

AI 스마트앱 개발 용역 과업지시서

기존 앱 통합과 정량 검수 기준을 포함한 과업지시서

본 과업은 발주자가 보유한 앱·영상·생체신호 처리 연구를 활용하여 AI 분석 의뢰, 구독·충전·사용량 정산, 자세 분석, 3D 근육 시각화, LLM 코칭을 실제 사용자 흐름으로 통합하는 개발 용역이다. 수행자는 기능 구현뿐 아니라 아래 정량 기준을 결과로 입증하여야 한다.

항목	내용
발주자	주식회사 로임시스템
계약상대자	입찰 및 계약 절차에 따라 선정되는 수행자
기간 및 금액	계약 체결일로부터 2 개월 이내. 공급가액 37,000,000 원(부가가치세 별도)
기준 앱	FITSIG Pro 앱 및 연동 모듈의 제공본(Flutter 환경으로 Android·iOS 모두 구현)
기술 기준일	2026년 9월 7일 확인본. 공고 시 제공자료 버전과 해시를 고정
문서 상태	본문의 수치는 납품 검수목표

1 수행 범위와 최소 수량

구분	최소 납품 범위
UI와 UX	주요 화면 16 종 × 휴대전화·태블릿 2 종 배치 = 디자인 32 화면, 분석 카드 20 종 이상과 공통 시각화 8 유형
구독과 결제	구독 플랜 2 종 이상, 충전 상품 2 종 이상, 모델 선택 2 종 이상, 지급·차감·복원·환불 정산
영상과 자세	기본·정밀 분석 2 경로, 공통 15 이상 관절 평가, 가림 상태 분류와 복원, 속도·정합 시험
3D 모델	남녀 2 종, 각 27 개 근육 유형의 좌우 54 구획, 동작 리타기팅과 개별 색상·선택 연동
신호와 LLM	EMG·IMU 특징, 시간 구간 분할, 원시데이터 대비 피드백 비교 평가
통합과 인계	기존 앱 통합 소스·빌드·시험 도구·검수 보고서·운영 및 재현 문서

동등한 성능·인터페이스·권리 조건을 충족하는 구현을 허용한다. 특정 알고리즘명, 공급사명, 기존 자산 자체의 보유 여부를 입찰 참가 제한으로 사용하지 않는다. 기존 결과의 단순 복사나 화면 시연만으로는 납품으로 인정하지 않는다.

2 UI 와 UX 설계 및 구현

화면은 독립된 사용자 목적·입출력·이동 흐름을 기준으로 센다. 팝업·배너·로딩 상태를 별도 화면 수로 중복 산정하지 않는다. 각 화면의 정상·빈 데이터·오류 상태를 설계하고 적용 가능한 화면에는 로딩·권한 거부·재시도 상태도 제공한다.

번호	화면	필수 기능
01	회원가입과 로그인	기존 인증 연동, 실패·만료·재로그인 처리 (기존 디자인 테마 기반 구현)
02	계정과 구독 현황	계정 식별, 플랜·만료·잔액·계정 삭제 안내(기존 디자인 테마 기반 구현)
03	구독 상품 선택	2 종 이상, 스토어 가격·주기·변경 효과 표시(기존 디자인 테마 기반 구현)
04	충전 상품 선택	2 종 이상, 지급 수량·구매 상태 표시(기존 디자인 테마 기반 구현)
05	결제와 이용 내역	지급·사용·환불·복원별 원장 조회(기존 디자인 테마 기반 구현)
06	보고서 목록	측정 기록 선택·조회·검색(기존 디자인 테마 기반 구현)
07	보고서 상세	영상·EMG·IMU·분석 결과 진입(기존 디자인 테마 기반 구현)
08	AI 의뢰 구간 선택/의뢰	직접·이벤트·전체 3 모드, 파형·영상 구간 동기화 (별도 디자인)
09	AI 의뢰 분석 설정	종목·세부 동작·항목·모델·추가 요청·예상 사용량 (별도 디자인)
10	참조자료와 프리셋	참조 선택, 설정 저장·복원 (별도 디자인)
11	분석 결과와 카드	20 이상 종 카드의 조건부 표시·숨김 사유 (별도 디자인)
12	영상과 스켈레톤 비교	추출 경로 선택, 관측·추정·결측 구분 (기존 디자인 테마 기반 구현)
13	3D 인체와 근육	회전·확대·재생, 근육 선택과 채널 색상 연동 (편집 수정기 포함)

UI 검수 기준

UI-01 32 개 기본 디자인 화면 및 20 종 이상 카드 디자인 원본을 제출한다. 재사용 컴포넌트·색상·서체·간격·상태 정의와 화면 이동도를 포함한다.

UI-02 논리 폭 360·390·800·1280dp, 글자 배율 1.0·1.3 의 8 조건에서 주요 화면 13 종을 검사한다. 가로 넘침·잘린 필수 정보·겹친 버튼·접근 불가능한 동작은 0 건이어야 한다. 세로 스크롤은 허용한다.

UI-03 휴대전화와 태블릿 실기 각 1 대 이상에서 구간 선택→모델 선택→요청→결과→근거 구간 이동을 각 10 회 완료한다. 입력한 구간·항목·모델의 예기치 않은 초기화는 0 건이어야 한다.

3 분석 카드 20 종 이상과 출력 조건

20 종은 기존 계약 키를 기준으로 아래를 기반으로 한다. 모든 카드를 모든 사용자에게 강제 출력하는 것이 아니라, 각 카드에 필요한 데이터가 있을 때 실제 결과를 출력하고 부족하면 사유를 표시하여야 한다.

키	카드	최소 근거
coachTheory	코칭 이론	인용 가능한 코칭 근거
kpi	핵심 지표	측정값·단위·분석 구간
seq	근활성 순서	EMG 채널·시간 기준
phase	동작 단계	이벤트 경계·단계별 관측
traj	궤적	영상 또는 정의된 IMU 좌표·단위
balance	균형	좌우 또는 부위별 비교 근거
tempo	템포	시작·종료·단계 시간
multiswing	여러 동작 비교	비교 가능한 동작 2 회 이상
fatigue	근피로 추세	EMG 주파수·시간 구간
met	근지구력	EMG 및 산식에 필요한 기준
apdf	진폭 분포	EMG 진폭 분포
symmetry	좌우 대칭	동일 근육의 좌우 측정
rula	상지 작업 자세	필수 관절·부가 입력
reba	전신 작업 자세	필수 관절·부하 입력
owas	작업 자세 분류	분류에 필요한 관측·부하
risksum	위험 요인 요약	세부 카드 2 종 이상 참조
loadfusion	부하 통합	EMG 와 IMU 등 결합 근거
hrzone	심박 구간	유효한 심박 입력
gaitload	보행 부하	보행 이벤트와 센서 근거
coachRef	참조 비교	대상·참조의 비교 가능성
trend	변화 추이	동일 기준의 과거 기록
training	훈련 제안	사용자 정보·측정·코칭 근거
eeg	뇌활동	유효한 EEG 입력
optimal	적정 강도	개인별 기준과 근거
posture	자세 정렬	필수 자세 관측과 품질

CARD-01 핵심지표·시간순서·단계·곡선·막대·기준비교·코칭단계·강도구간의 8 개 시각화 유형을 제공한다. 20 종 이상 각각 정상·부족·잘못된 응답 3 종, 총 75 개 이상의 고정 사례를 100% 통과한다.

CARD-02 정밀 수치마다 evidence ID·원본 구간·단위·산식 버전을 연결한다. 샘플값의 실결과 대체, 미측정 값의 추정 측정값 표시, 필수 근거 없는 점수 출력은 각각 0 건이다. 심박·EEG 등은 기존 유효 입력의 연결 범위이며 신규 센서·의료 진단 개발을 뜻하지 않는다.

4 회원 구독 충전과 사용량 정산

구독 혜택 크레딧과 추가 충전 크레딧을 구분하고 사용자가 선택한 LLM 모델·분석량에 따라 서버에서 사용량을 산정한다. 결제 금액과 상품 주기는 스토어·서버의 검증된 값을 사용한다. 앱 내부 표시만으로 구매·지급 성공을 확정하지 않는다.

번호	필수 기능과 판정
PAY-01	월 구독 플랜 2 종 이상과 일회 충전 상품 2 종 이상. 가입·갱신·상향·하향 변경·해지·만료·복원을 구현한다. 상향 시 실제 수납에 맞춘 혜택, 하향 시 적용 예정일을 표시한다.
PAY-02	모델 2 종 이상 선택, 모델별 요율 버전과 요청 전 예상 사용량 표시. 실제 입력·출력 토큰 및 요금표에 따른 확정 사용량을 서버 원장에 남긴다. 같은 정책·사용량의 재계산 차이는 0 크레딧이다.
PAY-03	동일 구매 이벤트 100 회 중복 수신 시 지급은 정확히 1 회. 동일 AI request ID 100 회 재전송 시 예약·확정 차감은 각 정책상 1 회 이내. 실패·취소 시 예약 해제 또는 정해진 정산 1 회만 허용한다.
PAY-04	잔액보다 큰 합계 비용을 갖는 서로 다른 요청 20 개를 동시 실행해 10 회 시험. 승인액은 가용액 이내, 음수 잔액·미승인 호출·이중 차감은 0 건이다.
PAY-05	로그인 사용자와 구매 사용자 불일치, 위조 웹훅·만료 인증·가격 변조·다른 사용자 내역 접근을 각 10 회 주입한다. 잘못된 지급·타계정 조회·승인은 0 건이다.
PAY-06	환불·구독 회수·재설치 후 복원·웹훅 순서 역전·통신 중단 후 재수신을 포함해 30 개 이상의 상태전이 사례를 100% 통과한다. 크레딧 종류별 사용 순서·만료·환불 후 부족분 정책을 명세한다.
PAY-07	외부 결제 통지를 서버가 유효하게 접수한 시점부터 원장 반영까지 P95 10 초 이내, 반영 후 정상 네트워크 앱 새로고침으로 5 초 이내 확인한다. 스토어 자체 통지 지연은 따로 기록한다.

정산 증빙과 보안

검수 증빙은 테스트 구매 영수증, 비식별 사용자 ID, event ID·transaction ID·request ID, 검증 결과, 수납액, 지급·예약·차감·복구 내역, 처리 시각을 연결한 원장 CSV 로 제출한다. 앱·서버·결제 로그 사이의 불일치는 0 건이어야 한다.

LLM 비밀키와 결제 검증 비밀키는 서버에만 둔다. 구독 상태·잔액을 앱에서 임의로 수정하는 경로를 제공하지 않는다. 개인정보와 원시 생체신호를 진단 로그에 상시 기록하지 않는다.

검수는 테스트 스토어·샌드박스 와 에뮬레이터 장애 주입을 병행한다. 실제 과금 또는 서비스 공개는 발주자가 지정한 절차로 수행한다. 외부 API 이용료 부담은 기존 원본에 따라 별도 합의가 없으면 발주자 부담이다.

진행 과정에서 사업화 방향 결정에 따라 구독 결제 방법은 상호 협의 하에 일부 조절할 수 있다.

5 영상 스켈레톤과 가림 구간 처리

기본·정밀 2 개 경로를 선택하거나 품질에 따라 전환할 수 있어야 한다. 좌표계·원본 해상도·프레임 시각·모델 버전·관측 신뢰도·추정 여부를 보존한다. 모델의 confidence 수치를 위치 정확도나 정합률로 표시해서는 안 된다.

번호	정량 검수목표
VID-01	정밀 경로: 엔진 재사용 상태 평균 250ms 이하. 초기화 완료 10 초 이하. 동등 이상의 사양만으로 기존 기기의 결과를 대체할 수 없다.
VID-02	30fps 의 고정 입력 300 프레임 이상을 5 회 처리해 총 1,500 개 이상 실측한다. 기본 자세 입력이 준비된 정밀 추출 요청부터 프레임 읽기·크롭·전처리·추론·좌표 후처리·Dart 반환까지 포함한다. 기본 자세 준비·전체 영상 디코딩·3D·LLM 비용과 전체 처리시간은 별도 공개한다.
VID-03	고정 합성 투구 기본잡음 사례의 3D 관절 평균 오차는 신장 대비 3.5% 이하, 가상시점 사례는 12.0% 이하. 기존 동일 사례 대비 평균 오차 20% 이상 감소도 동시에 충족한다. 합성 결과를 실영상 절대 정확도로 표현하지 않는다.
VID-04	실영상 공통 17 관절에서 수동 주석 GT 대비 몸통 길이 정규화 2D 오차: 정상 구간 중앙값 10% 이하·P95 25% 이하. 저신뢰·미검출 출력을 임의로 분모에서 제거하지 않는다. 본 기준은 신규 목표이다.
VID-05	가림 복원: 정상 관측을 인위적으로 0.1·0.3·0.5 초 차단한 시험에서 정규화 오차 중앙값 15% 이하·P95 30% 이하. 마지막 값 유지 기준 대비 평균 오차 20% 이상 감소. 각 길이 30 구간 이상, 총 90 구간 이상. 신규 목표이다.
VID-06	기존 저회전 고정 6 창·360 프레임에서 깊이 부호 뒤집힘 합계 40 회 이하, 기존 채점기 한계위반 합계 1,050 회 이하. 동일 17 관절·동일 창·동일 파라미터만 비교한다. 회전 지배 구간에는 이 지표를 정확도 판정으로 적용하지 않는다.
VID-07	관측·추정·결측 3 상태를 프레임과 관절별로 제공. 관측 불가 구간을 정상 측정으로 허위 표시하는 사례 0 건. 실패 시 원인을 남기고 기본 경로 또는 결측 상태로 복구한다.

실영상 시험은 성인 10 명 이상·각 3 클립 이상, 정상·자가 가림·몸통 회전이 각각 포함된 30 클립 이상으로 구성한다. 17 관절 주석 프레임은 최소 600 개이며 두 평가자가 독립 표기하고 이견은 합의한다. 실제 가려져 GT 를 정할 수 없는 좌표는 정확도 점수에서 분리해 가림 지속시간·복구 지연·상태 표시를 검사한다. 인공 가림 통과를 실제 가림의 절대 정확도로 확대하지 않는다.

정규화 오차(%) = $100 \times \text{예측과 GT 의 2D 거리} \div \text{해당 GT 프레임의 어깨 중점과 엉덩이 중점 거리}$. 몸통 길이 0·GT 미확정 제외는 시험 세트 확정 시만 허용하며 전체 수와 제외 사유를 공개한다. 미검출·NaN 예측은 실패로 집계하고 오차 100%를 부여한다.

6 2D 기반 3D 인체와 근육 구현

발주자가 제공한 남녀 2D 원화의 전면·후면·측면을 기준으로 인체 모델을 제작·보정하고 근육 구현을 3차원으로 구현한다. 3D 형상은 시각화·동작 설명용이며 근육 내부 해부학 정확도를 검증한 의학 모델로 주장하지 않는다. 구현한 결과물을 3차원적으로 편집 수정 할 수 있는 독립적인 툴을 구현하고 제공한다. (툴 소프트웨어 형식은 자율)

번호	정량 검수목표
BODY-01	남녀 모델 각 1개, 각각 27종 근육 × 좌우 2 = 54개 독립 식별 구현. 2개 모델 합계 108 구현. 유형 ID·좌우·채널·색상 매핑은 100% 일치하여야 한다.
BODY-02	원화와 고정 정사영 렌더의 구현 IoU를 각 성별 별로 평가한다. 27 유형 집계 중앙값 75% 이상, 21/27 유형 이상이 70% 이상, 모든 유형은 45% 이상. 원화에 근거가 있는 좌우·시점을 고정하며 낮은 점수를 임의 제외하지 않는다. 착수 시 제공 자산의 기준값을 측정하고 납품 시 본 기준 충족을 입증한다.
BODY-03	두 성별 각각 정면·후면·좌측·우측 4뷰 결과와 54개 개별 선택 결과를 제출한다. 표면 픽셀이 적은 근육도 고정한 근접 시점에서 선택·강조가 확인되어야 한다. 선택 ID 불일치와 누락 0건.
BODY-04	형상·근육 구현용 GLB는 성별당 8MiB 이하. 별도 애니메이션 리그 자산은 크기를 따로 공개한다. 앱 로드·선택·채널색·재생의 연동 오류 0건.
BODY-05	입력 스켈레톤→리타기팅→표시 리그의 좌우·축·시간 대응을 검증한다. 정지·양팔 들기·팔꿈치 굽힘·무릎 굽힘·회전 등 10개 고정 동작을 양 성별에서 재생한다. NaN·좌우 교환·체인 단절 0건, 기준 포즈 대비 분절 길이 변동 P95 1% 이하.
BODY-06	관측 없는 손가락·발가락 등 보관된 뼈는 관측 데이터와 구분한다. 미관측 뼈의 조상 신뢰도를 복사해 실측으로 표시하는 사례 0건. 사용자 화면의 근거 안내와 실제 표시가 일치하여야 한다.
BODY-07	원본 편집 파일·GLB·ID 매핑표·재생성 스크립트를 제출한다. 편집 후 재생성 3회에서 54구획 ID·선택 매핑 손실 0건. 모든 자산은 사용·수정·배포 가능한 출처와 허가 문서를 제출한다.

근육 구현 평가 규칙

$IoU = \text{교집합 마스크 픽셀 수} \div \text{합집합 마스크 픽셀 수}$. 원화 알파 문턱 0.5, 동일 캔버스와 정사영 조건을 사전 고정한다. 정수리~발목의 공통 기준으로 전신 정렬한 뒤 모든 근육에 동일 변환을 적용한다. 근육별 별도 위치·배율 보정으로 점수를 올리는 것을 금지한다.

유형 점수는 사전 지정된 좌우·유효 시점 IoU의 산술평균으로 산정한다. 전체 54구획·시점별 결과와 집계값을 모두 제출한다. 기존 77.9% 보고와 산식·시점이 다르면 직접 비교하지 않고 제공 자산부터 새 방식으로 재측정한다. 리타기팅 자체검사 통과는 원영상 정합 증거를 대체하지 않는다.

7 EMG 와 IMU 특징 추출

raw data 를 전체 전송하지 않고도 분석에 필요한 정보를 유지하는 특징 추출기를 구현한다. 요약에는 원본 ID·해시·채널·샘플링 주파수·단위·좌표계·필터·정규화·시작과 종료 시각·품질·산식 버전을 포함한다. 특징의 생성 근거가 없으면 값을 비우고 사유를 기록한다.

구분	필수 특징과 검수 범위
EMG	채널별 RMS·평균절대값·적분 EMG·최대값, 활성 시작·종료·지속시간·순서, 중앙주파수·평균주파수·변화 기울기, 진폭분포 10·50·90 백분위, 좌우 비대칭, 유효할 때만 MVC 정규화. 최소 12 개 특징 필드군.
IMU	가속도·각속도 크기와 피크·발생시각, 자세 쿼터니언과 회전량, 이벤트 시작·타격·종료·횟수·지속시간, 가속도 RMS·jerk, 정지·포화·결측 품질. 최소 12 개 특징 필드군. 속도·궤적은 좌표계와 드리프트 한계를 병기.
SIG-01	독립 기준 구현 대비 연속값 오차 $\leq \max(\text{기준값 절대값의 } 1\%, \text{ 해당 특징의 고정 절대허용오차})$. 샘플 인덱스·채널 매핑 오류 0 건. 절대허용오차: EMG 진폭 $0.001\mu\text{V}$ ·적분 $0.001\mu\text{V}\cdot\text{s}$ ·주파수 0.1Hz ·비율 0.1% , 가속도 0.001m/s^2 ·각속도 0.01 도/s·각도 0.1 도·쿼터니언 성분 0.0001 . 정규화 특징은 단위와 변환을 명세.
SIG-02	합성 기준 신호에서 시간 경계 오차 1 샘플 이내. 실제 라벨 이벤트는 $\pm 50\text{ms}$ 일대일 매칭에서 precision-recall 각각 95% 이상. EMG 활성 구간·IMU 이벤트를 분리 집계. 신규 검수목표.
SIG-03	기존 장비 설정 60·120·240·480Hz 와 재계산 500Hz 경로를 검증한다. 경계 대기시간은 초 단위 의미가 같아야 하며 환산 오차는 처리 주파수의 1 샘플 이내. 단일 이벤트 중복 계수 0 건인 고정 회귀 사례 포함.
SIG-04	각 10 초 이상 동일 구간의 raw JSON 대비 특징 JSON 입력 토큰 중앙값 90% 이상 감소, 개별 사례 최소 80% 감소. 동일 모델 토크나이저·수치 정밀도·원본 구간을 사용하고 공통 프롬프트 토큰은 따로 보고. 피드백 기준도 동시에 통과해야 한다.

신호 기준 시험

EMG 는 주파수·진폭·활성 시점이 알려진 합성 신호와 실측 신호를, IMU 는 정지·회전·타격·연속 동작·포화·결측을 포함한다. 각 신호별 30 개 이상의 수치 기준 사례를 구성하고 정상값·0 값·짧은 구간·NaN·샘플 누락·단위 변환을 포함한다.

원본 시각과 리샘플링 시각을 함께 보존한다. LLM 이 요청한 구간을 원본 샘플로 되돌리는 역참조 오차는 1 샘플 이내로 한다. EMG·IMU·영상 간 동기 오차는 별도 기록하며, 파일 시각을 맞춘 것을 물리적 동시 측정 정확도로 표현하지 않는다.

현재 연구에서 특징과 원시데이터의 피드백 동등성은 확인되지 않았다. 따라서 압축률만으로 합격시키지 않고 다음 절의 비열등성·근거 충실성 시험을 반드시 적용한다. 속도·궤적 역시 독립 GT 가 없으면 절대 이동거리 정확도를 주장하지 않는다.

8 LLM 피드백의 비교시험

여기서 동등 수준은 문장 일치가 아니라, 동일한 원시 관측에서 얻는 핵심 판단과 실행 가능한 피드백의 품질이 사전에 정한 허용폭보다 떨어지지 않는다는 뜻이다. 본 절의 기준은 새로 제안하는 납품목표이며 기존 성능 실적으로 인용해서는 안 된다.

항목	시험 설계와 합격 기준
시험 세트	성인 참여자 20 명 이상, EMG 60·IMU 60·융합 60 의 총 180 사례 이상. 사례마다 10 초 이상. 정상 60%-품질저하 20%-판단 불가 20%. 훈련·프롬프트 조정에 사용하지 않은 참여자 단위 hold-out 로 구성.
작비교	동일 사례에서 A 원시데이터와 B 특징 요약을 각각 전송. 같은 모델 버전·시스템 지시·질문·참조자료·생성 파라미터 사용. 모델 2 종 × 반복 3 회 × 180 쌍 = 1,080 쌍, 총 2,160 응답 이상.
원시 기준의 유효성	A 와 B 모두 입력창과 출력한도 안에 들어가야 한다. 잘린 raw 응답을 기준으로 삼지 않는다. 크기 제한은 세트 확정 전에 설계하며 실패·초과 사례의 수와 원인은 모두 기록한다.
평가자	신호·운동 분석을 이해하는 전문가 2 인이 A/B 와 모델명을 가린 상태로 독립 채점. 항목별 불일치는 제 3 인 조정. 원시 신호·측정 근거를 보고 정답 핵심사실과 금지 판단을 미리 작성한다.
품질 점수	사실 정확성 40 점·핵심 정보 포함 30 점·실행 가능한 피드백 20 점·불확실성 처리 10 점의 100 점 척도. 4 척별 0~4 등급의 구체적 사례를 시험 전에 고정한다.
LLM-01	모델별·EMG/IMU/융합별 B 평균 90 점 이상. A 도 90 점 이상이어야 유효한 원시 기준으로 인정한다. B-A 의 단측 95% 신뢰구간 하한이 -5 점을 초과해야 한다.
통계 처리	참여자 단위 군집 bootstrap 10,000 회·seed 20260907. 반복 3 회는 사례별 평균 후 분석하며 독립 표본 수를 부풀리지 않는다. 미응답·파싱 실패는 품질 0 점으로 포함한다. 개인별 사례 수를 균형 배정하고 대표집 스크립트·원점수를 제출한다.
LLM-02	사전 정답 핵심사실 재현율·출력 사실 정확도 각각 95% 이상을 모델·입력군별로 충족. 출력 사실은 원본 특징 또는 인용 근거로 참·거짓을 판단한다.
LLM-03	미측정 근육·관절·센서를 측정했다고 단언, 원시값·단위 조작, 근거 없는 진단·인과 단정 등 사전 지정 중대 오류 0 건. 판단 불가 사례는 부족 사유와 재측정 안내를 출력한다.

비열등성 통과 여부는 모델과 입력군 각각의 6 개 셀에서 모두 판정한다. 전체 평균으로 특정 모델·센서군의 미달을 상쇄하지 않는다. 원시 기준이 미달이면 특징 요약을 합격으로 처리하지 않고 기존 프롬프트·모델의 적합성을 별도 재검증한다.

9 LLM 연동과 신호 구간 분할

요청은 스켈레톤·EMG·IMU 요약·사용자 선택 구간·참조자료를 구조화한 버전 있는 JSON 으로 전송한다. 응답의 자연어 코칭과 수치·시간 구간·카드 키를 분리하여 검증한 후 표시한다. LLM 이 생성한 문자열을 신호 처리 코드로 직접 실행해서는 안 된다.

번호	검수 기준
INT-01	모델 2 중 이상의 요청·응답 어댑터. 모델·프롬프트·요율·스키마 버전 및 request ID 추적. 사용자 동의 없이 모델·예상 비용·원본 영상 첨부 범위를 변경하지 않는다.
INT-02	구간은 start<end, 원본 범위 안, 단위 초를 기본으로 검증한다. 겹친 구간은 합집합으로 정규화해 중복 전송·중복 과금 방지. 경계 1 샘플 이내, 구간 처리 고정 사례 50 개 이상 100% 통과.
INT-03	생체신호 특징·스켈레톤 프레임·응답 카드의 동일 시간축 연결. 카드 클릭 시 해당 영상·파형 구간으로 이동. 100 개 역참조 사례에서 틀린 기록·채널 연결 0 건.
INT-04	정상·부분 성공·일부 카드 오류·미지 키·잘못된 JSON·타임아웃·취소·중복 응답·스트림 끊김·스키마 불일치 등 100 개 이상의 응답 사례를 100% 처리. 한 카드 실패로 유효한 다른 카드가 사라지지 않는다.
INT-05	최소 300 회의 실제 API 요청에서 스키마 검증 후 표시 또는 명시적 실패 종결 비율 100%. 성공·부분 성공·실패를 별도로 공개하고 외부 장애를 조용히 성공으로 바꾸지 않는다. LLM 응답 도착 후 검증·카드 표시 P95 2 초 이내.
INT-06	필수 수치의 100%를 evidence ID 로 추적 가능하게 한다. 누락 수치를 UI 예시값으로 채우는 실사용 경로 0 건. 데모 데이터는 별도 모드와 표시를 갖고 유료 요청 결과에 섞이지 않는다.
INT-07	전송 데이터 종류·구간·용량·사용량을 기록하고 원본 전송은 명시된 요청 범위로 제한한다. 중단된 요청 재실행 시 재사용·재과금 여부를 사용자에게 일관되게 표시한다.

기존 앱 통합과 회귀

기존 Flutter 앱과 fs_lib 의 공개 인터페이스·보고서 저장구조·BLE 측정 흐름에 통합한다. 독립 웹페이지 또는 별도 데모 앱만 납품하는 것은 불합격이다. 휴대전화·태블릿에서 로그인→측정/불러오기→보고서→AI 의뢰→결과 저장→앱 재실행 후 조회를 각 20 회 성공하여야 한다.

Android 와 iOS 모두 Flutter 기반으로 구현하고, Android 휴대전화·태블릿 및 iPhone·iPad 에서 실기 검수한다. 각 플랫폼의 로그인·구독·충전·구매 복원·AI 의뢰·카드 표시·영상/3D·저장/재조회 기능을 검사한다. 시험 기기·OS 버전·스토어 테스트 계정은 착수 시 시험계획서에 고정한다. 영상 속도 기준은 VID-01 의 Android 기준 기기에 적용하며 iOS 의 같은 처리시간은 별도로 측정·제출한다.

10 공통 검수 절차와 증빙

시험은 수행자 자체시험과 발주자 입회 재현시험으로 나눈다. 시연 영상·요약 보고서만으로 정량 합격을 판정하지 않는다. 각 수치는 분자·분모·단위·집계법·실패 수·제외 수·환경을 포함해야 한다.

단계	수행 내용
공고 전	기간 2 개월 이내·공급가액 3,700 만 원·Android 와 iOS 구현 범위를 적용한다. 발주자 제공 데이터 목록·버전·해시와 성능 측정 구간을 명시한다.
착수 20% 이내	요구사항 추적표·디자인·API/특징 명세·양 OS 시험계획 및 기준선 예비시험 결과를 제출한다. 시험 세트·산식·허용오차를 서명 고정하며 본문 정량 기준을 수행자가 사후 완화할 수 없다.
중간 60% 이내	실제 앱 통합 빌드, 전 기능 중간 시연, 수치 중간 보고, 정상·가림·품질저하·실패 사례를 함께 제출한다.
완료 예정일 전	전체 기능·정량·회귀·권리 검증. 기준 미달과 미검증을 별도 목록으로 제출하고 보완 후 검수를 요청한다.
검수 요청 후	검수 요청일로부터 7 일 이내 입회시험·결과를 확인한다. 미달은 수행자 비용으로 보완 후 재검수하며 변경분과 관련 회귀를 다시 검사한다.

시험 조건과 통계

성능 시험은 앱 빌드 종류·커밋·기기/OS·모델 해시·연산 백엔드·입력 크기·스레드·충전/발열 상태를 고정한다. 영상 속도는 최초 초기화를 별도 5 회 측정하고, 엔진 재사용 5 회 각각의 평균과 전체 P95 를 함께 제출한다. 프레임 건너뛰기·미검출은 속도 향상으로 집계하지 않는다.

P95 는 값을 오름차순 정렬한 뒤 $\text{ceil}(0.95 \times N)$ 번째 값으로 계산한다. 정해진 모든 시험자료를 집계하며 실패 사례 삭제와 유리한 회차만 선택하는 것을 금지한다. 기준선과 개선안은 동일 원본·분모·관절 집합·파라미터를 사용한다.

발주자는 참여자 기준으로 hold-out 를 분리 보관한다. 수행자에게는 공개 개발 세트와 데이터 형식·촬영 조건·품질 분포를 제공한다. 봉인 시험의 원본·주석·시드·매니페스트는 입회 시 공개하며 해시를 대조한다. 기존 공개 6 창 결과만으로 일반화 성능 합격을 대신할 수 없다.

제출 증빙의 기본 단위

요구 ID / 빌드 커밋 / 원본 파일과 SHA-256 / 모델과 파라미터 / GT 와 평가자 / 실행 명령 / 측정 시작·종료 / 전체·성공·실패·제외 수 / 개별값 CSV 또는 JSON / 평균·중앙값·P95·신뢰구간 / 기준과 판정 / 화면 증거 / 재현 담당자를 한 묶음으로 제출한다.

중대 결함은 데이터 훼손·이중 과금·타계정 노출·근거 없는 실측 표시·납품 라이선스 미확보이다. 중대 결함 0 건과 각 필수 정량 기준의 개별 충족을 모두 확인해야 합격이다. 전체 평균이나 다른 기능의 초과 성능으로 미달을 상쇄하지 않는다.

11 산출물과 운영 인계

번호	산출물	필수 내용
D01	설계서와 디자인	32 화면·20 종 이상 카드 원본, 8 유형 컴포넌트, 흐름도·상태표·UI 검수표
D02	앱과 서버 소스	기존 앱 통합 코드, 커밋·의존성 잠금파일, 빌드·설치·테스트 절차
D03	결제와 정산 모듈	상품·요율·계정·사용량 API, 원장 구조, 중복·환불·장애 시험
D04	영상과 자세 모듈	기본·정밀 경로, 모델·전처리·후처리·상태 분류, 성능·오차 평가기
D05	3D 자산과 편집 원본	남녀 GLB 와 리그, 54 구획/성별 ID 표, 2D 대응표, 재생성·편집 유지 도구
D06	신호 특징 모듈	EMG·IMU 특징 명세·단위·필터·정규화·참조 계산기·샘플 입력/출력
D07	LLM 와 카드 통합	요청·응답 스키마, 프롬프트·모델 설정, 구간 분할·근거 역참조
D08	검수 데이터와 도구	권리 확보 데이터, GT·고정 세트·해시, 실행 스크립트, 결과 CSV/JSON
D09	시험 및 연구 보고서	실측과 한계, 기준선 짝비교, 비열등성 원점수·통계, 실패·제외 명세
D10	운영 및 유지보수 문서	관리자·사용자 매뉴얼, 오류 대응·백업·복구, 계정 인계와 교육 1 회 이상
D11	권리 및 보안 자료	소스·모델·원화·폰트·제 3 자 라이선스 목록, 이용 범위, 비밀키 분리와 데이터 삭제 확인

발주자 제공 자료와 책임 경계

발주자는 기존 앱·모듈·디자인·2D 원화·시험자료 및 개발 계정을 제공한다. 제공 목록에 없는 데이터를 기존에 보유한다고 간주하지 않는다. 추가 촬영·주석·전문가 평가가 필요한 경우 수행 범위와 비용을 계약 내역에 반영한다. 발주자 제공 자산의 권리가 불명확하면 수행자는 이를 고지하고 권리 확보 또는 동등 대체 자산을 납품한다.

하자보완과 이용권

검수 완료일로부터 3 개월간 과업 범위의 개발 결함을 무상 보완한다. 요구사항 추가·외부 API 정책 변경·발주자 변경으로 인한 추가 개발은 별도 협의한다. 검수와 지급 완료 후 본 과업 산출물의 사용권·수정권을 발주자가 확보하며, 선행기술·범용 모듈·오픈소스의 권리와 이용 조건은 목록으로 명시한다. 납품 후 재빌드·재시험을 발주자 환경에서 1 회 이상 수행하고 문서만으로 동일 입력의 수치 결과를 재계산할 수 있어야 한다. 자동 생성 모델·제 3 자 모델은 출처 및 재배포 조건을 확인한다. 사용 허가가 미확정된 시험용 자산은 최종 납품에서 제외한다.

본 과업은 계약 체결일로부터 2 개월 이내에 완료하며 공급가액은 37,000,000 원(부가가치세 별도)으로 한다. Android 와 iOS 의 구현·실기 검수 결과를 모두 제출하여야 한다. 본문의 정량 기준은 납품 합격 기준이며 기존 연구의 달성 실적을 인증하는 수치가 아니다.