

웹 카메라와 LEGO Mindstorms를 활용한 영상 처리 알고리즘의 교육에 관한 연구

Study on Image Processing Algorithm Education Based on Web Camera and LEGO Mindstorms

김성영[†], 황준하

금오공과대학교 컴퓨터공학부

Sungyoung Kim[†] and Junha Hwang

School of Computer Engineering, Kumoh National Institute of Technology

요 약

본 논문에서는 영상처리 및 패턴인식 관련 과목에서 알고리즘의 효과적인 교육과 학습 흥미 유발이 가능하게 하는 LEGO Mindstorms 기반의 설계 프로젝트의 운영 방법에 대해 제안한다. 또한 실제 적용 사례를 분석하여 그 타당성을 검증한다. Mindstorms는 10여 년 전부터 여러 나라의 정규 교과목 수업에 활발하게 사용되고 있으며 수업에 적용한 사례에 대한 연구도 다수 발표되었다. 연구 결과는 대체적으로 Mindstorms의 사용이 수업에 긍정적인 효과를 나타내는 것으로 보고하고 있지만 일부 부정적 의견도 존재한다. 부정적 견해의 주요 원인은 Mindstorms의 사용으로 인한 비예측적인(unpredictable) 요소의 발생이다. 이런 비예측성은 주로 로봇의 아날로그적인 특징에 기인하며 학습 효율의 저하를 초래하고 있다. 본 논문에서 기술하는 설계 프로젝트는 로봇에 대한 의존도를 최소화하여 비예측적인 요소의 발생을 억제함으로써 로봇 사용으로 인한 수업 흥미도는 증가시키되 추가적으로 발생할 수 있는 학습내용과 고려사항은 최소화하여 알고리즘 학습에 집중할 수 있도록 한다.

주제어: 영상처리, 패턴인식, LEGO Mindstorms NXT, 요소 설계, 설계 프로젝트

Abstract

In this paper, we describe a case study of a new lab. project that improves efficiency for education and interest on learning in image processing and pattern recognition related subjects by using LEGO Mindstorms. In addition we verify the validity with analysis of the practical application. LEGO Mindstorms is already used in many educational institution of several countries since about 10 years ago and various case studies have been published. The use of LEGO Mindstorms is generally positive but the negative comments about this exist. The main cause of negative opinion is from unpredictability. The unpredictability from mainly analog characteristics of robot can degrade the effective learning. The describing lab. project suppresses occurrence of unpredictability by minimizing dependence on robots. Students can concentrate on learning the related algorithms by minimizing the learning content and further consideration.

Keywords: Image Processing, Pattern Recognition, LEGO Mindstorms NXT, Elementary Design, Lab. Project

I. 서론

대학에서의 컴퓨터 분야에 대한 교육 과정은 주로 이론 위주의 개론 수업과 실습을 함께 병행하는 실습 수업으로 이루어져 있다. 개론 수업의 경우 학기 프로젝트에 대한 개발 요구가 높은 편이다. 특히 최근의 공학

교육인증제도의 확산과 더불어서 설계 교과목이 등장하였으며 설계 교과목에서는 설계 프로젝트의 제작을 기본적으로 요구하고 있다. 일부 임베디드 관련 교과목을 제외하고는 대부분의 설계 프로젝트는 컴퓨터에서 실행 가능한 응용프로그램의 개발 형태로 이루어지고 있으며 그 실행 결과는 주로 모니터에서 화면으로 확인하고 있다. 하지만 최근 스마트 폰이나 PDA, 로봇, USN, 임베디드 시스템, 웹 카메라 등의 다양한 하드웨어 장비나 증강 현실, 웹 서비스, Rich Internet Application 등과 같은 소프트웨어 신기술이 등장하여 컴퓨터 기반의 응용프로그램 개발만으로는 학습 이론에 대한 효율

논문접수일: 2010년 6월 28일

최종수정일: 2010년 9월 17일

논문완료일: 2010년 9월 21일

† 교신저자: 김성영

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문임

적인 정보 전달이 어려운 상황이다. 스마트 폰이나 증강 현실이 각광 받는 이유는 응용프로그램의 개발이 단지 실습실 내에서의 시연으로 끝나는 것이 아니라 실세계와 연계되어 직접 활용될 수 있기 때문이다. 이와 같이 학부 수업에서 실세계와 상호 작용이 가능한 방법으로 교육이 이루어질 수 있는 교육 방법론이 필요하다.

이런 목적을 달성하기 위하여 몇 년 전부터 로봇을 활용하여 개론 수업의 효율성을 향상하는 방법들이 제시되고 있다. 최근 빈번하게 사용되고 있는 장비는 LEGO Mindstorms라는 로봇 키트이며 마이크로컴퓨터인 컨트롤러와 광센서, 초음파센서 등의 다양한 센서를 포함하고 있다. 또한 LabView 기반의 그래픽적인 소프트웨어 개발 도구를 제공하여 누구든지 손쉽게 실세계를 흉내 내는 로봇을 제작하고 이를 제어하는 것이 가능하다. Mindstorms는 현재 전 세계적으로 25,000개 이상의 교육기관에서 다양한 분야의 교육을 위해 사용되고 있다.

본 논문에서는 영상처리 및 패턴인식을 위한 이론 교육을 진행한 후에 Mindstorms를 활용하여 비디오 영상 분석에 대한 설계 프로젝트를 수행하기 위한 절차와 방법론에 대해 설명한다.

II. 관련 연구

대학 학부 과정에서 LEGO Mindstorms는 다양하게 활용되고 있다. 특히 개론이나 프로그래밍 언어 개념을 교육하기 위해 많이 활용되고 있다(Delden & Zhong, 2008; Barnes, 2002; Kim & Jeon, 2006). 이들 과목에서는 로봇의 매력을 통해 과목에 대한 흥미를 유도하고 있다. 저학년의 임베디드 시스템(Kim & Jeon, 2009)이나 신호처리(Ferri et al., 2009), 고학년의 인공지능(Parsons&Sklar, 2004)이나 영상처리(Stevenson & Schwarzmeier, 2007) 등의 교과목에도 활용되고 있다.

Mindstorms를 적용하는 방법론과 더불어 그 효용성에 대한 논의도 계속 있어왔다(McNally, 2006). Mindstorms가 대학 학부 수업에 사용된 초기 사례에서부터 Mindstorms의 사용은 대체적으로 긍정적으로 평가를 받아왔다(Williams, 2003). 반면 Fagin과 Merkle(Fagin & Merkle, 2003)은 800명 이상의 학생들을 대상으로 1년간 로봇 사용 그룹과 비사용 그룹을 비교하여 교육 효과를 평가하였는데 결과는 부정적이었다. 로봇을 사용한 그룹의 점수가 오히려 낮았으며 별다른 효과를 얻지 못한 것으로 평가하였다. 이것은 부족한 개발환경과 추가적인 개발 노력 및 시간의 투입 필요성 때문이다.

특히 추가적인 개발 노력과 시간의 필요성은 Mindstorms의 사용으로 인한 비예측성(unpredictability)의 증가에 기인한다. 비예측성은 주로 이산적인 성질을 갖는 컴퓨터와는 다르게 Mindstorms는 연속적인 동작 성질에서 발생한다. 예를 들어, 배터리 수준에 따라 모터의 회전이 87도 혹은 93도와 같이 달라질 수 있다. 환경 변화에 따른 각 센서들의 보정도 필요하다. 따라서 Cliburn(D. Cliburn, 2006)은 Mindstorms의 사용은 학생들의 작업량을 증가시킬 수 있으므로 증가되는 작업량에 비해 Mindstorms의 사용으로 인해 생길 수 있는 장점을 강화하기 위해 세 가지 고려 사항을 제시하였다. 그 중 첫 번째 요소만 살펴보면 과제와 프로젝트의 난이도에 대한 신중한 선택이다. 만약 과제가 너무 어려우면 Mindstorms의 사용은 오히려 가르쳐야 하는 내용에 대한 추가적인 요소로 작용한다는 점이다.

Stevenson(Stevenson & Schwarzmeier, 2007)은 이런 비예측성을 노이즈라고 표현하고 노이즈를 제거하는 대신 학습 경험으로 활용할 수 있는 방법을 제시하였다. 이를 위해 웹 카메라와 컴퓨터 비전 관련 기술을 사용하여 로봇이 가상 도로 환경에서 자율 주행이 가능한 로봇을 제작하는 실습 프로젝트를 제시하였다. 자율 주행을 포함한 자율 동작 로봇은 매우 다양한 비예측적 요소를 내포하고 있으므로 이에 대한 적절한 대처 방법의 제시가 필요하지만 이에 대한 고려가 없다. 단지 학생들의 경험을 중요시하고 있다. 프로젝트의 주요 알고리즘이 로봇의 동작과 높은 상관성을 갖는다면 이런 비예측 요소에 의해 프로젝트의 난이도는 높아질 수밖에 없다. 자율 주행 로봇은 외부 세계와의 입출력 상관성이 높아 비예측적 요소에 크게 의존한다. 따라서 로봇을 영상 처리 및 패턴인식 교육에 활용하되 로봇의 사용 범위를 최소화하여 실세계와의 연계 방법은 제공하지만 노이즈의 발생을 최소화시키는 프로젝트의 설계가 필요하다.

본 논문에서는 로봇이 직접 외부 세계와 상호 작용하는 범위를 제한하여 로봇의 사용으로 인해 발생할 수 있는 비예측성을 최소화함으로써 학생들이 알고리즘에 집중하고 개발 결과를 흥미롭게 실행하여 확인할 수 있는 방법론을 제안한다.

III. 프로젝트의 구성

1. LEGO Mindstorms 소개

LEGO Mindstorms는 1998년 LEGO 그룹에서 MIT 미디어랩과 공동 개발한 혁신적인 지능형 로봇 설계 키

트이다. Mindstorms의 첫 번째 버전은 RIS(Robotics Invention System)라는 이름으로 출시되었으며, 이 버전의 핵심 부품인 컨트롤러는 RCX라고 부른다. 이후 2006년에는 RIS를 개량한 NXT 버전을, 2009년 6월에는 NXT 2.0을 출시하였다. Mindstorms는 10세 이상의 초등학생부터 성인에 이르기까지 누구나 쉽게 로봇을 제작하고 간단한 프로그래밍을 통해 제작한 로봇을 제어할 수 있다. Mindstorms의 핵심 블록은 NXT Intelligent Brick이라고 불리는 컨트롤러이다. 컨트롤러는 일종의 micro-computer로서 로봇의 뇌 역할을 담당하며 입력 센서와 출력 모터를 연결하여 외부 세계와 상호 작용한다.

2. 프로젝트 진행을 위한 주별 강의 프로그램

<표 1>은 설계 프로젝트 진행을 위한 주차별 강의 내용이다.

3. 설계 프로젝트 소개

가. 설계 프로젝트 주제 및 팀 구성

제안하는 설계 프로젝트의 주제는 “손 모양 혹은 제스처 인식을 통한 로봇의 움직임 제어”이다. 팀에서 자율적으로 정한 손 모양이나 제스처의 인식을 통해 로봇의 움직임을 제어한다. 프로젝트는 팀 단위로 진행하며 팀은 3~4명으로 구성한다.

<표 1> 주차별 강의 내용

<Table 1> Weekly lecture content

주차	강의내용
1주차	(이론)수업소개, 영상처리 및 패턴인식 개론
2주차	(이론)디지털영상 개요 및 구조
3주차	(이론)단일 픽셀 기반 영상 처리 기법
4주차	(설계)openCV 개요, 프로젝트 가이드
5주차	(설계)openCV 활용
6주차	(설계)설계계획서 발표
7주차	(이론)중간정리 및 중간고사
8주차	(이론)그룹 픽셀 기반 영상 처리 기법
9주차	(이론)기하학적 처리 기법
10주차	(설계)중간보고서 발표
11주차	(이론)영상분할 및 모폴로지
12주차	(이론)패턴인식 개요 및 특징 추출 기법
13주차	(이론)패턴 분류기
14주차	(이론)패턴인식 시스템
15주차	(설계)최종보고서 발표

나. 설계 프로젝트 구성

설계 프로젝트를 위한 프로젝트 구성은 [그림 1]과 같다. 로봇을 제어하여 경기장 내부를 이동한다. 로봇 제어는 웹 카메라를 장착한 컴퓨터를 통해 이루어진다. 컴퓨터에 장착한 웹 카메라를 통해 로봇 동작을 지시하면 해당 명령어를 블루투스 통신을 통해 로봇으로 전달한다. 웹 카메라는 로봇이 아닌 제어 컴퓨터에 장착하여 로봇 움직임으로 발생할 수 있는 환경 변화에 대한 추가적인 처리 과정이 발생하지 않도록 한다. 제안한 주제에서는 로봇이 직접 외부 세계와 상호작용하여 움직임을 결정하는 것이 아니라 컴퓨터에서 처리한 결과에 따른 명령만을 받아서 처리하게 되므로 로봇 사용 범위를 최소화할 수 있다. 이로 인해 로봇 사용에 따른 비예측 요소의 증가를 최대한 억제하는 것이 가능하다.

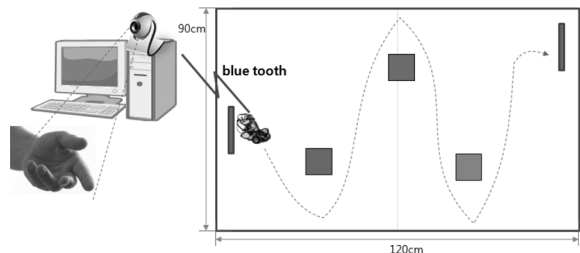
다. 사용 부품

설계 프로젝트는 팀 단위로 개발을 진행하며 각 팀에는 <표 2>의 부품을 제공하고 추가적인 부품의 사용은 불허하여 모든 팀이 동일한 개발 환경에서 응용 프로그램을 개발할 수 있도록 한다.

라. 제약 사항

제안하는 설계 프로젝트에서는 다음의 제약 사항을 부과하여 최소한의 요구를 만족하면서 프로젝트의 진행이 이루어질 수 있도록 한다.

- 5가지 이상의 손 모양 혹은 제스처 인식에 따른 동작 구분 가능
- 카메라를 제외한 다른 센서는 사용 불가



[그림 1] 설계 프로젝트 레이아웃

[Fig. 1] Lab. Project Layout

<표 2> 사용 부품

<Table 2> Equipments to be provided

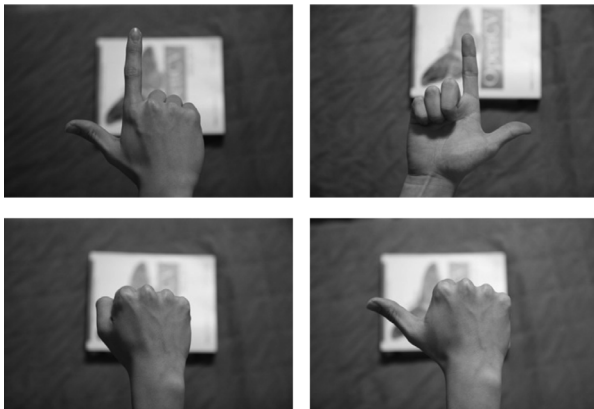
로봇	LEGO Mindstorms NXT 1.0
카메라	MS LifeCam VX-4000
블루투스 동글	Targus Bluetooth 2.0 Adapter

- 로봇의 길이는 20cm 미만으로 제작
- 주어진 기자재 및 재료만을 사용
- 조명, 손의 위치나 크기 등의 변화 고려
- 비디오 영상 신호의 해상도는 320×240 이상, 프레임율은 10fps 이상

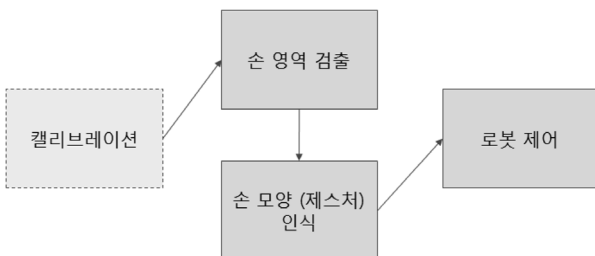
로봇 제어에 사용할 손 모양이나 제스처는 로봇의 움직임과 관련성을 갖도록 요구한다. 예를 들어, 손가락의 개수를 사용하여 전진, 후진 등을 지시하는 것 보다는 손가락의 방향에 따라 좌회전, 우회전 등의 동작을 수행할 수 있도록 제시한다. [그림 2]는 사용 가능한 패턴의 일부 예이다.

마. 시스템 구성

설계 프로젝트에서 개발할 응용프로그램의 시스템 구성도는 [그림 3]과 같다. 크게 손 영역 검출 모듈, 검출한 손 영역의 모양 혹은 제스처 인식 모듈 그리고 인식에 따른 로봇 제어 모듈로 구성된다. 이들 기본 모듈에 추가하여 조명 변화 등의 환경 변화를 보정하기 위한 캘리브레이션 모듈을 포함할 수 있다. 각 단계의 개



[그림 2] 로봇 제어 패턴
[Fig. 2] Patterns for robot control



[그림 3] 시스템 구성도
[Fig. 3] System Overview

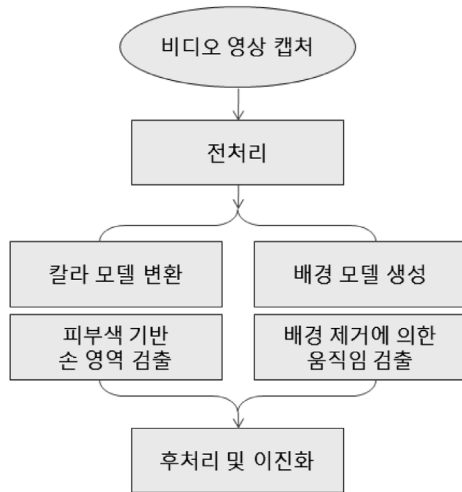
발 내용은 팀에서 자율적으로 결정하도록 한다. 이때 기존 방법들 중 두 가지 이상을 조사하여 참조하도록 요청하며 기존 방법을 동일하게 적용하는 것은 금지한다.

프로젝트를 완성하기 위해서는 다양한 프로그래밍 과정이 필요하므로 관련 프로그래밍 라이브러리의 사용이 필요하다. 본 설계 프로젝트에서는 OpenCV 라이브러리(OpenCV)에 대한 사용법을 설명하여 프로그래밍 부담은 줄이며 핵심 알고리즘의 개발에 집중할 수 있도록 하였다. OpenCV는 오픈 소스로 개발되고 있는 컴퓨터 비전용 라이브러리이다. OpenCV는 영상분석(image analysis)이나 컴퓨터 비전을 위한 주요 알고리즘과 최신 알고리즘에 대한 500개 이상의 함수들을 포함하고 있다.

1) 손 영역 검출

손 영역 검출 단계는 노이즈 제거, 칼라 모델 변환, 모폴로지, 영상 분할 등의 다양한 영상 처리 기술을 요구한다. 손 영역 검출을 위해서는 세 가지 접근 방법이 가능하다. 우선 피부색(skin color)의 검출에 기반을 둔 방식으로 사전에 정한 피부색 범위 내의 색상에 대응하는 픽셀들을 손 영역으로 추출한다. 이 방법은 조명 등의 주변 환경에 큰 영향을 받으며 얼굴 등의 피부 영역을 함께 추출할 수 있다. 두 번째 방법은 움직임 검출에 기반을 둔 방법이다. 손 영역이 움직이는 동안 움직임을 검출하여 손 영역을 분리한다. 조명 등의 환경에 따른 영향을 줄일 수 있지만 손 영역 이외의 움직이는 물체가 존재하는 경우 이를 같이 추출할 수 있다. 따라서 이 두 가지 방법을 결합하여 조금 더 향상된 검출 결과를 얻을 수 있다. 피부색 기반의 손 영역 검출은 학생들이 비교적 손쉽게 수행할 수 있지만 움직임 검출은 방대한 주제를 포함하고 있는 분야이므로 접근 방법에 대한 제시가 필요하다.

OpenCV에서는 움직임 검출을 위한 방법으로서 코드북(code book), 평균 배경에 의한 배경 제거, 평균 이동(mean-shift), 캄시프트(camshift) 등의 방법을 제공한다. 추가적으로 실시간 처리가 가능하고 비교적 안정적인 성능을 제공하는 고유배경 기반의 배경 제거 방법(N. M. Oliver & B. Rosario & A. P. Pentland, 2000)을 제공한다. 학생들은 이 들 중에서 선택이 가능하며 피부색 기반의 방법과 결합하여 성능을 개선할 수 있다. [그림 4]는 손 영역 검출을 위한 흐름도를 나타내며 [그림 5]는 손 영역을 포함하여 캡처한 화면과 손 영역 검출 단계를 수행한 후의 결과 영상이다.



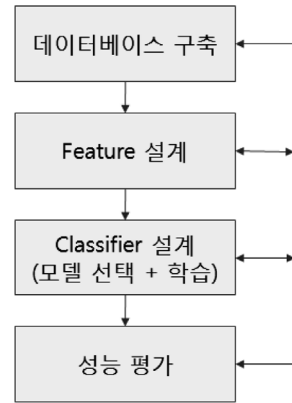
[그림 4] 손 영역 검출 흐름도
[Fig. 4] Flowchart for hand detection



[그림 5] 입력 비디오 영상 및 손 영역 검출 결과
[Fig. 5] Input video frame and hand detection result

2) 손 모양 혹은 제스처 인식

손 모양 혹은 제스처 인식은 패턴인식에 해당하며 패턴인식의 4가지 문제 유형 중에서 분류(classification)에 속한다. 분류를 위한 패턴 인식은 크게 두 개의 단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 인식할 패턴에 대한 특징(feature) 설계 단계이고 다음은 주어진 패턴에 대한 부류(class)를 결정하는 분류(classification) 단계이다. 사용 가능한 특징은 범용적으로 널리 사용되고 있는 것들 중에서 선택하거나 응용에 적합한 것을 새롭게 고안하여 사용할 수 있다. 손 모양이나 제스처 인식을 위한 특징은 주로 영역의 모양이나 외부적인 특성을 반영할 수 있는 것이 유용하다. 이와 관련된 특징에는 모양 코드(shape code), 시그니처(signature), 푸리에 서술자(Fourier descriptor), 조밀도(compactness ratio), 모멘트(moments) 등이 존재한다. 분류를 위한 접근 방법은 템플릿 정합법(template matching)이나 인식기(classifier)의 선택 및 훈련을 통한 통계적 접근법이나 신경망 접근법(neural network)이 가능하다. OpenCV



[그림 6] 인식 단계 흐름도
[Fig. 6] Flowchart for a recognition step

에서는 템플릿 정합, 베이시언 분류기, 신경망, SVM 등의 다양한 인식기를 제공한다. 인식기에 대한 새로운 개발은 매우 어려우므로 이 단계에서는 양질의 데이터베이스를 구축하고 이를 통해 유용한 특징을 설계하는 것이 매우 중요하다. [그림 6]은 인식 과정의 흐름도이다. 각 단계는 피드백 단계를 포함한다. 현 단계에서의 낮은 성능을 이전 단계의 재개선을 통해 보완한다.

3) 로봇 제어

손 영역 검출과 인식 과정은 컴퓨터에서 이루어지고 그 결과에 따라 로봇의 동작을 제어하는 명령어를 생성하여 로봇으로 전달한다. 컴퓨터와 로봇 사이의 정보 전달은 블루투스를 통해 이루어진다. 로봇 제어를 위한 블루투스 프로그램은 NXT C++ communication library (Bluetooth)를 사용한다. 이 라이브러리는 몇 가지의 샘플 예제를 제공하여 처음 사용자도 쉽게 라이브러리를 사용할 수 있다.

기술하는 설계 프로젝트에서 로봇은 컴퓨터에서 처리한 결과에 대한 확인을 위한 용도에 지나지 않는다. 로봇은 전달된 명령에 따라 해당 방향으로 이동하는 단순한 동작만을 수행하여 센서의 보정이나 속도에 따른 성능 차이가 없기 때문에 로봇 제어를 위한 처리 과정이 거의 발생하지 않는다. 이로 인해 로봇의 사용으로 인한 노이즈의 발생이 거의 없는 편이다. 하지만 컴퓨터 모니터를 통한 정적인 결과 확인을 벗어나 로봇의 움직임을 제어함으로써 응용프로그램의 실행 단계에서 다양한 재미 요소를 추가할 수 있으며 이로 인해 학생들의 흥미를 유발하여 수업의 효율을 높일 수 있다.

4) 캘리브레이션

로봇의 성능을 시연하는 장소는 학생들의 개발 장소

와는 다를 수 있다. 이런 공간의 차이에 의해 환경의 변화가 발생하며 이로 인해 개발 당시의 파라미터에 대한 보정 과정이 필요하게 된다. 예를 들어 손 영역 검출을 위해 피부색을 사용하는 경우 조명 변화로 인해 개발 당시의 피부색과 시연할 때의 피부색에 차이가 발생할 수 있다. 이와 같은 환경의 차이를 극복하기 위해서는 최종 시연을 위한 환경에 대한 적응력이 필요하다. 이를 위해 캘리브레이션 단계에서는 로봇의 시연에 앞서 피부색에 대한 재설정 등의 보정을 실시할 수 있다.

바. 프로젝트 평가 방법

개발한 프로젝트에 대해서는 두 가지 방식으로 평가를 실시한다. 우선 팀에서 자율적으로 정한 패턴에 대한 인식 성능을 확인한다. 이를 위해서는 팀 구성원과는 무관한 제3자를 선발한다. 제3자를 사용하는 이유는 개발된 방법론의 일반화 성능을 파악하기 위해서이다. 개발 과정에서는 다양한 어려움이 발생하는데 각 팀에서는 이를 해결하기 보다는 회피하기 위해 개발 요소 혹은 사용 환경에 대해 제한을 가할 수 있다. 이런 제한이 증가할수록 방법론의 일반화 능력은 낮아진다. 예를 들어, 템플릿 정합의 쉬운 적용을 위해 손의 크기를 일정하게 유지하도록 카메라에서 손의 거리를 항상 일정하게 유지할 수는 있지만 이로 인해 사용자의 위치에 따른 일반화 능력은 감소할 수밖에 없다. 제3자에 의한 시행은 개발팀에서 가정했던 이런 암시적인 요소들을 배제할 수 있다.

두 번째 평가는 팀별 경진대회이다. 경진대회는 로봇 주행 경기로 진행한다. 정해진 경기장에서 장애물을 모두 통과하여 빠르게 목적지에 도착하는 경기이다([그림 1] 참조). 로봇은 개발 팀에서 제어한다. 팀의 수에 따라 리그 방식이나 토너먼트 방식 중에 하나를 선택할 수 있다. 1, 2, 3등 팀에 대해서는 추가적인 점수를 제공하여 경기의 박진감을 높일 수 있다. 팀별 최초 시도에서는 목적지까지의 도착 시간을 측정하여 평가에 사용한다. 경진대회의 승패는 다양한 요소에 의해 결정될 수 있다. 하지만 주로 영상처리 속도나 인식 알고리즘의 정확도가 크게 작용한다. 로봇의 속도나 이동 경로 등의 요소들이 영향을 줄 수 있지만 그 효과는 크지 않다. 로봇이 빠르면 위치 제어가 어려워 경로 이동이 원활하지 않으며 다수개의 장애물을 반드시 통과해야 하지만 경기장의 크기가 크지 않으므로 이동 경로에 따른 시간 차이는 크게 발생하지 않는다. 따라서 경진대회를 통해 주로 확인하는 내용도 알고리즘의 우수성과 적절성이며 본 프로젝트의 목적인 알고리즘에 대한 집중 학습과 부합한다.

IV. 프로젝트 운영 평가

프로젝트 운영에 대한 평가는 프로젝트 평가 종료 직후에 수강생들을 대상으로 실시하였다. 수업에 참여한 총 23명 중에서 18명이 응답하여 78.3%가 설문문에 참여하였고 무기명으로 실시하였다.

<표 3>은 설문 결과에 대한 통계 자료이다. 문항 및 보기는 부록의 설문지를 참조하라. 이를 요약하면 수업에 참여한 학생은 모두 컴퓨터공학을 전공하는 학생이며 23명 중에서 3학년은 14명(60.9%), 4학년은 9명(39.1%)이다. 영상처리 및 패턴인식에 대한 사전지식 정도에 대해서는 61.1%가 전혀 사전 지식이 없는 것으로, 27.8%는 영상처리 이론을 일부 공부한 것으로 조사되었다. 설계 프로젝트의 수행이 이론 학습에 도움이 된 정도에 대해서는 모든 학생(100%)이 조금 혹은 큰 도움이 된 것으로 응답하였다. Mindstorms의 사용이 프로젝트 흥미 유발에 도움이 된 정도에 대해서는 83.3%의 학생이 조금 혹은 큰 도움이 된 것으로 응답하였으며 5.6%의 학생만이 도움이 되지 않는 것으로 응답하여 높은 흥미 유발이 가능한 것으로 조사되었다. Mindstorms의 사용이 프로젝트의 완성도 향상에 도움이 된 정도에 대해서는 77.8%의 학생이 조금 혹은 큰 도움이 된 것으로 응답하였다. 실습 프로젝트의 주제에 대한 Mindstorms의 사용 적절성에 대해서는 88.9%가 적절한 것으로 응답하였다. Mindstorms의 사용으로 실습 프로젝트의 난이도 향상에 대해서는 50.0%의 학생은 조금, 5.6%의 학생은 많이 높아진 것으로 응답하였으며 44.4%의 학생은 보통이거나 높아지지 않은 것으로 응답하였다. Mindstorms의 사용에서 어려움이 발생

<표 3> 학생 설문 통계

<Table 3> Statistics on student survey

보기 문항	1	2	3	4	5
1번	0.0%	11.1%	27.8%	61.1%	-
2번	77.8%	22.2%	0.0%	0.0%	0.0%
3번	50.0%	33.3%	11.1%	5.6%	0.0%
4번	50.0%	27.8%	16.7%	5.6%	0.0%
5번	88.9%	11.1%	0.0%	-	-
6번	5.6%	50.0%	27.8%	11.1%	5.6%
7번	5.6%	22.2%	16.7%	55.6%	-
8번	80.0%	13.3%	6.7%	-	-
9번	26.7%	53.3%	13.3%	0.0%	6.7%
10번	33.3%	33.3%	20.0%	13.3%	0.0%

한 요소에 대해서는 로봇 제어가 22.2%, 블루투스 프로 그래밍이 16.7%, 로봇 제작이 5.6%로 조사되었다. 설계 프로젝트의 수행을 위해 Mindstorms의 사용 여부를 본인이 결정하게 한 질문에 대해서는 80.0% 학생이 사용할 것이라는 응답을 하였고 사용하지 않을 것이라는 응답은 13.3%에 지나지 않았다. 설문의 11번 문항은 자율 기술 내용으로 2명의 학생이 블루투스 라이브러리의 개발 버전에 따른 문제점을 제기하였고 5명의 학생은 모니터에서의 단순 결과 확인에 비해 Mindstorms를 사용함으로써 흥미가 향상되고 효과가 좋았다는 내용을 작성하였다. 그 외에 추가적인 센서의 활용에 대한 제안이 있었다.

이와 같이 영상처리 관련 설계 프로젝트의 수행을 위해 Mindstorms를 사용하는 것이 대체적으로 긍정적인 것으로 조사되었다. 다만 Mindstorms의 사용으로 인해 설계 프로젝트의 난이도 높아진 것으로 조사된 것에 대해서는 사전 의도와 일부 차이가 있었다. 이는 학생들이 Mindstorms를 사용해본 경험이 전혀 없고 수업에 로봇 사용에 대한 실습 시간을 할애하지 않은 것에 기인한 것으로 판단된다. 이는 학생들이 기술한 자유 의견에서도 확인할 수 있었으며 Cliburn(Cliburn 2006)이 주장한 내용과도 일치한다. 주차별 강의 내용에 Mindstorms의 사용법을 일부 포함시켜 해결할 수 있을 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 영상처리 및 패턴인식 수업에 적합한 설계 프로젝트의 내용 및 운영 방법에 대해 제안하였다. 영상 처리 및 패턴인식 알고리즘에 대한 효과적인 교육과 학습 흥미 유발을 위해 로봇의 활용이 가능하도록 설계 프로젝트의 주제를 선택하였으며 학생들의 설문을 통해 그 효용성을 확인하였다. 로봇은 사용이 편리한 LEGO Mindstorms를 사용하였다. 설계 프로젝트의 목표는 로봇제어가 아닌 영상처리와 패턴인식에 대한 알고리즘의 학습이므로 로봇제어를 위한 기능을 최소화하여 로봇의 사용으로 인한 비예측적인 요소의 발생을 억제하였으며 효용성은 설문 결과를 통해 확인할 수 있었다. 설문 조사에서 Mindstorms의 사용으로 설계 프로젝트의 난이도가 높아졌다고 응답한 비율(55.6%)이 조금 높게 나타났는데 이는 주차별 강의 내용에 로봇 사용 방법을 전혀 포함시키지 않은 것이 원인으로 파악된다. 이는 LEGO Mindstorms의 사용에서 로봇 제어에 대한 어려움을 제기한 경우가 불과 22.2%에 지나지 않는 것으로 확인할 수 있다. 이에 대한 개선을

위해 강의 내용에 로봇 사용법을 추가하는 것이 필요할 것이다.

참고문헌

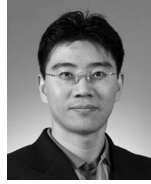
- Barnes D. J.(2002). Teaching introductory Java through LEGO Mindstorms Models. 33rd SIGCSE Technical symposium on Computer science education, 147-151
- Bluetooth, <http://www.norgesgade14.dk/bluetoothlibrary.php>
- Cliburn D.(2006). Experiences with Lego Mindstorms throughout the Undergraduate Computer Science Curriculum. 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 1-6
- Delden S. V. & Zhong W.(2008). Effective Integration of Autonomous Robots into an Introductory Computer Science Course: A Case Study. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 23(4): 10-19
- Fagin B. & Merkle L.(2003). Measuring the Effectiveness of Robots for Teaching Computer Science. 34th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, 307-311
- Ferri B. H. et al.(2009). Signal Processing Experiments with the LEGO MINDSTORMS NXT Kit for Use in Signals and Systems Courses. conference on American Control Conference, 3787-3792
- Kim S. H. & Jeon J. W.(2006). Educating C Language Using LEGO Mindstorms Robotic Invention System 2.0. Conf. on IEEE Robotics and Automation, 715-720
- Kim S. H. & Jeon J. W.(2009). Introduction for Freshmen to Embedded Systems Using LEGO Mindstorms Education, *IEEE Transactions on*, 52: 99-108
- McNally M. et al(2006). Do Lego Mindstorms have a Future in CS Education?. 37th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, 61-62
- Oliver N. M., Rosario B. & Pentland A. P.(2000). A Bayesian Computer Vision System for Modeling Human Interactions. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(8): 831-843
- OpenCV, <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>
- Parsons S. & Sklar E.(2004). Teaching AI using LEGO

Mindstorms. AAAI Spring Symposium Series Report

Stevenson D. E. & Schwarzmeier J. D.(2007). Building an Autonomous Vehicle by Integrating Lego Mindstorms and a Web Cam. 38th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, 165-169

Williams A.(2003). The Qualitative Impact of Using LEGO Mindstorms Robots to Teach Computer Engineering. Education, *IEEE Transactions on.* 46(1): 206

저 자 소 개



김성영 (Kim, Sungyoung)

2003년: 부산대 컴퓨터공학과 공학박사

2004년 3월~현재: 금오공대 컴퓨터공학부 부교수

관심분야: 영상처리, 컴퓨터 비전

Phone: 054-478-7530

Fax: 054-478-7539

E-mail: sykim@kumoh.ac.kr



황준하 (Hwang, Junha)

2002년: 부산대 컴퓨터공학과 공학박사

2002년 9월~현재: 금오공대 컴퓨터공학부 부교수

관심분야: 최적화, 기계학습

Phone: 054-478-7527

Fax: 054-478-7539

E-mail: jhhwang@kumoh.ac.kr

[부록-설문지]

1. 수업 이전에 영상처리 및 패턴인식에 대해 얼마나 사전 지식이 있었나요?
 - ① 영상처리 관련 수업을 이전에 수강하였다.
 - ② 영상처리 관련 프로젝트를 수행하거나 경진대회에 참가하였다.
 - ③ 일부 영상처리 관련 이론을 공부하였다.
 - ④ 없다.
2. 설계 프로젝트 제작이 영상처리 및 패턴인식의 이론 학습에 도움이 되었나요?
 - ① 큰 도움이 되었다.
 - ② 조금 도움이 되었다.
 - ③ 보통이다.
 - ④ 도움이 되지 않았다.
 - ⑤ 전혀 도움이 되지 않았다.
3. Mindstorms NXT의 사용이 설계 프로젝트의 흥미 유발에 도움이 되었나요?
 - ① 큰 도움이 되었다.
 - ② 조금 도움이 되었다.
 - ③ 보통이다.
 - ④ 도움이 되지 않았다.
 - ⑤ 전혀 도움이 되지 않았다.
4. Mindstorms NXT의 사용이 설계 프로젝트의 완성도 향상에 도움이 되었나요?
 - ① 큰 도움이 되었다.
 - ② 조금 도움이 되었다.
 - ③ 보통이다.
 - ④ 도움이 되지 않았다.
 - ⑤ 전혀 도움이 되지 않았다.
5. 설계 프로젝트의 주제에 대해 Mindstorms NXT의 사용이 적절하였나요?
 - ① 적절하다.
 - ② 보통이다.
 - ③ 부적절하다.
6. Mindstorms NXT의 사용으로 인해 설계 프로젝트의 난이도가 높아졌다고 생각하나요?
 - ① 매우 높아졌다.
 - ② 조금 높아졌다.
 - ③ 보통이다.
 - ④ 높아지지 않았다.
 - ⑤ 전혀 높아지지 않았다.
7. 설계 프로젝트의 수행 단계에서 Mindstorms NXT의 사용에 어려움이 있었나요?
 - ① 로봇 제작에 어려움이 있었다.
 - ② 로봇 제어에 어려움이 있었다.
 - ③ Bluetooth 프로그래밍에 어려움이 있었다.
 - ④ 없다.
8. 설계 프로젝트의 수행을 위해 Mindstorms NXT의 사용 여부를 본인이 결정할 수 있다면 어떻게 하겠습니까?
 - ① Mindstorms NXT를 사용할 것이다.
 - ② Mindstorms NXT를 사용하지 않을 것이다.
 - ③ 모르겠다.
9. 영상처리 및 패턴인식의 수업을 위해 Mindstorms NXT를 사용하는 것을 추천하겠습니까?
 - ① 매우 추천한다.
 - ② 추천한다.
 - ③ 보통이다.
 - ④ 추천하지 않는다.
 - ⑤ 전혀 추천하지 않는다.
10. Mindstorms NXT의 사용이 영상처리 및 패턴인식의 이론 수업에도 효과적일까요?
 - ① 매우 효과적일 것이다.
 - ② 조금 효과적일 것이다.
 - ③ 보통이다.
 - ④ 별로 효과적이지 않을 것이다.
 - ⑤ 전혀 효과적이지 않을 것이다.
11. 영상처리 및 패턴인식 수업에 Mindstorms NXT를 사용하는 것과 관련하여 이야기하고 싶은 내용이 있으면 모두 기술해 주십시오.