



Laboratory Safety Education System

Software Requirement Specification

2021.10.24.

Introduction to Software Engineering 41

TEAM 5

Team Leader	한영진
Team Member	강승목
Team Member	김재윤
Team Member	김진성
Team Member	손병호
Team Member	김예준

CONTENTS

1. Introduction.....	6
1.1. Purpose	6
1.2. Scope	7
1.3. Definitions, Acronyms, and Abbreviation	7
1.4. References	8
1.5. Overview	8
2. Overall Description.....	9
2.1. Product Perspective	9
2.1.1. System Interfaces	9
2.1.2. User Interfaces	9
2.1.3. Hardware Interfaces	10
2.1.4. Software Interfaces	10
2.1.5. Communications Interfaces	10
2.1.6. Memory Constraints	10
2.1.7. Operations	11
2.1.7.1. System administrator	11
2.1.7.2. User	11
2.1.8. Scenario Description	11
2.2. System Functions	13
2.2.1. 강의 배정 시스템	13
2.2.2. 강의 수강 프로그램	13
2.2.3. 시나리오 진행	13
2.2.4. 테스트 성공 여부 결정	14
2.2.5. 안전 교육 이수 대상자 등록	15
2.2.6. 안전 교육 이수 내역 확인	15
2.2.7. 안전 교육 이수 기간 설정	15
2.3. User Characteristics	16
2.3.1. System Administrator	16
2.3.2. User	16
2.4. Constraints	16
2.5. Assumptions and Dependencies	17

3. Specific Requirements	18
3.1. External Interface Requirements	18
3.1.1. System Interfaces	18
3.1.1.1. VRChat Basic UI	18
3.1.2. Hardware Interfaces	19
3.1.3. Software Interfaces	19
3.1.4. Communication Interfaces	20
3.2. Functional Requirements	20
3.2.1. 화학실험 시나리오에서 단계별 구현 필요 요소	20
3.2.1.1. 실험 flow chart	22
3.2.1.2. [setup 단계]	23
3.2.1.3. 실험 준비 단계	30
3.2.1.4. 실험 단계	34
3.2.1.5. 화재상황	36
3.2.1.6. 정리 단계	39
3.2.2. 전기 실험에서 단계별 구현 필요 요소	40
3.2.2.1. Flowchart	41
3.2.2.2. setup 단계	42
3.2.2.3. 실험 단계	47
3.2.2.4. 감전사고 위기상황	51
3.2.2.5. 화재상황	53
3.2.2.6. 정리단계	55
3.2.3. 구현이 필요한 object와 해당하는 interaction 모음	57
3.3. Performance Requirements	66
3.3.1. Static numerical requirement	66
3.3.2. Dynamic numerical requirement	66
3.4. Logical Database Requirements	67
3.5. Design Constraints	67
3.6. Standards compliance	67
3.7. Software System Characteristics	67
3.7.1. Product Requirements	68

3.7.1.1. Usability Requirements	68
3.7.1.2. Performance Requirements	68
3.7.1.3. Security Requirements	68
3.7.2. Organizational Requirements	69
3.7.2.1. Environmental Requirements	69
3.7.2.2. Operational Requirement	69
3.7.3. External Requirements	70
3.7.3.1. Safety / Security Requirement	70
3.7.3.2. Regulatory Requirement	70
3.8. Organizing the Specific Requirements	70
3.8.1. Context Model	70
3.8.2. Process Model	72
3.8.3. Interaction Model	73
3.8.4. Behavior Model	74
3.8.4.1 Sequence Diagram	74
3.9. System Architecture	74
3.10. System Evolution	75
3.10.1. Limitation and Assumption	75
3.10.2. Evolutions of Hardware and Change of User Requirements	75
4. Supporting Information	76
4.1. Software Requirement Specification	76
4.2. Document History	76

LIST OF TABLES

Table 1 Table of acronyms and abbreviations.....	7
Table 2 Table of terms and definitions.....	8
Table 3 Table of Basic UI Using VRChat Platform.....	18
Table 4 Table of Applicable device for the system	19
Table 5 Firebase Real-time Database.....	19
Table 6 Table of Client and Server.....	20
Table 7 Table of start.....	23
Table 8 Table of move.....	24
Table 9 Table of entrance	26
Table 10 Table of wearing.....	27
Table 11 Table of announcement	29
Table 12 Table of carrying tools	30
Table 13 Table of reagent delivery.....	31
Table 14 Table of conducting experiment.....	34
Table 15 Table of Fire	36
Table 16 Table of arrangement.....	39
Table 17 Table of Start 2	42
Table 18 Table of move 2.....	42
Table 19 Table of entrance 2	44
Table 20 Table of wearing 2.....	46
Table 21 Table of announcement 2	46
Table 22 Table of carrying tools 2	47
Table 23 Table of conducting experiment 2.....	49
Table 24 Table of electric shock.....	51
Table 25 Table of Fire 2	53
Table 26 Table of arrangement 2.....	55
Table 27 Table of objects and interactions.....	57
Table 28 Document History	76

LIST OF FIGURES

Figure 1 Figure of Experiment flow chart	23
Figure 2 Figure of Experiment flow chart 2	41
Figure 3 Figure of Context Model	71
Figure 4 Figure of Process Model.....	72
Figure 5 Figure of Interaction Model.....	73
Figure 6 Figure of Sequence Diagram	74
Figure 7 Figure of System Architecture.....	74

1. Introduction

1.1. Purpose

이 문서는 메타버스 환경에서 스마트 캠퍼스의 일환인 안전 교육 시스템 구축에 대한 요구사항 명세서입니다. 성균관대학교 2021년 2학기 소프트웨어공학개론 5팀이 이 시스템을 구현할 것입니다. 이에 대한 요구사항을 요약, 분석, 기술된 내용을 바탕으로 시스템을 설계하고 구현합니다.

이 문서는 성균관대학교 2021년 2학기 소프트웨어공학개론 5팀이 주요한 대상이며, 5팀은 이 문서에 작성된 요구사항에 따라 메타 버스상의 안전 교육 시스템을 설계하고 구현합니다. 또한 소프트웨어공학개론 수업의 교수, TA 및 학생들이 독자가 될 수 있습니다.

이 문서는 안전 교육 시스템의 시나리오와 디자인 등에 대한 포괄적인 요구사항을 명확히 하여 개발팀에게 전달하기 위해 작성되었습니다. 기존의 성균관대학교 안전 교육은 단순히 동영상 시청하고 간단한 테스트 문제를 통과하면 이수가 완료되었습니다. 이러한 수동적인 교육 방식 때문에 학생들은 안전 교육에 대한 흥미를 느끼지 못하여 교육 영상을 켜 놓고 다른 것을 한다든가, 부정확한 방법으로 영상 시청을 건너뛰는 등의 문제가 발생하였습니다. 이에 따라 처음의 의도에 비해 교육의 효과가 미미하였습니다. 그러므로 이 문서에서는 학생들이 직접 참여하여 메타 버스 상에서 위험 상황을 직접 체험하여 교육의 효과를 높일 수 있을 것입니다.

1.2. Scope

스마트 캠퍼스 안전 교육 시스템은 메타버스 환경 안에서 진행됩니다. 메타버스 환경은 VRChat을 사용합니다. VRChat은 오픈 월드 멀티 플랫폼 환경이며, 자유도가 높고 가상의 월드에서 다른 사람들과 대화 등의 상호작용을 할 수 있습니다. VRChat 안에서 안전 교육 시스템을 구현하기 위해 Unity 엔진을 사용합니다.

이 안전 교육 시스템을 사용할 대상은 실습 수업을 듣는 성균관대학교 학생들이 될 것이며 확장성을 가지고 있습니다. 그러므로 다른 학교의 실습 수업을 들으려는 대학생들이나 안전교육을 필요로 하는 산업에도 활용되어 제공될 수 있습니다.

백엔드 서버는 Node.js 기반으로 구현하며 데이터베이스는 Firebase를 사용합니다.

1.3. Definitions, Acronyms, and Abbreviation

Table 1 Table of acronyms and abbreviations

Acronyms& Abbreviations	Explanation
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
OS	Operation System
TA	Teaching Assistant
SRS	Software Requirements Specification
CPU	Central Processing Unit
RAM	Random Access Memory
GPU	Graphics Processing Unit
JSON	JavaScript Object Notation

Table 2 Table of terms and definitions

Terms	Definitions
카테고리 학습	기존 온라인 안전교육과 같이 주제별로 숙지사항을 모아놓은 교육 방식을 의미합니다.
백엔드	시스템 상에서 서버 혹은 데이터베이스와 같이 사용자와 직접적인 상호 작용을 하지 않으면서 중추적인 역할을 하는 컴포넌트
사용자	해당 시스템을 사용하는 자, 성균관대 학생 및 교직원
관리자	해당 시스템을 관리하는 자
엔진	물체에 작용하는 물리적 현상을 시뮬레이션 처리하는 모듈

1.4. References

- i. IEEE Std 830-1998 IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications, In IEEEExplore Digital Library
<https://ieeexplore.ieee.org/document/720574>
- ii. Team 1. “Software Requirement Specification”. SKKU, Last Modified: May. 14, 2020.
https://github.com/skkuse/2020spring_41class_team1/blob/master/docs/SRS_TEAM1.pdf
- iii. Multimedia Service Team. “Software Requirement Specification of Multimedia Contents-aware Intelligent Information Service System”. Kangwon National University. (2007)

1.5. Overview

이 소프트웨어 요구사항 명세서의 나머지 부분에는 세 가지 장과 부록이 포함되어 있습니다. 두 번째 장에서는 여러 인터페이스, 시스템 기능 및 다른 시스템과의 시스템 상호 작용을 포함하여 제품 관점에 대한 전반적인 설명을 제공합니다. 또한 다양한 유형의 이해관계자와 시스템과의 상호작용을 소개합니다. 그리고 품목 세부 정보, 시스템 제약, 제품의 가정 및 의존성에 대해서도 설명합니다. 세 번째 장에서는 다양한 시스템 인터페이스와 소프트웨어 시스템 특성에 대한 설명을 포함하여 요구사항 사양을 자세히 제공합니다. 네 번째 장에서는 주로 요구사항의 우선순위를 다룹니다. 여기에는 본 SRS 문서의 타임라인이 포함됩니다.

2. Overall Description

2.1. Product Perspective

이 작품의 목적은 스마트 캠퍼스 구축을 위해 메타버스 환경에서 구현되는 안전 교육 시스템을 만드는 것입니다. 기존의 안전 교육보다 사용자에게 보다 직접적인 체험과 환경을 제공하고 더 나은 이해와 학습효과를 기대합니다. 주로 이용하는 대상은 성균관대학교 학부생, 대학원생, 교직원들이 될 것이고, 사용자들이 안전 교육을 완료했을 시 그것을 확인하기 위해 추가적인 서버와 데이터베이스를 이용합니다.

2.1.1. System Interfaces

사용자는 VRChat 게임 안의 가상의 실험실 환경을 체험할 것입니다. 그렇기 때문에 한 개 이상의 실험실 환경과 그 실험실을 포함하고 있는 건물을 필요로 합니다. 이 환경을 구현하기 위해 Unity가 사용됩니다.

학생들이 안전 교육을 성공적으로 완료하였을 경우, 이것을 백엔드 서버로 HTTP 요청을 보냅니다. 백엔드 서버는 Node.js를 이용하여 개발할 것입니다. 백엔드 서버는 HTTP 요청을 확인 후 데이터를 데이터베이스로 전송하여 실시간으로 동기화합니다. 데이터베이스는 Firebase를 사용하며, JSON 형태로 데이터가 저장됩니다.

2.1.2. User Interfaces

사용자는 Windows 환경에서 VRChat을 통해 인터페이스가 제공되며, VR기기 또는 키보드와 마우스로 이동과 행동을 취할 수 있습니다. 사용자의 선택에 따라 시나리오의 분기점이 갈리게 되며, 시나리오 종료 시 진척도를 검증해 재도전/ 통과/ 재학습 여부를 결정하게 됩니다.

관리자는 백엔드 서버와 데이터베이스에 대한 접근 권한이 있으며, 사용자들의 달성도, 완료 여부 등을 확인할 수 있습니다.

2.1.3. Hardware Interfaces

안전 교육 시스템에 접속하기 위해선 CPU는 Intel I5-4590 이상 또는 AMD FX 8350 이상이 필요합니다. RAM은 최소 4GB이상이 필요합니다. 그래픽카드는 NVIDIA Geforce GTX 970 이상, 또는 AMD Radeon R9 290 이상, 또는 Intel UHD Graphics 610 이상이 필요하며 최소 4GB 이상의 그래픽카드 메모리가 필요합니다. 저장공간은 최소 1GB 여유가 있어야 Ethernet 혹은 Wifi를 지원하는 네트워크 카드가 필요합니다.

2.1.4. Software Interfaces

이 시스템에 접속하기 위해선 VRChat이 작동되어야 합니다. VRChat이 작동되기 위해선 Windows 운영체제가 설치되어 있어야 합니다. Windows 7 이상의 운영체제가 필요하고 최신버전의 VRChat이 설치되어야 합니다. 2021년 10월 29일 기준 2021.3.4 버전(2021. 9. 16 업데이트)이 최신 버전입니다.

개발팀은 Unity를 사용하며 2019.4.30f1 버전을 기준으로 개발합니다. VRChat SDK를 사용하며, NPC와 같은 캐릭터를 구현하기 위해 SDK3 Avatar(2021.9.30.16.19 버전), 오브젝트와 실험실 환경을 구현하기 위해 SDK3 Worlds (2021.9.30.16.18 버전)를 사용합니다.

2.1.5. Communications Interfaces

사용자와 서버는 인터넷망을 이용해 VRChat 안에서 제공하는 외부 URL 요청과 HTTP 프로토콜로 통신합니다.

2.1.6. Memory Constraints

메모리는 최소 4GB 이상이 필요하고 8GB 이상이 권장됩니다.

2.1.7. Operations

2.1.7.1. System administrator

System administrator는 백엔드 서버 관리자를 의미하며 사용자 등록, 사용자 안전교육 이수내역 확인, 안전교육 이수기간 설정 등의 작업을 수행할 수 있습니다. 사용자 등록 기능은 안전교육 이수 대상자의 학번을 등록하는 기능입니다. 사용자 안전교육 이수내역 확인 기능은 이수 대상자의 수료완료 내역 및 세부 이수과정 내역을 확인하는 기능입니다. 안전교육 이수기간 설정은 안전교육 이수 가능기간을 설정하여 해당 기간에만 이수 가능하도록 제한하는 기능입니다.

2.1.7.2. User

사용자는 안전교육 이수 대상자를 의미합니다. 사용자는 크게 안전교육 이수 기능과 이수내역 확인 기능을 수행할 수 있습니다. VRChat 플랫폼에 구현된 안전교육을 이수하면서 각종 오브젝트와의 상호작용과 체험을 통해 안전교육 이수 기능을 수행할 수 있습니다. 주어진 실험실 및 건물 환경 안에서 정해진 시나리오와 규칙대로 진행해야 하며 실패 시 다시 도전을 할 수 있습니다. 안전교육을 이수한 후 안전교육 이수완료 내역을 사이트를 통해 확인 및 증빙할 수 있습니다.

2.1.8. Scenario Description

기존 안전교육의 부족한 점과 새롭게 도입하려는 시스템의 장단점을 아래와 같이 비교해 보았습니다.

카테고리별 학습.

각 위험상황이 이어지지 않아 일관성에 따른 몰입감과 경험적 면이 떨어지지만, 학습 시 카테고리로 묶어서 학습이 가능하기 때문에 더 많은 case의 위험상황을 학습 가능합니다.

장점

여러 상황을 모두 학습할 수 있습니다.

맥락을 생각하지 않아도 되기 때문에 학습 구조를 categorize하기 좋습니다.

단점

몰입감이 조금 떨어집니다.

복합적 상황이 주어지는 경우에 대한 대처능력을 기르기 어렵습니다.

시나리오형 학습.

정해진 스토리 라인을 따라 내가 실제 위험상황(혹은 위험상황을 방지할 수 있는 상황)에 놓인 것처럼 플레이하며 학습할 수 있는 콘텐츠.

장점

스토리 라인을 따라 움직이기 때문에 몰입감이 좋습니다.

여러 상황이 integrated 되어있기 때문에 실제상황 대처능력 향상을 기대할 수 있습니다.

단점

자연스러운 스토리라인이 짜기 힘듭니다.

굉장히 critical 하지만 발생하기 어려운 상황을 표현하기 힘듭니다.

기존의 온라인 안전교육과 같이 영상으로 또는 메타버스 상에서의 단계별 학습을 먼저 실행해서 어떤 카테고리에 어떤 위험이 있는지를 먼저 인지하게 만든 뒤 시나리오형 학습을 통해 배운 내용을 경험을 통해 재화할 수 있도록 하는 것이 좋은 방법이라고 생각합니다. 시나리오형 학습의 경우 조금 자연스럽지 않더라도 더 많이 과장해서 넣어서 긴박감을 조성하는 것을 목표로 하는게 좋다고 생각합니다

니다. 이를 통해 제3자의 입장에서 학습할 때 생길 수 있는 안전불감증을 타파할 수 있다는 기대효과가 있습니다.

이와 같은 이유로 시나리오형 학습모델을 test에 도입하여 저희는 메타버스 안전 교육 test system을 구현하기로 하였습니다. 메타버스 안전교육 test system에서는 이번학기 학생이 듣게 되는 실험과목에 해당하는 시나리오를 통해 test를 진행합니다.

2.2. System Functions

2.2.1. 강의 배정 시스템

해당학기에 수강하게 되는 실험과목에 따라 관련 카테고리의 안전교육을 수강하고 시나리오 테스트를 볼 수 있는 VRChat World로 들어갈 수 있는 안내 링크를 사용자에게 제공합니다. 사용자의 수가 World과부하 등의 문제를 방지하기 위해 사용자를 잘 배분하는 기능이 요구됩니다.

2.2.2. 강의 수강 프로그램

해당학기에 수강하게 되는 실험과목에 관련있는 카테고리의 안전교육을 수강할 수 있는 장소가 구현되어 있습니다. 이 장소에에서는 VRChat sdk에 구현되어 있는 외부 영상 플레이 기능을 사용해 관련 카테고리 강의를 수강하게 되고, 강의를 다 수강하게 되면 sdk에 구현되어있는 포탈을 이용해 시나리오(test)월드로 이동할 수 있습니다.

2.2.3. 시나리오 진행

기존의 안전교육 test는 이론적인 면만 test하기 때문에 실제 대응력을 확인하기 힘들고, 제3자의 입장에서 위기상황을 겪기 때문에 안전불감증을 유발할 우려도 있습니다. 하지만 본 메타버스 안전교육 test system에서는 1인칭 시점으로 참가하기 때문에 몰입감을 갖고 test에 참가할 수 있기 때문에 안전불감증을 해결할 수 있습니다. 그리고 자신이 이번학기에 수강하는 실험에서 벌어질 수 있는 유용한 내용들을 각 안전교육 카테고리에서 선별해 test에 사용하기 때문에 더 유익하고 실제 위기상황에 대처하는 능력을 test할 수 있습니다. 그리고 여러 명의 참가자가 test를 같이

수행하기 때문에 내가 위기상황을 피하더라도 동료가 발생한 위기상황에 대처하는 방법을 숙지해야 하기 때문에 위기를 피하는 방법 뿐만 아닌 위기를 대처하는 방법 까지 학습을 할 수 있는 유용한 방법이라고 할 수 있습니다.

이런 메타버스 안전교육 test system에서는 필연적으로 진행도에 따라, 혹은 학습 진척도에 따라 각 시나리오에 의거한 위기상황이 발생해야 합니다. 그렇기 때문에 이러한 학습 진척도를 기록하고 그에 의거해 실제 있을 수 있는 위기상황을 발생시키는 기능이 필요하게 됩니다.

2.2.4. 테스트 성공 여부 결정

메타버스 안전교육 system에서는 여러 명의 참가자가 test에 함께 참여하기 때문에 참여자가 문제상황을 발생시킬 수도 있고, 참여자가 문제를 해결하는 상황이 생길 수도 있습니다. 이런 특성을 고려해 test score에서 마이너스 요소(참여자가 문제상황을 발생시키는 상황)뿐만 아니라 플러스 요소(참여자가 문제상황을 해결하는 상황) 까지 고려해 만점에서 점수를 삭감하는 방식의 채점이 아닌 플러스와 마이너스 요소를 종합해 시나리오의 종점에서 그 점수의 도합을 evaluation하는 방식이 도입되어야 합니다. 이러한 새로운 채점방식을 만족시키는 여러 방법을 고려해본 결과 많은 게임에서 사용하고 있는 hp시스템을 도입하기로 결정하였습니다.

기존에 있던 Hp(hit point)시스템을 도입함에 따라 기대되는 효과들은 다음과 같습니다. 첫째 위기상황은 생명에 관여된 긴박한 상황이기 때문에 그것을 hp시스템과 사망 시스템을 통해 구현한다면 참여자가 조금 더 몰입감을 가질 수 있을 것이라 판단되었습니다. 둘째 경험치나 점수를 통해 진척도를 기록하는 것은 자신이 실제 상황에 처해있어 느끼는 위험과 스릴을 반영하기 힘들어 hp시스템을 도입해 패널티와 보상이 조금 더 사용자에게 와 닿을 수 있는 장점이 있습니다. 셋째 위험상황은 빠르게 대처하는 것이 무엇보다 중요하기 때문에 기존 시스템의 damage over time 즉 dot damage를 사용해 위험상황을 방치하는 시간에 따른 패널티를 주는 것과 잘 어울리는 시스템이라고 생각되었습니다. 이에 따라 다음과 같은 수식을 통해 쉽게 얼마만큼의 패널티를 줘야 하는지 정하기 용이하다고 판단되었습니다.

특정_위험상황에_따라_받게되는_dot_damage = hp_최대량 / 위기대처_golden_time

이런 방식의 패널티 설정은 위험상황에 따라 다른 위험도를 정하는데 큰 도움이 될 것입니다.

2.2.5. 안전 교육 이수 대상자 등록

사용자의 안전교육 시스템 이수 확인을 위해서는 사전에 사용자의 학번이나 식별 번호가 입력되어야 합니다. 따라서 서버 관리자가 안전교육 이수기간 이전에 사용자 정보 등록을 할 수 있는 시스템이 구현되어야 합니다. 여기서 사용자란 성균관대학교에 재학중인 학생 혹은 교직원을 의미합니다. 관리자는 백엔드 서버에서 제공하는 관리자 포털을 이용해 시스템의 데이터베이스에 접근할 수 있고 사용자의 학번을 사전에 입력할 수 있습니다.

2.2.6. 안전 교육 이수 내역 확인

사용자가 안전교육을 수행하면 자동으로 서버에 수행 완료 내역이 기록됩니다. 사용자의 안전교육 시스템 수료 내역을 확인하기 위해서는 서버에서 사용자들의 안전교육 이수 완료 내역을 출력할 수 있어야합니다. 이때 수료 및 이수 내역은 백엔드 서버에서 제공하는 관리자 포털을 통해 제공합니다. 각 사용자 별 강의 수강내역 및 시나리오 진행 내역을 확인할 수 있으며 일괄적으로 전체 사용자에게 대한 최종 수료 내역 또한 출력할 수 있습니다. 여기서 최종 수료 내역이란 학교 혹은 정부에서 요구하는 안전교육 기준에 충족하게 안전 교육을 수강 완료한 사용자의 증빙서를 의미합니다.

2.2.7. 안전 교육 이수 기간 설정

사용자는 통상적으로 학기별로 안전교육을 수강하게 됩니다. 따라서 학기 별로 안전 교육을 재이수해야 하며 이수 가능 기간은 학기 기간과 동일 하여야 합니다. 이를 위해 관리자는 시스템의 백엔드 서버에서 제공하는 관리자 포털을 사용해 해당 학기의 수강 가능 기간을 설정할 수 있어야합니다. 수강 기간이 아니면 안전교육 강의 및 실험실이 제공되지 않으며 백엔드 서버의 이수 내역 저장 기능도

작동하지 않습니다.

2.3. User Characteristics

2.3.1. System Administrator

시스템 관리자는 시스템에 대한 지식이 충분하고 시스템을 전반적으로 이해하고 있는 사람으로 제한됩니다. 시스템 관리자는 시스템 문제를 처리할 수 있는 충분한 능력을 갖추고 있다고 가정합니다. 정규직 근무자 혹은 계약직 근무자가 담당할 수 있으며, 담당하기 전에 적절한 수행을 위해 교육이 필요할 수 있습니다. 근무자는 백엔드 서버에 나타나는 정보들이 무엇을 의미하는지 이해해야 합니다. 또한 근무자는 윤리적인 마인드를 가지고 있어야 합니다. 학생들의 데이터를 임의로 수정 및 삭제해서는 안되고, 학생들의 개인 정보 역시 탈취하여 임의로 사용해서는 안됩니다.

2.3.2. User

이 문서 상에서 언급되는 사용자는 안전 교육 대상자이며, 해당 학기에 실험 과목을 듣는 성균관대학교 학부생, 대학원생, 교직원을 의미합니다. 사용자는 컴퓨터에 VRChat을 설치하여 실행하는 데 어려움이 없을 정도로 기본적인 컴퓨터 기본 소양을 갖추어야 합니다. 또한 안전 교육을 진행하면서 로직을 따라갈 수 있을 정도의 기본적인 상황 인지 능력과 판단 능력이 있어야 합니다. 사용자는 한국인이거나 한국어를 자연스럽게 읽고 이해할 수 있는 능력이 있다고 가정합니다. 실험이 진행될 때 사용자들은 2명이 쌍을 이뤄 입장하는 것을 가정하여 시나리오가 진행됩니다.

2.4. Constraints

이 시스템은 본 문서에 언급된 내용을 바탕으로 설계 및 구현될 것입니다. 그 외 세부사항은 개발팀이 선호하는 방향을 선정하여 설계와 구현을 하며, 다음과 같은 사항을 준수해야 합니다.

- Unity를 사용하며 2019.4.30f1 버전을 기준으로 개발합니다.
- VRChat SDK를 사용하며 SDK3 Avatar 2021.9.30.16.19 이후 버전, SDK3 Worlds (2021.9.30.16.18 이후 버전을 사용합니다.
- VRChat SDK 이외의 다른 컴포넌트를 사용할 수 있으며 VRChat 환경 안에서 작동되어야 합니다.
- 모든 패키지와 개발툴은 안정화된 것을 사용해야 합니다.
- 실험실 위험 상황은 시나리오를 따라 개발하며, 보다 명확한 내용으로 구현합니다.
- 백엔드 서버와 데이터베이스 서버는 시스템 비용과 유지비용을 고려하여 설계합니다.
- 시스템의 향후 확장성과 가용성을 고려하여 설계합니다.
- 사용자가 부정으로 시스템을 사용하지 못하도록 보안성을 갖추어 설계합니다.
- 오브젝트와 트리거는 원래 의도한 대로 작동되도록 설계합니다.

2.5. Assumptions and Dependencies

안전교육 시스템은 Windows 환경과 기반으로 설계 및 구현합니다. 안전교육 시스템은 오픈소스를 기반으로 구현하며, 가능하면 유료 컴포넌트를 구매하여 사용할 수 있습니다. 안전교육 시스템은 VRChat 안에서 동작하기 때문에, 사용자는 기본적인 최소 사양을 갖춘 사용자 환경에서 진행해야 합니다. 안전교육을 진행하는 동안 중간에 VRChat을 나가지 않는 것을 가정합니다.

3. Specific Requirements

3.1. External Interface Requirements

3.1.1. System Interfaces

3.1.1.1. VRChat Basic UI

Table 3 Table of Basic UI Using VRChat Platform

Name	Basic UI Using VRChat Platform
Purpose/ Description	사용자의 입력을 사용자의 기기를 통해 받아 VR Chat의 UI와 상호작용 수행
Input source/ Output destination	Windows 기기 혹은 Windows 기기와 VR 컨트롤러를 사용하는 사용자 / Windows 기기
Range/ Accuracy/ Margin of error	사용자의 환경에 따라 키보드, 마우스, VRChat 월드 내부의 상호작용 가능한 객체 개수, 사용자의 클릭 이벤트 정확도와 오차 필터의 민감도에 따라 상이, 오차 필터
Unit	클릭, 키보드 입력, 조이스틱, 가속도 센서
Time/ Velocity	비동기 사용자 입력 / 즉각적인 입력 처리
Relationship with other input/outputs	사용자의 입력을 VRChat의 Backbone으로 전송하여 다시 VRChat UI에 반영/ 필요에 따라 백엔드에 메시지 전송
Format and configuration of screen	1. 사용자는 VRChat 월드 내부에서 1인칭 시점의 카메라 뷰를 가짐 2. VRChat의 기본 UI와 월드 내부의 상호작용 가능한 오브젝트들을 기반으로 작동 3. 사용자는 기본 UI나 상호작용 가능한 오브젝트를 클릭하여 제어
Format and configuration of window	N/A
Data type	On Click event
Instruction type	Instruction mapping according to object interaction on click event
Exit message	N/A

3.1.2. Hardware Interfaces

Table 4 Table of Applicable device for the system

Name	Applicable device for the system
Purpose/ Description	Windows 7 이상의 OS를 구동중인 Intel I5-4590 이상 또는 AMD FX 8350 이상, 4GB RAM 이상, NVIDIA Geforce GTX 970 이상, 또는 AMD Radeon R9 290 이상, 최소 4GB의 GPU RAM, 1GB 이상의 저장공간, 그리고 10mpbs 이상의 네트워크 환경이 갖춰진 PC를 요함

3.1.3. Software Interfaces

Table 5 Firebase Real-time Database

Name	Firebase Real-time Database
Purpose/ Description	사용자 안전교육 이수 현황 처리를 위한 Query 입출력
Input source/ Output destination	Server/ User, User/Server
Range/ Accuracy/ Margin of error	Google 사의 Friebase 서비스의 특성에 기반함
Unit	Query
Time/ Velocity	즉시 처리
Relationship with other input/outputs	Client와 Server의 모든 입출력값은 서로 종속적
Data type	Query
Instruction type	Query statement

3.1.4. Communication Interfaces

Table 6 Table of Client and Server

Name	Client and Server
Purpose/ Description	Each client requests the connection to the host, requesting list of results of laptop search Host provides a laptop list and laptop information to the client
Input source/ Output destination	Client / Server
Unit	HTTP packet
Time/ Velocity	$\geq 10\text{Mbps}$
Relationship with other input/outputs	Client와 Server의 모든 입출력값은 서로 종속적
Data type	Query
Instruction type	Query statement

3.2. Functional Requirements

본 프로젝트에서는 화학실험(황산 희석 실험)과 전기실험(KVL검증 실험)을 샘플 시나리오로 제시하고 있기 때문에 하위 항목에 그에 대한 설명을 서술하겠습니다. 학습에는 2명의 인원이 팀을 이뤄서 참여하는 것을 기본으로 합니다.

3.2.1. 화학실험 시나리오에서 단계별 구현 필요 요소

본 시나리오에서는 “황산 희석 실험”을 진행하게 되며 내용은 다음과 같습니다.

과정

1. 희석하려는 용액과 그 용액과 섞을 용액을 유리 비커(반응성이 없는 용기)에 보관한다.
2. 강산 혹은 강염기의 용액을 섞을 용액에 서서히 흘려보낸다.
3. 스테어링을 충분히 해주고 난 뒤 시간이 지나면 안정화 된다.

주의사항

1. 강산 혹은 강염기 용액에 물과 같은 용액을 주입하지 않는다.(폭발위험)
2. 스테리링과 반응의 총괄에는 반응성이 없는 도구를 이용한다
3. 안정 장구를 갖추고 이용한다.
4. 한번 과정을 시작했으면 이동을 최소화 한다.

후처리 방법

1. 중화된 용액의 사용이 끝났으면 적절하게 구분한다.

ex) 알칼리 산 유기 무기 용액 등등

2. 폐액 등을 구분하여 별도로 준비한 폐액 통에 처리한다.
3. 폐액통이 절반 혹은 그 이상 차면 학교 내에 폐액 처리장에 가져가서 처리 의뢰를 한다.

3.2.1.1. 실험 flow chart

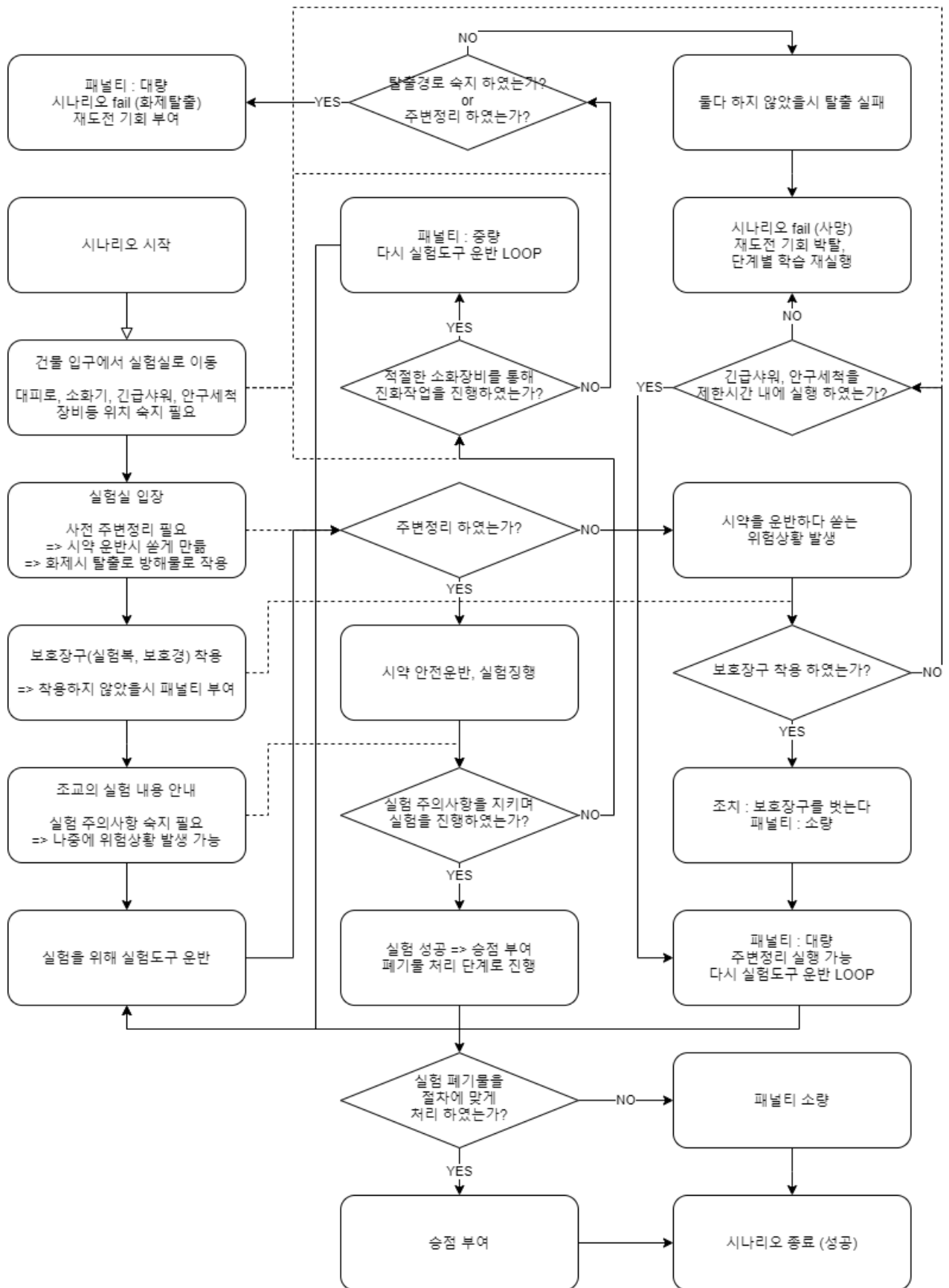


Figure 1 Figure of Experiment flow chart

화학실험을 이수하는 학생들이 메타버스 안전교육 test system을 통해 해결해야하는 시나리오 overview 입니다. 하위 서술하게 될 내용들은 각 단계에 대한 설명, 필요한 object, 필요한 상호작용(obj - obj, obj - user, user - user), 평가에 필요한 보상과 패널티의 수치를 어떻게 구하는지에 대한 내용입니다.

3.2.1.2. [setup 단계]

Table 7 Table of start

단계 명칭	시나리오 시작 (사전 학습 단계)		Flow Chart	<div>시나리오 시작</div>
단계 설명	이번 학기에 듣게되는 실험과목에 해당하는 카테고리의 안전교육을 수강하게 됩니다.			
구현 필요한 오브젝트				
번호	이름	상태, 설명		
1.	Test장소 이동포탈	강의실에서 금학기 수강하는 실험과목과 관련있는 강의를 모두 수강하게 되면 포탈을 통해 test장소로 이동이 가능합니다. Test는 수강하는 실험과목에 따라 다르게 진행됩니다.		
구현 필요한 상호작용				
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능	
1.	-	-	-	
단계에서 이루어지게 되는 평가				
번호	평가명	패널티, 보상 산출		
1.	도전가능 잔여횟수	큰 과실로 test에서 fail한 사용자는 충분한 교육을 이수하지 않고 test에 참여하는 것으로 간주하여 다시 카테고리에 따라 안전교육 강의를 이수해야 합니다.		

Table 8 Table of move

단계 명칭	실험실까지 이동 및 입장	Flow Chart	<div>건물 입구에서 실험실로 이동 대피로, 소화기, 긴급샤워, 안구세척 장비등 위치 숙지 필요</div>	
단계 설명	포탈을 통해 건물입구에 spawn 된 후 실험실까지 이동하는 단계입니다. 이동시 대피로, 소화기, 긴급샤워, 안구세척장비 등의 위치를 숙지하는 행동이 필요합니다.			
구현 필요한 오브젝트				
번호	이름	상태, 설명		
1.	소화기	화재 상황이 발생했을 경우 사용 가능합니다. 소화기는 사용가능 상태와 사용 불가 상태를 갖습니다.		
		소화기	"소화"	
		사용가능	1	
		사용불가	0	
		사용가능 상태의 소화기는 "소화" action을 수행할 수 있습니다.		
		"소화" 행동을 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.		
		화재	소화	화재
		1	1	0
		1	0	1
		0	1	0
0	0	0		
2.	긴급샤워	신체 오염이 발생했을 경우 사용 가능합니다. 긴급샤워는 항상 사용 가능합니다.		
		"샤워" 행동을 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.		
		신체 오염	샤워	신체 오염
		1	1	0
		1	0	1
		0	1	0

		0	0	0															
3.	안구세척	안구 오염이 발생했을 경우 사용 가능합니다. 안구세척은 항상 사용 가능합니다. "세척" 행동을 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다. <table><tr><td>안구 오염</td><td>세척</td><td>안구 오염</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>			안구 오염	세척	안구 오염	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
안구 오염	세척	안구 오염																	
1	1	0																	
1	0	1																	
0	1	0																	
0	0	0																	
4.	대피도	화재 상황이 발생했을 때 대피할 수 있는 열린 통로를 알려주는 약도입니다.																	
구현 필요한 상호작용																			
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능																
1.	사용자	소화기	소화기 교체 기능 소화기의 압력상태를 확인해서 사용 불가능한 소화기를 "교체요청"할 수 있습니다. "사용불가" 소화기에 "교체요청"을 하게 될 경우 해당 소화기를 즉각 "사용가능"소화기로 바꿔줍니다. "사용가능" 한 소화기에 "교체요청"을 했을 시 소량의 패널티(hp감소)가 주어집니다. 해당 기능은 차후 나오게 될 "조교의 실험 내용 안내" 단계 전까지 사용 가능합니다.																
단계에서 이루어지게 되는 평가																			
번호	평가명	패널티, 보상 산출																	
1.	소화기 교체요청	"사용불가" 소화기를 교체요청 했을 경우 리워드를 시작 hp가 100이고 대피 골든 타임이 3분 이므로 화재 진압에 20초의 시간을 사용해 볼 수 있는 10의 추가hp를 지급합니다. "사용가능" 소화기를 교체요청 했을 경우 패널티를 무분별한 요청을 통한 부르트포스 형식으로 시험을 통과하는 것을 방지하기 위해 -5hp의 패널티를 부여합니다.																	

Table 9 Table of entrance

단계 명칭	실험실 입장	Flow Chart	<div>실험실 입장 사전 주변정리 필요 => 시약 운반시 쏟게 만들 => 화제시 탈출로 방해물로 작용</div>	
단계 설명	실험실에 입장해서 짐을 내려 놓고 주변정리와 같은 실험 사전 준비를 합니다.			
구현 필요한 오브젝트				
번호	이름	상태, 설명		
1.	짐	이동을 방해할 수 있는 여러 오브젝트를 포괄적으로 "짐"이라 지칭합니다. "짐"에는 학생들의 가방, 실험실 자제, 물품 보관용 박스와 같은 것들이 해당될 수 있습니다. 짐이 있는 이동경로로 "이동"을 시도할 경우 다음과 같은 action이 발생할 수 있습니다.		
		짐	"이동"	넘어짐
		1	1	1
		1	0	0
		0	1	0
		0	0	0
		"넘어짐" 행동이 발생했을 때 만약 시약을 들고 있었다면 100%확률로 쏟게 됩니다. 시약을 쏟았다면 "안구 오염" 과 "신체 오염" 상태가 되게 됩니다.		
		넘어짐	시약	오염(신체, 안구)
		1	1	1
		1	0	0
		0	1	0
		0	0	0
		시약을 들고 있지 않은 상태에서 "넘어짐" 행동이 발생했을 경우 소량의 패널티를 부여합니다(-5hp).		
		구현 필요한 상호작용		
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능	

1.	사용자	짐	"치우기" 기능 사용자는 "짐"에 "치우기"행동을 할 수 있습니다. "치우기"행동을 하면 "짐"은 즉시 사라지게 됩니다.
2.	짐	사용자	"넘어짐" 기능 사용자가 "짐"이 있는 이동 경로로 "이동"을 시도할 경우 "넘어짐" 이 발생 가능합니다. 시약을 들고 넘어짐이 발생했을 경우 "오염"이 발생하게 됩니다.
단계에서 이루어지게 되는 평가			
번호	평가명	패널티, 보상 산출	
1.	주변정리	주변의 "짐"을 정리할 때 +1hp의 보상이 이루어집니다. 패널티는 시약을 쏟는 사건이 발생할 때 이루어지게 됩니다.	

Table 10 Table of wearing

단계 명칭	보호장구 착용	Flow Chart	<div>보호장구(실험복, 보호경) 착용 => 착용하지 않았을시 패널티 부여</div>
단계 설명	실험에 앞서 신체를 오염으로부터 보호할 수 있는 보호장구를 착용합니다.		
구현 필요한 오브젝트			
번호	이름	상태, 설명	
1.	실험복	착용시 "신체 오염"으로부터 신체를 보호합니다. "보호 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다. 신체 오염이 일어난 뒤 5초동안 패널티(-hp)를 받지 않습니다. 5초가 경과하면 "보호 효과"가 없을 때와 똑같은 패널티(-2hp/s)를 받습니다. 5초가 경과하기 전 실험복을 "벗음"행동으로 "신체 오염" 상	

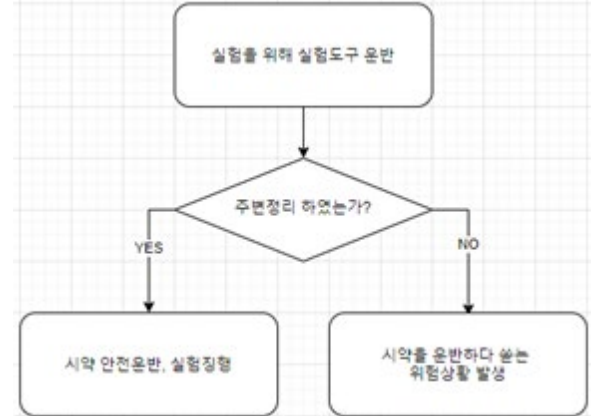
		황을 극복합니다.	
2.	보호경	착용시 "안구 오염"으로부터 안구를 보호합니다. "보호 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다. 신체 오염이 일어난 뒤 5초동안 패널티(-hp)를 받지 않습니다. "보호 효과"를 받는동안 시야가 방해되지 않습니다. 5초가 경과하면 "보호 효과"가 없을 때와 똑같은 패널티(-2hp/s)를 받습니다. 그리고 시야가 방해받는 효과가 적용됩니다. 5초가 경과하기 전 보호경을 "벗음"행동으로 "안구 오염" 상황을 극복합니다.	
구현 필요한 상호작용			
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능
1.	사용자	실험복	"착용", "벗음" 행동 "착용" 행동을 통해 보호장비를 착용합니다. 보호장비는 오염으로부터 1회성으로 신체를 보호합니다. 오염이 발생하였을 때 시간안에 "벗음"행동을 통해 오염 상황을 해결합니다.
2.	사용자	보호경	"착용", "벗음" 행동 "착용" 행동을 통해 보호장비를 착용합니다. 보호장비는 오염으로부터 1회성으로 신체를 보호합니다. 오염이 발생하였을 때 시간안에 "벗음"행동을 통해 오염 상황을 해결합니다.
3.			
단계에서 이루어지게 되는 평가			
번호	평가명	패널티, 보상 산출	
1.	-	-	

Table 11 Table of announcement

단계 명칭	조교의 실험 내용 안내		Flow Chart	<div>조교의 실험 내용 안내</div> <div>실험 주의사항 숙지 필요 => 나중에 위험상황 발생 가능</div>
단계 설명	조교가 실험의 과정과 주의사항을 안내합니다. 실험의 과정을 준수하지 않거나 주의사항을 무시할 경우 차후 패널티가 부여됩니다.			
구현 필요한 오브젝트				
번호	이름	상태, 설명		
1.	조교	많은 사용자에게 반복적인 설명 작업을 진행해야 하기 때문에 Non Playable character로 조교를 구현하는 방법이 최선이라고 판단되었습니다. character로서 조교가 구현이 힘들다면 vrchat내에서 외부 링크의 영상을 play하는 기능을 이용해 안내 영상 형식으로 조교의 기능을 수행할 예정입니다.		
구현 필요한 상호작용				
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능	
1.	조교	사용자	실험의 개요, 실험의 과정, 실험 주의사항, 실험 정리 방법을 설명해주는 시스템이 필요 합니다. 최우선 적으로 npc를 통해 조교를 구현 시도하고 이에 실패할 경우 미리 제작한 설명 링크 영상을 통해 조교를 대체하도록 합니다.	
단계에서 이루어지게 되는 평가				
번호	평가명	패널티, 보상 산출		
1.	-	-		

3.2.1.3. 실험 준비 단계

Table 12 Table of carrying tools

단계 명칭	실험 도구 운반	Flow Chart	
단계 설명	실험에 사용될 도구인 산성 용액 플라스크, H2O 플라스크, 빈 플라스크를 실험 테이블로 가지고 온다.		
구현 필요한 오브젝트			
번호	이름	상태, 설명	
1.	산성 용액 비커	산성용액이 들어있는 비커입니다. 용액이 들어있는 상태와 들어있지 않은 상태가 존재합니다.	
2.	H2O 비커	산성용액이 들어있는 비커입니다. 용액이 들어있는 상태와 들어있지 않은 상태가 존재합니다.	
3.	빈 비커	빈 비커입니다. 본 비커에 산성용액과 물을 부어 산을 희석시키는 실험을 하게 됩니다. 용액이 들어있는 상태와 들어있지 않은 상태가 존재합니다.	
구현 필요한 상호작용			
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능
1.	비커	비커	"붓기" 기능 "붓기" 기능을 통해 능동 비커에 있는 용액을 피동 비커로 옮길 수 있습니다. 이때 산성용액이 있는 비커에 물을 부을 경우 폭발, 화재가 일어나게 됩니다. 다른 sequence로 용액을 붓는 경우는 문제를 발생시키지 않습니다.
2.	짐	사용자	"넘어짐" 기능 사용자가 "짐"이 있는 이동 경로로 "이동"을 시도

			할 경우 "넘어짐" 이 발생 가능합니다. 시약을 들고 넘어짐이 발생했을 경우 "오염"이 발생하게 됩니다.
단계에서 이루어지게 되는 평가			
번호	평가명	패널티, 보상 산출	
1.	주변정리	<p>주변의 "짐"이 정리되어 있을 경우 패널티를 받지 않습니다.</p> <p>"짐"을 정리하지 않아서 "넘어짐"이 발생해 시약을 쏟게 되어 "오염"이 이루어지는 위험상황이 발생하게 됩니다.</p> <p>"안구오염"이 발생하였을 경우 시야가 방해되는 효과에 의해 동료의 도움을 받아 안구 세척기를 찾아가 "세척"행동을 통해 위기상황을 극복해야 합니다.</p> <p>"신체오염"이 발생하였을 경우 이동속도가 저하됩니다. 이러한 상황에서 긴급샤워를 찾아가 "샤워"행동을 통해 위기상황을 극복해야 합니다.</p>	

Table 13 Table of reagent delivery

단계명칭	시약을 운반하다 쏟는 위험상황	Flow Chart	<pre>graph TD Start([시약을 운반하다 쏟는 위험상황 발생]) --> D1{보호장구 착용 하였는가?} D1 -- YES --> D2{보호장구를 시간안에 벗었는가?} D1 -- NO --> D3{긴급샤워, 안구세척을 제한시간 내에 실행 하였는가?} D2 -- Yes --> End1([패널티 : 대량 주변정리 실행 가능 다시 실험도구 운반 LOOP]) D2 -- NO --> D3 D3 -- Yes --> End2([시나리오 fail (사망)]) D3 -- NO --> End1</pre>
단계설명	시약을 운반하다 치우지 못한 짐에 걸려 넘어지면서 쏟게 됩니다. 보호장구 착용 여부, 빠른 조치 능력이 평가됩니다.		
구현 필요한 오브젝트			

번호	이름	상태, 설명															
1.	실험복	<p>착용시 "신체 오염"으로부터 신체를 보호합니다.</p> <p>"보호 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <p>신체 오염이 일어난 뒤 5초동안 패널티(-hp)를 받지 않습니다.</p> <p>5초가 경과하면 "보호 효과"가 없을 때와 똑같은 패널티(-2hp/s)를 받습니다.</p> <p>5초가 경과하기 전 실험복을 "벗음"행동으로 "신체 오염" 상황을 극복합니다.</p>															
2.	보호경	<p>착용시 "안구 오염"으로부터 안구를 보호합니다.</p> <p>"보호 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <p>신체 오염이 일어난 뒤 5초동안 패널티(-hp)를 받지 않습니다. "보호 효과"를 받는동안 시야가 방해되지 않습니다.</p> <p>5초가 경과하면 "보호 효과"가 없을 때와 똑같은 패널티(-2hp/s)를 받습니다. 그리고 시야가 방해받는 효과가 적용됩니다.</p> <p>5초가 경과하기 전 보호경을 "벗음"행동으로 "안구 오염" 상황을 극복합니다.</p>															
3.	긴급샤워	<p>신체 오염이 발생했을 경우 사용 가능합니다.</p> <p>긴급샤워는 항상 사용 가능합니다.</p> <p>"긴급샤워" 행동을 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>신체 오염</th><th>샤워</th><th>신체 오염</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	신체 오염	샤워	신체 오염	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
신체 오염	샤워	신체 오염															
1	1	0															
1	0	1															
0	1	0															
0	0	0															
4.	안구세척	<p>안구 오염이 발생했을 경우 사용 가능합니다.</p> <p>안구세척은 항상 사용 가능합니다.</p> <p>"안구세척" 행동을 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>안구 오염</th><th>세척</th><th>안구 오염</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	안구 오염	세척	안구 오염	1	1	0	1	0	1	0	1	0			
안구 오염	세척	안구 오염															
1	1	0															
1	0	1															
0	1	0															

		0	0	0	
구현 필요한 상호작용					
번호	능동 요소	피동 요소	필요한 기능		
1.	짐	사용자	"넘어짐" 기능 사용자가 "짐"이 있는 이동 경로로 "이동"을 시도할 경우 "넘어짐" 이 발생 가능합니다. 시약을 들고 넘어짐이 발생했을 경우 "오염"이 발생하게 됩니다.		
2.	사용자	실험복	"착용", "벗음" 행동 "착용" 행동을 통해 보호장비를 착용합니다. 보호장비는 오염으로부터 1회성으로 신체를 보호합니다. 오염이 발생하였을 때 시간안에 "벗음"행동을 통해 오염 상황을 해결합니다.		
3.	사용자	보호경	"착용", "벗음" 행동 "착용" 행동을 통해 보호장비를 착용합니다. 보호장비는 오염으로부터 1회성으로 신체를 보호합니다. 오염이 발생하였을 때 시간안에 "벗음"행동을 통해 오염 상황을 해결합니다.		
단계에서 이루어지게 되는 평가					
번호	평가명	패널티, 보상 산출			
1.	긴급 장비 위치 파악	"긴급샤워"와 "안구세척"장비의 위치를 잘 파악한 덕분에 자신 혹은 동료를 시간내에 구출할 수 있었습니다. 동료를 도왔다면 +10hp의 보상을 받게 됩니다.			
2.	보호 장비 착용	"실험복"과 "보호경"을 잘 착용한 덕분에 5초의 보호시간을 가질 수 있었습니다. 보호받지 못하는 시간동안 -2hp/s라는 패널티를 받게 됩니다. Hp가 0이 될 경우 사망에 의한 시나리오 종료로 이어집니다. 사망에 의해 시나리오가 종료될 경우 충분한 학습을 하지 않고 test를 수행 중인 것으로 판단하여 다시 카테고리 학습을 듣고 올 때까지 test 수행 자격을 박탈합니다.			

3.2.1.4. 실험 단계

Table 14 Table of conducting experiment

단계 명칭	실험 진행 단계	Flow Chart	<pre>graph TD; A[시약 안전운반, 실험장정] --> B{실험 주의사항을 지키며 실험을 진행하였는가?}; B -- YES --> C[실험 성공 => 승점 부여 폐기물 처리 단계로 진행]; B -- NO --> D{적절한 소화장비를 통해 진화작업을 진행하였는가?}; D -- Yes --> A; D -- No --> C;</pre>
단계 설명	시약을 실험 테이블까지 안전하게 옮겼으며 실험을 진행합니다. 조교님의 주의사항을 따르지 않을 경우 화재 위험 상황으로 진행됩니다.		
구현 필요한 오브젝트			
번호	이름	상태, 설명	
1.	산성 용액 비커	산성용액이 들어있는 비커입니다. 용액이 들어있는 상태와 들어있지 않은 상태가 존재합니다.	
2.	H2O 비커	산성용액이 들어있는 비커입니다. 용액이 들어있는 상태와 들어있지 않은 상태가 존재합니다.	
3.	빈 비커	빈 비커입니다. 본 비커에 산성용액과 물을 부어 산을 희석시키는 실험을 하게 됩니다. 용액이 들어있는 상태와 들어있지 않은 상태가 존재합니다.	
4.	화염	불을 표현하는 화염입니다. 화재는 소형, 중형은 화염만 / 대형은 연기를 동반합니다.	

			화염의 높이는 소형은 30cm내외 중형은 1m내외 대형은 천장에 닿을 정도의 화염을 보입니다.																																
구현 필요한 상호작용																																			
번호	능동 요소	피동 요소	필요한 기능																																
1.	비커	비커	<p>"붓기" 기능</p> <p>"붓기" 기능을 통해 능동 비커에 있는 용액을 피동 비커로 옮길 수 있습니다. 이때 산성용액이 있는 비커에 물을 부을 경우 "화재"가 일어나게 됩니다.</p> <p>다른 sequence로 용액을 붓는 경우는 문제를 발생시키지 않습니다.</p>																																
2.	비커	환경	<p>"화재"기능</p> <p>실험의 주의사항, 순서를 준수하지 않았을 경우 "화재"가 발생하게 됩니다.</p> <p>화재는 소형, 중형, 대형의 상태를 갖게 됩니다.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>퍼지는 속도</th><th>진화 가능?</th><th>데미지</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소형</td><td>L</td><td>O</td><td>0</td></tr> <tr> <td>중형</td><td>M</td><td>O</td><td>0</td></tr> <tr> <td>대형</td><td>H</td><td>X</td><td>-0.5hp/s</td></tr> </tbody> </table> <p>진화 가능한 단계의 화재는 소화기를 통해 빠른 진화가 가능합니다. 진화 가능한지 판별하는 척도로는 "불길이 천장까지 닿는가" 가 있습니다.</p> <p>전이표는 다음과 같습니다.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>from to</th><th>소형</th><th>중형</th><th>대형</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>소형</td><td>-</td><td>1분간 방치</td><td>-</td></tr> <tr> <td>중형</td><td>소화 20초</td><td>-</td><td>1분간 방치</td></tr> <tr> <td>대형</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> </tbody> </table> <p>방치 : 화재 발생으로부터 지난시간 - 소화 진행 시간 소화 : 소화기를 화재에 분사하고 있는 시간 소형화재는 소화 20초를 통해 완전히 진화 가능합니다.</p>		퍼지는 속도	진화 가능?	데미지	소형	L	O	0	중형	M	O	0	대형	H	X	-0.5hp/s	from to	소형	중형	대형	소형	-	1분간 방치	-	중형	소화 20초	-	1분간 방치	대형	-	-	-
	퍼지는 속도	진화 가능?	데미지																																
소형	L	O	0																																
중형	M	O	0																																
대형	H	X	-0.5hp/s																																
from to	소형	중형	대형																																
소형	-	1분간 방치	-																																
중형	소화 20초	-	1분간 방치																																
대형	-	-	-																																
3.																																			

단계에서 이루어지게 되는 평가		
번호	평가명	패널티, 보상 산출
1.	실험 성공	실험이 성공했을 경우 +20hp의 보상을 받습니다.
2.	화재 발생	화재를 일으켰을 경우 -10hp의 패널티를 받습니다. 자신이 만든 화재 진압에 실패했을 경우 즉시 -20hp의 패널티를 받습니다. 타인의 화재를 진압할 경우 +10hp를 얻습니다.

3.2.1.5. 화재상황

Table 15 Table of Fire

단계명칭	대형 화재 발생	Flow Chart	<pre> graph TD A{적절한 소화장비를 통해 진화작업을 진행하였는가?} -- Yes --> End1[] A -- NO --> B{탈출경로 숙지 하였는가? or 주변정리 하였는가?} B -- YES --> C[패널티: 대량 시나리오 fail (화재탈출) 재도전 기회 부여] B -- NO --> D[시나리오 fail (사망) 재도전 기회 박탈, 단계별 학습 재실행] </pre>
단계설명	진화가 불가능한 대형 화재가 발생하였습니다. 화재 발생을 인지하고 golden_time 내에 탈출을 시도해야 합니다.		
구현 필요한 오브젝트			
번호	이름	상태, 설명	
1.	화염	불을 표현하는 화염입니다. "화재"는 소형, 중형은 화염만 / 대형은 연기를 동반합니다. 화염의 높이는 소형은 30cm내외 중형은 1m내외 대형은 천장에 닿을 정도의 화염을 보입니다.	

	<p>“화재”의 특성</p> <p>실험의 주의사항, 순서를 준수하지 않았을 경우 “화재”가 발생하게 됩니다.</p> <p>화재는 소형, 중형, 대형의 상태를 갖게 됩니다.</p> <table><tr><td></td><td>퍼지는 속도</td><td>진화 가능?</td><td>데미지</td></tr><tr><td>소형</td><td>L</td><td>O</td><td>0</td></tr><tr><td>중형</td><td>M</td><td>O</td><td>0</td></tr><tr><td>대형</td><td>H</td><td>X</td><td>-0.5hp/s</td></tr></table> <p>진화 가능한 단계의 화재는 소화기를 통해 빠른 진화가 가능합니다. 진화 가능한지 판별하는 척도로는 “불길이 천장까지 닿는가”가 있습니다.</p> <p>전이표는 다음과 같습니다.</p> <table><tr><td>to</td><td>소형</td><td>중형</td><td>대형</td></tr><tr><td>from</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>소형</td><td>-</td><td>1분간 방치</td><td>-</td></tr><tr><td>중형</td><td>소화 20초</td><td>-</td><td>1분간 방치</td></tr><tr><td>대형</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table> <p>방치 : 화재 발생으로부터 지난시간 – 소화 진행 시간 소화 : 소화기를 화재에 분사하고 있는 시간 소형화재는 소화 20초를 통해 완전히 진화 가능합니다.</p>		퍼지는 속도	진화 가능?	데미지	소형	L	O	0	중형	M	O	0	대형	H	X	-0.5hp/s	to	소형	중형	대형	from				소형	-	1분간 방치	-	중형	소화 20초	-	1분간 방치	대형	-	-	-
	퍼지는 속도	진화 가능?	데미지																																		
소형	L	O	0																																		
중형	M	O	0																																		
대형	H	X	-0.5hp/s																																		
to	소형	중형	대형																																		
from																																					
소형	-	1분간 방치	-																																		
중형	소화 20초	-	1분간 방치																																		
대형	-	-	-																																		
2.	<p>연기</p> <p>대형 화재의 경우 “연기”를 동반하게 됩니다.</p> <p>“화재”사고에서 받는 패널티(데미지)는 화염이 아닌 연기에서 나옵니다. 실제 상황에서도 연기는 탈출을 방해하며 화염보다 더 큰 화재의 사망요인으로 알려져 있습니다.</p> <table><tr><td></td><td>퍼지는 속도</td><td>진화 가능?</td><td>데미지</td></tr><tr><td>소형</td><td>L</td><td>O</td><td>0</td></tr></table>		퍼지는 속도	진화 가능?	데미지	소형	L	O	0																												
	퍼지는 속도	진화 가능?	데미지																																		
소형	L	O	0																																		

		중형	M	O	0
		대형	H	X	-0.5hp/s
		<p>위 표에서 볼 수 있는 -0.5hp/s는 연기에 의한 데미지라 할 수 있습니다. 따라서 서있을 경우 -0.5hp/s, 몸을 숙일 경우 -0.3hp/s로 하는 것이 더 현실적입니다.</p> <p>연기가 발생하기 시작하면(화재가 대형으로 진행되면) 시야가 좁아지고 시간당 데미지를 받기 시작합니다. 안전시간내에 탈출하지 못해 Hp가 0이 될 경우 사망에 의한 시나리오 종료로 이어집니다. 사망에 의해 시나리오가 종료될 경우 충분한 학습을 하지 않고 test를 수행중인 것으로 판단하여 다시 카테고리 학습을 듣고 올 때까지 test 수행 자격을 박탈합니다.</p> <p>탈출에 성공할 경우 실험을 성공하지 못했다면 무조건 재시험, 실험을 성공한 상태로 탈출했다면 남은 hp에 따라 p/f를 결정합니다.</p>			
구현 필요한 상호작용					
번호	능동 요소	피동 요소	필요한 기능		
1.	연기	사용자	"시야 가림"기능 연기가 발생하면 시야범위가 좁아지게 됩니다. 이에따라 몸을 낮추고 비상구 표시를 보며 탈출을 시도해야 합니다.		
단계에서 이루어지게 되는 평가					
번호	평가명	패널티, 보상 산출			
1.	탈출	안전시간내에 탈출하지 못해 Hp가 0이 될 경우 사망에 의한 시나리오 종료로 이어집니다. 사망에 의해 시나리오가 종료될 경우 충분한 학습을 하지 않고 test를 수행중인 것으로 판단하여 다시 카테고리 학습을 듣고 올 때까지 test 수행 자격을 박탈합니다. 탈출에 성공할 경우 실험을 성공하지 못했다면 무조건 재시험, 실험을 성공한 상태로 탈출했다면 남은 hp에 따라 p/f를 결정합니다.			

3.2.1.6. 정리 단계

Table 16 Table of arrangement

단 계 명 칭	정리단계	Flow Chart	
단 계 설 명	실험이 성공적으로 끝난 사용자들은 퇴장이 가능합니다. 퇴장하기 전 사용한 실험도구를 정리해 추가 점수를 얻을 수 있습니다.		
구현 필요한 오브젝트			
번 호	이름	상태, 설명	
1.	폐액 통	실험에 사용이 끝난 용액들을 종류별로 구분하여 폐액통에 버리도록 한다. 이처럼 수거된 폐액은 특수 폐기물로 분류되어 처리된다.	
2.	세면 대	오염이 발생한 도구의 경우 폐기하도록 하고, 재사용 가능한 장비의 경우 중화작업을 한 뒤 반납하도록 한다.	
구현 필요한 상호작용			
번 호	능동 요소	피동요 소	필요한 기능
1.	세면 대	실험장 비	"중화작용"기능 물을 사용해 용기에 남아있는 오염을 중화시킬 수 있다.
단계에서 이루어지게 되는 평가			
번	평가	패널티, 보상 산출	

호	명	
1.	후처리	실험이 끝난 뒤 바로 나가지 않고 사용했던 장비를 잘 정리할 경우 +7hp의 보상을 받는다.
2.	평가	실험을 성공적으로 마치고 나온 사람들이므로 남은 hp를 판별해 재시험 / 통과를 판별하게 됩니다.

3.2.2. 전기 실험에서 단계별 구현 필요 요소

본 시나리오에서는 “KVL 검증 실험”을 진행하게 되며 내용은 다음과 같습니다.

과정

1. 전기소자들(저항)을 이용해 회로를 구성한다.
2. 적정량의 전원을 직류 전원을 발생하는 함수발생기에 연결한다.
3. 회로의 loop를 따라 전압의 변화를 측정해

loop를 돌아 재자리에 왔을 때까지의 전압 변화의 대수적 합이 0이 되는지 확인한다.

주의사항

1. 회로의 소자는 정상 작동하는 V와 A범위가 정해져 있으므로 적정 전압, 전류를 벗어나지 않도록 한다.
2. 고압의 전류를 다룰 때 맨손으로 만지지 않도록 한다.
3. 감전 사고가 발생할 경우 차단기를 내리거나 절연채를 이용해 전선과 사람을 분리하도록 한다.

후처리 방법

1. 연결된 상태로 남아있는 회로소자가 없는지 확인한다.
2. 사용이 끝난 모든 도구는 전원을 끄도록 한다.

3.2.2.1. Flowchart

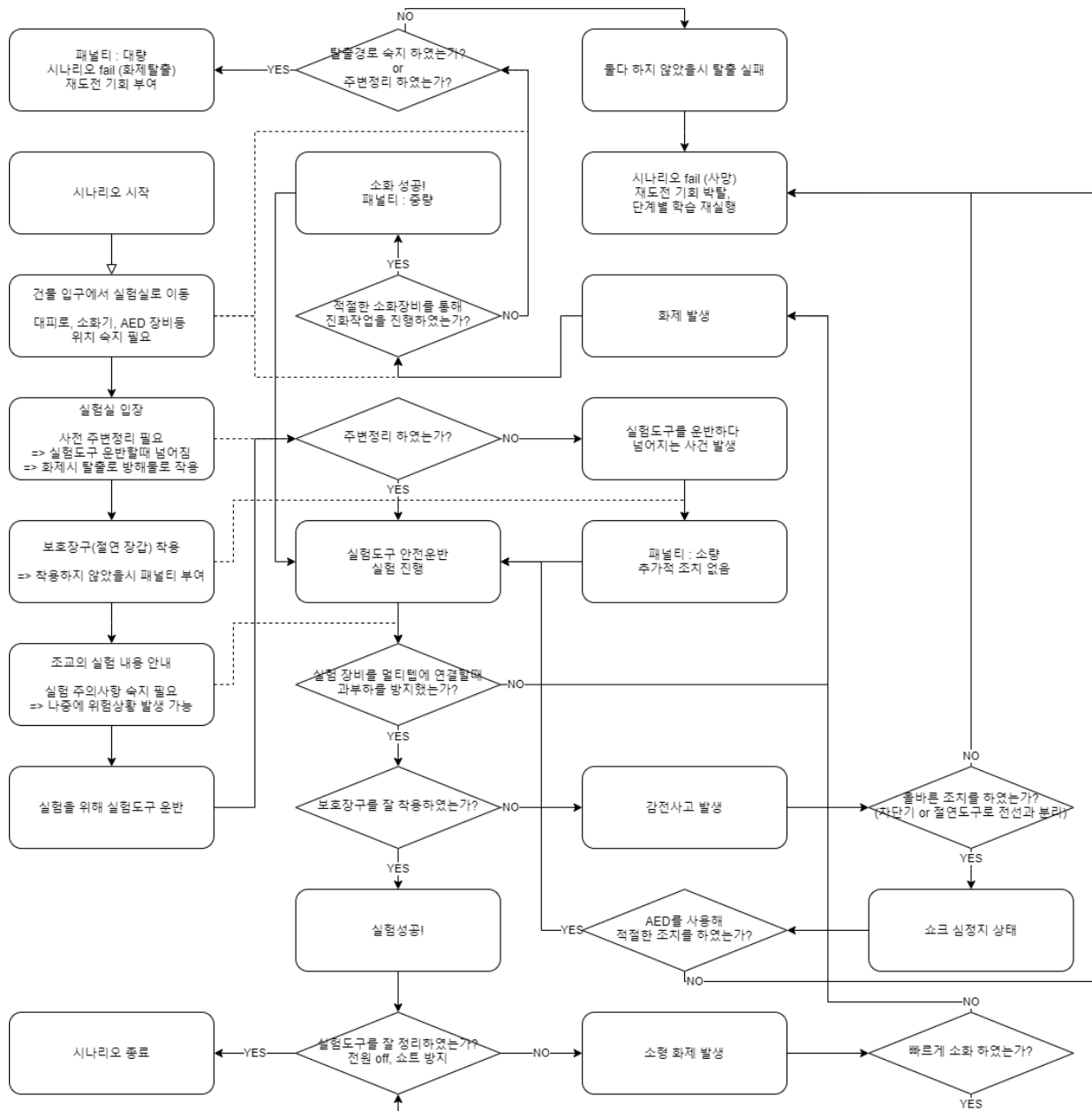


Figure 2 Figure of Experiment flow chart 2

화학실험을 이수하는 학생들이 메타버스 안전교육 test system을 통해 해결해야하는 시나리오 overview입니다. 하위 서술하게 될 내용들은 각 단계에 대한 설명,

필요한 object, 필요한 상호작용(obj - obj, obj - user, user - user), 평가에 필요한 보상과 패널티의 수치를 어떻게 구하는지에 대한 내용입니다.

3.2.2.2. setup 단계

Table 17 Table of Start 2

단계 명칭	시나리오 시작 (사전 학습 단계)		Flow Chart	<div>시나리오 시작</div>
단계 설명	이번 학기에 듣게되는 실험과목에 해당하는 카테고리의 안전교육을 수강하게 됩니다.			
구현 필요한 오브젝트				
번호	이름	상태, 설명		
1.	Test장소 이동포탈	강의실에서 금학기 수강하는 실험과목과 관련있는 강의를 모두 수강하게 되면 포탈을 통해 test장소로 이동이 가능합니다. Test는 수강하는 실험과목에 따라 다르게 진행됩니다.		
구현 필요한 상호작용				
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능	
1.	-	-	-	
단계에서 이루어지게 되는 평가				
번호	평가명	패널티, 보상 산출		
1.	도전가능 잔여횟수	큰 과실로 test에서 fail한 사용자는 충분한 교육을 이수하지 않고 test에 참여하는 것으로 간주하여 다시 카테고리에 따라 안전교육 강의를 이수해야 합니다.		

Table 18 Table of move 2

단계 명칭	실험실까지 이동 및 입장	Flow Chart	
-------	---------------	------------	--

단계 설명	포탈을 통해 건물입구에 spawn 된 후 실험실까지 이동하는 단계입니다. 이동시 대피로, 소화기, 긴급샤워, 안구세척장비 등의 위치를 숙지하는 행동이 필요합니다.	<div>↓</div> <div>건물 입구에서 실험실로 이동 대피로, 소화기, AED 장비 등 위치 숙지 필요</div>																					
구현 필요한 오브젝트																							
번호	이름	상태, 설명																					
1.	소화기	<p>화제 상황이 발생했을 경우 사용 가능합니다.</p> <p>소화기는 사용가능 상태와 사용 불가 상태를 갖습니다.</p> <table><tr><td>소화기</td><td>"소화"</td></tr><tr><td>사용가능</td><td>1</td></tr><tr><td>사용불가</td><td>0</td></tr></table> <p>사용가능 상태의 소화기는 "소화" action을 수행할 수 있습니다.</p> <p>"소화" 행동을 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <table><tr><td>화제</td><td>소화</td><td>화제</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	소화기	"소화"	사용가능	1	사용불가	0	화제	소화	화제	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
소화기	"소화"																						
사용가능	1																						
사용불가	0																						
화제	소화	화제																					
1	1	0																					
1	0	1																					
0	1	0																					
0	0	0																					
2.	AED	<p>전기사고로 심장"쇼크" 상태인 사용자에게 사용합니다.</p> <p>"감전"사고로 심정지가 일어나 "쇼크"상태인 사용자에게 사용 가능합니다. 3분 이내에 사용해야 합니다.</p> <p>"제세동"행동을 통해 다음 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <table><tr><td>"쇼크"</td><td>"재세동"</td><td>"쇼크"</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	"쇼크"	"재세동"	"쇼크"	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0						
"쇼크"	"재세동"	"쇼크"																					
1	1	0																					
1	0	1																					
0	1	0																					
0	0	0																					
3.	대피도	화제 상황이 발생했을 때 대피할 수 있는 열린 통로를 알려																					

		주는 약도입니다.	
구현 필요한 상호작용			
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능
1.	사용자	소화기	소화기 교체 기능 소화기의 압력상태를 확인해서 사용 불가능한 소화기를 "교체 요청"할 수 있습니다. "사용불가" 소화기에 "교체요청"을 하게 될 경우 해당 소화기를 즉각 "사용가능"소화기로 바꿔줍니다. "사용가능" 한 소화기에 "교체요청"을 했을 시 소량의 패널티(hp감소)가 주어집니다. 해당 기능은 차후 나오게 될 "조교의 실험 내용 안내" 단계 전까지 사용 가능합니다.
단계에서 이루어지게 되는 평가			
번호	평가명	패널티, 보상 산출	
1.	소화기 교체 요청	"사용불가" 소화기를 교체요청 했을 경우 리워드를 시작 hp가 100이고 대피 골든 타임이 3분 이므로 화재 진압에 20초의 시간을 사용해 볼 수 있는 10의 추가hp를 지급합니다. "사용가능" 소화기를 교체요청 했을 경우 패널티를 무분별한 요청을 통한 부르트포스 형식으로 시험을 통과하는 것을 방지하기 위해 -5hp의 패널티를 부여합니다.	

Table 19 Table of entrance 2

단계 명칭	실험실 입장	Flow Chart	<div>실험실 입장 사전 주변정리 필요 => 실험도구 운반할때 넘어짐 => 화제시 탈출로 방해물로 작용</div>
단계 설명	실험실에 입장해서 짐을 내려 놓고 주변정리와 같은 실험 사전 준비를 합니다.		
구현 필요한 오브젝트			

번호	이름	상태, 설명		
1.	짐	이동을 방해할 수 있는 여러 오브젝트를 포괄적으로 "짐"이라 지칭합니다. "짐"에는 학생들의 가방, 실험실 자제, 물품 보관용 박스와 같은 것들이 해당될 수 있습니다. 짐이 있는 이동경로로 "이동"을 시도할 경우 다음과 같은 action이 발생할 수 있습니다.		
		짐	"이동"	넘어짐
		1	1	1
		1	0	0
		0	1	0
		0	0	0
구현 필요한 상호작용				
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능	
1.	사용자	짐	"치우기" 기능 사용자는 "짐"에 "치우기"행동을 할 수 있습니다. "치우기"행동을 하면 "짐"은 즉시 사라지게 됩니다.	
2.	짐	사용자	"넘어짐" 기능 사용자가 "짐"이 있는 이동 경로로 "이동"을 시도할 경우 "넘어짐" 이 발생 가능합니다. 시약을 들고 넘어짐이 발생했을 경우 "오염"이 발생하게 됩니다.	
단계에서 이루어지게 되는 평가				
번호	평가명	패널티, 보상 산출		
1.	주변정리	주변의 "짐"을 정리할 때 +1hp의 보상이 이루어집니다. 패널티는 시약을 쏟는 사건이 발생할 때 이루어지게 됩니다.		

Table 20 Table of wearing 2

단계 명칭	보호장구 착용		Flow Chart	<div>보호장구(절연 장갑) 착용 => 착용하지 않았을시 패널티 부여</div>
단계 설명	실험에 앞서 신체를 전기사고로부터 보호할 수 있는 보호장구를 착용합니다.			
구현 필요한 오브젝트				
번호	이름	상태, 설명		
1.	절연장갑	착용시 "전기"로부터 신체를 보호합니다. "절연 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다. 감전 상태가 되었을 때 2초동안 사용자를 "마비"상태로부터 보호합니다. 2초가 지난 뒤 절연장갑을 착용하지 않았을 때 처럼 "마비"상태에 걸리게 됩니다.		
구현 필요한 상호작용				
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능	
1.	사용자	절연장갑	"착용"행동 "착용" 행동을 통해 보호장비를 착용합니다. 보호장비는 "전기"로부터 짧은시간 신체를 보호합니다.	
단계에서 이루어지게 되는 평가				
번호	평가명	패널티, 보상 산출		
1.	-	-		

Table 21 Table of announcement 2

단계 명칭	조교의 실험 내용 안내	Flow Chart	
단계 설명	조교가 실험의 과정과 주의사항을 안내합니다. 실험의 과정을 준수하지 않거나 주의사항을 무시할 경우 차후 패널티가		

	부여됩니다.		
구현 필요한 오브젝트			
번호	이름	상태, 설명	
1.	조교	많은 사용자에게 반복적인 설명 작업을 진행해야 하기 때문에 Non Playable character로 조교를 구현하는 방법이 최선이라고 판단되었습니다. character로서 조교가 구현이 힘들다면 vrchat내에서 외부 링크의 영상을 play하는 기능을 이용해 안내 영상 형식으로 조교의 기능을 수행할 예정입니다.	
구현 필요한 상호작용			
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능
1.	조교	사용자	실험의 개요, 실험의 과정, 실험 주의사항, 실험 정리 방법을 설명해주는 시스템이 필요 합니다. 최우선 적으로 npc를 통해 조교를 구현 시도하고 이에 실패할 경우 미리 제작한 설명 링크 영상을 통해 조교를 대체하도록 합니다.
단계에서 이루어지게 되는 평가			
번호	평가명	패널티, 보상 산출	
1.	-	-	

3.2.2.3. 실험 단계

Table 22 Table of carrying tools 2

단계 명칭	실험 도구 운반	Flow Chart	<pre>graph TD; A[실험을 위해 실험도구운반] --> B{주변정리 하였는가?}; B -- YES --> C[실험도구안전운반 실험진행]; B -- NO --> D[실험도구를 운반하다 넘어지는 사건 발생]; D --> E[패널티: 소량 추가적 조치 있음]; E --> C;</pre>
단계 설명	실험에 사용될 도구인 산성 용액 플라스크, H2O 플라스크, 빈 플라스크를 실험 테이블로 가지고 온다.		
구현 필요한 오브젝트			

번호	이름	상태, 설명	
1.	직류 발생기	구성된 회로에 전기 신호를 공급합니다. "끼우기"기능을 통해 빵판과 연결합니다. 실험에 사용될 회로를 구성한 다음 전기 신호를 공급해야 합니다. 전기신호가 공급되고 있는 직류 발생기에 손을 댔을 경우 사용자가 "마비"상태에 걸리게 됩니다. "마비"상태의 사용자는 초당 -5hp의 패널티를 받게 됩니다. 만약 사용자가 "절연 장갑"을 착용하고 있다면 "절연 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다. 감전 상태가 되었을 때 2초동안 사용자를 "마비"상태로부터 보호합니다. 2초가 지난 뒤 절연장갑을 착용하지 않았을 때처럼 "마비"상태에 걸리게 됩니다. Hp패널티는 동일하게 받습니다.	
2.	빵판	전원(직류발생기), 저항, 도선을 끼워서 회로를 구성할 수 있게 해주는 부품입니다.	
3.	저항	실험에서 V_{drop} 을 발생시키는 회로 소자입니다. "끼우기"기능을 통해 빵판과 연결합니다.	
4.	도선	실험에서 저항과 저항 사이를 이어주는 역할을 합니다. "끼우기"기능을 통해 빵판과 연결합니다.	
4.	전압계	저항의 소자들의 전압변화를 측정하는 회로 소자입니다. "측정"기능을 통해 소자의 전압변화를 측정합니다. Loop의 전압변화의 대수적 합이 0이 되는지 확인하여 실험을 완료합니다.	
구현 필요한 상호작용			
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능
1.	함수 발생기	빵판	"끼우기"기능 소자를 빵판에 끼워 회로를 구성합니다. 전원에(함수발생기) 연결된 빵판에 전압계의 "측정" 기능이 아닌 사용자가 "끼우기"상호작용을 시도할 경우 사용자는 "감전"상태에 걸리게 됩니다. "감전" 상태에 걸릴 때 "절연장갑"을 착용하고 있었다면 2

			초간 "마비"상태로부터 보호됩니다. 초당 -5hp의 패널티는 "마비"상태와 상관없이 "감전"상태라면 항상 받게 됩니다.
2.	도선	빵판	"끼우기"기능 소자를 빵판에 끼워 회로를 구성합니다.
3.	저항	빵판	"끼우기"기능 소자를 빵판에 끼워 회로를 구성합니다.
4.	전압계	저항	"측정"기능 V_drop 과 V_gain의 합이 같다는 것을 증명하는 실험인데 V_gain은 직류발생기에서 밖에 없고, 직류발생기에서 숫자를 보여주므로 사실상 저항소자의 V_drop만 측정할 수 있으면 됩니다. $V_drop_curr = V_직류발생기 * R_curr / R_sum$ 와 같은 식을 통해 V_drop을 구현합니다.
단계에서 이루어지게 되는 평가			
번호	평가명	패널티, 보상 산출	
1.	주변정리	주변의 "짐"이 정리되어 있을 경우 패널티를 받지 않습니다. "짐"을 정리하지 않아서 "넘어짐"이 발생할 경우 -5hp의 패널티를 받습니다.	

Table 23 Table of conducting experiment 2

단계 명칭	실험 진행	Flow Chart	<pre>graph TD; A{실험 장비를 멀티탭에 연결할 때 과부하를 방지했는가?} -- YES --> B[화재 발생]; A -- NO --> C{보호장구를 잘 착용하였는가?}; C -- YES --> D[]; C -- NO --> E[감전사고 발생]; style D fill:none,stroke:none</pre>
단계 설명	실험을 진행하기 앞서 조교가 설명했던 실험 절차와 주의사항을 숙지하였는지 평가가 이루어 집니다.		
구현 필요한 오브젝트			

번호	이름	상태, 설명	
1.	멀티탭	직류발생기나 다른 멀티탭을 연결할 수 있습니다. 멀티탭은 과부하 수치를 가지고 있습니다. 해당 멀티탭에 연결된 하위 항목의 수가 과부하 수치를 넘긴 상태로 1분이 경과될 경우 화재가 발생하게 됩니다. 모든 멀티탭은 과부하 수치에서 1개 적은 수로 제공되기 때문에 실험에 앞서 "연결"기능과 "뽑기"기능을 사용해 재배치(재분배)를 하지 않으면 화재의 위험이 있는 상태입니다.	
2.	절연장갑	착용시 "전기"로부터 신체를 보호합니다. "절연 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다. 전원에(함수발생기) 연결된 빵판에 전압계의 "측정"기능이 아닌 사용자가 "끼우기"상호작용을 시도할 경우 사용자는 "감전"상태에 걸리게 됩니다. "감전"상태에 걸릴 때 "절연장갑"을 착용하고 있었다면 2초간 "마비"상태로부터 보호됩니다. 2초가 지난 뒤 절연장갑을 착용하지 않았을 때처럼 "마비"상태에 걸리게 됩니다. 초당 -5hp의 패널티는 "마비"상태와 상관없이 "감전"상태라면 항상 받게 됩니다.	
구현 필요한 상호작용			
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능
1.	전기소자	멀티 탭	"연결"기능과 "뽑기"기능 해당 "멀티탭"에 자리가 남아 있다면 "연결"기능을 통해 사용하고자 하는 "전자기기"를 연결할 수 있습니다. "전자기기"에는 실험에 사용되는 함수 발생기와 멀티탭이 속해 있습니다. 멀티탭은 과부하 수치를 넘기면 화재를 일으키기 때문에 "연결"과 "뽑기"기능을 잘 활용해 부하를 배분해야 합니다.
단계에서 이루어지게 되는 평가			
번호	평가명	패널티, 보상 산출	
1.	보호장비 착용	실험 도중 전원(함수발생기)에 연결된 회로(빵판)에 상호작용을 시도하면 "감전" 상태에 걸리게 됩니다.	

		이때 보호장비(절연장갑)을 착용하고 있다면 2초간 "마비"상태로부터 보호됩니다. "마비"상태에서는 회로(빔판)과 시도한 상호작용을 풀 수 없게 되어 다른 행동을 하지 못하게 됩니다. 그리고 초당 -5hp의 패널티가 발생하기 때문에 주변 동료의 빠른 조치가 필요해 집니다.
2.	과부하 방지	전자기기(멀티탭, 함수발생기)의 "연결"과 "뽑기"기능을 잘 사용해 과부하를 방지하였는지 평가합니다. 과부하된 전자기기에서 화재가 발생하였다면 -10hp의 패널티를 받게 됩니다.

3.2.2.4. 감전사고 위기상황

Table 24 Table of electric shock

단계 명칭	감전사고 조치 단계	Flow Chart									
단계 설명	감전사고가 발생할 경우 전원과 감전 사고자를 분리하여야 합니다. 그 후 AED를 사용하여 재 새동을 시도할 수 있습니다.										
구현 필요한 오브젝트											
번호	이름	상태, 설명									
1.	AED	<p>전기사고로 심장"쇼크" 상태인 사용자에게 사용합니다.</p> <p>"감전"사고로 심정지가 일어나 "쇼크"상태인 사용자에게 사용 가능합니다. 3분 이내에 사용해야 합니다.</p> <p>"제세동"행동을 통해 다음 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <table border="1"> <tr> <td>"쇼크"</td> <td>"제세동"</td> <td>"쇼크"</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </table>				"쇼크"	"제세동"	"쇼크"	1	1	0
"쇼크"	"제세동"	"쇼크"									
1	1	0									

		1	0	1
		0	1	0
		0	0	0
2.	절연체	절연체를 사용해 전선과 사람을 분리하는 조치를 할 수 있습니다. 물리적 상호작용이 어려울 경우 미니게임의 형식으로 따로 구현을 할 계획입니다.		
구현 필요한 상호작용				
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능	
1.	감전된 사용자	사용자	"감전 전이"기능 감전된 사용자와 직접 상호작용을 시도할 경우 "감전" 상태가 전이됩니다. 이 상태전이에도 "절연장갑"의 "절연 기능"은 일반 "감전"상황과 똑같이 "마비"를 막아주지만 -5hp/s의 패널티를 막아주지는 않습니다.	
2.	AED	쇼크 사망자	"제세동" "감전"데미지에 의해 hp가 0이 된 사용자는 바로 시나리오에서 탈락하고 재도전 기회를 박탈당하게 됩니다. "감전"되었지만 hp가 0이 되기 전에 빠르게 조치를 받은 사용자는 "쇼크"(심정지) 상태에 빠지게 됩니다. "쇼크"상태의 사용자는 3분간 방치될 경우 "사망"하게 됩니다. "쇼크"상태를 해결하기 위해 AED의 "제세동"기능을 사용할 수 있습니다. AED는 사용하기전 1분의 충전 시간이 있으며 사용시 즉시 "쇼크"상태를 해결할 수 있습니다. 3분 이내에 "제세동"해야 하므로 AED를 가지고 오는데 2분이상 걸리지 않도록 해야합니다.	
단계에서 이루어지게 되는 평가				
번호	평가명	패널티, 보상 산출		
1.	AED	AED(Automated External Defibrillator)의 위치와 사용법을 숙지했		

	사용	다면 사용자의 "쇼크"상태를 해결해 줄 수 있습니다. 성공적으로 "쇼크"상태를 해결했다면 +10hp의 보상을 얻습니다.
2.	감전자 조치	감전자가 사망하기 전 차단기를 내리거나 절연체를 사용해 전원과 감전자를 분리하였는지 평가합니다. 위와 같은 조치를 성공적으로 했다면 +10hp의 보상을 얻습니다.

3.2.2.5. 화재상황

Table 25 Table of Fire 2

단계 명칭	화제 대응 단계	Flow Chart
단계 설명	전기실험은 화재와 밀접한 연관이 있습니다. 따라서 전기 실험을 진행할 때 화제를 예방하는 방법과, 화재 상황에 대처하는 방법을 숙지해야 합니다.	<pre> graph TD A{실험 장비를 멀티탭에 연결할때 과부하를 방지했는가?} -- NO --> B[화제 발생] A -- YES --> C{실험도구를 잘 정리하였는가? 전원 off, 소트 방지} C -- NO --> D[소형 화재 발생] C -- YES --> E{빠르게 소화 하였는가?} E -- NO --> B E -- YES --> F[시나리오 fail (사망) 재도전 기회 박탈 단계별 학습 재실행] B --> G{적절한 소화장비를 통해 진화작업을 진행하였는가?} G -- NO --> H{탈출경로 숙지 하였는가? or 주변정리 하였는가?} H -- NO --> F </pre>
구현 필요한 오브젝트		
번호	이름	상태, 설명
1.	화염	<p>불을 표현하는 화염입니다.</p> <p>"화제"는 소형, 중형은 화염만 / 대형은 연기를 동반합니다.</p> <p>화염의 높이는 소형은 30cm내외 중형은 1m내외 대형은 천장에 닿을 정도의 화염을 보입니다.</p> <p>"화제"의 특성</p> <p>실험의 주의사항, 순서를 준수하지 않았을 경우 "화제"가 발생하게 됩니다.</p>

		<p>출하지 못해 Hp가 0이 될 경우 사망에 의한 시나리오 종료로 이어집니다. 사망에 의해 시나리오가 종료될 경우 충분한 학습을 하지 않고 test를 수행중인 것으로 판단하여 다시 카테고리 학습을 듣고 올 때까지 test 수행 자격을 박탈합니다.</p> <p>탈출에 성공할 경우 실험을 성공하지 못했다면 무조건 재시험, 실험을 성공한 상태로 탈출했다면 남은 hp에 따라 p/f를 결정합니다.</p>	
구현 필요한 상호작용			
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능
1.	연기	사용자	<p>"시야 가림"기능</p> <p>연기가 발생하면 시야범위가 좁아지게 됩니다. 이에 따라 몸을 낮추고 비상구 표시를 보며 탈출을 시도해야 합니다.</p>
단계에서 이루어지게 되는 평가			
번호	평가명	패널티, 보상 산출	
1.	탈출	<p>안전시간내에 탈출하지 못해 Hp가 0이 될 경우 사망에 의한 시나리오 종료로 이어집니다. 사망에 의해 시나리오가 종료될 경우 충분한 학습을 하지 않고 test를 수행중인 것으로 판단하여 다시 카테고리 학습을 듣고 올 때까지 test 수행 자격을 박탈합니다.</p> <p>탈출에 성공할 경우 실험을 성공하지 못했다면 무조건 재시험, 실험을 성공한 상태로 탈출했다면 남은 hp에 따라 p/f를 결정합니다.</p>	

3.2.2.6. 정리단계

Table 26 Table of arrangement 2

단계 명칭	정리 단계	Flow Chart	
-------	-------	------------	--

단계 설명	방치된 전기기기는 화재와 밀접한 연관이 있기 때문에 실험이 끝난 뒤 꼭 정리를 수행해야 합니다.			
구현 필요한 오브젝트				
번호	이름	상태, 설명		
1.	멀티탭	<p>직류발생기나 다른 멀티탭을 연결할 수 있습니다.</p> <p>멀티탭은 과부하 수치를 가지고 있습니다.</p> <p>해당 멀티탭에 연결된 하위 항목의 수가 과부하 수치를 넘긴 상태로 1분이 경과될 경우 화재가 발생하게 됩니다.</p> <p>모든 멀티탭은 과부하 수치에서 1개 적은 수로 제공되기 때문에 실험에 앞서 "연결"기능과 "뽑기"기능을 사용해 재배치(재분배)를 하지 않으면 화재의 위험이 있는 상태입니다.</p>		
구현 필요한 상호작용				
번호	능동요소	피동요소	필요한 기능	
1.	전기소자	멀티탭	<p>"연결"기능과 "뽑기"기능</p> <p>해당 "멀티탭"에 자리가 남아 있다면 "연결"기능을 통해 사용하고자 하는 "전자기기"를 연결할 수 있습니다.</p> <p>"전자기기"에는 실험에 사용되는 함수 발생기와 멀티탭이 속해 있습니다.</p> <p>멀티탭은 과부하 수치를 넘기면 화재를 일으키기 때문에 "연결"과 "뽑기"기능을 잘 활용해 부하를 배분해야 합니다.</p>	
단계에서 이루어지게 되는 평가				
번호	평가명	패널티, 보상 산출		
1.	후처리	<p>실험이 끝난 뒤 바로 나갈 수 없고 5분간 대기해야 합니다.</p> <p>대기시간동안 뒷정리를 하지 않았다면 소형 화재 상황이 발생하게 됩니다.</p>		

		5분내에 뒷정리를 했다면 +7hp의 보상을 얻을 수 있고 바로 시나리오에서 나갈 수 있습니다.
--	--	--

3.2.3. 구현이 필요한 object 와 해당하는 interaction 모음

Table 27 Table of objects and interactions

구현 필요한 오브젝트		
번호	이름	상태, 설명
0.	사용자	<p>상태 :</p> <p>Int hp</p> <p>Bool 보호경 착용 여부</p> <p>Bool 실험복 착용 여부</p> <p>Bool 안구 오염 여부</p> <p>Bool 신체 오염 여부</p> <p>Bool 절연장갑 착용 여부</p> <p>Bool 감전 여부</p> <p>Bool 마비 여부</p> <p>현재 interaction 중인 object</p>
1.	Test장소 이동포탈	<p>상태 :</p> <p>Bool : 이동가능 / 이동불가</p> <p>기능 / 특성 :</p> <p>강의실에서 금학기 수강하는 실험과목과 관련있는 강의를 모두 수강하게 되면 포탈을 통해 test장소로 이동이 가능합니다. Test는 수강하는 실험과목에 따라 다르게 진행됩니다.</p>

2.	소화기	<p>상태 :</p> <p>Bool : 사용 가능 / 사용 불가능</p> <p>기능 / 특성 :</p> <p>사용 가능일 경우 소형, 중형 화제를 진화 가능</p> <p>사용 불가능일 경우 진화 불가능</p> <p>사용 불가능일 경우 "교체요청" 상호작용을 통해 즉시 사용 가능 상태의 소화기로 교체 가능</p> <p>사용불가능 && "교체요청" => +10hp</p> <p>사용가능 && "교체요청" => -5hp</p>																																				
3.	대피도	<p>상태 : -</p> <p>기능 / 특성 :</p> <p>화제 상황이 발생했을 때 대피할 수 있는 열린 통로를 알려주는 약도입니다.</p>																																				
4.	화염	<p>상태 :</p> <p>소형 / 중형 / 대형</p> <p>기능 / 특성 :</p> <p>"화제"의 특성</p> <table><tr><td></td><td>퍼지는 속도</td><td>진화 가능?</td><td>데미지</td></tr><tr><td>소형</td><td>L</td><td>O</td><td>0</td></tr><tr><td>중형</td><td>M</td><td>O</td><td>0</td></tr><tr><td>대형</td><td>H</td><td>X</td><td>-0.5hp/s</td></tr></table> <p>진화 가능한 단계의 화제는 소화기를 통해 빠른 진화가 가능합니다. 진화 가능한지 판별하는 척도로는 "불길이 천장까지 닿는가" 가 있습니다.</p> <p>전이표는 다음과 같습니다.</p> <table><tr><td>to</td><td>소형</td><td>중형</td><td>대형</td></tr><tr><td>from</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>소형</td><td>-</td><td>1분간 방치</td><td>-</td></tr><tr><td>중형</td><td>소화 20초</td><td>-</td><td>1분간 방치</td></tr><tr><td>대형</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>		퍼지는 속도	진화 가능?	데미지	소형	L	O	0	중형	M	O	0	대형	H	X	-0.5hp/s	to	소형	중형	대형	from				소형	-	1분간 방치	-	중형	소화 20초	-	1분간 방치	대형	-	-	-
	퍼지는 속도	진화 가능?	데미지																																			
소형	L	O	0																																			
중형	M	O	0																																			
대형	H	X	-0.5hp/s																																			
to	소형	중형	대형																																			
from																																						
소형	-	1분간 방치	-																																			
중형	소화 20초	-	1분간 방치																																			
대형	-	-	-																																			

		<p>방치 : 화재 발생으로부터 지난시간 - 소화 진행 시간</p> <p>소화 : 소화기를 화재에 분사하고 있는 시간</p> <p>소형화제는 소화 20초를 통해 완전히 진화 가능합니다.</p>																
5.	연기	<p>상태 :</p> <p>소형화제(연기X) / 중형화제(연기X) / 대형화제(연기O)</p> <p>기능 / 특성 :</p> <p>대형 화재의 경우 "연기"를 동반하게 됩니다.</p> <p>"화제"사거에서 받는 패널티(데미지)는 화염이 아닌 연기에 서 나옵니다. 실제 상황에서도 연기는 탈출을 방해하며 화 염보다 더 큰 화재의 사망요인으로 알려져 있습니다.</p> <table><tr><td></td><td>퍼지는 속도</td><td>진화 가능?</td><td>데미지</td></tr><tr><td>소형</td><td>L</td><td>O</td><td>0</td></tr><tr><td>중형</td><td>M</td><td>O</td><td>0</td></tr><tr><td>대형</td><td>H</td><td>X</td><td>-0.5hp/s</td></tr></table> <p>위 표에서 볼 수 있는 -0.5hp/s는 연기에 의한 데미지라 할 수 있습니다. 따라서 서있을 경우 -0.5hp/s, 몸을 숙일 경우 -0.3hp/s로 하는 것이 더 현실적입니다.</p> <p>연기가 발생하기 시작하면(화제가 대형으로 진행되면) 시야 가 좁아지고 시간당 데미지를 받기 시작합니다. 안전시간내 에 탈출하지 못해 Hp가 0이 될 경우 사망에 의한 시나리오 종료로 이어집니다. 사망에 의해 시나리오가 종료될 경우 충분한 학습을 하지 않고 test를 수행중인 것으로 판단하여 다시 카테고리 학습을 듣고 올 때까지 test 수행 자격을 박 탈합니다.</p> <p>탈출에 성공할 경우 실험을 성공하지 못했다면 무조건 재 시험, 실험을 성공한 상태로 탈출했다면 남은 hp에 따라 p/f 를 결정합니다.</p>		퍼지는 속도	진화 가능?	데미지	소형	L	O	0	중형	M	O	0	대형	H	X	-0.5hp/s
	퍼지는 속도	진화 가능?	데미지															
소형	L	O	0															
중형	M	O	0															
대형	H	X	-0.5hp/s															
6.	조교	<p>상태 :</p> <p>대기중 / 설명중</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>많은 사용자에게 반복적인 설명 작업을 진행해야 하기 때</p>																

		<p>문에 Non Playable character로 조교를 구현하는 방법이 최선이라고 판단되었습니다. character로서 조교가 구현이 힘들다면 vrchat내에서 외부 링크의 영상을 play하는 기능을 이용해 안내 영상 형식으로 조교의 기능을 수행할 예정입니다.</p>																														
7.	짐	<p>상태 : 존재 / 존재X 기능 / 특성: 이동을 방해할 수 있는 여러 오브젝트를 포괄적으로 "짐"이라 지칭합니다. "짐"에는 학생들의 가방, 실험실 자제, 물품 보관용 박스와 같은 것들이 해당될 수 있습니다. 짐이 있는 이동경로로 "이동"을 시도할 경우 다음과 같은 action이 발생할 수 있습니다.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>짐</th><th>"이동"</th><th>넘어짐</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> <p>"넘어짐" 행동이 발생했을 때 만약 시약을 들고 있었다면 100%확률로 쏟게 됩니다. 시약을 쏟았다면 "안구 오염" 과 "신체 오염" 상태가 되게 됩니다.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>넘어짐</th><th>시약</th><th>오염(신체, 안구)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> <p>시약을 들고 있지 않은 상태에서 "넘어짐" 행동이 발생했을 경우 소량의 패널티를 부여합니다(-5hp).</p>	짐	"이동"	넘어짐	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	넘어짐	시약	오염(신체, 안구)	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
짐	"이동"	넘어짐																														
1	1	1																														
1	0	0																														
0	1	0																														
0	0	0																														
넘어짐	시약	오염(신체, 안구)																														
1	1	1																														
1	0	0																														
0	1	0																														
0	0	0																														
8.	긴급샤워	<p>상태 : - 기능 / 특성: 신체 오염이 발생했을 경우 사용 가능합니다. 긴급샤워는 항상 사용 가능합니다.</p>																														

		<p>"샤워" 행동을 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <table> <tr> <th>신체 오염</th><th>샤워</th><th>신체 오염</th></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	신체 오염	샤워	신체 오염	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
신체 오염	샤워	신체 오염															
1	1	0															
1	0	1															
0	1	0															
0	0	0															
9.	안구세척	<p>상태 :</p> <p>-</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>안구 오염이 발생했을 경우 사용 가능합니다.</p> <p>안구세척은 항상 사용 가능합니다.</p> <p>"세척" 행동을 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <table> <tr> <th>안구 오염</th><th>세척</th><th>안구 오염</th></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	안구 오염	세척	안구 오염	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
안구 오염	세척	안구 오염															
1	1	0															
1	0	1															
0	1	0															
0	0	0															
10.	AED	<p>상태 :</p> <p>-</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>전기사고로 심장"쇼크" 상태인 사용자에게 사용합니다.</p> <p>"감전"사고로 심정지가 일어나 "쇼크"상태인 사용자에게 사용 가능합니다. 3분 이내에 사용해야 합니다.</p> <p>"제세동"행동을 통해 다음 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <table> <tr> <th>"쇼크"</th><th>"제세동"</th><th>"쇼크"</th></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	"쇼크"	"제세동"	"쇼크"	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
"쇼크"	"제세동"	"쇼크"															
1	1	0															
1	0	1															
0	1	0															
0	0	0															
11.	절연체	<p>상태 :</p> <p>-</p>															

		<p>기능 / 특성:</p> <p>절연체를 사용해 전선과 사람을 분리하는 조치를 할 수 있습니다.</p> <p>물리적 상호작용이 어려울 경우 미니게임의 형식으로 따로 구현을 할 계획입니다.</p>
12.	실험복	<p>상태 :</p> <p>오염(착용) / 비오염(착용) / 미착용</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>착용시 "신체 오염"으로부터 신체를 보호합니다.</p> <p>"보호 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <p>신체 오염이 일어난 뒤 5초동안 패널티(-hp)를 받지 않습니다.</p> <p>5초가 경과하면 "보호 효과"가 없을 때와 똑같은 패널티(-2hp/s)를 받습니다.</p> <p>5초가 경과하기 전 실험복을 "벗음"행동으로 "신체 오염" 상황을 극복합니다.</p>
13.	보호경	<p>상태 :</p> <p>오염(착용) / 비오염(착용) / 미착용</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>착용시 "안구 오염"으로부터 안구를 보호합니다.</p> <p>"보호 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <p>신체 오염이 일어난 뒤 5초동안 패널티(-hp)를 받지 않습니다. "보호 효과"를 받는동안 시야가 방해되지 않습니다.</p> <p>5초가 경과하면 "보호 효과"가 없을 때와 똑같은 패널티(-2hp/s)를 받습니다. 그리고 시야가 방해받는 효과가 적용됩니다.</p> <p>5초가 경과하기 전 보호경을 "벗음"행동으로 "안구 오염" 상황을 극복합니다.</p>
14.	절연장갑	<p>상태 :</p> <p>착용 / 미착용</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>착용시 "전기"로부터 신체를 보호합니다.</p>

		<p>"절연 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다. 감전 상태가 되었을 때 2초동안 사용자를 "마비"상태로부터 보호합니다. 2초가 지난 뒤 절연장갑을 착용하지 않았을 때 처럼 "마비"상태에 걸리게 됩니다.</p>
15.	산성 용액 비커	<p>상태 : Bool : 용액 있음 여부 Bool : 산성 or 물 기능 / 특성: 산성용액이 들어있는 비커입니다. 용액이 들어있는 상태와 들어있지 않은 상태가 존재합니다.</p>
16.	H2O 비커	<p>상태 : Bool : 용액 있음 여부 Bool : 산성 or 물 기능 / 특성: 산성용액이 들어있는 비커입니다. 용액이 들어있는 상태와 들어있지 않은 상태가 존재합니다.</p>
17.	빈 비커	<p>상태 : Bool : 용액 있음 여부 Bool : 산성 or 물 기능 / 특성: 빈 비커입니다. 본 비커에 산성용액과 물을 부어 산을 희석시키는 실험을 하게 됩니다. 용액이 들어있는 상태와 들어있지 않은 상태가 존재합니다.</p>
18.	직류 발생기	<p>상태 : Bool : 전원 연결 / 전원 연결X Int : 몇 V or I 전원 공급중인지 기능 / 특성: 구성된 회로에 전기 신호를 공급합니다. "끼우기"기능을 통해 빵판과 연결합니다. 실험에 사용될 회로를 구성한 다음 전기 신호를 공급해야 합니다.</p>

		<p>전기신호가 공급되고 있는 직류 발생기에 손을 댔을 경우 사용자가 "마비"상태에 걸리게 됩니다. "마비"상태의 사용자는 초당 -5hp의 패널티를 받게 됩니다.</p> <p>만약 사용자가 "절연 장갑"을 착용하고 있다면 "절연 효과"를 통해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있습니다.</p> <p>감전 상태가 되었을 때 2초동안 사용자를 "마비"상태로부터 보호합니다. 2초가 지난 뒤 절연장갑을 착용하지 않았을 때 처럼 "마비"상태에 걸리게 됩니다. Hp패널티는 동일하게 받습니다.</p>
19.	빵판	<p>상태 :</p> <p>Bool : 전원 연결 여부</p> <p>Int : 몇 V or I 전원 공급받는 중인지</p> <p>Int[] : 저항 연결 sequence</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>전원(직류발생기), 저항, 도선을 끼워서 회로를 구성할 수 있게 해주는 부품입니다.</p>
20.	저항	<p>상태 :</p> <p>Bool : 전원 연결 여부</p> <p>Int : 저항값</p> <p>Int : V_drop값</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>실험에서 V_drop을 발생시키는 회로 소자입니다.</p> <p>"끼우기"기능을 통해 빵판과 연결합니다.</p>
21.	도선	<p>상태 :</p> <p>Bool : 전원 연결 여부</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>실험에서 저항과 저항 사이를 이어주는 역할을 합니다.</p> <p>"끼우기"기능을 통해 빵판과 연결합니다.</p>
22.	전압계	<p>상태 :</p> <p>Bool : 저항에 연결중인지</p> <p>Int : 연결중인 저항에서의 V_drop</p> <p>기능 / 특성:</p>

		<p>저항의 소자들의 전압변화를 측정하는 회로 소자입니다.</p> <p>"측정"기능을 통해 소자의 전압변화를 측정합니다.</p> <p>Loop의 전압변화의 대수적 합이 0이 되는지 확인하여 실험을 완료합니다.</p>
23.	멀티탭	<p>상태 :</p> <p>Bool : 전원에 연결중인지</p> <p>Int : 하위에 연결된 전자기기의 수</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>직류발생기나 다른 멀티탭을 연결할 수 있습니다.</p> <p>멀티탭은 과부하 수치를 가지고 있습니다.</p> <p>해당 멀티탭에 연결된 하위 항목의 수가 과부하 수치를 넘긴 상태로 1분이 경과될 경우 화재가 발생하게 됩니다.</p> <p>모든 멀티탭은 과부하 수치에서 1개 적은 수로 제공되기 때문에 실험에 앞서 "연결"기능과 "뽑기"기능을 사용해 재배치(재분배)를 하지 않으면 화재의 위험이 있는 상태입니다.</p>
24.	폐액통	<p>상태 :</p> <p>-</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>실험에 사용이 끝난 용액들을 종류별로 구분하여 폐액통에 버리도록 한다. 이처럼 수거된 폐액은 특수 폐기물로 분류되어 처리된다.</p>
25.	세면대	<p>상태 :</p> <p>-</p> <p>기능 / 특성:</p> <p>오염이 발생한 도구의 경우 폐기하도록 하고, 재사용 가능한 장비의 경우 중화작업을 한 뒤 반납하도록 한다.</p>

3.3. Performance Requirements

해당 요구사항들은 추정에 기반하여 도출된 요구사항들이며 향후 최종 시스템에서는 다소 변경사항이 있을 수 있습니다.

3.3.1. Static numerical requirement

- 모든 시스템의 관리 도구는 관리자만 사용할 수 있습니다.
- 시스템 관리자는 한 명이며 백엔드 관리자도 한 명으로 제한됩니다.
- 안전교육 수강은 처음 접속한 세션으로 종료될 때까지 변화 없이 수행하여야 정상적으로 이수처리 되며, 재접속하여 세션이 변경되는 경우 처음부터 다시 수행하여야 합니다.
- 시스템의 구동을 위해 Windows 7 이상의 PC가 필요하며 Intel I5-4590 이상 또는 AMD FX 8350 이상, 4GB RAM 이상, NVIDIA Geforce GTX 970 이상, 또는 AMD Radeon R9 290 이상, 최소 4GB의 GPU RAM, 1GB 이상의 저장공간, 그리고 10mpbs 이상의 네트워크 환경이 필요합니다.

3.3.2. Dynamic numerical requirement

- 안전교육 시스템에 접속할 수 있는 최대 동시 접속자수는 40명이며, 활동 사용자수는 30명입니다.
- 월드의 로딩은 1분 이내로 완료되어야 합니다.
- 안전교육 시나리오 진행 중 각 단계의 이수 완료 메시지는 10초 이내로 전송되어야 합니다.
- 이수 완료 메시지는 백엔드에서 10초 이내로 처리되어 저장되어야 합니다.

3.4. Logical Database Requirements

안전교육 시스템의 사용자 안전교육 이수 확인 기능을 수행하는 백엔드 서버로 Google 사의 Firebase 시스템을 사용합니다. 사용자의 학번과 VRChat user id 등의 모든 데이터는 Firebase 시스템의 Firestore 데이터베이스에 저장됩니다. Firestore 데이터베이스의 경우 데이터베이스 사이즈에 관계없이 일정한 query 속도를 제공함으로 안전교육 시스템에 적용하기 적합합니다. 또한 안전교육 이수 확인 시스템과 관리자 도구 또한 Firebase hosting service를 통해 구현합니다.

3.5. Design Constraints

시스템의 모든 컴포넌트는 VRChat 플랫폼과 Firebase 데이터베이스에 기반을 두고 있습니다. 따라서 해당 서비스들의 제약 사항들을 그대로 상속합니다. 예를 들어 VRChat에서 유체를 구현하는 기능과 외부 링크로의 자유로운 HTTP request가 제한되어 있습니다. 따라서 해당 시스템도 이와 같은 제약사항을 가지고 있습니다. 또한 VRChat에서 많은 오브젝트가 렌더링되는 경우 다수의 사용자가 접속 시 끊기는 문제가 있으므로 거리에 따라 렌더링되는 오브젝트의 개수에 제한이 있습니다. 따라서 해당 시스템도 이와 같은 제약사항을 가지고 있습니다.

3.6. Standards compliance

시스템의 백엔드 서버의 프로그램은 ES6, HTML5, CSS, Node.js 표준에 따라 작성하며, VRChat 플랫폼 상에서의 프로그램은 Udon과 C# 표준에 따라 작성합니다. 프로그램 내의 함수명과 변수명은 camel 표기법을 따릅니다. 그 외의 사항은 통상적으로 관용되는 프로그래밍 기법을 따릅니다.

3.7. Software System Characteristics

소프트웨어 시스템의 특성은 non-functional requirements를 통해 보여집니다. 따라서 이번 항에서는 시스템이 지녀야하는 non-functional requirements에 대해 정의하고

설명합니다. 이번 항에서 제시하는 requirements는 크게 product requirements, organizational requirements, external requirements로 분류됩니다.

3.7.1. Product Requirements

하위 항목에는 사용자가 시스템에 거부감을 느끼지 않도록 하기위해 시스템에 요구되는 사항과, 시스템을 더 잘 사용하기 위한 방법들에 대해 논하고 있습니다.

3.7.1.1. Usability Requirements

사용자 인터페이스는 Windows 에서 VRchat 을 기반으로 제공되며, VR 기기 또는 키보드로 입력하여 사용자에게 자신의 캐릭터를 동작하도록 합니다. 화면에 특정 동작을 VR 기기 또는 키보드로 동작하기 위한 방법을 나타내도록 합니다. 도움말, 매뉴얼을 포함한 UI 의 모든 언어는 한국어를 사용합니다. 사용자는 간단한 VR 기기나 키보드 동작을 통해 캐릭터의 원하는 행동을 수행할 수 있습니다. 사용자는 VRChat 를 통해서 시스템에서 허용하는 액션내에서 동작할 수 있습니다. 안전수칙을 숙지한 상태에서 캐릭터 동작의 어려움으로 인해 원하는 행동을 하지 못하는 상황이 없도록 합니다.

3.7.1.2. Performance Requirements

안전교육 시스템에 접속할 수 있는 최대 동시 접속자수는 40명이며, 활동 사용자수는 30명입니다. 월드의 로딩은 1분 이내로 완료되어야 합니다. 안전교육 시나리오 진행 중 각 단계의 이수 완료 메시지는 10초 이내로 전송되어야 합니다. 이수 완료 메시지는 백엔드에서 10초 이내로 처리되어 저장되어야 합니다.

3.7.1.3. Security Requirements

사용자는 안전교육 시스템을 사용하기 전에 사용자 인증 과정이 수행되어야 합니다. 이때 사용자와 관리자를 명확히 구분하여 사용자가 관리자 권한을

도용하는 것을 방지할 수 있어야합니다. 이는 허가되지 않은 사용자가 관리자 권한을 획득 시 안전교육 수강내역 조작 및 학번, 이름, VRChat 사용자 아이디 등과 같은 개인정보가 노출될 수 있기 때문입니다.

또 다른 측면의 보안 요구사항으로 안전교육 수강 대상인 사용자가 정상적인 방법으로 이수하지 않고 이수 완료내역을 우회 혹은 조작할 수 없어야 합니다.

3.7.2. Organizational Requirements

해당 요구사항은 사용자와 관리자 측에 적용되어야 하는 요구사항과 제약사항 등에서 도출된 요구사항을 의미합니다.

3.7.2.1. Environmental Requirements

안전교육 이수 대상자를 식별하고 명단을 확보할 수 있는 환경이 구성되어야 합니다. 이의 역할은 학교 측이 수행하여야 하며 명단을 시스템 관리자에게 제공하여 안전교육 이수 기간 이전에 시스템에 입력하여야 합니다.

3.7.2.2. Operational Requirement

사용자는 VRChat 플랫폼의 계정과 학번으로 식별되어야 합니다. 시스템은 사용자에게 기존의 안전교육 시스템보다 더 현실적이고 직관적인 안전교육 환경을 제공합니다. 기존의 단순 2D 애니메이션과 퀴즈 형태의 안전교육환경에서 3D로 직접 사물과 상호작용할 수 있는 안전교육 환경을 제공합니다. 안전교육이 진행되면서 사용자의 이수내역은 서버로 전송되고 이수가 완료되면 자동으로

백엔드 서버에 기록되어야 합니다. 안전교육 시스템은 안전교육 이수기간동안 상시 접근 가능해야 합니다.

3.7.3. External Requirements

해당 요구사항들은 시스템 외부 요인 및 개발 과정에서 도출된 포괄적인 요구사항들입니다.

3.7.3.1. Safety / Security Requirement

VRChat 플랫폼상에서 구현된 부분의 시스템과 백엔드 부분의 시스템 모두 사용자의 개인정보가 외부로 유출되지 않도록 보호할 수 있어야 합니다. 또한 이수 인증 역할을 수행하는 백엔드 서버의 경우 정전, 화재 등의 자연재해로부터 사용자의 정보를 보호할 수 있어야 합니다.

3.7.3.2. Regulatory Requirement

시스템은 국가 개인정보보호 표준에 맞추어 개발되어야 하며 사용자의 개인정보는 대한민국 법률 기준을 충족하도록 보호되어야 합니다. 이뿐만 아니라 시스템 전반의 기능들이 대한민국 법에 저촉되어서는 안됩니다.

3.8. Organizing the Specific Requirements

3.8.1. Context Model

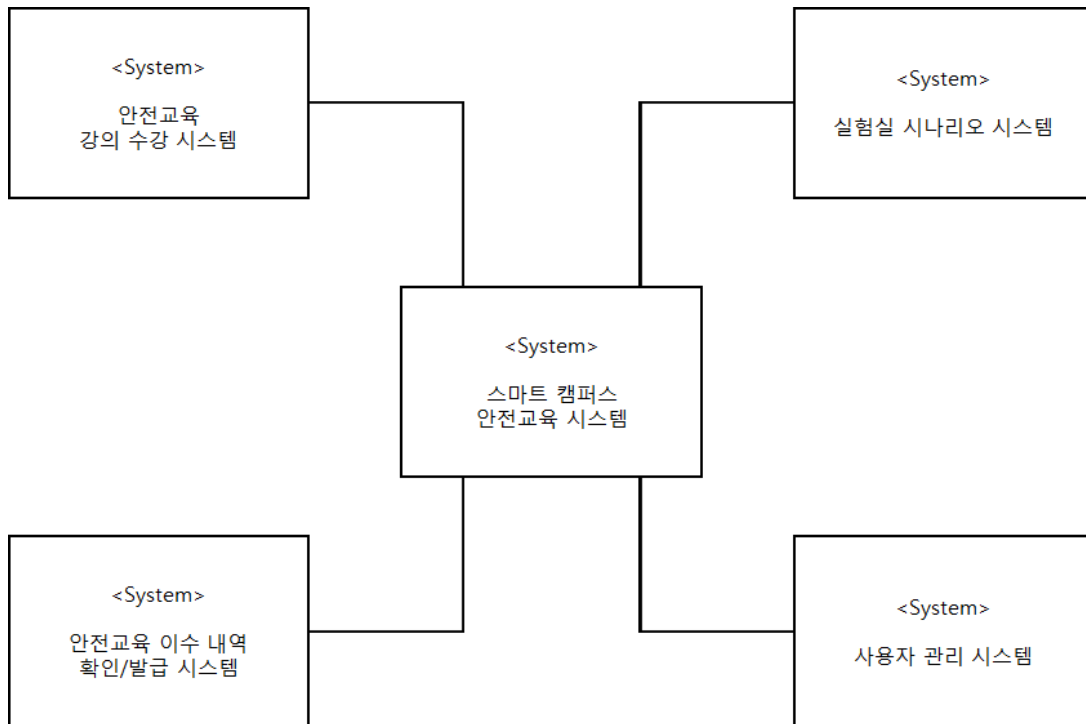


Figure 3 Figure of Context Model

3.8.2. Process Model

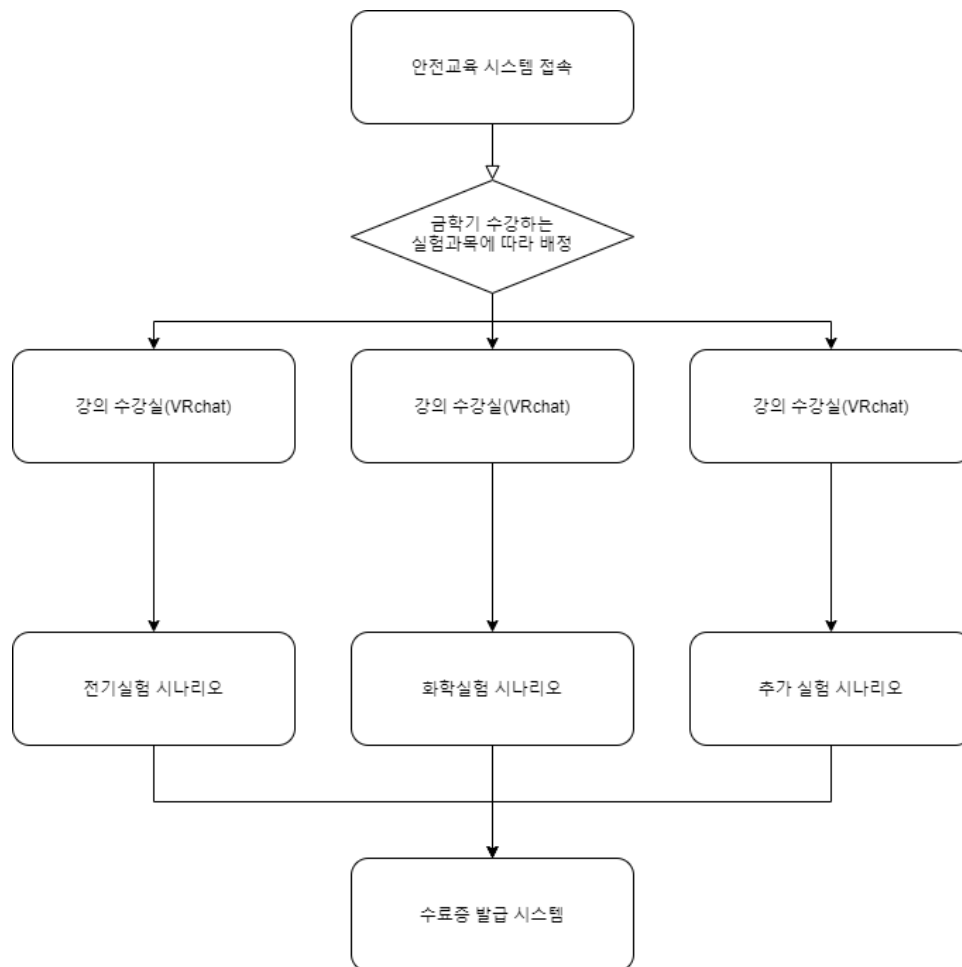


Figure 4 Figure of Process Model

3.8.3. Interaction Model

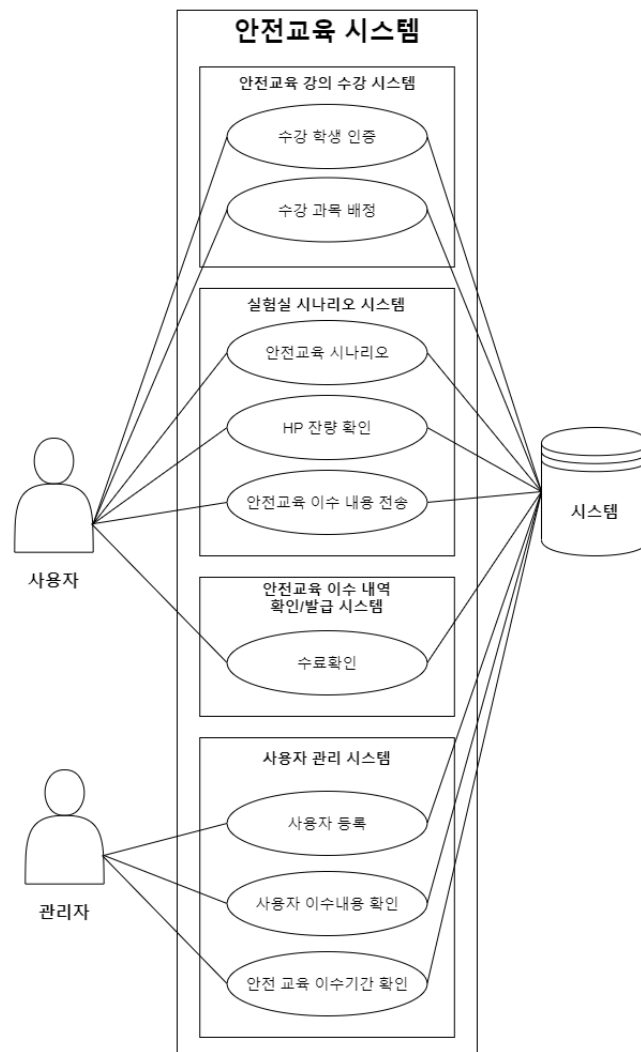


Figure 5 Figure of Interaction Model

3.8.4. Behavior Model

3.8.4.1 Sequence Diagram

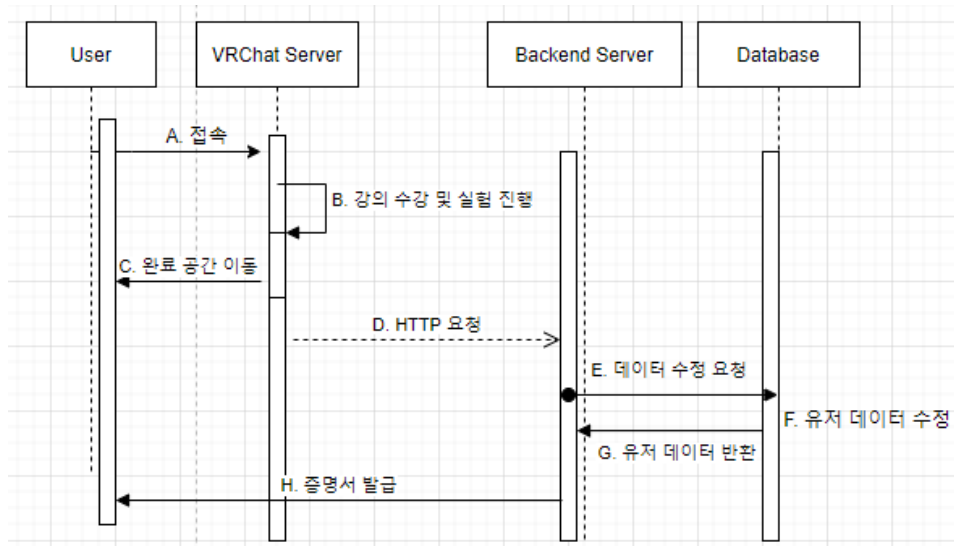


Figure 6 Figure of Sequence Diagram

3.9. System Architecture

전체적인 System Architecture를 소프트웨어 디자인 패턴 기법인 MVC Pattern 기법을 사용하요 표현하였습니다.

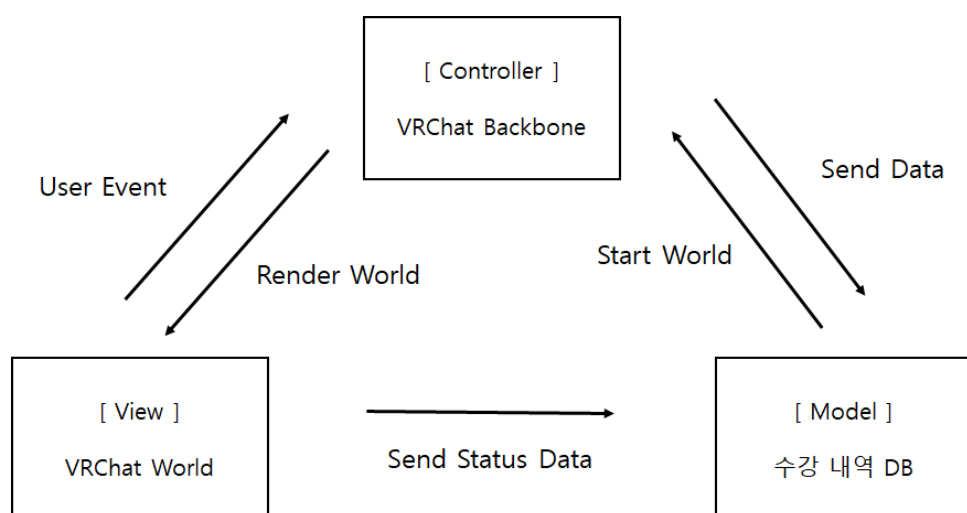


Figure 7 Figure of System Architecture

3.10. System Evolution

하드웨어, VRchat등 에서 현재 지원하지 않는 기능들이 추가로 지원되었을 때 시스템을 발전시킬 수 있는 기능들에 대한 설명입니다. 추가될 수 있는 기능들로는 새로운 전기, 화학 시나리오가 아닌 새로운 시나리오, 시스템을 확장하여 여러 학교의 학생들이 이용할 수 있도록 하는 기능, VRchat 내에서 유체인 두 오브젝트를 애니메이션을 통해 자연스럽게 섞을 수 있도록 하는 기능 등이 추가될 수 있습니다. VR기기와 같은 하드웨어의 발전과 DB 연동 여부에 따라서 시스템의 성능과 확장성을 향상시킬 수 있도록 합니다.

3.10.1. Limitation and Assumption

현재 이 소프트웨어는 성균관대학교 안전교육 중 일부 시나리오만을 포함하고 있습니다. 따라서 시나리오가 더 많아지거나, 다른 학교의 학생들이 이용할 수 있도록 확장될 수 있습니다. 또한 VRChat 내에서는 시약을 다른 용기에 옮기는 등 유체에 관련된 과정의 애니메이션을 만들기 어렵고, 서버에서 정보를 받아오는 작업이 어렵습니다. 이러한 부분을 추후에 확장할 수 있습니다.

3.10.2. Evolutions of Hardware and Change of User Requirements

현재의 시스템은 하드웨어 제약에 종속적입니다. 하드웨어가 발전함에 따라 시스템이 더 많은 기능을 수행할 수 있음으로 이에 맞춰 확장가능 하여야 합니다. 예를 들어 그래픽카드와 서버의 성능이 증진되면 더 많은 오브젝트를 렌더링하고 더 많은 유저들이 동시접속 할 수 있습니다. 또한 VR기기가 더 발전하고 더 널리 보급되면 이에 보다 나은 사용자 경험과 호환성을 고려하여 개발하여야 합니다. 이렇듯 하드웨어의 변화에 맞춰 확장 가능성을 염두하고 시스템이 개발되어야 합니다.

4. Supporting Information

4.1. Software Requirement Specification

이 소프트웨어 요구사항 사양은 IEEE 권장사항(IEEE 권장 소프트웨어 요구사항 사양, IEEE-Std-830)에 따라 작성되었습니다.

4.2. Document History

Table 28 Document History

Date	Version	Description	Writer
2021/10/24	0.1	Style and overview	한영진
2021/10/27	1.0	2.2	강승목
2021/10/28	1.1	3.2	강승목
2021/10/28	1.2	1.1, 1.2, 1.4	한영진
2021/10/29	1.3	1.3, 2.1, 3.7.1.3	김재윤
2021/10/29	1.4	1.5, 2.1	한영진
2021/10/30	1.5	3.2.3	강승목
2021/10/30	1.6	3.7.2, 3.1, 3.3~3.6	김재윤
2021/10/30	1.7	2.3, 2.4, 2.5, 3.8.4	한영진
2021/10/31	1.8	3.8.1, 3.10	김진성
2021/10/31	1.9	3.7.1.2, 3.8.2, 3.10.1	손병호
2021/10/31	1.10	3.8.3	김예준
2021/10/31	1.11	형식 수정, table, figure 제목 추가	김진성
2021/10/31	1.12	오타 수정, table, figure 캡션 추가, 목차 수정	한영진