

능동적 참여 모의실험 학습용 ALT 보드 및 소프트웨어 모듈 설계

ALT Board and Software Module Design for Active Participatory Simulation Learning

소원호
순천대학교 컴퓨터교육과

Won-Ho So(whso@sunchon.ac.kr)

요약

본 논문에서는 ALT 보드와 NetLogo 확장 모듈을 개발하여 능동적 참여 모의실험 (Active Participatory Simulation: APS) 학습이 가능하도록 한다. 기존 참여 모의실험 학습에서도 실험이 수행되는 동안 학생들은 HubNet을 통하여 클라이언트로서 실험에 참여할 수 있다. 하지만 HubNet 서버만이 하나의 외부 모듈과 연결되기 때문에 다수의 클라이언트가 참여하는 이중초점 모델링 기반 학습이 불가능하다. 따라서 클라이언트의 참여와 실험 및 측정 데이터를 수집하기 위하여 ATmega32 기반의 ALT 보드를 개발한다. 또한 이 입력된 데이터를 HubNet 서버와 교환할 수 있는 TCP/IP 소켓 기반 Java 확장 모듈을 개발한다. ALT 보드와 확장 모듈을 통하여 APS 학습 환경 구축이 가능하다. 이를 위한 NetLogo 프로그래밍 방법을 소개하고 학습 예시를 보여 과학교육에 활용될 수 있는 방안을 모색한다.

■ 중심어 : | 능동적 참여 모의실험 | AVR 보드 | NetLogo 확장모듈 | 에이전트 기반 모델링 | HubNet |

Abstract

In this paper, the ALT (ALternative) board and a NetLogo extension module are developed for the active participatory simulation (APS) learning. Through the participatory simulation with HubNet each student can attend the experiment as one of clients. Only one HubNet server, however, is able to use an external device so that the bifocal modeling based learning with multiple users is impossible. In order to overcome the drawback, and enable clients participate into the experiment and collect the experimental data and the measured data, an ATmega 32 based board and its firmware are developed. In addition, Java extension module based on TCP/IP socket interfaces is developed to exchange the data with HubNet server. Finally, we show some NetLogo program examples to use the developed hardware and software for APS and seek the way to use them for science education.

■ keyword : | Active Participatory Simulation | AVR board | NetLogo Extension Module | Agent Based Modeling | HubNet |

I. 서론

최근 첨단기술을 통한 학문간, 기술간 융합을 활용하

여 수학, 과학, 예술, 문화, 그리고 기술 분야를 융합적, 수렴적, 전체적으로 접근하는 시도가 과학교육에 적용되고 있다[1][2].

접수일자 : 2013년 10월 01일
수정일자 : 2013년 12월 05일

심사완료일 : 2013년 12월 27일
교신저자 : 소원호, e-mail : whso@sunchon.ac.kr

실험활동을 통한 과학교육은 일반적으로 학습에 치밀한 계획과 조정이 요구되지만 기존 수업에서는 수업 목표를 위한 과학실험 데이터의 수집, 분석, 그리고 해석으로 진행되는 요리책식의 과학실험이 일반적이다. 그러나 ICT (Information & Communication Technology)를 활용한 실험 수업은 전통적인 실험을 수행할 때보다 변인통제가 수월하고 실험 데이터를 쉽게 수집하고, 결과를 도표나 그래프로 나타낼 수 있다. 따라서 수학과 과학 교육이 정보 및 IT 기술과 효과적으로 결합되면 학생들의 문제해결력, 탐구 및 실험의 정교성, 창의력, 그리고 논리적 사고력 등 통합적 능력이 배양될 것으로 기대하고 있다[3].

국내의 과학교육에도 이러한 변화를 수용하고 국내 외적으로 그 사용이 확대되고 있는 공개 SW를 교육적으로 활용하는 방안이 모색되어야 한다. 특히, 로봇과 결합되는 공개 SW기반 모델링 및 모의실험에 많은 관심이 집중되고 있다. 예를 들면 에이전트 기반의 모델링 (Agent based Modeling; ABM)과 로봇의 결합, 또는 마이크로컨트롤러 보드와 같은 외부 모듈의 활용이 대표적인 예이다. 하지만 실행할 수 있는 외부모듈이 제한적으로 이용되어 실험 참여자가 동시에 협력할 수 있는 교육환경을 제공할 필요성이 있다[4][5].

ABM 언어인 NetLogo는 HubNet을 이용한 참여 모의실험(Participatory Simulation) 교육이 가능하다. 망으로 연결된 학생들은 HubNet 클라이언트로서 서버에 접속한다. 다수의 참여자가 NetLogo로 구성된 ABM HubNet 서버에 참여하여 하나의 에이전트로서 데이터를 입력하고 그 결과를 공유할 수 있다. 따라서 미생물, 환경 생태, 물리적 작용, 그리고 분자 활동과 같은 과학 현상의 이면에 존재하는 복잡계를 이해하기 쉽고 재미있게 모델링하여 많은 학생들이 동시에 참여할 수 있다. 그러나 학습자가 직접 데이터를 입력해야 하는 불편함으로 교육시간 이후, 또는 장시간 모니터링 하는 실험은 불가능하다. 또한 HubNet 클라이언트 시스템과 연결되는 외부모듈이 없어 실세계 데이터를 같이 이용하는 이중 초점 모델링이 불가능하다[6-10].

본 논문에서는 기존 과학교육에 활용되는 HubNet 기반의 참여 모의실험의 한계를 극복하기 위한 학습 보드

와 관련 소프트웨어 모듈을 개발한다. 먼저 학습에 필요한 데이터 입력을 위해 필요한 학습 보드를 ATmega32 MCU를 기반으로 설계하고 동작을 위한 펌웨어를 개발한다. 또한 TCP/IP 소켓을 기반 한 NetLogo Java 확장 모듈을 개발하여 동시에 다수의 클라이언트가 학습에 참여할 수 있게 한다. 마지막으로 개발된 요소들을 이용하는 능동적 참여 모의실험 (Active Participatory Simulation: APS) 학습 구조를 제시하고 활용방안을 소개한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 기존 참여 모의실험을 소개하고 문제점을 제시한다. 3장에서는 ALT 보드 설계 및 펌웨어 개발을 소개하고 HubNet 기능을 확장할 수 있는 TCP/IP 소켓 기반의 NetLogo 확장 모듈을 설계하고 구현한다. 또한 세 가지 방식의 능동적 참여 모의실험을 제시한다. 4장에서는 APS 학습 모델의 활용과 평가를 수행한다. 마지막으로 5장에서 본 연구에 대한 결론과 향후 연구 방향을 소개한다.

II. 관련 연구

최근 생태계에서 종들의 상호작용과 화학 반응에서 분자의 충돌, 그리고 곤충들의 먹이 모으기 등과 같은 다양한 자연현상을 과학자들이 학습하기 위하여 에이전트 기반 모델링을 많이 이용하고 있다. NetLogo는 이러한 현상을 묘사할 수 있는 기능을 제공하는 프로그래밍 언어다. NetLogo에서는 대상이 되는 모델체계의 기본 구성요소 (예를 들면 포식자, 분자, 개미)를 에이전트로 표현하고 요소에 대한 기능과 상호 관계에 따른 규칙을 정의한다. 이때 다중행동과 요소간의 상호작용에 의한 누적된 영향으로 이루어진 체계를 복잡계 (complex system)라 하는데 이를 손쉽게 접근할 수 있도록 개발되었다[11][12].

참여 모의실험은 다중 에이전트 모의실험과 유사하여 가상의 에이전트의 임무를 학습자가 수행한다. 또한 학습자가 협력하여 실험을 진행할 수도 있다. [그림 1]은 기존의 참여 모의실험 학습 모델이다. HubNet 서버에서 Netlogo 모델이 실행되며 망으로 연결된 HubNet

클라이언트 (개인용 컴퓨터)를 통하여 학생들(s_1, s_2, \dots, s_n)은 실험에 참여한다. 이러한 모델은 전체적으로, 예측하기 어려운 개인 참여자들의 행위가 서버에서 모델링되며 그 결과가 망을 통하여 각 클라이언트의 화면에 표시된다[6].

지금까지 소개한 방법이 HubNet을 이용한 첫 번째 방법이라면 최근에는 실제 환경에 대한 데이터를 센서를 통하여 수집하는 방법이 소개되었다. HubNet 클라이언트 대신에 Calculator¹를 이용하는 방법이다. 물리적인 센서를 통하여 경험적인 데이터 기반 모델이 가능하고 가상 모델이 아닌 실제 모델을 사용할 수 있어 이중초점 모델링 (bifocal modeling)으로 정의되어 이용된다. 이것의 특징은 로봇을 이용한 교육에 적용되어 실제 세계에 있는 장치를 설계하고 제어함으로써 가상 환경에서는 얻을 수 없는 예러, 잡음, 기계적 장점과 고장 등을 이해하고 학습할 수 있는 기회를 제공한다[7].

NetLogo 소프트웨어와 물리적 실세계를 연결하기 위하여 사용된 기술적 기반구조로 NetLogoLab이 있다. NetLogoLab은 로봇을 제어하고 로그 데이터를 수신한다. 현재 NetLogo와 연결할 수 있는 로봇은 고고보드 (GoGo Board²)가 있다. 이 보드는 자바 확장모듈 (gogo extension)을 이용하여 NetLogo와 결합되며 HubNet 서버에서 고고보드를 연결할 수 있다.

위에서 소개한 HubNet과 고고보드는 각각 몇 가지 한계를 갖고 있다. 첫째, HubNet의 경우에, 클라이언트는 서버의 모델링에 의존한 데이터 입력만이 가능하고 단순히 결과만을 화면을 통하여 확인한다. 둘째, NetLogoLab과 같은 외부 시스템을 HubNet 클라이언트 시스템에 연결할 수 없어 망으로 분산된 실험 환경 구축이 불가능하다. 셋째, 서버에 연결된 외부 시스템과 직접 상호작용하지 않고는 모델링에 참여할 수 있는 방법이 없기 때문에 진정한 의미의 이중초점 모델링이 불가능하다. 넷째, NXT과 Calculator와 같은 상용 제품은 NetLogo 확장모듈이 제공되지만 추가적인 비용부

담이 있기 때문에 범용으로 사용될 수 없다. 마지막으로 고고보드는 보드에 사용된 PIC용 펌웨어가 공개되지 않아서 다양한 목적의 외부 학습 모듈 개발에 한계가 있다.

따라서 본 논문에서는 국내에서 많이 사용하는 AVR MCU인 ATmega32를 이용하여 학습 보드인 ALT 보드를 개발하고 이를 위한 펌웨어를 개발한다. 또한 클라이언트에 연결된 ALT 보드의 실세계 데이터를 수집하기 위하여 새로운 NetLogo 확장모듈을 개발하여 ALT 보드의 데이터를 서버로 전송한다. 이를 통하여 HubNet 서버와 클라이언트에서 동시에 실세계 데이터를 이용한 참여 모의실험이 가능한 능동적 참여 모의실험 학습 환경을 구성한다.

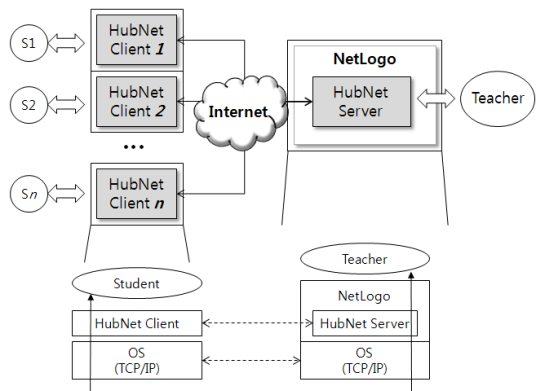


그림 1. 참여 모의실험 학습 모델

III. 능동적 참여 모의실험용 모듈 개발 및 학습 모델

1. 요구사항 분석

이중 초점 모델링이 가능한 APS를 제시하기 위하여 몇 가지 다음과 같은 요구사항을 분석한다.

첫째, 학습자가 에이전트로서 모델의 실험에 참여할 수 있어야 한다. 즉, 개발된 모델은 가상의 에이전트³로 실행될 뿐만 아니라 학습자가 하나의 에이전트로서 실험에 참여할 수 있어야 한다. 따라서 학습자가 필요한

1 Texas Instruments사에서 개발한 기기로 Calculator HubNet 확장모듈을 사용하여 NetLogo와 결합되며 모의 참여실험에 이용될 수 있다.

2 MIT Media Lab의 Arnan Sipitakiat에 의해서 설계되고 개발되었다. 오픈 소스기반으로 쉽고 저가로 구성이 가능하며 현재 4.x 버전까지 공개되었다. (<http://gogoboard.org>)

3 NetLogo 프로그램 언어로 개발된 ABM의 기본 에이전트는 일반적으로 거북(turtle)이 모양을 하고 있다.

데이터를 입력해야 한다. 예로 신호등 끄기/켜기, 이동, 파라미터 값 변경을 들 수 있다.

둘째, 참여 모의실험의 서버에 입력되는 모든 데이터에 대한 처리 결과와 실험의 진행과정을 클라이언트인 학습자가 원격으로 모니터링 할 수 있어야 한다. 그래서 학습자도 자신의 참여에 따른 결과를 확인할 수 있다.

셋째, 클라이언트 컴퓨터에 학습 보드를 연결할 수 있어야 한다. 이를 통하여 다양한 실세계 데이터를 서버뿐만 아니라 클라이언트에서 입력받을 수 있다.

넷째, 학습 보드의 입력이 통신망을 통하여 참여 모의실험 서버로 전송되어야 한다. 즉, 학습자가 직접 입력하는 데이터뿐만 아니라 학습 보드에서 수집되는 데이터도 서버로 전송되어 모델링 결과에 반영되어야 한다. 이것은 원격으로 학습자가 모의실험에 참여할 수 있어 학습 공간의 영역을 넓힐 수 있다.

처음 두 가지 요구 사항은 기존의 HubNet 기반의 참여 모의실험으로 충족되지만 능동적 참여 모의실험을 위해서는 나머지 사항들이 충족되어야 한다. 여기서 세 번째 요구 사항은 ALT 보드와 펌웨어 개발로, 네 번째는 새로운 확장 모듈 개발로 가능하다.

2. ALT 보드 및 관련 소프트웨어 개발

2.1 ALT 보드 개발

HubNet의 클라이언트에 연결되는 ALT 보드의 회로 설계는 공개 소프트웨어인 KiCAD 툴을 이용한다. 이 툴을 Windows XP 기반 시스템에 설치하여 회로 구성, 부품 선택, 그리고 거버 파일을 작성한다. ATmega32-16PU (40핀 DIP 타입, 이후 ATmega32로 명명)와 외부 입출력 커넥터는 모두 DIP타입이고 나머지 IC부품은 모두 MD타입으로 구성한다.

[그림 2]는 개발 된 ALT 보드의 기능 블록도다. 첫째, 전원부분은 USB 인터페이스, 외부 배터리, 그리고 220 어댑터를 모두 사용할 수 있게 구성하고 정전압 5V의 출력으로 보드가 동작된다.

둘째, 이 보드를 통하여 학습자가 입력 데이터를 전송하거나, 환경 데이터를 수집하고 HubNet 서버로 직접 데이터를 보내기 위해서는 보드와 학습자 컴퓨터 간에 통신이 가능해야 한다. 이를 위하여 USB 인터페이

스를 통하여 클라이언트 컴퓨터에 연결된다. ATmega32는 자체에 USB 모듈이 없기 때문에 CP2102 (USB to UART bridge controller)를 이용한다. CP2102는 다시 MCU의 RS232 통신이 가능한 RXD/TXD와 연결한다.

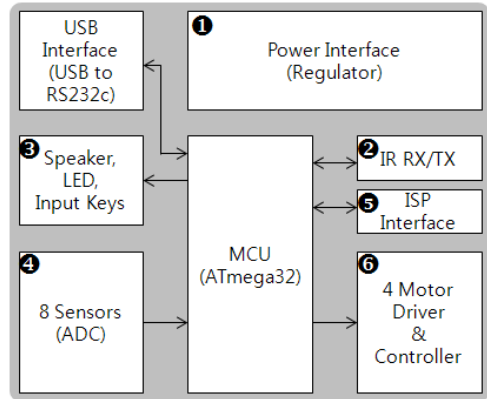


그림 2. ALT 보드의 기능 블록도

셋째, 전원 On/Off 스위치, 리셋(reset) 키, 그리고 모드(mode) 키를 연결한다. 모드 키를 이용하여 설계된 ALT 보드를 대화형 (interactive) 방식 또는 다운로드 방식으로 선택하여 동작시킬 수 있다. 최초 보드에 전원이 인가되면 펌웨어는 모드 키의 값을 확인한다. 따라서 모드 키를 누르지 않으면 (mode key = Off) 기본적으로 보드는 대화형으로 설정되어 동작한다. 또한 모드 키를 1초 이상 누르면 (mode key = On) 프로그램 메모리 (flash memory)에 저장된 Cricket Logo 프로그램이 실행되도록 회로를 구성한다. 스피커는 PWM 방식으로 간단한 화음을 발생시킨다.

넷째, 학습자가 필요한 데이터를 입력하거나 환경 데이터를 수집할 수 있는 센서 연결부이다. ATmega32의 ADC0~ADC7와 연결되며 이중에서 ADC0과 ADC4는 필요시 데이터의 입력을 차단할 수 있다. 센서부에 연결되는 센서로는 조도, 습도, 온도, 압력, 각도 등 다양한 센서가 가능하다. 또한 버튼을 사용하여 On/Off 기능으로 사용한다. 모든 입력단자 (ADC0-ADC7)는 펌웨어에서 10비트 변환기로 설정되어 입력된 아날로그 값을 0~1023까지 디지털 값으로 변환한다.

다섯째, 추가적인 입력단자로서 학습자의 데이터 입력은 적외선 송신기로부터 발생시킬 수 있다. 적외선 송신기는 가정에서 사용하는 TV, 에어컨 등의 리모콘을 사용하며 각 제품 회사에 맞는 명령을 처리하도록 펌웨어를 개발한다. 본 ALT 보드는 Sony사의 리모콘 통신 프로토콜을 기반으로 동작한다. 또한 펌웨어를 라이팅하기 위한 ISP (In System Programming) 인터페이스를 두어 ALT 보드가 일반적인 마이크로컨트롤러로 사용될 수 있도록 한다.

마지막으로 DC 모터 또는 서보 모터를 구동하기 위한 드라이버와 그 연결 회로이다. 기본적으로 5V로 구동되지만 높은 출력이 필요한 경우에는 12V 입력을 이용하여 모터를 구동시킬 수 있다.

설계된 회로도들 기반으로 제작된 PCB는 가능한 소형으로 보드를 구성하기 위하여 대부분 SMD 형 부품을 사용한다. [그림 3]은 제작된 ALT 보드의 전면부이다. 크기는 95×62mm 이며 소형 USB 포트를 사용하였고 파워 케이블도 소형을 사용한다.

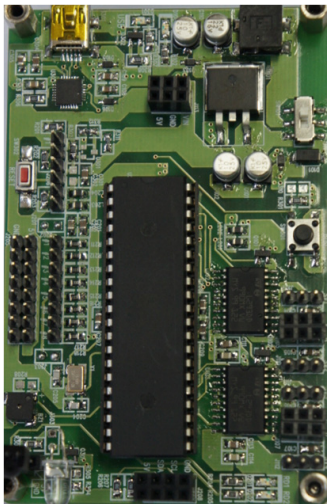


그림 3. ALT 보드의 PCB 완성 조립본

2.2 펌웨어 개발

앞에서 개발된 ALT 보드는 기존 참여 모의실험에 사용된 HubNet 클라이언트로 바로 이용될 수 없다. 따라서 클라이언트 컴퓨터에 ALT 보드와 연동할 수 있

는 소프트웨어가 필요하다. 본 연구에서는 학습자 컴퓨터에서 실행되는 모니터 프로그램 (GoGo Monitor)⁴를 이용한다. 이 프로그램은 USB 포트로 연결된 ALT 보드에 명령을 전송한다. 간단한 정지-대기 (stop-and-wait ARQ) 방식에 의한 흐름제어와 에러제어를 이용하여 1바이트씩 송수신한다. 개발되는 펌웨어는 수신되는 1바이트 명령을 조합하여 필용한 동작이 수행되도록 ALT 보드를 제어한다.

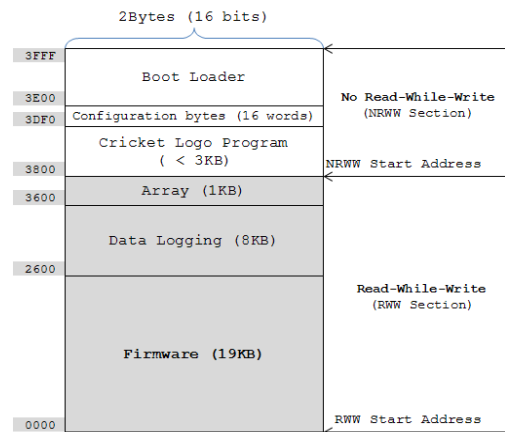
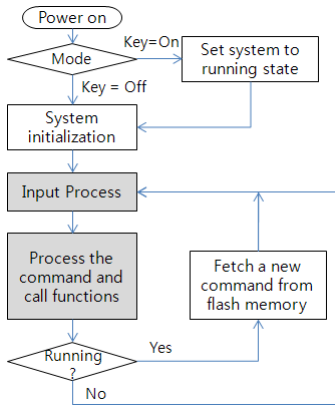


그림 4. ALT 보드를 위한 메모리 맵

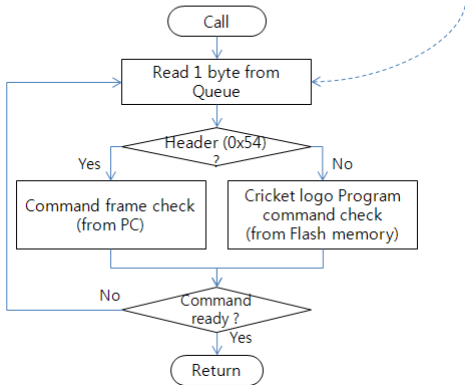
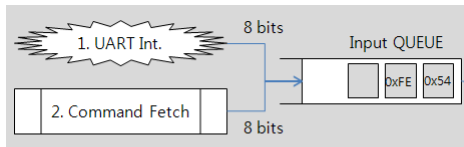
[그림 4]는 ATmega32의 32KB 플래시 메모리에 대한 메모리 할당을 나타낸다. 개발된 펌웨어는 약 19KB의 공간을 차지하며 주소 0x0000~0x25FF까지 사용한다. 먼저 'Data Logging'은 ALT 보드가 센서 데이터를 일정 시간 주기적으로 측정하여 저장하는 공간이다. 또한 ALT 보드에서 실행되는 Cricket Logo 프로그램은 변수(variable)를 사용하는데 이때 변수의 값은 'Array' 영역에 저장된다.

모니터 프로그램을 사용하여 학습자가 Cricket Logo 프로그램을 개발하고 컴파일하여 ALT 보드로 다운로드할 수 있다. 이를 위한 메모리 저장 공간이 'Cricket Logo Program' 영역이다. 실행되는 logo 프로그램에 대한 환경 변수와 부트로더는 나머지 영역에 할당한다. 하지만 부트로더는 개발하지 않았다.

⁴ 모니터 프로그램은 GoGo 보드용 프로그램인 GoGo Monitor를 그대로 사용한다.



(a) 펌웨어의 메인 흐름도



(b) 명령어 수신 및 구성 방법 (Input Process)

그림 5. 펌웨어 구성의 주요 알고리즘

[그림 5](a)는 개발된 펌웨어의 메인 흐름도이다. 전원이 공급되는 보드는 메인 흐름을 반복하여 수행한다. ALT 보드에 있는 'Mode' 키에 의하여 보드의 수행 모드가 결정되는데, 전원 공급 시 이 버튼을 누르지 않으면 (mode key = Off) ALT 보드는 대화형 방식으로 결정된다. 그렇지 않고 버튼을 누른 상태로 (mode key = On) 전원이 공급되거나 Logo 프로그램을 다운로드 했다면 다운로드 방식으로 설정된다. 대화형 방식은 ALT 보드로 전송되는 명령어를 'Input Process'를 통하여 해

석하고 관련 기능을 바로 실행시킨다. ALT 보드의 플래시 메모리의 'Cricket Logo Program' 영역은 logo 프로그램을 컴파일하여 다운로드된 바이트 명령 코드가 저장된다. 만일 보드가 다운로드 방식으로 설정되면 이 명령어가 'Input Process'에서 처리되어 관련 명령어가 실행된다.

[그림 5](b)는 개발된 펌웨어에서 중요한 기능중 하나인 'Input Process'부분을 나타낸다. ALT 보드에는 명령어 바이트를 수신하여 저장하는 입력 큐가 있다. USB 포트를 통하여 수신되는 명령 또는 플래시 메모리에 저장된 Logo 명령 바이트를 읽어 (fetch) 입력 큐에 저장한다. 'Input Process'가 호출되며 큐에서 1바이트씩 읽어와 명령어를 구성하여 확인한다. 명령어가 헤더 값 0x54로 시작하는지 확인하여 대화형 모드 또는 다운로드 모드 명령어를 구성한다. 명령어 구성이 완성되면 실행 준비 상태를 알리고 반환한다.

2.3 NetLogo 자바 확장 모듈 개발

앞에서 언급했듯이 ALT 보드를 HubNet 클라이언트와 직접 연동할 수 없다. 제한된 APS가 완성되기 위해서는 ALT 보드와 연동되는 GoGo Monitor 프로그램을 이용해야 한다. 이 프로그램은 TCP 기반의 스티림 소켓인 9873 포트를 항상 대기 상태로 유지한다. 즉, NetLogo의 HubNet 서버를 위한 새로운 확장 모듈 (Java extension for ALT board; JEA)을 개발하여 모니터 프로그램의 서버에 접속하고 이를 통하여 ALT 보드의 데이터를 송수신한다. 개발된 NetLogo 자바 확장 모듈은 HubNet 서버에서 확장모듈로서 사용되며 ALT 보드를 위한 연결 설정과 해지, 명령어 전송과 수신을 담당해야 한다. 다음은 자바로 개발된 확장모듈 기본함수와 기능이다.

- .ggs-connect [string_host, int_port]: 연결설정
- .ggs-disconnect [connection_id]: 연결해지
- .ggs-send [connection_id, command]: 명령어 송신
- .ggs-recv [connection_id]: 결과 수신

따라서 개발된 자바 확장 모듈은 [그림 6]과 같이 HubNet 서버의 NetLogo 프로그램이 호출하는 함수 라

이브러리로 포함된다. 단계적으로 연결이 설정되면(① ②③) 소켓으로 입력되는 ALT 보드 제어 명령어를 수신하고(④) 그에 해당하는 내부명령어를 ALT 보드에 전송하여(⑤) 그 결과를 HubNet 서버로 전송한다(⑥).

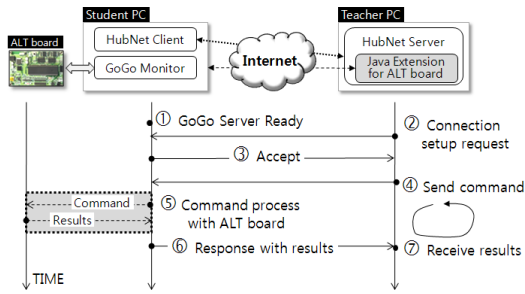


그림 6. 자바 확장 모듈 기능

개발 방법은 NetLogo 설치 디렉토리 아래 기존의 확장 모듈이 있는 extensions/gogo의 기존 자바 소스 파일을 확장한다. 이를 위하여 추가되는 메소드에 대한 원시코드를 작성하고 NetLogo에서 프로그램을 작성하기 위한 classManager를 추가한다. 또한 JAR(Java ARchive)로 클래스를 모으기 때문에 Manifest.txt 파일을 생성한다. 마지막으로 jar 파일을 생성하여 extensions/gogo 디렉토리의 jar 파일을 갱신한다. 새로운 확장모듈 개발은 NetLogo 사용자 매뉴얼을 참고하기 바란다[12].

지금까지 설명한 ALT 보드 하드웨어와 펌웨어의 규격은 다음과 같다.

□ ALT 보드 하드웨어

- . MCU: 8-bit AVR ATmega 32 (32KB Flash program memory, 512B EEPROM, 1KB SRAM, 16MHz)
- . Power: 4.5~5.5V, 1.1mA(@1MHz, 3V, and 25°C)
- . I/O: SPI, IR, Speaker, Top-down button.
- . USB 2.0 : USART-to-USB 모듈 사용
- . Sensor Interface: ADC 10bit (0V~VREF)
- . Motor Interface: DC/Servo Motor (4.8V~6.0V, 1000mA)

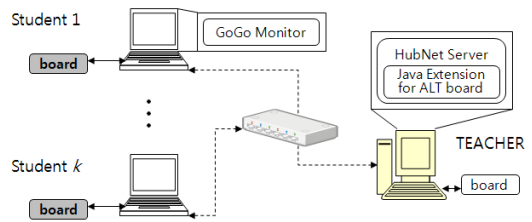
□ ALT 보드 펌웨어

- . 버전: v0.9 (GNU 기반 Winavr 라이브러리)
- . 대화형 모드 지원 (USB 기반 명령 송수신)
- . 다운로드 모드 지원(Cricket Logo 실행)

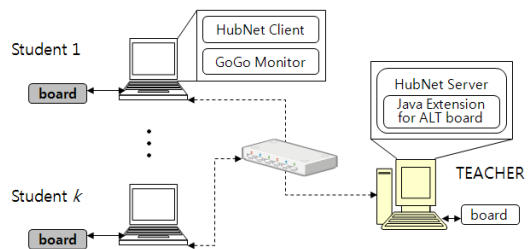
3. APS 학습 모델 제시

개발된 ALT 보드와 자바 확장 모듈을 이용하여 두 가지 APS 학습 모델을 제시한다. 학습자와 교수가 이용하는 시스템에 ALT 보드, HubNet 서버/클라이언트, GoGo Monitor 등이 연결되어 다양한 학습 구조가 가능하지만, 본 논문에서는 두 가지만 소개한다.

먼저 [그림 7](a)의 학습 구조-I은 학습자 측에 HubNet을 사용하지 않는다. 학습자는 ALT 보드와 GoGo Monitor만을 사용한다. 이 구조는 교수의 HubNet 서버 실행 환경과 실험 결과를 학습자와 같이 공유할 수 있는 공간에 적용한다. 이때 HubNet 서버는 클라이언트와 연결이 없기 때문에 통신 연결에 대한 부담이 없고 일반적인 NetLogo 모델링으로 사용된다. 또한 학습자도 실험결과에 직접적으로 영향을 주고 결과를 바로 확인한다.



(a) 학습 구조-I



(b) 학습 구조-II

그림 7. 제시된 능동적 참여 모의실험 전체 구성도

두 번째 모델인 [그림 7](b)는 학습 구조-II로서 HubNet 서버와 클라이언트, 그리고 외부 모듈인 ALT 보드를 사용하는 구조이다. 기존의 HubNet을 사용하는 학습구조의 장점을 그대로 이용할 뿐만 아니라 학습자들도 외부 모듈을 이용하는 특징을 갖는다. 따라서 기존 참여 모의실험 학습에서 사용하지 못한 외부 모듈을 이용하여 학습자의 입력과 환경 데이터 수집이 가능하다. 하지만 서버와 클라이언트 간의 연결이 2배로 증가된다. 즉, 첫 번째는 HubNet서버와 클라이언트, 그리고 두 번째는 HubNet 서버와 ALT 보드 사이의 통신 연결이다.

IV. 활용 방안 및 평가

1. APS 학습 모델링 방법

[그림 8]은 개발된 ALT 보드와 APS 확장 모듈을 이용하여 기본적인 APS 모델링을 수행하는 접근 방법을 소개한다. 먼저 수업에 맞는 학습주제를 결정하고 NetLogo 프로그래밍을 이용하여 모델링을 진행한다. 모의실험 학습의 주제와 내용을 고려하여 제시한 학습 구조- I 또는 II를 선택한다. 학습 구조- I HubNet을 사용하는 구조임으로 HubNet 모듈이 먼저 초기화되고 프로그램되어야 한다. 다음으로 ALT 보드를 통한 데이터 수집과 학습자의 데이터 수집에 관련된 모델링을 진행한다. 학습 구조-II를 선택하는 경우에는 NetLogo 기본 모듈과 개발된 자바 확장 모듈을 이용하여 모델링을 진행한다. 작성된 모델은 학습을 진행하면서 평가와 수정을 통하여 완성된다.

[그림 9]는 학습 구조-II로 교수가 모의실험 학습 모델을 개발한 후에 학습을 진행하는 절차를 나타낸다. 전체적인 구성은 교사와 2명 이상의 학생들이 APS에 참여하는 것으로 가정한다. 또한 교사 시스템을 중심으로 모든 수업이 진행되며 개발된 학습 구조-II 모델은 교수자 컴퓨터의 NetLogo로 실행된다. 이때 NetLogo는 HubNet 서버를 실행하고 클라이언트의 요청을 기다린다(①). 학습자는 HubNet 클라이언트와 ALT 보드를 연결한다. 다음으로 HubNet 클라이언트 프로그램을

학생들이 실행하고 HubNet 서버에 로그인하면 HubNet 서비스는 연결이 완성된다.

이때 학생들은 교사의 HubNet 서버 IP주소를 이용하여 모델링을 주제를 선택하고 로그인한다(②). 다음으로 ALT 보드를 통한 데이터 입출력을 위한 연결을 설정한다. 이를 위해서 학생들이 이용하는 컴퓨터의 IP 주소와 GoGo Monitor 서버의 포트 번호를 HubNet 클라이언트를 이용하여 교수자 컴퓨터로 전송한다(③). 이를 통하여 학습에 참여하는 모든 학생들의 IP 주소와 포트 번호를 교수자가 직접입력하지 않고 연결을 설정한다(④). 연결과정이 순조롭게 진행되면 APS 학습을 진행하고 모든 과정이 끝나면 연결을 종료한다 (⑤). 위와 같은 과정에서 ④단계까지의 과정은 제안된 모델이 반드시 지켜야할 과정이다.

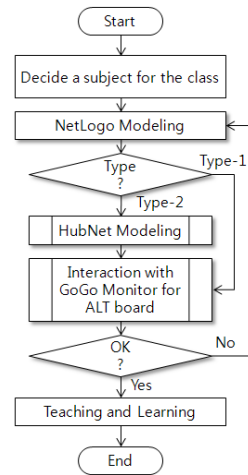


그림 8. APS 학습 모델링 개발 및 적용

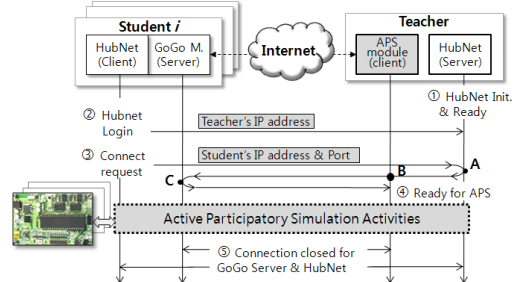
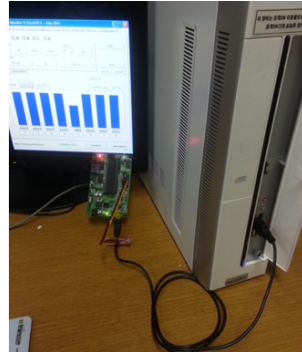


그림 9. APS 모델링 초기화 및 학습 진행 예시

2. 기능 테스트

이중초점 기반 APS 학습이 가능하기 위해서는 개발된 ALT 보드와 NetLogo 자바확장 모듈이 다음과 같은 사항을 만족해야 한다.

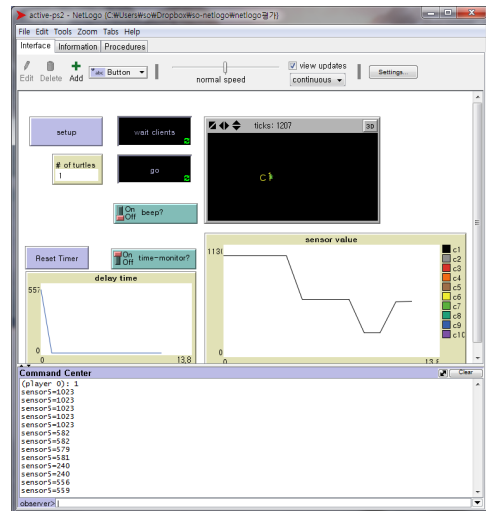
- 학습자가 사용하는 클라이언트 컴퓨터에 ALT 보드가 연결되어 GoGo Monitor와 연동이 되는지 확인해야 한다.
- 교수자 컴퓨터에서 동작하는 HubNet 서버와 학습자의 GoGo Monitor간의 데이터 교환이 가능해야 한다. 그래서 ALT 보드의 입력 데이터 또는 센서 값을 HubNet 서버가 수신해야 한다.



(a) ALT 보드 기능 확인

첫 번째 조건은 ALT 보드의 하드웨어와 펌웨어 기능을 확인하는 것이며 두 번째 조건은 NetLogo 자바확장 모듈의 기능을 확인하는 것이다. 이를 확인하기 위하여 NetLogo 4.1.3을 각각 교수자 컴퓨터 1대 (Windows 7)와 학습자 컴퓨터 1대 (Windows XP)에 설치하여 [표 1]과 같은 환경에서 실험을 수행하고 기능을 확인하였다.

실험결과 ALT 보드에서 입력되는 센서 데이터를 교수자의 HubNet 서버에서 수신하고 데이터를 그래프로 나타낼 수 있었다. 또한 HubNet 서버와 GoGo Monitor, 그리고 ALT 보드간에 발생하는 데이터 전송 지연은 200ms 이내로 발생됨을 확인하였다[그림 10].



(b) 자바 확장모듈에 의한 데이터 전송 확인

그림 10. ASP 학습용 모듈의 기능 테스트

표 1. 기능 테스트 환경

이용자 구성요소	학습자	교수자
설치 SW	GoGoMonitor NetLogo4.1.3	ASP용예제.nlogo NetLogo4.1.3 (자바확장모듈 포함)
외부모듈	ALT 보드, 빛 센서	-
데이터처리	조도 측정 입력	데이터 표시
시스템	Windows XP (32비트)	Windows 7 (32비트)

[표 2]는 HubNet에 의한 참여 모의실험 학습, Calculator를 이용한 학습, 그리고 개발된 ALT 보드와 NetLogo 자바 확장모듈이 지원되는 ASP 학습과 기능 관점에서 비교한다. 먼저 HubNet 클라이언트가 실행되는 학습자 컴퓨터는 외부기기를 연결하여 학습에 참여하지 못한다. 단지 클라이언트 인터페이스를 통하여 학습자는 에이전트로서 데이터 입력만이 가능하다.

Calculator의 경우에는 한정된 공간에서 하나의 출력 장치 (서버에 연결된 빔 프로젝터)를 통하여 실험 결과를 확인한다. 따라서 외부기기(calculator)를 연결하여 사용이 가능하지만 원격 학습결과 확인은 불가능하며 공개 SW도 사용하지 않는다.

표 2. 참여 모의실험 기능 비교

평가요소	구조	HubNet	상용 (Calculator)	제안된 구조
외부 학습보드 사용		×	○	○
학습자 참여		○	○	○
모의실험 결과 확인		○	×	○
학습 환경 확장		○	△	△

제안된 APS 구조를 처음 구상할 때, HubNet SW가 공개 SW이고 소스를 수정할 수 있다면 HubNet과 GoGo Monitor의 일부 기능을 결합하려고 하였다. 하지만 소스를 공개하지 않았기 때문에 본 논문에서 처럼 NetLogo 모듈인 자바 확장 모듈을 개발하고 ALT 보드를 개발하여 GoGo Monitor와 연동하게 되었다. 다만 제안된 APS 학습에 참여하는 모든 학습자는 HubNet 서버와 ALT 보드를 위한 두 개의 TCP/IP 소켓의 연결이 요구되기 때문에, 서버의 경우에는 참여 학습자의 수에 따라서 2배의 연결이 서버에 집중되는 단점을 갖고 있다. 이 부분에 대한 평가는 향후 ALT 보드를 다수 확보하여 직접 학습에 적용할 때 연구되어야 한다.

V. 결론

본 논문에서는 학습자가 이용하는 학습 보드인 ALT 보드와 이를 위한 펌웨어를 개발했다. 또한 이 보드를 이용한 이중 초점 모델링이 가능하도록 NetLogo 자바 확장 모듈을 개발했다. 개발된 ALT 보드는 기존 참여 모의실험의 한계를 극복할 수 있는 APS 학습 모델에 적용된다. 또한 ALT 보드를 이용한 환경 데이터 수집과 자바 확장모듈에 의한 데이터 전송으로 학습자의 능동적 학습 참여가 가능하다. 이것은 기존 참여 모의실험 학습의 한계를 극복하는 것으로서 직접 학습 관련 데이터를 입력하고 그에 따른 결과를 바로 확인할 수 있다. 따라서 제안된 학습구조와 ALT보드, 그리고 확장 모듈은 초·중등 과학교육과 참여 모의실험에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 교과과학기술부, 7차 개정 교육과정 (초-중-고등학교 과학), 2007.
- [2] 이병엽, 임종태, 유재수, “빅 데이터를 이용한 소셜 미디어 분석 기법의 활용,” 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제2호, pp.211-219, 2013(2).
- [3] 이승진, 김자미, 이원규, “초중학생의 영재성에 따른 ICT 리터러시 능력 수준 분석,” 한국컴퓨터교육학회논문지, 제16권, 제2호, pp.69-78, 2013(3).
- [4] S. Tisue and U. Wilensky, “NetLogo: Design and implementation of a multi-agent modeling environment,” In Proceedings of the Agent 2004 Conference on Social Dynamics: Interaction, Reflexivity and Emergence, Chicago, Illinois, Oct. 2004.
- [5] 문교식, “Computational Thinking의 초등교육 활용 방향,” 한국콘텐츠학회논문지, 제13권, 제6호, pp.518-526, 2013(6).
- [6] F. Stonedahl, M. Wilkerson-Jerde, and U. Wilensky, “MAGICS: Toward a Multi-Agent Introduction to Computer Science,” In M.Beer, M.Fasli, and D. Richards (Eds.) Multi-Agent Systems for Education and Interactive Entertainment: Design, Use and Experience, IGI Global, pp.1-25, 2011.
- [7] P. Blikstein, W. Rand, and U. Wilensky, *Participatory Robotics as a Powerful Tool for Understanding Collaborative Learning*, Computer Supported Collaborative Learning (CSSL), Rutgers University, Rutgers, NJ, USA.
- [8] Uri Wilensky and Walter M. Stroup, “Participatory Simulations: Envisioning the networked classroom as a way to support systems learning for all,” Presented at the Annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA

- 2002(4).
- [9] <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/HubNetGridlock> and [/HubNetDisease](http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/HubNetDisease).
- [10] P. Blikstein, W. Rand, and U. Wilensky, "Examining group behavior and collaboration using ABM and robots," the Agent 2007 Conference on Complex Interaction and Social Emergence, pp.159-172, 2007(11).
- [11] M. S. Horn, D. Weintrop, E. Beheshti, and I. C. Olson, "Spinners, Dice, and Pawns: Using Board Games to Prepare for Agent-Based Modeling Activities," Presented at the AERA, Vancouver, Canada, 2011.
- [12] <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

저 자 소 개

소 원 호(Won-Ho So)

정회원



- 1996년 2월 : 전북대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 전북대학교 컴퓨터 공학과(공학석사)
- 2003년 2월 : 전북대학교 컴퓨터 공학(공학박사)
- 2003년 8월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터학과 부교수
<관심분야> : I/WoT, 통신망 프로토콜, 임베디드시스템, 컴퓨터공학교육