creative commons

COMMONS DEED

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

dCollection

[UCI]I804:11061-200000103064

박사학위논문

동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 방법에 관한 연구

2018년

한 성 대 학 교 대 학 원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅 전공

김 현 종

박사학위논문
지도교수 홍정완

동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 방법에 관한 연구

A Study on the Improvement Method of Work Through Motion Analysis and Virtual Reality

2018년 6월 일

한 성 대 학 교 대 학 원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅 전공

김 현 종

박사학위논문
지도교수 홍정완

동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 방법에 관한 연구

A Study on the Improvement Method of Work Through Motion Analysis and Virtual Reality

위 논문을 컨설팅학 박사학위논문으로 제출함

2018년 6월 일

한 성 대 학 교 대 학 원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅 전공

김 현 종

김현종의 컨설팅학 박사학위논문을 인준함

2018년 6월 일

심사위원장 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

HANSUNG UNIVERSITY

국 문 초 록

동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 방법에 관한 연구

한 성 대 학 교 대 학 원
스 마 트 융 합 컨 설 팅 학 과
스 마 트 융 합 컨 설 팅 전 공
김 현 종

중소제조업에 있어 시장 환경은 다양한 고객의 욕구충족으로 제품의 종류는 다양화되고 제품의 라이프사이클은 짧아지고 있다. 이러한 극심한 변화를 가지는 시장조건에서 제조업의 패러다임은 저비용, 다품종, 유연생산방식으로 변화하고 있다. 이와 같은 변화에 대응하기 위해서 중소제조업체들은 시장의 요구사항에 신속하게 대응할 수 있는 작업개선 시스템 설계 및 구현능력을 갖추어야 한다.

현재 중소제조업에서 실시되는 작업방법 개선활동을 살펴보면 동작분석을 기반으로 위험요소 및 낭비요소를 제거한 공정을 재설계하고 물리적인 공간상에 테스트베드를 구현을 통해서 이를 검증하는 형태로 진행되고 있다.

이러한 작업방법 개선활동은 테스트베드의 설치 및 운영에 소요되는 비용적 부담으로 자금운영이 양호한 일부 기업에서만 시행되고 있는 실정이다. 즉 대부분의 중소제조 기업에서는 물리적 테스트베드 없이 동작분석을 통해서 재설계된 공정을 그대로 적용하거나 그 자체를 시도하지 못하고 있다.

최근 가상현실·증강현실의 기술은 작업혁신활동에 물리적 테스트 베드를

대체하는 기술로 평가받고 있으며 이와 관련된 시뮬레이션 시스템들이 개발되고 있다.
현재 개발된 시스템들은 자동차, 선박 등의 대기업을 중심으로 연구나 대규모의 장치산업 분야에서 일부 적용되고 있으며, 이러한 시스템들은 설계자들의 생각을 교환하는 디자인-설계시스템 및 작업에 대한 숙련자의 노하우를 전달하는 교육시스템들로 공정별 작업자의 특성을 파악하여 최적화된 작업표준을 설계하는 본 연구와 차이가 있다.

국내 제조업의 약98%인 중소 제조기업은 대부분 작업자를 중심으로 작업순서에 따라 부품을 조립하는 공정이 대부분이며, 자금운영이 취약한 특징을 가지고 있다.

따라서, 중소기업의 작업개선을 위해서는 제품의 디자인-설계 또는 교육훈련을 목적으로 하는 시뮬레이션이 아니라 중소기업 대부분의 현장에 적용할 수 있는 저비용·고효율의 최적화 작업설계에 따른 검증시스템의 개발이 필요하다.

본 연구의 기술 개발 최종목표는 다수의 작업자, 자재, 부품, 설비들이 연속적으로 진행되는 작업을 설계하고 검증할 수 있는 작업효율분석 및 최적화를 위한 가상 테스트베드 시뮬레이션 시스템 개발이다.
핵심 기술 개발 내용은 첫째, 이미지분석 기술을 이용한 작업의 동작분석자동화기술 개발, 둘째, 검증환경을 위한 레이아웃 및 시나리오 시스템 개발, 셋째, 테스트베드 시나리오 제어 및 시각동기화를 위한 가상현실 테스트베드 시스템 개발, 넷째 가상객체 관리, 사용자관리, 프로젝트관리, 작업효율분석 등 통합관리시스템 개발이다.

본 논문은 기존 연구의 동향 및 한계점을 통한 연구의 필요성 및 목적을 제시하고, 동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 시스템 개발을 위한 분석설계 및 시스템을 개발, 그 결과에 대한 결론으로 구성하였다.

제안된 기술은 C#기반의 Multi Platform, Eyeshot Professional을 활용한 3D객체 알고리즘, 이미지처리 알고리즘에 의한 저장매체 저장기술, MDB Database와 MS-SQL간의 연동기술, 가상현실 테스트 베드 시스템과 작업개선 시스템간의 시간데이터를 활용한 Gap분석 기술, Lighting Chart 라이브러

리를 활용한 Chart기술, 산업공학의 이론을 기반으로 LOB 실시간 모니터링 기술 등 다양한 기술을 포함하고 있다. 이러한 기술적 융합을 토대로 생산성 향상 및 제조경쟁력 강화를 위한 저비용 작업설계 개선활동 및 작업자 교육비 절감을 위한 시스템을 구축할 수 있다. 이를 토대로 작업개선활동에서 고숙련자의 참여도를 높이고 중소 제조기업이 주도적으로 작업개선을 실시할 수 있는 시스템을 제공함으로 고숙련자의 기능을 효과적으로 전수할 수 있다. 또한 기존의 작업환경을 변경하기 위해서는 막대한 자본과 인력, 에너지가 필요한 작업이었으나 사전에 시뮬레이션을 해볼 수 있어 애로사항이나 문제를 파악할 수 있으며 작업개선의 비용절감이 가능하다.

본 연구는 향후 국방, 의료 등 다양한 산업분야에 가상시뮬레이션 기반의 테스트 베드를 제공할 수 있으며, 3차원 객체를 제작 후 필요에 따라 구매하여 사용할 수 있는 콘텐츠 서비스 분야, 가상현실을 이용한 교육훈련 시스템으로 확장 및 응용될 것으로 사료된다.

HANSUNG UNIVERSITY

【주요어】 동작연구, 가상현실, 작업연구, 작업측정, 화상처리.

목 차

제 1 장 서 론 ····· 1

제 1 절 연구의 배경 및 목적 ····· 1
제 2 절 연구의 필요성 ····· 5
제 3 절 논문의 구성 ····· 8

제 2 장 이론적 배경 및 관련연구 ····· 9

제 1 절 스마트공장관련 연구 ····· 9
제 2 절 작업관리관련 연구 ····· 18
제 3 절 가상현실관련 연구 ····· 30

제 3 장 동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 시스템 설계 ····· 36

제 1 절 시스템 개발 방향 및 설계 ····· 36
제 2 절 하드웨어 및 소프트웨어 설계 및 구성 ····· 56

제 4 장 동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 시스템 구현 ····· 68

제 1 절 동작분석 자동화시스템 ····· 68
제 2 절 통합관리 시스템 ····· 89
제 3 절 작업시나리오 시스템 ····· 104
제 4 절 작업 레이아웃 시스템 ····· 117
제 5 절 가상현실 기반의 테스트베드 시스템 ····· 154
제 6 절 3D 가상객체 제작 시스템 ····· 185
제 7 절 작업개선 시스템 모의 테스트 ····· 201

제 5 장 결 론 ····· 212

참 고 문 헌 ····· 216

ABSTRACT ····· 222

HANSUNG UNIVERSITY

표 목 차

[표 1-1] 제조업혁신 3.0 추진전략 ····· 1
[표 2-1] 스마트공장의 구현을 위한 생산 기능 요건 ····· 11
[표 2-2] 주요 국가별 스마트공장 연구개발 현황 ····· 41
[표 2-3] 스마트공장관련 연구 요약 ····· 61
[표 2-4] 동작경제의 원칙 ····· 22
[표 2-5] 공정도 5가지 요소 ····· 42
[표 2-6] 작업관리관련 연구 요약 ····· 82
[표 2-7] 가상현실관련 연구 요약 ····· 23
[표 3-1] 동작분석 및 가상현실을 통한 작업 개선 방법에 관한 연구 ····· 63
[표 3-2] 분석 범위 ····· 73
[표 3-3] 유효특허 추출 기준 ····· 73
[표 3-4] 분류에 따른 키워드 ····· 93
[표 3-5] 핵심특허 목록 ····· 04
[표 3-6] 시스템 주요 개발내용 ····· 54
[표 3-7] 가상현실과 증강현실의 차이점 비교 ····· 15
[표 3-8] 가상현실 디바이스 및 장비 기본사양 ····· 75
[표 3-9] 오큘러스 상세규격 ····· 85
[표 3-10] 립 모션 상세규격 ····· 95
[표 3-11] 셋톱박스 거치대 ····· 26
[표 3-12] 모베리오 BT-300 ····· 36
[표 3-13] 아인스캔 상세 규격 ····· 46
[표 3-14] 소프트웨어 아키텍처 ····· 56
[표 3-15] 소프트웨어 개발도구 ····· 66
[표 4-1] 프로젝트관리 ····· 08
[표 4-2] 주기·요소 자동화분석 ····· 18
[표 4-3] 주기 자동화분석 ····· 28
[표 4-4] 요소 자동화분석 ····· 38
[표 4-5] 보고서·통계 ····· 48

[표 4-6] 연합작업 ····· 58
[표 4-7] 다중분석 ····· 68
[표 4-8] 라인밸런싱 ····· 78
[표 4-9] 동작분석 자동화시스템 테스트 결과 ····· 88
[표 4-10] Log-In 기능 명세서 ····· 89
[표 4-11] 프로젝트 관리 기능 명세서 ····· 90
[표 4-12] Program Connection 기능 명세서 ····· 90
[표 4-13] Gap분석 기능 명세서 ····· 91
[표 4-14] Real Time LOB 기능 명세서 ····· 93
[표 4-15] Server Accept Information Change 기능 명세서 ····· 94
[표 4-16] 통합관리& 시나리오 & 레이아웃 테스트 결과 ····· 95
[표 4-17] 대표적인 해외 인테리어 디자인 소프트웨어 ····· 97
[표 4-18] 통합관리프로그램 및 작업레이아웃 간의 파라미터 규약 ····· 97
[표 4-19] 오브젝트 관리를 위한 Dictionary Collection 구조 ····· 99
[표 4-20] Intro Scene 로딩 화면 ····· 93
[표 4-21] Intro Parameter 분석 기능 명세서 ····· 94
[표 4-22] 프로젝트 관리 기능 명세서 ····· 93
[표 4-23] 파일 관리 기능 명세서 ····· 93
[표 4-24] UI 관리 기능 명세서 ····· 98
[표 4-25] 컨트롤러 기능 명세서 ····· 90
[표 4-26] Layout Object 기능 명세서 ····· 92
[표 4-27] Object UI Controller 기능 명세서 ····· 94
[표 4-28] List Box 기능 명세서 ····· 96
[표 4-29] Dialog Box 기능 명세서 ····· 97
[표 4-30] 2D 시점 인터페이스 설명 ····· 95
[표 4-31] 3D 시점 인터페이스 설명 ····· 95
[표 4-32] 물품메뉴 인터페이스 설명 ····· 93
[표 4-33] 키보드 입력 인터페이스 설명 ····· 93
[표 4-34] 마우스 인터페이스 설명 ····· 93

[표 4-35] 도움말 이미지 구성도 ····· 58
[표 4-36] Intro Scene 로딩 화면 ····· 66
[표 4-37] Intro Scene Parameter 분석 기능 명세서 ····· 761
[표 4-38] Main Manager 기능 명세서 ····· 68
[표 4-39] Grab Hand 기능 명세서 ····· 71
[표 4-40] Grab Object 기능 명세서 ····· 73
[표 4-41] 결합 이벤트 기능 명세서 ····· 74
[표 4-42] 생성 이벤트 기능 명세서 ····· 75
[표 4-43] 작업 레이아웃 배치 모듈의 XML 데이터 구조 설명 ····· 81
[표 4-44] 작업 시작 전 인터페이스 설명 ····· 83
[표 4-45] 작업 시작 후 인터페이스 설명 ····· 83
[표 4-46] 가상현실 기반의 테스트베드 시스템 테스트 결과 ····· 481
[표 4-47] 입체시 자동화율 ····· 97
[표 4-48] 배경 분리 추출 성공률 ····· 99
[표 4-49] 3D 가상객체 제작 시스템 테스트 결과 ····· 102

그 림 목 차

[그림 1-1] 시스템 개요도 ····· 3
[그림 1-2] 핵심 기술 및 시스템 구조 ····· 4
[그림 2-1] 스마트공장의 범위 ····· 01
[그림 2-2] 스마트공장의 기능요건 ····· 11
[그림 2-3] 스마트공장의 수준 총괄도 ····· 21
[그림 2-4] 스마트 공장도 ····· 51
[그림 2-5] 작업관리 내용 ····· 91
[그림 2-6] Therblig's Symbols ····· 42
[그림 2-7] Process Chart Symbols ····· 52
[그림 2-8] MODAPTS CODE and NUMBER ····· 27
[그림 2-9] 훈련에 대한 시뮬레이션 적용 사례 ····· 13
[그림 2-10] Leap Motion ····· 43
[그림 2-11] Oculus Rift CV1 ····· 53
[그림 3-1] 통합관리 시스템 설계 ····· 64
[그림 3-2] 검증환경 설계시스템 설계 ····· 74
[그림 3-3] 3D 가상객체 제작 시스템 설계 ····· 84
[그림 3-4] 가상현실 테스트베드 시스템 설계 ····· 94
[그림 3-5] 프로토 타입 ····· 05
[그림 3-6] 시나리오 1안(1) ····· 25
[그림 3-7] 시나리오 1안(2) ····· 25
[그림 3-8] 시나리오 1안(3) ····· 35
[그림 3-9] 시나리오 1안(4) ····· 35
[그림 3-10] 프로토 타입 시스템 인터페이스 구조 ····· 45
[그림 3-11] 하드웨어 아키텍처 ····· 65
[그림 3-12] 오큘러스 기본형상 ····· 85
[그림 3-13] 립 모션 기본형상 ····· 95
[그림 3-14] 셋톱박스 도면 ····· 16
[그림 3-15] 배면도 ····· 16

[그림 3-16] 조감도 ····· 16
[그림 3-17] 모베리오 BT-300 ····· 36
[그림 3-18] 아인스캔 3D 스캐너 ····· 46
[그림 4-1] 프로젝트관리 ····· 96
[그림 4-2] 메인화면 ····· 07
[그림 4-3] 동영상 공정별 자동분류 단계 ····· 07
[그림 4-4] OCR Architecture ····· 17
[그림 4-5] 작업동영상 주기별 자동분류 단계 ····· 27
[그림 4-6] 주기분석 흐름도 ····· 27
[그림 4-7] 동작요석 분리자동화 알고리즘 ····· 37
[그림 4-8] 동작요소 분리자동화 단계 ····· 67
[그림 4-9] 동작요소분석 흐름도 ····· 67
[그림 4-10] 동작분석 자동화시스템에 의한 작업분석 및 시뮬레이션 개요도 ····· 77
[그림 4-11] 표준작업 동영상 제작 ····· 97
[그림 4-12] 표준작업 동영상 ····· 97
[그림 4-13] 로그인 ····· 98
[그림 4-14] 서버변경 ····· 09
[그림 4-15] 사용자관리 ····· 09
[그림 4-16] 메뉴등록 ····· 19
[그림 4-17] 메뉴권한설정 ····· 19
[그림 4-18] 오브젝트관리 ····· 29
[그림 4-19] 프로젝트관리 ····· 39
[그림 4-20] 작업관리 ····· 39
[그림 4-21] 레이아웃 관리 ····· 49
[그림 4-22] 시나리오 관리 ····· 49
[그림 4-23] Gap분석 ····· 59
[그림 4-24] 작업개선 데이터와 VR Test 비교 ····· 69
[그림 4-25] VR Test 데이터간의 분산 ····· 69
[그림 4-26] 시뮬레이션 ····· 79

[그림 4-27] 모니터링 ····· 89
[그림 4-28] 라인밸런싱(Line of Balancing) ····· 89
[그림 4-29] 통합관리 시스템 알고리즘Ⅰ ····· 90
[그림 4-30] 통합관리 시스템 알고리즘Ⅱ ····· 90
[그림 4-31] 작업분석데이터 ····· 94
[그림 4-32] 시나리오 설계 ····· 95
[그림 4-33] 통합관리 & 작업시나리오 시스템 연계 알고리즘 ····· 101
[그림 4-34] 인테리어 설계만을 목적으로 한 소프트웨어 ····· 111
[그림 4-35] 범용 S/W를 이용한 3D 모델 제작 및 인테리어 설계용 S/W · 111
[그림 4-36] Home by me의 2D / 3D / Object List 화면 ····· 119
[그림 4-37] 작업 레이아웃 - DB & 통합관리 프로그램 데이터 연동 ··· 121
[그림 4-38] 작업 레이아웃 UI 2D 디자인 제안_1 ····· 122
[그림 4-39] 작업 레이아웃 UI 2D 디자인 제안_2 ····· 131
[그림 4-40] 옵션 버튼과 메뉴 대화상자 ····· 132
[그림 4-41] 오브젝트(물품) 메뉴 세분화 목록 ····· 121
[그림 4-42] 작업레이아웃 알고리즘 구조 ····· 132
[그림 4-43] 연두색 선으로 표시된 영역 : 물리적인 충돌(Collider) 영역 ·· 121
[그림 4-44] 오브젝트들에 대한 XML 데이터 구조 ····· 139
[그림 4-45] Main Scene 설계 화면에서 2D / 3D 시점 변환 상태 ····· 141
[그림 4-46] 출력되는 대화상자 ····· 143
[그림 4-47] 환경 변수(옵션 메뉴)에 대한 스크립트 ····· 141
[그림 4-48] Unity Engine에서 Sprite Editor로 UI Texture를 Sprite로 분리 941
[그림 4-49] 그림자 음영 적용 - 2D(왼쪽) / 3D(오른쪽) ····· 146
[그림 4-50] VR 외부 프로그램 및 DB 연동 ····· 154
[그림 4-51] 공정 생성 자동화로 VR Test Bed 3D 공간 구축 ····· 151
[그림 4-52] Hand Modeling Change ····· 156
[그림 4-53] 각각의 작업별 타이머 표시 ····· 157
[그림 4-54] 도움말 이미지 ····· 158
[그림 4-55] 시나리오 이벤트 오브젝트 화살표 지시 UI ····· 151

[그림 4-56] 이벤트 Highlight ····· 160
[그림 4-57] VR Test Bed System 알고리즘 구조 ····· 161
[그림 4-58] 연두색 선으로 표시된 영역이 물리적인 충돌(Collider) 영역 ··· 261
[그림 4-59] 가상의 손이 물체와의 Interaction 수행 ····· 561
[그림 4-60] 원본 모델링 FBX 파일 Asset정보 및 Unity Prefab의 정보 ··· 771
[그림 4-61] XML 파일 구조 ····· 178
[그림 4-62] VR 작업 내부 크기 조정 자동화 스크립트 ····· 181
[그림 4-63] 공장 크기 자동화 스크립트로 조정된 모습 ····· 181
[그림 4-64] VR 사용자의 눈높이 설정 ····· 183
[그림 4-65] 상용 레이저 스캐너 ····· 186
[그림 4-66] 자체 제작 3차원 스캐너 ····· 187
[그림 4-67] 종이컵에 대한 Mesh 구축 결과 ····· 188
[그림 4-68] 스테레오 비전 방법의 개념 ····· 188
[그림 4-69] 포토 메트릭 스테레오 방법의 개념 ····· 191
[그림 4-70] 3차원 모델링 소프트웨어를 이용한 가상객체 제작 ····· 191
[그림 4-71] 배경영역 분리 전 자동화 모듈 실행 ····· 194
[그림 4-72] 배경영역 분리 자동화Script 및 옵션설정 ····· 195
[그림 4-73] 자동화 모듈 Script_1 ····· 199
[그림 4-74] 자동화 모듈 Script_2 ····· 199
[그림 4-75] 3차원 모델 자동생성과정 ····· 197
[그림 4-76] 배경영역의 자동분리 검증 ····· 199
[그림 4-77] STL 모델 변환 결과 ····· 199
[그림 4-78] 셋톱박스 조립공정 작업 1 정미시간 추출 ····· 202
[그림 4-79] 셋톱박스 조립공정 작업 1 낭비제거 ····· 202
[그림 4-80] 셋톱박스 조립공정 작업 2 정미시간 추출 ····· 202
[그림 4-81] 셋톱박스 조립공정 작업 2 낭비제거 ····· 302
[그림 4-82] 셋톱박스 조립공정 작업 3 정미시간 추출 ····· 302
[그림 4-83] 셋톱박스 조립공정 작업 3 낭비제거 ····· 402
[그림 4-84] 셋톱박스 조립공정 작업 4 정미시간 추출 ····· 402

[그림 4-85] 셋톱박스 조립공정 작업 4 낭비제거 ····· 352
[그림 4-86] 셋톱박스 조립공정 내의 4가지 작업레이아웃 설계 ·····502
[그림 4-87] 가상현실 테스트베드에서의 산포분석 및 숙련도측정 ·····602
[그림 4-88] 셋톱박스 조립공정 작업 1의 시뮬레이션 ····· 702
[그림 4-89] 셋톱박스 조립공정 작업 2의 시뮬레이션 ····· 802
[그림 4-90] 셋톱박스 조립공정 작업 3의 시뮬레이션 ····· 902
[그림 4-91] 셋톱박스 조립공정 작업 4의 시뮬레이션 ····· 012
[그림 4-92] 셋톱박스 조립공정 작업편성효율 ····· 112

HANSUNG UNIVERSITY

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경

국내 제조기업의 성장성 한계에 대한 우려가 높이 제기되고 있고, 제조기업의 효율성 저하, 제조공장의 해외이전 등으로 국내 제조업의 성장 동력이 약화되고 있다.

최근에는 제조업과 ICT(Information & Communication Technology), 서비스, 타산업과의 융합을 통해 생산력을 높이고 있다. 또한 3D프린터, 가상현실, 클라우드, 사물인터넷, 빅데이터 등의 기술을 기반으로 스마트공장을 목표로 국가를 중심으로 제조혁신과 관련한 시스템을 연구하고 있다.

국내에서는 정부주관으로 2014년 7월 창조경제 구현이라는 기조 하에 '제조업혁신 3.0전략'을 발표 및 추진하고 있으며, 스마트공장 구축사업을 통해 중소 제조기업의 생산성 향상과 제조경쟁력을 강화하고 있다.

본 연구는 제조업 혁신3.0의 융합형 신제조업 창출 전략의 [표 1-1]의 6대 과제 중 ① IT·SW 기반 공정혁신과 ② 융합 성장동력 창출 과제에 연관된 스마트공장 구축기술이라 할 수 있다.

[표 1-1] 제조업혁신 3.0 추진전략

3대 전략	6대 과제
(1) 융합형 신제조업 창출	① IT·SW 기반 공정혁신 ② 융합 성장동력 창출
(2) 주력산업 핵심역량 강화	③ 소재·부품 주도권 확보 ④ 제조업의 소프트파워 강화
(3) 제조혁신기반 고도화	⑤ 수요맞춤형 인력·입지공급 ⑥ 동북아 R&D 허브 도약

출처 : 산업통상자원부, 2015

현재 제조업에서 실시되는 작업혁신활동은 동작분석을 기반으로 위험요소, 낭비요소를 제거한 작업을 재설계하고 물리적인 공간상의 테스트베드 구현을 통해서 이를 검증하는 형대로 진행되고 있다. 이러한 작업혁신활동은 테스트베드의 설치 및 운영에 소요되는 비용적 부담으로 대기업 또는 자금운영이 양호한 일부 중견기업에서 시행되고 있으며, 대부분의 중소기업에서는 물리적 테스트 베드 없이 동작분석을 통해서 재설계된 공정을 그대로 적용하거나 작업혁신활동 자체를 시도하지 못하고 있다.

최근 가상현실의 기술은 작업혁신활동에서 물리적인 테스트베드를 대체하는 기술로 평가받고 있으며, 이와 관련된 시뮬레이션 시스템연구가 진행되고 있다.

현재까지의 시스템들을 살펴보면 자동차, 선박 등의 분야에서 대학 또는 대기업을 중심으로 연구나 대규모의 설비산업 분야에서 일부 적용하고 있으며, 이러한 시스템들은 설계자들의 생각을 교환하는 디자인-설계시스템 및 특정 공정에 대한 숙련자의 노하우를 전달하는 교육훈련시스템들로 공정상의 작업별 작업자의 특성을 파악하는 최적화된 생산 제조공정을 설계하는 시스템과는 차이가 있다.

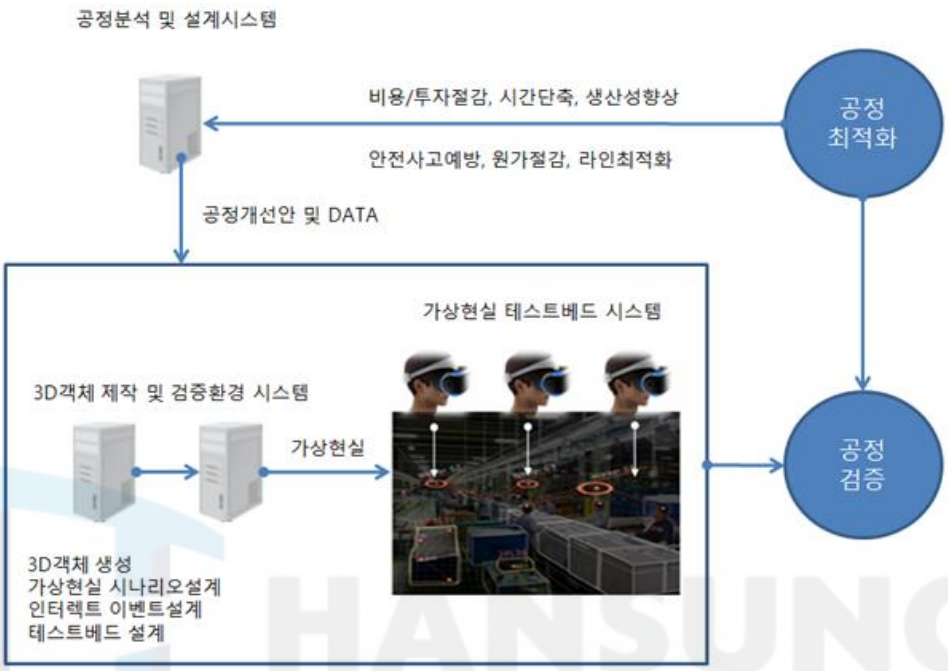
따라서, 중소기업의 공정혁신을 위해서는 제품의 디자인-설계 또는 교육훈련에 목적하는 시뮬레이션 시스템이 아니라 국내의 대부분인 중소제조기업의 현장에 적용할 수 있는 저비용·고효율의 최적화 작업설계 및 검증시스템이 중요하다.

2) 연구의 목적

본 연구는 단순 제조공정의 시뮬레이션이 아니라 동작분석시스템 고도화 및 설계시스템의 개선 데이터를 활용하여 최적의 작업을 설계하고, 가상현실 기반의 테스트베드를 제공하여 작업자가 직접 참여 하여 운용함으로써 저비용·고효율의 최적화 작업설계 및 검증하는 시스템을 개발하는 것이다.

기존 시스템은 작업자의 특성을 고려하지 않고 생산비용을 줄이는 것을 주목적으로 하지만 본 시스템의 개발은 작업자의 특성을 고려한 지속적인 작업개

선을 통해 생산성 및 기업의 경쟁력을 향상하는 것에 목적이 있다.



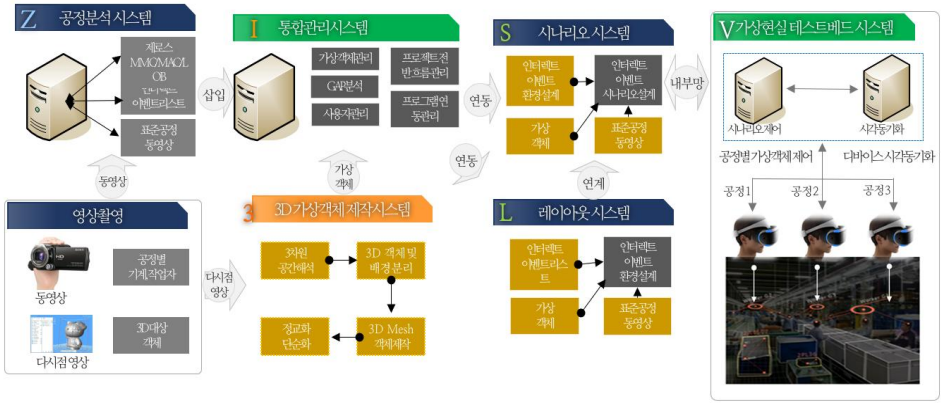
[그림 1-1] 시스템 개요도

본 논문은 제조기업의 작업개선에 대한 작업설계·검증을 위한 동작분석 및 가상현실을 활용하여 시뮬레이션 시스템개발에 관한 연구이며, 중소벤처기업부의 '중소기업 융복합 기술 개발'일환으로 시작한 과제를 수행하면서 연구한 결과물과 산업공학, 정보통신, 가상현실 등의 기술을 바탕으로 작성하였다. [그림 1-1]은 고도화된 동작분석 자동화시스템을 통해 분석 및 설계하고 가상현실 기반의 테스트베드 시스템에서 검증하는 통합시스템 개요를 나타낸 것이다.

생산공정의 작업변화를 모니터링하고 시뮬레이션을 바탕으로 개선하기 위한 시스템 개발은 동영상을 활용한 동작분석과 재설계 및 검증이 필요한 테스트베드가 통합된 시스템 개발이 필요하다.

또한 작업의 동작을 자동으로 분석할 수 있는 알고리즘과 재설계된 작업의 Gap을 분석하며, 실시간으로 시뮬레이션하기 위한 가상현실 기반의 테스트

알고리즘 및 통합관리시스템 소프트웨어 개발을 통하여 실시간 작업자 참여형 작업개선 시스템을 구현하고자 한다.



[그림 1-2] 핵심 기술 및 시스템 구조

[그림 1-2]와 같이 본연구의 핵심 개발 내용과 기술을 살펴보면, 첫째, 동작분석자동화 기술을 활용한 작업분석 및 설계시스템 모듈 개발, 둘째, 작업분석 및 검증환경 설계시스템 개발, 셋째, 가상현실 기반의 테스트베드시스템 개발, 넷째, 3D 가상객체 제작시스템 개발과 전 시스템을 관리 하는 통합시스템을 개발하는 것이다.

동작분석자동화 시스템을 적용하여 기존의 수작업 기반의 동작분석으로 인한 분석능력의 한계를 극복하고 가상현실 기술을 이용하여 가상의 테스트베드에서 작업에 대한 시뮬레이션 등으로 작업개선 방안을 도출하고 검증한다. 통합관리시스템에서는 가상객체관리, 사용자관리, 프로젝트 관리, Gap분석, 개선 전 후의 데이터관리, 라인편성효율 등 실시간 모니터링을 할 수 있다.

본 연구는 중소 제조업의 작업에 대한 개선, 안전, 표준화, 교육 등이 가능한 효율적인 작업개선시스템이라 할 수 있다.

제 2 절 연구의 필요성

1) 경제·사회적 측면

사물인터넷(IoT, Internet of Things), 사물통신(M2M, Machine to Machine), 빅데이터, 센서, 가상현실, 증강현실 및 ICT의 발전은 스마트공장을 통한 4차 산업혁명을 선도하고 있으며, 제조업체의 경쟁은 앞으로 더욱 심화될 것으로 예상된다, 또한 오픈소스 하드웨어와 3D 프린터 기술은 디지털 매뉴팩처링을 통해 기존 제조업의 생태계를 흔들고 있다.

스마트공장의 핵심 운영기술인 사이버물리시스템은 통신, 연산, 제어의 3가지 요소를 핵심 개념으로 인간과 공존하는 물리적 세계의 개체들과, 센서, 엑츄에이터, 임베디드 시스템 등과 같은 시스템적 개체들로 구성되는 사이버 세계와의 융합을 추구하는 것이다.

물리적 공간의 개체란 사람과 상호작용이 가능한 사물과 환경 등을 지칭하며, 사이버물리시스템분야에서 앞서고 있는 미국의 경우 사이버물리시스템의 핵심적 응용분야 7가지를 제시 했는데 그 중 첫 번째가 스마트 생산 공정 시스템이다.

본 연구는 이러한 경쟁에서 살아남기 위해 필요한 기술로써 구축 전 시뮬레이션 및 End-to-End 엔지니어링으로 자원의 경쟁력을 제고하고 가상현실 기술을 이용한 생산공정의 작업최적화 기반 제공을 통해 제조기업의 경쟁력 제고에 필수적인 사항이며, 시스템개발 이후 스마트공장 기반 ICT 융합기술 선도에 크게 기여할 것으로 판단된다.

제조공정 개선의 가장 일반적인 방법은 동작분석을 통해서 불필요한 요소를 제거하는 것이다.

동작분석에 의한 공정개선은 공정상의 작업을 촬영한 영상을 통해서 작업자의 위치 및 동작, 자재, 부품, 설비의 위치에 대한 최적화를 설계하여 작업개선안을 도출하고 테스트베드에 의한 정량적인 작업검증을 실시하는 것을 의미하며, 제조현장에서 가장 일반적으로 적용하는 공정혁신기법이다.

테스트베드를 활용한 작업검증 없이 설비가 구축될 경우 공정운영의 검증은

현실적으로 불가능하며, 공정상의 문제점을 발견하더라도 이를 수정하거나 동작분석을 다시 하는 것이 곤란하여 대부분의 중소 제조기업이 공정혁신을 위한 투자를 쉽게 결정하지 못하고 있다.
이러한 이유로, 제품의 생산성이 곧 기업의 경쟁력임을 알면서도 중소 제조기업이 공정혁신에 대한 연구와 투자를 지속하지 못하며, 대기업 대비 중소제조업의 1인당 부가가치가 26.8%에 불가한 현실을 초래하고 있다.

2) 기술적 측면

본 연구는 자금운영 측면에서 공정개선을 위한 투자를 쉽게 결정하지 못하는 국내의 상당수의 중소 제조기업을 위한 저비용·고효율의 최적화 작업설계 및 검증시스템을 개발하는 것이며, 가상현실에서 제조라인 전체를 시뮬레이션하고 작업개선효과를 정략적인 수치로 제시할 수 있는 제조공정 작업시뮬레이션이다. 또한 동작분석의 결과에 대한 불확실성을 해소하고 테스트베드에 대한 최적의 설비투자비용 대안을 제시하여 중소 제조기업의 생산성 향상을 제공하기 위함이다.

첫째, 연구 및 대기업 중심의 가상현실 기술에서 탈피하여 중소 제조기업 현장에 적용할 수 있는 킬러 애플리케이션을 발굴하고 기술을 보급 확산하여 산업계, 학계의 기술력을 현장에 직접 적용이 가능하며 선진화하는 기술이 필요하다.

둘째, 중소제조업의 대부분인 조립 등의 전 공정에 대한 작업 시뮬레이션 및 디지털화하여 제품생산 기간을 단축하고 비용을 효과적으로 절감하기 위한 기술 확보가 필요하다.

가) 신규 작업설계 및 도입 시 사전 검토를 통한 오류수정 가능기술
나) 자원 및 작업의 최적배분 및 애로공정 해소기술

다) 시운전 등 시행착오의 최소화를 통한 산업폐기물 감소기술

셋째, 국제 제조업 경쟁력 제고를 위하여 CAD, CAE, PDM에 의한 설계 및 개발부문의 디지털화 외에 제조 부분의 디지털화인 디지털 공장 구축기술이 필요하다.

가) 제조업의 제품생산 기간단축 및 비용절감에 절대적인 디지털공장의 프론트 로딩(front loading)과 디지털협업(digital collaboration)기술

나) 아날로그적 생산방식의 혁신과 디지털 혁신방법을 동시에 요구하는 디지털혁신방법을 위한 가상제조 기술

3) 기대효과

설계시간 단축, 기계설비개선, 공정자동화, 인간공학 실현, 작업프로세스 개선 등을 통해 제조기업의 경쟁력 핵심지표인 생산성향상, 시장출시 납기단축, 제품의 품질향상, 제조 비용절감을 할 수 있다. 또한 고객만족에 있어 맞춤형 디자인 및 서비스를 제공하며, 내부직원의 작업안전성에 대한 만족도를 높일 수 있다.

가상의 작업배치 시뮬레이션을 통한 작업최적화를 검증하고 작업라인을 구축할 경우 추가적인 작업수정 또는 보완에 소요되는 비용을 절감할 수 있으며, 이는 결과적으로 제조원가 절감 및 제조기업의 경쟁력 향상이라는 실질적 효과를 도출할 수 있다.

국방, 의료 등 다른 산업에 시뮬레이션 및 가상현실 기반의 테스트베드를 제공함으로 사업의 다각화한 파생 제품개발이 가능하며, 다양한 분야의 3차원 객체를 제작 후 필요에 따라 구매하여 사용할 수 있는 콘텐츠 서비스분야에 활용할 수 있다. 또한 가상현실을 이용한 교육훈련 시스템으로 확장 가능하며, 동작분석 자동화 시스템은 개선된 동영상을 표준 동영상으로 제작하여 교육훈련과 표준 동영상을 기준으로 가상현실을 활용하여 교육훈련 시스템에 적용이 가능하다.

제 3 절 논문의 구성

본 논문의 구성은 종래연구의 동향과 한계점을 통해 연구의 필요성을 제시하고, 동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 기술을 소개하며, 이 기술을 통한 작업개선 시스템설계를 통해 구현하고, 연구결과에 대한 결론으로 구성하였다.

제 1장 서론에서는 국내제조업의 패러다임 변화에 대한 동향과 본 연구에서 제시하는 연구 방향 및 생산성향상을 위한 기존 기술 및 문제점을 살펴보고 중소 제조업의 작업개선 시스템과의 관련한 한계점을 통한 연구의 필요성과 핵심기술 및 기대효과에 대하여 기술하였다.

제 2장 이론적 배경 및 관련연구에서는 이론과 기존에 연구된 문헌을 정리하여 스마트공장, 작업관리, 가상현실의 이해를 돕고자 하였다.

제 3장에서는 작업개선 시스템 제작을 위한 시스템 개발방향, 시스템 인터페이스, 소프트웨어 및 하드웨어 아키텍처 등을 분석 및 설계하였다.

제 4장에서는 동작분석 및 가상현실을 활용한 작업개선 시스템에 대한 UI(User Interface) 및 기능구현을 하였으며, 작업개선 시스템 활용 방법에 대해 제안하였다.

제 5장 결론에서는 본 연구의 결과를 기술하고, 향후 활용방안을 제안하였다.

제 2 장 이론적 배경 및 관련연구

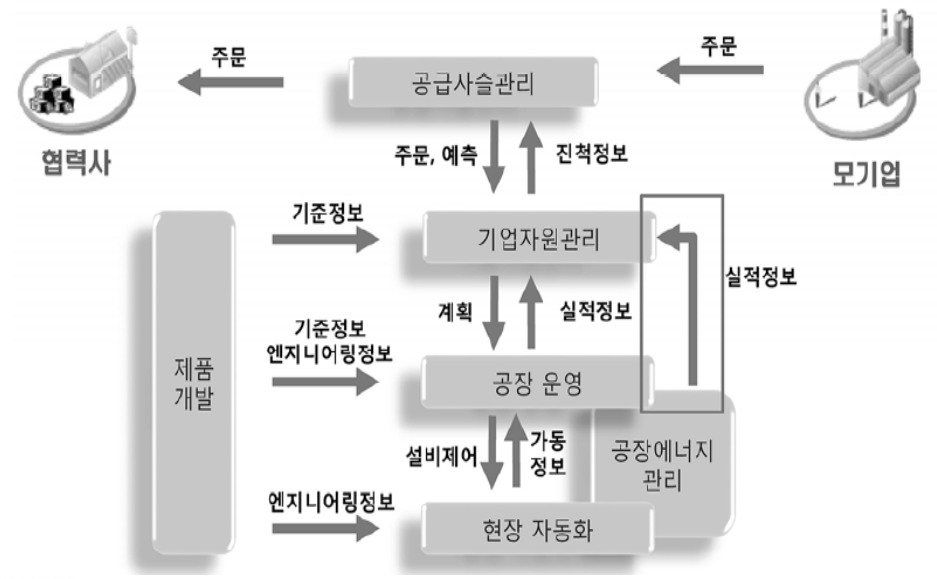
제 1 절 스마트공장관련 연구

1) 스마트공장 정의와 범위

최근 4차 산업혁명의 등장과 함께 제조업과 IT의 융합을 통한 스마트공장 구축관련 연구가 세계적으로 활발히 이루어지고 있다.
국내에서는 2014년 한국생산기술연구원에서 한국형 스마트공장의 개념을 '개별공장의 설비 및 공정의 지능화, 네트워크화로 최적화된 생산운영이 가능하고 타 공장들과 연계되어 협업운영이 될 수 있는 생산체계'로 재정립하였으며, 기업 내부의 제조역량을 강화하고 협력사 또는 공장 등과 공급가치사슬로 연결된 모델을 수립하였다.
또한, 중소기업에 적용 및 확산을 위해 중소 제조기업 자체 자동화 및 ICT역량 등을 고려하여 수준별 스마트공장의 개념을 재정립하였다.

스마트공장은 제품의 개발에서 양산에 이르기까지 시장 수요에 따라 완제품 출하까지의 제조 전 과정을 말하며, 공장 내 설비와 재공품이 정보를 교환하면서 생산하는 무인공장을 구현하는 것이라 할 수 있다.

스마트공장의 목표는 생산시스템의 지능화, 유연화, 최적화, 효율화함으로써 생산성을 향상하고 생산비용을 절감하여 급변하는 외부환경과 고객의 니즈를 능동적으로 대응할 수 있는 공장을 구현하는 것이다.
공장 내 각종 지능화된 설비 및 디바이스 등이 공정을 중심으로 유연하게 연결되면 IoT가 실현가능하며, 이를 바탕으로 공정데이터를 분석하여 물류관리, 제조실행, 생산시점관리, 에너지관리, 설비보전, 품질관리 등 공장운영의 최적화가 가능하다.



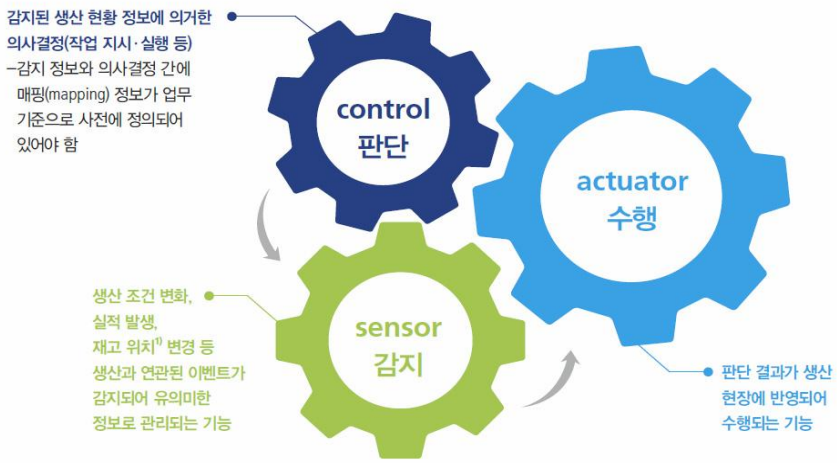
[그림 2-1] 스마트공장의 범위
출처 : 스마트공장추진단, 스마트공장 참조모델 2차 개정증보판, 2016

[그림 2-1]과 같이 현장자동화를 기반으로 한 공장운영, 공장에너지관리, 제품개발 협업형 정보경영체제인 공급사슬관리(SCM, Supply Chain Management), 기업자원관리(ERP, Enterprise Resources Planning) 등이 ICT를 이용하여 구현된 공장을 의미한다.

2) 스마트공장의 기능 요건

스마트공장의 3가지 특징적 기능 요건은 감지, 판단, 수행 하는 3가지 요소로 정의할 수 있다.

첫째, 감지기능은 생산과 연관된 이벤트(생산조건, 생산실적, 재고위치 등)가 IoT 등을 통해 인지되는 것을 의미한다. 둘째, 판단 기능은 감지된 정보를 기반으로 작업지시나 실행 등의 의사결정이 이루어지게 된다. 셋째, 수행기능은 의사결정 후 판단 결과를 토대로 생산현장에 반영하여 실제로 수행되는 것을 말한다. [그림 2-2]는 스마트 공장의 기능요건을 3가지로 나타낸 것이다.



[그림 2-2] 스마트공장의 기능요건
출처 : Deloitte operational excellence service

스마트공장은 이러한 3가지 기능이 유기적으로 연계되어 운영되는 공장을 의미한다. 스마트공장은 제시한 요건 3가지가 시스템에 의해 자동으로 수행되며, 생산실적 목표가 전략과 연계하고 유지하는 공장이다.
스마트공장의 구현을 위해 필요한 생산 기능요건은 [표 2-1]과 같다.

[표 2-1] 스마트공장의 구현을 위한 생산 기능 요건

스마트공장의 구현을 위한 생산 기능 요건	관련 기술
(1) 물리적 위치 제약을 벗어난 실시간 생산현황 파악	IoT
(2) 현물과 정보 간 매핑 기반의 물류 트래킹	산업용 로봇
(3) 작업 이상 발생 시 기준에 따른 알람 등 관리체계	인공지능(AI)
(4) 마스터데이터를 통한 운용 기준 관리	빅데이터
(5) 생산 관련 실시간 의사결정을 위한 집계 정보 제공	빅데이터
(6) 인적 요인에 따른 산포 최소화	–
(7) 공정의 설비별 밸런스에 따른 공정 내 물류 규칙 운영	산업용 로봇 인공지능(AI)
(8) 생산 장애 대응 정보의 지적 자산화를 통한 자체 복구 시스템 구축	인공지능(AI)
(9) 생산 환경의 변화 감지원의 다각화	IoT
(10) 생산 전략에 따른 우선순위규칙 운영 및 시행	인공지능(AI)

출처 : 배성민, 지능형공장 : 스마트팩토리, 2017

스마트공장의 기능은 제품을 제조함에 있어 사람에 의지하지 않고 제품의 수주 및 설계에서부터 센서, 기계, 전기, 전자, 통신 등 다양한 기술들을 융합하여 출하까지의 제조활동과 시스템전체의 효율적인 관리 및 제어를 수행한다.

3) 스마트공장의 단계

대한상공회의소는 스마트공장 수준을 분야별로 세분화하여 기초수준, 중간수준1, 중간수준2, 고도화 등 4단계로 분류하고, 기초수준, 중간수준1, 중간수준2는 ICT기술과 개념을 바탕으로 구현하며, 고도화는 IoT와 CPS(Cyber Physical Systems)를 바탕으로 한 스마트공장을 의미한다.

[그림 2-3]은 중소기업이 스마트공장을 구축할 때에 참조할 참조모델을 나타낸 것이다.

구 분	현장자동화	공장운영	기업자원 관리	제품개발	공급사슬 관리
고도화	IoT/IoS기반의 CPS화				인터넷 공간 상의 비즈니스 CPS 네트워크 협업
	IoT/IoS화	IoT/IoS(모듈)화 빅데이터 기반의 진단 및 운영			
중간수준2	설비제어 자동화	실시간 공장제어	공장운영 통합	시뮬레이션과 일괄 프로세스 자동화	다품종 개발 협업
중간수준1	설비데이터 자동집계	실시간 의사결정	기능 간 통합	기술 정보 생성 자동화와 협업	다품종 생산 협업
기초수준	실적집계 자동화	공정물류 관리(POP)	관리 기능 중심 기능 개별 운용	서버를 통한 기술/납기 관리	단일 모기업 의존
ICT 미적용	수작업	수작업	수작업	수작업	전화와 이메일 협업

[그림 2-3] 스마트공장의 수준 총괄도
출처 : 스마트공장추진단, 스마트공장 참조모델 2차 개정증보판, 2016

참조모델 수준은 현장자동화, 공장운영, 공급사슬관리, 제품개발, 기업자원관리 등으로 구분된다.

기초수준은 기초적인 ICT를 이용하여 생산의 어느 한 분야의 생산실적 정보를 자동으로 집계할 수 있는 수준, 공정물류관리 수준, 서버를 통한 제품개발 정보 및 납기관리 수준, 수불 및 재고관리를 할 수 있는 수준 등을 말하며 모기업의 인프라를 활용하여 최소비용으로 자사의 정보시스템을 구축하는 것이다.

중간수준1은 설비정보를 자동으로 취득하고 생산실적 및 측정센서를 통한 계측정보 집계자동화 수준, 실시간 공장운영상태 모니터링 및 공정품질분석 수준, 모기업과 정보공유를 하되 자사가 정보시스템을 운영하는 독립형 협업 수준, 제품개발을 위한 정보 생성 자동화 및 협업하는 수준, 공장운영시스템과 자동생산계획의 연계 및 계획과 원가의 정도를 향상하고 모기업과 신뢰성 있는 데이터를 공유하여 제조기업 운영의 자동화를 지향한다.

중간수준2는 모기업과 공급사슬 관련 정보 및 엔지니어링 정보를 공유한다. 구분별 수준정의를 살펴보면 다음과 같다.

설비제어 현장자동화 수준, 제어 기반의 공장 운영 최적화 및 실시간 스케줄링과 의사결정을 할 수 있는 수준, 주기적인 분석 및 피드백을 통한 가치 창출형 공장 경영 수준, 시뮬레이션 및 복수 프로젝트 관리와 현장 설비 자동연동으로 프로세스화 되어 제품을 개발할 수 있는 수준, 제품개발 시스템연개 및 KPI(Key Performance Indicator)개발운영과 대시보드를 활용하여 눈으로 보는 경영을 통하여 글로벌 계획 최적화와 제어자동화를 기반으로 한 실시간 경영을 달성하는 수준으로 정의하고 있다.

고도화 수준은 사물과 서비스를 IoT기반의 실시간 대화체제를 구축하고 가상물리시스템을 통해 사이버공간에서 비즈니스를 실현하는 수준으로 정의하며. 구분별 정의는 다음과 같다.

인터넷(IP)을 이용한 사물식별 및 사물간의 자동화 구현, 가상 물리시스템 공장 구현 및 빅데이터를 이용한 운영최적화, 제품개발에서 완제품까지 인터넷 공간상의 경영을 실현하는 수준을 의미한다.

4) 스마트공장관련 연구동향

최근 4차 산업혁명은 독일을 중심으로 인더스트리 4.0, 미국의 Advanced Manufacturing Partnership 2.0, 일본의 Strategic Innovation Promotion Program, 중국의 Made in China 2025 등 스마트공장의 구축을 목표로 하고 있다. 국내는 제조혁신 3.0정책을 기반으로 2020년까지 1만개 기업에 스마트공장을 보급하는 정책을 추진하고 있다.

[표 2-2] 주요 국가별 스마트공장 연구개발 현황

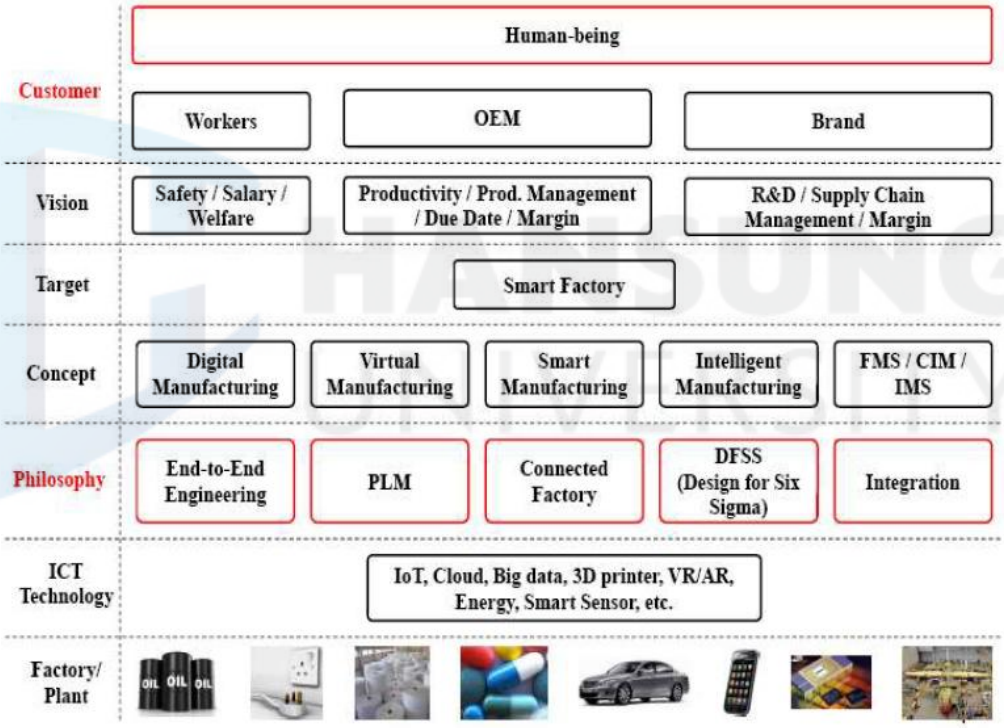
미국	Advanced Manufacturing Partnership 2.0 • 산업계 중심 SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition) 발족 • 국가적 캠페인으로 메이킹 인 아메리카 추진
일본	Strategic Innovation Promotion Program • 차세대 생산인프라구축 • 핵심기술 선정해 기초연구에서 실용화, 사업화까지 연계되는 로드맵 구상 • 최근 일본 기계학회 중심으로 '이어지는 공장' 실현 위한 IVI(Industrial Value chain initiative)발족
독일	Industry 4.0 • 2012년부터 시작해 산업계 중심 인더스트리 4.0 플랫폼 발족, 최근 정부 주도로 전환 • 스마트공장 개발 구축에 2억 유로 투자 • '고도기술전략 2020 실행 계획' 국가 전략 일한
중국	Made in China 2025 • 제조업과 IT융합으로 제조강국 업그레이드 • 자동차산업 기술혁신, 구조조정, 정보화를 통한 산업 간 시너지 효과로 촉진제 역할
한국	제조 혁신 3.0 • 융합형태의 제조업 창출, 제조혁신 기반의 고도화 • 2020년까지 중소·중견기업 대상으로 1만개 스마트공장 시스템 구축

출처 : 산업기술평가원 스마트공장 R/D 로드맵 재구성

4차 산업혁명은 사물과 사물이, 사람과 사물이 인터넷을 통해 연결하는

초연결성을 의미하며, 초연결성을 통해 빅데이터를 분서하여 일정한 패턴을 파악하는 초지능성이고, 이 결과를 토대로 예측하는 예측가능성이다.
이러한 특성을 토대로 가상 물리시스템 기반의 스마트공장 등과 같은 새로운 산업생태계 구조를 만들고 있다.
또한 사람을 대치하는 자동화와 달리 스마트공장은 사람도 중요한 구성의 일부로 데이터를 통해 최적의 생산 환경을 구성한다.

스마트공장의 중요한 두 가지는 스마트공장의 고객은 사람이며, 스마트공장은 연결 및 통합에 있다.



[그림 2-4] 스마트 공장도
출처 : 소병업, 센서와 기상공장설계를 활용한 스마트 팩토리 구축에 관한 연구, 2018

스마트공장관련 연구 [표 2-3]을 살펴보면 스마트공장을 구현하기 위해 ICT와 기술융합과 4M(Man, Material, Machine, Method) 기반의 요소기술 강조하고 있으며 빅데이터 분석, 사이버물리시스템, 3D 가상시뮬레이션, 공장

운영 솔루션 등 고도화된 기술이 필요하다. 또한, 제조현장의 지속적인 요구사항을 반영하여 정책을 수립하고 민관 협력과 표준화의 중요성을 강조하고 있다. 중소제조 기업은 스마트공장의 추진에 있어 투자여력 부족과 기술의 한계에 대한 해결 방안이 필요하다. 즉, 중소제조 기업의 가치사슬 수준에 의한 핵심기술개발 우선순위를 선별하고 이에 따른 세부실천계획의 필요성을 강조하고 있다.

[표 2-3] 스마트공장관련 연구 요약

연구의 주요 내용
센서와 가상 공정설계를 활용한 스마트 팩토리 구축(소병업. 2018) • 스마트 팩토리 개념 및 기술 동향 • 스마트 팩토리의 도입목적의 적합성 • 국내 대·중·소기업들의 스마트 팩토리 구축 성공 사례분석 • 3D가상공정설계를 통해 병목 구간과 개선이 필요한 공정을 파악한 후 센서설치를 통해 수집된 데이터를 분석 후 공정개선 및 구축 효과 검증 • 데이터 수집 및 분석의 문제로 인한 센서 선정의 한계와 수집한 방대한 데이터 중 유효 데이터를 선별하지 못하는 한계성을 향후 과제로 제시
IoT 기반의 스마트 공장 자동화 관리시스템 구축에 관한 연구(명상일, 2018) • Industry 4.0과 스마트팩토리 요소기술 • FPS(Fool Proof System), HMI(Human Machine Interface), MES, IoT 플랫폼, 영상처리 기술을 응용한 스마트팩토리 구축 • 플라스틱 사출제품 생산과정에 대한 모니터링이 가능하며 데이터 관리의 안정화, 균일한 제품생산, 불량감소, 자재관리의 효율화를 통한 생산성 향상으로 경영관리 효율성 확인
스마트팩토리 구축을 위한 중소제조공정 빅데이터 분석 적용방안(김재성. 2017) • 스마트팩토리 구축에 필요한 중소제조 맞춤형 빅데이터 분석시스템 구현에 대한 구체적인 방법과 플랫폼 제안 • 공정데이터 4M 관점 분석모델을 중심으로 데이터 분석을 통하여 중소기업 제조 공정에 적용할 수 있는 구체적 방안을 제시 • 제안된 방법을 자동차부품 제조 중소기업에 적용하여 수율 품질 향상과 4M 데이터에 내재된 불확실성을 해소, 데이터 기반 실시간 의사결정이 가능한 환경을 구축하는 방안을 제시
항공기 부품 가공을 위한 스마트공장 구축(김병주, 2018) • 제약이론, 이벤트 프로세스 모델링, 시뮬레이션 개념 및 고찰 • 시스템 통합을 구현한 스마트공장에 대한 것으로 구축프로세스를 중심

으로 연구
- 사람·장비·시스템 간의 커뮤니케이션을 제품흐름, 정보흐름, 오류처리 세 가지흐름으로 연결하여 공정 단위의 분산자율제어 및 스마트화가 가능하도록 구축
- 판단 기능을 갖춘 물류시스템으로 공정간 연결을 통해 공장전체를 하나의 시스템으로 통합하는 기술 적용
- 구축 후 한국 스마트공장추진단의 공장수준 평가 결과 중간 2수준으로 평가됨

스마트공장 사이버물리시스템(CPS)기술 동향 및 이슈(노상도, 2016)
- 스마트공장 사이버물리시스템(CPS)기술 연구 동향
- 스마트공장 설계, 운영을 위한 사이버물리시스템(CPS) 기술
- IoT기술을 적용해 생산의 전 과정에서 제품, 공정, 설비, 공장 등 모든 개체를 감시하고, 모아진 제조 빅데이터를 관리, 정제, 분석이 중요
- 실시간 동기화를 통해 현장 상황과 일치하는 사이버모델 수립, 지능적으로 활용함으로써, 자율, 능동적으로 설계, 운영 최적화를 달성하고자 하는 스마트공장의 핵심적인 실행 전략이 요구됨

스마트공장 표준화 동향과 시스템 구조(차석근, 2016)
- 스마트 제조업의 필요한 IT융합 국제표준 동향
- 중소 제조업 스마트공장적용 참조 모델 제시
- 공통 생산정보화 플랫폼 서비스 기술

중소기업의 글로벌 경쟁력 제고를 위한 스마트공장 표준화전략(정선양, 전중양, 황정재, 2016)
- 국내 중소기업들의 스마트공장 표준화전략 및 확산 방안
- 이론분석을 통하여 스마트공장의 확산에 영향을 미치는 요소를 기술적인 요인, 산업적인 요인, 정책적 요인으로 도출·분류하고 사례분석
- 뿌리산업 중소기업들에게 스마트공장 구축을 위한 표준화 전략 4가지, 즉 국제 표준화, 정부주도 표준화, 기업주도 표준화, 비표준화 추친 등을 도출 및 제안

스마트공장 기술 동향 및 R&D 로드맵(이규택, 2016)
- 국내외 스마트공장 기술수준 현황
- 스마트공장 고도화 기술을 통해 제조업 시간당 노동생산성이 독일 수준으로 성장할 것으로 전망

부품 제조업의 스마트공장 최적운영을 지원하는 지능형 생산관리시스템(윤주성, 이규봉, 고민재, 박일하, 2016)
- 부품 제조업에 대한 최적의 생산관리를 위한 지능화 기법
- 공장운영 SW솔루션에 대한을 개념 제시
- 핵심 구성요소 구체화

제 2 절 작업관리관련 연구

1) 작업관리 개요

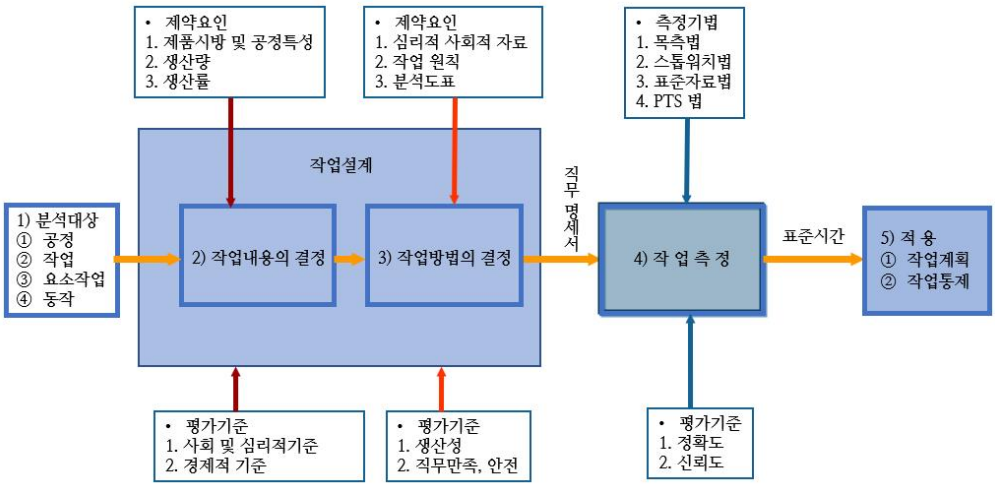
작업관리는 테일러와 길브레스의 시간연구와 동작연구에서 시작되었다. 최근에는 작업의 설계와 측정으로 표현되고 있다.

한국표준협회에서는 작업관리란 '양질의 제품을 손쉽고, 필요한 납기 내에 안전하게 생산하기 위해 작업을 최적화하고, 작업방법, 작업시간, 작업환경 등을 표준화하여, 그것을 준수하여 목적을 달성하는 활동'이라 하였다.

즉, 작업자의 작업방법과 현장의 작업환경 등을 조사 및 연구하여 작업을 어떻게 하면 낭비 없이 보다 효율적으로 원활히 할 수 있도록 제조기업과 작업자의 관점에서 최적의 작업방법을 분석하고 연구하는 것이다.

박창도(2011)는 작업관리의 목적은 작업을 수행하는 사람의 심신기능에 적합한 작업동작의 탐구, 작업방법, 자재, 설비, 공구의 개선과 표준화, 표준작업량과 표준작업시간의 결정, 작업자의 훈련에 있다고 하였다.

작업관리는 [그림 2-5]와 같이 5가지의 절차로 이루어진다. 첫째, 공정, 작업, 요소작업, 동작 등 분석 대상을 선정한다. 둘째, 제품시방 및 공정특성, 생산량, 생산율 등 제약요인을 검토하고 평가기준에 따라 작업내용을 결정한다. 셋째, 심리적 및 생리적 자료, 작업에 관한 원칙, 분석도표 등을 활용하여 작업방법을 결정한다. 넷째, 목측법, 스톱워치법, 표준자료법, PTS법 등을 통해 작업을 측정한다. 여기서 자료의 정확도 및 신뢰도가 평가기준이 된다. 다섯째, 설정된 표준시간을 토대로 작업을 계획하고 통제한다. 즉, 작업에 영향을 주는 요소작업의 내용, 검사방법, 자재, 운반, 치공구, 설비, 작업방법 등 제약조건을 고려하여 최적의 방법을 설계하고 작업표준을 설정하고 최적화된 작업표준에 따라 표준시간을 산정하며, 산정된 표준시간을 토대로 작업관리를 행한다.



[그림 2-5] 작업관리 내용
출처 : 이순룡, 제품·서비스 생산관리론 재구성, 2015

작업관리에는 작업표준의 설정, 작업방법의 개선, 작업자의 지도훈련, 작업조건 또는 작업장의 환경의 개선 등이 포함된다.

2) 작업수단 및 작업환경

사람은 대부분 설비의 도움으로 작업을 한다. 설비는 사용하는 작업자와 연관되어 위치, 치공구, 작업대의 높이, 작업상황의 표시나 작업의 흐름 등을 고려하여 설계해야 한다.
작업환경의 요인은 열, 온도, 습도, 소음 등이 있다. 이 요인은 작업자의 피로도를 높이고 작업태도에 영향을 주어 제품의 품질과 생산성이 저하된다.
작업의 수단과 환경의 효율적인 설계를 위해서는 사람이 작업하고 활동하는 환경이라든가 작업자들이 사용하는 제품이나 공구, 작업자가 수행하는 작업방법 및 수단들을 사람들의 신체 및 심리적 특성을 고려하여 효율적인 시스템을 개발하여 운영해야 한다. 이를 작업공학이라 하며, 작업공학은 사람의 특성에서 MMI(man-machine interface)의 검토단계를 생리 및 형태, 인지, 감성특성의 3단계로 분류하고, 사람의 특성과 설비의 적합성을 검토하여 시스템을 개선한다.

작업공학의 목적은 작업의 안전, 속도, 정확성 등을 높이는 데 있으며, 다음과 같다.

가) 작업능률 향상

나) 교육 및 훈련을 줄이는 것

다) 사람의 오류로 인한 안전사고를 예방하는 것

라) 작업자가 심신이 평안하고 편리하도록 하는 것

작업공학의 적용분야는 2가지로 나눌 수 있다. 사람이 작업을 수행할 때 사용하는 물리적 수단과 사람이 수행하는 환경을 말한다.

근래의 작업은 대부분 설비의 도움으로 수행되고 있는데 이들 설비를 사람의 특성을 고려하여 설계하는 것은 매우 중요하다. 사람의 생리적 및 심리적인 기능과 한계를 중심으로 생리학적이나 공학적 지식을 활용하여 사람의 특성을 파악함으로써 안전하고 용이하게 설비를 조작할 수 있도록 설비를 설계 및 검토해야 한다. 이를 인간공학이라 하며, 설비의 위치, 치공구의 설계, 작업대 및 의자의 높이, 레바, 핸들, 계기 등을 인간공학적 측면에서 설계할 필요가 있다. 인간공학적 측면에서 기계설비의 설계원칙은 다음과 같다.

가) 공구나 제어장치는 신속하고 정확하게 사용할 수 있도록, 모양, 색, 크기 등을 고려하여 설계한다.

나) 개폐장치나 전원 스위치는 간단히 설계한다.

다) 다이얼이나 각종 계기는 오픈윈도우형으로 설치하고 많은 정보를 읽을 수 있도록 설계한다.

라) 제어기구의 동작 방향은 입체형으로 반응할 수 있도록 설계한다.

마) 설비의 작업대는 작업자가 설비의 작동상황을 한눈에 알아 볼 수 있도록 설계한다.

바) 공구나 제어 기구는 신속하고 정확하게 찾을 수 있도록 정 위치한다.

사) 준비, 가동, 제동 등의 제어장치들은 기능별로 묶어 설계한다.

작업설계에 이어 고려해야 할 문제는 일하기 편하고 안전하게 작업할 수 있는 작업환경이다. 또한 쾌적한 환경은 작업자의 생산성 향상 및 만족도 증진을 위해 필요한 요소이다. 작업환경이 개선되면 산업재해 및 작업자의 권태감이 줄어드는 반면에 제품의 품질과 생산성이 향상되고 노사관계도 원만하게 개선될 수 있다.

작업환경의 개선요인은 조명 및 채광, 온도와 습도, 환기, 소음, 먼지, 대기오염, 안전보호 장비 및 구역 설정 등이 있다.

3) 작업방법 연구

작업자는 작업을 수행함이 있어 다양한 동작요소의 조합으로 동작을 이루고, 동작들이 모여서 요소작업을 이루며, 요소작업들은 다시 단위작업을 이룬다.

작업방법의 분석 및 검토, 개선 등에 활용되는 기법은 분석대상에 따라 공정분석, 작업분석, 동작분석으로 분류된다. 이는 방법연구의 주요 기법들이다.

공정분석은 공정이라는 분석단위로 생산대상물의 어떠한 경로로 처리순서에 따라, 재료나 부품이 가공, 운반, 검사, 정체, 저장하면서 제품으로 형성되는 과정을 말하며, 각 공정의 가공조건, 경과시간, 이동거리 등과 함께 무리, 낭비, 불합리에 대한 현상을 분석하는 기법이다.

공정분석의 목적은 공정자체의 개선, Layout의 개선, 공정관리 시스템의 문제점 파악과 기초자료의 제공에 있다.

작업이나 작업시스템의 분석 및 검토에 앞서서 공정분석이 실시된다. 분석기법에는 공정도표, 작업공정도표, 공정분석표, 경로도 등이 이용된다.

위의 분석기법 중 작업공정도표와 공정분석표로 작업을 설계, 분석, 검토할 때에는 5W 1H를 중심으로 수행하는 것이 효과적이다.

작업분석은 공장 또는 그 밖의 생산현장에서 생산성 향상을 얻기 위해 행하는 방법이다. 공정분석과 동작분석의 중간적 위치에 있으며, 작업자가 수행하는 작업의 개선과 작업의 표준화가 목적이다. 작업분석의 수행 순서로는 작업의 세분화, 현재의 작업방법의 정량적 분석, 동작낭비의 개선이 있으며 생산량의 증대와 원가절감을 위해 비생산적 요소들을 분석한다.

작업분석 대상이 되는 작업의 목적, 작업의 내용, 작업방법 등 작업에 영향을 미치는 문제를 분석하고 연구한다. 여기서 작업과정, 작업자와 설비의 가동률, 작업장의 상태, 작업방법의 합리성 등을 주로 검토한다.

분석기법은 주로 공정분석표, 워크샘플링, 비디오분석, PTS 등이 사용된다.

동작분석은 작업의 미세동작을 세밀한 단위로 분석하고 작업을 수행하고 있는

작업자의 동작에 내포되어 있는 비생산적 요소들을 제거하여 최선의 방법으로 개선하기 위함이다. 동작분석은 공정분석이나 활동분석을 통해서 전체공정의 관점에서 분석 및 검토하고 문제점에 따라 세부적으로 수행하는 것이다.
동작분석의 토대라 할 수 있는 동작경제의 원칙 등을 적용하여 설계 및 분석을 하면 큰 효과를 얻을 수 있다.
[표 2-4]와 같이 동작경제의 22원칙은 공장 및 사무실에서의 직무의 효율을 높일 수 있다. 뿐만 아니라 수작업 능률을 향상시키고 작업자의 피로를 덜어주기 위한 기본원칙이다.

[표 2-4] 동작경제의 원칙

신체의 사용	(1) 양손동작은 동시에 시작하고 동시에 끝내야 한다. (2) 휴게시간 이외는 양손을 쉬도록 해서는 안 된다. (3) 양팔의 동작은 반대방향으로 대칭이 되도록 동시에 행해야 한다. (4) 손동작은 작업을 충실히 할 수 있는 최소수의 단위 동작으로 구성한다. (5) 가능한 중력을 이용하고 운동량을 최소한으로 한다. (6) 급격한 방향 전환을 하는 직선운동보다 연속적으로 자연스럽게 동작한다. (7) 탄도운동은 제한된 운동이나 조정된 운동보다 빠르고 용이하며 정확하다. (8) 가능한 편하고 자연스런 리듬으로 작업이 진행하도록 한다.
작업장소의 배치	(9) 공구 및 재료는 정위치에 놓는다. (10) 치공구 및 원·부재료, 조정기는 작업위치에 근접시킨다. (11) 재료운반은 중력 이용의 용기를 사용한다. (12) 가능한 중력을 이용한다. (13) 재료 및 공구는 동작을 최소화할 수 있도록 배치한다. (14) 눈의 피로를 최소화할 수 있도록 조명을 조절한다. (15) 작업대 및 의자의 높이를 입식 또는 좌식에 용이하게 배열 및 설계한다. (16) 작업자가 자세를 바르게 할 수 있도록 적합한 의자를 공급한다.
공구 및 설비의 설계	(17) 치공구나 설비기구, 조작장치를 사용한 쪽이 유효한 작업에는 손을 쓰지 않는다. (18) 2가지 이상의 공구는 가능한 조합한다.

	(19) 공구나 재료는 사전에 정위치에 두어야 한다. (20) 손가락의 고유능력에 맞는 작업량을 분배한다. (21) 크랭크나 대형 드라이버의 손잡이는 손바닥에 넓게 접하도록 설계한다. 중량이 적은 조립작업에서는 드라이버 손잡이에 가까운 부분을 끝보다 가늘게 설계한다. (22) 설비의 조작기구 위치는 작업자의 자세를 변경하지 않도록 설계하고 기계의 가동률을 극대화할 수 있는 위치에 두어야 한다.

동작분석은 동작연구를 통해 다양한 종류의 분석방법들이 있다. 그 종류를 살펴보면 다음과 같다.

가) 미세동작연구(Micro Motion Study)

작업자의 작업동작을 어떤 종류의 요소동작으로 행하고 있는지 정밀하고 세밀하게 분석하기 위해 수동카메라를 활용한 촬영법을 도입하였으나, 촬영한 프레임의 시간간격이 일정하지 않아 시간을 환산할 수 없는 단점이 있었다.

나) 사이클 그래프(Cycle Graph)

작업자의 동작궤적의 기록을 파악하기 위해 작은 전구를 작업자의 손가락, 무릎, 팔꿈치, 주먹 등 신체의 다른 부위에 달고 장시간 노출로 촬영하는 방법이다. 작업자신체의 동작을 연속된 빛이 선형으로 표현되는 궤적으로 얻을 수 있으며, 단순하고 일관될수록 좋은 작업 동작으로 인식되었다.

다) 크로노 사이클 그래프(Chrono cycle Graph)

사이클 그래프에서 작업자의 동작을 행하는 궤적을 얻을 수 있으나 동작의 시간과 방향을 미세한 부분까지 지시할 수 없으며, 정밀하고 빠른 작업의 경우 단위 요소로 분해할 수 없는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 깜박이는 등을 부착하고 일정한 시간동안 같은 방법으로 촬영하면 깜박등이 켜지는 순간만의 기록이 점선으로 나타나 점의 연속으로 보인다. 즉, 동작의 속도에 비례하여 동작의 궤적만이 아니라 시간적 요소까지도 계산할 수 있다.

라) 서블리그(Therblig)

앞서 기술한 측정방법을 토대로 추출된 기록은 동시 동작 사이클 차트를 구성할 수 있으며, 작업자의 '찾다', '쥐다', '놓다' 등 다양한 작업동작을 [그림 2-6]과 같이 18개의 기본동작으로 분류하여 작업동작을 간결하고 분명하게 분석함으로 작업을 행하는 동안 동작요소들의 구성과 시간의 소요를 신체의 어느 부위에서

움직이는지를 도식화할 수 있다.

Therblig	Icon	Therblig	Icon	Therblig	Icon
Plan		Transport loaded		Assemble	
Search		Transport empty		Disassemble	
Find		Release load		Inspect	
Select		Pre-position		Avoidable delay	
Grasp		Position		Unavoidable delay	
Hold		Use		Rest for overcoming fatigue	

[그림 2-6] Therblig's Symbols

마) 공정도(Process Chart)

길브레스는 작업자의 동작뿐만 아니라 공정을 기호 및 도표로 표현하여 작업의 순서를 일목요연하게 알 수 있게 하였다. 공정표에서는 작업을 [표 2-5]와 같이 5가지 요소(작업, 운반, 검사, 정체, 저장)로 나누어서 표시하고 [그림 2-7]과 같이 기호로 표현한다.

[표 2-5] 공정도 5가지 요소

명칭	설명
작업	대상물 한개 이상의 특성을 의도적으로 변화시키는 작업이나 두 개 이상의 부품을 조립하는 작업이다. 또한 기계설비나 작업장에서 일어나는 주요단계이다.
운반	대상물을 한 장소에서 상이한 장소로 이동하는 작업이다. 이동이 작업 및 검사의 일부분일 경우는 제외한다.
검사	대상물을 조사 및 품질이나 수량을 확인하는 작업이다.
정체	생산 계획된 다음공정의 작업을 바로 수행할 수 없어서 대기하

	는 경우이다.
저장	대상물을 다른 지시가 있을 때까지 그대로 유지되고 있는 경우이다.

출처 : 김정섭, IE기법을 활용한 자동차부품 제조공정 생산성 향상 연구, 2016

[그림 2-7] Process Chart Symbols

4) 작업의 측정

유휴시간의 제거 및 작업성과의 측정, 표준작업시간의 설정을 주목적으로 하는 작업측정기법은 다음과 같다.

가) 시간 연구법(Time Study Method)

시간 연구법에서는 전자식 스톱워치 또는 비디오카메라를 이용하여 시간 측정이 가능한 동작요소로 분리 및 반복측정을 통하여 평균시간을 구한다. 표준작업방법이 설계되면 작업자는 시간연구가 수행되는 동안 지속적으로 행해야 한다.

스톱워치에 의한 시간연구는 해당된 공정의 작업자에 대해 반복측정을 통해 표준시간을 설정한 뒤 동일한 작업을 수행하는 작업자에게 적용하게 된다.

작업의 관측횟수는 관측시간의 변화성, 작업시간에 요구되는 정확도, 신뢰수준과 함수관계를 가진다. 시간 연구법은 성과급의 근거 및 작업표준설계 시 사용되고 있다. 시간 연구법의 단점은 작업자에게 미치는 심리적 영향이다. 그 결과 작업자들은 표준을 조작하기 위해 작업을 천천히 하거나 작업방법을 임의로 변경하기도 한다.

나) 기정시간 표준법(PTS : Predetermined Time Standards System)

PTS법은 작업자가 행하는 작업방법을 세밀히 분석한 기본동작의 집합으로

어떤 성질과 주어진 조건하에서 사전에 정해진 표준시간을 사용하여 적합한 것을 찾아 기본동작에 소요되는 시간을 구분하고 합성하여 작업시간을 규정하는 기법이다.

PTS법에는 1924년 시거(A. B. Segur)가 개발한 MTA(Motion Time Analysis)법을 시초로 WF(Work Factor System, 1938), MTM(Method Time Measurement, 1948), RFW(Ready Work Factor), MODAPTS 등 20여 종류가 있다.

PTS법의 장점으로는 별도의 평가(rating)를 수행할 필요가 없으며 스톱워치 등을 사용하여 관측을 행하지 않고도 표준시간을 설정할 수 있다. 또한 통제된 조건하에서 수많은 작업자를 대상으로 작성될 수 있다.

반면에 PTS법은 연령, 성별 등을 고려하지 않아 오차가 발생한다. 따라서 작업표준을 설정할 때는 스톱워치법이나 워크 샘플링을 함께 적용하는 것이 일반적이다.

다) 표준 자료 법(Standard Data System)

종래의 시간 연구로부터 요소작업에 소요되는 시간을 표준자료의 데이터베이스가 있을 때 작업을 구성하는 동작요소를 표준자료에 근거하여 표준시간을 적용하는 방법이다. 즉, 작업을 구성하는 동작요소별로 표준자료들을 합성하여 표준시간을 구할 수 있으며, 작업이 유사한 대량의 반복 작업에 유용하다. 또한 표준 자료 데이터의 표준시간은 작업자가 이해하기 쉽다.

개발제품의 작업방법 및 표준시간을 설정하는데 시간과 비용을 적게 들여 평가하며, 실행할 수 있다.

라) 역사적 자료 법(Historical Data System)

역사적 자료 법은 작업자가 작업을 완수하는 데 소요되는 시간을 측정·기록한다. 이에 근거하여 측정·기록된 작업 그 자체로 표준을 개발하여 사용할 수 있다.

이 방법은 작업개선을 촉진하고 작업방법에 대한 유연성을 가진다. 또한 과거 목표치에 비해 지속적인 향상을 도출하는데 있으며, 인센티브 정책과 동시에 실행할 때 효과적이다.

마) 워크 샘플링(Work Sampling)

이순룡(2015)은 워크 샘플링은 확률의 법칙을 이용하여 최소한도의 샘플을 순간적으로 관측해서, 대상으로 하는 현장 전체의 모습을 실용상 만족할 만한 신뢰수준과 정확도를 가지고 추정하는 기법이라고 정의했다.

이 방법은 관측자가 관측대상을 무작위로 선택하여 일정한 시간 동안 작업을 관측하여 그 활동의 내용을 추정한다.

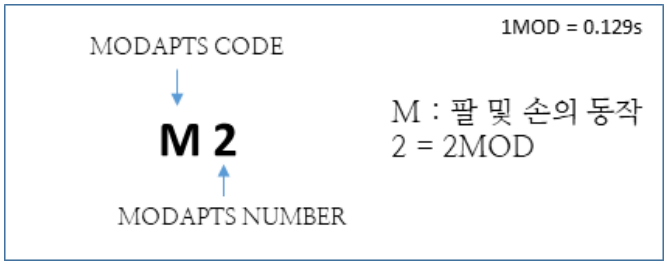
비 반복적인 작업이나 기계가 비가동하고 있는 작업의 지연율 조사, 작업성과의 측정 표준시간의 산정 등에 사용되고 있으며, 작업기술서 작성 및 작업자의 적재적소 배치에도 이용될 수 있다.

워크 샘플링은 절차가 복잡하지 않고 관측자의 고도의 훈련이 필요하지 않으며 작업자의 심리적 압박을 배제할 수 있는 이점이 있으나 작업을 요소별로 분할해서 관측할 수 없기 때문에, 경우에 따라 작업측정이 필요하며 시간연구법보다 관측결과의 오차가 크다.

바) MODAPTS(Modular Arrangement of Predetermined Time Standards)

G.C. Heyde(1966)는 기정시간 표준법(PTS)의 발전한 형태로 실험에 근거하여 신체동작의 거리개념이 없는 대신 신체의 특정부분이 움직이는 시간으로 분석하고, 사람의 동작을 동작요소로 세분화시켜 표준시간을 표현하였다.

작업자 동작을 표현하는 가장 작은 단위로 [그림 2-8]과 같이 동작요소(MODAPTS Code)와 동작시간(MODAPTS Number)으로 표현하였다.



[그림 2-8] MODAPTS CODE and NUMBER

MODAPTS는 MOD라는 단위를 통하여 시간을 표현하는데, 1MOD를 0.129S(정상치, normal level)로 환산할 수 있다. 이는 실험에 의해 추출된 표

준시간으로 손가락이 평균적으로(1inch, 2.4cm) 움직이는 데 소요되는 시간을 최소단위로 한다. 작업시간은 MODAPTS NUMBER에 작업에 따른 가중치를 부여한 0.129를 곱하여 산출한다.

MODAPTS에서는 50개 미만의 동작으로 신체동작을 측정하며, 이들 동작은 이동동작, 종결동작, 보조동작 등 3가지로 분류된다.

작업관리에 관련한 연구는 아래 [표 2-6]에 정리하였다.

[표 2-6] 작업관리관련 연구 요약

연구의 주요 내용
MODAPTS 분석을 통한 작업 및 설비 개선에 관한 연구(양두진. 2002) • MODAPTS의 MOD수를 적용해 현재의 표준시간과 비교 • 공정별 20회 측정한 값에서 최대, 최소, 평균값을 고려하여 Tact-time 분석 • MODAPTS 분석방법을 현장에 적용해 동시동작이 행해지지 않는 작업과 기계화해야할 작업, 낭비제거, 비능률적인 작업순서 등을 구별하고 개선 • 실재 현재 작업 중인 방법이 맞는지 공정별로 검토해 병목공정의 공정시간을 단축하고 공정별로 시간당 생산량을 증가시키는 방법 연구
전기 콘트롤 박스 제조에서의 공정 개선 사례연구(이창래, 2002) • 공정 개선 전과 개선 후의 실질적인 비교 데이터수집 및 분석 • 관측법을 통해 관측시기, 기간 등 계획을 수립하여 예비관측을 스톱와치 방법으로 실시하고 요소작업시간으로 분할 • 리드타임이 긴 제품을 생산하는 기업을 대상으로 설비의 하드웨어 및 소프트웨어를 개선하여 자동화시스템 구축, 인원절감 리드타임감소, 설계 및 원자재 준비시간 단축, 생산시스템내의 정체시간이 감소
공정시간 단축을 가치 흐름도 분석 활용 방법에 관한 사례연구(한성재, 2001) • 린의 활동 중에 하나인 가치 흐름도를 이용 • 공정시간, 정체시간, 운반시간 등 공정에서 제품생산에 필요한 가치시간과 낭비시간을 측정 • 린 생산방식에서 가지는 가치흐름도의 효과와 역할에 관하여 재정립 • 린 생산방식을 적용하고자 할 때 이를 지원할 수 있는 하나의 방향과 지표를 제시
현장작업 개선을 위한 Lean-SMAIS 방법론 연구(박창도, 2012) • 도요타 생산시스템, 6시그마 MAIC, 비디오분석 등을 활용

• 중소기업에서 적용하기 쉬운, 시간 분석용 소프트웨어인 프로아이를 린, 6시그마와 접목시켜 현장작업 속도개선 방법론 제시
IE 기법을 활용한 자동차부품 제조공정 생산성 연구(김정섭, 2015) • IE기법을 활용한 생산성활동 • 공정분석, 작업분석, 동작분석 등을 활용하여 로스 및 낭비 등을 찾고 개선 • 제조현장의 생산성 향상에 제거대상인 낭비요소와 장애요인, 개선 프로세스를 고찰 • 생산성 향상을 위한 IE기법, 작업방법, 작업측정 등을 중심으로 한 작업관리에 대한 이론적 고찰 • 자동차부품 제조업체를 연구대상으로 하여 현장에서 IE관점에서 생산성 향상 활동을 어떻게 전개 및 적용할 수 있는지 방향을 제시
중소 제조 기업의 현장관리 시스템 구축에 대한 연구(정대권, 2016) • 중소 제조기업의 현장관리와 개선활동을 체계적으로 제조 경쟁력을 향상하는 절차와 방법을 귀납적으로 정립 및 구축방안 제시 • 기업의 Layout개선의 추진 절차와 검토항목 가이드라인 제시 및 사례분석 • 기업에서 공통적으로 활용할 수 있는 현장관리 항목을 설정하여 일일단위로 결산을 추진하는 일일결산 추진 방법 제시 • 컨베이어 조립 라인의 사례연구를 분석하여 개선 가이드라인 제시

제 3 절 가상현실관련 연구

1) 가상현실의 개념

마이론 크루거(Myron Krueger)에 의해 1970년대 중반에 탄생되었으며, 1989년 재로 래니어(Jaron Lanier)가 '컴퓨터에 의해 제작된 몰입적인 시각적 경험'을 가상현실이란 용어로 표현하였다.

가상현실은 어떤 특정한 환경 또는 상황을 컴퓨터를 활용하여 사용자가 시뮬레이션을 통해 실제 상황이나 환경과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어준다. 즉 컴퓨팅 단말과 동작센서(Leap Motion), HMD(Head Mounted Display) 통해 구현한 3차원 가상공간을 제공함으로써 사용자의 몰입감 등을 높이고 청각, 촉각 등 오감과의 상호작용을 통해 현실에서 존재하지 않는 정보를 제공하여 마치 현실에 있는 것처럼 느끼게 해준다.

가상현실을 위한 Application Program은 입력장치를 이용하여 상호작용을 담당하고 출력장치를 이용하여 현실과 같은 느낌을 제공하며 환경제어와 동기화를 처리하는 소프트웨어로 구성되어 있다.

가상현실의 정의는 다양한 유저 인터페이스 개발 촉진에 영향을 받았다. 하버드 대학의 이반 서덜랜드(Ivan Suther land)는 1968년 '데모클레스의 칼(Sword of Damocles)'이라는 HMD를 개발하여 다양한 가상환경을 구체화할 수 있는 최초의 수용자 환경이 제안되었다.

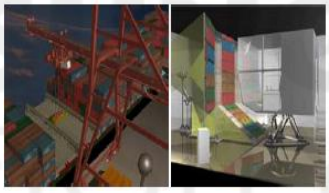
마이클 하임(Michael Heim)은 가상현실의 구현요소를 인공현실, 상호작용, 몰입, 네트워크, 완전몰입, 원격현전, 완전몰입, 시뮬레이션, 7가지의 개념으로 재정립하고 가상현실세계는 우리의 실재세계에 대해 갖는 저항감을 약화시킨다고 말했다. 가상현실이 물리적 환경의 영향을 받지만 물리적 인과관계를 벗어나 있고, 심리적 요소의 영향을 받지만 객관성을 확보할 수 있다고 하였다.

2) 가상현실관련 연구동향

국내의 경우 산학연계 연구 개발과 기술적용을 진행 중이며, 예로 서울대학교는 삼성중공업과 조선소의 생산 프로세스 혁신을 위한 모든 공정을 가상적인 공간에서 시뮬레이션 할 수 있는 시스템을 구축하였다.

국내 ETRI는 가상현실 기술 중 현실 공간과 가상공간을 혼합하여 함께 사용자가 체험할 수 있도록 하는 혼합현실 기술을 적용하고자 하는 연구개발로 가상 생산 공정 검증 플랫폼을 개발하였다.

기술교육 중 발생할 안전사고 예방 및 고가의 재료비를 낭비하지 않고 충분한 교육을 시행할 수 있고, 다자 대 일인 교육이 가능하여 신속하게 숙련된 기술을 습득할 수 있어 자동차, 선박, 원자력발전소 등 다양한 분야에서 연구개발 및 도입되고 있다.

		
가상발전소의 원자로(노르웨이 IET)	자동차정비 (BMW)	항만 크레인 운전자훈련 시스템 (국내)

[그림 2-9] 훈련에 대한 시뮬레이션 적용 사례

노르웨이 에너지 기술협회(IET)는 원자력발전소 전문가 훈련시뮬레이션을 개발하였다.

BMW는 자동차정비 훈련시스템 HMD장비를 착용하여 자동차 수리 시 실제부품 영상 위에 가상의 정비 매뉴얼을 가시화하는 정비교육 콘텐츠를 제공하였다.

국내 토탈소프트뱅크는 국내 최초의 반 몰입형(Semi Immersive) 가상현실 시뮬레이터로 항만에서 화물선과 트레일러 간에 컨테이너를 싣거나 내리는 크레인 운전자를 훈련시키기 위한 솔루션을 개발하였다.

가상현실관련 연구 [표 2-7]을 살펴보면 가상현실을 구현하기 위해 3D객체와 인터랙션이 사실적으로 가능하도록 최적화된 알고리즘을 강조하고 있으며 시뮬레이션을 통해 다양한 분석을 실시하고 있다. 또한, 가상현실에서 적용되는 입체영상의 사실적 표현성은 다양한 분야에 적용할 수 있으나 콘텐츠의 개발에 많은 제약이 있어 쉽게 접근하지 못하고 있는 실정이다.

가상현실 플랫폼 내의 수용자와의 커뮤니케이션을 하기 위한 연구와 커뮤니티 형성에 대한 최적화된 UI 디자인개발이 필요하다.

[표 2-7] 가상현실관련 연구 요약

연구의 주요 내용
가상현실 기반 동작훈련 시스템을 위한 개인 공간에서의 다중양식 상호작용(양웅연, 2003) • 사용자가 신체적 기반으로 가상공간에 참여하여 개체들과 공간적 상호작용을 할 수 있는 시스템 구현 • 가상현실 기반 동작 훈련 시스템 구현 • 가상현실기술을 interactive communication media로 활용하는 모델 기반으로 사용자사이의 동작 정보 교환 성능과 (Co-)Presence를 높일 수 있는 이상적인 가상현실 기반 동작훈련 시스템 구성 요를 설계 • 적용분야의 특징과 가상현실 기술의 장점을 활용하여 제한된 시스템자원을 활용하는 방법으로 “영혼-메타포어”를 개발 • 시스템의 요구를 충족시키는 시각과 인터페이스의 제어방법을 설계하고 평가실험을 통해 효과를 검증
가상 제조 시뮬레이션 데이터 변환을 이용한 혼합 현실 기반 가상 공정 배치(이종한, 신수철, 이효광, 한순홍, 2008) • 혼합 현실 기반 가시화를 위한 산업용 제조 시뮬레이션 데이터의 변환 방법론을 제시 • 상업용 가상제조 도구의 시뮬레이터 데이터를 가공 • 혼합 현실 기반 가시화 도구의 공장 적용성을 높일 수 있도록 안전표지판을 마커로 적용할 수 있는 방안을 개발 • 가공한 제조 시뮬레이션 데이터를 기반으로 가상 공정 배치 수행
가상현실 기반 모션필름에서 기술적 환경요소에 따른 커뮤니케이션 효과에 관한 연구(김태형, 2009) • 다양한 가상현실 기반 콘텐츠 중에서 모션필름이라는 특정 영역을 연구 및 기술적 환경요소에 따른 수용자 태도에 대한 연구 • 가상현실 내에서의 ‘수용자 태도’를 커뮤니케이션 측면에서 재설정

- 가상현실 콘텐츠(모션필름)의 수용자 중심의 커뮤니케이션 측면에서 재규명

가상현실 환경에서 입체영상콘텐츠 프로토 타입 개발에 관한 연구(황성준, 2008)

- Web2.0 기반의 가상현실 플랫폼 안에서 유저들의 직접참여에 의해 제작되는 영상물 머시니마의 현황과 전망에 대해서 고찰하여 새로운 커뮤니티 형성에 한 단계 발전된 영상 커뮤니티를 위해 3D 머시니마의 개발에 관한 UI 디자인의 최적화된 시스템 모형을 제시
- 세컨드 라이프 환경에서의 입체영상 촬영 및 3D 머시니마 촬영실험과 이를 기반으로 한 설문조사 통계 분석
- 가상현실에서 적용되는 입체영상은 뛰어난 사실적 표현성과 다양한 분야의 활용성으로 인해 집중연구, 개발이 활성화됨을 파악
- 입체영상은 콘텐츠의 개발에 많은 제약이 있고 개발된 콘텐츠 또한 일반 관람자에게 쉽게 접근하지 못하는 한계점 또한 파악

가상현실 기술을 이용한 가상 조립 시뮬레이션에 관한 연구(김용완, 박진아, 2010)

- 가상 환경과 사실적인 인터랙션이 가능하도록, 견고하고 세밀한 핸드 햅틱 인터랙션 방법을 제안
- 충돌 전 grasp 단계에서는 품질평가척도를 이용하여 견고한 grasp이 가능하고, 충돌 후 조작 단계에서는 객체를 세밀하게 조작할 수 있도록 인간 손 운동 특징을 분석하여 단계적 방법론 제시

제조 산업에서의 가상생산 기반의 공정검증 시뮬레이션(곽종근, 조동식, 박상철, 2011)

- 가상생산기술의 제조 및 제어중심의 가상생산기술의 제조 및 제어중심의 가상생산으로 HILS(Hardware-in the Loop Simulation)기반의 공정검증 방법론 제시
- 물리적 환경에서의 다수의 H/W PLC로 구성된 라인 가상환경에서 동일하게 제어환경 구축을 위한 S/W 다중 PLC구축에 관한 연구 동향
- 가상생산기반의 공정검증 보완 기술로서 물리적 PLC의 모든 Sequence에 대한 모니터링을 통해 이상패턴 발생 시 이를 모니터링 시스템과 원거리 가상생산공장 모니터링 시스템에 신속하게 알려 오류발생 상태에 대한 대응을 위한 기술동향

3) 가상현실 하드웨어

Leap Motion은 가상공간에서 사용자가 3D 물체와 반응하기 위한 Interactive 장비로, VR 안경 전면에 부착하여 사용자의 손을 감지하여 이를 가상현실에 반영하여 손의 움직임대로 가상현실 속 가상의 손이 움직이도록 해주는 기술이다.

실제 손과 반응하여 가상현실 손을 만들어주므로 사용자가 공정 훈련에 직접적인 참여가 가능하다.

다양한 언어를 제공하는 SDK를 다운로드 받을 수 있도록 제공하며, Leap Motion API를 통해 손, 제스처, 손가락 뼈마디까지 인식하여 데이터를 활용 가능하며, 가상현실, 증강현실, 일반 어플리케이션에서 개발 가능하다.

[그림 2-10] Leap Motion

HMD(Head Mounted Display)는 HMD에 장착되어 있는 렌즈 2개를 통해서 HMD 장치 안에서 출력되는 디스플레이 화면을 보면 3차원 공간 안에서 직접 눈을 통해 보는듯한 착각을 일으켜 가상체험을 해볼 수 있는 장치를 말한다.

HMD 장치 안에는 복합적인 기능들이 다수 들어가 있어 가상의 3차원 공간을 현실처럼 느끼게 해주는 역할을 한다. HMD의 주요 기능과 장치로는 화면을 출력해주는 디스플레이와 이를 왜곡시켜 평면이 아닌 입체로 느끼게 해주는 어안렌즈, 그리고 3차원 공간과 현실의 HMD 상의 거리 및 위치를 인식하기 위한 센서 인식 부(HMD 정면 위치), 그리고 각도와 움직임을 제어하는 자이로스코프 기능이 탑재되어 있는 복합장치이다.

[그림 2-11] Oculus Rift CV1

HANSUNG UNIVERSITY

제 3 장 동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 시스템 설계

제 1 절 시스템 개발 방향 및 설계

1) 기술자료 조사

본 연구를 위하여 「동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 방법에 관한 연구」의 핵심 요소를 3개의 분류 첫째, 제조공정 동작분석 기술, 둘째, 3D 및 가상현실 기반의 제조공정 설계 및 검증 기술, 셋째, 가상현실 기반 테스트 베드 기술로 나누어 기술 자료를 조사하였다.

[표 3-1] 동작분석 및 가상현실을 통한 작업 개선 방법에 관한 연구

대분류	중분류	분류기호
동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 방법에 관한 연구(A)	제조공정 동작분석 기술	AA
	3D 및 가상현실 기반의 제조공정 설계 및 검증 기술	AB
	가상현실 기반 테스트 베드 기술	AC

가) 분석 범위

본 조사를 위해 검색 DB는 Total Patent를 사용하였으며, 한국, 미국, 일본, 유럽 및 중국의 특허를 대상으로 하였다. 또한 검색 범위는 최대한 분석 대상 기술과 실질적으로 유사한 기술을 위주로 검색하기 위해 범위를 서지, 요약, 전체 청구항으로 한정하였다.

[표 3-2] 분석 범위

국가	검색대상	검색범위	검색DB
한국	공개/등록 특허, 실용신안	서지+요약+전체 청구항	TotalPatent
미국	공개/등록 특허	서지+요약+전체 청구항	TotalPatent
일본	공개/등록 특허, 실용신안	서지+요약+전체 청구항	TotalPatent
유럽	공개/등록 특허	서지+요약+전체 청구항	TotalPatent
중국	공개/등록 특허, 실용신안	서지+요약+전체 청구항	TotalPatent

나) 분석 기준

본 조사를 위해 「동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 방법에 관한 연구」와 관련하여 유효 특허 추출 작업을 실시한 결과로서 907건의 유효 특허를 추출하였으며, 추출한 특허에 대해서는 요구 사항과 기술의 중요도에 따라 [표 3-3]과 같은 기준에 의하여 관련도 순으로 S, A, B, C의 4등급으로 분류하였다.

[표 3-3] 유효특허 추출 기준

관련도	기술분류	관련도 기준	
S	제조공정 동작분석 기술(AA)	제조공정 또는 스마트 공장 구축에 적용될 수 있는 기술과 관련성이 높은 특허	-제조공정에서의 작업자 또는 제조장치의 동작을 분석할 수 있는 기술과 관련성이 높은 특허 -스마트 공장 구축에 적용될 수 있는 동작분석 기술과 관련성이 높은 특허 -제조시스템을 모니터링하고, 제어할 수 있는 기술과 관련성이 높은 특허
	3D 및 가상현실		-3D 및 가상현실을 이용하여

	기반의 제조공정 설계 및 검증 기술(AB)		제조공정을 설계할 수 있는 기술과 관련성이 높은 특허 -3D 및 가상현실을 이용하여 제조공정을 검증할 수 있는 기술과 관련성이 높은 특허
	가상현실 기반 테스트 베드 기술(AC)		-제조공정에 적용될 수 있는 가상현실 기반 테스트 베드 기술과 관련성이 높은 특허 -스마트 공장 구축에 적용될 수 있는 가상현실 기반 테스트 베드 기술과 관련성이 높은 특허
A	제조공정 동작분석 기술(AA)	제조공정 또는 스마트 공장 구축에 활용될 수 있는 기술과 관련성이 있는 특허	-사람 및 장치의 동작을 분석할 수 있는 기술과 관련성이 있는 특허 -공장 구축에 적용될 수 있는 동작분석 기술과 관련성이 있는 특허 -모니터링 기술과 관련성이 있는 특허 -영상처리 기술과 관련성이 있는 특허
	3D 및 가상현실 기반의 제조공정 설계 및 검증 기술(AB)		-3D 기술과 관련성이 있는 특허 -가상현실 기술과 관련성이 있는 특허 -3D 기술 및 가상현실을 이용한 설계 기술과 관련성이 있는 특허 -3D 기술 및 가상현실을 이용한 검증 기술과 관련성이 있는 특허
	가상현실 기반 테스트 베드 기술(AC)		-가상현실 기반 테스트 베드 기술과 관련성이 있는 특허 -공장에 적용될 수 있는 테스트 장치 기술과 관련성이 있는 특허
B	제조공정	제조공정	-제조공정 동작분석 기술의 배

	동작분석 기술 (AA)	또는 스마트 공장 구축 기술의 배경기술과 관련된 특허	경기술과 관련된 특허
	3D 및 가상현실 기반의 제조공정 설계 및 검증 기술(AB)		-3D 및 가상현실 기반의 제조공정 설계 및 검증 기술의 배경기술과 관련된 특허
	가상현실 기반 테스트 베드 기술(AC)		-가상현실 기반 테스트 베드 기술의 배경기술과 관련된 특허
C	제조공정 동작분석 기술(AA)	동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 방법에 관한 특허	
	3D 및 가상현실 기반의 제조공정 설계 및 검증 기술(AB)		
	가상현실 기반 테스트 베드 기술(AC)		

다) 키워드 선정

키워드는 기술 분류 체계에 따라 대분류 및 중분류 단위로 구분하여, 해당 기술을 가장 잘 표현할 수 있는 어휘로 선정하였다.

[표 3-4] 분류에 따른 키워드

분류	키워드
제조공정 동작분석 기술 (AA)	제조, 공정, 동작, 분석 manufacture, process, motion, analysis
3D 및 가상현실 기반의 제조공정 설계 및 검증 기술 (AB)	3D, 가상현실, 제조, 공정설계, 검증 three dimensional, virtual reality, manufacture, process design, verification

가상현실 기반 테스트 베드 기술 (AC)	가상현실, 테스트 베드, 디지털 공장, virtual reality, test bed, digital factory

라) 핵심 특허 목록

[표 3-5] 핵심특허 목록

번호	기술분류	국가	법적상태	특허/실용신안번호	출원년도	출원인	발명의 명칭
1	AA	KR	공개	2004-0033315	2004	ADVANCED MICRO DEVICES	제조 시스템에 대한 상태 평가 및 스케줄링
2	AA	KR	등록	1490049	2013	울산대학교	행렬 기반의 부품의 조립 순서 추출 방법 및 그 장치
3	AA	JP	공개	2006-190166	2005	SHARP	WORKING TIME MANAGEMENT SYSTEM, WORKING TIME MANAGEMENT METHOD, WORKING TIME MANAGEMENT PROGRAM AND RECORDING MEDIUM RECORDING THE PROGRAM
4	AA	JP	공개	2008-201569	2007	HITACHI	WORKING MANAGEMENT SYSTEM, WORKING MANAGEMENT METHOD, AND

							MANAGEMENT CALCULATION MACHINE
5	AA	US	등록	5764509	1996	ARCH DEVELOPMENT	Industrial process surveillance system
6	AA	US	등록	6795798	2001	FISHER ROSEMOUNT SYSTEMS	Remote analysis of process control plant data
7	AA	US	공개	2006-0129970	2004	BOEING	Systems and methods for production planning analysis using discrete event simulation
8	AA	EP	공개	2017684	2007	SIEMENS	System and method for handling a production disturbance/opportunity event in a production execution system
9	AB	KR	등록	0948760	2008	서울대학교	시뮬레이션 기반 공장 레이아웃 설계 장치 및 방법
10	AB	KR	등록	1283667	2011	(주)오토메스	3D 플랜트 구축 공정 시뮬레이션 시스템 및 그 방법
11	AB	KR	공개	2014-0087533	2012	포스코	가상설비를 이용한 제조설비 시뮬레이션 시스템 및 방법
12	AB	KR	등록	1543884	2013	포스코	가상 공장의 실시간 동작 상황을 통합 로깅하기 위한 시스

							템 및 방법
13	AB	JP	공개	2002-297216	2001	FUJITSU	PLANNING SIMULATION SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING THE SAME AND ITS PROGRAM
14	AB	JP	공개	2009-245445	2009	FLEXTRONICS INTERNATL	SYSTEM AND METHOD FOR DESIGN, PROCUREMENT AND MANUFACTURING COLLABORATION
15	AB	US	등록	6823342	2002	CUFER ASSET	Method and system for capturing, managing, and disseminating manufacturing knowledge
16	AB	US	등록	7856343	2007	한국전자통신연구원	System and method for design evaluation of mobile devices using virtual reality based prototypes
17	AB	CN	공개	104063529	2013	SHANGHAI ELECTRIC GROUP	Simulation method of layout planning of digital automobile plant
18	AC	KR	등록	100670792	2004	한국전자통신연구원	핸드 인터페이스를 이용한 가상 생산 시스템 및 그 방법
19	AC	KR	공	20130-	2012	포스코	철강공정용 가상설비

			개	107874			시스템 및 그의 동작 방법
20	AC	KR	등록	1594656	2013	포스코	열간 압연 공정 가상현실 교육 시스템
21	AC	JP	공개	07325803	1994	AI SERVICE KK	VIRTUAL CIM SYSTEM, CONSTRUCTION METHOD FOR THE VIRTUAL CIM SYSTEM AND CONSTRUCTION METHOD FOR CIM SYSTEM
22	AC	JP	공개	2016-512641	2014	COVENTOR	The manufacturing system and method for predicting 3D virtual
23	AC	JP	공개	2016-115182	2014	NIPPON TELEGR & TELEPH	VIRTUAL EQUIPMENT TEST DEVICE, VIRTUAL EQUIPMENT TEST METHOD AND VIRTUAL EQUIPMENT TEST PROGRAM
24	AC	US	등록	6289299	1999	UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY	Systems and methods for interactive virtual reality process control and simulation
25	AC	EP	공개	1459144	2002	Prophet Control Systems Limited	3D VIRTUAL MANUFACTURING PROCESS

마) 시사점

전체 출원 건수의 동향을 보면, 1981년도부터 본 연구기술의 「동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 방법에 관한 연구」의 특허출원이 시작되었으나 실질적인 기술의 발전은 1990년대 중반 이후부터 인 것으로 파악되었다. 2015년의 특허건수가 32건으로 감소하였지만, 기술의 발전이 정체되었다고 판단하기에는 무리가 있을 것으로 보인다. 이는 향후 공개되는 2015년의 데이터를 참고해야 정확한 의미가 파악될 것으로 보인다. 국가별 출원 동향을 분석해보면, 일본과 중국의 특허출원이 각각 38%와 25%로서 전체 출원 건수의 63%를 차지하는 것으로 나타나 두 국가에서 기술이 크게 발전했음을 알 수 있다. 한국(17%)과 미국(16%)이 뒤를 잇고 있지만 일본과 중국의 특허출원 비율과 차이를 나타내고 있다.

국가별 출원 건수와 출원인 수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 파악하는 포트폴리오에서 한국과 중국은 '발전기'에 해당하는 것으로 판단되지만, 일본과 미국은 '쇠퇴기', 유럽은 '태동기'에 해당하는 것으로 판단된다. 한국, 일본, 미국 및 중국은 제조공정 동작분석 기술(AA) 분야의 특허건수가 각각 73건, 212건, 93건 및 137건으로, 가장 많은 출원이 진행된 것으로 나타났고, 유럽은 가상현실 기반 테스트 베드 기술(AC) 분야의 특허건수가 14건으로 가장 많은 출원이 진행된 것으로 나타났다.

따라서, 한국, 일본, 미국 및 중국에서는 제조공정 동작분석 기술(AA) 분야, 유럽에서는 가상현실 기반 테스트 베드 기술(AC) 분야의 기술이 적극적으로 연구 개발되며 발전하고 있다고 판단된다. 또한, 한국, 일본, 미국, 중국은 자국인을 중심으로 시장이 형성되어 있어 외국인의 시장 진출이 상대적으로 어려울 것으로 판단되고, 유럽은 자국인과 외국인의 비율이 골고루 분포하기 때문에 시장 진출이 상대적으로 수월할 것으로 판단된다.

전체 상위 5개 출원인 현황을 살펴보면 HITACHI 社가 가장 많은 36건의 특허를 출원했고, 그 뒤를 FUJITSU 社가 29건, TOSHIBA 社가 17건, MITSUBISHI ELECTRIC 社가 16건, 한국전자통신연구원이 15건의 특허를 출원한 것으로 나타났다. 주요 출원인에서 알 수 있듯이, 상위 15개 출원인 중 최다 출원인인 HITACHI 社를 포함하여 대부분이 일본 국적의 기업인 것으로 나타났다.

그리고, 한국전자통신연구원, PANASONIC 社 및 UNIV SHANGHAI JIAO TONG은 3D 및 가상현실 기반의 제조공정 설계 및 검증 기술(AB), NIPPON TELEGR & TELEPH 社은 가상현실 기반 테스트 베드 기술(AC) 분야에 가장 많은 특허출원을 진행한 것으로 나타난 반면, 나머지 기업들은 제조공정 동작 분석 기술(AA) 분야에 가장 많은 특허출원을 진행한 것으로 나타났다. 따라서 제조공정 동작분석 기술(AA) 분야보다, 3D 및 가상현실 기반의 제조공정 설계 및 검증 기술(AB)과 가상현실 기반 테스트 베드 기술(AC)분야의 연구개발이 활발히 진행되고 있는 것으로 판단된다.

2) 개발방향

다수의 작업자·자재·부품·설비들이 순차적·연속적으로 진행되는 제조공정을 저가의 비용으로 설계·검증할 수 있는 생산공정 효율분석 및 최적화 테스트 베드 플랫폼 개발에 관한 연구이며, 시스템 주요 개발 내용은 [표 3-6]과 같다.

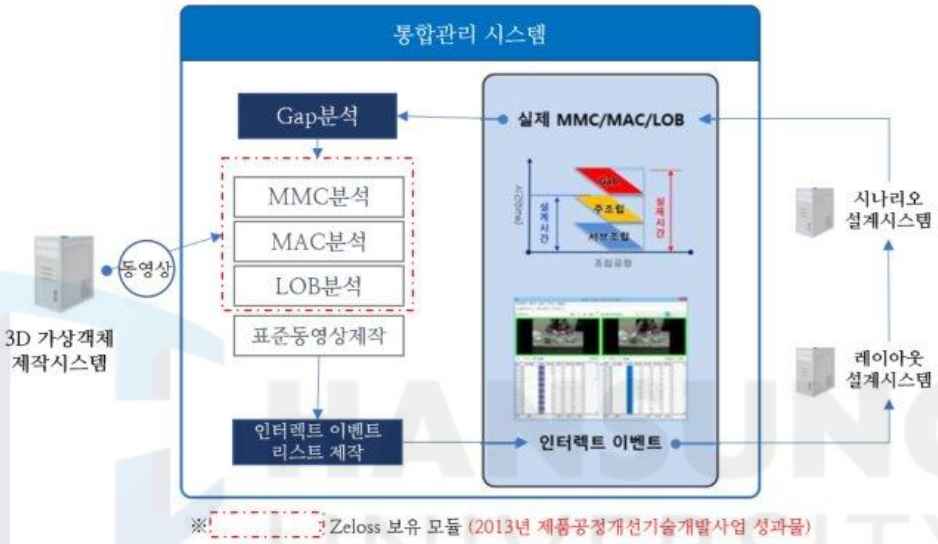
[표 3-6] 시스템 주요 개발내용

변경 전	변경 후	개발내용
작업분석 및 설계시스템 & 검증환경 설계시스템	공정분석시스템	• 동작분석 자동화시스템(제로스)
	통합관리시스템	• 가상객체 관리, 사용자 관리, 프로젝트 전반 흐름관리 • Gap분석, 제로스데이터(개선 전, 후) 삽입모듈 • 라인편성효율 실시간 모니터링 모듈
	레이아웃시스템	• 인터렉트 이벤트 환경설계(발생조건)
	시나리오시스템	• 가상현실 테스트 베드 시나리오 설계
가상현실 테스트베드 시스템	가상현실 테스트베드 시스템	• 테스트베드 시나리오 제어 및 시각동기화
3D 가상객체 제작시스템	3D 가상객체 제작시스템	• 테스트베드 운영에 필요한 가상객체 3D 제작

가) 통합관리 시스템 개발 방향 (소프트웨어)

공정분석 솔루션 제로스 기능(프로젝트 관리, 분석 등록 및 분석, 작업분석, 비교 분석 및 등록, 분석, 그래프, 보고서) 중 연계 메뉴 선정 및 개발한다.

시뮬레이션 결과 및 실제 결과 Data 적용, Gap 분석 보고서 및 그래프 모듈, 실시간 공정개선 전·후 VR LOB 현황 그래프 모듈을 개발한다.



[그림 3-1] 통합관리 시스템 설계

(1) Gap 분석 모듈 개발

인터렉트 이벤트의 설계 시간과 가상현실 테스트베드에서 발생한 실제 시간의 차이를 분석하는 기능이며, 인터렉트 이벤트별, 공정별, Gap 분석 결과를 출력할 수 있어야 된다.

(2) 비디오 분석 시스템(ZELOSS) 기능 고도화 단계에서 적용한다.

(3) 테이블(엑셀), 그래프(막대, 원 등) 형식 지원한다.

(4) 표준 동영상 제작

생산 공정 중 작업자 및 주변 환경, 치공구들의 낭비요소를 제거한 표준 동영상 제작하고 표준 동영상을 기반으로 인터렉트 이벤트 환경설계 및 시나리오 제작을 지원한다.

나) 검증환경 설계시스템 개발 방향 (시나리오 시스템 + 레이아웃 시스템)

[그림 3-2] 검증환경 설계시스템 설계

(1) 상용 VR 시뮬레이션 시스템을 기반으로 작업자·자재·부품·설비에 대한 테스트베드 시나리오 설계시스템 개발한다.

(2) 작업 레이아웃 배치 모듈

설계도면을 스캐닝 하여 입력된 이미지를 배경으로 미리 제작된 작업 데이터 또는 입력된 작업 데이터를 Drag & Drop 방식으로 배치하고 순서를 정할 수 있는 작업 레이아웃 배치 Tool을 개발한다.

설계도면에 맞는 각 공정을 3D 엔진을 이용하여 재 배치하고 각 작업의 순서를 결정하는 기능이다.

(3) 인터렉트 이벤트 환경 및 시나리오 설계 모듈

작업 레이아웃 배치 Tool의 각 공정별 인터렉트 이벤트와 3D 가상 객체 제작 시스템으로 제작된 3D 모델링 데이터를 연계하는 기능이다.

인터렉트 이벤트 환경설계 정보를 작업분석 및 설계시스템의 인터렉트 이벤트가 연계되도록 구현한다. 인터렉트 이벤트 리스트와 공정별 세부내용을 기반으로

각 객체별 ID 부여, 이벤트 연결, Collider (충돌 감지 영역) 부착하여 전체 작업을 3D 가상으로 구현할 수 있도록 한다.

테스트베드 시나리오 설계 시연 모듈을 구성한다. 작업마다 부여된 순서 번호를 차례대로 수행하고 연결된 인터렉트 이벤트가 동작되는 것을 3D 렌더링으로 확인하는 기능을 구성하며, 부분 작업의 이벤트 단계를 실시간으로 확인하고 관찰하는 기능을 구현한다.

다) 3D 가상객체 제작 시스템 개발 방향

[그림 3-3] 3D 가상객체 제작 시스템 설계

(1) 3D 가상 객체 제작 시스템 개발을 위해 이미지 자료의 번들 조정에 의한 자동 정합, 3차원 모델 생성, 배경 제거, 3차원 모델 재생성 과정을 거쳐 제조공정 시뮬레이션에 3차원 모델을 전송하기 위한 프로그램을 개발한다.

(2) 배경영역 제거 모듈 개발

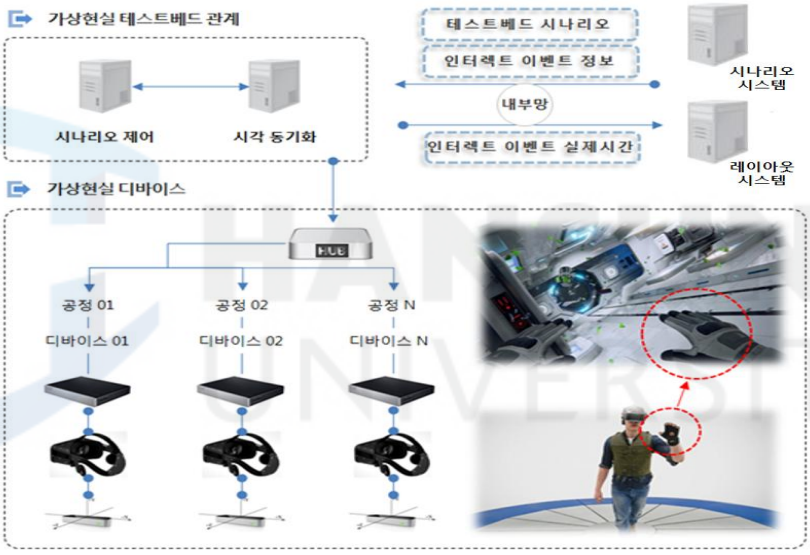
이미지자료를 이용한 3차원 모델링 소프트웨어에 적용하기 위해 자동화 스크립트를 개발한다.

(3) 배경영격의 분리 성공률

본 연구에서 개발된 배경영역 제거 자동화 모듈을 이용하여 시범적용 후 수동으로 제거된 배경영역의 픽셀 수와 자동으로 제거된 배경영역의 픽셀 수를 비교하여 배경 분리 성공률을 계산한다.

(4) 3D Mesh 가상 객체는 제조공정 시뮬레이션 시스템에 적용하기 위해서 STL 형식으로 자동 추출되며, 6개의 시범 적용 결과 6개 모두 자동으로 3차원 모델이 생성된 것으로 모두 변환되어야 한다.

라) 가상현실 테스트베드 시스템 개발 방향



[그림 3-4] 가상현실 테스트베드 시스템 설계

(1) 가상현실 디바이스 개발 (Oculus Rift + Leap Motion + 셋톱박스)

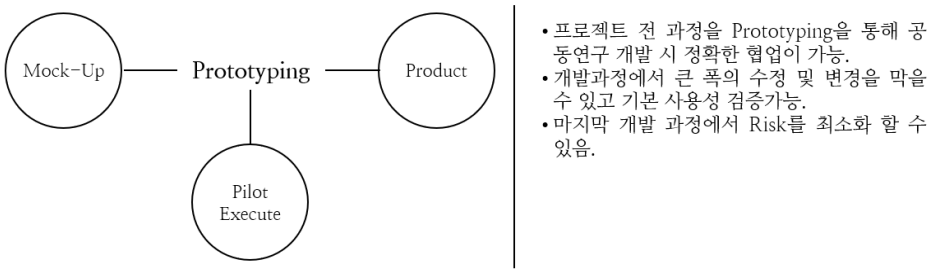
공정별 작업자가 Oculus Rift VR 헤드셋을 착용하여 3D 가상현실에서 본인의 작업을 수행할 수 있도록 한다.

서버와 클라이언트 연결을 통해 하나의 가상공간에 여러 작업자들(클라이언트)이 공정에서 작업을 수행할 수 있도록 한다.

Leap Motion을 통해 작업자의 손을 인식하여 가상현실에서 3D 모델링된 손을 투영하고 객체를 집어 공정에서 작업을 수행할 수 있도록 한다.

관리자는 PC를 통해 각 공정을 모니터링할 수 있도록 하며, 시나리오 상의 문제 발견 시 관리자는 각 작업자를 통해 통제할 수 있도록 한다.

마) 프로토 타입 연구개발



[그림 3-5] 프로토 타입

본 연구는 1차적으로 프로토 타이핑을 구축하여 실제 목표 시스템에 대한 충분한 이해가 가능하도록 연구를 진행하였다. 개발 전체 과정에 대한 프로토 타이핑은 현 기술의 접목 및 한계를 알 수 있으며, 시스템 전반에 나타날 수 있는 문제점을 미리 확인하여 시스템 설계가 크게 바뀌지 않고 DEMO를 통해 시각화 및 구체화되기 때문에 개발자가 아닌 운영, 현업에 있는 사용자에게 더 많은 조언을 구할 수 있는 장점이 있다.

핵심적인 개발 요소를 도출하고 그것의 구현 가능 여부를 판단하고 구현이 불가능할 경우 회피하여 구현 가능하거나 방법을 찾을 수 있어 최종 성과물에 대한 리스크를 최소화할 수 있는 장점이 있다. 소프트웨어 공학적으로 볼 때 현재까지 많은 개발 방법론이 제기되고 있고 최근 Agile 방법론이 널리 사용되고 있고 상대적으로 프로토 타이핑 방법론은 구시대적 방법론이라 할 수 있지만, 이것을 목표 시스템을 달성하기 위해 융복합이 이루어지는 것이 가장 중요하기 때문에 서로의 전문 기술을 이해하고 응용할 수 있는 방법론으로 1차 프로토 타이핑을 통해 많은 기술 공유와 목표 시스템에 대한 정확한 이해를 할 수 있다.

[그림 3-6] ~ [그림 3-9]와 같이 가상현실 시나리오 1안을 증강현실 장비로 구현해 본 결과, 비용 절감 및 장비의 간소화에 효과적이나, 실제로 적용하여 테스트 시 몰입도가 떨어짐을 알 수 있었다. 향후 증강현실 기술력이 발전하여 시야 폭을 확장시켜 바로 앞에서 사물뿐만 아니라 직접 눈으로 보는듯한 전체

화면을 증강현실로 구현한다면 효과를 기대해볼 수 있을 것이다. 현재로선 가상현실 공간에서 몰입도가 높고 테스트 수치도 비교적 안정적으로 나타남을 알 수 있다. 가상현실과 증강현실의 차이점은 [표 3-7]과 같다.

[표 3-7] 가상현실과 증강현실의 차이점 비교

구분	가상현실	증강현실
가격	비용과다	비용절감
몰입도	• 내부 전체를 디자인하여 실제로 공장안에서 작업하는 효과를 얻음 몰입도가 상당히 좋다.	• 객체만 증강현실이 되어 몰입도가 떨어진다.
테스트 수치 격차	• 테스트 수치가 비교적 균등하다.	• 처음에는 균등하나 시간이 지남에 따라 객체 손상정도에 따라 차이가 많이 난다.
객체 인식률	• 여러 가지 방법으로 잡아보아도 인식률이 좋다	• 객체 재질에 따라 인식률이 나빠진다.
장비	• 오큘러스, 립모션, 컴퓨터 등 필요장비가 많다.	• BT-300, 홀로렌즈 등 필요장비가 단순하다.

VR

① 준비 ② 하우징 옮기기 ③ 바코드 떼기

AR

① 준비 ② 하우징 옮기기, 바코드 떼기

[그림 3-6] 시나리오 1안(1)

VR

④ 바코드 부착 ⑤ 정면상단 작업대 PCB 잡기 ⑥ 하우징에 PCB 넣기

AR

③ 바코드 부착 ④ 정면 상단 작업대 PCB 잡기 ⑤ 하우징에 PCB넣기

[그림 3-7] 시나리오 1안(2)

VR

⑦ 좌측 PCB잡기 ⑧ 하우징에 PCB넣기 ⑨ 나사 잡기

AR

⑥ 작은 PCB 잡기 ⑦ 작은 PCB 넣기 ⑧ 전동드라이버 나사 끼우기

[그림 3-8] 시나리오 1안(3)

VR

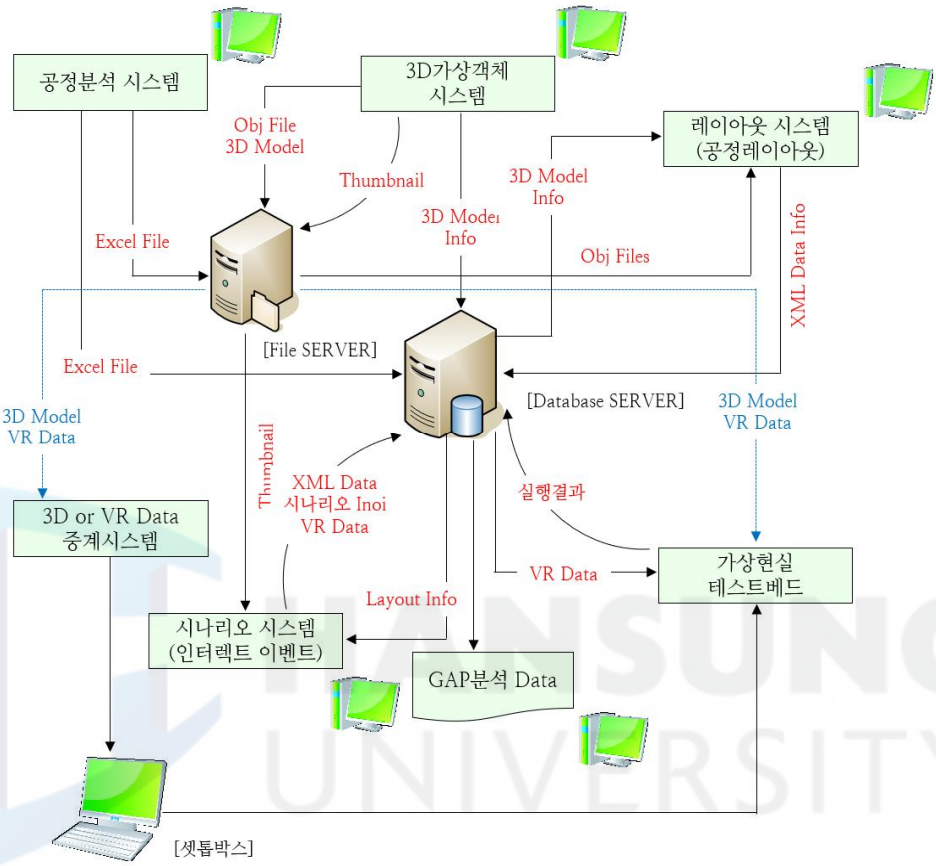
⑩ 전동드라이버에 나사 끼우기 ⑪ 제품 나사 조립 ⑫ 완료 및 결과 확인

AR

⑨ 전동 드라이버에 나사 끼우기 ⑩ 제품 나사에 조립 ⑪ 완료 및 결과 확인

[그림 3-9] 시나리오 1안(4)

바) 전체 시스템 인터페이스



[그림 3-10] 프로토 타입 시스템 인터페이스 구조

프로토 타입에서는 각 데이터 및 리소스가 통합되어 있지 않지만, 궁극적으로 목표 시스템을 구축하기 위해 모든 데이터 및 리소스는 [그림 3-10]과 같이 통합되어야 한다. 현재 오큘러스를 위한 권장 사항은 아래와 같은데, 상당히 높은 사양의 PC를 사용해야 한다. 3D 모델링 파일의 용량이 크기 때문에 [그림 3-10]의 파란색 선으로 표시된 3D 모델링을 File 서버에 저장하고 중계 시스템을 개발하기로 계획하였다.

(1) NVIDIA GTX970 / AMD 290 equivalent or greater

(2) Intel i5-4590 equivalent or greater

(3) 8GB + RAM

(4) Compatible HDMI 1.3 video output

(5) 2x USB 3.0 ports

(6) Windows 7 SP or newer

File 서버로 한 대의 서버 PC를 사용하는 것보다는 외장하드를 이용하여 객체들을 저장 관리하는 것이 더욱 효율적이다.

NVIDIA VR 성능에 최적화된 파스칼 아키텍처 기반의 Geforce GTX1080을 출시하고 가상현실 구현을 위해 강화된 VR 용 소프트웨어 개발 SDK “VR 웍스(VR Works)"를 발표하였다.

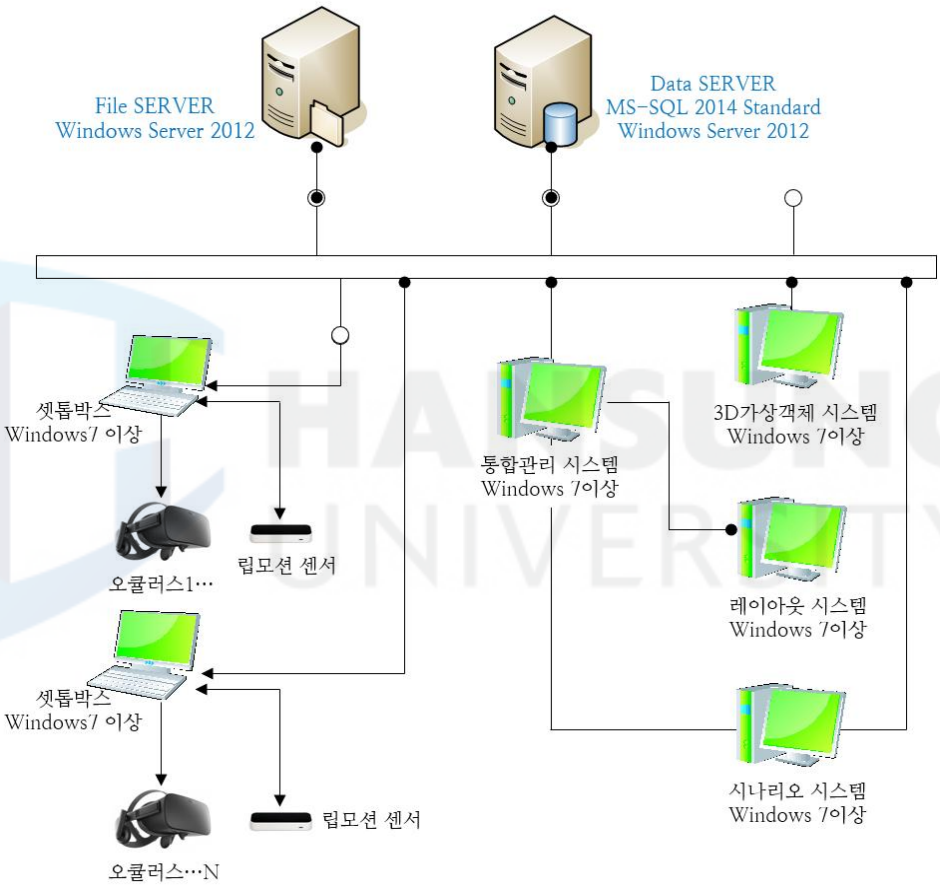
따라서 최신 드라이버 적용 시 기존 오큘러스의 랜더링 속도가 2배 이상 빨라질 것으로 보이지만, 여전히 3D 객체를 네트워크상으로 바로 가져오는 것은 한계가 있다. Windows 10이 버전 업그레이드가 됨에 따라 Leap Motion과 호환성에 문제가 생기는 경우가 다수 발생하였다.

HANSUNG UNIVERSITY

제 2 절 하드웨어 및 소프트웨어 설계 및 구성

1) 하드웨어 설계 및 구성

가) 하드웨어 아키텍처



[그림 3-11] 하드웨어 아키텍처

하드웨어의 구조는 위 [그림 3-11]과 같으며 내용은 다음과 같다. 첫째, 3D가상객체 시스템에서 생성된 3D 모델링파일(.stl파일)을 File Server로 업로드 한다. 둘째, 해당파일 업로드 시 Data Server로는 해당 파일에 대한 정보

(Location 및 File Info, File Code 등)를 업로드 한다. 셋째, 업로드 된 파일은 관제탑 역할을 하는 통합관리 시스템을 통해 연동되는 레이아웃 시스템과 시나리오 시스템을 통해 우선 호출이 되어 작업공정의 레이아웃 및 시나리오를 구성한다. 구성된 데이터는 Xml파일 형식으로 Data Server 의 데이터베이스(Integrate_DB) 테이블(Layout, Sevent)에 저장되며 저장된 데이터는 가상현실 테스트베드 시스템의 가상공간 구성과 해당 시나리오를 생성하는데 사용이 된다. 넷째, 가상현실 테스트베드 시스템은 작업자가 오큘러스를 착용하고 해당 시나리오에 따라 작업을 하는데 립모션 센서에 의해 작업자의 손동작을 감지하고 요소별 시나리오를 달성하였는지에 대한 체크를 하여 작업 시간을 Data Server의 데이터베이스로 전송하게 된다.

나) 본 연구를 위한 가상현실 디바이스 및 장비는 아래의 표와 같다.

[표 3-8] 가상현실 디바이스 및 장비 기본사양

구분	내용
(1) 오큘러스	• Oculus Rift DK2 이상 (Full HD)
(2) 립 모션	• 구동PC(클라이언트) : i5 /4GB /350 GB /HDMi /이상
(3) 셋톱박스	• i5 / 8GB / 100 GB /HDMi / GTX960이상
(4) 서버	• Xeon E3-1240v5 (3.5GHz, 4C, 8T, 스카이레이크)
(5) 모베리오 BT-300	• Android5.1
(6) 아인스캔 프로	• win7, win8, win10 64bit

(1) 오큘러스

[그림 3-12] 오큘러스 기본형상

[표 3-9] 오큘러스 상세규격

구분	Oculus	HTC Vive
Display	OLED	OLED
Resolution	2160x1200	2160x1200
Refresh Rate	90Hz	90Hz
Platform	Oculus Home	SteamVR, VivePort
Field of view	110 degrees	110 degrees
Tracking area	5x11 feet	15x15 feet
Built-in audio	Yes	Yes
Built-in mic	Yes	Yes
Controller	Oculus Touch, Xbox One controller	Vive controller, any PC compatible gamepad
Sensors	Accelerometer, gyroscope, magnetometer, Constellation tracking camera.	Accelerometer, gyroscope, Lighthouse laser tracking system, front-facing camera
Connections	HDMI, USB 2.0, USB 3.0	HDMI, USB 2.0, USB 3.0
Requirements	NVIDIA GeForce GTX 960 / AMD Radeon RX 470 or greater Intel Core i3-6100 / AMD FX4350 or greater	NVIDIA GeForce GTX 970 /AMD Radeon RX 480 equivalent or greater Intel Core i5-4590 equivalent or greater

	8GB+ RAM Compatible HDMI 1.3 video output 2x USB 3.0 ports Windows 7 SP1 or newer	4GB+ of RAM Compatible HDMI 1.3 video output 1x USB 2.0 port Windows 7 SP1 or greater
Price	$600 + $200 (+$80 for third sesnor)	$800
DT review	2.5 out of 5 stars	4 out of 5 stars

(2) 립 모션

[그림 3-13] 립 모션 기본형상

[표 3-10] 립 모션 상세규격

구분	Leap Motion
Device Type	motion sensor
Manufacturer	HP
Connectivity Technology	wired
Interface	USB
Accuracy	± 0.00039 in

Performance	200 reports per second
Device Accessories	USB cable
Color Category	black, white
OS Required	Apple MacOS X 10.6, Microsoft Windows 7, Windows 8
Localization	English
Connector Type	4 pin USB Type A

(3) 셋톱박스

(가) Microprocessor support Intel Core i5-5200U(dual core,2.2 Ghz Intel TurboBoost up to 2.7 Ghz)

(나) Operating system: Windows 7, 64-bit support

(다) System Memory support: Two-204-pin SO-DIMMs DDR3L-1600/ 1333 16Gb of memory

(라) USB Ports: Four USB 3.0 ports / Twe USB 2.0 ports

(마) Onboard Serial ATA: SATA 6.0 Gb/s transfer rates, Supports two 2.5inch SATA HDDS or SSDs 120Gb, Supports RAID 0,1

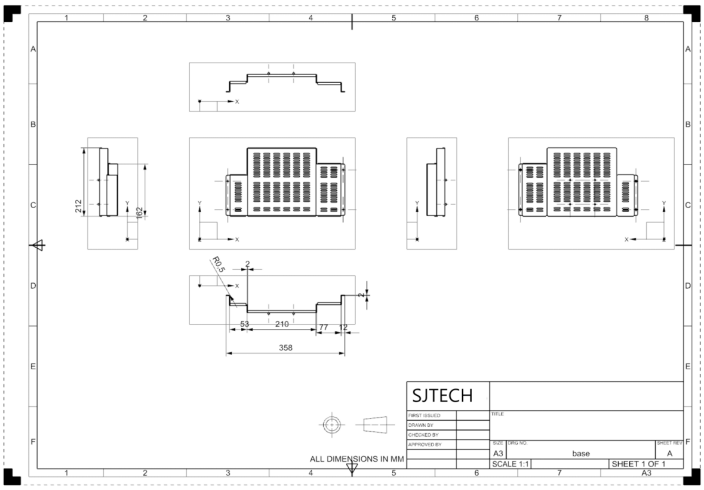
(바) Onboard Dual Lan: Supports 10/100/1000 Mbps operation Supports IEEE 802.3

(사) Wifi/Bluetooth support: Compliant with IEEE802.11ac standard, High speed wireless connection and enhanced wireless security Fully qualified Bluetooth v4.0

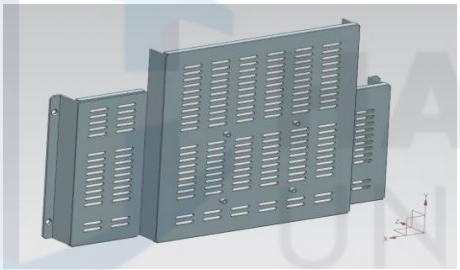
(아) Onboard Audio: Stereo analog audio output and Microphone input

(자) Green Function: Supports ACPI

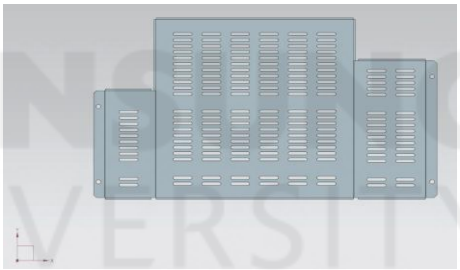
(차) Onboard Graphics support: NVIDIA GeForce GTX 960 w/3GB GDDR5, 192bit, 4x HDMI 2.0(support 4K @60Hz)



[그림 3-14] 셋톱박스 도면

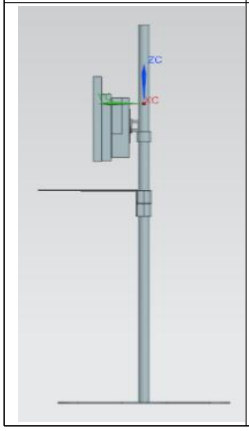
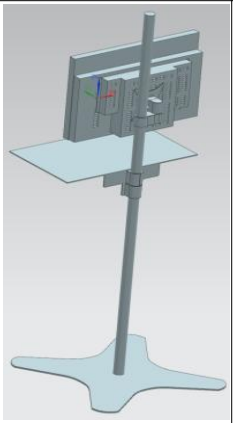
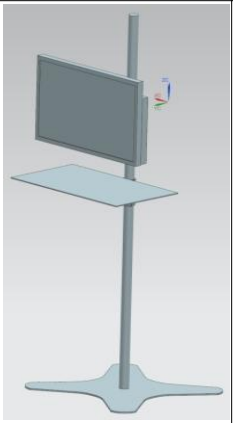
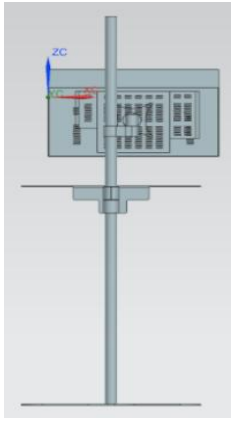


[그림 3-15] 배면도



[그림 3-16] 조감도

[표 3-11] 셋톱박스 거치대

우측면도	후방조감도	조감도	후면도
			

(4) 서버

(가) Microprocessor support, Xeon E3-1240v5 (3.5GHz, 4C, 8T, 스카이레이크)

(나) Operating system, Windows Server 2012 64bit

(다) MS-SQL Standard 2014

(라) 3.5Inch 4Bay

(마) H730 Raid(0,1,5,6,10)

(바) 16GB DDR 417000ECCUnbuffered

(사) 1TB 7.2K SATA HDD

(아) 9.5mm DVD-R/W

(5) 모베리오 BT-300 기본형상 (AR 하드웨어)

[그림 3-17] 모베리오 BT-300

[표 3-12] 모베리오 BT-300

구분	모베리오 BT-300
방식	OLED
패널크기	0.43인치 와이드(16:9)
패널화소수	921,600dots(1280x720)
화각	23도
가상화면크기	320인치
색재현성	24비트
플랫폼	Android5.1
지원포맷	영상 : MP4, MPEG2, VP8 / 이미지 : JPEG, PNG, BMP, GIF
간섭거리	10m
외형	헤드셋 : 191 x 178 x25 / 컨트롤러 : 56 x 116 x 23 (mm)
무게	안경 : 129g 헤드렛: 69g
카메라	500만화소
메모리	16GB
센서	GPS / 지자기 센서 /가속도 센서 / 자이로센서 / 조도 센서

(6) 아인스캔 프로 (3D 스케너)

[그림 3-18] 아인스캔 3D 스캐너

[표 3-13] 아인스캔 상세 규격

구분	HD scan	Auto scan
정확도	0.1mm	0.05mm
스캔속도	15frames/s	싱글스캔:<2s
포인트간거리	0.2mm - 2mm	0.16mm
스캔영역	210 × 150mm	
광원	백색광 LED	
출력데이터포맷	OBJ, STL, ASC	
os	win7, win8, win10 64bit	
cpu	코어 i5 이상	
ram	16GB 이상	
vga	NVDIA GTX660 이상 / 비디오 메모리 2GB 이상	
가격	8,030,000	

2) 소프트웨어 설계 및 구성

가) 소프트웨어 아키텍처

[표 3-14] 소프트웨어 아키텍처

<table>
<tr><td rowspan="6">VISUAL
STUDIO
.NET</td><td>C# 구현</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Common Language Specification</td><td>C# 구현</td><td rowspan="5">UNITY
3D</td></tr>
<tr><td>Data and XML</td><td>Unity API(C#)</td></tr>
<tr><td>Base Class Libary</td><td>Mono Runtime VM</td></tr>
<tr><td>Common Language Runtime</td><td>Unity Engine(C++)</td></tr>
<tr><td>Windows</td><td>COM+ Services</td></tr>
</table>

Mono는 멀티 플랫폼 지원을 위해 시작된 오픈 프로젝트의 하나로 마이크로소프트 닷넷 플랫폼이 윈도우와 소수의 유닉스 플랫폼을 대상으로 하는 것과 달리 대부분의 OS를 지원한다. Mono VM을 통해 Unity는 윈도우, 리눅스, 유닉스, 맥 OS, Android, iOS 등 다양한 멀티 플랫폼 지원이 가능하다. .Net Framework가 Microsoft Rotor 프로젝트 등 오픈소스 Framework가 되면서 그중 C#이라는 사용자 접근이 용이한 언어를 사용하여, 다양한 멀티 플랫폼을 지원하게 되었고, 그 예로 Microsoft에서 인수한 Xamarin을 통해 C# 언어로 iOS, android, Windows Phone 등 멀티플랫폼 지원이 가능해졌으며, 이러한 멀티 플랫폼의 지원은 점점 더 확산되고 있는 추세이다.

멀티 플랫폼이 앞으로의 트렌드가 되어 가고 있기 때문에 Mono Project에 대한 연구를 통한 기술 확보는 매우 중요한 요소로, 현 Windows OS 기반의 솔루션을 구축하고 있지만, 무료 공개용 OS 및 Database를 활용하여 솔루션의 비용을 낮추어야 한다. 아직 오큘러스가 Windows OS를 기본으로 하고 있지만, VR 장비들이 계속 출시되고 있기 때문에 타 OS, 다른 VR 장비를 적용한 아키텍처에 대한 연구가 필요하다.

나) 소프트웨어 개발도구

[표 3-15] 소프트웨어 개발도구

구분	내용
통합관리시스템	• Visual Studio 2012 • .NET Framework 4.0 • WPF • C# • Microsoft Access Database • Lightning Chart • Eyeshot 10.0
3D가상객체 시스템	• Visual Studio 2012 • .NET Framework 4.0 • WinForm • C# • Sardau Opensource • insight3d Opensource • 3D Max
레이아웃 시스템	• Unity3D • C#
시나리오 시스템	• Visual Studio 2012 • .NET Framework 4.0 • WinForm • C#
가상현실 테스트베드 시스템	• Unity3D • C#
Client OS	• Windows 7 이상
Server OS	• Windows Server 2012
데이터베이스	• MS-SQL 2014 Standard • Microsoft Access Database
VUTIC	• Android5.1 • AR, Augmented Reality

다) 데이터 전송 방식

프로그램 간 데이터 송·수신은 Database SERVER의 Integrate_DB를 통해 이루어지며 주로 XML (eXtensible Markup Language) 데이터와 시간 데이터가 주를 이룬다. XML 이란 풀네임을 해석한다면 확장될 수 있는 표시 언어라고 해

석 가능하다. XML과 비슷한 HTM과 비교를 할 수 있다. 같은 Markup Language라 생김새는 유사하지만 큰 차이점이 존재한다. HTML의 태그는 이미 약속한 태그들만 사용 가능하다. 예를 들어 <h1></h1> → 글자 크기를 키우는 태그와 같이 이미 만들어서 제공되는 태그만 사용해야 한다. 하지만 XML 태그는 사용자 임의로 만들 수 있다. 그렇다면 XML 태그는 왜 사용자가 임으로 만들게 했는지 생각을 해봐야 한다. XML는 어떠한 데이터를 설명하기 위해 이름을 임으로 지은 태그로 데이터를 감싼다. 즉 태그로 데이터 설명을 하는 것이다. 이 부분에서 데이터의 표시(Markup)가 되고, 더 필요한 데이터가 생길 시 태그 추가나, 태그 안의 내용을 추가할 수 있다는 장점이 있다. 장점은 다음과 같다.

(1) 텍스트 기반이며 간결한 데이터형이다.

(2) 웹에서 디스플레이 표준을 HTML로 한 것처럼 데이터의 표준으로 만들기 쉽다.

(3) 마크업 언어(HTML)가 아니라 마크업 언어를 정의하기 위한 언어이다.

(4) 자신의 애플리케이션에 적합하게 작성 가능하다.

HANSUNG UNIVERSITY

제 4 장 동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 시스템 구현

제 1 절 동작분석 자동화시스템

1) 동작분석 자동화시스템의 개요

동작분석은 기계, 사람을 대상으로 공정별 작업내용을 파악하고 작업과정의 안전·환경·품질의 위해요소가 제거된 공정을 재설계하여 작업량을 균등하게 배분하는 데 활용된다. 종래의 동작분석시스템에서 공정개선을 위한 기계, 사람의 동작분석은 촬영된 동영상을 기반으로 동작요소를 사람이 일일이 구분해 가면서 실시하였다. 이것은 동작을 분석하는데 장시간 소요되며, 전수검사가 아닌 샘플링 기법이 적용될 수밖에 없는 환경을 제공한다. 샘플링기법이 갖는 특성상 모집단의 특성을 올바로 대표할 수 없고 분석결과의 신뢰성에 한계가 있어 동작의 다양한 패턴을 찾는데 한계가 있다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 제조공정 상의 기계, 사람의 동작을 구성하는 동작을 구성하는 동작요소를 이미지분석 기술을 통해서 일관성 있게 분리하고 분석과정을 자동화하는 기술이다.

이러한 자동화된 동작요소 분리과정은 컨설턴트의 주관적 판단과 공정개선활동 시 컨설턴트의 의존도를 최소화함으로써 기업의 고 숙련자가 쉽게 제품생산에 관한 공정을 개선할 수 있는 것을 의미한다. 또한 중소 제조기업이 비용부담 없이 공정개선활동을 지속할 수 있는 기반기술이라 할 수 있다.

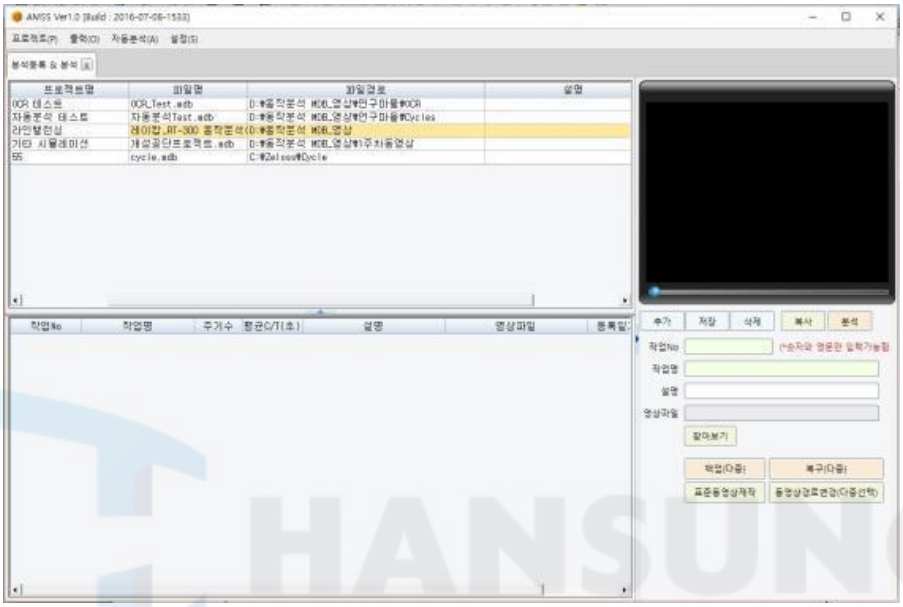
2) 동작분석 자동화시스템의 내용 및 방법

가) 프로젝트관리

프로젝트파일관리 메뉴는 신규, 수정, 삭제, 저장, 닫기 버튼으로 이루어진다.

메인메뉴에서 프로젝트버튼을 클릭 후 프로젝트관리를 선택하면 [그림 4-1]과 같이 보인다.

여기서 프로젝트신규, 프로젝트No, 프로젝트명을 차례로 입력하고 프로젝트 데이터가 저장될 MDB파일 경로 및 파일명 설정하고 저장 및 닫으면 입력이 완료된다.



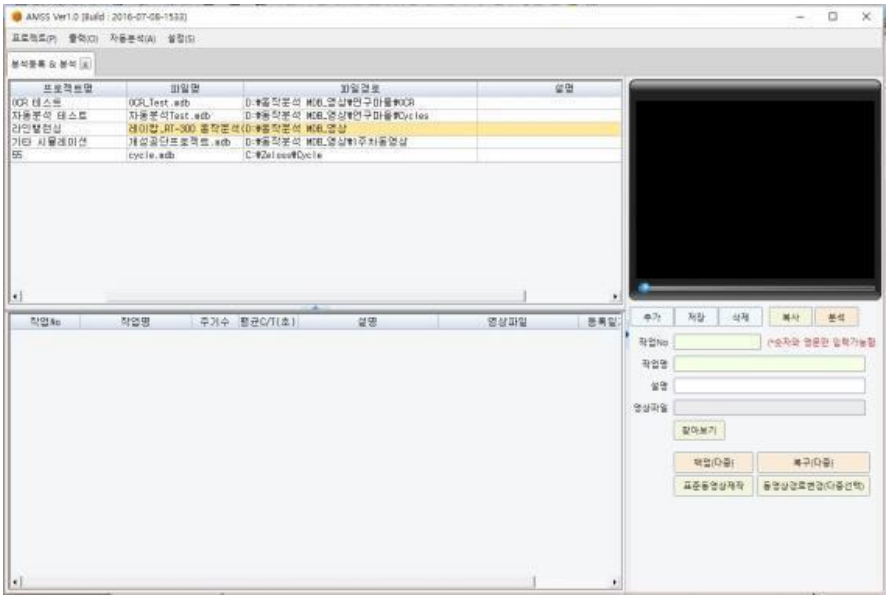
[그림 4-1] 프로젝트관리

프로젝트관리에서는 MDB 파일 및 신규 데이터베이스 생성 기술적용 하였으며, Main Database 에 프로젝트 CRUD (Create Read Update Delete) 기술을 적용하였다.

본 연구를 위해 ODBC, OLE, Jet Database Engine, DAO 여러 개의 Database 제어를 위한 방법을 테스트하여 그 중 DAO (Data Access Object)가 가장 빠른 속도 및 안정적인 것으로 판단하여 DAO를 이용하였다. 또한 DAO 제어를 위해 DB Manager Class를 만들고 해당 클래스의 Object를 생성하여 사용하고 자주 사용되는 Query의 경우 해당 Class에 맴버 함수를 만들어 중복 코딩 없이 사용이 가능하도록 개발하였다.

나) 메인화면

[그림4-2]와 같이 프로젝트 분류 메뉴, 프로젝트별 작업 메뉴, 영상 미리보기, 작업 등록 창으로 이루어진다.



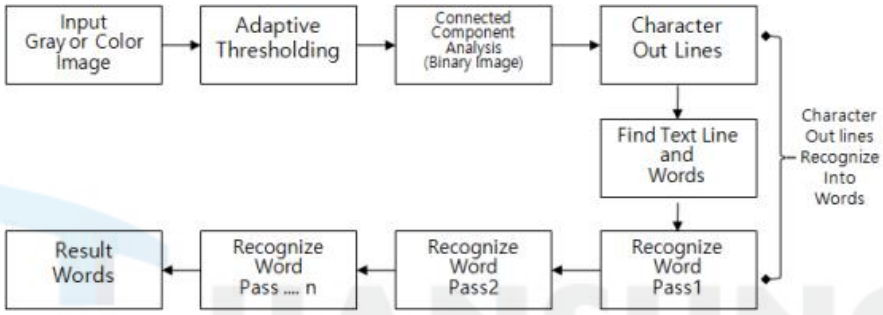
[그림 4-2] 메인화면

다) 동영상 공정별 자동분류

[그림 4-3]과 같이 OCR를 이용하여 영문인식 또는 숫자를 작업동영상 촬영 전에 인식하여 정보를 취득한다. 제조공정별로 QR코드를 생성하고 제조공정의 기계, 사람의 동작을 일정시간 동안 촬영한다. 작업동영상 내에서 QR코드를 추출 및 정보를 인식한 후 QR코드 정보에 따라 설계된 공정별로 자동 분류하며, 실행단계는 영상선택, 분류시작, 작업 등록, 메인화면에서 영상 미리보기, 작업 등록 창에서 확인하는 단계로 이루어져 있다.

[그림 4-3] 동영상 공정별 자동분류 단계

OCR (Optical Character Reader) 관련 Open Source는 그 종류가 매우 다양하다. Google, Tesseract OCR, Microsoft의 MODI (Microsoft Document Imageing) 이 대표적이고 그 중 Tesseract OCR은 한글을 지원하며, 가장 많이 사용된다. 본 연구에서는 EmguCV 및 OpenCV dll의 원활한 사용과 많은 라이브러리의 사용에 따른 시스템의 과부하 방지를 위하여 Tesseract OCR 대신 MODI 라이브러리를 사용하였으며 OCR Architecture는 [그림 4-4]와 같다.



[그림 4-4] OCR Architecture

동영상의 첫 2초 동안의 각 Frame을 이미지로 추출하여 문자를 추출한 뒤 추출된 문자 중 일치한 횟수가 10회 이상인 경우 해당 문자열을 검출 성공된 것으로 판단하여 처리하였다.

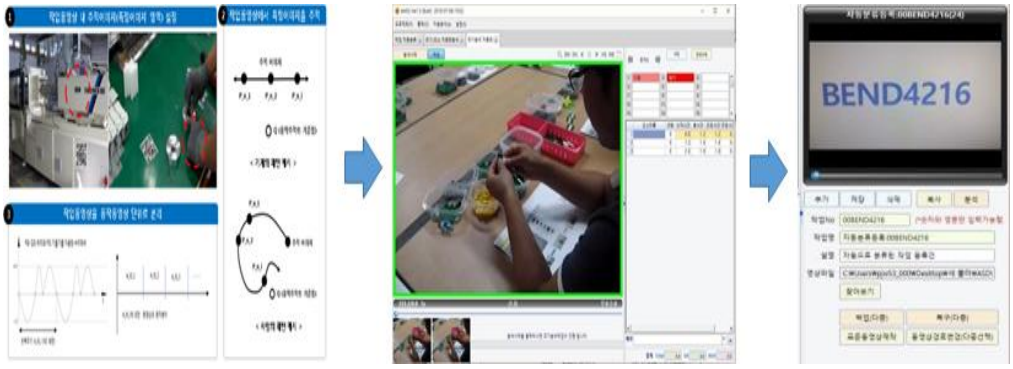
추출된 문자는 화면에 표시되며, 10회 이하인 경우 검출실패로 간주하고, 직접 동영상을 프로그램에서 확인 후 수작업 등록이 가능하도록 하였다.

검출이 종료되면 해당 데이터를 데이터베이스에 일괄 삽입처리 할 수 있는 기능을 구현하였다.

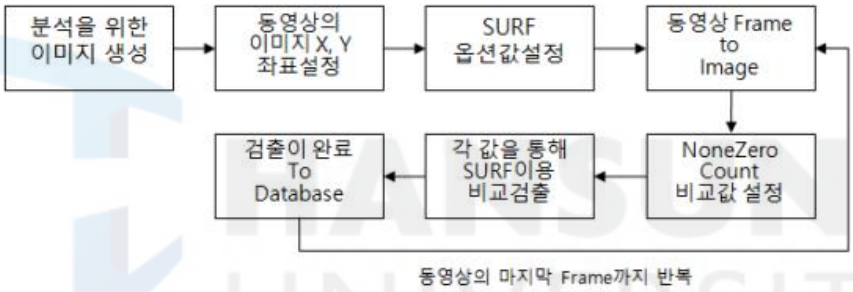
라) 작업동영상 주기별 분리자동화

[그림 4-5]와 같이 작업동영상 내에 추적이미지(특정이미지 영역)설정한 후 동작의 주기패턴을 작업동영상의 특정 점, 특정 이미지간의 위치관계 등을 수치해석을 통해서 추출하고 동작의 주기패턴을 기준으로 작업동영상을 주기별 동영상으로 분리하며, 실행단계는 분석시작, 자동으로 주기분류 완료 메시지 확인, 저장, 프로젝트별 작업 메뉴에서 주기 수를 확인하는 단계로 이루어

져 있다.



[그림 4-5] 작업동영상 주기별 자동분류 단계



[그림 4-6] 주기분석 흐름도

[그림 4-6] 주기분석 흐름도에서 보듯이 EmguCV 중 SURF 알고리즘을 이용하여 처리하였다. 동영상의 종류에 따라 매칭 값 및 찾는 이미지와 그 이미지의 위치 등이 틀리기 때문에 검출을 위해서는 사전에 이러한 변수들의 세팅이 필요하다. 본 연구에는 이러한 설정에 대한 UI 및 Database 연동은 제외하고 해당 기능이 정상 동작하는 것에 중점을 두어 개발하였다.

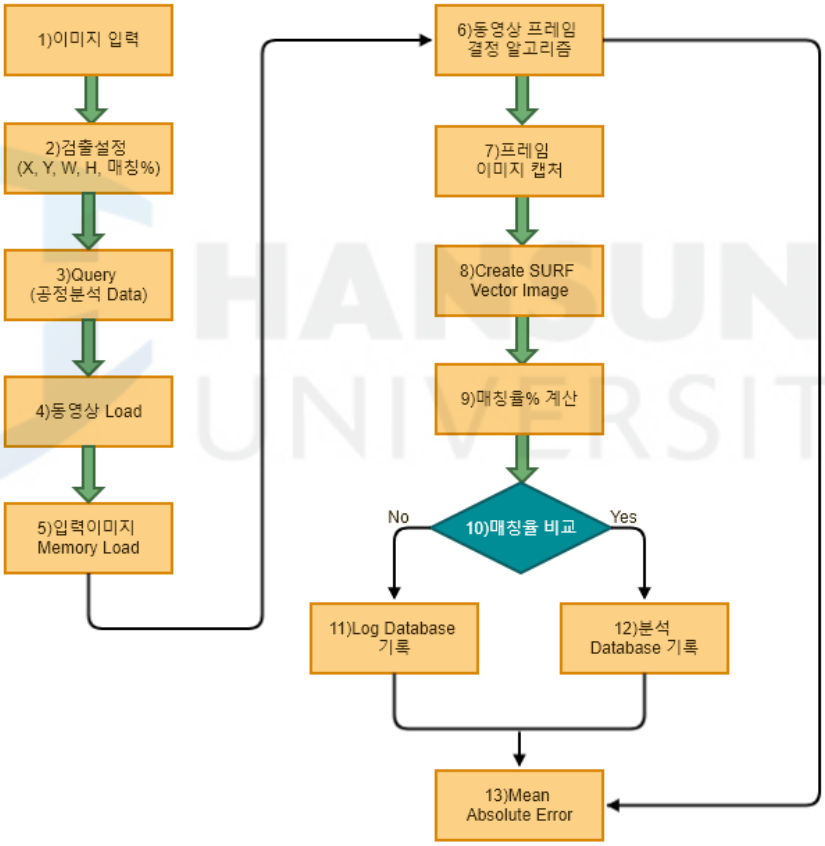
최초 1주기 분석 후 2주기 분석 시 1주기의 데이터를 활용할 경우 지금의 속도에 50% 이상 검출성능을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 현재의 경우 주기에 상관없이 2프레임마다 검출을 하고 있지만 반복되는 주기작업의 경우 해당 주기시간이 비슷하다는 것을 이용하여 1주기 시간을 2주기 검출에 반영 1주기 + 2주기의 평균 시간을 3주기에 반영하여 그 주변의 앞뒤 2~3초에 대해 검출 후 검출된 데이터가 없을 경우에만 1주기와 같이 2프레임 단위로 검

색하여 검출한다면 지금보다 높은 속도로 검출이 가능할 것이다.

설비를 분석할 경우 24시간이상 촬영하여 작업자가 수작업으로 분석하는 부분에 대해 이 기술을 적용하여 분석한다면 시간을 줄이고 비용을 줄일 수 있을 것이다.

마) 동작요소 분리자동화

[그림 4-7]과 같이 동작분석 자동화시스템의 핵심인 동작요소 분리자동화에 대한 순서도이며, 아래 내용은 각 처리의 설명이다.



[그림 4-7] 동작요석 분리자동화 알고리즘

(1) 이미지 입력

(가) 특징 점을 이용해 반복적인 공정구간에 대해 자동 구간을 판별하기 위

해, 동영상의 특정 프레임의 분별하고자 하는 이미지를 캡처하여 입력한다.

(2) 검출설정

(가) 캡처할 때 이미지의 X, Y 좌표 및 캡처된 이미지의 W, H 좌표 등록한다.

(나) 이때, W, H 값은 이미지의 Width, Height 가 아닌 동영상에서 체크하고자 하는 범위 값을 입력한다.

(다) SURF를 이용하여 특징 점의 매칭률 중 자동 분석되는 매칭률의 허용값을 백분율로 입력한다.

(3) Query

(가) 앞서 설명한 공정 Data, 공정분석 Data를 해당 Database에서 Query해서 계산을 위해 메모리 자료를 구조화한다.

(4) 동영상 Load

(가) 공정 Data Query를 참고하여 동영상 경로를 찾아 해당 동영상의 파일을 Load한다.

(5) 입력 이미지 Memory Load

(가) 입력된 이미지의 경로를 참고하여 SURF 연산을 위한 메모리상에 Vector Image 생성한다.

(6) 동영상 프레임 결정 알고리즘

(가) 모든 프레임에 대해 특징 점을 비교하기 위해 많은 시간이 소요되기 때문에 반복적인 작업의 공정이라는 조건하에 아래와 같은 알고리즘을 적용하였다.

(나) 첫 번째, 설정된 이미지를 캡처한 순간 공정분석 Data에 이것을 기록한다. (시간 및 요소정보 등)

(다) 첫 번째, 분석된 공정분석 Data를 기준으로 다음 반복구간을 예측한다.

(라) 예측된 프레임의 수를 계산한다.

(마) 예측된 프레임의 전 / 후 2초 구간에 대한 매칭률의 최댓값을 산출한다.

(바) 입력된 매칭률을 찾지 못할 경우 전 구간에 대해 0.5초 간 가장 큰 매칭률을 구해 해당 구간의 전후 2초간 매칭율의 최댓값을 산출한다.

(사) 만약 최대 매칭 값이 입력된 검출 매칭률 보다 작을 경우 검출 매칭률이 될 때 까지 반복하여 프레임의 수 산출한다.(해당하지 않을 경우 해당 구간을 오류구간으로 분류한다.)

(7) 프레임 이미지 캡처

(가) 동영상 파일 중 결정된 프레임으로 이동하여, 2)검출설정에서 설정한 X, Y, W, H를 기준으로 중앙값을 계산 한 후 프레임에서 해당 이미지를 캡처한다.

(8) Create SURF Vector Image

(가) 캡처된 이미지를 (5) 입력이미지 Memory Load와 SURF 알고리즘을 적용해서 매칭률을 구할 수 있도록 Vector Image로 변환한다.

(9) 매칭률 계산

(가) (8) 이미지와 (5) 이미지를 SURF 알고리즘을 이용해 매칭률을 백분율(%)로 계산한다.

(10) 매칭률(%) 비교

(가) (2)검출설정에서 입력한 허용 매칭률(%)와 계산된 매칭률(%)를 비교하여 설정된 매칭률(%)보다 큰 경우 자동분석 시점으로 처리하여 (12)분석 Database에 기록한다.

(나) 만약 조건에 해당하지 않을 경우 Log Database 에 매칭률(%), 프레임정보 등을 기록하여, 향후 최적화할 수 있는 기초 Data를 구축한다.

(11) Log Database 기록

(가) 매칭률(%)이 설정한 매칭률(%)보다 작을 경우 데이터를 기록한다.

(나) Data 기록이 완료되면 (6) 동영상 프레임 결정 알고리즘으로 이동 후 End of Frame 까지 이 과정을 반복한다.

(12) 분석 Database 기록

(가) 매칭률(%)이 설정한 매칭률(%)보다 클 경우 데이터를 기록한다.

(나) 자동 분석된 시점으로 자동 공정분석 Data로 활용한다.

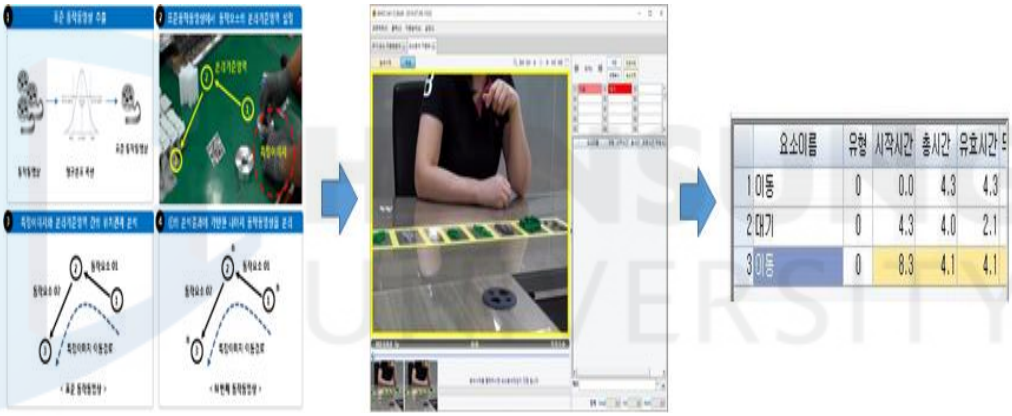
(다) Data 기록이 완료되면 (6) 동영상 프레임 결정 알고리즘으로 이동 후 End of Frame 까지 이 과정을 반복한다.

(13) Mean Absolute Error 알고리즘을 적용한다.

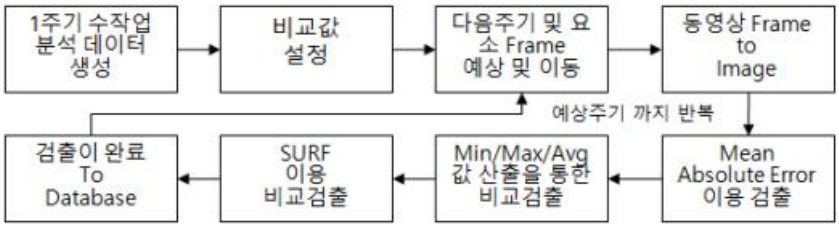
(가) OpenCV의 C#용 라이브러리인 EmguCV의 경우 OpenCV의 대부분의 기능을 제공하고 있는데 이중 ML (머신러닝) 라이브러리에서 여러 가지 오류율 계산을 위한 평가기법에 대해 라이브러리로 제공되고 있다.

(나) 이러한 라이브러리를 활용하여 구축된 데이터베이스의 마이닝을 통해 보다 최적화 된 오류율 및 다음 프레임을 산출하는 근거로 사용하였다.

동작요소 분리자동화는 다음 [그림 4-8]과 같이 주기별 분리된 동영상에서 동작요소의 분리기준영역을 설정하고 특정이미지의 이동경로와 분리기준 영역 간의 위치관계 분석을 통하여 동작요소의 순서에 따라 분리된다. 실행단계는 분석시작, 자동으로 주기분류 완료 메시지확인, 저장, 프로젝트별 작업 메뉴에서 주기수를 확인하는 단계로 이루어져 있다.



[그림 4-8] 동작요소 분리자동화 단계



[그림 4-9] 동작요소분석 흐름도

[그림 4-9] 동작요소분석 흐름도에서 보듯이 요소분석의 경우 사용자가 1주기를 영상을 직접 분석한다. 2주기 이후 동영상의 끝까지 1주기의 시간을

기본데이터로 앞 2초, 뒤 2초에 대한 영상을 2프레임 간격으로 체크 하도록 구현 하였다. 1주기의 분리되는 영역에 대한 프레임을 중심으로 앞2 초, 뒤 2초에 대해 Mean Absolute Error 알고리즘을 이용하여 매칭률 최대, 최소, 평균값을 추출하는 모듈을 구현하였다. 평균값을 기준으로 최대 범위에서 가장 매칭률이 좋을 경우 해당하는 프레임에 대해 SURF 알고리즘을 이용하여 요소를 분리를 구현하였다. 3주기 이상의 경우 그전 주기의 주기 평균 및 최대, 최소 시간을 반영하여 앞 뒤 2초를 점검 후 만약 정해진 매칭률에 해당하는 요소가 없을 경우 무효시간으로 간주하여 구현하였다. 이렇게 추출된 각 요소 및 주기는 데이터베이스와 연동하여 저장, 관리되도록 구현하였다.

바) 동작분석 자동화시스템에 의한 작업분석 및 시뮬레이션

[그림 4-10] 동작분석 자동화시스템에 의한 작업분석 및 시뮬레이션 개요도

(1) 사람·기계 연합작업

(가) 산업공학 이론에 근거한 연합작업분석(MMC Man-Machine Chart) 및 시뮬레이터 구현하였다.

(나) 사람·사람, 사람·기계, 기계·기계 등 분석 및 시뮬레이션이 가능하다.

(다) 그래프를 캡처가 아닌, 형태 그대로 엑셀로 내보내기 기능을 구현하였다.

(라) 사용자가 직접 값을 변경하여 시뮬레이션이 가능하도록 구현하였다.

(2) 다중작업분석

(가) 산업공학 이론에 근거한 다중작업분석표(MAC Multiple Activity Chart) 및 시뮬레이터 구현하였다.

(나) 요소를 삭제 또는 좌우로 이동하여 시뮬레이션 할 수 있도록 구현하였다.

(다) 데이터 및 그래프를 엑셀로 내보내어 사용자의 재사용성을 높일 수 있도록 구현하였다.

(3) 라인밸런싱

(가) 산업공학 이론에 근거한 편성효율분석 및 시뮬레이터 구현하였다.

(나) 라인밸런싱은 생산라인의 능력, 공정의 소요시간이 균형이 되도록 작업장이나 작업순서를 배열하는 것으로 설비 간 또는 공정간 능력의 균일화 배치로 수요불균형에 따른 능력부족 또는 유휴설비 문제에 앞서 일정계획, 능력계획, 최적설계, 투자효율성의 문제로 귀착될 수 있다. 따라서 해당 시뮬레이터 구현을 통해 이러한 문제 해결이 가능하다.

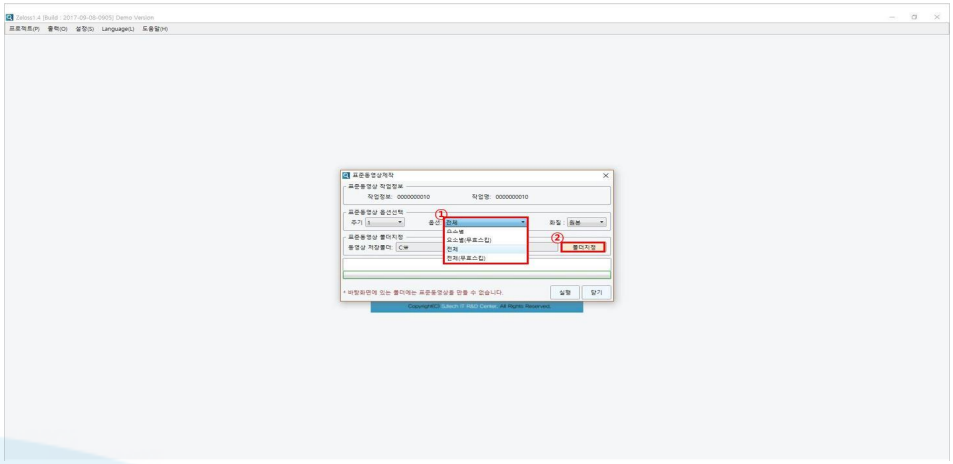
(다) 제품별 배치는 제품을 생산하는 설비의 배치가 특정 제품의 생산과정 순으로 배열되어 그 흐름에 따라 제품의 가공, 결합을 통해 부가가치가 더해지는 생산라인을 가지게 되는데 연속생산 및 조립작업에서 각 공정 간의 생산능력과 공정의 흐름이 균형을 이루지 못할 때 재공품의 정체 및 공정의 유휴현상이 발생된다. 제품별 배치의 중요 목적은 각 공정이 가지고 있는 능력을 충분히 발휘하면서 전체공정이 원활히 진행되도록 하며 전체 생산라인의 능률을 균형 있게 배열하는 것이다. 이에 본 연구에서는 제품 배치의 시뮬레이션을 할 수 있도록 분석된 자료로 각 공정 및 요소를 마우스로 선택한 후 이동이 가능하며, 새로운 공정의 추가 및 기존공정 삭제 등을 통해 밸런싱을 맞출 수 있다.

(라) 엑셀 내보내기를 통해 사용자가 데이터의 편집이 가능하다.

(4) 표준작업 동영상 제작

(가) 검증 환경 설계시스템의 표준작업 동영상을 제공하기 위해 [그림 4-11]

과 같이 제작 가능하다. 표준작업 동영상제작 버튼 클릭 시 아래 그림과 같이 메시지가 출력되며 동영상 제작 화면으로 이동한다.



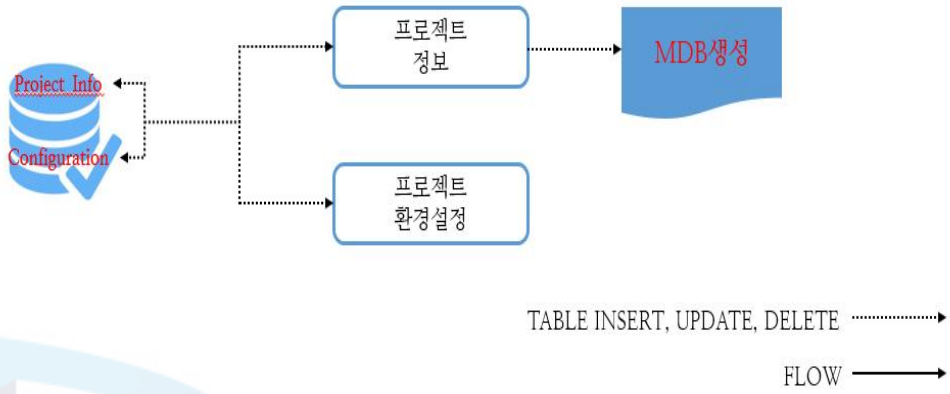
[그림 4-11] 표준작업 동영상 제작

(나) 표준작업 동영상의 제작 옵션, 화질, 저장할 파일 경로 등을 선택 후 실행 버튼 클릭 시 저장된다. [그림 4-12]처럼 표준작업 동영상을 볼 수 있다.

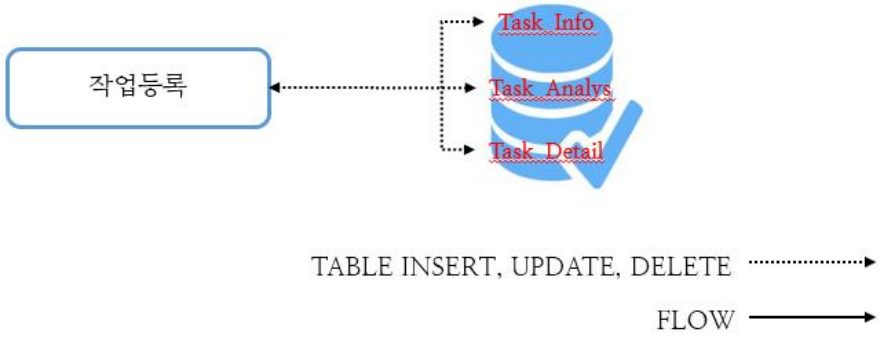
[그림 4-12] 표준작업 동영상

3) 모듈별 기능명세서

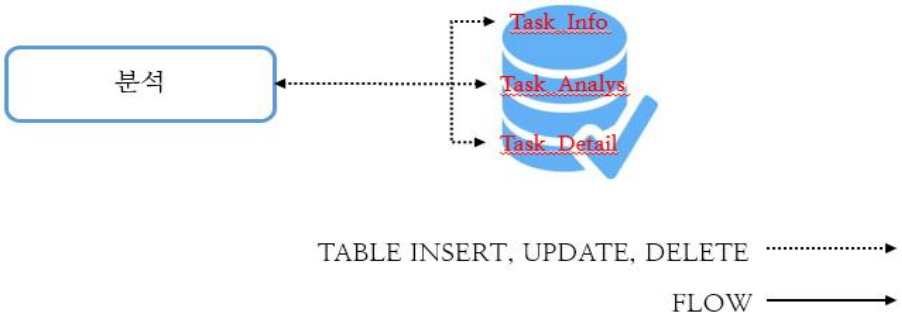
[표 4-1] 프로젝트관리

모듈 ID : A001	모듈 명 : 프로젝트관리	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. 프로젝트정보를 등록/수정/삭제한다. 2. 등록 – 신규버튼을 클릭하면 시트에 새 행이 추가되고 입력필드들이 입력 활성화된다. – 프로젝트번호, 프로젝트명을 입력하고 공정분석 MDB 파일명과 경로를 입력한다. – 저장버튼을 클릭하면 프로젝트정보가 DB에 저장된다. 3. 수정 – 수정할 공정편집제목을 선택하고 수정버튼을 클릭한다. 4. 삭제 – 삭제할 공정편집제목을 선택하고 삭제버튼을 클릭한다. 5. 이슈사항 – 공정편집 ID와 공정편집요소 ID, 공정 편집 상세요소 ID는 자동적용 된다.	
적용테이블 및 파일 일람표	- 적용테이블 : Project_Info(Proj_Id, Proj_Nm, Proj_Desc, Proj_Date, Proj_Folder, Proj_FileName, Proj_Color, Proj_No)	

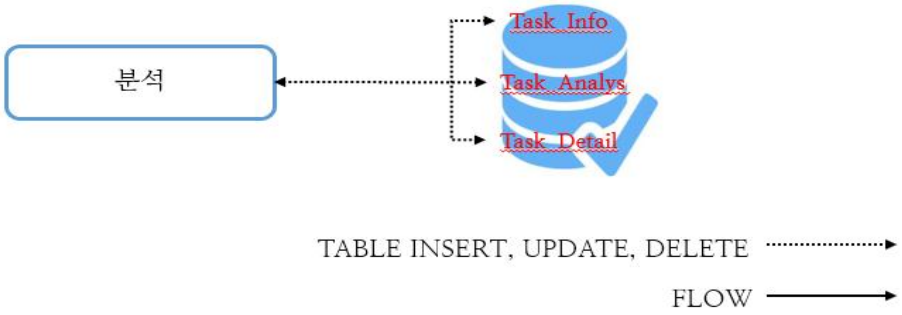
[표 4-2] 주기·요소 자동화분석

모듈 ID : A002	모듈 명 : 주기·요소 자동화분석	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. 분석공정에 대한 정보를 등록/수정한다. 2. 영상선택 – 프로젝트에 추가할 영상을 선택한다. 3. 분류시작 – 영상의 첫 부분에 촬영된 작업NO가 시트에 등록된 해당 영상과 일치하게 자동 적용된다. 3. 작업 등록 – 저장버튼을 클릭하면 공정정보가 DB 에 저장된다. 4. 이슈사항 – 공정ID는 자동 적용된다.	
적용테이블 및 파일 일람표	- 적용테이블 : Task_Info(Task_Id, Task_Nm, Task_Desc, Task_File, Task_Date, Task_Clr, Task_No)	

[표 4-3] 주기 자동화분석

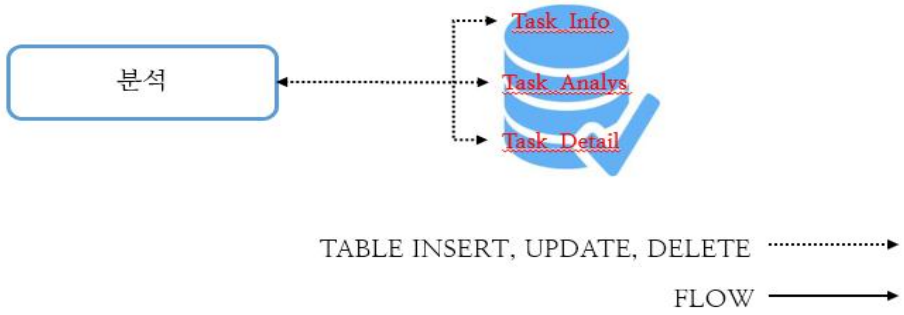
모듈 ID : A003	모듈 명 : 주기 자동화분석	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. 분석공정 데이터를 생성하여 자료기지에 저장하고 수정, 삭제, 주기를 자동 분석한다. 2. 분석시작 - 분석시작버튼을 클릭하여 주기를 자동 분석한다. - 1주기~2주기를 바탕으로 3주기부터 자동으로 분석한다. 3. 등록 - 요소의 작업유형을 등록한다. - 메모를 등록한다. - 저장버튼을 클릭하여 공정분석 데이터를 저장한다. 4. 삭제 - 요소삭제버튼을 클릭하여 주기의 마지막요소 데이터를 삭제한다. - 전체삭제버튼을 클릭하여 주기의 모든 요소 데이터를 삭제한다. 5. 주기이동 - 주기이동버튼을 클릭하여 새로운 주기를 생성하거나 주기이동을 진행한다. 6. 재생제어 - 재생제어 버튼들을 클릭하여 영상제어를 진행한다. 7. 이슈사항 - 요소 ID와 상세요소 ID는 자동 적용된다.	
적용테이블 및 파일 일람표	- 적용테이블 : Task_Info(Task_Id, Task_Nm, Task_Desc, Task_File, Task_Date, Task_Clr, Task_No)	

[표 4-4] 요소 자동화분석

모듈 ID : A003	모듈 명 : 요소 자동화분석	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. 분석공정 데이터를 생성하여 자료기지에 저장하고 수정, 삭제, 주기를 자동 분석한다. 2. 분석시작 - 분석시작버튼을 클릭하여 각 요소를 자동 분석한다. 3. 등록 - 요소의 작업유형을 등록한다. - 메모를 등록한다. - 저장버튼을 클릭하여 공정분석 데이터를 저장한다. 4. 삭제 - 요소삭제버튼을 클릭하여 주기의 마지막요소 데이터를 삭제한다. - 전체삭제버튼을 클릭하여 모든 요소 데이터를 삭제한다. 5. 재생제어 - 재생제어 버튼들을 클릭하여 영상제어를 진행한다. 6. 이슈사항 - 요소 ID와 상세요소 ID는 자동 적용된다.	
적용테이블 및 파일 일람표	- 적용테이블 : Task_Analys(Task_Id, Cycle, Elem_Id, Elem_Nm, Elem_Clr, Type_Id, Start_Tm, End_Tm, Total_Tm, Va_Tm, Nva_Tm, Remark), Task_Detail(Task_Id, Cycle, Elem_Id, Detail_Id, Detail_Type, Start_Tm, End_Tm, Total_Tm)	

[표 4-5] 보고서·통계

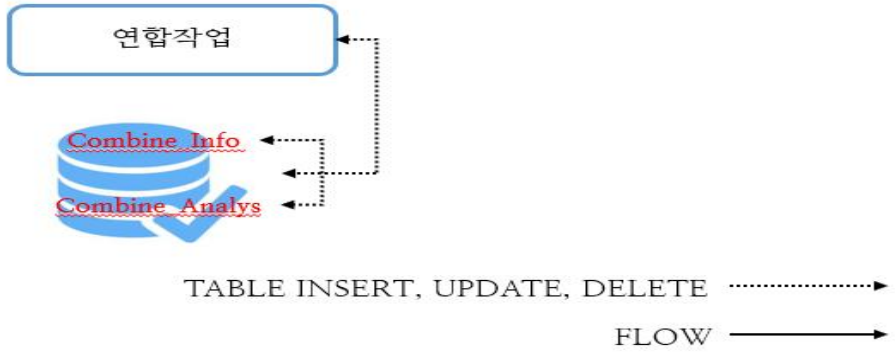
모듈 ID : A003	모듈 명 : 보고서·통계	사용 언어 : C#



모듈 설명	1. 모든 작업들의 분석이 끝난 후 해당 프로젝트의 전체 작업들을 그래프로 분석한다. 2. 조회 - 각 요소이름의 총 작업시간과 유효시간 무효시간을 표와 그래프로 분석한다. 3. 보고서작성 - 보고서 버튼을 클릭하여 엑셀 보고서를 작성한다.
적용테이블 및 파일 일람표	- 적용테이블 : Task_Analys(Task_Id, Cycle, Elem_Id, Elem_Nm, Elem_Clr, Type_Id, Start_Tm, End_Tm, Total_Tm, Va_Tm, Nva_Tm, Remark), Task_Detail(Task_Id, Cycle, Elem_Id, Detail_Id, Detail_Type, Start_Tm, End_Tm, Total_Tm)

[표 4-6] 연합작업

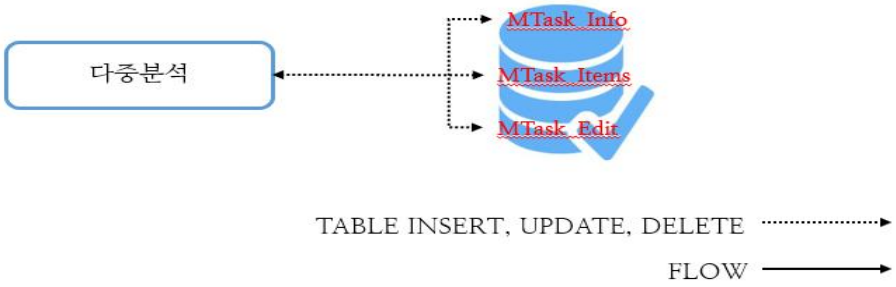
모듈 ID : A005	모듈 명 : 연합작업	사용 언어 : C#



모듈 설명	1. 사람 + 기계 연합작업 데이터를 생성하여 저장, 삭제, 수정한다. 2. 등록 - 추가버튼을 클릭하고 보행 및 설비시간을 입력한다. - 개선 전 화면과 화살표 버튼으로 개선 후 화면을 등록한다. - 저장버튼을 클릭하여 연합작업 데이터를 저장한다. 3. 삭제 - 삭제할 연합작업 제목을 선택하고 삭제버튼을 클릭한다. 4. 재생제어 - 재생제어 버튼들을 클릭하여 영상제어를 진행한다. 5. 보고서작성 - 보고서버튼을 클릭하여 엑셀 보고서를 작성한다. 6. 이슈사항 - 연합작업 ID 와 연합비교요소 ID, 연합 상세요소 ID는 자동 적용된다.
적용테이블 및 파일 일람표	- 적용테이블 : Combine_Info(Combine_Id, Combine_Nm, Task_Id1, Cycle1, In_NAV2, Man_Cost, Combine_Desc, Combine_Data, Task_No1, Task_No2) Combine_Analys(Combine_Id, Task_Id, In_Imp, CoA_Id, In_Synchroniz, Src_Index, In_Sync, Tag_Index, Delay, Cycle, Elem_Id, Elem_Nm, Type_Id,In_NVA, Start_Tm, End_Tm, Total_Tm, Va_Tm, Nva_Tm, Machine_Nm)

[표 4-7] 다중분석

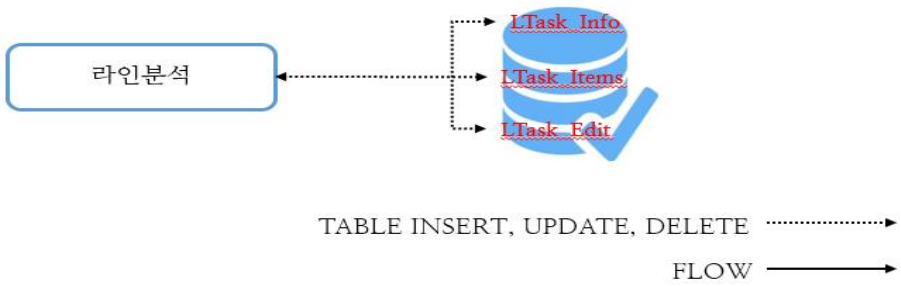
모듈 ID : A006	모듈 명 : 다중분석	사용 언어 : C#



모듈 설명	1. 다중분석 데이터를 생성하여 저장, 삭제, 수정한다. 2. 등록 - 추가버튼을 클릭하고 다중작업 등록을 위한 행을 입력한다. - 저장버튼을 클릭하면 다중작업 데이터가 생성된다. - 선택한 다중작업 화면에 데이터를 등록한다. - 다중작업편성 내용을 초기상태로 되돌려준다. 3. 삭제 - 삭제할 다중작업 제목을 선택하고 삭제버튼을 클릭한다. 4. 재생제어 - 재생제어 버튼들을 클릭하여 영상제어를 진행한다. 5. 보고서작성 - 보고서버튼을 클릭하여 엑셀 보고서를 작성한다. 6. 이슈사항 - 다중작업 ID 와 다중작업요소 ID, 다중작업상세요소 ID는 자동적용된다.
적용테이블 및 파일 일람표	- 적용테이블 : MTask_Info(MTask_Id, MTask_Nm, MTask_Desc, MTask_Date), MTask_Items(MTask_Id, Item_Id, Task_Id, Cycle, NVAMTask_Edit(MTask_Id, Item_Id, Detail_Id, Task_Id, Cycle, Elem_Id, Elem_Nm, Elem_File, Type_Id, In_NVA, Start_Tm, End_Tm, Total_Tm, Va_Tm, Nva_Tm, Work_Tm, TimeLine_Tm)

[표 4-8] 라인밸런싱

모듈 ID : A007	모듈 명 : 라인밸런싱	사용 언어 : C#



모듈 설명	1. 라인분석 데이터를 생성하여 저장, 삭제, 수정한다. 2. 등록 - 추가버튼을 클릭하고 LOB등록을 위한 행을 입력한다. - 저장버튼을 클릭하면 초기 라인분석 데이터가 생성된다. - 화면에서 처리작업을 마우스로 드래그하여 등록한다. - 분석버튼을 클릭하면 라인밸런싱분석 창으로 넘어간다. 3. 삭제 - 삭제할 라인분석 제목을 선택하고 삭제버튼을 클릭한다. 4. 재생제어 - 재생제어 버튼들을 클릭하여 영상제어를 진행한다. 5. 보고서작성 - 보고서버튼을 클릭하여 엑셀 보고서를 작성한다. 6. 이슈사항 - 라인분석 ID 와 라인분석요소 ID, 라인분석상세요소 ID는 자동 적용된다.
적용테이블 및 파일 일람표	- 적용테이블 : LTask_Info(LTask_Id, LTask_Nm, LTask_Desc, LTask_Date), LTask_Items(MTask_Id, Item_Id, Task_Id, Cycle, In_NVA, Line_Color), LTask_Edit(LTask_Id, Line+Id, OLine_Id, Line_Nm, Line_Color, Order_Id, Task_Id, Cycle, Elem_Id, Elem_Nm, Elem_File, Type_Id, In_NVA, Start_Tm, End_Tm, Total_Tm, Va_Tm, Nva_Tm, Work_Tm)

4) 동작분석 자동화시스템 테스트

본 시험은 기능 및 성능을 객관적으로 측정하기 위해 공인된 인증기관(한국정보통신기술협회)에서 시험하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

[표 4-9] 동작분석 자동화시스템 테스트 결과

순번	시험항목	시험목표	결과	비고
1	촬영동영상 공정별 자동분류	공정 촬영 동영상에서 동영상 맨 처음 노출되는 공정 식별 번호를 자동으로 검출할 때 검출 성공률 100%인지 확인한다.	100%	
2	동작동영상 분리자동화	공정 촬영 동영상을 반복주기에 따라 자동으로 분리할 때 성공률이 90% 이상 인지 확인한다.	94%	51회 시도 중 48회 성공
3	동작요소 분리자동화	공정 촬영동영상에서 주기별, 동작요소별로 자동으로 분리할 때 성공률이 90%이상 인지 확인한다.	97%	141회 시도 중 138회 성공
4	비 부가가치·위험 동작요소 추출/제거/통계	분석된 공정 데이터에 대한 통계정보와 그래프 표시 기능 등이 정상 동작하는지 확인한다.	P (합격)	
5	공정개선 설계 시뮬레이터	분석된 공정 데이터를 바탕으로 '사람+기계연합작업', '다중작업분석', '라인밸런싱' 기능이 정상 동작하는지 확인한다.	P (합격)	

출처 : 한국정보통신기술협회 소프트웨어시험인증연구소(BT-B-16-0111)

제 2 절 통합관리 시스템

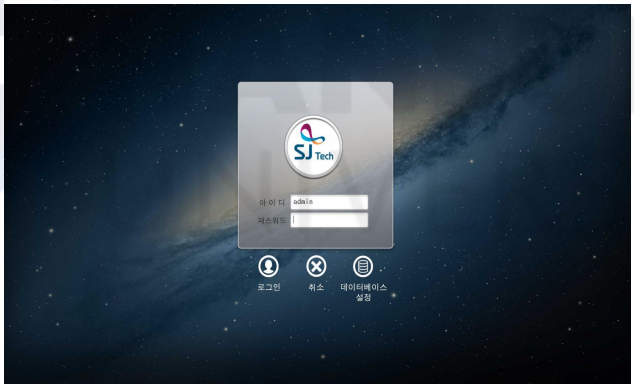
1) 개요

관리자가 전체 시나리오의 진행과정을 모니터링하고 문제발생 시 어느 공정에 문제가 발생했는지 파악하며, 사용자등록, 프로젝트관리, 공정관리, 레이아웃관리, 시나리오관리, Gap분석 등 전체적으로 시스템을 관제한다.

2) 사용자 관리

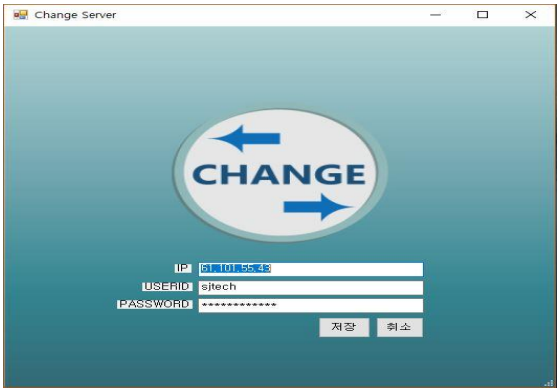
가) 로그인

[그림 4-13]의 로그인 창에 아이디와 패스워드를 입력 후 로그인할 수 있다.



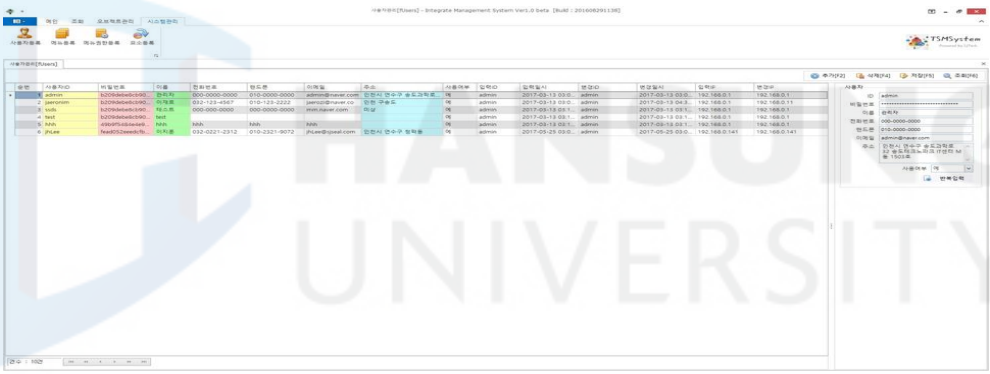
[그림 4-13] 로그인

데이터베이스 설정 버튼 클릭 시 아래 [그림 4-14]와 같이 팝업 되면 데이터베이스 서버 Host IP를 입력을 한다.



[그림 4-14] 서버변경

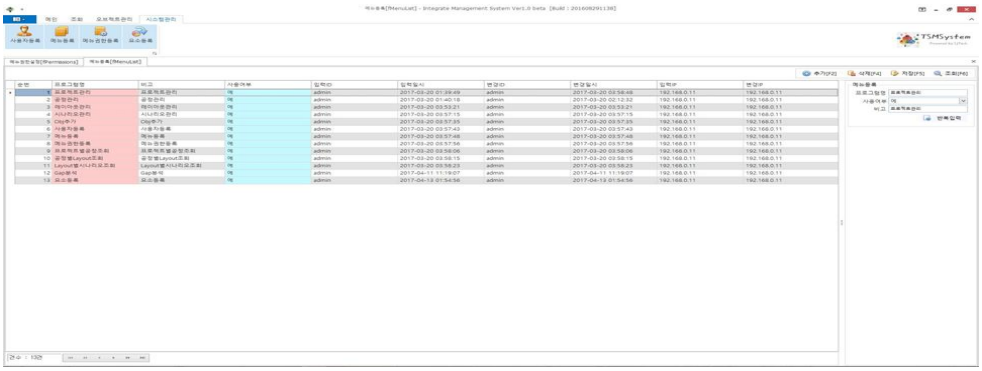
나) 사용자 등록



[그림 4-15] 사용자관리

[그림4-15]에서 사용자에 대한 정보를 입력할 수 있다. 비밀번호는 MD5암호화(단방향 해시 함수를 이용한 패스워드 암호화 방식)를 통해 보안처리를 하였으며 해당 화면은 사용자에 대한 권한 및 로그인을 위한 기초데이터를 입력하는 화면이다.

다) 메뉴등록 화면



[그림 4-16] 메뉴등록

[그림 4-16]에서는 메뉴에 대한 정보를 입력할 수 있다. 등록된 메뉴를 기반으로 하여 접속 가능과 불가능의 구분을 결정지을 수 있는 기본 자료가 된다.

라) 메뉴권한설정

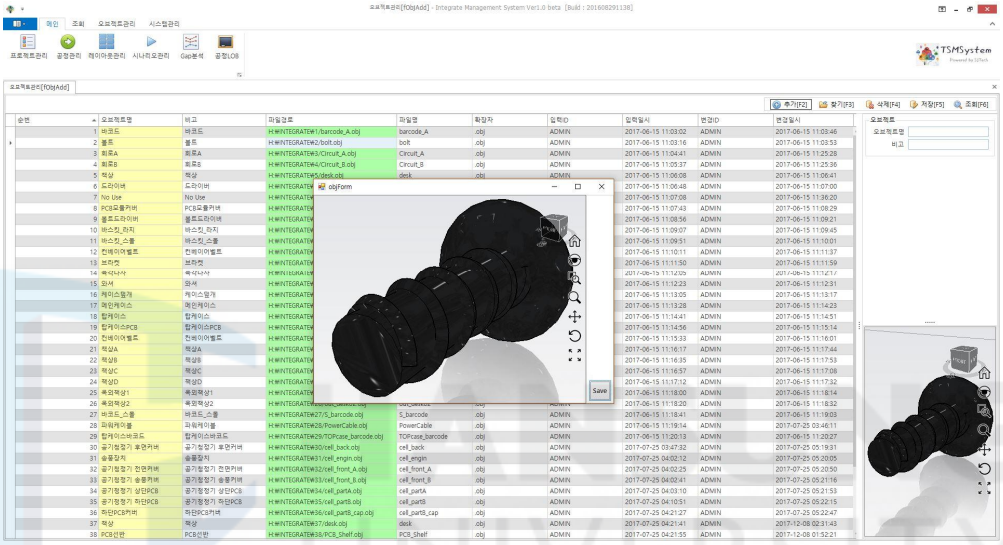
[그림 4-17] 메뉴권한설정

[그림4-17]에서는 메뉴별 권한 설정을 할 수 있다. 사용자정보 그리드의 사용자를 클릭 시 사용자별 권한을 확인할 수 있으며 추가 버튼을 클릭하여 메뉴권한 그리드에 해당권한을 지정할 수 있으며 권한의 종류(실행, 추가, 저장, 삭제, 인쇄, 변환)를 선택하여 부여할 수 있다.

권한을 변경한 후 해당 사용자의 아이디로 로그인시 권한 변경한 메뉴가 비활성화 되어 접속이 불가하거나 해당 기능들이 비활성화 된 것을 확인할 수 있다.

3) 가상객체 관리

가) 오브젝트 관리



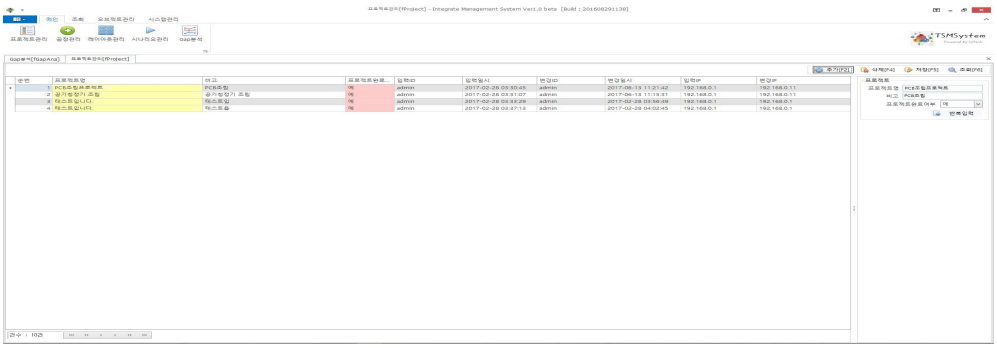
[그림 4-18] 오브젝트관리

[그림 4-18]에서는 3D가상객체 제작시스템에서 생성된 가상객체(STL파일)를 관리할 수 있는 화면이다. 추가 버튼을 클릭하여 가상객체를 선택하면 화면중앙에 미리 볼 수 있는 화면이 보이고 해당객체가 잘 보이게 위치조정 및 확대를 한 후 파일서버(외장하드) & Database에 저장할 수 있다.

저장한 파일은 시나리오 프로그램과 레이아웃 프로그램에 연동되어 사용되어지며 그 후 단계인 가상현실 테스트 베드 시스템을 구축하기 위한 기초데이터가 된다.

4) 프로젝트 전반 흐름관리

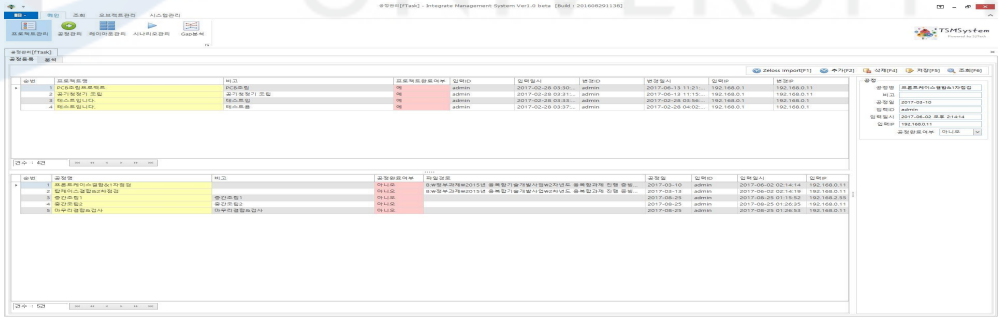
가) 프로젝트 관리



[그림 4-19] 프로젝트관리

[그림 4-19]에서는 프로젝트를 등록할 수 있다. 여기서 프로젝트라 함은 생산하고자 하는 제품이나 생산품의 특성에 대한 사항들을 명명하여 구분하고자 그에 관한 사항들을 등록할 수 있는 폼이다.

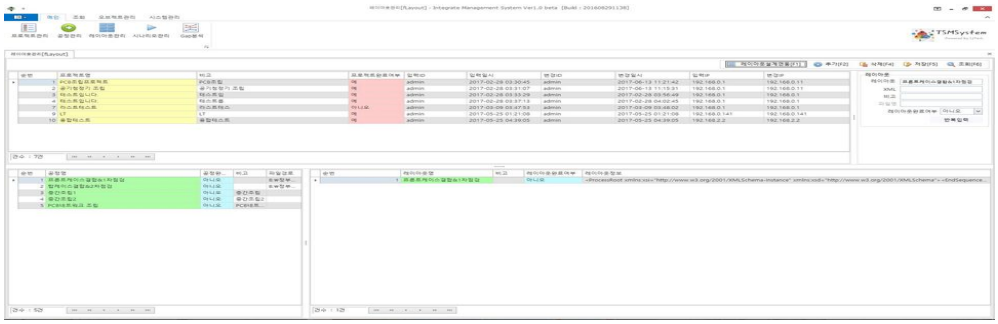
나) 작업관리



[그림 4-20] 작업관리

[그림 4-20]에서는 작업을 등록할 수 있다. 작업 등록은 두 가지의 방법으로 나뉘며 하나는 추가버튼을 클릭하여 작업을 등록할 수 있고 두 번째는 동작분석시스템의 MDB파일을 이용하여 등록할 수 있다. MDB파일을 이용하여 등록하는 경우는 작업개선전의 데이터를 같이 등록하므로 분석 탭에서 그 결과를 확인할 수 있다.

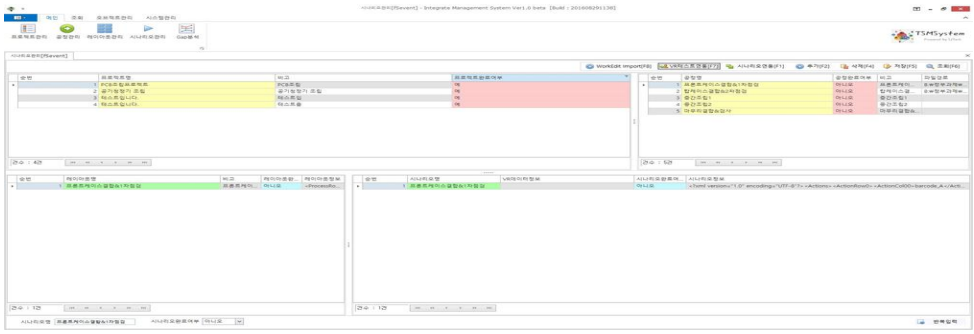
다) 레이아웃관리



[그림 4-21] 레이아웃 관리

[그림 4-21]에서는 추가버튼을 클릭하여 레이아웃에 대한 이름을 명명하고 그에 대한 설명을 등록할 수 있다.
레이아웃 설계버튼 클릭 시 레이아웃 시스템과 연동이 가능하며 레이아웃 시스템에서 구성된 물품들에 위치정보를 부여 가능하며 저장 버튼 클릭 시 레이아웃 테이블에 Xml로 저장된다.
이렇게 설계된 레이아웃정보들은 3D 가상 객체 제작 시스템으로 전달이 되며 가상공간을 형성하는 기초 데이터가 된다.

라) 시나리오관리



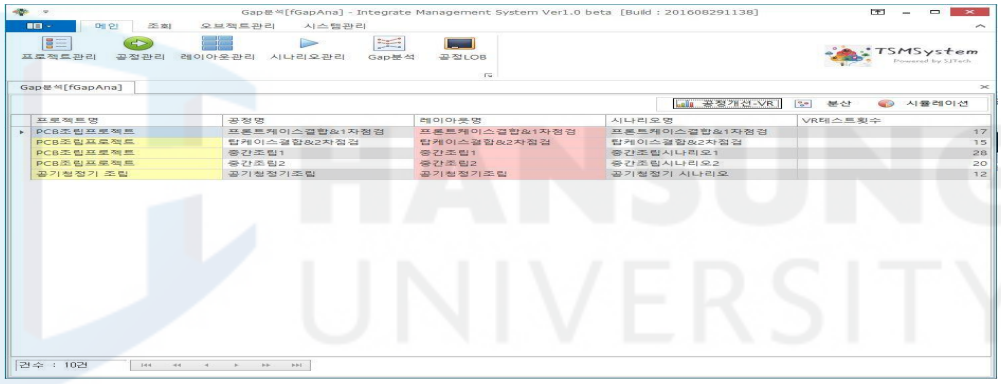
[그림 4-22] 시나리오 관리

[그림 4-22]에서는 추가 버튼을 클릭하여 시나리오에 대한 명명 및 그에 대한

설명을 등록할 수 있다.
시나리오 연동 버튼을 클릭하여 시나리오 시스템과 연동이 가능하며 시나리오 시스템에서 제작된 시나리오 정보는 3D 가상 객체 제작 시스템으로 전달이 되며 가상공간상의 작업의 시나리오에 대한 기초 데이터가 된다.
Work Edit Import버튼 클릭 시 공정분석 시스템에서 제작된 작업개선 데이터를 Integrate_DB로 입력이 가능하다.

5) Gap분석

가) Gap분석



[그림 4-23] Gap분석

[그림 4-23]에서는 가상현실 테스트베드 시스템을 통해 작업자가 가상현실 속에서 직접 작업한 요소별 시간데이터가 존재하는 프로젝트에 한해서만 조회가 된다. Gap분석 데이터는 세 가지로 분류된다.

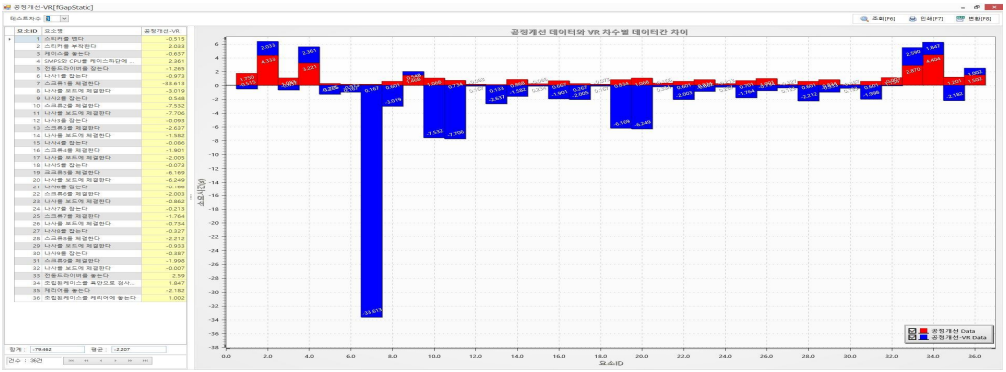
첫째, 동작분석시스템에서 제작된 작업개선 데이터와 가상현실 테스트베드 시스템을 통해 제작된 작업시간 데이터간의 차이의 값을 구할 수 있다.

둘째, 가상현실 테스트베드 시스템을 통해 제작된 작업시간간의 분산을 구할 수 있다.

셋째, 동작분석시스템의 개선 전, 개선 후 데이터, 가상현실 테스트베드 시스템 작업시간 데이터를 비교한다.

각 Gap분석 데이터를 통해 개선되어야 할 부분들에 대한 체크리스트 제작이 가능해졌다. 이를 통해 개선 후 작업 시간의 개선그래프를 검토할 수 있다.

나) 작업개선-VR

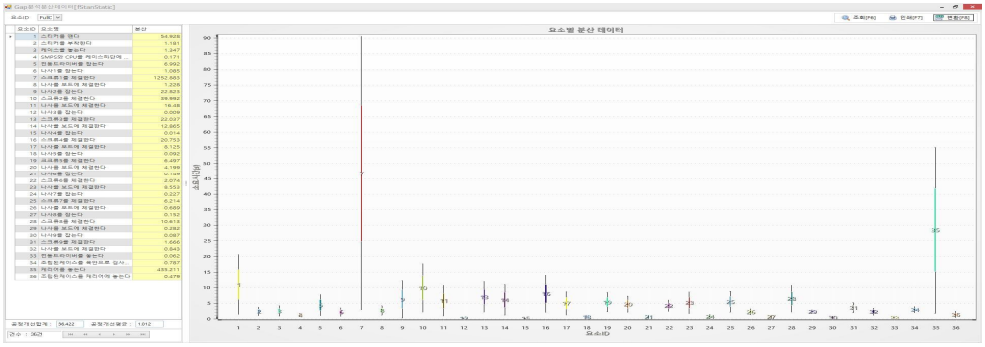


[그림 4-24] 작업개선 데이터와 VR Test 비교

[그림 4-24]에서는 요소별 작업개선 데이터와 가상현실 테스트베드 시스템 데이터간의 차이를 확인할 수 있다. 좌측 그리드에서는 수치로 확인 가능하며 우측 화면에서는 차트로 확인할 수 있다.

테스트 차수를 변경하여 가상현실 테스트 횟수에 따른 작업개선 데이터와의 Gap 데이터를 확인할 수 있다.

다) 분산



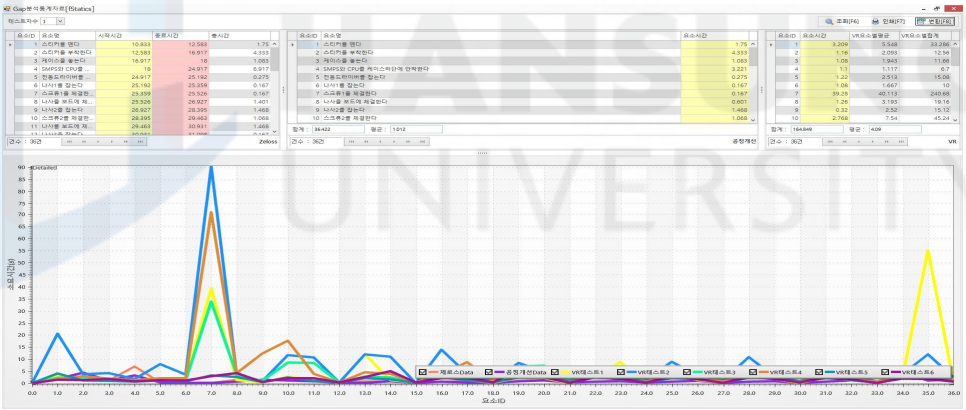
[그림 4-25] VR Test 데이터간의 분산

[그림 4-25]에서는 가상현실 테스트베드 시스템 데이터간의 분산 데이터를 확인 할 수 있다. 좌측 그리드에서는 수치로 확인 가능하며 우측 화면에서는 차트로 확인 가능하며 요소ID를 변경하여 요소별 분산 데이터를 확인할 수 있다.

분산이란 그 확률변수가 기댓값으로부터 얼마나 떨어진 곳에 분포하는지를 가늠하는 숫자이다. 기댓값은 확률변수의 위치를 나타내고 분산은 그것이 얼마나 넓게 퍼져 있는지를 나타내며 분산공식은 다음과 같다.

$$\sigma = \frac{\Sigma(X-\overline{X})^2}{n-1}$$ n = 테스트의 개수, X = 요소별 요소시간, $\overline{X}$= 요소별 평균

라) 시뮬레이션

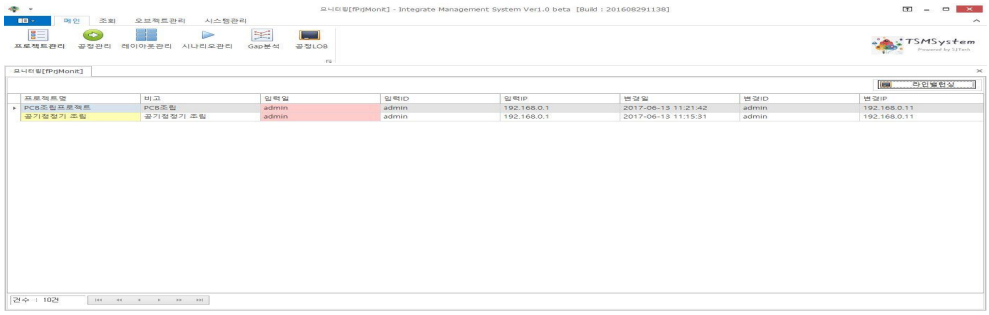


[그림 4-26] 시뮬레이션

[그림 4-26]의 좌측 상단 그리드는 동작분석시스템의 개선 전 Data, 중단 그리드는 개선 후 Data, 우측 그리드는 가상현실 기반 테스트 베드 시스템의 작업시간 데이터이다. 테스트 차수를 변경하면 차수에 해당하는 작업시간 데이터로 변경되며 그에 대한 합계 값과 평균값을 확인할 수 있다.

6) 라인편성효율 실시간 모니터링 모듈 개발

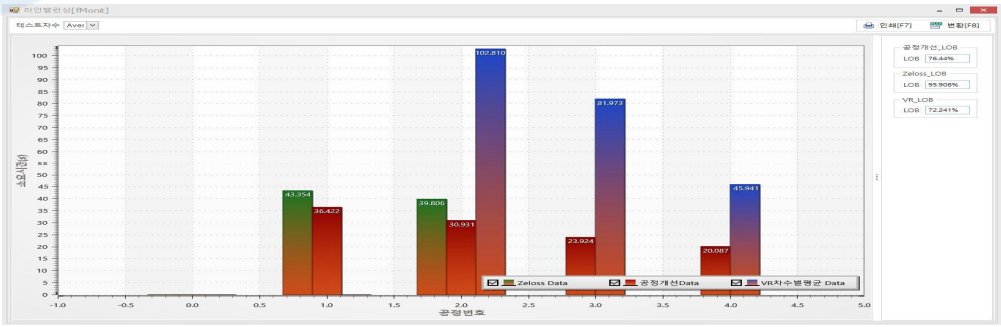
가) 모니터링



[그림 4-27] 모니터링

[그림 4-27]은 실시간 라인편성효율 모니터링을 보기 위한 전 단계 화면이다. 가상현실 테스트베드 시스템에서 작업한 데이터가 존재하는 프로젝트에 한해서만 조회가 가능하며 프로젝트별 작업데이터를 조회하기 위해서는 해당 프로젝트를 선택 후 라인밸런싱 버튼을 클릭해야 한다.

나) 라인밸런싱



[그림 4-28] 라인밸런싱(Line of Balancing)

[그림 4-28]에서 총 3가지 항목의 LOB데이터를 확인할 수 있다. 좌측 차트에서는 3가지(평균, 최대, 최소) 유형의 데이터를 확인 가능하며 5초마

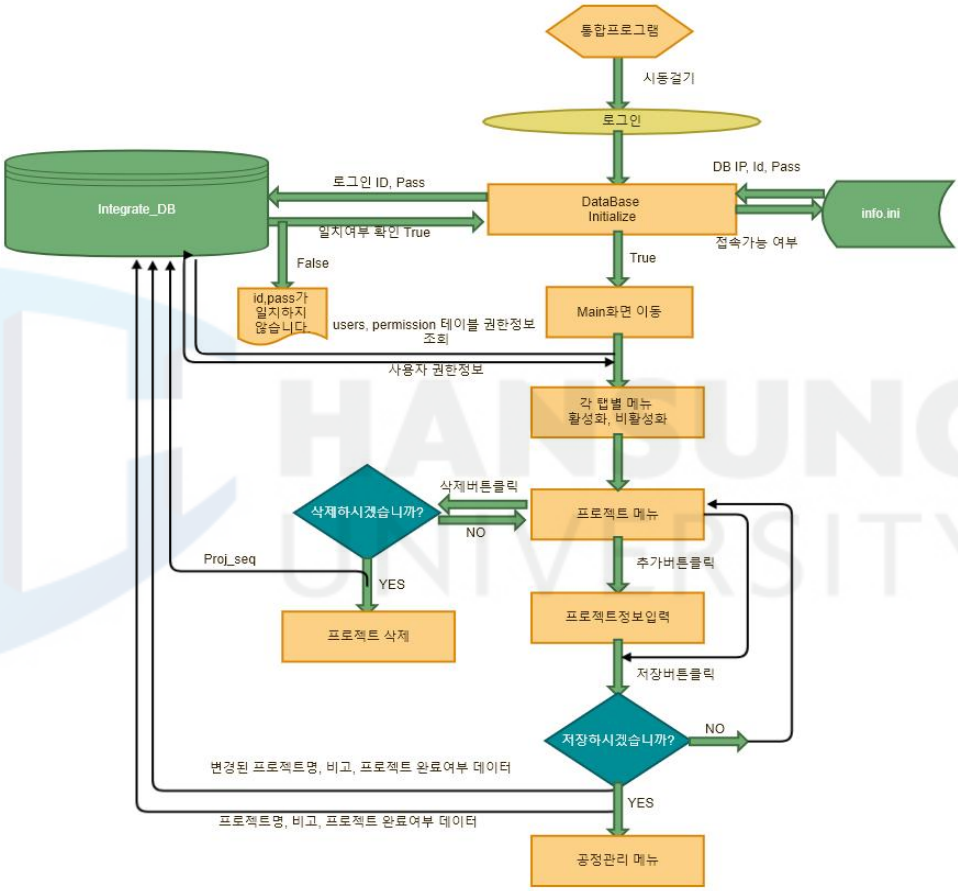
다 갱신되며 Zeloss Data나 작업개선 Data는 시간이 흐름에도 값이 변하지 않으나 가상현실 테스트베드 시스템의 데이터는 작업시간 데이터가 입력됨에 따라 변화하는 것을 볼 수 있다. 라인밸런싱 편성효율 공식은 다음과 같다.

$$\text{라인편성효율(LOB)} = \frac{\text{공정시간의 합}}{\text{공정중 가장 긴 시간}(MAX\text{시간}) * \text{공정수}} * 100$$

HANSUNG UNIVERSITY

7) 통합관리 시스템 알고리즘

통합프로그램은 통합프로그램을 주축으로 하여 시나리오프로그램, 레이아웃설계프로그램, VR테스트 프로그램을 연동하여 4가지 프로그램간의 조화로운 운용을 통해 최종적으로 Gap분석 데이터를 도출해 내기 위한 프로그램이다.



[그림 4-29] 통합관리 시스템 알고리즘 I

초기 로그인 및 데이터베이스 연동 프로그램은 TSMSystem.exe파일을 더블클릭하여 실행한다. 초기 로그인을 통해 사용자의 로그인 정보를 데이터베이스(Integrate_DB)로 보내어 일치여부 확인 후 그에 대한 메시지 처리를 한다. 일치하는 경우에 메인 화면으로 이동하고 불일치 할 경우 사용자 정보가 잘못 입력되

었다고 출력 되며 다시 입력하라는 메시지를 출력한다.

데이터베이스 설정은 Info.ini 파일의 데이터베이스 IP, id, password를 읽어들여 서버에 접속이 가능하며 IP 변경 시 데이터베이스 변경버튼을 클릭하여 서버 정보를 변경할 수 있다.

로그인이 완료 되어 메인화면으로 이동하면 사용자 정보의 권한 데이터를 불러와 사용자에 따른 권한 부여 여부에 따라 각 탭별 메뉴가 활성화 및 비활성화 된다. 권한의 종류는 메뉴 접속 권한, 인서트 권한, 수정 권한, 삭제 권한, 인쇄 권한, 변환 권한 5가지로 구성되어 있다.

프로젝트 메뉴는 초기 생산 공정의 전반적인 틀을 프로젝트라 명명하며 그에 따른 프로젝트명, 비고, 프로젝트 완료여부를 입력하여 데이터베이스에 저장 할 수 있으며 기능은 다음과 같다.

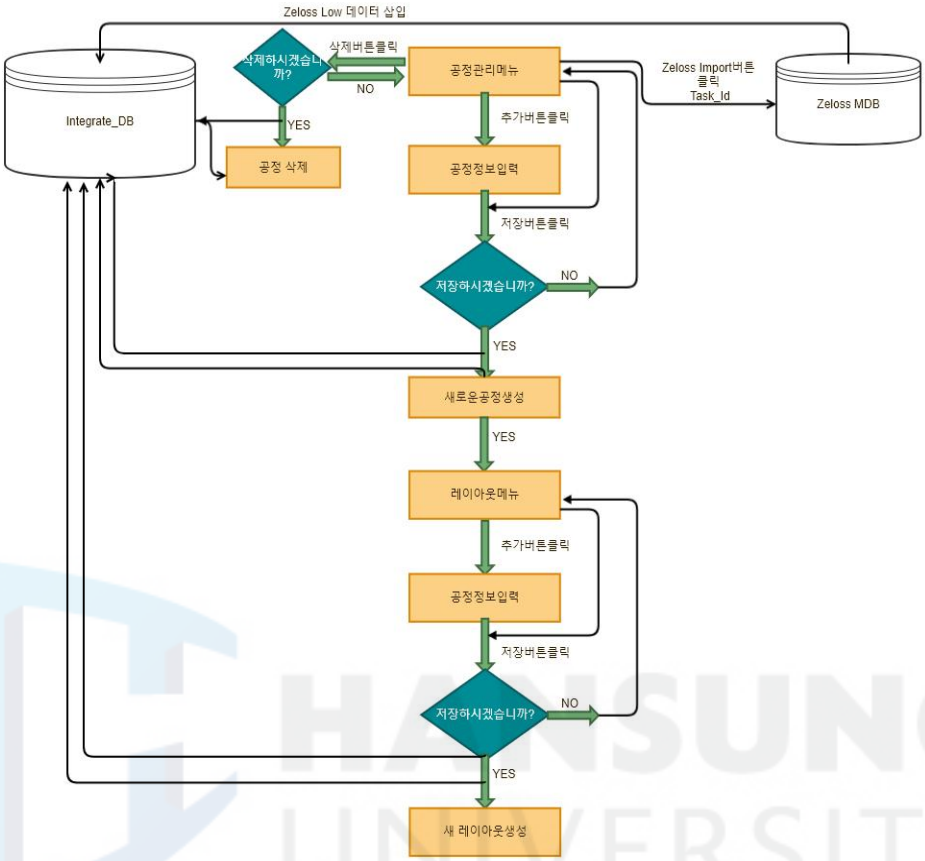
(1) 추가 : 기존 프로젝트에 연결 되어 있는 데이터들을 초기화 하여 새로운 데이터를 입력 가능 한 상태로 변경 후 저장 버튼 클릭 시 신규데이터 생성한다.

(2) 저장 : 프로젝트 관련 정보의 변경된 사항들을 저장 할 수 있다.

(3) 삭제 : 프로젝트 삭제가 가능하다

(4) 조회 : 프로젝트 데이터를 조회(새로 고침)한다.

HANSUNG UNIVERSITY



[그림 4-30] 통합관리 시스템 알고리즘Ⅱ

[그림 4-30]은 공정관리 및 레이아웃 메뉴간의 상관관계를 알고리즘으로 표현한 것이다.

공정관리 메뉴는 프로젝트별 공정 데이터를 입력 하는 메뉴이며 기능은 다음과 같다.

(1) 추가 : 추가 버튼을 클릭하고 공정 관련 데이터를 입력 후 새로운 공정 데이터를 데이터베이스로 입력한다.

(2) Zeloss Import : Zeloss프로그램에서 생성된 Zeloss MDB파일을 통해 Low데이터들을 불러와 공정데이터를 입력 할 수 있는 기능이다.

(3) 저장 : 수정하려는 공정 관련 데이터를 데이터베이스에 입력하여 데이터를 변경 할 수 있는 기능이다.

(4) 삭제 : 사용하지 않는 공정 데이터를 삭제하는 기능이다.

(5) 조회 : 공정 데이터를 조회(새로 고침)할 수 있는 기능이다.

레이아웃 메뉴는 추가 버튼 클릭 시 입력 박스가 초기화된다. 새로운 레이아웃에 대한 기본정보(레이아웃 명, 비고, 레이아웃 완료여부)를 입력 후 저장 버튼 클릭 시 저장이 가능하며 기능은 다음과 같다.

(1) 저장 : 수정하려는 레이아웃 관련 데이터를 데이터베이스에 입력하여 데이터를 변경 할 수 있는 기능이다.

(2) 삭제 : 사용하지 않는 레이아웃의 데이터를 삭제하는 기능이다.

(3) 조회 : 레이아웃 데이터를 조회(새로 고침)하는 기능이다.

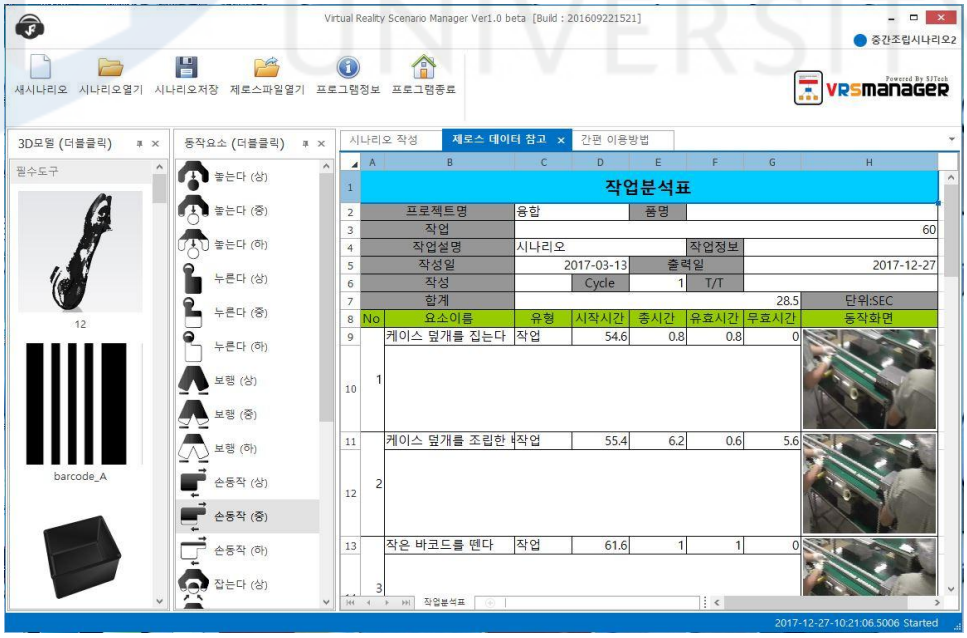
HANSUNG UNIVERSITY

제 3 절 작업시나리오 시스템

1) 가상현실 테스트베드 시나리오 설계

작업레이아웃 시스템에서 제작된 XML 파일을 파싱하여 3D 모델링을 로딩하면 화면에 표시하고 이를 더블클릭하여 시나리오를 작성할 수 있도록 하였다. 동작분석 시스템의 분석결과 엑셀파일을 불러와서 해당 작업이 어떤 요소를 가지고 있는지에 대한 정보와 해당 시간을 개별적으로 확인 할 수 있도록 하였다. 모든 윈도우는 도킹이 가능한 형태로 개발하여 한 번에 여러 화면을 동시에 열어 놓고 작업이 가능하도록 하였다.

동작요소는 시스템에서 사용자에게 고정되어 적용되는 항목으로 3D 모델을 더블클릭 한 후 해당 동작요소를 더블클릭하면 하나의 요소를 작성할 수 있도록 하여, 빠른 시나리오 작성이 가능하도록 하였다. 시나리오 작성 완료 후 저장이 가능하며 XML로 저장 및 Database에 저장된다. 저장이 완료된 후에는 표준시간이 화면 우측 상단에 보인다.[그림 4-31]



[그림 4-31] 작업분석 데이터

[그림 4-32] 시나리오 설계에서는 행 추가 버튼을 클릭하여 요소를 추가하며 3D모델 및 동작요소를 적재적소에 배치하여 해당 동작에 대한 시간 데이터를 산출한다.

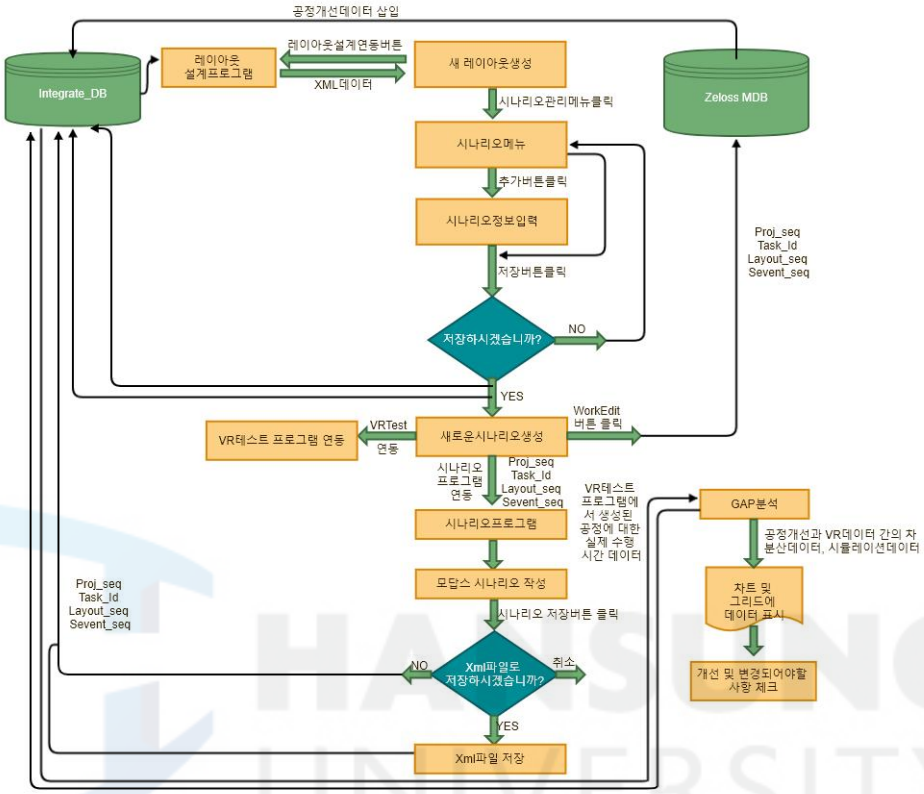
각 요소의 반복에 대한 처리는 반복하려고 하는 열을 클릭 한 후 반복버튼 클릭 시 선택된 열이 맨 끝 요소에 추가된다.

모든 자원(3D 모델링 객체 및 동작요소 ICON)은 외장하드에 저장하여 관리 감독한다.

레이아웃정보와 시나리오정보는 Database에 저장 되며 오큘러스에서 해당 자료를 읽어 들여 가상현실에서 테스트베드를 진행할 수 있다.

[그림 4-32] 시나리오 설계

2) 통합관리 시스템과 작업시나리오 시스템 간 연계 알고리즘



[그림 4-33] 통합관리 & 작업시나리오 시스템 연계 알고리즘

[그림 4-33]은 통합관리 및 작업시나리오 메뉴간의 상관관계를 알고리즘으로 표현한 것이다.

레이아웃 설계연동은 레이아웃 프로그램과의 연동을 위해 Proj_seq, Task_Id, Layout_seq, 등의 값을 레이아웃 프로그램으로 전달한 후 해당 파라미터 관련 xml을 통해 설계 데이터를 불러오며 기능은 다음과 같다.

(1) 추가 : 추가 버튼 클릭 시 입력 박스가 초기화되며 새로운 시나리오에 대한 기본정보(시나리오 명, 비고, 시나리오 완료여부) 입력 후 저장 버튼 클릭 시 저장 가능하다.

(2) 저장 : 수정하려는 시나리오 관련 데이터를 데이터베이스에 입력하여 변경할 수 있는 기능이다.

(3) 삭제 : 사용하지 않는 시나리오 데이터를 삭제할 수 있는 기능이다.

(4) 조회 : 시나리오 데이터를 조회(새로 고침)하는 기능이다.

가상현실 테스트 프로그램 연동은 레이아웃 프로그램과의 연동을 위해 Proj_seq, Task_Id, Layout_seq, Sevent_seq의 값을 시나리오 프로그램으로 전달하면 해당 파라미터 관련 xml을 통해 가상현실 테스트 프로그램 데이터를 불러오게 된다.

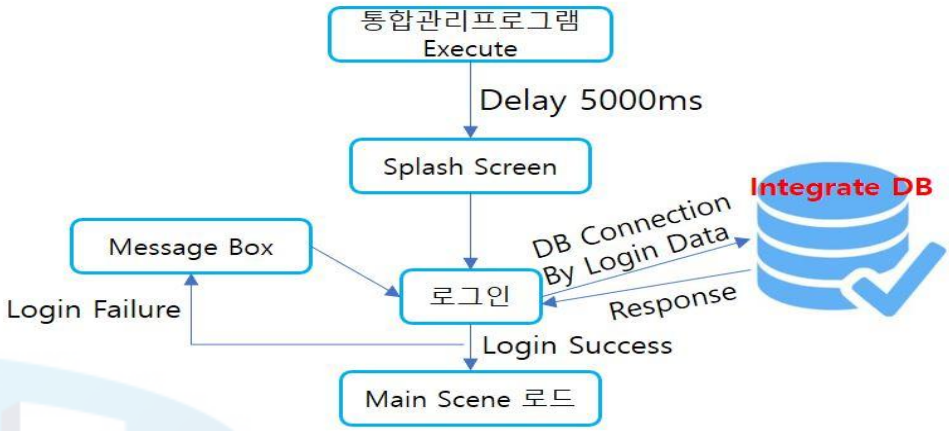
시나리오 프로그램 연동은 시나리오 프로그램과의 연동을 위해 Proj_seq, Task_Id, Layout_seq, Sevent_seq의 값을 시나리오 프로그램으로 전달한 후 해당 파라미터에 해당하는 MODAPTS + 시나리오 데이터를 데이터베이스에 저장하며 Xml파일로 저장할 경우에 Xml파일로 해당 시나리오 데이터를 저장하며 그와 동시에 통합 프로그램에서 넘어온 파라미터에 해당하는 데이터베이스로도 해당 데이터를 저장한다. Xml파일로 저장하지 않을 경우에 통합프로그램에서 넘어온 파라미터에 해당하는 데이터베이스로 해당 데이터를 저장한다.

작업개선 데이터는 Zeloss에서 생성된 MDB파일을 통해 작업개선 데이터를 선택하여 Integrate_DB로 입력 가능하다.

HANSUNG UNIVERSITY

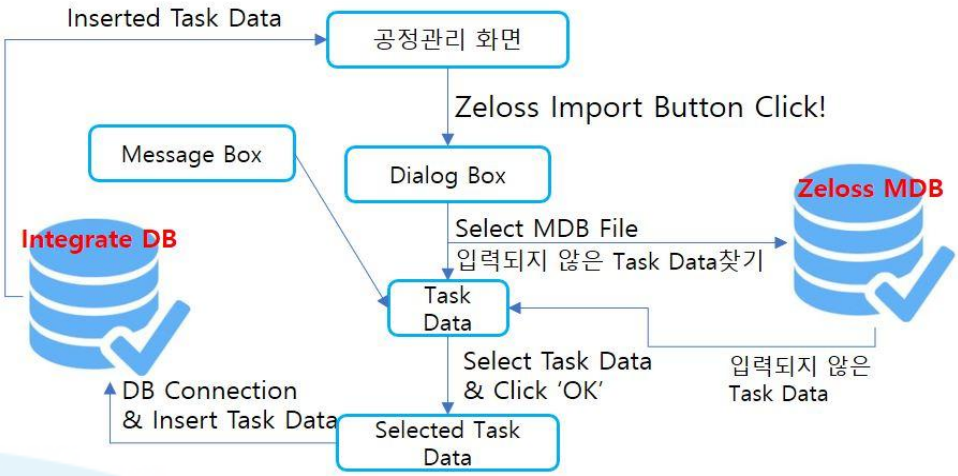
3) 모듈별 기능명세서

[표 4-10] Log-In 기능 명세서

모듈 ID : TD001	모듈 명 : Log-In	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. 통합관리 프로그램 실행한다. 2. Splash Screen이 나오기 위해 Thread를 이용해 Delay를 5초 부여한다. 3. 로그인 화면에서 DB연결 정보를 Info.INI파일을 통해 가지고 온다. Integrate DB에 접속한 후 사용자가 작성한 Login_Data를 User 테이블에서 조회를 하여 조회 결과가 있는 경우는 Success, 없는 경우는 Failure로 Response값을 반환한다. 4. Failure인 경우는 Message Box를 통해 '아이디와 패스워드를 확인하세요'라는 Info메시지 출력한다. 5. Success인 경우 Main Scene 로드한다.	
주요 기능 설명		
Database 접속	- Database IP 주소가 들어있는 실행폴더내의 INI파일 존재 여부를 확인한다. - INI 파일 안에 있는 IP, ID, Pass Word 주소 Read - Database 접속 및 Select Query 전송한다.	
Check Condition	- ID, Pass Word를 통해 User 테이블 조회한다.	

[표 4-11] 프로젝트 관리 기능 명세서

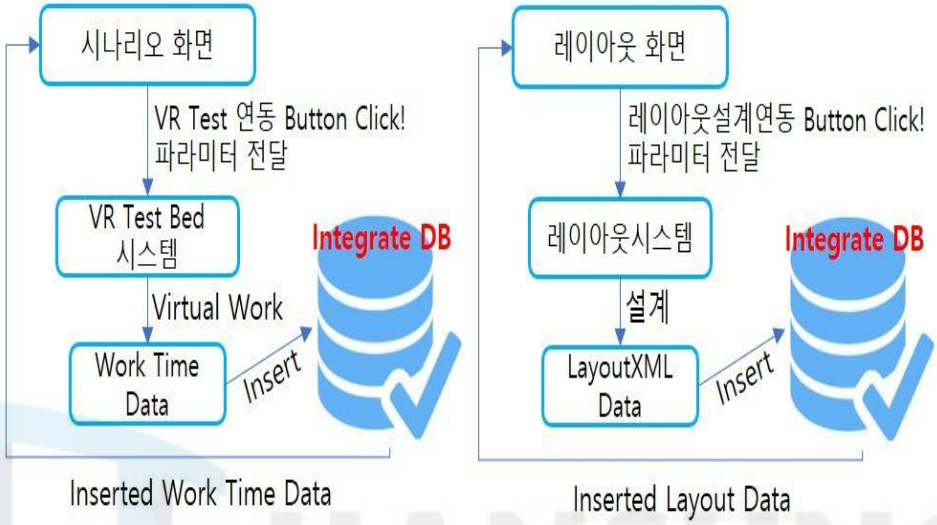
모듈 ID : TD002	모듈 명 : Zeloss 삽입모듈	사용 언어 : C#



모듈 설명	1. 공정관리 화면이 로딩이 완료되면 프로젝트별 해당 작업들의 Data가 Grid에 출력 된다. 2. Zeloss Import 버튼을 클릭하면 Open Dialog Box가 출력되며 미리 공정개선 시스템에서 생성된 MDB파일을 선택한다. 3. 공정관리 화면에 출력된 Task들을 제외하고 나머지 Task Data들을 화면에 출력한다. 4. 입력하고자 하는 Task Data를 체크박스로 다중으로 선택하고 'OK'버튼 클릭 시 Progress Bar가 출력 되며 저장이 시작된다. 5. 저장 시 Insert되는 항목들은 공정개선 시스템으로 입력한 공정개선 전 Data가 입력이 되며 그 항목들은 공정관리 화면에 다시 Refresh되어 보인다.
주요 기능 설명	
Open MDB File	– Zeloss Import 버튼 클릭 시 파일 열기 Dialog Box출력한다. – 확장자가 MDB인 파일만 보인다. – 파일 선택 시 Task테이블을 조회하여 Grid에 존재하는 Task Data와 비교하여 없는 데이터에 한해서만 조회된다.
Auto Insert Function	– 조회된 Task Data를 체크박스를 클릭하여 선택한다. – 'OK'버튼 클릭 시 Progress Bar 진행 완료시 사라진다. – 작업 개선 전 Data 입력된 자료는 분석 탭에서 확인 가능하다.

[표 4-12] Program Connection 기능 명세서

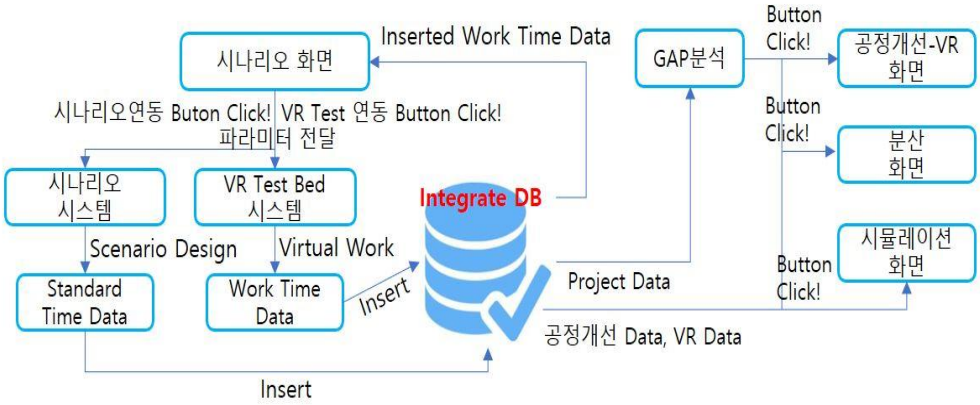
모듈 ID : TD003	모듈 명 : Program Connection	사용 언어 : C#



모듈 설명	1. 레이아웃, 시나리오 화면 로드 시 모듈을 진행한다. 2. 하나의 모듈로 3가지 프로그램(레이아웃 시스템, 시나리오 시스템, 가상현실 테스트베드 시스템) 연동하여 진행한다. 3. 프로그램 로드 시 파라미터 규약에 의거 파라미터를 전달한다.
주요 기능 설명	
System Load	- Grid의 레이아웃 및 시나리오를 클릭 시 해당 Primary Key를 파라미터로 선정하여 프로그램 로드 시 실어 보낸다. - 해당 파라미터에 해당하는 Layout System 및 Scenario System을 Load한다.
XML 파일 저장	- Object Container에 저장된 Object들에 대한 리스트를 객체직렬화로 임시파일에 XML형태로 저장한다.
XML 파일 로드	- Database로부터 불러올 프로젝트의 XML 정보를 분석하여 Object Array 형태로 반환한다.

[표 4-13] Gap분석 기능 명세서

모듈 ID : TD004	모듈 명 : Gap분석	사용 언어 : C#

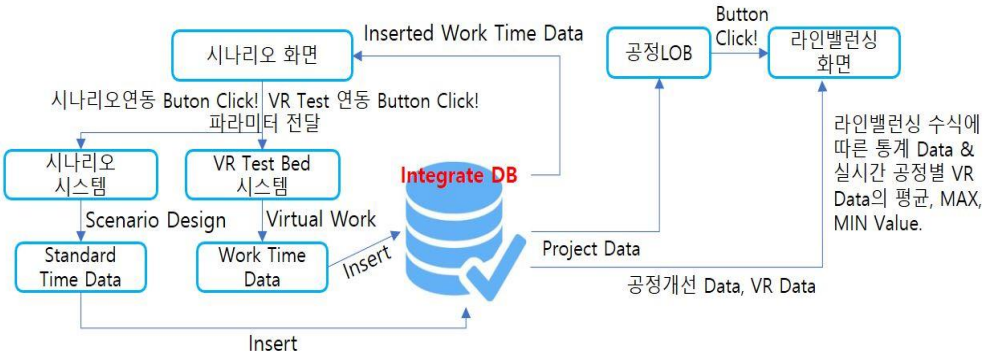


모듈 설명	1. 시나리오 화면에서 로드된 가상현실 테스트베드 시스템을 통해 작업자가 작업한 소요시간 데이터가 Integrate Data Base로 삽입된다. 2. 시나리오 화면에서 로드된 시나리오 시스템을 통해 설계된 시나리오 데이터를 Integrate Data Base를 통해 요소별 시간을 추출해 내고 그를 산술 연산하여 Standard Time Data를 얻을 수 있다. 이 Data는 Integrate Database로 삽입된다. 또한 Xml Data도 함께 삽입된다. 3. Gap분석 화면은 위 1, 2번에서 삽입된 데이터들을 토대로 가상현실에서 작업자들이 작업한 데이터가 있는 항목에 한해서 Project 테이블에서 해당 Project를 조회하여 Grid에 출력한다. 4. 또한 Gap분석 화면에는 세 가지 버튼(공정개선-VR, 분산, 시뮬레이션)들이 존재하며 각각의 버튼 클릭 시 해당 통계화면들이 보인다. 5. 각 화면들은 위 1, 2번에서 삽입된 데이터를 Query를 통해 계산하여 요소별, 차수별, Data들을 볼 수 있는 Grid부분과 그 데이터들을 한눈에 볼 수 있는 Chart부분으로 나뉘어져 있다.
주요 기능 설명	
공정개선 - VR	- 시나리오 시스템에서 생성된 표준시간 데이터(개선 후)와 가상현실 테스트베드 시스템에서 작업자가 정해진 시나리오대로 작업을 완료한 후 도출된 소요시간간의 Gap값을 보여준다. 해당 화면은 차수별로 변경을 하여 볼 수 있으며 값이 작아지면 작아질수록 작업자의 숙련도가 높

	아진 것을 파악할 수가 있다.
분산	– 가상현실 테스트베드 시스템에서 작업자가 정해진 시나리오대로 작업을 완료한 후 도출된 소요시간들 중 차수들 간 분산데이터를 확인 할 수 있다. – 분산공식은 다음과 같다. $=\frac{\Sigma(X-\overline{X})^2}{n-1}$ n = 테스트의 개수, X = 요소별 요소시간, $\overline{X}$= 요소별 평균 요소ID를 변경하여 특성 요소에 관해서만 확인 가능하며 Full Chart를 클릭 시 전체 요소에 관해 확인할 수 있다.
시뮬레이션	– 동작분석 시스템의 개선 전 Data & 시나리오 시스템의 개선 후 Data & 가상현실 테스트베드 시스템의 작업 소요시간 Data를 모두 볼 수 있으며 차수 변경에 따라 해당 차수에 한해서만 확인이 가능하다. 각 차수의 차수별, 요소별 합계와 평균 데이터를 함께 확인할 수 있다.
Chart	– 가상현실 테스트 베드 시스템의 작업 소요시간 Data가 증가함에 따라 차트의 요소수도 함께 증가한다. – Full Chart 클릭 시 모든 요소, 차수를 함께 확인 할 수 있다. – 차수나 요소 변경 시에는 해당 차수, 요소에 한해서만 차트가 출력된다.
차수, 요소 변경	– 각각의 통계 화면 로드 시 요소, 차수의 최댓값 산출 후 Select Box에 항목을 산입 해주며 그에 대한 선택값 변경 시 해당 Grid 및 Chart의 항목들이 변환된다.

[표 4-14] Real Time LOB 기능 명세서

모듈 ID : LD005	모듈 명 : Real Time LOB	사용 언어 : C#

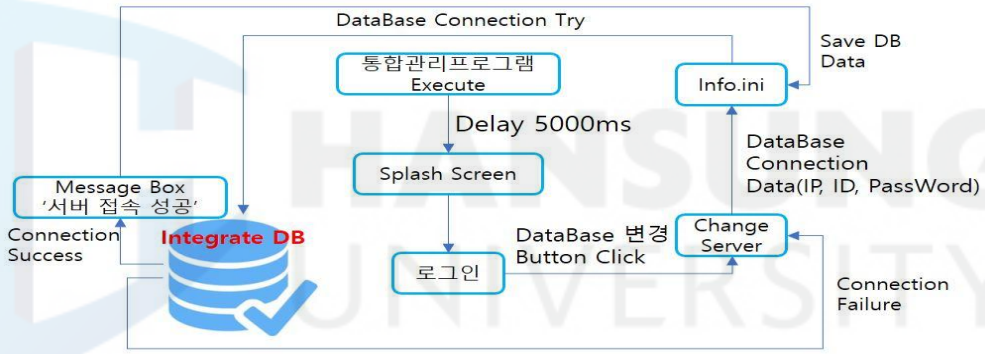


모듈 설명	1. 시나리오 화면에서 시나리오 시스템과 가상현실 테스트베드 시스템을 연동하여 생성된 Standard Time Data와 Work Time Data를 이용하여 LOB Data를 출력한다. 2. 공정 LOB화면은 가상현실에서 작업자들이 작업한 데이터가 있는 항목에 한해서 Project 테이블에서 해당 Project를 조회하여 Grid에 출력한다. 3. 공정 LOB화면에서 라인밸런싱 버튼 클릭 시 Default값으로 가상현실 테스트베드에서 생성된 각 공정별 소요시간의 Average값을 보여줌. 4. 라인밸런싱(Line of Balancing) 화면은 5초마다 갱신되어 라인밸런싱 및 가상현실 데이터(평균, 최대, 최소) 값을 실시간으로 확인할 수 있다. 5. 라인밸런싱 화면의 select box의 Item들은 Average, Max, Min으로 구성되어 있으며 변경 시 Chart 및 라인밸런싱 Percent값이 변경된다. 6. 라인밸런싱 화면의 Chart는 개선 전, 개선 후, 가상현실 Data 이렇게 3가지 항목의 Data를 표현하고 있다.
주요 기능 설명	
LOB Expression	– 동작분석 시스템에서 생성된 개선 전 Data, 시나리오 시스템에서 생성된 개선 후 Data, 가상현실 테스트베드 시스템에서 생성된 작업 소요시간 Data 3가지 Item에 대해서 LOB(라인편성효율)를 보여준다. – 라인밸런싱 구하는 공식은 다음과 같다. – 라인밸런싱 $= \frac{\text{공정시간의 합}}{\text{공정중 가장 긴 시간}(MAX\text{시간}) * \text{공정수}} * 100$
유형 변경	– 라인밸런싱 화면 로드 시 Select Box Item에 Average, Max, Min 이 3가지 항목을 삽입. 최초 로드 시 가상현

	실 테스트 베드 시스템에서 생성된 작업 소요시간 Data의 평균값을 차트에 표현한다. - select Box Item 변경 시 변경 항목에 따라 가상현실 테스트 베드 시스템에서 생성된 작업 소요시간 Data의 평균, 최대, 최솟값을 5초마다 실시간으로 확인할 수 있다.
인쇄	- 인쇄 버튼 클릭 시 Lightning Chart의 미리보기 화면이 보이며 상세항목 설정 후 인쇄할 수 있다.
변환	- 변환 버튼 클릭 시 Save Dialog Box가 출력 되며 Save Location & Save Name 선택 및 작성 후 확인 버튼 클릭 시 Lightning Chart의 Screen Shot파일을 생성한다.

[표 4-15] Server Accept Information Change 기능 명세서

모듈 ID : TD006	모듈 명 : Server Accept Information Change	사용 언어 : C#



모듈 설명	1. 통합관리시스템 시동 후 로그인 화면에서 Integrate Data Base에 접속하기 위해 서버 컴퓨터의 IP 및 접속정보의 변경이 필요할 경우 이 모듈이 필요함. 초기 설계에서는 필요 없는 기능이라 개발 모듈에 포함되지 않았으나 V&V인증 시 차단된 공간 내에서 시스템 시험이 요청되어 제작하게 되었다. 2. 로그인 화면에서 Database변경 버튼 클릭 시 Change Server화면이 보이게 되며 초기화면 로드 시 프로그램 내에 info.ini파일에서 GetIni Value2함수를 이용하여 IP, ID, Pass Word정보를 가져온다. 변경하고자 하는 서버의 IP, ID, Pass Word를 입력한 후 저장 버튼을 누르게 되면 SetIni Value 함수를 이용하여 info.ini파일에 저장하게 된다. 3. 로그인화면에서는 변경된 Info.ini내의 서버정보를

	참조하여 Integrate Data Base에 접속하게 되며 로그인 버튼 클릭 시 입력된 사용자의 ID, Pass Word를 조건으로 하여 User테이블 내에 일치하는 데이터를 찾아 존재하는 경우에는 true 존재하지 않는 경우에는 False를 반환하여 접속가능여부를 판단한다.
주요 기능 설명	
서버 정보 변경	- 로그인 화면에서 Database변경 버튼 클릭 시 프로그램 내 info.ini파일이 존재하는지 파악한다. - 존재할 경우 Change Server화면 보인다. - 존재하지 않을 경우 '서버정보파일이 존재하지 않습니다. 확인하신 후 변경하시기 바랍니다'라는 메시지 출력한다.

4) 통합관리& 시나리오 & 레이아웃 테스트

본 시험은 기능 및 성능을 객관적으로 측정하기 위해 공인된 인증기관(한국정보통신기술협회)에서 시험하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

[표 4-16] 통합관리& 시나리오 & 레이아웃 테스트 결과

순번	시험항목	세부시험항목	시험결과
TC1	컨트롤러 인식률	시나리오에 정해진 요소 개수 대비 VR테스트결과, 인식된 요소 개수의 비율을 측정하여 평균 데이터 삽입률 95%이상	VR 데이터 삽입률 100%
TC2	시스템 통계 모듈	시험대상 제품의 시스템 통계 모듈을 통해 계산된 Gap값과 분산값을 확인하고 엑셀의 계산식 기능을 통해 수동으로 확인한 값 대비 정확도를 측정하여 평균 정확도 95%이상 ※ Gap값 : 요소별 표준 소요시간과 VR 테스트를 통한 실제 소요시간의 차 ※ 분산 값 : VR 테스트를 통해 측정된 실제 소요시간의 분산값	Gap값 정확도 99.9% 분산값 정확도 99.8%
TC3	프로그램 호환율 TEST	통합관리 프로그램의 사용자, 프로젝트, 공정, Layout, 시나리오 관리 메뉴가 정상적으로 동작되는지 확인	5개 메뉴 모두 정상 동작

출처 : 한국정보통신기술협회 소프트웨어시험인증연구소(BT-B-17-0121)

총 세 가지 항목(컨트롤러 인식률, 시스템 통계 모듈, 프로그램 호환율 Test)에 대해 테스트를 받았으며 평균 99.925%의 점수를 획득하였다. 즉, 프로그램(통합 관리 시스템, 작업시나리오 시스템, 작업레이아웃 시스템, 가상현실 테스트베드 시스템)간 연동에 문제가 없음을 확인하였으며 소프트웨어와 하드웨어의 연동에도 문제가 없음을 확인 할 수 있었다. 마지막으로 가상현실 테스트베드 시스템에서 도출된 작업자의 시간데이터를 기반으로 도출된 통계수치들의 정확도를 측정하여 데이터의 신뢰도를 상승시킬 수 있었다.

HANSUNG UNIVERSITY

제 4 절 작업 레이아웃 시스템

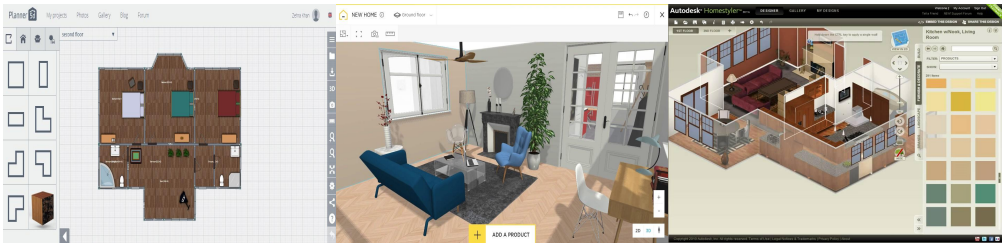
1) 개요

제조공정 설비들의 적합한 배치 구도를 가상공간에 배치하여 가상현실 테스트베드 시스템 시연에 필요한 3D 공간을 배치할 수 있다. 그로 인해 큰 비용부담 없이 각종 장비, 공구, 환경물 등을 작업 레이아웃에 배치할 수 있는 기술을 개발하고자 한다. 상용 인테리어 제작 프로그램과 마찬가지로 오브젝트(가상의 물체)를 Drag&Drop 방식으로 위치와 각도를 조작하여 알맞게 가상의 환경에 배치하는 Tool이다.

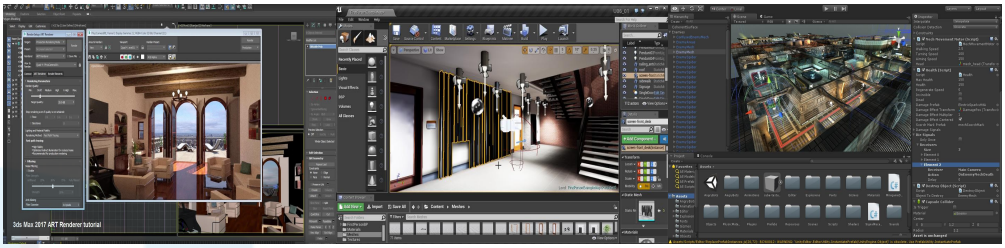
레이아웃 설계는 주로 건설 및 인테리어 업종 분야에서 많이 사용되는 설계 시스템을 이용하여 실질적인 작업이 진행되기 전에 설계도면(2D&3D)을 작성하는 프로그램이 해외에서는 보편적으로 사용되고 있다. [표 4-17]에서 보는 바와 같이 국내의 경우 대부분 해외에서 제작된 인테리어 설계 프로그램 혹은 웹 애플리케이션을 구매, 수입하는 방식으로 사용을 하고 있으며, 작업 레이아웃(Layout) 배치 모듈은 이러한 인테리어 설계 시스템을 착안하여 제작하여 PC 플랫폼을 통해서 2D & 3D 화면을 전환해가며 가상공간을 설계할 수 있는 모듈이다.

[표 4-17] 대표적인 해외 인테리어 디자인 소프트웨어

인테리어 설계 소프트웨어		범용 소프트웨어	
개발 회사	소프트웨어명	개발 회사	소프트웨어명
UAB Planner 5d	Planner 5d	Autodesk	3D Max
3D VIA	Home by me	Epic Games	Unreal Engine
Autodesk	Home styler	Unity Technologies	Unity



[그림 4-34] 인테리어 설계만을 목적으로 한 소프트웨어
왼쪽부터 Planner 5d, Home by me, Home styler



[그림 4-35] 범용 S/W를 이용한 3D 모델 제작 및 인테리어 설계용 S/W
왼쪽부터 Autodesk 3D Max, Unreal engine, Unity engine

[그림 4-34]의 Home by me 프로그램은 웹에서 동작하는 방식으로 사용자에게 제공되며, 부분 유료로 제공되는 인테리어 제작 프로그램이다. 2D와 3D 화면을 전환할 수 있도록 제공하며, 많은 인테리어 가구들을 배치하고 크기를 재거나 위치 및 각도 등을 변경할 수 있다. 탑다운 뷰(Top Down View : 위에서 내려다보는 시선)로 2D 화면을 볼 수 있고, 마우스를 통해 자유로운 시점 이동이 가능한 3D 화면과 1인칭 시점을 통해 내부 공간을 둘러볼 수 있는 다양한 View를 제공한다.

오브젝트들의 조작이 간편하도록 UI를 제공하여 사용자에게 보다 직관적이면서 간단한 디자인을 제공하여 해외에서도 사용도면에서 타 프로그램들과 비교적 높은 순위에서 인정받고 있다.

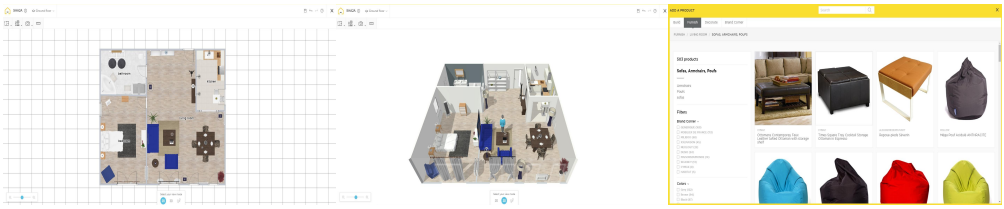
[그림 4-34]와 [그림 4-35]의 해당 애플리케이션으로부터 모든 것을 벤치마킹하기에는 그 양이 매우 방대하므로 기술개발에 필요한 요소들만 간추려 핵심요소에 대해서만 벤치마킹하기로 하였다.

2D 또는 3D로 설계 환경을 구성하게 됨으로써 얻어지는 장점은 가상의 공간

에 오브젝트들, 즉 배치되는 가상의 물건들을 위에서 바라보는 2D 형태와 입체적으로 볼 수 있는 3D 화면 전환 기능으로 자유로운 시점을 제공할 수 있다는 것이다. 2D 화면에서는 전체적인 배치구도, 화면이동, 오브젝트의 배치를 손쉽게 할 수 있도록 제공한다. 또한 3D 화면에서는 배치된 오브젝트들의 입체적인 모습과 오브젝트의 상하 배치, 화면 회전 등을 제공하도록 하며, 가상공간에 배치된 오브젝트들을 세밀하게 배치 및 관찰할 수 있도록 하였다.

리소스(오브젝트) 관리는 배치할 수 있는 오브젝트들을 각각 구분하여 리스트로 제공하여 해당 리스트를 세부적으로 들어가면 각각의 오브젝트들을 이미지 형태로 보여주어 단순히 이름만 보여주지 않아 직관적이므로 이해하기 편하다. 리소스들은 자체 서버를 통해서 제공되며 설계·제작한 프로젝트에 대해서 저장·로드 기능을 제공한다.

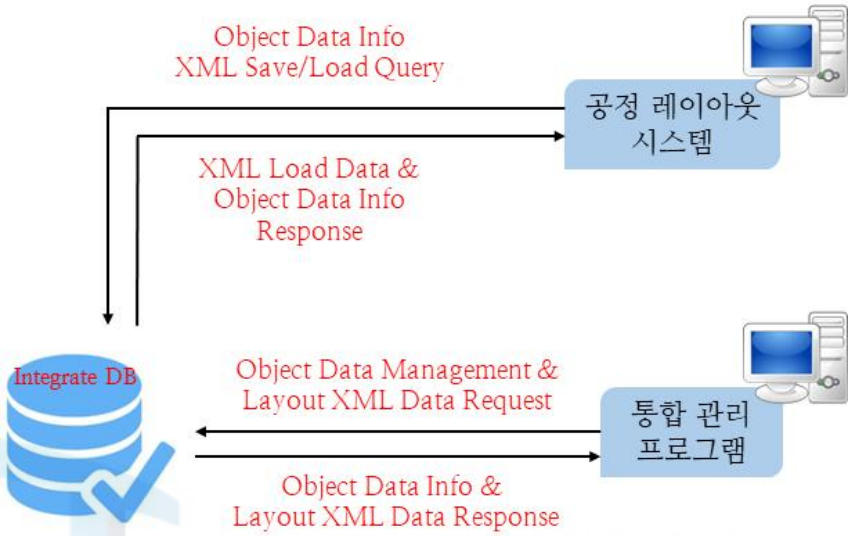
오브젝트는 2D·3D 자유롭게 배치할 수 있지만, 3D에서는 배치할 때 상하 움직임이 제한되어 2차원적으로 배치가 된다. 배치된 이후 선택한 오브젝트를 상하조작 UI를 통해서 상하 조작이 가능하다. 오브젝트에 대해서 위치 조작 및 회전과 같은 동작을 수행하기 위해 UI를 오브젝트를 중심으로 제공하여 빠르게 작업할 수 있도록 하였다. 일부 인테리어 설계 프로그램에서는 수치를 입력하여 회전 혹은 위치 이동을 하거나 버튼을 오브젝트와는 멀리 떨어진 위치에 제공하여 번거로우거나 조작하는데 시간이 많이 걸리는 경우가 있다.



[그림 4-36] Home by me의 2D / 3D / Object List 화면

2) 프로그램 설계 및 구현

가) 레이아웃 설계



[그림 4-37] 작업 레이아웃 DB & 통합관리 프로그램
데이터 연동

[그림 4-37]과 같이 오브젝트 및 XML 파일을 DB를 통해서 관리하기 위해 해당 기능을 추가하였다. 통합 관리프로그램에 의해서 오브젝트를 관리하고, 작업 레이아웃 프로젝트를 저장한 XML 파일을 내부에서는 임시로 저장하고 해당 내용은 DB에 저장하여 Query문을 이용하여 접근할 수 있다.

Unity C#에서는 자체 라이브러리를 통해서 MS-SQL DB 접속 및 Query문을 사용할 수 있도록 제공하므로 해당 기능을 수행하기 위한 스크립트 작성 및 프로그램 실행 전 Database에 접근 정보를 외부에서 입력 및 수정할 수 있도록 ini파일을 제공한다.

MS-SQL에 접속하기 위해서는 라이브러리의 System.Data와 System.Data.SqlClient를 반드시 스크립트 상단에 using문을 사용하여 namespace를 Import해야 한다.

INI 데이터는 Section, Key 값을 이용하여 해당 값을 읽는 방식이므로 해당 구조에 맞추어 파일 읽기를 수행하여 Database IP 주소를 읽을 수 있도록 하였다. 이를 위해 Windows OS 자체 라이브러리에서 제공해주는 Kernel32.dll의 Get Private

Profile String() 함수를 이용하여 값에 접근하였다.

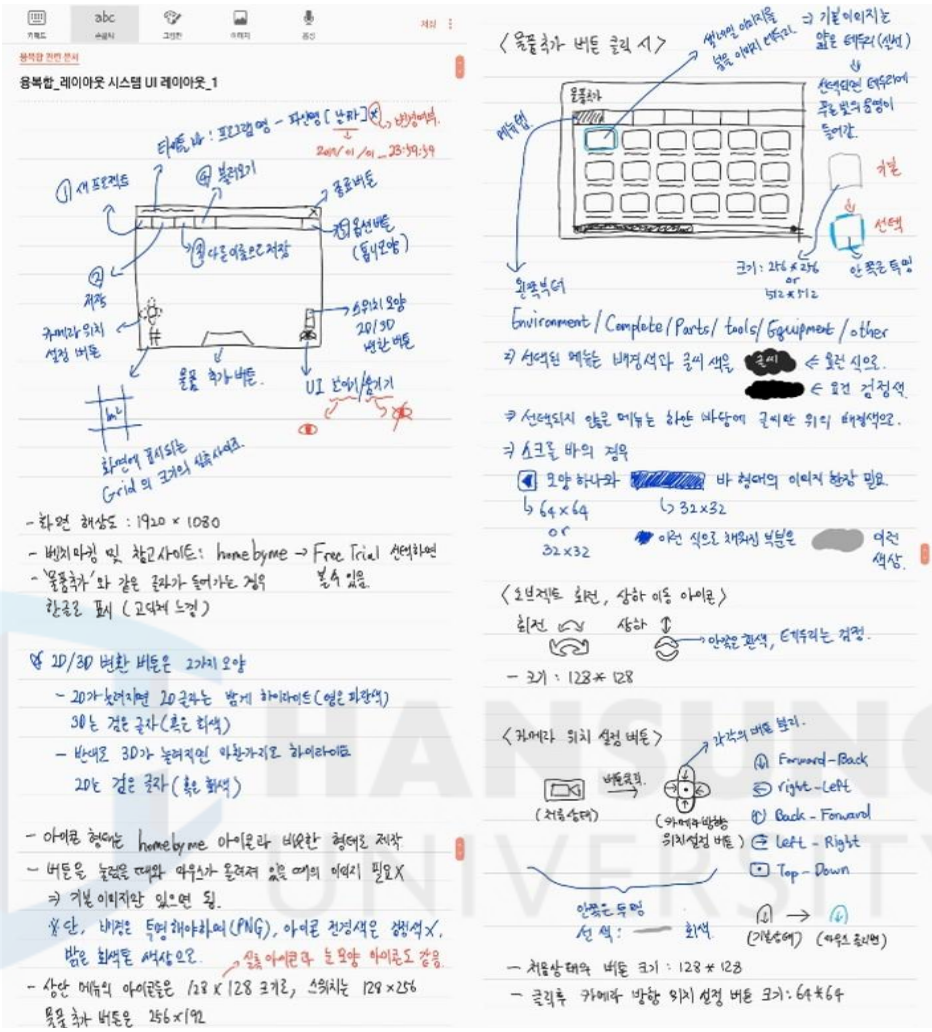
화면 레이아웃 구조는 공정내의 작업레이아웃 프로그램 설계에 맞도록 UI를 배치 및 UI 이미지 변경하여 이해하기 편하도록 설계하였다.

UI 디자인을 재구성하기 위해 2D 디자인 제안을 작성하여 2D Image를 제작하기로 하였다.

레이아웃의 배치 구조를 상단과 하단으로만 분리하여 중앙에서는 사용자가 작업 설계를 집중할 수 있도록 공간을 확보하도록 레이아웃을 설계하였다.

상단의 타이틀 바(Title Bar)의 내용은 '작업설계 디자인-프로젝트명[날짜_시간](수정여부*)'와 같이 수정하여 자세한 내용을 한 번에 볼 수 있도록 구현하였다.

HANSUNG UNIVERSITY

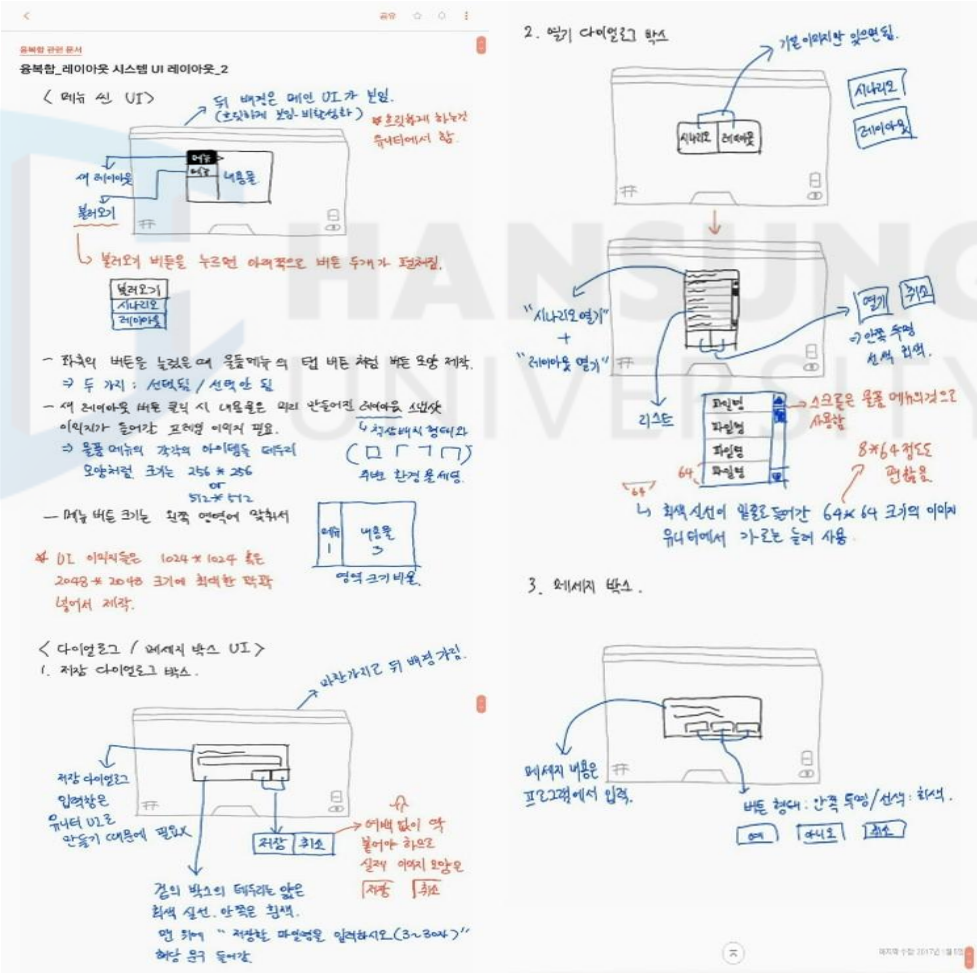


[그림 4-38] 작업 레이아웃 UI 2D 디자인 제안_1

[그림 4-38]의 그림과 같이 상단에는 주로 메뉴버튼과 프로그램 설정, 종료와 같이 프로그램과 프로젝트와 관련된 UI를 배치하여 관리하기 편하도록 구성하였으며, 하단에는 주로 화면 조작, 오브젝트 리스트 메뉴와 같은 사용자와 작업 레이아웃 설계와의 상호작용과 관련된 UI들을 배치하였다. 버튼 자체의 색상이 자연스럽게 변하는 효과를 줌으로써 마우스 포인터에 반응하는 버튼을 구성하도록 하였고, 2D와 3D 시점 변환 시 미리 설정된 카메라 구도 버튼(좌측 하단 십자가 형태의 버튼들)들을 '보이기/감추기'하도록 설계하였다. 이는 2D에서 필요가 없기 때문에 잠

시 화면에 안 보이도록 하여 좀 더 공간을 효율적으로 사용할 수 있도록 구성하였으며, 3D 시점 변환 시 다시 나타나 카메라 구도를 변경할 수 있도록 UI를 제공하였다.

오브젝트 리스트 메뉴는 중앙 하단으로 배치하여 레이아웃의 배치를 안정적으로 구성하였다. 버튼을 누르면 [그림 4-38]의 우측 그림과 같은 형태로 오브젝트 리스트 창이 화면 하단으로부터 중앙까지 펼쳐지며 뒤의 배경은 반투명한 검은색으로 처리하여 다른 버튼, 화면 조작 등이 불가능하도록 막아 오브젝트 리스트에 집중할 수 있도록 하였다.



[그림 4-39] 작업 레이아웃 UI 2D 디자인 제안_2

[그림 4-39]와 같이 오브젝트 리스트에서 원하는 오브젝트를 찾아 이미지를 선택하면 추가 버튼이 활성화되고 한 번 더 누르면 오브젝트 리스트가 닫히고 다시 작업 설계 화면으로 돌아가며, 선택한 오브젝트가 생성되어 마우스를 따라다니게 된다. 이때 마우스 좌측 클릭하면 해당 위치에 오브젝트가 배치되며 만약 오브젝트 배치를 취소하고 싶으면 배치하기 전에 ESC키를 누르면 선택한 오브젝트가 사라지고, 배치한 오브젝트를 제거하기 위해서는 오브젝트를 선택된 상태에서 Delete 키를 누르면 제거된다.

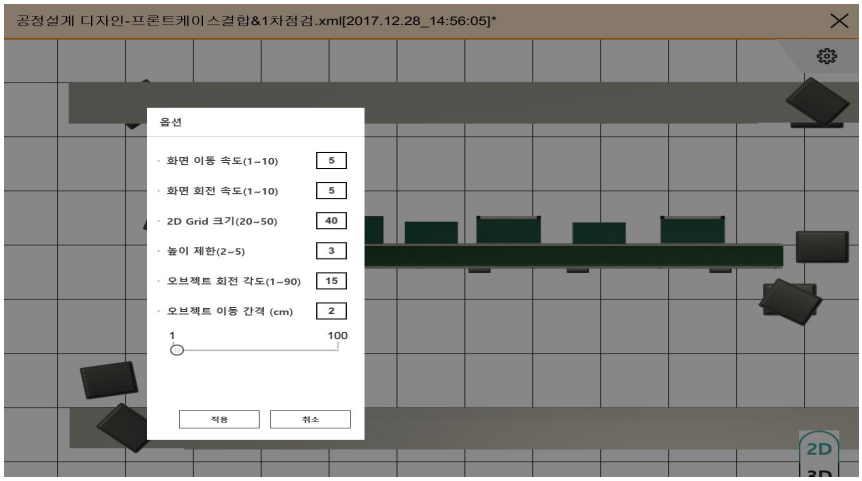
배치된 오브젝트를 선택하게 되면 오브젝트 주변으로 오브젝트 조작에 관련된 UI가 출력된다. 오브젝트 조작 UI로는 2D 시점일 때는 회전을 할 수 있는 UI Icon 하나만 뜨지만 3D 시점일 때는 회전 Icon과 함께 상하 조작 UI가 오브젝트 상단에 출력된다. 메뉴 버튼을 클릭해서 출력되는 대화상자로는 저장여부를 묻는 대화상자, 열기 리스트 대화상자가 출력된다.

통합관리프로그램에서 만들어진 프로젝트를 선택한 뒤 실행을 하게 되면 해당 정보와 함께 작업 레이아웃 프로그램이 실행되면서 프로젝트를 DB로부터 불러오도록 기능을 설계하였다. 이에 대한 자세한 내용은 아래 개발방법 및 내용에서 언급하겠다.

File Open Dialog 팝업에서 나타나는 리스트의 경우도 DB로부터 작업 레이아웃 테이블에 있는 프로젝트 목록을 불러와 리스트로 출력해 준다.

아래의 [그림 4-40]과 같이 옵션 메뉴를 추가하여 상단 메뉴 레이아웃에서 우측 상단 종료버튼 아래에 톱니바퀴 모양의 버튼이 추가되었으며, 해당 버튼을 클릭하면 옵션 메뉴 대화상자가 출력된다. 옵션 메뉴 대화상자에는 프로그램을 보다 정밀하게 혹은 편리하게 작업할 수 있는 다양한 환경 변수 값을 조정할 수 있도록 제공하였다.

제공되는 환경 변수로는 화면의 이동과 회전 속도, 2D 시점일 때 배경에 나타나는 Grid(격자무늬)의 한 변의 개수, 오브젝트 상하 조작 시 높이 제한, 오브젝트의 회전 간격(각도), 오브젝트 이동 간격을 수정할 수 있다. 각각의 환경 변수는 Limit 값을 가지고 해당 값 범위 안에서 자유롭게 설정이 가능하며. 단, 정수 형태로만 설정 가능하다.



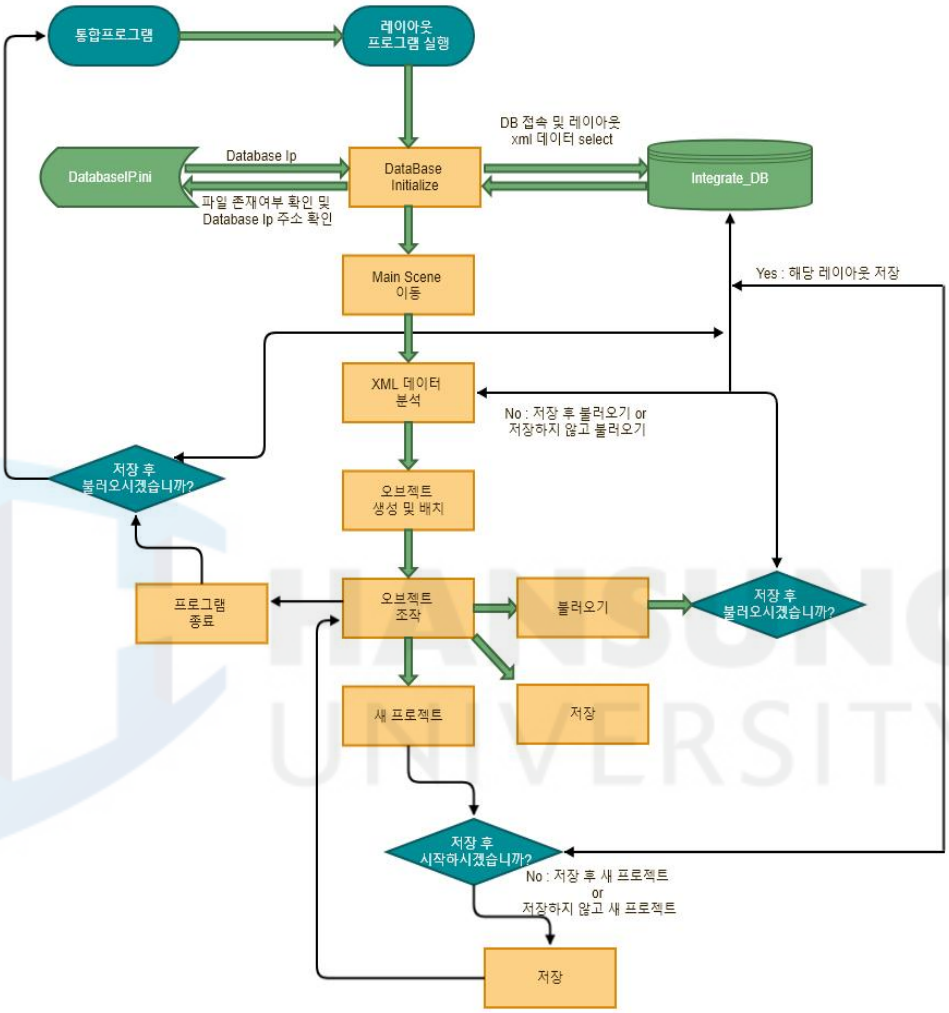
[그림 4-40] 옵션 버튼과 메뉴 대화상자

오브젝트 리스트 세분화는 크게 정적으로 고정되는 환경 오브젝트들과 동적으로 움직일 수 있는 오브젝트들 그리고 기타로 나뉘어져 있다. 해당 리스트 종류로는 작업 레이아웃 설계를 위해 필요한 오브젝트들을 세부적으로 표현하기도 어려우면서 구분 자체도 제대로 되어있지 않아 한 곳에 몰릴 수 있기 때문에 조금 더 세분화하였다.

오브젝트 리스트 목록으로는 환경, 완성형, 부품, 도구, 장비, 기타로 크게 나누어져 있다. 이는 공정에서 실제로 사용되는 형태의 환경물, 장비, 도구 등의 구분된 형태를 그대로 적용하여 사용한다.

[그림 4-41] 오브젝트(물품) 메뉴 세분화 목록.

나) 작업레이아웃 알고리즘 설계



[그림 4-42] 작업레이아웃 알고리즘 구조

[그림 4-42] 통합관리프로그램과의 연동 및 DB 연동을 위해 [표 4-18]의 정해진 파라미터 규약에 맞춰 파라미터를 작성한 뒤 파일명 뒤에 붙여 실행시키면 구동과 함께 해당 파라미터를 Intro Scene에서 분석할 때 사용한다.

[표 4-18] 통합관리프로그램 및 작업레이아웃 간의 파라미터 규약

파라미터 규약
• 데이터베이스의 테이블 필드 값을 구분자(콤마)와 함께 붙여 하나의 파라미터로 구성한다.
• 본 키로 구성된 필드 값인 Project_seq, Task_Id, Layout_seq 세 필드의 Integer 형태의 값을 붙여 1,1,1 형태의 문자열 형태로 만들어 프로그램 실행 시 커맨드 라인으로 연결하여 구동시킨다.
• 해당 프로그램에서는 문자열 형태의 파라미터를 받아 구분자로 자른 뒤 각각의 문자들을 정수형태의 값으로 변환한 뒤 해당 값을 이용하여 Database의 Layout 테이블에 선택한 레이아웃 정보에 접근한다.
• VR의 경우 이 규약을 동일하게 사용하지만 VR공정을 뜻하는 기본키를 하나 더 추가하여 4개의 정수 값을 붙여 사용한다.

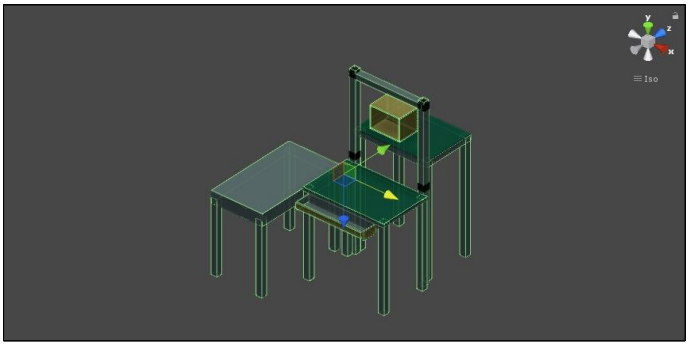
해당 공정에 대한 불러오기가 완료되면 레이아웃 설계 Scene으로 이동한다. 이때 화면이 보이기 전에, 즉 Fade In 되기 전에 불러온 XML 데이터를 분석하여 배치되어 있던 오브젝트의 위치와 회전 값 등의 정보를 가져와 생성 및 배치한 뒤 완료되면 Fade In하여 화면을 보여준다. 사용자는 이때부터 레이아웃 설계 작업을 수행할 수 있다. 사용자는 물품 (오브젝트)을 추가하거나 제거, 이동 및 회전할 수 있으며, 2D와 3D View를 변경하며 오브젝트의 상하 위치 조작도 가능하다. 최종적으로 화면 중앙에 있는 VR 플레이어 타원형 모델 타깃을 마우스 우 클릭으로 화면을 움직여 시작 지점을 설정할 수 있다.

사용자가 조작할 수 있는 메뉴 기능으로는 새 프로젝트, 저장, 불러오기, 옵션 설정, 프로그램 종료가 있다. 작업 도중에 위의 메뉴들 중 새 프로젝트, 불러오기, 프로그램 종료와 같은 기능을 사용하면 저장 여부를 확인한 뒤 해당 메뉴 작업을 수행하거나 취소하여 다시 작업하던 화면으로 돌아갈 수 있다.

오브젝트 구조는 [그림 4-43]에서 볼 수 있듯이 레이아웃 설계에 필요한 오브젝트들은 미리 작업된 모델링 데이터와 해당 모델링 데이터의 충돌 영역, 그리고 조작(Interaction) 및 관리(Management)에 필요한 각종 Script Component가 부착되어 유니티에서 제공하는 Prefab 파일로 만들어져 보관된다.

Prefab 파일이란 유니티 엔진에서 제공하는 파일 형태로, 이는 빌드 전, 즉 유니티 엔진을 이용해 프로그램을 개발할 때 오브젝트(객체)에 여러 컴포넌트와 구조가 하나의 외부 파일 형태로 취합되어 빌드 후에도 사용할 수 있

다. 이렇게 Prefab으로 하나의 근본이 되는 오브젝트를 만들어 놓으면 프로그램 실행 도중 객체화(Instantiate)를 할 때 편리하며, 추후 엔진에서 오브젝트에 대한 관리 및 데이터 수정이 편리하다.



[그림 4-43] 연두색 선으로 표시된 영역 :
물리적인 충돌(Collider) 영역

이러한 오브젝트는 레이아웃 설계 시 생성 후 배치, 조작 등의 작업을 수행하기 위해 특정하고 공통적인 데이터 구조가 필요하다. 해당 데이터 구조는 미리 Prefab에 부착되는 Script에 멤버변수로 선언해놓고, 데이터 값들을 미리 설정해놓은 뒤, 빌드한 레이아웃 프로그램에서 생성하면 해당 Prefab의 미리 설정해 놓은 데이터 구조에 맞추어 오브젝트의 객체가 생성된다.

오브젝트의 데이터 구조로는 3D 공간 상 배치를 위해 사용하는 3D 좌표와 회전 Vector, 오브젝트를 구별하고 식별할 수 있는 이름과 Type, 그리고 같은 오브젝트들을 구분하기 위한 오브젝트 코드를 변수로 미리 설정한다. 이때 오브젝트 코드는 오브젝트의 이름과 고유 번호를 합성하여 생성이 되며 오브젝트 코드는 같은 오브젝트가 여러 개 놓일 때 각각의 오브젝트들을 구분하기 위한 일종의 고유번호로 사용한다.

오브젝트 데이터들은 프로그램 내부에서만 의미가 있다. 이를 외부, 즉 DB나 파일에 Export하기 위해서는 XML 형식으로 데이터 구조를 추출한다. 유니티 엔진에서는 이런 XML 구조를 C# 클래스를 직렬화하여 Export 할 수 있는 옵션을 제공한다. 이를 이용하여 쉽게 스크립트의 데이터 구조를

XML 구조로 변경할 수 있는데 이를 XML Serialization이라 한다.

레이아웃 프로그램은 통합 프로그램에 의해서 실행된다. 이때 임시로 XML 파일 하나를 생성하는데 이 파일에 작업한 오브젝트에 대한 구조를 저장하기 기능으로 저장하면 해당 파일로 Export된다. 이후 외부 DB의 Layout 테이블에 XML 데이터를 Update하여 저장할 수 있다. 즉, 프로그램 내부에서는 데이터 형태로 관리하다 외부(로컬 파일 + 외부 DB => 프로그램으로부터 외부를 의미)로 전달할 때는 XML 형태로 Export한다. 새로운 레이아웃 프로젝트를 생성하게 되면 비어있는 XML 파일이 하나 만들어진다. 하지만 미리 작업한 레이아웃을 불러오거나, 통합 프로그램이 미리 작업된 공정을 선택하여 실행할 경우, 해당 XML 데이터가 있다면 로컬 파일에 임시로 저장한 뒤 분석한다. 분석한 데이터를 토대로 오브젝트의 좌표대로 3D 공간에 생성 및 배치한다.

```
- <Objects>
  - <LayoutObject code="OtherDesk_B_001" type="Environment" name="OtherDesk_B">
    - <Position>
        <PosX>-3.29</PosX>
        <PosY>2.62999916</PosY>
        <PosZ>0</PosZ>
      </Position>
    - <Rotation>
        <RotX>0</RotX>
        <RotY>0</RotY>
        <RotZ>0</RotZ>
      </Rotation>
      <Movable>false</Movable>
      <Events/>
    </LayoutObject>
```

[그림 4-44] 오브젝트들에 대한 XML 데이터 구조

오브젝트를 생성하기 위해서는 물품 추가 메뉴를 선택하여 각각의 Type별로 생성하고자 하는 오브젝트를 선택하여 추가 버튼을 누르면 레이아웃 화면에 오브젝트가 생성되어 마우스를 따라 움직여 3D 공간에 배치할 수 있게 된다.
물품 추가를 통해서 생성 및 배치를 하는 것은 사용자가 직접 하지만, XML 데이터가 있다면 이러한 과정이 자동화되어 오브젝트가 생성 및 배치된다.
생성된 오브젝트들은 프로그램이 실행되는 동안 메모리에 기록되고, 프로그램은 이를 관리한다. 오브젝트를 제거하게 되면 해당 객체를 Release(메모리 점유를 해제)한다. 제거가 된 오브젝트는 메모리에서 없어지기 때문에 해당 멤버 변수 데

이터도 사라진다. 이때 오브젝트 코드는 오브젝트들마다 고유의 번호를 가지므로 생성 및 제거가 빈번하게 이루어지면 겹치거나 단락 혹은 쓰레기 값이 저장될 문제가 발생할 수 있으므로 키와 값을 가지는 Dictionary<TKey, TValue> Collection을 사용하여 관리한다.

[표 4-19] 오브젝트 관리를 위한 Dictionary Collection 구조

오브젝트 이름	WorkDesk	BoardCase	Driver
현재 생성된 오브젝트 개수	2	3	1
다음 생성 시 부여되는 코드	WorkDesk_003	BoardCase_004	Driver_002

생성된 오브젝트를 배치한 뒤 특정한 위치와 각도로 배치하기 위해서는 마우스를 이용하여 Interaction한다. 마우스는 우 클릭으로 화면(카메라)을 조작하고, 좌 클릭으로 오브젝트를 선택할 수 있다. 누른 상태에서 드래그하면 선택한 오브젝트를 움직일 수 있다. 각도를 조작하기 위해서는 오브젝트를 선택한 뒤 나타나는 UI를 통해서 오브젝트를 회전시킬 수 있다.

오브젝트조작 시 정밀한 배치와 회전 각도를 설정하기 위해서 사용되는 것이 Snapping이다. Snapping을 이용하여 각각의 오브젝트를 특정한 간격으로 끊어서 혹은 붙여서 배치할 수 있다. Snapping은 옵션 기능에서 수치 조절을 통해 해당 간격을 조정할 수 있다. 간격은 오브젝트 이동과 회전각도 모두 설정가능하다.

화면에 표시되는 격자무늬의 한 칸 크기는 100cm, 즉 1m이다. 3D 공간에서의 좌표축 값 1이 1cm를 의미하므로 아래와 같은 공식으로 간격 조정이 가능하다.

snapping = 1 / 100 * 조정하고픈 간격 수치(1 >= and 100 <=)

위의 수치를 이용하여 오브젝트를 선택, 마우스를 움직여 이동시키게 되면 처음 마우스를 누른 좌표 점으로 부터 움직인 좌표를 실시간으로 계산한다. 이 거리 값이 snapping 값 범위이상으로 넘어가게 되면 오브젝트는 움직인다. 단, 간격을 크게 한 경우 마우스를 많이 움직여야 움직이므로 그 동안은 움직

이지 않는다. 즉, snapping 값의 범위 이상일 때만 한 번 움직이는 것이다. 아래는 위의 알고리즘을 공식화한 Pseudocode이다.

```
IF(마우스 DeltaPos.x >= 간격 || 마우스 DeltaPos.x <= -snapping)
{
  Move = true
  이동할 X좌표 = (마우스 DeltaPos.x < 0) ? -snapping : snapping
  이동할 X좌표 *= (Integer)(마우스 DeltaPos.x / 이동할 X좌표)
}
```

위의 공식은 3D 좌표에서 한 부분이므로 다른 두 부분은 동일하게 적용된다. 회전의 경우도 마찬가지로 마우스의 이동 방향을 토대로 적용한다. 회전 각도의 간격은 1 ~ 90도 사이의 간격을 설정하여 오브젝트를 회전시킨다.

다) 개발방법 및 내용

(1) 개발 환경

(가) 플랫폼(OS) : PC(Windows 7 SP1 이상)

(나) 개발 엔진 : Unity 3d 5.6.3f1

(버전 : 5.3.6f1 → 최종 버전 엔진 업그레이드)

(다) 개발 언어 : C# Script

(라) 필수요구사항 : DirectX 9.0c 이상

(마) 네트워크 유무 : Database 접속을 위한 외부 네트워크가 필요하다.

(2) 화면 레이아웃

(가) Intro Scene : 로딩화면

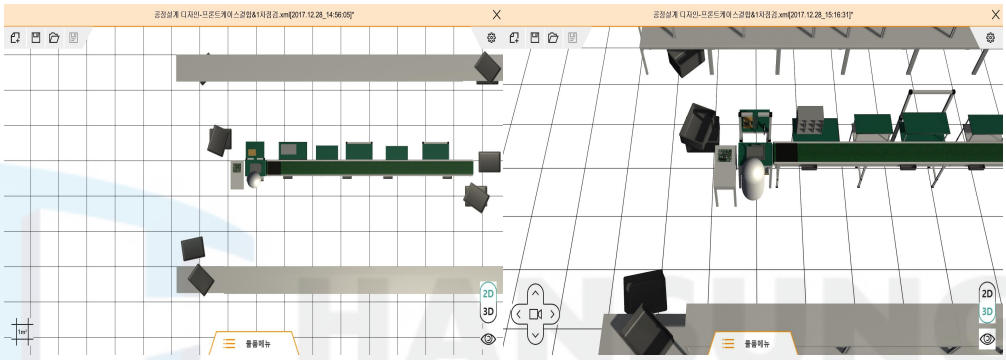
[표 4-20] Intro Scene 로딩 화면

파일을 불러오고 있습니다.

① Intro Scene에서는 통합관리프로그램으로부터 넘겨받은 공정 레이아웃 프로젝트에 대한 정보를 분석하여 적합 여부를 파악 후 결과를 해당 화면에 문구로 출력하여 보여준다.

② 정상적으로 불러오기가 성공하면 '[프로젝트 명] 프로젝트 불러오는 중' 문구가 출력되고 실패하면 '프로젝트 불러오기가 실패하였습니다'를 출력된다.

(나) Main Scene : 설계화면

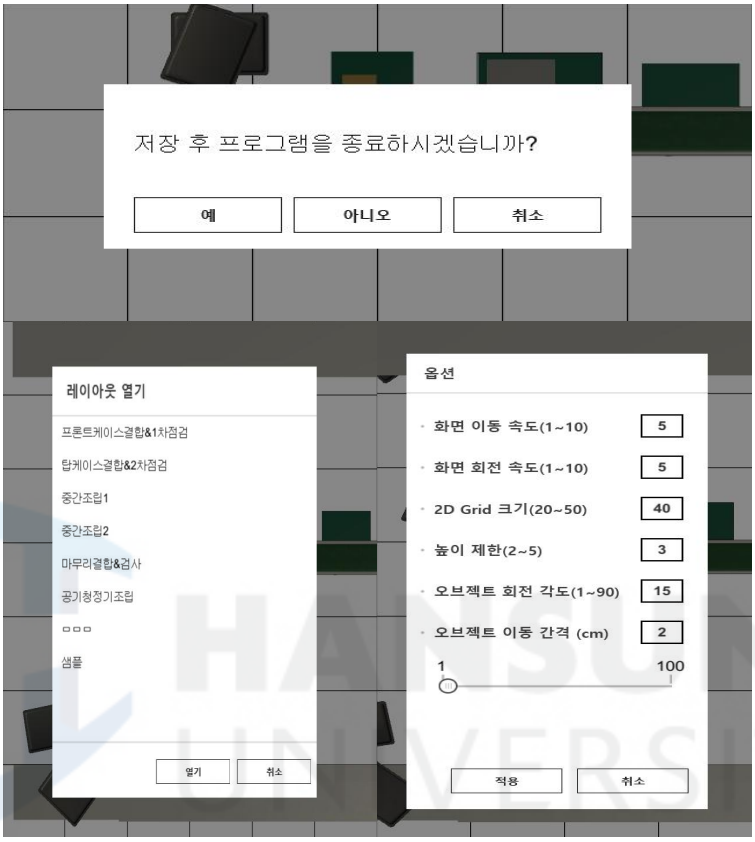


[그림 4-45] Main Scene 설계 화면에서 2D / 3D 시점 변환 상태

① Main Scene이 사용자가 직접 프로그램을 조작하고 설계할 수 있는 공간이며, 상단과 하단에 배치된 UI와 상호작용하며 오브젝트를 배치하여 조작할 수 있다.

② 설계 화면에서의 중앙에 위치한 캡슐 모양의 오브젝트가 실제 VR 환경에서의 사용자의 위치를 나타내며 2D 화면에서의 북쪽 방향이 VR 환경에서의 정면 방향으로 고정된다.

(다) 대화상자



[그림 4-46] 출력되는 대화상자

① 프로젝트가 저장된 내용이 다르면 메뉴 버튼(신규, 열기, 종료)을 눌렀을 때 저장 여부를 묻는 대화상자가 출력된다. 대화상자에는 저장 여부를 묻는 문구와 함께 예, 아니오, 취소와 같은 버튼이 배치되어 있다.

② '예'를 누르면 프로젝트 저장을 수행한 뒤, 클릭한 메뉴 버튼에 대한 처리를 뒤이어 수행한다. '아니오'를 누를 경우 저장을 하지 않고 클릭한 메뉴 버튼에 대한 처리 수행한다. '취소'를 누를 경우 대화상자를 닫는다.

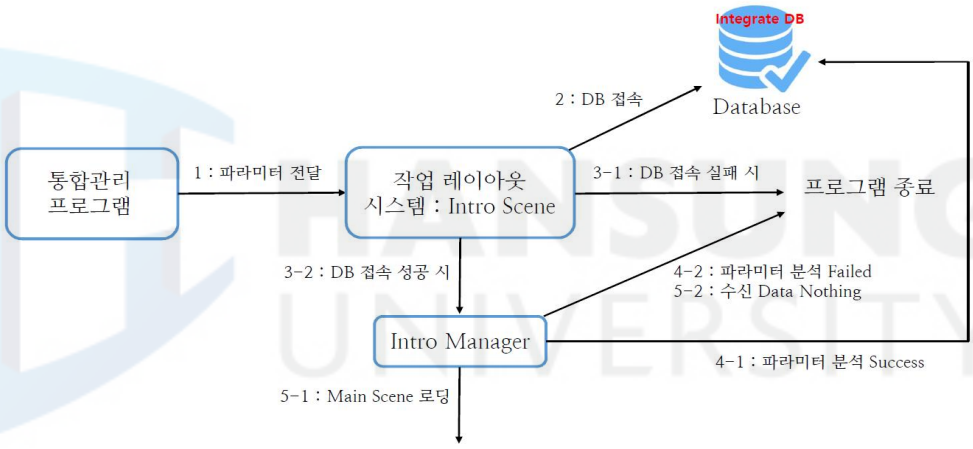
③ 열기 메뉴 버튼을 클릭하면(저장이 되었을 경우) 레이아웃 열기 대화상자가 출력되며 Database의 공정 레이아웃 Table에 있는 프로젝트들을 읽어와 리스트로 출력한다. 불러오고자 하는 파일명을 선택 후 열기 버튼을 누르

면 해당 프로젝트의 XML 데이터를 Database로부터 읽어와 분석하여 오브젝트를 생성 및 배치한다.

④ 옵션 메뉴를 클릭하면 옵션 설정 대화상자가 출력되며 각종 환경 변수 값을 설정한 뒤 적용 버튼을 누르면 해당 값이 레지스트리에 저장되어 프로그램 종료 후 다시 실행하더라도 그 값이 유지가 되도록 한다.

(3) 모듈별 기능명세서

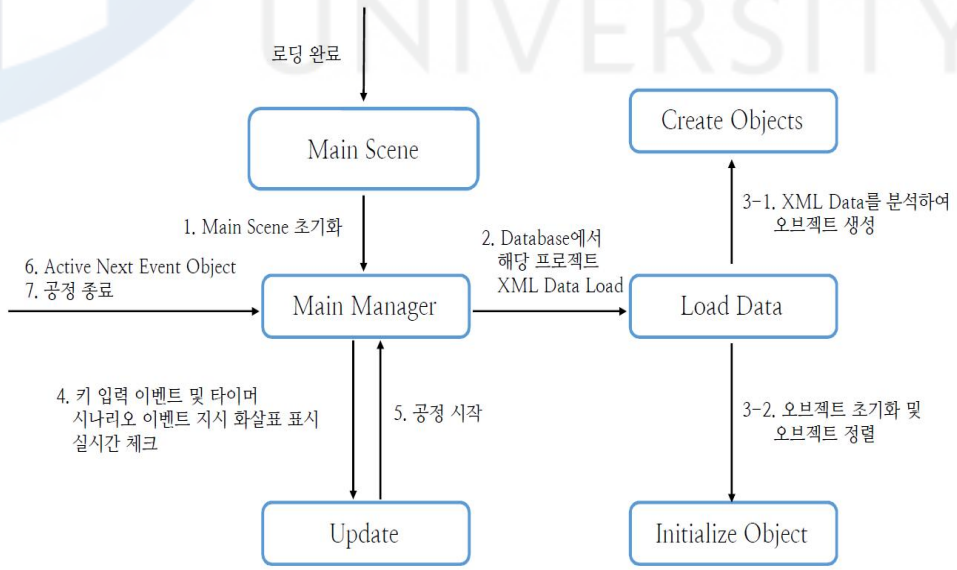
[표 4-21] Intro Parameter 분석 기능 명세서

모듈 ID : LD001	모듈 명 : Intro Parameter 분석	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. 통합프로그램으로부터 레이아웃 시스템 실행과 함께 파라미터 규약 [표 4-3 참고]에 맞춘 파라미터를 전달한다. 2. DB 접속하기 전 INI 파일 존재 여부 및 Database IP 주소 확인한다. 3-1. INI 파일이 존재하지 않거나 IP가 잘못된 경우 DB 접속이 실패하여 프로그램이 종료된다. 3-2. INI 파일 안에 IP 주소가 정확할 경우 DB 접속은 성공하고 Intro Manager 스크립트에 의해 전달받은 파라미터를 분석한다. 4-1. 파라미터 값이 잘못되었거나 없는 경우 파일 불러오기 실패 문구 출력한 뒤 일정 시간 후 프로그램이 종료된다.	

	4-2. 파라미터 값이 제대로 입력되었다면 Database의 레이아웃 Table에 접근하여 불러올 레이아웃 프로젝트명과 프로젝트의 XML Data를 Select 하는 Query 전송한다. 5-1. 수신한 Data가 존재한다면 해당 프로젝트를 불러오는 중이라는 문구 출력과 함께 Main Scene 로딩한다. 5-2. 수신한 Data가 존재하지 않는다면 파일 불러오기 실패 문구 출력과 함께 일정 시간 후 프로그램 종료한다.
주요 기능 설명	
Database 초기화	- Database IP 주소가 들어있는 외부 Data 폴더의 INI 파일 존재 여부 확인한다. - INI 파일 안에 있는 IP 주소 Read - Database 접속 및 Query 전송한다.
Check Parameter	- 프로그램 실행 시 전달된 Parameter 값 분석한다. - 공정 레이아웃 프로젝트 명과 XML Data를 읽어오는 Select Query 전송한다.

[표 4-22] 프로젝트 관리 기능 명세서

모듈 ID : LD002	모듈 명 : 프로젝트 관리 (=Main Manager)	사용 언어 : C#



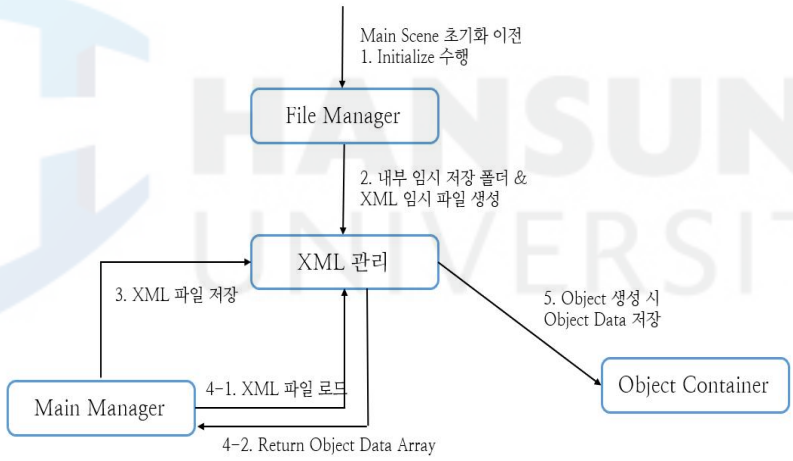
모듈 설명	1. Main Scene 로딩이 완료되면 Main Manager Script에서 Scene 초기화 진행한다.

	2. UI Manager를 통해서 배경 Grid(격자무늬)를 생성, Layout 환경 초기화(카메라 세팅, 변수 값 초기화 등), Title Bar를 불러온 프로젝트 명으로 초기화한다. 3. UI 초기화가 완료되면 불러온 XML Data를 분석하여 오브젝트들을 생성하여 배치한다. 4. 프로젝트 작업 도중 저장 메뉴에 의해 프로젝트를 저장을 할 경우, 저장 버튼 클릭에 대한 Callback 함수로 Main Manager의 Save Data() 함수를 호출함. 현재 배치되어 있는 오브젝트들에 대한 정보를 불러온 프로젝트의 Database Table 필드에 Update Query 전송하여 XML을 덮어쓴다. 5. 프로젝트 작업 도중 불러오기 메뉴에 의해 타 프로젝트를 불러올 경우, 해당 프로젝트의 XML 내용만을 현재 프로젝트에 불러와서 오브젝트 정보만 변경한다. 즉, 불러오기한 프로젝트명과 정보를 모두 불러오는 것이 아닌 XML 오브젝트 정보만 갈아치우는 식으로 현재 프로젝트를 계속해서 진행한다.
주요 기능 설명	
Main 초기화	- 처음 Scene이 로딩이 되면 가장 처음 실행되는 함수로 기본 변수 값 초기화 및 환경 설정 값 불러온다. - UI Manager를 통해서 UI 관련 초기화 진행한다. - 불러온 XML Data가 있을 경우 내용을 분석하여 오브젝트 생성 및 배치 수행한다.
카메라 초기화	- 사용자가 보게 될 화면(=카메라)의 설정값을 초기화한다. - 기본 2D 시점 설정 및 마우스 포인터의 움직임 감시한다. - 휠 조작에 대한 실시간 처리(Zoom In/Out)한다.
ReleaseManager	- Main Manager에 있는 오브젝트 정리 및 List 초기화한다.
오브젝트 생성 (사용자에 의한 생성)	- 사용자로부터 오브젝트 리스트에서 선택한 오브젝트를 생성시킬 때 호출되는 함수이다. - 생성 후 마우스 포인터를 따라다니도록 한다.
오브젝트 생성 (Load에 의한 생성)	- Load 과정 단계에서 프로젝트에 오브젝트들을 생성시킬 때 호출되는 함수로 XML Serialization을 통해서 각각의 오브젝트 정보를 가지고 호출된다.
오브젝트 제거	- 배치된 오브젝트를 선택 후 Delete 키를 누르면 해당 오브젝트를 제거한다.
신규	- 현재 배치된 오브젝트들을 제거하고 프로젝트를 처음 빈 프로

	젝트 상태로 새로 시작한다.
저장	– 현재 배치된 오브젝트들을 XML 형태로 저장하고 Database 레이아웃 Table에 Update Query를 전송하여 덮어쓴다. – Title Bar의 저장여부 표시 제거 및 저장한 시간 업데이트한다.
불러오기	– 열기 대화상자에서 선택한 프로젝트에 대해서 Database의 레이아웃 Table에 접근하여 해당 프로젝트의 XML Data만 가져와 현재 배치된 오브젝트들을 제거한 뒤 불러온 XML Data를 분석하여 오브젝트를 생성 및 배치한다.

[표 4-23] 파일관리 기능 명세서

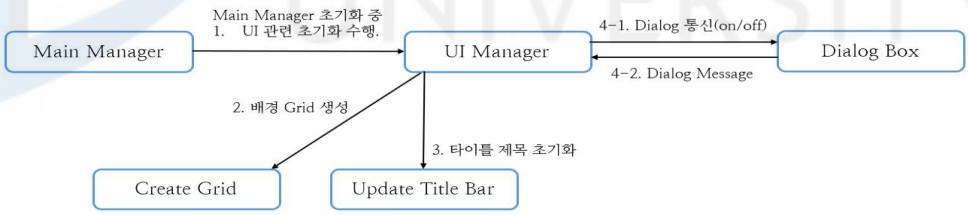
모듈 ID : LD003	모듈 명 : 파일 관리 (=File Manager)	사용 언어 : C#



모듈 설명	1. Main Scene 로드 완료 시 Main Manager보다 한 발 앞서 Initialize 수행한다. 2. 로컬 PC의 문서(Documents) 폴더에 Layout Save 라는 임시저장 폴더를 생성하고 그 안에 현재 프로젝트의 XML 임시 파일을 생성한다. 3. Main Manager를 통해서 Save 함수가 호출되면 File Manager는 이에 대한 임시로 생성해놓은 XML 파일에 기록한다.

	4-1. Database로부터 현재 불러올 프로젝트에 대한 XML 정보를 임시 파일로 우선 저장 후 해당 정보를 분석한다. 4-2. 분석한 XML의 Object 정보를 Main Manager에 반환한다.
주요 기능 설명	
Initialize	- 현재 PC의 문서폴더의 경로에 Layout Save 폴더가 존재하는 지 확인 후 없으면 해당 폴더를 생성한다. - Object Container(오브젝트의 정보를 저장 관리하는 Container 클래스) 객체 생성한다.
XML 파일 저장	- Object Container에 저장된 Object들에 대한 리스트를 객체직렬화로 임시 파일에 XML 형태로 저장한다.
XML 파일 로드	- Database로부터 불러올 프로젝트의 XML 정보를 분석하여 Object Array 형태로 반환한다.

[표 4-24] UI관리 기능 명세서

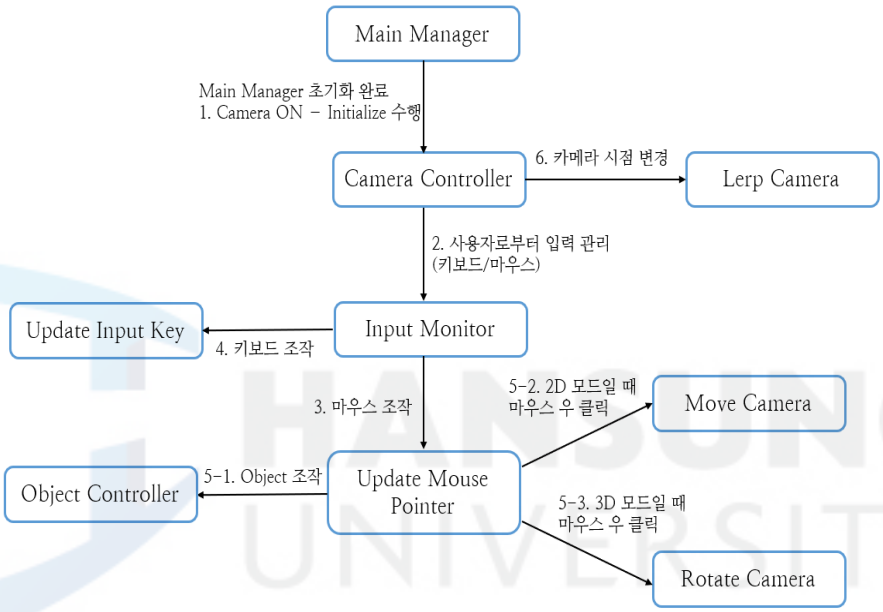
모듈 ID : LD004	모듈 명 : UI관리 (UI Manager)	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. Main Manager로부터 초기화 진행 중 UI Layout 관련 초기화 수행한다. 2. 배경에 그려질 Grid(격자무늬)를 화면에 그림이다. 3. 타이틀 제목을 현재 프로젝트명에 맞추어 현재 날짜 및 시간과 함께 출력한다. 4-1. 메뉴버튼을 통해 Dialog box를 Open. 4-2. 각각의 Dialog에서 입력 혹은 버튼 클릭으로 인한 Callback 함수를 수행한다.	

	• Message Box : 사용자가 메뉴 버튼(신규, 열기, 종료)을 클릭했을 때 현재 프로젝트가 저장되어 있지 않은 경우 저장여부를 묻는 Message Box를 출력한다. 이때 현재 어떤 메뉴 버튼을 눌렀는지 저장 후 Message Box에서 '예', '아니요', '취소' 버튼 클릭에 따른 명령 수행한다.
주요 기능 설명	
Initialize UI	- 변수 초기화, Grid 생성, Title Bar 초기화한다.
Update Title Bar	- 프로그램명-프로젝트명[날짜 및 시간](저장여부) 형식으로 Title Bar 업데이트한다.
Grid 생성	- 배경 Texture에 환경 설정의 Grid Size값에 맞춰 100x100(cm) 단위로 격자무늬 그림으로 표현한다.(카메라 중심=Grid 중심)
UI On/Off	- 전체 UI를 보였다 숨겼다할 수 있게 버튼 클릭 시 동작
카메라 시점 전환	- 2D와 3D 카메라 시점 전환 버튼 클릭 시 동작한다. - 2D 시점일 때는 UI Layout 좌측 하단에 Grid 크기 표시한다. 3D 시점일 때는 Grid 크기를 숨기고 그 자리에 카메라 위치 선택 버튼을 표시한다. - 카메라 시점 전환 시에 Main Manager를 통해 Object들의 그림자를 표시여부를 결정한다. 2D 모드는 상단에서 내려다보는 시점으로 Orthographic(직교투영-거리감 없이 평면으로 모든 사물을 인식)을 사용하므로 그림자 표시를 할 이유가 없다.(비입체적이기 때문에 그림자가 없어야 깔끔하게 보일뿐더러 CPU부하를 줄일 수 있다.) - 3D 모드에서는 입체적으로 사물이 보여야하므로 음영처리를 위한 Object들의 그림자를 그리도록 한다.
메뉴 버튼 조작	- 신규, 열기, 종료 메뉴 버튼을 클릭했을 때 저장여부를 파악하여 저장하지 않았을 경우 Message Box를 출력하고 그렇지 않다면 메뉴버튼에 대한 처리 혹은 열기 버튼은 Open Dialog Box를 출력한다. - 옵션과 물품메뉴는 저장여부와 상관이 없으므로 바로 Sub Dialog Box가 출력된다.
우선순위 작업	- 저장여부를 묻는 Message Box가 출력되고, 해당 Message Box에서 '예' 버튼을 클릭할 경우 저장을 첫 번째로 수행 그리고 선택한 메뉴 버튼의 처리를 두 번째로 수행하도록 한다. - 이때 두 번째로 수행되어야 할 메뉴에 대해서 임시로 기록해놓고 저장이 이루어진 다음 해당 동작이 이루어지도록 한다.

	– '아니요'를 누른 경우 바로 예약된 메뉴 작업을 수행하면 되며, '취소'를 누를 경우 현재 출력된 Message Box를 닫는다.

[표 4-25] 컨트롤러 기능 명세서

모듈 ID : LD005	모듈 명 : 컨트롤러	사용 언어 : C#

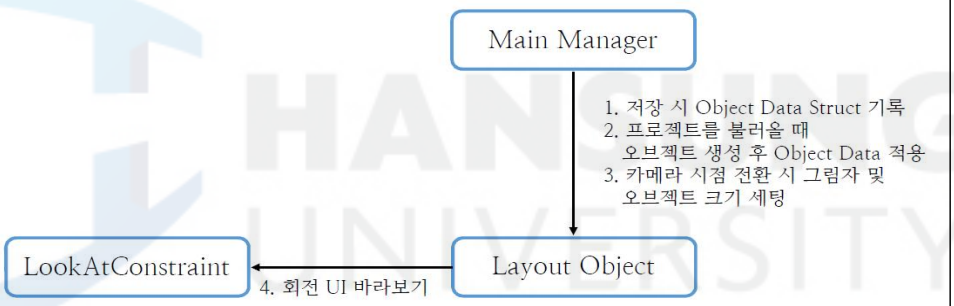


모듈 설명	1. Main Manager의 초기화가 완료되고 검게 Fade Out된 상태의 화면이 유지되는 동안 Camera Controller의 변수 값 초기화를 수행한다. 2. Camera Controller는 화면상에서 이루어지는 여러 가지 사용자 입력 동작에 따른 인터렉션 수행을 처리한다. 사용자로부터 입력을 수행하는 인터렉션 방법으로는 키보드와 마우스가 있다. 이 두 가지의 Input Device를 수시로 모니터하여 입력 값에 대한 동작 처리를 수행한다. 3. 마우스 조작 시 화면 상 빈 공간(Grid 영역)에서 조작할 때, 그리고 오브젝트를 직접 컨트롤할 때, UI 선택 시 Callback 함수 호출 등을 처리한다. 4. 키보드 입력에서는 Hot Key(단축키) 입력에 대한 처리를 수행한다. 5-1. 마우스로 오브젝트를 선택하여 Drag하여 움직일 때 오브

	젝트가 마우스를 따라 움직이도록 처리하는 부분이다. 5-2. 2D 시점에서 마우스 우측 버튼을 누르고 있는 상태로 움직이면 카메라(화면)를 움직일 수 있다. 5-3. 3D 시점에서 마우스 우측 버튼을 누르고 있는 상태로 움직이면 카메라(화면)를 회전시킬 수 있다. 6. 카메라의 시점 변경 시 카메라의 Projection을 Orthographic(2D)과 Perspective(3D)로 옵션을 변경한다.
주요 기능 설명	
Initialize Camera	- 카메라(화면)에 적용되는 변수들 초기화. 기본 시점은 2D로 설정한다. - 카메라와 바닥까지의 거리 계산하여 저장. 위에서 내려다보는 시점에서 3D 시점으로 전환 시 자연스럽게 내려올 때 거리 값이 필요하기 때문이다. - Input Monitor 매 프레임마다 동작하도록 Coroutine(일종의 Thread) 으로 동작하게 한다.
카메라 시점 전환	- 2D/3D 시점 전환 버튼 클릭 시 해당 함수가 동작한다. - 2D → 3D 시점 전환 시 현재 카메라 옵션을 Perspective로 변경하고 카메라가 자연스럽게 Top Down View에서 입체적으로 볼 수 있도록 비스듬히 각도를 부드럽게 내리는 Lerp Camera 함수를 호출한다.
3D 카메라 포지션 변경	- 3D 시점일 때 화면 레이아웃 좌측 하단에 위치한 카메라 화살표 버튼을 누르면 미리 설정된 각도에서 화면을 볼 수 있도록 카메라의 위치와 회전을 변경한다.
Update Input Key	- 사용자로부터 키보드 입력이 이루어지는지 매 프레임을 감시하는 함수이다. - Esc키를 입력하면 오브젝트가 선택되어 있을 때 선택을 취소시킨다. 또는 오브젝트가 생성되어 배치되기 직전일 경우 생성을 취소시킨다. - Delete키를 누르면 선택한 오브젝트를 제거한다.
Update Input Mouse	- 마우스 좌측 버튼 클릭은 주로 버튼 클릭, 오브젝트 선택 및 이동 등을 수행할 때 사용한다. - 마우스 우측 버튼 클릭은 2D 모드일 때는 화면 이동, 3D 모드일 때는 화면 회전에 사용한다. - 마우스 휠을 조작하면 화면을 Zoom In/Out 할 수 있다.
오브젝트 조작	- 오브젝트들은 카메라, 즉 화면으로부터 3D 공간에 위치하여 일정 거리 떨어져 있으므로 오브젝트들을 선택하기 위해 마우스 포인터가 가리키는(카메라 기준) 위치에 일종의 안 보이는 레이저 포인트(=Raycast)를 쏘아 오브젝트에 맞으

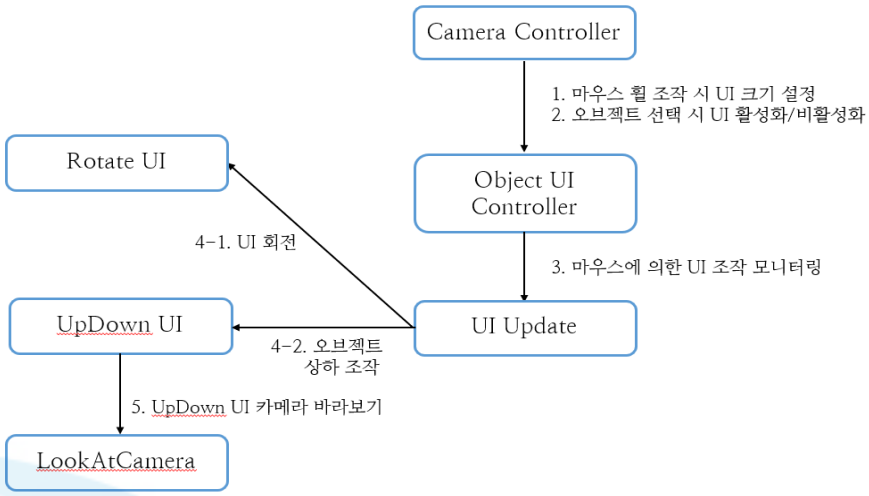
	면 (레이저 충돌=Hit) 해당 오브젝트에 대한 제어권을 가져와 움직이거나 제거하는 등의 조작을 할 수 있다. – 마우스 좌측 버튼을 오브젝트 위에서 한 번 클릭하면 오브젝트를 선택할 수 있고, 선택된 오브젝트를 Drag하면 오브젝트를 이동시킬 수 있다.
카메라 조작	– 빈 공간(Grid 영역)에서 마우스 우측 버튼을 누른 상태에서 움직이면 카메라(화면)를 조작할 수 있다. 모드에 따라서 2D는 이동, 3D는 회전을 하게 된다.

[표 4-26] Layout Object 기능 명세서

모듈 ID : LD006	모듈 명 : Layout Object	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. 프로젝트 저장을 수행할 때 현재 생성되어 배치된 오브젝트들의 내부 정보(=Object Data)를 하나의 구조체(Struct)로 저장하여 Main Manager에서 이 정보를 수집하여 XML 형태로 저장한다. 2. 프로젝트를 불러와 3D 공간에 오브젝트를 생성하여 배치할 때도 불러온 XML Data를 분석하여 각각의 오브젝트들의 Object Data Struct를 생성한 오브젝트 내부의 멤버 변수에 대입시켜 좌표, 각도, 크기 등을 설정한다. 3. 카메라의 시점 전환 시 그림자(음영)를 설정 여부를 결정한다. 4. 오브젝트를 선택하면 오브젝트 주변에 회전 UI가 배치되는데 사용자가 UI를 선택하여 회전 시킬 때 오브젝트가 회전 UI를 바라보며 회전하도록 한다. 이때 환	

	경변수의 회전 각도의 수치만큼 회전시킨다.
주요 기능 설명	
Store Data	– 오브젝트를 저장할 때 오브젝트의 정보를 구조체 변수에 대입한다. – 저장되는 정보로는 이름, 오브젝트 타입, 오브젝트 코드, 좌표와 회전각도, 이동이 가능한 오브젝트인지 여부, 이벤트 정보가 저장된다.
Load Data	– 불러온 프로젝트의 XML Data를 분석하여 각각의 오브젝트 구조체 정보를 생성한 오브젝트 내부 변수에 대입시킨다.
그림자 설정	– 2D 시점일 때는 그림자를 끄고, 3D 시점일 때는 그림자를 켜서 입체적으로 보이게 한다.
회전 UI 바라보기	– 회전할 때(사용자가 회전 UI를 선택하여 움직일 때) 해당 UI를 오브젝트가 바라보도록 설정한다. – 회전 UI는 마우스 포인터의 움직임과 옵션에서 설정한 회전 각도만큼 움직이고 이렇게 움직인 회전 UI를 오브젝트가 바라보며 회전하는 방식이다.
크기 설정	– 2D일 때와 3D일 때의 화면상 오브젝트가 보이는 크기는 다르다. – 그렇기 때문에 오브젝트를 선택하여 나타나는 UI를 오브젝트 주변에 맞춰서 나타나게 하려면 해당 오브젝트를 시점마다 크기를 알아야한다. – 카메라의 옵션 설정에 상관없이 보이는 화면 내 오브젝트까지의 3차원 좌표축을 계산해주는 World To Screen Point라는 내장 함수를 이용하여 오브젝트까지의 거리에 따른 오브젝트 원본의 크기(=Boundary)의 2차원 끝 좌표(좌측상단, 우측하단)를 측정하여 2D/3D 크기를 계산한다.

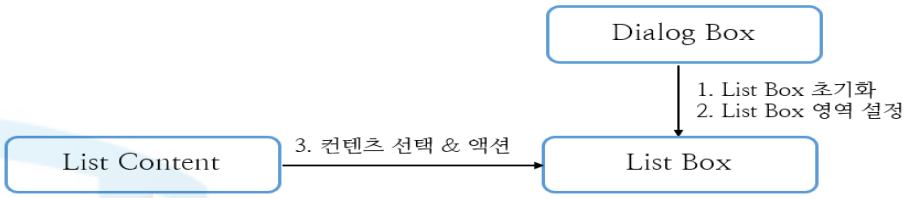
[표 4-27] Object UI Controller 기능 명세서

모듈 ID : LD007	모듈 명 : Object UI Controller	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. Camera Controller를 통해서 마우스의 휠을 조작할 때 이벤트가 발생한다. Object UI Controller의 이벤트 델리게이트 함수에 연결하여 Callback 함수를 연결함으로써 Zoom In/Out할 때 UI의 크기를 설정하게 된다. 2. 오브젝트를 선택하게 되면 UI가 화면에 출력하고 ESC 키를 눌러 오브젝트를 선택을 취소하면 비활성화 된다. 3. 마우스에 의한 UI 조작을 하게 되면 UI도 같이 반응하도록 마우스 포인터의 움직임을 모니터링 한다. 4-1. 회전 UI를 마우스로 움직일 때 마우스를 따라서 UI가 움직인다. 4-2. 3D 시점일 때는 상하 조작 UI가 나타나며 이를 마우스로 조작할 때의 UI 동작을 수행한다. 5. 상하 조작 UI는 카메라 화면이 회전할 때 카메라를 향해서 바라봐야 3D 시점에서 마우스로 선택이 가능한 평면 이미지 상태를 유지하므로 카메라를 지속적으로 바라보게 한다.	
주요 기능 설명		
UI 활성화/비활성화	- 오브젝트를 선택하게 되면 선택한 오브젝트의 크기에 맞춰 이미지의 크기도 같이 설정한다.	

	– UI가 활성화 되면 Update UI 모니터링을 가동한다. – UI가 비활성화 되면 Update UI 모니터링을 중단한다.
Update UI	– UI가 활성화 되면 지속적으로 Rotate UI와 UpDown UI, Look At Camera를 수행한다.
Rotate UI	– 사용자가 회전 UI를 마우스로 조작할 경우 동작한다. – 현재 화면 내 마우스 포인터(=마우스는 모니터 평면에서 움직이므로 2차원 좌표)를 3차원 좌표로 변환한 뒤 이 좌표와 오브젝트 중심좌표에 대한 Vector 방향을 측정한다. – 해당 방향에 대한 회전각도 계산 후 옵션에서 설정한 회전각도 반경만큼만 움직이도록 각도 값을 설정한다. – 해당 각도를 UI에 적용시켜 UI를 회전시킨다. – 오브젝트는 이 UI가 회전하는 것을 바라보면서 회전한다.
UpDown UI	– 3D 시점일 때 상하 조작 UI를 사용자가 마우스로 조작할 경우 동작한다. – 3D 시점에서는 좌표축이 2D 시점일 때와 다르게 3차원 좌표축을 사용하므로 화면 회전 시 축 방향 자체가 달라진다. – 이에 맞춰 선택한 오브젝트에 UI가 나타나야 하므로 중심점(높이 축)은 선택한 오브젝트가 되고, 선택한 상하 조작 UI의 마우스 포인터 좌표(x, y)를 화면상 좌표로 계산한다. – 그리고 상하 조작 UI와 중심점까지의 거리(상하 높낮이)를 계산하여 마우스를 위, 아래로 움직일 때 이 거리가 유지되면서 오브젝트의 높이를 조작하면 UI도 같이 움직이게 된다. – 이때 옵션에서 설정한 높낮이 값만큼 올라간다. 내려가는 것은 바닥을 기준으로 더 이상 내려가지 않는다.
Look At Camera	– 상하 조작 UI가 화면이 회전함에 따라 이미지가 평면을 유지할 수 있도록(마치 움직이지 않은 것처럼) 카메라를 바라보며 같이 움직인다.
UI 크기 설정	– Zoom In/Out은 프로그램 내부적으로 미리 설정된 값에 범위 안에서 동작한다. 그리고 프로그램 처음 동작 시 혹은 카메라 시점 전환 시 기본 값으로 Zoom 값이 설정된다. – 이 기본 값보다 작게, 즉 Zoom In할 경우 확대가 되므로 UI가 크게 보이지 않도록 크기를 Zoom In 크기에 맞추

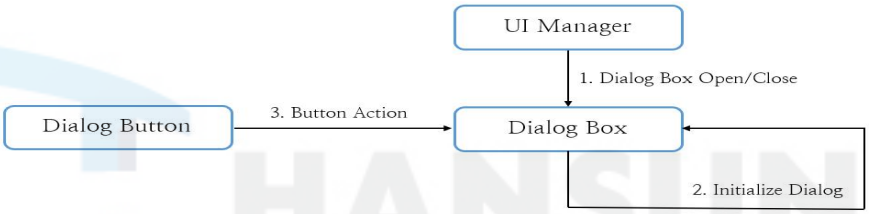
	어 적절히 줄여준다. - 반대로 확대된 상태에서 Zoom Out을 하면 다시 크기를 키워 오브젝트가 작게 보이더라도 UI는 크게 보여 조작이 원활하도록 한다. - 기본 값을 넘어가면 더 이상 크기는 변하지 않고 고정된다.

[표 4-28] List Box 기능 명세서

모듈 ID : LD008	모듈 명 : List Box	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. List Box가 포함된 Dialog Box가 띄워져 화면에 보이게 되면 가장 처음 초기화 단계를 거친다.(프로그램 실행 도중 한 번만 수행) 2. List Box가 띄워져 화면상에 보일 때 List Box의 Content들을 담고 있는 영역의 크기를 Content 개수와 전체 크기에 맞춰 크기를 조절한다. 3. Content를 선택하거나 특정한 액션을 취할 때 List Box에 Callback한다.	
주요 기능 설명		
List Box 초기화	- 해당 List Box의 기본 세팅이 Horizontal(수평 List)인지 Vertical (수직 List)인지 파악 후 기본 크기를 설정한다. - List Box를 상속받는 Child 클래스들은 이 부분을 Override하여 각각의 특성에 맞는 List Box 초기화를 수행한다.	
영역 크기 조절	- List Box를 상속받은 Child 클래스에서 초기화할 때 해당 List Box 내부의 Content들을 담아낼 영역 크기를 세팅한다. - 수평 혹은 수직, 복합 List 여부를 파악 후 해당 타입에 맞춰 여백과 Content 개수, Content 개별 크기를 조합하여 전체	

	영역 크기를 설정한다.
Content 선택	– List Box 내부의 Content를 선택하면 선택 여부를 List Box에 전달한다. – 이전에 선택된 Content가 있다면 해당 Content의 선택을 해제하고 현재 선택한 Content를 활성화된다.
Content Action	– Content를 선택하고 특정 Action에 대한 부분은 각각의 Child List Box에서 Override하여 설정한다.

[표 4-29] Dialog Box 기능 명세서

모듈 ID : LD009	모듈 명 : Dialog Box	사용 언어 : C#
		
모듈 설명	1. UI 메뉴(저장여부 Message Box, 열기, 옵션, 물품메뉴) 버튼을 눌렀을 때 Dialog Box Open하고 취소 버튼 혹은 X버튼을 눌러 Dialog Box를 닫으면 Close 수행한다. 2. Dialog Box를 Open하면 Initialize 수행한다. 3. Dialog Box에 있는 Button들이 있을 경우 해당 Action 이벤트를 발생한다.	
주요 기능 설명		
Dialog 초기화	– Dialog Box의 초기화는 Dialog Box가 Open될 때 수행되며, 이때 Dialog Box 내부에 있는 List Box를 초기화도 같이 수행한다.	
Dialog Show/Close	– UI Manager에서 메뉴 버튼을 눌러 Dialog Box를 Open시킬 때 Dialog를 띄우고 취소 버튼 누르거나 X버튼을 눌러 Close시킬 수 있다.	
ButtonAction	– Dialog Box 내부에 있는 버튼을 눌렀을 때 각각의 Dialog Box를 상속받은 Child Dialog Box의 Button Action 수	

	행한다.

(4) 개발결과

(가) 기능 최적화

① 환경 변수(옵션 기능) 추가

- 옵션 메뉴를 추가하여 사용자가 직접 환경 변수 값을 조절 [그림 4-47]을 참조하여 세밀한 작업이 가능하도록 기능을 추가하였다.
- 환경 변수 값으로는 화면 이동 및 회전 속도, Grid 크기(=격자무늬 개수), 오브젝트 상하 조작 시 높이 제한, 오브젝트 회전 Snapping 각도 및 오브젝트 이동 Snapping 간격의 값을 조절할 수 있다.
- 환경 변수 값들은 최소/최댓값 범위를 가지고 있으며, 사용자가 자신의 스타일에 맞게 조정이 가능하다.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class GlobalVariables : MonoBehaviour {

    public static int _GCamMoveSpeed = 5;
    public static int _GCamRotateSpeed = 5;
    public static int _G2DGridSize = 40;
    public static int _GHeightLimit = 3;
    public static int _GObjectRotateAngle = 15;
    public static int _GObjectMoveInterval = 10;
    public static bool _GVRView = true;

    public static void SaveData()
    {
        PlayerPrefs.SetInt ("CamMoveSpeed", _GCamMoveSpeed);
        PlayerPrefs.SetInt ("CamRotateSpeed", _GCamRotateSpeed);
        PlayerPrefs.SetInt ("2DGridSize", _G2DGridSize);
        PlayerPrefs.SetInt ("HeightLimit", _GHeightLimit);
        PlayerPrefs.SetInt ("ObjectRotateAngle", _GObjectRotateAngle);
        PlayerPrefs.SetInt ("ObjectMoveInterval", _GObjectMoveInterval);
        PlayerPrefs.SetInt ("VRView", (_GVRView) ? 1 : 0);
    }

    public static void LoadData()
    {
        if (!PlayerPrefs.HasKey ("CamMoveSpeed")) {
            SaveData ();
            return;
        }

        _GCamMoveSpeed = PlayerPrefs.GetInt ("CamMoveSpeed");
        _GCamRotateSpeed = PlayerPrefs.GetInt ("CamRotateSpeed");
        _G2DGridSize = PlayerPrefs.GetInt ("2DGridSize");
        _GHeightLimit = PlayerPrefs.GetInt ("HeightLimit");
        _GObjectRotateAngle = PlayerPrefs.GetInt ("ObjectRotateAngle");
        _GObjectMoveInterval = PlayerPrefs.GetInt ("ObjectMoveInterval");
        _GVRView = (PlayerPrefs.GetInt ("VRView") > 0) ? true : false;
    }
}
```

[그림 4-47] 환경 변수(옵션 메뉴)에 대한 스크립트

② Snapping 기능 보완

- 정밀한 Snapping 조작과 함께 환경 변수를 이용하여 사용자가 정밀하게 조작할 수 있도록 제공하며, 오브젝트 이동뿐만 아니라 회전에도 적용・업그레이드가 가능하다.
- 오브젝트의 어느 지점을 클릭하더라도 그 위치를 기준으로 움직이므로 정밀한 작업이 가능하다.

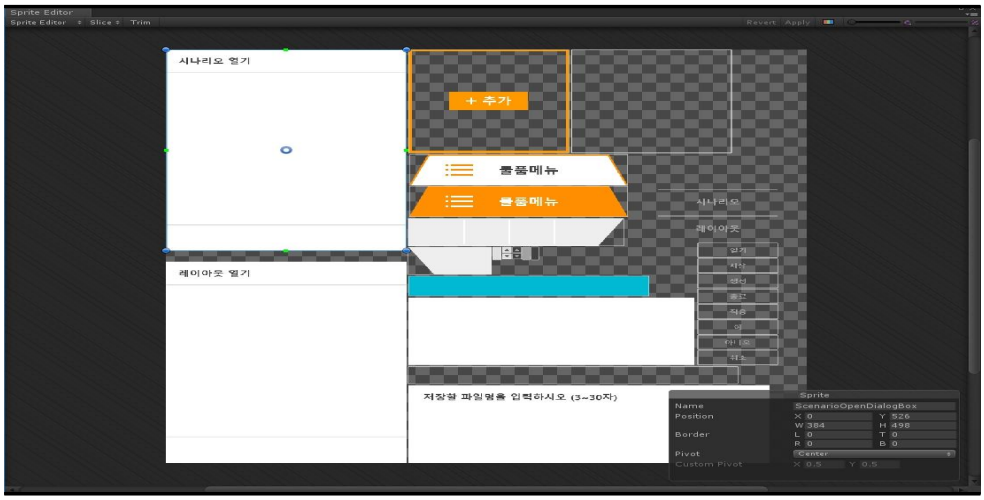
③ 코드 최적화

• 해당 코드 설계를 부분적으로 다시 파악하여 필요 없는 코드는 제거하고 기능적으로 공통적인 부분에 대해서 상위 기저 클래스를 만들어 해당 클래스를 상속하여 하위 클래스를 각각 구성하는 방식으로 설계하였다.
• 재설계를 통해 코드 관리가 수월해짐과 동시에 유지보수가 용이하고, 문제 발생 시 어느 지점에서 문제가 발생했는지를 손쉽게 알 수 있게 된다. 또한 코드의 확장성이 높아짐에 따라 추후에 업데이트 작업 시 빠르게 적용할 수 있게 되었다.

(나) 레이아웃 최적화

① UI 이미지 교체 및 레이아웃 제작

• UI 이미지 중 Icon 형태(메뉴 버튼 등)의 경우 크기를 통일하여 하나의 큰 이미지 안에 여러 조각의 Icon 이미지들이 일정 간격으로 분포되는 Sprite 이미지 방식으로 Texture를 구성하였다.
• 이렇게 되면 메모리상에 한 장의 이미지만 불러오면 되기 때문에 여러 장의 이미지를 불러오는 것보다 매우 효율적이다.
• 레이아웃을 상, 하단으로 구성하여 사용자가 좀 더 설계 영역에 집중할 수 있도록 레이아웃을 재구성하였다.
• 또한 사용자가 각각의 UI 내용들을 알아보기 쉽도록 심플한 단색과 텍스트로 레이아웃을 구성하였다.



[그림 4-48] Unity Engine에서 Sprite Editor로 UI Texture를 Sprite로 분리

② 물품메뉴 List 제작

- 레이아웃의 구성을 상·하로 나누어 하단에 물품메뉴를 배치하였다.
- 물품메뉴 버튼을 클릭하면 물품메뉴 List 창이 화면 하단으로부터 화면의 절반가량 위로 올라와 오브젝트들의 List를 보여준다.
- 보통 모니터는 16:9와 같이 가로 길이가 세로에 비해 넓기 때문에 한 번에 많은 양의 오브젝트들을 볼 수 있도록 구성하였다.
- 오브젝트들이 추가됨에 따라 자동으로 영역을 계산하여 좌측에서 우측으로 영역이 늘어나고 화면을 넘어갈 경우 스크롤이 생성되어 휠 조작으로 스크롤을 조작하여 오브젝트들을 볼 수 있다.

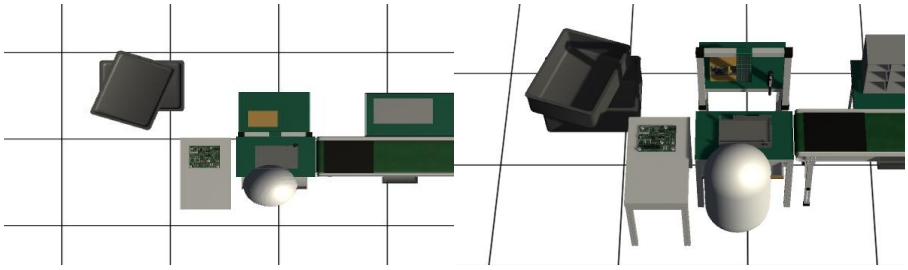
(다) 리소스 최적화

① 오브젝트 리소스 추가 및 세분화

- 오브젝트를 환경, 완성형, 부품, 도구, 장비, 기타와 같이 세분화하여 관리 및 확인 할 수 있도록 하였다.
- 다양한 오브젝트들을 추가하여 보다 dynamic한 공정 레이아웃 설계를 가능하게 하였다.

② 그림자 음영 적용

- 카메라 시점 전환에 따른 오브젝트의 음영 처리 기능을 추가하여 품질을 향상시켰다.



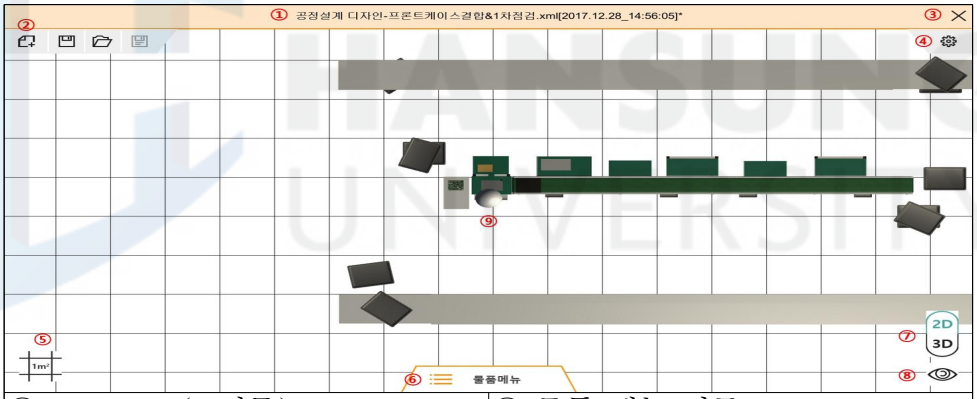
[그림 4-49] 그림자 음영 적용 - 2D(왼쪽) / 3D(오른쪽)

(5) 프로그램 인터페이스 및 매뉴얼

(가) 화면 인터페이스

① 2D 모드 화면 인터페이스

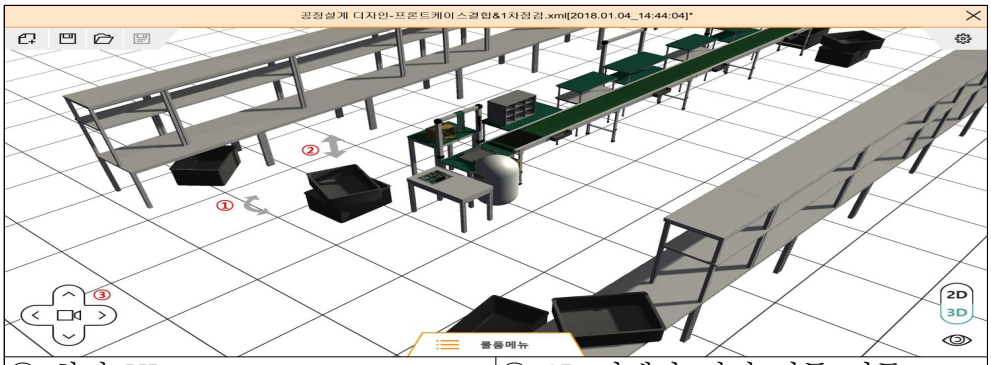
[표 4-30] 2D 시점 인터페이스 설명



① Title Bar(=제목)	⑥ 물품 메뉴 버튼
② 메뉴(좌측부터 신규, 저장, 열기, 다른 이름으로 저장-비활성화)	⑦ 2D/3D 카메라 시점 전환 버튼 - 푸른색으로 된 버튼이 현재 활성화된 모드
③ 프로그램 종료버튼	⑧ UI 보이기/숨기기
④ 옵션 버튼	⑨ 중심점 / VR 사용자 시작 지점
⑤ Grid 한 칸 크기	

② 3D 모드 화면 인터페이스

[표 4-31] 3D 시점 인터페이스 설명

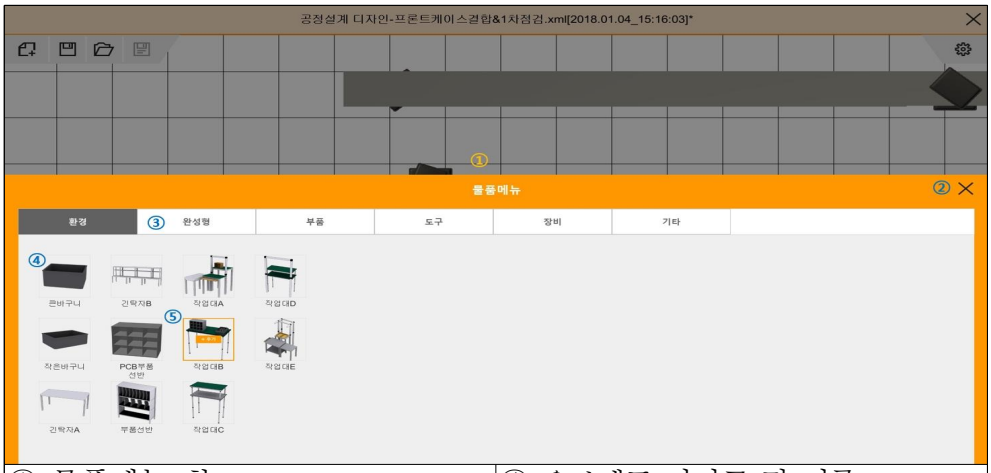


① 회전 UI ② 상하 조작 UI	③ 3D 카메라 시점 이동 버튼 - 중심 위치를 기준으로 화살표 방향은 카메라가 바라보는 방향(위쪽 화살표=카메라가 뒤에서 중앙 캡슐을 바라보는 시점) - 가운데 카메라 모양 버튼은 위에서 아래로 보는 시점

③ 물품메뉴 인터페이스

HANSUNG UNIVERSITY

[표 4-32] 물품메뉴 인터페이스 설명



① 물품메뉴 창 – 뒤의 배경은 검은색 반투명 처리하여 다른 UI들은 비활성화로 인식될 수 있도록 암묵적으로 전달 ② 물품메뉴 창 닫기 버튼 ③ 오브젝트 타입 별 탭 버튼	④ 오브젝트 아이콘 및 이름 ⑤ 오브젝트 아이콘 선택 시 추가 버튼 활성화 – 오브젝트를 한 번 누르면 나타나고 한 번 더 누르게 되면 물품메뉴 창이 닫히고 레이아웃 설계 영역에 오브젝트가 생성되어 배치하게 되면 다시 물품메뉴 창 활성화

(나) 사용자 입력 인터페이스

① 키보드

[표 4-33] 키보드 입력 인터페이스 설명

입력 키	설명
ESC	– 오브젝트를 선택한 후 키를 누르면 선택을 취소함. – 물품메뉴를 통해 오브젝트를 추가 및 배치하기 전(=오브젝트가 마우스를 따라다니는 단계)에 키를 누르면 배치를 취소하고 물품메뉴로 다시 돌아감.
Delete	– 오브젝트 선택 후 키를 누르면 해당 오브젝트 제거.

② 마우스

[표 4-34] 마우스 인터페이스 설명

① 마우스 이동
- 오브젝트를 마우스 왼쪽 누른 상태(②번)에서 Drag하여 이동하면 오브젝트 이동한다.
- 오브젝트 UI(회전 및 상하조작)를 마우스 왼쪽 누른 상태로 움직이면 오브젝트 회전 및 상하 이동을 수행한다.
- 마우스 오른쪽 누른 상태(③번)에서 Drag하면 2D 시점일 때는 화면 이동, 3D 시점일 때는 화면을 회전한다.

② 마우스 왼쪽 클릭
- 오브젝트 선택 및 UI 선택

③ 마우스 오른쪽 클릭
- 화면 조작할 때 사용(설명 ①번 내용 참조)한다.

④ 마우스 휠 위/아래 조작
- 휠을 위로 올리면 Zoom In
- 휠을 아래로 내리면 Zoom Out

HANSUNG UNIVERSITY

제 5 절 가상현실 기반의 테스트베드 시스템

1) 개요

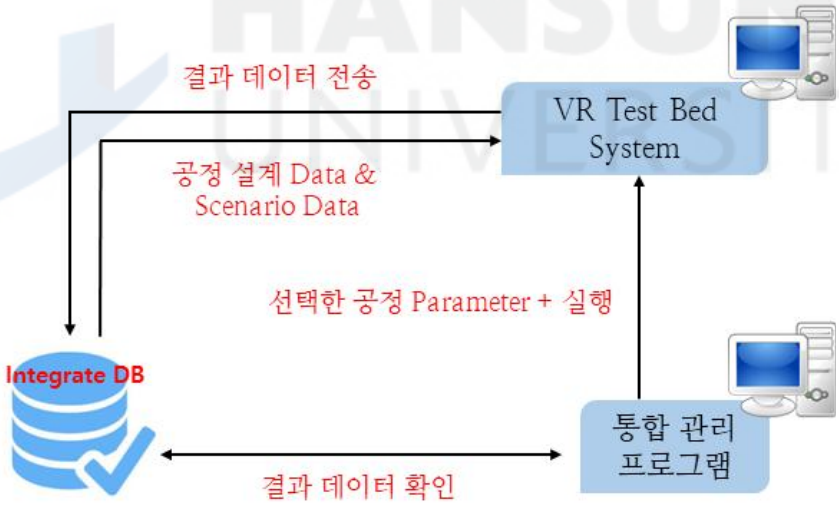
작업자들이 변화된 공정에 투입되기 전 가상현실 테스트베드 시스템을 통해 가상현실에서 미리 공정내의 작업과정을 체험해볼 수 있는 기술 개발이다.

작업별 시나리오에 맞추어 작업 훈련을 하면서 문제점 및 시간 측정 등을 통해서 부분적으로 테스트 및 반복 수행할 수 있도록 하는 기능을 개발하려 한다.

2) 프로그램 설계 및 구현

가) 가상현실 기반의 테스트베드 시스템 설계

(1) 외부 DB 연동 및 VR공간 생성



[그림 4-50] VR 외부 프로그램 및 DB 연동

(가) 통합관리 프로그램과 연동하여 가상현실 기반의 테스트베드 시스템 실행

① 통합 관리 프로그램에서 특정 시나리오를 선택하여 프로그램을 실행시킨다.

② 실행과 함께 선택한 작업 시나리오를 파라미터 규약에 맞춰 전달한다.

가상현실 테스트베드 프로그램에서는 실행이 됨과 동시에 통합 관리 프로그램에서 전달받은 파라미터를 분석하고, 이에 해당하는 작업 시나리오 Data를 Database에 Query 요청하여 전송받는다.

③ Database에 접속하기 위해 프로그램이 설치된 폴더 경로에 '프로그램명_Data' 폴더에 있는 DatabaseIP.ini 파일의 존재 여부와 ini 파일 내용에 접속하고자 하는 Database의 IP 주소가 제대로 들어가 있는지 확인한다.

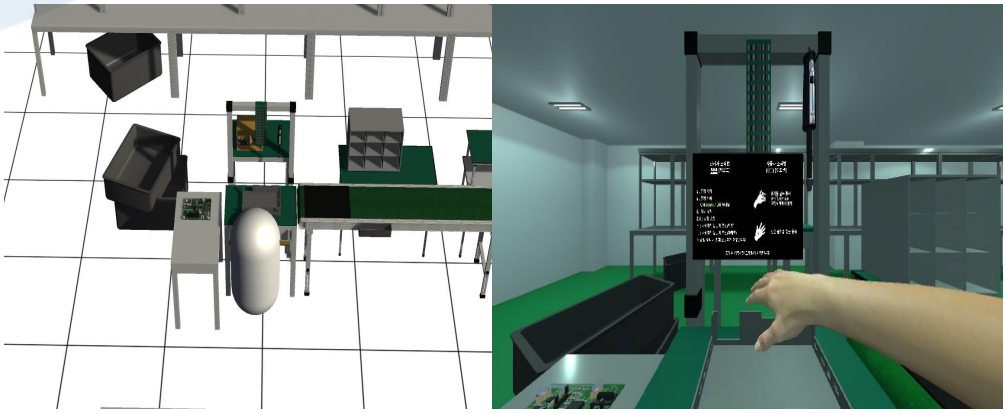
④ 위의 확인 과정이 실패하거나 Database 접속이 실패할 경우 프로그램은 로드 실패 문구 출력 후 종료된다.

(나) 가상현실 공간 생성 자동화

① 3D 공간을 직접 엔진 상에 구현하여 프로그램 실행과 함께 로드가 되는 형태는 개발자가 일일이 직접 공간을 구성해야하는 번거로움이 있다.

② 그에 따른 불편함을 제거하고자 공정 레이아웃 설계 프로그램에서 만들어진 공정 레이아웃 XML Data를 분석하여 각 오브젝트가 배치된 위치와 각도 등의 정보를 분석하여 3D 공간에 배치함. 이때 로드하는 과정이 추가되었다.

③ 3D 공간 생성 후 각 오브젝트별로 시나리오 데이터 적용하여 플레이어 위치 설정한다.



[그림 4-51] 공정 생성 자동화로 VR Test Bed 3D 공간 구축
왼쪽 : 작업 레이아웃 설계에서 작업한 작업 설계
오른쪽 : VR Test Bed에서 작업 설계를 기반으로 생성한 3D 공간

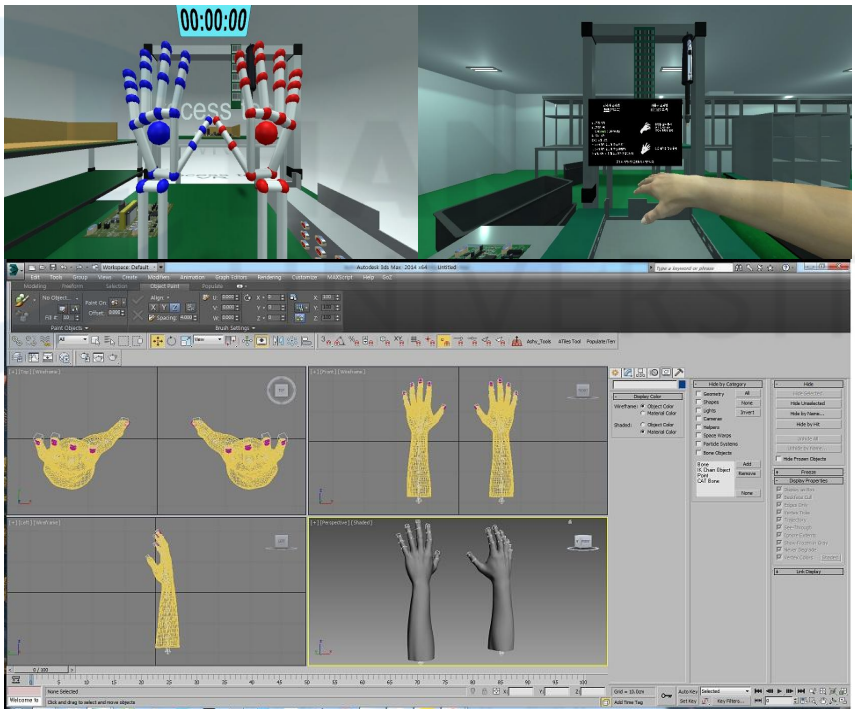
(2) 손 모델링 제작

(가) 사람 손 모양을 본뜬 모델링 제작

① Leap Motion SDK에서 기본 제공해주는 모델링 소스를 사용하는 경우 가상공간에서 작업자가 작업하는 모습을 현장감 있게 보여주기에는 부족한 면이 많아(뼈 모양의 손 모델) 선택사항에서 제외하였다.

② 가상현실에 취지에 맞게 작업 환경이 실제와 유사하도록 실제 사람의 팔과 같은 모델링을 제작하여 기본 제공해주는 손 모델링을 대체하였다.

③ Leap Motion SDK에서 손에 대한 본(뼈마디) 구조를 Documentation에서 알려줌으로 해당 구조에 맞게 손을 제작하면 Leap Motion(센서)이 손을 인식하여 3D상의 손이 1:1 매칭이 된다.



[그림 4-52] Hand Modeling Change

(3) 시나리오 이벤트 코드 체계화

(가) 시나리오 이벤트 Base Script 작성

① 각각의 이벤트들의 공통적인 부분들을 모아 Base Script를 작성하였다.

② Base Script를 상속하여 각각의 Child Event Script들을 사용하여 각각의 시나리오 이벤트들을 재정의 하였다.

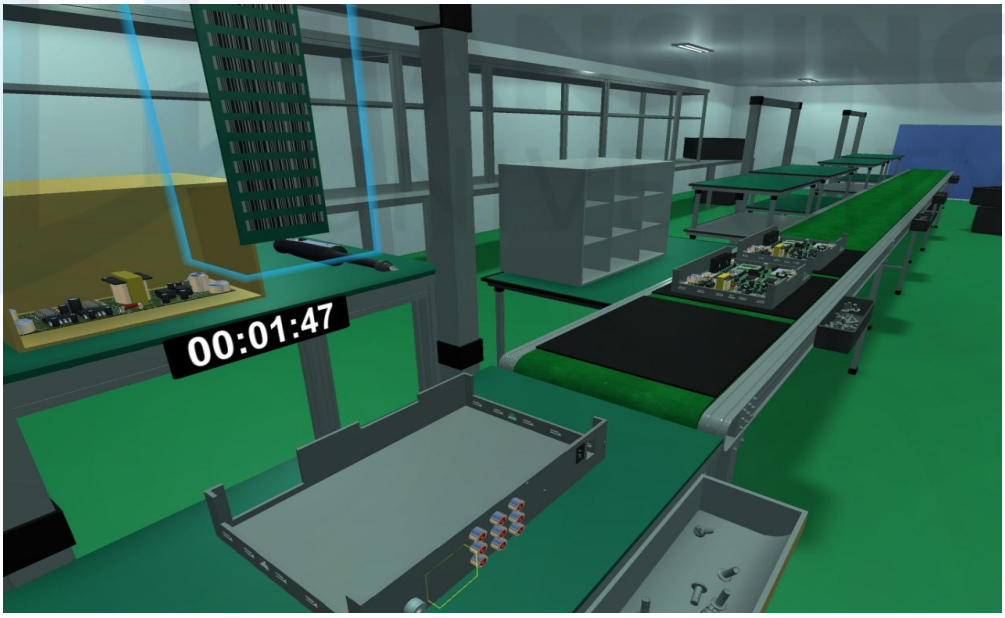
③ 이벤트는 크게 결합(Combination), 생성(Creation), 부착(Magnetic)으로 나누고, 반복적인 결합 작업의 경우, 횟수와 해당 이벤트 정보를 가지는 Combination Child Event Script를 따로 작성하였다.

(4) 시간 측정 및 결과 데이터 업로드

(가) 시나리오 이벤트 단위시간 측정

① 작업 시작 후 이벤트가 발생한 시점의 시간들을 측정하여 이벤트 시간 List에 추가한다.

② 작업이 모두 완료되면 측정한 시간들을 모두 외부 Database의 결과 Table(VR_Test_Detail)에 전달한다.



[그림 4-53] 각각의 작업별 타이머 표시

(5) UI/UX 제작

(가) 도움말 이미지 추가

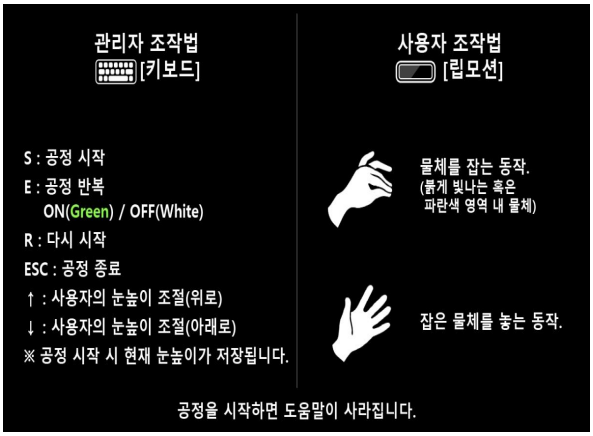
① 사용자(작업자)가 처음 가상현실 테스트베드 시스템을 접한 경우 도움말이 존재하지 않는다면 이용에 불편을 겪을 수 있어 제작하게 되었다.

② 이후 디자인 작업을 통하여 도움말 이미지를 제작 배치하였다.

③ 배치한 이미지는 프로그램 시작 시, 그리고 공정 재시작 시 화면에 보이는데, 3D 공간에 VR HMD를 착용하고 봐야하기 때문에 사용자의 머리의 움직임에 따라 상하 고정하여 좌우로만 부드럽게 화면 중앙으로 위치하도록 움직이도록 하였다.

[표 4-35] 도움말 이미지 구성도

사용자 조작법[립모션]	
손으로 집는 모양 이미지 (검지와 중지, 엄지가 맞닿은 모양.)	물체를 잡는 동작. (붉게 빛나는 혹은 파란색 영역 내 물체)
손을 쫙 편 모양의 이미지.	잡은 물체를 놓는 동작.



[그림 4-54] 도움말 이미지

(나) 이벤트 지시 UI 및 Leap Motion 장치 연결 상태 UI

① 공정을 시작하게 되면 작업 시나리오 이벤트 순서에 맞는 오브젝트가 이벤트 활성화되며, 이때 사용자의 화면 앞에 해당 오브젝트가 보이지 않을 경우, 즉 오브젝트가 다른 방향에 위치하고 있다면 그쪽으로 볼 수 있도록 화살표 UI가 사용자의 HMD 중앙에 깜빡인다.

② Leap Motion 장치를 PC에 연결하지 않으면 사용자의 화면 중앙을 대부분 가릴 정도의 크기로 Leap Motion 연결이 필요하다는 이미지가 출력된다.

③ 해당 이미지가 나와 있는 동안에는 공정 시작을 할 수 없도록 한다. 즉, 키 입력이 불가능(ESC키-종료-는 유효)

④ Leap Motion 장치를 PC에 연결하면 이미지는 사라지고 정상적으로 키 입력을 받을 수 있게 되어 작업을 시작할 수 있다.

[그림 4-55] 시나리오 이벤트 오브젝트 화살표 지시 UI

(다) Highlight 표시

① 사용자가 시나리오 이벤트에 맞춰 순서대로 작업을 진행할 때 해당 오브젝트가 어떤 것인지를 알 수 없기 때문에 현재 작업해야 될 오브젝트 테두리에 특정 색상 효과를 적용하여 쉽게 인지할 수 있도록 하였다.

② 각 색상별로 이벤트 종류가 다르며, 색상에 대한 정보를 사용자가 인지하지 않더라도 공정 작업을 하는데 무리가 없다. 이유는 대부분의 이벤트가 손을 이용한 Interaction 이벤트이기 때문에 접근하기가 쉽기 때문이다. 오

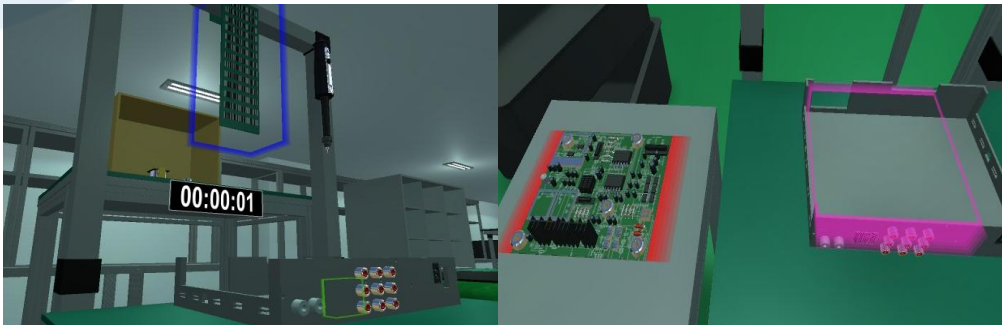
히려 설명 문구를 표시하면 색상이라는 부분에 의해서 혼동할 수 있기 때문에 시나리오 순서에 맞게 진행하는데 색상의 종류를 반드시 알아야 할 필요는 없다.

③ 색상은 크게 파란색(박스 형태), 빨간색(테두리), 색상 변환(박스 형태)으로 나뉜다. 색상 변환이란, 여러 가지 색상으로 색이 실시간으로 자연스럽게 변하면서 해당 영역을 표시해주었다.

④ 파란색 영역은 바코드, 나사와 같이 Creation 이벤트가 발생하는 영역을 표시해준다. 이 영역에 사용자의 손이 들어가면 바코드, 나사와 같은 오브젝트가 생성되고, 이를 사용자가 손으로 집어서 다른 이벤트를 수행하는데 사용한다.

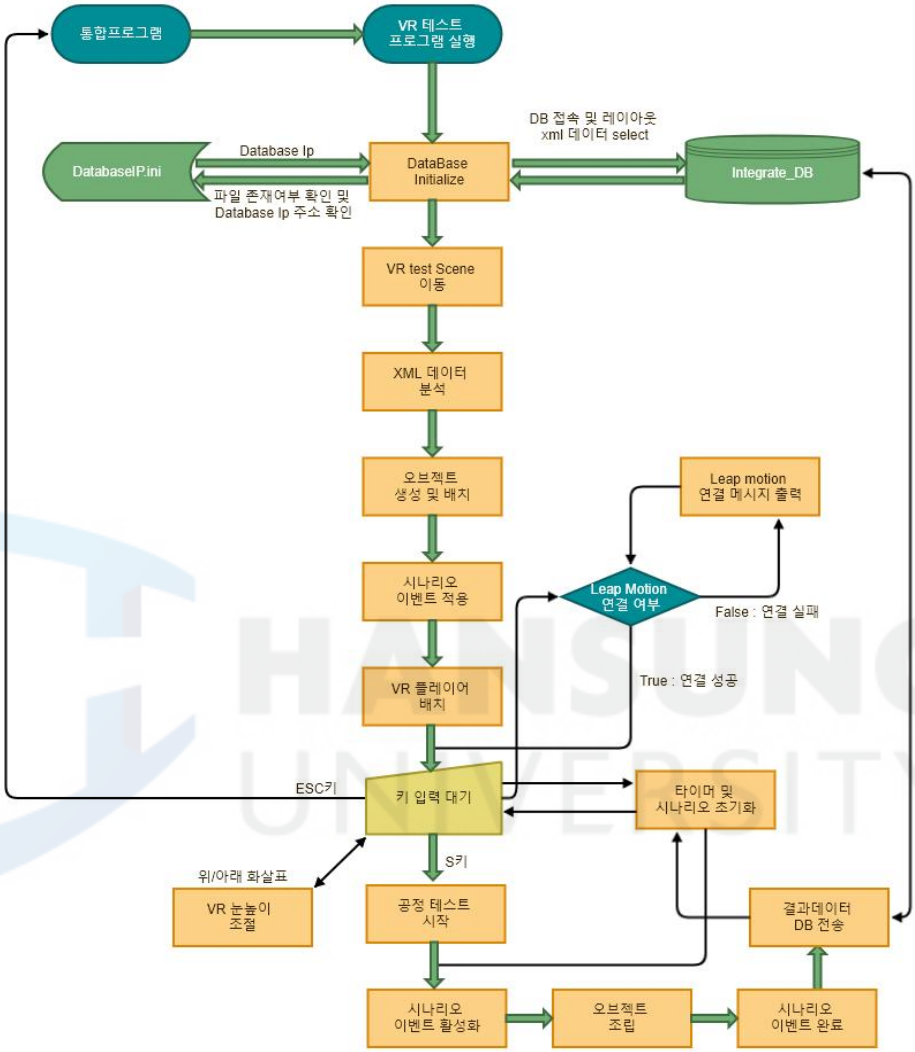
⑤ 빨간색 테두리로 표시되는 오브젝트는 시나리오 이벤트에서 현재 조립을 진행해야 되는 오브젝트를 표시한다. 또한 잡을 수 있는 오브젝트를 의미하기도 한다.

⑥ 색상 변환 영역은 시나리오 이벤트 순서에 맞는 오브젝트를 조립시키는 영역을 표시해준다. 해당 영역에 시나리오 이벤트 순서에 맞는 오브젝트를 집어다 넣으면 해당 위치에 오브젝트가 조립되고 잡고 있던 오브젝트는 사라지게 된다.



[그림 4-56] 이벤트 Highlight

나) 가상현실 테스트베드 시스템 알고리즘



[그림 4-57] VR Test Bed System 알고리즘 구조

다) Issue사항

(1) VR 3D Object와 Leap Motion 3D Hand의 물리, 충돌영역을 설정한다.

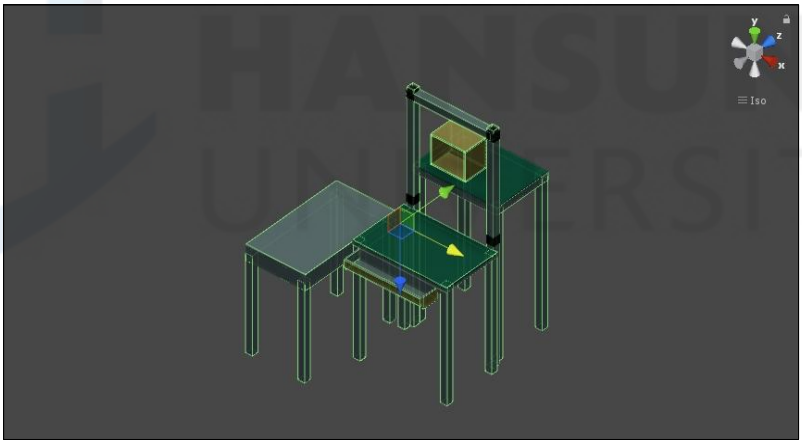
(가) 3D Object 설정

① Leap motion 센서에 의해서 실제 손을 인식하게 되면 가상의 손이 3D 공간에 생성되어 실제 손의 움직임에 맞춰 1:1 매칭해서 움직이게 된다.

② 가상의 공간에 있는 물체와의 Interaction을 하기 위해서는 가상의 3D 오브젝트에 물리(Physics)와 충돌(Collider) 영역을 설정해야 된다.

③ 현실에서의 물체의 물리적인 효과, 즉 물체를 공중에서 놓아 떨어뜨리게 되면 중력에 의해 떨어지고, 물체와 물체, 혹은 물체와 바닥 등과 같이 표면과의 충돌로 인해 튕겨나가는 등의 물리적인 효과가 발생한다. 현실에서는 이와 같은 현상이 일어나기 위해 물체의 표면이 곧 충돌영역이 되는데, 3D 가상공간에서는 물체의 표면, 즉 3D 오브젝트의 재질(Material in mesh)과 충돌 영역은 따로 설정되게 된다.

④ 3D 공간에서는 충돌에 따른 물리적인 효과를 내기 위해 수학적인 공식에 의해 연산이 이루어진다. 그렇기 때문에 그에 맞는 충돌 영역이 설정되어야 하는데 보통 사각형, 원, 타원 등과 같이 기하학의 기본 모양을 사용하여 물체의 충돌 영역을 설정한다.



[그림 4-58] 연두색 선으로 표시된 영역이 물리적인 충돌(Collider) 영역

⑤ 충돌 영역을 설정하게 되면 해당 물체는 다른 충돌 영역이 있는 물체와 물리적인 충돌이 이루어질 수 있는 기본적인 단계가 된다. 하지만 물리(Physics)가 없다면 충돌은 발생하지 않기 때문에 Leap motion으로 생성된 손과 Interaction하기 위해서는 반드시 3D 오브젝트에 Physics가 적용되어야 한다. Physics가 없이 Collider만 존재할 경우 이는 고정된 물체로 인식하게

된다. 예를 들면 건물의 벽, 고정된 책상과 같은 물체처럼 어느 한 곳에 고정되어 있는 물체와 같다고 보면 된다.

(나) Leap Motion 설정 및 Interaction 과정

① Leap motion에 의해 만들어진 가상의 3D 손으로 해당 오브젝트들과의 Interaction을 수행하기 위해서는 손 자체에도 물리와 충돌 영역을 설정해야 하지만, 기본적으로 Leap motion에서 제공되는 SDK를 사용하면 손가락 마디마다 충돌 영역과 물리를 자동으로 설정해주기 때문에 따로 설정할 필요가 없다.

② Physics가 적용된 두 물체가 부딪히면 충돌이 일어나 튕겨져 나가버리는 물리적인 효과가 발생하게 되기 때문에 실제로 Physics가 적용된 가상의 손은 Leap motion 센서에 인식되는 실제 손과 1 : 1 매칭이 되므로 가상의 손과 맞닿는 Physics가 적용된 모든 물체는 다 튕겨져 나가버리게 된다. 그렇기 때문에 실제 Interaction이 이루어질 오브젝트들의 충돌 영역을 손과는 충돌이 발생되지 않도록 무시(Ignore)해야 한다. 이는 Unity Engine에서 Physics 설정을 통해 특정 Layer(오브젝트의 Type)들 간의 물리적인 상호작용을 해제하면 된다. 이렇게 되면 현실 공간에서 움직이는 대로 가상의 손이 움직이다 물체를 건드려 날아가 버리는 사태를 예방할 수 있다.

③ 손을 움직여 물체와 Interaction을 수행하기 위해서는 먼저 가상의 손에 스크립트를 부착하여 매 프레임(1/30초)마다 손의 상태를 체크해야 한다. 손의 상태는 크게 '아무것도 잡지 않은, 손을 편 상태(released)'와 '물체를 잡기 위해 손을 움켜 쥔 상태(Grabbed)', '잡고 있는 물체를 놓기 위해 쥔 상태의 손을 펴는 중간 단계(releasing)'의 3가지 상태로 구분한다.

④ 처음 Leap motion이 손을 인식하게 되면 기본 상태는 '아무것도 잡지 않은' 상태로 인식된다. 이 상태에서는 손의 움직임과 방향을 계산하고, 손을 움켜쥐는 정도(Strength)를 측정하여 손의 상태를 수시로 파악한다. 그리고 손을 움켜쥐는 정도를 측정하는 동시에 검지와 엄지의 접점 거리의 중심점 좌표를 측정하여 물체를 잡았을 때 물체를 잡게 되는 중심점 또는 밑에서 설명할 탐색 단계의 원점 좌표로 사용하게 된다.

⑤ 탐색 단계란, 가상의 3D 손 주변에 Interaction이 가능한 3D 오브젝트가

있는지 탐색하는 것이다. Unity의 라이브러리 함수들 중에 OverlapSphere(Vector3 position, float radius, int layerMask)라는 함수를 이용하여 원점으로부터 반지름 길이만큼의 3차원 구를 만들고 지정한 Layer에 해당하는 오브젝트만을 수집하여 겹치는 오브젝트의 Collider(충돌 여부를 체크하는 함수이므로 반환이 Collider 타입)들을 반환한다. 이 충돌체들을 하나씩 반복문을 통해 가장 손하고 가까운 물체를 찾아낸 뒤 해당 오브젝트를 저장해 놓는다. 이 탐색 기능은 손을 펴고 아무것도 잡지 않은 상태에서만 동작한다. 아래는 탐색 단계에서 물체를 찾는 기초 공식이다.

※ Unity 라이브러리 OverlapSphere 사용

- Collider[ ] 반환받을 Collider 배열 변수 = Physics.OverlapSphere(원점, 반지름, Layer);

※ 겹쳐진 물체들의 거리 측정

- a2+b2=c2 → $c=\sqrt{a^2+b^2}$ 이므로, c 자체를 구하기보다는 c의 제곱을 구하는 것이 계산이 빠르다. 그렇기 때문에 원점에서 겹쳐진 Collider 물체들 간의 거리를 측정할 때는 c의 제곱(Vector3 내장 변수 sqrMagnitude 사용)을 사용하여 값을 구하고, 반지름의 제곱을 구해서 두 값을 비교한다. 그 다음 측정한 c의 제곱 값이 반지름 제곱보다 작다면 가까이 있는 물체이고, 비교 값인 반지름의 제곱을 c의 제곱 값으로 바꾼 뒤 다음 물체와 다시 비교한다.

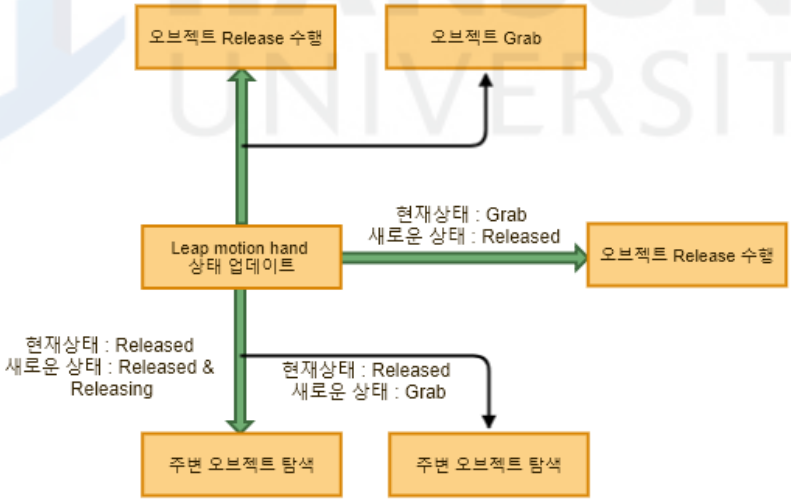
측정값2 < 비교값2

- 이와 같이 마지막 물체까지의 거리를 다 비교한 뒤 마지막에 저장된 가장 가까운 거리 값을 가진 물체가 손으로부터 가장 가까이 있는 물체가 된다.

⑥ 두 번째로 손을 움켜 쥔 상태일 때, 탐색 단계에서 찾은 오브젝트가 있다면 해당 물체의 잡기 동작을 수행하게 된다. 물체를 잡기 전에 먼저 물체의 중심점이 물체를 잡기 위한 손의 중심점으로 오게 할지 아니면 손의 중심점, 즉 원점에서 탐색 거리인 반지름 거리 이내에 해당 물체의 특정 표면 접점을 기준으로 잡을지 확인한다.

⑦ 물체의 중심점으로 잡게 되면 항상 잡는 동작을 수행할 때 손의 중심점 좌표에 물체의 중심좌표가 위치하게 된다. 만약 물체 중심점으로 잡게 하는 것이 아닌 손의 원점으로부터 물체까지의 방향으로 반지름만큼 선을 이었을 때, 물체의 충돌 영역과 선의 접점 부위의 좌표를 기준으로 물체를 잡게 된다. 즉, 물체 근처에서 손으로 잡는 동작을 수행했을 때 물체는 원래 있던 위치로부터 손이 움직이는 대로 움직이게 된다. 전자의 경우처럼 물체의 중심점으로 잡을 경우, 위와 같이 물체 근처에서 손으로 잡는 동작을 수행하게 되면 물체는 손 안쪽으로 이동해 손의 움직임에 따라 물체가 움직이게 된다.

⑧ 마지막으로 움켜진 손을 펴서 놓는 상태일 때, 물체를 잡고 있었다면 해당 물체를 놓게 된다. 물체가 손으로부터 Release되면 더 이상 손의 움직임과 방향에 영향을 받지 않고 오로지 중력과 손을 놓았을 때의 손의 움직임 속도, 회전속도 등의 영향을 받아 떨어지게 된다. 떨어진 물체는 다시 잡을 수 있는 상태가 된다.



[그림 4-59] 가상의 손이 물체와의 Interaction 수행

4) 개발방법 및 내용

가) 개발 환경

(1) 플랫폼(OS) : PC(Windows 7 SP1 이상)

(2) 개발 엔진 : Unity 3d 5.6.3f1
(프로토 타입 버전 : 5.3.6f1 → 최종 버전 엔진 업그레이드)

(3) 개발 언어 : C# Script

(4) 필수요구사항 : DirectX 9.0c 이상

(5) 네트워크 유무 : Database 접속을 위한 외부 네트워크 필요하다.

나) 화면 레이아웃

(1) Intro Scene : 로딩화면

[표 4-36] Intro Scene 로딩 화면

파일을 불러오고 있습니다.

(가) Intro Scene에서는 통합관리 프로그램으로부터 넘겨받은 가상현실 테스트베드 시스템 프로젝트에 대한 정보를 분석하여 적합 여부를 파악 후 결과를 해당 화면에 문구로 출력하여 보여준다.

(나) 정상적으로 불러오기가 성공하면 '[프로젝트명] 프로젝트 불러오는 중'이 출력되고, 실패하면 '프로젝트 불러오기가 실패하였습니다.'를 출력한다.

(2) Main Scene : VR 공정내의 작업화면

(가) VR 화면은 사용자가 HMD를 통해 보기 때문에 화면 주변으로 UI를

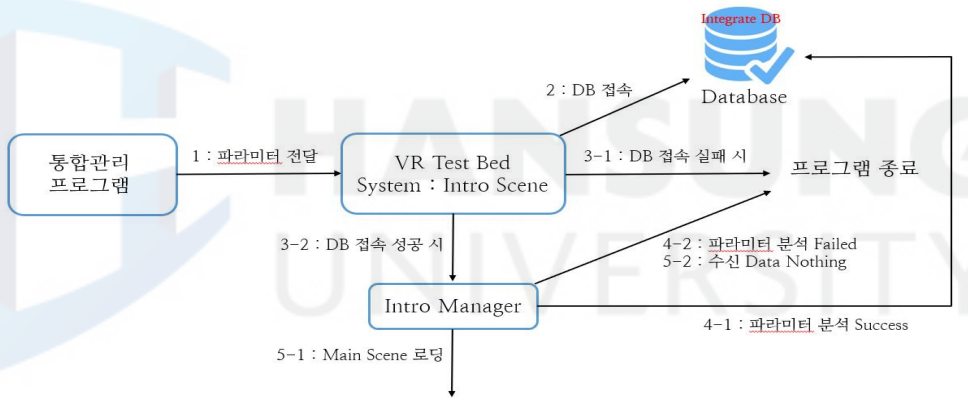
최소화하여 3D 공간을 넓게 볼 수 있도록 해야 한다. 특히 일반 2D 모니터를 통해 보여주던 UI 형식이 아닌 3D 공간에 UI를 보여줘야 시야에 방해가 되지 않기 때문에 UI 배치에도 신경을 써서 배치해야 한다.

(나) UI는 3차원 공간의 카메라(화면) 위치를 기준으로 정면에 UI를 배치하여 사용자가 전체적인 이미지를 한 번에 볼 수 있도록 제공하며, 특히 도움말이나 Leap Motion 연결 여부 확인 이미지 같은 경우 화면 앞에 계속 유지되도록 하였다.

다) 모듈별 기능명세서

[표 4-37] Intro Scene Parameter 분석 기능 명세서

모듈 ID : P001	모듈 명 : Intro Parameter 분석	사용 언어 : C#

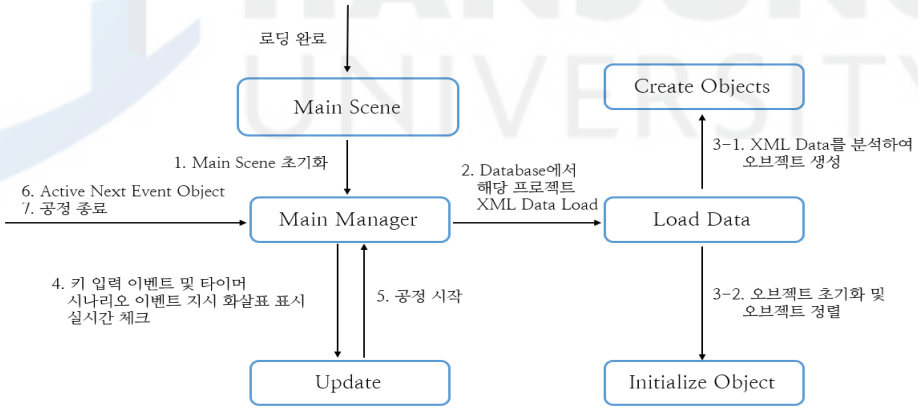


모듈 설명	1. 통합관리 프로그램으로부터 VR Test Bed System 실행과 함께 파라미터를 전달한다. 2. DB 접속하기 전 INI 파일 존재 여부 및 Database IP 주소 확인한다. 3-1. INI 파일이 존재하지 않거나 IP가 잘못된 경우 DB 접속이 실패하여 프로그램이 종료된다. 3-2. INI 파일 안에 IP 주소가 정확할 경우 DB 접속은 성공하고 Intro Manager 스크립트에 의해 전달받은 파라미터를 분석한다. 4-1. 파라미터 값이 잘못되었거나 없는 경우 파일 불러오기 실패 문구 출력한 뒤 일정 시간 후 프로그램이 종료된다. 4-2. 파라미터 값이 제대로 입력되었다면 Database의 작업 레이

	아웃 Table에 접근하여 불러올 프로젝트명과 프로젝트의 XML Data를 Select 하는 Query를 전송한다. 5-1. 수신한 Data가 존재한다면 해당 프로젝트를 불러오는 중이라는 문구 출력과 함께 Main Scene 로딩한다. 5-2. 수신한 Data가 존재하지 않는다면 파일 불러오기 실패 문구 출력과 함께 일정 시간 후 프로그램을 종료한다.
주요 기능 설명	
Database 초기화	- Database IP 주소가 들어있는 외부 Data 폴더의 INI 파일 존재 여부를 확인한다. - INI 파일 안에 있는 IP 주소 Read - Database 접속 및 Query를 전송한다.
Check Parameter	- 프로그램 실행 시 전달된 Parameter 값을 분석한다. - 선택한 프로젝트로부터 오브젝트들의 정보를 불러오기 위해 XML Data를 읽어오는 Select Query를 전송한다.

[표 4-38] Main Manager 기능 명세서

모듈 ID : P002	모듈 명 : Main Manager	사용 언어 : C#



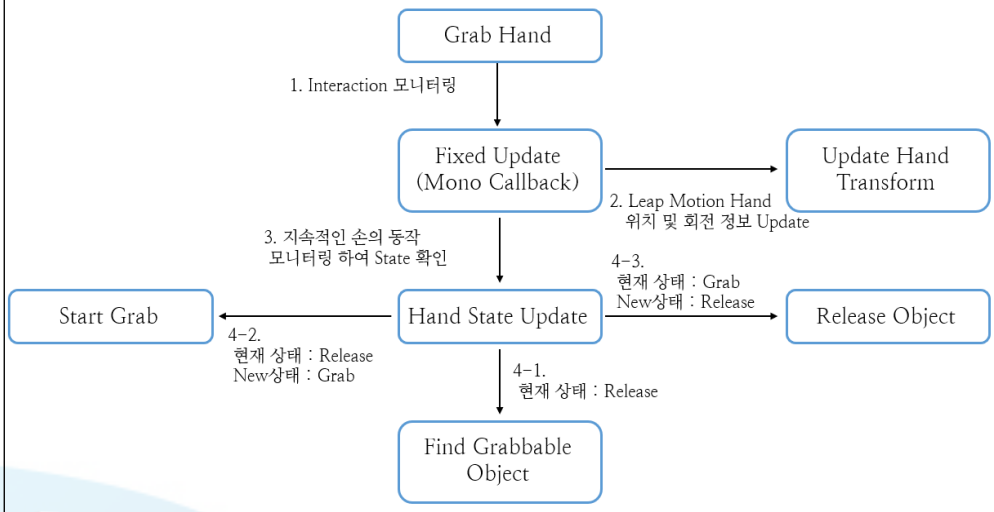
모듈 설명	1. Main Scene이 로딩 되면 Main Manager가 우선적으로 초기화 단계를 수행한다. 2. Intro Scene에서 Database에 접속한 후 Parameter를 가지고 VR 공정 Table에 있는 XML 정보를 Select Query를 전달하여 Data를 받아 오브젝트 정보를 분석한다. 3-1. 읽어온 XML Data를 분석하여 오브젝트들을 좌표와 각도 정보를 토대로 생성하여 배치한다.

	3-2. 오브젝트 생성 단계가 끝나면 시나리오 순서에 맞도록 무분별하게 생성된 오브젝트들을 정렬하고, 이때 이벤트가 발생하는 오브젝트들만 순서에 맞게 정렬한다. 정렬이 끝나면 각각의 오브젝트에 Code 번호 부여(Code 번호는 이벤트 처리할 때 여러 가지 중첩된 오브젝트를 구분하기 위한 용도이다.) 4. 매 프레임마다 실시간으로 사용자로부터 키 입력에 대한 모니터링 및 공정 시작 후 매 초 단위로 화면에 출력시키도록 타이머 설정하고, 오브젝트의 방향 지시를 위한 화살표 표시 등을 수행한다. 5. 사용자가 S키를 눌러 작업을 시작하면 첫 번째 시나리오 이벤트에 맞는 오브젝트 활성화 및 타이머를 가동한다. 6. 사용자가 이벤트를 성공적으로 진행하면 다음 이벤트 오브젝트를 활성화시킨다. 7. 시나리오 순서에 맞는 모든 공정 작업이 완료되면 작업이 종료되고 Database에 현재까지 작업한 결과 시간 Data List를 Insert한다. 만약 반복 작업 모드를 ON 해놓았다면 자동으로 작업이 시작된다.
주요 기능 설명	
Initialize Manager	- 처음 Main Scene이 로딩이 되면 해당 Manager 스크립트의 초기화 함수가 호출된다. - XML Data를 Database로부터 읽고 Load Data 함수를 통해서 XML Data를 분석, 오브젝트 생성 및 초기화 단계를 수행한다. - 초기화 단계가 끝나면 화면 Fade In하여 VR HMD를 통해 3D 공간을 볼 수 있다.
Load Data	- XML Data의 내용을 가져와서 오브젝트 정보를 분석한 뒤 좌표와 각도 등의 정보를 토대로 오브젝트 생성 및 배치한다. - 생성이 끝나면 시나리오 이벤트 순서에 맞춰 오브젝트들을 정렬하고, 순서 List에 해당 오브젝트들을 추가하여 작업 시작 시 하나씩 활성화하면서 작업을 진행시킨다. - 각각의 오브젝트별로 고유코드 부여한 뒤 공정을 진행하는 공간, 즉 공장 내부의 크기를 배치한 오브젝트들이 모두 한 공간에 들어올 수 있도록 크기를 조정한다. 크기 조정 후 천장에 형광등을 일정 간격으로 배치시킨다. - 마지막으로 카메라가 장착된 플레이어 캐릭터를 시작점에

	위치시키면 Load 과정을 완료한다.
Create Object	– 오브젝트 생성 시 오브젝트 정보가 담긴 구조체를 통해 해당 타입과 이벤트 종류별로 구분하여 오브젝트 List에 추가한다. – 또한 내부 공간의 크기 조정을 위해 생성한 오브젝트의 3D 오브젝트 크기를 측정하고, 생성된 오브젝트가 가장 끝 쪽(전방, 후방, 양 측방)에 위치하는지 여부를 확인한다. – 마지막에 공간 크기 조정 시 이 4가지 오브젝트의 x, y 크기 값에 일정 여유 공간을 더하면 배치된 오브젝트가 겹치지 않는 선에서 공간 크기를 정확하게 조정할 수 있다.
Initialize Object	– 플레이어를 포함한 생성 및 배치한 오브젝트들을 가장 초기 단계(Reset–재시작– 시 다시 처음 단계로 돌아가는 단계)로 복구하는 함수이다. – 이벤트 오브젝트들의 활성화, 비활성화 여부를 재설정하고, 순서 초기화 및 플레이어 Leap Motion Hand 초기화 등을 수행한다. – 타이머 초기화 및 오브젝트 위치 및 각도 원위치 등 수행한다.
Check Key Event	– 관리자가 입력하는 키보드 입력에 대한 모니터링을 수행한다. – R키를 누르면 Reset(작업 재시작), E키를 누르면 작업 반복모드 ON/OFF, S키를 누르면 작업 시작, ESC키를 누르면 프로그램을 종료한다.
Start Event	– 작업 시작 시 호출되는 함수. 시나리오 순서에서 첫 번째에 해당하는 오브젝트를 활성화, 타이머를 시작한다.
Active Next Event Object	– 현재 순서에 해당하는 오브젝트 이벤트가 끝나면 다음 순서에 해당하는 이벤트 오브젝트가 있을 경우. 오브젝트 활성화하고 이전 오브젝트는 비활성화 한다. – 활성화하게 되면 오브젝트를 잡거나 이벤트를 수행할 수 있다. 그리고 해당 오브젝트의 Outline(Highlight 효과)을 활성화시켜 사용자에게 인식을 유도하다.
Record Event Time	– 이벤트가 수행될 때마다 이벤트가 활성화되어 수행될 때까지의 시간을 측정하고 이를 이벤트 시간 측정 List에 추가한다.
End Fading	– 모든 시나리오 이벤트가 완료되면 시간 측정 List를 Database의 VR Test Bed 결과 Table에 Insert Query를 전송한다. – 작업 재시작(Reset)의 경우 타이머를 초기화하고, 도움말 이미지 다시 활성화 및 이벤트 오브젝트 초기화를 수행한다.

[표 4-39] Grab Hand 기능 명세서

모듈 ID : P003	모듈 명 : Grab Hand	사용 언어 : C#

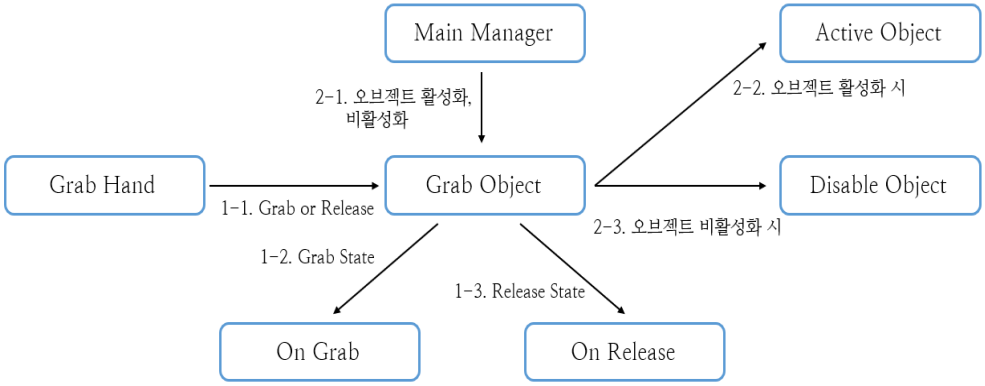


모듈 설명	1. 사용자가 Leap Motion 장치를 통해 본인의 손을 인식시켜 가상의 손을 3D 공간에 만들어내면 손의 움직임과 동작들을 모니터링한다. 2. Leap Motion 장치를 통해 만들어진 가상의 손이 실제 사용자의 손과 1:1 매칭이 되도록 유지하기 위해 실시간으로 위치와 회전 정보를 가상의 손에 Update를 시킨다. 3. 손을 쥐었다가 폈다하는 등의 동작이 이루어지면 손의 상태(Grab or Release)를 변화시킨다. 4-1. 손에 아무것도 쥐고 있지 않고, 손을 편 상태라면 Release 상태이고, 이때는 주변에 잡을 수 있는 오브젝트를 탐색한다. 4-2. 4-1 상태에서 손을 쥐면, 즉 잡는 동작을 하게 되면 상태가 Grab으로 Update 되고, 주변에 잡을 수 있는 오브젝트가 있을 경우 해당 물체를 잡는다. 4-3. 오브젝트를 쥐고 있다가 손을 펴는 동작을 해서 Release 상태가 되면 쥐고 있던 오브젝트를 놓게 된다.
주요 기능 설명	
Fixed Update (Mono Callback)	- Fixed Update 함수는 Monobehavior에서 제공해주는 Callback 함수로 매 프레임마다 물리적인 연산을 취해야 할 때 사용하는 함수이다. - Leap Motion의 가상 손에는 마디마다 Rigidbody(물리연산 수

	행)와 Collider(충돌체)가 Component 형태로 붙어있다. 이런 물리 연산만 단독적으로 연산시키는 함수가 Fixed Update 함수이다. – 해당 함수에서는 손의 움직임, 회전 값, 손동작에 대한 상태 변화 등을 체크하여 각각의 상태별 동작을 수행시키는 역할을 한다.
Update Hand Transform	– 실제 손과 Leap Motion의 가상의 손이 1:1 매칭되도록 매칭해준다. 손의 움직임을 파악하고 오브젝트를 쥐고 있을 때는 그 중심점이 손가락이 맞닿은 중심(엄지와 검지의 접점) 좌표를 Update를 한다. – 회전의 경우도 마찬가지로 손을 틀거나 할 때 잡고 있던 오브젝트도 회전에 영향을 받도록 한다.
Update Hand State	– 손을 쥐었다 폈다 할 때 접히는 정도를 수치화한다. 이 값이 지정한 범위 내에 있거나 밖으로 벗어나면 상태가 Grab 혹은 Release로 변경된다.
FInd Grabbable Object	– 검지와 엄지의 접점, 즉 오브젝트를 잡을 때의 중심점을 기준으로 특정 반경 이내에 잡을 수 있는 오브젝트가 있는지 파악한다. – 여러 개가 탐색될 때는 그 중 가장 가까운 오브젝트를 반환한다.
On Release	– 잡은 오브젝트가 있을 때 해당 오브젝트를 놓는 동작을 수행한다. 놓은 오브젝트는 중력과 물리 연산에 의해 힘의 방향으로 이동한다.
Start Grab	– 오브젝트를 잡는 동작을 수행한다. 손의 검지와 엄지의 접점을 중심으로 오브젝트가 이동하여 붙는다. 이후 오브젝트는 손의 움직임에 따라서 회전과 좌표이동을 수행한다.

[표 4-40] Grab Object 기능 명세서

모듈 ID : P004	모듈 명 : Grab Object	사용 언어 : C#

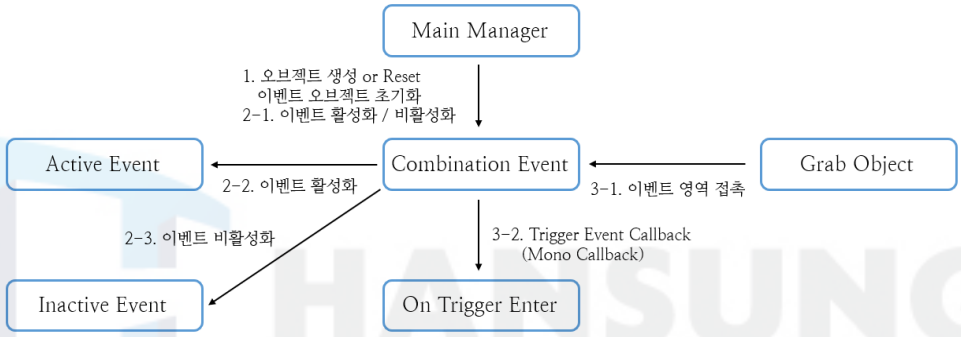


모듈 설명	1-1. Leap Motion Hand가 Grab 혹은 Release 등의 수행을 통해 오브젝트에 해당 동작 정보를 전달한다. 1-2. Leap Motion State의 상태가 Grab일 경우 오브젝트가 손에 의해 잡히도록 하는 On Grab 함수를 호출한다. 1-3. Leap Motion State의 상태가 Release일 경우, 해당 오브젝트가 손에 Grab된 상태였다면 On Release를 수행한다. 2-1. Main Manager가 오브젝트를 활성화 혹은 비활성화 여부를 각각의 오브젝트별로 전달한다. 2-2. 활성화 요청일 경우 Active Object를 호출한다. 2-3. 비활성화 요청일 경우 Disable Object를 호출한다.
주요 기능 설명	
On Grab	- Leap Motion Hand가 Grab State가 되고 해당 오브젝트가 잡히면 오브젝트는 Grab 상태가 True로 변경되고, 손과 함께 물리 연산이 되도록 Rigidbody를 활성화한다. - 해당 오브젝트의 잡힌 시간을 측정(처음 잡았을 때)하여 추후 이벤트 완료 시 시간 차이를 기록할 때 사용한다.
On Release	- Leap Motion Hand가 Release State가 되고, 해당 오브젝트가 손에 쥐어진 상태였다면 오브젝트의 Grab 상태를 False로 한다. - 물리 연산을 수행하기 전 놓인 시점을 기준으로 물리 연산이 Zero에서 수행되어야 하므로 오브젝트의 속도와 회전 속도를 Zero로 만든 뒤 중력에 의해서 떨어지도록 한다.

Active Object	– Main Manager로부터 오브젝트를 활성화시켜야 할 때 호출된다. Rigidbody의 중력 적용을 True로 하고, 속도에 영향을 받도록 하며, 충돌체를 활성화시킨다.
Disable Object	– Main Manager로부터 오브젝트를 비활성화시켜야 할 때 호출된다. Rigidbody의 중력 적용을 False로 하고, 속도와 회전 속도를 Zero로 설정한다. 충돌체는 비활성화 시킨다.

[표 4-41] 결합 이벤트 기능 명세서

모듈 ID : P005	모듈 명 : 결합 이벤트	사용 언어 : C#

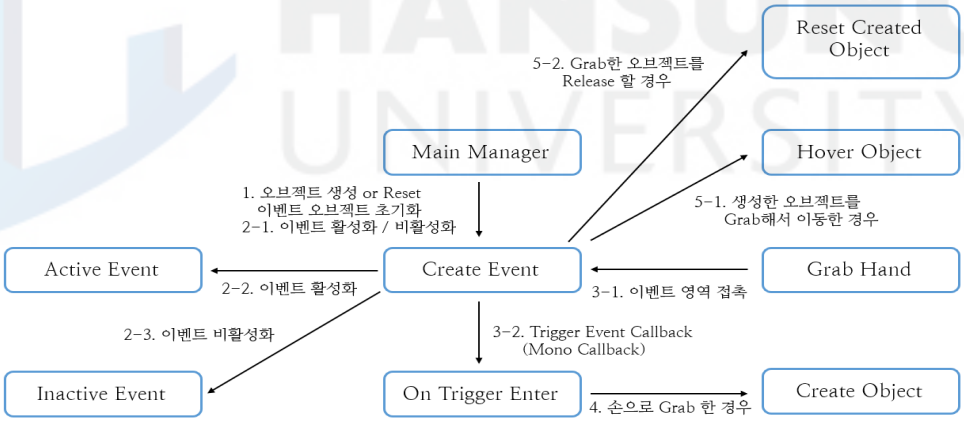


모듈 설명	1. 오브젝트 이벤트들은 Scenario Event Base Script를 상속받아 오브젝트 생성 혹은 공정 재시작 시 Event 정보 초기화를 수행한다. 2-1. Main Manager로부터 이벤트 활성화 또는 비활성화를 요청 시 호출된다. 2-2. 이벤트 활성화를 요청하면 해당 함수를 호출한다. 2-3. 이벤트 비활성화를 요청하면 해당 함수를 호출한다. 3-1. 현재 이벤트 순서에 맞는 오브젝트가 영역 안에 들어올 경우 Trigger Event를 발생한다. 3-2. Trigger Event Callback 함수로 해당 오브젝트가 조립할 순서에 맞는 오브젝트면 조립한다.
주요 기능 설명	
이벤트 초기화	– 오브젝트 생성 또는 공정 재시작 시 이벤트 오브젝트는 초기화를 수행한다. – 해당 이벤트 변수 값을 초기화하고, 하위에 포함된 Child Event 초기화를 수행한다. – 이벤트 Highlight 비활성화 한다.

이벤트 활성화/비활성화	– Main Manager로부터 이벤트 오브젝트의 활성화 혹은 비활성화를 요청 시 호출된다. – 활성화할 때는 Highlight 효과 활성화하고 이벤트 충돌 여부를 확인하기 위해 충돌체를 활성화시킨다. – 비활성화 할 때는 활성화와 반대로 수행함. Highlight 효과 비활성화, 이벤트 충돌체 비활성화 시킨다.
이벤트 발생	– 결합 이벤트 발생 시 Trigger(감지)된 오브젝트의 정보를 읽고 해당 오브젝트가 현재 시나리오 이벤트 순서에 맞는 오브젝트인지 확인한다. – 일반적인 오브젝트일 경우 해당 오브젝트를 이벤트 영역에 위치시켜 결합시키지만 드라이버의 경우 나사가 결합되어 있는지 확인 후 나사가 결합되어 있다면 나사 결합 횟수만큼 차감시키며 결합시킨다.

[표 4-42] 생성 이벤트 기능 명세서

모듈 ID : P006	모듈 명 : 생성 이벤트	사용 언어 : C#



모듈 설명	1. 오브젝트 이벤트들은 Scenario Event Base Script를 상속받아 오브젝트 생성 혹은 공정 재시작 시 Event 정보 초기화 수행한다. 2-1. Main Manager로부터 이벤트 활성화 또는 비활성화를 요청 시 호출된다. 2-2. 이벤트 활성화를 요청하면 해당 함수를 호출한다. 2-3. 이벤트 비활성화를 요청하면 해당 함수를 호출한다. 3-1. 가상의 손이 생성 이벤트 영역에 들어올 경우, Trigger

	Event를 발생한다. 3-2. Trigger Event 발생 시 On Trigger Enter라는 함수가 Callback을 한다. 4. 가상의 손이 생성 이벤트 영역 안에서 Grab할 경우 생성할 오브젝트를 생성시키고 손에 부착시킨다. 5-1. 가상의 손이 생성한 오브젝트를 잡고 영역 밖으로 가져갈 경우 오브젝트가 Release 되기 전까지 유지 및 관리한다. 5-2. 잡았던 오브젝트를 놓으면 생성 이벤트 영역 안으로 다시 돌아가며 화면상에서 사라진다.
주요 기능 설명	
이벤트 초기화	- 오브젝트 생성 또는 공정 재시작 시 이벤트 오브젝트는 초기화 수행한다. - 해당 이벤트 변수 값을 초기화하고, 이벤트 Highlight 비활성화 한다.
이벤트 활성화/비활성화	- Main Manager로부터 이벤트 오브젝트의 활성화 혹은 비활성화 요청 시 호출된다. - 활성화할 때는 Highlight 효과 활성화하고 이벤트 충돌 여부를 확인하기 위해 충돌체를 활성화시킨다. - 비활성화 할 때는 활성화와 반대로 수행한다. Highlight 효과 비활성화하면 이벤트 충돌체를 비활성화 시킨다.
이벤트 발생	- 생성 이벤트 발생 시 Trigger(감지)된 오브젝트가 Leap Motion Hand인지 확인 후 오브젝트가 생성되어 있지 않다면 생성시킨다. - 생성한 오브젝트는 생성 이벤트에서 관리 및 유지시킨다. (이벤트 발생할 때마다 생성하지 않고 보였다, 숨겼다 하여 관리한다.) - 오브젝트를 잡게 되면 이벤트 영역의 Highlight를 비활성화 시킨다.
Hover Object	- 생성한 오브젝트를 Leap Motion Hand에서 Grab해서 잡으면 오브젝트는 손을 따라서 움직인다. - 생성한 오브젝트가 Leap Motion Hand가 Release해서 오브젝트를 놓거나 오브젝트가 다른 특정 이벤트를 수행하여 없어지는지 확인한다.
Reset Created Object	- 생성한 오브젝트가 손에서 Release 될 때 다시 원위치(이벤트 영역 중심)로 복귀하고 이벤트 영역의 Highlight를 활성화 한다.

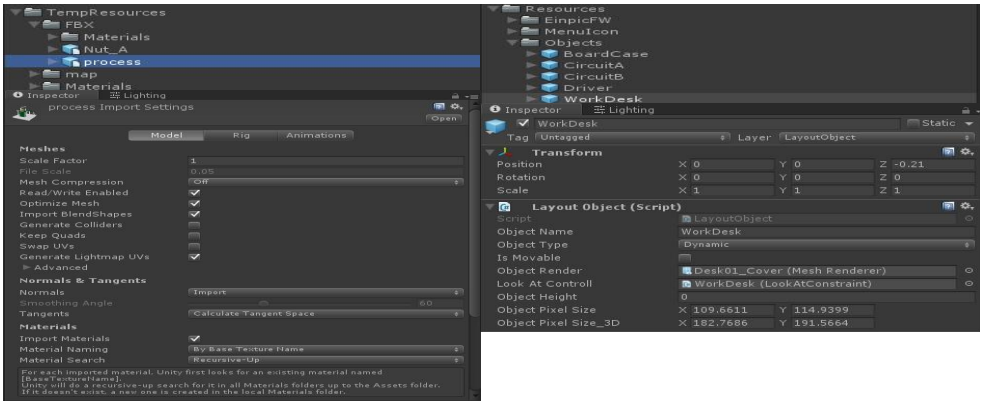
라) 개발결과

(1) 상세 개발 내용

(가) 시스템 모듈 간 데이터 연동 개발

① 공정 레이아웃 배치 모듈

- Unity의 Prefab은 인스턴스화 되기 전 상태를 미리 입력할 수 있도록 Unity에서 제공해주는 파일 형태의 클래스 타입이다.
- 이를 이용하면 각 오브젝트의 정보를 미리 입력해놓을 수 있으며 이에 대한 객체를 생성하기 쉬워진다.
- 즉, 각각의 오브젝트들은 객체화 직전의 Prefab에 기본 데이터를 입력해놓은 상태로 작업 레이아웃 프로그램을 빌드하게 된다.
- 작업 레이아웃 프로그램에서 오브젝트를 새로 추가 혹은 파일 열기 등으로 오브젝트 객체가 만들어질 때 이 Prefab을 이용하여 Instantiate을 수행한다.
- 파일 저장은 XML 파일로 Serialize 하여 생성한다.
- 외부 Database 간의 데이터 전송 규약(파라미터 규약)에 맞춰 XML Data 정보를 상호 교환하여 데이터를 관리한다.
- 프로그램이 실행되는 로컬 PC에서는 외부 Database에서 Data를 읽어와 작업을 수행할 수 있다.



[그림 4-60] 원본 모델링 FBX 파일 Asset정보 및 Unity Prefab의 정보

② XML구조

```xml
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ProcessRoot xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <EndSequence>2</EndSequence>
  <Objects>
    <LayoutObject name="CircuitA" type="Dynamic" code="CircuitA_000">
      <Position>
        <PosX>-96.59577</PosX>
        <PosY>-98.14387</PosY>
        <PosZ>0</PosZ>
      </Position>
      <Rotation>
        <RotX>0</RotX>
        <RotY>0</RotY>
        <RotZ>0</RotZ>
      </Rotation>
      <Movable>true</Movable>
      <Events />
    </LayoutObject>
  </Objects>
</ProcessRoot>
```

[그림 4-61] XML 파일 구조

[표 4-43] 작업 레이아웃 배치 모듈의 XML 데이터 구조 설명

태그명	설명
ProcessRoot	– 해당 XML의 최상위 Root의 태그이다.
EndSequence	– 해당 공정 프로세스의 마지막 이벤트의 순서넘버이다.
Objects	– 작업 프로세스 내에 배치되는 오브젝트들의 상위의 태그이다. – 작업 레이아웃 프로그램에서 오브젝트들의 List 역할을 한다.
LayoutObject	– 각각의 오브젝트를 나타내는 태그이다. – name 속성은 오브젝트의 고유 이름을 나타낸다. – type 속성은 Dynamic(동적)과 State(정적), Others(기타)로 나누어지며, 각각 이벤트 속성이 부여되는 오브젝트와 그렇지 않는 오브젝트로 구분된다. – code 속성은 '이름_001'식의 코드가 부여되며, 해당 코드 속성은 이벤트의 오브젝트 연결 시 사용된다.
Position	– 오브젝트의 위치 정보로 x, y, z 값을 가진다.
Rotation	– 오브젝트의 회전 정보로 x, y, z 값을 가진다.
Movable	– 손으로 잡고 움직일 수 있는 오브젝트 여부
Events	– 해당 오브젝트에 부여될 Event들의 상위의 태그이다. – 하나의 오브젝트에 이벤트가 여러 개 연결될 수 있다. 단, 중복 불가능하다.

③ Interactive 이벤트 시나리오 모듈

• 작업 레이아웃 배치 모듈을 통해 나온 XML 파일을 읽어서 각각의 오브젝트의 이벤트 정보를 분석하여 적용할 수 있는 구조로 제작하였다.

• 각각의 오브젝트는 오브젝트 고유의 타입별로 구분을 하고, 이에 맞춰 이벤트 코드를 부여함으로써 프로그램 개발 및 구동에 있어서 편리하도록 제작하였다.

• 파일 내부의 XML 데이터 구조는 동일하며 Event 연결 부분만 수정되어 다시 Output으로 XML 파일을 생성한다.

• 이때 파일명은 '파일명_F.xml'형태로 저장된다.

④ 가상현실 시연 모듈

• 실제 사용자가 이벤트 진행 시 수월한 조작을 위해 Leap Motion Hand의 수치를 보정할 수 있다.

• 3차원 공간, 즉 작업 내부 모델링을 공정 레이아웃 설계에 맞춰 자동 크기 조정 기능을 넣어서 보다 사실감 있는 가상현실을 표현하였다.

• 시나리오 이벤트 순서에 맞춰 동작하고, 여러 번 반복 수행이 가능하도록 기능을 추가하였다.

• 외부 Database에 업로드 시켜 외부에서도 모니터링을 할 수 있도록 제작하였다.

(2) 기능 최적화

(가) 손과 오브젝트 연결 최적화

① 집은 물체에 대해서 주변 물건과 상호작용을 못하도록 하며 주변 물건과 겹쳐 있을 때 다시 원위치로 복귀하도록 수정하였다.

② 손과 오브젝트와의 물리적인 충돌을 무시하도록 수정하였다.

(나) 오브젝트 접촉 이벤트 최적화

① 손으로 집은 물체를 접촉 이벤트와 접촉하기 전에 놓아서 떨어뜨린 경우 이벤트 발생하지 않도록 수정하였다.

② 즉, 접촉된 상태에서 놓는 동작을 수행했을 때에만 접촉 이벤트가 발생한다는 것이다.

③ 단, 선행오브젝트가 결합되어야만 하는 접촉 이벤트의 경우 이벤트 발생 직후 결합한다.

④ 접촉 이벤트가 발생한 후 접촉한 오브젝트는 제거하였다.

(다) 작업 설계 내부 공간 크기 조정 자동화

① 작업 내부 디자인 모델링 데이터의 부위별 크기 및 위치를 XML Data 분석하여 오브젝트 배치 후 전방, 후방, 양 측방 끝에 위치한 오브젝트 위치와 크기 정보를 기준으로 내부 모델링 부위들을 배치 및 크기를 조정하였다.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

/// <summary>
/// 공장Room 크기 설정.
/// </summary>
public class FactoryRoom : MonoBehaviour {

    [SerializeField] private Transform m_objectParentTr = null;        // 공장 오브젝트의 모델링 데이터 상위 Transform.
    [SerializeField] private Renderer m_floorRender;                   // 바닥 모델링의 Renderer.
    [SerializeField] private Renderer m_pillar;                        // 기둥 높이를 측정하기 위한 모델링 Renderer.
    [SerializeField] private Transform m_ceiling;                      // 천장 Transform.
    [SerializeField] private GameObject m_ceilingLight;                // 천장에 생성할 형광등 프리팹.
    [SerializeField] private Transform m_doorObject = null;
    [SerializeField] private float m_paddingDist = 4f;                 // 형광등 간의 거리(여백).

    /// <summary>
    /// 생성된 오브젝트들의 3D 상의 좌표들을 최소, 최대 범위
    /// 그리고 높이와 중심점 좌표를 가지고 공장 Room Scale과 Position 등을 설정.
    /// </summary>
    /// <param name="scaleWidth">공장Room 크기.</param>
    /// <param name="height">공장 높이.</param>
    /// <param name="posX">중심점 X좌표.</param>
    /// <param name="posZ">중심점 Z좌표.</param>
    public void SetRoomScale(Vector2 scaleWidth, float height, float posX, float posZ)...

    /// <summary>
    /// 천장에 형광등 생성.
    /// </summary>
    /// <param name="hCount">가로 개수.</param>
    /// <param name="vCount">세로 개수.</param>
    void CreateCeilingLight(int hCount, int vCount)...

}
```

[그림 4-62] VR 작업 내부 크기 조정 자동화 스크립트

① 오브젝트 생성 단계에서 각 끝점에 위치한 오브젝트들의 크기까지 포함된 전체 너비(x, y)와 높이(z), 그리고 기준점 좌표를 이용하여 공장 내부 모델링 세부 위치 및 크기를 조정하였다.

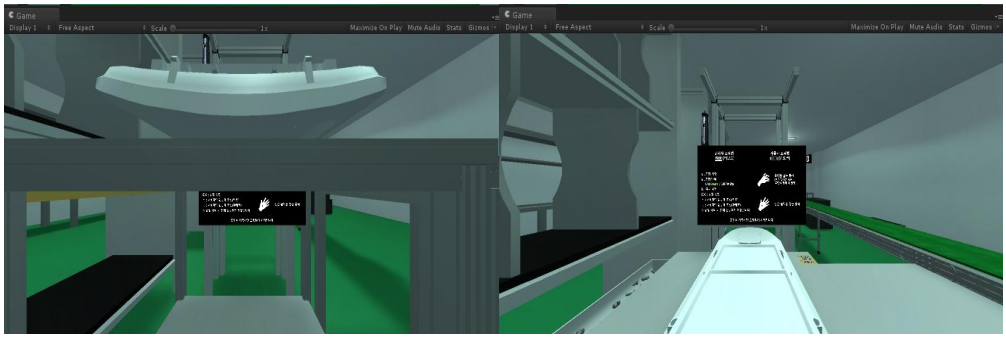
② Light(빛 효과)를 표현해주는 형광등 오브젝트를 크기 조정이 된 작업 내부 천장에 추가하여 공간 자체에 빛을 부여해 주었다.

[그림 4-63] 공장 크기 자동화 스크립트로 조정된 모습

(라) 눈높이 저장

① Oculus VR Runtime에 의해서 처음 눈높이와 중심 위치가 잡히면 해당 위치가 프로그램에서 카메라의 중심점과 일치하게 된다. 즉, VR HMD를 착용하고 사용자가 시작 위치에 서서 정면을 바라보게 되면 프로그램에서 작업설계 레이아웃에서 설정한 시작점에 위치하게 되고, 이때 카메라 화면의 높낮이는 미리 엔진에서 설정한 카메라의 높낮이가 된다.

② 관리자는 도움말에 표시되어 있듯이 키보드의 위, 아래 화살표(↑/↓) 키를 통해 VR HMD 화면의 높낮이를 조절할 수 있다.



[그림 4-64] VR 사용자의 눈높이 설정
왼쪽이 로딩 직후, 오른쪽이 관리자가 눈높이를 조절한 상태

③ 눈높이 설정 후 공정을 시작하면 현재 눈높이가 저장되고, 다음에 프로그램을 실행할 때 해당 눈높이 설정 값을 불러와 적용시켜 다시 설정할 필요가 없도록 하였다.

(3) 레이아웃 최적화

(가) 작업 순서 및 시간 표시

① 작업 프로세스 시나리오가 순서대로 진행될 때마다 해당 작업이 몇 번째인지 화면에 표시하였다.

② 3D 공간 천장에 타이머 설치, 고개를 들어볼 수 있도록 하고, 작업 프로세스가 하나씩 끝날 때마다 끝난 시점의 시간을 기록한다.

(나) 결과 화면 표시

① 모든 작업 프로세스가 완료되면 각각의 프로세스별로 끝난 시점의 시간을 표시한다.

② 처음부터 다시하기와 종료 버튼에 대한 UI 표시처리를 하였다.

(다) 도움말 이미지 제작

① 관리자가 조작하는 키보드 조작법과 사용자(VR)가 Leap Motion을 통해 가상의 손을 조작하는 법을 이미지 형태로 제공하였다.

② 해당 이미지는 Main Scene 로드 완료 후 화면이 Fade In되며 VR 화면이 나타날 때 출력되며 작업 시작 시 VR 사용자 화면 앞에서 사라진다.

③ 작업 재시작 시에는 다시 출력되어 나타난다.

(라) Highlight 최적화

① 기존 오브젝트를 표시하는 Highlight는 오브젝트 테두리를 색상을 통일하지 않고 해당 기능을 구현하는 목적으로 작업하였다.

② 최종 버전에서는 오브젝트를 표시하는 Highlight의 색상 종류를 오브젝트 특성에 맞게 표시하였다. 정확히는 오브젝트에 대한 이벤트 종류에 따라서 Highlight 색상 구분하였으며 자세한 내용은 [그림 4-53]과 같다.

(4) 리소스 최적화

(가) 각각의 오브젝트 완제품 형태 미리 제작.

① 미리 완제품 형태로 제작된 오브젝트를 하나 만들어 놓고 그 안에 들어가는 다른 오브젝트들은 개별적으로 제작하는 방식을 채택하였다.

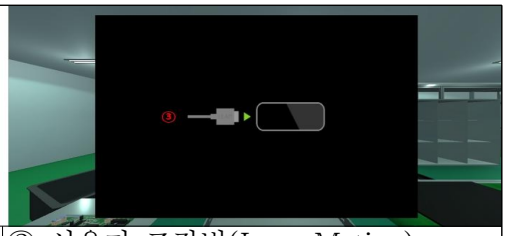
② 완제품에는 Trigger 영역을 하나만 잡으면 되기 때문에 따로 접촉한 오브젝트들이 들어갈 좌표를 세팅할 필요가 없다.

마) 프로그램 인터페이스 및 매뉴얼

(1) 화면 인터페이스

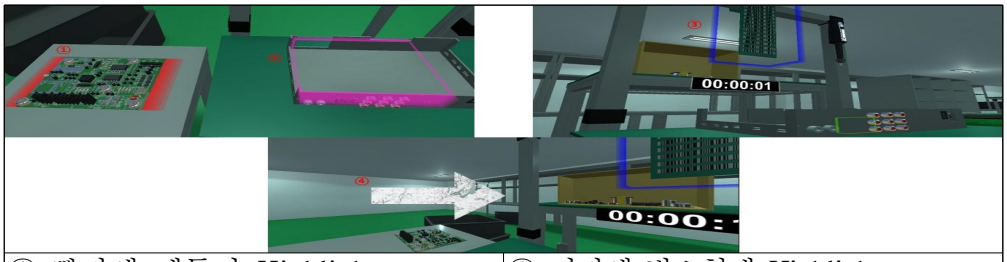
(가) 작업 시작 전

[표 4-44] 작업 시작 전 인터페이스 설명

	
① 관리자 조작법(키보드) – S키 : 작업 시작 – E키 : 작업 반복 모드 ON/OFF – R키 : 작업 처음부터 다시 시작 – ESC키 : 프로그램 종료 – ↑/↓ 화살표키 : 사용자 눈높이 조절	② 사용자 조작법(Leap Motion) – 잡는 동작 + 놓는 동작 ③ Leap Motion PC 연결 해제 경고 이미지 – 연결 시 이미지 사라짐

(나) 작업 시작 후

[표 4-45] 작업 시작 후 인터페이스 설명

	
① 빨간색 테두리 Highlight – 잡을 수 있는 이벤트 오브젝트 표시 ② 색상변환 박스형태 Highlight – 이벤트 오브젝트의 조립 영역 표시	③ 파란색 박스형태 Highlight – 오브젝트 생성 영역 표시 ④ 이벤트 오브젝트 방향 지시 화살표

5) 가상현실 기반의 테스트베드 시스템 테스트

본 시험은 기능 및 성능을 객관적으로 측정하기 위해 공인된 인증기관(한국정보통신기술협회)에서 시험하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

[표 4-46] 가상현실 기반의 테스트베드 시스템 테스트 결과

순번	시험항목	시험목표	결과	비고
TC1	가상현실 화면출력 성능(FPS)	5개의 가상현실 시나리오 수행 시, 가상현실 장비(Oculus Rift)의 화면출력 능력(FPS) 측정 후 목표 달성률(%) 확인한다. • 목표달성률(%)=(평균 FPS측정값/성능 목표)*100 • 성능 목표: 60FPS	118%	• 성능목표:60FPS • 평균FPS측정값:70.67FPS
TC2	가상현실 손가락 인식 목표 달성률	5개의 가상현실 시나리오 수행 시, 가상현실 장비(Leap Motion)의 인식된 손가락 수 측정 후 목표 달성률(%) 확인한다. • 목표달성률(%)=(인식한 손가락 수/성능 목표)*100 • 성능 목표: 3개(한 손 기준)	167%	• 성능목표: 3개 • 인식한 손가락 수: 5개 • 한 손 기준이며, 총 25회 시험 모두 5개 인식 성공함.

출처 : 한국정보통신기술협회 소프트웨어시험인증연구소(BT-B-18-0139)

제 6 절 3D 가상객체 제작 시스템

1) 개요

제조공정 시뮬레이션을 위한 3차원 모델링을 위한 기술적 연구로 각종 장비 및 공구 등을 모델링 방법에 대한 기술 개발이다.

기존에 사용되는 레이저스캐너기술, 광학식 모델링 기술을 비교 분석하고 각종 장비, 공구, 환경물 등의 레이아웃에 배치할 수 있는 가상객체를 생성하기 위한 기술을 개발한다.

3차원 가상객체 제작시스템은 일련의 자동화를 통해 제조공정 시뮬레이션 프로그램에 연계할 수 있도록 개발한다.

2) 관련기술 적용 검토

가) 스캐너를 이용한 모델링

(1) 상용 스캐너를 이용한 모델링

기존에 현장에서 역설계를 위해 사용되는 레이저 방식의 스캐너에 대한 적용성을 검토하였다.

(가) 장점

① 레이저 방식으로 대상물의 정밀한 모델링이 가능하다.

② 고정형 대상물의 경우 0.05mm, 핸드헬드 인체 모드의 경우 0.3mm, 헨 드헬드 마커 모드인 경우 0.1mm의 정확도를 가지고 있어 매우 정밀한 모델링이 가능하다.

③ 이미지 센서와 동시에 사용할 경우 정확도는 다소 떨어지나 이질감을 낮출 수 있다.

④ 정밀하게 측정함으로써 소형 제품의 유리하다.

(나) 단점

① 스캔 시 정확한 사용방법을 적용 하여야 한다, 즉, 스캐너 사용법에 대한 교육훈련이 필요하다.

② 대형 제품이나 작업환경 등을 모델링하기 어렵다.

③ 정확한 모델링을 위해서는 후처리 작업이 필요하다.

④ 다수의 Mesh 포인트가 생성되어 모델링 결과물의 용량이 크다.

[그림 4-65] 상용 레이저 스캐너

(2) 자체 스캐너를 이용한 모델링

라인레이저와 이미지 센서를 이용하여 레이저 방식의 스캐너를 자체 제작하였다.

(가) 장점

① 자체 제작으로 저렴한 비용이 소요된다.

② 소형 제품에 대한 모델링이 가능하다.

③ 자동화 기술로 3차원 모델링 제작시스템 제작이 가능하다.

④ 평면으로 구성된 2D 깊이지도를 생성 및 활용하여 연산속도를 상승시킬 수 있다.

(나) 단점

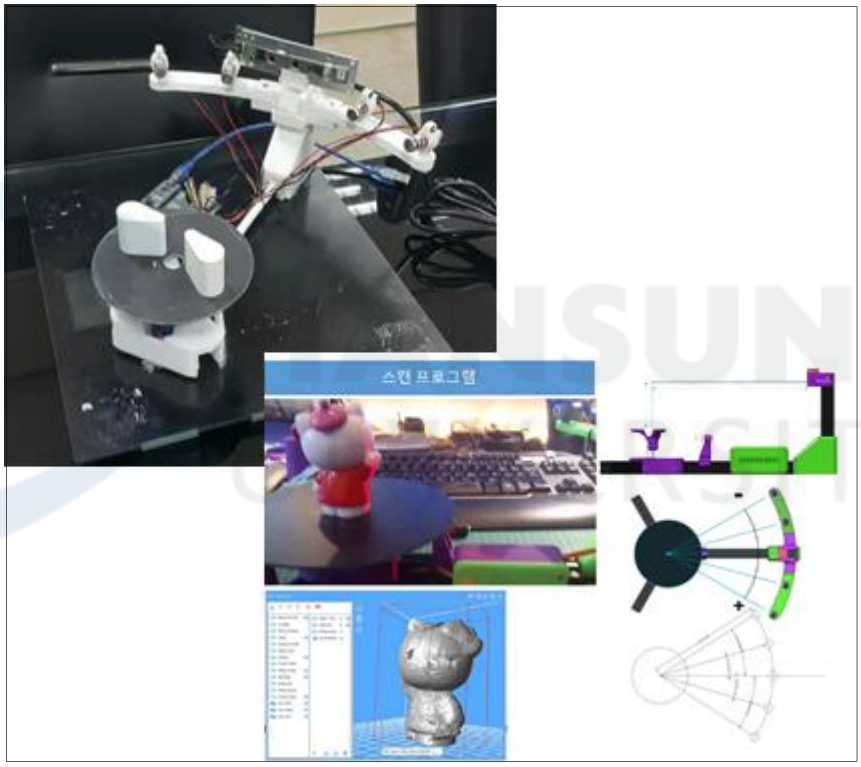
① 음영지역 발생에 따른 후처리 작업이 필요하다.

② 대형 제품이나 작업환경 등을 모델링하기 어렵다.

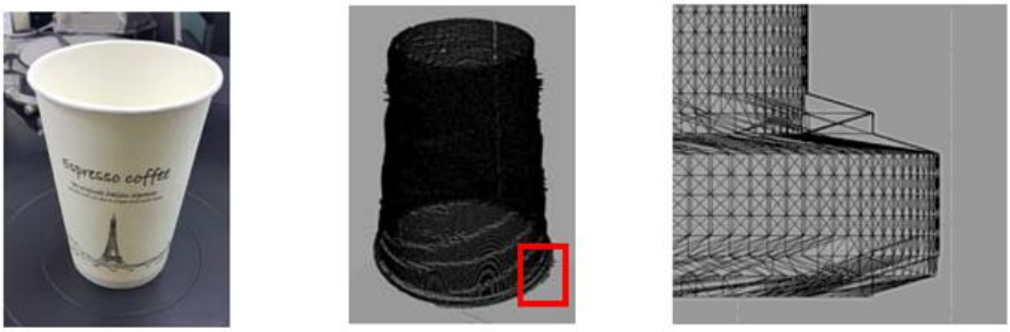
③ 정확한 모델링을 위해서는 후처리 작업이 필요하게 된다.

④ 정확한 Mesh와 수치적인 데이터를 얻을 수 있는 반면, Texture를 적용하는 것에는 한계가 존재한다.

⑤ 다수의 Mesh 포인트가 생성되어 모델링 결과물의 용량이 크다.



[그림 4-66] 자체 제작 3차원 스캐너

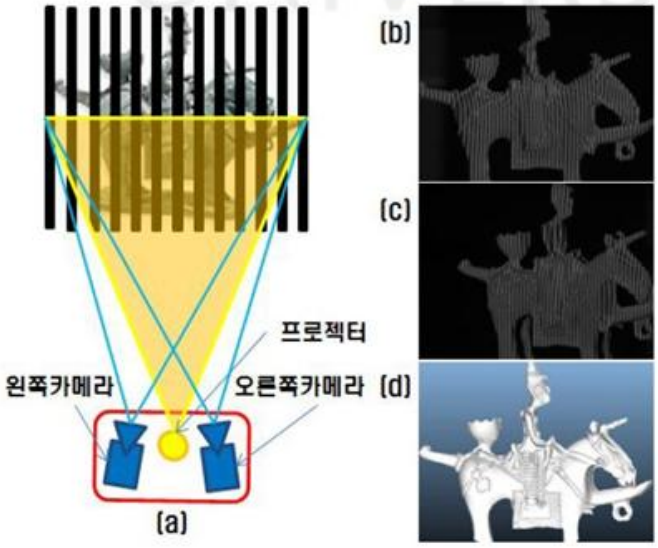


[그림 4-67] 종이컵에 대한 Mesh 구축 결과

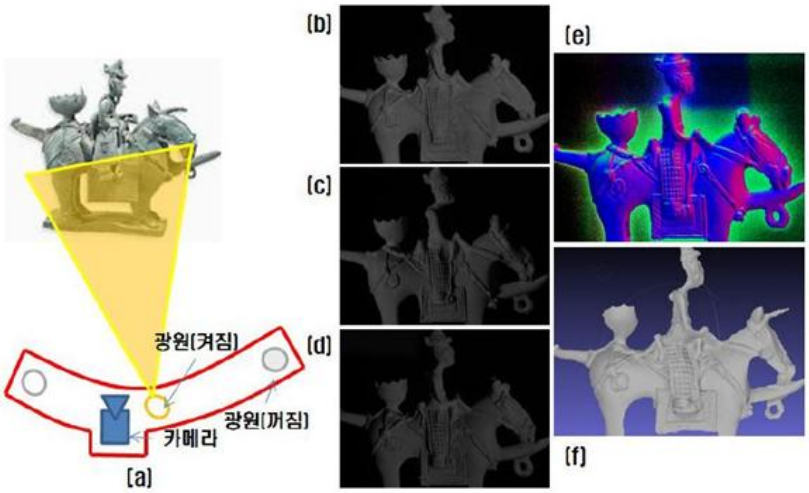
나) 광학식 3차원 모델링 방법

광학식 3차원 모델링 방법에는 스테레오 비전 방법과 포토 메트릭 스테레오 방법이 있으며, 광원을 중심으로 측정하는 기술로 물체의 외형 및 치수에 대한 부분이다.

공구와 같이 단색으로 구성된 물체의 경우 빛의 양과 방향이 표면의 반사와 광택에 상당한 영향을 미치며, 이러한 표면 특성은 사진측량기술을 이용한 3차원 가상객체 제작에서 정확한 모델링을 불가능하게 한다.



[그림 4-68] 스테레오 비전 방법의 개념



[그림 4-69] 포토 메트릭 스테레오 방법의 개념

생산 공정에 적용하기 위한 모델링으로 치공구와 같은 단색의 소형 부품들의 모델링에 적용할 경우 이질감이 있을 수 있다.

(가) 장점

① 모델링 대상에 대한 직접적인 사진 촬영을 통해 현실감 있는 가상객체의 생성이 가능하다.

② 사진 촬영에 의한 모델링으로 소형 또는 대형 제품이나 작업환경 등에 대한 모델링이 가능하다.

③ 자동화를 통해 3차원 가상객체 제작시스템 구현이 가능하며, 비용이 비교적 저렴하다.

(나) 단점

① 촬영 방법, 조명, 카메라 특성 등에 따라 성과가 상이하다.

② 정확한 모델링이 어려워 소형 제품에는 적용이 어려우며, 정확한 모델링을 위해서는 후처리 작업이 필요하다.

③ 음영지역 발생에 따른 보정작업이 필요하다.

④ 다수의 Mesh 포인트가 생성되어 모델링 결과물의 용량이 크다.

다) 3차원 모델링 소프트웨어를 이용한 모델링

3차원 모델링 프로그램을 이용한 가상객체 제작으로 실측에 의한 모델링이 아닌 가상의 객체를 생성하는 방법이다.

(가) 장점

① 기존 제작되어 있는 샘플 자료가 많으며, 수정 작업을 통한 빠른 모델링이 가능하다.

② Mesh 최적화를 통한 저용량 모델 생성이 가능하다.

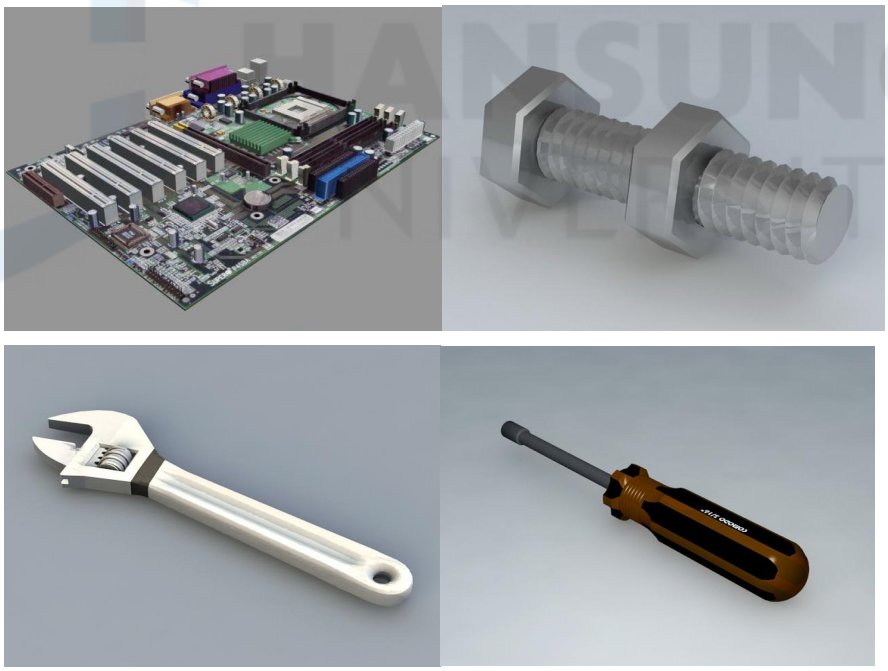
③ 현실감 있는 모델링 제작이 가능하다.

(나) 단점

① 자체 제작 할 경우 오랜 작업시간이 소요된다.

② 기존 상용 모델의 경우 구입비가 발생한다.

③ 현실감 있는 모델의 경우 대용량으로 생산 공정 시뮬레이션에서 사용할 경우 지연현상 발생이 우려된다.



[그림 4-70] 3차원 모델링 소프트웨어를 이용한 가상객체 제작

라) 사진을 이용한 모델링 방법의 최적화

카메라 특성 및 종류, 해상도, 조명환경 등 최적의 사진자료를 이용한 모델링 방법을 제시한다.

(가) 카메라 설정

① 휴대폰(mobile phone), 컴팩트 디지털 카메라(compact digital), DSLR 등이 가능하다.

② 비디오카메라로 촬영한 동영상에서 추출한 스틸이미지도 가능하다.

③ 5M Pix 이상의 고해상도 카메라 권장한다.

④ 초광각(ultra-wide angle) 또는 어안(fisheye) 렌즈는 사용이 불가하다.

(나) 초점거리

① 모든 이미지에 고정된 초점거리를 사용하였다.

② 50mm의 초점거리가 권장되고, 보통 20~80mm의 초점거리가 사용되며, 상황에 따라 적절한 초점거리 설정해 주었다.

③ 줌 렌즈를 사용할 경우 촬영과정동안 렌즈 고정이 필요하다.

④ 디지털 줌은 사용이 불가하다.

(다) 해상도

① 카메라별 제공 해상도 가운데 최소한 중간(Medium) 이상을 선택하되, 품질과 처리시간의 효율성을 고려한 적절한 해상도를 선택해야 한다.

② EOS 6D : M(3648×2432) / EOS M10 : M(4320×288) / SONY α200 : M(2892×1936)

③ 저해상도는 데이터 품질의 저하의 원인이 된다

④ 과도한 고해상도는 데이터 처리시간을 증가시킨다.

(라) 조리개 및 셔터스피드

① 깊은 심도를 위해 가급적 높은 조리개 값을 권장하며, 상황에 따라 적절하게 설정해야 한다.

② 조명의 종류와 밝기에 따라 달라질 수 있으나 보통은 F 5.6~7.0사이로 설정한다.

③ 조리개 값이 너무 낮게 설정된 경우 아웃 포커싱이 발생하여 정합에 오류가 발생할 수 있다.

④ 셔터스피드가 너무 느릴 경우 블러(blur) 현상이 발생할 수 있으며, 1/100 또는 1/125설정 되어야 한다.

⑤ 조리개 값의 설정에 따라 변경해야 하며 최소 1/10까지 가능하다.

(마) 감도(ISO : International Organization for Standardization)

① 높은 ISO 값은 노이즈를 발생시키기 때문에 가급적 낮은 ISO 값을 사용하는 것이 권장된다.

② 사전촬영을 통해 적절한 ISO 값을 선택해야 하는 것이 적절하다.

③ Auto ISO는 자동으로 사진별 감도 차이를 유발하기 때문에 동일한 ISO 값을 유지해야 한다.

(바) 파일형식 및 보정

① RAW, TIFF, JPEG 등의 다양한 파일형식이 지원된다.

② JPEG 형식은 노이즈를 유발할 수 있기 때문에 RAW 데이터를 손실 없이 TIFF 형식으로 변환하여 사용하는 것이 권장되지만 큰 차이는 없으며, 때때로 JPEG 형식에서 더욱 양호한 품질을 얻을 수 있다.

③ 원본 사진의 크기 조절, 자르기, 회전, 노이즈 제거, 선명화, 밝기·대비·채도·색조 조정 등의 조작은 불가하다.

(사) 조명환경 설정

① 은은하고, 일정하며, 고정된 조명을 사용하였다.

② 할로겐 조명은 좁은 지역을 밝게 비추기 위한 용도로 일반 사진관에서 사용하는 할로겐 조명은 사용이 불가하다.

③ 할로겐 조명보다는 메탈핼라이드(Metal Halide) 조명이 적절하다.

④ 메탈 헬라이드 조명은 빛을 온화하게 퍼트리는 효과가 있어 전반적인 분위기를 밝게 하되, 할로겐조명에 비해 강하지 않은 장점을 보유하고 있다.

⑤ 직접광보다는 간접광을 이용하여 조명을 물체에 직접 비추지 않고, 벽을 통해 간접적으로 물체에 투사하도록 하였다.

⑥ 실내등은 모두 소등하며, 반사 및 광택을 유발하는 카메라 플래쉬 사용을 금지해야 한다.

⑦ 간접광만으로도 물체에 과도한 빛이 투사될 경우 적절한 조명통제기구

를 사용해야 한다.

⑧ 소프트박스 또는 라이트텐트 등을 사용하여 빛을 전체적으로 고르게 유지해야 한다.

(아) 촬영위치

① 물체가 적절한 화상을 이룰 정도의 거리를 유동적으로 선택한다.

② 규모가 크거나 복잡한 형태의 물체는 다른 촬영거리와 높이에서 회전하며 촬영해야 한다.

③ 대형 제품 또는 작업환경을 모델링 할 경우 근거리-중거리, 상-중-하에 따른 여러 위치에서 촬영해야 한다.

④ 제품에 대해 360°로 회전하며 촬영하는 것이 가장 적절하다.

⑤ 한 지점에서 물체를 회전하면서 촬영할 경우 데이터 구축 오류 가능성이 상승한다.

⑥ 연속된 사진 사이에서 최소 60%의 중첩도와 최대 15°의 촬영 간격을 유지하였다.

⑦ 단순한 형태의 제품인 경우, 약 30~50°의 일정한 간격에서도 가능하다.

⑧ 반사가 심한 제품의 경우 촬영자의 모습이 물체에 투영되지 않도록 주의해야 한다.

(자) 촬영매수

① 중첩도에 따라 촬영매수는 유동적으로 결정하되, 최소 2매 이상의 인접한 사진이 필요하다.

② 촬영매수가 적을 경우에는 구축데이터의 품질 저하가 발생할 가능성이 높다.

③ 촬영매수가 과도하게 많은 경우에는 데이터 처리시간이 급증하게 된다.

④ 이미지 해상도와 마찬가지로 적절한 촬영매수의 선별해야 한다.

⑤ 적은 수의 사진보다는 많은 수의 사진을 권장한다.

(차) 주의사항

① 비색상변화(예를 들어 단색의 벽, 바닥, 천장) 또는 반사, 광택, 투명, 굴절물질(예를 들어 유리, 금속, 플라스틱)로 이루어진 제품은 구멍, 돌출부 또는 노이즈가 발생하거나 정합이 되지 않으므로 후처리 과정이 필요하

다.

② 납작하거나 평평한 형태의 균일한 면을 가진 물체(또는 표면)는 노이즈가 발생하거나 정합이 되지 않는다.

③ 촬영지점에 따른 물체의 사각지대 발생으로 인한 맵핑 Texture의 보완 촬영은 상하 좌우두 개의 방향에서 이루어져야 한다.

④ 인위적인 빛 조절로 인해 물체가 본래 지니고 있는 색상에 대한 왜곡이 발생할 수 있다.

⑤ 색상을 보정하여 모델링을 할 경우 일부에서 메쉬가 생성되지 않거나 표면이 거칠게 나타나는 등 정확한 형상정보의 전달이 어렵다.

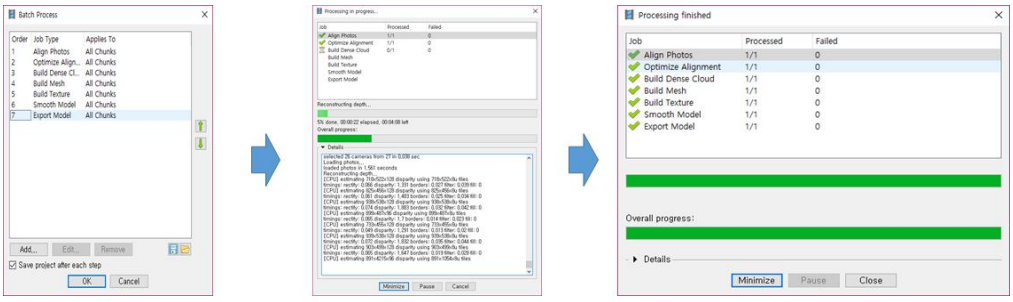
3) 자동화 모듈을 이용한 모델링 결과

3D 가상객체 제작시스템 개발을 위해 이미지자료의 번들조정에 의한 자동정합, 3차원 모델 생성, 배경제거, 3차원 모델 재생성 과정을 거쳐 제조공정 시뮬레이션에 3차원 모델을 전송하기 위한 프로그램을 개발하였다.

가) 배경영역 제거 모듈 개발

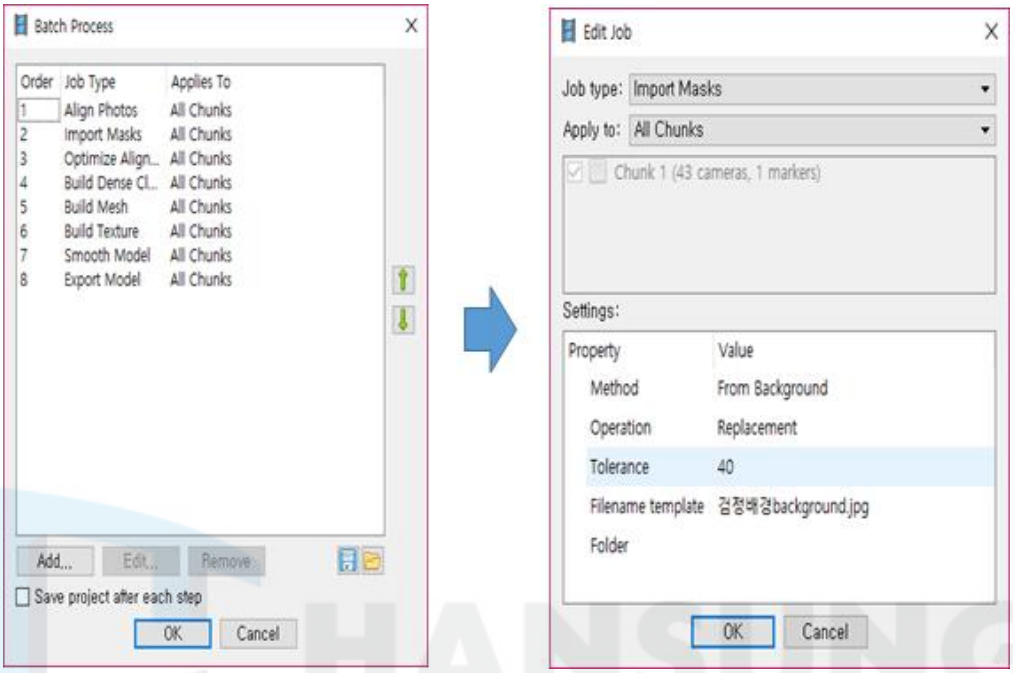
(1) 이미지자료를 이용한 3차원 모델링 소프트웨어에 적용하기 위해 자동화 스크립트를 개발하였다.

(2) 다음 그림은 배경영역 분리 자동화 모듈 실행 전 자동화 모듈 실행 화면이다.



[그림 4-71] 배경영역 분리 전 자동화 모듈 실행

(3) 다음 그림은 배경영역 분리 자동화 모듈 실행 화면이다.



[그림 4-72] 배경영역 분리 자동화Script 및 옵션설정

나) 배경영역 제거 모듈 개발

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<batchjobs version="1.2.0">
  <job name="AlignPhotos" target="all"/>
  <job name="OptimizeCameras" target="all"/>
  <job name="BuildDenseCloud" target="all"/>
  <job name="BuildModel" target="all">
    <param name="filter_mode" value="0"/>
  </job>
  <job name="BuildTexture" target="all"/>
  <job name="SmoothModel" target="all"/>
```

```
  <job name="ExportModel" target="all">
    <param name="coordinates" value="LOCAL_CS[&quot;Local Coordinates (m)&quot;,LOCAL_DATUM[&quot;Local Datum&quot;,0],UNIT[&quot;metre&quot;,1,AUTHORITY[&quot;EPSG&quot;,&quot;9001&quot;]]]"/>
    <param name="format" value="12"/>
    <param name="path" value="C:/temp/out/out1.stl"/>
  </job>
</batchjobs>
```

[그림 4-73] 자동화 모듈 Script_1

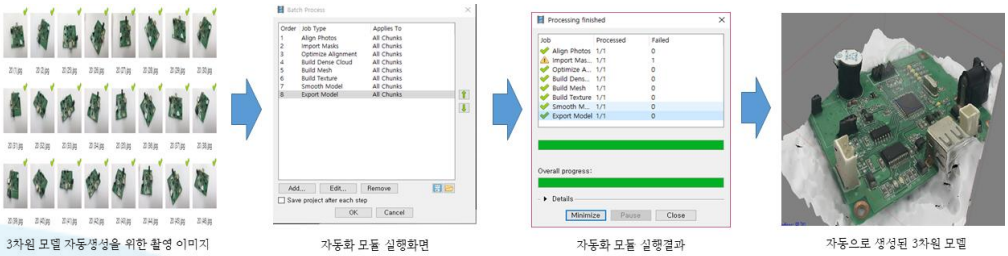
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<batchjobs version="1.2.0">
  <job name="AlignPhotos" target="all"/>
  <job name="ImportMasks" target="all">
    <param name="method" value="2"/>
    <param name="tolerance" value="40"/>
  </job>
  <job name="OptimizeCameras" target="all"/>
  <job name="BuildDenseCloud" target="all"/>
  <job name="BuildModel" target="all">
    <param name="filter_mode" value="0"/>
  </job>
  <job name="BuildTexture" target="all"/>
  <job name="SmoothModel" target="all"/>
  <job name="ExportModel" target="all">
    <param name="coordinates" value="LOCAL_CS[&quot;Local Coordinates (m)&quot;,LOCAL_DATUM[&quot;Local Datum&quot;,0],UNIT[&quot;metre&quot;,1,AUTHORITY[&quot;EPSG&quot;,&quot;9001&quot;]]]"/>
    <param name="format" value="12"/>
    <param name="path" value="C:/temp/out/out2.stl"/>
  </job>
</batchjobs>
```

[그림 4-74] 자동화 모듈 Script_2

2) 3D 가상객체 제작시스템 성능검토

가) 3D영상 자연스런 입체시 자동화율

3차원 모델 자동생성을 위한 이미지를 촬영하고, 개발된 자동화 모듈을 이용하여 실행 시 [그림 4-75]와 같이 3차원모델을 얻을 수 있으며, [표 4-33]과 같이 입체시 자동화율에 따라 성공여부를 판단할 수 있다.



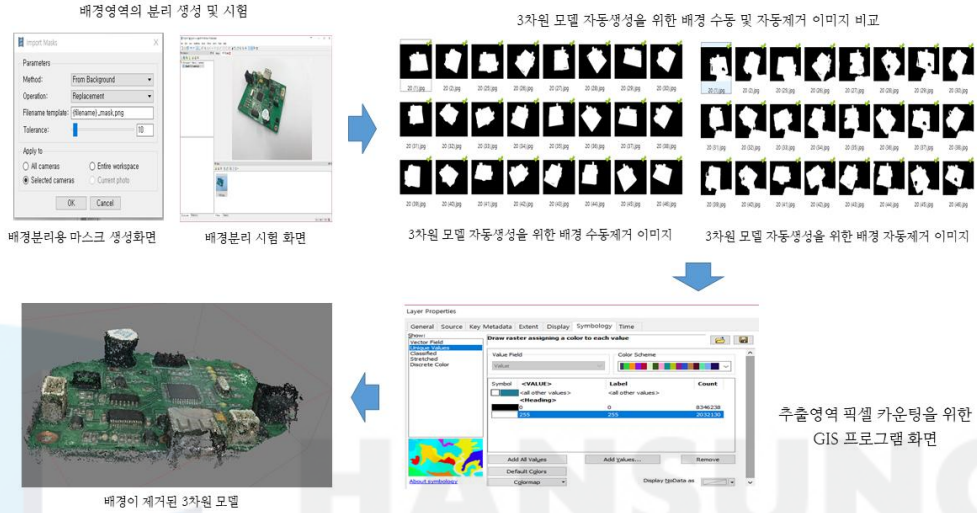
[그림 4-75] 3차원 모델 자동생성과정

[표 4-47] 입체시 자동화율

단계	설명	자동화 성공률(%)	비고
1	영상정합	100	
2	배경분리영역 입력	70	배경 수동 설정
3	영상정렬 및 최적화	100	
4	포인트 클라우드 생성	100	
5	Mesh 생성	100	
6	텍스처 생성	100	
7	모델간소화	100	
8	모델변환(STL)	100	
	평균	96.3	

나) 배경영역의 분리 성공률

개발된 배경영역 제거 자동화 모듈을 이용하여 시범적용 후 수동으로 제거된 배경영역의 픽셀 수와 자동으로 제거된 배경영역의 픽셀 수를 비교하여 배경 분리 성공률을 계산할 수 있다.



[그림 4-76] 배경영역의 자동분리 검증

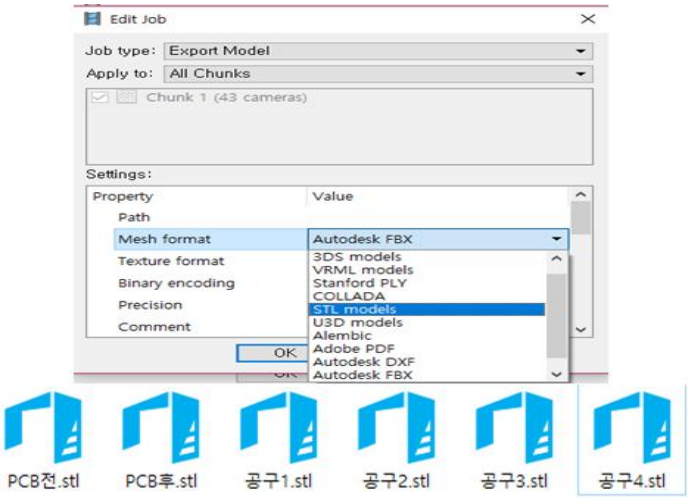
[표 4-48] 배경 분리 추출 성공률

No.	수동 분리 픽셀 수	자동 분리 픽셀 수	추출비율
1	7,942,107	7,674,652	96.6
2	7,971,610	7,682,601	96.4
3	7,537,303	7,320,238	97.1
4	7,608,539	7,252,214	95.3
5	7,945,732	7,841,719	98.7
6	7,879,266	7,645,421	97.0
7	7,903,108	7,492,659	94.8
8	7,832,358	7,441,549	95.0
9	8,346,238	7,702,588	92.3
10	8,255,291	7,861,143	95.2
11	7,936,401	7,536,833	95.0
12	7,919,445	7,451,444	94.1
13	7,970,891	7,549,266	94.7

No.	수동 분리 픽셀 수	자동 분리 픽셀 수	추출비율
14	7,648,744	7,287,541	95.3
15	7,832,672	7,331,709	93.6
16	8,003,100	7,565,374	94.5
17	7,804,843	7,541,930	96.6
18	8,185,807	7,599,705	92.8
19	8,214,211	7,713,767	93.9
20	7,982,762	7,427,972	93.1
21	7,868,138	7,410,060	94.2
22	7,962,424	7,604,155	95.5
23	7,608,779	7,380,485	97.0
24	8,002,043	7,756,540	96.9
평균			95.2

다) 3D Mesh 가상객체 제작 성공률

개발된 3D Mesh 가상객체는 제조공정 시뮬레이션 시스템에 적용하기 위해서 다음 그림과 같이 STL 형식으로 자동 추출 되며, 다음 그림에서와 같이 6개의 시범적용 결과 6개 모두 자동으로 3차원 모델이 생성된 것으로 볼 때 자동화 모듈에 의해 모두 변환 되는 것으로 판단된다.



[그림 4-77] STL 모델 변환 결과

4) 3D 가상객체 제작 시스템 테스트

본 시험은 기능 및 성능을 객관적으로 측정하기위 해 공인된 인증기관(ICT시험인증연구소)에서 시험하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

[표 4-49] 3D 가상객체 제작 시스템 테스트 결과

순번	시험 기준 및 방법	시험결과
1	1) 3차원 객체 제작 시 자동화율 -자동화 모듈을 이용하여 2차원 이미지를 3차원 객체로 제작 시 자동화율이 95%이상 -3차원 모델 자동 생성을 위해 촬영된 이미지 24개를 자동화 모듈을 통해 3차원 모델로 객체 생성 시도하여 자동화율을 측정한다.	기준만족 95%
2	2) 배경영역 자동 분리 추출 성공률 -배경영역 자동 분리 추출 성공률이 95%이상 -수동으로 제거된 배경영역의 픽셀 수와 자동으로 제거된 배경영역의 픽셀 수를 비교하여 자동 분리 추출 성공률을 측정한다.	기준만족 97.9%
3	3) 3D Mesh 가상 객체 제작 성공률이 95%이상 -자동화 모듈에 의해 Mesh format인 *.stl 파일의 생성 여부를 확인하여 3D Mesh가상객체 제작의 성공률을 측정한다.	기준만족 100%

출처 : ICT시험인증연구소 시험성적서(201805-RSW-017)

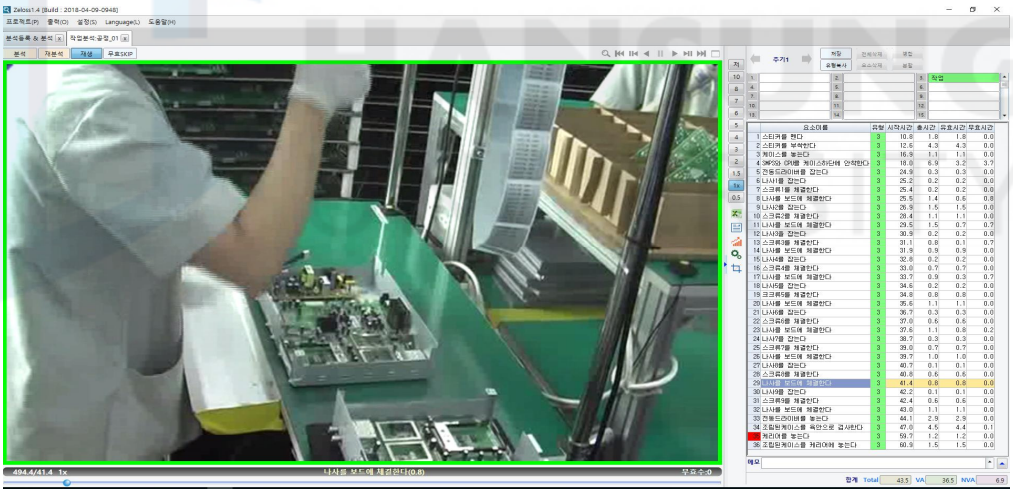
제 7 절 작업개선 시스템 모의 테스트

1) 개요

작업개선 시스템을 활용하여 셋톱박스 조립공정에 대하여 모의테스트를 시행하고 그 결과를 분석함으로써 알고리즘을 검증하였다.

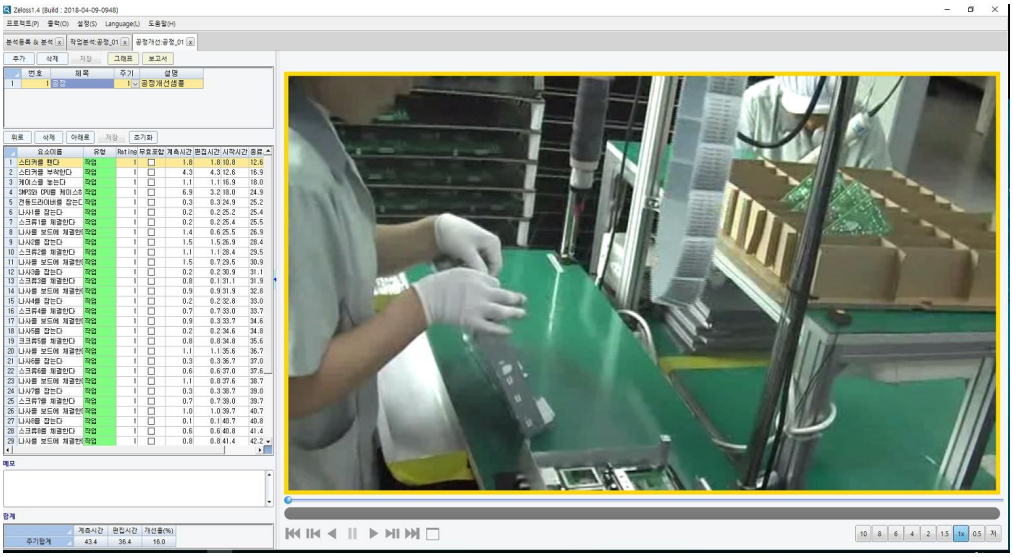
셋톱박스 조립의 모의 테스트는 조립공정내의 4개의 작업을 동작동영상 분리자동화를 통해 동작요소를 자동으로 분리하고 낭비요소 제거, LOB시뮬레이션, 정미시간을 추출하여 작업시나리오 및 레이아웃을 설계한다, 또한 설계된 레이아웃을 통해 가상현실 테스트베드 내에서 개선된 작업을 순서에 따라 수행하며, 그에 따른 Gap(비교, 산포, LOB)분석을 실시하여 검증한다.

가) 셋톱박스 조립공정 작업 1 정미시간 추출 및 낭비제거



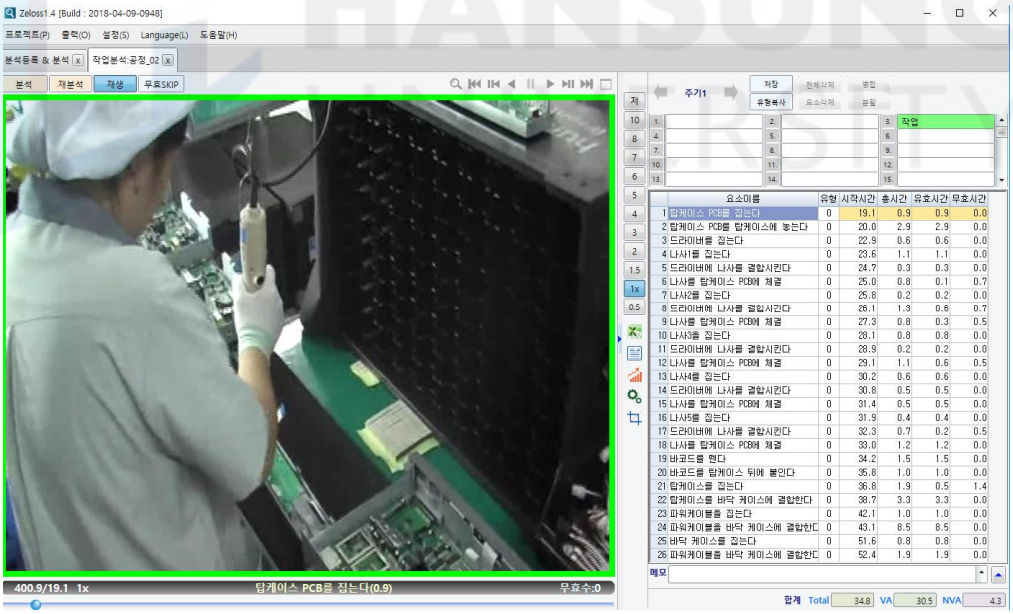
[그림 4-78] 셋톱박스 조립공정 작업 1 정미시간 추출

[그림 4-78]과 같이 셋톱박스 조립공정의 첫 번째 작업을 동작분석 자동화시스템에서 분석된 결과 36개의 동작요소로 43.5초의 정미시간을 추출할 수 있으며, [그림 4-79]와 같이 작업개선 시뮬레이터로 낭비를 제거한 작업개선 시간 데이터는 36.5초로 약 16%의 개선효과를 가져올 수 있다. 이처럼 개선된 데이터는 작업시나리오 작성 시 사용된다.



[그림 4-79] 셋톱박스 조립공정 작업 1 낭비제거

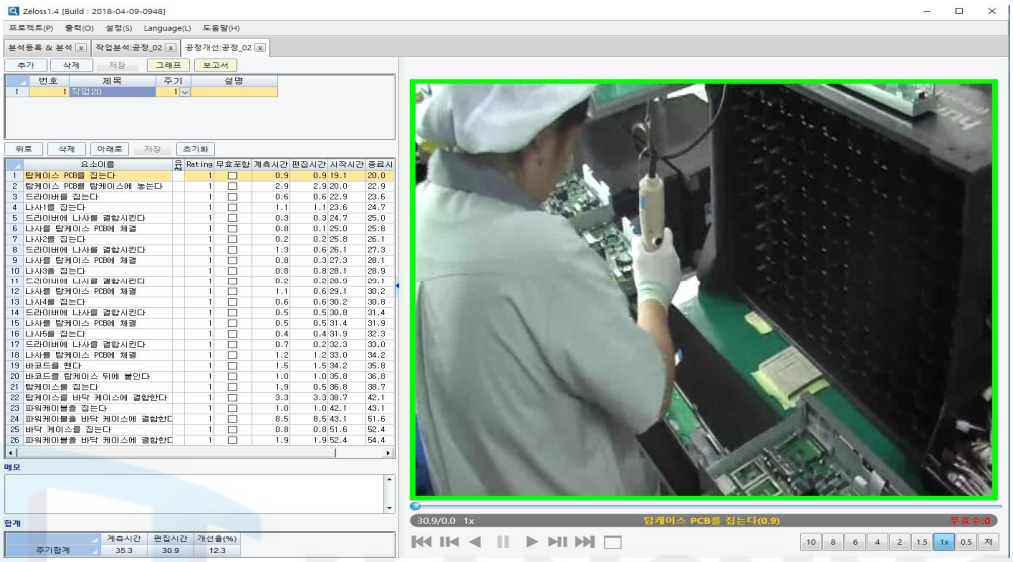
나) 셋톱박스 조립공정 작업 2 정미시간추출 및 낭비제거



[그림 4-80] 셋톱박스 조립공정 작업 2 정미시간 추출

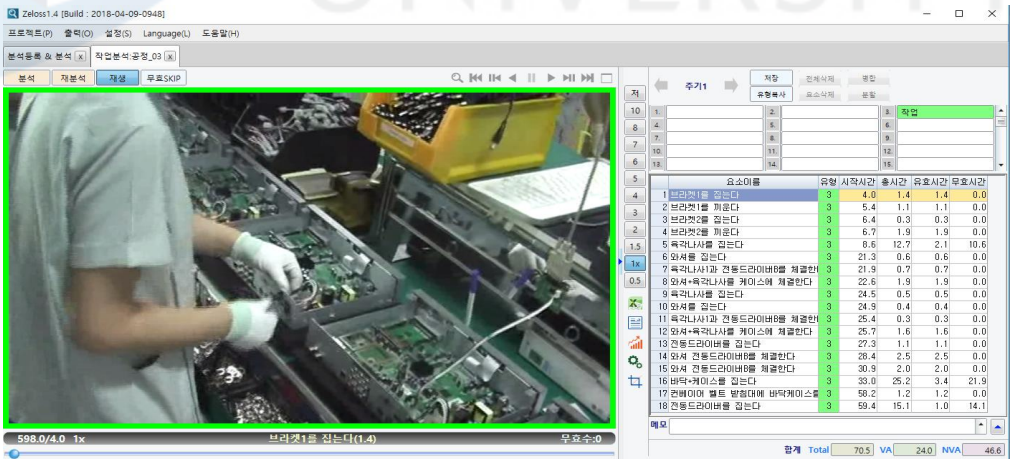
[그림 4-80]과 같이 셋톱박스 조립공정의 두 번째 작업을 동작분석 자동화 시스템에서 분석된 결과 26개의 동작요소로 34.8초의 정미시간을 추출할 수

있으며, [그림 4-81]과 같이 작업개선 시뮬레이터로 낭비를 제거한 작업개선 시간 데이터는 30.5초로 약 12.3%의 개선효과를 가져올 수 있다. 이처럼 개선된 데이터는 작업시나리오 작성 시 사용된다.



[그림 4-81] 셋톱박스 조립공정 작업 2 낭비제거

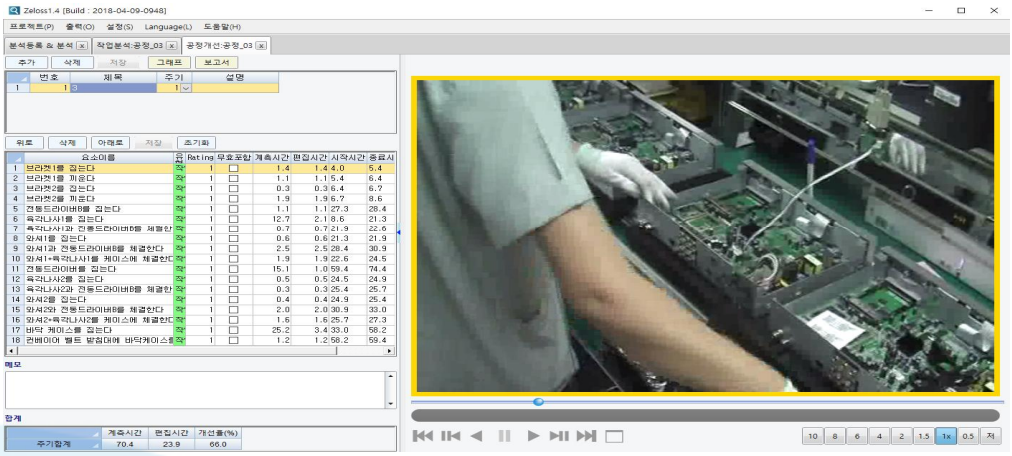
다) 셋톱박스 조립공정 작업 3 정미시간 추출 및 낭비제거



[그림 4-82] 셋톱박스 조립공정 작업 3 정미시간 추출

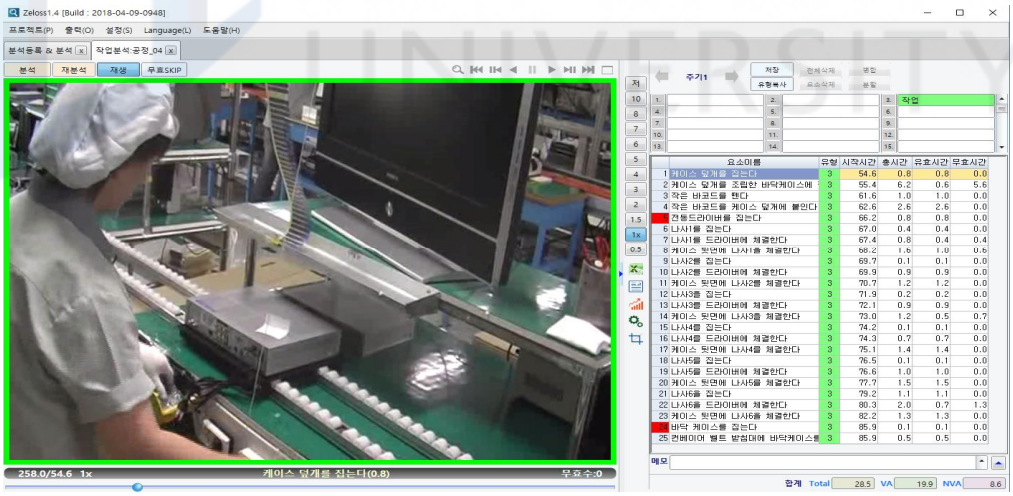
[그림 4-82]와 같이 셋톱박스 조립공정의 세 번째 작업을 동작분석 자동화 시스템에서 분석된 결과 18개의 동작요소로 70.5초의 정미시간을 추출할 수

있으며, [그림 4-83]과 같이 작업개선 시뮬레이터로 낭비를 제거한 작업개선 시간 데이터는 24초로 약 66%의 개선효과를 가져올 수 있다. 이처럼 개선된 데이터는 작업시나리오 작성 시 사용된다.



[그림 4-83] 셋톱박스 조립공정 작업 3 낭비제거

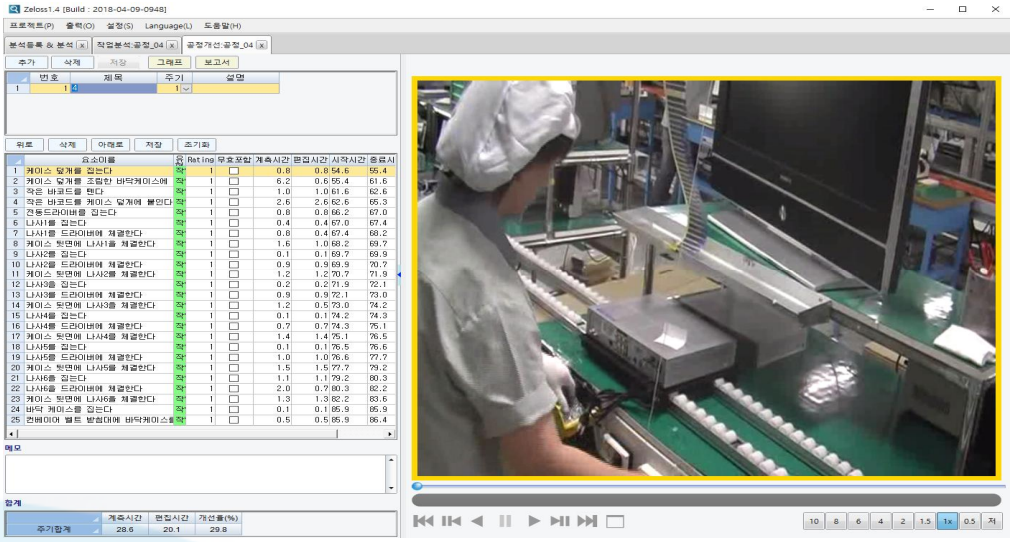
라) 셋톱박스 조립공정 작업 4 정미시간 추출 및 낭비제거



[그림 4-84] 셋톱박스 조립공정 작업 4 정미시간 추출

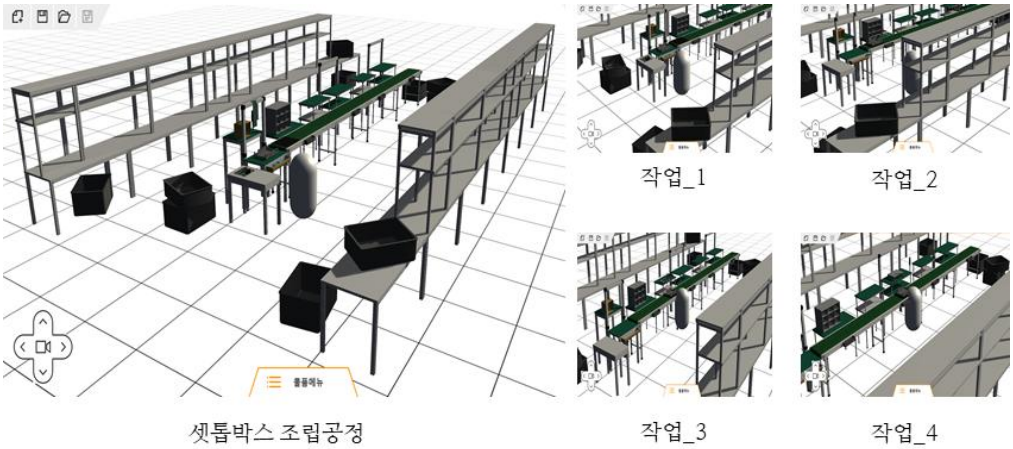
[그림 4-84]와 같이 셋톱박스 조립공정의 네 번째 작업을 동작분석 자동화시스템에서 분석된 결과 25개의 동작요소로 28.5초의 정미시간을 추출할 수 있으며, [그림 4-85]와 같이 작업개선 시뮬레이터로 낭비를 제거한 작업개선 시간 데이터는 19.9초로 약 29.8%의 개선효과를 가져올 수 있다. 이처럼 개

선된 데이터는 작업시나리오 작성 시 사용된다.



[그림 4-85] 셋톱박스 조립공정 작업 4 낭비제거

마) 동작분석 자동화시스템에서 추출된 동영상, 동작요소, 정미시간, 낭비를 제거한 작업시간을 토대로 작업의 순서 및 작업의 레이아웃을 [그림 4-86]과 같이 설계한다. 설계된 작업레이아웃은 가상현실의 테스트베드가 되며 개선 전 데이터, 개선 후, 가상현실 데이터 등과 비교하여 시뮬레이션 및 모니터링을 할 수 있다.

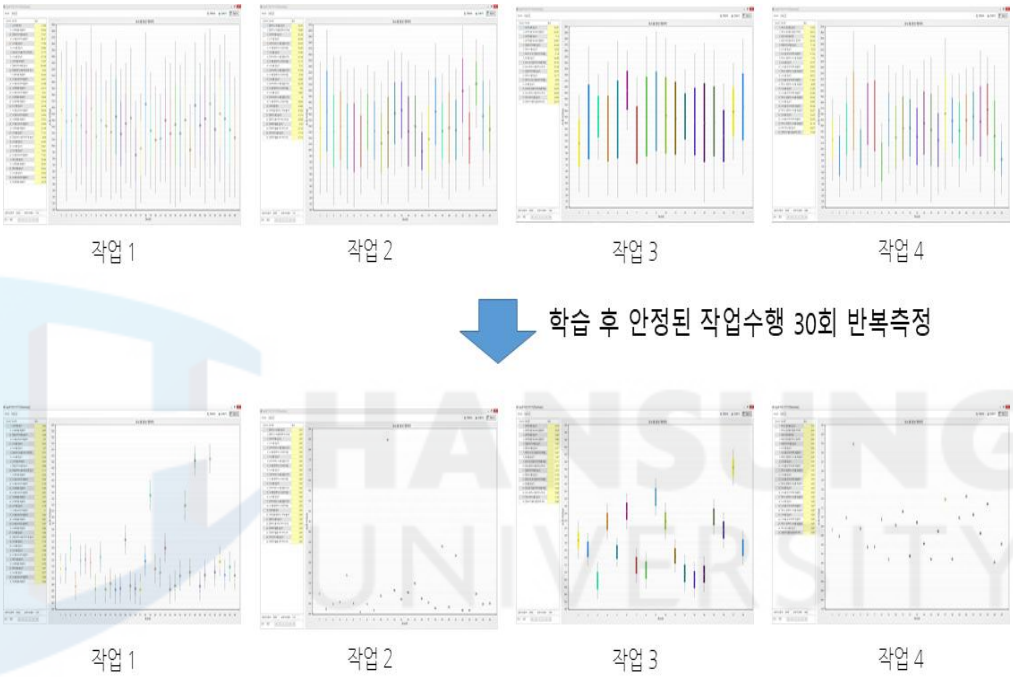


[그림 4-86] 셋톱박스 조립공정 내의 4가지 작업레이아웃 설계

마) 가상현실 테스트 및 분석 결과

(1) 가상현실 테스트베드에서의 셋톱박스 조립공정 산포분석

[그림 4-87]과 같이 작업의 숙련도는 작업 1이 22회, 작업 2가 31회, 작업 3이 37회, 작업 4가 18회의 반복 작업 후에 안정화 되었으며, 그 후 30회를 반복 측정하여 산포를 확인해 본 결과 작업수행도가 향상됨을 알 수 있었다.



[그림 4-87] 가상현실 테스트베드에서의 산포분석 및 숙련도측정

(2) 가상현실 테스트베드에서의 셋톱박스 조립공정 시뮬레이션

(가) 셋톱박스 조립공정의 작업 1 시뮬레이션 검증

작업 수행능력이 안정된 후 30회 측정한 결과 평균 사이클 타임이 36.6초로 개선 전 대비 6.9초 절감되었으며, 작업개선 사이클 타임 대비 +0.1초 차이로 작업개선 시간 데이터와 유사하였다.

[그림 4-88] 셋톱박스 조립공정 작업 1의 시뮬레이션

(나) 셋톱박스 조립공정의 작업 2 시뮬레이션 검증

작업 수행능력이 안정된 후 30회 측정한 결과 평균 사이클 타임이 29.8초로 개선 전 대비 5초 절감되었으며, 작업개선 사이클 타임 대비 −0.7초 차이로 작업개선 시간 데이터와 유사하였다.

[그림 4-89] 셋톱박스 조립공정 작업 2의 시뮬레이션

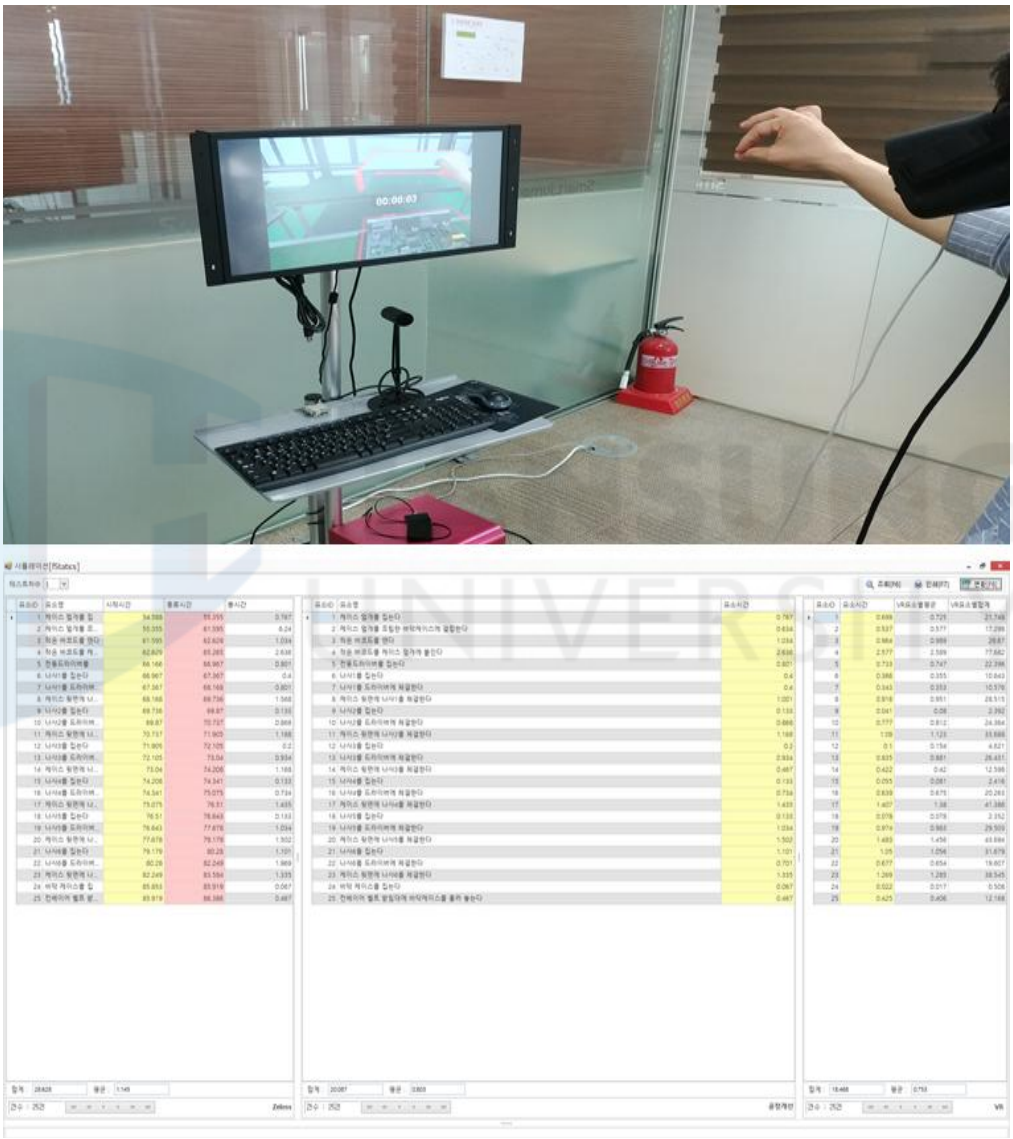
(다) 셋톱박스 조립공정의 작업 3 시뮬레이션 검증

작업 수행능력이 안정된 후 30회 측정한 결과 평균 사이클 타임이 26.2초로 개선 전 대비 44.3초 절감되었으며, 작업개선 사이클 타임 대비 +2.2초 차이로 작업개선 시간 데이터와 유사하였다.

[그림 4-90] 셋톱박스 조립공정 작업 3의 시뮬레이션

(라) 셋톱박스 조립공정의 작업 4 시뮬레이션 검증

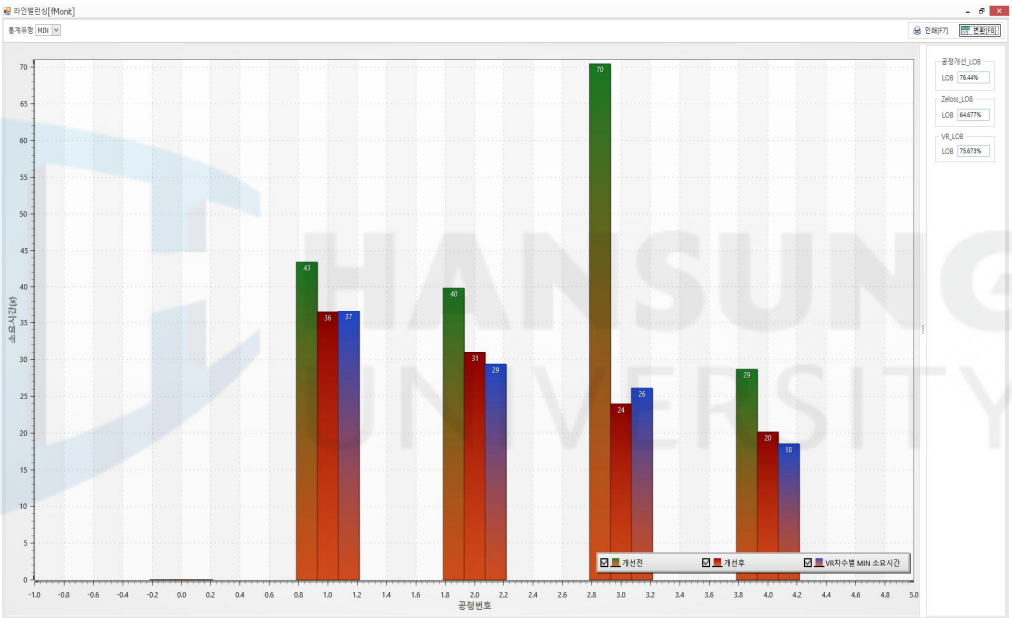
작업 수행능력이 안정된 후 30회 측정한 결과 평균 사이클 타임이 18.5초로 개선 전 대비 10초 절감되었으며, 작업개선 사이클 타임 대비 −1.4초 차이로 작업개선 시간 데이터와 유사하였다.



[그림 4-91] 셋톱박스 조립공정 작업 4의 시뮬레이션

(2) 가상현실 테스트베드에서의 셋톱박스 조립공정 작업편성효율

[그림 4-91]과 같이 시뮬레이션 결과 작업 개선 전 작업편성효율은 64.7%에서 동작분석 자동화시스템을 통해 정미시간, 낭비제거 등을 개선하여 76.4%로 설계하였다. 개선된 시간데이터와 낭비요소, 동영상편집 등을 활용하여 작업시나리오 및 레이아웃을 설계하고 이를 가상현실에서 테스트한 결과 75.6%로 설계된 작업편성효율에 근접한 값을 얻을 수 있었다. 따라서 동작분석 자동화시스템에서 작업을 개선한 시간데이터는 가상현실 테스트베드에서의 검증으로 확인할 수 있다.



[그림 4-92] 셋톱박스 조립공정 작업편성효율

제 5 장 결 론

본 연구는 생산성 향상 및 경쟁력 강화를 위한 작업설계활동 및 인력 교육비 절감을 위한 기술적 토대를 마련하는 것이다.

종래의 작업개선을 위해서는 막대한 자본과 인력, 에너지가 필요한 일이었으나 사전에 시뮬레이션을 통해 애로사항이나 문제를 미리 짚어볼 수 있어 작업개선에 많은 비용절감과 개선효과를 가져올 수 있다.

종래의 단순 시뮬레이션 기능제공에서 현장에 직접 적용이 가능한 가상현실 기반의 테스트베드 플랫폼 시뮬레이션 제공이라는 점에서 기술적 차이를 두고 있다.

동작분석 자동화시스템을 통해 작업개선을 위한 데이터를 취득하고, 이를 가상현실 기반에서 작업자 및 생산설비가 유기적으로 결합된 가상의 테스트베드를 제공하여 시뮬레이션 결과를 통해 전체 작업에 걸쳐 각종 오류의 사전검증 및 신속하고 효율적인 제품개발 및 생산을 실현할 수 있다.

본연구의 적용된 핵심기술을 살펴보면, 첫째, C# 기반의 Multi Platform 이용이 가능하고 Eyeshot Professional을 활용한 3D객체 컨트롤 알고리즘, 이미지 처리 알고리즘에 의한 저장매체 저장기술 및 Database연동기술, 둘째, MDB Database와 MS-SQL Database간의 연동기술, 셋째, 가상현실 테스트베드 시스템과 작업개선 시스템 간 시간 데이터를 활용한 Gap분석 기술, 넷째, Lighting Chart라이브러리를 활용한 Chart 및 산업공학 이론을 기반으로 LOB(Line of Balancing)실시간 모니터링, 다섯째, 파라미터 전달을 통한 다중 프로그램 연동 기술 등을 적용하여 동작분석 및 가상현실을 통한 작업개선 시스템을 개발하였다.

동작분석 자동화시스템은 수작업으로 등록이 가능했던 동영상자료를 Computer Vision을 활용한 OCR(Optical Character Reader)을 통해 자동분류하고 분류된 결과를 확인한 후에 자동으로 분류할 수 있도록 하였다.

작업자의 눈을 통해 동영상을 프레임단위 또는 재생하면서 요소를 분리하여 수작업으로 하기 때문에 설비체크와 같은 장시간 동영상 및 반복되는 작

업의 주기에 대한 요소를 분석하는데 오랜 시간 및 비용이 소요되는 데 본 연구에서는 Computer Vision 의 오픈소스 OpenCV 기반의 다양한 플랫폼에 적용이 가능한 EmguCV를 이용하여 자동으로 요소를 분석하여 작업 시간 및 비용을 절약할 수 있다. 또한 Computer Vision을 활용하기 때문에 고정촬영 및 영상 각 프레임의 이미지가 깨지는 현상, 즉 속도가 빠른 작업의 경우 잔상, 그림자, 조명, 기계 및 사람 작업의 간섭, 빛의 간섭 등 여러 가지를 고려한 환경을 필요로 하고 있지만 24시간이상 지속적으로 촬영을 하는 설비 가동분석의 경우 해당 기술을 이용하여 자동화 분석이 가능하다.

반복되는 제조공정의 동영상을 특정 이미지 및 좌표 등을 지정하여, 각각의 반복되는 주기를 자동으로 분석을 통해 빠른 시간에 제조공정의 사이클 타임을 산정할 수 있는 데이터를 생성하고 각 사이클 타임을 통해 평균 사이클 타임을 초과 또는 미만의 주기를 바로 파악하여 해당 주기에 어떤 위험 또는 문제 등을 분석하여 실제 공정개선에 참고자료로 활용이 가능하다.

분석된 데이터를 기반하여 Sum/Min/Max/산포 등의 다양한 통계 데이터 및 그래프를 통해서 공정상태 및 생산시간 등을 쉽고 신속·정확하게 파악할 수 있으며, 산출된 데이터를 현장의 작업개선 활동 및 작업표준시간 산정 등에 활용이 가능하다.

사람기계연합작업분석 (MMC : Man Machine Chart), 다중분석 (MAC : Multiple Activity Chart), 라인밸런싱분석 (Line of Balancing)을 제공하며, 값을 추가, 삭제, 이동 등 데이터 입력, 마우스의 드래그 앤 드롭 등을 통해 개선안을 도출 후 이것을 적용하였을 경우 개선효과에 대한 시뮬레이션이 가능하도록 하여 공정개선을 위한 시간 및 소요비용을 최소화 할 수 있으며 분석된 데이터와 시뮬레이션 데이터를 엑셀로 출력하여 다양하게 재가공하여 사용할 수 있도록 개발하였다.

통합관리시스템은 제조공정 통합 관리 향상 시스템에 관한 것으로서, 구체적으로는 제조공정에서 이루어지는 다양한 정보를 수집 및 분석함으로써 제조 공정을 관리하는 제조공정 통합 관리 시스템에 관한 것이다

종래 제조공정 관리 시스템은 각 공장별 제조장치의 상태 및 작업자의 상태의 변화에 따라 제조공정을 효과적으로 관리하는 것이 어려운 측면을

가지고 있다.

본 연구에서는 통합된 하나의 모듈로 프로젝트관리, 공정관리, 작업레이아웃관리, 작업시나리오관리, 작업자의 작업과정을 모니터링 등을 관장할 수 있으며, Gap분석 모듈을 통해 가상 시뮬레이션의 요소동작별 산포분석, 작업개선 시나리오 Data와 가상 시뮬레이션의 시간 비교, 사이클 타임, 편성효율분석 등을 가상현실 테스트베드 시스템과의 데이터베이스의 데이터 간 상호작용을 통해서 도출할 수 있다.

작업 시나리오 시스템에서는 동작분석 자동화시스템에서 개선된 데이터를 활용하거나 3D모델과 MODAPTS를 활용하여 재구성한다.

작업 레이아웃 시스템은 제조공정의 설비, 공구, 환경물 등을 적합한 배치 구도로 가상공간에 배치하여 가상현실 테스트베드 시스템 시연에 필요한 3D 공간을 배치한다. 또한 오브젝트(가상의 물체)를 Drag&Drop 방식으로 위치와 각도를 조작하여 알맞게 가상의 환경에 배치한다.

가상현실 기반의 테스트베드 시스템은 작업자들이 변화된 공정에 투입되기 전 가상현실 테스트 베드 시스템을 통해 가상현실에서 사전에 작업과정을 공정별 작업시나리오에 맞추어 작업 훈련을 하면서 문제점 및 시간 측정 등을 통해서 부분적으로 테스트 및 반복 수행할 수 있도록 하였다.

3D 가상객체 시스템은 제조공정의 작업시뮬레이션을 위한 각종 설비, 공구, 환경물 등을 레이아웃에 배치할 3차원 모델링을 위한 기술적 연구로 일련의 자동화를 통해 제조공정 작업시뮬레이션 프로그램에 연계할 수 있도록 하였다.

최근 이슈가 되고 있는 가상현실 속에 중소기업의 공정내의 작업과정을 담아내어 이를 바탕으로 신규인력들의 작업교육 및 공정내의 작업레이아웃 설계가 가능하게 되었다.

가상현실에서 체험한 데이터들을 토대로 좀 더 현실성 있고 타당한 레이아웃 구성을 할 수 있게 되었으며, 또한 신규 인력의 제조 기술을 높이는 데에 일조를 할 수 있을 것이다.

본 연구는 중소기업 작업개선을 통한 제조비용 절감 및 생산성 향상 및 경쟁력을 강화하는 데 목적이 있다.

전문 인력부족, 자금조달곤란, 내부기술역량 부족한 중소제조 기업이 작업개선 활동을 지속할 수 없는 상황에서 동작분석 자동화 및 산업공학 이론에 근거한 작업자 직접 참여형 가상현실 시뮬레이션 기능을 통해 적은 투자로 인력 및 소요비용을 절감할 수 있는 효과가 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 이미지를 분석하여 특정 대상의 패턴을 찾는 것으로써 기술적 측면에서 컴퓨터 비전, 이미지 기반의 분석 및 딥러닝, 동영상 촬영장치(카메라 모듈) 들과 밀접한 관계가 있으며, 산업적 측면에서는 ICT가 융합된 스마트공장을 구축하는 데 있어 작업을 표준화하는 데 기여할 것으로 보인다.

최근 제조업의 사회·문화적 변화의 하나는 기능공이나 숙련공의 고령화가 빠르게 진행되고 있다는 것이다.

작업개선활동에서 고숙련자의 참여도를 높이고 기업이 주도적으로 작업개선을 실시할 수 있는 시스템을 제공함으로 고숙련자의 기능을 효과적으로 전수할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 작업개선을 위해 레이아웃, 설비변경, 인원재배치 등을 결정하기 위해서는 가동 중인 제조업체에서 리스크가 크고, 투자비용이 많이 발생할 수 있어 개선 및 혁신이 더 어려운 상황에서 본 연구를 통한 시뮬레이션 기능은 사전에 다양하고 여러 가지 방법으로 개선된 부분을 적용하여 반복된 시뮬레이션을 통해 리스크를 최소화 하고 불필요한 투자비용을 절감할 수 있을 것이다.

이는 결과적으로 생산 비용 절감 및 기업의 경쟁력 향상이라는 실질적 효과를 도출할 수 있다.

다양한 가상현실 적용 분야들에 비해 제조 산업에 적용하는 가상현실이 가지는 특수성은 실제 생산 현장에서 활용될 수 있도록 현실감 있게 재현되어야 하며, 도출된 결과의 분석데이터는 신뢰도가 높아야 한다. 이를 위해서는 정밀도 높은 센서 기술의 발전과 가상현실을 활용하기 위한 3D 그래픽 시뮬레이션 기술, 실 데이터 취득 기술, 작업분석 기술 등 산업현장에 활용하기 위한 지속적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

소병업. (2018). 센서와 가상공정설계를 활용한 스마트 팩토리 구축에 관한 연구. 호서대학교 대학원 박사학위논문.

명상일. (2018). IoT 기반의 스마트 공장 자동화 관리 시스템 구축에 관한 연구. 동명대학교 대학원 박사학위논문.

김재성. (2017). 스마트팩토리 구축을 위한 중소제조공정 빅데이터 분석 적용 방안 : 자동차 부품 제조공정을 중심으로. 충북대학교 대학원 박사학위논문.

김병주. (2018). 항공기 부품 가공을 위한 스마트공장 구축. 경상대학교 대학원 박사학위논문.

노상도. (2016). 스마트공장 사이버물리시스템(CPS) 기술 동향 및 이슈.『전자공학회지』, 43(6), 47-50.

박병섭. (2011). 스마트폰과 연동되는 M2M 기반 스마트 팩토리 관리시스템의 설계 및 연구.『한국컴퓨터정보학회』, 16(4), 189-196.

차석근. (2016). 스마트고장 표준화 동향과 시스템구도.『전자공학회지』, 43(6), 31-37.

정선양, 전중양, 황정재. (2016). 중소기업의 글로벌 경쟁력 제고를 위한 스마트공장 표준화 전략.『기술혁신학회지』, 19(3), 545-571.

이규택. (2016). 스마트공장 기술 동향 및 R&D로드맵.『전자공학회지』, 43(6), 16-24.

은용순, 박경준, 원명규, 박태준, 손상혁. (2013). 사이버물리시스템 연구 동향.『정보과학회지』, 31(12), 8-15.

양두진. (2002). MODAPTS분석을 통한 작업 및 설비 개선에 관한 연구. 인하대학교 대학원 석사학위논문.

이창래. (2002). 전기 콘트롤 박스 제조에서의 공정 개선 사례연구. 조선대학교 대학원 석사학위논문.

윤주성, 이규봉, 고민재, 박일하. (2016). 부품 제조업의 스마트공장 최적운영을 지원하는 지능형 생산관리시스템. 『한국생산제조학회 학술발표대회 논문집』, 284.

한성재. (2001). 공정시간 단축을 가치 흐름도 분석 활용 방법에 관한 사례연구. 한양대학교 대학원 석사학위논문.

박창도. (2012). 현장작업 개선을 위한 Lean-SMAIS 방법론 연구 : 프로아이(ProEye) 소프트웨어 활용 중심으로. 서경대학교 대학원 박사학위논문.

김정섭. (2015). IE 기법을 활용한 자동차부품 제조공정 생산성 연구. 금오공과대학교 대학원 석사학위논문.

김현종. (2015). 동영상을 활용한 동작분석 방법 및 공정개선 사례연구. 인천대학교 대학원 석사학위논문.

이원재. (2015). 생산성 향상을 위한 새로운 프로세스 방법 개발과 적용에 관한 연구. 명지대학교 대학원 박사학위논문.

김남두. (2006). 디지털 모델링 및 시뮬레이션을 이용한 작업동작의 인간공학 분석. 홍익대학교 대학원 석사학위논문.

이강복. (2007). 작업분석과 사고형태 영향분석을 통한 작업자 안전평가모델 구축. 명지대학교 대학원 박사학위논문.

김계원. (2002). 과학적 관리(Scientific Management)에서 사진의 위치 : 길브레스 부부(Gilbreths)의 동작 연구를 중심으로. 중앙대학교 대학원 석사학위논문.

PAN LI. (2016). 작업편차를 고려한 Line Balance 개선 방법. 아주대학교 대학원 석사학위논문.

정대권. (2016). 중소 제조 기업의 현장관리 시스템 구축에 대한 연구. 부산대학교 대학원 박사학위논문.

양웅연. (2003). 가상현실 기반 동작훈련 시스템을 위한 개인 공간에서의 다중양식 상호작용. 포항공과대학교 대학원 박사학위논문.

김태형. (2009). 가상현실 기반 모션필름에서 기술적 환경요소에 따른 커뮤니케이션 효과에 관한 연구. 동국대학교 대학원 박사학위논문.

황성준. (2009). 가상현실 환경에서 입체영상콘텐츠 프로토 타입 개발에 관한 연구 : Second Life 환경에서의 머시니마의 제작과 3D 입체영상촬영의 UI 디자인. 한양대학교 대학원 박사학위논문.

임황용, 김승천, 노광현. (2017). 스마트팩토리 구축을 위한 가상현실을 활용한 제조업 공정개선 시스템에 관한 연구.『대한전자공학회 학술대회』, 1335-1338.

조용주. (2017). 4차 산업혁명 시대에 국내 스마트팩토리 추진전략.『정보과학회지』, 35(6), 40-48.

배병축. (2017). 스마트공장의 기술적 요인이 경영성과에 미치는 영향 : 스마트공장 지원사업 수혜기업을 중심으로. 한양대학교 대학원 석사학위논문.

이종한, 신수철, 이효광, 한순홍. (2008). 가상 제조 시뮬레이션 데이터 변환을 이용한 혼합 현실 기반 가상 공정 배치.『한국시뮬레이션학회 학술대회 논문집』, 76-81.

최예찬, 정민우, 손학종, 장민성, 강현우, 고석주. (2017). 사물인터넷 기술을 활용한 스마트 팩토리 공정 모니터링 시스템 설계 및 구현.『대한전자공학회 학술대회』, 1145-1148.

김용완, 박진아. (2010). 가상현실 기술을 이용한 가상 조립 시뮬레이션에 관한 연구.『Journal of Multimedia Society』, 13(11), 1715-1727.

양웅연, 조동식, 김용완, 이건, 김혜미, 김기홍. (2011). 산업 적용형 가상현실 기술.『전자통신동향분석』, 26(1), 25-35.

곽종근, 조동식, 박상철, 왕지남. (2011). 제조 산업에서의 가상생산 기반의 공정검증 시뮬레이션.『정보처리학회지』, 18(3), 47-55.

배성민. (2017). 지능형공장: 스마트팩토리 『한국콘텐츠학회지』, 15(2), 21-24.

이순룡. (2015).『제품·서비스 생산관리론』. 경기도: 법문사.

이명호, 유지수. (2001).『경쟁우위를 위한 생산관리』. 서울: 박영사.

한국표준협회. (2006).『생산관리 실무』. 서울: 산업자원부.

한국표준협회. (2006).『품질향상기법 실무』. 서울: 산업자원부.

한국표준협회. (2009).『생산관리』. 서울: 지식경제부 기술표준원.

송병준. (2012).『대·중소 중소기업 간 생산성 파급효과연구』. 서울: 산업연구원.

한국정보화진흥원. (2014).『인더스트리 4.0과 제조업 창조경제 전략 : IT & Future Strategy(2호)』. 서울: 미래창조과학부.

이슈퀘스트 산업조사실, (2016).『웨어러블 디바이스와 가상현실(VR/AR) 기술, 시장 실태와 전망 : 2016년 ICT 유망 시장 분석 (1)』, 서울: 이슈퀘스트.

스마트공장 추진단. (2016).『스마트공장 참조모델 : 업종중심으로』. 산업통상자원부.

한국콘텐츠진흥원. (2015).『가상현실(Virtual Reality) 기술의 진화, 콘텐츠 혁신을 이끌다』. 나주: 한국콘테츠진흥원.

2. 국외문헌

Heim, Michael. (1993). The metaphysics of virtual reality, pp. 265-279. New York: Oxford University Press

Niebel B.W. (1972) Motion & Time Study, Richard D.

Jancsurak, J. (2002). Excellence in Manufacturing. Appliance Manufacture, 50(8), 8-12.

Frank C. Barnes. (1983). Principles of Motion Economy : revisited, reviewed, and restored, Proceedings of the Southern Management Association.

Y. S. Jeong. (2017). A Study on improving manufacturing environment using IoT technology in small business environment, Journal of Convergence for Information Technology, 7(2), 83-90.

Frost, Sullivan. (2012). Analysis of the Global Digital Manufacturing Market.

AMNPO, (2014). Private-Public Partnerships for U.S. Advanced Manufacturing.

Industrie 4.0 Working Group, (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0.

Gamberini, L. (2000). Virtual reality as a new research tool for the study of human memory, Cyber Psychology & behavior, 3(3)

Jacek Jankowski, Martin Hachet. (2013). A Survey of Interaction Techniques for Interactive 3D Environments. Eurographics 2013 - STAR, Girona, Spain.

ISO/TC 184/SC 5 , "Report on Activities of ISO/TC 184/SC 5/OPM SG, 2013.

Nallusamy S, Saravanan V. (2016). Lean Tools Execution in a Small Scale Manufacturing Industry for Productivity Improvement : A Case Study, Indian Journal of Science and Technology 9(35)

Srinu Vislavath, Priyank Srivastava, Mohammad Aziz, Anshul Sharma. (2016). Line Balancing Heuristics for Productivity Enhancement in Beverage Factory, Indian Journal of Science and Technology, 9(36)

HANSUNG UNIVERSITY

ABSTRACT

A Study on the Improvement Method of Work Through Motion Analysis and Virtual Reality

Kim, Hyun-Jong

Major in Smart Convergence Consulting

Dept. of Smart Convergence Consulting

The Graduate School

Hansung University

In market environment in small and medium manufacturing enterprises, kinds of products are various and their life cycle becomes shorter in order to satisfy demands from a variety of customers. In market conditions with these dramatic changes, the paradigm of manufacturing is changing to that with low price, various kinds, and flexible production methods. In order to respond to these changes, small and medium manufacturing enterprises should have an ability to design and realize the system for improving work to respond quickly to demands from market.

For the improvement of work conducted in small and medium manufacturing enterprises, it is done by redesign process without risks and wastes based on motion analysis and to verify it through realization of test bed in physical space.

These activities of improvement of work methods are done in some companies with better situation for capitals due to burdens of cost for installing and operating test bed. That is, most of small and medium manufacturing enterprises just apply the redesigned process through motion analysis without physical test bed, or do not try it.

Recently, technologies of virtual and augmented reality have been considered to replace physical test bed in innovative activities for works and the related simulation systems are being developed now.

The current developed systems are partially applied to researches focusing on large enterprises such as automobile or shipbuilding and large-scaled instrumental industries, and these systems are those of designs to exchange the designers' ideas, namely educational systems to deliver skilled personnel's know-how on design system and work, and they are different from this study for designing optimized work standard by figuring out characteristics of workers by process.

In small and medium manufacturing enterprises, about 98% of the domestic manufacturing industries, most of them adopt the process to assembly parts according to order of work, focusing on workers, and they are vulnerable to run their capitals.

Therefore, to improve work of small and medium enterprises, it is necessary to develop verification system according to optimized work design with low cost and high efficiency, available for applying to almost all small and medium enterprises not simulations aiming for designing or educational training.

The final goal of developing technologies in this study is development of virtual test bed simulation system to analyze and optimize work efficiency for designing and verifying work successively conducted with lots of workers, materials, parts, and devices.

The contents of development of core technologies are as follows: First,

development of motion analysis automation technology of work using image analysis technology; second, development of layout and scenario system for environment of verification; third, development of virtual reality test bed for controlling test bed scenario and time synchronization; and fourth, development of integrated managed system including managing virtual objects, managers, projects, and analyzing work efficiency.

This thesis, suggesting necessity and goals of the study through trends and limitations of the existing studies, and consists of analysis and design for developing system for improving work through motion analysis and virtual analysis, development of the system, and conclusion about the results.

The suggested technology includes various ones such as Multi Platform based on C#, 3D object algorithm using Eyeshot Professional, storage media saving technology by image processing algorithm, linking technology between MDB Database and MS-SQL, Gap analysis technology using time data between virtual reality test bed system and work improvement system, Chart technology using Lighting Chart library, and LOB real-time monitoring technology based on theory of industrial engineering. Based on this technological convergence, it is available to build a system for improving activities of work design with low price and for saving cost to educate and train workers. Based on it, by providing a system for raising participation of highly skilled workers and conducting work improvement with small and medium enterprises' own directions, it is also available to transfer effectively functions of highly skilled personnel. In addition, to change the existing work environment, it was required with huge capital, personnel, and energy but now it is available to conduct simulations in advance for figuring out disadvantages and problems and for saving cost of improvement of work.

It is expected that this study will be able to provide test bed based on virtual simulation to various industries including defense and medicine and to be expanded and utilized as contents service for purchasing and using depending on necessity after manufacturing 3D objects and educational training system using virtual reality.

【key word】 motion study, virtual reality, work study, work measurement, image process.

HANSUNG UNIVERSITY