



GenRoom AI

System Test Plan(STP)

과목명: 졸업 프로젝트
팀원 : 안재민, 김인교, 노을영
담당교수: 유준범
제출일: 2026.05.12

Contents

1. Test Plan Identifier
2. Introduction
3. Test Items
4. Features to be Tested
 - 4.1 3.2.1 FR-1 Input Module
 - 4.2 3.2.2 FR-2 Positioning Module
 - 4.3 3.2.3 FR-3 3D Modeling Module
 - 4.4 3.2.4 FR-4 Generation Module
 - 4.5 3.3 ~ 3.5 비기능 임계 성능 및 시스템 제약 조건
5. Features not to be Tested
6. Approach
7. Item Pass/Fail Criteria
8. Suspension Criteria and Resumption Requirements
 - 8.1 중단 기준
 - 8.2 재개 요건
9. Test Deliverables
10. Testing Tasks
11. Environmental Needs
12. Responsibilities
13. Staffing and Training Needs
14. Schedule
15. Risks and Contingencies
16. Approvals
17. Appendix-A. Test Case Specification
18. Appendix-B. Traceability Matrix Table

1. Test Plan Identifier

본 문서의 고유 식별 번호는 **STP-GenRoomA-V2.0**입니다. 본 계획서는 GenRoom AI의 Software Requirements Specification(SRS) v1.0의 아키텍처 및 제약 조건을 엄격히 준수하여 작성되었습니다.

2. Introduction

본 소프트웨어 테스트 계획서(STP)는 'GenRoom AI' 시스템의 검증 및 확인(V&V)을 위한 범위, 접근 방식, 리소스, 일정 및 품질 경계를 규정합니다. GenRoom AI는 사용자의 자연어 입력을 해석하여 방의 내부 배치를 자동으로 계산하고, 최적화된 3D Mesh를 생성하며, Unity 엔진 환경 내에 완전히 렌더링된 방을 생성하는 시스템입니다. 본 검증 계획의 핵심은 UI Module, Positioning Module, 3D Modeling Module, Generation Module 등 독립적인 4개 모듈이 정형화된 JSON 포맷을 통해 상호 간섭 없이 데이터를 원활하게 연동하는지 확인하고, 후처리 알고리즘이 AI가 산출한 좌표 이상치 및 Mesh 결함을 효과적으로 보정하는지 검증하는 데 있습니다.

참조 문서:

- GenRoom AI Software Requirements Specification(SRS) v1.0
- IEEE Std 829-1998 Standard for Software Test Documentation

3. Test Items

다음 구성 요소, 데이터 인터페이스 명세 및 통합 빌드가 대상 항목으로 지정되어 검증을 받게 됩니다.

항목 ID	Test Items	구현 환경 / 언어	세부 설명
TI-01	UI Module	Unity / C#	User의 자연어 입력을 받아오고 예외 처리 및 정형화된 JSON 형식을 전처리하는 모듈입니다.
TI-02	Positioning Module	Python	방 배치 AI가 제시한 가구 좌표의 이상치를 판단하고, Collision 처리 및 벽면 밀착 보정을 수행하는 모듈입니다.
TI-03	3D Modeling Module	Python	3D Mesh 생성 AI를 가동하여 모델을 산출하고, Bounding Box(BB) 스케일 및

항목 ID	Test Items	구현 환경 / 언어	세부 설명
			방향 적합성을 검증·보정하는 모듈입니다.
TI-04	Generation Module	Unity / C#	각 Module 결과물을 통합하여 Unity 환경 내에 가구들을 오차 없이 배치하고 최종 방을 렌더링하여 사용자에게 출력하는 모듈입니다.
TI-05	Data 명세서 인터페이스 (SI-1, SI-2, SI-3)	Json 파일 (UTF-8)	각 Module 간 상호 간섭을 최소화하기 위해 데이터를 교환하는 정형화된 Json 포맷 파일 인터페이스입니다.

4. Features to be Tested

SRS 요구사항 정의서에 명시된 기능 요구사항(Functional Requirement)의 개별 넘버링 항목들을 모듈 단위로 완전히 분할된 독립 테이블 구조로 구성하여 가독성과 추적성을 확보합니다.

4.1 FR-1 Input Module

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
FR-1.1	사용자 입력 받기	사용자로부터 자연어 형태의 문자열 데이터가 정상적으로 수신 및 입력되는지 확인합니다.
FR-1.2	사용자 입력 예외처리	공백, 특수문자, 의미 없는 텍스트 진입 시 시스템이 Crash 되지 않고 에러 메시지를 반환하거나 재입력을 유도하는지 검증합니다.

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
FR-1.3	자연어 사용자 입력기반 프롬프트 작성	입력받은 일반 텍스트 문장을 분석하여 오픈소스 AI 및 API 연동에 적합한 표준화된 프롬프트 양식으로 변환해 내는지 테스트합니다.
FR-1.4	LLM 출력값 Json 형식으로 전처리	AI 출력 결과물에서 가구 종류, 수 등의 속성 변수를 정확히 정수(Integer) 형태로 파싱 및 변환하여 규격화하는지 검증합니다.
FR-1.5	API 통신 및 응답 처리	네트워크 타임아웃 혹은 외부 서비스의 Quota Error 발생 시, 이를 캐치하여 안전하게 예외 처리하고 테스터/사용자에게 알림을 주는지 확인합니다.
FR-1.6	API 반환값 정합성 검증	추출된 데이터의 Type Check를 수행하여 방 크기가 유효한 양수의 값인지 등 비정상 데이터 형식을 필터링하는지 테스트합니다.
FR-1.7	Json 파일 저장	생성된 정형 데이터 구조를 로컬 디바이스에 규격 포맷에 맞춘 명세서로 정상 저장하는지 확인합니다.
FR-1.8	UI로 진행상황 전송	인터페이스 파일 저장이 완료되는 시점에 모듈 태스크가 끝났음을 알리는 완료 시그널을 메인 UI 창으로 정확히 쏘아주는지 검증합니다.

4.2 FR-2 Positioning Module

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
FR-2.1	Json 형식 Data 기반 배치 Model 사용	이전 모듈에서 전달된 카테고리 정보셋을 기반으로 가구들의 초기 위치 및 회전 수치값을 에러 없이 매핑 생성하는지 확인합니다.
FR-2.2	산출된 좌표 정보 검증 및	가구 배치가 룸 인클로저의 바닥이나 벽을

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
	보정	무단으로 뚫고 나가는 이상치가 있는지 검증하고, 벽면 면적 중 최소 한 곳 이상에 완벽하게 딱 붙도록 자동 흡착/스냅 처리가 연산되는지 테스트합니다.
FR-2.3	Collision 판단	배치 오브젝트 간의 Bounding Box 가 교차 중첩되는 구조적 간섭을 감지하고, Edge Contact 는 허용하되 실제 박스 충돌 시에는 무한 루프 없이 재연산(Iteration) 피보팅을 수행하는지 확인합니다.
FR-2.4	가구수 판단	최종 배치 모델 결과 레이어상에 실제 생성 및 나열된 오브젝트 카운트가 사용자가 초기 요구한 수치와 일치하는지 판정합니다.
FR-2.5	반복 제한 및 예외 처리	제한된 물리 범위 내에 과도한 양의 오브젝트 밀집 요청으로 연산 수렴이 불가능할 경우, 시스템 자원 동결(Freeze)을 막기 위한 최대 Iteration Limit 제약이 가동되고 경고 알람을 주는지 테스트합니다.
FR-2.6	방과 가구 크기의 정합성	설정된 방 자체 체적 스케일보다 더 큰 거대 오브젝트 단일 개체 배치가 밀려들어올 때 이를 논리적 불능으로 판정 및 예외 우회 처리하는지 검증합니다.
FR-2.7	Json 파일 저장	기존 생성된 Json 구조 파일 베이스에 가구별 물리 Transform 수치(SI-2 포맷 구조)를 파괴하지 않고 정상적으로 덮어쓰기 가공하는지 체크합니다.

4.3 FR-3 3D Modeling Module

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
FR-3.1	3D Mesh 생성 프롬프트	상위 모듈에서 최종 승인 및 토스된 정보를 받아

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
	작성	개별 가구의 3D 형상 생성을 유도할 전용 프롬프트 스트링을 정교하게 자체 작성하는지 테스트합니다.
FR-3.2	3D Mesh AI를 통한 Mesh 생성	연동 메쉬 생성 엔진을 호출하여 런타임에 호환되는 유효 확장자(.glb, .obj) 원시 에셋을 독립적으로 인출 및 가공하는지 확인합니다.
FR-3.3	스케일 검증	AI API를 거쳐 무작위 스케일로 출력된 원시 3D 메쉬 오브젝트의 실제 모델 크기가 가구 배치 계획 레이어에서 약속한 Bounding Box 스케일 체적과 부합하도록 강제 확대/축소 보정 연산이 먹히는지 확인합니다.
FR-3.4	방향 검증	생성된 외관 메쉬의 기본 축 정렬 상태 및 정면 방향 좌표축이 로직 상에서 의도했던 기하학 회전 정렬 방향값과 오차 없이 싱크되는지 검증합니다.
FR-3.5	결함 에러 해결	특정 난해한 프롬프트로 인해 외부 생성 엔진이 망가지거나 응답 실패 크래시가 유발될 시, 전체 시스템이 멈추지 않고 미리 등록해 둔 예비용 Default 가구 메쉬 모델로 대체 세팅하여 파이프라인의 생존성을 보장하는지 확인합니다.
FR-3.6	Json 파일 저장	보정 작업이 끝난 파일 에셋 매핑 정보(SI-3 포맷 명세형태)를 최종 추가하여 로컬 인터페이스 Json 상에 에러 없이 덮어쓰기 기록하는지 검증합니다.

4.4 FR-4 Generation Module

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
FR-4.1	출력 엔진 실행	Unity 엔진 타겟 가동 환경에서 실시간 렌더링 프레임 파이프라인이 정상 트리거되고

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
		가동되는지 확인합니다.
FR-4.2	Json 읽기 및 렌더링	모든 상위 레이어를 통과해 디스크에 보관된 최종 JSON 의 배치 변수를 실시간 역파싱하여 수치 오차 없는 기하구조로 공간 정렬 및 구현을 수행하는지 확인합니다.
FR-4.3	좌표 정보 기반 바운딩 박스 배치	파싱 수치에 의거해 Unity 글로벌 씬 상에 오브젝트가 귀속될 가상 Bounding Box 프리팹 공간 틀을 정밀하게 우선 배치 정렬하는지 검증합니다.
FR-4.4	바운딩 박스 내 3D Mesh 배치	런타임 동적 로더 함수를 통해 생성된 .glb 등의 기하 구조 에셋 데이터를 설정된 Bounding Box 인클로저 틀 내부에 정확한 스케일로 인스턴스화 결합해 내는지 테스트합니다.
FR-4.5	오류 발생시 재시도	인스턴스 로딩 순간 메모리 스파이크나 일시적 쓰레드 락으로 오브젝트 누락 결함이 발견될 때, 크래시 없이 로딩 재시도(Retry) 메커니즘을 작동하여 복구하는지 확인합니다.
FR-4.6	결함 파악	최종 씬 조립 완료 후, 가구 간 불필요한 메쉬 메시 뭉림 현상이나 기하구조 폴리커링, 공중 부양 등 사용자 시각적 결함 요소를 완벽히 제거한 상태로 안정 출력되는지 최종 확인합니다.

4.5 비기능 임계 성능 및 시스템 제약 조건

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
PERF-01	3D Modeling 생성 시간 제약	개별 가구 메쉬 소스 생성이 최대 1분 임계 타이머를 초과하지 않는지 검증합니다.

요구사항 ID	기능 명칭 (Features)	테스트 세부 검증 범위 및 목적
PERF-02	Positioning 알고리즘 시간 제약	전체 배치 수치 연산 및 후처리 필터 수렴 속도가 총 5분을 초과하지 않는지 프로파일링합니다.
PERF-03	Unity 종합 렌더링 시각화 시간 제약	데이터 병합 후 실제 뷰어 창에 3D 월드가 구축되어 사용자 입력 제어가 활성화될 때까지의 전처리 시간이 1분 이내인지 테스트합니다.
SEC-01	인증 토큰 보안 은닉성	오픈소스 코드 베이스 내부에 외부 API 인증 키 및 패스워드가 하드코딩되지 않고 로컬 환경 변수를 경유해 정상 참조되는지 코드 정적 보안 감사를 시행합니다.

5. Features not to be Tested

- 상용 오픈소스 AI 및 외부 LLM 자체의 내부 추론 알고리즘: DiffuScene, Gemini API 등의 내부에 구현된 블랙박스 인공지능 신경망 가중치 연산 자체는 테스트하지 않으며, 시스템은 오직 인터페이스 데이터 입출력 및 수치 후처리 후값의 유효성만을 검증합니다.
- 외부 클라우드 서비스 플랫폼 자체의 인프라 서버 다운타운: 구글 클라우드 등 외부 API 인프라 자체의 완전한 물리적 셧다운 현상은 테스트 비상 계획 예외로 둡니다.

6. Approach

- 단위 테스트: Python 환경에서 작성되는 Positioning Module 및 3D Modeling Module의 핵심 후처리 수학 함수 및 알고리즘 루프 작동을 검증하는 전용 체크 스크립트를 작성합니다. C#으로 작성되는 UI Module과 Generation Module은 Unity 내에서 작동을 검증하는 방식으로 유닛 테스트를 시행합니다.
- 인터페이스 통합 테스트: 각 Module이 산출하는 Json 파일(SI-1, SI-2, SI-3)이 UTF-8 인코딩 형식을 완벽히 준수하는지, 약속된 포맷의 데이터 구조를 유지하며 유실 없이 전달 및 덮어쓰기가 이루어지는지 검증합니다.
- 엔드투엔드 시스템 테스트: 인디 게임 개발자 시나리오를 상정하여 자연어 입력 메인 화면에서 텍스트를 입력했을 때, 전체 4개의 Module 파이프라인을 완전 자동화 구조로 통과하여 최종 3D 씬이 시각적 결함 없이 완벽히 빌드되는지 전체 프로세스를 검증합니다.
- 비정상 입력 주입 테스트: 의도적으로 공백이나 특수문자, 처리 불가능한 범위의 가구 수나 방 크기를 주입하여 시스템 크래시(Crash) 여부를 모니터링하고 예외 처리 로직이 올바르게 디폴트 모델로 대체하거나 에러 창을 반환하는지 한계점을 테스트합니다.

7. Item Pass/Fail Criteria

평가 지표 항목	합격 기준 (Pass Threshold)	검증 및 판정 방법
기능 작동 성공률	세부 항목으로 완전 기술된 요구사항(FR-1.1 ~ FR-4.6)에 매핑된 테스트 케이스의 성공률 100%.	시나리오별 전수 실행 및 테스트 로그 확인.
Json 데이터 규격	인코딩 깨짐이나 스키마 타입 에러(Type Check 실패) 발생 건수 0건.	자동화된 구조 유효성 검사 데이터 로그 수집.
물리적 충돌 배제율	후처리 및 출력 단계에서 가구 간 Bounding Box(BB)의 비정상적 중첩 교차 건수 0건.	Unity 런타임 Bounds 교차 판정 수치 및 물리 간섭 로그 추적.
임계 성능 준수도	Mesh 생성 1분 이내, 좌표 생성 5분 이내, 시각화 출력 1분 이내 완료 도달율 95% 이상.	실행 타이머 프로파일링 수치 데이터 분석.

8. Suspension Criteria and Resumption Requirements

8.1 중단 기준 (Suspension Criteria): 통신망 두절/외부 API 에러로 프롬프트 변환 및 AI 호출 차단 시, Json 파일 쓰기/읽어쓰기 권한 에러로 파이프라인 단절 시, Collision 해결 루프 내부 한계 조건 예외로 인한 프로그램 무한 응답 없음(Freeze) 상태 진입 시 테스트를 일시 중단합니다.

8.2 재개 요건 (Resumption Requirements): 중단 결함 디버깅 및 코드 수정 완료 후, 격리 모듈 단위 테스트에서 Json 입출력 무결성이 검증되면 연동 테스트를 즉시 재개합니다.

9. Test Deliverables

1. **STP-GenRoomAI-2026-V2.0:** 본 소프트웨어 테스트 계획서
2. **Test Case Specification:** 각 핵심 Module 요구기능에 맞춤 설계된 1대1 대응 세부 시나리오 검증서 (본 문서 Appendix에 통합 포함)
3. 테스트 결과 로그: 차수별 실행 성공/실패 여부 및 성능 타이밍 로그 파일

4. 결함 추적 보고서: 버그 발견 시 재현 스텝, 심각도 및 담당 개발 파트를 지정한 리포트
5. 최종 테스트 요약 보고서: 졸업 프로젝트 마감 직전 전체 버그 픽률과 품질 완성도를 수치화하여 도출한 최종 종합 분석 문서

10. Testing Tasks

1. 테스트 환경 인프라 셋업: Python 연산 체크용 환경 및 Unity Test Framework 모듈 러너 세팅
2. 테스트 시나리오 기획 및 매핑: SRS 기능 명세서를 기반으로 합격 수치와 예외 처리 한계 데이터 범위 설계
3. 격리 모듈 단위 검증: UI Module, Positioning Module, 3D Modeling Module, Generation Module 개별 소스 코드 단위 유닛 테스트 진행
4. 인터페이스 통합 검증: 데이터 전달 체계인 Json 파일 구조의 유효성과 순차적 덮어쓰기 기능 안정성 체크
5. 전체 파이프라인 E2E 검증: 사용자의 자연어 입력 메인 화면 진입부터 최종 Unity 공간 빌드 시각화 렌더링까지 전체 흐름 실행 및 결함 수집
6. 회귀 테스트: 결함 픽스 버전 배포 시 기존 정상 기능 아키텍처에 사이드 이펙트가 발생하지 않았는지 전체 수트 재실행

11. Environmental Needs

- 소프트웨어 시스템: Unity 엔진 에디터 런타임 환경, Python 3.9 이상의 환경, Json 포맷 검사용 파싱/linter 도구 세트.
- 네트워크 회선: 외부 생성형 AI 및 Gemini API 엔드포인트와 단절 없이 대용량 REST 호출 및 통신을 유지할 수 있는 HTTPS 인터넷 인프라.
- 테스트 데이터 구성: SRS 예제 명세 세트(예: horror 테마 및 방 크기 수치)를 포함하여 알고리즘 예외를 강제 유도하기 위해 사전에 셋업된 결함 주입 전용 비정상 문자열 및 좌표 한계 수치 딕셔너리 데이터 풀.
- 보안 장치 세팅: 모든 테스트 PC 시스템에는 API 키 소스 코드 원시 유출을 방지하기 위한 OS 레벨 환경 변수 보안 셋업 완료 상태 요구.

12. Responsibilities

팀원 성명	주요 QA 담당 파트	수행 역할 및 세부 검증 직무
안재민	UI Module 통합 검증 파트장	FR-1.1 ~ FR-1.8 세부 요구사항 전수 확인, 입력 예외 문자열 차단 로직 검증, 변수 추출 정수형 정합성 판정 및 SI-1 Json 인코딩 규격 테스트 수행.

팀원 성명	주요 QA 담당 파트	수행 역할 및 세부 검증 직무
김인교	Positioning Module 검증 파트장	FR-2.1 ~ FR-2.7 세부 요구사항 검증, 수치 배치의 이상치 후처리 필터 기능 검증, 벽면 흡착 정착 로직 작동성 추적, 가구 중첩 시 Bounding Box(BB)의 Collision 반복 연산 루프 및 무한 루프 차단 예외 제약 조건 검증 전담.
노을영	3D Modeling 및 Generation Module 검증 파트장	FR-3.1 ~ FR-3.6 및 FR-4.1 ~ FR-4.6 전 파트 검증. 생성 Mesh 모델 파일(.glb, .obj)의 Bounding Box 스케일 매칭 및 방향 보정 기능 확인, 생성 결함 발생 시 Default 가구 모델 대체 로직 작동성 체크 및 Unity 런타임 내 1:1 무오차 실시간 배치 시각화 최종 검증.

13. Staffing and Training Needs

개발 세부 스태프 3명이 직접 테스트 엔지니어를 병행하여 전담합니다. 체계적인 검증 활동 진행을 위해 유닛 테스트 도구 활용 스킬이 기본적으로 요구되며, 각 파트원은 상호간 연동 무결성을 체크하기 위해 다중 언어 파이프라인 데이터 전달용 Json 스키마 파일 타입 체크 라이브러리 핸들링 기법에 대한 사전 크로스 교육을 수강 및 숙지해야 합니다.

14. Schedule

- 1단계 (테스트 시나리오 및 설계 완성): 2026년 5월 중순 — SRS 분석 및 요구 기능 매핑 케이스 대장 작성 마감
- 2단계 (개별 Module 격리 컴포넌트 유닛 테스트): 2026년 5월 말 — Python 및 C# 소스 코드 독립 로직 체크 완료 및 무결성 확보
- 3단계 (파이프라인 통합 및 E2E 테스트 가동): 2026년 6월 초 — Json 데이터 파일 교환 테스트 및 Unity 런타임 최종 씬 렌더링 풀 자동화 연동 테스트 수행
- 4단계 (결함 수정 완료 및 최종 사후 사인오프): 2026년 6월 중순 — 회귀 테스트 픽스율 점검, 최종 테스트 요약 보고서 문서화 완성 및 최종 배포 전 승인 단계를 통과

15. Risks and Contingencies

- 리스크 1: 외부 대형 생성형 AI 서비스 API 응답의 불규칙한 비정형화 오류
 - 외부 인공지능 엔드포인트의 리턴 텍스트 형식이 깨지거나 예상 밖의 필드

구조를 반환하여 Json 전처리 레이어에서 파싱 예외가 유발될 위험이 존재합니다.

- 비상 계획: 전처리 모듈에 유연한 정규식(Regex) 필터를 보강하여 텍스트 원본에서 유효 JSON 블록만을 강력하게 강제 추출하도록 고도화하고, 복구가 완전 불가능한 포맷인 경우 프로세스 강제 종료 대신 명확한 형식 오류 안내창을 UI에 반환하는 안전장치를 구현합니다.
- 리스크 2: 한정된 공간 면적 대비 과도한 가구 수 배치 인풋 인젝션에 따른 계산 루프 무한 교착 리스크
 - Positioning Module 연산 중 밀집 구역의 Collision을 풀기 위한 가구 위치 재산출 루프가 수학적으로 수렴하지 못해 시스템 리소스가 정지할 위험이 있습니다.-
 - 비상 계획: 후처리 알고리즘 내부에 엄격한 최대 반복 실행 제한 횟수(Iteration Limit Loop Cap) 제약 장치를 강제 설정하여, 임계치 도달 즉시 연산을 차단하고 연산이 완료된 부분 가구 좌표 결과셋만 다음 레이어로 넘기며 공간 배치 한계 문구를 UI 창에 출력 피드백 처리합니다.

16. Approvals

결재자 권한 직책	성명	최종 검토 및 승인 서명 상태
팀원	안재민	
	김인교	
	노을영	

17. Appendix-A. Test Case Specification

Test Case ID	대응 요구사항 ID	입력 값 및 테스트 절차 (Inputs / Procedures)	기대 결과 (Expected Result)
TC-FR-1.1	FR-1.1	메인 UI 입력창에 자연어 형태의 정상적인 텍스트 문자열 데이터를 인젝션 및 전송합니다.	누락이나 인코딩 손실 없이 시스템 입력 스트림에 자연어 스트림이 정상 수신 처리됨.

Test Case ID	대응 요구사항 ID	입력 값 및 테스트 절차 (Inputs / Procedures)	기대 결과 (Expected Result)
TC-FR-1.2	FR-1.2	메인 입력창에 의미 없는 연속 공백 문자 및 특수문자 단독열을 입력 후 제출 버튼을 클릭합니다.	시스템 무단 다운(Crash) 없이 적절한 포맷 경고 오류 메시지를 화면에 반환하고 재입력을 안전하게 유도함.
TC-FR-1.3	FR-1.3	수신 완료된 일반 자연어 텍스트 문장을 파이프라인 분석 로직에 전달합니다.	AI 연동 및 프롬프팅 아키텍처에 적합하도록 정형 구조화된 표준 프롬프트 포맷 양식으로의 변환이 완료됨.
TC-FR-1.4	FR-1.4	오픈소스 LLM 추론 영역으로부터 도출된 원시 텍스트 반환 문자열 데이터를 수신합니다.	가구 종류, 배치 카운트 등의 핵심 속성 변수들이 정상적으로 추출되어 순수 정수(Integer) 형태의 Json 구조 데이터 파일로 변환 가공됨.
TC-FR-1.5	FR-1.5	인프라 네트워크 차단을 모사하거나 과도적인 할당량 소진 상태를 만들어 외부 API 서비스(Gemini API 등)를 강제 호출합니다.	Quota Error 및 통신 타임아웃 예외 핸들러가 트리거되어 런타임 다운을 방지하고 사용자 알림 팝업창을 출력함.
TC-FR-1.6	FR-1.6	추출 전처리 단계를 통과하여 넘어온 원시 데이터 변수셋에 Type Check 검증 함수를 구동합니다.	방 크기가 양수의 유효 수치인지, 데이터 형식이 상호 약속된 사양에 완벽히 부합하는지 여부를 검증하고 비정상 수치를 필터링함.
TC-FR-1.7	FR-1.7	전처리 수립이 완료된 규격 SI-1 포맷 Json 데이터의 로컬 디스크 저장 모듈을 실행합니다.	지정된 로컬 디렉토리 경로 내에 규격화된 Json 텍스트 파일 구조로 유실 없이 저장 완료됨.
TC-FR-1.8	FR-1.8	Json 인터페이스 파일 쓰기 스트림이 완전 종료되는 물리 이벤트를 감지합니다.	Input Module 업무 연산이 성공적으로 끝났음을 확인하는 프로세스 완료 시그널이 메인 UI 제어

Test Case ID	대응 요구사항 ID	입력 값 및 테스트 절차 (Inputs / Procedures)	기대 결과 (Expected Result)
			스크립트로 즉시 송신됨.
TC-FR-2.1	FR-2.1	저장된 SI-1 규격 포맷 데이터를 파이프라인 상의 배치 모델(Python 환경)의 변수로 주입합니다.	인식된 가구 카테고리 정보셋을 기반으로 각 개체별 초기 x, y, z 공간 위치 및 회전 수치 행렬이 정상 빌드됨.
TC-FR-2.2	FR-2.2	배치 알고리즘을 가동하여 룸 경계면 한계치 필터 및 흡착 알고리즘의 보정 출력을 계측합니다.	가구 좌표 이상치로 인한 바닥/벽면 이탈 뚫림 현상이 전면 차단되며, 최소 한 면 이상이 룸 인클로저 내 벽면에 정확히 스냅 밀착 정착됨.
TC-FR-2.3	FR-2.3	동일 2D/3D 평면 상에서 임의의 두 가구 오브젝트 Bounding Box(BB) 공간 영역이 중첩 겹침을 발생하도록 유도합니다.	단순 변점촉(Edge Contact) 구조만 참으로 통과시키며 물리 뚫림 Collision 확인 즉시 Iteration 재계산 알고리즘이 가동되어 겹침 없는 빈 좌표로 재산출 이동함.
TC-FR-2.4	FR-2.4	배치 갱신 처리가 완료되어 출력 대기 중인 오브젝트 어레이의 최종 카운트 지표를 검사합니다.	배치 완료로 확정된 총 가구의 실물 개수 수치가 사용자가 최초 UI에 요구했던 수치와 오차 없이 정확하게 상호 판정 일치함.
TC-FR-2.5	FR-2.5	매우 좁은 체적의 방 크기 데이터 대비 과밀집 한도 임계치를 넘는 대량의 가구 개수(예: 80개) 배치를 강제 인젝션합니다.	시스템이 무한 연산 루프 교착에 빠지지 않고 지정된 최대 반복 제약 카운트 도달 즉시 연산을 정지하며 예외 처리 알림을 출력함.
TC-FR-2.6	FR-2.6	인프라 가동 조건보다 단일 체적이 더 큰 비정상 거대 가구 배치 요구를 모듈 입력단에 주입합니다.	물리적 배치 불능 요구로 즉시 조기 인지되어 시스템 먹통 없이 예외 오류 처리를 안전하게 수행함.

Test Case ID	대응 요구사항 ID	입력 값 및 테스트 절차 (Inputs / Procedures)	기대 결과 (Expected Result)
TC-FR-2.7	FR-2.7	확정 완료된 가구별 변수 좌표 트랜스폼 데이터 배열 정보(SI-2 규격 사양)를 로컬 파일에 저장 실행합니다.	기존 생성되어 있던 로컬 Json 데이터 구조의 뼈대를 파괴하지 않고 정상적으로 데이터 필드가 추가되어 안전하게 덮어쓰기 완료됨.
TC-FR-3.1	FR-3.1	전 단계 레이어를 거쳐 취합된 개별 가구 속성 메타 데이터를 기반으로 3D Mesh 형상 유도용 프롬프트 생성 모듈을 켭니다.	가구 종류별 스타일 및 묘사 스트링이 규칙성에 부합하도록 정교한 전용 영문 프롬프트 스트링으로 자동 가공 빌드됨.
TC-FR-3.2	FR-3.2	자체 작성 완료된 프롬프트 구문을 연동 3D Mesh AI 엔진 엔드포인트에 전송하여 실물 에셋 생성을 호출합니다.	런타임에 즉시 결합 가능한 유효 3D 포맷 확장자(.glb, .obj 등) 소스 에셋 파일이 무결하게 정상 출력 생성됨.
TC-FR-3.3	FR-3.3	생성형 API를 거치며 물리적 임의 배율로 왜곡 출력된 원시 3D 에셋의 바운딩 볼륨 스케일을 체크합니다.	Positioning Module에서 사전에 약속·규정해 둔 해당 가구 고유 Bounding Box 스케일 수치 체적과 부합하도록 외곽 트랜스폼 크기가 강제 일치 수정됨.
TC-FR-3.4	FR-3.4	산출된 3D 기하구조 메쉬 오브젝트의 기본 원점 및 월드 정면 좌표축 상태를 모니터링합니다.	가구 배치 조립 시 뒤집힘이나 꺾임이 없도록, 계획서 레이어에서 정의했던 고유 회전 기하 행렬값에 맞추어 메쉬 기본 방향 수치가 강제 보정 완료됨.
TC-FR-3.5	FR-3.5	외부 메쉬 생성 AI 컴포넌트에 완전한 강제 타임아웃 락을 주입하여 에셋 인출 실패 결함 조건을 모사합니다.	전체 시스템 파이프라인 프로세스가 멈추거나 터지지 않고, 사전에 확보된 안전용 Default 가구 모델 파일로 즉시 대체 바인딩되어 정상 진행됨.
TC-FR-	FR-3.6	보정 완수된 3D 파일 에셋 경로 및 이름 데이터가 결합된	로컬에 보관 중이던 통합 Json 내부 구조의 유실 현상 없이

Test Case ID	대응 요구사항 ID	입력 값 및 테스트 절차 (Inputs / Procedures)	기대 결과 (Expected Result)
3.6		정보셋(SI-3 규격 구조 사양)을 로컬 디바이스에 저장 명령합니다.	신규 데이터가 유효 필드로 안전하게 추가 덮어쓰기 완료됨.
TC-FR-4.1	FR-4.1	종합 출력 엔진인 Unity 실행파일 프로그램 타겟을 구동하여 실시간 화면 렌더링 프레임워크를 동작시킵니다.	화면 버퍼 및 실시간 그래픽스 연산 파이프라인이 정상적으로 활성화되어 드로우콜 준비 상태에 진입함.
TC-FR-4.2	FR-4.2	디스크에 완전 최종본으로 병합 저장된 SI-3 규격 사양의 Json 데이터 파일을 Unity 로더 함수 스트림에 인풋합니다.	Json 내부 텍스트 변수 수치값들이 유실 없이 파싱되어 에디터 공간 내에 오차 없는 1:1 기하구조 매핑으로 렌더링 구현됨.
TC-FR-4.3	FR-4.3	파싱된 오브젝트의 위치/회전값 좌표 행렬 정보를 Unity 런타임 공간 상에 선행 로드합니다.	실물 메쉬가 부착되기 전, 각 가구가 들어갈 가상의 Bounding Box 프리팹 공간 틀이 지정 수치에 맞춰 글로벌 좌표 상에 정확히 선행 배치됨.
TC-FR-4.4	FR-4.4	로컬 경로에 세팅 보관된 실제 3D 모델 에셋 파일(.glb)들을 런타임 동적 에셋 로더 함수를 통해 인스턴스화합니다.	가공 완료된 3D 메쉬들이 사전에 영점을 맞춰둔 가상 Bounding Box 프리팹 공간 틀 내부에 완벽히 결합 정렬되어 씬에 노출됨.
TC-FR-4.5	FR-4.5	동적 배치 로딩 순간에 메모리 스파이크나 파일 스트림 지연으로 인한 오브젝트 누락 결함 환경을 인위적으로 모사합니다.	런타임이 통째로 Crash되는 대신, 재시도(Retry) 메커니즘 회복 로직이 돌며 에셋 재로딩을 자동 수행함.
TC-FR-4.6	FR-4.6	E2E 시나리오로 완전 빌드 세팅된 최종 3D 방 그래픽스 환경 씬을 유저 시야 카메라 컴포넌트로 전수 관측합니다.	가구 간의 비정상적인 메쉬 면 뚫림 찌그러짐 현상, 공중 부양, 기하구조 플리커링 등 시각적 결함 요소를 완전 배제한 상태로 안정 출력됨.

Test Case ID	대응 요구사항 ID	입력 값 및 테스트 절차 (Inputs / Procedures)	기대 결과 (Expected Result)
TC-PER F-1.1	PERF-01	단일 가구에 대해 3D Mesh AI 기반 프롬프트 생성부터 파일 디스크 인출 완료 시점까지의 연산 타이밍을 프로파일러로 측정합니다.	정밀 시간 프로파일링 데이터 로그 분석 결과, 1분의 임계 타임라인 한계치를 초과하지 않음.
TC-PER F-1.2	PERF-02	가구 카테고리 데이터 수신 시점부터 Positioning 후처리 수치 보정 알고리즘 연산 완료 시점까지의 시간 지표를 측정합니다.	좌표 필터링 및 Collision 피보팅 수렴 속도가 사양 제약 조건인 총 5분을 넘기지 않고 완료됨.
TC-PER F-1.3	PERF-03	최종 가공 병합된 SI-3 데이터 포맷이 수신된 시점부터 Unity 출력 엔진 실행 내부에 모든 가구를 로딩 완료하여 유저 조작이 활성화되는 시점까지의 지연 시간을 측정합니다.	종합 렌더링 시각화 공간 빌드 타임 수치가 1분 임계 한계치 이내에 확실히 도달 안착함.
TC-SEC -1.1	SEC-01	형상 관리 리포지토리에 커밋될 전체 파이프라인 통합 소스 코드 내 수동 문자열을 대상으로 정적 스캔 감사를 시행합니다.	오픈소스 코드 단 내부에 외부 API 인증 키나 프라이빗 인증 토큰이 원시 형태로 직접 하드코딩 노출된 요소가 전혀 없으며, 오직 OS 레벨 환경 변수를 경유해 정상 안전 참조됨.

18. Appendix-B. Traceability Matrix Table

SRS 요구사항 ID	기능 명칭 및 요구사항 정의 (Feature Name)	담당 컴포넌트 (Module)	대응 Test Case ID	테스트 결과 (Result)
FR-1.1	사용자 입력 받기	UI Module	TC-FR-1.1	[Pass / Fail]

SRS 요구사항 ID	기능 명칭 및 요구사항 정의 (Feature Name)	담당 컴포넌트 (Module)	대응 Test Case ID	테스트 결과 (Result)
FR-1.2	사용자 입력 예외처리	UI Module	TC-FR-1.2	[Pass / Fail]
FR-1.3	자연어 사용자 입력기반 프롬프트 작성	UI Module	TC-FR-1.3	[Pass / Fail]
FR-1.4	LLM 출력값 Json 형식으로 전처리	UI Module	TC-FR-1.4	[Pass / Fail]
FR-1.5	API 통신 및 응답 처리	UI Module	TC-FR-1.5	[Pass / Fail]
FR-1.6	API 반환값 정합성 검증	UI Module	TC-FR-1.6	[Pass / Fail]
FR-1.7	Json 파일 저장	UI Module	TC-FR-1.7	[Pass / Fail]
FR-1.8	UI로 진행상황 전송	UI Module	TC-FR-1.8	[Pass / Fail]
FR-2.1	Json 형식 Data 기반 배치 Model 사용	Positioning Module	TC-FR-2.1	[Pass / Fail]
FR-2.2	산출된 좌표 정보 검증 및 보정	Positioning Module	TC-FR-2.2	[Pass / Fail]
FR-2.3	Collision 판단	Positioning Module	TC-FR-2.3	[Pass / Fail]
FR-2.4	가구수 판단	Positioning Module	TC-FR-2.4	[Pass /

SRS 요구사항 ID	기능 명칭 및 요구사항 정의 (Feature Name)	담당 컴포넌트 (Module)	대응 Test Case ID	테스트 결과 (Result)
				Fail]
FR-2.5	반복 제한 및 예외 처리	Positioning Module	TC-FR-2.5	[Pass / Fail]
FR-2.6	방과 가구 크기의 정합성	Positioning Module	TC-FR-2.6	[Pass / Fail]
FR-2.7	Json 파일 저장	Positioning Module	TC-FR-2.7	[Pass / Fail]
FR-3.1	3D Mesh 생성 프롬프트 작성	3D Modeling Module	TC-FR-3.1	[Pass / Fail]
FR-3.2	3D Mesh AI를 통한 Mesh 생성	3D Modeling Module	TC-FR-3.2	[Pass / Fail]
FR-3.3	스케일 검증	3D Modeling Module	TC-FR-3.3	[Pass / Fail]
FR-3.4	방향 검증	3D Modeling Module	TC-FR-3.4	[Pass / Fail]
FR-3.5	결함 에러 해결	3D Modeling Module	TC-FR-3.5	[Pass / Fail]
FR-3.6	Json 파일 저장	3D Modeling Module	TC-FR-3.6	[Pass / Fail]
FR-4.1	출력 엔진 실행	Generation Module	TC-FR-4.1	[Pass / Fail]

SRS 요구사항 ID	기능 명칭 및 요구사항 정의 (Feature Name)	담당 컴포넌트 (Module)	대응 Test Case ID	테스트 결과 (Result)
FR-4.2	Json 읽기 및 렌더링	Generation Module	TC-FR-4.2	[Pass / Fail]
FR-4.3	좌표 정보 기반 바운딩 박스 배치	Generation Module	TC-FR-4.3	[Pass / Fail]
FR-4.4	바운딩 박스 내 3D Mesh 배치	Generation Module	TC-FR-4.4	[Pass / Fail]
FR-4.5	오류 발생시 재시도	Generation Module	TC-FR-4.5	[Pass / Fail]
FR-4.6	결함 파악	Generation Module	TC-FR-4.6	[Pass / Fail]
PERF-0 1	3D Modeling 생성 시간 제약	3D Modeling Module	TC-PERF-1.1	[Pass / Fail]
PERF-0 2	Positioning 알고리즘 시간 제약	Positioning Module	TC-PERF-1.2	[Pass / Fail]
PERF-0 3	Unity 종합 렌더링 시각화 시간 제약	Generation Module	TC-PERF-1.3	[Pass / Fail]
SEC-01	인증 토큰 보안 은닉성	전체 공통 의존 모듈	TC-SEC-1.1	[Pass / Fail]