



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

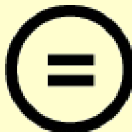
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

# PLC제어 기반의 자동 입체 카메라 리그



부경대학교 대학원

전자공학과

안 성 모

공학석사 학위논문

# PLC제어 기반의 자동 입체 카메라 리그

지도교수 정 완 영

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2013년 2월

부경대학교 대학원

전자공학과

안 성 모

안성모의 공학석사 학위논문을 인준함.

2013년 2월 22일



주심 공학박사 문 광 석 (인)

위원 공학박사 최 혁 환 (인)

위원 공학박사 정 완 영 (인)

# 목 차

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| 그림 목 차 .....                           | VI    |
| 표 목 차 .....                            | VII   |
| Abstract .....                         | VIII  |
| <br>I. 서 론 .....                       | <br>1 |
| 1.1. 연구 배경 .....                       | 1     |
| 1.2. 관련 연구 동향 .....                    | 3     |
| 1.2.1. 국내·외 관련 기술 .....                | 3     |
| 1.2.2. 국내·외 기존 입체 카메라 리그와의 차이점 .....   | 5     |
| 1.3. 연구의 목적 및 필요성 .....                | 6     |
| II. 입체 영상 기술 .....                     | 7     |
| 2.1. 입체감 구현 원리 .....                   | 7     |
| 2.2.1. 양안에 의한 입체감 .....                | 7     |
| 2.2.2. 단안에 의한 입체감 .....                | 7     |
| 2.2. 입체영상 촬영을 위한 카메라 리그의 종류 .....      | 9     |
| 2.2.1. 수평식 카메라 리그 .....                | 10    |
| 2.2.2. 직교식 카메라 리그 .....                | 10    |
| 2.3. 입체영상 촬영요소 .....                   | 11    |
| 2.3.1. 축간거리(Interaxial Distance) ..... | 11    |
| 2.3.2. 영점(Convergence Point) .....     | 12    |
| 2.3.3. 시차(Parallax) .....              | 13    |
| III. 자동 입체 카메라 리그설계 및 제작 .....         | 14    |
| 3.1. 수평식 입체 카메라 리그 .....               | 16    |
| 3.1.1 Motorized Stage .....            | 16    |
| 3.1.2 입체 카메라 리그 설계 .....               | 20    |
| 3.2. PLC 기반의 제어박스 .....                | 23    |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 3.2.1 Programable Logic Controller ..... | 26 |
| 3.2.2 모터드라이버 .....                       | 28 |
| 3.2.3 터치판넬 .....                         | 29 |
| IV. 실험 및 결과 .....                        | 30 |
| 4.1 자동 입체카메라 리그 제작 .....                 | 31 |
| 4.2 자동 리그 시스템 제어 프로그램 개발 .....           | 34 |
| 4.2.1 PLC 제어 프로그램 .....                  | 34 |
| 4.2.2 터치판넬 프로그램 .....                    | 38 |
| V. 결 론 .....                             | 43 |
| VI. 참고 문헌 .....                          | 44 |
| VII. 부 록 .....                           | 47 |
| 7.1 PLC 프로그램 .....                       | 47 |



## 그 립 목 차

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 그림 1.1. 국내 3DTV 시장규모 전망 .....                   | 1  |
| 그림 1.2. 국외 입체 카메라 리그 .....                      | 4  |
| 그림 1.3. 국내 입체 카메라 리그 .....                      | 4  |
| 그림 2.1. 카메라 리그에 따른 촬영원리 .....                   | 9  |
| 그림 3.1. 자동 입체 카메라 리그 설계 .....                   | 14 |
| 그림 3.2. 축간거리 제어를 위한 Long Stage .....            | 17 |
| 그림 3.3. 주시각 제어를 위한 Rotation Stage .....         | 18 |
| 그림 3.4. Alignment 제어를 위한 Goniometer Stage ..... | 19 |
| 그림 3.5. 스텝 모터 구동 방식 .....                       | 20 |
| 그림 3.6. 입체 카메라 리그 설계 .....                      | 21 |
| 그림 3.7. 제어박스 구성 및 신호흐름 .....                    | 23 |
| 그림 3.8. 모터& 모터드라이버 결선도 .....                    | 25 |
| 그림 3.9. PLC 프로그램 1Scan 처리 .....                 | 27 |
| 그림 4.1. 수평식 입체 카메라 리그 .....                     | 30 |
| 그림 4.2. 제어박스 .....                              | 32 |
| 그림 4.3. PLC 기반의 자동 입체 카메라 리그 .....              | 33 |
| 그림 4.4. PLC 프로그램 흐름 .....                       | 34 |
| 그림 4.5. 피사체 거리 계산법 .....                        | 36 |
| 그림 4.6. 영점 제어각도 계산법 .....                       | 37 |
| 그림 4.7. 터치판넬 프로그램 구성 .....                      | 38 |
| 그림 4.8. 터치판넬 프로그램 .....                         | 40 |
| 그림 7.1. 연산처리 프로그램 .....                         | 47 |
| 그림 7.2. 모터 축 정보저장 프로그램 .....                    | 48 |
| 그림 7.3. 모터 제어 프로그램 .....                        | 48 |
| 그림 7.4. 원점복귀 프로그램 .....                         | 49 |
| 그림 7.5. 에러리셋 프로그램 .....                         | 50 |

## 표 목 차

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 표 3.1. 입체 카메라 리그 사양 .....        | 22 |
| 표 3.2. PLC 모듈 사양 .....           | 28 |
| 표 3.3. 모터드라이버 & 터치판넬 사양 .....    | 29 |
| 표 3.4. 기존 입체 카메라 리그와의 특징비교 ..... | 42 |





# Automatic Stereoscopic Camera Rig Based on PLC Control

Seong Mo An

Department of Electronic Engineering, The Graduate School,  
Pukyong National University

## Abstract

Two cameras and stereoscopic camera rig are required to capture the stereoscopic image. Interaxial distance and alignment are two of the most important factors in the shooting of stereoscopic image. However, it is time consuming and low accuracy to control the Interaxial distance and alignment by using manual 3D camera rig. This is because when the Interaxial distance and alignment of the image are not controlled accurately, a complicated and longer handling time are required for editing operation. This results in a low quality final 3d image. To overcome these defects, automatic camera rig has been developed but the current automatic camera rig only focus on the simple movement.

Hence, In this paper, a automatic stereoscopic camera rig system based on PLC(Programable Logic Controller) control has been designed to create a Stereoscopic image according to shooting environment. Automatic System of Stereoscopic Camera Rig consists of horizontal 3D camera rig and a Control Box. Horizontal 3D camera rig is designed using hardware components like 'Long Stage', 'Goniometer Stage' and 'Rotation Stage' while Control Box is designed using PLC, Motor Driver and Touch Panel to control the designed horizontal 3D camera rig automatically. Various experiments are performed in order to demonstrate the effectiveness of stereoscopic 3D shooting using the designed

automatic stereoscopic camera rig system. The stereoscopic image can be captured by any public user with the designed automatic stereoscopic camera rig system in an efficient way without any severe visual problem.



# I. 서 론

## 1.1 연구배경

2010년 전 세계적으로 340만대에 달하던 3DTV 판매대수가 지속적으로 성장하여 2014년에는 약 3,500만대가 보급될 것으로 전망되고 있다 [1]. 그림 1.1의 한국전자통신연구원의 조사에 따르면 국내 3DTV 시장규모역시 2011년 이후 꾸준히 증가 할 것으로 전망하고 있다[2].

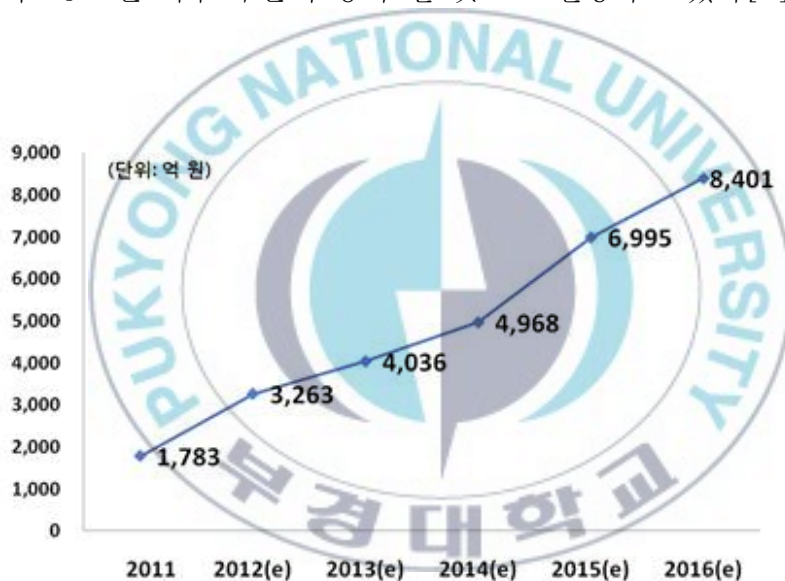


그림 1.1. 국내 3DTV 시장규모 전망

현재 3DTV 가격이 HDTV 가격과 차이가 거의 사라진 상태이며, 3D 입체영화를 가정에서 시청하고자 하는 수요로 인하여 3DTV 보급률과 구매가 2011년 이후 급격히 증가하고 있지만 실질적인 입체영상 제작에서는 아바타의 세계적인 성공 이후 국내에서도 3D 입체영상 제작 붐이 발생했

지만, 실제 제작으로 이어진 사례는 매우 희소하고 기대만큼 입체영상 제작에 대한 투자가 증가하지 않고 있다[3-4]. 현재 국내 입체영상의 제작 사례는 총 7개(나탈리, 못, 사비의 꽃, 런, 7광구, 뎃, 미스터 고)에 불과하며 입체 촬영 방식이 아닌 3D 컨버팅 방식으로 아직 진정한 입체영상의 국내 제작이 시작되었다고 보기 어려운 상황이다. 국내 입체영상 제작의 부진은 3D 스크린 보급 지연, 3D 입체영상 제작 방식에 대한 노하우 부족, 엄청난 제작비 발생으로 적극적인 추진을 꺼려하고 있다. 특히 입체영화는 엄청난 제작비 문제로 상업용 장편 실사 입체영화의 제작이 아직까지 지연되고 있었으며, 제작을 추진하거나 준비 중인 입체영화도 손에 꼽을 정도로 부족한 것으로 나타나고 있다. 입체영상 제작의 산업적 발전을 유도하기 위해서는 3D 입체영상 제작을 위한 고려요인의 연구가 요구되어진다[5].



## 1.2 관련 연구 동향

### 1.2.1 국내·외 관련 기술

해외에서는 카메라 개발을 3D 콘텐츠의 대중화를 위해 가장 우선적으로 고려되어야 하는 대상으로 판단하여 촬영용 카메라 및 리그의 개발에 많은 비용을 투입하고 있다. 특히 3D 입체 카메라 리그는 현재 국내뿐만 아니라 유럽, 일본, 미국 등에서 활발히 연구가 진행되고 있으며, 미국의 경우 3D 디지털 시네마 등에서 상업적으로 활용되고 있다. 해외에서 사용되는 입체 카메라 리그는 Element Technica사의 경우 평행 및 직교 혼용리그 방법, 독일의 P+S Tech사와 미국의 Kerner사는 직교식 리그, 일본의 NHK사의 스테레오 카메라는 평행식 리그를 사용하고 있으며, 직교식 리그(Rig)를 사용하고 있는 Swiss Rig사와 3Alicity사의 입체 카메라의 경우 교차축(폭주식) 방법을 동시에 사용하고 있다. 3Alicity사의 TS-2,4,5 리그의 경우 영상정렬 및 주시점 조작에 대한 자동화 장치로 인해서 리그 조작에 관한 불필요한 시간 소모를 줄일 수 있다. 반면에 리그 장치의 자동화에 따라 발생할 수 있는 고장 및 수리부분에 대한 불편함과 높은 수리비용이 요구 되는 단점을 가지고 있다. P+S Tech사의 Standard Rig & Freestyle 경우 타사에 비해 가격이 저렴한 장점이 있는 반면에 기계의 정교함과 컨트롤의 자동화 부분이 떨어진다는 단점을 가지고 있다. 그림 1.2는 국외에서 개발되어진 입체 카메라 리그의 모습을 보여준다. 현재 국내업체들은 3D 영상장비에 대해서는 해외에 비해서 기술 경쟁력이 현저하게 부족한 상황이며, 입체 카메라 리그나 3D 카메라 같은 기본적인 장비들에 있어서도 원천 기술이 부족한 실정이다. 또한 현재 KBS 기술 연구소, KAERI(한국원자력연구소), ETRI(한국전자통신연구원) 등에서 3D 카메라를 활용한 3D 입체영상 기술에 대한 연구를 수행하고 있으며, 국내 그룹들 중에서는 레드로버, 스테레오픽처스, 광운대 컨소시엄에 의한 평행식 리그개발 이루어지고 있으며, 레드로버, 리얼



스코프, 오션망고 등이 직교식 카메라리그를 개발/제작을 하고 있다. 그림 1.3는 국내에서 개발되어진 입체 카메라 리그의 모습을 보여준다[6].

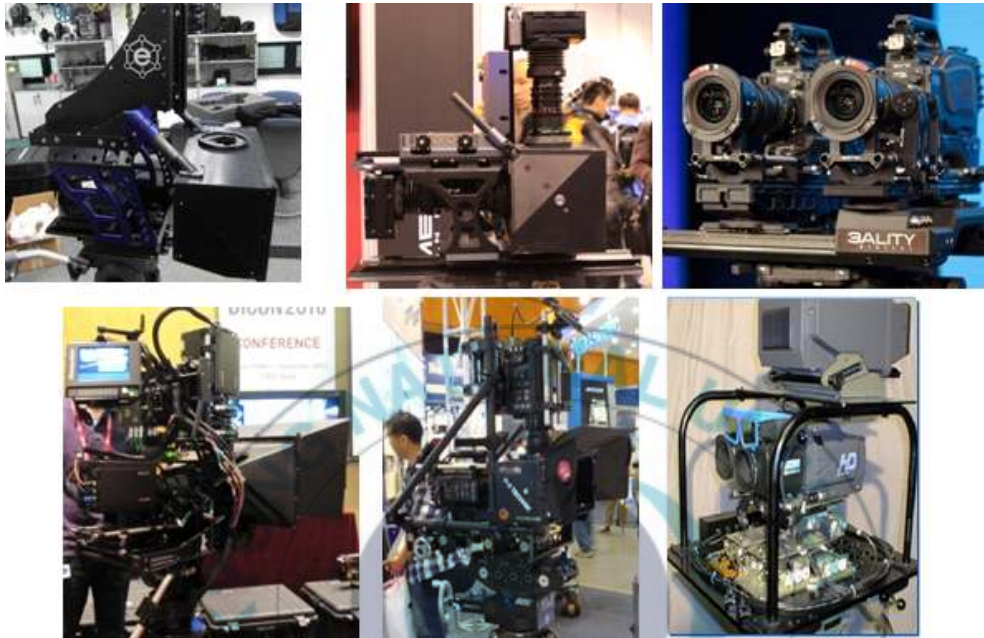


그림 1.2. 국외 입체 카메라 리그



그림 1.3. 국내 입체 카메라 리그

### 1.2.2 국내·외 기존 입체 카메라 리그와의 차이점

국내·외에서 현재 개발 되었거나 개발 중인 입체카메라 리그는 대부분 수동제어 방식의 리그이며 자동제어 방식의 입체 카메라 리그의 경우 전동형 방식의 단순한 모터의 이동 및 정지 기능만을 제공하고 있다. 이러한 입체 카메라 리그 방식은 입체 영상 촬영에 경험이 많은 전문가가 아닌 처음 입체영상 촬영을 경험하는 사람들에게는 적절한 제어가 쉽지 않다. 또한 입체 카메라 리그의 구입 및 대여 비용 또한 고가이기 때문에 많은 사용자들이 손쉽게 구하여 입체영상 촬영 역시 쉽지가 않은 단점을 지니고 있다. 본 연구에서는 기존의 국내외에서 개발되어진 수동제어 방식의 입체카메라 리그, 전동형 방식의 단순한 자동제어 기능만 가능한 단점을 보완할 뿐만 아니라 정밀한 카메라 제어를 위해 모터 컨트롤러를 적용한 프로그램 기반의 자동제어 방식의 입체 카메라 리그를 개발 하였다. 프로그램 제어방식의 입체 카메라 리그로서 촬영요소 획득 방정식을 적용하여 누구나 쉽게 입체영상 촬영이 가능하도록 하였다.

### 1.3 연구의 목적 및 필요성

일반적인 수동방식의 입체 카메라 리그를 이용하여 입체영상을 촬영 할 경우 카메라 사이의 간격, 즉 축간거리에서 얻어지는 시차정보를 비롯하여 두 이미지의 Alignment, Convergence를 정확하게 제어하기가 쉽지 않으며 시간 역시 오래 걸린다. 정확하게 설정되지 않은 상태에서 2대의 카메라를 이용하여 촬영된 영상은 좀 더 복잡하고 오랜 시간 걸리는 후처리 편집 작업이 필요하게 되며, 완성된 입체영상 역시 높은 품질의 영상을 획득하기 힘들다. 또한 기존의 개발된 자동화 리그는 단순히 적용된 버튼이나 리모트 컨트롤을 사용한 동작하고 정지하는 간단한 제어만이 가능하여 초보자가 시야의 안정성을 가지는 입체영상을 제작하기는 쉽지가 않다 이에 따라 입체영상 촬영 단계에서부터 높은 품질의 영상을 획득하여 후처리 편집 작업의 시간을 줄이면서 시야의 안정성을 가지는 입체영상을 획득하기 위해 3D Sweetening 기술이 적용된 자동 입체 카메라 리그 개발에 대한 연구를 수행 하였다.

본 연구의 목표는 Motorized Stage, Programable Logic Controller, 모터드라이버, 터치패널을 이용한 최적의 입체영상 촬영을 위한 추출된 파라미터 및 적정기준 을 적용된 자동 입체 카메라 리그를 개발함으로써 촬영단계에서부터 오차를 최소화 하여 우수한 품질의 입체영상을 획득하며, 후처리 편집 작업에서의 복잡성 및 시간을 단축시켜, 높은 품질의 입체영상을 획득 가능하도록 하는 것 이다.



## II. 입체 영상 기술

### 2.1 입체감 구현 원리

일반적으로 사람이 입체감을 지각하는 요인에는 양안에 의한 부분과 단안에 의한 부분이 있다. 양안에 의한 입체감은 주로생리적인요인에서 기인된 것으로 인해서 입체감 느끼는 반면 단안에 의한 입체감은주로경험적인 요인이 기인한 것으로 인해서 입체감을 느끼게 된다[7].

#### 2.1.1 양안에 의한 입체감

양안에 의한 입체감은 사람의 주시점과 양안시차에 의해서 느끼게 된다. 주시점에 의한 입체감이란 어떤 물체를 바라볼 때 우리의 눈은 그 물체와 함께 특정한 각을 이루게 되는데 이 각을 주시각(Convergence Angle)이라고 한다. 사물의 거리에 대해서 주시각이 일정하도록 안구를 내에서 회전시켜 주시하는 점이 시력과 색의 변별 능력이 우수한 망막의 중심에 들어오도록 자동적으로 조절하며, 이 근육의 작용에 의해서 대상물체와의 거리를 느끼게 함으로써 입체감을 느끼게 하는 방법이다.

양안 시차에 의한 입체감은 2개의 눈이 떨어진 위치에 있음으로 해서, 어떤 물체를 바라보았을 때 양안의 망막상은 같아지지 않고, 주시점으로부터 떨어진 위치에서는 대체로 간격이 생기며 우리의 뇌가 하나로 융합 시키면서 본래 사물의 깊이감과 입체감을 느끼게 하는 방법이다[8].

#### 2.1.2 단안에 의한 입체감

단안에 의한 입체감은 초점 조절, 운동시차, 그림자, 중첩 그리고 색감 등에 의해서 입체감을 느끼게 된다.

초점 조절(Accommodation)이란 사물의 특정 부분을 응시할 때, 대상물과

의 거리에 따라서 수정체의 초점거리가 변하는 것을 말한다. 특히 눈은 먼 거리에 있는 사물을 볼 때는 수정체가 이완되고, 인접해있는 사물을 볼 때는 수정체가 수축하게 된다. 하지만 2m 이상이 되는 물체에서는 수정체가 항상 완전히 이완되기 때문에 2m 이상의 거리에 있는 물체의 입체감 형성에는 크게 기여하지 못한다.

운동 시차(Motion parallax)는 관찰자의 움직임에 의해서 장면의 시점 차이를 일으키는 것을 말하며 중첩(Overlapping)은 뒤쪽 물체가 앞쪽 물체에 의해서 일부가 가려지게 되는 것으로 물체를 가린 사물에 대해서 상대적으로 더 멀리 있다고 인지하게 된다[8-9].



## 2.2 입체영상 촬영을 위한 카메라 리그

입체영상 촬영 중 입체 카메라 리그<sup>1)</sup>의 선택은 전체적인 입체영상 품질에 영향을 미치게 된다. 카메라 리그 기술에는 수평식 카메라 리그와 직교식 카메라 리그 기술이 있으며 입체 카메라 리그 기술의 가장 큰 주요 핵심은 두 대의 카메라를 인간의 눈과 가장 가깝게 만드는 것이라고 볼 수 있다. 그 이유는 바로 인간이 느끼는 입체감을 그대로 카메라 촬영을 통해 영상에서 느낄 수 있게 하기 위함이다. 또 다른 이유는 인간의 눈과 가장 가깝게 만들게 됨으로써 관람자가 입체영상을 볼 때, 입체피로감을 적게 느끼기 때문이다. 이러한 평행식 카메라 리그와 직교식 카메라 리그에는 각기 장단점이 있고, 촬영 영역이 구별되어 있다. 그림 2.1은 카메라 리그에 따른 촬영 원리의 모습을 보여 준다[10-11].

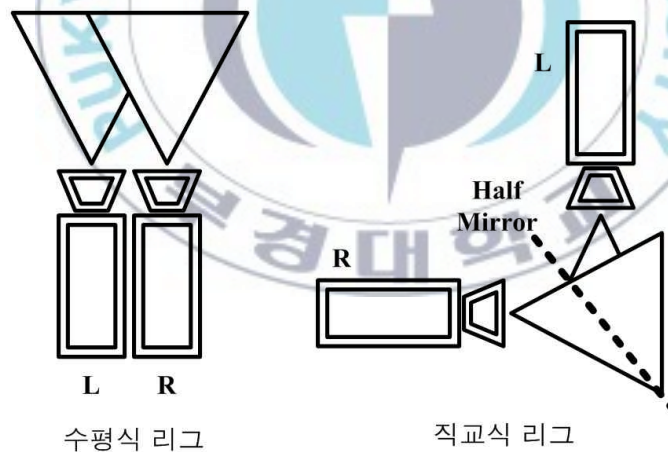


그림 2.1. 카메라 리그에 따른 촬영원리

1) 입체영상 제작에 필요한 왼쪽/오른쪽 이미지를 확보하기 위해 두 카메라를 동조, 결합시키는 특수 장비

### 2.2.1 수평식 카메라 리그

수평식 카메라 리그는 원거리 촬영용과 강한 입체감을 표현할 때 사용하고 운영이 간편하고 세팅 시간이 빠른 반면에 렌즈의 크기 및 카메라 본체의 크기 등에 의해 사람 눈과 눈 사이 평균 거리로 알려져 있는 65mm를 구현하기가 매우 힘들다. 견고한 프레임 위에 축간거리와 주시점을 제어할 수 있는 장치와 Alignment<sup>2)</sup>를 위한 장치로 구성된다. 노출이나 색상 감소가 없으며 일반 카메라와 사용 환경이 비슷하고 가격이 저렴하다는 장점을 가지는 반면 카메라 사이의 축간 거리가 카메라 크기나 렌즈 구경 폭에 제약 받음으로써 축간거리의 한계를 가지며 가까운 거리에 있는 피사체를 촬영하기 어렵다. 또한 피사체를 카메라에서 멀리 떨어트려 망원렌즈로 촬영하면 카드보드 이펙트<sup>3)</sup>가 발생하는 단점을 가지고 있다[12-13].

### 2.2.2 직교식 카메라 리그

직교식 카메라 리그는 근거리 촬영용이며, 부드러운 입체감을 표현할 때 사용하고, 운용하는데 오랜 시간을 필요로 한다. 수직리그는 카메라 축과 45도에 위치하는 곳에 하프미러를 설치하여 위나 아래에 정확하게 90도로 배치된 카메라에 영상을 나누어 기록하여 카메라 크기나 렌즈의 크기에 영향 받지 않고 2대 사이의 축간거리를 0까지 일치시킬 수가 있다. 수직리그의 종류로는 하향식과 상향식이 있으며 축간거리 유연성에 다른 근접촬영과 높은 입체 품질이 가능하다는 점과 카메라와 렌즈 선택이 자유롭다는 장점을 가지는 반면 하프미러에 의한 광량 손실과 좌우 카메라 간 색상 차이가 발생하는 단점을 가진다[13].

---

2) 평행식의 리그의 경우 수평시차를 제외한 모든 시차를 일치시키는 행위이며, 직교식 리그의 경우 두 이미지의 기하학적 공간표면(Geometry)을 완전히 일치시켜 모든 시차를 제거하는 작업

3) 촬영된 피사체가 부피감을 잃고 매우 얇은 종이처럼 보여 관람객에게 현실세계와 유리된 느낌을 유발하는 현상

## 2.3 입체영상 촬영요소

높은 품질의 입체영상을 제작하기 위해서는 입체 카메라의 컨트롤, 입체영상의 입체 값을 결정하는 축간거리(interaxial distance)<sup>4)</sup>, 영점(convergence point) 결정이 무엇보다 중요하다. 특히 축간거리는 촬영될 영상의 환경에 맞게 알맞은 거리를 구현 하는 것이 가장 우선 되어야 한다. [14-15]

### 2.3.1 축간거리(Interaxial Distance)

축간거리는 입체시를 구성하는 두 카메라에 부착된 렌즈 중심축의 사이의 거리를 뜻하며 인간의 눈은 고정된 65mm의 거리를 가지고 있는 반면 입체영상 제작에 있어 축간거리는 고정되어 있지 않으며, 촬영환경에 따라 조절이 가능하다. 축간거리가 커지면 촬영된 입체영상의 깊이감이 증가하여 미니어처 현상<sup>5)</sup>이 생기는 반면 반대로 거리가 좁아지면 깊이감이 감소면서 카드보드 컷 아웃 현상<sup>6)</sup>이 발생한다.[16-17].

일반적으로 인간의 양안거리에 해당하는 65mm로 이루어진 입체영상을 Standard Stereo로 부르며 65mm이상의 축간거리를 사용하여 촬영된 입체영상을 Hyper Stereo, 그 이하의 축간거리를 사용하여 촬영된 영상을 Hypo Stereo라고 부른다. Hyper Stereo로 촬영된 영상은 실제 경험에서 인식된 크기 비례에 입체감이 적게 보이는 반면 Hypo Stereo를 활용하여 촬영된 영상은 실제 우리가 느끼는 입체감 보다 크게 묘사된다. 기술적으로 안정된 입체영상의 제작하기 위해서는 카메라와 피사체와의 거리, 렌즈의 종류 그리고 스크린의 크기를 고려하여 축간거리를 정해야 한

---

4) 인간의 안간(Inter ocular)을 모방한 카메라 광축(Optical Axis) 사이의 거리를 지칭하며 외국의 경우 Interaxial Distance, Interaxial Spacing, Interaxial Separation 등의 용어로 사용

5) 입체영상의 촬영 시 축간거리를 과도하게 벌리는 경우 피사체가 마치 축소된 세계처럼 왜곡되어 보이는 현상

6) 촬영된 피사체가 부피감을 잃고 매우 얇은 종이처럼 보여 관람객에게 현실세계와 유리된 느낌을 유발하는 현상

다. 일반적으로 입체영상 촬영시 측간거리 값은 인간의 눈에 의존하여 판단하지만 이러한 방법은 촬영환경에 따른 정확한 측간거리 값을 판단하기 어렵고 잘못된 측간거리 값을 가지고 촬영된 영상은 후반작업시 많은 비용과 시간이 소비된다[17-18].

본 논문에서는 촬영환경에 따른 최적의 측간거리 값을 획득하기 위한 방정식을 제안하였으며 식 2-1은 제안된 방정식을 보여준다. 식 2.1에서 I.D는 측간거리, F는 카메라 렌즈의 초점거리, P는 두 이미지사이의 시차 L은 카메라와 가장 먼 피사체의 거리 그리고 L은 가장 가까운 피사체와의 거리를 나타낸다.

$$I.D = F \times \frac{P}{100} \times \left( \frac{L \times N}{L - N} \right) \times \left( \frac{1}{F} - \frac{L - N}{F \times L} \right) \quad (2.1)$$

### 2.3.2 영점(Convergence Point)

영점은 인간의 두 눈 사이의 시차가 없는 수렴지점을 말한다. 영점을 기준으로 앞에 있는 피사체들은 좌우 영상의 시차가 스크린에서 반대로 형성되어 화면에서 피사체가 튀어나오는 네거티브 영상을 만들며, 반대로 뒤에 있는 피사체들은 스크린 면 뒤로 후퇴하여 들어가게 보이는 포지티브 영상을 만든다[19-20].

영점은 촬영과정에서 획득할 수도 있고 후반작업시 획득할 수도 있다. 촬영과정에서 얻는 영점은 적극적인 입체 값을 획득할 수 있는 반면에 측간거리와 함께 세밀한 영점 각도를 계산해야 할 뿐만 아니라 카메라간의 Alignment도 더욱 정확히 조절해야 한다. 촬영단계 시 영점을 획득하려면 두 카메라를 안쪽으로 모아야 하는데 필연적으로 주변부 영상에서 키스톤 왜곡(Keystone Distortion)<sup>7)</sup>이 생기게 된다. 양 사이드에서 생기는 키스톤 왜곡은 수직시차를 발생시킴으로써 시야피로를 가져오는 원인이

7) 두 카메라를 교차 방식으로 배치할 경우에 발생하는 영상에서의 좌우측 크기의 왜곡현상



된다. 후반작업시 영점을 획득하는 방법은 촬영현장에서 영점을 정하지 않고 촬영한 후 후반 작업 단계에서 좌 우 영상을 수평 이동시켜 영점을 만든다. 이런 후보정 영점 획득을 수평영상변환 줄여서 H.I.T(Horizontal Image Translation)<sup>8)</sup>라 부른다. 이러한 촬영방식은 촬영의 속도가 빠르고 좌우 영상간의 키스톤 왜곡에 의한 시차가 발생하지 않아 두 영상간의 매칭, 즉 Alignment 작업이 쉽다는 장점을 가진다. 하지만 후반 수평이동 방식의 영점 지정은 필수적으로 사이즈를 Crop<sup>9)</sup>시켜야 함으로 해상도의 저하가 생긴다는 단점이 있다.

### 2.3.3 시차(Parallax)

입체영상 촬영시 축간거리가 커지면 두 대의 카메라로 촬영된 영상의 시차(Parallax)<sup>10)</sup>가 증가하여 입체감이 커지며 반대로 거리가 좁아지면 시차가 감소하여 입체감이 줄어든다. 입체영상에서 영점을 기준으로 기준점 뒤의 피사체에서 형성되는 포지티브 시차(Positive Parallax)와 앞의 피사체에서 형성되는 네거티브 시차(Negative Parallax)가 발생한다. 네거티브 시차를 가지는 피사체는 좌우 영상의 시차가 스크린에 반대로 형성되어 스크린 상에서 돌출하게 되고 포지티브 시차를 가지는 피사체는 네거티브 이미지와 달리 스크린 면 뒤로 후퇴하여 들어가 보인다. 일반적으로 시차가 커지면 입체감이 크고 반대로 시차가 적어지면 입체감은 약해지지만 과도한 시차를 가지고 촬영된 입체영상은 사람의 뇌에서 하나로 융합하기 어려워지므로 망막경합에 의한 시야피로를 발생시킨다. 반대로 시차가 작아지면 시야피로의 안정성을 가져 오지만 입체감이 약해져 2D영상과의 차이가 없어지므로 입체영상 촬영에 있어 시차 값은 효율적인 입체영상 제작을 위한 중요한 요소이다[21-23].

8) 두 이미지를 좌우로 이동시켜 수평시차를 조절하여 해당 쇼트에 입체의 양을 적절하게 삽입하는 작업

9) 사진을 편집할 때 원하는 크기에 맞도록 그 사이즈를 트리밍(trimming)하는 작업.

10) 왼쪽과 오른쪽으로 습득되는 두 이미지간의 시차를 말하며 X축에서 발생하는 수평시차 Y축에서 발생하는 수직시차가 있다.



### III. 자동 입체 카메라 리그 설계 및 제작

본 연구에서 개발된 자동 입체 카메라 리그는 그림 3.1과 같이 설계하였다. 입체영상에 필요한 왼쪽/오른쪽 이미지를 확보하기 위해 두 카메라를 동조시키기 위한 수평식 카메라 리그의 제작을 위한 Motorized Stage를 적용하였으며, 제작된 수평식 카메라 리그의 자동제어를 위해 추가적인 제어박스를 구성하였다. Motorized Stage는 Long Stage, Rotation Stage, Goniometer Stage로 이루어지며 제어박스는 터치판넬, Programable Logic Controller(PLC), 모터드라이버로 이루어진다. PC와 PLC 및 터치판넬사이의 통신은 USB Cable을 통해 이루어지기도 PLC와 터치판넬 사이의 통신은 RS-232통신으로 이루어진다.

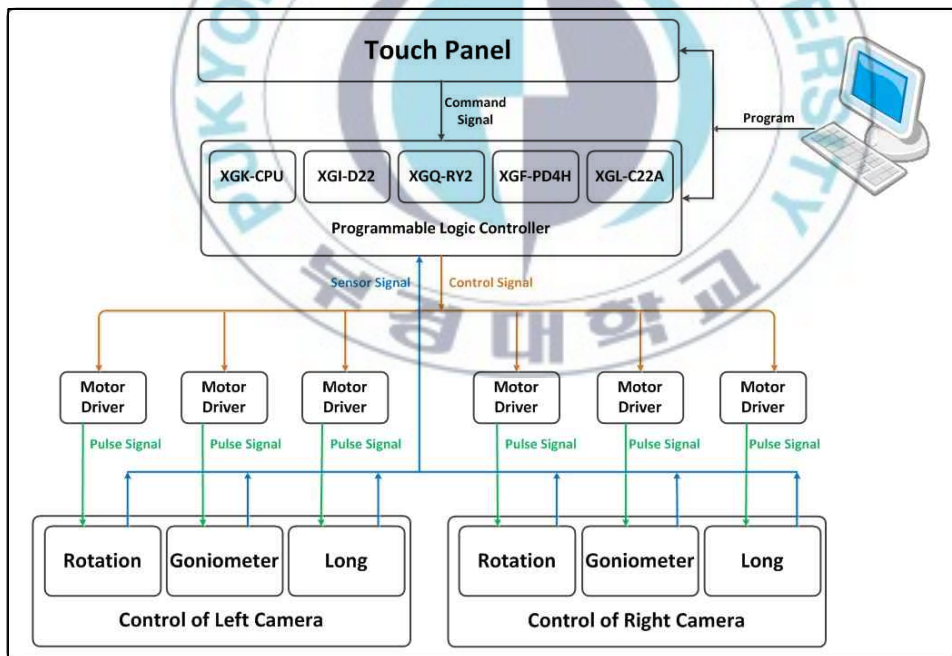


그림 3.1. 자동 입체 카메라 리그 설계

PC를 통하여 작성된 Ladder Diagram 형식의 PLC 프로그램과 터치판넬 프로그램을 각각의 장치에 다운로드 시킨 후 최상위 장치인 터치판넬이 PLC로 명령어를 내보낸다. 터치판넬 으로부터 명령을 받은 PLC는 연산 처리 및 모터의 이동위치, 속도를 분석한 후 모터드라이버로 신호를 보내 주게 되며 모터드라이버를 통해 최종적으로 입체 카메라 리그가 제어되어 입체영상 촬영을 수행한다. 또한 터치패널을 통하여 실시간으로 촬영 정보(축간거리, 영점 거리, 시차, 카메라와 피사체 사이의 거리) 모니터링 이 가능하게 제작 되었다.



### 3.1 수평식 입체 카메라 리그

입체영상 촬영을 위한 두 대의 카메라를 제어하기 위한 카메라 리그에는 수평식 리그와 직교식 리그 두 가지 종류가 있다. 본 연구에서는 수동 제어 방식의 입체 카메라 리그가 아닌 촬영 환경에 따른 최적의 축간거리 및 주시점 제어가 가능한 자동 입체 카메라 리그를 구성하기 위하여 Motorized Stage를 적용하여 수평식 카메라 리그를 설계 및 제작하였다. 제작된 수평식 카메라 리그는 카메라와 수평식 입체 카메라 리그의 연결을 위한 인터페이스, 축간거리와 주시점제어를 위한 Motorized Stage로 구성된다.

#### 3.1.1 Motorized Stage

Motorized Stage는 두 카메라의 축간거리 제어를 위한 Long Stage, 주시점 제어를 위한 Rotation Stage, 두 카메라 촬영 영상의 Alignment 제어를 위한 Goniometer로 구성된다.

카메라 사이의 간격 축간거리를 자동제어 하기위해 Long Stage를 그림 3.2와 같이 설계 하였다. 입체 카메라 리그의 왼쪽과 오른쪽 축에 적용되었으며 2상 스텝모터를 사용하게 된다. 각 축의 최대 이동범위는 100mm로 설계 되었으며 초당 20mm의 거리(최대 스피드)의 이동이 가능하다. 볼 스크류 방식으로 구동하며 20um의 정확성과 펄스당2um(Full Step) 1um(Half Step)의 분해능을 가지며, 하나의 Home Sensor와 두 개의 Limit Sensor로 구성된다.

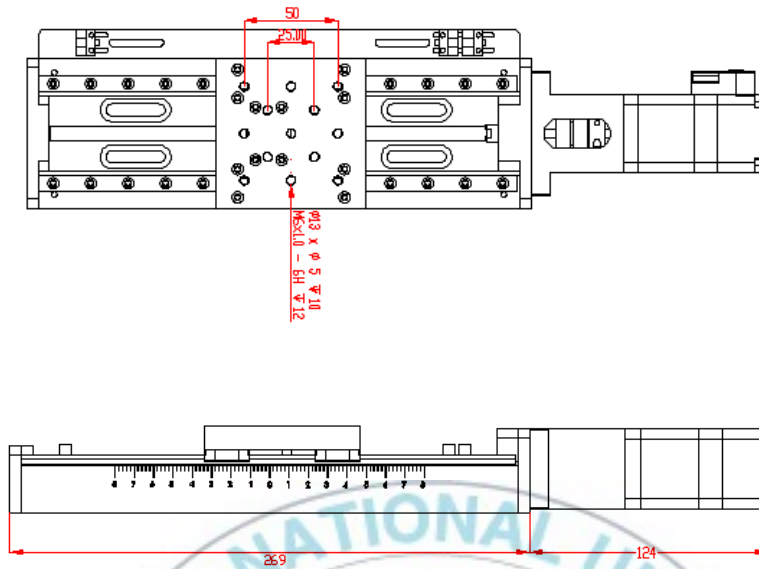


그림 3.2. 축간거리 제어를 위한 Long Stage

주시점 제어를 위한 Rotation Stage는 그림 3.3과 같이 설계 되었으며, 카메라의 간격과 부하하중을 고려하여  $\phi 60$ 의 사이즈로 설계 하였다. Long Stage와 동일하게 2상 스텝모터를 적용 하였으며,  $360^\circ$  제어 가능 하며 웜 기어 방식으로 구동된다.  $0.05^\circ$ 의 정확성을 가지고 있으며 펄스 당  $0.004^\circ$ (Full Step),  $0.002^\circ$ (half Step) 분해능을 가지며  $0.02^\circ$ 의 반복 성, 초당  $20^\circ$ 의(최대 스피드)의 이동이 가능하며 제어를 위하여 하나의 Home Sensor와 두 개의 Limit Sensor로 구성된다.

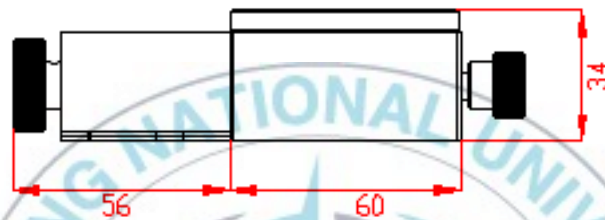
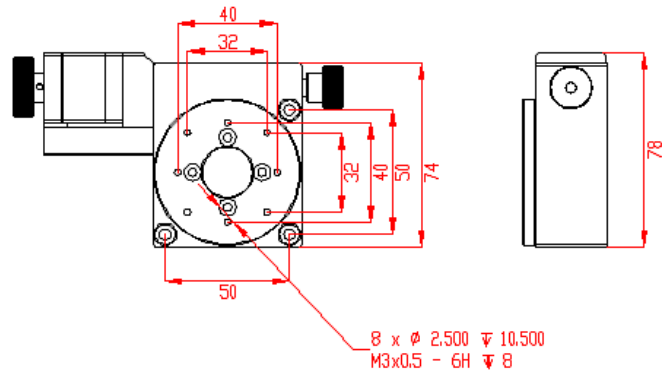


그림 3.3. 주시각 제어를 위한 Rotation

두 카메라 촬영 영상의 Alignment 제어를 위한 Goniometer Stage는 그림 3.4와 같이 설계 되었으며, Rotation Stage와의 결합을 위해 동일한 사이즈인  $\varnothing 60$ 로 설계하였다. 볼 스크류 형식으로 두 개의 축을 조절할 수 있으며, 조절범위는 두 개의 축 모두 각각  $\pm 10^\circ$ 로서 스테이지의 미세 눈금 및 PLC를 통해서 측정이 가능하다. Goniometer Stage 또한 5상 스텝핑 모터가 적용되었으며 하나의 Home Sensor와 두 개의 Limit Sensor로 구성된다.  $0.1^\circ$ 의 정확성을 가지고 있으며 펄스당  $0.0045^\circ$ (Full Step) 분해능과  $0.03^\circ$ 의 반복성을 가진다.

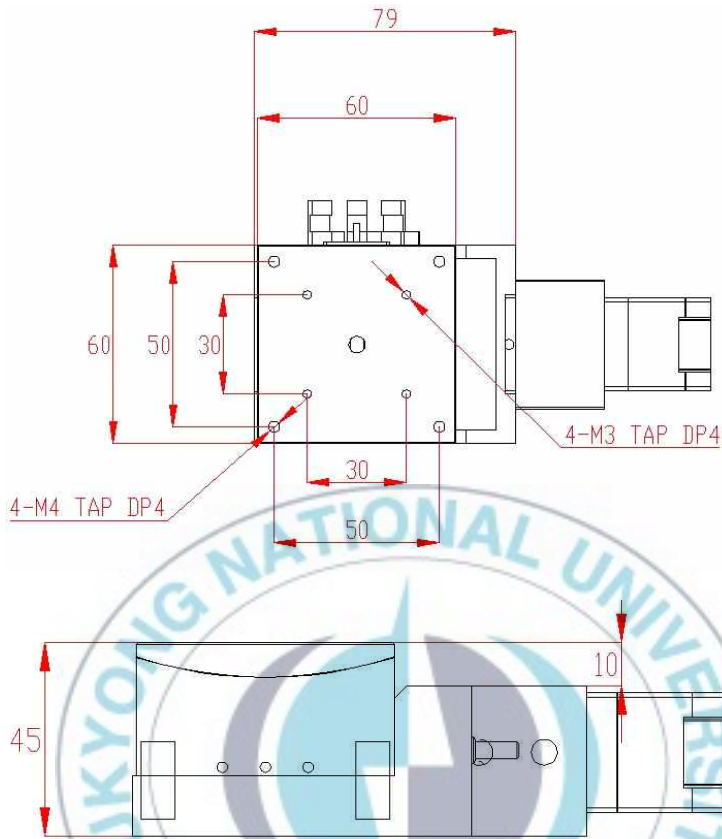


그림 3.4 Alignment제어를 위한 Goniometer

입체 카메라 리그의 자동제어를 위한 모터는 정지시 Settling 시간이 짧고 Hunting 현상이 없으며 저속의 안정된 모션이 가능하고, 장시간 운전에 대한 안정성(발열에 대한 우수성), 초정밀 제어가 아닌 0.1mm 단위의 제어용 모터인 2상 스텝핑 모터를 선택 하였다. 그림 3.5는 2상 스텝핑 모터에 대한 구동방식이며 식3.1 3.2을 적용하여 모터 제어 파라미터를 결정하게 된다.

$$\text{회전각도} = \text{Step각} \times \text{Pulse 수} \quad (3.1)$$

$$\text{회전속도} [rpm] = \frac{\text{Pulse속도} [Hz]}{360/\text{Step각}} \times 60 [\text{sec}] \quad (3.2)$$



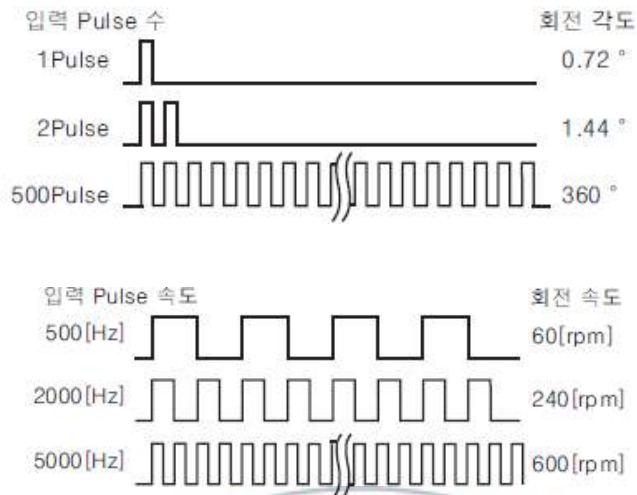


그림 3.5. 스텝 모터 구동 방식

### 3.1.2 입체 카메라 리그 설계

최종 설계된 자동 3D 카메라 리그는 그림 3.6과 같이 설계 되었다. 2대의 카메라 사이의 간격을 조절하기 위하여 2축 Long Stage 주시각 제어를 위한 Rotation Stage 2축, 두 이미지의 Alignment 작업을 위한 Goniometer Stage 2축이 사용 되어 설계하였다. 2대의 카메라 사이의 최소거리는 인간의 안구 거리와 유사한 7Cm 이하가 되게 제작하였으며. 각각의 스테이지에는 효율적인 자동제어를 위한 5상 스텝핑 모터를 적용 하였다. 또한 리그의 전체 사이즈를 줄이기 위하여 Long Stage의 스텝핑 모터의 경우 Stage 내부에 위치하게 설계 하였다. 자동 리그의 전체 사이즈는 400 \* 204 \* 184의 사이즈를 가진다.

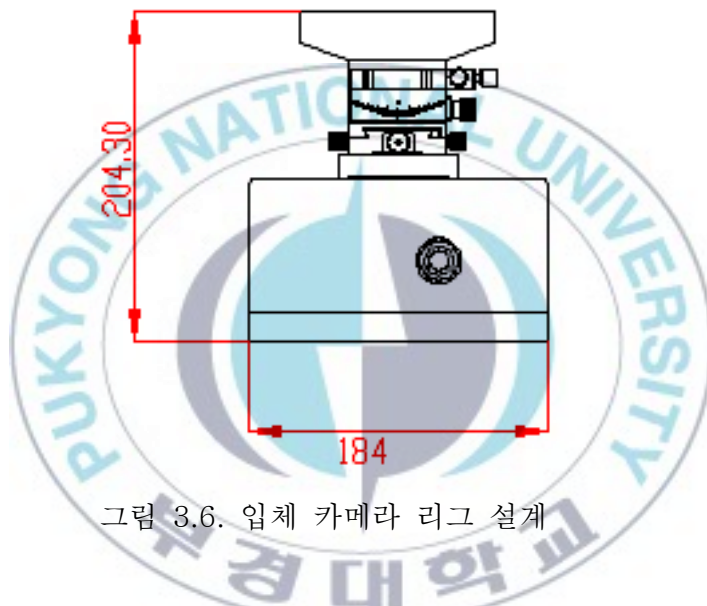
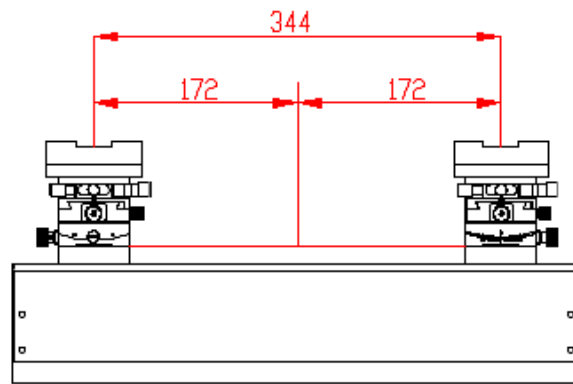


그림 3.6. 입체 카메라 리그 설계

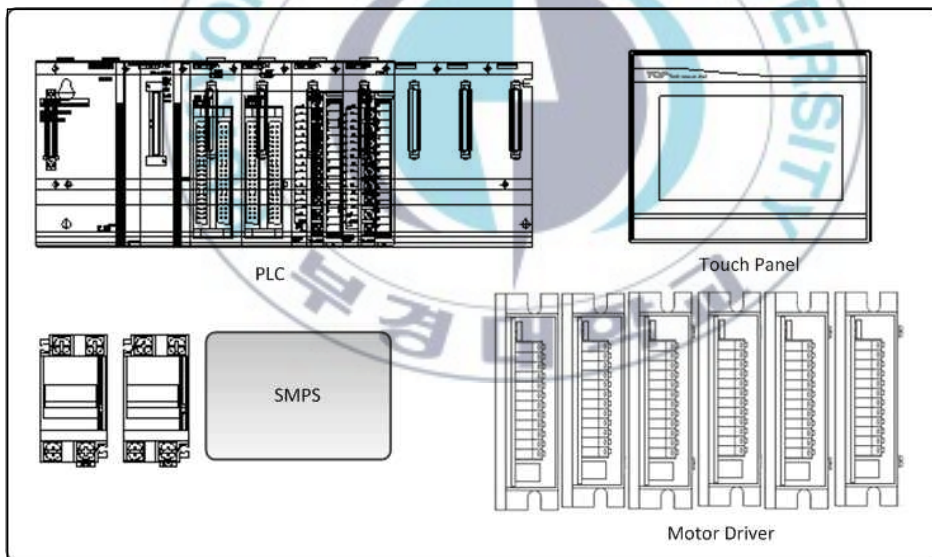
각각의 Stage상의 모터들은 모터드라이버를 통하여 제어되며 입체 카메라 리그는 PLC 제어 프로그램을 이용한 촬영 환경에 따른 자동제어, 터치판넬을 적용한 자동제어 및 레버를 이용한 수동 제어가 동작하게 설계되었다. 표3.1은 설계된 입체 카메라 리그의 특성을 보여준다.

표 3.1. 입체 카메라 리그 사양[24]

| Long Stage(MLS-80-S)        |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Motor                       | 5Phase Step                          |
| Travel Range                | 100mm                                |
| Travel Guide                | Ball Screw $\varnothing$ 8 Lead      |
| Max Speed                   | 20mm/sec                             |
| Resolution                  | 2um(Full step), 1um(Half step)       |
| Accuracy                    | 20um                                 |
| Repeatability               | $\pm$ 2um                            |
| Sensor                      | Home, 2 Limit                        |
| Rotation Stage(MRC-60B)     |                                      |
| Motor                       | 5Phase Step                          |
| Travel Range                | 360°                                 |
| Travel Guide                | Worm Gear(1/180)                     |
| Max. Speed                  | 20°/sec                              |
| Resolution                  | 0.004°(Full step), 0.002°(Half step) |
| Accuracy                    | 0.05°                                |
| Repeatability               | 0.02°                                |
| Sensor                      | Home, 2 Limit                        |
| Goniometer Stage(MGX60-60S) |                                      |
| Motor                       | 5Phase Step                          |
| Travel Range                | $\pm$ 10°                            |
| Travel Guide                | Ball Screw $\varnothing$ 8 Lead      |
| Rotation Center             | 60mm                                 |
| Resolution                  | 2um(Full step), 1um(Half step)       |
| Accuracy                    | 20um                                 |
| Repeatability               | 2um                                  |
| Sensor                      | Home, 2 Limit                        |

## 3.2 PLC 기반의 제어박스

본 연구에서는 설계된 입체 카메라 리그의 자동제어를 위해 PLC 기반의 제어박스를 제작하였다. 제작된 제어박스는 LS산전(한국)사의 PLC인 XGT 시리즈, DM Tech(한국)사의 Quest-B5-E 2상 모터드라이버, M2I(한국)사의 XTOP 터치판넬과 DC전압 공급을 위한 SMPS로 이루어지며 그림 3.7은 제어박스의 구성을 보여준다. 터치판넬이 명령신호 출력을 담당하며 명령신호를 받은 PLC는 미리 구성된 프로그램에 따른 연산 처리를 수행 후 모터 제어신호를 모터드라이버에게 전달하며 최종적으로 모터드라이버가 펄스를 출력하여 모터 제어가 이루어진다. 그림 3.8은 Motor와 모터드라이버사이의 회로 결선도의 모습을 보여준다.



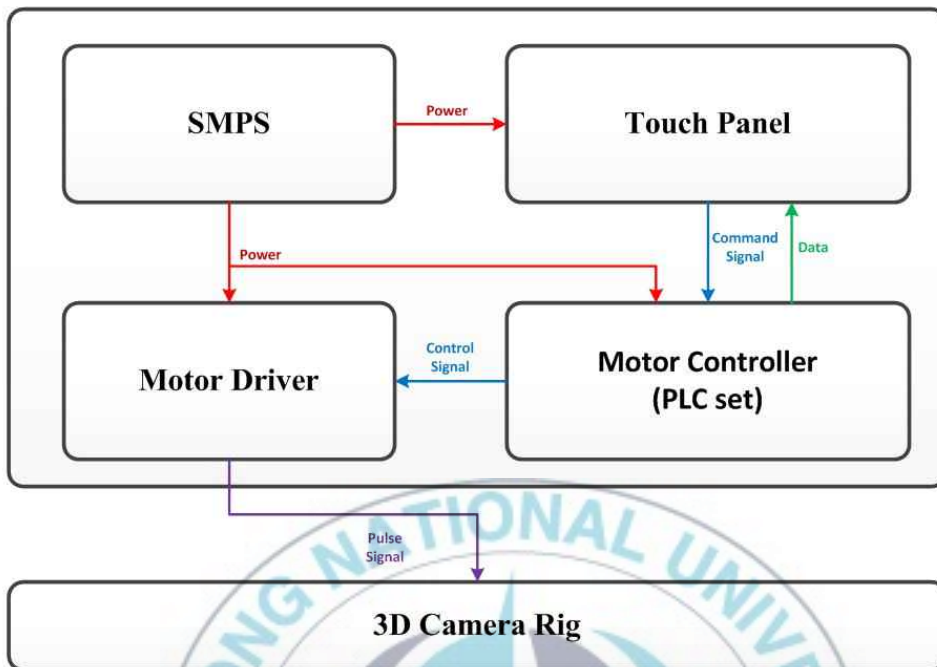


그림 3.7. 제어박스 구성 및 신호흐름





### 3.2.1 Programable Logic Controller(PLC)

PLC는 기존에 사용하던 제어반 내의 릴레이, 타이머, 카운터 등의 기능을 LSI, 트랜지스터 등의 반도체 소자로 대체시켜 기본적인 시퀀스 제어 기능에 수치 연산 기능을 추가하여 프로그램 제어가 가능하도록 한 자율성이 높은 제어 장치이다[25-26]. 현재 설비의 자동화와 고 능률화의 요구에 따라 PLC의 적용범위는 생산라인 자동제어, 자동 조립 라인 제어, 산업용 로봇 제어 등으로 확대되고 있다. 기존의 릴레이 제어는 Hardwired Logic 방식을 사용하여 제어를 하였으며 이 방식은 하드웨어와 소프트웨어가 한 쌍이 되어 있어 사양이 변경되면 하드웨어와 소프트웨어를 모두 변경해야한다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완 하기위해서 Softwired Logic 제어방식이 개발되었으며 PLC는 이 방식을 사용한다. 즉 PLC 제어는 프로그램의 내용에 의해 좌우되므로 사용자는 자유자재로 원하는 제어를 할 수 있도록 프로그램 작성능력이 요구된다.

본 연구의 시스템에 적용된 PLC는 CPU모듈(XGK-CPUE), 16점 입력 모듈(XGI-D22), 16점 출력모듈(XGQ-RY2), 4축 제어 위치결정모듈(XGF-PD4H)2쌍, RS-232 통신모듈(XGL-C22A)로 이루어지며 터치패널을 통하여 입력된 명령신호를 받아서 제어가 이루어진다. 본 시스템에 적용된 주요 PLC 모듈의 자세한 사양은 표 3.2에 기술하였다. 그림 3.9는 PLC 프로그램 처리 흐름을 보여준다. PLC의 RUN모드가 동작되면 PLC 모듈의 리셋, 데이터 클리어, 입출력 모듈의 번지를 할당하는 초기화 작업을 수행한다. 초기화 작업 후 입력Refresh<sup>11)</sup> 작업을 수행하며 그 후 프로그램 0번 스텝부터 END까지 수행 하고 자가 진단 후 출력 Refresh<sup>12)</sup>를 수행하게 된다.

---

11) 프로그램 수행 전 입력데이터를 Read하여 Data Memory의 입력용 영역(P)에 일괄 저장하는 작업

12)프로그램 수행 완료 후 Data Memory의 입력 영역(P)의 Data를 일괄 출력하는 작업

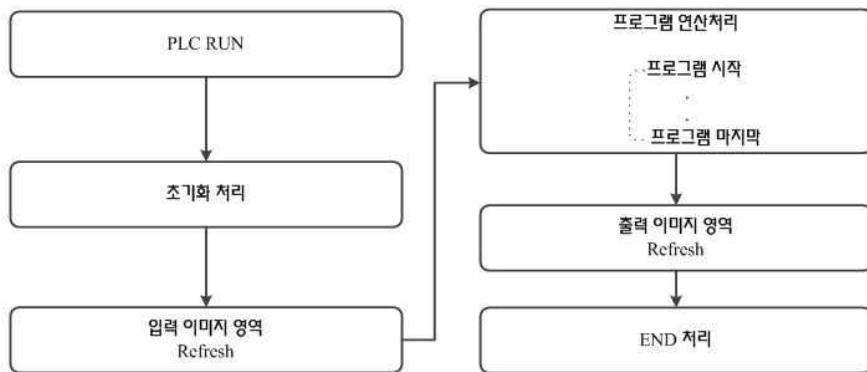


그림 3.9. PLC 프로그램 1Scan 처리



표 3.2. PLC 모듈 사양[27]

|         | XGK-CPUE                                                                      |          | XGF-PD4H                            |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------|
| 연산 방식   | 반복연산<br>정주기 연산                                                                | 제어 축수    | 4축                                  |
| 제어 방식   | 스캔동기 방식<br>다이렉트 방식                                                            | 보간 기능    | 2/3/4폭 직선보간<br>2축 원호보간<br>3축 헬리컬 보간 |
| 프로그램 언어 | Ladder Diagram<br>Instruction List<br>SFC<br>ST                               | 제어 방식    | 위치제어<br>속도제어<br>속도/위치제어<br>Feed 제어  |
| 명령어 수   | 기본명령 : 40<br>응용명령 : 700                                                       | 제어 단위    | pulse, mm<br>inch, degree           |
| 입출력 점수  | 1,536점                                                                        | 수동 운전    | JOG 운전<br>MPG 운전<br>인칭 운전           |
| 데이터 영역  | P00000~P2047F<br>M00000~M2047F<br>D00000~D19999<br>T0000~T2047<br>U0.0~U1F.31 | 원점복귀 방법  | 근사원점+ 원점<br>상하한+ 원점<br>근사원점         |
| 플래쉬 영역  | 2 MB, 32블록                                                                    | 최대 출력 속도 | 4M bps                              |

### 3.2.2 모터드라이버

입체 카메라 리그의 모터를 제어하기 위한 모터드라이버는 저소음·저 진동 회전을 위한 마이크로 스텝 구동이 가능하며, 절환신호를 사용하여 스텝 각을 자유롭게 사용가능한 2상 마이크로 스텝 드라이버로 구성된다. 설계된 입체 카메라 리그에 적용된 Long Stage 2축, Rotation Stage 2축, Goniometer Stage 2축을 제어하기 위해 총 6축을 제어 할 수 있는

모터드라이버가 필요하며, 본 연구에서 설계된 자동 입체 카메라 리그에는 28각 모터부터 86각 모터까지 제어가 가능한 Quest-B5-E 모터드라이버를 적용 하였다. 자세한 사양의 표 3.3에 기술 하였다.

### 3.2.3 터치판넬

본 연구의 시스템에서는 PLC로의 제어 명령전송과 데이터 입력(초점거리, 시차, 영점거리), 촬영데이터(축간거리, 주시각, 카메라와 피사체사이의 거리, 시차정보, 현재속도, 현재위치)모니터링을 위해 5.7inch의 XTOP 터치판넬을 적용하였다. 자세한 사양의 표 3.3에 기술 하였다.

표 3.3. 모터드라이버 & 터치판넬 사양[28]

|            | QUEST-B5-E                        |       | XTOP          |
|------------|-----------------------------------|-------|---------------|
| 전원         | DC15 ~40V                         | 전원    | DC24V[20~28V] |
| 구동 전류      | 정격 전류 1A~4A<br>(딥스위치 설정)          | 디스플레이 | 5.7 TFT Color |
| 구동방식       | 바이폴라 구동                           | 해상도   | 320×240       |
| 제어단자       | 모터(4선식,6선식)<br>펄스(정회전, 역회전)<br>전원 | 컬러    | 65,536        |
| 딥스위치<br>설정 | 전류 설정<br>입력 펄스 설정                 | 구동방식  | 아날로그 저항막      |

## IV. 실험 및 결과

### 4.1 자동 입체 카메라 리그 제작

본 연구를 위하여 Motorized Stage 기반의 수평식 입체 카메라 리그를 그림 4.1과 같이 개발하였다.



그림 4.1. 수평식 입체 카메라 리그



그림 4.1. 수평식 입체 카메라 리그





그림 4.2. 제어박스

개발된 수평식 입체 카메라 리그의 촬영 환경에 따른 자동 제어를 위해 그림 4.2와 같이 PLC, 모터드라이버, 터치판넬으로 구성된 제어박스를

제작하여 자동 입체 카메라 리그를 완성하였다. 자동 입체 카메라 리그는 최대 250mm의 축간 거리 제어, 360도의 주시각 제어가 가능하게 제작 되었었으며 PLC 프로그램을 통하여 다양한 제어가 가능하다. 그림 4.3은 PLC 기반의 자동 입체 카메라 리그를 보여준다.

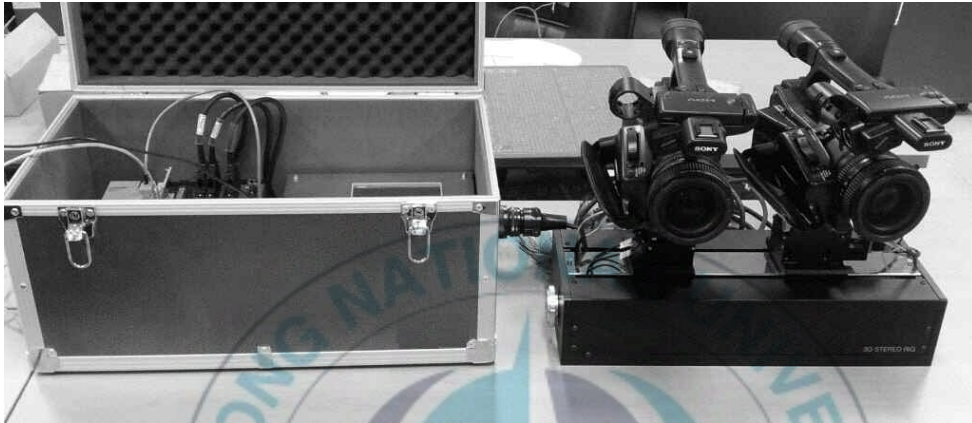


그림 4.3. PLC제어 기반의 자동 입체 카메라 리그

## 4.2 자동 입체 카메라 리그 제어 프로그램 개발

제작된 자동 입체 카메라 리그의 자동제어를 위하여 PLC 프로그램과 터치판넬 프로그램을 작성하였다. 터치판넬 프로그램은 초기 데이터 설정, 명령신호 전송 및 데이터 모니터링에 대한 프로그램으로 이루어지며 PLC 프로그램은 터치판넬 으로부터의 명령신호를 받아서 입체 카메라 리그를 제어 하는 프로그램으로 구성된다.

### 4.2.1 PLC 제어 프로그램

촬영환경(피사체의 거리, 입체 값)에 따른 자동제어를 위해 본 연구에서는 LS산전의 XG5000 프로그램을 사용하여 Ladder Diagram방식의 PLC 프로그램을 작성하였으며 그림 4.4는 PLC 제어프로그램 흐름을 보여준다. 먼저 피사체의 거리를 계산하기 위해 리그의 각 제어장치의 원점을 지정한 후 사용자의 사용 환경에 맞는 초점거리, 영점 거리, 시차정보를 터치 패넬을 통하여 입력하여 초기세팅 작업을 수행하게 되다.

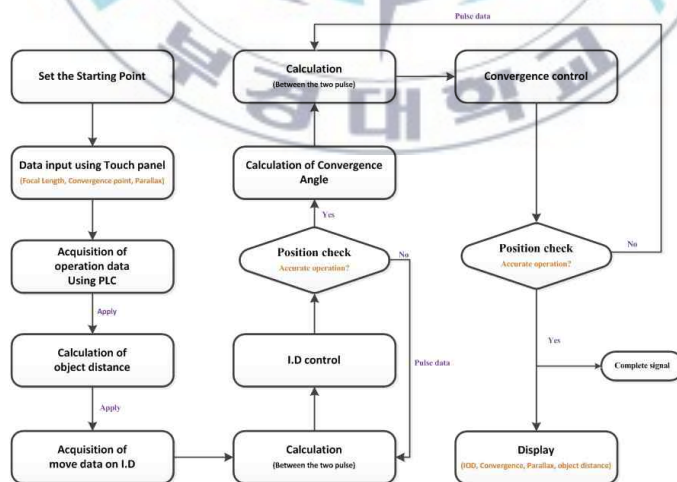


그림 4.4. PLC 프로그램 흐름

초기 세팅을 마친 후 PLC 위치결정 모듈의 전용 명령어인 XSRD를 통하여 각 축에 대한 정보를 획득하게 된다. 획득된 정보는 운전상태, 에러 상태, 동작 완료, 비상정지, 제어 축, 현재위치, 현재속도 데이터를 포함하며 획득된 데이터를 통하여 입체 카메라 리그의 다양한 제어가 이루어진다. 현재의 위치정보를 활용하여 카메라와 피사체 간의 거리 계산이 이루어진다. 축간거리 계산에 꼭 필요한 데이터인 카메라와 피사체 간의 거리는 PLC 저장되어 있는 Rotation Stage축의 위치정보와 그림4.5와 같이 삼각 측량법 방식을 적용하여 계산되어진다. 본 시스템에서의 PLC 프로그램은 Pulse 단위로 제어되며 Rotation Stage의 경우 1 pulse당 0.01도의 위치가 이동하게 된다. 초기세팅에서 설정 해둔 Long Stage와 Rotation Stage의 위치에서 터치 패널을 사용하여 두 카메라를 거리를 계산할 피사체에 초점을 수동제어 방식으로 맞추면 PLC를 통하여 현재의 위치에서 이동된 위치까지의 Pulse 데이터를 획득하게 된다. 이 데이터를 각도로 변환시킨 후 90도에서 마이너스 연산을 수행하면 x와 y의 각도를 알게 되며 두 각도를 180도에서 마이너스 연산을 수행하면 z의 각도 역시 알게 된다. 계산되어진 각도를 식4.1, 4.2를 적용하여 PLC 프로그램에서 연산처리 작업을 수행하면 원하는 거리 즉 카메라와 피사체 간의 거리를 구할 수 있다.

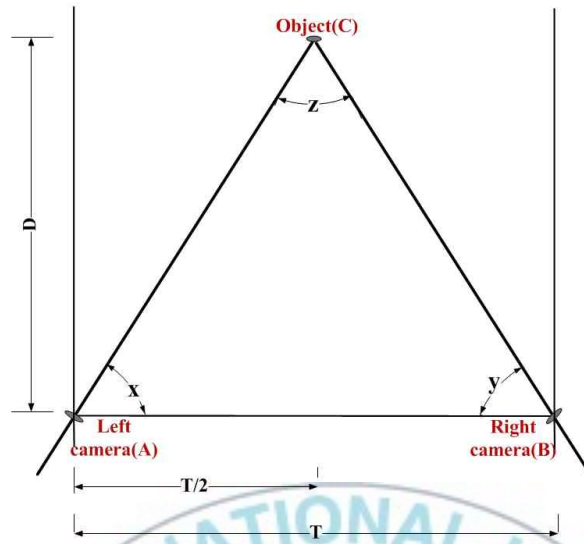


그림 4.5. 피사체 거리 계산법

$$D = AC \cdot \sin(x) \text{ or } BC \cdot \sin(y) \quad (4.1)$$

$$AC = \left( \frac{AB \cdot \sin(y)}{\sin(z)} \right) \quad (4.2)$$

카메라와 가까운 피사체 및 가장 먼 피사체와의 거리 계산이 완료되면 이 거리 데이터를 활용하여 실질적으로 모터를 움직일 거리인 축간거리의 계산 작업이 수행 된다. 축간거리는 앞서 소개되었던 식2.1을 통하여 계산되며 이 때 식 내의 카메라의 초점거리, 시차데이터는 터치판넬을 통하여 초기에 입력하였던 데이터를 사용하게 된다. 또한 촬영도중 데이터 값이 변하면 자동적으로 식2.1에 적용되어 새로운 축간거리 값이 계산되어진다. 축간거리 계산이 완료되면 모터드라이버를 통해 Pulse데이터가 출력되며 입체 카메라 리그의 Baseline(Long Stage)이 제어 된다. 축간거리 제어가 완료 된 후 영점 제어를 위한 각도를 계산 하게 되며 그림 4.6은 영점 제어각도의 처리 하기위한 계산방법을 보여준다.



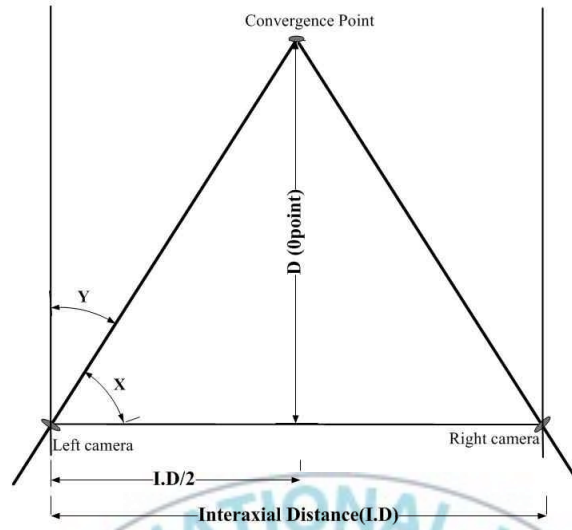


그림 4.6. 영점 각도제어 계산법

$$X = \tan^{-1} \left( \frac{D}{I.D./2} \right) \quad (4.3)$$

$$Y(\text{Moving } \angle) = 90 - X \quad (4.4)$$

삼각측량법을 사용하여 계산되어진 축간거리 데이터와 초기에 사용자가 원하는 영점의 위치데이터를 식4.3, 4.4을 적용하여 영점 제어를 위한 제어각도 Y를 획득 할 수 있다. 영점 제어각도의 획득이 완료되면 모터드라이버를 통하여 Rotation Stage가 제어되며, 완료된 후 완료 신호를 출력하는 동작하는 방식으로 PLC Ladder 프로그램이 작성 되었다. 또한 모든 촬영 정보(축간거리, 카메라와 피사체 간의 거리, 영점 거리, 시차, 속도)는 터치 패널을 통하여 실시간으로 디스플레이 된다.



## 4.2.2 터치판넬 프로그램

본 시스템에 사용된 터치판넬 프로그램은 XDesignerPlus 프로그램을 사용하여 작성되었다. 그림 4.7은 터치판넬 프로그램의 구성을 보여준다.

The diagram illustrates the structure of the touch panel program, organized into four main functional areas:

- Camera Rig Control Program:**
  - Manual Mode
  - Automatic Mode
  - Set Starting Point (On)
  - Error Reset (On)
  - Setting
  - Display
- Setting Mode:**
  - Focal Length (Val)
  - Zero Point (Val)
  - N Distance (Val)
  - Reset (On)
  - Parallax (Val)
  - Speed (Val)
  - L Distance (Val)
- Automatic Mode:**
  - Calculation 1 (On)
  - I.D Control (On)
  - Start (On)
  - Speed (On)
  - Calculation 2 (On)
  - Zero Point Control (On)
  - Stop (On)
  - Starting Point (On)
- Manual Mode:**
  - Left I.D + (val), Left I.D - (val)
  - Left Rot + (val), Left I.Rot - (val)
  - Left Gon + (val), Left Gon - (val)
  - Speed Control
  - Right I.D + (val), Right I.D - (val)
  - Right Rot + (val), Right Rot - (val)
  - Right Gon + (val), Right Gon - (val)
  - Error Reset
  - I.D 2axes+ (val), I.D 2axes- (val)
  - Rot 2axes + (val), Rot 2axes - (val)
  - Goni 2axes + (val), Goni 2axes - (val)
  - Starting Point

그림 4.7. 터치판넬 프로그램 구성

Control Program, Setting Mode, Automatic Mode, Manual Mode의 총 4개의 화면으로 구성하였으며 Control Program내의 모드를 클릭 하면 각각의 모드로 넘어가게 작성 되었으며, 여기에서 입체 카메라 리그의 최초의 원점 지정 및 전체 축에 대한 에러 리셋 작업 이 수행되어진다. Setting Mode에서는 축간거리 계산에 필요한 정보인 카메라의 초점거리, 시차와 주시각 제어에 필요한 영점 및 속도를 최초에 설정할 수 있게 프로그램 되어있다. 또한 Setting Mode상의 각각의 메뉴를 클릭하게 되면 숫자키패드가 생겨 사용자가 손쉽게 데이터를 입력 할 수 있게 작성 하였

다. Manual Mode는 입체 카메라 리그의 반자동제어를 위해 작성 되었다. 각각의 축에 대해 정방향 또는 역방향으로 독립적인 제어가 가능하며 같은 제어기능(축간거리제어, 영점 제어, Alignment)을 가지는 2축에 대한 동시제어 기능을 제공한다. 또한 Speed Control 버튼을 사용하여 운전 중 속도제어가 가능하도록 작성 되었다. 특히 Manual Mode 내의 에러리셋 및 원점복귀 지령은 전체 축에 대한 명령뿐만 아니라 각 축에 대한 독립적인 명령 역시 가능하게 작성 되었다. Automatic Mode는 입체 카메라 리그의 자동제어를 위해 작성 되었다. 초기 설정을 마친 후 Calculation1 버튼을 클릭하면 PLC는 카메라의 피사체의 거리 획득을 위한 연산처리 작업을 수행 한다. 두 피사체(가장 가까운 피사체, 가장 먼 피사체)의 거리획득이 완료되면 축간거리의 계산이 수행 되며 이모든 작업은 1초 이내의 짧은 시간 내에 이루어진다. Calculation2는 영점 제어를 위한 Rotation Stage의 이동각도의 계산을 위한 버튼이다. 영점 제어 각도는 축간거리에 의존하여 계산되기 때문에 Calculation1 작업이 완료된 후에 실행 하여 한다. 모든 계산이 끝난 후 축간거리 제어와 영점 제어 버튼을 이용하여 각각의 자동제어 작업이 수행 된다. 추가적으로 Start 버튼을 클릭하여 사용자가 원하는 거리의 축간거리 제어가 가능하게 구성되었으며, Speed 버튼을 사용하여 운전 중에도 속도의 변화가 가능하게 프로그램 되었다. 그림 4.8은 선택모드, 반자동 모드, 자동 모드, 설정모드로 개발된 터치판넬 프로그램의 모습을 보여준다.

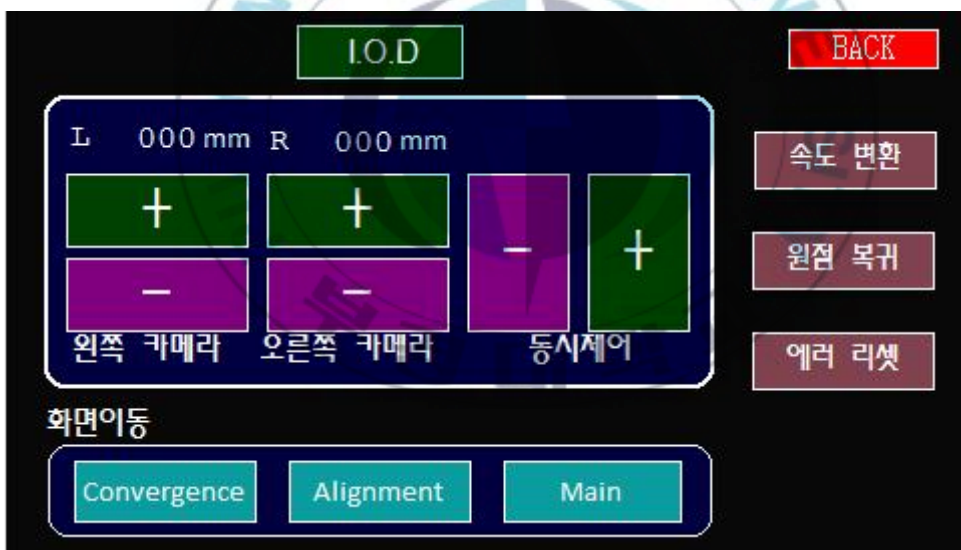
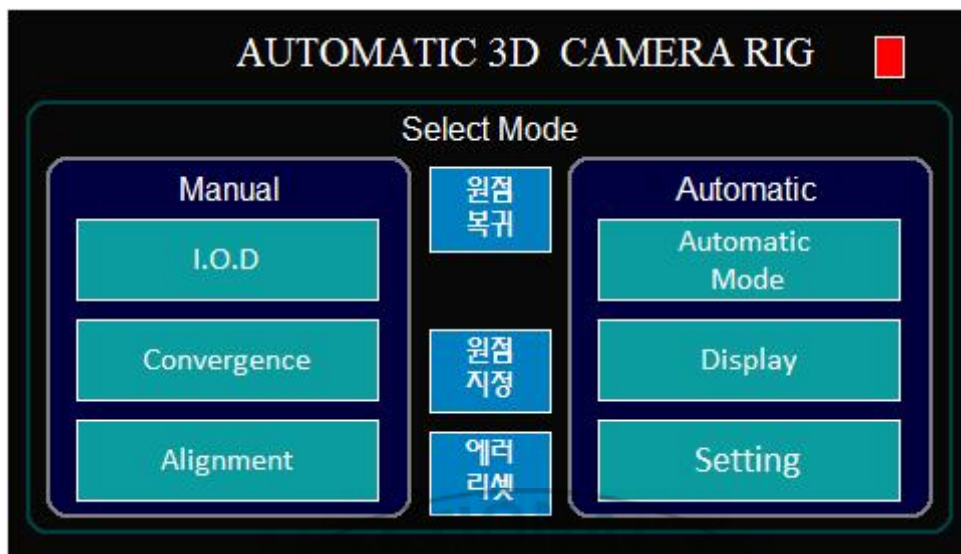


그림 4.8. 터치판넬 프로그램

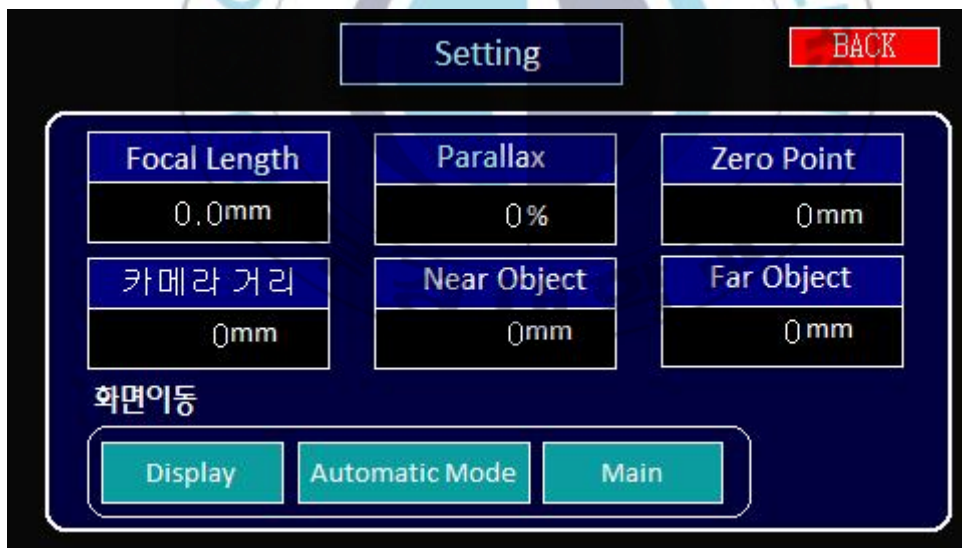


그림 4.8. 터치판넬 프로그램

본 연구에서 개발된 시스템은 기존의 입체 카메라 리그의 제어방식이 아닌 프로그램 기반의 제어방식을 추가로 적용함으로써 기존의 입체 카메라 리그로는 불가능한 다양한 제어가 가능하여 초보자도 전문가 수준의 입체영상 촬영이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 표3,4는 기존의 입체 카메라 리그와 본 연구에서 개발된 입체 카메라 리그와의 특징을 비교 분석 하였다.

표 3.4. 기존 입체 카메라 리그와의 특징비교

|       | 기존 입체 카메라 리그            | 개발된 입체 카메라 리그                            |
|-------|-------------------------|------------------------------------------|
| 촬영 방식 | 수평식/직교식                 | 수평식                                      |
| 구동 방식 | 수동/전동                   | 수동/전동/자동                                 |
| 제어 방식 | 수동제어<br>버튼을 이용한 단순 전동제어 | 수동제어<br>버튼을 이용한 단순 전동제어<br>프로그램 기반의 자동제어 |
| 속도 제어 | 불가능                     | 가능                                       |
| 모니터링  | 일부분 가능<br>(이동거리)        | 모든 데이터 가능<br>(이동거리, 각도, 속도, 에러)          |
| 사용 대상 | 3D 촬영 전문가               | 3D 촬영 전문가 및 초보자                          |

## V. 결론

본 연구에서는 기존의 입체 카메라 리그의 단점을 보완하고 입체영상 촬영 단계에서부터 높은 품질의 영상을 획득하여 후처리 편집 작업의 시간을 줄이면서 시야의 안정성을 가지는 입체영상을 획득하기 위해 Motorized Stage(Long Stage, Goniometer Stage, Rotation Stage)를 적용한 하드웨어인 수평식 입체 카메라 리그와 입체 카메라 리그를 촬영 환경에 따른 초기세팅 및 자동제어를 위한 제어박스로 구성된 PLC 제어 기반의 자동 입체 카메라 리그를 개발 하였다.

제어박스는 촬영정보(카메라와 피사체사이 거리, 영점거리, 축간거리, 시차정보 등)의 모니터링과 PLC로의 명령신호 전달을 위한 터치패널과 연산처리, 위치 및 속도제어, 원점지정, 에러감시를 위한 PLC 세트(입·출력, 위치결정, 통신)와 모터 제어를 위한 모터 드라이버 그리고 DC전원공급을 위한 SMPS로 구성하였다. 자동제어를 위한 PLC 프로그램은 Ladder Diagram 방식으로 작성하였으며 상위 제어기기인 터치패널의 명령신호를 받아서 적절한 입체 카메라 리그의 제어가 이루어진다. 촬영거리에 따른 최적의 축간거리 계산을 위해 본 연구에서는 축간거리 계산 방정식을 적용하였으며 PLC를 통하여 자동으로 계산되며, 계산되어진 값에 따라 적절한 펄스를 출력하여 자동으로 입체 카메라 리그의 제어가 가능하게 설계 하였다.

이러한 입체영상 촬영을 위해 적용된 방정식 및 적정기준을 적용한 자동 입체 카메라 리그를 활용함으로써 촬영단계에서부터 오차를 최소화하여 우수한 품질의 입체영상을 획득하며, 후처리 편집 작업에서의 시간 및 비용을 단축시켜 누구라도 손쉽게 시야의 안정성을 가지는 전문가 수준의 입체영상의 제작이 가능할 것이라 기대된다.



## VI. 참 고 문 헌

- [1] Insight Media, 3DTV Repot, 2008
- [2] 한국전자통신연구원, <http://www.etri.re.kr>
- [3] 최양현, “디지털 입체 시네마 테스트 베드 기술연구서”, 영화진흥위원회, 2009
- [4] 최익환, “2009 디지털3D 시네마기술컨퍼런스”, 2009
- [5] 윤국진, 조숙희, 허남호, 김진웅, 이수인, 안치득, “디지털 TV기반 3차원 방송 시스템 설계 및 구현”, 방송공학회논문지, 11권 4호, 483-494쪽, 2006
- [6] 광운대학교 정보콘텐츠대학원, “3D 촬영 기법”, 3D 콘텐츠 학과 2010
- [7] Bernard Mendiburu, “3D Movie Making”, Focal Press, 2009
- [8] KBI 디지털방송 전문인 연수(2004). 3DTV 시스템 기술, 광운대 이승현.
- [9] Ray Zone, 『Stereoscopic Cinema and the Origins of 3-D Film\_1838-1952』, The University Press of Kentucky, 2007
- [10] Namho Lee, Jaekyoung Moon and Soon-Yong Park, “Microscopic Stereo Camera with Simultaneous Vergence and Focus Control”, The23rdInternationalTechicalConferenceon Circuits/Systems, Computers and Communications(ITC-CSCC), 2008, pp.1637-1640.
- [11] Soon-Yong Park and Namho Lee, “Stereoscopic Imaging Camera With Simultaneous Vergence and Focus Control.”, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 43(12), 2004, pp. 3130-3137.
- [12] Robert Neuman, “Bolt 3D : Case Study”, Stereoscopic Applications & Displays, 2009
- [13] 최양현, 권영재, 조방현, 소현수, “3D 입체영상 제작 워크북”, 한국콘텐츠진흥원, 2010
- [14] Yang Hyun Choi, Jae Hong Ahn, “A study on Correlation between Stereoscopic Cinematography and Storytelling”, Stereoscopic Displays and Applications, 2010

- [15] 한국콘텐츠진흥원 "3D 입체 콘텐츠 제작기술 동향" 2010
- [16] 최양현, "입체영상콘텐츠 촬영기술의 워크플로우에 관한 연구", 한국방송공학학술대회, 2009
- [17] L.B.Rosenberg, "The effect of interocular distance upon operator performance using Stereoscopic disparity to Perform virtual depth tasks," IEEE International Symposium on Virtual Reality, 1993, pp. 27-32.
- [18] 한국콘텐츠진흥원, <http://www.kocca.kr>
- [19] C. Kwon, Y. T. Lim, N. Kim, "Vergence Control of Binocular Stereoscopic Camera Using Disparity Information", Journal of the Optical Society of Korea Vol. 13, No. 3, September 2009, pp. 379-385.
- [20] S. Y. Park, N. Lee, "Stereoscopic imaging camera with simultaneous vergence and focus control," Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 2004, pp. 3130 - 3137.
- [21] 이재원, 배윤진, 김강산, 이철희, 진경아, 서현교, 이호근, 김형식, 최현준, 서영호, 유지상, 김동욱, "깊이영상 조작에 의한 스테레오 영상의 부분 시차 조정, 2010 한국방송공학회 정기총회 및 추계 학술대회, pp.311-314, 2011.11
- [22] 박병진, 정재우, 박성환, "고품질 3D 입체영상 제작을 위한 최대 스크린 시차(Max Parallax) 제안, 2011 한국방송공학회 정기총회 및 추계 학술대회, pp.333-336, 2011.11
- [23] G. Lee, N. Hur and C. Ahn, "Parallel-Axis Stereoscopic Camera with Vergence Control and Multiplexing Functions", Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems, X, 5006, 2003.
- [24] (주)JAEWON Co., Ltd, <http://www.ijaewon.com>
- [25] Park, C.-M., Bajumaya, S. M., Park, S.-C., Wang, G.-N., Kwak, J.-G., Han, K.-H., and Chang, M.-H, "Development of Virtual Simulator for Visual Validation of PLC Program" International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, 29 November - 1 December, Sydney, Australia, 2006

- [26] Shuting-zeng, Zhijia-yang, “A High Performance Architecture Design Of Plc Dedicated Processor”, 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering(ICA CTE), 2010
- [27] ㈜LSIS, <http://kr.lsis.biz>
- [28] ㈜M2I Coperation, <http://www.m2i.co.kr>



## VII. 부 록

### 7.1 PLC제어 프로그램

|                                                                                                                   |      |        |        |        |                        |                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|--------|--------|------------------------|--------------------------------------------------|
| <div> <div>M01001</div> <div>N 피사체 거리 획득 완료</div> </div> <div> <div>M01004</div> <div>F 피사체 거리 획득 완료</div> </div> | LMUL | D00620 | D00920 | D01100 | 가까운 면<br>피사체 거리 피사체 거리 | Far * Near                                       |
|                                                                                                                   | LSUB | D00620 | D00920 | D01104 | 가까운 면<br>피사체 거리 피사체 거리 | Far - Near                                       |
|                                                                                                                   | LDIV | D01012 | D01016 | D01108 | Parallax<br>실수         | 실수 100 Parallax/<br>100                          |
|                                                                                                                   | LDIV | D01100 | D01104 | D01112 | Far * Near             | Far - Near (Far+Near)<br>(Far-Near)              |
|                                                                                                                   | LDIV | D01020 | D01004 | D01116 | 실수 1                   | Focal Length<br>실수 1/ Focal Length               |
|                                                                                                                   | LDIV | D01104 | D01100 | D01120 | Far - Near             | Far * Near (Far-Near)<br>(Far+Near)              |
|                                                                                                                   | LSUB | D01116 | D01120 | D01124 | 1/ Focal Length        | (Far-Near) (01116 -<br>(Far+Near) D1120)         |
|                                                                                                                   | LMUL | D01004 | D01012 | D01128 | Focal Length<br>실수     | Parallax 실수 Lens *<br>Parallax                   |
|                                                                                                                   | LMUL | D01112 | D01124 | D01132 | (Far+Near)             | (D1116 -<br>(Far-Near) D1120) (D1112 *<br>D1124) |
|                                                                                                                   | LMUL | D01128 | D01132 | D01136 | Lens *<br>Parallax     | (D1112 *<br>D1124) ID<br>거리 (계산)                 |
|                                                                                                                   | LSUB | D01136 | D01040 | D01140 | ID<br>거리 (계산)          | 보정 ID값<br>(실수변환) ID 거리                           |

그림 7.1. 연산처리 프로그램



그림 7.2. 모터 축 정보저장 프로그램

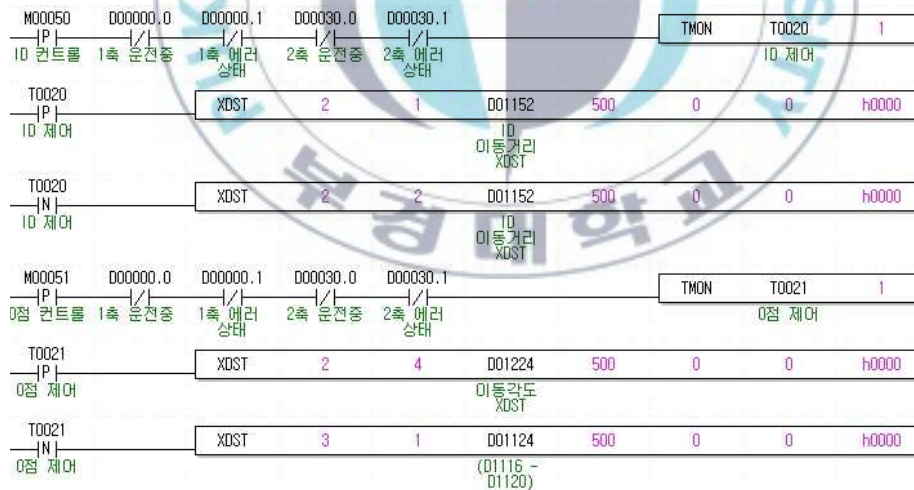


그림 7.3. 모터 제어 프로그램





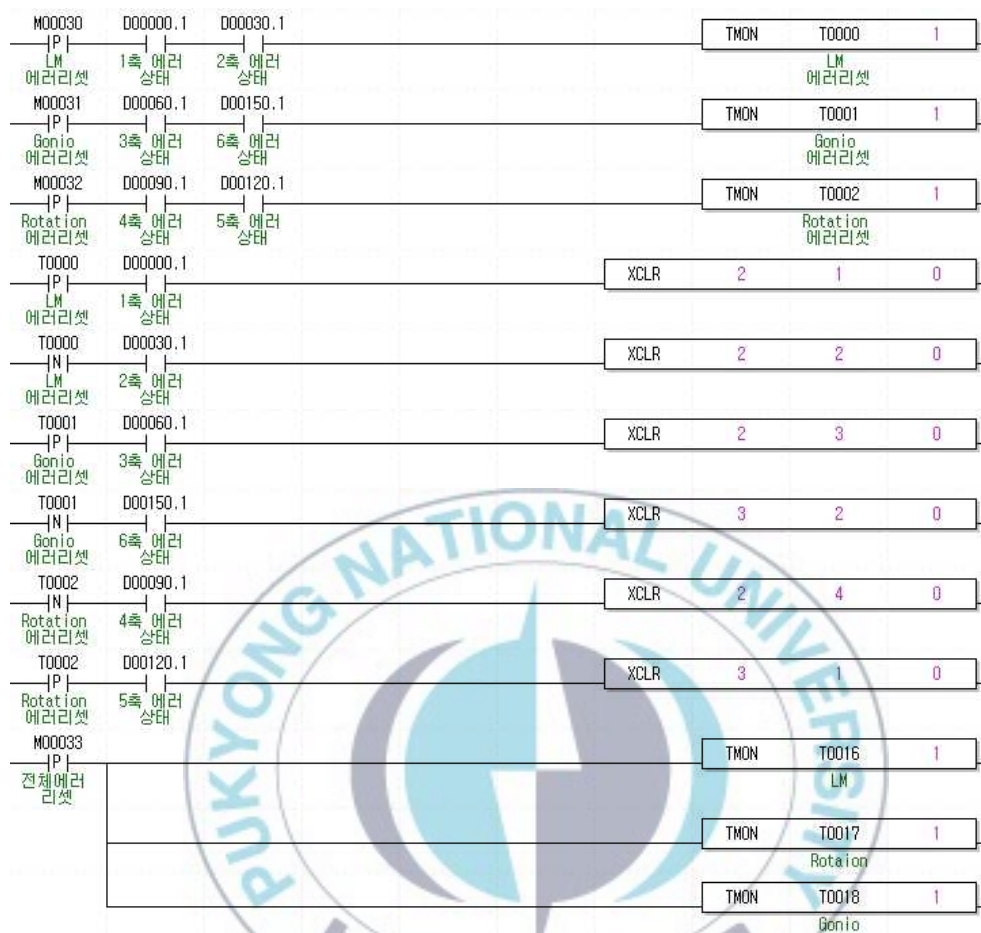


그림 7.5. 에러리셋 프로그램

## 연구 실적

### ● 국외학술발표대회

- [1] **Seong-Mo An**, Rohit Ramesh, Young-Sook Lee, and Wan-Young Chung “Interaxial Distance and Convergence Control for Efficient Stereoscopic Shooting using Horizontal Moving 3D Camera Rig”, ICMVIPPA, 2011
- [2] **Seong-Mo An**, Wan-Young Chung “Efficient Quality Control in Stereoscopic 3D Image by Interaxial Distance Equation” AMSE, 2012

### ● 국내전문학술지

- [1] **안성모**, 김재경, 유재호, 정상중, 정완영 “국지기상 모니터링을 위한 WSN 기반 필드서버 제작”, 한국해양정보통신학회논문지, 2011

### ● 국내학술발표대회

- [1] **안성모**, 김재경, 유재호, 정완영 “국지적 데이터 센싱기반의 기상모니터링 시스템 플랫폼”, 한국신호처리시스템학회, 2010
- [2] 김재경, **안성모**, 이창희, 옥영석, 정완영 “CDMA망 기반 해안지역의 수중 환경정보 수집시스템”, 한국해양정보통신학회, 2011
- [3] 길병찬, **안성모**, 유재호, 정완영 “통합형 국지성 기상 모니터링 기술, 한국신호처리시스템학회”, 2011
- [4] 로히트 라메쉬, **안성모**, 정신일, 정완영 “Grayscale Representation of Fused Stereo Image Pairs for Efficient Disparity Visualization”, 대한전자공학회, 2011
- [5] **안성모**, 정완영 “입체영상의 입체감 분석을 위한 시차정보 추출 방법”, 한국신호처리시스템학회, 2012

[6] 안성모, 정완영 “자동 입체 카메라 리그의 제어시스템 개발”, 한국신호처리시스템학회, 2012

### ● 수상실적

[1] “우수발표논문상” 한국신호처리·시스템학회, 2010

[2] “최우수 논문상” 한국신호처리·시스템학회, 2012



## 감사의 글

학부과정 2년 석사과정 2년의 시간동안 연구실에서 너무 많은 분들의 도움을 받았고, 이러한 도움을 통해 4년이 지난 지금 많은 성장하고 발전된 모습으로 석사과정을 마무리를 하게 되었습니다. 이 지면을 통해 고개 숙여 감사의 뜻을 전합니다.

먼저 부족한 저에게 4년간 지원과 지도, 그리고 배움의 길을 열어주신 정완영 교수님께 진심으로 감사드립니다. 본 논문이 완성되기 위해 올바른 지적으로 부족한 점을 보완해 주셨고, 많이 부족한 저를 여기까지 이끌어 주시면서 학문적 가르침과 국내·외의 학회 등 다양한 기회를 제시해 주신 정완영 교수님의 가르침을 마음 속 깊이 간직하겠습니다. 아울러 바쁘신 와중에도 부족한 논문을 지도해 주신 문광석 교수님과 최혁환 교수님께도 고개 숙여 감사드립니다.

USN연구실에서의 4년동안 많은 조언과 가르침을 주신 이영숙 박사님, 이승철 선배님, 정상중 선배님께 진심으로 감사를 드립니다. 또한 연구실생활을 함께 해오며 많은 힘이 되어준 신흥섭, 유재호, 김정현, 이동환, 정진영, Boon-Giin Lee, Su-Lin Koay, Pei-Cheng Hii, Rohit Ramesh, Cheong Yew Kiak, Fong Ee-May, Tan Yee Yong, Lee Theng Wei MTS연구실의 황재영 그리고 학부생들과 함께 졸업의 기쁨을 나누고자 합니다.

또한 지금까지 힘들 때 많은 도움과 격려를 해준 친구들과 후배들과 함께 졸업의 기쁨을 나누고자 합니다.

마지막으로, 형으로서 힘을 낼 수 있도록 꿈을 향해 열심히 노력하는 동생과 오늘의 제가 있기까지 저를 위해 항상 기도와 보살핌으로 인생을 살아오신 아버지와 어머니께 이 논문을 받칩니다. 2년간의 석사과정을 밀거름 삶아 훗날 자랑스러운 아들과 형, 그리고 제자로서 성장해 나가도록 노력하겠습니다. 졸업을 앞두고 사회를 나가는 문턱에 서니 설렘과 두려움이 먼저 앞서지만 지금까지 해왔던 것처럼 주위의 모든 분들을 실망시키지 않고 후회 없는 삶을 살아가는 사람이 되도록 노력하겠습니다. 도움을 주신 모든 분들께 다시 한 번 감사의 말씀을 전하며 이 글을 마칩니다.

안 성 모 드림