

# RS-422 통신과 임베디드 프로세서를 이용한 무장 조종간의 설계 및 평가

이영준\*

## Design and Evaluation of a Control Stick for Weapon Systems Using RS-422 Communication and an Embedded Processor

Young-Jun Lee\*

### 요약

군 무기체계에서는 무장을 제어하기 위한 조종간이 필수적으로 사용된다. 본 논문에서는 RS-422 통신과 임베디드 프로세서를 이용하여 무장 조종간의 설계와 성능을 평가한다. 이 무장 조종간은 한국 조종사의 손 치수와 임무 편의성을 고려하여 인체공학적으로 디자인되었으며, RS-422 통신 기반의 회로와 소프트웨어는 임베디드 프로세서를 이용하여 설계되었다. 무장 조종간의 시제품을 제작하여 기본성능시험 및 고도, 고온, 저온, 온도충격, 습도, 강우, 진동 충격, 가속도 등 다양한 환경시험을 시행하여 기준을 충족하였다.

### ABSTRACT

In military weapon systems, control sticks for weapon operation are essential. This paper presents the design and performance evaluation of a control stick for weapon systems using RS-422 communication and an embedded processor. This control stick is ergonomically designed, considering the hand dimensions of Korean pilots and mission convenience. The circuitry and software based on RS-422 communication were designed using an embedded processor. A prototype of the control stick was manufactured and subjected to a series of tests, including basic performance tests and various environmental tests such as altitude, high temperature, low temperature, temperature shock, humidity, rain, vibration shock, and acceleration, all of which met the required standards.

### 키워드

RS-422 Communication, Embedded Processor, Control Stick, Military Weapon System  
RS-422 통신, 임베디드 프로세서, 조종간, 군 무장 시스템

## 1. 서론

군 무기체계에서 무장을 제어하기 위한 조종간은 필수적인 장비이다. 조종간은 무기체계의 환경과 운용

방식에 따라 형상과 기능이 달라지며, 임무 편의성을 우선적으로 고려하여 설계된다[1]. 무기체계는 반도체의 발달과 함께 전자장비의 증가로 이어졌으며, 특히 영상 센서인 카메라는 대부분의 무기체계에 장착되고

\* 교신저자 : 이영준

• 접수일 : 2024. 07. 12  
• 수정완료일 : 2024. 07. 27  
• 게재확정일 : 2024. 08. 12

• Received : Jul. 12, 2024, Revised : Jul. 27, 2024, Accepted : Aug. 12, 2024

• Corresponding Author : Young-Jun Lee

Dept. Research and Development, Sungjin Techwin Co., Ltd.  
Email : yj0717@empal.com

있다. 이로 인해 조종간에 장착되는 스위치와 센서가 더욱 복잡해지고 수량이 대폭 증가하고 있다[2-4].

기존의 조종간은 스위치의 이산(discrete) 신호를 병렬 배선 방식으로 전송하는 형태였으나, 스위치와 센서의 수량 증가로 인해 배선과 케이블의 무게가 증가하는 단점이 있었다. 최근의 조종간 설계 동향은 이러한 단점을 극복하기 위해 RS-422, RS-232, RS-485, MIL-STD-1553B, ARINC 등과 같은 직렬통신을 사용하여 배선과 케이블의 무게를 대폭 줄이는 방식으로 설계되고 있다[5-10].

본 논문은 LAH(: Light Attack Helicopter)에 적용되는 무장 조종간을 RS-422 통신과 임베디드 프로세서를 이용하여 설계한다[2]. 설계는 기구 설계, 회로 설계, 회로 기관 설계, 소프트웨어 설계로 나누어 II장에서 기술하였고, 시험 결과는 기본 성능 시험과 환경 시험으로 나누어 III장에서 기술하였다. 마지막으로 IV장에서는 결론을 기술하였다.

## II. 설계

### 2.1 기구 설계

기구 설계를 위해 3D 프로그램인 CATIA를 사용하였으며, 양손으로 쉽게 잡고 조작할 수 있는 형상으로 설계하였다. 전면부에는 기능 조작을 위한 스위치가 10개, 측면부에는 2개, 손잡이 측면에는 2개, 후면부에는 방아쇠 스위치가 1개가 있다. 이를 모두 합하면 총 15개의 스위치로 구성된다. 구조의 강성을 고려하여 알루미늄 재질을 사용하였으며, 전면부에는 NVIS(: Night Vision Imaging System) 패널이 있다. 무장 조종간의 형상은 그림 1에 나타내었다.



그림 1. 무장 조종간의 형상  
Fig. 1 A shape of arm grip

무장 조종간의 주요 사양은 표 1과 같다.

표 1. 무장 조종간의 주요 사양  
Table 1. Specification of the arm grip

Description	Specification
communication	RS-422
power input	28V DC
power consumption	> 5.6 W
dimension (mm)	140 x 170 x 110
weight	1.075 kg
number of switches	15
material	Aluminum
Connector	MIL-DTL-38999

### 2.2 회로설계

전원 회로는 +28V를 입력받아 내부에서 필요한 +5V를 출력할 수 있도록 DC/DC 컨버터(LM2594)를 사용하여 설계하였다. 15개의 스위치는 5방향 스위치, 4방향 스위치, 3방향 스위치, 2방향 스위치가 복합적으로 사용되며, 이 스위치의 신호는 약 50개로, MCU(: Microcontroller Unit)로 사용된 Atmega1280의 GPIO(: General Purpose Input Output)로 입력된다. 또한 X축과 Y축의 신호를 발생시키는 트랜스듀서의 신호는 ADC(: Analog Digital Converter) IC인 ADS1115로 전달되며, I2C(: Inter-Integrated Circuit) 통신으로 MCU에 전달된다. MCU는 스위치 신호와 트랜스듀서 신호를 직렬통신을 위한 디지털 신호로 처리하고, UART(: Universal Asynchronous Receiver Transmitter)를 통해 출력한다. 출력된 신호는 RS-422 트랜시버인 SN65LBC180을 통해 RS-422 신호인 Tx+, Tx-, Rx+, Rx-의 네 개 신호선으로 연결되는 체계 시스템과 통신한다. 이에 대한 회로 블록도는 그림 2에 나타내었다.

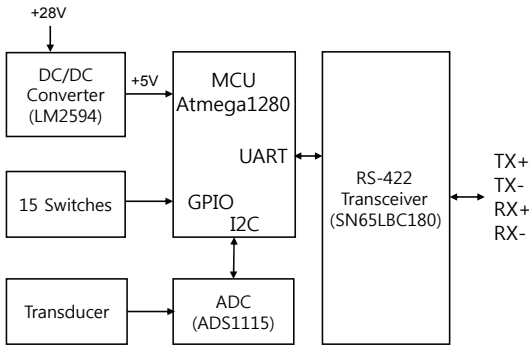


그림 2. 블록도  
Fig. 2 A Block diagram

### 2.3 회로기판 설계

회로기판은 Mentor Graphics의 PADS layout 프로그램을 사용하여 설계하였다. 설계 후 시제작한 회로기판(PCB, Printed Circuit Board)의 사진은 그림 3과 같다.

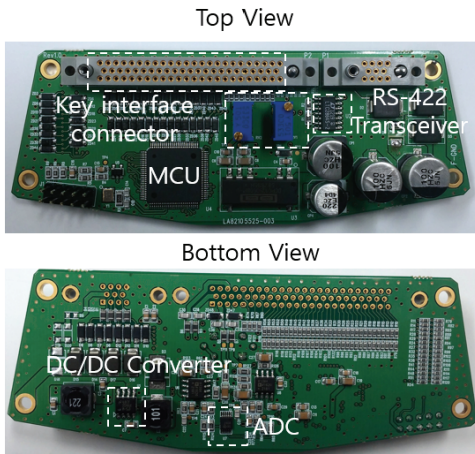


그림 3. 회로기판 사진  
Fig. 3 A picture of PCB

### 2.4 소프트웨어 설계

무장 조종간의 소프트웨어는 초기화 상태, 운용 상태, 일시정지 상태, IBIT(Intermediate Built in Test) 상태로 운용된다. 초기화 상태에서는 마이크로 컨트롤러의 GPIO, 타이머, UART를 초기화를 수행하고 RS-422로 Start 명령을 받으면 “운용상태”로 전환

된다. 운용상태에서는 트랜스듀서와 스위치정보를 50Hz 주기로 RS-422 포트에 전송한다. Stop 명령을 받으면 “일시정지 상태”로 전환되며 데이터를 전송하지 않는다. Start 명령을 수신하면 “운용 상태”로 전환되며 데이터를 전송한다. IBIT 처리 상태는 IBT 처리 플래그를 ‘1’로 설정한 후 3사이클로 현재 상태를 전송하고 하드웨어 Reset을 수행하며 “초기화 상태”로 전환된다. 상태 천이도는 그림 4와 같다.

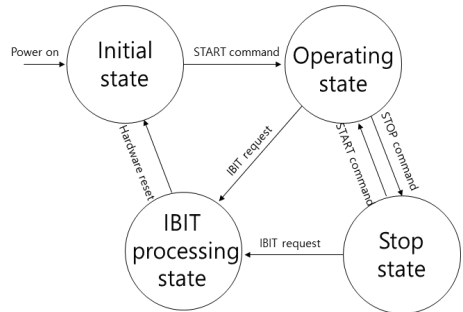


그림 4. 소프트웨어 상태 천이도

Fig. 4 A state transition diagram of the software

무장 조종간 소프트웨어의 신호처리 CSC(Computer Software Component)는 스위치 신호처리 CSU(Computer Software Unit), 트랜스듀서 신호처리 CSU, 상태관리 CSU, RS-422 데이터 처리 및 통신 CSU로 구성된다. 무장 조종간의 신호처리 CSC 실행 개념도를 그림 5에 나타내었다.

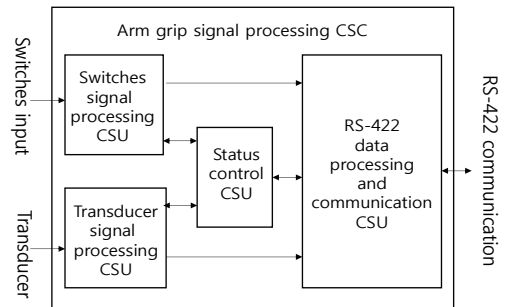


그림 5. 무장 조종간 신호처리 CSC 실행도  
Fig. 5 A execution diagram of arm grip signal processing CSC

무장 조종간 신호처리 CSU는 총 4개의 CSU로 구성하였다. 트랜스듀서 신호처리 CSU의 소프트웨어 순서도는 그림 6과 같다. 트랜스듀서 신호처리 CSU에서는 아날로그 값으로 출력되는 트랜스듀서의 신호를 ADC IC를 통해 디지털 값으로 변환한다. 변환된 트랜스듀서의 값은 영점조정과 불감대 영역(dead-zone) 보정을 통해 체계 시스템에서 원하는 범위로 트랜스듀서의 값을 처리한다.

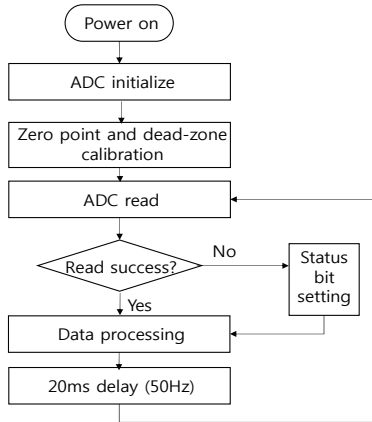


그림 6. 트랜스듀서 CSU 소프트웨어 순서도  
 Fig. 6 A software flowchart of transducer signal processing CSU

스위치 신호처리 CSU는 그림 7과 같다. 스위치 신호처리 CSU는 MCU의 GPIO에 연결된 각종 스위치의 신호를 읽고 체계 시스템에서 원하는 형태의 데이터로 처리한다.

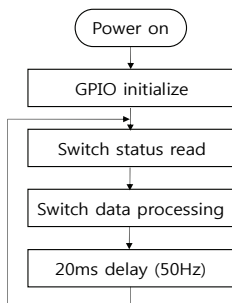


그림 7. 스위치 신호처리 CSU 소프트웨어 순서도  
 Fig. 7 A software flowchart of switches signal processing CSU

상태처리 CSU는 그림 8과 같다. 상태처리 CSU는 그림 4와 같이 무장 조종간의 상태를 제어한다. 무장 조종간이 연결된 체계 시스템에서 전송받은 데이터를 기준으로 무장 조종간의 상태를 제어한다.

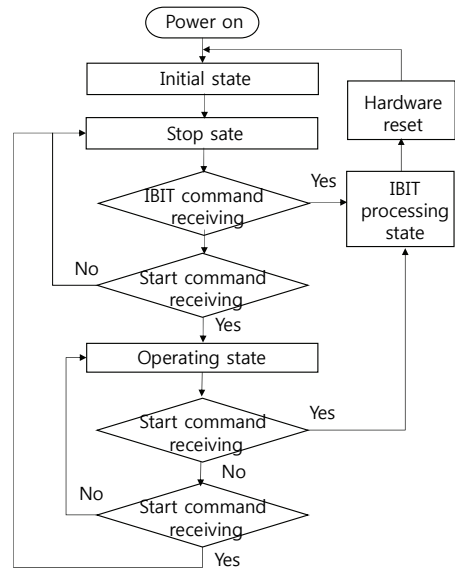


그림 8. 상태처리 CSU 소프트웨어 순서도  
 Fig. 8 A software flowchart of status control CSU

RS-422 데이터처리 및 통신 CSU는 그림9와 같다. 트랜스듀서 CSU와 스위치 신호처리 CSU에서 처리한 센서정보를 체계 시스템과 통신하기 위한 프로토콜에 맞추어 데이터를 정리하고 통신주기인 50Hz에 맞추어 데이터를 전송하는 역할을 한다. 그리고 체계 시스템에서 전송하는 데이터를 취득하고 분석하여 상태처리 CSU에서 무장 조종간의 상태를 제어하기 위한 정보를 얻는다.

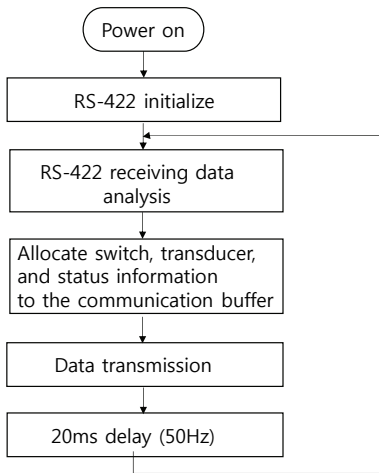


그림 9. RS-422 데이터처리 및 통신 CSU 소프트웨어 순서도  
 Fig. 9 A software flowchart of RS-422 data processing and communication CSU

RS-422의 통신규격은 표 2과 같으며, 메시지 형식은 그림 10과 같이 설계하였다.

표 2. RS-422 통신 사양  
 Table 2. RS-422 communication specification

Description	Specification
communication	RS-422
baud rate	115,200 bps
Flow control/ parity	none
stop bit	1 bit
Communication period	50Hz

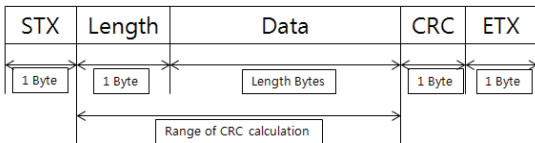


그림 10. 메시지 형식  
 Fig. 10 Message format

STX는 1 byte로 필드의 값은 0x7F이며 메시지의 시작을 의미한다. Length는 1 byte로 필드의 값은 19

로 데이터 필드의 길이를 의미하며 19 bytes로 고정이다. 따라서 Data는 19 bytes이다. CRC(Cyclic Redundancy Check)는 1 byte이고 Exclusive-OR로 연산한 값으로 데이터의 정합성을 확인하는 데 사용한다. ETX는 1 byte로 0x7E의 값을 가지며 메시지의 끝을 의미한다. 스위치와 트랜스듀서의 Data를 예시하면 표 3과 같으며, “idle”은 스위치를 누르지 않은 상태이고 “up”은 상, “down”은 하, “left”는 좌, “right”는 우, “push”는 스위치를 누른 상태를 의미하고 총 1byte로 구성된다. 그리고 Transducer의 데이터는 총 4 bytes로 구성되며 각 축의 데이터는 -1000에서 1000의 범위를 갖고 저장되는 형식은 리틀엔디언(Little-endian)이다.

표 3. 스위치와 트랜스듀서의 데이터 예시  
 Table 3. An example of data for switch and transducer

Type	field length (byte)	status	Value
5way switch	1	idle	0
		up	1
		down	2
		left	3
		right	4
Transducer	4	X	-1000 - 1000
		Y	-1000 - 1000

### III. 성능 시험과 환경 시험

무장 조종간의 성능을 확인하기 위하여 검증용 PC 시험 프로그램은 MFC(: Microsoft Foundation Class)를 사용하여 설계하였고, 트랜스듀서 출력은 STEER X와 Y에서 확인할 수 있으며 키의 동작상태를 볼 수 있도록 GUI를 설계하였다. 설계된 성능평가 프로그램의 예시는 그림 11과 같다.

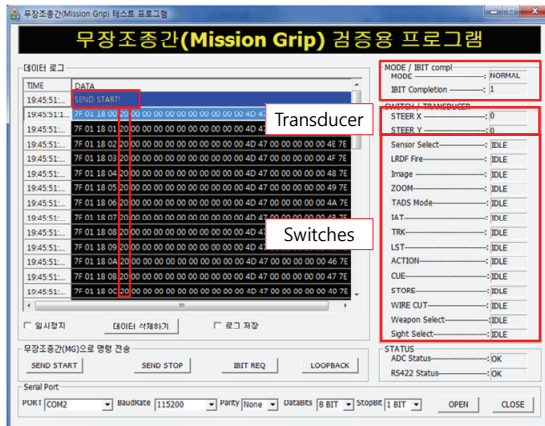


그림 11. 성능평가 프로그램의 예시

Fig. 11 An example of performance evaluation program

성능평가 프로그램을 사용하여 성능 시험을 하였으며 모든 키와 트랜스듀서의 데이터가 RS-422 통신으로 규정된 메시지 형식과 동일하게 정상적으로 작동됨을 확인하였다.

환경시험의 항목은 총 13가지의 시험을 공인기관에서 시행하였으며, 표 4와 같이 모두 정상임을 확인하였다.

표 4. 환경시험 시험 결과

Table 4. RS-422 communication specification

Test item	Specification	Results
Temperature	MIL-STD -810G	OK
Temperature Shock	MIL-STD -810G	OK
Altitude	MIL-STD -810G	OK
Relative Humidity	MIL-STD -810G	OK
Rain	MIL-STD -810G	OK
Sand and Dust	MIL-STD -810G	OK
Salt Spray	MIL-STD -810G	OK
Fungi	MIL-STD -810G	OK
Sunlight	MIL-STD -810G	OK
Acceleration	MIL-STD -810G	OK
Vibration	MIL-STD -810G	OK
Shock	MIL-STD -810G	OK
Gun shock	MIL-STD -810G	OK

#### IV. 결론

본 논문에서는 RS-422 통신과 임베디드 프로세서를 이용한 무장 조종간의 설계 및 성능평가에 대해 다루었다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫 번째로 무장 조종간의 기구 설계는 다음의 내용을 고려하여 설계하였다. 무장 조종간은 한국 조종사의 손 치수와 임무 편의성을 고려하여 인체공학적으로 설계되었으며, 총 15개의 스위치를 포함하였다. 알루미늄 재질을 사용하여 구조적 강성을 확보하였고, NVIS 패널을 전면부에 배치하여 야간 작전 시에도 사용이 용이하도록 설계하였다.

두 번째로 회로 설계는 +28V 입력 전원을 +5V로 변환하는 DC/DC 컨버터를 사용하였으며, 다양한 방향의 스위치와 트랜스듀서 신호를 MCU로 입력하여 처리하였다. RS-422 통신을 통해 병렬 데이터를 직렬 데이터로 변환함으로써 배선과 케이블의 무게를 줄였다.

세 번째로 소프트웨어 설계는 초기화, 운용, 일시정지, IBIT 상태로 구분하여 구조적으로 설계하였으며, 각 상태에 따라 RS-422 포트를 통해 데이터를 전송하거나 중지한다. 신호처리 CSC는 스위치와 트랜스듀서 신호처리, 상태관리, RS-422 데이터 처리 및 통신으로 구분하여 설계하였다.

네 번째로 성능 및 환경 시험은 검증용 PC 프로그램을 통해 모든 키와 트랜스듀서의 데이터가 RS-422 통신으로 정상적으로 작동함을 검증하였다. 13가지의 환경시험을 통해 고도, 고온, 저온, 온도충격, 습도, 강우, 진동 충격, 가속도 등 다양한 환경 조건에서 무장 조종간이 정상적으로 작동함을 입증하였다.

종합적으로, 본 논문에서 설계한 무장 조종간은 다양한 환경 조건에서 안정적으로 작동하며, RS-422 통신과 임베디드 프로세서를 이용한 설계가 효과적임을 확인하였다. 이를 통해 향후 다양한 군 무기체계에 적용 가능성이 높으며, 무장 제어 시스템의 효율성과 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

#### References

[1] K. Ahn, "Localization development of control grips for FA-50 and system development of

- airworthiness review," *J. of the Korea Academia-industrial cooperation society*, vol. 22, no. 9, 2021, pp. 92-98.  
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.9.92>
- [2] Y. Lee, C Yi "A signal processing software technique for the tolerance of the 4 axis strain-gauge sensors applied to the military weapon system," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 18, no. 1, 2023, pp. 185-194.  
<https://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2023.18.1.185>
- [3] Y. Lee, S. Kim, "Enhancing stability in military control systems through temperature sensor-based compensation of 4-axis strain gauges in response to ambient temperature changes," *The transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 73, no. 5, 2024, pp. 842-848.  
<https://doi.org/10.5370/KIEE.2024.73.5.842>
- [4] Y. Lee, C Yi, "A design and Evaluation of the NVIS light switch capable of controlling luminance," *J. of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, vol. 37, no. 1, 2023, pp. 1-7.  
<http://doi.org/10.5207/JIEIE.2023.37.1.001>
- [5] S. Kim, C. Cho, D. Kim, "Design and implementation of MIL-STD-1553B fieldbus based system," *J. of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 43, no. 8, 2018, pp. 1273-1281.  
<https://doi.org/10.7840/kics.2018.43.8.1273>
- [6] J Kim, S. Lee, C. Lee, "Implementation for real-time of MIL-STD-1553B communication in inspection equipment based on windows with RTiK and DPC control," *J. of Korea Multimedia Society*, vol. 24, no.2, 2020, pp. 199-207.  
<https://doi.org/10.9717/kmms.2020.24.2.199>
- [7] K. Kim, G. Kim, J. Lee "Embedded linux system for self-control system of car," *J. of the KIECS*, vol. 2, no. 1, 2007, pp. 62-66.
- [8] K. Kim, K. Ahn, Y. Kwon, S. Yun, S. Lee, "Analysis and implementation of high speed data processing technology using multi-message chain and double buffering method with MIL-STD-1553B," *J. of the KIMST*, vol. 16, no. 4, 2013, pp. 422-429.
- [9] Ochiai, H., Hossain, M. D., Chirupphapa, P., Kadobayashi, Y., & Esaki, H., "Modbus/RS-485 Attack Detection on Communication Signals with Machine Learning," *IEEE Communications Magazine*, vol. 61, no. 6, 2023, pp. 43-49.  
 doi: 10.1109/MCOM.002.2200553
- [10] D. Seo, B. Kwon, S. Kim, "Interface Conversion to Extend Communication Cable of Ultrasonic Sensor," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 3, 2021, pp. 467-472.  
<https://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2022.17.3.467>

#### 저자 소개

#### 이영준(Young-Jun Lee)



2020년 인하대학교 대학원 전기  
컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2007년 ~ 현재 성진테크윈 이사

※ 관심분야 : 통신, 센서, 임베디드시스템

