Unity 자체 VTuber / 해적 캐릭터 — 메인기획서

> 재구성 기획서 (역설계) / 작성 기준 시점: 2026-09-10 (프로젝트 시작 시점) / 문서 버전: Ver 0.1 프로젝트 ID: P048 / 근거 수준: A / 작성: Claude (재구성) 이 문서는 결과물과 제작 기록으로부터 기획 의도를 역추정해 당시 작성한 것처럼 재구성한 것이다. 확인된 사실과 추정을 [근거]/[추정] 태그로 구분한다.

1. 핵심 메카닉스

이 제품의 "메카닉스"는 입력(추적/수동) → 상태(파라미터) → 피드백(그림)으로 이어지는 평가 파이프라인이다.

1.1 평가 순서

공간 입력(숨은 가이드) → 카메라 상대 자세 → 저작된 각도/표정 키폼과 디포머 → 정점 접합 → 마스크/표시 순서 → 2D 그림 출력. 물리 출력은 해당 파츠의 흔들림 파라미터로 들어간다. 같은 변형을 공간 투영과 키폼에서 두 번 적용하지 않는다. [근거: PRODUCTION_SPEC.md]

숨은 공간 가이드

- 의도(Why): 복합 회전과 원근을 한 좌표계에서 일관되게 계산해야 파츠 간 어긋남이 없다.
- 설계(How): Unity 월드 단위, +Y 위, 카메라는 -Z에서 원점을 본다. 관절은 `restOffset`, `restEuler`를 가진 계층이며 포즈는 `translation+rotation`(쿼터니언). 투영 결과는 `viewport`, `cameraDepth`, `insideClipVolume`. 좌우는 해부학적 이름으로 고정하고 화면 위치로 추론하지 않는다. 사용자 노출 각도(머리 상대 yaw ±90°, 몸통 yaw ±60°)는 합성 전에 클램프하며 합성된 월드 yaw는 클램프하지 않는다(동방향 최대 시 약 ±150°). 루트 깊이, 머리 기울임, 손 뻗기는 독립 값이다. 근평면/최소 카메라 거리 가드를 둔다.
- 필요(What): `RebuildSpatialGuide`. 렌더러 없음.
- 작업 방법: 18개 머리 yaw/pitch/몸통 yaw 복합, 루트 원근, head lean 독립, 팔 길이/깊이, 카메라 뒤, 순환 거부 등 23개 Unity 검사. 진단 관절 좌표는 생산 배치가 아니다.
- 완료 기준: 위 23개 통과(달성) + 실제 캐릭터 가이드 좌표 확정(미달).
- 리스크/대안: 월드 좌표 부호가 Cubism 문서와 다름 → 문서 부호 복사 금지.
- 근거: [근거: PROJECT_SPEC.md, WORK_LOG.md 2026-09-14 07시, rebuild-spatial-verification.json]

정점 영향도 바인딩

- 의도(Why): 이미지가 통째로 움직이는 방식을 벗어나 내부에서도 부위별로 다른 관절을 따라야 3D처럼 보인다(사용자 요구: 내부에 관절을 많이 심을 것).
- 설계(How): 정점마다 `restWorld`, `registeredViewport`, `Influence[]`(joint, weight)를 두고, 관절 바인드 역행렬 기반 영향도 결합 → 카메라 투영 차이 → 원래 2D 정점 + 각도 보정 순으로 화면 좌표를 만든다. 결과는 `pixels`, `depth`, `insideClipVolume`. 투영 위치를 직접 쓰지 않고 "원 정점에 대한 차이"를 더해, 저작한 원화 윤곽이 보존되게 한다.
- 필요(What): `RebuildGuideBinding`, `RebuildProjectedForm`.

- 작업 방법: 5개 Unity 검사(stale 바인딩, 카메라 뒤 포함 4개 GPU 검사 추가).
- 완료 기준: 생산 파츠에 바인딩이 부착되어 굽힘/단축 자세에서 검수 통과(미달: productionBindings 0).
- 리스크/대안: 영향도 수작업 부담 → 인접 관절 두 개 보간(blend) 핀 방식을 기본으로 삼는다(구 V2 방식에서 효과 확인).
- 근거: [근거: RebuildGuideBinding.cs, WORK_LOG.md, RESUME.md]

각도 키폼과 표정 보정

- 의도(Why): 옆얼굴 윤곽/코 돌출/눈 가림은 공간 투영이 만들지 못하고 아티스트의 형태 보정이 필요하다.
- 설계(How): yaw×pitch 격자 키폼. 초기 격자 yaw 0, ±30, ±60, ±90, 후면 ±120/±150, pitch는 정면, 위, 아래, 극단. 이는 점검 매트릭스이지 독립 얼굴 그림 수십 장 요구가 아니다. 키폼은 기준 형태 대비 변위(`offsetsPixels`), `topologyRevision`, `visuallyReviewed` 필드를 가진다. 기준 메시가 바뀌면 revision 불일치로 거부한다. 표정은 기준 형태에 차이를 더하는 방식(Blend Shape 개념)이며 중립 수정 시 종속 보정을 재검수한다. 얼굴 전체 사진 크로스페이드는 금지.
- 필요(What): `RebuildFormGrid`, `RebuildFormAuthoring`(와이어프레임 편집), `RebuildArtworkPreview`.
- 작업 방법: 4개 계산 검사 통과. 생산 키폼은 0개.
- 완료 기준: ±90°에서 그린 윤곽 변화로 옆얼굴 유지(화면 폭 축소 방식 불가).
- 리스크/대안: 보정량 산출 수식이 공개되지 않음 → 임의 역추정기를 만들지 않고, 저작한 측면 키와 가이드 깊이를 검증 가능한 입력으로 사용.
- 근거: [근거: PRODUCTION_SPEC.md T03, T04, T07, RebuildPartDefinition.cs, RebuildFormGrid.cs]

접합과 가림

- 의도(Why): 어깨-상완-하완-손목처럼 이어진 경계는 벌어지지 않아야 하고, 소매 안감, 코트, 꼬리처럼 서로 다른 물체는 위치에 따라 가려져야 한다. 두 문제를 혼동하면 "손만 둥둥 떠 있다"는 사용자 지적이 재발한다.
- 설계(How): 접합은 대응 정점쌍의 A/B 우선 가중치와 별도 접합 강도로 공통 좌표에 합친다(공개된 Glue 동작에 근거). 실제 봉제 경계만 접합하고 겉소매-안감, 코트-꼬리, 치마-꼬리는 접합하지 않는다. 가림은 전역 숫자 하나가 아닌 시점(viewId)별 순서와 단일 마스크로 저장한다. 순환 순서가 발생하면 파츠의 교차 구간 분리 또는 마스크를 요구하는 결함으로 보고한다. 소매는 로컬 순서 "안감 뒤벽 → 손목 → 입구 앞 테두리". 코트와 꼬리와 치마의 공간 관계는 사용자 요구대로 "치마 바깥에 꼬리, 그 바깥을 코트가 덮는다"이나 모든 시점에 고정된 화면 순서는 아니다.
- 필요(What): `RebuildSeamSolver`, `RebuildAssemblyDefinition`(Mask, Occlusion, Seam), `RebuildAssemblyPreview`, 셰이더 마스크.
- 작업 방법: 접합 6개 시험, 클리핑 GPU 6개, 조립 미리보기(소매 뒤벽-손목-앞 테두리 진단) 통과.
- 완료 기준: 완전 접합에서 틈 없음, 강도 0에서 원래 동작, 변경 시 재바인딩. 눈 감기, 대각선, 팔 교차에서 누수 없음.
- 리스크/대안: 실제 캐릭터 대응점 저작 없음 → 원화 승인 후 도구로 저작.
- 근거: [근거: ASSEMBLY_CONTRACT.md, RebuildSeamSolver.cs, ASSEMBLY_PREVIEW_REVIEW.md, WORK_LOG.md]

1.2 머리/몸통 복합 회전

- 의도(Why): 사용자 요구: 몸이 돌아간 상태+고개가 돌아간 상태, 하늘/바닥을 보면서 좌우 회전.
- 설계(How): 몸통 yaw 위에 머리 상대 yaw를 합성한다. 같은 방향이면 월드 약 ±150°이므로 후두부/머리카락 뒷면/모자 뒷면 자료가 필요하다(얼굴 각도표는 이 구간을 포함하지 않음). 눈은 시선→안구 형태 보정→눈 개폐 순서의 계층이며, 양쪽 눈의 중립 시선은 같은 목표를 향한다(사시 방지).
- 필요(What): 후면 두상, 머리카락, 모자 원화, 복합 목표 그림 A06.
- 작업 방법: 검수 행렬(7절 참조) 표본 조합을 캡처로 대조.
- 완료 기준: ±150° 노출 자세에서 두피 누락/윤곽 끊김 없음.
- 리스크/대안: 원화 수 폭증 → 연속 변형 우선, 추가 원화는 새로 드러나는 면과 그림체 보정에만 사용.
- 근거: [근거: PROJECT_SPEC.md, 같은 세션 2026-09-12T07:52]

1.3 팔/손

- 의도(Why): 사용자 요구: 손과 팔은 X, Y, Z가 전부 표현. 카메라 쪽으로 뻗을 때 단축과 손 크기 증가.
- 설계(How): 어깨→상완→팔꿈치→하완→손목→손/손가락 계층. 3D IK 목표, 팔꿈치 힌트, 관절 한계, 비틀림 분배, 손 방향. 상완, 하완, 소매를 각각 앞/뒤/옆으로 분리하고 손목이 소매 입구 안쪽에서 시작한다. 손은 손목, 손바닥, 손등, 엄지, 손가락으로 나눈다. 장갑 손등 R v2는 8개 내부 부착 정점(wrist.socket, wrist.bend, palm.center, thumb/index/middle/ring/pinky.joint)을 둔 188정점/188삼각형 초안 메시.
- 필요(What): 손 방향별 면 원화, 손가락 마디 가림.
- 작업 방법: 손목→손가락 순으로 가이드 연결 후 굽힘/깊이 자세 검수.
- 완료 기준: 내림, 옆 들기, 굽힘, 카메라로 뻗기, 몸/얼굴 앞 교차, 손바닥/손등 회전에서 틈과 안감 노출 정상.
- 리스크/대안: 구 추적 스크립트가 화면 각도 기반이라 공간 해로 부적합 → 사용하지 않는다.
- 근거: [근거: PROJECT_SPEC.md, ASSET_SPEC.md, WORK_LOG.md glove v2, RESUME.md]

1.4 2차 운동(머리카락, 꼬리, 코트, 깃털)

- 의도(Why): 사용자 요구: 머리카락/장식에 관성이 느껴지는 움직임.
- 설계(How): 입력→다단 진자→제한된 흔들림 파라미터→저작 키폼. 길이 방향 제어 경로(변형 경로)와 뿌리 고정, 끝의 폭/곡률 보존. 물리가 원형을 무한히 찌그러뜨리지 않도록 제한. 구 구현은 감쇠 흔들림(트윈테일/깃털)과 스프링을 썼으나 신규 영역에는 아직 없다.
- 필요(What): 길이 방향 제어점, 충돌 프록시(몸 볼륨에 고정).
- 작업 방법: 여러 FPS 재생, 급회전 후 정지 수렴 확인.
- 완료 기준: 정지 수렴, 급회전 후 복원, 무늬/배색 안정.
- 리스크/대안: 현 물리가 생산 검증 전 → G5에서 재검증.
- 근거: [근거: PRODUCTION_SPEC.md T08/T09, RESUME.md, UNITY_PROGRESS.md]

1.5 추적 입력(구 캐릭터 시기 구현, 신규 캐릭터에 재연결 예정)

- 의도(Why): 방송 사용을 위한 실시간 입력. 트래킹과 리그를 분리해 웹캠 없이도 Mock으로 개발/검수할 수 있게 한다.

- 설계(How): Python MediaPipe Face Landmarker가 머리 각도/표정 수치를 UDP 39540으로 송신. Unity 입력층이 스무딩/범위 제한/중립 보정. 얼굴 신호가 끊기면 0.4초 후 중립 복귀. 영상은 저장/외부 전송하지 않는다.
- 필요(What): `Tools\Tracking`, 웹캠.
- 작업 방법: 녹화 입력 재현 → 실웹캠 검수.
- 완료 기준: 얼굴 검출 상태의 반응/보정 검증(구 시기에도 미달: 검출 0프레임 테스트만).
- 리스크/대안: 구 body_signals.py가 화면 각도 기반 → 공간 해로는 재작성.
- 근거: [근거: UNITY_PROGRESS.md, RESUME.md]

2. 구현 방법

- 클라이언트: Unity 6000.3.19f1 URP, 신규 네임스페이스 `Assets/VtbPirateRebuild`(Runtime/Editor 분리). 에디터 조작은 Unity MCP(CLI `unity-mcp.exe localhost:8080`). [근거: RESUME.md, Assets 구조]
- 데이터 구조(ScriptableObject): RebuildPartDefinition(partId, sourceSha256, evidenceIds, artworkReviewed, canvasSize, pivotPixels, verticesPixels, textureCoordinates, triangles, topologyRevision, attachments, forms), RebuildAssemblyDefinition(parts, masks, occlusions, seams), RebuildRigDefinition(bindings, characterLayoutReviewed). [근거: Rebuild*Definition.cs]
- 렌더링: 원화는 원본 비트맵을 수정하지 않고 UV로 샘플링하는 삼각 메시를 출력 카메라(직교, layer 30)로 그린다. 가이드는 렌더러 없음. 구 ProjectedArtworkPart 시기에는 가이드 카메라 비활성, 모든 SkinnedMeshRenderer 비활성을 불변 조건으로 검증했다. [근거: RESUME.md]
- 검증 파이프라인: Unity Editor 검사 스크립트가 JSON 보고(`BuildReports\rebuild-*.json`)를 남긴다. 구조 테스트와 외관 판정을 분리해 기록한다. [근거: WORK_LOG.md]
- 도구: RebuildMeshAuthoring(정점 추가/이동, 삼각형 연결, Undo, 저장), RebuildFormAuthoring, RebuildReferenceReview, RebuildRigPreview. [근거: Editor 폴더, WORK_LOG.md]
- 구 구현에서 얻은 교훈: 텍스처가 입혀진 3D 표면(UV 감기)은 거부, 앞/뒤 두 장을 동일 평면에서 삼각형 앞뒤 판정으로 숨기는 방식은 원통 표현을 완성하지 못한다. [근거: RESUME.md, PRODUCTION_SPEC.md]

3. 시스템 간 상호작용과 밸런스 기준

- 핵심 변수: 머리 yaw/pitch/roll, 몸통 yaw, 루트 깊이, head lean, 팔 도달 거리, 표정 파라미터(눈 개폐, 눈썹, 입 형태). 각 파라미터는 범위 클램프 후 합성하며 범위는 정의에서 조절 가능. [근거: PRODUCTION_SPEC.md]
- 상호작용 규칙: 공간 투영과 키폼은 같은 변형을 이중 적용하지 않는다. 마스크 가림은 접합 후에 적용. 물리는 키폼 파라미터로만 개입. [근거: PRODUCTION_SPEC.md]
- 수치 기준: 실시간 목표 PC 60 FPS, 구 캐릭터 측정 600프레임 평균 59.99 FPS, p95 16.67ms(RTX 4070 Ti, 중립 렌더, 추적/OBS 동시 제외). 신규 모델 성능은 기록 없음. [근거: UNITY_PROGRESS.md]
- 임의 수치 금지: 정점 수/4K 해상도/파츠 수를 품질 보증값으로 쓰지 않는다. [근거: PRODUCTION_SPEC.md]

4. 게임의 나머지 부분의 방향

(제품/작업의 나머지 방향) - 콘텐츠 구조: 해당 없음(게임 스테이지 없음). 콘텐츠 단위는 파츠 그룹: 머리(피부, 윤곽, 눈, 눈썹, 코, 귀, 입), 머리카락(앞머리, 옆, 뒤, 트윈테일), 몸통(셔츠, 깃, 리본, 벨트), 팔, 소매, 손, 코트, 치마, 꼬리, 다리/부츠, 모자/검. [근거: ASSET_SPEC.md] - 메타 진행: 해당 없음. 확장은 모자 on/off, 검 소품, 표정 세트. - UI/UX: 제어창(데모/수동 슬라이더/카메라 시작/중립 보정/F1 토글), 저작 도구 창(메시, 보정, 조립 미리보기). 방송 UI 상세는 기록 없음. [근거: UNITY_PROGRESS.md, Editor 폴더] - 아트/사운드: 아트는 03 원화 리소스 참조, 사운드(립싱크) 기록 없음. - 저장/설정: 캐릭터 정의 데이터와 설정 저장은 G6 항목. 구현 기록 없음. [근거: PRODUCTION_SPEC.md 6절] - 출력: 크로마키 방식 확정, 알파 투명 창은 미구현. [근거: UNITY_PROGRESS.md]

5. 제작 과정 설계

- 순서: G0(근거/현황) → G1(전신 설계)과 G2(기반 기능)는 병행 가능하나 머리만 정교화하고 전체를 나중에 맞추지 않는다 → G3(중립 원화) → G4(키폼) → G5(물리/추적) → G6(납품). 결함은 원화/메시/키폼/가림 중 원인 항목으로 돌려보낸다. [근거: PRODUCTION_SPEC.md 6절]
- 병렬 가능: 코드 기반(저작 도구, 솔버, 검증기)과 구성도/원화 제작. 단 원화 생성은 직렬(참조 고정/한도). [추정: 한도 규칙과 참조 기록 의무]
- AI/도구 분담: 기획/검수는 사용자, 구현/원화 생성은 Codex(imagegen), 에디터 조작은 Unity MCP. 원화 제작은 별도 채팅으로 분리 가능하도록 인계 패키지(명세+참조 5종+ZIP)를 둔다. [근거: AGENTS.md, 같은 세션 2026-09-14T02:03]
- 검증 절차: 생성 전 WORK_LOG 기록(대상 파츠 ID, 기존 자원 확인, 참조 경로와 역할, 접합/가림 영역, 승인 조건) → 생성 → 주참조 대조 → 상태 분류 → Unity 반입 → 관절 연결 → 요구 자세에서 눈으로 확인. 이미지 생성, 반입, 리그 바인딩/모션 승인을 별도로 보고한다. [근거: AGENTS.md]
- 검수 행렬: 머리 yaw 0/±30/±60/±90 × 몸통 yaw 0/±30/±60 × pitch 중립/위/아래 × 시선 중립/눈감기 × 입 닫기/벌리기. 팔 6자세, 거리 near/neutral/far, 모자/물리 on/off. [근거: PRODUCTION_SPEC.md 7절]
- 인수인계: RESUME.md(체크포인트), WORK_LOG.md(단위 기록), AGENTS.md(재개 규칙), RESOURCE_HANDOFF_SPEC.md(리소스 제작 인계). 재개 시 참조 잠금과 최신 WORK_LOG를 먼저 읽는다. [근거: AGENTS.md]
- 자원 관리: 5시간 잔여 10% 이하에서 저장 후 reset+600초에 같은 예약으로 재개, 예약 시각은 UTC 필드로 설정하고 실제 next_run_at을 읽어 검증. 실제 서비스 차단은 우회하지 않는다. [근거: AGENTS.md]

6. 세부기획서 목록

문서	정해야 할 것
03_세부기획서_ 공간가이드와변형리그.md	관절/좌표 계약, 바인딩, 키폼 격자, 접합/마스크 데이터, 검증 항목
03_세부기획서_원화리소스.md	파츠 등록부, 참조 우선순위, 파일 규격, 면 구조(겉/안/앞/뒤/옆), 생성/검수 상태
03_세부기획서_제작운영과검수.md	단계 게이트, 검수 행렬, 사용량/재개 규칙, 인계, 완료 판정