

창의공학설계 및 실습 수업을 위한 아두이노 기반 교육용 캔위성 개발 연구

이영건*·이상현**·김종범***·김송현****·유승훈*****.†

*공군사관학교 전자통신공학과 부교수

**공군사관학교 항공우주공학과 교수

***공군사관학교 항공우주공학과 부교수

****공군사관학교 컴퓨터과학과 교수

*****공군사관학교 컴퓨터과학과 부교수

A Study on Development of Educational CanSat based on Arduino for Creative Engineering Design and Practice Class

Lee, Younggun*·Lee, Sanghyun**·Kim, Jongbum***·Kim, Songhyon****·Yoo, Seunghoon*****.†

*Associate Professor, Department of Electronics and Communication Engineering, Republic of Korea Air Force Academy

**Professor, Department of Aerospace Engineering, Republic of Korea Air Force Academy

***Associate Professor, Department of Aerospace Engineering, Republic of Korea Air Force Academy

****Professor, Department of Computer Science, Republic of Korea Air Force Academy

*****Associate Professor, Department of Computer Science, Republic of Korea Air Force Academy

ABSTRACT

The CanSat was designed as an educational satellite simulation program that implements the overall system of the satellite such as the command processing unit, the communication unit, and the power unit in a structure of the size of a can. In particular, the training effect is very excellent because the trainee can learn a process similar to the actual satellite development process by designing, manufacturing, testing, and launching. Republic of Korea Air Force Academy has been using the CanSat production kit used by the domestic can satellite contest experience department for education, but since it was produced based on PCB, it was impossible to show creativity and operation was restricted even with small mistakes. In this paper, we analyze the existing CanSat kit and propose a new educational CanSat kit that can be used in creative engineering design and practice subjects that will be reorganized into a regular course from 2021, and a lesson plan. In conclusion, by using the proposed CanSat kit for lectures, it is possible to achieve educational purposes and effects, improve lecture satisfaction, and provide stable instruction.

Keywords: CanSat kit, Arduino, Creative engineering design and practice

1. 서 론

세계 여러 나라에서는 우주에 대한 흥미를 유발하고 우주 관련 기술의 저변을 확대하며 학생들의 창의성을 키우기 위한 교육프로그램의 목적으로 캔위성(Can Satellite, CanSat)을 개발하는 경연대회를 운영하고 있다(Nylund & Antonsen, 2007; Miyazaki et al., 2013). 이는 최초로 스탠퍼드 대학의 Robert

Twiggs 교수가 제안한 교육용 위성 시뮬레이션 프로그램에서 시작되었다(문종근 외, 2006). Robert Twiggs 교수는 위성의 기본 기능인 컴퓨터, 전력, 통신 세 가지를 음료수 캔 부피 안에 구현하자고 하였다(원수희 외, 2012). 캔위성의 구성요소는 실제 위성과 유사하나 활용 가능한 임무는 다소 차이가 있다. 주된 이유는, 실제 위성은 로켓을 통해 대기권 밖으로 쏘아져 지구 궤도를 공전하지만 캔위성은 소형로켓이나 드론을 이용하여 임무 고도에 도달하면 운반체에서 분리되고, 이후 낙하산을 전개하여 공중에서 천천히 낙하하면서 계획된 임무를 수행하기 때문이다(최윤석 외, 2018). 즉, 캔위성은 낙하하면서 주어진 임무를 수행하는 일종의 모사 위성인 것이다(박홍영 외,

Received May 17, 2021; Revised June 21, 2021

Accepted June 21, 2021

† Corresponding Author: shyoo.rokafa@gmail.com

©2021 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

2012). 최근에는 주어진 크기의 한계 내에서도 진화하기 위해 최신 마이크로컨트롤러 등 다양한 하드웨어와 최신 소프트웨어를 접목하여 캔위성의 기능적 변화를 수용하며 개발하고 있다(김민성 외, 2019).

캔위성이 전 세계에서 교육 목적으로 활용되는 사례는 다음과 같다. 먼저, 일본에서는 우주공학 전공 대학생이 캔위성을 제작해 봄으로써 초소형 위성개발에 필요한 주요지식을 습득한다(Miyazaki & Yamazaki, 2013). 노르웨이 우주센터는 고등학생과 대학생을 대상으로 캔위성 설계와 구현 전 과정을 교육하고 우수작품을 경연대회에 참가토록 하였다(Nylund & Antonsen, 2007). 파라과이에서는 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)에 대한 흥미를 유발하고 동기부여를 위해 캔위성을 활용하고 있다(Ortiz et al., 2020). 네팔에서는 PBL(Project Based Learning)의 도구로써 대학에서 우주 교육을 발전시키기 위해 교육에 활용 중이다(Prajapati et al., 2017). 미국에서는 우주 교육 활동 중 하나로 캔위성을 활용 중이며 캔위성 제작 자체보다는 설계부터 구현까지 각 단계별로 학생이 경험하는 것에 중점을 두고 있다(LaCombe et al., 2007).

공군사관학교는 우주 관련 흥미를 유발하고 우주공학 이론 내용의 이해도를 높이기 위해 2017년 1학기부터 캔위성 교육을 운영하고 있다(김송현 외, 2019). 구체적으로, 2020년 2학기까지 이루어진 캔위성 체험교육은 4~5명의 학생이 하나의 캔위성을 제작하여 낙하비행 시험을 하는 전체과정이 5차시 (10시간)로 구성되었다. 하지만 그중 많은 시간을 PCB (Printed Circuit Board)에 전자부품들을 솔더링(soldering)하고 주요 모듈을 조립하는 데 소요했다. 그리고 학생이 아이디어를 내고 주도적으로 응용할 수 있는 여지가 회로 설계도를 따라 제작하기만 하여 학생의 창의력 발휘 기회가 없었고 캔위성 교육으로 인한 성취감이나 강의 만족도가 높지 않았다. 또한, 전자부품 하나라도 솔더링을 잘못하면 통신 연결이나 카메라 작동이 안 되고 이를 수정하는 것이 매우 어려워 다수의 학생이 제대로 작동하는 캔위성을 체험하기 어려웠다.

양애경·조호제(2009)의 연구에 따르면 자기 주도적 학습이란 학습자가 교사나 타인의 도움과 상관없이 스스로 학습에 대한 주도권을 가지는 것인데, 학생들은 자기 주도적 학습을 통해 학업 성취도가 향상되며 점차 능동적 학생으로 성장할 수 있다. 또한, 양명희·이경아(2012)의 연구에 의하면 학생들이 학습 과정에서 자신의 사고, 동기, 행동들을 효율적으로 통제하고 조절하기 위해 성취에 대한 성공 경험들을 다양하게 마련하고 제공할 필요가 있다. 한편, 김영채(2020)의 연구에 의하면 창의력을 키

우기 위해서는 산출한 결과물도 중요하지만, 그보다는 다양한 많은 아이디어를 생성해 내고 팀원과 소통하면서 의견을 수렴하고 결과물을 제작해 내어 가는 과정이 더 중요하다. 그래서 우리는 캔위성 교육을 보다 자기 주도적으로 학습할 수 있으면서 창의력을 발휘할 수 있는 환경으로 개선하고, 작동 가능한 캔위성 개발을 통해 성취감을 얻을 방법을 연구하게 되었다.

우선 수업시간을 충분히 확보하기 위해 2020년 신입생부터 적용되는 신 교과과정에서는 2학점 교양 필수과목인 ‘창의공학설계·실습’으로 정규 편성하였다. 약 30시간의 교육시간 동안 인공지능의 기능을 모사하는 캔위성을 활용하여 학생들이 직접 ‘임무설계-제작-임무구현-발사-임무실행-결과분석’ 전 과정을 수행함으로써 우주 환경과 우주공학 내용을 이해하고 학습성취감을 높이며 창의력을 증진 시키고자 한다. 위 교육목표를 달성하기에 현재의 캔위성 체험교육 강의내용은 교육 효과에 한계가 있고 현재 사용 중인 캔위성 키트는 정규과목에 활용하기에 확장성이 부족하여, 새로운 교육내용을 구성하고 실습환경을 설계해야 한다. 캔위성 교육을 기존보다 발전시키기 위한 최우선 과제는 실습용 캔위성을 자체적으로 구성하고 개발하는 것이다. 최신 마이크로컨트롤러 등을 활용하여 새로운 캔위성 교육 키트를 설계하고 제작해야 안정적이고 신뢰성을 담보한 캔위성 개발환경을 구축할 수 있기 때문이다. 이를 통해 학습자의 학습 욕구를 충족시키면서 창의적인 아이디어를 모두 수용할 수 있는 효과적인 교육을 달성할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 기존 캔위성 키트의 교육 활용 시 한계점을 분석하고, 기존 캔위성 키트 분석을 통해 새로운 캔위성 키트의 필요한 기능 요소를 도출한다. III장에서는 II장에서 도출한 각 구성요소별 모듈을 선정하고, 이를 통해 새로운 캔위성 키트를 제안한다. 그리고 이를 활용한 정규 교과 강의계획안을 제안하고 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 교육용 캔위성 개발 방향

1. 기존 캔위성 교육의 한계점 및 개선방안

본 장에서는 기존 캔위성 키트를 활용한 교육의 한계점을 분석해 보고자 한다.

첫째, PCB에 설계된 회로는 학생들이 창의력을 발휘하여 임무를 변경하거나 자체 설계할 수 없고 회로도 따라 솔더링을 해야만 작동하기 때문에 주도적인 학습이 어렵다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 구조부와 3개 층의 PCB에 모든 센서의 자리가 정해져 있어 어느 하나 학생의 창의력을 발휘해 바꿀 수 있는 부분이 없다.

둘째, PCB 기반의 제작키트는 솔더링을 하나라도 잘못하면

전원이 들어오지 않는 등 시스템이 작동하지 않아 동작하는 완성품을 경험할 수 없다. 많은 시간 공들인 완성품이 작동하지 않으면 성취감을 전혀 느낄 수 없고, 이후 수업시간에 할 수 있는 것이 전혀 없어 학습 의욕이 크게 저하된다. 구체적으로, Table 1에서 기존 캔위성 교육의 강의내용을 보면 두 번째 주 강의에서 보드를 제작하고 조립하는데, 이때 제작에 실패 시 절반 이상의 수업이 의미가 없어지는 것이다.

셋째, 기존 캔위성 키트는 PCB를 포함, 센서 등 모든 전자모듈을 한 개 업체에서 단독 제작 판매하여 단가가 높은 편이다 (Table 5 참고). 이로 인해 학생들에게 충분한 수량의 재료를 제공할 수 없어 4~5명의 학생이 한 개조로 하나의 캔위성을 제작했는데, 제작을 위한 업무 부담이 쉽지 않아 협동하고 소통하는 수업여건을 조성하기 어려웠다.

끝으로, 솔더링 시 실수가 발생하면 수정하기가 어렵고, 솔더링한 전자부품이나 PCB는 재활용할 수 없다. 실제 캔위성 체험반 운영 시 가장 빈도가 높은 실수는 방향성이 있는 소자인 다이오드, DMUX, 몰렉스 등을 반대로 꽂거나, 솔더링 순서를 잘못 정해 바로 옆 소자를 솔더링 할 수 없는 것이었다. 이럴 때는 소자를 뽑는 수밖에 없는데, 이미 솔더링을 한 소자를 뽑고

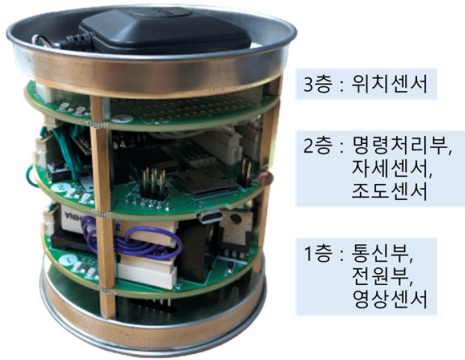


Fig. 1 Conventional CanSat

Table 1 Syllabus of previous CanSat class

주	세부 학습 내용
1	- 캔위성 개요 및 소개 - 각 층별 부품 배치 및 부분별 기능 소개
2	- 제작 공구 사용법 및 전자부품의 이해 - 보드 제작 및 조립
3	- 프로토콜 및 데이터 처리 소개 - 지상국 SW 설정 및 유/무선 통신 점검
4	- 낙하산 제작 및 실험
5	- 캔위성 탑재 및 분리장치 점검 - 캔위성 발사 및 임무수행

그 위치에 다시 제대로 솔더링을 하는 것은 매우 어려운 일이다. 또한, 같은 이유로 PCB와 솔더링 전자부품 대부분을 재활용할 수 없어 매 수업마다 새 키트를 사용해야 해서 제작 비용이 많이 소요된다.

이러한 한계점을 극복하기 위해 제안하는 캔위성 키트는 학생들이 스스로 설계한 디자인을 담을 수 있는 융통성이 있어야 하고, 제작 중 실수를 하더라도 큰 어려움 없이 수정하여 모든 학생이 작동하는 캔위성을 완성함으로써 성취감을 느낄 수 있어야 한다. 그리고 상용부품을 활용함으로써 단가를 낮추어 2명의 학생이 한 개조를 이루어 소통하고 협력하여 캔위성을 개발하는 것을 목표로 하였다.

2. 기존 캔위성 키트 구성요소 분석

교육용 캔위성 개발을 위해 먼저 공군사관학교 캔위성 체험반에서 사용 중인 기존 캔위성 키트를 분석하여 필요한 센서 및 모듈의 종류를 도출한다.

기존 캔위성 본체의 주요 구성요소는 명령처리부, 통신부, 전원부, 구조부이고, 주요 센서는 자세센서, 위치센서, 영상센서, 조도센서 이다. Fig. 1은 기존 캔위성의 사진으로 총 3개의 기판으로 구성되어 있다. 아래에서부터 1층에는 통신부, 전원부, 영상센서가 배치되어 있고, 2층에는 명령처리부, 자세센서, 조도센서, 3층에는 위치센서가 탑재되어 있다. 구조부는 캔 모양으로 지름이 83mm, 높이 115mm이고, 위아래는 알루미늄 재질이고 옆면은 PVC(Polyvinyl chloride) 재질이다.

Table 2에 각 구성요소의 기능을 나열하였다. 캔위성의 기본 기능 구현을 위해 교육용 캔위성은 기존 캔위성의 본체와 센서 주요 구성요소를 모두 포함하여야 한다. 다만 학습자의 아이디어 수용을 위해 구조부의 크기나 모양은 자유롭게 하되 낙하 실험을 위한 제한사항(지름: 180mm, 높이: 200mm, 무게: 1,000g)을 만족하도록 한다.

Table 2 Main components and functions of conventional CanSat

구분		기능
본체	명령처리부	센서 수신 데이터 처리
	통신부	캔위성과 지상 간 데이터 무선 전송
	전원부	캔위성 동작에 필요한 전원 생성
	구조부	캔위성 구조물
센서	자세센서	캔위성의 자세 정보 획득 (X, Y, Z축과의 회전각)
	위치센서	캔위성의 위치정보 획득 (위도, 경도, 고도)
	영상센서	캔위성에서 영상 데이터 획득
	조도센서	캔위성 주변 빛의 밝기 값 획득

III. 교육용 캔위성 키트 개발

1. 아두이노 보드

플랫폼은 최근 메이커교육에서 주로 사용되는 아두이노 (Arduino) 보드를 활용한다. 그리고 각종 센서 연결과 회로 구성 시, 브레드보드(Bread board)를 활용한다. 솔더링을 하지 않고 점퍼 선을 연결하여 회로 구성이 잘못되었을 때 수정이 쉽기 때문이다. 아두이노는 오픈 소스를 기반으로 한 단일 보드 마이크로컨트롤러로 완성된 보드, 관련 개발 도구 및 환경을 말한다(Dakamoto, 2016). 아두이노가 대중적으로 활용되기 시작한 가장 큰 이유는 통합 개발 환경(IDE, Integrated Development Environment)을 제공하기 때문이다. 프로그래밍에 필요한 도구들을 하나로 모아 정리해 놓았기 때문에 소프트웨어 개발과 실행 코드 업로드, 마이크로컨트롤러 제어 등을 쉽게 할 수 있다(서민우·박준원, 2019). 아두이노가 처음 만들어졌을 때는 한 가지 종류밖에 없었지만, 지금은 대략 20여 종 이상의 다양한 모델이 있다. 아두이노 UNO(우노)는 아두이노 모델 중 가장 대중적인 모델로 아주 기본적인 기능만 있는 모델이다(최재규·이준혁, 2017). 학습자들이 구현을 위한 자료 획득 면에서 아두이노 UNO가 가장 많이 활용되는 보드이다 보니 훨씬 유리하다. 그래서 우리는 아두이노 UNO를 캔위성의 플랫폼으로 활용한다.

2. 주요 센서와 모듈 선정

가. 명령처리부

명령처리부는 캔위성에 탑재된 각종 센서를 동작하여 수집된 정보를 취득하는 임무를 수행한다. 기존 캔위성의 명령처리부는 캔위성에서 2층 PCB에 있는 ATmega128로 Fig. 2(a)의 빨간색으로 표시된 부분이다. 제안하는 캔위성 키트에서는 앞서 III.1절에서 언급한 바와 같이 아두이노 UNO를 사용한다.

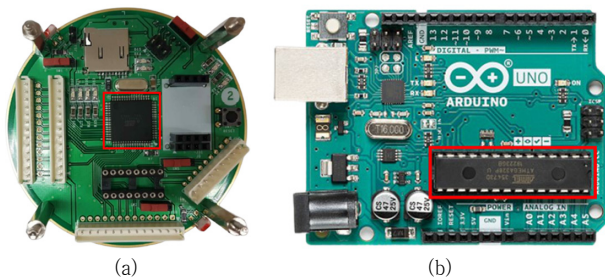


Fig. 2 (a) ATmega128 on the 2nd board of conventional CanSat. (b) ATmega328P on the Arduino UNO (marked with red rectangle)

아두이노 UNO에는 Fig. 2(b)의 빨간색으로 표시된 부분과 같이 ATmega328P가 포함되어 있다.

나. 통신부

통신부는 캔위성이 낙하하면서 임무를 수행하는 동안 획득한 정보를 지상국에 무선으로 전송하는 역할을 수행한다. 기존 캔위성 키트에서 사용 중인 부품은 ESD110V2 라는 블루투스 모듈이다. 캔위성 교육에 활용을 위해 필요한 주요성능은 최대 통신 거리이다. 비행시험 시 무인기에 캔위성을 실어 100m 상공에서 낙하 실험을 수행(김송현 외, 2020)하므로 통신 가능 거리가 100m 이상이어야 한다.

아두이노 보드에서 사용 가능한 블루투스 모듈로는 HC-05, HC-06, HM-10, RN42 등이 있는데, 이중 HC-05, HM-10 모듈이 100m 이상 통신할 수 있다. HM-10 모듈은 블루투스 버전이 V4.0, 수신감도가 -84dBm 이고, HC-05 모듈은 V2.0, 수신감도 -80dBm 이기 때문에 HM-10 모듈을 사용한다. ESD110V2 모듈과 HM-10 모듈은 Fig. 3과 같다.

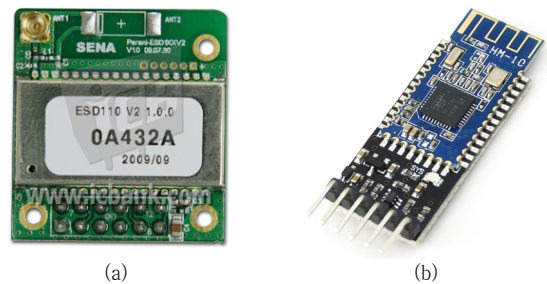


Fig. 3 (a) ESD110V2. (b) HM-10.

다. 전원부

전원부는 캔위성에 탑재한 각종 구성요소에 필요한 전력을 공급한다. 전력용량은 클수록 좋으나, 캔위성의 무게와 크기 제한이 있어 임무 수행에 충분한 용량의 배터리를 사용한다. 기존 캔위성에는 리튬이온 폴리머 9V 배터리 1개를 사용했는데, 실제 모듈의 사용전압은 5V와 3.3V라 강압 회로를 사용하였다. 기존 9V 충전지는 용량이 650mAh로 적은 편이라 가끔 무선통신이 전력 부족으로 끊기는 경우가 발생했다. 그래서 제안하는 캔위성 키트에는 부피나 무게는 비슷하면서도 용량은 더 큰 18650 리튬이온 배터리를 사용한다. 아두이노 UNO의 입력전압은 7~12V인 데 비해 18650 배터리 출력전압은 4V 정도라 승압 회로를 구성하여 사용한다. 용량은 3,000mAh로 기존 용량의 약 4배 이상이고 실험결과 1시간 이상 안정적으로 사용 가능하여 비행시험 시 충분한 전력을 공급한다.

라. 자세센서

자세센서인 IMU(Inertial Measurement Unit)는 3축 자이로스코프, 가속도센서, 지자기 센서의 복합체로 위성의 X-Y-Z축 회전각과 가속도 등의 정보를 측정하여 제공한다. 캔위성 임무 수행 시 안정적인 자세 확인을 통한 준비상태 평가 과정이 필수적인데, 낙하 시에는 보통 수십 미터 상공에 떠 있어서 자세를 맨눈으로 확인하기 어려우므로, 자세 센서를

통하여 해당 정보를 확인할 필요가 있다. 기존 캔 위성 키트에는 EBIMU-9DOFV3 라는 IMU 모듈을 사용하고 있다. 아두이노용 9축 IMU 센서 조사 결과, Table 3과 같이 MPU-9250 이 성능 면에서 더 우수하다. 구체적으로, MPU-9250의 지자기센서 분해능이 뛰어나고, 자이로스코프나 가속도센서를 통한 정보 선택의 폭이 더 넓다.

Table 3 Performance comparison of IMU modules

구분	EBIMU-9DOFV3	MPU-9250
지자기센서 (uT)	분해능 : 0.6 최대 측정 : ±4800	분해능 : 0.3 최대 측정 : ±4500
자이로스코프 (°/sec)	±2000	±250, ±500 ±1000, ±2000 단위로 조정 가능
가속도센서 (g)	±16	±2, ±4, ±8, ±16 단위로 조정 가능

마. 위치센서

캔위성은 위성처럼 먼 거리에 있는 것은 아니지만, 크기가 매우 작고 낙하 중에 바람의 영향으로 멀리 날아갈 때 시야에서 벗어날 수 있으므로 위도, 경도, 고도 등의 위치정보 획득을 위한 GPS (Global Positioning System) 모듈이 필요하다. Table 4는 기존 모듈인 KGM4646-XS4와 제안하는 캔위성에 사용한 NEO-6M의 주요성능을 비교한 것이다. 위치정확도, 재획득 감도, 항법 감도 모든 측면에서 유사한 성능을 가진다.

Table 4 Performance comparison of GPS modules

구분	KGM4646-XS4	NEO-6M
위치정확도	2.5m 이하	2.5m 이하
재획득 감도 (dBm)	-148	-160
항법 감도 (dBm)	-160	-161

바. 영상센서

캔위성의 임무를 위해 탑재할 수 있는 모듈에는 다양한 종류가 존재하지만 가장 보편적으로 사용되는 것은 카메라이다. 카메라를 통해 촬영된 영상은 사람이 직관적으로 이해할 수 있고 광학 영상을 통해 획득할 수 있는 정보가 다양하기 때문이다.

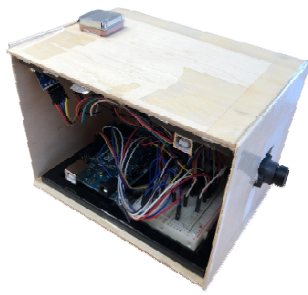
기존 캔위성 키트에는 SCAM-30TTL 이라는 카메라 센서를 사용하고 있다. 이를 대체할 센서로 OV5642를 사용한다. 비교결과, SCAM-30TTL은 VGA(640×480)의 해상도만을 지원하지만, OV5642는 QVGA (320×240)에서 5M pixel (2592×1004)까지 필요에 따라 해상도를 조절할 수 있다. 이는 OV5642 카메라 센서를 이용할 경우, 필요에 따라 보다 고해상도의 영상을 얻을 수 있음을 의미한다. 이를 통해 임무 수행 시, 다양한 상황을 보다 자세하게 파악할 수 있을 것이다.

3. 제안하는 캔위성 키트

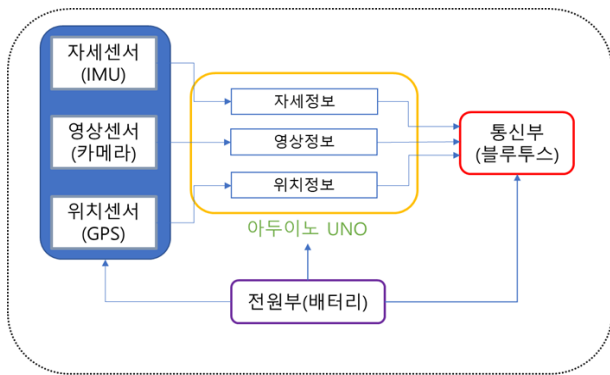
아두이노 기반의 캔위성을 제작하기 위해 최종 선정된 모듈은 Table 5와 같다. 표에서 주요성능과 단가를 기존 캔위성 키트 모듈과 비교하였다. 제안 캔위성은 기존 캔위성이 가진 구성요소를 모두 포함했으며 각 모듈별 성능은 유사하거나 뛰어나다. 단가는 교육 운영 경제성을 고려하여 조사했는데, 제안한 캔위성 키트 제작 비용은 기존 캔위성 제작 비용의 약 28%로 비용 측면에서 매우 우수하다. 이것은 기존 캔위성의 PCB가 주문제작품이고, 전자부품과 모듈을 하나의 세트로 구성하여 사양을 바꿀 수 없어서 단가가 높았으나, 제안하는 캔위성 키트는 널리 시판되는 상용부품과 모듈의 조합이기 때문에 단가가 낮고 대체품도 쉽게 구할 수 있다. 또한, 아두이노 기반의 캔위성은 기존 캔위성과 달리 전체 모듈을 분리하여 100% 재활용할 수 있으므로 교육 운영 기간이 늘어날수록 소요예산 차이는 점점 더 커진다.

Table 5 Comparative results between conventional and proposed CanSats

구분	기존 모듈	주요성능	단가 (천원)
	제안 모듈		
명령처리부	ATmega128	처리 속도	16MIPS
	ATmega328P		20MIPS
통신부	ESD110V2	통신 거리	100m
	HM-10		100m
전원부	9V 배터리	용량	650mAh
	18650 배터리		2600mAh
자세센서	EBIMU-9DOFV3	센서 감도	0.6μT
	MPU-9250		0.3μT
위치센서	KGM4646XS4	위치 정확도	2.5m 이하
	NEO-6M		2.5m 이하
영상센서	SCAM-30TTL	해상도	640×480
	OV5642		2592×1004
합계	기존 캔위성 제작 비용		390.0
	제안 캔위성 제작 비용		107.0



(a)



캔위성

(b)

Fig. 4 (a) Proposed CanSat, (b) Block diagram of CanSat system.

완성된 아두이노 기반의 캔위성 예시 모습은 Fig. 4(a)와 같다. 카메라 모듈은 지상을 향하도록 외부로 나와 있고 GPS 안테나도 원활한 신호 수신을 위해 외부로 노출되어 있다. 캔위성 구조부는 합판을 조립하여 제작하였는데, 합판은 학생들도 손쉽게 원하는 모양을 만들고 수정할 수 있어 편리한 재료이기 때문이다. 크기는 세로, 가로, 높이가 각각 120mm, 165mm, 120mm이다. 이러한 구성은 기초 임무구현과 프로토타입 제작 시 사용하고, 최종 임무 수행을 위한 캔위성은 3D 프린터를 이용해 제작할 수 있다. Fig. 4(b)는 캔위성의 시스템 블록도를 보여준다.

4. 캔위성 교육 운영

본 논문에서 제안한 캔위성 키트를 이용하는 창의공학설계 및 실습 강의는 2학점으로, 주당 2시간 수업을 진행한다. 캔위성 교육 강의 한 개에 수강생은 약 50명이며 담당 교수는 총 4명이다. 캔위성의 특성상 다양한 전공 분야 전문가가 필요하여 항공우주공학, 전자공학, 컴퓨터공학 전공 교수가 함께 교육하고, 학생 또한 문과와 이과가 함께 수강한다. 조별로 제작하며

한 조는 학생 2명이 기준이다.

정규학기를 15주 과정으로 가정하고 이를 운영하기 위한 강의내용을 Table 6과 같이 계획하였다. 강의 초반(1~3주)에는 인공위성 시스템과 캔위성 구성요소 등 우주 비행체에 대한 이해도를 돕기 위한 이론 내용을 학습한다. 그리고 캔위성 제작을 위한 공구 사용법과 전자부품을 이용한 회로 구성 이론에 대해 이해한다.

중반부(4~7주)에는 각종 센서를 하나씩 아두이노 UNO에 연결하고 작동하는 실습교육을 통해, 결과적으로 기본임무를 수행할 수 있는 캔위성을 제작한다. 캔위성 구조부 설계를 위해 3D 모델링 및 프린터 사용법도 교육한다.

강의 후반부(8~11주)에는 확장 임무를 수행하는 캔위성을 설계하고 제작한다. 확장 임무란 Table 5에 사용된 센서 이외 다른 센서를 추가하여 캔위성의 임무를 고도화한 것이다. 확장 임무 설계부터 제작, 비행시험, 결과분석 과정 전 단계를 통해 학생들의 탐구 의지와 창의력을 끌어내는 것이 주요 교육목표다. 8주 차에 조별로 부가 센서 신청을 받아 구매함으로써 10주 차부터 조별로 구현할 수 있도록 준비한다.

Table 6 Syllabus of creative engineering design and practice class

주	세부 학습 내용
1	- 인공위성 시스템의 이해 - 캔위성 구성요소의 이해
2	- 제작 공구 사용법 및 전자부품의 이해 - 아두이노 보드의 이해
3	- 브레드보드를 이용한 회로 구성 - 위치센서 회로 연결 및 SW 코딩
4	- 자세센서와 영상센서 회로 연결 및 SW 코딩
5	- 통신 프로토콜 및 데이터 처리 이해 - 통신부 회로 연결 및 SW 코딩 - 무선통신 점검
6	- 조도센서 회로 연결 및 SW 코딩 - 전원부 제작
7	- 캔위성 구조 설계 및 3D 모델링 - 3D 프린터 사용법
8	- 조별 임무개념 및 상세 설계안 준비 - 제작을 위한 부가 센서 식별 및 신청
9	- 상세설계 제안서 발표
10	- 확장 임무 HW 구현
11	- 확장 임무 SW 코딩
12	- 지상 테스트 - 비행시험 및 임무 수행
13	- 비행시험 데이터 분석
14	- 필요시 추가 비행시험 및 임무 수행
15	- 임무 수행 분석 결과 발표

강의 종결부에는 제작한 캔위성을 비행시험하면서 설계한 임무를 수행한다. 이후 수신한 데이터를 분석하여 최종결과를 발표한다. 구체적으로, 비행시험은 캔위성을 쿼드콥터 무인기에 실어 100m 상공에서 떨어뜨려 캔위성이 낙하산을 타고 천천히 낙하하는 동안 임무를 수행하고 데이터를 받는 것이다.

수업 평가는 9주 차 상세설계 제안서 발표, 12주 차 시상 테스트, 13~14주 차 비행시험, 15주 차 최종결과 발표를 통해 이루어진다.

IV. 결 론

전 세계에서 캔위성은 다양한 교육 목적을 위해 활용되고 있다. 특히 공학교육에 대한 흥미를 유발하고, 우주 교육 목적으로 학생이 직접 제작하고 실습하면서 위성 작동원리를 이해할 수 있는 교구로 효과적이다.

공군사관학교에서는 우주에 대한 흥미 유발을 목적으로 2017년부터 캔위성 체험교육을 실시해 왔다. 최근 신 교과과정에서는 학생들의 우주 환경과 우주공학 이론 내용에 대한 이해도를 높일 목적으로 정규 교과로 편성되어 인공위성의 기능을 모사하는 캔위성을 사용하게 되었다. 그러나 기존 사용 중인 캔위성 키트는 PCB에 설계된 회로대로 제작하고 조립해야 해서 학생의 창의력을 발휘할 수 있는 여지가 없고, 제작 중 하나의 전자부품이라도 솔더링을 잘못하면 제대로 동작하지 않아 이후 수업 진행에 차질이 생기고 학습 의욕이 저하된다. 또한, 주문제작 키트라 충분한 재료 마련이 어려워 많은 학생이 한 개 조를 이루다 보니 협업하고 소통하는 수업여건 조성이 어려웠다.

본 논문은 기존 캔위성 체험반에서 사용 중인 캔위성 키트의 문제점을 해결하여 학생들이 스스로 설계한 디자인과 임무를 수행할 수 있고, 제작 중 실수를 해도 쉽게 수정하여 작동 가능한 완성품을 제작하고, 2명의 학생이 한 개조를 이루어 상호 소통하고 협력하면서 캔위성을 개발하는 강의 환경 조성을 목적으로 하였다. 이를 위한 최우선 과제는 실습용 캔위성을 자체 개발하는 것이었다. 제안한 캔위성 키트는 최근 메이커교육에서 주로 사용되는 아두이노 보드를 기반으로, 기존 캔위성 장착 구성요소인 명령처리부, 통신부, 전원부, 자세센서, 위치센서, 영상센서, 각각의 성능을 만족하는 상용부품을 탐색하고 시험하여 개발하였다.

그 결과, 캔위성 제작 키트는 학생들의 창의적인 아이디어를 반영하여 임무설계와 변경이 가능해졌고, 직접 설계·제작·시험·분석 전 과정을 수행하는 주도적인 공학적 문제해결 과정을 수행할 수 있게 되었다. 더불어 캔위성 제작 비용이 기존 제

작 비용의 약 28%이고 사용한 모든 부속품을 100% 재활용할 수 있어 소요예산이 절감되어 학생들에게 충분한 수량의 재료를 공급함으로써 수업 참여도를 높이고 학업 성취도를 향상할 수 있게 되었다.

위와 같은 연구를 통해 얻은 결론을 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 본 연구에서 개발한 캔위성 키트와 강의 설계안을 수업에 적용 후 사전-사후 검사를 통해 학생의 창의력, 협업능력, 학업성취도, 인공위성 원리 이해도 등의 능력 향상 효과 분석이 필요하다.

둘째, 제안한 캔위성 키트는 대학 교양과목용이라 전공과목용 실습 교구로 발전시키기 위한 키트 구성요소, 과정 구성 등에 관한 비교 연구가 필요하다.

셋째, 초·중·고 학생을 대상으로 공학교육에 관한 관심 유발 목적의 실습 강의를 설계할 시 제안한 캔위성 키트의 활용방안 연구를 할 필요가 있다.

본 논문은 공군 국고연구비 지원(ROKAFA20-A-2)으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. 김민성 외(2019). 안전착륙 시스템을 적용한 캔위성의 설계. **한국항공우주학회 학술발표회 초록집**, 357-358.
2. 김송현 외(2019). 공군사관학교 캔위성교육 현황 및 발전방안. **한국군사과학기술학회 추계학술대회 논문집**, 519-520.
3. 김송현 외(2020). 공군사관학교 캔위성 교육 현황 및 발전방향 연구. **한국군사학논집**, 76(1), 203-219.
4. 김수현 외(2018). 고기동 안정화 카메라 및 원격제어 셀프카메라를 적용한 캔위성 시스템 개발. **항공우주시스템공학회지**, 12(3), 86-96.
5. 다카모토 다카요리(2016). **모두의 아두이노 길벗**.
6. 문종근 외(2006). 초소형 인공위성 캔셋 시스템의 개발. **한국항공우주학회 학술발표회 논문집**, 753-756.
7. 박신영 외(2018). 공과대학생의 창의공학설계능력 교육요구도 분석. **공학교육연구**, 21(2), 7-16.
8. 박홍영 외(2012). 캔위성 대회를 위한 하드웨어/소프트웨어 설계 및 구현. **한국항공우주학회 학술발표회 논문집**, 897-900.
9. 서민우·박준원(2019). **한 권으로 끝내는 아두이노 입문+실전(종합편)**. 앤써북.
10. 원수희 외(2012). 우주기술 저변확대를 위한 초소형위성 프로그램: 캔위성 경연대회. **한국항공우주학회지**, 40(7), 636-645.
11. 이종수(2008). 체험학습기반의 기초 창의공학설계 교육 및 운

- 영. 공학교육연구, 11(2), 32-41.
12. 최윤석·이상현·김송현(2018). 캔위성 비행시험을 위한 고공 분리장치 개발에 대한 연구. *한국항공우주학회 학술발표회 초록집*, 516-517.
 13. 최재규·이준혁(2017). 아두이노, 상상을 현실로 만드는 프로젝트 입문편. 영진닷컴.
 14. LaCombe, J. C. et al.(2007). Design experiences with a student satellite program. *In Proceedings of American Society for Engineering Education Pacific Southwest Annual Conference*, 1-10.
 15. Miyazaki, Y., & Yamazaki, M.(2013). A practical education of space engineering by using CanSat and pico-satellite-Fruitful collaboration with UNISEC for success of student satellite program. *In International Conference on Recent Advances in Space Technologies*, 1081-1086.
 16. Nylund, A., & Antonsen, J.(2007). CanSat general introduction and educational advantages. *In Proceedings of the 18th ESA Symposium on European Rocket and Balloon Programmes and Related Research*, Visby.
 17. Ortiz et al.(2020). CanSat Pico-satellite building workshop as an effective tool for STEAM education. *In Proceedings of American Society for Engineering Education's Virtual Conference*, 1-15.
 18. PRAJAPATI, R. C. et al.(2017). Introducing CanSat for Project Based Learning (PBL) of Space Science and Engineering in Nepal. *In 31st ISTS-International Symposium on Space Technology and Science*, 1-6.



이영건 (Lee, Younggun)

2017년: University of Washington 전자공학 박사
 2017년~현재: 공군사관학교 전자통신공학과 부교수
 관심분야: 머신러닝, 영상처리, 융합교육
 E-mail : yglee2019@gmail.com



이상현 (Lee, Sanghyun)

2015년: Texas A&M University 항공우주공학 박사
 2015년~현재: 공군사관학교 항공우주공학과 교수
 관심분야: 위성군 설계, 창의공학 설계
 E-mail : kafalee04@gmail.com



김종범 (Kim, Jongbum)

2017년: 한국과학기술원 항공우주공학 박사
 2017년~현재: 공군사관학교 항공우주공학과 부교수
 관심분야: 인공지능 자세제어
 E-mail : kafa.jongbumkim@gmail.com



김송현 (Kim, Songhyon)

2013년: 한국과학기술원 컴퓨터공학 박사
 2013년~현재: 공군사관학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: 빅데이터 처리, 자율주행 로봇
 E-mail : kim.songhyon@gmail.com



유승훈 (Yoo, Seunghoon)

2019년: 서울대학교 컴퓨터공학 박사
 2019년~현재: 공군사관학교 컴퓨터공학과 부교수
 관심분야: 시각화, 데이터 분석
 E-mail : shyoo.rokafa@gmail.com