

# 로봇 엔지니어링 모델 기반 STEM프로그램 설계 및 개발

박정호\* · 김 철\*\*

Tufts University, Center for Engineering Education and Outreach\*

광주교육대학교 컴퓨터교육과\*\*

## 요 약

국제학업성취도 비교 연구에 따르면 우리나라 학생들은 과학·수학교과에서 높은 수준의 학업성취결과를 나타낸 반면 학습 동기는 상대적으로 낮게 나타났다. 이에 본 연구는 엔지니어링 수업 모델을 적용한 로봇활용 STEM 융합 교육 프로그램을 개발하였다. 프로그램의 주제는 4학년 과학교육과정의 한 단원이면서 학생들에게 친숙하고 로봇의 활용이 효과적인 ‘동물’로 정하였다. 로봇활용 STEM 프로그램은 로봇소양교육, 주제관련 교과학습, 엔지니어링 교육 활동의 세 영역으로 구성되었다. 개발된 STEM 프로그램은 현장교사 14명으로부터 검토를 받았으며 연구결과 로봇 소양 유무에 상관없이 대부분의 교사가 프로그램의 목표, 내용 구성, 로봇의 활용에 대해 긍정적 반응을 나타내었다.

키워드 : 로봇교육, 엔지니어링 교육, STEM

## Design and Development of STEM Program Based on Robotics Engineering Educational Model

Jungho Park\* · Chul Kim\*\*

Center for Engineering Education and Outreach, Tufts University\*

Dept. of Computer Education, Gwangju National University of Education\*\*

## ABSTRACT

According to a comparison study of international academic achievements, Korean students showed high academic achievements in science and mathematics, whereas their learning motivation appeared relatively low. Therefore, this work developed the robot-based STEM integrated education program reflecting an engineering class model. The title of the program is determined as ‘animals’ which are included in one section of the fourth grade science curriculum, are friendly to students, and are effective for robot application. Robot-based STEM program is consisted of three areas: robot education, subject-related course learning, and engineering education. The STEM program was reviewed by 14 teachers. The study result presented that regardless of knowledge of robot, most teachers gave positive response to program goal, composition of contents, application of robot.

Keywords : Educational Robotics, Engineering Education, STEM

---

이 논문은 2010년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0021820).

교신저자 : 김 철(광주교육대학교)

논문투고 : 2013-05-20

논문심사 : 2013-05-20

심사완료 : 2013-06-03

## 1. 연구의 필요성 및 목적

국제학업성취도평가 결과에 의하면, 대한민국은 수학 및 과학교과의 성취도 평가에서 높은 수준의 결과를 나타내고 있다[4]. 하지만 높은 성취도에 비해 과학학습에 대한 자신감, 태도 등의 정의적 요인의 결과를 보면, 우리나라 중학생들의 과학에 대한 가치인식 정도가 국제 평균에 비해 매우 낮게 나타나고 있다[7]. 즉 과학의 자아개념인 자신감과 내재적 동기인 즐거움이 매우 낮고, 도구적 동기도 국제 평균에 비해 낮았다.

학습 동기는 학습을 지속시키며 학습개념 변화에 영향을 미치거나 학업성취도를 향상시키는데 영향을 미치는 중요한 직간접적인 변수로 알려져 있다[24]. 또한 과학에서 흥미는 과학 관련 직업 추구하고 연관되어 있다고 알려져 있다[26]. 따라서 학생들에게 긍정적인 과학학습동기를 어려서부터 갖게 하는 것은 의미 있는 작업이라 할 수 있다. 학생들은 학교에서 배우고 있는 것이 미래에 중요하다고 듣는 것만으로는 학습에 동기를 느끼지 못한다고 한다[9] 오히려 구성주의 이론에 의하면 학습자는 새로운 지식을 구성하는 활동에 자발적으로 참여하게 될 때 적극적인 역할을 수행하게 된다고 알려져 있다.

STEM 교육이란 과학, 기술, 공학, 수학을 융합하여 지도하는 교육방식으로 국내에도 최근 STEM에 예술(Art)을 포함하여 종합적인 사고능력과 과학적 탐구정신을 기르고 미래 사회에 필요한 창의성을 갖춘 융합 과학기술 인재를 키워내는 STEAM 교육을 지향하고 있다[1]. 최근 초중등교육에서 로봇은 프로그래밍 학습에 효과적인 도구라는 인식을 넘어 STEM 관련 교과와 언어, 예술, 인문사회 등의 다양한 교과학습에도 활용되고 있다[6].

Verner(2004)는 STEM 교과에서 로봇활용의 예로 다음과 같은 교육적 활동을 제시하였다[28].

과학(S) : 에너지, 힘, 속력에 관한 탐구  
기술(T) : 입출력 장치 프로그래밍과 제어  
공학(E) : 문제해결, 도구선택, 조립, 시험, 평가  
수학(M) : 측정, 자료변환과 응용수학

학습자는 STEM 교육에서 로봇의 구조, 운동, 기능의 기술적 측면을 배우고 과학 탐구학습, 수학적 문제 해결활동, 창의적 예술표현 활동도 가능하다. 즉, 로봇은 학습자에게 과학 또는 수학 개념의 이해를 위한 구체적으로 조작하고 실험할 수 있는 도구이며 동시에 학생들이 설계 및 창작한 학습의 결과물이 되는 것이다. 하지만 무엇보다도 중요한 것은 컴퓨터와 같은 다른 IT도구의 선행 사례처럼 단지 로봇을 교실에 도입하는 것만으로 긍정적 학습결과를 기대하긴 어렵다[12][29]. 즉 전통적인 교실수업처럼 교사의 안내에 수동적으로 따르는 수업이 이루어진다면 유의미한 학습이 발생하긴 힘들 것이다. 즉, 새로운 교육기술도구로서 로봇이 STEM 교육에 통합되기 위해서는 적합한 교육모델, 교육과정 교육환경이 고려되어야 한다.

본 연구는 초등학교 로봇을 활용한 STEM 수업 프로그램을 개발하기 위해 다음과 같은 연구를 수행하였다.

첫째, 로봇활용교육, 로봇활용 STEM 교육의 선행 연구를 조사하였다.

둘째, STEM 수업설계의 배경이 되는 엔지니어링 수업 모델을 고찰하고 ‘동물’을 주제로 초등학교 교육 과정을 분석하였다.

셋째, 로봇소양교육, 주제관련 교과학습, 엔지니어링 교육으로 구성된 STEM 프로그램을 개발하였다.

넷째, 개발한 STEM 수업프로그램은 현장교사를 대상으로 전문가 검토를 받았다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 로봇의 정의

로봇의 정의에 대해 Singer(2009)는 “Wired for War : The Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century” 저서에서 로봇은 감지(sensor)-판단(process)-동작(act) 패러다임을 기반으로 하는 기계로서 센서, 처리(인공지능), 실행의 3가지 주요 구성요소가 존재된다고 하였다[27]. 센서(sensors)는 주변 환경과 그 변화를 감지하고 처리기는 ‘어떻게 반응할 것인지’를 결정’하고 실행기는 결정에 따라 환경에 반응하게 된다. 이와 같은 정의에 따르면 로봇을 배우고 다루는 것은 기계, 공학 그리고 컴퓨터과학의 세 학문

영역을 간접적으로 경험하게 된다는 것을 의미한다.

### 2.2 로봇교육의 장점

교육적 관점에서 로봇은 학습목표로서 로봇, 학습 지원으로서 로봇, 그리고 학습도구로서 로봇으로 구분된다[15][17]. 이중 학습도구로서 로봇은 K-12 교육의 학습도구로 활용하는 관점으로 로봇은 물리, 생물, 지리, 수학, 과학, 전기, 기계공학의 학습기회와 읽기, 쓰기, 협동력, 의사결정력, 문제해결능력, 커뮤니케이션 등의 학습능력을 향상시키는데 효과적이라 알려져 있다[18]. 또한 도구적 측면에서 로봇은 구성주의 학습 환경을 효과적으로 지원한다. Bers외(2002)는 조작적 도구인 로봇을 활용함으로써 학생들을 의미 있는 프로젝트에 참여시키고 능동적인 활동을 기대할 수 있다고 하였다[13].

과학수업에서 조작활동(hands-on)을 기반으로 하는 수업방식은 전통적인 수업보다 학업성취를 돕고 긍정적인 학습태도를 갖게 돕는데[14], 로봇의 조작적 활용은 이와 같은 교육효과를 예상하게 한다.

또한 많은 연구들은 문제해결력 신장의 도구로 로봇의 효과를 보고하고 있다[22]. 유인환(2005)의 연구에 의하면 로봇 프로그래밍은 도전적이고 인지적 호기심을 자극하는 과제활동으로 오류를 처치하는 활동을 통해 자연스럽게 문제해결활동을 경험하게 된다[9] 학습자는 도전적 과제에서 성공을 하거나 새로운 것을 배울 때 본능적으로 즐거움을 느끼는데 이것은 자신감과 결합하여 미래의 학습활동에 더 참여하려는 경향을 갖게 한다. 또한 로봇은 학생들이 협력할 수 있는 팀워크 학습 환경을 제공한다고 알려져 있다. Miller et al.(2008)은 학생들이 팀기반/프로젝트기반의 로봇학습에 참여했을 때 기술 역량, 팀워크 능력, 의사소통능력에서 주목할 만한(measurable) 향상이 나타났다고 보고하였다[23].

### 2.3 로봇활용 STEM 관련 선행연구

로봇활용 STEM 선행 연구를 연구자, 연구방법, 연구결과 및 시사점으로 요약하여 제시하면 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 로봇활용 STEM 연구 결과

연구자	연구 방법	연구결과 및 시사점
한정혜외 (2011)	실험 연구	STEAM 교과 흥미도 향상(<.05), 여학생이 남학생보다 흥미도 향상(<.05)
박정호 (2012)	실험 연구	‘에너지’를 주제로 21차시의 STEAM 수업, 수학학습태도(<.05), 과학학습동기(<.001),
권순범외 (2012)	실험 연구	로봇활용 6차시의 STEAM 수업, 창의적 인성검사(<.05)
송정범외 (2012)	실험 연구	12차시 STEM 통합교육, 수학·과학 학업성취도에 유의미한 결과(<.05)
송정범외 (2010)	실험 연구	로봇활용 2차시의 ‘신호등만들기’ STEM 수업으로 수학교과에 대한 태도(<.05)
홍기천외 (2013)	개발 연구	10차시의 STEAM수업, 식물의 구조와 기능, 작은 생물의 세계와 연계한 ‘심해 탐사로봇 과학자’ 개발

선행 연구 분석 결과 STEM 수업은 과학 학습흥미, 학습태도, 학업성취도에 효과적인 것으로 나타났다.

박정호(2012)는 초 4학년에게 STEAM 통합수업이 수학학습태도, 과학학습동기에 효과가 있다고 보고하였으며[5], 송정범 외(2010)는 초등학교 1학년 56명을 대상으로 신호등 만들기 과제 학습이 수학교과의 긍정적인 태도를 갖게 함을 보고하였다[6]. 이와 같이 로봇활용 STEM, STEAM 융합수업이 교과학습에 긍정적인 태도를 갖게 한다는 연구는 다른 연구에서도 지지되었다[10]. 이외 권순범 외(2012)는 초-6학년(80명) 로봇활용STEAM 수업이 창의적 인성검사(<.05)에 효과적이라 보고하였다[2]. STEM 수업에서 로봇은 실험에서 측정, 데이터수집, 분석 및 해석 활동에 쓰이거나[5][11], 창작 표현을 위한 도구로 활용되었다. 하지만 프로그램 세부 내용을 보면 로봇을 활용하였지만 어떠한 계획, 단계에 따라 활용하는지에 대한 세부 내용은 누락되었다.

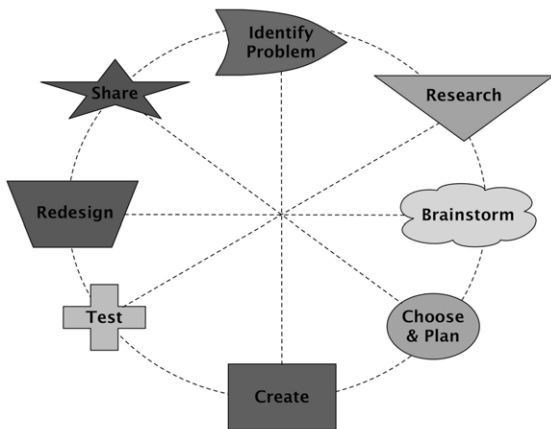
로봇활용 STEM(STEAM) 주제로는 ‘에너지’, ‘탐사로봇’, ‘작은 생물의 세계’, ‘신호등 만들기’이었으며 ‘동물’ 주제로 개발된 선행연구는 없었다.

로봇의 구성요소 중 센서와 모터의 조합은 자극과 반응을 구현할 수 있어 동물의 움직임을 표현하는 데 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

### 2.4 엔지니어링 교육 모델

학습자가 로봇을 활용할 때 과학, 기술, 수학적 개념을 기초로 문제해결활동을 수행하는 것은 일반적인 엔지니어들이 수행하는 작업절차 즉, 문제인지-설계-개발-관리와 일치한다. 엔지니어링 교육은 과학, 기술과는 구분되는 새로운 학문분야로서 미국 매사추세츠주 교육부는 엔지니어링 교육의 중요성을 인지하고 2001년부터 K-8학년, 2006년부터는 K-12학년에 확장된 과학/기술/엔지니어링 교육과정 프레임워크를 제공하고 있다[21]

Merridith(2009)는 초등학생이 로봇을 갖고 엔지니어링 활동을 효과적으로 경험할 수 있도록 다음(그림 1)과 같은 로봇기반 엔지니어링 수업 모델을 제안하였다[25].



(그림 1) 엔지니어링 설계 과정

문제인지 단계는 문제 제시, 문제해결에 위해 필요한 것 알기, 제약 사항을 파악하게 된다.

연구·조사는 문제해결을 위한 아이디어 탐색을 하고 브레인스토밍은 모듈별 협의를 거쳐 다양한 해결 방안을 발산한다. 아이디어 선정 및 계획 단계는 협의를 거쳐 아이디어를 결정하고 실행 계획을 수립하는 단계이다.

창작단계는 계획한 아이디어에 의거 로봇을 조립하고 실행 단계는 테스트를 진행하게 된다. 재설계는 잘못된 것을 찾고 수정하고 공유 단계에서는 새로운

아이디어를 얻고 구체화하기, 다른 사람과 공유하기 활동이 진행된다.

엔지니어링 수업에서 중요한 것은 학습활동의 결과는 다양하고 정답이 없다는 데 있다. 즉 성공하든 실패하든 문제해결을 위한 다양한 학습자의 활동결과를 인정하고 과정적 측면에서 의사소통과 문제해결 경험을 제공하는 데 더 큰 의미를 부여한다.

### 3. 로봇활용 STEM 프로그램 설계 개발

#### 3.1 주제 선정

STEAM 프로젝트의 주제를 ‘동물’로 하였는데 주제 선정 이유는 다음과 같다.

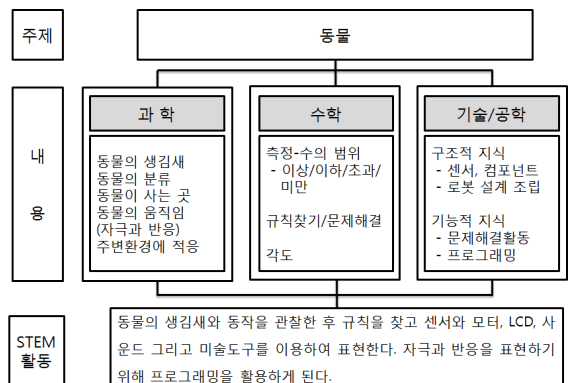
첫째, Singer(2009)가 정의한 로봇은 감지-판단-동작의 패러다임을 갖는 기계로서 센서와 동작을 적용하는데 적절한 학습맥락을 고려하였다[27].

둘째, 학생들이 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 친근한 주제로 실생활과 관련성 높은 주제를 고려하였다.

셋째, 직·간접적인 경험을 통해 흥미가 높고 교육과정에서 관련 내용이 많아 학습자의 능동적인 참여를 기대할 수 있는 요소를 고려하였다.

#### 3.2 주제 관련 교육과정

‘동물’ 주제와 관련된 4학년 과학, 수학, 미술 교육과정과 기술·공학 관련 내용을 제시하면 다음(그림 2)와 같다.



(그림 2) ‘동물’ 관련 교육과정

주제와 관련하여 4학년 과학과의 ‘동물의 생활’ 영역은 우리 주변에서 볼 수 있는 동물에 대한 흥미와 관심을 갖게 하고 탐구심을 기르도록 설정되었다.

수학교과는 수와 연산, 도형, 측정, 규칙성, 확률과 통계의 5개 영역인데, 측정 영역의 ‘수의 범위’, 규칙성 영역의 ‘규칙 찾기’ 단원과 관련하여 지도할 수 있다.

4학년은 실과를 지도하고 있지 않아 관련된 내용을 찾을 수가 없지만 창의적 체험활동(이하 창체)에 ‘로봇교육’을 편성할 수 있다. 기술적 측면의 센서(빛, 소리, 온도, 초음파, 터치), 액츄레이터(모터, 사운드, LCD)를 다루게 되고 공학측면에서 동물의 구조 설계, 움직임을 위한 프로그래밍, 문제해결활동과 관련된다.

**3.3 프로그램 설계에 고려한 점**

Alimisis & Kynigos(2009)는 도구로서 로봇의 장점은 있지만 모든 교육활동에서 장점을 기대하기는 어렵다고 하였다. 즉 로봇의 기능이 학습자가 배우는 교육내용과 이상적으로 매칭이 되어야 한다는 것을 의미한다[12]. 또한 이철현·한선관(2011)은 실과중심 STEAM 수업 모형 개발에서 S, T, E, A, M의 모든 요소가 역지사립게 맞추거나 교육 내용을 무리하게 확장하다 보면 주제에 관한 교육내용이 연결될 수 있기는 하지만 융합보다는 통합수준에 머물게 할 수 있으며 수업 부담을 줄 수 있는 문제점을 지적하였다[8].

『동물』을 주제로 한 로봇활용 STEM 프로그램 설계 시 고려한 기준은 다음과 같다.

첫째, STEM 프로그램 개발의 목적은 과학·수학교과의 흥미도 제고에 관한 것으로 도전적인 학습과제, 실생활과 관련된 내용, 유의미한 과제를 고려하였다. 학습몰입을 이끌어 내기 위해 도전감이 있는 과제는 요구된다고 알려져 있다[3].

둘째, 프로그램은 로봇소양, 교과학습, STEM 활동의 세 부분으로 구성한다.

셋째, STEM 프로젝트 활동은 과학, 수학 교과와의 학습내용과 로봇의 기능이 상호 유기적으로 연관되게 구성하였다. 즉, 단순 교과 지식 습득보다는 로봇을 활용하여 수학적 개념을 적용하고 과학적 탐구능력을 기를 수 있도록 하였다. Lindh & Holgersson(2007)은

학습과제는 현실적이고 로봇활용을 자극할 수 있도록 학습 환경이 마련되어야 한다고 하였다[20].

넷째, 로봇은 학생들이 협력할 수 있는 학습 환경을 제공하는데 학습자 중심의 로봇활동경험을 통해 사회성, 협동성, 의사소통능력을 신장시킬 수 있도록 하였다.

**3.4 로봇활용 STEM 프로그램**

로봇활용 STEM 수업 프로젝트는 과학교과를 중심으로 수학적 개념과 기술·공학을 경험할 수 있도록 설계되었다.

**3.4.1 창의적 체험활동 - 로봇소양교육**

먼저 프로젝트 진행을 위해 로봇에 대한 기초소양은 필수적으로 갖추어져야 한다. Chan 외(2007)는 초등학생의 로봇 프로그래밍 소양을 구조적(structural) 지식과 기능적(functional) 지식으로 평가하였는데 구조적 지식은 센서, 컴포넌트 등 로봇구성요소에 대한 이해, 기능적 지식은 센서의 동작, 로봇 실행 결과, 오류에 대한 문제해결의 프로그래밍 수행 동작에 관한 것이다[16]. 창·체의 학습내용은 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 창의적 체험활동 - 로봇소양교육

영역	차시	프로젝트 학습내용
구조적 지식	1	로봇의 구조와 구성요소(센서, 컴포넌트)
	2	로봇 조립하기(센서와 컴포넌트의 결합)
기능적 지식	3	NXT-G 프로그래밍/알고리즘 배우기
	4	출발하여 일정한 위치에 정지하기 센서 움직임을 감지하고 표현하기

1-2차시에는 센서와 컴포넌트를 알고 조립하는 구조적인 지식을 3-4차시는 소프트웨어를 소개하고 창작, 컴파일, 다운로드 프로그램을 실행하기, 프로그래밍을 통해 모터 제어하기, 정확한 동작 표현의 기능적 지식을 배우도록 하였다.

**3.4.2 과학교과 - 동물의 생활**

‘동물의 생활’ 단원은 다음 <표 3>와 같이 9차시로

편성되어 있으며 STEM 프로젝트의 주요 학습내용으로 다루어지게 된다.

<표 3> 과학교과 관련 학습내용

단원	차시	학습내용	STEM 관련차시
동물의 생활	1	여러 가지 동물의 생김새와 특징	5
	2	동물을 특징에 따라 분류	6
	3	바다에 사는 동물의 특징	7/8
	4	강과 호수에 사는 동물의 특징	7/8
	5	땅에 사는 동물의 특징	7/8
	6	하늘을 나는 동물의 특징	7/8
	7	비슷한 종류, 생김새가 다른 동물	9/10/11
	8	다른 종류, 생김새가 비슷한 동물	9/10/11
	9	특수 환경에 사는 동물의 생김새	9/10/11

3.4.3 수학교과 - 수의 범위, 규칙 찾기

수학교과 관련 내용은 ‘수의 범위’ 단원에서 배우는 ‘이상과 이하’, ‘초과와 미만’, ‘어림을 활용하기’, ‘조건에 맞는 수의 범위 알아보기’는 조립한 동물 로봇을 프로그래밍 하는 데 활용하게 된다. 그리고 ‘규

칙 찾기’ 단원은 로봇 움직임을 보고 규칙을 찾아 수나 글로 나타내는 활동과 관련된다. ‘각도’ 단원은 로봇의 동작시킬 때 모터의 회전수를 활용하여 각도의 개념을 적용하게 된다.

3.5 로봇활용 STEM 프로그램 내용

로봇활용 STEM 프로그램은 로봇소양교육, 교과학습 그리고 STEM활동으로 구성되어 있으며 차시, 수업 주제 및 단계, 학습활동 그리고 관련된 STEM 교과 관련성은 다음 <표 4>와 같다.

첫째, 로봇소양교육은 1-4차시로 창·체 시간을 활용하며 로봇 구성요소 이해, 로봇 조립하기, 센서(터치, 소리, 초음파, 빛, 온도)와 모터 이용하기, 알고리즘(순서도) 배우기, NXT-G 프로그램 등으로 구성되었다.

둘째, 교과학습 활동은 5-9차시로 동물의 생김새, 동물의 분류, 동물이 사는 곳, 다양한 동물의 세계, 동물의 움직임 등 ‘동물’ 주제와 관련한 과학교과 학습내용을 배우게 된다.

<표 4> 로봇활용 STEM 프로그램

차시	수업 주제/수업 단계	학습활동	관련			
			S	T	E	M
1-4	로봇소양교육	STEM 프로그램 안내 로봇의 구성요소(센서, 모터 등) 로봇 조립 및 프로그래밍 배우기	•	•	•	•
5	동물의 생김새	여러 가지 동물의 생김새와 특징	•			
6	동물의 분류	동물을 특징에 따라 분류하기	•			
7	동물이 사는 곳	사는 곳이 다른 동물 알아보기	•			
8	다양한 동물의 세계	생김새가 비슷한 다양한 동물 특수한 환경에서 살아가는 동물	•			
9	동물의 움직임 (자극과 반응)	동물 로봇의 관찰 및 움직임의 규칙을 탐색 후 실제 동물과 매칭	•	•	•	•
10	문제 인식/연구조사	동물 관련 영화 감상 후 동물원에서 사라진 동물 찾아오는 과제 부여 한 가지 동물 정하고 조사하기	•		•	
11	브레인스토밍/ 실행계획수립	동물의 구조와 기능에 대한 협의 역할 분담/필요한 기술에 논의			•	
12	창작	동물의 동작 설계하기(자극-반응) 계획한 아이디어에 의거 조립하기	•	•	•	•
13	실행	동물 로봇 동작시키기(센서-모터) 프로그래밍 및 테스트	•	•	•	•
14	재설계	조립활동 및 실제 동물과 비교하기 잘못된 것을 찾고 수정하기	•	•	•	•
15	공유	활동결과 발표 및 정보 공유	•		•	

셋째, STEM활동은 로봇소양과 교과학습내용을 융합하는 학습활동으로 문제인식-연구조사-브레인스토밍-실행계획수립-창작-실행-재설계-공유의 엔지니어링 수업모델 절차를 따른다. 이 과정에서 학습자는 실제적이고 조작적인 학습기회를 제공받으며 자연스럽게 프로그래밍 활용 및 문제해결활동을 경험하게 된다.

10-15차시는 엔지니어링 수업모델이 적용되는데, 10차시는 로봇 동물 창작에 관한 문제를 제시받고, 문제해결을 위한 자료조사를 시작하게 된다.

11차시에는 브레인스토밍 및 계획수립 단계로 조사한 내용을 바탕으로 동물의 구조와 기능에 대한 다양한 아이디어를 발산하고, 세부 실행계획을 수립하게 된다.

12차시는 선정된 아이디어를 바탕으로 로봇을 설계, 조립, 꾸미는 활동을 하며, 13차시에는 실행단계로 로봇에 프로그래밍을 입력하여 직접 동작시켜 보고 동작 오류 및 구조상 문제점을 해결한다.

14차시는 재설계 단계로 더 나은 로봇 동작을 표현하기 위해 실제 표현하고자 한 동물의 움직임과 비교하고 보완한다. 끝으로 15차시는 발표 및 공유 단계로 모둠별로 로봇의 동작을 전체학생 앞에서 시연하고 질의응답을 받는 단계이다. 이 과정에서 학습자들은 새로운 아이디어를 얻게 된다.

**3.6 로봇활용 STEM 활동 예시 - 9차시**

- 수업 주제 : 어떤 동물일까요?(40분)
- 수업 개요 : 움직이는 동물 로봇을 관찰하고 규칙을 찾아낸다. 로봇은 센서에 따라 반응하도록 프로그래밍 되어 있는데 자극에 따라 반응을 찾고 동물이 살아가는 주변 환경과의 관계를 이해한다.
- 교과 관련 :
  - 과학-동물의 움직임, 자극과 반응
  - 기술-센서, 모터, 프로그래밍
  - 공학-동물 구조, 문제해결
  - 수학-수의 범위, 규칙 찾기
- 학습준비물 :
  - 프로그램 된 동물 로봇 모형 6세트
  - 센서 동작 준비물(플래시, 얼음, 색종이)

○ 학습 활동 :

- 동물의 움직임 탐색하기

다양한 동물의 움직임이 있는 동영상 시청 후 자신이 알고 있는 동물의 동작에 대해 발표

- 로봇 동물의 움직임을 관찰하고 규칙 찾기

모둠별로 순환하며 여러 가지 센서별로 동물이 나타내는 반응을 관찰 기록한다. 로봇으로 답을 표현한 예는 다음 <표 5>과 같다.

<표 5> 로봇 동물의 예

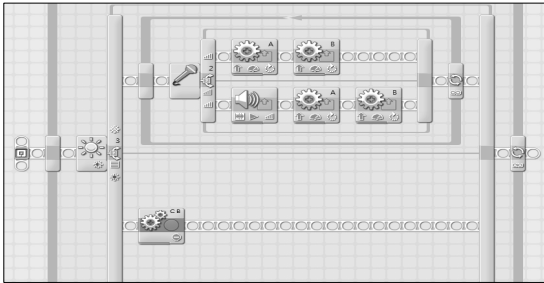
<p><b>&lt;답&gt;</b></p> <p><b>동작:</b> 아침이 밝아 오면 ‘꼬끼오’ 소리를 내며 좌우로 움직인다. 저녁이 되면 제자리에 멈추게 된다. 음악을 들리면 빙글빙글 돌면서 춤을 춘다.</p> <p><b>센서:</b> 빛 센서/소리 센서</p> <p><b>액추레이터:</b> 모터, 사운드</p> <p><b>로봇 동작 방법</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 빛 센서 값이 80이상이면 ‘꼬끼오’ 사운드 실행함</li> <li>■ 30°씩 번갈아가며 모터를 회전하여 지그재그 이동</li> <li>■ 사운드 센서 값이 70이상이면 180° 좌·우회전 반복</li> <li>■ 빛 센서 값이 10이하 이면, 제자리에서 멈춤</li> </ul>
--

아침이 밝아 올 때 닭이 울음소리를 내는 것과 신나는 음악에 맞춰 춤추는 동작을 표현하기 위해 센서와 모터, 사운드를 활용하였다. 빛 센서로 빛의 양이 많음을 감지하면 녹음된 사운드 파일을 실행시키고 소리센서로 음악의 높은 음악소리를 감지하면 모터를 번갈아가며 동작하여 춤을 추는 것처럼 표현하였다. 로봇 동작의 예는 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 로봇 동작의 예






로봇/프로그래밍 코드 예는 다음 (그림 4)와 같다. 2개의 무한 반복문과 2개의 스위치(빛, 소리센서) 구문이 활용되었다.



(그림 4) 로봇 프로그래밍 코드의 예

- 탐색한 규칙과 일치하는 동물 찾기  
관찰 기록한 자료를 바탕으로 모듈별 협의를 거쳐 주변 환경에서 일치하는 동물과 연결한다.
  - 동물의 동작과 프로그래밍 코드 연결하기  
동물 로봇을 동작하게 하는 로봇 프로그래밍 코드를 자연스럽게 배울 수 있도록 한다.
  - 발표하기  
자극(센서)-반응(액추레이터)으로 로봇 동물의 움직임을 과학글쓰기로 표현하고 발표한다.
- 센서 활용의 예

<표 6> 센서 응용의 예

센서	특징 및 활용 예시
 빛 센서	-낮과 밤의 인식, 플래시, 색종이를 이용하여 명암에 따른 다양한 이벤트 발생(흰색 : 음식, 검정 : 사냥꾼) 예)사냥꾼을 만나면 도망, 먹잇감을 찾게 되면 잠시 먹기 위해 멈춤
 초음파센서	-일정한 거리에 있는 물체 식별하기 예)가까이 충돌할 것 같으면 뒤로 도망간다.
 소리센서	-주위의 소리를 감지함 예)음악을 들으면 춤을 춘다(빙글 빙글) '초인종' 소리를 듣고 마중 나온다.
 온도센서	-주위 온도를 감지함 예)온도가 내려가면 겨울잠을 잔다.
 터치센서	터치센서를 누르면 이벤트 발생 예)도마뱀은 누르면 몇 초 동안 움직이지 않는다.

## 4. 전문가 검토

### 4.1 검토 절차

본 연구는 과학, 수학에 대한 낮은 흥미를 문제점으로 지적하고 교수학습 개선을 위한 방안으로 로봇 활용 STEM 교육프로그램을 개발하였다. 하지만 이러한 프로그램이 현장에서 적용되기 위해서 교육과정 목표 달성 가능성, 프로그램의 운영 가능성에 대한 사전 검토가 필요하다. 또한 STEM 수업의 전반에 걸쳐 로봇이 중요한 학습도구이므로 로봇 소양 경험이 없는 교사에게도 현실적으로 수업운영이 가능한지에 대한 검토가 수반되어야 한다. 따라서 로봇소양을 갖춘 교사와 로봇소양이 없는 일반교사로 구분하여 전문가 검토를 실시하고 비교하였다.

전문가 집단은 4학년 지도경험이 있는 교육학 석사학위 이상의 초등교사로 집단별로 각 5명씩 선정하였다. 로봇소양교사는 평균 교육경력은 9.1년, 일반교사의 평균 교육경력은 9.8년이었으며, 전공별로는 컴퓨터교육 7명(박사 1명, 석사 6명), 과학교육(석사 5명), 수학과와 사회과교육 이 각 1명씩이었다. 특히 로봇소양교사는 2012 KERIS 로봇활용교사(3명)와 로봇교육연구회 소속 교사(4명)로 구성되었으며 이중 일부는 로봇 연수강사로 활동 중이거나 로봇관련 학위논문을 발표하였다.

검토 기간은 2013년 4월 29일부터 5월 9일까지 10일간 진행되었으며 검토방법은 이메일을 통하여 STEM의 취지와 목적을 설명하고 관련 교육과정, 프로그램 구성 그리고 교수학습 자료(로봇 동작 동영상, 워크시트, 수업과정안)를 보고 질문지에 응답하는 방식으로 진행되었다. 참여 교사는 각 질문지문항의 리커트(likert) 척도에 표기하였으며 '전혀 아니다' 1점, '아니다' 2점, '보통이다' 3점, '그렇다' 4점, '아주 그렇다' 5점 순으로 점수를 표기하였다.

### 4.2 검토 결과

로봇활용 STEM 프로그램이 교육과정의 목표 및 내용의 타당성, 운영가능성 등을 검토받기 위한 질문지는 로봇소양교육, STEM 융합 프로그램, 로봇 교구



<표 7> 집단별 검토 문항 평균점수

영역	문항	로봇소양교사 집단(N=7)						일반교사 집단(N=7)					
		5점	4점	3점	2점	1점	평균	5점	4점	3점	2점	1점	평균
로봇소양교육	교육 시수의 적절성	2	3	2	·	·	4.0	1	1	2	3	·	3.0
	STEM 활동과 관련성	4	2	1	·	·	4.4	3	3	1	·	·	4.3
STEM 프로그램	도전적인 학습과제	2	4	1	·	·	4.1	3	3	1	·	·	4.3
	실생활과 관련성	2	3	2	·	·	4.0	2	2	2	1	·	3.7
	동료와 협력적 수업환경	4	3	·	·	·	4.6	2	4	1	·	·	4.1
	유의미한 학습과제	3	4	·	·	·	4.4	2	4	1	·	·	4.1
	교육과정의 관련성	3	2	1	1	·	4.0	3	2	2	·	·	4.1
로봇 교구 인식	STEM에 교육적 가치	4	2	1	·	·	4.4	2	3	2	·	·	4.0
	STEM 수업에 용이성	2	3	1	1	·	3.9	1	1	3	2	·	3.1
	효과적인 수업도구	3	4	·	·	·	4.4	2	3	2	·	·	4.0
	과학·수학 학습에 도움	3	4	·	·	·	4.4	3	3	1	·	·	4.3
엔지니어링 수업모델	문제해결 학습 경험	5	2	·	·	·	4.7	3	3	1	·	·	4.3
	주제 및 활동의 적합성	4	3	·	·	·	4.6	2	4	1	·	·	4.1
교육과정 운영측면	학교현장에서 운영가능성	3	2	2	·	·	4.0	1	2	1	2	1	3.0

에 대한 인식, 엔지니어링 수업모형, 현장 적용성의 5개 영역으로 구성되었으며, 카이검증( $\chi^2$ ) 검증 결과 유의수준 5%에서 모든 문항은 유의하지 않게 나타났다. 이것은 전문가집단에 따른 검토 문항별 인식차이가 존재하지 않는다는 것을 의미한다. 하지만 이와 같은 결과는 적은 수의 전문가 표본에 영향을 받을 수 있어 문항별 평균점수를 활용하여 추가 논의를 진행하였다.

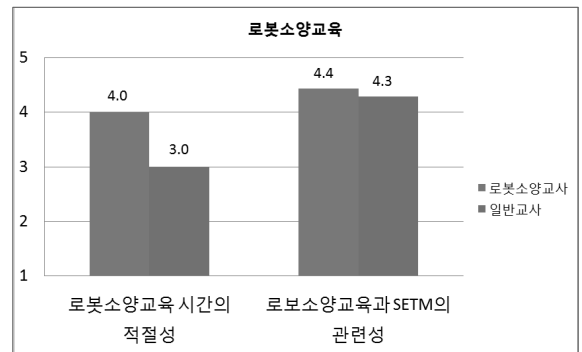
로봇소양교사와 일반교사의 질문지 응답결과와 평균점수를 정리한 것은 다음 <표 7>과 같다.

로봇활용 STEM 프로그램에 대해 소양교사 및 일반교사 모두 긍정적인 응답을 나타냈다. 하지만 로봇소양교육 시수의 적절성, 학습에서의 용이성, 학교현장에서 운영가능성 세 문항에서 전문가집단별 평균점수차가 크게 나타났다.

#### 4.2.1 로봇소양교육

로봇소양 교육시간으로 4시간이 적합하기에 대해서는 다음 (그림 5)처럼 소양교사는 평균 4.0으로 긍정적으로 응답한 반면 일반교사는 3.0으로 보통이라고 응답하였다. 즉 4시간의 로봇소양교육 시간에 대해 로봇소양을 갖춘 교사가 보다 적절하다고 판단하고 있으며 일반교사는 부족하게 인식하고 있었다. 이

러한 결과는 로봇지식 및 교육활용 경험이 영향을 미친 것으로 사료되어진다.

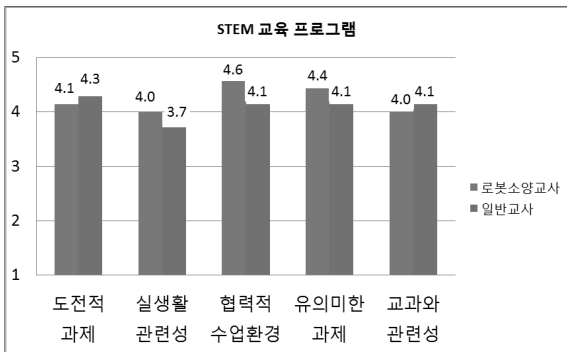


(그림 5) 로봇소양교육 인식

로봇활용 STEM 학습을 위해 적절한 로봇소양교육시간은 얼마인가에 대한 물음은 STEM 활동에서 로봇기능의 활용규모, 교육내용 수준, 학생변인, 교사변인 등 다양한 요인에 의해 영향을 받으므로 이를 고려한 파일럿 실험연구가 후속되어야 할 것으로 보인다. 그리고 로봇소양교육과 STEM활동과 관련성에 대해 두 집단 모두 로봇 프로그래밍의 구조적·기능적 지식이 STEM 학습과 많이 관련되어 있다는 긍정적인 반응을 나타냈다.

### 4.2.2 STEM 융합 프로그램

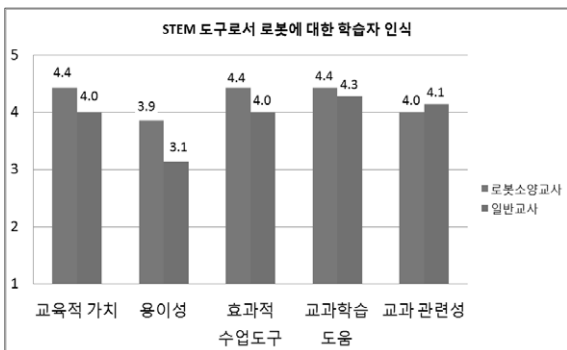
도전적 과제, 실생활과의 관련성, 동료와의 협력적 수업환경, 유의미한 학습과제는 학습동기와 관련된 요인이다. 다음 (그림 6)과 같이 STEM 프로그램에 대해 대부분의 교사가 긍정적인 반응을 나타내었으며 도전적인 과제, 과학-수학 교과와 관련성은 일반교사가 더 긍정적인 응답을 보였다. 하지만 일반교사는 STEM 프로그램의 실생활과 관련성, 협력적 수업환경 문항에는 낮게 응답을 하였다.



(그림 6) STEM 교육 프로그램

### 4.2.3 로봇 교구에 대한 인식

다음 (그림 7)과 같이 대부분의 교사는 STEM 의 도구로서 로봇의 교육적 가치를 지니고 있다고 인식 하고 있으며, 효과적인 수업도구, 교과학습에 도움, 교과 관련성에 긍정적인 응답을 보였다.



(그림 7) 로봇에 대한 학습자 인식

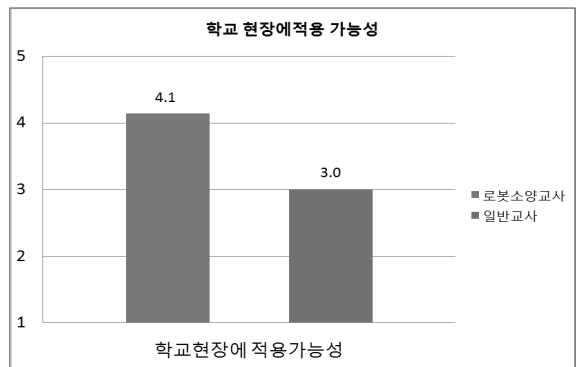
하지만 학생들이 ‘로봇을 배우거나 다루는데 쉽다’는 학습용이성에 대한 인식은 로봇소양교사가 3.9로 일반교사 3.1보다 조금 높게 나타났다. 즉 일반교사는 새로운 학습도구인 로봇 프로그래밍에 대한 거부감이 존재할 수 있으므로 교육현장에서 수업교구로서 로봇 활용을 기대하기 위해서는 관련 연수기회가 확대되어야 함을 시사한다.

### 4.2.4 엔지니어링 수업 모형

대부분의 교사는 엔지니어링 모델에 기초한 STEM 수업이 문제해결 경험을 제공한다는데 의견을 함께 하였으며 수업단계별 주제와 활동내용이 적합하다고 응답하였다. 하지만 소양교사가 일반교사보다 조금 더 긍정적으로 인식하고 있었다.

### 4.2.5 교육과정 운영 가능성

로봇활용 STEM 수업이 학교현장에 적용이 가능한가의 물음은 대단히 중요하다. 다음 (그림 8)과 같이 프로그램의 현장적용 가능성에 대해 소양교사는 평균 4.1, 일반교사는 3.0으로 응답하여 차이가 나타났다.



(그림 8) 현장 적용 가능성

일반교사가 현장적용가능성을 조금 낮게 본 이유는 로봇활용 경험의 부족으로 인한 지도력, 로봇 교구 유지 관리, 40분 단위로 구성되는 수업시간에 모듈별 개인별 수준차를 고려한 학습운영의 어려움

을 들었다. 현장교사의 로봇활용 STEM 수업지원을 위해 대학생과 현장교사가 협력수업을 진행하는 미국 텍츠대학의 STOMP(<http://stompnetwork.org>) 프로젝트 사례를 주목할 필요가 있다. 그리고 향후 정규교과교육 및 STEM 교육에서 도구로서 로봇의 활용을 높이기 위해서 무엇보다도 일반교사를 대상으로 로봇에 대한 이해를 높이는 노력이 선행되어야 하겠다.

## 5. 결론

본 연구는 엔지니어링 수업 모델을 적용한 로봇활용 STEM 융합 교육 프로그램을 개발하였다.

프로그램의 주제는 4학년 과학교육과정의 한 단원 이면서 학생들에게 친숙하고 로봇의 활용이 효과적인 ‘동물’로 정하였다. 로봇활용 STEM 프로그램은 로봇 소양교육, 주제관련 교과학습, 엔지니어링 교육활동의 세 영역으로 구성되었다.

개발된 STEM 프로그램은 현장교사 14명으로부터 검토를 받았는데 연구결과 로봇소양 유무에 상관없이 대부분의 교사가 STEM 프로그램의 목표, 내용 구성, 수업모델, 도구로서 로봇의 활용에 대해 긍정적인 반응을 나타내었다.

‘동물’을 로봇으로 표현하는 활동은 도전적인 학습 과제이며 실생활과 관련성이 높은 것으로 인식하였다. 또한 엔지니어링 수업모델은 문제해결 경험을 제공하고 동료와의 상호작용을 높일 수 있는 활동이라고 반응하였다.

하지만 일선 현장에서 운영 가능성, 로봇소양 교육 시수의 적절성, 도구로서 로봇의 용이성에 대해서는 소양교사와 일반교사 사이에 인식 차가 나타났다. 향후 로봇활용 STEM 프로그램의 현장 적용 전 무엇보다도 교사와 학생의 로봇소양능력이 선행되어야 함을 알 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 교육과학기술위원회(2011). 한국의 「레오나르도 다 빈치」, 융합인재교육으로 키운다, *science & technology focus*, Vol. 66.
- [2] 권순범, 남동수, 이태욱(2012), STEAM 기반 통합 교과 학습이 초등학교의 창의적 인성에 미치는 영향, *한국컴퓨터정보학회지*, 17(2), 79-86.
- [3] 김경현(2011), 로봇활용수업이 학생의 학습몰입 향상에 미치는 효과, *컴퓨터교육학회논문지*, 14(2), 1-12.
- [4] 김경희(2010), OECD 학업성취도 국제비교 연구 (PISA 2009) 결과보고서. 한국교육과정평가원.
- [5] 박정호(2012), 초등학교에서 로봇을 활용한 STEAM 교육의 적용 연구, *한국컴퓨터정보학회지 제17권 제4호 통권 제97호* (2012년 4월) pp.19-29.
- [6] 송정범, 신수범, 이태욱 (2010), 교육용 로봇을 활용한 STEM 통합교육의 효과성 연구, *한국컴퓨터정보학회 논문지*, 15(6), 81-89.
- [7] 이미경, 손원숙, 노연경(2007). PISA 2006 결과 분석 연구 -과학적 소양, 읽기 소양, 수학적 소양 수준 및 배경변인 분석-. 한국교육과정평가원. 연구보고 RRE 2007-1.
- [8] 이철현, 한선관(2011), 실과교과중심의 STE AM 융합인재교육 모형 개발. *한국실과교육학회지*, 24(4). 139-161
- [9] 유인환 (2005), 창의적 문제해결력 신장을 위한 로봇 프로그래밍의 가능성 탐색, *교육과학연구*, 36(2), 109-128.
- [10] 한정혜, 박주현, 조미현, 박일우, 김진오(2011), 초등정규교육과정에서 STEAM을 위한 로봇활용 교육, *정보교육학회논문지*, 15(3), 483-491.
- [11] 홍기천, 심재국(2013), 교육용 로봇을 활용한 초등학교 과학교과의 STEAM교육 수업 방안, *정보교육학회논문지 제17권 제1호* 83-91
- [12] Alimisis, D., & Kynigos, C.(2009). *constructionism and robotics in education*. InAlimisis, D.(Ed.), *Teacher education on robotics-enhanced constructivist pedagogical methods*. Athens, Greece: School of Pedagogical and Technological Education.
- [13] Bers. U, Ponte. I, Juelich. C, Viera. A., & Schenker. J. (2002), *Teachers as Designers: Integrating Robotics in Early Childhood Education*, In: *Information Technology in*

- Childhood Education Annual, AACE, VA. 123-145
- [14] Bilgin, İ (2006). The effects of hands-on activities incorporating a cooperative learning approach on eight grade students' science process skills and attitudes towards science. *Journal of Baltic Science Education*, 1(9), 27-37.
- [15] Bradley S. Baker, Gwen Nugent, Neal Gradgenett & Viacheslav I. Adamchuk(2012), *Robotics in K-12 Education : a new technology for learning*, Information Science Reference.
- [16] Chan, M., Black, J., Han, I.S., Vitale, J., Xia, Q., Subramanian, M., Du, M. & Kang, S. (2007). "Look, it's turning!" *Factors Affecting Structural and Functional Knowledge Acquisition in an Elementary School Robotics Classroom*. In C. Montgomerie & J. Seale (Eds.), *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2007* (pp. 1626-1631). Chesapeake, VA: AACE. Retrieved from <http://www.editlib.org/p/25589>.
- [17] Dimitris, A.(2009). *Teacher Education on Robotics-Enhanced constructivist Pedagogical Methods*. Published 2009 by school of Pedagogical and Technological Education(ASPETE) ISBN 978-960-6749-49-0(<http://www.terecop.eu/>)
- [18] Eguchi, A. (2007). *Educational Robotics for Elementary School Classroom*. In R. Carlsen et al. (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2007* (pp. 2542-2549). Chesapeake, VA: AACE. Retrieved from <http://www.editlib.org/p/24977>.
- [19] Lamer, J., & Mergendoller, J. R. (2010). 7 essentials for project-based learning. *Educational Leadership*, 68(1), 34-37
- [20] Lindh, J., Holgersson, T., Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems?, *Computers & Education* 49 (2007) 1097-111.
- [21] Massachusetts Department of Education (2006). *Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework*. Author.
- [22] Mauch, E. (2001). Using technology innovations to improve the problem-solving skills of middle school students: Educators' experiences with the Lego Mindstorms robotic invention system. *The Clearing House*, 74(4), 211-13.
- [23] Miller, D. P., Nourbakhsh, I. R., & Sigwart, R. (2008). *Robots for education*. In Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.), *Springer handbook of robotics*(pp. 1283-1301). New York, NY: Springer-Verlag.
- [24] Napier, J.D., & Riley, J.P. (1985). Relationship between affective determinants and achievement in science for seventeen-year-olds. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(4), 365 - 383.
- [25] Portsmouth, M.D.(2009), *EXPLORING HOW EXPERIENCE WITH PLANNING IMPACTS FIRST GRADE STUDENTS' PLANNING AND SOLUTIONS TO ENGINEERING DESIGN PROBLEMS*, A doctoral dissertation, TUFTS UNIVERSITY.
- [26] Sinclair, A. S. (1994) Prediction making as an instructional strategy: Implications of teacher effects on learning, attitude toward science, and classroom participation. *Journal of Research and Development in Education*, 27(3), p. 153-161
- [27] Singer, P. W. (2009). *Wired for war : The robotics revolution and conflict in the 21st century*[Kindle version]. Retrieved from <http://www.amazon.com>
- [28] Verner, I. M., Ahlgren, D. J. "Robot Contest as a Laboratory for Experiential Engineering Education," *Journal on Educational Resources in Computing*, Vol. 4, No 2, pp. 1-15, 2004.
- [29] Wing-Mui SO, W. (2002). Constructivist teaching in primary science. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 3(1)

저 자 소 개



**박 정 호**

1997 서울교육대학교  
과학교육학과(교육학박사)  
2008 한국교원대학교  
컴퓨터교육과(교육학박사)  
2013~현재 Tufts University CEEO  
Research Scholar  
관심분야 : 컴퓨터교육, 로봇활용교육  
e-mail : jhpark0154@gmail.com



**김 철**

1997 전남대학교 전산통계학과  
(이학박사)  
1998 University of Washington  
(객원교수)  
1992~현재 광주교육대학교  
컴퓨터교육과 교수  
관심분야 : 인터넷자원관리, 교육용콘  
텐츠, 메타데이터, e-Learning  
e-mail : chkim@gnue.ac.kr