

# 가상실험용 다중 인터페이스 시리얼 변환기 구현

기장근\*†

## Implementation of a Serial to Multi-Interface Converter for Virtual Experiments

Jang-Geun Ki\*†

### 요 약

본 논문에서는 디지털 회로 시뮬레이터의 제약사항을 극복하고 가상 설계 회로와 외부 물리적 시스템 간의 실시간 상호작용을 지원하기 위한 다중 인터페이스 시리얼 변환기 모듈을 설계하고 구현하였다. 제안된 변환기 모듈은 하드웨어적 UART 또는 GPIO를 통한 소프트웨어적 비트뱅킹(bit-banging) 방식의 통신을 모두 용이하게 사용할 수 있는 범용적이고 표준적인 RS-232 비동기식 직렬 통신 방식을 지원하도록 설계되었으며, 호스트 컴퓨터의 통신 자원인 Bluetooth, WiFi, USB 가상 COM 포트 인터페이스 등을 가상 회로 내의 마이크로컨트롤러와 연결해주는 브리지 역할을 수행한다. 사용자가 가상 실험 소프트웨어 내에서 변환기 모듈이 지원할 인터페이스를 다중 선택할 경우, 마이크로컨트롤러로부터 수신된 데이터는 선택된 모든 인터페이스의 물리적 채널로 동시 복사 전송(Multicasting)되며, 역방향 데이터 역시 통합 전달된다. 본 연구를 통해 구현된 변환기 모듈은 고수준 통신 스택을 지원하지 않는 저사양 마이크로컨트롤러도 다양한 무선 및 유선 인터페이스를 통해 실제 물리적 장치를 제어할 수 있게 함으로써, 가상 실험을 통한 임베디드 제어 시스템의 프로토타입 개발 효율성을 향상 시킬 수 있을 것으로 기대된다.

### Abstract

In this paper, a multi-interface serial converter module was designed and implemented to overcome the limitations of digital circuit simulators and to support real-time interaction between virtual design circuits and external physical systems. The proposed converter module is designed to support universal standard RS-232 asynchronous serial communication protocol that can easily use software bit-bang communication through GPIO pins or UART hardware. It serves as a bridge to connect the communication resources of the host computer such as Bluetooth, WiFi, and USB virtual COM port interfaces, to the microcontroller in the virtual circuit. If a user selects multiple interfaces to be supported by the converter module within the virtual experiment software, the data received from the microcontroller is simultaneously copied to the physical channel of all selected interfaces, and reverse data is also integrated. The converter module implemented in this study is expected to improve the efficiency of prototype development of the embedded control system through virtual experiments by allowing low-spec microcontrollers that do not support high-level communication stacks to control actual physical devices through various wireless and wired interfaces.

**한글키워드** : 디지털 가상 실험, 공학교육, 직렬 통신, 멀티 인터페이스 시리얼 변환기

**keywords** : digital virtual experiment, engineering education, serial communication, serial to multi-interface converter

\* 공주대학교 전기전자제어공학부

접수일자: 2026.02..19. 심사완료: 2026.03.16.

† 교신저자: 기장근(email: kjg@kongju.ac.kr)

게재확정: 2026.03.20.

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경 및 필요성

최근 전기전자제어공학 분야에서 널리 사용되고 있는 마이크로컨트롤러 및 응용 관련 기술의 많은 발전이 지속적으로 이루어져 왔으며, 대학에서 이러한 디지털 회로 설계 및 응용회로 개발 능력 향상을 위한 효율적인 교육을 위해 기존의 대면 학습 환경의 실험실습 뿐만 아니라 컴퓨터와 인터넷을 이용한 디지털 가상실험 환경을 혼합한 하이브리드 교육에 대한 관심이 증가하고 있다[1-9].

일반적으로 디지털 회로 시뮬레이터는 실제 프로토타입 하드웨어를 제작하기 전 미리 가상실험을 통해 설계된 회로의 기능 검증 및 성능 분석, 오류 등을 파악하고 이에 따른 수정 과정을 반복 수행함으로써 시스템 개발 과정에서 발생하는 비용과 시간 등을 대폭 절감할 수 있다는 강력한 장점을 가진다.

그러나 기존 디지털 회로 시뮬레이터 환경은 대부분 가상 공간 내에서 설계된 회로나 소자들의 논리적 동작 검증에 한정되어 있고, 시뮬레이터 내에서 설계된 디지털 회로가 외부의 실제 물리적 장치와 실시간으로 데이터를 주고받으며 상호 작용하는 기능들은 거의 지원되고 있지 않은 실정이다[10-13].

특히, 최근의 임베디드 제어 시스템은 유선 통신 뿐만 아니라 Bluetooth, WiFi 등 무선 통신을 활용한 IoT(Internet of Things) 환경으로 급속히 확장되고 있지만, 시뮬레이터 내에서 동작하는 마이크로컨트롤러 모델이 이러한 복잡한 통신 스택을 직접 처리하도록 구현하는 것은 비용과 복잡도 측면에서 지원이 매우 어려울 뿐만 아니라, 설사 구현되더라도 호스트 컴퓨터의 물리적인 통신 자원을 시뮬레이션 회로 내부의 가상 소자와 동기화하여 연결해 주는 범용적인 인터페이스가

부족한 실정이다.

### 1.2 기존 연구의 문제점 및 제약사항

대부분의 기존 디지털 회로 시뮬레이션 환경에서는 앞에서 언급한 바와 같이 시뮬레이터가 제공하는 회로 설계 공간에 한정된 동작 검증만이 가능하다. 또한 비용이 저렴한 대부분의 저 사양 마이크로컨트롤러들은 비용이나 회로의 복잡도, 전력 소모 등 여러 가지 이유로 다양한 유무선 통신 프로토콜 기능들을 직접적으로 내장하고 있지 않은 경우가 대부분이기 때문에 이러한 마이크로컨트롤러들은 시뮬레이션 단계에서 실제 외부의 유무선 장치들과의 연동 테스트가 거의 불가능하다. 그리고 유무선 통신 프로토콜 기능을 내장하고 있는 고성능의 마이크로컨트롤러 경우에도 대부분의 시뮬레이터들이 시뮬레이터 내부 설계회로 범위내에서 컨트롤러간 통신을 가상 시뮬레이션하는 정도로 기능이 제한되며, 외부의 실제 물리적 장치와 설계된 회로내의 마이크로컨트롤러가 직접 통신할 수 있는 기능은 대부분 지원하지 않는다[10-13].

그밖에도 시뮬레이션 단계에서 Bluetooth나 WiFi 인터페이스를 갖는 실제 물리적 주변장치들을 제어하거나 연동 테스트 할 수 있는 가상실험 시뮬레이션 환경이 있다면 무선 통신 프로토콜에 대한 깊은 지식이 없는 초보 개발자나 대학의 저학년 교육환경에서도 기초적인 마이크로컨트롤러 응용회로 학습에 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

### 1.3 연구의 목적 및 내용

본 논문에서는 위에서 언급한 기존 시뮬레이터들이 갖고 있는 제약사항을 해결하기 위해, 가상 실험 소프트웨어가 실행되는 호스트 컴퓨터의 통신 자원을 활용하여 가상 회로와 외부 물리 시스템을 유연하게 연결하는 다중 인터페이스 시리

얼 변환기 모듈을 제안하고 구현하였다.

본 연구에서 제안하는 변환기 모듈의 특징은 다음과 같다.

- 범용 인터페이스 지원:

대부분의 마이크로컨트롤러가 지원하는 비동기식 RS-232 직렬 통신(UART) 방식을 채택하여, 하드웨어적으로 UART 기능을 내장하고 있는 마이크로컨트롤러뿐만 아니라, General Purpose Input/Output(GPIO) 핀들을 이용한 소프트웨어적인 Bit-banging 방식을 사용하는 마이크로컨트롤러도 시뮬레이션 가능하도록 변환기 모듈을 설계하였다.

- 다중 연결 인터페이스 제공:

가상 실험 소프트웨어 내의 마이크로컨트롤러와 외부 물리적 장치들을 호스트 컴퓨터의 Bluetooth, WiFi, USB 가상 COM 포트 등을 연결하는 다중 인터페이스들을 제공하며, 사용자가 필요에 따라 복수 개의 인터페이스를 동시에 선택하여 데이터를 정방향으로 복사 전송(Multicasting)하거나 역방향으로 취합 전송하는 기능을 제공한다.

- 하드웨어 추상화:

가상 마이크로컨트롤러는 복잡한 통신 프로토콜을 구현할 필요 없이 본 논문에서 구현된 시리얼 변환기 모듈과의 단순한 시리얼 데이터 송수신만으로도 호스트 컴퓨터가 제공하는 다양한 물리적 인터페이스를 사용하여 실제 물리적 주변장치들을 제어할 수 있다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 변환기 모듈은 통신 기능이 제한된 저가/저사양 마이크로컨트롤러를 활용한 프로젝트에서도 다양한 외부 기기와의 연동 시험을 가능하게 함으로써, 전체 시스템의 프로토타입 제작 및 검증 효율성을 획기적으로 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 비동기 직렬 통신과 멀티 인터페이스

### 2.1 비동기식 직렬 통신의 메커니즘과 가상화(RS-232)

RS-232 비동기식 직렬 통신은 송수신 장치간에 전송 동기화를 위한 별도의 클럭 신호 공유없이 사전에 약속된 통신속도(Baud Rate)로 데이터를 순차적으로 전송하는 방식이다. 전송되는 데이터 프레임은 휴지상태(Idle) 상태에서 시작을 알리는 스타트 비트(Start bit), 약속된 개수의 데이터 비트들(Data bits, 선택적으로 사용되는 오류 검출용 패리티 비트(Parity bit), 그리고 마지막으로 전송 완료를 나타내는 스탑 비트(Stop bit) 순서로 구성된다[14].

본 논문에서 개발된 멀티 인터페이스 변환기가 RS-232 통신방식을 지원하도록 설계된 이유는 많은 마이크로컨트롤러들이 최소한의 통신 기능으로 UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 하드웨어를 통한 RS-232 통신 기능을 제공하고 있으며, RS-232 지원을 위한 하드웨어가 내장되어 있지 않은 기초적인 마이크로컨트롤러들도 소프트웨어적인 비트 뱅킹(bit banging) 방식으로 범용 입출력(GPIO) 핀들의 값들을 조절함으로써 손쉽게 RS-232 비동기식 통신 프로토콜을 구현할 수 있어, 가장 범용적으로 사용할 수 있는 표준적인 통신방식이기 때문이다.

### 2.2 다중 물리 인터페이스

가상 실험 소프트웨어를 이용해 설계되는 마이크로컨트롤러 응용 회로가 호스트 컴퓨터의 외부에 실재하는 물리적 장치와 연동해서 동작할 수 있도록 하기 위해 본 논문에서 개발된 시리얼 변환기는 서로 다른 물리 계층에서 동작하는 아래 3가지 인터페이스를 통합 지원하도록 설계되었다.

### 2.2.1 Bluetooth 인터페이스

블루투스 인터페이스는 2.4GHz ISM 대역을 사용하는 무선 통신 표준으로, 주로 근거리에서 저전력으로 동작하는 기기와의 1:1 또는 1:N 연결을 지원하는 통신 프로토콜이다[15]. 가상 실험 시뮬레이션 환경 내에서 블루투스 인터페이스를 선택하면, 변환기 모듈은 호스트 PC의 블루투스 동글이나 내장 칩셋을 제어하여 가상 마이크로컨트롤러로부터 전달된 직렬 데이터를 블루투스 무선 패킷으로 변환해 외부 블루투스 장치로 전달하거나 역방향으로 데이터를 전송하는 역할을 수행한다. 따라서 사용자는 실제 스마트폰이나 블루투스 기반 센서 노드 등을 가상 설계 회로와 직접 연동하여 동작시켜 봄으로써 설계하고자 하는 제어 알고리즘의 유효성을 실시간으로 검증할 수 있다.

### 2.2.2 WiFi 인터페이스

IEEE 802.11 규격[16]에 기반한 WiFi 인터페이스는 가상 회로에 WiFi 무선 통신을 이용한 광역 네트워크로의 연결성을 제공한다. 본 논문에서 제안된 변환기가 호스트 컴퓨터의 IP 네트워크 스택을 활용함으로써, 가상 마이크로컨트롤러는 물리적인 WiFi 모듈이나 복잡한 TCP/IP 라이브러리를 탑재하지 않고도 원격지의 서버나 IoT 장치와 데이터를 주고받을 수 있다. 특히 본 연구에서는 소켓 통신(Socket Communication) 기술을 브리지 형태로 구현하여, 시뮬레이션 되는 가상회로 내부의 데이터가 호스트 PC의 무선 랜카드를 통해 외부 네트워크로 투명하게 전송되도록 설계되었다.

### 2.2.3 USB 가상 COM 포트 인터페이스

USB 가상 COM 포트 기술은 범용 직렬 버스(USB) 연결을 운영체제 수준에서 전통적인 시리얼 포트(UART)로 인식시키는 에뮬레이션 방식

이다. 가상 실험 소프트웨어 내에서 이 인터페이스를 활성화하면, 호스트 PC의 USB 인터페이스를 통해 유선으로 연결된 각종 계측기, 모터 드라이버, 혹은 아두이노[17]와 같은 하드웨어 개발 보드들이 가상 회로의 일부처럼 연동되어 동작시킬 수 있게 된다. 따라서 물리적 유선 케이블로 연결된 실제 주변 장치들과 가상 회로 모델 간의 하드웨어 인 더 루프(HIL, Hardware-in-the-loop) 시뮬레이션과 유사한 환경을 저비용으로 구축하여 가상 마이크로컨트롤러가 실행하는 제어 알고리즘의 정확성, 안정성, 성능 등을 용이하게 검증할 수 있다.

결과적으로, 본 논문에서 개발된 변환기 모듈은 위에서 언급한 블루투스, WiFi, USB 등의 다중 인터페이스를 통합 지원함으로써 설계자가 가상 환경 내에서 작성한 코드가 물리적 매체에 구애받지 않고 다양한 외부 하드웨어 장치들과 상호 작용할 수 있는 유연한 가상 회로 프로토타이핑 검증 환경을 제공한다.

## 3. 다중 인터페이스 시리얼 변환기 구현 및 검증

현재 널리 사용되고 있는 대부분의 디지털 회로 시뮬레이터 소프트웨어들은 자체 프로그램에서 제공하고 있는 소자들을 사용하여 회로를 구성하고 시뮬레이션을 통해 결과를 확인하는 형태로 구성되어 있다. 이러한 소프트웨어들은 디지털 회로 구성에 사용되는 많은 소자들을 라이브러리 형태로 제공하고 있지만 경우에 따라서는 설계한 회로가 물리적인 실제 특정 회로 또는 특정 시스템과 통신을 하는 경우에는 특정 회로/시스템에 대한 시뮬레이션 모델을 제공하지 않기 때문에 설계한 회로의 검증이 어렵게 된다. 본 논문에서는 이와 같은 기존 디지털 회로 시뮬레

이더 프로그램들의 제약사항을 해결하기 위해 가상실험 소프트웨어가 실행되는 호스트 컴퓨터의 통신관련 하드웨어들을 사용해 외부의 물리적 시스템과 가상실험 소프트웨어 내의 설계회로가 통신할 수 있는 다중 인터페이스 시리얼 변환기 모듈을 설계하고 구현하였다.

그림 1에 본 논문에서 구현된 다중 인터페이스 시리얼 변환기 모듈의 동작 환경을 나타내었다. 본 논문에서 설계된 다중 인터페이스 시리얼 변환기 모듈은 대부분의 마이크로프로세서/마이크로컨트롤러들이 다른 소자와의 통신을 위해 비동기식 RS-232 직렬통신 인터페이스를 제공하고 있고, 설사 제공하지 않더라도 bit banging 방식, 즉 GPIO 핀들을 소프트웨어적으로 제어하여 통신할 수 있다는 점을 감안하여 비동기식 RS-232 직렬통신 방식의 Tx/Rx 핀을 갖도록 설계되었다. 따라서 그림 1의 예처럼 마이크로컨트롤러와 다중 인터페이스 시리얼 변환기 모듈은 RS-232 프로토콜을 이용해 데이터를 주고 받게 된다.

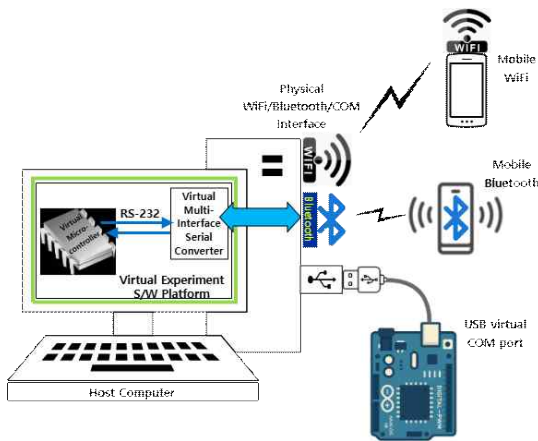


그림 1. 다중 인터페이스 시리얼 변환기 모듈의 동작 환경

Fig. 1. Serial to multi-interface serial converter operation

마이크로컨트롤러가 변환기로 보낸 데이터 바이트는 설계자가 선택한 호스트 컴퓨터의 물리적

인 인터페이스(Bluetooth/WiFi/COM)들을 통해 외부 디바이스로 보내지고, 반대로 외부 디바이스가 보낸 데이터는 변환기를 거쳐 마이크로컨트롤러로 보내진다. 사용할 물리적 인터페이스 선택은 가상 실험 소프트웨어에서 변환기 모듈을 이용해 회로를 그릴 때 변환기 모듈을 생성하면 팝업창이 나타나면서 사용할 인터페이스들을 지정할 수 있으며, 현재 지원되는 인터페이스 종류로는 Bluetooth, WiFi, USB 가상 COM 포트 등이며 다중 선택이 가능하다. 만일 다중 인터페이스가 선택된 경우에는 마이크로컨트롤러가 RS-232 프로토콜을 이용해 변환기 모듈로 보낸 데이터가 선택된 모든 인터페이스로 복사되어 전송되고, 선택된 인터페이스로부터 입력된 데이터는 RS-232를 통해 마이크로컨트롤러로 보내진다.

따라서 본 연구에서 개발된 다중 인터페이스 시리얼 변환기 모듈을 이용하면 Bluetooth/WiFi/COM 인터페이스를 지원하지 않는 마이크로컨트롤러도 이러한 다양한 인터페이스를 갖는 실제 물리적인 디바이스(장치)들과 통신이 가능하게 되어 프로토타입 제어회로 개발 등에 매우 효율적일 것으로 기대된다.

본 논문에서 개발된 변환기 기능을 검증하기 위해 먼저 가상 마이크로컨트롤러에서는 임의의 데이터 바이트를 RS-232 Tx 라인을 통해 시리얼 변환기로 전송하고 이에 대한 응답으로 Rx 라인을 통해 송신 데이터 바이트와 똑같은 데이터가 반향되어 들어오는지 검사하는 프로그램을 작성하여 실행하였다. 변환기 모듈에서는 시나리오에 따라 Bluetooth, WiFi, COM 인터페이스를 각각 하나씩만 동작하게 하거나 2개 이상의 인터페이스가 동시에 동작하도록 설정하였으며, 변환기 모듈은 마이크로컨트롤러로부터 수신한 데이터 바이트를 동작중인 모든 인터페이스로 복사해 전송하고, 반대로 동작 중인 인터페이스를 통해

연결된 외부 디바이스로부터 들어오는 데이터 바이트는 RS-232 라인을 통해 마이크로컨트롤러로 전송한다. 사용된 외부 디바이스로는 Bluetooth와 WiFi 인터페이스 경우 각각 모바일폰을 연결해 사용하였고, USB 가상 COM 포트 인터페이스에는 아두이노 보드를 연결하여 시험하였다. 그림 2에 기능 검증 시나리오에 따른 실험 예를 나타내었다. 그림 2의 실험 환경은 3개의 인터페이스(Bluetooth, WiFi, COM)를 동시에 사용하도록 설정하고, 마이크로컨트롤러가 송신한 데이터 바이트를 3개의 인터페이스에 연결된 각각의 외부 장치가 똑같이 잘 수신함을 검증하는 실험 결과를 보여주고 있다.



그림 2. 마이크로컨트롤러 데이터 송신 검증  
Fig. 2. Microcontroller Tx data verification

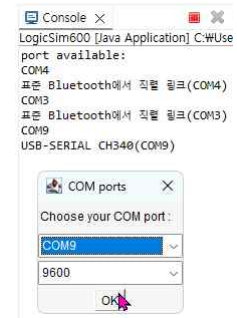
실험 절차는 다음과 같이 이루어진다.

먼저 호스트 컴퓨터에서 가상실험 소프트웨어를 실행시키고 회로설계 창에서 변환기 모듈 소자를 생성하면 그림 3(a)와 같은 창이 나타나 사용하고자 하는 인터페이스들을 선택한다. COM 인터페이스를 선택한 경우에는 그림 3(b)와 같이 시스템에서 사용 가능한 COM 포트 리스트가 콘솔창에 표시되고, 선택창에서 원하는 COM 포트와 전송속도를 선택한다. 그림 2의 실험에서는 3개 인터페이스 모두를 동시에 선택하였으며, 블

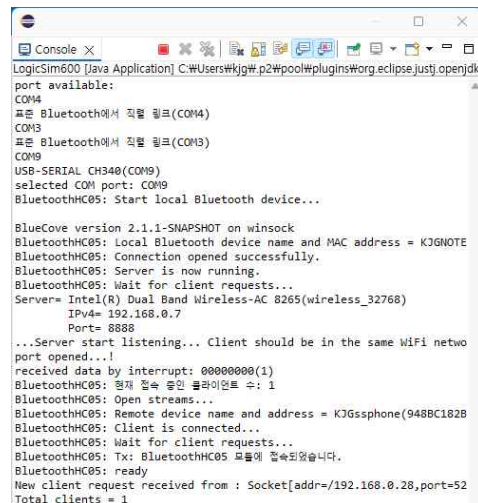
루투스 및 WiFi 인터페이스에는 스마트폰을 무선 연결하였고, USB 가상 COM 포트에는 아두이노 키트를 유선 연결하여 실험하였으며, 그림 3(c)의 가상실험 프로그램 콘솔 창은 블루투스와 WiFi를 이용해 2대의 핸드폰이 연결되는 과정을 보여주고 있다.



(a) 인터페이스 선택  
(a) Interface selection



(b) COM 포트 선택  
(b) COM port selection



(c) 콘솔 창  
(c) Console window

그림 3. 블루투스와 WiFi 연결 프로세스  
Fig. 3. Bluetooth and WiFi connection process

그림 4는 회로설계 창에서 변환기 모듈에 마이크로컨트롤러와 다른 소자들을 연결해 시뮬레이션 중인 회로도를 보여주고 있다. 마이크로컨트

롤러 소자는 그림 5와 같이 컨트롤러 내부 메모리 창을 가지고 있으며 이 창의 다운로드 (PICdownload) 버튼을 클릭해 컨트롤러가 실행할 프로그램을 지정하고, 회로도의 클릭을 구동시켜 시뮬레이션을 진행한다.

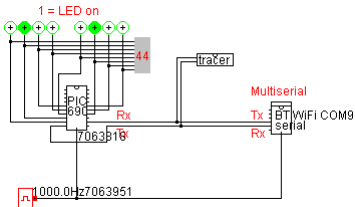


그림 4. 시뮬레이션 중인 회로  
Fig. 4. Circuit in simulation

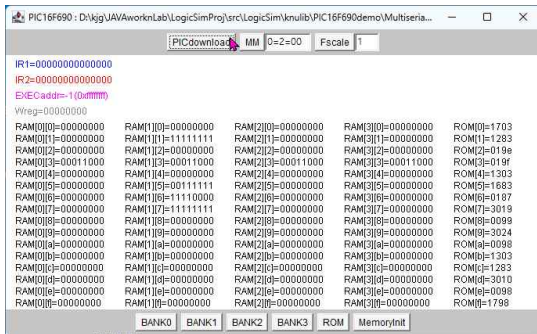


그림 5. 마이크로컨트롤러 메모리 창  
Fig. 5. Microcontroller memory window

컨트롤러가 실행하는 프로그램은 RS-232 인터페이스를 통해 변환기 모듈로 임의의 바이트 데이터를 전송할 수 있는데, 확인의 용이성을 위해 알파벳 A의 아스키값(0x41)부터 1씩 증가하는 값을 차례로 송신하고 이에 대한 응답으로 같은 값을 수신하면 1 증가한 값을 반복 송신하고, 응답으로 다른 값을 수신하면 에러 표시를 하도록 하였다.

그림 6은 본 논문에서 개발된 변환기 모듈 부속창으로 RS-232 선로와 3개의 인터페이스 사이의 데이터 송수신 과정을 보여주고 있다. 그림에서 >>> 화살표가 표기된 메시지는 RS-232 통신

을 통해 마이크로컨트롤러로부터 수신한 데이터를 의미하여 <<< 화살표가 표기된 메시지는 반대 방향으로 3개의 인터페이스로부터 수신한 데이터를 마이크로컨트롤러로 송신함을 보여준다. 그림에서 먼저 마이크로컨트롤러가 0x41(A)를 보내면 이에대한 응답으로 블루투스 단말이 같은 값을 보내고, 다시 컨트롤러가 0x42(B)를 송신했을 때 이번에는 WiFi 단말이 같은 값으로 응답하고, 다음에 0x43(C)가 송신되면 USB-COM 포트에 연결된 아두이노 보드가 같은 값으로 응답하는 과정을 확인할 수 있다. 그림 7과 그림 8은 각각 블루투스와 WiFi로 연결된 스마트폰의 앱 화면이다. 그림 7에서 KJGNOTE로 시작되는 줄은 호스트 컴퓨터가 송신한 데이터를 보여주고, Tx로 시작하는 줄은 블루투스 스마트폰이 송신한 데이터를 보여준다. 그림 8에서 Server Tx는 호스트 컴퓨터가 송신하는 경우이고, Client Tx는 WiFi 스마트 폰이 송신함을 의미한다.

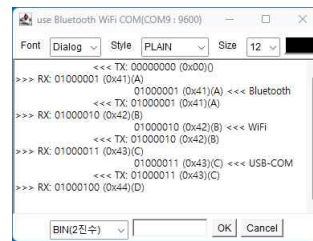


그림 6. 시리얼 변환기 부속창  
Fig. 6. Serial converter window

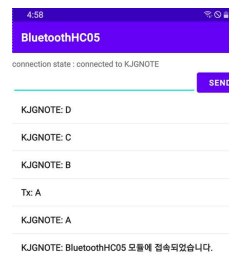


그림 7. 블루투스 앱 화면  
Fig. 7. Bluetooth App. screen

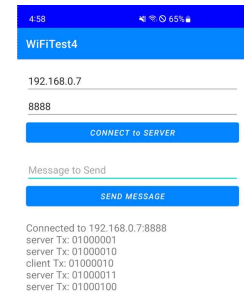


그림 8. WiFi 앱 화면  
Fig. 8. WiFi App. screen

이와 같이 마이크로컨트롤러가 주도하여 데이터를 외부 장치로 보내고 이에 대한 응답을 검사하는 시나리오가 수행된 후, 반대로 외부 주변 장치가 먼저 데이터를 마이크로컨트롤러로 보내면 마이크로컨트롤러가 이에 대한 응답을 하는 시나리오 또한 실험을 수행하였다.

이와 같은 다양한 검증 시나리오에 따라 가상 실험 시뮬레이션을 실행하면서 외부 장치가 마이크로컨트롤러가 송신한 데이터 바이트를 잘 수신했는지 그리고 외부 장치가 응답으로 보낸 데이터를 마이크로컨트롤러가 잘 수신했는지 검사하여 모든 기능이 정상적으로 동작함을 확인하였다.

#### 4. 결론

최근 전기전자공학 분야에서 널리 사용되고 있는 마이크로컨트롤러 응용회로 개발 능력 향상을 위한 효율적인 대학 교육을 위해 기존 대면 환경의 실험 실습뿐만 아니라 컴퓨터와 인터넷을 이용하는 디지털 가상실험 환경을 혼합한 하이브리드 교육에 대한 관심이 증가하고 있다.

본 논문에서는 디지털 가상 실험 환경 구축을 위해 기존 디지털 회로 시뮬레이터가 가진 물리적 확장성의 한계를 극복하고자 호스트 컴퓨터의 통신 자원을 이용하여 가상 실험 소프트웨어에서 설계된 마이크로컨트롤러 회로와 외부 물리적 장치를 실시간으로 연결해 주는 다중 인터페이스 시리얼 변환기 모듈을 설계하고 구현하였다.

개발된 모듈은 범용적인 RS-232 비동기식 직렬 통신 표준을 채택함으로써 하드웨어 UART를 내장한 마이크로컨트롤러뿐만 아니라 소프트웨어적인 비트 뱅킹 방식으로 동작하는 마이크로컨트롤러도 지원 가능하다. 또한 사용자가 시뮬레이션 환경 내에서 Bluetooth, WiFi, USB 가상 COM 포트 등의 복수개 인터페이스를 원하는대

로 선택하면 선택된 인터페이스들을 통해 가상 마이크로컨트롤러의 데이터를 다수의 외부 장치로 동시 복사 전송(Multicasting)하거나 반대로 외부 장치들로부터의 데이터를 취합해 마이크로컨트롤러로 전송할 수 있다. 이러한 변환기 모듈의 기능 검증을 위해 양방향 데이터 전송을 가정한 다양한 통신 시나리오를 바탕으로 실험을 수행한 결과, 가상 마이크로컨트롤러와 실제 물리적 디바이스 간의 양방향 데이터 송수신이 데이터 손실 없이 정확하게 이루어짐을 확인하였다.

본 연구를 통해 구현된 변환기 모듈은 고수준 통신 스택을 지원하지 않는 저사양 마이크로컨트롤러도 다양한 무선 및 유선 인터페이스를 통해 실제 장치를 제어할 수 있게 함으로써, 임베디드 제어 시스템의 프로토타입 개발 효율성을 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고 문헌

- [1] Daina Gudoniene, Evelina Staneviciene, Isabel Huet, Jochen Dickel, Djibril Dieng, Joël Degroote, Vitor Rocio, Rita Butkiene, Diogo Casanova, "Hybrid Teaching and Learning in Higher Education: A Systematic Literature Review", Sustainability, Vol.17, Issue 2, 2025, DOI : <https://doi.org/10.3390/su17020756>
- [2] Dawn Bennett, Elizabeth Knight, Jennifer Rowley, "The role of hybrid learning spaces in enhancing higher education students' employability", British Journal of Educational Technology, Vol.51, No.4, pp.1188-1202, 2020, DOI :10.1111/bjet.12931
- [3] L. Klimplová, "HYBRID TEACHING IN HIGHER EDUCATION: CURRENT INSIGHTS AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS", Proceedings of EDULEARN24 Conference, July 2024,

- Palma, Mallorca, Spain, ISBN: 978-84-09-62938-1
- [4] Essa, E. K., The effectiveness of hybrid learning in enhancing academic mindfulness and deeper learning of university students. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, Vol.9, No.1, pp.188-202, 2023, DOI : <https://doi.org/10.46328/ijres.3081>
- [5] Abdulmajeed Alghamdi, Sameera Iqbal, Katerina Trendova, Michael M Nkasu, Hussni Al Hajjar, "Undergraduate Students' Perspectives on Hybrid Education in the United Arab Emirates", 2022 *Advances in Science and Engineering Technology International Conferences*, Feb. 2022, DOI: 10.1109/ASET53988.2022.9734840
- [6] C.I. Lim, S.M. Hong, E.S. Lim, S.K. Park, H. Kim, H.J. Han, "Development of conceptual models and instructional design strategies for hybrid learning in higher education", *Journal of Korean Association for Educational Information and Media*, Vol.29, No.4, pp.821-850, 2023, DOI : <http://dx.doi.org/10.15833/KAFEIAM.29.4.821>
- [7] Hyeongjong Han, "Exploring a Synchronous Hybrid Learning Competency Model for Instructors in College", *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol.23, No.17, pp.227-249, 2023.09., DOI : 10.22251/jlcci.2023.23.17.227
- [8] J.K. Lee, H.J. Hong, "A Case Study for Exploring Hybrid Class Implementation Strategies", *Global Creative Leader: Education & Learning*, Vol.13, No.3, pp.157-183, 2023, DOI : <http://dx.doi.org/10.34226/gcl.2023.13.3.157>
- [9] D.S. Kim, K.S. Choi, S.E. Lee, "Implementation of a Web-based Hybrid Engineering Experiment System for Enhancing Learning Efficiency", *Journal of Engineering Education Research*, Vol.10, No.3, pp.79-92, 2007, DOI : 10.18108/jeer.2007.10.3.79
- [10] Microchip, MPLAB X IDE, 2026, <https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/develop/mplab-x-ide>
- [11] Intel, Quartus Prime Design Software, 2026, <https://www.altera.com/products/development-tools/quartus>
- [12] AMD, Vivado Design Suite, 2026, <https://www.amd.com/en/products/software/adaptive-socs-and-fpgas/vivado.html>
- [13] Proteus Virtual System Modeling(VSM) Circuit Simulation Software, 2026, <https://www.labcenter.com/simulation/>
- [14] Texas Instruments, Interface Circuits for TIA/EIA-232-F, Design Notes, Sept. 2002, <https://www.ti.com/lit/an/slla037a/slla037a.pdf>
- [15] Bluetooth SIG(Special Interest Group), 2026, <https://www.bluetooth.com/specifications/specs/>
- [16] IEEE 802.11, Wireless Local Area Networks, 2026, <https://www.ieee802.org/11/>
- [17] Arduino, 2026, <https://www.arduino.cc/>

저 자 소 개



기장근(Jang-Geun Ki)

1986.2 고려대학교 전자공학과 졸업  
 1988.2 고려대학교 전자공학과 석사  
 1992.2 고려대학교 전자공학과 박사  
 2002.6-2003.6, 2010.6-2011.8, 2016.8-2017.8  
 Univ. of Arizona 방문교수  
 1992.3-현재 : 공주대학교 공과대학 전기전  
 자제어공학부 교수  
 <주관심분야>통신프로토콜, 이동통신시스템