

초음파 센서 통신선 연장을 위한 인터페이스 변환

서대일* · 권병혁** · 김상진***

Interface Conversion to Extend Communication Cable of Ultrasonic Sensor

Dae-II Seo* · Byung-Hyuk Kwon** · Sang-Jin Kim***

요 약

3차원 초음파풍속계는 PC와 RS232C(Recommended Standard 232C) 인터페이스로 연결하여 관측 자료를 전송한다. 관측 장소에 따라 PC와 센서를 연결하는 케이블 연장이 필요한 경우가 종종 발생한다. 항공기상청 항공기상관측장비 테스트베드에서 PC를 두는 컨테이너와 장비 설치하는 곳까지 거리가 30 m 이상 되어 본래의 AWM2919(Appliance Wiring Material 2919) 케이블로의 연장이 필요했다. 문제 해결을 위해서 AWM2919 케이블 연장, PC와의 인터페이스를 RS232C에서 RS485로 개조, RS485 검사 등의 조치를 하였다. 연장된 케이블로 장비를 설치한 후에 원격으로 자료를 수집하고 분석하여 성공적인 케이블 연장을 확인하였다.

ABSTRACT

The 3D ultrasonic anemometer transmits measured data by connecting PC and RS232C interface. Depending on the observation location, it is often necessary to extend the cable connecting the PC and the sensor. When installing on the test bed of the Air Meteorological Agency, the original AWM2919 cable was required to be extended because the distance between the PC container and the equipment installation site was more than 30 m. The cable was extended through a process such as extending the AWM2919 cable, converting the interface with the PC from RS232C to RS485, and testing the RS485 communication. After the equipment was installed with an extended cable, data were remotely collected and analyzed to confirm successful cable extension.

키워드

3D Ultrasonic Anemometer, Cable Extension, Appliance Wiring Material, Serial Communication, Peripheral Communication
3차원 초음파 풍속계, 전선 연장, 기기용 전선, 직렬 통신, 병렬 통신

1. 서 론

현장 관측에서 전원 확보만큼이나 중요한 것은 안정적으로 자료를 수집하여 저장하고, 전송하는 과정이라고 할 수 있다. 관측 환경에 따라 전원 공급 전

선 및 자료 전송 전선의 길이를 연장해야 하는 경우가 발생한다. 관측장비에 따라 적합한 전선이 다르므로 맞춤형 해결 방법이 요구된다.

항공기상청 항공기상관측장비 테스트베드는 전원 공급과 모니터링 시스템을 구비하고 보호하는 콘테

* 네이처인포(sdi1588@natureinfo.co.kr)

** 교신저자 : 부경대학교 환경대기과학과

*** 부경대학교 지구환경시스템과학부 환경대기과학 전공(sjgreat373@gmail.com)

• 접수일 : 2022. 05. 27

• 수정완료일 : 2022. 06. 06

• 게재확정일 : 2022. 06. 17

• Received : May. 27, 2022, Revised : Jun. 06, 2022, Accepted : Jun. 17, 2022

• Corresponding Author : Dept. of environmental atmospheric sciences, Pukyong National University,

Email : bhkwon@pknu.ac.kr

이너가 북쪽 모서리에 위치한다. 장비를 설치하는 중앙부와 콘테이너까지 30 m 이상의 통신 케이블이 필요하였다. 3차원 초음파풍속계에 사용하던 케이블의 길이가 10 m이므로 35 m의 AWM 2919 케이블로 대체하였다. 원활한 통신을 위해 센서와 접속부 그리고 저장 장치와 접속부의 변환이 필요하였다.

AWM2919 케이블 연장을 위해 PC와의 인터페이스를 RS232C에서 RS485로 개조하는 방법을 소개하고¹⁾, RS485 문제 해결 과정을 설명한다. 케이블 연장 후에 3차원 초음파풍속계를 설치하고, 원격으로 수집한 자료로 운동량 플럭스와 현열 플럭스를 산출하여 케이블 연장 완성을 확인한다.

II. 방법

2.1 AMW2919 케이블

AWM2919 케이블은 Low Voltage Computer Cable UL Style 2919 (EIA RS485 type)으로 표기된다. 여기서 UL은 미국에서 통용되는 안전(Safety) 규격이며²⁾, UL에서 전기, 전자제품에 들어가는 모든 부품에 대해서 소비자의 안전을 위하여 반드시 지켜져야 할 사항을 규격으로 제정하고(그림 1), 미국 내로 반입되는 제품이 규격을 준수하는지를 검수하므로 전 세계 제조회사는 이를 따르고 있다. UL 2919란 저전압 신호를 주고받는 컴퓨터와 주변기기 사이의 케이블은 이러한 규격을 준수하라고 지정한다는 의미이다. 케이블은 전기가 흐르는 도체로서 선의 굵기에 따라 흐를 수 있는 전류의 양에 제한을 둔다. 만약 정도 이상으로 과도한 양의 전류가 흐를 때는 타버리게 되는데, 더 큰 화재로 번지지 않게 하도록 전선의 피복을 잘 타지 않는 재질(난연성(難燃性))로 만들도록 UL 규격에 정의되어 있다(그림 2).

AWM 2919 케이블은 심선수가 2, 4, 6으로 구분되는데 3D Ultrasonic Anemometer에 사용된 것은 6개의 심선인 제품이다. 그림 2에서 각 심선이 실제 신호를 전달하기 위해 쓰이는 2개의 conductor wire, 잡음으로부터 보호하기 위한 쉴드(shield) 와이어가 같이 하나의 쌍(Pair)을 이룬 구조를 보여준다. 따라서 6개의 심

선은 실제로 12종(種)의 신호선을 전송할 수 있다.

APPLIANCE WIRING MATERIAL
Subj. 758 Section 2 Page 2919

Issued:1978-03-22
Revised:2013-08-23

Style 2919 Multi-conductor cable with non-integral jacket

Rating	80 deg C, 30 Vac, Cable flame.		
Insulated Conductor	Labeled or complying with manufacturer's AWM procedure. 40 AWG minimum.		
Assembly	Two or more conductors, twisted pairs or groups of twisted conductors twisted together. The conductors or groups of conductors may be laid parallel forming a flat, oval or round cable. The lay of the conductors is not specified. Barrier layers, binders over groups of conductors and/or the complete conductor assembly, and/or fillers are optional. Manufacturer shall maintain a complete description of each assembly. May use same or mixed AWG size.		
Covering	Optional. A 6 mil or heavier PVC covering may be extruded over groups of conductors and/or over the complete conductor assembly. Shield Optional. May be provided over groups of conductors and/or over the complete conductor assembly.		
Jacket	Extruded PVC.		
	Diameter of core assembly under jacket *	Minimum average thickness	Minimum thickness at any point
* - Major diameter if cable is flat or oval.	0.425 inch or less	30 mils	24 mils
	0.426-0.700 inch	45 mils	36 mils
	0.701-1.000 inch	60 mils	48 mils
	1.000-1.500 inch	80 mils	64 mils
	1.501-2.500 inch	110 mils	88 mils
	2.501 inch and larger	140 mils	112 mils

그림 1. UL 2919 Cable 규격
Fig. 1 UL 2919 Cable standard

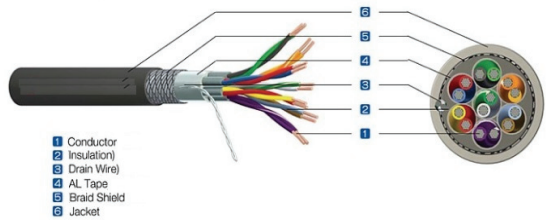


그림 2. UL 인증 전선의 구조 및 구성
Fig. 2 UL Certified cable structure & composition

2.2 케이블 연결

3차원 초음파풍속계는 +12 V의 직류 전원을 공급받아 동작하게 되고, 기본적으로는 RS232C 인터페이스로 PC와 소통한다. 따라서 12 V, Ground, Rx, Tx, Ground(Signal Ground)의 5개의 신호선이 연결되어야 한다(그림 3).

1) <https://iq.ul.com/awm/stylepage.aspx?style=2919/>

2) <https://ul.com/>

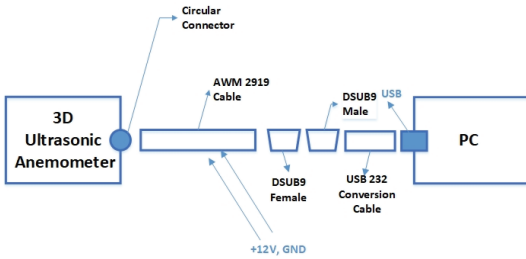


그림 3. 3차원 초음파풍속계의 PC 연결도
Fig. 3 PC connection diagram of 3D ultrasonic anemometer

5개의 신호선이 외부로 접속되어야 하는데, 이는 장비에 부착된 원형 커넥터를 통해서 이루어지게 되며, 원형 커넥터의 핀(pin)에 매칭되는 신호선은 그림 4와 표 1과 같다.

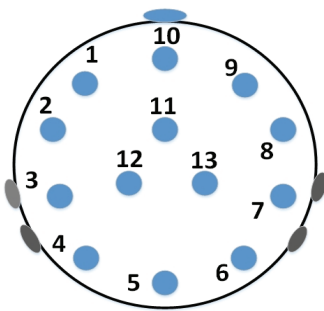


그림 4. 3차원 초음파풍속계의 PC 접속용 원형 커넥터
Fig. 4 Circular connector of 3D ultrasonic anemometer

길이가 10 m인 케이블을 설치 목적상 길이가 30 m 이상으로 연장하였는데 데이터 전송이 정상적으로 되는 일도 있지만, 안 되는 문제도 발생하였다. 원인으로 추정할 수 있는 것은 원래 사용된 RS232C 인터페이스 자체가 15 m 이하인 경우에 사용되는 직렬전송 방법으로 이번 경우와 같이 길이가 늘어날 때, 신호의 전압 강하로 인하여 데이터의 High, Low 상태를 잘못 인식하여 발생하는 오류이다[1].

표 1. 3차원 초음파풍속계의 신호
Table 1. Signals of 3D ultrasonic anemometer

Pin No.	Signal	Wire Color	Connect Point
6	Sig_GND	Green	DSUB 5
7	Tx	Black	DSUB 3
8	Rx	Brown	DSUB 2
12	+12 V	Red	DC Adaptor +12 V
13	GND	Black (Red)	DC Adaptor GND

2.3 대기난류 플럭스

지표층에서 대기와 지표면의 물리량 교환은 대기 난류에 의해 이루어진다. 임의의 시각에 측정된 인자 (T, u)는 평균 성분(\bar{T}, \bar{u})과 난류 성분(T', u')의 합이라고 가정할 때, 온도와 풍속의 연직 성분에 대한 레이놀즈 분해는 식 (1)과 같다[2].

$$\begin{aligned} T &= \bar{T} + T' \\ w &= \bar{w} + w' \end{aligned} \quad (1)$$

지표와 대기 사이의 열 수송을 의미하는 난류 열플럭스는 식 (2)의 온도와 연직 풍속의 공분산으로 산출된다[3].

$$\begin{aligned} H &= \rho C_p \overline{w' T'} \\ &= \rho C_p \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (w_i - \bar{w})(T_i - \bar{T}) \right] \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 ρ 는 공기 밀도($=1.24 \text{ kg/m}^3$)이고, C_p 는 정압 비열($1004 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)이다.

III. 결 과

3.1 인터페이스 변경

기기와 기기 사이에 데이터를 전송하는 방법은 크게 두 가지로 구분된다. 8개의 데이터 비트를 동시에 전송하는 병렬통신(Peripheral)과 8개의 데이터 비트

를 1개씩 보내는 직렬통신(Serial)이 있다. 병렬통신은 회로 기판상에서의 데이터 전송 또는 기판과 기판 사이와 같이 5 m 이내의 가까운 거리(pc와 프린터)에서 사용되고 있지만, 8개의 데이터 선과 타이밍 신호선 등이 필요해서 자료 전송 효율이 떨어지므로 직렬전송 방식을 많이 사용한다[4].

직렬통신은 데이터를 비트 단위로 보내기 때문에 세 가닥(송신 선-Tx, 수신 선-Rx, 그라운드) 또는 두 가닥으로 데이터를 보낼 수 있어서 케이블을 효율적으로 이용할 수 있으며, 비트 단위의 데이터를 순차적으로 보내기 때문에 병렬통신 속도의 1/10 정도로 통신속도가 매우 느릴 수 있다. 하지만 전송 선로가 2가닥만 있으면 데이터 전송이 가능하므로 장거리 전송에 모뎀을 사용하는 컴퓨터 통신에 주로 사용되고 있다. 이러한 직렬통신 방식으로 RS232C, RS422, RS485 방식이 주로 사용되고 있다. 표 2는 직렬통신 방식을 비교한 것이다[4].

표 2. 직렬통신 방식의 비교
Table 2. Comparison of serial communication methods

Comparison	RS232C	RS422	RS485
distance	20 m	1.2 km	1.2 km
impedance	600 Ω	100-150 Ω	100-150 Ω
Noise	normal	strong	strong
Surge	weak	weak	weak
Multi-drop	not available	not available	available

RS232C는 컴퓨터에 기본적으로 내장된 방식이며, 외장형 모뎀, 마우스, 프린터, 제어기기 등에 사용된다. 전송 거리가 짧아서 기기 간의 통신에 주로 사용된다. 그림 5에서와 같이 +12 V를 High로, -12 V를 Low로 약속한다.

RS485는 RS422에서 불가능한 멀티드롭 방식이 가능하도록 개선된 방식으로 송신 출력 단자를 이네이블(Enable) 제어가 가능하여 멀티드롭 방식에 이용할 수 있다[4]. 멀티드롭이란 송신 단자와 수신 단자를

혼합하여 두 가닥의 전송로에 송신과 수신을 할 수 있는 방식이다. 멀티드롭 방식은 전이중방식(Full Duplex)으로 사용할 수 없으므로 A라는 송신지에서 데이터를 송신할 때는 B 지역에는 송신할 수 없으며 수신만 가능하다. 송신 단자와 수신 단자가 혼합되어 있으므로 수신 측의 출력 단자는 High-Impedance로 하여 송신 측의 데이터와 수신 측의 데이터가 충돌하지 않도록 출력을 조정한다(그림 6). 즉, 멀티드롭은 무전기를 사용하듯 음성을 보낼 때는 상태 측이 받기만 하는 통신 방식이다. 이처럼 주고받기 방식을 반이중방식(Half-Duplex)이라고 한다. 멀티드롭은 1:n 개로 여러 대의 장비를 두 가닥의 케이블로 제어할 때 주로 사용된다[5].

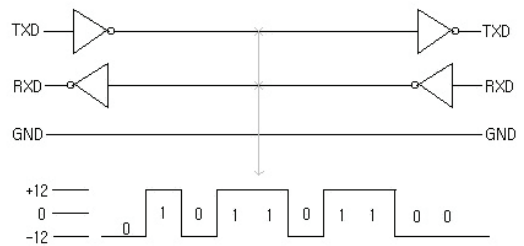


그림 5. RS232C 신호 규격
Fig. 5 RS232C signal standard

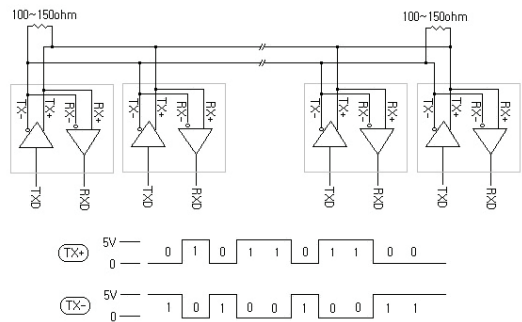


그림 6. RS485 신호 규격
Fig. 6 RS485 signal standard

RS232/RS485 컨버터를 선택하여³⁾ 그림 7과 같이 구축하였으나 통신이 이루어지지 않았다. USB232 변환

3) https://shopdelta.eu/converter-rs-485rs232_l2_p3259.html/

케이블의 LED가 깜박거리는 것이 정상적인 통신 상태를 의미하는데 점등해 있었다. RS485 접속될 때, 차동 통신을 하고 있으므로, Tx와 Rx 신호선이 서로 바뀌었을 경우 나타나는 현상이다. 3D 초음파풍속계 쪽 RS232C의 Rx, Tx 신호선을 DSUB (D-subminiature) 핀에서 서로 바꾸어주고 나서 오실로스코프로 각 신호선을 측정하여 정상적으로 통신이 이루어지는 조건임을 확인하였다. 그런데도 PC와는 통신할 수 없었다. USB 232 변환 케이블의 종류에 따라 RTS/CTS HANDSHAKING PROTOCOL을 점검하는 TYPE과 NULL로 점검하지 않는 TYPE이 있는데, 점검하는 TYPE의 경우에는 통신할 수 없다. 따라서 NULL TYPE으로 케이블을 교체한 후 PC와 정상적인 통신이 이루어졌다. 불행하게도 이 두 가지 TYPE을 외관상 또는 쉽게 인식하는 그 밖의 방법은 없는 것으로 알려져 있으며, 가장 쉬운 방법은 시스템베이스 회사의 제품을 채택하여 사용하는 것이다[6].

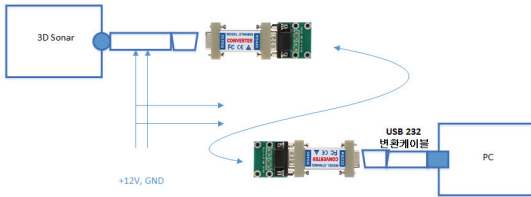


그림 7. RS232C에서 RS485 그리고 RS485에서 RS232C로 변환 구성도
Fig. 7 Conversion diagram from RS232C to RS485 and RS485 to RS232C

3.2 통신 자료 검증

3D 초음파풍속계는 10 Hz로 온도와 세 방향의 풍속 성분(u, v, w)을 측정한다. 10분 또는 1분의 평균 기온과 평균 바람 벡터를 산출하여 주변 측정기기의 결과와 비교할 수도 있지만[7], 3D 초음파풍속계의 용도에 맞게 대기 난류 성분을 산출하여 연결 케이블 연장에 따른 측정 자료의 통신 결과를 평가하는 것이 더 정확한 검증 방법이다.

케이블 연장 후에 그림 8과 같이 항공기상관측장비 테스트베드 중앙부에 3D 초음파풍속계를 설치하였다. 2022년 5월 13일부터 1200 KST 부터 16일 1200 KST까지 10 Hz로 수집한 자료로 식 (2)의 현열플럭스를 산출하였다.

그림 9는 30분 평균한 난류 열플럭스의 일변동을 보여준다. 주간에 $200 \text{ W/m}^2 - 400 \text{ W/m}^2$ 의 최대 열플럭스가 산출되었고, 야간에는 0 W/m^2 에 수렴하거나 음의 값을 보여 전형적으로 육상에서 관측되는 일변화를 보였다[2,3,8]. 14일에는 주변 일에 비해 상대적으로 낮은 현열플럭스를 보였다.



그림 8. 3차원 초음파풍속계 설치
Fig. 8 Installation of 3D ultrasonic anemometer

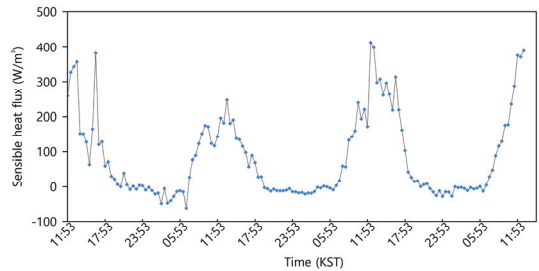


그림 9. 3차원 초음파풍속계로 측정된 현열플럭스의 일변화
Fig. 9 Diurnal variation of sensible heat flux measured 3D ultrasonic anemometer

기상청에 따르면 전날보다 최고기온이 6.7°C 나 감소하였고, 이는 지표면과 대기의 온도 차이 감소에 의한 현열플럭스 억제를 유발하였다. 13일과 14일 오후에 급격한 감소는 4 옥타에서 6 옥타의 구름 유입에 기인한다. 대기-지표 상호 온도 변화와 구름 유무가 현열플럭스의 증감에 상세하게 반영되는 것은 케이블 연장에 따른 관측 자료의 손실과 오염 없는 정상 통신을 검증한다.

IV. 결론

초음파 센서 케이블 연장으로 자료 수송 경로가 길어지면서 센서의 송신 접속부와 자료 수집기 PC의 송신 접속부 변환이 필요하였다. 센서에서 RS232C로 출력되는 자료를 RS485로 전송하여 PC에서 RS232C로 수신하도록 RS485에서 RS232C의 변환을 수행하였다. 송신 및 수신 접속부의 변환을 시험하기 위해 초음파 센서에서 측정된 풍속의 섭동 성분을 처리하여 열플럭스를 산출하였다. 선행연구의 결과와 비교하여 일반적인 열플럭스의 일반화 범위에서 산출되었음을 확인하였다. 또한, 짧은 시간의 현천 변화를 반영하는 결과로 성공적인 케이블 연장을 검증하였다.

감사의 글

이 연구는 기상청(과제번호: KMI2021-02310)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

[1] N. Mathivanan, *Microprocessors, pc hardware and interfacing*. Delhi, Prentice-Hall, 2003, pp. 169.
 [2] S. Arya, *Introduction to Micrometeorology*. Raleigh, Academic Press, 1988, pp. 307.
 [3] R. Stull, *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher, 1988, pp. 666.
 [4] J. Alexon, *Serial Port Complete: COM Ports, USB Virtual COM Ports for Embedded Systems*. Chicago, Acorn Publishing, 2010, pp 380.
 [5] W. Jeong, *IT Cookbook, PLC starting with the basics: MELSEC Q*. Seoul, Hanbit Academy, 2017, pp 326-327.
 [6] W. Jeong, *IT Cookbook, PLC starting with the basics: Siemens*. Seoul, Hanbit Academy, 2018, pp 376.
 [7] K. Lee, B. Kwon, and H. Yoon, "Evaluation of Wind Speed Depending on Pulse Resolution of UHF Wind Profiler Radar," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 3, 2021, pp. 253-264.

[8] S. Kim, M. Kim, K. Lee, B. Kwon, and H. Yoon, "Carbon Dioxide Fluctuation in Suncheon Bay Measured by Infrared and Ultrasonic sensors," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 1, 2021, pp. 157-164.
 [9] J. Yang, K. Seok, and H. Sin, "Technological and Social Significance of the Revision of the Radio Law," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 4, 2019, pp. 627-636.
 [10] C. Yeon and K. Seok, "A study on radio wave management regulations in the United States to improve the domestic radio wave management system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 3, 2020, pp. 379-388.

저자 소개

서대일(Dae-II Seo)



1987년 연세대학교 전자공학 전공 (공학사)
 2016년~현재 네이처인포 대표
 ※ 관심분야 : 무선통신, 원격탐사

권병혁(Byung Hyuk Kwon)



1997년 Paul Sabatier 대학교 대기과학 전공(이학박사)
 2002년~현재 부경대학교 환경 대기과학과 교수
 ※ 관심분야 : 대기과학, 원격탐사

김상진(Sang Jin Kim)



2017년 부경대학교 지구환경시스템과학부(이학석사)
 2017년~ 부경대학교 지구환경시스템과학부 환경대기과학 전공 박사과정
 ※ 관심분야 : 대기과학, 미기상학

4) <https://www.weather.go.kr/w/obs-climate/land/past-obs/obs-by-day.do?stn=112&yy=2022&mm=5&obs=1/>