 구하는 풍속계이며, 3-Cup Anemometer라고도 한다. 풍차형(프로펠러식, 에어로벤) 풍향·풍속계는 풍차의 회전속도가 풍속에 비례하는 원리를 이용한 것으로 풍차풍속계의 풍차를 수직꼬리날개를 가진 유선형 동체의 선단에 붙여서 풍속을 기록하고, 풍향

은 Synchro Motor를 사용하며, Synchro Motor는 1개의 1차 코일과 120° 간격으로 3개의 2차 코일로 되어 있으며, 교류변압기의 원리와 같도록 한 일종의 자기 풍향·풍속계이다.

본 논문에서는 풍향·풍속의 측정을 위해 바람의 속도와 방향에 즉각 응답할 수 있는 디지털화된 3-Cup Anemometer로 센서단을 구성하였으며, 디스플레이단은 센서단에서 가공되어진 풍향·풍속 데이터를 표시하는 장치 기록계로 제작하였다.

풍향·풍속의 측정을 위해서는 센서단에서 물리적인 양을 측정하여 사용자가 가공하기 쉬운 형태의 데이터 NMEA (National Marine Electronics Association) 0183으로 출력한다. 여기서 물리량을 측정하기 위해 센서와 센서 데이터를 가공 처리하는 프로세서로 구성한다.

본 논문에서는 신뢰성 있는 풍향·풍속계 구현

을 위해 시스템의 메모리 한계 및 성능을 고려한 시스템 설계와 8비트 Gray Code의 256(=2⁸)개 각도 데이터로 360°를 표현하는 시스템을 구현한다.

II. 풍향·풍속계

풍향·풍속계의 시스템 구성은 센서단, 디스플레이단(Digital Indicator)으로 나뉘며, 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

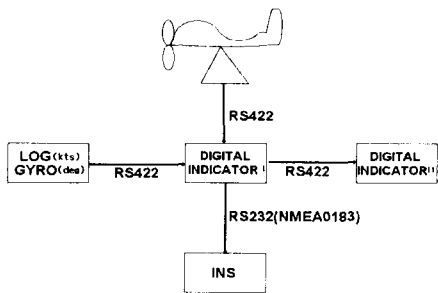


그림 22. 풍향·풍속계 시스템 구성도

풍향·풍속계의 센서단은 시스템 단독으로 동작하며, 결과 값은 NMEA 0183에 맞추어 출력한다. 센서단은 전체 외형적인 기구부와 전자부로 나뉠 수 있다. 기구부는 온도, 습도, 부식 및 진동으로부터 보호하는 동시에, 바람의 속도와 방향에 즉각 응답할 수 있어야 하므로 가장 중요한 부분이 될 수 있다. 풍향·풍속계의 센서단은 그림 2와 같다.

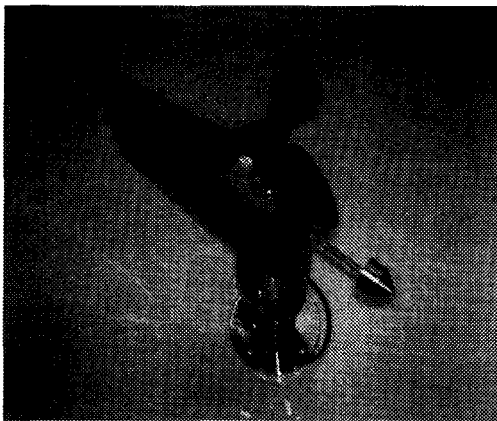


그림 23. 풍향·풍속계의 센서단

전자부는 풍향·풍속의 물리적인 양을 전기적인 신호로 변환시켜 출력하는 부분이다. 풍향·풍속의 측정은 적외선 다이오드와 Photo Coupler를 사용하여 측정하기 때문에 소형화 및 디지털화가

가능하다. 풍향의 측정은 적외선 다이오드 8개와 8비트 Gray Code를 사용하여 256단계, 약 1.4°의 각도에 대한 정확성을 가진다. 풍속은 3-Cup에 일종의 엔코더와 Photo Coupler를 사용하여 바람의 세기를 측정하며, 측정범위는 1 ~ 60m/s이다.

그림 3은 센서단 전체 프로그램의 순서도를 나타내고 있다. 우선, Interrupt 루틴에서 외부 펄스가 인가되면 Timer0 Int.를 구동시킨다. Timer0 Int.는 펄스마다 시간을 계산하고 주파수로 변환한 다음 변수에 저장하고, 또한 Gray Code로 만들어진 센서로부터 풍향을 계산하게 된다. Timer1 Int.는 Serial 통신을 위해, Timer2는 풍향·풍속 센서의 시간을 계산하기 위한 Interrupt이다. 메인 루프에서는 일정한 시간마다 계산되어진 주파수를 풍속으로 변환하며, 일정한 시간마다 계산되어진 풍향, 풍속값을 NMEA 0183 규격에 따라 직렬(Serial)로 출력하게 된다.

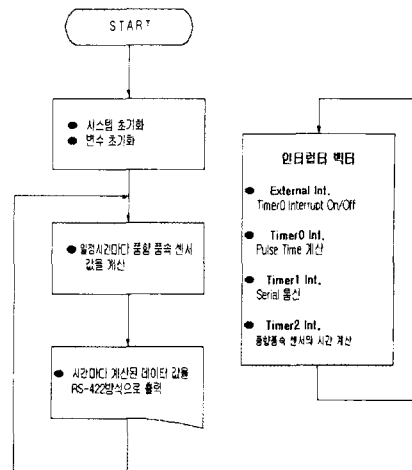


그림 24. 센서단 프로그램 순서도

디스플레이단은 센서단에서 가공되어진 풍향·풍속 데이터를 표시하는 장치로 사용자 인터페이스이다. 디스플레이단 기능은 절대(True)/상대(Relative) 풍향·풍속 표시기능, m/s와 kts(knots) 표시기능, 밝기 조절기능, 선박의 종합항법장치(INS)에 풍향·풍속 신호를 송신(RS-232C)하고, 절대 풍향·풍속을 위해 EM-LOG, Gyro로부터 수신(RS-422)하기 위한 통신기능 등이 있다. 절대 풍향·풍속이란 상대 풍향·풍속과 선박의 속도 기록계인 EM-LOG와 Ship Heading을 나타내는 Gyro로부터 벡터합성으로 계산하여 절대 풍향·풍속을 나타낸다. 풍향·풍속계의 디스플레이단은 그림 4와 같다.

그림 5는 디스플레이단 전체 프로그램 순서도이다. LED, 7-Segment, S/W 입력, 밝기조절 등은

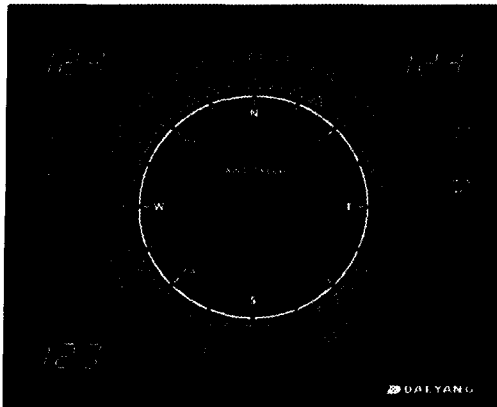


그림 25. 풍향·풍속계의 디스플레이단

Address 설정 후 데이터에 값을 쓰면 동작하며, 통신관련 부분은 HSI Interrupt 루틴에서 신호를 처리하고, 신호규약은 NMEA 0183에 따른다.

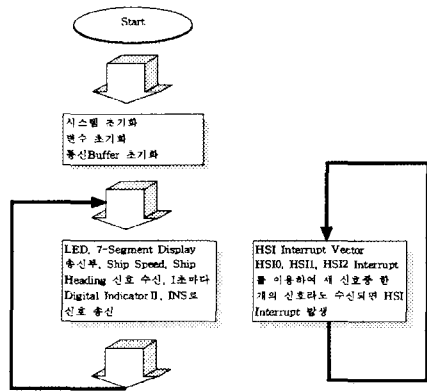


그림 26. 디스플레이단 프로그램 순서도

III. 풍속 실험 및 풍향 모델링

센서단의 풍속 검정을 위해 폐사 풍동기를 이용하여 0 ~ 30%에서 시험하였고 결과는 그림 6과 같다.

풍속의 변위가 심한 것은 풍동기 자체의 오차 범위가 ±1.5%였으며, 외부 환경 적인 요인의 영향과 데이터의 값을 아직 가공하지 않은 상태이기 때문이다. 그리고 풍속의 엔코더 홀의 갯수도 중요한 변수로 작용한다. 4장에서 제안한 식 (4)의 이동평균(moving average) 알고리즘을 이용하여 보다 정확한 풍속을 얻을 수 있음을 보였다.

센서단 풍향의 측정은 센서단 몸체(Body)로 불어오는 바람(F_w), 센서단 몸체의 회전력(F_s)과 음

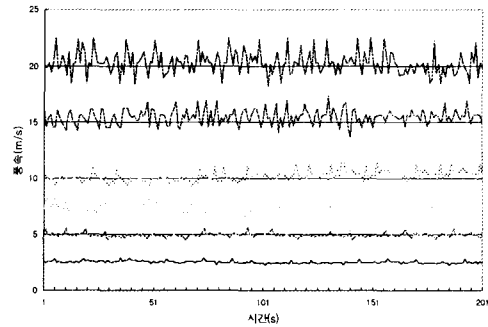


그림 27. 풍동기 1차 테스트 결과(풍속 위주) 직이는 각도(θ)로 측정할 수 있다.

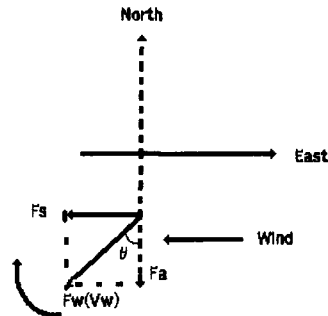


그림 28. 풍향의 벡터도

현재 풍향·풍속계 풍향은 정북을 가리키며 바람이 없으며, 정북과 반대되는 방향으로 F_a 의 힘이 작용하는 상태이다. 이때 동쪽에서 바람 $F_w(V_w)$ 이 불어오면 바람의 힘으로 그림 7과 같이 회전력 F_s 는 회전하여 동쪽의 방향을 지시한다. 즉, F_s 는 불어오는 바람(F_w)과 θ 의 함수이다.

만약, $F_a = 0$ 이면 $F_s = F_w$, $V_s = V_w$ 로, 동쪽을 지시한다. F_s 를 F_w 와 θ 에 대해 정리하면

$$F_a = F_w \cdot \cos \theta \quad (16)$$

$$F_s = F_w \cdot \sin \theta \quad (17)$$

$$\text{식 (2)는 } V_s^2 = V_w^2 \cdot \sin^2 \theta$$

$$\therefore V_s = \sqrt{V_w^2 \sin^2 \theta} \quad (18)$$

즉, 회전력은 풍속에 비례하여 변하므로, 정확한 풍속의 계산이 풍향을 결정한다.

다음 그림 8은 풍속을 1%로 일정하게 하여 풍향의 궤적을 $0^\circ \sim 90^\circ$ 로 나타내고 있다.

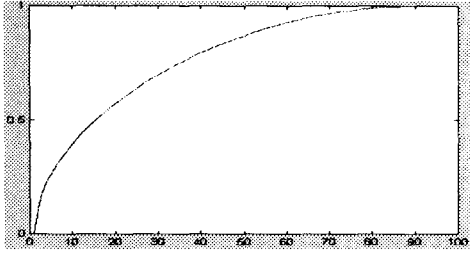


그림 29. 풍향의 궤적(0° ~ 90°)

IV. 수치해석 및 결과 고찰

풍속은 이동평균(moving average)의 시간과 횡수에 따라 시스템의 성능을 좌우한다. 즉, 평균의 횡수를 많이 취할수록 신뢰성은 향상되나 시스템의 성능은 저하된다. 그래서, 본 논문에서는 이동평균의 시간과 횡수를 실험하여 식 (4)와 같이 구할 수 있었다.

$$f_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f_j \quad (19)$$

식 (4)는 1초 동안의 센서 출력 데이터 f_j 를 N번 평균한 값이다. 식 (4)를 이용하여 일정시간동안 이동 평균을 취하여 그림 9와 같이 데이터의 굴곡이 완만함으로써 출력 값의 정확성이 현격하게 좋아진 것을 볼 수 있다.

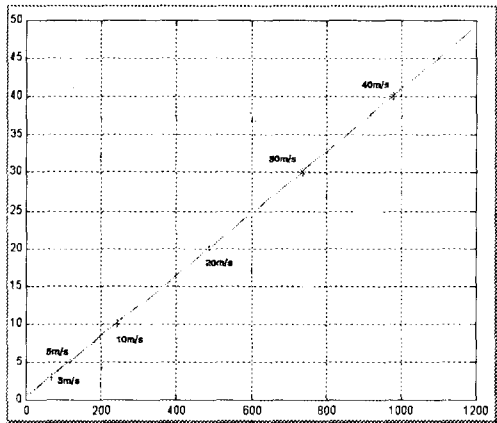


그림 30. 풍속 데이터의 계수 추정

풍향·풍속계의 풍속시험은 검정된 알고리즘을 이용하여 폐사 풍동기와 기상청 시험을 거치면서 더욱 신뢰성을 확보할 수 있게 되었다.

풍향·풍속계의 풍향은 식 (3)과 같이 회전력 속도로 구할 수 있다. 즉, 풍속과 움직이는 각도 θ 에 8비트 Gray Code의 $256(=2^8)$ 개 각도 데이터

로 90° 씩 표시하여 360° 를 표현하는 시스템을 구현하였다.

시간에 따른 θ 의 변화는

$$\theta_{t+1} = \theta_t + \Delta\theta \quad (6)$$

여기서 θ_t 는 V_s 와 샘플링 시간 t 에 대해 구할 수 있고, $\Delta\theta$ 는 풍향·풍속계 몸통(Body) 길이와 $V_s \cdot t$ 로 구할 수 있다.

본 논문에서 구현된 풍향·풍속계는 이동 평균으로 정확한 풍속을 계산하였으며, 풍속을 바탕으로 정확한 풍향 계산식을 확보하였다. 더욱이, 풍속 검정치를 보정함으로써 신뢰성을 확보할 수 있게 되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 신뢰성 있는 풍향·풍속계 구현을 위해 이동평균(moving average)을 이용한 풍속 계산과 Interpolation Polynomial로 풍향을 구하는 방법을 제안하였다. 풍속은 이동평균의 시간과 횡수에 따라 시스템의 성능을 좌우하였으며, 풍향은 정확한 풍속에 의해 구현됨을 확인하였다. 이렇게 최적화된 방법을 이용하여 3-Cup Anemometer의 성능은 크게 개선되었다. 향후 RLS, Kalman 필터를 이용한 Adaptive Filter의 적용도 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] J. Stoer and R. Bulirsch, *Introduction to Numerical Analysis*, Translated by R. Bartels, W. Gautschi and C. Witzgall. Springer-Verlag New York, 1980.
- [2] *MATLAB User's Guide, Reference Guide for Microsoft Windows*, The MathWorks, Inc. 1993.
- [3] G. J. Borse, *Numerical Methods with MATLAB A Resource for Scientists and Engineers*, PWS Publishing Company, 1997.
- [4] M. Morris Mano, *Digital Design (Second Edition)*, Prentice-Hall Inc., 1991.
- [5] 박성균, 장인용/인텔제어연구회, *i8051 C 실습*, 오음사, 1996.
- [6] 차영배, *Micro Controller 80196*, 다다미디어, 1999.