

2019년 2학기 공학프로젝트기획 보고서 (캡스톤디자인 제안서)

<영상 처리를 통한 실내 혼잡도 측정>

- 과목명: 공학프로젝트기획
- 과목 담당교수: 이강
- 제출일: 2019년 12월 3일
- 프로젝트 팀원명단:

| 설계 프로젝트 팀원명 | 학번 | 캡스톤디자인 지속 참여 확인 (공프기와 동일주제로 캡스톤디자인을 향후 신청할 것을 O로 표기) | 개인별 확인 서명 |
|-------------|----------|---|--------------|
| 이경민 | 21500463 | O | |
| 최우석 | 21500740 | O | |
| 이윤선 | 21700551 | O | |

- 지도교수명: 이강

위 학생들이 위 표기와 같이 동일주제로 캡스톤설계2의 지속참여 여부를 확인합니다.

지도교수 서명:

설계 요약서

| | | | | | | |
|---|--|------|-----------|------------------|----------|----|
| 과목명(Course Subject) | 공학 프로젝트 기획 | | | 연도/학기 | 2019/2 | |
| 설계주제 (Title) | 영상분석을 통한 실내 혼잡도 측정 | | | | | |
| 검색어 (Keywords) | 라즈베리파이, 사람 계수, 혼잡도 | | | | | |
| 설계팀원명단 | 이경민, 최우석, 이윤선 | | | | | |
| 지도교수,산업체자문위원(Advisor) | 이강, 성원용(테크노니아) | | | | | |
| 설계 기간(Period) | 2019. 6. 26 ~ 2019. 11. 30 | | | | | |
| 설계문제의 정의 (Problem Statement) | 기존의 출입문에서의 계수 방식은 적외선 센서나 초음파 센서를 사용한 방식으로, 둘이상의 사람이동시에 통과할 경우 이를 제대로 구분하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 이미지를 분석하는 방식을 사용하여 출입문을 드나드는 사람을 정확히 계수하고자 한다. | | | | | |
| 설계요소(Design Elements) (해당요소에 O표) | 목표설정 | 분석 | 개념 및 상세설계 | 구현 및 제작 | 시험 및 평가 | 기타 |
| | O | O | O | | O | |
| 제한조건 (Constraints) (해당요소에 O표) | 개발환경 | 운영환경 | 제작비용 및 기간 | 미적요소 (사용자 인터페이스) | 사회 및 윤리성 | 기타 |
| | O | O | O | | O | |
| 최종 설계 사출물 (deliberables) | 출입문의 천장에 부착되어 출입문을 지나다니는 사람의 이동방향을 감지해 각 실내에 현재 존재하는 사람의 수를 실시간으로 계수하고, 이를 외부로 송신해 사용자에게 실내에 존재하는 사람의 수를 알려주는 임베디드 시스템(Raspberry pi) | | | | | |
| 설계 결과의 요약 (Extended Abstract) (약 200자 이내) | 본 설계의 최종적인 목적은 실내 혼잡도의 측정이다. 설계 상의 임베디드 시스템은 실내 혼잡도를 측정하기 위해 출입문에 카메라를 설치하여 공간 상에 오고 가는 사람의 수를 측정하는 기능을 지니고 있다. 또한 이미지 데이터를 실시간으로 수집하여 추가 장치들을 가용하지 않고 작동해야 한다는 제약을 지닌다. | | | | | |

[영문요약]

Design Summary

Date:

| | | | |
|---------------------------|---|---------------|--------|
| Course Name | Engineering project planning | Year/Semester | 2019/2 |
| Design Title | Indoor congestion analysis by image processing | | |
| Designers | Woo-Seok Choi, Kyung-Min Lee, Yoon-Sun Lee | | |
| Advisor | Kang-Yi, Won-Yong Sung | | |
| Design Problem Definition | In the conventional door counting methods are using an infrared sensor or an ultrasonic sensor. However, when two or more people pass the same time, sensors have some problem in distinguish people. Therefore, we want to use camera to count people. | | |
| Design Objectives | <ul style="list-style-type: none">- Identifies the direction of people passing through the door- Calculates the number of people currently in the room by counting the number accurately for each direction. | | |
| Design Constraints | <ul style="list-style-type: none">- Leverage image data only.- Analyze data from low height in real time.- Additional operators are not available.- Be performed for at least eight hours. | | |
| Expected Deliverables | Embedded system that detects the movement of people passing through doors and counts the number of people currently present in each room in real time, and sends them to the outside to inform the user of the number of people present inside the room. | | |
| Abstract | The final purpose of this design is to measure indoor congestion. In order to measure indoor congestion, the embedded system in the design features a camera at the door to measure the number of people coming and going in space. The image data shall operate without the additional devices and available in real time with the limitation. | | |

1. 프로젝트 개요

1.1. 문제 정의 : Problem statement

실내의 혼잡도를 측정하기 위하여 실내에 존재하는 사람의 수를 알 필요가 있다. 이 때, 실내의 넓은 장소 모두를 확인해 혼잡도를 계산할 수 없기 때문에 출입문에서 사람의 이동방향을 확인하며 계수해 실내에 존재하는 총 사람의 수를 구한다. 기존의 출입문에서의 계수 방식은 적외선 센서나 초음파 센서를 사용한 방식으로, 둘 이상의 사람이 동시에 통과할 경우 이를 제대로 구분하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 이미지를 분석하는 방식을 사용하여 출입문을 드나드는 사람을 정확히 계수하고자 한다.

1.2. Goals and Objectives

출입문을 지나다니는 사람의 방향을 파악하고, 각 방향별로 그 수를 정확하게 계수해 현재 실내에 있는 사람의 수를 계산하는 임베디드 시스템을 개발한다. 한 번에 둘 이상의 사람이 동시에 통과할 경우에 한 명이라 세거나 그 보다 많은 수로 세지 않고, 정확히 존재하는 사람의 수를 셀 수 있어야 한다.

1.3. 최종 산출물 (Deliverables)

최종 산출물은 출입문의 천장에 부착되어 출입문을 지나다니는 사람의 이동방향을 감지해 각 방향에 따른 가감 연산을 통하여 실내에 현재 존재하는 사람의 수를 실시간으로 정확히 계수하고, 이를 외부로 송신해 사용자에게 실내에 존재하는 사람의 수를 알려주는 임베디드 시스템(Raspberry pi)이다.

1.4 Key Project Stakeholders

규모가 큰 카페나 매장의 경우, 내부의 냉난방을 직원이 직접 세밀하게 조절하는데 어려움이 따른다. 따라서, 카페나 매장의 주인이 이 프로젝트를 통해 냉난방을 보다 세밀하게 해 전력을 효율적으로 사용할 수 있도록 도울 수 있다. 그 결과, 매장을 방문하는 고객의 만족도를 높일 수 있다. 또한, 매장의 운영시간동안 지속적으로 동작되기 때문에 각 시간대 별 고객의 수 또는 특정 요일이나 특정 기간 동안의 고객의 수도 알 수 있어 전체적인 매장 관리에도 도움이 될 것으로 보인다.

1.5 . Project Requirements and Constraints

이미지를 분석하는 방식을 사용하여 출입문을 드나드는 사람을 계수하고자 하기 때문에 이미지 데이터만을 활용해야 한다는 constraints가 존재한다. 이 때, 이미지 데이터는 Raspberry pi 카메라 모듈을 활용하여 고정된 위치와 각도에서 촬영된 데이터로, 실내의 천장보다 높은 높이로 설치될 수 없기에 낮은 높이에서 얻은 데이터에서도 정확히 분석할 수 있어야 한다. 또한, 실시간으로 분석을 수행하여 실내에 존재하는 사람의 수를 오차 없이 계속 갱신해야 한다. 또한, Raspberry pi에 추가적인 연산장치는 장착할 수 없으며, 매장이 운영을 하는 동안 계속 작동되어야 하므로 적어도 8시간 이상 기능을 수행해야 한다.

2. 프로젝트 배경 정보

2.1. 기존의 유사 제품에 대한 survey

기존의 유사 제품으로는 적외선 센서를 기반으로 한 아래 <그림 1>의 원적외선 카운터센서가 있다. 이 카운터 스위치는 주로 화장실에 이용되며, 인체에서 발생하는 원적외선을 감지하여 출입자의 인원수를 카운트하는 방식을 채택해 최초 입실자에 의해 점등되고 최종 퇴실자에 의해 소등되도록 한다. 카운트 수에 제한은 없으나, 적색 신호의 깜빡임을 통해 인원을 표시해 실내에 10명이상이 존재할 경우 정확한 수를 사용자가 알 수 없다는 단점이 존재한다.

아래 <그림 2> 역시 원적외선을 이용한 카운터 센서로 <그림 1>과 동일하게 실내 조명의 점등 및 소등에 이용된다. 실내 재실 인원을 거의 정확히 계수할 수 있으나, 현재 인원의 수를 외부로 송신하지 않는다는 점에서 차이점을 가진다.



<그림 1>



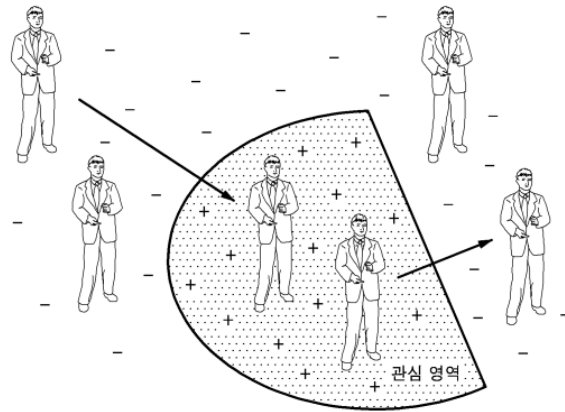
<그림 2>

2.2. 기존의 연관 논문 및 특허 survey

혼잡한 환경에서 객체를 검출하는 방법에 대해 가우시안 혼합 모델을 사용하여 연구한 기존의 논문¹이 있다. 위 논문은 계층적 객체 검출 방법을 사용하기에 본 설계의 방향과는 최종적으로 조금 차이를 보인다. 하지만 적응적 가우시안 혼합 모델을 이용하여 배경을 추출하는 데에 있어서 참고하기에 적합하였다. 본 논문의 내용에 따르면, 기본적으로 배경 화소는 하나의 화소 값을 가지며 조명의 변화나 영상 취득 장치의 잡음에 따라 약간의 변화를 보인다. 이런 배경의 값은 적응적 가우시안 확률 분포로 효과적으로 모델링 할 수 있다. 적응적 가우시안 혼합 모델은 영상의 각 화소 값을 K 개의 가우시안을 혼합한 분포로 모델링 하는데, 각 가우시안 분포들의 평균과 분산, 혼합 비율은 특정 식에 따라 학습되며 이를 통해 배경의 색 정보가 확률적으로 모델링 된다고 말한다. 객체가 움직이는 영역과 반복적인 움직임이 있는 배경 모두 픽셀 값 변화의 크기와 분산이 크다. 즉 안정적이지 않다. 따라서 시간당 변화가 threshold 이상인 유효 움직임이 얼마나 자주 나타나는 지를 학습하면 이 영역이 반복적인 움직임을 나타내는 영역인지, 객체가 많이 다니는 영역인지에 대해서 판별할 수 있다는 것을 본 논문을 통해 참고할 수 있었다.

에스케이텔레콤 주식회사의 특허 중, 통행량을 기반으로 한 적응적 사람 계수 방법 및 장치에 관한 것이 있다. 이 특허에서는 현재 프레임과 이전 프레임의 차분 영상을 검출 해 임계치 이하일 경우에는 사람의 움직임을 활용하고, 임계치를 초과했을 경우에는 사람의 머리를 기반으로 계수한다. 머리 기반의 계수의 수행결과가 좋지 않을 경우 새로운 통행량 정보를 산출하는 방식으로 진행한다. 이 특허는 현재 가상의 기준선을 통과하는 시점에 머리 윤곽을 추출해 머리 및 움직임 기반의 계수를 한다는 점에서 연관성이 있다. 아래의 <그림 3>은 에스케이텔레콤 주식회사의 특허 내용을 보여준다. 현재 우리는 출입문을 기준으로 안과 밖을 구분하는데, 특허에서는 따로 영역을 지정해준 모습을 볼 수 있었다. 또한, 특허에서는 통행량에 따라 알고리즘을 달리하는 모습을 보여 주었으나, 우리는 하나의 알고리즘을 이용하여 계수를 진행한다.

¹ 이진형, 조성원, 김재민, 정선태, “혼잡한 환경에서 적응적 가우시안 혼합 모델을 이용한 계층적 객체 검출”



<그림 3>

2.3. 관련된 전공 지식

카메라로 얻은 데이터를 통하여서 실내 혼잡도를 측정하여야 하기 때문에 우선 컴퓨터 비전과 관련된 지식이 필요하다. openCV (open source computer vision)은 실시간 컴퓨터 비전을 목적으로 한 프로그래밍 라이브러리로 우리는 이를 활용하여 프로젝트를 구현할 것이다. 컴퓨터 비전을 활용해 구현한 뒤, 라즈베리파이에서 구동해야 하므로 임베디드 시스템에 대한 이해도 필요하다. 또한, 라즈베리파이를 구동 시켜 얻은 혼잡도 정보를 서버를 통해 전송하여 사용자가 알 수 있도록 해야 하기 때문에 그와 관련된 네트워크 지식도 필요하다.

openCV는 인텔에서 만든 강력한 영상처리 라이브러리로, 기초 영상 처리에서 고급 수준의 영상처리까지 많은 양의 알고리즘이 함수로 구현되어 있다. 오픈소스로서 스펙만 맞추면 사용자의 알고리즘까지 라이브러리에 등록시킬 수 있다. 우리는 opencv를 이용해 출입문에서 사람이 지나갈 때 그를 인식해 방향을 추적하면서 계수를 할 것이다. 라즈베리파이는 기본 운영체제로 NOOBS 운영체제 설치 프로그램 및 라즈비안이 있다. 라즈비안은 리눅스를 기반으로 만들어졌기 때문에 리눅스에 대한 지식도 필요하다. 또한, 서버로 보낸 데이터를 사용자가 보기 편한 방식으로 표현해 주기 위해서는 웹페이지나 앱을 이용해 보여주는 것이 좋다. 따라서 이와 관련해 네트워크 및 웹, 앱에 대한 지식도 필요하다.

또한, 주식회사 케이에스에스이미지넥스트 사의 '적응적 배경 기반의 객체 검출 및 추적 장치 및 방법' 도 우리의 프로젝트와 연관성을 가지고 있다. 이 특허의 경우, 현재 영상 프레임을 구성하는 기준 화소와 이전 영상 프레임에서의 최소 유클리드 거리를 산출해 가중합을 구하고, 이를 이용해 현재 배경 프레임을 생성한 뒤, 프레임 간의 차분을 기초로 객체 영역을 검출해 추적하는 특허이다. 이는 이전 프레임과의 차분을 기준으로 객체 영역을 검출한다는 점에서 우리의 프로젝트와 비슷한 점을 가진다. 다만, 계수는 하지 않고 객체를 검출 및 추적만 한다는 점에서 차이가 있다.

3. Strategy and Conceptual Design

3.1. Conceptual Design

이 제품은 카메라 모듈을 탑재한 라즈베리 파이로 구성된다. 최종적으로 건물의 문이 위치한 천장에 제품을 부착하는 형식으로 작동이 된다. 최종적인 목표는 건물 내에 사람이 몇 명 존재하는지를 알아내는 것이기 때문에 건물의 출입문에 설치하는 것이 효과적이다. 건물의 내부의 경우, 한 대의 카메라가 담을 수 있는 공간의 크기가 제한적이기 때문이다.

카메라 모듈을 탑재한 라즈베리파이는 건물의 천장에 부착되어 출입하는 사람의 수를 세며 들어가는 사람을 더하고, 나가는 사람을 빼는 방식으로 현재 건물의 내부에 존재하는 사람의 수를 센다. 이를 통하여 얻은 실내에 존재하는 사람의 수를 통하여 실내의 냉방 및 난방을 섬세하게 조절할 수 있도록 한다. 또한, 일자 별로 나간 사람과 들어온 사람의 통계를 내주는 기능을 탑재해 상권 분석에도 유용하게 사용될 수 있다.

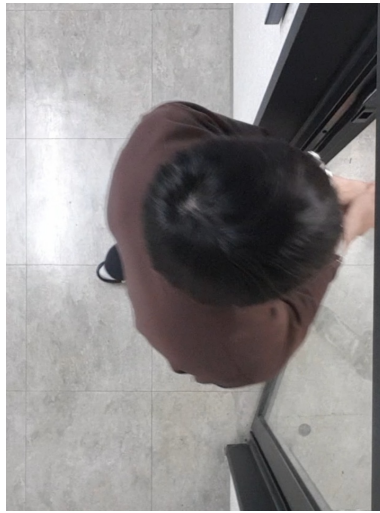
아래의 <그림 4>는 샘플 영상 촬영을 위해 라즈베리파이를 문 위에 설치한 것을 보여준다. 라즈베리파이의 카메라 모듈이 부착할 벽면과 붙어있을 경우, 벽면에 의해 화면의 상당 부분이 가려지는 것을 볼 수 있기 때문에 케이스를 활용하여 벽면이 보이지 않도록 조절하였다. 현재는 건물의 천장이 아닌 문의 위쪽에 부착하였으나, 실제 상황에서는 건물의 천장에 부착하는 만큼 조금 더 안정적으로 촬영이 가능할 것으로 예상된다. 아래의 <그림 5>는 건물의 천장에 라즈베리파이를 부착하여 촬영한 영상의 일부분을 보여준다. 현재, 설계의 편의를 위하여 복도를 촬영하였으나, 실제 상황에서는 <그림 6>과 같은 방식으로 문의 윗부분에 부착된다.



<그림 4>



<그림 5>



<그림 6>

본 설계에서는 위를 구현하기 위해 아래와 같은 영상처리 기법을 사용하여 접근하였다.

1)배경 추출 -> 2)객체 추적 -> 3)방향 판별

1. 배경 분리 기법을 통해 영상의 전/배경을 분리한다. 이를 위해 픽셀 데이터의 분포 특성을 분석하여 프레임에 대한 평균적인 배경 값을 지속적으로 연산해야 한다. 본 논문에서는 각 픽셀 데이터의 확률 모델로서 복수 개의 가우시안 분포들의 합으로 확률분포를 계산하는 가우시안 혼합 모델을 사용하였다. 전/배경 분리 후에는 일정 크기 이상으로 분류된 전경을 사람의 머리 부분으로 인지하여 객체로 판별한다. 객체를 판별한 후에는 주어진 영상을 이진화하여 전경과 배경을 구분한다.

2. 판별된 객체를 지속적으로 추적하기 위해서 색체 기반의 무게 중심을 찾는 방법을 사용한다. 각 객체의 중심을 설정한 뒤 다음 프레임에서는 기존에 설정된 중심을 기점으로 주변 반경을 탐색하여 변경된 색체 무게 중심을 찾아내서 따라가는 방식이다. 전경과 배경이 이진화되어 구분되어 있기에 전경에 해당하는 이진화 영상이 명확히 구분되어 있다면 추적에 크게 어려움을 주는 요소가 없다.
3. 추적에 실패하지 않고 객체를 지속적으로 따라간다면 프레임 상 객체의 y좌표를 매 프레임마다 구할 수 있다. 구한 y좌표를 기반으로 객체가 주어진 영상 프레임 내에서 위로 혹은 밑으로 이동하는 지를 판별할 수 있다. 판별된 객체가 프레임의 중간 부분을 지나 끝 부분까지 도달한다면 객체가 완전히 이동을 마쳤다고 판단하여 추적을 그만둘 수 있다.

3.2. Proof of Concept (*feasibility study*)

일반적으로 건물의 내부에 카메라를 설치해 실내 전체를 파악하기 위해서는 카메라가 여러 대 부착되어야 한다. 또한, 건물의 내부에 카메라를 설치하여 혼잡도를 측정하기 위해서는 사람이 계속 움직여 차 영상에서 구분해 낼 수 있어야 하거나 딥러닝 방식을 이용하여 사람을 구분해 내야 한다는 단점이 있다. 하지만, 사람은 계속 움직일 수 없고, 매장 내에서 움직이는 것에는 사람만 있는 것이 아니라 여러 물체도 있을 수 있기 때문에 적절하지 못하다. 딥 러닝을 이용하는 방식의 경우 처리해야 할 양이 많고, 여러 대의 카메라에서 겹치는 부분을 또 제외해 주어야 하는 등의 작업을 해 주어야 하기에 더 어려운 방식이 될 수 있다. 따라서, 출입문의 위쪽 부분에 카메라를 설치하여 나가는 방향의 사람과 들어오는 사람의 방향을 확인하고, 각 방향에 따른 사람을 세어주어 실내에 있는 총 사람을 계산하는 방식을 채택하였다.

라즈베리파이의 가격은 제로 버전을 제외할 경우, 개당 \$25~\$55로, 일반적인 컴퓨터에 비해 훨씬 저렴하다. 또한, 케이스의 경우 개당 가격이 10000원 정도로 형성되어 있고, 카메라 모듈의 경우도 마찬가지로 10000원 내에서 구할 수 있다. 이는 컴퓨터에 비해 매우 저렴한 비용으로, 컴퓨터를 구입하고, 카메라를 구입해 설치한 뒤, 그 카메라로부터 데이터를 받아와 계산하는 것보다 훨씬 합리적임을 알 수 있다. 또한, 라즈베리파이 재단에서 공개한 스펙에 기재된 라즈베리 파이의 소비전력은 IDLE 2.295W, MAX 5.661W로, 이를 토대로 전기요금을 계산해보면, 라즈베리파이 1대를 24시간동안 최고 구간의 전

력을 소비하도록 구동 시켜도 한 달에 527원의 전기요금이 추가될 뿐인 것을 알 수 있다. 따라서, 초기에 설치를 한 뒤에는 유지 비용에 큰 신경을 쓰지 않아도 된다. 하지만, LG 전자의 실험 결과에 따르면, 에어컨의 온도를 하루에 2도 올릴 경우 24시간 기준 574원의 전기료가 절약된다고 한다. 따라서, 이 프로젝트의 결과물을 통하여 실내의 냉방 및 난방을 세밀하게 조절한다면, 전기료에서 이익을 볼 수 있다. 또한, 하루에 방문하는 고객의 수 뿐 아니라 시간대 별 고객의 수도 파악해 매장 관리 계획을 세우는데 도움을 받을 수 있다.

4. Individual Project Assignments

4.1. List of Tasks

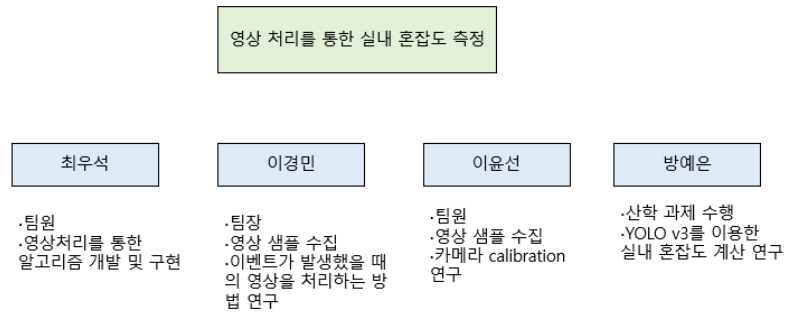
본 프로젝트를 위해서, 출입문에서의 본격적인 계수를 진행하기 전 보다 쉬운 복도나 문이 존재하지 않는 장소에서의 계수를 진행하여야 한다. 또한, 한정된 장소가 아닌 다양한 장소에서 적용되어야 하므로, 장소의 제약을 받지 않는 영상의 샘플을 구해 그를 토대로 계수를 진행하여야 한다. 따라서, 건물의 복도, 출입구 등에서 영상을 촬영해 샘플을 구하는 것이 첫 번째로 할 일이다. 이를 통해 얻은 영상을 통하여 알고리즘을 개발해 pc 상에서 구현이 될 수 있도록 한다. 어느 정도 구현이 되었을 경우, 라즈베리파이에서 동작하는지를 보고, 실시간으로 처리가 가능하도록 영상의 화질 및 프레임 수를 조정해 샘플을 다시 얻는 과정을 거친다. 현재, 일반적인 천장의 높이 보다 높은 곳에서 촬영된 복도나 문의 움직임이 없는 장소에서의 영상을 통하여 계수를 하는 부분은 구현이 된 상태이다.

앞으로 해야 할 일을 나열해 보면, 이벤트가 일어났을 때, 즉 사람이 지나다니는 경우에만 영상을 촬영해 라즈베리파이가 수행하여야 할 연산량을 줄여 실시간으로 처리를 더욱 더 용이하게 하는 프로그램의 개발, 실제 환경에서 촬영된 샘플 영상의 수집, 실제 환경에서 촬영된 샘플 영상을 통한 알고리즘의 개선, 서버로 전송해 pc나 모바일 상에서의 데이터 확인이 있다고 할 수 있다. 또한, 설치 과정에서 알고리즘의 동작에 필요한 여러 파라미터를 자동적으로 계산하는데 필요한 방법의 개발 또한 진행하여야 할 일이다.

4.2 Team Organization Charts

현재, 프로젝트를 진행하는 팀원은 4명으로, 그 중 공학프로젝트 기획을 수강 중인 사람은 팀장인 이경민과 팀원인 최우석, 이윤선으로 구성된 3명이다. 그 외 1명인 방예은의 경우, 공학프로젝트기획의 수업이 아닌, 산학 과제로써 함께 프로젝트를 진행하고

있다. <그림 7>은 팀의 구성을 보여주고 있다.



<그림 7>

4.3 Individual Responsibilities

위의 4.2의 <그림 7>에서 팀의 구성과 각각이 맡은 역할을 기술하였다. 최우석의 경우, 팀원으로 영상처리를 통해 사람의 이동방향을 확인한 뒤 계수하는 알고리즘을 개발하고 구현하는 작업을 진행하였다. 이경민의 경우, 팀장을 맡고 있으며 최우석이 프로그램을 테스트하는데 필요한 영상 샘플을 수집하는 일과, 실시간 처리를 위해 처리할 영상의 크기를 줄이기 위한 방법을 연구하였다. 이윤선의 경우 이경민과 함께 영상 샘플을 수집하고, 설치 시 불편함을 감소시키기 위한 카메라의 calibration과 관련된 방법을 연구하였다. 마지막으로, 방예은의 경우 산학으로 함께 프로젝트를 수행하며, YOLO v3를 이용해 실내에서 카메라를 통해 얻은 이미지를 이용하여 실내에 존재하는 사람을 세는 방식과 관련한 연구를 진행하였다.

5. Budgets and Resources

5.1. 구현 및 실험에 예상되는 소요 부품 리스트

우선, 모든 과정이 임베디드 보드 (raspberry pi) 상에서 구현되기 때문에 라즈베리파이 보드가 필요하다. 아래의 <그림 8>은 라즈베리파이 보드의 모습을 보여준다.



<그림 8>

또한, 라즈베리 파이 상에서의 촬영을 위해 라즈베리파이 카메라 모듈도 필요하다. 아래의 <그림 9>는 라즈베리파이의 카메라 모듈의 모습을 보여준다.



<그림 9>

그 외에 필요한 부품으로는 라즈베리파이 케이스 등이 있다.

5.2. 프로젝트 수행에 필요한 예산 내역

라즈베리파이의 경우 현재 라즈베리파이4 까지 나와있고, 가장 성능이 좋은 것으로 구매하게 될 경우 \$55의 가격을 가진다. 라즈베리파이의 카메라 모듈의 경우 가격대가 다르지만, 우리가 진행할 프로젝트의 경우 높은 화질의 영상을 필요로 하지 않기 때문에 약 10000원 정도의 가격대를 가지는 카메라 모듈을 사용하고, 특성상 고장이 날 수 있기에 여분으로 2-3개 정도 구입하여야 한다. 라즈베리파이의 경우 발열이 심하기에 방열기능이 내장된 카메라를 구입할 필요가 있다. 이는 약 20000원 정도의 비용이 발생한다. 그 외에는 따로 크게 프로젝트를 위해 필요한 것이 없다. 또한, 케이스의 경우 실제 상황에서는 자체 제작한 제품을 사용할 예정 중에 있다.

6. 부록

6.1. 인용 자료 및 참고 문헌

<참고 자료>

- 1) 화장실카운터센서 전등스위치 입출카운터센서 센서스위치
http://m.blog.daum.net/_blog/_m/articleView.do?blogid=0ZoEL&artid=80
- 2) 센서 스위치 사진 자료
<http://botem.ezshosting.com/sub2/menu1.php>
- 3) 라즈베리파이의 소비전력 측정
<https://geeksvoyage.com/raspberry%20pi/power-consumption-for-pi/>
- 4) 전력 소모 관련 기사
https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2018/08/03/2018080302008.html

<참고 논문>

- [1]이진형, 조성원, 김재민, 정선태, "혼잡한 환경에서 적응적 가우시안 혼합 모델을 이용한 계층적 객체 검출" 한국지능시스템학회논문지(Journal of Korean institute of intelligent systems), Vol.18 No.3 [2008]
- [2] 정동길 ,강동구 ,나종범 ,양유경, "Mean-Shift의 색 수렴성과 모양 기반의 재조정을 이용한 실시간 머리 추적 알고리즘," 電子工學會論文誌-SP (Signal processing)(Journal of the institute of electronics engineers of Korea), Vol.42 No.6 [2005]

6.2 실험 데이터, 수식 전개, 증명 등 세부 기술적인 사항들

| | Accuracy | Recall | Precision |
|---|----------|--------|-----------|
| 1 | 100% | 100% | 100% |
| 2 | 100% | 100% | 100% |
| 3 | 100% | 100% | 100% |
| 4 | 100% | 100% | 100% |
| 5 | 83% | 95% | 87% |
| 6 | 87% | 93% | 93% |
| 7 | 85% | 86% | 100% |
| 8 | 95% | 95% | 100% |

Accuracy는 정확도, Recall은 객체 검출율, Precision은 검출한 것의 정확도를 의미한다. 영상 샘플(5,6,7,8)은 일상적인 상황에서 거의 나타나지 않을 법한 어려운 난이도의 상황(여러 명이 동시에 출입문을 통과하는 경우, 환경이 수시로 변화하는 경우)에 대해 가정하였기에 정확도가 다소 낮게 나타났다. 샘플 상에서 사람이 지나갈 때 검출하지 못하는 경우는 나타났지만 사람이 아닌 객체를 잘못하여 인식하는 경우는 거의 나타나지 않았다.

6.3 기타 첨부자료
없음.